

TV A CORES

Teoria Simplificada
e
Técnicas de Serviço

3.^a Edição



PHILCO



TV A CÔRES

Teoria Simplificada

e

Técnicas de Serviço

PHILCO



**Copyright © 1972 por
PHILCO RÁDIO E TELEVISÃO LTDA. - São Paulo - Brasil.
Todos os direitos reservados.**

ÍNDICE

Capítulo

Página

1 TELEVISÃO EM PRÊTO E BRANCO - REVISÃO	1
1.1 O SINAL COMPOSTO DE TELEVISÃO	1
1.2 O SINAL COMPOSTO DE VÍDEO	1
Sinal de Vídeo	1
Pulsos de Sincronismo	2
Pulsos de Apagamento	2
1.3 A IMAGEM DE TELEVISÃO	2
1.4 O RECEPTOR DE TV	3
Diagrama em Blocos Simplificado	3
Estágio de RF	5
Oscilador e Misturador	5
FI de Vídeo	5
Detector de Vídeo	6
Amplificador de Vídeo	6
Circuitos de Som e Áudio	6
Separador de Sincronismo e Cancelador de Ruído	7
Contrôle Automático de Ganho	7
Separação dos Pulsos de Sincronismo	8
Circuitos de Deflexão Vertical	8
Circuitos de Deflexão Horizontal	8
Transformador de Saída Horizontal	9
2 COLORIMETRIA	10
2.1 FUNDAMENTOS DA LUZ	10
Reflexão e Absorção	10
Componentes de Luz	10
2.2 FUNDAMENTOS DA CÔR	11
Brilho	11
Matiz	12
Saturação	12
2.3 PADRÕES DE CÔRES	13
Diagrama de Cromaticidade	13
Triângulo de Côres	13
Pirâmide de Côres	15
2.4 CARACTERÍSTICAS DA CÔR	15
Absorção e Reflexão	15
Separação de Côres	16
2.5 MISTURA DE CÔRES	16
Mistura de Duas Côres	16
Mistura de Três Côres	18

ÍNDICE

Capítulo

Página

3 MÉTODOS DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO - PADRÕES	19
3.1 O SINAL COMPOSTO DE CÔR	19
Obtenção das Componentes Primárias da Côr	19
O Sinal de Luminância	20
O Sinal de Sub-Portadora e os Sinais Diferença de Côr	20
O Sinal Composto de Côr	21
Transmissão e Recepção do Sinal Composto de Côr	22
Ajuste do Equilíbrio de Branco	24
Televisando e Reproduzindo um Objeto Branco	25
Televisando e Reproduzindo uma Côr Saturada	26
Largura de Faixa dos Sinais de Crominância e de Luminância	27
Formação do Sinal Composto de Côr	27
3.2 REVISÃO SOBRE VETORES	28
Vetor e suas Coordenadas	28
Representação Vetorial de uma Onda Senoidal	28
Comparação de duas Ondas Senoidais	29
Soma de Vetores	30
3.3 SISTEMA DE MODULAÇÃO DA SUB-PORTADORA DE CROMINÂNCIA	31
Revisão sobre Modulação em Amplitude	31
Sistema de Modulação com Portadora Suprimida	34
Sistema de Modulação com Portadora Suprimida e Atrasada	37
Combinando dois Sistemas de Modulação (Portadora Direta e em Quadratura - 90°)	38
3.4 O SISTEMA DE FASE ALTERNADA LINHA A LINHA (PAL)	40
Demodulação da Sub-Portadora de Côr	40
Sinal de Sincronismo de Côr	42
Contrôle do Oscilador Local de 3,58 MHz	43
Decodificação PAL	44
Chave PAL	45
Sumário da Transmissão e Recepção dos Sinais Diferença de Côr	45
Sistema PAL	46
O Sinal Composto CIPS (Côr, Imagem, Pedestal e Sincronismo)	48
Sinais Diferença de Côr I e Q	50
3.5 INTERCALAÇÃO DE FREQUÊNCIAS	53
Decomposição de Ondas Retangulares e Ondas Dente de Serra	54
Componentes de Frequência do Sinal de Vídeo	54
4 DESCRIÇÃO DO CIRCUITO	56
4.1 DIAGRAMA EM BLOCOS	56
4.2 O SELETOR DE CANAIS	59
4.3 AMPLIFICADOR DE FI E CAG	62
CAG - Contrôle Automático de Ganho	63

ÍNDICE

<i>Capítulo</i>		<i>Página</i>
4.4	FI DE SOM	64
4.5	ESTÁGIO DE ÁUDIO	66
	Versão Valvular	66
	Versão Transistorizada	66
4.6	OS ESTÁGIOS DE VÍDEO	66
	Adaptador da Linha de Atraso de Luminância	66
	Armadilha de 3,58 MHz	67
	Estágio de Saída de Vídeo (Y)	67
	Equilíbrio de Branco e Rastreamento	68
4.7	SEPARADOR DE SINCRONISMO E CANCELADOR DE RUÍDO	69
4.8	OSCILADOR VERTICAL E SAÍDA	71
4.9	COMPARADOR DE FASE E OSCILADOR HORIZONTAL	71
4.10	ESTÁGIO DE SAÍDA HORIZONTAL	72
4.10.1	Regulador com Excitação Controlada da Válvula de Saída por VDR	74
4.10.2	Regulador Paralelo	74
4.10.3	Multiplicador de Tensão	75
4.10.4	MAT Regulada por Pulsos	75
4.10.5	Saída Transistorizada	76
4.11	CENTRALIZAÇÃO HORIZONTAL	77
4.12	CORREÇÃO DO EFEITO ALMOFADA	77
4.13	FONTE DE ALIMENTAÇÃO E DESMAGNETIZAÇÃO AUTOMÁTICA	79
4.14	ESTÁGIOS DE CÔR	82
4.15	AMPLIFICADOR DE CROMINÂNCIA	82
4.16	MATRIZ U e V	84
4.17	LINHA DE RETARDO DE CROMINÂNCIA	85
4.18	INVERSOR VV'	87
4.19	AMPLIFICADORES U e V	88
4.20	SINCRONISMO DE CÔR	89
	Amplificador de Sincronismo de Côr	91
	Comparador de Fase	91
	Oscilador de Referência	92
	Circuito de Identificação de Linhas	94
	Flip-Flop (Multivibrador Bi-estável)	94
4.21	INIBIDOR DE CÔR	95
4.22	DEMODULADORES	96
4.23	DEMODULADORES SÍNCRONOS	98
	Versão Transistorizada	102
4.24	DEMODULADORES A DIODO	103
4.25	MATRIZ	104
4.25.1	Excitação do Tubo por meio de Sinais Diferença de Côr	104
	Obtenção do Sinal (G-Y)	106
4.25.2	Matriz XZ	108
4.25.3	Excitação por meio de R, G e B	111
4.26	RESTAURAÇÃO CC	113
	Apagador	115

ÍNDICE

Capítulo

Página

5	CINESCÓPIO TRICROMÁTICO E CIRCUITOS ASSOCIADOS	116
5.1	OPERAÇÃO DO CINESCÓPIO PRÊTO E BRANCO	116
5.2	OPERAÇÃO DO CINESCÓPIO TRICROMÁTICO	116
	Montagem do Canhão Eletrônico para TV a Côres	116
	Máscara de Sombra e Tela de Fósforo	117
	Função da Máscara de Sombra	118
5.3	CONTRÔLE DOS FEIXES DE ELÉTRONS	119
	Pureza de Côr	119
	Convergência Estática	120
	Efeito da Deflexão	123
	Convergência Dinâmica Vertical	124
	Convergência Dinâmica Horizontal	125
5.4	CIRCUITOS DE CONVERGÊNCIA	127
	Revisão sôbre Dispositivos Integradores	127
	Configuração dos Circuitos de Convergência	129
	Ajuste para Trama Azul (B)	129
	Ajuste para Trama Verde e Vermelha (R e G)	129
	Azul Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)	131
	Vermelho/Verde Vertical (Linhas Verticais em cima e embaixo)	131
	Vermelho/Verde Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)	133
	Potenciômetro P6	133
	Potenciômetro P8	133
	Azul Horizontal (Linhas Horizontais à esquerda e à direita)	134
	Ajuste de Azul Lateral Dinâmico	135
	Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Horizontais e Verticais à esquerda e à direita)	136
	Linhas Horizontais R e G à esquerda e à direita (Potenciômetro P2 e Bobina L3)	136
	Linhas Verticais R e G à esquerda e à direita (Potenciômetro P3 e Bobina L2)	137
	Bobina L4	137
6	AJUSTES FINAIS NO CINESCÓPIO E NO RECEPTOR	138
6.1	AJUSTES NO CINESCÓPIO	138
6.1.a	Bobinas Defletoras	138
6.1.b	Conjunto de Convergência e Ímãs Associados	138
6.1.c	Conjunto de Azul Lateral	139
6.1.d	Anéis de Pureza	139
6.2	AJUSTES NO RECEPTOR	139
	Descrição dos Contrôles	139
	Centralização Vertical e Centralização Horizontal	139
	Correção do Efeito Almofada ("Pin-Cushion")	140
	Ajustes de MAT	140
	Linearidade Vertical e Altura	140
	Polarizações do Cinescópico	140

ÍNDICE

Capítulo

Página

Contrôle Automático de Ganho	141
Cancelador de Ruído	141
Inibidor de Côm	141
Oscilador Horizontal	141
Convergência	141
Instrumental Necessário para os Diversos Ajustes no Receptor	142
6.3 AJUSTES PRELIMINARES	142
6.3.1 Ajuste do Oscilador Horizontal	142
6.3.2 Ajuste do MAT e Foco	142
6.3.3 Ajustes do CAG e do Cancelador de Ruído	143
6.3.4 Ajuste de Altura, Linearidade e Centralização	143
6.3.5 Correção do Efeito Almofada ("Pin-Cushion")	143
6.3.6 Ajustes Preliminares de Convergência	144
6.3.7 Desmagnetização, Pureza e Polarizações do TRC	144
6.4 AJUSTES FINAIS	146
6.4.1 Vermelho/Verde (Linhas Verticais em cima e embaixo)	147
6.4.2 Vermelho/Verde Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)	148
6.4.3 Azul Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)	149
6.4.4 Azul Horizontal (Linhas Horizontais à esquerda e à direita)	150
6.4.5 Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Horizontais à esquerda e à direita)	150
6.4.6 Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Verticais à esquerda e à direita)	151
6.4.7 Azul Lateral Dinâmico	151
7 CALIBRAÇÃO DO RECEPTOR	152
7.1 EQUIPAMENTOS PARA CALIBRAÇÃO, TESTES E ACESSÓRIOS	152
7.1.a Voltímetro Eletrônico	152
7.1.b Gerador de Varredura para Faixa de VHF	152
7.1.c Gerador de Varredura para Faixa de Vídeo	152
7.1.d Gerador de RF	153
7.1.e Gerador de Marcas	153
7.1.f Gerador de Barras Coloridas	153
7.1.g Osciloscópio	153
7.1.h Dispositivos Diversos	153
Fonte de Tensão de Polarização	153
Circuito Casador de Antena	154
Detector de Baixa Impedância	154
Detector de Alta Impedância e Baixa Capacidade	154
Cuidados Gerais	154
7.2 CALIBRAÇÃO DO SELETOR DE CANAIS	154
7.2.1 Calibração do Oscilador Local	155
Retoque do Oscilador Local	155
7.2.2 Calibração da Curva de Resposta do Amplificador de RF	156
7.3 CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE FI DE VÍDEO	157
7.3.1 Calibração por Pólos	157

ÍNDICE

<i>Capítulo</i>		<i>Página</i>
7.3.2	Verificação e Retoque da Curva de Resposta de FI com Gerador de Varredura	157
	Verificação da Curva de Resposta para Máximo Ganho	158
	Verificação da Resposta Vista no Detector de Som	158
	Verificação da Sensibilidade do Aparelho	159
7.4	CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE SOM	159
	Calibração da Armadilha de 4,5 MHz	160
7.5	CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE CROMINÂNCIA	160
7.5.1	Calibração do Amplificador Passa-Faixa	160
7.5.2	Calibração dos Demais Amplificadores de Croma	161
7.5.3	Verificação e Retoque da Curva Total	161
7.5.4	Calibração do Oscilador e dos Estágios de Sincronismo de Côm	162
7.5.5	Sincronismo e Chave PAL	163
7.5.6	Ajuste e Verificação do Decodificador PAL	163
7.5.7	Compensação das Atenuações de B-Y e R-Y (U e V)	165
8	PROCEDIMENTOS DE SERVIÇO E INSTALAÇÃO DO RECEPTOR	166
8.1	APARELHAGEM	166
8.2	CONSELHOS PARA DETECÇÃO DE FALHAS	168
	Inspeção Visual da Tela e Escuta do Som	168
	Inspeção do Chassi	168
	Levantamento Minucioso da Seção Suspeita	171
	Verificação Final após o Consêrto	171
	Recomendações Finais	171
8.3	REQUISITOS PARA A INSTALAÇÃO DO RECEPTOR	172
8.4	INSTALAÇÃO DO RECEPTOR	172
8.5	CONSIDERAÇÕES SÔBRE ANTENAS	173
	A Antena de Meia Onda	173
8.6	ANTENAS PARA ALTAS FREQUÊNCIAS	173
	Antena Dipolo Simples	173
	Impedância Característica de uma Antena	174
	Antena Dipolo Dobrado	174
	Antenas de Faixa Larga	175
	Antenas Direcionais	175
8.7	CONSIDERAÇÕES SÔBRE LINHAS DE TRANSMISSÃO	176
	Impedância Característica de uma Linha de Transmissão	176
	Ondas Estacionárias	177
8.8	TIPOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO	177
	Cabo Paralelo	177
	Cabo Coaxial	178
	Linha Aberta	178
8.9	INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ANTENA	178
	Escolha da Antena Adequada	178
	Instalação da Antena	179
	Instalação da Linha de Transmissão	180

PREFÁCIO

O advento da Televisão a Côres no Brasil apresenta aos técnicos de televisão um nôvo e excitante desafio.

O passo tecnológico representado por esta implantação exige desde o conhecimento dos princípios de formação das côres ao entendimento dos circuitos que processam o sinal recebido e a familiarização com os componentes que permitem a reprodução da imagem colorida.

Esta obra vem associar-se à literatura técnica já existente, com o intuito de transmitir, em linguagem clara e precisa, os elementos essenciais para aquêles que já trabalham com o TV prêto e branco enfrentarem o desafio.

A compreensão do sistema de Televisão a Côres e da engenhosidade das soluções que o compõem representará um importante adendo aos conhecimentos já adquiridos com o sistema prêto e branco.

Nos oito capítulos que se seguem, além de uma revisão acêrca do sistema de televisão acromática, são apresentados os fundamentos da colorimetria, os métodos de transmissão, a descrição dos circuitos, o cinescópico tricromático com os conjuntos associados e os procedimentos para ajustes, calibrações, consêrto e instalação do receptor.

A Philco, além do pioneirismo das técnicas utilizadas nos seus produtos, tem dado sempre integral apoio ao desenvolvimento dos técnicos brasileiros. Os seminários promovidos nas diversas regiões do País e a farta distribuição de informações de serviço, têm permitido a constante atualização dos seus conhecimentos profissionais. A êles, a Philco dedica êste livro.

1. TELEVISÃO EM PRÊTO E BRANCO - REVISÃO

UM SISTEMA DE TELEVISÃO A CÔRES compreende essencialmente um sistema de televisão em prêto e branco com características adicionais. O sinal de televisão a côres é básicamente o mesmo da televisão em prêto e branco, acrescido de informação sôbre as côres. É interessante, todavia, rever o sistema de televisão em prêto e branco (acromático), antes de estudar as características adicionais exigidas pelo sistema de televisão cromático.

1-1. O SINAL COMPOSTO DE TELEVISÃO

A Comissão Federal de Comunicações (FCC) dos Estados Unidos, especificou que um canal de televisão em prêto e branco ocupasse uma largura de faixa de 6 MHz, canal êste contido no espectro destinado a estações de televisão. Especificou ainda que cada canal fôsse dividido, como ilustra a fig. 1-1, em duas regiões principais, uma para o sinal de som e outra para o sinal composto de vídeo. Êste foi o sistema adotado no Brasil.

O sinal de som ocupa uma largura de 50 kHz, a qual está centralizada em uma frequência portadora cujo valor está 5,75 MHz acima da frequência que determina o limite inferior do respectivo canal. O sinal de rádio-frequência portador do sinal de áudio é modulado em frequência e um desvio de 25 kHz representa 100% de modulação.

O sinal composto de vídeo é modulado em amplitude, sendo transmitido dentro de uma faixa de 4 MHz. A frequência portadora de vídeo assume um valor que está 1,25 MHz acima da frequência que determina o

limite inferior do canal. A fim de limitar o canal de televisão a uma largura de faixa de 6 MHz, e ainda permitir uma faixa de 4 MHz para o sinal de vídeo, deve ser empregado um sistema de modulação com uma faixa lateral vestigial de transmissão. Nesse sistema, uma porção considerável da faixa lateral inferior é suprimida no transmissor. Por razões práticas, é necessário transmitir 1,25 MHz da parte inferior da faixa lateral; conseqüentemente, a frequência portadora de vídeo está 1,25 MHz acima da frequência que determina o limite inferior do canal.

1-2. O SINAL COMPOSTO DE VÍDEO

O sinal composto de vídeo contém tôda a informação exigida para a reprodução de uma cena em um cinescópio de televisão. Êste sinal contém o sinal de vídeo, pulsos de apagamento e pulsos de sincronismo. A fig. 1-2 identifica os sinais e os pulsos e mostra a seqüência segundo a qual êsses pulsos são transmitidos.

Sinal de Vídeo

O sinal de vídeo modula uma portadora em amplitude, e sua variação produz mudanças correspondentes na intensidade de luz em um cinescópio de televisão. As variações de amplitude são tais que um máximo de amplitude do sinal de vídeo produz o prêto enquanto que um mínimo de amplitude do sinal de vídeo é responsável pela produção do branco. Os valores máximos e mínimos de amplitude do sinal de vídeo, como mostra a fig. 1-2, representam respectivamente um máximo e um mínimo de tensão do sinal portador.

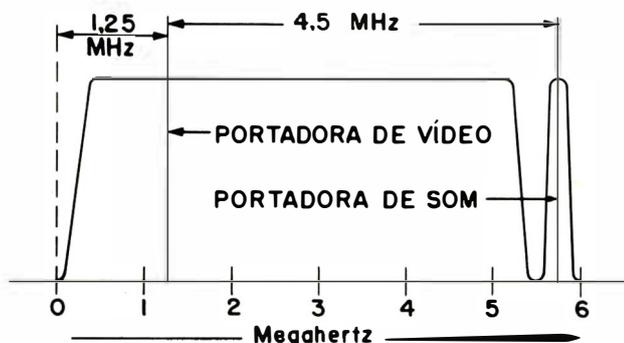


Fig. 1-1. Faixa ocupada por um canal de televisão.

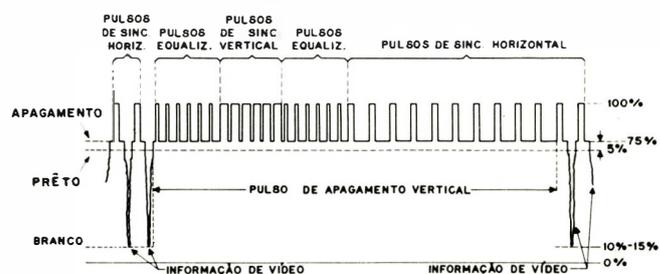


Fig. 1-2. Sinal composto de vídeo.

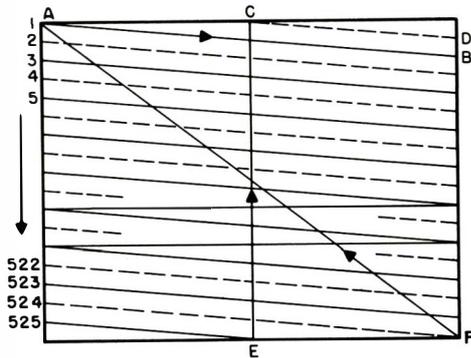


Fig. 1-3. Trajetória do feixe para uma varredura entrelaçada.

Pulsos de Sincronismo

Antes de apresentar os pulsos de sincronismo é interessante fazer uma revisão sobre o uso desses pulsos. O receptor de televisão, como já é de conhecimento do técnico, utiliza um oscilador horizontal e um oscilador vertical a fim de colocar a informação de vídeo numa forma adequada para ser observada. Esses osciladores precisam ser controlados de tal maneira que os vários elementos da imagem sejam colocados numa posição correta no cinescópio; caso contrário, os elementos de imagem ficam espalhados, não permitindo a reprodução da imagem original transmitida. Isto é evidenciado quando os circuitos de sincronismo dos receptores de televisão não estão funcionando de maneira adequada. Portanto, a sincronização dos osciladores existentes nos receptores de televisão, com os osciladores correspondentes no estúdio é obrigatória. A sincronização é realizada com os pulsos de sincronismo horizontal, pulsos de sincronismo vertical e pulsos equalizadores. Esses pulsos controlam os osciladores vertical e horizontal de tal maneira que os elementos de imagem são colocados no cinescópio na mesma posição relativa que ocupavam na cena que está sendo televisada.

Os pulsos de sincronismo vertical gatilham o oscilador vertical do receptor, mantendo-o em sincronismo com o oscilador vertical no estúdio. Esse pulso, como mostra a fig. 1-2, consiste numa série de pequenos pulsos ou dentes. Os dentes são usados para gatilhar o oscilador horizontal. O pulso de sincronismo pode ser considerado como sendo um pulso de duração igual a 190,5 micro-segundos. Esses pulsos são transmitidos a uma razão de 60 pulsos por segundo, correspondendo aos 60 campos por segundo.

Os pulsos de sincronismo horizontal gatilham o osci-

lador horizontal do receptor, mantendo-o em sincronismo com o oscilador horizontal do estúdio. Durante o intervalo de tempo em que os pulsos de sincronismo vertical e os pulsos equalizadores estão sendo transmitidos, o oscilador horizontal é gatilhado pelos dentes do pulso de sincronismo vertical e pelos pulsos equalizadores. O pulso de sincronismo horizontal tem uma duração de 5 micro-segundos e é transmitido a uma razão de 15.750 pulsos por segundo, correspondendo às 525 linhas horizontais por quadro. Os dentes do pulso de sincronismo vertical e os pulsos equalizadores são transmitidos com uma frequência igual ao dobro da frequência horizontal, a fim de termos uma varredura de meia linha, necessária ao entrelaçamento adequado de dois campos sucessivos.

O pulso de sincronismo vertical é precedido por 6 pulsos equalizadores e seguido por outros 6 pulsos equalizadores. O tempo entre o último pulso de sincronismo horizontal e o primeiro pulso equalizador varia de um intervalo correspondente a uma linha horizontal inteira para um intervalo correspondente a meia linha. Esta variação, de um campo para outro, se deve à razão entre 15.750 Hz e 60 Hz, a qual produz a diferença necessária entre os campos para permitir o entrelaçamento. Se o oscilador horizontal estiver ajustado para a frequência dos pulsos de sincronismo horizontal, ele será gatilhado de dois em dois pulsos equalizadores ou dentes de pulso de sincronismo vertical.

Pulsos de Apagamento

Os pulsos de apagamento têm como função tornar inoperante o cinescópio durante os períodos em que a informação de vídeo não está sendo recebida. Como consequência disso, os traços horizontais e verticais não são observados pelo espectador. Os pulsos de sincronismo, conforme mostra a fig. 1-2, estão superpostos aos pulsos de apagamento e por esta razão não são observados.

Um pulso apagador de 10 micro-segundos é destinado a eliminar o traço horizontal entre linhas horizontais sucessivas. Um outro pulso apagador, de aproximadamente 1000 micro-segundos, é destinado a eliminar o traço vertical entre campos sucessivos.

1-3. A IMAGEM DE TELEVISÃO

As componentes do sinal composto de vídeo operam seus respectivos circuitos no receptor de televisão de modo a produzir uma imagem adequada para ser observada. Todas as componentes são recebidas em uma sequência definida e cada uma delas desempenha uma determinada função.

A posição do feixe de elétrons é controlada pelos osciladores vertical e horizontal. Este feixe varre a superfície do tubo de imagem de um modo bem determinado, conforme ilustra a fig. 1-3. A varredura completa da superfície da tela é efetuada em dois campos, um deles indicado pelas linhas cheias e o outro pelas linhas tracejadas. O feixe de elétrons, à medida que executa o seu traçado, tem seu brilho ou intensidade alterado pelo sinal de vídeo. Descreveremos agora a sequência de eventos que tem lugar quando uma imagem de televisão é dissecada.

Referindo-nos à fig. 1-2, façamos a hipótese que o pulso de sincronismo vertical tenha feito com que o feixe retornasse à parte superior da tela, e que o último pulso de sincronismo horizontal sobreposto ao pulso de apagamento vertical tenha levado o feixe ao lado esquerdo da tela. À medida que o feixe se desloca da esquerda para a direita, o pulso de apagamento vertical é removido. Esta situação é indicada pelo ponto A na fig. 1-3. Depois que o pulso de apagamento vertical é removido, a informação de vídeo varia a intensidade do feixe de acordo com o conteúdo de imagem da linha que está sendo varrida. Quando o feixe atinge o ponto B, na fig. 1-3, um pulso de apagamento horizontal é recebido e este interrompe o feixe de elétrons por 10 micro-segundos, sendo que 1,3 micro-segundos depois de ter surgido o sinal de apagamento horizontal, o pulso de sincronismo horizontal é recebido, fazendo com que o feixe retorne para o ponto 3 da fig. 1-3. O feixe inicia então seu próximo deslocamento horizontal. Ao fim de um período de apagamento de 10 micro-segundos, a informação de vídeo é novamente fornecida ao cinescópio da maneira descrita anteriormente. A sequência vista repete-se durante 1/60 de segundo, enquanto o feixe é movido para baixo, uniformemente, pelo oscilador vertical.

Quando o feixe de elétrons atinge o ponto E, na fig. 1-3, um pulso de apagamento vertical é recebido, fazendo-o interromper. O pulso de sincronismo vertical, sobreposto ao pulso de apagamento vertical, é então recebido e faz com que o feixe retorne à parte superior da tela. Durante o período de apagamento vertical, a varredura horizontal permanece ativa, ou seja, seu oscilador é gatilhado pelos pulsos equalizadores ou pelos dentes do pulso de sincronismo vertical. Para simplificar o desenho, na fig. 1-3 esta trajetória horizontal foi substituída pela linha reta EC.

Durante a varredura que se segue ao último pulso de sincronismo horizontal, o pulso de apagamento vertical termina e o feixe de elétrons percorre somente metade

da linha, ou seja, do ponto C até o ponto D, na fig. 1-3. No ponto D, um pulso de sincronismo horizontal sobreposto a um pulso de apagamento horizontal é novamente recebido. A sequência de eventos se repete como foi descrita anteriormente; todavia, desta vez o feixe varre as linhas tracejadas da fig. 1-3. Quando o feixe atinge a parte inferior da tela, no ponto F, é recebido um pulso de apagamento vertical. Durante o período de apagamento, o feixe é trazido de volta à parte superior da tela no ponto A e a primeira sequência de eventos se repete. O intervalo de tempo entre o último pulso de sincronismo horizontal e o primeiro pulso equalizador, para cada campo, assume valores que variam alternadamente de um período ou meio período horizontal. Essa diferença de tempo para campos sucessivos possibilita o aparecimento das meias linhas, necessárias ao entrelaçamento dos traçados executados pelo feixe.

1-4. O RECEPTOR DE TV

O objetivo do receptor de TV é receber o sinal composto de televisão e transformá-lo numa apresentação conveniente para ser visto e ouvido.

Por este motivo, todos os componentes do sinal de televisão foram discutidos. Esta seção contém um resumo das transformações que devem sofrer os componentes deste sinal para se obter o resultado desejado.

Diagrama em Blocos Simplificado

A fig. 1-4 ilustra os estágios de processamento do sinal de televisão, antes que este seja aceitável para excitar o cinescópio e o alto-falante. A seleção do sinal desejado é realizada no seletor de canais, o qual é constituído pelos estágios amplificador de RF, misturador e oscilador. Estes estágios não só selecionam o canal desejado (canal de televisão), mas convertem sua frequência para outra mais baixa, (frequência intermediária). O seletor funciona de tal maneira a converter qualquer frequência portadora de RF, na faixa de frequências recebidas das estações, para uma frequência intermediária.

O sinal composto de televisão, após ter sido convertido pelo seletor de canais, é amplificado nos estágios de FI e aplicado ao detector de vídeo. O sinal é então demodulado no detector, e distribuído para o amplificador de vídeo, amplificador de som, CAG e cancelador de ruído.

O sinal correspondente à informação de áudio é retirado do detector de vídeo através de um transformador-separador de 4,5 MHz, devido ao sistema de som

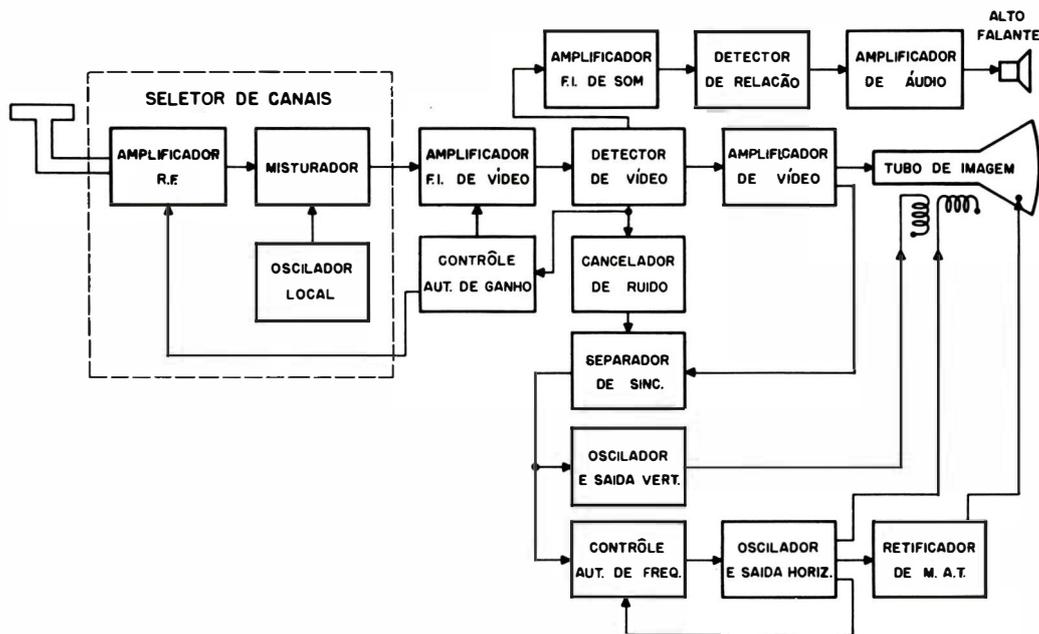


Fig. 1-4. Diagrama de blocos típico de um televisor prôto e branco.

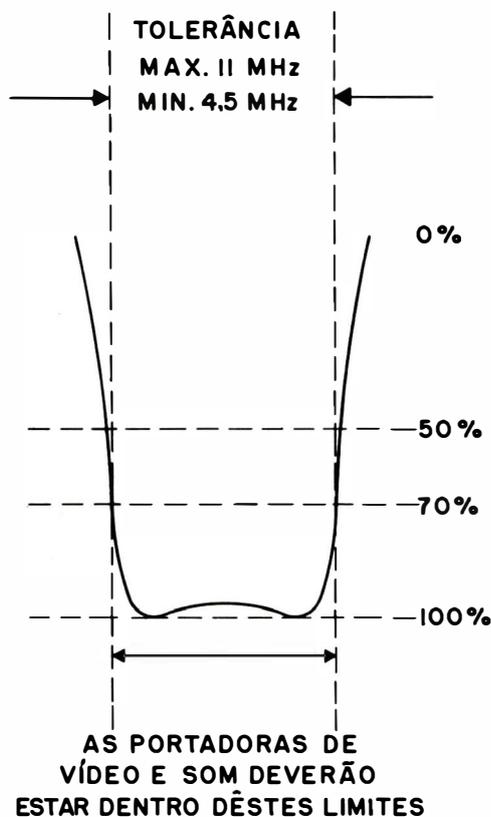


Fig. 1-5. Curva de resposta de R.F.

interportadoras, e é amplificado pelos estágios amplificadores de som. Após a amplificação do estágio de FI de som, este sinal é aplicado a um detector de relação. O detector de relação extrai a informação de áudio da portadora de RF e aplica o sinal resultante ao amplificador, que o amplifica até um nível suficiente para excitar o alto-falante, resultando numa reprodução sonora da informação de áudio, contida no sinal de televisão.

A informação de vídeo, após a detecção, passa através do amplificador de vídeo, onde o sinal é amplificado também até um nível suficiente para excitar o cinescópio. As variações de amplitude deste sinal controlam a corrente de feixe do tubo, resultando em variações de luz entre prôto e branco requeridas para reproduzir a cena televisada.

A fim de manter uma amplitude constante no sinal de vídeo, uma amostra do sinal detectado retorna para um sistema automático de controle de ganho que dependendo da intensidade do sinal composto recebido na antena vai reduzir mais ou menos os ganhos dos estágios de RF e amplificadores de FI.

A informação de sincronismo é amplificada em conjunto com o sinal de vídeo através do amplificador de vídeo e em seguida é aplicada a um separador de sincronismo, o qual extrai os pulsos de sincronismo vertical e horizontal do sinal composto de televisão. Os pulsos de sincronismo são então separados um do outro pelos cir-

cuitos de entrada dos estágios vertical e horizontal, controlando seus respectivos osciladores. Os sinais de varredura dos osciladores vertical e horizontal alimentam em nível conveniente as bobinas de deflexão. As formas de onda destes sinais são modificadas de maneira a produzir no cinescópio uma varredura linear e sincronizada, conforme discutido na seção anterior.

Estágio de RF

O estágio amplificador de RF no seletor seleciona o canal desejado. Deve ser capaz de amplificar uniformemente toda a faixa de frequência do canal de televisão, a fim de que toda a informação de vídeo contida no sinal seja reproduzida pelo receptor. Ao mesmo tempo deve haver um certo grau de seletividade, o que representa um dos pré-requisitos do estágio de RF. Desta maneira, a largura de faixa não deverá ser muito maior do que a requerida para passar o sinal de televisão. A fig. 1-5 ilustra uma curva de resposta de RF típica indicando as tolerâncias máximas e mínimas.

A fim de evitar a sobrecarga dos estágios seguintes, em presença de um sinal forte, e garantir a melhor eficiência de amplificação, em presença de sinal fraco, este estágio recebe uma tensão de controle, o Controle Automático de Ganho (CAG).

Oscilador e Misturador

Os estágios oscilador e misturador, mostrados na fig. 1-6, executam a conversão da frequência de portadora de qualquer canal de televisão, dentro da faixa de sintonia do seletor, para uma frequência intermediária. Isto se realiza pela mistura do sinal amplificado da estação (sinal de televisão) com um sinal proveniente do oscilador local. O oscilador local é ajustável e mecânicamente acoplado ao sistema de sintonia dos estágios de RF e misturador. Consequentemente, estes estágios são sintonizados simultaneamente. A frequência do oscilador é ajustada de tal maneira que a diferença entre as frequências do oscilador local e a frequência desejada (canal de televisão) permaneça sempre constante. A próxima seção amplificadora (FI de vídeo) pode, desta maneira, ser projetada para operar muito mais eficientemente e para fornecer uma saída linear.

FI de Vídeo

Nos atuais modelos de televisão, o sinal composto de televisão (vídeo, som e sincronismo) é amplificado simultaneamente no mesmo amplificador de FI de vídeo. Desde que as portadoras de vídeo e de som estão sempre distanciadas de 4,5 MHz (Norma da Comissão Internacional de Rádio - CCIR - para o sistema bra-



Fig. 1-6. Conversão de R.F. para F.I.

sileiro), um batimento de 4,5 MHz vai aparecer quando estes dois sinais são aplicados no detector de vídeo. Os estágios de FI atenuam a portadora de som ao nível de 1/10 do da portadora de vídeo. A fig. 1-7 ilustra uma curva de resposta típica da FI de vídeo e indica as amplitudes relativas das portadoras de vídeo e som na FI. Após o batimento, a diferença de frequências resultante permanece com as características do sinal mais fraco. Desta maneira a diferença de frequências de 4,5 MHz contém, predominantemente, a característica de modulação em frequência do sinal de FI de som e apenas uma pequena quantidade de modulação em amplitude está presente; a pequena quantidade de modulação em amplitude é removida pela ação de limitação do detector de som. O sinal de 4,5 MHz de som pode ser aplicado ao estágio de FI de som, a partir de qualquer ponto do detector de vídeo.

Uma tensão de polarização, conhecida como tensão de controle automático de ganho (CAG), é aplicada a um ou mais estágios de FI de vídeo, de tal maneira a manter constante a amplitude do sinal no detector de vídeo, independente da intensidade do sinal na antena. Esta tensão de controle se torna maior, à medida que a amplitude do sinal na antena se torna mais intenso, atuando de modo a reduzir o ganho dos estágios controlados.

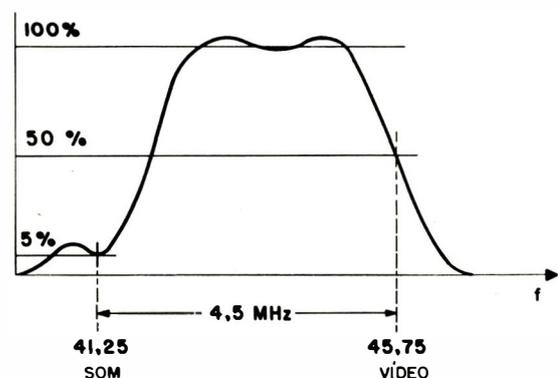


Fig. 1-7. Curva típica de resposta de F.I.

Detector de Vídeo

O detector de vídeo recupera ou separa a informação de vídeo do sinal composto de televisão através de uma retificação do sinal de FI. O sinal retificado passa através de um filtro a fim de remover os componentes de RF. As formas de onda do sinal de FI e o sinal com-

posto de vídeo resultante são mostrados na fig. 1-8. Os vários componentes do sinal composto de vídeo, após a detecção, são aplicados aos seus respectivos circuitos. O sinal composto de vídeo (informação de vídeo e sincronismo) é alimentado no estágio excitador de vídeo e depois à saída de vídeo; outra parte deste sinal é aplicada ao cancelador de ruído. O sinal de som é separado através de transformador-separador de 4,5 MHz e aplicado a FI de som.

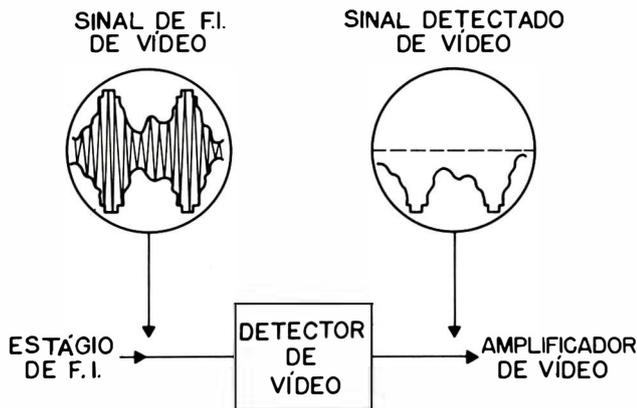


Fig. 1-8. Formas de onda na entrada e na saída do detector de vídeo.

Amplificador de Vídeo

A normalização CCIR para o sinal de televisão no Brasil determina que os pulsos de sincronismo correspondam à máxima amplitude do sinal modulado em RF (modulação negativa). Visto que é prática normal na indústria a detecção obtendo-se os pulsos de sincronismo negativos, observamos que quanto mais negativo o sinal do detector, mais preta será a imagem. Nos aparelhos transistorizados, a fim de se casar as saídas do detector com a entrada do amplificador de vídeo, é intercalado um excitador de vídeo. Após este estágio o sinal composto de vídeo é aplicado também ao CAG e ao separador de sincronismo.

O cinescópio requer para a sua operação uma polarização grade-catodo próximo ao corte, para reproduzir o preto, e polarização próximo à saturação, para reproduzir o branco. As várias gradações de cinza, entre o preto e o branco, são reproduzidas pelos valores intermediários da corrente de feixe. A fim de satisfazer aos pré-requisitos de funcionamento do cinescópio, ao mesmo tempo satisfazendo as normalizações CCIR, se o tubo for excitado pelo catodo deveremos ter um sinal de vídeo com os pulsos positivos e se for excitado pela grade o sinal de vídeo deverá estar invertido, com os pulsos negativos.

Em outras palavras, a fase do sinal composto de vídeo entre o detector e o cinescópio é de importância capital. Dos conhecimentos básicos de circuito sabemos que num estágio amplificador a fase do sinal é invertida (180°) e num estágio seguidor de emissor a fase se conserva. Dessa maneira, para detecção negativa e excitação do cinescópio pelo catodo, prática usual nos projetos modernos, deverá haver uma inversão de fase, o que é obtido pelo estágio excitador ou saída de vídeo, conforme indicado na fig. 1-9.

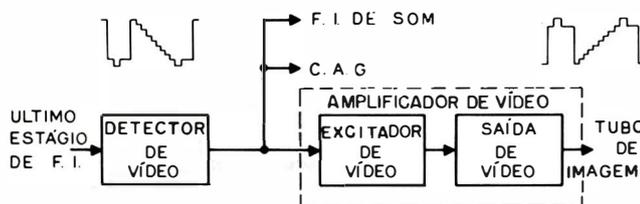


Fig. 1-9. Diagrama em blocos dos circuitos de vídeo.

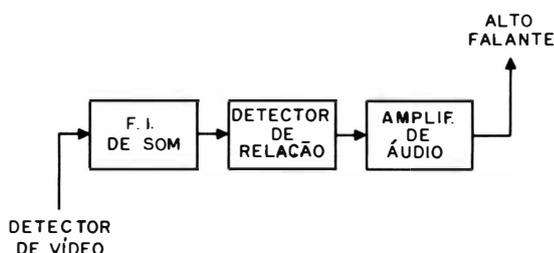


Fig. 1-10. Diagrama em blocos do circuito de áudio.

Circuitos de Som e Áudio

Conforme explicação anterior, a informação de áudio está contida no sinal de 4,5 MHz. Este sinal, conforme a fig. 1-10, é aplicado ao estágio de FI de

som, e é então amplificado e aplicado ao detector de relação, onde a informação de áudio é separada do sinal de RF. Dois estágios pré-amplificadores e um de saída de áudio proporcionam potência suficiente para o sinal de áudio excitar o alto-falante.

Separador de Sincronismo e Cancelador de Ruído

O sinal proveniente do excitador de vídeo com os pulsos de sincronismo positivos é alimentado ao separador de sincronismo. O separador de sincronismo é polarizado de tal maneira a conduzir apenas acima do nível de apagamento do sinal de entrada. Assim, apenas os pulsos de sincronismo vertical e horizontal aparecem na saída do separador de sincronismo (fig. 1-11).

O sinal composto de vídeo pode ser retirado também da saída de vídeo e neste caso o separador funcionará igualmente, já que a fase do sinal é a mesma.

A fim de evitar que um ruído qualquer possa disparar incorretamente os circuitos de deflexão vertical e horizontal, é incluído um estágio cancelador de ruído. A fig. 1-12 mostra um sinal composto de vídeo, com os pulsos de sincronismo negativos, junto com o ruído contido no sinal, alimentado ao cancelador de ruído.

Este estágio é polarizado de tal maneira que os pulsos de ruído com amplitude maior do que o tópo dos pulsos de sincronismo vão levá-lo ao corte, cortando também, desta maneira, o estágio separador de sincronismo e cancelando o pulso de ruído que apareceria na saída fig. 1-13).

Contrôle Automático de Ganho

Na maioria dos circuitos modernos é utilizado o sistema de CAG gatilhado. Este sistema apresenta grande imunidade a ruído, pois seu funcionamento é baseado num estágio chave que só é energizado durante os pulsos de sincronismo horizontal. No sistema de CAG gatilhado, fig. 1-14, o sinal composto de vídeo, com pulsos de sincronismo positivos, é aplicado à base do transistor chave. A polarização de coletor, um pulso horizontal positivo, é recebida de um enrolamento do transformador de saída horizontal. Assim, dependendo da amplitude do sinal de vídeo no detector, haverá maior ou menor condução do transistor chave, e desta maneira, através de um circuito filtro, maior ou menor tensão contínua irá polarizar o amplificador de CAG. O ajuste representado por um potenciômetro, na fig. 1-14, estabelece o ponto de condução do transistor chave, a fim de manter uma amplitude determinada e constante de

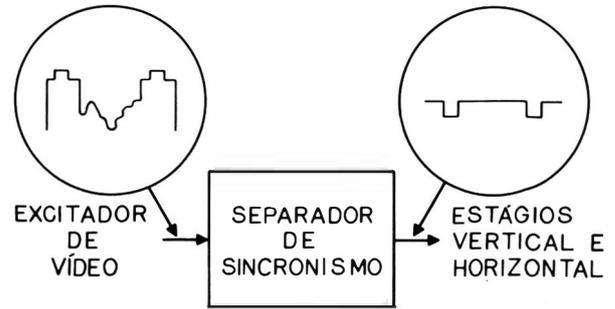


Fig. 1-11. Formas de onda: na entrada e na saída do separador do sincronismo.

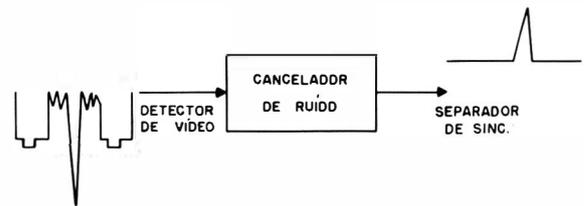


Fig. 1-12. Formas de onda na entrada e na saída do cancelador de ruído.

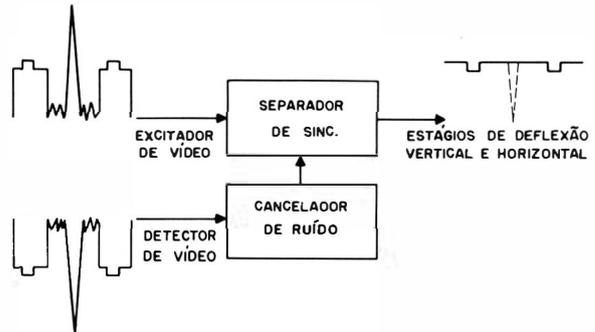


Fig. 1-13. Diagrama em blocos do separador de sincronismo com cancelador de ruído.

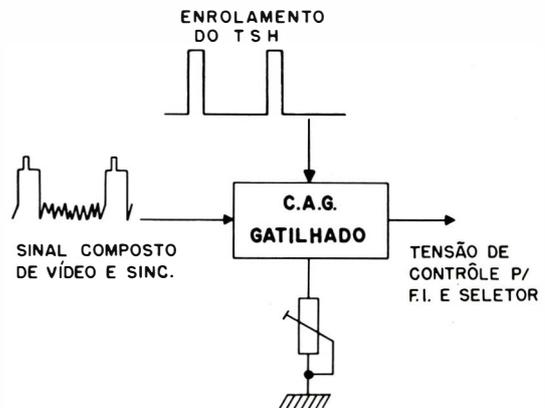


Fig. 1-14. Circuito de C.A.G.

sinal que irá excitar o amplificador de vídeo e, posteriormente, o cinescópio.

Da saída deste amplificador haverá uma distribuição de tensão de controle para o amplificador de RF do seletor de canais e o estágio de FI de vídeo. Para o seletor de canais é estabelecida uma tensão de referência, retardo de CAG, só a partir da qual a tensão de CAG é aplicada eficientemente ao amplificador de RF.

Separação dos Pulsos de Sincronismo

Após terem sido separados do sinal composto de vídeo, os pulsos de sincronismo vertical devem ser separados dos pulsos de sincronismo horizontal. Os pulsos verticais são separados por um circuito integrador, e os pulsos horizontais por uma diferenciação no comparador de fase.

Um circuito integrador (fig. 1-15), consiste de resistores e capacitores, em um ou mais elos ligados em cascata, com constantes de tempo relativamente longas. Como o sinal composto de sincronismo é aplicado ao circuito integrador, uma sequência de pequenos pulsos dente de serra, e pulsos dente de serra de maior amplitude são obtidos. O oscilador vertical é ajustado para ser disparado apenas pelos pulsos de maior amplitude, mantendo-se, desta maneira, sincronizado com o oscilador da emissora.

O comparador de fase (fig. 1-16) recebe o sinal separado de sincronismo e uma amostra de sinal do oscilador horizontal. Dependendo da fase entre estes dois sinais, resultará na saída uma tensão contínua, positiva ou negativa, que aplicada ao oscilador horizontal controla a sua frequência.

Circuitos de Deflexão Vertical

As funções de oscilador e saída vertical são desempenhadas, em geral, por um circuito multivibrador astável que incorpora circuitos formadores, compostos de um capacitor e um resistor, ou um conjunto de capacitores e resistores, resultando na saída uma forma de onda conforme ilustrado na fig. 1-17. Os circuitos formadores são responsáveis pela forma de onda essencialmente triangular de varredura. Um elo de realimentação compensa a resposta não linear das bobinas de deflexão, retocando a forma de onda entregue ao estágio de saída do multivibrador. Desta maneira, o estágio de saída vai excitar as bobinas de deflexão vertical para uma varredura linear.

Circuitos de Deflexão Horizontal

Os pulsos de sincronismo horizontal são aplicados ao circuito de deflexão horizontal de maneira diferente da do circuito de deflexão vertical. Em geral, é utilizado um comparador de fase, fig. 1-16.

Ao invés de aplicar os pulsos de sincronismo diretamente ao oscilador, eles são alimentados através de um comparador de fase, onde são comparados em fase com uma amostra do sinal de saída do circuito de deflexão horizontal. Qualquer diferença em fase entre os dois sinais produz uma tensão de saída positiva ou negativa, que irá controlar a frequência do oscilador horizontal. Assim, o oscilador horizontal do receptor manter-se-á sincronizado com o oscilador horizontal da emissora.

O sinal de saída do oscilador horizontal apresenta uma forma de onda pulsada (fig. 1-18). Nos circuitos valvulares, um circuito formador de pulsos é requerido

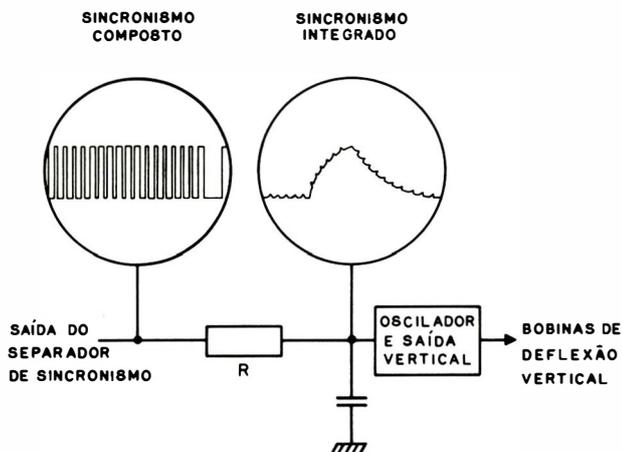


Fig. 1-15. Circuito integrador.

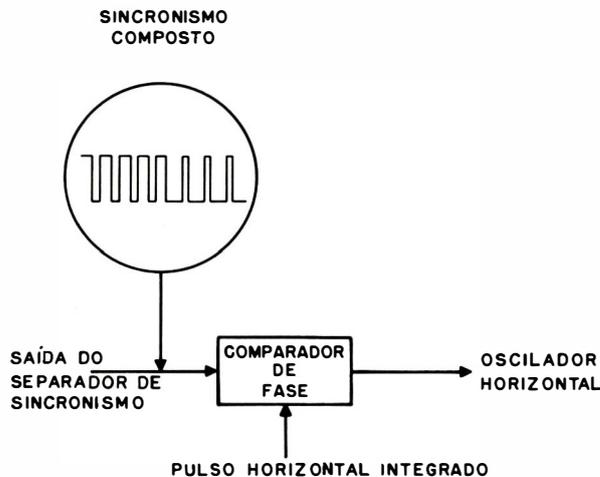


Fig. 1-16. Comparador de fase.

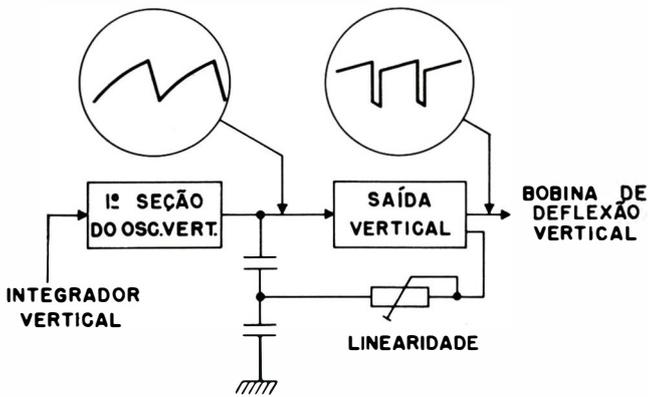


Fig. 1-17. Circuito de deflexão vertical.

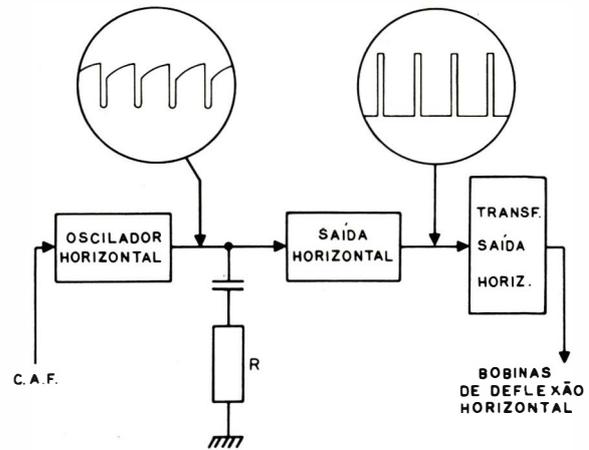


Fig. 1-18. Circuito de deflexão horizontal.

entre o oscilador e a saída horizontais, para tornar linear as correntes nas bobinas de deflexão e definir o ponto de condução da válvula de saída horizontal, responsável pela segunda metade da varredura produzida nas bobina defletoras. Um estágio amortecedor retifica a oscilação causada pela excitação pulsada no transformador de saída, produzindo nas bobinas defletoras a primeira metade da varredura horizontal.

Transformador de Saída Horizontal

O transformador de saída horizontal, além de transferir para as bobinas de deflexão a varredura linear, também fornece pulsos de alta tensão que, retificados, irão alimentar o cinescópico, bem como pulsos para o CAG e comparador de fase. Em alguns sistemas transistorizados, tensões contínuas, mais elevadas do que as obtidas por retificação direta da rede, são fornecidas pelo transformador de saída horizontal para alimentar outros estágios, por exemplo a saída de vídeo.

O primário deste transformador é excitado pela fonte via válvula de saída horizontal, que funciona como chave, resultando numa corrente que aumenta

linearmente. No instante em que a válvula de saída é cortada, produz-se uma reação no transformador que transfere para a capacidade distribuída a energia magnética acumulada, na forma de uma corrente oscilante; isto produz nos terminais do transformador um pulso de tensão. No instante em que a tensão, também oscilante, se torna negativa, o estágio amortecedor conduz, produzindo também uma corrente negativa, decrescendo, linearmente, até zero. Novamente o estágio de saída passa a conduzir e, repetidamente, vamos obter uma excursão de corrente linear que passa de negativa a positiva, apresentando um breve período de retraço ("fly-back").

Um enrolamento secundário elevador produz um pulso de amplitude elevada semelhante ao que aparece no enrolamento primário; este é retificado e resulta numa tensão contínua de alguns milhares de volts.

Uma tensão contínua, desenvolvida pela condução do amortecedor, é somada à tensão de +B, produzindo uma tensão mais elevada, normalmente designada por +B reforçado ("booster"). Esta tensão pode ser utilizada para alimentar estágios que necessitam de tensões altas para o seu funcionamento normal.

2.

COLORIMETRIA

COLORIMETRIA é a medida ou análise da cor. No presente estudo, discutiremos os princípios fundamentais da teoria da luz, necessária ao estudo da cor. É interessante, no entanto, lembrar que misturar tintas ou pigmentos não é a mesma coisa que misturar cores da luz. Recomenda-se então ao leitor que já adquiriu previamente algum conhecimento a respeito de mistura de pigmentos, que se dedique a este assunto com o espírito aberto para a nova apresentação que se segue.

2-1. FUNDAMENTOS DA LUZ

A luz é uma forma de energia radiante, constituída de ondas eletromagnéticas de frequências extremamente elevadas. As ondas de luz, do mesmo modo que as ondas de rádio, são transmitidas por uma fonte. Elas são refletidas, focalizadas e polarizadas do mesmo modo que as ondas de rádio.

Como mostra o espectro de frequência da fig. 2-1, as ondas de luz apresentam comprimentos de onda que vão de 0,00004 a 0,00007 centímetros. Considerando que essas grandezas são muito pequenas, é mais conveniente expressar o comprimento de onda das ondas da luz em termos de uma unidade menor - o milimicron. Um milimicron corresponde a 10^{-9} metros, ou seja, um milésimo da milionésima parte do metro. Em outras palavras, as ondas de luz visível possuem comprimentos de onda compreendidos entre 400 e 700 milimicrons.

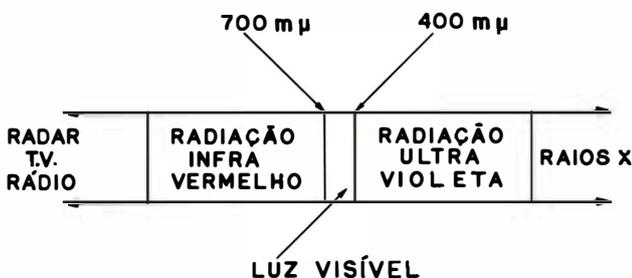


Fig. 2-1. Espectro de frequências.

Reflexão e Absorção

Todavia, a luz para a maioria das pessoas tem um significado mais prático, ou seja, apenas ilumina um objeto de uma maneira tal que este possa ser visto. Se um objeto estivesse colocado em um quarto completamente escuro, um observador colocado no mesmo quarto não conseguiria vê-lo. Se, por outro lado, uma fonte de luz estivesse iluminando o objeto, este seria então visível ao observador. É a reflexão dos raios de luz na superfície do objeto que faz com que o observador consiga vê-lo. Todos os objetos refletem luz, fazendo-o de várias maneiras. Se um objeto fosse completamente transparente, sua superfície não refletiria raios de luz e portanto o objeto em questão seria invisível. Naturalmente essa condição é impossível de se verificar visto que não há, entre os materiais conhecidos, nenhum que não reflita luz. Se um objeto é feito com um material translúcido, a maioria dos raios de luz passam através do objeto, enquanto que uma pequena porcentagem é refletida. Se o objeto não é translúcido, os raios de luz são igualmente refletidos e absorvidos pelo mesmo.

A quantidade de luz refletida por um objeto é determinada pelo seu acabamento. Se o objeto tem uma superfície polida e brilhante, como um espelho por exemplo, mais de 90% dos raios de luz são refletidos. Por outro lado, se ele apresentar uma superfície preta e opaca, como um quadro negro, somente 10% dos raios de luz serão refletidos.

Resumindo, pode-se afirmar que para que se possa ver um objeto é necessário que a luz seja refletida por esse objeto. A quantidade de luz não tem uma grande importância, visto que o olho humano tem a propriedade de se acomodar a uma gama de valores de intensidade de luz.

Componentes de Luz

Quando um feixe de luz atinge um prisma, como mostra a fig. 2-2, a luz é dispersa pelo mesmo, em um espectro, revelando dessa maneira todas as cores que estão contidas na luz branca. Devido a limitações práticas, as cores intermediárias não podem ser mostradas na sua totalidade. Um exame detalhado do espectro,

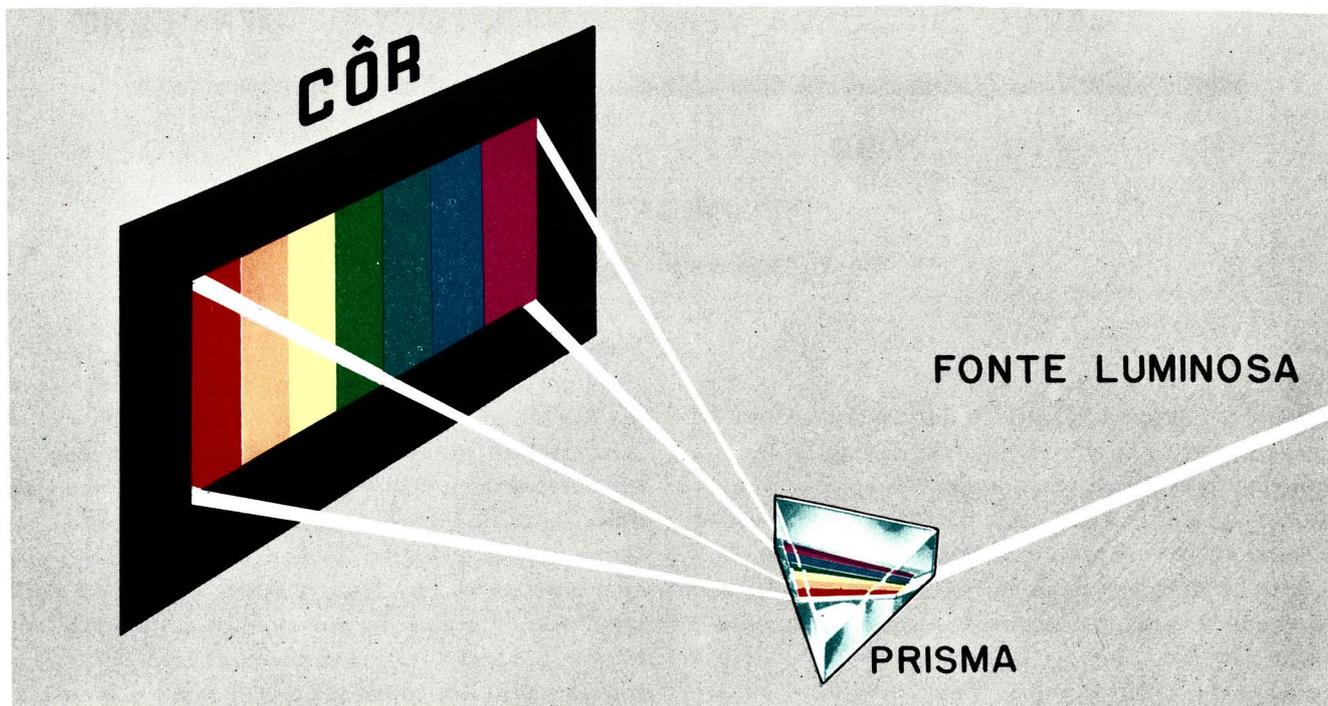


Fig. 2-2. Refração da luz branca.

produzido por um prisma refrator, revela que a mudança de uma cor para outra é gradual, observando-se um grande número de cores entre uma extremidade e outra do espectro.

2-2. FUNDAMENTOS DA CÔR

Côr é o aspecto da luz responsável pelas sensações de brilho, matiz e saturação. Brilho é o grau de luminosidade de uma cor. Matiz indica o comprimento de onda de uma cor, isto é, sua posição dentro do espectro. Saturação é a propriedade que acusa a presença de luz branca; então, uma cor que não possui nenhuma quantidade de luz branca é dita uma cor saturada, às vezes chamada de cor pura. Quando a luz branca é misturada com uma cor, esta se torna não saturada. As cores pastel são dessaturadas.

Brilho

Da maneira pela qual foi referido anteriormente, representa a intensidade de uma cor, seja ela saturada ou não saturada. Brilho é medido em termos de lúmens, unidade similar ao watt (potência), a menos das modificações realizadas a fim de entrar em concordância com as características do olho humano. A intensidade de brilho de uma luz colorida pode ser demonstrada como

na fig. 2-3. A luz emitida de uma lâmpada de 7,5 watts é medida com o auxílio de uma fotocélula conectada a um medidor calibrado em lúmens. Um dispositivo similar mede a luz emitida de uma lâmpada de 100 watts. Êste outro medidor indica, proporcionalmente, mais lúmens, estabelecendo dêsse modo que a luz emitida pela última lâmpada é muitas vezes maior que a emitida pela lâmpada menor.

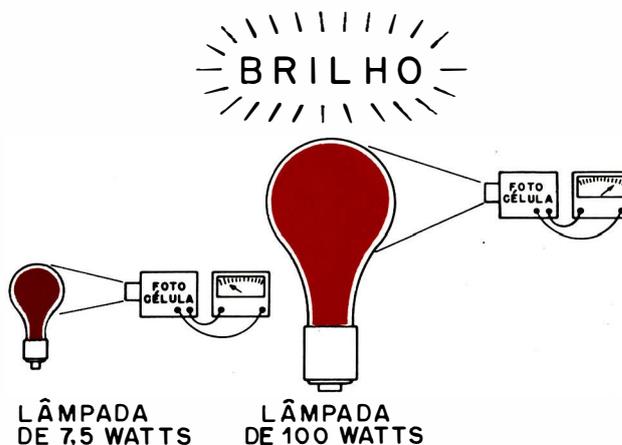


Fig. 2-3. Medição do brilho.

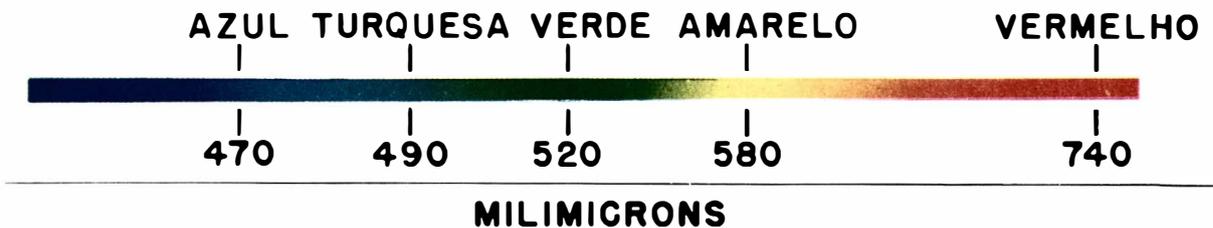


Fig. 2-4. Espectro de luz visível.

Matiz

Quando se observa o espectro de luz visível, mostrado na fig. 2-4, um olho normal vai distinguir desde o vermelho à frequência mais baixa (comprimento de onda mais longo), passando pelo laranja, amarelo, verde e azul, até o violeta que corresponde à frequência mais alta. Essas impressões subjetivas são chamadas matizes e cada matiz está associado a um comprimento de onda específico. A maioria das pessoas confunde o matiz de uma cor com a própria cor em diferentes graus de saturação e brilho. Por exemplo, normalmente laranja e marrom são considerados matizes diferentes e no entanto são cores com o mesmo matiz (mesmo comprimento de onda dominante), porém com brilhos diferentes. Azul-claro, azul-escuro e azul-marinho são exemplos de cores com o mesmo matiz porém em graus de saturação e brilho diferentes.

É importante salientar que o que é definido como matiz não se altera com a mudança de brilho ou com o grau de saturação. Isto é, não importa quão iluminado esteja um objeto, seu matiz permanece inalterado.

Saturação

Uma cor saturada é aquela que não contém nenhuma luz branca. Todas as cores do espectro visível são saturadas ou puras. A fim de entendermos mais claramente a saturação e a dessaturação de uma cor, duas fontes de luz são projetadas sobre um disco, conforme mostra a fig. 2-5. Uma delas é vermelho puro e apresenta um brilho fixo. A outra é branca e possui um ajuste de brilho. Se, por hipótese, a luz branca não estiver iluminando a luz vermelha sobre o disco é uma cor saturada. À medida que o brilho da luz branca aumenta, desde zero até um valor muitas vezes maior que o da luz vermelha, a luz resultante se torna menos saturada (ou mais, dessaturada), até que o conteúdo vermelho é quase invisível. A porcentagem de saturação é dada pelo quociente entre o número de lúmens (brilho) da luz vermelha e o número total de lúmens, ou seja, a soma do número de lúmens da luz vermelha e da luz branca. É fácil perceber que uma dada cor pode apresentar qualquer porcentagem de saturação entre 0 e 100%.

A dessaturação de três cores saturadas está ilustrada

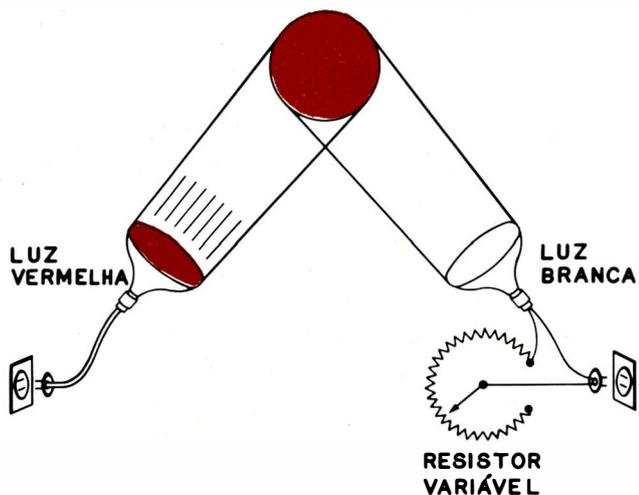


Fig. 2-5. Dessaturação de um vermelho saturado.

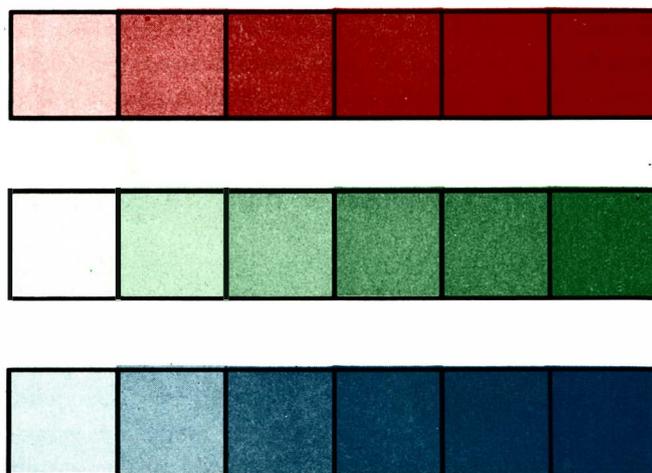


Fig. 2-6. Graus de saturação de três cores.

na fig. 2-6. À medida que o olho caminha em direção ao lado direito, nota-se que a porcentagem de saturação aumenta até que cada cor esteja quase que completamente saturada. Do lado esquerdo, todavia, a cor contém somente um vestígio de cor saturada.

CÔR	COORDENADAS	
	x	y
VERMELHO	0,67	0,33
VERDE	0,21	0,71
AZUL	0,14	0,08

Tabela 2-1.

2-3. PADRÕES DE CÔRES

Diagrama de Cromaticidade

O diagrama de cromaticidade, ilustrado na fig. 2-7, é uma representação gráfica do matiz e da saturação, mantendo-se o brilho em um valor constante. O diagrama de cromaticidade é um meio padronizado de designarmos o matiz e o grau de saturação através de um siste-

ma de coordenadas x e y.

Estabeleceu-se um sistema de televisão a cores baseado nas três cores primárias indicadas na TABELA 2-1.

Estas cores primárias, quando misturadas na proporção de 30% vermelho, 59% verde e 11% azul, produzem um branco padrão, o qual é tomado como referência. Estas relações derivam da sensibilidade do olho humano frente a cada uma destas cores primárias.

Triângulo de Cores

Um triângulo de cores é formado sobre o diagrama de cromaticidade da fig. 2-7, unindo as três cores primárias especificadas. Este triângulo, mostrado na fig. 2-8, contém todas as cores e saturações que podem ser produzidas em televisão a cores.

As especificações estabelecem limites definidos para a reprodução das cores, desde que somente podem ser reproduzidas cores que estejam dentro do triângulo. Esses limites, entretanto, são maiores que os possíveis de serem obtidos através da fotografia ou impressão a cores.

As cores saturadas, situadas na periferia do triângulo de cores, são produzidas misturando-se duas das cores primárias, ao passo que as cores dessaturadas, situadas no interior dos domínios do triângulo, são produzidas pela mistura das três cores primárias.

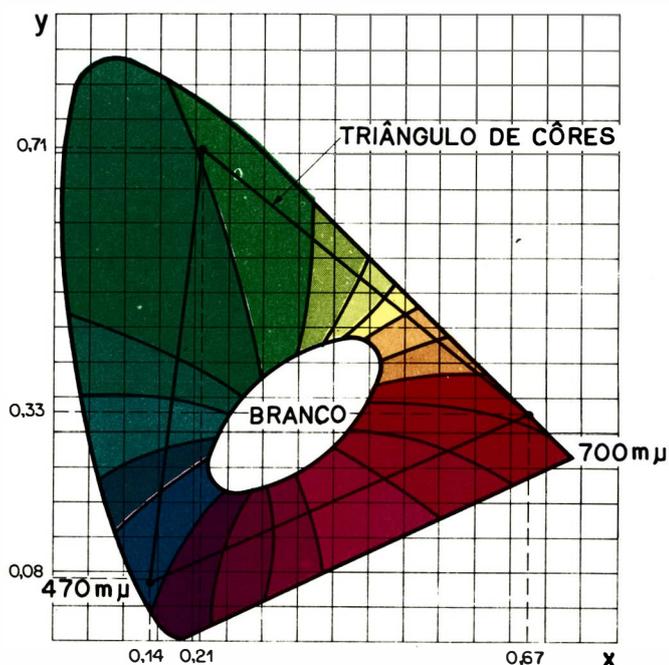


Fig. 2-7. Diagrama de cromaticidade.

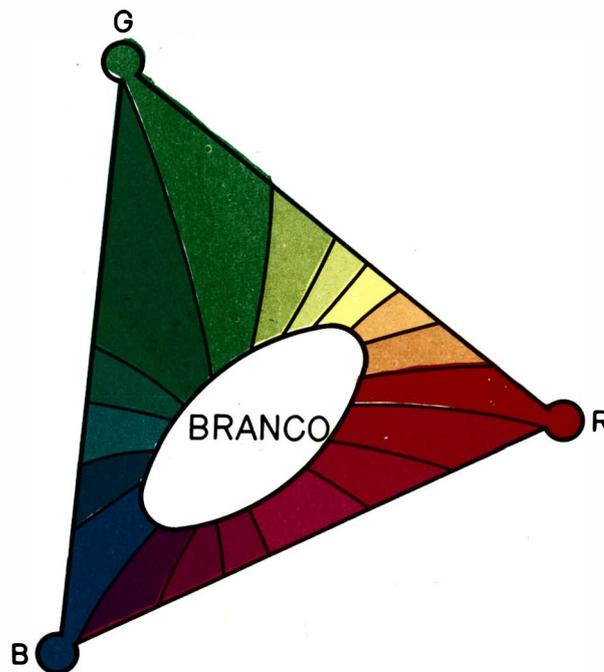


Fig. 2-8. Triângulo de cores.

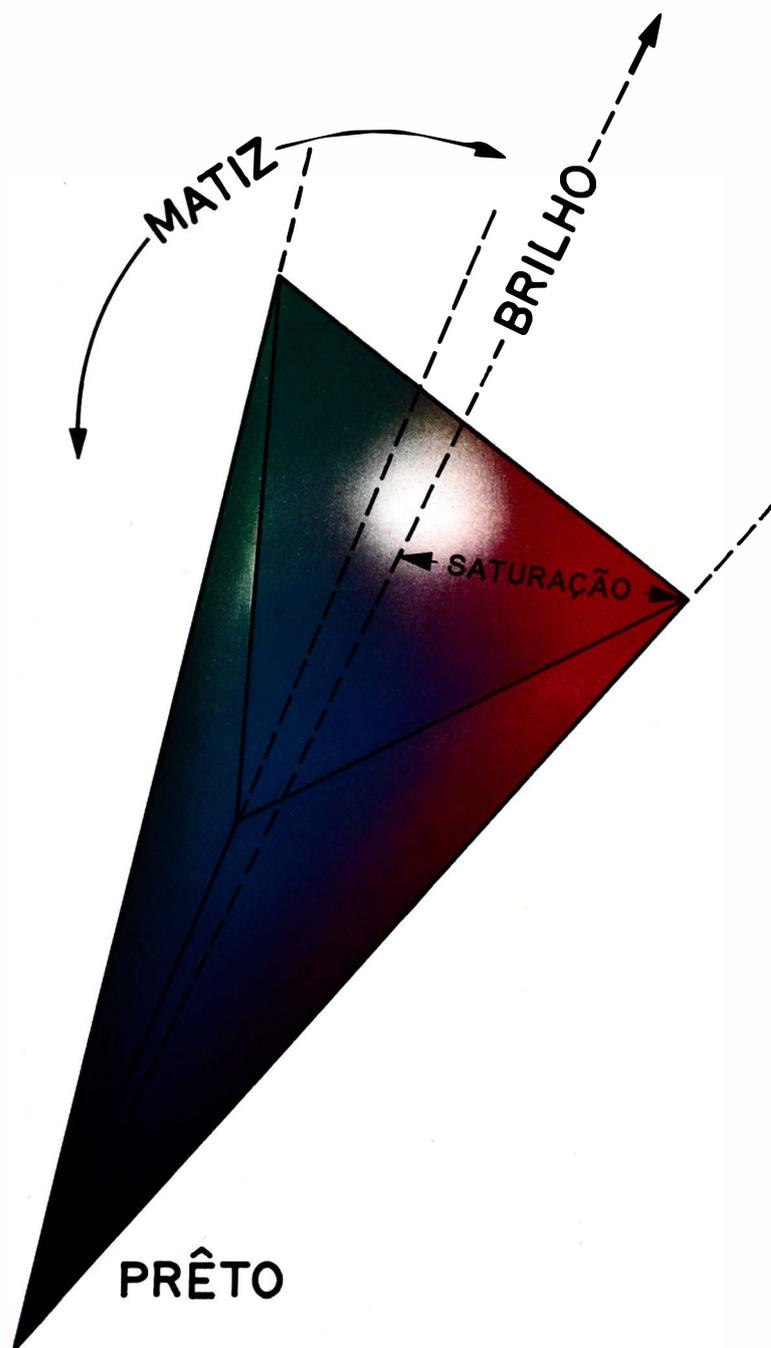


Fig. 2-9. Pirâmide de côres.

Pirâmide de Côres

Uma projeção do triângulo de côres para incluir o brilho é ilustrada na fig. 2-9. O preto, ou ausência de luz, está no ápice da pirâmide. Não existe cor nesse ponto, pois como já foi visto, não pode existir cor na ausência de luz. A projeção, partindo do ápice da pirâmide em direção ao centro da base da pirâmide, constitui o eixo de brilho. As cores saturadas estão sobre as superfícies da pirâmide, ao passo que as cores dessaturadas estão contidas no seu interior. As cores tornam-se cada vez mais brilhantes à medida que nos deslocamos do vértice em direção à base. A porcentagem de saturação vai aumentando progressivamente, a partir do eixo, em direção às superfícies laterais da pirâmide. Um exame acurado revela que o eixo de brilho tem origem na região negra, e progride através de várias nuances de cinza, na direção da região branca. A partir dessa discussão, vê-se que a única diferença entre o preto, as diferentes regiões da escala do cinza e o branco, é a intensidade de brilho. Então, ao produzir o cinza, da mesma forma que produzimos o branco que serviu como referência, devemos ter 30% vermelho, 59% verde e 11% azul, apenas havendo diferença no nível de brilho.

2-4. CARACTERÍSTICAS DA CÔR

Absorção e Reflexão

Como já foi discutido anteriormente, sempre que a luz atinge um objeto alguns raios são absorvidos enquanto outros são refletidos. São exatamente êsses raios refletidos que fazem com que o observador veja o objeto. Consideremos agora que o objeto, na fig. 2-10, esteja iluminado com luz branca. A pirâmide é feita com material vermelho, a esfera feita com material verde e o cubo feito com material azul. À medida que a luz branca ilumina o objeto, cada porção colorida do mesmo absorve todos os comprimentos de onda de luz branca, exceto aquele correspondente à sua respectiva cor. Então, a pirâmide reflete o vermelho, a esfera reflete o verde e o cubo reflete o azul. É exatamente essa reflexão de comprimentos de onda dominante que possibilita ao observador distinguir as cores.

Se, por outro lado, a fonte de iluminação fôsse vermelha (do mesmo comprimento de onda que o vermelho que constitui a pirâmide), como mostra a fig. 2-11, a única parte visível de todo o objeto seria a pirâmide vermelha. A esfera verde e o cubo azul não seriam visíveis, visto que a fonte não dispõe de comprimentos de onda correspondentes ao verde e ao azul, e que conse-

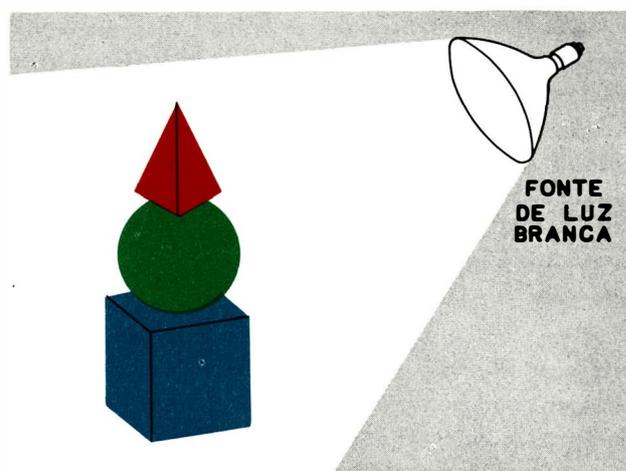


Fig. 2-10. Objeto iluminado por luz branca.

quentemente não poderiam ser refletidos pela esfera ou pelo cubo. A luz vermelha é completamente absorvida ao atingir a esfera e o cubo. Usando os mesmos princípios de absorção e reflexão, concluímos que uma porção de certa cor de um objeto multicolorido pode se tornar mais visível ao observador, desde que dirijamos contra êle raios de luz cujo comprimento de onda corresponda à cor da porção considerada.

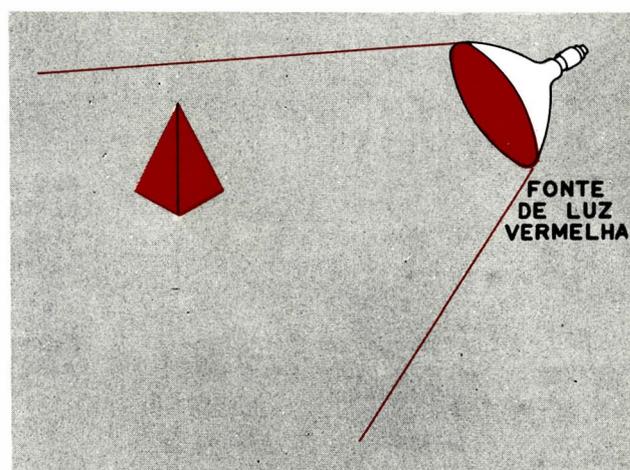


Fig. 2-11. Objeto iluminado por luz vermelha.

Separação de Côres

As côres podem ser separadas ou extraídas de uma combinação de côres, utilizando-se filtros ópticos passivos. As características desses filtros são similares às características de um amplificador de rádio-frequência, o qual permite a passagem de uma faixa estreita de frequência, bloqueando as demais. Então, a frequência (matiz) que passa através de um filtro passivo é aquela para a qual o filtro está "sintonizado" (filtro de côr).

Três fontes de luz branca estão ilustradas na fig. 2-12. Cada fonte está dirigida para um filtro passivo, um vermelho, um verde e outro azul. Pode-se ver que somente os comprimentos de onda correspondentes a cada um dos filtros são visíveis do lado direito da ilustração. Todos os demais comprimentos de onda são rejeitados e conseqüentemente não passam através do filtro.

Como se vê na fig. 2-13, um filtro passivo pode ser colocado entre o objeto e o observador. Como mostra a ilustração, a luz branca é focalizada sobre o objeto e cada porção do mesmo reflete sua respectiva côr. Como as três côres atingem o filtro azul, somente a luz refletida pelo cubo atravessa o filtro, ao passo que as duas outras são rejeitadas. O observador pode ver somente o cubo azul, embora o objeto esteja iluminado com luz branca.

2-5. MISTURA DE CÔRES

Como já foi discutido anteriormente quando tratamos dos padrões de côres, ou seja, as três côres primárias padronizadas, vermelho, verde e azul, vimos que elas são misturadas em diferentes proporções para produzir as demais côres. Foi mencionado também que quando as côres primárias são misturadas numa proporção de 30% vermelho, 59% verde e 11% azul, temos como conseqüência o branco padrão. Para simplificar o assunto, que será tratado a seguir, e com o propósito de eliminar fórmulas matemáticas, vamos fazer a seguinte generalização:

1 unidade de vermelho representa 30% vermelho.

1 unidade de verde representa 59% verde.

1 unidade de azul representa 11% azul.

Podemos então dizer que uma unidade de vermelho, uma unidade de verde e uma unidade de azul combinam-se para produzir o branco padrão.

Mistura de Duas Côres

Na ilustração da fig. 2-14 existem duas luzes, uma azul e outra verde; cada uma delas representa brilho correspondente a uma unidade. Se essas luzes são pro-

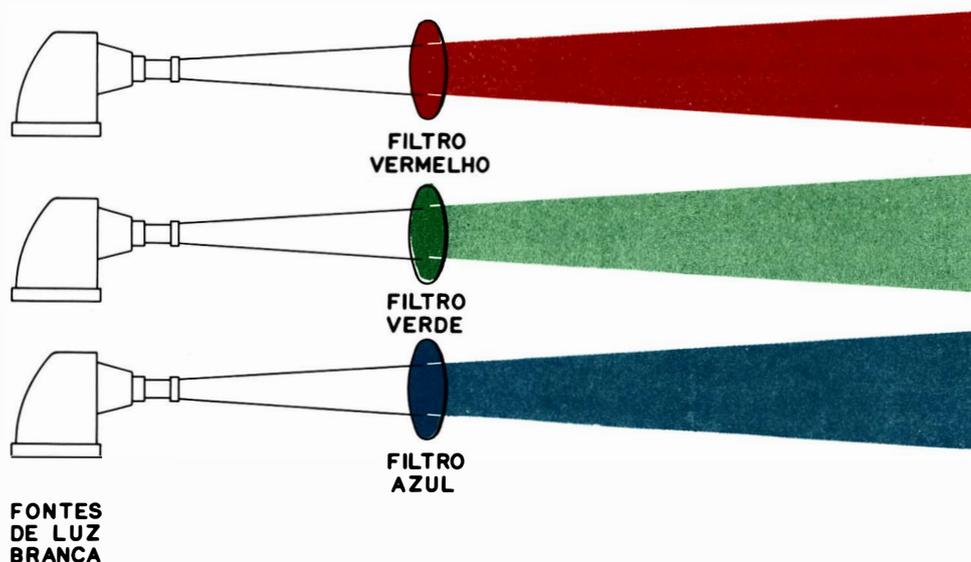


Fig. 2-12. Separação de côres a partir da luz branca.

jetadas sobre uma tela, de tal maneira que uma se sobreponha à outra, o observador verá uma cor verde azulada, chamada cyan ou turquesa. Se a luz azul é substituída por outra de matiz vermelho, com brilho correspondente a uma unidade de vermelho, a cor resultante sobre a tela é o amarelo. Se removermos agora a luz verde e a substituímos por uma azul, também com brilho de uma unidade, vemos que aparece uma terceira cor, magenta. Resumindo, vemos que iguais unidades de verde e azul produzem turquesa, unidades iguais de verde e vermelho produzem amarelo e unidades iguais de vermelho e azul produzem magenta.

Se o número de unidades de luz provenientes de cada uma das fontes não forem iguais, resultará sobre a tela uma cor diferente. A cor combinada, nesse caso, exibe principalmente as características da cor predominante em sua formação. Quando uma unidade de luz verde é misturada com três unidades de luz vermelha, o matiz resultante é laranja.

Variando as proporções de vermelho e verde, pode-se produzir uma grande variedade de matizes que vão desde vermelho até o verde. Uma gama de matizes compreendidos entre verde e azul pode ser obtida de maneira análoga, variando-se as proporções de verde e azul na mistura. Uma terceira variedade de matizes, compreendidos entre vermelho e azul, pode ser conseguida va-

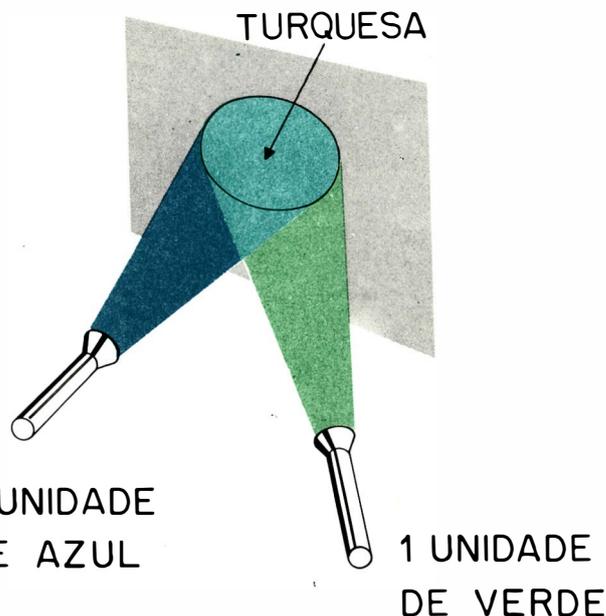


Fig. 2-14. Mistura de luzes azul e verde.

riando-se as proporções desses dois matizes na mistura.

As diferentes cores que podem ser produzidas pela mistura das três cores primárias, podem ser dispostas na forma de um triângulo equilátero, conforme ilustra

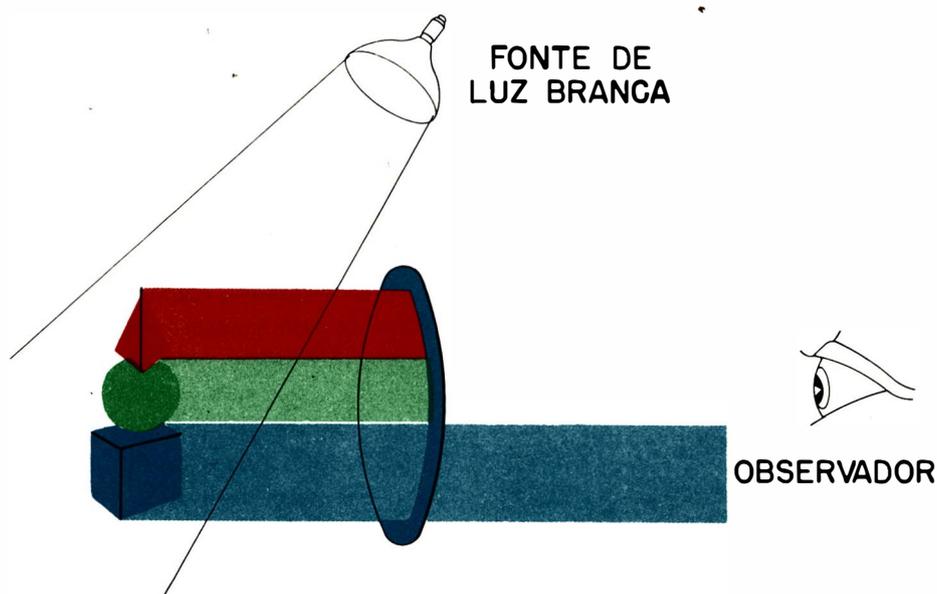


Fig. 2-13. Separação de uma luz refletida.

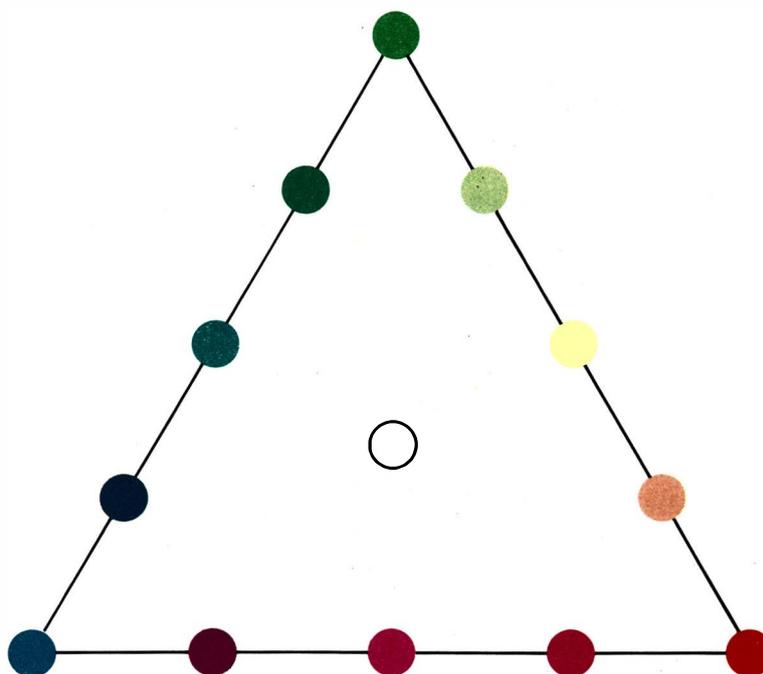


Fig. 2-15. Triângulo de cores.

a fig. 2-15. As cores primárias ocupam os vértices do triângulo e as cores resultantes ocupam suas arestas. As proporções usadas para obtenção de uma cor resultante qualquer, são inversamente proporcionais às distâncias entre a cor resultante e as duas cores primárias, de cuja mistura foi obtida a cor resultante considerada. Examinando o triângulo equilátero, verificamos que o matiz laranja está a $1/4$ de distância do vermelho e a $3/4$ de distância do verde. Por esta razão, temos: 3 unidades de vermelho e 1 unidade de verde produzem 4 unidades de laranja.

Mistura de Três Cores

Igual número de unidades de vermelho, verde e azul, produzem o branco padrão e portanto quando misturamos as três cores primárias com diferentes números de unidades, sempre existe algum conteúdo branco. Para determinarmos a cor resultante, determinamos inicialmente a quantidade de branco contida na mistura, subtraindo dessa combinação o menor número

de unidades presentes na combinação.

As duas cores restantes são combinadas da maneira já explicada anteriormente. A cor resultante da mistura inicial é aquela que seria produzida pela mistura das duas cores restantes e dessaturadas pelo conteúdo de branco presente. Como exemplo, vamos determinar a cor resultante da mistura de 5 unidades de vermelho, 3 unidades de verde e 2 unidades de azul. O menor número de unidades, como se vê, é 2. Subtraindo 2 unidades de cada quantidade, restam 3 unidades de vermelho, 1 de verde e nenhuma de azul. As 2 unidades de cada cor produzem o branco (6 unidades de branco).

As duas cores restantes, 3 unidades de vermelho e 1 unidade de verde, produzem 4 unidades de laranja. As 6 unidades de branco vão dessaturar em 60% as 4 unidades de laranja. Portanto, a cor resultante da mistura é um laranja 60% dessaturado. Deve ser notado também que quando três cores primárias são misturadas, existe sempre um conteúdo branco; portanto, a cor resultante é sempre dessaturada e está situada no interior do triângulo de cores, mostrado na fig. 2-8.

3. MÉTODOS DE TRANSMISSÃO E RECEPÇÃO - PADRÕES

3-1. O SINAL COMPOSTO DE CÔR

AS TRÊS propriedades de uma côr são: brilho, matiz e saturação. Portanto, sinais correspondentes a essas propriedades, da côr que está sendo televisada, devem ser transmitidos. Cada côr contém quantidades específicas das côres primárias: vermelho, verde e azul. Portanto, se fôssem transmitidos sinais proporcionais ao brilho das componentes (vermelho, verde e azul), da côr dada, êstes poderiam ser captados e em seguida aplicados em um cinescópio cromático reproduzindo a côr televisada. Êsse é o princípio básico segundo o qual uma côr é televisada; todavia, isto não é tão simples de se realizar. Inicialmente, são obtidas tensões proporcionais ao brilho das componentes primárias da côr. A partir dêsses três sinais primários, são derivados um sinal de luminância e dois sinais de diferença de côr. O sinal de luminância contém a informação sôbre o brilho da côr televisada e é idêntico ao sinal de vídeo acromático.

Portanto, poderá ser reproduzido nos receptores de televisão em prêto e branco. Os sinais diferença de côr modulam uma sub-portadora de côr; êles contém, por sua vez, informação sôbre o matiz e a saturação da côr televisada. O sinal de luminância e a sub-portadora de côr, contém tôdas as informações da cena televisada. Êsses sinais são transmitidos e separados em suas componentes no receptor. Os três componentes primários, derivados dos sinais transmitidos, são aplicados ao cinescópio, onde então é reproduzida a côr que está sendo televisada.

Obtenção das Componentes Primárias da Côr

O primeiro requisito para produzir os sinais de luminância e sub-portadora de côr, consiste em obter tensões proporcionais ao brilho das três componentes primárias da côr original a ser televisada.

Quando um objeto colorido é fotografado com um filme prêto e branco, a reprodução revela sômente as componentes de brilho, pois êsse filme é sensível sômente à intensidade da luz. Desta forma, o objeto é reproduzido

segundo uma escala cinza na proporção da luz refletida pelas várias porções do mesmo. A câmara de televisão em prêto e branco opera de maneira semelhante. O mosaico de um tubo da câmara de televisão, do mesmo modo que o filme fotográfico do tipo prêto e branco, é sensível sômente ao brilho. Dessa maneira a superfície do mosaico produz tensões proporcionais sômente à intensidade da informação de brilho da côr refletida, sendo que a reprodução é feita segundo uma escala de cinza, muito embora haja côr presente na superfície do mosaico.

Em televisão a côres, três tubos de câmara são dispostos conforme ilustra a fig. 3-1. Cada tubo está associado a um filtro óptico, um vermelho outro verde e o terceiro azul. A imagem do objeto é dividida ópticamente e dirigida, através dos filtros, aos respectivos tubos de câmara a êles associados. Desde que os filtros sômente permitem que suas próprias côres cheguem ao tubo da câmara, uma tensão de brilho dependente substancialmente das côres associadas é obtida de cada um dos três tubos da câmara. A amplitude de cada sinal é proporcional à quantidade de luz correspondente a cada côr primária que atinge a superfície do mosaico do seu respectivo tubo de câmara. A reprodução da imagem do objeto poderia ser realizada alimentando com êsses três sinais primários independentes os três cinescópios dispostos de maneira semelhante às câmaras da fig. 3-1. O sinal vermelho alimentaria um cinescópio com fósforo que emitiria por sua vez luz vermelha saturada; o sinal verde alimentaria um cinescópio com fósforo que emitiria luz verde saturada e o sinal azul alimentaria um cinescópio com fósforo que por sua vez emitiria luz azul saturada. As porções vermelha, verde e azul do objeto apareceriam em seus respectivos tubos de imagem em suas côres originais. Essas imagens individuais poderiam então ser reunidas ópticamente e apresentadas ao observador. Êsse processo é possível, porém na prática não se usa êsse método de recepção. Uma faixa de 4,2 MHz é exigida para que cada sinal produza uma imagem colorida de qualidade igual à oferecida pelos receptores acromáticos. Isto implicaria num canal de transmissão com 12,6 MHz de faixa, para enviar as três informações simultâneamente. Portanto,

esta informação colorida não pode ser transmitida dentro dos limites previstos para televisão acromática. Por outro lado, êsse sistema também seria incompatível com aquêle existente para televisão acromática.

Um método prático para receber e reunir êsses sinais será descrito mais tarde, ainda dentro desta seção.

O Sinal de Luminância

O sinal de luminância é formado por uma combinação de tensões dos sinais vermelho, verde e azul, em proporções específicas. Como mostra a fig. 3-2, os tubos das câmaras vermelho, verde e azul estão combinados em uma só unidade: a câmara de televisão a côres. Os três sinais de saída são conduzidos a uma unidade somadora, onde são adicionadas porções convenientes dos sinais vermelho, verde e azul. O sinal de luminância é idêntico ao sinal de vídeo acromático.

A luz branca contém 30% de vermelho, 59% de verde e 11% de azul. O sinal de luminância apresenta essa mesma proporção, de modo a manter a luminosidade adequada das côres para a reprodução.

O Sinal de Sub-Portadora e os Sinais Diferença de Côr

Sinais que representam o matiz e a saturação das côres também são exigidos. A fim de vermos de que maneira êsses sinais estão relacionados com a côr e a saturação, consideremos o triângulo de côres da fig. 3-3. As côres completamente saturadas estão localizadas sobre a periferia do triângulo; o ponto branco situa-se aproximadamente no seu centro. Se traçarmos uma linha reta a partir do ponto branco, como está mostrado, até uma determinada côr situada sobre a periferia, temos que os pontos sobre essa linha representam côres que possuem o mesmo matiz predominante (no caso mostrado temos só magenta), mas com diferentes graus de saturação que por sua vez variam desde zero, no ponto branco, até atingirem um máximo, sobre o lado do triângulo.

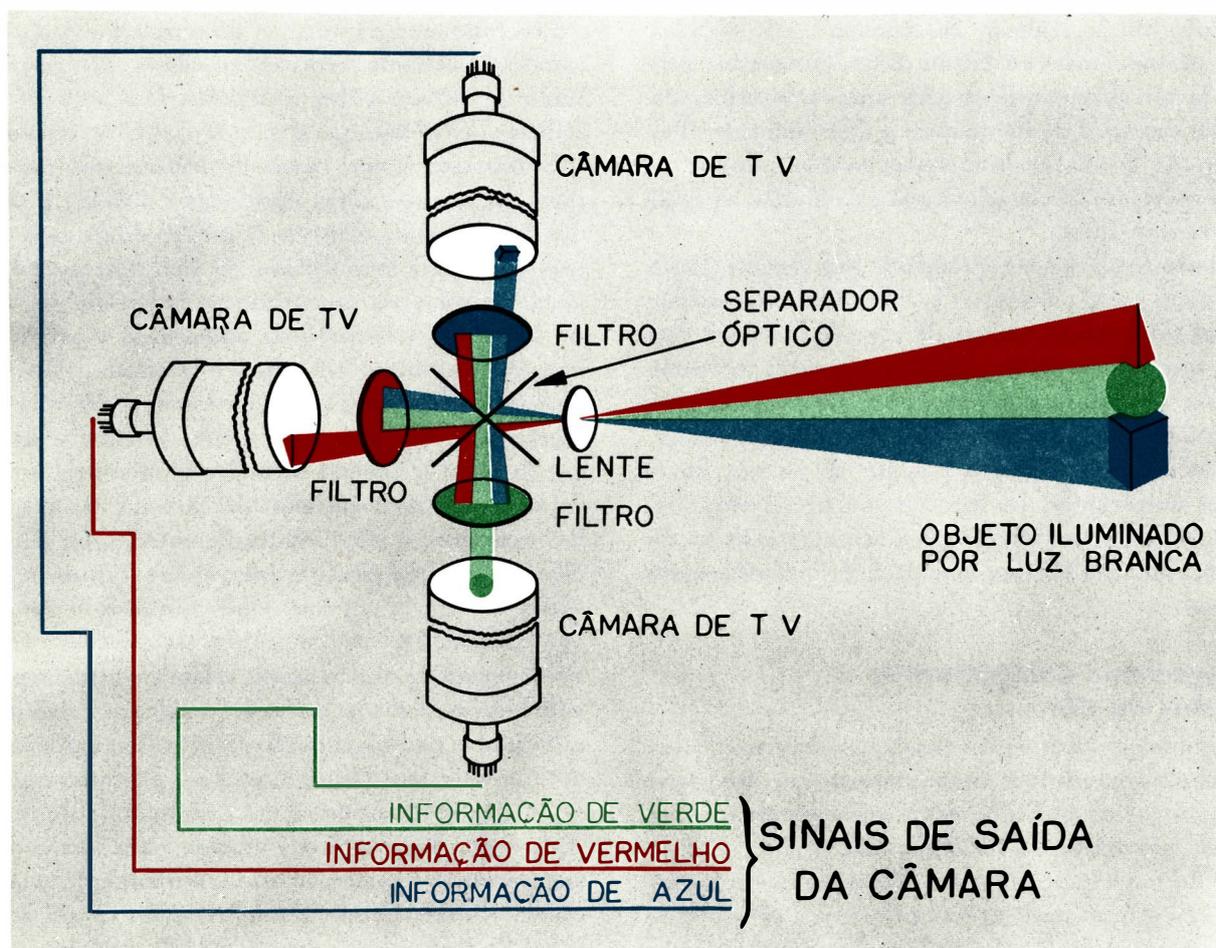


Fig. 3-1. Arranjo básico para captação de côr.

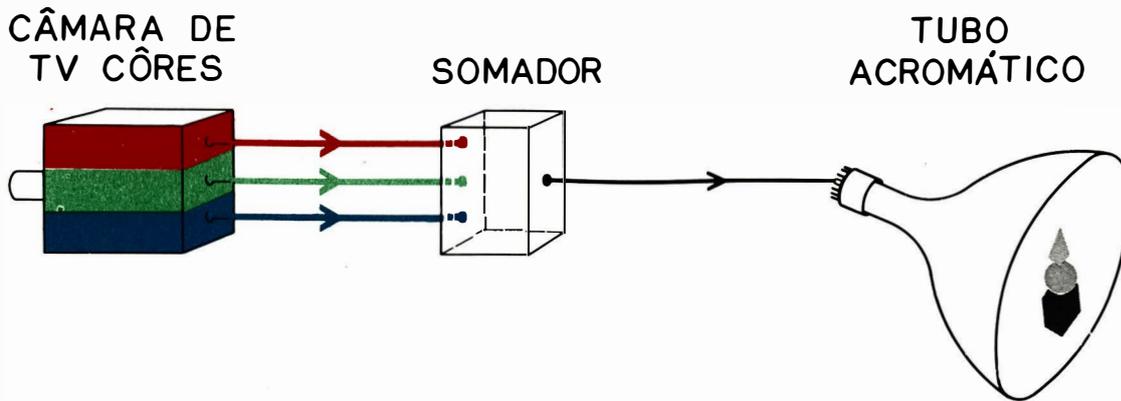


Fig. 3-2. Formação do sinal de brilho.

Da mesma forma, podemos traçar um número qualquer de linhas, do ponto branco até um número qualquer de cores saturadas diferentes, situadas na periferia, e se fôr traçado um número suficiente de linhas, todos os pontos no interior do triângulo serão abrangidos, isto é, serão cobertas tôdas as cores e estados de saturação que é necessário reproduzir por um sistema de televisão a cores. Consideremos agora a transmissão de uma cor com matiz e saturação determinadas, como, por exemplo, o ponto A no diagrama da fig. 3-3. Esse ponto pode ser conhecido através de suas coordenadas x e y , assumindo no diagrama valores $x = 0,6$ e $y = 0,38$; êste é o método usado para especificar um matiz em colorimetria e pelos especialistas em impressão e fotografia a cores. Por outro lado, o ponto indicativo do matiz e da saturação pode ser determinado de outro modo que dê uma visão de como as informações de matiz e saturação são transportadas pelo sinal de subportadora de cor. Nesse outro método, o ponto correspondente ao matiz é indicado gráficamente através do sistema de

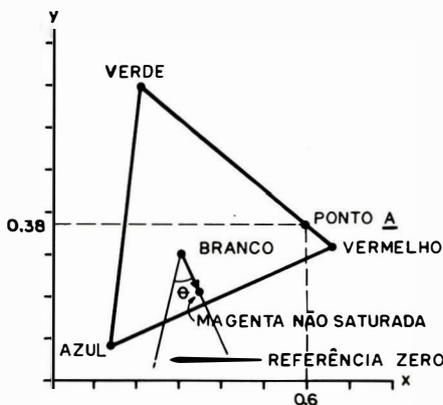


Fig. 3-3. Matiz e saturação indicados, segundo coordenadas X e Y .

coordenadas polares, ou seja, medindo sua distância ao ponto branco, segundo a direção radial e medindo o ângulo (θ) a partir da referência mostrada. Como será descrito mais detalhadamente no decorrer do capítulo, o ângulo de fase do sinal de sub-portadora de cor representa o ângulo cujo valor é proporcional ao matiz do ponto considerado e a amplitude do sinal de sub-portadora representa a distância radial que, por sua vez, é proporcional à saturação.

Conforme foi mencionado anteriormente, a sub-portadora de cor é modulada por dois sinais diferença de cor que são combinados de tal modo que a fase do sinal representa o matiz e a amplitude representa o grau de saturação. Os sinais diferença de cor são, por sua vez, produzidos subtraindo-se o sinal de luminância, descrito anteriormente, de cada um dos sinais primários associados a cada tubo da câmara. O sinal de brilho é representado pela letra Y , os sinais de cores são representados pelas letras R para o vermelho, G para o verde e B para o azul. Portanto, os sinais diferença de cor são $R-Y$, $B-Y$ e $G-Y$. O método segundo o qual êsses sinais são formados será descrito mais tarde, neste capítulo.

É necessário mencionar que existem outros dois sinais diferença de cor que aparecem durante o processo de transmissão a cores. Êles são representados pelas letras I e Q . Os sinais I e Q são formados pela combinação dos sinais $R-Y$ e $B-Y$ em amplitudes determinadas. Visto que os sinais I e Q não são usados em nenhum ponto da operação de recepção a cores, a discussão a seu respeito será deixada para o fim dêste capítulo.

O Sinal Composto de Cor

O sistema básico em circuito fechado ilustrado na fig. 3-4, mostra os sinais primários de saída de uma

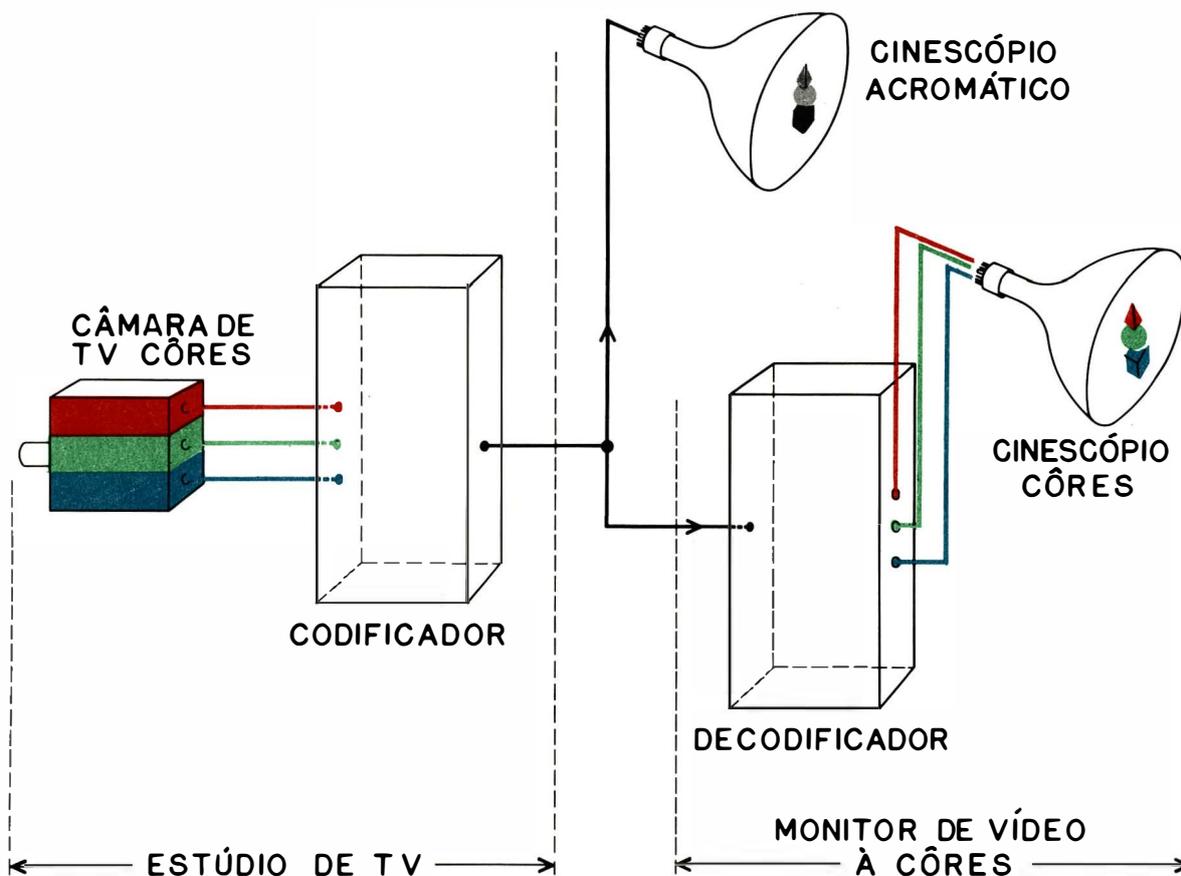


Fig. 3-4. Formação dos sinais cromático e acromático a partir dos sinais das cores primárias.

câmara de televisão a cores, entrando em uma unidade chamada "codificador". Dentro dessa unidade, os três sinais são misturados em proporções definidas a fim de obtermos o sinal de luminância que, como já foi explicado, é basicamente igual ao sinal de vídeo acromático. Simultaneamente, essa unidade produz dois sinais diferença de cor, que, juntamente com o sinal de brilho, constituem o sinal composto de cor. De um modo, o qual será explicado posteriormente, os sinais diferença de cor são intercalados para que a transmissão se faça segundo um único circuito. A intercalação dos três sinais não afeta a imagem em preto e branco. Após ser decodificado, o sinal composto pode ser injetado em um cinescópio a cores, segundo os sinais primários vermelho, verde e azul, necessários à reprodução da imagem colorida.

Transmissão e Recepção do Sinal Composto de Cor

A fig. 3-5 ilustra a disposição básica de componentes destinados à produção de dois sinais diferença de cor e do sinal de luminância a partir dos sinais vermelho, verde

e azul, originados na câmara de televisão a cores. Os três sinais combinam-se para formar o sinal composto de cor, que é então transmitido ao receptor. A fig. 3-6 ilustra o arranjo básico de componentes que transforma novamente o sinal composto de cor nos sinais vermelho, verde e azul originais. Estes sinais controlam seus respectivos canhões eletrônicos no tubo de imagem a cores, reproduzindo então a cena colorida que está sendo televisada. A parte referente à rádio-frequência do sistema é omitida nesta discussão, visto que é semelhante àquela utilizada em um sistema acromático.

Conforme está ilustrado na fig. 3-5, as posições dos braços dos potenciômetros determinam as proporções com que cada sinal de cor é combinado no somador A, para produzir o sinal de brilho, também chamado de sinal "Y" ou sinal de luminância. Este sinal contém todas as componentes de frequência das saídas da câmara. O somador C recebe todo o sinal vermelho de saída e o somador B recebe todo o sinal azul de saída. Os dois somadores recebem também uma tensão negativa de luminância "Y" do somador A. Os sinais são

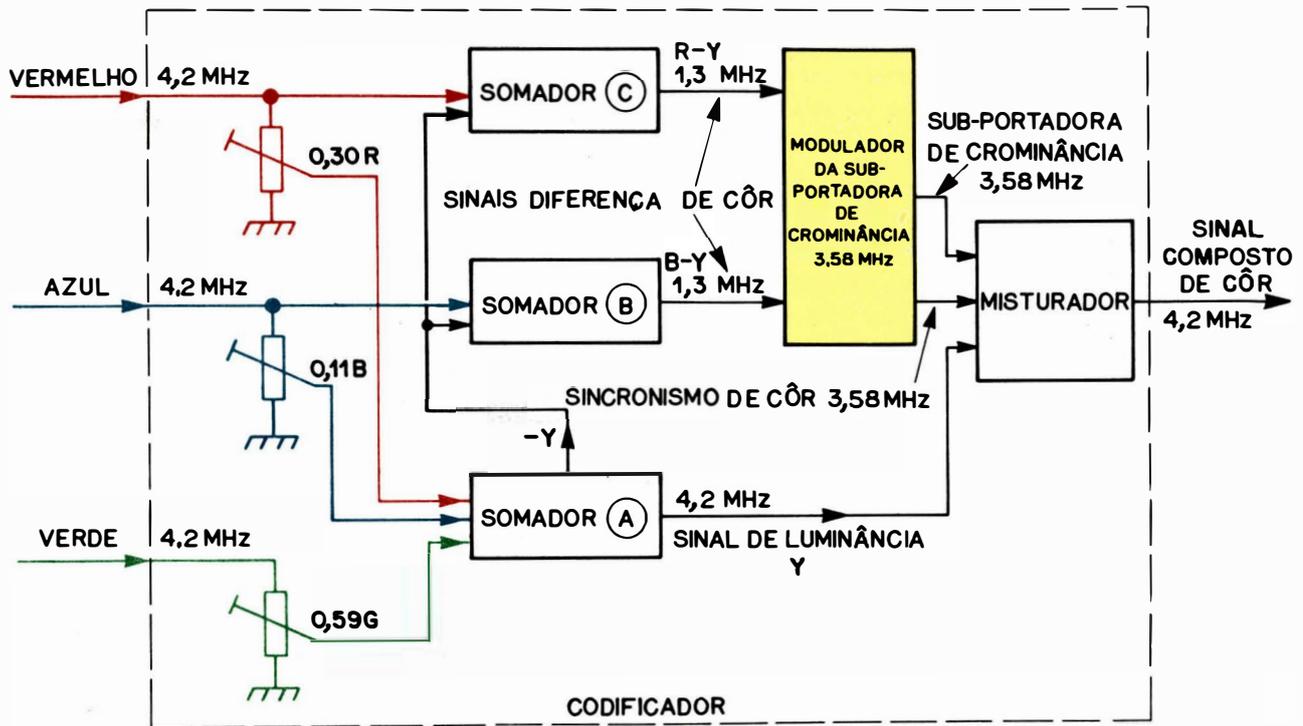


Fig. 3-5. Formação do sinal composto de côr.

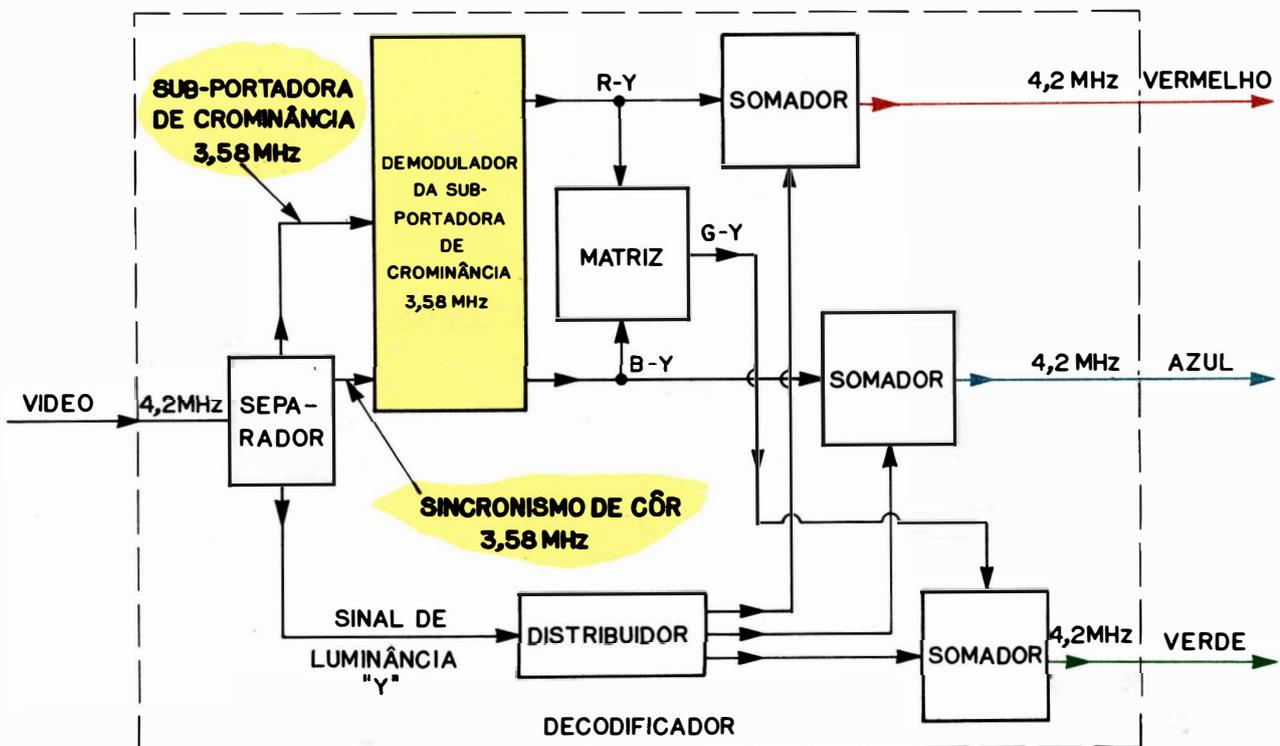


Fig. 3-6. Recepção do sinal composto de côr.

misturados no interior do somador C, constituindo assim o sinal diferença de cor R-Y. Da mesma forma, os sinais são misturados no interior do somador B, formando dessa maneira o sinal diferença de cor B-Y. Os sinais diferença de cor são aplicados a um sistema de modulação, onde modulam uma sub-portadora de cor de 3,58 MHz. Este sinal contém a informação sobre o matiz e a saturação e é sobreposto ao sinal de luminância no misturador. A saída do misturador, ou seja, o sinal composto de cor, é então transmitido. Um sinal de sincronismo de cor (BURST) de 3,58 MHz, proveniente da sub-portadora de cor, é também aplicado no misturador e transmitido. Trata-se de uma referência de fase, usada para recuperar os sinais de diferença de cor no receptor.

O sinal composto de cor é recebido e depois de detectado é aplicado ao separador mostrado na fig. 3-6. Este, por sua vez, separa o sinal de luminância, o sinal de sub-portadora de cor e o sinal de sincronismo de cor. O sinal de luminância alimenta o distribuidor, o qual aplica o sinal igualmente nos somadores vermelho, verde e azul. O sinal de sub-portadora de cor é então aplicado ao sistema demodulador, onde os sinais diferença

de cor R-Y e B-Y são separados. Um terceiro sinal diferença de cor, chamado G-Y, transportando a informação verde, é produzido a partir dos sinais de diferença de cor B-Y e R-Y, combinando-os numa unidade chamada matriz.

Cada um dos três sinais diferença de cor é então aplicado a um somador. Nos somadores, cada sinal diferença de cor é somado ou subtraído do sinal de luminância, conforme a sua polaridade. A saída de cada somador é um sinal de cor proporcional ao correspondente fornecido pela câmara de televisão. Os sinais de cor são aplicados aos seus respectivos canhões do cinescópio, de modo a reproduzir a cena em cores.

Ajuste do Equilíbrio de Branco

A câmara de televisão deve ser ajustada de modo a produzir tensões específicas de cada um dos sinais primários quando é televisado um padrão branco. Este procedimento é chamado "ajuste do equilíbrio de branco".

De acordo com esse procedimento, a câmara é ajustada inicialmente para que na saída tenhamos 1 volt de sinal vermelho, 1 volt de sinal verde e 1 volt de sinal azul, quando a câmara está focalizando o "branco pa-

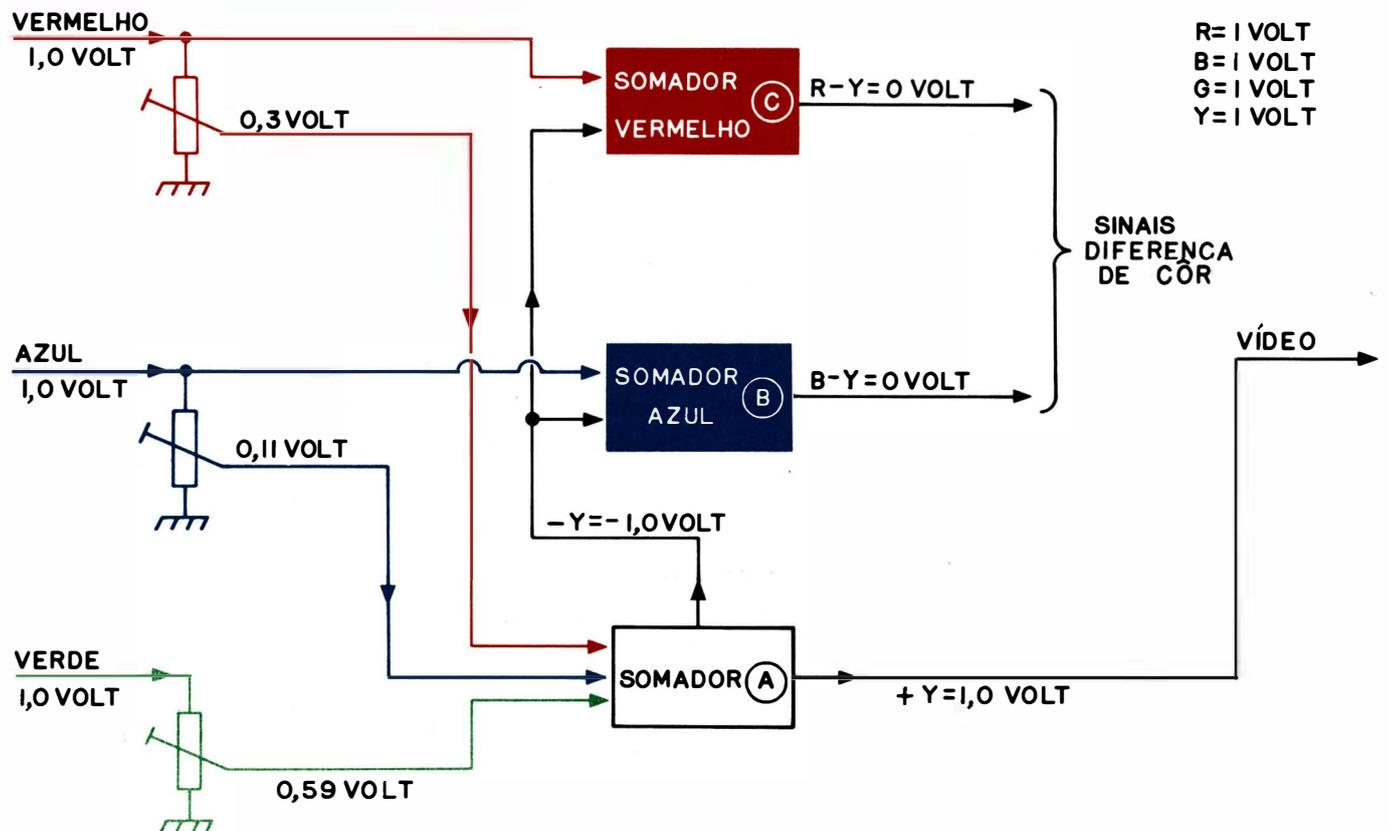


Fig. 3-7. Sinais produzidos por um objeto branco.

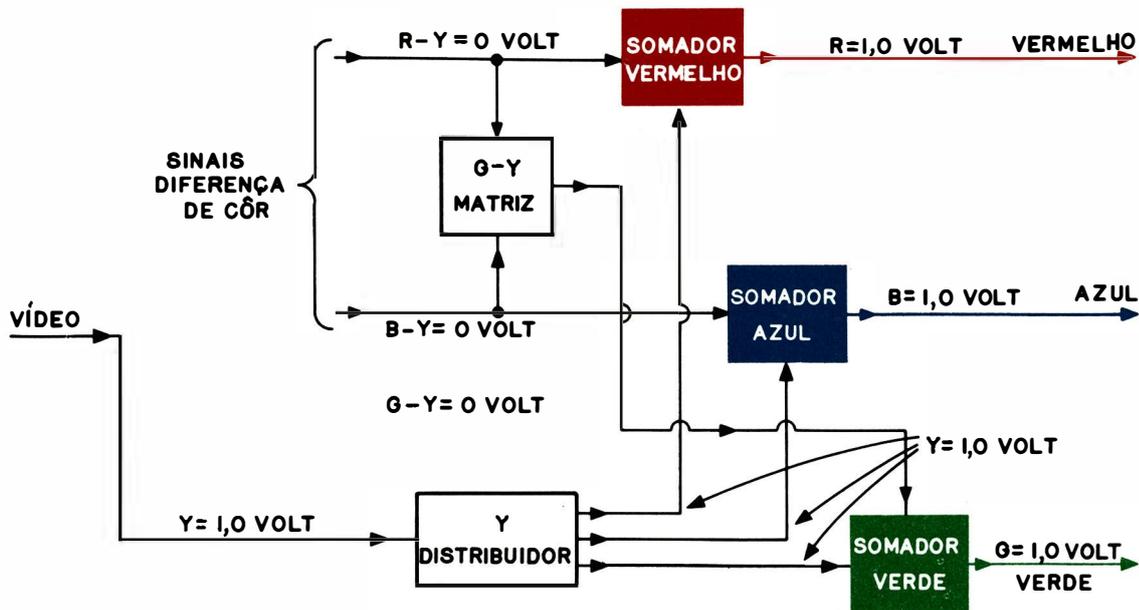


Fig. 3-8. Reprodução de um objeto branco (receptor).

drão". Os circuitos que fornecem o sinal de saída estão ajustados para fornecer 30% do sinal vermelho, 59% do sinal verde e 11% do sinal azul. Para que isto aconteça, conforme ilustra a fig. 3-7, os potenciômetros devem estar ajustados de modo a fornecer amplitudes apropriadas de sinal, a partir dos sinais vermelho, verde e azul, na saída da câmara. Após feito o ajuste de equilíbrio de branco, a câmara está pronta para televisar não somente o branco, mas qualquer cor usada no sistema de televisão a cores.

Televisando e Reproduzindo um Objeto Branco

Quando uma câmara de televisão a cores está dirigida para um objeto de cor branca padrão, os sinais vermelho, verde e azul produzidos pela câmara devem ser equalizados em 1 volt. Desde que cada potenciômetro da fig. 3-7 esteja ajustado a ponto de fornecer sua fração de tensão adequada, temos 0,3 volt de sinal vermelho, 0,59 volt de sinal verde e 0,11 volt de sinal azul, aplicados ao somador A. Essas três tensões se somam, formando 1,0 volt de sinal de brilho (Y). Um sinal Y negativo é também desenvolvido no somador A e aplicado respectivamente aos somadores vermelho e azul. O somador vermelho adiciona os sinais vermelho e Y negativo, dando origem ao sinal R-Y na saída. Da mesma forma, o somador azul adiciona os sinais azul e Y negativo, dando origem ao sinal B-Y na saída. Como

para o padrão branco, o sinal Y negativo é igual em amplitude e de polaridade oposta aos sinais vermelho e azul; a saída dos somadores azul e vermelho é nula. Portanto, a luz branca não produz nenhum sinal de diferença de cor.

Quando a câmara focaliza um objeto cinza, os sinais de cor são iguais entre si, porém com amplitude menor do que 1 volt referido acima. Nos potenciômetros, aparecerão conseqüentemente tensões mais baixas, porém a relação existente entre as tensões em cada braço do potenciômetro permanece a mesma. Portanto, R-Y ou B-Y serão também nulos, visto que o sinal Y negativo reduzido é igual e de polaridade oposta aos sinais vermelho e azul reduzidos, provenientes da câmara.

Como mostra a fig. 3-8, no receptor o sinal Y de 1 volt, produzido pelo objeto branco televisado, é aplicado a um estágio distribuidor que fornece um sinal Y de um volt aos somadores azul e vermelho. Como R-Y e B-Y neste caso são nulos, não existem sinais para os canais de diferença de cor; portanto, os somadores azul e vermelho não recebem os sinais R-Y e B-Y; conseqüentemente, o sinal G-Y não é desenvolvido na matriz. Dessa maneira, 1 volt de sinal Y produz 1 volt de sinal vermelho, 1 volt de sinal verde e 1 volt de sinal azul. Esses sinais são idênticos àqueles produzidos na câmara quando esta focaliza o branco padrão e reproduzem o objeto branco em um cinescópio.



Fig. 3-9. Componentes de luminância (A) e crominância (B) de uma imagem colorida (C).

Televisando e Reproduzindo uma Côr Saturada

Para descrevermos o processo de transmissão e recepção de sinais correspondentes a cõres saturadas, faremos uso dos sinais correspondentes ao azul saturado. As fórmulas aplicam-se, todavia, a quaisquer cõres que estiverem sendo televisadas. A única diferença reside nos valores dos sinais provenientes da câmara e nos valores numéricos que deles resultam.

Admitamos que um objeto de côr azul saturada esteja sendo televisado. As tensões de côr provenientes da câmara são as seguintes:

Vermelho = R = 0 Volt
Verde = G = 0 Volt
Azul = B = 1 Volt

Para reproduzir o sinal Y, 30% de vermelho, 59% de verde e 11% de azul são combinados no somador A; portanto,

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

substituindo:

$$Y = (0,3) (0) + (0,59) (0) + (0,11) (1) = 0,11 \text{ Volt}$$

A polaridade do sinal Y é invertida e o sinal é aplicado aos somadores azul e vermelho, na forma de um sinal de -0,11 volt. Como não existe sinal vermelho na saída da câmara, o sinal vermelho na saída do somador vermelho é:

$$R-Y = 0 - 0,11 = -0,11 \text{ Volt.}$$

Como temos 1 volt aplicado ao somador azul,

$$B-Y = 1 - 0,11 = 0,89 \text{ Volt.}$$

As tensões dos três sinais a serem transmitidos são então:

$$Y = 0,11 \text{ Volt}$$

$$R-Y = -0,11 \text{ Volt}$$

$$B-Y = 0,89 \text{ Volt}$$

Êsses três sinais são recebidos e distribuídos no receptor de TV cõres. O sinal Y é injetado nos somadores vermelho, verde e azul. O sinal R-Y é aplicado ao somador vermelho e a matriz G-Y; B-Y é aplicado ao somador azul e a matriz G-Y. A partir dos sinais R-Y e B-Y é desenvolvido o sinal G-Y, o qual alimenta então o somador verde. O sinal G-Y é:

$$G-Y = -0,51 (R-Y) - 0,19 (B-Y)$$

Essa expressão é obtida da seguinte maneira:

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

$$-Y = -0,3R - 0,59G - 0,11B$$

$$R-Y = R - 0,3R - 0,59G - 0,11B$$

ou $R-Y = 0,7R - 0,59G - 0,11B$

$$B-Y = B - 0,3R - 0,59G - 0,11B$$

ou $B-Y = -0,3R - 0,59G + 0,89B$

Somando B-Y e R-Y:

$$R-Y = 0,7R - 0,59G - 0,11B$$

$$B-Y = -0,3R - 0,59G + 0,89B$$

$$R+B-2Y = 0,4R - 1,18G + 0,78B$$

Isolando G na última equação:

$$1,18G = 0,4R + 0,78B - R - B + 2Y$$

$$1,18G = -0,6R - 0,22B + 2Y$$

e subtraindo 1,18Y em ambos os lados da equação obtemos:

$$1,18G - 1,18Y = -0,6R - 0,22B + 2Y - 1,18Y$$

Simplificando:

$$1,18(G-Y) = -0,6R - 0,22B + 0,82Y$$

$$1,18(G-Y) = -0,6R - 0,22B + 0,6Y + 0,22Y$$

$$1,18(G-Y) = -0,6R + 0,6Y - 0,22B + 0,22Y$$

$$1,18(G-Y) = -0,6(R-Y) - 0,22(B-Y)$$

Dividindo:

$$\frac{1,18(G-Y)}{1,18} = \frac{-0,6(R-Y) - 0,22(B-Y)}{1,18}$$

Então, chegamos finalmente a:

$G-Y = -0,51(R-Y) - 0,19(B-Y)$, como mencionado anteriormente. Substituindo R-Y e B-Y pelos valores correspondentes ao azul saturado, temos:

$$G-Y = -(0,51)(-0,11) - (0,19)(0,89)$$

$$G-Y = 0,06 - 0,17$$

$$G-Y = -0,11 \text{ Volt}$$

Respectivamente, nos somadores vermelho, verde e azul, temos os sinais:

$$R = R - Y + Y = -0,11 + 0,11 = 0 \text{ Volt}$$

$$G = G - Y + Y = -0,11 + 0,11 = 0 \text{ Volt}$$

$$B = B - Y + Y = 0,89 + 0,11 = 1 \text{ Volt}$$

Êsses três sinais, quando aplicados aos canhões correspondentes do cinescópio reproduzem o objeto de cor azul saturada que está sendo televisado.

Largura de Faixa dos Sinais de Crominância e de Luminância

O sinal de luminância é transmitido dentro de uma largura de faixa de aproximadamente 4 MHz, enquanto que a sub-portadora de cor, da forma como é usada nos receptores a cores, é transmitida dentro de uma largura de faixa de aproximadamente 1,3 MHz. A faixa de passagem do sinal de crominância é restringida a fim de evitar a interferência com a sub-portadora

de som e com o sinal de luminância. Combinando o sinal de luminância, rico em detalhes, com o sinal de crominância, com faixa limitada, obtém-se o sinal composto de cores.

Observe o esquema em preto e branco da rosa, que aparece na fig. 3-9. Note os detalhes em (A), as variações abruptas de contraste do branco para o preto, do cinza para o preto e do cinza para o branco. Essas variações abruptas produzem os detalhes observados. Quanto mais abrupta a transição, maior a frequência resultante. A mesma rosa, reproduzida somente a cores, é mostrada em (B), na mesma ilustração. Existe algum contraste entre o vermelho das pétalas e o marrom do cálice, mas ele não nos conduz a muitos detalhes. Combinando a imagem colorida, pobre em detalhes, com a imagem em preto e branco, de alta resolução, chegamos a uma imagem colorida bastante rica em detalhes, como mostra a fig. 3-9C. Se o sinal da cor fosse transmitido em uma largura de faixa de 4 MHz, seriam reproduzidas sobre o cinescópio mais informações coloridas do que o olho poderia perceber. Portanto, não é necessária uma reprodução muito detalhada, pois o olho humano não é capaz de perceber êsses detalhes.

Formação do Sinal Composto de Cor

O sinal de luminância, ou sinal Y, varia desde zero volt, quando um objeto preto está sendo televisado, até um valor positivo máximo, quando temos um objeto branco. O sinal Y é produzido através da combinação de 30% de vermelho, 59% de verde e 11% de azul dos sinais coloridos disponíveis na saída da câmara. Tanto o sinal R-Y como o sinal B-Y não existem quando da transmissão de objetos brancos, cinzas ou pretos. Os sinais R-Y e B-Y variam desde um valor negativo, passando por zero, até um valor positivo, dependendo da cor que está sendo transmitida. Os valores absolutos dos sinais R-Y e B-Y são os mesmos para cores complementares, diferindo apenas quanto às polaridades, que são opostas. As cores complementares são aquelas que estão em posições opostas em relação ao branco, no triângulo de cores; por exemplo, o verde e o magenta são complementares. A tabela seguinte mostra uma relação das tensões e dos sinais R-Y e B-Y correspondentes às cores primárias e suas complementares (vide tabela 3-1).

O sinal G-Y é recuperado no receptor a partir dos sinais R-Y e B-Y, de modo a satisfazer a fórmula $G-Y = -0,51(R-Y) - 0,19(B-Y)$. Um método de obter o sinal G-Y consiste inicialmente em inverter a pola-

ridade dos sinais R-Y e B-Y, fazendo com que êsses sinais passem através de um inversor. Em seguida, através de dispositivos divisores de tensão, obtemos 51% do sinal (R-Y) invertido e 19% do sinal (B-Y) invertido. Êsses dois sinais são então somados, para que se obtenha o sinal diferença de côr (G-Y) desejado. A operação de obtenção das porcentagens adequadas de R-Y e B-Y, bem como a sua combinação G-Y, é chamada "matrizagem".

MATIZ	MATIZ COMPLEMENTAR	SINAIS DIFERENÇA DE CÔR	
		(R-Y)	(B-Y)
VERMELHO		+ 0,7	- 0,3
	TURQUESA	- 0,7	+ 0,3
AZUL		- 0,11	+ 0,89
	AMARELO	+ 0,11	- 0,89
VERDE		- 0,59	- 0,59
	MAGENTA	+ 0,59	+ 0,59

Tabela 3-1.

3-2. REVISÃO SÔBRE VETORES

Vetor e Suas Coordenadas

Quando se deseja analisar a resultante da combinação de forças ou sinais elétricos, é necessário, além de uma indicação do seu valor absoluto, uma referência da direção ou ângulo relativo de fase em que elas foram aplicadas.

De maneira simplista, um vetor pode ser conside-

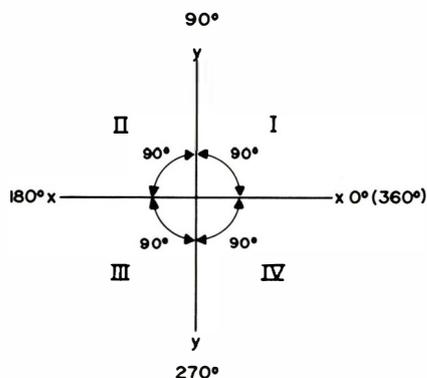


Fig. 3-10. Sistema de coordenadas.

rado como sendo um segmento de reta terminada por uma ponta de seta. Seu comprimento representa a amplitude, e o ângulo, com respeito a uma referência, representa a fase relativa de um sinal alternado em cada instante.

Os vetores são indicados gráficamente em um sistema de coordenadas, conforme mostra a fig. 3-10. O eixo X representa a coordenada horizontal e o eixo Y a coordenada vertical. Essas coordenadas formam um ângulo de 90° na sua interseção. Cada região é denominada quadrante. O sistema de coordenadas torna-se completo assinalando-se os ângulos de referência, como mostra a ilustração. Os quadrantes são identificados por algarismos romanos, ou seja, quadrante I, compreendido entre 0° e 90°, quadrante II, compreendido entre 90° e 180°, quadrante III, compreendido entre 180° e 270° e, finalmente, o quadrante IV, compreendido entre 270° e 360° (0°).

Representação Vetorial de uma Onda Senoidal

O "ângulo relativo de fase" define um ponto de uma onda senoidal, relativamente a um ponto de referência de zero graus. O ponto de referência de zero graus representa o ponto onde a onda senoidal assume o valor zero, dirigindo-se para a parte positiva do ciclo. A fig. 3-11A representa uma onda senoidal sôbre uma linha de referência de tensão nula. Os graus ao longo dessa linha indicam os diferentes "ângulos relativos de fase" da onda senoidal. Dêsse modo, qualquer ponto da onda senoidal pode ser identificado por um "ângulo relativo de fase" compreendido entre 0° e 360°. Os 360° do sistema de coordenadas, já mencionados anteriormente, são correspondentes aos 360° da onda senoidal. Portanto, o "ângulo relativo de fase" de uma onda senoidal é representado pelo ângulo compreendido entre a linha de referência de 0° e o vetor. Assim, o "ângulo relativo de fase" de 45° na onda senoidal, mostrado na fig. 3-11A (linha tracejada), é representado pelo ângulo de 45° no diagrama vetorial da ilustração B.

O comprimento do vetor OA, na fig. 3-11B, tomado segundo uma escala conveniente, representa a tensão máxima da onda senoidal. A tensão instantânea de uma onda senoidal é dada pelo produto entre o valor máximo e o seno (função trigonométrica) do "ângulo relativo de fase", que corresponde gráficamente à projeção do vetor OA sôbre o eixo Y.

Então, a linha (linha tracejada AB) traçada, a partir da extremidade do vetor OA, perpendicularmente ao

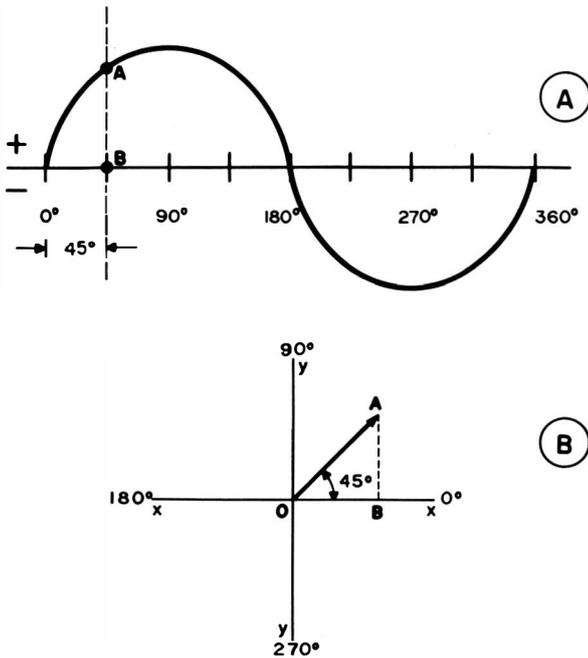


Fig. 3-11. Ilustração gráfica e vetorial indicando um ângulo relativo de fase de 45°.

eixo X, representa a tensão instantânea da onda senoidal, no instante em que o “ângulo relativo de fase” é 45°.

É conveniente que se observe que o semi-ciclo positivo da onda apresenta “ângulo relativo de fase” compreendido entre 0° e 180°, enquanto o semi-ciclo negativo apresenta “ângulos relativos de fase” entre 180° e 360°.

As ilustrações das figs. 3-10 e 3-11 mostram um sistema de coordenadas completo, com os graus assinalados. O sistema completo de coordenadas, todavia, é desnecessário e por isso não é mostrado usualmente. A única parte do sistema necessária é a linha de referência; o resto pode ser facilmente visualizado.

Comparação de Duas Ondas Senoidais

Duas ondas senoidais estão ilustradas na fig. 3-12. A onda A começou e completou 45° de seu ciclo antes que a onda B tivesse início. Portanto, existe uma diferença de fase de 45° entre A e B. Como a onda senoidal A começou antes da onda B, dizemos que B está atrasada com respeito à onda senoidal A. Tais ondas são ditas “fora de fase”.

Um instante t_1 das duas ondas é indicado vetorialmente na fig. 3-12B. O “ângulo relativo de fase” da onda A é 90°. O “ângulo relativo de fase” da onda senoidal B é 45° e seu valor é indicado a 45° a partir da linha de referência de 0°. O comprimento de cada vetor, tomado

em uma escala conveniente, representa a amplitude máxima da onda senoidal a êle associada. Como as duas ondas apresentam amplitudes máximas iguais, os vetores têm o mesmo comprimento.

Em um instante t_2 , o “ângulo relativo de fase” da onda A é 180° e é indicado convenientemente. Para a onda B, o “ângulo relativo de fase” vale 135° e portanto está indicado a 135° da linha de referência de 0°. A diferença de fase entre os dois vetores permanece 45° e a onda senoidal A ainda está adiantada, em relação à onda B. À medida que o tempo passa, verificamos que a diferença de fase entre duas ondas senoidais de mesma frequência (como as da fig. 3-12) permanece constante, ao passo que a diferença de fase entre duas ondas senoidais de frequências diferentes está variando constantemente.

Quando duas ou mais ondas senoidais passam pelos seus valores máximos e mínimos, no mesmo instante, as tensões são ditas “em fase”. A representação de vetores correspondentes a sinais em fase é a mesma que para sinais fora de fase. Simplesmente, os vetores ocupam a mesma linha no diagrama vetorial. Se as amplitudes dos sinais são iguais, as pontas de seta se superpõem uma à outra e é conveniente o uso de uma notação que indique que um ou mais sinais estão sendo representados. Se os sinais são de amplitudes diferentes, as próprias pontas de seta indicam o número de tensões, bem como suas amplitudes.

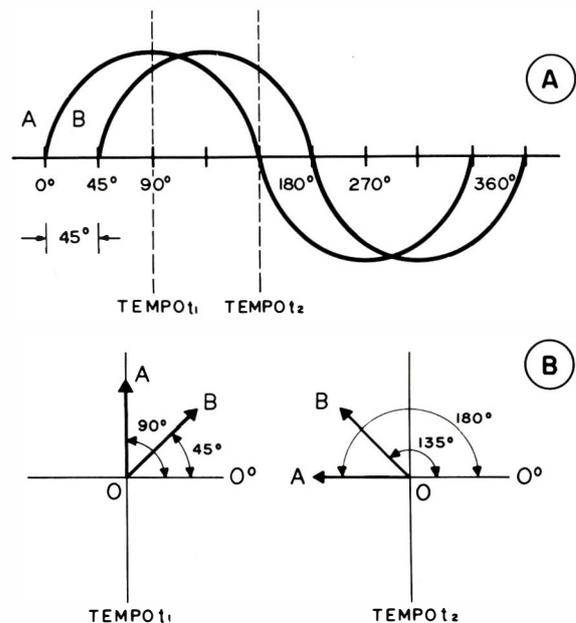


Fig. 3-12. Comparação de duas ondas senoidais de mesma frequência.

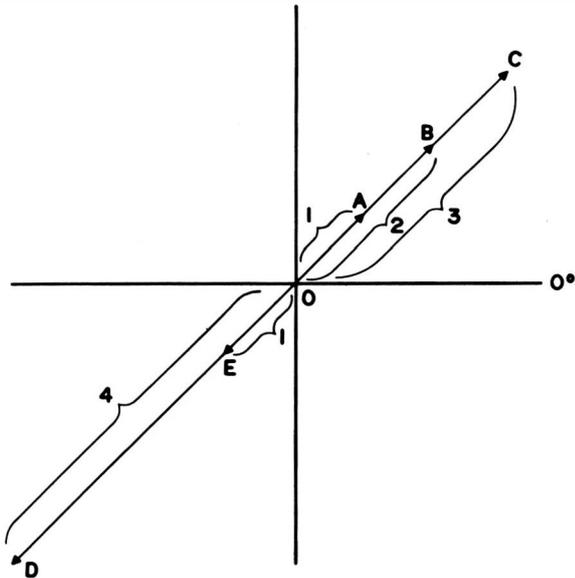


Fig. 3-13. Adição de vetores em fase e 180° fora de fase.

Soma de Vetores

Para determinar a tensão resultante de duas ou mais tensões alternadas, são somados os vetores representativos de cada uma delas. Por exemplo, na transmissão em rádio ou televisão, o vetor representativo de uma portadora de rádio-frequência é somado aos vetores representativos de duas faixas laterais, de modo a obtermos a envoltória de modulação resultante. Os vetores que apresentam ângulos de fase de 0° ou 180° são somados algèbricamente, enquanto que os demais vetores são somados através dos métodos do paralelogramo, analítico ou do polígono fechado, como será descrito em seguida. O vetor resultante da adição de dois vetores em fase (ângulo de fase de 0°) é obtido desenhando-se um vetor no mesmo ângulo de fase, e de comprimento igual à soma dos dois vetores a serem adicionados. Então, como mostra a fig. 3-13, a soma do vetor OA, representando 1 volt, com o vetor OB, representando 2 volts, é dada pelo vetor OC, cuja amplitude é 3 volts.

Se os vetores apresentam uma diferença de fase de 180° (ângulo de fase de 180°), subtraímos o comprimento do menor do comprimento do maior. O resultado dessa subtração dá o comprimento do vetor resultante, que por sua vez é indicado gráficamente no mesmo ângulo do vetor maior. Dessa forma, como mostra a fig. 3-13, a diferença entre o vetor OC, que representa 3 volts, e o vetor OD, representando 4 volts, é dada pelo vetor OE, que representa 1 volt.

A adição pelo método do paralelogramo consiste em construir um paralelogramo cujos lados adjacentes são os vetores a serem somados. Como breve recordação, um paralelogramo é uma figura geométrica onde os lados opostos são iguais e paralelos. O quadrado e o retângulo são dois tipos particulares de paralelogramos. O vetor resultante é a linha traçada da interseção dos dois vetores componentes até o vértice oposto do paralelogramo. Na fig. 3-14 o vetor OA é somado ao vetor OB. O vetor resultante é obtido formando-se inicialmente o paralelogramo. Construimos a linha AC igual e paralela ao vetor OB. Construimos a linha BC igual e paralela ao vetor OA. O vetor resultante é facilmente obtido, ligando-se O a C. Se mais de dois vetores forem adicionados, somamos o vetor resultante da adição dos dois primeiros ao terceiro, o resultante dessa última adição ao quarto vetor, e assim por diante, até que sejam somados todos os vetores. O último vetor resultante será o vetor soma de todos os vetores.

Usando o método analítico de adição de vetores, tomam-se inicialmente as componentes horizontal e vertical de cada vetor. Essas componentes são somadas individualmente, da mesma maneira como foi feita a adição de dois vetores em fase ou em oposição. As componentes horizontais e verticais resultantes são então somadas pela regra do paralelogramo. Como mostra a fig. 3-15, os vetores OA e OB são somados pelo método analítico. Duas linhas são traçadas pela extremidade do vetor OA, uma perpendicular ao eixo horizontal e outra perpendicular ao eixo vertical. Portanto, OAI e OA2 representam, respectivamente, as componentes

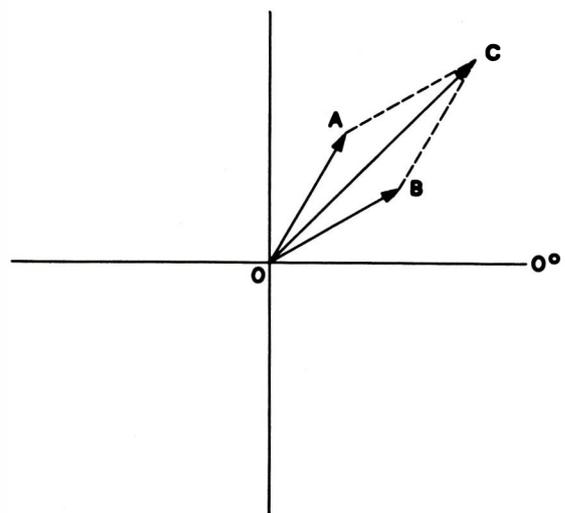


Fig. 3-14. Adição pelo método do paralelogramo.

vertical e horizontal do vetor OA. Da mesma maneira são determinadas as componentes OB1 e OB2 do vetor OB. As componentes verticais OA1 e OB1 são então somadas, dando origem à componente resultante OC1. Do mesmo modo, a soma das componentes horizontais OA2 e OB2 dá origem à componente horizontal resultante OC2. Usando a regra do paralelogramo, somamos as componentes resultantes OC1 e OC2, obtendo finalmente o vetor OC resultante.

Antes de descrever o método do polígono fechado, é bom lembrar que um vetor não necessita ter sua origem sobre a interseção dos eixos do sistema de coordenadas. O vetor não se altera desde que seu comprimento e direção, em relação aos demais vetores, permaneçam inalterados. De acordo com o método do polígono fechado, os vetores são desenhados de modo tal que a extremidade posterior de um coincida com a ponta de seta do outro. O vetor resultante é dado pela linha que une a extremidade posterior do primeiro vetor, situada na interseção dos eixos de coordenadas, à ponta de seta do último vetor. A fig. 3-16A mostra dois vetores dispostos da maneira como foram apresentados anteriormente. Para efetuar a adição desses dois vetores, pelo método do polígono, é necessário um rearranjo dos mesmos. Como se observa na fig. 3-16B, o vetor é redesenhado, conservando naturalmente seu comprimento e direção, de modo tal que sua extremidade inferior encontre a ponta do vetor OA. Dêsse modo, o vetor OB da fig. 3-16A é igual ao vetor AB da fig. 3-16B. O vetor resultante é constituído, portanto, pelo vetor OC da fig. 3-16B.

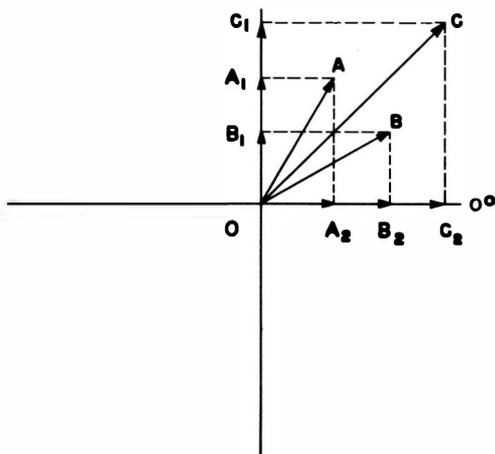


Fig. 3-15. Adição pelo método analítico.

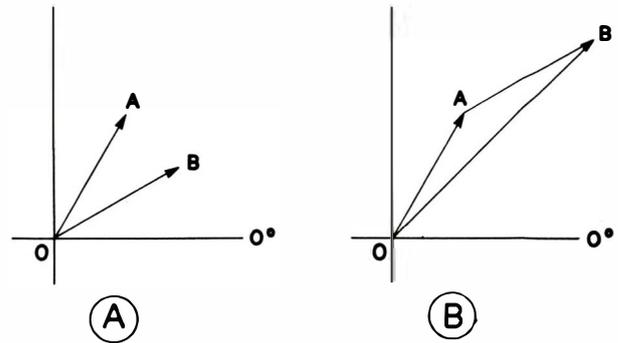


Fig. 3-16. Adição pelo método de polígono fechado.

É importante lembrar que, muito embora os vetores com os quais operamos durante a discussão anterior representassem tensões, vetores não se restringem somente a esta aplicação. Os vetores podem, também, representar correntes e outras grandezas sendo ainda válidas as propriedades discutidas. Em outras palavras, poderíamos usar, indistintamente, corrente ou tensão em nossas considerações anteriores. Por outro lado, somente dois vetores foram envolvidos em cada um dos exemplos acima, embora o número de vetores que podem ser adicionados seja ilimitado.

3-3. SISTEMA DE MODULAÇÃO DA SUB-PORTADORA DE CROMINÂNCIA

Durante o estudo da transmissão do sinal composto de cor foi estabelecido que os sinais diferença de cor R-Y e B-Y modulam uma sub-portadora de 3,58 MHz. Esse método de transmitir simultaneamente dois sinais diferença de cor independentes é explicado nos parágrafos seguintes. Contudo, a fim de proceder essa explicação, é apresentada uma breve revisão do sistema de modulação em amplitude convencional, para maior entendimento do sistema de modulação da sub-portadora de crominância.

Revisão Sobre Modulação em Amplitude

A modulação em amplitude de um sinal portador produz na saída do circuito 3 sinais. Esses sinais são a própria portadora, a faixa lateral superior e a faixa lateral inferior. Eles são transmitidos como se fossem 3 sinais distintos e, quando observados ou medidos por meio de um instrumento qualquer, deve-se lembrar que esse instrumento mostrará um sinal resultante dos 3 sinais. Se esse sinal modulado em amplitude fosse injetado, por exemplo, num osciloscópio, os 3 sinais simultâneos iriam fazer com que o feixe eletrônico do tubo

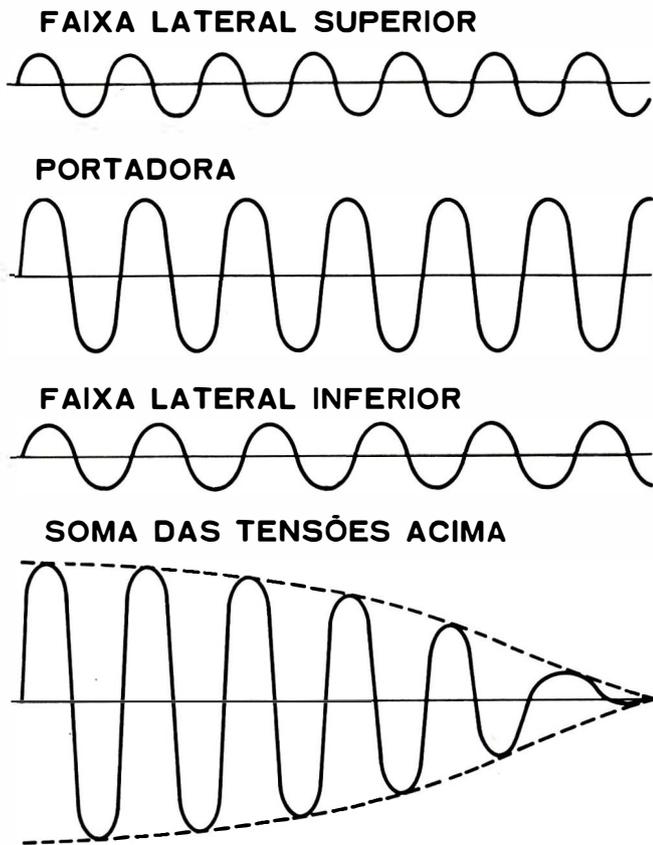


Fig. 3-17. Sinal modulado em amplitude.

de raios catódicos reagisse à soma instantânea dos sinais. O sinal de portadora, a faixa lateral superior e a faixa lateral inferior, poderiam ser apresentadas separadamente, se fôsse usado um receptor, com circuito de sintonia de entrada de faixa muito estreita, sintonizado na frequência de cada um dos sinais, e se um osciloscópio fôsse usado como o instrumento de visualização. O osciloscópio apresentaria um sinal de rádio-frequência de amplitude constante para cada um dos sinais. Se fôr providenciado um arranjo de 3 jogos de equipamento, nos quais cada receptor é sintonizado para um dos sinais, seguidos cada um de um osciloscópio, então os sinais de portadora, de faixa lateral superior e inferior, serão mostrados simultaneamente, cada um em seu respectivo osciloscópio. Assumindo um sinal de portadora a ser modulado em amplitude com frequência de 100 kHz, e um sinal modulador de 10 kHz modulando a portadora 100%, as 3 formas de onda seriam mostradas conforme a figura 3-17. A amplitude do sinal correspondente a cada uma das faixas laterais é a metade daquela do sinal de portadora. Isto indica que a portadora está sendo modulada 100%. A frequência do sinal

da faixa lateral superior é igual à frequência da portadora (100 kHz), mais a frequência da moduladora (10 kHz), ou seja, 110 kHz. A frequência do sinal da faixa lateral inferior é igual à frequência de portadora (100 kHz), menos a frequência da moduladora (10 kHz), ou seja, 90 kHz. Dessa maneira, a diferença de frequência entre a portadora e a faixa superior é a mesma que a diferença de frequência entre a portadora e a faixa lateral inferior, e essa diferença de frequência é igual à frequência do sinal modulador.

Se êsses 3 sinais forem observados, seja no transmissor ou antes da detecção, num receptor apropriado (que tenha largura de faixa suficiente para amplificar a portadora e suas faixas laterais), a forma de onda mostrada é uma soma dos 3 sinais (fig. 3-17). A forma de onda correspondente à soma é a maneira convencional pela qual um sinal modulado em amplitude, normalmente, é apresentado.

A linha pontilhada, unindo os picos da forma de onda somada e representando o sinal modulador, é chamada, normalmente, de envoltória de modulação. A fig. 3-18 ilustra os mesmos 3 sinais sendo recebidos por um receptor. Os sinais são amplificados, individualmente, através do sistema de RF do receptor, nas frequências indicadas pelas linhas verticais desenhadas sobre a curva de resposta do receptor de RF.

Conforme ilustrado, logo antes da detecção, o sinal modulado ainda está na forma de 3 sinais independentes. Êsses sinais, quando aplicados ao detector, somam-se vetorialmente. O sinal resultante da detecção é o sinal modulador original de 10kHz. Os 3 sinais são ilustrados novamente na fig. 3-19. Êles são desenhados de maneira a cobrir um período de um quarto de ciclo do sinal modulador. Os picos positivos do sinal de portadora são selecionados para ilustrar a soma vetorial, já que os ângulos de fase entre a portadora e cada uma de suas faixas laterais estão sendo analisados, quando a portadora está numa fase relativa de 90°. O detector retifica os 3 sinais, eliminando desta maneira a metade inferior (negativa) de cada um e adiciona, vetorialmente, a parte superior (positiva) dos mesmos. O capacitor de saída e a resistência de carga do detector apresentam uma constante de tempo relativamente longa. O capacitor de saída se carrega ao valor de pico de cada porção positiva do sinal resultante, mas devido à constante de tempo, se descarrega muito pouco antes que o próximo pico positivo venha recarregá-lo. Dessa maneira, o sinal de saída do detector é uma tensão positiva, variando em amplitude de acordo com o sinal modulador.

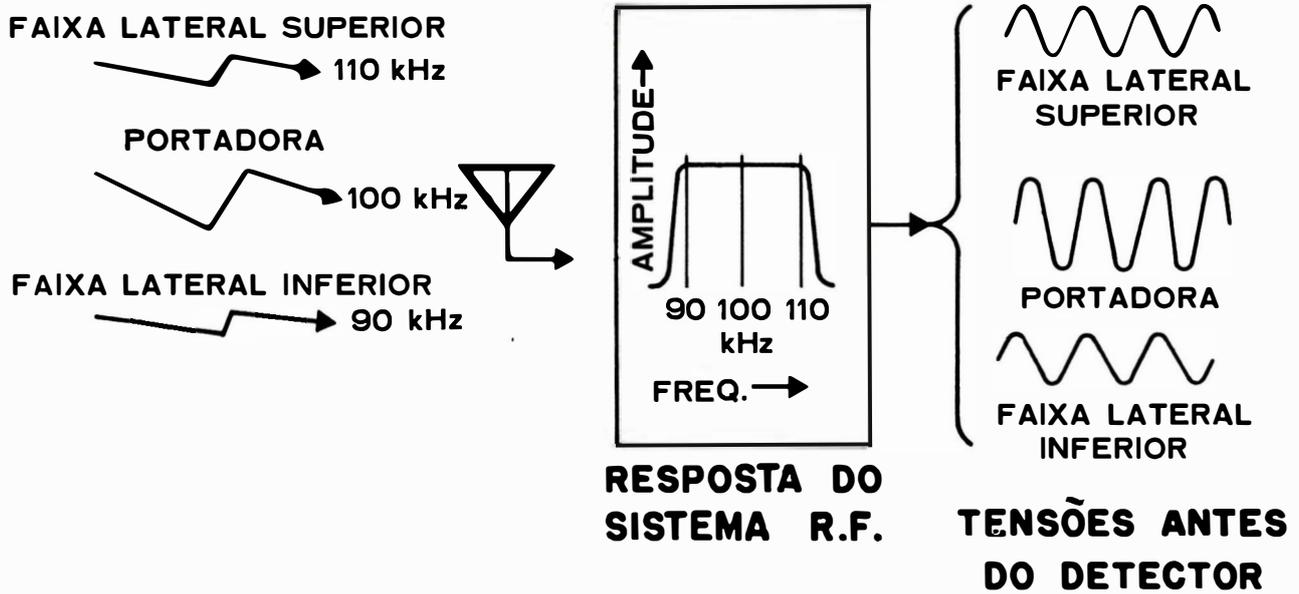


Fig. 3-18. Recepção de um sinal modulado em amplitude.

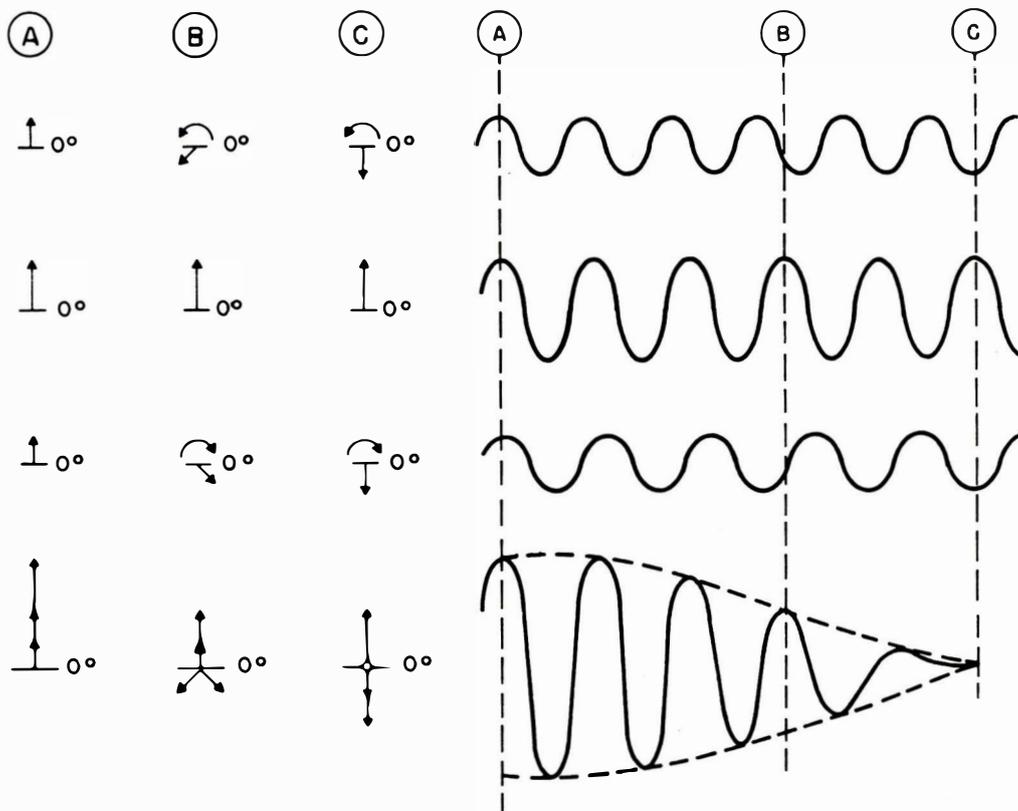


Fig. 3-19. A envoltória de modulação, a partir da portadora e das faixas laterais.

A soma vetorial da portadora e ambas as faixas laterais, é representada na fig. 3-19. Cada conjunto de vetores, do lado esquerdo da fig. 3-19, representa as relações de amplitude e fase da portadora e suas faixas laterais nos instantes indicados. Assim, os vetores nas colunas A, B e C estão relacionados com os instantes A, B e C na ilustração.

Os vetores são ilustrados diferentemente da forma convencional, por duas razões:

— Os vetores são indicados grãficamente ao lado das suas formas de onda para permitir ao leitor associar cada vetor às formas de onda mais rapidamente, e também para evitar uma possível confusão. O vetor correspondente à faixa lateral superior deveria ser superposto ao vetor correspondente às faixas laterais inferiores dos tempos A e C.

Sabendo-se que os sinais correspondentes às faixas laterais estão sendo observados nos instantes em que ocorrem os picos positivos do sinal de portadora, o instante A é selecionado para ocorrer no ângulo relativo de fase de 90° do sinal de portadora. Observando o instante A, nota-se que os três sinais estão em fase. Os vetores correspondentes às faixas laterais são então indicados grãficamente nessa mesma relação. O diagrama vetorial, na última linha da coluna A, representa a adição de ambas as faixas laterais e a portadora no instante A. Essa resultante instantânea para o tempo A determina a amplitude da primeira porção positiva da envoltória de modulação, como é mostrado à direita da fig. 3-19.

Os tempos B e C são escolhidos semelhantemente, para ocorrer em um ângulo relativo de fase de 90° do sinal de portadora. Um vetor, representando o ângulo relativo de fase e o pico de amplitude de cada sinal em cada tempo indicado, é mostrado grãficamente nos instantes B e C, da mesma maneira que os vetores no instante A. A adição dos sinais nos instantes B e C é apresentada, respectivamente, pelo diagrama vetorial na última linha das colunas B e C. Essas resultantes instantâneas, uma para o instante B e outra para o instante C, determinam a amplitude das porções positivas da envoltória de modulação em B e C, respectivamente.

Indicando-se o ponto que representa o sinal resultante instantâneo para cada momento em que a portadora está num ângulo de fase relativa de 90° , a amplitude de cada porção positiva da envoltória de modulação poderia ser determinada. Uma linha contínua, desenhada através dos pontos determinados, representa o sinal de saída do detector. Em outras palavras, para reproduzir a frequência moduladora, deve-se adicionar

a portadora e as suas duas faixas laterais, nos instantes em que a portadora se encontra num ângulo relativo de fase de 90° .

Sabendo-se que a saída do detector é obtida da adição vetorial da portadora e ambas as faixas laterais nos instantes em que a portadora está num ângulo relativo de fase de 90° , é suficiente apenas marcar as tensões instantâneas em cada instante em que a portadora está no ângulo de fase de 90° e, a partir disso, desenhar uma curva contínua através desses pontos. O sinal de saída da portadora, e suas faixas laterais, na fig. 3-19, é representado pela linha pontilhada ligando os picos da envoltória de modulação.

Uma análise dos diagramas vetoriais, usados durante a adição dos 3 sinais, revela que as fases entre a portadora e cada uma de suas faixas laterais são sempre iguais. Esses ângulos de fase são iguais, porque as diferenças de frequência entre a portadora e cada uma das suas faixas laterais são iguais. Os ângulos de fase entre a portadora e cada uma de suas faixas laterais, apesar de serem iguais um ao outro, estão constantemente mudando com o tempo. Essa mudança é proporcional à frequência da moduladora. Já que os ângulos de fase apenas nos interessam quando a portadora está no ângulo de fase relativa de 90° , a frequência de portadora pode ser considerada uma referência, e representada nos diagramas vetoriais como uma amplitude fixa em 90° . Contudo, os vetores representando as faixas laterais podem ser visualizados como se girassem em direções opostas, em torno do vetor de portadora, numa velocidade, em revoluções por segundo, igual à frequência moduladora. Dessa maneira, é a velocidade de mudança dos ângulos de fase entre a portadora e suas faixas laterais que produz a frequência do sinal detectado.

Pode-se então concluir que as faixas laterais transportam a informação transmitida, e o sinal de portadora é meramente um sinal de referência, com amplitude fixa de importância secundária. Desta maneira, torna-se possível realizar um sistema de modulação com portadora suprimida. Num sistema de modulação com portadora suprimida, a detecção é feita misturando-se uma portadora gerada no receptor com as faixas laterais recebidas antes da detecção. A resultante é então obtida da mesma maneira que no caso em que se recebe um sinal que inclui a portadora.

Sistema de Modulação com Portadora Suprimida

Um sistema de modulação com portadora suprimida

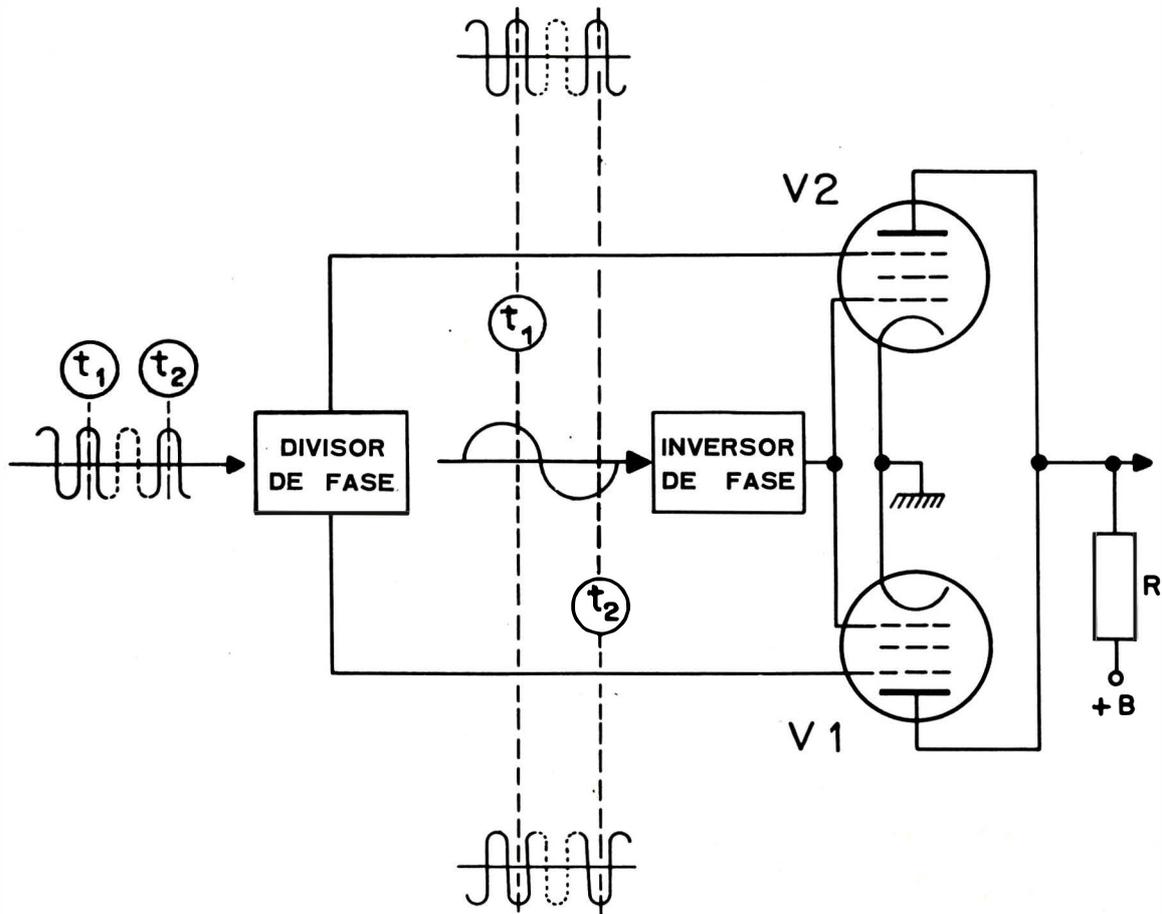


Fig. 3-20. Sistema de modulação com portadora suprimida.

transmite apenas às duas faixas laterais, pois a portadora é suprimida antes da transmissão. Pode-se gerar de diversas maneiras as faixas laterais do sistema com portadora suprimida. O circuito simplificado da fig. 3-20 ilustra o funcionamento de um modulador balanceado.

O sinal de portadora é aplicado a um divisor de fase, o qual, simultaneamente, fornece dois sinais de polaridades opostas. Um sinal é aplicado à grade supressora de V1, enquanto o outro é aplicado à grade supressora de V2. Ambos com a mesma amplitude, mas de polaridades opostas. Considerando os moduladores, um de cada vez, assumimos que um sinal negativo é aplicado à grade supressora de V1; isto faz com que V1 conduza menos corrente e através da resistência de carga comum R, haverá menor queda de tensão. No mesmo instante, um sinal positivo é aplicado à grade supressora de V2. Esse sinal faz V2 conduzir uma corrente maior e, por conseguinte, haverá uma queda maior de tensão através

do resistor R. Sabendo-se que as correntes em ambas as válvulas fluem através do resistor R, e uma delas conduz mais na mesma proporção em que a outra conduz menos, a resultante final para um sinal de portadora senoidal é tal que não haverá nenhuma alteração na tensão de queda através do resistor R, e assim também nenhum sinal na saída.

Agora vamos analisar o circuito quando se aplica um sinal modulador. As relações de sinal no circuito são comparadas em dois instantes bem determinados. No instante t_1 da fig. 3-20, o sinal modulador tem polaridade positiva e é aplicado, através de um inversor de fase, às grades de controle de V1 e V2. Simultaneamente, o sinal de portadora, com fase de 90° (pico), é aplicado às grades supressoras de V1 e V2, através de um divisor de fase. Na saída do inversor de fase, a porção positiva do sinal modulador é aplicada às grades de controle das válvulas V1 e V2 com polaridade negativa. Assumindo-se um ganho unitário, a amplitude do sinal de

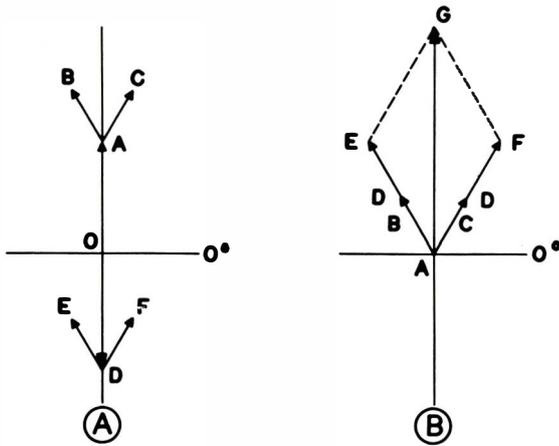


Fig. 3-21. Relação entre os sinais do sistema de modulação com portadora suprimida no instante t_1 .

portadora na saída de V1 é a mesma do sinal original de portadora e aparecem, neste caso, duas frequências de faixa lateral no anodo da válvula V1. Estas são correspondentes à soma e à diferença das frequências portadora e moduladora. Essa frequência de faixa lateral tem as mesmas características daquelas explicadas anteriormente para um sinal modulado em amplitude. A amplitude de cada faixa lateral é, então, metade da amplitude da portadora a 100% de modulação, e uma das faixas laterais está atrasada em fase, em relação à portadora, enquanto a outra estará adiantada em relação à mesma. As amplitudes de pico das faixas laterais e da portadora no anodo da válvula V1 estão representadas vetorialmente na parte superior do diagrama A (fig. 3-21).

O vetor OA representa a portadora e os vetores AB e AC representam as faixas laterais. Os vetores estão indicados a partir da flecha do vetor que representa a portadora, pois é o ângulo relativo das faixas laterais que está nos interessando, no momento em que a portadora está no seu pico positivo (fase de 90°). Além disso, este tipo de representação dá uma visão mais realista das faixas laterais girando com a mesma velocidade em direções opostas entre si.

Conforme foi explicado na revisão a respeito de vetores, se um vetor mantém inalterado seu ângulo relativo e comprimento, é possível um rearranjo para se representar um efeito desejado, sem alterar com isso o valor do vetor. O sinal de portadora no anodo da válvula V2 está 180° fora de fase com o sinal de portadora no anodo da válvula V1. Dessa maneira, o vetor

representando a portadora é indicado com fase de 270° (vetor OD) no diagrama A da fig. 3-21. O sinal de portadora no anodo da válvula V2 tem a mesma amplitude, mas sua polaridade é oposta em relação ao sinal de portadora da válvula V1. Assim, os dois sinais de portadora se cancelam. A amplitude e fase das faixas laterais, no anodo da válvula V2, são iguais à amplitude e fase das faixas laterais no anodo da válvula V1, pois ambas foram geradas numa mesma fonte. Assim, os vetores AB e DE estão em fase, bem como os vetores AC e DF. A diferença entre os diagramas A e B da fig. 3-21 é que os vetores representando a portadora foram eliminados, pois tinham a mesma amplitude e polaridades opostas, e os vetores representando as faixas laterais foram reposicionados para facilitar a sua soma. A resultante da soma desse sinal de faixa lateral é o vetor AG, o qual representa a tensão desenvolvida sobre o resistor R, no instante t_1 .

Conforme é mostrado na fig. 3-20, o sinal modulador passa pelo seu valor zero e pelo seu pico negativo, alcançando, finalmente, no instante t_2 , um ponto 180° defasado do ponto anterior t_1 . Durante este intervalo de tempo, do instante t_1 ao instante t_2 , o sinal de portadora, o qual se assumiu como sendo de frequência 10 vezes maior do que o sinal modulador, completa 5 ciclos. Dessa maneira, no instante t_2 o sinal de portadora está no quinto pico positivo a partir do instante t_1 . Apenas para economizar espaço na figura, a porção pontilhada, da forma de onda da portadora, representa diversos ciclos completos.

O diagrama vetorial C da fig. 3-22 representa as tensões nos anodos de V1 e V2 no instante t_2 . Os ve-

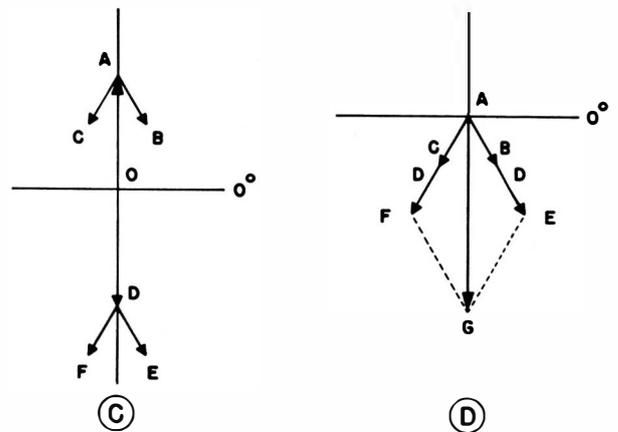


Fig. 3-22 - Relação entre os sinais do sistema de modulação com portadora suprimida no instante t_2 .

tores que representam as subportadoras OA e OD estão desenhados da mesma maneira como nos diagramas anteriores, pois a subportadora no tempo t_2 também está no pico positivo (fase de 90°), da mesma maneira que estava no instante t_1 .

Observe que a direção dos vetores representativos das faixas laterais superior e inferior foi mudada de 180° . As amplitudes dos vetores relativos às faixas laterais e a subportadora são idênticos às dos vetores correspondentes no diagrama anterior, porque as amplitudes da subportadora e sinais moduladores permaneceram os mesmos. O diagrama vetorial D da fig. 3-22 é igual ao diagrama C, exceto que, como foi feito anteriormente, os vetores representando a portadora foram eliminados e os vetores representando as faixas laterais foram reposicionados para facilitar a soma. A tensão resultante, vetor AG, é a tensão instantânea que é desenvolvida sobre o resistor R, no instante t_2 .

Sistema de Modulação com Portadora Suprimida e Atrasada

O sistema de modulação com portadora atrasada é similar ao sistema de modulação com portadora suprimida, que acabamos de descrever, exceto que o sinal de portadora é atrasado 90° antes de ser aplicada ao divisor de fase. Os dois sistemas serão combi-

nados para preencher os requisitos para um sistema de modulação para a sub-portadora de côr.

O circuito da fig. 3-23 usado para análise é o mesmo da fig. 3-20, exceto que êle inclui um circuito de defasamento de 90° . Como vimos anteriormente, a tensão instantânea da envoltória de modulação poderá ser determinada nos instantes em que a portadora está num ângulo relativo de fase de 90° (pico). No circuito de defasamento de 90° , o atraso em tempo é igual ao tempo requerido pelo sinal de portadora para completar $1/4$ do seu ciclo. Assim, na fig. 3-23, no instante t_1 , enquanto o sinal na entrada do defasador está passando por um máximo positivo (90°), na saída êle estará passando por zero (0°).

O sinal atrasado de portadora é aplicado ao divisor de fase e passa pelo mesmo processamento já descrito para a fig. 3-20.

O diagrama vetorial A da fig. 3-24 ilustra as relações entre os sinais de portadora e suas bandas laterais nos anodos das válvulas V1 e V2, no instante t_3 . Observe-se que os vetores correspondentes à portadora giraram de 90° , mas se conservam ainda 180° fora de fase, um em relação ao outro. Os vetores correspondentes às faixas laterais AB e DE estão em fase, bem como os vetores correspondentes às faixas laterais AC e DF. No diagrama B da fig. 3-24, êstes vetores foram rearranjados

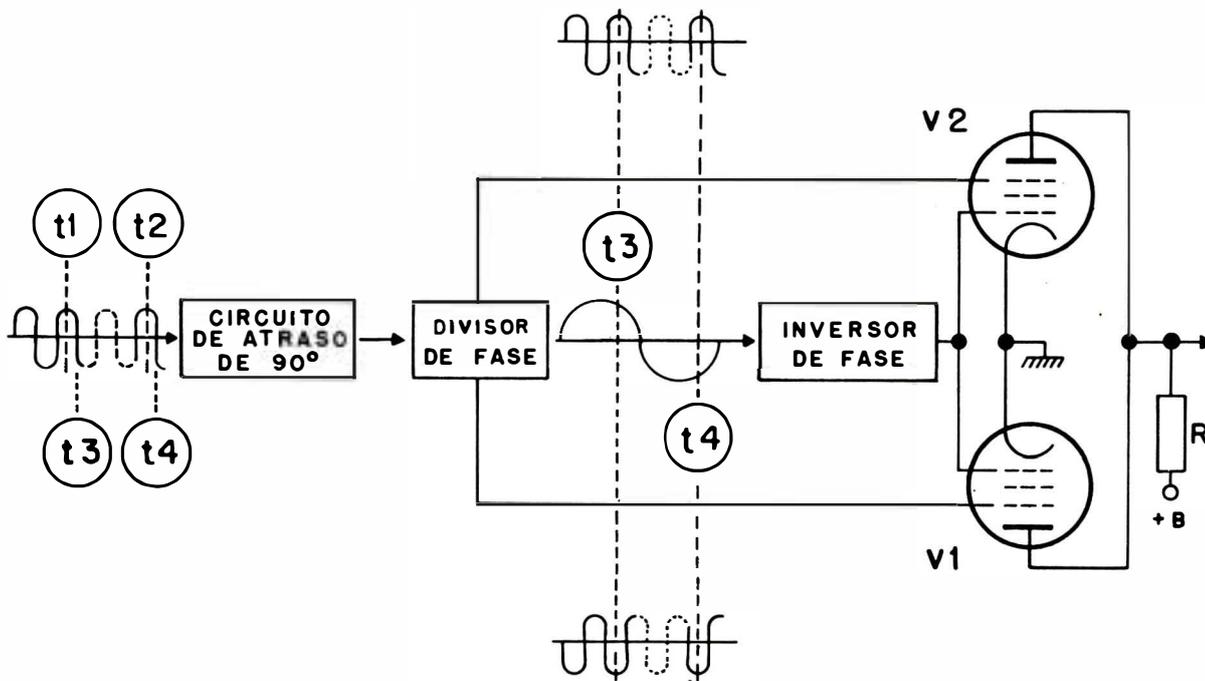


Fig. 3-23. Sistema de modulação com portadora suprimida e atrasada.

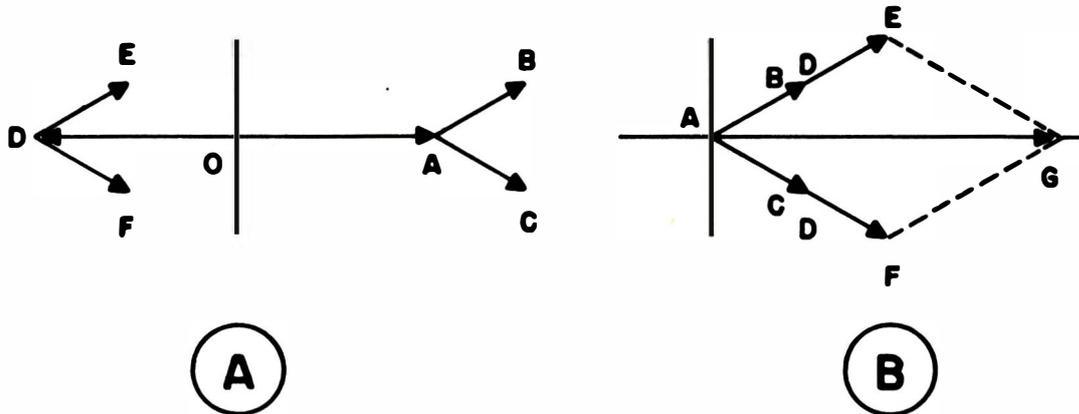


Fig. 3-24. Relação de tensões no instante t_3 .

a fim de se obter o vetor resultante AG, que representa a tensão instantânea sobre o resistor R da fig. 3-23, no instante t_3 .

No instante t_4 da fig. 3-23, o sinal modulador está na porção negativa do seu ciclo e, outra vez, a portadora na saída do defasador está no seu pico positivo. O diagrama que aparece na fig. 3-25 representa as relações entre os sinais de portadora e suas faixas laterais nos anodos das válvulas V1 e V2.

Observe-se que os vetores correspondentes às portadoras estão defasados um em relação ao outro, e os vetores correspondentes às faixas laterais estão opostos à condição encontrada durante a porção positiva do sinal modulador (deslocados 180° em fase). A soma vetorial dos vetores correspondentes às faixas laterais é feita da mesma maneira explicada anteriormente (diagrama D da fig. 3-25). O vetor resultante, vetor AG, representa a tensão instantânea que aparece sobre o resistor R da fig. 3-23, no instante t_4 .

Deve-se notar que o vetor resultante aparece na

direção negativa, quando o sinal modulador é negativo, e na direção positiva, quando o sinal modulador é positivo.

Em resumo, no sistema de modulação com portadora suprimida, a soma vetorial das faixas laterais, quando a portadora está no seu pico positivo, produz o sinal resultante da envoltória de modulação. Ao contrário da modulação em amplitude, a envoltória de modulação correspondente ao sinal modulador é um sinal alternado, variando de um valor positivo para um valor negativo. Seu valor instantâneo depende do ângulo de fase entre cada faixa lateral e o pico positivo do sinal de portadora.

Combinando Dois Sistemas de Modulação (Portadora Direta e em Quadratura - 90°)

Quando os dois sistemas já discutidos são combinados, duas informações são transmitidas simultaneamente pela mesma frequência portadora. Colocando-se em pa-

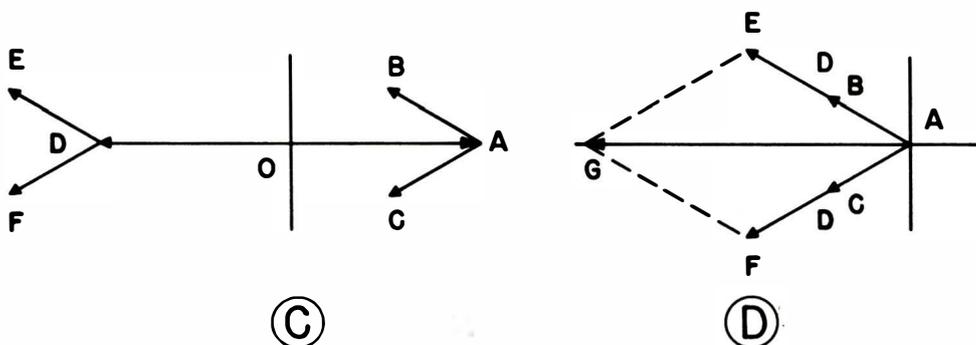


Fig. 3-25. Relação de tensões no instante t_4 .

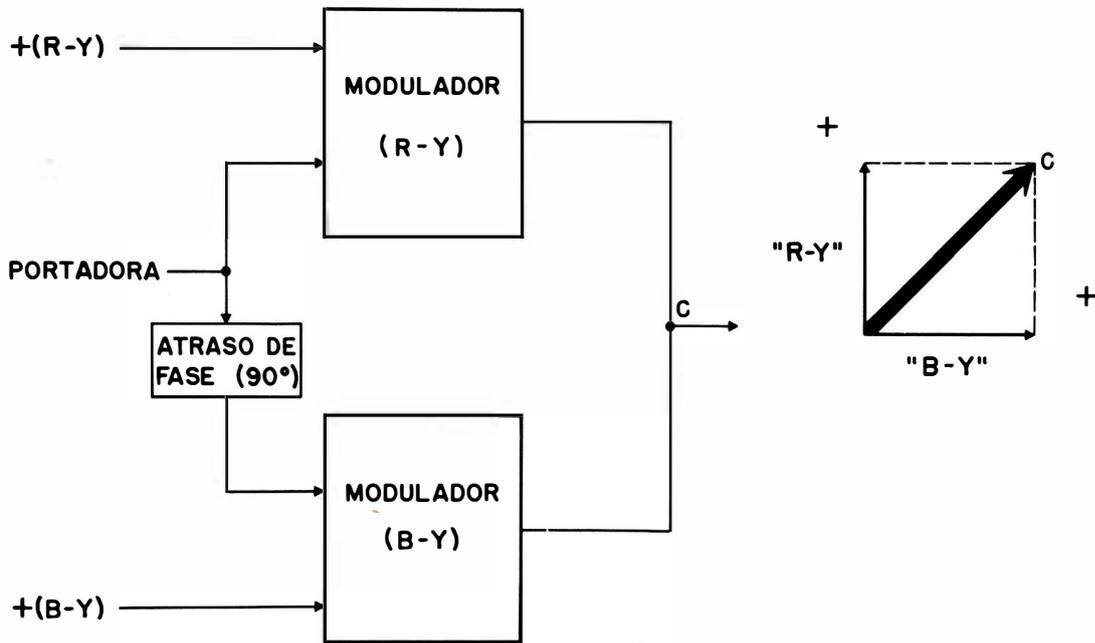


Fig. 3-26. Combinando dois sistemas.

ralelo as saídas dos dois sistemas de modulação, os sinais resultantes de cada um deles se combinam vetorialmente formando um novo sinal resultante, que está relacionado à fase (0° ou 90°) e à amplitude de cada um. Dessa maneira, o sinal resultante dos sistemas combinados está modulado tanto em amplitude como em fase. A fig. 3-26 ilustra os dois sistemas combinados. Os sinais moduladores R-Y e B-Y produzem sinais na saída, representados pelos vetores R-Y e B-Y, respectivamente. Dessa maneira, o sinal resultante C dos sistemas combinados representa a fase e amplitude da subportadora. Conforme foi ilustrado, no caso de cada um dos sistemas de modulação individualmente, os vetores R-Y e B-Y podem ser positivos ou negativos. Como exemplo, assumamos que o vetor R-Y seja positivo e o vetor B-Y negativo; o vetor resultante, então, estará no 2º quadrante. Se o vetor R-Y for negativo e o vetor B-Y positivo, o vetor resultante estará no 4º quadrante. Dessa maneira, variando-se a polaridade dos vetores R-Y e B-Y, o vetor resultante pode ser posicionado em qualquer um dos quatro quadrantes. Nos diagramas vetoriais da fig. 3-27, os comprimentos dos vetores R-Y e B-Y são diferentes. Observe como o vetor resultante C se desloca de uma posição quase vertical no diagrama 1, através de uma posição intermediária nos diagramas 2 e 3, para uma posição quase horizontal no

diagrama 4. Assim, alterando os comprimentos dos vetores R-Y e B-Y, sendo ambos positivos, o vetor resultante C se desloca através dos 90° do primeiro quadrante. Inversamente, para cada ângulo relativo de fase e cada comprimento do vetor resultante, existe apenas uma combinação de polaridade e comprimentos dos vetores R-Y e B-Y.

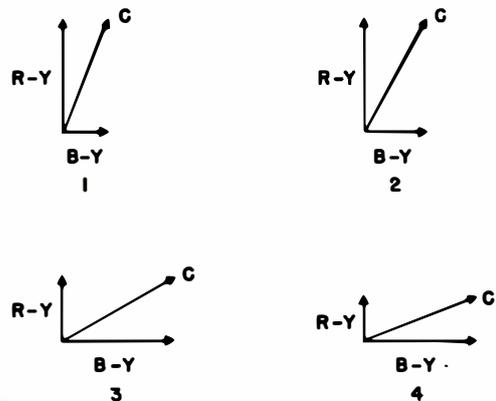


Fig. 3-27. Posicionamento do vetor resultante no 1º quadrante.

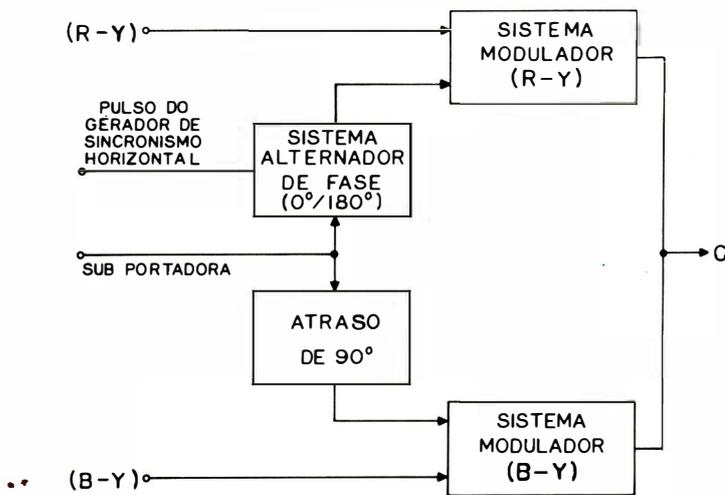


Fig. 3-28. Sistema de modulação com alternância de fase.

3-4. O SISTEMA DE FASE ALTERNADA LINHA A LINHA (PAL)

Recordemos que os sinais correspondentes às três cores primárias produzidas na câmara de TV a cores são transformados nos sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y). Cada um desses sinais diferença de cor variam de um valor positivo, através de zero, a um valor negativo. Seus valores dependem do matiz e da saturação da cor que está sendo televisada. Foi explicado, também, que os sinais (R-Y) e (B-Y) podem ser indicados gráficamente em eixos de coordenadas dentro do triângulo de cores e, quando são somados vetorialmente, o vetor resultante determina o matiz e a saturação da cor. A direção do vetor determina o matiz e seu comprimento determina a saturação. O vetor é posicionado no triângulo de cores, variando-se os valores dos sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y). Ele é idêntico ao vetor resultante da modulação com sub-portadora

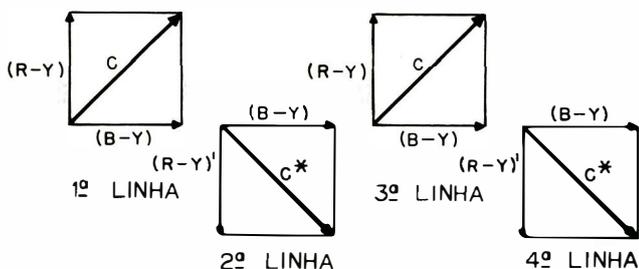


Fig. 3-29. Sinais diferença de cor em quatro linhas sucessivas.

suprimida, pois os mesmos sinais produziram o vetor resultante em ambos os casos. Foi mostrado como dois sinais moduladores individuais modulam, cada um, uma portadora suprimida. A portadora suprimida correspondente a um sinal modulador é atrasada ou deslocada 90° em fase, com relação à portadora suprimida correspondente ao outro sinal modulador.

Quando as envoltórias de modulação derivadas de cada um dos sistemas moduladores são combinadas, formam uma nova envoltória de modulação que apresenta uma relação direta com a fase e a amplitude das envoltórias de modulação individuais. Ao mesmo tempo em que a fase e a amplitude das envoltórias de modulação variam, a envoltória de modulação resultante varia a sua amplitude, de zero à máxima, e desloca a sua fase, com respeito a uma frequência de referência, entre zero e 360° da sub-portadora.

No sistema de fase alternada linha a linha, por razões que veremos adiante, é introduzida uma manipulação adicional na sub-portadora de um dos sinais moduladores. A fig. 3-28 mostra como um inversor de fase comutável linha a linha é introduzido no sistema modulador do sinal correspondente à informação (R-Y). Um pulso do gerador de sincronismo horizontal é injetado nesse inversor de fase, de tal maneira que a sub-portadora ora alimenta o sistema modulador (R-Y), num ângulo relativo de fase de 0° (em fase), ora alimenta o mesmo sistema num ângulo relativo de fase de 180° (fase oposta). Na primeira linha o vetor resultante na saída do sistema modulador estará a + 90°. Na segunda linha do mesmo campo este vetor aparece a - 90° e, alternadamente nas linhas seguintes, aparecerá novamente a + 90° e - 90°, sucessivamente. Dessa maneira, os sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y) (fig. 3-29), são transmitidos segundo suas resultantes C e C* e, quando no receptor, devem ser processados de maneira conveniente, de modo a recuperar os sinais (R-Y) e (B-Y) originais e reproduzir no cinescópio uma cor, idêntica à televisada pela câmara de TV a cores.

Demodulação da Sub-Portadora de Cor

Os sinais correspondentes ao vermelho, verde e azul, procedentes da câmara de TV a cores, são combinados de maneira a formar os sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y) no transmissor. Estes sinais modulam duas portadoras suprimidas de 3,58 MHz, uma delas com fase alternada (R-Y), (R-Y)', e a outra atrasada de 90° (B-Y). Este sistema produz dois pares de faixas laterais, cada um com uma faixa lateral superior e uma inferior, trans-

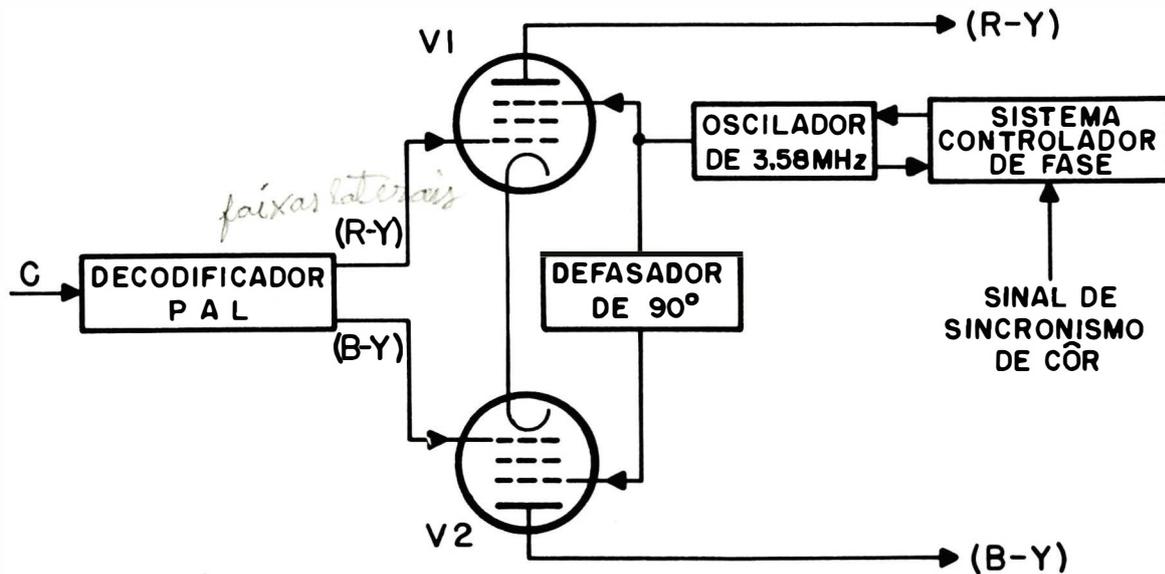


Fig. 3-30. Demodulador da sub-portadora de cor.

portando respectivamente a informação de (R-Y) e de (B-Y). Essas faixas laterais são recebidas no receptor e, para a demodulação, será necessário decompor a resultante segundo (R-Y), (R-Y)' e (B-Y), o realinhamento (inversão de fase) da informação (R-Y)' contida nas linhas em que ela fôra defasada de 180° no transmissor, bem como a reinserção de uma portadora gerada localmente com fase e amplitude convenientes. O demodulador reproduz, desta maneira, os sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y) que foram aplicados ao sistema de modulação da portadora, no transmissor.

A fig. 3-30 mostra um diagrama simplificado de um demodulador. Observa-se que a sub-portadora de cor C é aplicada a um decodificador PAL, que produz na sua saída os dois sinais componentes (R-Y) e (B-Y) aplicados simultaneamente a ambos os demoduladores. Um oscilador comum fornece um sinal com a frequência da portadora para ambos os demoduladores; o sinal de portadora aplicado ao demodulador (B-Y) é atrasado de 90° , e é providenciada uma sincronização do oscilador local de 3,58 MHz com o seu correspondente no transmissor.

Os sinais (R-Y) e (B-Y) são injetados na grade de controle de cada demodulador. É importante lembrar que estes sinais aparecem como dois pares de faixas, lateral superior e lateral inferior, contendo as informações (R-Y) num dos pares e (B-Y) no outro. Foi explicado anteriormente que um sinal transmitido no sistema com

portadora suprimida requer um sinal com a mesma frequência e fase, reinserido no receptor, a fim de recuperar o sinal modulador. Dessa maneira, um sinal de 3,58 MHz controlado em frequência e fase é gerado e aplicado diretamente ao demodulador (R-Y), e atrasado de 90° ao demodulador (B-Y).

O diagrama vetorial A da fig. 3-31 ilustra as tensões que aparecem na saída da válvula V1 da fig. 3-30. O vetor OA representa o sinal de portadora reinserida. Observe que ele está no mesmo ângulo de fase relativo do sinal de portadora na saída do modulador (R-Y), sem inversão. Lembrando que um vetor correspondente a uma das faixas laterais está sempre atrasado do mesmo ângulo que o correspondente à outra faixa lateral está adiantado em relação à portadora, a tensão resultante da soma dos dois estará sempre em fase, ou 180° fora de fase em relação à portadora. Assim, os sinais correspondentes às faixas laterais (vetores AB e AC), neste instante se somarão à tensão da portadora. O vetor resultante OD é a tensão instantânea na saída do demodulador (R-Y).

Conforme os vetores giram, o demodulador adiciona instantaneamente as três tensões e reproduz uma tensão instantânea a qual, removida a componente de alta frequência, varia da mesma maneira que o sinal modulador original. Sabendo-se que apenas as faixas laterais produzem variação no sinal de saída, a tensão de portadora pode ter qualquer amplitude, desde que

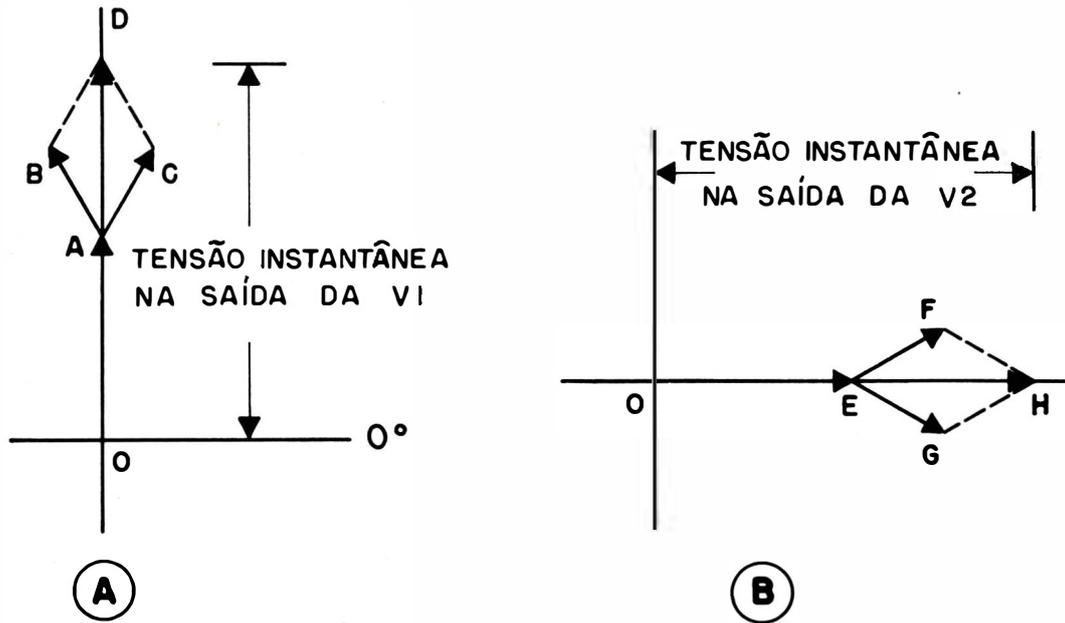


Fig. 3-31. Relação de tensões nas saídas dos demoduladores.

seja constante e suficiente para evitar bloqueio do demodulador.

O diagrama vetorial B da fig. 3-31 ilustra as tensões na saída da válvula V2 da fig. 3-30. O vetor OE representa a tensão da portadora. O sinal da portadora para o demodulador (B-Y) é aplicado através de um circuito defasador de 90°; logo, êle estará atrasado de 90° em relação ao sinal aplicado ao demodulador (R-Y). Êste atraso é requerido para ter a portadora em fase, ou 180° fora de fase em relação à resultante das tensões

correspondentes às faixas laterais de (B-Y), pois ela foi anteriormente modulada nesta mesma relação de fase. As tensões correspondentes às faixas laterais (vetores EF e EG) somam-se ou subtraem-se da tensão da portadora (vetor OE); no caso ilustrado, elas estão se somando. Outra vez, como na válvula V1, conforme os vetores giram, o demodulador soma instantaneamente as três tensões produzindo, desta maneira, uma tensão instantânea a qual, removida a componente de alta frequência, varia da mesma maneira que o sinal modulador.

Sinal de Sincronismo de Côr

Foi explicado que, para a demodulação do sinal com portadora suprimida, deve-se reinserir no receptor uma portadora que deverá estar em fase com a suprimida no transmissor. Além disso, no sistema de fase alternada (PAL), o receptor deverá receber informação que lhe permita distinguir a linha onde (R-Y) foi invertido. A fim de controlar o oscilador local de 3,58 MHz em fase com a portadora suprimida e identificar no decodificador PAL a linha onde foram transmitidos (R-Y) ou (R-Y)', é transmitido um sinal de sincronismo de côr (BURST). Êste sinal consiste de 8 a 10 ciclos de um sinal senoidal, com frequência de 3,58 MHz, o qual é localizado no pórstico posterior do pulso de sincronismo horizontal, conforme ilustrado na fig. 3-32. Êsse

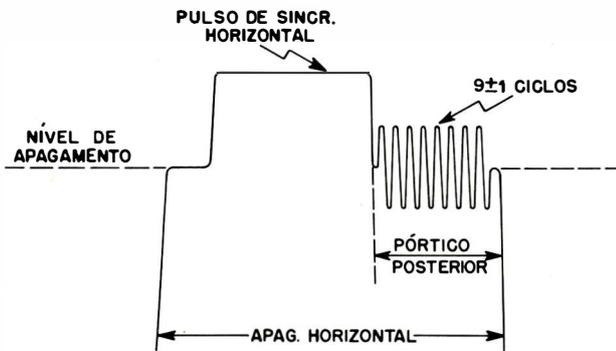


Fig. 3-32. Localização do sinal de sincronismo de côr no pulso horizontal.

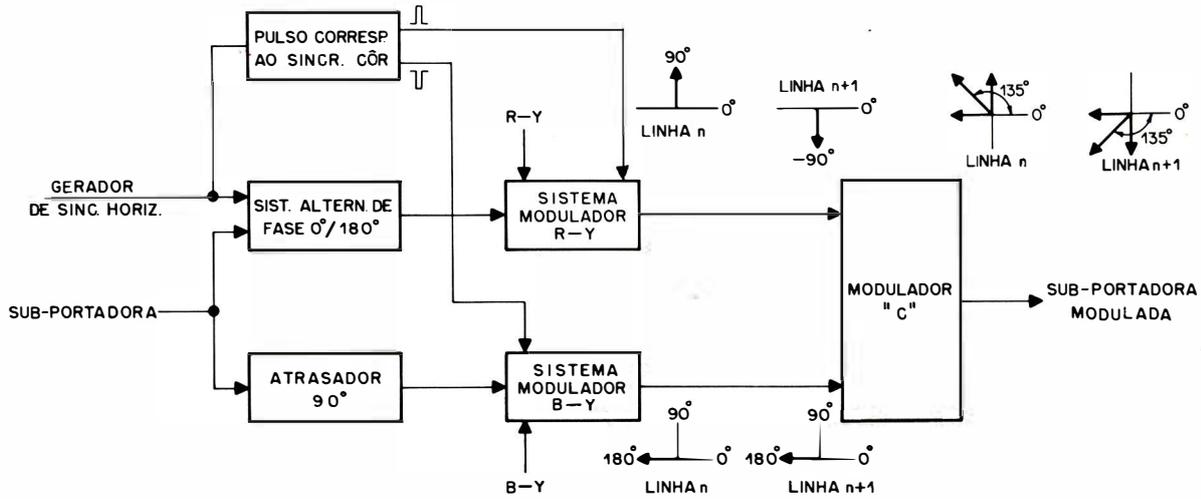


Fig. 3-34. Formação do sinal de sincronismo de côr.

sinal de sincronismo de côr ocorre durante o período de apagamento do horizontal e não é transmitido durante o período de apagamento vertical. Conforme estabelecido no sistema PAL - padrão M (adotado no Brasil), a fase do sinal de sincronismo de côr é alternadamente $+135^\circ - 135^\circ$, correspondentes respectivamente à linha com informação (R-Y) e (R-Y)'. A fig. 3-33 ilustra as relações de fase dos sinais diferença de côr (B-Y), (R-Y) e o sincronismo em duas linhas consecutivas. A fase resultante do sincronismo de côr em linhas consecutivas é 180° em relação a (B-Y), ou 90° adiantado em relação a (R-Y). A fig. 3-34 mostra a formação do sinal de sincronismo de côr. Desta maneira, numa linha são transmitidas a resultante C e o sinal de sincronismo de côr com fase $+135^\circ$; na linha seguinte será transmitida C* e o sinal de sincronismo de côr com fase -135° .

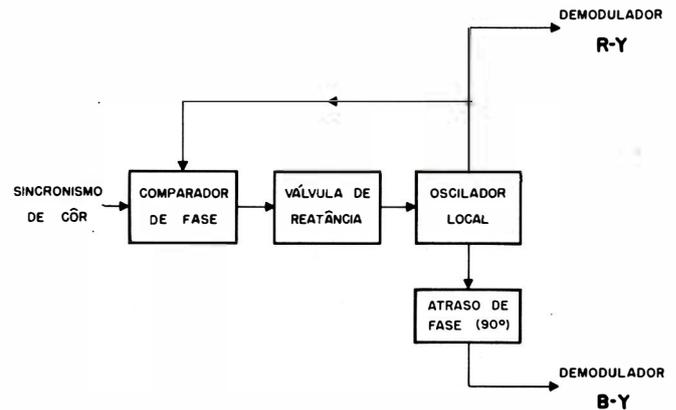


Fig. 3-35. Contrôlo automático de frequência e saídas do oscilador de referência.

Contrôlo do Oscilador Local de 3,58 MHz

Conforme mostrado no diagrama em blocos simplificado da fig. 3-35, o sinal de sincronismo de côr é alimentado a um comparador de fase junto com uma amostra do sinal do oscilador local. O comparador de fase produz uma tensão contínua que é positiva ou negativa, dependendo da diferença de fase entre os dois sinais, e vai controlar automaticamente a frequência do oscilador. Êste sistema pode ser feito por meio de uma válvula de reatância ou um varicap, ligados ao elemento de circuito que determina a frequência do oscilador, corrigindo desta maneira sua frequência e fase. Assim, a saída do oscilador permanece em fase com a portadora suprimida.

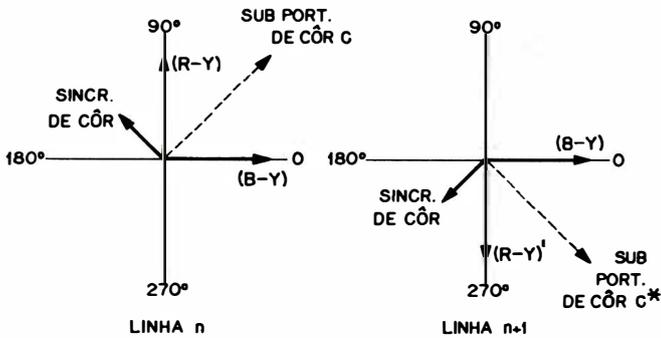


Fig. 3-33. Relação de fases entre (R-Y), (R-Y)' (B-Y) e o sinal de sincronismo de côr.

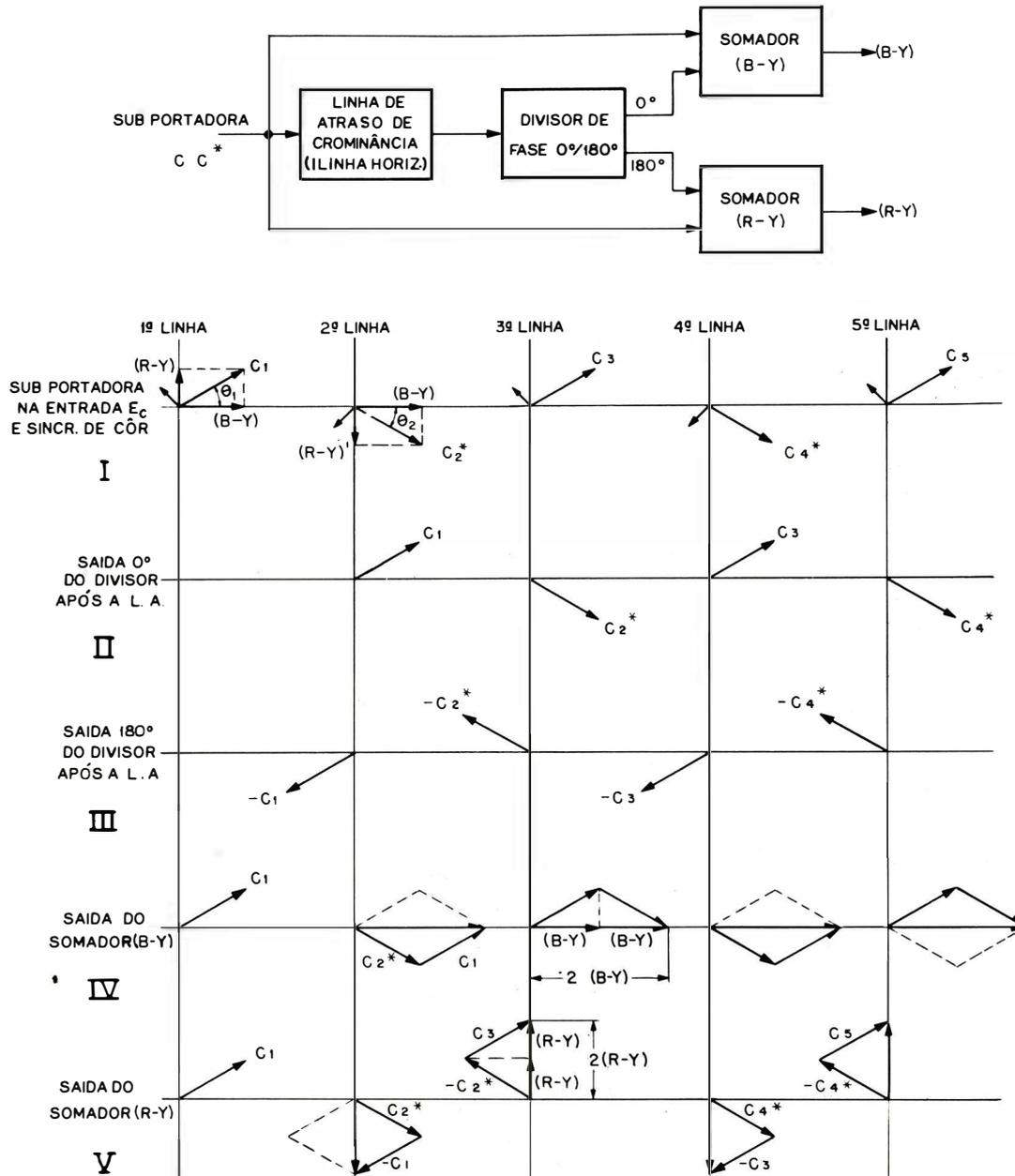


Fig. 3-36. Circuito de linha de atraso e representação vetorial do sinal de crominância em 5 linhas consecutivas.

Decodificação PAL

A sub-portadora transmitida C deverá ser decomposta no receptor segundo suas componentes $(B-Y)$ e $(R-Y)$, que serão demoduladas a fim de se recuperar as informações $(B-Y)$ e $(R-Y)$. Além disso, nas linhas em que foi transmitido C^* , cuja componente $(R-Y)$ fôr invertida antes de ser combinada com $(B-Y)$, deverá haver reinversão no receptor, para que o demodulador

$(R-Y)$ seja alimentado por um sinal em fase com aquele que originalmente modulou a sub-portadora no transmissor. Dessa maneira, o decodificador PAL deverá conter um circuito que restaure $(B-Y)$, $(R-Y)$ e $(R-Y)'$, e um inversor de fase chaveado que forneça, alternadamente linha a linha, um sinal $(R-Y)$ em fase com a entrada, quando o receptor recebe C e uma inversão de $(R-Y)'$, quando fôr recebido o sinal C^* .

Para restaurar os componentes (B-Y) e (R-Y) da sub-portadora C e os componentes (B-Y) e (R-Y)' da sub-portadora C*, é usado um circuito contendo uma linha de atraso de crominância, conforme mostrado na parte superior da fig. 3-36.

A fim de ilustrar o funcionamento do circuito, tomamos como referência de tempo cinco linhas seguidas num mesmo campo do sinal composto de vídeo; a informação aí contida, supondo que apenas uma cor esteja sendo transmitida, será representada vetorialmente na parte inferior da fig. 3-36. Na sequência I observamos que a portadora modulada e o sinal de sincronismo saltam de um lado e do outro do eixo (B-Y), devido à inversão da componente (R-Y) para (R-Y)' a cada linha horizontal. Observar que, fixada uma cor, (B-Y) e (R-Y) permanecem constantes, e entre (R-Y) e (R-Y)' haverá apenas inversão de fase, sem alteração da amplitude; desta maneira, a fase Θ_1 entre C e (B-Y) é igual à fase Θ_2 entre C* e (B-Y).

O sinal recebido percorre a linha de atraso de crominância, e só após uma linha (2ª linha em questão) irá aparecer na saída e alimentar um divisor de fase. Nas saídas deste divisor o sinal atrasado é repartido em duas fases: 0° e 180° (sequências II e III da fig. 3-36) que alimentam cada uma, junto a um sinal não atrasado, os somadores (B-Y) e (R-Y).

Os sinais na saída do somador (B-Y) são mostrados para cada linha na sequência IV e os sinais do somador (R-Y) são mostrados para cada linha na sequência V da fig. 3-36. Em ambos os casos notamos que a resultante da soma entre o sinal direto e o atrasado é um vetor segundo os eixos (B-Y) e (R-Y) com amplitude igual a duas vezes à das componentes (B-Y) e (R-Y) do sinal da sub-portadora.

Chave PAL

Na saída do somador (R-Y), fig. 3-36, são recuperados 2 (R-Y) e 2 (R-Y)', alternadamente linha a linha. Como vimos anteriormente, no demodulador é reinserido o sinal de portadora em fase, com o sinal de portadora suprimida no transmissor. É necessário então inverter a componente (R-Y)', antes de alimentar o demodulador. A alternância de fase do sinal de sincronismo de cor vai permitir distinguir a linha onde (R-Y)' deve ser invertido e a linha onde (R-Y) deve permanecer em fase. A fig. 3-37 mostra um inversor de fase chaveado 0°/180°, que é controlado por um circuito chave, sincronizado com pulsos do horizontal. A identificação da fase (R-Y) ou (R-Y)' é dada por um sinal extraído do detector de fase. O sinal de identificação resulta da

variação $\pm 135^\circ$ da fase do sinal de sincronismo de cor, comparado com a frequência do oscilador local, e apresenta-se como um sinal de onda quadrada e frequência igual à metade da do horizontal.

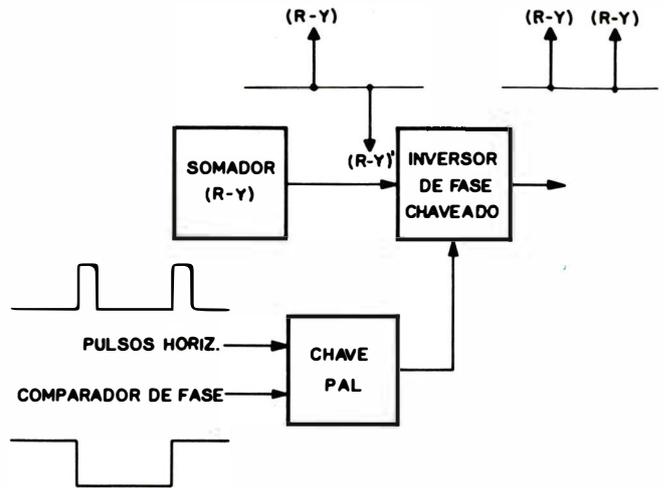


Fig. 3-37. Reinversão do sinal (R-Y)!

Sumário da Transmissão e Recepção dos Sinais Diferença de Cor

A fig. 3-38 mostra um diagrama em blocos simplificado do transmissor e do receptor. Assumimos que os sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y) são positivos. O sinal (R-Y) é aplicado ao modulador (R-Y) em conjunto com um sinal proveniente do inversor de fase chaveado (portadora de 3,58 MHz com a fase alternada linha a linha de 270° e 90°). As saídas do modulador (R-Y) são duas faixas laterais cuja tensão resultante tem fase alternada de 90° e 270°. Simultaneamente, o sinal (B-Y) é aplicado ao modulador (B-Y), em conjunto com o sinal de portadora atrasado de 90° (fase de 180°). As saídas do modulador (B-Y) são duas faixas laterais cuja tensão resultante tem fase de 0°. As duas tensões resultantes (R-Y) e (B-Y), combinadas e transmitidas, formam o sinal composto de cor. Um pulso correspondente à região do pórtilo posterior do horizontal é introduzido aos dois moduladores, resultando na saída um sinal de sincronismo de cor com fase de + 135° e - 135°, alternadamente linha a linha.

No receptor a sub-portadora de cor C é aplicada a um decodificador PAL onde, na saída do circuito de linha de atraso, são recuperadas as componentes (R-Y) e (R-Y)', alternadamente linha a linha de um lado, e do outro (B-Y). Um inversor de fase gatilhado por uma

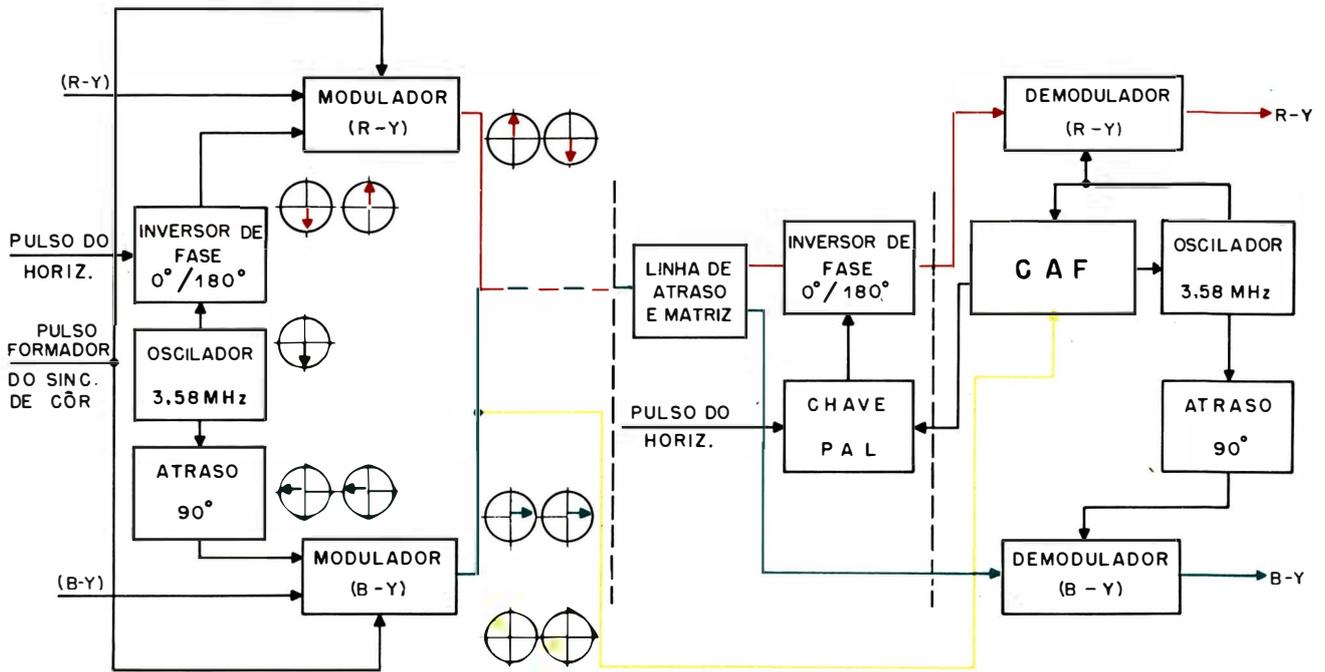


Fig. 3.38 - Modulação e demodulação da sub-portadora de côr

chave PAL (sincronizada pelo sinal de sincronismo de côr) reinverte a componente (R-Y)'. Os sinais (R-Y) e (B-Y) da saída do decodificador são aplicados respectivamente aos demoduladores (R-Y) e (B-Y). Os sinais de sincronismo e do oscilador de referência 3,58 MHz são aplicados a um comparador de fase que controla a fase do oscilador de referência através de uma válvula de reatância. O sinal na saída desse oscilador alimenta o demodulador (R-Y) com fase de 90° e, através de um circuito atrasador de fase, o demodulador (B-Y) (0°). Desta maneira é restaurado um sinal de portadora em fase com as tensões das faixas laterais desejadas. Assim, o demodulador (R-Y) detecta o sinal (R-Y) e o demodulador (B-Y) detecta o sinal (B-Y).

Resumindo, as informações (R-Y) e (B-Y), após a

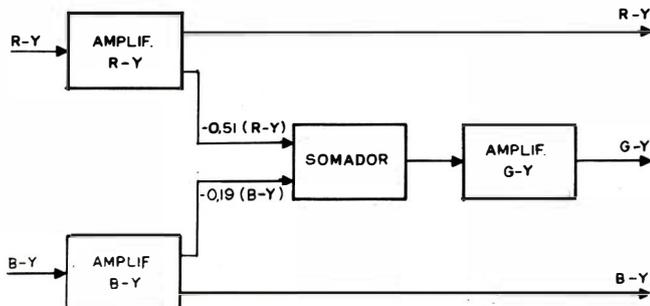


Fig. 3-39. Recuperação de G-Y no circuito de matriz.

modulação, são combinadas, compondo um sinal de portadora C ou C* que é transmitido, recebido e detectado de maneira a reproduzir os sinais originais (R-Y) e (B-Y). Lembramos que a partir de (R-Y) e (B-Y) é possível recuperar (G-Y) (vide seção 3-1), da seguinte maneira:

$$(G-Y) = - 0,51 (R-Y) - 0,19 (B-Y)$$

Então, uma vez recuperadas as informações originais (R-Y) e (B-Y), é suficiente um simples circuito somador para recuperar a informação (G-Y).

Êsse circuito é mostrado em forma de diagrama em blocos na fig. 3-39, e é chamado comumente de matriz.

Sistema PAL

O sistema PAL é, na realidade, uma variação do sistema NTSC, e seu desenvolvimento foi devido ao principal problema apresentado por êste último, o primeiro a ser implantado no mundo. A desvantagem do sistema NTSC está no fato de que qualquer êrro de fase entre o oscilador local e o gerador de sub-portadora dá origem a alterações dos matizes de uma cena. Êste êrro é causado por distorção de fase em qualquer etapa do sistema transmissor-receptor.

Em princípio, o sistema PAL corrige essa anormalidade, sacrificando a resolução das côres e atenuando, nos casos em que existe um êrro de fase, a saturação

das côres. A perda de resolução não chega a ser notada pelo observador, a não ser em comparação direta entre os dois sistemas, o que na prática nunca vai ocorrer. A atenuação da intensidade de uma côr ou dessaturação, mesmo em casos extremos, é mais aceitável do que a mudança de matiz, pois enquanto aquela pode ser corrigida através de um retoque no controle de saturação do receptor, esta é impossível de ser corrigida quando há uma distorção de fase diferencial (defasagens desiguais para matizes diferentes). Neste caso, mesmo ajustando o controle de matiz do receptor, o melhor resultado que se pode obter é um compromisso de manter corretas apenas algumas côres dentro de uma imagem.

Conforme já explicado na seção 3-4, no sistema PAL a componente (R-Y) do sinal de crominância é invertida linha a linha. Passaremos então a analisar como se processa a correção anteriormente referida. A fig. 3-40 mostra vetorialmente a informação de crominância contida numa seqüência de linhas, reproduzindo, por exemplo, um padrão magenta. Na seqüência A observamos êste sinal transmitido pelo sistema NTSC e, em B, a mesma seqüência no sistema PAL; as componentes (B-Y) e (R-Y) também são mostradas, e os índices se referem à linha considerada (lembrar que é transmitido apenas o sinal resultante C).

Em condições normais de transmissão, ambos os sistemas vão reproduzir no receptor a mesma côr, porém no receptor PAL, antes da demodulação da informação contida em C, é necessária uma reinversão de (R-Y) nas linhas 2 e 4 (na realidade uma reinversão de

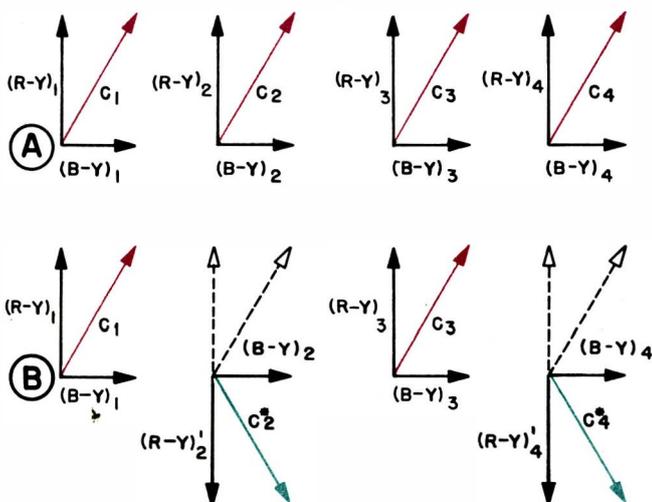


Fig. 3-40. Sequência de linhas do sinal de crominância transmitido nos sistemas NTSC (A) e PAL (B)

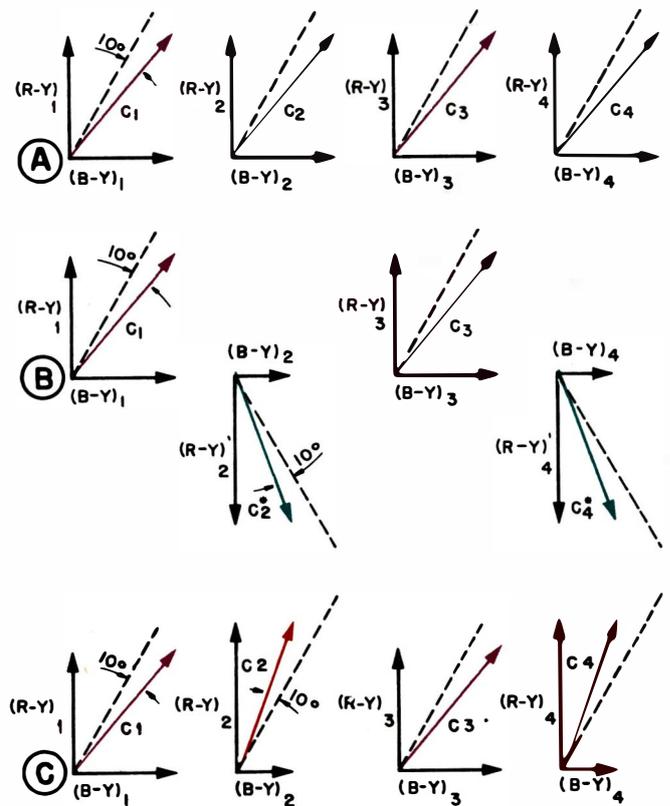


Fig. 3-41. Sequência de linhas do sinal de crominância transmitidos nos sistemas NTSC (A) e PAL (B), com atraso de fase de 10° resultado após inversão (C).

C em tórno do eixo B-Y).

Na fig. 3-41 vamos considerar os mesmos sinais com um atraso de fase de 10°. Observamos que após a reinversão (seqüência C) no receptor PAL, C₁ e C₂, C₃ e C₄, alternadamente linha a linha, se deslocaram de 10° de um lado e de outro, com relação ao sinal original. Portanto, se fizermos uma média entre as informações de duas linhas sucessivas, obteremos exatamente a côr original (fase do vetor), porém com uma ligeira dessaturação (amplitude do vetor), conforme ilustra a fig. 3-42.

Essa média pode ser realizada ópticamente na tela do cinescópio (pois a uma certa distância o olho do espectador observará a côr média entre linhas), ou elétrica-mente por meio do decodificador PAL já descrito nesta seção. Os receptores que adotam a primeira solução são chamados de receptores PAL simplificados e não são equipados de linha de atraso de crominância.

Observar que na seqüência da fig. 3-41 A (sinal transmitido no sistema NTSC) o atraso de fase se manteve

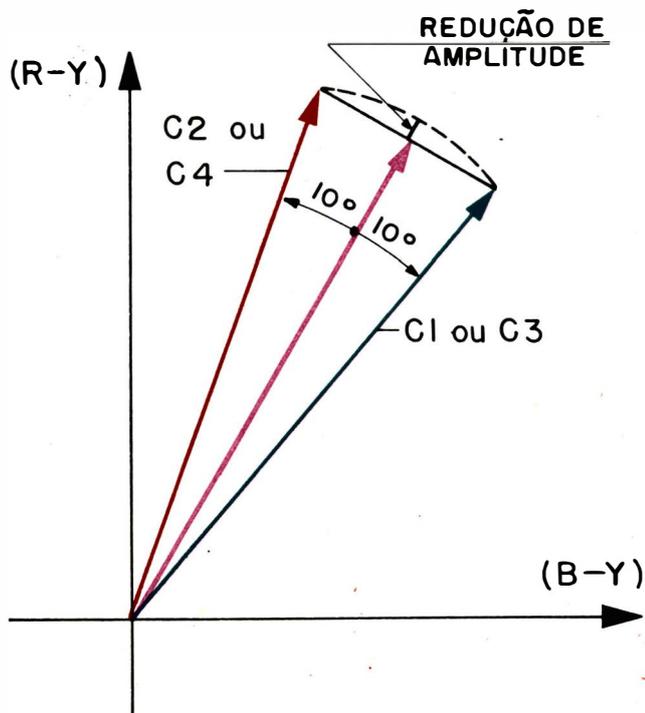


Fig. 3-42. Correção de cor resultante da média de duas linhas.

em tôdas as linhas, resultando numa alteração do matiz original. O magenta passaria a ter uma tonalidade mais azulada. Esta distorção poderia ser contornada mudando-se a fase do oscilador de referência. Outras cores ao longo do eixo laranja-turquesa (I) causariam uma mudança de cor mais acentuada.

O Sinal Composto CIPS (Côr, Imagem, Pedestal e Sincronismo)

O sinal composto de vídeo numa transmissão a côres contém a sub-portadora de cor e o sinal de luminância Y. A sub-portadora de cor é um sinal de alta frequência, cuja amplitude corresponde à saturação de uma cor e cuja fase, em relação ao sinal de sincronismo, corresponde ao matiz da cor. A amplitude do sinal Y corresponde ao brilho da cor. Desta maneira, as três características de uma cor - matiz, saturação e brilho - estão contidas no sinal composto de vídeo. O sinal Y é usado para excitar os circuitos de vídeo de um receptor preto e branco, durante as transmissões a côres.

No início deste capítulo foi estabelecido que o sinal Y é sempre proporcional às tensões de saída da câmara de TV a côres (vermelho, verde e azul). As proporções em que cada um contribui na formação de Y são: 59% de verde, 30% de vermelho e 11% de azul. A fig. 3-43 mostra uma linha de um sinal composto de barras coloridas, dispostas em ordem decrescente de brilho, cada uma das barras representando inicialmente branco e, a seguir, amarelo, turquesa, verde, magenta, vermelho e azul, todos saturados e, finalmente, preto.

Para se entender a composição desse sinal, construímos a tabela onde se lê, na segunda coluna, a composição de cada uma das côres, nas proporções em que são produzidas na câmara, na terceira coluna, Y resultante da relação $Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$ e, na sexta coluna, a amplitude do sinal de sub-portadora, que é resultante da soma vetorial de (R-Y) e (B-Y), ou seja:

$$C = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2}$$

CÔR A SER REPRODUZIDA	COMPOSIÇÃO			SINAL Y RESULTANTE: $Y = 0,30R + 0,59G + 0,11B$	R-Y	B-Y	AMPLITUDE DA SUB-PORTADORA $C = \sqrt{(R-Y)^2 + (B-Y)^2}$	AMPLITUDE DA SUB-PORTADORA COM $0,877 (R-Y)$ E $0,49 (B-Y)$
	R	G	B					
BRANCO	1	1	1	1	0	0	0	0
AMARELO	1	1	0	0,89	+0,11	-0,89	0,89	0,44
TURQUESA	0	1	1	0,70	-0,70	+0,30	0,76	0,63
VERDE	0	1	0	0,59	-0,59	-0,59	0,83	0,59
VIOLETA	1	0	1	0,41	+0,59	+0,59	0,83	0,59
VERMELHO	1	0	0	0,30	+0,70	-0,30	0,76	0,63
AZUL	0	0	1	0,11	-0,11	+0,89	0,89	0,44
PRÊTO	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 3-2.

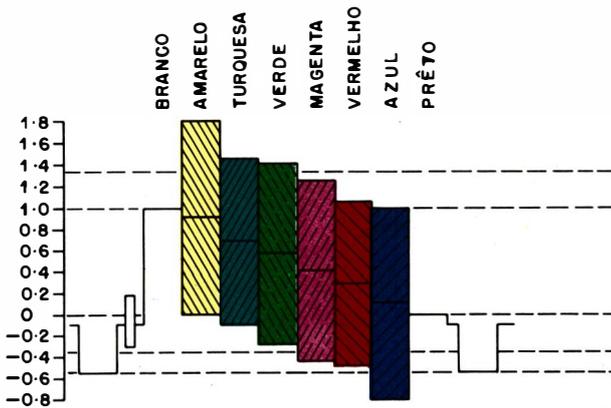


Fig. 3-43. Sinal composto com (R-Y) e (B-Y) correspondentes a cores saturadas.

Na fig. 3-43 podemos observar que a sub-portadora de cor pode chegar até os níveis de preto e branco e, em alguns casos, até regiões de modulação abaixo de zero ou acima do nível de sincronismo. Portanto, este sinal não pode ser transmitido com sua amplitude total. Deve-se então proceder a uma alteração nos sinais diferença de cor, para tornar possível sua transmissão. Para preencher os pré-requisitos de transmissão, são reduzidas as amplitudes de (R-Y) e (B-Y) no transmissor. O sinal diferença de cor (R-Y) é alterado a 87,7% do seu valor original, e o sinal diferença de cor (B-Y) a 49,3% do seu valor original, passando a ser denominados, respectivamente, V e U. O mesmo sinal composto mostrado anteriormente é reproduzido outra vez na fig. 3-44C, porém com (R-Y) e (B-Y) alterados da ma-

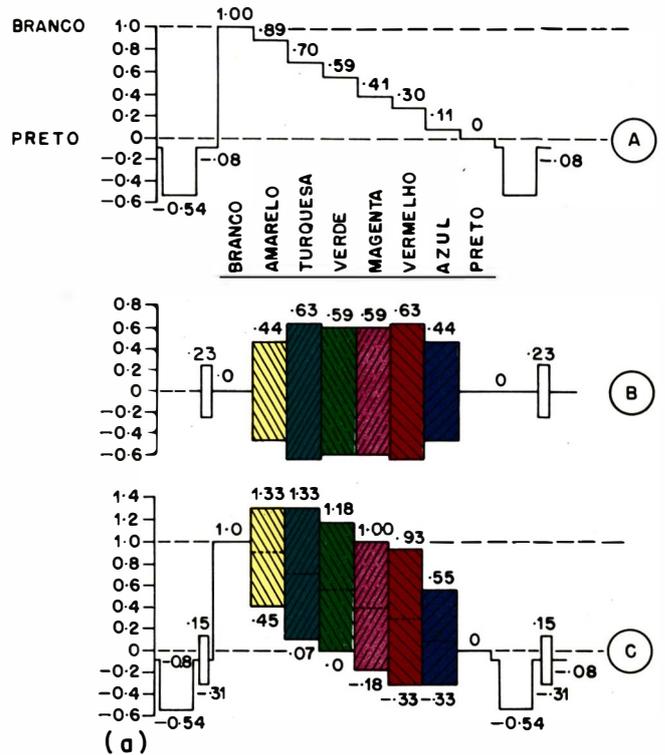


Fig. 3-44. Sinal de luminância (A), sinal de crominância (B) e sinal composto de vídeo com (R-Y) e (B-Y) reduzidos (C).

neira indicada (fig. 3-44B). A atenuação de (R-Y) e (B-Y) não altera o sinal de luminância. Pode-se notar que, exceto para o amarelo e turquesa, todos os sinais de

R, G, B	SINAIS NA SAÍDA DA CÂMARA TRICROMÁTICA .
Y	SINAL DE LUMINÂNCIA OBTIDO DA COMBINAÇÃO DE R, G, B .
R-Y; B-Y; G-Y.	SINAIS DIFERENÇA DE CÔR .
R-Y, B-Y	SINAIS DIFERENÇA DE CÔR A SEREM TRANSMITIDOS .
V	= 0,87 (R-Y) .
U	= 0,49 (B-Y) .
V̂	SUB-PORTADORA (+90°) MODULADA POR V .
V̂'	SUB-PORTADORA (-90°) MODULADA POR V .
Û	SUB-PORTADORA (0°) MODULADA POR U .
C	SUB-PORTADORA MODULADA POR V E U EM QUADRATURA .
C*	SUB-PORTADORA MODULADA POR V' E U EM QUADRATURA .

Tabela 3-3.

sub-portadora estão entre os limites 0 e 100% de modulação da portadora. Conforme foi mencionado anteriormente, tôdas estas côres são saturadas, e côres saturadas quase nunca ocorrem na natureza. Consequentemente, os sinais de côr raramente atingem as amplitudes ilustradas. No receptor, as amplitudes originais deverão ser restabelecidas.

Em resumo, três sinais são necessários para transportar a informação de côr para o receptor de TV: o sinal Y de luminância, que é o sinal que reproduz os detalhes de uma cena e contém frequências até 4,2 MHz; a sub-portadora de crominância, que transporta as informações de matiz e saturação e contém componentes de frequência até 1,3 MHz; o sinal de sincronismo de côr na frequência de 3,58 MHz. A fim de identificar a informação de côr e a forma de onda com a qual ela aparece nos diversos estágios, usaremos a simbologia mostrada na tabela 3-3.

Sinais Diferença de Côr I e Q

Nas discussões precedentes, a transmissão de côr foi descrita em termos dos sinais diferença de côr (R-Y) e (B-Y). Entretanto, pode-se transmitir outro par de sinais diferença de côr que também contenham as informações dos sinais diferença de côr (R-Y) e (B-Y). As diferenças essenciais entre os sinais diferença de côr I e Q e (R-Y) e (B-Y), respectivamente, são:

- 1) A fase dos sinais I e Q são avançadas de 33° em relação a (R-Y) e (B-Y).
- 2) Os limites de frequência dos sinais I e Q são 1,3 MHz e 0,5 MHz.

A razão para êsse deslocamento de fase dos sinais diferença de côr é o fato de que acima de 0,5 MHz apenas um dos sinais diferença de côr está sendo transmitido. Consequentemente, os elementos de imagem criados entre 0,5 e 1,3 MHz serão coloridos apenas pelas côres que êste único sinal diferença de côr, o sinal I, irá criar. Para entender mais claramente a necessidade do ângulo de fase diferente para o sinal diferença de côr em alta definição, é bom observar as várias côres, as quais cada sinal diferença de côr cria quando está sendo transmitido. Como exemplo, observe o eixo I mostrado na fig. 3-45. Êste eixo é indicado num diagrama que mostra as várias côres produzidas pelos sinais instantâneos resultantes da modulação da sub-portadora de côr. Quando I está na sua amplitude máxima positiva, a côr reproduzida é um laranja avermelhado. À medida que a amplitude do sinal é reduzida, esta côr se torna dessaturada até que, com amplitude zero, ela fica branca; à medida que o sinal I aumenta negativamente, êle

alcança um valor que produz uma côr saturada quase turquesa, porém mais próxima de azul. Tratando-se de maneira generalizada, o eixo I é definido como passando do laranja, através do branco, até o turquesa, e é frequentemente referido como eixo laranja-turquesa. Observe que cada eixo passa através de apenas duas côres específicas (fig. 3-45). Estas são as côres primárias do eixo. Não perder de vista o fato de que se está fazendo referência à transmissão de apenas um sinal diferença de côr. O eixo I foi escolhido para o sinal de côr de alta definição, desde que as côres ao longo dêste eixo preencham os requisitos do olho humano para uma reprodução satisfatória de côres, conforme estabelecido por testes subjetivos de visão. Apenas como lembrete, as mesmas duas côres primárias do eixo I, laranja e turquesa, foram usadas como côres primárias nos primeiros filmes coloridos.

É importante compreender que não há diferença entre o sistema I - Q e o sistema (R-Y) - (B-Y). Para apreciar êsse fato mais claramente, assumo por um momento que o sinal I é limitado em frequência a 0,5 MHz, da mesma maneira que o sinal Q. Isto torna os sistemas I-Q e (R-Y) - (B-Y) semelhantes, exceto no que diz respeito a fase e largura de faixa. Para explicar a semelhança, considere os dois diagramas vetoriais da fig. 3-46. Êsses diagramas ilustram a fase e a amplitude da sub-portadora de côr para ambos os sistemas de transmissão, quando uma cena vermelha está sendo televisada. O ângulo de fase relativo da sub-portadora de côr C, em ambos os casos, é exatamente o mesmo, 103° . Deve-se notar que a amplitude da sub-portadora de côr também é idêntica em ambos os diagramas. Assim, a fase, em relação ao sinal de sincronismo de côr e a amplitude da sub-portadora de côr resultante permanecem inalteradas. As únicas diferenças são as fases e amplitudes dos vetores (sinais diferença de côr) que compõem a sub-portadora de côr em cada caso. Portanto, qualquer que seja o matiz ou saturação de uma côr transmitida, a envoltória de modulação da sub-portadora de côr é a mesma, se formada pelos sinais diferença de côr I e Q ou pelos sinais diferença de côr (R-Y) e (B-Y), até detalhes de imagem de 0,5 MHz. Nas frequências mais altas, a sub-portadora de côr muda, pois apenas um sinal diferença de côr, o sinal I, é transmitido. O sinal Y ou luminância, e o sinal de sincronismo de côr são recebidos e processados conforme fôra explicado anteriormente, e não são afetados pelo fato de se demodular (R-Y) e (B-Y), ao invés dos sinais I e Q. Dessa maneira, para informação de imagem abaixo de 0,5 MHz, a saída do transmissor é idêntica para qualquer que seja o par de sinais

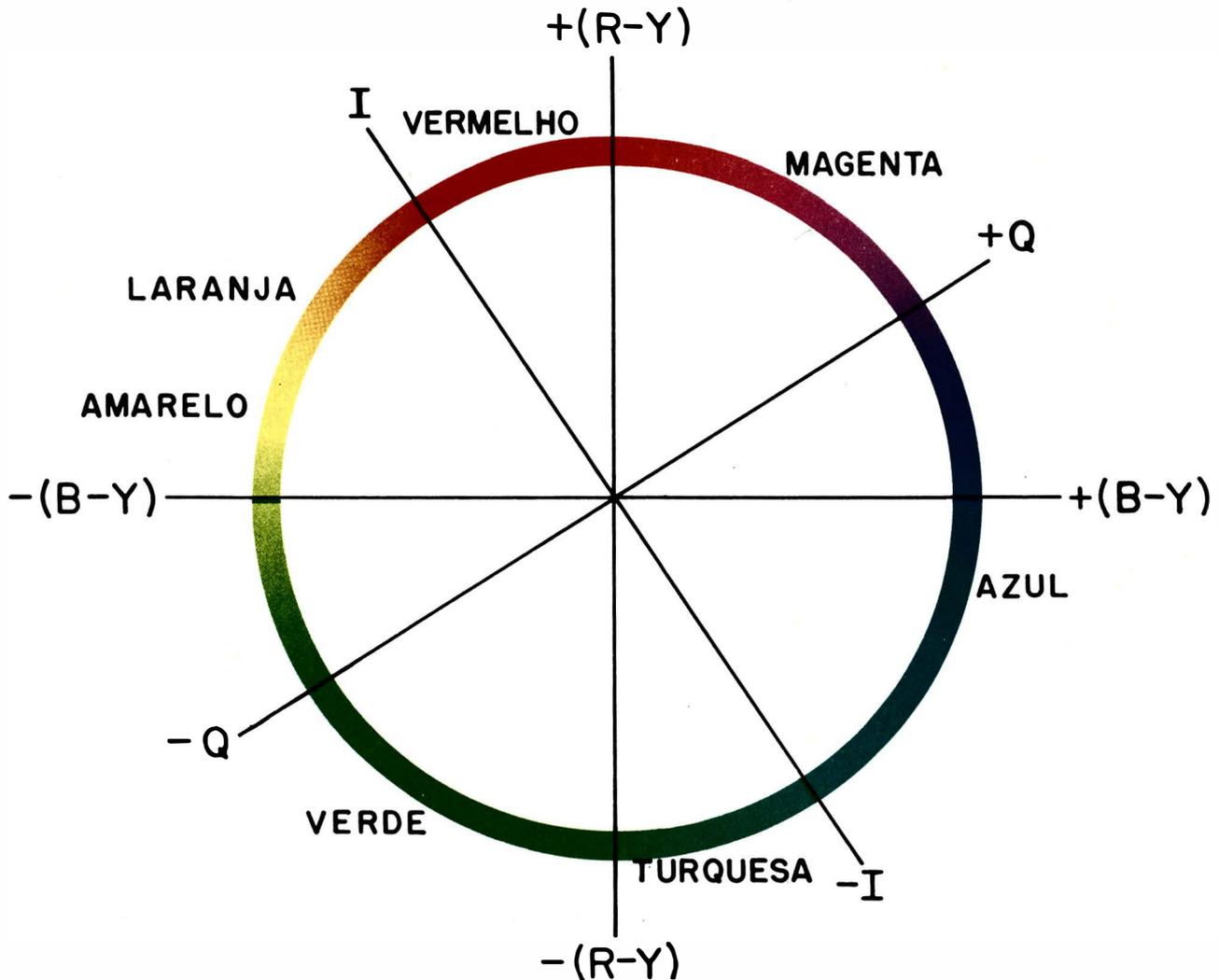


Fig. 3-45. Coordenadas I - Q e $(R-Y)$ $(B-Y)$ indicando as cores associadas a cada um dos sinais diferença de cor.

diferença de cor que se use.

Básicamente, não há nenhuma mudança radical na recepção e demodulação de sub-portadora de cor, quando se transmite as componentes de cor de alta frequência em apenas um sinal diferença de cor. No receptor pode-se demodular a sub-portadora de cor tanto segundo as coordenadas $(R-Y)$ e $(B-Y)$, como segundo as coordenadas I e Q . Normalmente se faz a demodulação de

maneira a recuperar $(R-Y)$ e $(B-Y)$, porque os circuitos são menos complexos. Desta maneira, na maioria das vezes se demodula o sinal de modo a se obter diretamente $(R-Y)$ e $(B-Y)$, sendo $(G-Y)$ derivado diretamente deles. Isto elimina a necessidade de se transformar I e Q em $(R-Y)$ e $(B-Y)$ no receptor, após a demodulação.

Desde que a sub-portadora de cor criada pelos sinais diferença de cor I e Q abaixo do limite de 0,5 MHz é

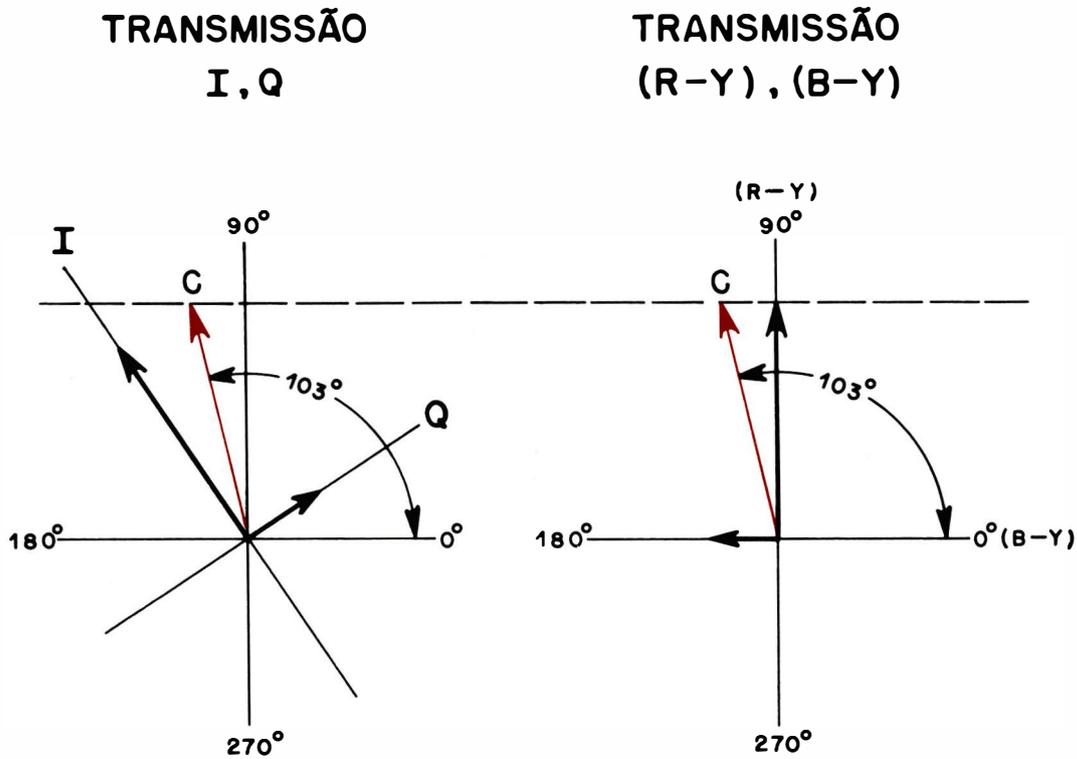


Fig. 3-46. Análise vetorial de um sinal transmitido pelos sinais diferença de cor I-Q e (R-Y) (B-Y).

idêntica àquela criada pelos sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y), quando demodulada segundo os eixos (R-Y) e (B-Y) resultará na mesma informação que seria obtida se a demodulação se fizesse segundo os eixos I e Q, e em seguida fôssem transpostas para (R-Y) e (B-Y). Para produzir sinais diferença de cor (R-Y) e (B-Y) nas saídas dos demoduladores, estes trabalham em fases de 0° e 90°. Os sinais dos demoduladores estão em proporção direta à componente segundo as coordenadas (R-Y) e (B-Y), para a fase e a amplitude da sub-portadora de cor em qualquer instante. A saída de cada demodulador é filtrada, a fim de remover o sinal de rádio-frequência e produzir apenas um sinal proporcional ao sinal modulador original. Os sinais (R-Y) e (B-Y) resultantes são aplicados aos circuitos previamente discutidos, para

produzir os sinais vermelho, verde e azul.

Originalmente, a utilização dos sinais diferença de cor I e Q foi o método encontrado para contornar o fato de que, sendo a sub-portadora de cor locada em 3,58 MHz em relação à portadora de vídeo, e a faixa de vídeo atingindo 4,2 MHz, haveria apenas 0,6 MHz disponíveis para a faixa lateral superior da sub-portadora de cor modulada. Desta maneira, o sinal Q seria transmitido com as duas faixas laterais de 0,5 MHz e o sinal I transmitido com modulação até 1,5 MHz, porém com a faixa lateral superior vestigial de 0,5 MHz. Entretanto, a vantagem de se transmitir I e Q em relação à transmissão de U e V é pequena, quando se leva em conta as dificuldades de transmissão de dois sinais de sub-portadora com faixas laterais diferentes.

3-5. INTERCALAÇÃO DE FREQUÊNCIAS

Conforme estabelecido no início deste estudo, todas as informações de luminância e crominância devem ser transmitidas dentro dos limites de frequência dos canais de TV para transmissão em preto e branco. Foi mostrado que o sinal de luminância requer 4,2 MHz de faixa, designados para a informação de vídeo. Foi mencionado, também, que a informação de crominância é intercalada com a de luminância, de modo a repartir com a mesma a faixa de 4,2 MHz correspondente a um canal.

O sistema de TV em preto e branco utiliza o espectro de frequência de maneira bastante ineficiente, pois deixa diversos vazios, nos quais nenhuma informação é transmitida. A razão disto é o processo de varredura utilizado em televisão. O método de varredura faz com que os componentes do sinal de vídeo se agrupem em torno de harmônicas das frequências do vertical e do horizontal. Este agrupamento é de especial importância para a intercalação de frequências. A fig. 3-47 ilustra da segunda até a quinta harmônicas do espectro de um sinal de vídeo, com suas frequências laterais associadas acima e abaixo. É importante notar o espaço entre os grupos de pacotes de energia, pois ele deverá ser utilizado para a transmissão do sinal de crominância. De maneira a tornar eficiente o uso desse espaço, foram alteradas as frequências de varredura horizontal e vertical para 15.734 Hz e 59,94 Hz, respectivamente. Esta ligeira diferença não prejudica a operação dos receptores acromáticos.

A informação de crominância transmitida, devido à alternância linha a linha, estará agrupada em torno de harmônicas de meia frequência horizontal. A fig. 3-48 mostra como se determinou a melhor maneira de intercalar a sub-portadora de cor junto com a informação de luminância no espectro de vídeo. Observe que os espaços vazios do espectro do sinal de luminância corres-

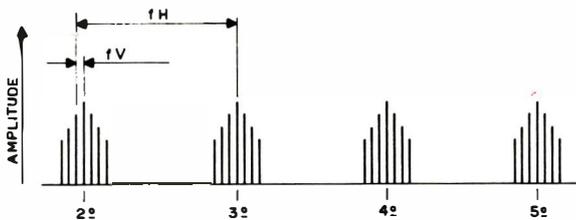


Fig. 3-47. Agrupamento do sinal de luminância em torno de harmônicas da frequência horizontal.

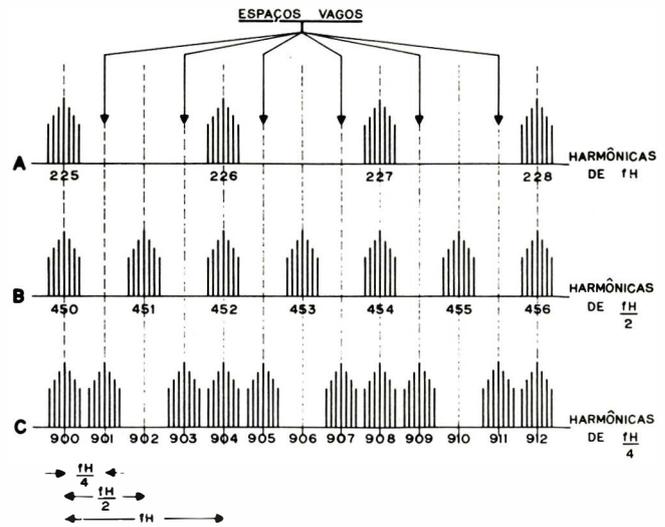


Fig. 3-48. Composição harmônica do sinal de luminância (A) crominância (B) interposição de frequências (C).

pondem às harmônicas ímpares de 1/2 frequência horizontal em A (lembrar que, por exemplo, a 450ª harmônica de 1/2 frequência horizontal corresponde a 225ª harmônica da frequência horizontal). Observe, também, que os vazios do espectro do sinal de crominância em B correspondem a harmônicas ímpares de 1/4 da frequência horizontal. Ambos os espectros estão desenhados na mesma escala, porém com coordenadas diferentes.

Consequentemente, a fim de evitar superposição ou interferência de espectros, o sinal de sub-portadora de cor deverá corresponder a uma harmônica ímpar de 1/4 da frequência horizontal. Sua frequência deve ser suficientemente elevada, para não apresentar interferência visível na recepção de sinais de cores em receptores acromáticos, e deve também comportar suas faixas laterais (pelo menos 0,6 MHz correspondentes às cores de alta definição) dentro da faixa disponível de vídeo de 4,2 MHz. Dessa maneira, o valor determinado para a sub-portadora de cor é 3,575611 MHz, que corresponde a 909ª harmônica de 1/4 da frequência horizontal.

Para entender mais claramente por que as informações contidas no sinal de vídeo se agrupam em torno de harmônicas das frequências de varredura vertical e horizontal, é necessário rever a derivação de uma onda retangular e de uma onda dente de serra.

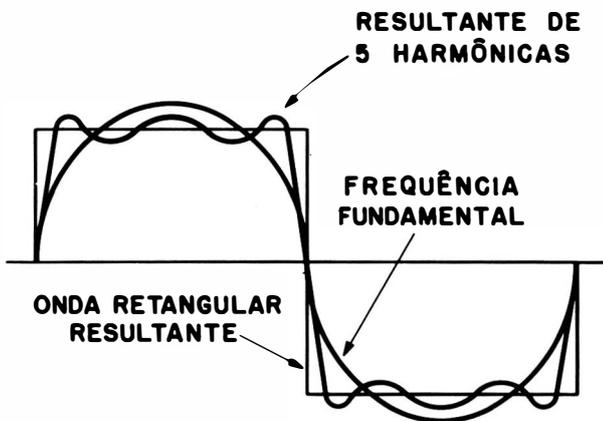


Fig. 3-49. Derivação de uma onda retangular.

Decomposição de Ondas Retangulares e Ondas Dente de Serra

A resolução de uma onda é um processo matemático, conhecido como análise de Fourier. Daremos a seguir uma explicação simplificada. Uma onda retangular contém um grande número de ondas senoidais. A componente senoidal de menor frequência (frequência fundamental) incluída em uma onda quadrada é determinada pela frequência de repetição da onda quadrada. Cada componente sucessiva de maior frequência constitui uma harmônica da frequência fundamental. Uma onda retangular perfeita contém, teoricamente, um número



Fig. 3-50. Derivação de uma onda dente de serra.

mero infinito de harmônicas da frequência fundamental. A frequência fundamental e o resultado da composição de cinco de suas harmônicas estão ilustradas na fig. 3-49. Um exame dessa ilustração revela que quanto maior é o número de harmônicas que estão sendo somadas para produzir a onda resultante, mais abruptos são os lados dessa onda e mais plana é sua parte superior. Portanto, é fácil concluir que uma onda retangular contém um número infinito de harmônicas da frequência fundamental da onda quadrada, ou seja, da sua frequência de repetição.

Da mesma maneira, na fig. 3-50 é ilustrada a formação de uma onda dente de serra. Como no caso da onda retangular, a frequência fundamental da onda dente de serra é dada pela sua frequência de repetição.

Componentes de Frequência do Sinal de Vídeo

O sistema de televisão a cores exige que a tela seja varrida horizontalmente a uma razão de 15.734 vezes por segundo, e verticalmente a uma razão de 59,94 vezes por segundo. Inicialmente, nosso interesse é a razão de varredura horizontal. Admitamos que a cena que está sendo varrida consiste de uma barra colocada no centro de um campo branco, conforme mostra a fig. 3-51A. A tensão de vídeo desenvolvida ao varrer uma linha desta cena está indicada na fig. 3-51B. Nota-se que a tensão de vídeo é uma onda retangular. Visto que temos a mesma forma de tensão de vídeo para cada linha varrida, e como as varreduras das linhas se repetem a uma razão de 15.734 Hz, o sinal de saída contém uma série de ondas retangulares que apresentam uma razão de repetição igual à frequência com que se verificam as varreduras das linhas horizontais, ou seja, 15.734 Hz. Conforme foi discutido anteriormente, a razão de repetição de uma onda retangular corresponde à frequência fundamental da onda retangular. Portanto, as componentes de frequência da informação de vídeo para esta cena repetem-se à razão de 15.734 Hz e suas harmônicas.

Em seguida, admitamos que a cena a ser varrida seja um sombreado gradual, começando com o branco, passando pelo cinza e chegando até o preto, como mostra a fig. 3-52A. Imediatamente abaixo, está indicada a tensão de vídeo desenvolvida durante a varredura de uma linha horizontal (fig. 3-52B). Nesse caso, a tensão de vídeo é uma onda do tipo dente de serra. A tensão de vídeo continua sendo uma onda dente de serra para cada uma das linhas varridas. Portanto, a informação de vídeo consiste de uma série de ondas dente de serra,

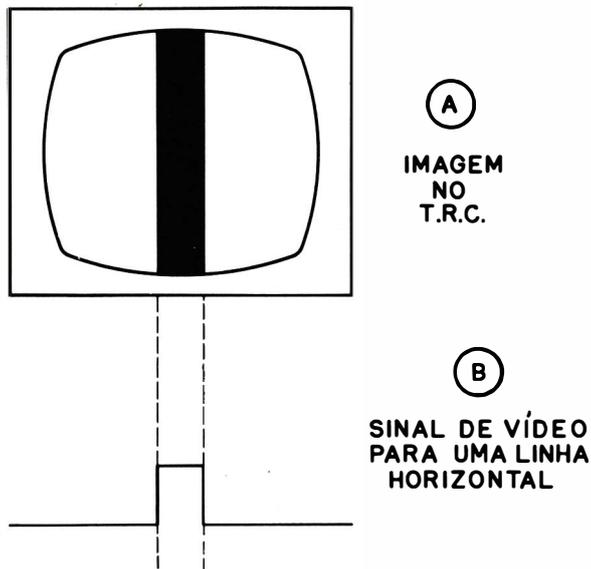


Fig. 3-51. Sinal de vídeo com forma de onda retangular.

com uma razão de repetição ou frequência fundamental igual a 15.734 Hz; desde que as componentes de frequência da onda dente de serra são a frequência fundamental e todas as suas harmônicas, a tensão de vídeo correspondente a essa cena contém a frequência de 15.734 Hz e todas as suas harmônicas.

A onda retangular e a onda dente de serra são as formas de onda básicas, com as quais são formadas as formas de onda mais complexas que ocorrem na modulação de vídeo, ao ser varrida uma cena qualquer. Desta forma, podemos afirmar que toda a modulação de vídeo tem uma componente de frequência fundamental de 15.734 Hz, devido ao método de varredura de linhas usadas em televisão. Fica agora evidente por que razão o sinal de vídeo é mostrado na fig. 3-47 com intervalos de frequência igual a 15.734 Hz.

As frequências laterais, de valores acima e abaixo da frequência de varredura das linhas horizontais, estão espaçadas de 59,94 Hz entre si. Elas são o resultado das variações na informação de vídeo, desde um campo até o outro mais próximo. Essas mudanças de campo ocorrem na razão da varredura vertical, resultando então em frequências que são harmônicas da frequência

de varredura vertical.

Se tomarmos agora um sinal de crominância do mesmo formato, isto é, uma onda retangular ou dente de serra no sistema de transmissão PAL, a sub-portadora modulada estará alternada linha a linha e, portanto, o período de repetição de um mesmo sinal será o dobro, o que equivale a dizer que a frequência de repetição é a metade da discutida anteriormente. Em outras palavras: a mesma informação aparece apenas de duas em duas linhas, enquanto que sem a alternância de fase ela aparecerá idêntica em todas as linhas. Dessa maneira, quando se trata de intercalar as duas informações no espectro de frequência, deve-se deslocar uma em relação a outra de 1/4 da frequência horizontal, a fim de evitar interferência direta dos dois sinais.

Foram admitidas condições ideais, com o objetivo de explicar a intercalação de frequência. Na maioria dos programas de televisão temos imagens em movimento produzindo, desse modo, uma frequência qualquer, contida no espectro de vídeo. Portanto, a frequência fundamental de repetição da informação de vídeo pode assumir um valor diferente de 15.734 Hz. Essa variação é proporcional à rapidez do movimento. Isto causa alguma interferência entre o sinal de crominância e o sinal de luminância que se acham intercalados. Todavia, esse efeito é desprezível.

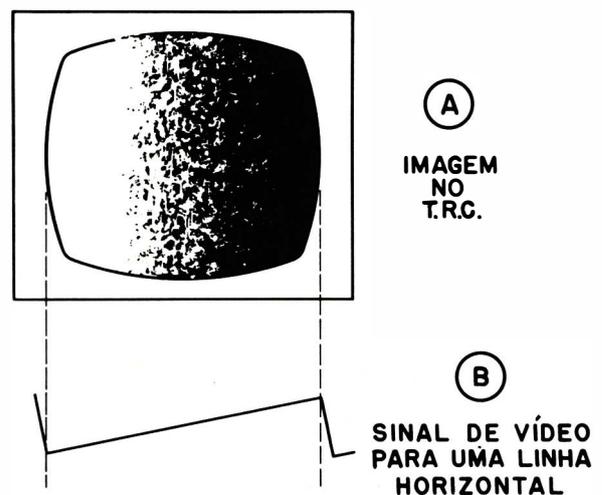


Fig. 3-52. Sinal de vídeo com forma de onda dente de serra.

4. DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

ESTE CAPÍTULO descreve a operação dos circuitos de um receptor de TV a côres, com exceção do cinescópio e os circuitos a êle associados, os quais, devido à sua complexidade, serão tratados separadamente no capítulo 5. Ênfase especial é dada aos circuitos de crominância.

A primeira seção dêste capítulo mostra o diagrama em blocos e uma descrição breve do mesmo; as seções seguintes analisam os circuitos individualmente.

4-1. DIAGRAMA EM BLOCOS

O diagrama em blocos da fig. 4-1 mostra um receptor de TV a côres típico. Os circuitos individuais do receptor foram agrupados em 4 grupos, de acôrdo com as funções de cada estágio.

Grupo 1

Seletor de Canais (1, 2)

O seletor de canais de um receptor de TV a côres é bastante parecido com um seletor de canais para um receptor acromático. O sinal composto de um canal é amplificado e convertido para as frequências intermediárias, ou seja, portadora de vídeo (45,75 MHz), portadora de som (41,25 MHz) e portadora de côr (42,17 MHz). Como nos seletores para TV acromática, o estágio de RF providencia a seleção e amplificação do sinal e é também controlado pelo CAG.

FI de Vídeo (3)

A FI de vídeo contém três estágios sintonizados que amplificam o sinal fornecido pelo seletor a um nível conveniente para detecção. A curva de resposta dêste amplificador é responsável pela seletividade e, em geral, os seus primeiros 2 estágios são controlados pelo CAG.

Detector de Vídeo - Detector de Som (4)

Ao contrário de um televisor prêto e branco, o TV a côres usa detectores separados - um para extrair o sinal de vídeo e outro para obter o sinal de 4,5 MHz - evitando, desta maneira, o batimento de 924 kHz entre

as portadoras de som e crominância no detector de vídeo.

Pré-Amplificador de Vídeo (10)

Neste estágio, o sinal demodulado contendo a informação de luminância (Y), os pulsos de sincronismo, o sinal composto de côr (C e C*), bem como o sinal de sincronismo de côr (BURST) são amplificados e distribuídos para os diversos circuitos de processamento; assim, o sinal Y é injetado no amplificador de vídeo (11) e separador de sincronismo (38), e o sinal composto de côr no amplificador de crominância (16).

Adaptador (11) e Linha de Atraso de Luminância (12)

Êste estágio efetua a adaptação da impedância do pré-amplificador de vídeo com a da linha de atraso de luminância, a qual fornece o sinal para a saída de vídeo com um atraso aproximado de 1 μ seg. O atraso é necessário para fazer com que as informações de luminância e de côr, que são processadas em canais diferentes, apareçam perfeitamente superpostas na tela do cinescópio.

Estágio de Saída de Vídeo (14)

O estágio de saída de vídeo amplifica o sinal de luminância a um nível suficientemente alto para excitar os catodos do cinescópio.

FI de Som (5)

A FI de som amplifica o sinal de 4,5 MHz, modulado em frequência, até um nível conveniente para ser demodulado no detector de relação (7). O segundo estágio (6) desempenha também a função de limitador.

Amplificador de Áudio (8,9)

O sinal de áudio fornecido pelo detector de relação é amplificado até um nível suficiente para excitar um alto-falante.

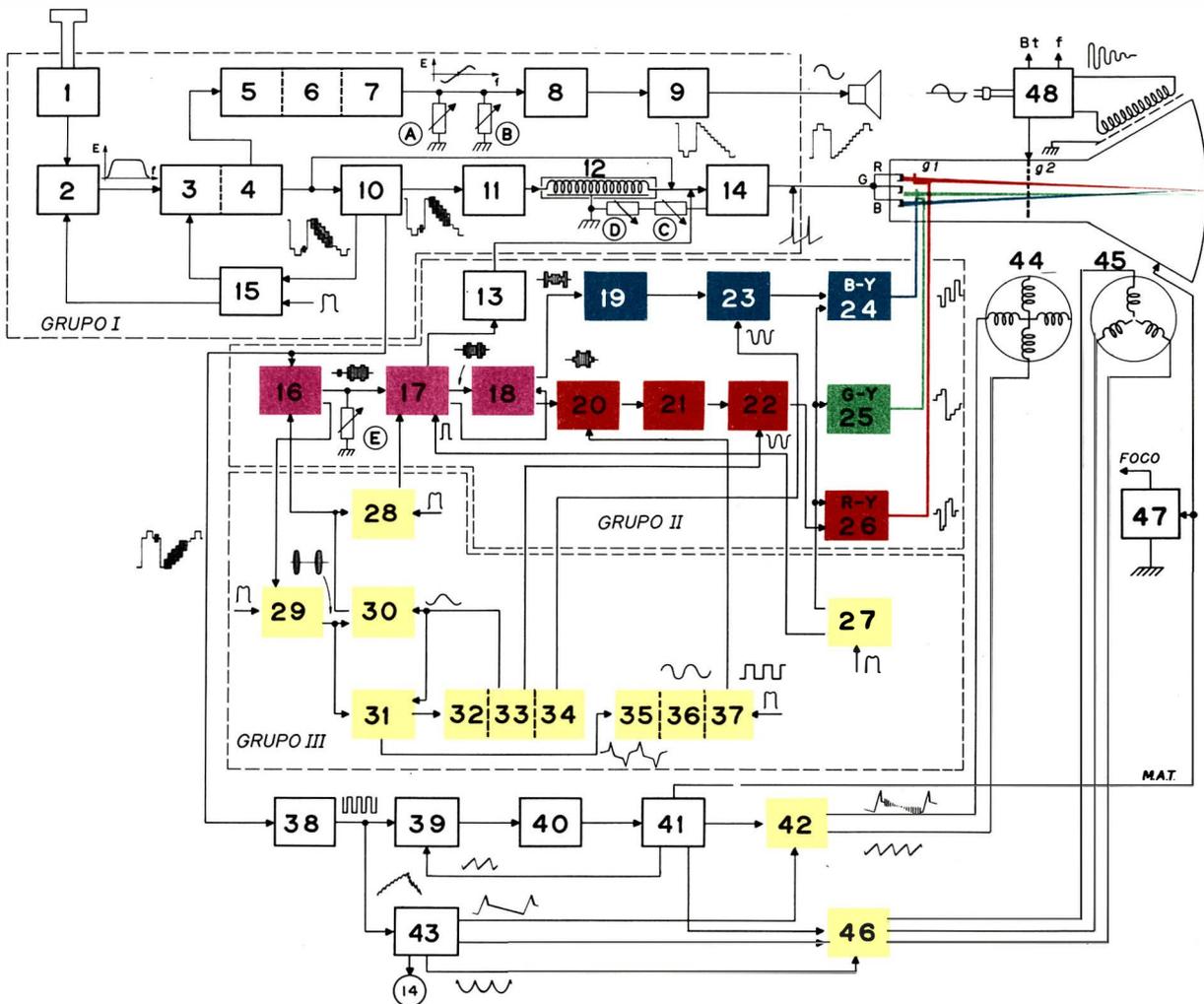


Fig. 4-1. Diagrama em blocos típico de um TV a cores PAL-M.

- | | | | |
|-------------|---|----------------|--|
| 1/2 | - Seletores VHF-UHF | 30/31 | - Detetores para Inibidor e Oscilador 3,58 MHz |
| 3/4 | - FI de Vídeo | 32/33/34 | - Oscilador e CAF |
| 5/6/7/8/9 | - FI de Som e Amplificador de Áudio | 35/36/37 | - Circuito de Identificação de Linhas |
| 10/11/12/14 | - Pre, Adaptador, LA e Saída de Vídeo | 38/39/40/41/43 | - Separador de Sinc. e Estágios de Deflexão |
| 13 | - Armadilha 3,58 MHz | 42 | - Circuito de Correção do Efeito Almofada |
| 15 | - CAG | 44/45 | - Bobinas de Deflexão e Conjunto de Convergência |
| 16/17/18 | - Amplificador de Crominância e Linha de Atraso PAL | 46 | - Circuitos de Convergência |
| 19/23/24 | - Canal B-Y | 47 | - Divisor de Foco |
| 20/21/22/26 | - Canal R-Y | 48 | - Desmagnetização Automática |
| 25 | - Saída G-Y | | |
| 27 | - Apagador | | |
| 28 | - CAC e Inibidor | | |
| 29 | - Amplificador de Sincronismo de Côr | | |

Grupo 2

Amplificador de Crominância

O sinal de sub-portadora de côm de 3,58 MHz é retirado da saída do pré-amplificador de vídeo (10) e aplicado a um amplificador passa-faixa (16). O ganho desse estágio é controlado por um Contrôlo Automático de Côm (CAC) proveniente do detector do inibidor (30). Dêsse estágio é retirado o pulso de sincronismo de côm (BURST).

Através do 2º amplificador de crominância (17) o sinal é aplicado a uma linha de atraso (18). Êste estágio é cortado por um circuito inibidor (28) na ausência de sinal de crominância, para impedir que apareça ruído na tela do cinescópio, na forma de chuvisco colorido (efeito confete). O sinal de comando do inibidor é também utilizado para comutar a armadilha de 3,58 MHz (13). Neste 2º amplificador é também aplicado um pulso de apagamento que remove o sinal de sincronismo de côm.

Linha de Atraso de Crominância PAL (18)

O circuito de matriz divide o sinal de sub-portadora nos seus componentes de diferença de côm, ou seja, V e U . O sinal V que aparece linha a linha invertido (V, V'), é aplicado a um estágio inversor (20), o qual restaura a fase do sinal V . Depois da inversão, teremos apenas V em tôdas as linhas. O inversor recebe um sinal de onda quadrada de 7,9 kHz da chave PAL (37), a qual é comandada de maneira a reinverter apenas as linhas contendo V' .

Amplificadores V (21) e U (19)

Os amplificadores V e U amplificam os dois sinais a níveis convenientes para serem demodulados, e compensam as atenuações introduzidas em (R-Y) e (B-Y) no transmissor.

Demoduladores (R-Y) e (B-Y)

O demodulador (R-Y) (22) compara a fase e a amplitude do sinal de V com o sinal proveniente do oscilador de referência, e fornece o sinal demodulado para o amplificador (R-Y) (26). O demodulador (B-Y) (23) é idêntico ao anterior, com a única diferença que êle recebe o sinal U e o compara com um sinal de referência 90° defasado em relação ao demodulador (R-Y). O sinal demodulado é fornecido ao amplificador (B-Y) (24).

Estágios de Saída de (R-Y), (G-Y) e (B-Y)

Os sinais diferença de côm (R-Y) e (B-Y) são amplificados pelos estágios de saída de (R-Y) (26) e (B-Y)

(24), a um nível conveniente para excitar as grades R e B do cinescópio.

Os catodos dos três estágios de saída estão interligados e os sinais (R-Y) e (B-Y) presentes neste ponto são somados. A soma desses dois sinais resulta no sinal (G-Y), que então é amplificado pelo estágio de saída (G-Y) (25) e aplicado à grade G do cinescópio.

Grupo 3

Amplificador de Sincronismo de Côm (BURST) (29)

O amplificador de sincronismo de côm (29) é alimentado pelo 1º amplificador de crominância. Dêste, êle retira apenas o sinal de sincronismo de côm, devido ao pulso do TSH alimentado à sua entrada. O sinal de sincronismo é então amplificado a um nível conveniente para excitar o comparador de fase (31) e o detector do inibidor (30).

Detector do Inibidor (30) e o Inibidor (28)

No caso de recepção a côm, êste detector fornece uma tensão contínua proporcional ao nível e fase do sinal de BURST. Maior o nível da sub-portadora de côm, maior o nível de BURST e, portanto, maior a tensão fornecida pelo detector. Esta tensão controla o ganho do primeiro estágio de côm (CAC). Ela também é aplicada ao inibidor de côm (28), o qual corta o 2º estágio do amplificador de crominância (17), quando o nível da sub-portadora de côm é muito baixo, ou durante a recepção em preto e branco, quando o BURST não está presente. Se a sub-portadora atinge um nível que permite a recepção em côm, o CAC é suficientemente alto para comandar o inibidor.

Comparador de Fase (31)

Compara a fase do BURST com a do sinal fornecido pelo oscilador de referência (33). No sistema PAL a fase de BURST muda de $180^\circ + 45^\circ$ para $180^\circ - 45^\circ$, de linha para linha. A saída do comparador de fase, nesse caso, é uma onda quadrada, a qual é usada para sincronizar um oscilador de 7,9 kHz (36). Após uma filtragem obtém-se o seu valor médio, que é usado para sincronizar o oscilador de referência (33).

Válvula de Reatância (32) e Oscilador de Referência 3,58 MHz (33)

A válvula de reatância controla a fase e a frequência do oscilador de referência, por meio da tensão obtida no comparador de fase. A fim de se conseguir a estabi-

lidade de frequência necessária, o oscilador é controlado a cristal. O sinal fornecido por êle é aplicado em fases convenientes para os demoduladores (R-Y) e (B-Y), para o comparador de fase e o detector do inibidor.

Sincronização PAL

Para reinverter sempre a linha que fôra invertida originalmente na estação, um sinal de onda quadrada desenvolvido no comparador de fase é usado para sincronizar um oscilador de 7,9 kHz (36). Êste sincroniza o circuito de flip-flop (multivibrador bi-estável) (37), e daí o estágio inversor (20).

Apagador (27)

Êste estágio recebe um pulso horizontal do TSH e, após limitação conveniente, distribui dois pulsos, um para o 2º estágio amplificador de crominância (17) e outro para os estágios de saída de diferença de côr (24, 25, 26). A partir dêstes pulsos é removido o BURST do sinal de crominância e providenciada a restauração CC.

Grupo 4

Deflexão e Sincronismo

O sinal composto de vídeo amplificado é aplicado a um separador de sincronismo (38), o qual extrai os pulsos de sincronismo da informação de luminância. Um cancelador de ruído, recebendo o sinal de vídeo composto do 1º amplificador de vídeo, corta o separador de sincronismo durante pulsos intensos de interferência. O sinal fornecido pelo separador de sincronismo é aplicado ao comparador de fase que, por seu lado, recebe um pulso de dente de serra vindo do transformador de saída horizontal. Se o oscilador horizontal (41) não estiver na frequência correta, o comparador de fase (39) fornece uma tensão de controle para a válvula de reatância (40). Esta corrige a frequência do oscilador, mantendo sua estabilidade. O sinal do oscilador comanda a válvula de saída horizontal que, através do transformador de saída horizontal (TSH), excita as bobinas de deflexão (44). Essas bobinas fornecem o campo magnético para deflexão dos feixes eletrônicos. O TSH fornece também pulsos para o circuito de correção do efeito almofada (42), para o amplificador de sincronismo de côr (29), flip-flop (37), CAG (15), comparador de fase horizontal (39), circuito de convergência (46), inibidor de côr (28), apagador (27) e um pulso de muito alta tensão para ser retificado. A tensão retificada (MAT) polariza o anodo do cinescópio. A partir de um divisor resistivo (47), ligado à alta tensão, obtém-se a tensão de polarização da grade de foco do cinescópio.

Os pulsos de sincronismo vertical são obtidos do separador de sincronismo através de um integrador. Êsses pulsos mantêm o oscilador vertical (43) sincronizado com o da estação. O oscilador é, em geral, do tipo multivibrador astável. A saída vertical é parte do circuito oscilante. Uma corrente dente de serra é aplicada às bobinas de deflexão (44) através do transformador de saída vertical. Estas fornecem o campo magnético necessário para deflexão dos feixes eletrônicos no sentido vertical. O estágio de saída vertical também fornece sinais para o circuito de convergência (46) e para o catodo do cinescópio (apagamento do retraço).

Circuito de Convergência (46)

O circuito de convergência destina-se a corrigir os erros de convergência dos feixes ao tocar a tela, modificando convenientemente as formas de onda dos sinais vindos das saídas horizontal e vertical. O sinal assim produzido é aplicado às bobinas de convergência (45) situadas no pescoço do cinescópio.

Fonte de Alimentação (48)

A fonte de alimentação, além de fornecer as tensões de + B, tensões de filamento para as válvulas e para o cinescópio, excita uma bobina com uma corrente alternada, a fim de eliminar, durante o aquecimento do aparelho, qualquer magnetização indesejável nas partes metálicas associadas ao cinescópio.

4-2. O SELETOR DE CANAIS

O seletor de canais usado num receptor de TV a côres, mostrado esquematicamente na fig. 4-2, é semelhante ao usado num receptor acromático. O seletor é projetado para alto ganho e baixo ruído e usa, como amplificador de RF, um transistor com característica de ganho controlado e frequência de corte elevada. Neste estágio existe um ajuste de polarização para obter-se o máximo ganho, compensando a variação normal entre transistores.

Na fig. 4-2, L1, C1, L2 e C2 formam a armadilha para as frequências abaixo do canal 2, para evitar que o retôrno de frequências intermediárias cause interferências. L3 adapta a impedância da linha balanceada de 300 ohms na entrada com a impedância de entrada desbalanceada do amplificador de RF. Dependendo do canal, é sintonizada uma bobina (ou jôgo de bobinas) em conjunto com C3 e C4, resultando no primeiro pólo de sintonia. O sinal assim selecionado é aplicado à base do transistor T1 e amplificado. O ganho dêste estágio é controlado pelo CAG, que é injetado através

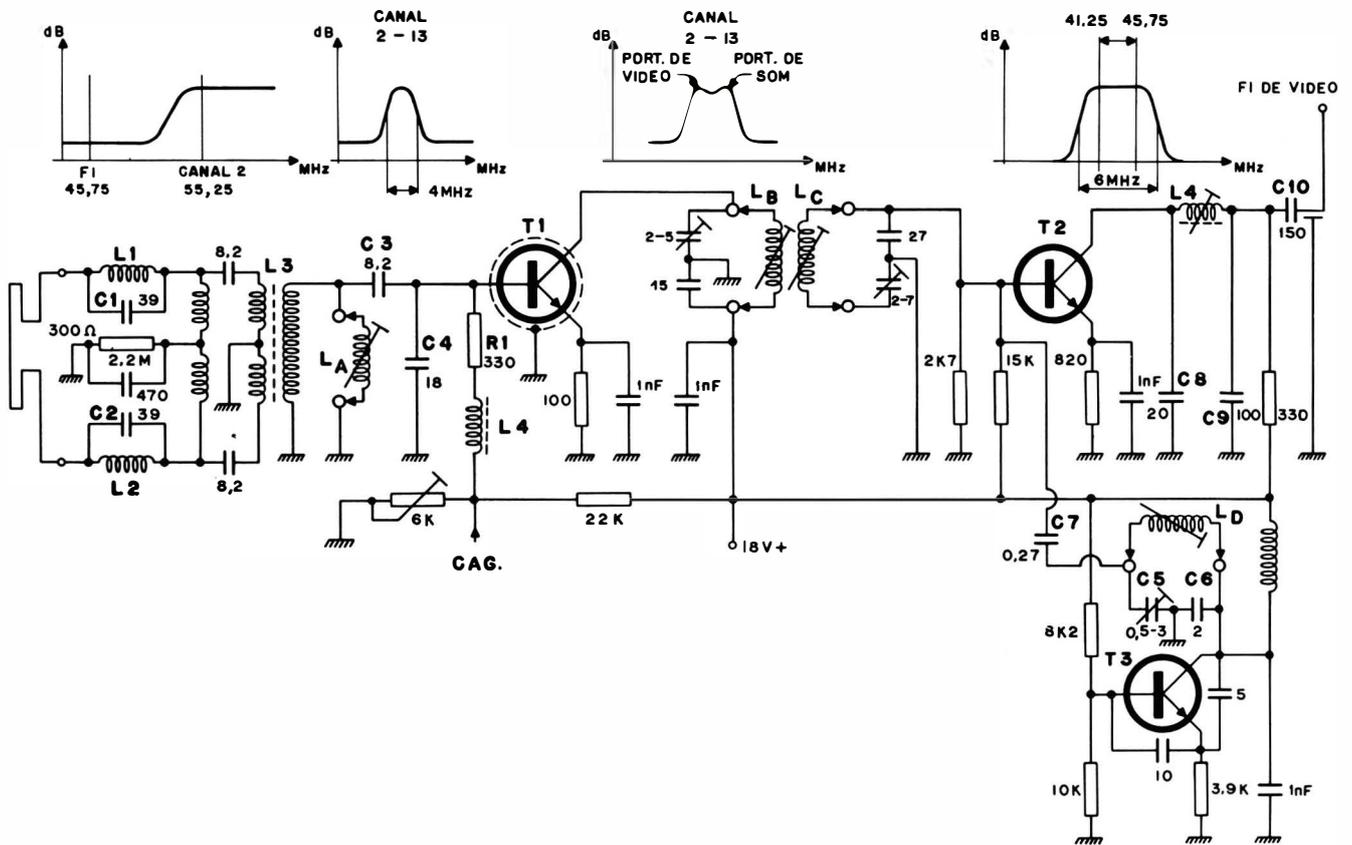


Fig. 4-2. Circuito simplificado de um seletor de canais.

de L4 e R1. Nos circuitos transistorizados usa-se em geral o controle direto, isto é, maior a corrente do coletor, maior a redução de ganho; nos seletores valvulares, a redução do ganho se dá pela negativação da grade de controle, isto é, menor a corrente de anodo, maior a redução de ganho. LB no coletor de T1 e LC na base de T2 também são comutáveis, conforme o canal recebido, formando um filtro de dupla sintonia. T2 trabalha como misturador, recebendo o sinal de RF através de LC e o sinal do oscilador local, através de C7. O oscilador é sintonizado pela bobina LD, C5 e C6, numa frequência 45,75 MHz acima da frequência da portadora de vídeo no canal desejado. Devido à não linearidade da característica de entrada do transistor, surge no coletor do T2, além das frequências fundamentais, um sinal correspondente à diferença entre a frequência do oscilador local e da portadora de vídeo, ou seja, a frequência de FI. O transistor T3, ligado como oscilador Colpitts, tem a característica de grande

estabilidade de frequência, com variação de temperatura e tensão de alimentação. L4, em conjunto com C8 e C9, forma um circuito "pi" sintonizado na frequência da FI, representando o primeiro pólo de sintonia para o amplificador de FI de vídeo. O sinal é fornecido através de C10 para a saída do seletor, com a impedância de 75 ohms.

Em resumo, o conjunto de bobinas LA, LB, LC e LD vai assumir um valor para cada canal que se deseja selecionar; o primeiro estágio vai amplificar de maneira controlada o sinal de antena, e o conjunto oscilador misturador converte a frequência de portadora de vídeo para uma frequência de 45,75 MHz, qualquer que seja o canal, de maneira a ser posteriormente amplificado pelo amplificador de FI. A frequência do oscilador local é pré-ajustada para cada canal, e um controle de sintonia fina é usado para o ajuste exato da frequência.

Atenção especial deve ser dada aos seguintes pontos:

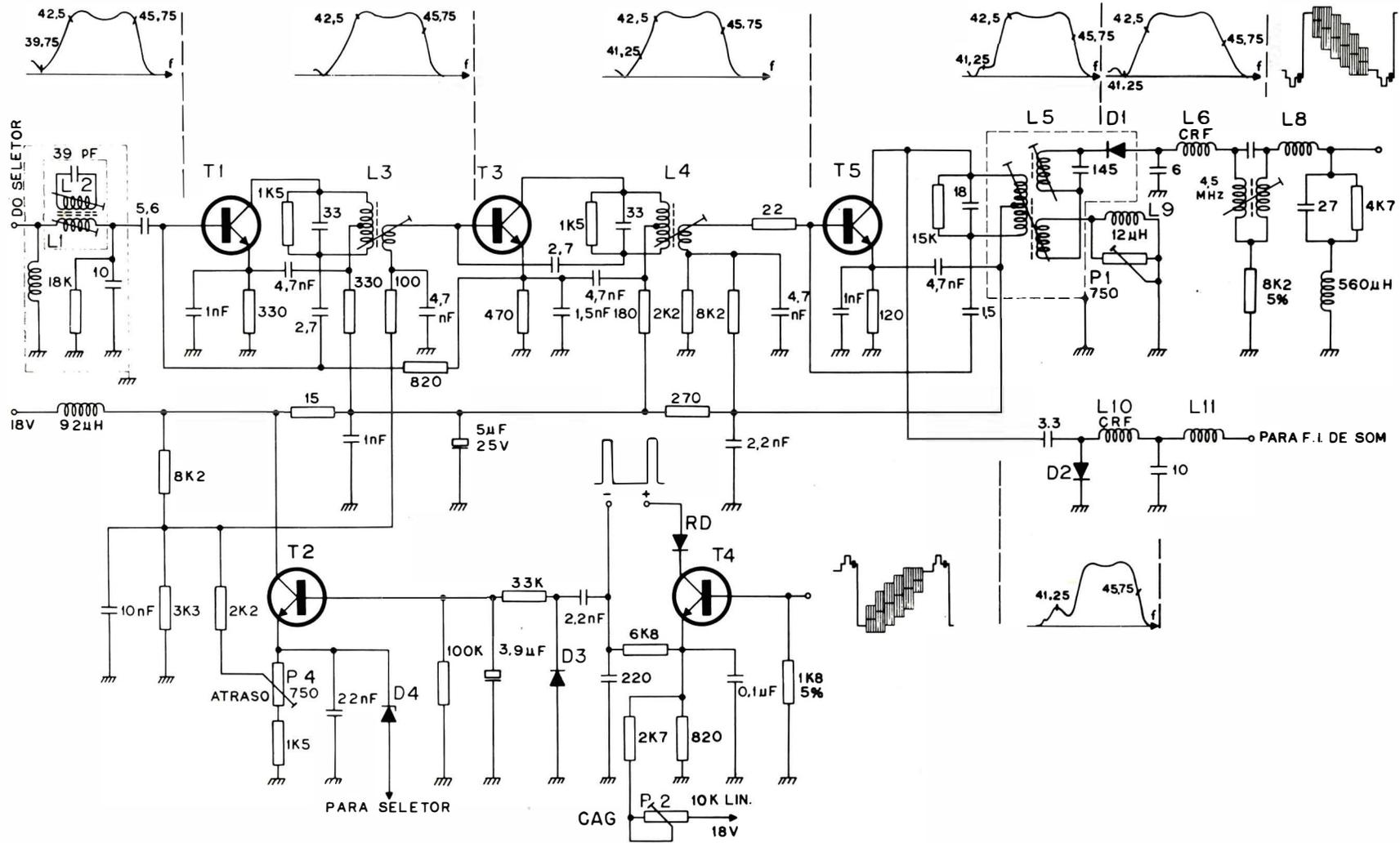


Fig. 4-3. Circuito típico de amplificador de FI e sistema de C.A.G.

- a) calibração (inclinação da curva, vales e picos)
- b) sintonia do oscilador local (estabilidade de frequência com temperatura e tensão de rede)
- c) desempenho frente a sinais fortes (saturação)
- d) rejeição a sinais espúrios (FI, frequência imagem, modulação cruzada, intermodulação)
- e) atenuação de ganho com CAG.

4-3. AMPLIFICADOR DE FI E CAG

O amplificador de FI mostrado na fig. 4-3 é composto de três estágios; cada estágio utiliza um transistor especialmente projetado para a função que desempenha. Os dois primeiros com características de CAG e o terceiro com maior potência. O acoplamento com o seletor é feito através de um cabo com capacidade controlada e uma terminação própria. L1 com a bobina de FI do seletor são sintonizadas em conjunto. Uma armadilha de absorção atenua a frequência de 39,75 MHz (portadora de vídeo do canal adjacente superior).

O primeiro e o segundo estágios (T1 e T3) são sintonizados na frequência de 44 MHz e controlados pelo CAG. O sinal é amplificado pelo terceiro estágio, a um nível suficiente para ser detectado pelos detectores de som e de vídeo. A fim de eliminar o batimento de 924 kHz entre as sub-portadoras de som (4,5 MHz) e de crominância (3,58 MHz), na saída do detector de vídeo, a sub-portadora de som deve ser bastante atenuada. O sinal de som (4,5 MHz) é praticamente eliminado nesse ponto; portanto, é necessário o uso de um detector separado para o som, situado antes do ponto onde a sua sub-portadora é atenuada. Para obter a atenuação mencionada é necessário um arranjo especial da bobina detectora, ilustrado na fig. 4-4.

Para explicar o funcionamento dessa armadilha, foram desenhadas as diferentes tensões envolvidas (E_1 , E_2 e E_3). Observe primeiro a tensão E_1 no ponto A, no primário da bobina detectora LA (fig. 4-4). A resposta em frequência, neste ponto (fig. 4-5A) é dada pelos estágios anteriores. Observe-se que a frequência de 41,25 MHz ainda não está atenuada e é nesse ponto que o sinal para o detector de som é retirado. Assumimos arbitrariamente uma tensão de 0,5 volts, simbolizada por E_1 na fig. 4-5A. No ponto B encontramos a mesma resposta em frequência, porém, devido ao sentido do enrolamento, a tensão representada por E_2 na fig. 4-5B está invertida. Esta pode ser ajustada por meio do potenciômetro P1. No ponto C a resposta é alterada (fig. 4-5C), devido à atenuação da frequência de 41,25 MHz causada pela armadilha em série LC, produzindo E'_2 na saída. A tensão E_3 , desenvolvida devido ao acoplamento m_2 entre LA e LC, está no mesmo sentido de E_1 , ou 180° em relação a E_2 , devido à ligação da bobina LC.

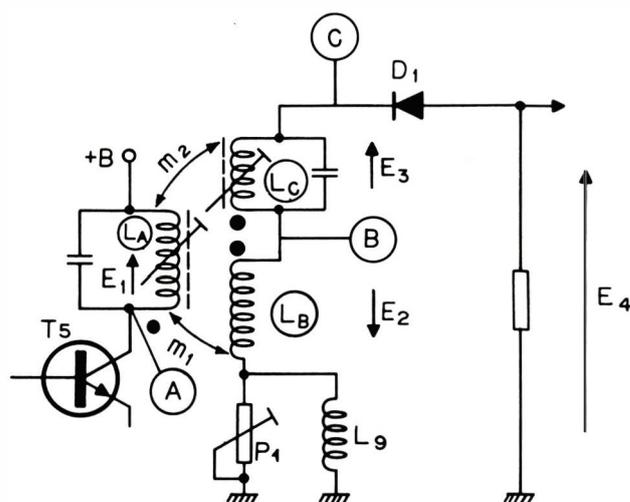


Fig. 4-4. Armadilha de 41,25 MHz.

mento m_2 entre LA e LC, está no mesmo sentido de E_1 , ou 180° em relação a E_2 , devido à ligação da bobina LC.

Observe, na fig. 4-5D, que isto só é válido na região de 41,25 MHz. O acoplamento m_2 é feito de tal modo que E_3 seja igual a E_2 , porém de sentidos opostos, cancelando desta maneira o sinal de saída E_4 .

P1 faz o ajuste final para $E'_2 = E_3$ e desta maneira as duas tensões se cancelam (fig. 4-5E). Obter-se-á, assim, uma atenuação mais eficiente do que uma simples armadilha de 41,25 MHz em série, sem introduzir distorções de fase no sinal. Dependendo do ajuste do oscilador local, resíduos de 4,5 MHz podem surgir no detector de vídeo. Esses são eliminados pela armadilha de 4,5 MHz logo após o detector, e desta maneira impedidos de entrar no amplificador de crominância. Para melhor eficiência, a armadilha é do tipo ponte em T (fig. 4-6), onde L1 e L2 são enrolados de modo bifilar. O valor da resistência R1 é muito crítico, a fim de assegurar o cancelamento perfeito do sinal.

As bobinas L6 e L8, sintonizadas com a capacidade própria do enrolamento, nas frequências dos canais 6 e 8, são usadas em série com a saída do detector, para eliminar irradiações de sinais espúrios.

Resumindo, os pontos importantes na FI de vídeo de um receptor de TV a cores são:

- a) faixa mais larga na região de 42,17 MHz para amplificar suficientemente a sub-portadora de crominância e suas faixas laterais contendo a informação de cores (fig. 4-7)
- b) detectores separados para som e vídeo
- c) supressão da sub-portadora de som e do sinal 4,5 MHz.

CAG - Contrôlo Automático de Ganho

O transistor T4, na fig. 4-3, compara o nível de sincronismo do sinal composto de vídeo fornecido pelo pré-amplificador de vídeo com uma tensão contínua ajustável pelo potenciômetro P2 de CAG. Apenas o nível dos pulsos de sincronismo é comparado, pois somente neste instante o transistor estará alimentado, devido aos pulsos positivos vindos do transformador de saída horizontal e aplicados ao seu coletor.

Quanto maior for o nível de sinal no detector de vídeo, tanto maior será o nível de sincronismo na base de T4; portanto, os picos negativos aplicados no diodo D3 serão maiores. Esses picos são retificados e a tensão filtrada comanda o transistor excitador de CAG (T2). Uma parte da tensão desenvolvida no emissor é usada para controlar o ganho do 2º estágio de FI de vídeo. Este fornece, através do emissor, a tensão de CAG para o primeiro estágio. Através de um diodo Zener D4, a tensão de CAG controla o ganho do seletor de canais com efeito retardado. O potenciômetro P4 ajusta a distribuição das tensões de CAG para os diversos estágios.

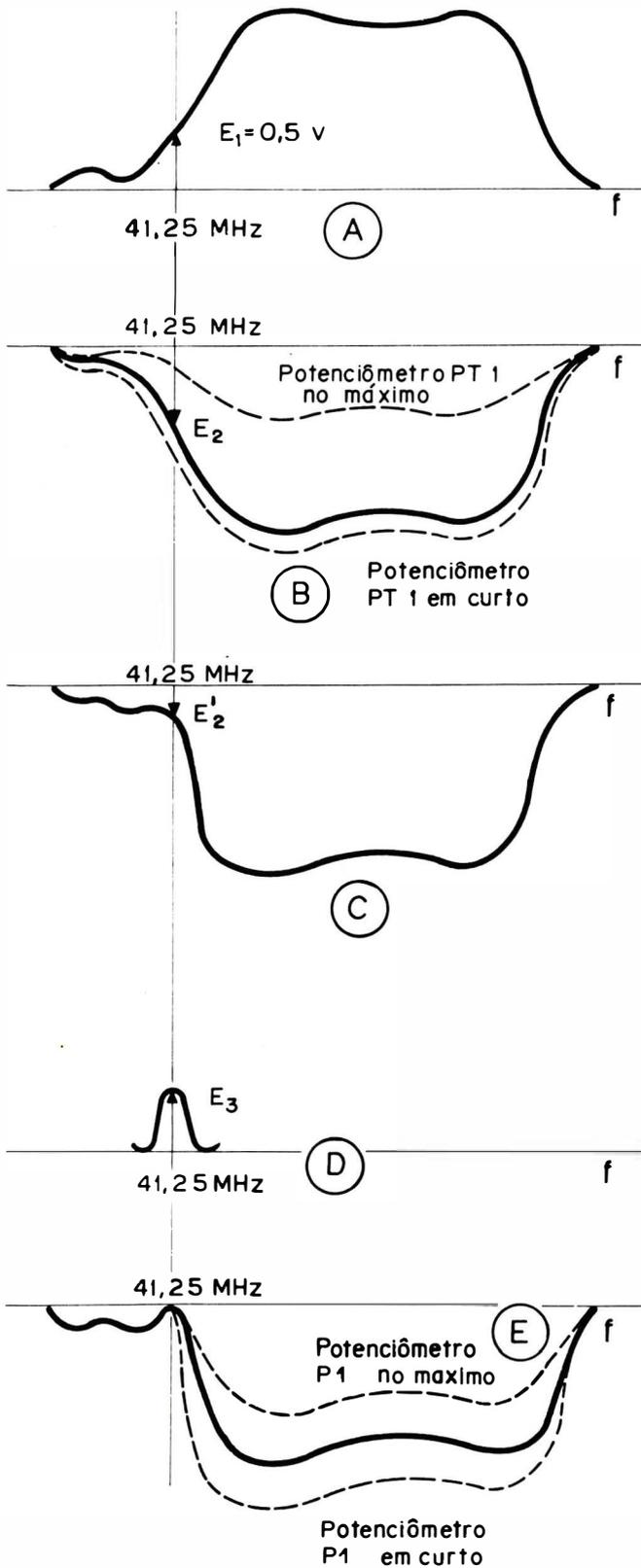


Fig. 4-5. Resposta em frequência dos diversos pontos da armadilha 41,25 MHz.

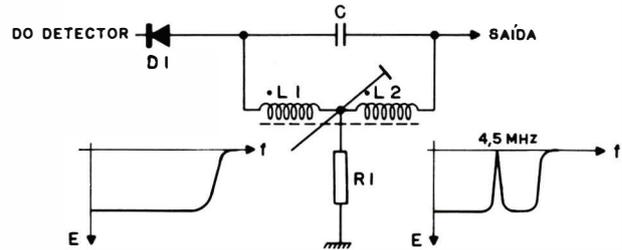


Fig. 4-6. Armadilha de 4,5 MHz.

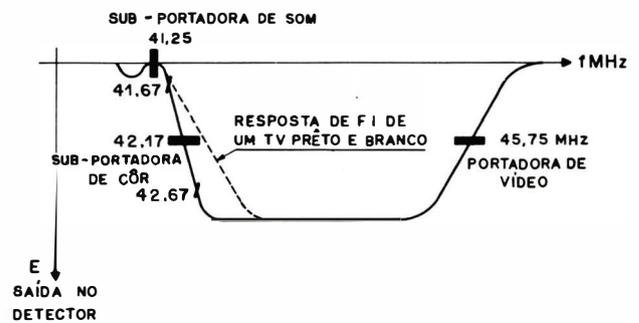


Fig. 4-7. Resposta de FI de vídeo.

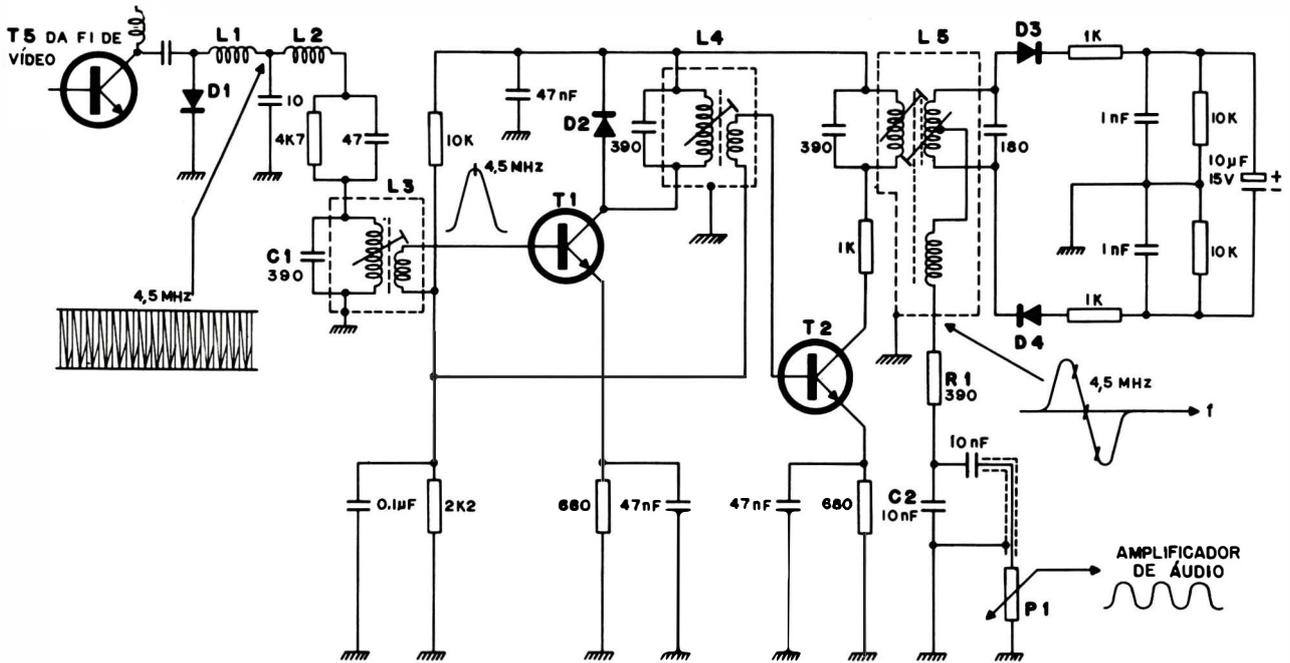


Fig. 4-8. Amplificador de FI de som e detector de relação.

4-4. FI DE SOM

A fig. 4-8 mostra o estágio de FI de som usado num TV Philco. O sinal do FI de som é obtido no diodo detector de som D1. Para prevenir a irradiação de sinais espúrios, são usados choques de RF (L1 e L2) sintonizados com a capacidade própria do enrolamento, nas frequências de FI de vídeo e suas 2ª e 4ª harmônicas, da mesma maneira que no detector de vídeo. O sinal modulado em frequência é selecionado pelo circuito sintonizado L3 e C1 na base do transistor T1. A seleti-

vidade e a sintonia desse estágio devem ser bem definidas, para impedir a entrada da sub-portadora de cor no canal de som, causando uma interferência (ruído interportadoras). O transistor T1 amplifica o sinal, e o diodo D2, em paralelo com o circuito tanque L4, limita o sinal. O transistor T2 eleva o sinal ao nível conveniente para ser demodulado pelo detector de relação L5. O circuito de de-ênfase é composto de R1 e C2. O sinal de áudio resultante é então encaminhado, através do controle de volume P1, para os estágios de áudio.

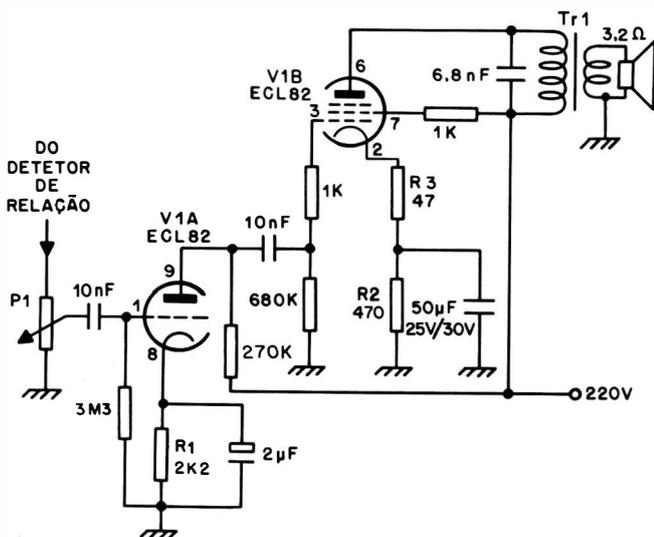


Fig. 4-9. Amplificador de áudio valvular.

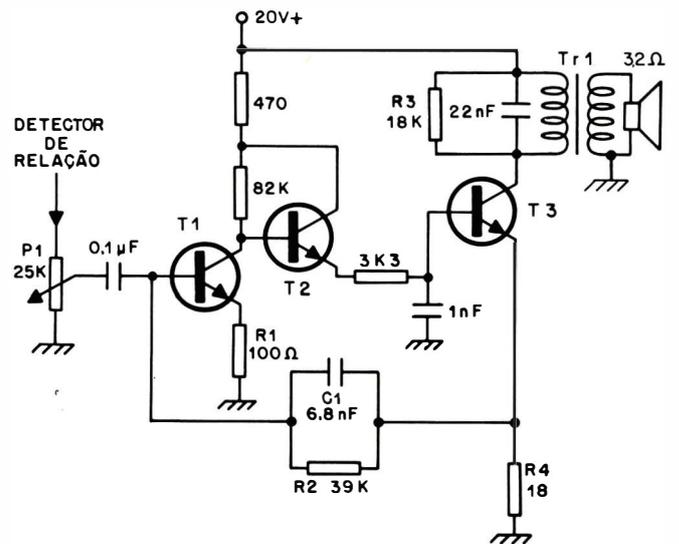


Fig. 4-10. Amplificador de áudio transistorizado.

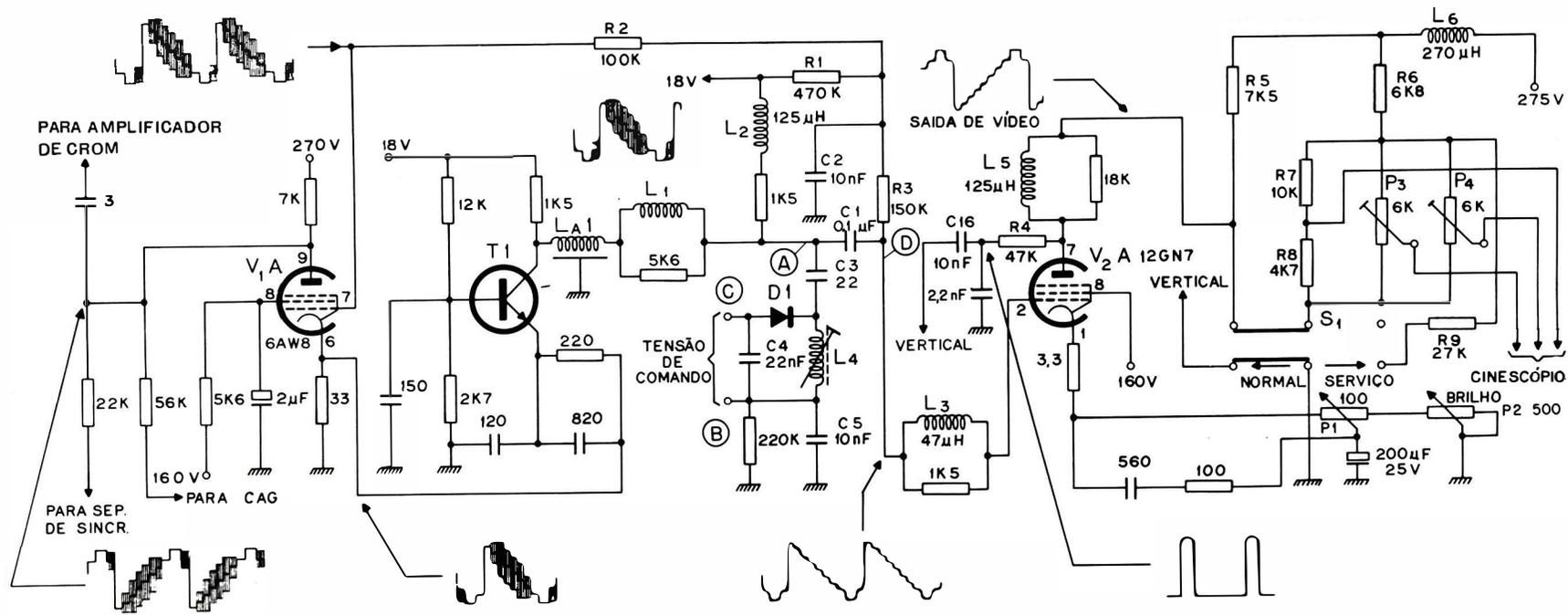


Fig. 4-11. Amplificação e distribuição do sinal composto CIPS.

4-5. ESTÁGIO DE ÁUDIO

Nesta seção são tratadas duas versões de amplificador de áudio, usadas em receptores Philco.

Versão Valvular

A fig. 4-9 apresenta uma válvula múltipla V1 com um triodo V1A como pré-amplificador e um pentodo de potência V1B como saída. O triodo V1A e o pentodo são polarizados por meio das resistências de catodo R1 e R2. A resistência não desacoplada R3 introduz uma realimentação negativa no estágio de saída, para diminuir a distorção do sinal de áudio.

O transformador de saída de áudio Tr1 adapta a impedância do alto falante à impedância de saída da válvula de potência.

Versão Transistorizada

No amplificador mostrado na fig. 4-10, o transistor T1 é polarizado pelo resistor R1 de emissor, não desacoplado, e pela tensão do emissor do transistor T3, através de R2. O resistor R1, não desacoplado, eleva a impedância de entrada do estágio, e a tensão de retorno de R4 providencia a estabilidade térmica do circuito. Se, por aquecimento, a corrente de T3 aumentar, haverá maior tensão desenvolvida em R4. Este acréscimo de tensão repolarizará T1, reduzindo sua tensão de coletor e diminuindo, conseqüentemente, a corrente do transistor de saída. O transistor T2, ligado como seguidor de emissor, fornece a potência suficiente para excitar, como já foi visto na versão valvular, o transistor de saída. O transformador de saída Tr1, como na versão valvular, adapta a impedância do alto-falante à impedância de saída do transistor.

A resistência de amortecimento R3, no primário do transformador de saída, evita picos de tensão que possam causar destruição do transistor T3. O capacitor C1 realimenta uma parte do sinal do emissor do transistor de saída para a entrada do amplificador, reduzindo desta maneira a distorção.

4-6. OS ESTÁGIOS DE VÍDEO

No amplificador de vídeo da fig. 4-11, o sinal composto de vídeo, com amplitude de 2 volts p.a.p. e com os pulsos de sincronismo em direção negativa, é aplicado à grade 1 do pré-amplificador de vídeo V1A. Esse amplificador, a partir do anodo de V1A, já com os pulsos de sincronismo no sentido positivo, distribui o sinal amplificado para os diversos estágios. O sinal é da ordem de 70 volts p.a.p. e alimenta os estágios do separador de sincronismo, do amplificador de crominância

e do CAG. Do catodo de V1A alimenta-se o adaptador de impedância da linha de atraso de luminância.

Adaptador da Linha de Atraso de Luminância

O adaptador de impedância usa um transistor ligado em base comum T1, cuja impedância de entrada é muito baixa e a de saída muito elevada. Assim, é possível uma adaptação perfeita da linha de atraso de luminância LA1. É muito importante que a entrada e a saída dessa linha estejam perfeitamente terminadas, com os valores especificados, para prevenir reflexões do sinal, que provocam "fantasmas" no sinal de luminância. É necessário o uso de uma linha de atraso, devido à diferença das larguras de faixa dos amplificadores de vídeo e de côr. O sinal de luminância e o sinal de côr são amplificados separadamente. Uma variação brusca no sinal de côr, alimentado ao amplificador de crominância, tem uma resposta mais lenta do que uma mesma variação brusca no sinal de luminância Y, aplicado ao amplificador de vídeo, devido ao fato do segundo ter uma faixa mais ampla. Sem o atraso introduzido pela linha, o sinal Y chegaria à tela do cinescópio antes do sinal de côr, causando um deslocamento entre as duas informações. A fig. 4-12 mostra o efeito causado sem o uso da linha de atraso. O tempo de atraso é de aproximadamente 0,8 μ seg, e depende do circuito utilizado. Para conseguir esse tempo de atraso, a linha é formada de uma bobina enrolada num tubo, com uma tira metálica ao longo de todo o seu comprimento, criando inúmeras bobinas e capacitores distribuídos. A fig. 4-13 mostra o circuito equivalente desse arranjo, e a fig. 4-14 mostra uma fotografia de uma linha de atraso. O sinal composto de vídeo com os pulsos de sincronismo no sentido negativo, fornecido pelo coletor do transistor T1, chega à saída da linha com um atraso de 0,8 μ seg. L1, L2 e L3 são bobinas de compensação que possibilitam a obtenção da faixa de 4 MHz no amplificador de luminância.



Fig. 4-12. Deslocamento entre os sinais de luminância e crominância.

É usado um capacitor C1 para bloquear a tensão contínua presente no coletor de T1. Portanto, a referência CC do sinal composto de vídeo é perdida, e essa tensão deverá ser restaurada para uma reprodução correta de imagem. Isto é obtido através do divisor resistivo R1, R2 e do resistor R3. Apenas a tensão CC do detector de vídeo é reimplantada no ponto D, pois o sinal alternado é filtrado pelo capacitor C2. No ponto A é eliminado o componente da sub-portadora de cor, por meio da armadilha de 3,58 MHz. A presença da sub-portadora causaria uma granulação bem visível e desagradável na tela do cinescópio.

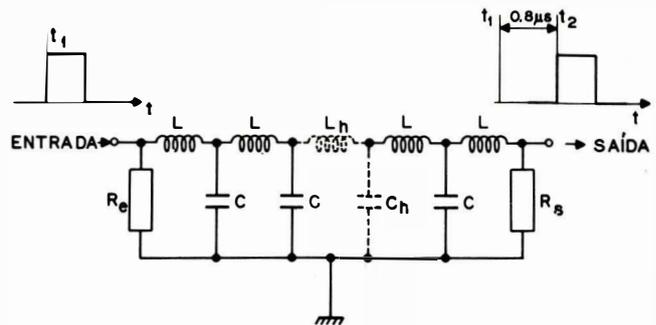


Fig. 4-13. Circuito equivalente da linha de atraso de luminância.

Armadilha de 3,58 MHz

A resposta do amplificador de vídeo deve ser conforme a fig. 4-15, porém a introdução da armadilha de 3,58 MHz vai provocar a alteração mostrada pela linha pontilhada. Por esta razão, essa armadilha é comandada pelo inibidor de cor, de tal modo a funcionar apenas durante uma recepção a cores. A fig. 4-16 mostra o circuito básico dessa armadilha. Durante uma transmissão a cores, o diodo D1 é polarizado inversamente, devido ao fato da tensão no ponto C ser negativa em relação ao ponto B, e funciona como uma chave aberta S1 (fig. 4-16B). O circuito constituído por C3 e L4 é ressonante em série, e o capacitor C5 desacopla o ponto B para terra. Durante uma transmissão em preto e branco, a tensão no ponto C torna-se mais positiva em relação ao ponto B, e o diodo conduz através de L1, representando uma chave fechada (fig. 4-16 C). Devido ao capacitor C2, a bobina está agora em curto e o circuito representa apenas uma capacidade pequena do ponto A para a terra.



Fig. 4-14. Linha de atraso de luminância.

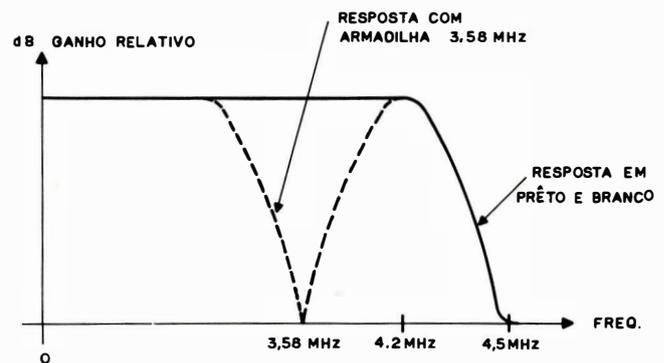


Fig. 4-15. Atuação da armadilha de 3,58 MHz.

Estágio de Saída de Vídeo (Y)

Na fig. 4-11 aparece também o estágio de saída de vídeo usado num TV Philco. O estágio de saída de vídeo V2A amplifica o sinal composto de vídeo a um nível suficientemente alto para excitar o cinescópio. Esse sinal está isento da sub-portadora de cor, tem o atraso de fase necessário e também o nível contínuo restaurado. O sinal nos catodos do cinescópio é de aproximadamente 100 volts p.a.p. com os pulsos de sincronismo em direção positiva. Um pulso positivo, vindo do estágio de deflexão vertical através de C16 e R4, assegura o apagamento das linhas de retraço do vertical.

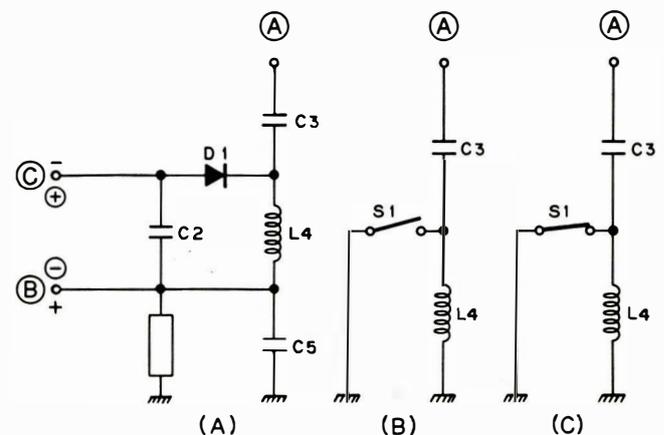


Fig. 4-16. Armadilha de 3,58 MHz (A) e circuitos equivalentes para recepção a cores (B) e preto e branco (C).

As bobinas L5 e L6 são bobinas que compensam as capacidades parasitas do circuito, dos fios de ligação do cinescópio e a capacidade própria dos catodos do mesmo, para estender a faixa de resposta até 4,2 MHz.

A resistência de carga da saída de vídeo é composta de R5, em paralelo com a combinação série-paralelo dos resistores R6, R7, R8, P3 e P4. O sinal atenuado pelos resistores R7 e R8 excita o canhão vermelho do cinescópio. P3 e P4 permitem nivelar os sinais para os catodos verde e azul, a fim de se obter o equilíbrio de branco.

A chave de serviço S1, na posição normal, coloca o catodo da válvula de saída vertical para massa e liga os catodos do TRC à saída de vídeo. Na posição serviço, S1 interrompe o catodo da válvula de saída vertical e polariza os 3 catodos do TRC numa tensão fixa, a fim de permitir o ajuste do equilíbrio de branco. Essa tensão é determinada pelos divisores R6 e R9.

Equilíbrio de Branco e Rastreamento

Lembramos que para produzir uma imagem em prêto e branco num cinescópio a côres, são combinadas três imagens, com as côres vermelha, verde e azul, cada uma com o mesmo contraste e brilho em toda a extensão da escala de cinza; desta maneira se obtém um rastreamento perfeito.

Devido ao fato de se tratar de três canhões independentes e os rendimentos dos três fósforos serem diferentes (o rendimento é a relação da luz emitida versus

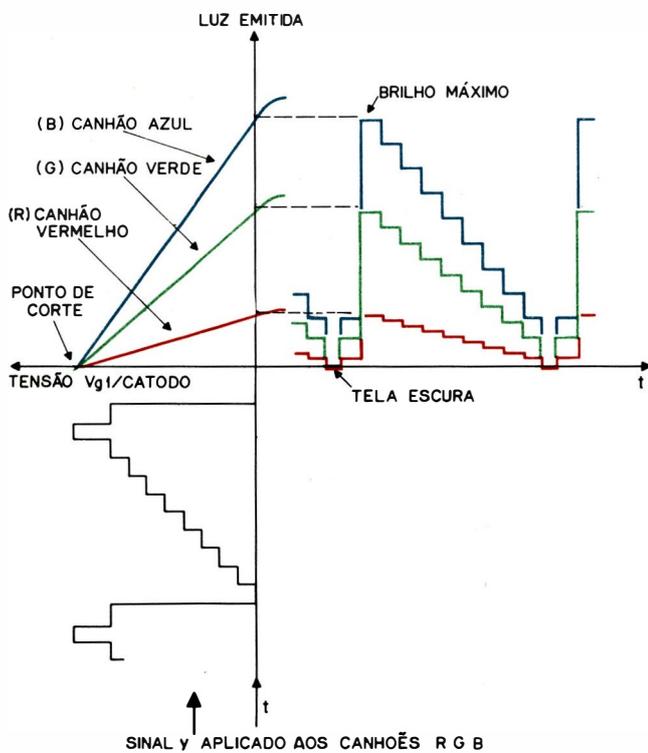


Fig. 4-17. Características de transferência diferentes para os três canhões.

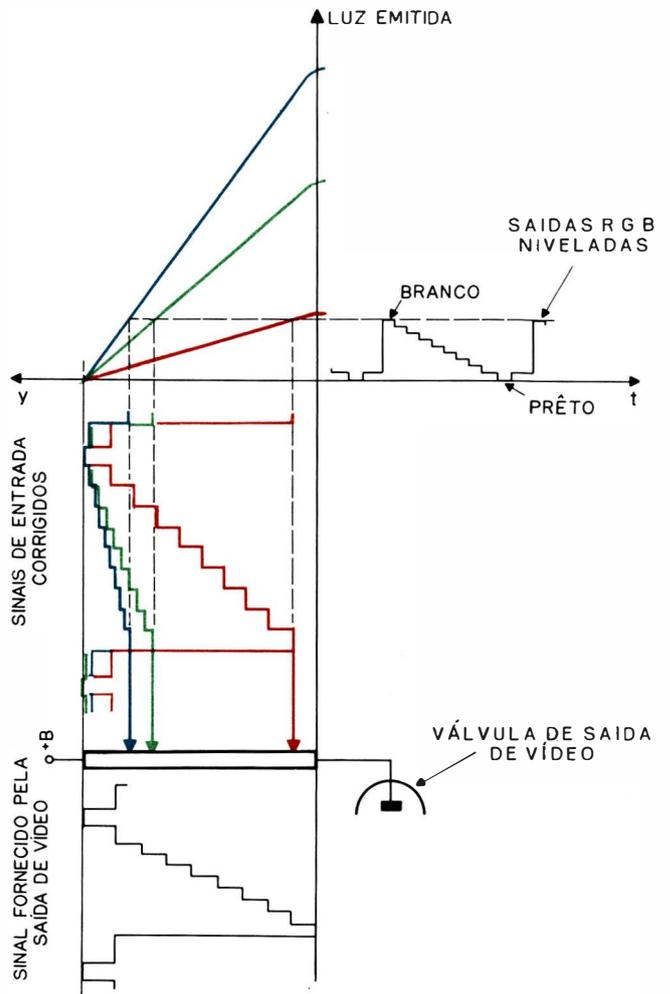


Fig. 4-18. Compensação das diferentes características de transferência.

excitação do fósforo), cada canhão deve ser tratado separadamente com os seus ganhos individuais. A relação entre os ganhos dos sistemas não é fixa e pode variar de cinescópio para cinescópio, mesmo que eles sejam do mesmo tipo. A fig. 4-17 mostra de maneira exagerada como a característica V_{g1} versus luz emitida pode variar entre os três canhões do mesmo cinescópio. Se aplicarmos o mesmo sinal aos três canhões, as três imagens não terão o mesmo contraste, causando coloração na imagem. A foto 6-17, no capítulo 6, mostra uma imagem desse tipo. Para obtermos três imagens iguais, é necessário aplicar em cada catodo um sinal Y com amplitudes diferentes, corrigidas de tal modo que produzam a mesma intensidade de luz. A fig. 4-18 mostra essa condição.

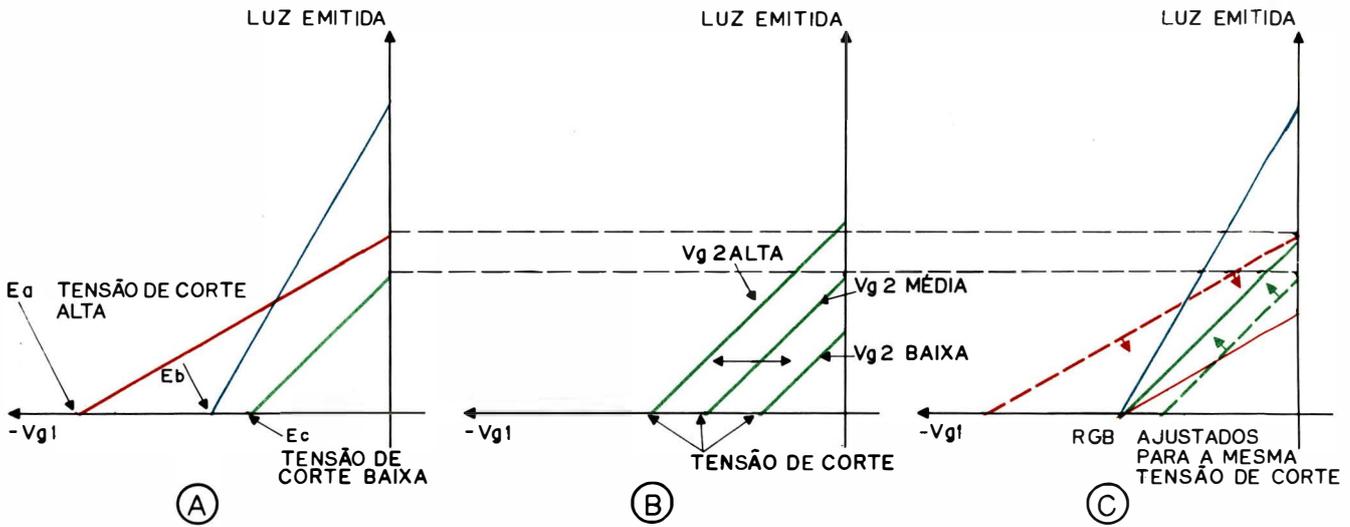


Fig. 4-19. Diferenças nas tensões de corte dos canhões (A), correções possíveis (B) equalização por meio de VG2 (C).

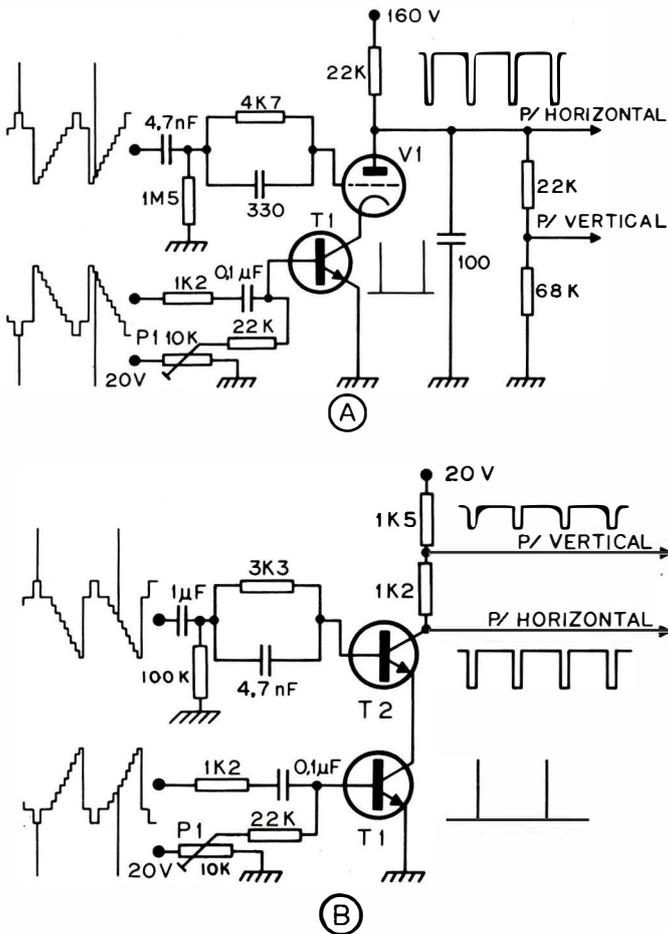


Fig. 4-20. Separadores de sincronismo valvular (A) e transistorizado (B).

Apenas dois potenciômetros são necessários para nivelar as três excitações Y, servindo o terceiro ramo como referência. Lembrar que durante a recepção em preto e branco as três grades não têm nenhum sinal aplicado, pois nesta condição teremos $R-Y = B-Y = G-Y = 0$.

Na realidade, existe também um outro fator a ser considerado: além dos três canhões terem ganhos diferentes, suas tensões de corte são também diferentes (tensão entre a grade e o catodo necessária para apagar o feixe).

A fig. 4-19 mostra as possíveis diferenças entre as diferentes tensões de corte. Nesse exemplo, E_a é a mais alta, ou seja, este canhão apaga com tensão mais alta do que os outros. E_b é intermediária e E_c é a menor, ou seja, este sistema apaga com tensão mais baixa. Uma variação na tensão da grade 2 desloca a curva de transferência para a esquerda ou para a direita (fig. 4-19B); portanto, é possível corrigir essa diferença de tensão de corte, variando a polarização das grades 2 (fig.4-19C).

4-7. SEPARADOR DE SINCRONISMO E CANCELADOR DE RUIDO

A fig. 4-20A mostra uma versão de separador de sincronismo valvular, e a fig. 4-20B mostra uma versão transistorizada. Na grade do triodo é aplicada uma parte do sinal de vídeo, retirada do pré-amplificador de vídeo. Essa grade está polarizada de modo a eliminar a componente de vídeo e, portanto, aparecem no anodo apenas os pulsos de sincronismo. Entre o catodo do triodo VI e a massa está ligado o transistor T1. A ten-

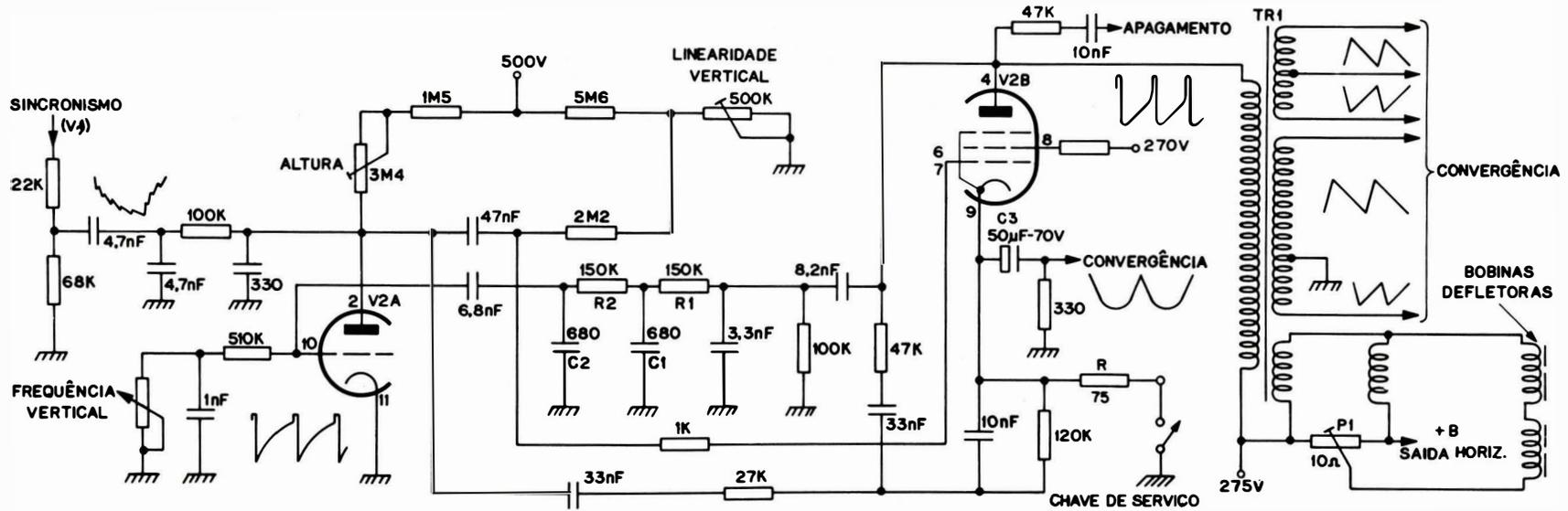


Fig. 4-21. Estágio de deflexão vertical.

são do seu coletor é da ordem de 0,2 volts, o que praticamente coloca o catodo da válvula à massa.

Exatamente a mesma análise pode ser feita para o circuito transistorizado, substituindo-se o triodo V1 pelo transistor T2. O transistor T1 recebe o sinal de vídeo na sua base, com os pulsos de sincronismo e de ruído em direção negativa, e trabalha normalmente saturado, isto é, permanentemente conduzindo. Qualquer ruído de amplitude superior ao pulso de sincronismo faz com que T1 seja levado ao corte. Como o transistor está em série com o triodo V1 ou T2, na versão transistorizada, este também não conduz neste instante e o pulso do ruído não aparece na saída. O potenciômetro P1 fixa o ponto a partir do qual o cancelador vai funcionar. Na saída do separador de sincronismo aparecem os pulsos de sincronismo que são encaminhados ao circuito vertical e horizontal.

4-8. OSCILADOR VERTICAL E SAÍDA

A fig. 4-21 mostra os estágios de deflexão vertical de um TV Philco. O circuito do oscilador vertical utiliza as duas seções de V2, cuja seção pentodo funciona também como válvula de saída. Os pulsos de sincronismo de polaridade negativa, provenientes de V1, estão acoplados através de um integrador ao anodo da seção triodo de V2. Esse triodo, em conjunto com o pentodo, forma um multivibrador assimétrico. R1, C1, R2 e C2 formam um filtro para eliminar pulsos vindos do estágio horizontal, através da bobina defletora e do transformador de saída vertical, pois aqueles pulsos causariam perda de entrelaçamento. O transformador de saída vertical possui um enrolamento secundário bifilar ligado em paralelo, para permitir um ajuste de centragem vertical da imagem, por meio do potenciômetro P1. No cinescópio a cores não é possível o ajuste de centragem por meio de ímãs, como em preto e branco, pois desta maneira a pureza seria afetada (ver seção 5-3).

A fig. 4-22A mostra, de maneira convencional, a ligação das bobinas defletoras, e a fig. 4-22B mostra o mesmo circuito em forma de ponte, a fim de uma melhor compreensão do funcionamento. Uma corrente I_1 contínua passa através dessa ponte, causando quedas de tensão iguais nos enrolamentos L1 e L2. Se o cursor do potenciômetro for ajustado para o meio da resistência (R3 e R4 iguais), visto que RL1 e RL2 são iguais, a ponte se encontra em equilíbrio, sendo $V_2 = V_3$, e nenhuma corrente passará nas bobinas defletoras. Variando o cursor para um dos lados, uma tensão $V_0 = (V_3 - V_2)$ aparece nas bobinas de deflexão, produzindo uma corrente contínua que passa ora em uma, ora em

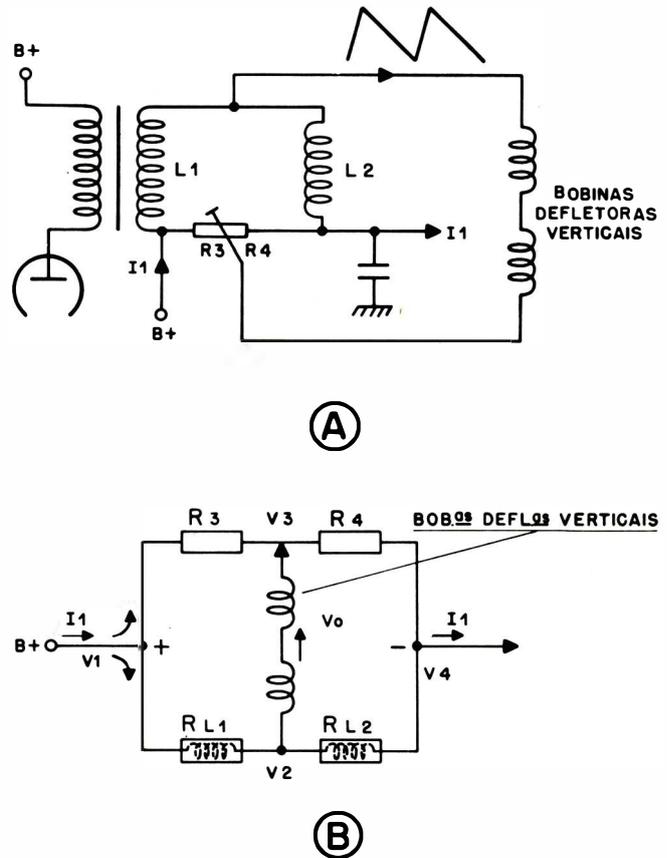


Fig. 4-22. Detalhe das ligações no secundário do transformador vertical (A), circuito rearranjado (B).

outra direção, dependendo da posição do cursor.

Os terciários do transformador fornecem pulsos para o circuito de convergência. O catodo é parcialmente desacoplado (C3), a fim de se obter uma tensão parabólica que é também usada no circuito de convergência. A chave de serviço interrompe a ligação para o catodo da válvula de saída, para facilitar o ajuste da tensão de corte dos três canhões do cinescópio.

4-9. COMPARADOR DE FASE E OSCILADOR HORIZONTAL

Existem vários tipos de comparadores de fase e osciladores, e o princípio de funcionamento de cada um é idêntico ao dos circuitos correspondentes, usados em televisores preto e branco. A fig. 4-23 mostra, como exemplo, um circuito usado num televisor Philco. O comparador de fase assimétrico recebe um pulso vindo do transformador de saída horizontal e integrado por R2 e C7. O sinal de sincronismo é aplicado por meio de

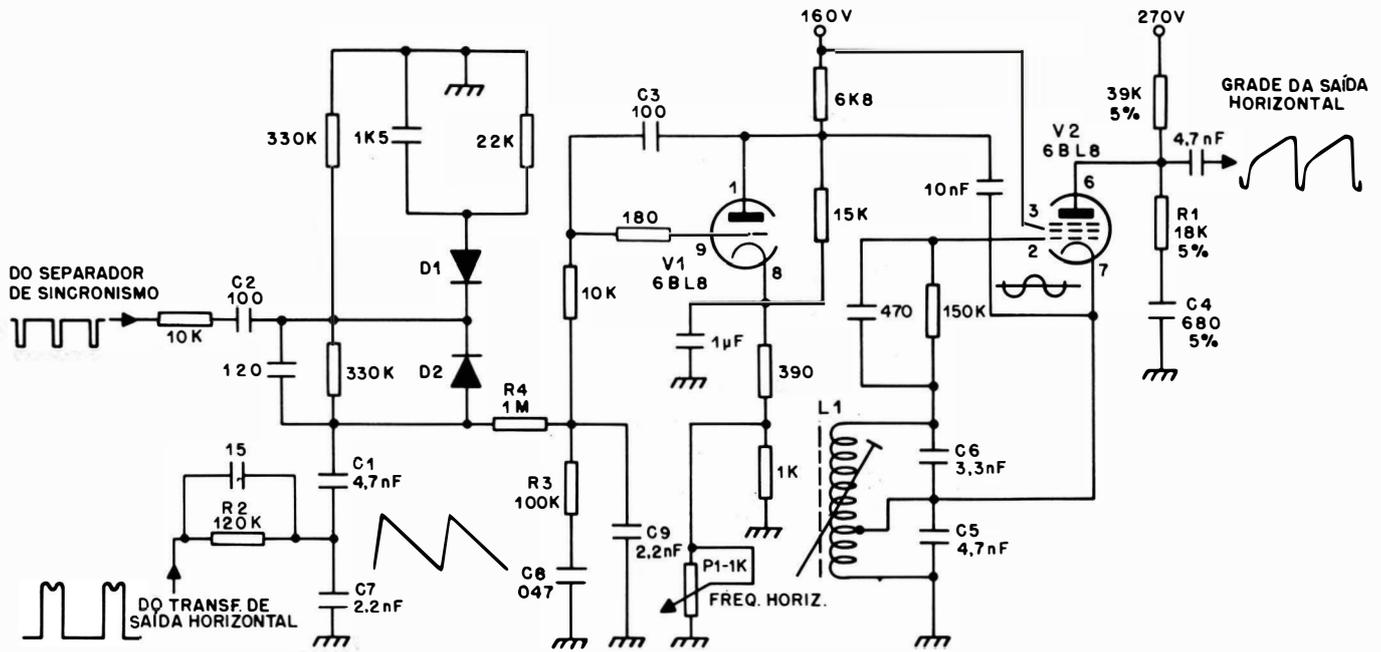


Fig. 4-23. Comparador de fase e oscilador horizontal.

C2 na junção dos dois diodos D1 e D2. Dependendo da fase entre êsses dois sinais, o comparador desenvolve uma tensão positiva, 0 (zero) ou negativa, controlando a válvula de reatância V1 através de um filtro composto de R3, R4, C8 e C9 (a seção 4-21 explica o funcionamento da válvula de reatância). Esta válvula trabalha como se fôsse um capacitor variável, em paralelo com o circuito ressonante do oscilador senoidal (L1, C5 e C6), devido à realimentação de C3. A frequência do oscilador horizontal é variável por meio do potenciômetro P1, variando a tensão do catodo da válvula. Para obter imunidade a ruído, é usado um oscilador senoidal. Devido ao regime de funcionamento da válvula V2, em conjunto com o formador de pulsos R1 e C4, o sinal senoidal na grade é deformado, de maneira a se obter a excitação apropriada para a válvula de saída horizontal.

4-10. ESTÁGIO DE SAÍDA HORIZONTAL

O funcionamento básico do estágio de saída horizontal num aparelho de TV a côres é idêntico ao de um TV em preto e branco. A válvula de saída trabalha como chave eletrônica que fecha ou abre, ligando ou interrompendo uma tensão aplicada através de uma resistência e uma bobina em série, produzindo desta maneira uma corrente de dente de serra nesta última (fig. 4-24A). No momento em que a válvula é cortada, uma tensão com polaridade inversa (E_2) à de alimenta-

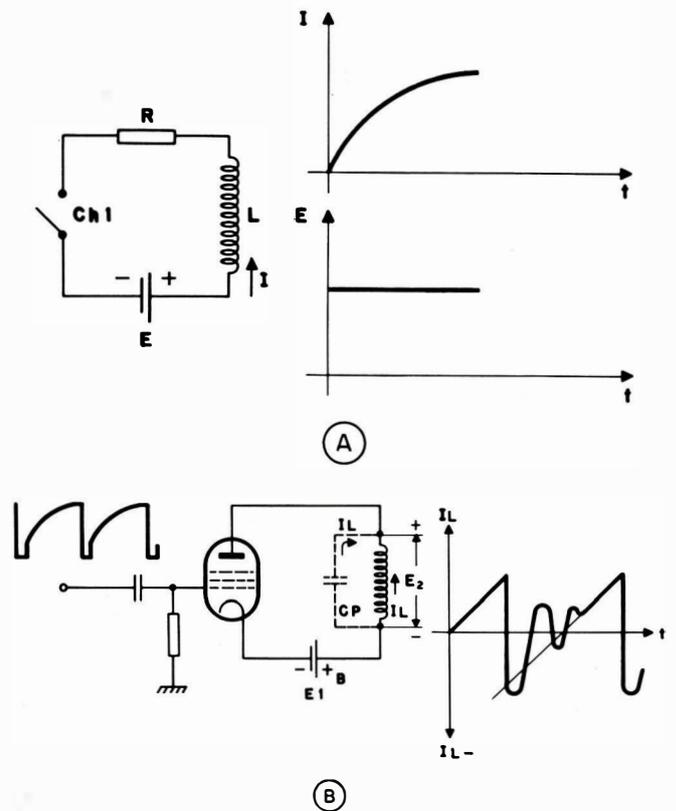


Fig. 4-24. Formação de dente de serra através de RL série (A) circuito análogo usando válvula como chave (B).

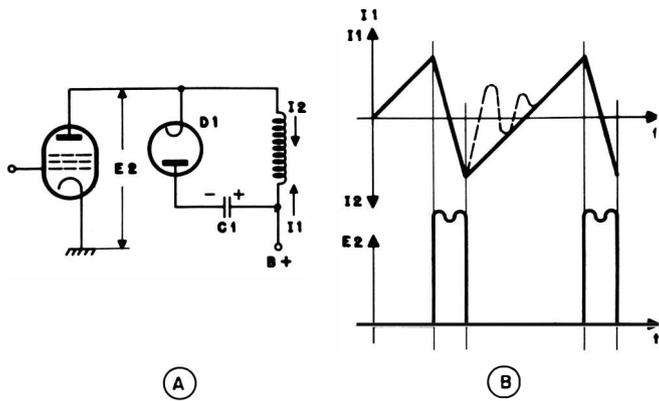


Fig. 4-25. Introdução de um diodo amortecedor (A) e formas de onda (B).

ção (E_1) é desenvolvida através da bobina. Surge então uma corrente oscilante na bobina, igual à mostrada na fig. 4-24B. Sua frequência é determinada pela indutância da bobina e a capacidade parasita C_p .

Um diodo amortecedor, ligado em série com um capacitor C_1 e paralelo à bobina, conforme a fig. 4-25A, após o primeiro semi-ciclo de oscilação, fica polarizado no sentido de condução (inverso ao da válvula de saída), descarregando a tensão inversa acumulada no capacitor C_1 ("booster"). Isto resulta na corrente de dente de serra desejada (fig. 4-25B). Durante o retôrno, o diodo D_1 é aberto devido ao pico de tensão positiva muito alto que aparece no anodo da válvula de saída (E_2). A fig. 4-26 mostra o circuito básico do estágio de saída. A válvula de saída conduz apenas após a primeira metade da deflexão útil (I_1). Os picos de tensão, de aproximadamente 5 kvolts, que aparecem no anodo de V_1 , são transformados para um nível muito mais alto (30 kvolts), a fim de serem retificados e obter-se a alta

tensão (MAT).

Apesar do funcionamento básico ser igual ao de um TV preto e branco, há alguns pré-requisitos mais severos:

- 1.º) a alta tensão é de aproximadamente 26 kvolts, com um consumo de corrente de até 1,5 mA, ou seja: aproximadamente 40 watts de potência, contra 16 kvolts e 300 μA (5 watts) em preto e branco
- 2.º) o estágio de saída deve fornecer potência adicional para o circuito de convergência, circuito de foco e circuitos alimentados pelo +B reforçado. Os pulsos fornecidos devem ser bastante estáveis para obter o funcionamento satisfatório do circuito de convergência
- 3.º) deve-se providenciar maior estabilidade da MAT com variação de brilho para não afetar a convergência e evitar variação do tamanho do quadro. À medida que a MAT é reduzida, a velocidade dos elétrons no feixe diminui e estes permanecem mais tempo no campo das bobinas de correção. Desta maneira, a convergência será alterada
- 4.º) devido à MAT, pode ocorrer emissão de raios X, o que requer medidas especiais para evitar a propagação dos mesmos
- 5.º) a tensão de foco deve manter sempre a mesma relação com a MAT; por exemplo, se a MAT for de 26 kvolts e a tensão de foco de 5 kvolts, a relação é de 5,2: 1. Se a MAT diminuir, a tensão de foco deverá diminuir também, mantendo sempre a mesma relação.

Devido a êsses pré-requisitos, as válvulas e o transformador de saída horizontal devem possuir características melhores (potência máxima, pico inverso máximo e isolamento maior). Os vários tipos diferentes de circuitos usados serão descritos a seguir.

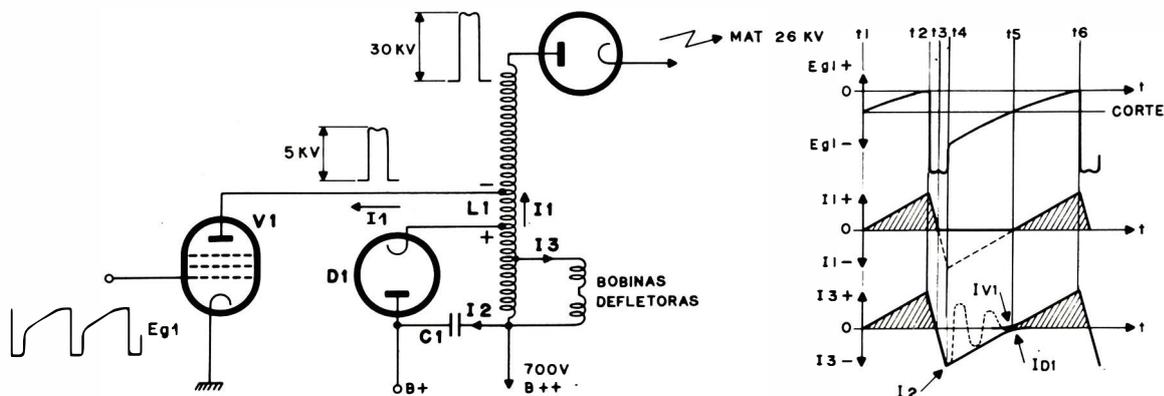


Fig. 4-26. Circuito básico do estágio de saída horizontal.

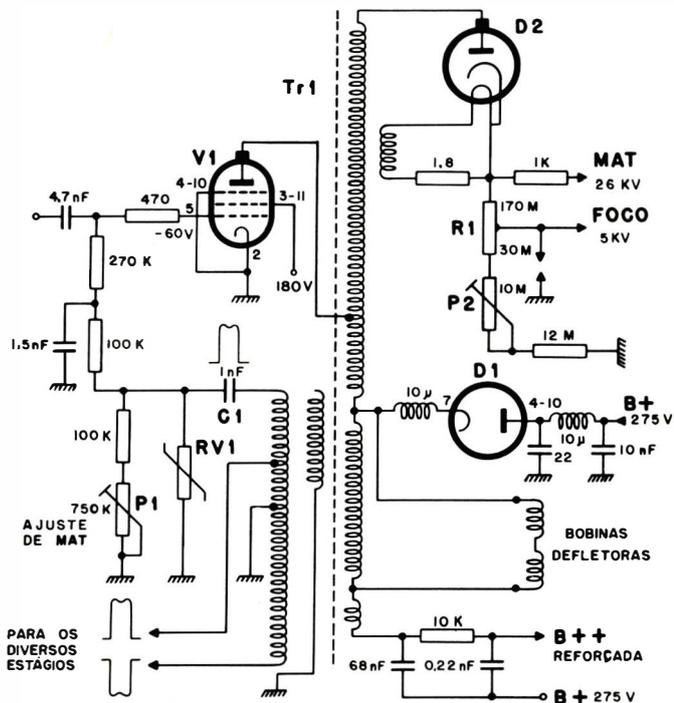


Fig. 4-27. Regulação por excitação controlada da válvula de saída.

4-10.1. Regulador com Excitação Controlada da Válvula de Saída por VDR

Na fig. 4-27, um pulso do transformador de saída horizontal é usado como referência e é aplicado no VDR através de C1. Se a carga da MAT é baixa, todas as tensões aumentam e, portanto, o pulso de referência também. O VDR trabalha, nesse caso, como um diodo com tensão de joelho muito alta, que retifica os picos de tensão positiva, desenvolvendo uma tensão negativa que diminui a corrente de polarização. Se a carga é aumentada (maior brilho), o pulso de referência tende a diminuir e a tensão negativa fornecida pelo VDR é menor, fazendo V1 conduzir mais e compensando assim a queda de tensão. Para obter o rastreamento da tensão de foco com a do MAT, é usado um divisor resistivo R1 de valor muito alto (R total 200 Mohms), que divide diretamente a MAT, sem apresentar uma carga muito alta para o circuito. Essa tensão varia na mesma proporção da MAT. O potenciômetro P2 permite o

ajuste da tensão de foco, para compensar variações entre cinescópios.

4-10.2. Regulador Paralelo

A fig. 4-28 mostra este circuito, que usa uma válvula adicional V2 em paralelo com a MAT. O anodo dessa válvula é ligado à MAT, o catodo é ligado ao +B e a grade recebe uma tensão de referência da MAT através de um divisor resistivo. No caso de brilho mínimo, a corrente de feixe do cinescópio se anula e a tensão de referência na grade da reguladora tende a aumentar, levando-a à máxima condução. Portanto, essa válvula absorve toda a corrente da MAT. No caso do máximo brilho, a tensão de referência diminui e a válvula reguladora é levada ao corte. Toda a corrente é agora absorvida pelo tubo de imagem. A alta tensão é muito estável, devido à carga constante, independentemente do brilho. A tensão de foco é obtida através de um retificador separado D4, e o seu ajuste é conseguido por meio de L1. Uma tensão E2 é desenvolvida no primário desta. No secundário da mesma é induzida uma tensão E3, com polaridade oposta à de E2. A soma das duas aparece no ponto A, variando suas amplitudes relativas conforme a posição do núcleo de L1. Quanto maior a tensão neste ponto, menor será a diferença de tensão no diodo e, conseqüentemente, será menor a corrente no diodo D4, resultando numa tensão de foco menor. O rastreamento (relação constante com a MAT) desta forma, é menos eficiente do que o produzido pelo divisor de foco.

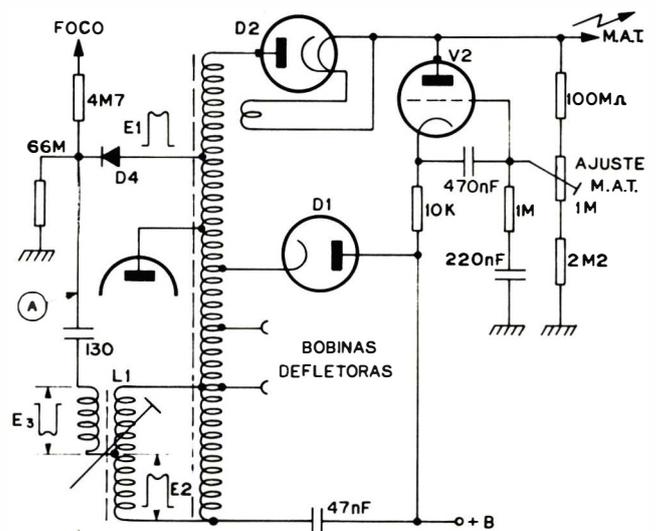


Fig. 4-28. Regulador paralelo.

af. levede

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

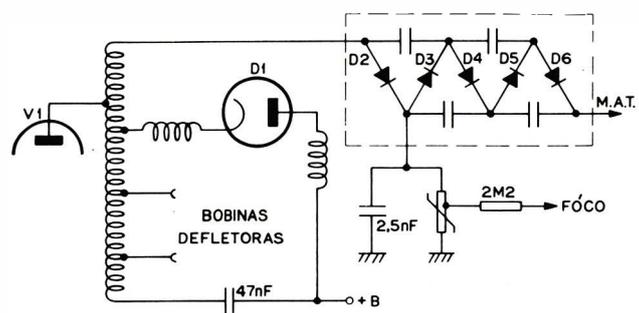


Fig. 4-29. Multiplicador de tensão.

4-10.3. Multiplicador de Tensão

A fig. 4-29 mostra êste circuito, que usa retificadores ligados em cascata para multiplicar o pico de tensão, obtendo a mesma tensão elevada de MAT com um pulso de tensão mais baixo no enrolamento de alta tensão do TSH. Um transformador de saída horizontal mais simples pode ser usado, e a tensão de foco pode ser obtida na junção de D2 e D3. Observar que, devido à forma de onda pulsante, para se obter multiplicação por 3 são utilizados 5 estágios em cascata, enquanto que, para tensão senoidal, embora o princípio de funcionamento seja o mesmo, são usados apenas 3 estágios.

4-10.4. MAT Regulada por Pulsos

O princípio de funcionamento dêsse circuito (fig. 4-30A) é baseado também na idéia de oferecer uma car-

ga constante para a saída horizontal, porém sem as desvantagens do sistema do regulador paralelo. No caso do regulador paralelo, a válvula retificadora de MAT é esgotada mais rapidamente, pois ela trabalha constantemente no regime de condução máxima. Além disso, a válvula paralela é uma fonte de raios X.

Nesse sistema, a carga constante é conseguida por meio de uma válvula reguladora V2, que varia a carga de um enrolamento L2, do transformador de saída horizontal, a qual é refletida para o terciário L3 (fig. 4-30B). A condução dessa válvula é controlada:

- 1 - por meio de uma tensão de referência, a qual sofre as mesmas variações que a MAT
- 2 - por pulsos estreitos de amplitude constante, obtidos do oscilador horizontal.

Devido a êsses picos, a reguladora funciona apenas durante o tempo de retôrno. Êles são sobrepostos a uma tensão CC e controlam a condução da válvula na medida em que ultrapassam o nível de corte da mesma. Se não houver carga na MAT, a tensão de referência tende a aumentar e os picos sobrepostos invadem a região de condução da válvula V2. Essa corrente representa uma carga adicional para o transformador de saída horizontal, diminuindo o pico da tensão de retraço (fig. 4-30C). Com brilho máximo (carga máxima), a tensão de referência tende a baixar e os picos sobrepostos ficam abaixo da tensão de corte da válvula e esta não conduz; portanto, não há carga adicional para o transformador e o pico da tensão de retraço tende a aumentar.

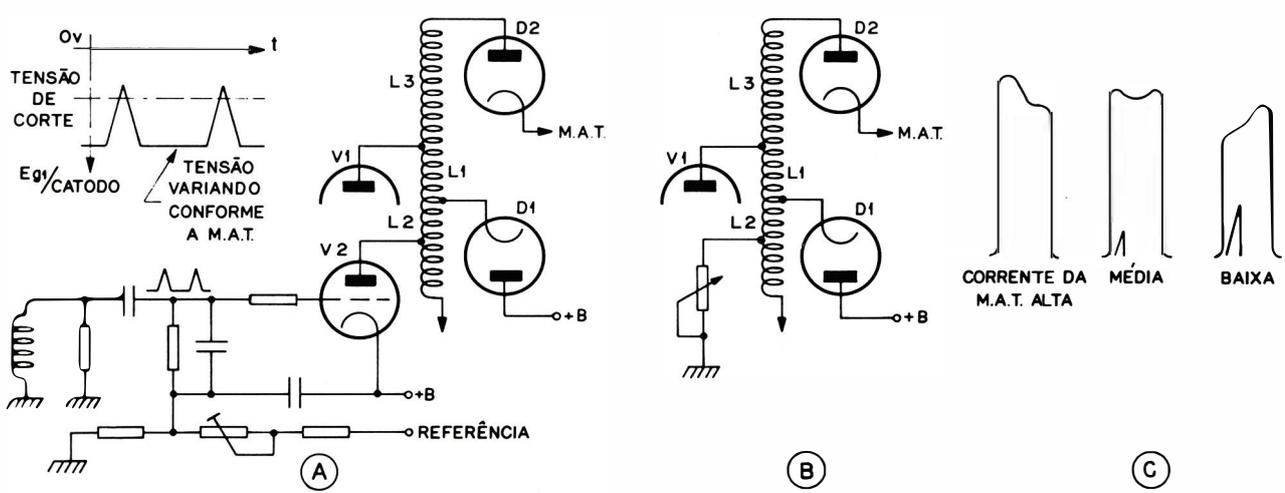


Fig. 4-30. Regulação por pulsos.

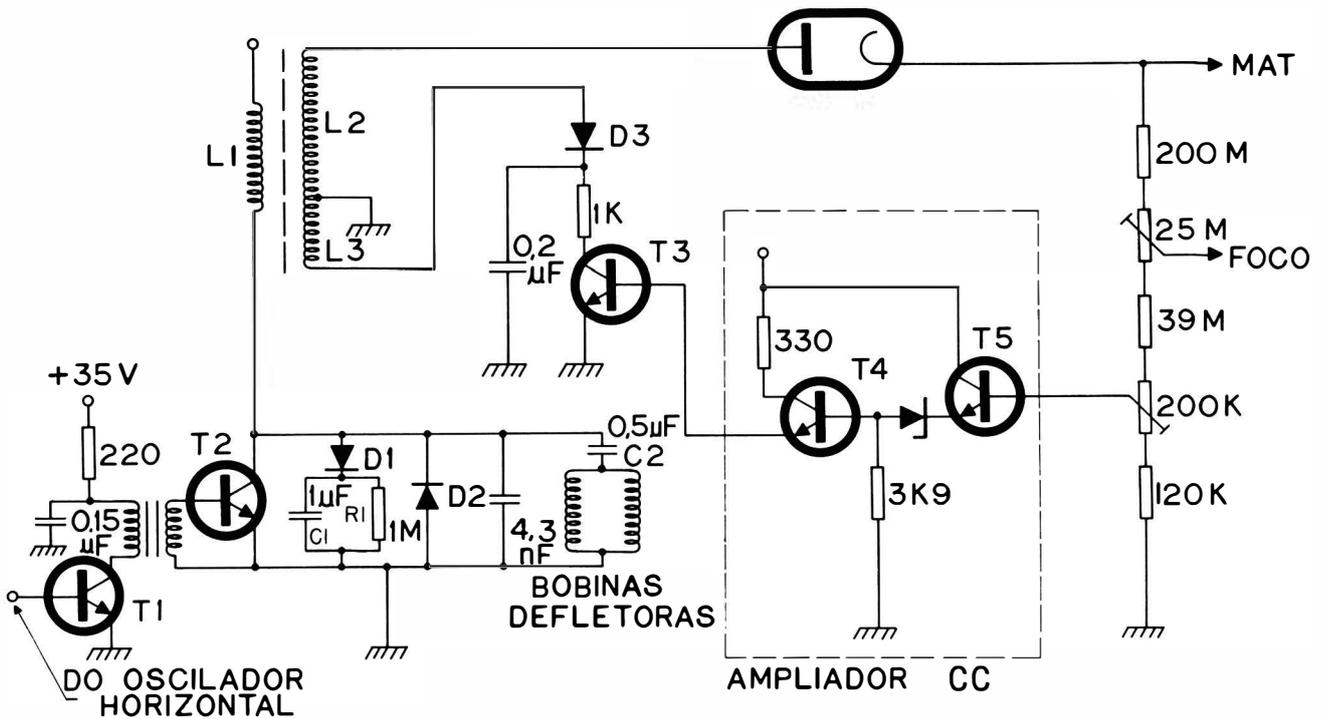


Fig 4-31. Circuito de saída horizontal e regulador transistorizados.

4-10.5. Saída Transistorizada

A fig. 4-31 mostra um exemplo típico de um circuito transistorizado. O funcionamento é similar ao do circuito valvular e é mostrado simplificado na fig. 4-32. Analisando passo a passo:

Instante 1 - O transistor T2 começa a conduzir, representando uma chave fechada. D2 está aberto devido à polarização inversa, e circula a corrente indicada pelas flechas vermelhas.

Instante 3 - O transistor T2 é cortado, devido ao pulso de comando entregue pelo oscilador à sua base. A energia armazenada na bobina L1 se transfere para o capacitor (corrente representada pelas flechas azuis); o diodo permanece ainda aberto, devido ao pico de tensão positivo gerado pela bobina.

Instante 5 - O capacitor transfere agora a energia para a bobina, provocando a inversão da tensão do diodo que passa a conduzir (corrente representada pelas flechas pretas).

Instante 1' - O transistor T2 começa a conduzir novamente.

No circuito geral da fig. 4-31, o transistor T1 excita, através de um transformador, o transistor de saída horizontal T2. O diodo D1, em conjunto com C1 e R1, protege o transistor T2 e diodo amortecedor D2, quando ocorre faiscamento interno no cinescópio. A bo-

bina defletora é acoplada capacitivamente por meio de C2. O enrolamento L2, secundário do transformador, fornece os picos a serem retificados, a fim de se obter a MAT. L3 é um enrolamento adicional com uma carga

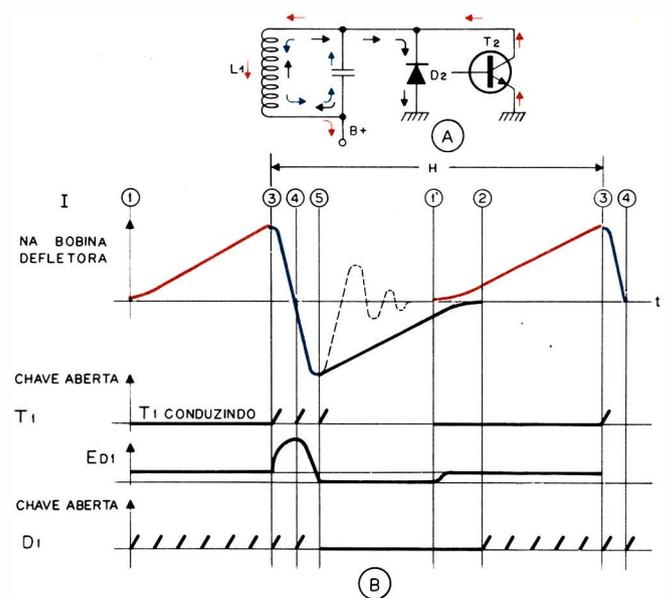


Fig. 4-32. Circuito básico e formas de onda do estágio horizontal transistorizado.

variável, aplicado similarmente ao descrito na seção anterior; esta carga é constituída de D3 e T3 e comandada através de um amplificador de tensão de referência (T4 e T5), tirada do divisor de foco.

4-11. CENTRALIZAÇÃO HORIZONTAL

O mesmo problema de centralização observado no vertical existe também no horizontal. Esta também deve ser feita por meio de uma corrente CC, através das bobinas defletoras. A fig. 4-33 mostra um exemplo de como ela pode ser obtida. L1 e L2 são secundários do transformador de saída horizontal, fornecendo a tensão dente de serra para as bobinas defletoras. Se o cursor do potenciômetro P1 estiver no meio, as amplitudes de dente de serra nos 2 diodos serão iguais e, portanto, as tensões retificadas serão também iguais, porém opostas. Nenhuma corrente CC passará pelas bobinas defletoras; se o cursor fôr deslocado para baixo, D2 terá uma tensão menor entre seus terminais, e a tensão CC no ponto A se torna negativa, causando uma corrente I_1 nas bobinas defletoras.

Com o cursor para cima, a tensão no ponto A inverte a polaridade, causando uma corrente no sentido oposto I_2 . Assim se obtém o movimento lateral da imagem para ambos os lados, por meio do ajuste do potenciômetro P1.

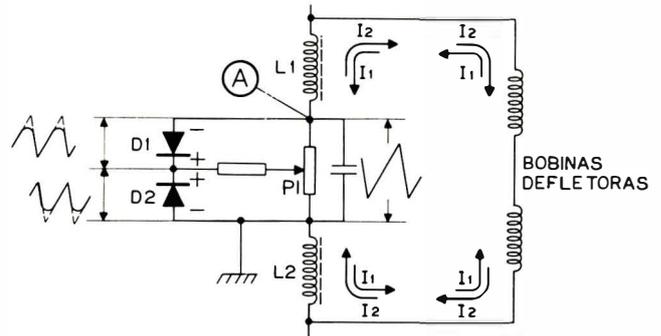


Fig. 4-33. Centralização horizontal.

4-12. CORREÇÃO DO EFEITO ALMOFADA

Como no caso dos receptores para prêto e branco, a trama sofre distorções do tipo almofada ("Pin-Cushion"), provocadas pela face plana do TRC. Este efeito pode ser compensado nos receptores prêto e branco por meio do dimensionamento conveniente das bobinas defletoras e pelo uso de ímãs corretores. No cinescópio a côres com o sistema de máscara de sombra, deve ser usado um outro processo, pois os feixes eletrônicos sofrerão desvios ou distorções nas suas trajetórias pré-determinadas, dos canhões até a face do tubo. Qualquer desvio indesejável causado pelos campos corretores resultará em perda da pureza. As bobinas de deflexão devem produzir campos magnéticos horizontal e vertical essencial-

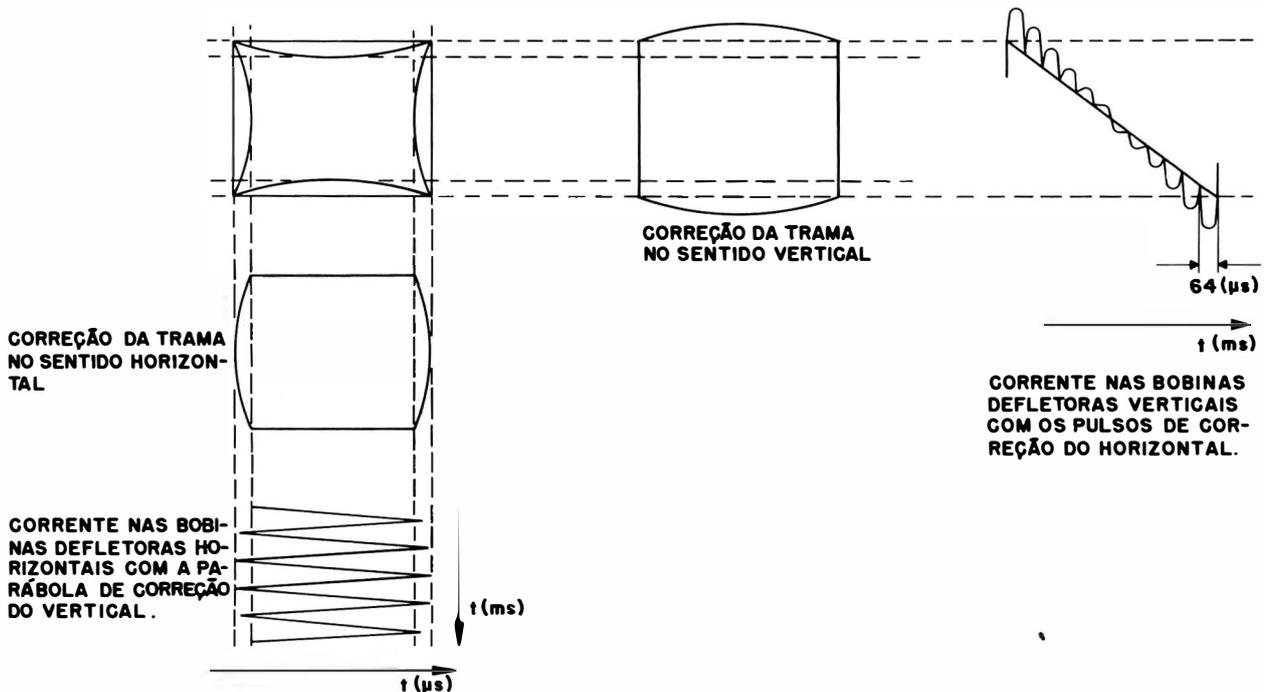


Fig. 4-34. Correção do efeito almofada e formas de onda de corrente.

mente concentrados no plano de deflexão, conforme será visto na seção 5-3.

O efeito almofada deve ser compensado por meio das correntes de deflexão com alterações apropriadas. A fig. 4-34 mostra a trama distorcida, bem como a correção necessária. Esta correção pode ser obtida se as correntes de deflexão horizontal e vertical forem reduzidas no início e fim de varredura, e aumentadas na parte correspondente ao centro da tela. A corrente de deflexão horizontal deve ser influenciada pela corrente de deflexão vertical e vice-versa; em ambos os casos, a compensação requer uma corrente em forma de parábola.

A influência mútua entre as correntes é conseguida por meio de um transformador especial chamado transductor. Seu princípio de funcionamento é baseado na variação da indutância dos enrolamentos por meio da

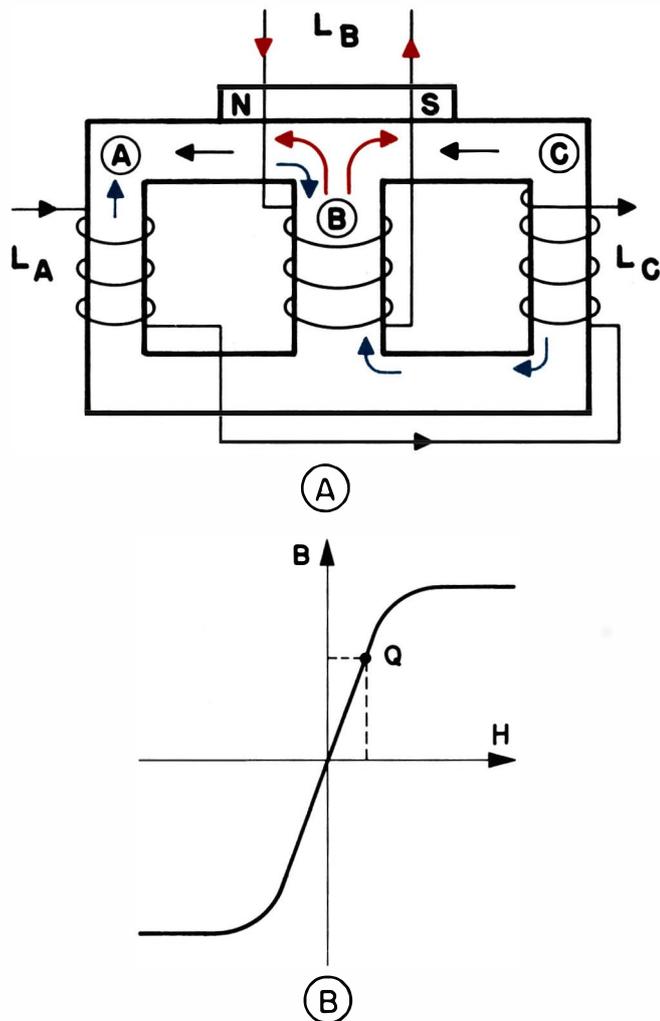


Fig. 4-35. O "Transductor" distribuição esquemática das linhas de campo (A) Curva de Histerese (B).

magnetização do núcleo, aproveitando-se da parte não linear da curva de histerese mostrada na fig. 4-35B. A permeabilidade do núcleo é variada por meio das correntes dente de serra horizontal e vertical as quais, integradas, são transformadas em parábolas. Quanto menor fôr a saturação do núcleo, maior será a permeabilidade e, conseqüentemente, maior a indutância.

O transdutor possui dois enrolamentos: um de comando e outro de trabalho. A fim de evitar efeito de transformador, o enrolamento de trabalho é dividido em dois ramos separados de um núcleo tipo E (A e C), com fluxos em sentidos opostos que se cancelam no ramo central (B), fig. 4-35A. Desta maneira, nenhuma tensão é induzida no enrolamento de comando. Um ímã permanente polariza o núcleo do transdutor no ponto Q da curva de histerese, devido ao fluxo permanente na direção indicada pela flecha preta. No momento em que a corrente de deflexão horizontal passa através da bobina de trabalho (A e C), é produzido o fluxo indicado pela flecha azul, que se subtrai do causado pelo ímã permanente. Quando a corrente circular na direção oposta, os dois fluxos se somam. No ramo do centro (B) não haverá fluxo gerado pela corrente de deflexão horizontal, devido ao cancelamento dos fluxos opostos.

Introduzindo-se agora uma corrente no enrolamento vertical (B), é induzido um fluxo indicado pelas flechas vermelhas, o qual se soma ao fluxo no enrolamento C e se subtrai do fluxo no enrolamento A. No caso de corrente oposta, este fluxo se subtrai ao do enrolamento C e soma-se ao do enrolamento A. Devido à não linearidade da curva de histerese, o aumento do fluxo num dos ramos é menor do que a redução no outro, e o fluxo resultante no ramo B contém agora uma componente gerada pela corrente de deflexão horizontal, modulando a corrente de deflexão vertical.

Semelhantemente, a impedância do enrolamento horizontal é variada pelo fluxo gerado pelo enrolamento vertical. Quanto maior fôr a corrente neste, maior o fluxo e, conseqüentemente, menor a permeabilidade num dos ramos (A ou C) e maior no outro. A diminuição na indutância do enrolamento com aumento de fluxo é, entretanto, menor do que o aumento de indutância no enrolamento com o fluxo diminuído, resultando num aumento da indutância total.

No centro da tela a corrente de deflexão vertical passa por zero, provocando a diminuição da indutância dos enrolamentos mencionados, que resulta numa cor-

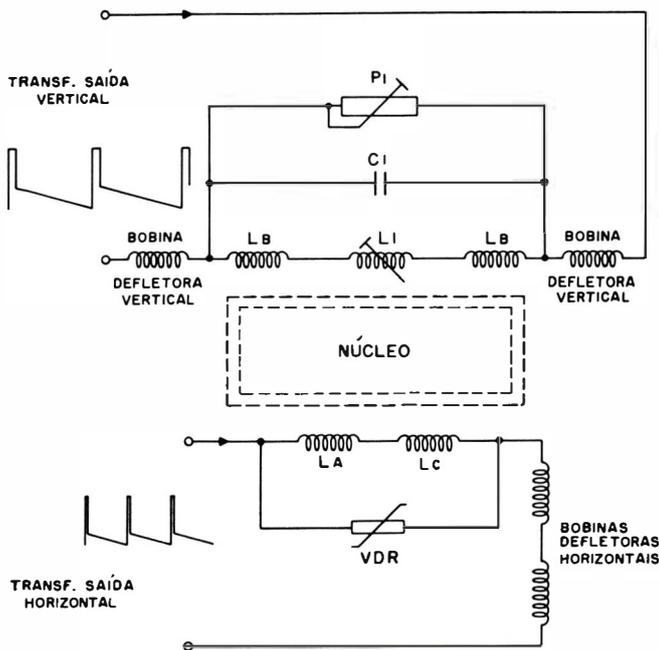


Fig. 4-36. Ligação do Transductor às bobinas defletoras.

rente maior de deflexão horizontal neste ponto.

A fig. 4-36 mostra como o transductor é ligado em série com as bobinas defletoras. O VDR ligado em paralelo com o enrolamento horizontal amortece-o durante os pulsos de retraço do horizontal (picos elevados de tensão), evitando que sejam induzidos nos enrolamentos verticais, e causem perda de entrelaçamento.

O conjunto formado pelo capacitor C1 e as bobinas L1 e LB é sintonizado na frequência horizontal (15.734 Hz) e comporta-se como uma resistência alta para a tensão de correção horizontal. Com a mudança da sintonia da bobina L1 este circuito torna-se capacitivo ou

indutivo, defasando a corrente de correção. Desta maneira, é possível o ajuste da amplitude zero da parábola no ponto correspondente ao centro da tela.

Outras versões de transdutores usam o enrolamento horizontal em paralelo com a bobina defletora, e funcionam baseados nos mesmos princípios.

4-13. FONTE DE ALIMENTAÇÃO E DESMAGNETIZAÇÃO AUTOMÁTICA

O circuito de fonte de um TV a côres é semelhante aos usados nos televisores em preto e branco; deverá, como aquê, fornecer as tensões de + B e - B e as tensões de filamento para o TRC e as válvulas. A potência consumida pelo aparelho é em geral mais elevada, sendo da ordem de 300 W nos modelos maiores. Para obtenção do +B são usados dobradores de tensão ou circuitos em ponte. O enrolamento de filamento do TRC é em geral separado e polarizado com uma tensão positiva, para manter a tensão entre o filamento e o catodo dentro dos limites especificados.

Nos aparelhos modernos é usado um sistema de desmagnetização automática. Uma bobina de desmagnetização é fixada à blindagem do TRC (cobertura metálica montada sôbre o cone do tubo), de maneira a produzir, durante um curto intervalo de tempo, um campo magnético intenso que decresce gradativamente durante o período de aquecimento do aparelho. Desta maneira são neutralizadas as possíveis magnetizações da blindagem, máscara de sombra e das outras partes metálicas do TRC. A fig. 4-37A mostra o circuito básico do desmagnetizador automático. I_1 é a corrente a ser retificada para obtenção da tensão +B. Esta corrente percorre dois caminhos: A) através de um resistor com coeficiente de temperatura negativo (NTC), ou seja, maior a temperatura do resistor, menor sua resis-

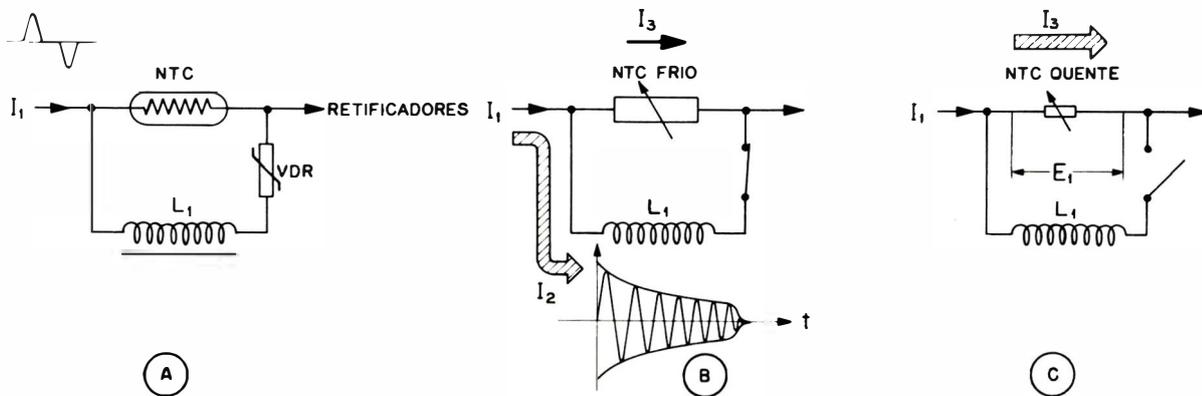


Fig. 4-37. Circuito de desmagnetização automática (A) inicialmente com NTC frio (B) em regime normal com NTC quente (C).

tência; B) através da bobina de desmagnetização L1 e do VRD (êste resistor diminui a sua resistência à medida em que a tensão nêle aplicada aumenta). No momento em que o aparelho é ligado, a temperatura do NTC é igual à do ambiente, com uma resistência de aproximadamente 150 ohms; praticamente tôda a tensão de rêde está aplicada sôbre êle. Êste valor é muito mais elevado do que a resistência da bobina L1 em série com o VDR, e praticamente tôda a corrente I_1 passa pela bobina L1 (I_2), fig. 4-37B. A pequena corrente I_3 aquece o NTC, diminuindo sua resistência. Isto provoca um aumento de I_3 e diminuição de I_2 . A temperatura do NTC vai aumentar até atingir a temperatura máxima, quando a resistência do NTC cai a 4 ohms aproximadamente, mais baixa do que a resistência de L1 e do VDR. A pequena tensão E_1 no NTC, que causaria interferência no cinescópio, é menor que a tensão de joelho do VDR, o que significa que sua resistência aumenta consideravelmente, representando uma chave aberta (fig. 4-37C.) Dessa maneira, nenhuma corrente passa pela bobina L1 quando o aparelho entra em funcionamento normal. Apenas depois de decor-

rido tempo suficiente para resfriar o NTC (aproximadamente 5 minutos após o aparelho ter sido desligado), o circuito estará novamente pronto para efetuar uma nova desmagnetização.

A fig. 4-38 mostra um circuito de fonte usado num televisor Philco. O transformador TR1 permite a adaptação do aparelho para várias tensões de rêde, e fornece a tensão necessária a ser retificada para obtenção da tensão de +B. Um dos enrolamentos fornece a tensão de alimentação dos filamentos das válvulas. Outro, com o potencial de +160 volts (aplicado através do resistor R1), fornece a corrente de filamento para o TRC (FF). Uma fonte de baixa tensão constituída de D1, C1, L2 e C2 alimenta os circuitos transistorizados. A ponte, composta de D2, D3, D4 e D5, é alimentada através do circuito de desmagnetização composto do NTC, L1 e o VDR, a fim de se obter a tensão de +B, que é filtrada pelo capacitor eletrolítico C4, a bobina L3 e o capacitor eletrolítico C5.

A alimentação dos diversos estágios é separada por meio de filtros RC, a fim de evitar interferências mútuas e baixar as tensões a valores convenientes.

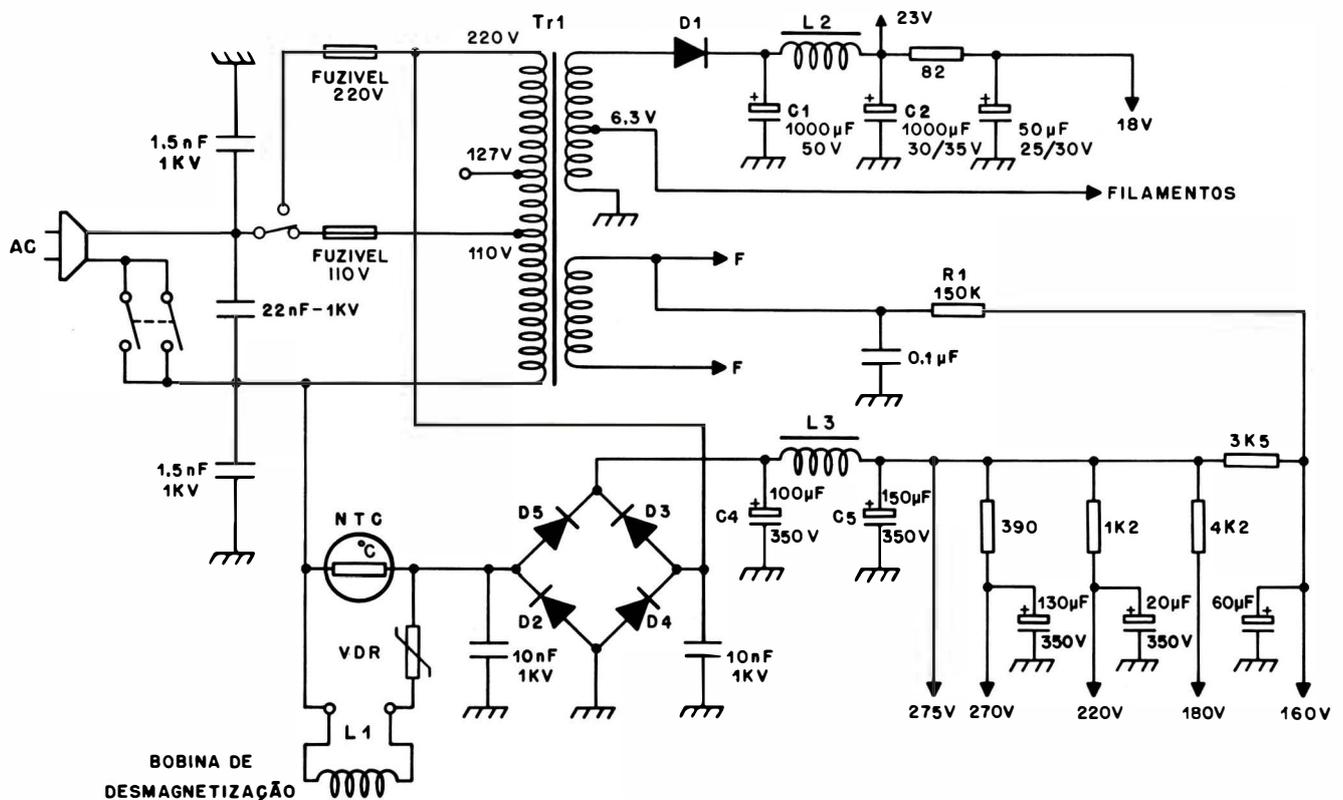


Fig. 4-38. Fonte de alimentação.

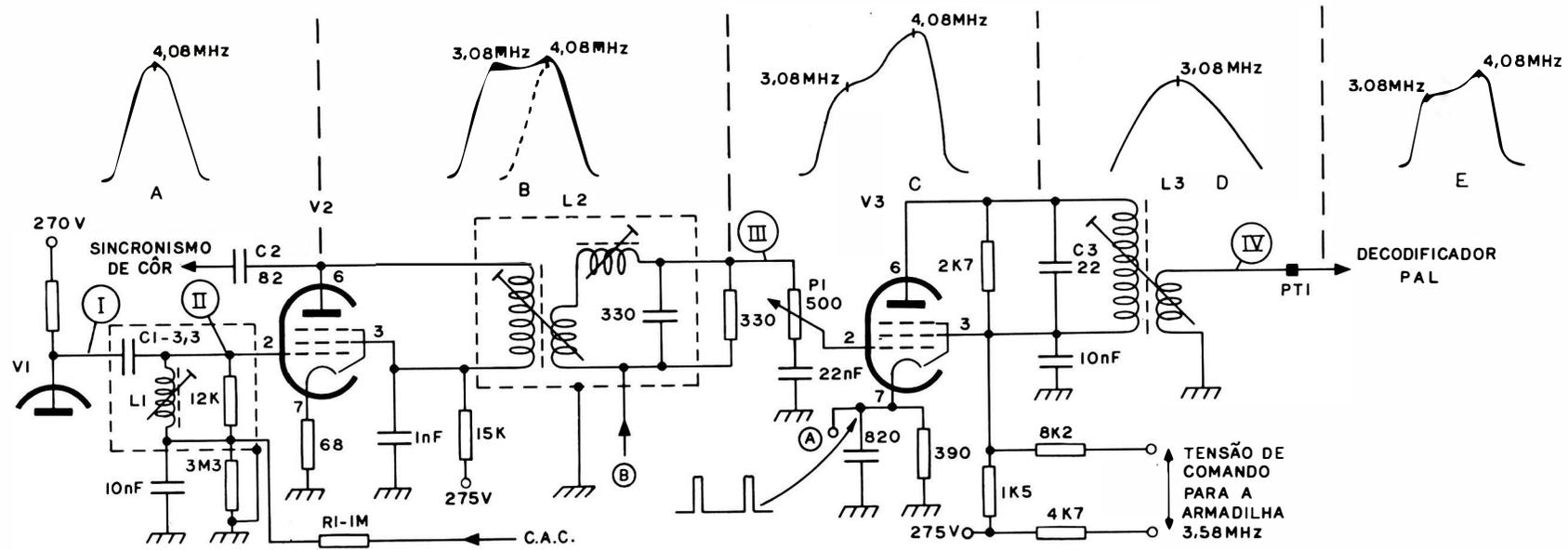


Fig. 4-39. Amplificador de croma e curvas de resposta interestágios.

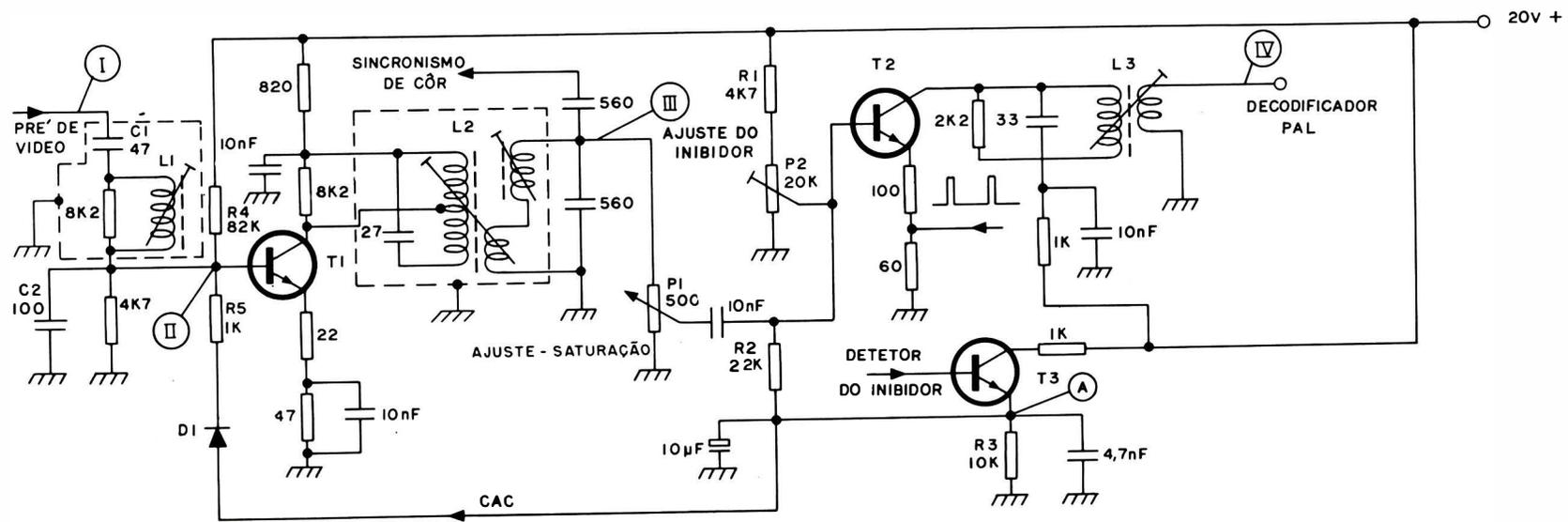


Fig. 4-40. Amplificador de croma e estágio inibidor (versão transistorizada).

4-14. ESTÁGIOS DE CÔR

Nas seções anteriores foram descritos todos os circuitos necessários para reproduzir uma imagem em preto e branco. O sinal de luminância é aplicado ao catodo do cinescópio, reproduzindo 3 imagens coloridas (uma vermelha, a outra verde e a terceira azul) sobrepostas, criando a impressão de uma imagem em preto e branco. Para reproduzir cores nesta imagem, é necessário a introdução de um sinal diferença de cor (R-Y), (G-Y) ou (B-Y). A informação de cor é separada no pré-amplificador de luminância. Depois de amplificado e demodulado, este sinal é dividido em três sinais diferença de cor, que são aplicados às grades do cinescópio. O pré-amplificador de vídeo processa também a informação de luminância, o sinal de sincronismo de cor e os pulsos de sincronismo (fig. 4-39I) e na saída do amplificador passa-faixa aparece apenas o sinal com a informação de cor (fig. 4-39III).

4-15. AMPLIFICADOR DE CROMINÂNCIA

A fig. 4-39 mostra um amplificador de crominância, no qual o sinal de luminância é bloqueado pelo circuito C1 e L1, que é sintonizado em 4,08 MHz, formando assim o primeiro pólo do amplificador de crominância, curva A. A fig. 4-39II mostra o sinal na grade da válvula V2. Observe que o nível de luminância foi removido. A resposta em frequência do circuito de entrada é mostrada em A na fig. 4-39. No anodo da válvula encontra-se a bobina L2 com dupla sintonia, produzindo a curva de resposta B, mostrada na fig. 4-39. Esta curva de resposta, em conjunto com a curva A de en-

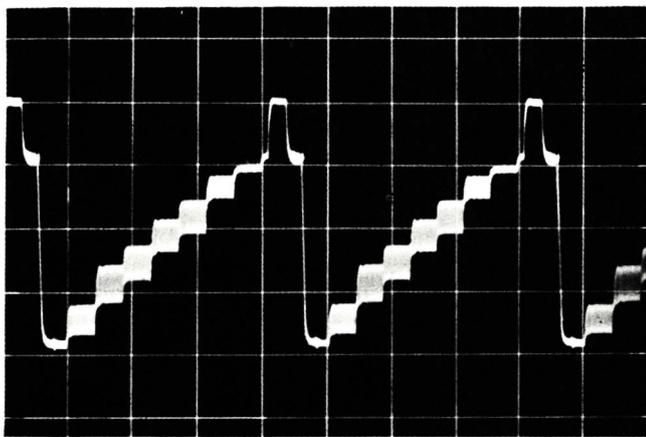


Fig. 4-39I|4-40I

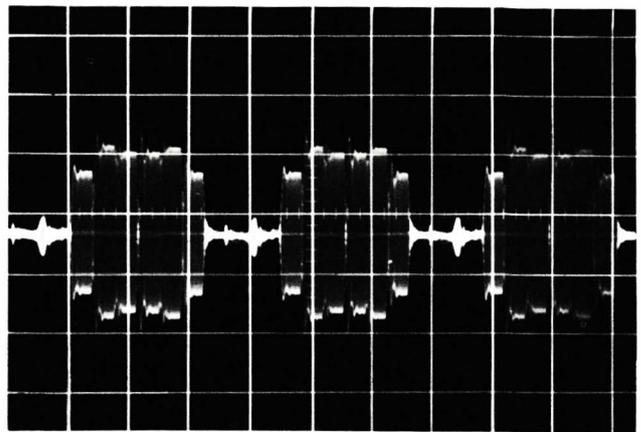


Fig. 4-39II|4-40II

trada, produz a forma resultante mostrada em C.

O sinal de sincronismo de cor, usado para recuperar no receptor a sub-portadora de cor, é retirado através de um capacitor C2 no anodo de V2. Os estágios referentes ao sincronismo de cor serão tratados na seção 4-20 deste capítulo. No secundário da bobina L2 encontra-se o potenciômetro de saturação P1, que permite o ajuste da amplitude do sinal de crominância e está situado no painel de controle, acessível ao usuário. Através de R1 e L1, a tensão do controle automático de cor (CAC) proveniente do detector do inibidor é aplicada à grade de V2. Esta tensão controla o ganho deste estágio, obtendo-se desta maneira um nível de saída constante, independente do ajuste do oscilador local, prevenindo também possíveis sobrecargas nos estágios seguintes.

A fig. 4-39III mostra o sinal no tópo do potenciômetro P1. Através do cursor deste potenciômetro, o sinal é aplicado ao 2º estágio amplificador de crominância para:

- 1) amplificar o sinal da sub-portadora de cor a um nível conveniente para ser decodificado
- 2) fornecer o último pólo a fim de obter a resposta em frequência desejada
- 3) remover o sinal de sincronismo de cor, para permitir a restauração do seu nível CC
- 4) cortar completamente o amplificador de crominância durante a recepção em preto e branco.

Através da sintonia da bobina L3 em conjunto com o capacitor C3, obtém-se a resposta em frequência D,

na fig. 4-39. A resposta total do amplificador de crominância, desde L1 até a saída no ponto de teste PT1, é mostrada na curva E. A inclinação observada nesta curva compensa a atenuação correspondente ao lado de 4,08 MHz, que é produzida pelos estágios amplificadores de FI de vídeo, resultando numa resposta plana, quando medida desde os terminais de antena.

Durante a presença do sinal de sincronismo de côm, pulsos positivos provenientes do apagador são aplicados ao catodo da válvula V3, ponto A. Dêste modo, V3 é cortada durante êstes períodos, eliminando o sinal de BURST, como é ilustrado na fig. 4-39IV.

Durante a recepção em prêto e branco, uma tensão negativa de aproximadamente 20 volts proveniente do inibidor é aplicada à grade da válvula V3, ponto B, através do potenciômetro P1, cortando-a completamente. Dessa maneira, nenhum ruído ou componentes de alta frequência do sinal de luminância chega às saídas de diferença de côm.

A fig. 4-40 mostra um amplificador de crominância transistorizado de um aparelho Philco, o qual desempenha as mesmas funções descritas acima. C1 em conjunto com L1 e C2 formam o primeiro pólo. No coletor de T1 se encontra também um filtro com dupla sintonia, produzindo a resposta mostrada na fig. 4-39, curva B. Através do diodo D1 é aplicado o CAC vindo do estágio inibidor. Quanto menor fôr a tensão positiva, menor será a corrente no transistor e maior o seu ganho.

O sinal de sincronismo de côm é retirado no secundário da bobina de coletor, onde também é ligado o potenciômetro de saturação P1. Através dêste, o sinal da sub-portadora de côm é aplicado ao 2º amplificador

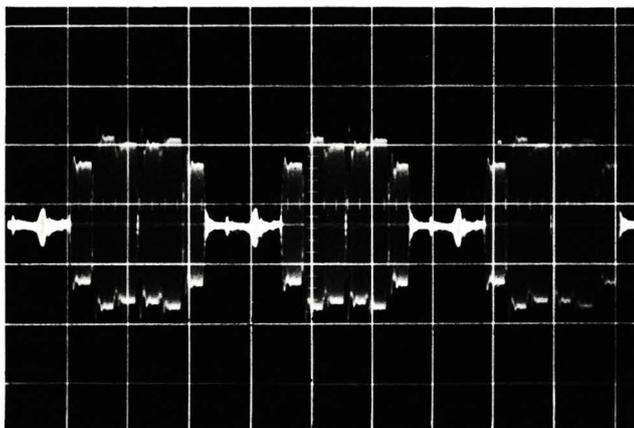


Fig. 4-39III/4-40III

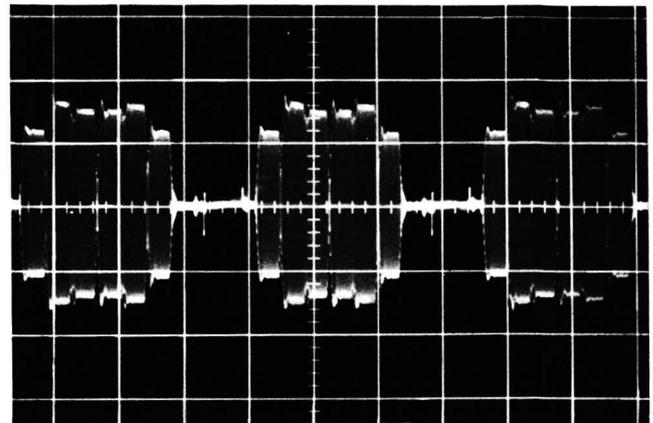


Fig. 4-39IV/4-40IV

de crominância. Da mesma forma que na versão valvular, o sinal de sincronismo de côm é eliminado por meio de um pulso positivo proveniente do apagador, aplicado ao emissor de T2.

Durante a recepção em prêto e branco, T3 não conduz. P2, R1, R2 e R3 formam o divisor de polarização de base para T2. A tensão neste caso é muito baixa, cortando T2. O diodo D1 é necessário para impedir que T2 seja polarizado através de R4 e R5. Apenas durante a transmissão em côres T3 conduz, fornecendo uma tensão positiva no ponto A, que permite o funcionamento de T2. No secundário de L3 obtém-se a mesma resposta em frequência e o mesmo sinal da sub-portadora de côm, como já fôra descrito para o circuito valvular (fig. 4-40IV).

Nos oscilogramas das figs. 4-39 e 4-40, apenas a forma de onda do sinal de côm pode ser visualizada. Com o auxílio de um vetorscópio, é possível uma representação simultânea da amplitude e fase relativa dos sinais representando cada uma das côres, perdendo-se contudo a informação a respeito da seqüência das barras.

A fig. 4-39V/4-40V mostra a imagem obtida na tela do vetorscópio correspondente à seqüência de barras coloridas em duas linhas consecutivas. Nela estão indicados:

- 1 - os dois eixos de coordenadas U e V
- 2 - a circunferência externa com divisões de 10° e subdivisões de 2°
- 3 - doze quadriláteros designados por letras maiúsculas correspondentes às linhas com informação C e letras

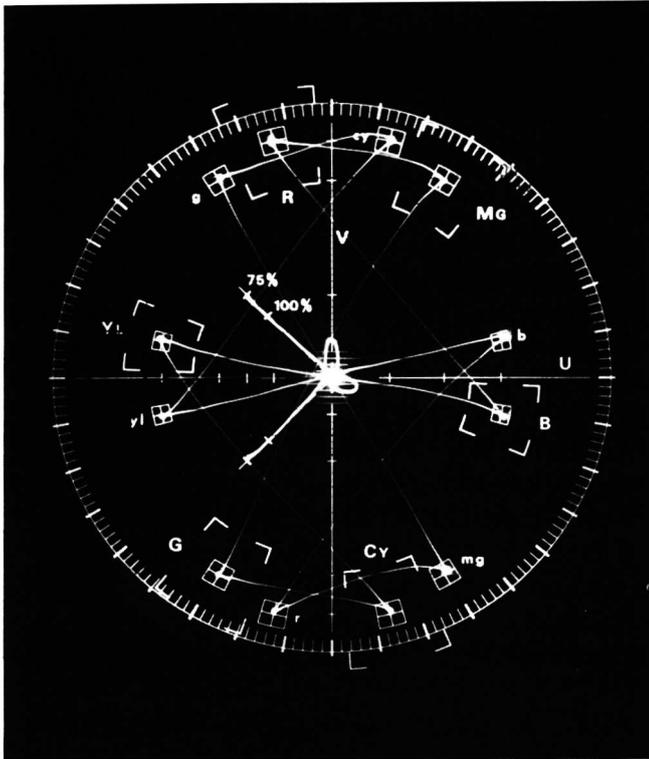


Fig. 4-39V/4-40V

minúsculas, correspondentes às linhas com informação C*. Estas letras são abreviações em inglês do nome das côres representadas. Os quadriláteros circunscvem tolerâncias de $\pm 3^\circ$ de fase e $\pm 5\%$ de amplitude. As áreas maiores, limitadas por cantoneiras, referem-se a tolerâncias de $\pm 10^\circ$ e $\pm 20\%$

4 - duas linhas brilhantes à esquerda, em tórno do eixo U, indicam as referências em $+135^\circ$ e -135° , correspondentes ao sinal de sincronismo de côr.

Observe que no momento só estão interessando os pontos brilhantes dentro dos pequenos quadriláteros. As linhas interligando êstes pontos dão informação a respeito dos transitórios na passagem de uma côr para outra. Dêste oscilograma, pode-se obter as seguintes informações:

- 1 - a distância de cada um dos pontos ao centro da circunferência indica a saturação da côr representada, ou seja, a amplitude do sinal correspondente
- 2 - o ângulo determinado pela reta ligando o ponto ao centro da circunferência e o eixo U indica o matiz da côr, ou seja, a fase relativa do sinal correspondente.

4-16. MATRIZ U E V

Para contornar os problemas de distorção de fase que ocorrem no caminho percorrido pelo sinal, da câmara de TV até o receptor, foi introduzida uma alternância de fase linha a linha da sub-portadora de côr (codificação PAL). Portanto, para reproduzir o sinal original é necessário uma decodificação. Um sinal de crominância apresenta distorção de fase quando o ângulo do vetor representando o sinal C fica adiantado ou atrasado com relação ao sincronismo de côr, durante qualquer etapa do processo de geração, transmissão e recepção de imagem. A fig. 4-41A mostra um exemplo de adiantamento e atraso de fase. Quando todos os vetores representativos da informação e sincronismo de côr giram com o mesmo ângulo (fig. 4-41B), não há variação da informação em si; haverá neste caso uma correção automática do oscilador de referência.

A decodificação referida anteriormente requer uma separação dos componentes U e V (transformando erros de fase em ligeira redução de saturação) e a reinversão do componente V, conforme foi ilustrado esquematicamente nas figs. 3-36 e 3-37 da seção 3-4, referentes ao funcionamento do circuito. Para esta decodificação é usada uma linha de retardo que "memoriza", durante um período horizontal a informação injetada na entrada, atrasando-a de $63 \mu\text{seg}$, antes de entregá-la à saída.

Desta maneira, duas linhas consecutivas podem ser comparadas, somando-se e subtraindo-se uma da outra. Através do divisor de fase na saída da linha, obtemos dois sinais, um em fase e o outro 180° defasado em relação ao sinal de entrada. A fig. 4-42 mostra em detalhes como são conseguidas a soma e a subtração dos sinais na saída da linha. Primeiro vamos considerar somente a tensão E_1 aparecendo na saída da linha de retardo,

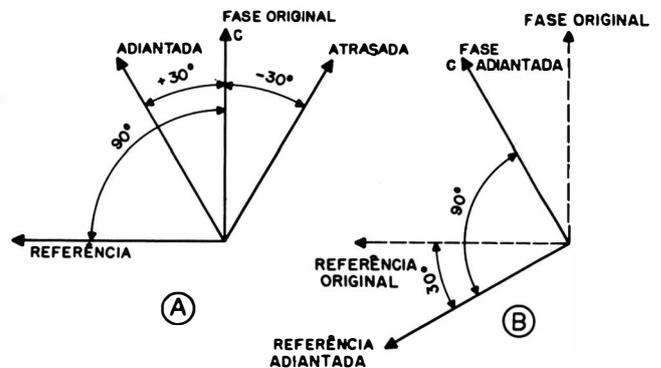


Fig. 4-41. Exemplo de uma distorção de fase (A) rotação de fase do sinal original e referência (B).

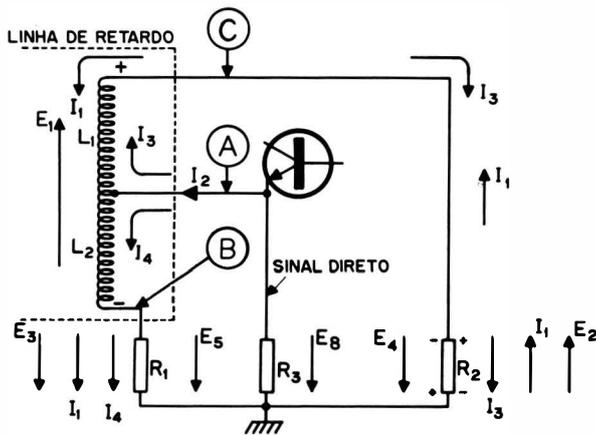


Fig. 4-42. Soma e subtração na saída da linha.

entre os pontos B e C. Assumimos uma tensão positiva no ponto C em relação ao ponto B. Esta tensão provoca uma corrente I_1 , através do resistor R1 para a massa, e desta através do resistor R2 para o ponto C, retornando em seguida para o ponto B. Essa corrente resulta numa tensão negativa E_3 no resistor R1 e uma tensão positiva E_2 no resistor R2, em relação à massa. Agora introduzimos uma tensão negativa E_8 direta no resistor R3. Esta provoca uma corrente I_2 , que se divide no tap do transformador em duas correntes: I_3 , circulando através do enrolamento L1 do transformador para o resistor R2, e I_4 , através do enrolamento L2 para o resistor R1, respectivamente. I_3 e I_4 resultam em tensões negativas nas duas resistências, ou seja, E_5 e E_4 . Pode-se ver que no resistor R1, I_1 e I_4 circulam na mesma direção; portanto, as tensões resultantes se somam:

$$E_3 + E_5 = E_7$$

Do outro lado, I_1 e I_3 circulam em R2 em sentidos opostos e as tensões resultantes se subtraem:

$$E_2 - E_4 = E_6$$

A separação descrita por meio de vetores no capítulo 3, fig. 3-36, pode ser representada também por meio de superposição de formas de ondas senoidais. A fig. 4-43 mostra como são obtidos os componentes u e v .

Em A são mostrados os componentes u e v , 90° defasados, a partir dos quais é formado o sinal resultante C das linhas Li 101 e Li 103. Também é mostrado o componente v' , 180° defasado em relação ao componente v , formando com u o sinal C* das linhas Li 102 e Li 104.

Em B são mostradas estas resultantes tal como são recebidas e aplicadas à linha de retardo, a fim de serem

decodificadas.

Em C é mostrada a resultante da soma do sinal da linha Li 101, atrasado de $63,5 \mu\text{seg}$, porém em fase com o sinal de entrada (E_3 na fig. 4-42), com o sinal de Li 102 direto (E_5 na fig. 4-42), resultando no sinal $2u$ no resistor R1.

Em D é mostrada a relação do sinal de Li 101, atrasado $63,5 \mu\text{seg}$ e 180° defasado em relação ao sinal da entrada (E_2 na fig. 4-42), com o sinal de Li 102 direto (E_4 na fig. 4-42), a fim de se subtrair um do outro. A resultante é mostrada em E e corresponde a $2v'$ no resistor R2.

Se considerarmos agora as linhas Li 102 e Li 103, a primeira passando através da linha de retardo e a segunda direta, sabendo-se que no resistor R1 da fig. 4-42 irá aparecer a soma dos sinais das duas, podemos verificar que a fig. C continua válida, resultando no sinal $2u$.

Entretanto, em R2 teremos as relações de sinais mostradas em F, onde Li 103 é direto e Li 102 passa através da linha de retardo, 180° defasado em relação ao sinal de entrada. Isto resulta no sinal $2v$ em R2, conforme é mostrado em G. Pode-se ver que o componente v aparece invertido linha a linha, e o componente u permanece sempre na mesma fase, conforme já foi discutido no capítulo 3.

4-17. LINHA DE RETARDO DE CROMINÂNCIA

Esta linha de retardo retém o sinal da sub-portadora por $63,5 \mu\text{seg}$. Para conseguir um atraso com esta duração, o sinal elétrico é transformado em vibrações mecânicas de alta frequência num bloco de vidro. A velocidade de propagação das vibrações neste meio é mais baixa do que a das ondas elétricas através de um condutor. Essa transformação é feita por meio de transdutores piezelétricos semelhantes a uma cápsula de toca-discos ligados ao bloco de vidro.

Um sinal elétrico aplicado a este elemento desenvolve uma oscilação mecânica, a qual se propaga através do corpo de vidro, durante um intervalo de tempo bem determinado, no caso, de $63,485 \mu\text{seg}$. Este intervalo de tempo depende basicamente da velocidade de propagação do sinal no vidro e do comprimento do corpo de vidro. Na outra extremidade da linha está situado um outro elemento piezelétrico, idêntico ao da entrada, o qual transforma as vibrações mecânicas novamente em ondas elétricas (fig. 4-44A). Para reduzir as dimensões mecânicas usam-se linhas de reflexões múltiplas (fig. 4-44B). A distância percorrida pelo sinal é a mesma, porém nesse caso ele é refletido várias vezes nas paredes, até chegar à saída. Com este arranjo é possível

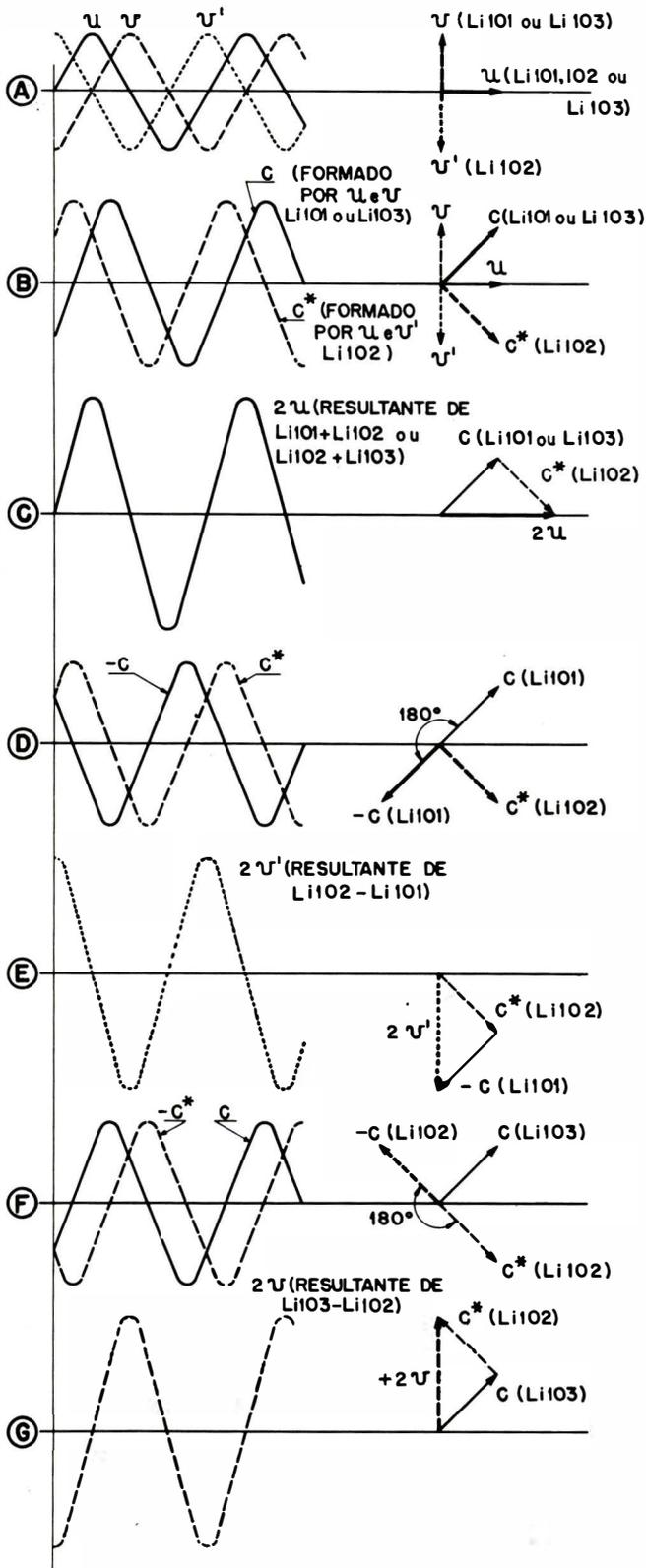


Fig. 4-43. Decodificação dos sinais U e V .

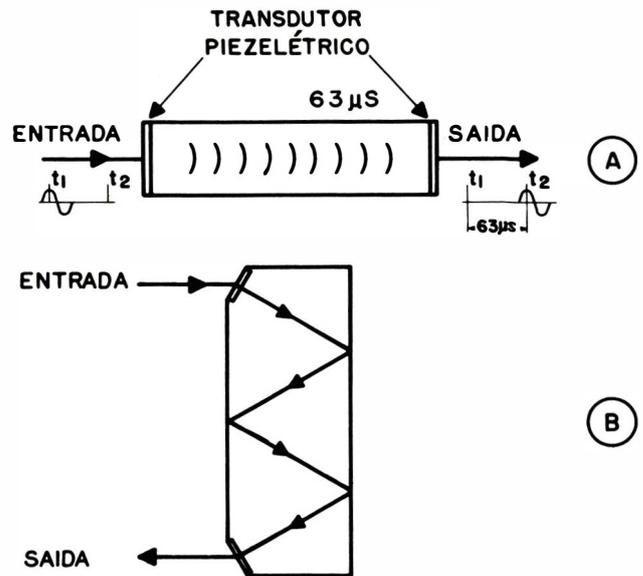


Fig. 4-44. Desenho simplificado da linha de retardo de crominância sem reflexão (A), com reflexões (B).

um ajuste final do tempo de retardo, mesmo após a montagem das terminações, lixando-se as paredes nas quais as ondas se refletem e encurtando desta maneira o caminho percorrido. A linha de atraso introduz uma atenuação no sinal, da ordem de aproximadamente 10 dB, e deve apresentar uma resposta plana na faixa de frequências mínima de 1,8 MHz.

A fig. 4-45 mostra um circuito decodificador PAL usado num TV Philco. A sub-portadora de côr, após passar pelo amplificador de crominância, é aplicada à base de T1. O sinal no coletor de T1 excita a linha de atraso. No emissor o mesmo sinal, porém 180° defasado, é aplicado à saída da linha de atraso através de C1 e R1, a fim de ser somado e subtraído com o sinal atrasado, o qual aparece na saída simultaneamente.

Para a perfeita separação dos componentes U e V é necessário que os dois sinais a serem somados sejam idênticos em amplitude e apresentem a relação de fase correta (0° ou 180°). P1 varia a amplitude, tanto do sinal direto como do sinal do coletor a ser atrasado. Se o potenciômetro estiver em curto, a amplitude do sinal direto diminui; no coletor o efeito é oposto, devido à menor realimentação no emissor. Se o potenciômetro P1 for ajustado para resistência máxima, aumenta o sinal no emissor e diminui o do coletor. Desta maneira, é possível ajustar os sinais na saída da linha para a mesma amplitude. Os transformadores na entrada e saída das linhas L1 e L2 respectivamente, permitem a adaptação das suas impedâncias de entrada e de saída

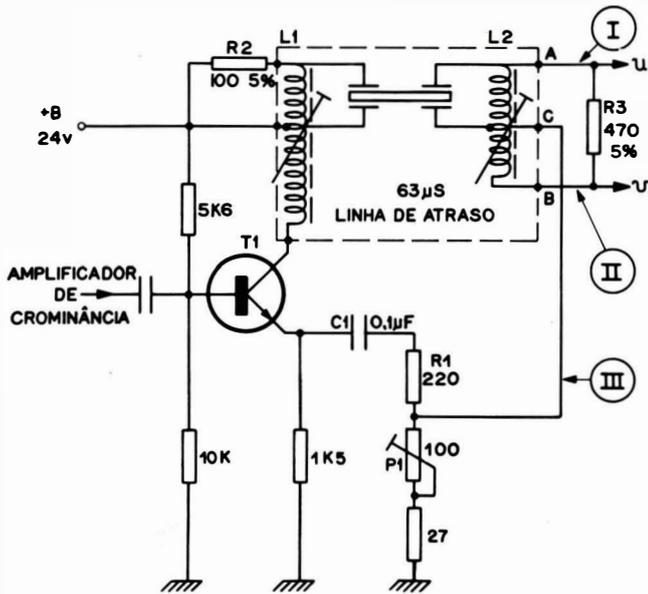


Fig. 4-45. Circuito associado à linha de retardo.

com o circuito, além de fornecerem o sinal em fases opostas e compensarem as capacidades dos elementos piezelétricos. O ajuste desses transformadores varia a fase do sinal atrasado, de forma a se conseguir a necessária relação de fase entre os dois sinais. Para esses ajustes consulte o capítulo 7.

Os valores das resistências de terminação da linha de atraso R2 e R3 são muito críticos. Uma linha mal terminada provoca reflexões indesejáveis, produzindo na tela do TRC barras de "HANNOVER" ou "efeito veneziana". No terminal A aparece o sinal U (fig. 4-45I) e no terminal B o sinal V (fig. 4-45II).

Para fins de comparação, o ponto C (fig. 4-45III) mostra o sinal direto. Lembrar que o sinal U tem fase relativa de 0° e o sinal V de 90° . Vide apêndice Formação do Sinal Composto CIPS.

4-18. INVERSOR $V V'$

Como já foi mencionado, é necessária a reinversão do componente V' para possibilitar a demodulação correta. Convém mencionar que existem duas maneiras de conseguirmos isso:

- A) reinvertendo o sinal V'
- B) invertendo o sinal do oscilador de referência para o demodulador V .

A fig. 4-46 mostra um circuito inversor $V V'$. Os sinais V e V' são aplicados à base de T1 e aparecem no resistor do coletor (R1 e P1) e no resistor do emissor R3. A fase do sinal no emissor é igual à do sinal na entrada,

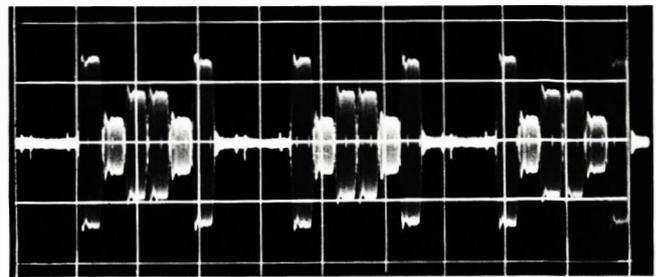


Fig. 4-45 I

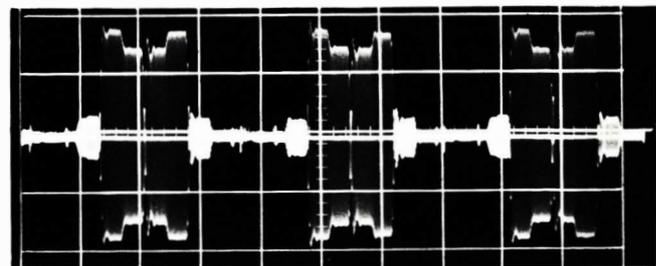


Fig. 4-45 II

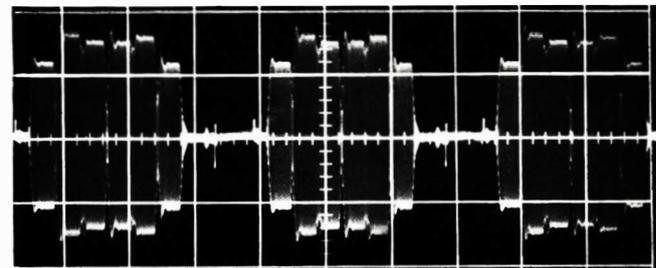


Fig. 4-45 III

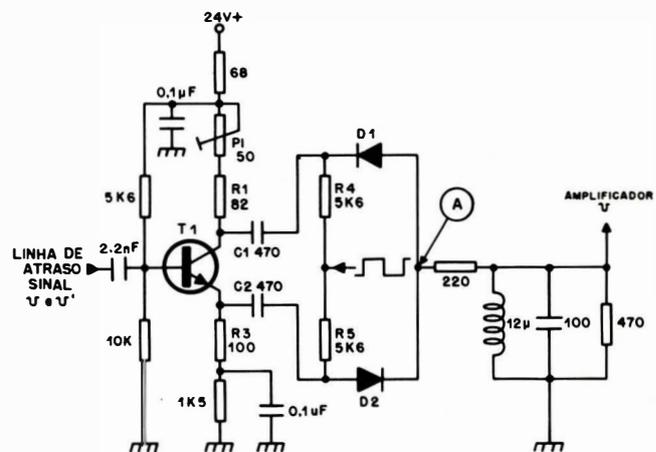


Fig. 4-46. Circuito inversor $V V'$

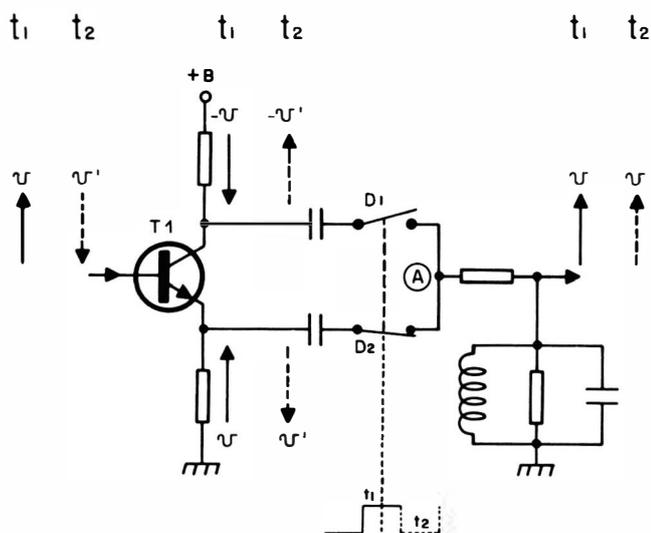


Fig. 4-47. Circuito equivalente do inversor v v' .

e a do coletor é oposta. O potenciômetro P1 permite igualar as duas amplitudes. Através de C1 e C2 êsses sinais são aplicados aos diodos D1 e D2, respectivamente.

Os diodos trabalham como chaves, ora um, ora outro aberto, conforme a fig. 4-47. O estágio de comutação (flip-flop) fornece uma tensão retangular de chaveamento sincronizado, através de R4 e R5. O sinal com forma de onda retangular, quando positivo (instante t_1), polariza o diodo D2 no sentido direto e corta o diodo D1, ligando dessa maneira o sinal não invertido ao ponto A (quando v é alimentado à base). Durante o ciclo negativo (instante t_2) o diodo D1 conduz e D2 corta, ligando o sinal invertido ao ponto A (quando v' é alimentado à base). Dessa maneira, v' é reinvertido e fornecido para a saída. Se o sinal de comando não fôr sincronizado, pode ocorrer a inversão do componente v , mantendo v' direto e provocando côres complementares na tela, ou seja, turquesa no lugar de amarelo, etc.

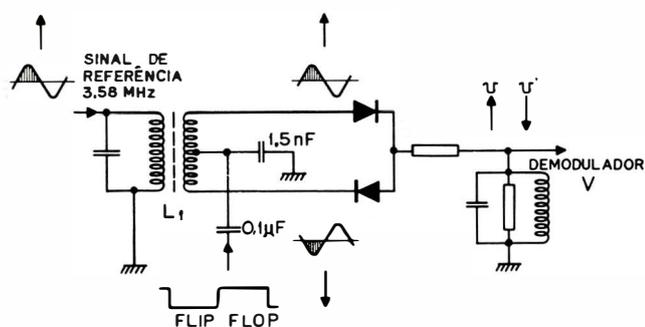


Fig. 4-48. Circuito inversor associado ao oscilador de referência.

A fig. 4-48 mostra uma versão de circuito inversor, na qual o sinal do oscilador de referência é invertido. O sinal de referência de 3,58 MHz é aplicado a um transformador, obtendo-se dois sinais com fases opostas nos secundários. Através do terminal central é aplicada a tensão de chaveamento que comanda os dois diodos convenientemente. Na bobina L1 são obtidos os sinais de referência para as linhas v e v' defasados entre si de 180° . Quando o componente v' é aplicado ao demodulador o sinal demodulado é invertido.

4-19. AMPLIFICADORES u E v

Conforme já mencionado, a linha de atraso deve ser terminada conforme o valor de resistência especificado. Quando a impedância de entrada dos demoduladores é baixa ou varia com o sinal aplicado, de modo geral não são ligados diretamente às saídas da linha de atraso. Neste caso o acoplamento é feito através de amplificadores u e v , com a impedância de entrada relativamente alta e constante. Êstes, além de providenciar o acoplamento adequado, compensam a atenuação da linha de atraso e restabelecem os níveis relativos corretos entre os dois sinais, conforme foi descrito no sumário da transmissão e recepção, na seção 3-4, onde foi mencionado que êstes dois componentes, antes de formarem a resultante C, foram atenuados com fatores diferentes, 0,493 para U e 0,877 para V. Nas saídas u e v do decodificador essa diferença ainda existe, mas pode ser corrigida facilmente, fazendo os ganhos dos dois amplificadores diferentes, ou seja, ganho maior para o amplificador u (que foi mais atenuado) e ganho menor para o amplificador v (que foi menos atenuado). Note bem que apenas o ajuste das amplitudes relativas interessa nesse caso, pois a relação entre os sinais de luminância e de crominância depende dos ajustes de contraste (variando Y) e de saturação (variando C). Dêste modo, o amplificador u deve ter um ganho de:

$$\frac{0,877}{0,493} = 1,78 \text{ v\u00eazes maior do que o amplificador } v.$$

A fig. 4-49 mostra os amplificadores u e v . Os resistores R1, R2 e R3, R4 formam o divisor de polarização de base; R5 e R6 são os resistores de polarização de emissor, para fins de estabilização do ponto de trabalho dos transistores. Os emissores são desacoplados parcialmente pelo R7 em s\u00e9rie com C1, e R8 em s\u00e9rie com C2. Os capacitores C1 e C2 representam curto-circuito para a frequ\u00eancia de 3,58 MHz. D\u00eas\u00e9 modo, para o sinal de 3,58 MHz, os amplificadores t\u00eam as resist\u00eancias de emissor equivalentes \u00e0 combina\u00e7\u00e3o paralela de

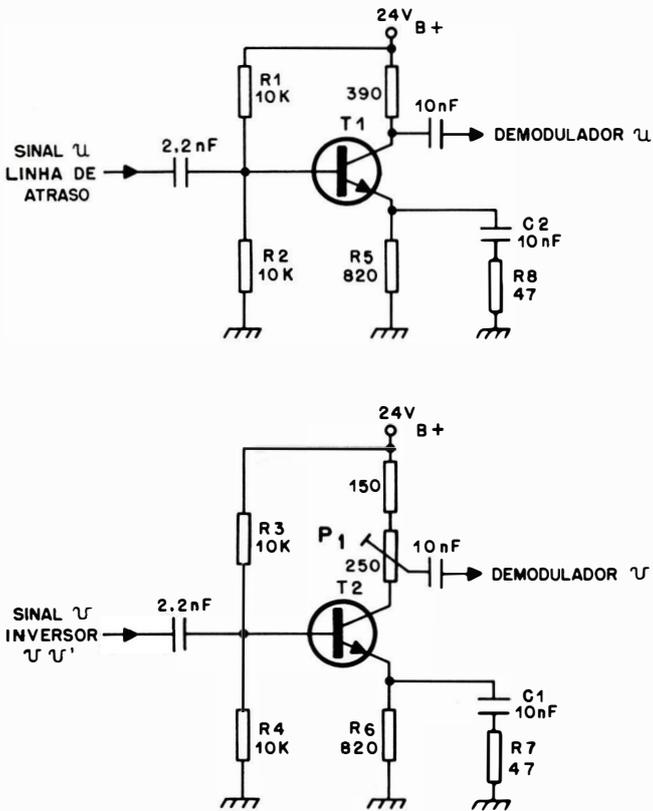


Fig. 4-49. Amplificadores U e V.

R6-R7 e R5-R8.

Por meio do potenciômetro P1 no coletor do transistor T2, pode ser ajustado o ganho do amplificador V, a fim de equalizar os dois sinais antes de serem aplicados aos demoduladores, satisfazendo assim à relação de 1,78 vezes indicada acima.

4-20. SINCRONISMO DE CÔR

Para recuperarmos a informação de côr que foi modulada no transmissor, devemos usar um demodulador conveniente.

Conforme foi descrito no capítulo 3, a sub-portadora de côr foi modulada em quadratura (90°) nos 2 moduladores, pelos sinais (R-Y) e (B-Y), sendo (R-Y) invertido linha a linha. A sub-portadora de 3,58 MHz foi suprimida, permanecendo apenas suas faixas laterais, resultando então num sinal de crominância C, C*. A fim de permitir a recuperação da informação original, um sinal de referência (sincronismo de côr) que é enviado no sinal de vídeo vai restabelecer uma nova sub-portadora no receptor, a qual será reinserida com uma relação correta de fase nos dois demoduladores (R-Y) e (B-Y).

Além disso, o sinal de V' deve ser reinvertido. Os estágios de sincronismo de côr devem então fornecer o sinal de referência que controla em frequência e em fase um oscilador local de 3,58 MHz, além de fornecer um pulso de reconhecimento de linha, para indicar quando o sinal V deve ou não ser invertido.

Êstes estágios são mostrados num diagrama em blocos (fig. 4-50). O oscilador (5) gera um sinal de referência senoidal e um circuito defasador (6) fornece um sinal em quadratura com o primeiro, necessários ao processo de demodulação. A frequência e a fase do oscilador são controladas por meio de uma comparação de fase entre o sincronismo de côr e o oscilador 3,58 MHz. O sinal composto de côr é aplicado ao amplificador de sincronismo de côr (2). Êsse estágio é gatilhado por meio de um pulso proveniente do transformador de saída horizontal, de tal forma que somente o sinal de sincronismo de côr seja amplificado. Êsse sinal é aplicado a um comparador de fase (3), o qual compara sua fase com a do sinal gerado pelo oscilador. Qualquer diferença em fase ou em frequência é detectada, resultando numa tensão necessária para a válvula de reatância (4) corrigir o oscilador. O pulso de reconhecimento de linha é também obtido no comparador de fase e sincroniza um oscilador de 7,9 kHz (metade da frequência do horizontal). Através de um adaptador de impedância (7) o sinal dêste oscilador (8) sincroniza um flip-flop (9), obtendo-se, desta maneira um pulso para comando do inversor VV'.

O esquema da fig. 4-51 mostra o estágio de sincronismo de côr de um TV Philco, cujo funcionamento será mostrado mais detalhadamente a seguir. O adaptador de impedâncias para os pulsos de reconhecimento de linha, o oscilador de 7,9 kHz e o flip-flop serão mostrados separadamente na fig. 4-56.

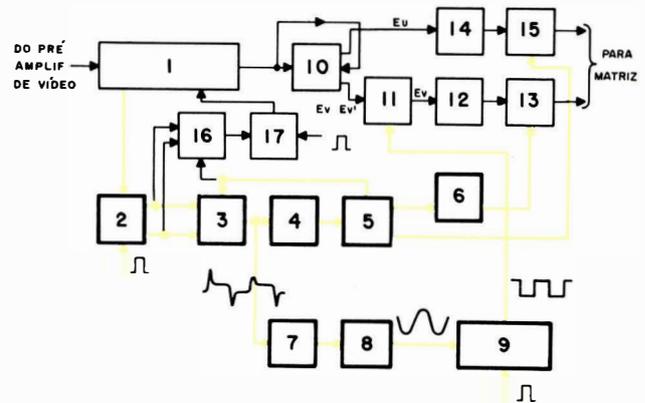


Fig. 4-50. Diagrama em blocos dos estágios de processamento de côr destacando os estágios de sincronismo.

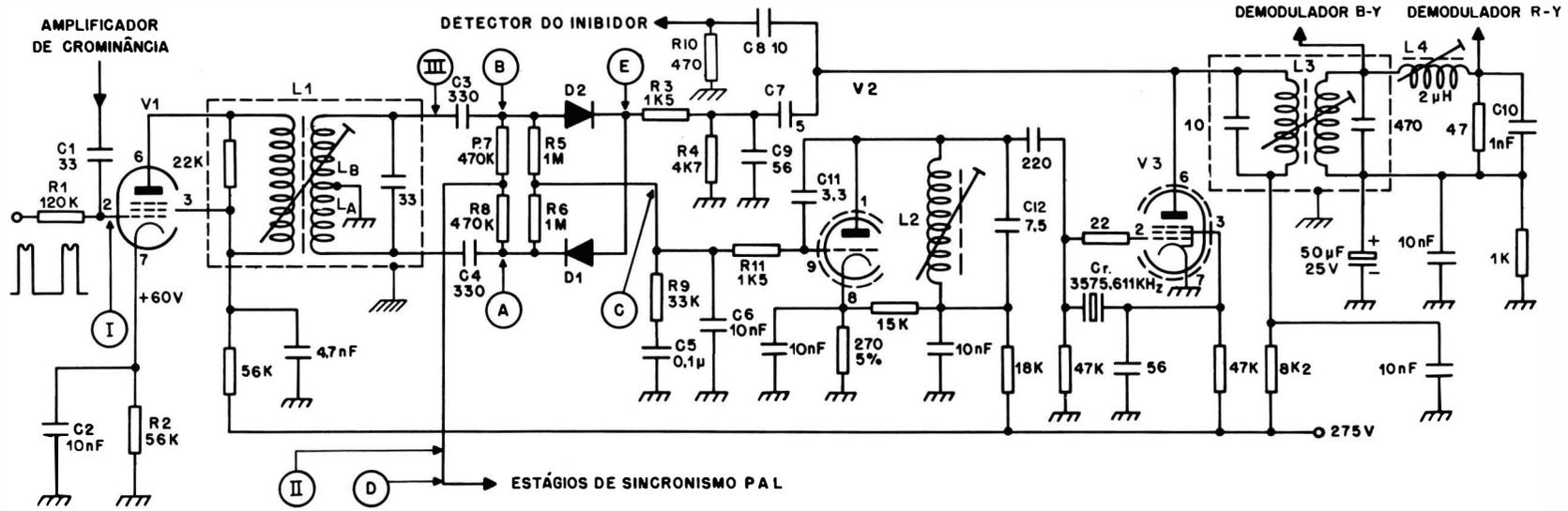


Fig. 4-51. Circuitos de sincronismo de côr e oscilador de referência.

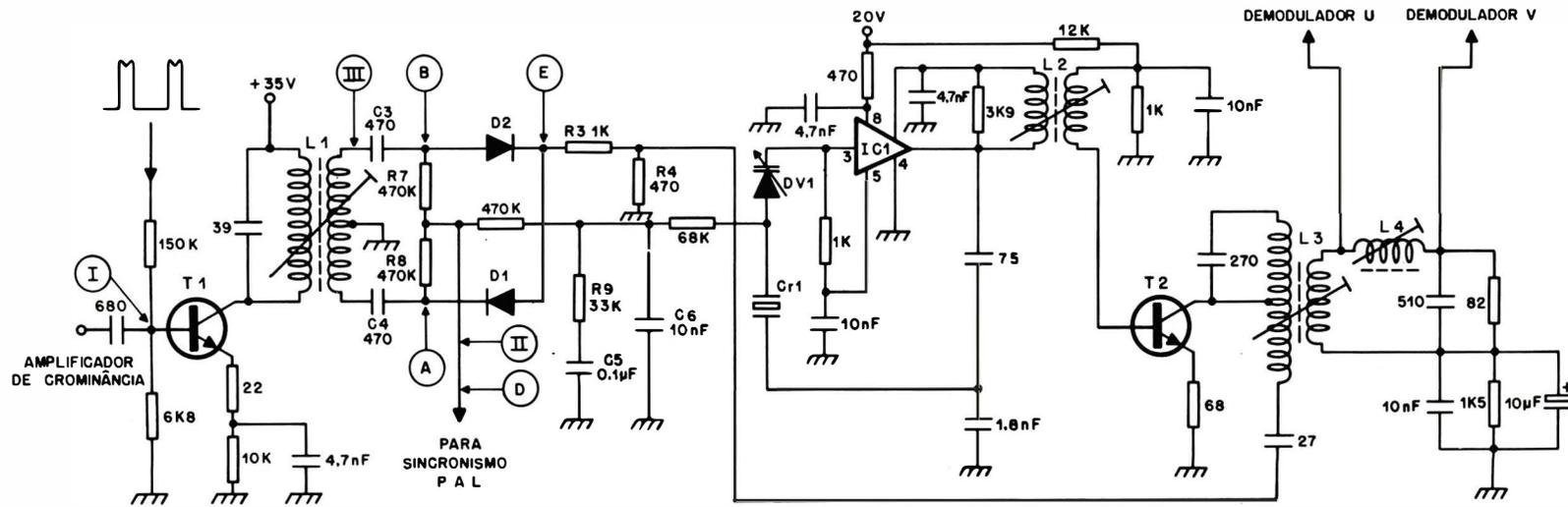


Fig. 4-52. Circuitos de sincronismo de côr e oscilador de referência transistorizados.

Amplificador de Sincronismo de Côr

Na fig. 4-51 o sinal composto de côr é aplicado à grade de V1 através de um capacitor C1. Um transformador L1 de alto Q no anodo de V1 é sintonizado em 3,58 MHz pela capacidade de saída da válvula. O secundário, com acoplamento cerrado e enrolado em forma bifilar com o centro ligado à massa, divide o sinal de sincronismo de côr amplificado em dois sinais defasados 180° entre si. Um pulso positivo, vindo do transformador horizontal, ligeiramente atrasado por R1 e C1, é aplicado à grade de V1 (fig. 4-51I). Devido ao ligeiro atraso dêsse pulso de gatilho, êle coincide em tempo com o sinal de sincronismo de côr. Êsses pulsos fazem a válvula conduzir, desenvolvendo picos de tensão positivos no resistor de catodo R2, carregando desta maneira o capacitor C2. A constante de tempo dêste circuito RC é suficientemente alta para assegurar que o capacitor permaneça carregado numa tensão de aproximadamente 60 volts. Esta tensão mantém a válvula cortada durante o tempo em que o pulso não está presente. Portanto, a válvula conduz apenas quando os pulsos positivos na grade ultrapassam sua tensão de corte, o que coincide com a presença de sincronismo de côr. Apenas êsse sinal amplificado deve aparecer no secundário de L1 (fig. 4-51 III) pois sômente êle contém a referência de fase. O transformador L1 é sintonizado para saída máxima em 3,58 MHz, e um ligeiro desajuste permite a mudança de fase do sinal de sincronismo de côr.

O funcionamento do amplificador de sincronismo de côr transistorizado, mostrado na fig. 4-52, é idêntico ao do circuito valvular. Um pulso positivo na base de T1 (fig. 4-52I) gatilha o estágio e o circuito RC no emissor também corta o transistor entre dois pulsos horizontais consecutivos. Dessa maneira é assegurada a eliminação do sinal correspondente à informação de côr na saída e T1 conduz apenas na presença do sinal de sincronismo de côr.

Comparador de Fase

Como já foi mencionado, o sinal na saída do secundário de L1 (ponto A) está defasado de 180° com relação ao sinal no ponto B. Êsses dois sinais são aplicados aos diodos D1 e D2 através de C3 e C4, respectivamente. Na junção dos dois diodos é aplicado um sinal e_R do oscilador de 3,58 MHz, a fim de comparar sua fase com a do sinal de sincronismo de côr.

Durante o tempo em que D1 conduz, a corrente circula através de D1, R3 e R4 para a massa, e da massa para o secundário LA, carregando C4 no sentido de

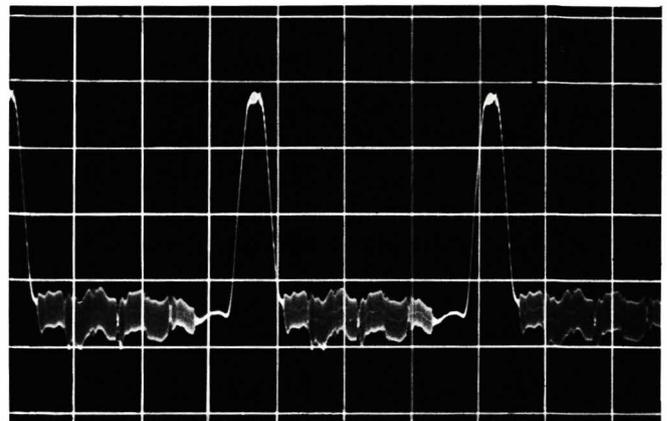


Fig. 4-51I|4-52I

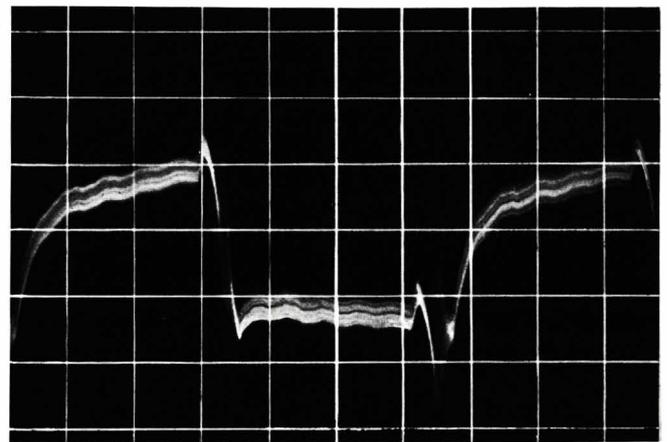


Fig. 4-51II|4-52II



Fig. 4-51III|4-52III

desenvolver uma tensão positiva no ponto A. Quando D2 conduz, C3 é carregado por uma corrente através de D2, R3, R4 e LB, desenvolvendo uma tensão negativa no ponto B. Se a relação de fase entre o sinal de sincronismo de $c\hat{o}$ e o sinal de referência e_R , aplicado através de R3 fôr igual à mostrada na fig. 4-53A, a corrente através dos dois diodos é igual, e as tensões resultantes sôbre C3 e C4 são iguais porém opostas, cancelando-se na junção dos dois resistores R5 e R6 (ou R7 e R8).

É importante mencionar que a tensão só é nula nesses pontos quando os resistores estão bem casados entre si. Se uma das correntes que circula através dos diodos fôr maior que a outra, as cargas nos capacitores C3 e C4 serão diferentes, resultando numa diferença de tensão nas junções.

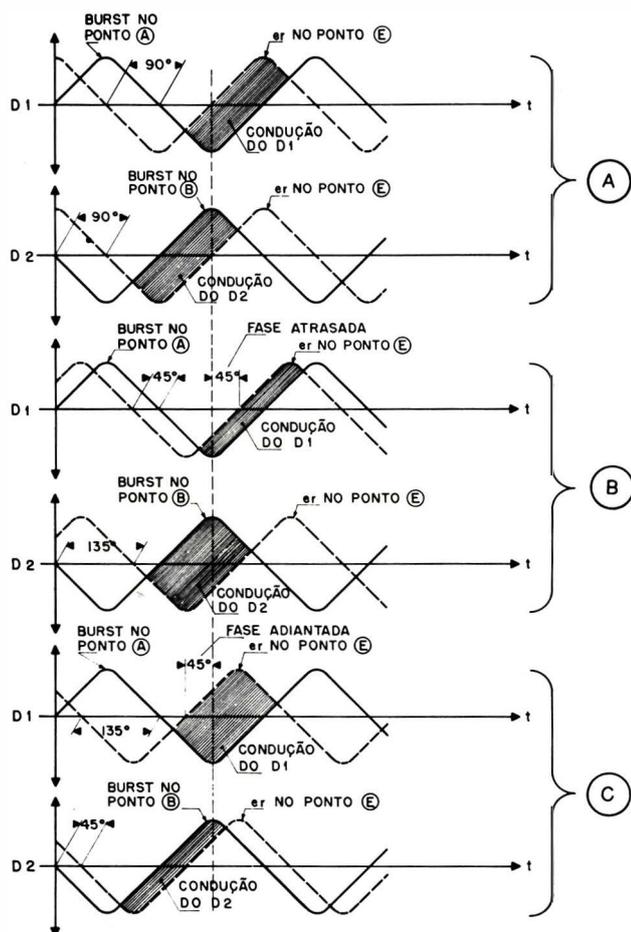


Fig. 4-53. Princípio de funcionamento do comparador de fase.

Para ilustrar como esta tensão é produzida, vamos primeiro considerar o caso em que a fase do sinal do oscilador de 3,58 MHz está atrasada 45° em relação à fase correta (fig. 4-53B). D1 conduz menos que D2, sendo C4 menos carregado que C3, o que produz tensões negativas nos pontos C e D. Esta tensão, aplicada à válvula de reatância, força o oscilador a adiantar a fase até que esta seja corrigida. No caso de um adiantamento de fase do sinal do oscilador (fig. 4-53C), D2 conduz menos que D1, produzindo tensões positivas nos pontos C e D. Esta tensão força o oscilador a atrasar a fase até ser corrigida.

Lembramos que o sinal de sincronismo de $c\hat{o}$ no sistema PAL muda a fase linha a linha de +135° para -135°. As tensões nos pontos D e C, portanto, mudam de polaridade linha a linha, fornecendo uma tensão com a forma mostrada na fig. 4-51III/4-52II. Esta tensão é usada para identificar as linhas nas quais o componente R-Y é invertido na estação. Devido ao filtro, composto de R9, C5 e C6, no ponto C aparece apenas a tensão média, que controla a válvula de reatância, sem nenhum componente do sinal de identificação.

Oscilador de Referência

A oscilação da válvula V3 é mantida pela realimentação através do cristal, com frequência de ressonância 3,575611 MHz, ligado entre a grade 2 e a grade 1 do pentodo. A grade 2 trabalha nesse caso como anodo de um triodo. A variação de corrente nesse triodo imaginário, causa também a variação da corrente de anodo do pentodo. O circuito tanque no anodo é sintonizado para saída máxima do oscilador, porém contribui muito pouco na determinação da frequência de oscilação do mesmo. Do anodo são tirados os sinais de referência para o comparador de fase, através de C7 e para o detector do inibidor, através de C8. O conjunto C7, C9 e R4 atenua o sinal senoidal a um nível conveniente para o comparador de fase, mantendo a mesma fase do anodo de V3. Para o detector do inibidor, a fase deste sinal deve estar 90° em relação ao sinal de referência para o comparador de fase, o que é conseguido por meio de C8 e R10. O secundário de L3 fornece o sinal de referência para o demodulador B-Y. A bobina de quadratura L4, em conjunto com C10, atrasa de 90° o sinal do oscilador, a fim de providenciar o sinal de referência para o demodulador R-Y. A fig. 4-54 mostra o circuito equivalente da válvula de reatância V2, que controla a frequência do oscilador a cristal. Primeiramente vamos

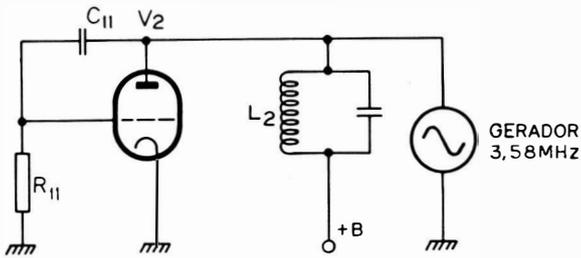


Fig. 4-54. Circuito demonstrativo do funcionamento da válvula de reatância.

considerar que o sinal do gerador ainda não foi aplicado à válvula e que a frequência e fase sejam iguais às mostradas na fig. 4-55A. Se o sinal é agora aplicado à válvula, êle será acoplado através do pequeno capacitor C11 à grade 1. Num circuito capacitivo, a corrente tem sua fase avançada de 90° em relação à tensão aplicada. A tensão desenvolvida através de R11 está em fase com a corrente e, portanto, avançada de 90° em relação à tensão aplicada ao anodo. A tensão na grade da válvula é mostrada na fig. 4-55B. Êste sinal é amplificado pela válvula e aparece 180° defasado em relação à tensão da grade (fig. 4-55C). Observe que o sinal Ea está atrasado em relação ao do gerador Eg (A).

Na realidade, os sinais Ea e Eg não aparecem na forma mostrada, pois êles se combinam nesse ponto. A fase resultante é intermediária entre as fases do sinal do gerador e o sinal amplificado pela válvula, conforme mostra a fig. 4-55D. A amplitude do sinal do gerador é constante, mas a amplitude do sinal fornecido pela válvula varia, dependendo da sua polarização (variação do ganho), o que provoca uma variação de fase no sinal resultante que aparece na grade do oscilador.

Para maior esclarecimento, vamos agora considerar o circuito completo (fig. 4-51). O oscilador começa a oscilar numa frequência que depende do cristal e da reatância capacitiva da válvula de reatância, L2 e C12. Essa frequência pode ser corrigida por meio de L2, e o sinal senoidal é aplicado no comparador de fase. Agora, vamos assumir que a fase do oscilador esteja atrasada em relação ao sinal de sincronismo de côm e que a diferença de fase no comparador seja igual à da fig. 4-53B. Observa-se que D2 conduz mais do que D1, produzindo uma tensão de correção negativa em C. Polarizando-se negativamente a grade da válvula de reatância V2, o

ganho dessa válvula é reduzido e, portanto, a capacidade equivalente do circuito é menor. Isso irá causar um aumento instantâneo da frequência e um conseqüente avanço na fase do oscilador. A tensão fornecida pelo comparador de fase para a polarização da válvula de reatância vai diminuindo gradativamente, até que a fase do oscilador coincida com a do sinal de sincronismo de côm.

No caso de um avanço do oscilador, ocorrerá o contrário na malha de correção, aumentando a condução da válvula de reatância, o que irá atrasar o oscilador a fim de corrigir a fase.

A fig. 4-52 mostra uma versão transistorizada utilizada no TV Philco. O seu funcionamento é semelhante ao da versão valvular. Como oscilador, é usado um circuito integrado IC1. A frequência e a fase são determinadas pelo cristal e um diodo varicap DV1, sendo que

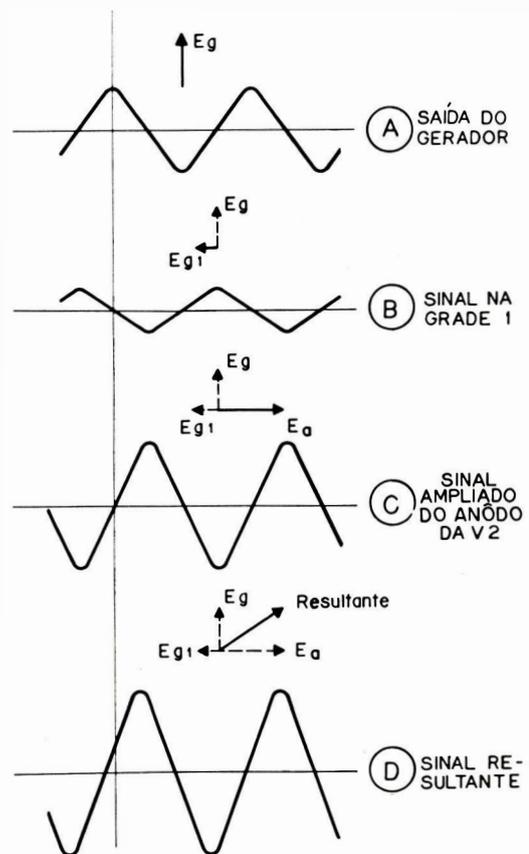


Fig. 4-55. Formas de onda no circuito da válvula de reatância.

ma, apenas o sinal de luminância chega ao tubo de imagem, evitando o chuvisco ou outros efeitos coloridos não desejados na imagem em preto e branco. O inibidor também fornece o sinal de comando para a armadilha automática de 3,58 MHz.

A fig. 4-58 mostra um circuito típico do inibidor. O detector do inibidor, formado pelos diodos D1 e D2, recebe o sinal de sincronismo de côm através de C1 e C2, da mesma maneira que o comparador de fase. À primeira vista tem-se a impressão de se tratar de dois circuitos idênticos, porém devido à diferença de fase do sinal de referência, que é 90° defasado em relação ao do comparador, o funcionamento é diferente. Esta diferença de funcionamento mostra mais uma vez a importância do conceito de fase entre sinais, no estudo de TV a côm.

Como ilustra a fig. 4-59, o comparador de fase mantém o oscilador defasado de 90° em relação ao sincronismo de côm, ou seja, - 90° em relação ao ponto A e + 90° em relação ao ponto B. O capacitor C3, em conjunto com R1, provoca um avanço de fase de 90° em relação ao oscilador; portanto, 90° + 90° = 180° entre D e B ou - 90° + 90° = 0° entre A e D (em fase com o sincronismo de côm). Na ausência do sincronismo de côm, os dois diodos retificam o sinal de referência, produzindo no ponto A uma tensão positiva, devido à corrente de carga que passa através de D1 e R2; no ponto B aparece uma tensão negativa, devido à corrente que circula através de D2 e R3. As duas correntes são iguais, porém opostas, e se cancelam no ponto C. Nenhuma tensão é desenvolvida nesse ponto, e a válvula inibidora V1 conduz, dependendo do ajuste da polarização do catodo. Pulsos positivos vindos do transformador de saída horizontal são aplicados ao anodo dessa válvula, e a corrente pulsada de anodo carrega o

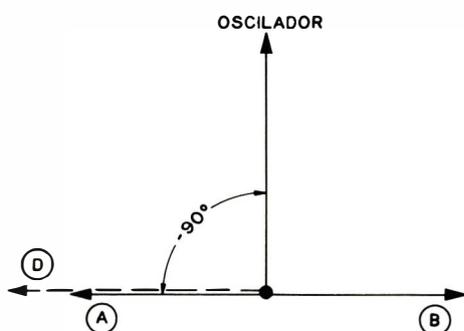


Fig. 4-59. Fases dos sinais no comparador.

capacitor C4 negativamente. Esta tensão, depois de filtrada, polariza o estágio de crominância de modo a cortá-lo. Durante a transmissão a côm, o sinal de sincronismo de côm está presente nos pontos A e B, com uma amplitude que depende da intensidade da subportadora recebida, e é independente da informação U e V que a modula, servindo portanto como referência para um controle de ganho nos amplificadores de crominância.

Os sinais de sincronismo de côm e de referência do oscilador estão em fase no diodo D1, fazendo com que a corrente através deste diminua. No diodo D2 a corrente vai aumentar, devido à diferença de fase de 180° entre o sinal de referência e o sincronismo de côm. Esta diferença de corrente resulta numa tensão negativa no ponto C, que é aplicada à grade da válvula inibidora e usada para controlar o ganho do amplificador passa-faixa. Quanto maior for a amplitude do sinal de sincronismo de côm, maior será o desequilíbrio entre as duas correntes, provocando um aumento da tensão negativa no ponto C, até atingir um nível em que a válvula V1 é cortada. Com a válvula cortada, nenhuma tensão DC de polarização é desenvolvida no seu anodo, permitindo o funcionamento do amplificador de crominância.

Na versão transistorizada do amplificador de crominância, mostrada na fig. 4-40, já está incluído o circuito inibidor transistorizado. O funcionamento do detector do inibidor é igual ao da versão valvular.

4-22. DEMODULADORES

Para a demodulação da informação de côm com a sub-portadora suprimida na estação, o sinal de referência, sincronizado em fase e frequência pelo estágio de sincronismo de côm, é reinserido em demoduladores síncronos.

É possível derivar o funcionamento de um demodulador síncrono a partir de um simples detector a diodo. Os demoduladores síncronos detectam, além das variações de amplitude, as mudanças de fase; em algumas versões o circuito é semelhante ao de um misturador.

Para entendermos melhor o funcionamento de um detector comum, a fig. 4-60 mostra em A uma portadora modulada em amplitude, e em B a mesma portadora modulada em amplitude, porém suprimida. Note que no segundo caso a fase do sinal de RF é invertida quando o sinal modulador passa para o semiciclo negativo. C mostra o detector, D o sinal detectado da portadora modulada em amplitude e E mostra o sinal com portadora suprimida demodulado, distorcido

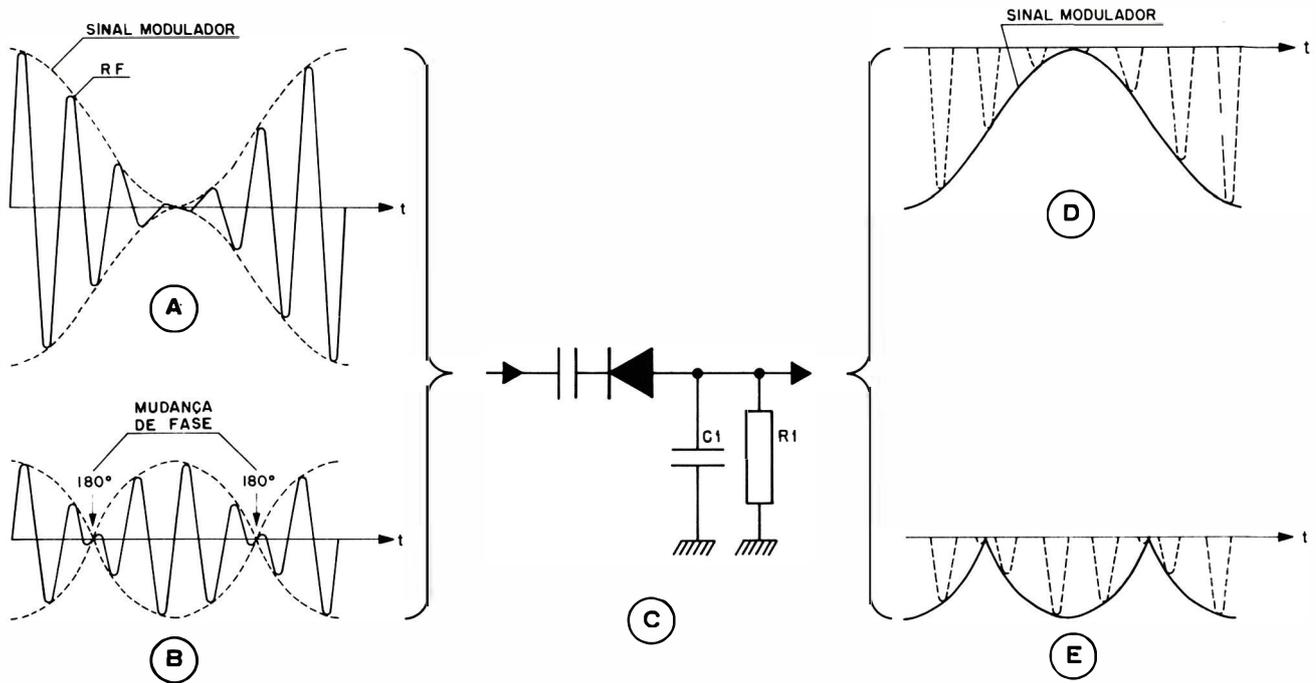


Fig. 4-60. Demodulador AM frente a sinais modulados em amplitude com e sem portadora.

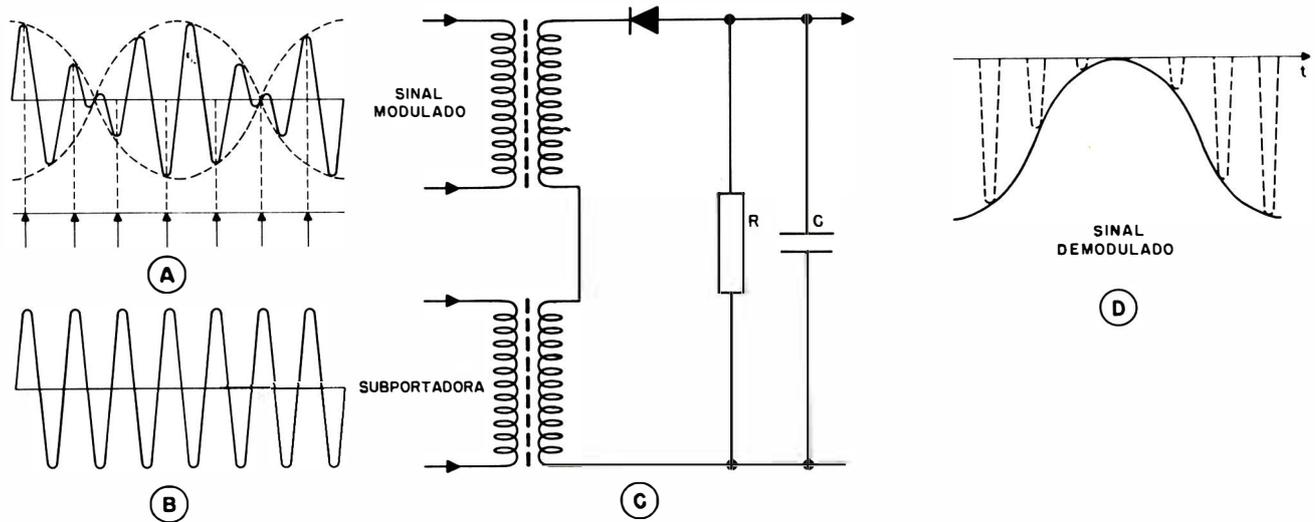


Fig. 4-61. Reinscrição da sub-portadora.

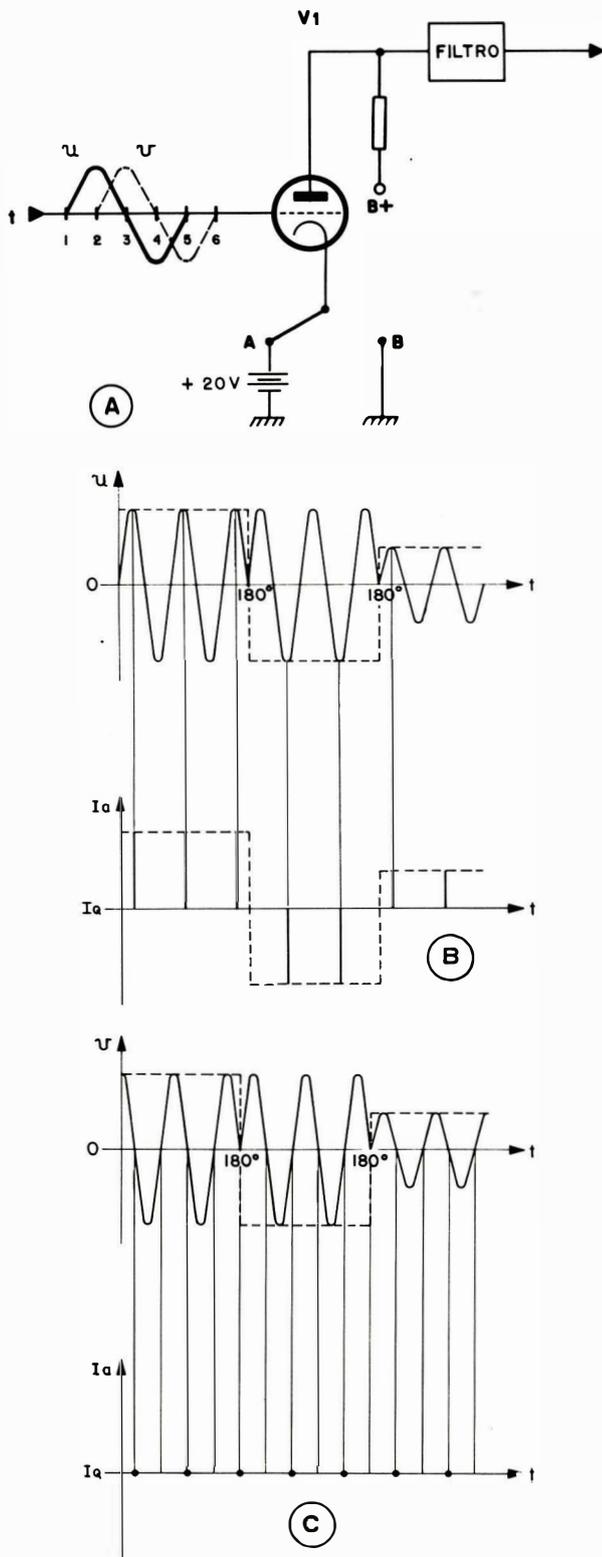


Fig. 4-62. Circuito simplificado de um demodulador síncrono (A) desempenho com sinal de referência em fase (B) em quadratura (C).

devido à falta da portadora.

Aplicamos o sinal modulado em amplitude ao detector mostrado em C. O capacitor C_1 é carregado pela corrente I_1 quase instantaneamente, até praticamente o valor de pico (negativo) da portadora. Quando a tensão começa a diminuir, o diodo deixa de conduzir devido à carga negativa de C_1 . Este é descarregado lentamente através de R_1 , devido à constante de tempo de R_1 e C_1 . A carga do capacitor é praticamente mantida até o próximo ciclo positivo, quando C_1 é carregado novamente, recuperando-se assim a envoltória que representa fielmente o sinal modulado.

De maneira idêntica, aplicamos agora o sinal representado em B. Também neste caso o capacitor C_1 é carregado aos valores de pico do sinal. Desta vez, porém, a envoltória é distorcida, obtendo-se o dobro da frequência de modulação. Dessa maneira fica constatado que um detector comum não é apropriado para demodular o sinal da sub-portadora de côr.

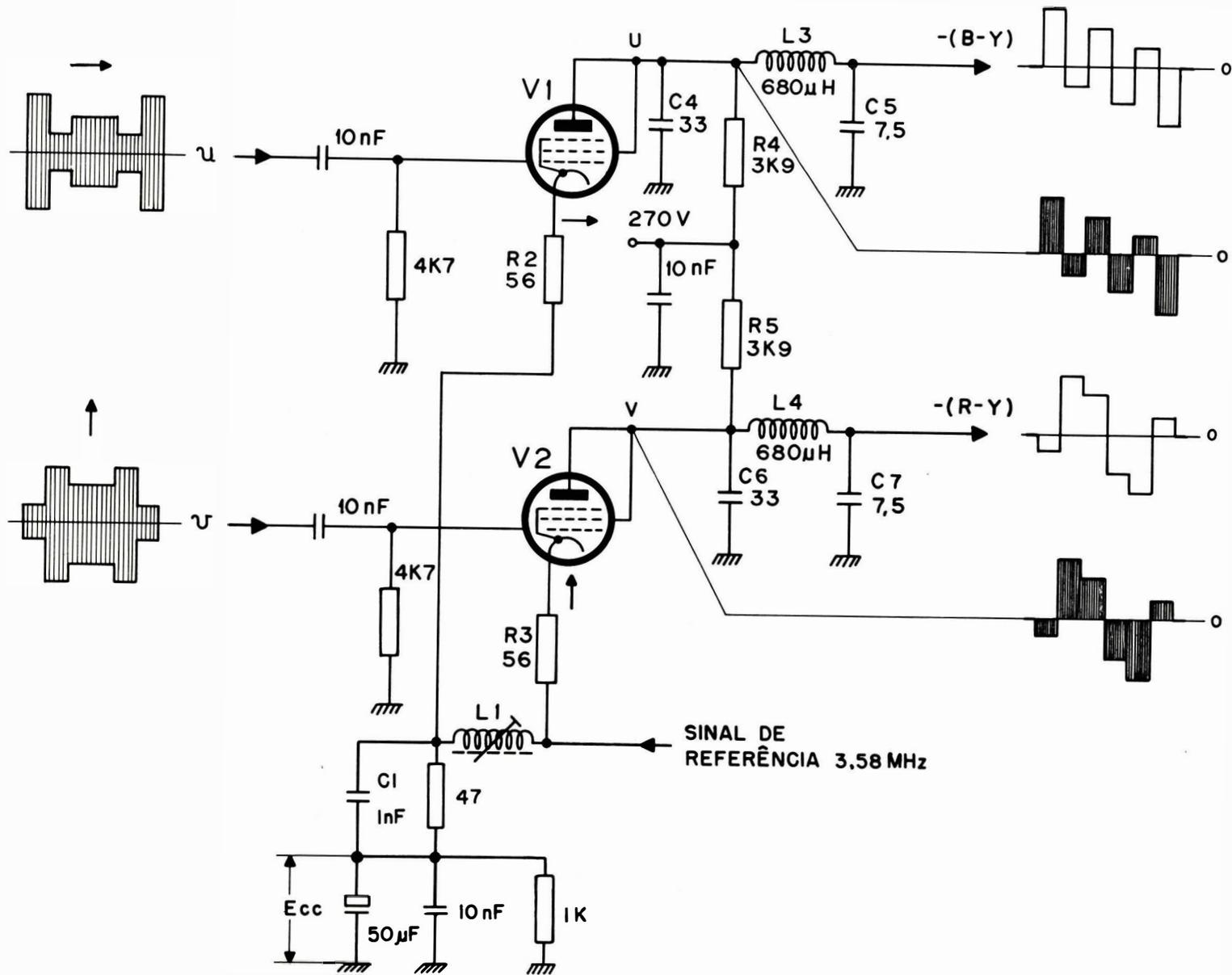
A fig. 4-61 mostra de maneira simplificada o princípio de reinserção da sub-portadora. Em C é mostrado o circuito básico com os dois sinais A e B aplicados, obtendo-se a seguir a soma dos dois que, detectados, representam o sinal modulado D. Para obtermos o sinal demodulado com sua polarização e nível corretos, é necessário o uso de demoduladores síncronos.

4-23. DEMODULADORES SÍNCRONOS

A fig. 4-62A mostra o circuito simplificado de um demodulador síncrono usando um triodo. Assumimos inicialmente dois sinais, u e v , defasados de 90° , aplicados simultaneamente à grade da válvula V_1 , representando os componentes do sinal de crominância no instante t_2 , quando u é máximo e v é zero. No catodo da válvula está uma chave de duas posições: na posição A é aplicada uma tensão de polarização positiva de 20 volts que corta a válvula, e na posição B é feita uma ligação direta à massa, permitindo a sua condução.

Vamos assumir agora que o sinal u deve ser demodulado. A chave deve permanecer a maior parte do tempo na posição A, cortando a válvula. No instante t_2 a chave é mudada para a posição B, permitindo a condução da válvula por um período de tempo muito curto e retornando em seguida à posição inicial A.

Note que neste instante t_2 u atinge a amplitude máxima e, cada vez que este pico está presente na grade, a válvula conduz, devido à posição da chave (polarização zero). O valor da corrente nesse instante depen-



(A)

Fig. 4-63A. Demodulador U e V.

DESCRIÇÃO DO CIRCUITO

de da tensão aplicada na grade.

A fig. 4-62B mostra um sinal U modulado em amplitude e os picos de corrente de anodo, os quais resultam do sinal na grade, quando a chave fôr sincronizada com os seus picos. Vamos verificar agora como o circuito se comporta durante a presença do sinal V . A chave continua mudando, da mesma maneira como descrito acima, permitindo, apenas no instante t_2 , a condução da válvula. O valor da corrente depende da tensão aplicada à grade neste instante, e para o sinal V é sempre zero. A corrente de anodo permanece inalterada (I_q), ainda que os dois sinais tenham a mesma amplitude, diferindo apenas em fase.

Um aumento de amplitude do sinal U resultaria num aumento da variação da corrente de anodo. Esta corrente, por outro lado, não é afetada pelo sinal V , mesmo que êste variasse em amplitude. A fig. 4-62C mostra que esta tensão passará sempre pelo zero no instante em que a válvula conduz. No caso de defasagem de 180° da tensão U , os picos de corrente aparecerão reduzidos na saída do demodulador.

Na prática, a chave é substituída por um sinal com frequência de 3,58 MHz, fornecido pelo oscilador que é controlado em frequência e fase. O catodo da válvula é polarizado de tal forma que a válvula conduza apenas no tópo dos picos negativos dêsse sinal de RF aplicado no catodo.

A fig. 4-63A mostra um circuito usado no televisor Philco. Dois demoduladores idênticos são usados, cada um com o sinal de 3,58 MHz, aplicados aos catodos, com as amplitudes e fases constantes, porém defasados de 90° entre si. Uma tensão de polarização Ecc (fig.

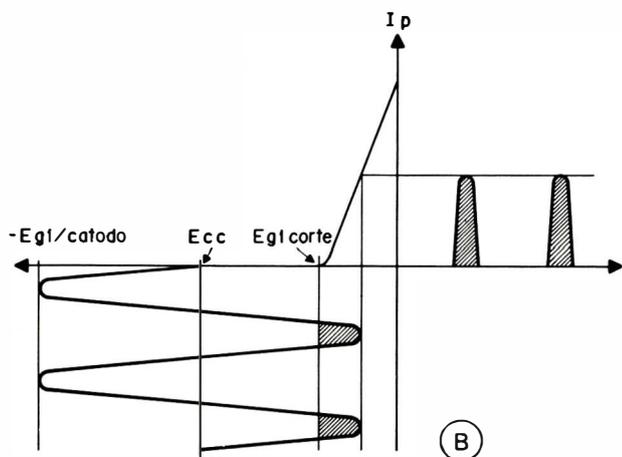


Fig. 4-63B. Desempenho da válvula demoduladora.

4-63B) assegura que as válvulas permaneçam cortadas e apenas conduzam durante os picos negativos do sinal do oscilador de referência.

O componente U vindo do decodificador é aplicado à grade de V1, e o componente V à grade da válvula V2. Êsses dois componentes se mantêm rigidamente em quadratura (90°) variando apenas as amplitudes relativas entre si, em função do matiz que estiver sendo transmitido. Os sinais de referência aplicados aos demoduladores B-Y e R-Y poderão estar em fase ou 180° defasados em relação aos sinais U e V , respectivamente. No caso em que estiverem defasados de 180° , a polaridade dos sinais nas saídas dos demoduladores será invertida.

Vamos examinar agora a maneira pela qual os demoduladores detectam variações em amplitudes das duas componentes do sinal de crominância, U e V . Os sinais de referência, aplicados aos catodos dos dois demoduladores, são mostrados na fig. 4-64A. As válvulas conduzem apenas durante os picos negativos dêsses sinais, e a duração dessa condução é muito curta, fazendo com que elas permaneçam cortadas durante todo o resto do tempo. Dêste modo, apenas neste curto intervalo, os sinais V e U são demodulados. Estas duas componentes são mostradas na fig. 4-64B, tal como são aplicadas às entradas dos demoduladores, após terem sido obtidas no decodificador PAL. Devido às amplitudes iguais nos dois demoduladores, no caso de transmissão da cor magenta, sinais iguais demodulados são obtidos. A fig. 4-64C mostra a transmissão de um sinal azul. A resultante U é praticamente máxima e a resultante V é negativa. A transmissão da cor verde resulta em componentes U e V negativas (fig. 4-64D). Pode ser visto então que o sinal demodulado na saída depende sempre da amplitude do sinal na entrada, no instante de condução da válvula.

Veremos agora o que acontecerá quando o sinal C sofrer uma distorção de fase de 30° durante a transmissão.

Na seção 3-4 (decodificação PAL) foi mostrado que esta distorção provoca um giro nas fases e uma ligeira redução de amplitudes das componentes U e V . A fig. 4-64E mostra êsse sinal aplicado aos demoduladores. Neste caso, os picos não estarão mais presentes no instante de condução das válvulas, mas apenas uma amplitude de 86,6% do valor de pico. Quanto maior fôr a defasagem em relação ao sinal de referência, menor será a amplitude nas saídas. Com uma defasagem de 90° , os dois demoduladores não terão nenhum sinal na saída (fig. 4-64F). Nota-se porém que a redução de ampli-

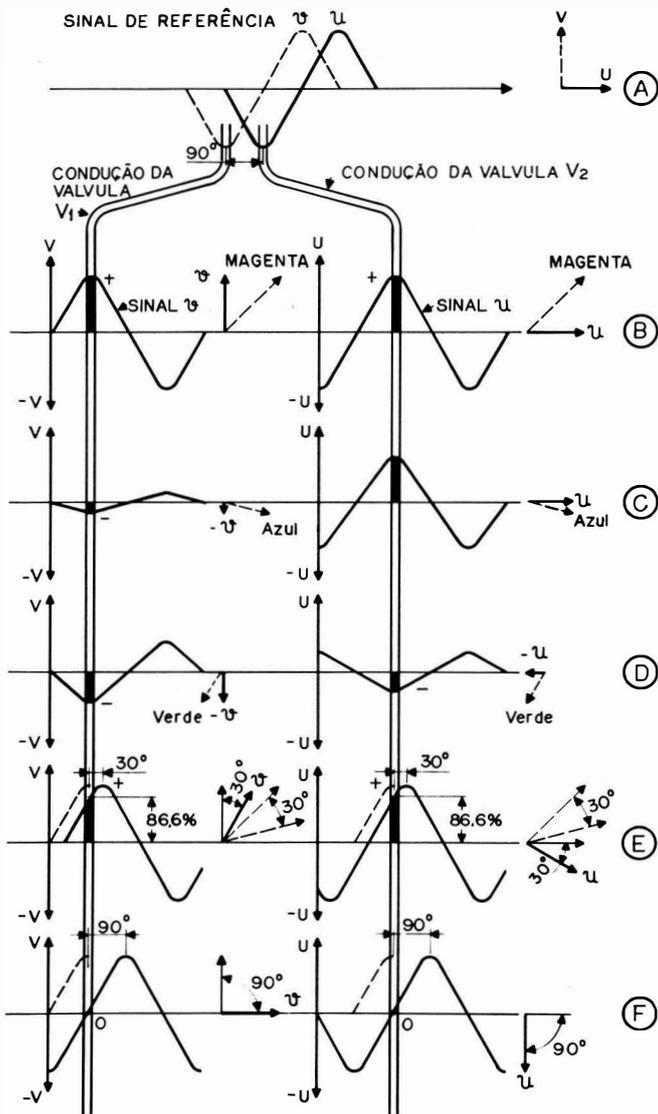


Fig. 4-64. Desempenho dos demoduladores síncronos com alguns sinais típicos transmitidos.

tude dos dois sinais na saída se dá sempre na mesma proporção, causando apenas uma diminuição da saturação das côres na tela do TRC, a qual pode ser corrigida por meio do potenciômetro de saturação. É importante, para o funcionamento correto do sistema, que os sinais de referência tenham realmente 90° de defasagem entre si. Caso contrário, poderão ocorrer mudanças de matiz à medida que um erro de fase fôr introduzido no sinal de crominância. A fig. 4-65 mostra esta condição.

No sistema NTSC o sinal de crominância C é aplicado diretamente aos dois demoduladores, sem a separação em duas componentes. Como mostra a fig. 4-66, as duas grades são ligadas juntas. Usando-se o exemplo

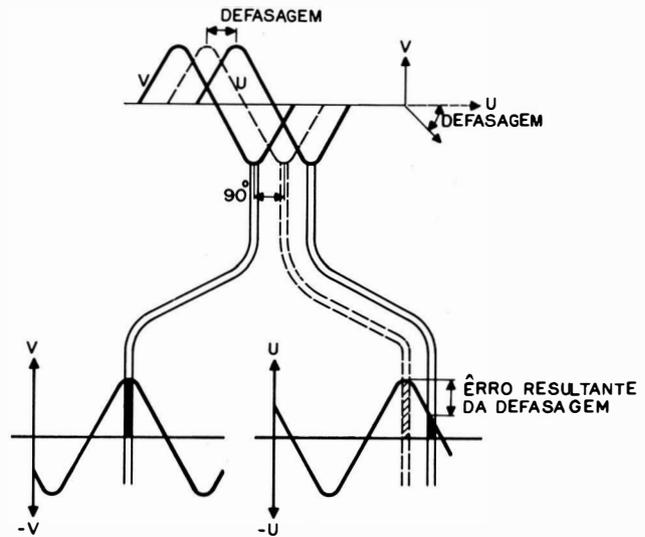


Fig. 4-65. Efeitos causados pelos demoduladores U e V fora de quadratura.

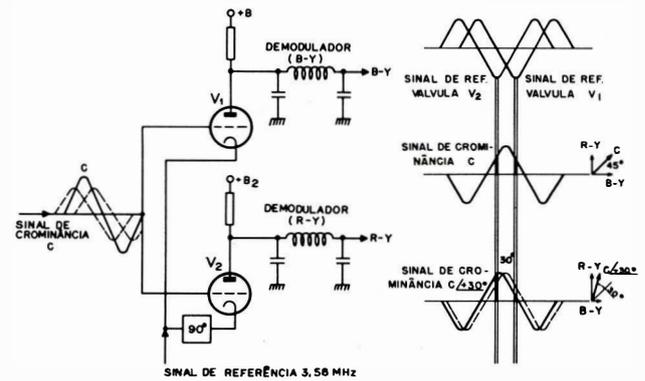


Fig. 4-66. Sinais demodulados no sistema NTSC.

da transmissão de uma côr magenta, as duas componentes R-Y e B-Y com as amplitudes de 86,6% são obtidas corretamente, se nenhuma distorção de fase fôr introduzida. No caso de +30° de defasagem, a resultante B-Y é menor e R-Y é maior do que as amplitudes originais. O matiz terá mudado de magenta para vermelho, requerendo um reajuste da fase do oscilador de referência. Diferentes defasagens poderão ocorrer durante a transmissão, dependendo de cada côr. Neste caso, não é mais possível compensar êsses erros por meio do oscilador de referência.

A fig. 4-67 mostra a diferença causada na tela com a introdução de uma diferença de fase de +30° na sub-portadora de crominância: A) no receptor PAL e B) no receptor NTSC.

Voltando para o circuito da fig. 4-63A observamos



Fig. 4-67A



Fig. 4-67B

o circuito de defasagem do sinal de referência, composto da bobina ajustável L1 e do capacitor C1. Os resistores R2 e R3 evitam possíveis interações entre os dois demoduladores. As formas de onda nas grades mostram os componentes V e U do padrão colorido escala de luminância. Nos resistores de anodo R4 e R5 aparecem os sinais demodulados (R-Y) e (B-Y). C4 e C6 são carregados aos picos de tensão do sinal de crominância, obtendo-se os sinais mostrados nos anodos de V1 e V2. A bobina L3 e o capacitor C5, e a bobina L4 e o capacitor C7 filtram os resíduos de 3,58 MHz dos sinais demodulados.

Versão Transistorizada

A fig. 4-68 mostra o diagrama esquemático de um demodulador transistorizado usado num receptor Philco. Seu funcionamento básico é semelhante ao descrito anteriormente. O sinal de referência é aplicado às bases de T1 e T2, e os componentes U e V aos emissores dos mesmos. Os resistores R1 e R2 são desacoplados por meio dos capacitores C1 e C2, e polarizam os transistores perto do ponto de corte, mantendo-os conduzindo ligeiramente (fig. 4-69A). Os picos negativos do sinal do oscilador de referência cortam os transistores, e os picos positivos levam-nos à condução. Êsses picos de corrente são ajustados a atingir o ponto no meio da reta de carga. Com o sinal aplicado ao emissor, êsses picos de corrente dependem agora da soma ou diferença entre os sinais de referência e os componentes U e V . Se os picos positivos dos sinais U e V coincidem com os dos

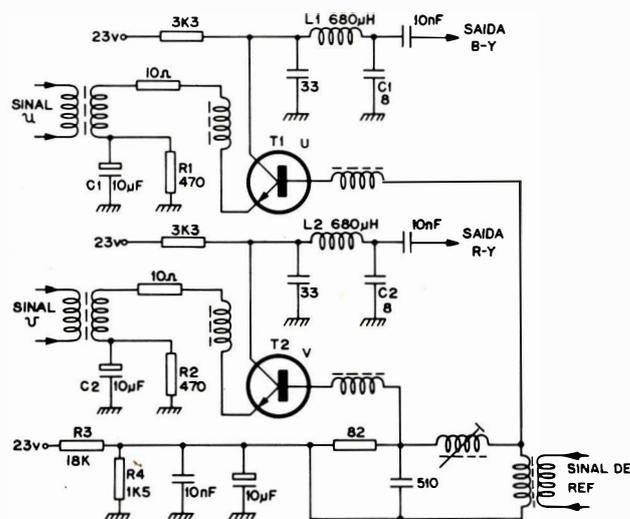
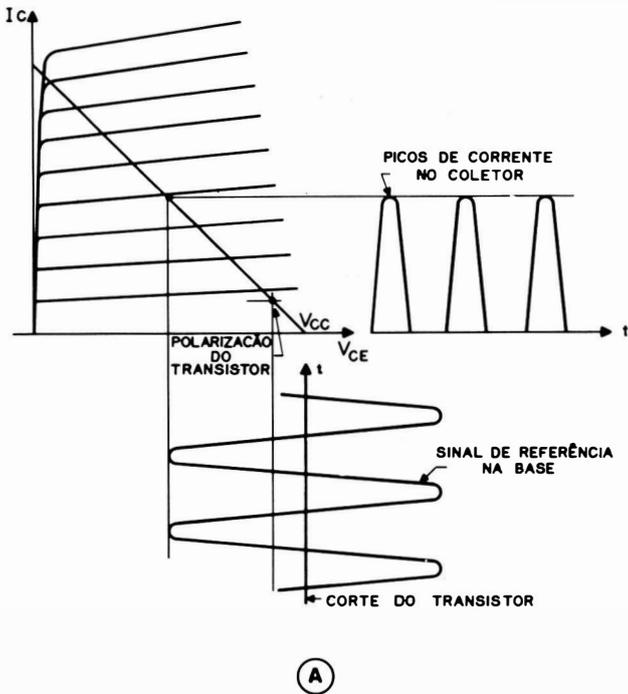


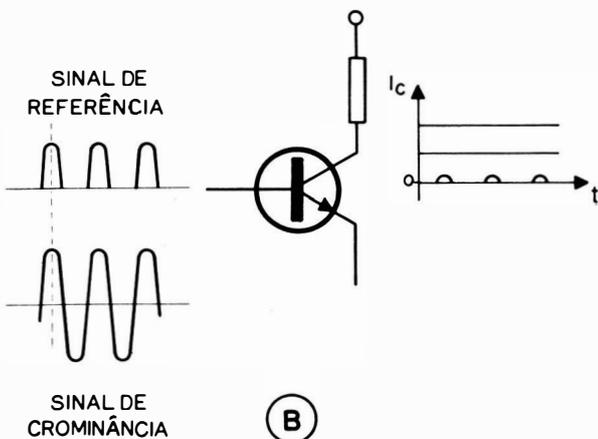
Fig. 4-68. Demodulador U e V a transistores.

sinais de referência, as duas tensões se subtraem, diminuindo a corrente do coletor (fig. 4-69B). Se os picos negativos dos sinais u e v coincidem com os picos positivos do sinal de referência, a corrente do coletor aumenta (fig. 4-69C). Esta mesma consideração é válida para os dois demoduladores.

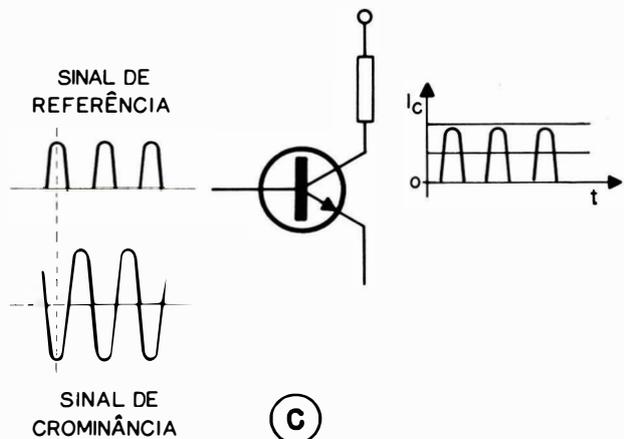
A bobina L1 com o capacitor C1 e a bobina L2 com o capacitor C2 formam o filtro para as frequências de RF. Os mesmos sinais demodulados, como foi mostrado na versão valvular, aparecem nas saídas desses demoduladores.



(A)



(B)



(C)

Fig. 4-69. Regime de trabalho do transistor demodulador.

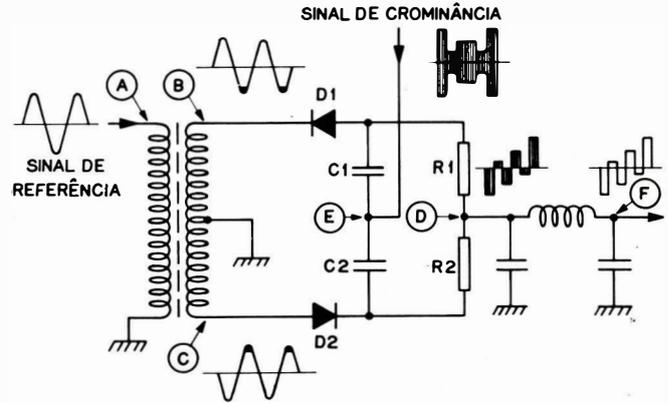


Fig. 4-70. Demodulador a diodo.

4-24. DEMODULADORES A DIODO

A fig. 4-70 apresenta um demodulador a diodo. O sinal de referência é aplicado ao primário do transformador, ponto A, e aparece em fases opostas nos pontos B e C. Os picos positivos abrem o diodo D2 e os picos negativos abrem o diodo D1. Sem nenhum sinal de crominância aplicado, os capacitores C1 e C2 são carregados pela corrente proveniente do oscilador de referência, que passa durante um curto período de tempo. A carga é mantida até o próximo ciclo, resultando em duas tensões contínuas iguais, porém opostas em polaridade, que se cancelam no ponto D. Devido à maneira como o sinal de crominância é aplicado ao ponto E, as amplitudes desse sinal são somadas com a da portadora, no caso de estarem em fase ou subtraídas, quando são defasadas 180°. Sempre um dos dois sinais de referência, A ou B, está defasado de 180° em relação ao

signal de crominância, detectando um diodo a soma (que resulta numa tensão maior) e outro a diferença (que resulta numa tensão menor). As duas tensões nos capacitores C1 e C2 são neste caso desiguais, aparecendo dessa maneira o signal demodulado no ponto F. Quanto maior fôr o signal de crominância, maior será a amplitude do signal demodulado.

4-25. MATRIZ

A função básica dos circuitos de matriz é transformar os sinais fornecidos pelos demoduladores em sinais diferença de cor (R-Y), (G-Y) e (B-Y). Para tanto, os sinais fornecidos pelos demoduladores são somados e subtraídos de maneira conveniente a formar os três sinais diferença de cor com as amplitudes relativas corretas.

Devido à separação anterior do signal de crominância C em dois componentes *u* e *v*, a demodulação é em geral efetuada segundo os eixos B-Y e R-Y e consequentemente os estágios de matriz são limitados a poucos circuitos básicos.

4-25-1. Excitação do Tubo por meio de Sinais Diferença de Cor

A fig. 4-71 mostra o princípio de excitação do cinescópio por meio dos sinais diferença de cor. Os três catodos recebem o signal Y, e em cada uma das grades são aplicados um dos sinais diferença de cor (R-Y), (G-Y) e (B-Y). As correntes dos feixes e consequentemente a luminosidade e o contraste de cada imagem individual, a vermelha, a azul e a verde, dependem das tensões aplicadas entre a grade e o catodo de cada canhão. A fig. 4-72 mostra como êsses sinais devem ser combinados no TRC, a fim de modular corretamente os três

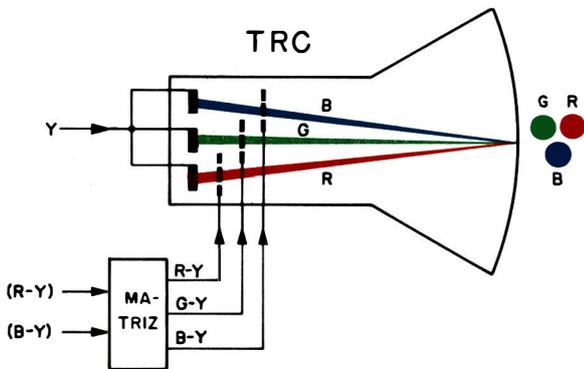


Fig. 4-71. Excitação do cinescópio através dos sinais Y e diferença de cor.

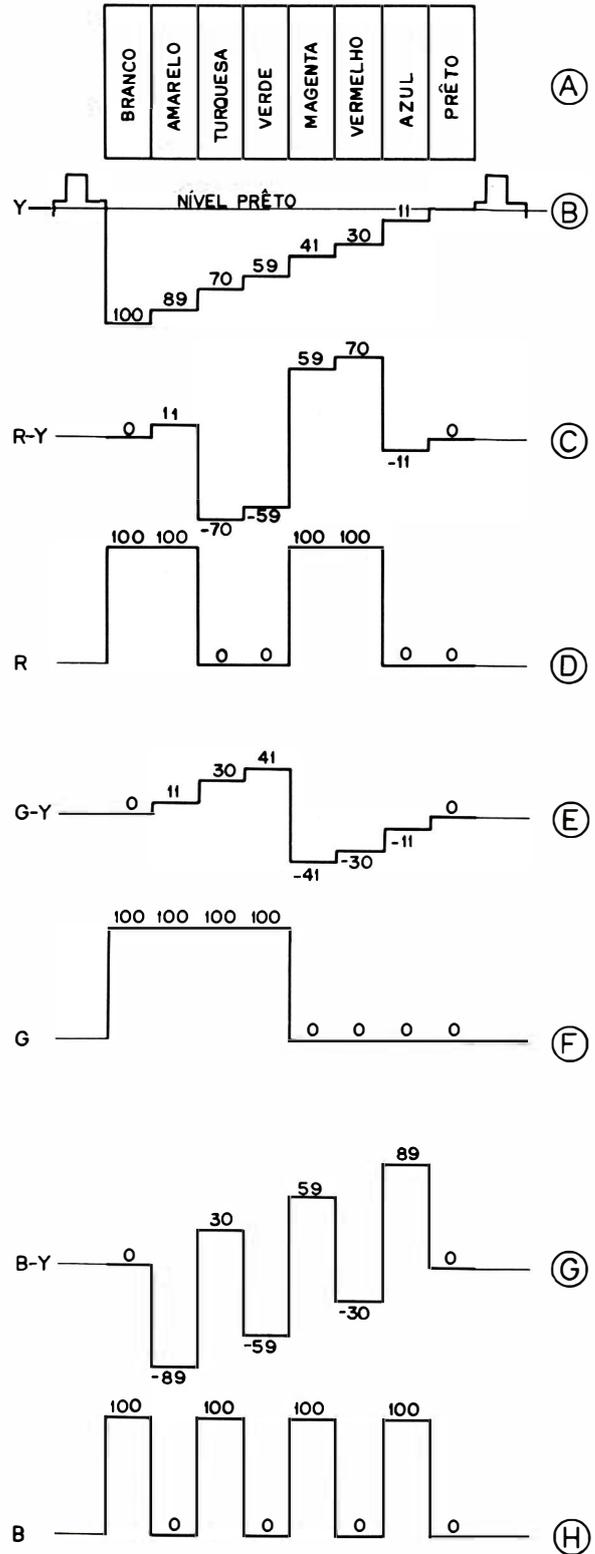


Fig. 4-72. Formas de onda correspondentes ao padrão de barras coloridas.

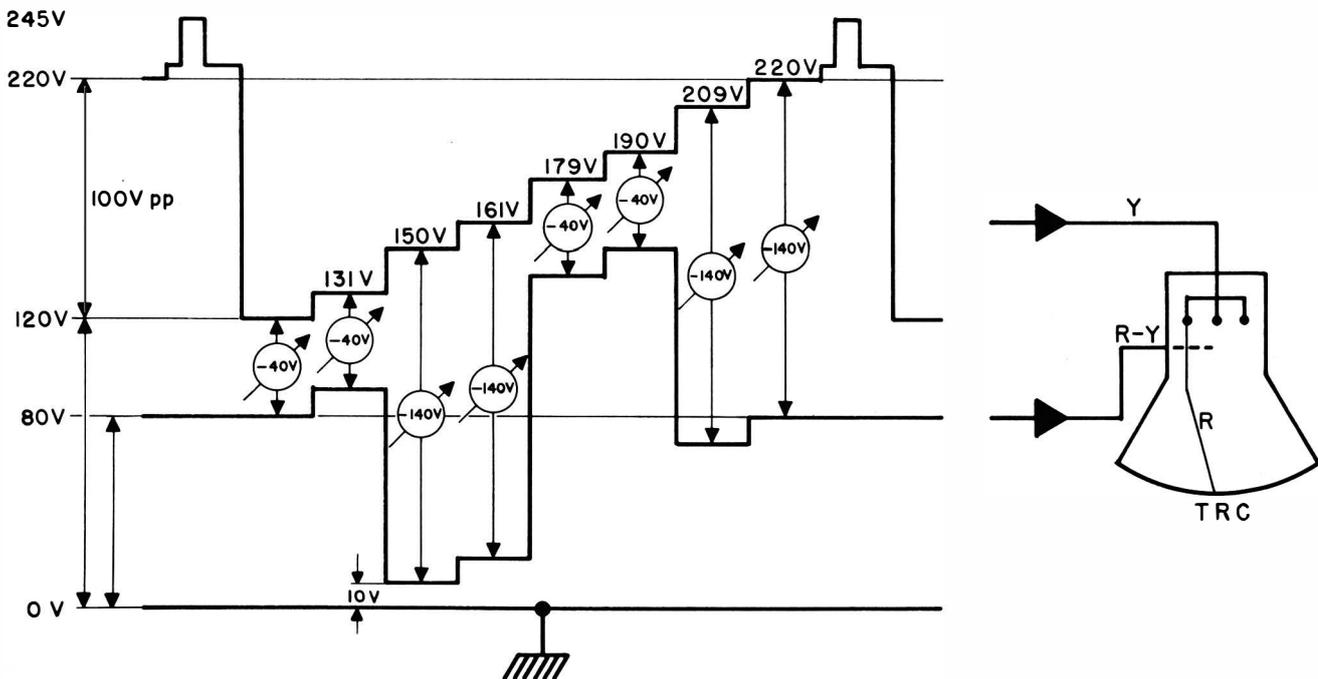


Fig. 4-73. Excitação grade-catodo R para escada de luminância.

feixes e reproduzir a imagem padrão na tela.

A fig. 4-72A mostra um padrão com a sequência das barras coloridas agrupadas, segundo níveis de luminância decrescente. A fig. 4-72B mostra o sinal de luminância aplicado aos catodos, onde a luminosidade de cada côr é representada por níveis bem definidos de tensão, ou seja, branco 100% (máxima luminosidade), amarelo 89%, turquesa 70%, verde 59%, magenta 41%, vermelho 30%, azul 11% e preto 0%. Lembramos que êsse sinal, com a faixa de 4,2 MHz, reproduz todos os detalhes da cena, e quando aplicado sozinho ao cinescópio, reproduz uma gradação de cinza como nos TVs preto e branco. A tabela 3-2, seção 3-4, mostra como cada nível dêste sinal é obtido. A fig. 4-72C mostra o sinal diferença de côr (R-Y) que é aplicado à grade do canhão R (vermelho) onde, para cada côr, êste contribuirá também com um nível bem definido. Observe que êsse sinal assume valores de tensão desde negativo até positivo e, como já foi visto anteriormente, sua faixa de frequência é de apenas 1,3 MHz. Êste sinal é constituído, como já foi mencionado na seção 3-4, de

$$(R-Y) = + 0,70R - 0,59G - 0,11B$$

Somando-se o sinal mostrado em B com o sinal em C, obtém-se o sinal R mostrado em D, sendo:

- branco $100 + 0 = 100$
- amarelo $11 + 89 = 100$
- etc . . .

Cada vez que êsse sinal assumir o valor 100 (barras branca, amarela, magenta e vermelha), a corrente do feixe atinge um valor máximo e, conseqüentemente, a êste sinal corresponderão barras vermelhas com a luminosidade máxima na tela do cinescópio. A fig. 4-73 mostra como êsses dois sinais (4-72B e C) combinados resultam na tensão entre a grade e o catodo. Assumimos que o sinal Y aplicado ao catodo tenha a amplitude de 100 volts p.a.p. de branco a preto e amplitude total, incluindo o sincronismo, de 125 volts p.a.p. Na barra branca, o catodo estará em 120 volts e na barra preta, em 220 volts em relação a terra. Assumimos também que a grade dêsse canhão, sem nenhum sinal aplicado, esteja polarizada em +80 volts, resultando instantaneamente para a barra branca em:

$$120V - 80V = 40V.$$

Um voltímetro ligado entre o catodo e a grade indicaria uma diferença de potencial de -40 volts entre grade e catodo. Esta tensão (-40V) representa neste caso, a condição de máxima corrente, ou seja, brilho máximo.

Na barra amarela o nível de sinal Y no catodo sobe para 131 volts. Simultaneamente (R-Y) sobe para 91 volts e o instrumento continuará indicando -40 volts, resultando novamente numa barra vermelha com a mesma luminosidade. Para a turquesa, que não contém vermelho, o sinal Y é de 150 volts e o sinal (R-Y) atinge o nível de +10 volts. O instrumento agora indica:

$$10V - 150V = -140V$$

em relação ao catodo que, neste exemplo, corresponde à tensão de corte deste canhão. Portanto, para a cor turquesa não haverá excitação nos pontos vermelhos. O mesmo tipo de análise é válida para as demais barras e os outros canhões.

Voltando à fig. 4-72E, observamos que também para o sinal (G-Y) valem as relações mencionadas na seção 3-4:

$$(G-Y) = -0,30R + 0,41G - 0,11B$$

A soma deste com o sinal Y resulta no sinal verde (G) mostrado em F:

$$\begin{aligned} \text{branco } 100 + 0 &= 100 \\ \text{amarelo } 89 + 11 &= 100 \\ \text{etc...} \end{aligned}$$

Da mesma maneira, para o sinal (B-Y), fig. 4-72G, vale a relação

$$(B-Y) = -0,30R - 0,59G + 0,89B$$

e obtém-se o sinal azul (B) mostrado em H, somando-se os sinais (B-Y) e Y.

$$\begin{aligned} \text{branco } 100 + 0 &= 100 \\ \text{amarelo } 89 - 89 &= 0 \\ \text{etc...} \end{aligned}$$

Resumindo, então, pelas figuras D, F e H verificamos que na primeira barra (branca) os três canhões contribuem com a mesma intensidade. Na barra amarela são misturados verde e vermelho com a mesma intensidade, e o canhão azul está cortado.

Na barra turquesa, azul e verde estão presentes com a intensidade máxima, sem a cor vermelha. Na barra verde, apenas o canhão verde é excitado. A barra magenta é obtida pela mistura de vermelho e azul. Nas barras vermelha e azul, apenas vermelho e azul estão presentes, respectivamente.

Obtenção do Sinal (G-Y)

Os demoduladores U e V fornecem os sinais demodulados (R-Y) e (B-Y) que, uma vez obtidos, podem ser aplicados diretamente ao TRC com as amplitudes convenientes. Falta portanto apenas a informação G-Y, a fim de completar a excitação do TRC. Lembramos que na seção 3-4 foi mostrado que (G-Y) pode ser obtido somando-se os sinais -(R-Y) e -(B-Y) com as relações de amplitude corretas, ou seja:

$$(G-Y) = -0,51(R-Y) - 0,19(B-Y)$$

Isto significa que precisamos dos dois sinais (R-Y) e (B-Y) com polarização invertida, cada um atenuado pelos fatores indicados. A fig. 4-74 mostra um circuito de matriz simplificado, o qual transforma os dois sinais -(R-Y) e -(B-Y) em sinais (R-Y), (B-Y) e (G-Y).

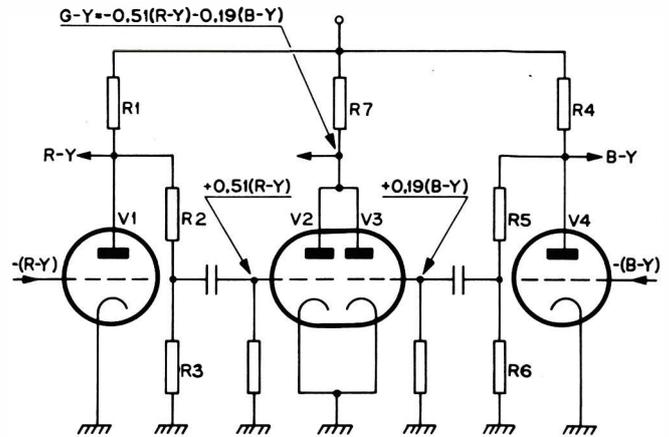


Fig. 4-74. Circuito de matriz com 4 válvulas.

O sinal -(R-Y) é aplicado à grade da válvula V1. Assumimos, para simplificar, que o ganho dessas válvulas seja 1. Esse sinal é invertido e aparece no anodo da válvula como +(R-Y). Escolhendo para os resistores R2 e R3 valores convenientes, neste caso praticamente 1:1, a tensão na grade da válvula V2 é então 0,51 (R-Y). Esta tensão aparece novamente invertida no anodo de V2, -0,51 (R-Y), exatamente o componente necessário para obter (G-Y), faltando apenas o

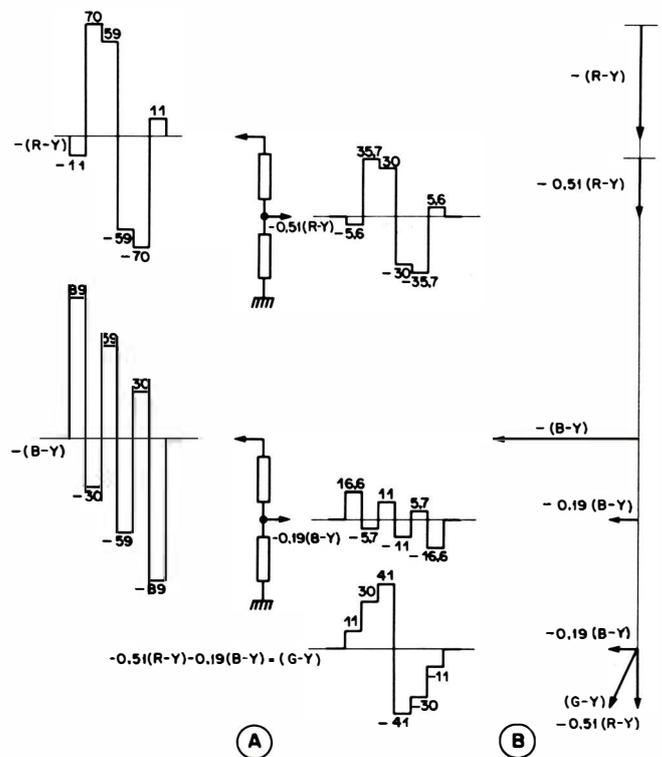


Fig. 4-75. Obtenção de G-Y (A) representação vetorial (B)

componente $-0,19 (B-Y)$, que é obtido de maneira semelhante, aplicando-se à grade da válvula $V4$. O sinal $(B-Y)$ que aparece no anodo desta válvula é atenuado pelos resistores $R5$ e $R6$, obtendo-se $0,19 (B-Y)$ na grade da válvula $V3$. Este sinal é invertido novamente e somado com o sinal $-0,51 (R-Y)$, obtendo-se o componente $(G-Y)$.

A fig. 4-75A mostra como o sinal $(G-Y)$ é obtido e o processamento de seus componentes $-(R-Y)$ e $-(B-Y)$, e a fig. 4-75B mostra o mesmo processamento por meio de vetores.

A fig. 4-76 mostra um outro circuito para obtenção do sinal $(G-Y)$. Novamente os dois sinais diferença de cor $-(R-Y)$ e $-(B-Y)$, são aplicados às grades das válvulas $V1$ e $V3$, resultando respectivamente nos componentes $(R-Y)$ e $(B-Y)$ amplificados nos anodos das mesmas. O divisor $R4$ e $R6$ atenua o sinal $(R-Y)$, a fim de obtermos $0,51 (R-Y)$ no ponto A. Os resistores $R5$ e $R6$ atenuam o sinal $(B-Y)$, obtendo-se $0,19 (B-Y)$ no mesmo ponto. Esses dois sinais combinados são aplicados à grade da válvula $V2$, resultando, desta forma, no sinal $(G-Y)$ no anodo da mesma.

Uma pequena interação ocorre entre os sinais $(R-Y)$ e $(B-Y)$. O componente $0,19 (B-Y)$ atenuado pelo resistor $R4$ aparece no anodo da válvula $V1$, afetando ligeiramente o sinal $(R-Y)$. Semelhantemente, o componente $0,51 (R-Y)$ atenuado pelo resistor $R5$ afeta o sinal $(B-Y)$.

Esta interação na prática é desprezível e pode apenas ser constatada por meio de medições.

A fig. 4-77A apresenta uma outra solução. O sinal $-(R-Y)$ aplicado à grade de $V1$ aparece no resistor de catodo $R1$ com a mesma polaridade (representado pelo gerador E_1 em 4-77B). No anodo de $V1$ obtemos $(R-Y)$. Semelhantemente, em $V3$ o sinal $-(B-Y)$ é obtido no resistor de catodo $R3$ (representado pelo gerador E_3 na fig. 4-77B). No anodo de $V3$ obtemos $(B-Y)$. Escolhendo os valores dos resistores $R1$ e $R3$, as atenuações nos sinais $(R-Y)$ e $(B-Y)$ efetuadas na estação, como já foi explicado na seção 3-4, poderão ser compensadas fazendo-se os ganhos de $V1$ e $V3$ convenientemente diferentes.

Consideramos, contudo, esses dois sinais já corrigidos nos estágios anteriores, para este exemplo. Dependendo dos valores dos resistores $R7$, $R2$ e $R8$, novamente as tensões $-0,51 (R-Y)$ e $-0,19 (B-Y)$ são obtidas no resistor $R2$. O sinal no anodo de $V2$ mantém a mesma fase com o sinal no catodo, obtendo-se desta maneira o sinal $(G-Y)$. Este arranjo é muito simples, porém ocorre uma interação maior entre os sinais, que pode ser minimizada usando-se para $R1$, $R2$ e $R3$ valores muito menores do que para os resistores $R7$ e $R8$.

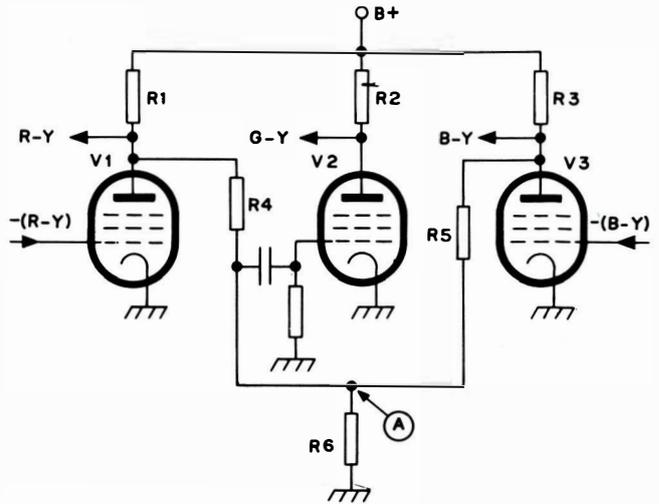
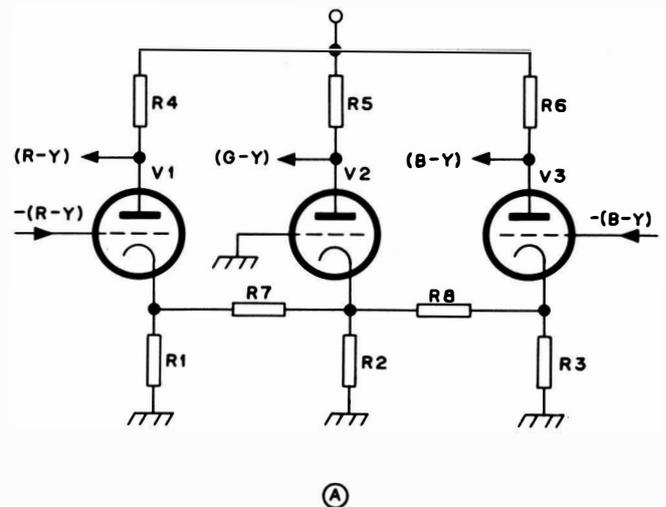
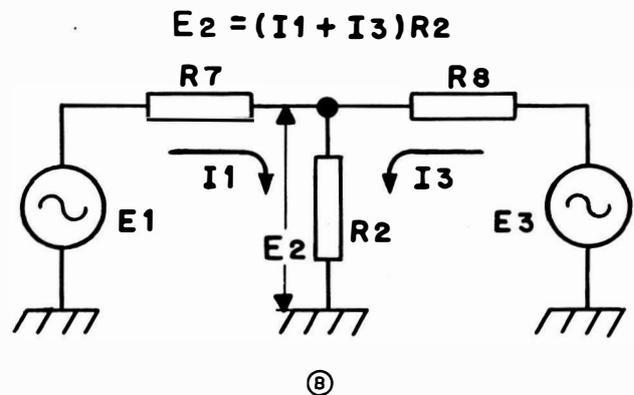


Fig. 4-76. Circuito de matriz com realimentação anodo-grade.



(A)



(B)

Fig. 4-77. Matriz com realimentação por catodo (A) circuito equivalente (B).

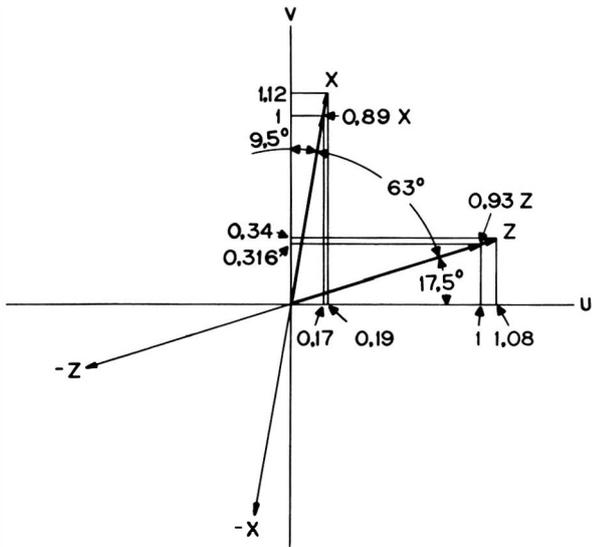


Fig. 4-78. Localização dos eixos X e Z segundo coordenadas U e V.

4-25-2. Matriz XZ

Em busca de um circuito de matriz cada vez mais simplificado, chegou-se ao circuito chamado "matriz XZ". X e Z são dois eixos situados no primeiro quadrante, como mostra a fig. 4-78.

Note que se tratam de sinais demodulados, e a fase das componentes envolvidas não têm nenhuma relação com a fase do sinal elétrico. Os vetores mostram apenas as relações de amplitude entre os sinais (R-Y) e (B-Y) ou V e U. Por exemplo, o vetor representado por X indica apenas que este sinal é constituído de 1,12 V e 0,19 U. Os ângulos indicados na fig. 4-78 podem ser ligeiramente diferentes, dependendo dos valores, dos componentes usados no circuito. Um circuito com três válvulas é suficiente para se obter as três saídas de diferença de cor (R-Y), (G-Y) e (B-Y). Pode-se demonstrar

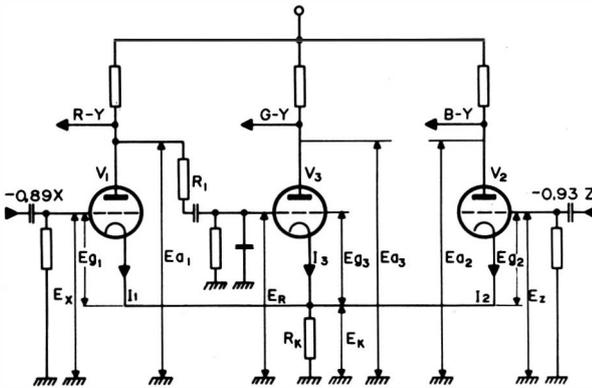


Fig. 4-79. Circuito básico de matriz X-Z.

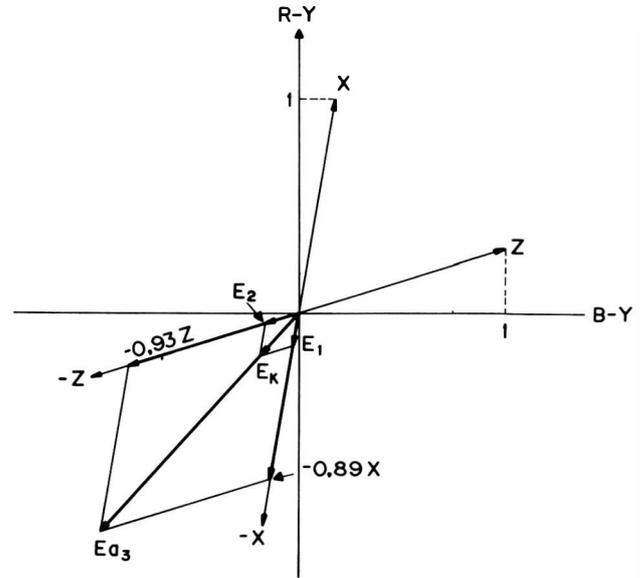


Fig. 4-80. Obtenção do sinal Ea3.

a relação entre os sinais X e Z e os sinais U e V:

$$Z = 0,34V + 1,08U$$

$$X = 1,12V + 0,19U$$

Destas equações podemos derivar:

$$\begin{aligned} 0,89X &= 1V + 0,17U \\ 0,93Z &= 1U + 0,316V \end{aligned} \quad (1)$$

A fig. 4-78 mostra essas relações por meio de vetores.

A fig. 4-79 mostra o circuito básico de uma matriz XZ. A válvula V1 é excitada na grade pelo sinal $-0,89X$ e a válvula V2 pelo sinal $-0,93Z$. O sinal X defasado de 180° , aplicado à grade de V1, resulta numa corrente de catodo I_1 que passa pelo resistor R_K , provocando uma tensão

$$I_1 \times R_K = E_1 \quad (\text{fig. 4-80})$$

O valor dessa tensão depende do ganho da válvula e do valor de R_K . O sinal Z aplicado simultaneamente em V2 provoca uma corrente de catodo I_2 , resultando na tensão de catodo

$$R_K \times I_2 = E_2$$

Logo, em R_K teremos:

$$R_K (I_1 + I_2) = E_K$$

considerando, por enquanto, que nenhum sinal seja aplicado à grade de V3 e que o resistor R_1 esteja desligado. Portanto, somente o sinal E_K excita esta válvula, resultando no vetor E_{a3} no anodo da mesma. A fase deste vetor é a mesma de E_K , devido à não inversão do sinal entre o catodo e o anodo. A amplitude (comprimento do vetor) depende do ganho desta válvula. Observe que V1 e V2 têm a mesma tensão E_K também aplicada aos seus catodos. A válvula V1 é então exci-

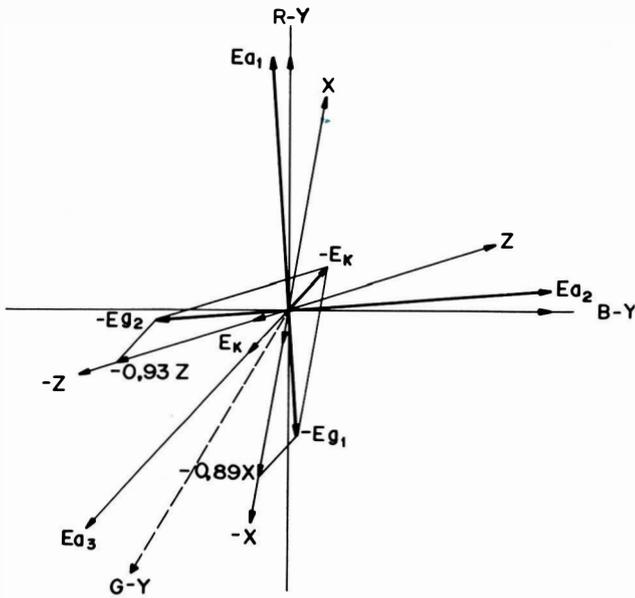


Fig. 4-81. Obtenção dos sinais E_{a1} e E_{a2} .

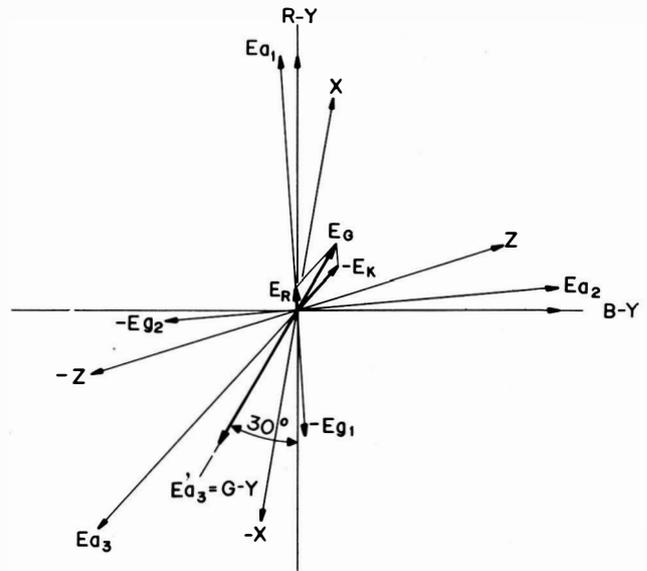


Fig. 4-82. Correção de E_{a3} para se obter G-Y.

tada pela diferença dos dois sinais (na grade o sinal $-0,89X$ e no catodo E_K), resultando em:

$$-E_{g1} = -0,89 X - E_K \text{ (fig. 4-81)}$$

O vetor $-E_K$ foi desenhado com a fase oposta, devido ao fato de que a tensão aplicada ao catodo atua de maneira oposta à aplicada à grade.

O sinal E_{a1} aparece no anodo de V1, invertido e com uma amplitude que depende do ganho desta válvula. De maneira idêntica, é obtida a tensão E_{a2} , que aparece amplificada e invertida no anodo de V2. Observe agora que os sinais E_{a1} e E_{a2} quase coincidem com (R-Y) e (B-Y) respectivamente, e E_{a3} é próximo de (G-Y). Ligando-se agora o resistor R1 com um valor apropriado, parte do sinal E_{a1} é realimentado à grade de V3, resultando numa tensão

$$-E_K + E_R = E_G$$

mostrada na fig. 4-82. Esta tensão E_R pode ser ajustada por meio de R1, resultando em conjunto com E_K , na tensão E_G . Esta tensão excita corretamente V3, produzindo a tensão

$$E_{a3}' = (G-Y)$$

no anodo da válvula V3. Os dois vetores, E_{a1} e E_{a2} , são apenas ligeiramente alterados pela mudança de E_{a3} .

Como já vimos, precisamos dos dois sinais X e Z para excitar êsses estágios. Para isso, é preciso somar linearmente os sinais U e V, de maneira a satisfazer a relação

$$\begin{aligned} 0,89X &= 1V + 0,17U \\ 0,93Z &= 1U + 0,316V \end{aligned}$$

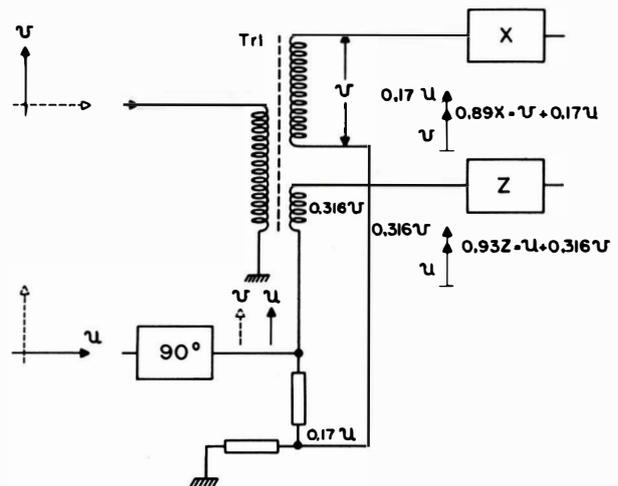


Fig. 4-83. Soma linear dos sinais U e V.

Para somar linearmente os dois sinais, é necessário girar de 90° um dos dois, a fim de colocá-los na mesma fase (fig. 4-83). O transformador Tr1 fornece os dois componentes de V , ou seja, $1 V$ e $0,316 V$, os quais são somados respectivamente com os componentes $0,17 U$ (obtido pelo divisor resistivo) e $1 U$, agora em fase com o sinal $1 V$. Na saída dos dois demoduladores são obtidos os sinais desejados $0,89X$ e $0,93Z$, em lugar de R-Y e B-Y ou U e V.

Uma outra maneira de se conseguir os sinais X e Z é misturar os sinais já demodulados R-Y e B-Y em relações semelhantes às indicadas nas equações (1). A fig. 4-84 mostra as novas relações, e, a diferença destas

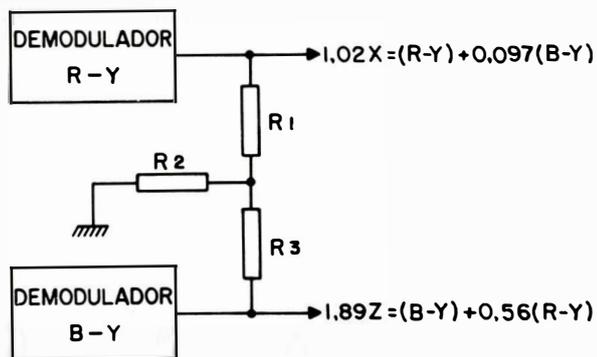


Fig. 4-84. Obtenção de X e Z a partir de (R-Y) e (B-Y).

com as anteriores advém dos fatores de atenuação de R-Y e B-Y, seção 3-4. Por meio dos resistores R1, R2 e R3, com valores convenientes, é obtida a mistura desejada. A fig. 4-85 mostra um circuito completo de matriz XZ usada no TV Philco. Os sinais X e Z são obtidos nas saídas dos demoduladores B-Y e R-Y, misturando-se os dois sinais diferença de cor, por meio de R1 e R2. Um pulso negativo, fornecido pelo circuito de apagador, é aplicado simultaneamente aos três catodos durante o tempo de retôrno do horizontal. Êstes pulsos levam as três válvulas, V1, V2 e V3, à saturação, fazendo circular corrente de grade. Esta cor-

rente de grade carrega os capacitores de acoplamento, desenvolvendo-se uma tensão de polarização para as três válvulas. Os picos negativos aparecem também nos anodos, servindo ao mesmo tempo para o apagamento das linhas de retraço horizontais. A vantagem dêsse circuito, além da sua simplicidade, é a grande estabilidade resultante da simetria dos circuitos associados às três válvulas.

Se, por envelhecimento de uma das válvulas, a corrente de anodo é reduzida, o mesmo ocorrerá com a sua corrente de grade, e isto resulta numa tensão de polarização de grade menor. O ponto de trabalho dessa válvula se desloca para a região de maior ganho da curva de transferência, compensando-se dêste modo a deterioração causada pelo envelhecimento. O pulso aplicado desempenhará ainda a função de restaurador CC, fixando os três sinais diferença de cor a um nível zero constante (ver seção 4-25). Dos três resistores de carga, R10, R11 e R12 (V1, V2 e V3), são retirados os sinais diferença de cor através dos resistores R4, R5 e R6, em paralelo com os capacitores C1, C2 e C3, respectivamente. Êsses conjuntos RC associados aos resistores R7, R8 e R9 permitem a correta polarização das grades de contrôle do TRC. Esta tensão pode ser ajustada por meio do potenciômetro P1.

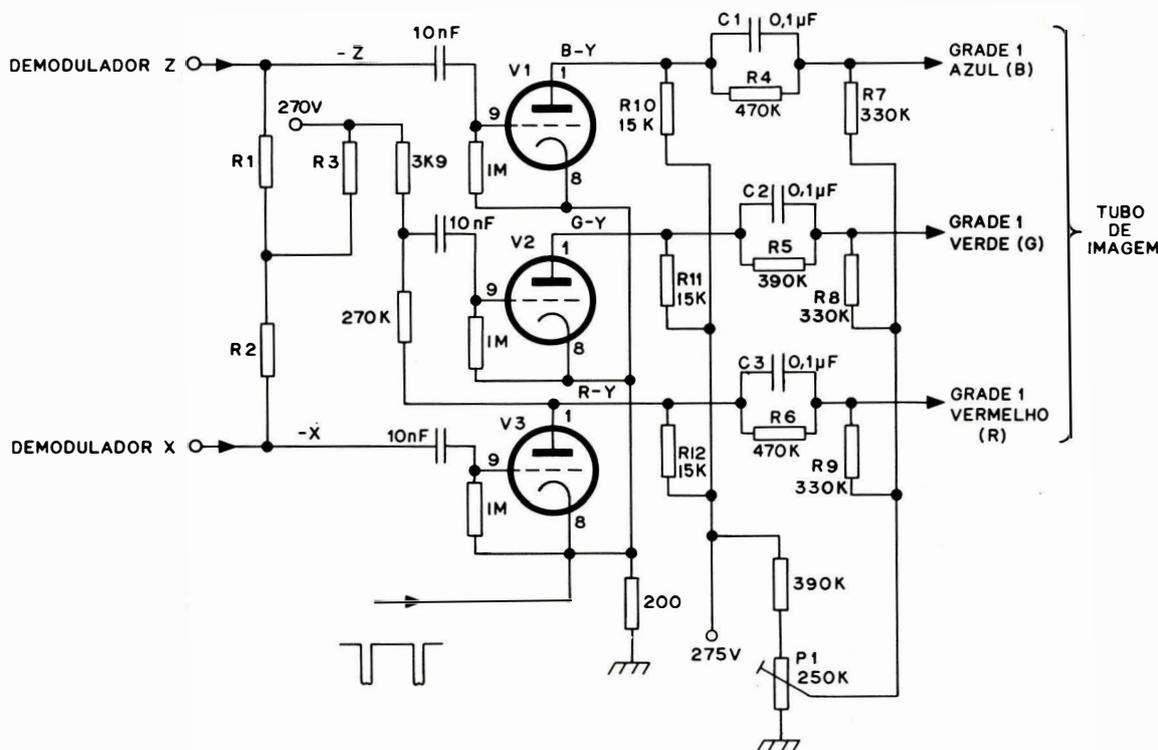


Fig. 4-85. Circuito matriz X-Z.

4-25-3. Excitação por meio de R, G e B

Em lugar do TRC desempenhar a função de recuperar R, G e B, o estágio de matriz pode também efetuar a transformação dos sinais de luminância Y e diferença de cor (R-Y) e (B-Y) em sinais de cor R, G e B, quando somados da maneira já conhecida.

$$\begin{aligned} R - Y + Y &= R \\ G - Y + Y &= G \\ B - Y + Y &= B \end{aligned}$$

A fig. 4-86 mostra o princípio do funcionamento da matriz RGB. Dependendo da polarização dos sinais R, G e B, estes podem ser aplicados aos catodos (excitação por catodo) ou às três grades (excitação por grade). Em qualquer um destes arranjos o estágio de saída de luminância é eliminado, porém os amplificadores R, G e B devem ter uma faixa de frequência até 4 MHz, ao invés de 1,3 MHz, no caso da excitação do TRC por meio de sinais diferença de cor.

Os sinais $-(R-Y)$ e $-(B-Y)$, provenientes dos demoduladores, são aplicados diretamente aos estágios de matriz. Estes sinais, combinados nas proporções corretas, formam o sinal (G-Y). Nos três estágios de matriz é aplicado também o sinal Y, que somado com os sinais diferença de cor, resulta em:

$$\begin{aligned} (R-Y) + Y &= R \\ (G-Y) + Y &= G \\ (B-Y) + Y &= B \end{aligned}$$

Os estágios de saída R, G e B invertem e amplificam esses sinais, obtendo-se $-R$, $-G$ e $-B$, a serem aplicados aos catodos do TRC. Para a excitação através das grades, basta aplicar às matrizes os sinais (R-Y), (B-Y) e $-(Y)$, ao invés de $-(R-Y)$, $-(B-Y)$ e (Y), obtendo-se desta forma os sinais R, G e B nas saídas. As amplitudes dos sinais R, G e B para as cores 100% saturadas são menores do que a dos sinais diferença de cor.

Suponha por exemplo que para excursão máxima do TRC os sinais R, G e B contribuam sempre com 100 volts de amplitude nas barras em que estão presentes. No caso de excitação por meio dos sinais diferença de cor, para se obter um sinal branco e preto também é necessário um sinal Y de 100 volts de amplitude.

Neste caso, para a barra turquesa, o sinal (R-Y) é de

$$(R-Y) = R - Y$$

Vide tabela 3-2 e fig. 3-44, ou seja:

$$0V - 70V = -70V$$

e para a barra vermelha:

$$(R-Y) = R - Y = 100V - 30V = +70V$$

ou seja, 140 volts p.a.p. de excursão, no caso de uma sequência de barras turquesa e vermelha alternadas.

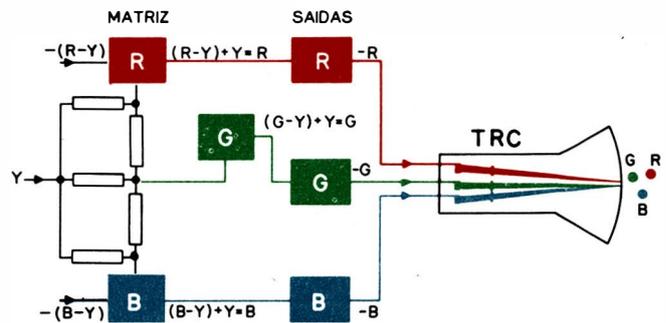


Fig. 4-86. Princípio de funcionamento da matriz RGB.

Para o sinal (B-Y) valem as seguintes condições: numa barra amarela, o sinal de cor B é zero e o sinal diferença de cor é

$$(B-Y) = 0V - 89V = -89V$$

e numa barra azul

$$B = 100V$$

$$(B-Y) = 100V - 11V = +89V$$

ou seja, 178 volts p.a.p. numa sequência de barras desse tipo. Quando transistores são empregados nos estágios de saída, a excitação R, G e B é recomendada devido à menor excursão necessária, como explicado acima.

A fig. 4-87 mostra um circuito R, G e B completo. Os sinais $-(R-Y)$ e $-(B-Y)$ são aplicados à base de T1 e T3, respectivamente. Estes sinais aparecem com a mesma fase e com aproximadamente a mesma amplitude nos resistores de emissor R4 e R5. Os resistores R1 e R2 são dimensionados de tal maneira que os sinais $-(R-Y)$ e $-(B-Y)$ são combinados em R3, na relação correta, a fim de obter o sinal (G-Y). Na junção dos resistores R3, R4 e R5 é aplicado o sinal Y, o qual é somado com os sinais diferença de cor. No coletor de T1 obtemos o sinal R, a partir de $-(R-Y)$ na base e de Y no emissor. Semelhantemente, em T3 se obtém B a partir dos sinais $-(B-Y)$ na base e Y no emissor. No coletor do transistor T2 aparece G a partir dos sinais (G-Y) e Y no emissor. Estes sinais são aplicados às bases dos transistores adaptadores de impedâncias T4, T5 e T6, ligados como seguidores de emissor; portanto, R, G e B não sofrem inversão. Os sinais são amplificados e invertidos pelos transistores de saída T7, T8 e T9, resultando nos sinais de cor $-R$, $-G$ e $-B$ nos coletores dos mesmos.

Devido à diferença de ganho nos três canhões do TRC, a sua excitação deve ser equalizada, conforme já mostrado na seção 4-6. O ajuste é feito por meio dos resistores R6 e R7, formando um divisor fixo, e dos potenciômetros P1 e P2. L1, L2 e L3 estendem a resposta

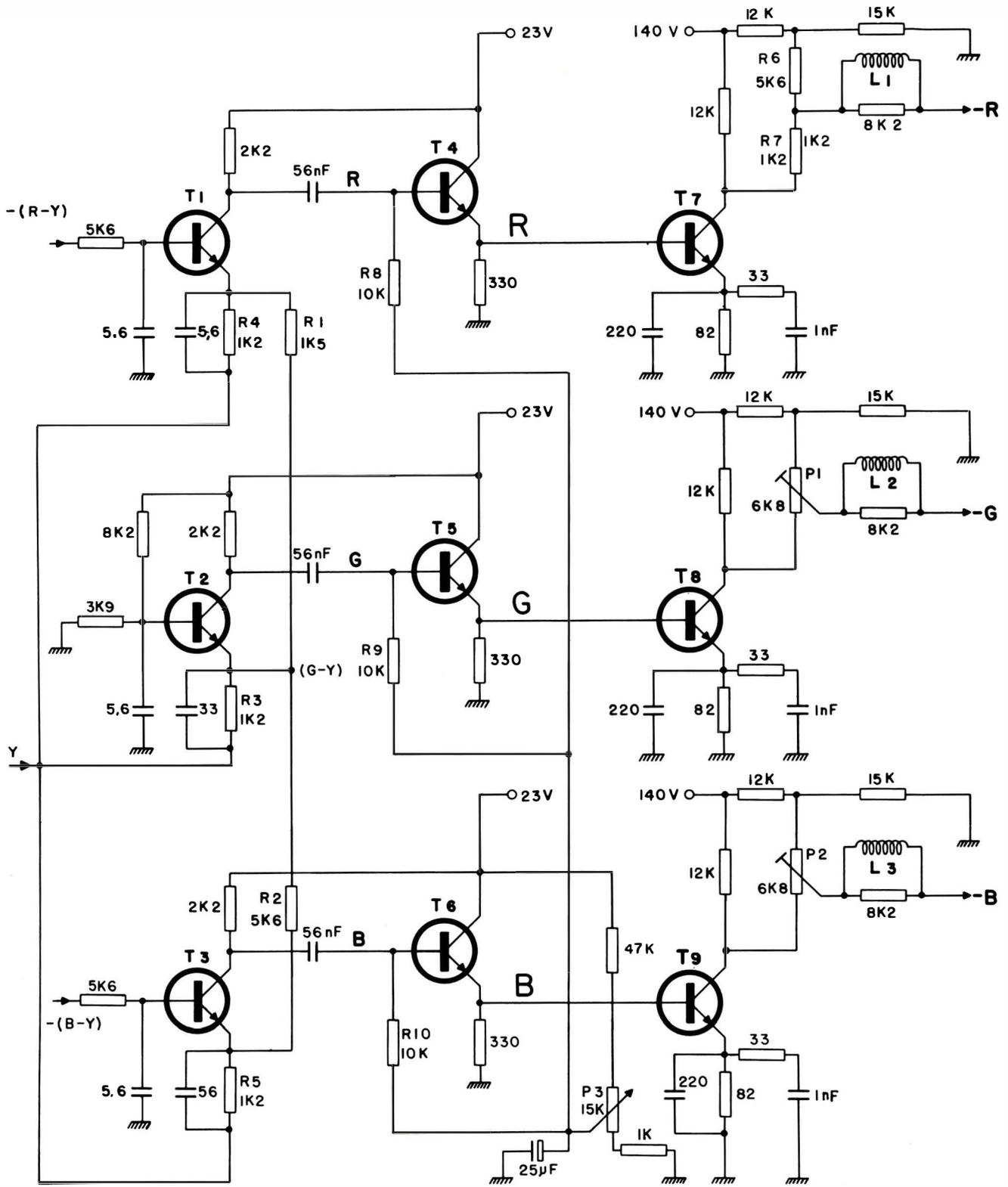


Fig. 4-87. Circuito completo para excitação do cinescópico por sinais R, G, B.

em frequência até 4 MHz. Na junção dos resistores de base R8, R9 e R10 é ligado o potenciômetro de brilho P3, que varia a polarização dos transistores T7, T8 e T9, resultando numa variação de tensão média dos três catodos. Desta maneira, o rastreamento de brilho é assegurado, variando essas tensões de acordo com os ganhos dos três amplificadores.

4-26. RESTAURAÇÃO CC

Devido à diferença de potencial entre os diversos estágios, capacitores de acoplamento são usados, e conseqüentemente, o nível CC dos sinais é perdido. Porém, estes níveis CC são essenciais para garantir a formação correta das côes.

Primeiro, vamos recapitular como um capacitor provoca a perda do nível CC. A fig. 4-88A mostra um circuito de acoplamento, no qual consideramos a constante de tempo RC muito alta. Assumimos também, que o potencial nos dois lados do capacitor seja igual a 100 volts. Portanto, não há carga armazenada (a mesma quantidade de elétrons nos dois lados). Aplicamos um sinal no ponto E de + 100 volts (fig. 4-88B) ou seja, 200 volts em relação à massa; o capacitor é então carregado pela corrente I_1 . Esta corrente é pequena, limitada pelo resistor R com valor alto, e desenvolve uma tensão instantânea de 100 volts no resistor R, levando o ponto S a uma tensão de 200 volts em relação à massa. Retornando à tensão inicial de polarização (100 volts), o capacitor se descarrega através do resistor R, resultando numa corrente I_2 . Esta corrente é muito menor do que I_1 , devido à pequena carga acumulada nas duas placas do capacitor. Esta corrente provoca uma tensão negativa no ponto S, em relação ao ponto E (fig. 4-88C). Se ligarmos e desligarmos a fonte adicional de 100 volts pe-

riódicamente, em cada ciclo que passa, a carga do capacitor aumenta, até atingir um equilíbrio de corrente de carga I_1 e de descarga I_2 . As áreas cercadas pelo sinal, acima e abaixo do nível de + 100 volts na saída, serão iguais.

Vamos agora verificar em que resultará no TRC esta perda de nível CC. A fig. 4-89 mostra o caso da transmissão de uma barra turquesa com fundo cinza. Assumimos que o nível contínuo, ou seja, a tensão de polarização sem sinal para os catodos seja + 150 volts, e para os sinais diferença de cor + 100 volts, resultando numa polarização de - 50 volts entre a grade de controle e o catodo (R, G e B = O). Todos os três sinais de cor durante o pulso de sincronismo têm amplitude zero. Durante a transmissão da área cinza o sinal Y muda para um nível de + 200 volts (50% de nível branco). Os sinais diferença de cor (R-Y), (G-Y) e (B-Y) permanecem em 100 volts (não há cor); as resultantes (sinais de cor R, G e B) atingem um nível de 50% da cor 100% saturada, porém, sendo os três sinais com a mesma amplitude, produzem o cinza. A luminosidade da barra turquesa foi escolhida para ser igual à da cinza; portanto, Y permanece inalterado durante esta barra. Neste caso, o sinal (R-Y) é negativo e resulta em R = O. Os sinais (B-Y) e (G-Y) são positivos, resultando em sinais G e B de saturação 100%, ou seja, a cor turquesa. Devido ao capacitor de acoplamento nos estágios de diferença de cor, os níveis CC são alterados. O nível zero do sinal (R-Y) é alterado para um valor positivo e os dos sinais (B-Y) e (G-Y) para um valor negativo, resultando num sinal de cor R maior do que o original. Durante a barra turquesa o sinal R não é mais nulo. A alteração nos sinais de cor G e B é oposta, resultando em sinais menores. O fundo, originalmente cinza, adotará então uma

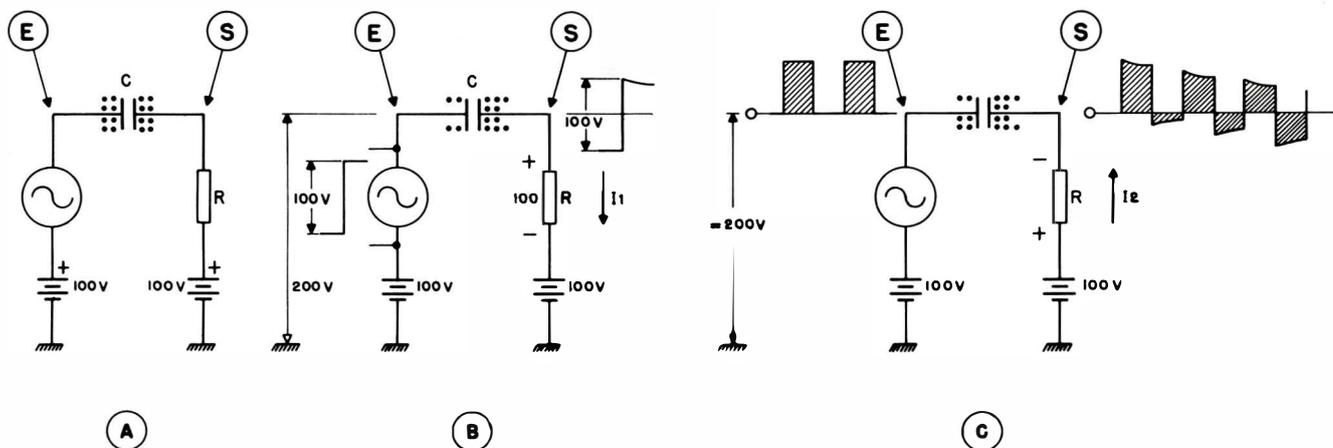


Fig. 4-88. Perda do nível CC num circuito RC.

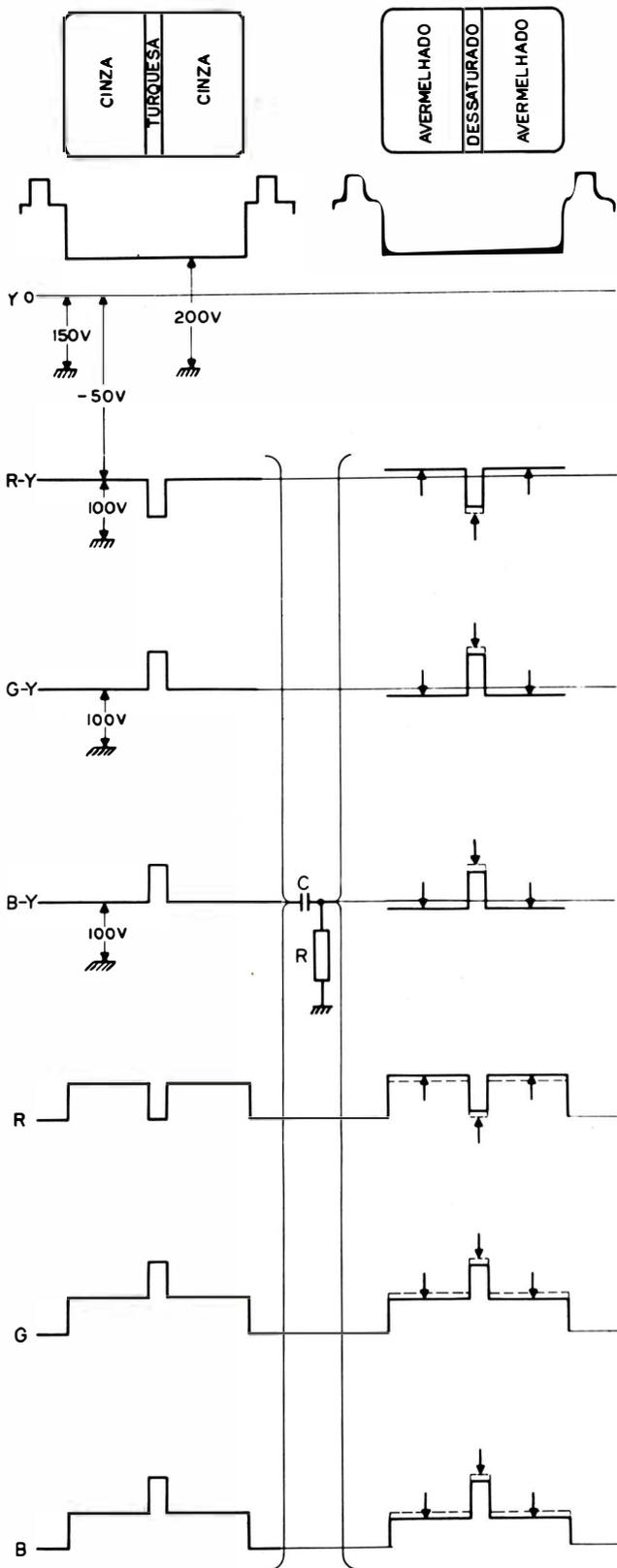


Fig. 4-89. Alteração da cor devido à perda do nível CC.

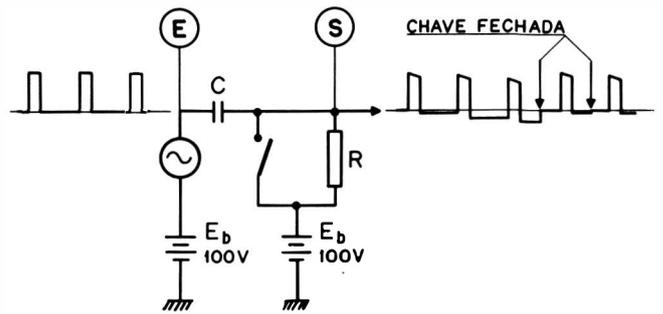


Fig. 4-90. Circuito básico do restaurador CC.

coloração avermelhada, e a barra turquesa sofrerá uma descoloração. Para evitar estas distorções, uma restauração CC é necessária.

Alterando-se o circuito da fig. 4-88, acrescentando uma chave comandada que se fecha periodicamente por um breve intervalo de tempo, consegue-se a restauração desejada (fig. 4-90). Nas sequências A, B, e C da fig. 4-88 a chave permanece aberta, resultando nas correntes I_1 e I_2 . Antes de repetir novamente o pulso positivo, a chave é fechada, descarregando o capacitor completamente. A tensão negativa que cumulativamente vai se armazenando no capacitor, e que eliminaria na saída o nível CC, será então descarregada. Na prática, esta descarga é realizada durante o pulso de sincronismo horizontal.

O nível contínuo, presente no ponto E, é então restaurado no ponto S.

No circuito prático, esta chave é substituída por dois diodos, conforme ilustra a fig. 4-91. Dois pulsos de polaridades opostas, provenientes do transformador de saída horizontal, são aplicados através dos capacitores C1 e C2, nos pontos B e D. Êsses pulsos provocam uma corrente I_1 , que carrega os capacitores C1 e C2 à sua tensão de pico, ou seja, — 100 volts no ponto B em relação ao ponto C, e + 100 volts no ponto D, também em relação ao ponto C. A tensão no ponto C não é alterada, permanecendo em qualquer nível para o qual fôr ajustada, por exemplo 80 volts. Com os diodos D1 e D2 conduzindo, o circuito pode ser redesenhado, conforme a fig. 4-92. Pode-se então ver que o ponto A é ligado, através dos resistores R1 e R2 em paralelo, ao nível ajustado pelo potenciômetro P1 (80 volts). Entre dois pulsos consecutivos, os diodos são polarizados inversamente pela tensão nos capacitores C1 e C2, sendo o ponto A desligado deste circuito, e restando apenas o resistor equivalente do catodo do TRC (valor alto). Os capacitores C1 e C2 são descarregados lentamente, através dos resistores

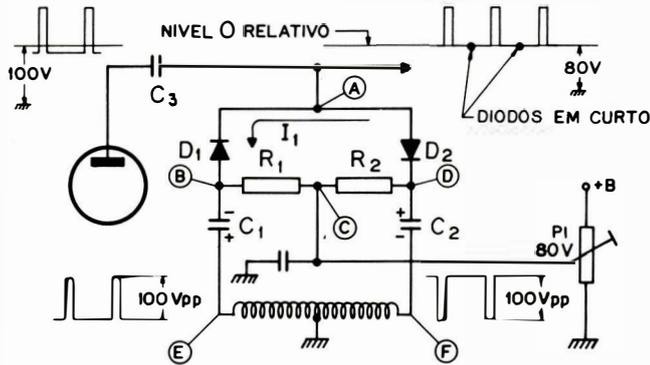


Fig. 4-91. Circuito simplificado de um restaurador CC.

R1 e R2. As constantes de tempo RC são altas, o que faz com que os capacitores se descarreguem pouco, até que os próximos pulsos os recarreguem, ligando novamente o ponto A na tensão de referência e descarregando o capacitor C3.

O mesmo princípio se aplica à versão mostrada na fig. 4-93. Pulsos negativos, provenientes do apagador, são aplicados ao catodo da válvula e ultrapassam a polarização negativa grade-catodo, provocando uma corrente de grade.

Neste instante, grade-catodo representa uma chave fechada, e o nível contínuo do ponto A é amarrado ao nível do pulso negativo aplicado ao catodo. O capacitor C1 é carregado, mantendo esta carga até que o próximo pulso seja aplicado.

Apagador

A fig. 4-94 mostra o circuito apagador usado num TV Philco. Os pulsos positivos provenientes do transformador de saída horizontal são aplicados através de C1 à grade da válvula V1, levando-a do regime de corte à saturação, e limitando os pulsos no catodo e no anodo. O capacitor C1 é carregado pela corrente de grade que circula durante esses pulsos, mantendo a válvula cortada durante o resto do tempo. Os pulsos negativos, agora com amplitude constante, obtidos no anodo dessa válvula, são aplicados aos catodos das válvulas de saída de diferença de cor. Do catodo de V1, os pulsos com polaridade positiva são aplicados ao amplificador de crominância, a fim de remover o sinal de sincronismo de cor do sinal composto de cor. O sinal de sincronismo de cor deve ser removido, a fim de permitir a restauração CC durante os pulsos de sincronismo, caso contrário, o nível zero seria amarrado ao nível representado pelo mesmo.

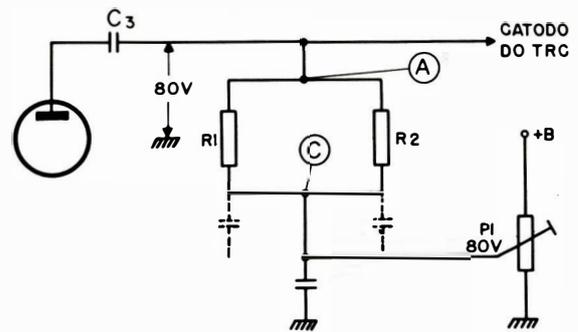


Fig. 4-92. Circuito equivalente durante a condução dos diodos.

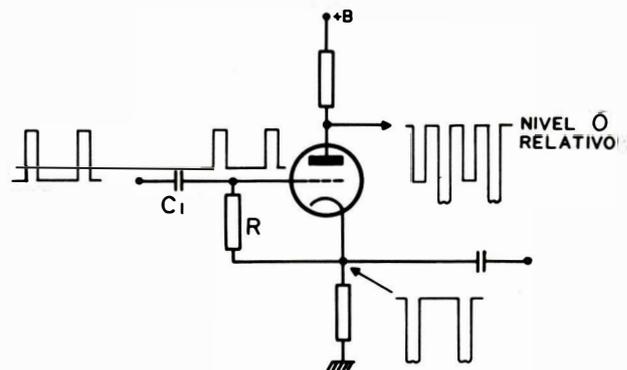


Fig. 4-93. Outra versão de restaurador CC.

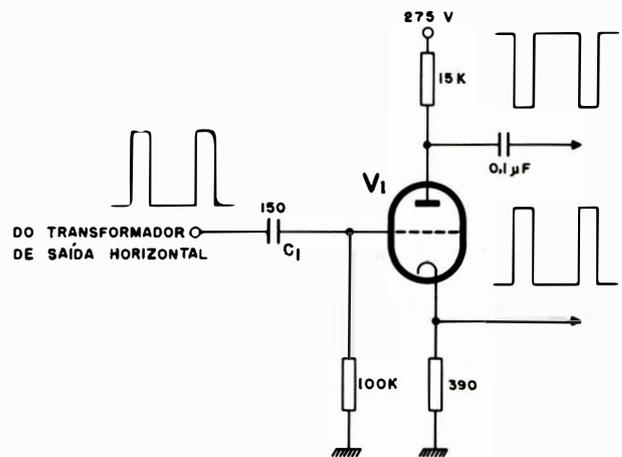


Fig. 4-94. Circuito do apagador horizontal.

5. CINESCÓPIO TRICROMÁTICO E CIRCUITOS ASSOCIADOS

5-1. OPERAÇÃO DO CINESCÓPIO PRÊTO E BRANCO

O cinescópico para receptores prêto e branco é composto essencialmente por um canhão eletrônico emissor de elétrons e uma tela recoberta internamente com um material denominado fósforo (fig. 5-1).

A disposição dos elementos do canhão está ilustrada na fig. 5-2. O catodo do canhão eletrônico, aquecido pelo filamento, emite um feixe eletrônico diretamente sobre a tela de fósforo. A diferença de potencial entre o catodo e a grade de controle G1 determina a quantidade de elétrons incidentes na tela, controlando desta maneira sua iluminação ou brilho. Os elétrons, ao passarem pela grade auxiliar G2, são ligeiramente acelerados antes de serem submetidos ao eletrodo de foco G4. O eletrodo de foco atua sobre o feixe no sentido de concentrá-lo em um pequeno ponto, no instante em que esse tocar a tela. O feixe de elétrons, ao passar por um eletrodo acelerador, ou 1º anodo G5, aumenta sua velocidade a fim de prover suficiente energia para a iluminação da tela.

A posição do feixe eletrônico na tela é controlada por um conjunto de bobinas defletoras montadas externamente ao redor do pescoço do cinescópico. Esse conjunto é composto por bobinas verticais e horizontais. As correntes que fluem nessas bobinas geram campos magnéticos perpendiculares aos sentidos de deflexão dese-

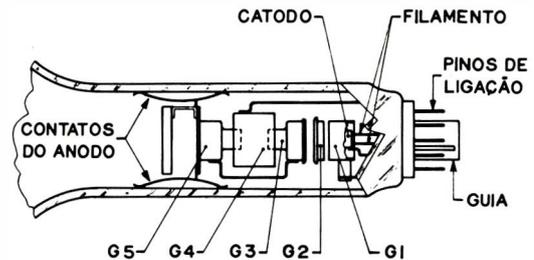


Fig. 5-2. Elementos do canhão eletrônico.

jados. O feixe eletrônico, ao passar por esses campos magnéticos, é defletido de lado a lado e de cima a baixo da tela, em sincronismo com a varredura de uma imagem televisada na estação, cujo sinal de vídeo está sendo aplicado entre o catodo e a grade de controle.

Concluindo, uma cena televisada irá controlar no cinescópico a posição e a intensidade do feixe eletrônico incidente na tela, reproduzindo desta maneira, ponto por ponto, a cena televisada.

5-2. OPERAÇÃO DO CINESCÓPIO TRICROMÁTICO

Montagem do Canhão Eletrônico para TV a Côres

O tubo de raios catódicos para TV a côres contém três conjuntos de canhões eletrônicos, conforme mostra a fig. 5-3. Cada um dos conjuntos é semelhante ao usado em um tubo de imagem acromático. Os três conjuntos de canhões eletrônicos são agrupados formando uma tríada, ilustrada na fig. 5-4. Visto que o eixo radial de cada canhão está separado de 120° em relação aos outros, os centros dos canhões formam os vértices de um triângulo equilátero. Observando-se o tubo de raios catódicos a partir de sua base, notamos que em geral o canhão azul está em cima. Os canhões eletrônicos não são montados com seus eixos paralelos entre si ou com o eixo do tubo. As extremidades de cada canhão estão inclinadas de um ângulo ligeiramente maior que 1° na direção do eixo do tubo, conforme mostra a fig. 5-5. Essa disposição facilita a convergência estática dos três feixes de elétrons.

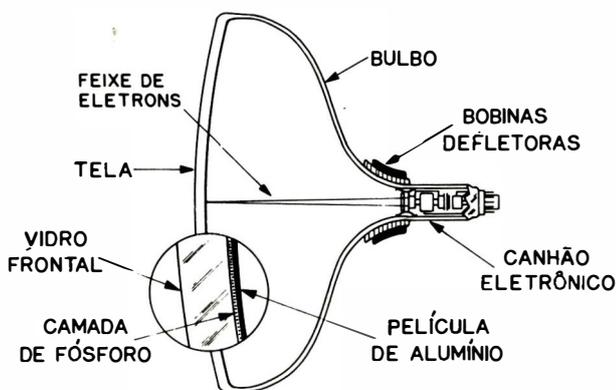


Fig. 5-1. Cinescópico acromático.

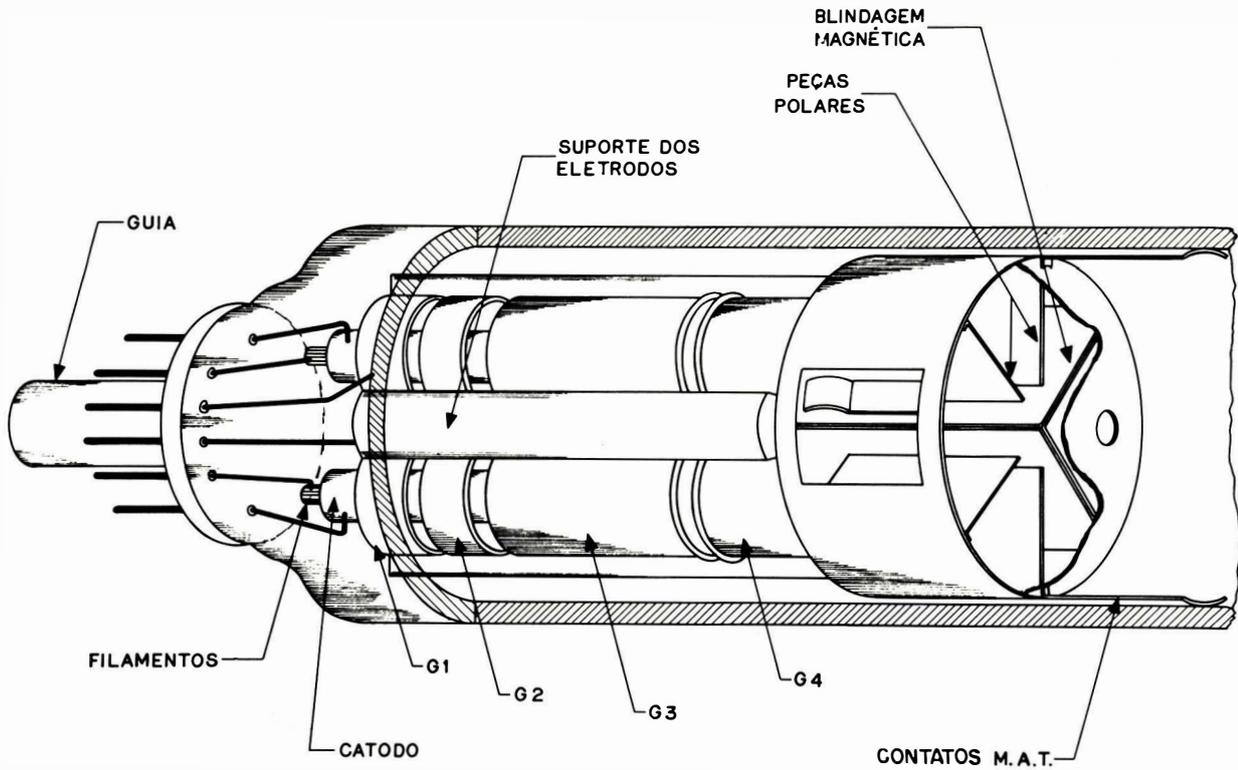


Fig. 5-3. Canhões eletrônicos de um cinescópio cromático.

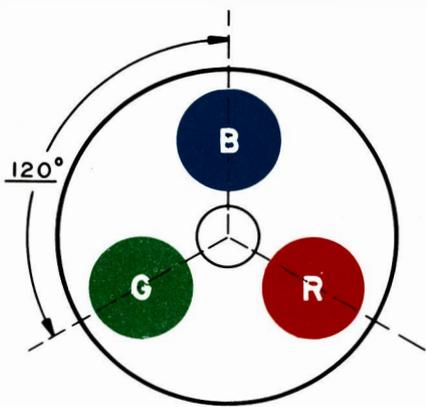


Fig. 5-4. Posicionamento dos canhões no pescoço do cinescópio (visto de trás).

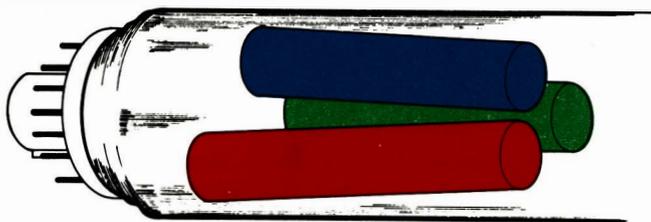


Fig. 5-5. Inclinação axial dos canhões eletrônicos.

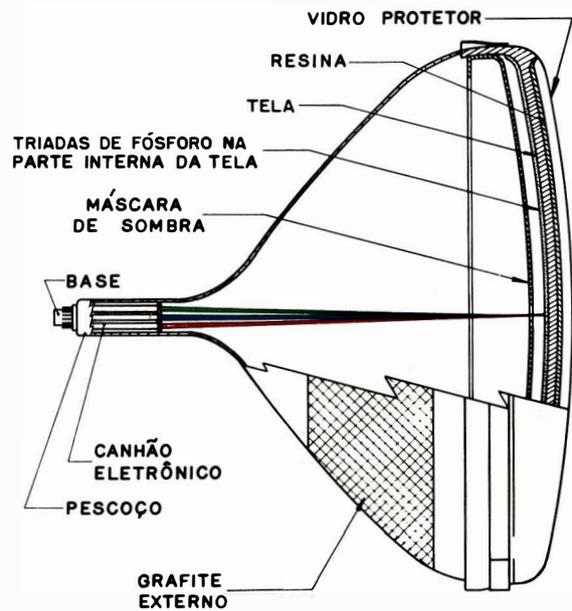


Fig. 5-6. Estrutura de um cinescópio cromático.

Máscara de Sombra e Tela de Fósforo

A tela de um tubo de raios catódicos a cores, com três canhões eletrônicos, é também diferente da tela de um tubo de raios catódicos acromático. Ao invés de

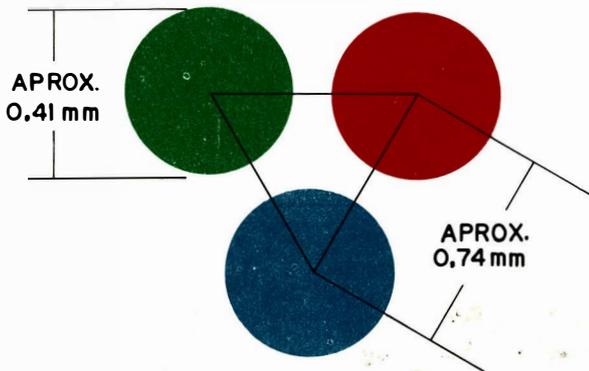


Fig. 5-7. Tríada de pontos de fósforo.

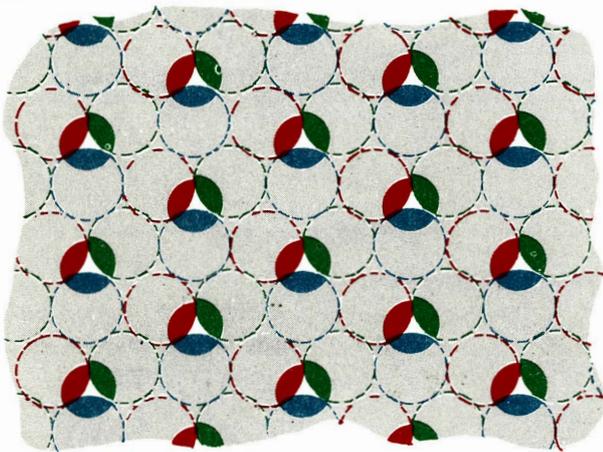


Fig. 5-8. Posição da máscara de sombra em relação à tela.

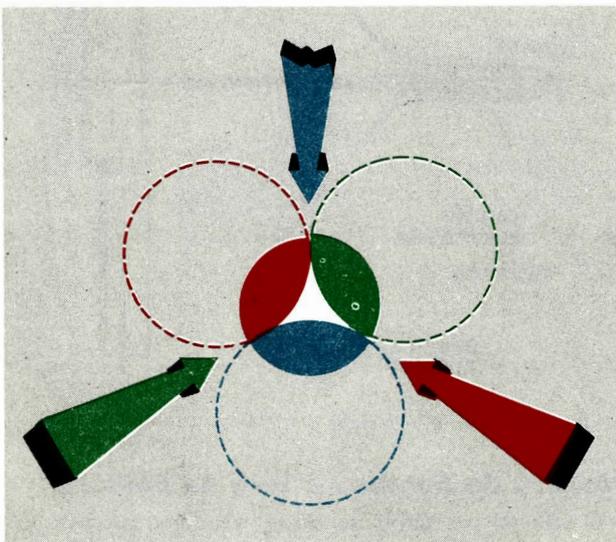


Fig. 5-9. Princípio de operação da máscara de sombra.

uma única aplicação de fósforo sobre a placa frontal, são aplicadas três espécies diferentes de fósforo, capazes de emitir três cores diferentes. Esta aplicação é feita na forma de pontos. Logo atrás da tela, a uma distância bem determinada, é montada uma máscara de sombra. Essa máscara contém uma infinidade de pequenos orifícios, através dos quais deve passar o feixe de elétrons que atinge o fósforo na placa frontal. A localização dos componentes que constituem a estrutura de um tubo de raios catódicos a cores, com os três canhões eletrônicos, pode ser vista na ilustração em corte da fig. 5-6.

A tela do TRC é recoberta por pequenos pontos de fósforo. Os pontos adjacentes praticamente se tangenciam. Eles têm 0,41 mm de diâmetro e são distanciados de 0,74 mm centro a centro, conforme ilustra a fig. 5-7. Cada grupo de três pontos adjacentes, os quais formam os vértices de um triângulo equilátero, é chamado uma tríada. Misturas adequadas de luz, irradiadas dos três fósforos, são capazes de produzir todas as cores e saturações necessárias para reproduzir uma imagem a cores.

Função da Máscara de Sombra

Cada um dos três feixes de elétrons deve atingir apenas os pontos de fósforo da cor que está excitando, e a máscara de sombra se presta a essa finalidade. Esta é perfurada com orifícios de 0,3 mm de diâmetro, e é colocada com precisão numa posição bem determinada em relação aos pontos de fósforo da tela (fig. 5-8). Nota-se que o centro de cada abertura da máscara de sombra é equidistante de cada ponto de fósforo, na tríada de cor. Então, apenas uma pequena seção de cada ponto de fósforo é visível através das aberturas da máscara. Esse caso ocorre quando a visão é feita perpendicularmente à máscara de sombra e à tela. Olhando-se de uma outra posição, um dos pontos será mais visível que os outros. A fig. 5-9 mostra apenas um orifício da máscara de sombra, diretamente sobre uma tríada de pontos de fósforo na tela. Se o ângulo de incidência do olho na direção da montagem for mudado, de modo a coincidir com um dos ângulos indicados pelas setas, o observador seria capaz de ver somente um dos pontos de fósforo, vermelho, verde ou azul. Os outros dois pontos estariam encobertos pelo corpo da máscara de sombra.

Ainda nos referindo à discussão anterior, se o observador é substituído por três feixes de elétrons colocados segundo os mesmos ângulos de incidência, o resultado é que cada ponto de fósforo é iluminado por seu respec-

tivo canhão eletrônico. Então o feixe de elétrons proveniente de um canhão consegue atingir somente o fósforo vermelho; o feixe de elétrons vindo de um segundo canhão atinge apenas o fósforo azul e, finalmente, o feixe de elétrons proveniente do terceiro canhão atinge apenas o fósforo verde. A máscara de sombra é colocada em relação à tela de tal modo que cada um dos três canhões eletrônicos do tubo de raios catódicos a cores excite somente um dos fósforos. Sob níveis normais de corrente de feixe, o feixe de elétrons abrange mais de uma abertura da máscara de sombra. O feixe pode, de fato, ser suficientemente grande para cobrir mais de sete aberturas de uma só vez. Os elétrons que não conseguem passar através da máscara de sombra são drenados sob a forma de corrente de máscara. Isto resulta em considerável potência dissipada em forma de calor, que pode ocasionar uma dilatação térmica da máscara e fazer com que os feixes eletrônicos atinjam mais do que um ponto dentro da mesma tríada. A máscara de sombra nos modernos TRC é dotada de um sistema de suspensão para compensar êsse efeito.

O ângulo segundo o qual o feixe passa através da máscara de sombra é tal que os elétrons excitam somente seus respectivos pontos de fósforo na tela, como mostra a fig. 5-10. Nota-se que as aberturas da máscara de sombra são de diâmetro menor do que os pontos de fósforo na tela. Portanto, o diâmetro dos feixes de elétrons, após passarem através da máscara de sombra, é menor que o dos pontos de fósforo. Isto reduz a possibilidade de elétrons individuais atingirem e excitarem pontos de fósforo adjacentes, de cores diferentes.

5-3. CONTRÔLE DOS FEIXES DE ELÉTRONS

Além da necessidade das bobinas de deflexão e do elemento de foco eletrostático, que são comuns tanto no tubo acromático como no tubo a cores, para o controle do feixe de elétrons os tubos de imagem a cores exigem outros dispositivos, a fim de obter-se pureza de cor e convergência em toda a tela do tubo de raios catódicos. Uma explicação sobre as exigências adicionais de controle do feixe, bem como os métodos empregados para aplicar êsses controles, são apresentados nesta parte.

Pureza de Cor

O ângulo de incidência dos três feixes de elétrons, quando êles se aproximam da máscara de sombra, é de grande importância. Mesmo que os feixes de elétrons estejam adequadamente relacionados entre si, se as suas trajetórias estiverem deslocadas, como mostra a fig.

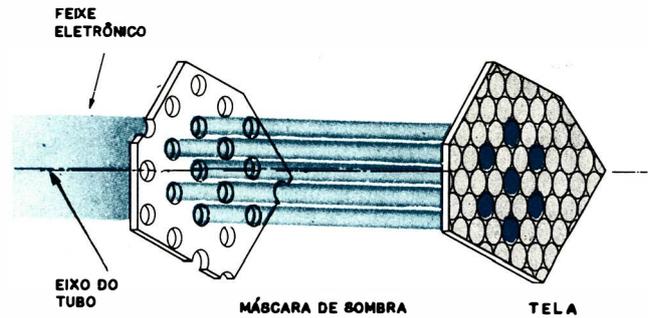


Fig. 5-10. Passagem do feixe de elétrons através da máscara de sombra.

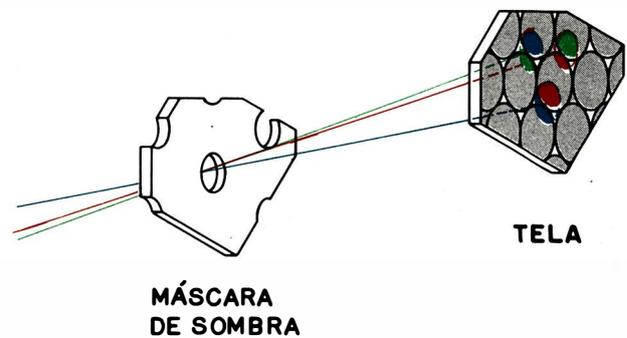


Fig. 5-11. Impureza de cor.

5-11, a passagem através das aberturas da máscara resulta numa impureza de cor. Desta maneira, serão também excitados pontos de fósforo adjacentes aos desejados. É necessário então utilizar métodos adequados para assegurar a passagem do feixe através da máscara de sombra, segundo uma posição e ângulo convenientes. Isto precisa ocorrer antes que o feixe de elétrons seja defletido.

Se o feixe eletrônico alcançar o plano de deflexão em qualquer outro ponto que não o correto, resultará uma impureza de cor. A fig. 5-12 mostra um feixe alcançando o plano de deflexão no ponto correto A e num ponto incorreto B. Foi considerado apenas um feixe, por exemplo o vermelho, a fim de simplificar o desenho. Quando o feixe passa pelo ponto A, êle passará através da máscara de sombra segundo o ângulo correto, durante todo o processo de varredura, produzindo uma trama de vermelho puro. Observe que o feixe, passando pelo ponto B (linha tracejada), passará através da máscara de sombra segundo um ângulo diferente da linha considerada anteriormente, causando uma impureza de cor. Essa condição pode ser corrigida por meio de ímãs de pureza, cujo campo resultante pode ser variado para desviar o feixe da sua trajetória inicial, fazendo-o passar

pelo ponto A.

O conjunto de ímãs de pureza de côr, conforme ilustrado na fig. 5-13, é o dispositivo usado para produzir êsse campo. O conjunto consiste de dois anéis com magnetização permanente (figs. 5-13A e B), montados de modo a permitir uma rotação independente para cada anel (fig. 5-13C). Duas abas em cada anel servem como alavancas e identificam os pólos norte e sul de cada um dos campos magnéticos. Êsse conjunto é colocado no pescoço do tubo de raios catódicos, entre os conjuntos de convergência e de azul lateral. O contrôlo adequado do feixe é obtido antes da deflexão de varredura ser aplicada. Quando as abas coloridas de cada anel estão em posições opostas, a adição dos campos magnéticos produz um deslocamento máximo no feixe de elétrons. Quando as abas coloridas de cada anel estão juntas na montagem, há cancelamento dos campos magnéticos, não ocorrendo deslocamento do feixe. Variando-se o grau de separação entre as abas dos anéis, como está mostrando a fig. 5-13D, o campo pode ser ajustado, desde uma condição de ausência até um máximo de intensidade. Além disso, através de uma rotação de todo o conjunto, o campo pode ser ajustado ao longo de 360°. Como mostra a fig. 5-12, existe um plano de deflexão cuja posição deve ser bem definida, para se obter a pureza de côr, especialmente nos cantos da tela. Isto porque, durante a aplicação dos pontos de fósforo, uma fonte luminosa é colocada em tôrno do ponto A, no plano de deflexão, para depositar por processo fotográfico cada tipo de pontos (azul, vermelho e verde), um após o outro. Pode-se concluir que o centro de deflexão das bobinas defletoras deverá coincidir com

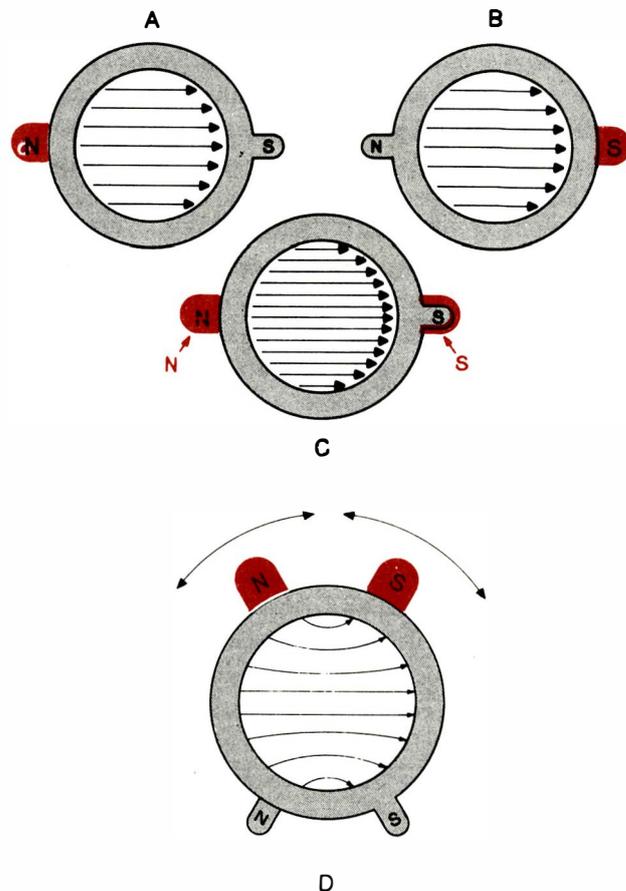


Fig. 5-13. Conjunto de ímãs de pureza de côr (A, B, C) ajuste do conjunto de ímã de pureza (D).

o plano de deflexão do TRC.

O ajuste de pureza nos cantos da tela se faz por meio de um deslocamento das bobinas defletoras, para frente ou para trás, ao longo do pescoço do TRC.

Convergência Estática

Quando os feixes de elétrons, provenientes dos três canhões, estão em posição tal que passam através do mesmo grupo de aberturas na máscara de sombra e excitam as respectivas tríadas, os feixes são ditos convergidos. O termo "convergência" então diz respeito à orientação adequada dos feixes de elétrons, em relação ao conjunto máscara de sombra-tela, conforme está ilustrado na fig. 5-14. Se os feixes numa dada imagem não estiverem convergidos, aparecerão, particularmente nos seus contornos, três imagens individuais, vermelha, verde e azul, deslocadas entre si. A fig. 5-15 mostra como exemplo um padrão de barras cruzadas com os três feixes desconvergid.

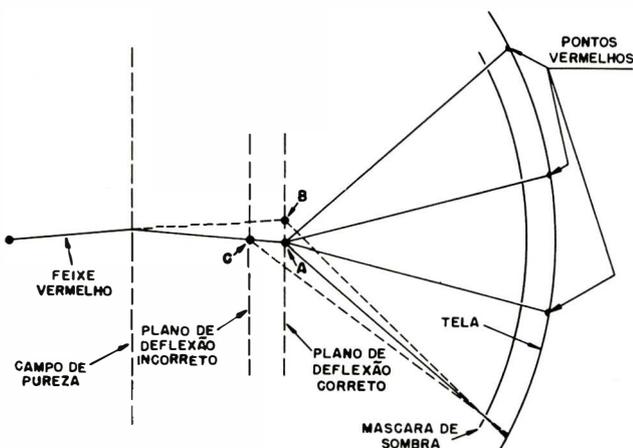


Fig. 5-12. Efeito do ímã de pureza e posição da bobina defletora sobre o feixe vermelho.

of Perrelli

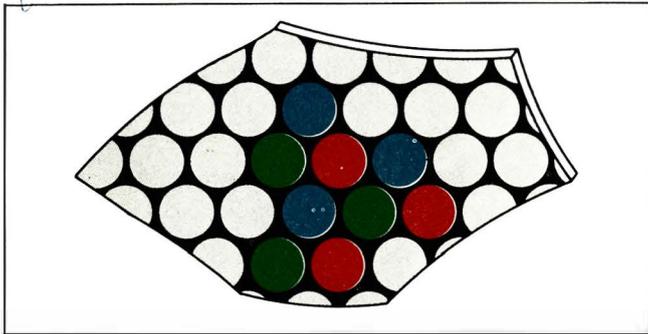


Fig. 5-14. Convergência de três feixes de elétrons.

Na seção 5-2 foi mencionado que os três canhões eletrônicos estão inclinados segundo um pequeno ângulo, para possibilitar melhor convergência dos feixes próximo ao centro da tela. Todavia, devido às tolerâncias de fabricação do cinescópio, é difícil conseguir uma convergência perfeita. Portanto, é previsto um meio de ajustar a posição individual de cada feixe de elétrons, para obtermos a convergência desejada. Isto é feito introduzindo-se campos magnéticos através das peças polares que estão montadas no interior do pescoço do tubo de raios catódicos. Essas peças polares, também chamadas de peças polares de convergência, são montadas na extremidade frontal dos canhões. Cada um desses conjuntos é formado por duas peças que são paralelas entre si e ao raio do tubo de raios catódi-

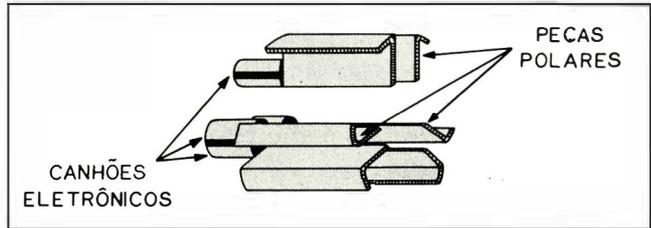


Fig. 5-16. Peças polares de convergência.

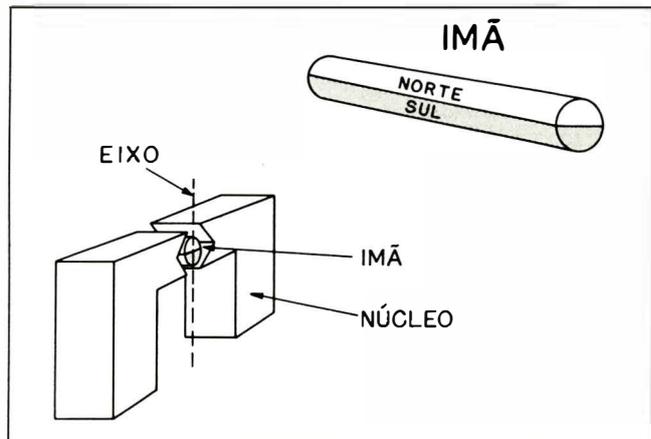


Fig. 5-17. Conjunto de ímã de convergência.

cos que passa entre elas. O arranjo está ilustrado na fig. 5-16.

O campo magnético requerido é produzido entre as peças polares, colocando-se os polos de um ímã do lado de fora do pescoço do tubo, conforme ilustra a fig. 5-18. Os ímãs, em cada um dos conjuntos externos de convergência, são de forma cilíndrica, sendo polarizados de modo que, quando o cilindro é visto segundo um corte transversal, uma das suas metades é norte e a outra é sul (fig. 5-17). Se o ímã é ajustado de modo que os polos norte e sul produzam campos iguais e opostos nas pernas do conjunto, não teremos nenhum campo magnético aplicado às peças polares do canhão eletrônico. Se, todavia, o ímã for girado de 90° em qualquer sentido em torno do seu eixo, teremos um campo máximo aplicado às peças polares do canhão eletrônico.

O movimento resultante de cada feixe de elétrons se dá ao longo de uma direção radial, conforme ilustra a fig. 5-18, isto é, na direção que possibilita a convergência. O deslocamento do feixe de elétrons, para dentro ou para fora, depende do modo como o ímã foi ajustado.

A intensidade do campo, no conjunto, é ajustada através de posições intermediárias do ímã. Obtém-se,

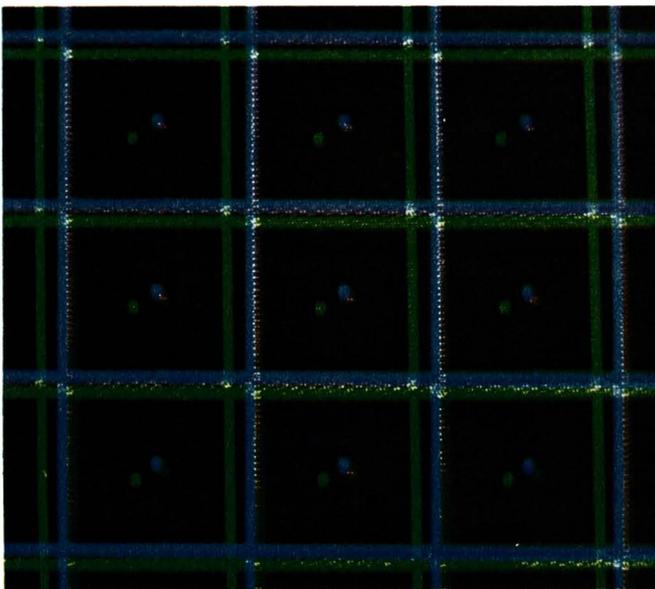


Fig. 5-15. Desconvergência, mostrada com padrão de linhas cruzadas.

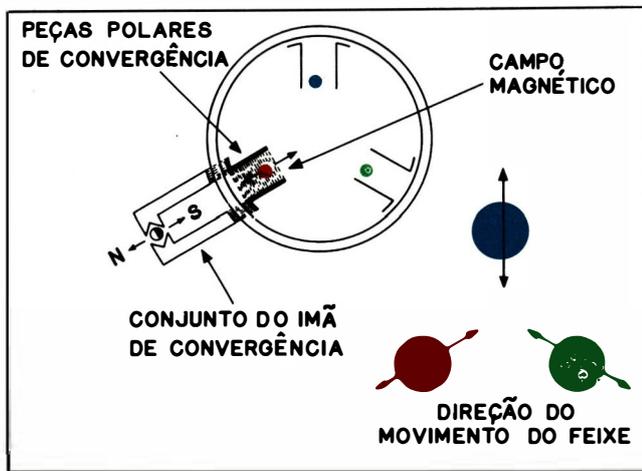


Fig. 5-18. Campo magnético pelo conjunto de convergência.

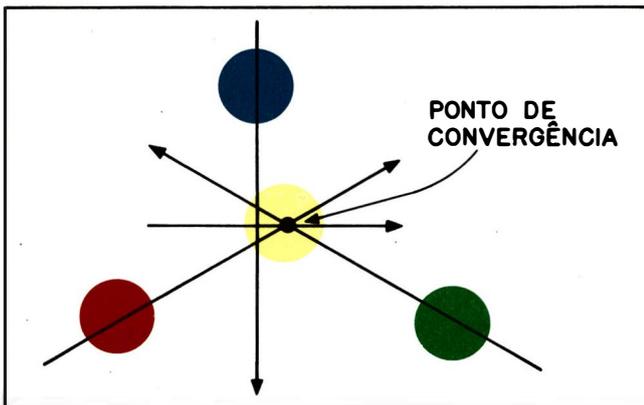


Fig. 5-19. Convergência parcial.

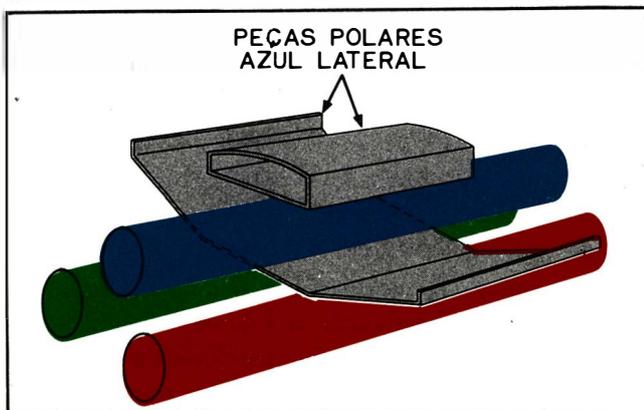


Fig. 5-20. Peças polares do azul lateral.

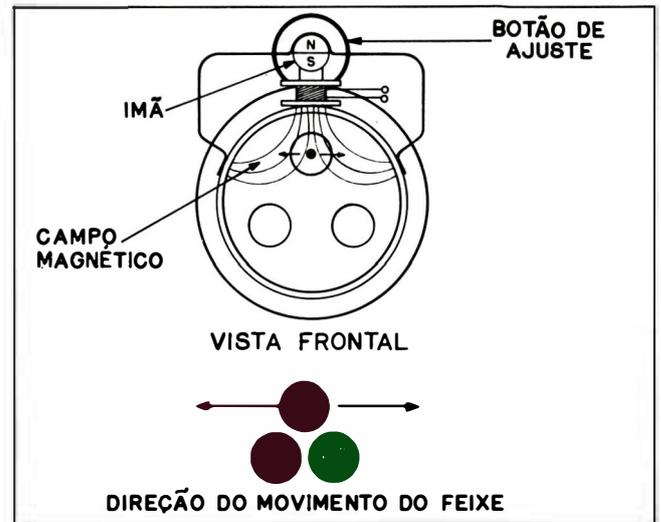


Fig. 5-21. Conjunto de convergência azul lateral.

portanto, um controle completo de magnitude e polaridade. É importante notar que cada uma das peças polares confina o campo magnético entre as suas placas e evita que haja interação com as demais.

A convergência é obtida se os feixes são ajustados de modo a excitarem uma tríada de pontos de fósforo na tela. Todavia, como ilustra a fig. 5-19, somente os feixes de elétrons correspondentes a dois canhões podem ser levados a convergir no mesmo ponto, enquanto o feixe de elétrons proveniente do terceiro canhão passa fora do ponto de convergência, quando o campo de correção é aplicado. Portanto, é preciso fazer uma correção adicional para um dos feixes. Essa correção adicional na prática é feita para o canhão azul e recebe o nome de "ajuste do azul lateral". O método empregado para obter a correção do azul lateral também faz uso de um ímã. Em alguns tubos, existem duas peças polares montadas internamente, previstas para este ajuste. As duas peças polares são colocadas na direção do anodo de foco do canhão azul, conforme ilustra a fig. 5-20. A menor das duas peças polares está localizada diretamente sobre o anodo de foco, e junto à superfície interna do pescoço do tubo. A outra peça polar se estende de lado a lado do pescoço do tubo, entre o anodo de foco azul e os anodos de foco vermelho e verde.

A fig. 5-21 mostra um corte transversal do conjunto de convergência do azul lateral, usado nos tubos modernos. Nestes tubos, as peças polares são eliminadas e o campo produzido é minimizado para evitar interferência sobre os feixes vermelho e verde. A intensidade do campo magnético pode ser variada girando-se o ímã

cilíndrico.

Em resumo, os três conjuntos de convergência atuam sobre os três feixes de elétrons, de modo que eles se movam independentemente, segundo uma direção radial, enquanto um conjunto adicional move lateralmente o feixe azul até a posição correta, de modo a permitir a convergência dos feixes de elétrons para o mesmo ponto. A fig. 5-22 mostra a convergência estática ajustada corretamente.

Efeito da Deflexão

Embora tendo sido obtida a convergência na área central do tubo de imagem, verificamos que ocorre perda de convergência quando os feixes de elétrons são defletidos em direção às extremidades da tela. Observe os feixes de elétrons provenientes dos canhões vermelho, verde e azul, na fig. 5-23. As trajetórias dos feixes vermelho e verde aparecem coincidentes nessa ilustração, visto que eles estão no mesmo plano se os observarmos de uma posição lateral. Em seguida, observe as trajetórias dos feixes, quando defletidos para cima e para baixo. Nota-se que em qualquer uma das três posições os feixes estão se cruzando ao longo de uma superfície praticamente esférica. Isto se deve à inclinação dos canhões na direção do eixo do tubo e ao ajuste preliminar da convergência estática. No centro da tela esse ponto de cruzamento coincide com a máscara de sombra, porém, como a tela do tubo é praticamente plana, à medida que os feixes são defletidos para cima ou para baixo, o cruzamento se dará antes da máscara e os feixes chegarão desconvergedos à tela. Na fig. 5-23 nota-se que no topo os feixes vermelho e verde vão sofrer maior deslocamento vertical do que o feixe azul e, de maneira oposta, no lado de baixo o feixe azul será mais deslocado verticalmente do que os feixes vermelho e verde. Isto se deve à posição relativa dos canhões em relação ao eixo do tubo. A geometria do TRC afeta também a convergência horizontal dos feixes de elétrons. A seção transversal, vista de cima na fig. 5-24, mostra a convergência dos feixes de elétrons para o centro da tela, bem como a desconvergência que resulta quando os feixes são defletidos para a direita e para a esquerda da tela. A semelhança entre as desconvergências, nos dois extremos, é facilmente perceptível. As bobinas defletoras podem também alterar a desconvergência nos extremos da tela, devido aos limites normais de tolerância das suas distorções geométricas. Portanto, esse fator também deverá ser levado em consideração quando se pretende idealizar um sistema de correção.

Tendo em vista que a desconvergência dos feixes,

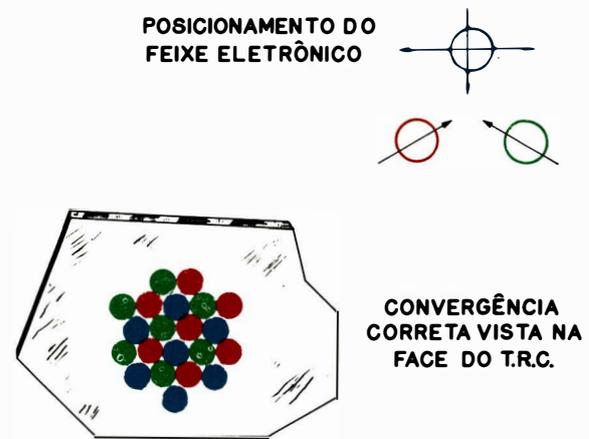


Fig. 5-22. Convergência estática.

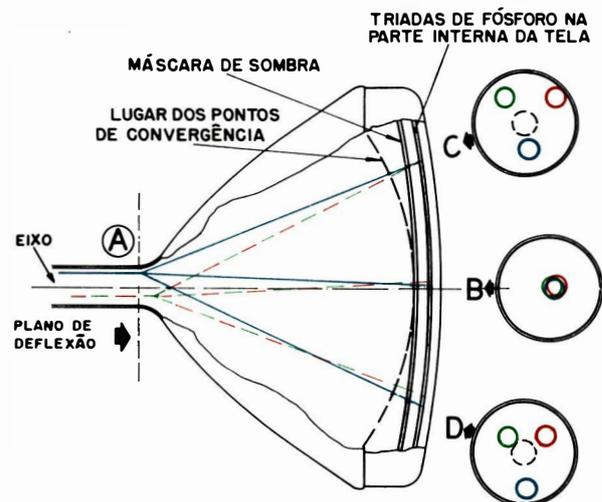


Fig. 5-23. Desconvergência vertical.

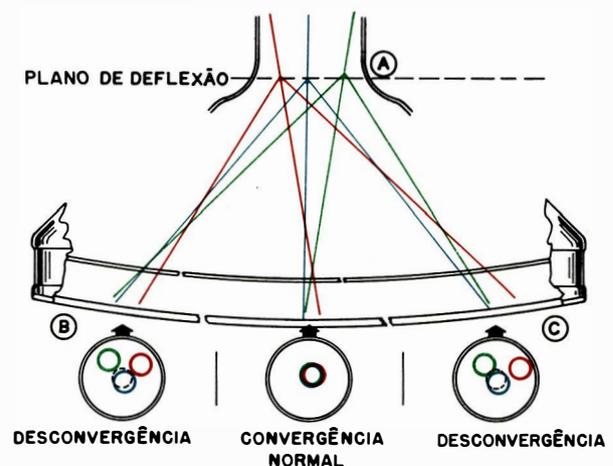


Fig. 5-24. Desconvergência horizontal.

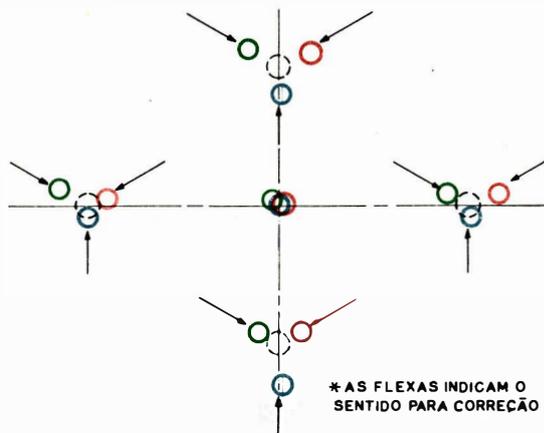


Fig. 5-25. Fôrças corretivas para convergência horizontal e vertical.

ao longo dos planos horizontal e vertical segue normas específicas, a ação corretiva aplicada aos feixes de elétrons é discutida aqui em duas partes: vertical e horizontal. Essa ação corretiva é chamada de convergência dinâmica. A fig. 5-25 mostra as fôrças corretivas necessárias para fazer convergir os três feixes na periferia da tela. Nota-se que os graus de desconvergência nos extremos superior e inferior, e em cada lado, são semelhantes, ainda que não idênticos. Observa-se também as posições relativas dos feixes em desconvergência. Todos os três feixes se moveram, a partir do seu ponto de convergência, segundo uma direção radial, apresentando diferentes graus de deslocamento. São necessárias fôrças corretivas diferentes, visto que as quantidades de correção são diferentes para cada feixe.

Convergência Dinâmica Vertical

As fôrças corretivas verticais são aplicadas individualmente a cada feixe de elétrons, através dos conjuntos de ímãs anteriormente discutidos, pela adição de um enrolamento montado nas pernas de cada conjunto. O conjunto de convergência do azul, acrescido de uma bobina, está ilustrado na fig. 5-26. Os outros dois conjuntos são semelhantes. Fontes independentes de tensão dinâmica vertical são conectadas a êsses enrolamentos. Os campos assim produzidos, os quais se somam aos campos de convergência causados pelos ímãs permanentes de cada conjunto, defletem os feixes em direções radiais. O sentido da corrente no enrolamento determina se o feixe é defletido segundo uma direção que se afasta do eixo ou se aproxima dêle, enquanto que a magnitude da corrente controla o grau de deflexão.

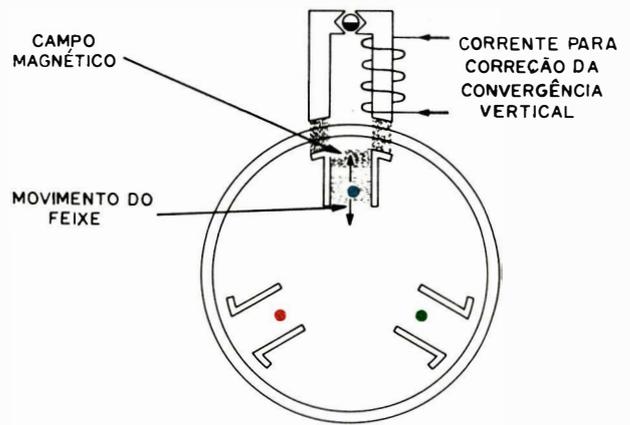


Fig. 5-26. Conjunto de convergência azul com enrolamento para convergência dinâmica vertical.

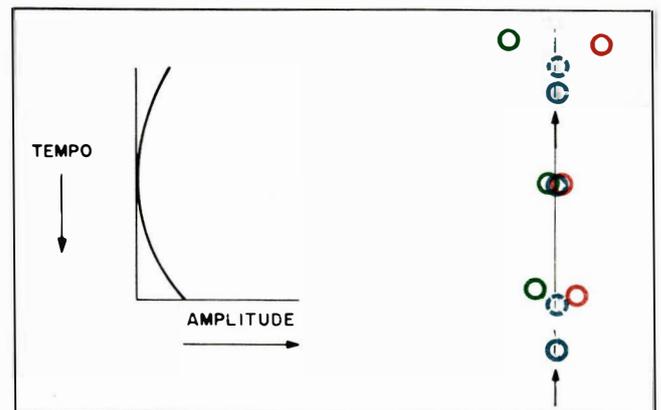


Fig. 5-27. Convergência dinâmica vertical do feixe azul.

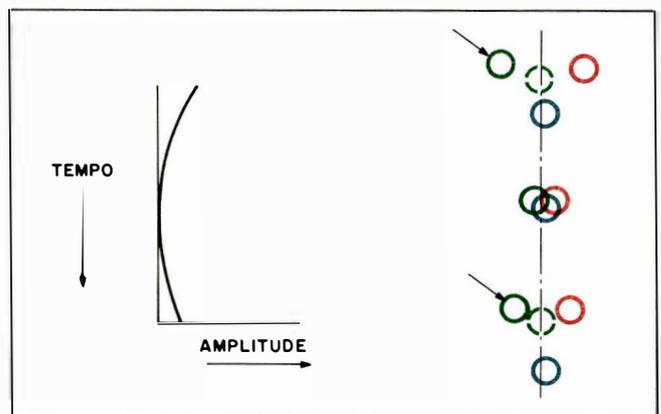


Fig. 5-28. Convergência dinâmica vertical do feixe verde.

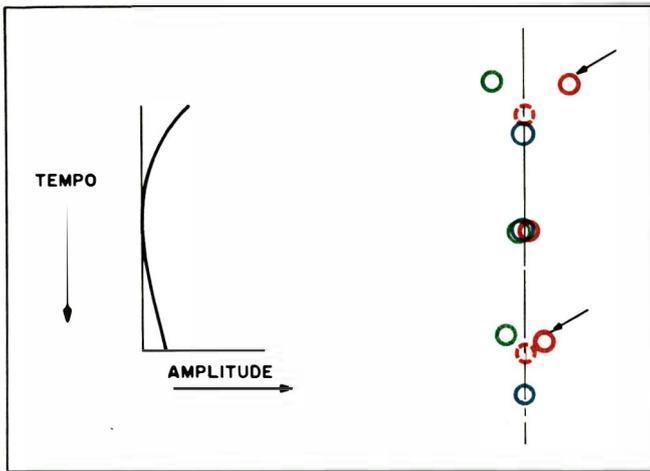


Fig. 5-29. Convergência dinâmica vertical do feixe vermelho.

A amplitude da força de correção desejada varia para cada um dos feixes de elétrons. Todavia, a convergência dinâmica vertical do feixe azul é aqui escolhida de modo arbitrário, a fim de demonstrar os métodos de correção. Com a finalidade de ficar na posição relativa adequada para convergência, o feixe de elétrons correspondente ao canhão azul precisa ser movido para cima, até a posição indicada pelos círculos pontilhados azuis da fig. 5-27. Dêsse modo, a corrente responsável pela convergência precisa ser relativamente grande quando o feixe azul está varrendo as porções superior e inferior da tela, e precisa valer zero ao varrer a porção central da tela, evitando assim a desconvergência nessa região. Além disso, a força deve ser maior quando da varredura da parte inferior do que quando da varredura da parte superior, pois é na parte inferior da tela que o feixe se encontra mais afastado da posição de convergência e, conseqüentemente, requer maior correção. A força que satisfaz a essas exigências apresenta uma forma de onda parabólica. Essa forma de onda está indicada na fig. 5-27, para mostrar sua relação com os requisitos de convergência.

A força corretiva dinâmica vertical precisa ocorrer na razão de varredura vertical. Portanto, a onda parabólica precisa ter a mesma razão de repetição que a tensão de deflexão vertical.

Os feixes verde e vermelho, os quais precisam ser desviados em uma direção radial para os círculos pontilhados nas porções superior e inferior da tela, conforme mostram as figs. 5-28 e 5-29, exigem um tratamento semelhante.

Então, com as amplitudes adequadas das forças

corretivas sendo aplicadas aos três conjuntos de convergência, os três feixes são levados a convergir no plano vertical.

Convergência Dinâmica Horizontal

Embora os feixes estejam agora convergidos verticalmente, ainda existe alguma desconvergência nos lados da tela, em um plano horizontal.

Pode-se observar que, neste plano, os feixes de elétrons vermelho e verde exigem uma correção consideravelmente maior do que o feixe de elétrons azul e, também, que a correção para os feixes vermelho e verde não se dá nos mesmos níveis. As forças corretivas são aplicadas individualmente a cada feixe de elétrons, através dos mesmos conjuntos de ímãs, por um segundo enrolamento montado nas pernas de cada conjunto magnético, como mostra esquematicamente a fig. 5-30. Somente o conjunto azul está esquematizado, pois os outros dois são semelhantes.

Os campos internos, produzidos através das tensões dinâmicas horizontais, se somam ao campo de convergência criado pelos ímãs permanentes e pelos campos dinâmicos verticais.

Do mesmo modo com que nos referimos à convergência dinâmica vertical, um dos feixes de elétrons, escolhido arbitrariamente, é discutido com a finalidade de mostrar a ação corretiva. Consideremos o feixe azul, cujo canhão está montado exatamente no eixo vertical do tubo e, portanto, deverá produzir erros simétricos nos lados da tela. Tomemos a linha horizontal do centro do tubo, onde se observa que, nos lados,

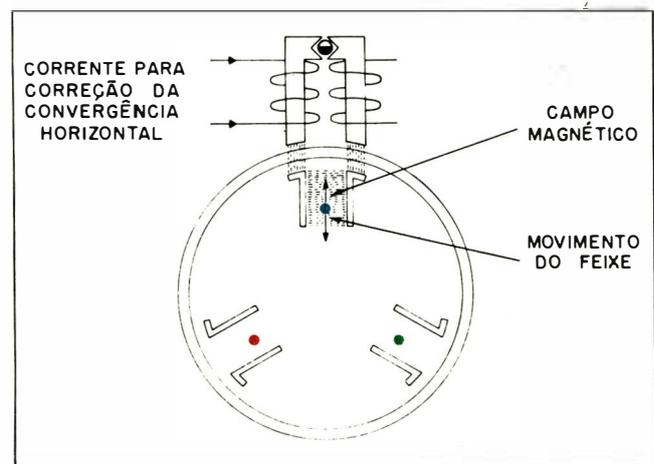


Fig. 5-30. Conjunto de convergência azul com enrolamento para a convergência dinâmica horizontal.

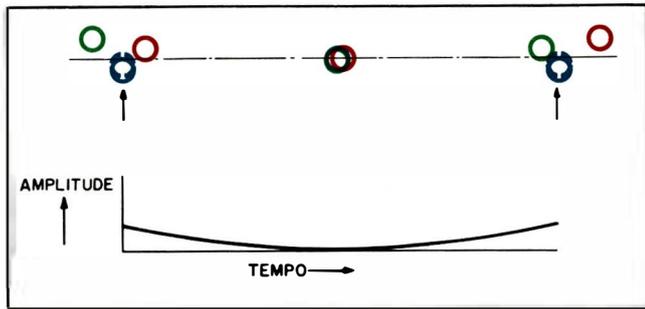


Fig. 5-31. Convergência dinâmica horizontal do feixe azul.

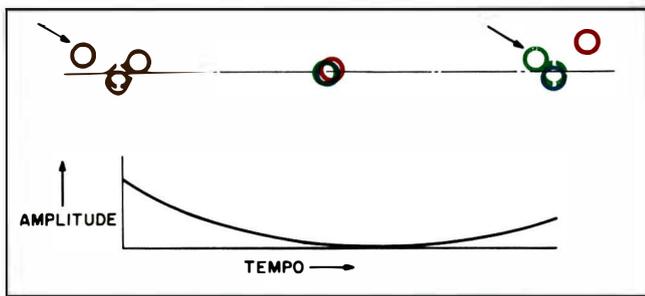


Fig. 5-32. Convergência dinâmica horizontal do feixe verde.

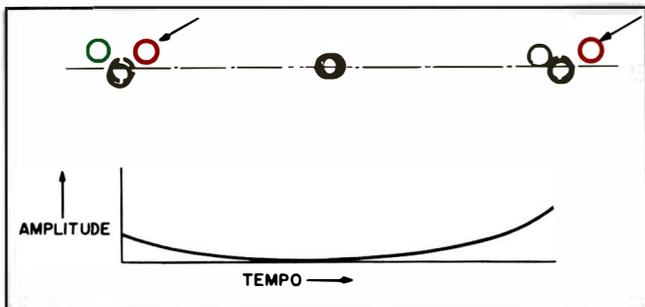


Fig. 5-33. Convergência dinâmica horizontal do feixe vermelho.

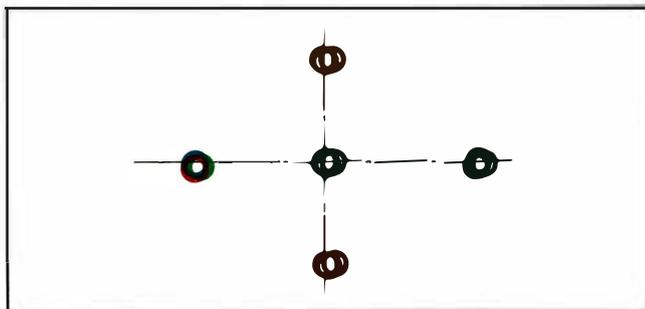


Fig. 5-34. Convergência corrigida em ambos os sentidos.

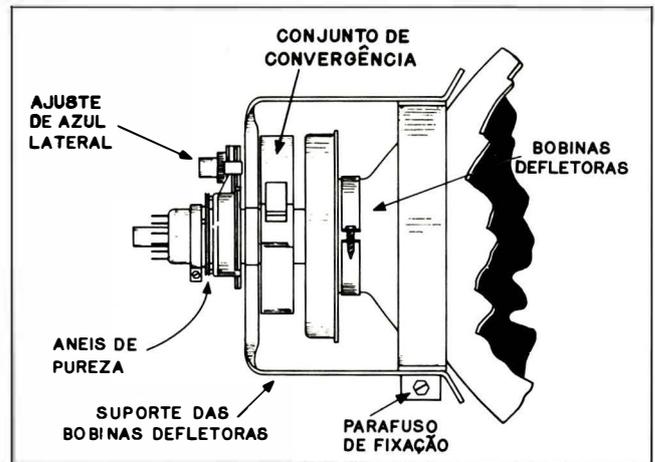


Fig. 5-35. Localização dos conjuntos de deflexão do feixe.

o feixe azul é deslocado abaixo da linha central. Esse deslocamento não é grande e, portanto, não exige uma força corretiva intensa. Essa força precisa variar de uma maneira semelhante à da convergência dinâmica vertical, de modo que uma menor correção seja aplicada ao centro da tela, visto que nesse local já foi obtida a convergência estática.

O campo que preenche esses requisitos para a convergência dinâmica horizontal é, ainda, uma onda parabólica. Quando essa forma de onda é aplicada à bobina de convergência dinâmica horizontal do conjunto de convergência do feixe azul, o campo induzido internamente faz com que o feixe se mova para a posição de convergência. A forma de onda para o feixe azul está indicada na fig. 5-31, de modo a mostrar sua relação com os requisitos de convergência. A razão de repetição da forma de onda de convergência dinâmica horizontal é a mesma que a frequência de varredura horizontal.

Os feixes verde e vermelho estão desconvergidados de um grau muito maior que o feixe azul e com a forma assimétrica, isto é, eles requerem uma força corretiva de amplitude maior, como mostram as figs. 5-32 e 5-33.

Em resumo, a correção estática é obtida no centro da tela, através do ajuste dos ímãs de convergência. A correção dinâmica vertical é aplicada aos três feixes de elétrons, resultando em convergência na direção vertical, a partir do centro da tela. A correção dinâmica horizontal é aplicada aos três feixes eletrônicos, resultando em convergência na direção horizontal, a partir do centro da tela. O resultado global é a convergência completa, em todos os pontos da tela, conforme ilustra a fig. 5-34.

A ilustração da fig. 5-35 mostra a posição relativa do conjunto de bobinas de deflexão, o conjunto de convergência, o conjunto de pureza de cô e o conjunto do ajuste de azul lateral.

5-4. CIRCUITOS DE CONVERGÊNCIA

As correntes com forma de onda parabólica, que possibilitam as convergências vertical e horizontal adequadas, são desenvolvidas nos circuitos de convergência dinâmica. A razão de repetição dessas correntes dinâmicas de convergência precisa ser sincronizada com as frequências de varredura horizontal e vertical. As tensões que são responsáveis pela convergência são obtidas nos circuitos de deflexão que, por sua vez, estão sincronizados e adquirem forma nos circuitos de convergência dinâmica, com a finalidade de controlar a convergência (fig. 5-36). Os métodos básicos para obtenção de correntes parabólicas para convergência dinâmica são:

- 1) integração de uma onda dente de serra
 - 2) dupla integração de uma onda quadrada
 - 3) uso da porção adequada de uma onda senoidal.
- A fig. 5-37 ilustra êsses métodos básicos.

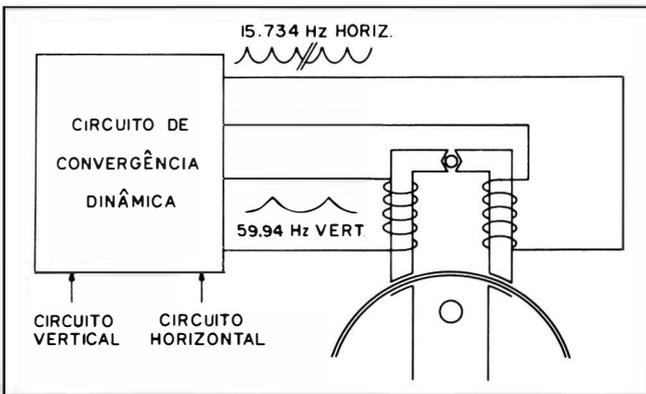


Fig. 5-36. Fontes dos sinais para convergência dinâmica.

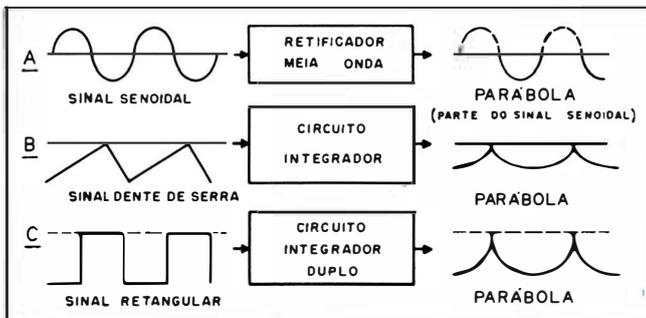


Fig. 5-37. Obtenção de sinais parabólicos.

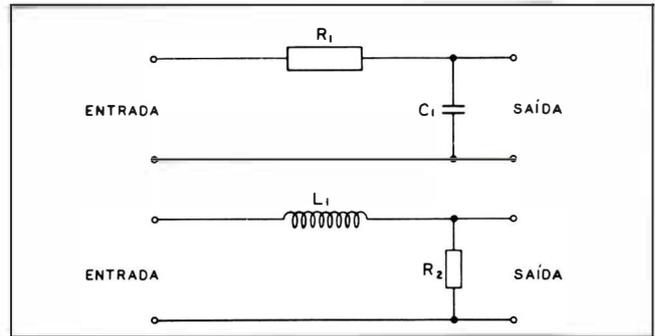


Fig. 5-38. Métodos de integração.

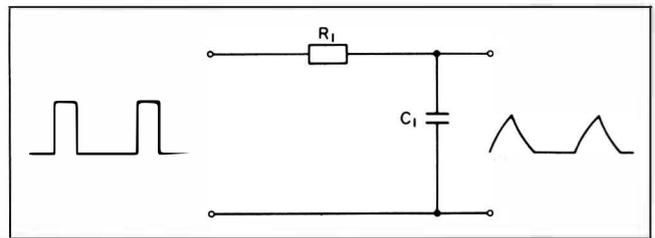


Fig. 5-39. Integração de uma onda retangular.

Revisão Sôbre Dispositivos Integradores

Uma breve revisão sôbre dispositivos de integração será útil para o entendimento dos circuitos de convergência. A fig. 5-38 ilustra os dispositivos fundamentais de integração; qualquer um desses circuitos realiza a integração de uma dada tensão. Se os componentes de cada circuito são escolhidos de modo a termos constantes de tempo semelhantes, e se a mesma tensão é aplicada a cada um deles, a saída será a mesma para os dois circuitos.

Em seguida, consideraremos a integração de uma onda retangular, usando o circuito RC. No momento em que a onda retangular passa de zero ao seu valor máximo, o capacitor C1 começa a se carregar e continua se carregando durante o tempo de duração do pulso de onda retangular, conforme ilustra a fig. 5-39. A carga cessa quando o pulso termina. O capacitor C1, então, se descarrega através do resistor e gerador que, neste caso, estará em curto. O resultado da carga e descarga do capacitor, por meio de uma onda retangular, é a produção de uma onda dente de serra.

A constante de tempo, uma característica importante, é determinada pelos valores da resistência e do capacitor. Na fig. 5-40A, a constante de tempo é próxima a t_1 , que é a largura dos pulsos de onda retangular

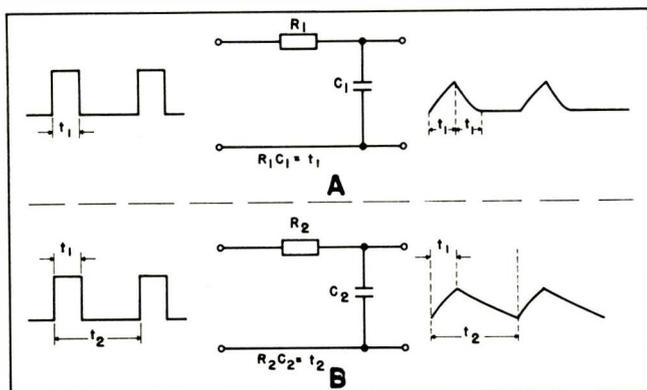


Fig. 5-40. Efeito da constante de tempo no dente de serra na saída.

que estão sendo aplicados ao dispositivo. O capacitor C1 se carrega através do resistor R1, durante o tempo de duração de cada pulso da onda retangular. Quando o pulso termina, voltando para a linha de base, o capacitor C1 se descarrega através do resistor R1, resultando no lado decrescente da onda dente de serra.

Tendo em vista que a constante de tempo é próxima ao tempo de duração do pulso de onda retangular, os tempos de carga e descarga são iguais; o lado crescente e o lado decrescente da onda dente de serra ocupam o mesmo tempo.

Suponhamos agora que a constante de tempo RC seja muito maior que o tempo de duração do pulso. Na fig. 5-40B, a constante de tempo é igual ao tempo t_2 , tempo de repetição dos pulsos de onda retangular. O capacitor C2 se carrega, agora, através da resistência R2, durante o tempo de duração do pulso de onda retangular. Visto que esse tempo é menor quando comparado com a constante de tempo do circuito, somente uma pequena carga se acumulará no capacitor C2. Decorrido o tempo t_1 , o pulso cai rapidamente à linha de base, mas a carga do capacitor escoar lentamente, devido ao valor da resistência R2, retardando o retorno da onda

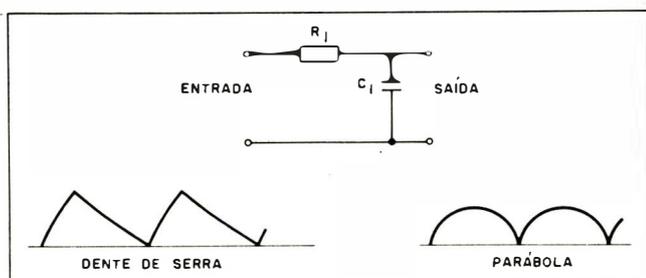


Fig. 5-41. Integração de uma onda dente de serra.

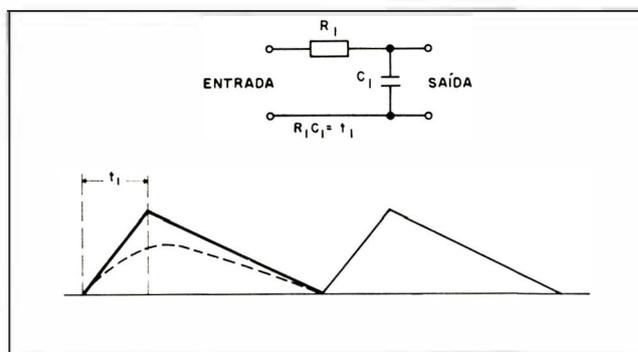


Fig. 5-42. Obtenção de uma onda parabólica a partir de um dente de serra.

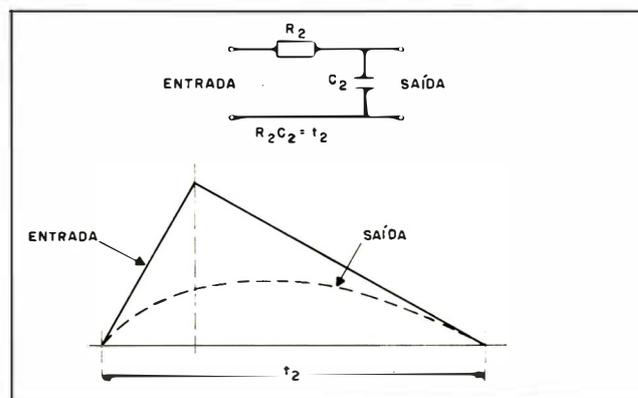


Fig. 5-43. Efeito da constante de tempo no sinal parabólico.

dente de serra à linha de base, até o fim de um intervalo de tempo t_2 .

Pode-se fazer uma afirmação geral, na qual o tempo de duração do lado crescente da onda dente de serra de saída é determinado pela largura do pulso de onda retangular e o lado decrescente da onda dente de serra de saída é determinado pela constante de tempo do circuito RC.

Conforme foi mencionado anteriormente, a dupla integração de um pulso retangular é empregada para produzir um sinal de variação parabólica, destinada ao controle de convergência. A discussão, até este ponto, se resumiu em integrarmos um pulso de onda retangular, obtendo-se, assim, uma onda dente de serra. O segundo passo nesse processo consiste na integração da onda dente de serra resultante, produzindo então uma forma de onda parabólica, conforme ilustra a fig. 5-41. Admitamos que a constante de tempo do circuito RC seja igual ao tempo t_1 , conforme indica a fig. 5-42. O cres-

cimento gradativo do lado ascendente da onda dente de serra faz com que o capacitor C1 se carregue mais lentamente que no caso anterior, onde o pulso era de uma onda retangular. Em seguida, a queda gradativa do lado descendente da onda dente de serra permite que o capacitor descarregue através da resistência R1, mais lentamente que no caso de pulsos de onda retangular, dando origem a uma diminuição de carga, na mesma proporção em que se deu o aumento por ocasião do processo de carga. Portanto, o resultado da carga e descarga do dispositivo resistor-capacitor, quando excitado por uma onda dente de serra, é uma tensão de forma de onda parabólica.

Mudando o valor da constante de tempo do circuito RC para um valor igual ao tempo t_2 , (fig. 5-43) a constante de tempo perdura desde o início até o fim de uma onda dente de serra, ao invés de durar do início até o pico dessa onda. O capacitor C2 se carrega, enquanto o lado ascendente da onda dente de serra está crescendo; continua se carregando até o ponto em que o lado decrescente do dente de serra se torna menor do que a carga acumulada em C2, quando este se descarrega através do resistor R2, ainda mais lentamente que no caso anterior. A tensão de saída ainda apresenta uma forma de onda parabólica, mas de natureza mais simétrica. Portanto, a constante de tempo do circuito RC tem um efeito decisivo sobre a forma da tensão parabólica de saída. No início desta discussão foram mencionados dois tipos de dispositivos integradores como possíveis de serem usados. Eram eles o tipo resistor-capacitor e o tipo indutor-resistor. Se a indutância do circuito LR for colocada no circuito RC em lugar do

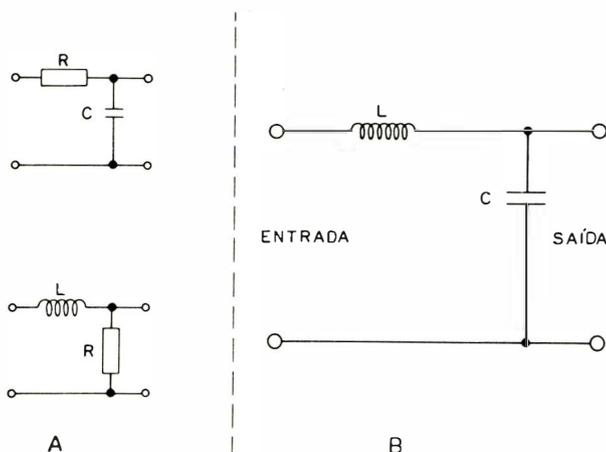


Fig. 5-44. Circuito de dupla integração.

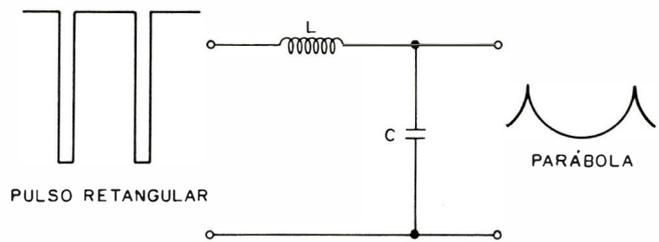


Fig. 5-45. Dupla integração de um pulso retangular.

resistor, a impedância da indutância substitui a resistência ôhmica. Os dois circuitos são então combinados conforme mostra a fig. 5-44. Desde que cada tipo de circuito podia fazer a integração de acordo com a sua natureza, da combinação dos dois resulta uma dupla integração. Quando o sinal de entrada é um pulso retangular, o sinal de saída é de natureza parabólica, conforme mostra a fig. 5-45.

Configuração dos Circuitos de Convergência

No circuito de convergência, distinguimos as seguintes funções:

Ajuste para Trama Azul (B)

- I — Por meio de pulsos do vertical:
linhas horizontais em cima e embaixo da tela.
- II — Por meio de pulsos do horizontal:
linhas horizontais à esquerda e à direita da tela.

Ajuste para Trama Verde e Vermelha (R e G)

- I — Por meio de pulsos do vertical:
linhas horizontais e verticais R e G, em cima e embaixo da tela.
- II — Por meio de pulsos do horizontal:
linhas horizontais e verticais R e G, à esquerda e à direita da tela.

Os pulsos vindos do horizontal e vertical são deformados e combinados de maneira desejada, corrigindo os diversos erros nas tramas R, G e B.

A fig. 5-46 mostra o circuito completo de convergência dinâmica usado no TV Philco. Cada ajuste é analisado separadamente, a fim de mostrar seu funcionamento e a interação provocada entre eles.

Pode-se também produzir uma compensação dinâmica do azul lateral, a partir de pulsos do horizontal.

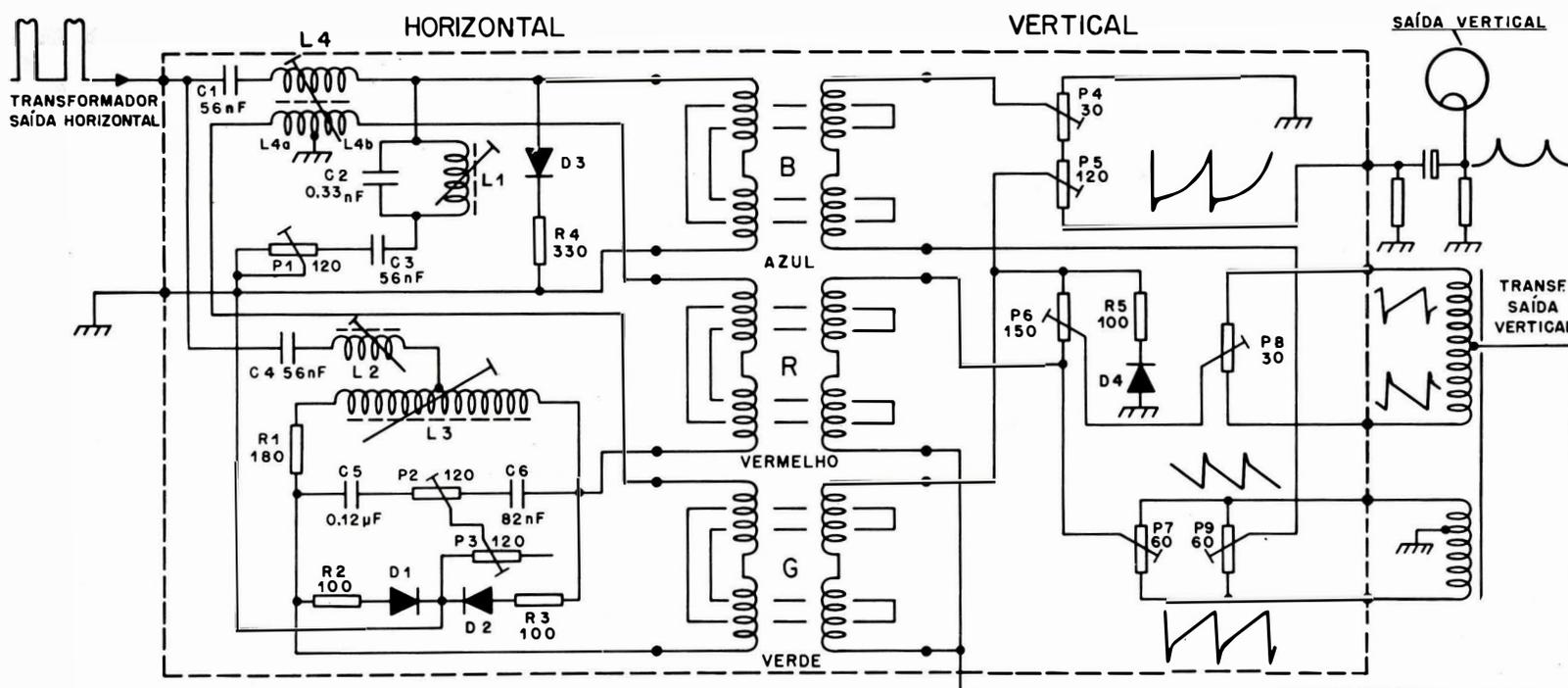


Fig. 5-46. Circuito de convergência dinâmica num televisor Philco.

Azul Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)

A fig. 5-47 mostra os componentes envolvidos no ajuste dessas linhas. Como pode ser visto, o feixe azul pode apenas ser corrigido no sentido vertical, quando o campo magnético da bobina de correção é variado. Para os pulsos com frequência vertical, as bobinas de correção se comportam como resistências (resistência do enrolamento) e, conseqüentemente, não provocam uma integração. A fim de compensar as distorções da trama azul mostradas na fig. 5-47, as linhas horizontais devem ser deslocadas para cima. O deslocamento das linhas de baixo deve ser maior do que o das linhas de cima. Próximo ao centro da tela não há erro e as linhas não devem sofrer correções nessa área. Conseqüentemente, deve ser gerada uma corrente em forma de parábola, que passa por O nesse ponto.

Assumimos inicialmente o potenciômetro P4 com o cursor no ponto A, ligando a bobina à massa. Do transformador de saída vertical dois sinais de dente de serra, com as fases opostas e as amplitudes desiguais, são aplicados nos pontos E e F do potenciômetro P9. Dependendo da posição do cursor, uma corrente passará num ou noutro sentido, através da bobina de correção. As linhas horizontais em cima e embaixo, são deslocadas em sentidos opostos.

Conforme visto anteriormente, a corrente embaixo deve ser maior do que em cima.

O potenciômetro P4, no outro lado da bobina de correção, tem uma tensão parabólica proveniente do catodo da válvula de saída vertical. Dependendo da posição desse potenciômetro, a amplitude dessa tensão é variada, deslocando as linhas horizontais azuis em cima e embaixo no mesmo sentido. A corrente de dente de serra é combinada com a parábola, a fim de obter a corrente de correção desejada. Observe que existe uma pequena interação entre os dois ajustes, pois eles estão situados no mesmo caminho da corrente de correção, aumentando-a ou diminuindo-a, dependendo da resistência representada pelos potenciômetros em série.

Vermelho/Verde Vertical (Linhas Verticais em cima e embaixo)

A fig. 5-48 mostra os componentes envolvidos no ajuste das linhas vermelho-verde verticais. Similarmente ao ajuste da trama azul, uma parábola é aplicada às bobinas de correção R e G através do potenciômetro P5 de um lado, e uma tensão de dente de serra, negativa ou positiva, é aplicada do outro lado através do potenciômetro P7. Os feixes R e G podem ser corrigidos somente no sentido diagonal, devido ao posicionamento dos conjuntos de convergência R e G. A fim de facilitar o ajuste das linhas horizontais e verticais independentemente, um arranjo especial é usado. As bobinas de correção R e G são ligadas em série e, desta maneira, a mesma corrente passará através das duas.

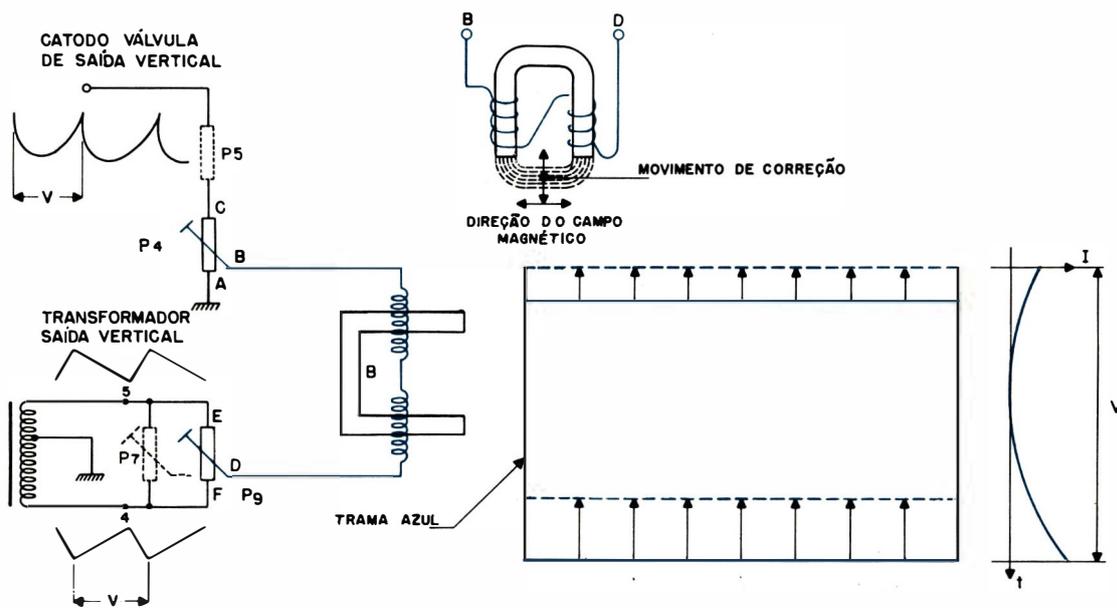


Fig. 5-47. Circuito de correção azul vertical.

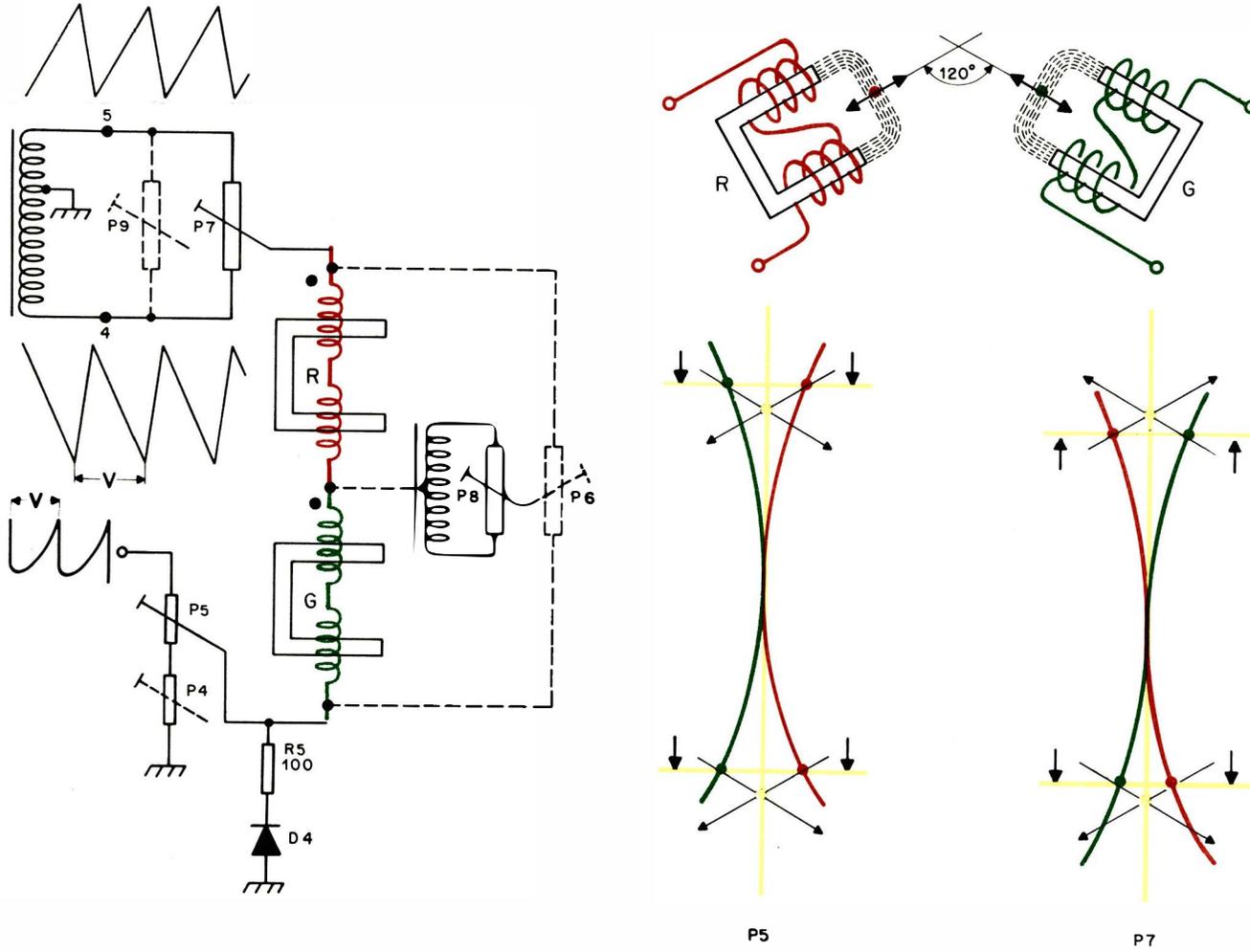


Fig. 5-48. Circuito de correção das linhas verticais vermelhas e verdes.

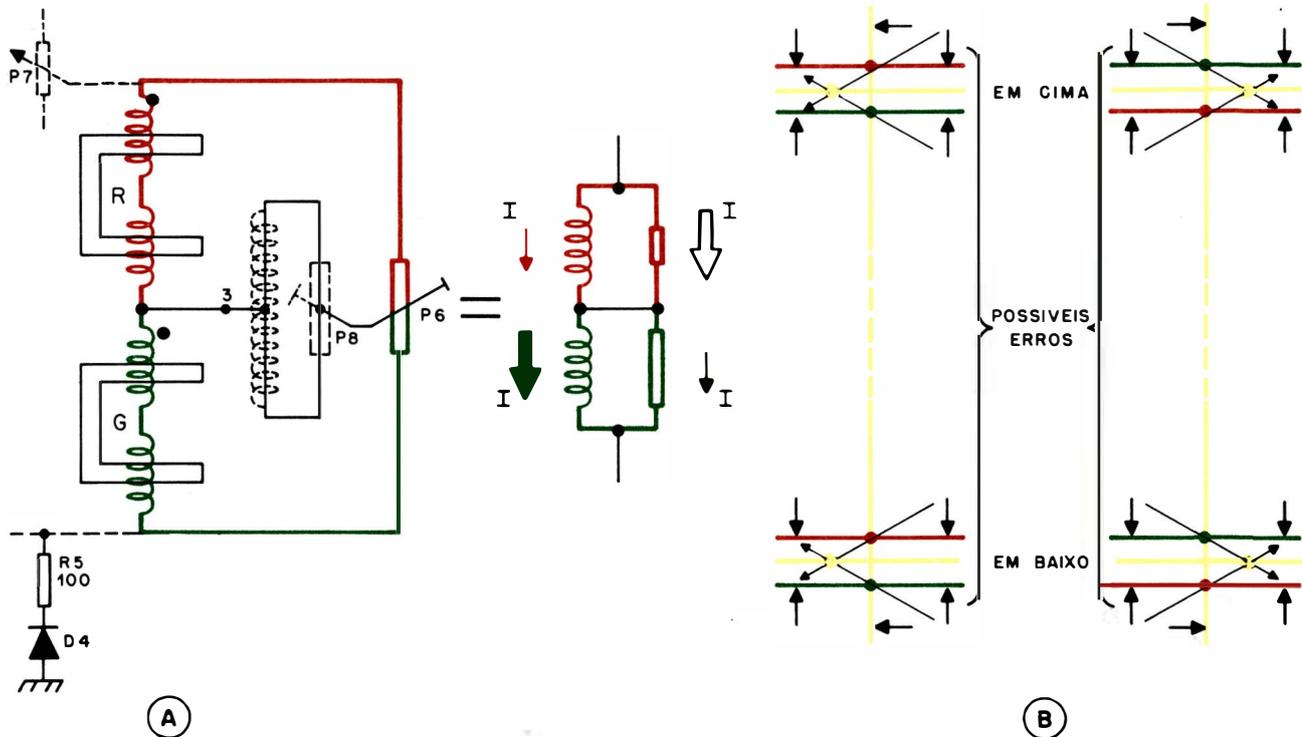


Fig. 5-49. Correção das linhas horizontais RG em cima e em baixo (potenciômetro P6).

Dessa forma, os dois pontos R e G são deslocados no mesmo sentido (diagonal, para cima ou para baixo), mantendo a linha horizontal sempre em convergência, até que a linha vertical seja corrigida. O diodo D4 achata esta parábola, restaurando o nível CC, a fim de impedir que o ajuste estático seja afetado no meio da tela. O potenciômetro P7 compensa erros opostos e o potenciômetro P5, erros no mesmo sentido (fig. 5-48).

Vermelho/Verde Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)

Potenciômetro P6

A fig. 5-49A destaca o ajuste vertical através desse potenciômetro. Dependendo da posição do cursor do potenciômetro P6 as correntes, através das duas bobinas de correção, terão diferentes distribuições, diminuindo em uma e aumentando na outra. Os movimentos dos pontos R e G, portanto, são em sentidos opostos,

mantendo as linhas verticais sempre corrigidas e deslocando-se apenas para a direita ou para a esquerda, até que as linhas horizontais sejam corrigidas em cima e embaixo da tela. O potenciômetro P6 desloca as linhas horizontais da mesma cor em cima e embaixo no mesmo sentido. Entretanto, enquanto as linhas verdes descem as vermelhas sobem, e vice-versa (fig. 5-49B).

Potenciômetro P8

A fig. 5-50A destaca o ajuste vertical através desse potenciômetro. Dependendo da posição desse potenciômetro, uma corrente dente de serra positiva, negativa ou nula, passa pelas bobinas de correção causando campos opostos devido ao sentido das correntes nestes enrolamentos (I_1 e I_2). As linhas da mesma cor em cima e embaixo (verdes ou vermelhas) se deslocam em sentidos opostos. Entretanto, enquanto as linhas verdes, uma em cima e outra embaixo, se afastam, as vermelhas se aproximam, e vice-versa.

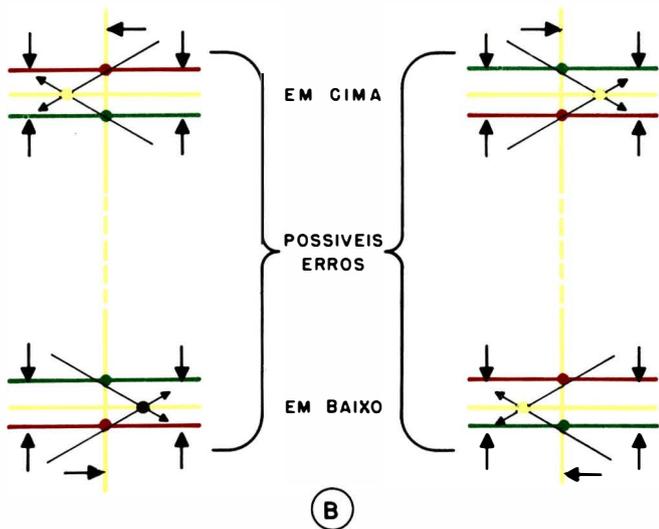
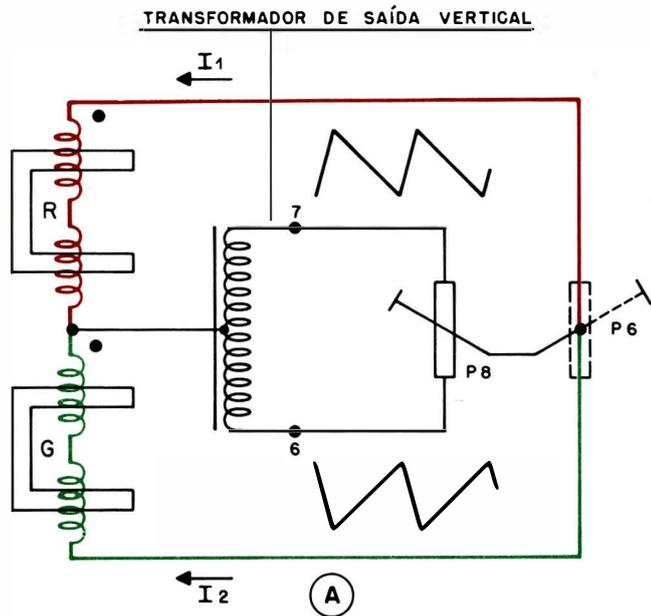


Fig. 5-50. Correção das linhas horizontais RG em cima e em baixo (potenciômetro P8).

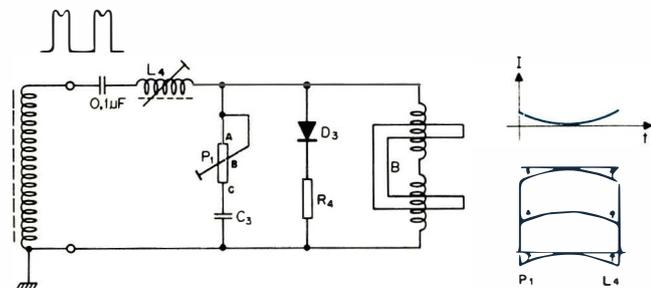


Fig. 5-51. Circuito básico para correção das linhas horizontais B à esquerda e à direita.

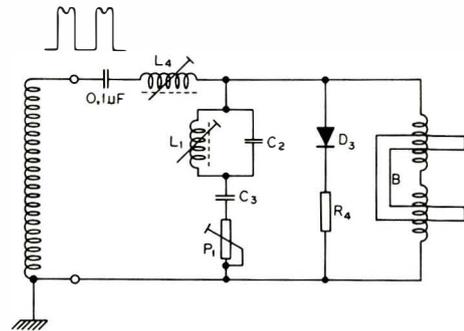


Fig. 5-52. Circuito para correção das linhas horizontais B à esquerda e à direita acrescentando L1 C2.

Azul Horizontal (Linhas Horizontais à Esquerda e à Direita)

A fig. 5-51 ilustra num circuito simplificado os componentes envolvidos. Para os pulsos com a frequência horizontal, as bobinas de correção representam uma reatância que integra os pulsos retangulares de tensão aplicados, transformando-os em dente de serra, e de dente de serra em parábola.

A trama azul deve ser corrigida por meio de uma parábola, a qual passa no meio da tela por O, deslocando as linhas horizontais azuis para cima em ambos os lados da tela. O pulso retangular vindo do transformador de saída horizontal é deformado pela bobina L4 e capacitor C3. Vamos primeiro considerar o potenciômetro P1 na posição C, ligando o capacitor C3 diretamente à bobina, formando assim um integrador duplo que transforma o pulso de tensão retangular em uma corrente parabólica. Esta corrente parabólica é aplicada à bobina de correção, produzindo uma corrente de correção.

Dependendo dos ajustes da bobina L4 e do potenciômetro P1, os pulsos retangulares são transformados em uma forma de onda que se assemelha mais a um dente de serra ou à mistura de dente de serra com parábola.

O potenciômetro P1 atua mais do lado esquerdo da tela e a bobina L4 do lado direito. A fig. 5-52 é semelhante à fig. 5-51, porém foram acrescentados L1 e C2, os quais são sintonizados aproximadamente na frequência da 2ª harmônica da frequência horizontal, deformando a tensão aplicada na bobina de correção da maneira mostrada na fig. 5-53.

Note na forma de onda resultante, a parte plana, quando esta passa pela linha O. A corrente de correção é deformada para uma atuação melhor, apresentando-se mais plana no meio da tela. O diodo D3 restaura o nível

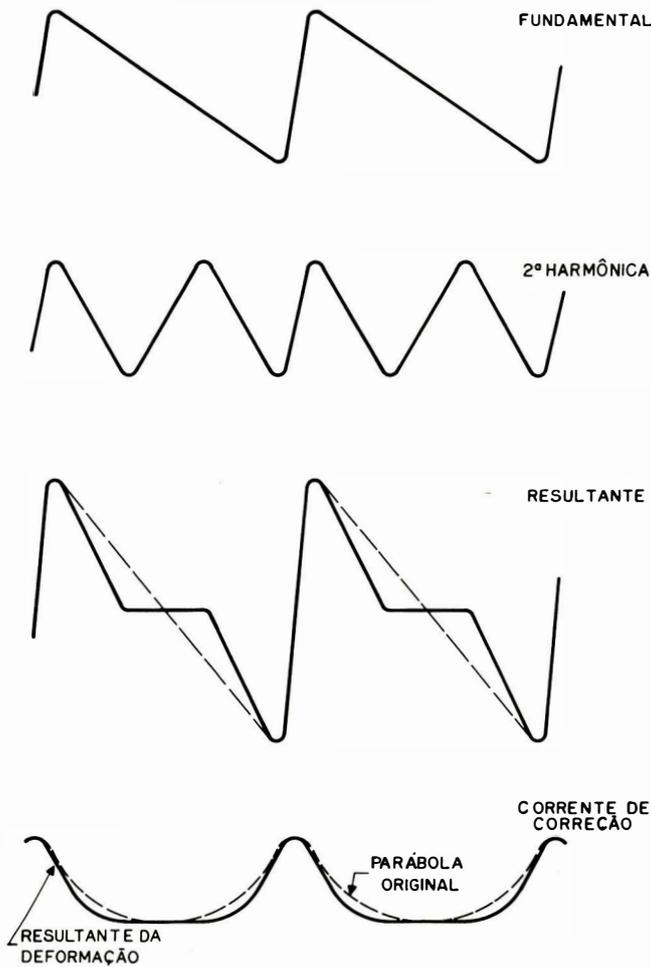


Fig. 5-53. Formação da corrente de correção azul.

CC, evitando a passagem da parábola abaixo da linha O. A convergência estática desta forma, praticamente não é afetada pelo ajuste dinâmico. O resistor R4 limita a corrente através do diodo D3.

Ajuste de Azul Lateral Dinâmico

Como vimos anteriormente, a trama azul não pode ser compensada lateralmente por meio da bobina de correção do conjunto de convergência. Dependendo da compensação necessária para as tramas R e G, as linhas verticais laterais azuis podem sair fora de convergência. Êstes erros são compensados por meio de um campo, produzido por uma corrente parabólica numa bobina adicional no conjunto de azul lateral estático. A formação dessa parábola é idêntica à descrita para os ajustes anteriores e é ilustrada na fig. 5-54. O campo para correção de azul lateral dinâmico é gerado na bobina L6.

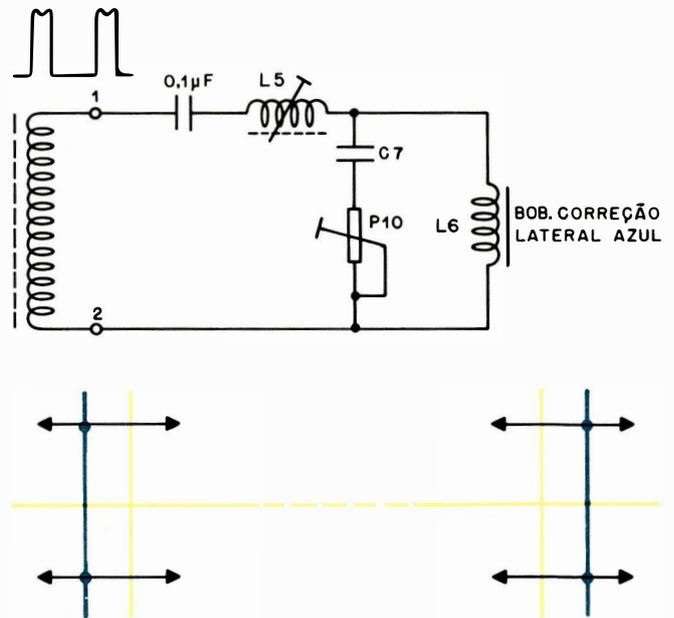


Fig. 5-54. Correção dinâmica de azul lateral.

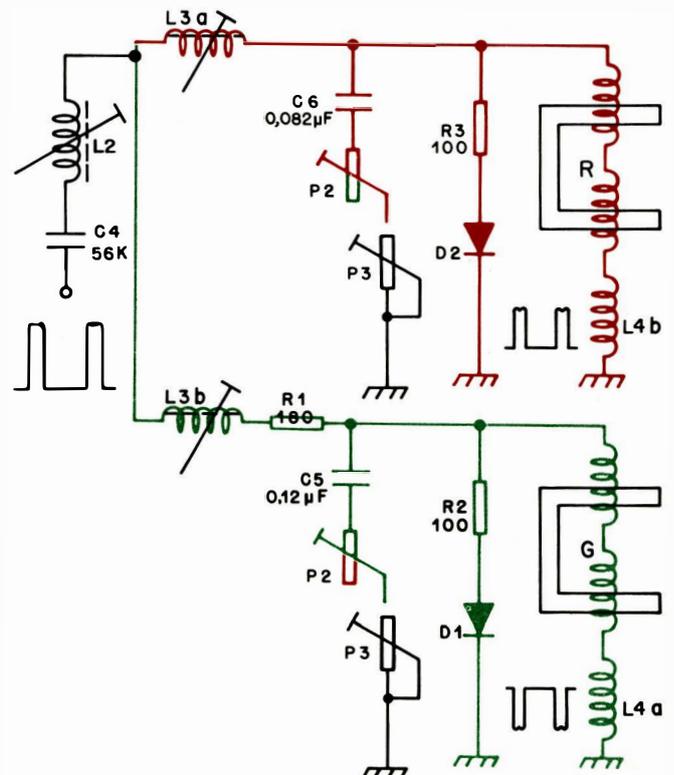


Fig. 5-55. Circuito de correção das linhas horizontais R e G.

Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Horizontais e Verticais à Esquerda e à Direita)

Como mostra a fig. 5-55, o circuito básico para a correção das linhas horizontais vermelhas e verdes é semelhante ao usado para a correção da trama azul. São necessários, porém, arranjos especiais, devido ao deslocamento dos pontos vermelhos e verdes no sentido diagonal, mantendo os ajustes para as linhas horizontais praticamente independentes dos ajustes para as linhas verticais.

Linhas Horizontais R e G à Esquerda e à Direita (Potenciômetro P2 e Bobina L3)

Como para a trama azul, também nas tramas R e G o potenciômetro P2 atua mais do lado esquerdo da tela, e a bobina L3 mais do lado direito. Esta bobina é dividida em dois ramos, um para R, outro para G.

A fig. 5-56A mostra, de maneira mais conveniente, o circuito envolvido nestes ajustes. A fig. 5-56B mostra o exemplo da correção de um possível erro nos lados da tela. Os pontos R e G devem ser deslocados em sentidos opostos (subir G e descer R ou vice-versa) para não afetar a convergência das linhas verticais,

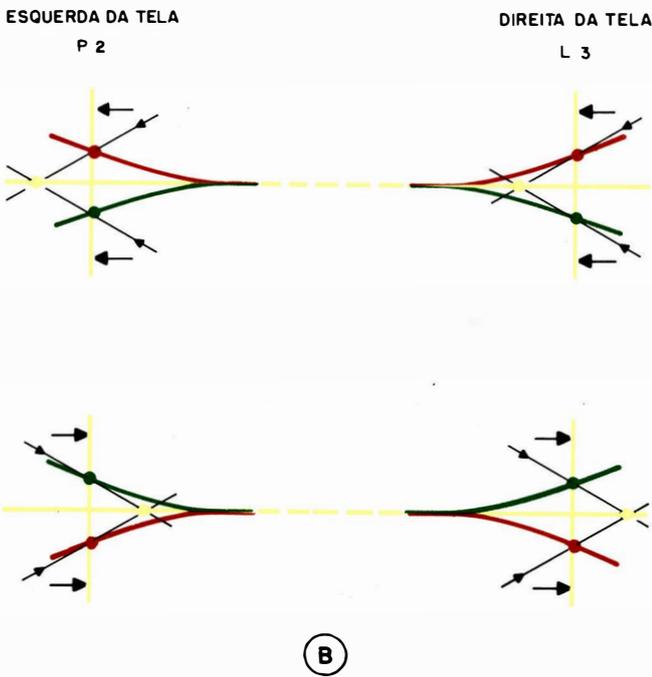
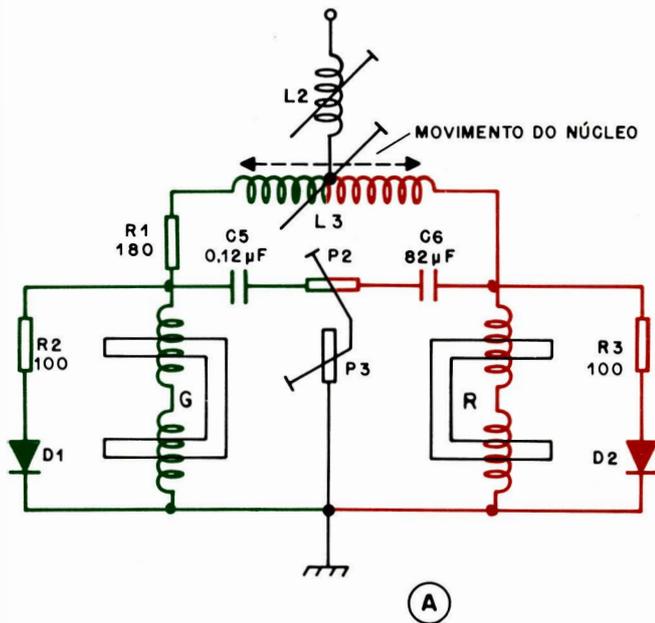


Fig. 5-56. Circuito de correção nas linhas horizontais R e G redesenhado (A).

Correção dos erros nas linhas horizontais à direita e à esquerda (B).

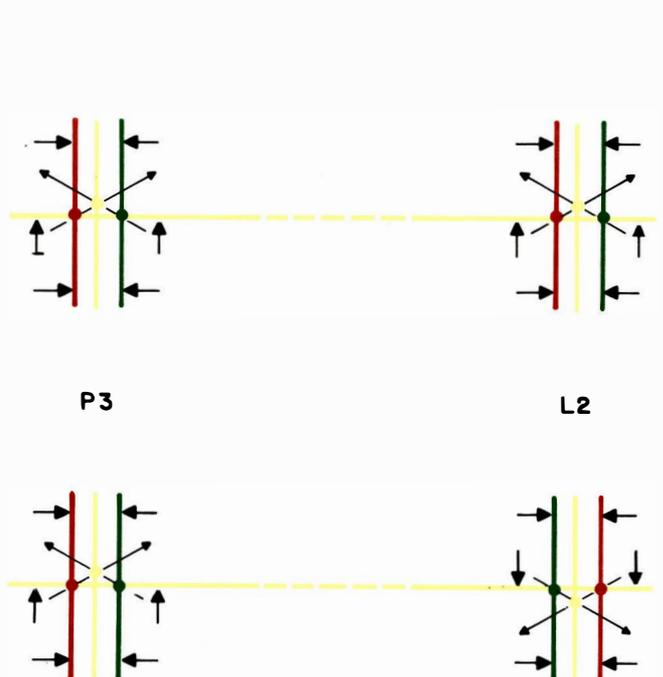


Fig. 5-57. Correção das linhas verticais R e G à direita e à esquerda.

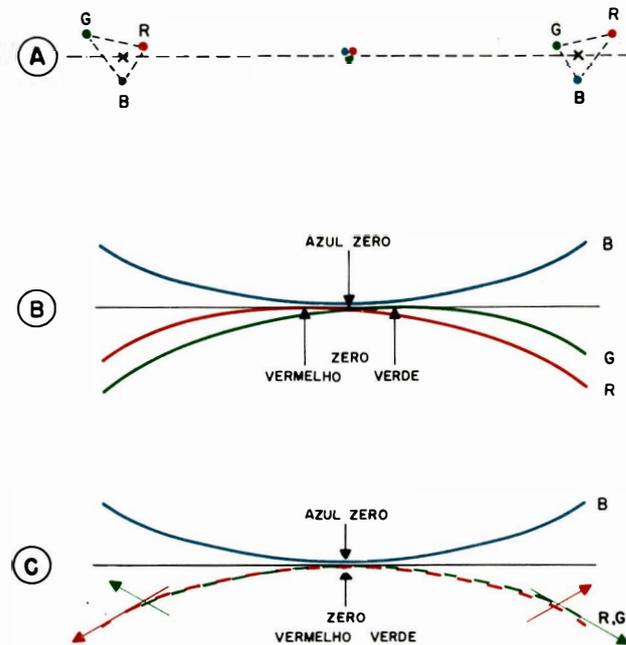


Fig. 5-58. A) Erros de convergência ao longo da linha central.
 B) Correntes de correção necessárias.
 C) Atuação da bobina L4 (coincidência de R e G).

deslocando-se apenas lateralmente. Da maneira como são alimentadas as bobinas R e G, observamos que, dependendo da posição do núcleo da bobina L3, um ou outro enrolamento representa maior reatância em série com a bobina de correção. Assim, se a corrente num dos ramos aumentar, no outro ela irá diminuir e a convergência das linhas verticais R e G vai se manter inalterada, havendo correção apenas nas linhas horizontais.

Linhas Verticais R e G à Esquerda e à Direita (Potenciômetro P3 e Bobina L2)

Para corrigir erros das linhas verticais, à esquerda e à direita, os pontos R e G devem sofrer um deslocamento no mesmo sentido (ambos para cima ou para baixo), e a fig. 5-57 mostra exemplos desse tipo de perda de convergência. Para corrigir, o sinal gerado deve ser variado no mesmo sentido para as duas bobinas de correção.

Dependendo dos ajustes da bobina L2 e do potenciô-

metro P3, os pulsos retangulares do TSH são transformados em uma forma de onda que se assemelha a um dente de serra ou à mistura de dente de serra com parábola. Como nos casos vistos anteriormente, o potenciômetro P3 atua mais do lado esquerdo e L2 atua mais do lado direito (fig. 5-57).

Bobina L4

Como mostram as figs. 5-58 A e B, existe uma distorção desigual para R e G nas linhas horizontais. Através dos secundários da bobina L4 na fig. 5-46 (o primário da L4 faz o ajuste para as linhas azuis), pulsos retangulares com fases opostas são aplicados num dos lados das bobinas de correção R e G (L4A e L4B), provocando correntes de dente de serra que corrigem essa diferença e resultam na convergência das linhas R e G, conforme mostra a fig. 5-58C.

A amplitude do pulso para a correção G é maior, a fim de compensar o efeito do resistor R1 em série com este ramo.

6.

AJUSTES FINAIS NO CINESCÓPIO E NO RECEPTOR

Uma vez montado o chassi no gabinete e efetuadas as interligações dos diversos componentes do receptor, são necessários ajustes finais visando obter os seguintes resultados:

- 1) uma imagem com contraste e brilho adequados
- 2) seu enquadramento geométrico
- 3) pureza de côr
- 4) convergência dos três feixes de elétrons em toda a face do cinescópio
- 5) equilíbrio de branco.

Para tanto, é recomendável seguir uma seqüência metodizada de ajustes e ter em mente que os resultados finais devem representar o melhor compromisso para uma recepção fiel.

Êsses ajustes envolvem tanto partes mecânicas como elétricas. Os ajustes mecânicos estão associados com o TRC e são discutidos na seção 6-1. Os ajustes elétricos do receptor são discutidos na seção 6-2. Os contrôles em geral estão localizados de maneira a permitir a execução dos ajustes com observação direta dos resultados apresentados, na tela do cinescópio.

6-1. AJUSTES NO CINESCÓPIO

Os ajustes mecânicos no cinescópio dos televisores a côres são efetuados nos seguintes conjuntos:

- a) bobinas defletoras (YOKE)
- b) conjunto de convergência e ímãs associados
- c) conjunto de azul lateral
- d) anéis de pureza.

A localização dos diversos componentes no pescoço do cinescópio está ilustrada na fig. 6-1.

6-1-a. Bobinas Defletoras

As bobinas defletoras para o televisor a côres perfaçam as mesmas funções daquelas do aparelho para prêto

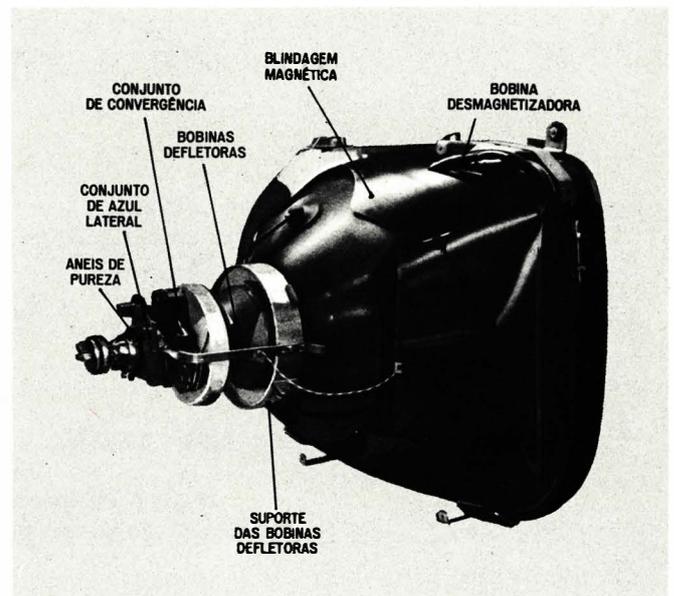


Fig. 6-1. O cinescópio tricromático e seus componentes associados.

e branco. Sua posição inicial durante os ajustes é afastada do bulbo, encostada no conjunto de convergência; após efetuado o ajuste de pureza, ela assumirá uma nova posição e será fixada através de uma braçadeira ao pescoço do cinescópio.

6-1-b. Conjunto de Convergência e Ímãs Associados

Êste conjunto fica localizado atrás das bobinas defletoras, sendo composto de três bobinas, uma para o canhão azul, outra para o verde e outra para o vermelho. Sua localização no pescoço do cinescópio deve coincidir com as respectivas peças polares. Em geral, quando se observa do lado do soquete, o canhão azul está em cima, o verde à esquerda e o vermelho à direita. Incorporado a cada uma das bobinas encontramos um ímã, que irá ajustar a convergência estática dos três feixes.

6-1-c. Conjunto de Azul Lateral

Trata-se, normalmente, de uma peça conjugando o ímã de ajuste estático do azul lateral e a bobina de azul lateral dinâmico. Sua localização, em geral, é logo atrás do conjunto de convergência e o seu campo de ação deve abranger o feixe azul. O ajuste azul lateral é composto de um ímã ajustável que posiciona lateralmente o feixe emitido pelo canhão e uma bobina para compensação dinâmica.

6-1-d. Anéis de Pureza

Os anéis de pureza, semelhantes aos anéis de centralização de imagem nos receptores acromáticos, podem ser localizados na frente ou atrás do conjunto de azul lateral e, quando girados em torno do pescoço do tubo, irão ajustar a pureza de cor no centro da tela. Sua localização na frente ou atrás do conjunto de azul lateral representa um compromisso entre a maior atuação nos três feixes e a melhor focalização de imagem. O ajuste detalhado desses anéis será visto na seção 6-3-7.

6-2. AJUSTES NO RECEPTOR

Devido ao grande número de ajustes requeridos para se obter boa pureza, adequada convergência dos três feixes eletrônicos e correto equilíbrio de branco, o técnico deverá estar bem familiarizado com os diversos con-

trôles e suas funções específicas, bem como com o equipamento de teste necessário, a fim de efetuar os ajustes preliminares e finais. Para tanto, nesta seção descreveremos de uma maneira generalizada cada um desses tópicos.

Descrição dos Contrôles

Os controles acessíveis aos usuários desempenham todas as funções dos televisores preto e branco com o acréscimo de dois controles: saturação e matiz. O controle de saturação é destinado ao ajuste de ganho do circuito de crominância, de maneira a se obter maior ou menor intensidade das cores, enquanto o controle de matiz permite o ajuste da tonalidade do branco entre azulado e avermelhado, para tornar mais agradável a recepção em preto e branco ou a cores. Descreveremos a seguir os controles acessíveis ao técnico, alguns comuns aos televisores preto e branco, outros específicos para os televisores cromáticos. O funcionamento detalhado de cada um desses controles já foi explicado no capítulo 4.

Centralização Vertical - fig. 6-2A e Centralização Horizontal - fig. 6-2B

Estes controles estão nos circuitos dos transformadores de saída vertical e horizontal, e destinam-se a estabelecer uma coincidência do centro da imagem com o centro geométrico do cinescópio.

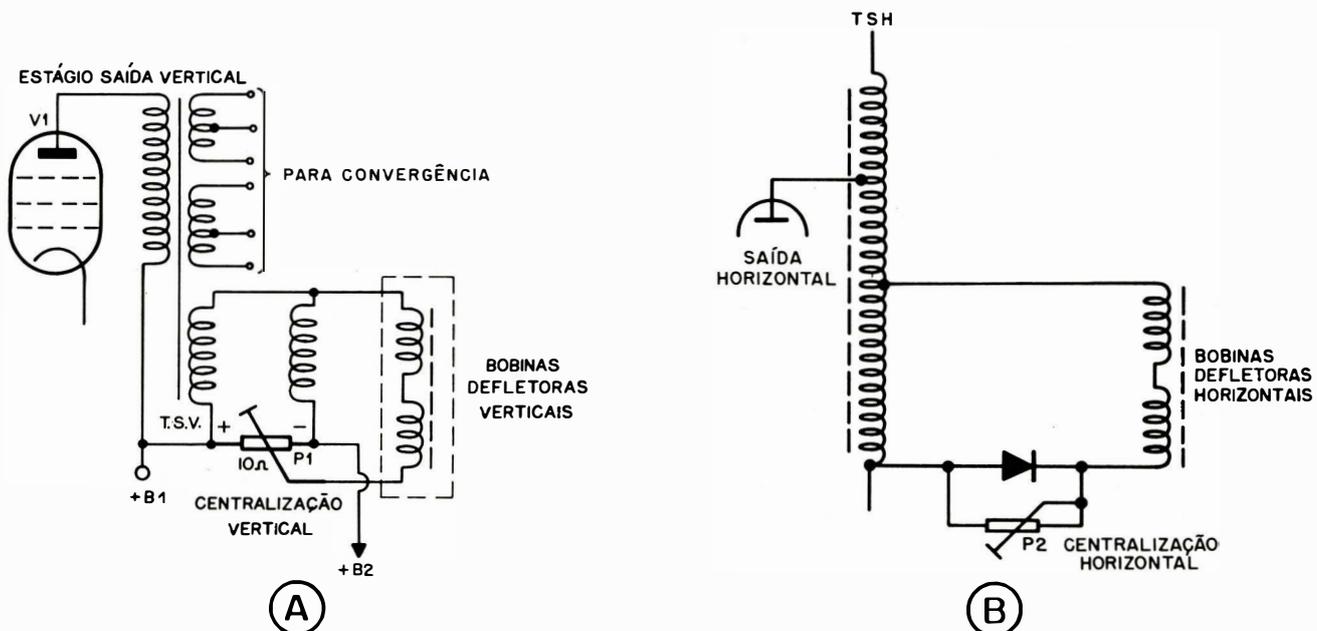


Fig. 6-2. Ajuste de centralização vertical (A) e centralização horizontal (B).

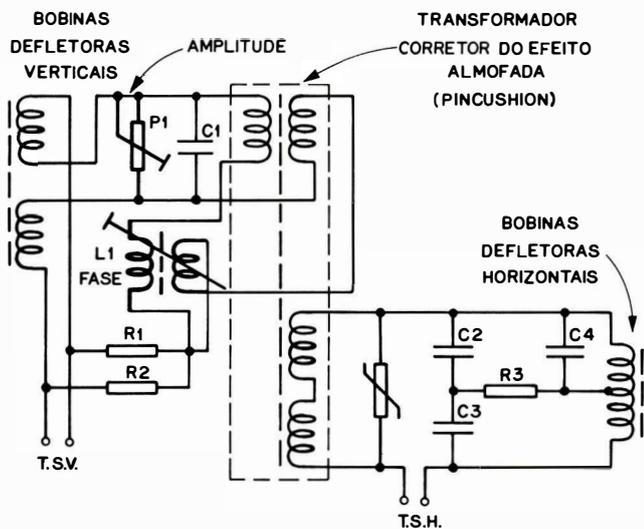


Fig. 6-3. Ajustes p/ correção do efeito almofada.

Correção do Efeito Almofada ("Pin-Cushion") - fig. 6-3

Esta correção é obtida por meio de dois contrôles: o potenciômetro P1 e a bobina L1, que ajustam respecti-

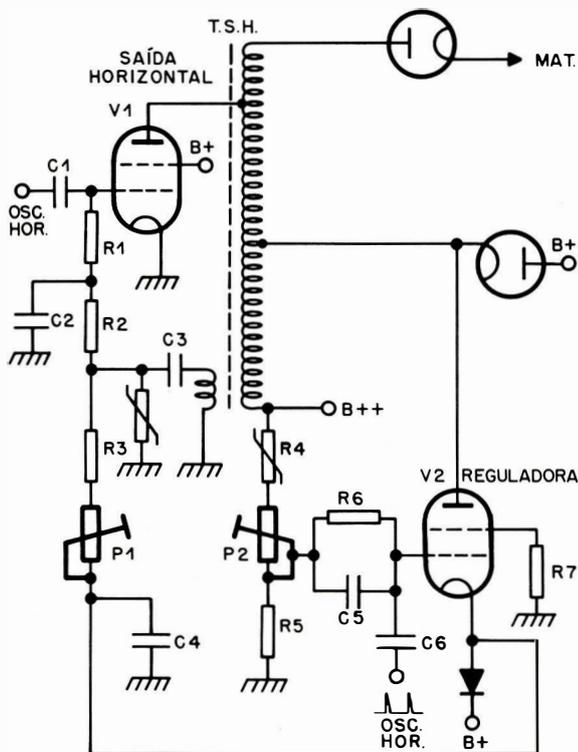


Fig. 6-4. Ajuste de MAT.

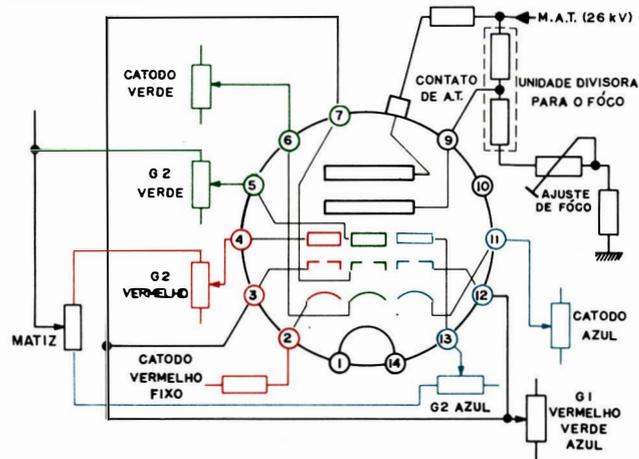


Fig. 6-5. Contrôles de polarização do cinescópio.

vamente a amplitude e a fase da forma de onda de correção.

Ajustes de MAT - fig. 6-4

Êstes ajustes são efetuados: 1) pelo potenciômetro P1 no circuito de grade da válvula de saída horizontal; êste ajusta a excitação da válvula pela variação de polarização da grade de controle, através de uma tensão gerada em um circuito que detecta e filtra pulsos originários do TSH; 2) em aparelhos dotados de circuitos de regulação automática pelo potenciômetro P2, que ajusta a carga representada pelo dispositivo regulador para corrente de feixe nula.

Linearidade Vertical e Altura

Êstes contrôles desempenham as mesmas funções que os equivalentes no receptor preto e branco, e são destinados ao ajuste conveniente da altura e da linearidade vertical.

Polarizações do Cinescópio - fig. 6-5

Com a finalidade de estabelecer condições iguais para os três canhões, são previstos os seguintes contrôles: três contrôles independentes para grade 2 de cada canhão, dois para os catodos (o catodo vermelho é fixo), o controle de ajuste de polarização para grade 1, comum aos três canhões e, finalmente, uma chave de serviço que corta a deflexão vertical. Êstes contrôles ajustarão as polarizações do cinescópio, a fim de se

obter um perfeito rasteio dos canhões, em função das variações de brilho. Além disso, é providenciada uma polarização para a grade de foco proveniente do circuito de MAT.

Através de um desequilíbrio das tensões de alimentação de G2 azul e G2 vermelho pode-se alterar o branco, resultando em uma tonalidade avermelhada ou azulada.

Contrôle Automático de Ganho

O ajuste de CAG fixa o nível de referência para este estágio, determinando a amplitude de saída no detector. Esta saída permanecerá constante com variações da intensidade do sinal aplicado na antena. Em alguns receptores, o retardo de CAG para o seletor de canais é ajustável, de maneira a determinar o nível a partir do qual o ganho do seletor será reduzido.

Cancelador de Ruído - fig. 6-6

Este ajuste é obtido pelo potenciômetro P1 que fixa o nível de referência a partir do qual o transistor T1 (cancelador de ruído) entrará em funcionamento.

Inibidor de Côr - fig. 6-7

Este contrôle P1 fixa o nível de referência a partir do qual o amplificador de crominância entrará em funcionamento. Abaixo deste nível não seria assegurada uma recepção a côres satisfatória.

Oscilador Horizontal - fig. 6-8

O potenciômetro P1, acessível ao usuário, ajusta a frequência do horizontal por meio da variação de polarização da válvula de reatância. A bobina L1 destina-se ao ajuste da frequência natural do oscilador.

Convergência

Para seja obtida a convergência dos três feixes eletrônicos em toda a tela do cinescópio, são aplicados campos magnéticos corretores estáticos e dinâmicos. Esses campos são produzidos respectivamente pelos ímãs do conjunto de convergência e por correntes parabólicas, nas bobinas de correção. Eles afetam a direção do feixe de cada canhão, tanto no sentido horizontal como no vertical. As formas de onda parabólicas podem ser variadas em amplitude, inclinação e fase. Na fig. 6-9 está esquematizado o circuito que realiza essas funções.

Os ajustes referentes a calibração do receptor envolvendo seletor de canais, FI de vídeo, FI de som e estágios de crominância serão tratados no capítulo 7.

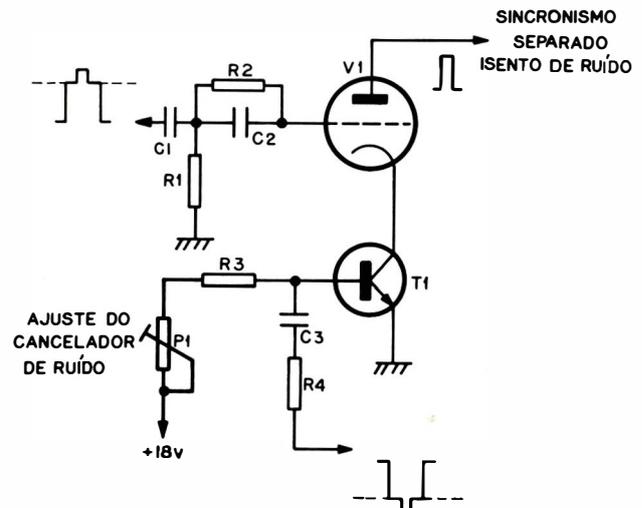


Fig. 6-6. Ajuste do cancelador de ruído.

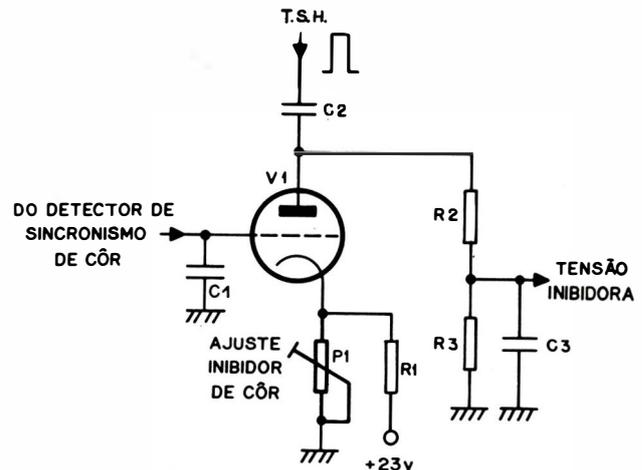


Fig. 6-7. Ajuste do inibidor de côr.

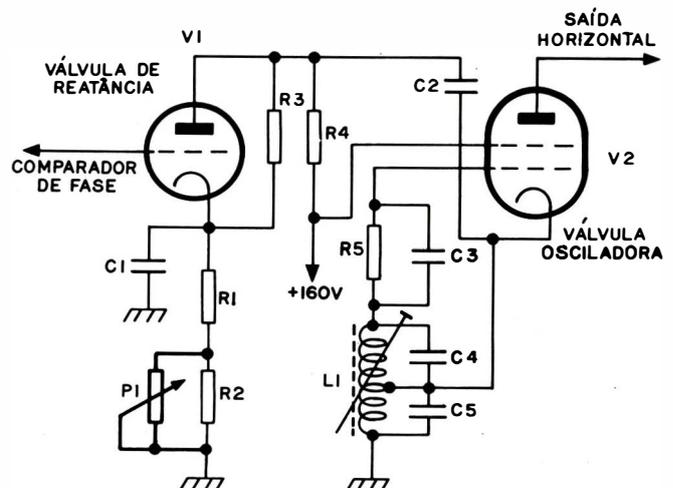


Fig. 6-8. Ajustes no oscilador horizontal.

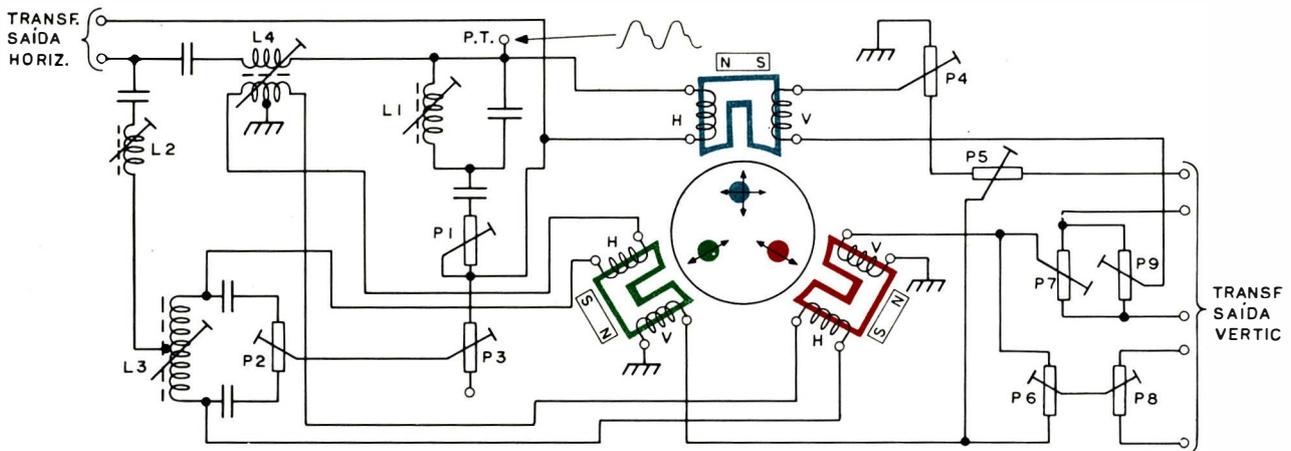


Fig. 6-9. Ajustes de convergência.

Instrumental Necessário para os Diversos Ajustes no Receptor

- 1) gerador de linhas cruzadas brancas e pontos, com aproximadamente 14 linhas horizontais e 16 verticais, com saída de RF na frequência dos canais de VHF
- 2) osciloscópio com 5 MHz de faixa de passagem no amplificador vertical e sincronismo interno para o horizontal. Deverá possuir calibrador interno para o amplificador vertical e uma ponta de baixa capacidade (aproximadamente 10 pF)
- 3) voltímetro eletrônico com ponta especial para alta tensão (da ordem de 30 kV)
- 4) regulador e isolador para tensão de rede.

6-3. AJUSTES PRELIMINARES

Antes mesmo de ligar um aparelho completamente desajustado, é aconselhável posicionar os controles anteriormente descritos para o centro de suas excursões mecânicas, com exceção do controle de MAT e G1 do TRC, que deverão estar no mínimo. Isto vai estabelecer o ponto de partida para os ajustes preliminares. Em seguida, dever-se-ão proceder os seguintes ajustes na ordem indicada:

- 1) oscilador horizontal
- 2) MAT e foco
- 3) CAG e cancelador de ruído
- 4) altura, linearidade e centralização

- 5) correção do efeito almofada
- 6) ajustes preliminares de convergência
- 7) desmagnetização, pureza e polarizações do TRC.

6-3-1. Ajuste do Oscilador Horizontal

- a) posicione para o centro o controle de frequência horizontal P1, na fig. 6-8
- b) eliminar o sinal de sincronismo para o comparador de fase, curto-circuitando a entrada do separador de sincronismo
- c) ajuste a bobina L1 da fig. 6-8, até acertar a frequência horizontal (imagem de pé, flutuando apenas no sentido horizontal)
- d) verifique a atuação de P1 girando-o para ambos os lados. Deverão aparecer, para as duas condições, aproximadamente o mesmo número de barras de apagamento vertical
- e) retire o curto realizado em b.

6-3-2. Ajuste do MAT e Foco

Certifique-se, antes de ligar a ponta de prova no contato de MAT do cinescópio, que o aparelho se acha desligado e que não existe carga armazenada no mesmo. Estabeleça um bom contato do terminal terra ou negativo do instrumento com o chassi do aparelho. Os itens a serem observados para este ajuste serão os seguintes:

- a) voltímetro eletrônico com ponta especial de AT conectada no contato de MAT do cinescópio
- b) controle de brilho e contraste ajustados para mínimo (corrente de feixe nula)
- c) rede de alimentação correta (use o regulador, se necessário)
- d) nos aparelhos com regulador de MAT, tire fora de operação o dispositivo regulador, conforme indicação do fabricante
- e) ligue o interruptor do aparelho e aguarde a estabilização da MAT medida
- f) verifique a MAT e ajuste P1 da fig. 6-4 para a tensão indicada pelo fabricante. A tensão indicada deverá ser ajustada com precisão a fim de não ultrapassar os limites de operação normal do TRC e evitar a emissão indesejável de raios X
- g) restabeleça o funcionamento do dispositivo regulador e ajuste o controle a ele associado, para reduzir a tensão ao valor indicado pelo fabricante. No exemplo da fig. 6-4 esse controle é P2 e a MAT indicada é 26 kV
- h) ajuste o controle de brilho para máximo brilho útil e proceda ao ajuste de foco a fim de obter a maior área focalizada na tela do cinescópio.

6-3-3. Ajustes do CAG e do Cancelador de Ruído

- a) posicione o potenciômetro do cancelador de ruído (P1 na fig. 6-6) para assegurar que ele não afete o funcionamento do separador de sincronismo
- b) sintonize o receptor para um canal com sinal forte
- c) ligue o osciloscópio através de uma ponta de baixa capacitância na saída do detector de vídeo
- d) observe a forma de onda de vídeo no osciloscópio e ajuste o controle de CAG para a tensão indicada pelo fabricante
- e) após o ajuste de CAG observe a imagem na tela do televisor para o ajuste do cancelador de ruído.

Ajuste o potenciômetro do cancelador até o ponto em que ocorrer repuxamento da imagem; neste instante, retroceda aproximadamente 1/4 de volta. Esse repuxamento ocorre quando também os pulsos de sincronismo começam a ser cancelados.

6-3-4. Ajuste de Altura, Linearidade e Centralização

- a) ajuste os controles de centralização P1 e P2 nas figs. 6-2A e 6-2B, para que o centro da imagem coincida com o centro geométrico do cinescópio

- b) ajuste os controles de linearidade e altura, até que seja obtida uma varredura uniforme, tanto no sentido vertical como no horizontal
- c) verifique e retoque, se necessário, o controle de centralização como no item a.

Em geral, um padrão contendo círculos facilita essa sequência de ajustes.

6-3-5. Correção do Efeito Almofada ("Pin-Cushion")

A fig. 6-10 mostra uma imagem de linhas cruzadas, apresentando a distorção do tipo Almofada. A distorção das linhas periféricas é facilmente visível com uma imagem de linhas cruzadas, ou cenas televisadas, onde apareçam partes retas como referência. Após introdu-

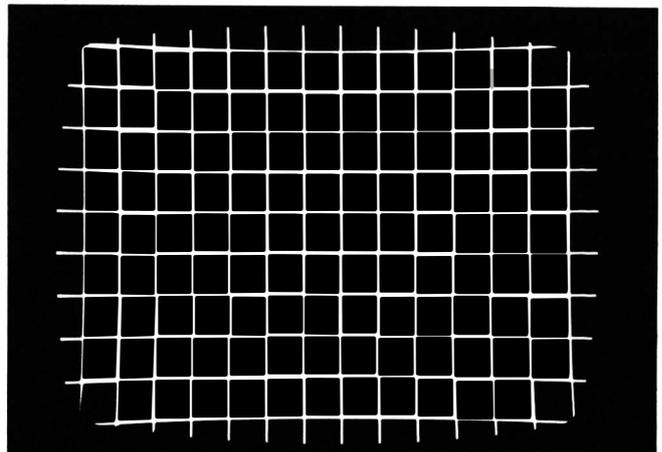


Fig. 6-10. Imagem apresentando "efeito almofada".

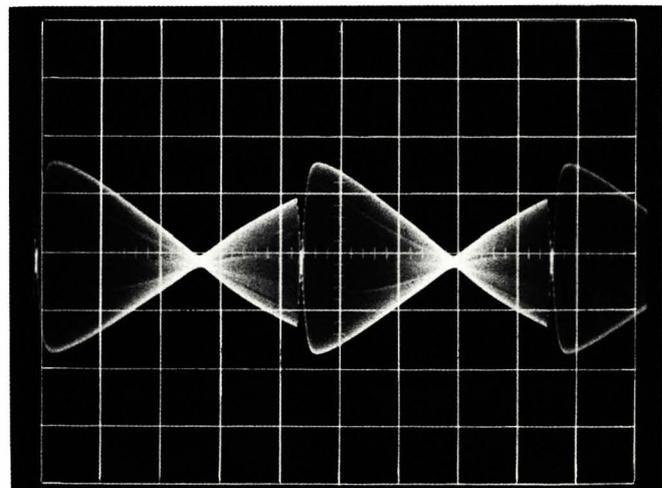


Fig. 6-11. Forma de onda "gravata borboleta".

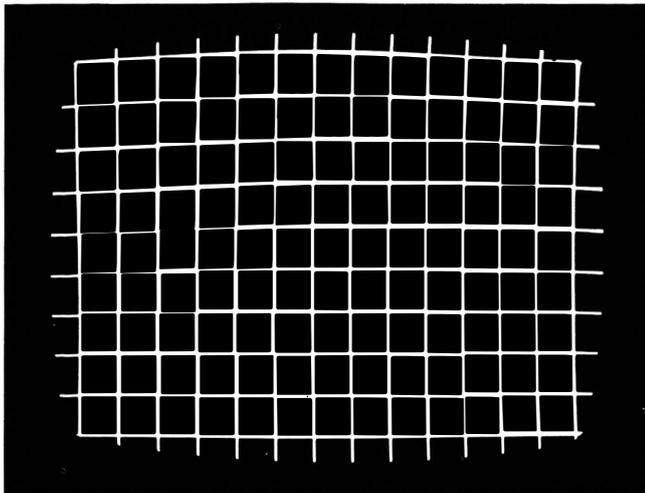


Fig. 6-12. Compensação exagerada.

zida a correção, a imagem aparecerá conforme mostra a fig. 6-13. Os passos que devem ser seguidos para a ajuste são:

- a) com o aparelho sintonizado num canal apresentando linhas cruzadas, ligue um osciloscópio com varredura horizontal ajustada para aproximadamente 30 Hz, nos extremos do potenciômetro de ajuste de amplitude (P1 da fig. 6-3), tomando cuidado com o potencial ali presente.
- b) ajuste o controle de amplitude para a máxima resistência

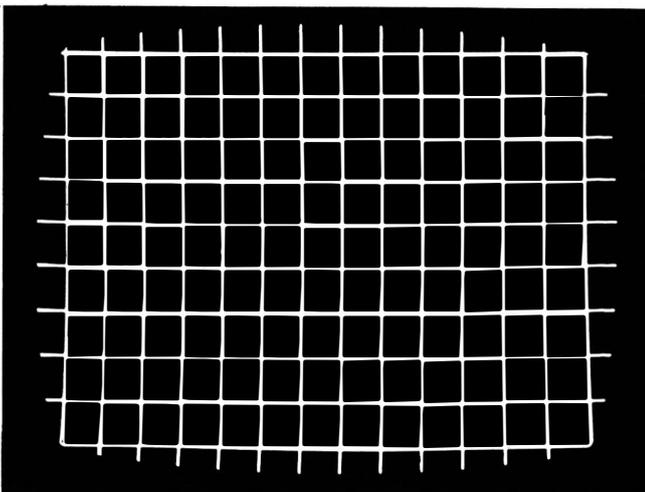


Fig. 6-13. Compensação perfeita.

- c) ajuste o núcleo da bobina de fase (L1) até obter uma "gravata borboleta", conforme indicado na fig. 6-11
- d) faça uma inspeção visual da imagem na tela do aparelho, e se fôr observada uma super compensação, como na fig. 6-12, retoque ligeiramente os controles de amplitude e de forma de onda (P1 e L1) até que seja obtida a imagem correta da fig. 6-13.

6-3-6. Ajustes Preliminares de Convergência

Os procedimentos para o ajuste da convergência obedecerão a duas etapas distintas. Na primeira etapa os ajustes serão executados de maneira superficial, estabelecendo pontos de partida para os ajustes finais na seção 6-3-8. Com o receptor sintonizado no canal com padrão de linhas cruzadas, posicione os seguintes controles: saturação para mínimo; matiz para o centro do curso; excitação verde e azul, bem como polarização de G2 do TRC, para uma imagem aproximadamente branca; todos os controles da placa de convergência no centro de seus cursos. Inicialmente deve-se executar a convergência estática no centro da tela, levando-se em conta o movimento dos feixes (fig. 6-9). Quando os três feixes já estiverem estáticamente convergidos, ajuste grosseiramente os controles de convergência dinâmica na sequência indicada pelo fabricante. Observe que, devido à interação, poderá tornar-se necessário corrigir novamente a convergência estática, a altura, linearidade, centralização e efeito almofada.

6-3-7. Desmagnetização, Pureza e Polarizações do TRC

Todo o receptor, principalmente a tela do cinescópio, deverá passar por um campo magnético alternado intenso, a fim de ser eliminada a possibilidade da existência de magnetização remanescente. Isto é obtido através da bobina mostrada na fig. 6-14. Esta bobina pode ser feita enrolando-se 400 espiras de fio 19 esmaltado numa fôrma de 46 centímetros de diâmetro. O cordão utilizado para a ligação da bobina à rede de 110 volts CA deverá ter no mínimo 3m de comprimento, para possibilitar o correto afastamento da bobina, com respeito ao aparelho, ao ser desligada.

Caso contrário, a interrupção abrupta da corrente circulando na bobina poderá causar uma nova magnetização. O interruptor S1 destina-se a desligar a bobina, após o afastamento requerido (2m).

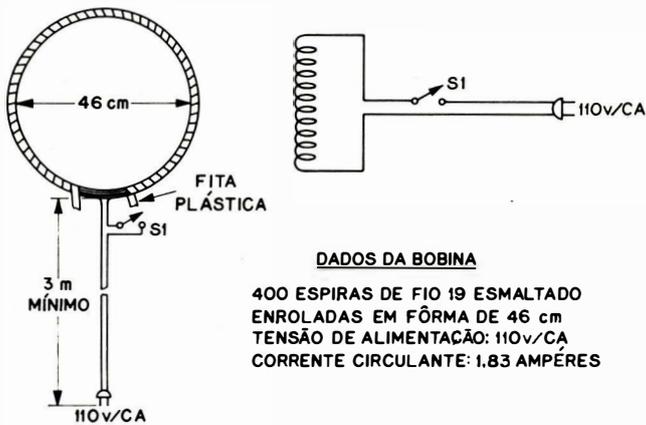


Fig. 6-14. Bobina desmagnetizadora.

Após assegurada a completa desmagnetização do aparelho, procedemos ao ajuste de pureza de cor seguindo o seguinte critério:

- todo o procedimento descrito deverá ser efetuado com ausência de imagem, bem como de chuva na tela. A fim de se obter estas duas condições, podemos cortar os estágios de FI e seletor de canais através de uma fonte de polarização de CAG externa
- soltar a braçadeira das bobinas de deflexão e recuar o conjunto até que ele encoste nas bobinas de convergência (fig. 6-1)
- corte os canhões azul e verde através da ligação de dois resistores de 100 k Ω das respectivas grades 1 para a massa, ou conforme indicação do fabricante
- observando a tela, poderemos ver a formação de uma mancha vermelha e áreas multicoloridas. Deve-se então girar os anéis de pureza até que esta mancha vermelha uniforme se localize no centro da tela (fig. 6-15)
- mantendo a posição das bobinas defletoras, verifique e, se necessário, reajuste a convergência estática
- retorne à condição mencionada em C. Obtida a pureza no centro da tela, voltaremos gradativamente as bobinas defletoras em direção à face do tubo, sempre observando a tela no sentido de se conseguir uma coloração vermelha uniforme em toda a sua extensão (fig. 6-16)

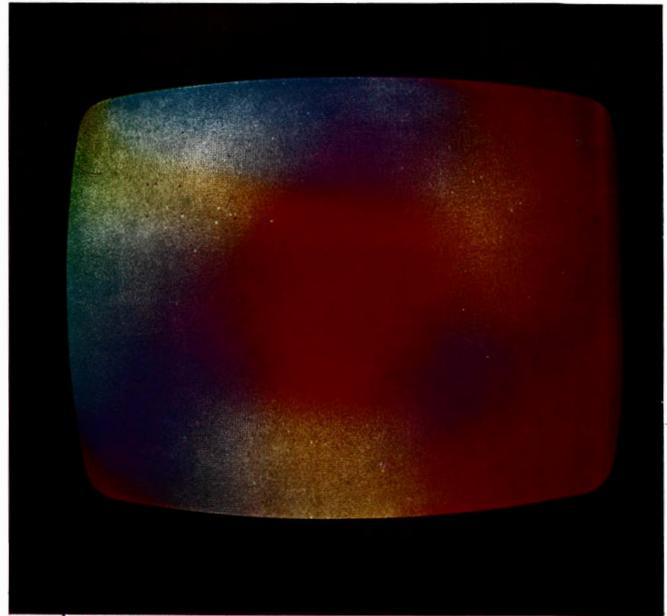


Fig. 6-15. Ajuste de pureza estática.

- podemos então fixar o conjunto de bobinas defletoras na posição em que já não mais sejam vistas quaisquer tipos de manchas na tela. Se as manchas permanecerem, repita a desmagnetização e o ajuste de pureza no centro da tela. Devido a interações, poderá tornar-se necessário

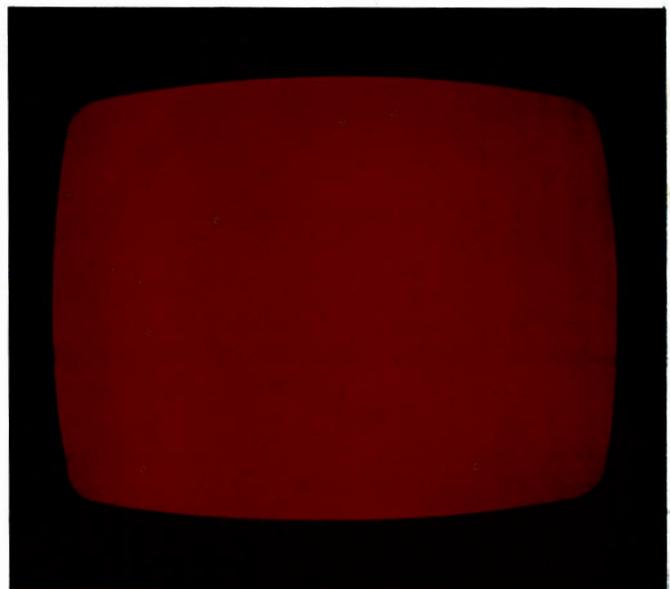


Fig. 6-16. Padrão vermelho após ajuste da pureza dinâmica.

corrigir novamente a altura, linearidade e centralização.

Assegurada a pureza de côr, ajustaremos a intensidade de cada feixe, ou seja, ajustaremos a temperatura de côr. Mantendo a condição do item 6-3-7- (FI e selector cortados), desligar os resistores de 100 kOhms de G1,

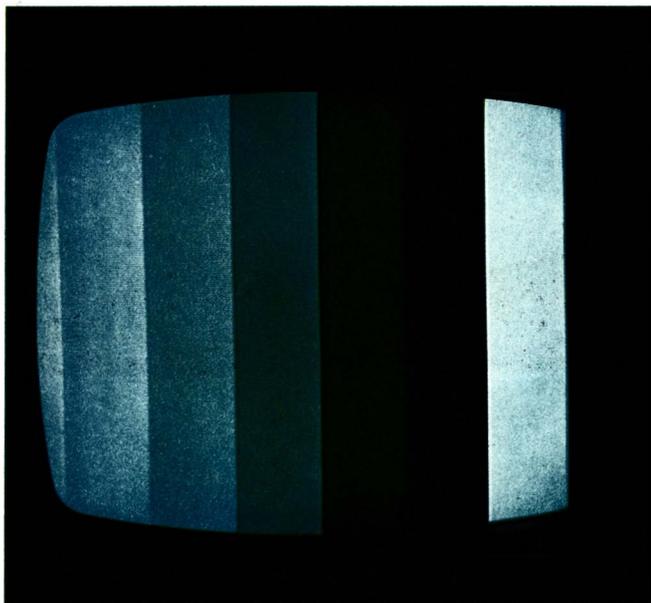


Fig. 6-17A. Equilíbrio de branco incorreto.

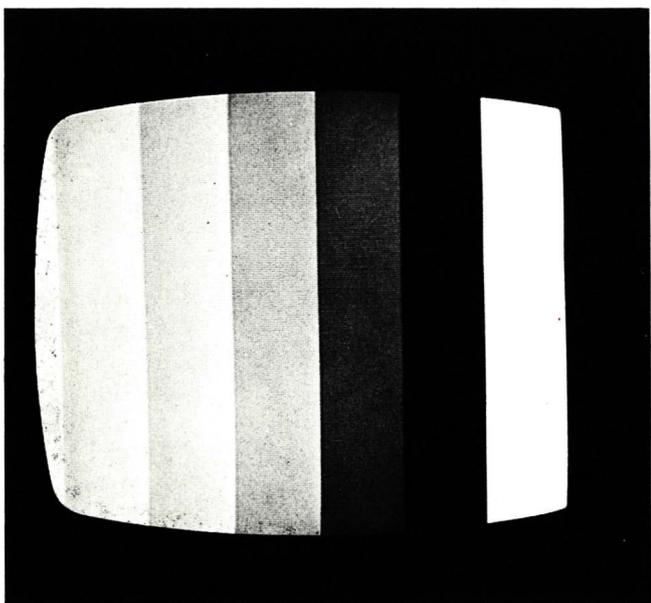


Fig. 6-17B. Equilíbrio de branco correto.

colocar a chave "normal-serviço" na posição "serviço". Dessa maneira, dependendo das polaridades de G1 e G2 do TRC, irá aparecer apenas uma linha horizontal no centro da tela, com suas respectivas componentes R, G e B. Inicialmente, ajuste o contrôle de matiz para o centro da sua excursão. Ajustar os contrôles de polarização de G1 e G2 para mínimo. Gire cada um dos contrôles de G2 lentamente no sentido oposto, até que seja observado na tela o aparecimento da linha horizontal correspondente. Se um dos feixes não produzir a referida linha horizontal, avance lentamente o contrôle de polarização de G1 (fig. 6-5). Use o mesmo procedimento para cada feixe e volte o contrôle de polarização de G2 de cada canhão até o ponto onde se obtém o apagamento do feixe. Estabeleceremos desta maneira o mesmo ponto de corte para os três canhões.

Voltando a chave "normal-serviço" para a posição "normal" e ajustando o contrôle de brilho para o brilho máximo utilizável, ajustaremos os contrôles de excitação verde e azul para conseguir uma tela branca. É desejável uma verificação com um padrão escala de luminância ou através de diferentes posicionamentos do ajuste de brilho, para observar o perfeito rastreio de cinza.

As figs. 6-17A e B mostram respectivamente as condições em que o rastreamento de cinza é imperfeito e perfeito. Qualquer coloração aparecendo em baixo nível de luminosidade indica incorreção no ajuste de G2. Quando a coloração aparece em nível alto de luminosidade, a excitação do catodo deve estar incorreta.

6-4. AJUSTES FINAIS

Volte a informação de linhas cruzadas desligando a fonte de polarização de CAG externa. Observe a convergência estática para o centro da tela e retoque-a, se necessário. Descreveremos detalhadamente a função de cada contrôle da unidade de convergência dinâmica, bem como convencionaremos, para facilidade de descrição no texto, que as letras R-G-B, respectivamente, designarão linhas vermelhas, verdes e azuis.

Em todos os casos partiremos sempre da posição de convergência perfeita, mostrando a atuação de cada um dos contrôles separadamente. A mesma nomenclatura usada na seção 5-4 será mantida para facilitar a referência à parte teórica ali tratada. Olhando-se diretamente na tela do aparelho com a iluminação ambiente reduzida e os contrôles de contraste e brilho ajustados para o aparecimento das linhas finas e não borradas, poderão ser observadas as seguintes correções possíveis:

6-4-1. Vermelho/Verde (Linhas Verticais em cima e embaixo)

Fig. 6-18. O potenciômetro P5 (fig. 6-9) ajusta a amplitude de uma corrente parabólica na frequência vertical, produzindo deslocamentos laterais iguais das linhas centrais vermelhas e verdes, sem afetar a convergência das linhas horizontais.

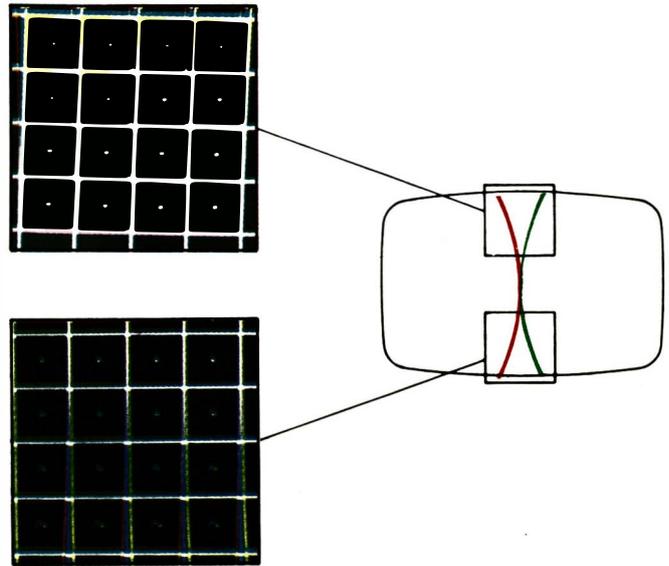
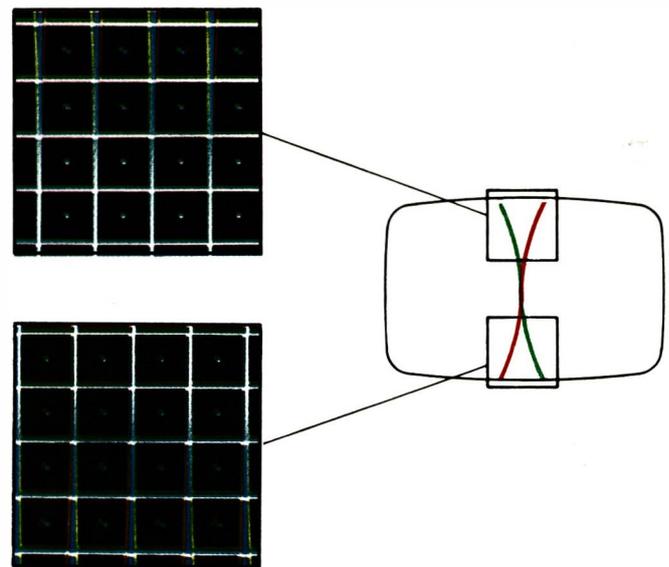


Fig. 6-19. O potenciômetro P7 (fig. 6-9) ajusta uma corrente dente de serra na frequência vertical, de maior ou menor amplitude, negativa ou positiva, produzindo deslocamentos laterais opostos em cima e embaixo das linhas centrais vermelhas e verdes.



De maneira geral, os dois efeitos ocorrem simultaneamente. Neste caso, ajusta-se o potenciômetro P5 até se obter erros opostos iguais em cima e embaixo da tela. Em seguida, deve-se ajustar o potenciômetro P7 para coincidência das linhas.

Observe que não haverá desconvergência das linhas vermelhas e verdes horizontais, porém estas se deslocarão em relação às linhas azuis, as quais deverão ser corrigidas posteriormente.

**6-4-2. Vermelho/Verde Vertical
(Linhas Horizontais em cima e embaixo)**

Fig. 6-20. O potenciômetro P6 faz o ajuste diferencial de correntes parabólicas e dente de serra na frequência vertical, produzindo um aumento de corrente num dos conjuntos (R ou G) e a diminuição no outro conjunto (G ou R). Isto resulta no deslocamento das linhas horizontais vermelhas e verdes, em sentidos opostos em cima e embaixo da tela. Enquanto as linhas verdes sobem, as linhas vermelhas descem, e vice-versa.

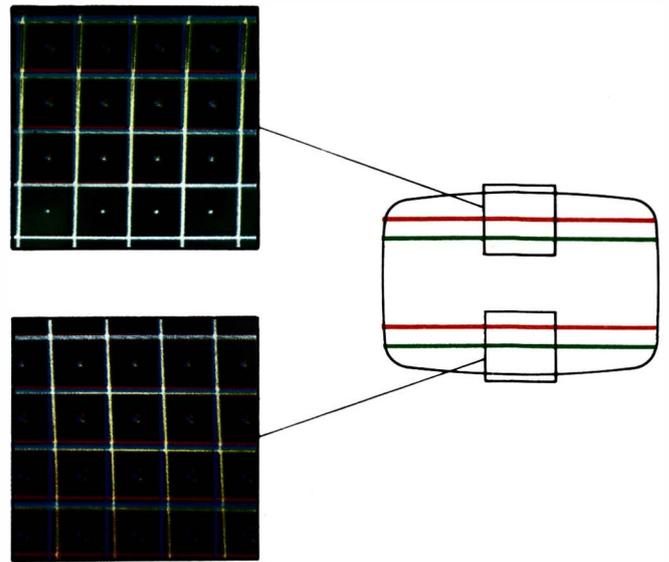
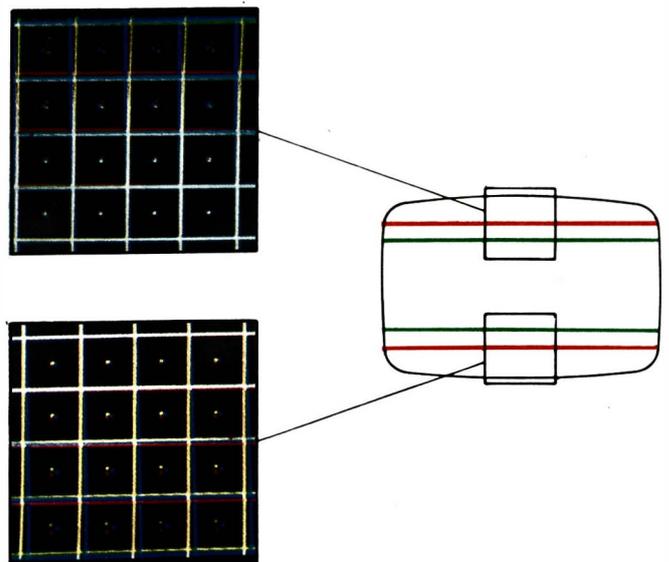


Fig. 6-21. O potenciômetro P8 faz o ajuste de correntes dente de serra na frequência vertical, produzindo correntes opostas nos dois conjuntos (R e G), de maior ou menor amplitude, negativas ou positivas. Isto resulta no deslocamento das linhas horizontais vermelhas e verdes, em sentidos opostos em cima e em baixo da tela. Enquanto as linhas verdes, uma em cima e outra embaixo, se afastam, as vermelhas se aproximam, e vice-versa.



De maneira geral, os dois efeitos ocorrem simultaneamente. Neste caso, ajusta-se o potenciômetro P6 até se obter erros opostos iguais em cima e embaixo da tela. Em seguida, deve-se ajustar o potenciômetro P8 para coincidência das linhas.

Observe que as linhas azuis horizontais em cima e embaixo podem ficar afastadas das linhas vermelhas e verdes (amarela) assim convergidas. Essas linhas azuis podem ser corrigidas posteriormente.

6-4-3. Azul Vertical (Linhas Horizontais em cima e embaixo)

Fig. 6-22. Dependendo da posição de P4 (fig. 6-9), obter-se-á uma corrente parabólica na frequência vertical de maior ou menor amplitude, produzindo deslocamentos das linhas azuis no mesmo sentido em cima e embaixo da tela.

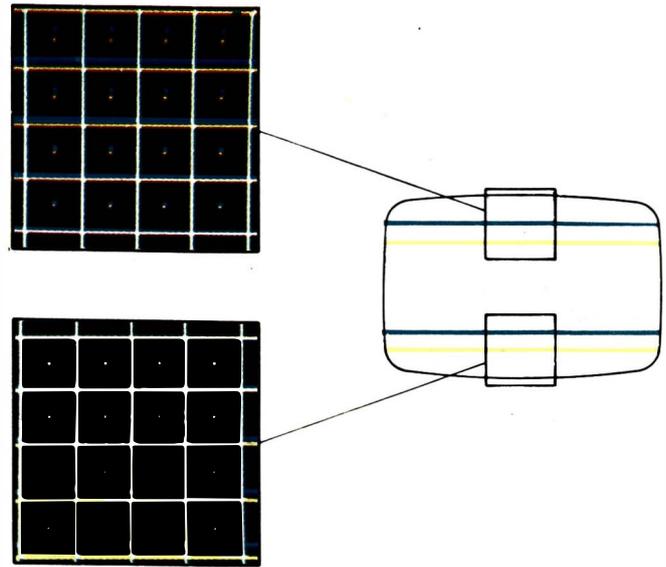
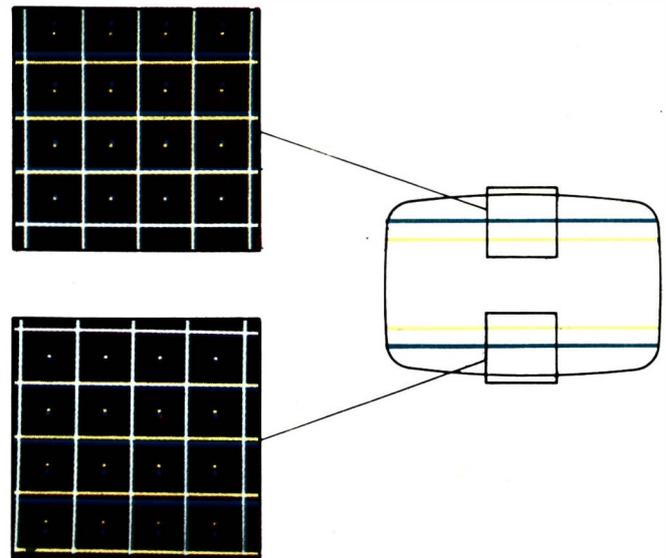
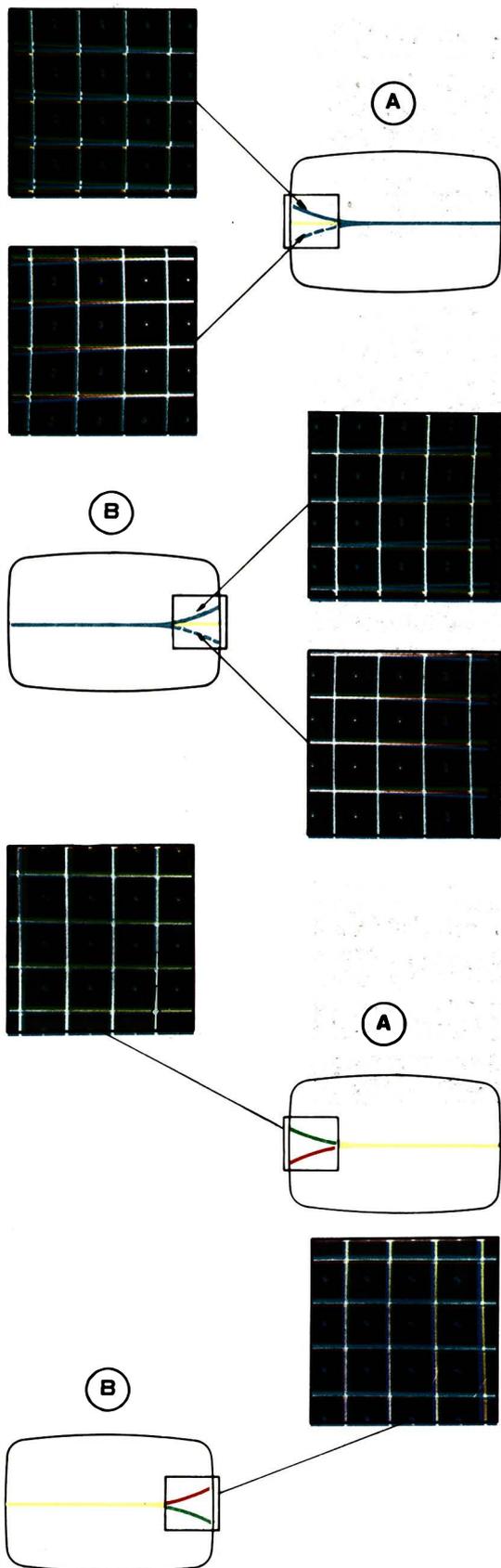


Fig. 6-23. O potenciômetro P9 (fig. 6-9) ajusta uma corrente dente de serra na frequência vertical, de maior ou menor amplitude, negativa ou positiva, produzindo deslocamentos verticais das linhas azuis em sentidos opostos em cima e embaixo da tela.



De maneira geral, os dois efeitos estarão presentes simultaneamente. Neste caso, ajusta-se o potenciômetro P4 até se obter erros opostos iguais em cima e embaixo da tela. Em seguida, deve-se ajustar o potenciômetro P9 para coincidência das linhas.



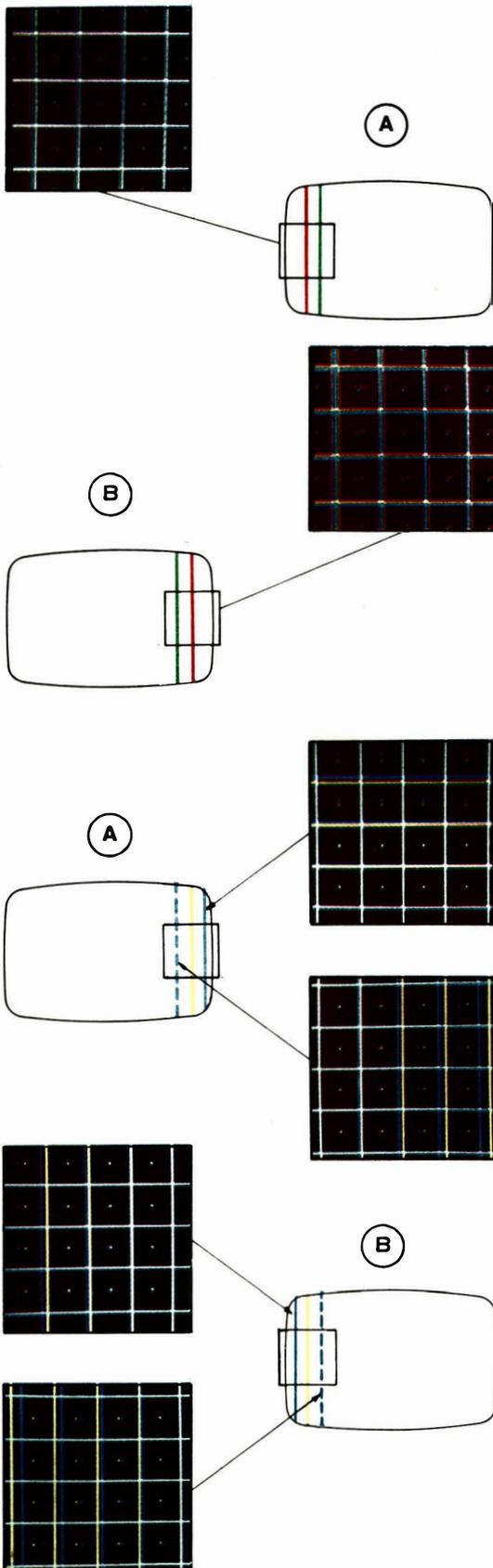
6-4-4. Azul Horizontal (Linhas Horizontais à Esquerda e à Direita)

Fig. 6-24. Dependendo dos ajustes da bobina L4 e do potenciômetro P1 (fig. 6-9), pulsos retangulares do TSH são transformados em correntes com formas de onda que se assemelham a um dente de serra ou à mistura de dente de serra com parábola. O potenciômetro P1 tem maior atuação no lado esquerdo da tela (fig. 6-24A) e a bobina L4 no lado direito (fig. 6-24B).

6-4-5. Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Horizontais à Esquerda e à Direita)

Fig. 6-25. O potenciômetro P2 e a bobina L3 fazem o ajuste diferencial de correntes parabólicas e dente de serra na frequência horizontal, produzindo um aumento de corrente num dos conjuntos (R ou G) e a diminuição no outro conjunto (G ou R). Isto resulta no deslocamento vertical das linhas horizontais vermelhas e verdes à esquerda e à direita da tela em sentidos opostos. Este deslocamento praticamente não afeta a convergência das linhas verticais vermelhas e verdes.

O potenciômetro P2 atua mais do lado esquerdo da tela (fig. 6-25A) e a bobina L3 mais do lado direito (fig. 6-25B).



6-4-6. Vermelho/Verde Horizontal (Linhas Verticais à Esquerda e à Direita)

Fig. 6-26. Dependendo dos ajustes da bobina L2 e do potenciômetro P3 (fig. 6-9), pulsos retangulares do TSH são transformados em correntes com formas de onda que se assemelham a um dente de serra ou à mistura de dente de serra com parábola.

O potenciômetro P3 tem maior atuação no lado esquerdo da tela (fig. 6-26A) e a bobina L2 no lado direito (fig. 6-26B).

Observe que não haverá desconvergência das linhas vermelhas e verdes horizontais, porém estas se deslocarão em relação às linhas azuis, que deverão ser corrigidas posteriormente.

6-4-7. Azul Lateral Dinâmico

Fig. 6-27 — Dependendo dos ajustes da bobina L5 e potenciômetro P10 (fig. 5-54), pulsos retangulares do TSH são transformados em correntes com formas de onda que se assemelham a um dente de serra ou à mistura de dente de serra com parábola.

A bobina L2 provoca o deslocamento das linhas azuis verticais laterais à direita da tela (fig. 6-27A) e o potenciômetro P10 à esquerda da tela (fig. 6-27B). Invertendo-se as ligações 1 e 2 da fig. 5-54, amplia-se a margem de correção dêsse conjunto.

7.

CALIBRAÇÃO DO RECEPTOR

Uma calibração criteriosa do receptor de TV a côres é essencial para que se obtenha reprodução satisfatória da imagem colorida.

As curvas de resposta das várias seções do receptor devem ficar dentro das tolerâncias indicadas nas especificações de calibração, a fim de que se obtenha a fidelidade desejada das côres. A calibração do receptor de TV a côres é bastante semelhante à do TV prêto e branco, com algumas operações adicionais referentes às seções de processamento de côr.

Para se obter a calibração correta dos diversos estágios, de maneira mais objetiva, indicamos abaixo a sequência de calibração que permite o melhor aproveitamento da aparelhagem de teste e evita a repetição desnecessária de ajustes:

- a) seletor de canais (unidade de sintonia)
- b) estágios de FI de vídeo
- c) estágios de FI de som
- d) estágios de crominância
- e) estágios do sincronismo de côr e oscilador 3,58 MHz
- f) sincronismo e chave de PAL
- g) matriz U e V e inversor $V-V'$
- h) demoduladores de côr.

Se fôr necessário substituir uma válvula, transistor ou quaisquer componentes nos circuitos cuja calibração pode ser alterada, considera-se boa prática e é recomendável a verificação e recalibração de todos os demais estágios da mesma seção.

7-1. EQUIPAMENTOS PARA CALIBRAÇÃO, TESTES E ACESSÓRIOS

Os equipamentos usados na calibração do receptor acromático, na maioria dos casos, servirão também para a calibração do receptor cromático. Haverá porém necessidade de um gerador que forneça os diversos sinais de côres necessários. As interligações entre os equipamentos e o receptor devem ser feitas através de detectores e casadores de impedância adequados para os ajustes a serem executados. Alguns exemplos desses dispositivos são descritos nas seções que se seguem.

Para calibração do receptor a côres são necessários os seguintes instrumentos:

- a) voltímetro eletrônico
- b) gerador de varredura para faixa de VHF
- c) gerador de varredura para faixa de vídeo
- d) gerador de RF (30 - 300 MHz)
- e) gerador de marcas
- f) gerador de barras coloridas
- g) osciloscópio
- h) dispositivos diversos.

7-1-a. Voltímetro Eletrônico

Os voltímetros de alta impedância são comumente conhecidos como voltímetros a válvula. Com o desenvolvimento dos instrumentos transistorizados, existem hoje em dia voltímetros com impedância de entrada igual ou superior à dos voltímetros a válvula. Naturalmente, êsses também estão incluídos na indicação de voltímetro eletrônico. Na utilização que faremos do instrumento, o pré-requisito importante é a impedância de entrada, que deverá ser de aproximadamente 10 Mohms.

7-1-b. Gerador de Varredura para Faixa de VHF

A principal finalidade desse instrumento é fornecer sinais para calibração do seletor de canais e da FI de vídeo. Os principais requisitos para êsse gerador são: faixa de frequência: 35 a 95 MHz e 165 a 225 MHz
desvio da frequência: ± 7 MHz
intensidade do sinal: até 0,5 Vrms ajustável
resposta de frequência: deve ser a mais plana possível dentro das faixas indicadas, com resíduo mínimo de modulação em amplitude
impedância de saída: 50, 75 ou 300 ohms
saída de varredura horizontal para osciloscópio.

7-1-c. Gerador de Varredura para Faixa de Vídeo

Êste instrumento fornece sinais para a calibração

dos circuitos de vídeo, crominância e FI de som. É recomendável que sua faixa de frequência se estenda de 0 a 10 MHz e sua resposta seja a mais plana possível dentro desta faixa, com resíduo mínimo de modulação em amplitude. É recomendável também que forneça sinais até 5 volts e sua impedância de saída seja 75 ou 50 ohms. Deverá ter uma saída de varredura horizontal para o osciloscópio.

7-1-d. Gerador de RF

Este instrumento destina-se a medir sensibilidades em geral, fornecer sinais para calibração e determinar frequências por meio de batimentos. É recomendável que possua faixa de frequência que cubra a faixa de VHF (30 a 300 MHz) e forneça sinais modulados em amplitude até pelo menos 50%, com intensidade ajustável de 0 a 0,5 Vrms.

No caso de não possuir sinais moduladores internos (60, 400 ou 1000 Hz), deverá ter uma entrada para gerador de áudio.

7-1-e. Gerador de Marcas

A finalidade deste gerador é fornecer a indicação das frequências que devem ficar numa relação bem definida, comparada com a máxima amplitude das diversas curvas de respostas. Devido à precisão necessária, as frequências deste gerador devem ser controladas por cristais. As frequências necessárias durante as calibrações dos diversos estágios são:

- 1) portadoras de vídeo e som de cada canal de VHF
- 2) 39,75 MHz - portadora de vídeo do canal adjacente na faixa de FI
- 3) 41,25 MHz - portadora de som na faixa de FI
- 4) 41,67 MHz - extremo inferior da parte linear na curva de FI, correspondente à extremidade superior da faixa lateral da sub-portadora de côm
- 5) 42,17 MHz - sub-portadora de côm na faixa de FI
- 6) 42,67 MHz - extremo superior da parte linear na curva de FI, correspondente à faixa lateral inferior da sub-portadora de côm
- 7) 45,75 MHz - portadora de vídeo na faixa de FI
- 8) 47,25 MHz - portadora de som do canal adjacente na faixa de FI
- 9) 3,08 MHz; 3,58 MHz; 4,08 MHz - pontos característicos da curva de crominância
- 10) 4,40 MHz; 4,50 MHz; 4,60 MHz - pontos característicos da curva de som.

A intensidade máxima do sinal de saída deve ser aproximadamente 0,5 volts, ajustável por atenuador na

faixa de 1:1 até 1:1000.

7-1-f. Gerador de Barras Coloridas

Este gerador fornece sinais que permitem executar uma série de ajustes nos circuitos de crominância, nos circuitos associados ao cinescópio e verificar o desempenho total de um TV a côres. Os sinais fornecidos devem estar dentro das normas estabelecidas para o sistema de transmissão e os seguintes padrões deverão ser disponíveis:

- a) barras coloridas (côres primárias e complementares)
- b) escala de luminância
- c) possibilidade de eliminação de (R-Y), (B-Y) ou ambos
- d) atenuador de saída.

Em geral, nestes equipamentos já estão incorporados dispositivos para fornecer linhas cruzadas, pontos, padrão vermelho e atenuador independente para o sincronismo de côm. Estes padrões são gerados através de um canal de VHF.

7-1-g. Osciloscópio

É usado com um indicador visual durante os ajustes e verificações das formas de onda, nos diversos pontos do circuito. A fim de permitir uma reprodução fiel das formas de onda, o amplificador vertical deve ter uma resposta de frequência até 5 MHz e um ganho necessário para indicar sinais de pequena amplitude.

O osciloscópio deve ter sincronismo interno estável e apresentar entradas para varredura e sincronismo externos.

7-1-h. Dispositivos Diversos

Além dos instrumentos acima descritos, são necessários ainda outros dispositivos que, devido à sua menor complexidade, não são chamados de instrumentos. Uma característica comum destes dispositivos é o fato de poderem facilmente ser construídos pelo próprio técnico. Indicamos abaixo a relação destes dispositivos necessários, como segue:

Fonte de Tensão de Polarização

Uma fonte de tensão variável é necessária para aplicação das tensões de polarização em substituição às de CAG e CAC durante a calibração do receptor.

Esta fonte deve fornecer pelo menos 25 VCC e corrente de 20 mA.

Uma fonte deste tipo pode ser construída de maneira muito simples, conforme indicado na fig. 7-1.

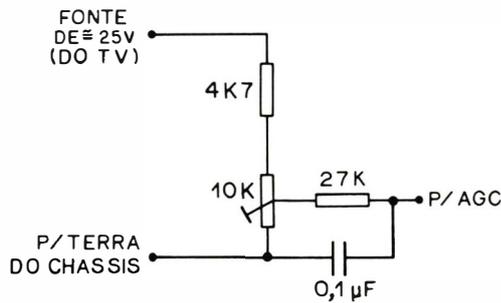


Fig. 7-1. Fonte de polarização.

Circuito Casador de Antena

A calibração do seletor de canais do receptor a côres, da mesma forma como no caso do seletor do aparelho prêto e branco, requer o uso de um adaptador de impedâncias. Sua finalidade é casar a impedância de saída de 75 ou 50 ohms desbalanceada dos geradores de varredura, com a impedância de entrada balanceada de 300 ohms do terminal de antena do receptor. O casador de impedância de 75/300 ohms evita que se desenvolvam ondas estacionárias no cabo de interligação. Se um casador de impedâncias profissional ou comercial não fôr disponível, podemos montá-lo facilmente com dois resistores de 106 ohms e um de 150 ohms, conforme indicado na fig. 7-2.

É importante que os resistores utilizados sejam não indutivos (não enrolados em forma de espiral) e seus valores estejam dentro de uma tolerância $\pm 10\%$. Os componentes devem ser montados dentro de uma blindagem metálica para eliminar captação de sinais não desejados e assegurar uniformidade de desempenho.

O uso dêsse circuito pode resultar numa atenuação do sinal. No caso de se usar um casador de impedância com atenuação conhecida, por exemplo 6 dB, esta deve ser levada em conta durante as medições.

Detector de Baixa Impedância

Em certas fases do processo de calibração há neces-

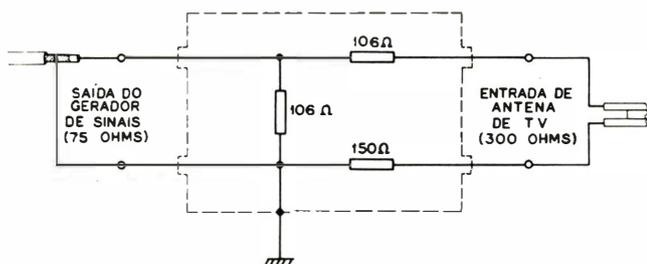


Fig. 7-2. Casador de impedância 75 Ω-300 Ω (6 dB).

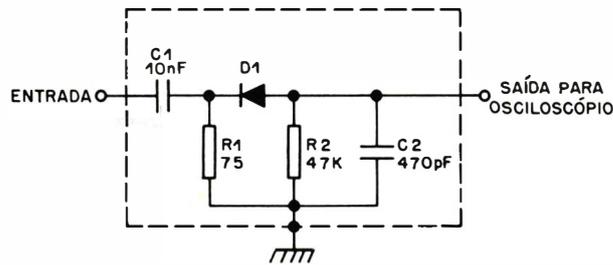


Fig. 7-3. Detector de baixa impedância.

sidade de ligar o osciloscópio através de um detector de baixa impedância. Os componentes de um detector dêste tipo são indicados na fig. 7-3.

O conjunto está montado em forma de pequena unidade fechada e blindada, com saídas para o circuito de TV e para o osciloscópio. O diodo utilizado deve ter alta eficiência de detecção em alta frequência, como os usados nos detectores de vídeo.

Detector de Alta Impedância e Baixa Capacidade

Em outras fases do processo de calibração, um detector de alta impedância é usado. Os componentes de um detector dêste tipo estão indicados na fig. 7-4. É aconselhável que essa montagem seja feita em forma de pequena unidade fechada e blindada, e os terminais de ligação de entrada sejam os mais curtos possíveis.

Cuidados Gerais

A fim de eliminar a possibilidade de choques e curtos-circuitos, é aconselhável o uso de um transformador de isolamento. Êste deverá ser capaz de suportar a potência consumida pelo aparelho (aproximadamente 300 W) sem perda excessiva ou irradiação de campo magnético indesejável.

Durante a calibração, assegure o bom contato em tôdas as interligações entre o chassi e o equipamento. Esta condição pode ser facilmente satisfeita usando-se uma cobertura metálica (principalmente cobre) na bancada de trabalho. Se a bancada não tiver esta cobertura, é conveniente usar fitas de cobre entre o equipamento e o receptor. Antes de iniciar qualquer calibração, submeta o receptor a um pré-aquecimento de 15 a 30 minutos.

7-2. CALIBRAÇÃO DO SELETOR DE CANAIS

É importante que o seletor esteja calibrado com critério e precisão, a fim de obter-se em todos os canais

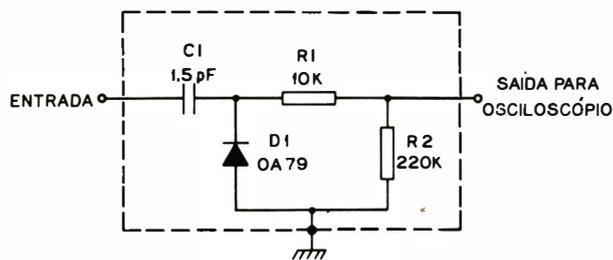


Fig. 7-4. Detector de alta impedância e baixa capacidade.

uma imagem rica em detalhes. O receptor não deve provocar distorções de fase, interferências de um canal no outro ou chuvisco. Deve haver casamento perfeito entre som e imagem, nível adequado de som, mesmo no caso de recepção de sinais fracos, e o funcionamento deve ser satisfatório, mesmo em lugares com grandes diferenças de intensidades de sinal.

7-2-1. Calibração do Oscilador Local

Coloque o contrôle de sintonia fina no centro do seu percurso mecânico e ligue o seletor de canais no canal 13. Ligue o gerador de RF através do adaptador de impedâncias aos terminais de antena do seletor. Ligue o detector de baixa impedância à saída do misturador e sua saída ao amplificador vertical do osciloscópio. Ajuste a frequência do gerador de RF para 257 MHz (modulado em 30% com 400 Hz) e a intensidade do sinal, para ter indicação no osciloscópio quando seu amplificador vertical está com máximo ganho. Ajuste a bobina osciladora do canal 13 para batimento "O" no osciloscópio. Repita a mesma operação para os canais 12, 11, etc., sucessivamente até o canal 2. As frequências do gerador de RF estão indicadas para os respectivos canais na tabela 7-1.

Esta calibração pode ser feita de maneira diferente. Um sinal de RF na frequência de portadora do respectivo canal é aplicado aos terminais de antena, e um detector sintonizado em 45,75 MHz é ligado entre a saída do misturador e um voltímetro. Enquanto a frequência do oscilador local estiver fora da frequência correta, a diferença entre esta e o sinal do gerador resulta em frequências fora da sintonia do detector. À medida que a diferença aproxima-se de 45,75 MHz, aparece uma indicação no voltímetro. Continuando o ajuste, esta indicação aumenta até um máximo, quando a diferença entre a frequência do oscilador local e o sinal do gerador, correspondente à portadora do canal, torna-se exatamente 45,75 MHz.

<u>CANAL</u>	FREQUÊNCIA DO GERADOR DE RF (MHz)
13	257,00
12	251,00
11	245,00
10	239,00
9	233,00
8	227,00
7	221,00
6	129,00
5	123,00
4	113,00
3	107,00
2	101,00

Tabela 7-1.

Retoque do Oscilador Local

Quando apenas um retoque do oscilador local é requerido, coloca-se inicialmente o contrôle de sintonia fina no centro do seu percurso mecânico.

Injeta-se um sinal de varredura nos terminais de antena e liga-se o osciloscópio ao detector de vídeo, dispondo na sua tela a resposta geral da antena até o detector. Nesta resposta aparecem claramente os marca-

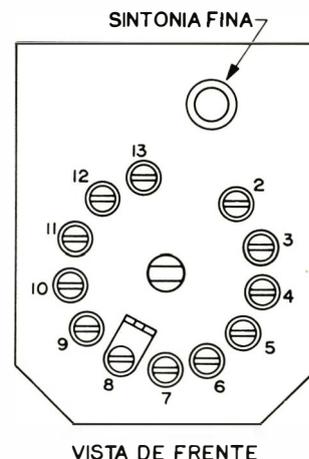


Fig. 7-5. Localização dos ajustes do oscilador local.

dores de portadora de vídeo e som e as atenuações devido às armadilhas. O ajuste consiste em retocar os parafusos do oscilador local, acessíveis pela frente do seletor (fig. 7-5), de tal forma que o marcador correspondente à portadora de som na faixa de FI (41,25 MHz) coincida com o ponto mínimo do vale provocado pela armadilha de som.

Um método alternativo consiste em substituir o gerador de varredura por um gerador de RF (modulado em AM por um sinal de áudio) e ajustado na portadora de som de cada um dos canais. Neste caso o ajuste será obtido girando-se os parafusos do oscilador local até se obter amplitude mínima no osciloscópio.

Em ambos os casos deve-se iniciar ajustando o canal 13, passando sucessivamente pelos canais 12, 11, etc., até o canal 2.

7-2-2. Calibração da Curva de Resposta do Amplificador de RF

Após o ajuste da frequência do oscilador local, deve ser calibrada a curva de resposta do amplificador de RF. Tanto o gerador de varredura como o gerador de marcas devem ser usados durante esta operação. O osciloscópio deve ser ligado à entrada do misturador, ou no ponto de teste destinado para êste fim, através do detector de baixa capacidade. A fonte de polarização deverá ser ligada da mesma maneira que no caso do ajuste do oscilador local. A interligação dos equipamentos é mostrada na fig. 7-6.

O seletor de canais deve estar isolado da seção de FI de vídeo para evitar realimentações indesejáveis e deformações da curva causadas pelo pólo de saída de FI. Isto é obtido desligando-se a saída do seletor da entra-

da de FI e terminando-a com um resistor de 75 ohms ou conforme indicado pelo fabricante. A fim de se obter uma curva isenta de ruído na tela do osciloscópio, a intensidade de sinal do gerador de varredura deve estar em torno de 5 mV, enquanto que a fonte de polarização é ajustada para que se evite sobrecarga no estágio de RF. Esta condição pode ser obtida se a polarização do estágio de RF é tal que, com 5 mV de sinal de entrada, no osciloscópio obtenhamos uma curva que ainda não esteja deformada (o osciloscópio deve estar ajustado para máxima sensibilidade).

Como primeiro passo, ajusta-se o filtro de entrada para obter máxima atenuação nas frequências da faixa de FI, assegurando a recepção dos sinais do canal 2 (54 - 60 MHz) sem atenuação. Em seguida, atenua-se o sinal do oscilador local, a fim de não alterar a forma da curva de resposta de RF. Começando pelo canal 13, ajusta-se as bobinas da entrada de RF (bobinas de antena), saída de RF e entrada do misturador, até que se obtenha a curva típica indicada na fig. 7-7. Continuando pelo canal 12, 11, etc., ajusta-se as respectivas bobinas até o canal 2.

É importante conseguir curvas como ilustrado na fig. 7-7, a fim de se conseguir boa rejeição de canais adjacentes, eliminar modulação cruzada (entre sinais desejados e não desejados) e obter níveis adequados de som em condições de sinais fracos.

Uma vez calibrado o estágio de RF, observe que os ganhos nos diversos canais são uniformes entre si. Pode existir uma leve tendência para diminuição nos canais mais altos. Neste caso, uma diferença de 6 dB em ganho entre canais altos e baixos é perfeitamente aceitável.

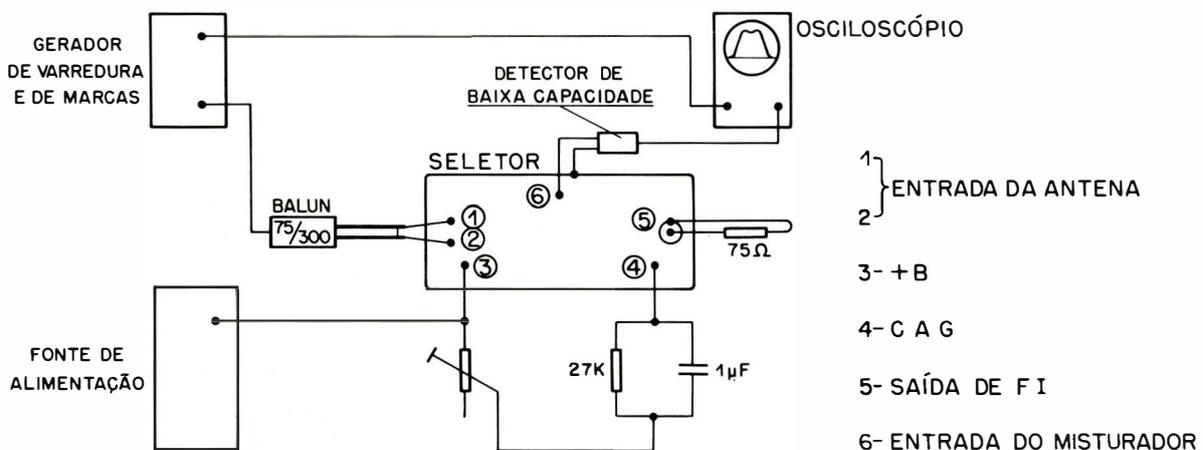


Fig. 7-6. Calibração do estágio de RF do seletor de canais.

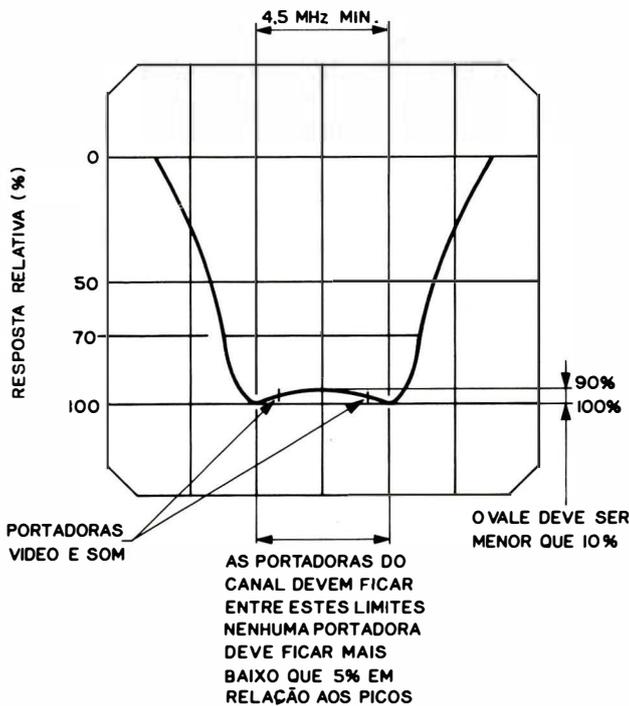


Fig. 7-7. Curva de RF do seletor de canais.

7-3. CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE FI DE VÍDEO

Depois de verificado se o seletor está corretamente calibrado, procede-se ao alinhamento do canal de FI. Esta operação é dividida em duas fases distintas, ou seja:

- calibração dos pólos, usando-se um gerador de RF modulado em AM
- retoque final da curva usando-se um gerador de varredura, a fim de se obter a curva desejada.

A curva de resposta total, desde a antena até o detector de vídeo, deve ser essencialmente idêntica para todos os canais e independente dos mesmos. Quaisquer diferenças radicais entre as respostas dos diferentes canais indicam que a calibração do seletor é deficiente e deve ser novamente verificada.

7-3-1. Calibração por Pólos

Para esta operação é usado um gerador de RF. Como já foi descrito na seção 4-3, a fim de se evitar distorções de fase e consequentes alterações nos matizes das côres, cada um dos circuitos sintonizados devem ser ajustados para sua frequência pré-determinada.

Antes de ligar o TV, interrompa o funcionamento dos estágios horizontal e vertical, conforme indicado

pelo fabricante. O gerador de RF modulado 30% por um sinal de áudio deve ser ligado à entrada do misturador através de um adaptador adequado.

O indicador de sinal é um osciloscópio ligado ao detector de vídeo através de um resistor de 10 kOhms. O ganho do amplificador vertical do osciloscópio deve ser ajustado de tal forma que um sinal de aproximadamente 1 volt p.a.p. preencha a sua tela. A intensidade do sinal do gerador de RF e a tensão de CAG devem ser ajustadas para uma indicação na tela do osciloscópio, segundo instruções do fabricante. Caso tais instruções não sejam disponíveis, ajuste o CAG para uma redução de 100 vezes em relação ao máximo ganho (CAG mínimo) e a partir deste ponto reajuste a entrada de RF até preencher a tela do osciloscópio.

Ajuste sucessivamente os pólos e as armadilhas para saídas máximas e mínimas respectivamente, com o gerador nas frequências adequadas. Para cada aparelho poderão ser indicadas frequências de calibração diferentes ou sequências preferenciais de ajustes. As operações devem ser repetidas tantas vezes quantas forem necessárias, para evitar as interações entre os circuitos sintonizados.

7-3-2. Verificação e Retoque da Curva de Resposta de FI com Gerador de Varredura.

Partindo-se dos estágios de FI, já pré-calibrados conforme a seção anterior, liga-se o gerador de varredura, através de um adaptador de impedâncias, aos terminais de antena do seletor. A intensidade do sinal de varredura deve ser aproximadamente 2 mVrms.

A fim de assegurar que a frequência do oscilador

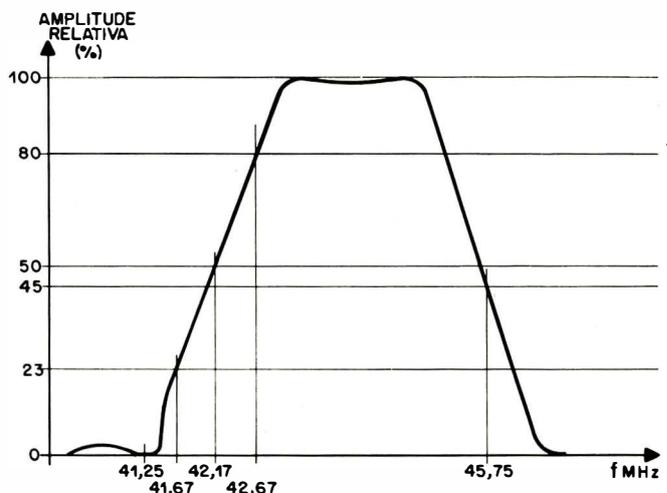


Fig. 7-8. Curva típica de FI de vídeo.

45,45
41,25
~ 4,30

local seja correta e correspondente à do canal indicado, injeta-se um sinal do gerador de marcas na frequência da portadora de som, em conjunto com o sinal do gerador de varredura. Observando-se a curva, ajusta-se o controle de sintonia fina localizando a marca no vale provocado pela armadilha de som. A curva de FI deve estar bem próxima à desejada. Para referência, vide o exemplo mostrado na fig. 7-8.

A curva assim disposta deverá ser retocada para se obter a calibração final. Cada fabricante indica os pólos e armadilhas convenientes para o seu receptor. Usualmente existem frequências típicas, cujas relações de amplitude na curva de resposta devem ser observadas.

As frequências das armadilhas em geral são:

- 39,75 MHz - correspondente à portadora de vídeo do canal adjacente
- 47,25 MHz - correspondente à portadora de som do canal adjacente
- 41,25 MHz - correspondente à portadora de som na faixa de FI.

Atenção especial deve ser dada à calibração da armadilha de 41,25 MHz, pois ela deve assegurar a atenuação máxima deste sinal na saída do detector de vídeo. Este ajuste é normalmente feito através de uma bobina e de um potenciômetro, conforme foi descrito na seção 4-3.

As demais frequências típicas são:

- 45,75 MHz - correspondente à portadora de vídeo na faixa de FI
- 42,17 MHz - correspondente à sub-portadora de côr na faixa de FI
- 41,67 MHz e 42,67 MHz - parte linear correspon-

dente ao flanco inferior da faixa de FI (faixa do sinal de côr).

Em geral, a portadora de vídeo e a sub-portadora de côr são calibradas a 50% e os extremos da faixa dupla do sinal de côr estão localizados numa região linear em torno da sua sub-portadora.

Verificação da Curva de Resposta para Máximo Ganho

A interligação dos instrumentos continua a mesma descrita anteriormente, exceto que a fonte de polarização do CAG deve ser desligada e a intensidade do sinal de varredura reduzida até que o pico da curva de resposta, disposta na tela do osciloscópio, fique igual a 1 V p.a.p. A fim de eliminar o ruído da curva, convém ligar um capacitor de 470 pF entre os terminais da entrada do amplificador vertical do osciloscópio. A curva obtida, usualmente tem o aspecto da ilustrada na fig. 7-9.

Verificação da Resposta Vista no Detector de Som

A interligação dos instrumentos é idêntica à usada na seção anterior, com a diferença de que o osciloscópio é ligado à entrada de FI de som, através de um acoplamento adequado. A intensidade do sinal de varredura e a polarização da barra de CAG devem evitar a sobrecarga dos estágios envolvidos.

A resposta, nessas condições, deve ficar dentro dos níveis indicados na fig. 7-10. Essa verificação permite observar se há transferência de sinal do detector para o FI de som.

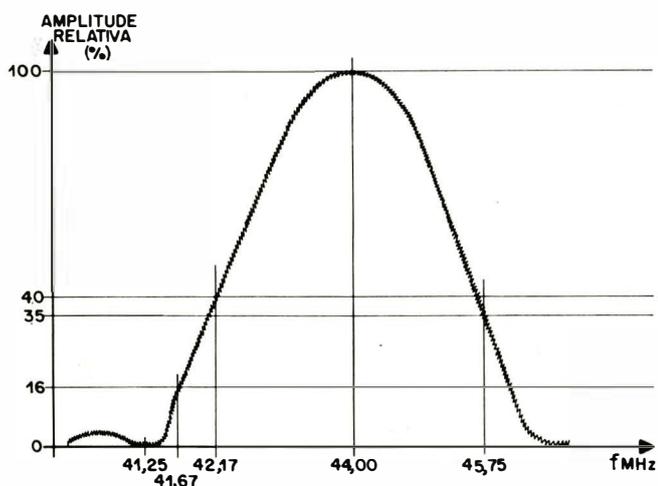


Fig. 7-9. Curva típica de FI de vídeo para máximo ganho.

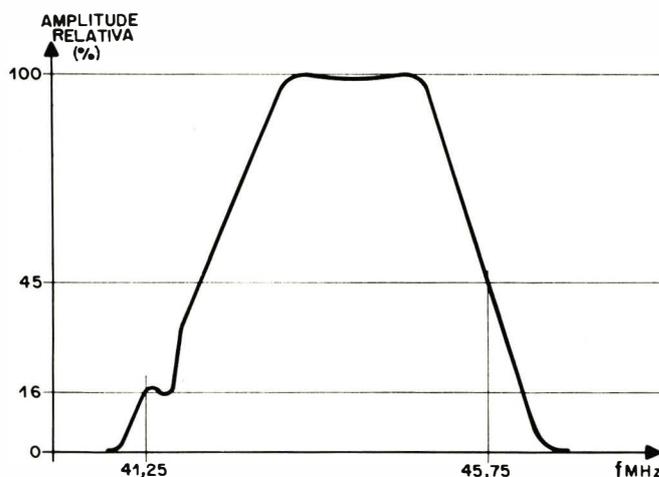
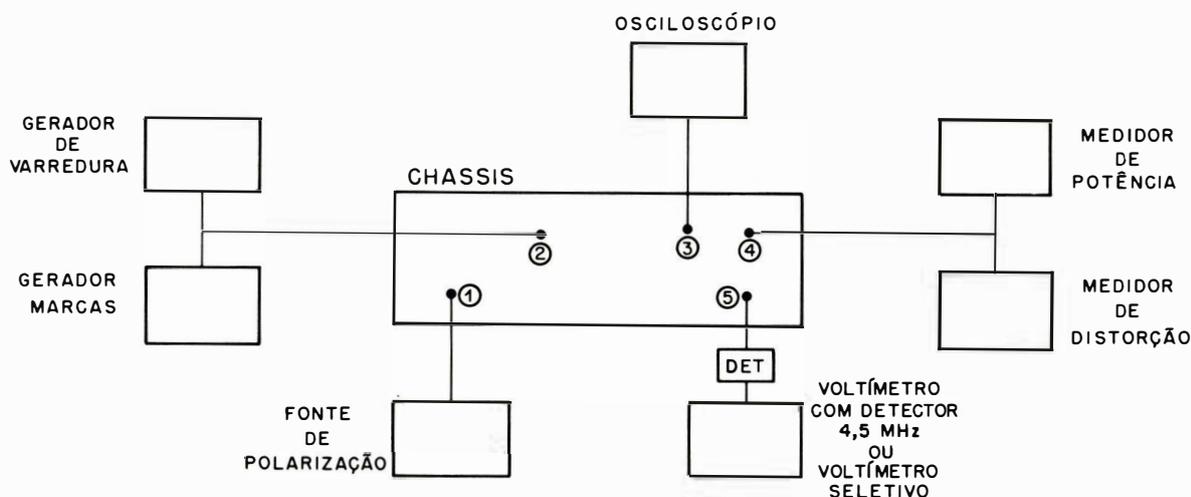


Fig. 7-10. Curva de resposta no detector de som.



- 1- C.A.G. FI. DE VÍDEO
- 2- ENTRADA DE FI. DE SOM
- 3- SAÍDA CIRCUITO DE-ÊNFASE
- 4- SAÍDA DE SOM (ALTO-FALANTE)
- 5- SAÍDA DO AMPL. DE CROMINÂNCIA OU PONTO ALTO DE CONTRÔLE DE SATURAÇÃO.

Fig. 7-11. Disposição dos instrumentos para calibração dos estágios de som.

Verificação da Sensibilidade do Aparelho

O aparelho deve estar ligado na condição de máximo ganho, indicada anteriormente. Liga-se o gerador de RF, através do adaptador de impedâncias, aos terminais do seletor. Coloca-se um capacitor de 470 pF nos terminais de entrada do osciloscópio, a fim de reduzir o conteúdo de ruído que aparece sobreposto ao sinal senoidal. Com a frequência portadora de cada canal (modulada em AM, 50%, 400 Hz) ajusta-se o seletor e a sintonia fina para conseguir máxima saída no detector.

Ajusta-se a intensidade do sinal do gerador de RF até que se obtenha um sinal detectado no osciloscópio com 1 volt p.a.p.. A leitura do gerador (V_{rms}) indica a sensibilidade do aparelho. Portanto, deve ser levada em conta a atenuação conhecida do adaptador. Normalmente, as sensibilidades variam de 5 a 30 μ volts.

Uma leve tendência de redução de sensibilidade em direção dos canais altos é perfeitamente normal e aceitável.

7-4. CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE SOM

A interligação dos instrumentos e chassi é ilustrada na fig. 7-11. Interrompa inicialmente o funcionamento

dos estágios horizontal e vertical, conforme indicado pelo fabricante. Aplique uma tensão de polarização de CAG que corte os estágios de FI e seletor, a fim de que os sinais ou ruídos não interfiram com os sinais necessários à calibração. Ligue o gerador de varredura na faixa de vídeo à entrada do circuito de som, através de um adaptador que assegure que a sintonia do primeiro estágio não seja afetada. A intensidade desse gerador deverá ser ajustada para que não ocorra limitação (quando a saída não aumenta com o aumento no gerador). A frequência exata de 4,5 MHz deve ser indicada por um gerador de marcas. O osciloscópio deve ser ligado à saída do circuito de de-ênfase. Os circuitos sintonizados devem ser calibrados para máxima saída na região de 4,5 MHz. No próximo passo deve-se aumentar o desvio em torno da frequência central para ± 300 kHz. Aparecerá na tela do osciloscópio a curva de conversão frequência - tensão (curva "S") do detector de FM, a qual deverá ser linear em ± 50 kHz em torno de 4,5 MHz. A simetria da curva "S" em torno da marca de 4,5 MHz deve ser ajustada com toda a precisão, para evitar o ronco causado por insuficiente rejeição de AM.

Além dos ajustes descritos, poderão ser verificadas

a sensibilidade do canal de som, a limitação de FM, a rejeição de AM, a potência de saída e a distorção do sinal senoidal.

Calibração da Armadilha de 4,5 MHz

Como já explicado na seção 4-3, há necessidade de uma atenuação bem maior das frequências de 4,5 MHz no canal de crominância, a fim de eliminar o possível batimento entre a sub-portadora de côr (3,58 MHz) e a portadora de som (4,5 MHz). Esta atenuação é obtida por meio da armadilha de 4,5 MHz. Sua calibração é feita da seguinte forma:

- 1) faça o aparelho funcionar normalmente, sintonizando um canal com sinal sem ruído
- 2) gire a sintonia fina no sentido de refôrço da portadora de som
- 3) com o osciloscópio ligado na saída do circuito amplificador de luminância, calibre a armadilha para mínima saída do sinal de 4,5 MHz sobreposto ao sinal de vídeo. Durante o processo, aumente gradativamente o ganho vertical do osciloscópio, a fim de conseguir com precisão a indicação do mínimo.

Êsse ajuste pode ser executado com maior precisão se o técnico possuir um voltímetro seletivo (4,5 MHz) ou construir uma pequena unidade detetora de 4,5 MHz, usando neste caso um voltímetro comum como indicador.

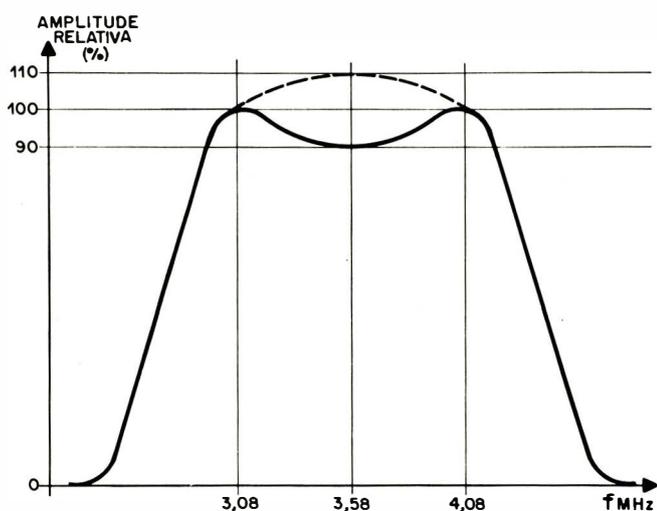


Fig. 7-12. Resposta típica de um amplificador passa-faixa.

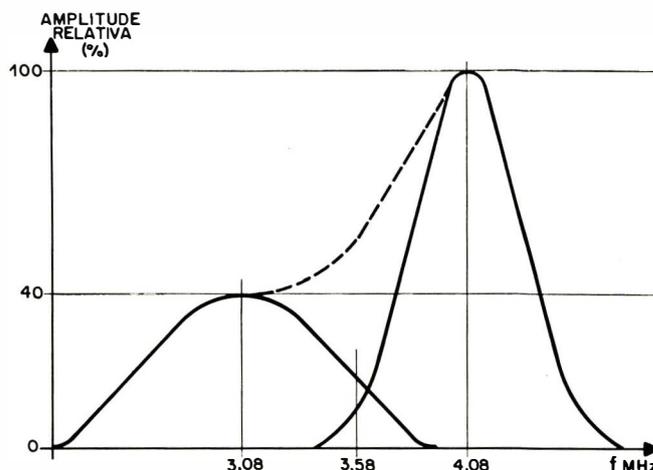


Fig. 7-13. Resposta de dois pólos de um amplificador escalonado.

7-5. CALIBRAÇÃO DOS ESTÁGIOS DE CROMINÂNCIA

Para uma calibração criteriosa e precisa destes estágios, é aconselhável obedecer a uma seqüência bem determinada, a qual será indicada a seguir. Nos amplificadores de crominância o leitor notará bastante semelhança com a calibração de FI de vídeo, pois será necessário moldar uma curva de resposta, mantendo níveis bem definidos em frequências específicas. Isto será feito através do ajuste dos circuitos sintonizados. Nos estágios de sincronismo de côr, alguns conceitos adquiridos dos estágios de sincronismo de deflexão, especialmente no horizontal, serão utilizados. Os demais ajustes serão específicos para os estágios de côr e discutidos com detalhes nesta seção.

Os seguintes instrumentos e dispositivos são necessários para a calibração dos estágios de crominância:

- a) gerador de varredura na faixa de vídeo
- b) voltímetro eletrônico
- c) osciloscópio
- d) gerador de marcas
- e) detetor de alta impedância e baixa capacidade
- f) fontes de polarização
- g) gerador de barras coloridas.

7-5-1. Calibração do Amplificador Passa-Faixa

Quando o circuito contém um amplificador passa-faixa, normalmente identificado por dupla sintonia, é necessário que o seu ajuste seja feito individualmente.

A fim de eliminar os efeitos de ruído, aplique uma polarização externa de CAG, de tal forma que os estágios de FI de vídeo se tornem inoperantes. Os estágios

de saída horizontal e vertical também devem ter seu funcionamento interrompido, a fim de permitir uma leitura mais precisa no osciloscópio. Ligue o osciloscópio na entrada do estágio seguinte, através do detector de alta impedância e baixa capacidade, polarizando o amplificador para simular as condições normais de funcionamento, conforme instruções do fabricante. Se o potenciômetro de saturação estiver intercalado entre estes circuitos, certifique-se de que há máxima transferência de sinal de um estágio para o outro. Aplique na entrada deste estágio um sinal de varredura em torno da frequência da sub-portadora de cor ($3,58 \text{ MHz} \pm 2 \text{ MHz}$) em conjunto com o gerador de marcas. A intensidade dos sinais de varredura e de marcas deve ser suficiente para não sobrecarregar este estágio, permitindo ainda uma leitura precisa. Ajustando-se os circuitos sintonizados associados a este estágio, deve-se conseguir uma resposta típica como a indicada na fig. 7-12, ou conforme indicação do fabricante.

Observando-se esta figura, deve-se lembrar que ela é parte importante na determinação da resposta total do estágio. As frequências típicas que deverão ser mantidas no tópo plano são 3,08 MHz até 4,08 MHz. Estes limites variam dependendo do fabricante, e em cada caso deverão ser seguidas as suas instruções. No exemplo da fig. 7-12, as marcas de 3,08 e 4,08 MHz devem ficar entre 97% a 100% em relação ao pico mais alto da curva (referência 100%) e o vale não deve ser maior do que 10%.

7-5-2. Calibração dos demais Amplificadores de Croma

Mantendo-se o mesmo arranjo de instrumentos usado na calibração anterior e se estes estágios tiverem sintonia única, os respectivos circuitos sintonizados deverão ser ajustados para as frequências indicadas. No exemplo mostrado na fig. 7-13 aparecem as curvas de dois estágios deste tipo, obtidas num TV Philco.

7-5-3. Verificação e Retoque da Curva Total

Mantendo-se os circuitos de deflexão inoperantes e polarizando externamente os estágios para simular as condições de funcionamento normal, ligue à entrada do estágio amplificador de croma os geradores de varredura e de marcas. Ligue o osciloscópio à saída deste estágio (entrada da linha de retardo), através do detector de alta impedância e baixa capacitância.

A curva assim obtida deverá apresentar uma inclinação em torno da frequência de 3,58 MHz e uma lar-

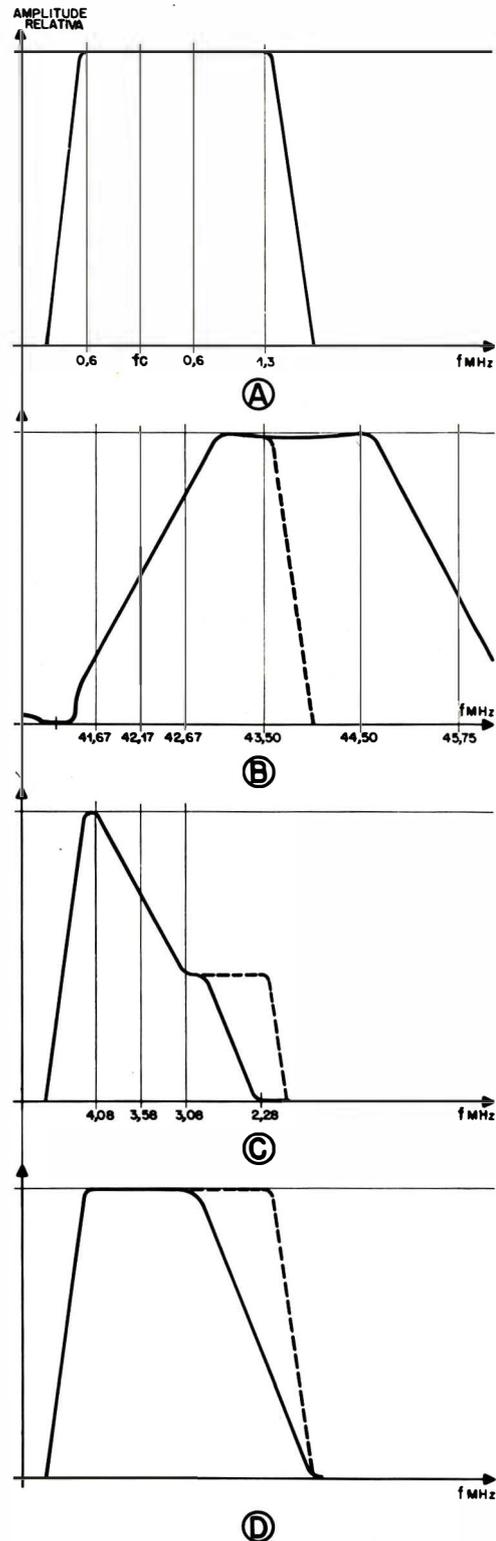


Fig. 7-14. Faixa de sinal de cor transmitido (A) resposta de FI de vídeo (B) curva típica de estágios de crominância (C) resultado final da antena ao demodulador (D).

gura de faixa, entre picos, de aproximadamente 1 a 1,5 MHz. A inclinação em torno de 3,58 MHz compensa a atenuação do sinal composto de côr no flanco inferior da curva de FI de vídeo, resultando numa resposta plana. A fig. 7-14 mostra as diversas fases de processamento do sinal e indica uma curva típica de resposta de croma com as características mencionadas anteriormente. Em A aparece a resposta de frequência do sinal de côr transmitido. Em B uma resposta típica de FI de vídeo, onde se observa que a informação de côr será amplificada de maneira desuniforme ao longo

de sua faixa. Em C é mostrada uma curva típica de resposta dos amplificadores de crominância e em D aparece o resultado total, combinando a resposta de FI de vídeo com a do amplificador de crominância. Na curva C pode-se notar que, dependendo da faixa desejada para reprodução do sinal de croma, haverá um patamar entre as frequências de 3,08 e 2,58 MHz (indicado em linha tracejada), pois nesta região a FI de vídeo tem uma resposta plana. Neste caso, a resposta total é apresentada pela linha tracejada em D.

No caso da curva obtida estar fora dos limites indicados, retoque os pólos correspondentes (em geral o de "Q" mais elevado) para conseguir a compensação referida anteriormente.

Quando se dispõe de instrumental que permite gerar um sinal de varredura modulando uma portadora de vídeo, pode-se alimentar o amplificador de crominância através do seletor de canais e amplificador de FI de vídeo, retocando os pólos de sintonia de crominância para obter a resposta plana da fig. 7-14D.

7-5-4. Calibração do Oscilador e dos Estágios de Sincronismo de Côr

O processo de calibração do oscilador de referência é semelhante ao usado na calibração do oscilador horizontal.

Ligue o aparelho para funcionamento normal com o gerador de barras coloridas ligado aos terminais de antena. O sinal utilizado deve ser o padrão de barras coloridas com intensidade de aproximadamente 5mV. Deve-se certificar que o inibidor não corte os estágios amplificadores de crominância e que a informação de côr esteja excitando o cinescópio.

Elimina-se a tensão de correção que comanda o estágio de reatância, curto-circuitando para a terra o ponto central do comparador de fase. Ajusta-se o circuito sintonizado ligado ao estágio de reatância para coincidir a frequência do oscilador com a frequência da sub-portadora no transmissor. Isto pode ser observado quando as barras azul e amarela que aparecem na tela estão coloridas uniformemente, apesar do deslocamento das côres de uma para outra barra no sentido horizontal (fig. 7-15).

Tendo-se definido a frequência correta do oscilador, remova o curto e ajuste para máximo a sua amplitude de oscilação. Para tanto, ligue um voltímetro eletrônico a um dos lados do comparador de fase, onde se desenvolve uma tensão retificada do oscilador, e curto-circuite a entrada do amplificador de sincronismo de côr a fim de evitar a transferência de qualquer sinal



Fig. 7-15. Efeito causado na tela pelo oscilador 3,58 MHz não sincronizado (A) e sincronizado (B) (observe a primeira e a última barra colorida — amarela e azul).



Fig. 7-16. Oscilador 7,9 KHz sintonizado incorretamente.

para o circuito do comparador de fase. Nestas condições, ajustam-se os circuitos-tanque do oscilador 3,58 MHz, para a máxima leitura no voltímetro.

Os estágios já estão em condições de funcionamento perfeito quanto ao sincronismo de côr. Como passo final nesta série de ajustes, deve-se calibrar o circuito sintonizado do amplificador de sincronismo de côr para máxima leitura no voltímetro, desligando o curto-circuito da entrada do estágio conforme era necessário no passo anterior.

7-5-5. Sincronismo e Chave PAL

Como foi explicado anteriormente, o componente R-Y, tanto da informação colorida como do sincronismo de côr, é invertido linha a linha. Após a recuperação deste componente, deve-se reinverter o componente invertido na estação, a fim de assegurar sua polaridade correta. O sinal de identificação das linhas com R-Y invertido é obtido no comparador de fase e sincroniza um oscilador de 7,9 kHz. O oscilador de 7,9 kHz deve ser ajustado para a frequência correta, com sinal de barras coloridas na antena. Curto-circuita-se para a terra a saída do comparador de fase que leva os pulsos de identificação a este oscilador e ajusta-se sua frequência para que as barras vermelha e verde tenham coloração uniforme. Observe que à medida que se chega perto da frequência correta, estas barras apresentam áreas alternadas de vermelho e verde cada vez maiores (fig. 7-16).

Ao remover o curto-circuito, pode acontecer que a sequência das barras contendo R-Y não esteja correta



Fig. 7-17. Oscilador 7,9 KHz com a frequência correta reproduzindo as barras turquesa-magenta e verde-vermelho em sequência inversa (observe que estas côres foram alteradas devido aos níveis de luminância).

(fig. 7-17). Neste caso, um leve retoque do tanque deste oscilador restabelece a sequência correta (fig. 7-18).

Reduzindo-se a intensidade do sinal na antena até que apareça chuvisco, verifique se o oscilador de referência (3,58 MHz) permanece sincronizado. Pode ser necessário um retoque na bobina de reatância. Em seguida, interrompa sucessivamente o sinal na antena para assegurar-se de que a sequência de barras coloridas permanece correta. Pode ser necessário mais um retoque no oscilador de 7,9 kHz.

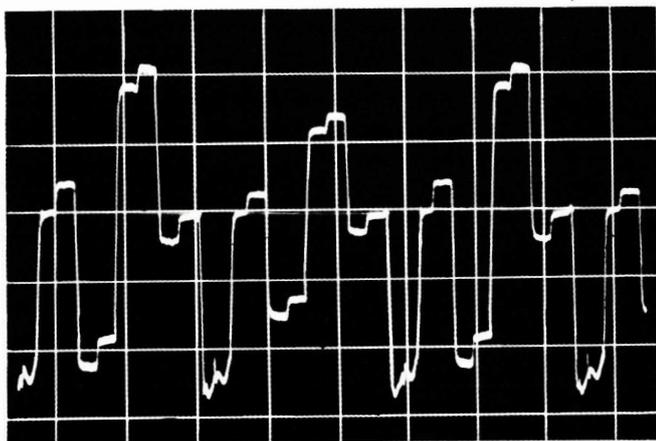
7-5-6. Ajuste e Verificação do Decodificador PAL

A decomposição do sinal de crominância segundo seus componentes U e V é feita através da matriz $U-V$, isto é efetuado somando-se e subtraindo-se um sinal direto de um sinal atrasado pela linha de retardo. Afim de se obter os dois componentes corretamente, é necessário ajustar os sinais assim processados para que estejam com a mesma amplitude e na mesma fase.

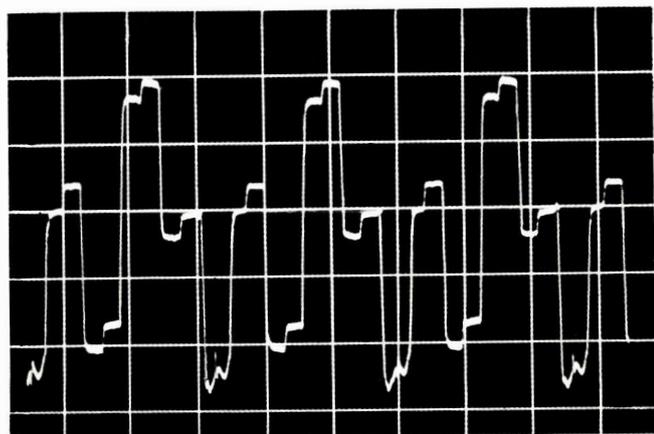
O princípio destes ajustes baseia-se no fato de que observando um certo canal, por exemplo V , a saída deverá ser nula quando o componente R-Y não está presente. O gerador de barras, como foi indicado anteriormente, deve possibilitar a supressão de um dos componentes (no nosso exemplo R-Y) ou deve gerar um sinal tipo NTSC onde não há a inversão linha a linha do componente R-Y.



Fig. 7-18. Sequência correta das barras.



(A)



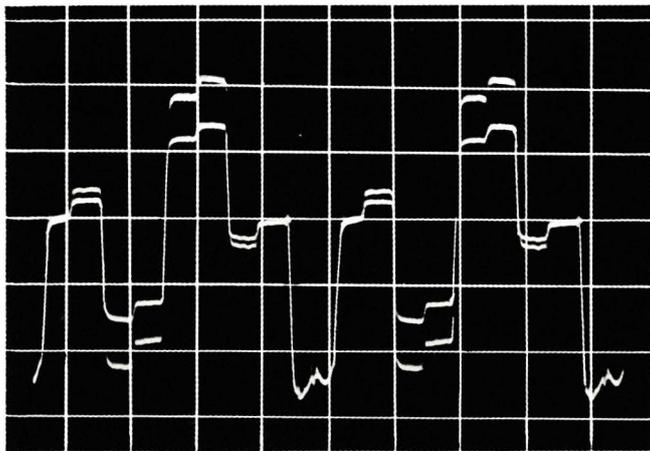
(B)

Fig. 7-19. Sinal da saída R-Y em três linhas consecutivas com amplitudes desiguais (A) e com amplitudes equalizadas (B).

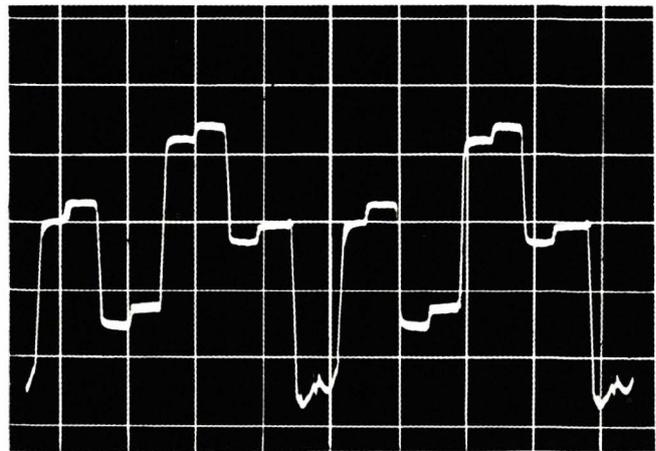
Um sinal de RF contendo barras coloridas deve ser ligado à antena do receptor com intensidade suficiente para uma recepção sem chuva. Faça o aparelho funcionar normalmente, de maneira a dispor no cinescópio as barras coloridas. O amplificador de crominância deve ser polarizado externamente.

Ajustar a sintonia fina e verificar se o controle de saturação não causa sobrecarga nos estágios de cor. O osciloscópio deve ser ligado à saída do demodulador R-Y, e sua varredura horizontal ajustada para dispor uma ou três linhas na sua tela. Desliga-se agora o componente R-Y do gerador de barras e ajusta-se alternadamente as fases e amplitudes dos sinais direto e atrasado através da bobina e do potenciômetro localizados no circuito da linha de retardo, até obter-se leitura mínima no osciloscópio. Para possibilitar a observação do mínimo na saída V , é recomendável dessintonizar levemente o transformador BURST (quando este ajuste é feito com sinal tipo NTSC, não é necessário este desajuste). Retorne o componente R-Y no gerador e, se a disposição na tela do osciloscópio indica o sinal de três linhas consecutivas, ajuste o potenciômetro localizado no circuito inversor $V-V'$, para que os sinais contidos nas três linhas fiquem exatamente com a mesma amplitude (fig. 7-19). Este ajuste pode ser facilitado sobrepondo sinais contidos em linhas consecutivas e ajustando o potenciômetro para fazer coincidir as amplitudes dos mesmos (fig. 7-20).

O próximo passo é verificar se os sinais do oscilador de referência aplicados aos dois demoduladores estão em perfeita quadratura (90°), a fim de permitir a demodulação correta, e no caso de um erro de fase, a recuperação dos sinais originais, porém ligeiramente atenuados. Com esta atenuação, a distorção de fase torna as cores menos saturadas, porém não altera os seus matizes. O ajuste da quadratura vai produzir em ambas as saídas R-Y e B-Y amplitudes máximas dos sinais correspondentes às barras coloridas. Entretanto, isto é difícil de visualizar, a menos que se disponha de um osciloscópio de duplo feixe. Para contornar este problema, liga-se o osciloscópio à saída G-Y, polarizando externamente o CAC para funcionamento normal. Com uma dessintonização no transformador BURST, verifique se a figura disposta no osciloscópio muda apenas sua amplitude, mantendo a mesma forma de onda. Caso contrário, retoque alternadamente a quadratura e o BURST para obter a situação indicada. Em seguida, volte a ajustar o transformador BURST para obter saída máxima. Alguns geradores produzem padrões especiais que permitem este ajuste, observan-



(A)



(B)

Fig. 7-20. Sinal R-Y em linhas consecutivas superpostas antes (A) e depois (B) do ajuste de amplitude.

do-se diretamente a imagem na tela do cinescópio.

7-5-7. Compensação das Atenuações de B-Y e R-Y (U e V)

Conforme foi explicado anteriormente, os sinais B-Y e R-Y são atenuados na estação, para evitar os problemas de sôbre-modulação. Além disso, como os sinais R-Y e B-Y são processados no receptor em canais independentes, os ganhos dos estágios envolvidos poderão alterar suas amplitudes relativas, alterando o matiz reproduzido na tela. Desta maneira, torna-se indispensável restabelecer a relação de amplitude correta entre os dois sinais.

Mantenha o sinal com barras coloridas na entrada do receptor e ligue o osciloscópio à grade de controle do canhão azul do cinescópio (sinal B-Y). Ajuste o amplificador vertical do osciloscópio, de tal forma que um sinal de aproximadamente 50 volts p.a.p. esteja disposto para uma excursão máxima (100%).

Passando o osciloscópio para a grade de controle do canhão vermelho (sinal R-Y), sem alterar sua amplificação vertical nem variar o controle de saturação do receptor, ajuste a amplitude do sinal observado a 80% do anterior, através do potenciômetro localizado no circuito excitador do demodulador ou no próprio demodulador. É claro que se este potenciômetro se encontrar no canal B-Y, o processo deve ser invertido, mantendo sempre a seguinte relação entre as amplitudes dos sinais:

$$\frac{B-Y}{R-Y} = \frac{100}{80}$$

Esta relação é derivada das amplitudes relativas dos sinais R-Y e B-Y que produzem sinais R, G e B de amplitudes idênticas.

Removendo a polarização do amplificador de crominância e o osciloscópio, proceda à verificação da imagem no que se refere a barras de HANNOVER (fig. 7-21) e barras coloridas em geral, repetindo se necessário os passos indicados para ajuste da matriz $U-V$ e inversor $V-V'$.

Finalmente, ajuste o inibidor de côr, reduzindo o sinal na antena para aproximadamente 50 μ volts e girando seu controle até o ponto em que o colorido das barras desaparece.

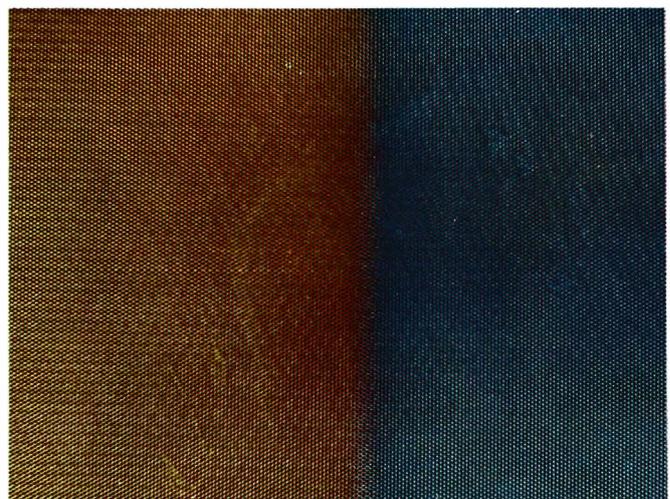


Fig. 7-21. Efeito veneziana ou barras de Hannover.

8. PROCEDIMENTOS DE SERVIÇO E INSTALAÇÃO DO RECEPTOR

O conserto de um receptor cromático é bastante semelhante ao de um receptor preto e branco. Os mesmos métodos organizados de maneira lógica são empregados para localizar as falhas do aparelho e os componentes defeituosos. Em geral, estes métodos consistem em determinar a seção ou grupo de seções defeituosas, através de:

- 1) uma inspeção superficial envolvendo os seguintes pontos:
 - a) observação da tela
 - b) escuta do som
 - c) verificação geral do estado do chassi
- 2) acompanhamento dos sinais nos estágios em que estão sendo processados
- 3) verificação do regime de funcionamento dos estágios por meio de medições das tensões e correntes importantes.

Dessa maneira, a falha é circunscrita a uma seção ou estágio que deverá então ser criteriosamente verificado com o auxílio da aparelhagem de teste. O conhecimento do funcionamento do sistema permite uma aproximação lógica e direta para circunscrição da falha e possibilita ao técnico o desenvolvimento da sua sistemática própria para o ataque a novos problemas.

A aparelhagem a ser usada envolve todos os instrumentos já adotados para preto e branco, acrescidos do equipamento especial para gerar ou detectar sinais nos estágios que não são comuns aos dois receptores. Também deverão ser usados dispositivos montados pelo próprio técnico, como auxílio na calibração e ajuste de alguns dos circuitos.

A instalação do receptor também merece um cuidado especial. Sendo o televisor cromático um sistema com circuitos mais sofisticados do que o televisor preto e branco, e apresentando esse sistema ajustes mais críticos e maior possibilidade de captação de interferências, maior será a necessidade de uma instalação rigorosa, bem como a instrução do usuário, para que ele tire o melhor proveito do investimento representado pelo novo televisor.

As seções deste capítulo cobrirão a detecção de uma falha, o levantamento do estágio defeituoso e os passos que deverão ser seguidos para o conserto e a inspeção final do aparelho. Nas seções seguintes serão apresentadas as informações necessárias para uma instalação bem sucedida, tanto no que se refere ao receptor como à antena e à linha de transmissão.

8-1. APARELHAGEM

A manutenção de receptores de televisão requer uma aparelhagem adequada, seja em consertos feitos em casa do cliente ou na oficina. Descrevemos a seguir o equipamento necessário para consertos a serem realizados na oficina. A menos que se disponha de uma unidade móvel aparelhada, que quase nunca é acessível ao técnico de manutenção, muitas vezes será necessário remover o aparelho da casa do cliente para a oficina. O bom senso e a prática determinarão quais os instrumentos que deverão ser levados para um conserto fora da oficina.

Um dos aparelhos mais valiosos para o técnico de manutenção é o voltímetro eletrônico. Apesar de, na maioria das vezes, um multímetro de 20 kOhms/volt ser suficiente para grande parte das medições, o voltímetro eletrônico, com sua elevada impedância de entrada, permite fazer medições que não seriam possíveis com aquele instrumento. Deve-se sempre lembrar que a impedância de entrada do voltímetro aparecerá em paralelo com o estágio que está sendo medido (fig. 8-1) e especialmente em circuitos associados às grades das válvulas, apresentando altas impedâncias e tensões relativamente baixas, as medidas serão mascaradas quando for usado um voltímetro com baixa impedância.

Quando do levantamento de circuitos através de medidas de resistência, deve-se levar em conta todos os outros componentes presentes que poderiam contribuir, como um resistor paralelo (fig. 8-2). Nestes casos, a menos que se disponha de um guia de todos os valores resistivos do circuito, é recomendável soltar um dos terminais do componente sob teste, para que ele seja

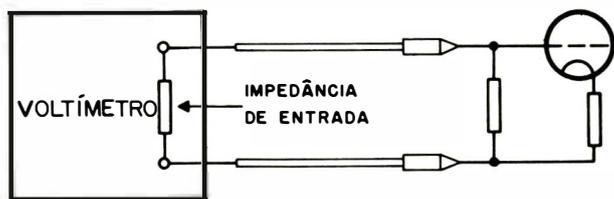


Fig. 8-1. Impedância de entrada do instrumento em paralelo com um circuito.

medido individualmente. No exemplo da fig. 8-2A, se medirmos a resistência entre os pontos X e Y, estaremos medindo o conjunto mostrado em 8-2B, o que na maioria das vezes resultará num valor bastante diferente de R2.

Antes de qualquer medição, deve-se fazer uma avaliação do tipo e da quantidade da grandeza a ser medida, para ajustar uma escala conveniente que impeça que o ponteiro toque os seus extremos e o circuito interno do aparelho de medição seja afetado, ao mesmo tempo permitindo a leitura, sempre que possível, no terço central da escala.

O osciloscópio permite ao técnico um acompanhamento visual do funcionamento dos diversos estágios, seja com o sinal gerado no próprio circuito, com o sinal da estação processado no receptor ou com o auxílio dos geradores de sinais (áudio, vídeo, RF, varredura e marcas). É sempre recomendável o estudo detalhado do manual de instruções do aparelho para se conhecer as suas possibilidades, particularmente no que se refere a faixa de frequências, amplitudes máximas de sinais, sensibilidade, sincronismo e atenuadores. É bom ter em mente que o osciloscópio indica sempre a forma de onda de tensão, e esta, por sua vez, só corresponderá à forma de onda de corrente quando medida sobre um circuito resistivo. Da mesma forma como foi indicado para os voltímetros, a impedância de entrada do osciloscópio poderá mascarar a medição desejada; nos circuitos de vídeo, por exemplo, será necessário em geral o uso de uma ponta de prova de baixa capacidade, para evitar que as formas de onda apareçam deformadas (fig. 8-3).

A calibração dos estágios de RF (seletor, FI de vídeo, som, crominância), quando feita por meio de geradores de varredura, exige uma varredura externa para que o osciloscópio mantenha na sua tela uma figura de resposta estável, que possa ser alargada ou estreitada, mostrando os detalhes mais convenientes para o ajuste que se quer fazer, sem problemas de perda de sincronismo. Este sinal é normalmente fornecido pelos gerado-

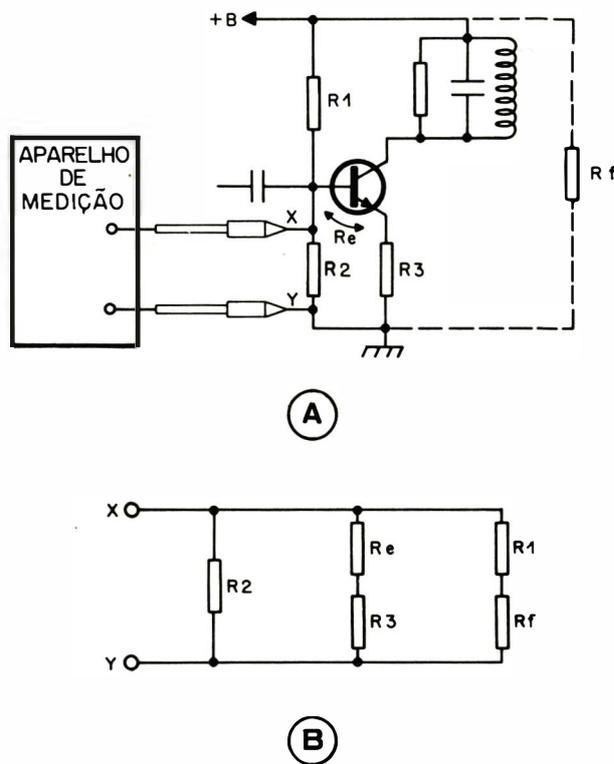


Fig. 8-2. Medição de resistências num circuito (A) resistores indesejáveis associados a R2 (B).

res de varredura e deve ser alimentado no terminal varredura horizontal externa do osciloscópio.

O gerador de barras coloridas é um excelente auxílio para análise de todos os estágios de processamento de vídeo e côr. Este aparelho produz sequências bem determinadas de barras coloridas e as formas de onda geradas têm níveis bem definidos que permitem, durante o acompanhamento do sinal nos diversos estágios, veri-

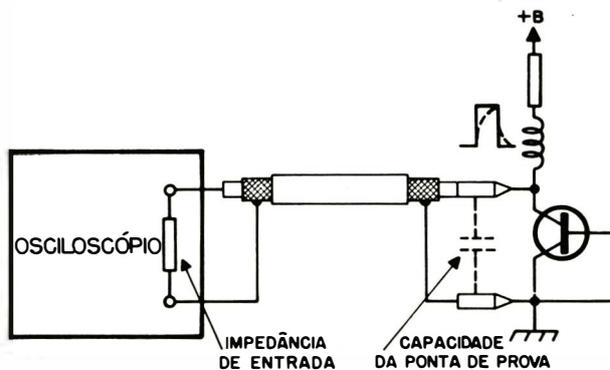


Fig. 8-3. Capacidade da ponta de prova em paralelo ao circuito sob teste.

ficar se as relações de amplitude e fase estão corretas.

Adicionalmente, tais geradores possuem dispositivos que permitem retirar parte da informação ou atenuar o sinal gerado e o sincronismo, para facilitar o diagnóstico de sintomas ou verificação do desempenho do aparelho sem a necessidade de desconectar peças ou fazer adaptações. Normalmente, êsses aparelhos geram padrões de linhas cruzadas e pontos que permitem todos os ajustes de geometria de imagem, de convergência, pureza e polarização do cinescópio.

Além da aparelhagem eletrônica, é indispensável ter sempre à mão cabos de interligação bem dimensionados, com os conectores apropriados, fios de ligação terminados por garras "jacaré" e o conjunto de alicates, chaves de fenda, de soquete e de calibrações.

Se trabalharmos num circuito transistorizado ou com painéis impressos, é necessário o uso de um ferro de soldar de baixa potência, com ponta bem afinada e soldas com baixo ponto de fusão, de boa qualidade. A operação de soldagem no circuito impresso deve ser cuidadosa, para evitar a carbonização do fenolite e a quebra ou descolagem das trilhas de cobre. Em peças com diversos terminais, como no caso de bobinas e soquetes que são montados no CI, é conveniente retirar tôda a solda de cada um dos terminais e só depois desta operação aplicar pressão para retirada do componente. Quando esta precaução não é tomada, corre-se o risco de danificar a placa e as trilhas de cobre.

8-2. CONSELHOS PARA DETECÇÃO DE FALHAS

Estabelecer uma rotina para detecção de falhas é uma tarefa muito difícil, pois o número de itens importantes a serem relacionados é bastante grande, e conseqüentemente o tempo requerido para a análise metodizada do circuito seria demasiadamente longo. Os leitores que de um modo qualquer já estiveram envolvidos com assistência técnica sabem que muitas vezes os problemas mais delicados se referem ao relacionamento humano com o cliente. Dessa maneira, além do conhecimento técnico, imprescindível para a análise do circuito e correta utilização do instrumental de medição, é necessário que o técnico desenvolva sua capacidade de atender o consumidor, instruindo-o e aconselhando-o, quando necessário.

Os recursos técnicos e humanos devem sempre ser atualizados através da leitura de livros, revistas especializadas e cursos frequentemente oferecidos pelas escolas técnicas.

O método de ataque que apresentaremos a seguir relaciona os conselhos básicos para circunscrever a seção defeituosa, corrigir o problema e finalmente averiguar se tudo está funcionando normalmente. A repetição de consertos do mesmo tipo e a familiarização com a análise de circuitos permitirão ao técnico desenvolver a sua própria sistemática de análise, de maneira a chegar a uma solução rápida e segura dos problemas.

Inspeção Visual da Tela e Escuta do Som

Depois de ouvir as queixas do cliente, que se constituirão no ponto de partida para a determinação do defeito, o primeiro passo a ser tomado é uma cuidadosa observação da imagem na tela e do som no alto-falante. A existência ou não da trama, o aparecimento de uma imagem pálida ou distorcida, com côres alteradas ou manchas indesejáveis, podem indicar quais os estágios que estão funcionando de maneira anormal. Lembrar sempre que grande parte dos problemas serão comuns aos encontrados nos aparelhos acromáticos, e nestes casos pode-se ignorar os estágios de côr, aplicando-se os mesmos artifícios usados no conserto dos televisores prêto e branco. Muitas vezes, o manejo dos contrôles associados aos circuitos sob suspeita ajudará a eliminar dúvidas secundárias e reforçar as suspeitas levantadas anteriormente.

Inspeção do Chassi

A idade do receptor e o estado de conservação de suas peças podem também abreviar o tempo de análise. Uma vez retirada a tampa traseira, é importante observar os seguintes pontos:

- a) se o fusível está queimado
- b) se as válvulas e o tubo têm seus filamentos acesos
- c) se existe algum faiscamento ou ruído estranho
- d) se os eletrolíticos apresentam vazamento
- e) se os transformadores vibram ou têm cheiro de queimado
- f) se existem resistores queimados
- g) se há alguma peça solta
- h) se há algum fio solto.

Nesta fase é conveniente fazer as primeiras medições nos estágios sob suspeita, a fim de determinar se há ou não tensão de alimentação, se o sinal está sendo transferido de um estágio para outro, ou se os componentes ativos estão polarizados de maneira adequada. Estas medições em pontos significativos permitem circunscrever o defeito a uma seção ou um estágio.

Levantamento Minucioso da Seção Suspeita

Uma vez circunscrito o problema a um ou mais estágios, será de grande valia verificar as informações do fabricante, tais como: diagrama esquemático, guia do circuito impresso, localização dos principais componentes e tipos de instrumentos sugeridos para as medições. É importante manter o aparelho em condições de rêde normal e, para cada análise, levar em conta a condição de sinal recomendada pelo fabricante (sinal forte, fraco, antena em curto, etc.). Deve-se então proceder à comparação das medições obtidas com as indicações do esquema, fazer uma análise através de medições de resistências e acompanhar a trajetória do sinal por meio do osciloscópio ou através da aplicação de geradores convenientes. Em geral, os defeitos mais complicados são os que se manifestam de maneira intermitente. Neste caso, é interessante deixar o aparelho funcionando durante um período suficiente para que apareça a anormalidade, ou provocar essa anormalidade através de condições extremas de tensão e temperatura.

Após êste levantamento minucioso, se ainda não foi possível localizar a falha, pode-se substituir o componente ativo (válvula ou transistor) ligado ao circuito, refazendo-se em seguida as medições nos seus circuitos associados. Eliminar, sempre que possível, as dúvidas secundárias que poderiam mascarar a análise que está sendo realizada.

Tendo localizado o componente defeituoso e uma vez procedida a sua substituição, pode tornar-se necessário uma recalibração dos estágios afetados. Procurar sempre determinar a causa que levou o componente a ser danificado.

Verificação Final Após o Consêrto

Além dos componentes ou estágios manipulados, deve-se proceder a uma verificação geral do funcionamento do aparelho. Mesmo os detalhes não reclamados pelo usuário deverão ser observados pelo técnico. Os pontos principais a serem observados são:

- a) geometria de imagem (altura, largura, linearidade, distorção tipo almofada e centralização)
- b) foco
- c) pureza
- d) convergência
- e) sensibilidade de vídeo, som e côr
- f) sincronismo de imagem e de côr
- g) brilho
- h) contrôles raspando ou com ruído
- i) cabo de fôrça e fiação geral em bom estado.

Sempre que fôr possível, é interessante comparar o funcionamento do aparelho consertado com um outro normal. Além disso, é boa prática deixar que o aparelho funcione durante algum tempo, para assegurar que o defeito foi sanado e que não há nenhum outro problema a ser corrigido.

Recomendações Finais

O aspecto do aparelho que vai ser restituído ao cliente reflete o tipo de tratamento a que foi submetido, bem como o tipo de serviço que foi realizado. Vale a pena proceder-se a uma limpeza interna através de ar comprimido ou espanador, e retocar, sem muito rebuscamento, as partes de aparência que estão desgastadas. Êstes detalhes dão ao cliente a impressão de que êle teve um tratamento especial, e mesmo no caso de acontecer uma nova falha, êle terá certeza de que ela não foi causada por incompetência do técnico.

Para o técnico, é muito importante manter um histórico dos consertos que foram realizados. Êstes documentos devem ser mantidos arquivados e podem servir como referência para um consêrto futuro ou como base para discussão quando o aparelho retorna para nôvo consêrto. Além disso, se um mesmo problema se repetir mais do que uma vez, pode ser recomendável uma consulta ao fabricante, para saber se há alguma alteração de circuito que resolva o problema. Êstes históricos devem ser claros e objetivos, sem a necessidade de excesso de detalhes, de maneira a permitir que qualquer pessoa da oficina possa tirar proveito das informações nêles contidas. Devem constar dêste formulário as seguintes indicações:

- a) nome do cliente
- b) enderêço
- c) data de compra ou idade aproximada do aparelho
- d) marca e modêlo do aparelho
- e) data do reparo
- f) defeito constatado
- g) descrição sucinta do consêrto
- h) peças trocadas e sua função no circuito.

As figs. 8-4 e 8-5 mostram dois exemplos típicos de análise passo a passo, os quais têm a intenção de servir como base quando o leitor estiver diante dêstes problemas específicos, e demonstrar a importância dos conselhos relacionados anteriormente. Essas figuras referem-se ao consêrto de aparelhos com problemas nos estágios de processamento de côr.

8-3. REQUISITOS PARA A INSTALAÇÃO DO RECEPTOR

Tendo em vista que o sistema de transmissão e

recepção a côres é mais complexo do que o sistema acromático, devem ser tomados cuidados adicionais quando da instalação de um receptor de televisão a côres para o consumidor.

A primeira impressão que o comprador tem do funcionamento do sistema poderá tanto reafirmar sua confiança no produto como causar completa insatisfação. Se o receptor não fôr instalado de modo adequado, a reputação do fabricante, do revendedor e do técnico, serão abaladas. Embora as melhorias alcançadas nas antenas internas e o considerável aumento de sensibilidade do receptor permitam uma recepção satisfatória em áreas de sinais médios, o cliente não deve confiar totalmente neste tipo de antenas. Existe um grande número de locais que exigem uma antena externa para uma melhor recepção a côres, particularmente se a distância do transmissor fôr grande, ou se existirem obstáculos. As antenas externas, instaladas em lugares favoráveis à recepção, isto é, em pontos com visada direta para o transmissor e livres de ruídos ou reflexões, normalmente possibilitam uma melhor operação. Isto justifica êste cuidado adicional, pois virá valorizar o alto investimento representado pela compra do aparelho.

O consumidor deve ser levado a compreender que o receptor de televisão cromático, quando mudado de posição, poderá sofrer uma alteração no seu desempenho, conforme será visto posteriormente, quando tratarmos da sua instalação. As condições impostas pelo sistema de televisão a côres exigem o uso de uma antena de alta qualidade, convenientemente instalada, a escolha adequada de uma linha de transmissão que permita o casamento de impedâncias correto entre a antena e o receptor, e a execução criteriosa da instalação do receptor no local exigido pelo consumidor.

A antena de recepção deve ser posicionada e orientada convenientemente, de modo a captar bem o sinal desejado e reduzir as reflexões e o ruído. A linha de transmissão não deve introduzir reflexões, rotações de fase ou perdas de sinal, e deve estar corretamente terminada no receptor, para que êste reproduza uma imagem colorida de alta qualidade.

8-4. INSTALAÇÃO DO RECEPTOR

O técnico deve verificar o funcionamento do receptor de televisão antes de levá-lo à residência do consumidor. Para essa verificação deve ser usado um bom sistema de antenas, pois êste teste preliminar assegura ao técnico que o conjunto está operando satisfatoriamente. É necessário verificar se o receptor apresenta

linearidade, largura e altura de imagem adequadas, estabilidade e excursão dos contrôles de frequência horizontal e vertical, bem como atuação correta de todos os demais contrôles destinados ao usuário.

São também de grande importância os ajustes de convergência, pureza de côr, equilíbrio de branco e um teste superficial do desempenho do aparelho frente a diferentes níveis de sinais. Se essas verificações forem feitas corretamente, o aparelho não necessitará de maiores ajustes após sua entrega ao consumidor. Por outro lado, devem ser tomadas as devidas precauções para evitar vibrações excessivas que possam ocorrer durante o transporte.

Na entrega do aparelho, o cliente deverá ser alertado para os seguintes fatores:

- a) fatores que prejudicam uma boa recepção:
 - 1) iluminação inadequada do ambiente
 - 2) luzes incidindo diretamente sobre a tela do receptor
 - 3) proximidade de fontes de ruído, como motores elétricos ou de combustão interna
 - 4) ajuste incorreto dos contrôles
- b) fatores que reduzem a vida do aparelho e podem causar consequências desastrosas:
 - 1) flutuações excessivas na rede de alimentação do aparelho (além de 10%)
 - 2) instalação do aparelho em lugares onde não há boa circulação de ar, por exemplo em estantes ou armários
 - 3) desajuste dos contrôles internos por pessoas não habilitadas.

Após estas advertências iniciais e uma vez posicionado o aparelho, o cliente deve ser instruído no sentido de evitar mudanças do aparelho de um aposento para outro, ou mesmo dentro do mesmo aposento, pois isto poderá causar ligeiras alterações na qualidade de imagem, devido ao campo magnético terrestre. Admitindo que os requisitos exigidos da antena tenham sido atendidos de maneira satisfatória, de preferência por meio de uma instalação externa que será discutida posteriormente, esta deverá ser conectada aos terminais disponíveis na parte traseira do aparelho.

A importância de instruir o consumidor quanto aos métodos adequados de ajuste do seu novo receptor de televisão a côres não pode ser relegada a um segundo plano. Para tanto, o folheto de instruções que acompanha o receptor é de grande valia.

A operação dos contrôles de côr do receptor pode ser ilustrada ao cliente através de um programa a côres ou de um gerador de barras coloridas. A participa-

ção do cliente, quando da demonstração do uso desses controles, reduz o seu receio de proceder a esses ajustes. O desajuste de controles é, na maioria das vezes, a razão para as chamadas desnecessárias de assistência técnica. Caso sejam necessários reajustes da pureza e da convergência, dever-se-á levar em conta a rotina de trabalho indicada no capítulo 6.

8-5. CONSIDERAÇÕES SOBRE ANTENAS

Em qualquer sistema de recepção, a antena apresenta a mesma importância que os demais circuitos do receptor; ela constitui o dispositivo empregado para interceptar os sinais provenientes do transmissor. Os fatores mais importantes na escolha da antena dizem respeito ao ganho, à diretividade, à impedância, à largura de faixa e à rigidez mecânica.

A antena do tipo dipolo simples, embora tenha características direcionais, pode não ser suficiente para rejeitar ruídos ou fantasmas. Um arranjo de antena direcional de alto ganho pode ser necessário para superar os problemas referentes a reflexões, interferências de ruídos e sinais de baixa intensidade. O sistema de televisão a cores requer uma atenção maior do que o acromático quanto à adaptação de impedâncias da antena com o receptor e à largura de faixa, pois se houver um descasamento ou desuniformidade na faixa de passagem do sistema de antena (vales, picos ou atenuações indesejáveis), a imagem colorida poderá deteriorar-se.

Visto que em geral o sinal de televisão transmitido é polarizado horizontalmente, as antenas receptoras devem também ser colocadas nesse plano para melhor captação de sinais.

A Antena de Meia Onda

O comprimento de onda de um sinal elétrico é determinado pela frequência de transmissão. Um máximo de sinal captado é conseguido tornando a antena ressonante na frequência de operação. A ressonância exige que a antena tenha dimensões físicas equivalentes à metade do comprimento de onda correspondente à frequência de operação (fig. 8-6). O comprimento físico de uma antena é calculado para frequências acima de 30 MHz da seguinte maneira:

comprimento de uma antena de meia onda (em metros)

$$= \frac{141}{f}$$

onde f é a frequência média do canal desejado em MHz.

As mudanças de velocidade de propagação da energia eletromagnética, quando passa do espaço livre para um condutor, bem como o efeito pelicular, foram le-

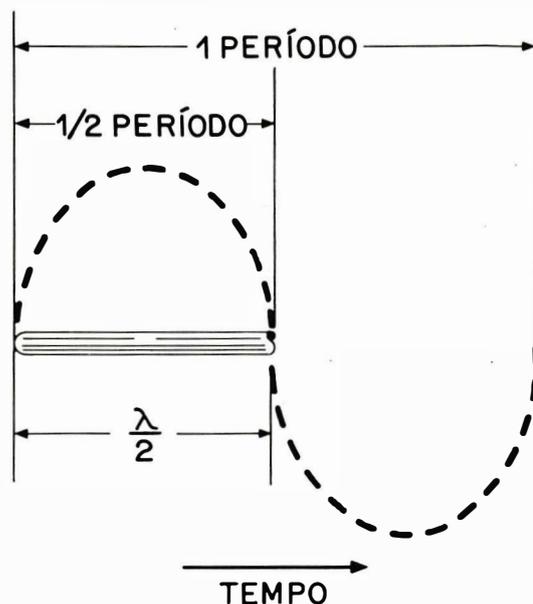


Fig. 8-6. Determinação de uma antena de meia onda.

vados em conta na fórmula apresentada.

8-6. ANTENAS PARA ALTAS FREQUÊNCIAS

Antena Dipolo Simples

O tipo mais comum de antena de meia onda para altas frequências é o dipolo simples, um dos tipos mais elementares de antenas ressonantes. O dipolo consiste de dois elementos, de um quarto de onda cada um, co-

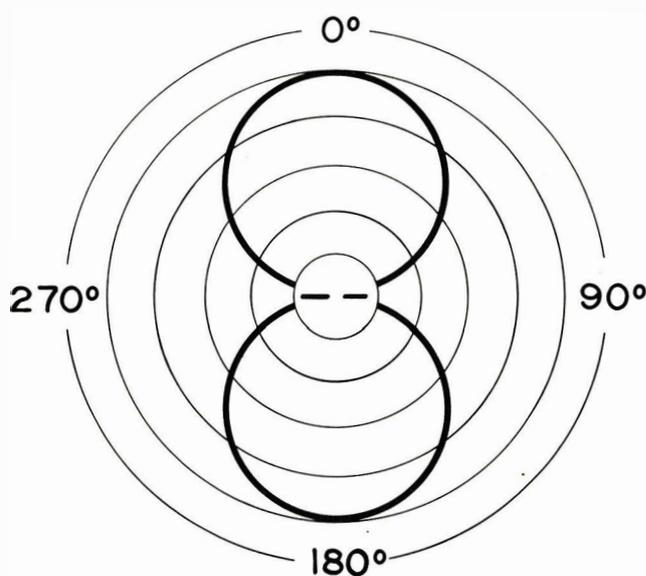


Fig. 8-7. Diagrama polar de um dipolo.

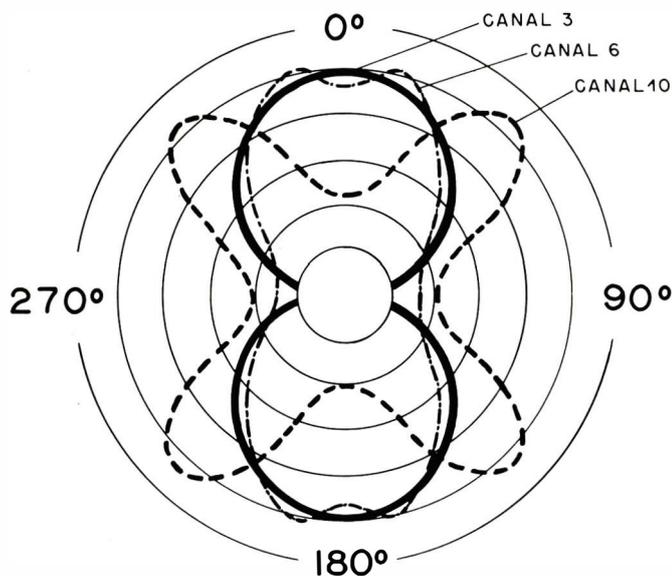


Fig. 8-8. Diagrama polar de uma antena dipolo simples do canal 3, recebendo canais 3, 6 e 10.

locados numa mesma linha, de modo que a extremidade de um esteja separada da do outro apenas o suficiente para permitir a conexão em um ponto de baixa impedância. A impedância do dipolo é de aproximadamente 72 ohms, na frequência de ressonância.

Quando um dipolo ressonante está livre no espaço, ele apresenta uma configuração de campo bi-direcional (fig. 8-7). O máximo ganho é obtido segundo uma perpendicular aos elementos da antena. Por exemplo, um sinal transmitido do norte ou do sul é recebido melhor quando os elementos da antena receptora estão orientados na direção leste-oeste. A mínima recepção ocorre segundo as extremidades da antena.

Em frequências diferentes da frequência de ressonância, a configuração de campo do dipolo e sua impedância característica são diferentes daquela mostrada na fig. 8-7. Por exemplo, a fig. 8-8 mostra a configuração de campo de um dipolo calculado para o canal 3. A linha cheia representa a configuração para o canal 3; a linha mista, próxima da cheia, representa a configuração para o canal 6 e a configuração de quatro lóbulos, traçada em linha tracejada, corresponde ao canal 10. Podem ser obtidas diferentes configurações de campo, através de outras combinações de comprimentos de dipolo e de frequências de canais. Por outro lado, se o dipolo estiver próximo do solo ou de outros objetos, a configuração de campo pode ser consideravelmente afetada.

As antenas dipolo se prestam para recepção em áreas de sinais intensos. Os comprimentos físicos, usualmente empregados para os canais em VHF, são os seguintes:

<u>CANAL</u>	COMPRIMENTO (METROS)
2	2,47
3	2,24
4	2,04
5	1,78
6	1,66
7	0,80
8	0,77
9	0,75
10	0,72
11	0,70
12	0,68
13	0,66

Tabela 8-1.

Impedância Característica de uma Antena

Qualquer antena apresenta na ressonância uma impedância específica em cada ponto ao longo do seu comprimento. Isto pode ser visto na fig. 8-9, comparando os valores de tensão e corrente distribuídos ao longo da antena. A impedância de um circuito elétrico é igual à tensão dividida pela corrente; a maior impedância ocorre quando a tensão é máxima e a corrente é mínima. Conforme mostra a fig. 8-9, o ponto de menor impedância, no centro do dipolo, é aproximadamente 72 ohms, enquanto que o ponto de maior impedância, nas extremidades, apresenta um valor experimental aproximado de 2400 ohms.

É importante saber a impedância característica da antena ao conectá-la com a linha de transmissão, pois o casamento de impedâncias permite que haja a máxima transferência de sinal para o receptor. Se a impedância da antena é baixa, deve ser usada uma linha de transmissão de baixa impedância.

Antena Dipolo Dobrado

Um melhor casamento da impedância da antena

com a linha de transmissão, nas frequências de televisão, é conseguido com o uso da antena dipolo dobrado.

Essencialmente, essa antena pode ser considerada como duas outras antenas de meia onda paralelas, espaçadas de uma distância D (dependente do diâmetro d do tubo usado) e conectadas em suas extremidades. Um dos elementos tem seu centro conectado a uma linha de transmissão, como uma antena comum de meia onda. Admitindo que os elementos tenham o mesmo diâmetro, a impedância no ponto de conexão é quatro vezes a do dipolo, ou seja, vale aproximadamente 288 ohms. Isso possibilita um melhor casamento de impedâncias, quando usamos a linha de transmissão do tipo cabo-paralelo, cuja impedância característica é 300 ohms.

A diretividade dessa antena é semelhante à do dipolo. Maior ganho e diretividade podem ser conseguidos com esse tipo de antena, acrescentando-se um elemento refletor e um elemento diretor, conforme será explicado quando tratarmos das antenas direcionais.

Antenas de Faixa Larga

Não é prático cobrir-se todo o espectro de frequências de televisão com uma só antena, tendo em vista a grande diversidade de frequências. Todavia, uma associação de dois dipolos simples pode ser empregada satisfatoriamente, para captar uma faixa larga de frequências. Um deles deve ser ressonante no centro da faixa ocupada pelos canais baixos e outro no centro da faixa ocupada pelos canais altos de TV em VHF. Por exemplo, se numa dada localidade existir transmissão de canais altos e baixos, um dos dois dipolos seria sintonizado na frequência de 71 MHz, isto é, a meio caminho entre 54 MHz e 88 MHz, e o outro em 195 MHz, ou seja, entre 174 MHz e 216 MHz.

Um sinal mais fraco proveniente de um transmissor pode ser favorecido, através da colocação de uma antena ressonante exatamente na sua frequência. Os dois dipolos são ligados em paralelo, através de seus centros, por um dispositivo casador de impedâncias ou por barras superpostas, sendo o conjunto ligado ao receptor por uma linha de transmissão.

Antenas Direcionais

Em certos casos, pode haver necessidade de uma diretividade adicional para eliminar "fantasmas" ou melhorar o ganho de sinal. As limitações na diretividade das antenas de meia onda podem ser superadas, acrescentando-se um ou mais elementos livres, chamados elementos parasitas, paralelos ao dipolo. Os elementos

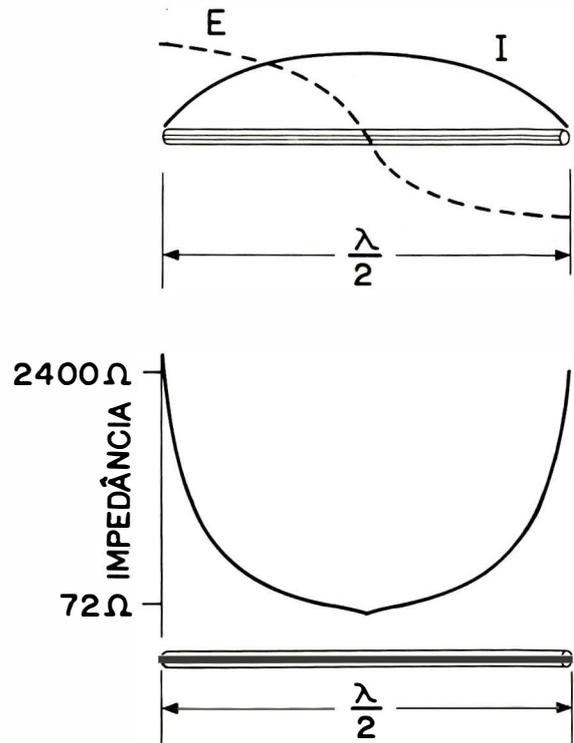


Fig. 8-9. Distribuição de tensão e corrente e a curva de impedância correspondente para uma antena de meia onda.

parasitas absorvem ou refletem energia, sem estarem efetivamente ligados ao dipolo.

Consideremos primeiramente dois tubos condutores de igual comprimento, colocados paralelamente um ao outro; se um deles é excitado com energia de rádio-frequência na frequência de ressonância, será induzida uma corrente no outro condutor livre que, por sua vez, produzirá uma onda radiante. Dêsse modo, ambos os condutores irradiam energia e, se eles estão separados de mais de 0,14 do comprimento de onda, a onda secundária irradiada pelo elemento parasita está em fase com a energia proveniente do dipolo excitado, agindo como refletor. As duas ondas se combinam de modo a se reforçarem uma à outra, na direção do dipolo. Tudo se passa como se o elemento parasita fôsse um espelho para as ondas caminhando em sua direção, provenientes do dipolo. Se os elementos estão separados de uma distância menor do que 0,14 do comprimento de onda, o elemento parasita, nesse caso um diretor, absorve a onda radiante e se torna o elemento de refôrço, resultando em uma melhor captação na direção dipolo-diretor.

Quando o elemento parasita tem o mesmo compri-

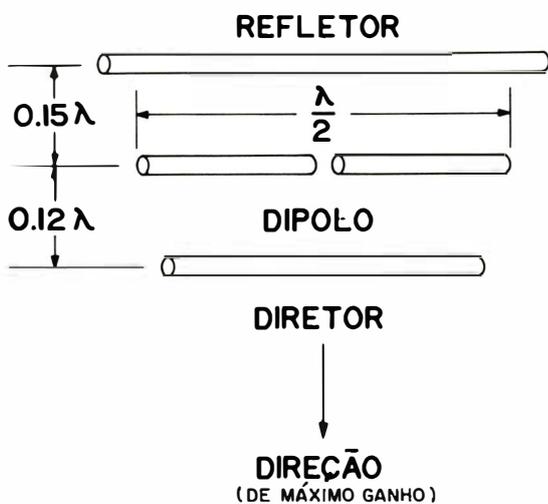


Fig. 8-10. Arranjo físico de uma antena com dois elementos parasitas.

mento que o dipolo, é auto-ressonante, sendo que a distância entre ele e o dipolo determina se é um diretor ou um refletor. O espaçamento é o fator preponderante na determinação do ganho das combinações antena-refletor e antena-diretor, ao passo que os comprimentos dos elementos parasitas determinam a faixa de resposta do arranjo dos multielementos. Em geral, o refletor tem um comprimento 5% maior do que o dipolo e o diretor 5% menor do que o dipolo, e são espaçados deste de aproximadamente um quarto de onda e 0,12 do comprimento de onda, respectivamente.

Os elementos das antenas são feitos usualmente com tubos de 10 mm ou mais de diâmetro, de modo a ampliar a resposta de frequência. A diretividade pode ser melhorada usando-se maior número de elementos parasitas (fig. 8-10). Entretanto, a adição de muitos elementos pode reduzir a faixa de resposta em frequências além do permitido pelo sistema de recepção a côres.

A antena dipolo dobrado direcional, construída de modo a cobrir duas faixas de frequências, representa uma das melhores soluções em termos de ganho de antena, cobertura de frequência e casamento com a linha de transmissão.

É sempre vantajoso girar o conjunto da antena para uma orientação adequada, nas direções das estações transmissoras. Isto pode ser conseguido incluindo-se uma montagem de motor e engrenagens no conjunto da antena.

8-7. CONSIDERAÇÕES SÔBRE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Atenção especial deve ser dada ao casamento de impedâncias entre a antena e a linha de transmissão, e entre esta e o receptor. Isto minimiza as ondas estacionárias no sistema, que por sua vez produzem reflexões e atenuações do sinal.

Essas condições não podem ser toleradas quando da recepção de sinais em côres. A linha de transmissão é o dispositivo que transfere a energia de rádio-frequência da antena ao receptor, e suas características são muito importantes.

No sistema receptor, a antena é considerada como uma fonte de energia. A conexão entre a antena e o receptor constitui a linha de transmissão, e o receptor é considerado como uma carga ou dispositivo de consumo. Tôda a energia captada pela antena passa pela linha de transmissão, se as impedâncias da antena e da linha de transmissão são iguais (estão casadas). Isto resulta em completa transferência da energia da antena para a linha. Se a impedância de carga for igual à impedância característica da linha, tôda a energia coletada pela fonte será absorvida pela carga, não havendo portanto nenhuma reflexão.

Impedância Característica de uma Linha de Transmissão

Qualquer linha de transmissão possui uma impedância característica, a qual deve ser conhecida quando se trabalha com antenas. A aproximação mais simples é admitir o fato de que os condutores que constituem a linha de transmissão usual apresentam resistência, indutância e capacitância. Uma linha terminada pela sua impedância característica apresenta ao gerador a mesma impedância, independente do seu comprimento. A impedância característica de uma determinada linha é um valor constante e seu cálculo é dado a seguir:

$$\text{para linhas coaxiais, } Z_0 = \frac{138}{\sqrt{e}} \log_{10} \frac{D}{d}$$

onde:

Z_0 = impedância característica

e = constante dielétrica do isolador espaçador

D = diâmetro interno do condutor externo

d = diâmetro externo do condutor interno.

Por exemplo, o cabo coaxial RG-59/U é constituído por um condutor interno de fio 22 ($d = 0,642$ mm), e sua blindagem (condutor externo) apresenta um diâmetro interno de $D = 3,8$ mm.

O isolante é de polietileno e tem uma constante dielétrica de 2,2.

A impedância característica desse cabo é determinada da seguinte maneira:

$$Z_0 = \frac{138}{\sqrt{2,2}} \log_{10} \frac{3,8}{0,642}$$

$$Z_0 = \frac{138}{1,48} \log_{10} 5,94$$

$$Z_0 = 93,2 \times 0,7738$$

$$Z_0 = 72 \text{ ohms}$$

Para linhas constituídas por condutores paralelos, onde a distância entre os centros dos condutores é muito maior do que seus diâmetros, temos:

$$Z_0 = \frac{276}{\sqrt{e}} \log_{10} \frac{2a}{b}$$

onde:

- a = distância entre os centros dos condutores
- b = diâmetro dos condutores
- e = constante dielétrica.

A característica que deve ser notada em uma linha coaxial é que, se o diâmetro D (interno do condutor externo) é muito maior que o diâmetro d (externo do condutor interno), a linha apresenta um valor elevado de Z_0 . Por outro lado, se D não for muito maior que d , então a linha de transmissão apresenta um valor baixo de Z_0 .

Nas linhas de transmissão constituídas de fios paralelos, quando o diâmetro b dos fios é grande, quando comparado com o espaço a entre eles, a linha apresenta um valor baixo de Z_0 , ao passo que quando o diâmetro dos fios é pequeno em relação ao espaçamento, a linha apresenta um elevado valor de Z_0 .

Em geral, a impedância característica de uma linha aumenta quando aumentamos o espaçamento entre os condutores, e diminui quando aumentamos o diâmetro dos condutores.

A máxima transferência de energia se dá quando a impedância característica da linha de transmissão se encontra casada com a impedância de entrada do receptor e com a impedância da antena. Dentro da faixa de sinais de televisão, a impedância característica da linha não é alterada. Porém, dependendo do tipo de linha, haverá maior ou menor atenuação de sinal para um mesmo comprimento.

Ondas Estacionárias

O descasamento de impedâncias entre antena-linha de transmissão-receptor dá origem a um fenômeno conhecido como ondas estacionárias, que são constituídas pelas ondas de tensão e corrente, que parecem estar paradas ao longo da linha de transmissão, e são causadas pelas reflexões de parte de energia do sinal, na entrada do receptor e na antena. À medida que o sinal se pro-

paga para frente e para trás, ele sofre reforços e cancelamentos em vários pontos ao longo da linha. Essas ondas estacionárias não representam nenhuma potência aproveitável. Ao contrário, elas reduzem o sinal, resultando numa diminuição da energia útil fornecida ao receptor.

Um descasamento muito acentuado causa o aparecimento de imagens múltiplas (fantasmas) na tela, pois cada vez que a energia é refletida para a entrada do receptor, uma parte deste sinal produz uma outra imagem, que se acha deslocada da anterior, devido ao tempo requerido para ela percorrer a linha. Quanto mais longa for a linha, maior será o afastamento entre as imagens.

Em áreas de sinal forte, esse efeito pode ser eliminado usando-se atenuadores na forma de resistências de carga, os quais introduzem perdas na linha. As reflexões na linha serão muito mais atenuadas que o sinal original, visto que elas são forçadas a passar pelo atenuador um número maior de vezes. Em áreas de sinal fraco, esse método não é recomendado, pois a atenuação do sinal pode se constituir num sério problema. Neste caso, as reflexões podem ser reduzidas através do casamento da linha com transformadores casadores.

A menos que um certo grau de descasamento seja conveniente para aumentar a faixa de recepção, a impedância característica da linha de transmissão deve ser adaptada com a impedância da antena, para obtenção do máximo ganho na frequência de ressonância. Se as impedâncias não estão casadas, pode-se fazer uso de um casador de um quarto de onda. A desvantagem da utilização deste dispositivo é que ele apresenta uma largura de faixa muito estreita e, portanto, reduz a resposta global do sistema de antena.

Um dipolo apresenta em seu centro uma impedância de 72 ohms na frequência de ressonância. Portanto, para a obtenção do máximo ganho em sua frequência de ressonância, o dipolo deve estar casado com uma linha de transmissão de 72 ohms. Quando a frequência na qual o dipolo está sendo usado aumenta ou diminui, temos um aumento da impedância do dipolo. Portanto, se um dipolo é usado para recepção em faixa larga, é conveniente usar uma linha de transmissão com uma impedância característica maior. Na maioria dos casos, devemos seguir as instruções do fabricante.

8-8. TIPOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO

Cabo Paralelo

O tipo mais popular de linha de transmissão é o cabo paralelo (fig. 8-11 A). Essa linha pode ser encon-

trada em diferentes impedâncias características, porém a mais comum é a de 300 ohms. A isolação entre os condutores é normalmente feita de polietileno, resultando num cabo leve, flexível e de baixo custo. Apresenta uma perda relativamente baixa por unidade de comprimento, quando comparada com outras linhas. Contudo, essa linha não é blindada e pode se tornar inconveniente em áreas de elevado ruído. O cabo paralelo é balanceado, visto que nenhum de seus lados é colocado ao potencial de terra.

A maioria dos receptores de televisão usa uma entrada balanceada de 300 ohms, de modo que essa linha proporciona um excelente casamento.

Cabo Coaxial

Um cabo coaxial consiste de uma malha exterior de metal ou blindagem, que serve como um dos condutores, uma camada de isolação e um condutor interno

(fig. 8-11 B). É encontrado com impedâncias características desde 10 ohms até 500 ohms. Os cabos não são disponíveis em valores mais altos de impedância, pois neste tipo de linha o diâmetro do condutor exterior seria muito grande, e seu custo muito elevado.

O cabo coaxial é o tipo de linha de transmissão recomendado para instalações onde a interferência de ruídos constitui o problema preponderante, e quando a linha passa através de tubulações, pois a blindagem está ligada à terra (o cabo não é balanceado). Os cabos coaxiais apresentam uma atenuação de sinal maior que os demais tipos de linha, e seu custo também é mais elevado.

Linha Aberta

A linha aberta, ilustrada na fig. 8-11 C, é teoricamente o melhor tipo de linha de transmissão. Ela apresenta a menor atenuação e não é muito afetada pelas condições climáticas. Essa linha proporciona uma boa recepção, mas devido à sua natureza, torna-se difícil manuseá-la durante sua instalação. Com um pouco de cuidado e paciência, pode-se conseguir excelentes resultados com esse tipo de linha de transmissão.

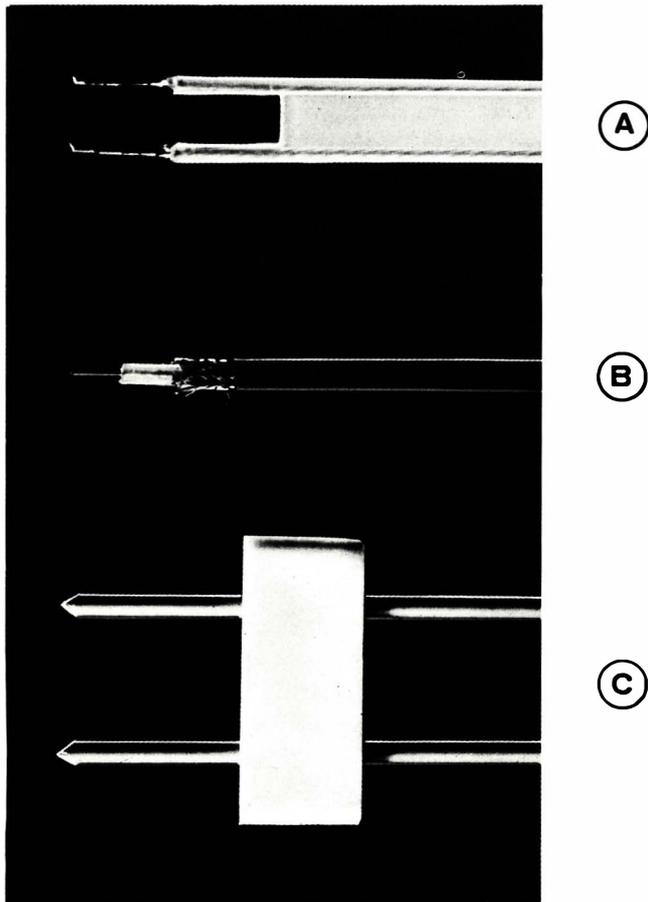


Fig. 8-11. Linhas de transmissão: cabo paralelo (A) cabo coaxial (B) linha aberta (C).

8-9. INSTALAÇÃO DO SISTEMA DE ANTENA

Para as altas frequências envolvidas nas transmissões de televisão, a antena de meio comprimento de onda é pequena fisicamente, quando comparada com a antena de meia onda usada na recepção de ondas médias e curtas. Isto facilita sua instalação em locais elevados, longe das fontes de interferência.

Escolha da Antena Adequada

Existe uma grande variedade de antenas disponíveis no mercado, cada uma delas projetada para uma condição particular de recepção. Se as condições de sinal são tais que uma antena interna não possibilita uma recepção conveniente para todos os canais, deve ser escolhida uma antena externa que permita a melhor recepção possível.

Quando os sinais são fortes, os tipos mais simples devem ser preferidos. Instalações mais elaboradas podem ser necessárias em locais onde a intensidade do sinal é baixa, onde haja interferência de ruído, ou ainda onde as reflexões introduzem problemas. É necessário tomar muito cuidado na escolha de modelos mais elaborados, pois o aumento do ganho e da diretividade implica normalmente numa diminuição na faixa de

passagem.

Em locais com sinal extremamente fraco, onde a antena deve ser muito elevada, tornando o cabo de descida muito longo, é recomendável a utilização de um reforçador ("booster") apropriado. Nesse caso, o reforçador deverá ser instalado junto à antena e os mesmos cuidados de casamento devem ser observados.

Instalação da Antena

Devemos montar a antena o mais alto possível, num local livre de obstáculos. Fontes de interferência e superfícies extensas que causam reflexões devem ser levadas em consideração quando da sua localização. Deve ser feito um estudo prévio do melhor local para a colocação da antena, dos meios de fixação a serem utilizados e do caminho direto mais curto a ser percorrido pela linha de transmissão. É recomendável prever uma estrutura do mastro-suporte suficientemente rígida para suportar o peso da antena e a ação dos ventos.

Normalmente, a antena deve ser orientada em direção ao local de transmissão, para que tenhamos a máxima recepção dos sinais. Na orientação da antena deve-se levar em conta a intensidade do campo, interferências devido a reflexões, ruído ou qualquer outro fator que influencie na mudança de orientação a partir da posição de máximo ganho inicial.

A orientação da antena pode ser relativamente simples, desde que somente um canal esteja servindo a área. Todavia, é importante que a antena para recepção a côres esteja convenientemente localizada e orientada, segundo o maior lóbo de recepção do campo irradiado, conforme mostra a fig. 8-12. A menos que essas exigên-

cias sejam satisfeitas, podem ocorrer reproduções coloridas fracas e desbotadas, embora seja obtida uma imagem aceitável em branco e preto. A orientação da antena é mais crítica para os canais altos (7 a 13) do que para os baixos (2 a 6).

A orientação para qualquer canal é bastante facilitada com o uso de um medidor de intensidade de campo e um intercomunicador.

Um contróle adicional sôbre as reflexões, interferência e orientação, pode ser conseguido com a inclusão de um sistema que consiga fazer a antena girar. Êsse sistema é constituído normalmente por um motor adaptado de tal maneira que a antena possa ser girada de aproximadamente 360°.

Nos casos em que se deseja conectar mais do que um aparelho a uma única antena, é recomendável a utilização de um distribuidor de sinal adequado para a faixa de recepção e para o número de aparelhos conectados. Também nessa instalação dever-se-á tomar cuidado nas adaptações de impedância entre os receptores e o distribuidor.

Se mais de um transmissor de televisão a côres está presente na área, em canais distantes em frequência, podem ser necessárias várias antenas erguidas sôbre o mastro-suporte, caso uma só antena não consiga realizar uma múltipla recepção. Cada uma das antenas do conjunto deve ser orientada de modo que o seu lóbo maior de recepção intercepte o sinal desejado. A importância disso se torna mais evidente quando se percebe que a configuração do campo receptor pode mudar radicalmente, com uma pequena variação em frequência, como aquela existente entre a portadora de vídeo e a portadora de som dentro do mesmo canal.

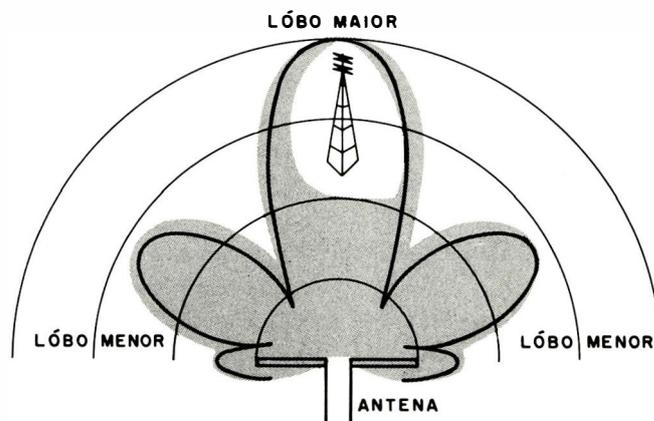


Fig. 8-12. Orientação para recepção do lóbo maior.

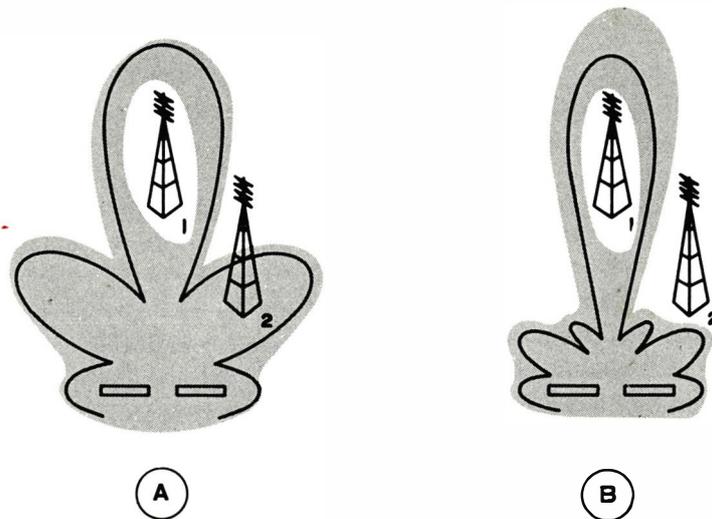


Fig. 8-13. Mudança do diagrama polar com a mudança de frequência do canal, transmissor 2 dentro da área de recepção (A) transformadora da área de captação (B).

Tais variações da configuração de campo de recepção se tornam mais pronunciadas com variações de frequência de canal para canal. Por exemplo, na fig. 8-13A está ilustrado o diagrama polar de recepção de uma dada antena. Ambas as estações, 1 e 2, são cobertas pela configuração de campo; a estação 1 sendo coberta pelo lóbo maior, e a estação 2 sendo coberta pelo lóbo menor. A fig. 8-13B mostra a mesma antena, porém a configuração do campo de recepção refere-se agora a um outro canal. A situação agora mudou radicalmente; a estação 2 não é mais coberta pela configuração de recepção.

Instalação da Linha de Transmissão

Quando a frequência do sinal recebido aumenta, da faixa de VHF para a faixa de UHF, aumenta também a possibilidade de haver maiores atenuações de sinal.

Essas atenuações podem ocorrer devido às capacitâncias parasitárias, como resultado da falta de cuidado no procedimento da instalação.

Por exemplo, suponhamos que o cabo de descida encoste em uma tubulação metálica, e que a capacitância para a terra introduzida seja de somente 10 pF. Em uma frequência de 57 MHz, a reatância capacitiva vale apro-

ximadamente 250 ohms e no outro extremo de 887 MHz a reatância cai para 15 ohms, aproximadamente. Em qualquer um dos casos, as perdas são consideráveis. E além disso, visto que os efeitos capacitivos causam uma rotação de fase nas correntes e tensões, o sinal que atinge efetivamente o receptor apresenta uma distorção de fase.

A escolha do cabo de descida da antena é determinada pelas condições locais, tais como a interferência elétrica, o tipo de antena, o comprimento do cabo ou quaisquer outros fatores que o afetem.

O caminho percorrido pela linha de transmissão até o receptor deve ser estudado, de modo a ser o mais curto possível, levando-se em conta os problemas de obstáculos e fontes de ruído existentes. Devem ainda ser tomadas precauções no sentido de evitar a proximidade de linhas de força e objetos de metal, tais como encanamentos e conduites. Com o uso de espaçadores adequados, pode-se evitar perdas de sinal para a terra.

As objeções que possam surgir por parte do usuário, face à instalação proposta ou ao caminho a ser seguido pela linha, devem ser superadas com explicações detalhadas da necessidade de tal procedimento para o funcionamento adequado do sistema.

CENA: BARRAS DE CÔRES COM LUMINOSIDADE DECRESCENTE

SINPRO. COR: BRANCO, AMARELO, TURQUESA, VERDE, MAGENTA, VERMELHO, AZUL, PRETO

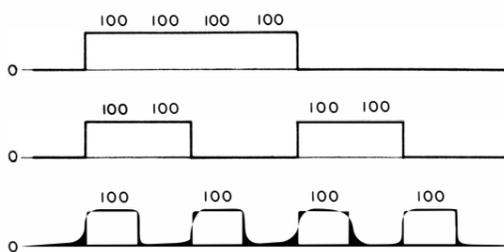
RESPOSTA EM FREQUÊNCIA

SINAIS NA SAÍDA DA CÂMARA

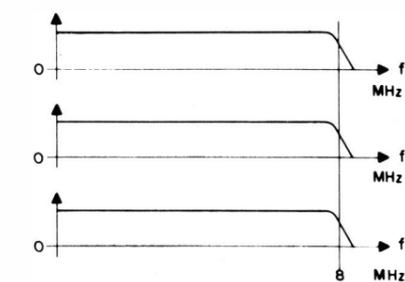
$$IG = 100$$

$$IR = 100$$

$$IB = 100$$



AMPLITUDE

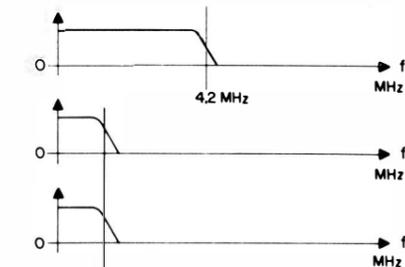
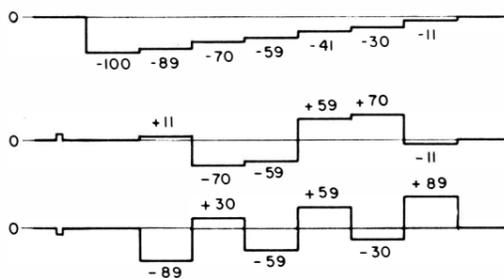


SINAIS NA SAÍDA DA MATRIZ

$$-Y = -(0,3R + 0,59G + 0,11B)$$

$$R - Y = R - (0,3R + 0,59G + 0,11B) = 0,7R - 0,59G - 0,11B$$

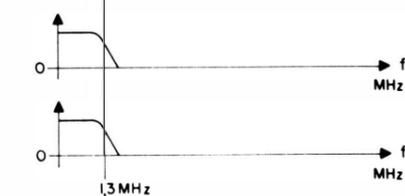
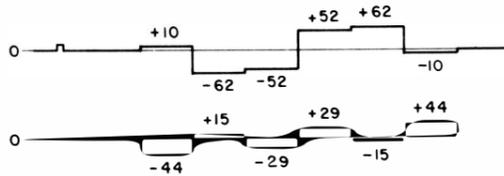
$$B - Y = B - (0,3R + 0,59G + 0,11B) = 0,3R - 0,59G + 0,89B$$



SINAIS (R-Y) e (B-Y) REDUZIDOS

$$V = 0,877(R - Y) = 0,62R - 0,52G - 0,10B$$

$$U = 0,493(B - Y) = -0,15R - 0,29G + 0,44B$$

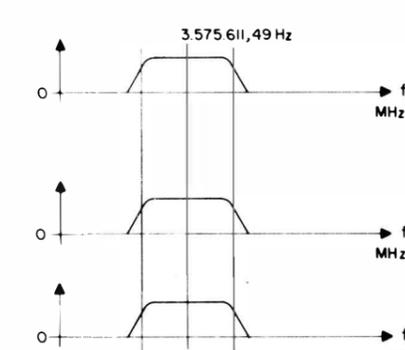
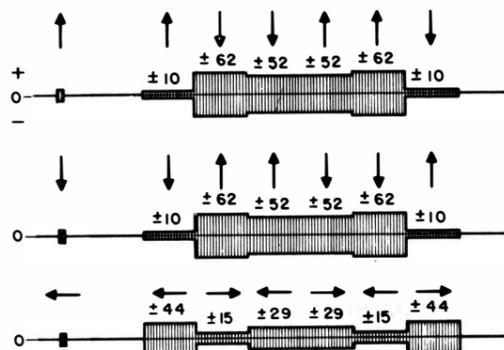


SINAIS MODULADOS

$$V' = +V \text{ sen } \omega t$$

$$V'' = -V \text{ sen } \omega t$$

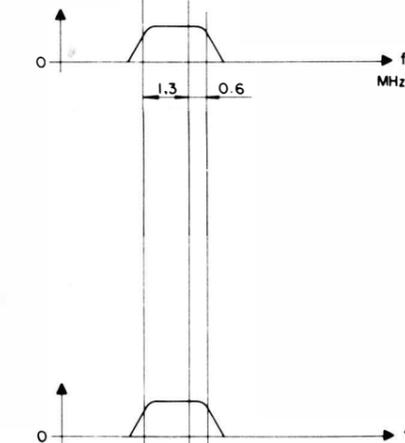
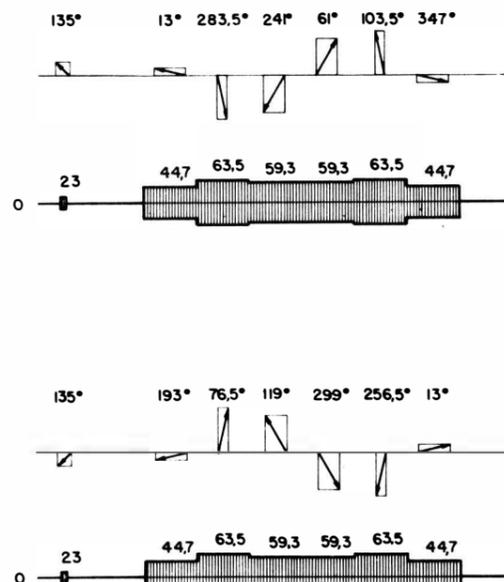
$$U = U \text{ cos } \omega t$$



SINAL DE CROMINÂNCIA

$$C = +V \text{ sen } \omega t + U \text{ cos } \omega t = \sqrt{V'^2 + U^2}$$

$$C^* = -V \text{ sen } \omega t + U \text{ cos } \omega t = \sqrt{V'^2 + U^2}$$



GIPS

$$-Y + C \text{ ou } C^*$$



BIBLIOGRAFIA

1. DONALD G. FINK - COLOR TELEVISION
SIMPLIFIED THEORY AND SERVICE
TECHNIQUES - ELECTRONIC EDUCATION
UNIT-PHILCO CORPORATION - 1956.
2. DONALD G. FINK - TELEVISION ENGINEERING
HANDBOOK - Mc GRAW HILL BOOK COMPANY, INC. - 1957.
3. A. BOEKHORST AND J. STOLK - TELEVISION
DEFLECTION SYSTEMS - PHILIPS TECHNICAL
LIBRARY - 1962.
4. P. S. CARNT AND G.B. TOWNSEND - COLOUR
TELEVISION - ILIFFE BOOKS LTD.- 1961.
5. G.N. PATCHETT - COLOUR TELEVISION
- NORMAN PRICE (PUBLISHERS) LTD.- 1970.
6. C.P. OLIPHANT AND VERNE M. RAY - COLOR TV
- HOWARD W. SAMS & CO., INC. - 1956.
7. F. MÖHRING - PAL - FARBFERNSEHTECHNIK
- C.F. WINTER'SCHE VERLAGSHANDLUNG - 1968.
8. DIETER NÜHRMANN - FARBFERNSEHBUCH
- TELEKOSMOS - VERLAG FRANCKH'SCHE
VERLAGSHANDLUNG - 1967.
9. W. HARTWICH - EINFÜHRUNG IN DIE
FARBFERNSEH - SERVICETECHNIK - PHILIPS
TECHNISCHE BIBLIOTHEK - 1964.
10. WALTER BRUCH, PAL SELECTED PAPERS
- TELEFUNKEN ZEITUNG.
11. SERVICE INFORMATION DO ARQUIVO DA
PHILCO-FORD.



TELS.: 52-7905 e 52-3585
S. Paulo - Brasil

5.000 — Maio 72

TV A CORES

TEORIA SIMPLIFICADA E TÉCNICAS DE SERVIÇO

A implantação do sistema de Televisão a Cores colocou o técnico brasileiro em contato com um dos mais espetaculares avanços da Eletrônica, tornando de capital importância o desenvolvimento do pessoal técnico especializado.

A Philco, ciente da sua posição de maior fabricante de televisores da América Latina, dedicou esta obra aos técnicos que pretendem se colocar a par das novas técnicas utilizadas, através de um estudo criterioso de todos os elementos pertinentes ao sistema.

Este livro, apesar de pressupor como requisito o prévio conhecimento básico do televisor em preto-e-branco, descreve os circuitos mais modernos utilizados no receptor a cores, abrangendo os circuitos a válvulas e a semicondutores. Evitando, sempre que possível, as fórmulas matemáticas complicadas, fornece, porém, os fundamentos básicos para uma compreensão racional. Diagramas detalhados, fotografias coloridas e oscilogramas, ilustram cada uma das seções. É feita uma recapitulação do sistema acromático e dos conceitos matemáticos mais importantes; em seguida, são tratados em detalhes os fundamentos da colorimetria. Os circuitos eletrônicos são dissecados para um entendimento teórico e prático e os componentes importantes são descritos de maneira a completarem o objetivo final, que é a reprodução da imagem colorida. São abordados, também, com especial destaque, os ajustes e calibrações do receptor, assim como a instalação do receptor e os métodos de serviço.

O técnico poderá, assim, assimilar os fundamentos do sistema e estará capacitado a analisar os circuitos mais sofisticados. Desta maneira, resolverá os problemas que porventura apareçam, instruindo e aconselhando os possuidores de aparelhos a cores, para que eles possam obter o máximo rendimento de seus receptores.

A utilidade deste livro pode ser aferida pelo destacado êxito de suas duas primeiras edições, que rapidamente se esgotaram, e pelo fato de ser esta obra adotada pelas melhores escolas técnicas brasileiras. Antenna, a decana das editoras brasileiras de Eletrônica e Telecomunicações, convidada a elaborar esta terceira edição, sente-se honrada em colaborar com a Philco neste meritório trabalho de aperfeiçoamento profissional dos estudantes e videotécnicos do Brasil.