

Formatos de Vídeo Digital

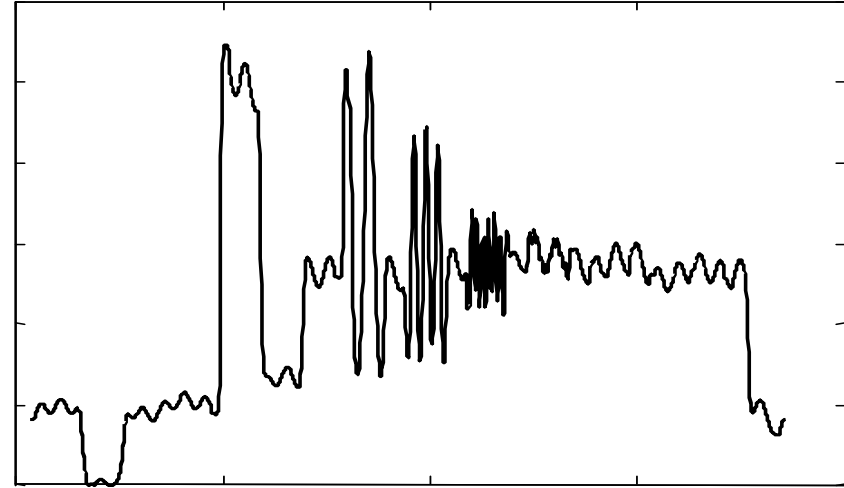
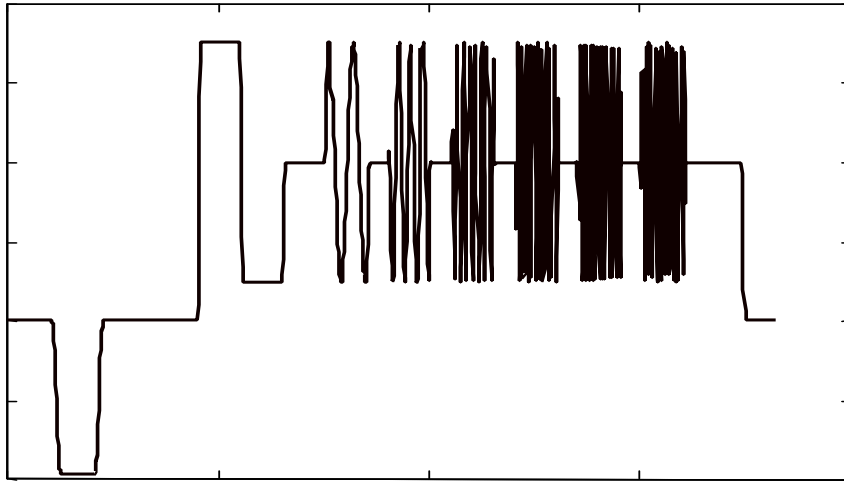
PTC3547 – Codificação e Transmissão
Multimídia

Guido Stolfi - EPUSP - 2024



- Degradações do sinal analógico
- Aplicações das técnicas digitais na TV
- Amostragem e Quantização
- Estruturas de amostragem espacial
- Interfaces de Vídeo Digital
- Interfaces para Vídeo com Compressão
- Processamento Digital de Vídeo
- PDS no receptor de TV
- Justificativas para Compressão de Vídeo

- **Ruído**: aleatório, cumulativo, inerente aos processos físicos envolvidos na eletrônica;
- **Distorção não-linear**: presente em todos os elementos ativos de circuitos, amplificadores, processadores, etc.;
- **Interferências**: ingresso de sinais indesejados, geralmente de origem humana; identificáveis, porém de difícil eliminação;
- **Perdas**: atenuações, limitações de resposta em frequência, dispersão temporal, etc.



- Processamento de Sinal
- Armazenamento
- Transmissão Digital

- **“Frame store”**: armazenamento digital para permitir congelamento de imagem, câmera lenta e “replay”
- **“Frame synchronizers”**: sincronizadores de sinais de vídeo com capacidade de compensar defasagens de até 1 quadro completo
- **Conversores de padrões**: transcrição entre sistemas com varreduras de 50 e 60 Hz, implementados com interpoladores e decimadores espacio-temporais

- **Equipamentos de telecinagem:** conversão de 24 fotogramas para 60 campos por segundo através de interpolação
- **Efeitos de transformações geométricas:** mapeamento espacial de imagens, em tempo real, com mudança de coordenadas, deformações, perspectivas, etc.
- **Redutores de ruído:** baseados em filtragem temporal entre linhas e quadros consecutivos

- **"Time Base Corrector" (TBC):** compensação de flutuações temporais de curta duração (Jitter), em equipamentos de VT
- **Gravadores de vídeo digitais:** evitam degradação cumulativa da relação sinal/ruído em sucessivas gerações (cópias)
- **Edição não-linear:** meios de armazenamento digital com acesso randômico a nível de quadros individuais, facilitam o processo de edição

- **Cancelamento de ecos por multi-percurso** (*fantasmas*): equalização adaptativa de canal no receptor de TV
- **Decodificação de cromaticidade**: receptores para padrões múltiplos utilizando DSP
- **“Picture in Picture”** (PIP): decimação e transformações espaciais utilizando “frame buffer”

- **Servidores de Vídeo:** bancos de Hard Disks com segmentos de programação, vinhetas, aberturas, etc.
- **Bancos de Dados relacionais:** indexação de conteúdo (ex.: MPEG-7)
- **Compressão de Dados:** arquivamento de massa (ex. MPEG-2, MPEG-4)

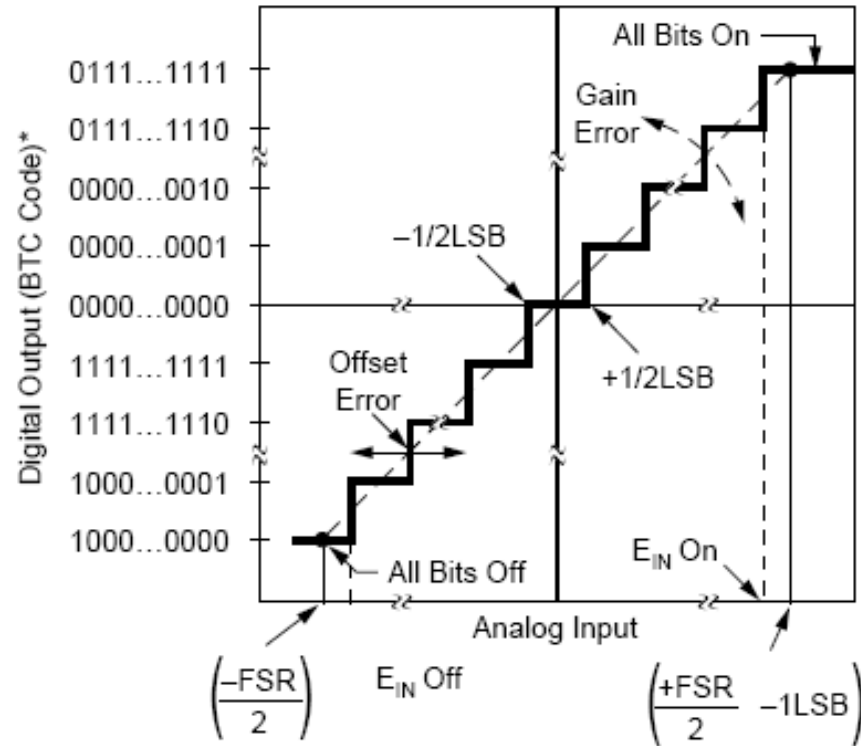
(Não percam próximos capítulos..)

- Amostragem

+

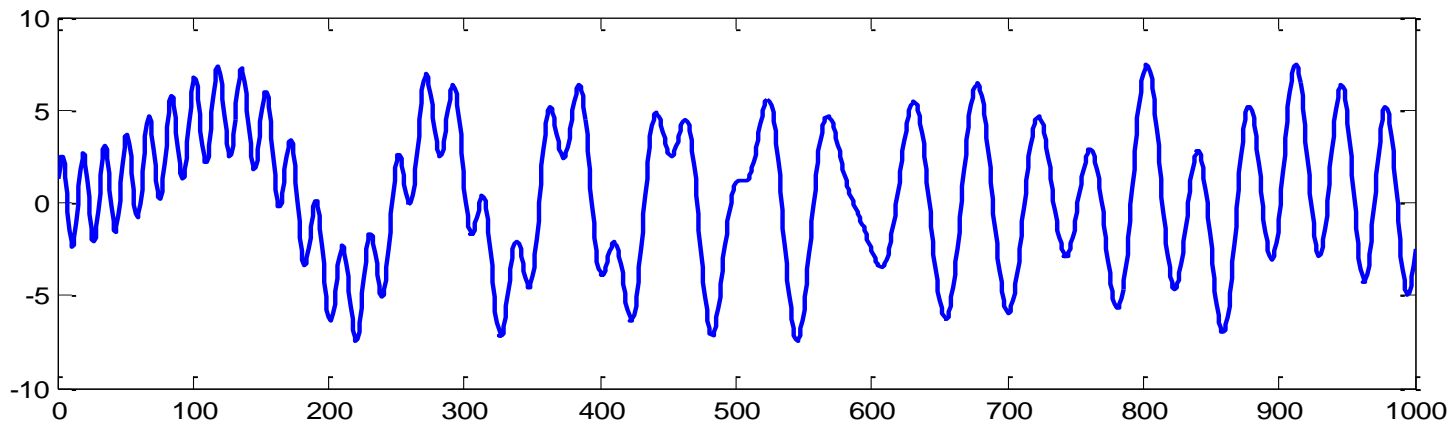
- Quantização

- Amostragem Temporal (quadros $\rightarrow f_V$)
- Amostragem Espacial Vertical (varredura $\rightarrow f_H$)
- Amostragem Espacial Horizontal (pixel $\rightarrow f_A$)
- Quantização (resolução \rightarrow bits)

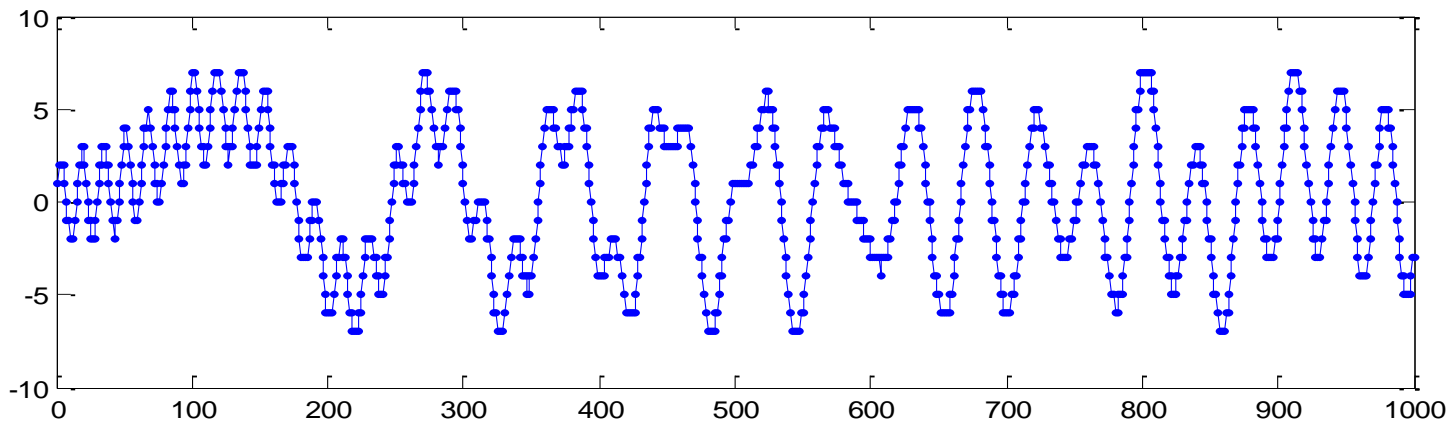


Sinal Quantizado (4 bits = 16 níveis)

$s(t)$

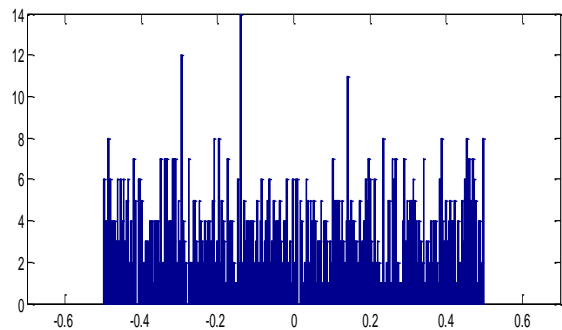
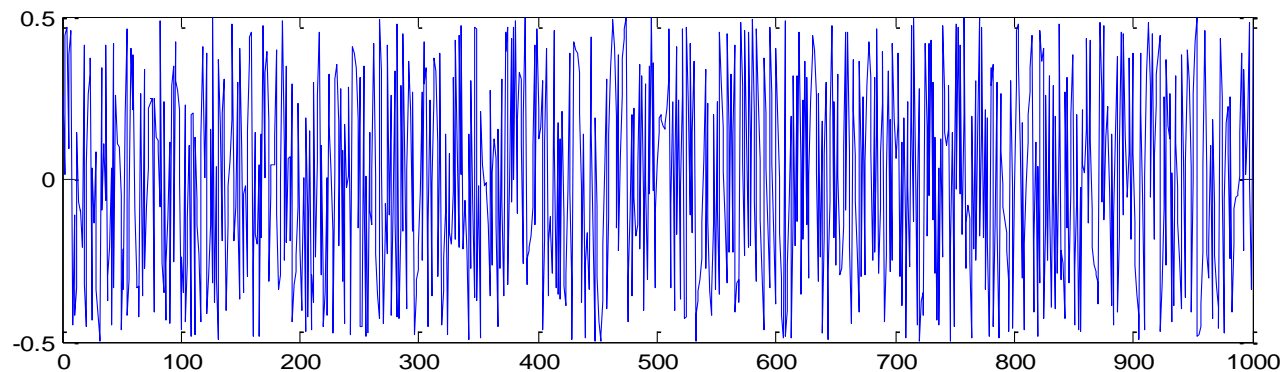


$s_Q(t)$

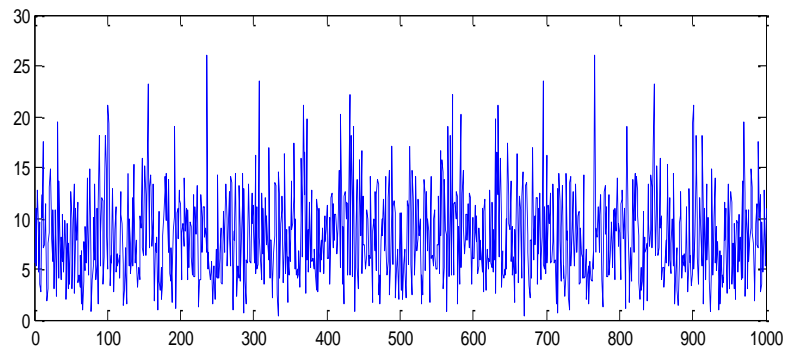


Passo de
Quantização:
 $Q = 1$

$$s_Q(t) - s(t)$$



Histograma



Espectro

- Ruído Aleatório Aditivo
- Distribuição Uniforme de Amplitude
- Amplitude Pico-a-pico = Q (passo de quantização)
- Potência Média:

$$P_Q = \int_{-\frac{Q}{2}}^{\frac{Q}{2}} s^2 ds = \frac{Q^2}{12}$$

- Sinal quantizado com n bits: 2^n níveis
- Amplitude de pico do sinal: $S_P = Q \times 2^{n-1}$
- Potência de pico do sinal: $P_P = Q^2 \times 2^{2n-2}$
- Potência do ruído de quantização: $P_Q = Q^2 / 12$
- Relação Sinal / Ruído:

$$\frac{P_P}{P_Q} = \frac{Q^2 \times 2^{2n-2}}{Q^2 \div 12} = 12 \times 2^{2n-2} = 3 \times 2^{2n}$$

- Em decibéis:

$$\begin{aligned}\frac{S}{R} &= 10 \log(2^{2n}) + 10 \log(3) = 20n \log(2) + 10 \log(3) \\ &= 6,02 \times n + 4,77 \text{ dB}\end{aligned}$$

Exemplo: 8 bits $\rightarrow S/R = 52,9$ dB (máx.)

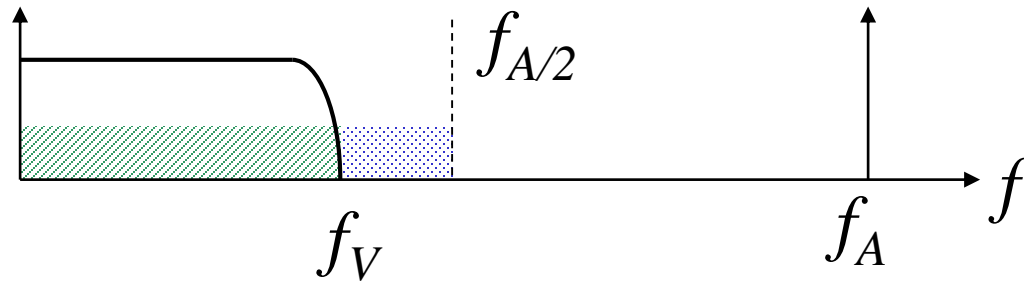
16 bits $\rightarrow S/R = 101,1$ dB

- Adota-se a relação entre a **amplitude pico-a-pico** do sinal ($Q \times 2^n$) e a **amplitude RMS** do ruído de quantização :

$$\frac{S}{R} = \frac{Q \times 2^n}{Q \div \sqrt{12}} = 2\sqrt{3} \times 2^n$$

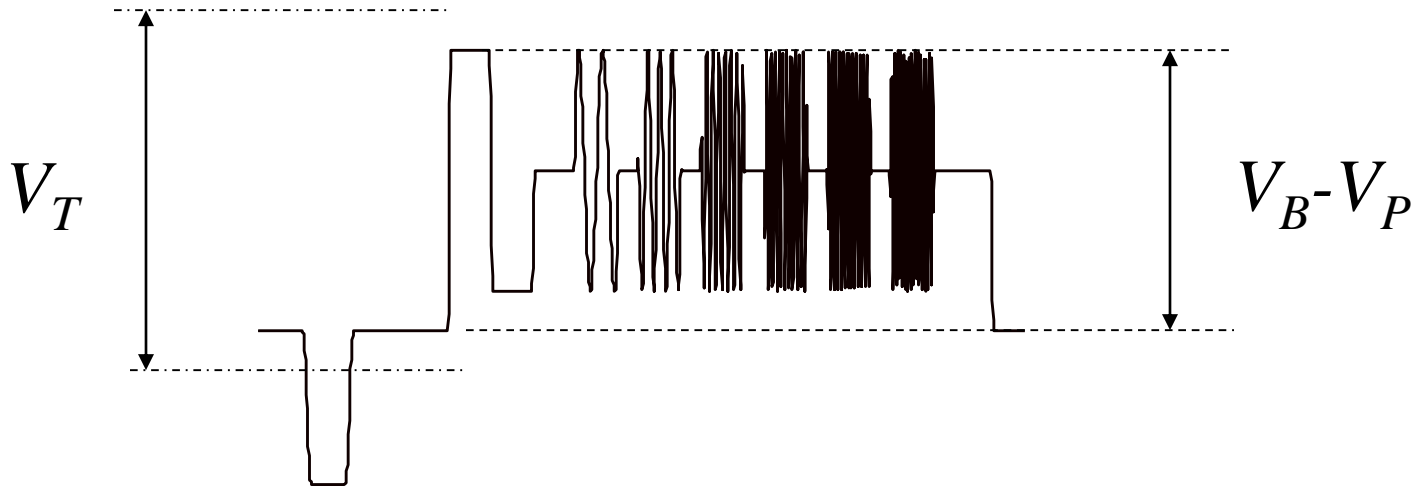
$$\begin{aligned} \frac{S}{R} &= 20 \log (2\sqrt{3} \times 2^n) = 20 n \log(2) + 10 \log(12) \\ &= 6,02 \times n + 10,8 \text{ dB} \end{aligned}$$

- A limitação da resposta em frequência, após a quantização, reduz a potência do ruído, eliminando as componentes fora da banda:



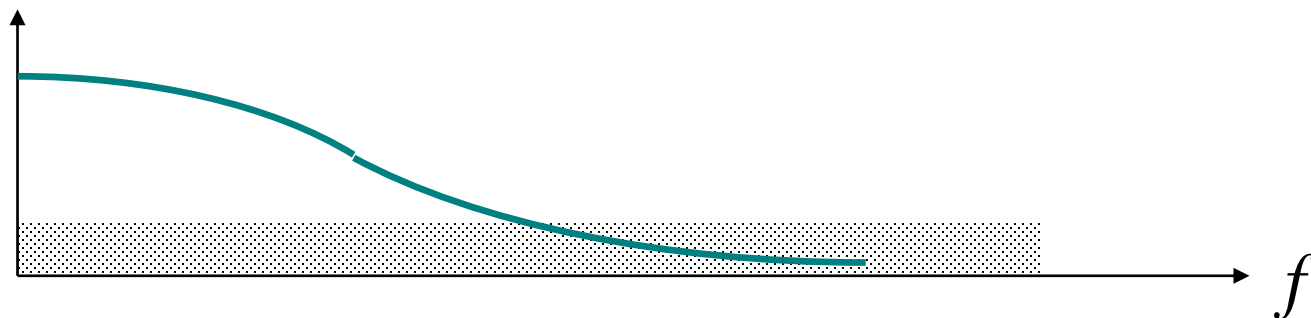
$$\frac{S}{R} = 6,02 \times n + 10,8 \text{ dB} + 10 \log \left(\frac{f_A}{2f_V} \right)$$

$$\frac{S}{Q_e} = 6.02 \cdot n + 10.8 + 10 \cdot \log\left(\frac{f_A}{2f_V}\right) - 20 \log\left(\frac{V_T}{V_B - V_P}\right) \quad (dB)$$



$$A(f) = 10 \log_{10} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{f_1} \right)^2 \right] \cdot \left[1 + \left(\frac{f}{f_2} \right)^2 \right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_3} \right)^2 \right]} \text{dB}$$

onde $f_1 = 270\text{kHz}$, $f_2 = 1.37\text{MHz}$ e $f_3 = 390\text{kHz}$

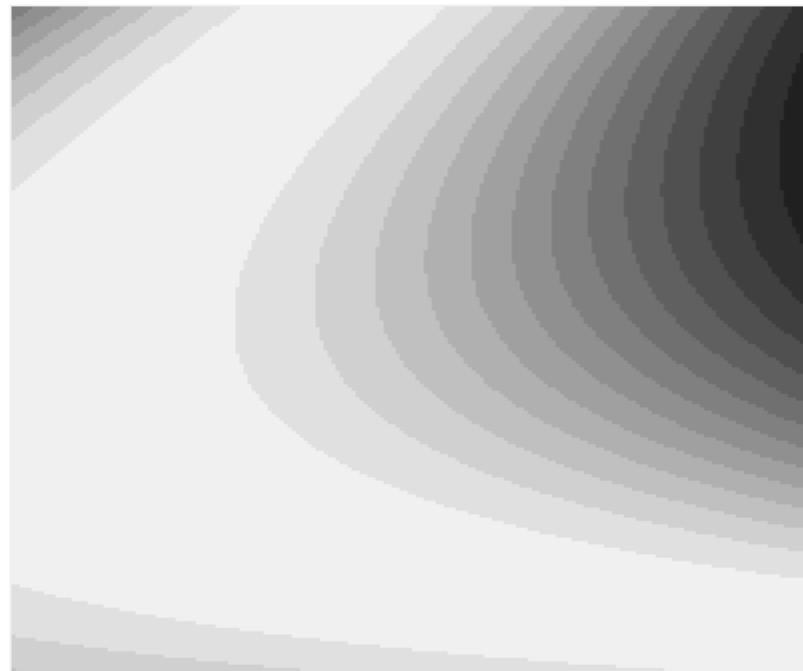


$$\frac{S}{Q_e} = 6.02 \cdot 8 + 10.8 + 10 \cdot \log\left(\frac{14.3}{8.4}\right) - 20 \log\left(\frac{1.22}{0.714}\right) + 6.81 = 63.43 \text{ dB}$$

Fator p-p → 10.8
8 bits → $6.02 \cdot 8$
 f_S → $10 \cdot \log\left(\frac{14.3}{8.4}\right)$
 $2 f_V$ → $10 \cdot \log\left(\frac{14.3}{8.4}\right)$
 V_T → $20 \log\left(\frac{1.22}{0.714}\right)$
Nominal → $20 \log\left(\frac{1.22}{0.714}\right)$
 $A(f)$ → 6.81



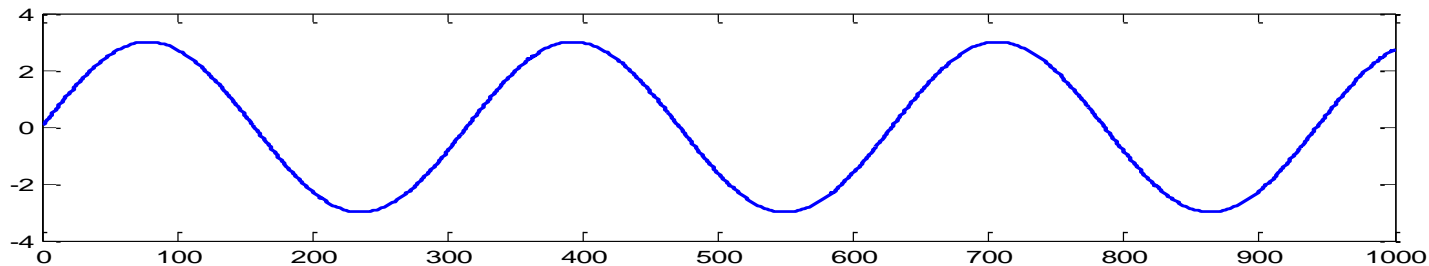
$$Q = 1 / 256$$



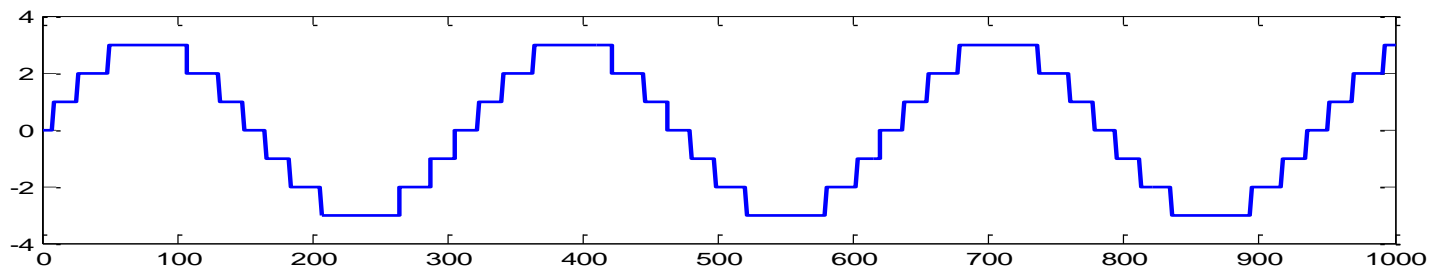
$$Q = 1 / 16$$

Visibilidade do Ruído de Quantização

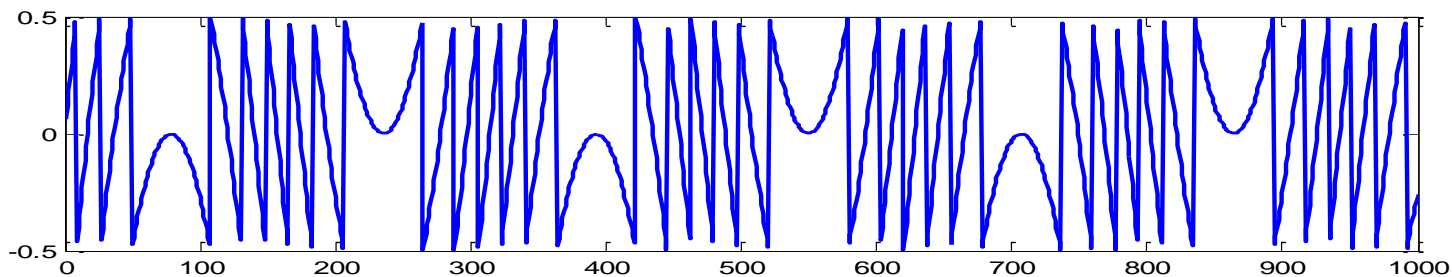
$s(t)$

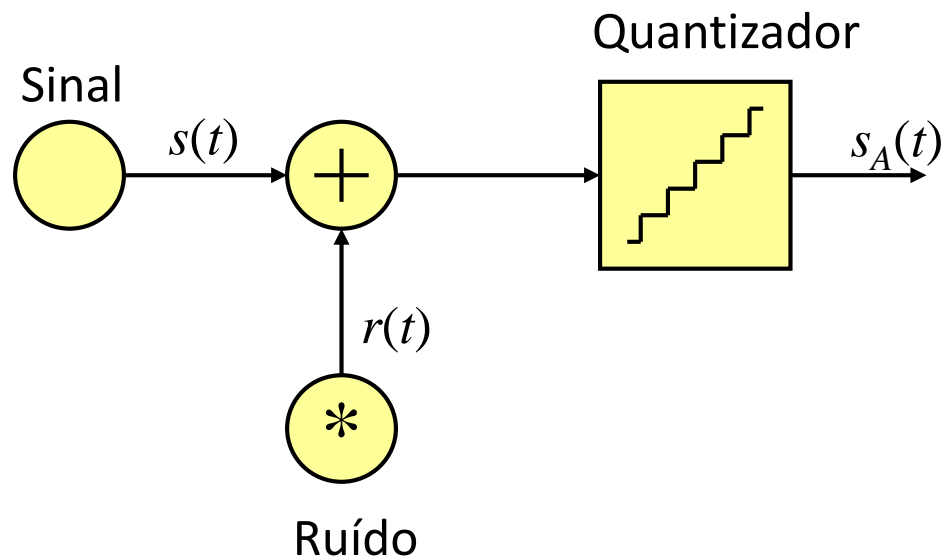


$s_Q(t)$



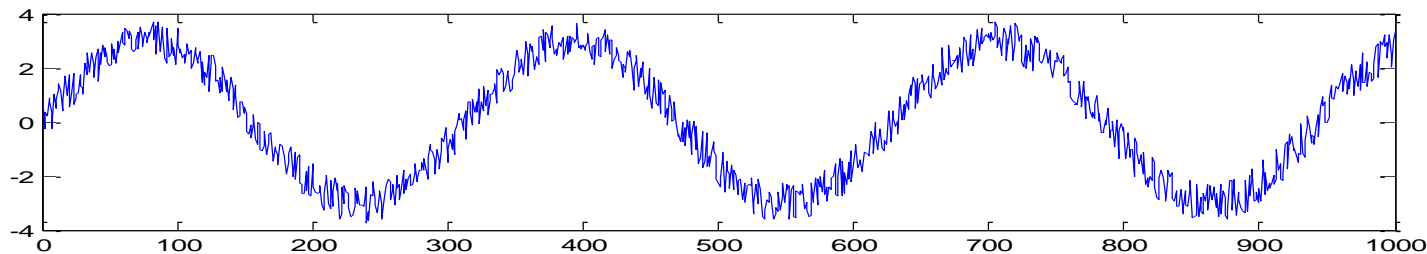
$s_Q(t) - s(t)$



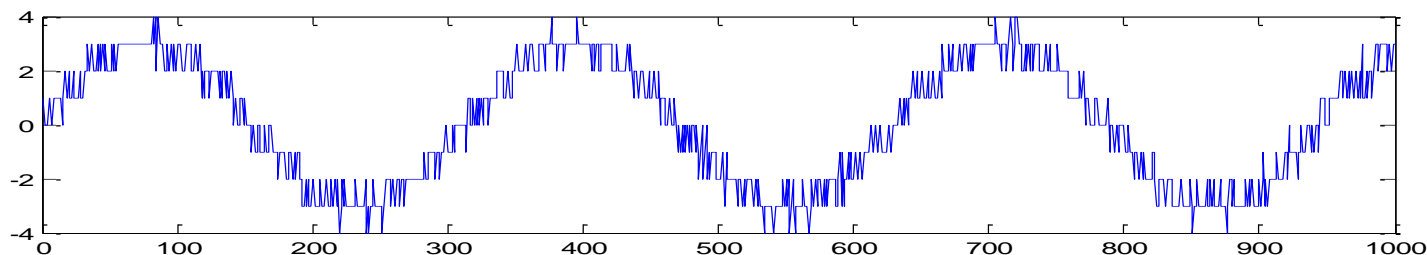


Quantização com "Dithering"

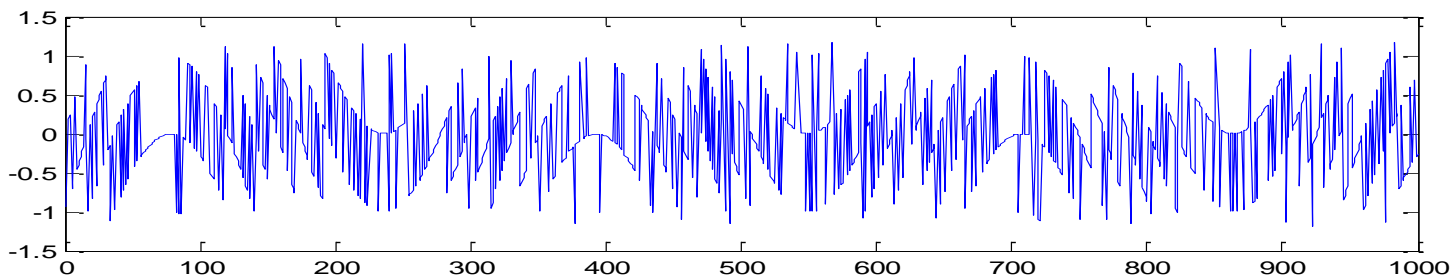
$$s(t) + r(t)$$



$$s_Q(t)$$



$$s_Q(t) - s(t)$$



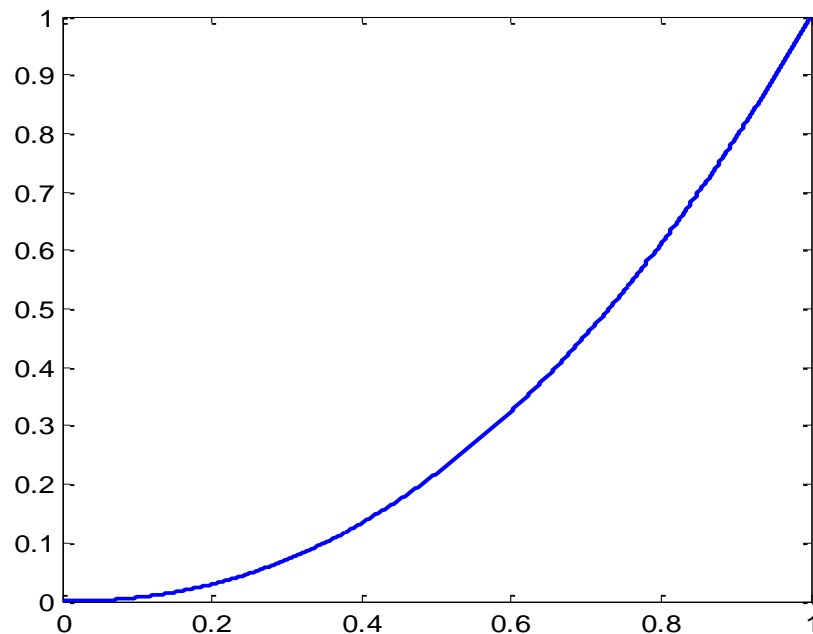


$$Q = 1 / 256$$

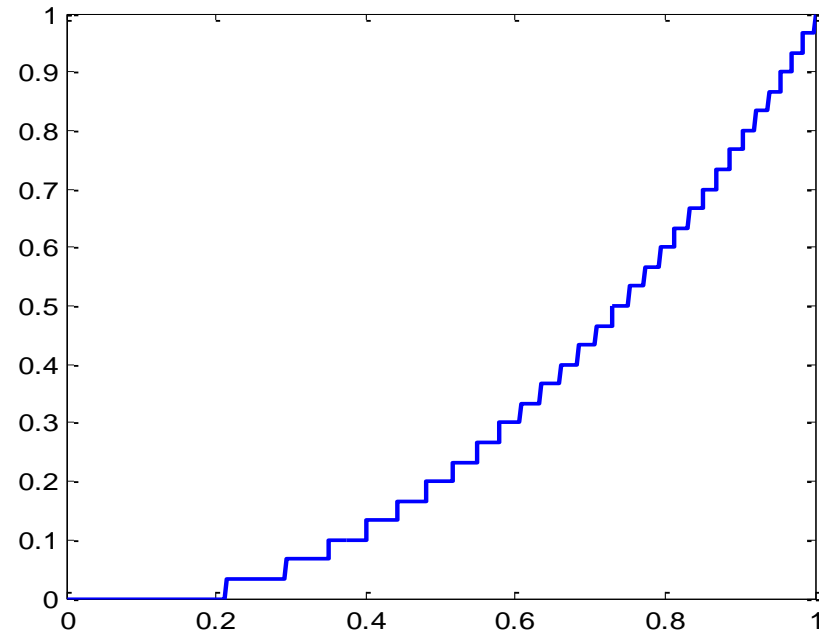


$$Q = 1 / 16 \quad d = 1/16$$

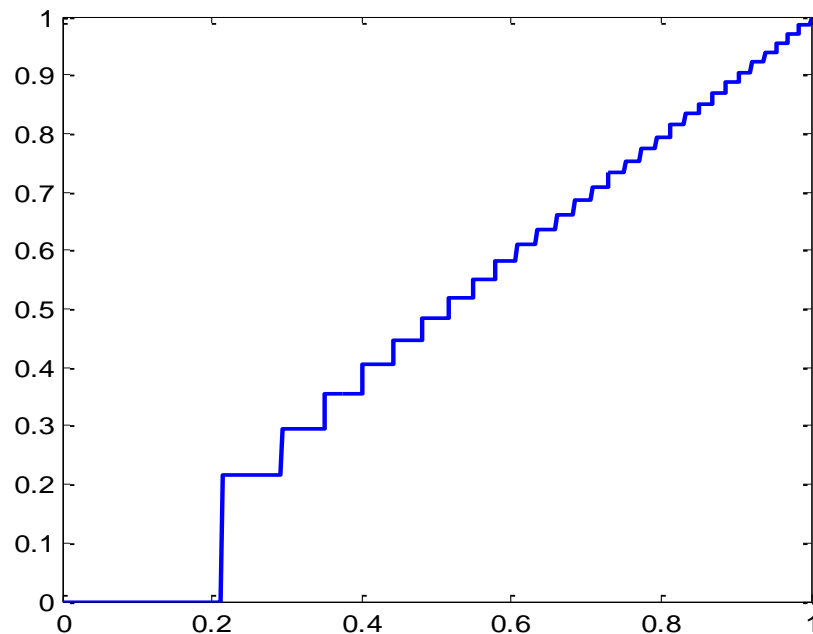
Escala Linear
em “Lightness”
(Percepção Subjetiva
de Intensidade)



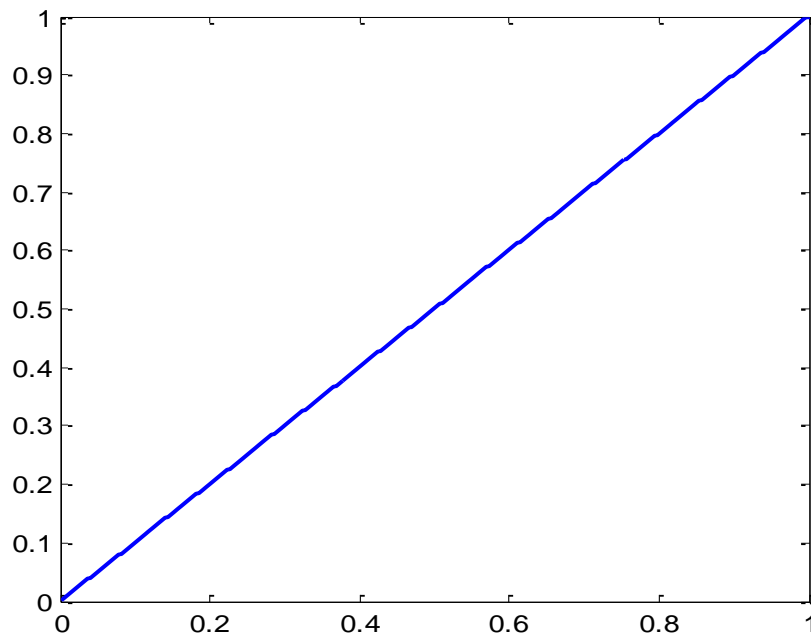
Sinal de Luminância
quantizado



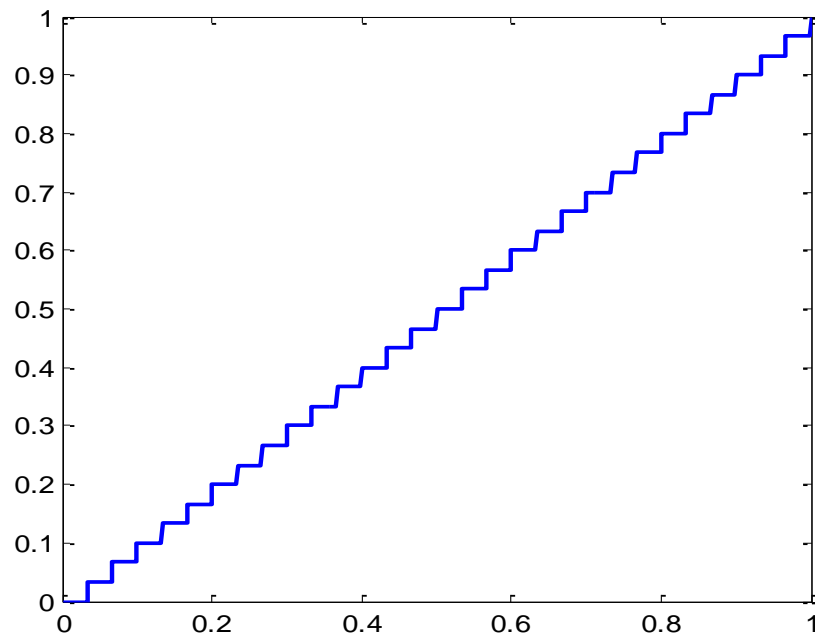
Percepção correspondente
ao sinal de luminância
quantizado (sem fator gama)



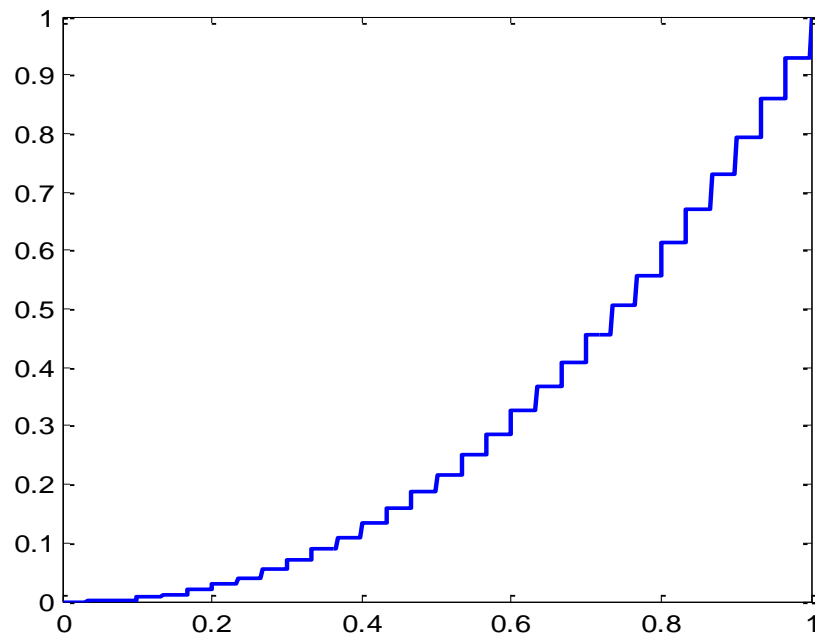
Escala Linear
em “*Lightness*”
(Percepção Subjetiva
de Intensidade),
corrigida por fator γ



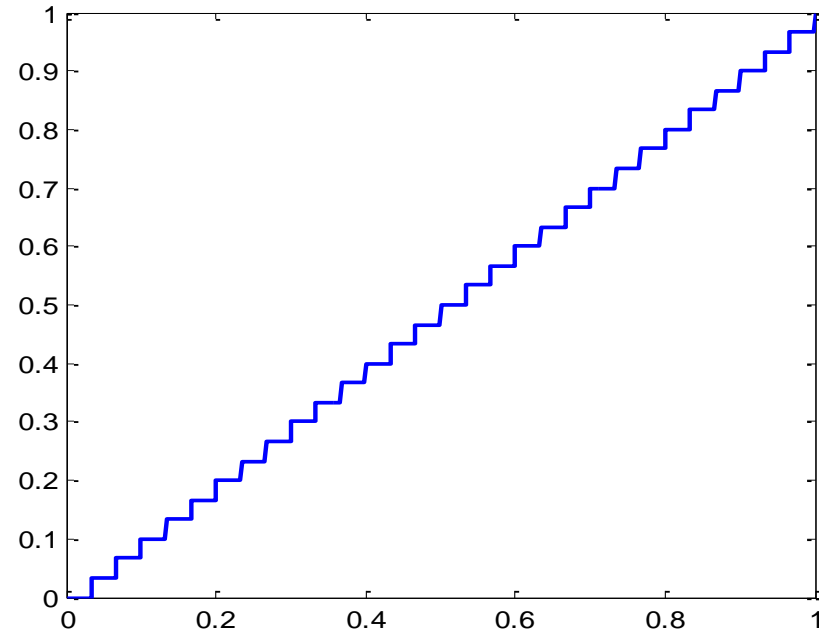
Sinal de Luminância
com correção gama,
quantizado

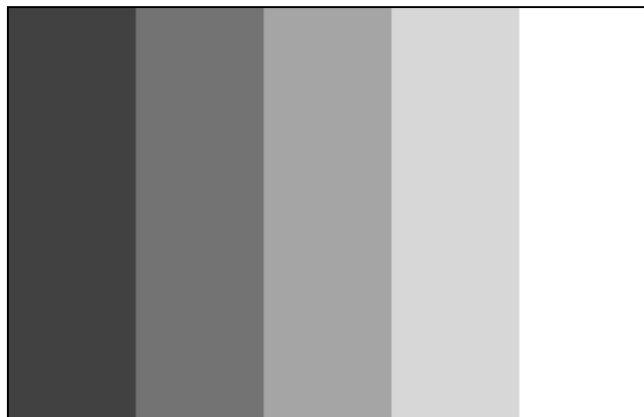


Sinal de Luminância
equivalente



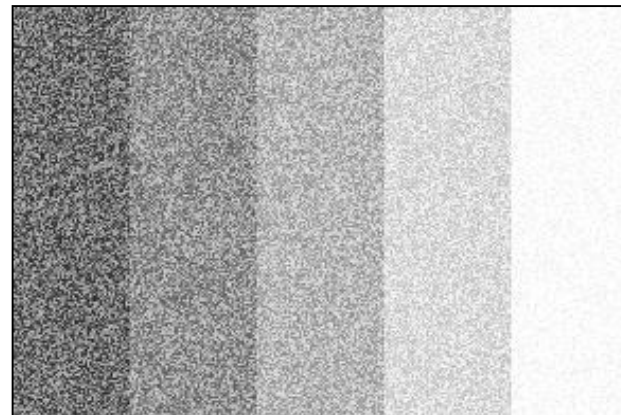
Percepção correspondente
ao sinal de luminância
quantizado (com fator gama)



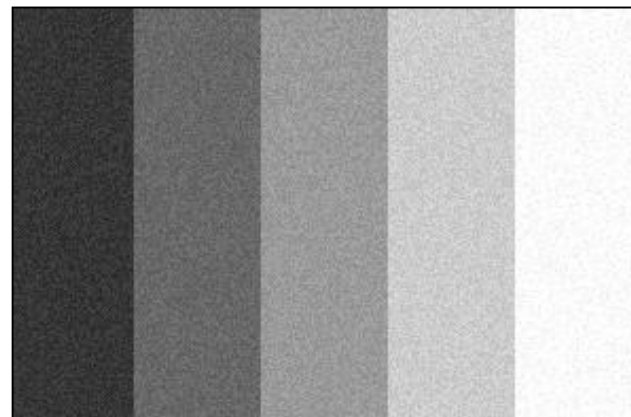


Original

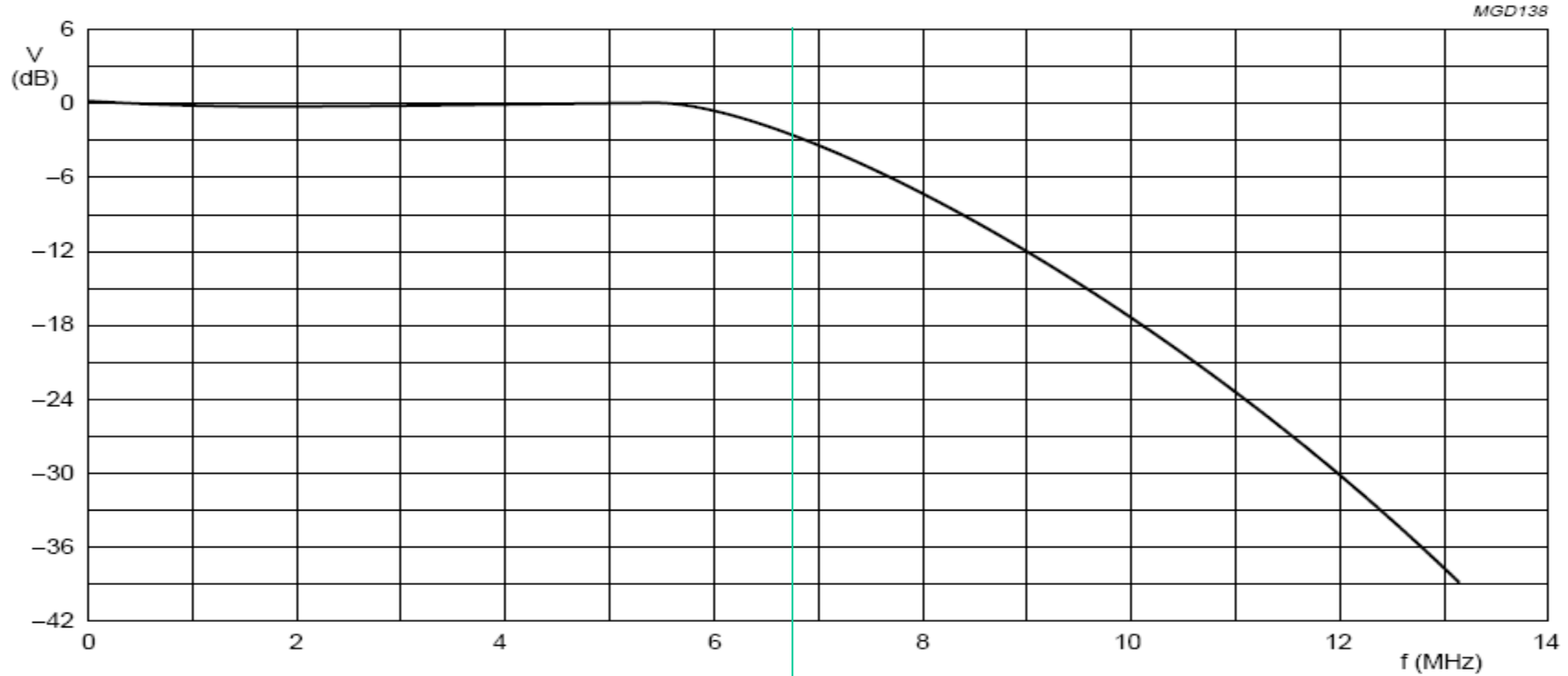
$\gamma = 0$



$\gamma = 2,2$



- Vídeo é amostrado na forma perceptual (com correção Gama)
- Taxa de Amostragem obedece critério de Kell ($f_A \geq \sim 3 f_M$) para imagens “naturais”
- Filtro “anti-aliasing” não pode afetar os transientes espaciais; a resposta não pode ser oscilatória (p. ex.: gaussiano)

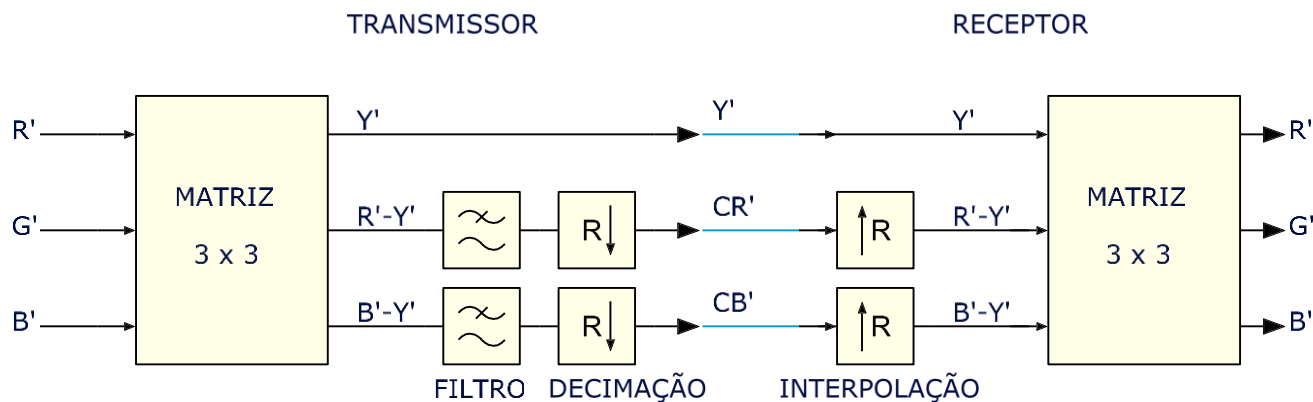


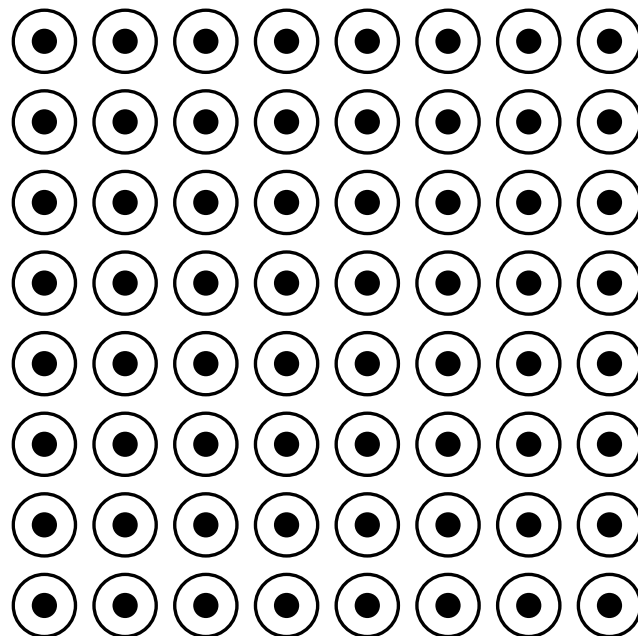
$$f_A/2 = 6,75 \text{ MHz}$$

Estruturas de Amostragem Espacial

- Recomendações ITU-R: Estruturas de amostragem, colorimetria e outros parâmetros de produção de vídeo
 - BT.601: 720 (H) x 480 i (V)
 - BT.709: 1920(H) x 1080i (V)
 - BT.2020: UHDV

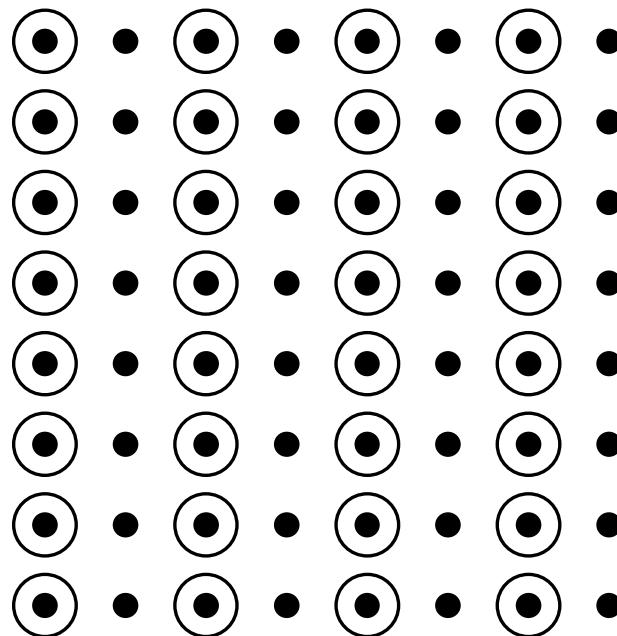
- Outros formatos:
 - CIF (*Common Intermediate Format*): 352 x 288 p
 - QCIF ($1/4$ CIF): 176 x 144 p
 - VGA (*Video Graphics Array*): 640 x 480 p
 - SMPTE 296M: 1280 x 720p



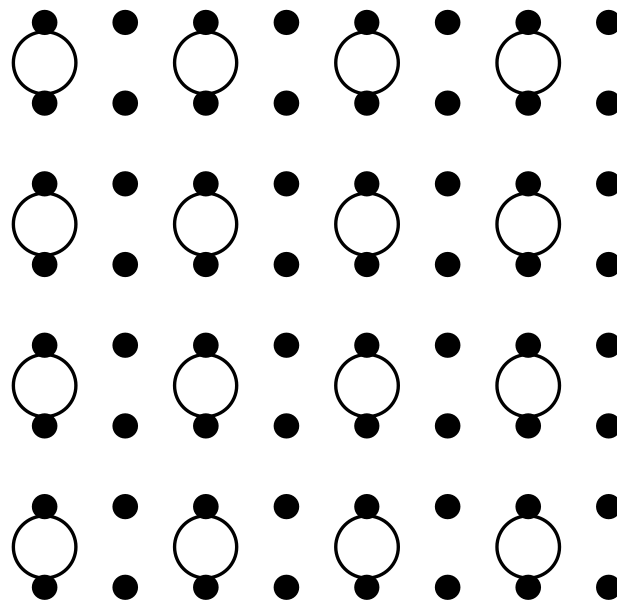


○ = Crominância ● = Luminância

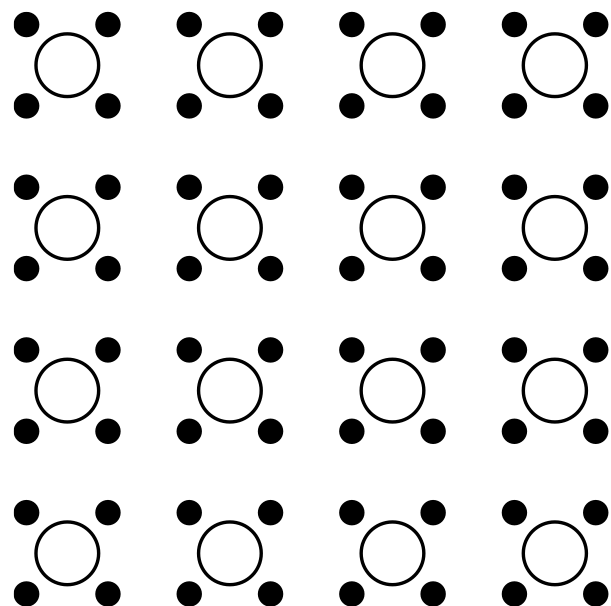
(BT.601)



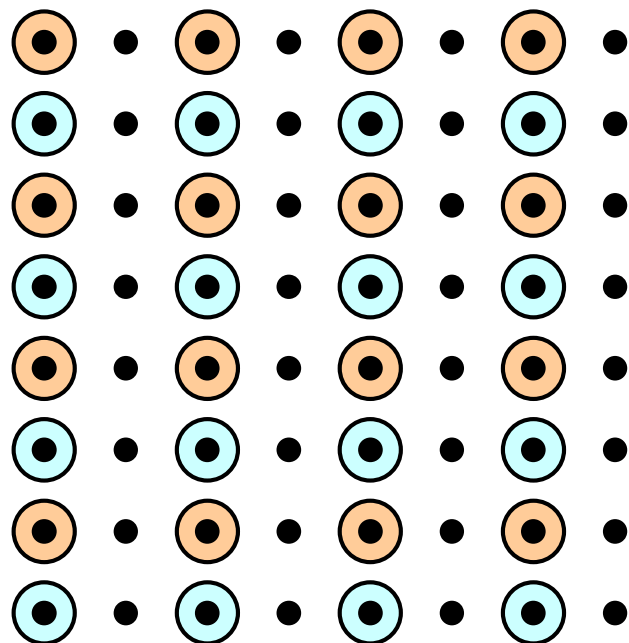
○ = Crominância ● = Luminância





○ = Crominância ● = Luminância

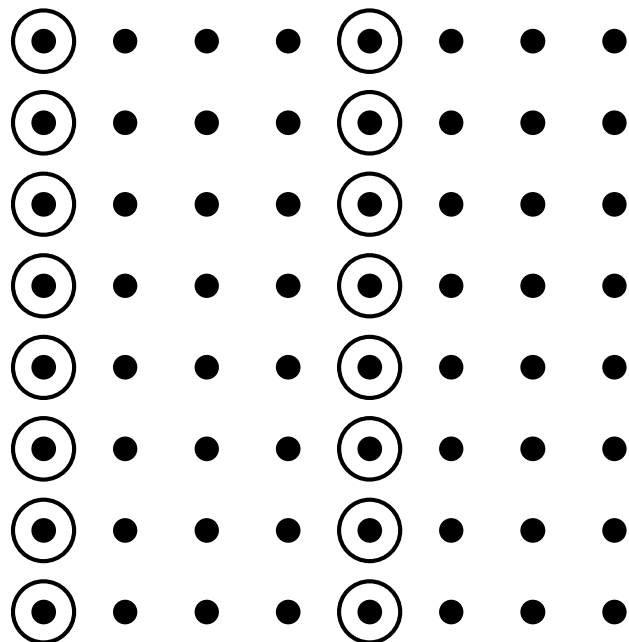


○ = Crominância ● = Luminância



  =Crominância

 = Luminância



○ = Crominância ● = Luminância

Interfaces de Video Digital

- Originalmente CCIR-601
- = SMPTE 125M
- “Digital Components” ou “4:2:2”
- Amostragem separada de Y' , C_B e C_R
- $f_A = 13.5$ MHz (Y') e 6.75 MHz (C_B , C_R)
- 8 bits (extensão para 10 bits)
- Interface física: ECL, balanceado, 8/10 bits + clock
- Atualmente: formato nativo em circuitos para processamento de vídeo

- Componentes Analógicas:

$$Y' = 0,299 R' + 0,587 G' + 0,114 B'$$

$$P_B = -0,169 R' - 0,331 G' + 0,5 B'$$

$$P_R = 0,5 R' - 0,419 G' - 0,081 B'$$

- Componentes Digitalizadas:

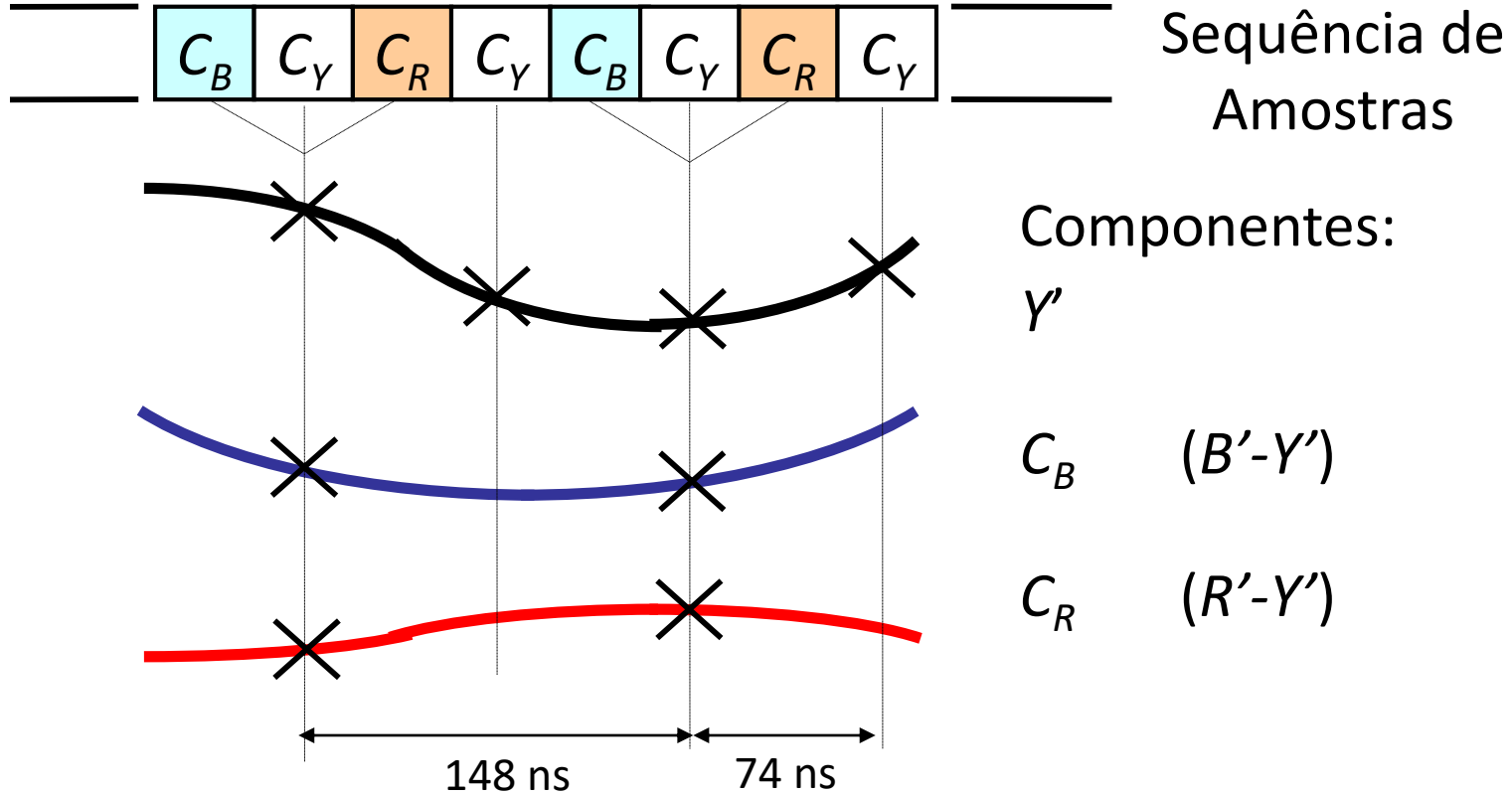
$$C_Y = \frac{219}{100} Y' + 16 \quad (Y' \text{ em unidades IRE})$$

$$C_B = \frac{128}{100} (B' - Y') + 128$$

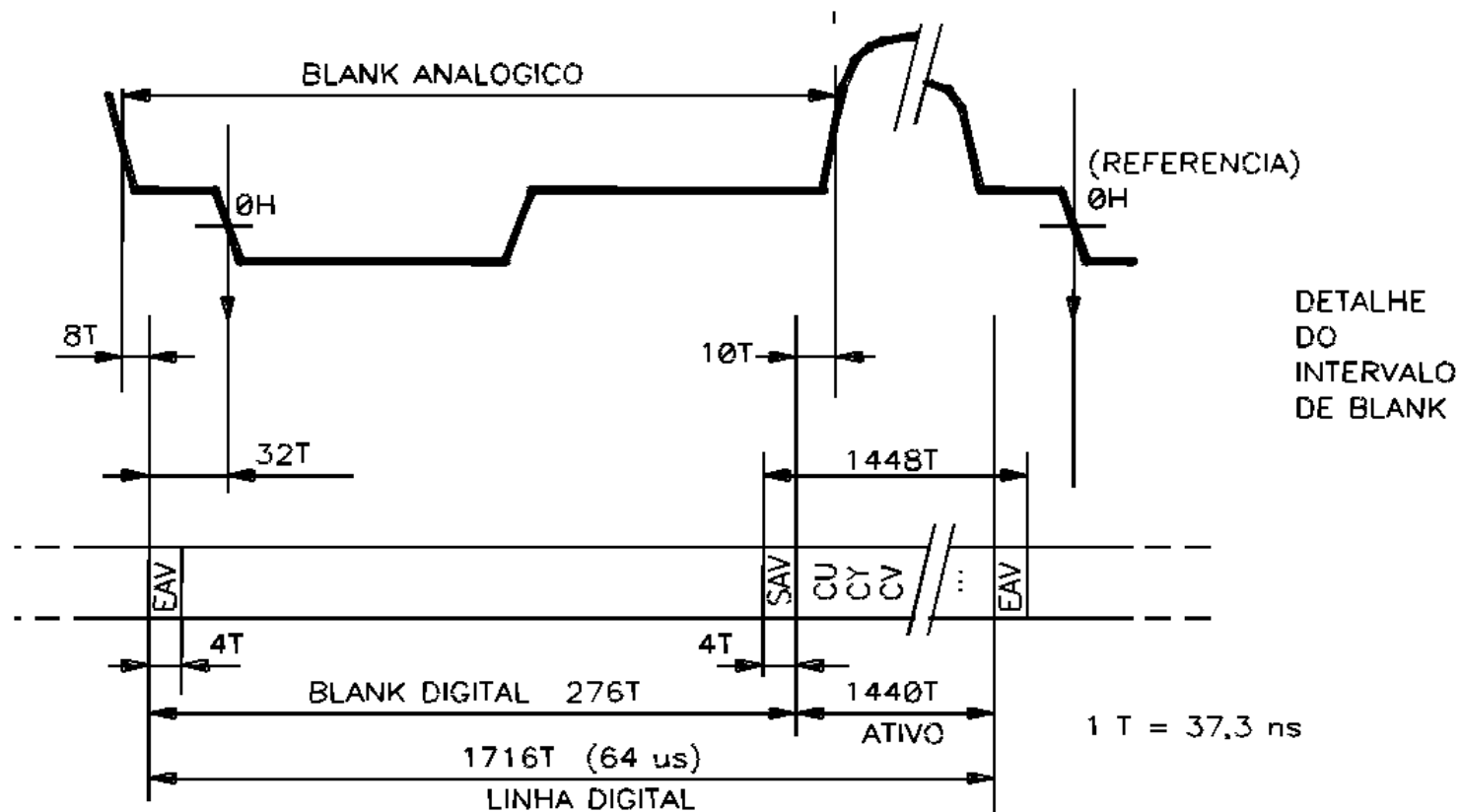
$$C_R = \frac{160}{100} (R' - Y') + 128$$

(8 bits)

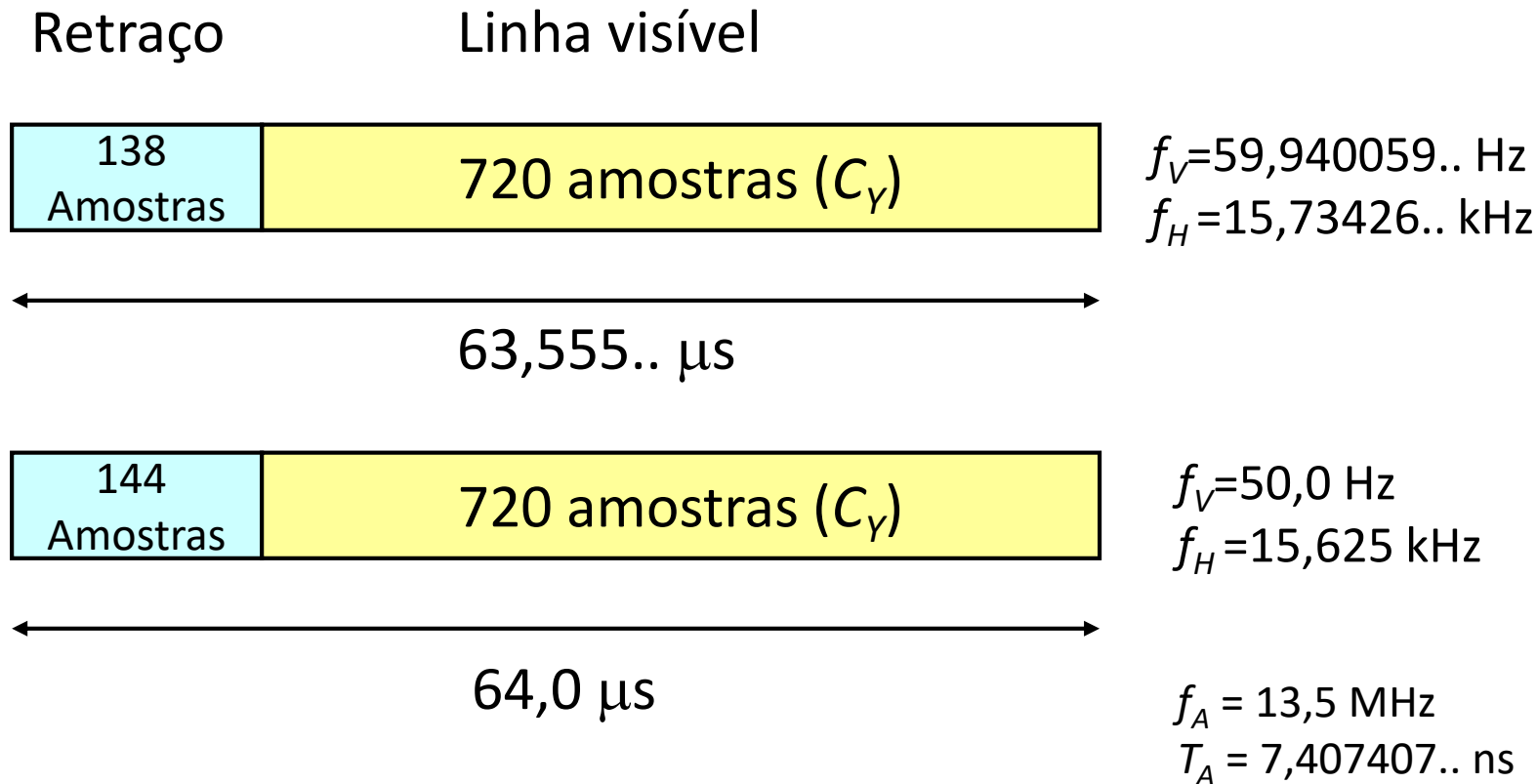
Estrutura de Amostragem BT.601 (4:2:2)



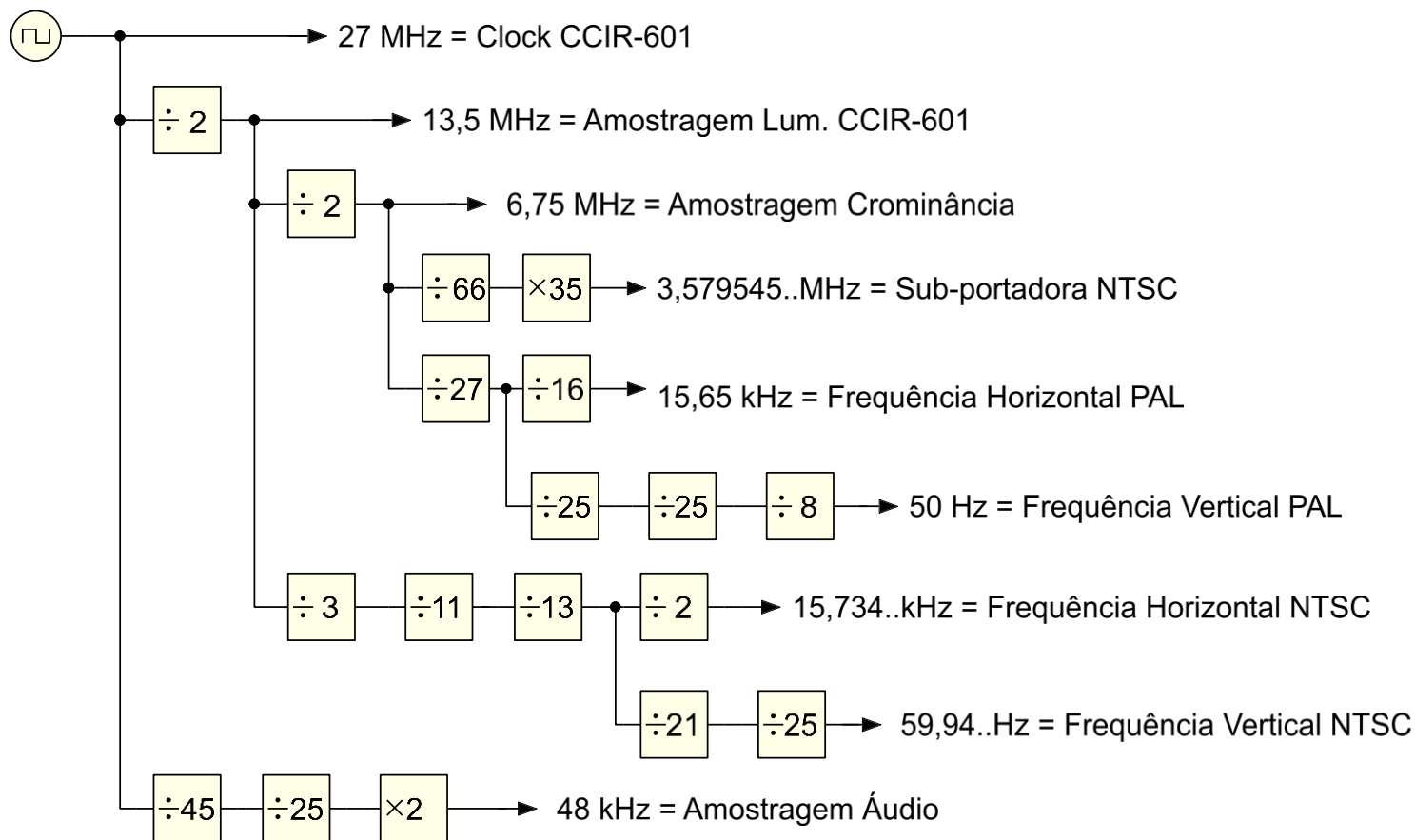
Intervalo de Retraço Horizontal BT.601



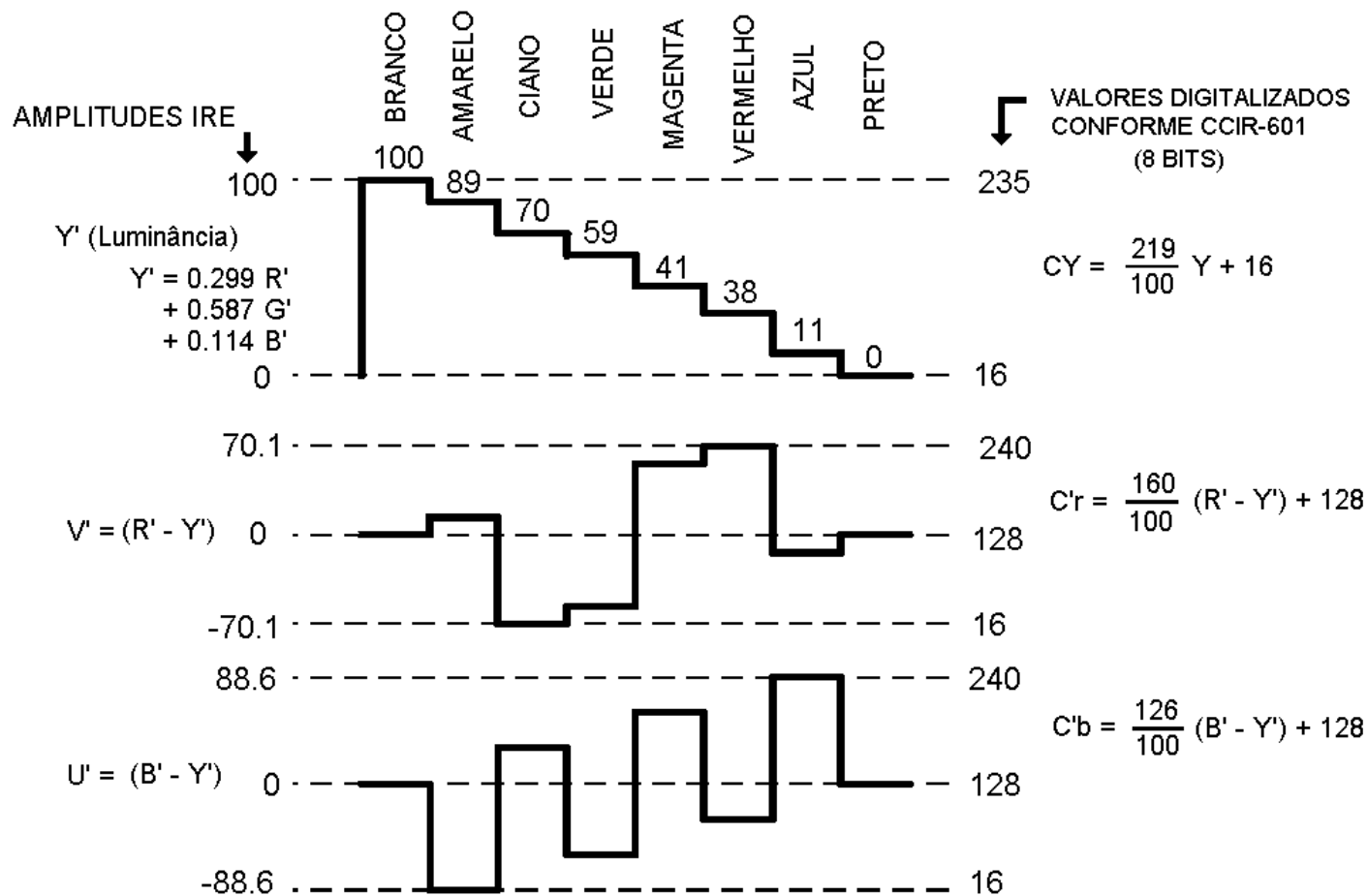
Bit	9	8	7	6	5	4	3	2
Preâmbulo	1	1	1	1	1	1	1	1
	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0
Dados	1	Campo 0/1	Blank Vertical	SAV / EAV	P3	P2	P1	P0



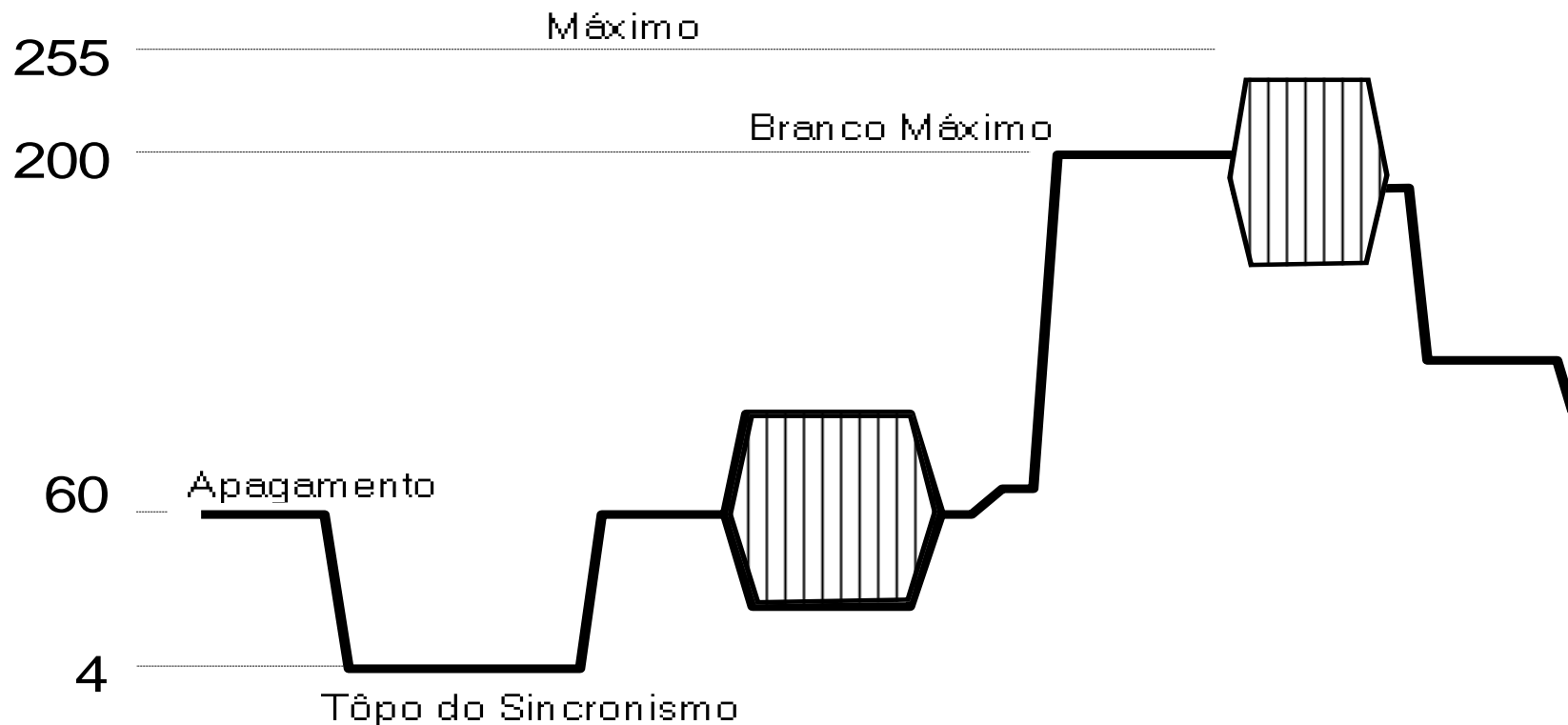
Numerologia das Frequências do BT.601



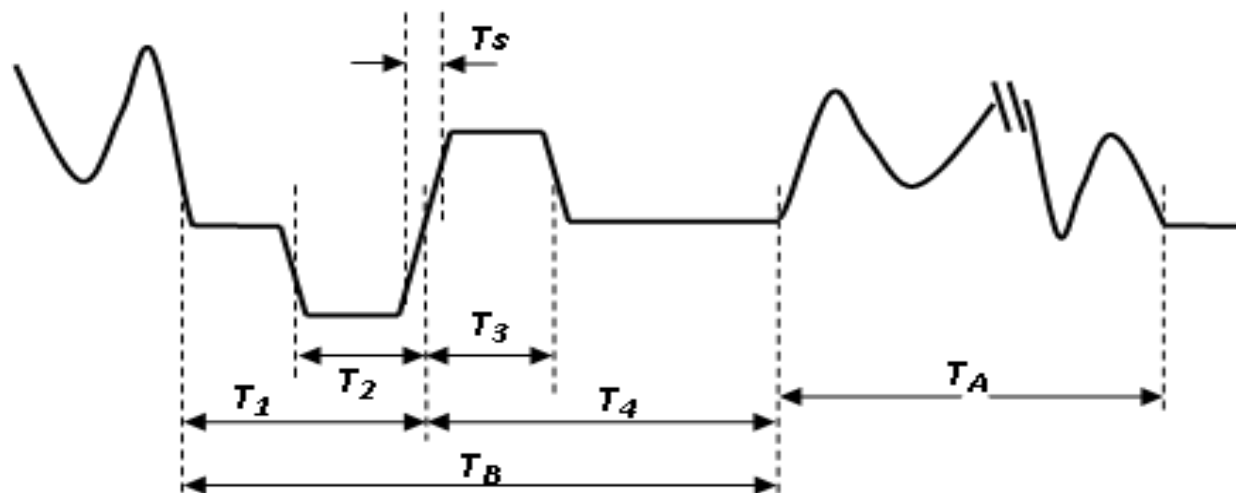
Padrão de Barras Digitalizado por BT.601



- “Digital Composite”
- Amostragem do Sinal de Vídeo Composto
- $f_A = 14.32 \text{ MHz} (4 \times f_{SC})$
- 8 / 10bits
- Interface física: ECL, balanceado, 8/ 10 bits + clock (similar à D-1)



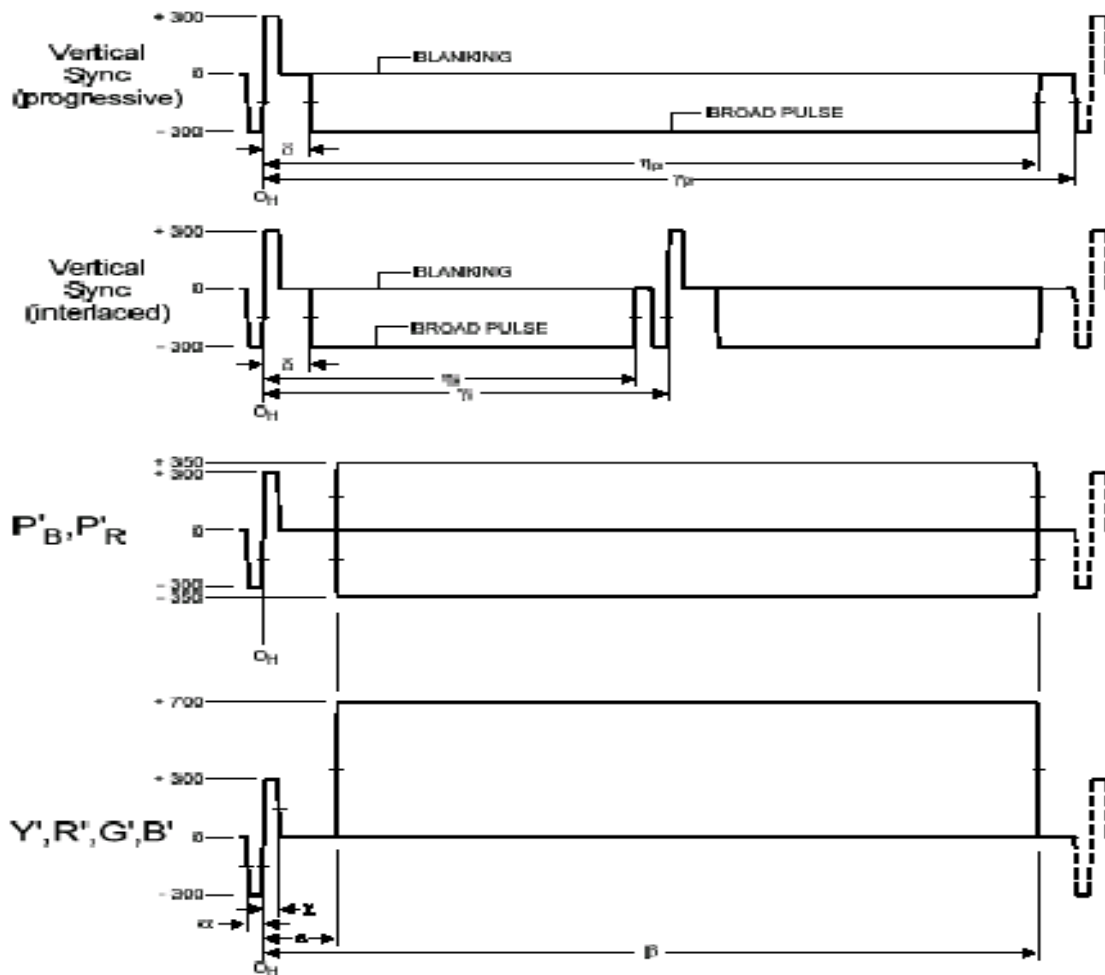
- 1125 ou 750 linhas totais (1080 / 720 ativas)
- 2200 / 1650 amostras por linha (1920 / 1280 ativas)
- Duração da Linha: 29.63 / 22,24 μ s
- Interface analógica: Componentes Y' P_B' P_R'
- $f_A = 74.1758..$ MHz (Y') e 37.0879.. MHz (P_B' , P_R')
- 8 ou 10 bits
- Interface física: Serial, coaxial, 1,483 Gb/s



	Formato:	1080i	720p
T_1 = Pórtico Anterior		88	110
T_2 = Largura do Pulso Negativo de Sincronismo		44	40
T_3 = Largura do Pulso Positivo de Sincronismo		44	40
T_4 = Pórtico Posterior		192	260
T_s = Tempo de Subida / Descida		4	4
T_B = Largura do Apagamento Horizontal		280	370
T_A = largura da Linha Ativa		1920	1280

Valores em múltiplos de $1/f_l = 1/74.1758 \text{ MHz} = 13,48 \text{ ns}$

Padrão HDTV (ITU-R BT.709)



$$V' = \begin{cases} 4,5 \times V & 0 \leq V < 0,018 \\ 1,099 \times V^{0,45} - 0,099 & 0,018 \leq V \leq 1 \end{cases}$$

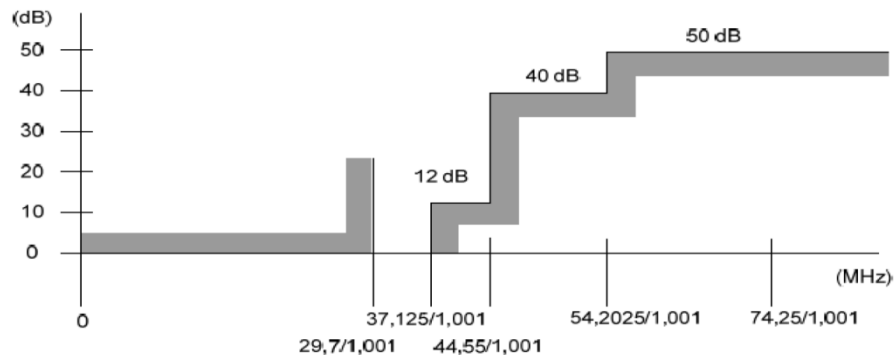
($V = R, G, B$)

- Componentes Analógicas:

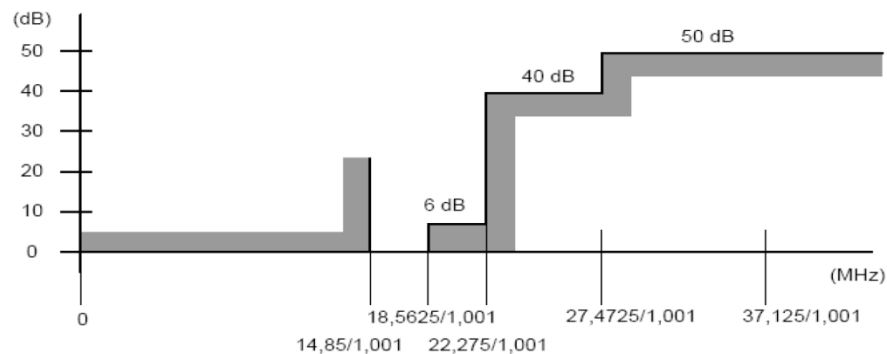
$$Y' = 0,2126 R' + 0,7152 G' + 0,0722 B'$$

$$P_B = -0,114572 R' - 0,385428 G' + 0,5 B'$$

$$P_R = 0,5 R' - 0,454153 G' - 0,045847 B'$$



Luminância



Crominância

- Componentes Digitalizadas:

$$C_Y = 219 Y' + 16 \quad (Y' \text{ variando de } 0 \text{ a } 1)$$

$$C_B = \frac{112}{0,9278} (B' - Y') + 128$$

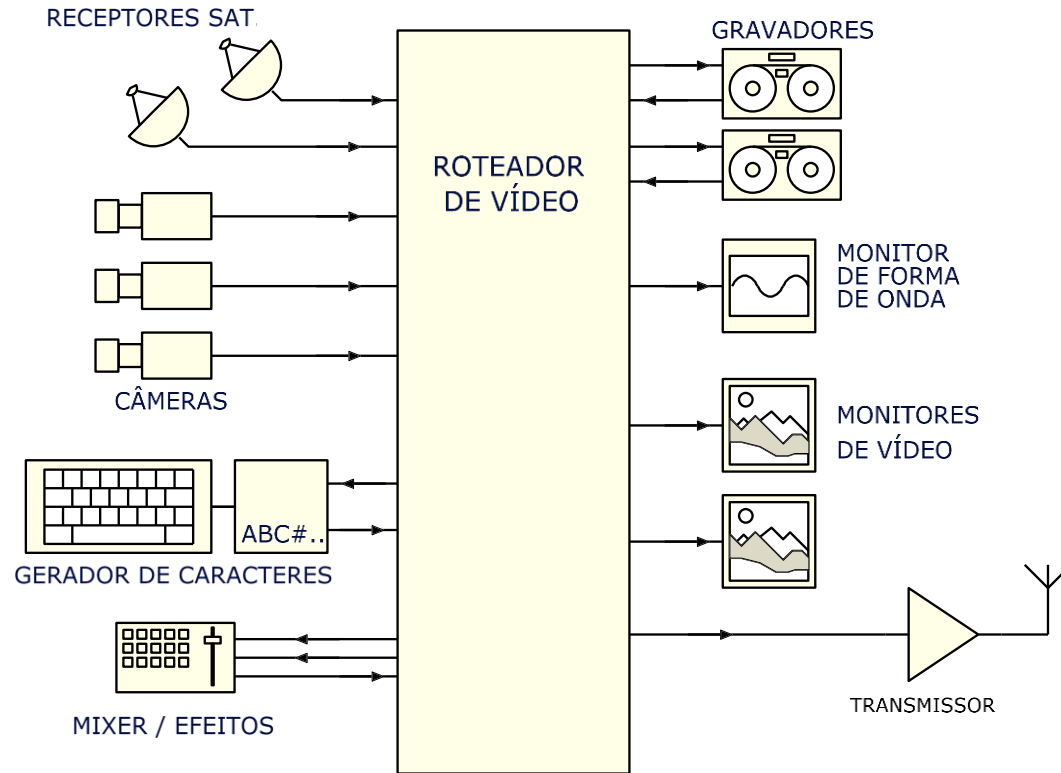
$$C_R = \frac{112}{0,7874} (R' - Y') + 128$$

- Conversão de BT.709 para BT.601:

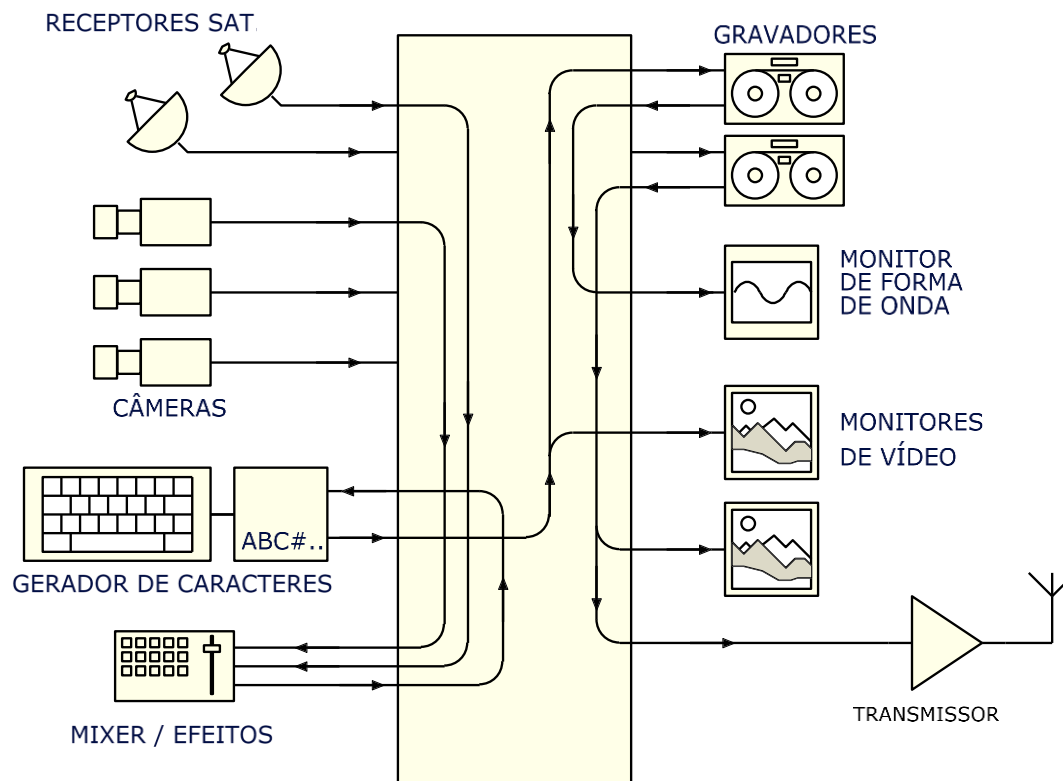
$$\begin{bmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix}_{601} = \begin{bmatrix} 1 & 0,0993 & 0,1917 \\ 0 & 0,9898 & -0,1107 \\ 0 & -0,0725 & 0,9834 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix}_{709}$$

- Conversão de BT.601 para BT.709:

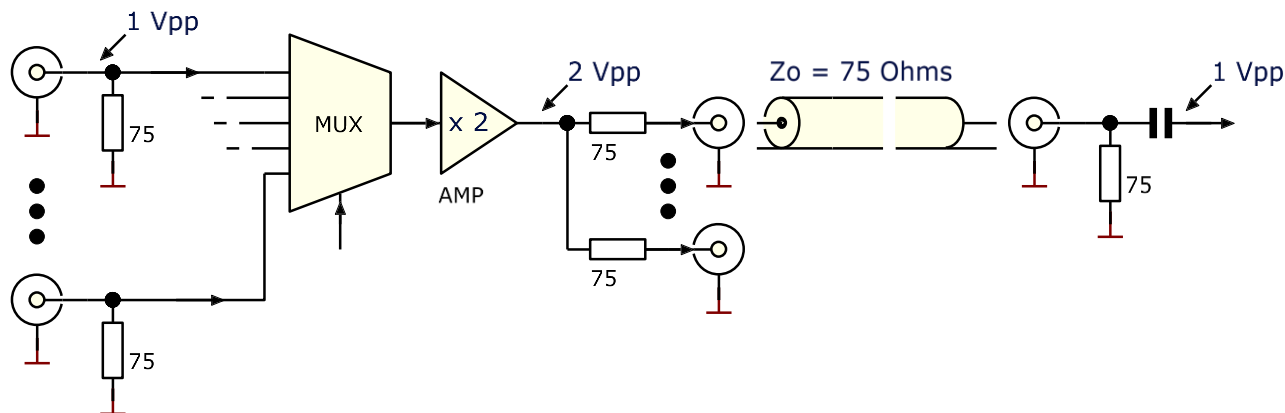
$$\begin{bmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix}_{709} = \begin{bmatrix} 1 & -0,1156 & -0,2079 \\ 0 & 1,0186 & 0,1146 \\ 0 & 0,07505 & 1,0253 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{bmatrix}_{601}$$



Exemplo de uma Central Técnica para produção de Vídeo



Exemplo de Roteamento para Edição e Playback



*Geradores, cargas e cabos com impedância de 75 Ohms
Eventualmente, acoplamento AC
Banda > 150 MHz*

Requisitos para sobreviver a uma passagem por um Multiplexador / Distribuidor analógico:

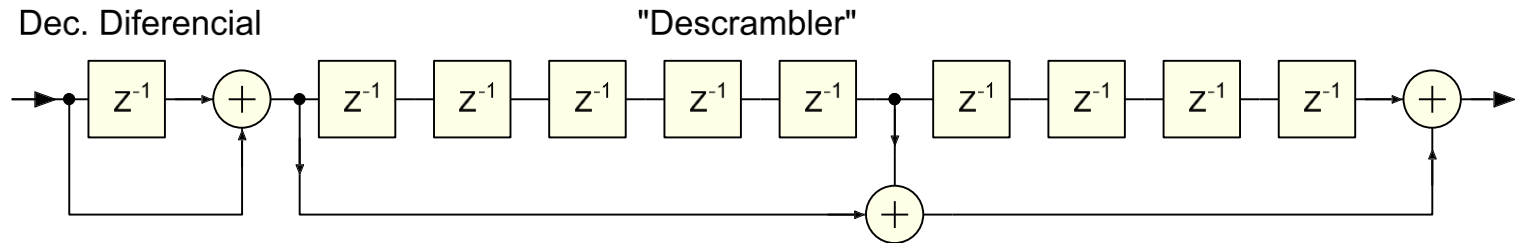
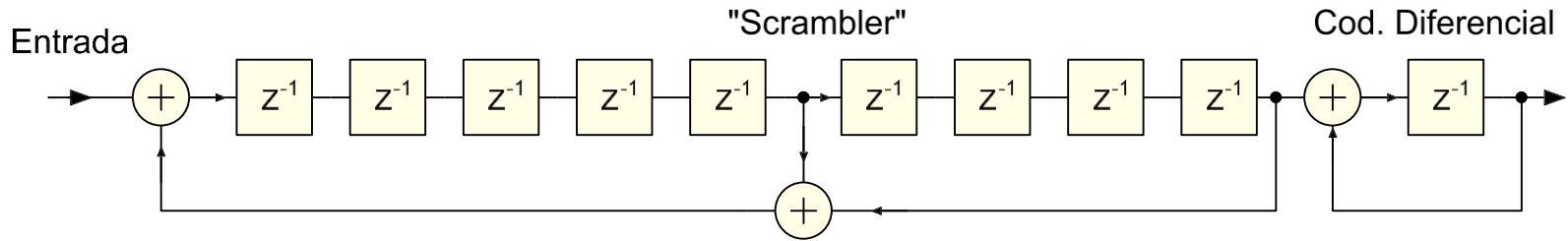
- Amplitude até 1 Vpp
- Banda < 150 MHz
- Facilidade para recuperação do clock
- Componente CC reduzida
- Impedância de 75 Ohms

- 8 bits, serial
- 243 Mb/s (Y:U:V 4:2:2)
- Codificação de Grupo 8 / 9 bits
- Componente CC reduzida
- Cabo coaxial 75 Ohms, 1 Vpp
- Transições de nível frequentes

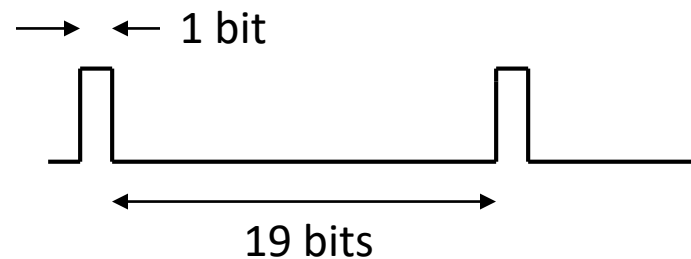
8 bits	9 bits+	9bits-	8 bits	9 bits+	9bits-
00	0FE	101	37	196	-
01	027	-	38	026	1D9
02	1D8	-	39	08C	173
03	033	-	3A	02C	1C3
04	1CC	-	3B	098	167

(Trechos)

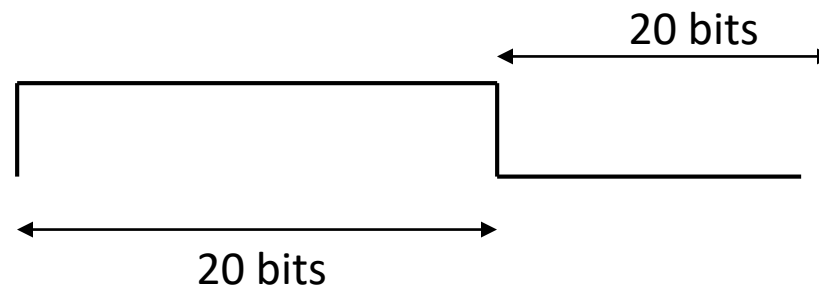
- 10 bits
- 270 MB/s ($Y':C_B:C_R$ 4:2:2)
- Codificação com embaralhamento (*scrambler*)
- Cabo Coaxial 75 Ohms, 800 mVpp
- Atenuação tolerada: até 30 dB
- Áudio digital nos intervalos de apagamento

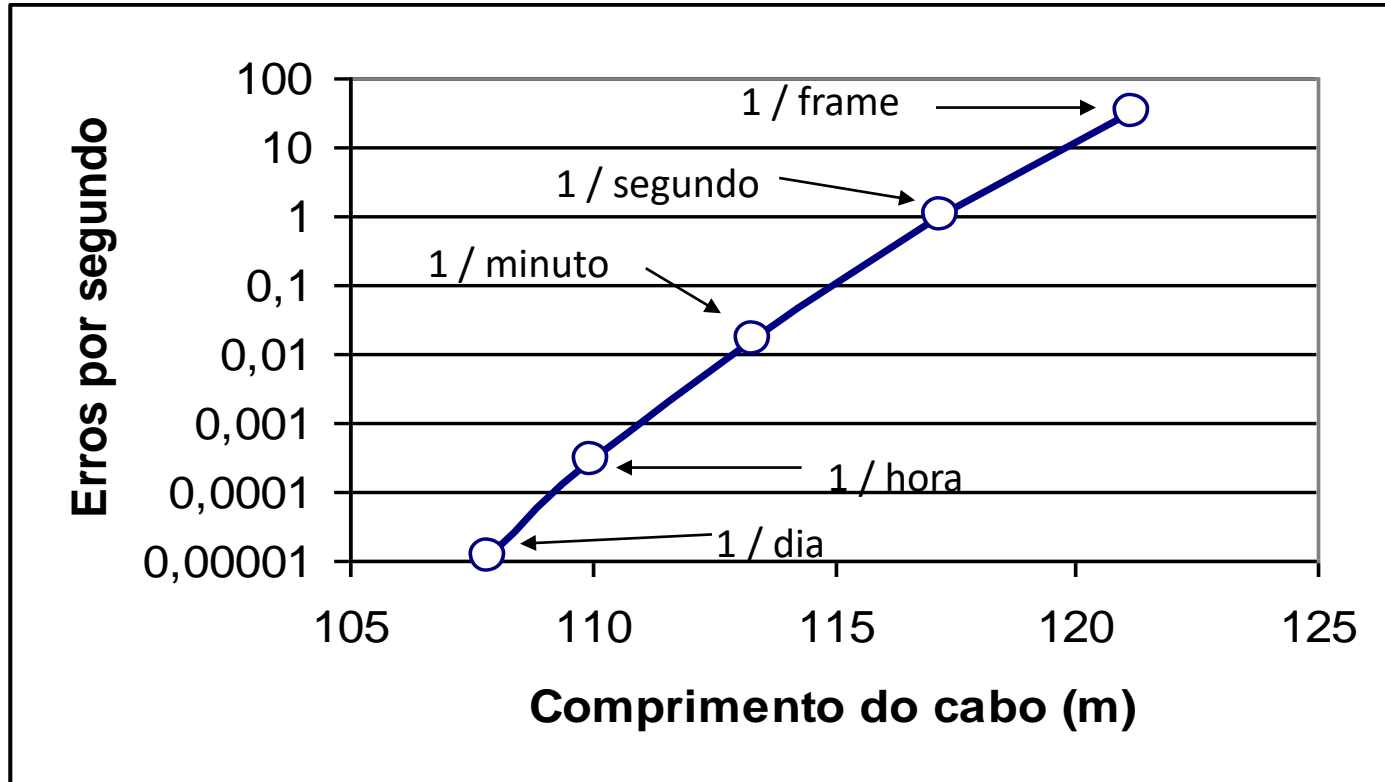


C_B	C_Y	C_R	C_Y
300	198	300	198

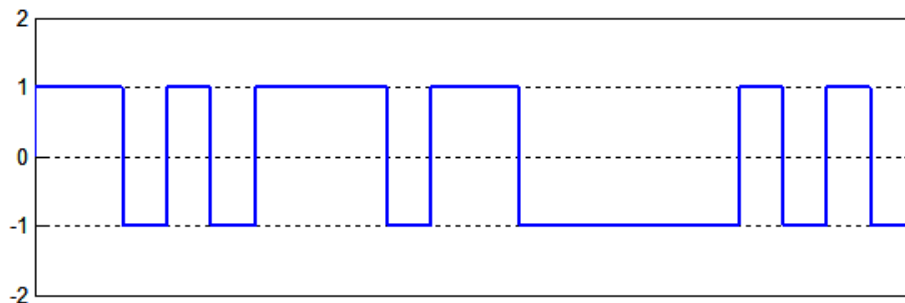


C_B	C_Y	C_R	C_Y
200	110	200	110

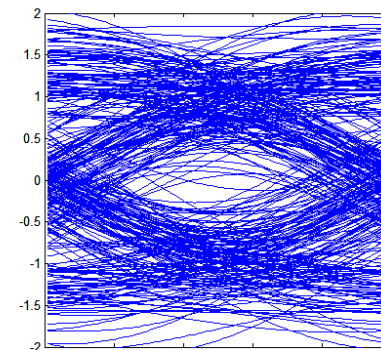
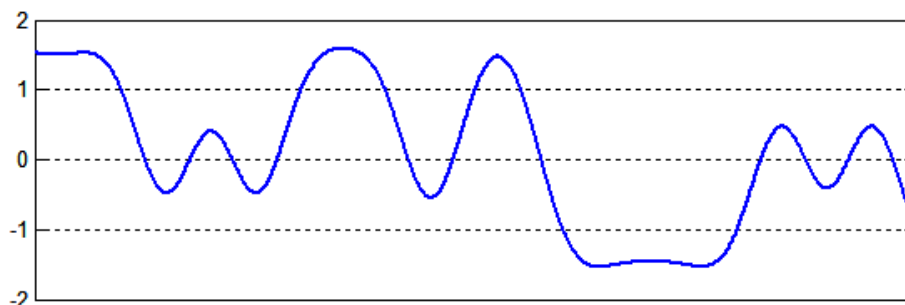




- Sinal transmitido

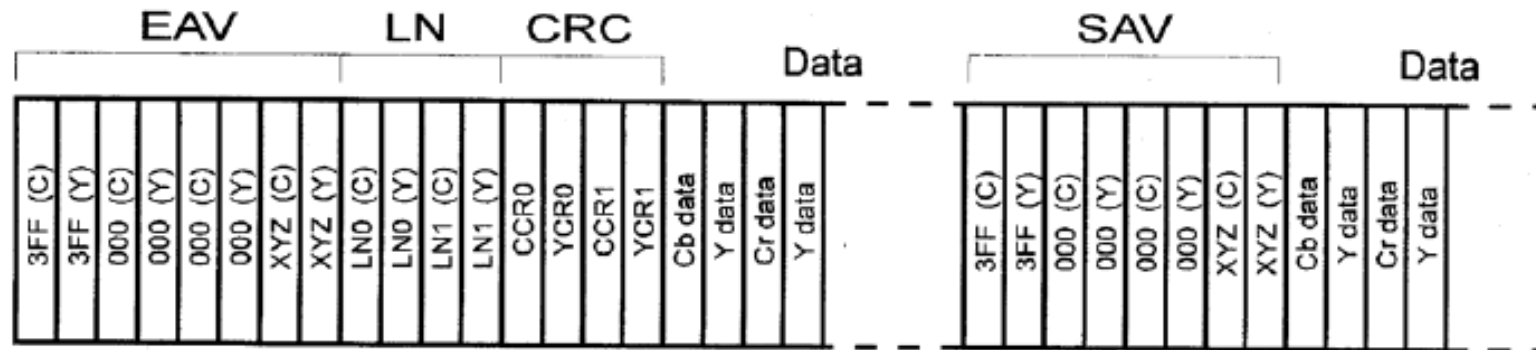


- Sinal recebido com banda limitada (passa-baixas)

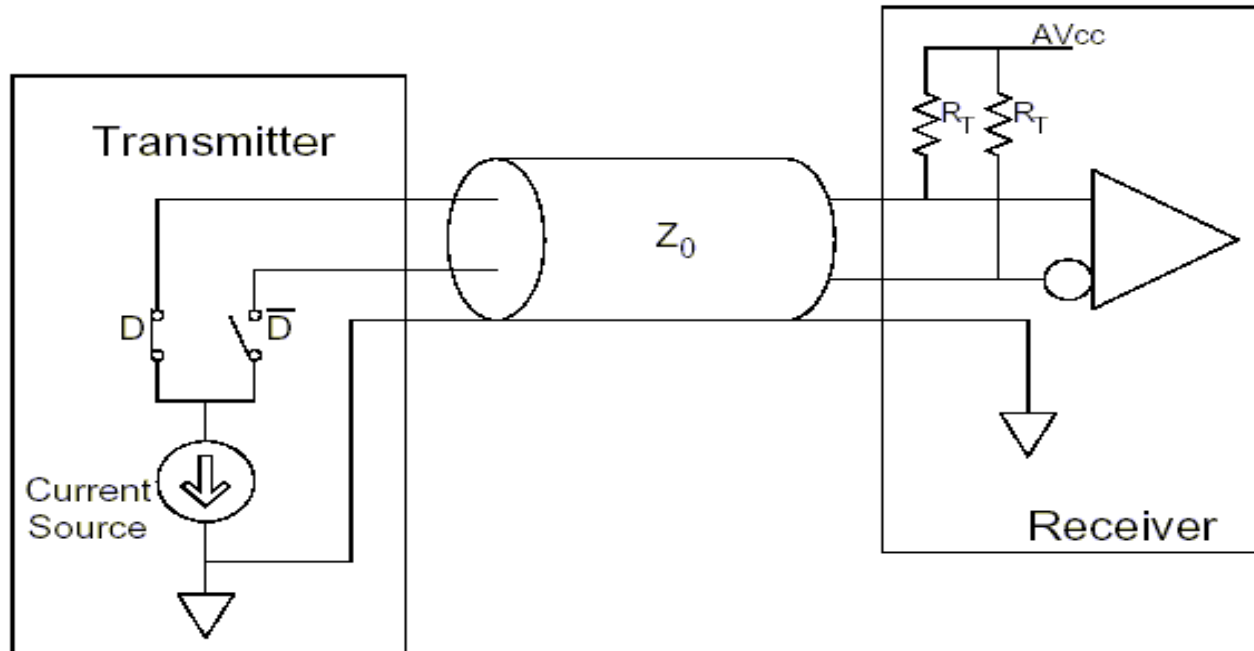


- 10 bits
- 1.485 Gb/s ($Y':C_B:C_R$ 4:2:2)
- Codificação semelhante à SDI, separada para Y' e C_x
- Cabo Coaxial 75 Ohms, 800 mVpp
- Atenuação tolerada: 20 dB
- CRC e número de linha após EAV
- Alternativa: Fibra Óptica (1310 nm)

Fluxo intercalado de dados (C/Y)

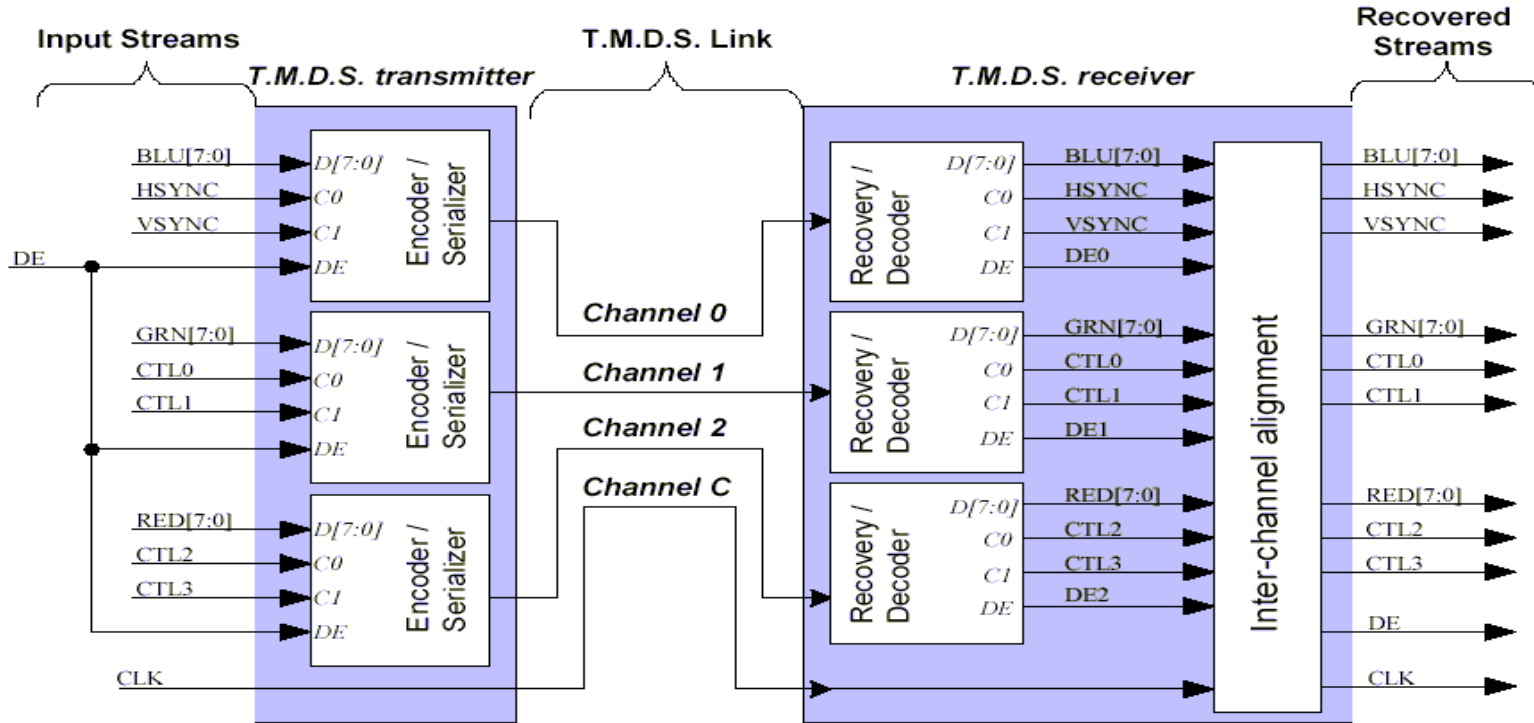


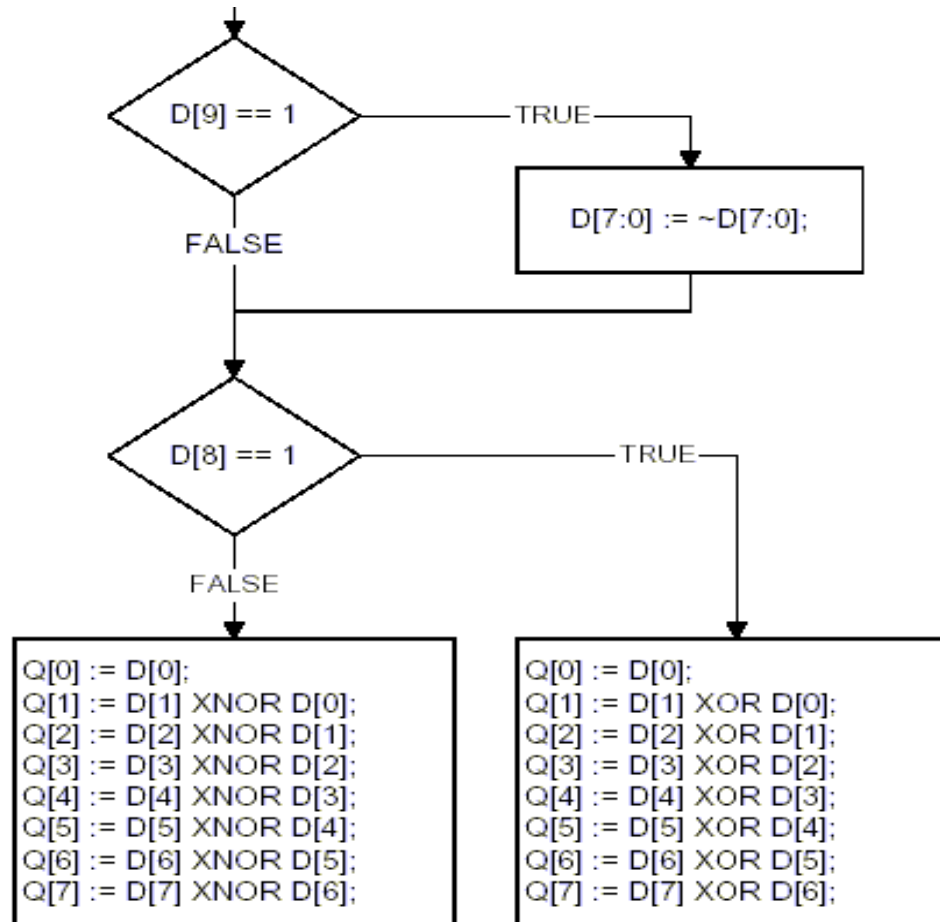
- Aplicação: Interface com Monitores Digitais
- Codificação: T.M.D.S. – Transition Minimized Differential Signaling
- 3 sinais seriais balanceados (R, G e B) até 1,6 Gb/s
- 1 sinal de clock (até 165 MHz)
- Taxas maiores que 165 Mpixels/s podem usar 2 canais em paralelo



Transmissão por fonte de corrente balanceada

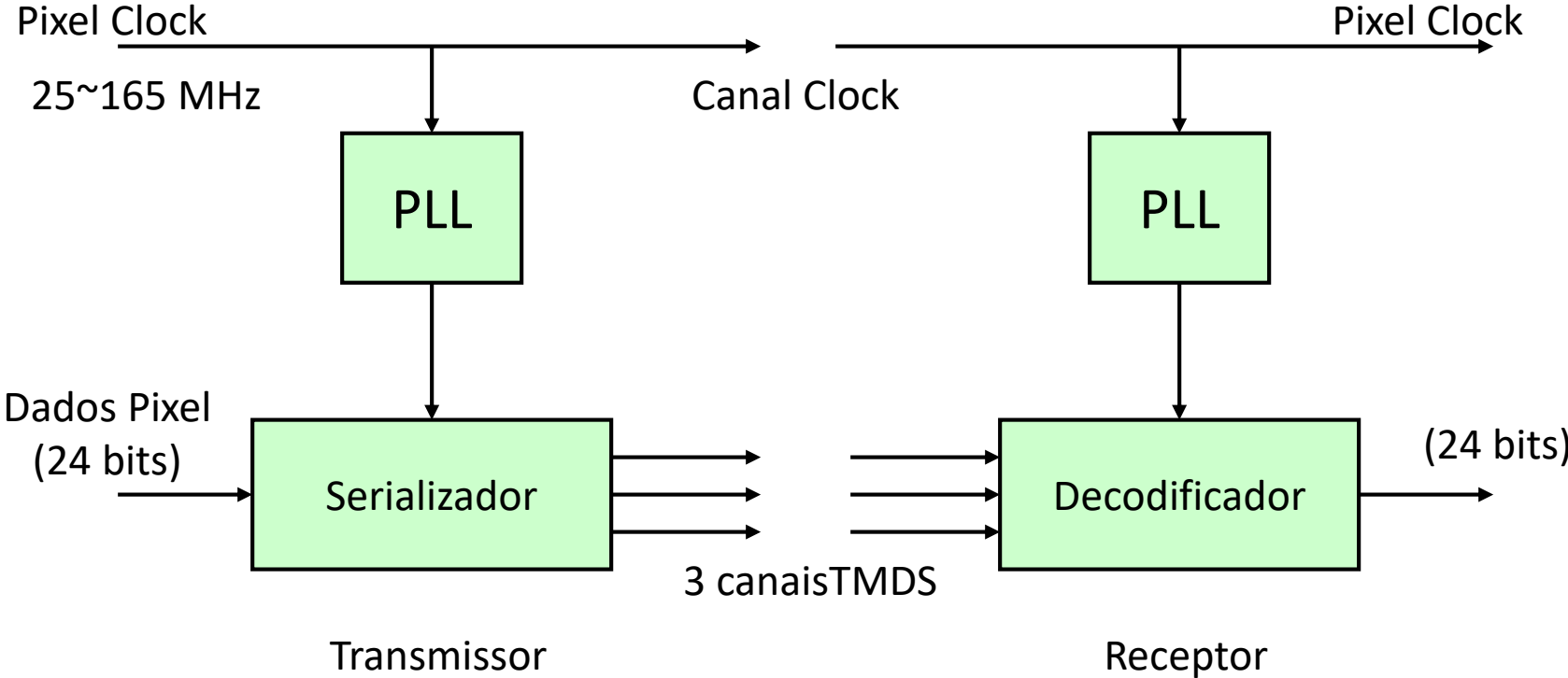
DVI – Digital Visual Interface





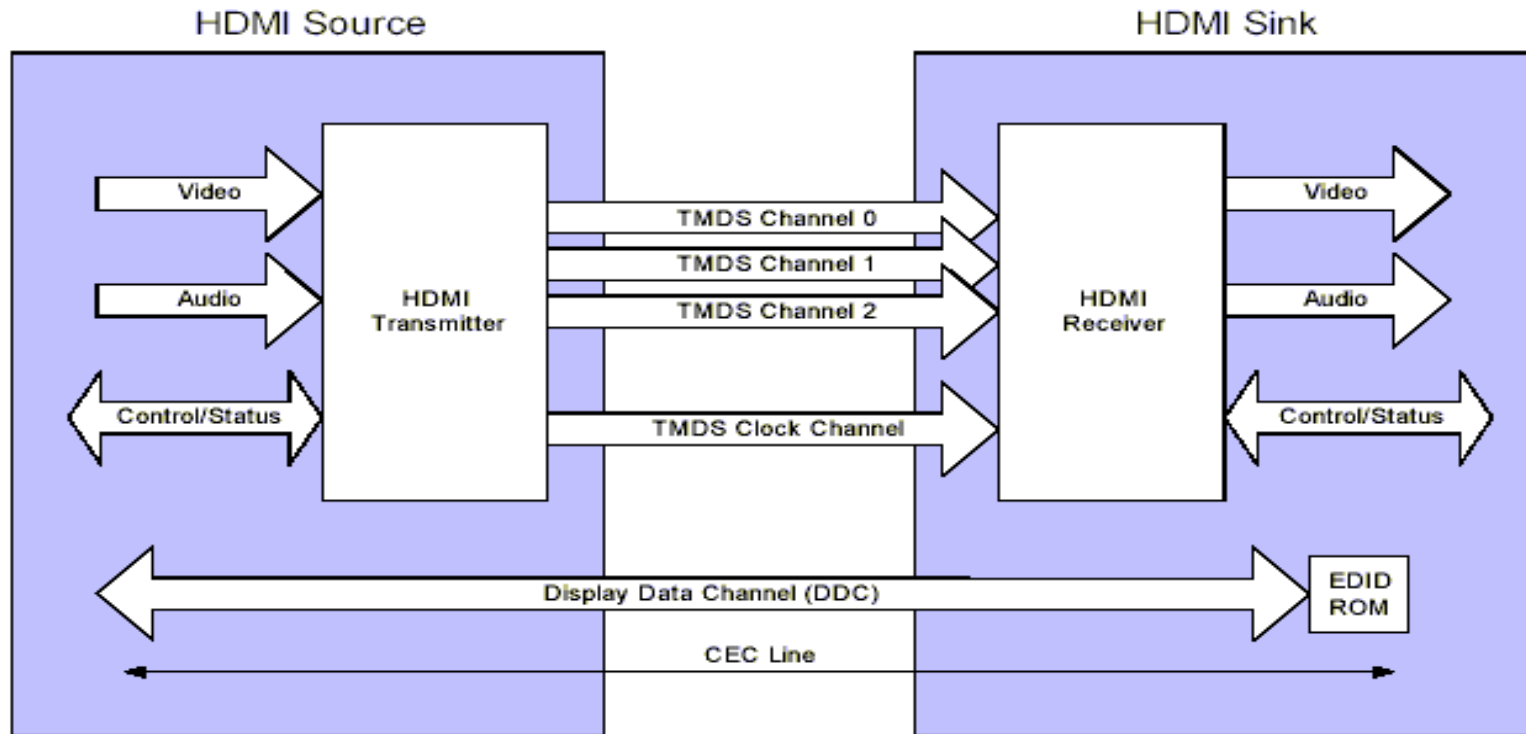
Decodificação
T.M.D.S.

DVI – Digital Visual Interface

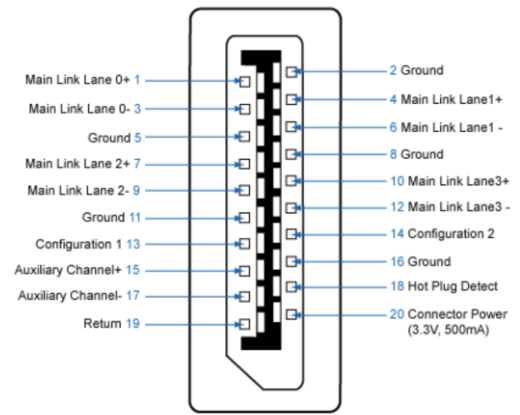
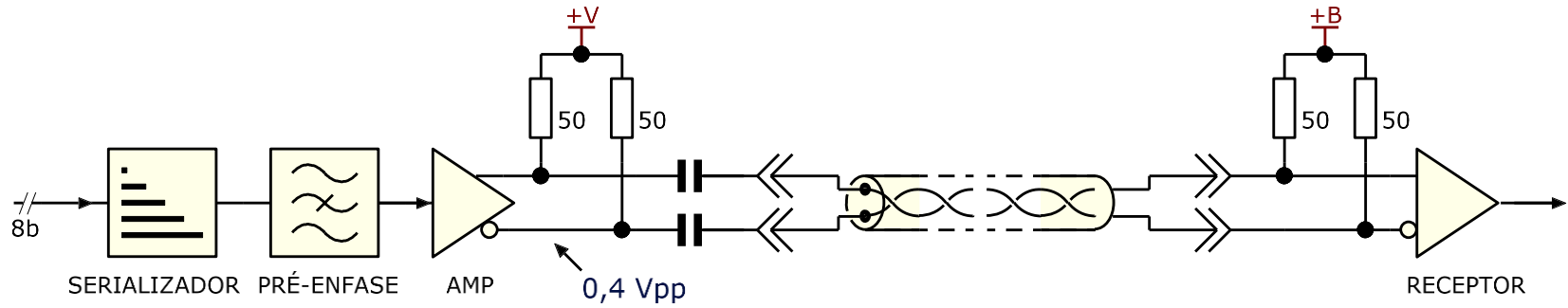


- Especificação: HDMI
 - Hitachi
 - Matsushita
 - Philips
 - Silicon Image
 - Sony
 - Thomson
 - Toshiba

HDMI – High Definition Multimedia Interface

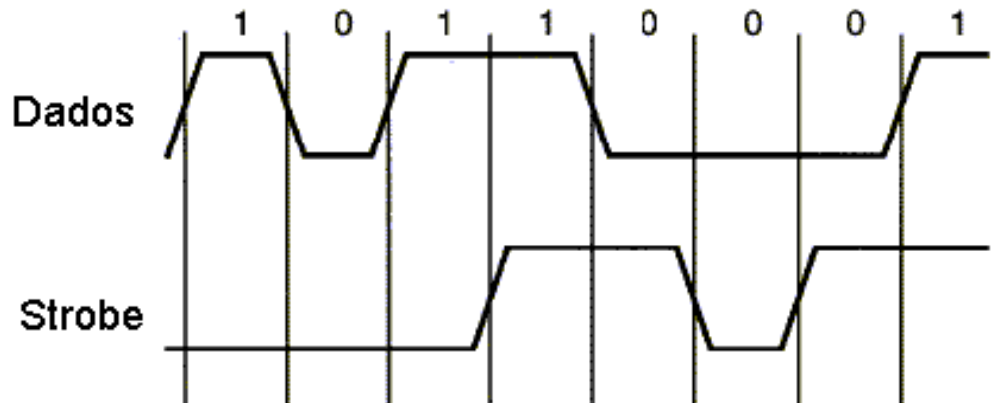


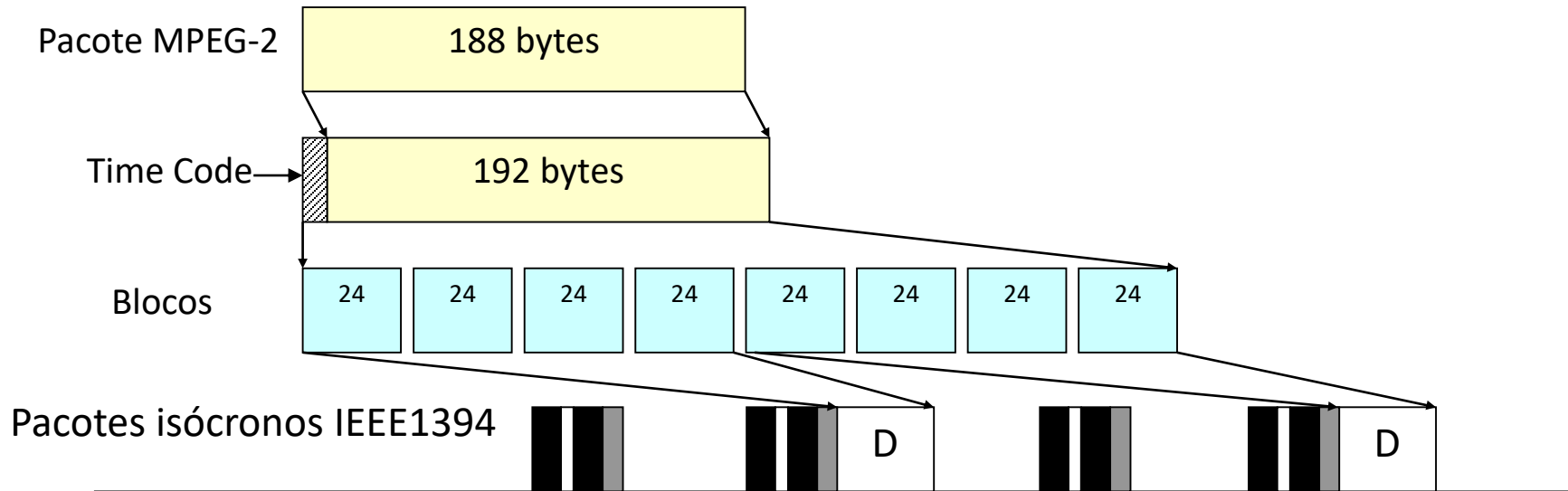
- Especificação: VESA DP 1.2
 - Transmissão por pacotes em até 4 pares balanceados
 - Canal auxiliar bidirecional (1 Mbps Manchester / 720 Mbps 8b->10b) permite negociação de resolução, taxa de bits e equalização
 - Codificação 8b->10b com recuperação de clock
 - 1,62 a 5,4 Gbps por par, total 21,6 Gbps útil
 - Alimentação de 3,3Vcc – 500 mA disponível no conector
- DP 2.0:
 - Codificação 128b->132b até 77,3 Gbps total
 - Displays até 16K (15360×8460), 60Hz, 30 bpp (4:4:4) HDR



Interfaces para Video Comprimido

2 pares para Dados / *Strobe* balanceados
1 par para Alimentação CC
100 a 800 Mb/s (IEEE1394-B)





- “*Synchronous Parallel Interface*”
- Rec. ETSI- EN50083-9
- Interface paralela para Pacotes “*Transport Stream*”
- 8 bits + Clock + Sincronismo
- Interface física: LVDS (balanceado)
- Conector DB-25

Pacotes de Transporte MPEG-2

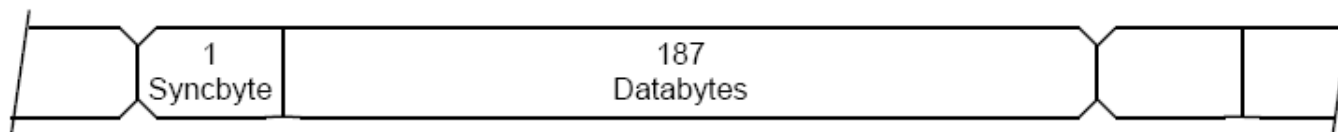


Figure 1: MPEG-2 Transport Stream (EN/ISO/IEC 13818-1)

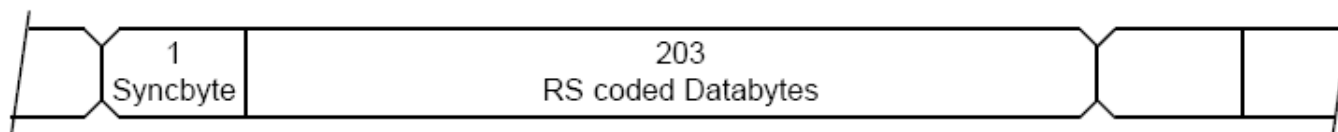
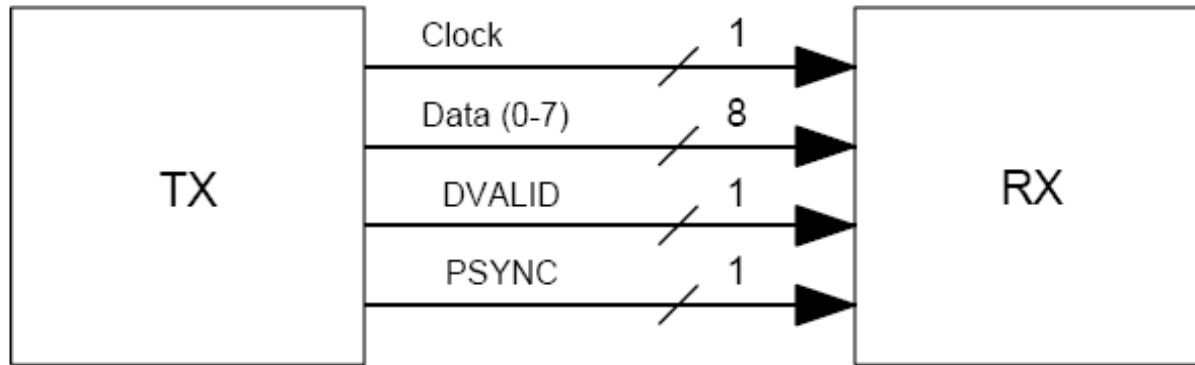


Figure 2: RS-coded MPEG-2 Transport Stream (ETS 300 421)

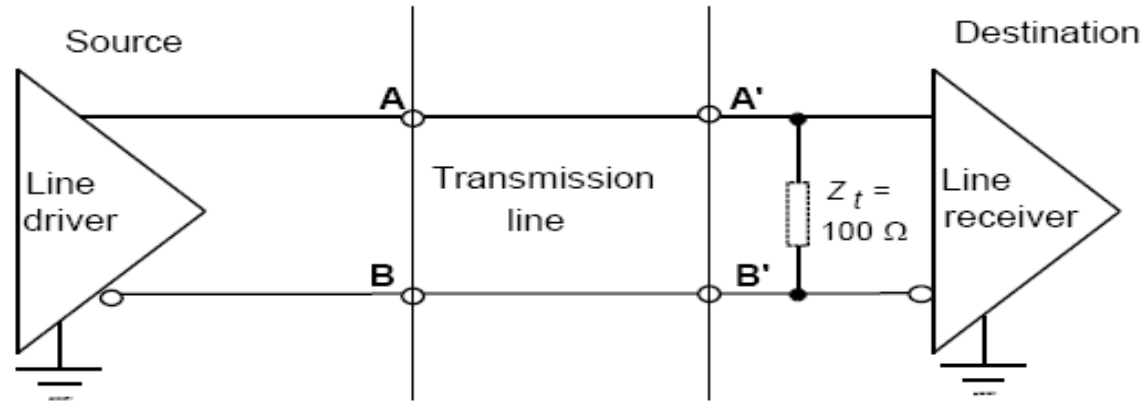
Sinais na Interface DVB-SPI



Sinais na Interface DVB-SPI – Modo 188 bytes



Interface LVDS (*Low Voltage Differential Signalling*)

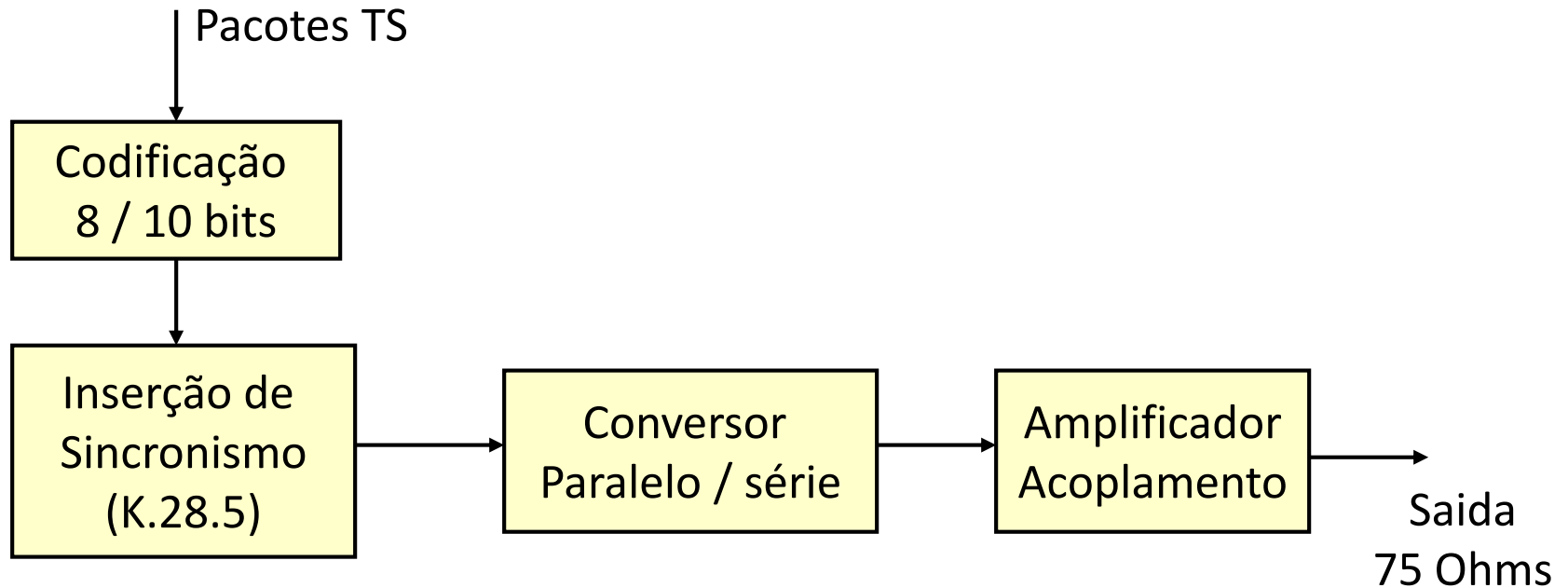


Tensão de Modo Comum: 1,1 a 1,4 V (Tx)

Impedância característica do cabo: 100 Ohms

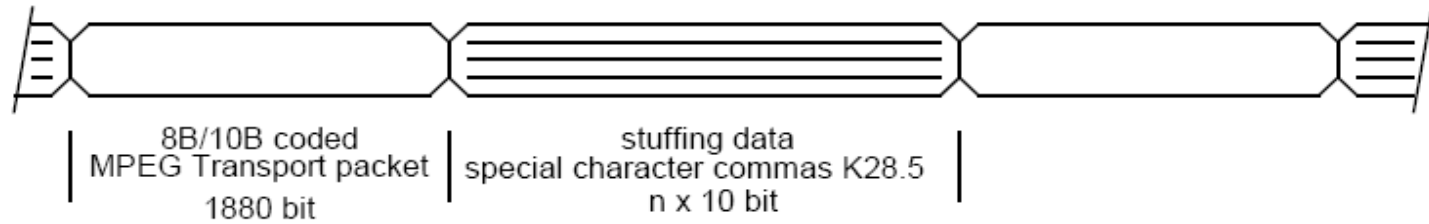
Amplitude do Sinal: 247 a 475 mV (Tx)

- *“Asynchronous Serial Interface”*
- ETSI 50083-9 (2002)
- Meio: Cabo Coaxial 75 Ohms
- Taxa de bits: 270 Mb/s
- Amplitude; 800 mVpp (Tx)

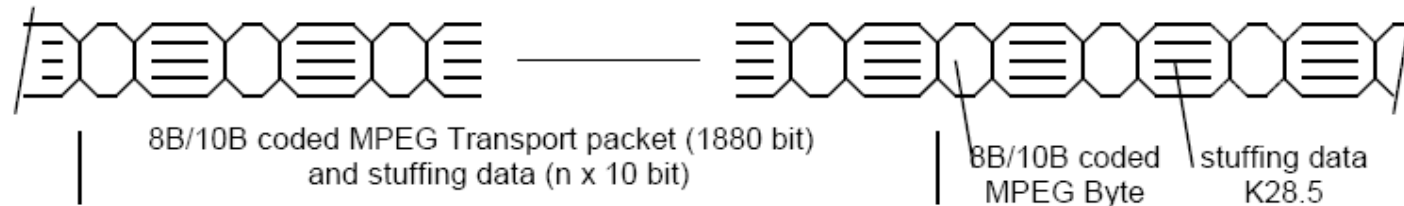


8 bits	10 bits+	10 bits-	8 bits	10 bits+	10 bits-
00	18B	274	37	059	3A9
01	22B	1D4	38	0C9	339
02	12B	2D4	39	169	269
03	314	31B	47	385	075
04	0AB	354	K.28.5	305	0FA

(Trechos)



Pacotes completos



Bytes intercalados

Transferência de Arquivos: solicitação a um servidor por TCP/IP e transferência ao usuário por FTP, para visualização posterior.

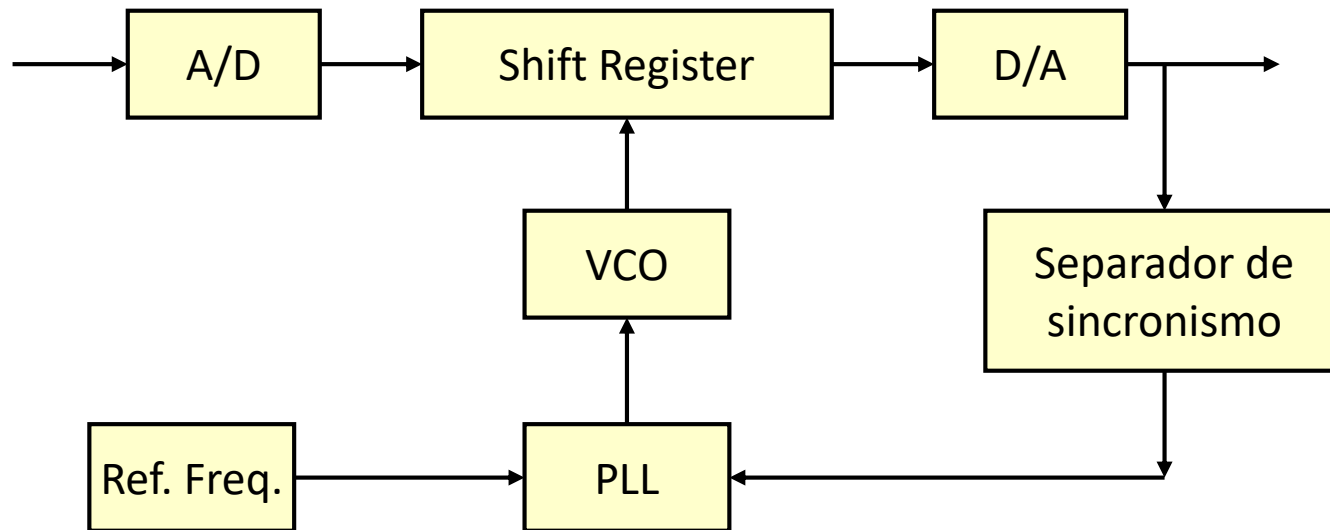
Vídeo Sob Demanda (VOD – Video On Demand): solicitação a um servidor , exibição imediata. Transferência ao usuário através de protocolo UDP (*User Datagram Protocol*) ou RTP (*Real Time Protocol*).

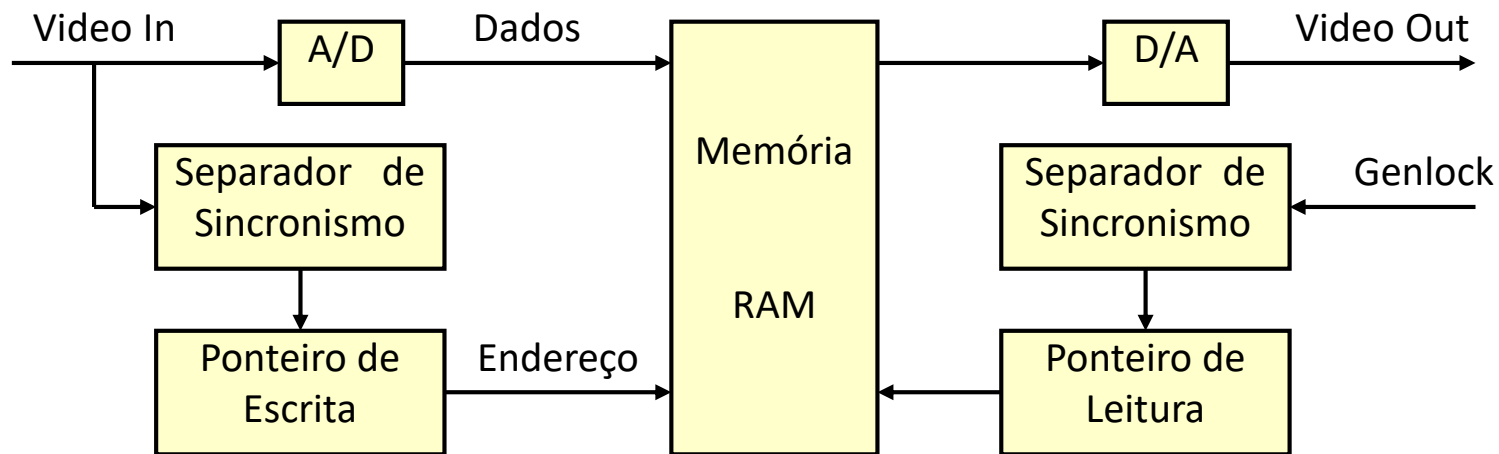
Difusão (Broadcast): Vários usuários conectam-se independentemente a um serviço de distribuição de vídeo, que transmite pacotes UDP ou RTP com endereçamento “multicast”.

Header IP 12 bytes	Header UDP 8 bytes	Header RTP 12 bytes	Pacote MPEG-2 188 bytes	Pacote MPEG-2 188 bytes	Pacote MPEG-2 188 bytes	Pacote MPEG-2 188 bytes	Pacote MPEG-2 188 bytes
--------------------------	--------------------------	---------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Pacote RTP para IPTV

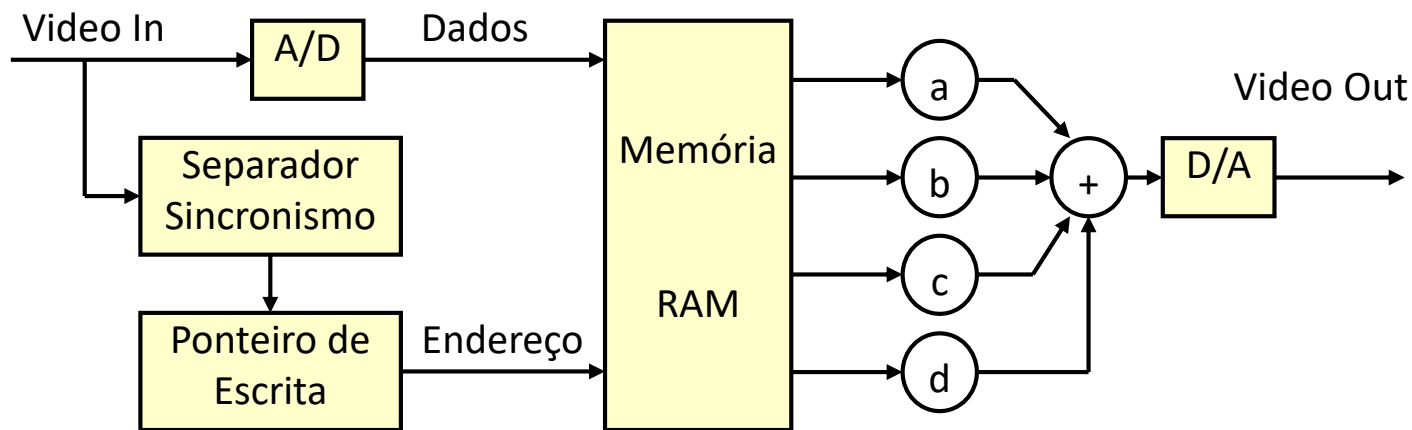
Processamento Digital de Vídeo



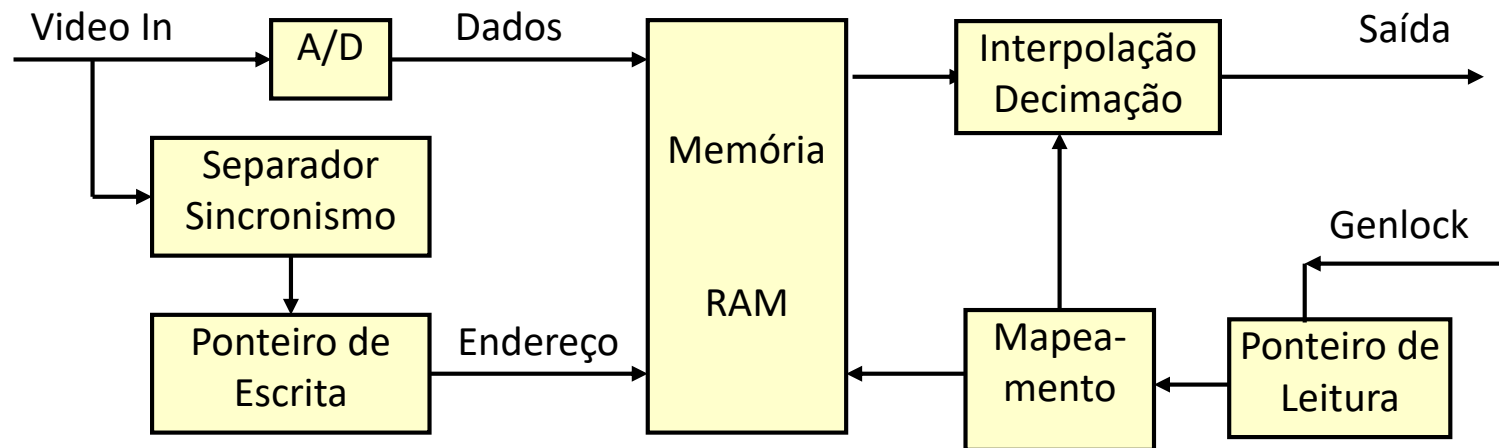


1 quadro SD = $720 \times 480 \times 2 = \sim 700$ kBytes

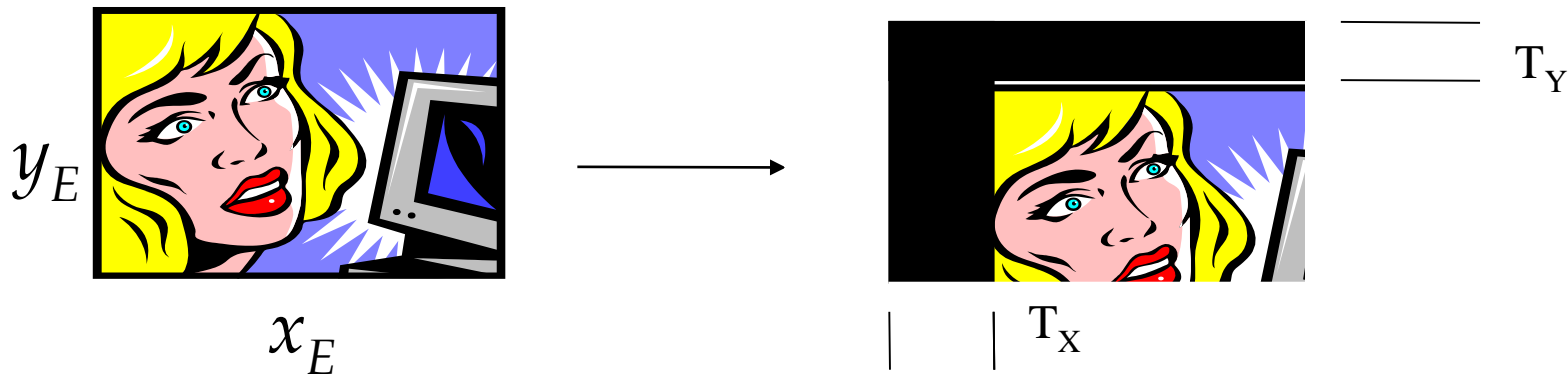
1 quadro HD = $1920 \times 1080 \times 2 = \sim 4$ MBytes



Filtragem espacial / temporal (intra / inter frames)



$$(x_R, y_R) \rightarrow (x_E, y_E)$$



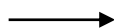
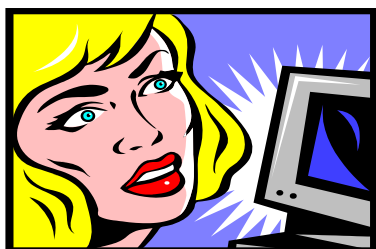
$$x_E = x_R - T_X$$

$$y_E = y_R - T_Y$$

$$\begin{bmatrix} x_E \\ y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -T_X \\ 0 & 1 & -T_Y \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} x_E \\ y_E \\ z_E \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & -T_X \\ 0 & 1 & 0 & -T_Y \\ 0 & 0 & 1 & -T_Z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_R \\ y_R \\ z_R \\ 1 \end{bmatrix} \Rightarrow v_E = T \cdot v_R$$

(Projeção em $x, y \Rightarrow z_R = 0$)

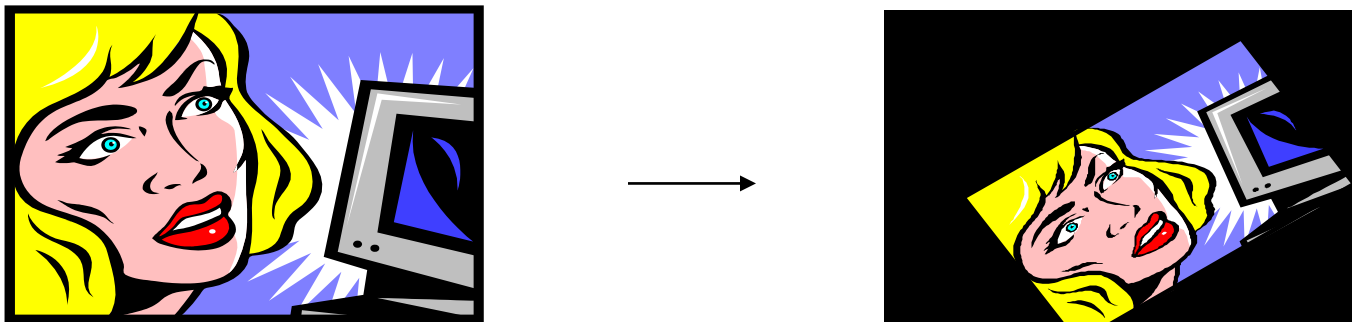


$$S = \begin{bmatrix} 1/S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

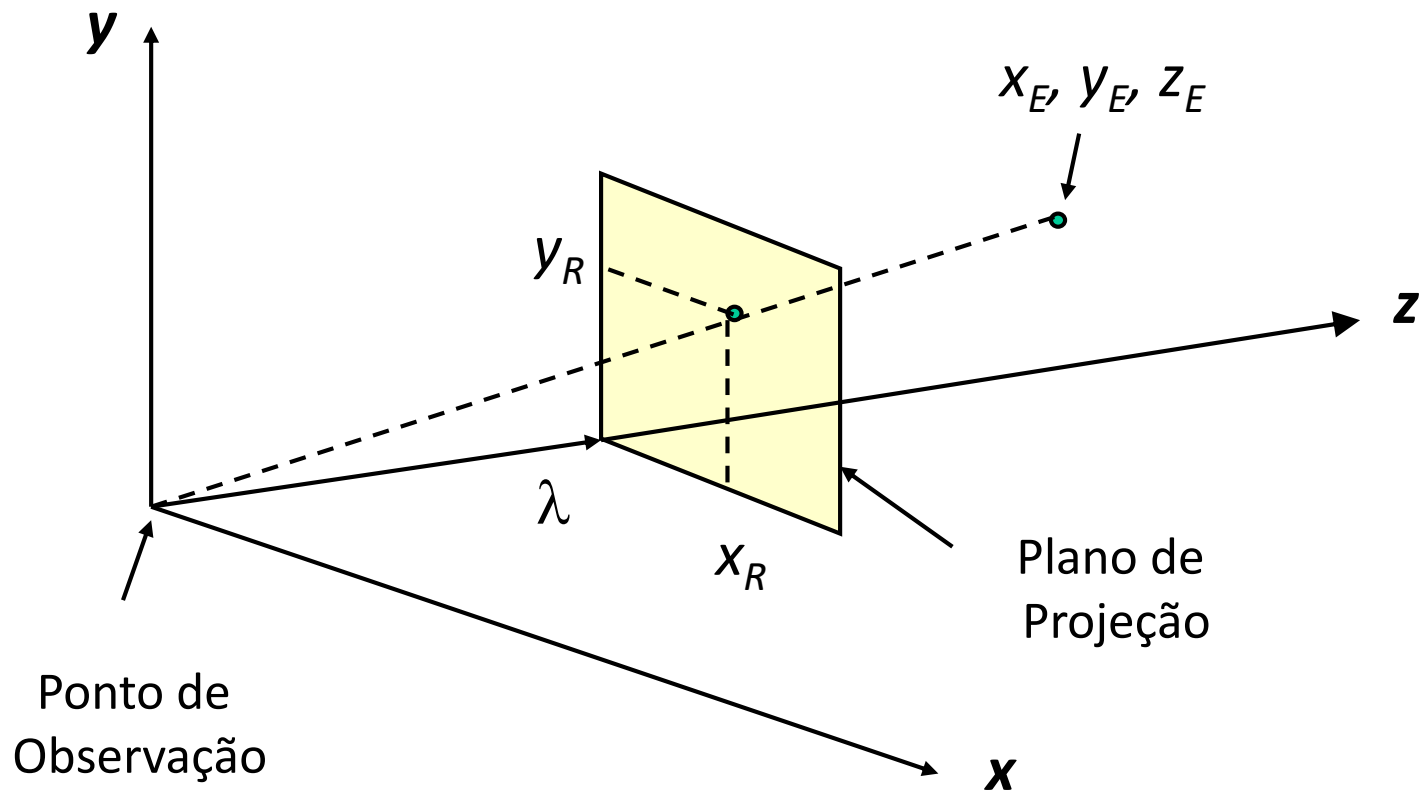
$$R_\alpha = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha^{-1} & -\text{sen } \alpha^{-1} & 0 \\ 0 & \text{sen } \alpha^{-1} & \cos \alpha^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$R_\beta = \begin{bmatrix} \cos \beta^{-1} & 0 & -\text{sen } \beta^{-1} & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \text{sen } \beta^{-1} & 0 & \cos \beta^{-1} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

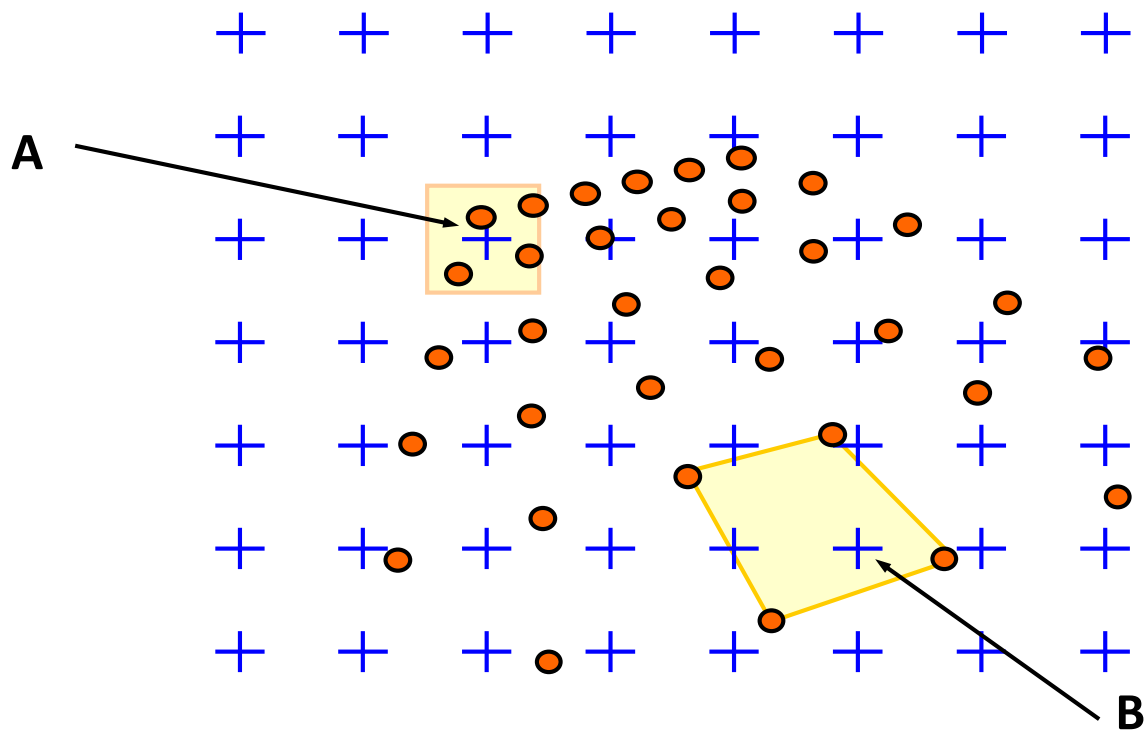
$$R_\theta = \begin{bmatrix} \cos \theta & -\text{sen } \theta & 0 & 0 \\ \text{sen } \theta & \cos \theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

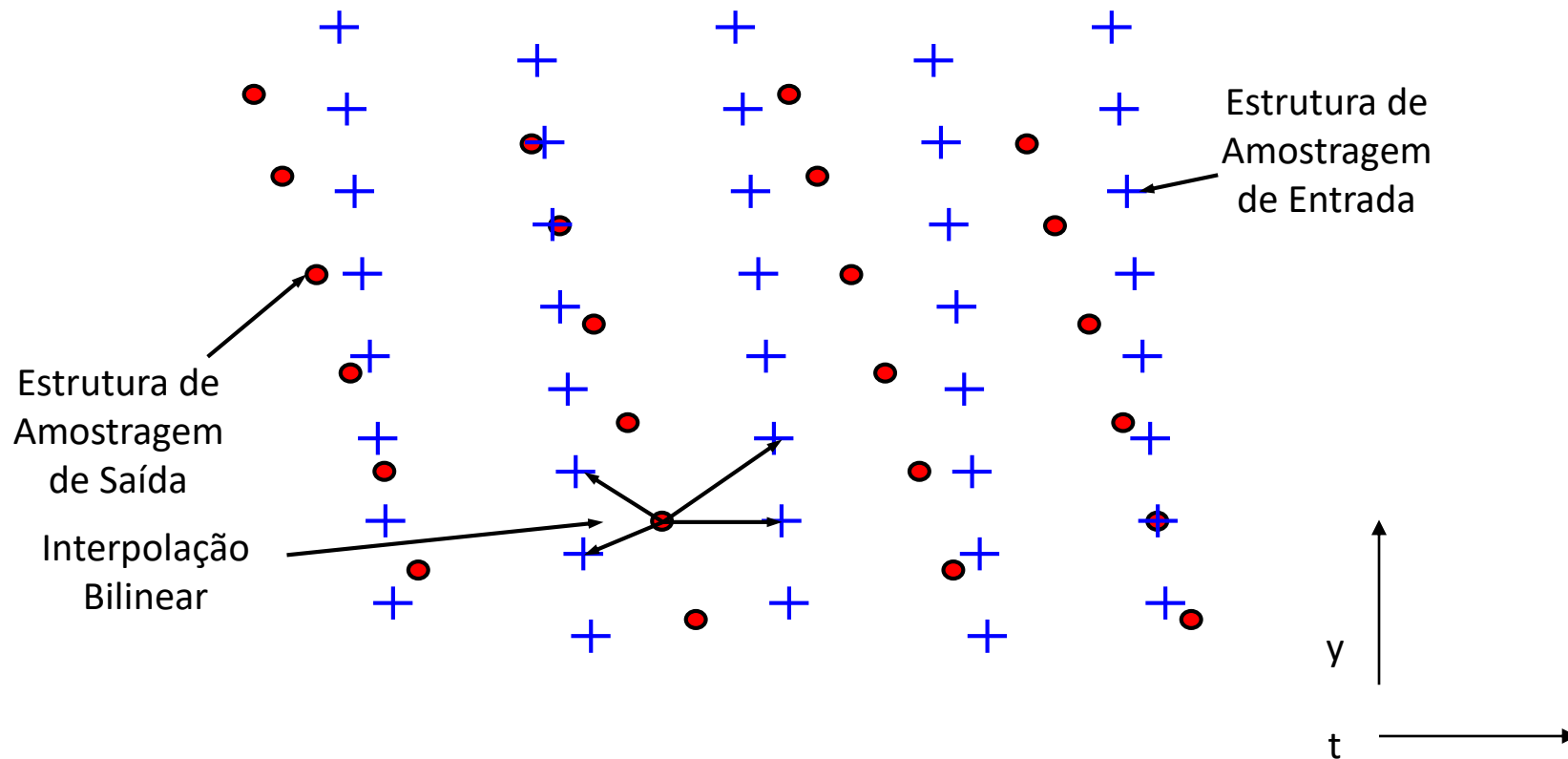


$$v_R = (R_\theta \cdot (S \cdot (T))) \cdot v_E$$

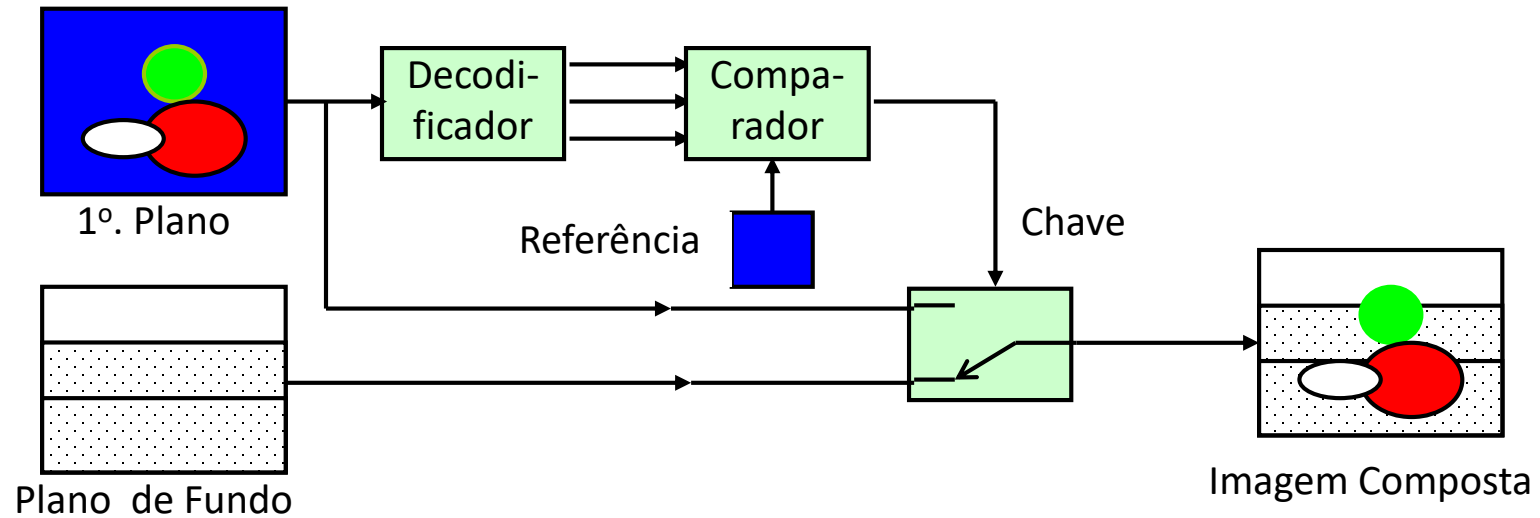


$$\begin{array}{l} \frac{x_R}{\lambda} = \frac{x_E}{z_E} \\ \frac{y_R}{\lambda} = \frac{y_E}{z_E} \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} x_R = \lambda \frac{x_E}{z_E} \\ y_R = \lambda \frac{y_E}{z_E} \end{array}$$





“Chroma Key”

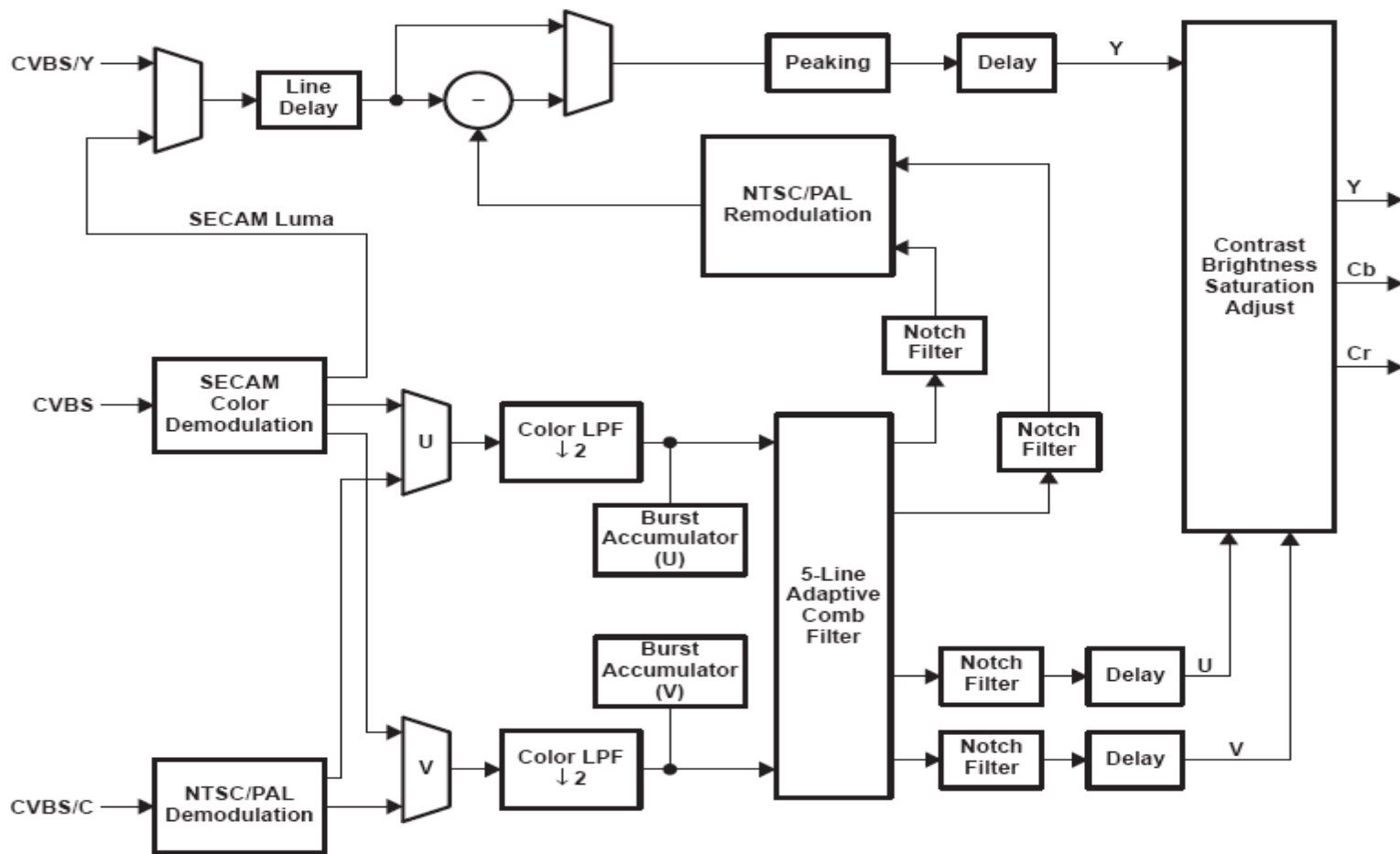


“Chroma Key”

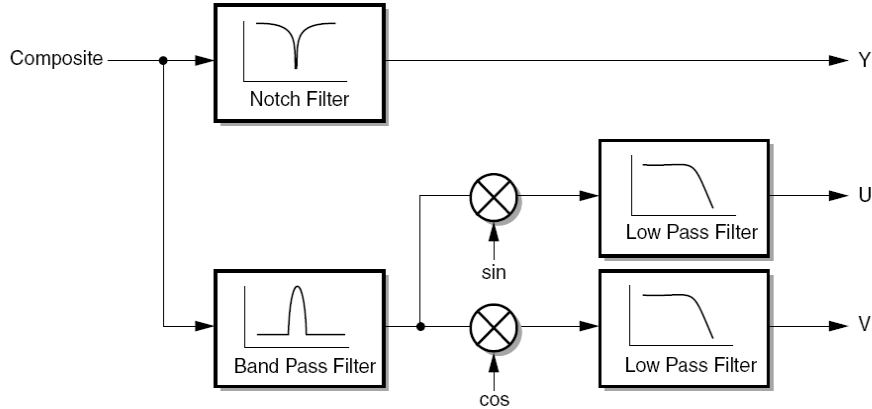


Processamento Digital em Receptores de TV Analógica

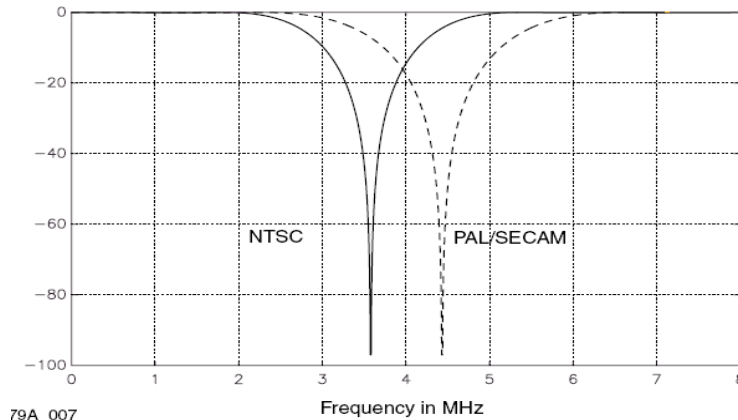
Decodificação de TV a Cores Multi-padrão



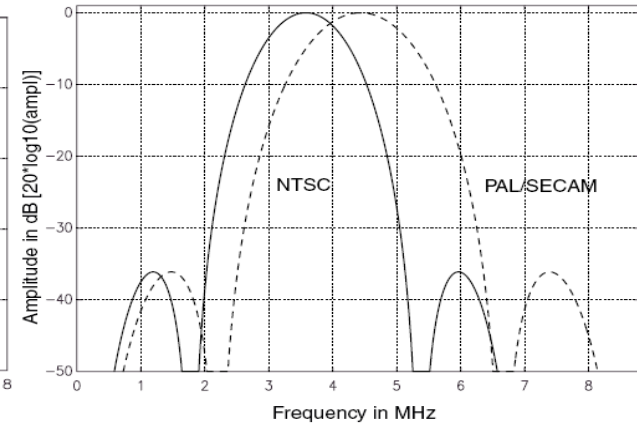
Decodificador de Vídeo Composto NTSC / PAL



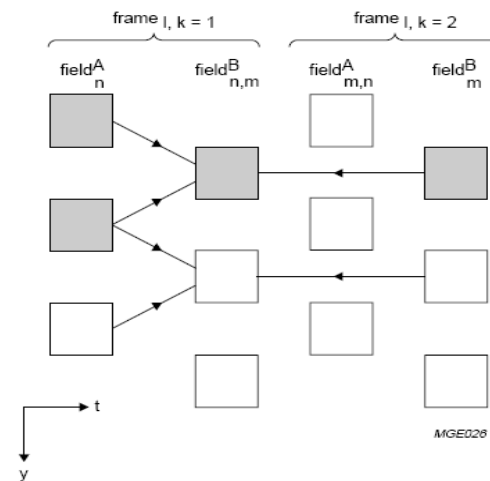
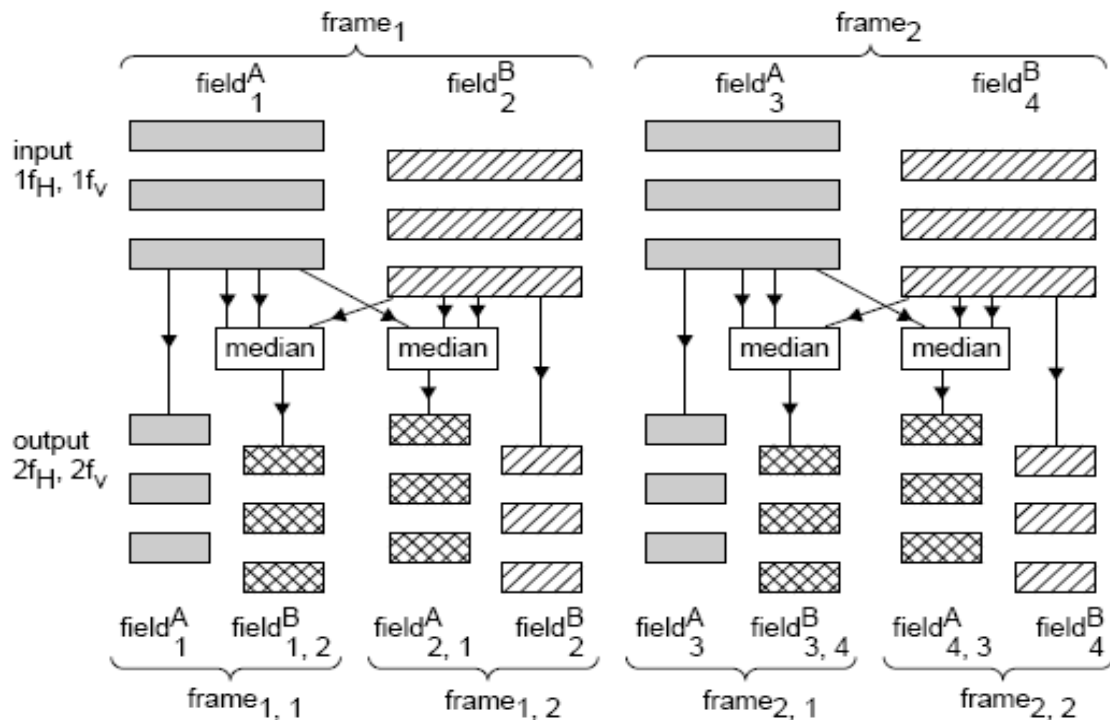
Luma Notch Filter Frequency Responses for NTSC and PAL/SECAM



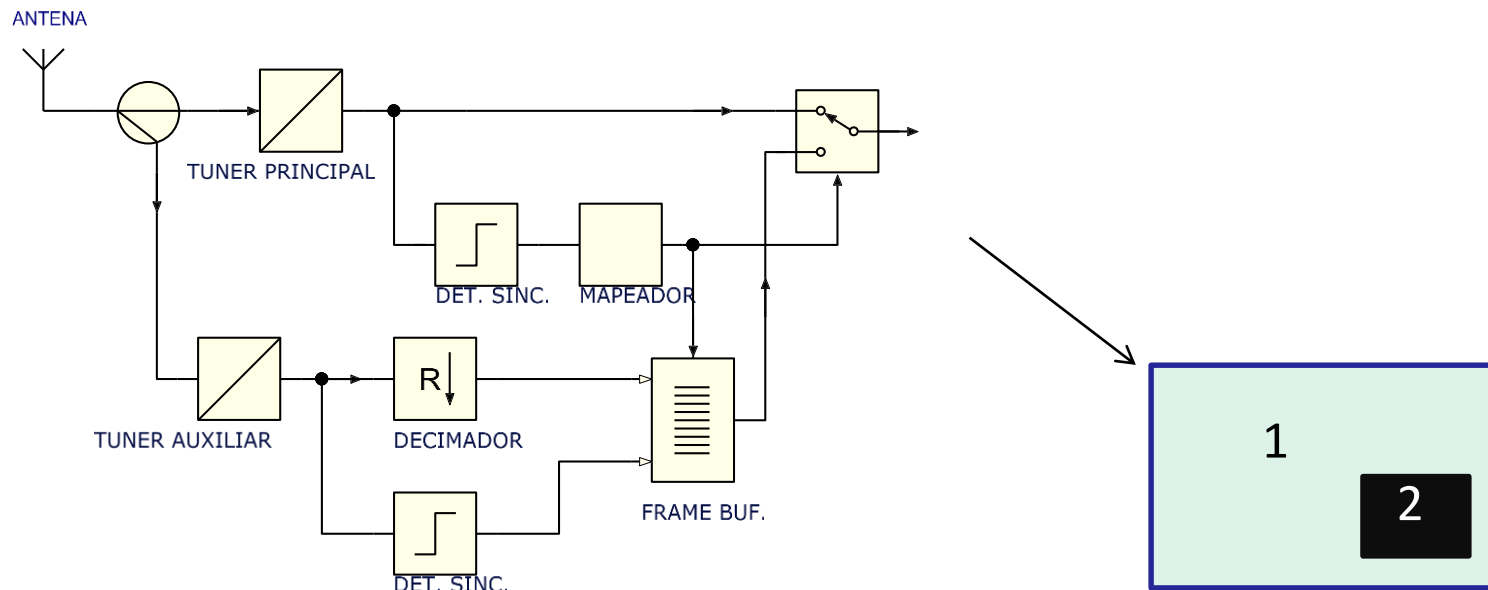
Chroma Band Pass Filter Frequency Responses for NTSC and PAL/SECAM

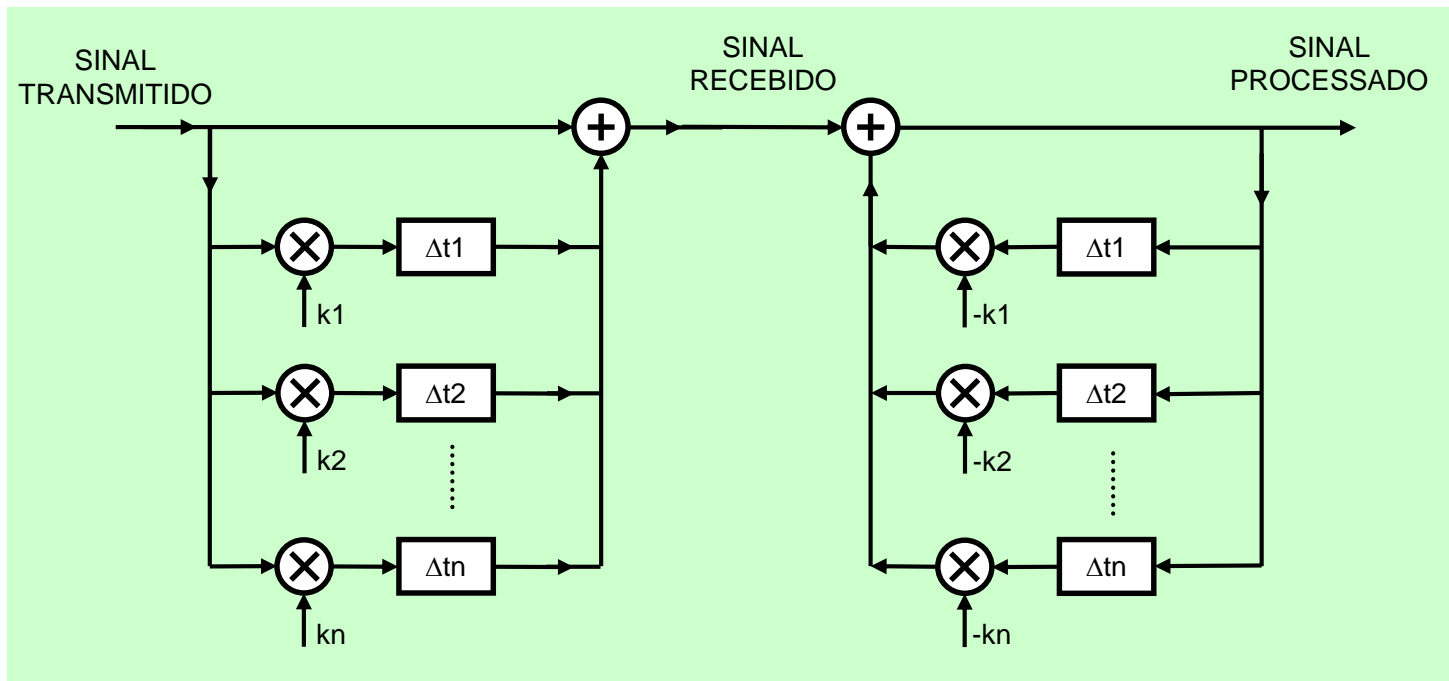


Interpolação (Duplicação de Linhas)



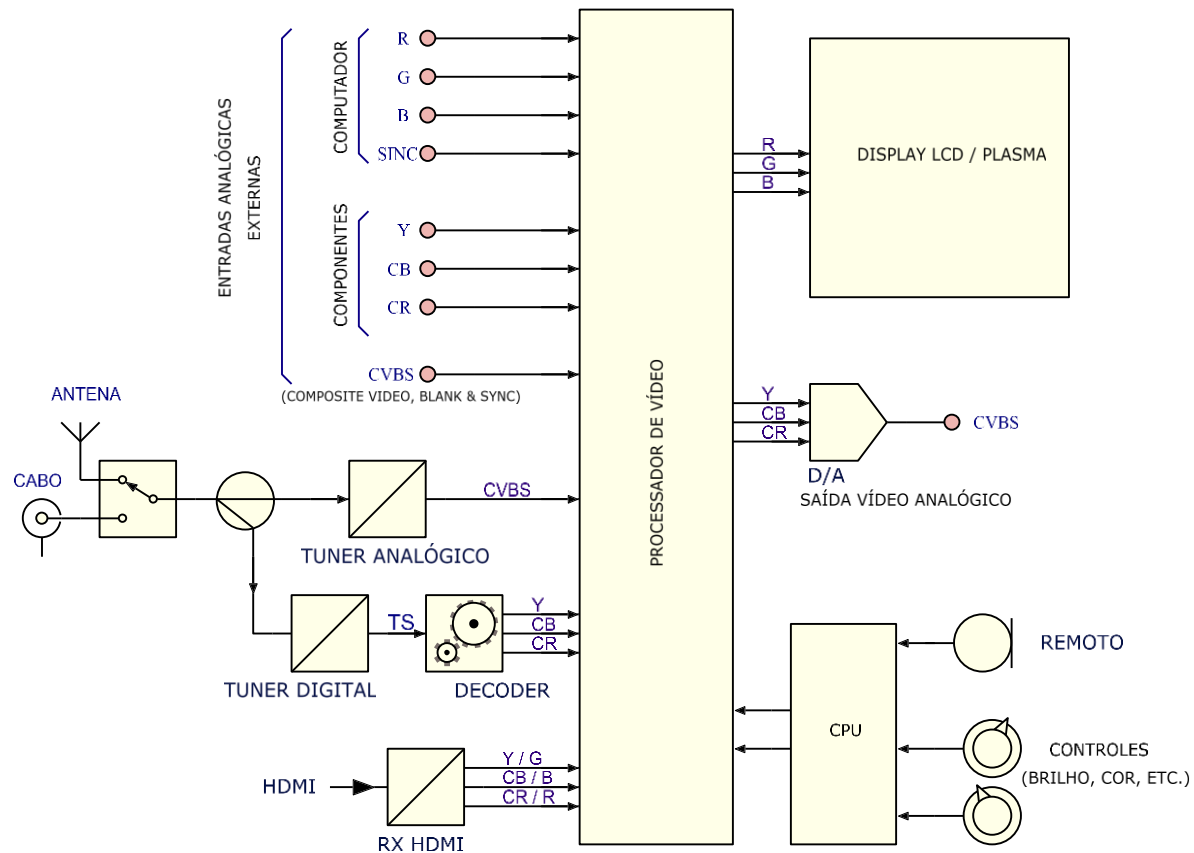
PIP ("Picture In Picture")



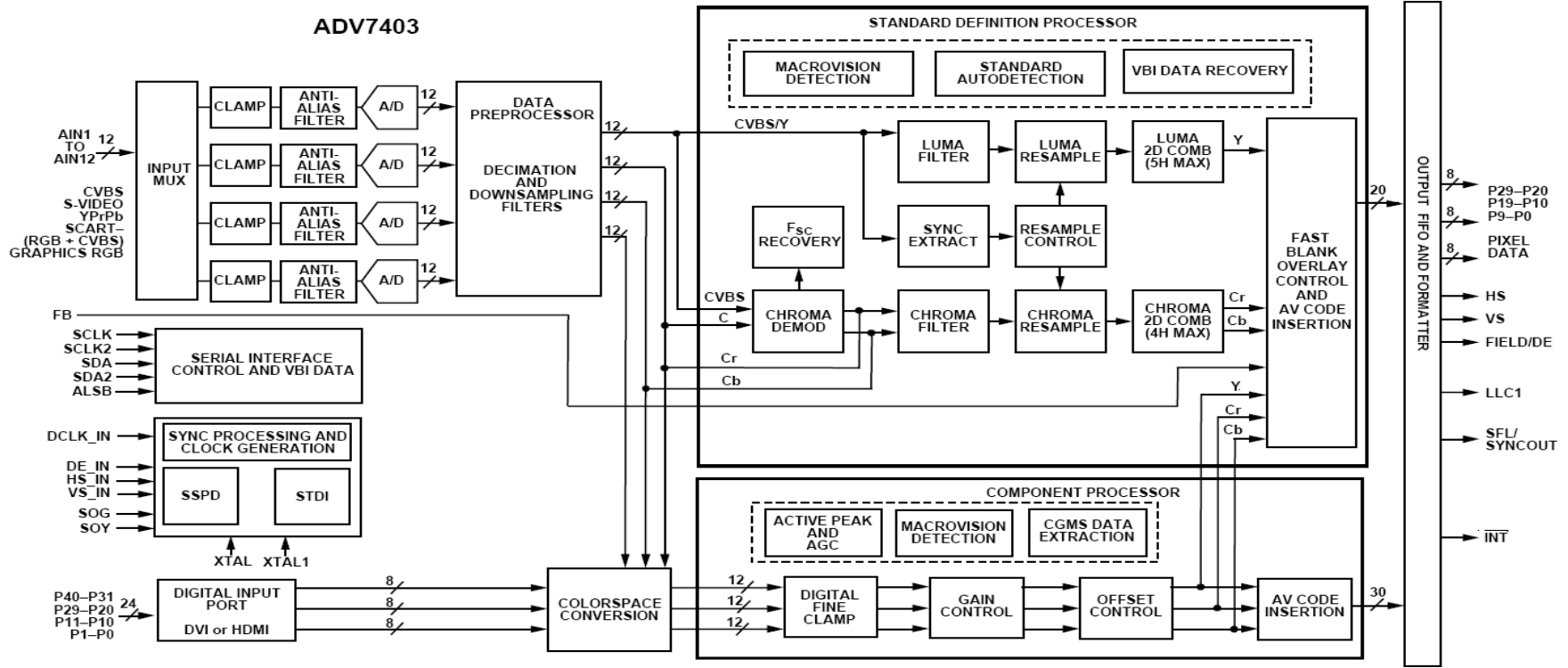


Modelo da Distorção
por Multi-percurso

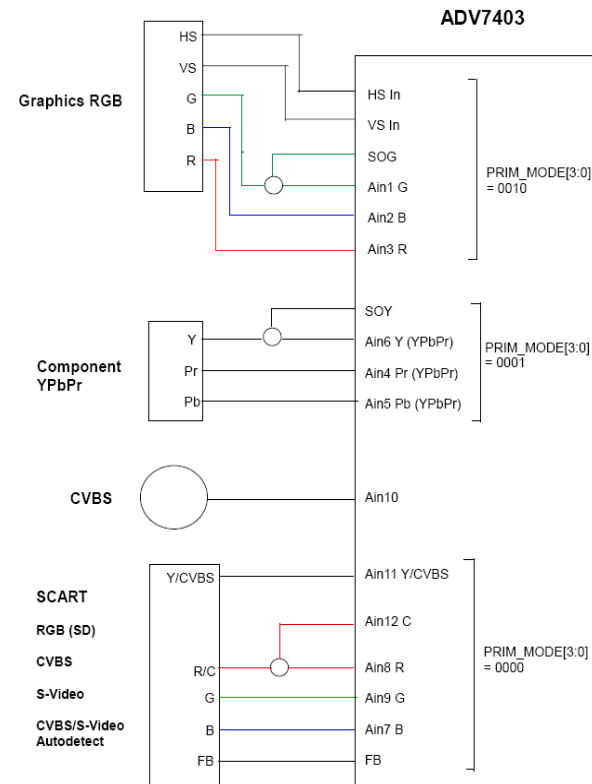
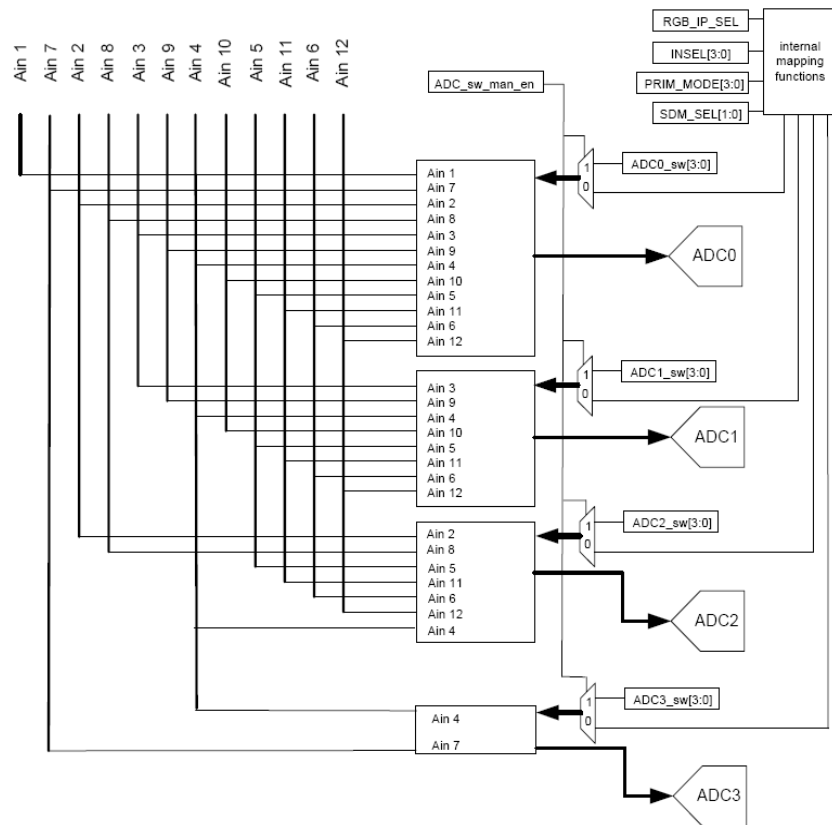
Equalizador
Adaptativo no Receptor

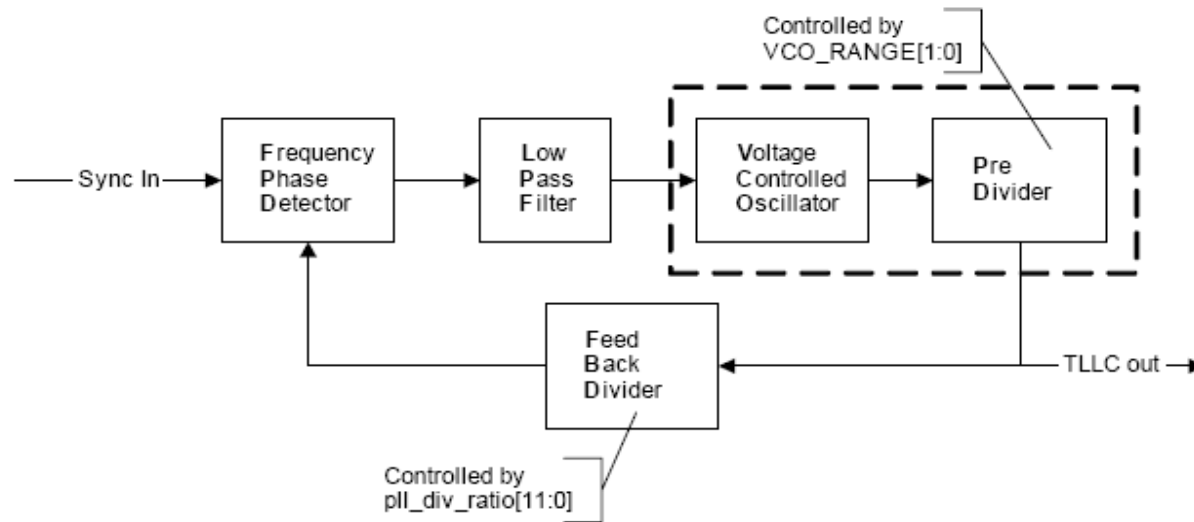


Exemplo: Digitalizador de Vídeo



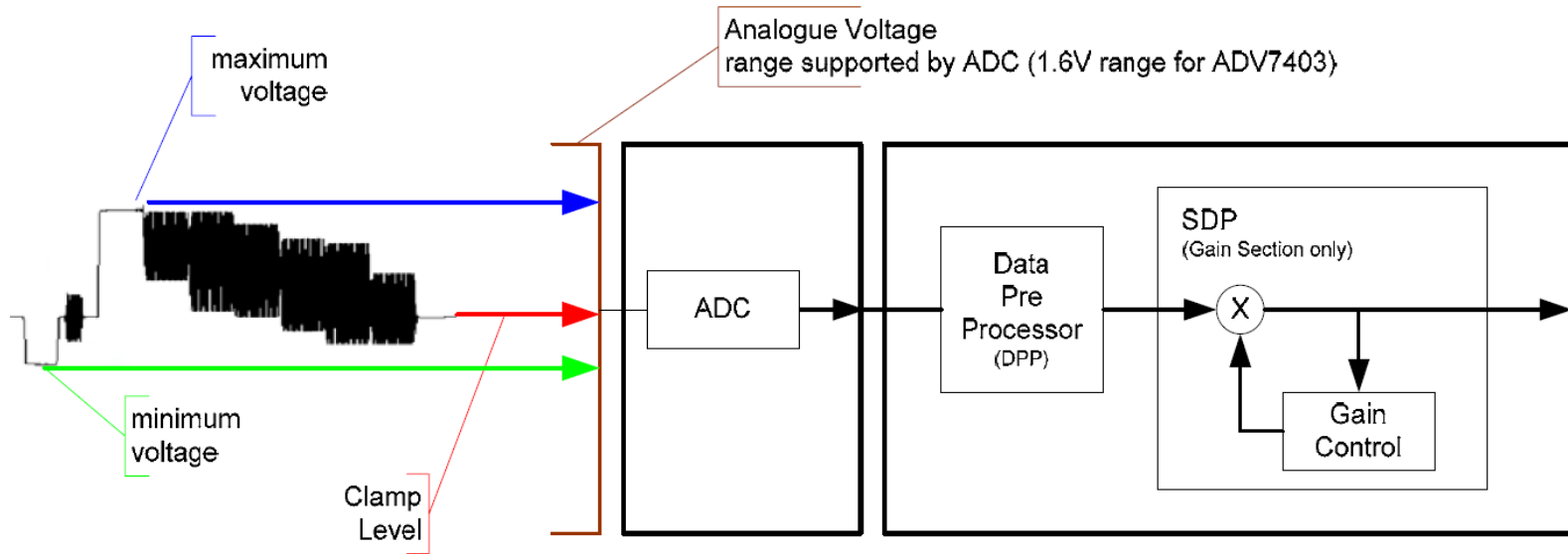
Configurações de Entrada do Digitalizador de Vídeo





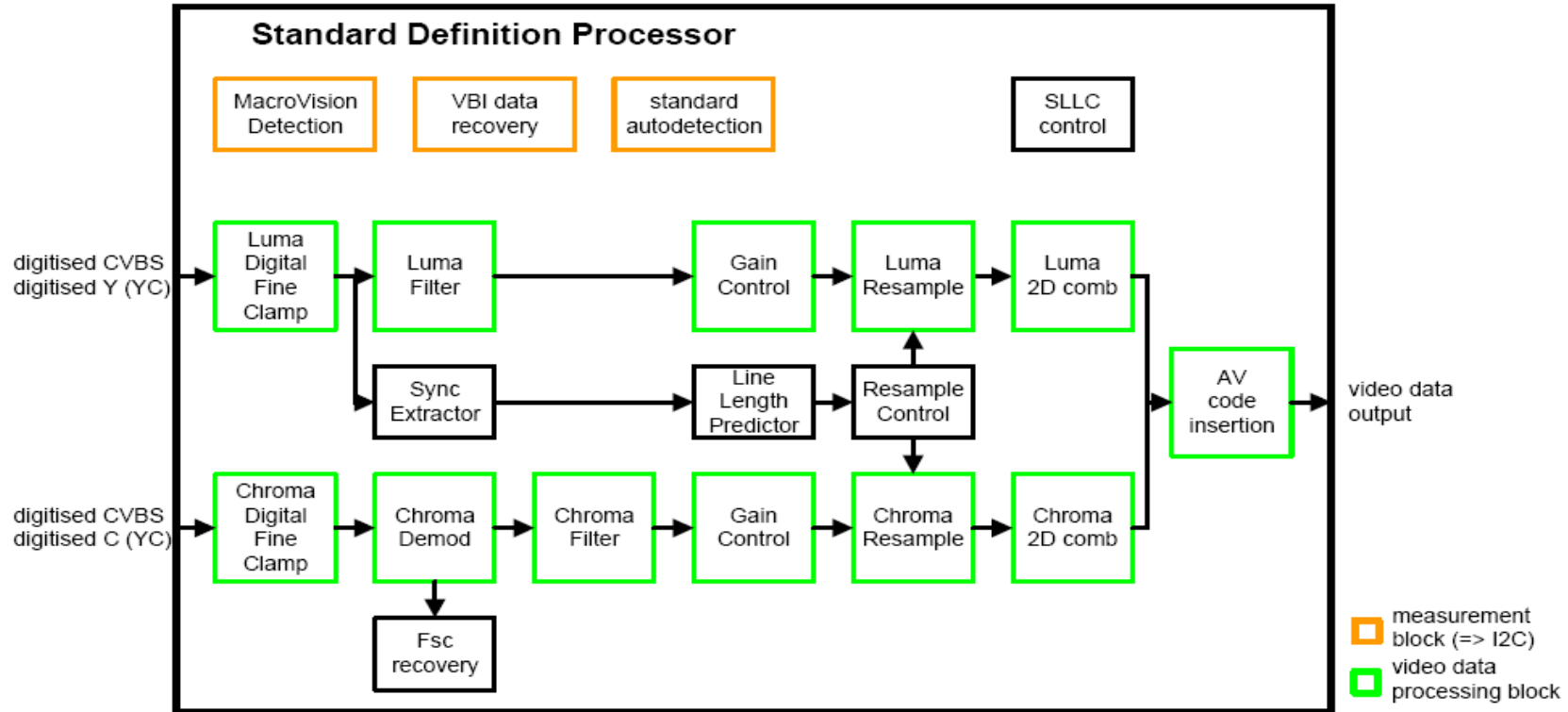
TLLC: True Line Locked Clock

PLL: Phase Locked Loop



Opções:

- Amplitude do Sincronismo
- Pico de Branco
- Manual



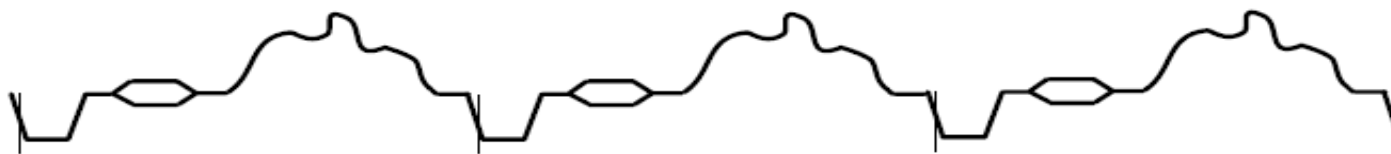
VBI: Vertical Blank Interval

SLCC: Sampling Line Locked Clock

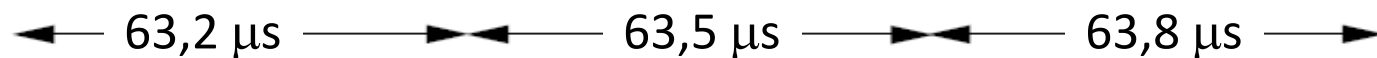
AV: Start / End of Active Video (SAV / EAV)

Fsc: Subcarrier Frequency

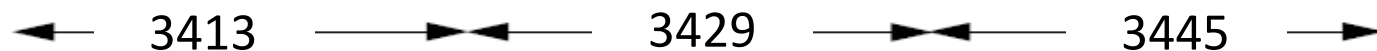
Sinal de Vídeo
com
instabilidade



Duração da
linha



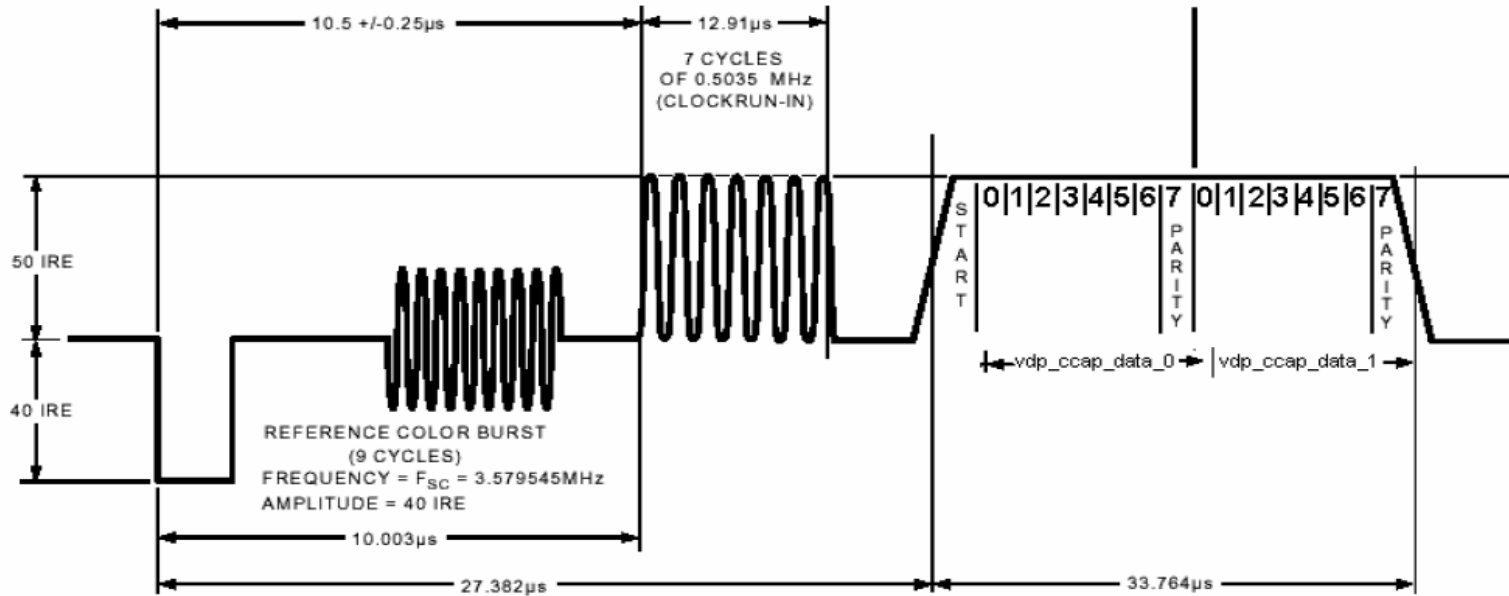
Pixels
amostrados
(4x fs)

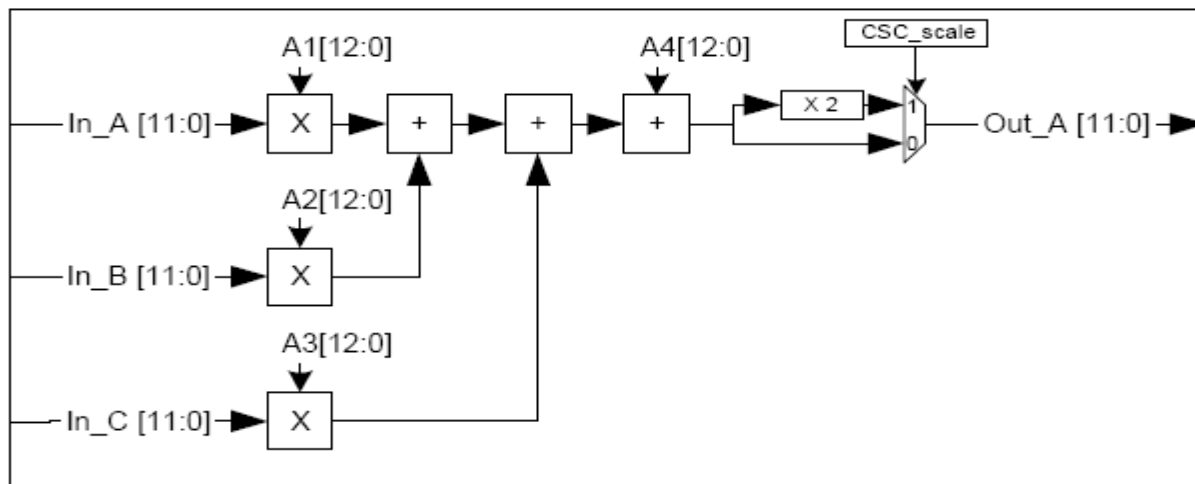
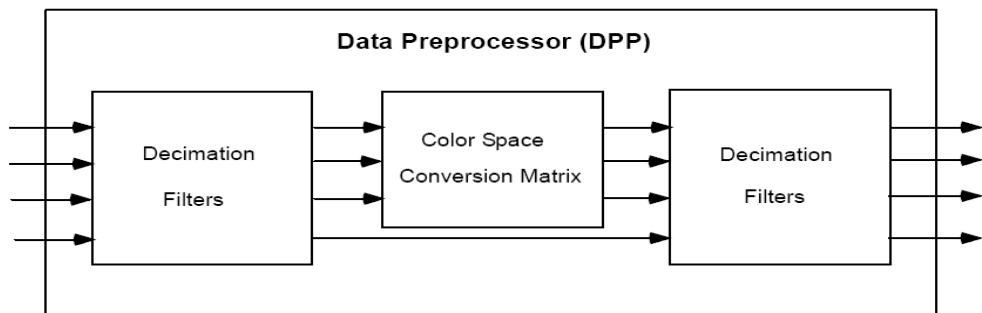


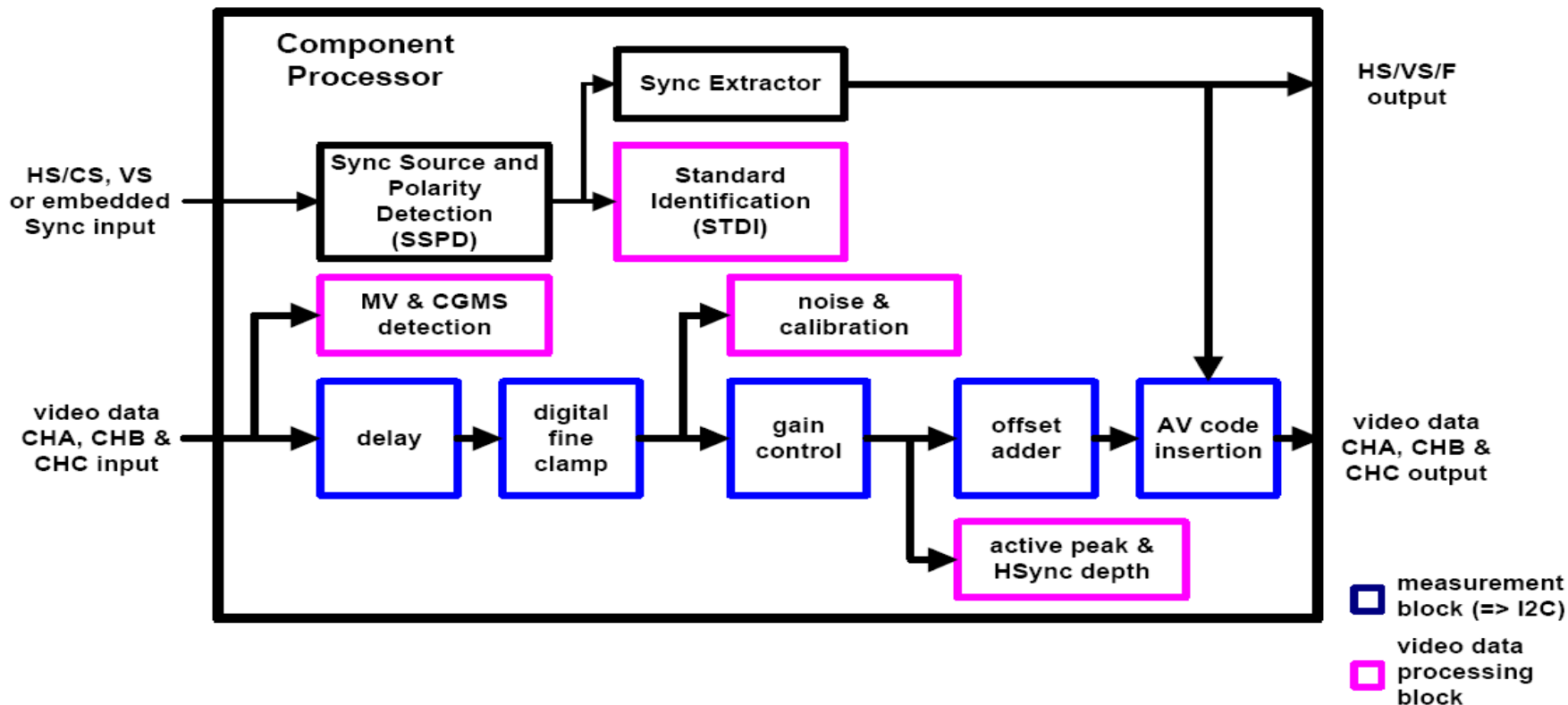
Pixels
reamostrados e
decimados



Legendas ("Closed Caption")



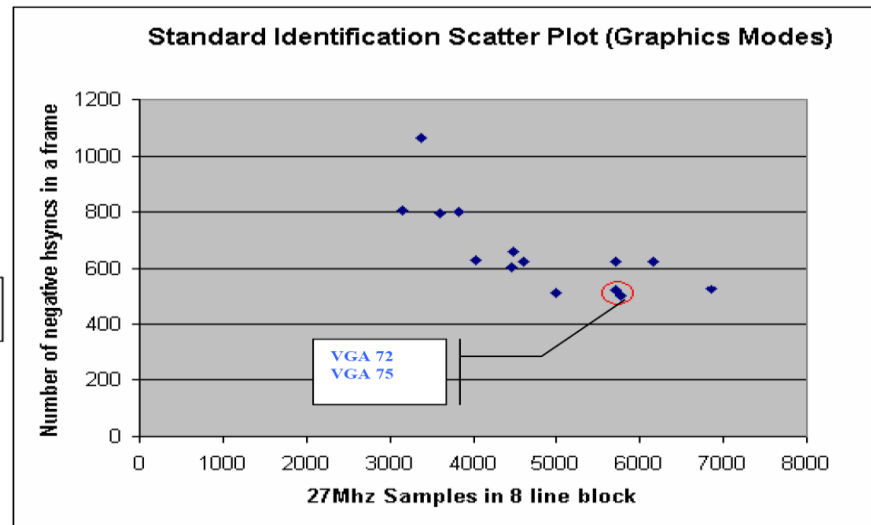
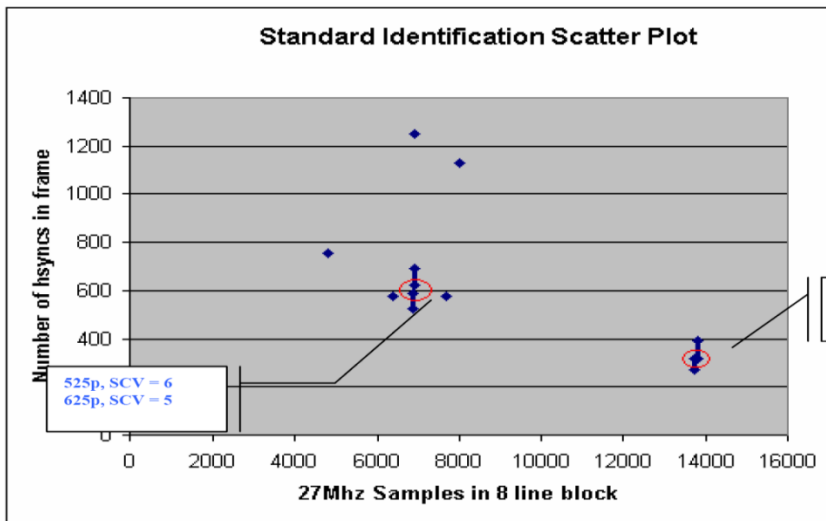




CGMS: Copy Generation Management System

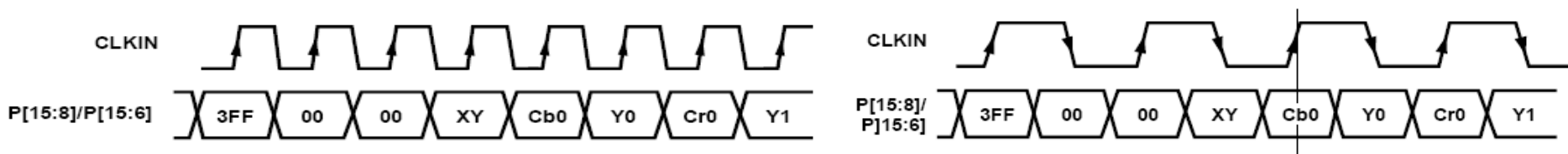
MV: MacroVision

AV: Start / End of Active Video (SAV / EAV)

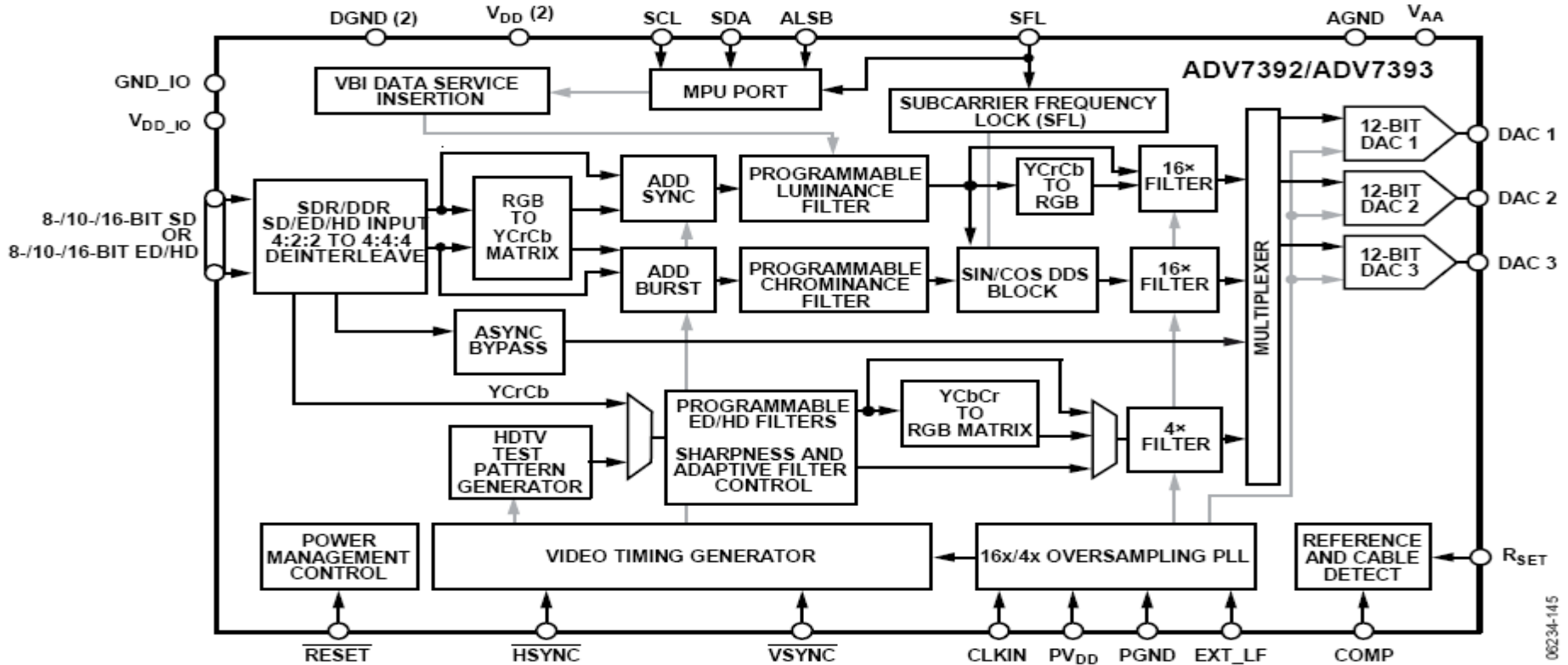


Processor, Format, and Mode		Pixel Port Pins P[19:0]																			
		19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SDP	Video out, 8-bit, 4:2:2	YcrCb[7:0] _{out}									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SDP	Video out, 10-bit, 4:2:2	YcrCb[9:0] _{out}									-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SDP	Video out, 16-bit, 4:2:2	Y[7:0] _{out}									-	-	CrCb[7:0] _{out}						-	-	
SDP	Video out, 20-bit, 4:2:2	Y[9:0] _{out}									CrCb[9:0] _{out}										
SDP	Video out, 24-bit, 4:4:4	Y[7:0] _{out}									-	-	Cb[7:0] _{out}						-	-	
SDP	Video out, 30-bit, 4:4:4	Y[9:0] _{out}									Cb[9:0] _{out}										

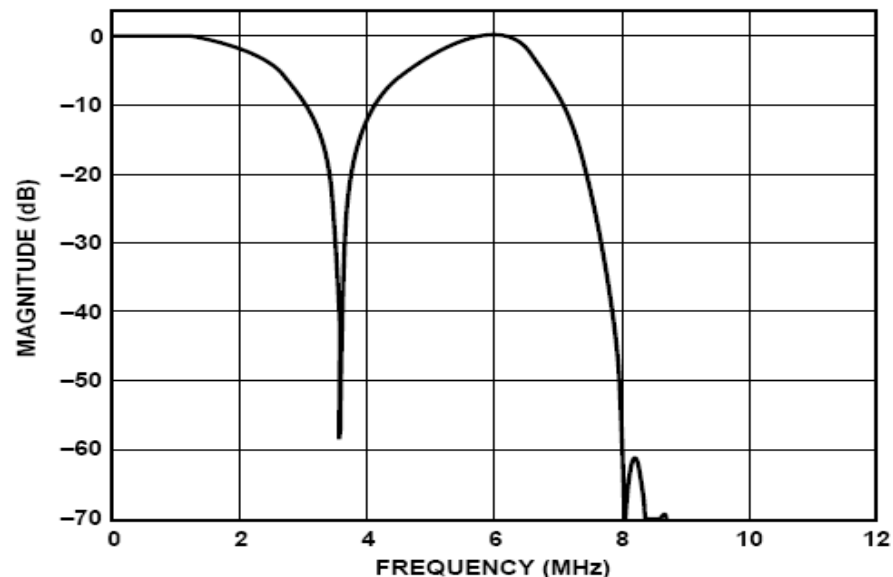
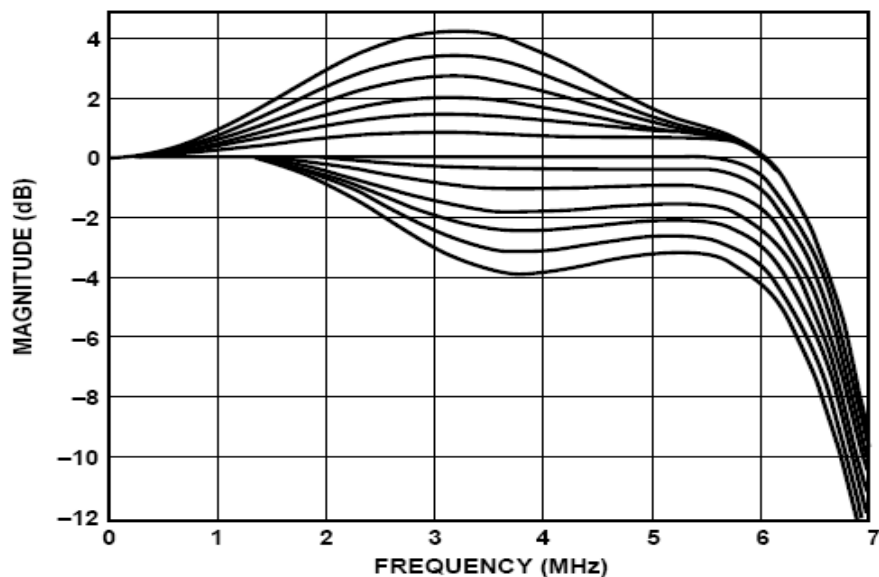
Formatos SDR e DDR



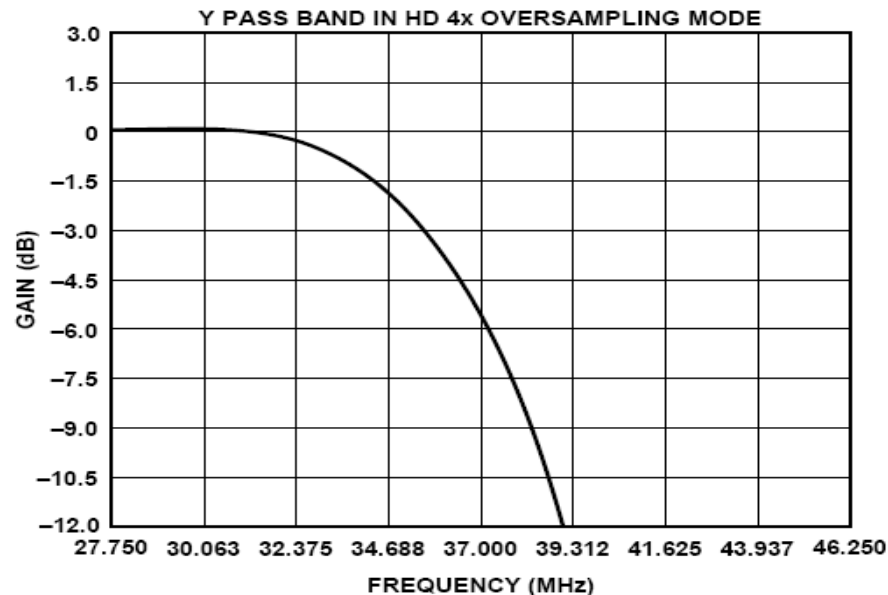
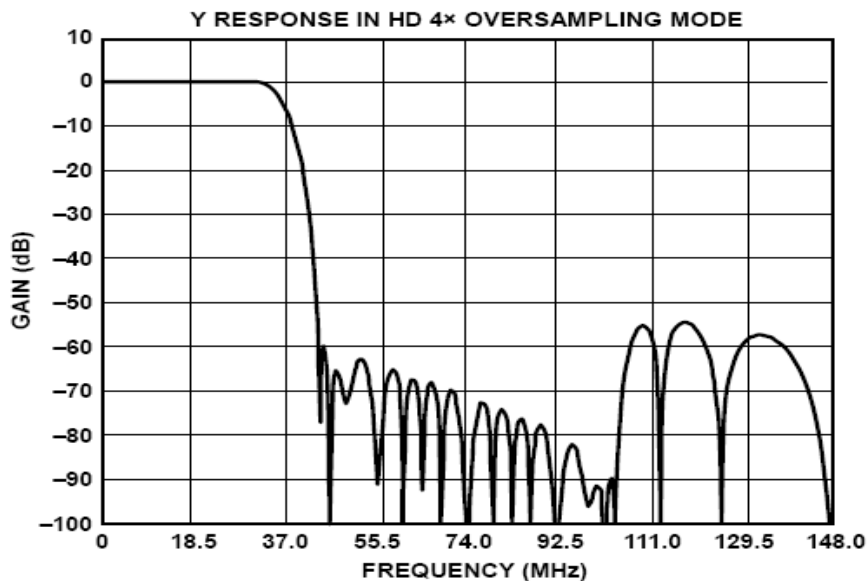
Exemplo: Conversor D/A SDTV / HDTV



06234-145



Luminância e “Notch” de Crominância para SDTV ($f_s = 216$ MHz)



Filtro de Luminância para HDTV ($f_s = 296$ MHz)

Necessidade de Compressão de Dados para Transmissão Digital de Vídeo

- Taxa de Bits para Codificação Rec. 601:
- 1 linha = 720 amostras de Luminância
+ 2 × 360 amostras de crominância
= 1440 amostras
- $1440 \times 482 \text{ linhas} \times 29,97 \text{ quadros/s}$
= 20.801.600 amostras/s
- $\times 8 \text{ bits} \times = \mathbf{166,4 \text{ Mbit/s}}$

- Taxa de Bits para Codificação D-2:
- 1 linha ativa = 51 μ s
- Taxa de Amostragem = 14,31818 MHz
- 14,31818 MHz \times 51 μ s = 730 amostras / linha
- \times 482 linhas \times 30 frames
= 10.555.800 amostras/s
- \times 8 bits = **84,45 Mbit/s**

- Taxa de Bits para HDTV (SMPTE-274M)
- 1 linha = 1920 amostras de Luminância
+ 2×960 amostras de crominância
= 3840 amostras
- $3840 \text{ amostras} \times 1080 \text{ linhas} \times 29,97 \text{ quadros/s}$
= 124.292.000 amostras/s
- $\times 10 \text{ bits} = \mathbf{1242,92 \text{ Mbit/s}}$

- **TV por Cabo Coaxial** (Modulação 64-QAM)
 - (Relação Sinal/Ruído Maior que 30 dB)
 - Taxa Bruta: 43 MBits/s
 - Taxa Líquida: 38 MBits/s

- **Rádiodifusão / UHF** (Modulação 8-VSB)
 - (Relação Sinal/Ruído Maior que 15 dB)
 - Taxa Bruta: 32 MBits/s
 - Taxa Líquida: 20 MBits/s

- **Satélite DTH** (*Direct to Home* - Modulação QPSK)
 - Taxa Bruta: 50 MBits/s por transponder
 - Taxa Líquida: 40 MBits/s

- São necessárias taxas de compressão da ordem de **50:1** para HDTV
- Compressão **Com Perdas** é inevitável
- Objetivo: reduzir a **Visibilidade** das degradações consequentes
- Deve-se levar em conta as características da **Percepção Visual** humana.