

Carlos Alberto Gouvêa Coelho

Notas de Aula de

Sistemas

de

Televisão

2008

APRESENTAÇÃO

Esta apostila está sendo utilizada para dar suporte à disciplina Sistemas de Televisão ministrada para a turma de 5º período, 1º turno, do Curso Técnico de Eletrônica do CEFET/RJ. É, na verdade, a transcrição resumida das aulas, daí chamá-la de Notas de Aula. Sua utilização poupa o estudante de fazer anotações constantes, permitindo acompanhar o desenvolvimento dos conteúdos, mas não o exime da necessidade de aprofundar o estudo recorrendo à bibliografia recomendada. Os assuntos atendidos adequadamente por livros em português, como os expostos nos capítulos I e II, estão mais condensados, enquanto que a abordagem de assuntos novos, como os circuitos mais modernos de receptores de TV, é mais extensa.

Ficarei grato pelas críticas às possíveis falhas e pelas sugestões de aperfeiçoamento.

O autor

SOBRE O AUTOR

Carlos Alberto Gouvêa Coelho é Mestre em Educação pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Pós-graduado em Didática Aplicada à Educação Tecnológica pelo CEFET-RJ, Licenciado em Eletrônica (Formação Pedagógica) pela Faculdade Bethencourt da Silva (FABES), Engenheiro Eletrônico pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e Técnico em Eletrônica pela Escola Técnica Federal “Celso Suckow da Fonseca”, atual CEFET/RJ. No magistério, atua desde 1979 como professor do Curso Técnico de Eletrônica do CEFET/RJ, lecionando para as turmas regulares do curso e para turmas de convênio com a Marinha do Brasil e, no Departamento de Ensino Superior, para a Formação de Professores para o Magistério de 2º Grau (Esquema II). Atuou, também, nas Escolas Técnicas Estaduais Visconde de Mauá e Ferreira Vianna, entre 1982 e 1992. Participa de entidades profissionais, como o IEEE (The Institute of Electrical and Electronic Engineers - USA), além de ser filiado ao Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia (CREA-RJ).

ORIENTAÇÃO

O campo da televisão se ampliou significativamente, recebendo hoje a denominação genérica de *vídeo*. A interface visual está presente nos mais diversos equipamentos e serviços, tais como computadores pessoais, caixas eletrônicas e instrumentos de medição. A própria TV se desenvolveu e sofisticou, tornando-se o centro dos sistemas domésticos de entretenimento, com aparelhos de tela grande e de projeção; levou à criação de equipamentos auxiliares para gravação e reprodução de programas, como os de DVD e videocassete, e de meios de transmissão diversificados, como os cabos e os satélites. Há, ainda, todos os meios de produção dos programas de TV, com os estúdios e seus equipamentos.

O estudo de todos esses aspectos ensinaria um curso completo e não apenas uma disciplina. Assim, a disciplina Sistemas de Televisão concentra-se nos princípios, em algumas aplicações, particularmente no receptor de TV e nos gravadores/reprodutores de vídeo, e nas formas de geração e transmissão.

O estudante deve estudar guiado pelos objetivos de cada capítulo (correspondentes às unidades programáticas) e aprofundar o que achar necessário na bibliografia recomendada.

As dúvidas, além de atendidas pessoalmente, podem ser encaminhadas por correio eletrônico para gouvea.coelho@ieee.org, sendo respondidas pelo autor.

Outras formas de contato com o autor são através da Coordenação do Curso Técnico de Eletrônica do CEFET/RJ (Av. Maracanã, 229 Bloco B 3º andar Rio de Janeiro RJ; telefone 21-2566-3197) ou pelo endereço eletrônico adicional: gouvea@cefet-rj.br

Esta obra está registrada na Biblioteca Nacional.

BIBLIOGRAFIA

a. Livros

- BASTOS, A. *Televisão widescreen*. Rio de Janeiro: edição do autor, 2005.
- BASTOS, A. e FERNANDES, S. *Manutenção de DVD player*. 4ª ed. Rio de Janeiro: edição dos autores, 2005.
- BASTOS, A. e FERNANDES, S. *Televisão profissional*. 2ª ed. Rio de Janeiro: edição dos autores, 2004.
- BENSON, K. B. *Television engineering handbook*. New York: McGraw-Hill, 1986.
- BENSON, K. B. e WHITAKER, J. *Television and audio handbook for technicians and engineers*. Singapore: McGraw -Hill, 1990.
- CHRISTIANSEN, D. (editor). *Electronics engineers' handbook*. 4ª ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- ENNES, H. *Television broadcasting: equipment, systems and operating fundamentals*. 2ª ed. Indianapolis: Howard W. Sams, 1981.
- EVANS, B. *Understanding digital TV: the route to HDTV*. Piscataway: IEEE Press, 1995.
- GROB, B. *Televisão e sistemas de vídeo*. 5ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1989.
- INGLIS, A. F. e LUTHER, A. C. *Video engineering*. 2ª ed. New York: McGraw-Hill, 1996.
- NINCE, U. S. *Sistemas de televisão e vídeo*. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1991.
- SENATORI, N. e SUKYS, F. *Introdução à televisão e ao sistema PAL -M*. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1984.
- SILVA, J. Q. *Dicas, macetes e segredos na reparação de televisores*. 2ª ed. Rio de Janeiro: edição do autor, 2003.

b. Periódicos

- BROADCAST ENGINEERING. Overland Park, KS: Intertec. Mensal. ISSN 0007-1994.
- ENGENHARIA DE TELEVISÃO. Rio de Janeiro: Sociedade de Engenharia de Televisão (SET). Bimestral.
- PAY-TV. São Paulo: Glasberg Representações. Mensal.
- REVISTA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES. São Paulo: Advanstar. ISSN 0102-3446.
- TV TECHNOLOGY. Falls Church, VA: IMAS Publishing Inc.. Quinzenal. ISSN 0887-1701.
- TV TECHNOLOGY AMÉRICA LATINA. Falls Church, VA: IMAS Publishing Inc. Seis edições anuais. ISSN 0887-1701.
- VIA SATELLITE. Rockville, MD: Phillips Business Information. Mensal. ISSN 1041-0643.

c. On-line

- CONSUMER ELECTROCNICS MANUFACTURERS ASSOCIATION (CEMA) - <http://www.cemacity.org> - Artigos diversos.
- ELECTROCNIC INDUSTRIES ASSOCIATION (EIA) - <http://www.eia.org> - Links diversos.
- GLOBAL STANDARDS NETWORK - <http://www.nssn.org> - Padrões americanos e mundiais das mais diversas áreas.
- SOCIEDADE BRASILEIRA DE ENGENHARIA DE TELEVISÃO - <http://www.set.com.br> - Ver a página de links, que incluem entidades, publicações e fabricantes de equipamentos profissionais.
- THE INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS - <http://www.ieee.org> - Informações diversas; publicações; padrões; história da eletricidade e da eletrônica.

ÍNDICE

Capítulo 1 - A Fundamentação da TV	1
Capítulo 2 - O Sistema de TV	8
Capítulo 3 - O Receptor de TV	33
Capítulo 4 - Gravação de Vídeo	93
Capítulo 5 - A Estação de TV e seus Equipamentos	131
Capítulo 6 - Distribuição dos Sinais de TV	143

CAPÍTULO I

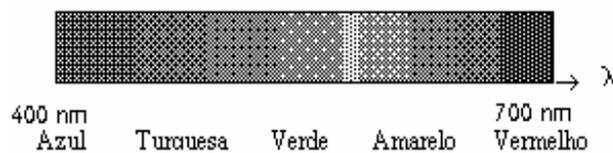
A FUNDAMENTAÇÃO DA TV

Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

- Descrever o processo de manifestação das cores e sua percepção pelo homem.
- Enunciar as características de uma cor.
- Diferenciar mistura aditiva e mistura subtrativa de cores.
- Descrever o processo básico de ilusão de movimento usado em cinema e TV.
- Justificar o processo seqüencial e entrelaçado de exploração das cenas de TV.
- Caracterizar linha, quadro campo, traço e retraço na imagem de TV.
- Formar um quadro da evolução das técnicas de TV e vídeo.

NOÇÕES DE LUZ E COR

LUZ - é a radiação eletromagnética, com comprimento de onda (λ) entre 400 nm (correspondente ao azul) e 700 nm (correspondente ao vermelho), que é capaz de sensibilizar a visão humana.



Espectro da luz solar

COR - pode ser tratada como a cor da luz, a cor de um corpo e como a cor que é vista pelo olho humano.

COR da luz - depende do comprimento de onda irradiado pela fonte; se mais de um, dependerá da intensidade de cada radiação individual.

COR do corpo - é a cor dos raios luminosos refletidos pelo corpo.

COR vista pelo olho - é a resultante do processo de MISTURA ADITIVA que se dá na retina.

MISTURA ADITIVA DE CORES

A chegada simultânea de dois ou mais comprimentos de onda diferentes em um mesmo ponto da retina dá a sensação de um matiz diferente dos dois (ou mais) recebidos. Assim, têm-se as seguintes combinações:

Vermelho + Verde = Amarelo (Ye);

Vermelho + Azul = Magenta (Mg) ou Púrpura;

Verde + Azul = Ciano (Cy) ou Turquesa;

Vermelho + Verde + Azul (com igual intensidade) = Branco (W).

A mistura aditiva é a de luzes.

As cores Vermelha (R), Verde (G) e Azul (B) não podem ser obtidas por mistura de outras, por isto são PRIMÁRIAS.

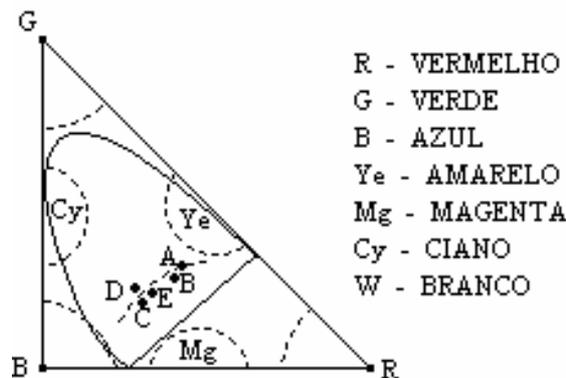


Diagrama de cromaticidade CIE

MISTURA SUBTRATIVA DE CORES

A combinação de duas ou mais tintas (pigmentos) retira a capacidade que tinham, antes de misturadas, de refletir certos comprimentos de onda, alterando a cor das mesmas.

A mistura subtrativa é a de tintas.

CARACTERÍSTICAS DAS CORES

BRILHO ou **LUMINÂNCIA** (Y) - está relacionada à intensidade da luz (potência da fonte) ou à refletibilidade do corpo.

MATIZ - está relacionado ao comprimento de onda da radiação; cada variação do comprimento de onda produz um matiz diferente. Assim, fala-se do matiz *amarelo*, bem como dos diferentes matizes de amarelo.

SATURAÇÃO - é a ausência de branco na cor. Uma radiação monocromática (um único comprimento de onda) é 100% saturada, da mesma forma que o é um magenta só com vermelho e azul; se nesse magenta entrar uma pequena quantidade de verde, ele continua magenta, mas perde saturação.

FONTES DE LUZ

Sendo uma fonte de luz branca, deve irradiar todos os comprimentos de onda. Estes, porém, podem ter energia relativa diferente de uma fonte para outra. Tal relação depende do que se chama de TEMPERATURA DE COR da fonte: um corpo aquecido emite calor, que é radiação infravermelha; aumentando a temperatura do corpo, a radiação passa para a faixa visível.

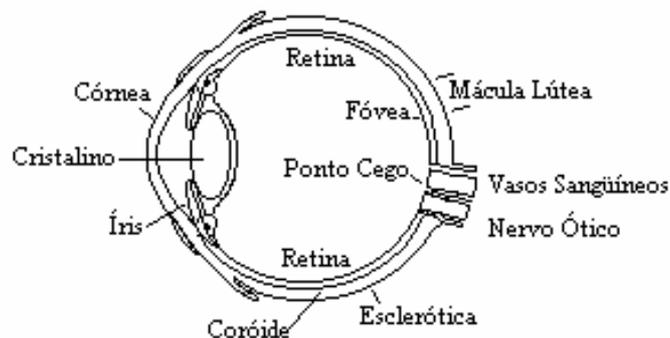
De acordo com a temperatura de cor em Kelvin, são definidos diversos ILUMINANTES, que aparecem representados no Diagrama CIE:

- Iluminante A → 2854 K (Tungstênio)
- Iluminante B → 4800 K correlato (luz do meio dia)
- Iluminante C → 6770 K correlato (dia nublado)
- Iluminante D → 6500 K (usado em TV)
- Iluminante E (Hipotético - igual energia)

O sol é a fonte de luz tomada como referência. Seus raios, porém, são filtrados pela atmosfera antes de chegarem à superfície da Terra e, conforme a inclinação no céu ou as condições do tempo, certos comprimentos de onda podem ser predominantes em um momento e em outro não. Assim, a temperatura de cor da luz solar varia ao longo do dia e das estações do ano. Durante uma filmagem externa a câmera de cinema deve usar filtros para compensar a variação; já uma câmera de vídeo equilibra a intensidade das cores através do BALANÇO DO BRANCO.

O OLHO HUMANO

O olho produz uma imagem do mundo exterior sobre a retina (região posterior, sensível à luz) através de um aparelho refrator que consiste da córnea e do cristalino, localizado na sua parte anterior.



Vista em corte lateral do olho humano

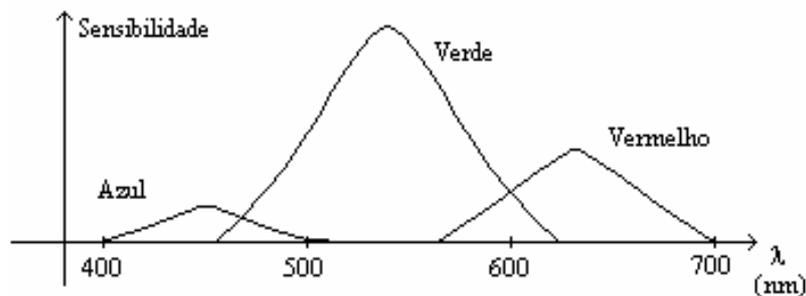
A retina possui duas classes principais de fotorreceptores: os cones e os bastonetes, que seriam melhor considerados como neurônios altamente especializados. Estes possuem fotorreceptores que absorvem a luz, levando à sua excitação.

Pela Teoria da Duplicidade (Max Schultze, 1866), os cones funcionam para as grandes intensidades de luz (VISÃO DIURNA), proporcionando acuidade visual elevada e visão das cores, enquanto os bastonetes têm maior sensibilidade, necessária à VISÃO NOTURNA, embora não possam distinguir cores nem detalhes finos.

Pela teoria de Young-Helmholtz, os bastonetes parecem conter um só pigmento, a rodopsina, emprestando-lhes uma sensibilidade maior na região do turquesa, enquanto que os cones estão divididos em três grandes classes, predominando numa delas o fotorreceptor com absorção máxima da luz azul, noutra o fotorreceptor com absorção

máxima para o verde e na terceira o fotopigmento com absorção máxima para o vermelho. De acordo com os raios luminosos incidentes em cada região da retina ocorre a maior ou menor excitação de cada classe de cones, com a correspondente sensação de cor resultante do processo de mistura aditiva dos raios de luz.

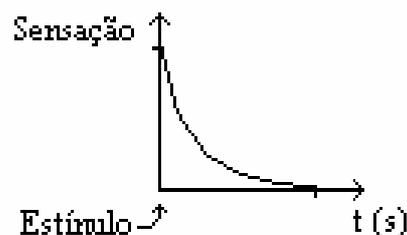
A sensibilidade média entre as três classes de cones recai na região do verde; por isso, numa cena que contenha objetos de todos os matizes com mesma refletibilidade, os de matiz verde nos parecerão mais brilhantes; tal comportamento se traduz na equação de luminância para o olho: $Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$, na qual Y é o brilho (luminância) percebido pelo olho e R, G e B são as intensidades das primárias que chegam em cada ponto da retina.



Curvas de sensibilidade dos três tipos de cones

O menor detalhe percebido isoladamente pelo olho define a **ACUIDADE VISUAL**. Detalhes muito próximos, com ângulos entre 0,4' e 5', dependendo da região da retina onde se projetem e da intensidade e comprimento de onda da luz, são vistos como um único e sua cor é a mistura aditiva das cores dos diversos detalhes agrupados. Esse fenômeno permite o funcionamento dos tubos de imagem a cores.

Além de fundir imagens próximas, o olho também funde imagens que se sucedam muito rapidamente. Em outras palavras, a resposta a um estímulo luminoso não cessa quando o estímulo cessa, mas persiste por um tempo a mais; esse tempo depende da intensidade do estímulo e da região da retina onde ele ocorre e é chamado de **PERSISTÊNCIA VISUAL**. Tal efeito de fusão temporal é que permite a sensação de movimento nas imagens de cinema e TV.



Curva de persistência da visão

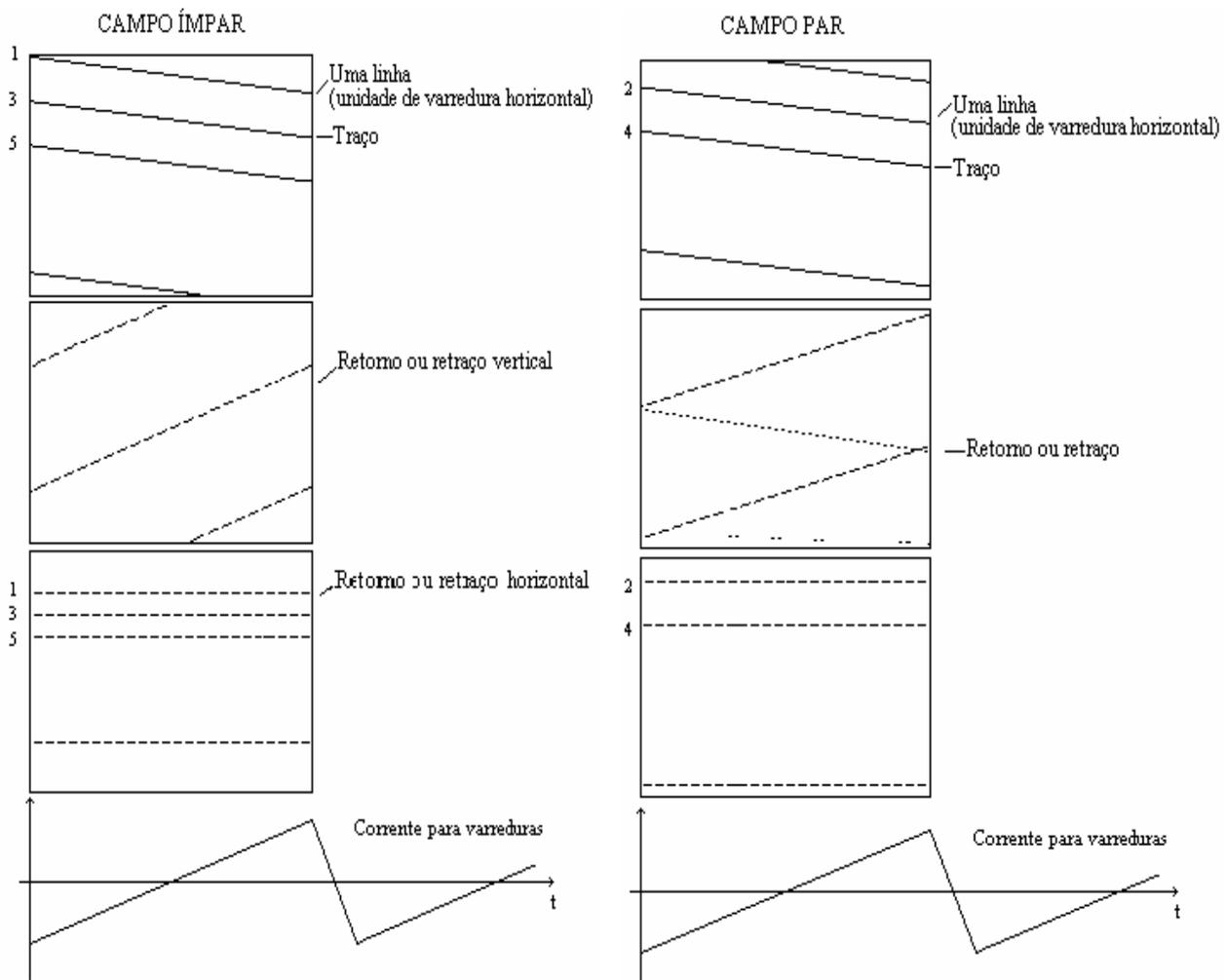
A ILUSÃO DE MOVIMENTO NO CINEMA E NA TV

A persistência visual, descrita anteriormente, faz com que imagens paradas, ligeiramente diferentes umas das outras, apresentadas sucessivamente em velocidade elevada, sejam vistas como imagens móveis. Os movimentos normais de pessoas e objetos podem ser bem reproduzidos com 24 imagens diferentes por segundo; esta é a frequência de amostragem do cinema. Entretanto, tal velocidade produz o efeito da cintilação, pois o olho percebe o escurecimento entre um e outro fotograma; isto é contornado apagando e acendendo um mesmo fotograma, sem trocá-lo, o que dá 48 piscadas por segundo, menos perceptível.

EXPLORAÇÃO DAS CENAS NA TV

Na televisão, a freqüência de amostragem deve ser compatível com a da rede elétrica; assim, em países com rede de 50 Hz a TV apresenta 25 imagens (quadros) por segundo, enquanto que nos países com rede de 60 Hz, como o nosso, a TV apresenta 30 quadros por segundo. Para contornar o problema da cintilação, cada imagem é explorada duas vezes, uma pelas linhas ímpares, outra pelas pares, sendo cada exploração destas denominada campo. As linhas são a maneira encontrada para a transmissão seqüencial; a imagem é projetada num dispositivo sensível à luz e cada ponto da superfície desse dispositivo gera uma corrente ou ddp proporcional à intensidade luminosa, que vai sendo lida e transmitida, sucessivamente, de cima para baixo e da esquerda para a direita. Quanto mais linhas forem usadas para explorar a imagem, mais detalhes dela serão reproduzidos, mas isto exigirá uma banda mais larga para transmissão; um compromisso, então, é adotado, para compatibilizar qualidade de imagem e largura de canal.

Os padrões de TV atualmente em uso para teledifusão recaem num dos dois seguintes grupos: 625 linhas / 50 campos (25 quadros) e 525 linhas / 60 campos (30 quadros). Todos possuem exploração (e varredura) entrelaçada, relação de aspecto (largura pela altura da imagem) de 4/3 e os mesmos tipos de pulsos de sincronismo; diferem apenas na largura de banda, nas formas de modulação e no espaçamento das portadoras de som e imagem.



Esquemáticação das linhas de varredura, dos dois campos, com o retorno

DIFERENÇA ENTRE PADRÃO E SISTEMA DE TV

O padrão define a formação da imagem em preto e branco (monocromática) e a sua transmissão. Já o sistema define o processo de codificação das cores e a sua transmissão.

Os padrões existentes vão de A a N, sendo que alguns nunca foram adotados e outros já não são mais usados. Os sistemas analógicos são apenas três: NTSC, PAL e SECAM, todos em uso. Padrões e sistemas são combinados entre si, de acordo com o país que os adota.

No Brasil foi adotado, em 1950, o padrão M, o mesmo dos EUA, Canadá, Japão, Coréia, México e vários outros países da América. Mais tarde, em 1972, o Brasil passou a ter transmissões a cores no sistema PAL. Já os EUA, criadores do NTSC, introduziram esse sistema em 1954, seguido depois por todos os outros países que usavam o padrão M, exceto o nosso.

O sistema PAL foi desenvolvido na Alemanha, por volta de 1966, sendo usado lá com os padrões B e G, bem como em Portugal, Espanha, Itália etc. A Inglaterra, a África do Sul e mais alguns poucos países usam PAL-I. Argentina, Paraguai e Uruguai adotaram o PAL-N.

O sistema SECAM foi desenvolvido pela França e é usado por ela, suas antigas colônias, alguns países árabes e pela maioria dos países que formavam a URSS e seus antigos aliados, com os padrões L (França), B, D e K (nos demais países).

HISTÓRICO DA TELEVISÃO

A transmissão de imagens pela televisão pode ser dividida em três etapas consecutivas:

- a) análise da imagem e conversão de seus níveis elétricos;
- b) transmissão dos sinais elétricos a distância;
- c) recepção dos sinais elétricos e sua transformação em níveis de luz, compondo a imagem original.

Tais processos tornaram-se exeqüíveis a partir do final do século XIX, com os avanços ocorridos na física e na engenharia. O primeiro passo foi a criação dos dispositivos fotoelétricos, que fazem a conversão da luz em sinais elétricos. A partir daí foram desenvolvidos sistemas eletromecânicos, capazes de analisar a cena em elementos sucessivos de uma linha e em linhas sucessivas, de alto a baixo, permitindo usar um único canal de transmissão (cabo ou radiodifusão); no extremo receptor, um dispositivo análogo faz a varredura de uma tela, iluminando-a em cada ponto com o nível de luz colhido na cena explorada.

A televisão tornou-se totalmente eletrônica no início da década de 30, com o aperfeiçoamento do tubo de raios catódicos (cinescópio) para o receptor e a criação da válvula captadora empregando o processo de acumulação de cargas (iconoscópio, orticon e similares). Nessa década foram desenvolvidos sistemas de TV em vários países e feitas experiências de campo - como nas Olimpíadas de Berlin, em 1936 - usando diferentes valores de quadros por segundo e linhas por quadro. A Inglaterra fazia transmissões regulares, com 405 linhas e 50 Hz (padrão A).

Nos EUA, as transmissões regulares com 525 linhas começaram em 1941, embora desde 1939 já houvesse transmissões experimentais, em Nova Iorque. Após a 2ª Grande Guerra a televisão norte-americana se desenvolveu, com a implantação de uma rede nacional de microondas, o que permitiu a retransmissão por estações locais dos programas das redes nacionais, como a ABC, CBS e NBC.

Em 1948, também nos EUA, a CBS propôs um sistema de TV a cores eletromecânico e incompatível com o padrão de transmissão P&B já existente. A FCC (órgão regulador das comunicações) autorizou seu uso, mas pouco depois cassou-o e instalou um comitê para a criação do sistema de TV a Cores compatível (o NTSC), cujo trabalho foi concluído em 1953, com a aprovação pela FCC do sistema que levou seu nome - NTSC - e que entrou em operação em 1954, tornando-se o pioneiro no mundo. O alto custo dos equipamentos e a instabilidade das cores em tal sistema fez com que as transmissões a cores se expandissem lentamente, chegando a um percentual elevado somente na década de 70, quando a TV a cabo já estava disseminada pelas grandes cidades americanas, contornado as falhas do sistema.

No Brasil também foram feitas experiências em TV desde a década de 30, pelo pioneiro Roquette Pinto, que havia implantado em 1923 a primeira estação de radiodifusão para o público, a Rádio Sociedade do Rio de Janeiro. Na década de 40 a Radio Nacional do Rio de Janeiro tinha planos para instalar uma estação de TV, mas a primazia coube a Assis Chateaubriand, dono da empresa jornalística Diários Associados, que inaugurou em setembro de 1950, em São Paulo, a TV Difusora (PRF-3), canal 3, e depois, em abril de 1951, a TV Tupi, canal 6, no Rio de Janeiro; em 1952 surgiria a TV Paulista, canal 5, na capital, seguindo-se as TVs Record, Excelsior e Cultura - em São Paulo - e as TVs Continental, Rio e Excelsior, no Rio de Janeiro, todas até o final da década de 50. Em 1965 surge a TV Globo, no Rio de Janeiro, e mais tarde em SP, com a aquisição da TV Paulista.

Somente no final da década de 60 é que o Brasil passou a contar com uma rede de microondas, tornando possível a formação de redes nacionais de TV. O uso do satélite data de 1969, mas o sistema doméstico (SBTS) foi implantado em 1984, levando a TV a todos os pontos do país, com o uso de estações receptoras de baixo custo, viáveis até para uma residência unifamiliar. Com o SBTS é que as redes se consolidaram, pois antes somente alguns programas eram transmitidos em rede.

Em 1967 o governo federal criou um comitê com membros da Escola Politécnica da USP e do CONTEL para definir um sistema de TV a cores para o país, o que ocorreu em 1969 com a opção pelo sistema PAL, uma variante do sistema NTSC que elimina os erros de matiz originados no trajeto do sinal - o que é importante para o Brasil pelo uso amplo de transmissão por ondas de rádio. Em março de 1972 se iniciaram as transmissões regulares a cores, antes dos demais países da América do Sul e de vários da Europa, Ásia e África.

Quadro resumo

- **séc. XIX** - dispositivos fotoelétricos e sistemas mecânicos de análise de imagens.
- **anos 20** - bases para os sistemas eletrônicos de TV.
- **anos 30** - desenvolvimento e testes, com as primeiras transmissões regulares.
- **1950** - primeira estação de tv no Brasil.
- **anos 50** - consolidação das redes nacionais nos EUA.
- **1954** - Primeiras transmissões de TV a cores compatíveis (EUA - sistema NTSC)
- **1972** - início da TV a cores no Brasil (Sistema PAL-M).

CAPÍTULO II

O SISTEMA DE TV

Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

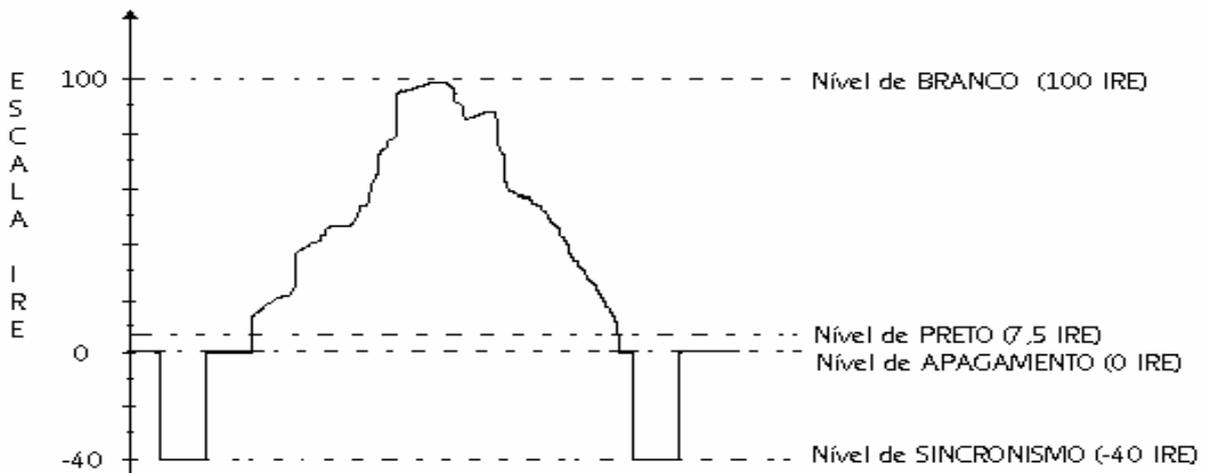
- Enunciar as características que definem um padrão de transmissão de TV.
- Enumerar os valores de tais características no padrão M.
- Identificar, gráfica e nominalmente, todos os elementos do Sinal Composto de Vídeo (SCV).
- Descrever a função de cada um desses elementos.
- Atribuir os valores do padrão M (IEEE) aos elementos do SCV.
- Calcular a resolução e a máxima frequência de vídeo de qualquer padrão de TV.
- Esboçar a forma de onda das linhas do SCV, dada a imagem.
- Esboçar a imagem de TV, dada a forma de onda do SCV.
- Esboçar a distribuição espectral do SCV.
- Distribuir graficamente as portadoras, bandas, desvios e frequências características de qualquer canal de VHF ou UHF, no padrão M, dando seus valores e tipo de modulação.
- Esboçar a forma de onda do SCV modulado em AM.
- Enunciar os critérios de compatibilidade entre sistemas de TV e padrões já estabelecidos para TV monocromática.
- Caracterizar os sistemas PAL, NTSC e SECAM.
- Esquematizar o diagrama em blocos de um codificador PAL básico.
- Enunciar as funções do codificador, de cada um de seus blocos e sinais.
- Atribuir a cada bloco e sinal sua frequência, ou faixa, e fase, quando esta couber.
- Justificar a largura de faixa do sinal de crominância.
- Descrever o processo de intercalamento espectral dos sinais de croma e luminância, justificando-o.
- Justificar o valor escolhido para subportadora de crominância.
- Caracterizar graficamente, no domínio do tempo, a modulação QAM/VSB-SC.
- Representar fasorialmente o sinal de crominância.
- Relacionar as propriedades das cores às características dos sinais.
- Montar um quadro de valores de todos os sinais do Codificador PAL, para a imagem padrão de 8 barras coloridas.
- Esboçar as formas de onda de todos os sinais do quadro.
- Desenhar o SCV completo, na escala IRE, para o padrão de 8 barras.
- Executar o diagrama fasorial correspondente à imagem de 8 barras.
- Descrever o processo de cancelamento dos erros de matiz no sistema PAL.
- Esquematizar o diagrama em blocos de um Codificador NTSC básico.
- Enumerar as funções e características (frequência, fase, forma de onda) de cada bloco e sinal do Codificador NTSC.
- Comparar criticamente os sistemas NTSC e PAL.

O SINAL COMPOSTO DE VÍDEO (SCV)

É formado pelas informações de vídeo (luminância e crominância), apagamento e sincronismo (horizontal, vertical e de cor).

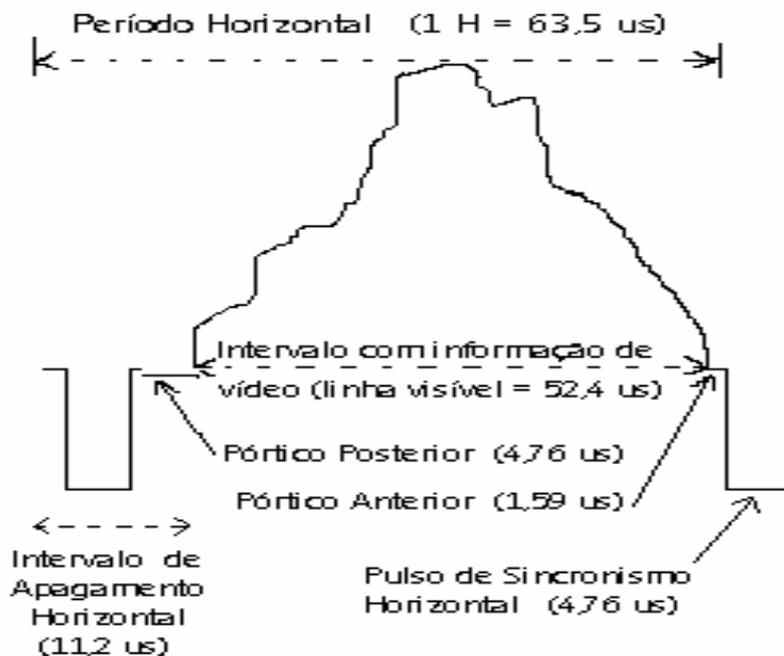
As informações de luminância, apagamento e sincronismo se diferenciam pelo nível, enquanto que as de crominância o fazem pela frequência.

Os níveis do SCV no padrão M são fixados pelo IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers) através de uma escala que leva o nome original daquela instituição: IRE (Institute of Radio Engineers). Tal escala possui 140 unidades, sendo 100 positivas, para o vídeo, e 40 negativas, para o sincronismo, ficando o apagamento em zero; o preto é fixado um pouco acima do apagamento (7,5 IRE), sendo esta diferença denominada *set-up* de preto.



Níveis característicos do Sinal Composto de Vídeo

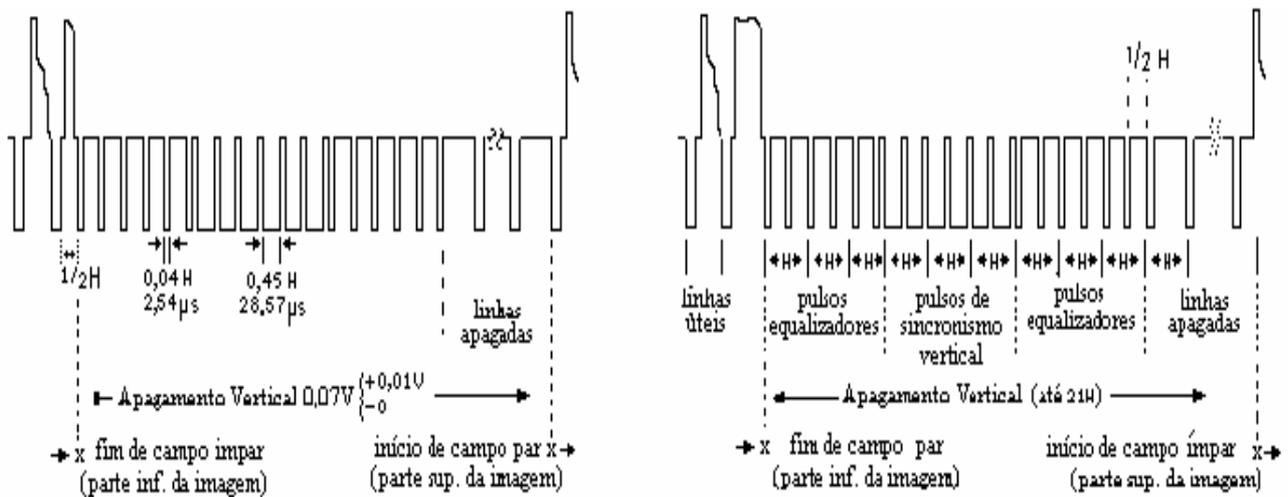
Os tempos também são padronizados, sendo toleradas pequenas variações nos pulsos, mas não nos períodos principais (Horizontal e Vertical). O período horizontal (uma linha completa) é uma referência em TV, sendo identificado por H.



Tempos característicos do Sinal Composto de Vídeo

O SCV é análogo à imagem, alternando no tempo períodos com a informação de vídeo (linha visível) e de apagamento, que contém informações de sincronismo. No apagamento horizontal há o pulso de sincronismo horizontal e o *burst* (sincronismo de cor); já no apagamento vertical há pulsos de sincronismo vertical, pulsos equalizadores e linhas apagadas, que podem trazer informações auxiliares, como legendas para deficientes auditivos (*closed caption*), videotexto e sinais de teste.

Os pulsos de sincronismo vertical, para serem reconhecidos pelo receptor, têm duração bem maior que a dos horizontais. A princípio, seria um único pulso com largura de 3 H, mas isto deixaria o horizontal sem referência durante três linhas. São enviados, então, seis pulsos com 0,45 H cada, em intervalos de $\frac{1}{2}$ H, garantindo a manutenção do sincronismo horizontal nos dois campos, já que um termina com $\frac{1}{2}$ H, enquanto o outro inicia com $\frac{1}{2}$ H. Da mesma forma, os pulsos equalizadores estão espaçados de $\frac{1}{2}$ H; sua existência é útil para o sincronismo horizontal, já que para o vertical o importante é a separação dos seus pulsos do último horizontal, para permitir a distinção entre eles pelos circuitos do televisor.



Intervalo de apagamento vertical, com seus pulsos constituintes

Quando transita entre equipamentos de vídeo em banda básica, isto é, não modulado, o SCV tem $1 V_{pp}$, correspondendo a 140 IRE.

RESOLUÇÃO DA IMAGEM e MÁXIMA FREQUÊNCIA DE LUMINÂNCIA

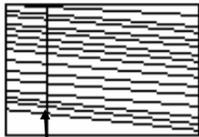
O menor elemento de imagem na direção vertical é uma linha e corresponde ao diâmetro do feixe de elétrons e seu halo. Na tela aparecem 483 linhas (21 são perdidas em cada apagamento vertical, pois ficam apagadas), mas um estudo estatístico realizado por R. D. Kell mostrou que cerca de 33% dos detalhes da imagem são perdidos por caírem nos intervalos entre linhas; daí, a resolução vertical é de cerca de 320 linhas ($483 \times 0,67$). Como o menor elemento de imagem já foi definido pelo diâmetro do feixe, pode-se facilmente concluir que, se a direção vertical contém 320 elementos, a direção horizontal, que tem $\frac{4}{3}$ daquela, contém cerca de 426 elementos. Logo, a imagem toda apresenta perto de 137 mil elementos (*pixels*).

Considerando os 426 elementos alternadamente claros e escuros e ocupando o período visível da linha ($52,4 \mu s$), cada dois elementos formam um ciclo de um sinal e duram cerca de $0,25 \mu s$, correspondendo a 4 MHz, que é a Máxima Frequência de Luminância (Vídeo). Daí o padrão M considerar esta como a frequência mais alta a ser

transmitida para oferecer boa definição de imagem (luminância), o que não impede que videodiscos e videotapes (como o S-VHS, o HI-8, o Betacam SP etc) ofereçam resolução maior através da gravação de freqüências de vídeo superiores a 4 MHz, significando considerar a resolução vertical proporcionalmente maior que as 320 linhas calculadas.

RESOLUÇÃO DA IMAGEM

RESOLUÇÃO VERTICAL



O traço vertical corta as linhas visíveis

Nº de linhas do quadro $\rightarrow 525$

Nº de linhas perdidas por quadro $\rightarrow 2 \times 21 = 42$
 [cada apagamento vertical dura $1333 \mu\text{s}$, o que equivale a 21H
 ($1333 \mu\text{s} \div 63,5 \mu\text{s} = 21$)]

Nº de linhas visíveis por quadro $\rightarrow 525 - 42 = 483$

Nº de linhas úteis por quadro $\rightarrow 483 \times 0,67 \cong 320$
 [corresponde ao nº médio de detalhes na direção vertical]

logo, **resolução vertical = 320 linhas**

RESOLUÇÃO HORIZONTAL

Considerando que o elemento de imagem é circular, ele tem as mesmas dimensões nas duas direções. Como na direção horizontal a extensão é de $4/3$ da vertical, há $320 \times 4/3 \cong 426$ elementos de imagem.

resolução horizontal = 426 elementos

RESOLUÇÃO TOTAL

É o produto da resolução nas duas direções.

resolução total @ 137 mil elementos

OBS: elemento de imagem = "pixel"

MÁXIMA FREQUÊNCIA DE LUMINÂNCIA



$\Rightarrow 213$ escuros, alternados)



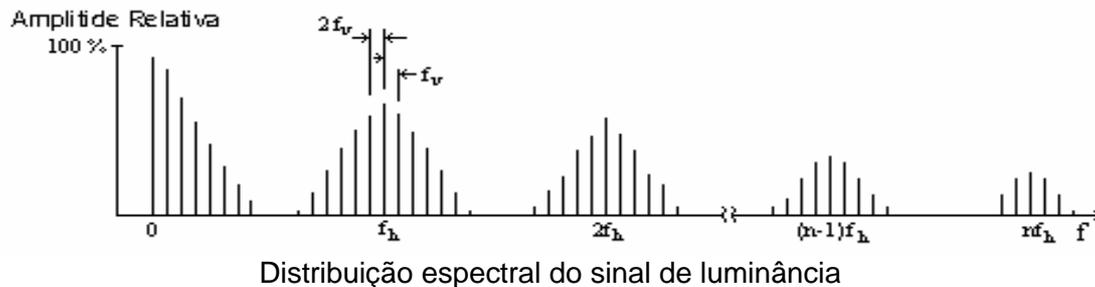
Considerando cada dois elementos como um ciclo do sinal de luminância de freqüência máxima, esta pode ser calculada.

$$T_{\min} = \frac{52,4 \mu\text{s}}{213} \cong 0,25 \mu\text{s}$$

$$f = 1/T \rightarrow F_{\max} = 1/T_{\min} \quad \mathbf{F_{\max} = 4 \text{ MHz}}$$

O ESPECTRO DO SINAL DE LUMINÂNCIA

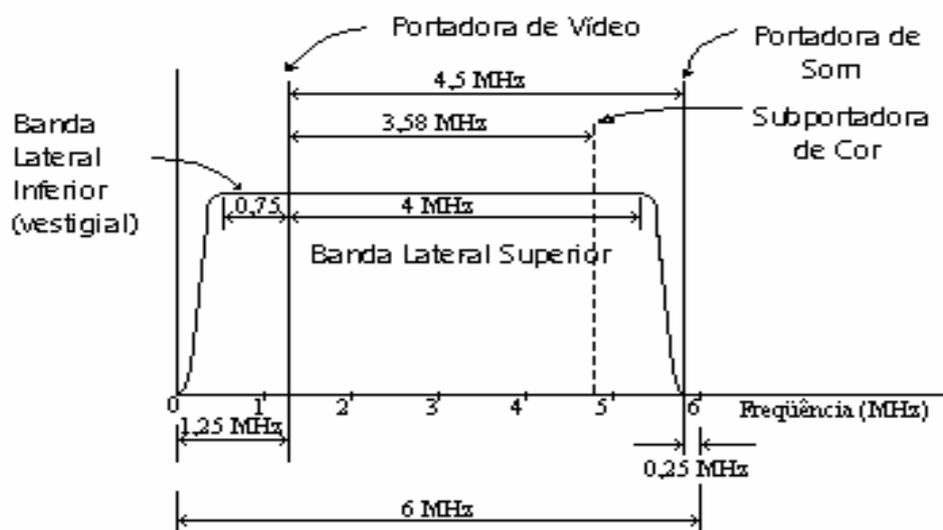
Todas as informações de vídeo são colhidas pelo processo de exploração da imagem através de linhas e campos. Esses espaços - linha visível e campo visível - podem ser comparados a 'janelas' pelas quais a informação passa, estando relacionadas as freqüências de vídeo com as 'janelas' abertas para que elas passem. Assim, não é preciso recorrer á análise matemática para justificar que as informações de luminância ocupam somente as freqüências harmônicas da freqüência horizontal (f_h) e que em torno dessas harmônicas surgem raias espaçadas entre si de f_v (freqüência vertical). Pode-se perceber que entre dois harmônicos de f_h há um intervalo nunca ocupado pela luminância.



A TRANSMISSÃO DE TV

Para ser transmitida por radiofreqüência – propagando-se pelo espaço ou por um cabo – a informação vai modulada. No padrão M, o sinal de áudio é modulado em freqüência (FM) numa portadora localizada 4,5 MHz acima da de vídeo, com um desvio máximo de 25 kHz para cada lado; já o SCV é modulado em amplitude, com a banda superior plena, correspondente à máxima freqüência de vídeo (4 MHz), e a inferior de apenas 0,75 MHz - vestigial, de modo a obter um canal menor, sem a distorção de fase que o SSB causaria à banda superior, o que seria grave para o vídeo; tal modulação denomina-se AM/VSB.

O canal de TV no padrão M tem largura de 6 MHz, acomodando as duas portadoras (aural e visual) e os intervalos de guarda.

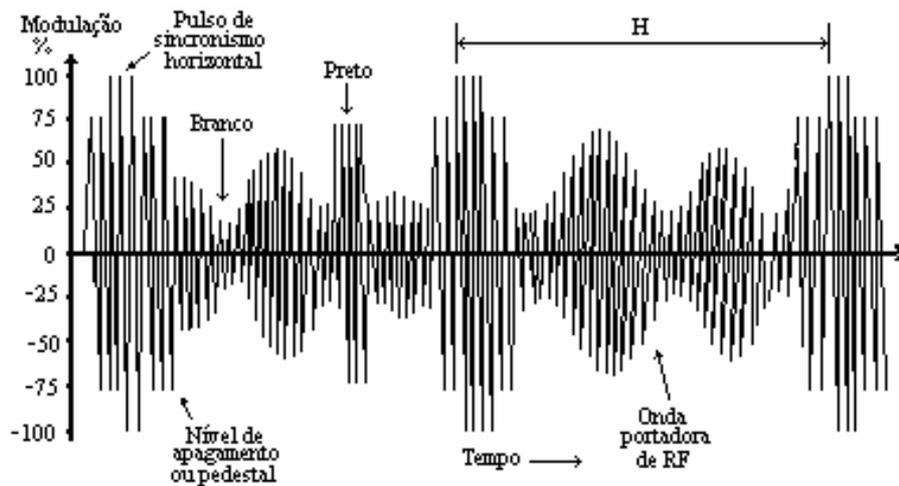


O canal de tv básico, com suas portadoras, bandas e desvios

Os canais distribuem-se nas bandas de VHF e UHF. Em VHF (Very High Frequencies) estão os canais 2 a 6 (canais baixos de VHF) e 7 a 13 (canais altos de VHF). Em UHF os canais vão do 14 ao 83, sem intervalos, porém os canais acima do 69 foram designados para outros serviços. Tal distribuição vale para a transmissão atmosférica.

Número do canal	Faixa de frequência (MHz)	Número do canal	Faixa de frequência (MHz)
1	-	42	638-644
2	54-60	43	644-650
3	60-66	44	650-656
4	66-72	45	656-662
5	76-82	46	662-668
6	82-88	47	668-674
7	174-180	48	674-680
8	180-186	49	680-686
9	186-192	50	686-692
10	192-198	51	692-698
11	198-204	52	698-704
12	204-210	53	704-710
13	210-216	54	710-716
14	470-476	55	716-722
15	476-482	56	722-728
16	482-488	57	728-734
17	488-494	58	734-740
18	494-500	59	740-746
19	500-506	60	746-752
20	506-512	61	752-758
21	512-518	62	758-764
22	518-524	63	764-770
23	524-530	64	770-776
24	530-536	65	776-782
25	536-542	66	782-788
26	542-548	67	788-794
27	548-554	68	794-800
28	554-560	69	800-806
29	560-566	70	806-812
30	566-572	71	812-818
31	572-578	72	818-824
32	578-584	73	824-830
33	584-590	74	830-836
34	590-596	75	836-842
35	596-602	76	842-848
36	602-608	77	848-854
37	608-614	78	854-860
38	614-620	79	860-866
39	620-626	80	866-872
40	626-632	81	872-878
41	632-638	82	878-884
		83	884-890

O SCV, quando está modulado, tem polaridade oposta àquela adotada para o trânsito em banda básica, ficando o sincronismo no pico da modulação (100%), o apagamento em 75% e o branco em 12,5%. A transmissão nessa forma, chamada de negativa, visa à economia de potência no transmissor, pois os níveis mais altos - 75 a 100% - duram muito pouco tempo. O nível mínimo transmitido não pode ser zero, para que sempre esteja presente a portadora de vídeo, de modo a permitir, no receptor, seu batimento com a de áudio, originando a chamada interportadora de som (4,5 MHz), a qual torna a demodulação do som pouco sensível a variações na sintonia.

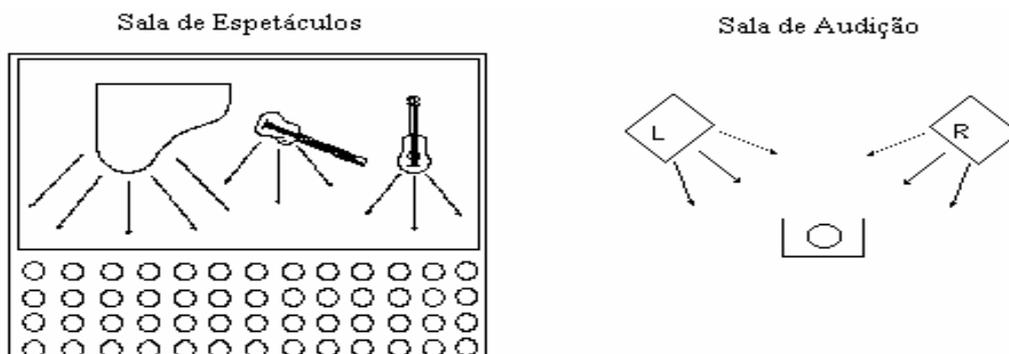


Forma de onda do sinal de vídeo modulado, com os níveis de modulação característicos

SOM ESTÉREO EM TV

A estereofonia consiste em reproduzir sons (música, voz, efeitos...) através de dois canais de áudio, o esquerdo e o direito, posicionados dessa forma em relação ao espectador, de modo a dar a ele a impressão de que está em frente à fonte sonora, podendo perceber sua posição.

Os sons podem ser captados, ao vivo, através de dois microfones, formando entre si um ângulo de 90° , posicionados diante do conjunto de fontes, que pode ser uma orquestra, ou por meio de microfones posicionados diante de cada fonte (instrumentos da orquestra, cantor...), cujos sinais são *mixados* para os dois canais. Nas gravações de estúdio, podem ser gravadas separadamente partes da orquestra, o cantor e efeitos, fazendo-se posteriormente a *mixagem*.

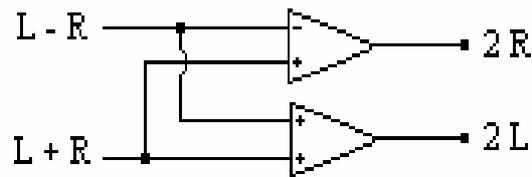


Audição ao vivo, em uma sala de espetáculos, e do material gravado em estereofonia

Em 1987 o Brasil adotou o sistema americano BTSC para a transmissão de TV em estéreo. Tal sistema é muito parecido com utilizado no rádio FM, diferindo basicamente nos valores de frequência.

Para haver compatibilidade com os receptores já em uso, os canais esquerdo (L) e direito (R) são somados ($L + R$) e modulam normalmente a portadora de som; a diferença entre eles ($L - R$) é modulada numa subportadora, em AM/DSB-SC, de frequência igual a $2f_h$, portanto inaudível, que por sua vez também modula a portadora principal.

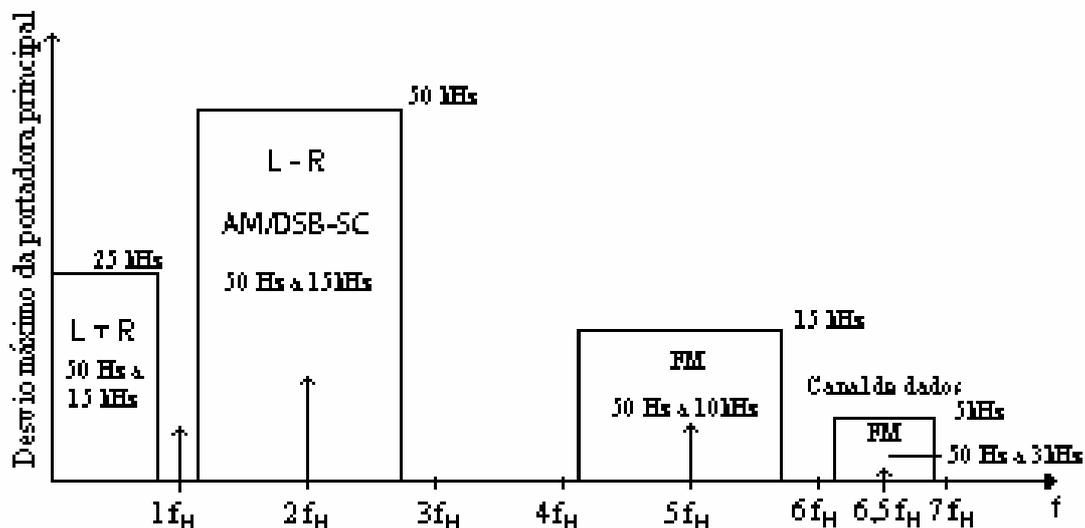
No receptor estereofônico, após a primeira demodulação em FM, ocorre uma segunda demodulação - da subportadora, ficando disponíveis os sinais $L + R$ e $L - R$, que, após matizados, fornecem L e R originais.



Decodificação do Som Estereofônico após a demodulação

Podem ser transmitidas mais duas subportadoras, estas em FM. Uma delas, em $6,5 f_h$, pode carregar dados, enquanto que outra, em $5 f_h$, pode levar áudio, tal como o som original de um filme dublado, sendo chamada de SAP (*Second Audio Program*). No receptor, o usuário escolhe entre o som estéreo e o SAP (mono), quando este último existe.

Deve ser ressaltado que após a adoção da TV a cores no Brasil, a frequência horizontal passou de 15750 Hz para 15734,26 Hz.

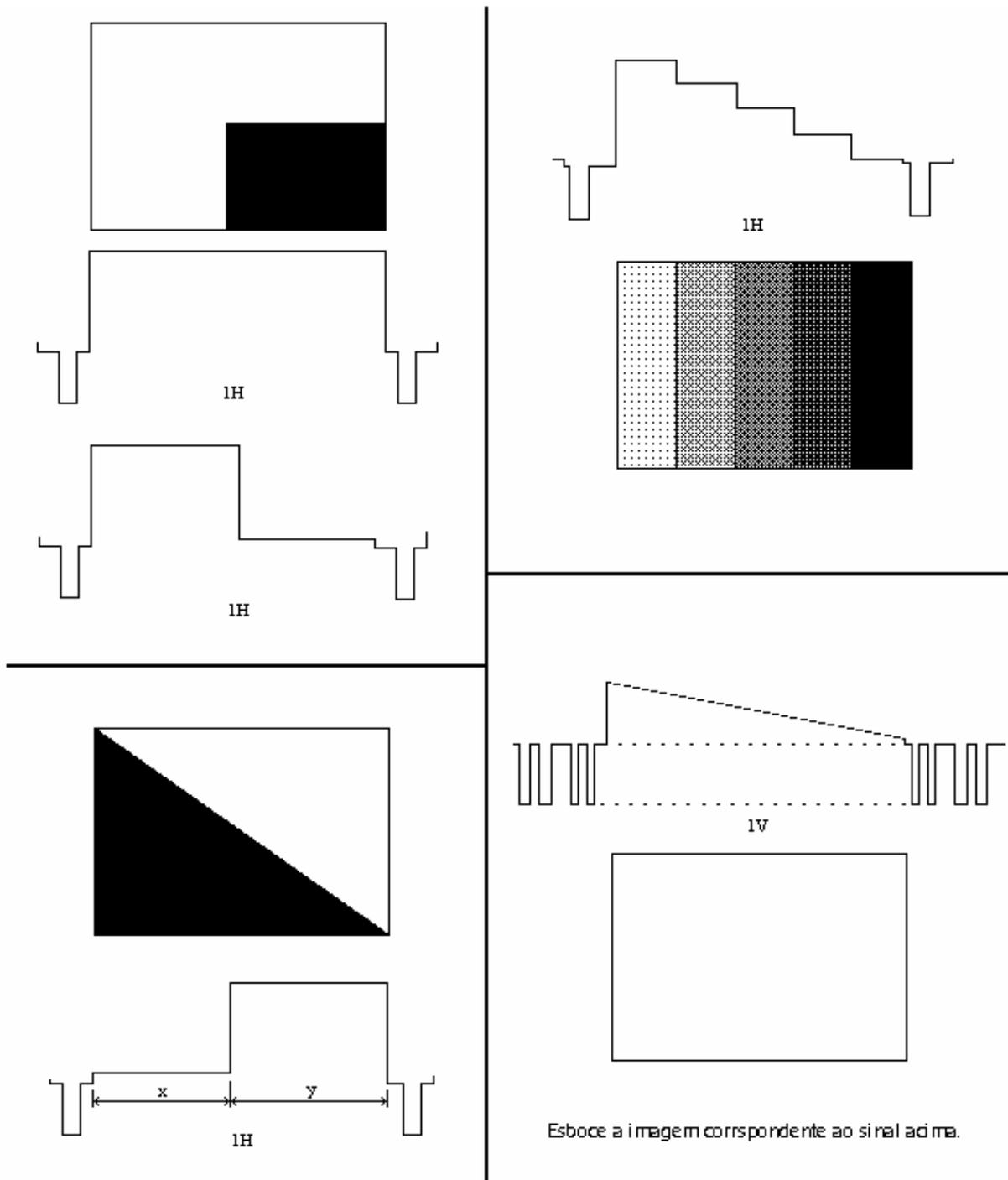


Espectro do Sinal de Áudio Estereofônico modulado segundo a Norma BTSC

Os equipamentos de DVD e *videotape* com som estereofônico não são capazes, normalmente, de realizar a modulação descrita acima; assim, para reproduzir em estéreo, necessitam ser ligados a um televisor com entrada de áudio ou a um amplificador externo (*home-theater*).

RELAÇÃO ENTRE IMAGEM E SCV

Como já foi exposto, o sinal de luminância presente no SCV está diretamente relacionado ao brilho da cena. Com imagens estáticas, tais como as de teste, é possível esboçar a forma de onda de cada linha e de cada campo, bem como, observando-se as formas de onda em alguns casos, é possível esboçar a imagem. Tal relação é útil para a avaliação do desempenho de circuitos de vídeo e da qualidade de um sinal.



Acima e à esquerda, a imagem possui dois tipos de linhas: a primeira é totalmente branca, na metade superior da tela, e a segunda é parte branca, parte preta, na metade inferior da tela; portanto, há dois tipos de sinal de linhas.

Abaixo e à esquerda, cada linha é diferente da outra, gerando sinais distintos, que iniciam no nível de preto e passam ao branco, cada um em um ponto diferente.

Acima e à direita, a imagem é dividida em barras verticais, que variam do branco ao preto, passando por cinzas. Todas as linhas são idênticas, com cinco níveis de sinal.

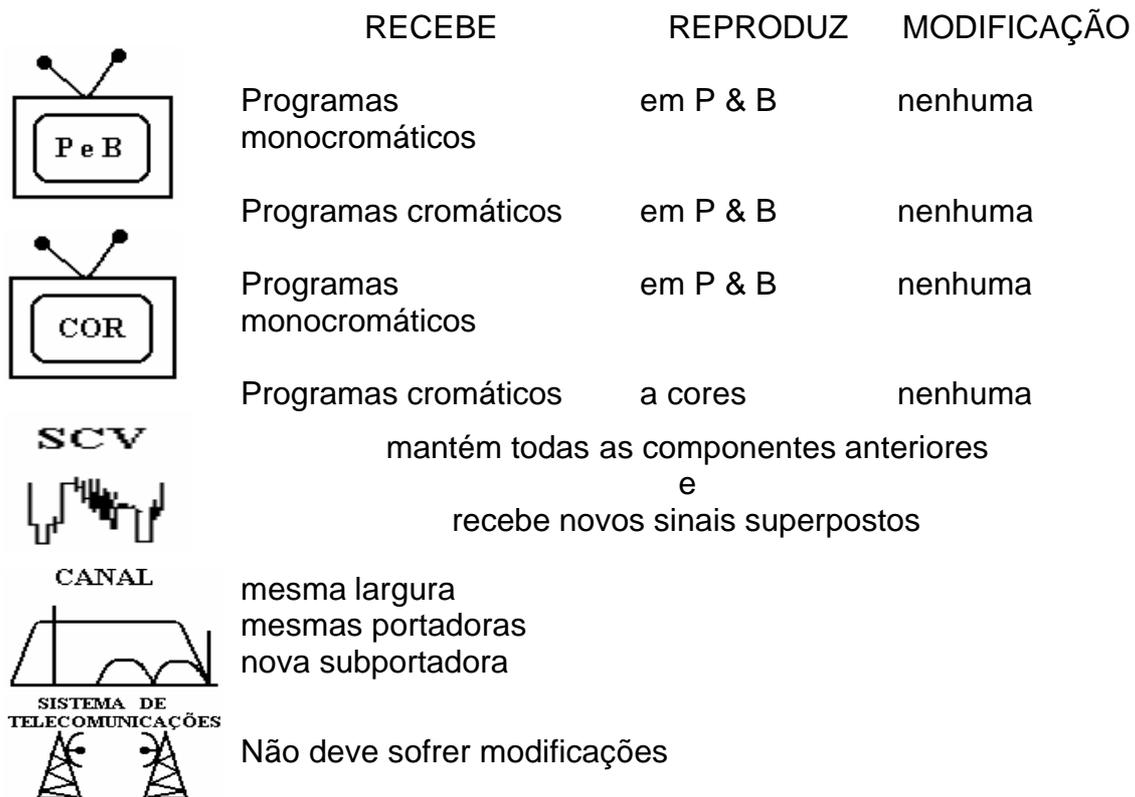
Abaixo e à direita, vê-se a forma de onda de um campo, cuja imagem deve ser representada pelo leitor, como exercício.

A TV A CORES E A COMPATIBILIDADE

Na maioria dos países, quando a TV a cores foi implantada já havia a TV monocromática. Era importante, por razões econômicas, que os proprietários de receptores monocromáticos pudessem receber – em “preto e branco”, naturalmente – as transmissões cromáticas, bem como aqueles que adquirissem receptores a cores pudessem receber as estações que ainda operassem em “P & B”. A isto se chama compatibilidade e ocorre com os três sistemas em uso no mundo: NTSC, PAL e SECAM.

Era preciso também que os sistemas de telecomunicações já existentes pudessem suportar o trânsito de sinais de TVC sem alterações significativas.

Pelo exposto, o canal de TV continuou com a mesma largura, bem como foram mantidos os mesmos sinais e pulsos pertinentes ao SCV.



Critérios de compatibilidade entre o sistema de tv a cores e o padrão de tv já adotado

OS SINAIS DE TV A CORES

Pelo comportamento já conhecido do olho humano, é possível reproduzir uma extensa gama de cores a partir da combinação de apenas três luzes: vermelha (R), verde (G) e azul (B). Assim funciona a TV a cores: a imagem tem essas três componentes primárias separadas dentro da câmera, cada uma analisada por um captador (tubo ou CCD), gerando os sinais E_R , E_G e E_B , com banda de, no mínimo, 4 MHz cada (na verdade ela é de 7 ou mesmo 10 MHz) e varreduras idênticas. Tais sinais, porém, não podem ser transmitidos no canal padrão de 6 MHz.

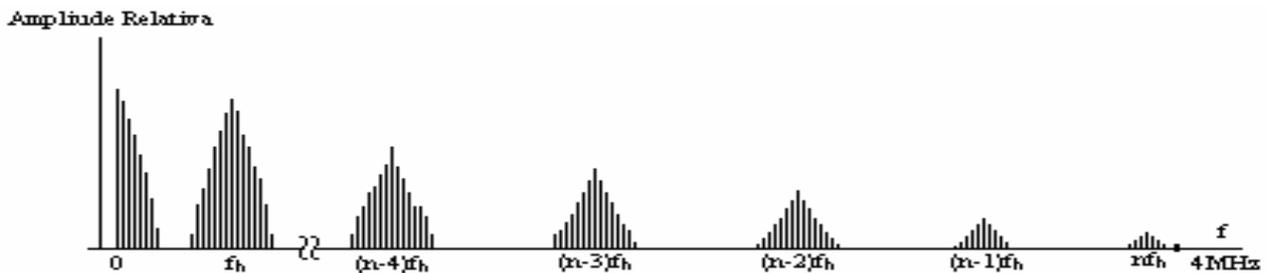
Para garantir a compatibilidade, obtém-se e transmite-se o sinal Y (luminância), pela equação: $Y = 0,30 E_R + 0,59 E_G + 0,11 E_B$. Resta transmitir a cromaticidade (matiz e saturação), que pode ser expressa por $E_R - Y$, $E_G - Y$ e $E_B - Y$.

A transmissão dos três sinais de cromaticidade é redundante, pois com a conhecida relação entre as primárias e a luminância e a obrigatória transmissão desta,

A CODIFICAÇÃO DOS SINAIS DIFERENÇA DE COR

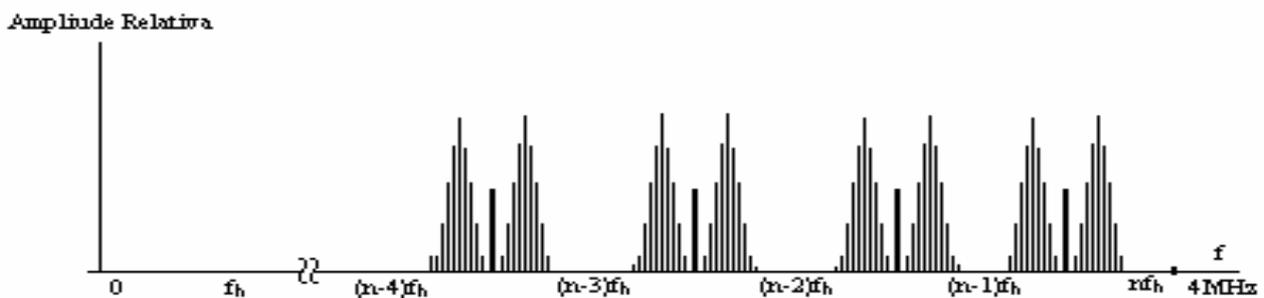
Pelas condições impostas para haver compatibilidade, o canal de TV permanece com a mesma largura, a qual é totalmente ocupada pelos sinais de som, imagem e pequenas bandas de guarda; como, então, alocar estes dois novos sinais, R-Y e B-Y, cada um com 1,3 MHz?

A análise do espectro do sinal de luminância mostra que este é ocupado somente em torno das freqüências harmônicas da horizontal (f_h) e que suas componentes têm, tipicamente, amplitude decrescente com a freqüência. Sobram livres as freqüências harmônicas ímpares de $f_h/2$ ou de $f_h/4$, correspondentes, por exemplo, a $1,5 f_h$, $2,5 f_h$ etc ou a $1,25 f_h$, $1,75 f_h$ etc, respectivamente.

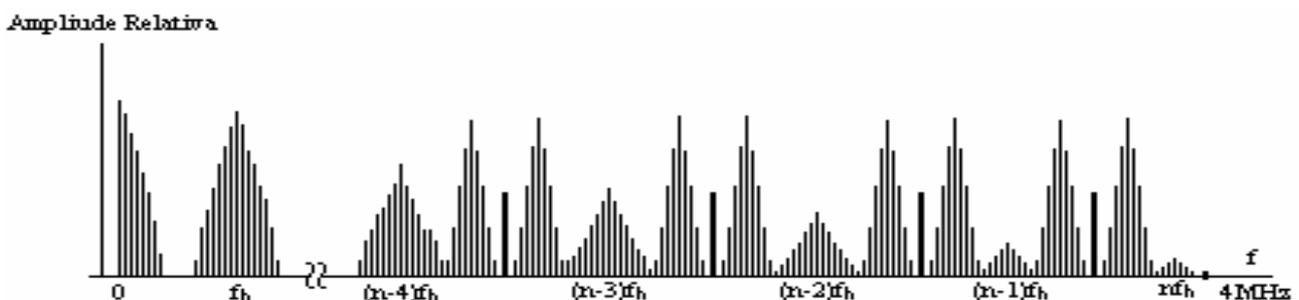


Espectro da Luminância

Se os sinais diferença de cor forem modulados numa subportadora que seja um harmônico ímpar de $f_h/2$ ou de $f_h/4$, o espectro resultante dessa modulação (bandas) também ocupará tais harmônicos, intercalando-se com o espectro da luminância e não destruindo suas componentes.



Espectro da Crominância no Sistema PAL



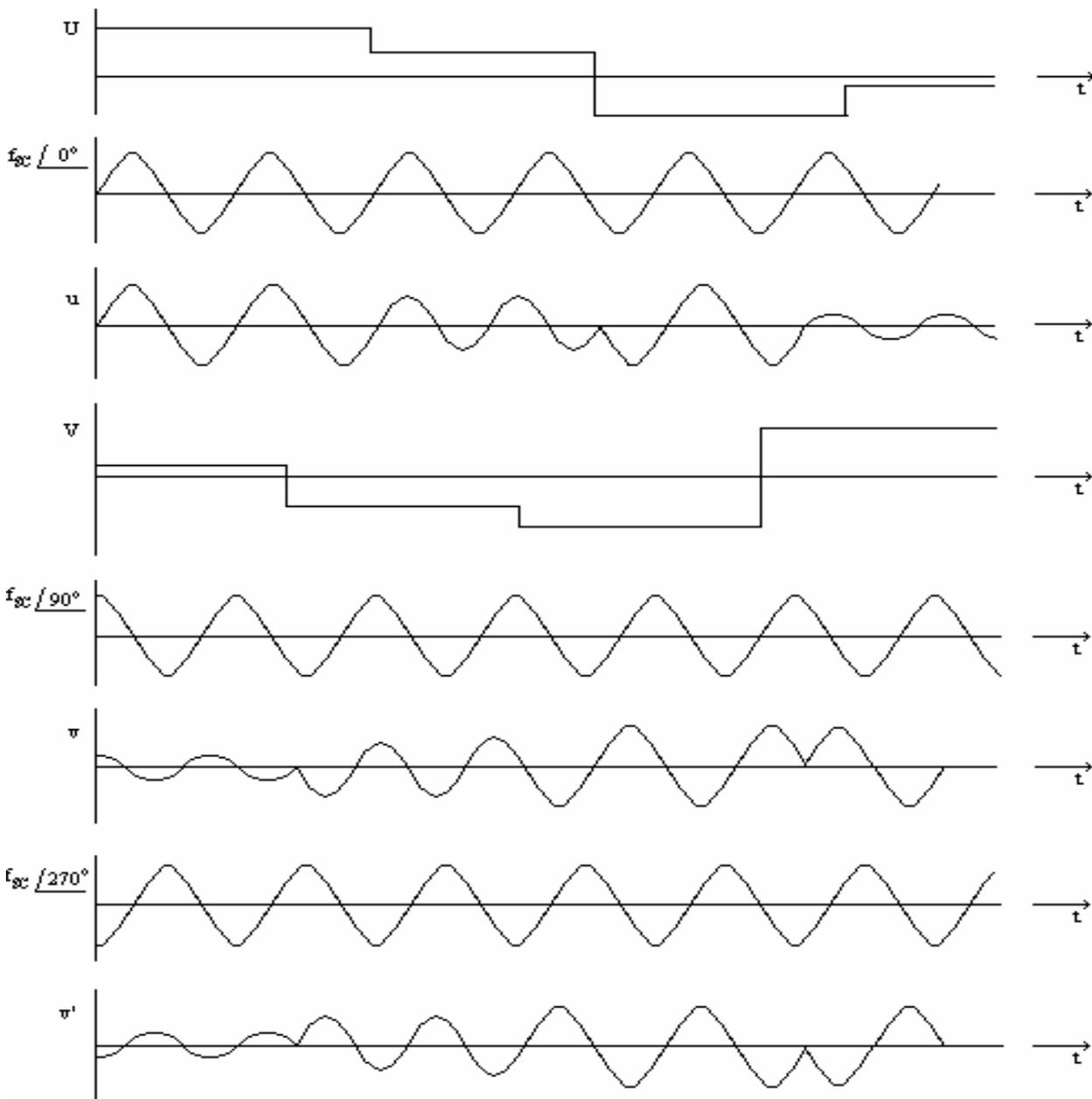
Espectros de Luminância e Crominância superpostos (sistema PAL)

Para enviar dois sinais na mesma subportadora, utiliza-se a técnica QAM – *Quadrature Amplitude Modulation*, que consiste em usar duas subportadoras de mesma freqüência, com defasagem de 90° . Nesse caso, quando um dos sinais resultantes da modulação estiver passando por um zero, o outro estará passando por um máximo,

positivo ou negativo, e vice-versa, podendo-se recuperar qualquer um dos sinais modulantes originais pela amostragem dos picos do sinal modulado.

Antes de serem modulados, os sinais diferença de cor, no sistema PAL, sofrem uma redução de amplitude e recebem nova denominação. Os novos sinais são U e V, sendo $U = 0,493 (E_B - Y)$ e $V = 0,877 (E_R - Y)$.

O sinal U é modulado na subportadora de cor (f_{SC}) que tem fase 0° , enquanto V é modulado na subportadora que tem fase 90° e 270° . Esta última sofre uma inversão de fase linha a linha, ou seja, tem fase 90° em uma linha e 270° na linha consecutiva no tempo, voltando a 90° e assim por diante. Tal inversão é que dá nome ao sistema PAL (*Phase Alternation by Line*) e lhe confere imunidade às variações de matiz, comuns ao sistema americano NTSC, do qual se originou.



Sinais diferença de cor modulados nas subportadoras de mesma frequência e diferentes fases

ESCOLHA DA SUBPORTADORA DE COR (f_{sc})

A condição essencial para escolha da frequência da subportadora de cor é a possibilidade de ser transmitida, com as bandas resultantes de sua modulação, dentro da faixa do sinal de luminância, sem causar interferência destrutiva, ou seja, sem que suas componentes se somem, resultando num novo sinal, que não é representativo de nenhuma das duas informações originais (Y e C). Para isso, o sistema NTSC escolheu um harmônica ímpar de $f_h/2$. O sistema PAL, entretanto, já apresenta componentes nas harmônicas ímpares de $f_h/2$, resultantes da inversão de fase, linha a linha, do sinal v (um ciclo, ou seja, uma variação positiva e uma negativa, se completa a cada duas linhas, que é metade de f_h); assim, foi escolhido um harmônico ímpar de $f_h/4$.

A condição secundária é que o novo sinal cause interferências na imagem - por superposição - de baixa visibilidade. Para isto, a f_{sc} deve ocupar um harmônico de ordem elevada, pois as altas frequências geram detalhes finos, menos visíveis, e se julgar-se necessário filtrar essa parte do sinal de luminância, que é compartilhada com a croma, o espectador não perderá muita informação.

A escolha de f_{sc} recaiu no harmônico 909 de $f_h/4$, dando a frequência de 3,57561149 MHz, para o sistema PAL-M, que é citada, normalmente, como 3,58 MHz.

Vale ressaltar que após a introdução da TV a cores, o padrão M teve suas frequências de varredura ligeiramente alteradas, passando a 15.734,264 Hz para f_h e 59,94 Hz para f_v , o que em nada compromete os televisores monocromáticos.

Subportadora de Cor (f_{sc})

Condição para o intercalamento → harmônico ímpar de $f_h/2$ (NTSC) ou de $f_h/4$ (PAL)

Condição para baixa visibilidade da interferência → harmônico de ordem elevada

Em PAL-M → $f_{sc} = 909 f_h/4$ → **$f_{sc} = 3,57561149$ MHz**

Obs: $f_h = 15.734,264$ Hz $f_v = 59,94$ Hz

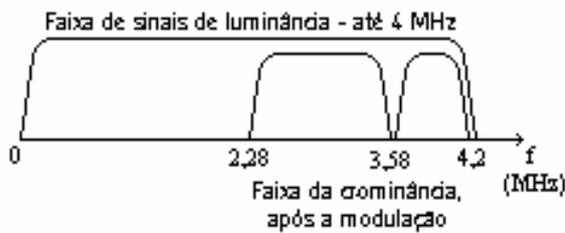
O SINAL DE CROMA (C, C*)

Pela técnica QAM, é possível transmitir os dois sinais de cromaticidade (U e V) na mesma frequência, em portadoras defasadas de 90° entre si. Para diminuir ainda mais interferência visual é usada a técnica da modulação produto (SC, em inglês, para *supressed carrier* ou portadora suprimida), na qual o sinal resultante é o produto da modulante pela portadora, só existindo transmissão quando há informação.

$$C = U(t) \cdot \text{sen}(2\pi f_{sc} \cdot t) + V(t) \cdot \text{cos}(2\pi f_{sc} \cdot t)$$

$$C^* = U(t) \cdot \text{sen}(2\pi f_{sc} \cdot t) - V(t) \cdot \text{cos}(2\pi f_{sc} \cdot t)$$

Como resultado da modulação de f_{sc} ($\cong 3,58$ MHz) por sinais com bandas de 1,3 MHz, seria gerada uma banda superior até 4,88 MHz, muito embora a faixa de luminância tenha seu ponto de -3dB em 4,2 MHz. Para atender a tal limite, a banda superior da croma é vestigial. Assim, o processo de modulação da croma é expresso como QAM/VSB-SC.



Croma modulada e luminância não modulada

Canal de tv incluindo a croma

O sinal U modulado em $f_{SC} / 0^\circ$ é expresso como u ; o sinal V modulado em $f_{SC} / 90^\circ$ é expresso como v e modulado em $f_{SC} / 270^\circ$ é expresso como v' .

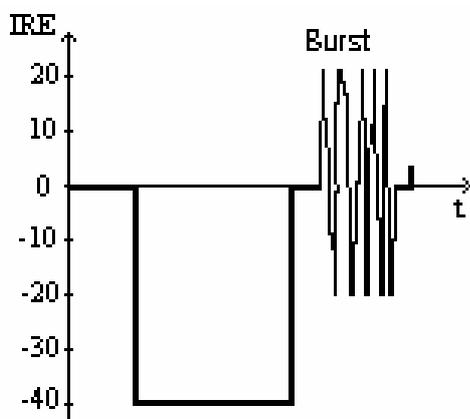
O sinal incorporado ao SCV é a soma desses dois sinais (u e v ou n e v') e denomina-se Sinal de Croma ou Sinal de Crominância, sendo representado por C para linhas onde há v e por C^* para linhas onde há v' .

As linhas de imagem que carregam C são chamadas de linhas NTSC, apenas por analogia ao sistema americano, no qual não há inversão de fase linha a linha. Já as linhas que carregam C^* , ou seja, aquelas que carregam v' (v invertido) são chamadas de linhas PAL, ou simplesmente de linhas invertidas (o termo refere-se somente ao sinal de croma).

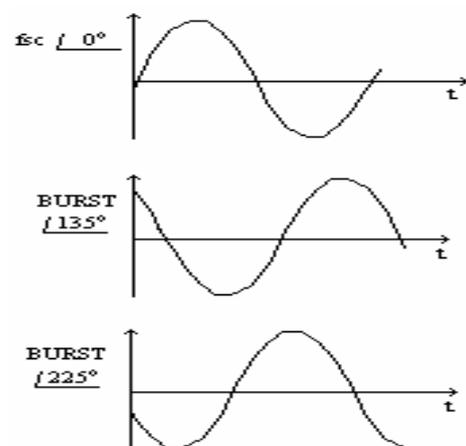
O SINAL DE SINCRONISMO DE COR (BURST)

A demodulação produto exige a reinserção da portadora, que foi “suprimida” na transmissão (no caso, f_{SC}). Como se trata de modulação QAM, a fase da portadora reinserida deve ser a mesma fase da usada na modulação do sinal que se deseja recuperar.

Para assegurar a exatidão da frequência e da fase da f_{SC} recriada no receptor, é enviada uma amostra da subportadora original, na forma de 9 ciclos (± 1) inseridos no póstico posterior do apagamento horizontal. Em se tratando do sistema PAL, essa amostra, chamada *Burst* (salva, em inglês), tem fase 135° nas linhas “NTSC” e 225° nas linhas “PAL”, o que permite ao receptor identificar o tipo de linha que se segue e fazer sua correta demodulação de crominância.



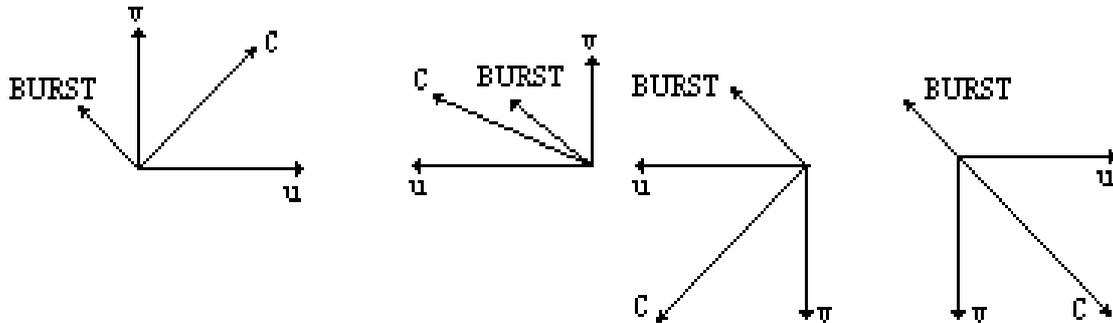
O BURST no pedestal de apagamento



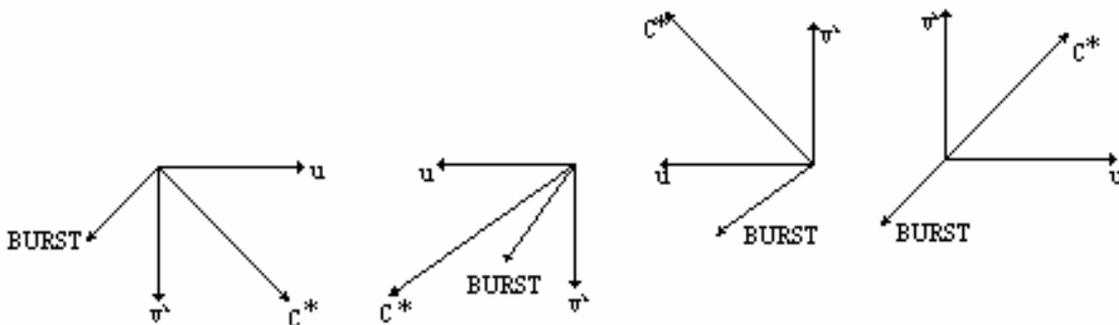
Detalhe da fase do BURST

REPRESENTAÇÃO FASORIAL DO SINAL DE CROMINÂNCIA

O fasor de cromaticidade é a resultante instantânea dos sinais u e v ou u e v' . Tal resultante pode cair em qualquer quadrante, pois os sinais modulantes U e V podem ser positivos ou negativos, dependendo do matiz que representam. Além disso, no sistema PAL ocorre a inversão proposital de fase, o que leva um fasor originalmente no 1º quadrante para o 4º quadrante, um no 2º quadrante para o 3º e vice-versa. A fase do Burst indica se o fasor é C ou C^* .



Representação fasorial de linhas "NTSC" (sem inversão proposital de fase)



Representação fasorial de linhas "PAL" (com inversão de fase proposital)

Como o sinal C (C^*) traz as informações de cromaticidade, pode-se facilmente visualizá-las na representação fasorial. A amplitude do fasor representa a SATURAÇÃO e seu ângulo de fase, o MATIZ.



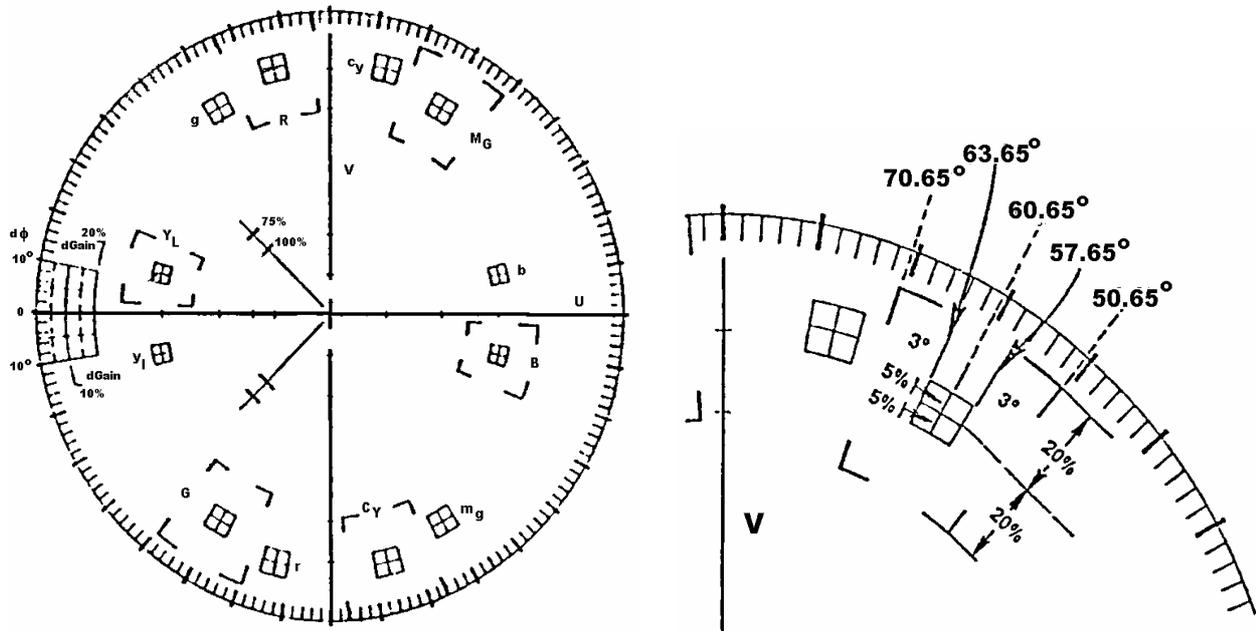
AMPLITUDE (módulo de C) → SATURAÇÃO

FASE (ϕ) → MATIZ

No 1º quadrante encontram-se os matizes de magenta, no 2º os matizes de vermelho a alaranjado, no 3º os matizes de amarelo a verde e no 4º quadrante os matizes de turquesa a azul.

Um instrumento eletrônico chamado **Vectorscope** (Vetorscópio) apresenta em sua tela os fasores de cromaticidade, incluindo o Burst. A tela está calibrada em coordenadas polares que representam os ângulos de fase do sinal de cromaticidade e contém divisões radiais, para medição da amplitude do mesmo sinal; ela também contém marcações para

as cores primárias (R, G e B) e complementares (Ye, Mg e Cy), com limites de tolerância de amplitude e fase. Este aparelho é especialmente indicado para ser usado com o sinal de 8 barras a cores, que pode ser transmitido antes do início da programação de uma estação, mas principalmente que é gravado ao início de qualquer arquivo ou fita de vídeo, para aferir sua qualidade ou ajustar seu sinal. Através deste instrumento pode-se avaliar seguramente, e corrigir se necessário, a crominância de um sinal de vídeo.



A tela de um *Vectorscope* para o sistema PAL-M, à esquerda, e detalhe, à direita, mostrando os limites de tolerância de fase ($d\phi$) e de amplitude ($dGain$) dos fasores de crominância (no exemplo, o do magenta).

CORREÇÃO DOS ERROS DE MATIZ

A fase do sinal de crominância, referenciada ao Burst, traduz o matiz da cor transmitida. Se, durante a propagação do sinal, ocorrer algum distúrbio (tipicamente, a chegada ao receptor de ecos, ou seja, sinais múltiplos, atrasados em relação ao principal) que altere tal relação de fase, o matiz reproduzido será incorreto. O sistema NTSC é bastante vulnerável a esse problema, hoje parcialmente contornado com as transmissões por cabo.

O sistema PAL foi desenvolvido a partir do NTSC, buscando solucionar a alteração indevida dos matizes. A solução é extremamente simples e consiste em inverter a fase da portadora em que é modulado o sinal V, entre 90° e 270° , linha a linha. Tem como pressuposto que pontos homólogos de linhas sucessivas no tempo (isto é, pontos sucessivos alinhados na direção vertical), têm o mesmo matiz, se as linhas forem tomadas em pares.

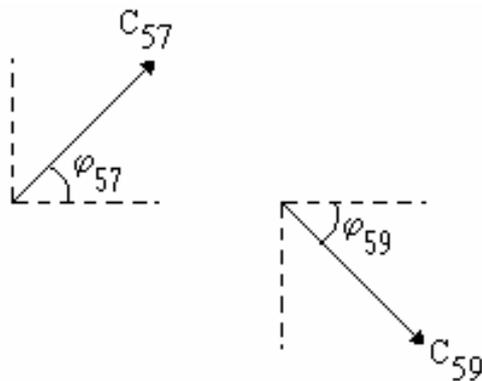
Todo o receptor PAL desinverte as linhas PAL antes de enviá-las para a tela. Se o aparelho contiver linha de retardo de crominância, o que ocorre com todos os que são fabricados no Brasil, também é feita a média eletrônica entre o sinal de croma de duas linhas sucessivas no tempo e o resultado é que vai para a tela. Se houver erro de fase, este será o mesmo em todas as linhas e fica cancelado pela média.

Por exemplo, se a fase correta for de 30° , na linha PAL (invertida) essa fase, também correta, será de 330° (ou -30°). Supondo, agora, um atraso de 5° , a linha NTSC

ficará com $30^\circ - 5^\circ = 25^\circ$, enquanto que a linha PAL ficará com $330^\circ - 5^\circ = 325^\circ$ (ou -35°). Ao ser desinvertida, a linha PAL ficará com 35° , enquanto que a NTSC estará com 25° ; a média entre elas dará os 30° originais.

Se o receptor não contiver LINHA DE RETARDO DE CROMINÂNCIA, os matizes irão incorretos para a tela ($+5^\circ$ e -5°), cabendo ao olho fazer a média, o que consegue até o limite de 5° ; a partir desse valor, a diferença entre os matizes torna-se perceptível, originando o efeito visual denominado de BARRAS DE HANNOVER.

Transmissão

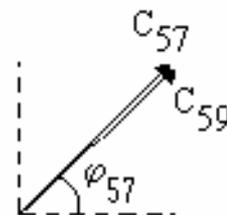
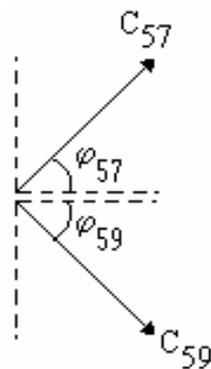


$$|\varphi_{57}| = |\varphi_{59}|$$

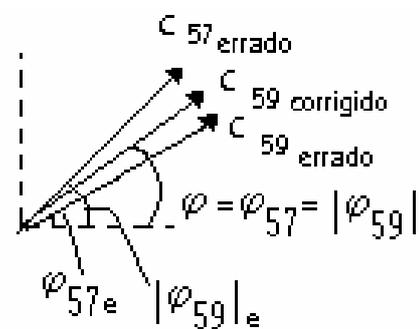
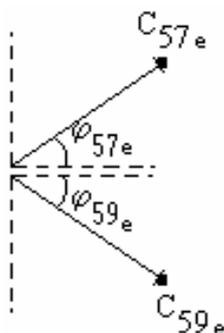
Recepção

Reprodução

Sem erro de matiz



Com erro de matiz

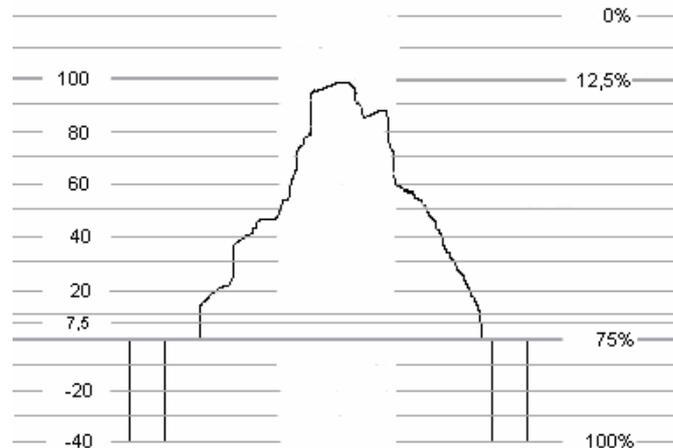


Exemplo de **Cancelamento dos Erros de Matiz no Sistema PAL**, para duas linhas sucessivas no tempo (57 e 59), de mesma cromaticidade.

A IMAGEM PADRÃO DE 8 BARRAS

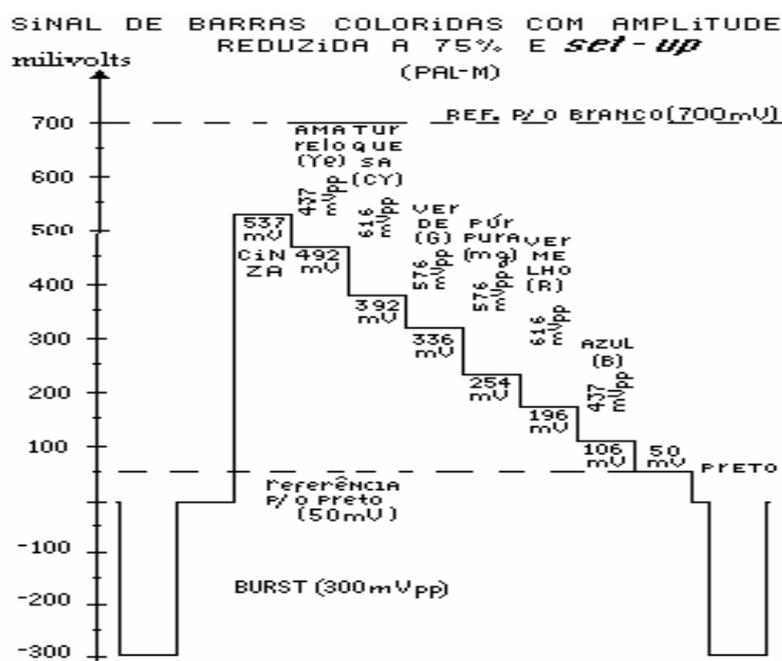
Essa imagem, já mencionada anteriormente, tem larga aplicação, pois fornece formas de onda bem definidas, que podem ser usadas para verificar o funcionamento de circuitos e para determinar a qualidade do sinal gravado ou recebido.

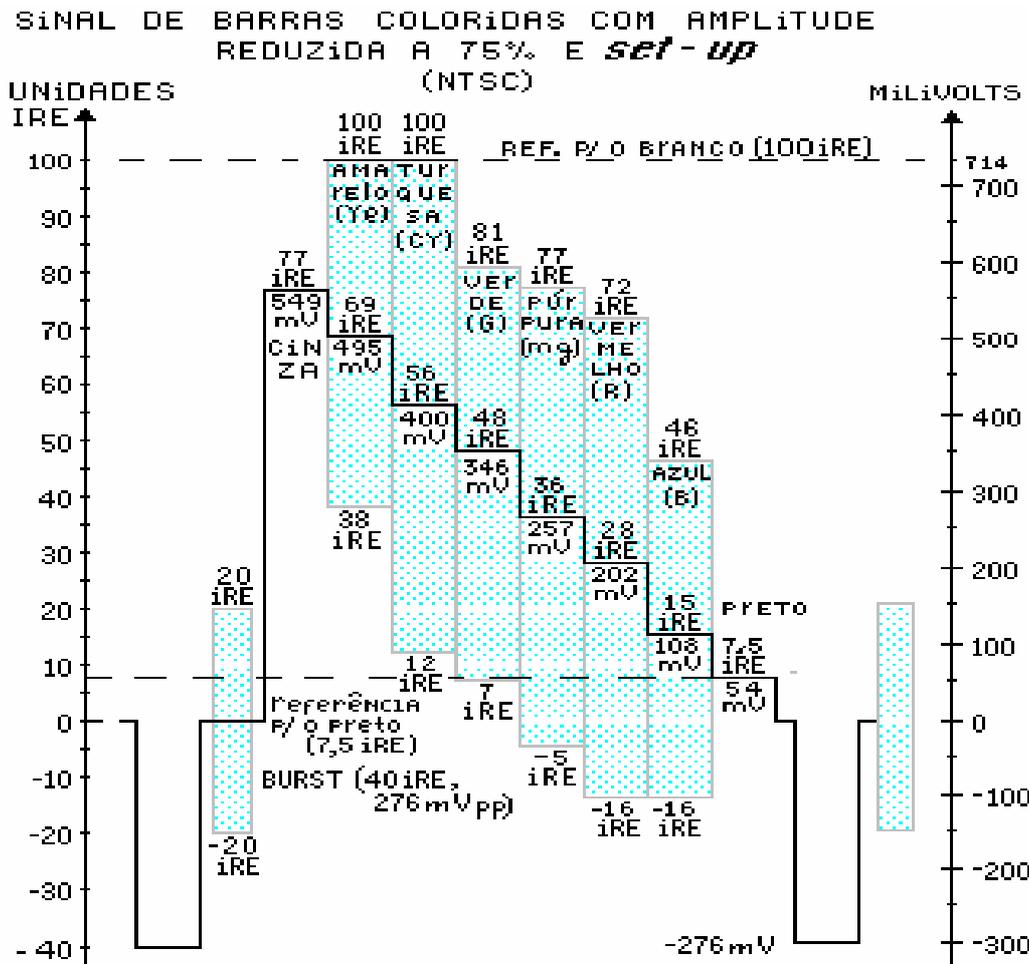
Nos estúdios e nas estações de TV existe um instrumento chamado *Waveform Monitor* (Monitor de Forma de Onda), que é um osciloscópio dedicado aos sinais de vídeo, o qual permite observar linhas e campos do SCV na escala IRE, para os sinais NTSC, ou em milivolts, para os sinais PAL-M, possibilitando medidas acuradas nas formas de onda.



Tela do *Waveform Monitor*, graduada em unidades IRE, à esquerda, e em percentual de modulação, à direita.

A imagem de 8 barras pode ter as cores primárias com 100% ou 75% de amplitude, sendo mais usado esse último valor, por limitar a excursão positiva do SCV a 100 IRE. Para efeitos didáticos, com o objetivo de facilitar os cálculos, costuma-se considerar o brilho máximo (100%) para as primárias, o que faz o SCV chegar a 133 IRE, após somar a croma à luminância.





Representação do SCV nas escalas padronizadas de milivolts e IRE

O conhecimento da forma de onda completa do SCV produzido pela imagem de 8 barras, bem como das componentes separadas e dos sinais intermediários que permitem sua geração, facilita muito o acompanhamento de sinais em equipamentos de vídeo, quando é aplicada tal imagem de prova.

Como exercício, propõe-se a análise completa da imagem padrão de 8 barras, com 100% de saturação e 100% de brilho, preenchendo o quadro de valores e esboçando as formas de onda iniciais, intermediárias e a do SCV completo, na escala IRE.

A IMAGEM DE 8 BARRAS

Branco	Amarelo	Turquesa	Verde	Magenta	Vermelho	Azul	Preto
--------	---------	----------	-------	---------	----------	------	-------

- primárias com máximo brilho
- cores 100% saturadas

Complete o quadro:

BARRA	R	G	B	Y	B - Y	R - Y	U	V	$\frac{1}{2}C^{1/2}$	j
Branca	1	1	1	1	0	0	0	0	0	-
Amarela	1	1	0	0,89	-0,89	0,11	-0,439	0,096	0,449	167°
Turquesa										
Verde										
Magenta										
Vermelha										
Azul										
Preta										

Formulário

$$Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$$

$$V = 0,877 (R - Y)$$

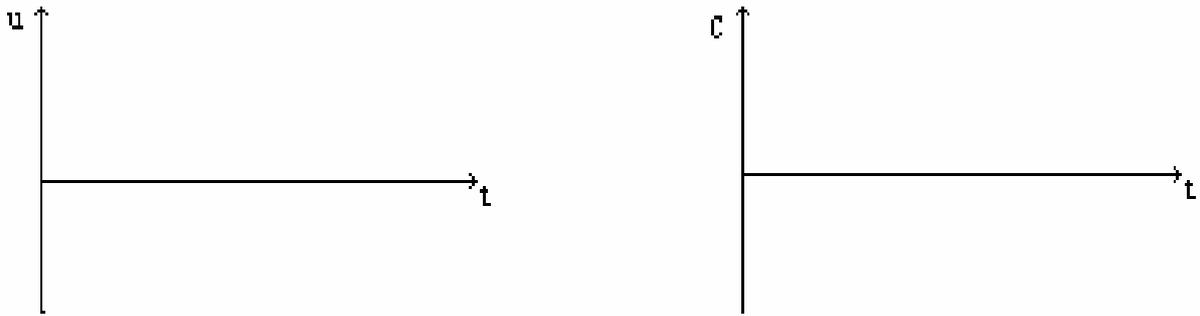
$$U = 0,493 (B - Y)$$

$$C^2 = V^2 + U^2$$

$$\phi \begin{cases} 1^\circ \text{ quadrante} \rightarrow \phi = \tan^{-1} (V/ U) \\ 2^\circ \text{ quadrante} \rightarrow \phi = 180^\circ - \tan^{-1} (V/ U) \\ 3^\circ \text{ quadrante} \rightarrow \phi = 180^\circ + \tan^{-1} (V/ U) \\ 4^\circ \text{ quadrante} \rightarrow \phi = 360^\circ - \tan^{-1} (V/ U) \end{cases}$$

Esboce as formas de onda:





CODIFICADOR PAL (Básico)

Os sinais vistos anteriormente têm origem na câmera de tv, a qual separa a luz proveniente da cena em três imagens, cada uma correspondente a uma das cores primárias: o vermelho, o verde e o azul. São gerados, assim, os sinais E_R , E_G e E_B , cujos níveis traduzem a intensidade de cada cor primária. Esses sinais recebem a CORREÇÃO GAMA, passando a ser representados por E''_R , E''_G e E''_B , e são matrizados (combinados linearmente, com níveis e polaridades adequadas), dando origem aos sinais E'_Y , E'_{R-Y} e E'_{B-Y} . Esses dois últimos recebem atenuações diferentes (k_2 e k_1), resultando em V e U .

Os sinais V e U estão em banda básica, não podendo ser combinados com a luminância (E'_Y), pois suas componentes espectrais se cancelariam. Para serem enviados no mesmo canal de vídeo, necessitam ser modulados na subportadora de cor (f_{SC}). São empregados moduladores balanceados, que fazem a modulação produto, na qual a portadora é suprimida (SC) na ausência de informação de cromaticidade, reduzindo a interferência visual da crominância na luminância.

A subportadora de cor é utilizada com cinco ângulos de fase diferentes. Na modulação de u , sua fase é de 0° ; na modulação de v , sua fase é de 90° numa linha e de 270° na linha seguinte, sucessivamente. Além disso, o Burst, que é uma amostra da subportadora de cor, tem fase 135° nas linhas em que v tem fase 90° e fase 225° nas linhas em que v tem fase 270° . O método empregado para conseguir tais defasagens exatas é a geração da f_{SC} com oito vezes o seu valor e a subsequente aplicação a divisores de frequência do tipo *flip-flop*, sensíveis aos bordos de subida ou de descida das ondas, conforme o caso. As ondas quadradas resultantes do processo podem ser transformadas em senóides por filtragem, aproveitando apenas a frequência fundamental.

As frequências de varredura horizontal e vertical (f_h e f_v), bem como seus respectivos pulsos de apagamento e de sincronismo, são obtidas também a partir da divisão de f_{SC} . Dessa forma, todos os sinais de tv estão *amarrados* a uma única referência - a f_{SC} , garantindo o perfeito intercalamento espectral da crominância com a luminância. Deve-se recordar que, no sistema PAL-M, $f_{SC} = 909 f_h/4$; logo, $f_h = 8 f_{SC}/2 \times 909$

O diagrama em blocos a seguir procura mostrar, de forma simplificada, o processo de codificação descrito. A geração dos pulsos envolve diversos blocos de temporização não representados. O Burst é obtido a partir da amostragem da f_{SC} , com fase apropriada, por um circuito que abre a passagem de sinal apenas no pórtico posterior do apagamento horizontal (*Burst Gate*).

Os sinais de luminância (E'_Y) e crominância (u e v ou u e v'), bem como o Burst e os pulsos de apagamento e sincronismo, são somados com as amplitudes adequadas, resultando no Sinal Composto de Vídeo (SCV).

Todo esse processo de geração e codificação é realizado por circuitos integrados, presentes nas câmeras, nos gravadores/reprodutores de vídeo (VCRs) e nos geradores de padrões (PGs).

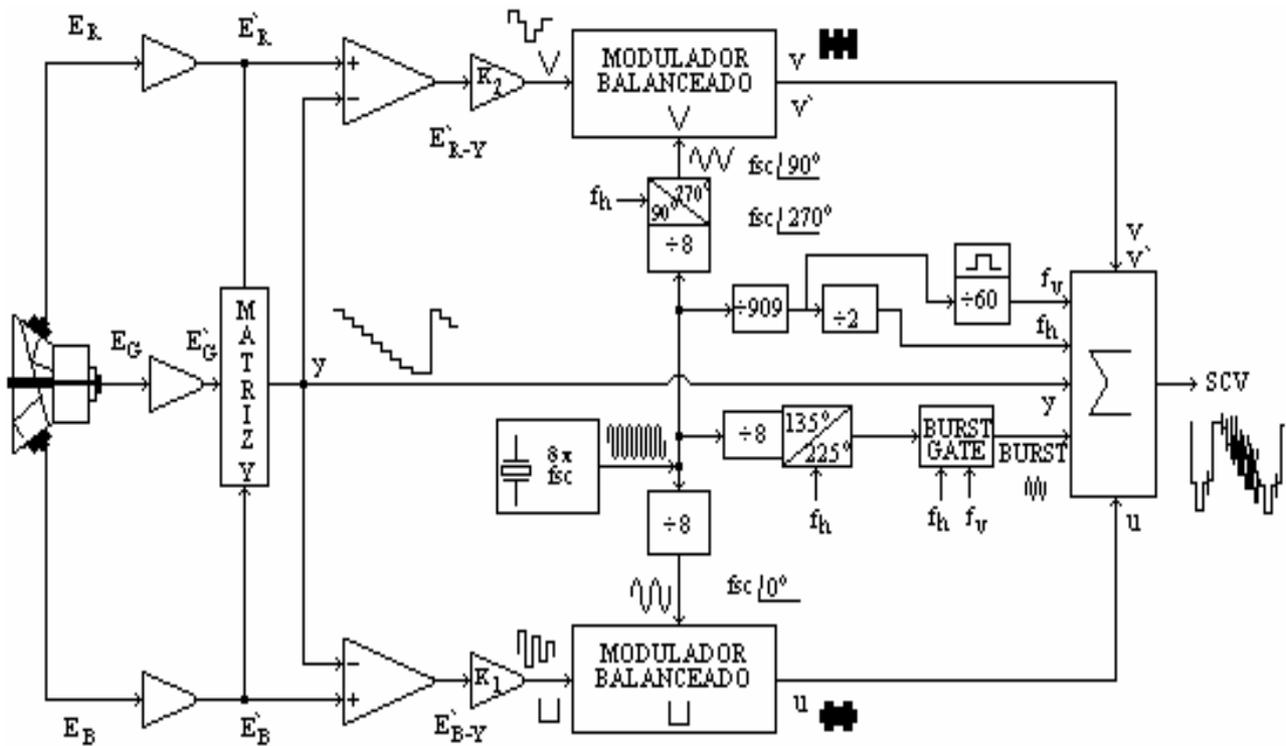


Diagrama em blocos do codificador básico de sinais de tv no sistema PAL

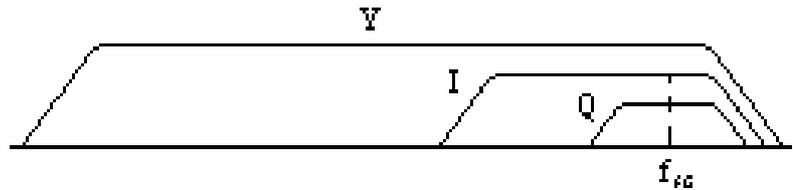
O SISTEMA NTSC (National Television System Committee)

Desenvolvido nos EUA, entrou em uso em 1954, tornando-se o primeiro sistema de tv a cores compatível em todo o mundo. É usado também no Canadá, no México, em diversos países sul-americanos, no Japão e na Coreia, em associação com o Padrão M.

Nesse sistema, a frequência da subportadora de crominância (f_{sc}) é o harmônico 455 de $f_h/2$, dando um valor exato de 3,579545 MHz, também citado como 3,58 MHz. A frequência horizontal (f_h) vale 15734,264 Hz e a frequência vertical (f_v) vale 59,94 Hz. Já o Burst mantém a fase constante em 180°

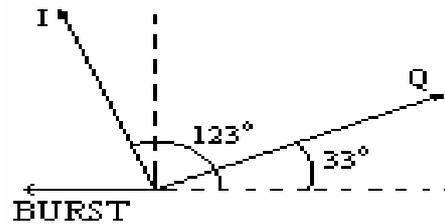
Os sinais diferença de cor do NTSC são chamados de I e Q. O sinal I tem fase de 123° , caindo na região do vermelho alaranjado. Sua largura de banda é de 1,3 MHz, pois o olho é capaz de distinguir detalhes menores com essa cromaticidade. Para poder ser acomodado no canal de 6 MHz, necessita ter a banda lateral superior vestigial; assim, é modulado em QAM-VSB/SC. Já o sinal Q tem fase de 33° , caindo na região do magenta. Sua largura de banda é de 0,5 MHz, já que o olho não é capaz de distinguir detalhes pequenos com tal cromaticidade, o que permite o uso da modulação QAM-DSB/SC. A grande maioria dos receptores, porém, demodula esses sinais segundo os eixos R-Y e B-Y, com faixa de apenas 0,5 MHz para ambos.

Bandas de Luminância e de Crominância no NTSC



Os sinais I e Q são codificados a partir dos sinais de cores primárias, segundo as equações $I = 0,6R - 0,28G - 0,32B$ e $Q = 0,21R - 0,52G + 0,31B$, ou a partir dos sinais diferença de cor, pelas equações $I = -0,27(B-Y) + 0,74(R-Y)$ e $Q = 0,41(B-Y) - 0,48(R-Y)$.

Representação fasorial dos sinais I e Q



O SISTEMA SECAM (Sequentiel Couleur avec Mémoire)

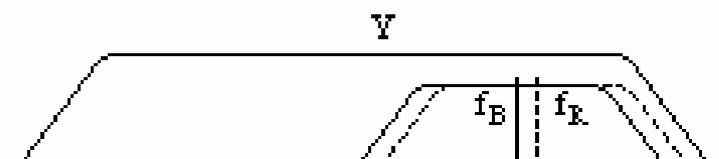
Desenvolvido na França, a partir do final da década de 1950, foi adotado em conjunto pela França e pela União Soviética na década de 60 e, posteriormente, em alguns países do Leste Europeu, da África e do Oriente Médio.

Tem um processo de codificação das cromaticidades diferente do empregado nos sistemas NTSC e PAL, pois modula os sinais diferença de cor (D_R e D_B) em FM e os transmite em linhas alternadas no tempo, o que leva à necessidade de uma linha de retardo no receptor, para que sejam sempre disponibilizados, simultaneamente, os dois sinais.

Há várias versões do sistema SECAM, desenvolvidas a partir do que permitiam os avanços tecnológicos, adotadas nos diferentes países que optaram pelo sistema. Este fato, aliado à maior complexidade do sistema em relação aos demais, limitou sua expansão e levou ao desenvolvimento do sistema PAL, como alternativa ao NTSC, sem a instabilidade de cromaticidades deste..

No SECAM III-B, o sinal D_R vale $-1,9 R-Y$, sendo modulado numa subportadora (f_{oR}) de frequência igual a $282 f_h$, com desvio (Δf_R) de 280 kHz. Já o sinal D_B vale $1,5 B-Y$, sendo modulado numa subportadora (f_{oB}) de frequência igual a $272 f_h$, com desvio (Δf_B) de 230 kHz..

Bandas de Luminância e de Crominância no SECAM



QUADRO-RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DO PADRÃO M

FREQÜÊNCIA HORIZONTAL: 15,75 kHz (Período horizontal: 63,5 ms = 1H)

- Linhas por quadro: 525
- Quadros por segundo: 30
- Linhas por segundo: 15.750

FREQÜÊNCIA VERTICAL: 60 Hz (Período vertical: 16,67 ms = 1V)

- Varredura entrelaçada
- Campos por quadro: 2
- Campos por segundo: 60

PERÍODOS DE APAGAMENTO

- Horizontal: $0,16 H = 10,2 ms$
- Vertical: $0,05 V$ a $0,08 V$ (típico de 21 H)

RELAÇÃO DE ASPECTO: 4 : 3

FATOR DE KELL: 0,67

PARA TRANSMISSÃO

- Modulação de vídeo: *AM - VSB, negativa*
- Modulação de som: *FM*
- Separação interportadoras: *4,5 MHz*
- Largura do canal: *6 MHz*

CAPÍTULO III

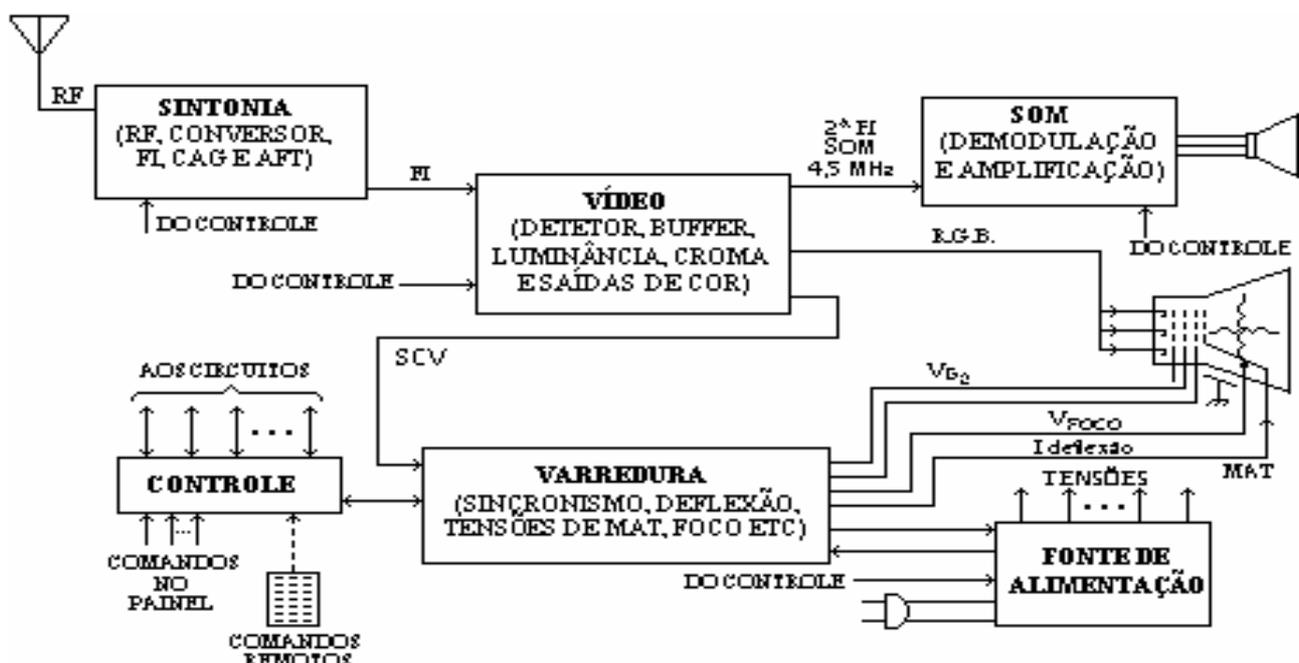
RECEPTOR DE TV

Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

- Esquematizar a organização de um Receptor de TV em seções funcionais e seus estágios.
- Enumerar os estágios constituintes de cada seção do receptor.
- Descrever as funções e características de cada estágio.
- Esboçar as formas de onda características dos sinais encontrados no receptor, incluindo os valores típicos de amplitude, frequência/período e fase, se esta couber.
- Associar a cada sinal sua função, informações que carrega e demais características.
- Relacionar os sinais com os estágios.
- Enumerar as características gerais e específicas dos receptores e monitores.
- Localizar no diagrama esquemático do receptor os circuitos e componentes correspondentes a cada estágio e seção.
- Descrever o funcionamento dos circuitos básicos.
- Descrever os ajustes essenciais do receptor e seus efeitos.
- Identificar o estágio defeituoso, dado o efeito causado na imagem, no som ou em medidas realizadas no receptor.
- Descrever os efeitos de alterações provocadas ou de avarias ocorridas no circuitos.

SEÇÕES FUNCIONAIS DO RECEPTOR DE TV

Qualquer receptor analógico, seja ele monocromático ou a cores, pode ter seus estágios agrupados de acordo com suas funções, constituindo seções responsáveis por SINTONIA, VÍDEO, SOM, VARREDURA, ALIMENTAÇÃO e, nos atuais, CONTROLE.



A SINTONIA trabalha com o sinal modulado, selecionando o canal desejado, eliminando canais adjacentes e frequências interferentes, fazendo a conversão para FI, mantendo a sintonia estável e a amplitude do sinal constante dentro de ampla faixa de variação do sinal recebido.

O VÍDEO recebe o sinal modulado em FI e faz sua detecção, obtendo o SCV. Se o receptor é monocromático, amplifica esse sinal (ignorando a sua componente de croma) até o nível adequado ao Cinescópio (TRC). Em um receptor a cores, a componente de luminância é amplificada e tratada para ser entregue à Matriz; a croma é amplificada (em 3,58MHz) e demodulada, obtendo-se os sinais diferença de cor, que também são entregues à Matriz, emergindo desta os sinais de cores primárias (R, G e B), que são tratados e amplificados até o nível adequado ao TRC. Ainda no Detetor de Vídeo ocorre o batimento entre as portadoras de som e vídeo, resultando na interportadora de som em 4,5 MHz, que é entregue ao SOM.

O SOM amplifica e filtra o sinal de 4,5 MHz de modo que reste apenas a modulação de FM. É feita, então, a demodulação, obtendo-se o sinal de áudio, que é amplificado para ser entregue ao alto-falante. Em se tratando de um receptor estereofônico, após a demodulação ocorre a decodificação, para obterem-se os sinais L e R, que serão amplificados por canais de áudio distintos.

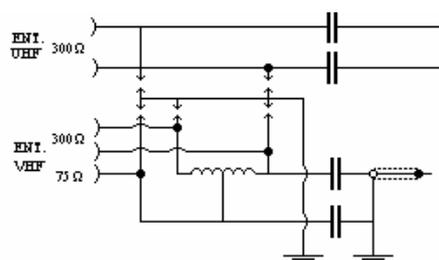
A VARREDURA é responsável pela geração das formas de onda que produzem correntes *dente-de-serra* nas bobinas defletoras associadas ao cinescópio. Para que a varredura do receptor coincida com a da fonte de programa, os pulsos de sincronismo que acompanham o SCV são separados da informação de vídeo e aplicados aos respectivos osciladores - vertical e horizontal. O estágio de saída horizontal, além de fornecer a corrente de deflexão horizontal, fornece algumas tensões de alimentação aos circuitos do aparelho e as do TRC, incluindo a MAT (alta tensão de aceleração), a tensão de foco e a tensão de grade *screen*.

A FONTE DE ALIMENTAÇÃO, nos modernos receptores, não atende diretamente a todos os circuitos, pois, como visto no parágrafo anterior, a Saída Horizontal fornece algumas tensões. Na posição de espera (*stand-by*) a fonte alimenta apenas a seção de Controle, que fica aguardando o comando ligar, do controle remoto ou do painel.

O CONTROLE é uma seção que ganhou importância com a evolução tecnológica, servindo de interface entre os comandos do usuário (através do painel do aparelho ou do remoto) e os circuitos, além de executar tarefas como a colocação de caracteres na tela e até supervisionar o funcionamento de todo o aparelho.

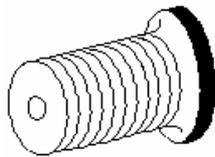
SELETOR DE CANAIS

É a porta de entrada dos sinais modulados no receptor. Entre a antena e o seletor há o Acoplador, geralmente localizado na tampa traseira do aparelho, que faz o desacoplamento da antena ao chassi, evitando choque elétrico a quem tocá-la; faz o casamento de impedâncias (300-75 ohms) e faz a proteção contra descargas atmosféricas, através de centelhadores.

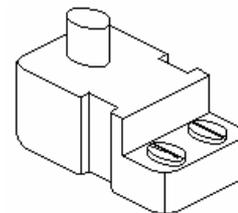


Acoplador de Antena

A antena pode ser ligada ao receptor por dois tipos de cabos: o coaxial e a fita paralela. O circuito anterior apresenta entradas separadas para antenas de VHF e de UHF, mas os televisores atuais aceitam apenas o cabo coaxial, com impedância de 75 ohms, que é o tipo empregado nos sistemas de antena coletiva, nos quais caminham juntos os canais de VHF e UHF. Se for necessário ligar a um televisor destes uma fita paralela, cuja impedância característica é de 300 ohms, deve-se usar um adaptador denominado Balun (de **Balanced-Unbalanced**), que faz o casamento de impedâncias e a adequação de conectores.



Conector tipo F, para cabo coaxial de 75Ω, encontrado na tampa traseira do receptor.

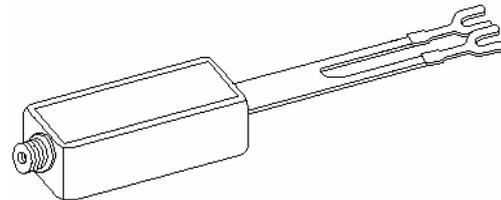


Balun com entrada para fita paralela de 300Ω e saída de 75 Ω compatível com conector F.

Já se se tratar de um receptor antigo, apenas com entrada de 300 ohms (paralela), o tipo de balun é diferente.



Entrada de 300Ω, encontrada na tampa traseira de receptores antigos



Balun, com entrada tipo F de 75Ω e saída em fita paralela de 300Ω

Ao Acoplador seguem-se filtros para evitar que a FI seja irradiada pela antena, para cortar frequências abaixo do canal 2 e para atenuar a faixa de broadcasting em FM (88 a 108 MHz).

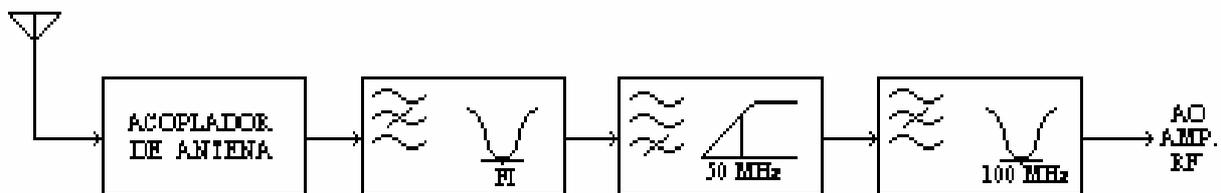


Diagrama em blocos dos Estágios de Entrada do Seletor de Canais

O primeiro bloco ativo do Seletor de Canais é o Amplificador de RF, que tem entrada e saída sintonizadas no canal que se quer receber, com uma banda de passagem de 6 MHz.

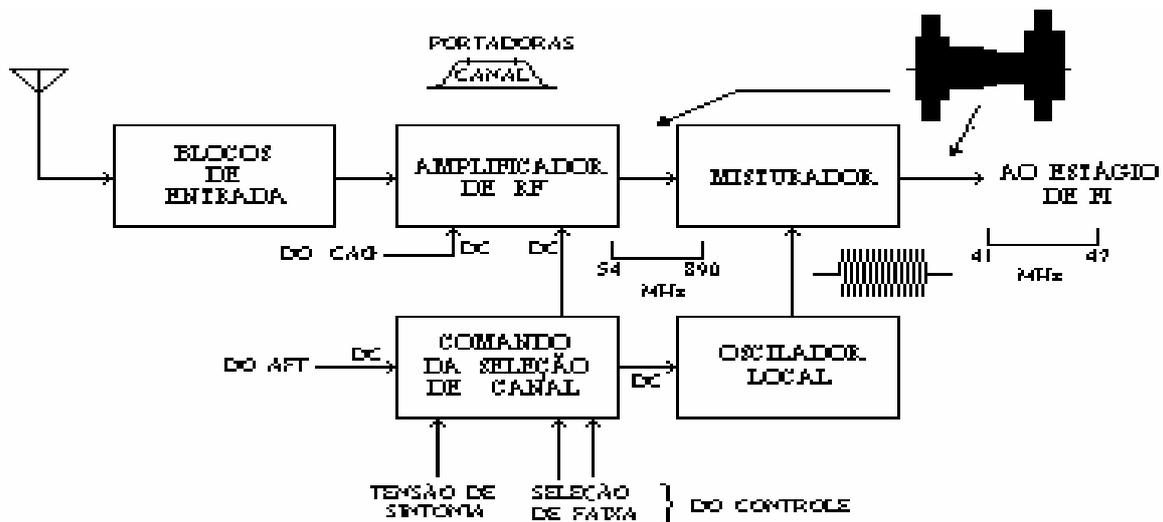
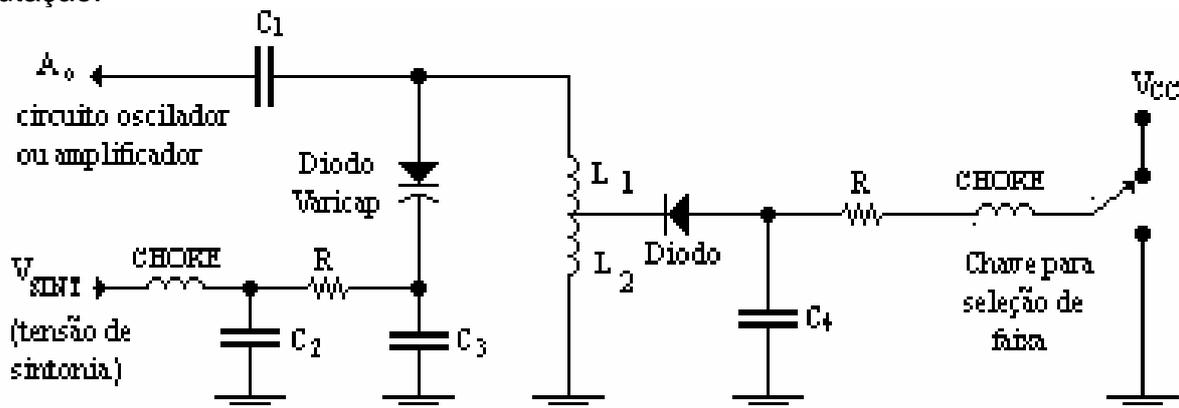


Diagrama em blocos do Seletor de Canais

A sintonia do Amplificador de RF, bem como do Oscilador Local, é feita por circuitos LC nos quais a capacitância é aquela obtida na junção PN inversamente polarizada (diodo *Varicap*). Alterando a polarização inversa, consegue-se mudar a sintonia, mas não o suficiente para cobrir todos os canais; tal cobertura é obtida variando a indutância (L), com o curto-circuito parcial das bobinas, através de diodos de comutação.

Exemplo de circuito básico de sintonia eletrônica a *varicap*

Os sinais que saem do Amplificador de RF – áudio e vídeo modulados – vão ao Misturador, no qual é feito o batimento com o sinal senoidal fornecido pelo Oscilador Local; a frequência diferença desse batimento é a FI, cuja faixa vai de 41 a 47 MHz.

Tomando como exemplo o canal 4 (66 a 72 MHz), pode-se calcular a frequência do Oscilador Local (f_{o1}) que lhe corresponde somando a frequência central do canal (67 MHz) com a da faixa de FI (44 MHz), o que dá 113 MHz. As frequências das portadoras em FI serão dadas pela diferença entre a f_{o1} e as portadoras do canal: FI som = 113 MHz – 71,75 MHz = 41,25 MHz e FI vídeo = 113 MHz – 67,25 MHz = 45,75 MHz. Note que devido ao batimento “para baixo” (frequência diferença) há uma inversão na posição das portadoras, em relação ao canal.

Um defeito nos circuitos entre a entrada de antena e o Misturador pode fazer com que a imagem desapareça, mas a tela permaneça acesa (isto é, com trama) e com ruído (chuvisco), que é gerado no próprio misturador.

ETAPA DE FI

As frequências intermediárias são aquelas obtidas pelo batimento entre as frequências do canal e a do oscilador local (f_{0l}). Com a troca de canal, a f_{0l} é modificada em função das portadoras do canal desejado, o que faz com que as FIs sejam sempre as mesmas (FI som = 41,25 MHz, FI cor = 42,17 MHz e FI vídeo = 45,75 MHz), conservando as mesmas larguras de faixa do canal e ocorrendo a rotação em torno da frequência central.

Tendo de trabalhar com uma única faixa de frequências, o estágio de FI é capaz de proporcionar a seletividade necessária à eliminação de interferências de canais adjacentes, bem como pode dar atenuação adequada às frequências das portadoras de som, vídeo e croma do canal e compensar a banda vestigial existente nas modulações de vídeo e croma. Para tanto é usado um filtro associado ao Amplificador de FI.

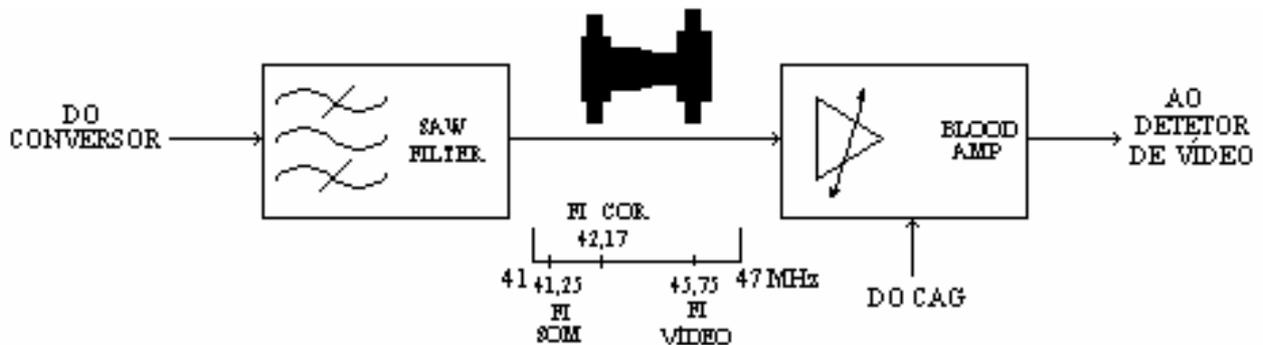
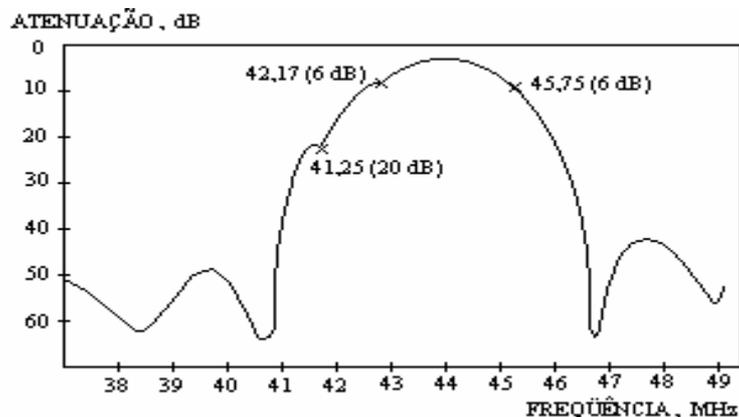


Diagrama em blocos do estágio de FI

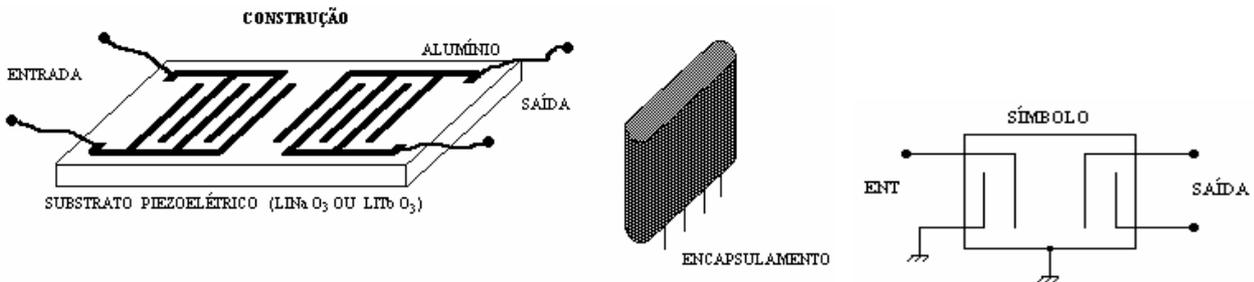
A filtragem da faixa de FI permite eliminar possíveis interferências de canais adjacentes e ainda ajustar o ganho dado às portadoras, de modo a corrigir características da transmissão (VSB) ou do receptor. A FI de som fica 20dB abaixo do ganho máximo, o que corresponde a 10% dele, de modo a não causar interferência no vídeo. As portadoras de FI de cor e de vídeo ficam 6dB abaixo do ganho máximo, o que corresponde a 50% dele, para compensar a banda vestigial.



Curva de resposta típica da FI

Tendo a curva de FI uma forma rigorosa, exigia um grande número de circuitos LC, de complexa calibração. Os receptores fabricados nos últimos anos usam Filtros Ultra-sônicos de Superfície (SAW Filters) que medem não mais de 3 x 1 x 0,5 cm e já vêm

ajustados internamente, pois neles os sinais elétricos são transformados em vibrações mecânicas (ultra-sons), propagam-se numa superfície especialmente construída para atenuar certas freqüências e outras não, e são novamente transformados em sinais elétricos.



Filtro Ultra-sônico de Superfície (SAW Filter)

DETETOR DE VÍDEO

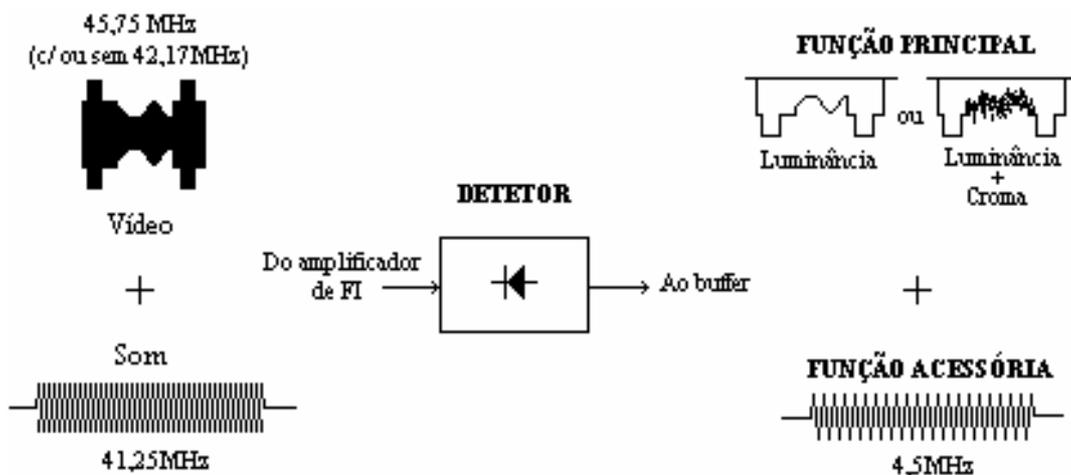
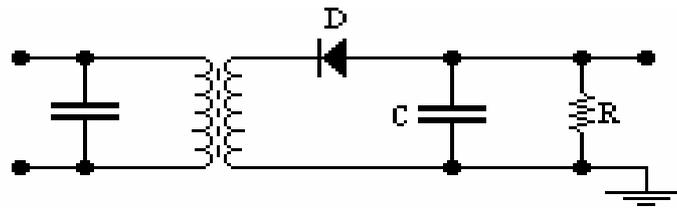


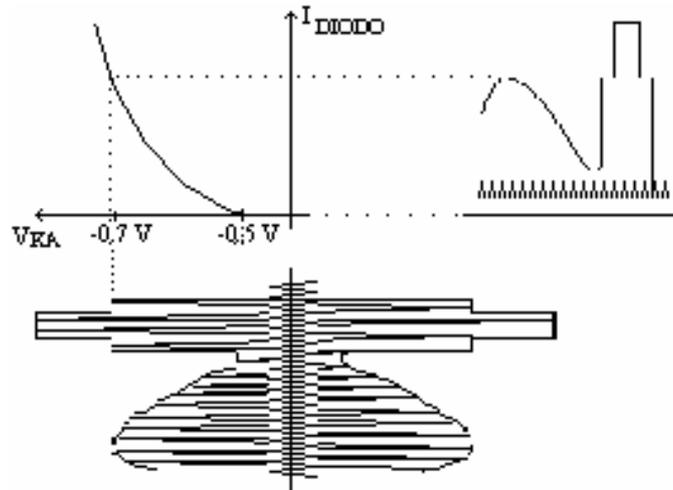
Diagrama em blocos do estágio Detetor de Vídeo genérico

A função precípua desse estágio é recuperar o SCV modulado na envoltória da portadora de vídeo. Porém, se a FI de som (41,25 MHz) entrar no Detetor convencional (do tipo Envoltória) junto com a FI de Vídeo, haverá o batimento entre ambas, por ser o circuito não linear, e resultará a diferença entre elas (4,5 MHz), já que a soma será eliminada pelo filtro de saída. Sendo a transmissão a cores, poderá ocorrer ainda batimento entre a FI de Som e a freqüência da subportadora de cor ($4,5 - 3,58 \text{ MHz} = 920 \text{ kHz}$), resultando em uma freqüência interferente dentro da faixa de vídeo e, portanto, impossível de ser filtrada sem afetar o vídeo.

Os detetores do tipo Envoltória (a diodo e a transistor) não podem, em função do exposto, receber a portadora de cor (o que se aplica a receptores monocromáticos) ou a portadora de som (o que se aplica a receptores a cores), necessitando estes de um outro circuito para obter os 4,5 MHz.

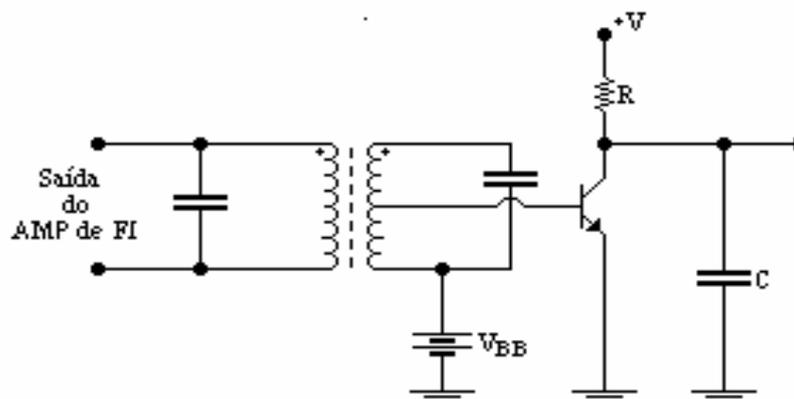


Circuito Detetora a Diodo básico

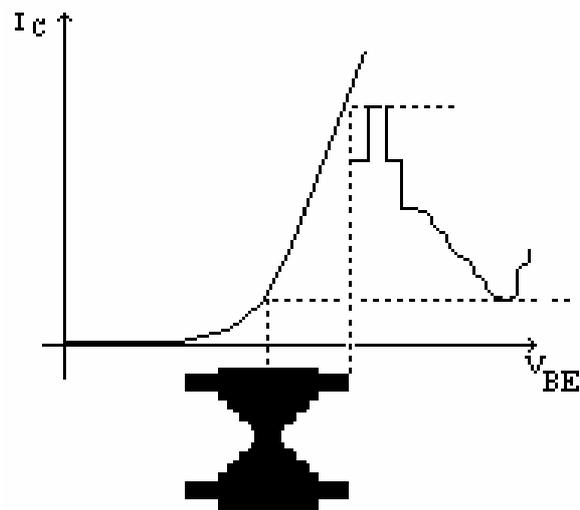


Resposta do circuito Detetora a Diodo básico

O circuito detetora mais simples é implementado com um diodo, que faz a retificação do sinal modulado, eliminando um dos semiciclos da portadora, e um capacitor, que filtra a portadora, restaurando sua envoltória. A constante de tempo formada pelo capacitor de filtro e pela resistência vista em paralelo com o capacitor deve ser tal que permita eliminar a portadora de vídeo (f_{pv}), mas deixe passar a máxima frequência de vídeo e a interportadora de som $\{10 < (2\pi f_{pv} \cdot RC) < 100\}$. Esse circuito produz distorção acentuada na região de menor amplitude do sinal, o que pode ser parcialmente contornado elevando a amplitude do sinal que lhe é aplicado ou adotando um circuito a transistor.



Circuito de um Detetora de Envoltória transistorizado



Resposta do circuito Detetor de Envoltória transistorizado

Pela representação gráfica da resposta do circuito Detetor de Envoltória acima, observa-se que ele se encontra polarizado em classe AB. Tal polarização permite que um dos semiciclos do sinal de entrada (no caso, o positivo) seja amplificado com distorção mínima e o outro semiciclo seja quase totalmente eliminado. Como há ceifamento de parte do sinal de entrada, trata-se de um circuito não-linear, o qual produz o batimento das freqüências que lhe são aplicadas. As freqüências mais altas, tais como as portadoras, são eliminadas pelo capacitor de filtragem, mas as freqüências resultantes da diferença entre portadoras permanecem, entre elas os 920 kHz.

O circuito anterior era empregado em receptores monocromáticos. Já os receptores a cores antigos também usavam um circuito a transistor ou a diodo para detectar o vídeo, mas antes de lhe aplicar a faixa de FI, era feita a eliminação da FI de Som (41,25 MHz), a qual seguia para um conversor específico (Conversor de Interportadora), no qual era feito o batimento com a FI de vídeo (45,75 MHz) e aproveitado apenas o sinal de 4,5 MHz, contendo o som em FM.

Os modernos receptores utilizam CIs nos quais há um Detetor Síncrono que usa a FI de vídeo (45,75 MHz) devidamente filtrada para fazer os batimentos necessários, o que elimina a possibilidade de batimento entre som e cor e oferece boa qualidade de demodulação. Esse tipo de circuito será melhor analisado na etapa de crominância.

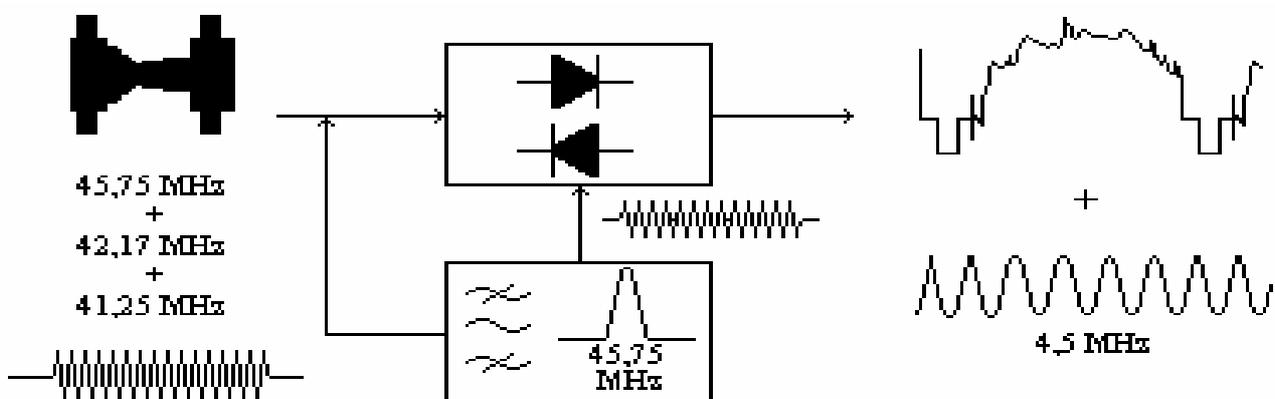
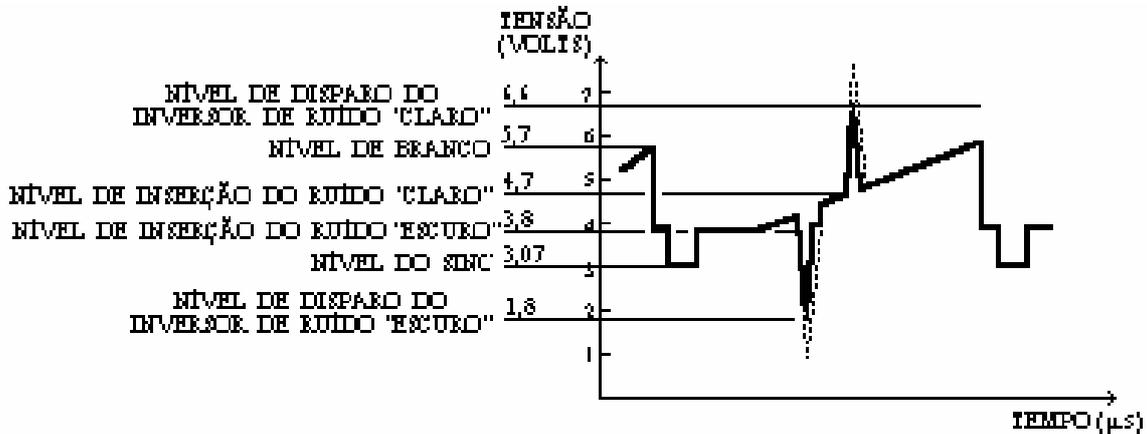


Diagrama em blocos do estágio Detetor de Vídeo síncrono

INVERSORES DE RUÍDO

Com a ação do CAG (Controle Automático de Ganho) e com as tolerâncias mínimas de construção dos CIs, o SCV tem limites bem definidos de excursão; aquilo que ultrapassa tais limites é ruído e, sendo identificado pelos circuitos, leva o SCV a um nível de referência durante sua ocorrência – cinza, para os pulsos de ruído no sentido do branco, e apagamento, para os pulsos no sentido do sincronismo.



Níveis de atuação dos circuitos Inversores de Ruído

BUFFER DE VÍDEO

É um amplificador de vídeo localizado após o detetor e também conhecido como Distribuidor de Vídeo, pois se encarrega de entregar o SCV aos vários circuitos – luminância, crominância, sincronismo e CAG – que vão usar suas componentes, e, também, os 4,5 MHz ao estágio de som.

Para desempenhar sua função, o *buffer* tem alta impedância de entrada e baixa de saída.

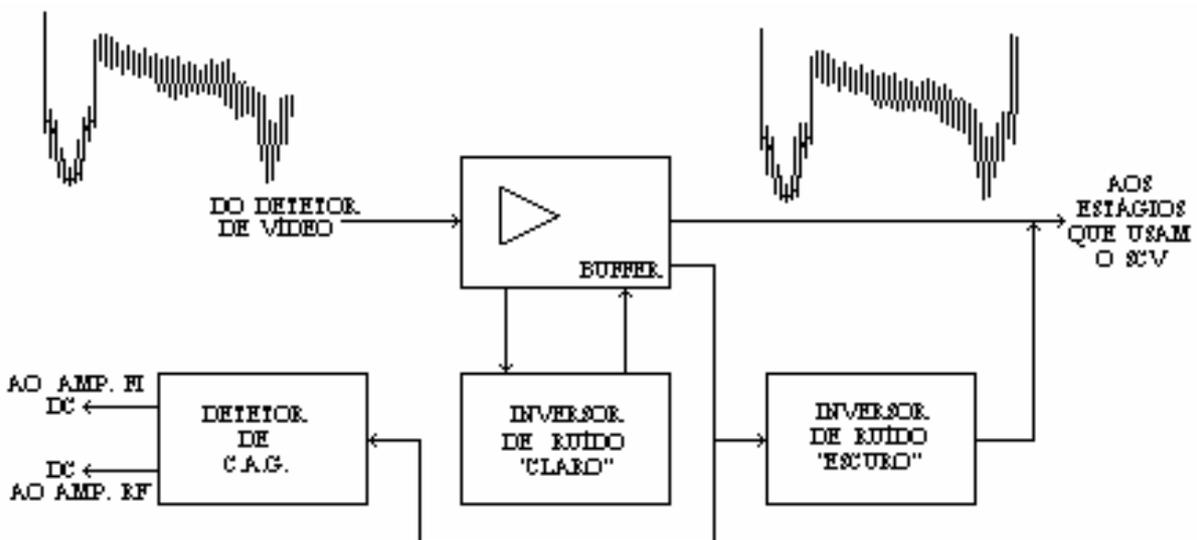
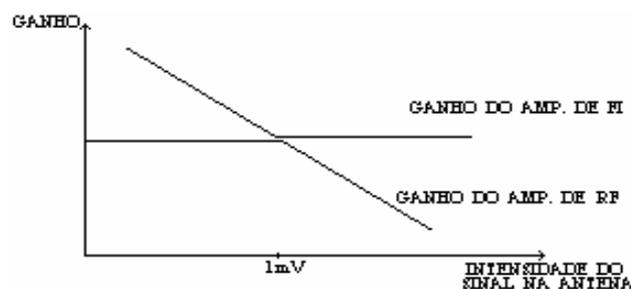


Diagrama em blocos dos estágios de Distribuição de Vídeo, CAG e Cancelamento de Ruído

CONTROLE AUTOMÁTICO DE GANHO (CAG)

Seu objetivo é manter o SCV com amplitude constante à saída do Detetor de Vídeo, ou seja, todos os sinais recebidos terão a mesma excursão entre os níveis de branco e de sincronismo, apesar das variações de amplitude que o sinal fornecido pela antena possa sofrer, particularmente de um para outro canal.

Atua no ganho dos amplificadores de RF (no Seletor de Canais) e de FI, de modo que o produto desses ganhos pelo nível de sinal na antena dê sempre a amplitude pré-definida à saída do Detetor (em geral, entre 2 e 3 v). A atuação prioritária do CAG se dá no ganho de FI. Somente para sinais bem elevados na antena é que o Amplificador de RF tem seu ganho reduzido, pois ele precisa fornecer ao Misturador um sinal de amplitude elevada, de modo a obter uma boa relação sinal ruído, já que o Misturador gera um alto nível de ruído, por trabalhar em classe C. Esse é o ruído de disparo, ou seja, da passagem do corte à condução.

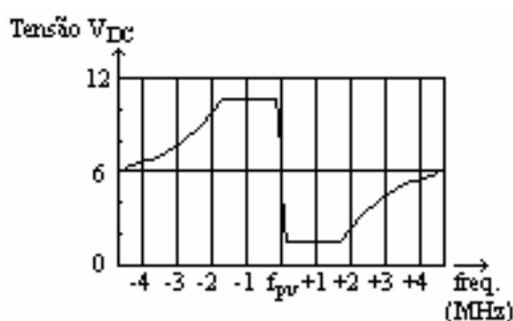


Curva de atuação do Controle Automático de Ganho

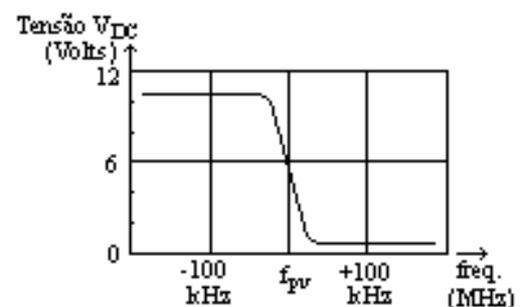
A saída do CAG é uma tensão contínua (DC) que faz a polarização da base dos transistores amplificadores ser alterada proporcionalmente à variação do sinal recebido, aproximando-os da região de saturação para diminuir o ganho e afastando-os dessa região para aumentá-lo. Nos circuitos integrados podem ser usados outros processos de atuação, mas esta ainda se dá a partir da variação da tensão contínua do CAG relacionada à variação na amplitude dos pulsos de sincronismo do SCV, já que tal amplitude independe da imagem.

SINTONIA FINA AUTOMÁTICA (AFT)

Produz uma tensão contínua (DC) cujo desvio em relação a um valor típico (que no CI em análise é de 6v) é proporcional ao desvio da freqüência da FI de vídeo em relação ao seu valor padrão de 45,75 MHz. Tal tensão DC é somada à Tensão de Sintonia que vai ao Seletor de Canais e, assim, altera a freqüência do Oscilador Local, de modo que o batimento entre esta e a portadora de vídeo do canal passe a dar exatamente 45,75 MHz.



Curva de resposta do AFT



Detalhe da curva em torno de f_{pv}

O circuito do AFT é composto por um filtro bem seletivo, para deixar passar 45,75 MHz (o mesmo usado pelo Detetor Síncrono), um circuito de defasagem de 90° para essa frequência e um Comparador de Fase. A FI de vídeo (f_{pv}) que sai do filtro é tomada como referência de fase (0°) e comparada com ela mesma após ser defasada; se o seu valor é de exatos 45,75 MHz, a defasagem é de 90° e o comparador fornece na saída a tensão DC típica; se a f_{pv} se altera, o circuito comparador modifica a tensão DC proporcionalmente e no mesmo sentido de variação da frequência.

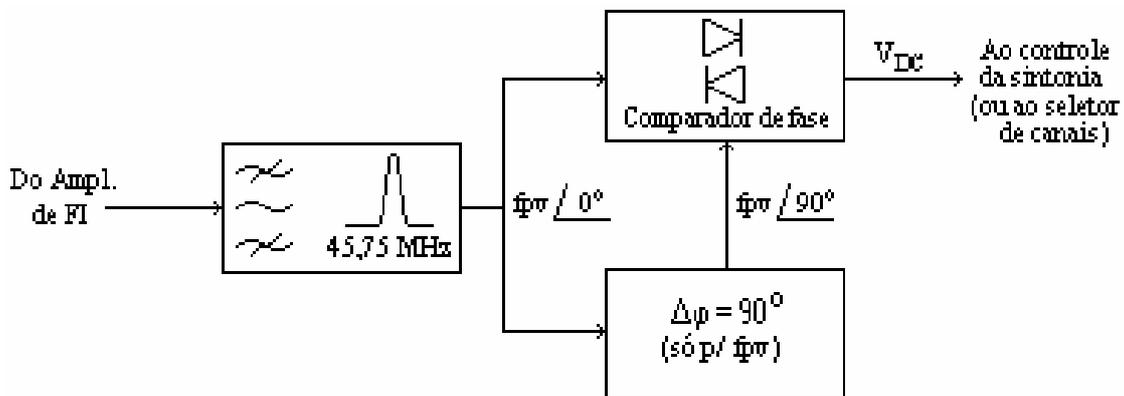
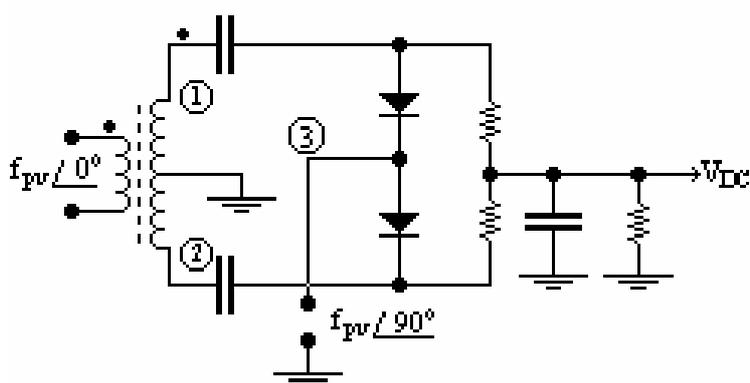
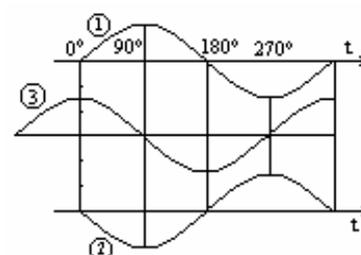


Diagrama em blocos dos estágios de Sintonia Fina Automática

O circuito Comparador de Fase pode ser entendido na sua versão discreta, com diodos. Um transformador aplica a f_{pv} com 0° ao ânodo do diodo superior e com 180° ao cátodo do diodo inferior, enquanto a f_{pv} com 90° chega à interseção dos diodos. Nessa situação eles conduzem igualmente durante um semiciclo, carregando os capacitores por igual, e não conduzem no semiciclo seguinte, quando os capacitores se descarregam sobre o resistor de saída, produzindo tensões de mesmo valor e sinais opostos, que se cancelam. Se a fase da f_{pv} aplicada à interseção dos diodos se altera, um deles conduzirá mais que o outro, carregando mais um dos capacitores e produzindo uma tensão diferente de zero sobre o resistor de saída.



Circuito Comparador de Fase



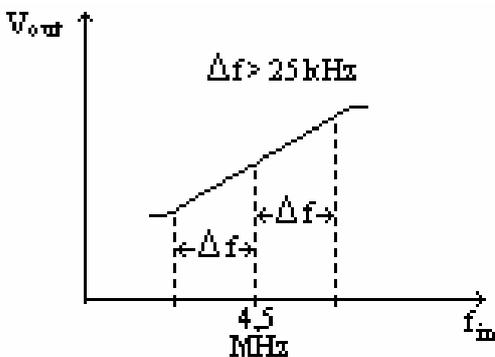
Relação entre os sinais presentes no Comparador de Fase

Um problema que pode ocorrer com o AFT é a alteração da sintonia do circuito defasador, se este for LC. Nesse caso, a FI de vídeo será estabilizada em um valor diferente de 45,75 MHz e, com isso, terá uma posição incorreta na curva de resposta do

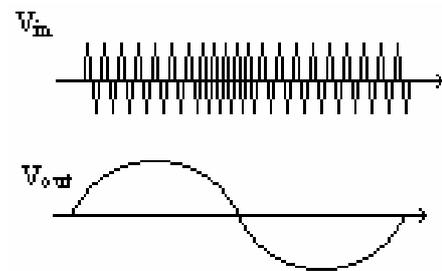
estágio de FI, podendo causar, se deslocada em um sentido, excesso de resposta para as altas freqüências de vídeo, o que produz interferência de 920 KHz pelo batimento de 3,58 MHz com 4,5 MHz, ou, em outro sentido, falta de respostas às altas freqüências, que resulta numa imagem “lavada” e até na falta de croma .

ESTÁGIOS DE SOM

O som em TV é demodulado a partir da portadora de 4,5 MHz, resultante do batimento entre as FIs de vídeo e som (45,75 - 41,25 MHz). Essa portadora de 4,5 MHz é, por isso, conhecida como Interportadora de Som. A vantagem desse sistema é a estabilidade de freqüência, pois se houver algum desvio na freqüência do Oscilador Local resultará em desvios iguais nas FIs e a diferença entre elas não será alterada. Se a demodulação do som fosse feita a partir de 41,25 MHz haveria o risco de variações proporcionalmente pequenas levarem a portadora para fora da parte plana da curva do demodulador de FM, já que esta não vai além de ± 50 kHz, e o resultado seria uma forte distorção no áudio.

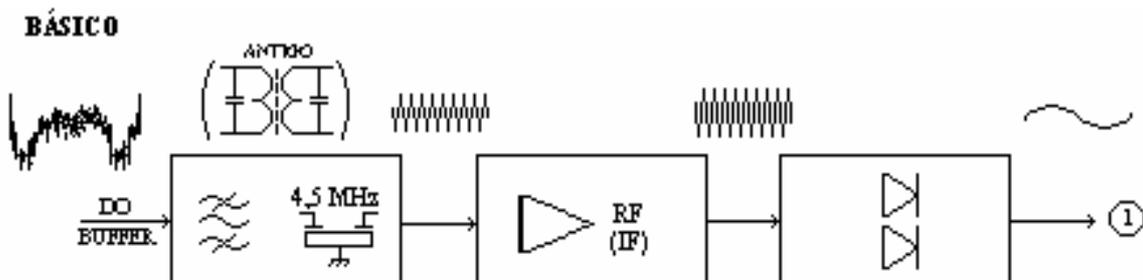


Curva de resposta típica de um demodulador de FM interportadora



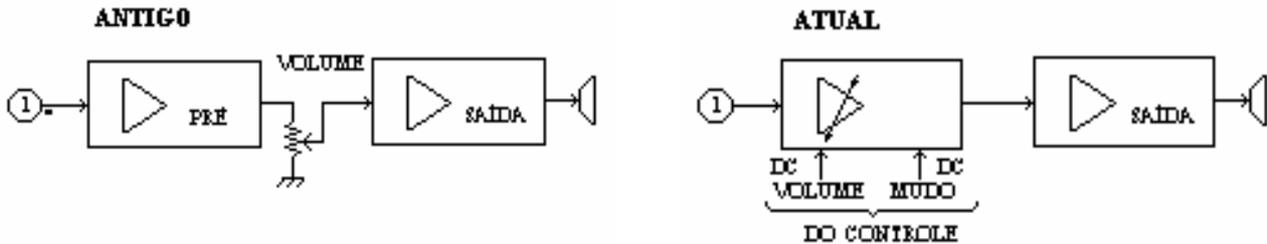
Sinais de entrada e saída do demodulador

O sinal de 4,5 MHz que sai do Detetor de Vídeo junto com o SCV é deste separado por um filtro passa-faixa, atualmente do tipo cerâmico, já que as informações de vídeo não vão além de 4,2 MHz; passa por um amplificador e vai ao Demodulador de FM, cuja tensão de saída é proporcional à freqüência de entrada. Como exemplo, a saída do demodulador pode ser de 6V (DC) para a freqüência de 4,5 MHz e descer a 5,5V para 4,475 MHz, ou seja, uma excursão de 1V para 50 kHz, lembrando que este é o desvio máximo do som de TV em FM (± 25 kHz = 50 kHz). Após um capacitor, essa excursão de V_o é o áudio.



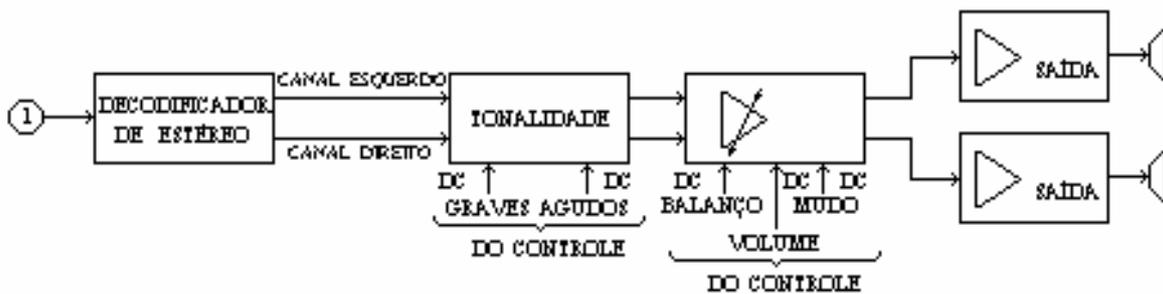
Separação e demodulação do som em TV

Tratando-se de um receptor monofônico, o áudio será amplificado até o nível de potência adequado à excitação do alto-falante. Nesse caminho de amplificação fica o controle de Volume, que nos aparelhos antigos é um potenciômetro em série com o sinal e nos modernos é um amplificador cujo ganho é controlado por tensão, a qual é um nível DC originado na etapa de controle e alterado pelo comando do usuário, através do painel frontal ou da unidade remota. O ganho pode ser *zerado* e depois retomar diretamente o valor em que estava, através do comando de Mudo.



Métodos de controle do nível de áudio (volume do som)

Sendo a transmissão e o receptor estereofônicos, o sinal que sai do Demodulador de FM contém a banda básica de áudio e os sinais complementares. A banda básica vai de 50 Hz a 12 kHz, aproximadamente, já que é preciso cortar antes de 15,75 kHz para evitar a interferência de f_h no som; nela se encontra a soma dos canais esquerdo (L) e direito (R). Os sinais complementares são a diferença entre os canais (L-R) modulada numa subportadora de $2f_h$, além do auxiliar (SAP). Essa subportadora de $2f_h$ é, por sua vez, demodulada e os sinais R + L e R - L são matrizados e, assim, obtêm-se dois canais de som estéreo, L e R, que serão amplificados por estágios de saída independentes e aplicados aos respectivos alto-falantes. Se o espectador optar pelo SAP (Second Audio Program), este é demodulado e aplicado simultaneamente aos dois caminhos (L e R), pois é mono.



Organização da parte final da etapa de som em um receptor de tv estereofônico

O Demodulador de FM pode ser construído com o circuito comparador de fase analisado anteriormente. Aos diodos é aplicado o sinal de 4,5 MHz com fases 0° , 90° e 180° . Quando ocorre um desvio na frequência, somente a fase de 90° é alterada, proporcionalmente ao desvio, e com isso a condução dos diodos fica desequilibrada, alterando do mesmo modo a tensão de saída.

PROCESSAMENTO DE VÍDEO

Receptor monocromático

No receptor monocromático, o vídeo se limita ao sinal de Luminância. Como as transmissões atuais são a cores, nesse tipo de receptor torna-se necessário eliminar a subportadora de croma, para evitar dois tipos de interferência na imagem: a da própria subportadora, menos perceptível, e a de 920 kHz, mais prejudicial. Como já exposto, os 920 kHz podem ser evitados se a subportadora de croma for eliminada antes do Detetor de Vídeo, o que é conseguido pela curva de resposta de FI. Sendo o aparelho antigo e não prevendo a redução da faixa de FI, o próprio usuário se encarrega de colocar a croma para fora da faixa, pelo ajuste de sintonia fina, ao procurar obter a melhor imagem.

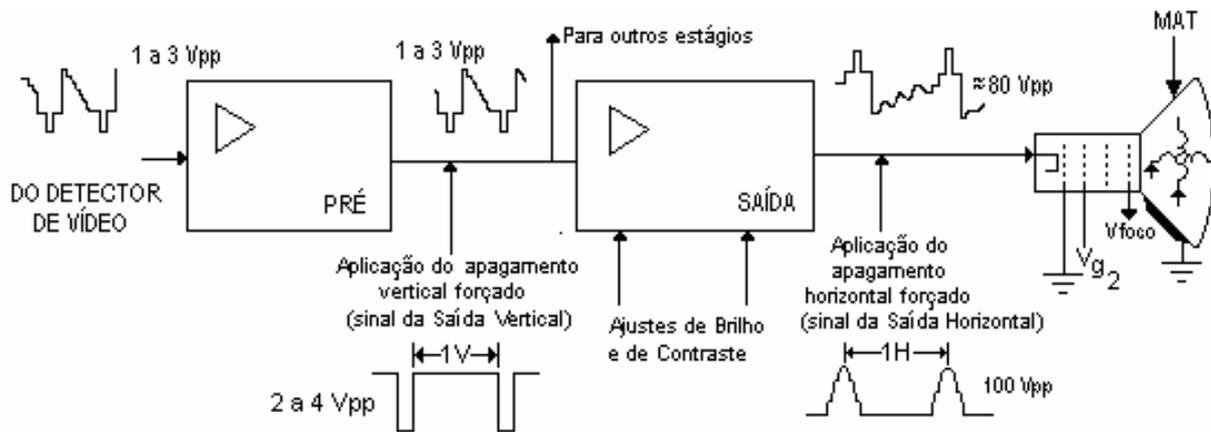


Diagrama em blocos dos estágios de vídeo de um televisor monocromático

O sinal que sai do Detetor de Vídeo é da ordem de 1 a 3 Vpp e vem acompanhado dos 4,5 MHz do som, que são transferidos para seu estágio através de uma armadilha (*trap*) em série. O SCV passa por um pré-amplificador que funciona como *buffer*, pois também fornece sinal para o separador de sincronismo e para o CAG. A Saída de Vídeo entrega ao cinescópio (TRC) o sinal com amplitude suficiente para excitá-lo entre os níveis de branco e de apagamento. Considerando a presença dos pulsos de sincronismo, essa amplitude chega a 80 Vpp.

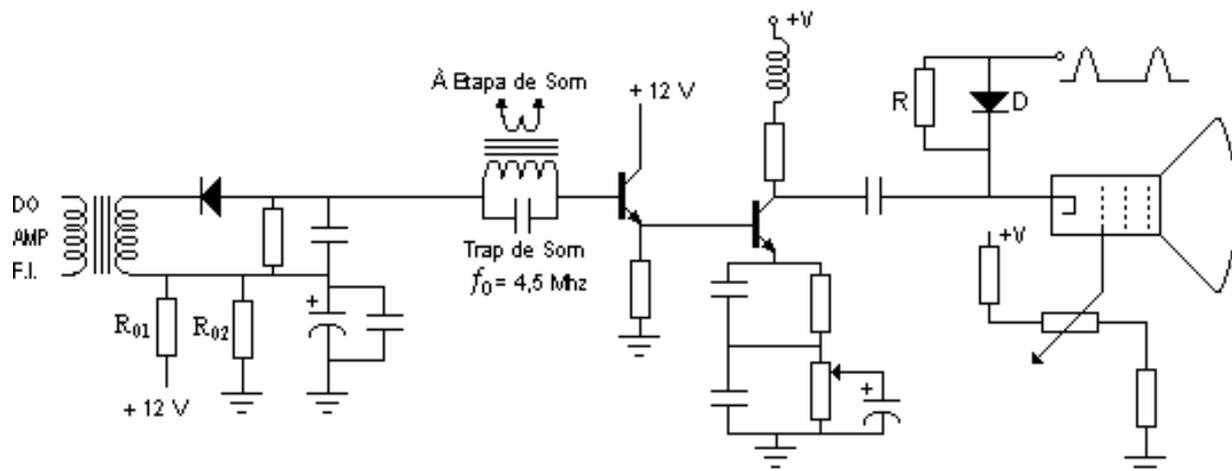
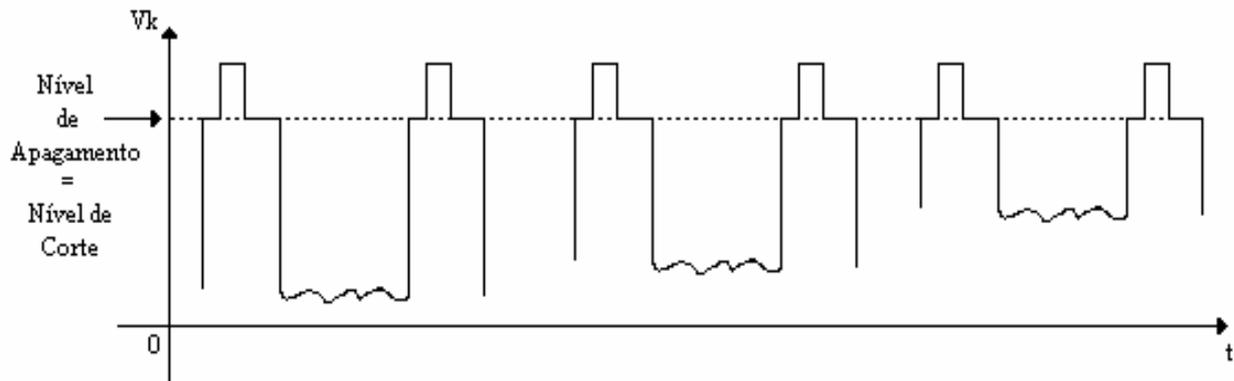


Diagrama esquemático dos estágios de vídeo de um televisor monocromático

No TRC, sinal entra pelo cátodo, que tem de ser sempre mais positivo que a grade de controle, e quanto mais positivo, menor é a corrente de feixe; por isto, esse sinal vem com o preto mais positivo que o branco.

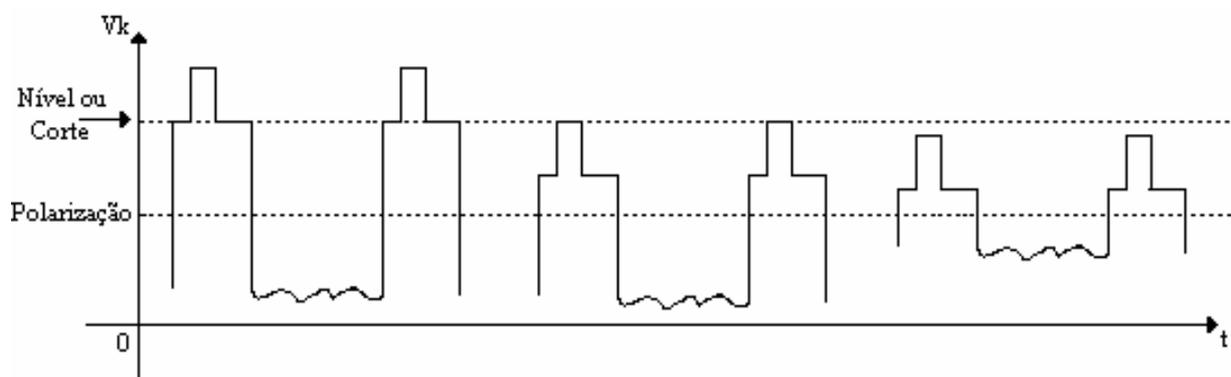
O nível DC ao qual o sinal é somado faz variar o brilho médio da imagem; quanto mais positivo for o cátodo, menor o brilho. No circuito anterior, é a polarização de grade de controle que é alterada; como esta tem de ser sempre negativa em relação ao cátodo, o divisor de tensão garante que sua polarização não se torne superior à dele. O nível DC do cátodo é assegurado pelo circuito de grampeamento formado por R e D.



Aplicação do SCV ao cinescópio, com acoplamento direto, em presença de variações no brilho da cena (respectivamente, branco, cinza claro e cinza médio)

A amplitude do sinal de vídeo altera o contraste da imagem, pois aumenta ou diminui a diferença entre preto e branco; seu ajuste é feito, geralmente, pelo ganho do amplificador, que pode ser variado através da realimentação por R_E .

A passagem do sinal de vídeo por um capacitor provoca a perda do seu nível DC e, assim, tal sinal passa a excursionar em torno do zero ou de um nível DC arbitrário imposto pelo ajuste de brilho. Com isso, o nível de apagamento se desloca de acordo com a amplitude do sinal e um cinza escuro será reproduzido mais escuro numa cena que contenha branco em relação a uma outra que só contenha cinzas, pois no primeiro caso a excursão do sinal é maior e o cinza escuro se aproxima mais do ponto de corte.



Aplicação do SCV ao cinescópio, com acoplamento capacitivo, em presença de variações no brilho da cena (respectivamente, branco, cinza claro e cinza escuro)

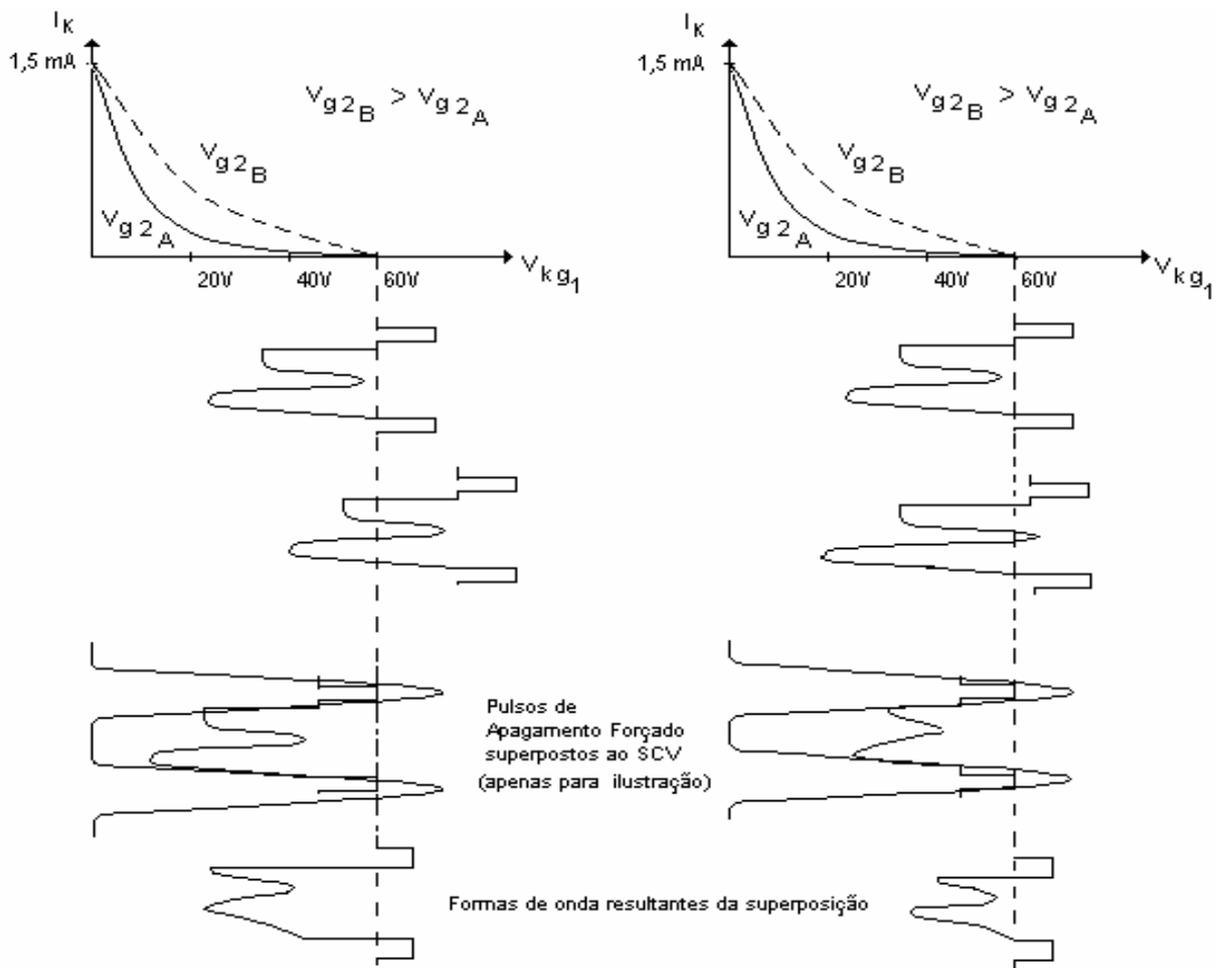
Para contornar esse problema faz-se o **grampeamento** do sinal, que é a fixação do apagamento sempre em um mesmo nível, não importando a amplitude do sinal. Isto pode ser conseguido com os pulsos da saída horizontal aplicados ao cátodo do TRC, através de um diodo. Como esses pulsos coincidem com o intervalo de apagamento do

signal, o capacitor de acoplamento se carrega com a diferença entre a amplitude dos dois sinais e essa carga funciona como uma fonte DC em série com o SCV, fonte essa com o valor reajustado linha a linha, de modo a compensar a flutuação do signal.

Os pulsos da saída horizontal, obtidos no TSH, e os pulsos da saída vertical, ambos coincidentes com seus respectivos intervalos de apagamento, também fazem o **apagamento forçado** do TRC. Se não houver grampeamento, o que é comum nos receptores monocromáticos, ou se o usuário ajustar um brilho muito intenso, o nível de apagamento do signal poderá não atingir o ponto de corte do TRC e serão vistas as linhas de retorno, particularmente as verticais - cerca de 8 linhas brilhantes riscando a imagem em diagonal.

O ponto de corte do TRC é definido como a tensão entre o cátodo e a grade de controle que leva a corrente de feixe a zero. Essa tensão é de ordem de 60 volts nos tubos monocromáticos e pode ser ligeiramente modificada pela tensão da grade 2 (grade screen).

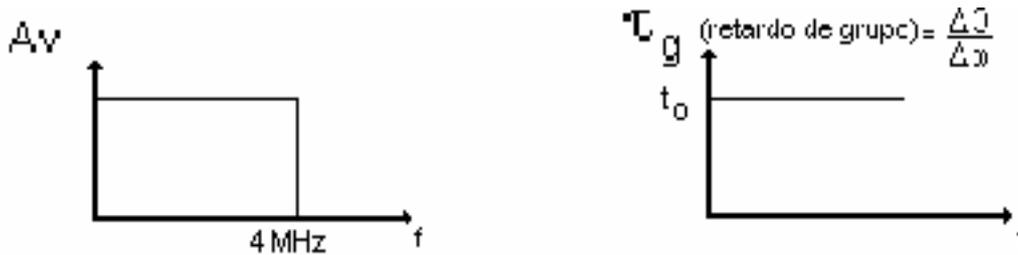
Para a correta reprodução de toda a escala de luminâncias, o nível de apagamento do signal tem de coincidir com o ponto de corte do TRC. A falta de grampeamento do signal ou o ajuste incorreto do brilho - e também do contraste, quando não há grampeamento - podem fazer com que a luminância não seja corretamente reproduzida, tal como foi descrito anteriormente: os tons de cinza deixam de ser absolutos, isto é, um mesmo tom aparece com intensidade diferente, em imagens cuja luminosidade média seja diferente.



Efeitos dos ajustes de brilho (à esquerda) e contraste (à direita) no signal aplicado ao TRC.

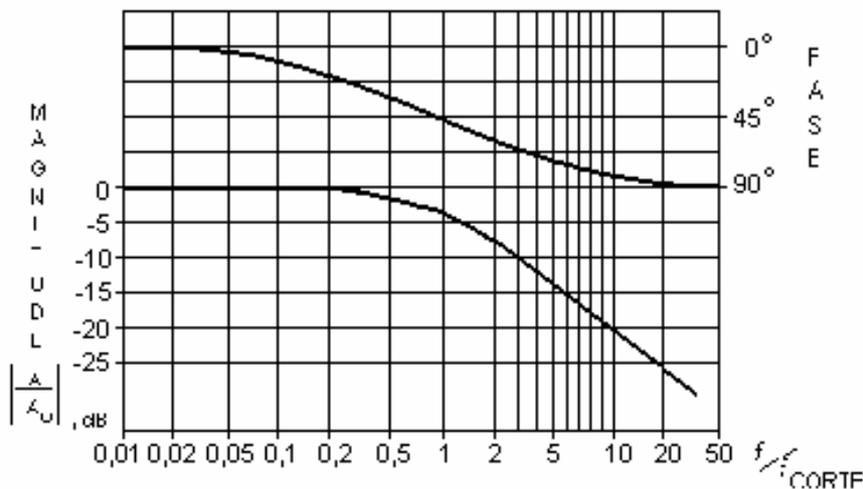
RESPOSTA DO AMPLIFICADOR DE VÍDEO

A largura de faixa do sinal de luminância, no padrão M, como já foi deduzida, estende-se de 0 Hz (componente DC) a 4 MHz (freqüência gerada pelo menor elemento de imagem). Assim, os Amplificadores de Vídeo devem cobrir tal faixa. A essa exigência soma-se outra, que é o atraso de tempo, chamado Retardo de Grupo (τ_g), igual para todas as freqüências. Os Amplificadores de Vídeo são o Amplificador de Luminância, tanto em receptores monocromáticos como em receptores a cores e, nestes últimos, também os Amplificadores de Saída RGB.



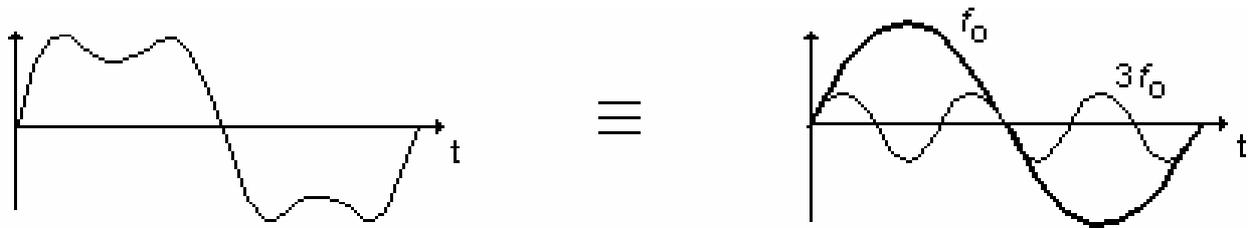
Respostas de freqüência e de fase ideais para os estágios de vídeo

Uma resposta de freqüência do tipo ilustrado acima é de realização impossível. Não obstante, com o uso de filtros de ordem elevada pode-se conseguir uma queda abrupta após a freqüência de corte. Isso implica, porém, em severa distorção de fase. As curvas de Bode para filtros de 1ª ordem mostram que a distorção de fase começa antes mesmo da freqüência de corte, evidenciando a impossibilidade de obtenção simultânea das respostas acima.



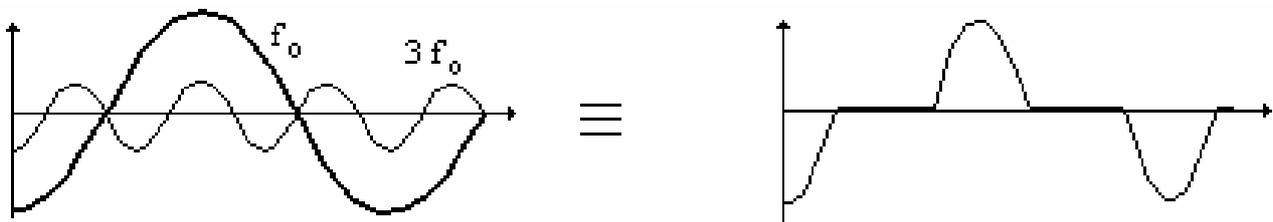
Curvas de Bode para um filtro passa-baixas de 1a ordem

O não atendimento da linearidade de fase produz modificação na forma de onda de sinais complexos, como se pode demonstrar com um sinal de duas componentes: uma em f_0 e outra $3f_0$.



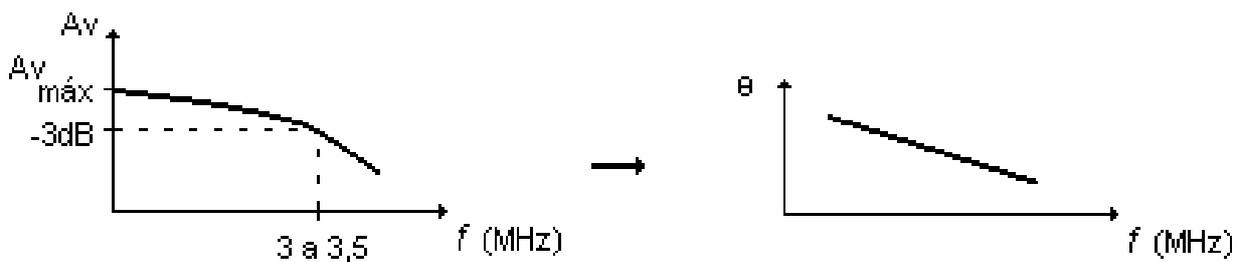
Sinal complexo e sua decomposição em componentes senoidais

Se tal sinal passar por um circuito que produza o mesmo desvio de fase para todas as frequências, a componente f_0 sofrerá um atraso 3 vezes maior que $3f_0$, pois um desvio de fase significa um intervalo do período do sinal (por exemplo, $180^\circ = \frac{1}{2}$ período). Ao emergirem do circuito, as componentes já não terão a mesma correspondência no tempo e o resultado de sua combinação será uma nova forma de onda, o que, em se tratando de vídeo, produzirá um detalhe diferente e, logo, distorção.



Alteração da relação de fase entre as componentes senoidais de um sinal complexo e a forma de onda resultante

A solução para manter τ_g constante, já que este pode ser expresso como $\Delta\text{fase}/\Delta\text{frequência}$, é fazer com que a defasagem apresentada pelos circuitos de vídeo seja proporcional à frequência do sinal. No entanto, as curvas de Bode mostram, tomando como exemplo circuitos de 1ª ordem (RC ou RL), que a defasagem é constante na faixa plana longe da frequência de corte e só vai adquirindo a proporcionalidade desejada ao se aproximar de f_c . Isto leva a dois caminhos: o primeiro, quando a qualidade é mais importante que o custo, é fazer a resposta de frequência dos circuitos muito maior que a faixa do sinal que passa por eles, de modo que o sinal fique no trecho em que a defasagem é zero e, portanto, τ_g também é zero; o segundo caminho, adotado em receptores comuns, é reduzir a resposta de frequência dos circuitos de modo que, a faixa plana ficando menor, a fase comece a variar desde o início da faixa e tal variação seja aproximadamente proporcional à frequência.



Relação entre as respostas de frequência e de fase em televisores comuns

PROCESSAMENTO DE VÍDEO EM TV A CORES

Os sinais que excitam um cinescópio tricromático são os de cores primárias - RGB, cada um aplicado a um canhão eletrônico e controlando a intensidade de um feixe de elétrons, que é dirigido somente aos pontos de fósforo da tela que emitem aquela cor primária. Como os três feixes varrem juntos, atingindo um trio de pontos de cada vez, a cor vista pelo espectador será a mistura aditiva das primárias, dada pela proporcionalidade entre as luzes emitidas e pela intensidade do conjunto.

Uma cor, como já sabido, pode ser analisada pela sua Luminância (brilho), Matiz (posição no espectro) e Saturação (menor ou maior presença da luz branca).

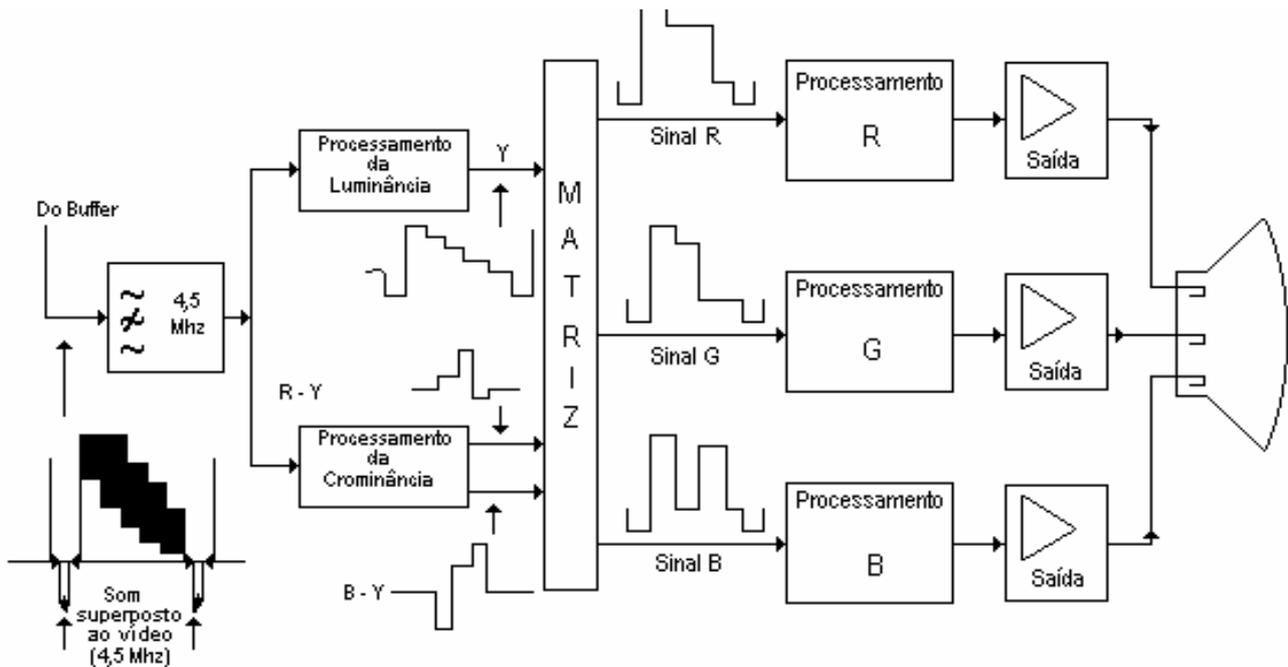


Diagrama em blocos dos estágios de imagem de um televisor a cores

Ao receptor chega o Sinal Composto de Vídeo, que após ser extraído da portadora de vídeo, apresenta a componente da luminância decodificada e a componente de cromaticidade (matiz + saturação) ainda codificadas, ou seja, moduladas em 3,8 MHz. Da croma, ao ser decodificada, surgem os sinais R-Y e B-Y; da combinação desses dois sinais com Y e entre si, surgem os sinais R, G e B. Tal combinação se baseia na conhecida equação que expressa a sensação de luminância produzida no olho humano pelas cores primárias: $Y = 0,30 R + 0,59 G + 0,11 B$. A realização elétrica da combinação dos sinais nessas proporções se dá numa Matriz, que nada mais é que uma rede de resistores, formando divisores de tensão, e transistores, invertendo os sinais quando necessário e isolando-os entre si e da saída.

PROCESSAMENTO DOS SINAIS R, G e B

Com a integração de circuitos é possível introduzir vários recursos no receptor, sem que isto torne seu custo inviável.

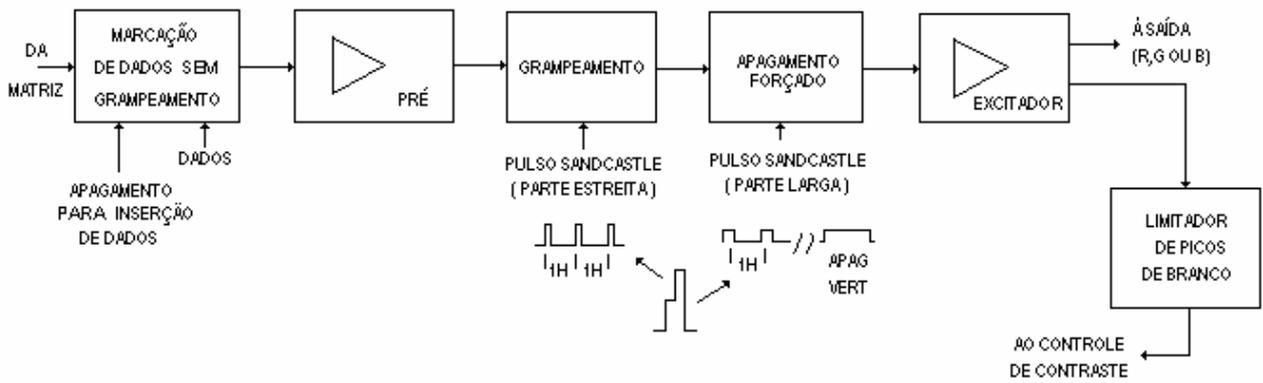
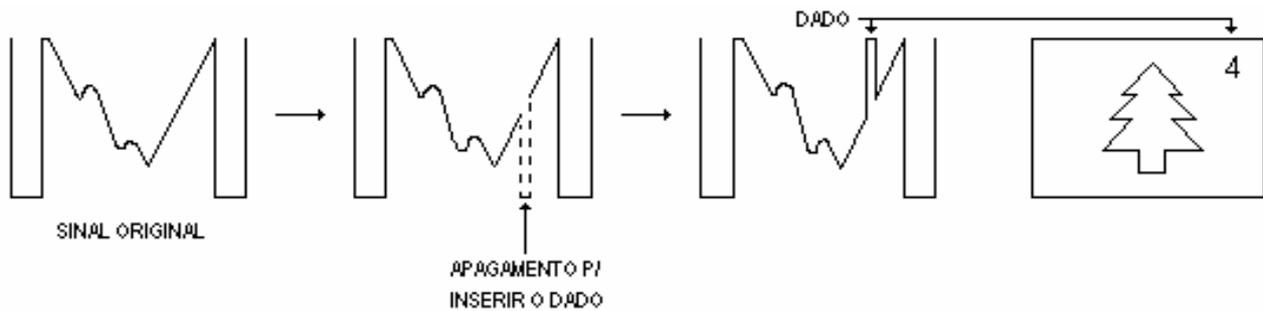


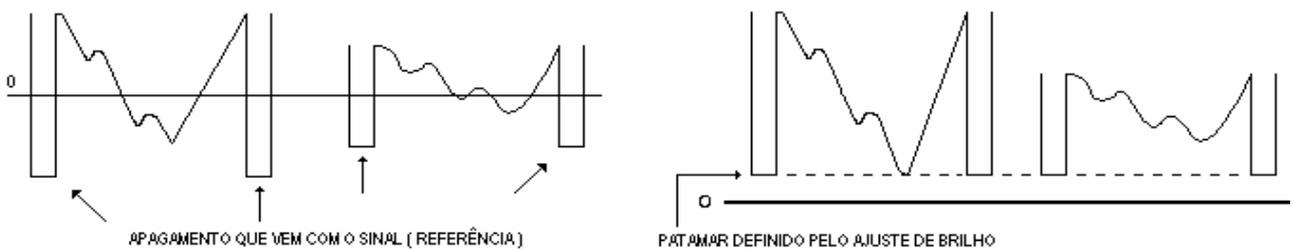
Diagrama em blocos dos estágios de processamento do sinal de uma das cores primárias

Um dos recursos percebidos pelo espectador é a apresentação de informações na tela, tais como o canal escolhido, os níveis de volume, brilho, contraste e saturação, ou funções acionadas (mudo, timer etc.). O comando dessas operações é realizado pela etapa de controle, que manda para os estágios RGB as informações no ponto exato em que elas têm de aparecer na tela (posição do quadro). Uma dessas informações apaga os três sinais ao mesmo tempo e outra acende as primárias desejadas para a cor dos caracteres.



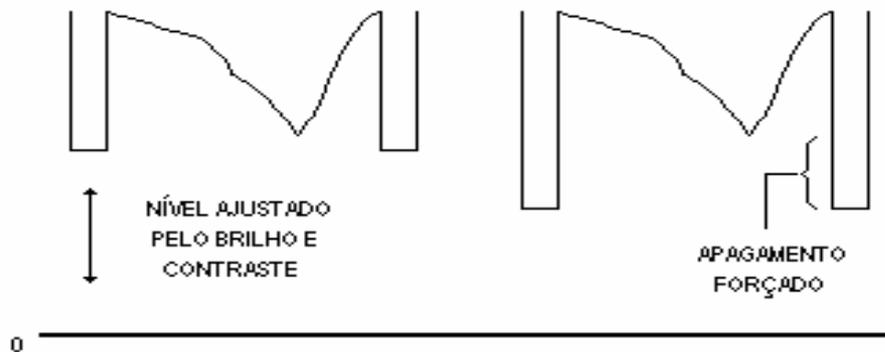
Exemplo de alteração sofrida por uma linha de um dos sinais de cores primárias, para inserção do algarismo 4 sobre a imagem (em cada linha pode haver várias inserções).

Para garantir a correta reprodução das cores, os sinais RGB têm de ter seus níveis característicos (brilho máximo e nulo) mantidos nos valores que são definidos a partir dos ajustes feitos pelo usuário - brilho, contraste e saturação, não podendo variar por terem passado por um capacitor no trajeto. Tal manutenção é obtida pela fixação do apagamento, que é conhecida como Grampeamento do sinal.



Grampeamento dos sinais de cores primárias (fixação do nível de apagamento).

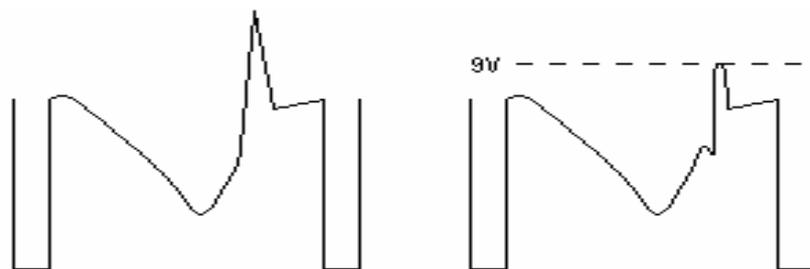
Como o ajuste de brilho pode alterar o nível de grampeamento, deixando o apagamento antes do ponto de corte do TRC, o que produz o aparecimento de linhas de retorno, é somado a todo apagamento um sinal que o leve obrigatoriamente além do corte, o que se chama de Apagamento Forçado.



Inserção de pulsos de Apagamento Forçado, que não podem ser reduzidos pelos ajustes.

Essas duas operações – Grampeamento e Apagamento Forçado – são comandadas pelo sinal de *Sandcastle*, o qual é formado pelos pulsos de retorno obtidos nos circuitos de varredura vertical e horizontal e que, obviamente, estão sincronizados com o SCV, mas não sofrem variações de amplitude.

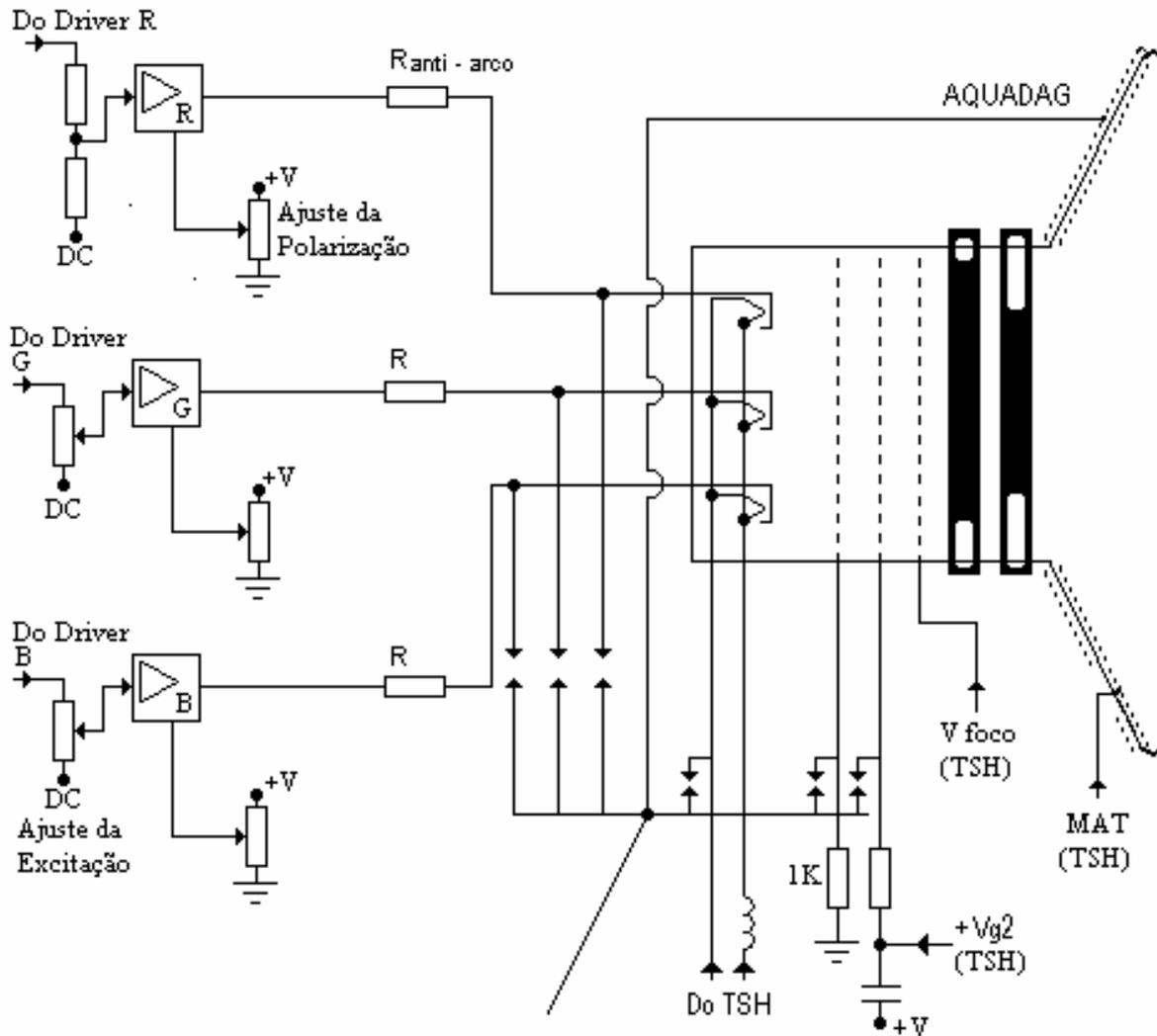
Um outro recurso incorporado nesta etapa é a Limitação de Picos que excedam o nível de brilho máximo (branco). Tais picos são ruídos e produzem “flashes” desagradáveis na imagem, além de desgaste dos fósforos e elevação da corrente de feixe, que retorna pela MAT e sobrecarga a Saída Horizontal. Quando um pico desses ultrapassa um nível pré-definido, gera um comando para redução do nível de luminância (contraste), que atinge os três sinais (RGB) somente durante sua ocorrência.



Limitação de Picos de Branco

SAÍDAS DE COR (R, G e B)

São circuitos amplificadores que entregam os sinais de cores primárias aos canhões do TRC, com o nível adequado para produzir as variações de brilho na tela. A excursão típica é de 60 Vpp, entre os níveis de branco e de apagamento, para o sinal presente nos cátodos. Tais sinais apresentam o preto no sentido positivo, pois a corrente de feixe se reduz com a elevação do potencial do cátodo em relação à grade de controle.



Estágios de saída de cor, em blocos, com os controles para ajuste de ganho e ponto de operação.

Cinescópio tricromático, com as tensões aplicadas aos seus eletrodos e centelhadores para proteção.

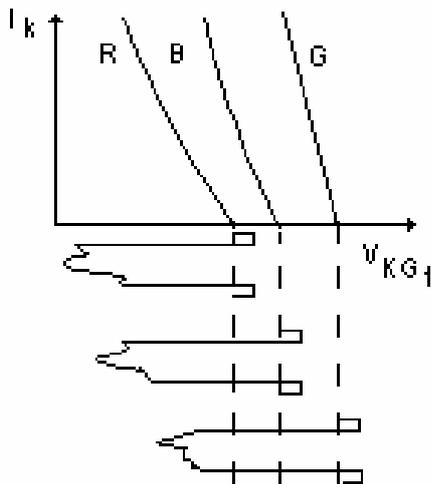
Os modernos TRCs a cores apresentam as grades homólogas dos três canhões ligadas entre si e a um único pino externo. Assim, às três grades de foco (do R, do G e do B) corresponde um só pino, do mesmo modo que às três grades *screen* e às três de controle. Dessa forma, a excitação do TRC tem de ser feita por cátodo e as grades de controle ficam no potencial da massa.

Como os canhões do TRC são distintos, cada um apresenta características elétricas próprias, definidas por valores típicos, mas com tolerâncias normais entre unidades distintas. Quando postos a funcionar juntos, certamente a tensão V_{kg1} (entre cátodo e grade de controle), que leva cada um ao corte, não é a mesma, ou ainda, a excursão dessa tensão em um deles não produz a mesma variação na corrente de feixe que produz em outro. Somam-se a isto as diferenças de eficiência entre os fósforos da tela, o que faz, por exemplo, com que o fósforo vermelho emita menor luminosidade que os outros quando atingido pela mesma intensidade de corrente.

Para compensar a discrepância existente entre os canhões do TRC, são necessários ajustes nos estágios de Saída de Cor, de modo a alcançar a correta reprodução das cores. Tais ajustes são conhecidos como Rastreamento das Cores, pois se

estes são corretamente reproduzidos, as cores também o serão, ao menos se os sinais diferença de cor forem corretamente demodulados e matizados.

Um dos ajustes consiste em fazer com que todos os canhões cortem – isto é, apaguem o feixe – quando o sinal atingir o nível de apagamento, o que é conseguido através do ajuste da polarização de cada saída, já que o acoplamento ao tubo é direto. Se tal ajuste não estiver correto, um cinza escuro pode levar apenas um ou dois feixes ao apagamento e é reproduzido com o matiz do feixe que sobrou aceso ou com a combinação de dois que tenham sobrado acesos (p. ex., se o feixe azul apagar antes, o cinza escuro aparece como amarelo escuro).

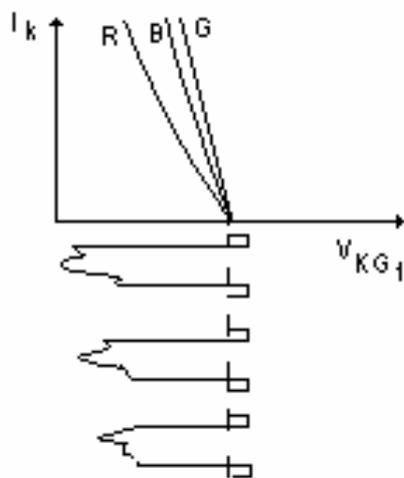


Curvas de resposta dos três canhões de um TRC tricromático, representadas em um só gráfico.

As diferentes inclinações das curvas indicam que os canhões apresentam ganhos diferentes, isto é, produzem correntes diferentes para a mesma excursão de tensão.

As diferentes posições das curvas indicam que os canhões apresentam pontos de corte distintos, isto é, apagam seu feixe com diferentes níveis de tensão.

O outro ajuste faz com que os três tipos de fósforo apresentem o mesmo brilho quando os sinais RGB apresentarem máxima excursão. Desse modo, o branco será corretamente reproduzido, bem como os cinzas claros. Isto é obtido pelo nível do sinal (excitação) aplicado aos amplificadores, tendo o vermelho como referência. Com esses dois ajustes - ponto de corte e nível de branco - as curvas dos canhões são igualadas em seus pontos extremos, restando apenas possíveis variações na faixa de luminosidade média, menos perceptíveis.

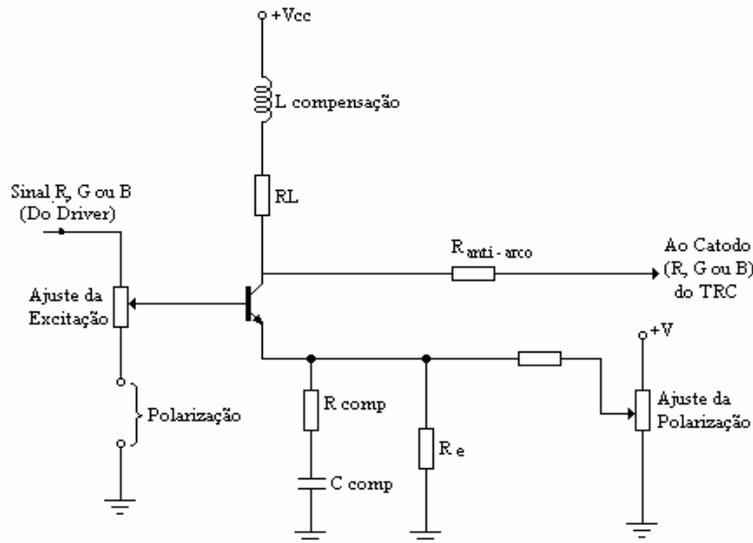


Representação ilustrativa da coincidência do ponto de corte dos três canhões, o que poderia ser conseguido polarizando diferentemente a grade *screen* de cada canhão. Nos tubos atuais, porém, como as grades são ligadas internamente entre si, a solução consiste em somar a cada sinal um nível DC diferente.

A diferença de ganho entre os canhões é compensada com o ganho diferente dado aos sinais. Do mesmo modo, é compensada a eficiência relativa entre os fósforos da tela.

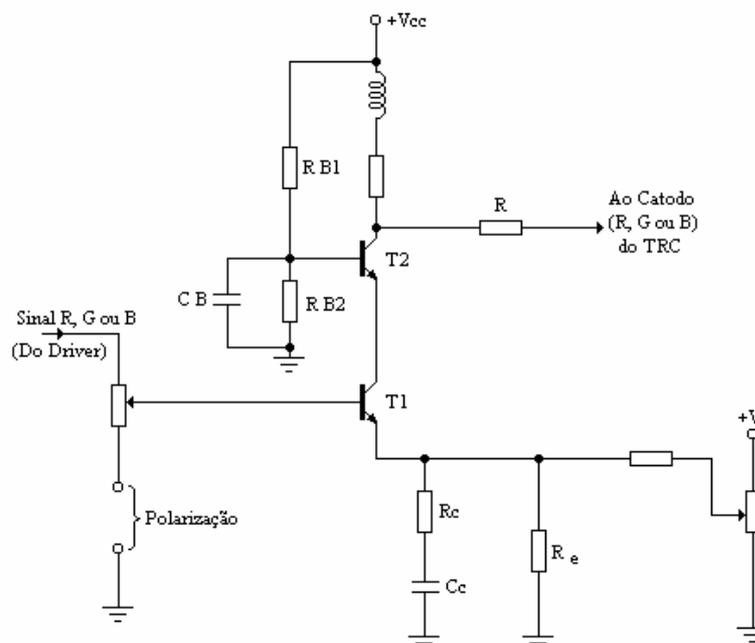
Os circuitos amplificadores para RGB devem apresentar certas características, para se obter uma boa imagem:

- O ponto de operação deve ficar estável, pois sua alteração produz deslocamento do nível de preto e altera o já mencionado ajuste do ponto de corte;
- Os ajustes de ganho e de polarização devem ser independentes ao máximo, para facilitar a regulagem;
- O ganho deve ser constante e não se alterar com a amplitude do sinal, ou seja, um sinal que seja uma rampa deve ser reproduzido como tal (boa linearidade) e não como uma curva;
- A resposta de freqüência deve atender aos objetivos do aparelho (se é um receptor comum, deve ir até os 3 MHz e sendo um monitor, pode ultrapassar os 10 MHz);
- A resposta de fase deve ser tal que o retardo de grupo fique razoavelmente constante ao longo de toda a faixa de sinal.



Circuito de saída de cor com um transistor.

Os televisores modernos costumam usar estágios de um só transistor, mas se for necessária uma resposta de freqüência maior pode-se usar a configuração Cascode, que consiste de um estágio de entrada emissor comum e a saída em base comum.



Circuito de saída de cor na configuração Cascode.

PROCESSAMENTO DA LUMINÂNCIA EM TV A CORES

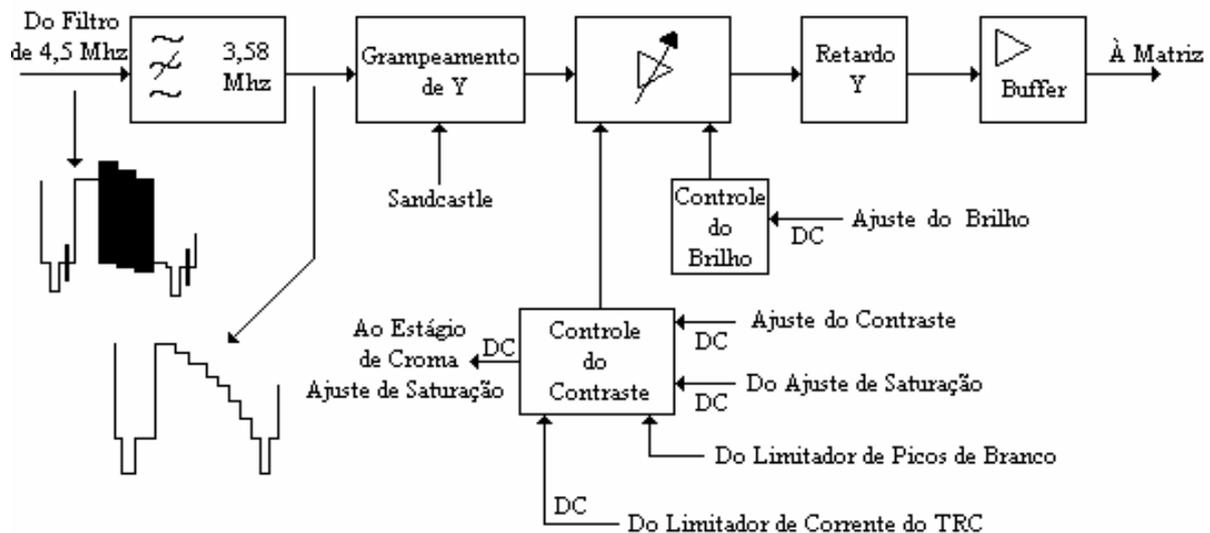


Diagrama em blocos dos estágios de processamento da luminância em televisores a cores.

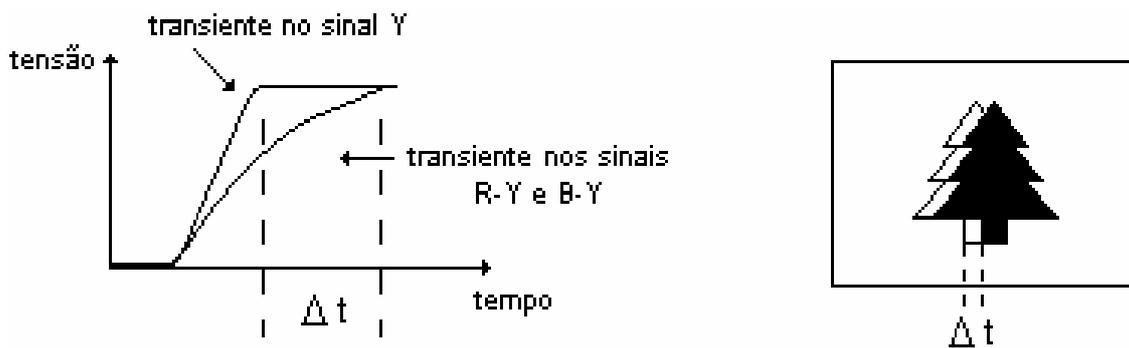
Do Detetor de Vídeo do tipo Síncrono saem os sinais de Luminância, demodulado, de Cromo, modulado em 3,58 MHz, e Som, modulado em 4,5 MHz. Este último tem de ser aplicado apenas ao estágio de som e eliminado do SCV, pois pode produzir, em qualquer circuito não linear, batimento com o de croma, resultando numa interferência de 920 kHz, que se manifesta na imagem como linhas diagonais bem visíveis, que “ondulam” com a modulação do som.

O sinal de croma também não deve passar pelo estágio de Luminância, pois produziria na imagem pequenos pontos, relativos à frequência de 3,58 MHz. Como essa frequência é um harmônico ímpar de f_h , uma linha começa por um ponto escuro e a seguinte por um ponto mais claro, o que tenderia a diminuir a visibilidade da interferência, mas considerando o entrelaçamento de campos, o cancelamento total só ocorre a cada oito campos, que sendo uma frequência muito baixa, produz cintilação. A solução é eliminar o sinal de croma sobre o de luminância. Se a transmissão é NTSC, é possível fazer isso sem prejudicar as informações de luminância, pois os espectros dos sinais se intercalam e um Filtro Pente analógico realiza a operação. No sistema Pal, entretanto, o sinal de croma apresenta harmônicos ímpares de $f_H/4$ e inversão de fase linha a linha, inviabilizando o filtro pente analógico. Nesse caso deve ser eliminada toda a faixa de frequências acima de 3 MHz, aproximadamente, usando um filtro passa baixas ou elimina faixa (*trap*). A versão digital do filtro pente é empregada em receptores de maior custo.

Após essas filtragens, resta o sinal de Luminância, que é grampeado e amplificado. Esse amplificador tem seu ganho controlado pelo Controle de Contraste e seu ponto de trabalho pelo Controle de Brilho. O Controle de Contraste recebe o comando do usuário, mas também do Limitador de Picos de Branco e do Limitador de Corrente do Cinescópio, que, reduzindo a amplitude do sinal de vídeo, evitam desgaste excessivo do TRC e sobrecarga à Saída Horizontal, que fornece a MAT; esse controle também atua no de saturação, diminuindo a amplitude da croma proporcionalmente à da luminância, para evitar imagens “borradas” (pouca luminância e muita croma); analogamente, recebe sinal da croma, compensando o contraste quando se ajusta a saturação.

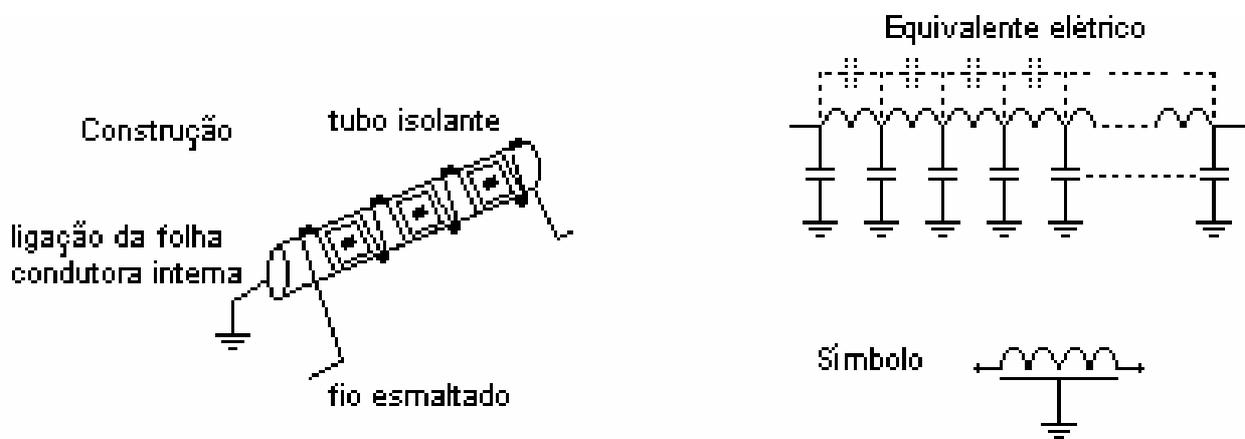
O retardo sofrido pelo sinal de luminância entre o Detetor e a Matriz é menor que o sofrido pelo de croma, pois este último têm banda mais estreita, o que implica em circuitos mais seletivos, e também atravessa maior número de estágios. Essa diferença é pequena nos televisores modernos e não é muito percebida em telas pequenas; ainda assim,

circuitos LC colocados em série com a luminância aumentam seu atraso, igualando-o ao da croma.



Efeitos, nos sinais e na imagem, do retardo do sinal de croma em relação ao de luminância.

Nos televisores antigos e nos de tela grande, bem como em equipamentos profissionais, usa-se uma Linha de Retardo para luminância. A forma tradicional dessa linha é um circuito LC, no qual os valores concentrados de componentes reativos são conseguidos com o enrolamento de uma bobina sobre uma folha condutora, intercalada com uma folha isolante, fornecendo uma capacitância distribuída ao longo do indutor, para massa. Circuitos mais modernos empregam a simulação de indutores e capacitores, através de amplificadores operacionais integrados, na configuração *gyrator*, ou armazenam a informação em uma memória, liberando após algum tempo.



Linha de Retardo de luminância.

PROCESSAMENTO DA CROMINÂNCIA

Da mesma forma como o sinal de croma deve ser eliminado nos estágios de luminância, esta também deve sê-lo da croma, pois causa interferência visível, na forma de nuances coloridas após detalhes finos (por exemplo, roupas riscadas, grades e telhados). Entretanto, como os espectros dos dois sinais se intercalem, a eliminação completa só é possível com o uso de um filtro pente, o qual se aplica mais facilmente a receptores NTSC. Em receptores PAL é usado um filtro passa-altas, com frequência de corte em torno de 2 MHz, um passa-faixa, ou processamento digital.

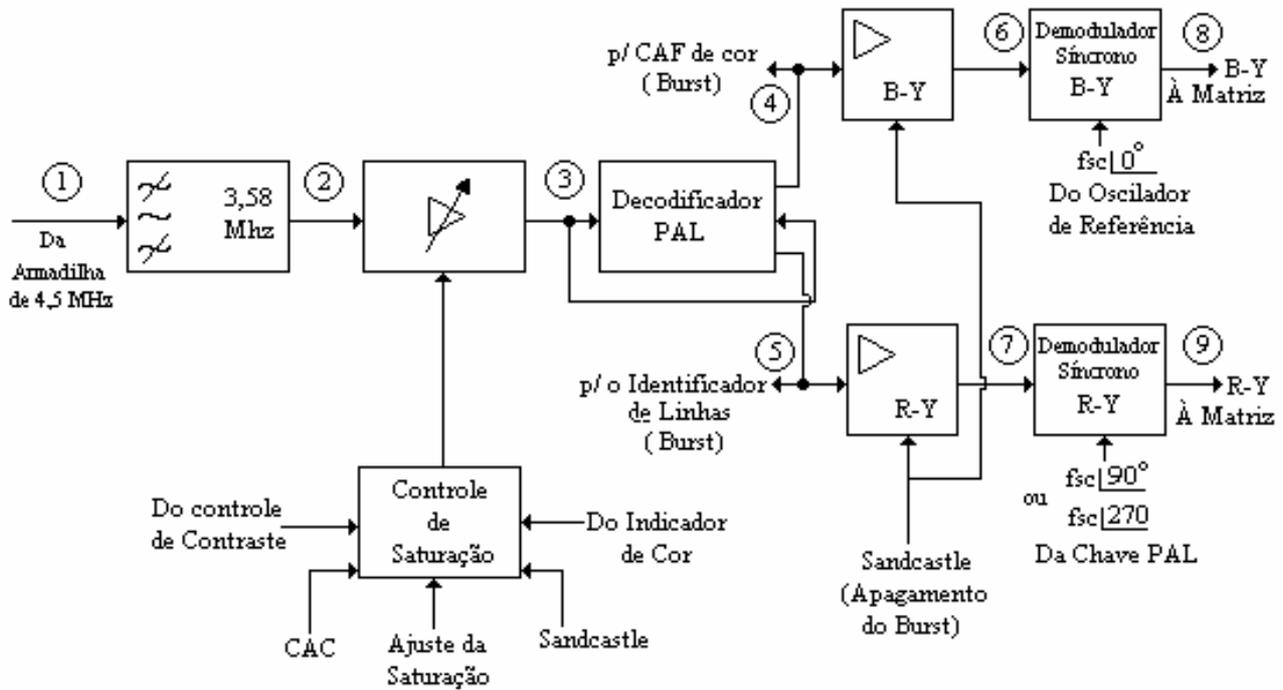
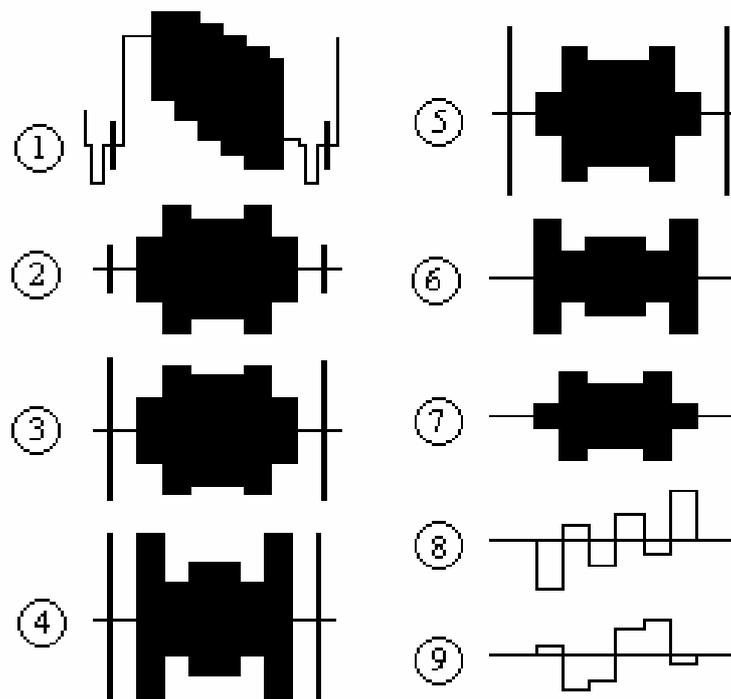


Diagrama em blocos do processamento da crominância.



Formas de onda dos sinais presentes nos estágios de crominância.

O sinal de croma, ainda modulado em 3,58 MHz, é amplificado. A sua amplitude é proporcional à saturação da imagem e é através do ajuste dessa amplitude que se dá o controle de Cor ou de Saturação da imagem. Nos receptores antigos, o controle se fazia através de um potenciômetro em série com o sinal; hoje é feito através de um amplificador de ganho controlado por tensão. Esse estágio de controle recebe o comando do usuário,

via remoto ou painel, passando pela etapa decodificadora, mas também recebe um comando indireto do controle de contraste, como foi explicado, para evitar cores “borradas” por excesso de saturação; recebe um comando do Inibidor de Cor, para “zerar” o ganho nos casos de erro na cor ou de transmissão monocromática; recebe um comando do CAG de cor (CAC), para compensar variações na croma, devido às possíveis diferenças entre sintonia dos canais ou entre fontes de sinal, traduzidas pela amplitude do *burst*, e recebe pulso de *sandcastle*, o qual coincide com o *burst* e faz com que este sinal tenha ganho constante, independente dos demais ajustes, para servir de referência.

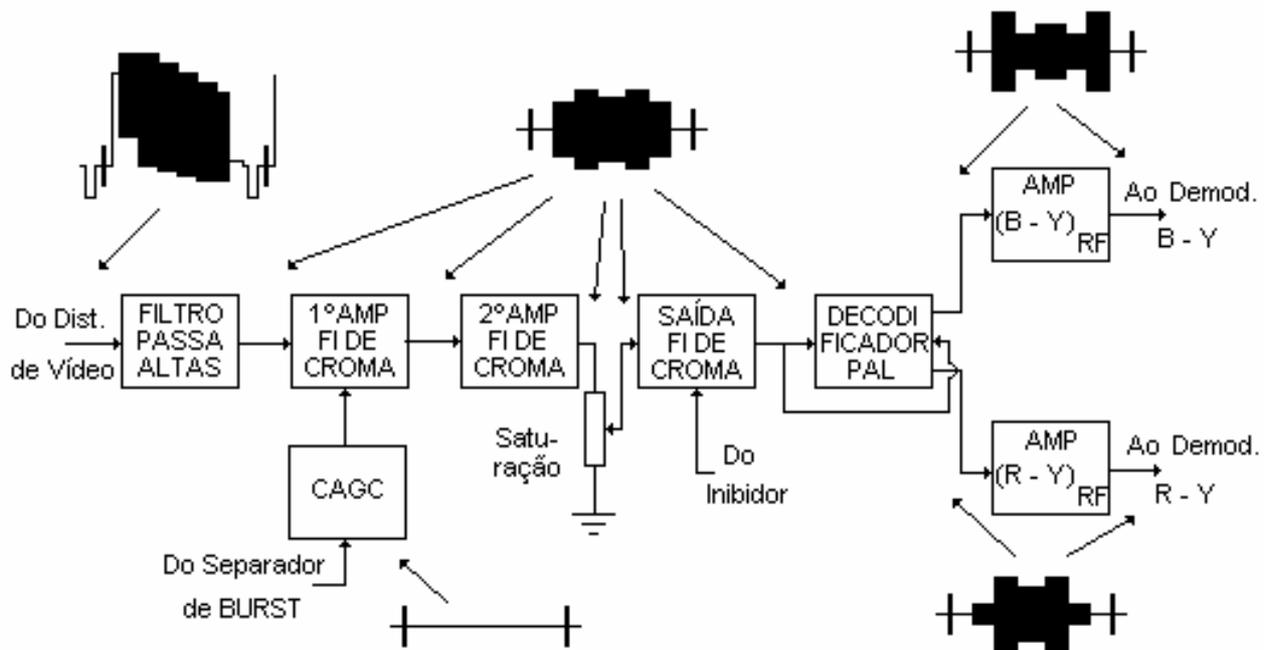
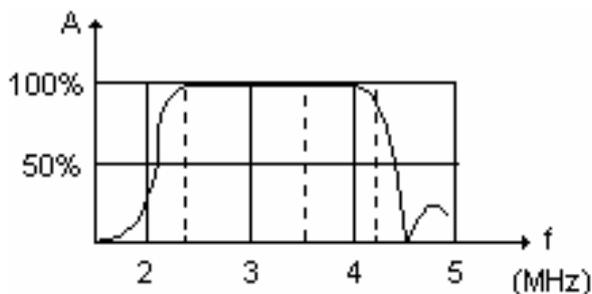


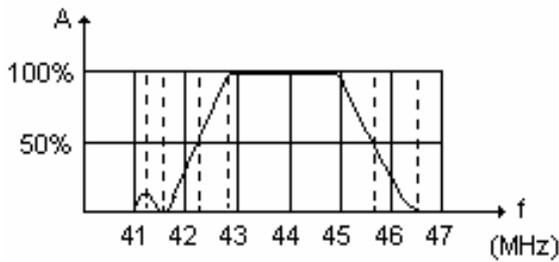
Diagrama em blocos dos estágios de croma de receptores antigos

No Decodificador PAL é feita a média entre o sinal de croma de duas linhas consecutivas no tempo, para cancelar erros de matiz, e são separadas as componentes u e v (v'). Para que retornem a b-y e r-y, estes sinais recebem ganhos diferentes, compensando as atenuações de 0,493 e 0,877 sofridas na transmissão. Finalmente, são demodulados, surgindo B-Y e R-Y.

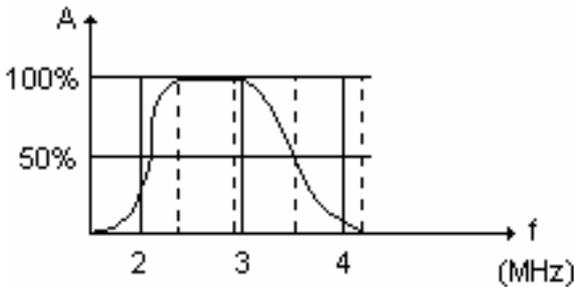
A curva de resposta dos estágios de croma, composta com a curva de FI do receptor, provê a compensação da banda vestigial existente na modulação do sinal C, C*.



Curva de resposta dos estágios de croma



Curva de resposta da etapa de FI de vídeo



Curva de resposta composta pela superposição das curvas individuais dos estágios por onde transita o sinal de crominância (compensa a banda vestigial)

DECODIFICADOR PAL

O Decodificador PAL pode ser analisado como uma Linha de Retardo de 1H (63,5 μ s, para o sistema PAL-M) seguida de um Somador e de um Subtrator, nos quais chegam simultaneamente os sinais C e C*, já que um deles é o sinal atual (que está entrando) e o outro é o que passou pelo retardo.

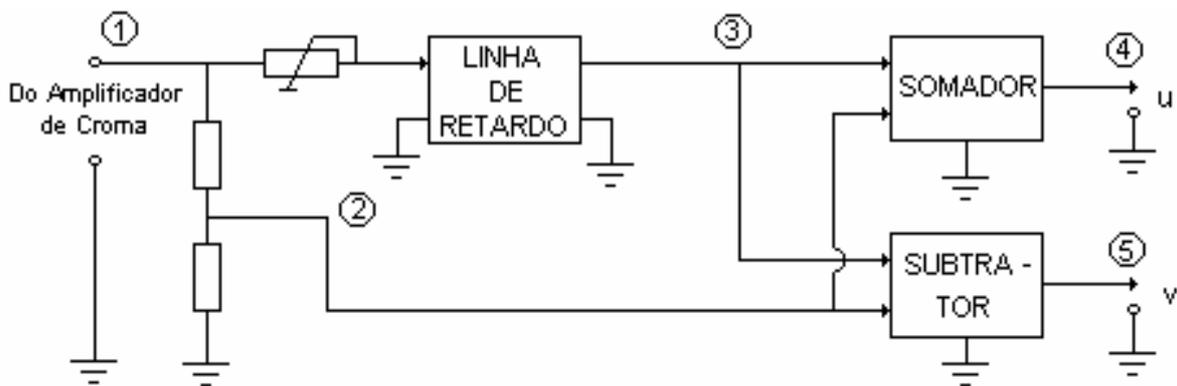
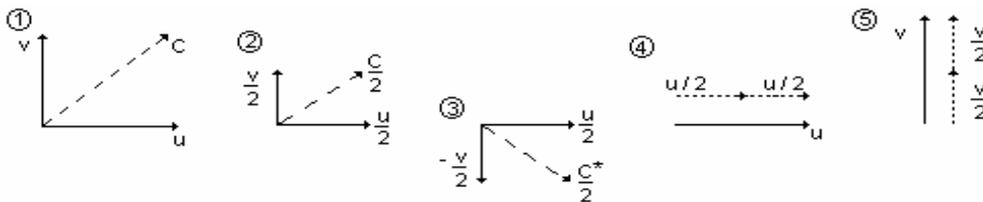
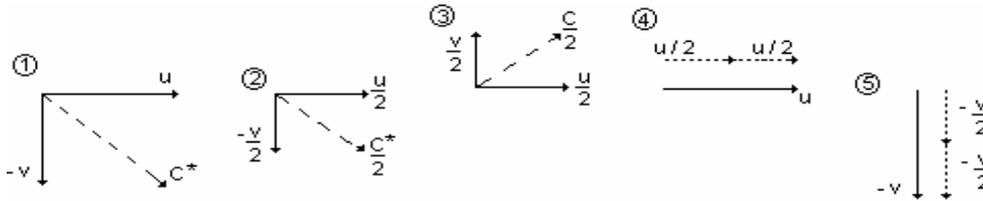


Diagrama em blocos do Decodificador PAL

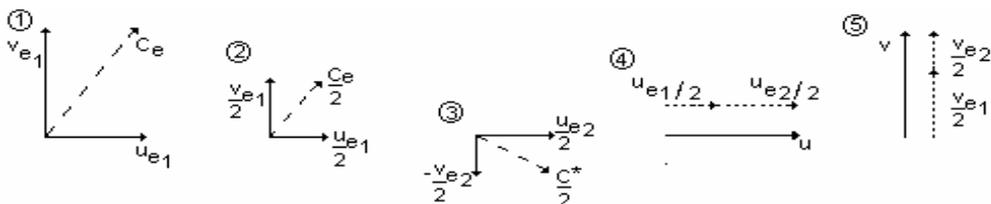
O sinal C é a combinação de u e v, enquanto o sinal C* é a combinação de u e v'. Sendo duas linhas consecutivas, são supostas idênticas, isto é, os sinais de u e v (em módulo) das duas são iguais, respectivamente. No somador tem-se $u + u = 2u$ e $v + v' = v + (-v) = 0$. No subtrator tem-se $u - u = 0$ e $v - v' = v - (-v) = 2v$. Dividindo-se os sinais resultantes pela metade, volta-se a ter u e v, só que equivalentes à média entre duas linhas. Se houver erro de matiz (fase), ele é cancelado, como já descrito no capítulo anterior.



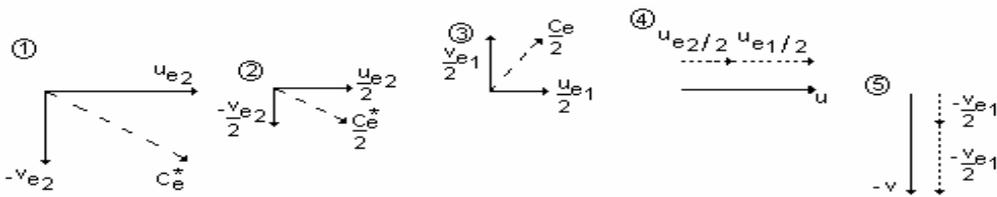
Representação dos fasores de crominância quando chega uma linha “NTSC” sem erro de matiz



Representação dos fasores de crominância quando chega uma linha “PAL” sem erro de matiz

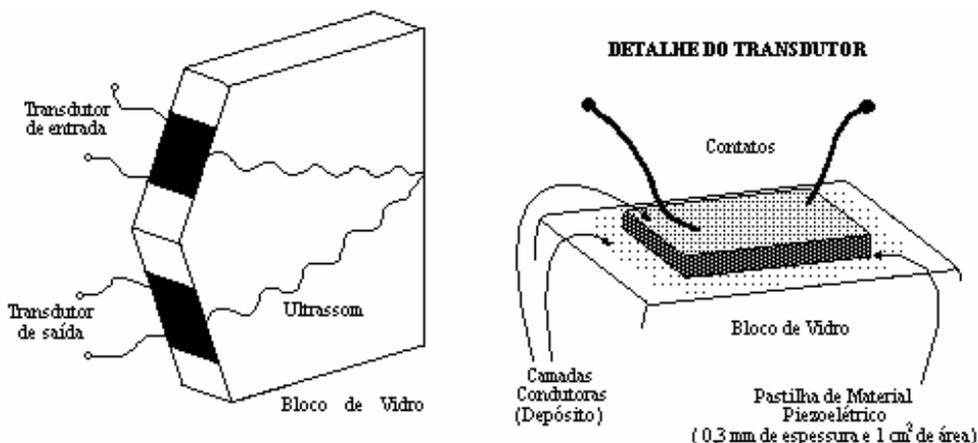


Representação dos fasores de crominância quando chega uma linha “NTSC” com erro de matiz



Representação dos fasores de crominância quando chega uma linha “PAL” com erro de matiz

A Linha de Retardo de 1H convencional é do tipo ultrassônico. Consiste de um bloco de vidro com forma e dimensões perfeitamente calculadas, de modo que o sinal de croma, transformado em vibrações mecânicas por um transdutor piezoelétrico, leva 63,5 μ s atravessando o bloco e é recolhido por outro transdutor, sendo novamente transformado em sinal elétrico. Aproveitando a polaridade dos sinais, um adequado arranjo de resistores pode fazer as vezes de somador e subtrator.



Constituição da linha de retardo ultrassônica

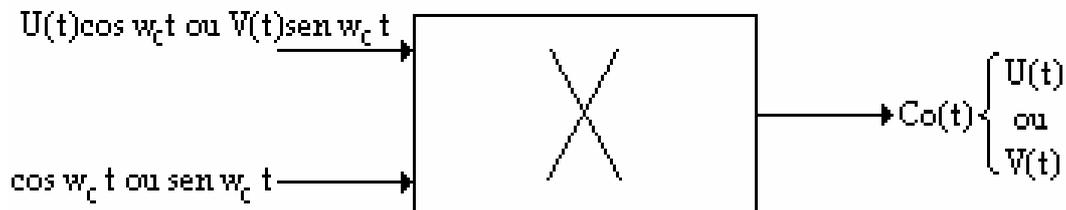
Atualmente existem circuitos integrados capazes de oferecer atraso de 1 ou 2H, pela técnica *bucket brigade*, na qual o sinal vai sendo transferido entre células CCD. Nesse caso, o tempo de atraso é igual à razão entre o número de células CCD e a frequência de *clock* usada para fazer a transferência; essa frequência é um harmônico de f_{sc} (p. ex. , 10,7 MHz = 3 X 3,58 MHz).

DEMODULADOR SÍNCRONO

A modulação da croma é do tipo AM/SC, em que só há resultante quando há informação a ser transmitida. Nos instantes em que o sinal de croma vale zero, a portadora não é transmitida, daí a denominação “portadora suprimida”; mais correta, no entanto, é a expressão “modulação produto”. A demodulação desse tipo de sinal necessita da presença da portadora pura, regenerada no receptor e perfeitamente sincronizada com a utilizada na modulação, pois a informação de matiz está exatamente na fase do sinal.

Como o sinal de croma é a resultante de dois sinais (u e v ou b-y e r-y) , para cada um deles a portadora tem uma fase específica. Assim, o Demodulador Síncrono de B-Y recebe a portadora com fase 0° , enquanto que o Demodulador Síncrono de R-Y recebe a portadora com fase 90° nas linhas não invertidas (chamadas de linhas “NTSC”) e com fase 270° nas linhas invertidas (chamadas de linhas “PAL”).

O processo da demodulação síncrona pode ser entendido como um produto do sinal modulado pela portadora.



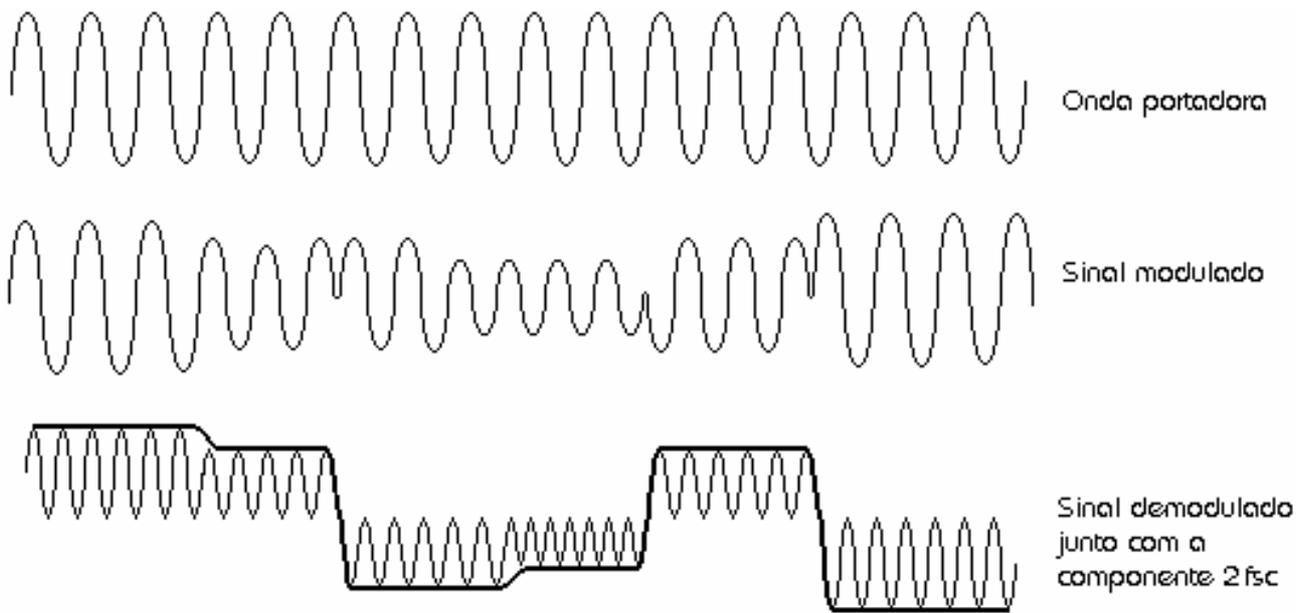
Desenvolvendo a expressão para o sinal U, tem-se:

$$[U(t) \cos w_c t] \times \cos w_c t = U(t) \cos^2 w_c t = U(t) \times \left[\frac{1 + \cos 2 w_c t}{2} \right] = \frac{U(t)}{2} + \frac{U(t) \cos 2 w_c t}{2}$$

A componente $U(t)/2$ é o sinal demodulado e a componente $[U(t) \cos 2 w_c t]/2$ é o sinal modulado no dobro da frequência da subportadora de cor.

Essa análise matemática da demodulação produto mostra que dela resulta a informação modulante original (B-Y, que equivale a $U(t)$, e R-Y, que equivale a $V(t)$, uma em cada circuito) e um sinal com o dobro de f_{sc} (7,16 MHz), facilmente eliminado por filtragem.

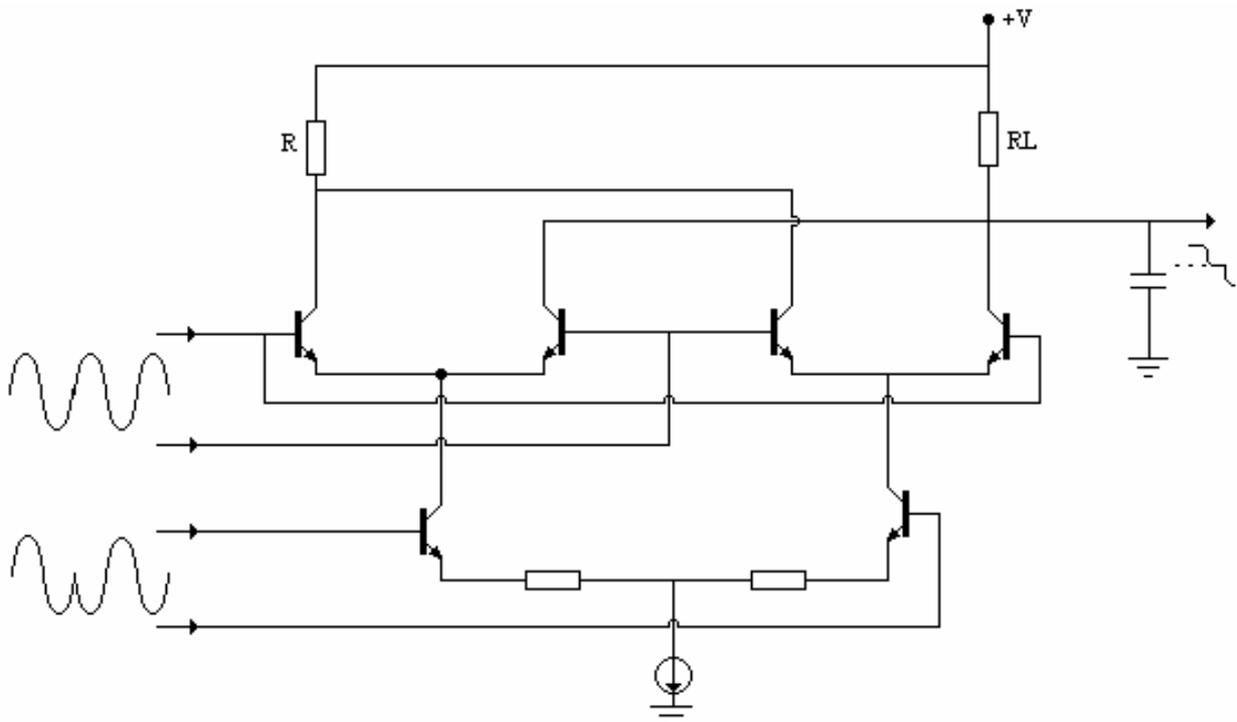
A demodulação produto também pode ser entendida como a amostragem dos picos do sinal modulado pela onda portadora original. Essa onda é recriada no receptor, em um oscilador a cristal sincronizado pelo *burst*.



Sinais em coincidência no tempo

Quando um semiciclo positivo da portadora encontra um semiciclo positivo do sinal, o resultado é positivo e amplitude proporcional à do sinal, já que a da portadora é fixa. Se um semiciclo positivo da portadora encontra um negativo do sinal, então o resultado é negativo, também com amplitude proporcional à do sinal.

A versão discreta de um demodulador síncrono é semelhante à de um comparador de fase com diodos. Em circuitos integrados é usado o Multiplicador Balanceado, com amplificadores diferenciais.



Exemplo de circuito demodulador síncrono existente em CI

ESTÁGIOS DE CONTROLE E SINCRONISMO DA CROMA

Todo esse processo se baseia nas informações contidas no *burst*, que são a frequência da subportadora, sua fase média, o tipo de linha e a amplitude do sinal.

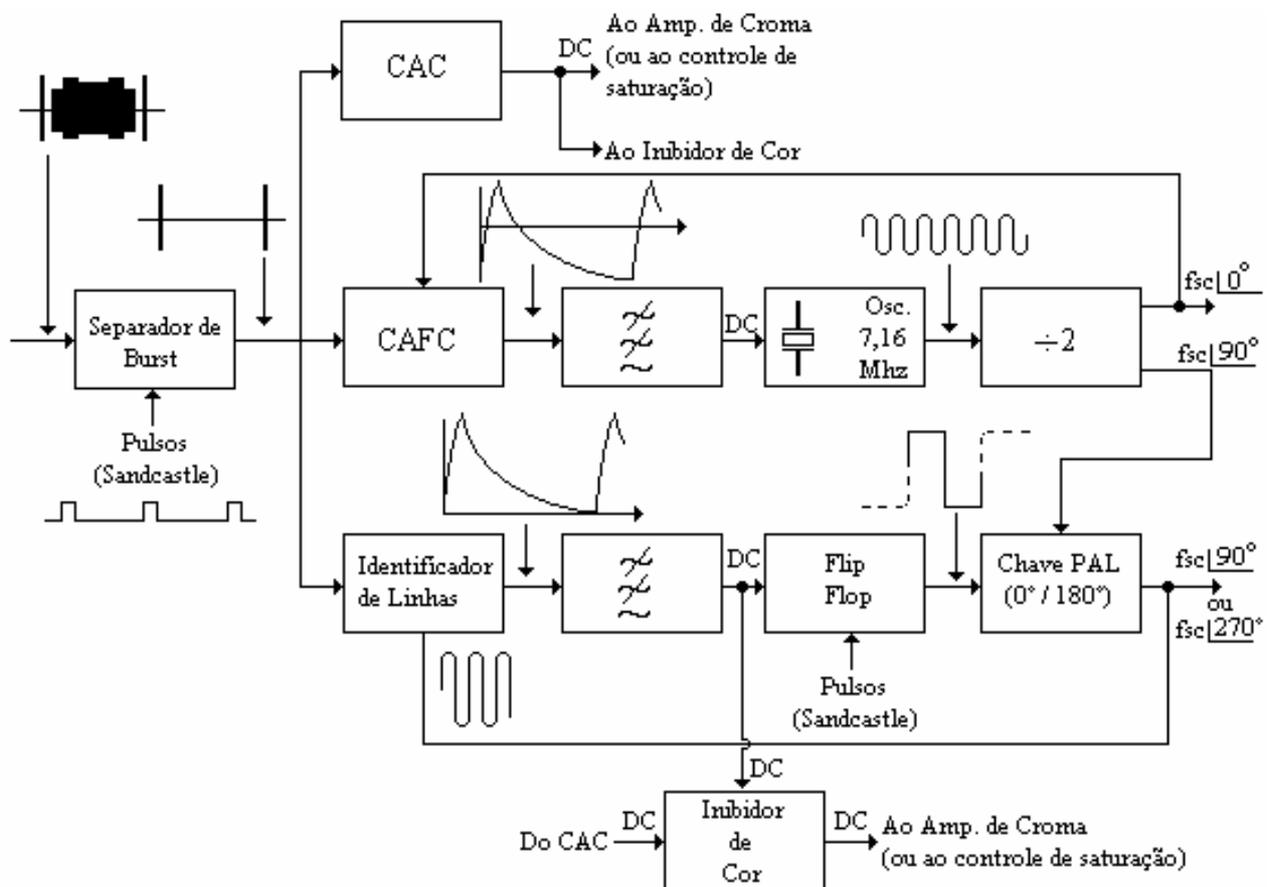


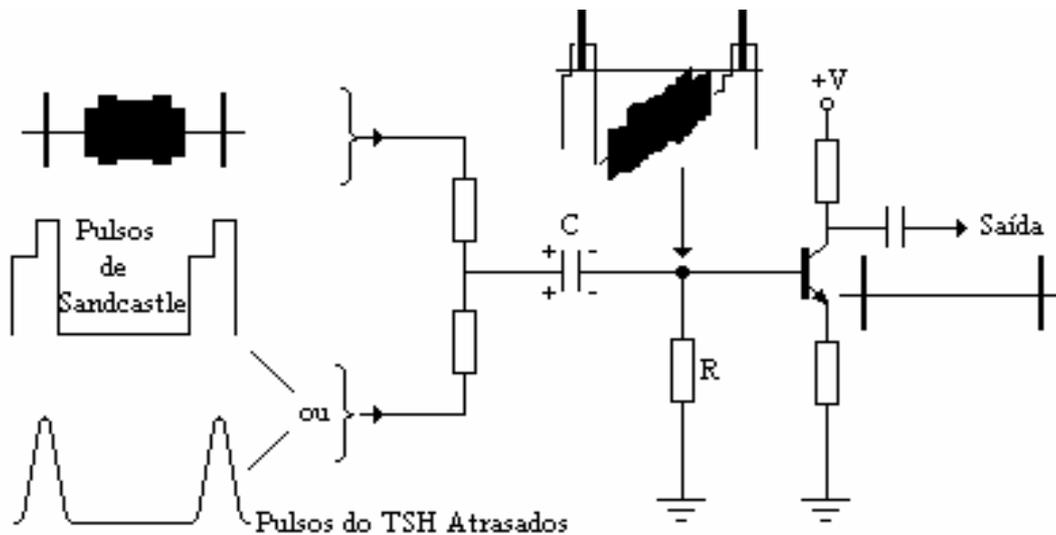
Diagrama em blocos dos estágios de controle e sincronismo da cromagem

Cada um dos estágios desse diagrama será em seguida analisado.

SEPARAÇÃO CROMA-BURST

O *burst* é transmitido no intervalo de apagamento horizontal, no qual não há outra informação de mesma frequência, o que permite que sua separação seja feita pelo "recorte" do sinal de cromagem. Consegue-se esse recorte com o sinal de *sandcastle*, que é preparado no CI responsável pela varredura dos aparelhos modernos e contém um pulso centrado no *burst*. Nos receptores antigos usava-se o pulso obtido no TSH, retardado por um circuito LC pelo tempo suficiente para localizar-se sobre o *burst*.

Aplicando o sinal de cromagem com *burst* e o pulso a um estágio amplificador polarizado em classe C, a condução do transistor se dá somente durante o tempo em que o pulso ocorre e, assim, apenas o *burst* é amplificado.

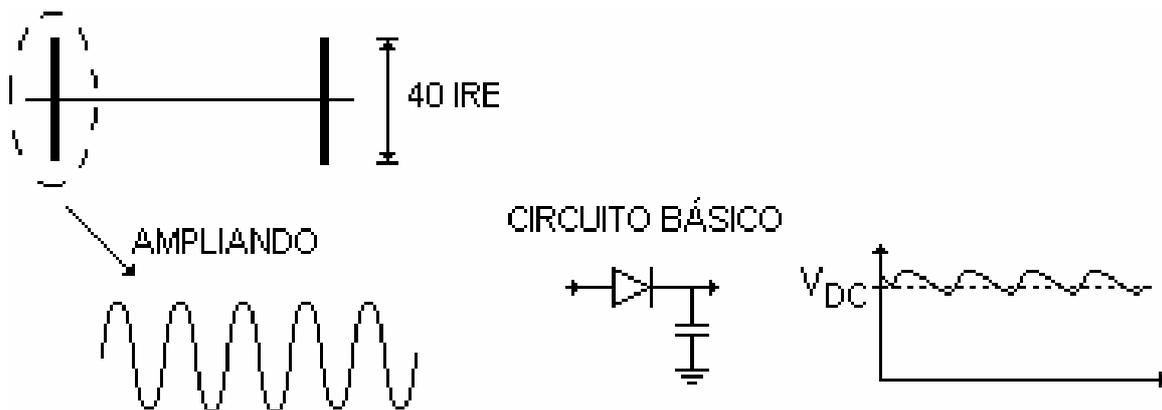


Exemplo de circuito separador do *burst*

CONTROLE AUTOMÁTICO DE GANHO DA COR (CAC OU CAGC)

A amplitude do *burst* é a mesma do pulso de sincronismo do SCV: 40 unidades IRE. Entretanto, uma sintonia imperfeita no televisor pode deslocar a cromina sobre a curva de FI e a frequência da subportadora receberá um ganho diferente do previsto, que é de -6 dB em relação ao máximo. O sinal proveniente da emissora, ou de uma fonte de vídeo (DVD, VHS, decodificador de TV por assinatura etc.), pode também não seguir o padrão. Tudo isso se reflete na amplitude do *burst* e serve de indicação para o televisor alterar automaticamente o ganho do Amplificador de Crominância.

A retificação e filtragem do *burst* origina uma tensão DC proporcional à amplitude do mesmo, a qual vai atuar no controle de saturação, fazendo com que o usuário não perceba variação na intensidade das cores ao trocar de fonte de programa .



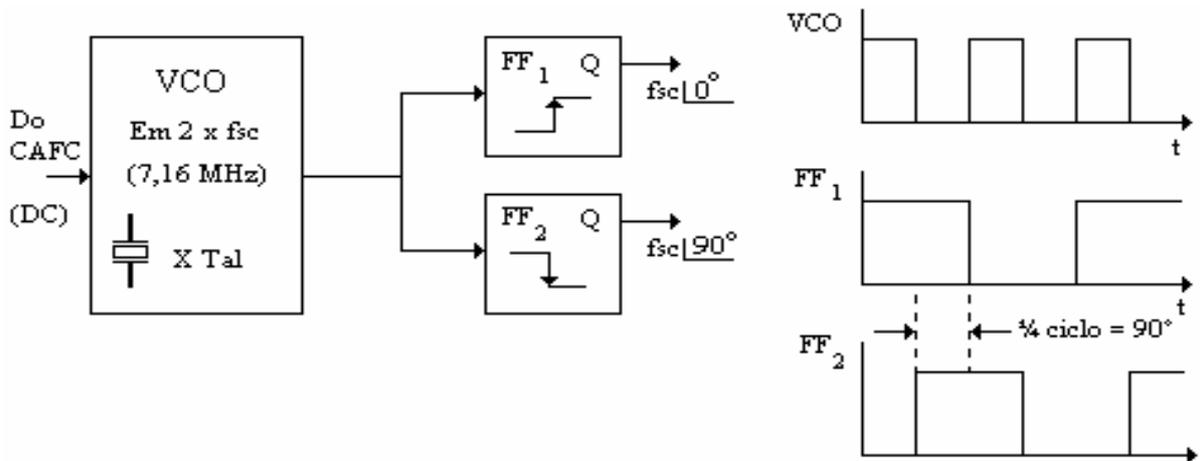
Geração da tensão de Controle Automático de Cor

GERAÇÃO E SINCRONIZAÇÃO DA SUBPORTADORA DE COR (f_{sc})

No sistema PAL, o *burst* tem fase 135° nas linhas “NTSC” e fase 225° nas linhas “PAL”; sua fase média é, portanto, 180°. Quando é feita a comparação dessa fase média com a fase do sinal gerado pelo oscilador da subportadora de cor, resulta uma tensão com um nível DC pré-definido. Essa tensão se altera proporcionalmente ao erro de fase,

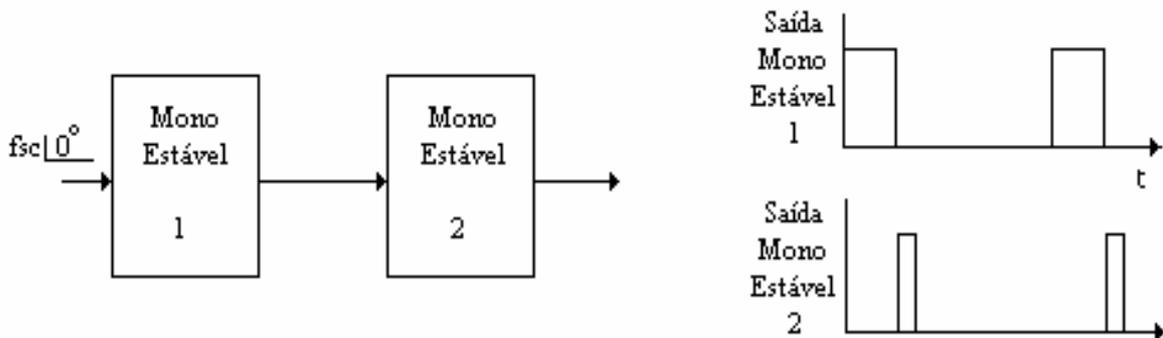
no caso de ocorrer um, e aplicada ao oscilador – um VCO –, corrige sua fase. O sinal que sai do circuito comparador de fase (CAFC) apresenta uma forte componente alternada, devido não só à alternância do *burst*, mas também à sua curta duração, de cerca de 5% do período horizontal. Tal componente é eliminada pela filtragem.

Os CIs de croma usam um oscilador no dobro da frequência da subportadora ($2 \times 3,58 = 7,16$ MHz), pois ao dividi-la, por meio de *flip-flops*, conseguem-se dois sinais defasados de 90° , sendo um dos *flip-flops* com resposta ao bordo de subida do *clock*, que tem frequência igual a $2 f_{sc}$, e o outro ao bordo de descida. A diferença de resposta de meio ciclo de *clock* entre os dois resulta numa diferença de $\frac{1}{4}$ de ciclo no sinal de saída, sendo $\frac{1}{4}$ de $360^\circ = 90^\circ$, que é a defasagem requerida..



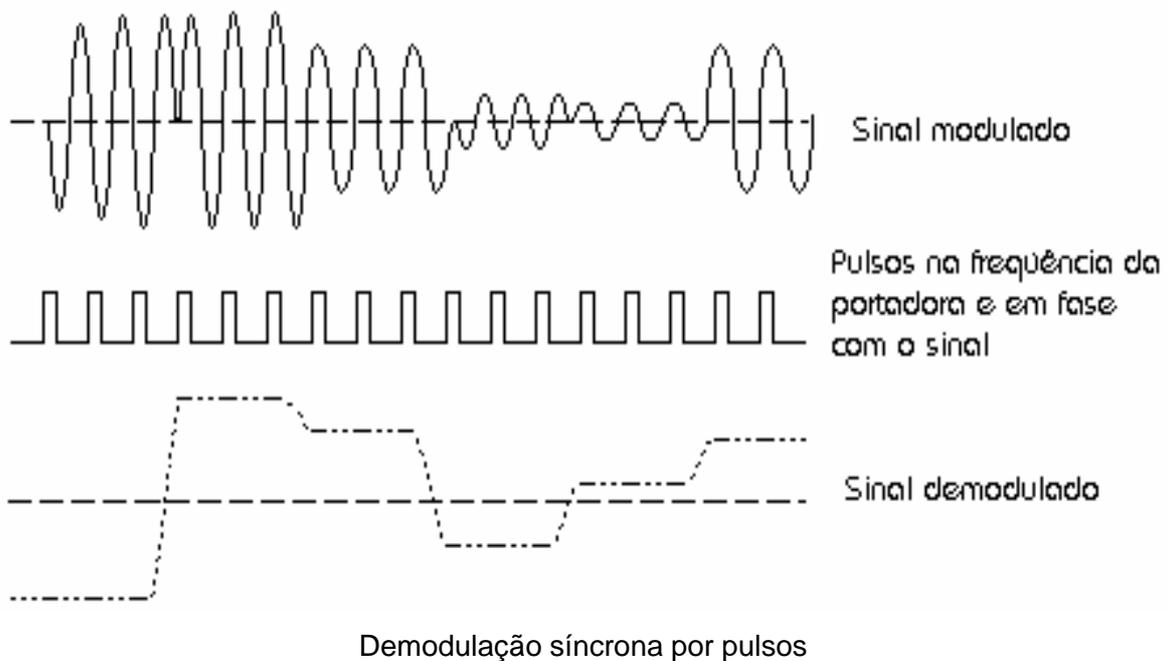
Geração da subportadora de cor com a defasagem necessária para demodular r-y e b-y

Os sinais obtidos são ondas quadradas, que podem ser filtradas, e assim resultarem senóides em f_{sc} , ou transformadas em pulsos estreitos, com o uso de multivibradores monoestáveis. O monoestável muda de estado, após receber um disparo, e volta ao estado de repouso após um tempo definido por uma constante interna, independente de outro disparo.



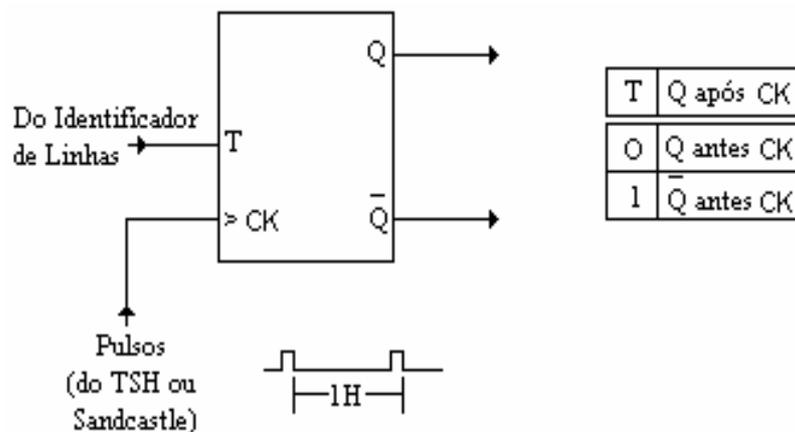
Obtenção de pulsos, a partir da subportadora de cor, para fazer a demodulação síncrona.

Esses pulsos estreitos podem fazer a amostragem do sinal de croma do mesmo modo que os picos da senóide da subportadora, pois coincidem com eles.



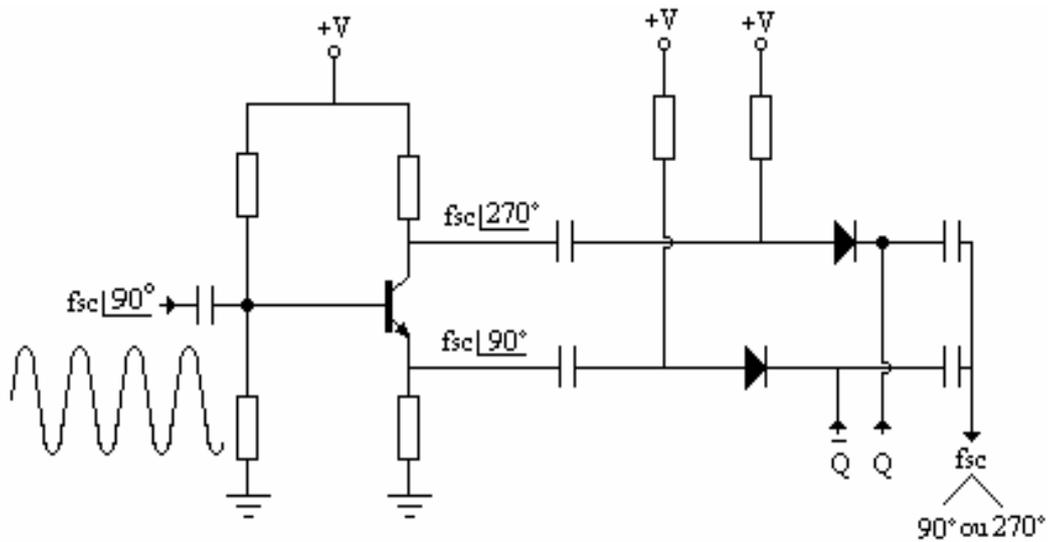
IDENTIFICAÇÃO DE LINHAS, FLIP-FLOP E CHAVE PAL

A subportadora aplicada ao demodulador síncrono de R-Y tem fase 90° nas linhas “NTSC” e fase 270° nas linhas “PAL”. Para isto, passa por um inversor de fase nas linhas “PAL”, enquanto que nada sofre nas linhas “NTSC”, já que vem com 90° do oscilador. O circuito que faz, ou não, essa inversão é a Chave PAL, a qual, por sua vez, é comandada por um **flip-flop** que muda de estado a cada linha horizontal, disparado pelos pulsos de *sandcastle*. Se a Chave PAL não estiver sincronizada com o sinal, o *flip-flop* é travado, isto é, não muda de estado, mesmo recebendo um pulso de *clock*. Nesse caso, a Chave PAL permanece como estava e na linha seguinte estará com a fase correta, quando o *flip-flop* volta a mudar de estado.



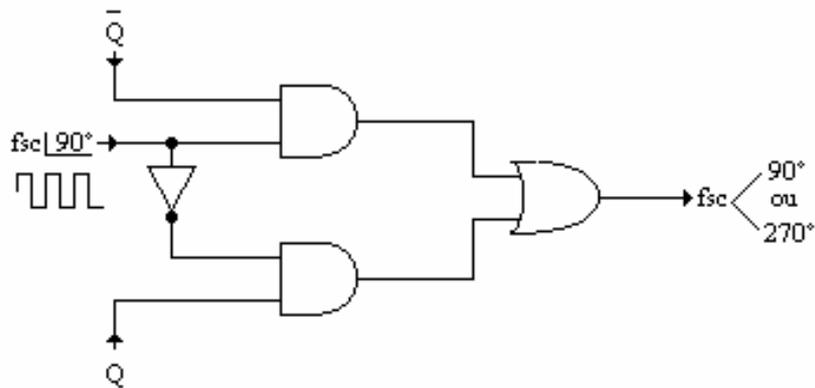
Flip-Flop e sua tabela de estados: as saídas invertem seus estados após o *clock* (ck) somente com a habilitação (T) acionada pelo Identificador de Linhas

O circuito da Chave Pal em televisores antigos podia trabalhar tanto com a subportadora que serve à demodulação de r-y quanto com o próprio sinal r-y, pois tratava-se de um circuito analógico discreto.



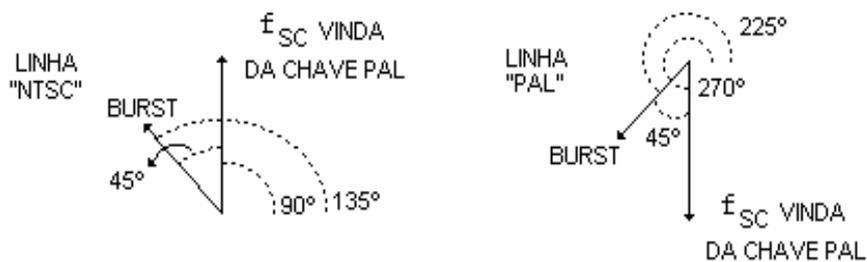
Circuito discreto da Chave Pal

Nos televisores modernos, com a geração digital da subportadora, a Chave Pal pode ser implementada com portas lógicas.

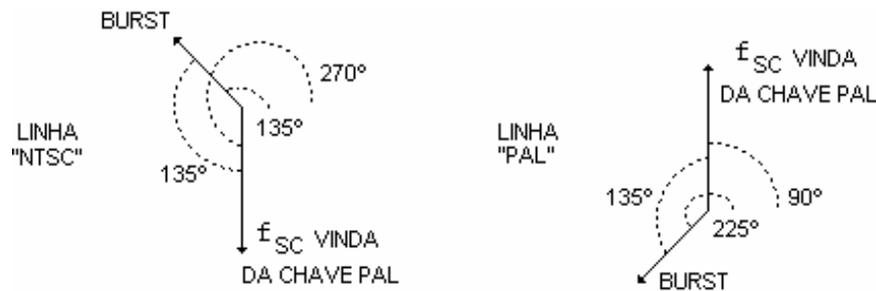


Circuito da Chave Pal com portas lógicas

A verificação da sincronização da chave com o sinal é feita por um comparador de fase chamado **Identificador de Linhas**. Ele recebe o *burst* e a f_{sc} que sai da chave PAL. Quando o primeiro está a 135° , a f_{sc} tem de estar a 90° ; com o *burst* a 225° , a f_{sc} fica a 270° , ou seja, há sempre uma diferença de 45° , em módulo, entre eles. Fora de sincronismo, essa diferença passa para 135° , alterando a tensão DC fornecida pelo Identificador para um valor que trava o *flip-flop*. Se, por exemplo, a f_{sc} estava a 270° com o *burst* a 135° ela continuará assim na linha seguinte, quando o *burst* virá a 225° , e aí o identificador reconhece a sincronização, destrava o *flip-flop* e este muda de estado no pulso seguinte, quando o *burst* volta a 135° e a f_{sc} a 90° , por ação da chave PAL.



Fasores representando a relação de fase correta entre o *burst* e a subportadora



Fasores representando a relação de fase errada entre o *burst* e a subportadora

Se o *flip-flop* ficar travado e o inibidor não atuar, o espectador verá a imagem com linhas normais e invertidas, intercaladas. Se o problema estiver no identificador, e ainda com o inibidor não atuando, a imagem pode ficar com os matizes trocados entre o 1º e o 4º quadrantes e entre o 2º e o 3º quadrantes, resultando, por exemplo, em pessoas com a pele esverdeada. Esse problema tende a ser ocasional, podendo ser corrigido com uma troca de canais, pois a chave PAL tem 50% de chances de ficar sincronizada. No caso inicial, das linhas intercaladas, dá-se o chamado “efeito veneziana”.

INIBIDOR DE CORES

É responsável por levar a zero o ganho do amplificador de croma (C, C*) nas seguintes situações:

- Burst inexistente (informado pelo CAC) – a transmissão é monocromática e, assim, haveria apenas ruído no canal de croma, resultando em pontos coloridos na tela (efeito “confete”)
- Burst muito pequeno (informado pelo CAC) – o sinal de cor é tão fraco que a reprodução torna-se mais agradável em preto e branco.
- Burst sem alternância de fase de linha a linha (informado pelo Identificador de Linhas) – não é um sinal PAL e seria reproduzido com matizes incorretos.
- Burst fora de sincronismo com a f_{sc} de R-Y (informado pelo Identificador de Linhas) – haveria a já mencionada troca de cores .

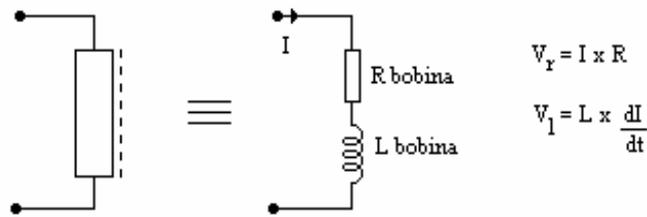
O Inibidor de Cores atua no estágio de controle da saturação, através de uma tensão DC, ou diretamente no amplificador de croma, cortando-o.

Quando um televisor está com defeito e apresenta apenas luminância, deve-se desativar o inibidor (por exemplo, colocando uma tensão DC correspondente à situação regular) e observar como as cores aparecem na imagem. Além dos dois problemas citados (veneziana e troca de cores), pode ocorrer a instabilidade total nas cores, se o oscilador da subportadora não estiver sendo sincronizado. Todos esses problemas costumam ser solucionados com a troca do *chip* de croma.

FORMAS DE ONDA DE VARREDURA

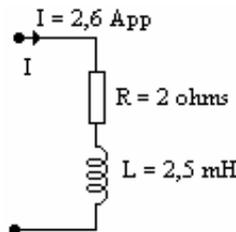
Como já foi exposto, a corrente de deflexão tem a forma dente-de-serra, adequada para varrer espaços iguais da tela em tempos iguais, durante o traço, e fazer um rápido retorno, durante o retraço. Essa corrente é a responsável pela geração do campo magnético que vai atuar sobre o feixe no interior do TRC, quando aplicada às bobinas defletoras localizadas no pescoço do tubo.

Uma bobina real é composta de uma componente puramente indutiva, na qual a tensão é proporcional à velocidade de variação da corrente, e de uma componente resistiva, na qual a tensão é proporcional ao valor da corrente (Lei de Ohm).



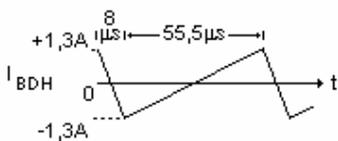
Bobina real: símbolo, equivalente elétrico e fórmulas das tensões desenvolvidas sobre ela

Considerando valores típicos de 2,6 A pico-a-pico para a corrente na bobina horizontal, 2 Ω para sua resistência, 2,5 mH para a sua indutância e 8 μs para o retorno horizontal, calcula-se uma DDP sobre a mesma superior a 800v, durante o retorno. É importante notar que se o período de retorno fosse reduzido à metade, a tensão dobraria.

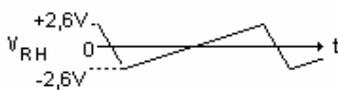


Bobina horizontal: equivalente elétrico e valores típicos de suas grandezas

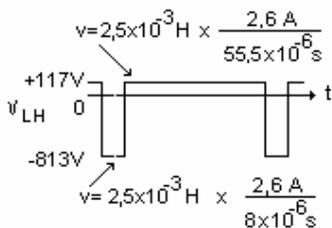
A tensão desenvolvida sobre a parte real (resistiva) da bobina acompanha a corrente e, portanto, tem a forma de onda dente-de-serra. Já a tensão desenvolvida sobre a parte imaginária (indutiva) da bobina é proporcional à **velocidade** com que a corrente varia ($\Delta I/\Delta t$), o que faz com que seu valor aumente com a frequência.



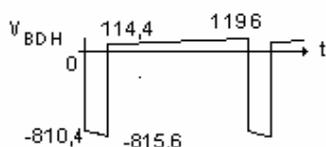
Forma de onda da corrente da varredura horizontal



Forma de onda da tensão na parte resistiva da bobina defletora horizontal



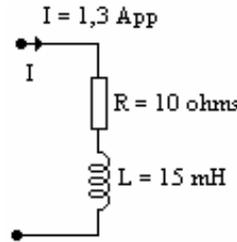
Forma de onda da tensão na parte indutiva da bobina defletora horizontal



Forma de onda da tensão na bobina defletora horizontal (onda trapezoidal)

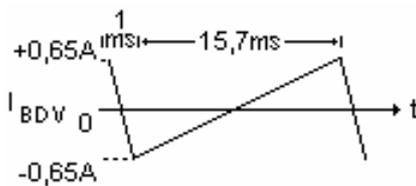
Formas de onda de tensão e corrente na bobina defletora horizontal

Conhecendo as características de uma bobina defletora vertical típica, também é possível calcular a tensão sobre ela.

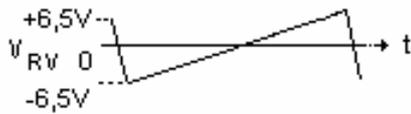


Bobina vertical: equivalente elétrico e valores típicos de suas grandezas

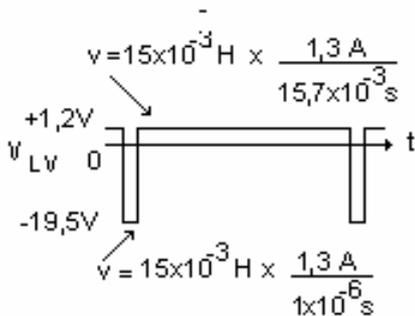
Já na bobina vertical a velocidade de variação da corrente é bem menor, pois os períodos (traço e retraço) são da ordem de milissegundos, ocasionando tensões pequenas.



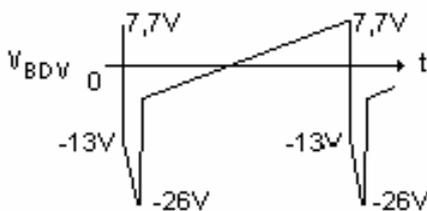
Forma de onda da corrente da varredura vertical



Forma de onda da tensão na parte resistiva da bobina defletora vertical



Forma de onda da tensão na parte indutiva da bobina defletora vertical



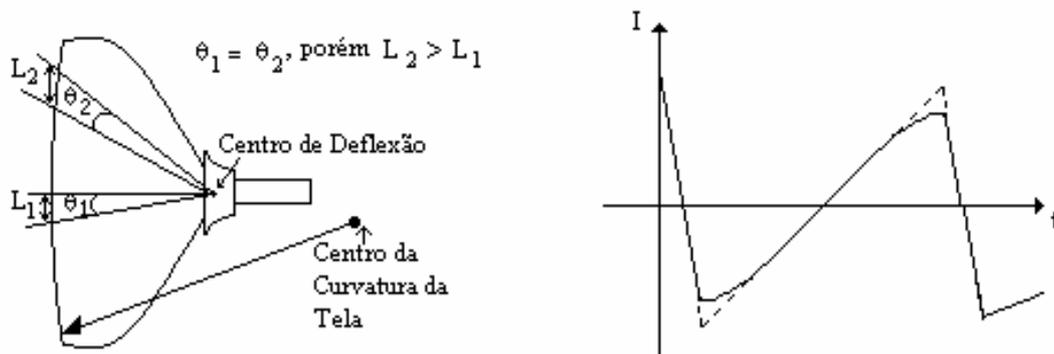
Forma de onda da tensão na bobina defletora vertical (onda trapezoidal)

Formas de onda de tensão e corrente na bobina defletora vertical

Embora a corrente seja o elemento causador da deflexão, as tensões são importantes por aparecerem sobre os componentes, em especial sobre o transistor de saída horizontal. Assim, se um monitor de vídeo projetado para frequências de varredura da ordem de 31,5 KHz for levado a trabalhar em 49 ou até 68 KHz (modos SVGA) certamente terá a saída horizontal danificada, pois os períodos diminuem e as tensões se elevam, a menos que conte com um tipo de proteção que desative a alimentação do circuito em caso de sobretensão.

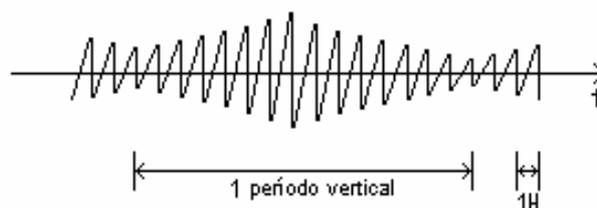
DISTORÇÕES DA TRAMA E SUA CORREÇÃO

Nos modernos cinescópios, a superfície da tela é plana ou quase plana, mas na verdade constitui, no tipo genérico, uma parte de esfera chamada de fuso seccionado e no tipo Trinitron constitui uma seção de cilindro. O raio dessa esfera, entretanto, é muito maior que a profundidade do TRC e o feixe de elétrons é defletido muito antes do centro da esfera. Daí resulta que um deslocamento angular na periferia da tela varre uma distância maior que o mesmo deslocamento varre no centro da tela, produzindo uma imagem comprimida no centro, o que seria facilmente observado com um padrão de linhas cruzadas (grade). Esse efeito é parcialmente compensado com uma distorção nas correntes de deflexão, sendo as mesmas “achatadas” no início e no final da subida, lembrando uma letra S deitada, advindo daí o nome de Correção S.



Diferença entre o centro de deflexão e o centro de curvatura da tela do TRC, com a forma de onda de corrente de deflexão pré-distorcida para compensar os efeitos de tal diferença.

A corrente de deflexão sofre, inicialmente, o mesmo achatamento em todas as linhas, mas os extremos das primeiras e das últimas linhas são os pontos mais distantes do centro, necessitando de um achatamento extra da corrente, o qual pode ser obtido modulando-se a corrente de deflexão horizontal por uma parábola na frequência vertical e vice-versa. Atualmente, esse segundo processo: a modulação da corrente vertical por ondas parabólicas horizontais, não é mais adotado, tendo sido substituído por uma forma especial de enrolar a bobina defletora vertical.

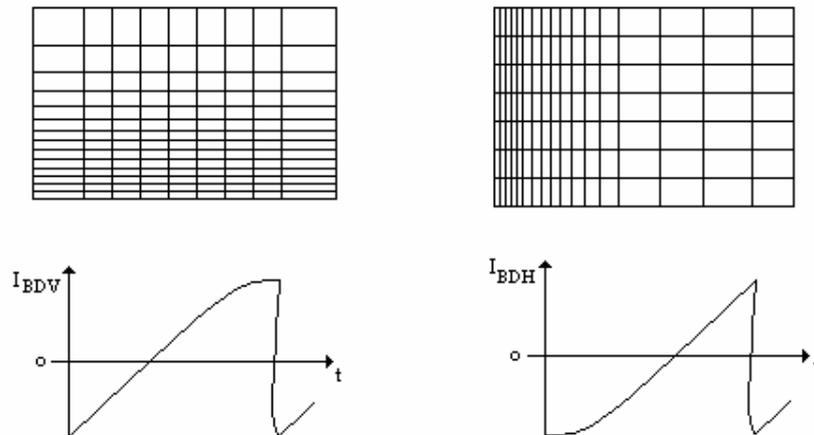


Forma de onda da corrente de deflexão horizontal modulada pela deflexão vertical

Nos tubos monocromáticos, a correção desse efeito, chamado de **Almofada** (*Pincushion*, em inglês), é conseguida com o auxílio de ímãs montados no Yoke (coleira), junto às bobinas defletoras. Em tubos coloridos esses ímãs não podem ser usados, por afetarem a pureza das cores e a convergência dos feixes, daí a combinação da correção da forma de onda com o modo de enrolar a bobina.

Qualquer distorção nas formas de onda das correntes de varredura altera a **trama** – conjunto de linhas acesas na tela. Aplicando-se um padrão grade, pode-se observar se as linhas horizontais estão corretamente espaçadas – **linearidade vertical** – e se as colunas também o estão – **linearidade horizontal**. Os aparelhos antigos possuíam um

ajuste da linearidade vertical, atuando no oscilador, mas atualmente esse ajuste é automático, podendo ser ligeiramente modificado através do modo de serviço (via controle remoto, com um código específico fornecido no Manual de Serviço do televisor).



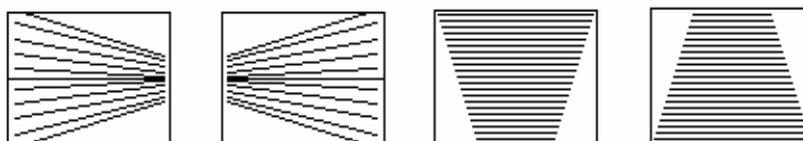
Exemplos de falta de linearidade nas varreduras vertical, à esquerda, e horizontal, à direita, com as respectivas formas de onda e o aspecto da imagem usando o padrão de teste de linhas cruzadas

A amplitude da corrente de varredura influencia diretamente na relação de aspecto do quadro, encolhendo ou distendendo a imagem nas duas direções – vertical e horizontal. A verificação da **simetria** da imagem pode ser feita mais facilmente com o padrão *círculo* e o ajuste se dá através do modo de serviço; nos aparelhos modernos, pelo modo de serviço, nos aparelhos da geração anterior, por meio *trimpots* nas saídas vertical e horizontal, e nos mais antigos usava-se um potenciômetro na vertical e resistores fixos, ligados por um *jumper*, na horizontal. Os controles para isto são chamados de **altura** e **largura**, respectivamente. Há também os ajustes de **centralização** vertical e horizontal.



Imagens com **altura** e **largura** reduzidas, respectivamente. O número de linhas permanece o mesmo.

As bobinas defletoras também podem causar sérias distorções na trama, às vezes perceptíveis apenas com o padrão grade, que aparece irregular. Isto se deve a um enrolamento mal feito nessas bobinas e denota falta de qualidade do fabricante, particularmente do aparelho, por ter aceito uma peça ruim. Um curto-circuito em parte do enrolamento, que pode ser causado por fio com verniz inadequado, por arco voltaico, por contato com solventes ou água, entre outras causas, leva a trama a um aspecto trapezoidal e a solução é a troca do conjunto de bobinas defletoras.



Exemplos de trama com distorção trapezoidal. As linhas se concentram em uma região da tela, devido à redução do campo magnético de deflexão naquela região.

ESTÁGIOS DE SINCRONISMO E VARREDURA

Sua função principal é fornecer às bobinas defletoras as correntes adequadas à produção de uma trama perfeita. Para isso, geram as formas de onda, sincronizam-nas com o sinal de vídeo recebido, moldam seu formato e amplificam-nas.

O circuito horizontal, como já visto, trabalha com tensões elevadas, devido à variação rápida da corrente durante o retorno. Esse efeito foi aproveitado para produzir, com o uso de um transformador (o TSH), tensões maiores ainda, como a MAT, a de foco e a de grade *screen*, além de várias tensões baixas para alimentação de outros estágios.

A configuração convencional para a varredura adota osciladores independentes para o vertical e o horizontal.

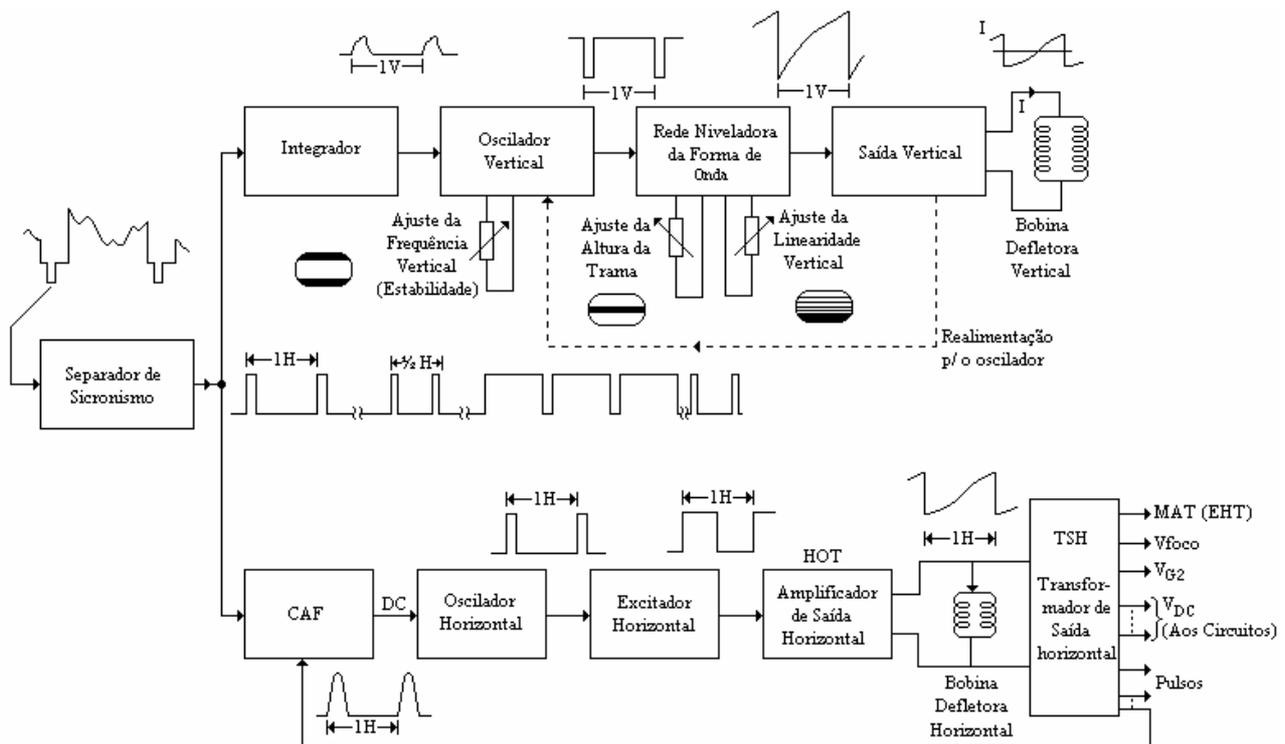
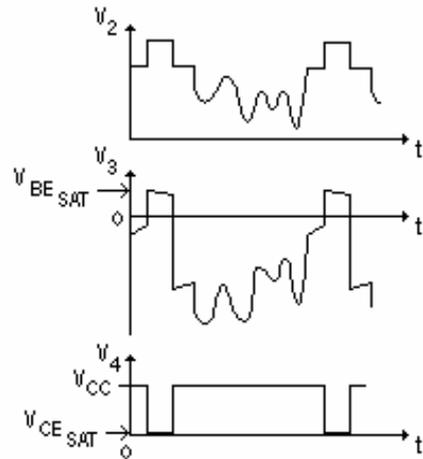
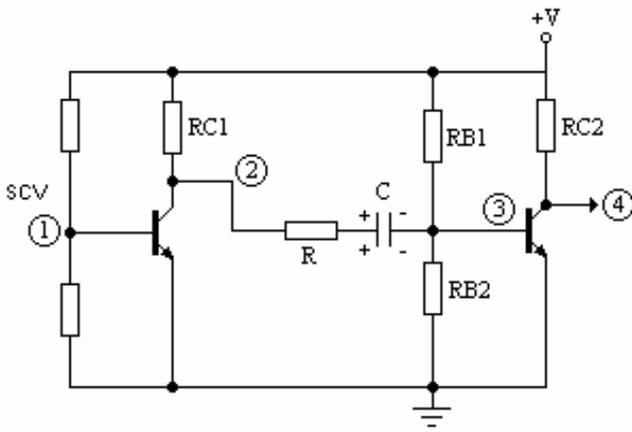


Diagrama em blocos da configuração convencional dos estágios de sincronismo e varredura

A sincronização do vertical se dá pelo trem de pulsos verticais que são seis, ocupando o intervalo de $3H$ a cada apagamento vertical. Já o horizontal recebe tanto os seus próprios pulsos como os verticais e os equalizadores, já que todos têm a cadência de $1H$ (ou, os dois últimos tipos, de $\frac{1}{2} H$, para fazer o entrelaçamento de campos).

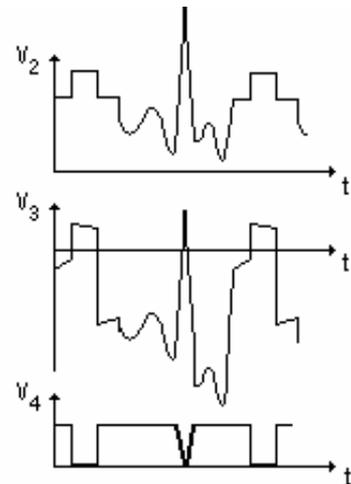
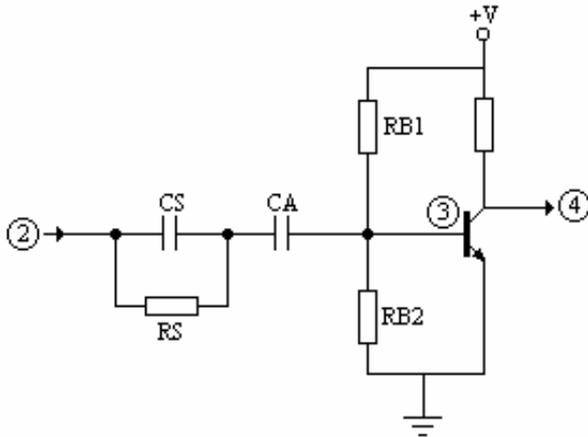
SEPARADOR DE SINCRONISMO

Os pulsos de sincronismo ocupam uma porção exclusiva no SCV. Assim, a sua separação pode ser feita facilmente por ceifamento. Um exemplo de circuito ceifador é um amplificador polarizado em classe C, com o sinal aplicado através de um capacitor. Os pulsos de sincronismo atingem a tensão necessária à condução do transistor e carregam o capacitor. Durante o restante da linha, o capacitor se descarrega lentamente, mantendo a base negativa; somente o próximo pulso de sincronismo produz condução e, assim, aparece no coletor.



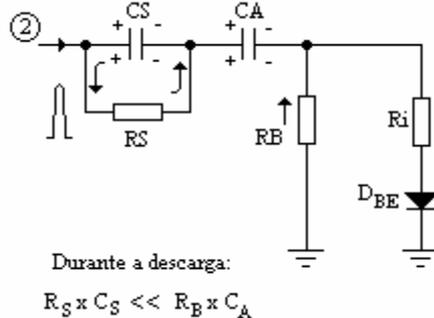
Exemplo de circuito Separador de Sincronismo com componentes discretos.

A presença de pulsos de ruído pode causar a perda do sincronismo, pois o ruído pode superar em muito os níveis do SCV, carregando o capacitor com uma tensão bem superior à dos pulsos de sincronismo e bloqueando a condução do transistor por várias linhas. Uma solução para minorar os efeitos do ruído consiste em colocar um RC paralelo em série com a base.



Inclusão da rede RC de redução de ruído (Rs e Cs)

Para o ruído, que é de alta freqüência, os capacitores estão em série e se carregam com tensões proporcionais ao inverso de suas capacitâncias. Após o ruído, o capacitor de menor valor, que fica com a maior tensão, se descarrega pelo resistor em paralelo com ele, permitindo que o próximo pulso de sincronismo faça o transistor conduzir. A duração do ruído, bem menor que a do sincronismo, e a sua ocorrência, em geral aleatória, fazem com que os osciladores não sejam sincronizados por ele.



$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}, \quad Q = C \times V \therefore V = \frac{Q}{C}$$

$$C_A \gg C_S \rightarrow V_S \gg V_A$$

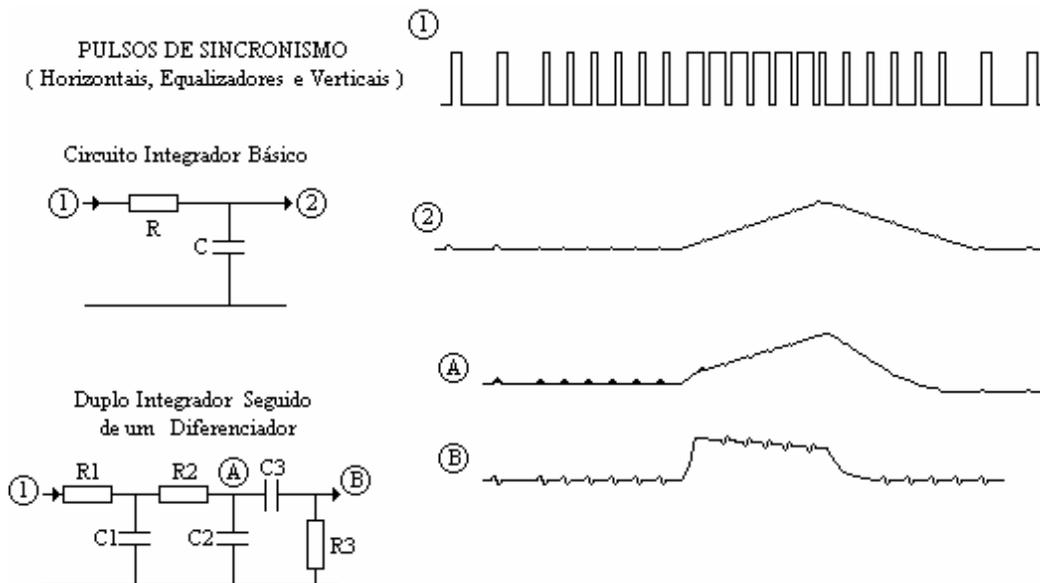
$$Q_A = Q_S$$

Durante a descarga:
 $R_S \times C_S \ll R_B \times C_A$

Análise do comportamento da rede RsCs em presença do diodo da junção BE do transistor

SEPARAÇÃO DO SINCRONISMO VERTICAL

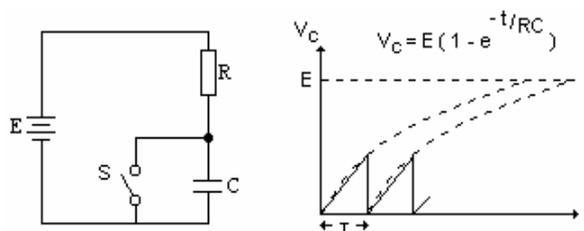
Os pulsos verticais duram cerca de 28 μs e são seis em seqüência, com intervalo de menos de 4 μs entre eles. Já os pulsos horizontais duram cerca de 5 μs e estão espaçados de quase 60 μs . Todos esses pulsos vêm com o SCV e ocorrem em tempos próprios, formando um *trem* de pulsos. Passando-os por um circuito integrador, com constante de tempo adequada, a tensão de saída só se elevará durante os verticais, formando um *dente* de 3H na subida e intervalado de um campo (1V). Uma rede modeladora, formada de dois integradores seguidos por um diferenciador, dá um formato de pulso largo ao *dente* de sincronismo vertical, mais adequado aos circuitos atuais, que funcionam com técnicas digitais.



Circuitos Integradores com suas respectivas formas de onda de entrada e saída

OSCILADOR VERTICAL CONVENCIONAL

Baseia-se na carga e descarga de um capacitor. A constante de tempo para carga é feita bem maior que o período vertical, sendo interrompida no início, o que produz uma rampa linear (pode-se usar também uma fonte de corrente para a carga). A descarga tem uma constante de tempo bem menor, adequada ao período de retorno.

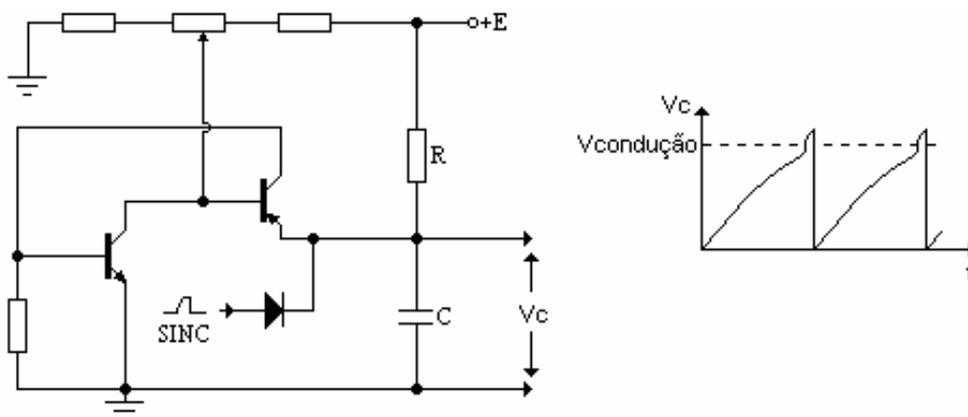


Circuito básico do oscilador vertical e a forma de onda por ele gerada

No exemplo de circuito oscilador vertical que se segue, o transistor PNP recebe tensão positiva na base, ficando cortado. Entretanto, o capacitor (C) ligado ao seu emissor carrega-se com tensão positiva através do resistor em série (R), gerando a rampa de tensão na saída do circuito. Quando a tensão no capacitor supera em 0,6 V a tensão na base do transistor, este passa a conduzir, criando um caminho de descarga para C

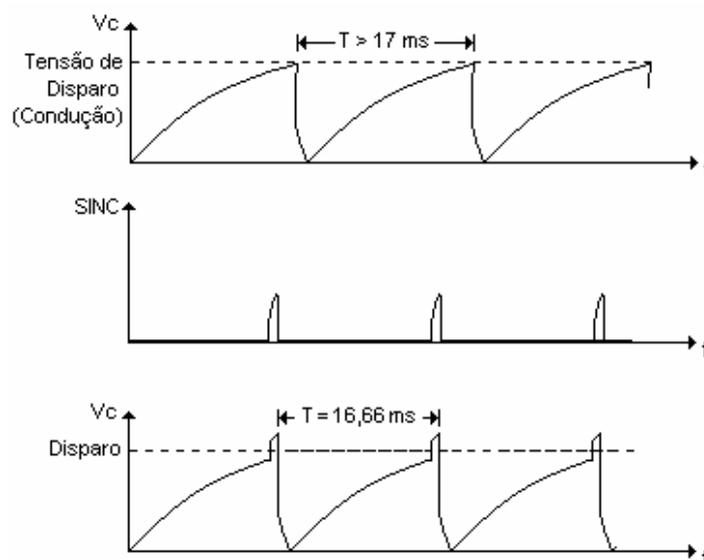
através de um resistor de valor bem menor que R , o que produz uma rampa descendente bem mais inclinada que a de subida, originando a forma de onda dente-de-serra. A descarga de C é apressada ainda mais pela condução do o transistor NPN, devido à queda de tensão que a corrente de descarga produz no resistor ligado entre sua base e a massa.

A freqüência livre desse circuito é ajustada pelo potenciômetro ligado à base do transistor PNP, que determina o ponto da rampa ascendente em que ele conduz. Já a sincronização é conseguida pela aplicação dos pulsos integrados ao emissor, cuja tensão soma-se à do capacitor e antecipa a condução do transistor.



Exemplo de circuito oscilador vertical de um receptor de TV, com a aplicação dos pulsos integrados

Oscilando livremente, o circuito fica numa freqüência abaixo de 60Hz (período superior a 17ms) e os pulsos de sincronismo vertical, agrupados no *dente*, são usados para disparar o oscilador antes de seu período natural, sincronizando-o. Se a freqüência livre ficar acima de 60Hz, ou muito abaixo, o sincronismo não ocorre e a imagem aparece com uma barra preta horizontal (linhas do apagamento vertical) se deslocando na direção vertical e toda a imagem rola junto com a barra; o sentido do deslocamento está relacionado ao sentido de variação da freqüência. Nesse caso, é preciso ajustar a freqüência livre do oscilador, através do controle chamado de Estabilidade Vertical. Nos receptores atuais já não existe tal controle e a perda do sincronismo é um defeito.



Formas de onda do oscilador livre e sincronizado pelos pulsos integrados

CIRCUITO GENLOCK

Empregado em circuitos integrados, deriva as freqüências vertical e horizontal de um mesmo oscilador, trabalhando em 31,5 kHz ($2f_h$). Esse VCO é controlado pela tensão DC fornecida pelo CAFH, que compara a f_h com os pulsos de sincronismo separados do SCV. Dividindo por dois sua freqüência, se obtém f_h , e dividindo por 525, se obtém f_v , o que garante um perfeito entrelaçamento de campos, se os pulsos verticais do sinal forem padronizados.

Os pulsos verticais, após integrados e moldados em um pulso largo, são aplicados a um Detetor de Coincidência, que verifica a simultaneidade com o *reset* do divisor por 525, o que indica o fim de um campo. Se os dois pulsos (o de sincronismo e o de *reset*) não coincidem, o divisor fica zerado até haver coincidência. Esse atraso na sincronização ocorre apenas na troca de programa (canal) e por isso é tolerado, pois durante o funcionamento regular não há mais perda de sincronismo, a menos que o apagamento vertical esteja fora do padrão, o que ocorre, por exemplo, no modo *still* – quadro parado – de vídeo cassetes. Para evitar a perda e a retomada do sincronismo em situações como essa, o *chip* incorpora um circuito para identificar apagamento vertical *standard* (padronizado) e não *standard*. No segundo, caso o oscilador vertical passa a funcionar no modo convencional, disparado diretamente pelo sincronismo vertical e não mais pelo pulso resultante da divisão de $2f_h$.

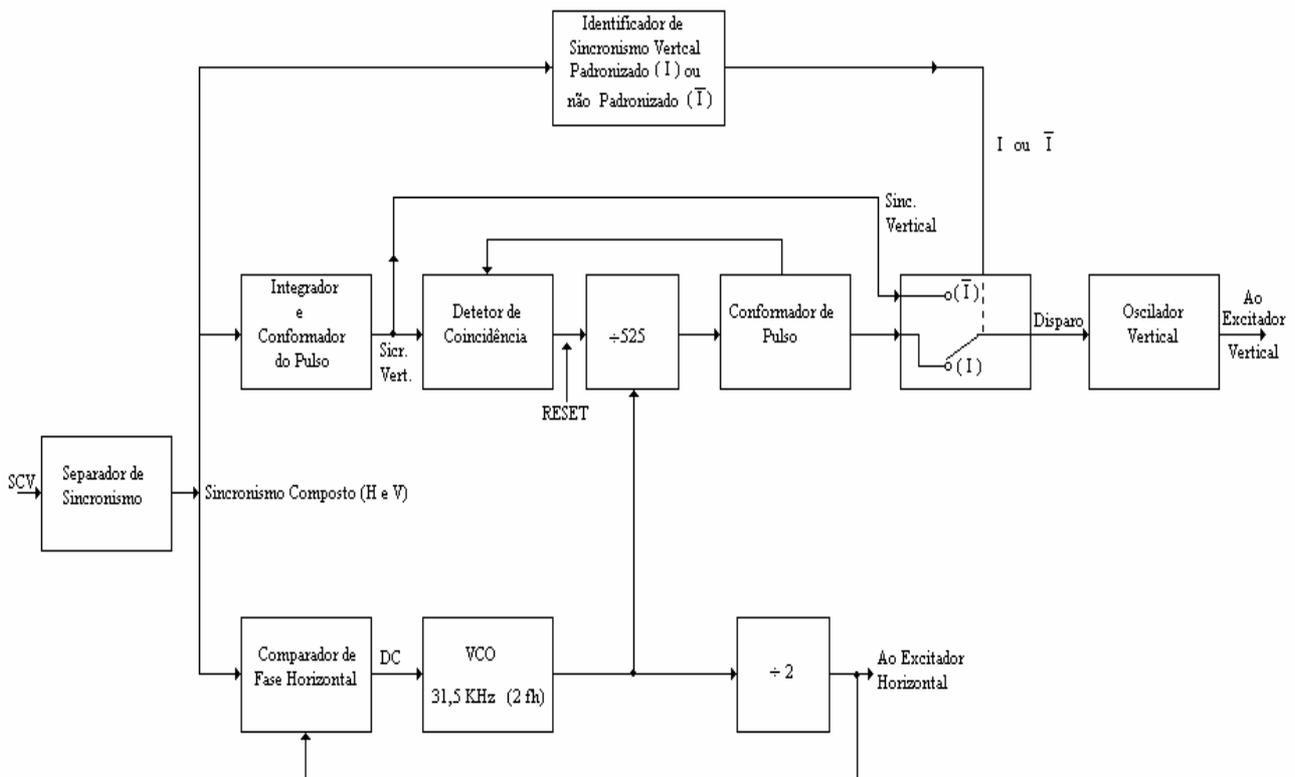
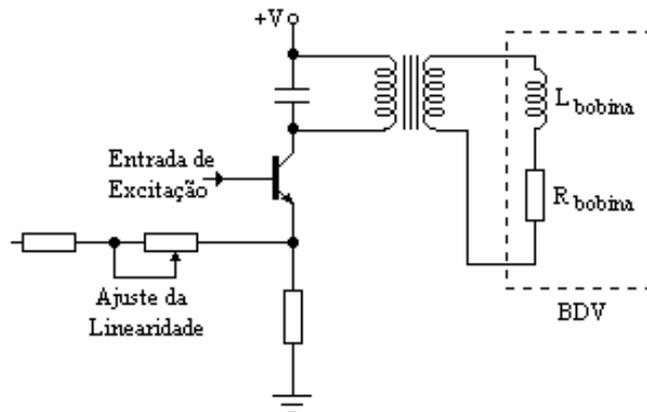


Diagrama em blocos do circuito *genlock*

SAÍDA VERTICAL

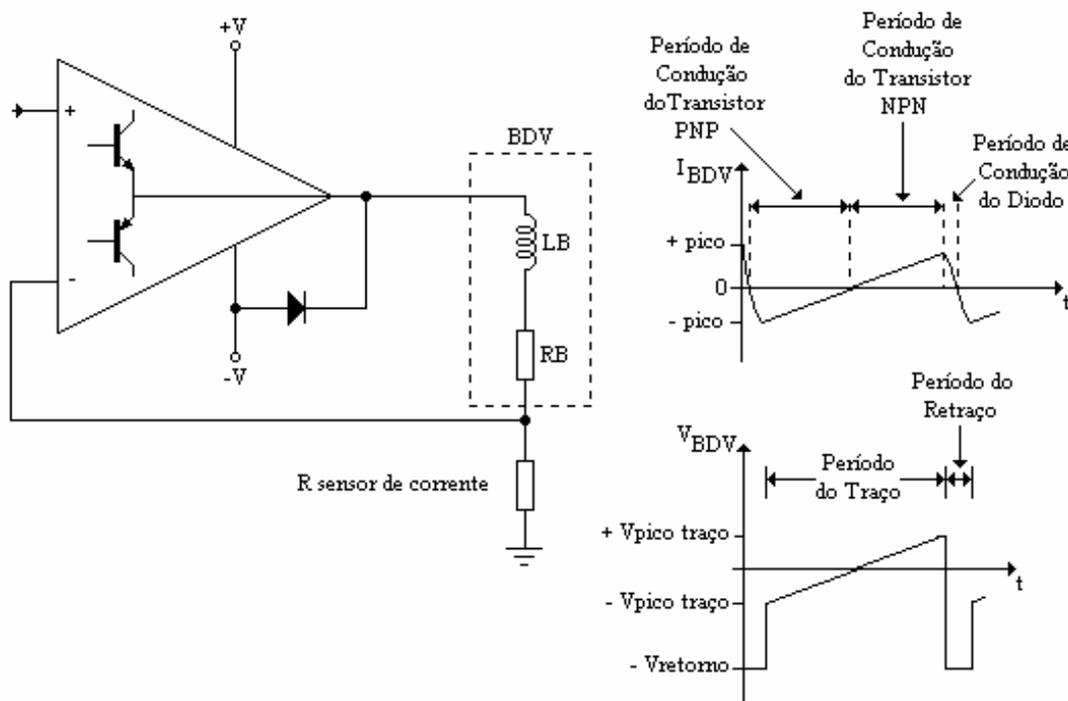
É um circuito de potência responsável por entregar a corrente dente-de-serra à Bobina Defletora Vertical (BDV) com amplitude adequada para que o feixe seja defletido de alto a baixo na tela .

A configuração antiga, adaptada dos circuitos à válvula, trabalhava em classe A, dissipando potência elevada. O ponto de operação do amplificador tinha de ser perfeitamente ajustado, para uma boa linearidade da forma de onda, e ficar estável ao longo do funcionamento, o que era obtido com o auxílio de um termistor, compensando as variações de temperatura. Necessitava, também, de um transformador de saída, caro e volumoso por trabalhar em 60 Hz.



Circuito amplificador de saída vertical operando em classe A

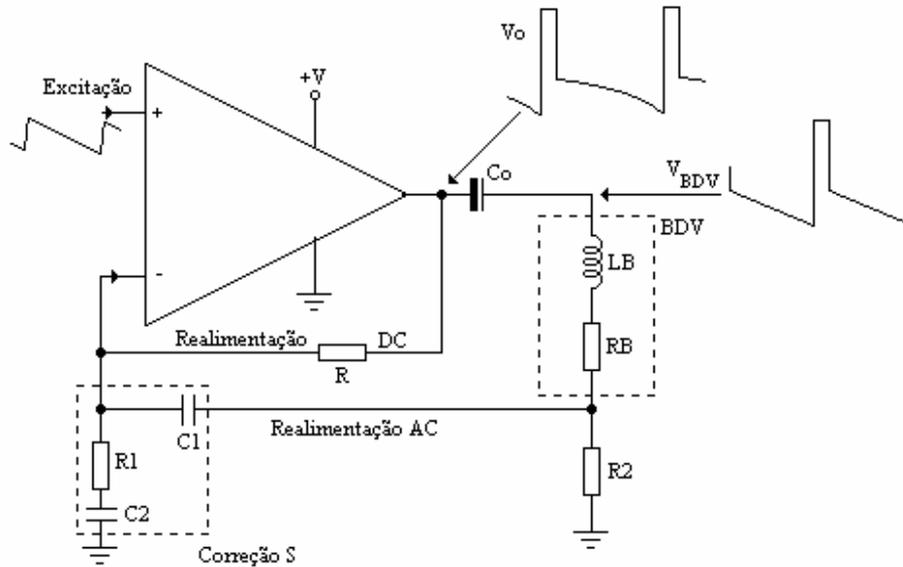
Atualmente é usada a polarização em classe B, com transistores complementares, geralmente incluídos em um CI.



Circuito amplificador de saída vertical operando em classe B e suas formas de onda

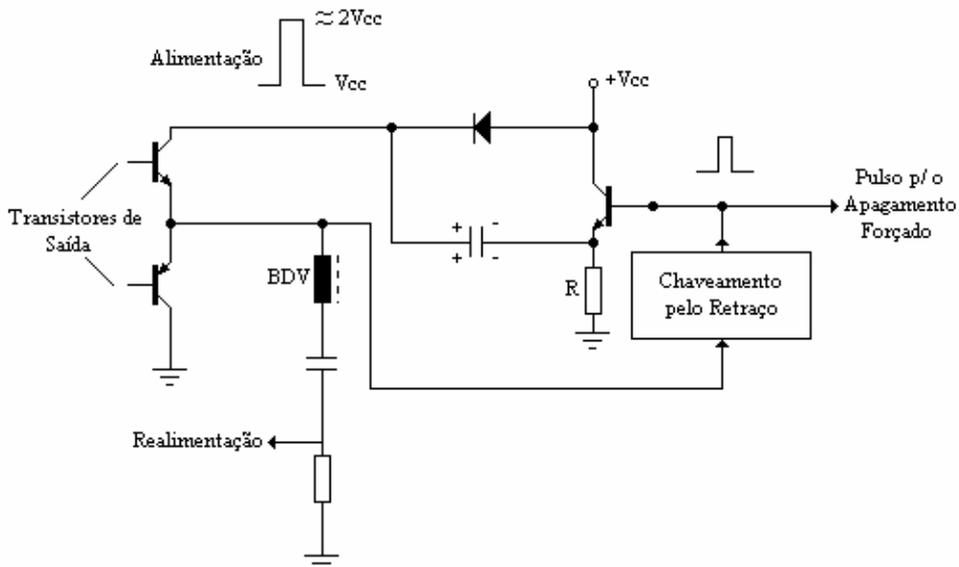
O acoplamento direto da saída à BDV é evitado, pois no caso da deflexão falhar, passa a circular corrente contínua na bobina e o feixe ficará deslocado para o pescoço do tubo. A conjugação desses efeitos causa aquecimento localizado do vidro e pode levar à quebra do tubo.

O Amplificador de Saída Vertical em classe B mais usado emprega um capacitor de acoplamento à BDV, o qual além de evitar a circulação de corrente contínua na bobina, com seu aquecimento elevado, e riscos ao cinescópio, ainda permite o uso de alimentação positiva, apenas. Essa configuração inclui realimentação negativa, a qual mantém a altura e a linearidade vertical estáveis.



Circuito amplificador de saída vertical operando em classe B, com acoplamento capacitivo e suas formas de onda

Excitando o circuito de saída de modo que os pulsos de tensão que surgem durante o retorno sejam positivos, é possível aproveitá-los para formar parte do *Sandcastle* e para chavear um circuito, o *Flyback Generator*, que fornece uma tensão de alimentação maior no retorno. Esse circuito tem um capacitor que se carrega com V_{cc} durante o período do traço e que durante o retraço é colocado em série como próprio V_{cc} , pela comutação de um transistor, aplicando à saída $2 V_{cc}$. A vantagem obtida é a capacidade de fornecer a energia necessária ao retraço, sem sobrecarregar a fonte.

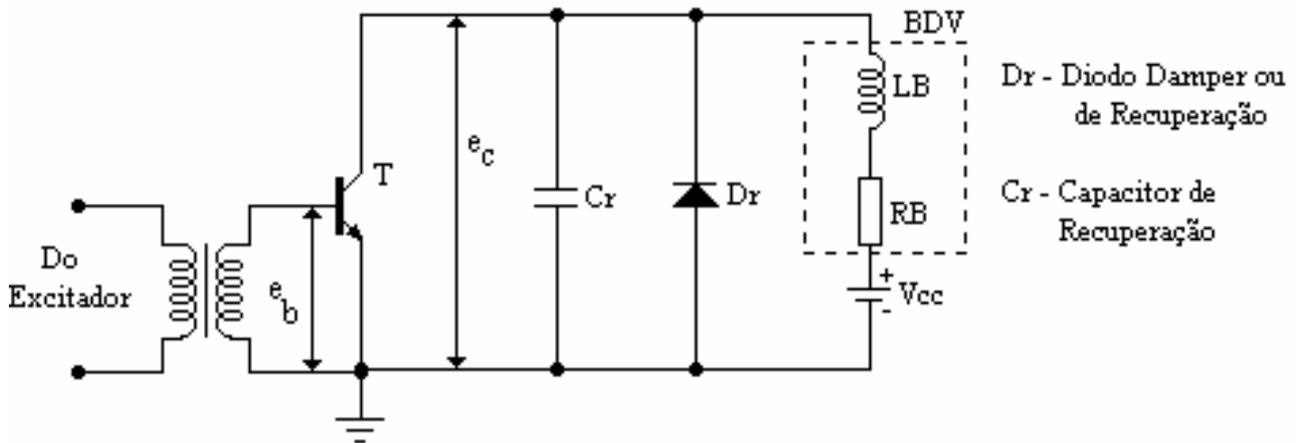


Circuito de flyback vertical

SAÍDA HORIZONTAL

Sua função principal é fornecer a corrente dente-de-serra à Bobina Defletora Horizontal (BDH), com amplitude adequada para defletir o feixe de um lado a outro da tela.

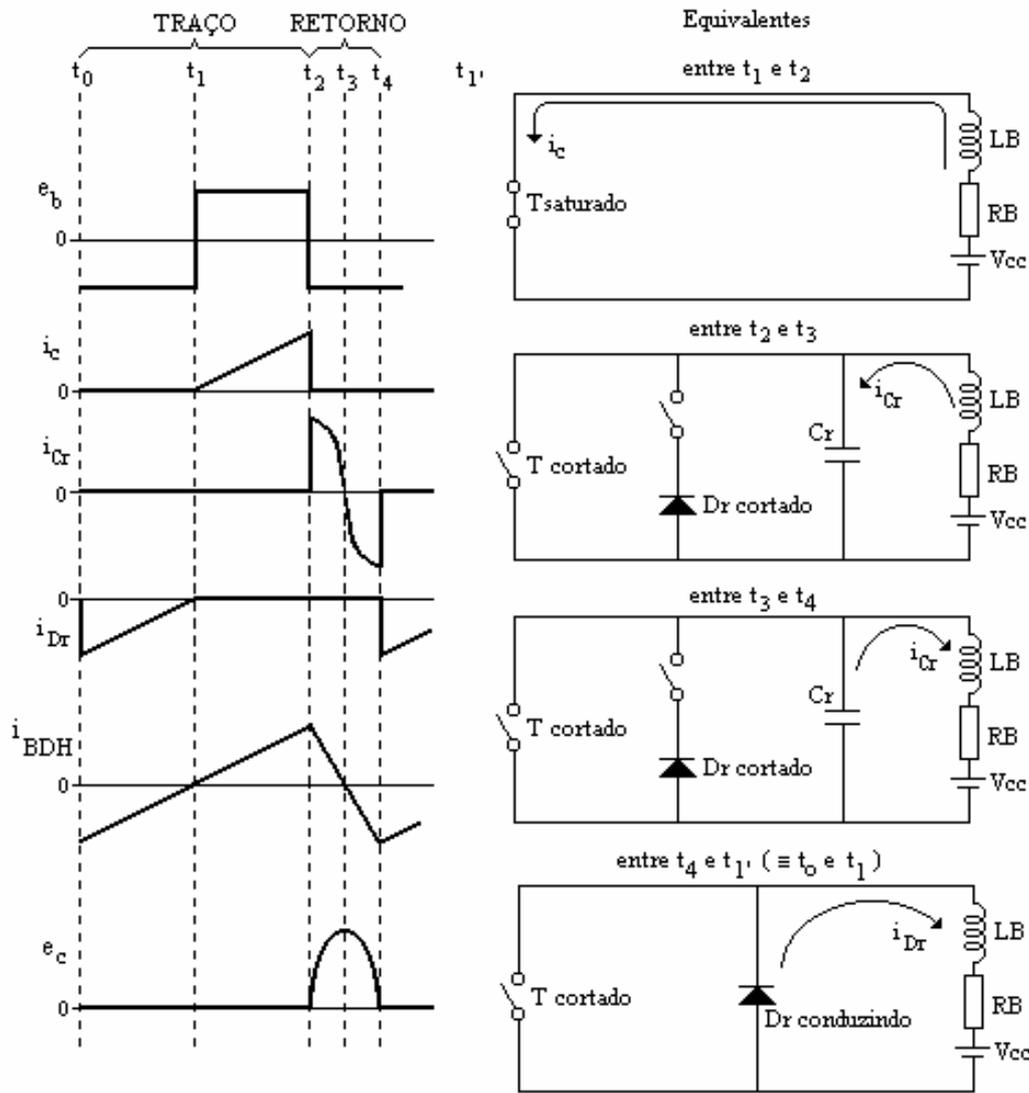
A configuração básica é um transistor polarizado em classe C, excitado por pulsos na frequência horizontal. Esses pulsos duram cerca de 50% do período horizontal, tempo em que o transistor conduz. No restante do tempo, a corrente vem de energia acumulada nos componentes reativos (indutâncias e capacitâncias).



Configuração básica do amplificador de saída horizontal

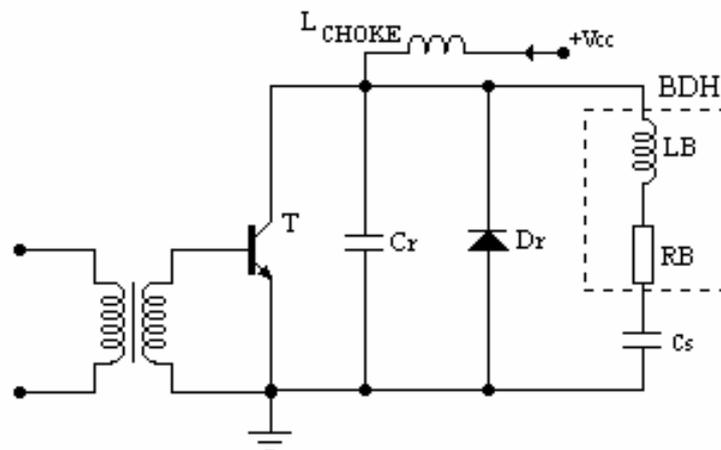
A seguir, estão representadas as formas de onda de corrente e tensão nos diversos componentes do circuito básico. O funcionamento do circuito foi dividido em intervalos de tempo nos quais cada um dos componentes se torna o fornecedor de corrente à bobina defletora. À direita da figura foram esquematizados os circuitos equivalentes para os mencionados intervalos de tempo, indicando-se o sentido da corrente e os componentes entre os quais ela circula, podendo-se observar que essa circulação ocorre mesmo com o transistor cortado.

Analisando o circuito básico, começamos pela condução do transistor. A corrente vem da fonte (V_{cc}), atravessa a bobina e o transistor saturado, crescendo linearmente, pois o efeito reativo da bobina impede a variação brusca. Quando o transistor corta, chaveado pelo pulso de entrada que se tornou negativo, a corrente não pode ser bruscamente interrompida, também pelo efeito reativo, e vai circular pelo capacitor de recuperação (C_r), até carregá-lo, quando então chega a zero. Agora, a corrente inverte de sentido, pois o capacitor vai se descarregar através da bobina. Ao findar a descarga, a corrente tende a manter-se circulando e encontra um outro caminho, que é o diodo de recuperação (D_r) ou *damper*. Quando a corrente volta a zero, o pulso de entrada volta a ser positivo e o transistor conduz novamente, reiniciando o ciclo.



Formas de onda no circuito básico amplificador de saída horizontal e os equivalentes desse circuito em cada intervalo de funcionamento

Os circuitos usuais usam capacitor de acoplamento à BDH, o qual se carrega com V_{cc} e faz o papel de fonte, evitando uma possível circulação de corrente contínua pela bobina, com os efeitos já mencionados.

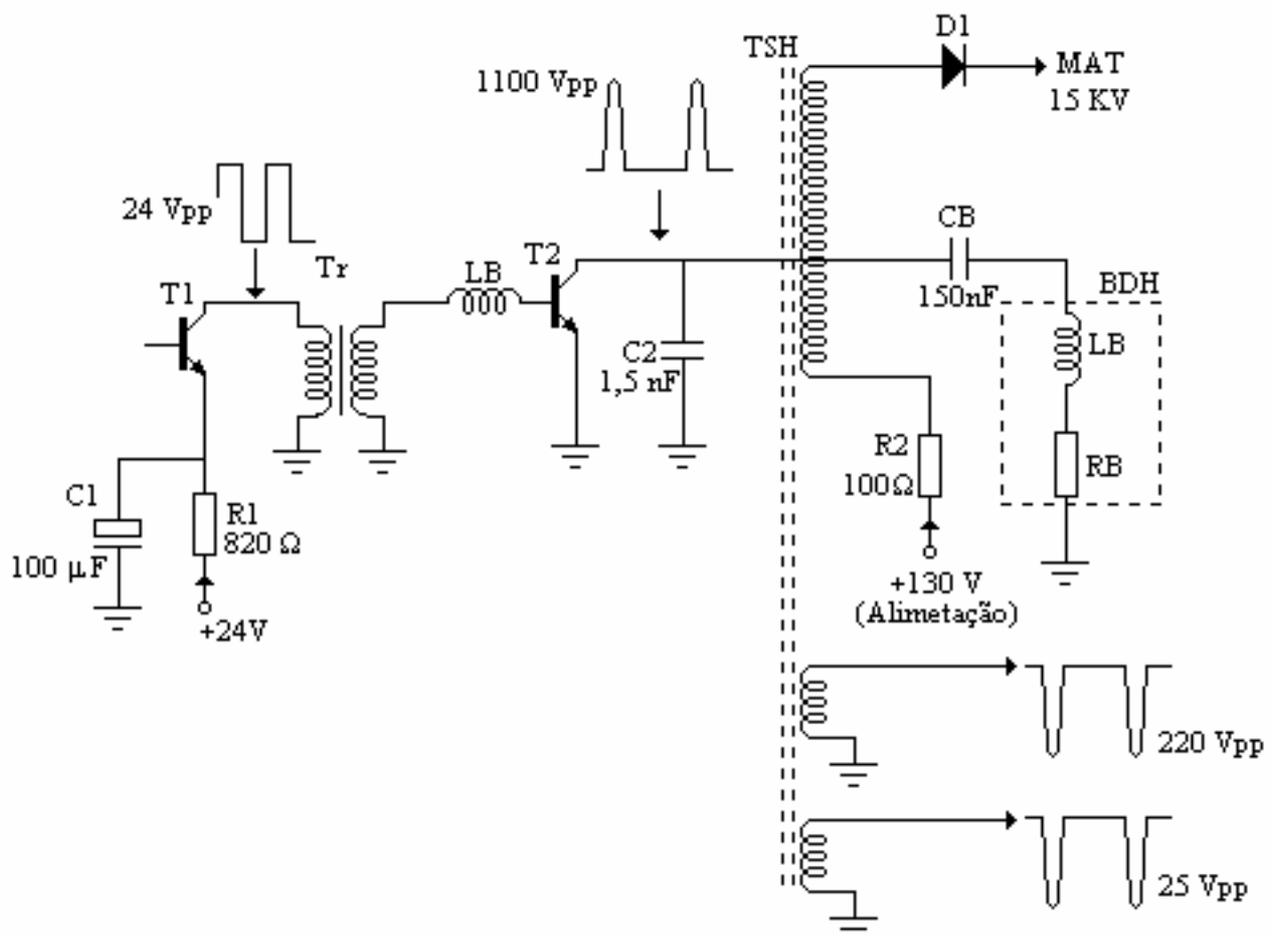


Configuração básica do amplificador de saída horizontal com acoplamento capacitivo

O diodo de recuperação, em alguns casos, pode ser a junção base-coletor do transistor de saída horizontal.

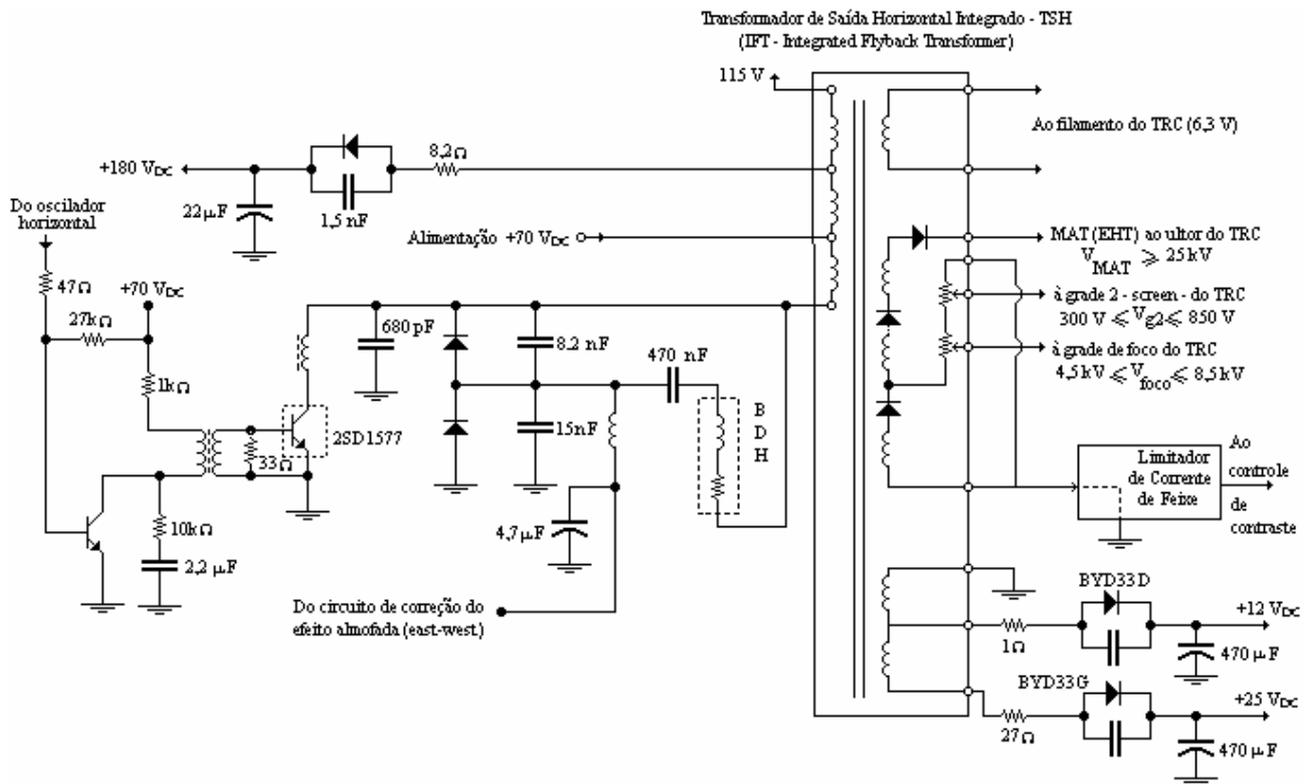
Fazendo a corrente da fonte circular através de um transformador – o de Saída Horizontal (TSH) – é possível obter pulsos de tensão com valores bem elevados, ou nem tanto, em enrolamentos secundários. Essas tensões são usadas para polarizar o cinescópio (15 a 30 kV de MAT, 4,5 a 8,5 kV de tensão de foco, 300 a 850 V de tensão de grade *screen* e 6,3 V de filamentos) e alimentar vários estágios do aparelho. Exceto a tensão de filamento, todas as demais são contínuas e, por isso, retificadas.

Nos aparelhos monocromáticos, o diodo de retificação de MAT costuma ser externo ao TSH. Em aparelhos coloridos, usava-se antigamente um bloco externo ao TSH, blindado em epoxi, contendo diodos e capacitores que constituíam um triplicador ou um dobrador de tensão.



Exemplo de circuito comercial do estágio de saída horizontal de televisor monocromático, incluindo o *driver* (T1)

Atualmente os diodos ficam encapsulados junto com o TSH, em número de três, geralmente, e em série com seções de um enrolamento, fornecendo no total a MAT e, nas seções, a V_{foco} e a V_{g2} , que são ajustadas em potenciômetros também montados no mesmo encapsulamento, cujos eixos de ajuste são acessíveis externamente. Essa configuração evita a formação de arcos voltaicos e elimina riscos.



Exemplo de circuito comercial do estágio de saída horizontal de televisor a cores, incluindo o driver

Em inglês, o TSH é chamado de *Flyback Transformer*. Dele também são obtidos pulsos, positivos e negativos, na frequência horizontal, coincidentes com o retorno, que podem ser usados para comparação de fase, para o apagamento forçado do TRC, para grameamento do SCV etc.

A intensidade da corrente de MAT é a soma das intensidades de corrente dos feixes do TRC. Se estiver excessiva, denota um ajuste de luminância incorreto, que pode levar ao desgaste prematuro do cinescópio e mesmo causar riscos ao transistor de saída horizontal. Tal indicação pode ser usada para reduzir automaticamente o contraste, evitando riscos ao aparelho.

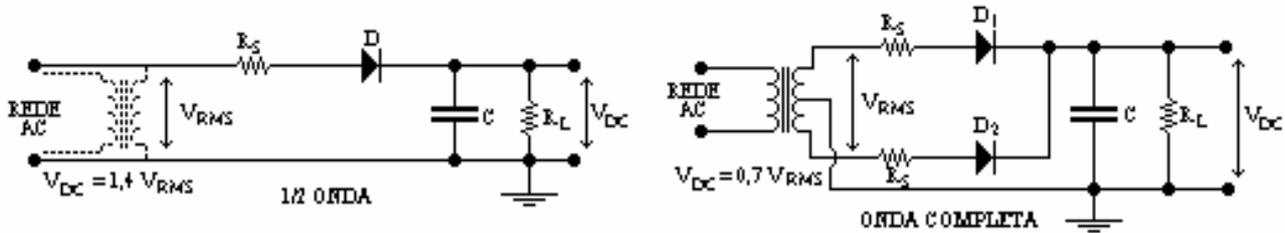
FONTE DE ALIMENTAÇÃO CONVENCIONAL (Linear)

É aquela que obtém a tensão necessária aos circuitos diretamente da frequência da rede elétrica (60 Hz, no Brasil).



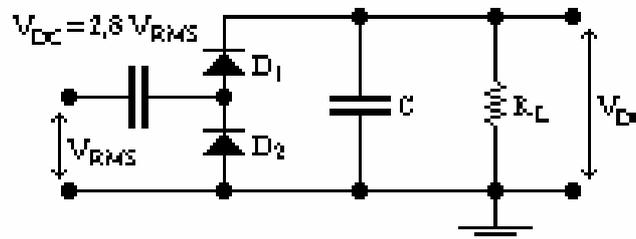
Diagrama em blocos de uma fonte de alimentação convencional

Neste tipo de fonte, para obtenção de tensões menores que a da rede é preciso usar um transformador de força, que, por operar em 60 Hz, é volumoso, pesado, caro e pouco eficiente.



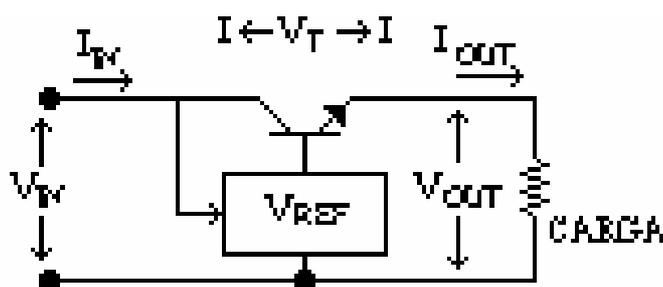
Circuitos retificadores empregados em fontes convencionais

Para tensões maiores, pode-se usar um dobrador de tensão, perdendo o isolamento em relação à rede.



Circuito dobrador de tensão em meia-onda

Para manter constante a tensão na carga, usa-se o Regulador Série, no qual fica sobre um transistor em série com a carga, obviamente atravessado pela mesma corrente, uma parte da tensão total, que pode ser transferida à saída quando necessária. A potência continuamente dissipada no transistor é perdida na forma de calor, gerando dois problemas: gasto de energia e necessidade de dissipação do calor.



Configuração típica do regulador de tensão do tipo série

FONTE DE ALIMENTAÇÃO CHAVEADA

Utiliza, como elemento de passagem, um chaveador (transistor – bipolar ou de efeito de campo – ou SCR), que deixa passar ou não energia, mas não a consome ele mesmo. O tempo em que a chave está fechada é chamado de Ciclo Ativo (*duty cycle*), em relação ao tempo em que está aberta, e a relação entre esses dois intervalos de tempo fornece a necessária regulação de tensão na carga.

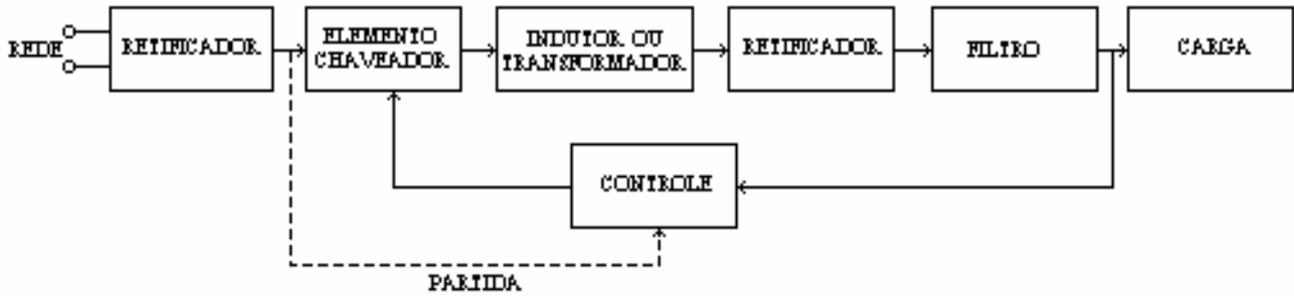
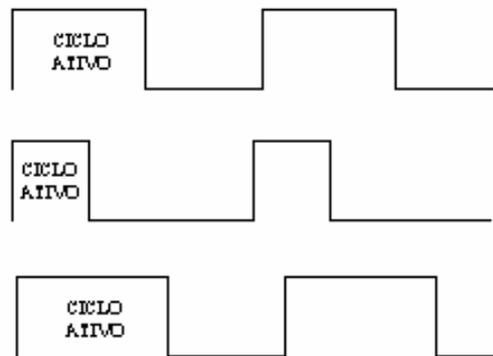
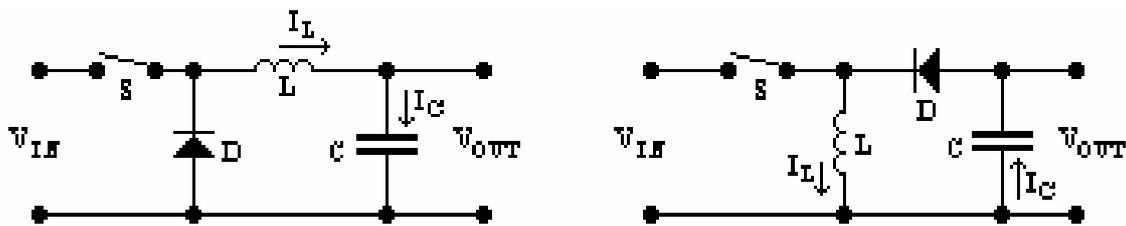


Diagrama em blocos de uma fonte de alimentação chaveada



Sinal fornecido pelo circuito de controle para o elemento chaveador da fonte, em três situações diferentes de consumo de energia

O princípio da fonte chaveada é o mesmo do circuito de saída horizontal, já que este circuito também atua como fonte. Quando o elemento de passagem conduz (saturando), a corrente para a carga atravessa um circuito LC. Quando o mesmo elemento corta, a corrente na carga continua fluindo por um diodo. O indutor costuma ser um transformador, provendo o valor adequado de tensão e ainda isolando o restante do circuito da rede elétrica.

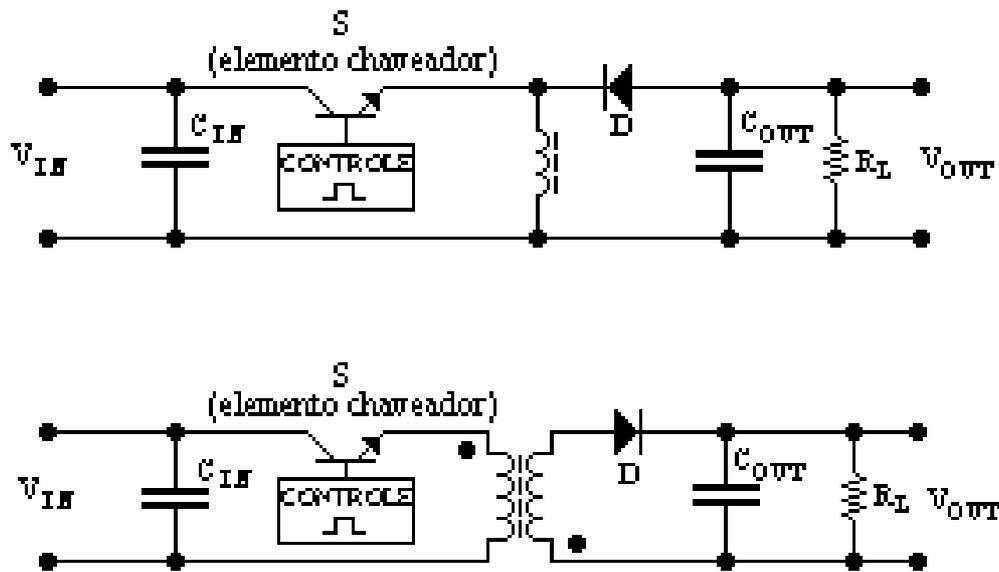


Dois configurações básicas de fonte chaveada, onde o elemento chaveador é representado pela chave S

A frequência de chaveamento é elevada (15 a 100 KHz), o que permite o uso de indutores e transformadores pequenos, eficiente e baratos, além de capacitores de baixo valor, também baratos. Em TV, algumas vezes, é escolhida a f_h , para o caso do chaveamento gerar alguma interferência na imagem; se tal ocorrer, ela aparecerá parada, assumindo nova posição, também fixa, com a mudança do ciclo ativo. O período total (ligado + desligado) é o horizontal, variando o período ligado de acordo com a demanda de carga.

A fonte chaveada em TV não é apenas a construída em torno da saída horizontal, mas também a que transfere energia da rede para tal saída e para os demais circuitos,

incluindo o de controle, que deve funcionar em espera (*stand-by*), aguardando o comando de ligar via controle remoto.



Exemplos de circuitos de fonte chaveada

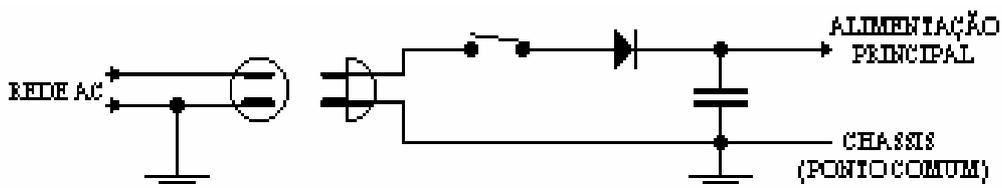
ENTRADA DE ENERGIA E LIGAÇÃO AO CHASSI – RETIFICADORES

A rede elétrica tem sempre um de seus terminais ligado à terra (solo), que é o Neutro. De cada fase para o neutro, nas ligações residenciais e comerciais, há uma DDP de 127 V; entre fases essa DDP é de 220 V. Uma pessoa tocando o solo e uma fase da rede estará submetida à citada tensão, podendo ser atravessada por uma corrente até letal, se o percurso pelo corpo for facilitado por suor ou água.

O chassi, nos antigos aparelhos eletrônicos, era a base de ferro que suportava os componentes, geralmente grande e pesado, e que servia como ponto comum do circuito (massa). Atualmente, o chassi dos televisores perdeu sua função de suportar componentes, exceto aqueles para os quais serve de dissipador de calor, já que é a placa de circuito impresso que suporta a quase totalidade dos componentes.

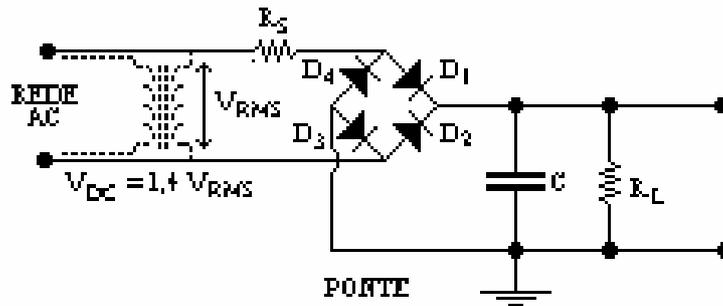
Quando equipamentos são interligados, um dos condutores é geralmente a massa. Se ela for ligada à rede, poderá ir ao neutro ou à fase, aleatoriamente (pelo menos no Brasil), e com a interligação fecha-se um curto-circuito na rede. Se o chassi for acessível ao usuário do equipamento, ele também estará sujeito a choque elétrico.

O chassi que vai direto à rede é chamado de *quente*, pelas colocações já feitas.



Ligação do chassi quente

Os aparelhos que empregam o chassi quente usam retificador em ponte ou um dobrador de tensão e não prevêm a interligação a outros aparelhos.

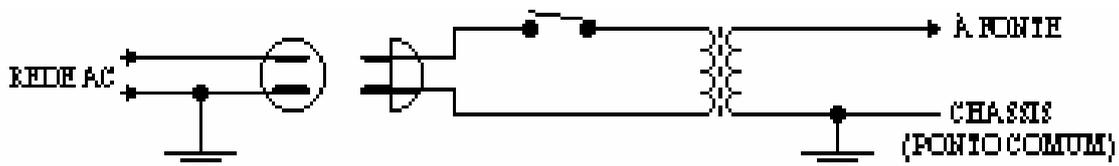


Circuito retificador em onda completa, que dispensa transformador

Uma forma de diminuir os riscos de choque é o uso de tomada polarizada. Nos EUA, por exemplo, as tomadas de pinos chatos têm um deles mais largo, que vai ao neutro da rede, mas isto deve ser respeitado por quem faz as ligações elétricas.

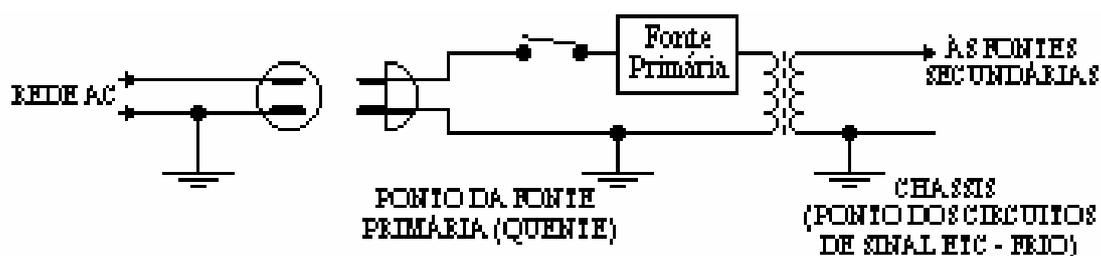
Os microcomputadores e seus periféricos vêm com *plugs* de três pinos: dois chatos, paralelos, e um cilíndrico, abaixo e entre os dois outros. A tomada da parede tem de ser correspondente e olhando-a de frente, montada normalmente em sua caixa, o pino da esquerda é o neutro, o da direita é fase e o cilíndrico de baixo é a ligação à terra; caso a instalação elétrica não tenha fio terra, esse pino deve ser ligado ao neutro; sendo a caixa de parede de ferro, é conveniente também, mas não só, ligá-lo a ela.

O chassi *frio* é aquele em que o equipamento vai ligado à rede elétrica por um transformador de força, com enrolamentos primário e secundário totalmente isolados entre si. Nesse caso, pode ser usado retificador em onda completa com dois diodos e *center-tap* e há facilidade em obter tensões maiores ou menores, sem riscos para o usuário e sem problema com eventuais interligações. O inconveniente é que o transformador é para 60 Hz, pesado e ineficiente (o técnico deve verificar se um transformador de entrada de rede não é um autotransformador, que tira a vantagem do isolamento).



Ligação do chassi frio

Uma solução para deixar o chassi frio sem usar o transformador de rede é justamente a fonte chaveada. O elemento chaveador pega a rede diretamente, via um retificador, e aplica os pulsos de alta frequência a um transformador, pequeno. Após esse transformador é que está a massa ou seja, o ponto comum dos circuitos de processamento do aparelho. Tal configuração é chamada, em inglês, de *iso-hot*.



Ligação do chassi *iso-hot*

COMANDO ELETRÔNICO DAS FUNÇÕES DO TELEVISOR

O controle das funções aparelhos modernos, tais como a seleção de canais, os ajustes de volume, brilho, contraste e saturação, a ativação de funções como o mudo e outras, é feito essencialmente através do envio de comandos aos circuitos integrados (Cis) em que se encontram os blocos onde se dão tais ajustes ou onde são localizadas as funções.

Nos televisores da geração anterior à atual, o controle é feito pela variação adequada de níveis de tensão contínua aplicada em pinos dos CIs. Tais tensões são variadas por chaves ou potenciômetros nos modelos sem controle remoto. Naqueles que empregam tal controle, a maioria, essas tensões ou estão pré-ajustadas e são chamadas de uma memória por um comando (como na troca de canais, na ativação de funções e nos ajustes memorizados – chamados de “preferência pessoal” ou outro nome de propaganda) ou vão sendo escalonadas, através de conversores D/A, à medida que o usuário vai comandando, como nos ajustes de volume, saturação, contraste e brilho.

A etapa de controle que usa remoto também aceita comandos via painel, mas estes, em geral, são só os principais.

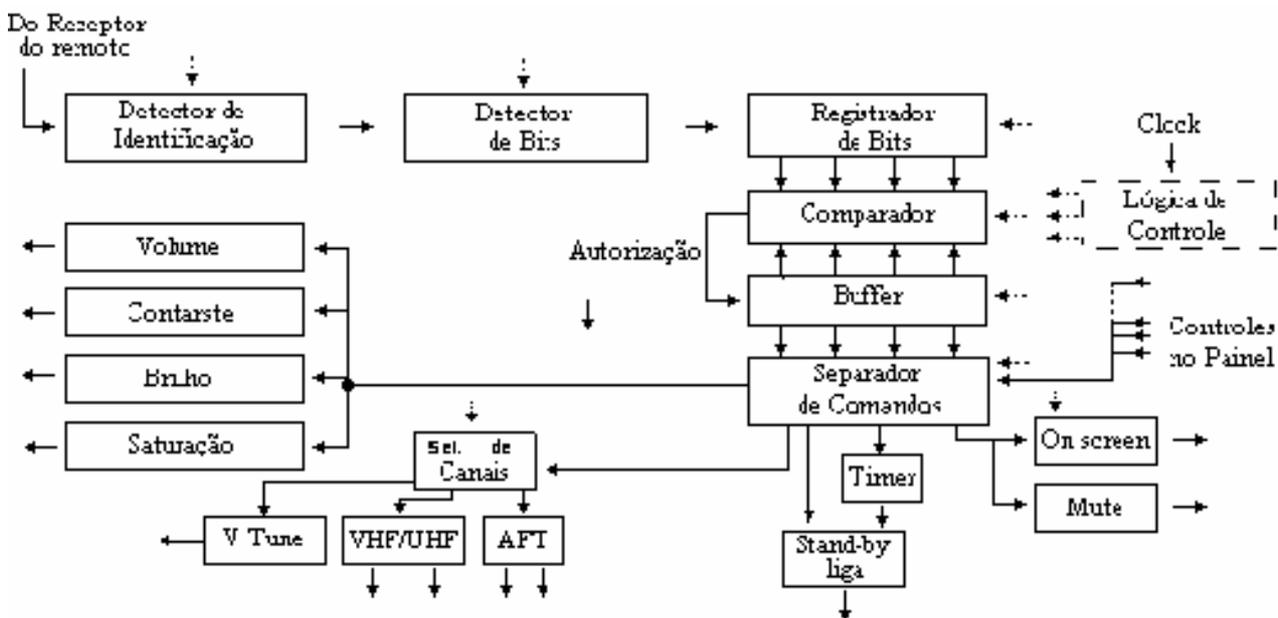


Diagrama em blocos da etapa de controle de um televisor da geração anterior à atual

O Decodificador é parte do CI de controle das funções do receptor. Sua função básica é confirmar, pela identificação, se é um comando; sendo, transfere os pulsos respectivos a um Detetor de Bits, que extrai os bits de dados e os transfere a um registrador; o conteúdo deste é comparado com os comandos arquivados, um de cada vez, que vão sendo carregados no *buffer*; encontrado o comando, ele vai para o separador de comandos, que aciona o bloco adequado, executando-o.

Nos televisores com tecnologia mais recente, a maioria dos ajustes e atuações é feita por barramento de dados, denominado I²C. Este sai do CI de controle e vai aos outros CIs, que precisam conter internamente um bloco decodificador. Dessa forma, em vez de um pino do CI de controle destinado a cada ajuste, há somente os do barramento SDA – dados – e SCL – *clock*). Nos CIs de destino também só há os pinos do barramento, em vez de um para cada ajuste. Pelo barramento circulam os comandos, na forma de código de pulsos, que chegam a todos os CIs, atuando somente naquele ao qual é

destinado, graças ao decodificador interno. Algumas funções ainda necessitam de uma ligação dedicada.

Outra função importante da etapa de controle é a supervisão do funcionamento do televisor. Um exemplo de supervisão é o modo de espera. Quando a chave liga-desliga está ativada, o aparelho pode ser “desligado” via remoto. Nesse caso a fonte principal alimenta o controle, que fica em espera (*stand-by*), aguardando o comando de ligar, que faz, então, a fonte principal alimentar a Saída Horizontal e os demais circuitos. Uma configuração sofisticada pode até supervisionar todo o funcionamento do aparelho, detectando anomalias no funcionamento e procurando corrigi-las ou sinalizando ao usuário.

O controle também executa funções acessórias, como colocar informações na tela (“On Screen Display” – OSD), o que ainda é feito por linha dedicada.

Pelo exposto, deduz-se que o CI de controle forma um sistema de processamento, em geral com uma arquitetura própria e usando CIs dedicados (o próprio de controle e uma memória EEPROM).

CONTROLE REMOTO SEM FIO

A comunicação entre a unidade remota e o televisor se dá por emissão de radiação infravermelha, com comprimento de onda em torno de 920 nm, modulada por pulsos.

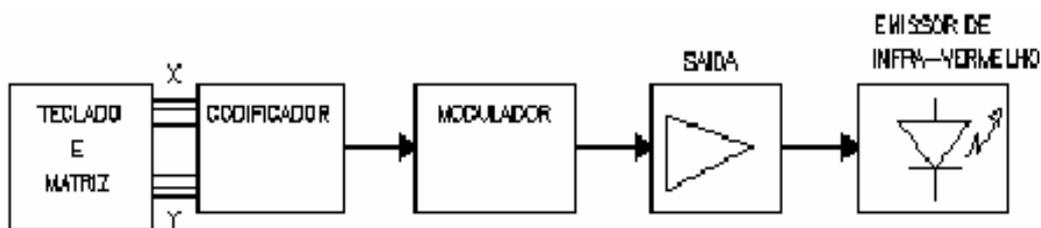


Diagrama em blocos da unidade transmissora remota

O emissor, no remoto, compõe-se de diodos de Arseniato de Gálio (GaAs), e o receptor, no televisor, de um diodo PIN, que converte a pulsação do infravermelho em impulsos elétricos.

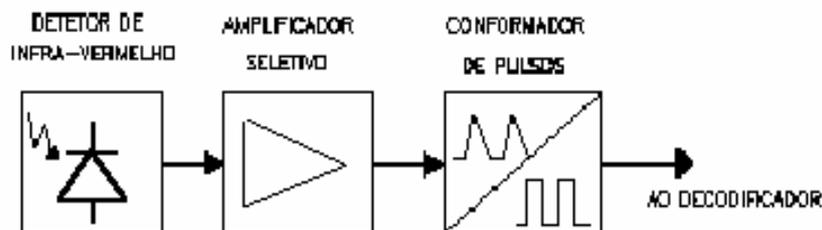


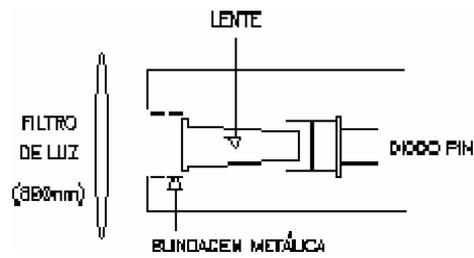
Diagrama em blocos da unidade receptora localizada no televisor

Para tornar o sistema insensível a interferências, aceitando apenas as ordens de sua unidade remota, o código de pulsos contém um bloco de Identificação, que caracteriza a comunicação de um comando para aquele aparelho específico, e outro bloco que envia a operação desejada (dado).

As interferências podem se originar de fontes estáticas, isto é, que não pulsam, como o sol, lâmpadas incandescentes, aquecedores e chamas, e de fontes dinâmicas, como lâmpadas fluorescentes, a imagem da TV, outros transmissores de infravermelho e etc. As estáticas são logo descartadas pelo código de comunicação, mas este deve ter

uma frequência que não se confunda com as frequências e harmônicos das fontes dinâmicas. Além disso, o código de dados tem de ser específico para cada tipo de aparelho e fabricante, de modo que outro aparelho existente no mesmo local não seja acionado inadvertidamente.

O Receptor, geralmente contido num único invólucro montado no painel frontal do televisor, entrega ao Decodificador apenas os pulsos retangulares correspondentes aos códigos de identificação e dados, eliminando a maioria das fontes de interferências, exceto as que tenham a mesma frequência de pulsos, cabendo a rejeição destas ao Decodificador, se não tiverem o mesmo código de pulsos.



Vista em corte da unidade receptora

CAPÍTULO IV

GRAVAÇÃO DE VÍDEO

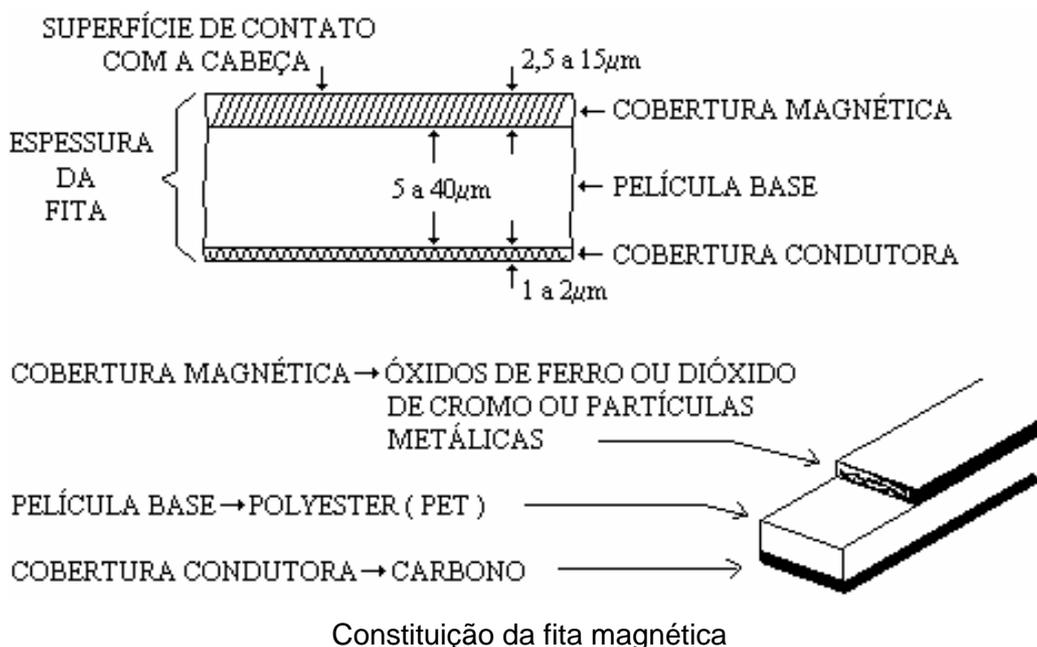
Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

- Descrever o processo básico de gravação magnética e suas limitações.
- Descrever as soluções para gravação de sinais de áudio e vídeo em fita magnética.
- Enumerar os principais sistemas e formatos de gravação de vídeo, domésticos e profissionais, com suas características.
- Esquematizar a organização em blocos genéricos de um videogravador doméstico (*consumer vcr*) VHS.
- Analisar o funcionamento das máquinas VHS, dados os diagramas em blocos e esquemático.
- Descrever o processo de edição eletrônica de VT.
- Descrever a gravação e a reprodução dos sinais de áudio e vídeo nos videodiscos óticos.
- Analisar o diagrama em blocos da máquina de videodisco ótico.

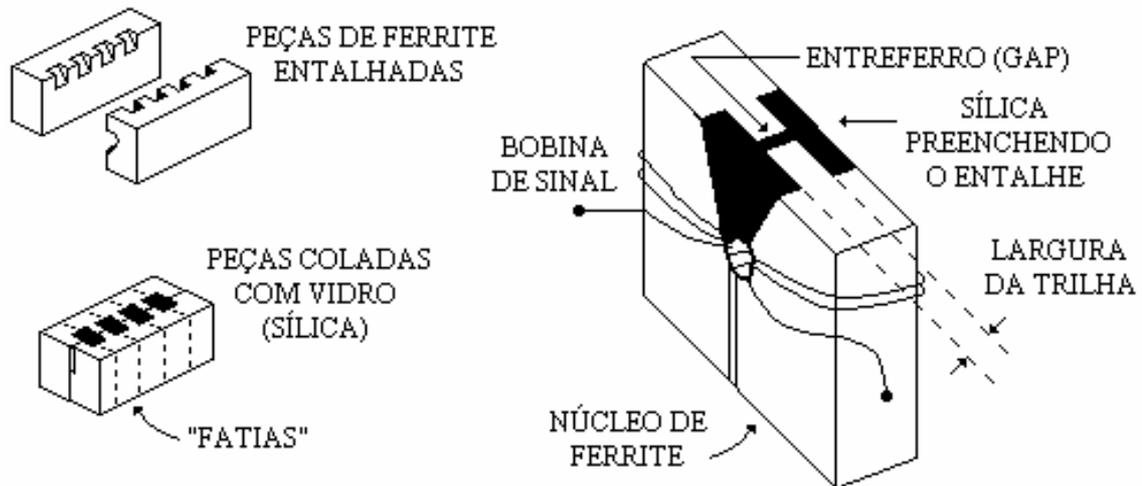
A GRAVAÇÃO MAGNÉTICA

Foi inventada em 1898 pelo dinamarquês Valdemar Poulsen, que colocou um fio metálico nos sulcos de um cilindro de Edison e um eletroímã no lugar da agulha. No início do século XX foi aperfeiçoada, sendo o marco principal a invenção da fita magnética em 1931, na Alemanha, inicialmente com base de papel e depois de plástico, a qual possibilitou o desenvolvimento dos modernos gravadores de áudio e de vídeo.

A fita magnética é composta de uma base plástica – poliéster – sobre a qual é aplicada uma camada magnética que a ela se adere firmemente. No lado oposto da base é aplicada uma camada condutora, para eliminar cargas estáticas resultantes do atrito, responsáveis pela atração de poeira e pela geração de ruídos na reprodução.

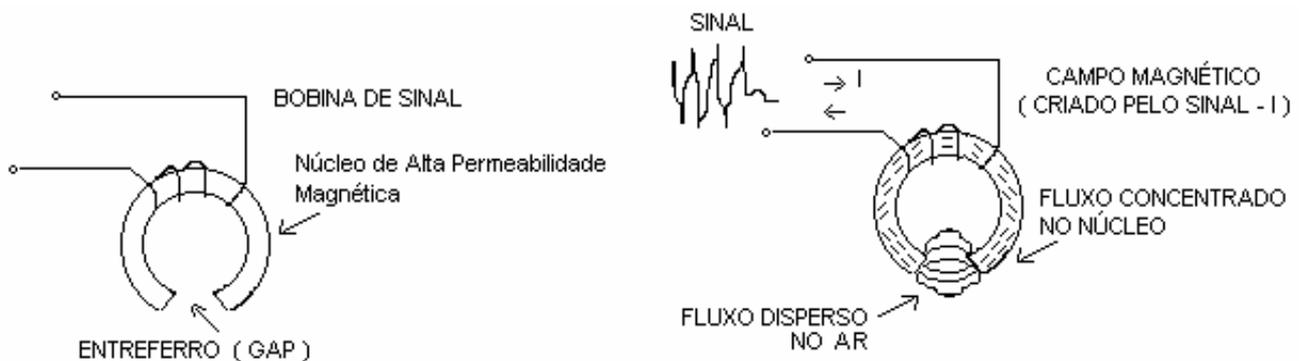


A cabeça gravadora é formada de um núcleo de material altamente permeável ao fluxo magnético e de baixa retenção de magnetização (remanência), no qual é enrolada a bobina de sinal. O núcleo possui uma pequena janela (entreferro ou, em inglês, *gap*) no lugar em que toca a fita.



Constituição da cabeça gravadora/reprodutora

Quando flui corrente elétrica pela bobina, originada pelo sinal a ser gravado, é criado um campo magnético cujo sentido e intensidade dependem da corrente e cujas linhas de força (fluxo) concentram-se no núcleo, pela sua baixa relutância. Ao atravessar o *gap* as linhas se dispersam no ar, mas havendo um outro material de baixa relutância junto ao *gap*, material esse que é a fita, as linhas de força o atravessam.



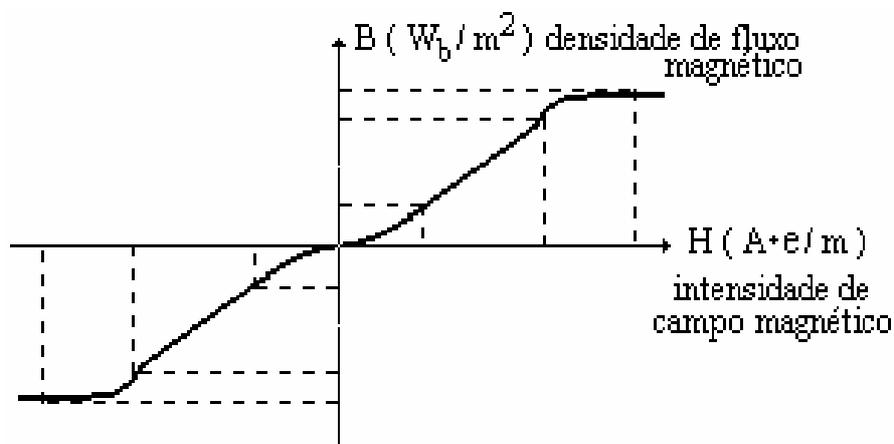
Representação da cabeça gravadora/reprodutora, sem a fita

O material magnético da fita tem alta remanência e quando o trecho que estava em frente ao *gap* sai de sua zona de influência, conserva a magnetização que recebeu. Com a fita se deslocando em velocidade adequada, cada trecho fica magnetizado proporcionalmente ao sinal. Posteriormente, fazendo a fita passar em frente à cabeça, no mesmo sentido e com a mesma velocidade, as partículas magnetizadas produzirão um fluxo alternado através do núcleo, o qual atravessando a bobina induz um sinal semelhante ao usado para fazer a gravação.



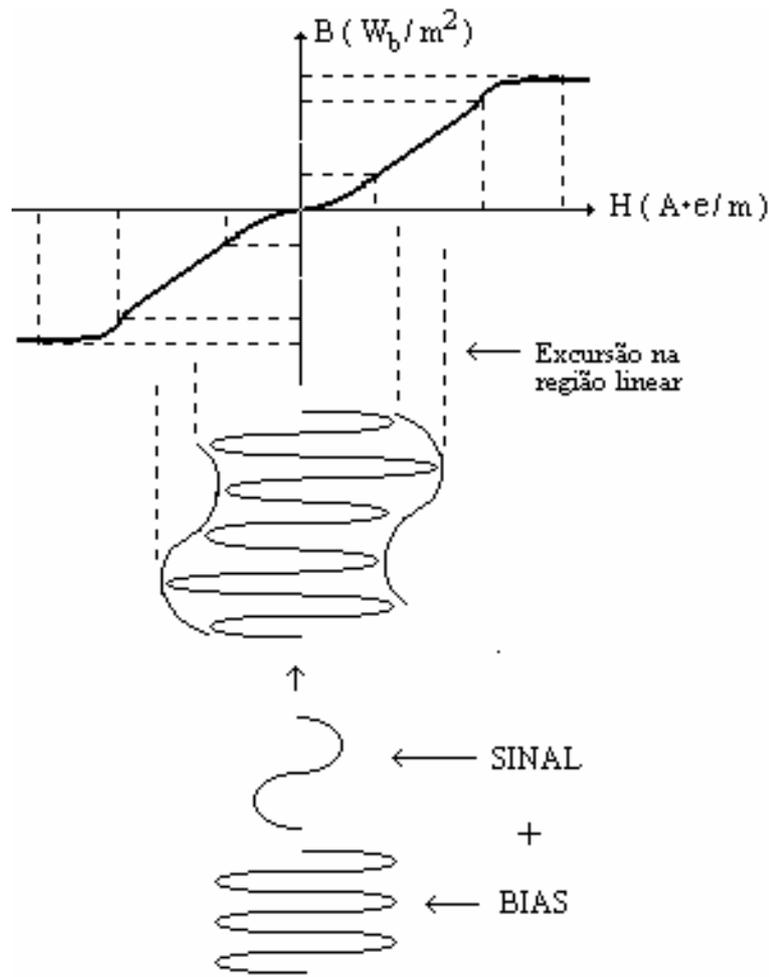
LIMITAÇÕES DA GRAVAÇÃO MAGNÉTICA

A curva de magnetização da fita é *plotada* com a Densidade de Fluxo Magnético (B) que atravessa a fita em função da Intensidade de Campo Magnético (H) que lhe é aplicada. Considerando a fita desmagnetizada, o fluxo começa a aumentar do zero, com o aumento do campo, mas a variação é suave no início. A partir de certo valor de H , a variação de B torna-se maior e aproximadamente linear, até um novo valor de H , a partir do qual B passa a variar pouco, até não mais variar (região de saturação da fita).



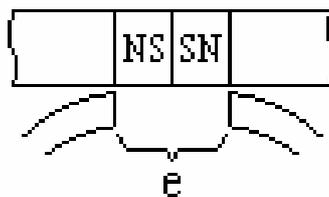
Curva de magnetização da fita

A gravação de sinais analógicos sofre distorção com tal comportamento da fita, pois, mesmo que não seja alcançada a região de saturação, os baixos valores de intensidade de campo (H) ficam numa região não linear. A solução para esse problema consiste em colocar o sinal variando apenas na região linear. Inicialmente pensou-se em somá-lo a um nível DC, mas isto deixaria toda a fita com um único sentido de magnetização, que seria transferido para as partes metálicas do aparelho e criaria problemas de armazenamento. A saída encontrada foi a de somar o sinal a uma corrente alternada de frequência bem maior que a máxima frequência do sinal, chamada de corrente de *BIAS* (polarização), cuja amplitude fique no centro da região linear da curva, de modo que a excursão do sinal também fique naquela região.



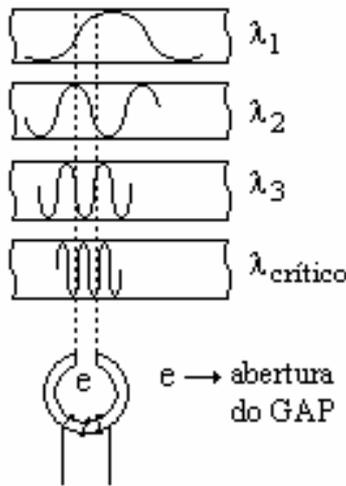
Sinal somado ao *bias* e sua localização na curva de magnetização

A abertura do *gap* da cabeça gravadora deve ser bem menor que o comprimento de onda do sinal, de modo a não reduzir o fluxo magnético através da cabeça, ou até mesmo anulá-lo, o que ocorre quando um ciclo inteiro do sinal cabe no *gap*.



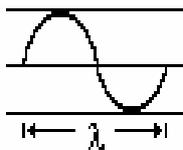
Um ciclo inteiro de um sinal com comprimento de onda igual à abertura do *gap*

A abertura do *gap* não pode ser reduzida indefinidamente, por questões tecnológicas, mas chega até o mínimo de $0,3\mu m$ nas máquinas VHS; menos que isso acarreta perdas excessivas, pois a trilha gravada fica muito estreita.



Sinais com diferentes comprimentos de onda e sua passagem pela cabeça

Para máquinas profissionais, considera-se um *gap* mínimo de $1\mu\text{m}$. A situação limite para um *gap* com tal abertura ($1\mu\text{m}$) é a gravação ou reprodução de um sinal com comprimento de onda de $2\mu\text{m}$. Sendo um sinal de vídeo, ele possui, como se sabe, frequências até, ao menos, 4 MHz. Com tais valores, é possível calcular a velocidade da fita em relação à cabeça para que 4 MHz tenham $\lambda = 2\mu\text{m}$. Usando a fórmula $\lambda = v/f$, a velocidade mínima para o deslocamento linear da fita é de 8 m/s ou 28,8 km/h.



$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$\lambda \rightarrow$ comprimento de onda do sinal na fita

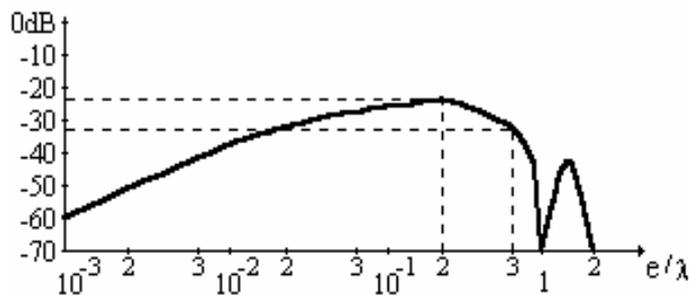
$v \rightarrow$ velocidade da fita

$f \rightarrow$ frequência do sinal

Cálculo do comprimento de onda de um sinal gravado

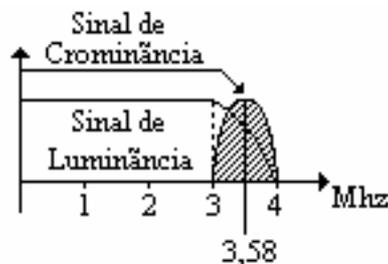
A velocidade calculada acima se torna impraticável na gravação longitudinal, na qual a cabeça é estacionária e a fita se desloca. A solução encontrada nas máquinas de VT é o deslocamento da cabeça de vídeo: essa gira em alta velocidade, enquanto a fita se move longitudinalmente numa velocidade pequena; a velocidade relativa entre elas, no entanto, pode chegar a mais de 100 km/h.

Pela Lei de Faraday, a tensão induzida numa bobina é proporcional à variação do fluxo magnético por unidade de tempo, sendo a constante de proporcionalidade o número de espiras da bobina. Pode-se deduzir, então, que as altas frequências do sinal gravado induzem tensões maiores na cabeça.



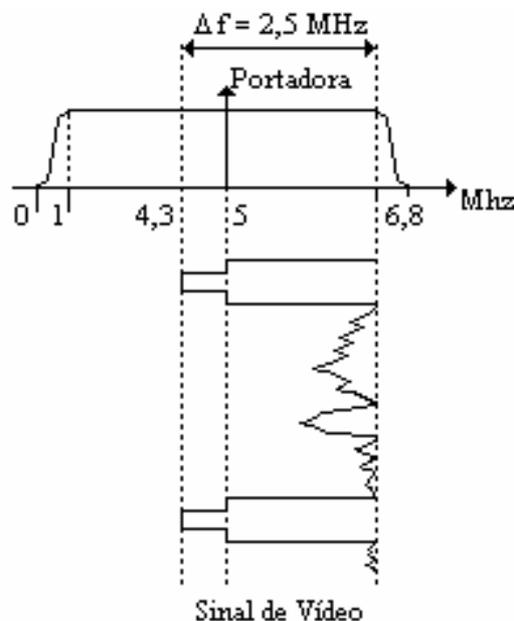
Tensão induzida na cabeça em função da relação entre a abertura do *gap* e o comprimento de onda do sinal

O aumento da tensão induzida, com o aumento da frequência, é de 6 dB por oitava, até o comprimento de onda do sinal gravado chegar próximo ao valor de abertura do *gap*, quando se manifesta o problema discutido anteriormente e a tensão induzida passa a cair. Tal queda começa a ocorrer com um comprimento de onda igual a 5 vezes a abertura do *gap*. Considerando que o sinal de vídeo vai de 30 Hz a 4 MHz, sua faixa de frequências se estende por quase 17 oitavas, implicando numa variação de 101 dB na tensão induzida na cabeça – o maior nível é 125 mil vezes mais alto que o menor.



Espectro do sinal composto de vídeo no sistema NTSC

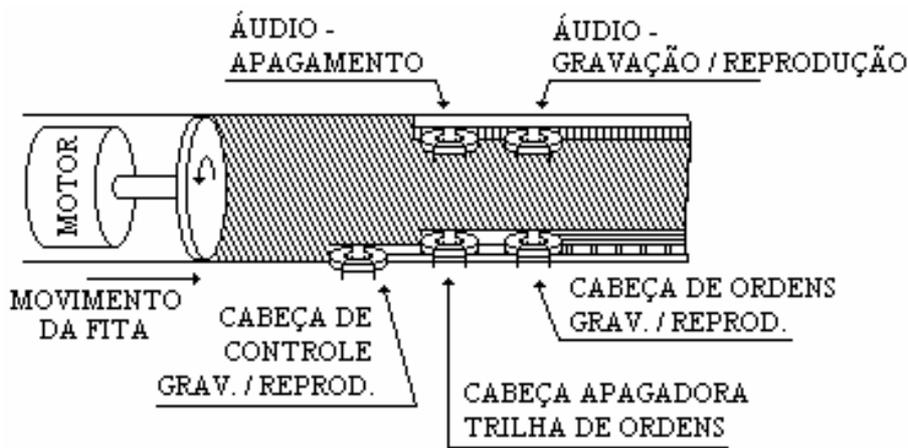
Tamanho excursão não pode ser acomodada dentro da curva de magnetização, pois o menor nível ficaria abaixo do nível de ruído do sistema para que o maior não fosse reduzido pela saturação. A solução é gravar os sinais de vídeo modulados numa portadora de alta frequência, em FM, com a excursão limitada a uma quantidade reduzida de oitavas. Dessa forma, o sinal induzido sofrerá pouca variação de amplitude em função da frequência e, sendo FM, isto não terá efeito sobre o sinal modulante.



O sinal composto de vídeo e o espectro resultante de sua modulação em FM

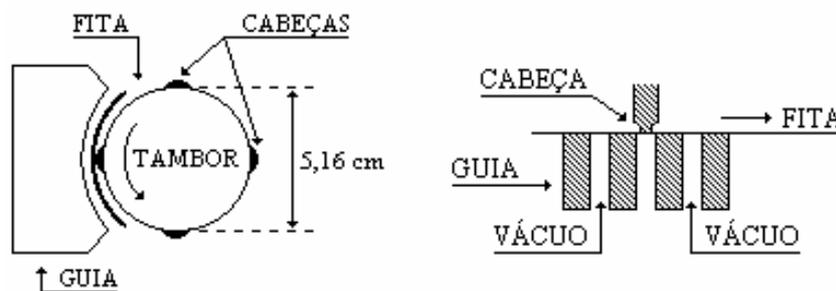
SISTEMA QUADRUPLEX

Foi o primeiro sistema comercial de gravação de vídeo. Desenvolvido pela Ampex Co. (EUA), chegou ao mercado em 1956 e dominou-o até meados da década de 1970. Empregava as duas soluções mencionadas anteriormente: cabeça de vídeo rotativa e modulação do vídeo em FM, que são comuns a todos os formatos analógicos até hoje.



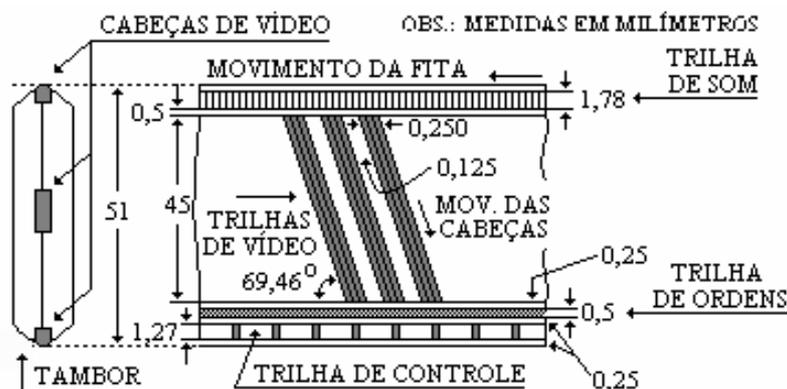
As cabeças fixas e as estacionárias posicionadas sobre a fita quadruplex

O Quadruplex usava um cilindro girando a 240 rps, contendo quatro cabeças simétricas, movendo-se perpendicularmente à fita. Como esta se deslocava a uma velocidade longitudinal de 15 ips (*inches per second* - polegadas por segundo), as trilhas não ficavam perpendiculares, mas sim com uma pequena inclinação. A isto se chamava exploração transversal.



Detalhe do trajeto da fita mantido com o mínimo de desvio por efeito do vácuo na guia

Sendo a duração de um campo igual a 1/60 s, cada trilha corresponde a 1/16 de um campo. Tal segmentação dos campos impede que se obtenha imagem com fita parada (quadro parado), o que é uma grave limitação, especialmente para produção de efeitos e para edição de imagens.



Sistema Quadruplex: as cabeças de vídeo no tambor rotativo e todas as trilhas gravadas na fita

As cabeças de áudio e controle ficavam estacionárias, gravando trilhas longitudinais, nas bordas da fita. Essa apresentava uma largura de duas polegadas, o que, aliado à velocidade linear elevada, demandava um grande consumo de fita.



Aspecto de um equipamento Quadruplex

Quando se conseguiu reduzir a largura das trilhas e a velocidade de escrita, mantendo a mesma qualidade de imagem, as máquinas convencionais *quadruplex* já estavam tão difundidas que a sua substituição foi considerada inviável pela maioria dos usuários. A substituição das *quadruplex* veio ocorrer mais tarde, porém pelas máquinas helicoidais.

SISTEMA HELICOIDAL

As primeiras máquinas deste sistema começaram a surgir em 1961, mas apresentavam erro de base de tempo muito elevado, inviabilizando seu uso em *broadcasting*, pela instabilidade acarretada na frequência lida. O uso profissional só foi possível após o desenvolvimento do Corretor de Base de Tempo (TBC) digital, em 1973.



Máquina de VT helicoidal anterior à aplicação do sistema em *broadcasting*

Neste sistema, a fita enlaça o cilindro explorador, que contém as cabeças de vídeo, na forma geométrica de uma hélice, resultando em trilhas de vídeo inclinadas em diagonal ao longo da fita. De acordo com o tipo de máquina (formato), o laço de fita pode envolver meio cilindro ou todo ele.

As máquinas helicoidais, excetuando-se as do tipo B, já em desuso, são do tipo “um campo por trilha”, o que permite a obtenção de imagem com a fita parada (quadro parado), já que o cilindro fica explorando a mesma trilha, que contém um campo inteiro. Nessa situação, o TBC corrige as possíveis distorções e forma um quadro.

U-Matic

O primeiro formato helicoidal de ampla aceitação foi o U-Matic, lançado pela Sony em 1972, com objetivo de atender ao público doméstico e institucional. As emissoras de TV, porém, viram nesse aparelho, de dimensões muito menores que o *quadruplex* e com a fita acondicionada em cassete, a solução para gravação externa e especialmente para o telejornalismo (EJ), o qual usava câmeras de filmar em película de 16 mm.

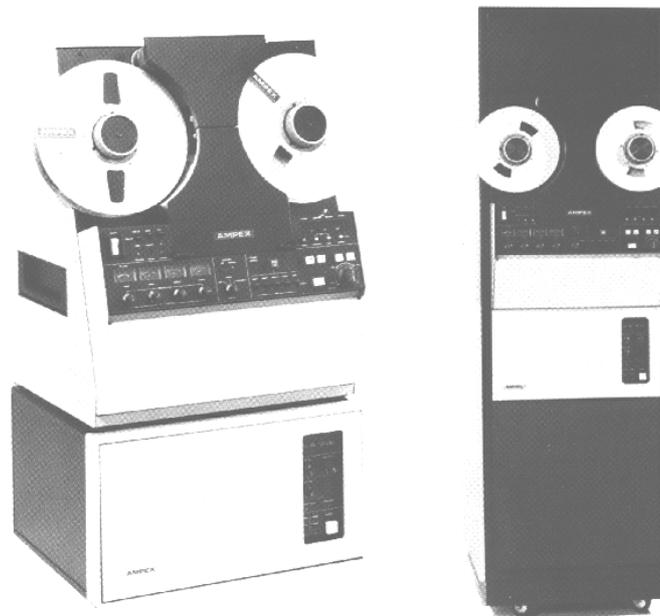


Máquina U-Matic para uso em estúdio

No formato U-Matic o sinal de vídeo tem suas componentes de crominância e luminância gravadas de maneira distinta. A primeira sofre apenas um batimento, passando de 3,58 MHz para 688 kHz, mas com a mesma modulação (AM/SC). A segunda é modulada em FM, numa portadora de 3,8 MHz. Esse processo minimiza os erros de base de tempo, especialmente no sinal de croma, em que são mais críticos, mesmo sem o uso de TBC.

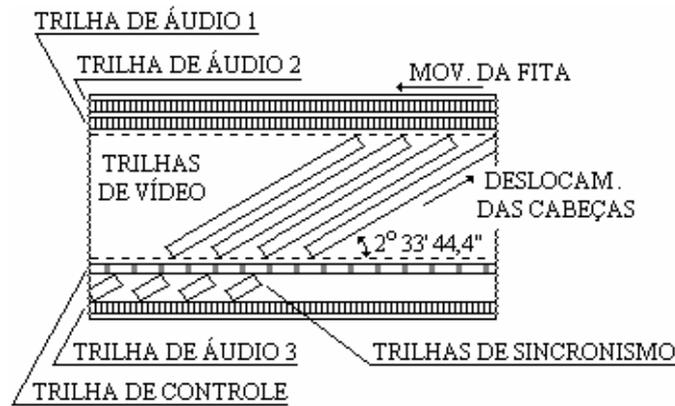
Formato C

Em 1978, a SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) padronizou a gravação de vídeo helicoidal em fita de uma polegada, nos formatos B (segmentado) e C, permitindo o intercâmbio de fitas gravadas em máquinas do mesmo formato, feitas por qualquer fabricante.

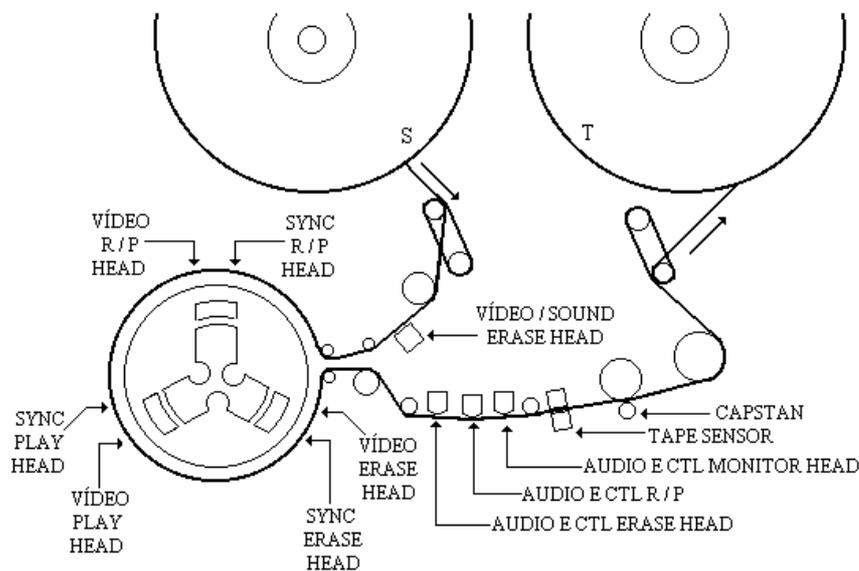


Máquinas do Formato C, montadas em console, à esquerda, e em bastidor, à direita.

As máquinas do formato C foram amplamente empregadas para gravação de vídeo de alta qualidade em estúdio. Usam fita acondicionada em carretel aberto e pelas suas dimensões (60 X 60 X 70 cm) ficam montadas em bastidores ou consoles.



Disposição das trilhas em uma fita do Formato C



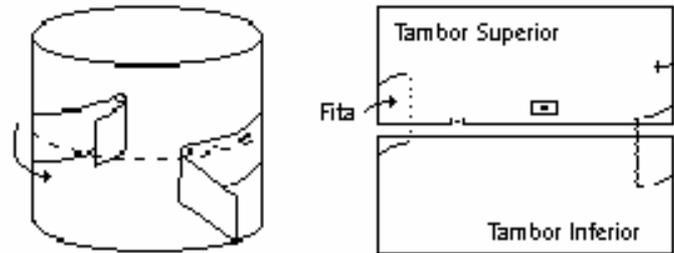
Trajeto da fita Formato C pelas diferentes guias e cabeças

Seu cilindro explorador pode conter até três pares de cabeças, nos modelos usados para edição, sendo o básico uma cabeça para gravar e reproduzir o vídeo e outra, distando 30° da primeira, para o sincronismo vertical.



Disposição das cabeças de vídeo e sincronismo no cilindro do Formato C, em vista superior

No formato C a fita envolve quase totalmente o cilindro, gravando um campo a cada volta; quando a cabeça de vídeo está passando pelo espaço sem fita, a cabeça de *sinc* está em outra posição, gravando ou reproduzindo apenas o sincronismo vertical.



Cilindro do Formato C em perspectiva e em vista lateral, com a fita enlaçada

Com este sistema é possível obter quadro parado e efeitos de imagem acelerada ou lenta, mas uma boa qualidade desses efeitos exige um tipo especial de cabeça, que se move dentro do cilindro para trilhar corretamente a fita. Em velocidade diferente da normal, as trilhas passam a ter inclinação diferente, pela modificação da velocidade relativa entre a cabeça e a fita, o que demanda a inclinação diferente da cabeça de leitura. Essa modificação na posição da cabeça é muito pequena e é conseguida com um dispositivo que se expande e se contrai, em função da DDP aplicada. A isso se chama rastreamento dinâmico ou DT - *Dinamic Tracking*, em inglês.

Betacam

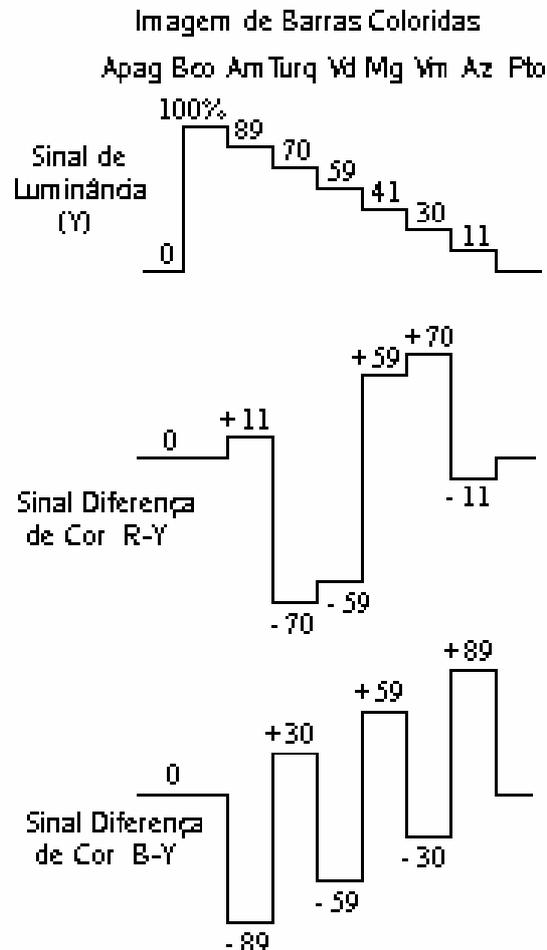
Um novo formato analógico com grande aceitação foi desenvolvido pela Sony usando fita de meia polegada de largura acondicionada em cassetes, que podem ser de dois tamanhos, sendo que o menor é igual ao da máquina Betamax e permite 20 minutos de gravação. Por essa semelhança e também pela maneira de carregar a fita, o formato foi denominado Betacam.

Com a cassete Betacam pequena é possível colocar câmera e gravador numa única peça, a *camcorder*, o que deu maior agilidade aos cinegrafistas, em relação ao sistema U-Matic, que também apresenta um tipo de cassete menor, mas que ainda é grande para compor uma *camcorder*, sendo necessário levar o gravador a tiracolo, ligado à câmera por um cabo.



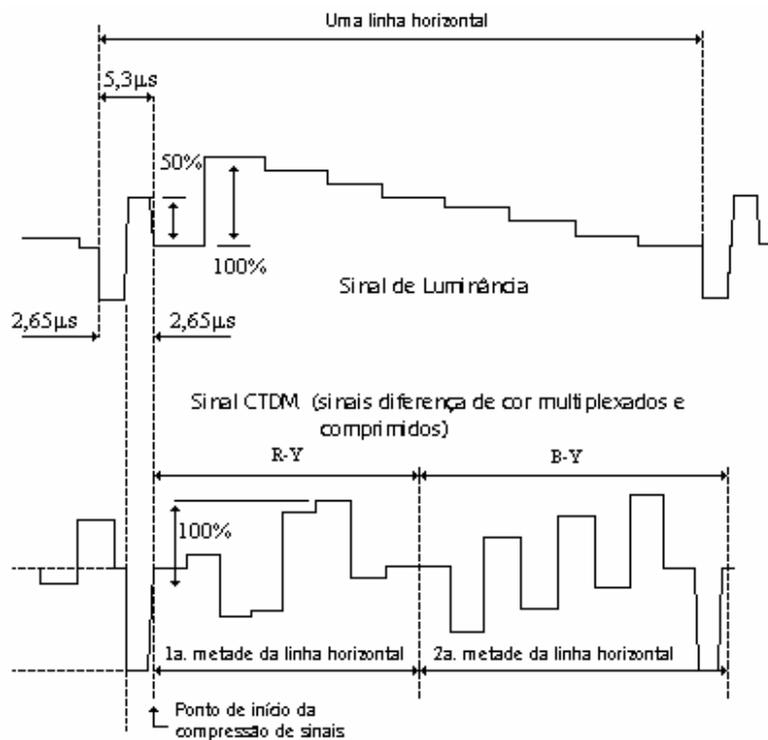
Máquinas e *camcorders* Betacam

O formato Betacam também incorpora uma diferença significativa, que é a gravação de vídeo componente, ou seja, os sinais de luminância (Y) e diferença de cor (R-Y e B-Y) são gravados separadamente, em canais distintos. Isto resulta em uma qualidade de imagem superior, pois evita a modulação da croma e a sua combinação com Y, como no SCV. Se tais sinais tiverem sido gerados separadamente, a partir de RGB, e transitarem pelo sistema também separados, a degradação da imagem será muito menor em sucessivas passagens de gravação/reprodução ou de processamento.



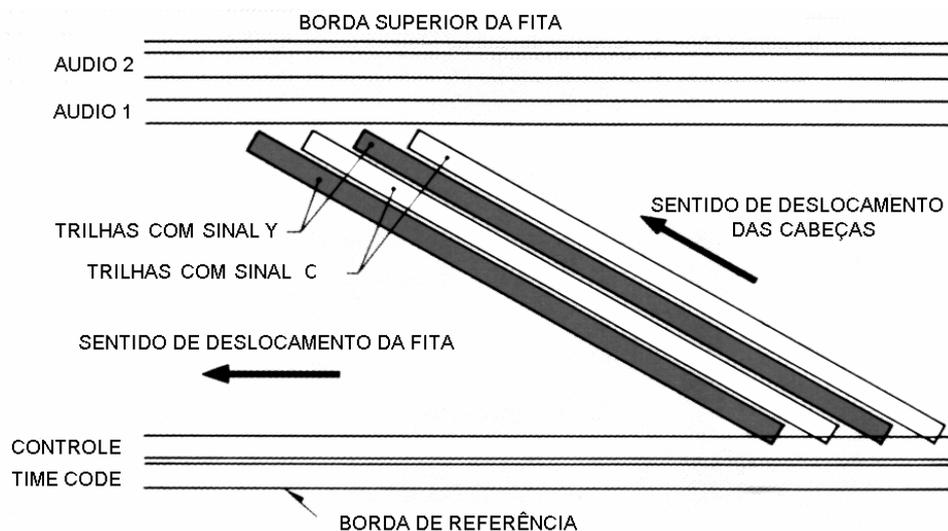
A imagem de barras coloridas e os sinais componentes de vídeo por ela gerados

Os sinais diferença de cor sofrem uma compressão no tempo, de modo a caberem no intervalo de tempo de meia linha horizontal - na primeira metade da trilha vem R-Y e, na segunda, B-Y. Os sinais de croma assim tratados são denominados CTDM (*Compressed Time Division Multiplexed*) e, devido ao processamento, estão atrasados em relação ao Y, o que é corrigido pelo TBC.



Sinais gravados pelo sistema Betacam

O Cilindro explorador Betacam, na sua versão mais simples, possui dois pares de cabeças, diametralmente opostas. A cada meia volta do cilindro um par varre a fita, gravando duas trilhas paralelas. Numa das trilhas é gravado o sinal Y de um campo e na outra os sinais R-Y e B-Y do mesmo campo.



Trilhas gravadas na fita Betacam

Tanto para o formato U-Matic quanto para o Betacam foram criados subformatos, chamados de SP (*Superior Performance*), que permitem maior flexibilidade de edição, pelo uso de cabeças extras no cilindro, e maior qualidade de imagem, pelo alargamento de faixa dos sinais gravados. No Betacam SP há ainda dois canais de áudio HI-FI, gravados por cabeças rotativas localizadas no cilindro explorador, além dos canais convencionais gravados por cabeças estacionárias. As máquinas SP também podem

incluir cabeças de vídeo com rastreamento dinâmico (DT - *Dinamic Tracking*), como as descritas para o formato C, que permitem efeitos de velocidade variável perfeitos.

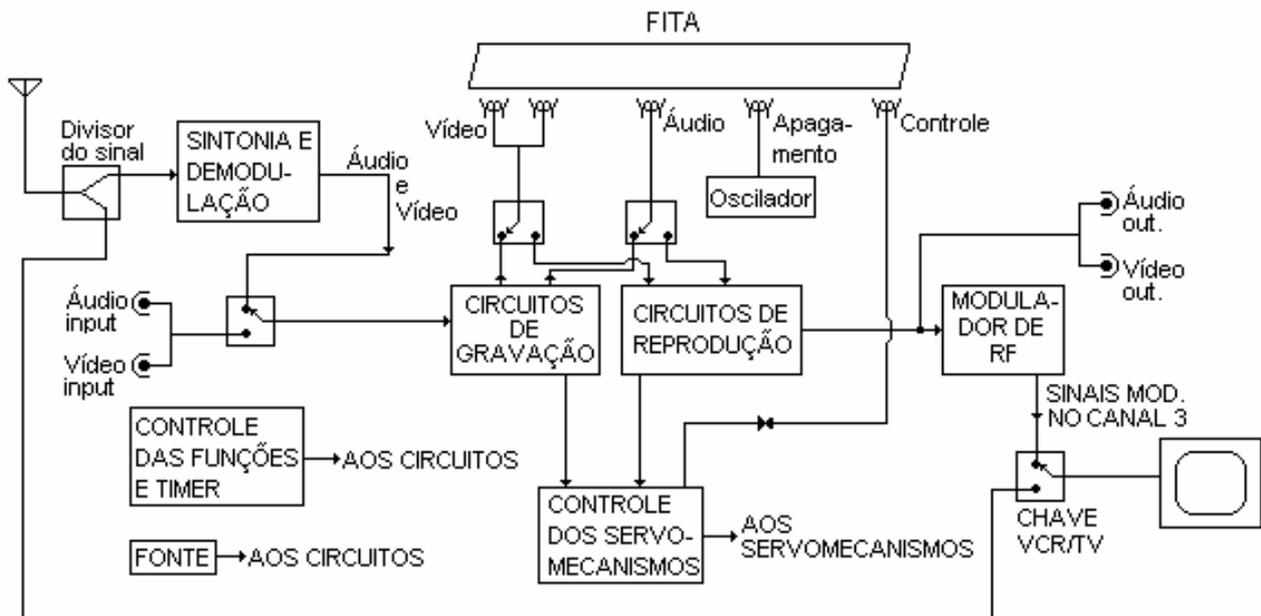
Ano de Introdução ou de Padronização (*)	Sistema e Formato	Largura da fita e Acondicionamento	Fabricante Introdutor / Entidade Padronizadora / Aplicação
1956	Quadruplex Transversal segmentado	2" Carretel aberto	Ampex Profissional
1972	U-Matic (Formato E) Helicoidal	$\frac{3}{4}$ " Cassete	Sony SMPTE Profissional
1975	Betamax (Formato G) Helicoidal	$\frac{1}{2}$ " Cassete	Sony Doméstica
1976	VHS (Formato H) Helicoidal	$\frac{1}{2}$ " Cassete	JVC Doméstica
1978*	Formato B Helicoidal segmentado	1" Carretel aberto	Fernseh SMPTE Profissional
1978*	Formato C Helicoidal	1" Carretel aberto	Sony e Ampex SMPTE Profissional
1982 (1983)*	Video 8 Helicoidal	8 mm Cassete	Sony Video 8 Conference Doméstica
Década de 1980	Betacam Helicoidal componente	$\frac{1}{2}$ " Cassete	Sony Profissional

Principais formatos para gravação de vídeo

VÍDEOGRAVADORES PARA USO DOMÉSTICO (*Consumer VCRs*)

O formato *U-Matic* foi criado para atender também ao mercado doméstico, mas seu alto custo inviabilizou tal possibilidade. A partir desse formato a *Sony* desenvolveu um outro, chamado *Betamax*, mais simples, usando fita de meia polegada de largura acondicionada numa cassete bem menor, porém manteve a mesma duração máxima por

cassete: 1 hora. Seu lançamento ocorreu em 1975. No final do ano seguinte, a JVC (*Japan Victor Company*) lançou o formato VHS (*Video Home System*) com o mesmo tipo de fita, porém acondicionada em uma cassete um pouco maior e permitindo gravar até duas horas com boa qualidade de imagem ou até seis horas com menor qualidade. A aceitação desse segundo formato foi bem ampla e mesmo com o lançamento de novas máquinas e fitas que podiam gravar até 5 horas, o Betamax perdeu espaço e desapareceu no final da década de 1980.



Organização básica de um VCR doméstico

A máquina doméstica permite gravar e reproduzir fitas de vídeo e incorpora um sintonizador de TV. A antena receptora (ou cabo) é ligada ao VCR e esse ao televisor. Quando o espectador deseja apenas assistir os canais de TV, pode manter o VCR desligado, pois um divisor de sinais envia o sinal da antena também ao televisor. No entanto, se desejar, pode também sintonizar os canais pelo VCR. Nesse caso, o VCR demodula o áudio e o vídeo do canal e torna a modulá-los nas frequências do canal 3, no qual o televisor ficará sintonizado. Os sinais que saem de uma fita também recebem o mesmo tratamento, entrando no televisor como se fosse a recepção de um canal, o 3. Se o televisor possuir entradas de áudio e vídeo (AV) em banda base, pode-se ligar as saídas correspondentes do VCR a elas, obtendo-se melhor qualidade de imagem e som. Ao VCR também podem ser aplicados sinais em banda base, nas entradas de áudio e vídeo, melhorando a qualidade de cópias.

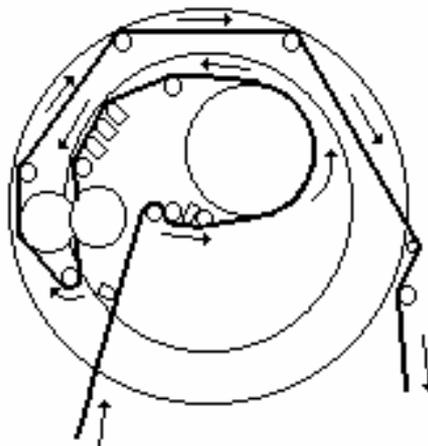


Aspecto externo de um moderno VCR VHS

O VCR pode fazer gravações sem a assistência do usuário, pois incorpora um temporizador (*timer*), que liga e desliga o aparelho em horários previamente determinados. Nas máquinas modernas é possível programar de uma só vez várias gravações, em dias, horários, canais e velocidades diferentes. A complexidade das funções realizadas por um VCR exige um controle lógico, realizado por um circuito integrado dedicado.

Os circuitos de gravação são responsáveis por tratar e codificar os sinais de áudio e vídeo de modo que sejam corretamente registrados na fita, enquanto os circuitos de reprodução recuperam os sinais já gravados, devolvendo-os a sua forma original. Os servomecanismos são responsáveis pela rotação do cilindro explorador, de modo que cada cabeça de vídeo leia sua trilha adequadamente, e pela rotação do pino de tração (*capstan*), de modo que a fita seja deslocada convenientemente.

Uma diferença acentuada entre os formatos VHS e Betamax está no carregamento da fita. No primeiro, esta permanece dentro da cassette para as operações de avanço e retrocesso, sendo retirada apenas para a gravação e reprodução, quando passa por pinos guias e de tração, roletes, cabeças estacionárias e pelo cilindro explorador, num trajeto que lembra a letra M. No segundo, a fita fica sempre fora da cassette, quando esta é colocada na máquina, percorrendo um trajeto em forma de U pelos pinos, roletes, cabeças e cilindro; todas as operações são feitas com a fita carregada. É preciso ressaltar que as máquinas modernas de VHS apresentam no *display* a contagem de horas, minutos e segundos de gravação, o que exige na reprodução a contagem dos pulsos de CTL, devendo-se fazer o avanço ou rebobinamento da fita com ela carregada.

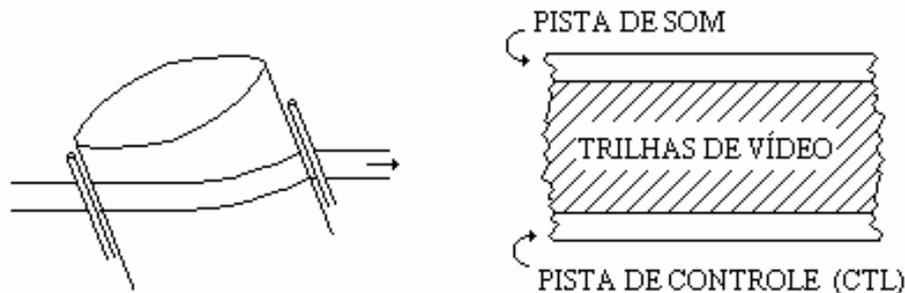


Carregamento da fita nos formatos U-Matic, Betamax e Betacam

Em ambos os formatos, o cilindro explorador contém duas cabeças gravadoras/reprodutoras de vídeo, diametralmente opostas, cada uma gravando ou reproduzindo um campo (período vertical). Assim, o cilindro dá uma volta a cada dois campos (um quadro), o que lhe empresta uma velocidade angular de 30 rps ou 180 rpm.

Pela gravação de um campo por trilha, esses formatos permitem efeitos visuais como o quadro parado, movimento em câmera lenta ou acelerada. Para que os efeitos sejam livres de barras de ruído, os aparelhos de melhor qualidade usam dois pares de cabeças de vídeo, sendo o que o segundo par entra em uso apenas na reprodução dos efeitos, pois suas cabeças, com *gap* de menor altura, mas com mesma largura, são capazes de percorrer melhor as trilhas que apresentam inclinação diferente (em relação às cabeças), devido à modificação na velocidade da fita.

Os dois formatos gravam as mesmas informações na fita e nas mesmas posições. Na borda superior é gravada a trilha de áudio, por uma cabeça estacionária; na borda inferior são gravados pulsos de controle (CTL), usados para permitir a localização das trilhas de vídeo, também por uma cabeça estacionária. Entre essas duas trilhas lineares são gravadas, pelas cabeças montadas no cilindro rotativo, as trilhas de vídeo inclinadas.

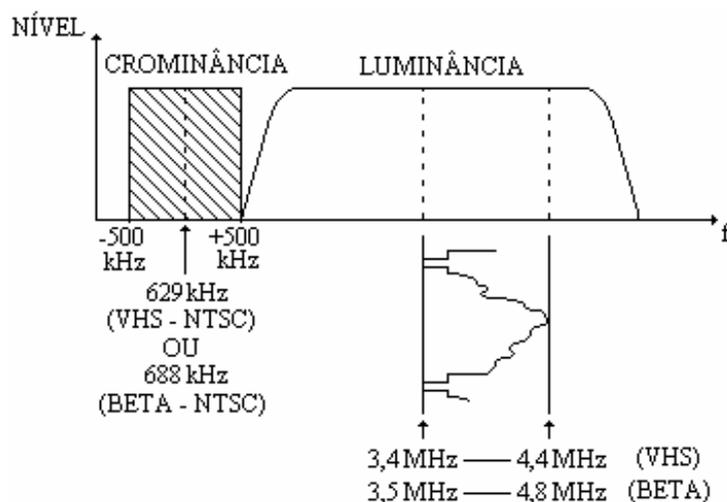


Fita VHS: à esquerda, enlaçando o cilindro explorador e, à direita, com suas trilhas

Em certa época, algumas máquinas VHS eram capazes de gravar e reproduzir duas trilhas de áudio lineares, paralelas, para obter som estereofônico, mas a qualidade era muito ruim, pela baixa velocidade da fita e pela largura muito estreita das trilhas, o que dava uma resposta de frequência máxima de 10 kHz e uma relação sinal-ruído de cerca de 40 db, muito inferior aos piores gravadores de áudio. Hoje, nas máquinas de VHS HI-FI, o som estereofônico é conseguido com a gravação do áudio em FM por cabeças que também ficam no cilindro explorador, proporcionando resposta plana de 20 Hz a 20 kHz, relação sinal-ruído superior a 70 dB e faixa dinâmica superior a 80 dB.

GRAVAÇÃO DO SINAL DE VÍDEO EM VHS E BETAMAX

Nesses formatos o sinal de vídeo tem suas componentes de luminância e croma separadas e gravadas de maneira diferente, mas pelas mesmas cabeças rotativas.



Os sinais de luminância e croma e sua codificação nos formatos VHS e Betamax

O SCV passa por um filtro passa-baixas com frequência de corte de 3 MHz, de modo a restarem principalmente as informações de luminância (em NTSC pode ser usado

um filtro pente para remover totalmente a croma, mas a limitação de frequência continua necessária, pelo valor da portadora usada). A luminância é então modulada em FM, numa faixa entre 3,4 e 4,4 MHz para o VHS e entre 3,5 e 4,8 Mhz para o Betamax, sendo a frequência mais baixa correspondente ao topo do sincronismo e mais alta ao nível de branco do sinal. Como a excursão de frequência é muito grande em relação à portadora e a máxima frequência modulante também é elevada, a modulação em FM gera bandas laterais que se estendem além dos limites de excursão, com amplitude significativas.

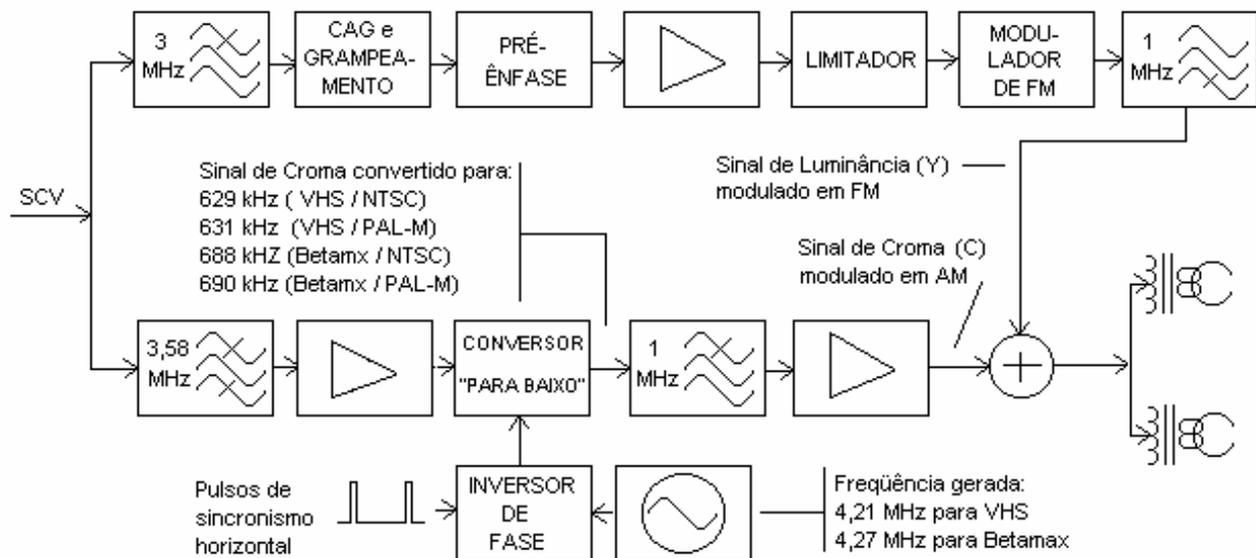


Diagrama em blocos simplificado dos estágios de gravação em um VCR VHS ou Betamax

O sinal de crominância é retirado do SCV por um filtro passa-faixa centrado em 3,58 MHz, com banda passante adequada a deixar a croma com uma faixa de 500 kHz ($\pm 0,5$ MHz) em torno de f_{sc} , sendo que no sistema NTSC pode ser usado outro Filtro Pente para eliminar vestígios da luminância. O sinal agora separado é convertido para uma frequência mais baixa, através de batimento, sem ter o tipo de modulação alterado. Tal processo é denominado *color under* e destina-se a facilitar a correção dos erros de frequência e fase inseridos no sinal de croma pelas variações no período do sinal recolhido da fita, produzidos por distúrbios no movimento desta e das cabeças rotativas. A subportadora de cor fica em 629 kHz nas máquinas VHS/NTSC, em 631 kHz nas VHS/PAL-M, em 688 kHz nas Betamax/NTSC e em 690 kHz nas Betamax/Pal-M, de modo que sua frequência seja um submúltiplo de f_{sc} .

O sinal de luminância, antes de ser modulado, passa por um processamento que inclui um controle de ganho, de modo a não exceder o valor fixo de excursão entre o branco e o sincronismo; grampeamento, que deixa o topo do sincronismo sempre na mesma tensão, para correspondência à frequência mínima do FM; pré-ênfase, reforçando as altas frequências, para melhor relação sinal-ruído no processo de modulação, e limitação dos pulsos que ultrapassam os níveis de branco e do sincronismo.

O sinal de croma sofre apenas filtragem, amplificação e conversão, antes de ser gravado. No processo de conversão, a croma recebe uma rotação de fase, que varia de acordo com o sistema e formato, para cancelar o *crosstalk*, como será visto mais adiante.

A croma convertida tem sua faixa limitada acima em cerca de 1,2 MHz, mesmo valor que a luminância modulada em FM é limitada abaixo, de modo que não se interfiram. Os dois sinais são somados e aplicados às cabeças rotativas. Vale notar que a portadora de FM da luminância serve como *Bias* para o sinal de croma ser gravado sem distorção.

REPRODUÇÃO DO VÍDEO EM VHS E BETAMAX

Como as cabeças de vídeo percorrem a fita alternadamente, é necessário recolher o sinal da cabeça que está no momento em contato com fita, pois da outra sai apenas ruído. Para melhorar a relação sinal-ruído, cada cabeça é ligada diretamente a um amplificador e a saída deste é que é selecionada para reprodução. Tal seleção é feita por um circuito chaveado por uma onda quadrada de 30 Hz, que é o sinal HSP - *Head Switch Pulse*.

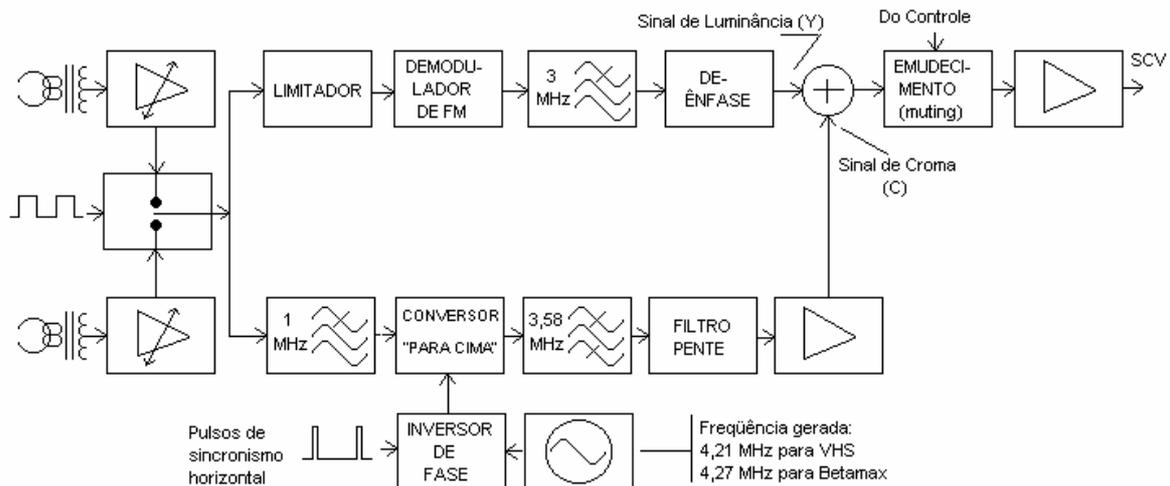


Diagrama em blocos simplificado dos estágios de reprodução em um VCR VHS ou Betamax

O sinal recolhido da fita contém a crominância modulada em AM-DSB/SC, numa frequência próxima a 600 kHz, e o sinal de luminância modulado em FM, em torno dos 4 MHz, como já foi descrito.

Passando esse sinal por um filtro passa-baixas, resta o sinal de croma, que é convertido para 3,58 MHz. No processo de conversão, o sinal de croma tem retirado o deslocamento de fase que recebeu na gravação para cancelar o *crosstalk*; o que é conseguido com a rotação de fase do sinal usado para fazer o batimento na conversão *para cima*. Depois de retirada a rotação de fase, o sinal passa por um filtro-pente, onde o cancelamento do *crosstalk* se concretiza, pois agora somente os sinais espúrios é que têm fase oposta. Em seguida a croma atravessa um filtro passa-faixa, centrado na f_{sc} , que elimina espúrios, já que a faixa de croma gravada é apenas 500 kHz em torno da subportadora. Finalmente, a croma é amplificada e somada à luminância.

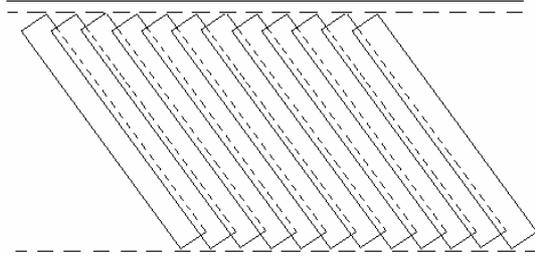
A luminância é demodulada, após o sinal que sai da fita passar por um limitador de amplitude, que elimina a croma em AM. Como a faixa gravada foi até 3MHz, um filtro passa-baixas com frequência de corte nesse valor elimina ruídos acima de tal frequência no sinal Y já demodulado, que também sofre uma de-ênfase, compensando a pré-ênfase feita na gravação.

A soma dos dois sinais (Y e C) forma o SCV, que é amplificado até o valor padrão de 1 Vpp, passando por um circuito de *muting* antes de sair da máquina. Esse circuito evita que o espectador veja ruído ou imagem distorcida no período em que o cilindro explorador está sendo sincronizado.

Uma causa de ruído na imagem gravada são as falhas no material magnético da fita (*drop-out*), que se agravam com o uso contínuo e com seu envelhecimento. O Compensador de *Drop-Out* (*DOC-Drop-Out Compensator*) é um circuito que monitora a amplitude da FM de luminância e quando essa portadora cai abaixo de um certo valor, indicando uma falha de sinal, passa a retirar o sinal de uma linha de retardo de 1 H, pois na linha anterior não havia falha; terminado o *drop-out*, volta a pegar o sinal direto.

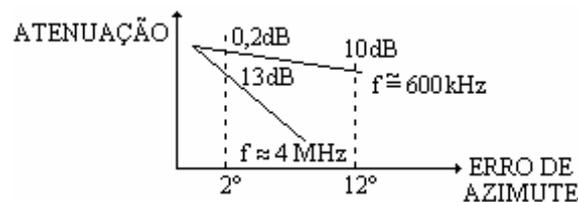
O CROSSTALK E SEU CANCELAMENTO

Para conseguir gravar várias horas em pouca quantidade de fita, os formatos para uso doméstico têm banda de guarda nula, isto é, as trilhas de vídeo são gravadas sem separação entre elas e até se superpondo. Em virtude disso, o sinal recolhido por uma cabeça contém a informação da sua própria trilha e das duas trilhas contíguas a ela, o que é indesejável por degradar a imagem. Essa interferência entre trilhas é denominada *crosstalk*, em inglês, e é inerente aos formatos, não podendo ser evitada, mas sim reduzida com o uso de técnicas especiais.



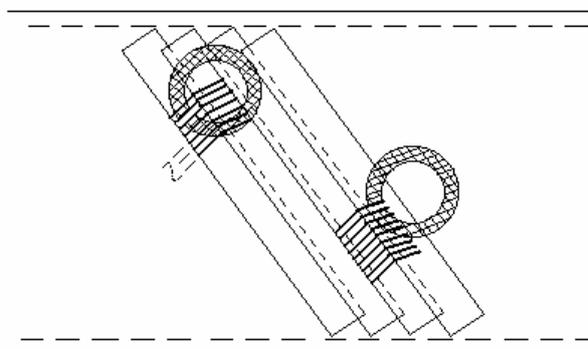
Trilhas de vídeo com superposição, gerando *crosstalk*

Como o sinal de luminância é gravado em uma portadora de alta frequência, os ciclos desta têm comprimento de onda na fita próximo à largura do *gap* da cabeça. Se o *gap* não ficar em ângulo reto com a trilha, ocorre o chamado erro de azimute, quando dois semiciclos do sinal passam a caber simultaneamente no *gap*, se cancelando.



Atenuação sofrida pelo sinal de luminância captado da trilha adjacente, em função do ângulo

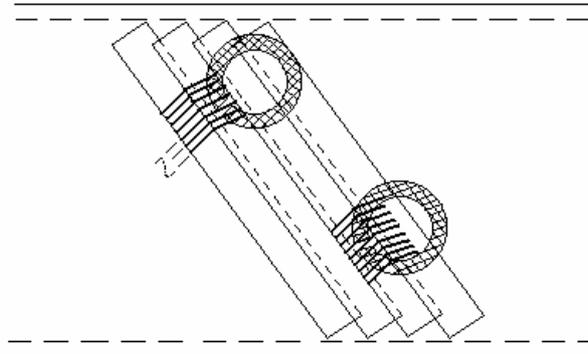
Para reduzir o *crosstalk*, uma cabeça tem o *gap* inclinado num sentido (+6° no VHS e +7° no Betamax) e a outra cabeça tem o *gap* inclinado do mesmo ângulo, no sentido oposto. Com isso, cada cabeça tem uma denominação própria (A ou B, 1 ou 2 etc) e as trilhas gravadas por um tipo de cabeça têm de ser lidas pelo mesmo tipo, pois assim o *gap* estará alinhado com os ciclos do sinal gravado na sua trilha e desalinhado com os das trilhas adjacentes, que se cancelarão.



Cabeças de vídeo lendo suas trilhas correspondentes

Nota-se na figura anterior a divisão das trilhas de vídeo inclinadas em pequenos segmentos. Cada um desses segmentos corresponde a um semiciclo da portadora de FM

(em torno de 3,5 MHz) utilizada para a modulação do sinal de luminância. O *gap* da cabeça de vídeo cobre um desses segmentos de cada vez, se estiver alinhado com eles, ou seja, se estiver percorrendo a trilha gravada por uma cabeça de mesmo azimute. No entanto, ao percorrer a porção da trilha que contém o sinal gravado por uma cabeça de azimute oposto, são captadas ao mesmo tempo partes de dois semiciclos, o que leva ao cancelamento do sinal indesejável.



Cabeças de vídeo lendo suas trilhas incorretas

Já para o sinal de croma, que é gravado em torno de 600 kHz, o comprimento de onda na fita é muito maior que a abertura do *gap* e o processo descrito para a luminância não pode ser aplicado. A solução adotada nas máquinas VHS e Betamax é, mais uma vez, muito próxima.

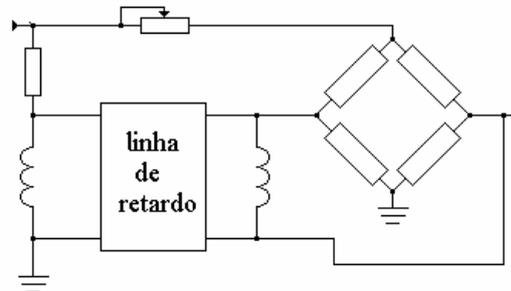
Em VHS (NTSC), a subportadora de cor sofre uma rotação de fase de 90° a cada linha, no sentido positivo em um campo e no sentido negativo no seguinte, o que empresta ao processo a denominação de PS (*Phase Shift*).

		LINHA 1	LINHA 2	LINHA 3	LINHA 4	LINHA 5	LINHA 6		
SINAL	CAMPO 1	→	→	→	→	→	→		
	CAMPO 2	→	→	→	→	→	→		
GRAVAÇÃO	SINAL GRAVADO PELA CAB. A	→	↑	←	↓	→	↑		
	SINAL GRAVADO PELA CAB. B	→	↓	←	↑	→	↓		
REPRODUÇÃO CABEÇA A	3 SINAL DA TRILHA A CAPTADO PELA CABEÇA A	→	→	→	→	→	→	} CROSSTALK DE B EM A	
	5 SINAL DA TRILHA B CAPTADO PELA CABEÇA B	→	←	→	←	→	←		
	3 SINAL DA TRILHA A ATRASADO 1H		→	→	→	→	→	} CROSSTALK DE B EM A	
	5 SINAL DA TRILHA B ATRASADO 1H		→	←	→	←	→		
	SOMATÓRIO DO SINAL DIRETO COM O ATRASADO			→	→	→	→	→	} RESULTANTE } CROSSTALK CANCELADO
				←	→	←	→	←	
REPRODUÇÃO CABEÇA B	3 SINAL DA TRILHA A CAPTADO PELA CAB.	→	→	→	→	→	→	} CROSSTALK DE A EM B	
	5 SINAL DA TRILHA B CAPTADO PELA CAB.	→	←	→	←	→	←		
	3 SINAL DA TRILHA B ATRASADO 1H		→	→	→	→	→	} CROSSTALK DE A EM B	
	5 SINAL DA TRILHA A ATRASADO 1H		→	←	→	←	→		
	SOMATÓRIO DO SINAL DIRETO COM O ATRASADO			→	→	→	→	→	} RESULTANTE } CROSSTALK CANCELADO
				←	→	←	→	←	

Esquematização do processo de rotação de fase da croma, para cancelamento do *crosstalk*, em VHS/NTSC

No Betamax (NTSC), um campo tem a subportadora de cor gravada sem alteração de fase, enquanto que no campo seguinte a fase é invertida de 180° linha a linha, originando a denominação PI (*Phase Inversion*).

Na reprodução, a fase é girada de acordo com o tipo de trilha, de modo que retorne ao original. O sinal de *crosstalk*, que tem uma rotação diferente, pois é de outra trilha (campo), fica com a com a fase invertida linha sim, linha não. Fazendo o sinal com *crosstalk* passar por um filtro pente (*comb filter*), no qual ele é somado com o sinal atrasado de 1H, o *crosstalk* se cancela, pois só ele tem rotação de fase.



Esquema do Filtro Pente utilizado no cancelamento do *crosstalk* de croma

No sistema PAL esse processo tem de ser modificado, pois o sinal de croma possui rotação de fase linha a linha. No formato VHS, as linhas de um campo não sofrem nenhuma rotação de fase adicional, enquanto que as do seguinte recebem uma defasagem extra de 90°, sucessivamente no sentido horário, isto é, 270°, 180°, 90°, 0° e o ciclo se repete. No Betamax, um campo também é gravado sem alteração, enquanto que o seguinte tem duas linhas consecutivas com sua fase original e as duas posteriores com inversão.

		LINHA 1	LINHA 2	LINHA 3	LINHA 4	LINHA 5	LINHA 6		
SINAL	CAMPO 1	↖	↗	↖	↗	↖	↗		
	CAMPO 2	↗	↖	↗	↖	↗	↖		
GRAVAÇÃO	SINAL GRAVADO PELA CAB. A	↖	↗	↖	↗	↖	↗		
	SINAL GRAVADO PELA CAB. B	↗	↖	↗	↖	↗	↖		
REPRODUÇÃO CABEÇA A	SINAL DA TRILHA A CAPTADO PELA CABEÇA A	↖	↗	↖	↗	↖	↗	} CROSSTALK DE B EM A	
	SINAL DA TRILHA B CAPTADO PELA CABEÇA B	↗	↖	↗	↖	↗	↖		
	SINAL DA TRILHA A ATRASADO 2H			↖	↗	↖	↗	} CROSSTALK DE B EM A	
	SINAL DA TRILHA B ATRASADO 2H			↗	↖	↗	↖		
	SOMATÓRIO DO SINAL DIRETO COM O ATRASADO				↖↗	↗↖	↖↗	↗↖	} RESULTANTE
					↗↖	↖↗	↗↖	↖↗	} CROSSTALK CANCELADO
REPRODUÇÃO CABEÇA B	SINAL DA TRILHA A CAPTADO PELA CAB.	↗	↖	↗	↖	↗	↖	} CROSSTALK DE A EM B	
	SINAL DA TRILHA B CAPTADO PELA CAB.	↖	↗	↖	↗	↖	↗		
	SINAL DA TRILHA B ATRASADO 2H			↗	↖	↗	↖	} CROSSTALK DE A EM B	
	SINAL DA TRILHA A ATRASADO 2H			↖	↗	↖	↗		
	SOMATÓRIO DO SINAL DIRETO COM O ATRASADO				↖↗	↗↖	↖↗	↗↖	} RESULTANTE
					↗↖	↖↗	↗↖	↖↗	} CROSSTALK CANCELADO

Esquemática do processo de rotação de fase da croma, para cancelamento do *crosstalk*, em VHS / PAL-M

Na reprodução, as fases são devolvidas ao original, de acordo com o tipo de trilha, mas o *crosstalk* fica com fase oposta de duas em duas linhas; para o seu cancelamento, o filtro pente necessita de um retardo de 2 H.

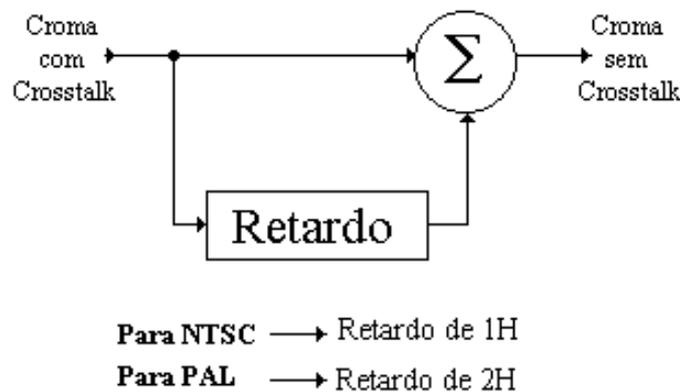
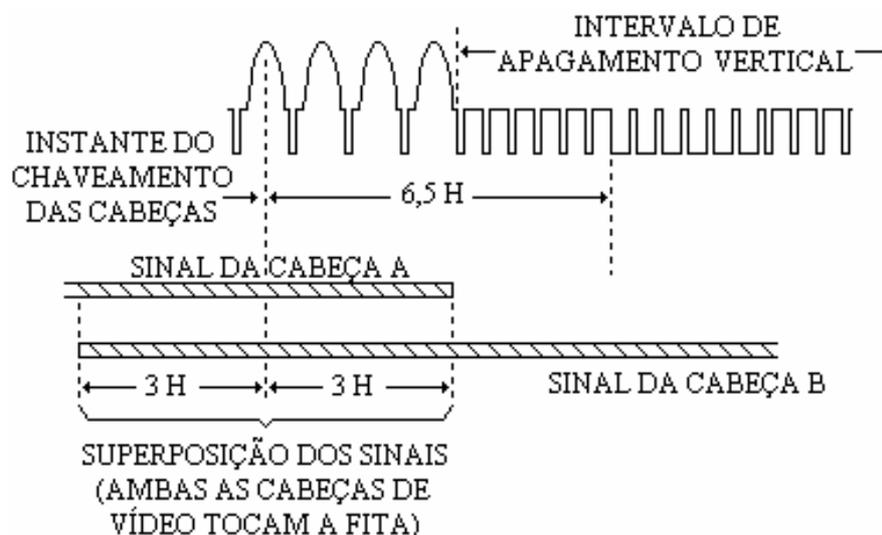


Diagrama em blocos do Filtro Pente utilizado no cancelamento do *crosstalk* de crominância

CHAVEAMENTO DAS CABEÇAS DE VÍDEO E O ERRO DE FUGA (SKEW)

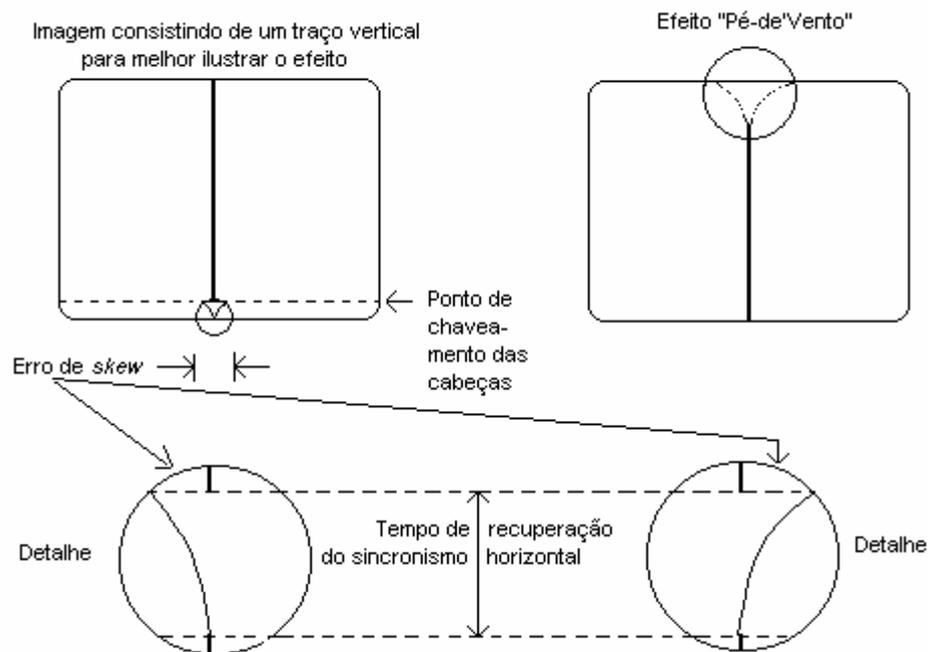
A fita envolve o cilindro explorador num ângulo ligeiramente maior que 180°, de modo que uma parte de cada campo - 6 linhas - é gravada simultaneamente pelas duas cabeças de vídeo. A comutação das cabeças, durante a reprodução, ocorre no meio desse intervalo de superposição, que se dá a 6,5 H antes do primeiro pulso de sincronismo vertical, ou seja, ainda na parte visível do campo.



Correspondência entre o sinal de vídeo e o chaveamento das cabeças

A escolha desse ponto de chaveamento tem por objetivo minimizar o erro de fuga (*skew*). Tal erro é a alteração do período horizontal (H) da linha na qual ocorre a comutação e, possivelmente, das seguintes. Essa alteração é causada pela variação na tensão de esticamento da fita e também pela espessura da camada de ar que se forma entre a cabeça e a fita. Como o problema se repete a cada campo, o oscilador horizontal do televisor também tem de corrigir sua freqüência a cada campo. Esse processo de correção é feito por uma tensão que vai sendo alterada progressivamente, pelo CAF do

televisor, e pode demorar muitas linhas, se o erro for severo ou se a constante de tempo de filtragem de tensão DC for elevada. Se a correção não se consumir no intervalo de pagamento vertical, as primeiras linhas da imagem – parte superior – ficarão se deslocando para a direita e para esquerda, originando o chamado “efeito pé-de-vento”.



Exemplificação do erro de skew e de seu efeito na imagem (“pé-de-vento”)

Os receptores antigos tinham elevada constante de tempo no CAF horizontal, manifestando fortemente o efeito citado. Com a introdução dos VCRs, os fabricantes de televisores incluíram uma chave – VTR – para que o usuário pudesse selecionar uma constante de tempo menor ao assistir fitas de *video-tape*. Os receptores modernos fazem a comutação automática da constante de tempo, quando identificam variação do período horizontal a cada campo; com isso, o efeito só aparece em fita copiadas, nas quais o problema é cumulativo, ou em VCRs desajustados.

SERVOSSISTEMAS DO CILINDRO EXPLORADOR (DRUM) E DO PINO DE TRAÇÃO (CAPSTAN)

O cilindro explorador, que contém as cabeças de vídeo, tem de girar a 29,97 rotações por segundo, pois dá uma volta a cada dois campos, o que corresponde a um quadro, cuja frequência é de 29,97 Hz. Como esse valor é muito baixo, um gerador de frequência mais elevada, mas proporcional, é acoplado ao eixo do cilindro, fornecendo uma indicação exata e mais precisa da sua rotação. Essa frequência gerada é transformada em um valor de tensão, por um conversor frequência-tensão, o qual é comparado a um valor de referência; se houver erro, a tensão resultante será alterada e, com ela, a rotação do cilindro, pois seu motor é DC.

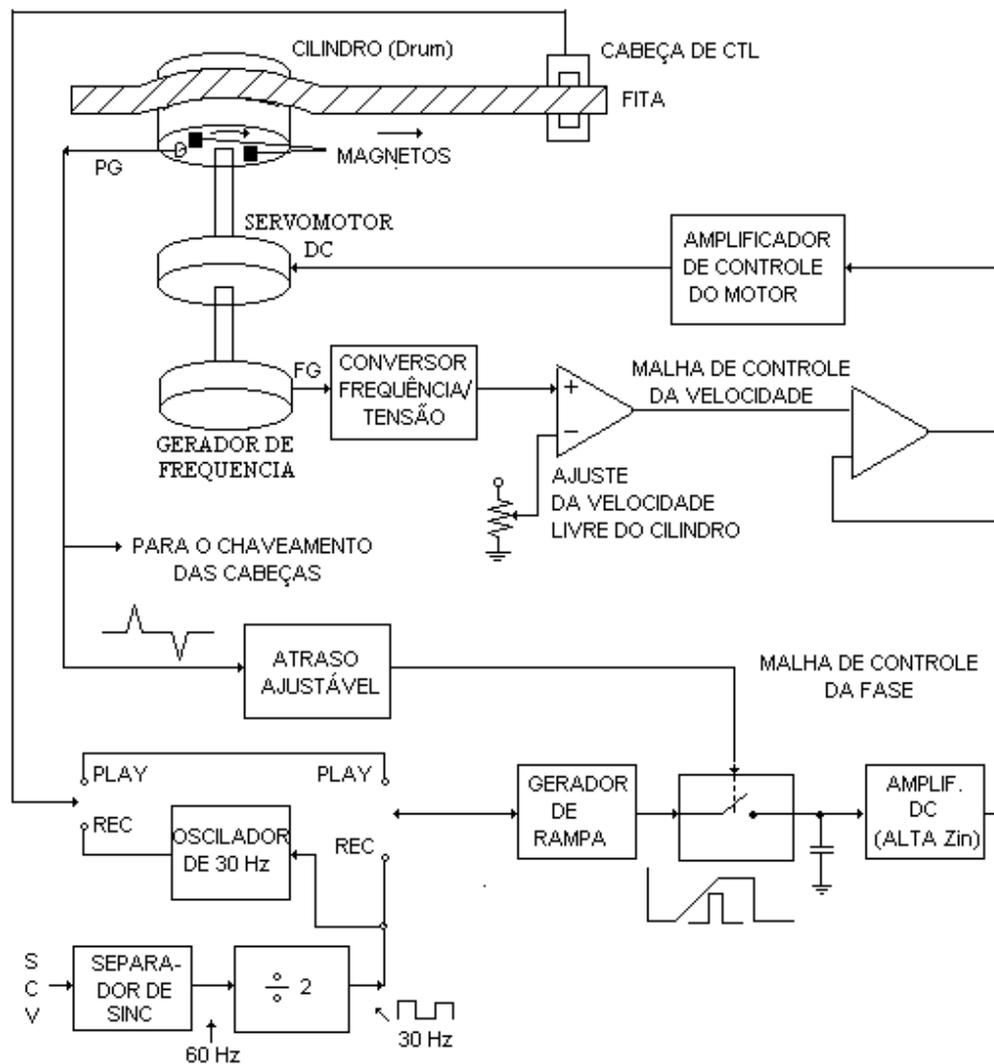


Diagrama em blocos do servomecanismo de controle do cilindro (*drum*)

Como já foi visto, as cabeças de vídeo são diferentes e, por isso, precisam ser identificadas. Isso é feito por ímãs montados sob o cilindro, um pouco antes de cada cabeça. Cada um dos dois ímãs é montado com uma polaridade, de modo que, ao passar por uma bobina fixa (PG), o ímã da cabeça A induz um pulso de tensão que começa com uma polaridade, enquanto que o da cabeça B induz um pulso com polaridade oposta.

As cabeças de vídeo valem a fita de baixo para cima e começam a tocá-la pouco antes do apagamento vertical. Para que isso ocorra, o cilindro precisa ter sua rotação corrigida. Na gravação, os pulsos verticais são separados do SCV e têm sua frequência de repetição (60 Hz) dividida por dois, sincronizado um oscilador de 30 Hz, cujos pulsos são gravados na pista de controle (CTL), no momento em que a cabeça A está iniciando a trilha.

Os pulsos de *sinc* divididos também são usados para gerar uma rampa de tensão, da qual se obtém uma amostragem coincidente com o pulso positivo de PG. O resultado da amostragem (um nível DC definido) é aplicado a um circuito de retenção (*sample-hold*) e soma-se à tensão de controle da velocidade. Se a sincronização não estiver correta, isto é, não estiver iniciando a varredura da trilha pouco antes do apagamento vertical, a velocidade do cilindro será alterada, até sincronizar. Na reprodução não se pode tomar como referência os pulsos gravados na trilha de vídeo, pois ela precisa, primeiro, ser

encontrada. Assim, o pulso de CTL é usado para gerar a rampa de tensão que é amostrada pelo PG, alterando a velocidade do cilindro até a cabeça A estar lendo uma trilha A.

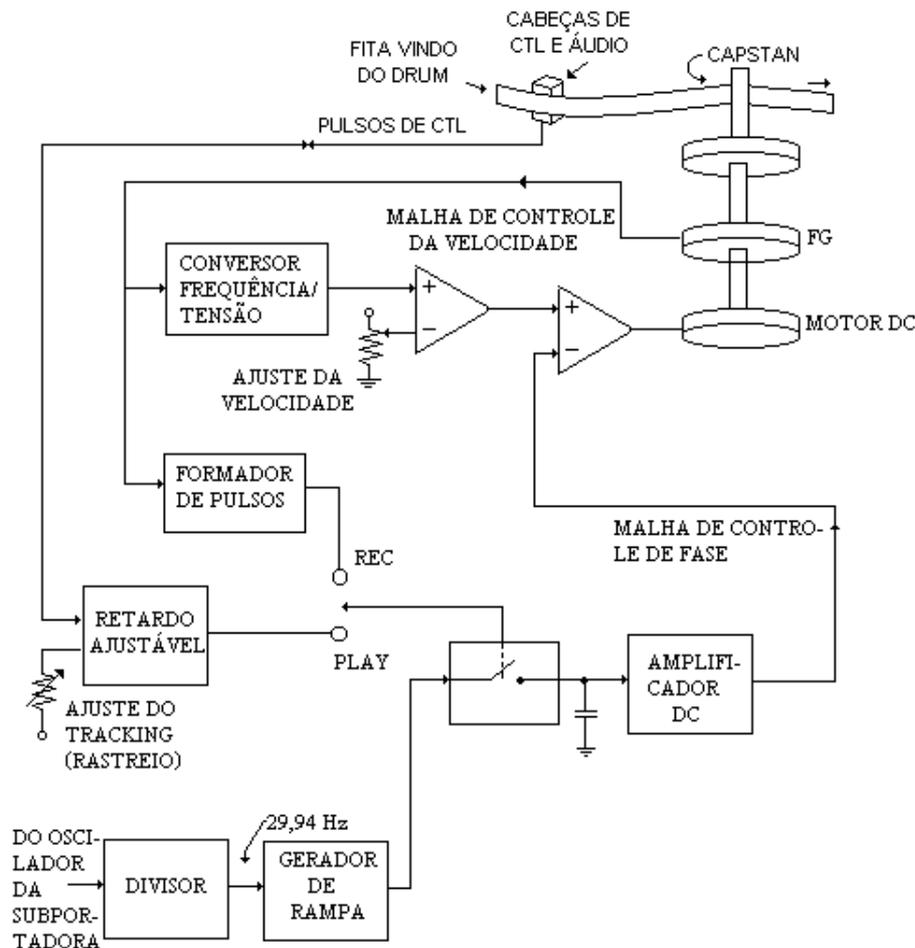


Diagrama em blocos do servomecanismo de controle do pino de tração (*capstan*)

O pino de tração (*capstan*) realiza o deslocamento linear da fita numa velocidade constante, a qual depende do modo de gravação. Em VHS, o modo SP tem velocidade de 33,35 mm/s, o LP (4 horas) de 16 mm/s e o EP ou SLP (6 horas) de 11,12 mm/s. Na gravação, um gerador de frequência, semelhante ao do cilindro, associado a um conversor frequência-tensão e a um comparador, faz a correção e mantém constante a velocidade do *capstan*.

Na reprodução, a velocidade de gravação é identificada pelos pulsos de CTL, que também servem para ajustar o **rastreamento** das trilhas de vídeo, o qual pode ser corrigido finamente pelo usuário, quando observa barras de ruído na tela, pelo controle de **tracking**. Muitos aparelhos amarram a velocidade do *capstan* à frequência vertical, obtida pela divisão da f_{sc} , para minimizar os erros de temporização (base de tempo).

Nota: os modos SP, LP e SLP (ou EP) correspondem, respectivamente, a durações de 2 horas, 4 horas e 6 horas, quando é utilizada a fita VHS do tipo T-120. Há, ainda, o tipo T-160, com duração de 160 minutos no modo SP, 320 no LP e 480 no SLP. Para o mercado europeu, com frequência vertical de 50 Hz, as fitas VHS têm duração maior e são identificadas pela letra L; a L-240, por exemplo, grava 240 minutos no modo SP, em padrões de 50 Hz. O modo LP não é mais usado para gravação, pois os efeitos de reprodução em quadro parado e quadro-a-quadro são sempre acompanhados de ruído.

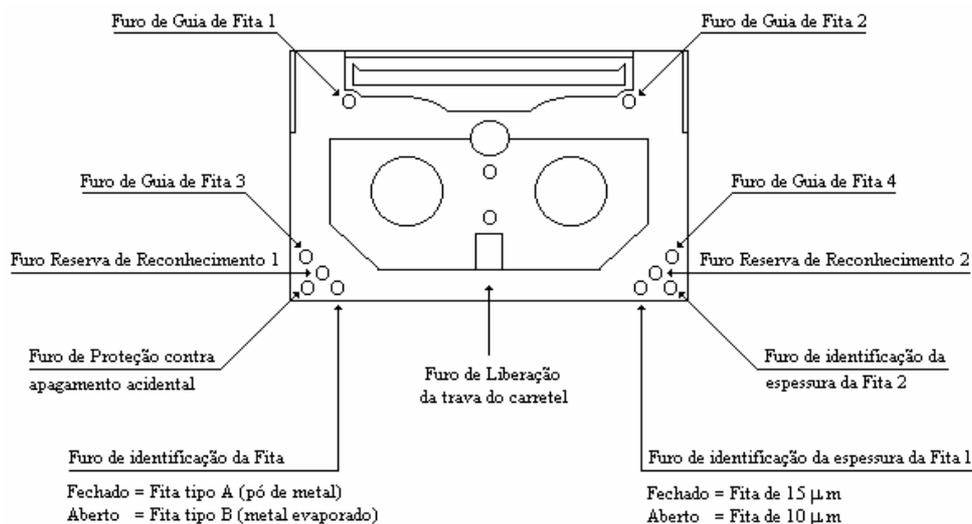
CORREÇÃO DOS ERROS DE BASE DE TEMPO EM VHS E BETAMAX

Tais erros se manifestam no período dos sinais recolhidos da fita e devem-se à instabilidade no movimento desta, provocada pelas partes e sistemas mecânicos, camada de ar entre cabeça e fita e esticamento da própria fita. No sinal de luminância, gravado em FM, a variação incide no período/freqüência da portadora e se traduz na alteração de nível do sinal demodulado, o que é tolerável ou até imperceptível. Na croma, porém, que é gravada em AM, a variação de tempo ocorre direto na f_{sc} e se traduz em erro de matiz, o que intolerável.

As máquinas de VT domésticas empregam dois sistemas para corrigir os erros de croma: o AFC e o APC, ambos atuando na geração do sinal de 4,2 Mhz usado para o batimento com a croma, que a leva para a faixa de 600 KHz na gravação e traz de volta para 3,58 MHz na reprodução. O AFC garante que a portadora de croma seja sempre um harmônico ímpar de $f_h/2$ (ou $f_h/4$), para que as informações de croma e luminância não se destruam quando forem combinadas para formar o SCV. Baseia-se na freqüência horizontal do sinal de vídeo, sincronizando a geração de um múltiplo dela – para o VHS, 629 kHz = 40 fh (em NTSC) e 631,326 kHz = 40,124 fh (em PAL M) – cujo batimento com 3,58 MHz dá os 4,2 MHz, com a freqüência exata para manter o intercalamento espectral. Já o APC garante, na reprodução, a geração dos 3,58 MHz (para batimento, como descrito acima) com o mesmo erro de freqüência de 600 kHz recolhidos da fita, de modo que, no batimento, os erros se cancelem.

O FORMATO VÍDEO 8

Utiliza fita de 8 mm de largura, acondicionada em cassetes, permitindo gravar até 90 minutos no modo SP e 180 minutos no modo LP. Como a fita é mais estreita que a usada em VHS e Betamax (12,65 mm), a cassette é bem menor, tornando-a adequada a *camcorders* (câmera e gravador de vt em uma única peça).

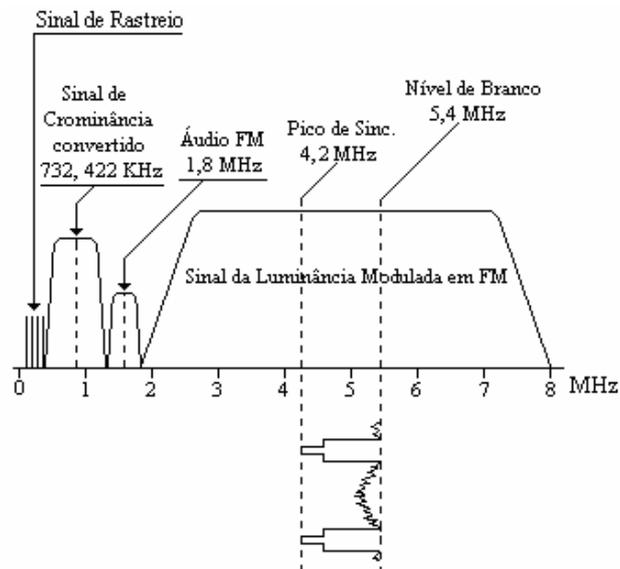


Detalhamento da cassette contendo a fita do formato Vídeo-8

Foi lançado pela SONY em 1983, após uma conferência mundial entre os fabricantes para assegurar total compatibilidade entre os aparelhos fabricados para fitas de 8 mm. Visava substituir os outros formatos domésticos (VHS, Betamax e V2000 - este desenvolvido pela Philips e que nem chegou ao Brasil), mas não alcançou esse intento, ficando restrito às *camcorders*, que deixaram de ser fabricadas recentemente.

Apresenta diversas vantagens em relação aos outros formatos, como o tamanho da cassete, a gravação de áudio em FM e PCM e sinais de trilhagem gravados pelas cabeças de vídeo, evitando erros de *tracking*.

No *Video-8* a fita envolve o cilindro num ângulo de 221° . Como utiliza duas cabeças opostas, elas necessitam de apenas 180° ; o restante é usado para gravar o sinal de áudio comprimido no tempo e digitalizado (PCM). O áudio também é modulado em FM, numa portadora de 1,5 MHz gravada pelas cabeças de vídeo. Nos dois casos, a resposta de frequência vai de 20 Hz a 15 kHz (PCM) ou 30 Hz a 15 kHz (FM), com faixa dinâmica superior a 80 dB. As informações de luminância são gravadas em FM, com o topo do sincronismo correspondendo a 4,2 MHz e o nível de branco a 5,4 MHz, enquanto que a croma é convertida para 732,422 kHz (em NTSC).



Distribuição, no domínio da frequência, dos sinais gravados em Video-8

Para garantir a trilhagem correta são gravados sinais pilotos pelas cabeças de vídeo, na faixa de 100 KHz. A cabeça 1 grava numa trilha a frequência 1 (F1); na trilha seguinte, que é gravada pela cabeça 2, esta registra F2, a cabeça 1 volta a trilhar, mas agora grava F3 e, finalmente, volta a cabeça 2, mas gravando F4. Como existe *crosstalk*, cada cabeça recolhe os sinais de sua trilha atual e das adjacentes. Medindo o nível dos batimentos entre as frequências, o circuito posiciona corretamente a cabeça. Tal sistema é chamado de ATF (*Automatic Track Finder*).

A desvantagem deste formato é a necessidade de ligação da *camcorder* ao televisor, para assistir as fitas gravadas, já que as máquinas de mesa eram caras, difíceis de achar e só serviam mesmo para reproduzir o que era gravado pela *camcorder*, pois não havia fitas pré-gravadas em Vídeo 8. Já a fita VHS-C podia ser colocada em uma cassete adaptadora e ser reproduzida nas máquinas VHS de mesa, facilitando o procedimento para o usuário.

VARIAÇÕES NOS FORMATOS DOMÉSTICOS

Para atender às necessidades específicas do mercado, os fabricantes desenvolveram subformatos, alguns compatíveis com os existentes e outros não.

Um desses subformatos é o *VHS-Compact* (VHS-C), que usa a mesma fita e características de gravação do sistema VHS, mas emprega uma cassete menor,

adequada a *camcorders*. Com essa cassete é possível gravar até 30 minutos no modo SP e, usando um adaptador, reproduzi-la também em um aparelho convencional.

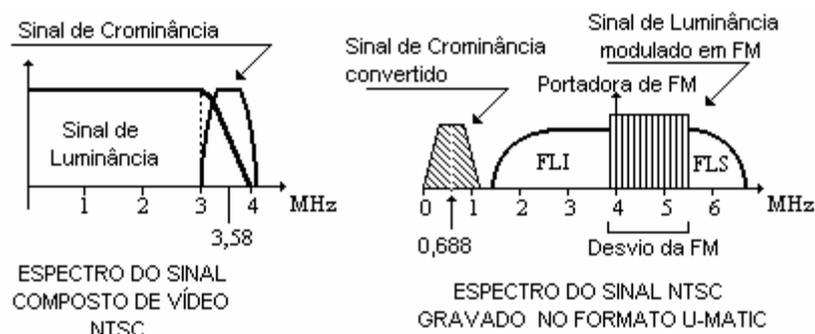
Outros subformatos visam aumentar a definição da luminância (número de linhas), a exemplo das versões SP para U-MATIC e Betacam, deslocando para cima a faixa de gravação em FM. É o caso do ED-Beta, S-VHS e HI-8, que também fornecem os sinais Y e C separados, para melhor qualidade de imagem e possibilidade de maior número de gerações de cópias – como no caso de edição – no que se convencionou chamar de padrão S-Vídeo. Esses subformatos não podem ser reproduzidos em aparelhos convencionais, embora alguns modelos mais recentes permitam apenas a reprodução, mas as máquinas destinadas a eles também trabalham com o formato convencional. Essas variantes destinam-se, principalmente, a uso semiprofissional, como a filmagem de eventos com posterior edição, e foram empregados até em pequenas estações de TV.

Uma alteração já comentada são os aparelhos de VT HI-FI. Neles, o áudio é gravado em mono (L+R) na trilha linear e em estéreo, em trilhas inclinadas, por cabeças extras colocadas no cilindro explorador, modulando cada canal numa portadora em FM. As fitas HI-FI são reproduzidas normalmente em aparelhos comuns, pois têm a trilha linear, e as fitas comuns são reproduzidas em mono nos aparelhos HI-FI.

O sistema VHS HI-FI usa uma portadora de 1,3 MHz para o canal esquerdo (L) e de 1,7 MHz para o direito, com desvio máximo de ± 150 kHz, sendo o áudio comprimido logaritmicamente na gravação e expandido do mesmo modo na reprodução, para reduzir o ruído de fundo do sistema. Como essas portadora estão na faixa do sinal Y modulado, não podem ser gravadas pelas cabeças normais; elas são por outras cabeças, com azimute de $+30^\circ$ e -30° , minimizando a interferência com Y. Além desse recurso, o sinal Y é gravado após o som, apagando o sinal na superfície da fita, pois a portadora de Y é de frequência mais alta, mas deixando nas camadas mais internas.

O FORMATO U-MATIC

Utiliza fita com 19 mm ($\frac{3}{4}$ de polegada) de largura, acondicionada em cassetes. Para uso em gravadores portáteis há uma cassete pequena, com tempo de gravação de 20 minutos, enquanto o tamanho normal grava 1 hora.



O sinal de vídeo composto e sua gravação em U-MATIC

Como já foi descrito, emprega o sistema *Color-Under*, com a croma gravada em AM-DSB/SC na frequência de 688 kHz (NTSC) ou 692 kHz (Pal-M) e a luminância modulada em FM, com o topo do sincronismo correspondendo a 3,8 MHz e o nível de branco a 5,4 MHz. No subformato SP (Superior Performance) esses valores são, respectivamente, de 5,0 e 6,6 MHz.

O cilindro explorador contém, na versão básica, duas cabeças gravadoras/reprodutoras, diametralmente opostas, cada uma gravando um campo. Como há uma faixa vazia entre as trilhas de vídeo (banda de guarda), não são necessários os métodos de cancelamento do *crosstalk*. Nas máquinas próprias para edição, há mais um par de cabeças, para fazer o apagamento preciso das trilhas a serem substituídas. Também nesse caso pode ser gravado um sinal de endereçamento (*Time-Code*) para identificar cada quadro (*frame*) numa trilha linear (*LTC – Linear Time Code*) ou no intervalo de apagamento vertical (*VITC – Vertical Interval Time Code*).

As máquinas básicas desse formato têm organização semelhante à Betamax, já descrita. Assim, os diagramas em blocos a seguir podem ser analisados com base nos comentários feitos anteriormente.

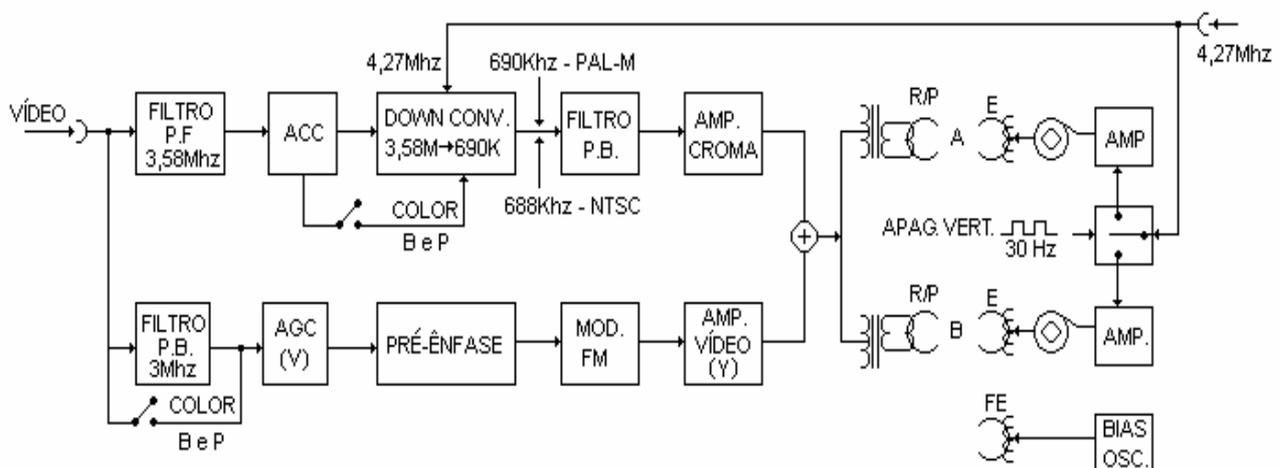


Diagrama em blocos dos circuitos de gravação de vídeo em U-MATIC

No diagrama anterior se observa que não existe a rotação de fase (PS) do sinal de croma, pois não há necessidade de eliminar o *crosstalk*. As cabeças R/P servem para gravação e reprodução do sinal de vídeo, enquanto que as cabeças E servem para o apagamento das trilhas de vídeo, e somente delas, no processo de edição por *insert*. O sinal de alta frequência de 4,27 MHz, usado no batimento com o sinal de croma, é também usado para fazer o apagamento, quando aplicado às cabeças E.

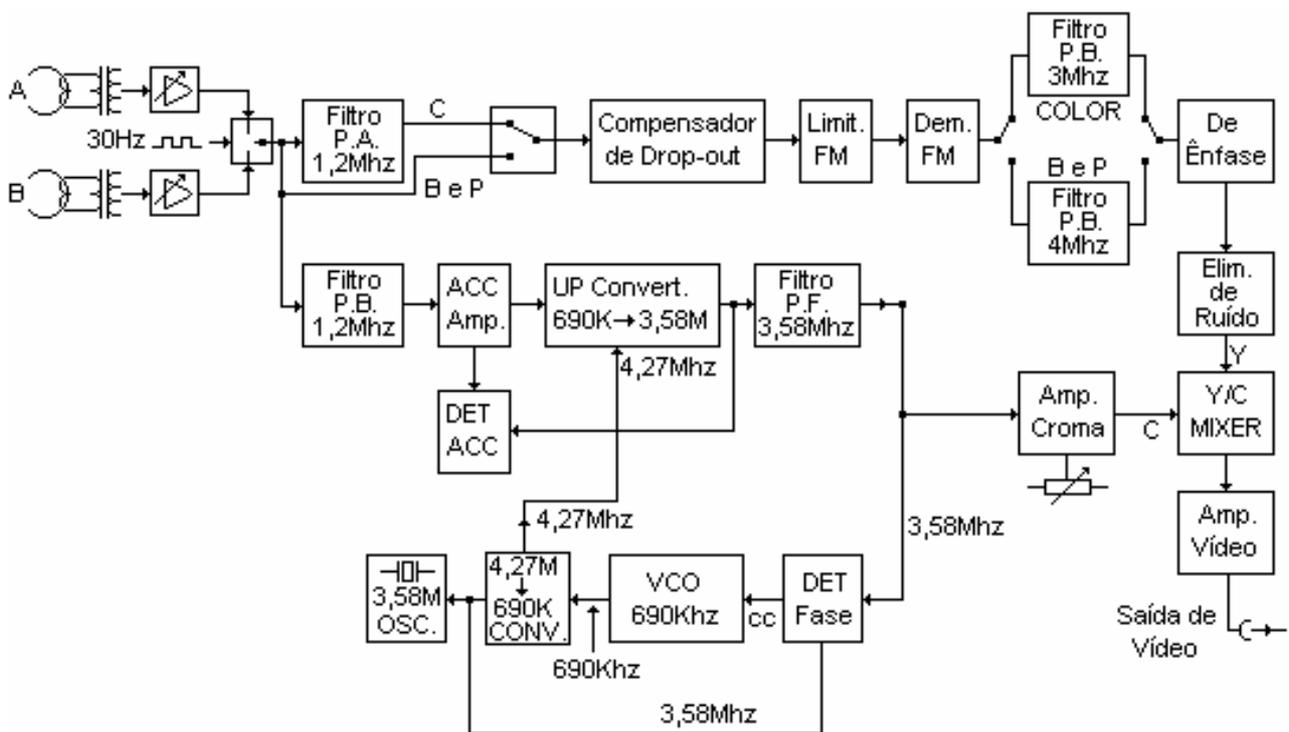


Diagrama em blocos dos circuitos de reprodução de vídeo em U-MATIC

Nos circuitos de reprodução estão representados blocos que foram comentados para as máquinas VHS e Betamax, porém omitidos dos diagramas básicos apresentados anteriormente.

Na etapa de luminância está o compensador de falhas (*Drop-out Compensator*), que consegue eliminar pequenas falhas (ausências de sinal gravado), repetindo a última linha perfeita, guardada em uma memória, enquanto o sinal de FM estiver abaixo de um limite. Se a falha for muito extensa, não pode ser compensada e aparecerá uma barra de ruído horizontal deslocando-se na imagem.

Também na luminância encontra-se o Eliminador de Ruídos, que atua sobre o sinal Y normal, isto é, aquele que não necessariamente tenha falhas. O ruído em questão ocorre principalmente acima de 3 MHz, frequência máxima gravada na luminância. Todo sinal acima dela é somado em contrafase a Y, se cancelando.

Na etapa de croma encontram-se os circuitos de ACC (Controle Automático de Ganho para a Croma), AFC (Controle Automático de Frequência para a Croma) e APC (Controle Automático de Fase para a Croma). Tais circuitos atuam de forma complementar no processo de conversão do sinal de croma de 688 kHz para 3,58 MHz.

O ACC mantém a amplitude da croma igual entre os sinais captados pelas duas cabeças de vídeo. Uma diferença entre a cor do sinal captado pelas cabeças causaria *efeito veneziana*, que seriam as linhas de um campo com saturação diferente das do outro campo, já que cada campo é recolhido por uma cabeça e as linhas se sucedem na tela da TV, devido ao entrelaçamento. Na luminância tal correção não é necessária, pois a modulação em FM não sofre os efeitos das variações de amplitude.

O AFC e o APC atuam na frequência de 4,27 MHz, responsável pela conversão da croma, de modo que essa frequência incorpore os desvios de fase e frequência sofridos pelo sinal captado da fita e, no processo de batimento, eles se cancelem.

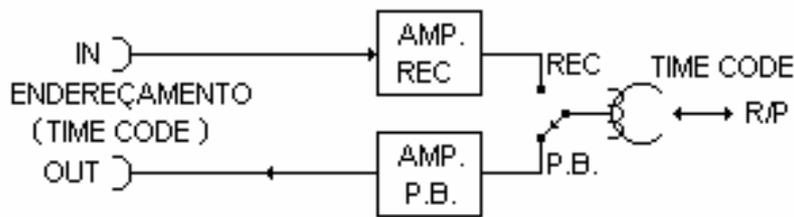


Diagrama em blocos dos circuitos de gravação e reprodução de *time-code* linear em U-MATIC

O endereçamento (*time-code*) é um recurso das máquinas profissionais para facilitar a edição. Com ele é possível marcar os pontos de edição de uma fita em uma máquina e fazer a edição em outra máquina, já que tais pontos são identificados por um código gravado na própria fita e não pela contagem dos pulsos de CTL, expressa em horas, minutos, segundos e frames. O *time-code* pode ser gravado em uma trilha linear, como mostrado no diagrama anterior, ou inserido no apagamento vertical do SCV (VITC - *Vertical Interval Time-Code*).

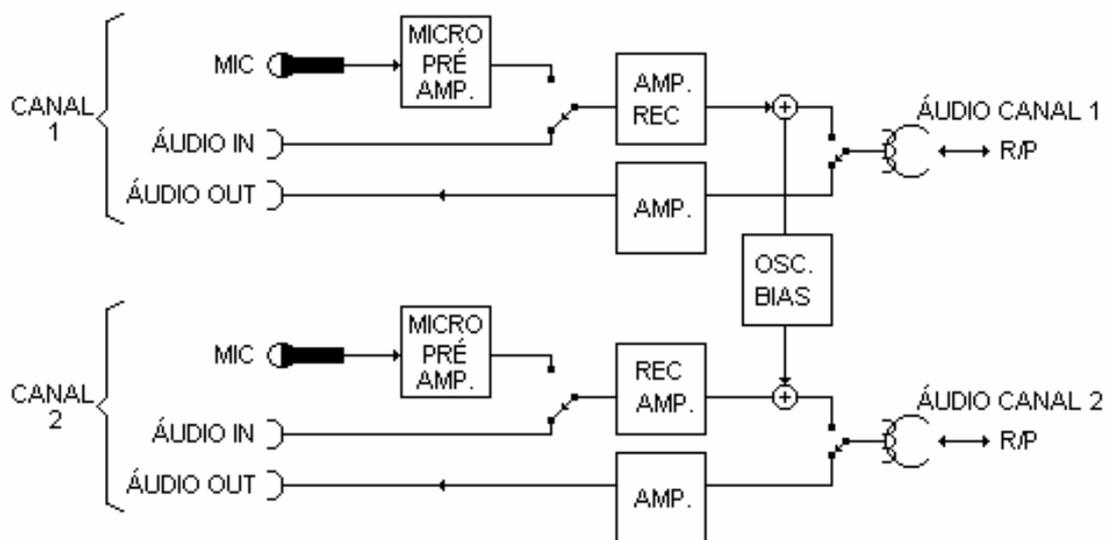


Diagrama em blocos dos circuitos de gravação e reprodução de áudio linear em U-MATIC

O sistema U-MATIC prevê a gravação de duas trilhas lineares de áudio, que podem conter som estéreo, idiomas diferentes, música e narração separados ou qualquer outro arranjo. Para fitas que vão ao ar, costuma-se gravar o áudio final na trilha 2, que é mais interna e assim fica menos sujeita a amassados na borda da fita.

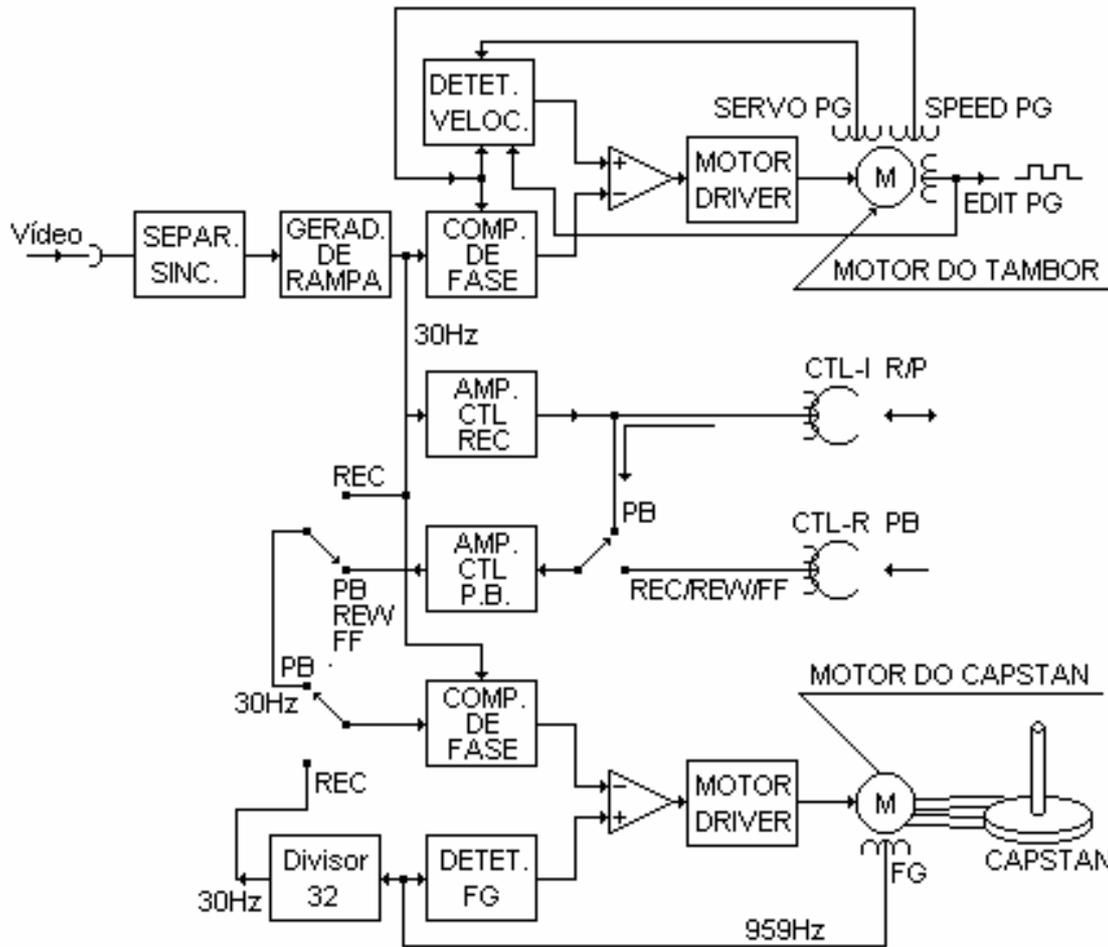
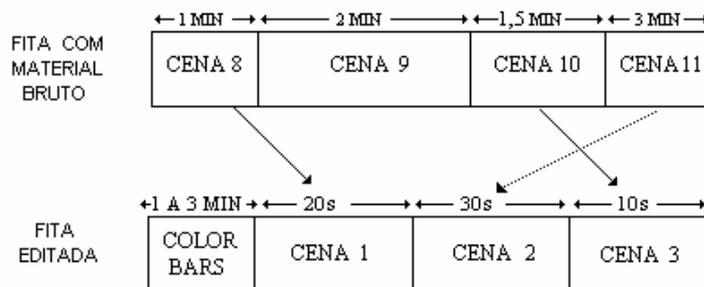


Diagrama em blocos dos circuitos dos servomecanismos do cilindro e de tração em U-MATIC

Os servomecanismos empregados em U-MATIC também se assemelham aos do VHS/Betamax, empregando geradores de frequência para monitorar a rotação dos motores e o gerador de pulsos para localizar as cabeças rotativas em suas trilhas. Os pulsos de CTL servem de referência para tal localização.

EDIÇÃO DE VT

Consiste em copiar trechos de uma gravação com duração e ordem que podem ser diferentes da original. Numa estação de TV, todo o material gravado que vai para o ar é editado.

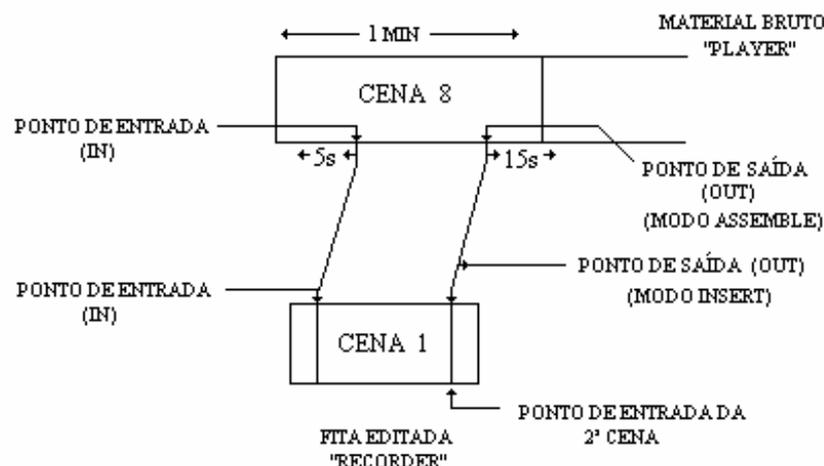


Princípio da edição de VT

Edição linear

O arranjo mínimo para edição linear são duas máquinas de VT interligadas, sendo uma destinada a reproduzir o material bruto – máquina *Player* – e outra para gravar as cenas editadas – máquina *Rec* (de *recorder*). Para se obter transições suaves e precisas entre cenas, sem distorções ou interferências, as máquinas têm de ser próprias para edição e deve-se usar um Editor para controlá-las.

Há dois modos de edição: o *Assemble* e o *Insert*. No *Assemble*, todos os sinais são gravados simultaneamente – áudio, vídeo e controle, ao mesmo tempo que outros sinais por ventura existentes na fita vão sendo apagados por uma cabeça estacionária (*full-erase head*), a qual deixa um intervalo sem informação (com ruído) após o trecho editado, que é coberto pelo trecho seguinte. Para iniciar a edição, a fita deve conter alguns segundos de vídeo e controle de modo que a máquina possa fazer o *preroll*, que é um tempo antes do ponto de edição onde a máquina começa a rodar para que, ao chegar no ponto certo, já esteja estabilizada e sincronizada. Se este método for usado para substituir um trecho em uma fita já editada, irá inutilizar a edição, por deixar o trecho seguinte com ruído.

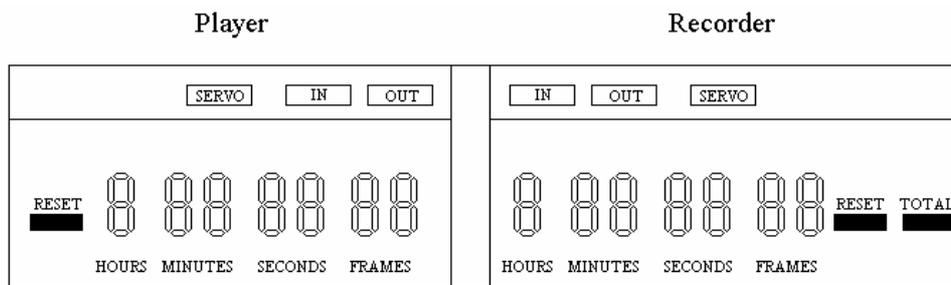


Exemplo de edição na qual a cena 8 do material bruto é aproveitada em parte e colocada em primeiro lugar na fita editada

No modo *Insert* não são gravados os pulsos de CTL e, por isso, esse modo só pode ser utilizado em fitas já gravadas e sem lacunas, como as deixadas pela edição em *assemble*, para que os pulsos de CLT existentes mantenham a temporização correta da máquina. É usado para substituir trechos específicos de áudio e vídeo, podendo fazê-lo separadamente (áudio da trilha 1, áudio da trilha 2 e vídeo) ou em qualquer combinação.

Para fazer a edição, o operador tem de escolher os pontos de entrada (*cue in*) e de saída (*cue out*) na máquina *PLAYER* e apenas o de entrada na *REC*. No modo *insert* é preferível escolher ambos na *REC* e só o de entrada na *PLAYER*. Querendo verificar o resultado, sem fazer a edição, usa-se a função *PREVIEW*; para executar a edição, se usa *AUTO EDIT*.

A escolha dos pontos de decisão (*cues*) é facilitada pelos botões de procura (*search*) e pelo relógio (*counter*). A procura com imagem pode ser acelerada continuamente para frente e para trás (*shuttle*) ou *frame a frame* (*jog*). O relógio conta horas, minutos, segundos e *frames* (quadros) em cada máquina, podendo ser zerado pelo botão *reset*. Enquanto os *cues* não forem marcados, os indicadores correspondentes em cada máquina ficarão piscando; se houver falha nos pulsos de CTL, pisca o indicador do *SERVO*.



Relógio do editor

Antes de iniciar a edição, deve-se preparar e ajustar os equipamentos, de acordo com as instruções contidas em seus respectivos manuais de operação.

Edição não-linear

É feita com sistemas digitais, utilizando computadores comuns e programas de edição ou máquinas específicas para edição, que se baseiam em microprocessadores, mas, por serem dedicadas unicamente à edição, são mais simples, mais rápidas e mais confiáveis.

Inicialmente, o material bruto tem de ser transferido para o disco rígido do editor ou de um servidor, no qual o editor irá buscar o material. Se o material estiver em fita, essa transferência é feita com o uso de uma placa de captura de vídeo (e de áudio). Já o material gravado em discos rígidos portáteis pode ser transferido por conexão USB 2.0 ou IEEE 1394 (*Firewire*). O que estiver em DVD é lido na unidade de DVD da máquina e cartões de memória (*flash*) necessitam de um leitor compatível. As modernas *camcorders* profissionais utilizam fita, DVD, *hard drive* (disco rígido) ou cartão de memória. Já as domésticas usam os três primeiros tipos.

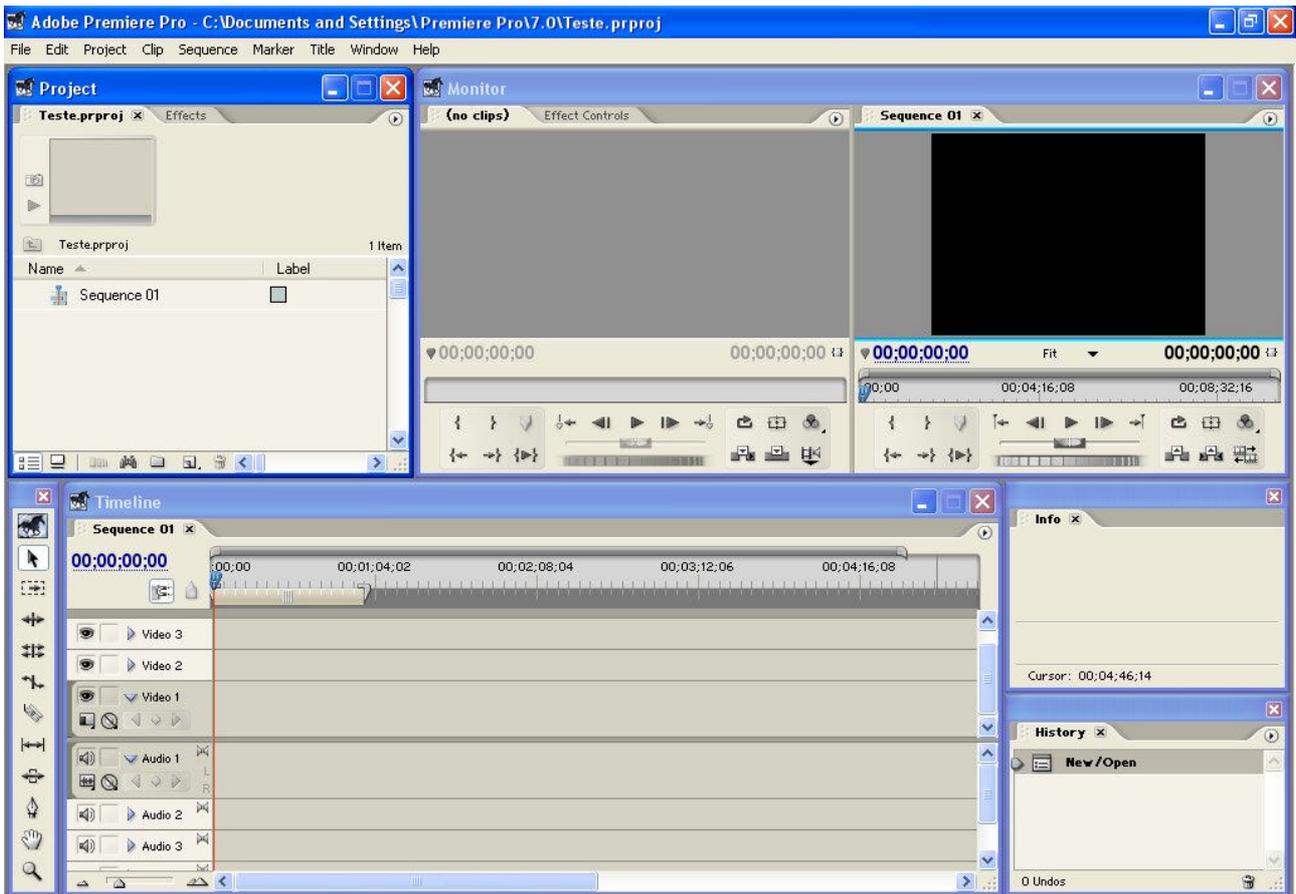
Nos computadores domésticos, se utiliza geralmente uma placa de captura para o vídeo e a própria placa de som para o áudio, no caso de transferência de fita. As placas de captura de vídeo de baixo custo costumam trazer um sintonizador de TV incorporado, permitindo assistir e gravar programas de TV no computador, que podem ser editados.

Nos sistemas de edição profissionais as placas de captura possuem entradas e saídas de áudio e vídeo, em diferentes formatos: vídeo analógico (Composto, S-Video e Componente), áudio analógico (entradas desbalanceadas – RCA – e balanceadas – XLR), vídeo digital (*Firewire* e SDI) e áudio digital (SPDIF), sendo que as conexões *Firewire* e SDI também podem carregar áudio.

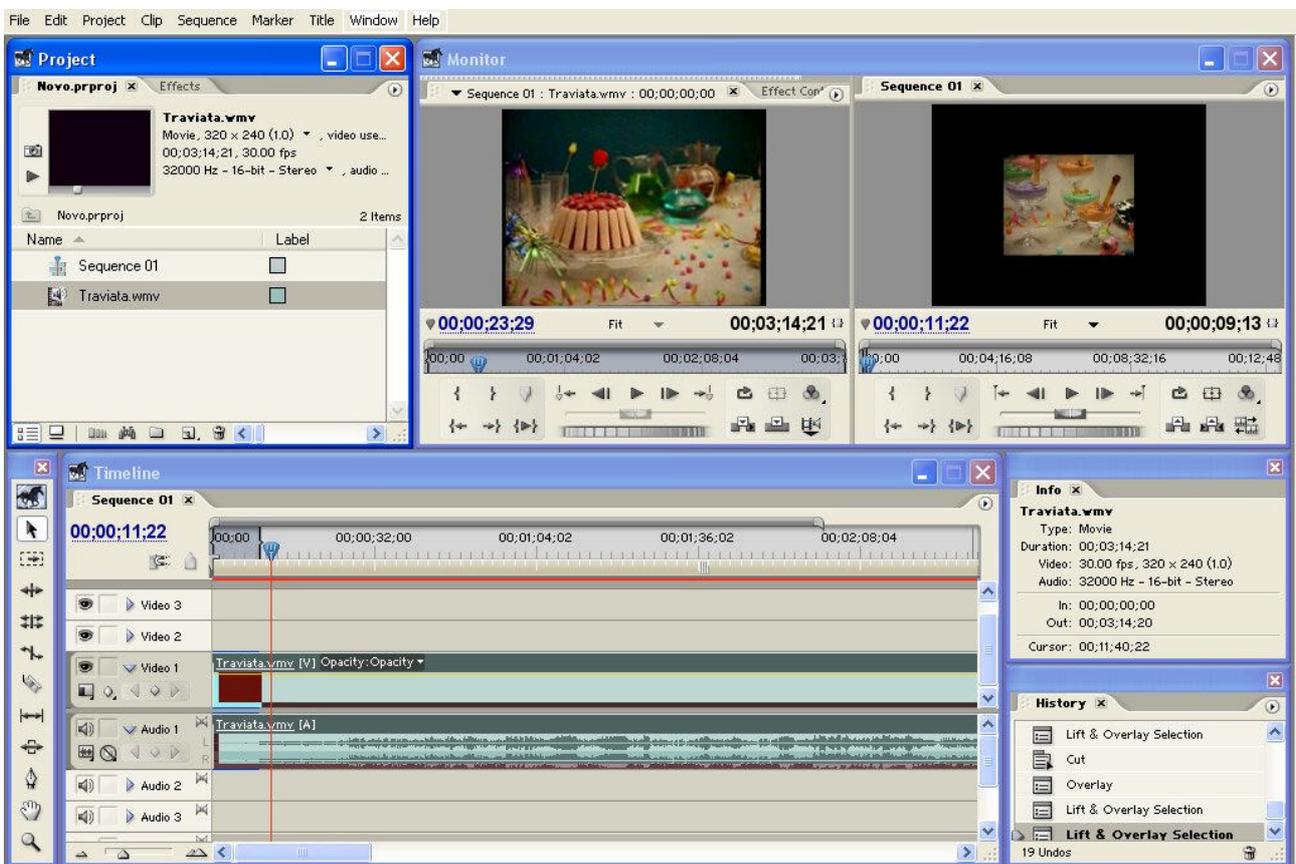
Os programas de edição possuem uma tela principal em que há várias janelas. Para melhor visualização, os sistemas profissionais usam dois monitores de vídeo, dividindo entre eles, horizontalmente, as janelas.

As janelas típicas são: a que exhibe o material bruto (*Project*), onde são colocados os arquivos de áudio e vídeo, a Linha de Tempo (*Timeline*), para montar a edição, a de ferramentas e a de visualização (Monitor). Arrasta-se o arquivo desejado para a Linha de Tempo e, ali, aplicam-se as ferramentas de corte (*In* e *Out*), de transições e de efeitos. Quando a edição estiver pronta, salve o projeto (é conveniente salvá-lo periodicamente) e exporte-o, isto é, transfira para um arquivo final ou grave em DVD ou fita.

A seguir vemos a tela do programa Adobe Premiere, bastante usado em edição de vídeo.



Tela do programa Adobe Premiere

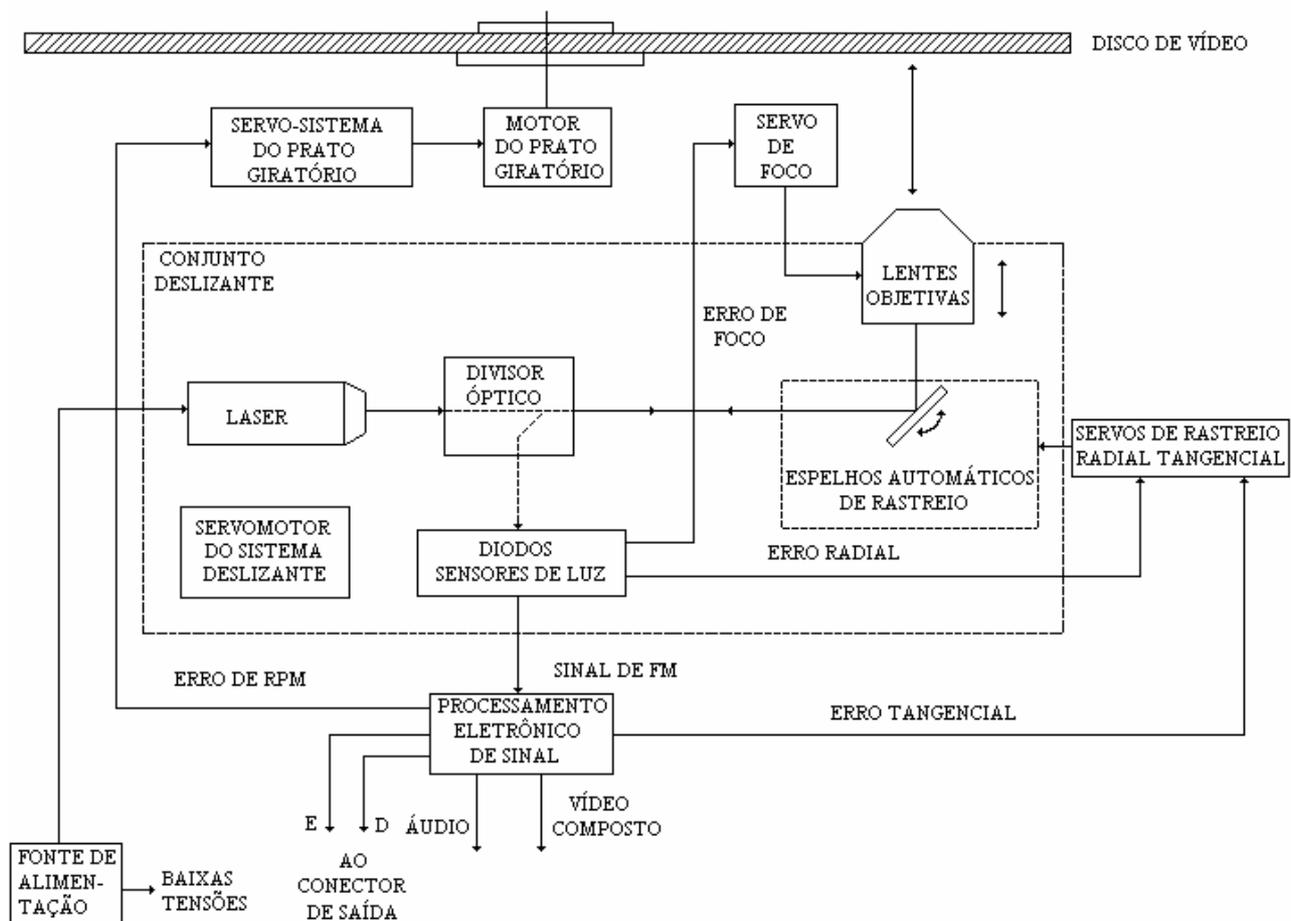


Tela do programa Adobe Premiere em uso

Agora, um arquivo está aberto e aparece na janela *Project*. Arrastamos esse arquivo, com o *mouse*, para a janela *Timeline*, na linha *Vídeo 1*, aparecendo seu respectivo áudio em *Áudio 1*. Pressionando a barra de espaço do teclado, o arquivo começa a ser reproduzido e pressionando novamente a barra de espaço, a reprodução pára. Assim, é possível inserir pontos de entrada e saída, ficando somente com o trecho desejado (use a ferramenta cortar – ctrl+k – nos pontos desejados e apague os trechos indesejados - Del). Temos de arrastar o arquivo para *Timeline* tantas vezes quantos os trechos que iremos selecionar. Ao terminar, apertamos Enter e os efeitos serão realizados (*Rendering*), o que pode levar algum tempo. Finalmente, estamos prontos para exportar a edição.

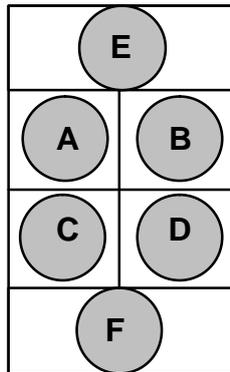
VÍDEODISCOS DE LEITURA ÓTICA

O processo de gravação é semelhante ao do CD. Os sinais vão registrar sulcos de mesma profundidade. A leitura é feita por um feixe de radiação monocromática (*laser*) que atravessa a cobertura plástica do disco e atinge a camada de alumínio onde estão os sulcos, sendo por ela refletido. A profundidade de cada sulco é de $\frac{1}{4}$ do comprimento de onda da radiação, de modo que esta retorna com fase deslocada de 180° ao ser refletida pelo sulco e não pela superfície do alumínio, cancelando-se com a radiação que retorna da superfície.



Diagramas em blocos básico de um aparelho de leitura de videodiscos

O foco e o rastreo das trilhas são controlados pelo próprio feixe que retorna, que é monitorado por diodos fotossensíveis.



Esquema dos sensores

Se o feixe de retorno atinge igualmente os receptores ABCD, está focalizado, pois sua projeção é circular. Já se a intensidade é maior nos receptores AD ou BC, sua projeção é elíptica e, assim, está fora de foco. O mecanismo da lente atua até obter igual intensidade nos quatro sensores.

Já para manter o feixe sobre a trilha, os sensores E e F devem receber igual intensidade do feixe de retorno, caso contrário o mecanismo de rastreo atuará no conjunto deslizante.

CAPÍTULO V

ESTAÇÃO DE TV E SEUS EQUIPAMENTOS

Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

- Esboçar a organização interna da estação de TV.
- Descrever as atividades de cada setor da estação.
- Enumerar os equipamentos essenciais à estação geradora, com sua função e localização.
- Descrever o funcionamento e a operação dos equipamentos.
- Esquematizar as ligações entre os equipamentos.

CONDIÇÕES NECESSÁRIAS A UM ESTÚDIO DE TV

O estúdio é o ambiente da estação onde são registradas as cenas internas de um programa, através de câmeras e microfones.

As dimensões do estúdio devem ser adequadas ao gênero de programa: um telejornal necessita de pouco espaço, mas um *show* precisa de palco amplo o suficiente para músicos, dançarinos, cantores e, muitas vezes, local para uma platéia; além disso, há o pessoal técnico e de apoio e os equipamentos, como câmeras – em tripés, pedestais ou guias – varas com microfones, refletores, cabos etc. Para o correto dimensionamento de um estúdio, o projeto deve levar em consideração sua aplicação.

A pintura interna é sempre em preto, de modo que somente os elementos cenográficos escolhidos apareçam, e os cantos em ângulo reto só existem em cenários que reproduzem cômodos, ficando os demais com curvas, que criem a ilusão de profundidade ao espectador.

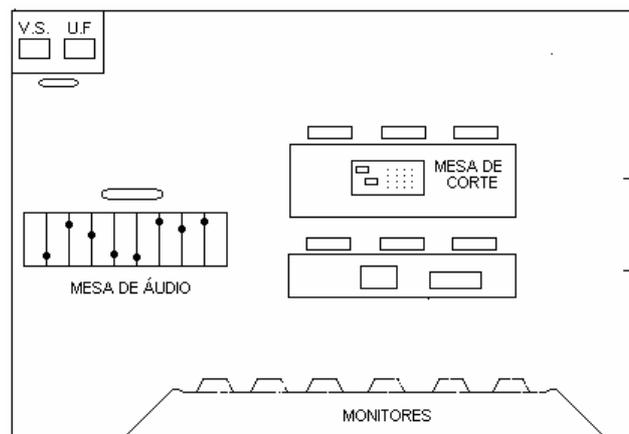
O tratamento acústico deve atender a todos aspectos: evitar a entrada de ruídos externos e tornar o interior pouco reverberante, de modo que microfones direcionais captem apenas as vozes dos atores ou apresentadores e não sons do pessoal de apoio ou da maquinaria, refletidos.

A iluminação tem como objetivo fornecer uma imagem brilhante, contrastada, sem sombras e com fiel reprodução das cores. Para isso, deve ser usada a intensidade luminosa adequada às câmeras. A temperatura de cor das fontes de luz deve ser uniforme, bem como deve ser observado o correto posicionamento dessas fontes. A luz também é empregada para ressaltar aspectos das cenas, criar impacto visual ou outros efeitos artísticos.

Tratando-se de um ambiente fechado, com elevada geração de calor, o condicionamento térmico do estúdio tem de ser tratado com muita atenção, para permitir condições de trabalho adequadas às pessoas e aos equipamentos.

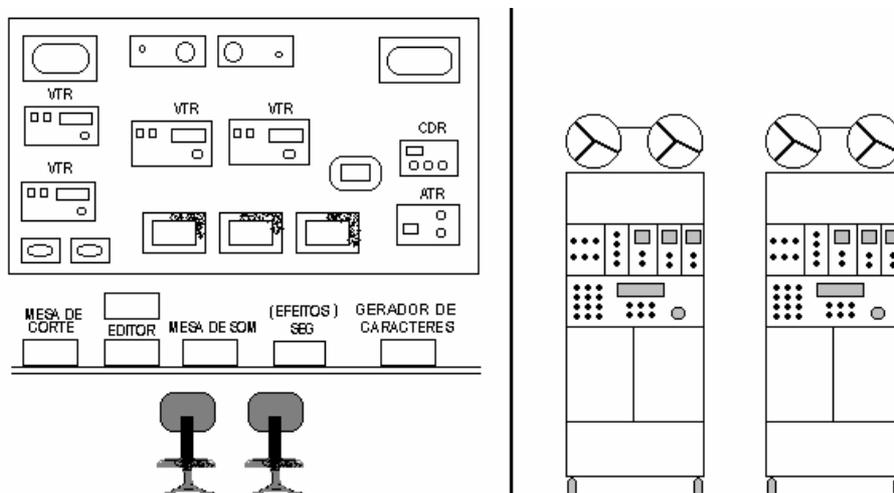
ORGANIZAÇÃO INTERNA BÁSICA DA ESTAÇÃO DE TV

Na geração ao vivo ou na gravação de um programa, as câmeras e microfones têm de ser selecionados de acordo com a cena, o que é feito na Sala de Corte (ou de controle), através de **mesas de corte** do vídeo (*switcher*) e do áudio. Tal sala possui diversos monitores, para observação de todas as imagens que chegam das câmeras, das máquinas de VT e de externas – para correta seleção – e da saída da mesa e de outros equipamentos, para verificação da qualidade do material selecionado. Os outros equipamentos podem ser o Gerador de Efeitos Especiais (SEG) e o Legendador, além da Unidade de Controle de Câmera (CCU). Alguns desses equipamentos, como a mesa de vídeo, dependendo da tecnologia usada, podem ter apenas seus comandos localizados na sala de corte, ficando os *racks* com a parte eletrônica em uma sala contígua.



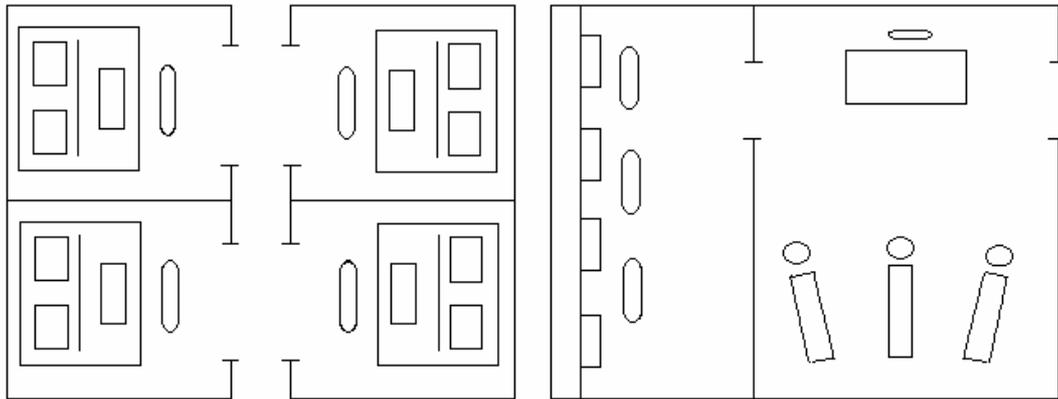
Planta baixa da sala de corte (*suíte*)

Se um programa não é gerado ao vivo, deverá receber **pós-produção**. Essa consiste de **edição** e **sonorização**. A edição pode ser simples, apenas com corte seco, o que é mais rápido e adequado a telejornalismo, ou sofisticada, com efeitos especiais, demandando mais tempo, equipamentos mais complexos e numerosos. A sonorização consiste em adicionar fundo musical, locução, efeitos ou, em programas musicais, sincronizar o áudio gravado em máquina de *audiotape* (ATR), que oferece melhor qualidade e maior flexibilidade (múltiplos canais), com o vídeo da cópia já editada.



Sala de edição avançada

Os programas que vão ao ar a partir de fitas ou de um servidor, saem do setor de **exibição**. Os filmes, atualmente, são transferidos para fita, num processo denominado **telecinagem**, que emprega projetores especiais, sincronizados com a frequência de varredura de 30 quadros/segundo da TV, porém mantendo a velocidade de 24 quadros/segundo do cinema, o que se consegue exibindo três vezes um mesmo fotograma e duas vezes o seguinte. Na maioria das vezes, a telecinagem é feita fora da estação, a qual recebe, da distribuidora do filme, a fita de vídeo para exibição.



Planta baixa das salas de edição básica, à esquerda, e telecinagem, à direita

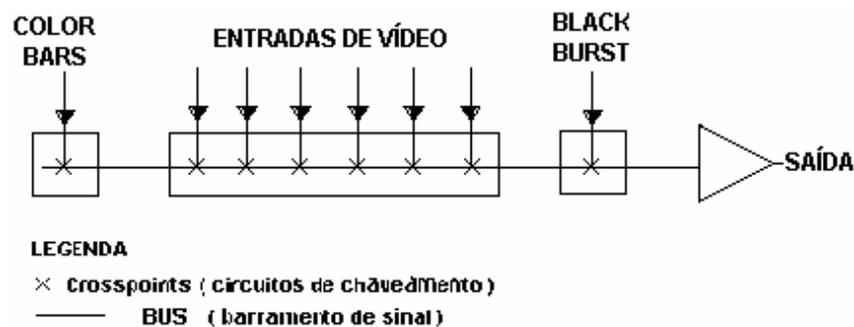
Os sinais externos chegam à estação pelo ENG (*Electronic News Gathering*) através de *feeds* de microondas ou cabos. Sendo da própria cidade, o sinal vem do carro de externa via um retransmissor, localizado em um local com visibilidade da estação e da externa (no Rio, são as torres do Sumaré). Se é uma transmissão de outra cidade, estado ou país, a ligação é feita por uma empresa que presta serviços de comunicação a longa distância, como a Embratel, e pode chegar por cabo ou via microondas, como a externa local. Ainda é possível o uso de satélite (SNG), sendo a subida feita diretamente do carro de externa. No ENG, os sinais são encaminhados para as máquinas de gravação (VT, servidor etc.), se forem para posterior exibição, ou para a sala de corte, se for um programa ao vivo. Esse encaminhamento é feito por um quadro de acoplamento (*Patch*) ou por uma Matriz, capaz de interligar os mais diversos pontos e equipamentos dentro da estação.

A saída da estação para o ar – dirigida ao transmissor local ou ao satélite, conforme o caso – se dá pelo **controle mestre**. Ali existe uma mesa que corta vídeo e áudio, simultaneamente, capaz de selecionar entre os diversos setores de geração, como a sala de corte, o ENG, as máquinas de exibição (inclusive de comerciais) e etc.

SELECIONADOR DE VÍDEO – MESA DE CORTE

A seleção entre as fontes de sinal de vídeo que vão para o ar, tanto ao vivo como em gravação, tem de ser feita por um equipamento especial que não interrompa o sinal, nem gere ruídos de comutação, que é o *Switcher* ou Seleccionador de Vídeo. Nele são usados circuitos eletrônicos, em vez de chaves mecânicas. Os pontos de chaveamento (*crosspoints*) são acionados indiretamente por botoeiras, pois é preciso chavear no intervalo de apagamento vertical, para não produzir distúrbios na imagem. Assim, ao ser pressionado o botão, o circuito aguarda o primeiro intervalo vertical para chavear entre as

fontes de sinal. Os sinais que entram no selecionador, como se pode deduzir, tem de estar sincronizados entre si, para terem seus intervalos verticais coincidentes; se isto não ocorrer, a imagem, nos televisores, irá “rolar” verticalmente. Dentro da estação, todas as câmeras e máquinas de vt podem ser sincronizados entre si, embora não muito facilmente devido a atrasos (*delays*) resultantes de distâncias diferentes entre as mesmas. Os sinais externos, porém, chegam fora de sincronismo e precisam passar por um equipamento chamado *Frame Synchronizer*, ainda no ENG. Muitos *switchers* contam com sincronizadores internos.



Esquema básico do selecionador de vídeo

A Mesa de Corte é composta de um ou mais selecionadores (*switchers*), que fazem a transição por corte seco, isto é, direto de uma para outra imagem, após um intervalo de apagamento vertical, e por circuitos geradores de efeitos, capazes de fazer transições e combinações entre entradas de vídeo. Por **transição** se entende a passagem de uma fonte de sinal para outra; por **combinação** se entende a manutenção de duas ou mais imagens diferentes, simultaneamente na tela.



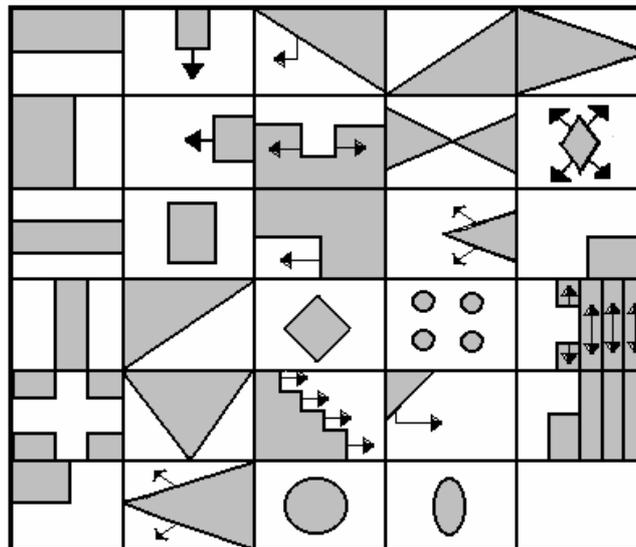
Aparência de uma mesa de corte e efeitos de uso semi-profissional

As transições, além do **corte seco** (*take*), podem ser por **cortina** (*wipe*), em que uma das imagens vai sendo encoberta pela outra, por **desvanecimento** (*fade*), onde a imagem vai apagando ou acendendo (para o preto, para o branco ou para uma cor), e por **fusão** (*dissolve* ou *fade cruzado*), onde uma das imagens vai apagando sobre a outra que acende.

As combinações básicas se dão por *wipe* e por *mix* e podem ser descritas como transições interrompidas, sendo o *mix* a fusão parcial. Para ajustar a proporção entre as duas imagens, a mesa possui uma alavanca, também conhecida como *fader* ou *lever arm*.

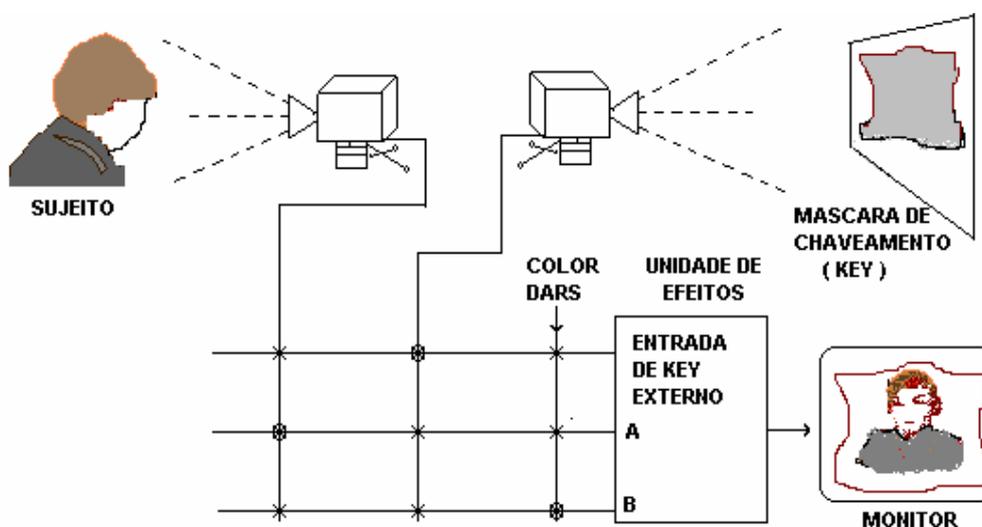
O *fader* pode ser usado tanto nas transições como nas combinações. Nas transições também pode ser usado um sistema automático (ATS), cujo tempo de realização do efeito permite ajuste em segundos ou *frames*.

O *wipe* tem diversos padrões programados na mesa, com divisões horizontais, verticais, diagonais, retas ou serrilhadas, círculos, losangos, triângulos, quadrados, retângulos, elipses etc. A divisão entre as imagens pode ser suave (*soft*) ou “dura”, isto é, com a borda aparente (*border*), podendo essa borda ser colorida.



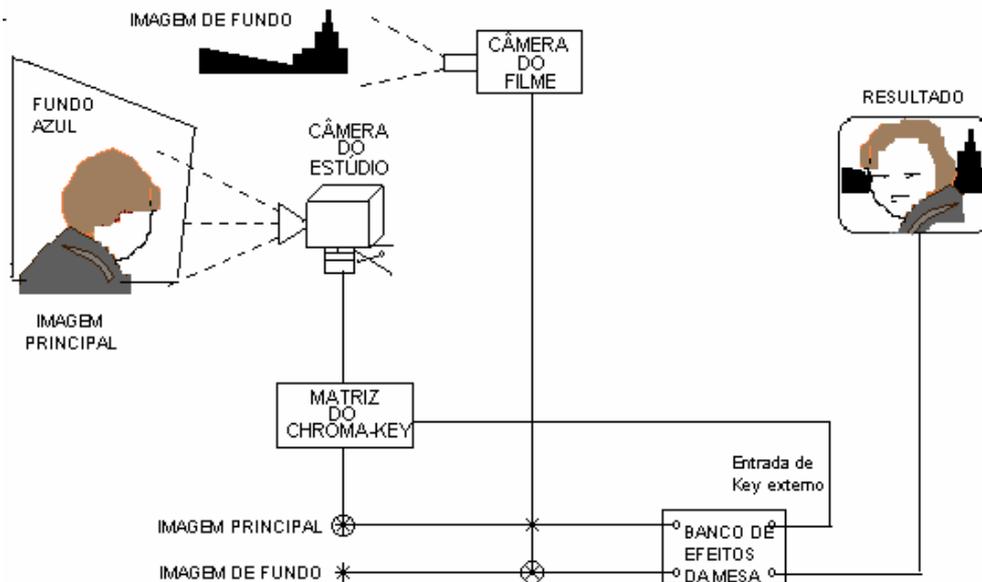
Máscaras usadas para *wipes* e *keys* (mostradas com o *fader* na metade do curso)

A forma mais empregada de combinação é o *key*, pela qual uma das imagens se superpõe à outra, através de um comando externo ou, comandado pela própria mesa, em locais de imagem com determinada característica. Os caracteres são inseridos por *key*, com o gerador de caracteres enviando a informação para a mesa, por um pulso de *keying* no intervalo da linha onde o caractere aparece; nesse ponto, a mesa chaveia da entrada de sinal que corresponde à imagem principal para a entrada que vem do gerador.



Exemplo de *Luminance Key*, com o arranjo dos equipamentos para sua realização

Internamente, a mesa pode distinguir as áreas escuras de uma imagem e substituí-las por outra imagem: é o *Luminance Key*. Pode também distinguir uma determinada cor, definida pelo ajuste preciso de suas características (luminância, matiz e saturação), e substituí-la por outra imagem: é o *Chroma Key*. Esse último tipo é muito empregado para fazer um apresentador aparecer sobre um desenho (um mapa do tempo, por exemplo), quando na verdade ele está à frente de uma tela azul ou verde, matizes escolhidos por estarem menos presentes na cor da pele. Como a maioria dos geradores de *chroma key* precisam dos sinais RGB, a mesa tem de recebê-los da câmera (daí a imagem da frente ter de ser gerada ao vivo) ou então o gerador desse efeito fica na unidade de controle de câmera e manda para a mesa o SCV e pulsos de *key*.



Exemplo de *Chroma Key*, com o arranjo dos equipamentos para sua realização

As mesas convencionais processam os sinais no domínio analógico, não permitindo modificar o tamanho ou as proporções da imagem. Para conseguir efeitos especiais como imagem reduzida, *strobe* (quadros parados sucessivos), *trail* (rastros), mosaico etc., são empregados os Geradores de Efeitos Especiais (SEGs), que recebem o sinal analógico, digitalizam, processam e devolvem-no à mesa na forma adequada à mesma (analógica ou digital).

As mesas mais modernas já trabalham digitalizando os sinais (ou recebendo-os digitalizados), podendo incorporar geradores de efeitos e *frame synchronizers*. Também existem sistemas integrados de edição, efeitos e chaveamento de áudio e vídeo.

CÂMERA DE TV

A câmera é um conjunto de equipamentos, sendo a parte que se destaca conhecida como **cabeça da câmera** (*camera head*), formando com a **sustentação** a peça que fica no estúdio, a qual vai ligada à sala de controle (sala de corte ou suíte) pelo **cabo**, que chega à **unidade de controle** (CCU). No caso da operação fora de estúdio, a CCU pode não ser utilizada.

SEÇÕES FÍSICAS DA CÂMERA

a) Cabeça da Câmera

- . sistema otico
- . captadores
- . eletrônica principal
- . servossistemas
- . view finder
- . tally light (sinalizador)
- . intercom
- . interface com a ccu (opcional)
- . encoder (pode estar na ccu)

b) sustentação

- . mesa
- . cabeçote
- . alavancas de movimentação e comando
- . base (tripé, telescópica, grua etc)

c) Cabo

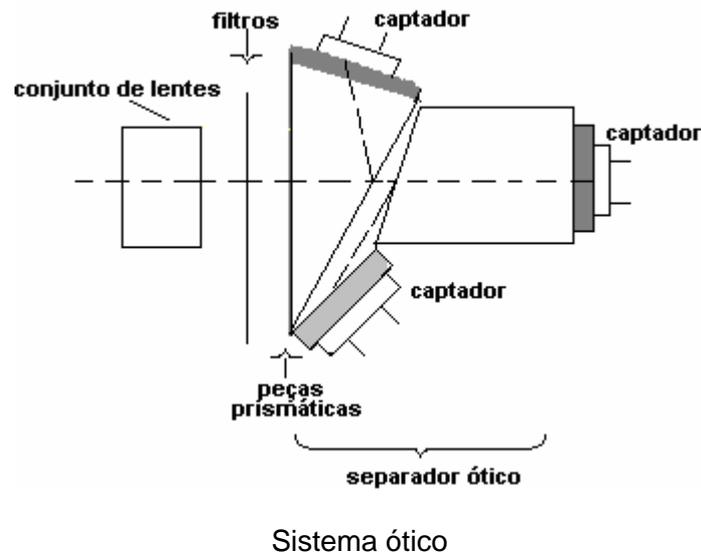
- . sinais de vídeo (bi-direcional)
- . sinais de áudio
- . áudio de intecom
- . comandos
- . alimentação

d) Unidade Controle (CCU)

- . controle remoto das funções
- . execução remota de ajustes
- . compensação de cabo
- . alimentação
- . intercom
- . encoder
- . trânsito de sinais

A cabeça da câmera contém o Sistema Ótico, os Captadores, a Eletrônica principal, os Servossistemas, o *View Finder*, o sinalizador (*tally light*), a intercomunicação, a interface com a CCU (quando essa é usada) e o *Encoder*, sendo esse mais necessário quando não se usa CCU.

O Sistema Ótico compõe-se da Lente, dos Filtros e do Separador de Cores. Atualmente, todas as câmeras profissionais utilizam lentes de distância focal variável, a chamada objetiva *zoomar* ou lente *zoom*, que permite aproximar ou afastar a imagem sem mover a câmera e sem perder o foco, que deve ser feito com a aproximação máxima. Os filtros são usados para diversas finalidades, como corrigir temperatura de cor da luz, eliminar radiações excessivas ou indesejáveis (ultravioleta, por exemplo), criar efeitos (imagem focada apenas no centro, pontos luminosos emitindo raios etc.). O separador de cores é um conjunto de prismas cujas interfaces são tratadas de modo a terem o comportamento de um espelho dicróico, ou seja, refletem as cores de um dos extremos do espectro; entre o primeiro e o segundo prisma é refletido o azul, que vai para o seu captador; entre o segundo e o terceiro é refletido o vermelho, seguindo igualmente para o seu captador; após esses dois prismas, resta finalmente a luz verde, que assim chega ao seu captador. Entre a lente e o separador existe um sistema mecânico que regula a passagem da luz de acordo com a luminosidade da cena – é a íris; esta pode ter sua abertura controlada manualmente (o que deve ser feito pelo operador na sala de controle, observando o sinal em um *waveform monitor*) ou automaticamente.



Os captadores são responsáveis pela transformação dos níveis de luz em sinais elétricos. As câmeras profissionais empregam um para cada cor primária. Hoje são dispositivos em estado sólido (CCDs), mas originalmente eram válvulas eletrônicas (tubos).

Os tubos captadores usados mais recentemente tinham diversas denominações, mas empregam o princípio do *vidicon* – a fotocondutividade. Nesse, a parte frontal do tubo, que recebe a luz, é coberta com uma película condutora transparente, ligada a um anel coletor externo (saída de sinal); internamente, a película é coberta por outros materiais, que variam de um tipo de tubo para outro, mas que recebem o feixe de elétrons pelo lado oposto ao da luz e o deixam atravessar com menor resistência nos pontos de maior intensidade luminosa e vice-versa, gerando um sinal de saída proporcional à intensidade luminosa. Em torno do tubo é montado um conjunto de bobinas para deflexão, focalização e alinhamento do feixe, em um *yoke* de forma cilíndrica. O *vidicon* básico apresenta alta remanência, isto é, demora da resistência aumentar em um ponto que foi intensamente iluminado e deixou de sê-lo, o que ocasiona rastros luminosos na imagem (*lag* ou *cauda-de-cometa*). Para solucionar esse problema foram empregados outros materiais, criando tubos que receberam denominações comerciais de Plumbicon (o mais empregado), Saticon e Chalnicon.

O CCD (Dispositivo de Carga Acoplada) é um circuito integrado com uma janela onde é projetada a luz da cena. Nessa janela existem elementos sensíveis à luz, os fotocapacitores, dispostos em linhas e colunas, que podem chegar a 400.000 nos CCDs de maior qualidade. Cada fotocapacitor tem a superfície composta de um eletrodo transparente de polissilício, uma camada intermediária de óxido (isolante) e uma inferior de silício tipo P. A luz gera cargas negativas no silício P, em quantidade proporcional à intensidade luminosa. Aplicando-se uma ddp entre os dois eletrodos, é gerado um poço de potencial no silício P, isto é, as cargas se distanciam do óxido. Durante todo um quadro o fotocapacitor fica acumulando cargas, devendo estas ser transferidas para uma outra área, para constituírem o sinal de saída. A transferência pode ser feita de uma vez, durante o apagamento vertical, ou a cada linha, o que identifica o CCD, respectivamente, como *Frame Transfer* (FT) ou *Interline Transfer* (IT).

SISTEMAS DA CÂMERA

a) Sistema Mecânico

- . servomecanismos
- . suporte
- . posicionamento
- . movimentação

b) Sistema Elétrico

- . motores
- . sinalizadores
- . cabo

c) Sistema Ótico

- . lentes
- . separador ótico
- . filtros

d) Sistema Eletrônico

- .captadores
- .amplificadores
- .processadores
- .compensação
- .controle
- .servocontrole
- .interfaces
- .intercomunicação
- .visor
- .alimentação

A eletrônica principal das câmeras modernas encontra-se na cabeça (*head*). Considerando como exemplo uma câmera com tubos captadores, o primeiro estágio após cada tubo, geralmente montado ao lado deste, é o pré-amplificador, responsável pela amplificação de sinais de baixo nível com elevada relação sinal ruído e ampla resposta de frequência. Seguem-se estágios de amplificação e processamento. Nesses é fixado o nível de preto, é dado ganho extra (+9 ou + 18 dB) – quando condições de baixa iluminação exigem, embora isto acarrete imagem granulada – e são compensadas distorções dos tubos, como a de *shade*, em que certas áreas da superfície sensível dos tubos podem apresentar saída diferente numa imagem iluminada por igual – em tais pontos, a amplificação é alterada por um sinal parabólico ou dente-de-serra. O processamento ainda corrige o ganho relativo entre os três tubos, para o balanço do branco (*white balance*), que faz com que as cores sejam reproduzidas corretamente em diferentes condições de iluminação. A intensidade média da cena, colhida após esses estágios, serve para o controle automático de abertura da íris, a qual, por sua vez, controla a entrada de luz na câmera. Novo processamento é feito para obtenção de melhor imagem, como a correção *gamma*, que é uma pré-distorção do sinal, oposta à do cinescópio, o qual tende a tornar imagens claras mais claras e escuras mais escuras. Ainda são ceifados os picos de branco e de preto, após a correção do contorno ou DTL – *detail*, que visa realçar os detalhes da imagem – este ajuste é feito a partir do sinal G (verde) e aplicado aos três sinais. A placa é única, mas todos os outros estágios de amplificação e processamento mencionados são em número de três, um para cada sinal de cor primária. Os três sinais de cores primárias – RGB – podem ser enviados pelo cabo de câmera à CCU, ou codificados, na própria câmera – no *encoder* – para obtenção do SCV (Y + C) ou de vídeo componente (Y, R-Y e B-Y).

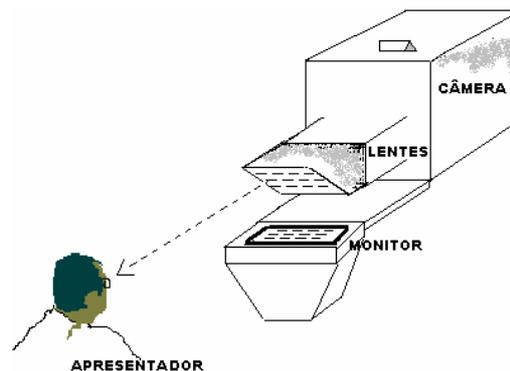
Os servossistemas controlam, automática ou manualmente, o foco, a abertura da íris e a distância focal da lente (*zoom*), cada um com motores e sistemas mecânicos específicos.

Da eletrônica saem os sinais de vídeo (Y ou RGB) para o monitor que fica na própria câmera – o *view finder*. Pelo cabo de câmera podem vir outros sinais de vídeo para este monitor, de modo que o *cameraman* veja a imagem combinada de sua câmara com outra, quando está sendo gerado um efeito na mesa de corte.

Também pelo cabo vêm sinais de intercomunicação, que servem para a produção ou o controle técnico dar instruções ao *cameraman*, e sinais de sinalização, como o que acende uma luz vermelha (*tally light*) no topo da câmera quando esta é selecionada pela mesa.

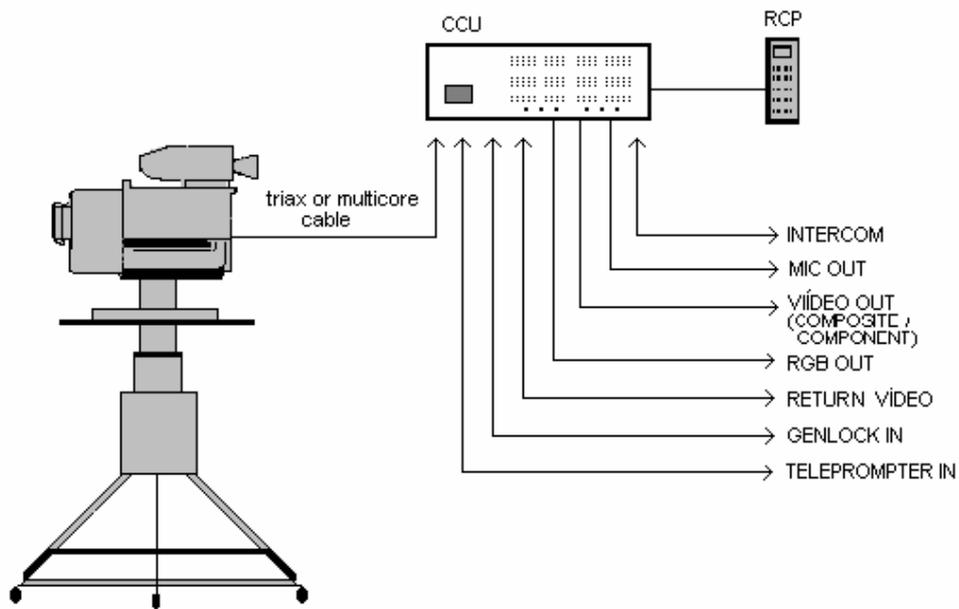
A cabeça da câmera precisa se deslocar pelo estúdio ou local de externa sem trepidações ou movimentos bruscos, como aqueles que ocorrem quando ela é carregada sobre o ombro por um cinegrafista de telejornalismo. Para isso, pode ser usado o tripé com rodízios, a base telescópica (com cilindros que saem de dentro de outros, por ação hidráulica) e a grua (*dolly*), que é um carro com uma estrutura que permite a elevação da câmera, com ou sem operador. A câmera é montada sobre uma base (mesa) que provê seu equilíbrio, mantendo-a na horizontal quando liberada pelo *cameraman*, seja sobre tripé, grua ou outra base, a qual é acoplada a este dispositivos de sustentação pelo cabeçote, em geral hidráulico, para obtenção de movimentos horizontais (*pan*) e verticais (*tilt*) suaves, e que pode ser fixado. Ao conjunto de mesa e cabeçote são fixadas alavancas, que servem para a movimentação do conjunto e também comportam controles, como o de foco e *zoom*. Para montar a câmera sobre um veículo ou no próprio corpo do cinegrafista, e esta não trepidar, se usa um sistema estabilizador denominado *Steadycam*.

À frente do conjunto de lente pode ser colocado um espelho semi-transparente, a 45°, refletindo a tela de um monitor preso à mesa da câmera, que reproduz um texto para ser lido pelo apresentador e que não é captado pela lente. Tal sistema é Teleprompter (*teleprompter*).



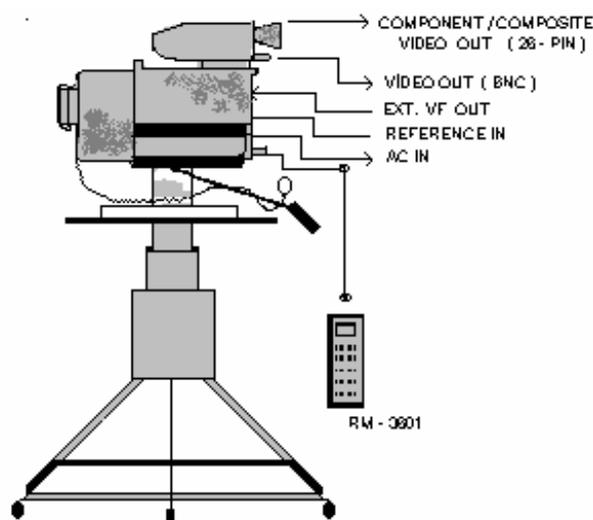
Exibição do texto no teleprompter

Quando a câmera é operada em um ambiente de produção – em estúdio ou em campo (EFP, neste segundo caso), é acoplada pelo Cabo à Unidade de Controle de Câmera. Pelo Cabo de Câmera circulam sinais nos dois sentidos, entre eles os de vídeo – sejam as componentes primárias, o SCV ou vídeo-componente; sinais de áudio, como o de intercomunicação ou mesmo o de microfones ligados à câmera, o que é muito prático em externas; os comandos e a alimentação fornecida pela CCU. Para distâncias até 500m são usados cabos de condutores múltiplos (*multicore*), no qual os sinais trafegam sem modulação. Embora o custo seja menor, tais cabos não são padronizados para todas as câmeras e também estão sujeitos a falhas. Para distâncias maiores, em alguns casos até 3000 m, o cabo tem de ser do tipo *Triax*, que é um coaxial em que os sinais trafegam modulados; este tipo acarreta uma eletrônica mais complexa e por isso é mais caro que o *multicore*. Se a câmera é usada sem CCU, necessita da conexão de vários cabos independentes, cada um para uma finalidade, como levar o SCV (cabo coaxial com conector BNC) da câmera ou trazer para esta alimentação e sincronismo, se necessário.



Câmera operando com CCU

A CCU (Unidade de Controle de Câmera) comunica-se com a cabeça da câmera por um único cabo, do tipo *Triax* ou *Multicore*, mas possui um grande número de conexões com outros equipamentos, como a saída de vídeo para a Mesa de Corte ou direto para um VTR – em até três formatos: SCV, RGB e Componente; a saída de áudio de microfones ligados à câmera; entrada e saída de áudio de intercomunicação; entrada de sincronismo (*genlock*), de teleponto e de vídeo de retorno para o *cameraman*, além da conexão de controle pelo próprio painel, por um controle remoto ou por uma unidade mestra que controla várias CCUs. Através da CCU são feitos os ajustes de inicialização do funcionamento da câmera (*set-up*), bem como os necessários à produção; entre eles, podem ser citados o balanço de branco e de preto entre os captadores, o de gama, *detail*, a abertura da íris e até mesmo a seleção do tipo de filtro; também é feita a compensação do cabo, de acordo com o tipo e comprimento que estiver sendo usado. A CCU gera sinal de barras, para facilitar os ajustes, embora muitos deles necessitem de cartas de testes, colocadas à frente da câmera.

Câmera operando sem CCU (*Stand Alone*)

Quando operando um conjunto grande de câmeras, utiliza-se um sistema que concentra em um único quadro de controle (a OCU – *Operational Control Unit*) os ajustes de todas as CCUs, via a MSU – *Master Setup Unit*. Nesse caso, cada CCU prescinde de painel próprio.

Para facilitar alguns ajustes, há CCUs que aceitam um controle remoto, com fio. Quando a câmera opera sem CCU, um outro tipo de controle é ligado diretamente à cabeça de câmera para fazer ajustes básicos. O primeiro tipo é chamado de RCP – *Remote Control Panel*, enquanto o segundo é o RCU – *Remote Control Unit*.

A unidade de controle (CCU ou MSU) necessita de um Monitor de Forma de Onda (*waveform monitor* ou WF) e de um Monitor de Imagem (*image monitor* ou IM, ou Pix), para o correto ajuste e acompanhamento da operação do sistema.

EQUIPAMENTOS AUXILIARES

Para fornecer um único sinal a mais de um destino, sem alterar suas características, é empregado o Amplificador de Distribuição, também denominado DA, com duas a oito saídas, sendo uma delas o *loop-trough*, em que o sinal atravessa o DA sem sofrer alteração, seguindo para outro equipamento.

A temporização da estação é fornecida por geradores de sinais, conhecidos como PGs (*Pulse* ou *Patern Generators*), sendo um mestre, de altíssima exatidão e estabilidade, para os sinais que vão para o ar. Todos os setores e equipamentos que estiverem alocados para uma transmissão têm de estar sincronizados ao mestre.

CAPÍTULO VI

DISTRIBUIÇÃO DOS SINAIS DE TV

Ao final deste capítulo o leitor deverá ser capaz de:

- Esquematizar as rotas de sinal para transmissões externas, locais, regionais racionais e internacionais de TV.
- Relacionar as faixas de frequência (VHF, UHF E SHF) com sua aplicação em transmissões de TV.
- Enunciar as características de cada faixa e dos equipamentos nela adotados.
- Descrever o processo genérico de comunicação via satélite.
- Descrever o sistema domiciliar de recepção de TV via satélite.
- Enunciar as principais características dos elementos componentes e do sistema de recepção domiciliar de TV via satélite.
- Descrever o sistema de distribuição de sinais de TV por cabo.
- Enunciar as principais características do sistema de TV a cabo.
- Caracterizar TV por assinatura.

A TRANSMISSÃO LOCAL DE TV

As transmissões públicas de TV (*broadcasting*) são feitas nas faixas de VHF (canais 2 a 13) e UHF (canais 14 a 83), as quais têm como característica a propagação em linha reta e a não reflexão pela ionosfera; isso faz com que alcancem distâncias entre 100 e 200 km, no máximo. Para evitar obstáculos naturais e artificiais, como elevações e prédios, e ainda para estender o raio de alcance, as antenas transmissoras são instaladas o mais alto possível, em torres, sobre prédios ou montanhas.

A estação geradora pode ficar no mesmo prédio da estação transmissora, ou não. No primeiro caso, a ligação entre elas é feita por cabo coaxial próprio. No segundo caso, quando estão distantes, a ligação pode ser por cabo coaxial operado pela concessionária local de telecomunicações, pois ele irá atravessar logradouros públicos, ou por enlace de microondas próprio. Este último é o mais usado e denomina-se STL – *Studio-Transmitter Link*, em inglês.

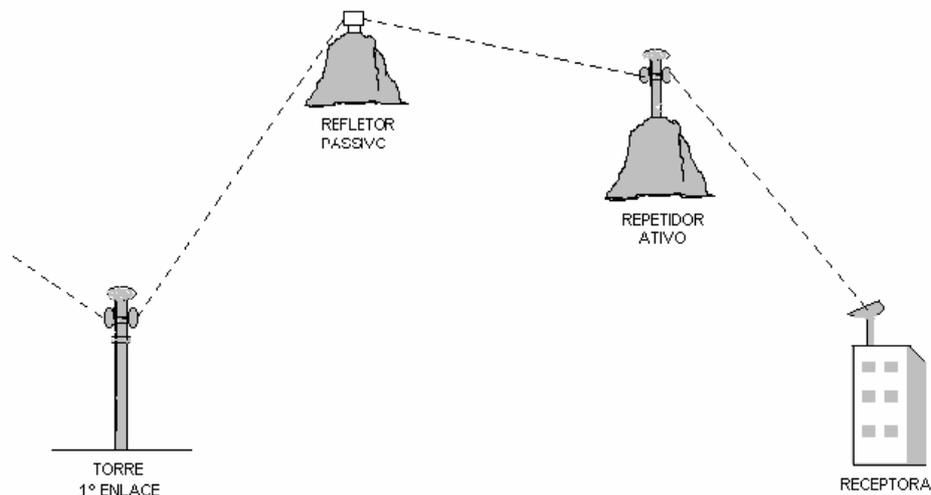
A torre da estação de TV, por sua posição privilegiada, é utilizada como elo de ligação entre os estúdios (geradora) outros locais, como Centro de TV da empresa de telecomunicações ou as unidades de externa, via microondas.

A externa é uma geração de fora dos estúdios e que pode ser conectada ao vivo com estes. Podem ser considerados como externas programas gerados em um teatro ou a cobertura de eventos esportivos ou, ainda, coberturas jornalísticas. Em locais como teatros ou estádios, que sejam freqüentemente utilizados, a emissora pode manter instalações fixas, mas para coberturas jornalísticas utiliza um carro de externa dotado de facilidades, como câmera portátil com cabo ou minitransmissor para o carro, *camcorder*, máquina de videotape, microfones, sistema de radiocomunicação e transmissor de microondas com antena montada no topo do carro, a qual pode ser uma pequena parábola ou de forma helicoidal, coberta por cilindro protetor, que é chamada de “chifres”. Esse carro tem de ficar em um ponto onde veja a torre de transmissão, para usá-la como

transmissor (existe um pequeno receptor que é voltado para onde está o carro e o sinal captado é enviado para os estúdios por um link fixo). Não sendo possível a visada direta, o fato é registrado pela camcorder, ou pelo vt no carro, e este desloca-se até onde tenha a visada e passa a matéria para a estação. Algumas redes possuem carros e até unidades portáteis com subida direta a um satélite (SNG), na banda Ku, o que permite que a cobertura seja feita ao vivo de qualquer lugar do mundo.

TRANSMISSÕES REGIONAIS E TRANSMISSÕES EM REDE

A cobertura de uma área superior àquela alcançada diretamente pela estação principal, localizada na capital do estado ou em cidades economicamente importantes, pode ser obtida de diversas maneiras. Havendo interesse econômico por parte da empresa, essa instala uma estação repetidora, em VHF ou UHF, que capta a programação regional da sede diretamente do ar (se houver condições) ou a recebe por um *link* de microondas. Quando a empresa não tem interesse, os habitantes da região se organizam para instalar a repetidora ou a prefeitura local o faz.



Ligação ponto-a-ponto por microondas

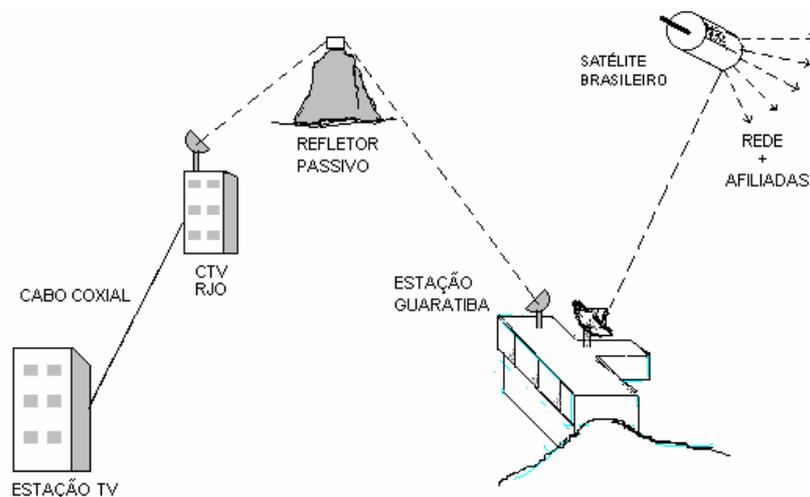
Até o início da década de 1980, a situação da TV no Brasil era a descrita acima, com a predominância de estações regionais cujo alcance direto ou por repetidoras se limitava ao estado e regiões próximas às divisas, em estados vizinhos. Tais estações ficavam quase todas nas capitais e geravam grande parte da programação localmente, recebendo gravações de alguns programas, como *shows* e novelas (desde a metade da década de 1960) e noticiários ao vivo, via microondas (desde 1969).

Na década de 1980, a TV Bandeirantes de São Paulo alugou um *transponder* de um satélite INTELSAT e passou a operar em rede nacional, isto é, gerando toda a programação em São Paulo e as estações afiliadas pelo país recebendo diretamente do satélite e lançando localmente em VHF ou UHF. Em 1985 foi lançado o primeiro satélite exclusivo do Brasil, chamado Brasilsat I, logo seguido pelo II, e passou a haver disponibilidade de *transponders* para várias redes nacionais de TV. Com isso se multiplicaram estações regionais que recebem o sinal de uma rede e apenas inserem intervalos comerciais e eventualmente, algum programa próprio, particularmente telejornais locais. Também se tornaram acessíveis sistemas domésticos de recepção

direta do satélite, embora esta seja uma alternativa que não interessa comercialmente às emissoras regionais, pois não carrega propagandas locais.

Para lançar o sinal da rede para o satélite, a estação cabeça da rede o envia para uma empresa de telecomunicações, como a Embratel, sendo que algumas redes possuem subida própria. A recepção é feita diretamente do satélite, na emissora afiliada ou retransmissora. A EMBRATEL emprega um (ou meio) *transponder*, designado permanentemente para cada rede de TV. Por dificuldades específicas de certas regiões, algumas estações também usam o satélite para distribuir o sinal dentro de seu estado, como é o caso do Amazonas e do Mato Grosso.

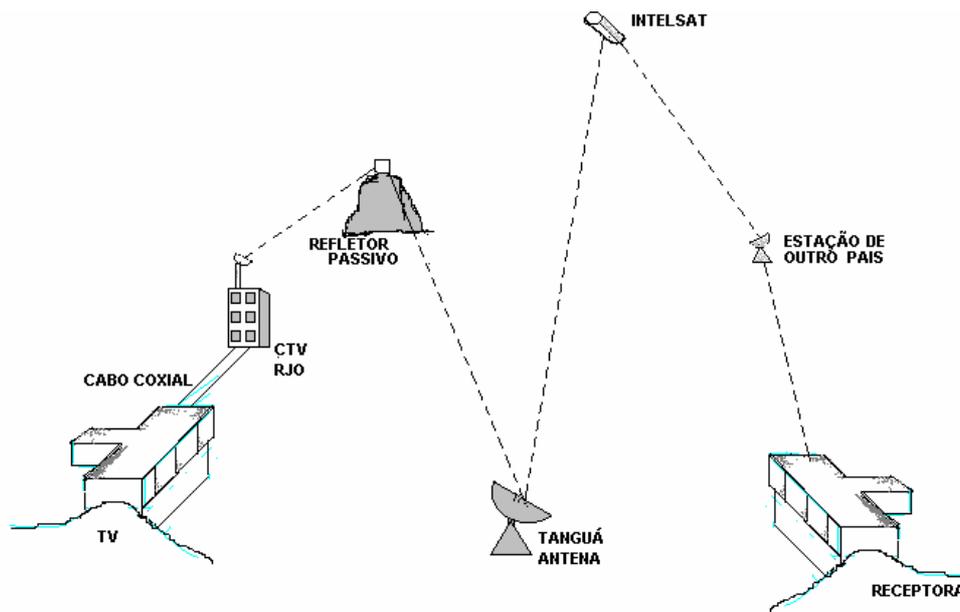
No Rio de Janeiro, a Embratel possui duas estações de comunicação via satélite, uma em Tanguá, distrito de Itaboraí, para comunicação internacional (satélite INTELSAT), e outra em Guaratiba, para comunicação com os satélites domésticos. Estes são agora e número de três, sendo os antigos Brasilsat A1 e A2 e o B1, lançado em agosto de 1994, que oferece 28 *transponders* na banda C, ao contrário dos 24 em cada um dos antigos, e um na banda X, de uso militar. Em São Paulo a estação de Morungaba é responsável pela ligação aos satélites.



Formação da rede nacional de TV, com emprego das facilidades de uma empresa de telecom

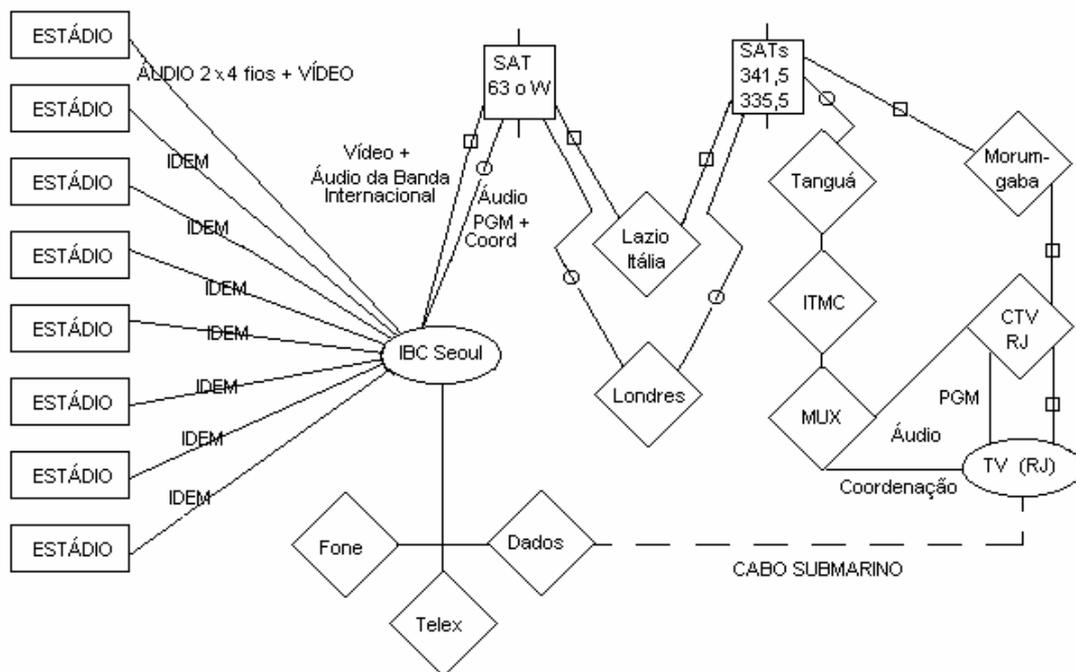
LIGAÇÕES PONTO A PONTO – NACIONAIS E INTERNACIONAIS

Apesar de possuírem um canal de satélite permanente para a rede, as emissoras necessitam muitas vezes trocar programas e matérias, como eventos esportivos que só interessam a determinadas praças, mas que ocorrem em outras, ou matérias jornalísticas para posterior inserção em um telejornal. Para tais ligações solicitam os recursos da empresa de telecomunicações, que recebe o sinal da emissora geradora em um CTV (Centro de Televisão), via cabo físico ou link de microondas, e se encarrega de entregar ao destinatário através do CTV da cidade deste, também por cabo ou microondas. O meio de ligação entre os dois CTVs é escolhido pela própria empresa, podendo ser satélite, microondas em visibilidade, fibra ótica, ou um misto deles, tendo a empresa de garantir a qualidade dos sinais de áudio e vídeo dentro de padrões estabelecidos. Com o novo satélite doméstico, a Embratel está oferecendo um transponder para SNG (*satélite news gathering*), através do qual a emissora contratante do serviço – temporário – pode fazer a subida ao satélite por conta própria, de qualquer lugar do país. Empresas estrangeiras também oferecem o serviço para a América Latina, na banda Ku, em satélites como o PAS-3, da PanAmSat, e o Galaxy IIIIR, da Hughes.



Ligação ponto-a-ponto internacional

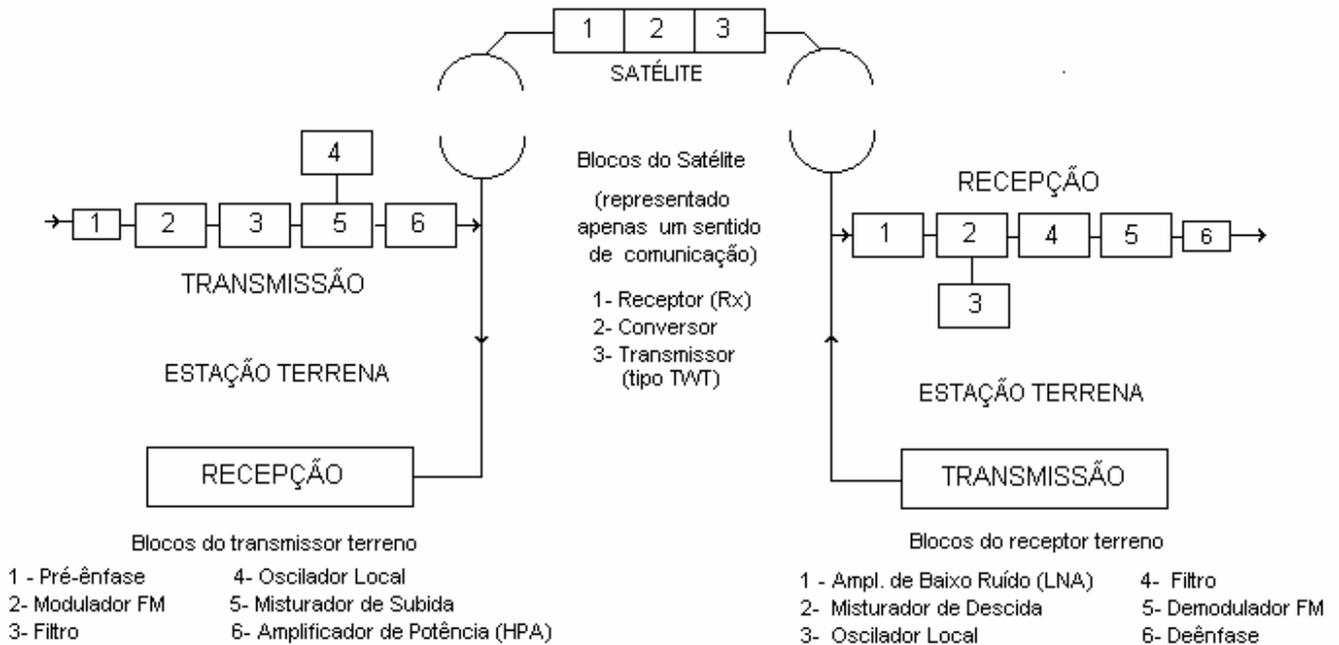
A transmissão internacional passa, geralmente, pela empresa de telecomunicações, especialmente se destinada daqui para o exterior. O sinal é encaminhado a um CTV e dali a empresa se encarrega de fazê-lo chegar a uma estação de subida a um satélite. Se o país receptor não for alcançado por esse satélite, é feita uma ponte num país intermediário – geralmente a Inglaterra – descendo ali e subindo para outro satélite. No caso de transmissões de fora para o Brasil, a empresa de telecomunicações faz a recepção e entrega à emissora através de um CTV. Algumas redes de TV fazem a captação direta de serviços noticiosos difundidos por satélites americanos e europeus, como é o caso da rede americana CNN, especializada em notícias, ou os sistemas por assinatura, com serviços de filmes, desenhos animados, variedades, esportes etc.



Transmissão de um evento internacional - caso da Olimpíada de Seul, 1988

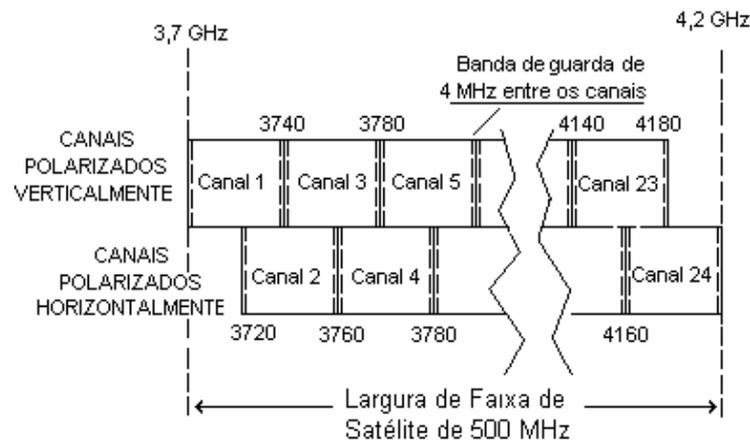
O SISTEMA DE COMUNICAÇÕES VIA SATÉLITE

Os satélites de comunicações encontram-se, em sua quase totalidade, no Cinturão de Clarke, uma região em torno do Equador terrestre numa altura aproximada de 36 mil quilômetros da superfície, na qual a velocidade orbital do satélite é a mesma de rotação da Terra, mantendo-o posicionado sempre sobre o mesmo ponto do planeta, o que lhe empresta a denominação de geo-estacionário e facilita enormemente a ligação, já que os sistemas de transmissão e recepção podem ser fixos, sem a necessidade de rastreamento, se o alvo for um único satélite.



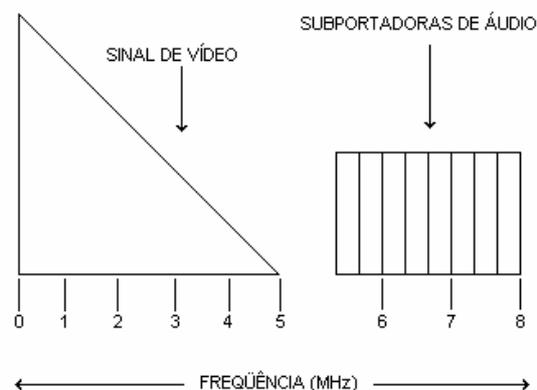
Sistema de transmissão e recepção por satélite

As frequências de ligação com os satélites estão na faixa de microondas, pois estas atravessam a ionosfera, sendo menos sujeitas a ruído e permitindo um número muito grande de canais de comunicação, já que a largura de cada canal é proporcionalmente pequena em relação à frequência central. As frequências mais empregadas comercialmente são, hoje, as da banda C, com subida entre 5,925 e 6,425 GHz e descida entre 3,7 e 4,2 GHz, e as da banda Ku, com subida entre 13,7 e 14,2 GHz e descida entre 11,7 e 12,2 GHz; ambas, como se observa, com largura de 500 kHz, que é a padronização norte-americana e que vem sendo adotada pelo Brasil. Essa faixa é dividida de 40 em 40 MHz, sendo 36 MHz usáveis e 4 MHz de intervalo de guarda. Tal divisão, a princípio, levaria a 12 canais de 36 MHz cada, denominados *transponders*, mas a utilização de polarização dos sinais permite o dobro de canais, sendo 12 com polarização vertical e outros 12 com polarização horizontal.



Frequências de descida de um satélite, com a divisão dos *transponders*

Cada *transponder* pode levar milhares de canais telefônicos, mas um máximo de dois programas de TV, quando se emprega meio *transponder* para cada um, o que reduz a qualidade de imagem. As redes de TV costumam alugar um *transponder* inteiro, dos 24 disponíveis e, além do vídeo, podem enviar vários canais de áudio, como o do próprio programa e de emissoras de rádio. A banda base do vídeo (SCV) vai de zero a 4,6 MHz, no máximo, a partir daí podem ser colocadas subportadoras moduladas em FM, com os canais de áudio desejados, sendo comum a utilização de uma subportadora de 5,8 MHz para o áudio do programa, ou 6,2 e 6,8 MHz para áudio estéreo. O limite de frequência (áudio e vídeo) é de 10 MHz. Esse conjunto é modulado em FM, para ser enviado ao satélite.



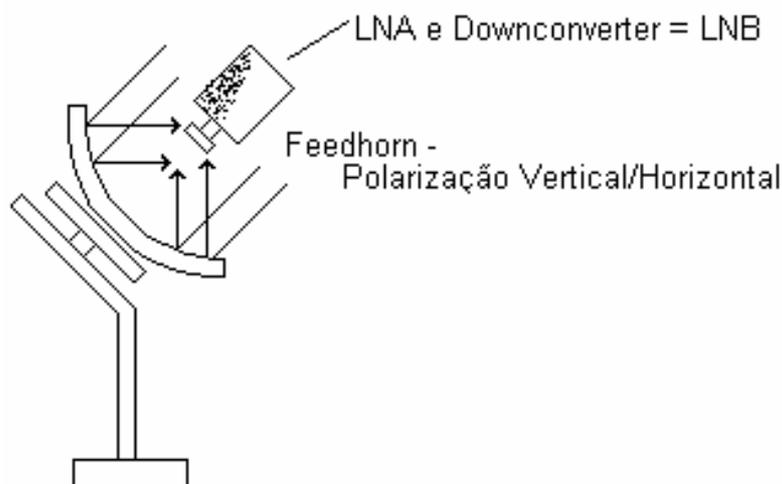
Banda básica de um canal de TV para transmissão por satélite (áudio e vídeo modulados em FM)

O satélite, no que diz respeito à sua função principal, é composto de um sistema de antenas, receptor, conversor de frequências e transmissor, cuja potência está na ordem de unidades a duas dezenas de watts. Além disso, há o sistema de alimentação, composto de painéis solares, baterias e circuitos de controle, e o sistema de posição, atuando em motores e que recebe comandos da Terra.

A cobertura da superfície proporcionada pelo satélite é chamada de "pegada" e pode ser classificada pelo tipo de feixe enviado: global, cobrindo até 42,4% da superfície do planeta; hemisférico, cobrindo 20% e de ponto, cobrindo 10%. A intensidade do sinal se modifica de acordo com a distância entre o local de recepção e o ponto central para o qual o feixe é dirigido.

SISTEMA DOMICILIAR DE RECEPÇÃO DE SATÉLITE

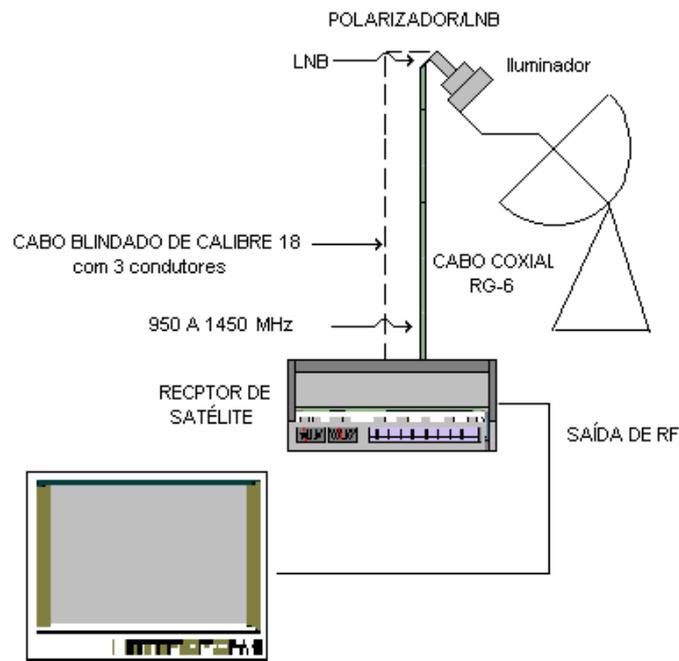
A parábola, chamada geralmente de “antena parabólica”, é apenas um refletor. No foco da parábola é que fica o elemento de recepção: uma sonda (antena), que encaminha o sinal ao LNA (*Low Noise Amplifier* ou Amplificador de Baixo Ruído), responsável pela recepção e amplificação do sinal proveniente do satélite. Na mesma peça está um conversor (DC – *Down Converter*), que faz a conversão da faixa de frequências de descida do satélite (por exemplo, 3,7 a 4,2 GHz na banda C) para uma outra mais baixa – 950 a 1450 MHz – e por isso mais adequada a transitar por cabos coaxiais. Esse conjunto, LNA + DC, é chamado de LNB (*Low Noise Block*) e tem dimensões específicas de acordo com a faixa de frequências a que se destina. Um LNB tem seu desempenho avaliado principalmente pela sua temperatura de ruído em Kelvin, sendo melhores os valores mais baixos – atualmente estes variam de 25 a 60 K. Outro fator é o ganho, com valor entre 40 e 65 dB. À entrada do LNB, que é na verdade um guia de ondas e que por isto tem dimensões específicas, é acoplado um alimentador ou iluminador, que tem por objetivo levar à sonda somente os raios refletidos pela parábola, eliminando os que venham dos lados desta, que são ruído.



Sistema de recepção de satélite - parte externa

O diâmetro da parábola está diretamente relacionado à intensidade do sinal recebido no local, o que é definido pelo mapa de pegada do satélite. No caso do Brasilsat A2, o diâmetro necessário vai aumentando à medida que a estação se distancia do equador, sendo maior no Rio Grande do Sul e menor no Amazonas.

A conexão de saída do LNB é feita por um conector F, do mesmo tipo usado na entrada de antena dos receptores de TV modernos. A ligação ao receptor de satélite é feita por cabo coaxial, cujo tipo deve ser escolhido em função do comprimento, já que as perdas são elevadas em alta frequência.



Sistema doméstico de recepção de tv via satélite

O receptor de satélite recebe a faixa de 950 a 1450 MHz com todos os canais e sintoniza apenas o *transponder* desejado, convertendo-o para uma FI de 70 MHz, com largura de faixa ajustável, para otimizar a demodulação em função do tipo de modulação empregado – banda larga ou estreita. A demodulação inicial é em FM, recuperando a banda base do vídeo e as subportadoras de áudio. Uma segunda sintonia permite escolher qual subportadora será detectada e esta passa também por um detetor de FM. Os dois sinais, áudio e vídeo, ficam disponíveis em conectores próprios, tipo RCA, chamados *audio out* e *video out*, sendo também modulados nas portadoras de um canal de TV, 3 ou 4, e entregues pela entrada de antena ao televisor.

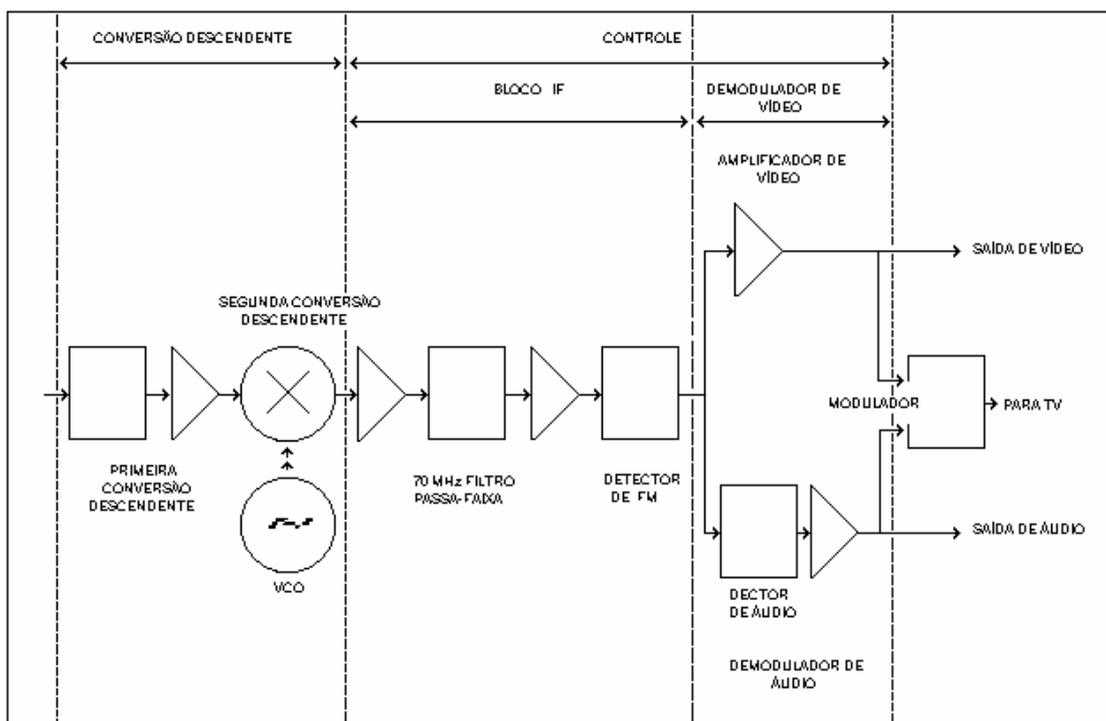


Diagrama em blocos de um receptor de satélite para uso doméstico

Como há transponders de polarização vertical e outros de polarização horizontal, o iluminador tem de ser especificamente alinhado para uma polarização (linear) ou possuir guias de onda para dois LNBs, cada um com uma orientação, formando um ângulo de 90° (*orthomode*), ou ainda ter um dispositivo acoplado, chamado comercialmente de *Polarotor*, o qual gira uma sonda dentro do iluminador, de modo que passem ao LNB sinais com uma ou outra polarização. Em instalações com um único receptor, essa última solução é a adotada. Ao se fazer a troca de “canais”, o receptor envia um sinal ao *polarotor*, ajustando-o. Tal sinal consiste de pulsos retangulares, com 5 V de amplitude, sendo a largura dos pulsos o comando de posição da sonda. Como os canais têm polarização alternada entre eles, ajusta-se por uma chave a do primeiro e a troca é automática, junto com a do canal. Um ajuste fino do alinhamento da sonda (*skew*) permite otimizar a recepção. Sendo usado mais de um receptor com a mesma parábola, emprega-se um iluminador *orthomode*, que comporta dois LNBs. O comando de polarização enviado pelo receptor serve agora para chavear, com um dispositivo apropriado, o sinal de um ou outro LNB. Sistemas de antena coletiva para satélite (SMATV) empregam um iluminador *orthomode* com divisores de sinal dos LNBs (e amplificadores de linha, quando necessário) para tantos receptores quantos sejam os canais instalados no sistema. Cada receptor é fixado em uma sintonia e a saída de áudio e vídeo que fornece é modulada num canal de VHF e distribuída aos usuários por meio de cabos coaxiais, como num sistema de antena coletiva convencional, juntando todos os canais e até outros serviços, como TV em circuito fechado.

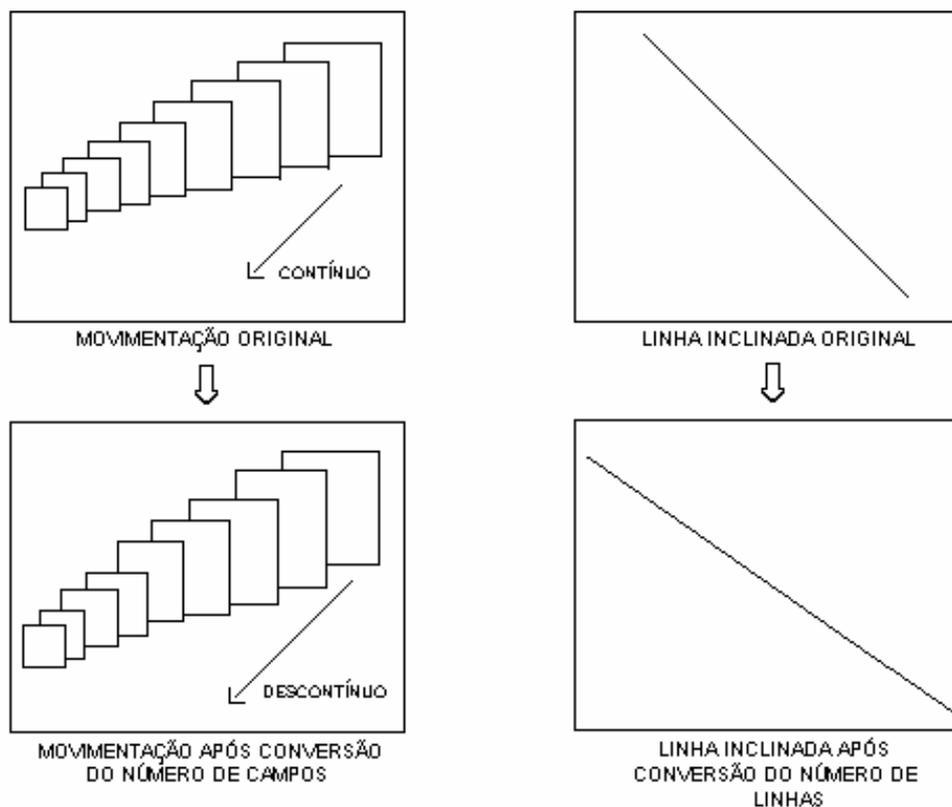
A parábola pode ser construída de várias maneiras e com diversos materiais. Parábolas grandes costumam ser feitas em tela, o que lhes empresta facilidade de transporte, pois vêm desmontadas, e resistência ao vento, mas são suscetíveis a deformações e imperfeições na estrutura, alterando o formato e, conseqüentemente, a correta focalização dos sinais do satélite sobre o iluminador. Parábolas inteiriças em fibra de vidro estão sujeitas a deformação com o tempo, sendo preferíveis as de chapa de alumínio, especialmente para dimensões menores.

O suporte do conjunto de antena tem de permitir elevada estabilidade e o ajuste do posicionamento. A maioria dos sistemas domésticos é destinada à recepção nacional, que se concentra em um satélite Brasilsat; assim, o posicionamento fica fixo. Os sistemas de recepção de satélites necessitam de dispositivos eletromecânicos – os atuadores – para orientar a antena para cada satélite, quando se deseja recepção internacional e se tem um único receptor. Sistemas coletivos precisariam definir qual satélite será recebido em tal hora e apenas um operador faria o ajuste.

Em relação aos ajustes para o posicionamento da antena, existem dois tipos básicos de suporte: o que rastreia o arco dos satélites com um único movimento – tipo polar – e o que o faz com dois graus de liberdade – azimute e elevação (tipo az-el). O instalador tem de saber a posição do satélite que vai receber e sua própria posição e determinar assim para onde a antena apontará; não pode haver nenhum obstáculo entre a parábola e o satélite e esta tem de estar dentro da pegada. Para realizar o posicionamento, o instalador precisa de mapas geográficos e de pegadas dos satélites – para dimensionar o prato, tabelas de localização dos satélites, além de uma bússola e um inclinômetro. A consulta a livros ou manuais específicos é imperativa para quem deseja instalar sistemas internacionais e muito útil para fazer um bom trabalho em qualquer caso.

As transmissões via satélite de outros países podem vir em diferentes padrões e sistemas. Para a conversão de sistemas utiliza-se um transcodificador, que essencialmente separa luminância de crominância. Converte esta em PAL-M e torna a somá-la com Y. Vale ressaltar que a quase totalidade televisores nacionais vendidos atualmente já operam em PAL-M, PAL-N e NTSC; há no mercado internacional televisores que operam nos mais diversos padrões e sistemas. O transcodificador convencional não é capaz de converter sistemas, isto é, passar de 625linhas/50 quadros

(padrões B, G, I, N etc.) para 525 linhas/60 quadros (padrão M). Nesse caso, o receptor de TV deve ser capaz de se ajustar às frequências de varredura do outro padrão.



Aspectos da imagem após a conversão de padrão

TV A CABO

A TV a cabo começou nos EUA na década de 1950 como uma rede de distribuição em pequenas cidades, distantes das emissoras, dos sinais captados por uma antena localizada em um ponto privilegiado. Denominava-se MATV (*Master Antena TV*) e carregava apenas os canais regulares. Na década de 70 o sistema ampliou-se muito e passou a carregar canais exclusivos. Hoje há sistemas bidirecionais, nos quais o usuário pode se comunicar com a central, solicitando mercadorias e serviços, participando interativamente de programas e até mesmo acessando a Internet. Há também canais especiais com cobrança extra para o usuário que solicita um programa não disponível a todos os assinantes – é o *pay-per-view*.

Os sinais do sistema partem da cabeça-de-linha (*Head End*) que é uma central responsável pela recepção, geralmente de satélites, pela modulação nos canais adequados e pela equalização de nível entre todos eles, de modo a não haver interferências mútuas. Dali parte a linha-tronco, em coaxial ou fibra ótica, que vai se ramificando pela área servida pelo operador até chegar aos assinantes, havendo no percurso amplificadores para compensar as perdas nos cabos e derivadores.

Os canais de TV a cabo são os doze de VHF, ocupando as mesmas frequências, e outros que usam frequências que no ar são ocupadas por outros serviços, mas que no cabo podem ser usadas, porque o sistema não irradia: são canais de banda intermediária, entre 120 e 174 MHz, e de superbanda, entre 216 e 474 MHz.

Pelas diferenças em relação aos canais extras, um televisor convencional não consegue sintonizar diretamente os canais de TV a cabo, o que leva ao uso de um Conversor de TV a Cabo, que é um receptor próprio para as frequências empregadas

nesse sistema. Tal receptor faz dupla conversão: a primeira para uma FI de 608 a 614 MHz, fora da faixa utilizada pelos canais, para evitar interferências, e a segunda para um canal fixo (3 e 4) , pelo qual entra no televisor. Televisores modernos já estão aptos a sintonizar canais de cabo, mas em alguns casos persiste a necessidade de um receptor específico, pois as operadoras costumam codificar alguns ou todos os canais e o usuário necessita de um decodificador. Nos sistemas com *pay-per-view* cada decodificador tem um código, de modo que ele seja ou não habilitado pela central, via um comando específico gerado a partir da autorização do assinante e que também gera a cobrança do serviço.

TV POR ASSINATURA

O sistema de TV a cabo é essencialmente um sistema por assinatura, isto é, a assinatura básica fornece os canais também disponíveis pelo ar e, por isto, é barata; canais extras custam mais.

Em cidades onde a recepção pelo ar é satisfatória pode não se justificar a distribuição por cabo, mas ainda assim haverá interesse pelos canais extras. Estes, então, podem ser enviados também pelo ar, porém codificados, de modo que somente os assinantes disponham de um decodificador que lhes permita recebê-los. No Brasil esse serviço têm sido alocado em canais de UHF e em frequências de microondas (MMDS).

Há, ainda, a recepção de TV por assinatura diretamente do satélite (DTH – *direct to home*), cuja transmissão é feita na banda Ku, que também necessita de decodificadores específicos, fornecidos pela operadora do sistema.