

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

Princípios básicos de televisão

TEORIA:

Em sistemas de televisão, está-se perante um novo tipo de informação a ser processada, sendo ela bidimensional.

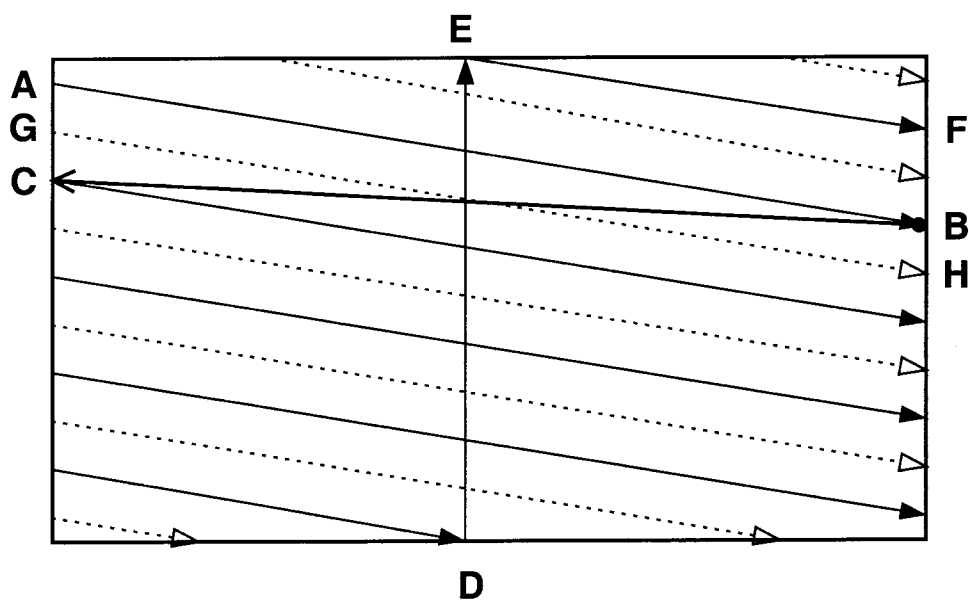
Tome-se a título de exemplo e por simplicidade, uma imagem fixa, ou parada (Still Image), e por agora também ela monocromática.

Sendo $I(h,v)$ uma possível codificação para intensidade de brilho nas posições horizontal 'h' e vertical 'v' no écran respectivamente; agora definindo-se S_h e S_v como as velocidades de varrimento (horizontal and vertical scanning speed) horizontal e vertical respectivamente, obtém-se o seguinte sinal de vídeo, cuja variação espaço-temporal da intensidade de brilho apresenta a seguinte variação:

$$- x(t) = I(S_h \cdot t, S_v \cdot t),$$

$$- \text{com } h = S_h \cdot t \text{ e } v = S_v \cdot t.$$

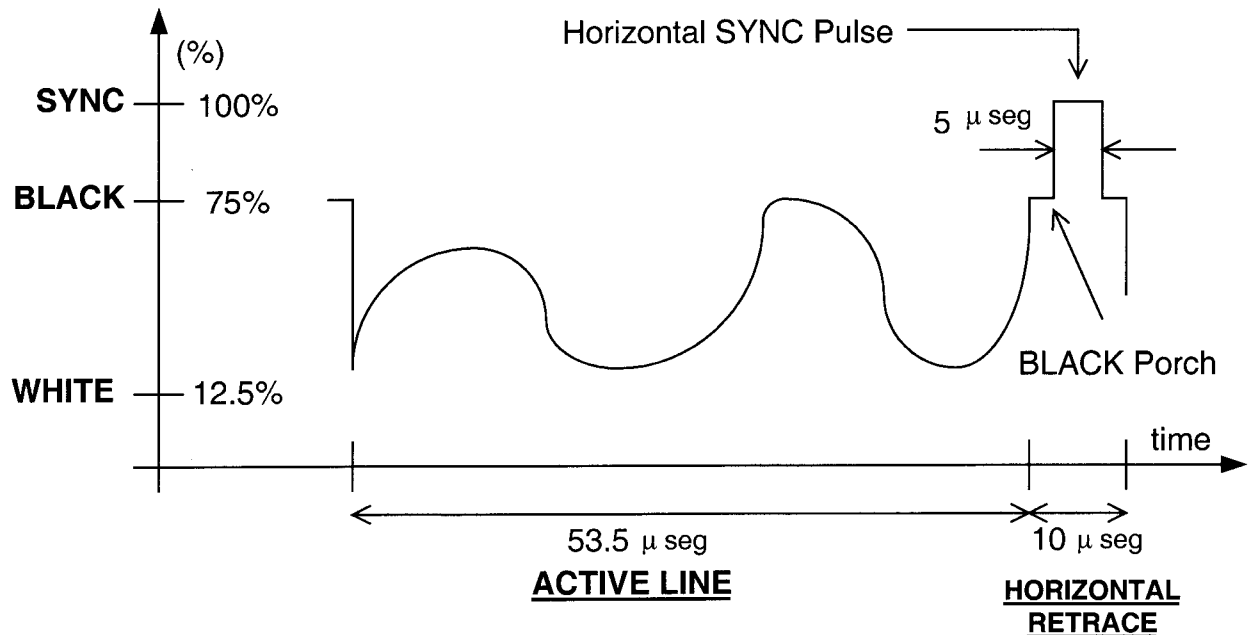
Tomando agora a seguinte figura como referência:



Quando o feixe que é bombardeado a partir de um TRC, atinge o ponto 'B', após um varrimento em diagonal, a partir dum ponto inicial 'A' no écran, vai gerar-se aquilo que se designa por "retorno horizontal". Nesse instante, o sinal de vídeo, deve tomar um valor máximo, e em termos temporais, acomodar um impulso de

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

sincronismo horizontal, com a forma rectangular, conforme se pode observar na figura seguinte.



A figura anterior refere-se ao timing associado a uma linha, para o sistema de TV americano NTSC. Note-se que após o feixe atingir o ponto 'D' no écran, iniciando-se um retorno vertical até ao ponto 'E', iniciando-se um novo varrimento, entre duas linhas assinaladas a tracejado, a este processo chama-se entrelaçamento de linhas.

A seguir lista-se uma tabela comparativa entre os sistemas de televisão NTSC americano, o sistema PAL europeu, e a futura norma HDTV americana.

	NTSC	PAL	HDTV
Aspect Ratio (H/V)	4/3	4/3	5/3
Linhas/Quadro	525	625	1125
Frequência de Campo (Hz)	60	50	60
Frequência de Linha (kHz)	15.75	15.625	-
Duração da linha (µSeg)	63.5	64.0	-
LB Sinal de vídeo (MHz)	4.2	5.2	≈27
Vertical Retrace, linhas/campo	21	-	-
Horizontal Retrace time (µSeg)	10	-	-

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

Assim sendo $x(t)$, é um sinal periódico, e como sinal periódico que é, então pode ser expresso em série de Fourier:

$$- x(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_{mn} \exp \left[j 2 \pi f \left(\frac{mh}{H} + \frac{nv}{V} \right) \right] t$$

com C_{mn} a valer:

$$- C_{mn} = \frac{1}{HV} \int_0^H \int_0^V I(h, v) \exp \left[-j 2 \pi f \left(\frac{mh}{H} + \frac{nv}{V} \right) \right]$$

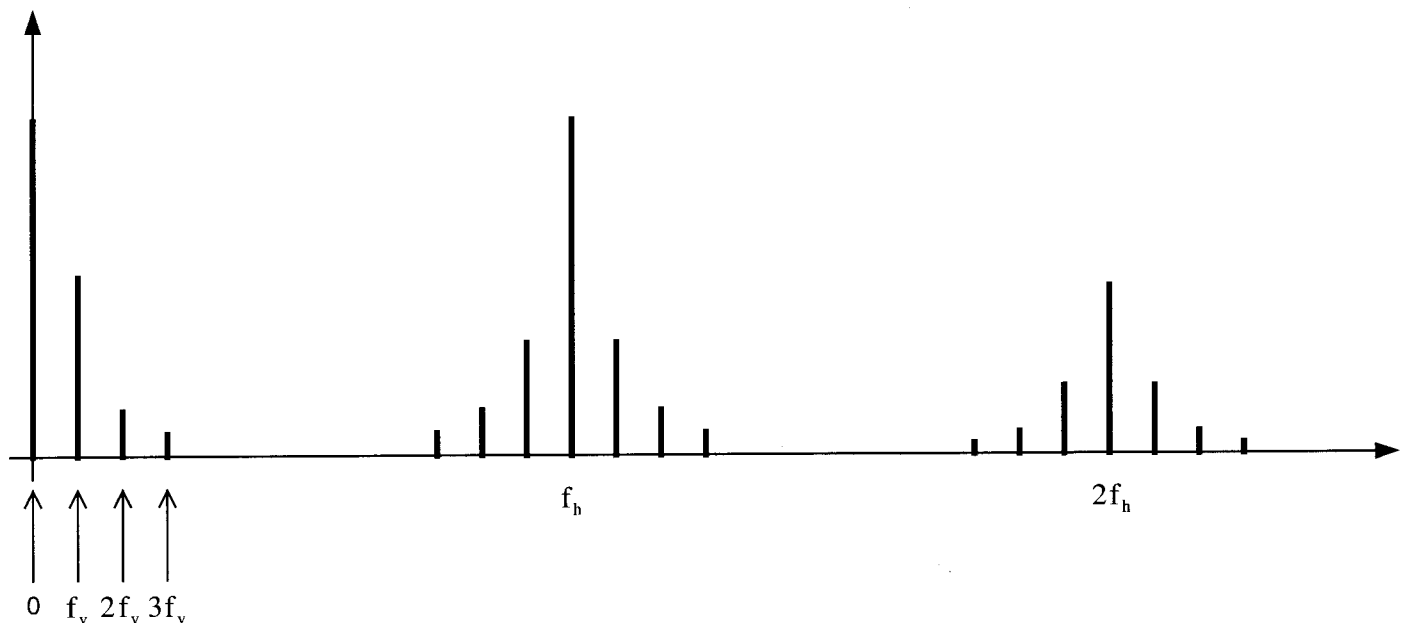
onde $f_h = \frac{S_h}{H}$, e $f_v = \frac{S_v}{H}$,

obtém-se finalmente para $x(t)$;

$$- x(t) = \sum_{m=-\infty}^{+\infty} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} C_{mn} e^{j 2 \pi f (m \cdot f_h + n \cdot f_v) \cdot t}$$

è de notar que o espectro teoricamente é infinito. Todavia à medida que o produto 'mn' aumenta, os coeficientes C_{mn} diminuem progressivamente e muito rapidamente. Se se olhar para o argumento da exponencial anterior, nota-se que vai-se ter riscas espectrais espaçadas de $\pm n \cdot f_v$ (múltiplos positivos e negativos de f_v , ou da frequência de campo), em torno dos múltiplos de f_h , ou frequência de linha.

Tem-se assim a seguinte forma para o espectro dum sinal de vídeo:



Note-se que 'H' e 'V' são os períodos Horizontal e Vertical respectivamente.

Se a imagem tiver

João Paulo Carmo

(1999-2000)

Página 3

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

- n_v linhas, e
- n_h colunas,

então a seguinte igualdade define aquilo a que se chama o ‘Aspect Ratio’:

$$- \frac{n_h}{n_v} = \frac{H}{V}$$

Define-se a resolução vertical de uma forma ideal, se o numero de linhas varridas ‘N’ igualar n_h .

Todavia, e devido á natureza do processo de formação da imagem no écran se basear na persistência de parte deste, e ter de se reiniciar o varrimento por forma a “refrescar” (não esquecer que se trata de uma imagem fixa) o écran, vai haver um número N_{vr} de linhas que se “perdem” durante o retorno vertical, afectado de um factor de correcção determinado experimentalmente, que tem como consequência a redução da resolução efectiva a 70% do número total de linhas, este factor de correcção é conhecido como “Factor de Kerr”, e é dado por:

$$- n_v = 0.7(N - N_{vr})$$

A resolução horizontal, é determinada pela largura de banda do sinal em banda base com uma LB igual a ‘B’.

Se o sinal for uma onda sinusoidal com

$$- f_{\max} = B$$

Então

$$- n_h = 2B \cdot (T_{\text{LINE}} - T_{\text{hr}})$$

sendo

- T_{LINE} : a duração de uma linha
- T_{hr} : o tempo de retorno horizontal

resulta

$$- B = \frac{(H/V) n_v}{2(T_{\text{LINE}} - T_{\text{hr}})} = 0.35 \left(\frac{H}{V} \right) \frac{N - N_{vr}}{T_{\text{LINE}} - T_{\text{hr}}}$$

para a obtenção de uma expressão mais versátil para o calculo da largura de banda de um sinal de vídeo, define-se:

$$- \text{duração de um quadro: } T_{\text{FRAME}} = N \cdot T_{\text{LINE}}$$

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

após a manipulação do “Factor de Kerr”, obtém-se:

$$- N = \frac{n_v}{0.7} \left(1 - \frac{N_{vr}}{N} \right)$$

resulta em:

$$- B \cdot T_{\text{FRAME}} = \frac{0.714 n_p}{\left(1 - \frac{N_{vr}}{N} \right) \left(1 - \frac{T_{br}}{T_{\text{LINE}}} \right)}$$

com

$$- n_p = \frac{H}{V} n_v^2 = n_h n_v$$

em que n_p é o número de elementos ou o número de pixels numa imagem.

Da ultima equação ressalta que a largura de banda aumenta proporcionalmente ao número de pixels, ou com o quadrado do aumento da resolução vertical n_v^2 .

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

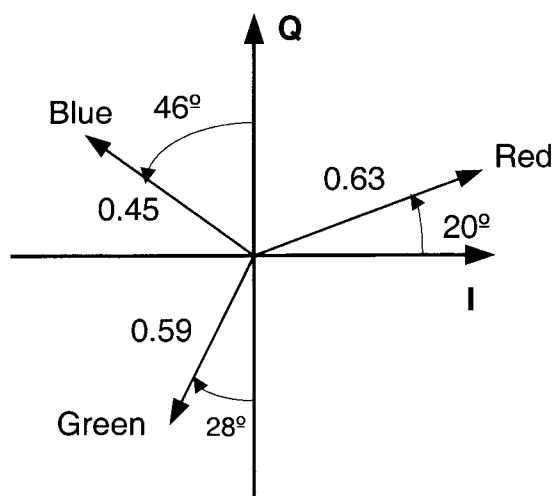
TELEVISÃO A CORES – Princípios básicos

Um sistema de televisão a cores, deve ser compatível com o antigo sistema monocromático, assim ao invés de se ter três sinais referentes às componentes RGB duma imagem, tem-se apenas duas componentes básicas:

- a componente de luminancia, designada por Y, cujo sinal é designado por $x_Y(t)$;
- as componentes em fase e em quadratura da cromaticidade, que são as responsáveis pela existência de coloração na imagem, designadas no sistema PAL por U e V respectivamente e no sistema NTSC por I (infase) e Q (quadrature) respectivamente, cujos sinais são designados por $x_I(t)$ e $x_Q(t)$ respectivamente.

Note-se que ao contrario da codificação RGB, em que cada banda espectral ocupa a mesma largura de banda, se se usar a codificação YUV ou YIQ no caso do sistema NTSC, apenas a componente Y da luminancia tem igual largura de banda em relação às bandas espectrais RGB, até porque Y resulta da soma dessas três bandas, todavia as componentes da cromaticidade, tanto a componente em fase e em quadratura apresentam uma ocupação espectral igual a metade da ocupação espectral da luminancia.

Na figura seguinte pode-se observar os vectores das cores primárias saturadas no plano IQ.



Os sinais de luminancia $x_Y(t)$ e de cromaticidade $x_I(t)$ e $x_Q(t)$, são definidos à custa das três bandas espectrais RGB, da seguinte maneira:

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

- $x_Y(t) = 0.30x_R(t) - 0.59x_G(t) - 0.11x_B(t)$,
- $x_I(t) = 0.60x_R(t) - 0.28x_G(t) - 0.32x_B(t)$,
- $x_Q(t) = 0.21x_R(t) - 0.52x_G(t) - 0.31x_B(t)$

o sinal bidimensional ou complexo do crominancia é dado através da seguinte forma:

$$- x_C(t) = x_I(t) + jx_Q(t),$$

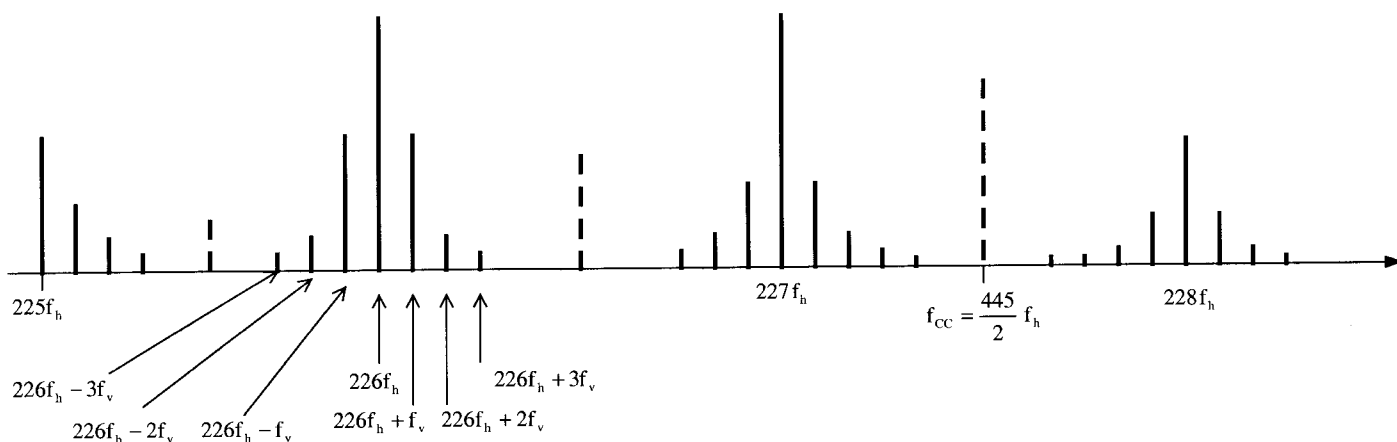
tendo os seguintes significados físicos para:

- o módulo $|x_Q(t)|$: dá-nos a Intensidade de cor, ou a Saturação,
- a fase $\arg(x_Q(t))$: designa-se por HUE.

A sub-portadora de cor está localizada na frequência:

$$- f_{CC} = \frac{445}{2} f_H \cong 3.6\text{MHz}, \text{ em que } f_{CC} \text{ está multiplexada entre o } 227^\circ \text{ e o } 228^\circ$$

harmónico da frequência f_H , conforme se pode observar na figura seguinte. As riscas espectrais a tracejado correspondem às componentes espectrais da crominancia.



Conforme se pode observar, as riscas espectrais da crominancia estão entrelaçadas com as riscas espectrais da luminancia, em torno dos múltiplos das frequências de linha f_h .

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

EXERCICIOS

- 1 – Determinar a largura de banda mínima de um sinal de vídeo, considerando o sistema NTSC com um numero de linhas ‘N’ igual a 525 e uma perda média de linhas durante o varrimento ‘ N_{vr} ’ igual a 42 linhas, ficando assim reduzido a um número de linhas activas igual a 483 linhas. O inverso da frequência de retorno horizontal vale $63.5 \mu\text{Seg}$, apresentando um valor para T_{vr} igual a $10 \mu\text{Seg}$ e com um tempo de linha activa igual a $53.5 \mu\text{Seg}$ e cujo valor do ‘Aspect ratio’ vale $4/3$.
- 2 – Nas condições da alínea anterior, será suficiente a largura de banda por forma a acomodar um impulso de retrace horizontal com duração de $5 \mu\text{Seg}$?
- 3 – Determinar a largura de banda mínima para um sistema HDTV, com um ‘Aspect ratio’ de $5/3$, cujo écran apresenta aproximadamente um milhão de pixels. Tomar como pressuposto uma frequência de 25 quadros por segundo. Admitir $N_{vr}=60$ linhas e $T_{hr}=12.5 \mu\text{Seg}$.
- 4- Considerar um sistema de FAX com valores desprezáveis para o Horizontal e Vertical Retrace.
Determinar o valor do período de um quadro, para codificar e transmitir uma pagina de 37 por 39 cm, com uma resolução espacial de 40 linhas/cm, usando um canal telefónico com largura de banda aproximadamente 3.2 kHz.
- 5 – Determinar o número de pixeis para o sistema PAL, para $N_{vr}=48$ linhas, e $T_{hr}= 10 \mu\text{Seg}$.
- 6 – Considerar um sistema de televisão a cores PAL, em que cada uma das três bandas espectrais RGB, ocupam uma largura de banda de 5.2 MHz. Estimar a largura de banda necessária para transmitir um sinal composto pela componente de luminancia e pelas duas componentes em quadratura da crominancia, admitindo os seguintes casos:
 - a) as bandas de $x_Y(t)$ e $x_C(t)$ são multiplexadas em canais distintos FDM;
 - b) as riscas espectrais da crominancia são entrelaçadas com as riscas espectrais da luminancia, conforme fora referido anteriormente.
- 7 – Pretende-se transmitir um sinal policromático, em que as bandas espectrais RGB dum sistema NTSC, contribuem com uma percentagem do valor saturado, de 15%, 25% e 75% respectivamente.

SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES – Guião nr. 8

Admitindo que os valores normalizados das bandas RGB apresentam a forma temporal: $x_R(t) = h(t)$, $x_G(t) = h(t-T)$, e $x_B(t) = h(t-2T)$.

- a) determinar a forma temporal de $x_Y(t)$ e de $x_C(t)$;
- b) determinar a forma temporal do modulo e da fase de $x_C(t)$, bem como esboçar a sua variação temporal;
- c) determinar a transformada de Fourier dos sinais de Crominancia e de Luminancia, e esboçar os seus módulos e fase respectivas.