



Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

José M. Martínez
Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid, SPAIN

JoseM.Martinez@uam.es
tel:+34.91.497.22.58

2008-2009



Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

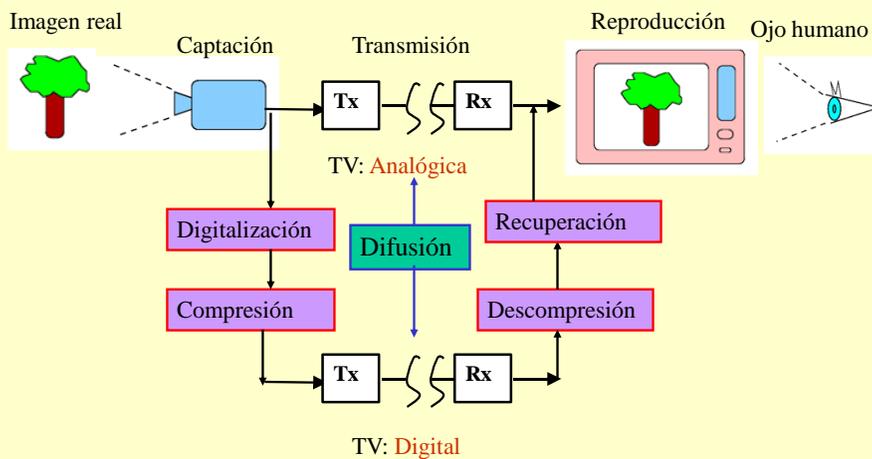
- Introducción
- Digitalización de señales de vídeo
 - Introducción
 - UIT-R BT.601
- Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital
 - Introducción
 - UIT-R BT.656 y 1302
 - Interfaces paralelo y serie

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital

Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- **Introducción**
- Digitalización de señales de vídeo
 - Introducción
 - UIT-R BT.601
- Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital
 - Introducción
 - UIT-R BT.656 y 1302
 - Interfaces paralelo y serie

Introducción: Sistema de Televisión



Introducción: Ventajas de la TV Digital

- No existe intermodulación luminancia/crominancia
- Multiregeneración de señal sin pérdida de calidad
- Mayor calidad (más ancho de banda)
- Compresión de la información
- Mejores posibilidades de tratamiento (ordenadores)
- Otros servicios añadidos

Introducción: Terminología de tipos vídeo

Vídeo en componentes

- Tres componentes de color almacenados/transmitidos por separados
- Analógico: RGB o YUV (YIQ)
- Digital: YCrCb

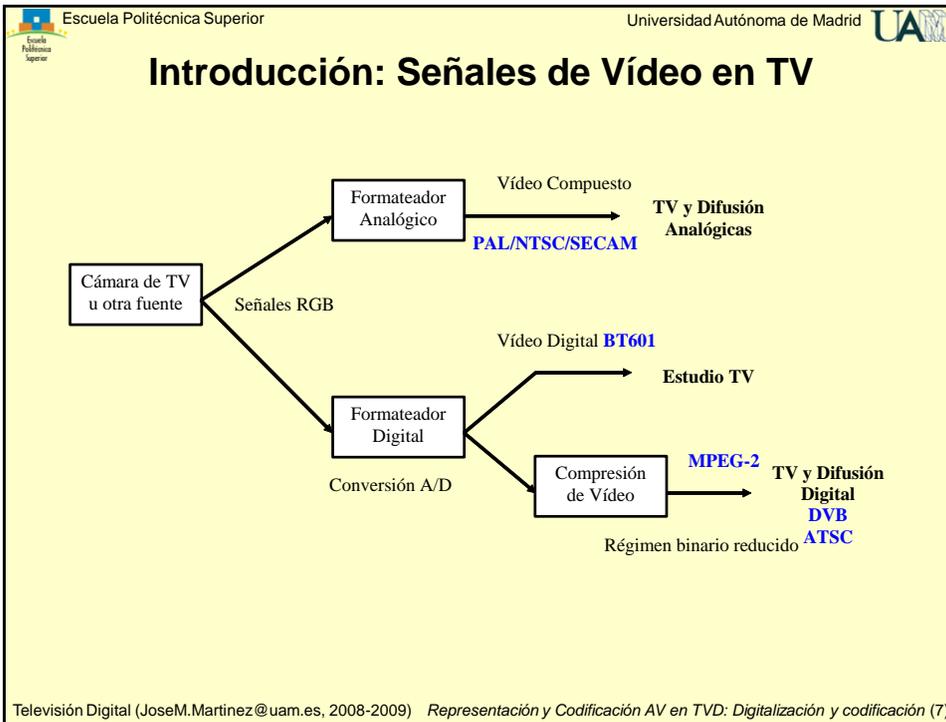
Vídeo compuesto

- Convertir RGB a YUV (YIQ)
- Multiplexar YUV en una única señal
- Aparatos de consumo de vídeo analógico

S-video

- Y y croma (QAM de UV -IQ-) se almacenan por separado
- Aparatos de video de gama alta

Los monitores de gama alta admiten todas estas entradas



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Introducción: Formatos de vídeo digital

Video Format	Y Size	Color Sampling	Frame Rate (Hz)	Raw Data Rate (Mbps)
HDTV Over air, cable, satellite, MPEG2 video, 20-45 Mbps				
SMPTE296M	1280x720	4:2:0	24P/30P/60P	265/332/664
SMPTE295M	1920x1080	4:2:0	24P/30P/60I	597/746/746
Video production, MPEG2, 15-50 Mbps				
BT.601	720x480/576	4:4:4	60I/50I	249
BT.601	720x480/576	4:2:2	60I/50I	166
High quality video distribution (DVD, SDTV), MPEG2, 4-10 Mbps				
BT.601	720x480/576	4:2:0	60I/50I	124
Intermediate quality video distribution (VCD, WWW), MPEG1, 1.5 Mbps				
SIF	352x240/288	4:2:0	30P/25P	30
Video conferencing over ISDN/Internet, H.261/H.263, 128-384 Kbps				
CIF	352x288	4:2:0	30P	37
Video telephony over wired/wireless modem, H.263, 20-64 Kbps				
QCIF	176x144	4:2:0	30P	9.1

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (8)

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital

Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- **Digitalización de señales de vídeo**
 - **Introducción**
 - UIT-R BT.601
- **Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital**
 - Introducción
 - UIT-R BT.656 y 1302
 - Interfaces paralelo y serie

Introducción a la digitalización de señales (I)

Proceso general

- Digitalización y Recuperación

Digitalización

- Muestreo
 - Necesidad de filtrado
- Cuantificación
 - Error de cuantificación y saturación
- Codificación
 - Codificación de línea (asignación de símbolos a señales digitales)
 - Codificación con pérdidas (MPEG) => compresión

Introducción a la digitalización de señales (II): Proceso de Digitalización (Analógico \Rightarrow Digital)

Señal Analógica: Información en el voltaje (mV)

- Ruido y Distorsiones cambian la información

Filtrado: Limitación de la banda de la señal analógica

- Para evitar el *aliasing*

Muestreo: Selección de una serie de datos

- Valores tomados de forma periódica (sigue siendo tensión)

Cuantificación: Discretización de la amplitud

- A cada grupo de voltajes se asigna un número (nivel de cuantificación: **Q**): error/ruido de cuantificación

Codificación: Generación de la señal digital

- Representar el número **Q** en binario ('0' y '1')
- Asignar voltajes a cada valor de bit (NRZ)
 - o Ruido y Distorsiones cambian voltajes pero 'no' bits

(Multiplexación y Compresión)

Introducción a la digitalización de señales (III): Proceso de recuperación (Digital \Rightarrow Analógico)

(Descompresión y Desmultiplexación)

Decodificación : de 0's y 1's a nivel **Q**

Reconstrucción: de nivel **Q** a valor de tensión

Interpolación : de valores aislados a señal

Filtrado posterior para limitar en banda (igual al de la entrada)

Introducción a la digitalización de señales (IV): Conversión A/D y D/A

Funciones realizadas en:

★ **Conversor Analógico/Digital**

- o Muestreo
- o Cuantificación uniforme
- o Codificación en binario natural

★ **Conversor Digital/Analógico**

- o Descodificación
- o Reconstrucción
- o Interpolación

Introducción a la Digitalización de Vídeo (I): ¿qué señal se digitaliza?

Vídeo compuesto

- No aporta ninguna ventaja
- Presenta problemas con la subportadora de color

Componentes RGB.

- Excesiva velocidad binaria
- Escasa ganancia de calidad, por lo que se usa menos

Luminancia y diferencias de color

- Compatibilidad entre sistemas
- Aprovechamiento de las limitaciones del SVH

Introducción a la Digitalización de Vídeo (II): Digitalización de vídeo raster

Muestreo de la señal raster = muestrear las líneas (dimensión horizontal)

La tasa de muestreo debe ser seleccionada adecuadamente

- Para que estén alineadas verticalmente, la tasa tiene que ser múltiplo de la frecuencia de línea
- Intervalo de muestreo horizontal = Intervalo de muestreo vertical
- Tasa de muestreo común para los diferentes sistemas

$$f_s = 858 f_l (\text{NTSC}) = 864 f_l (\text{PAL}) = 13.5 \text{ MHz}$$

$$f_l (\text{NTSC}) = 15.734 \text{ KHz} \quad \square \quad 525 \text{ l/c} * 30 \text{ c/s} = 15.75 \text{ Khz} \quad (525 * 29.94 = 15,7185)$$

$$f_l (\text{PAL}) = 15.625 \text{ KHz} = 625 \text{ l/c} * 25 \text{ c/s} = 15.625 \text{ Khz}$$

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- **Digitalización de señales de vídeo**
 - *Introducción*
 - **UIT-R BT.601**
- Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital
 - *Introducción*
 - UIT-R BT.656 y 1302
 - Interfaces paralelo y serie

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT BT.601 (I): Introducción

Estándar para la digitalización y codificación (binaria) de señales de vídeo digital para estudio con un máximo de valores comunes en parámetros de sistemas de 525 y 625 líneas

525/60: 60 field/s
NTSC

625/50: 50 field/s
PAL

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (17)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT BT.601 (II): Introducción

Posibilidades de codificación de componentes

- Componentes Y, Cr, Cb
- Componentes R, G, B

Las estructuras de muestreo son estáticas espacialmente
Las muestras de color tienen que estar co-situadas
Para sistemas 525 y 625 líneas el número de muestras activas por cada línea es el mismo (720)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (18)

UIT-R BT.601 (III): Luminancia

Se utiliza:

$$Y = E'_Y = 0.299 \cdot E'_R + 0.587 \cdot E'_G + 0.114 \cdot E'_B$$

Primarios gamma-correctados y normalizados (0 a 1 V)
Y con valores entre 0 y 1 V

Norma AES/EBU **N-10**

- Niveles Y de 0 a 700 mV

UIT-R BT.601 (IV): Diferencias de color

$$(E'_R - E'_Y) = 0.701 \cdot E'_R - 0.587 \cdot E'_G - 0.114 \cdot E'_B$$

$$(E'_B - E'_Y) = -0.299 \cdot E'_R - 0.587 \cdot E'_G + 0.886 \cdot E'_B$$

Al estar los componentes primarios normalizados, la luminancia está normalizada, pero no así las diferencias de color que varían entre [-0.701,+0.701] y [-0.886,+0.886] respectivamente.

Condition	E'_R	E'_G	E'_B	E'_Y	$E'_R - E'_Y$	$E'_B - E'_Y$
White	1.0	1.0	1.0	1.0	0	0
Black	0	0	0	0	0	0
Red	1.0	0	0	0.299	0.701	-0.299
Green	0	1.0	0	0.587	-0.587	-0.587
Blue	0	0	1.0	0.114	-0.114	0.886
Yellow	1.0	1.0	0	0.886	0.114	-0.886
Cyan	0	1.0	1.0	0.701	-0.701	0.299
Magenta	1.0	0	1.0	0.413	0.587	0.587

UIT-R BT.601 (V): Diferencias de color renormalizadas

Se calculan los coeficientes para que las diferencias de color varíen entre $-0,5$ a $0,5$ V \Rightarrow renormalización

$$\begin{aligned} Cr &= Kr \cdot (E'_R - Y) & \Rightarrow & Cr = 0.713 \cdot (E'_R - Y) \\ Cb &= Kb \cdot (E'_B - Y) & & Cb = 0.564 \cdot (E'_B - Y) \end{aligned}$$

AES/EBU **N-10** establece Cr y Cb con excursión (rango dinámico) de 700mV, entre $-0,35$ y $0,35$ V

UIT-BT.601 (VI): Cuantificación (8 bits)

Se aplica cuantificación uniforme

Los extremos se dejan para señalización (0 y 255)

La señal de luminancia se reduce a 220 niveles (salvo sobrecarga)

$$\bar{Y} = 219 \cdot (E'_Y) + 16$$

y se redondea al entero más cercano

Las diferencias de color ocupan 225 niveles, siendo el 128 el valor nulo

$$\bar{C}_R = 224(Cr) + 128 = 160 \cdot (E'_R - Y) + 128$$

$$\bar{C}_B = 224(Cb) + 128 = 126 \cdot (E'_B - Y) + 128$$

UIT-R BT.601 (VII): Esquemas de muestreo

Patrón de muestreo espacial

- Ortogonal y Estático
- Repetido en cada línea, campo (UIT: trama) y cuadro

Jerarquía de muestreo o familia ampliable

Muestras de componentes cosituadas

Señales Cr y Cb submuestreadas un número entero respecto a Y

Descrito con secuencia de tres dígitos, relación entre frecuencias de muestreo. Ej: 4:2:2

UIT-R BT.601 (VIII): Posibles esquemas de muestreo

4:4:4 en R,G,B ó Y,Cr,Cb

- misma frecuencia de muestreo f_m en las tres componentes

4:2:2 en Y,Cr,Cb

- Muestreo completo (f_m) en Y
- Submuestreo horizontal 2:1 en Cr y Cb ($f_m/2$)

4:1:1 en Y,Cr,Cb (solamente como ejemplo; no se usa)

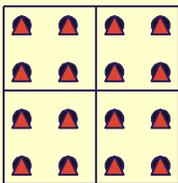
- Ídem en Y, submuestreo horizontal 4:1 en Cr y Cb

4:2:0 en Y,Cr,Cb (no significa que Cb se pierda)

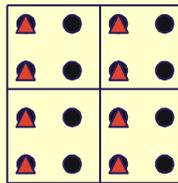
- Submuestreo horizontal y vertical 2:1 en Cr y Cb

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

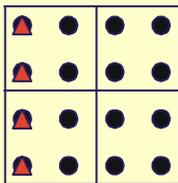
UIT-R BT.601 (IX): “Co-situación” de las muestras



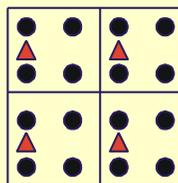
4:4:4
For every 2x2 Y Pixels
4 Cb & 4 Cr Pixel
(No subsampling)



4:2:2
For every 2x2 Y Pixels
2 Cb & 2 Cr Pixel
(Subsampling by 2:1
horizontally only)



4:1:1
For every 4x1 Y Pixels
1 Cb & 1 Cr Pixel
(Subsampling by 4:1
horizontally only)



4:2:0
For every 2x2 Y Pixels
1 Cb & 1 Cr Pixel
(Subsampling by 2:1 both
horizontally and vertically)

● Y Pixel ▲ Cb and Cr Pixel

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) *Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación* (25)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (X): Representación en 8 y 10 bits

Las fuentes de señal y los monitores trabajan con 8 bits por muestra

Para añadir precisión durante el tratamiento

- Se añaden 2 bits adicionales
- Los equipos de 8 bits los ponen a cero

En la representación se considera

- 8 bits parte entera
- 2 bits parte fraccionaria

10010001 ⇒ 145d ⇒ 91h

1001000101 ⇒ 145.25d ⇒ 91.4h

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) *Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación* (26)

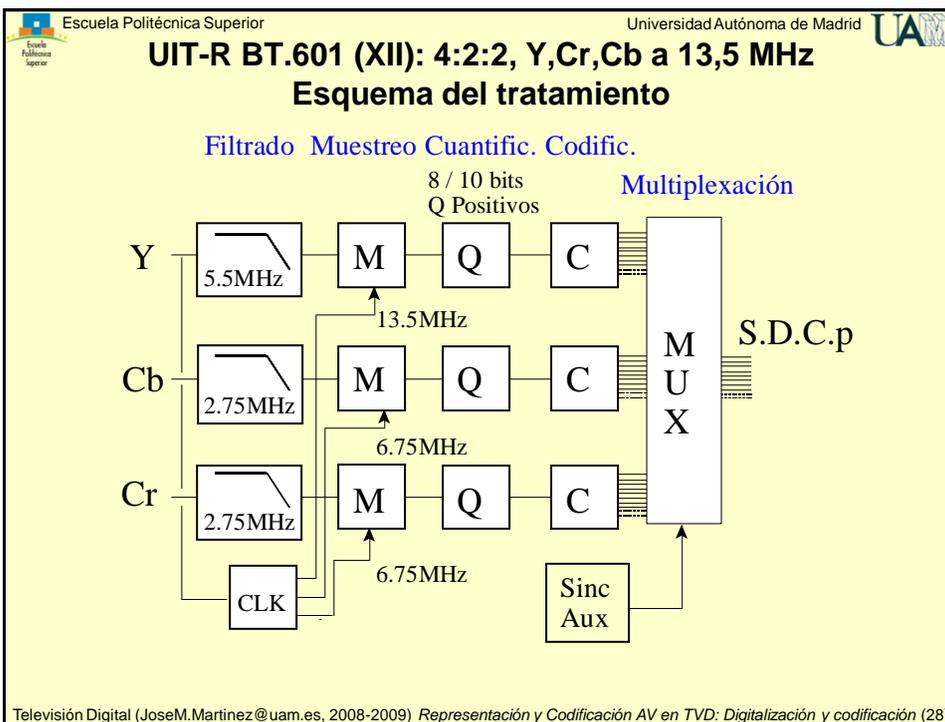
Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.601 (XII): Posibilidades en UIT-R BT.601

- Sistemas de 625 / 525 líneas por cuadro
- Esquema 4:4:4 en R,G,B e Y,Cr,Cb
 - Equipamiento de estudio y aplicaciones de video de alta calidad
- Esquema 4:2:2 en Y,Cr,Cb
 - Interfaz principal entre equipamiento de estudio y formato de intercambio internacional de programas (contribución)
- Frecuencia de muestreo y relación de aspecto
 - **Convencional:** $f_m=13,5$ MHz para 4:3
 - **Anamórfico:** $f_m=13,5$ MHz para 16:9
 - **Muestreo extendido:** $f_m=18,0$ MHz sólo para 16:9
- Cuantificación con 8 ó 10 bits

Nos centraremos en analizar el 4:2:2 convencional al ser el más utilizado

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (27)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XIII): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz

Muestreo y filtrado

Frecuencia principal 13,5MHz a 4:2:2

- Luminancia $f_m=13,5 \text{ Mhz}$ $\Rightarrow f_c \text{ Nyquist } 6,75\text{MHz}$
- Crominancias $f_m/2=6,75 \text{ MHz}$ $\Rightarrow f_c \text{ Nyquist } 3,375 \text{ MHz}$

Periodo de muestreo de Y: $T=74\text{ns}$

Periodo de diferencias de color $2T=148\text{ns}$

- Las muestras de Cr y Cb **coinciden** en el espacio con las muestras impares de Y ($1^a, 3^a, \dots$) ($n^o\text{s } 0, 2, \dots$)

Número entero de muestras por línea $T_h=64\mu\text{s}$

- Se obtienen 864 muestras de Y y 432 de cada crominancia ($63,93 \mu\text{s}$)
 - o (858 muestras Y en NTSC)
- Se repite en cada línea

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (29)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XIV): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz

Temporización

Se consideran muestras de vídeo válidas durante

$720 T = 53,33\mu\text{s} > 52 \mu\text{s}$ de analógico

- **720** muestras de Y, **360** muestras de Cr y **360** de Cb
- 18T de borrado analógico ($18 \cdot 74=1,332 \mu\text{s}$)
 - o $10+702+8$

Este periodo se llama Línea Activa Digital (LAD)

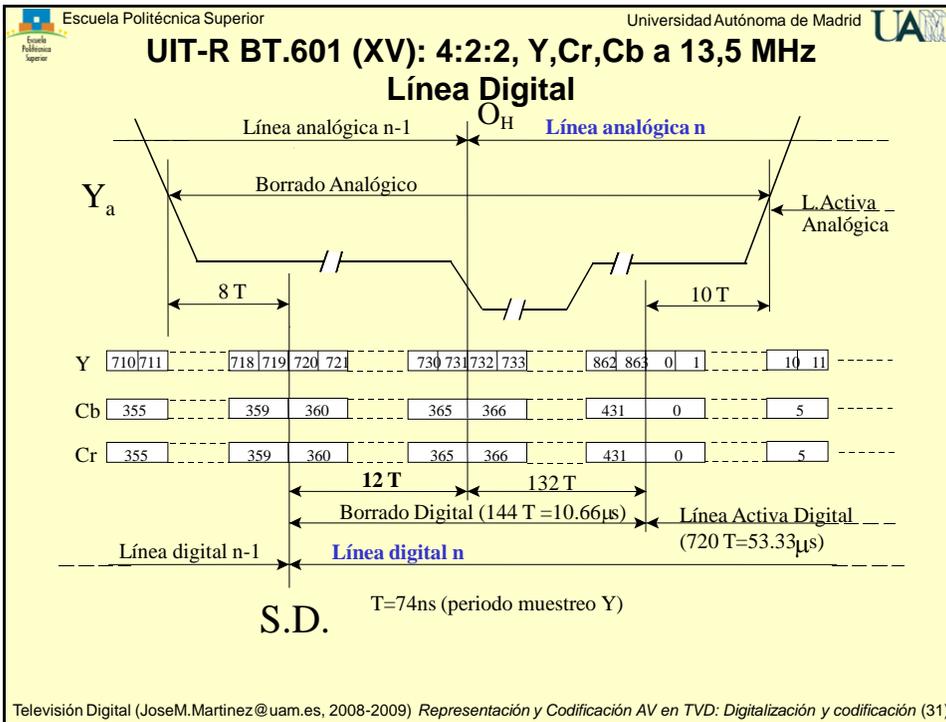
Periodo de borrado digital $144 T = 10,66 \mu\text{s}$

- La línea digital comienza **12 T** antes de ISH (OH)

Línea digital

- $144T \text{ BD} + (10T \text{ BA} + 702 T \text{ vídeo} + 8T \text{ BA})$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (30)



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.601 (XVI): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz

Cuadro Digital

	Digital line numbers		
	525 lines	625 lines	
Digital field blanking (V = 1)	4	1	Digital field 1 (F = 0)
Digital active field (V = 0)	9	22	
Digital active field (V = 0)	10	23	
Digital field blanking (V = 1)	263	310	Digital field 2 (F = 1)
Digital active field (V = 0)	264	311	
Digital active field (V = 0)	265	312	
Digital active field (V = 0)	266	313	
Digital active field (V = 0)	272	335	
Digital active field (V = 0)	273	336	
Digital field blanking (V = 1)	525	623	
Digital field blanking (V = 1)	1	624	
Digital field blanking (V = 1)	2	625	
Digital field blanking (V = 1)	3		

Televi3n Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representaci3n y Codificaci3n AV en TVD: Digitalizaci3n y codificaci3n (32)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XVII): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz

Cuantificación y Codificación

Uniforme con 256 ó 1024 niveles para codificar con 8 ó 10 bits

No se aprovechan todos los niveles Q

- Se deja margen para sobreniveles (saturación)
 - o Tanto por debajo del mínimo como por encima del máximo
- Se reservan para señalización el primer nivel (0) y el último (255 ó 1023, todos 1's en binario)

La norma considera señales de 1 V de excursión de amplitud

En la práctica 0.7V de excursión: AES/UNE N-10

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (33)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XVIII): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz

Niveles de Cuantificación en Y (*)

Niveles Q	8 bits	10 bits	Tensión
Reservado	255 = FFh	1020 a 1023	
Sobreniveles	236 a 254	941 a 1019	Saturación
Blanco	235	940	1 / 0.7 V
nº útiles	220	877	
Negro	16 = 10h	64	0 V
Sobreniveles	1 a 15	4 a 63	< 0 V
Reservado	0 = 00h	0 a 3	

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (34)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XIX): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz Cálculo de Niveles Q de Y (*)

Fórmula para norma (Y de 0 a 1V), 8 bits:

- $Y_q = \text{redondeo}(219 Y_{am} + 16)$

Fórmula para norma **N-10** (700mV), 8 bits:

- $Y_q = \text{redondeo}(313 Y_{am} + 16)$

Otras para 10 bits

Relleno con $16=10h$

Y_{am} señal analógica muestreada
 Y_q señal cuantificada
redondeo() entero más próximo

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (35)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XX): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz Niveles de Cuantificación en Cr y Cb (*)

Niveles Q	8 bits	10 bits	Tensión
Reservado	255 = FFh	1020 a 1023	
Sobreniveles	241 a 254	961 a 1019	saturación >
Máximo	240	960	0.5 / 0.35 V
nº útiles	225	897	
Sin color	128 = 80h	512	0 V
Mínimo	16 = 10h	64	-0.5/-0.35 V
Sobreniveles	1 a 15	4 a 63	saturación <
Reservado	0 = 00h	0 a 3	

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (36)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XXI): 4:2:2, Y,Cr,Cb a 13,5 MHz Cálculo de Niveles Q de Cr y Cb (*)

Fórmula para norma (de -0,5 a 0,5V), 8 bits:

- $Cr_q = \text{redondeo}(224 Cr_{am} + 128)$
- $Cb_q = \text{redondeo}(224 Cb_{am} + 128)$

Fórmula para norma **N-10** ($\pm 350\text{mV}$), 8 bits:

- $Cr_q = \text{redondeo}(320 Cr_{am} + 128)$
- $Cb_q = \text{redondeo}(320 Cb_{am} + 128)$

Cx_{am} señal analógica muestreada
 Cx_q señal cuantificada
redondeo() entero más próximo

Otras para 10 bits

Relleno con $128 = 80h$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (37)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.601 (XXII): 4:2:2 Anamórfico 16:9 a 13,5 MHz, 4:2:2, Y,Cr,Cb (*)

Igual salvo en relación de aspecto
 Frecuencia de muestreo la misma

- Y con 13,5 MHz
- Cr y Cb con 6,75 MHz

Mismos filtros \Rightarrow mismo ancho de banda
 Mismo número de muestras en horizontal

Diferente relación de aspecto:

- Pantalla más ancha
- Pérdida de resolución horizontal
- Píxeles "estirados" horizontalmente: **anamórfico**

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (38)

UIT-R BT.601 (XXIII): 4:2:2 Muestreo extendido 18 MHz, 16:9, 4:2:2, Y,Cr,Cb (*)

Frecuencia de muestreo principal más alta para mantener calidad con mayor relación de aspecto:

- Luminancia $f_m=18\text{ MHz}$ $\Rightarrow f_c$ Nyquist 9 MHz
- Crominancias $f_m/2=9\text{ MHz}$ $\Rightarrow f_c$ Nyquist 4,5 MHz

Periodo de muestreo de Y: $T=55,5\text{ ns}$

Periodo de diferencias de color: $2T=111,1\text{ ns}$

- Muestras de Cr y Cb **cosituadas** con impares de Y

Número entero de muestras por línea

- Salen 1152 muestras de Y y 576 de cada crominancia
- Se repite también en cada línea

UIT-R BT.601 (XXIV): 4:2:2 Muestreo extendido Temporización (*)

Se consideran muestras de vídeo válidas durante

$960 T = 53,33\mu\text{s} > 52\mu\text{s}$ de analógico

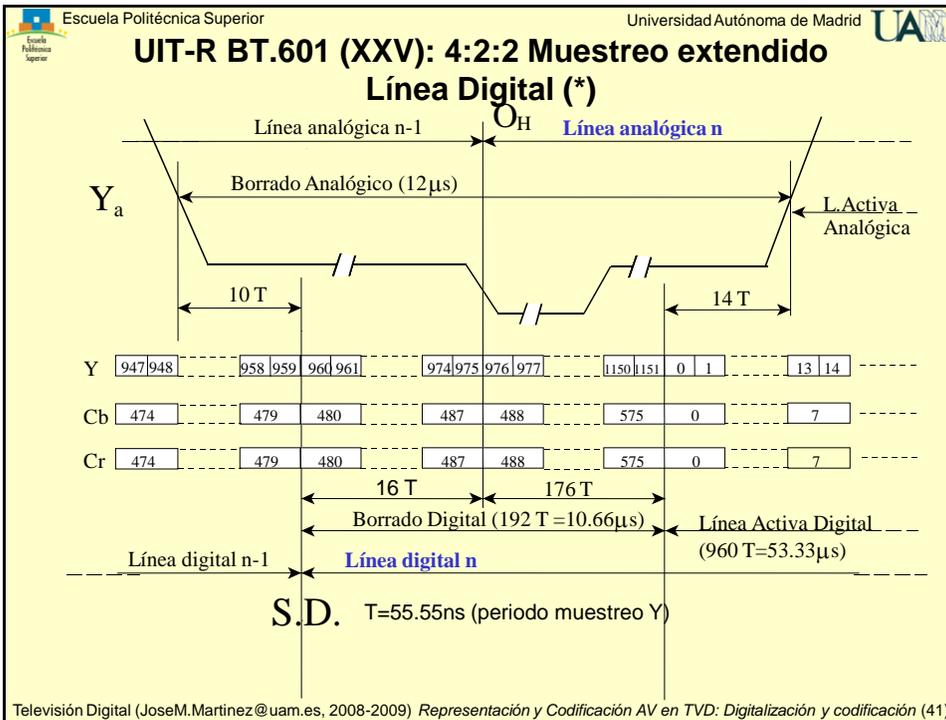
- **960** muestras de Y, **480** muestras de Cr y **480** de Cb

Línea Activa Digital (LAD) con más muestras

Periodo de borrado digital $192 T=10,66\mu\text{s}$

- La línea digital comienza **16 T** antes de ISH (OH)

Por otro lado: misma cuantificación y codificación



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital

Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- *Digitalización de señales de vídeo*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.601*
- **Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital**
 - **Introducción**
 - UIT-R BT.656 y 1302
 - Formato de señal común
 - Interfaz paralelo
 - Interfaz serie

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (42)

Multiplexación y codificación de vídeo digital (I): Introducción

La norma UIT-R BT.601 genera señales de vídeo digital con valores comunes para sistemas de 525 y 625 líneas

Sin embargo no define los interfaces y el tren de datos (multiplexados) de ese vídeo digital codificado

Las normas UIT-R BT.656 y UIT-R BT.1302 describen el medio de interconexión de equipos (interfaces) de vídeo digital que funcionen conforme a la norma UIT-R BT.601

- Formato de señal común a las interfaces serie y paralelo
- Interfaz para bits en paralelo
- Interfaz para bits en serie

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- *Digitalización de señales de vídeo*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.601*
- **Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital**
 - *Introducción*
 - **UIT-R BT.656 y 1302**
 - Formato de señal común
 - Interfaz paralelo
 - Interfaz serie

UIT-R BT.656 y BT.1302 (I): Introducción

Las normas UIT-R BT.656 y UIT-R BT.1302 describen el medio de interconexión de equipos (interfaces) de vídeo digital que funcionen conforme a la norma UIT-R BT.601

- Formato de señal común a las interfaces serie y paralelo
- Interfaz para bits en paralelo
- Interfaz para bits en serie

- Las diferencias entre ambas radican en que la UIT-R BT.656 aplica a señales UIT-R BT.601 con muestreo convencional o anamórfico (13,5 MHz), mientras que UIT-R BT.1302 aplica a señales con muestreo extendido (18 MHz)

UIT-R BT.656 y 1302 (II): Formato de señal común Múltiplex de Vídeo Digital

Datos de Vídeo (resultado de la digitalización)

- Multiplexado de datos de LAD
- Muestras en intervalos de borrado H y V \Rightarrow se desechan

Datos de Sincronización.

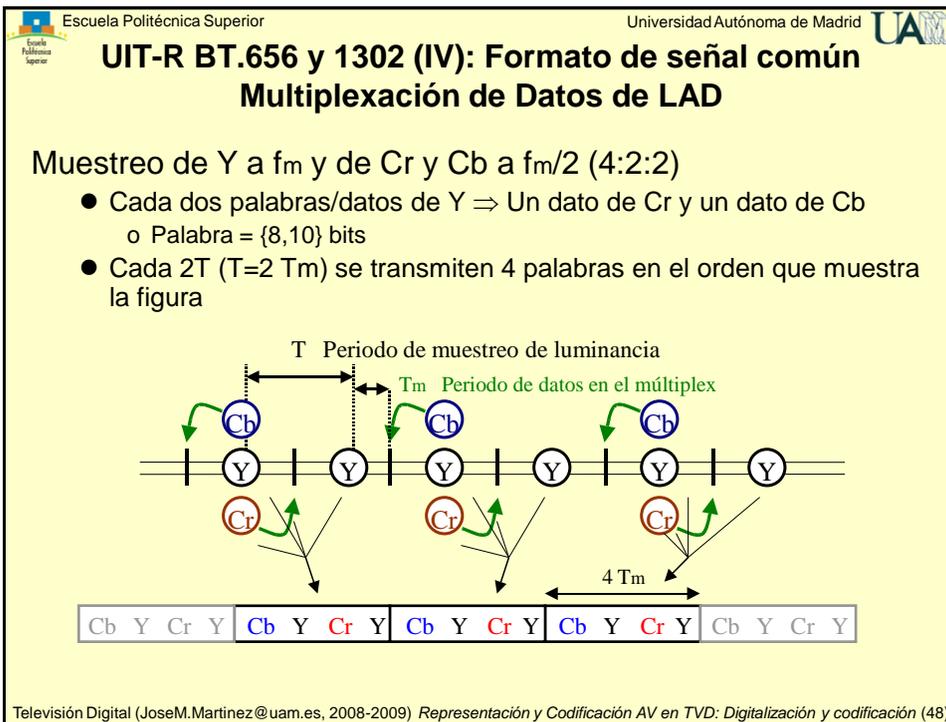
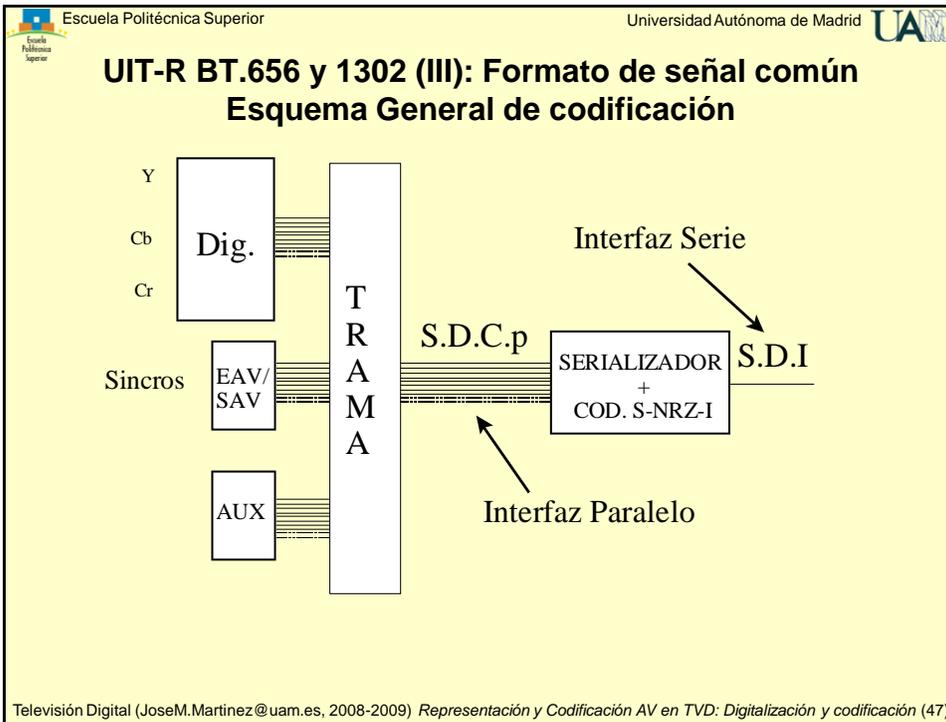
- Sincronismos Horizontal y Vertical

Datos Auxiliares

- Otras informaciones \Rightarrow no vídeo

Datos de Relleno.

- Cuando no hay información que transmitir



Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (V): Formato de señal común

Composición tren de datos de una línea (*)

Nota J - Los números de identificación de muestra entre paréntesis corresponden al sistema de 625 líneas cuando difieren de los sistemas de 525 líneas (véase también la Recomendación UIT-R BT.803).

Nota J - Los números de identificación de muestra entre paréntesis se refieren a los sistemas de 525 líneas cuando difieren de los correspondientes a los sistemas de 625 líneas.

Television Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (49)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (VI): Formato de señal común

Composición tren de datos de una línea 13,5 MHz

Frecuencia de datos en el múltiplex doble de fm

- Para 13,5 MHz ⇒ 27 MPalabras/seg $T_m=37ns$

Temporización (13,5 MHz):

$T=74ns$ (periodo muestreo Y) para 13.5 MHz

$T_m = 37ns$ (periodo reloj mux 27MHz)

Television Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (50)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (VII): Formato de señal común

Composición tren de datos de una línea 18 MHz(*)

Frecuencia de datos en el múltiplex doble de f_m

- Para 18,0 MHz \Rightarrow 36 MPalabras/seg $T_m=27,77\text{ns}$

Temporización (18 MHz):

$T = 55.55\text{ns}$ (periodo muestreo Y) para 18 MHz

$T_m = 27.77\text{ns}$ (periodo reloj mux 36MHz)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (51)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (VIII): Formato de señal común

Líneas de un cuadro de vídeo digital

	Líneas	Nº en Campo	Nº en Cuadro
Campo 1			
Total	1 a 312	312	625
Líneas Activas	23 a 310	288	576
Borrado Vertical	624 a 22	24	49
Campo 2			
Total	313 a 625	313	
Líneas Activas	336 a 623	288	
Borrado Vertical	311 a 335	25	

Campo 2
Campo 1
Campo 2

Campo 1
Campo 2
Campo 1

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (52)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.656 y 1302 (IX): Formato de señal común

Palabras de datos y sincronismo en una línea

$f_m = 13,5 \text{ MHz}$:

- Datos totales en una Línea
 - $864 (Y) + 2 \times 432 (Cr \text{ y } Cb) = 1728$
- Datos en LAD
 - $720 (Y) + 2 \times 360 (Cr \text{ y } Cb) = 1440$
- Datos durante el Borrado horizontal
 - $1728 - 1440 = \mathbf{288} = 280 + 8 (EAV + SAV)$
 - Se sustituyen, no se usan los muestreados

$f_m = 18,0 \text{ MHz}$:

- Datos totales en una Línea
 - $1152 (Y) + 2 \times 576 (Cr \text{ y } Cb) = 2304$
- Datos en LAD
 - $960 (Y) + 2 \times 480 (Cr \text{ y } Cb) = 1920$
- Datos durante el Borrado horizontal
 - $2304 - 1920 = \mathbf{384} = 376 + 8 (EAV + SAV)$
 - Se sustituyen, no se usan los muestreados

Dos grupos de 4 palabras para sincronización

- **EAV** (End of Active Vídeo) final de LAD
- **SAV** (Start of Active Vídeo) principio de LAD

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (53)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.656 y 1302 (X): Formato de señal común

Códigos de sincronismo de línea

Los Códigos de sincronismo (4 palabras) van en todas las líneas (incluso las de borrado vertical)

- **EAV** (End of Active Vídeo)
 - **Final de LAD** y de la **Línea Digital**
 - **Comienzo de Línea** y borrado horizontal
- **SAV** (Start of Active Vídeo) principio de LAD
 - Final del periodo de borrado y **comienzo de LAD**
 - Las palabras en LAD se numeran de 0 en adelante
- Se utilizan como **sincronismos** horizontal y vertical
- Formato FF.00.00.XY
 - En XY se definen 3 bits de información (F,V,H) y 4 de protección frente a errores (Pi)
 - Pi genera un código (7,3,2,1)

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (54)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XI): Formato de señal común Códigos de sincronismo de línea

Número del bit de datos	Primera palabra (FF)	Segunda palabra (00)	Tercera palabra (00)	Cuarta palabra (XY)
9 (MSB)	1	0	0	1
8	1	0	0	F
7	1	0	0	V
6	1	0	0	H
5	1	0	0	P ₃
4	1	0	0	P ₂
3	1	0	0	P ₁
2	1	0	0	P ₀
1 (véase la Nota 2)	1	0	0	0
0	1	0	0	0

NOTA 1 – Los valores indicados son los recomendados para las interfaces de 10 bits.
 NOTA 2 – Para la compatibilidad con las interfaces existentes de 8 bits, no se definen los valores de los bits D₁ y D₀.

F = 0 durante la trama 1
 1 durante la trama 2
 V = 0 fuera de la supresión de trama vertical
 1 durante la supresión de trama vertical
 H = 0 en SAV
 1 en EAV

F	V	H	P ₃	P ₂	P ₁	P ₀
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	1
0	1	0	1	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	1	1
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (55)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XII): Formato de señal común Datos Auxiliares 'HANC'

Situados en la zona de borrado digital horizontal

- Entre EAV y SAV de línea digital

Posible contenido:

- Relleno con Nivel de Borrado [Cb Y Cr Y] (palabras de supresión)
 - o Señal sin vídeo (Cb Y Cr Y): **80h 10h 80h 10h: 128 16 128 16**
- Datos Auxiliares (según norma UIT-R BT.1364)
 - o "Audio Embedded" (hasta 4 canales de audio digital)
 - o Otros (EDH: Error Detection and Handling, If.Serie)
- En total son **280** (376) Palabras

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (56)

UIT-R BT.656 y 1302 (XIII): Formato de señal común Datos Auxiliares 'VANC'

Situados en la zona de borrado digital vertical (de campo)

- Cambio de Bit de Campo en el EAV

Durante las líneas de supresión de campo

- Uso de LAD para datos auxiliares llamados '**VANC**'
- 2 líneas por cuadro reservadas (códigos de tiempo)

Capacidad Datos auxiliares en Borrado Vertical

- 1440 palabras/LAD x 49 líneas/cuadro x 25 cuadros/s =
- 1,764 MPalabras/s ! (13,5 MHz)

Datos auxiliares todos en formato normalizado

- Paquetes con estructura definida (UIT-R BT.1364)

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- *Digitalización de señales de vídeo*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.601*
- **Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital**
 - *Introducción*
 - **UIT-R BT.656 y 1302**
 - Formato de señal común*
 - Interfaz paralelo**
 - Interfaz serie

Escuela Politécnica Superior		Universidad Autónoma de Madrid	
 			
UIT-R BT.656 y 1302 (XIV): Interfaz Digital Paralelo			
Interfaz eléctrico (I) (*)			
Reloj	27 MHz	36 MHz	
Cable Conexión	8/10 pares balanceados para datos 1 par balanceado para reloj síncrono		
Alcance	50 m sin ecualizar 300m ecualizado	40 m sin ecualizar 160/225m ecualiz.	
Conector	Sub D 25 pines		
Código de Forma de Onda	NRZ-L bipolar (Non Return to Zero) Nivel positivo para '1' lógico Nivel negativo para '0' lógico		
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (59)			

Escuela Politécnica Superior		Universidad Autónoma de Madrid	
 			
UIT-R BT.656 y 1302 (XV): Interfaz Digital Paralelo			
Interfaz eléctrico (II) (*)			
Señal de Reloj	Onda Cuadrada. Activación por flanco a positivo: en punto medio de los datos		
	27 MHz Ancho $18,5 \pm 3$ ns Periodo: 37 ns	36 MHz Ancho $13,9 \pm 2$ ns Periodo: 27,8 ns	
Tipo Conexión	Balanceada unidireccional Interfaz eléctrico simétrico		
Zout	Impedancia de salida: 110 Ω máxima		
Amplitud señal de salida	0,8 Vpp a 2,0 Vpp (sobre 110 Ω)		
Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (60)			

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- *Digitalización de señales de vídeo*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.601*
- **Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital**
 - *Introducción*
 - **UIT-R BT.656 y 1302**
 - Formato de señal común*
 - Interfaz paralelo*
 - Interfaz serie**

UIT-R BT.656 y 1302 (XVI): Interfaz Digital Serie Señal SDI

Estándar más utilizado

- Conexión de equipos de vídeo digital
- Un único cable coaxial o fibra óptica

En el mismo canal

- Información: 10 bits (posiblemente 2 LSB relleno: '0')
 - Todos los datos del múltiplex digital
- Señal de Reloj: código **autosincronizable** (NRZI)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XVII): Interfaz Digital Serie Proceso de Serialización / Codificación

Proceso de Codificación: Pasos

- **1. Aleatorización:** Equilibrado estadístico 0's y 1's y aumento del número de transiciones
- **2. Inversión:** Información en transiciones de polaridad

```

graph LR
    SDCp[S.D.C.p.] --> Serializador[Serializador]
    subgraph Serializador
        DEMUX[DEMUX]
    end
    Serializador --> Aleatorizador[Aleatorizador]
    Aleatorizador --> Inversor[Inversor]
    subgraph Inversor
        NRZ_NRZI[NRZ → NRZI]
    end
    Inversor --> SeñalSDI[Señal SDI]
    
```

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (63)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XVIII): Interfaz Digital Serie Aleatorización (Scrambling) (*)

Señal de partida: NRZ-L (Primero LSB)

- Desequilibrio entre número de 0's y 1's
- Amplio margen de frecuencias

Objetivos

- Disminuir componente continua de la señal
- Estrechar el ancho de banda que ocupa

Proceso con generador pseudoaleatorio

- Iguala nº de bits de cada valor (0 ó 1)
- Estrecha margen de frecuencias (mejora ecualización)
- Polinomio: $A(x) = x^9 + x^4 + 1$

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (64)

UIT-R BT.656 y 1302 (XIX): Interfaz Digital Serie Inversión (*)

Objetivo: Incluir una señal de reloj en los datos e independizar de la polaridad

Conversión de señal NRZ a codificación NRZI

- Non Return to Zero Inverted (Bipolar)

Operación con polinomio

$$I(x) = x + 1$$

Resultado

- Codificación de 0: la señal mantiene su nivel
- Codificación de 1: la señal cambia de nivel \Rightarrow utilizado para obtener reloj en receptor

UIT-R BT.656 y 1302 (XX): Interfaz Digital Serie Transmisión Señal SDI – Problemas (*)

Respuesta en frecuencia (del cable o fibra)

- **Distorsión** en amplitud y fase

Desplazamiento de continua

Desadaptación de impedancias

Problemas interpretación información digital

- Interferencia entre símbolos
- Transiciones imperfectas
 - Tiempos de subida
 - Fluctuaciones de fase del reloj ('**Jitter**')
 - Sobreniveles ('**Ringing**')

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XXI): Interfaz Digital Serie Proceso de Recuperación

Ecualización para corregir problemas del canal

- Aún así puede haber errores

Señal SDI

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (67)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid

UIT-R BT.656 y 1302 (XXII): Interfaz Digital Serie Interfaz eléctrico (I) (*)

Reloj Serie	270 MHz $f_m=13,5$ MHz	360 MHz $f_m=18,0$ MHz
Cable de Conexión	Coaxial (impedancia 75Ω) Pérdidas retorno > 15 dB (5-360 MHz) (fibra óptica con norma 1367)	
Tipo de Conector	BNC normalizado (hasta 850 MHz en circuitos de 75Ω)	
Señal en el canal	Bipolar 800 mVpp $\pm 10\%$ Código NRZ-I sin polaridad	

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación (68)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

UIT-R BT.656 y 1302 (XXIII): Interfaz Digital Serie Interfaz eléctrico (II) (*)

Tiempos de subida y bajada (20-80%)	Entre 0.75 y 1,5 ns (diferencia entre ellos < 0,5 ns)
Fluctuación de fase	< 10% periodo de reloj
Ringing	< 10% de amplitud
Sensibilidad en Recepción	Para detectar correctamente señal con niveles estándar en conexión directa con pérdidas de 40 dB a 270 MHz y curva $1/\sqrt{f}$ desde 1MHz

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) *Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación* (69)

Escuela Politécnica Superior Universidad Autónoma de Madrid 

Representación y Codificación de Señales Audiovisuales en Televisión Digital Digitalización y Codificación de señales de vídeo

- *Introducción*
- *Digitalización de señales de vídeo*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.601*
- *Multiplexación y Codificación de la señal de vídeo digital*
 - *Introducción*
 - *UIT-R BT.656 y 1302*
 - Formato de señal común*
 - Interfaz paralelo*
 - Interfaz serie*

Televisión Digital (JoseM.Martinez@uam.es, 2008-2009) *Representación y Codificación AV en TVD: Digitalización y codificación* (70)

Referencias

- ★ Rec. UIT-R BT.601: Encoding parameters of digital television for studios (1994)
- ★ Rec. UIT-R BT.656 (1998)
- ★ Rec. UIT-R BT.1302 (1997)

Créditos

- Estas transparencias están adaptadas de las elaboradas originalmente por Enrique Rendón Angulo, Profesor Titular de la E.T.Ing.Telecomunicación de la UPM, para la asignatura Televisión.
- También se han incorporado transparencias de Yao Wang, Polytechnic University, Brooklyn