

Mesura del senyal de televisió

Wenceslao Matarín Hernández

PID_00206144



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
1. Instruments de mesura del senyal de televisió	7
1.1. Monitor de forma d'ona	7
1.2. Descomposició en luminància i croma d'una barra de colors	8
1.3. Vectoscopi	9
1.4. Oscil·loscopi digital	10
1.5. Equips de test de vídeo	11
1.6. Targetes d'adquisició de vídeo	11
2. Mesura del senyal de televisió analògica	13
2.1. Mesura amb monitor de forma d'ona	14
2.1.1. Què mesurem amb l'MFO?	14
2.2. Mesura amb vectoscopi	17
2.2.1. Interpretació de la quadrícula i el seu origen	17
2.2.2. Mesura d'una imatge amb vectoscopi	19
2.2.3. Mesurament de guany diferencial i distorsió de fase	20
3. Senyals de test de televisió analògica	22
3.1. Mesures de senyals de test amb equip de test de vídeo	23
3.1.1. Senyal línia 17 (CCIR 17)	23
3.1.2. Senyal línia 18 (CCIR 18)	24
3.1.3. Senyal línia 330 (CCIR 330)	25
3.1.4. Senyal línia 331 (CCIR 331)	26
3.1.5. Senyal 75% barres de color (CCIR 75% <i>color bars</i>)	27
4. Mesura de qualitat del senyal digital	28
4.1. Paràmetres de qualitat del senyal digital	28
4.2. Diagrama d'ull	29
4.2.1. Exemples de distorsions en el diagrama d'ull	31
4.3. Mesures de senyals de tests digitals amb equip de tests de vídeo	33
4.3.1. Mesura d'estrès a la capa física	33
4.3.2. Test del senyal "patològic" o SDI <i>check field test</i>	34
5. Exemples de mesuraments de senyals reals de televisió	35
5.1. Tauler d'escacs	35
5.2. Pilota de futbol	36
5.3. Logotip blanc sobre fons vermell	38
5.4. Cel amb cercle groc	40

Introducció

En aquest mòdul veurem com manejar els instruments de mesura de vídeo analògic i digital i veurem les tècniques de diagnòstic de la qualitat del senyal observat. També es volen donar a conèixer els diferents tests d'avaluació que s'utilitzen per a l'avaluació dels senyals analògics i digitals.

Per assegurar la qualitat del senyal televisiu, ja en el mateix plató de televisió on es crea, barreja i processa, aquest s'ha de visualitzar contínuament per a assegurar que els seus paràmetres són dins del que està establert.

Els tres aspectes més importants que s'han de tenir en compte en la televisió analògica són els següents:

- El senyal de línia té les amplituds i els rangs temporals que marca la normativa.
- El rang del croma, en una carta de colors, s'adequa als valors establerts.
- Tant el senyal de línia com la informació del croma de les diferents fonts de vídeo (càmeres de televisió, ordinador, magnetoscopi, reproductor DVD, etc.) estan sincronitzats i manegen rangs de valors similars.

En la televisió digital, abans d'aquests tres aspectes, s'ha de comprovar la qualitat dels polsos de senyal, ja que si no superen un llindar de qualitat, el receptor de televisió no detecta els bits i no pot descodificar la informació. Si aquest pas se supera amb èxit, s'hi apliquen els mateixos tres aspectes considerats per al senyal de televisió analògica.

Per a mesurar aquestes característiques es necessita instrumentació especial com el monitor de forma d'ona, el vectoscopi i les targetes d'adquisició de vídeo. En aquest mòdul s'explica el seu funcionament i s'aplica a exemples de senyals estàndard basats en patrons de barres de colors.

1. Instruments de mesura del senyal de televisió

El senyal de televisió analògica es mesura mitjançant dos instruments:

- **Monitor de forma d'ona (MFO).** Permet visualitzar línies de televisió en el domini temporal.
- **Vectoscopi.** Permet visualitzar el senyal de croma en un diagrama de colors UV.

El senyal de televisió digital es pot mesurar amb un **oscil·loscopi digital** amb una gran amplada de banda, però solament ens dóna informació del senyal binari, no del seu contingut en vídeo. Per a això fan falta equips més sofisticats que interpreten les trames de vídeo digital i ofereixin informació gràfica: els **equips de tests de vídeo** que admeten el senyal d'entrada digital i analògic en vídeo compost o components. La versió *low-cost* d'aquests equips són les **targetes d'adquisició de vídeo** que es connecten a l'ordinador i que vénen amb el programari corresponent per a processar la informació i presentar-la pel monitor.

Nota

En aquest apartat s'explica el funcionament i les prestacions d'aquests instruments, però no la composició electrònica interna.

1.1. Monitor de forma d'ona

És un oscil·loscopi adequat per a sincronitzar i visualitzar certes línies del senyal de vídeo compost en el domini temporal, incloses línies de test.



Figura 1. Monitor de forma d'ona

Hi ha diverses maneres de visualitzar el senyal de televisió analògica amb el monitor de forma d'ona, que es poden agrupar en dos rangs:

- **Sweep range.** Visualitza segons diferents rangs dinàmics i temporals.

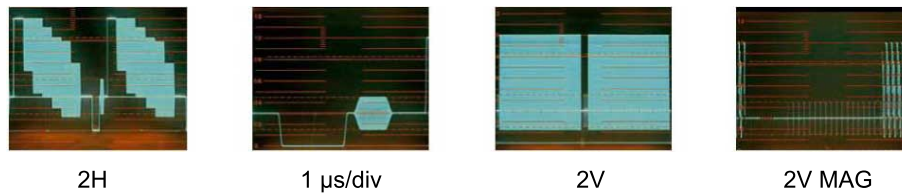


Figura 2. Modes de visualització en *sweep range* d'un MFO

- Mode 2H. Es visualitzen dues línies horitzontals seguides.
 - Mode 1µs/div. Es visualitza el sincronisme i el *burst*.
 - Mode 2V. Es visualitzen dues línies verticals seguides.
 - Mode 2V MAG. Es visualitzen dues línies verticals multiplicant per 20 la seva resolució temporal.
- **Frequency response range.** Permet distingir informació que va en diferents bandes freqüencials, com la luminància i la crominància, i també fer diferències entre elles.

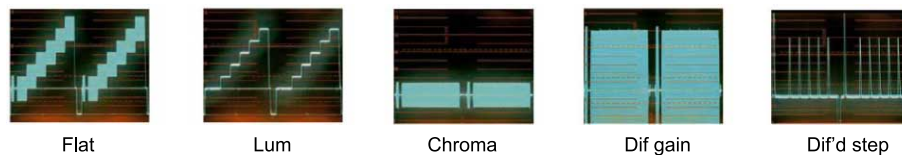


Figura 3. Modes de visualització en *frequency response range* d'un MFO

- Mode FLAT. Es visualitza tot el senyal. Per a això s'activa un filtre de 5 MHz que elimina sorolls fora de la banda base de televisió.
- Mode LUM. Es visualitza només la luminància. Es disposa d'un filtre que elimina la portadora de 4,43 MHz i els seus harmònics de color.
- Mode CHROMA. Es visualitza solament la crominància (o croma). Es disposa d'un filtre passabanda centrat en 4,43 MHz.
- Mode DIF GAIN. Es visualitza el croma magnificat per 3 o per 5,5. També es disposa del filtre passabanda centrat en 4,43 MHz.
- Mode DIF'D STEP. Es visualitza linealitat de la luminància mitjançant un filtre passabanda centrat en 450 kHz.

1.2. Descomposició en luminància i croma d'una barra de colors

L'MFO permet la descomposició en luminància i croma de senyals, per la qual cosa es pot estudiar amb més precisió el contingut de senyals patró, com les barres de color.

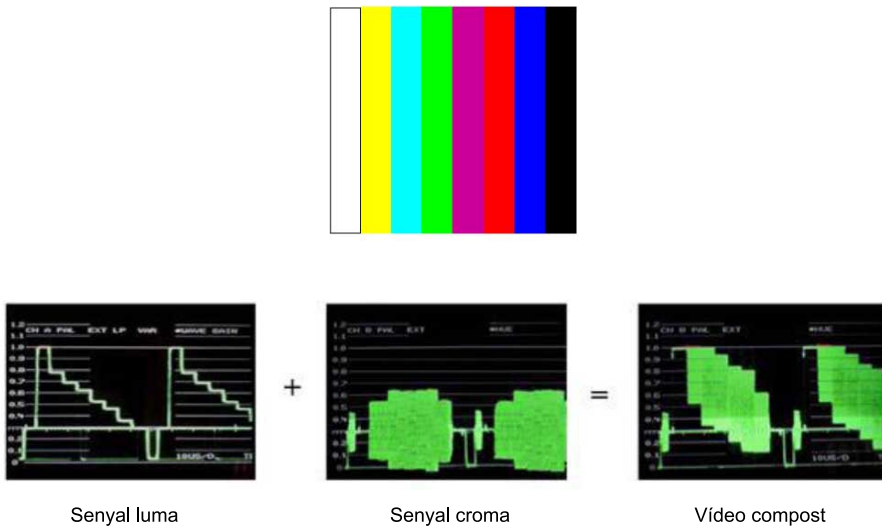


Figura 4. Descomposició en luminància i croma d'un senyal patró de barres de color amb un MFO

1.3. Vectoscopi

El vectoscopi permet visualitzar la informació de croma en format de diagrama UV de colors. Per a això, part dels senyals de diferència de color U y V y els disposa sobre uns eixos cartesianes xy, representant en l'eix x el senyal U i en l'eix y el senyal V.

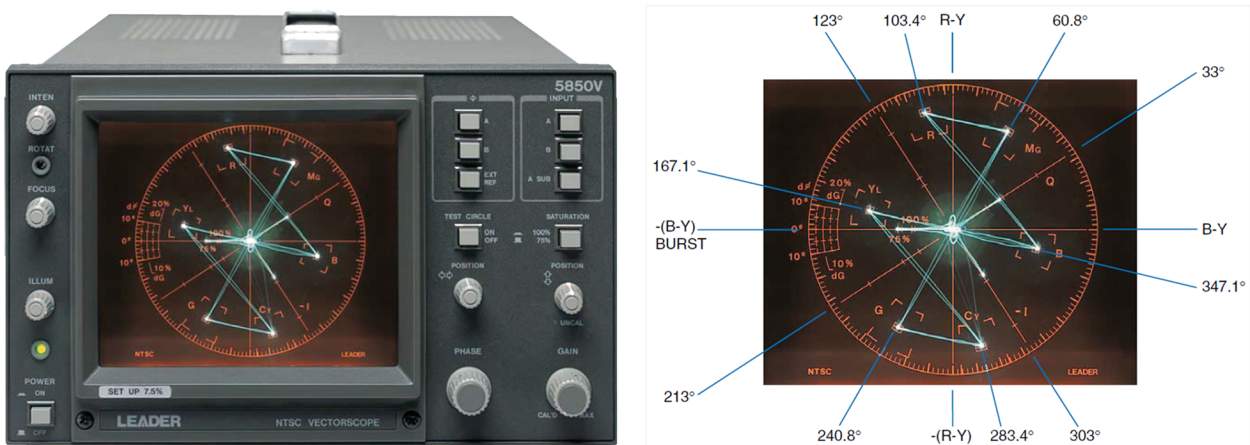


Figura 5. Vectoscopi i els seus eixos de colors

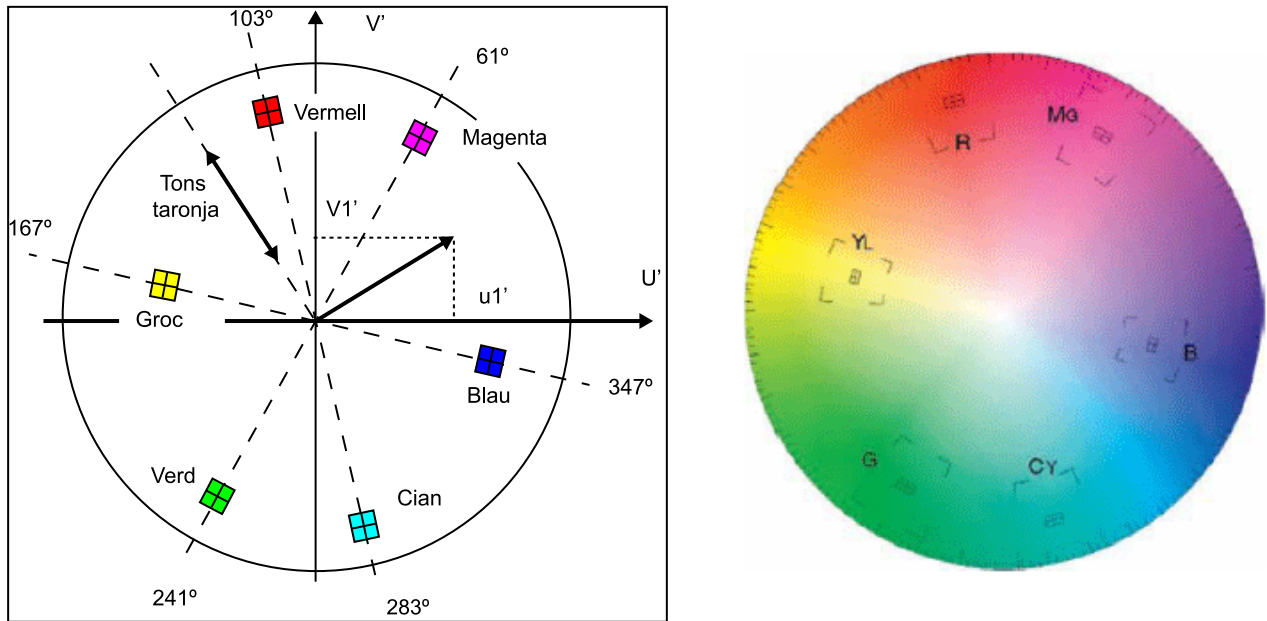


Figura 6. Diagrama UV de colors

Els vectoscopis visualitzen també la referència de fase del *burst* de color. En NTSC és única, però en PAL s'alterna en cada línia. Per això en PAL es veuen dues referències:

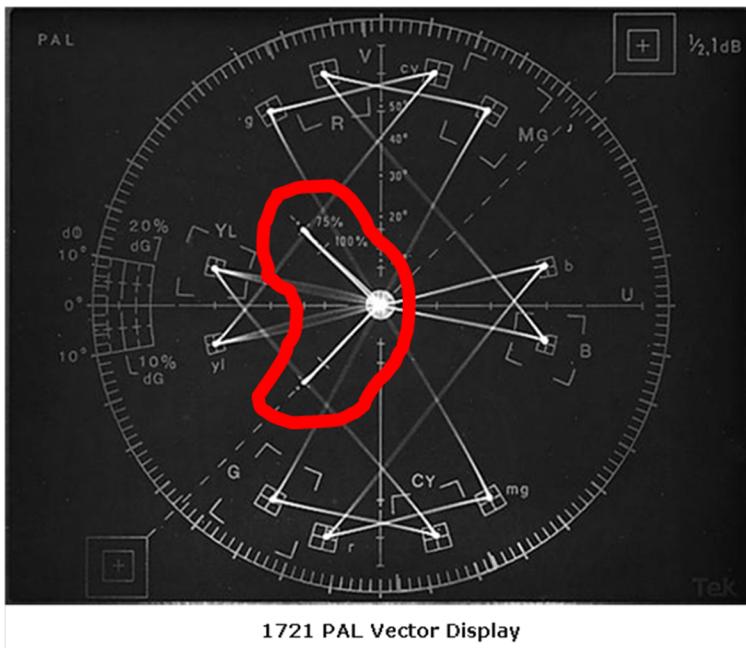


Figura 7. Vectoscopi visualitzant la referència de fase del *burst* en sistema PAL

1.4. Oscil·loscopi digital

Per a tenir informació adequada del senyal de vídeo digital, és necessari un oscil·loscopi digital que tingui l'opció de mesurar el diagrama d'ull del senyal. També és fonamental que l'amplada de banda de l'oscil·loscopi sigui més gran que l'amplada de banda del senyal SDI. Un bon valor seria d'1 GHz, o, com a mínim, de 500 MHz.

Diagrama d'ull

El diagrama d'ull és una forma de representació del senyal digital en alguns oscil·loscopis, que permet visualitzar errors temporals i sorolls d'amplitud.

Tornarem sobre el diagrama d'ull en l'apartat "Mesura de qualitat del senyal de vídeo digital".



Figura 8. Oscil·loscopi digital

1.5. Equips de test de vídeo

Els instruments més avançats per a la mesura del senyal de vídeo són els equips de test de vídeo. Admeten senyals analògics i digitals en tots els formats i visualitzen el senyal en el domini temporal analògic (com un MFO) i en el de croma (com un vectoscopi), en el temporal digital (com un oscil·loscopi digital per al senyal digital) i, a més, admeten diferents formats gràfics i de barres d'informació del senyal.

Es pot tenir en versió compacta (tot l'instrument en la mateixa caixa) o el maquinari de processament en una caixa sense monitor. En aquest cas s'ha de disposar d'un monitor a part que es connecta a l'instrument.



Figura 9. Equips de test de vídeo: Tektronix WFM 7120 compacte i Tektronix WFM 7120 i monitor

1.6. Targetes d'adquisició de vídeo

Com ja s'ha comentat, es pot tenir un equip de test de vídeo barat, encara que menys precís en la mesura si es disposa d'un ordinador amb prou velocitat de processament i una targeta d'adquisició de vídeo professional. Aquestes targe-

tes tenen entrades analògiques i digitals en tots els formats, i el programari que les acompanya permet visualitzar la informació també en tots els formats de manera similar a un equip de test de vídeo.

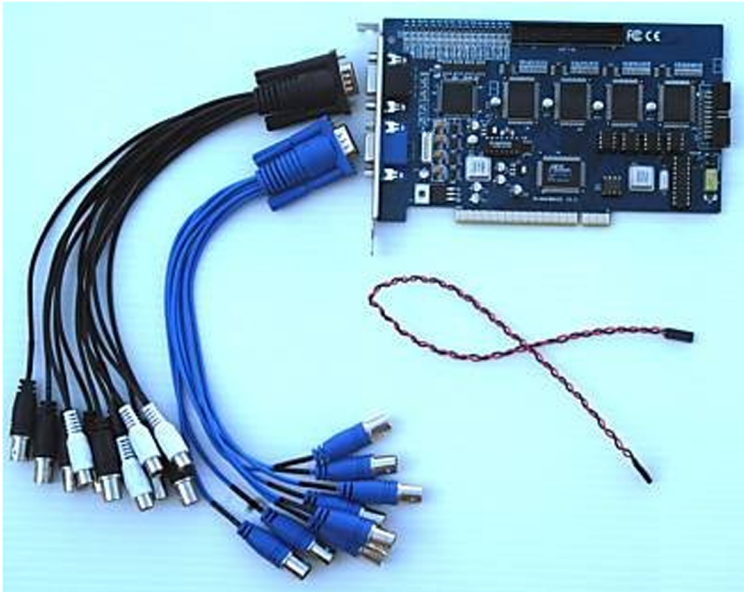


Figura 10. Targeta d'adquisició de vídeo professional amb entrades analògiques i digitals

2. Mesura del senyal de televisió analògica

Per a analitzar el senyal de vídeo compost s'ha de tenir en compte que el circuit de vídeo ha de tenir una impedància de 75Ω . La cadena de senyal "font de vídeo al monitor" ho compleix, ja que en general disposa d'un circuit automàtic per a detectar aquesta impedància i l'ajusta al nivell desitjat. Per contra, els equips de mesura tenen una impedància alta per a ser tan transparents com sigui possible al senyal mesurat i no tenen circuit compensador automàtic. La càrrega l'ha de donar sempre l'equip que rep el senyal (s'afegeix una resistència de 75Ω si fa falta) i, en cas que no sigui el final de la cadena, no es posa càrrega.

En l'esquema següent es mostra la connexió correcta d'un equip professional (una càmera, vídeo, etc.) a un monitor de forma d'ona i un vectroscopi.

Nota
Trobar-los junts o separats depèn del model i de la marca.

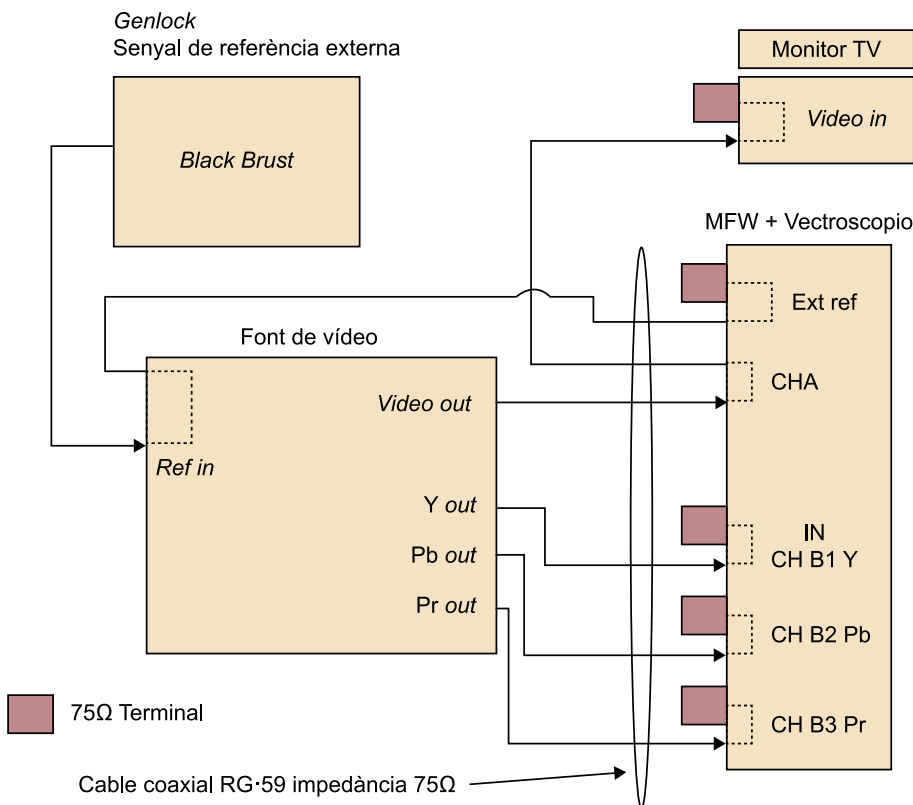


Figura 11. Esquema de connexió d'un equip de vídeo a un MFO i a un vectroscopi

La connexió és la següent: el vídeo compost es connecta al canal A (en l'entrada d'aquest tipus de senyal) i, si es té senyal de vídeo en components (Y, R - Y = Pr, B - Y = Pb), es connecta al canal B (en l'entrada específica). Així es poden comparar els dos senyals o mesurar el que interressi.

Els equips de mesura disposen d'un *loop* (un connector d'entrada i un altre de sortida) per a poder enviar el senyal a un tercer equip (exemple del canal A). Si no s'utilitza el *loop* i no reexpedim el senyal enlloc, s'ha de col·locar un terminal de càrrega de 75Ω .

2.1. Mesura amb monitor de forma d'ona

El senyal de vídeo s'expressa en temps i amplitud, paràmetres que normalment es mesuren mitjançant un oscil·loscopi. Per a la televisió disposem d'un oscil·loscopi adaptat a aquest tipus de senyal, que és l'MFO. L'MFO a més disposa de diferents filtres per a poder veure característiques d'aquest senyal.

2.1.1. Què mesurem amb l'MFO?

Les línies són la unitat bàsica del senyal que conforma la imatge i aquestes línies, 625 en total per a sistemes PAL, tenen una part de sincronisme (el sincronisme H i el *burst*) i una altra part que és la imatge que mostra la televisió.

Una manera de calibrar qualsevol sistema és utilitzar un senyal conegut i comparar el resultat teòric amb l'obtingut en els nostres mesuraments.

Per a veure un senyal de barres en vídeo compost es procedeix com segueix:



Figura 12. Patrón de barras de color

- S'ajusta el canal d'entrada.
- Se selecciona la referència de l'aparell INT (en cas de no haver col·locat cap referència).
- S'ajusta la base de temps en funció del que es vol veure.
- S'ajustem l'escala d'amplitud.
- S'ajusta el senyal a l'escala de la pantalla amb els controls de posició.

S'anul·la el senyal de DC i es col·loca el 0 de la imatge en el nivell de negres, i el nivell de sincronismes queda a 0.3 mV i la línia de blancs a 0.7 V. La imatge visualitzada en l'MFO seria com la següent:

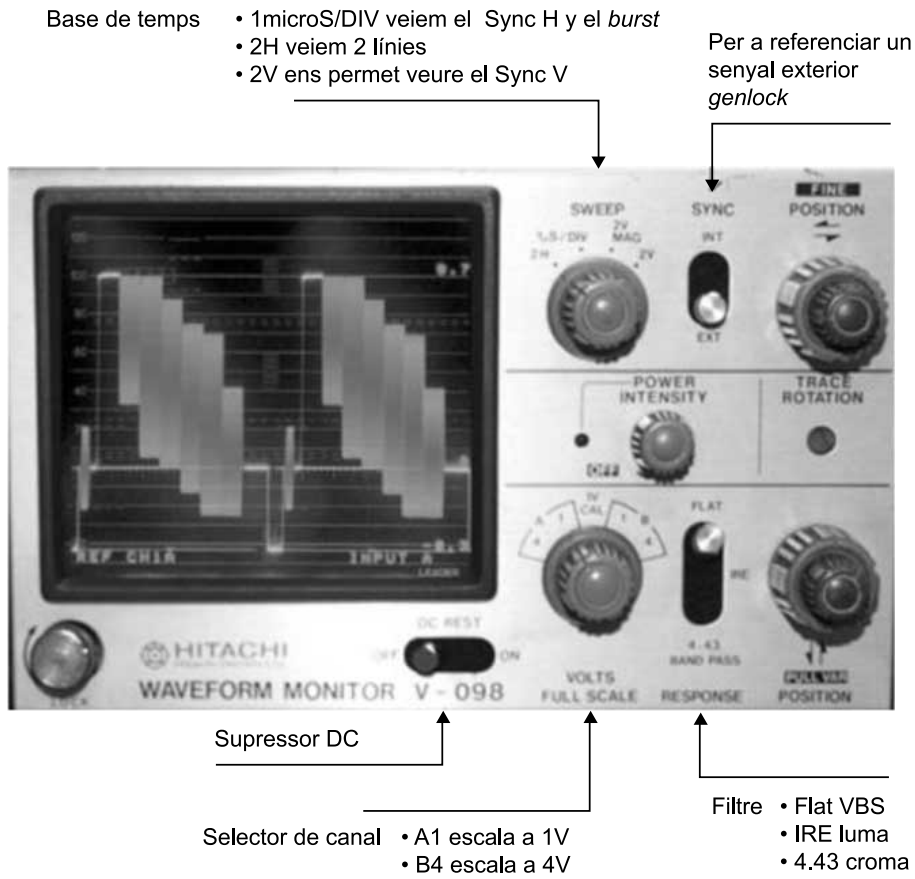


Figura 13. Senyal de vídeo compost del patró de barres de color

Interpretació del visualitzat en pantalla

L'amplitud del senyal marca la luminància (blanc i negre) del senyal. La part alta del senyal (entorn de 0,7 V) correspondria a la **brillantor**, i la part baixa, la zona negra (entorn de 0 V), correspondria al **contrast**.

Es pot visualitzar solament la luminància o el senyal en vídeo compost sencer (amb croma i luminància), tal com es pot veure en la figura següent:

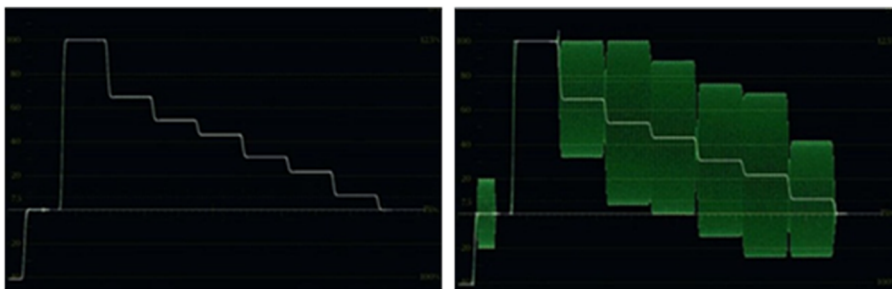


Figura 14. Visualització de luminància (esquerra) i vídeo compost (dreta) d'un senyal de barres amb MFO

Mesura del component continu del senyal

Mantenint l'ajust d'escala, es desacobla el filtre de continu i se substitueix pel filtre per a veure només la luminància, i s'utilitza com a senyal un sincronisme amb nivell de negre (*black burst*): s'obté un nou nivell, el component continu no pot ser més gran de 2,75 V amb circuit en càrrega de 75 Ω o 5,5 V si el circuit és obert.

Per a veure el *burst* es reajusta la base de temps a 1 $\mu\text{s}/\text{div}$, la qual cosa permet mesurar els temps del pòrtic anterior i posterior o nivells de negre, i també la uniformitat de la ràfega.

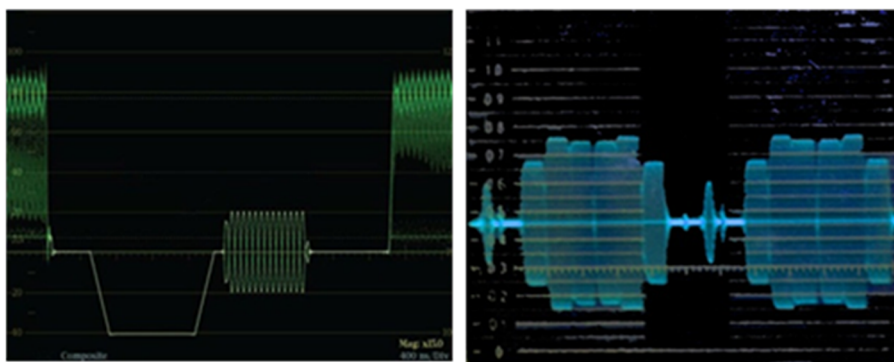


Figura 15. Visualització del *burst* de color (esquerra) i de dues línies de croma sense luminància (dreta)

Es poden apreciar els sincronismes verticals amb les opcions 2 V i 2 V MAG:

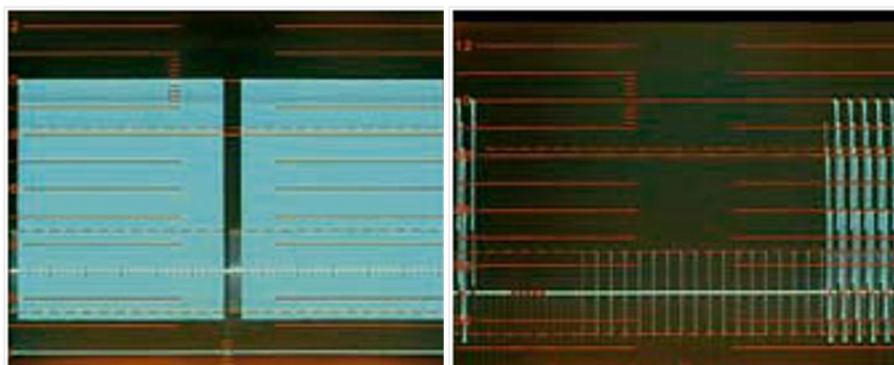


Figura 16. Visualització dels sincronismes verticals. Esquerra: 2 V; dreta: 2 v MAG

Finalment també es pot visualitzar el senyal de barres en components YUV:

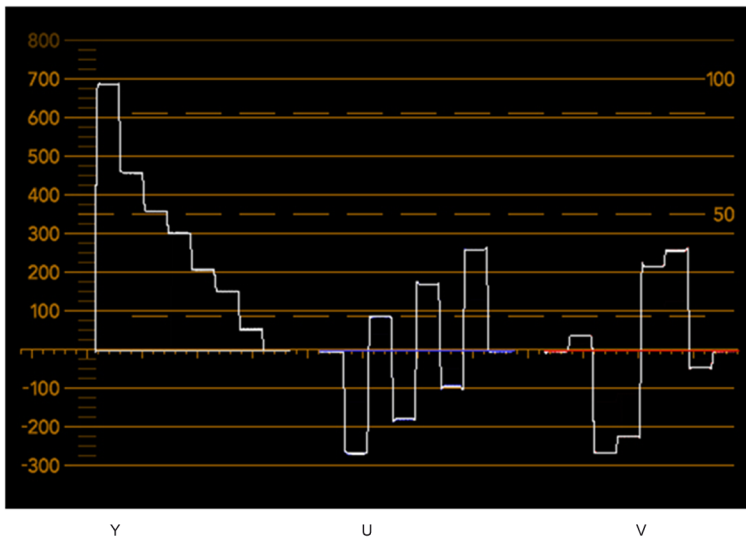


Figura 17. Visualització del senyal de barres en components YUV

El senyal Y és monopolar (no té valors negatius i el seu rang va de 0 V a 0,7 V), els senyals U i V són bipolars, ja que, en ser de diferent color (color menys luminància), poden valer des de -0,5 V fins a 0,5 V.

2.2. Mesura amb vectoscopi

A més de la forma d'ona, en un senyal de televisió també interessa mesurar el color i, per a això, utilitzarem el vectoscopi, que expressa el color en fase (tint del color) i mòdul (saturació del color).

Els connectors i comandaments més importants del vectoscopi són els següents:

- **Input.** Tres canals d'entrada de vídeo que permeten seleccionar la visualització que interressi.
- **Ext.** Permet sincronitzar l'equip a un senyal extern.
- **Mode**
 - **Vect.** Visionament del senyal en forma de vector.
 - **DG.** Mesura de distorsió de guany.
 - **DP.** Mesura de distorsió de fase.
 - **X-Y.** Mesura de nivell i fase dels senyals d'àudio estèreo.
- **Position/phase.** Permet col·locar el *burst* en el llaç de control i mesurar-lo.

2.2.1. Interpretació de la quadrícula i el seu origen

A partir dels senyals de barres en components, la seva projecció en un diagrama polar dona la representació +V (típica de l'NTSC):

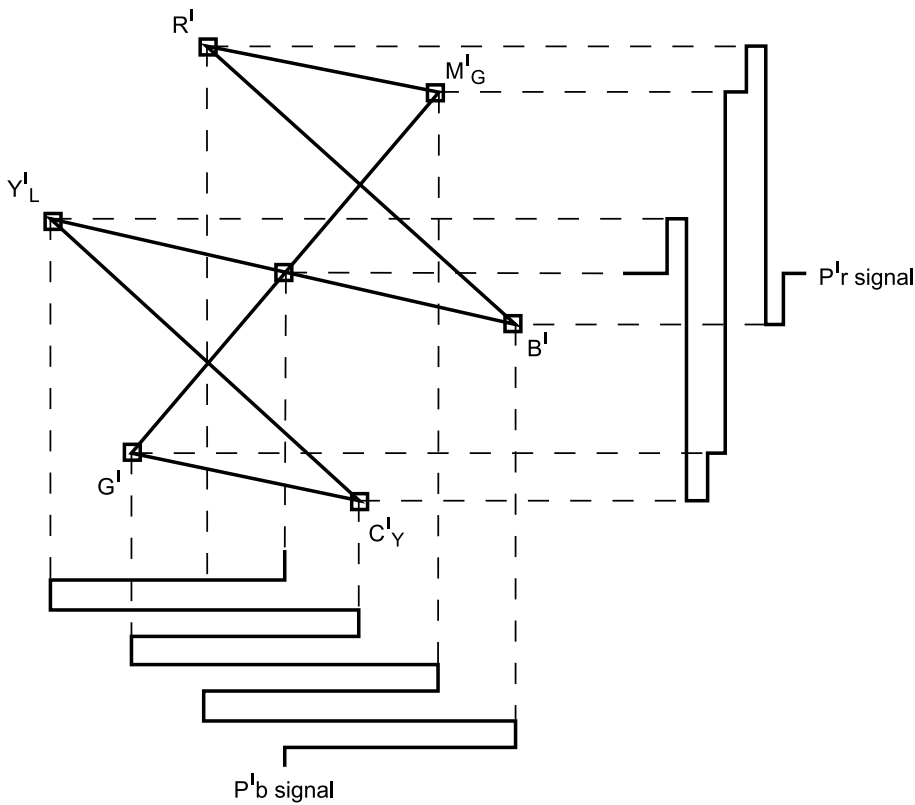


Figura 18. Representació del senyal de barres en vectoroscopi en +V (NTSC)

En fer clic en el selector PAL, s'obté la mateixa imatge, però amb el doble llaç del PAL (la fase alternativa que el diferencia del sistema americà). El senyal de barres representat en PAL té la forma que es mostra en la figura següent; és a dir, la imatge de l'NTSC però repetida en forma invertida:



Figura 19. Connectors i comandaments fonamentals del vectoroscopi

Els punts lluminosos de l'oscil·loscopi són l'extrem final dels vectors crominància dels diferents colors del patró de barres. A partir del component d'abscisses $b_{B,Y}$ i els components d'ordenades $a_{R,Y}$ s'obté el mòdul i la fase, com es mostra en la figura següent:

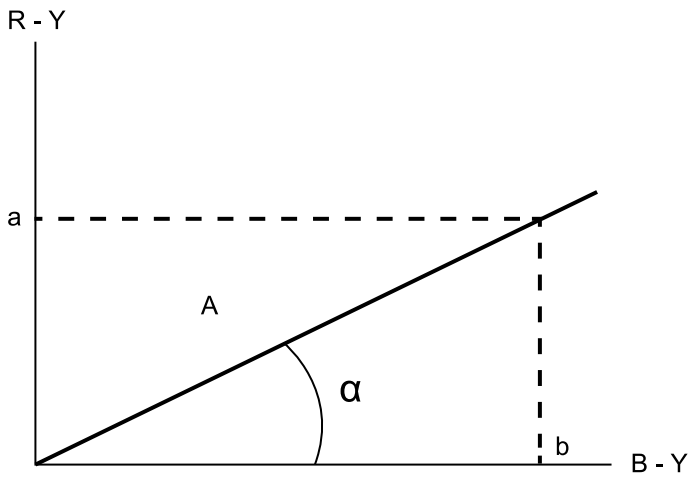


Figura 20. Vector crominància

Les expressions del mòdul i de la fase es mostren a continuació:

Mòdul: $A_V = \sqrt{a_{R-Y}^2 + b_{B-Y}^2}$

Fase: $\alpha = \text{tg}^{-1} \frac{a_{R-Y}}{b_{B-Y}}$

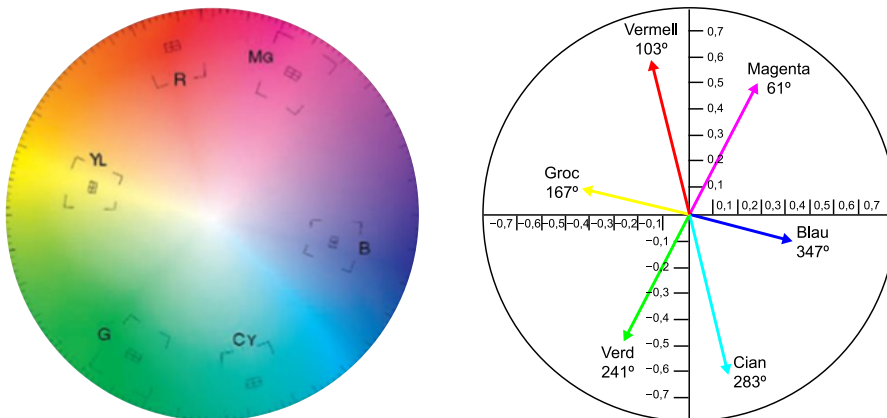
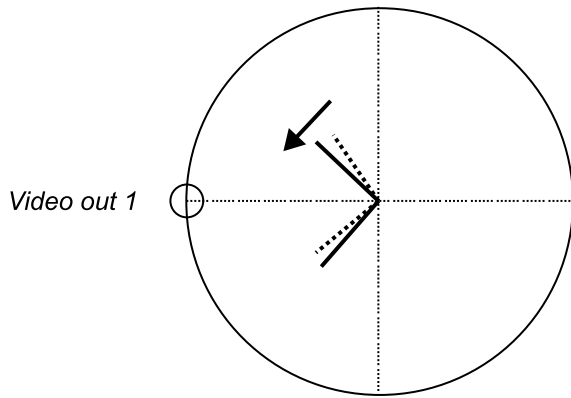


Figura 21. Carta de colors i vectors de vectoscopi d'un senyal de barres

2.2.2. Mesura d'una imatge amb vectoscopi

Per a fer una mesura d'una imatge amb un vectoscopi, en primer lloc s'ha d'ajustar la representació del *burst* per a marcar la fase de color en el llaç d'ajust:

Figura 22. Ajust de la fase del *burst* per a mesurar amb vectoscopi

Una vegada ajustada la fase del *burst* a la referència de la quadrícula, es poden mesurar els vectors de cromina.

Exemple

En una imatge amb un sol color es veuria un sol vector corresponent a una única senoide en l'MFO:



Figura 23. Imatge amb un sol color entre blau i cian

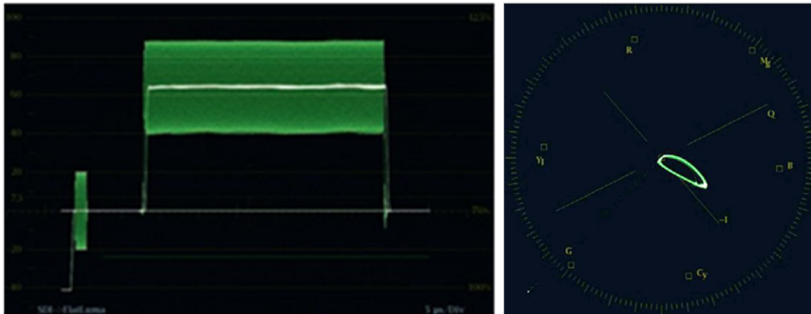


Figura 24. Visualització de la imatge anterior amb MFO (esquerra) i vectoscopi (dreta)

Un senyal d'una imatge totalment blanca o negra, com també una imatge en blanc i negre, no tindria representació, solament es veuria el punt central.

2.2.3. Mesurament de guany diferencial i distorsió de fase

Els errors per distorsió de guany diferencial es poden produir per problemes de resposta en freqüència. Atès que la luminància ocupa tota l'amplada de banda i el cromina està en la part alta del canal, la variació del cromina pel que fa a la luminància pot provocar un canvi en la saturació de les zones acolorides i una variació en la tonalitat del color de la imatge.

Els errors per distorsió de fase diferencial produiran distorsió al voltant de les línies verticals, i faltará definició entre aquestes. Si aquests errors són grans (el màxim permès és del 10%), es pot produir doble imatge.

El similar en vídeo compost seria el retard entre luminància i cromà.

Aquestes mesures es fan en senyals en components (Y, P_r, P_b) a partir de la quadrícula del costat esquerre del gràfic. Els resultats no poden estar per fora d'aquesta:

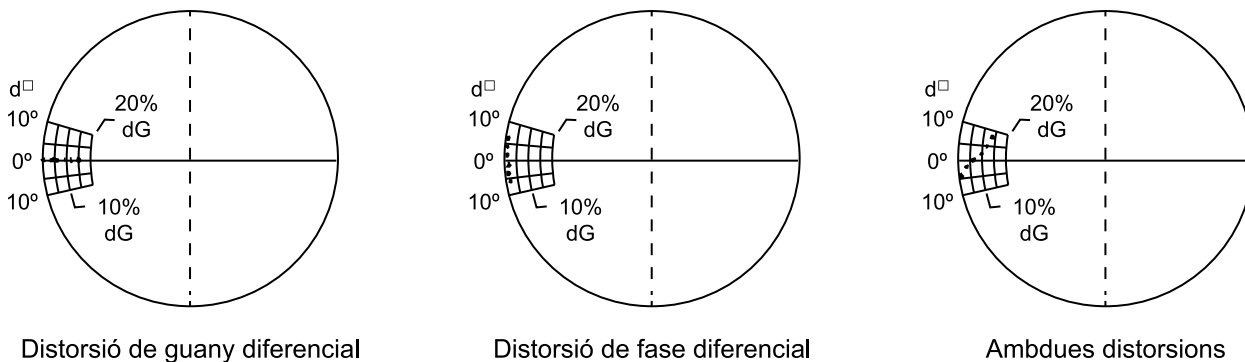


Figura 25. Mesures de distorsió de guany diferencial i de fase diferencial amb vectoscopi

3. Senyals de test de televisió analògica

Hi ha una sèrie de senyals de test normalitzats segons el CCIR que serveix per a avaluar la qualitat d'un sistema de televisió. Aquesta avaluació es du a terme injectant el senyal de test corresponent en el sistema i mesurant els temps i nivells del senyal amb els instruments de mesura de vídeo.

En la taula següent s'enumeren els senyals de test segons el CCIR i els resultats esperats:

Test	SignalUsed	VM700T Measurementmode
Video output level	CCIR17	Bar line time
Color BurstLevel	Anyvalid color signal	H timing
SyncLevel	Anyvalid color signal	Bar line time, H timing, others
Field time distortion	Field square wave	Two field
Long time jitter	Anyvalid color signal	Jitter long time
SNRUnweighted	0% pedestal	AUTO, noise spectrum
LuminanceNonLinearity	CCIR17	LuminanceNonLinearity
DG	CCIR330	DGDP
DP	CCIR330	DGDP
ChromaAmplitude error	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
ChromaPhase error	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
Chroma / luma intermod	CCIR331	ChrominanceNonLinearity
Multiburst	CCIR18	Multiburst
H-SyncJitter	Anyvalid color signal	Jitter
75% color var vector	75% color bar	ColorBars, vector, others
GroupDelay	Sin X/X	GroupDelay Sin x/x
CL Gain	CCIR17	ChromLumGainDelay
CL delay	CCIR18	ChromLumGainDelay
Line time dist.	CCIR17	Bar line time
Short time distortion	Special 1T CCIR17	Short time distortion
2T K factor	CCIR17	K factor
BurstFrequency	Anyvalid color signal	BurstFrequency

Test	SignalUsed	VM700T Measurementmode
SCHPhase	Anyvalid color signal	SCHPhase, Auto
Bar Tilt	CCIR17	Bar line time
Color bar measurements	75% color bar	ColorBar, auto, vector

Senyals de test CCIR

3.1. Mesures de senyals de test amb equip de test de vídeo

A continuació es mostren alguns senyals de test en el domini temporal (en format MFO) i en el domini de croma (en format vectoscopi) mesurats amb l'equip Tektronix WFM7120:

- Senyal de test CCIR 17 (figura 26)
- Senyal de test CCIR 18 (figura 27)
- Senyal de test CCIR 330 (figura 28)
- Senyal de test CCIR 331 (figura 29)
- Senyal de test CCIR 75% Color ars (PAL) (figura 30)

Aquests senyals corresponen a imatges amb molta variació de luminància i croma que tracten de veure la resposta dels receptors a possibles desestabilitzacions per distorsió de senyals d'alta freqüència.

3.1.1. Senyal línia 17 (CCIR 17)

Aquest senyal test s'insereix en la línia 17. S'utilitza per a fer mesuraments de guany d'inserció i resposta als transitoris de curta i llarga durada, i conté els elements següents:

- Barra de luminància de 10 µseg d'amplada i amplitud de 0,7 V (blanc al 100%).
- Premo 2T, es col·loca a 26 µseg del flanc de baixada del sincronisme, dura 200 nseg i té una amplitud del 100%.
- Premo 20T modulats. És un pols de farciment de subportadora que dura 2 µseg amb una amplitud de 0,7 V. La seva base es posiciona a 30 µseg, el sostre a 32 i l'altre extrem de la base a 34 µseg del flanc de baixada del sincronisme horitzontal.
- D1 escala de luminància composta per cinc graons de 140 mV.

Mesures a prendre:

- Amplitud de la luminància
- Inclinació de la barra

- Luminància no lineal
- Distorsió del senyal de crominància
- Distorsió de curta durada

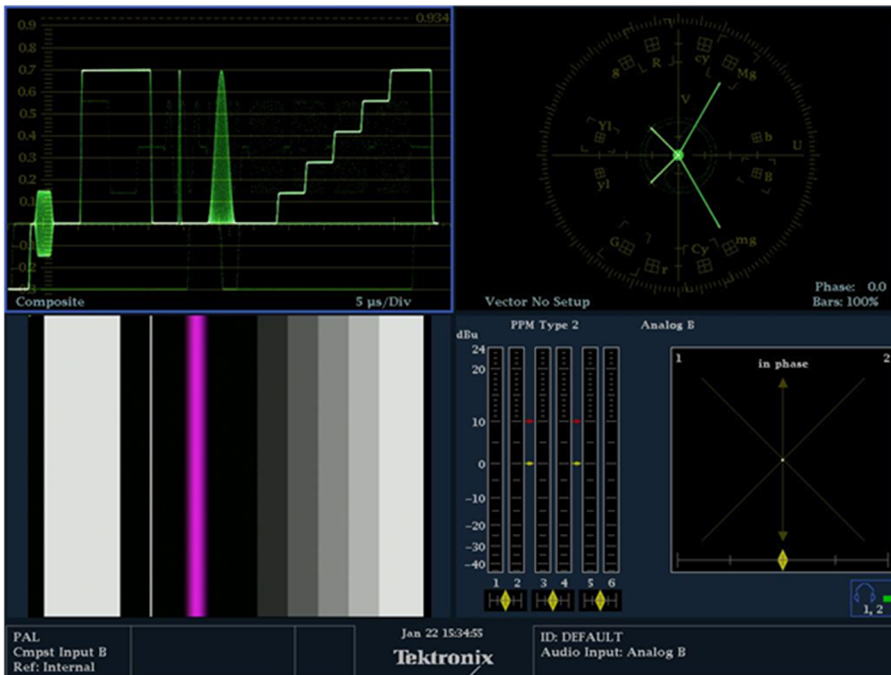


Figura 26. Mesures amb el Tektronix WFM7120 del senyal de test CCIR 17

3.1.2. Senyal línia 18 (CCIR 18)

Amb aquest senyal es mesura la distorsió amplitud-freqüència i conté els elements següents:

- Barra de luminància de 4 µseg d'amplada.
- Sis paquets a diferents freqüències de 4 µseg d'amplada.

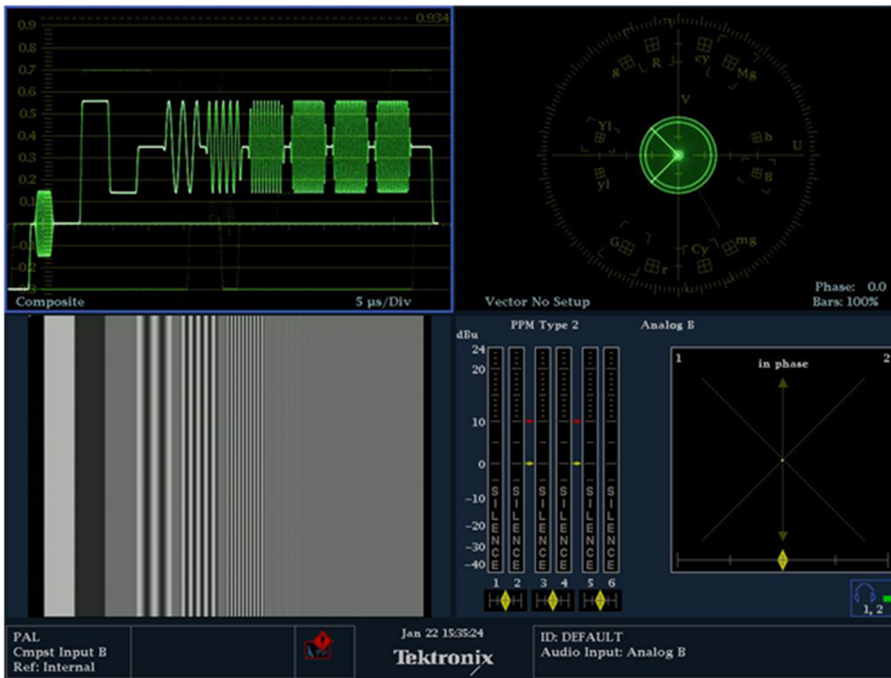


Figura 27. Mesures amb el Tektronix WFM7120 del senyal de test CCIR 18

3.1.3. Senyal línia 330 (CCIR 330)

Aquest senyal s'utilitza per a controlar la característica transitòria del canal de curta i llarga durada i conté els elements següents:

- Barra de luminància de 4 µs d'amplada i amplitud de 0,7 V (blanc 100%) i una amplada de 10 µseg situada a 12 µseg del flanc de baixada del sincronisme horitzontal. Els temps de caiguda dels flancs es dedueixen de la formació de l'impuls sinus quadrat.
- Impuls sinus quadrat o 2T, es posiciona a 26 µseg del flanc de baixada del sincronisme horitzontal, té una durada de 200 nseg i una amplitud de 0,7 V (blanc al 100%).
- Escala de luminància de 6 esglaons amb freqüència de subportadora de color sobreposada. La fase de la subportadora indica un color lila.

Mesures que s'han de prendre:

- Guany diferencial: distorsió de l'amplitud de crominància a causa de l'amplitud de luminància.
- Fase diferencial: distorsió de la fase de crominància a causa de l'amplitud de luminància.

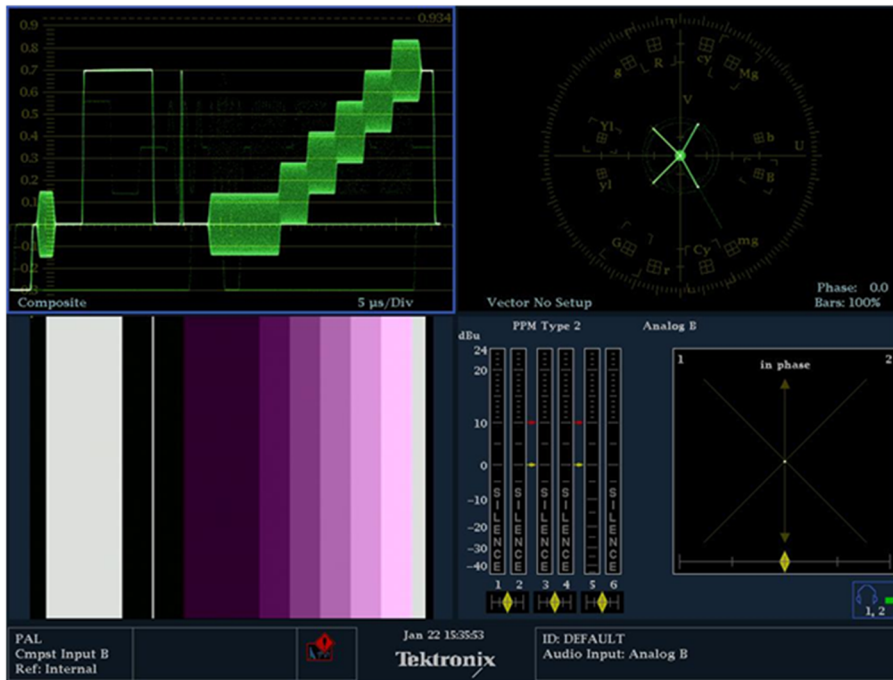


Figura 28. Mesures amb el Tektronix WFM7120 del senyal de test CCIR 330

3.1.4. Senyal línia 331 (CCIR 331)

Aquest senyal s'utilitza per a mesures de la fase diferencial i conté els elements següents:

- Tres nivells de subportadora modulats sobre un pedestal de 350 mV sobre el nivell de negre amb les amplituds: 140 mV, 420 mV i 700 mV.
- Subportadora modulada sobre 350 mV de luminància i 420 mV d'amplitud, amb una durada de 26 µs.

Mesures a prendre:

- Intermodulació croma-luminància: distorsió d'amplitud de luminància a causa de l'amplitud de la crominància.
- Distorsió de l'amplitud de crominància a causa de la pròpia amplitud.
- Distorsió de la fase de la crominància a causa de la pròpia amplitud.

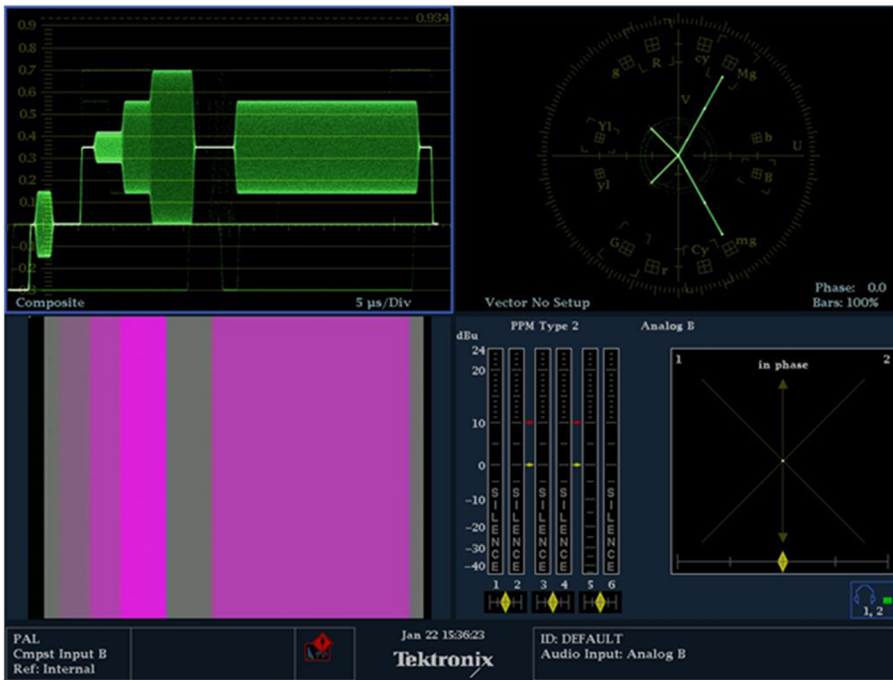


Figura 29. Mesures amb el Tektronix WFM7120 del senyal de test CCIR 331

3.1.5. Senyal 75% barres de color (CCIR 75% color bars)

Aquest senyal s'utilitza per a veure i ajustar els nivells de luminància i crominància dels colors primaris.

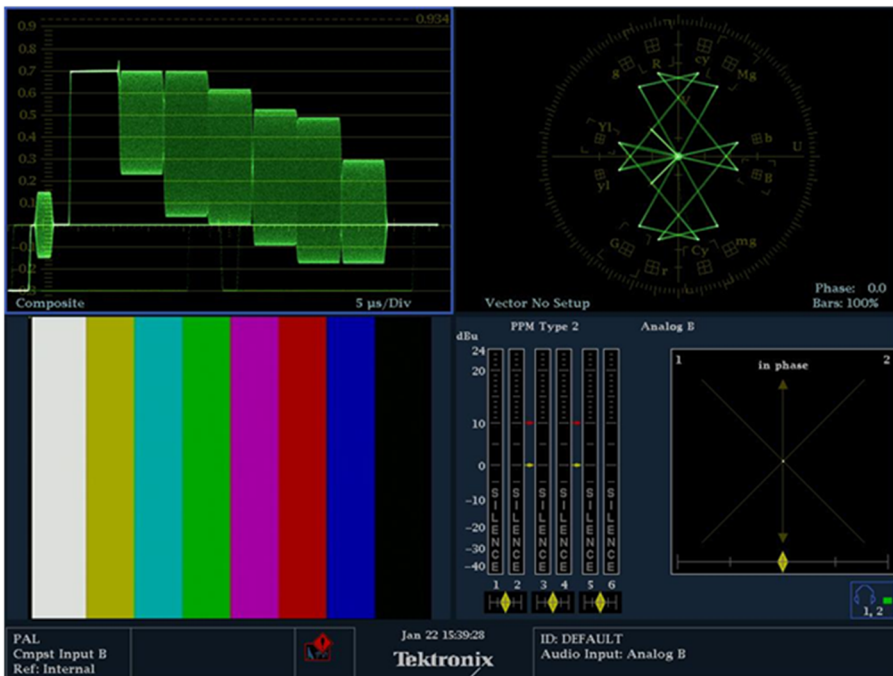


Figura 30. Mesures amb el Tektronix WFM7120 del senyal de test 75% color bars (PAL)

4. Mesura de qualitat del senyal digital

La qualitat del senyal de televisió digital es mesura, en primer lloc, per la seva qualitat com a tren de polsos a partir del **diagrama d'ull** del senyal; a continuació es mesura la qualitat de la informació televisiva que transporta (luminància i crominància). Aquesta informació es pot obtenir mitjançant una targeta d'adquisició de vídeo de precisió amb el programari adequat i es pot representar en la pantalla de l'ordinador en format MFO i vectoscopi, la qual cosa permet una anàlisi més visual que la que es pot fer solament a partir del flux binari.

4.1. Paràmetres de qualitat del senyal digital

Un dels problemes per als enginyers dels senyals digitals és l'anomenat *penya-segat digital*: quan el sistema és a punt de perdre la capacitat per a interpretar la informació del senyal de televisió, però gràcies a la seva robustesa és capaç de visionar-la correctament, encara que si s'augmenta la capa física (encara que sigui un metre de cable de senyal), aquesta es perd totalment. Com es pot saber en quin punt ens trobem?

Els paràmetres que defineixen la qualitat de qualsevol senyal digital són els següents:

- **Amplitud.** Diferència en volts entre el valor superior i inferior del tren de bits.
- **Temps de commutació.** Temps que es triga a commutar de l'estat alt al baix i viceversa.
- **Jitter.** Diferència de temps entre on hauria d'ocórrer una transició i on realment ocorre.

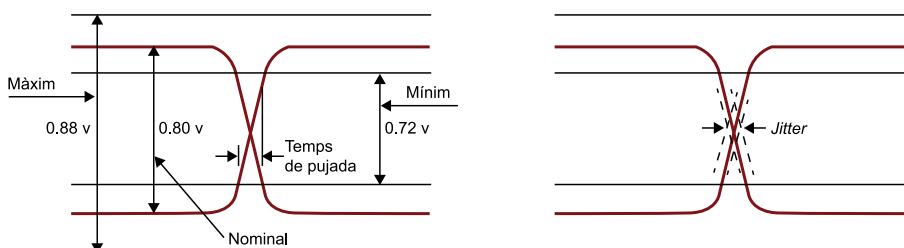


Figura 31. Amplitud, temps de commutació i jitter en un senyal de televisió digital

Lectura de la imatge

En un senyal SDI de televisió digital, l'amplitud màxima ha de ser de 0,88 V; la mínima, de 0,72 V, i el valor nominal de 0,80 V. El temps de commutació (pujada i baixada) ha d'estar comprès entre 0,75 nseg i 1,5 nseg, i el jitter ha de ser més petit que 0,5 nseg.

El *jitter* pot ser estable o oscil·lar entre dos o més punts en el temps. Un *jitter* excessiu pot provocar pèrdua del rellotge, i, per tant, de les dades.

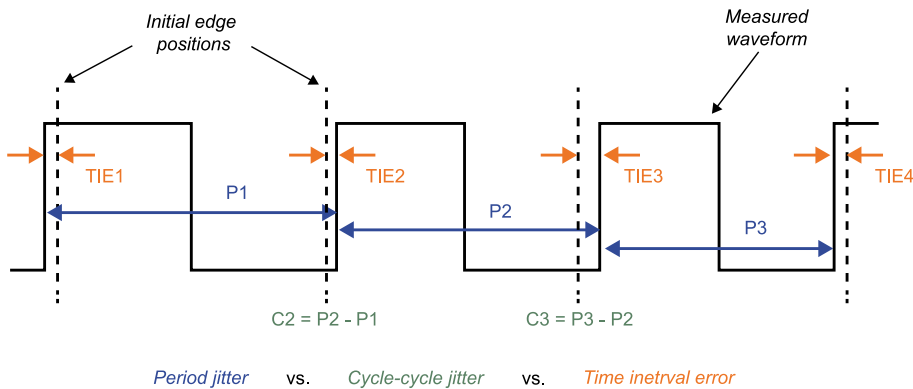


Figura 32. Efecte del *jitter* en un senyal digital

Hi ha diversos elements que poden distorsionar aquests paràmetres, per exemple: soroll en la transmissió, interferències, desadaptació d'impedàncies derivades de l'ús de cables amb impedància característica diferent de 75Ω o ús d'equips amb impedàncies diferents de 75Ω .

4.2. Diagrama d'ull

Els tres paràmetres de qualitat esmentats en l'apartat anterior es poden observar amb precisió mitjançant una sola representació del senyal com és el diagrama d'ull.

El diagrama d'ull es forma superposant diversos cicles del senyal digital.

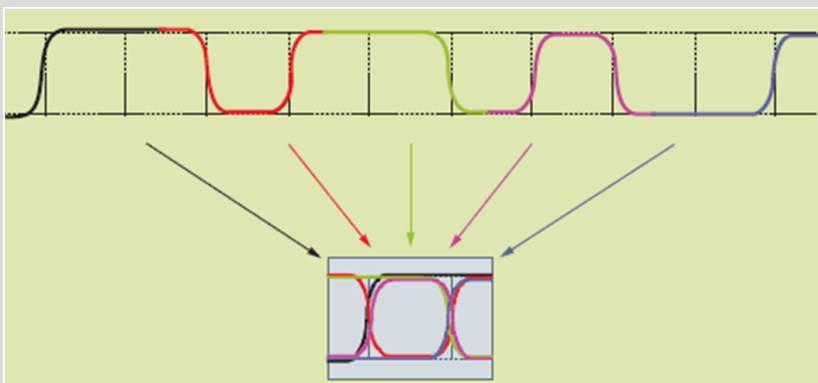


Figura 33. Formació del diagrama d'ull

El diagrama d'ull es pot formar a partir de l'adquisició del senyal digital amb un oscil·loscopi digital i l'aplicació de l'algorisme de superposició de cicles corresponent, que es pot trobar com a funció bàsica a MATLAB (commscope.eyediagram). De totes maneres, qualsevol oscil·loscopi digital mínimament avançat disposa de l'opció de visualitzar el diagrama d'ull d'un senyal digital.

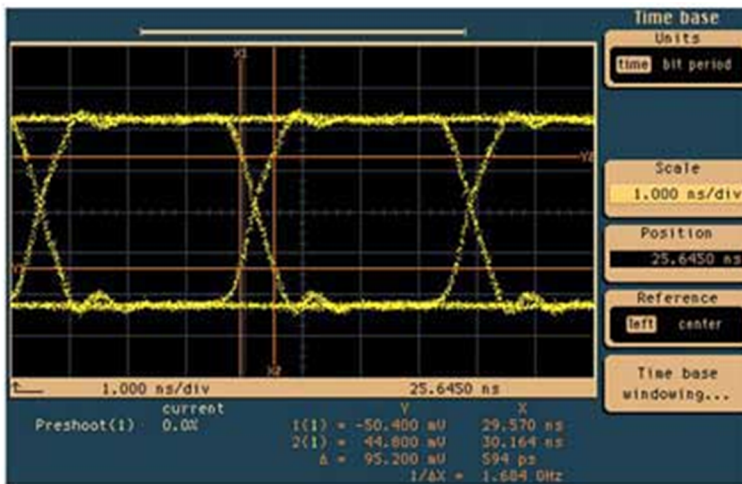


Figura 34. Diagrama d'ull en un oscil·loscopi

En la figura següent es presenta el mesurament del diagrama d'ull d'un senyal SDI.

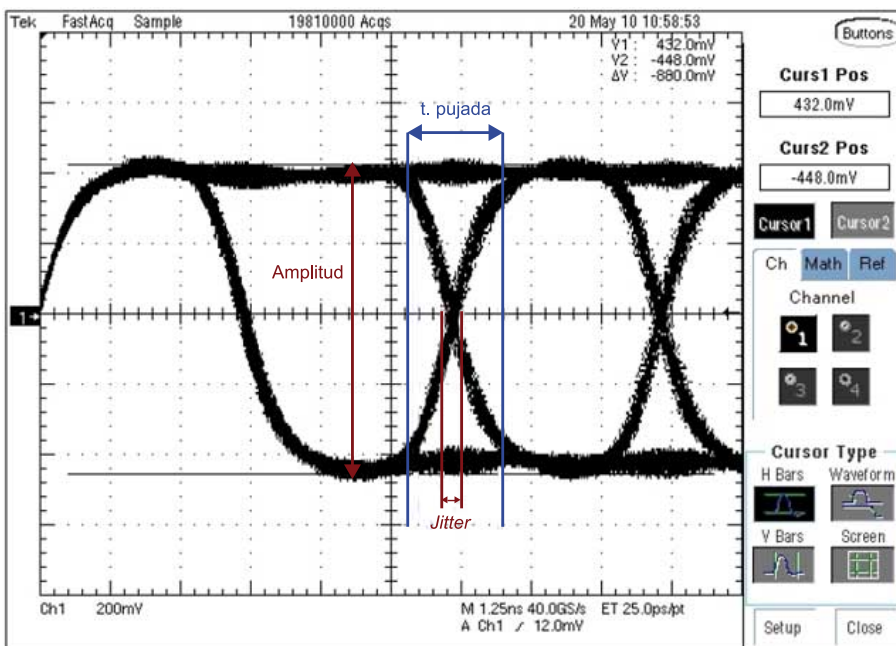


Figura 35. Diagrama d'ull d'un senyal SDI mesurat al laboratori

S'observa una amplitud de 0,88 V (just el valor màxim permès), un *jitter* de 0,25 nseg (dins de la norma) i un temps de commutació (o de pujada) d'1,7 nseg (per sobre del permès). No seria, doncs, un senyal SDI vàlid i caldria revisar les causes de la distorsió del temps de pujada. Molt probablement es tractaria d'un problema de desadaptació d'impedàncies: el soroll i les interferències ataquen més l'amplitud i el *jitter*.

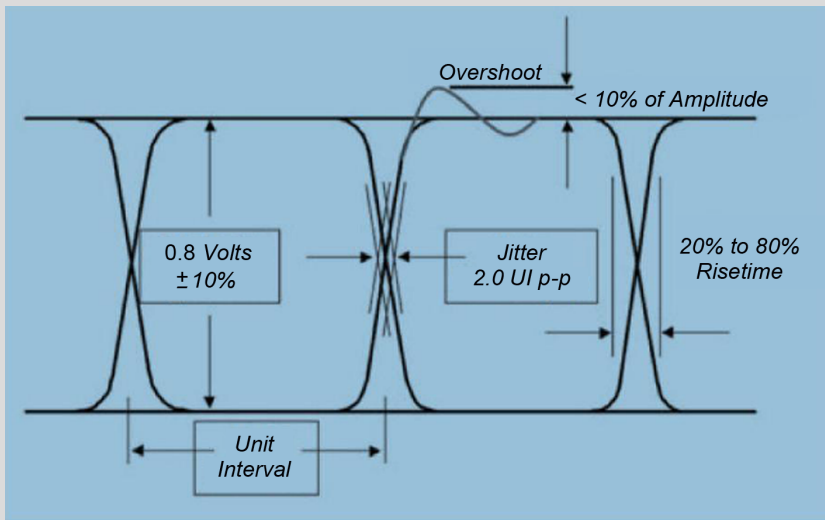
Vegeu també

Ja hem vist les condicions per a verificar la qualitat del senyal SDI en l'apartat "Paràmetres de qualitat del senyal digital".

Quan s'analitza un diagrama *jitter* d'un senyal a l'oscil·loscopi, s'han de controlar els paràmetres següents:

- L'interval d'unitat (*unit interval* UI)
- Temps de *jitter*

- Sobrepols (*overshoot*) que ha de ser inferior al 10% de l'amplitud
- Amplitud



El diagrama d'ull té unes zones de decisió que informen sobre els nivells d'amplitud alt i baix, el soroll i el *jitter* del senyal:

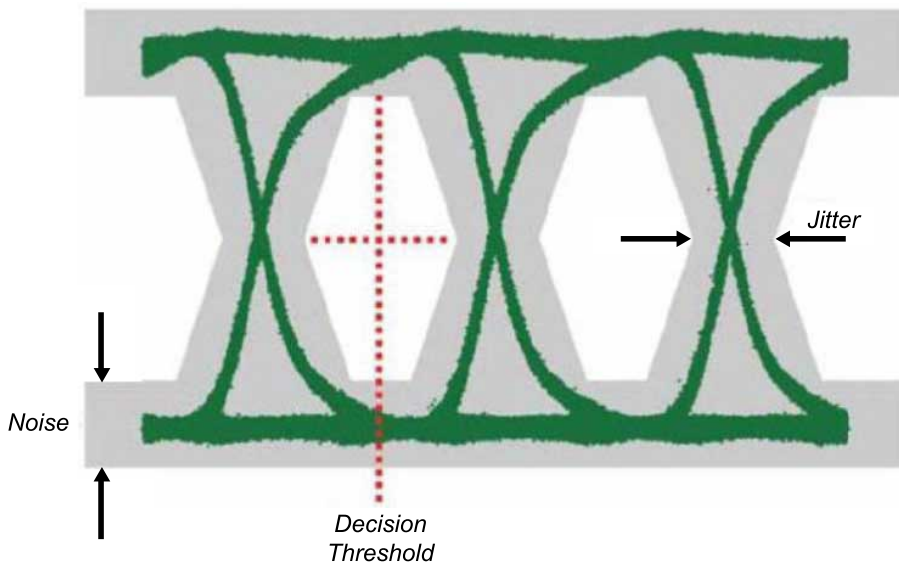


Figura 37. Zones de decisió d'un diagrama d'ull

4.2.1. Exemples de distorsions en el diagrama d'ull

A continuació es presenta l'evolució temporal del diagrama d'ull d'un senyal la distorsió del qual es degrada progressivament:



Figura 38. Trama de senyal pràcticament sense distorsió

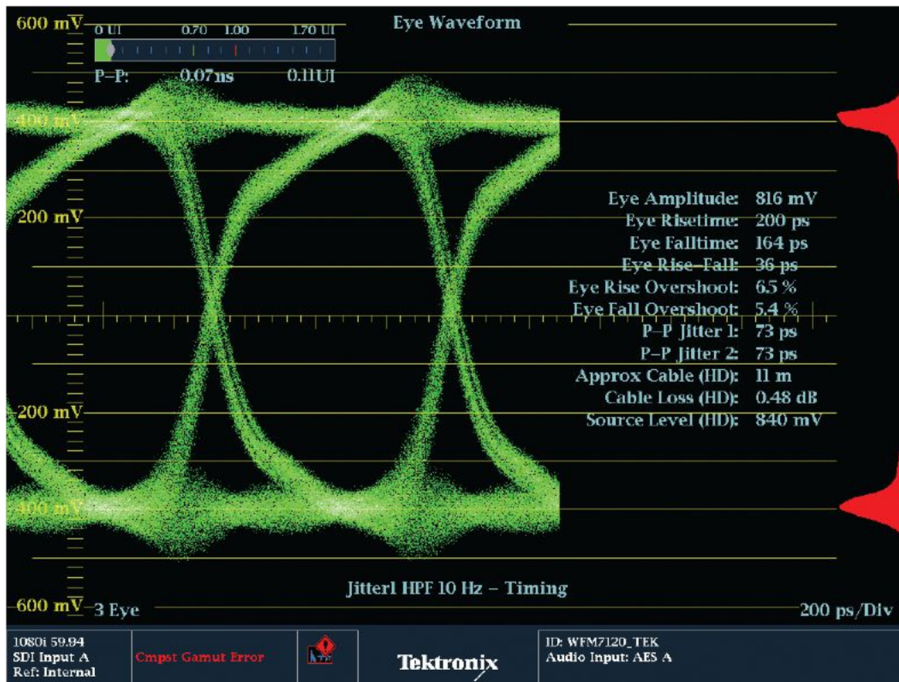


Figura 39. Trama de senyal amb un lleuger sobrepol

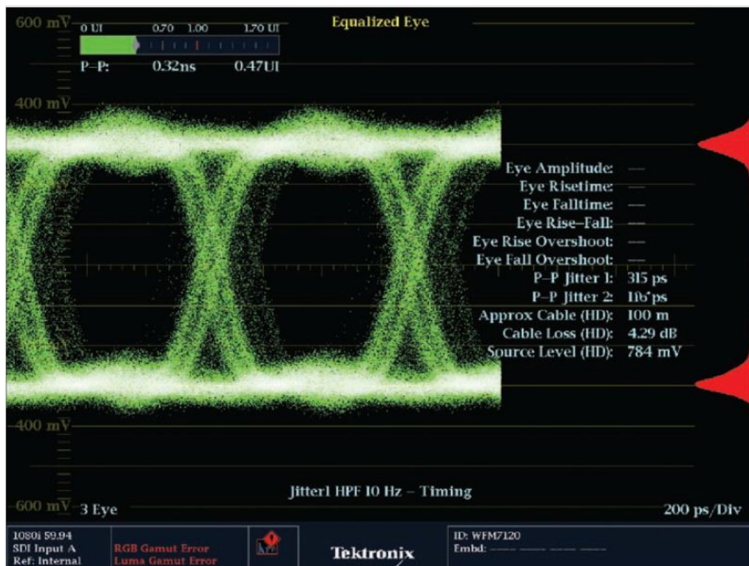


Figura 40. Trama de senyal amb distorsió significativa

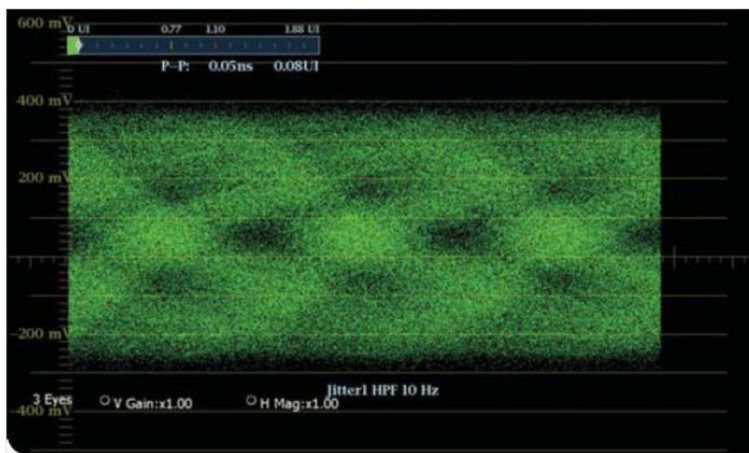


Figura 41. Trama de senyal amb distorsió màxima. Pèrdua de senyal

4.3. Mesures de senyals de tests digitals amb equip de tests de vídeo

4.3.1. Mesura d'estrès a la capa física

La mesura d'estrès a la capa física s'ha de fer fora de servei i consisteix a modificar paràmetres del senyal fins que es produeix la fallada. Quantificant aquests canvis es pot saber com de robust és el sistema.

Una manera simple de forçar el sistema consisteix a afegir cable fins al seu col·lapse (*cable length testing*): el senyal SDI s'atenua i experimenta un desplaçament de fase en el seu camí pel cable. Aquestes pèrdues són compensades per un equalitzador en l'etapa receptora dels equips. En aquest cas, els paràmetres a mesurar seran: l'aparició d'errors i la distorsió del diagrama de l'ull.

4.3.2. Test del senyal "patològic" o SDI *check field test*

Aquest test consisteix en dos senyals digitals que forcen el receptor per a veure si és prou robust:

- **Prova de l'equalitzador de línia del receptor.** Es du a terme mitjançant un senyal NRZI (*non return to zero invert*) amb una seqüència de 19 nivells baixos seguits per un d'alt (18 zeros seguits de 2 uns) o a l'inrevés, 19 nivells alts seguits d'un nivell baix (18 zeros seguits de 2 uns). Això es repeteix al llarg d'una sola línia i una vegada per camp, aproximadament quan l'*scrambling* rep la condició d'arrencada necessària i persisteix per tota la línia, i acaba en arribar el paquet EAV. Aquesta seqüència conté un alt nivell de component continu (DC), que porta al límit les capacitats analògiques de l'equip i sistema de transmissió que maneja el senyal. Aquesta part del senyal de prova sol aparèixer en la meitat superior de la pantalla com un color uniforme de to magenta, amb el valor de luminància fixat a 198 h SMPTE (66,0 h en nomenclatura EBU) i tots dos canals de croma fixats a 300 h SMPTE.

Si hi ha mala linealitat en l'amplificador es presentaran errors en les transicions del pic de senyal. Convé passar també el test invertit.

- **Prova del funcionament del PLL.** El senyal de prova del funcionament del PLL està dissenyat per a comprovar el comportament dels circuits recuperadors de rellotge *phase-locked loop* amb una línia ocasional consistent en una seqüència de 20 nivells alts (19 zeros seguits d'1 u) seguits per 20 nivells baixos (19 zeros seguits d'1 u), que també es repeteix al llarg d'una línia fins a l'arribada del paquet EAV. Això proporciona un mínim nombre de creus per zero (o uns) per a l'extracció del rellotge, la qual cosa provoca pèrdua de sincronisme en el receptor.

Aquesta part del senyal sol aparèixer com la meitat inferior de la pantalla com un to gris, amb el valor de luminància fixat a 110 h SMPTE.

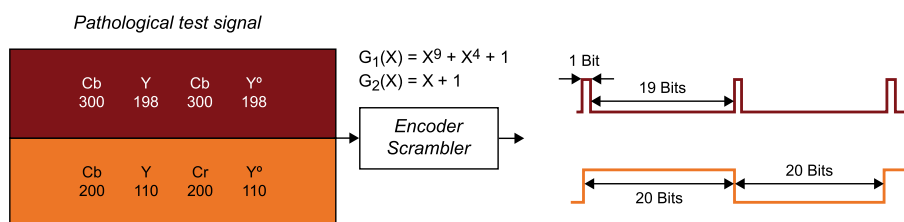


Figura 42. Senyal del test de senyal "patològic" o SDI *check field test signal*

5. Exemples de mesuraments de senyals reals de televisió

En aquest apartat s'analitzen diferents imatges reals de televisió mesurant-les tal com s'ha indicat en aquest mòdul.

5.1. Tauler d'escacs

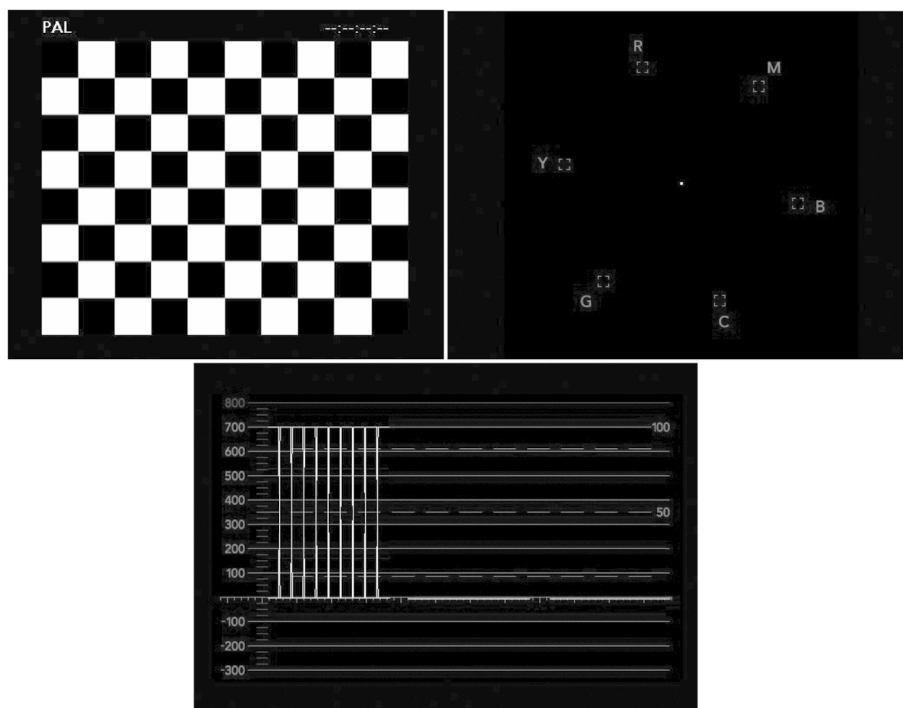


Figura 43. Imatge i mesures del tauler d'escacs

El primer que s'aprecia és la falta de color de la imatge, per la qual cosa el vectoscopi no mostra cap vector, solament retorna el punt central.

En observar el mesurament YUV, es comprova que els components U (línia blava) i V (línia vermella) no donen nivells, no hi ha color en la imatge. Per contra, la luminància (Y), que expressa el senyal de blanc (0 V) i negre (0,7 V), passa de 0 a 700 mV.

5.2. Pilota de futbol



Figura 44. Imatge d'una pilota en un camp de futbol en color i en blanc i negre

Per a entendre els mesuraments, el primer que s'ha d'analitzar és el seu component en B/N, la qual cosa permet apreciar-ne millor els nivells de senyal de luminància (Y). La figura següent mostra la mesura del vídeo compost de la imatge:

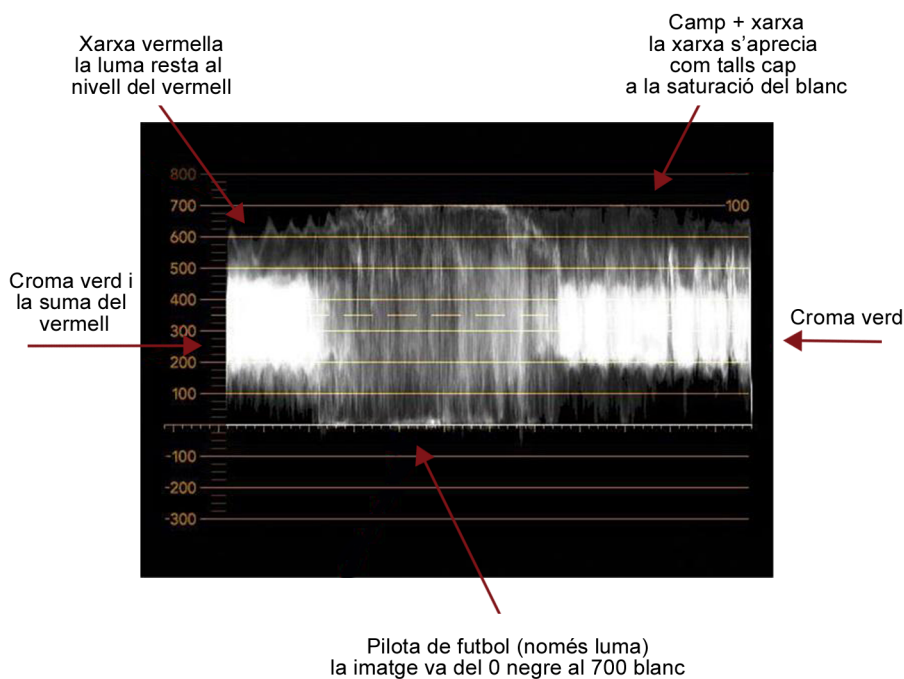


Figura 45. Mesura del vídeo compost de la imatge de la pilota

Es pot distingir clarament la part de la pilota que va de nivells baixos (negre) a nivells alts al centre de la imatge. En veure una imatge del senyal mesurat en vídeo compost, al voltant de la pilota es veu el senyal del color verd, com una tira uniforme, tallada per la xarxa de la porteria, que és blanca a la part dreta de la pilota, i en el monitor de forma d'ona (en mode vídeo compost) s'aprecia el seu tall cap a la saturació del blanc. Al costat esquerre de la pilota, en ser vermella la xarxa, la saturació de la luminància és la pròpia del color vermell.

La part del camp amb el seu color verd, en luminància, dóna un nivell de tensió pràcticament en línia horitzontal en ser un color uniforme i constant.

Recordeu
El senyal de barres que cada color dóna, en luminància, una línia constant.

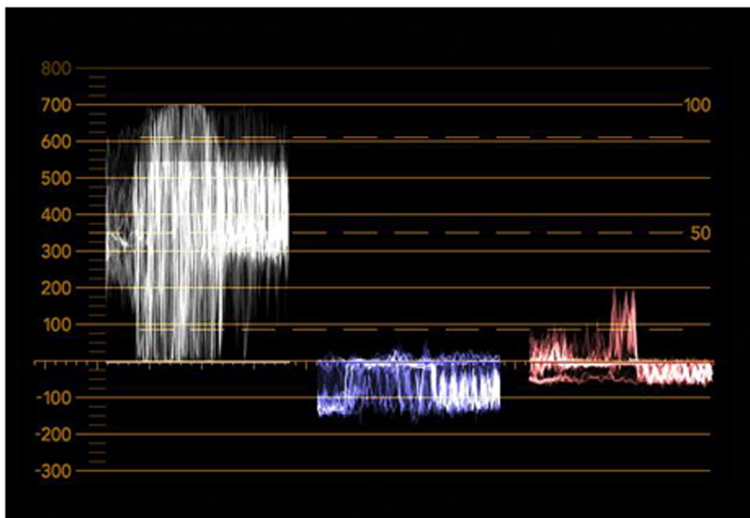


Figura 46. Mesura de la imatge de la pilota en components YUV

En analitzar el color, en el vectoscopi s'aprecia el dominant verd del camp, la qual cosa marca el vector cap a G i també la xarxa vermella de la porteria que dóna una fina desviació cap a la R:

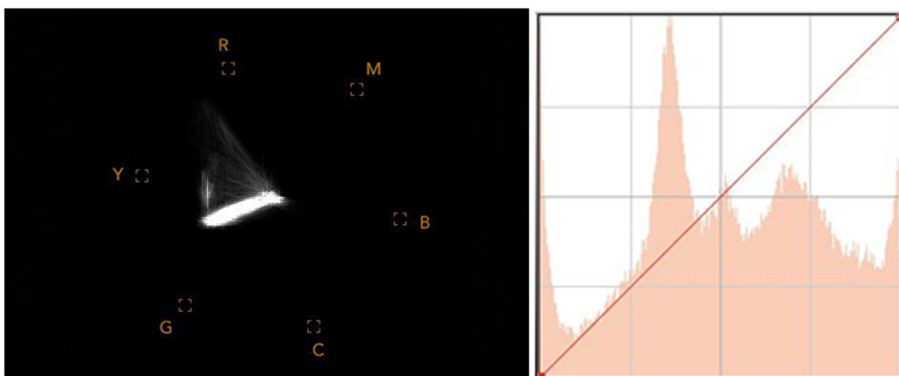


Figura 47. Mesura de la imatge de la pilota amb vectoscopi

Si s'analitza el component V, es veu com el pic de saturació es correspon amb la xarxa de la porteria vermella.

5.3. Logotip blanc sobre fons vermell



Figura 48. Imatge del logotip blanc sobre fons vermell (el vermell està degradat).

En analitzar la mesura en luminància, es veu clarament la part de les lletres que saturen a 700 mV. La part del color és molt interessant, ja que s'aprecia la degradació del color en els diferents nivells de tensió de luminància del color vermell.

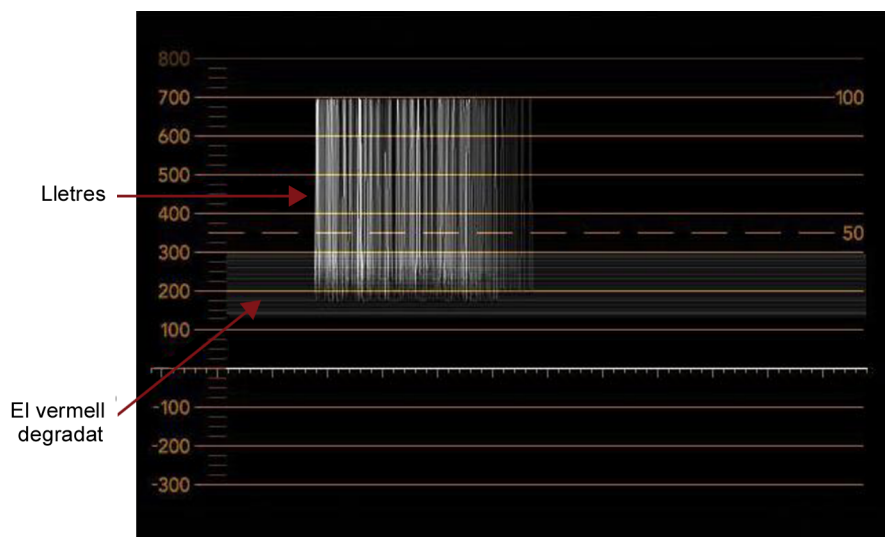


Figura 49. Mesura de la luminància del logotip

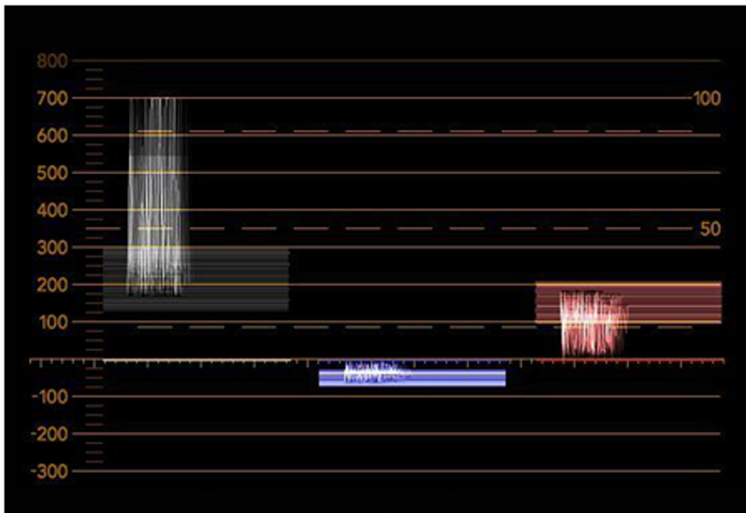


Figura 50. Mesura dels components YUV del logotip blanc sobre fons vermell

Finalment, en el vectoscopi es veu el vector orientat cap a el component vermell. En no haver-hi cap altre tipus de color, és un vector molt definit.

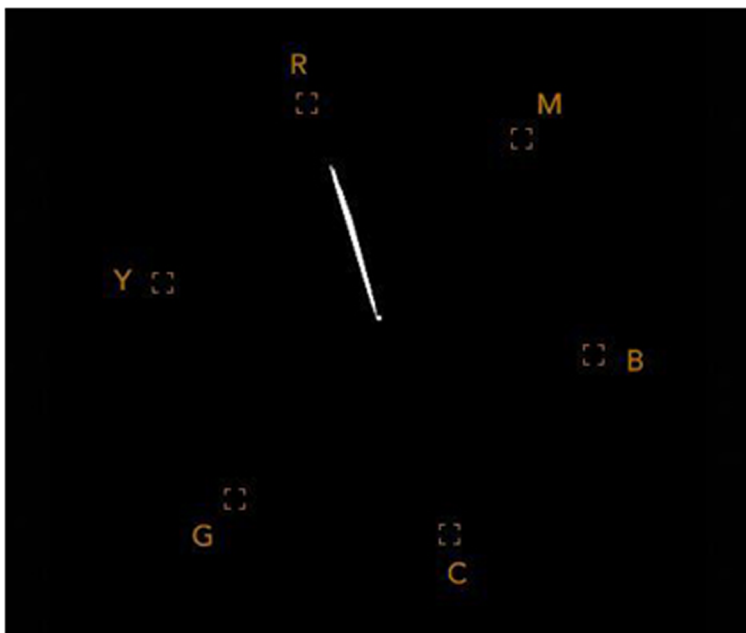


Figura 51. Mesura de la imatge del logotip amb vectoscopi

5.4. Cel amb cercle groc

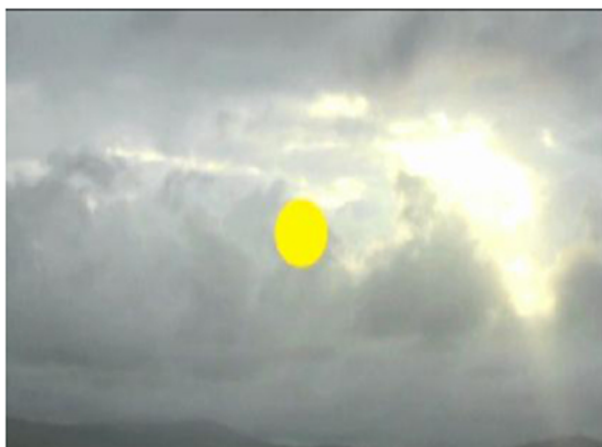


Figura 52. Imatge del cel amb cercle groc (representa el sol).

La figura següent representa el senyal en vídeo compost, i el punt groc es distingeix clarament. Cal recordar que la crominància està modulada sobre la luminància, per això la part del color és fora del nivell de 700 mV, encara que es pot apreciar una saturació en el color.

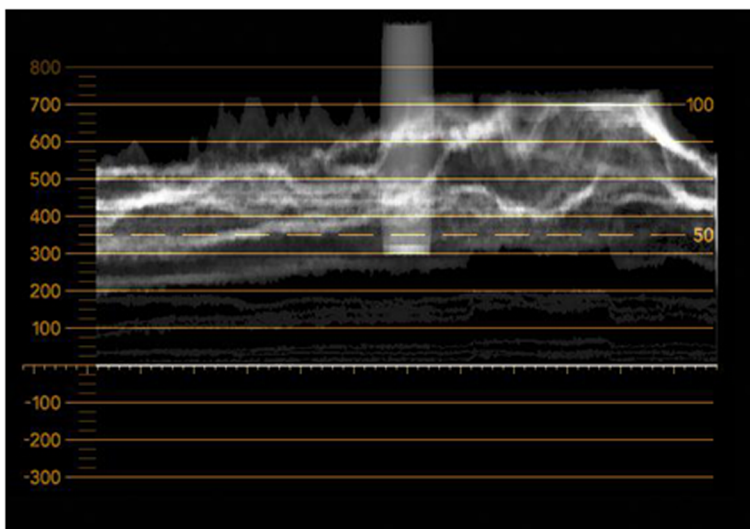


Figura 53. Mesura de la luminància del cel amb cercle groc

La part de la imatge on hi ha el sol se'n va a blanc pràcticament sense color, per la qual cosa la mesura assoleix els 700 mV.

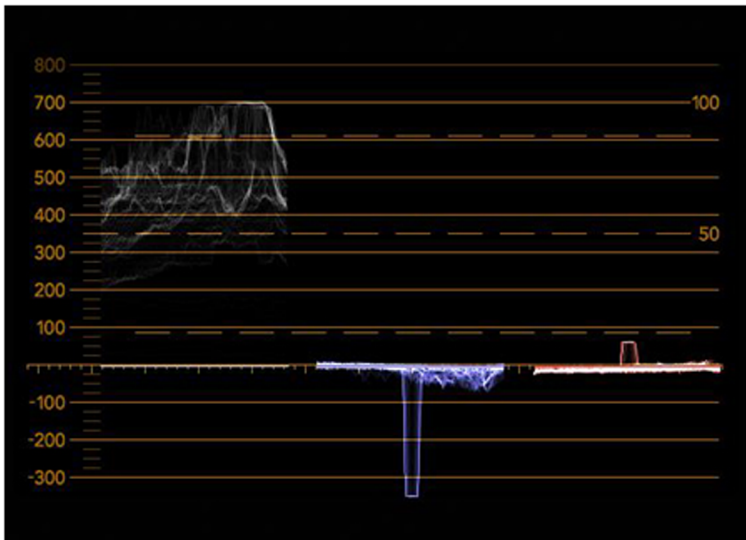


Figura 54. Mesura dels components YUV del cel amb cercle groc

La mesura del vectoscopi dóna un senyal en què pràcticament no hi ha color, és un cel gris i amb un punt saturat de color groc. Això dóna com a resultat un vector que representa un color (definit per l'angle) saturat (longitud del vector).

Perquè el color no estigués saturat i fos el groc pur, s'hauria de quedar en el quadrat que es veu prop de la Y (*yellow*).

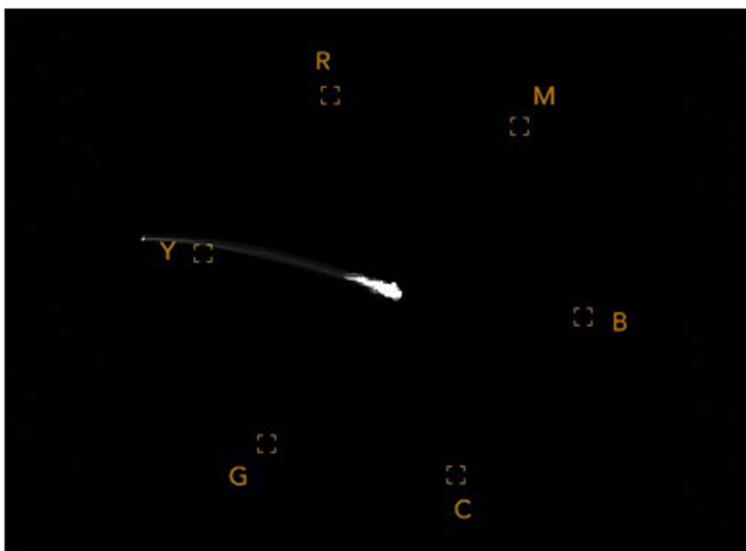


Figura 55. Mesura de la imatge del cel amb punt groc amb vectoscopi

