

Pràctica 2: Programació de la carta digital ITU-R BT 601

Durada

1:20 hores d'explicació teòrica + 4 hores de feina amb ordinador

Objectiu

Aquesta pràctica ens permetrà aprofundir en l'estàndard 4:2:2 de la recomanació ITU-R BT.601 (antigament CCIR 601), que permet digitalitzar el senyal de vídeo en components (Y, Cb i Cr).

L'objectiu de la pràctica és el de la creació d'un programa que permeti construir una imatge codificada segons aquest estàndard.

1. Introducció teòrica

1.1 Format de digitalització

En aquesta pràctica ens basarem en el format de digitalització ITU-R BT.601 i ITU-R BT.656. Aquest format ens permetrà enviar informació digital entre equips sense utilitzar cap tècnica de compressió.

1.2 Mostratge

Els senyals Y, Cb i Cr es mostregen per separat. La luminància es mostreja a doble freqüència que els senyals de croma.

		4: 2: 2
Mostratge Y	13.5MHz	X X X X X X X X
Mostratge Cb (R-Y)	6.75MHz	X X X X X X X X
Mostratge Cr (R-Y)	6.75MHz	X X X X X X X X
X: mostres de luminància		X X X X X X X X
O: mostres de croma		X X X X X X X X

Les mostres s'emmagatzemen de la forma: Cb₁ Y₁ Cr₁ Y₂ Cb₃ Y₃ Cr₃ Y₄...

1.3 Períodes mostrejats

El format ITU-R 601 mostreja les 576 línies actives de televisió.

Els sincronismes verticals i horitzontals no es mostregen, ja que queden substituïts per sincronismes digitals EAV i SAV.

Cada línia té un total de $13,5\text{MHz} \cdot 64\mu\text{s} = 864$ mostres de luminància. D'aquestes 864, n'hi ha 720 que són actives i 144 que no porten informació d'imatge.

Cada línia tindrà 720 mostres actives de Y, 360 de Cb i 360 de Cr. Això fa un total de 1440 mostres per línia.

1.4 Quantificació

A l'hora de quantificar cada mostra es pot fer a 8 o a 10 bits. Nosaltres ho farem a 8 bits. Obtindrem d'aquesta manera un marge de valors entre 0 i 255. Utilitzarem una quantificació lineal.

Per a quantificar la luminància prendrem el 16 com a valor mínim (negre) i el 235 com a valor màxim (blanc), els nivells dins d'aquests marges seran tota l'escala de grisos.

Així doncs el nivell de Y quantificat serà:

$$Y_q = \text{round} (219 Y + 16)$$

On Y variarà entre 0 i 1, pertant, com previst, el valor mínim serà 16 i el màxim $219+16=236$.

Per a quantificar la croma (Cb, Cr) agafarem el valor 128 per a definir el zero, 240 com a màxim positiu i el 16 com a màxim negatiu. Agafem el zero de croma com a 128 ja que és un senyal amb signe positiu i negatiu.

Per calcular el valor de Cb i Cr quantificat, farem servir, respectivament, les següents fórmules:

$$Cb = \text{round}(224*0,564*(B-Y) + 128)$$

$$Cr = \text{round}(224*0,713*(R-Y) + 128)$$

De forma que, per exemple, pel blau saturat al 100% tindrem el valor màxim de Cb:

Un blau 100% té com a components $B=1,0$ $R=0,0$ $G=0,0$

Per tant, $Y=0,11$ i $Cb=0,564 * (B-Y) = 0,5$

$$Cb = 224*0,5 + 128 = 240$$

I per al groc saturat al 100% tindrem el valor mínim de Cb:

Un groc 100% té com a components $B=0,0$ $R=1,0$ $G=1,0$

Per tant, $Y=0,89$ i $Cb=0,564 * (B-Y)=-0,5$

$$Cb = -224*0,5 + 128 = 16$$

1.5 Ordre d'emmagatzematge

L'ordre genèric per tal d'enviar els senyal segons norma (ITU-R 601) és $Cb_1 Y_1 Cr_1 Y_2 Cb_3 Y_3 Cr_3 Y_4 \dots$ És a dir, primer la informació de Cb del primer píxel, després la informació de luminància del primer píxel, després la informació de Cr del primer píxel, després la informació de luminància del segon píxel, etc.

2. Part pràctica

2.1 Introducció

Per la generació del fitxer que conté la carta digital partirem del codi en C en el fitxer ITU601.c.

Aquest fitxer genera una imatge blanca codificada amb la norma 4:2:2 ITU-R BT.601 (BT.656) de resolució PAL 720x576.

Els senyals que haureu de generar seran alguns (a l'eStudy us especificarem quins hauran de fer cada grup) dels 24 que es mostren en les figures a continuació:

SENYALS PRÀCTICA ITU

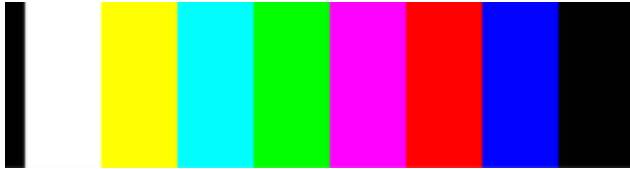
Senyal tipus 1.

La primera meitat de la línia conté unes barres EBU 100%

La segona meitat conté unes barres blanc i negre on la seva luminància és la mateixa que la de les barres EBU 100%

Barres EBU 100%

Barres blanc i negre amb la mateixa
luminància que les barres EBU 100%



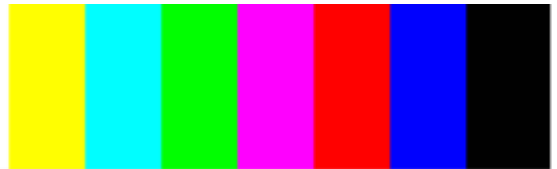
Senyal tipus 2.

La primera meitat de la línia conté unes barres blanc i negre on la seva luminància és la mateixa que la de les barres EBU 100%

La segona meitat conté unes barres EBU 100%

Barres blanc i negre amb la mateixa luminància
que les barres EBU 100%

Barres EBU 100%



Senyal tipus 3.

La primera meitat de la línia conté unes barres EBU 75%

La segona meitat conté unes barres blanc i negre on la seva luminància és la mateixa que la de les barres EBU 75%

Barres EBU 75%

Barres blanc i negre amb la mateixa
luminància que les barres EBU 75%



Senyal tipus 4.

La primera meitat de la línia conté unes barres blanc i negre on la seva luminància és la mateixa que la de les barres EBU 75%

La segona meitat conté unes barres EBU 75%

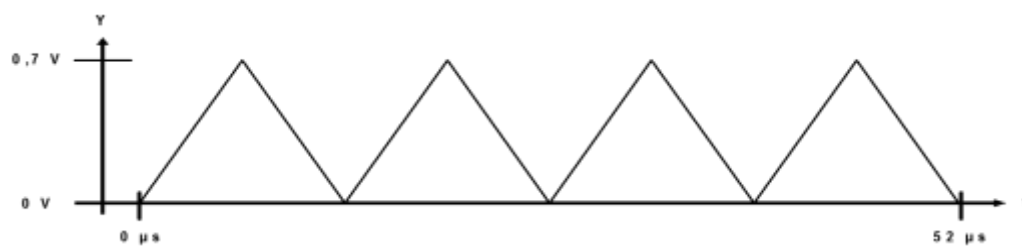
Barres blanc i negre amb la mateixa luminància
que les barres EBU 75%

Barres EBU 75%



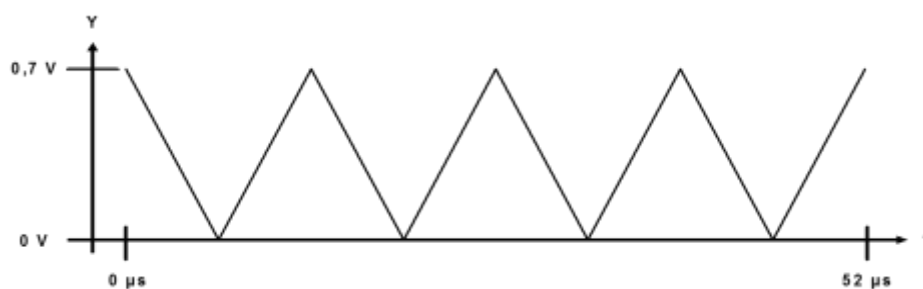
Senyal tipus 5.

Dent de serra de luminància (patró 1)



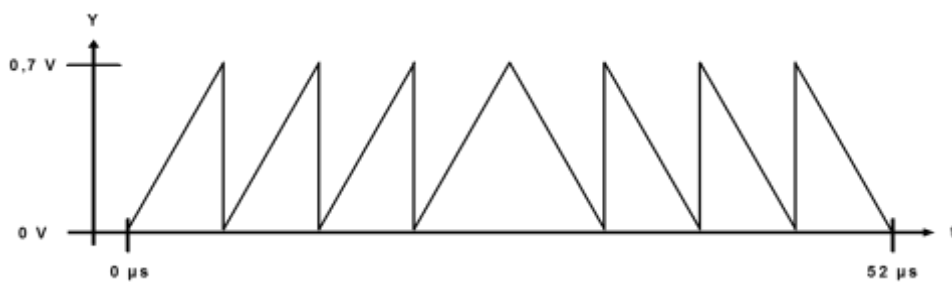
Senyal tipus 6.

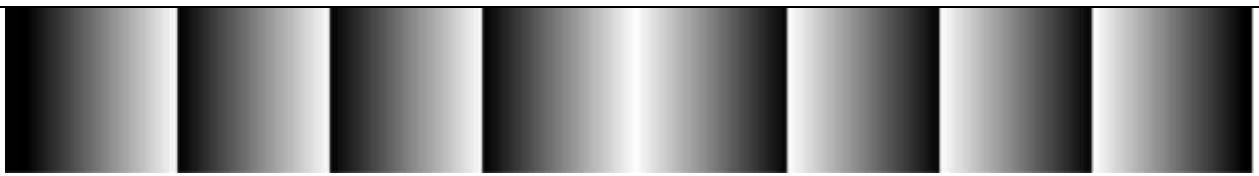
Dent de serra de luminància (patró 2)



Senyal tipus 7.

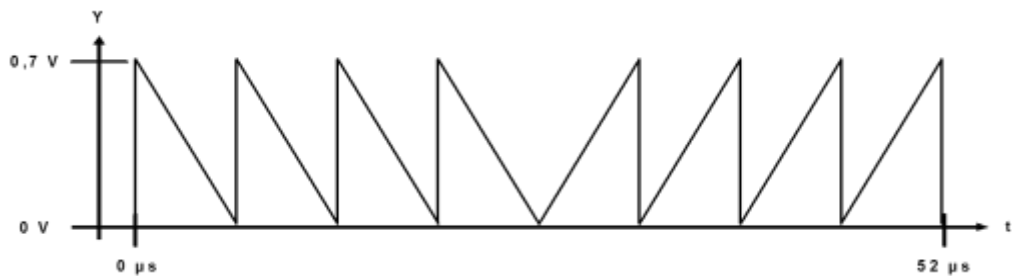
Dent de serra de luminància (patró 3)





Senyal tipus 8.

Dent de serra de luminància (patró 4)



Senyal tipus 9.

Línia 17 ITU (Fase de l'impuls 20 T corresponent al color vermell)



Senyal tipus 10.

Línia 17 ITU (Fase de l'impuls 20 T corresponent al color cian)



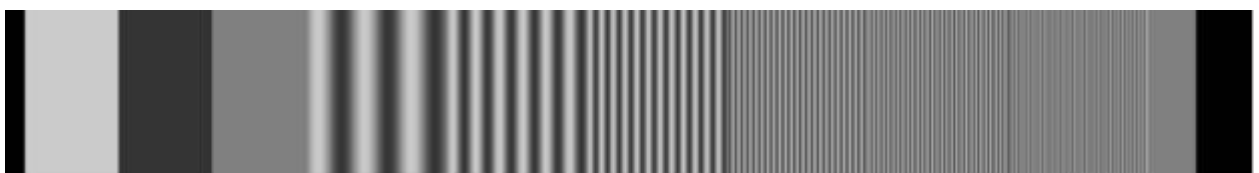
Senyal tipus 11.

Línia 17 ITU (Fase de l'impuls 20 T corresponent al color verd)



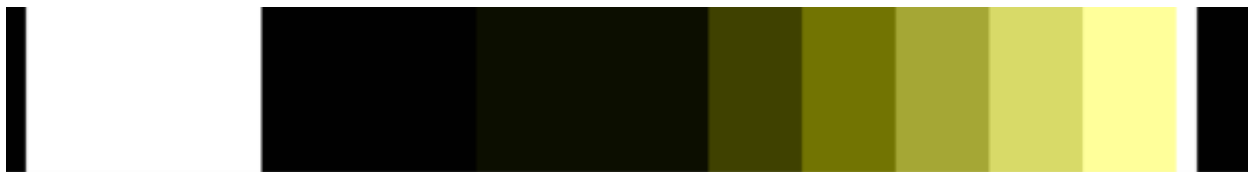
Senyal tipus 12.

Línia 18 ITU



Senyal tipus 13.

Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color groc)

**Senyal tipus 14.**

Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color cian)

**Senyal tipus 15.**

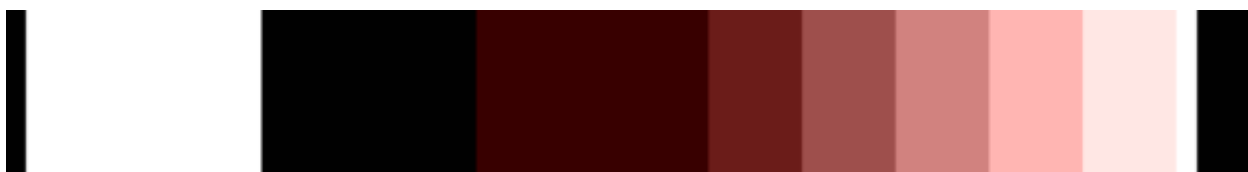
Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color verd)

**Senyal tipus 16.**

Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color magenta)

**Senyal tipus 17.**

Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color vermell)

**Senyal tipus 18.**

Línia 330 ITU (Fase de l'escala Y + croma corresponent al color blau)



Per a compilar el programa en C, podeu fer servir qualsevol compilador. Per exemple, si feu servir el compilador GCC des de Linux:

```
$ gcc -o itu ITU601.c
```

Un cop compilat només caldrà executar-lo:

```
$ ./itu
```

Per a visualitzar els fitxers *.uyvy podeu utilitzar el programa PYUV (<http://dsplab.diei.unipg.it/~baruffa/dvbt/player.php>), amb les següents opcions:

- Resolution: SD576
- Color space: YCbCr
- Subsampling: 4:2:2
- Ordering: UYVY
- Interleaved

Disposeu també d'una imatge de mostra (mostra.uyvy). Us podeu baixar el compilador gcc per a windows a <http://www.mingw.org/> altrament podeu utilitzar qualsevol altre compilador c que vulgueu.

2.2 Lliurament de la pràctica

A la memòria de la pràctica (pdf) cal incloure els següents apartats:

1. Explicació del procés seguit per a aconseguir la imatge
2. Càlculs teòrics, justificació dels valors nCb1, nY1, nCr1, nY2 de cada apartat
3. Explicació del programa

Haureu de pujar a l'eStudy un sol fitxer (zip o bé tar) amb el següent contingut:

- Fitxer pdf de la memòria
- Fitxer codi font (*.c)
- Fitxer executable
- Imatge generada (*.uyvy).