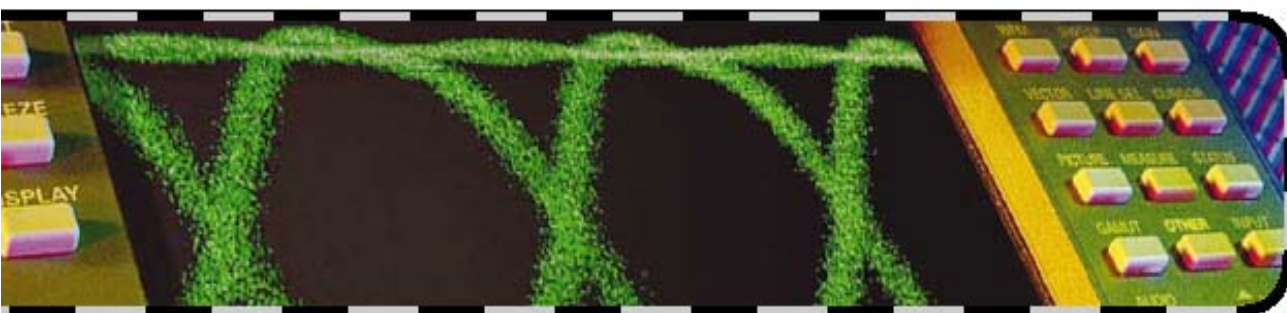


Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione



realizzato dalla redazione di

MONITOR

tel.02862534 - fax 0286450149
e-mail info@monitor-radiotv.com
<http://www.monitor-radiotv.com>

documento disponibile su web in formato PDF:
<http://www.monitor-radiotv.com/digitale.htm>

Tektronix

Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione

Pubblichiamo la versione italiana di un manuale della Tektronix dal titolo originale "Guide to Standard and High-Definition Digital Video Measurements", una guida molto interessante e completa sul video (e l'audio) in ambiente digitale con particolare attenzione agli aspetti relativi al trattamento ed alla 'misurazione' del segnale. I ringraziamenti vanno a Tektronix ed in particolare a Paul Dubery, Iole Perlangeli e Franco Chiusa. A piè pagina il sommario completo della serie di articoli.



Introduzione

La televisione digitale è percepita come un prodotto altamente scientifico e persino complesso ma osservandone poi il risultato finale la si percepisce come qualcosa di molto familiare, qualcosa a cui hanno mirato i progettisti sin dall'inizio, ossia un'esperienza che tende continuamente a migliorare la qualità, la visione e l'audio trasmettendo le prestazioni dell'artista al pubblico. La vera novi-

tà portata dalla televisione digitale consiste nel modo in cui il messaggio è trasferito da una parte all'altra.

Ma è veramente importante sapere come viaggia il messaggio? L'artista, lo spettatore (e in molti paesi anche i pubblicitari) non sono probabilmente interessati al percorso seguito dal segnale: tutti loro traggono benefici dal miglioramento delle prestazioni apportato dalla televisione digitale pur non conoscendone i dettagli. Non ci si può scor-dare però della scienza... e

qui si entra nel vivo della questione. Quelli di noi che sono parte attiva nell'aspetto tecnico della televisione sono invece molto attenti a tutto ciò e traggono vantaggi dai significativi progressi compiuti negli ultimi 60 anni della scienza televisiva e, in particolare, dai progressi compiuti dalla televisione digitale negli ultimi 20 anni.

Il video, l'audio digitale e tutti i segnali per le relative informazioni ausiliarie costituiscono il segnale televisivo digitale. Nel mondo analogico della televisione i segnali video a audio possono esistere come canali separati che, partendo dalla sorgente, giungono al ricevitore televisivo domestico. I segnali digitali possono essere organizza-

ti con molta più libertà facendo confluire i segnali video, audio e di altro tipo in un unico flusso di dati. Tutto ciò che si deve conoscere è come sono organizzati i dati per individuare ciò che si desidera.

La televisione tradizionale

Gli elementi distintivi della televisione tradizionale possono essere indicati come video e audio analogici. È importante, comunque, comprendere che stiamo ancora tentando di raggiungere gli obiettivi tradizionali ... e forse qualcosa di più. La televisione digitale si basa su quella analogica e la comprensione che si ha della prima si basa su quanto già si conosce della seconda. La luce che passa attraverso le lenti delle telecamere e l'audio nei microfoni sono ancora fenomeni analogici, così come lo sono ancora la luce proveniente dal vostro schermo e l'audio che giunge alle vostre orecchie.

È noto che il video analogico è un "campionamento" dei valori della luce. I valori della brillantezza sono rappresentati da una tensione. Un'informazione addizionale consente l'ottenimento del colore dei campioni. I campioni sono sincronizzati attraverso il sistema di trasmissione in modo da poter riprodurre un'immagine di una scena reale sullo schermo. Il video analogico viaggia come un flusso seriale di valori di tensione contenenti tutte le informazioni necessarie per creare l'immagine quando il ricevitore è in grado di utilizzare quelle informazioni. È sufficiente cambiare poche

parole e variare poche cose per ottenere dei vantaggi da quanto imparato negli scorsi 50 anni, per capire come la differenza tra video digitale e analogico sia abbastanza contenuta.

A questo punto ci si potrebbe chiedere perché utilizzare un video digitale se la luce iniziale e quella che giunge a noi dallo schermo sono comunque fenomeni analogici? In molti casi il sensore della telecamera produce nuovamente un video analogico ma è consuetudine convertire quasi istantaneamente la variazione della tensione analogica, che rappresenta il valore del video, in digitale per poterla gestire senza degradazioni significative. In alcuni casi, quali per esempio i video generati al computer o la grafica, il video parte in forma digitale, con i nuovi sistemi televisivi digitali, può raggiungere lo schermo senza diventare analogico.

È ancora possibile trasmettere e ricevere segnali televisivi analogicamente attraverso i sistemi NTSC, PAL o SECAM, ma si stanno già utilizzando trasmissioni digitali per trasportare nelle case segnali televisivi di qualità ed efficienza maggiori. La televisione digitale è un elemento a disposizione della vita quotidiana e alcuni la utilizzeranno, contribuendo in tal modo al suo miglioramento. Alcuni di noi ne trarranno vantaggi senza aver bisogno di conoscerne i dettagli.

La "Nuova" Televisione Digitale

I segnali digitali da anni fanno parte del mondo della televisione; all'inizio erano

Sommario della "Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione"

Indice	I principi del video in definizione standard alla base anche del video ad alta definizione	Audio digitale Audio embedded nel video digitale component Estensione dell'audio embedded La gestione dell'audio AES/EBU	Metodo Tektronix Lightning Metodo Bowtie	Appendice A - Colore e colorimetria Bianco Componenti rosso, verde e blu Colori legali e validi Tavole di conversione
Introduzione La televisione tradizionale	Temporizzazioni e sincronizzazione Temporizzazioni del video analogico Temporizzazione orizzontale Temporizzazione verticale Parametri del video analogico component ad alta definizione	Misurazioni Video Strumenti di misurazione e monitoraggio Monitoraggio dei segnali analogici e digitali Valutazione della degradazione del segnale video Ampiezza del video Ampiezza del segnale Risposta in frequenza Ritardo di gruppo Effetti non lineari Guadagno differenziale Fase differenziale Temporizzazioni fra sorgenti video Temporizzazione interchannel del segnale component Metodo forma d'onda	Gestione di un sistema televisivo digitale Forme d'onda RGB e a differenza di colore Bilanciamento del guadagno component Visualizzazione vettoriale Visualizzazione Lightning Visualizzazione Diamond Visualizzazione Arrow-Head	Appendice B - Relazioni fra le frequenze televisive Appendice C - Parametri dei segnali video composito analogici a definizione standard Appendice D - Norme e standard di riferimento per la televisione Appendice E - Bibliografia Appendice F - Glossario
La "Nuova" Televisione Digitale I numeri del mondo analogico Il video digitale component	Formati di registrazione digitali Formati di produzione a frame segmentati		Test per sistemi digitali Test di sollecitazione Test di lunghezza cavo Check Field SDI Test d'errore CRC Test Jitter Test eye-pattern	Ringraziamenti Notizie biografiche Avvertenze
Il passaggio dall'analogico al digitale Segnale a componenti RGB Correzione del gamma Correzione del gamma: oltre la correzione per la risposta del CRT Conversione del segnale R'G'B' in luma e differenza colore	Temporizzazione e sincronizzazione dei segnali digitali Sincronizzazione telecine		Conclusioni	
L'interfaccia video digitale Campionamento 60i Interfaccia digitale parallela Interfaccia digitale seriale (SDI)				

presenti solo in alcune apparecchiature quali le titolatrici e i generatori dei segnali di prova, poi sono entrati nell'intero sistema. In questo manuale, per semplicità, si tratterà, inizialmente la componente video del segnale televisivo. Anche il segnale audio sarà digitale, farà parte del flusso digitale d'informazioni per essere poi estratto dal ricevitore dell'apparecchio televisivo. Questo argomento sarà affrontato in uno dei capitoli successivi.

Il video digitale è una semplice estensione del video analogico. Una volta compreso il video analogico, è semplice capire anche come il video digitale è creato, gestito, processato e convertito da/in analogico. Entrambi i tipi presentano vincoli in comune e parecchi dei problemi che si possono incontrare nel digitale sono causati da un video analogico sorgente con anomalie.

È dunque importante avere degli standard di riferimento per la progettazione e il funzionamento dei dispositivi video analogici e digitali.

I numeri del mondo analogico

I primi video digitali erano semplicemente una descrizione del segnale analogico NTSC o del segnale video analogico composto PAL. Si fissarono degli standard per descrivere i limiti di funzionalità, per specificare i dati numerici che descrivevano ciascun livello di tensione e per indicare come ciascun numero era generato o estratto. A causa dell'elevata velocità dei dati, questi erano normalmente gestiti internamente con bus a 8 o 10 bit e gli standard prevedevano una connessione esterna multiconduttore. Inoltre, gli standard descrivevano alcuni dati ausiliari e preparatori necessari per la sincronizzazione fra il ricevitore e i dati trasmessi e per consentire servizi aggiuntivi quali l'inseri-

mento dell'audio. Successivamente, essendo aumentata la velocità di elaborazione, fu sviluppato lo standard per una interfaccia seriale composita con un singolo cavo. Fondamentalmente un video digitale è una rappresentazione numerica di una tensione analogica, con dati numerici sufficientemente veloci da adattarsi ai cambiamenti del video e ai necessari dati ausiliari.

Segnale video digitale 'component'

I progettisti delle prime apparecchiature a effetti speciali analogiche capirono che si sarebbero avuti dei vantaggi dal mantenere separati il più possibile i canali video rosso, verde e blu durante l'elaborazione. Il processo di codifica e decodifica NTSC e PAL non è trasparente e la generazione ripetuta della codifica e della decodifica provoca un progressivo degradamento del segnale. Il segnale esce dalla telecamera attraverso canali indipendenti per il rosso, il verde, il blu ed è conveniente gestire questi segnali attraverso il sistema limitando il più possibile le generazioni di formati prima di codificarle in NTSC o in PAL per la trasmissione indirizzata all'utenza. Tuttavia la gestione di tre canali separati e coordinati per la trasmissione delle informazioni, attraverso l'impianto televisivo, presenta problemi logistici e di affidabilità. Da un punto di vista pratico, tutti e tre questi segnali dovrebbero essere presenti su un conduttore o su un singolo cavo coassiale. È possibile sottoporre a un'operazione di matrixing queste tre componenti, ossia i canali video rosso, verde e blu, per ottenere dei segnali luma e dei segnali a sottrazione di due colori più efficaci; digitalizzare ciascuna di esse; trasmettere contemporaneamente sullo stesso canale (multiplexing) le informazioni utilizzando un singolo cavo coassiale. È possibile gestire questi segnali tanto quanto avviene con i tradizionali vi-

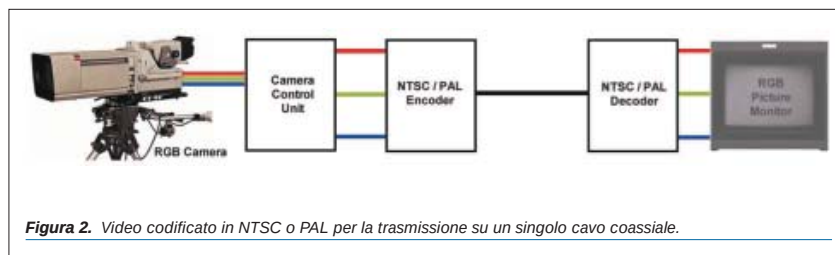


Figura 2. Video codificato in NTSC o PAL per la trasmissione su un singolo cavo coassiale.

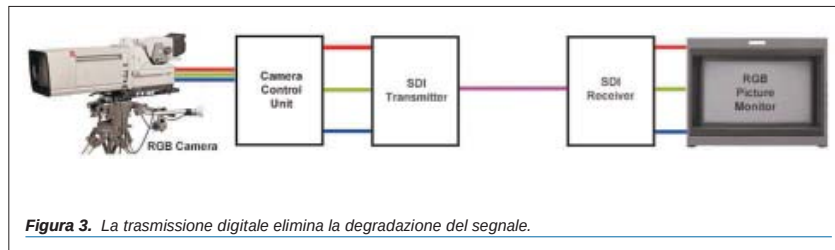


Figura 3. La trasmissione digitale elimina la degradazione del segnale.

deo a struttura mista PAL o NTSC. Ora si gestiscono flussi di dati numerici ad alta velocità. Sebbene il segnale che trasferisce i dati contenga energia che cambia a una velocità maggiore di quanto avviene a 5 - 6 MHz nel segnale video PAL o NTSC, esso può essere gestito con minori perdite e interventi manutentivi su distanze ragionevoli. Una volta che il segnale video si trova nel digitale, le sue componenti possono essere facilmente estratte per essere elaborate singolarmente e ricombinate nuovamente nel digitale senza ulteriori perdite o interazioni fra i canali.

I componenti e le tecniche digitali hanno apportato significativi vantaggi nel controllo della qualità del video e la velocità dei dispositivi digitali ha reso sfruttabile la larghezza di banda del video ad alta definizione. Il digitale, inoltre, si presta ad essere elaborato con vari algoritmi di compressione per ridurre la quantità di dati necessari. Oggi è possibile trasportare video ad alta definizione e l'audio multicanale associato nella larghezza di banda richiesta per il video analogico, in tempo reale e ad alta qualità. La compressione video è argomento di molte pubblicazioni (vedere Bibliografia) e non sarà affrontato in questo manuale.

Nella figura 1

Camera control unit	=	Unità di controllo della telecamera.
RGB picture monitor	=	Monitor con immagine RGB

Nella figura 2

RGB camera	=	Telecamera RGB
Camera control unit	=	Unità di controllo della telecamera
NTSC / PAL encoder	=	Codificatore NTSC / PAL ENCODER
NTSC / PAL decoder	=	Decodificatore NTSC / PAL DECODER
RGB picture monitor	=	Monitor con immagine RGB

Nella figura 3

RGB camera	=	Telecamera RGB
Camera control unit	=	Unità di controllo della telecamera
SDI transmitter	=	Trasmettitore SDI
SDI receiver	=	Ricevitore SDI
RGB picture monitor	=	Monitor con immagine RGB

Il passaggio dall'analogico al digitale

Il flusso di dati digitali può essere facilmente scomposto nelle sue varie componenti, spesso asservite alla stessa funzione così come accade per le corrispondenti controparti analogiche. Si farà osservare questa analogia ogni volta che si descriveranno e si confronteranno i domini del video digitale e di quello analogico. Una volta compresa l'analogia esistente fra essi, sarà possibile parlare di HDTV che è spesso una rappresentazione digitale del corrispondente formato analogico ad alta definizione.

I segnali video NTSC e PAL sono composti dai tre canali della telecamera, i componenti dei colori primari, ossia il rosso, il verde e il blu sottoposti a matrixing, per formare il canale luminanza sommato ai risultati della modulazione di una sottoportante soppressa contenente due canali per l'informazione sul colore. Un terzo sistema per la trasmissione composita su singolo canale è rappresentato dal SECAM il quale utilizza una coppia di sottoportanti modulate in frequenza per trasportare le in-

formazioni chroma. Non esiste alcuna specifica indicazione per cui in uno studio si debba avere un segnale NTSC, PAL o SECAM in un punto qualsiasi tra i dispositivi RGB di pickup (conversione dell'immagine in energia elettrica) della telecamera e i canali RGB dello schermo finale. La comprensione di NTSC, PAL o SECAM è utile mentre non vi è la necessità di investire in (nuovi) altri studi per NUOVI i video compositi.

Segnale component RGB

Una videocamera separa la luce proveniente dall'immagine nei tre colori primari: il rosso, il verde e il blu. Sensori presenti nella camera convertono le singole immagini monocromatiche in altrettanti segnali elettrici. Ai segnali si aggiunge un'informazione per la sincronizzazione che identifichi il bordo sinistro e quello superiore dell'immagine. L'informazione per la sincronizzazione dello schermo con la camera può essere aggiunta al canale verde o, occasionalmente, a tutti e tre i canali oppure indirizzata separatamente.

La connessione più sempli-

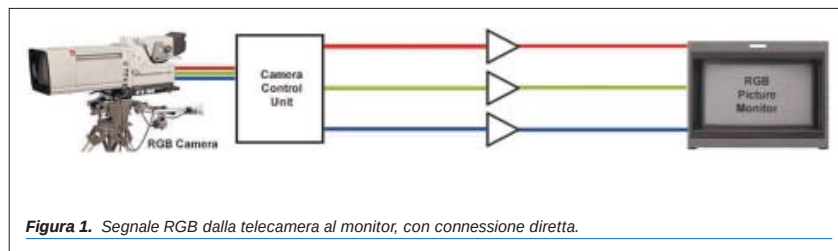


Figura 1. Segnale RGB dalla telecamera al monitor, con connessione diretta.



ce fra telecamera e monitor è quella diretta tramite i singoli canali R, G e B, come mostrato nella Figura 1. Per lo standard analogico o video analogico ad alta definizione, la connessione più semplice è rappresentata dal sistema di trasmissione multiconduttore.

Una connessione multiconduttore potrebbe essere impiegata in piccoli sottosistemi configurati in modo permanente.

Questo metodo consente di ottenere sullo schermo immagini, provenienti dalla telecamera, di alta qualità, ma il trasporto dei segnali su tre canali separati richiede ai progettisti di assicurare che ciascun canale processi i segnali con lo stesso guadagno complessivo, lo stesso offset DC, lo stesso ritardo e la stessa risposta in frequenza. Una disuguaglianza di guadagno o un errore di offset DC fra i canali, infatti, causerebbe leggere variazioni di colore nell'immagine finale. Il sistema potrebbe anche risentire degli errori di fasatura causati da cavi di lunghezza differenti o del diverso metodo per il trasferimento del segnale dalla telecamera allo schermo. Ciò produrrebbe uno sfalsamento nella fasatura tra i canali con conseguente produzione di immagini poco contrastate o sfocate e, nei casi peggiori, immagini separate o sdoppiate. Una differenza nella risposta in frequenza tra canali causerebbe fenomeni di transizione nel momento in cui i canali fossero ricombinati.

Di conseguenza è necessario trattare i tre canali come se fossero uno solo.

L'inserimento di un codificatore e un decodificatore NTSC o PAL (Figura 2) non apporta alcuna semplificazione se non quella di rendere più semplice la gestione del segnale su un conduttore, all'interno dell'impianto televisivo. La larghezza di banda del sistema è compromessa per favorire il contenimento dell'energia dei segnali video a 3 componenti a 4,2 MHz (NTSC) o nell'intervallo da 5,0 a 5,5 MHz (PAL). La configurazione a un singolo conduttore rende più semplice l'instradamento del segnale video, ma la risposta in frequenza e la sincronizzazione devono essere considerate su percorsi più lunghi.

Poiché chroma e luma nel segnale composto NTSC o PAL condividono le frequenze a 4,2 MHz, 5,0 o 5,5 MHz,

si devono evitare le generazioni multiple di codifica e decodifica.

Con la sostituzione dei codificatori (ENCODER) e dei decodificatori (DECODE), lo schema dell'allacciamento non risulta più complesso

(Figura 3) e si migliorano le prestazioni. L'energia presente nel singolo cavo coassiale si trova a una velocità di 270 Mb/s per i segnali con definizione standard, a una velocità (1,485 Gb/s per segnali a alta definizione. I segnali a

definizione standard potrebbero essere convertiti in forma analogica NTSC o PAL per la trasmissione attraverso i tradizionali canali televisivi per la radiodiffusione. I segnali ad alta definizione devono essere compressi, per la

trasmissione via etere, nella larghezza di banda del canale prevista per i canali NTSC o PAL esistenti.

Correzione del fattore di contrasto (gamma)

Un fattore analogico che deve essere considerato nella gestione del segnale video è la percezione dell'immagine sullo schermo che deve riprodurre accuratamente la luminosità di ciascun elemento della scena. Lo schermo del tubo a raggi catodici (CRT) è un dispositivo intrinsecamente non lineare e, dunque, la quantità di luce emessa è una funzione non lineare della tensione applicata allo schermo: questa funzione è indicata come fattore di contrasto.

Per ottenere una risposta lineare, un fattore di correzione deve essere applicato all'interno del sistema TV e quindi per i segnali RGB della telecamera si procede alla correzione del fattore di contrasto utilizzando la funzione inversa dello schermo CRT. I segnali ai quali si è applicata la correzione del fattore di contrasto sono indicati con R', G' e B'. L'apice (') indica un fattore di correzione che è stato applicato per compensare le caratteristiche di trasferimento dei dispositivi per la conversione dell'immagine in energia elettrica e per la visualizzazione. Sebbene l'uso dell'apice possa apparire pesante e talvolta sia erroneamente omesso, all'interno di questo manuale se ne farà uso per mantenerne l'omogeneità ai documenti standard.

Le nuove tecnologie per gli schermi al Plasma e LCD stanno attualmente prendendo il sopravvento e, quindi, si potrebbe ritenere che la correzione gamma (del fattore di contrasto) possa, in futuro, non essere più necessaria. La risposta della vista umana è una funzione della

Nella figura 4

BT.709 Gamma curve = Curva fattore di contrasto BT.709
gamma X = Fattore di contrasto X
BT.709, CRT and System Gamma Curves =
Curva fattore di contrasto BT.709, CRT e Sistema
linear = lineare
power = potenza

potenza; all'incirca: intensità elevata a 1/3.

Per una migliore rappresentazione del contrasto e un migliore rapporto segnale-rumore, la codifica video utilizza questa stessa funzione della potenza indicata col nome di codifica concettuale.

Correzione del fattore di contrasto: oltre la correzione per la risposta del CRT

La correzione del fattore di contrasto necessaria per il CRT è pressoché ottimale per la codifica concettuale. Per questa ragione si deve fare attenzione quando si valutano i sistemi nei quali i fattori di correzione sono stati applicati nei dispositivi per la correzione del fattore di contrasto.

La Figura 4 mostra la correzione del fattore di contrasto come una funzione della potenza di 0,45 come specificato in ITU-R BT.709, uno degli standard più diffusi per i video digitali ad alta definizione. Questa correzione del fattore di contrasto è applicata alla telecamera per correggere le non-linearità nel CRT e fornire la codifica concettuale. Le non-linearità nel CRT sono presenti come funzione di potenza compresa fra 2,2 e 2,6 e per la maggior parte dei CRT il valore è di circa 2,5. Il fattore di contrasto totale del sistema è di 1,2 che coincide quasi con il valore ideale delle tipiche condizioni per la visione. Questa risposta corregge grossolanamente la percezione umana dell'illuminazione, la quale a sua volta

riduce il numero di bit necessari quando il segnale video è digitalizzato per la trasmissione.

Conversione del segnale R'G'B' in segnale luma e in segnale a sottrazione di colore

Le componenti video rosso, blu e verde hanno origine dai dispositivi di conversione d'immagine della telecamera e sono quasi sempre usate dagli operatori per gestire il colore video. Il metodo RGB, comunque, non è il più efficiente, sulla larghezza di banda, per trasferire l'immagine durante l'elaborazione video perché tutte e tre le componenti devono avere stessa larghezza di banda. La visione umana è più sensibile alle variazioni in dettaglio della luminanza di quanto non lo sia per le variazioni di colore, così è possibile migliorare l'efficienza della larghezza di banda derivando l'informazione luma sull'intera larghezza di banda e assegnare qualsiasi larghezza di banda disponibile restante alle informazioni relative alla sottrazione di colore.

L'elaborazione delle componenti del segnale video in segnale luma e segnale a sottrazione di colore riduce la quantità d'informazioni che deve essere trasmessa. Avendo un canale luma (Y') a larghezza di banda completa per rappresentare la luminosità e il dettaglio del segnale, i due canali a sottrazione di colore (R'-Y' e B'-Y') possono essere limitati a circa metà

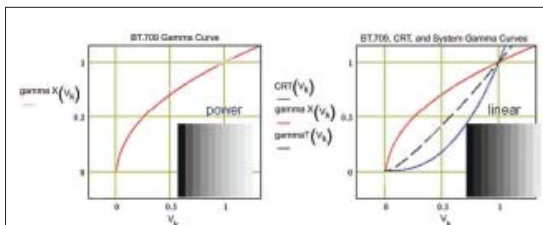


Figura 4. La correzione del fattore di contrasto BT.709 favorisce la risposta dello schermo CRT.

Tabella 2.
I valori Chroma e Luma per la codifica video composita

Componente	Valore approssimativo (SMPTE 170M e ITU-R BT.470-6)
Y	$0,229R' + 0,587G' + 0,114B'$
NTSC 1	$-0,2680(B'-Y') + 0,7358(R'-Y')$
NTSC Q	$+0,4127(B'-Y') + 0,4778(R'-Y')$
PAL U	$0,493(B'-Y')$
PAL V	$0,877(R'-Y')$
SECAM Dr	$-1,902(R'-Y')$
SECAM Db	$1,505(B'-Y')$

larghezza di banda del canale luma e fornire ancora sufficienti informazioni sul colore. Ciò consente, con una semplice operazione di matrixing lineare, di effettuare la conversione fra R'G'B' e Y', R'-Y', B'-Y'. La limitazione sulla larghezza di banda dei canali a sottrazione di colore è effettuata dopo l'operazione di matrixing.

Quando i canali sono riportati in R'G'B' per lo schermo, il dettaglio luminosit  è ripristinato su tutta la larghezza di banda e il dettaglio colore spaziale è limitato in maniera del tutto accettabile. I paragrafi e le tabelle seguenti illustrano il processo di conversione per R'G'B' in Y', R'-Y', B'-Y' che avviene nei codificatori e nei decodificatori.

I componenti R'G'B' a fattore di contrasto corretto, sono sottoposti a matrixing per ottenere un componente luma a fattore di contrasto corretto, indicato Y', e due componenti a sottrazione di colore.

I componenti luma e a sottrazione di colore derivano

da R', G' e B' secondo i valori mostrati in Tabella 1 (l'unità di misura di ciascun coefficiente è il mV).

La Tabella 1 mostra l'intervallo di tensione per la conversione di R'G'B' in Y', (R'-Y'), (B'-Y'). Il segnale luma ha un intervallo dinamico compreso fra 0 e 700 mV. I segnali a sottrazione di colore R'-Y' e B'-Y' possono avere differenti intervalli dinamici in funzione del fattore di scala utilizzato per la conversione nei vari formati dei componenti. Per il formato del componente analogico indicato con Y'P'bP'r il fattore di scala è tale che entrambi i valori ottenuti per sottrazione di colore presentano un intervallo dinamico di ± 350 mV. Questo semplifica l'elaborazione dei segnali video. I valori Y'P'bP'r analogici sono compensati per ottenere i valori Y'C'bC'r tipicamente utilizzati negli standard digitali. I componenti video risultanti sono: un canale Y' o luma, simile a un segnale video monocromatico, e due canali a sottrazione di colore, C'b e C'r che trasportano le informazioni chroma senza alcuna informazione riguardante la luminosità, il tutto con fattore di scala adatto per la quantizzazione in informazione digitale.

Per diverse applicazioni si utilizzano, comunque, anche altri formati per i segnali a sottrazione di colore. Si osservi, inoltre, che sono diversi i coefficienti correntemente utilizzati per la codifica composita PAL, SECAM e NTSC, come mostrato nella Tabella 2.

Tabella 1. I componenti video luma e chroma

Y', R'-Y', B'-Y' comunemente utilizzati per la codifica analogica

Formato	1125/60/2:1, 720/60/1:1	525/59,94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0,2126R' + 0,7152G' + 0,0722B'$	$0,299R' + 0,587G' + 0,114B'$
R'-Y'	$0,7874R' - 0,7152G' - 0,0722B'$	$0,701R' - 0,587G' - 0,114B'$
B'-Y'	$0,2126R' - 0,7152G' + 0,9278B'$	$-0,299R' - 0,587G' + 0,886B'$

Component analogico Y', P'b, P'r

Formato	1125/60/2:1 (SMPTE 240M)	1920 x 1080 (SMPTE 274M) 1280 x 720 (SMPTE 296M)	525/59,94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0,212R' + 0,701G' + 0,087B'$	$0,2126R' + 0,7152G' + 0,0722B'$	$0,299R' + 0,587G' + 0,114B'$
P'b	$(B'-Y')/1,826$	$[0,5/(1 - 0,0722)](B'-Y')$	$0,564(B'-Y')$
P'r	$(R'-Y')/1,576$	$[0,5/(1 - 0,2126)](R'-Y')$	$0,564(R'-Y')$

Y', C'b, C'r, con fattore di scala e offset per quantizzazione digitale

Formato	1920 x 1080 (SMPTE 274M)	525/59,94/2:1, 625/50/2:1, 1250/50/2:1
Y'	$0,2126R' + 0,7152G' + 0,0722B'$	$0,299R' + 0,587G' + 0,114B'$
C'b	$0,5389(B'-Y') + 350$ mV	$0,564(B'-Y') + 350$ mV
C'r	$0,6530(R'-Y') + 350$ mV	$0,713(R'-Y') + 350$ mV

L'interfaccia video digitale

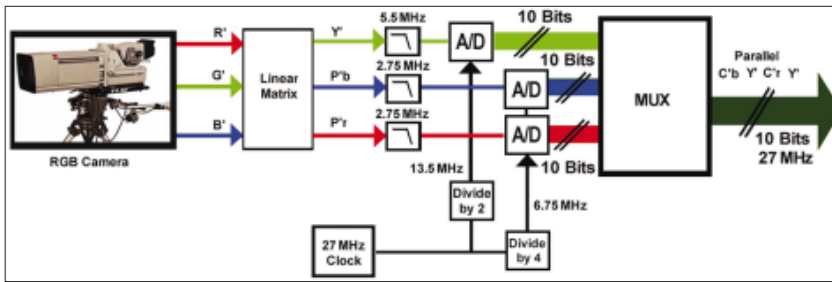


Figura 5. Digitalizzazione del segnale video per telecamera RGB.

A questo punto è opportuno gettare una rapida occhiata all'interfaccia digitale che si collega al nostro mondo analogico del video. I diagrammi a blocchi rappresentati dalle figure numerate da 5 a 8, aiutano a comprendere come le apparecchiature per la produzione video gestiscano i componenti dei segnali video digitali. I diagrammi a

Figura 5	
RGB Camera	= Telecamera RGB
Linear matrix	= Matrice lineare
Parallel	= In parallelo
27 MHz clock	= Clock a 27 MHz
Divide by 2	= Diviso per 2
Divide by 4	= Diviso per 4
MUX	= Multiplicatore

blocchi raffigurati sono relativi a un sistema a definizione standard, ma gli stessi concetti

qui espressi sono validi anche per i formati ad alta definizione.

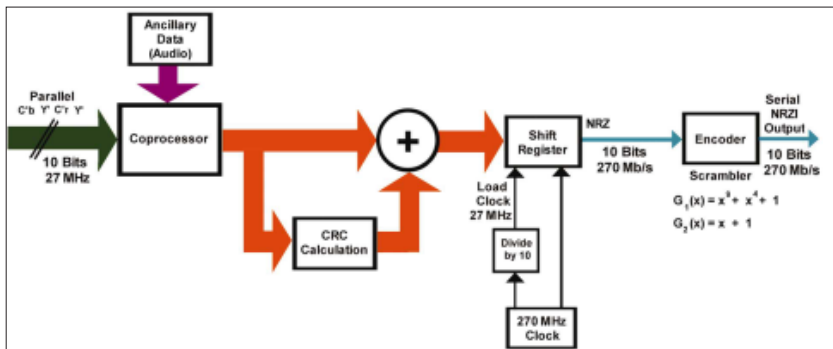


Figura 6. Elaborazione e conversione in serie del flusso di dati in parallelo

Figura 6	
Parallel	= In parallelo
Ancillary data (Audio)	= Dati ausiliari (Audio)
Coprocessor	= Coprocessore
CRC Calculation	= Calcolo per il CRC (Controllo a ridondanza ciclica)
Shift register	= Registro a scorrimento
Load clock	= Clock di carico
Divide by 10	= Diviso per 10
Encoder	= Codificatore
Serial NRZI output	= Uscita seriale NRZI
Scrambler	= Rimescolatore
270 MHz clock	= Clock a 270 MHz

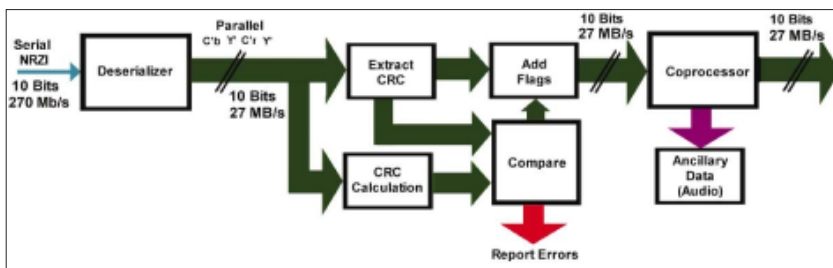


Figura 7. Ricevitore SDI - Convertire le informazioni digitali da seriale a parallelo.

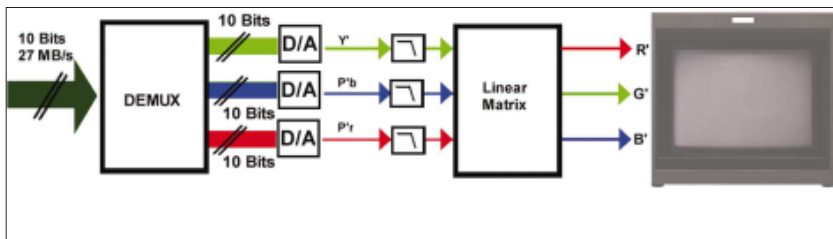


Figura 8. Recupero dei segnali analogici R'G'B' dai dati in parallelo.

nizione.

Nei formati ad alta definizione, il campionamento e il flusso dei dati saranno più rapidi e i bus a 10 bit, separati per i segnali luma e chroma possono essere mantenuti in efficienza più a lungo, nel sistema, per minimizzare la quantità di circuiteria per la trasmissione dei dati ad alta velocità.

Il segnale RGB a fattore di contrasto corretto (Figura 5) è convertito, in una matrice lineare, in un componente luma Y' e in due componenti chroma in scala: $P'b$ e $P'r$. Poiché l'occhio è più sensibile alle variazioni della luminosità (dettaglio) che alle variazioni della tonalità cromatica, il segnale Y' sarà trasportato attraverso il sistema a una larghezza di banda più alta (5,5 MHz per definizione standard). I segnali luma e chroma sono filtrati attraverso un filtro passa-basso per eliminare le frequenze video più alte che potrebbero causare aliasing nel processo di campionamento (digitalizzazione). Il segnale luma filtrato è campionato a 13,5 MHz con un convertitore A/D per ottenere un flusso di dati a 10 bit a 13,5 Mb/s. I due canali chroma sono filtrati, poi campionati a 6,75 MHz con un convertitore A/D per ottenere due flussi di dati a 6,75 Mb/s. I tre canali video sono moltiplicati in parallelo a 10 bit a 27 MB/s.

Per aggiungere i segnali di riferimento per la temporizzazione, l'audio digitale formattato secondo lo standard AES/EBU e altri dati ausiliari, si utilizza un coprocessore (Figura 6). Per le informazioni si calcola e si aggiunge, al flusso di dati in parallelo, una somma di controllo.

Il flusso di dati, in parallelo, a 10 bit, a 27 Mb/s è inviato in un registro a scorrimento, o convertitore parallelo-seriale, dal quale esce a 270 Mb/s e rimescolato per un'eff-

ficiente trasmissione conforme, in questo esempio, alla definizione standard ITU-R.BT-656/SMPTE 259M.

I segnali a definizione standard ITU-R.BT-656/SMPTE 259M possono essere trasportati con cavi video standard di lunghezza fino a 300 metri mantenendo i dati inalterati quasi al 100%, mentre quelli ad alta definizione SMPTE 292M, alla velocità di 1,485 Gb/s, possono essere trasportati con cavi di lunghezza massima pari a circa 100 metri.

Al ricevitore (Figura 7), l'energia a frequenza pari alla metà di quella del clock, è rilevata per applicare un'opportuna equalizzazione analogica al segnale in ingresso a 270 Mb/s. Dai fronti del segnale NRZI si estrae il nuovo clock a 270 MHz e si campiona il segnale equalizzato per determinarne lo stato logico.

Il convertitore seriale-parallelo decifra i dati utilizzando un algoritmo complementare a quello di rimescolamento, utilizzato dal codificatore, e all'uscita si ha un flusso di dati a 10 bit a 27 Mb/s. Il ricevitore estrae la somma di controllo inclusa e la confronta con la nuova somma di controllo calcolata per mezzo dei dati ricevuti; si compila un rapporto riguardante gli errori e si aggiunge, al flusso di dati, un opportuno flag. Un coprocessore estrae tutti i dati ausiliari o quelli relativi all'audio.

I dati a 10 bit sono poi demoltiplicati (Figura 8) nei flussi di dati chroma e luma, convertiti in analogici da tre convertitori D/A, filtrati per riportare i livelli dei dati discreti alle forme d'onda analogiche e, infine, sottoposti a operazione di *matrixing* per ritornare ai segnali originali R'G'B' per la visualizzazione.

Questa veloce visione d'insieme aiuterà a capire in che modo opera il sistema.

Figura 7	
Serial NRZI	= Seriale NRZI
Deserializer	= Convertitore seriale-parallelo
Parallel	= In parallelo
Add flags	= Flag di addizione
Compare	= Confronto
CRC calculation	= Calcolo del CRC
Extract CRC	= Estrazione del CRC
Ancillary data	= Dati ausiliari
Coprocessor	= Coprocessore
Report errors	= Rapporto errori

Figura 8	
DEMUX	= Demultiplicatore
Linear matrix	= Matrice lineare

Nei paragrafi seguenti saranno esposti ulteriori dettagli riguardanti l'interfaccia digitale.

Campionamento 601

L'ITU-R BT.601 è lo standard di campionamento, risultato del lavoro congiunto di SMPTE e EBU, per la determinazione dei parametri per i componenti video per i sistemi televisivi 625/50 e 525/60. Questo lavoro è culminato in una serie di test sponsorizzati da SMPTE nel 1981 ed è divenuto noto come CCIR Recommendation 601 (ora conosciuto come ITU-R BT.601). In questo documento si trovano le specifiche del meccanismo di campionamento che deve essere utilizzato per i segnali, sia a 525 righe, sia a 625 righe, e le specifiche per il campionamento ortogonale a 13,5 MHz per la luminanza analogica e a 6,75 MHz per i due segnali a sottrazione di colore. I valori del campionamento sono: Y' luma digitale e C'b e C'r, digitali, a sottrazione di colore, i quali sono una versione in scala dei componenti B'-Y' e R'-Y' analogici a fattore di contrasto corretto. La frequenza prescelta per il campionamento è 13,5 MHz perché il sottomultiplo 2,25 MHz è un fattore comune a entrambi i sistemi a 525 e a 625 righe (vedere **Appendice B - Relazioni fra le frequenze per la televisione**).

Sebbene molte implementazioni attuali che fanno riferimento allo standard ITU-R BT.601 utilizzino il campionamento a 10 bit, l'ITU-R BT.601 prevede o il campionamento a 8 bit (corrispondente a un intervallo di 256 livelli, da 00_h a FF_h) o a 10 bit (corrispondente a un intervallo di 1024 livelli, da 000_h a $3FF_h$). I valori specificati a 8 bit possono essere direttamente convertiti in valori a 10 bit; quelli a 10 bit possono essere arrotondati a valori a 8 bit per avere interoperabilità. I valori dei componenti C'b e C'r, ottenuti per sottrazione di colore, nell'intervallo compreso fra 040_h e $3C0_h$ (Figura 9) corrispondono a segnali analogici compresi fra ± 350 mV. Sono consentite escursioni del segnale al di fuori di questo intervallo e l'intervallo totale a disposizione corrisponde, nominalmente, a ± 400 mV.

I valori del componente luma Y' (Figura 10) nell'intervallo compreso fra 040_h e $3AC_h$ corrispondono a segnali analogici compresi fra 0,0 mV

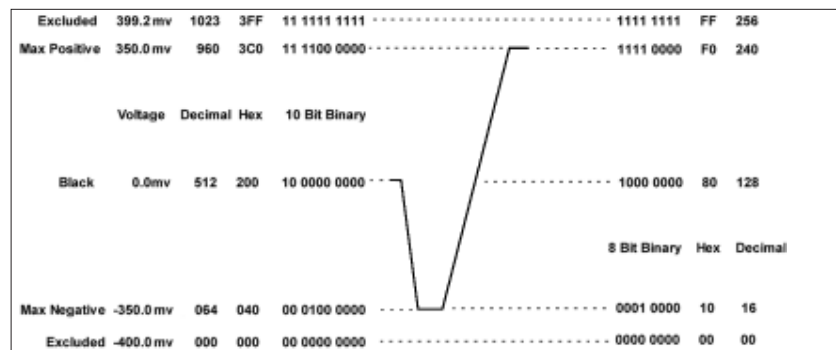


Figura 9. Quantizzazione della sottrazione di colore.

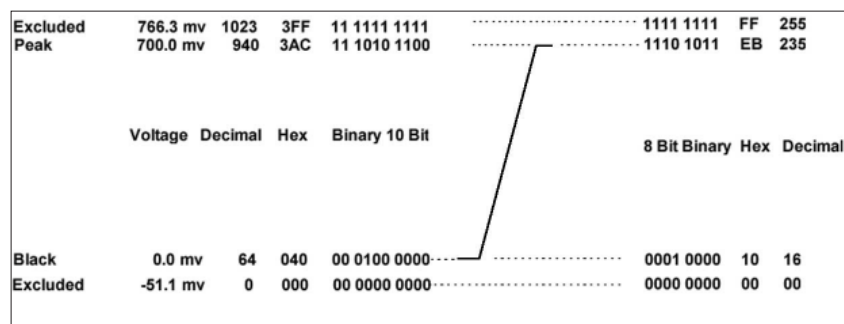


Figura 10. Quantizzazione della luminanza.

e 700 mV. Le escursioni del segnale al di fuori di questo intervallo sono consentite anche in questo caso in un intervallo totale nominale compreso fra -50 mV e +766 mV per avere un margine di passaggio più ampio per sovraccarichi oltre il livello del bianco. I convertitori A/D sono configurati per non generare livelli a 10 bit compresi fra 000_h e 003_h e fra $3FC_h$ e $3FF_h$ per consentire interoperabilità con i sistemi a 8 bit.

I livelli della quantizzazione sono selezionati in modo che i livelli a 8 bit ai quali sono stati aggiunti due "0" abbiano lo stesso valore dei livelli a 10 bit. I valori compresi fra 000_h e 003_h e fra $3FC_h$ e $3FF_h$ sono riservati a scopi legati alla sincronizzazione sia per la luminanza, sia per la sottrazione di colore A/D.

La Figura 11 mostra la posizione dei campionamenti e delle word digitali rispetto alla riga orizzontale analogica e la Figura 12 mostra la relazione spaziale con l'area dell'immagine. Poiché l'informazione per la temporizzazione è trasportata dai pacchetti EAV (End of Active Video) e SAV (Start of Active Video), rispettivamente i pacchetti di fine e inizio video attivo, non è necessario utilizzare dei segnali per la sincronizzazione convenzionale. L'intervallo di blanking orizzontale e i periodi delle righe complete dell'intervallo di blanking verticale possono essere utilizzati

per il trasporto dell'audio e di altri dati ausiliari. I pacchetti di temporizzazione EAV e SAV sono identificati, all'interno del flusso di dati, grazie all'intestazione che inizia con le tre word: $3FF_h$, 000_h , 000_h . La quarta word (xyz) nei pacchetti EAV e SAV contiene le informazioni che riguardano il segnale. I pacchetti di dati ausiliari nei componenti digitali video sono identificati per mezzo dell'intestazione che inizia con le word 000_h , $3FF_h$, $3FF_h$.

La word "xyz" è a 10 bit con i due bit meno significativi (LSB) impostati a zero per "superare" il percorso dei segnali a 8 bit. Nella word "xyz" per la definizione standard sono contenute le funzioni F, V e H aventi i seguenti valori:

Bit 8 – (bit F) "0" per il semiquadro1 e "1" per il semiquadro2

Bit 7 – (bit V) "1" nell'intervallo *blanking verticale*; "0" durante le righe attive del video

Bit 6 – (bit H) "1" per indicare la sequenza EAV; "0" per indicare la sequenza SAV

Interfaccia digitale parallela

Le interfacce elettriche per i dati prodotti dal campionamento Rec. 601 furono standardizzate separatamente da SMPTE con lo standard SMPTE 125M per i formati 525/59.94 e da EBU

Tech. 3267 per i formati 625/50. Entrambe le standardizzazioni furono adottate dal CCIR (ora denominato ITU) e incluse nella Recommendation 656, il documento che descrive l'interfaccia hardware parallela. L'interfaccia parallela utilizza 11 doppietti telefonici e 25 connettori a pin di tipo "D". L'interfaccia parallela effettua la moltiplicazione delle word di dati nella sequenza

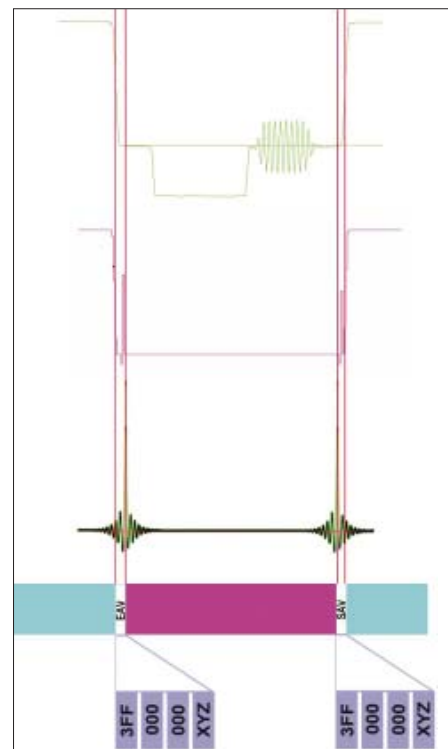


Figura 11. Intervallo di blanking orizzontale digitale.

Figura 9

Excluded = Escluso
Max positive = Max. positivo
Voltage = Tensione
Decimal = Decimale
Hex = Hex (= esadecimale)
10 bit binary = Binario, a 10 bit
8 bit binary = Binario, a 8 bit
Max negative = Max. negativo

Figura 10

Excluded = Escluso
Peak = Picco
Voltage = Tensione
Decimal = Decimale
Hex = Hex (= esadecimale)
Black = Nero

C'b, Y', C'r, Y' ... ottenendo un flusso di trasmissione dei dati a 27 Mb/s. A ciascuna riga sono aggiunte le sequenze di temporizzazione EAV (End of Active Video) e SAV (Start of Active Video). La riga video attiva digitale sia per il formato 525, sia per il formato 625, comprende 720 campionamenti luma; i restanti campionamenti dei dati durante il *blanking* analogico restano a disposizione per la temporizzazione e per altri dati.

A causa dell'esigenza di avere cavi conduttori multipli e pannelli di connessione, la connessione parallela per le apparecchiature per lo studio digitale è adatta solo per piccole installazioni permanentemente configurate.

Interfaccia digitale seriale (SDI)

Indipendentemente dal formato, si ha la necessità di trasmettere dei dati attraverso un singolo cavo coassiale e ciò non è semplice perché la velocità di trasmissione è relativamente alta e, se il segnale fosse trasmesso senza alcuna modifica, sarebbe difficile recuperare il segnale in modo assolutamente affidabile. Il segnale deve essere modificato prima della trasmissione per assicurare la presenza di sufficienti fronti per un'affidabile ricostruzione delle informazioni per la temporizzazione, per minimizzare il contenuto a bassa frequenza del segnale trasmesso e per ampliare lo spettro energetico in modo da minimizzare i problemi per l'emissione in RF. Per soddisfare queste esigenze è stata sviluppata un'interfaccia digitale seriale che utilizza il rimescolamento e la conversione in NRZI. Questa interfaccia seriale è definita in ANSI/SMPTE 259M, ITU-R BT.656 e in EBU Tech. 3267, sia per componenti a definizione standard, sia per segnali composti con l'audio digitale incluso ed è definita anche una versione in scala di questa interfaccia seriale per trasmissioni ad alta definizione.

Concettualmente, l'interfaccia digitale seriale sembra più un sistema portante per applicazioni da studio. Il segnale video in banda base e il segnale audio sono digitalizzati e combinati sulla "portante" digitale seriale come mostrato in Figura 13. Si osservi che questa non è un vero e proprio sistema portante perché è un segnale digitale in banda base e non un segnale modulato su una portante. La velocità di trasmissione binaria (frequenza della portante) è determinata dalla velocità di clock per i dati digitali: 270 Mb/s per componenti digitali a definizione standard, 1,485 Gb/s (o 2,97 Gb/s) per formati ad alta definizione (sono utilizzate anche altre velocità, comprese 143 Mb/s e 177 Mb/s per interfacce seriali composte

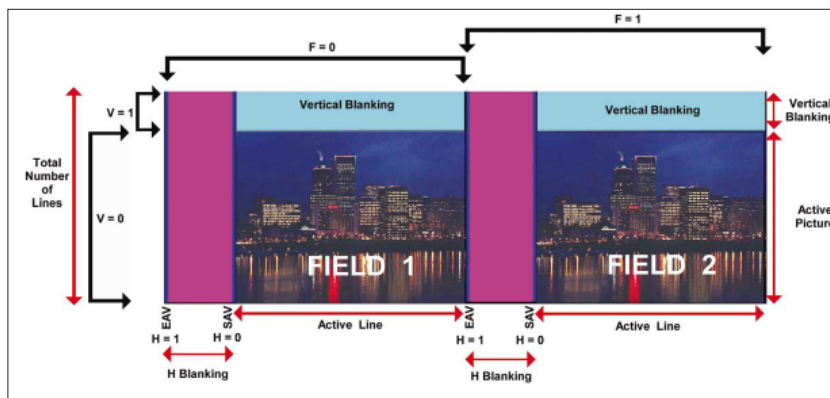


Figura 12. Layout del quadro digitale interfacciato 2:1

Figura 12	
Totale number of lines	= Numero totale di righe
H Blanking	= Blanking orizzontale
Vertical blanking	= Blanking verticale
Field 1	= Semiquadro 1
Field 2	= Semiquadro 2
Active line	= Riga attiva
Active picture	= Immagine attiva

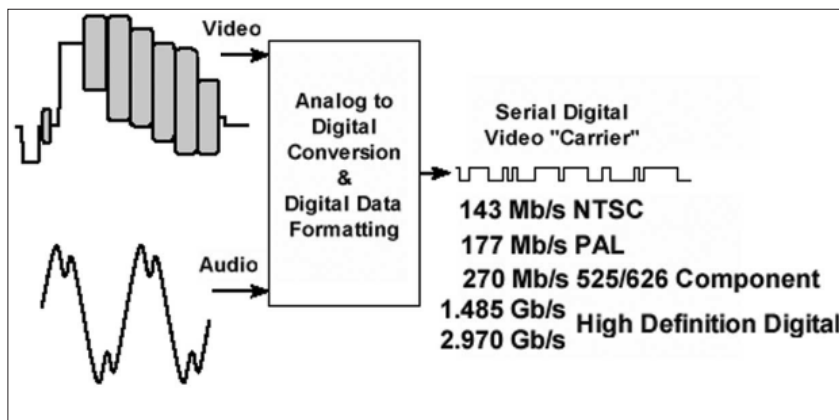


Figura 13. Il concetto di portante.

Figura 13	
Video	= Video
Audio	= Audio
Analog to digital conversion	= Conversione da analogico a digitale
Digital Data Formatting	= Formattazione dei dati digitali
High definition digital	= Digitale, ad alta definizione

PAL e NTSC, che non saranno però analizzate in dettaglio in questo manuale).

I dati in parallelo che rappresentano i campionamenti dei componenti del segnale analogico sono elaborati come mostrato in Figura 14 per creare il flusso di dati digitali seriali. Il clock in parallelo è utilizzato per caricare i dati del campionamento nel registro a scorrimento e un multiplo 10x del clock fa scorrere i bits all'esterno, a cominciare dai LSB, (Less Significant Bits), per ciascuna word di dati a 10 bit. Se sono disponibili solamente dati a 8 bit, il convertitore parallelo-seriale mette uno zero in ognuno dei due LSB per por-

tare la word a 10 bit. Nei formati dei componenti, i segnali di temporizzazione EAV e SAV sull'interfaccia parallela forniscono sequenze uniche

anche gli eventuali dati ausiliari, come per esempio l'audio, se essi fossero inseriti nel segnale parallelo.

Successivamente alla con-

versione in seriale delle informazioni in parallelo, il flusso di dati è rimescolato per mezzo di un algoritmo matematico e poi codificato nel sistema NZRI (Non-Return to Zero Inverse) mediante il concatenamento delle due seguenti funzioni:

$$G_1(X) = X^9 + X^4 + 1$$

$$G_2(X) = X + 1$$

Il rimescolamento del segnale fa sì che esso, statisticamente, abbia probabilmente un basso contenuto di DC per una gestione più facile e un gran numero di transizioni per una più semplice ricostruzione delle informazioni per la temporizzazione. La formattazione NZRI rende il segnale non sensibile alla polarità.

Al ricevitore, l'inverso di questo algoritmo è utilizzato nel convertitore seriale-parallelo per recuperare i dati corretti in modo che l'utilizzatore finale possa vedere i componenti originali decodificati. Nel sistema di trasmissione digitale seriale, il clock è contenuto nei dati, al contrario di quanto avviene nel sistema in parallelo nel quale è prevista, per esso, una linea separata. Grazie al rimescolamento dei dati, si ottengono numerose transizioni così come richiesto per la ricostruzione delle informazioni per il clock. Per la prova di sollecitazione del sistema (vedere la sezione **Prove per il sistema digitale**), sono stati sviluppati appositi segnali di prova che introducono sequenze ad alto contenuto di DC e un numero minimo di transizioni per testare l'efficienza della circuiteria del ricevitore dell'SDI. Un sistema digitale seriale che funzioni normalmente non presenterà anomalie neppure quando sarà sottoposto a sollecitazione con tali impegnativi segnali.

La codifica nel sistema NRZI rende il flusso di dati seriali non sensibile alla polarità. NRZ (Non return to

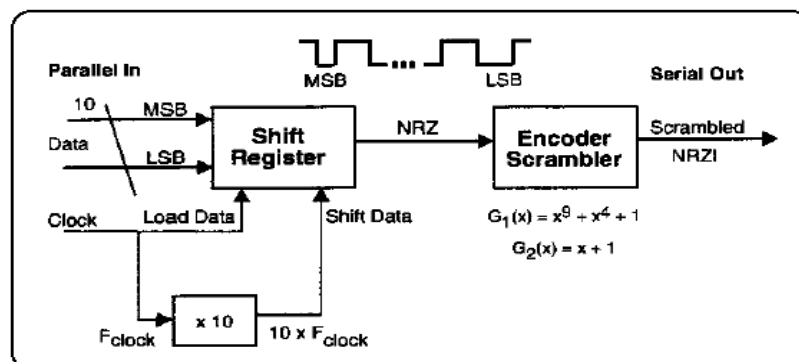


Figura 14 - conversione da parallelo a seriale

Zero) è il livello logico ben noto a tutti, alto = "1", basso = "0". Per un sistema di trasmissione è conveniente non richiedere una certa polarità del segnale al ricevitore. Come mostrato in Figura 15, si usa una transizione in corrispondenza di ciascun "1" e nessuna transizione in corrispondenza dello "0"; di conseguenza è necessario individuare solamente le transizioni: in questo modo può essere utilizzata l'una o l'altra polarità del segnale. Un altro risultato della codifica NRZI è che un segnale composto da tutti "1" produce una transizione in corrispondenza di ogni intervallo di *clock* dando così origine a un'onda quadra con una frequenza pari alla metà di quella di *clock*. Gli "0", invece, non producono alcuna transizione e ciò porta alla necessità di procedere al rimescolamento. Al ricevitore, il fronte di salita dell'onda quadra alla frequenza del *clock* sarebbe usata per l'individuazione dei dati.

L'interfaccia seriale digitale può essere utilizzata per moderate distanze, in un sistema ben progettato, con normali cavi video da 75 W, connettori e pannelli di connessione. Per esempio, gli effetti di un cavo non terminato, come quello che si potrebbe trovare su un connettore a T, potrebbero essere trascurabili con un video analogico, ma causano delle riflessioni notevoli e potenziali perdite di programma con il video seriale digitale.

Questa discussione riguardante i video componenti nel dominio parallelo e seriale, è generalmente applicabile ai formati di scansione sia a definizione standard, sia ad alta definizione. I livelli di campionamento e di quantizzazione sono generalmente uguali, come lo è la formattazione dell'informazione per la sincronizzazione. Le frequenze di campionamento sono più alte e ci sono, generalmente, più campionamenti disponibili per i dati ausiliari nei formati ad alta definizione. Nei formati ad alta definizione sono presenti *word* per la numerazione delle righe e per il controllo d'errore e sono disponibili più campionamenti per l'audio multicanale. I principi sono, comunque, gli stessi sia per i formati standard, sia per i formati ad alta definizione. La comprensione del formato digitale di un componente aiuta a comprendere anche tutti gli altri. Questo manuale

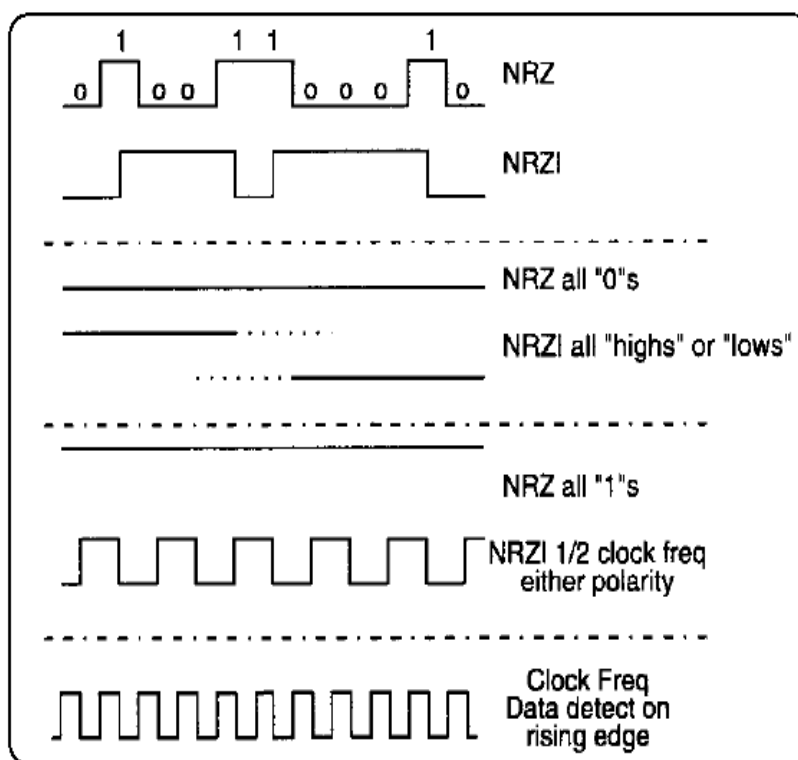


Figura 15 relazione tra NRZ e NRZI

sottolineerà le differenze nel proseguo della discussione. Nella sezione **Temporizzazione e Sincronizzazione** di questo manuale saranno trattati e confrontati i formati di scansione video sia a definizione standard, sia ad alta definizione.

Realizzazione video ad alta definizione su principi per definizione standard

Nella transizione verso l'alta definizione digitale è possibile utilizzare i principi base acquisiti per la definizione standard e applicarli alle specifiche esigenze per la televisione ad alta definizione (HDTV). Il modo secondo il quale si campiona il segnale analogico segue lo stesso principio; si usano le frequenze di campionamento e le larghezze di banda del canale più alte. Il modo secondo il quale si elabora il segnale digitale segue lo stesso principio; si gestiscono velocità di trasmissione dei dati più alte e si pone la massima attenzione nella progettazione del sistema. Tutto opera lungo le linee a velocità di trasmissione più alte e alle maggiori larghezze di banda, ma quasi tutti i principi risultano familiari.

Esiste una gran varietà di formati per la televisione ad alta definizione e ciò fornisce, ai tecnici che si occupano di radiodiffusione circolare, un'ampia flessibilità pur incrementando, apparentemente, la complessità del sistema di radiodiffusione.

Gli standard definiscono il formato della scansione, l'interfaccia analogica, l'interfaccia digitale parallela e l'interfaccia digitale seriale per creare e gestire video ad alta definizione. I principali standard sono:

ANSI/SMPTE 240M, Television – Signal Parameters – 1125-line High-Definition Production Systems.

Definisce le caratteristiche di base dei segnali video analogici associati ad apparecchiature operanti in sistemi di produzione a 1125 righe (1035 attive) a frequenze verticali di 60 Hz e di 59,94 Hz.

SMPTE 260M, Television – Digital Representation and Bit-Parallel Interface – 1125/60 High Definition Production System.

Definisce la rappresentazione digitale dei parametri per i segnali ad alta definizione 1125/60 definiti in forma analogica dalla ANSI/SMPTE 240M.

ANSI/SMPTE 274M, Television – 1920 x 1080 Scanning and Analog and Parallel Digital Interfaces for Multiple Picture Rates.

Definisce una famiglia di sistemi di scansione aventi un'area d'immagine attiva di 1920 pixels e 1080 righe e un rapporto tra larghezza e altezza dell'immagine di 16:9.

ANSI/SMPTE 292M, Television – Bit-Serial Digital Interface for High-Definition Television Systems.

Definisce l'interfaccia a fibre ottiche e coassiale digitale a bit seriali per segnali componenti ad alta definizione operanti a 1,485 Gb/s e a 1,4581/1,001 Gb/s.

ANSI/SMPTE 296M-1997, Television – 1280 x 720 Scanning, Analog and Digital representation and Analog Interface.

Definisce una famiglia di formati per la scansione progressiva, aventi un'area dell'immagine attiva di 1280 pixel per 720 righe e un rapporto tra larghezza e altezza dell'immagine di 16:9.

La tipica larghezza di banda video analogica per i componenti rosso, verde e blu del video ad alta definizione è di 30 MHz per i formati a scansione interlacciata su 1080 righe e a scansione progressiva su 720 righe, mentre è di 60 MHz per il formato

progressivo a 1080 righe. È quindi necessaria un'elevata frequenza di campionamento per digitalizzare i segnali *luma* e a sottrazione di colore sottoposti a *matrixing*. La frequenza di campionamento per il canale *luma* Y a 30 MHz è di 74,25 MHz mentre la metà di tale frequenza di campionamento, ossia 37,125 MHz, è utilizzata per il campionamento di ciascuno dei segnali a sottrazione di colore C'b e C'r a 15 MHz. I segnali sono campionati con una risoluzione di 10 bit. C'b e C'r sono sottoposti a operazione di *matrixing* in un singolo flusso di dati in parallelo a 10 bit a 74,25 Mb/s, successivamente subiscono un'altra operazione di *matrixing* con il segnale *luma* a 74,25 Mb/s, creando un flusso di dati in parallelo a 10 bit a 148,5 Mb/s in ordine di *word* C'b, Y', C'r, Y', come accade per la definizione standard.

Proprio come nella definizione standard, i dati paralleli sono poi convertiti in seriali ottenendo, in questo caso, un flusso di dati rimescolati a 1,485 Gb/s, col sistema di codifica NRZI per la trasmissione negli impianti dello studio.

La quantizzazione *chroma* e *luma* (vedere le figure 9 e 10) è la stessa per i segnali a definizione standard e per quelli ad alta definizione e le *codeword* a 10 bit decimali 0, 1, 2, 3 e 1020, 1021, 1022 e 1023 sono ancora valori esclusi.

Le *codeword* per i pacchetti EAV e SAV hanno la stessa funzionalità per la definizione standard e per l'alta definizione. Le *word* aggiuntive seguono i pacchetti EAV e SAV nei formati ad alta definizione per numerare le singole righe e per fornire un controllo d'errore riga per riga sia per il canale *luma* sia per i canali a sottrazione di colore.

Nella figura 16 sono mostrate la formattazione dei dati nella riga video e la relazione di temporizzazione con il video analogico ad alta definizione. Nei formati ad alta definizione, la sequenza delle quattro *word* EAV è immediatamente seguita da un numero di linea a due *word* (LN0 e LN1) e poi da due *word* CRC (YCR0 e YCR1). Il primo numero è un contatore di righe costituito da un valore binario a 11 bit distribuito in due *word*, LN0 e LN1, come riportato in Tabella 3. Per esempio, per la riga 1125, le due *word* avrebbero i valori LN0 = 394_h e LN1 = 220_h per una

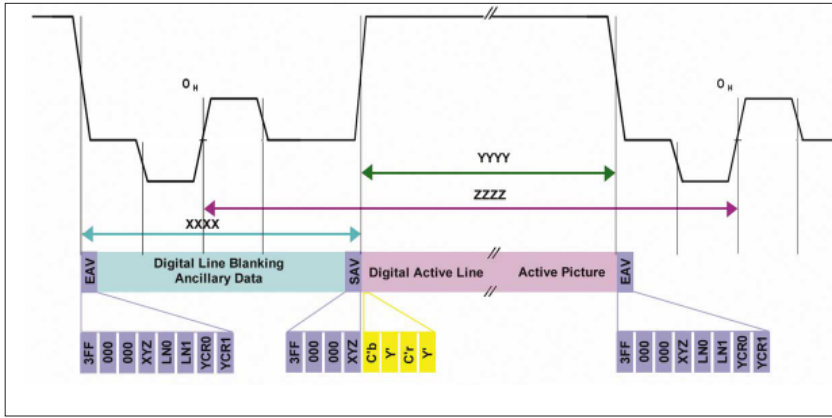


Figura 16. Confronto fra i dati ausiliari nella riga digitale e la rappresentazione analogica.

Figura 16

Active picture = Immagine attiva
Digital active line = Riga attiva digitale
Digital line blanking = *Blanking* riga digitale
Ancillary data = Dati ausiliari

Tabella 3. Distribuzione bit per la word del numero di riga.

Word 9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
LNO	Not B8	L6	L5	L4	L3	L2	L1	L0	R
									(0)
LNT	Not B8	R	R	R	L10	L9	L8	L7	R
		(0)	(0)	(0)					(0)

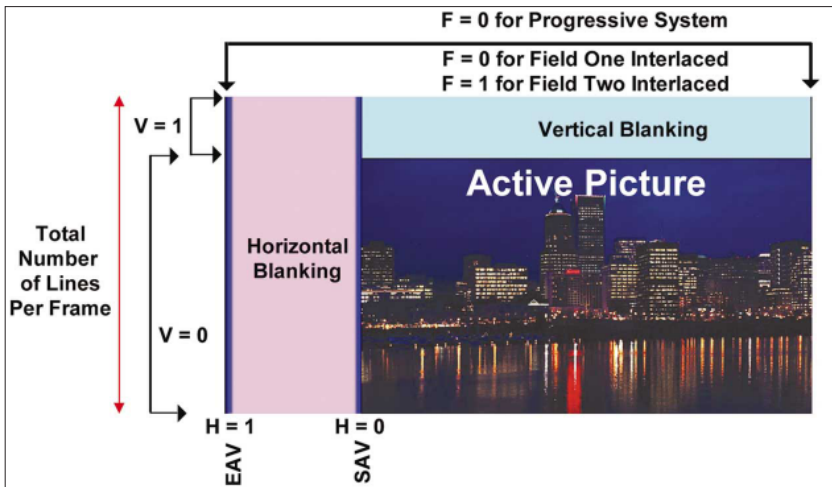


Figura 17

word di dati binari 10001100101. Il controllo CRC, nell'alta definizione, avviene separatamente per *luma* e *chroma* su ciascuna riga. Un valore CRC è utilizzato per individuare gli errori nella riga attiva digitale attraverso il seguente calcolo: $CRC(X) = X18 + X5 + X4 + 1$ con un iniziale valore di zero all'inizio della word della prima riga attiva e termina alla word finale del numero della

riga. Il valore è poi distribuito come mostrato in Tabella 4. Si calcola un valore YCR0 e YCR1 per il segnale video *luma* e un altro valore, CCR0 e CCR1, per i dati a sottrazione di colore.

I valori CRC per i segnali *luma* e *chroma* possono essere visualizzati sullo strumento di misura e usati per la determinazione di ogni errore che possa essersi insinuato nel segnale durante il

suo passaggio da un punto a un altro.

Nei formati a definizione standard, il pacchetto EAV termina con la word xyz; non c'è la numerazione delle righe. Un CRC per l'immagine attiva e un CRC per il semiquadro completo (a esclusione del tempo impostato a parte per la commutazione del segnale dell'intervallo verticale), sono effettuati opzionalmente, una

volta per semiquadro, nell'intervallo di *blanking* verticale come descritto in SMPTE RP-165.

Tutte le word nell'area *blanking* orizzontale delle ri-

ghe digitali comprese tra EAV e SAV (figura 17) sono impostate a nero ($Y' = 040_h$, $C'b$ e $C'r = 200_h$) se non utilizzate per dati ausiliari.

Temporizzazione e sincronizzazione

Gli standard forniscono informazioni che permettono l'intercambio e l'interoperabilità tra i vari dispositivi nella catena video in sequenza e quelli di buona qualità consentono una proficua utilizzazione economica delle risorse e delle tecnologie. Gli standard, inoltre, promuovono la cooperazione fra gli utilizzatori, incoraggiano l'innovazione e sono necessari se il professionista del video e lo spettatore di casa devono produrre e vedere lo stesso programma.

L'American National Standards Institute, la Society of Motion Picture and Television Engineers, l'Audio Engineering Society e l'International Telecommunications Union pubblicano gli standard di riferimento e le Recommendations per video e audio. Gli standard e le Recommendation elencati nell'Appendice D - Norme e standard di riferimento per la televisione, definiscono i parametri dei segnali che permettono di avere compatibilità e conformità regolamentare.

Le pubblicazioni degli standard di questi enti sono curate con grande attenzione e sono molto utili per descrivere le precise caratteristiche di ciascun sistema. La seguente discussione è un'interpretazione di quegli standard per fornire la possibilità di un'ampia comprensione dei molti diversi formati standardizzati individualmente.

La creazione, la trasmissione e il recupero di un'immagine video effettuati con successo dipendono da ciascun dispositivo del sistema che opera in sincronia con ogni altro dispositivo. Così come la telecamera individua il valore di un elemento dell'immagine in una certa posizione della scena, essa deve in qualche modo identificare

dove quel valore dovrà essere riprodotto sullo schermo televisivo. Gli elementi per la sincronizzazione indicano alla telecamera come produrre l'immagine unitamente alle altre telecamere e sorgenti e indicano al ricevitore come e dove disporre l'immagine sullo schermo quando l'immagine, alla fine, è visualizzata.

La telecamera e il display sanno come scansare il rivelatore o lo schermo e necessitano solo dell'informazione che indichi il punto di partenza e il modo di mantenere il passo.

L'informazione per la sincronizzazione è rinfrescata una volta per le righe orizzontali e una volta per il movimento di scansione verticale del display (due movimenti di scansione verticale per ciascun quadro completo nel formato interlacciato 2:1). All'interno di uno studio di grandi dimensioni le informazioni per la sincronizzazione sono fornite da un generatore master esterno per la sincronizzazione mentre all'interno di uno studio di dimensioni ridotte, una telecamera può fornire le informazioni per la sincronizzazione per se stessa e per le altre sorgenti video.

Temporizzazione del video analogico

Comunemente si utilizzano 6 formati per video analogici composti a definizione standard: PAL, PAL-M; PAL-N; NTSC con setup NTSC senza setup e SECAM. In più, alcuni Paesi consentono una più ampia larghezza di banda per la trasmissioni in onda, lasciando spazio per larghezze di banda più alte per le trasmissioni video.

La produzione in studio nei Paesi che utilizzano lo standard SECAM avviene spesso seguendo la modalità a componenti o PAL, e poi si procede alla formattazione per la trasmissione in SECAM. I formati video PAL e SECAM sono molto simili fra loro; ciò che li differenzia, principalmente, è il modo in cui l'informazione *chroma* è modu-

Tabella 4. Distribuzione dei bit delle

word per i CRC dei segnali *luma* e *chroma* nei formati ad alta definizione

Word	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
YCR0	Not B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
YCR1	Not B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9
CCR0	Not B8	CRC8	CRC7	CRC6	CRC5	CRC4	CRC3	CRC2	CRC1	CRC0
CCR1	Not B8	CRC17	CRC16	CRC15	CRC14	CRC13	CRC12	CRC11	CRC10	CRC9

lata sul segnale video *luma*.

Il segnale video proveniente dallo studio è costituito da un flusso continuo d'informazioni che può essere utilizzato immediatamente, ritardato per motivi d'allineamento con altre sorgenti oppure registrato per la trasmissione in playback.

Quando si muove, si muove in tempo reale e deve trasportare tutte le informazioni necessarie per creare l'immagine a destinazione. Il segnale video contiene le informazioni relative all'immagine e alla temporizzazione per riprodurre correttamente l'immagine. Le informazioni per la temporizzazione comprendono gli impulsi di sincronizzazione orizzontale che si succedono con regolarità o le *word* di dati riservate che identificano ciascuna riga del video, interrotte dalle informazioni per la sincronizzazione verticale che si succedono con minor frequenza e che forniscono le istruzioni al display per iniziare il tracciamento dell'immagine dalla parte alta dello schermo.

Nei formati per i segnali video composti NTSC o PAL, sono facilmente osservabili le informazioni video o di temporizzazione. Il monitor per il controllo della forma d'onda del segnale video è dotato di selezioni preimpostate per la frequenza di scansione per visualizzare le righe orizzontali del video, l'intervallo di *blanking* orizzontale, la scansione di tutte le righe dell'immagine (frequenza verticale) o le righe dell'intervallo di *blanking* verticale. È importante riconoscere come queste visualizzazioni siano tutte riferite allo stesso segnale video; la diversità è data dal momento in cui il segnale è visualizzato e per quanto tempo ogni volta. In termini moderni, il segnale video analogico composto è una moltiplicazione a divisione di tempo delle informazioni per la sincronizzazione e per la luminanza. L'informazione per la crominanza è una moltiplicazione a divisione di frequenza dei due canali a sottrazione di colore. Non resta che cercare ciò che serve, quando serve.

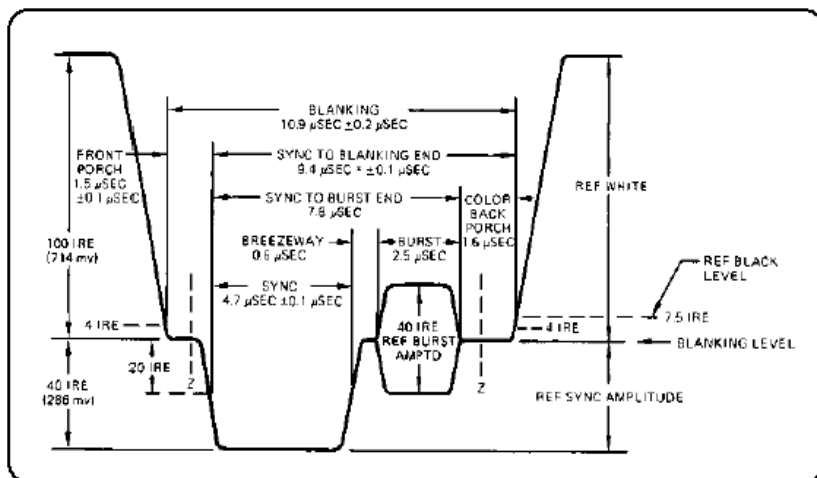


Figura 18. Intervallo di blanking orizzontale per NTSC.

Front porch	=	Front porch
Blanking	=	Blanking
Sync to blanking end	=	Sincronizzazione fine blanking
Sync to burst end	=	Sincronizzazione fine sequenza unitaria
Color back porch	=	Back porch per il colore
Ref White	=	Riferimento per il bianco
Ref black level	=	Livello di riferimento per il nero
Blanking level	=	Livello blanking
Breezeaway	=	Punto di riferimento del segnale di sincronizzazione a colori
IRE	=	IRE
Burst	=	Sequenza unitaria
Ref burst amptd	=	Ampiezza riferimento sequenza unitaria

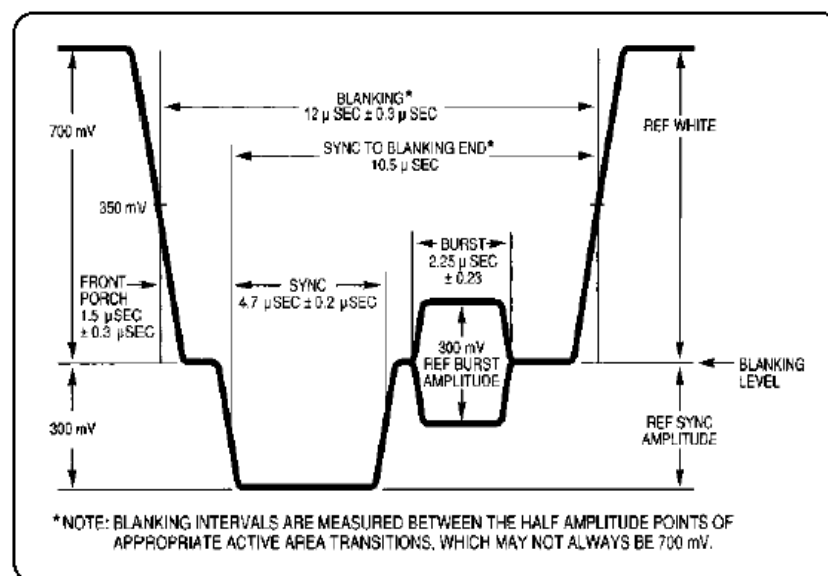


Figura 19. Intervallo di blanking orizzontale per PAL.

Blanking	=	Blanking
Sync to blanking end	=	Sincronizzazione fine blanking
Ref burst amplitude	=	Ampiezza riferimento sequenza unitaria
Ref white	=	Riferimento per il bianco
Blanking level	=	Livello blanking
Front porch	=	Front porch
Sync	=	Sincronizzazione
Burst	=	Sequenza unitaria
Ref sync amplitude	=	Ampiezza riferimento sincronizzazione

* NOTA: GLI INTERVALLI DI

BLANKING SONO MISURATI TRA I PUNTI A METÀ DELL'AMPIEZZA DELLE TRANSIZIONI DELLA RELATIVA AREA ATTIVA E QUESTA AMPIEZZA NON È DETTO SIA SEMPRE DI 700 mV.

Temporizzazione orizzontale

I diagrammi per la temporizzazione orizzontale per i formati per la scansione NTSC 525/59,94 (Figura 18) e PAL 625/50 (Figura 19) sono concettualmente simili e sono stati sviluppati tenendo conto dei vincoli rappresentati dalle telecamere e dai dispositivi di visualizzazione disponibili alla metà degli anni '90. L'intervallo di *blanking* orizzontale interviene una volta per ciascuna riga dell'informazione video ed è modificato per fornire l'intervallo di *blanking* verticale.

Il FRONT PORCH orizzontale definisce, per il video, il tempo impiegato dal raggio per completare il tracciamento di ciascuna riga a partire dal lato destro dello schermo. Giunti al 50% del limite di soglia dell'impulso di sincronizzazione, ossia dell'impulso di temporizzazione usato come riferimento dal sistema, può essere generato l'impulso che consente al raggio del cinescopio di effettuare il ritracciamento.

L'intervallo di tempo indicato con SINCRONIZZAZIONE FINE BLANKING assicura che il segnale video non inizierà a illuminare lo schermo mentre il fascio elettronico è ancora impegnato nella traccia di ritorno.

I livelli indicati con RIFERIMENTO PER IL BIANCO e RIFERIMENTO PER IL NERO sono specificati per assicurare che ogni programma apparirà sul display alla stessa luminosità massima o minima per avere un contrasto costante senza richiedere regolazione da parte del telespettatore. La differenza di *setup* di 7,5 IRE (la differenza fra il livello *blanking* e il livello per il nero) nel formato NTSC è stata oggetto di discussione per anni e alcuni Paesi operano senza *setup*. La sequenza unitaria della sottoportante del colore costituisce un riferimento stabile, periodico, per la sincronizzazione dell'oscillatore a colori del ricevitore, per una stabile demodulazione dell'informazione *chroma*. Sebbene la sequenza unitaria della sottoportante sia un campionamento da 8 a 10 cicli di una frequenza costante, il monitor per il controllo della forma d'onda sarà bloccato sul riferimento per la temporizzazione dell'impulso di sincronizzazione orizzontale, la sequenza unitaria dell'NTSC sembrerà alternarsi

in fase da riga a riga e, a causa di un offset di frequenza di 25 MHz, la sequenza unitaria PAL sembrerà cambiare costantemente.

Il riferimento di temporizzazione del fronte di sincronizzazione e la sequenza unitaria della sottoportante per il colore hanno una propria fase costante; sembreranno alternarsi o variare perché entrano in sincronia uno con l'altra solo periodicamente.

Una riga del video analogico ha inizio dal punto corrispondente al 50% del fronte di discesa dell'impulso per la sincronizzazione a due livelli e termina nello stesso punto della successiva riga orizzontale. I formati per la produzione analogica ad alta definizione possono utilizzare un impulso di temporizzazione per la sincronizzazione a tre livelli che si estende dapprima sotto e poi sopra il livello di *blanking*. Il riferimento per la temporizzazione, O_H , per la sincronizzazione analogica a tre livelli è rappresentato dalla transizione verso il valore positivo della forma d'onda per la sincronizzazione che attraversa il livello di *blanking* (Figura 20 e Tabella 5).

In figura 21 è mostrata la relazione spaziale dei segnali di temporizzazione rispetto al tempo di visualizzazione dell'immagine del segnale video.

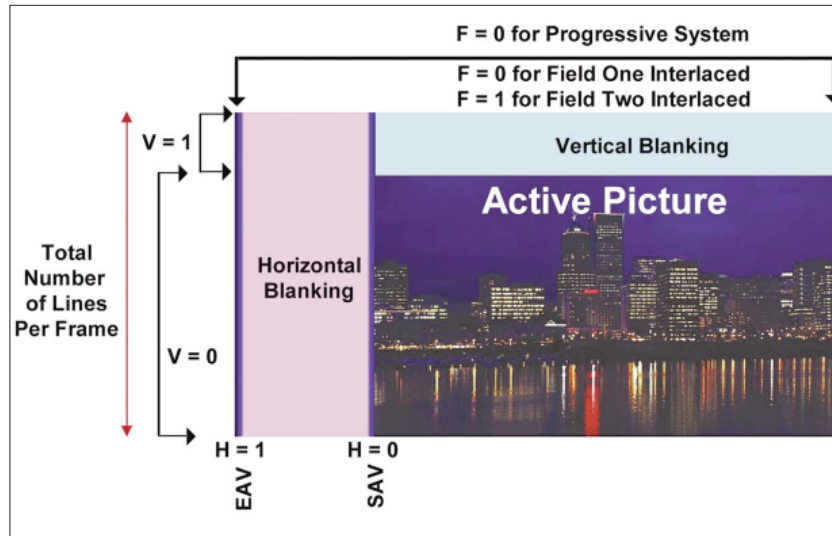


Figura 21. Rappresentazione della relazione fra gli spazi all'interno di un quadro.

F = 0 for Progressive System	=	F = 0 per Sistema progressivo
F = 0 for Field One interlaced	=	F = 0 per Semiquadro Uno interlacciato
F = 1 for Field Two interlaced	=	F = 1 per Semiquadro Due interlacciato
Horizontal blanking	=	Blanking orizzontale
Total number of lines per frame	=	Numero totale di righe per quadro

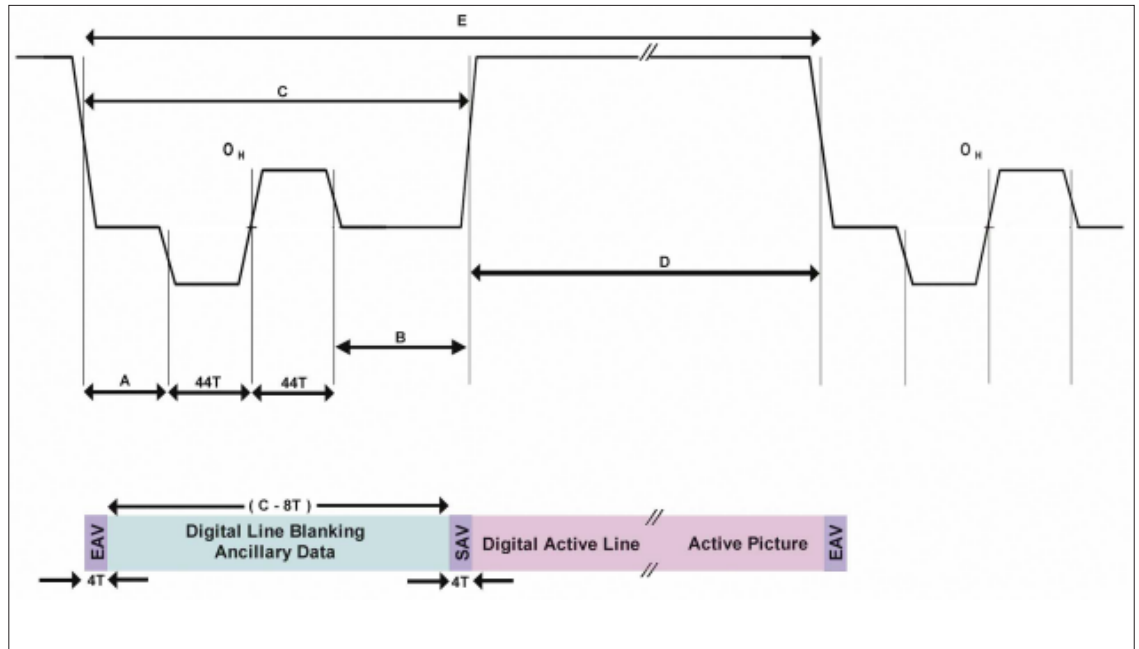


Figura 20. Temporizzazione riga ad alta definizione

Active picture	=	Immagine attiva	Digital line blanking	=	Blanking della linea attiva
Digital active line	=	Riga attiva digitale	Ancillary data	=	Dati ausiliari

Con il formato 1:1, progressivo, l'immagine completa (il quadro) è scansionata dall'alto verso il basso rilevando ciascuna riga dell'immagine con un solo passaggio. Con i formati 2:1 interlacciati, il primo passaggio, eseguito dall'alto verso il basso, scansiona alternativamente la metà delle righe orizzontali (righe pari) ottenendo il primo semiquadro; il secondo passaggio è sfalsato rispetto al precedente per poter scansionare le restanti righe (righe dispari), ottenendo il secondo semiquadro (e completando così il quadro).

Tabella 5. Temporizzazione per le righe ad alta definizione nei cicli di clock per il campionamento (T).

Formato	Frequenza di campionamento(MHz) (1/T)	A	B	C	D	E
1920x1080 60 1:1	148,5	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59,94 1:1	148,5/1,001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 60 2:1	74,25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 59,94 2:1	74,25/1,001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 30 1:1	74,25	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 29,97 1:1	74,25/1,001	44T	148T	280T	1920T	2200T
1920x1080 50 1:1	148,5	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 50 2:1	74,25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 25 1:1	74,25	484T	148T	720T	1920T	2640T
1920x1080 24 1:1	74,25	594T	148T	830T	1920T	2750T
1920x1080 23,98 1:1	74,25/1,001	594T	148T	830T	1920T	2750T
1280x720 60 1:1	74,25	70T	212T	370T	1280T	1650T
1280x720 59,94 1:1	74,25/1,001	70T	212T	370T	1280T	1650T
1280x720 50 1:1	74,25	400T	212T	700T	1280T	1980T
1280x720 30 1:1	74,25	1720T	212T	2020T	1280T	3300
1280x720 29,97 1:1	74,25/1,001	1720T	212T	2020T	1280T	3300
1280x720 25 1:1	74,25	2380T	212T	2680	1280T	3960
1280x720 24 1:1	74,25	2545T	212T	2845	1280T	4125
1280x720 23,98	74,25/1,001	2545T	212T	2845	1280T	4125

**Temporizzazione
verticale**

L'informazione per la temporizzazione verticale consiste in una variazione della forma degli impulsi di sincronizzazione orizzontale che si succedono con regolarità e nell'aggiunta d'impulsi di equalizzazione. L'intervallo di *blanking* verticale (Figura 22 per NTSC, Figura 23 per PAL) ha una durata temporale compresa tra 20 e 25 righe ed è visualizzato nel centro dello schermo sul display a due semiquadri del monitor per il controllo della forma d'onda.

L'aumento del tempo di *blanking* verticale consente al fascio elettronico del cinescopio di ritornare verticalmente al bordo superiore dello schermo più lentamente.

I diversi modelli illustrati sopra e nella pagina successiva fanno partire le righe video dalla sinistra o dalla metà del bordo superiore dello schermo per fornire un

interlacciamento 2:1 dei semiquadri nei formati PAL e NTSC. Le frequenze sono scelte in modo da ridurre la visibilità dell'informazione della sottoportante per il colore che si muove a una frequenza che cade nel campo del visibile. Occorrono 8 semiquadri perché tutto ritorni alla relazione di fase originale (un quadro colore completo) per il segnale PAL e 4 per il segnale NTSC.

La Figura 22 mostra i semiquadri che si alternano e il quadro colore NTSC a 4 semiquadri.

La sottoportante del colore ritorna alla stessa relazione con il segnale di sincronizzazione verticale dopo 4 semiquadri.

In Figura 23, relativa all'intervallo di *blanking* verticale PAL, si mostrano i modelli di sincronizzazione che si alternano creando il quadro

interlacciato. A causa di un offset della frequenza pari a 25 MHz, la fase della sottoportante PAL entra nella stessa relazione con il segnale di sincronizzazione verticale ogni 8 semiquadri, per un quadro a colori a 8 semiquadri.

La temporizzazione per la sincronizzazione verticale e orizzontale SECAM è simile a quella PAL, ma differisce nel modo in cui il segnale *chroma* è modulato sul segnale luminanza.

La relazione di fase, fra il modello di sincronizzazione verticale NTSC o PAL che identifica il semiquadro corretto e la fase della sottoportante del colore, assume importanza quando il segnale video di una sorgente si congiunge a quello di un'altra sorgente o è immediatamente sostituito dal segnale di un'altra sorgente. Ciò si verifica, per esempio,

quando il segnale video è montato, commutato o combinato utilizzando apparecchiature per gli effetti speciali.

Questa importante relazione è indicata con la sigla SCH (Subcarrier-to-Horizontal phase). Per i componenti video occorre solo preoccuparsi del corretto posizionamento dei tre canali che costituiscono l'immagine a colori perché l'informazione *chroma* non è rappresentata da una sottoportante modulata.

La numerazione delle righe, nello standard NTSC, parte con il primo impulso di equalizzazione verticale dopo il tracciamento dell'ultima riga video completa e continua attraverso ciascun semiquadro (263 righe per i semiquadri 1 e 3, 262 righe per i semiquadri 2 e 4). La numerazione delle righe per lo standard PAL e per la mag-

gior parte dei formati ad alta definizione parte con il primo impulso lungo dopo l'ultima semiriga video e il conteggio continua attraverso l'intero quadro (625 linee per PAL).

Per l'alta definizione esistono formati per la scansione progressiva e interlacciata, come mostrato nella Figura 24. Le cinque righe degli impulsi lunghi dell'intervallo verticale sono leggermente differenti rispetto a quelle a definizione standard a causa dell'impulso di sincronizzazione a tre livelli utilizzato per l'alta definizione. L'intervallo verticale per il formato progressivo 1080P (SMPTE 247M) è mostrato con i relativi numeri di riga. Sono mostrati anche in numeri delle righe interlacciate per il formato 1080I (SMPTE 274M) e per il formato 1035I (SMPTE 240M).

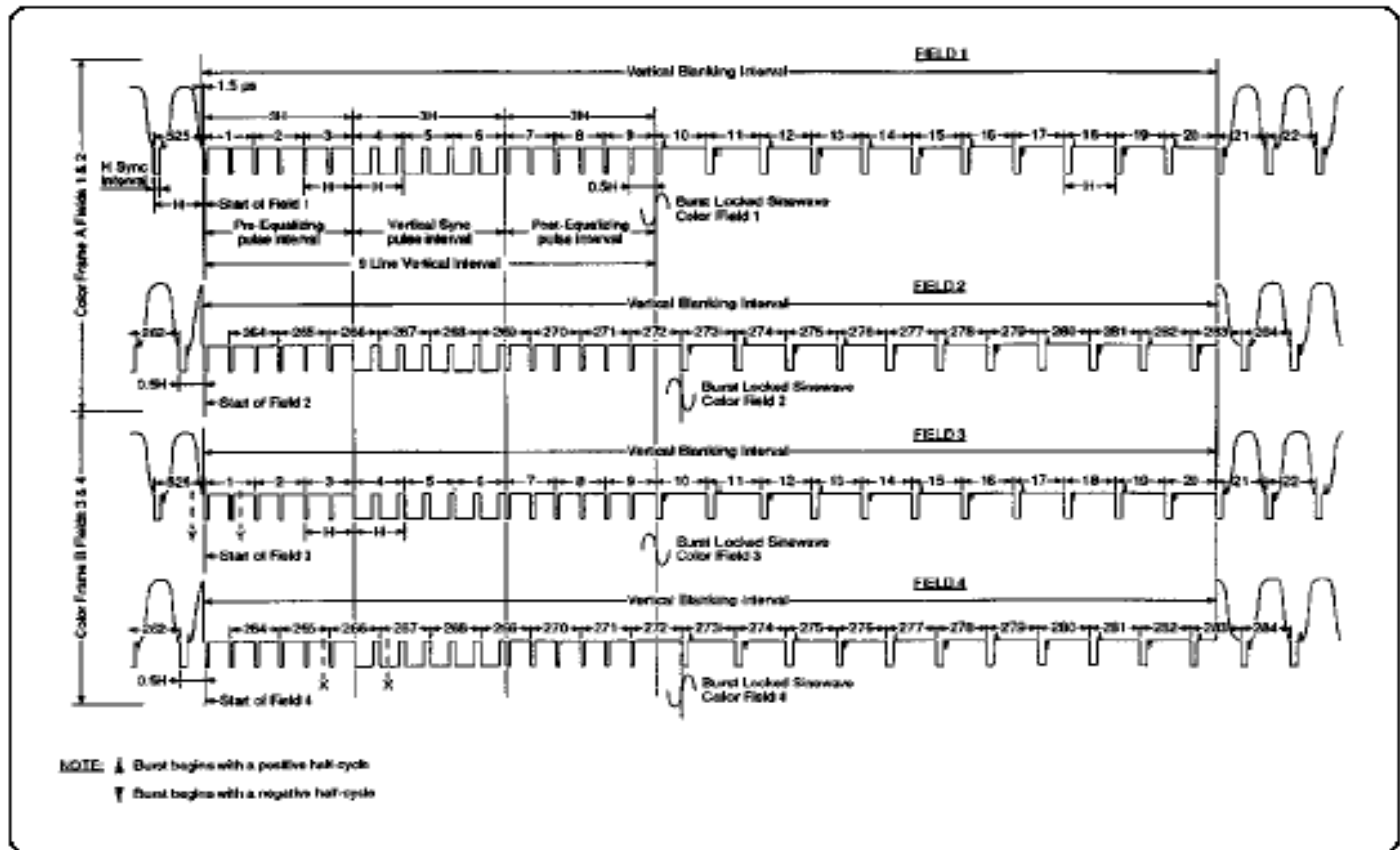


Figura 22. Intervallo di blanking verticale per NTSC.

FIELD 1	= SEMIQUADRO 1
Vertical blanking interval	= Intervallo di <i>blanking</i> verticale
H sync interval	= Intervallo di sincronizzazione orizzontale
Start of Field 1	= Inizio Semiquadro 1
Pre-Equalizing pulse interval	= Intervallo degli impulsi di pre-equalizzazione
Vertical sync pulse interval	= Intervallo degli impulsi di sincronizzazione verticale
Post-Equalizing pulse interval	= Intervallo degli impulsi di post-equalizzazione
Burst locked sinewave	= Sinusoide agganciata alla sequenza unitaria
Color field 1	= Semiquadro colore 1
9 line vertical interval	= Intervallo verticale a 9 righe
FIELD 2	= SEMIQUADRO 2
Vertical blanking Interval	= Intervallo di <i>blanking</i> verticale
Start of Field 2	= Inizio Semiquadro 2
Burst locked sinewave	= Sinusoide agganciata alla sequenza unitaria
Color field 2	= Semiquadro colore 2
Color frame A, Fields 1 & 2	= Quadro colore A, Semiquadri 1 e 2
FIELD 3	= SEMIQUADRO 3
Vertical blanking Interval	= Intervallo di <i>blanking</i> verticale
Start of Field 3	= Inizio Semiquadro 3
Burst locked sinewave	= Sinusoide agganciata alla sequenza unitaria
Color field 3	= Semiquadro colore 3
FIELD 4	= SEMIQUADRO 4
Vertical blanking Interval	= Intervallo di <i>blanking</i> verticale
Start of Field 4	= Inizio Semiquadro 4
Burst locked sinewave	= Sinusoide agganciata alla sequenza unitaria
Color field 4	= Semiquadro colore 4
Color frame B, Fields 3 & 4	= Quadro colore B, Semiquadri 3 e 4
Burst begins with a positive half-cycle	= La sequenza unitaria inizia con un semiciclo positivo
Burst begins with a negative half-cycle	= La sequenza unitaria inizia con un semiciclo negativo

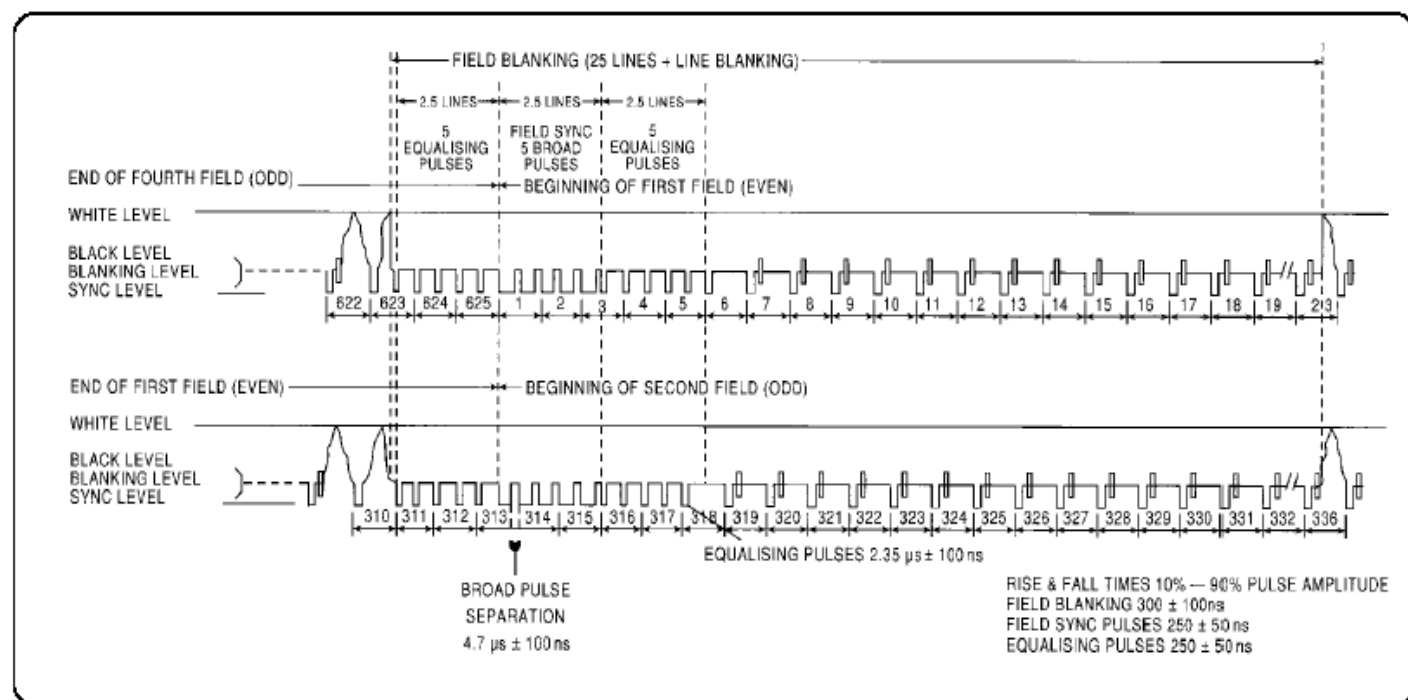


Figura 23. Intervallo di blanking verticale PAL.

FIELD BLANKING	=	BLANKING SEMIQUADRO
(25 LINES + LINE BLANKING)	=	(25 RIGHE + RIGA BLANKING)
2.5 LINES	=	2,5 RIGHE
END OF FOURTH FIELD (ODD)	=	FINE DEL QUARTO SEMIQUADRO (DISPARI)
BEGINNING OF FIRST FIELD (PARI)	=	INIZIO DEL PRIMO SEMIQUADRO (PARI)
WHITE LEVEL	=	LIVELLO BIANCO
BLACK LEVEL	=	LIVELLO NERO
BLANKING LEVEL	=	LIVELLO BLANKING
SYNC LEVEL	=	LIVELLO SINCRONIZZAZIONE
END OF FIRST FIELD (EVEN)	=	FINE DEL PRIMO SEMIQUADRO (PARI)
BEGINNING OF SECOND FIELD (ODD)	=	INIZIO DEL SECONDO SEMIQUADRO (DISPARI)
WHITE LEVEL	=	LIVELLO BIANCO
BLACK LEVEL	=	LIVELLO NERO
BLANKING LEVEL	=	LIVELLO BLANKING
SYNC LEVEL	=	LIVELLO SINCRONIZZAZIONE
BROAD PULSE SEPARATION	=	SEPARAZIONE IMPULSO LUNGO
EQUALISING PULSE	=	IMPULSO DI EQUALIZZAZIONE
RISE & FALL TIMES	=	TEMPI DI SALITA E DI DISCESA
PULSE AMPLITUDE	=	AMPIEZZA DELL'IMPULSO
FIELD BLANKING	=	BLANKING SEMIQUADRO
FIELD SYNC PULSES	=	IMPULSI SINCRONIZZAZIONE SEMIQUADRO
EQUALISING PULSES	=	IMPULSI EQUALIZZAZIONE

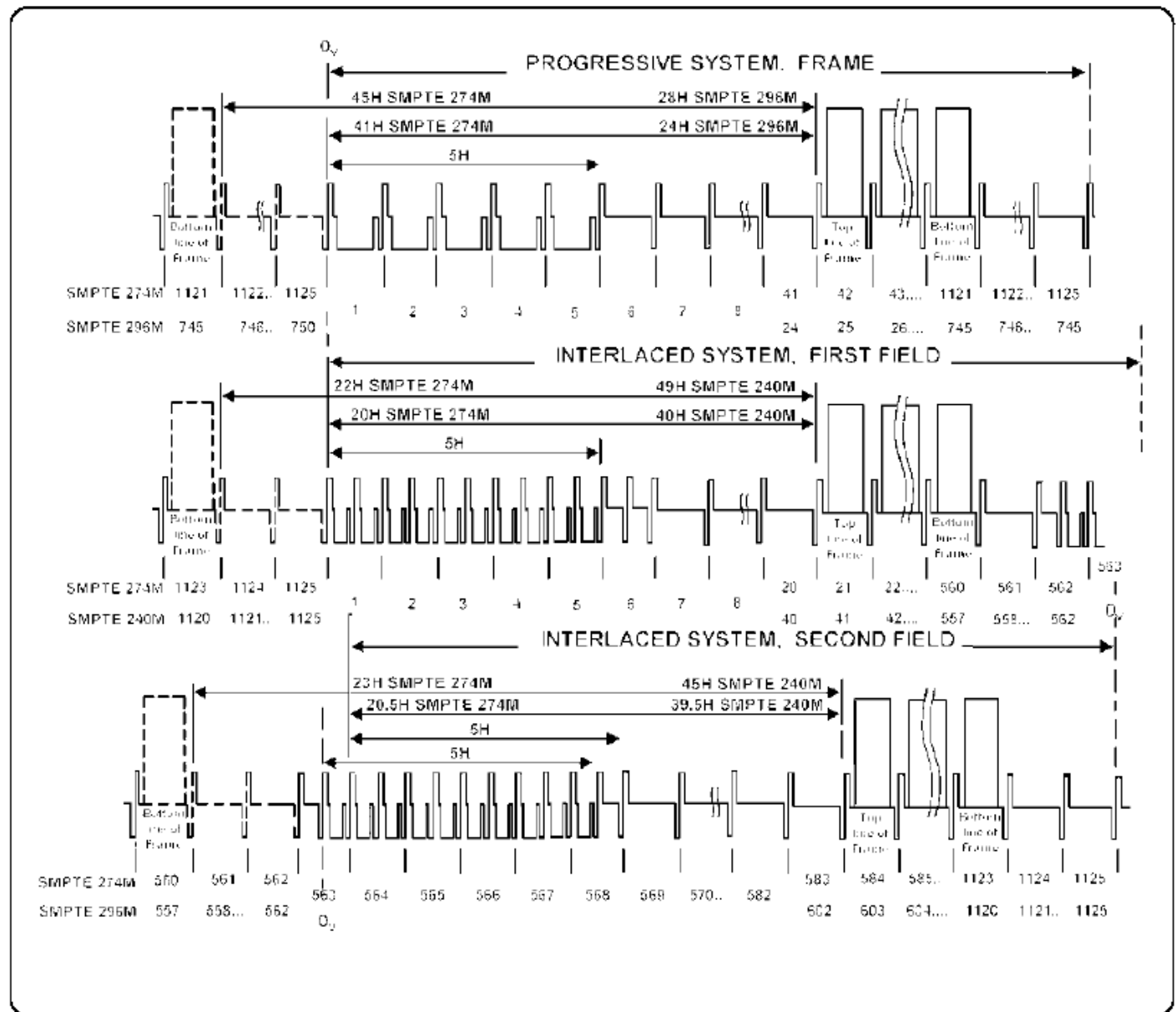


Figura 24. Intervallo di blanking verticale per l'alta definizione in analogico.

PROGRESSIVE SYSTEM, FRAME	=	SISTEMA PROGRESSIVO, QUADRO
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro
Top line of frame	=	Riga superiore del quadro
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro
INTERLACED SYSTEM, FIRST FIELD	=	SISTEMA INTERLACCIATO, PRIMO SEMIQUADRO
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro
Top line of frame	=	Riga superiore del quadro
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro
INTERLACED SYSTEM, SECOND FIELD	=	SISTEMA INTERLACCIATO, SECONDO SEMIQUADRO
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro
Top line of frame	=	Riga superiore del quadro
Bottom line of frame	=	Riga inferiore del quadro

Tabella 6. Parametri di temporizzazione analogici per l'alta definizione con relazioni digitali selezionate

	1125/60/2:1 (1125/59,94/2:1)	1250/50/2:1
Tipo di sincronizzazione	polare a tre livelli	polare a tre livelli
Riferimento temporizzazione orizzontale	al 50% del fronte di salita intersecando lo zero	al 50% del fronte di salita intersecando lo zero
Righe totali/Quadro	1125	1250
Righe video attive/Quadro	1035	1152
Frequenza del semiquadro	60 (59,94) Hz	50 Hz
Frequenza Riga	33,750 (33,71628372) kHz	31,250 kHz
Periodo Riga	29,62962963 (29,65925926) ms	26,00 ms
<i>Blanking</i> Riga	3,711 ms	6,00 ms
da Riferimento Temporizzazione a SAV	2,586 ms	3,56 ms
<i>Back Porch</i>	-	2,67 ms
da EAV a Riferimento Temporizzazione	1,185 ms	1,78 ms
<i>Front Porch</i>	-	0,89 ms
Larghezza Sincronizzazione Negativa	0,593 ms	0,89ms
Larghezza Sincronizzazione Positiva	0,593 ms	0,89 ms
Ampiezza Sincronizzazione	± 300 mV	± 300 mV
Sincronizzazione Salita/Discesa	0,054 ms	0,050 ms
Impulso Semiquadro	-	8,00 ms
Periodo Semiquadro	20 ms	16,6833 ms
<i>Blanking</i> Semiquadro	45 righe	98 righe
Ampiezza Segnale Video	700 mV	700 mV
Larghezza di Banda Nominale del Segnale	30 MHz R, G, B	30 MHz R, G, B

Parametri per i componenti video ad alta definizione analogici

Lo standard ANSI/SMPTE 240M definisce il segnale video ad alta definizione analogico nel formato 1125/60 (59,94)/2:1. Lo standard ITU-R BT.709 (Parte 1) riconosce sia il formato 1125/60 (59,94)/2:1 sia il formato 1250/50/2:1. Nella Tabella 6 compaiono i dati per l'analogico insieme con alcuni parametri di temporizzazione relativi alle loro controparti digitali.

Formati digitali per la scansione in studio

E' evidente che gli standard per la scansione video possono essere redatti per svariati formati. In pratica, gli standard riflettono ciò che possibile ottenere avendo per obiettivo la compatibilità all'interno dell'industria. Attualmente non esiste un formato per la scansione universale, ne' per la televisione a definizione standard, ne' per quella ad alta definizione però c'è la tendenza a costruire il ricevitore televisivo compatibile con tutti i sistemi di scansione che possono presumibilmente essere disponibili all'interno di una certa zona. Ciò costituisce un problema notevole per i professionisti che operano nella produzione video e che devono produrre programmi per un mercato universale.

Alcune velocità digitali si adattano bene alla conversione degli standard.

Lo standard ITU-R BT.709 Parte 2 definisce un *Common*

Image Format (CIF), ossia un "Formato Immagine Comune", a pixel quadrati, digitale, con valori dei parametri dell'immagine comuni, indipendenti dalle frequenze dell'immagine; le frequenze specificate sono 60; 59,94; 50; 30; 29,97; 25; 24 e 23,976 Hz, tutte con 1080 righe attive per immagine ciascuna con 1920 campionamenti e un rapporto fra larghezza e altezza dell'immagine di 16:9. Lo standard SMPTE RP 211 estende lo standard SMPTE 274M, la famiglia 1920x1080 dei sistemi con scansione a reticolo, implementando dei quadri segmentati per i formati 1920x1080 a 30; 29,97; 25; 24 e 23,976 Hz destinati alla produzione. Queste frequenze per il CIF sono quelle indicate nella Tabella 7 corrispondenti a 1920x1080 mentre le frequenze indicate per 1280x720 sono definite dallo standard ANSI/SMPTE 296M.

Le frequenze a 720x483 per la scansione progressiva sono

invece definite dallo standard SMPTE 293M. Si osservi che le frequenze del quadro e le frequenze di campionamento sono state arrotondate alla seconda e alla terza cifra decimale. Per i sistemi con valore non intero della frequenza di quadro, l'esatta frequenza di campionamento è ottenuta dividendo per 1,001 la frequenza di campionamento relativa alla frequenza di quadro intera più vicina.

Formati per la produzione di quadri segmentati

Parecchi formati, nelle tabelle per i formati delle scansioni, sono indicati come 1:1SF. L'indicazione "SF" significa formato a "Segmented Frames" ossia a "Quadri Segmentati" secondo la Norma SMPTE RP 211. In questi formati l'immagine è catturata come quadro con una sola scansione, come avviene per i formati a scansione progressiva, ma è trasmessa come avviene in un sistema interlacciato, con le righe pari

in un semiquadro e le dispari nel semiquadro successivo. L'assegnazione delle righe avviene come nel sistema interlacciato, ma l'immagine è catturata, per entrambi i semiquadri, in un solo passaggio eliminando la registrazione difettosa degli spazi che avviene con il movimento in un sistema interlacciato. Con ciò si hanno i vantaggi della scansione progressiva, ma si riduce la quantità di elaborazioni del segnale e si raddoppia la frequenza della presentazione (riducendo lo sfarfallio visivo da 24 a 30 Hz) nel domino analogico. I formati a quadro segmentato possono essere gestiti come i formati progressivi oppure possono essere facilmente convertiti in tali formati, come mostrato in Figura 25.

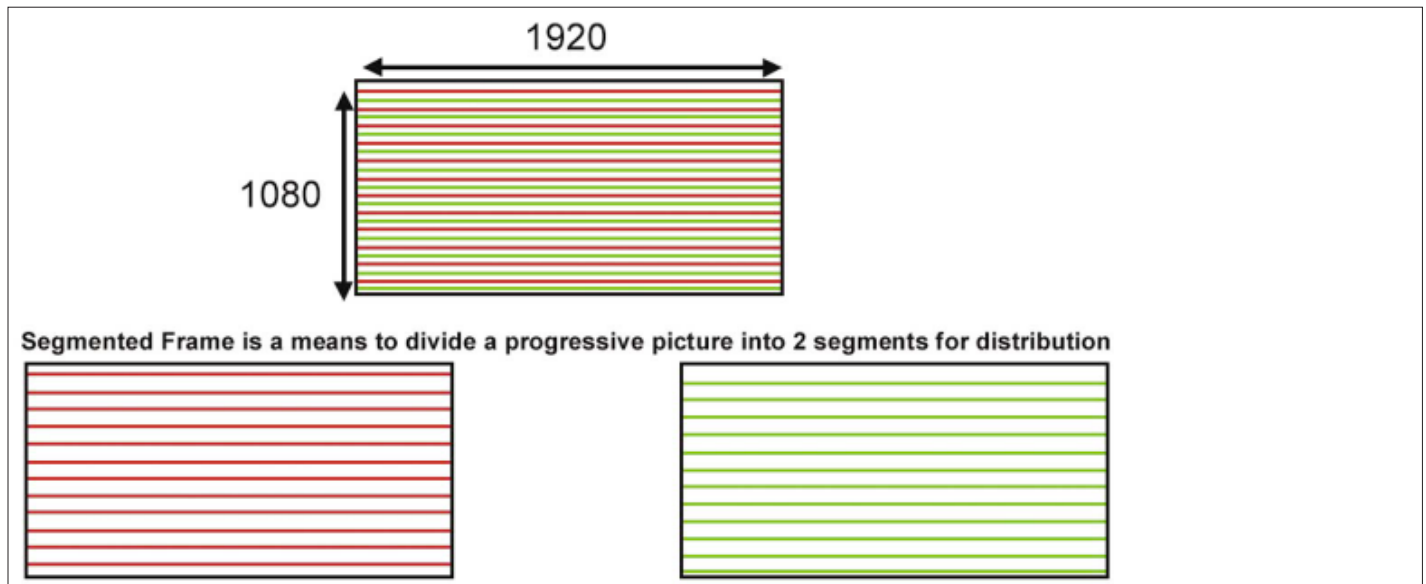


Figura 25. Conversione di un quadro progressivo in due segmenti.

Segmented frame is a means to divide a progressive picture into 2 segments for distribution

La segmentazione del quadro è un mezzo per dividere un'immagine progressiva in due segmenti, per la distribuzione

Tabella 7. Formati per la scansione per Video Digitali da Studio

Denominazione sistema	Campionamenti <i>luma</i> o R'G'B' per ciascuna riga attiva							
	Righe attive per ciascun quadro							
	Frequenza quadro(Hz)							
	Formato scansione							
					Frequenza campionamento <i>luma</i> o R'G'B'(MHz)			
					Campionamenti <i>luma</i> per riga totale			
					<i>Word</i> di rif.			
					per tempo sinc. analogico			
					Righe totali per quadro			
1920x1080/60/1:1	1920	1080	60,00	Progressiva	148,500	2200	2008	1125
1920x1080/59,94/1:1	1920	1080	59,94	Progressiva	148,352	2200	2008	1125
1920x1080/50/1:1	1920	1080	50,00	Progressiva	148,500	2640	2448	1125
1920x1080/60/2:1	1920	1080	30,00	Interlacciata 2:1	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/59.94/2:1	1920	1080	29,97	Interlacciata 2:1	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/50/2:1	1920	1080	25,00	Interlacciata 2:1	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/30/1:1	1920	1080	30,00	Progressiva	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/29,97/1:1	1920	1080	29,97	Progressiva	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1	1920	1080	25,00	Progressiva	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1	1920	1080	24,00	Progressiva	74,250	2750	2558	1125
1920x1080/23.98/1:1	1920	1080	23,98	Progressiva	74,176	2750	2558	1125
1920x1080/30/1:1SF	1920	1080	30	Progressiva SF	74,250	2200	2008	1125
1920x1080/29.97/1:1SF	1920	1080	29,97	Progressiva SF	74,176	2200	2008	1125
1920x1080/25/1:1SF	1920	1080	25	Progressiva SF	74,250	2640	2448	1125
1920x1080/24/1:1SF	1920	1080	24	Progressiva SF	74,250	2750	2558	1125
1920x1080/23,98/1:1SF	1920	1080	23,98	Progressiva SF	74,176	2750	2558	1125
1280x720/60/1:1	1280	720	60,00	Progressiva	74,250	1650	1390	750
1280x720/59,94/1:1	1280	720	59,94	Progressiva	74,176	1650	1390	750
1280x720/50/1:1	1280	720	50,00	Progressiva	74,250	1980	1720	750
1280x720/30/1:1	1280	720	30,00	Progressiva	74,250	3300	3040	750
1280x720/29,97/1:1	1280	720	29,97	Progressiva	74,176	3300	3040	750
1280x720/25/1:1	1280	720	25,00	Progressiva	74,250	3960	3700	750
1280x720/24/1:1	1280	720	24,00	Progressiva	74,250	4125	3865	750
1280x720/23,98/1:1	1280	720	23,98	Progressiva	74,176	4125	3865	750
625/50/2:1 (BT.601)	720	581	30,00	Interlacciata 2:1	13,500	864	732	625
525/59,94/2:1 (BT.601)	720	483	29,97	Interlacciata 2:1	13,500	858	736	525
720x483/59,94/1:1/4:2:2	720	483	59,94	Progressiva	2 x 13,500	858	736	525
720x483/59,94/1:1/4:2:0	720	483	59,94	Progressiva	18,000	858	736	525

Temporizzazione e sincronizzazione per studi digitali

Dall'analisi dei formati analogici è evidente che una grande quantità di tempo non speso per la visualizzazione è dedicata per il passaggio delle informazioni per la sincronizzazione e per l'attesa che il fascio elettronico del cinescopio effettui la traccia di ritorno. In un formato per il componente audio in uno studio, la sincronizzazione è data dalla configurazione di una breve *word* riservata, e il bilanciamento di questo tempo può essere utilizzato per l'audio multi-canale, per le somme di controllo d'errore e per altri dati ausiliari. Utilizzando un monitor per il controllo delle forme d'onda in modalità PASS, questi brevi pacchetti di temporizzazione digitali appaiono come brevi impulsi alla fine di ciascuna riga orizzontale della forma d'onda video decodificata (Figura 26, vedere anche Figura 11). Nella rappresentazione analogica comparirà uno sdoppiamento dell'immagine perché le *word* di dati intervengono alla frequenza di 27 Mb/s, ben oltre il passabanda del sistema a display analogico. Il WFM601M fornisce una visualizzazione, indicata con "DATA", del livello logico (figura 27) di queste *word* di dati, identificando, precisamente, ciascuna *word* e il suo valore.

E' importante tenere presenti le interessanti definizioni di temporizzazione quando si confrontano i segnali video analogico e digitale:

1. Una riga del video digitale parte con la prima *word* del pacchetto di dati EAV (End of Active Video), ossia 3FF, e termina con l'ultima *word* dei dati video della riga. La numerazione delle righe digitali si avvia con la prima del *blanking* verticale.

2. La numerazione dei campionamenti nelle righe video digitali parte (campionamento 0) con la prima *word* del video attivo che è la prima *word* che si trova dopo le quattro della sequenza SAV. In questo modo il numero della riga non cambia nel momento in cui avviene l'azzeramento del numero del campionamento.

3. A differenza della temporizzazione digitale, la riga analogica parte e finisce nel punto di riferimento della temporizzazione; il punto al 50% del fronte anteriore per la sincronizzazione a due livelli, oppure il punto di intersezione con lo zero in cui si ha il passaggio verso il valore positivo, per la sincronizzazione a tre livelli. Il riferimento analogico per la temporizzazione, poi, si trova dopo il riferimento per la temporizzazione digitale e prima del 1° campionamento della riga digitale, durante l'allocation del tempo per i dati ausiliari quando il segnale è digitalizzato. La *word* del campionamento digitale corrispondente al riferimento di temporizzazione analogico è specificata dallo standard di-

gitale.

La sincronizzazione video digitale è fornita dalle sequenze EAV e SAV che partono con un'unica configurazione a 3 *word*: 3FF_h (tutti i bit della *word* sono impostati a "1"), 000_h (tutti "0"), 000_h (tutti "0") seguiti da una quarta *word* "xyz" con il formato descritto nella Tabella 8.

La *word* "xyz" è una *word* a 10 bit avente i due bit meno significativi impostati a zero per "sopravvivere" a una transizione da/a un sistema a 8 bit. I bit della *word* "xyz" ha le seguenti funzioni:

Bit 9 - (bit fissato) sempre fissato a "1".

Bit 8 - (bit F) sempre "0" nei sistemi a scansione progressiva; "0" per il Semiquadro 1 e "1" per il Semiquadro 2 nei sistemi interlacciati.

Bit 7 - (bit V) "1" per l'intervallo di *blanking* verticale; "0" per le righe video attive.

Bit 6 - (bit H) "1" per la sequenza EAV; "0" per la sequenza SAV.

Bit 5, 4, 3, 2 - (bit di protezione) forniscono una limitata correzione d'errore dei dati nei bit F, V e H.

Bit 1, 0 - (bit fissati) impostati a "0" per ottenere lo stesso valore della *word* nei sistemi a 8 bit e a 10 bit.

La *word* "xyz" nella Figura 28 visualizza un valore binario 1001110100, che parte con il bit 9, il più significativo dei bit. In questo esempio, i bit 8, 7 e 6 indicano che la *word* xyz relativa al semiquadro 1 di un formato interlacciato, in una

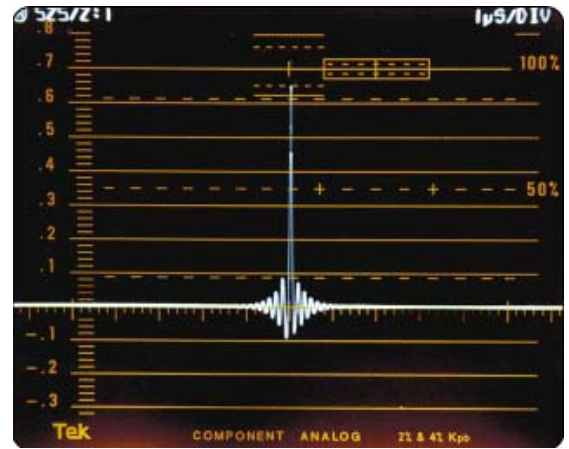


Figura 26. Pacchetto EAV a 270Mb/s per il riferimento di temporizzazione, visto come segnale analogico del canale luma.

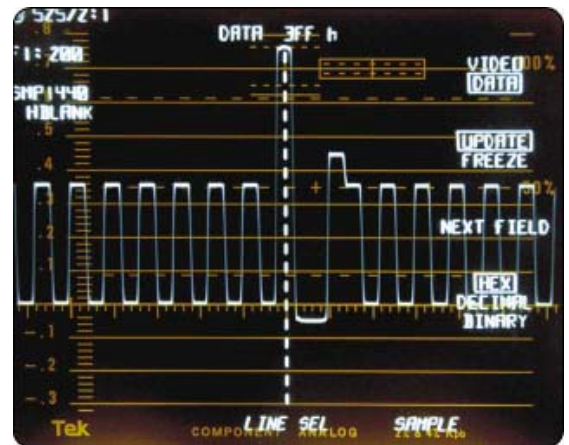


Figura 27. Pacchetto EAV a 270 Mb/s per il riferimento di temporizzazione, visto come dati multiplati.

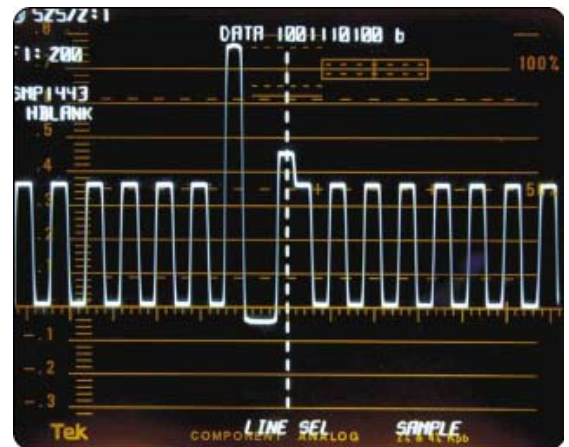


Figura 28. Visualizzazione binaria della *word* "xyz".

Tabella 9. Informazioni per la temporizzazione verticale del segnale digitale

Formato	F = 0	F = 1	V = 1	V = 0
1920X1080P	Sempre = 0	NA	Righe 1-41, 1122-1125	Righe 42-1121
1280x720P	Sempre = 0	NA	Righe 1-25, 746-750	Righe 26-745
1920x1080I	Righe 1-563	Righe 564-1125	Righe 1-20, 561-583, 1124-1125	Righe 41-557 603-1120
1035I	Righe 1-563	Righe 564-1125	Righe 1-40, 558-602, 1121-1125	Righe 41-557 603-1120
525/60	Righe 4-255	Righe 1-3, 256-525	Righe 1-19, 264-282	Righe 20-263 283-525
625/50	Righe 1-312	Righe 313-625	Righe 1-22, 311-335, 624-625	Righe 23-310 336-623

Tabella 8. Formato della *word* "xyz" per i pacchetti EAV e SAV.

Numero bit	9 (MSB)	8	7	6	5	4	3	2	1	0 (LSB)
Funzione	Fissata(1)	F	V	H	P3	P2	P1	P0	Fissata(0)	Fissata(0)

riga del video attivo e in una sequenza EAV. Se si cambiasse il monitor per il controllo della forma d'onda per visualizzare il semiquadro successivo, la nuova *word* "xyz" binaria sarebbe 1101101000, nella quale il bit 8 ha commutato alla cifra binaria "1".

Anche i bit di protezione 5,

4, 3 e 2 commuterebbero allo scopo di fornire una gestione limitata dell'errore della nuova *word* binaria.

Parecchi esempi di bit F e bit V che seguono questa impostazione della *word* xyz sono forniti nella Tabella 9 e nella Figura 29 è mostrato il layout dell'intervallo verticale ad alta definizione.

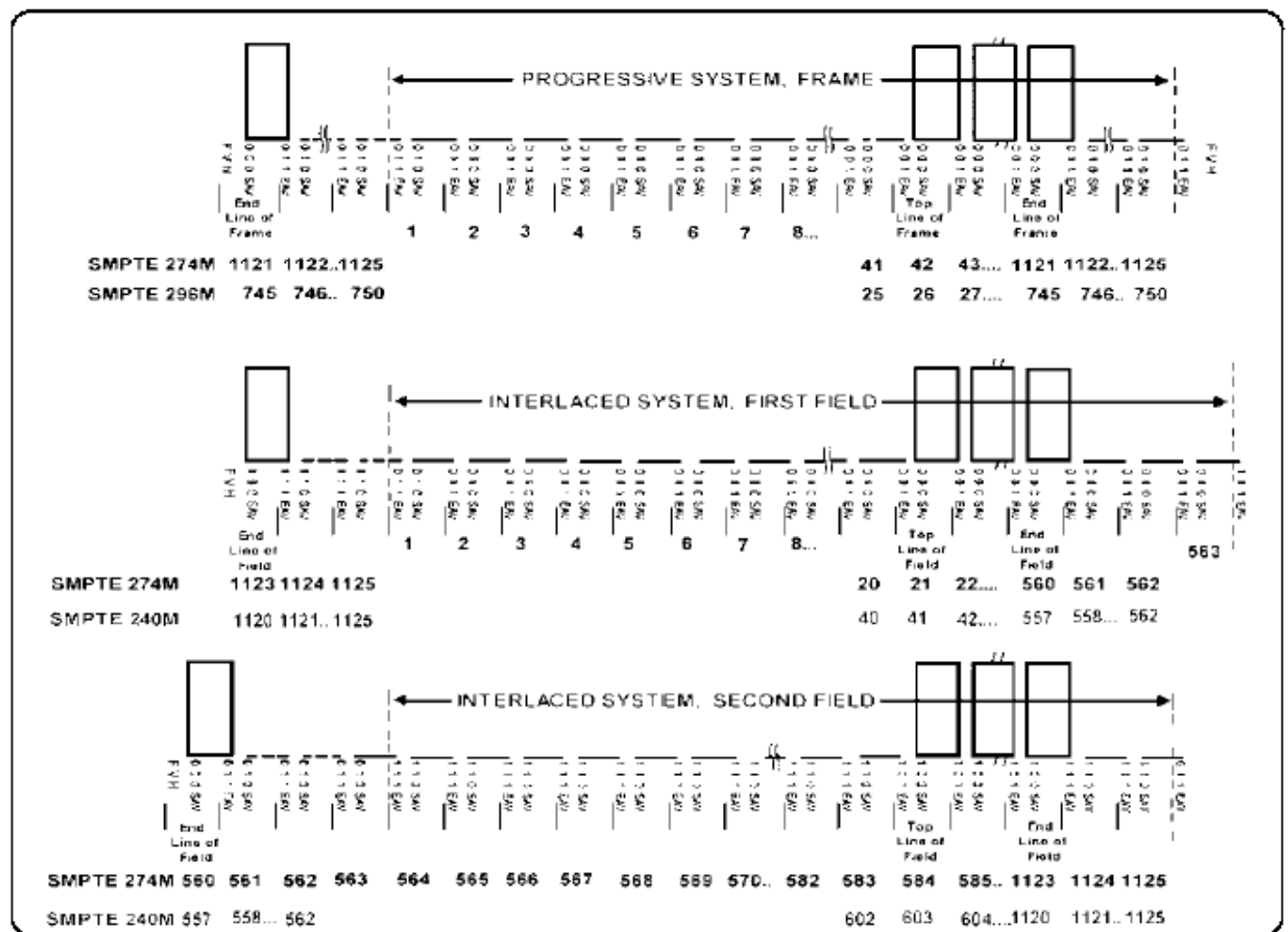


Figura 29. Temporizzazione verticale per l'alta definizione digitale.

PROGRESSIVE SYSTEM, FRAME	= SISTEMA PROGRESSIVO, QUADRO
End line of frame	= Fine riga del quadro
Top line fo frame	= Inizio riga del quadro
End line of frame	= Fine riga del quadro
INTERLACED SYSTEM, FIRST FIELD	= SISTEMA INTERLACCIATO, PRIMO SEMIQUADRO
End line of frame	= Fine riga del quadro
Top line fo frame	= Inizio riga del quadro
End line of frame	= Fine riga del quadro
INTERLACED SYSTEM, SECOND FIELD	= SISTEMA INTERLACCIATO, SECONDO SEMIQUADRO
End line of frame	= Fine riga del quadro
Top line fo frame	= Inizio riga del quadro
End line of frame	= Fine riga del quadro

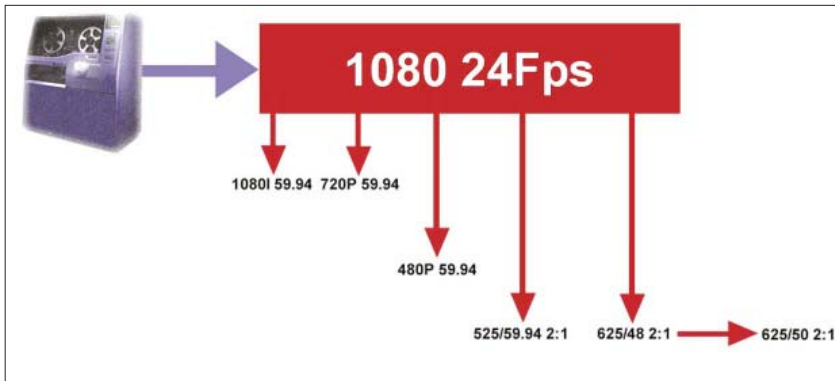


Figura 30. Processo di trasferimento telecine ad alta definizione.

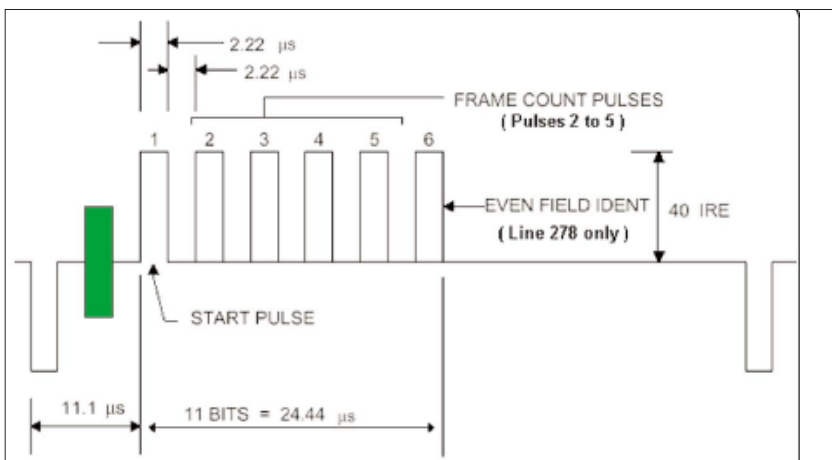


Figura 31. Riga di sincronizzazione per il riferimento di temporizzazione SMPTE 318M.

FRAME COUNT PULSES (Pulses 2 to 5)	=	IMPULSI CONTEGGIO QUADRO (Impulsi da 2 a 5)
EVEN FIELD IDENT (Line 278 only)	=	IDENTIFICAZIONE SEMIQUADRO PARI (Solo per la riga 278)
START PULSE	=	IMPULSO D'AVVIO

Tavola 10. Sequenza di temporizzazione a 10 semiquadri SMPTE 318M

Sequenza a 10 Semiquadri	Posizione Impulsi						Posizione riga	
	1	2	3	4	5	6		
0	1	0	0	0	0	0	Riga 15	Semiquadro1
1	1	0	0	0	0	1	Riga 278	Semiquadro2
2	1	1	0	0	0	0	Riga 15	Semiquadro1
3	1	1	0	0	0	1	Riga 278	Semiquadro2
4	1	1	1	0	0	0	Riga 15	Semiquadro1
5	1	1	1	0	0	1	Riga 278	Semiquadro2
6	1	1	1	1	0	0	Riga 15	Semiquadro1
7	1	1	1	1	0	1	Riga 278	Semiquadro2
8	1	1	1	1	1	0	Riga 15	Semiquadro1
9	1	1	1	1	1	1	Riga 278	Semiquadro2

Sincronizzazione telecine

Il passaggio al video ad alta definizione ha fornito parecchi utili formati per la masterizzazione e l'archiviazione del materiale per i programmi. Per esempio, il formato progressivo 1080 a 23,976 Hz fornisce un mezzo per il trasferimento diretto di fotogrammi a file digitali. Il colorista deve solo produrre un master durante il processo di trasferimento telecine. Questo master digitale può allora essere convertito in ogni altro formato richiesto dalla distribuzione.

Per sincronizzare questo sistema multiformato, il riferimento standard utilizzato è l'NTSC a sequenza unitaria per il nero con una frequenza per il semiquadro di 59,94 Hz. Per sincronizzarsi con le apparecchiature che funzionano a 23,976 Hz (24/1,001) o a 48 kHz, il segnale a sequenza unitaria per il nero può portare una sequenza a 10 semiquadri opzionale per l'identificazione del segnale, come specificato in SMPTE 318M. La riga per la sincronizzazione del riferimento di temporizzazione è mostrata nella Figura 31 ed è inserita sulla riga 15 e sulla riga 278 del segnale NTSC 525/59,94Hz.

Il primo impulso (1) è sempre presente all'inizio della sequenza d'identificazione a 10 semiquadri ed è seguito dagli impulsi da 2 a 5 per il conteggio del quadro, venendosi così a trovare fra questi ultimi e l'impulso 0. L'impulso di chiusura 6 è sempre assente sulla riga 5 ed è sempre presente sulla riga 278. Queste informazioni sono riassunte nella Tabella 10.

La piattaforma Sony/Tektronix TG700 per la generazione del segnale fornisce la possibilità di sincronizzare il segnale video a un altro, secondo SMPTE 318M con il modulo analogico AGL7 per la sincronizzazione fra segnali e fornisce i riferimenti d'uscita SMPTE 318M con il generatore di sequenza unitaria del nero BG7 con l'opzione della barra colore CB.

Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione

Continua la versione italiana di un manuale della Tektronix dal titolo originale "Guide to Standard and High-Definition Digital Video Measurements", una guida molto interessante e completa sul video (e l'audio) in ambiente digitale con particolare attenzione agli aspetti relativi al trattamento ed alla 'misurazione' del segnale. I ringraziamenti vanno a Tektronix ed in particolare a Paul Dubery, Jole Perlangeli e Franco Chiusa. A piè pagina il sommario completo della serie di articoli.

dicato con "Data ID". Il segnale audio è campionato a una frequenza di clock sincrona del video pari a 48 kHz oppure, opzionalmente, a una frequenza sincrona o asincrona compresa fra 32 kHz e 48 kHz.

I dati ausiliari sono formattati in pacchetti prima di essere multiplati nel flusso di dati per il segnale video, come mostrato nella Figura 32. Ciascun blocco di dati può contenere sino a 255 word di dati utente purché sia disponibile uno spazio totale per i dati sufficiente per includere le sette word (per segnale video a componenti) d'intestazione. Per il digitale composto, solo gli impulsi larghi per la sincronizzazione verticale hanno sufficiente spazio a disposizione per tutte le 255 word. I pacchetti di dati multipli possono essere collocati nei singoli spazi per i dati. All'inizio di ciascun

pacchetto di dati è presente un'intestazione che utilizza valori di word che non sono utilizzati per i dati video digitali e riservati per la sincronizzazione. Per i componenti video, si usa un'intestazione a tre word 000_h, 3FF_h, 3FF_h. Ciascun tipo di pacchetto di dati è identificato con una diversa word di dati identificativi (Data ID). Parecchie differenti word "Data ID" sono definite per organizzare i vari pacchetti di dati utilizzati per l'audio incluso. Il DBN (Data Block Number), ossia il Numero del Blocco di Dati, è un contatore opzionale che può essere utilizzato per ordinare sequenzialmente i pacchetti di dati ausiliari consentendo al ricevitore di determinare se dei dati sono andati persi. Per esempio, nel caso di audio incluso, un'interruzione della sequenza del DBN può essere utilizzata per individuare l'avvenuta commutazione di un intervallo verticale, consentendo quindi al ricevitore di elaborare i dati audio per ri-

Standard ANSI/SMPTE 299M, "24-bit Digital Audio Format for HDTV Bit-Serial Interface" per i formati ANSI/SMPTE 292M.

Da 2 a 16 canali audio AES/EBU sono trasmessi a coppie e combinati in maniera opportuna in gruppi di quattro canali. Ciascun gruppo è identificato per mezzo di un unico dato ausiliario in-

Nella figura 32	
Data header	= Intestazione dei dati
1 word composite, 3FC	= 1 word composto, 3FC
3 words component, 000 3FF 3FF	= 3 word componenti, 000 3FF 3FF
Data ID (1 word)	= Data ID (1 word)
Data Block Number (1 word)	= Numero Blocco di Dati (DBN)
Data Count (1 word)	= Data Count (1 word)
User data	= Dati utente
255 words maximum	= massimo 255 word
Check Sum (1 word)	= Somma di Controllo (1 word)

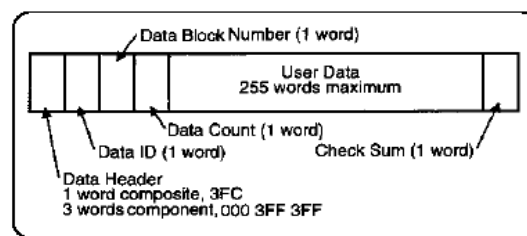


Figura 32. Formattazione dei dati ausiliari

muovere i probabili disturbi del transitorio audio.

Appena prima dei dati si trova la word "Data Count" di conteggio dei dati che indica la quantità di dati presenti nel pacchetto. Infine, al termine dei dati è presente la somma di controllo utilizzata per individuare gli eventuali errori presenti nei dati del pacchetto stesso.

Audio digitale

Uno dei vantaggi dell'interfaccia digitale consiste nella possibilità di includere (multiplexare) parecchi canali audio digitali nel segnale video digitale. Ciò è particolarmente utile nei grandi sistemi dove l'instradamento separato dell'audio digitale diventa un fattore di costo e la garanzia che l'audio sia associato al relativo video rappresenta un vantaggio. Nei si-

stemi più piccoli, per esempio dove ci si occupa di post-produzione, in generale, è più conveniente mantenere l'audio separato eliminando, in tal modo, la necessità di utilizzare numerosi moduli moltiplicatori e demoltiplicatori. La gestione del segnale audio digitale è definita dallo Standard ANSI/SMPTE 272M "Formatting AES/EBU Audio e Auxiliary Data into Digital Video Ancillary Data Space" per i formati ANSI/SMPTE 259M 525/60 e 625/50 e dallo

Sommario della "Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione"

Indice	I principi del video in definizione standard alla base anche del video ad alta definizione	Audio digitale Audio embedded nel video digitale component Estensione dell'audio embedded La gestione dell'audio AES/EBU	Metodo Tektronix Lightning Metodo Bowtie	Appendice A - Colore e colorimetria Bianco Componenti rosso, verde e blu Colori legali e validi Tavole di conversione
Introduzione La televisione tradizionale	Temporizzazioni e sincronizzazione Temporizzazioni del video analogico Temporizzazione orizzontale Temporizzazione verticale Parametri del video analogico component ad alta definizione	Misurazioni Video Strumenti di misurazione e monitoraggio Monitoraggio dei segnali analogici e digitali Valutazione della degradazione del segnale video Ampiezza del video Ampiezza del segnale Risposta in frequenza Ritardo di gruppo Effetti non lineari Guadagno differenziale Fase differenziale Temporizzazioni fra sorgenti video Temporizzazione interchannel del segnale component Metodo forma d'onda	Gestione di un sistema televisivo digitale Forme d'onda RGB e a differenza di colore Bilanciamento del guadagno component Visualizzazione vettoriale Visualizzazione Lightning Visualizzazione Diamond Visualizzazione Arrow-Head	Appendice B - Relazioni fra le frequenze televisive Appendice C - Parametri dei segnali video composto analogici a definizione standard Appendice D - Norme e standard di riferimento per la televisione Appendice E - Bibliografia Appendice F - Glossario
La "Nuova" Televisione Digitale I numeri del mondo analogico Il video digitale component	Formati di registrazione digitali Formati di produzione a frame segmentati		Test per sistemi digitali Test di sollecitazione Test di lunghezza cavo Check Field SDI Test d'errore CRC Test Jitter Test eye-pattern	Ringraziamenti Notizie biografiche Avvertenze
Il passaggio dall'analogico al digitale Segnale a componenti RGB Correzione del gamma Correzione del gamma: oltre la correzione per la risposta del CRT Conversione del segnale R'G'B' in luma e differenza colore	Temporizzazione e sincronizzazione dei segnali digitali Sincronizzazione telecine		Conclusioni	
L'interfaccia video digitale Campionamento 601 Interfaccia digitale parallela Interfaccia digitale seriale (SDI)				

Audio incluso nei componenti video digitali

L'audio incluso e le opzioni disponibili sono definiti in ANSI/SMPTE 272M per la definizione standard e in ANSI/SMPTE 299M per i formati digitali professionali ad alta definizione.

Far riferimento alla versione più recente di tale documentazione. Nella Figura 33 si mostra una configurazione base di audio incluso con due coppie di canali AES come sorgente.

Il pacchetto dei dati audio contiene uno o più campionamenti audio provenienti da un massimo di quattro canali audio. 23 bit (20 bit audio più i bit C, U e V) provenienti da ciascun sottoquadro AES sono mappati in tre word video (X, X+1, X+2) a 10 bit come mostrato nella Tabella 11.

Il bit 9 è sempre l'inverso del bit 8 (cioè: "not b8") per assicurare che nessuno dei valori di *word* esclusi (da 3FF_h a 3FC_h o da 003_h a 000_h) sia utilizzato. Il bit Z è impostato a "1" che corrisponde al primo quadro del blocco AES a 192 quadri. I canali dell'audio incluso sono essenzialmente indipendenti (sebbene essi siano sempre trasmessi a coppie) quindi il bit Z è impostato a "1" in ciascun canale anche se derivato dalla stessa sorgente. C, U e V sono mappati a partire dal segnale AES; il bit di parità, tuttavia, non è il bit di parità di AES. Il bit 8 nella *word* X + 2 è un bit di parità pari per i bit 0-8 in tutte e tre le *word*. Esistono parecchie restrizioni che riguardano la distribuzione dei pacchetti di dati audio nonostante esista nello standard una clausola detta "clausola di anteriorità" che riguarda le apparecchiature di vecchia generazione che non possono osservare tutte le restrizioni. I pacchetti di dati audio non sono trasmessi nello spazio per i dati ausiliari orizzontale che segue la commutazione dell'intervallo verticale normale come definita in RP 168. Inoltre tali dati non sono trasmessi neppure nello spazio dei dati ausiliari designati per le *checkword* di

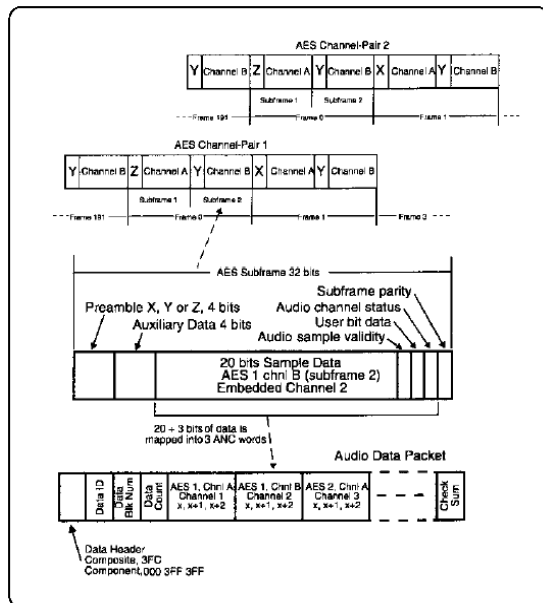


Figura 33. Audio di base incluso

Nella figura 33

AES Channel - Pair 2	=	Canale AES - Coppia 2
Channel B	=	Canale B
Channel A	=	Canale A
Channel B	=	Canale B
Channel A	=	Canale A
Channel B	=	Canale B
Subframe 1	=	Sottoquadro 1
Subframe 2	=	Sottoquadro 2
Frame 191	=	Quadro 191
Frame 0	=	Quadro 0
Frame 1	=	Quadro 1
AES Channel - Pair 1	=	Canale AES - Coppia 1
Channel B	=	Canale B
Channel A	=	Canale A
Channel B	=	Canale B
Channel A	=	Canale A
Channel B	=	Canale B
Subframe 1	=	Sottoquadro 1
Subframe 2	=	Sottoquadro 2
Frame 191	=	Quadro 191
Frame 0	=	Quadro 0
Frame 1	=	Quadro 1
Frame 3	=	Quadro 3
AES Subframe 32 bits	=	Sottoquadro AES a 32 bit
Preamble X, Y, o Z, 4 bits	=	Preambolo X, Y o Z, a bit
Subframe parity	=	Parità sottoquadro
Audio channel status	=	Stato del canale audio
User bit data	=	Dati bit utilizzatore
Audio sample validity	=	Validità campionamento audio
20 bits sample data	=	Dati campionamento a 20 bit
AES 1 chnl B (subframe 2)	=	AES 1 canale B (sottoquadro 2)
20+3 bits of data is mapped into 3 ANC words	=	
20+3 bit di dati sono mappati nelle 3 word ANC	=	
Audio data packet	=	Pacchetto dati audio
Data ID	=	Data ID
Data Blk Num	=	DBN
Data count	=	Data Count
AES 1, Chnl A	=	AES 1, Canale A
Channel 1	=	Canale 1
Channel 2	=	Canale 2
Channel 3	=	Canale 3
Check sum	=	Somma di Controllo
Data header	=	Intestazione dati
Composite, 3FC	=	Composto, 3FC
Component, 000 3FF 3FF	=	Componente, 000 3FF 3FF

rilevazione d'errore definite in RP 165. Prendendo in considerazione queste restrizioni, i dati dovrebbero essere distribuiti nel modo più uniforme possibile nel semiquadro video. Ciò è importante per minimizzare

le dimensioni del buffer del ricevitore per la trasmissione audio a 24 bit nei sistemi digitali composti e si hanno come risultato tre o quattro campionamenti in ciascun pacchetto di dati audio.

AUDIO DATA PACKET =

Tabella 11. Distribuzione dei bit per l'audio incluso

Bit	X	X + 1	X + 2
b9	not b8	not b8	not b8
b8	aud 5	aud 14	Parità
b7	aud 4	aud 13	C
b6	aud 3	aud 12	U
b5	aud 2	aud 11	V
b4	aud 1	aud 10	aud 19 (MSB)
b3	aud 0	aud 9	aud 18
b2	ch bit-1	aud 8	aud 17
b1	ch bit-2	aud 7	aud 16
b0	Z-bit	aud 6	aud 15

Audio incluso esteso

L'audio incluso completo è definito negli standard citati e sono incluse le possibilità di:

- * Trasportare i 4 bit ausiliari AES (che possono essere utilizzati per estendere i campionamenti audio a 24 bit);

- * Operare con clock non sincrono.

- * Campionare a più di 48 kHz.

- * Fornire informazioni sul ritardo dell'audio rispetto al video per ciascun canale.

- * Documentare i "Data ID" per avere sino a 16 canali audio nei sistemi digitali a componenti.

- * Contare i "quadri audio" nei sistemi a 525 righe.

Per poter avere queste caratteristiche, sono definiti due pacchetti di dati aggiuntivi. I Pacchetti di Dati Estesi trasportano 4 bit ausiliari AES

formattati in modo tale che una *word* video contenga i dati ausiliari per due campionamenti audio (Figura 34).

I pacchetti di dati estesi devono essere locati negli stessi spazi dei dati ausiliari come i pacchetti di dati audio associati e devono seguire tali pacchetti.

Il Pacchetto di Controllo dell'Audio (mostrato in Figura 35) è trasmesso, una volta per ciascun semiquadro, nel secondo spazio per i dati ausiliari orizzontale dopo il punto di commutazione dell'intervallo verticale. Contiene informazioni riguardanti il numero del quadro audio, la frequenza di campionamento, i canali attivi, e i relativi ritardi dell'audio rispetto al video di ciascun canale.

La trasmissione dei pacchetti di controllo dell'audio è opzionale per il funzionamento sincrono a 48 kHz ed

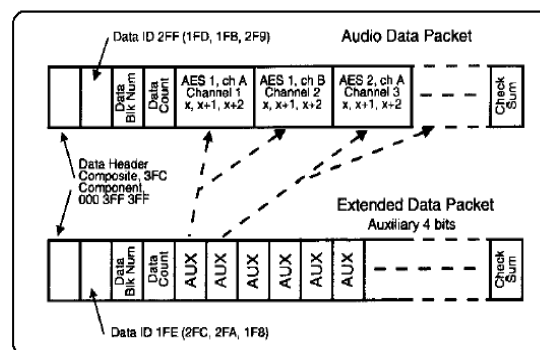


Figura 34. Audio incluso esteso.

Nella figura 34

PACCHETTO DATI AUDIO	=	Intestazione dati
Data header	=	Composto, 3FC
Composite, 3FC	=	Componente, 000 3FF 3FF
Component, 000 3FF 3FF	=	DBN
Data Blk Num	=	Data Count
Data Count	=	AES 1, canale A
AES 1, ch A	=	Canale 1
Channel 1	=	AES 1, canale B
AES 1, ch B	=	Canale 2
Channel 2	=	AES 2, canale A
AES 2, ch A	=	Canale 3
Channel 3	=	Somma di Controllo
Check Sum	=	
EXTENDED DATA PACKET	=	PACCHETTO DATI ESTESO
Data Blk Num	=	DBN
Data Count	=	Data Count
Check Sum	=	Somma di Controllo
Data ID	=	Data ID

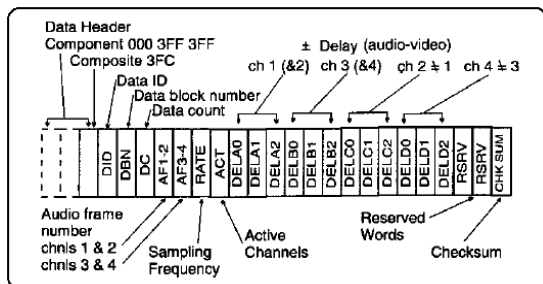


Figura 35. Formattazione del pacchetto di controllo dell'audio.

Nella figura 35

Data Header	=	Intestazione Dati
Component 000 3FF 3FF	=	Componente, 000 3FF 3FF
Composite 3FC	=	Composto, 3FC
Data ID	=	Data ID
Data Block Number	=	Numero Blocco Dati
Data count	=	Data Count
ch 1	=	canale 1
ch 3	=	canale 3
ch 2	=	canale 2
ch 4	=	canale 4
Audio frame number	=	Numero quadro audio
chnls 1 & 2	=	canali 1 & 2
chnls 3 & 4	=	canali 3 & 4
Sampling Frequency	=	Frequenza di campionamento
Active Channels	=	Canali attivi
Reserved Words	=	Word riservate
Checksum	=	Somma di Controllo

è richiesta, invece, per tutti gli altri modi di operare (poiché contiene le informazioni relative alla modalità in uso).

525 righe e 29,97 quadri/secondo sono i numeri relativi ai quadri audio. Ci sono esattamente 8008 campionamenti audio in cinque quadri quindi ciò significa che in ogni quadro non c'è un numero intero di campionamenti. Una sequenza di quadri audio è il numero di quadri per un intero numero di campionamenti (in questo caso 5) e il numero dei quadri audio indica dove si trova un particolare quadro all'interno della sequenza.

Ciò è importante quando si ha la commutazione fra sorgenti perché certe apparecchiature, in particolare i registratori video digitali, richiedono una gestione sincrona compatibile per evitare *overflow* o *underflow* del buffer. Dove è prevista una frequente commutazione, le apparecchiature di ricezione possono essere progettate per aggiungere o togliere un campionamento seguente una commutazione in quattro dei cinque casi in cui la sequenza è interrotta. La sfida in questi sistemi è individuare l'avvenuta commutazione e ciò può essere facilitato utilizzando il numero del blocco di dati DDB nella struttura del formato dei dati ausiliari e includendo un contatore di quadri opzionale con i bit non utilizzati nella *word* del

numero del quadro audio del pacchetto di controllo audio.

L'informazione sul ritardo audio contenuta nel pacchetto di controllo per l'audio utilizza per default la modalità a coppia di canali: il ritardo A (DELA0-2) è per entrambi i canali 1 e 2, a meno che il ritardo per il canale 2 non sia uguale al canale 1. In quel caso, il ritardo per il canale 2 si trova nel ritardo C. La frequenza di campionamento deve essere la stessa per ciascun canale in una coppia, quindi i dati in "ACT" forniscono solo 2 valori, uno per i canali 1 e 2, l'altro per i canali 3 e 4.

Per fornire fino a 16 canali audio nei sistemi digitali a componenti, l'audio incluso è diviso in gruppi audio che corrispondono alla gestione base a 4 canali. A ciascuno dei 3 tipi di pacchetti di dati sono assegnati 4 "Data ID", come mostrato nella Tabella 12.

Nel segnale video digitale componente, il buffer del ricevitore in un demultiplicatore audio non costituisce un problema critico per la presenza di molto spazio disponibile

per i dati ausiliari e di poche righe a esclusione dei dati ausiliari audio. Il caso è considerevolmente diverso per il video digitale composto a causa dell'esclusione dei dati negli impulsi di equalizzazione e, ancora più importante, della distribuzione del pacchetto di dati richiesta per l'audio esteso. Per questa ragione lo standard richiede un buffer del ricevitore adatto a supportare 64 campionamenti/canale e include inoltre la "clausola di anteriorità" per 48 campionamenti/canale allo scopo di segnalare ai progettisti le limitazioni presenti nelle apparecchiature di vecchia generazione.

Sistemizzazione dell'audio AES/EBU

L'audio e il video digitali seriali stanno divenendo una presenza comune sia negli impianti per la produzione e la post-produzione, sia nelle stazioni televisive. In molti casi il video e l'audio sono sorgenti abbinate e può essere conveniente mantenerli insieme e trattarli come un unico flusso di dati. Tutto ciò ha, per esempio, il vantaggio di essere in grado di tenere i segnali nel dominio digitale e commutarli insieme con un *routing switcher* per video digitale seriale. Nei casi in cui è conveniente scollegare alcune sorgenti audio, l'audio digitale può essere demultiplicato e commutato separatamente per mezzo di un *routing switcher* per audio digitale AES/EBU.

Alla fine della ricezione, dopo che l'audio multiplo è passato attraverso un *routing switcher* digitale seriale, può essere necessario estrarre l'audio dal video in modo che possano essere eseguiti l'*editing*, lo *sweetening* dell'audio o altre elaborazioni. Ciò richiede un demultiplicatore che tolga l'audio dal video digitale. All'uscita di un demultiplicatore tipico si trovano un connettore BNC per il segnale video digitale seriale e i connettori per i segnali audio digitali AES/EBU a 2 coppie stereo.

Tabella 12. Data ID per funzionamento sino a 16 canali

	Canali Audio	Pacchetto Dati Audio	Pacchetto Dati Esteso	Pacchetto Controllo Audio
Gruppo 1	1-4	1FF	1FE	1EF
Gruppo 2	5-8	1FD	2FC	2EE
Gruppo 3	9-12	1FB	2FA	2ED
Gruppo 4	13-16	2F9	1F8	1EC

Misurazioni video

Strumenti di misurazione e monitoraggio

La televisione digitale è fondamentalmente basata su un flusso di numeri e ciò può portare a qualche preoccupazione immotivata. Ogni cosa appare succedere molto velocemente e ci occorre un aiuto per classificare ogni cosa. Fortunatamente il segnale video, e in modo particolare le informazioni ausiliarie di supporto del video, è abbastanza ripetitivo, così tutto ciò che serve è un hardware che possa convertire questi dati numerici ad alta velocità in qualcosa che si possa studiare e comprendere. Ci si chiede allora: perché non effettuare una conversione in qualcosa di "familiare" come il segnale video analogico?

Il video digitale, sia a definizione standard, sia nei più recenti formati ad alta

definizione, è molto simile al suo antenato analogico. Molte cose sono migliorate col tempo, ma ancora si realizzano i video con le telecamere, con le pellicole e, oggi, con i computer. La differenza di base per il video digitale è l'elaborazione che avviene inizialmente nella catena che converte il video analogico in dati numerici e vi collega i dati ausiliari per descrivere come usare i dati video. Per le telecamere per la presa diretta e il telecine, i valori analogici della luce sono messi a fuoco su sensori, i quali generano una risposta analogica che è convertita a un certo punto, lungo la linea, in dati numerici. Qualche volta è possibile avere questo segnale analogico da monitorarsi con un monitor per il controllo della forma d'onda analogica, ma più spesso il segnale video esce dalle apparecchiature sotto forma



Figura 36. Monitor della serie WFM601 per il controllo della forma d'onda del video digitale a definizione standard.



Figura 37. Monitor della serie WFM700 per il controllo della forma d'onda digitale, a definizione standard e ad alta definizione.



Figura 38. Piattaforma TG700 Sony/Tektronix per la generazione del segnale.

di dati. Nel caso di video generati al computer, il segnale era, probabilmente, già sotto forma di dati dall'inizio. I dati viaggiano dalle apparecchiature sorgente verso la destinazione attraverso uno strato di trasporto. Questo è il meccanismo di trasporto analogico, spesso costituito da un cavo, o da un percorso a fibre ottiche, che porta i dati verso una destinazione. È possibile monitorare questi dati direttamente con un oscilloscopio ad ampia larghezza di banda oppure è possibile estrarre e monitorare le informazioni dei dati come segnale video.

Operativamente, siamo interessati a monitorare il segnale video. Per questa ragione occorre un monitor per il controllo della forma d'onda di alta qualità, dotato di un ricevitore per i dati conformi agli standard, che consenta di vedere il segnale video nel familiare formato analogico. Tektronix fornisce parecchi monitor per il controllo delle forme d'onda, a ingresso digitale, compresi quelli appartenenti alla serie WFM601 (Figura 36) per segnali video digitali componenti e alla nuova serie WFM700 (Figura 37) che è configurabile per qualsiasi formato dei componenti digitali oggi comunemente utilizzati.

Tecnicamente, si vuol sapere se la telecamera o il telecine sta creando dati video corretti e se i dati ausiliari sono accurati; si vogliono inoltre valutare le caratteristiche analogiche dello strato di trasporto. Gli oscillatori Tektronix appartenenti alla serie VM700T con opzione digitale, alla serie WFM601 e alla serie WFM700M consentono una approfondita analisi dei dati e una visione diretta della forma "a occhio" dello strato di trasporto a definizione standard. I monitor della nuova serie WFM700 ad alta definizione sono dotati di

strumenti sia per il trasporto, sia per la valutazione tecnica dello strato dei dati.

Un generatore di segnali di prova serve a due scopi. Il generatore fornisce un segnale video di riferimento ideale per la valutazione dell'elaborazione del segnale e del percorso della trasmissione e fornisce un esempio delle prestazioni che ci si può aspettare dagli odierni componenti del sistema ad alta qualità. Alcuni apparecchi generatori, per esempio la piattaforma Sony/Tektronix TG700 per la generazione del segnale mostrata in Figura 38, forniscono opzioni per i segnali digitali o analogici, sia nei formati a definizione standard, sia ad alta definizione.

Questi strumenti consentono all'operatore di generare un segnale video che sia completamente compatibile con il sistema di trasmissione, i dispositivi di elaborazione video e, infine, con il display dello spettatore finale. Inoltre, cosa forse più importante, questi strumenti forniscono un aiuto per comprendere il funzionamento del sistema video stesso allo scopo di aumentare la fiducia nella tecnica e la consapevolezza di poter lavorare meglio.

Monitoraggio dei segnali analogici e digitali

È diffusa la tendenza di pensare a ogni segnale video come a una tradizionale forma d'onda tempo/ampiezza. Questo concetto è valido sia per il digitale, sia per l'analogico. Per il video analogico l'oscilloscopio, oppure il monitor per il controllo della forma d'onda, visualizza una traccia della tensione del segnale al trascorrere del tempo. Il monitor per il controllo della forma d'onda è sincronizzato per mostrare la caratteristica desiderata del segna-

le quando si trova nella stessa posizione orizzontale sul display del monitor, ogni volta che appare, orizzontalmente sulla riga o verticalmente nel semiquadro. Un monitor digitale per il controllo della forma d'onda mostra le informazioni video estratte dal segnale in ingresso nello stesso modo di un monitor analogico per il controllo della forma d'onda. È possibile vedere le stesse informazioni nello stesso modo a partire dai segnali analogici o digitali. Per i segnali analogici, è possibile vedere direttamente il segnale, per i segnali digitali si vede il segnale descritto dai dati.

Operativamente si utilizza il monitor per effettuare le stesse valutazioni video.

Misurazioni aggiuntive possono essere effettuate specificatamente per il sistema monitorato.

È possibile demodulare le informazioni per il colore PAL o NTSC per la visualizzazione su un *vectorscope* analogico; è possibile confrontare una visualizzazione X rispetto a Y dei canali a sottrazione di colore per il segnale componente digitale, allo scopo di simulare un display vettoriale analogico senza creare o demodulare una sottoportante per il colore. È possibile osservare il contenuto dei dati di un segnale digitale direttamente con un display numerico o a livelli logici. Inoltre, è possibile osservare la gamma del segnale analogico o digitale. Si parlerà della gamma in maniera ampia nell'Appendice A – Gamma, legale, valido.

Valutazione della degradazione del segnale video

Alcune delle degradazioni del segnale video, delle quali ci si è occupati relativamente al sistema PAL o al sistema analogico NTSC, rivestono minore importanza per il segnale video componente a definizione standard.

La degradazione torna a essere importante quando si tratta di video ad alta definizione e se si considerano i reali effetti analogici. Si è cercato di ottenere l'integrità del segnale nell'analogico, per evitare la degradazione della qualità video a colori, tuttavia nell'alta definizione è possibile iniziare a vedere il difetto stesso.

Ampiezza video

Il concetto di guadagno unitario per un sistema ha avuto un ruolo fondamentale sin dagli inizi del sistema televisivo. La standardizzazione dell'ampiezza video consente la progettazione di ciascun elemento del sistema in modo da ottimizzare la prestazione segnale/rumore e scambiare liberamente segnali e loro percorsi. Per la misurazione dell'ampiezza del video, si utilizza un particolare tipo di oscilloscopio: il monitor per il controllo della forma d'onda. Quando si impostano le ampiezze del segnale video analogico, non è sufficiente regolare semplicemente il livello di uscita dell'apparecchiatura che si trova alla fine del percorso seguito dal segnale. Ogni apparecchiatura dovrebbe essere regolata per trasferire in maniera opportuna il segnale dall'ingresso verso l'uscita.

Nei formati digitali, l'intervento sull'ampiezza del segnale video assume un'importanza anche maggiore. Infatti, un'adeguata ampiezza del segnale video analogico, nel sistema, assicura l'uso di un numero ottimo di livelli di quantizzazione nel processo di digitalizzazione per riprodurre un'immagine in maniera soddisfacente. Limitare le escursioni dell'ampiezza minima e massima entro dei limiti, assicura che l'ampiezza della tensione non uscirà dall'intervallo del digitalizzatore. L'ampiezza del segnale video deve essere controllata nei limiti di gamma legali per la trasmissione e validi per la conversione verso altri formati video, oltre che per mantenere il corretto bilanciamento del colore, il contrasto e la

luminosità.

In un sistema video a guadagno unitario correttamente progettato, le regolazioni dell'ampiezza video sono effettuate alla sorgente e sono poi corrette all'uscita.

Nel dominio analogico, le ampiezze video sono definite e il monitor per il controllo della forma d'onda è configurato secondo uno standard per il formato appropriato. I segnali NTSC misureranno 140 IRE, nominalmente 1 volt, a partire dall'estremità superiore (cresta) del segnale di sincronizzazione al livello del bianco. L'intervallo di luminanza per il video NTSC (Figura 39) è di 100 IRE, nominalmente 714,3 mV, che può essere ridotto di 53,3 mV, per includere anche il setup del livello del nero di 7,5 IRE. Secondo l'informazione colore, la luminanza più i componenti della cromaticità possono estendersi oltre i limiti superiore e inferiore di tale intervallo. Il segnale di sincronizzazione NTSC si trova a -40 IRE, nominalmente a -285,7 mV dal livello di *blanking* alla cresta del segnale di sincronizzazione. Il segnale video NTSC è generalmente livellato al livello di *blanking* e il monitor per il video è impostato per smorzarsi al livello del nero.

Anche i segnali PAL sono formattati in modo da avere misura pari a 1 volt fra la cresta del segnale di sincronizzazione e il livello del bianco, con un intervallo per la luminanza di 700 mV, senza setup. Il segnale di sincronizzazione PAL è -300 mV. Questo segnale è livellato e la luminosità del monitor è impostata per smorzarsi al li-

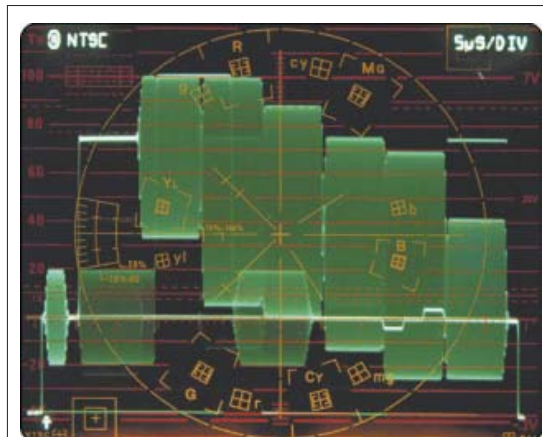


Figura 39. Ampiezza video del segnale composto con corretta regolazione, per NTSC, senza setup.

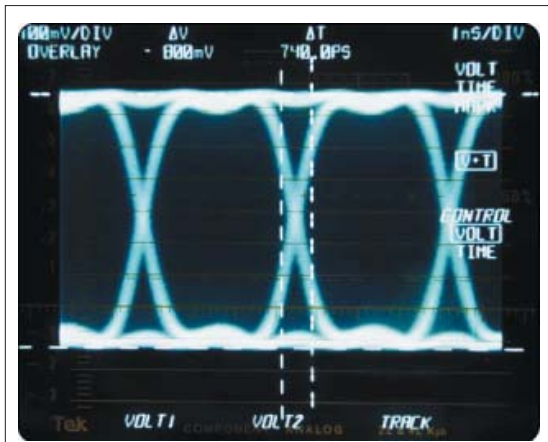


Figura 40. Segnale dati a 270Mb/s corretto, visualizzato con WFM601M.

vello del nero. L'informazione relativa alla crominanza si può estendere oltre i limiti superiore e inferiore dell'intervallo relativo alla luminosità video.

L'ampiezza video è controllata "stadio per stadio". Un segnale di prova analogico con componenti a bassa frequenza di ampiezza nota (come i livelli del bianco e di *blanking* nel segnale di prova con le barre dei colori) è collegato all'ingresso di ciascuno stadio che è regolato per replicare quei livelli logici alla sua uscita.

In ciascun Paese, appositi organismi per le regolamentazioni, sulla base di accordi internazionali specificano gli standard per la trasmissione radio. I trasmettitore NTSC, PAL e SECAM sono modulati in ampiezza con la cresta del segnale di sincronizzazione al picco di potenza e con il livello di *chroma* che si estendono verso la potenza minima.

Questo schema della modulazione è efficiente e riduce il rumore del visibile, ma è sensibile agli effetti della linearità. I livelli video devono essere attentamente controllati per raggiungere un bilanciamento dell'uscita del trasmettitore con cresta del segnale di sincronizzazione a piena potenza e una distorsione accettabile del segnale video quando il bianco e i componenti del colore si estendono verso la potenza portante zero. Se i livelli del video sono troppo bassi, il rapporto segnale video/rumore ne risente e aumentano i consumi dell'energia elettrica. Se i livelli sono troppo alti, il trasmettitore funziona con una distorsione maggiore appena la portante si avvicina a potenza zero e le prestazioni del ricevitore audio della televisione a inter-portante inizia ad avere problemi di funzionamento.

Ampiezza del segnale

In un sistema analogico il segnale che si trova fra i componenti in studio è una tensione che cambia, rappresentando direttamente il segnale video. Un monitor per il controllo della forma d'onda per il video analogico con un opportuno formato facilita la visione del livello di tensione del segnale video analogico in relazione a diverse impostazioni della temporizzazione.

In un sistema video digitale, il segnale è costituito da una "portante" di dati nello strato di trasporto: un flusso di dati che rappresenta le informazioni video. Questi dati consistono in una serie di variazioni di tensione analogiche (Figura 40 e Figura 41) che devono essere identificate correttamente come "alto" o "basso" per fornire le informazioni riguardanti il contenuto. Lo strato di trasporto è un percorso del segnale analogico che trasporta verso la propria destinazione qualsiasi cosa vi venga inserita. Il segnale digitale si attiva a un livello di 800 mV e il suo contenuto spettrale alla frequenza pari alla metà di quella di *clock* alla destinazione, determina l'ammontare delle equalizzazioni effettuate dal ricevitore.

I segnali digitali nello strato di trasporto possono essere visti con un oscilloscopio ad alta frequenza oppure con un monitor per il controllo della forma d'onda video quali, per esempio, il Tektronix WFM601E oppure il WFM601M per la definizione standard e il WFM700M adattato sia ai formati a definizione standard, sia a quelli ad alta definizione. Nella modalità con la visualizzazione indicata come modello "a occhio", il monitor per il controllo della forma d'onda funziona come un oscilloscopio per il campionamento analogico con lo spazzolamento del display alla frequenza video. La larghezza di banda equivalente è sufficientemente ampia, l'attenuazione della riflessione è sufficientemente grande e i cursori per la misurazione sono opportunamente calibrati per misurare con accuratezza il segnale dei dati in ingresso.

I dati che cambiano rapidamente nello strato di trasporto consistono in una serie di "0" e di "1" sovrapposti in

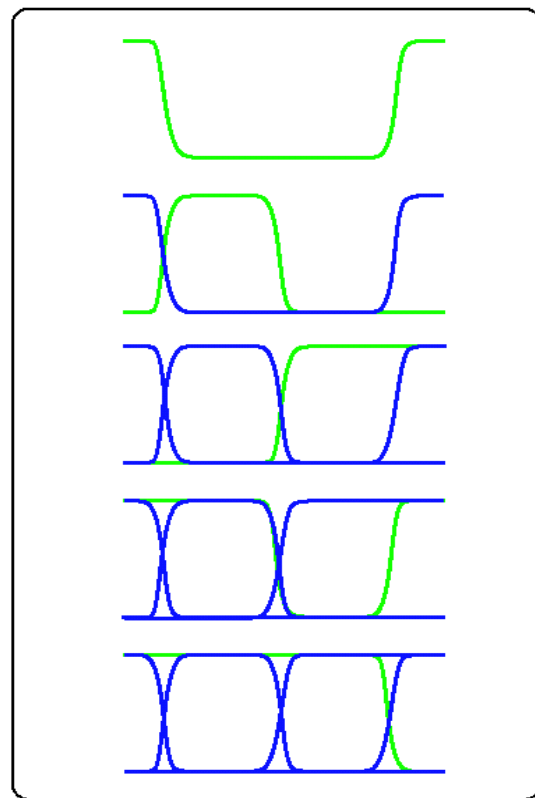


Figura 41. Sviluppo del diagramma "a occhio".

memoria per creare il modello "a occhio". Il test con il modello "a occhio" è più efficace quando il monitor è connesso al dispositivo sotto test utilizzando un cavo corto, consentendo l'uso del monitor in modalità non equalizzata. Quando invece si utilizzano cavi lunghi, i dati tendono a confondersi col rumore e deve essere utilizzata la modalità equalizzata la quale è utile per rafforzare il margine di passaggio ma non costituisce un indicatore accurato del segnale all'uscita del dispositivo sotto test. Il WFM601M e il WFM700 forniscono anche informazioni aggiuntive per lo strato di trasporto quali l'instabilità di

fase (jitter), il tempo di salita, l'apertura dell'occhio (rapporto di estinzione), riflessioni e analisi dei dati, riguardanti i dati stessi ricevuti.

Poiché il flusso dei dati trasportati contiene i componenti che commutano tra "alto" e "basso" alla velocità di 270 Mb/s per componenti video ITU-R BT601 a definizione standard e fino alla velocità di 2,970 Gb/s per alcuni formati ad alta definizione, gli "0" e gli "1" saranno sovrapposti in memoria (Figura 41) per la visualizzazione sul monitor per il controllo della forma d'onda. Ciò rappresenta un vantaggio in quanto è possibile vedere i dati cumulativi

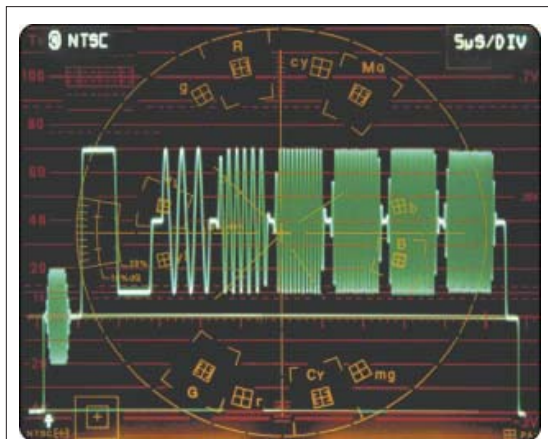


Figura 42. Segnale di prova a multisequenza unitaria con stessa ampiezza a ciascuna frequenza, visualizzazione 1H.

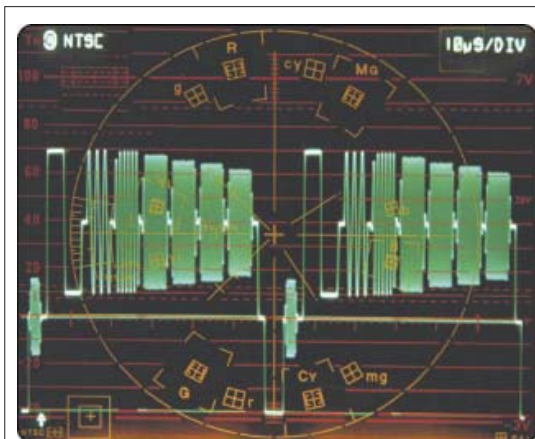


Figura 43. Multisequenza unitaria con variazione della risposta in frequenza, visualizzazione 2H.



su molte *word*, per determinare qualsiasi errore o distorsione che potrebbe insinuarsi nell'apertura dell'occhio e rendere difficoltoso il recupero, da parte del ricevitore, del livello alto o basso dei dati. I monitor per il controllo della forma d'onda come, per esempio, i Tektronix WFM601E e WFM601M e quelli della nuova serie WFM700 per i formati digitali multipli forniscono una gamma di spazzolamenti sincronizzati per la visualizzazione del modello "a occhio" in modo che i disturbi di semiquadri, righe e *word* possano essere correlati.

La visualizzazione della forma d'onda per i segnali video digitali che sembra una tradizionale forma d'onda analogica (segnale video a banda base) è in realtà una forma d'onda analogica ricreata per mezzo di dati numerici in uno strato di trasporto. I dati digitali sono codificati in video componenti analogici ad alta qualità che possono essere visualizzati e misurati come se fossero un segnale analogico. Sebbene sia corretta la scelta di monitorare il percorso digitale, molti degli errori individuati nel video digitale sono generati nel precedente dominio analogico.

Risposta in frequenza

In un sistema video analogico la risposta in frequenza del video sarà equalizzata dove necessario per compensare la perdita di informazioni per il video ad alta frequenza in cavi con percorsi lunghi. Lo scopo è di rendere "piatto" ogni stadio del sistema in modo che tutte le frequenze video viaggino attraverso il sistema senza alcun guadagno o alcuna perdita. Per identificare rapidamente qualsiasi regolazione richiesta, si può utilizzare un segnale di prova a multisequenza unitaria (Figura 42). Se i pacchetti relativi alla frequenza nel segnale a multisequenza unitaria non hanno la stessa ampiezza nello stadio di uscita (Figura 43), può essere utilizzato un amplificatore di equalizzazione per la distribuzione del video allo scopo di effettuare una compensazione, riportando il segnale di prova a multisequenza unitaria al valore d'origine.

In un sistema digitale la perdita ad alta frequenza riguarda solamente l'energia nel flusso di trasporto dei dati (strato di trasporto) e non i numeri dei dati (strato dei dati); in tal modo non ci sono effetti sul dettaglio video o sul colore finché la perdita ad alta frequenza è così grande da rendere impossibile il recupero dei numeri dei dati. L'equalizzatore del ricevitore compenserà au-

tomaticamente, in ingresso, le perdite in alta frequenza. Il progettista del sistema porrà attenzione nel mantenere i percorsi dei cavi corti a sufficienza per avere quasi il 100% dell'integrità dei dati e per non avere necessità di regolazione della risposta in frequenza. Qualsiasi degradazione nella risposta in frequenza del video sarà dovuta a effetti analogici.

Ritardo di gruppo

I progetti dei video analogici tradizionali per i sistemi a definizione standard hanno consentito l'uso di larghezze di banda dell'ordine di 10 MHz e hanno fornito risposte in frequenza molto piatte nell'intervallo compreso fra 0 e 6 MHz che è quello contenente la maggior parte dell'energia del segnale video. L'errore

"ritardo di gruppo", denominato talvolta "tempo di propagazione del segnale" o "errore di fase dipendente dalla frequenza", è rilevato quando l'energia a una certa frequenza impiega un tempo maggiore o minore, per attraversare un sistema, rispetto all'energia a frequenze differenti; questo effetto è spesso

associato a limitazioni della larghezza di banda. L'effetto visto nell'immagine sarebbe un eccesso di correzione o un arrotondamento della rapida transizione tra i livelli di luminosità inferiore e superiore. In un sistema televisivo PAL o NTSC composto, il colore nell'immagine potrebbe essere spostato a sinistra o a destra della luminanza associata. Gli elementi che maggiormente contribuiscono a creare l'errore denominato ritardo di gruppo sono il codificatore NTSC/PAL, il filtro di assorbimento sonico e il filtro VSB (= a banda laterale parzialmente soppressa) nei trasmettitori delle stazioni televisive ad alta potenza e, naturalmente, i filtri passabanda chroma dei decodificatori NTSC o PAL dei ricevitori televisivi.

Da un punto di vista operativo, la maggior parte degli sforzi, per ottenere una risposta al ritardo di gruppo controllata, è incentrata sull'impianto di trasmissione analo-

gico. È consuetudine controllare il ritardo di gruppo, o l'errore di fase, attraverso l'impianto dello studio analogico per identificare errori grossolani che possano indicare un'anomalia in qualche dispositivo. L'errore "ritardo di gruppo" nell'impianto di uno studio è facilmente controllabile con un segnale di prova a impulso e barra (Figura 44). Questo segnale di prova è composto da un impulso a 2T semisinusoidale e una barra bianca a bassa frequenza con tempi di salita e di discesa rapidi e controllati. Un impulso a 2T con energia pari alla metà di quella della larghezza di banda del sistema causa uno sdoppiamento dell'immagine a basso livello che dovrebbe essere simmetrica intorno alla base dell'impulso. Se l'energia ad alta frequenza del fronte passa più velocemente o più lentamente rispetto all'energia a bassa frequenza, il fronte risulterà distorto (Figura 45). Se l'energia ad alta frequenza ritarda, lo sdoppiamento dell'immagine si verifica più tardi, a destra

dell'impulso a 2T.

Il segnale di prova a barra e a impulso composto presenta una caratteristica utile per la misurazione della risposta di fase del sistema. Durante la prova di un sistema composto si utilizza un impulso a 12,5T o a 20T modulato, con energia alla frequenza della sottoportante, per controllare rapidamente sia il ritardo *chroma-luma*, sia il relativo guadagno, alla frequenza della sottoportante rispetto a una bassa frequenza. Una linea di base piatta indica che sia il guadagno, sia il ritardo sono corretti. Qualsiasi incurvatura verso l'alto della linea di base del sistema indica un guadagno inferiore, alla frequenza della sottoportante, mentre un'incurvatura verso il basso indica un guadagno superiore. Un'incurvatura verso l'alto all'inizio e una verso il basso alla fine indicano che l'energia ad alta frequenza è arrivata in ritardo, e viceversa. In un sistema video a componenti, senza sottoportante per il colore, l'impulso a 2T e il fronte del segnale a barra rivestono maggiore importanza.

Una misurazione del ritardo di gruppo più ampia può essere effettuata utilizzando un multi-impulso o un impulso $\text{sen}x/x$ ed è indicata quando dei dati, per esempio nel caso di un teletext, devono essere trasmessi con il segnale video.

Nei processi di codifica/decodifica verso/da dominio analogico i componenti di un sistema video digitale utilizzano filtri anti-alias e di ricostruzione. Le frequenze di taglio di questi filtri interni sono circa di 5,75 MHz e 2,75 MHz per i canali video a componenti a definizione standard, così si ha una reazione all'energia del segnale video, ma questa energia è inferiore a quella presente nei filtri a 1 MHz e a 1,25 MHz nei codificatori PAL o NTSC. Le corrispondenti frequenze di taglio per i filtri nei formati digitali ad alta frequenza sono circa 30 MHz per le informazioni *luma* e 15 MHz per le informazioni *chroma*. I filtri anti-alias e di ricostruzione nelle apparecchiature digitali sono già corretti e non possono essere regolati durante il funzionamento.

Effetti non lineari

Un circuito analogico può essere influenzato in vari modi quando cambia la tensione di funzionamento del video. Il guadagno dell'amplificatore può essere differente secondo i diversi livelli di funzionamento (guadagno differenziale) causando una saturazione del colore non corretta nel formato video PAL o NTSC. In un formato analogico a componenti i valori della luminosità e del colore possono mutare.

Guadagno differenziale

Il guadagno differenziale è una caratteristica del dominio analogico e non può essere ne' originato ne' corretto nel dominio digitale. Tuttavia, è possibile che il video digitale possa essere tagliato se il segnale porta il convertitore A/D verso l'intervallo dei valori riservati. Questa violazione della gamma darà origine a una luminosità non corretta di alcuni componenti e a una mutazione del colore.

Vedere

Appendice A – Gamma, Legale, Valido

Fase differenziale

Il ritardo di tempo attraverso il circuito può cambiare con i differenti valori di tensione video e questo è un effetto analogico non originato nel dominio digitale. Nel sistema NTSC il ritardo di tempo cambierà la fase istantanea (fase differenziale) della sottoportante del colore con il risultato di avere uno spostamento della tonalità cromatica del colore con un cambiamento della luminosità. Nel sistema PAL questo spostamento della tonalità cromatica è ottenuto come media, spostando la tonalità cromatica prima in un senso e poi nell'altro, riga per riga. L'effetto in un segnale video componente, analogico o digitale, può produrre un effetto di sfrangiatura del colore che dipende da quanti dei tre canali sono coinvolti. L'effetto equivalente che si può riscontrare con l'alta definizione può essere uno sdoppiamento dell'immagine o un eccesso di correzione su rapidi cambiamenti del livello di luminosità.

Temporizzazione fra sorgenti video

Per trasmettere senza intoppi un flusso di informazioni sia allo spettatore, sia all'hardware del sistema che gestisce il segnale, è necessario che le sorgenti video miscelate o commutate sequenzialmente siano in fase nel punto in cui giungono insieme. La temporizzazione relativa, fra i segnali video digitali seriali che si trovano all'interno di un intervallo operativo per l'impiego nelle apparecchiature da studio, può variare da parecchi nanosecondi a poche righe televisive. Per effettuare la misurazione di questa temporizzazione relativa si può sincronizzare un monitor per il controllo della forma d'onda con una sorgente esterna e confrontare le posizioni relative di elementi noti dell'immagine.

È possibile effettuare la misurazione delle differenze di temporizzazione nei percorsi dei segnali operativi utilizzando l'Active Picture Timing Test Signal (il segnale di prova per la temporizzazione dell'immagine attiva) messo a disposizione dal Generatore di Componenti Digitali TG700 combinato con i cursori per la temporizzazione e la selezione di riga di un monitor per il controllo d'onda seriale appartenente alla serie WFM601 o WFM700 usato come riferimento esterno. Tale segnale di prova presenterà la barra bianca della luminanza in corrispondenza delle seguenti righe:

- * segnali a 525 righe: righe 21, 262, 284 e 525
- * segnali a 625 righe: righe 24, 310, 336 e 622
- * formati a 1250, 1125 e 750 righe: la prima e l'ultima riga attiva di ciascun semiquadro

Per impostare la temporizzazione relativa delle sorgenti del segnale, cioè, per esempio, delle telecamere, del telecine o dei videoregistratori, è possibile osservare la rappresentazione analogica del segnale di riferimento per la temporizzazione SAV, che cambia ampiezza non appena si ha il passaggio dal *blanking* verticale al video attivo. Il monitor per il controllo della forma d'onda deve essere impostato sulla modalità PASS per visualizzare la rappresenta-

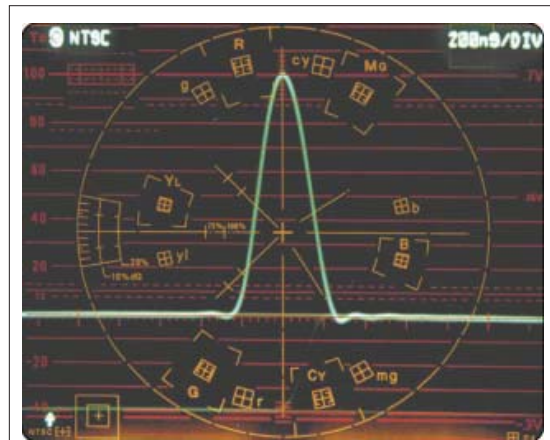


Figura 44. Impulso 2T corretto, display 1H MAG

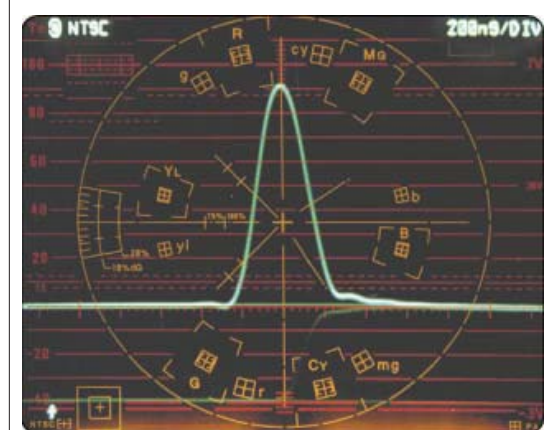


Figura 45. Impulse 2T e bar, degradato

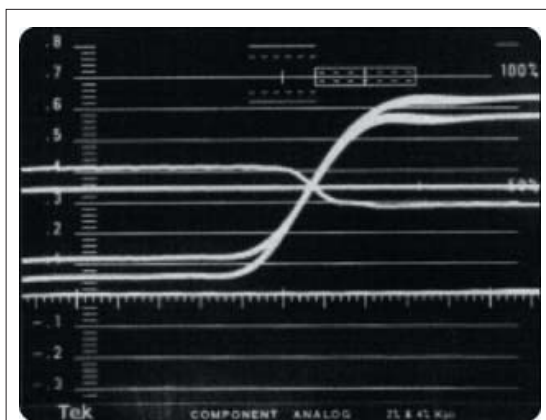


Figura 46. Misurazione intercanale utilizzando la transizione verde/magenta

zione analogica dei segnali di riferimento per la temporizzazione e deve essere agganciato a un riferimento esterno per la sincronizzazione (EXT REF).

Temporizzazione intra-canale dei segnali componenti

Le differenze di temporizzazione tra i canali di un singolo segnale video componente causeranno problemi a meno che gli errori siano molto piccoli. I segnali possono essere monitorati nel dominio digitale ma qualsiasi errore di temporizzazione sarà stato probabilmente presente nella sorgente analogica originaria. Poiché i componenti analogici viaggiano attraverso diversi cavi, diversi amplificatori in un *routing switcher*, ecc. gli errori di temporizzazione possono verificarsi se le apparecchiature non sono state installate e regolate cor-

rettamente. Esistono parecchi metodi per il controllo della temporizzazione intra-canale dei segnali componenti. Le transizioni che si verificano nel segnale di prova con le barre dei colori possono essere utilizzate con il metodo della forma d'onda qui in seguito descritto. I monitor Tektronix per il controllo della forma d'onda, comunque, sono in grado di fornire due alternative efficienti e precise: la visualizzazione Lightning che impiega il segnale di prova a barre di colore e la visualizzazione "a farfalla" (indicata anche come visualizzazione "bow-tie") che richiede un segnale di prova speciale generato dai generatori di segnali componenti Tektronix.

Metodo della forma d'onda

La tecnica della forma d'onda può essere utilizzata con un monitor per il controllo della forma d'onda, del tipo a

tre canali e accuratamente tarato, per verificare se le transizioni in tutti e tre i canali avvengono contemporaneamente. Per esempio, un segnale a barre di colore presenta transizioni contemporaneamente in tutti e tre i canali sulla linea di separazione fra la barra del verde e la barra del magenta (Figura 46).

Per controllare se le transizioni verde-magenta sono opportunamente temporizzate, utilizzando il metodo della forma d'onda, è necessario:

1. Indirizzare il segnale a barre di colore attraverso il sistema che deve essere sottoposto a prova e collegare tale sistema al monitor per il controllo della forma d'onda.

2. Impostare il monitor per il controllo della forma d'onda in modalità PARADE e spazzolamento 1 LINE.

3. Sistemare il posizionamento verticale del display, se necessario, in modo che il punto medio della transizione del Canale 1 verde-magenta si trovi in corrispondenza della riga a 350 mV.

4. Regolare i controlli della posizione del Canale 2 e del Canale 3 in modo che il livello zero dei canali a sottrazione di colore si trovi in corrispondenza della riga a 350 mV (poiché l'intervallo nel quale variano i segnali a sottrazione di colore è compreso fra -350 mV e + 350 mV, il loro livello zero si trova nel centro della verticale).

5. Selezionare la modalità WAVEFORM OVERLAY e MAG orizzontale (H MAG).

6. Posizionare le tracce lungo l'orizzontale in modo da visualizzare in maniera corretta le transizioni. Tutte e tre le tracce dovrebbero coincidere in corrispondenza della riga a 350 mV.

I generatori di segnale di prova Tektronix TG700 e TG2000 possono essere programmati per generare uno speciale segnale inverso a barre di colore, con le barre dei colori invertite per ogni mezzo semiquadro. Questo segnale rende più semplice la visione delle differenze di temporizzazione semplicemente allineando i punti di intersezione dei tre segnali. Il

risultato è mostrato nella Figura 47.

Controllo della temporizzazione con il Display Lightning Tektronix

Il display Lightning Tektronix consente di effettuare un controllo rapido e accurato della temporizzazione intra-canale. Facendo uso di un segnale di prova a barre di colore, il display Lightning include una marcatura a reticolo per indicare eventuali errori di temporizzazione. Ciascuna transizione Verde/Magenta dovrebbe passare per il punto che si trova al centro della serie dei sette punti del reticolo che ne interseca il percorso. Nella figura 48 è mostrata la temporizzazione corretta.

I punti, che si trovano in posizione ravvicinata, costituiscono una guida per il controllo delle transizioni. Questi punti si trovano a una distanza fra loro che corrisponde a 40 ns; per quelli più distanti, lo spazio fra di essi corrisponde a 80 ns. Il reticolo elettronico elimina gli effetti della non linearità del CRT. Se il segnale a sottrazione di colore non coincide con il segnale *luma*, le transizioni tra i punti colore presentano un'incurvatura. L'entità della curvatura rappresenta il ritardo relativo dei segnali esistente fra *luma* e segnale a sottrazione di colore. La metà superiore del display misura la temporizzazione di Pb rispetto a Y, mentre la metà inferiore quella di Pr rispetto a Y. Se la transizione si incurva verso l'interno, in direzione

del centro della verticale nella zona nera, allora il segnale a sottrazione di colore è in ritardo rispetto al segnale *luma*. Se la transizione si incurva verso l'esterno, in direzione del bianco, il segnale a sottrazione di colore è in anticipo rispetto al segnale *luma*.

Metodo con visualizzazione a farfalla (bow-tie)

La visualizzazione "a farfalla" (indicata anche con il nome di visualizzazione bow-tie) richiede un segnale di prova speciale con segnali a frequenza leggermente differenti sui canali *chroma* rispetto a quelli del canale *luma*. Per i formati a definizione standard sul canale *luma* si potrebbe avere un pacchetto di onde sinusoidali a 500kHz mentre su ciascuno dei due canali *chroma* si potrebbe avere un pacchetto di onde sinusoidali a 502 kHz (Figura 49). Altre frequenze possono essere utilizzate variando la sensibilità del display usato per la misurazione.

Per testare sistemi con componenti per l'alta definizione, si possono utilizzare frequenze a pacchetto più alte. I *marker* generati su poche righe del canale *luma* assolvono la funzione di un reticolo elettronico per la misurazione degli errori della temporizzazione relativa mentre il *marker* centrale più alto indica l'errore zero. Gli altri *marker* sono separati fra loro da intervalli di 20 ns, quando si utilizzano le fre-

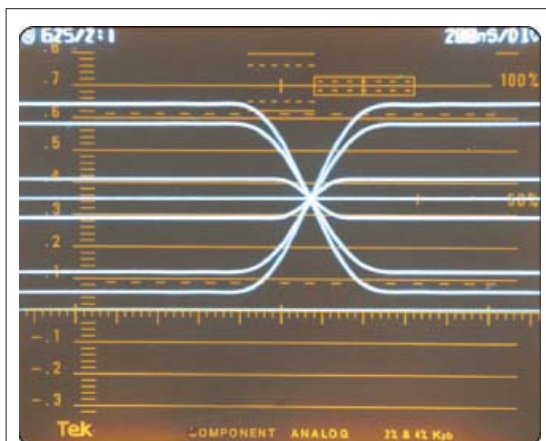


Figura 47. Segnale a barre di colore inverso TG700, H MAG, OVERLAY.

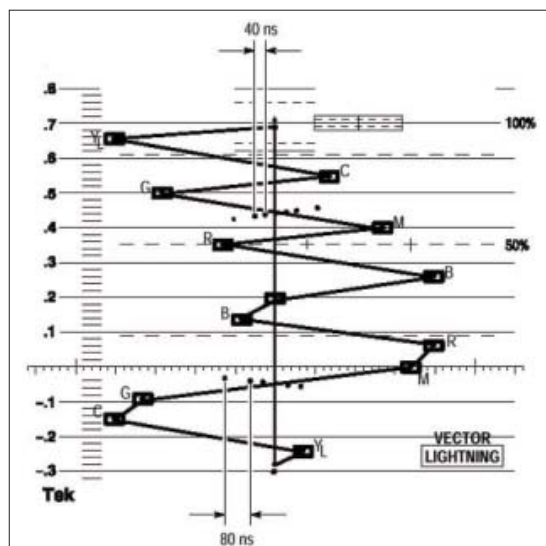


Figura 48. Visualizzazione Lightning per segnale a barre di colore 100%.

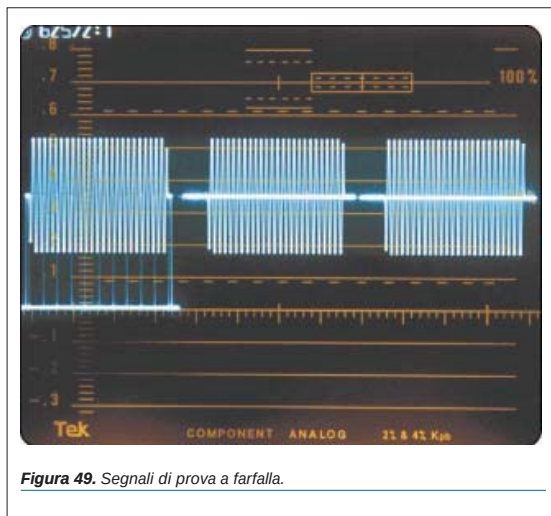


Figura 49. Segnali di prova a farfalla.

quenze a pacchetto a 500 e 502 kHz. I tre pacchetti di onde sinusoidali sono generati in modo da essere precisamente in fase nei loro centri; a causa dell'offset di frequenza, i due canali *chroma* si portano sempre più fuori fase man mano che ci si sposta dal centro del pacchetto verso le estremità.

Il monitor per il controllo della forma d'onda sottrae, dal canale *luma*, un canale *chroma* per la metà sinistra della visualizzazione a farfalla e l'altro canale *chroma* per la metà destra. Ciascuna sottrazione produce un punto in cui manca il segnale proprio dove i due componenti sono esattamente in fase (idealmente nel centro). Un errore di temporizzazione relativa tra un canale *chroma* e *luma*, per esempio, cambia la fase relativa tra i due canali spostando, rispetto al centro, il punto in cui manca il segnale e portandolo su un lato del display per quel canale

chroma. Lo spostamento del punto in cui manca il segnale verso sinistra, rispetto al centro, significa che il canale a sottrazione di colore si trova in anticipo relativo rispetto al canale *luma* mentre, al contrario, uno spostamento verso destra significa che il canale a sottrazione di colore si trova in ritardo relativo rispetto al canale *luma*.

Il punto in cui manca il segnale, indipendentemente dalla posizione in cui si trova, sarà ad ampiezza zero solamente se le ampiezze dei due pacchetti a onde sinusoidali sono uguali. Un errore di ampiezza relativa rende il punto in cui manca il segnale più largo e più basso e, quindi, più difficile la valutazione accurata della temporizzazione. Per avere una buona valutazione della temporizzazione è dunque indispensabile regolare le ampiezze relative alla apparecchiature sottoposte a prova. Un errore del guad-

agno sul canale

luma (CH1) significa che la forma d'onda si trova in condizione di mancanza completa di segnale. Se il guadagno è assente solo per Pb (CH2), la forma d'onda sinistra non si trova nella condizione di completa mancanza di segnale mentre la destra sì. Se il guadagno è assente solo per Pr (CH3), la forma d'onda destra non si trova nella condizione di completa mancanza di segnale, mentre la sinistra sì.

Il segnale di prova e a visualizzazione a farfalla presentano due vantaggi: 1) la risoluzione per la temporizzazione è migliore di quella dei metodi a forma d'onda e Lightning; 2) quanto appare sullo schermo del monitor per il controllo della forma d'onda è leggibile anche a una certa distanza da esso.

Si osservi che il segnale di prova a farfalla è un segnale non valido, legale solo per il formato a sottrazione di colore. Diventa illegale quando portato nei formati composti o RGB e può creare fastidiosi effetti collaterali negli apparecchi che elaborano internamente in RGB. (Il concetto di segnali legali e validi è discusso nell'Appendice A – Gamma, legale, valido).

Il metodo con la prova a farfalla può essere impiegato per valutare l'ampiezza relativa e la temporizzazione relativa utilizzando dei monitor per il controllo della forma d'onda quali, per esempio, il Tektronix 1765, quelli della Serie WFM601 e quelli della Serie WFM700 che prevedono la modalità di funzionamento con visualizzazione a farfalla.

La visualizzazione a farfalla mostra sul lato sinistro (Figura 50) il confronto fra Y e Pb, sul lato destro il confronto fra Y e Pr. Generalmente, un anticipo di 5 ns del componente Pr rispetto a Y è ritenuto accettabile.

Per utilizzare la visualizzazione a farfalla, instradare il segnale dal generatore dei componenti attraverso l'apparecchiatura in prova e connettere tale apparecchiatura con il monitor per il controllo della forma d'onda. Attivare la visualizzazione a farfalla (BOWTIE). Se i mo-

delli a farfalla presentano un punto ben preciso in cui manca il segnale e se questo punto coincide col punto medio di ciascuna riga, allora le relative ampiezze e temporizzazioni intra-canale sono corrette. Gli errori di temporizzazione intra-canale causano lo spostamento del punto in cui manca il segnale allontanandolo dal punto medio della riga (Figura 51)

mentre un errore dell'ampiezza relativa (Figura 52) ne diminuirà la profondità. Quando tale punto, invece, si presenta in maniera non precisa e contemporaneamente è spostato rispetto al punto medio della riga, allora significa che si sono verificati dei problemi di ampiezza e di temporizzazione fra i canali confrontati.

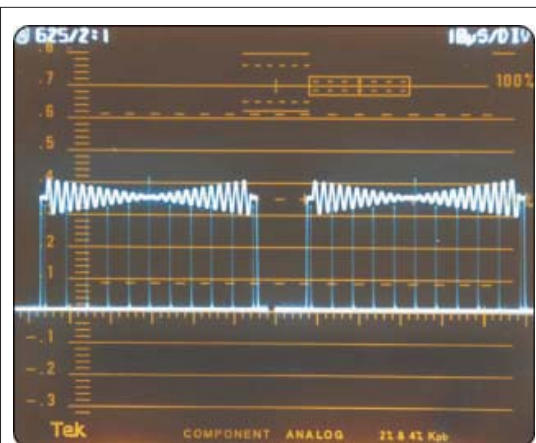


Figura 50. Visualizzazione a farfalla, Pr è in anticipo di 5 ns rispetto a Y.

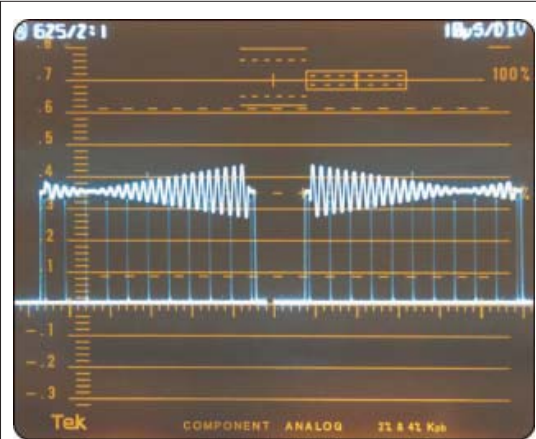


Figura 51. Visualizzazione a farfalla, Pb è in anticipo di 55 ns rispetto a Y, Pr è in ritardo di 50 ns rispetto a Y.

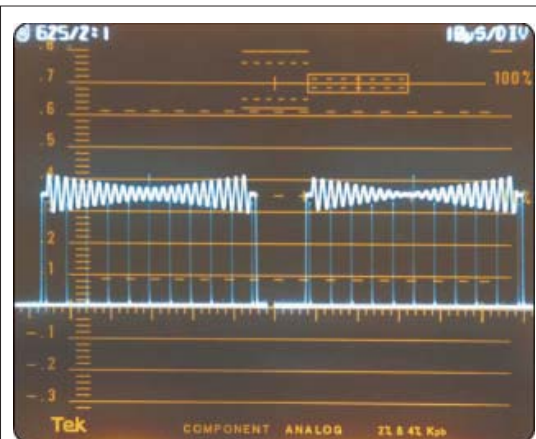


Figura 52. Visualizzazione a farfalla, errore nel guadagno di Pb rispetto a Y.

La guida alle misurazioni video digitali in italiano è una produzione della Media Age srl
MonitoR radio tv
reg.Trib.Milano 880/88
Versione originale in inglese della Tektronix
Tutti i diritti riservati

Funzionamento di un sistema televisivo digitale

Forme d'onda a sottrazione di colore e RGB

Sebbene il colorista effettui delle regolazioni sugli apparecchi per il formato rosso, verde e blu, i tecnici potrebbero voler vedere una rappresentazione analogica del segnale dopo l'operazione di *matrixing* per la codifica digitale. Il segnale digitale è solitamente una moltiplicazione del tempo e della quantizzazione diretta del segnale *luma* o *Y'* e i due componenti *chroma* *C'b* e *C'r*. Questi tre componenti digitali possono essere convertiti in analogici e visualizzati direttamente come passaggio di forme d'onda a sottrazione di colore oppure, con operazione di *matrixing*, riportati al rosso, verde e blu per il colorista. Le figure 53 e 54 mostrano esempi di visualizzazioni nei due formati.

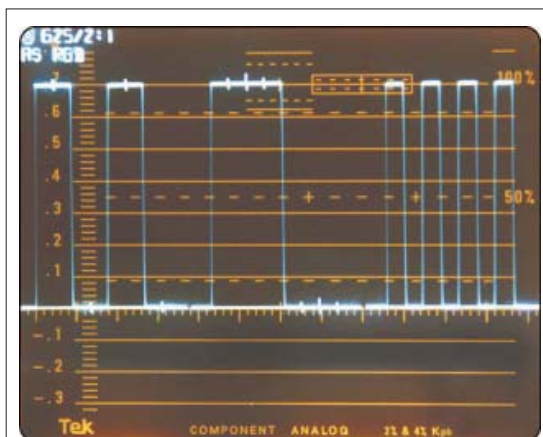


Figura 53. Visualizzazione del passaggio *R'G'B'* delle barre colore al 100% su WFM601.

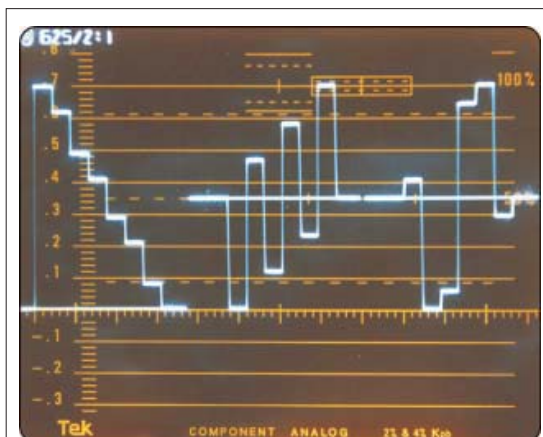


Figura 54. Visualizzazione *Y'C'b/C'r* delle barre colore al 100% su WFM601.

Bilanciamento del guadagno per il segnale componente

In un segnale componente il bilancio del guadagno si riferisce alla corrispondenza dei livelli tra i canali. Se uno dei componenti presenta un errore dell'ampiezza rispetto agli altri, si influenzerà la tonalità cromatica e/o la saturazione nell'immagine. Poiché nei formati a sottrazione di colore, colori diversi contengono ampiezze del segnale diverse dai canali rosso, verde e blu, non sempre è ovvio il modo in cui si deve procedere alla regolazione del guadagno dei canali. Per aiutare l'operatore a effettuare queste regolazioni sono stati sviluppati parecchi display.

Visualizzazione vettoriale

Da tempo si utilizza la visualizzazione vettoriale (Figura 55) per monitorare l'ampiezza della crominanza nei sistemi PAL o NTSC composti. La visualizzazione vettoriale composta consiste nel grafico cartesiano (*x,y*) di due componenti colore decodificati quando la fase di demodulazione è correttamente regolata, solitamente dall'operatore, per posizionare la sequenza unitaria di sincronizzazione del colore verso sinistra lungo l'asse orizzontale. Sull'asse verticale si trova il segnale demodulato *R-Y*, su quello orizzontale *B-Y*.

Una visualizzazione simile (Figura 56) per i sistemi a componenti digitali o analogici, può essere ottenuta dal tracciamento di *P'r* o *C'r* sull'asse verticale e da *P'b* o *C'b* sull'asse orizzontale (Figura 57). Nello strumento per il monitoraggio i guadagni interni e le posizioni dei riquadri del reticolo sono regolabili in modo che il tracciamento si adatti ai riquadri per l'ampiezza selezionata delle barre colore. Se l'ampiezza di un componente colore non è corretta, i punti prodotti non cadono all'interno dei riquadri del reticolo. Per esempio, se il guadagno di *P'r* o di *C'r* è troppo alto, i puntini si trovano al di sopra dei riquadri, nella metà superiore dello schermo, e al di sotto dei riquadri, nella metà inferiore dello schermo. Possono essere utilizzate sia barre colore al 75% sia al 100%. Quando si effettuano le misu-

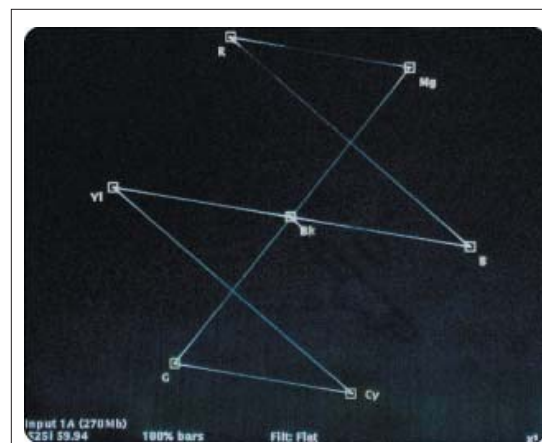


Figura 56. Visualizzazione vettoriale del componente.

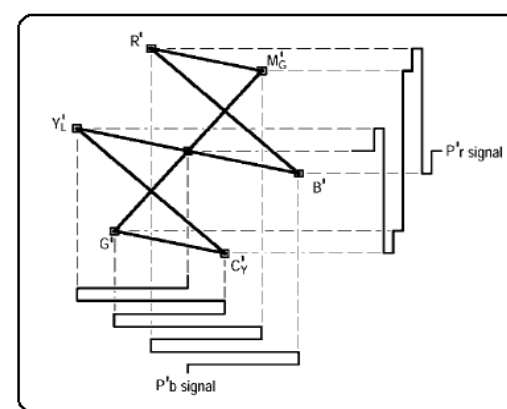


Figura 57. Sviluppo della visualizzazione vettoriale del componente.

razioni occorre accertarsi che l'ampiezza del segnale sorgente sia adatto reticolo vettoriale.

La visualizzazione polare consente misurazioni della tonalità cromatica in termini di fase relativa del segnale *chroma*. L'ampiezza del segnale *chroma* è lo spostamento dal centro verso il punto colore. La transizione

da un punto a un altro fornisce anche utili informazioni sulla temporizzazione. Queste differenze di temporizzazione appaiono come iterazioni o curvature delle transizioni ma possono essere più facilmente misurabili utilizzando i metodi di lightning o a farfalla.

La visualizzazione vettoriale a due assi è conveniente per monitorare o regolare il gruppo dei due componenti a sottrazione di colore ma non è adatta per la valutazione del guadagno per il segnale *luma* o per confrontare il guadagno *chroma/luma*. La visualizzazione vettoriale sembrerebbe la stessa se il canale *luma* fosse completamente assente.

Visualizzazione Lightning

Riconoscendo che un metodo tridimensionale sarebbe auspicabile per monitorare l'intero gruppo di segnali componenti, Tektronix ha sviluppato una

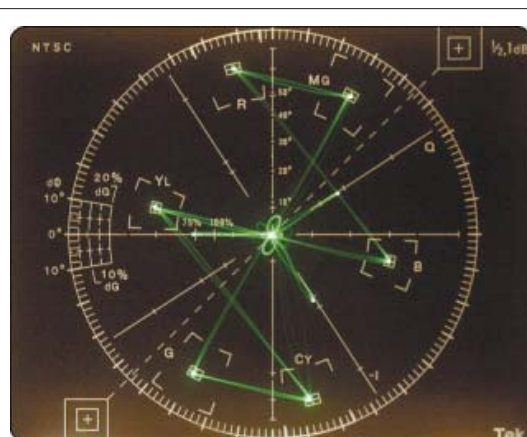


Figura 55. Visualizzazione su vectorscope NTSC.

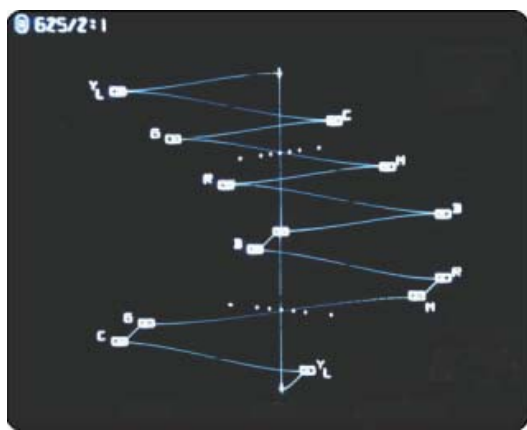


Figura 58. Visualizzazione Lightning Tektronix.

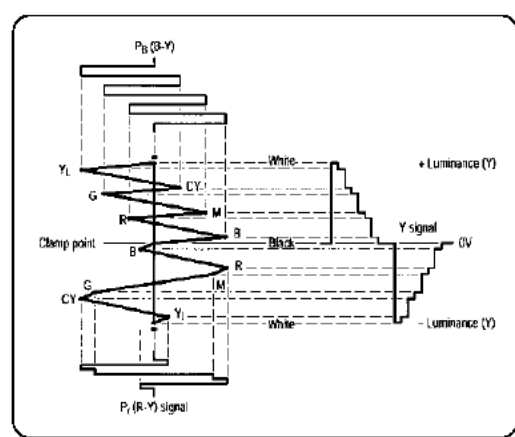


Figura 59. Sviluppo della visualizzazione Lightning Tektronix.

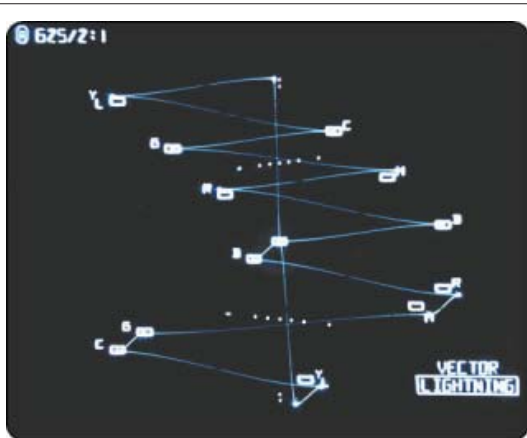


Figura 60. Visualizzazione Lightning con errore nel guadagno relativo a P'r.

visualizzazione (Figura 58) in grado di fornire sullo stesso display sia l'ampiezza sia l'informazione della temporizzazione intra-canale per i tre canali. Il solo segnale di prova necessario per le misurazioni definitive è quello delle barre colore standard.

La visualizzazione Lightning è generata dal tracciamento del segnale *luma* rispetto a

P'b o C'b nella metà superiore dello schermo e del tracciamento del segnale *luma* invertito rispetto a P'r o C'r nella metà inferiore dello schermo (Figura 59), come due visualizzazioni vettoriali che condividono lo stesso schermo. Il punto luminoso che si osserva al centro dello schermo indica il livello di *blanking* (segnale zero). Il segnale *luma* crescente è

Nella figura 59

White	= Bianco
Black	= Nero
+ Luminance (Y)	= + Luminanza (Y)
Clamp point	= Punto di livellamento
White	= Bianco
- Luminance (Y)	= - Luminanza (Y)
Pr (R-Y) signal	= Segnale Pr (R-Y)

tracciato in alto verso la metà superiore dello schermo e in basso verso la metà inferiore. Se il guadagno *luma* è troppo alto (Figura 60), la metà inferiore del tracciato si espande orizzontalmente. Se il guadagno di P'r o C'r è troppo alto, la metà superiore della visualizzazione si estende orizzontalmente. La visualizzazione fornisce anche informazioni riguardanti la temporizzazione intra-canale tramite l'osservazione delle transizioni verde/magenta. Quando i punti vettoriali verde e magenta si trovano nei propri riquadri, la transizione dovrebbe intercettare il punto centrale della linea formata dai sette punti relativi alla temporizzazione.

Visualizzazione Diamond ("a diamante")

La visualizzazione Tektronix Diamond (Figura 61) fornisce un metodo affidabile per individuare i colori non validi prima che essi compaiano nella produzione finale. Il colore è solitamente sviluppato e poi visualizzato nel formato R'G'B'. Se esso fosse gestito nel sistema in questo formato, sarebbe abbastanza semplice effettuare la ricerca del segnale illegale; sarebbe sufficiente assicurarsi che non siano stati superati i limiti. La maggior parte degli studi, però, utilizza i formati Y', C'b, C'r per la trasmissione e l'elaborazione dei dati e il segnale, spesso, è convertito in PAL o NTSC per la trasmissione via etere. In ultima analisi, tutti i segnali video sono codificati nel formato RGB per la visualizzazione finale sui monitor d'immagine.

La visualizzazione Tektronix Diamond è generata dalla combinazione dei segnali R', G' e B'. Se il segnale video è in un diverso formato, i componenti sono convertiti nei segnali R', G' e B' e questi ultimi possono essere convertiti in un segnale valido e legale in un qualsiasi formato che possa gestire le

barre di colore al 100%. (Un'eccezione è rappresentata dallo standard per la trasmissione con il sistema NTSC per il quale gli organismi per le regolamentazioni hanno fissato il livello del bianco troppo vicino alla portante RF zero per lasciar spazio alle barre colore al 100% (vedere Visualizzazione Arrowhead)).

La forma a diamante superiore (Figure 61 e 62) è ottenuta dal segnale transcodificato applicando B' + G' all'asse verticale e B' - G' all'asse orizzontale.

La forma a diamante inferiore è ottenuta applicando - (R' + G') all'asse verticale e R' - G' all'asse orizzontale.

- G' all'asse orizzontale. Le due forme a diamante sono visualizzate alternativamente per creare la visualizzazione a diamante doppia. A ciascuna delle due è applicato un filtro passabasso a 1,5 MHz (nel caso di definizione standard; con valore di frequenza maggiore nel caso di alta definizione) per eliminare i segnali fuori limite a breve scadenza che sono solitamente il risultato della combinazione di segnali a larghezza di banda differente nei formati a sottrazione di colore.

Per la visualizzazione anticipata di tutti e tre i componenti questi devono trovarsi fra il picco del bianco, 700 mV e il nero a 0 V (Figura 63). I monitor d'immagine gestiscono le escursioni al di fuori dell'intervallo standard (gamma) in maniere differenti.

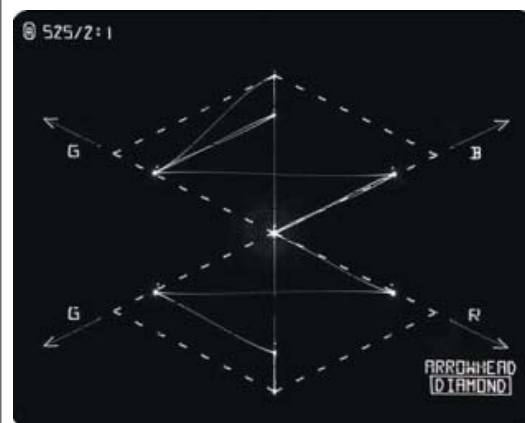


Figura 61. Visualizzazione Tektronix Diamond con barre colore al 75%.

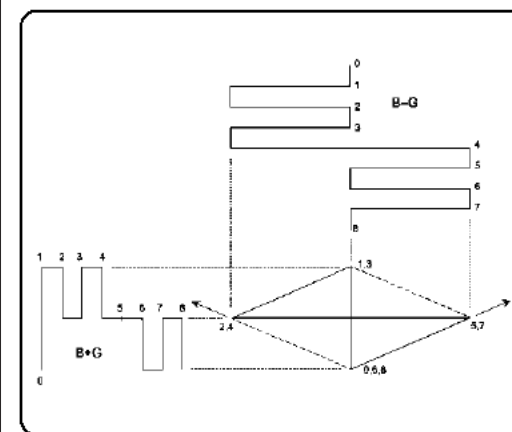


Figura 62. Sviluppo della metà superiore della visualizzazione Diamond.

Perché un segnale sia nella gamma, tutti i vettori che rappresentano il segnale devono trovarsi all'interno delle forme a diamante G-B e G-R. Se un vettore si trova al di fuori della forma a diamante, è fuori gamma. Un errore nell'ampiezza del verde coinvolge egualmente entrambe le forme a diamante mentre, invece, l'errore per il blu influen-

Visualizzazione Arrowhead (o "a freccia")

Gli standard per la trasmissione NTSC non lasciano spazio per le barre colore al 100%, quindi non è possibile essere sicuri che il video, che sembra essere corretto nel formato R'G'B', possa essere fedelmente trasmesso attraverso un trasmettitore NTSC a modulazione d'ampiezza.

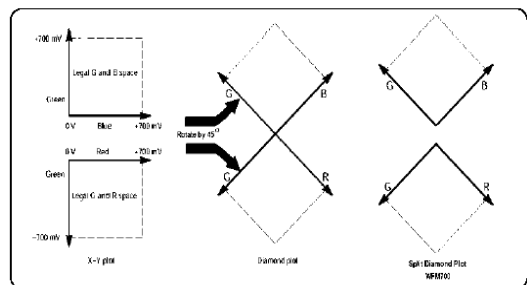


Figura 63. Visualizzazione Diamond dello spazio colore legale.

Nella figura 63

Legal G and B space = Spazio G e B legale
Green = Verde
Blue = Blu
Legal G and R space = Spazio G e R legale
X-Y plot = Tracciamento X-Y
Rotate by 45° = Rotazione di 45°
Diamond plot = Tracciamento della forma a diamante
Split Diamond plot = Tracciamento delle due forme a diamante distinte

sce sulla forma a diamante superiore e l'errore sul rosso influisce solo su quella inferiore. Gli errori relativi alla temporizzazione possono essere osservati utilizzando un segnale di prova a barre di colore come curvatura delle transizioni.

Nella visualizzazione Diamond, i segnali monocromatici appaiono come righe verticali. Inoltre, escursioni al di sotto del nero possono, talvolta, essere mascherate nella forma a diamante opposta. Può, allora, essere utile separare la forma a diamante in due parti distinte per osservare le escursioni al di sotto del nero nei due spazi G-B e G-R.

Osservando la visualizzazione Diamond, l'operatore può essere certo che i componenti video monitorati possono essere trasformati in segnali validi e legali nello spazio colore RGB e questa visualizzazione può essere utilizzata sia per segnali in ripresa diretta, sia per segnali di prova.

Tradizionalmente il segnale doveva essere codificato nel sistema NTSC e monitorato con un monitor per il controllo della forma d'onda NTSC. La visualizzazione Arrowhead o "a freccia" (Figure 64, 65 4 66) fornisce informazioni per la gamma composta PAL e NTSC direttamente dai segnali componenti.

La visualizzazione Arrowhead traccia la luminanza sull'asse verticale con il *blanking* nell'angolo inferiore sinistro della freccia. La grandezza della sottoportante *chroma* ad ogni livello di luminanza è tracciata sull'asse orizzontale, con sottoportante zero all'estremità sinistra della freccia. La riga inclinata superiore forma un reticolo che indica le ampiezze della sottoportante + segnale *luma* totale con barre colore 100%. Il reticolo inclinato inferiore indica la sottoportante + il segnale *luma* che si estendono verso la cresta del segnale di sincronizzazione (massima potenza del trasmettitore). Il reticolo elettronico fornisce un riferimento affidabile per mi-

surare quella che sarà la sottoportante del colore più la luminanza quando il segnale è più tardi codificato nel sistema NTSC o PAL. Per avvisare l'operatore che il segnale composto si sta avvicinando al limite, è prevista la possibilità di emettere il segnale d'allarme per la profondità della modulazione regolabile. L'operatore video può ora vedere come il segnale componente sarà gestito in un sistema per la trasmissione composta e può effettuare qualsiasi correzione necessaria per la produzione.



Figura 64. Visualizzazione Tektronix Arrowhead, barre colore dei componenti al 75% per NTSC.

Nella figura 65

NTSC display
= Visualizzazione per NTSC
Y Ampl = Ampiezza di Y
Current alarm level setting = Impostazione del livello di allarme attuale
Alarm level cursor = Cursore del livello d'allarme
C ampl = Ampiezza di C

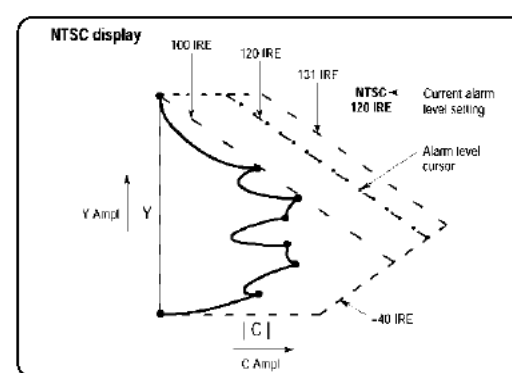


Figura 65. Valori del reticolo Arrowhead per NTSC.

Nella figura 66

PAL display
= Visualizzazione PAL
Y Ampl = Ampiezza di Y
Current alarm level setting = Impostazione del livello di allarme attuale
Alarm level cursor = Cursore del livello d'allarme
C ampl = Ampiezza di C

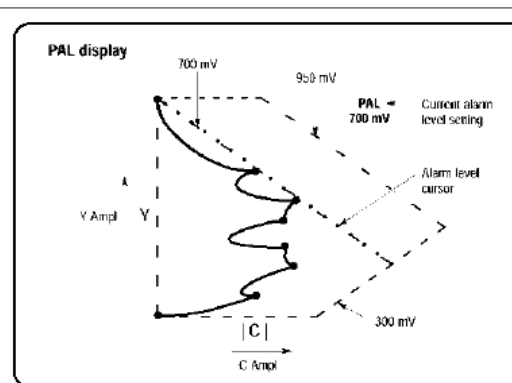


Figura 66. Valori del reticolo Arrowhead per PAL.

Prove per i sistemi digitali

Prova di sollecitazione

A differenza dei sistemi analogici, che tendono a degradare lentamente, i sistemi digitali tendono a operare senza anomalie finché giungono a rottura completa. A tutt'oggi non esistono prove da effettuarsi durante il funzionamento per la misurazione

del margine di passaggio e per valutare il funzionamento dei sistemi sono necessarie prove con il sistema non in funzionamento. La prova di sollecitazione consiste nel cambiare uno o più parametri del segnale digitale finché si verifica un'anomalia. Il numero di cambiamenti necessari per produrre l'anomalia è una misura del margine di passaggio. Partendo dalle

specifiche previste negli standard per il video digitale seriale (SMPTE 259M o SMPTE 292M), il modo più intuitivo per sollecitare il sistema è di aumentare la lunghezza del cavo finché sopraggiungono degli errori. Altre prove possono essere effettuate tramite la variazione dell'ampiezza o del tempo di salita oppure aggiungendo rumore e/o instabilità (jitter)

al segnale. Ciascuna di queste prove valuta uno o più aspetti delle prestazioni del ricevitore, in particolare l'intervallo e la precisione dell'equalizzatore automatico e le caratteristiche del rumore del ricevitore. Risultati sperimentali indicano che la prova effettuata incrementando la lunghezza del cavo, in particolare quando impiegata assieme ai segnali del campo per il controllo della SDI descritti nelle sezioni seguenti, è la prova di sollecitazione più importante perché rappresenta il funzionamento reale. La sollecitazione per la prova della capacità del ricevitore di gestire le variazioni delle ampiezze e l'instabilità aggiunta sono utili per valutare e accettare un'apparecchiatura, ma non sono molto significative per la valutazione del funzionamento del sistema. (La misurazione dell'ampiezza del segnale al trasmettitore e la misurazione dell'instabilità in vari punti del sistema sono importanti nelle prove funzionali ma non come le sono nelle prove di sollecitazione). L'aggiunta di rumore o il cambiamento del tempo di salita (entro limiti ragionevoli) hanno scarsi effetti sui sistemi digitali e non sono importanti nelle prove di sollecitazione.

Prova di sollecitazione sulla lunghezza del cavo

La prova di sollecitazione sulla lunghezza del cavo può essere fatta utilizzando un vero cavo coassiale o un simulatore di cavo. Il metodo che prevede l'uso del cavo

coassiale è il più semplice e il più pratico. Il parametro chiave che deve essere valutato è rappresentato dal sopraggiungere dell'errore in quanto questa situazione determina il punto di rottura. Con il metodo di misurazione dell'errore in locale, la qualità della misurazione sarà determinata dall'accuratezza del ginocchio che si forma nella curva dell'errore.

Per esempio, utilizzando un cavo coassiale 8281 in un sistema a 270 Mb/s, una variazione in lunghezza di 5 metri di cavo produce, tipicamente, un incremento degli errori passando da nessun errore per minuto a più di 1 errore/secondo.

Da prove sperimentali si è visto che per avere lo stesso incremento d'errore che potrebbe essere prodotto da un simulatore di cavo, di buona qualità, si deve utilizzare un cavo coassiale 8281 di lunghezza compresa fra i 10 e i 15 metri.

Un controllo operativo dei cavi dell'impianto può essere condotto facilmente utilizzando il monitor WFM601M (Figura 67) che visualizza, durante il controllo effettuato durante il funzionamento, le informazioni chiave sul segnale quando quest'ultimo lascia la sorgente precedente e su come "sopravvive" al percorso per la sua trasmissione.

Campo di controllo per SDI

Il campo di controllo per SDI (conosciuto anche come "segnale patologico") è un segnale di prova a pieno campo e quindi deve essere impiegato con il sistema non in funzione. Questo segnale è



Figura 68. Schermata di informazione sui dati,, WFM601M

gestito con difficoltà dal sistema digitale seriale e rappresenta una prova molto importante. Il campo di controllo per SDI è specifico per avere una quantità massima di energia a bassa frequenza, dopo il rimescolamento, in due parti distinte del campo.

Statisticamente, questa energia a bassa frequenza è presente all'incirca una sola volta per quadro.

Un componente del campo di controllo SDI effettua la prova del funzionamento dell'equalizzatore generando una sequenza di diciannove "0" seguiti da un solo "1" (oppure una sequenza di diciannove "1" seguiti da un solo "0"). Ciò accade circa una volta per campo quando il rimescolatore raggiunge le condizioni di avvio richieste e quando ciò avviene la sua durata si protrae per tutta la riga e termina con il sopraggiungere del pacchetto EAV. Questa sequenza produce un componente a DC elevata che sollecita le capacità analogiche dell'apparecchiatura e il sistema di trasmissione che gestisce il segnale.

Questa parte del segnale di prova può comparire all'estremità superiore della visualizzazione dell'immagine come una sfumatura color porpora, con il valore *luma* impostato a 198, ed entrambi i valori *chroma* impostati a 300.

L'altra parte del segnale è progettata per controllare le prestazioni con circuito bloccato in fase con un segnale occasionale formato da una sequenza di venti "0" seguita da una sequenza di venti "1". Ciò fornisce un numero minimo di intersezioni con lo zero per l'estrazione del

clock. Questa parte del segnale può comparire sull'estremità inferiore della

visualizzazione dell'immagine sotto forma di una sfumatura di colore grigio, con *luma* impostato a 110, ed entrambi i canali *chroma* a 200.

Alcuni generatori di segnali di prova utilizzano ordini diversi per i segnali, con il display per la visualizzazione delle immagini a sfumature di verde. I risultati sono gli stessi. Uno qualunque dei componenti del segnale (e altri colori statisticamente difficolati) potrebbe essere presente nella grafica generata dal computer quindi è importante che il sistema gestisca il segnale di prova senza errori.

Il segnale di prova per il campo di controllo per SDI è completamente legale per il componente digitale ma non lo è per il dominio composto; è definito nella Norma RP178.

Prova d'errore CRC

Per fornire informazioni all'operatore o persino per far suonare un allarme esterno nel caso in cui i dati non arrivino intatti, si può utilizzare il Controllo a Ridondanza Ciclica, solitamente indicato con CRC (Cyclic Redundancy Check). Un CRC è presente in ciascuna riga video nei formati ad alta definizione e può essere opzionalmente inserito in ciascun semiquadro nei formati a definizione standard. Si calcola un CRC e lo si inserisce nel segnale dei dati per effettuare un confronto con un CRC nuovamente calcolato all'estremità posta in ricezione. Per i formati a ricezione standard il valore CRC è inserito nell'intervallo verticale, dopo il punto di commutazione. La Norma SMPTE RP165 definisce il metodo opzionale per l'individuazione e la gestione

degli errori nei dati per i formati video a definizione standard. I dati relativi al campo completo e all'immagine attiva sono controllati separatamente e per ciascun campo si genera, una volta per campo, una *word* CRC a 16 bit. Il controllo a Campo Completo copre tutti i dati trasmessi tranne le righe riservate per la commutazione degli intervalli verticale (righe 9-11 nello standard a 525 righe, righe 5-7 in quello a 625). Il controllo sull'Immagine Attiva copre solamente le *word* dei dati video attivo, che si trovano fra SAV e EAV, a esclusione di queste ultime due. Le semirighe del video attivo non sono incluse nel controllo dell'Immagine Attiva. I monitor digitali possono fornire sia la visualizzazione dei valori CRC, sia un allarme per qualsiasi errore CRC (Figura 68).

Nei formati ad alta definizione, i CRC per *luma* e *chroma* seguono il pacchetto EAV e le *word* dei dati ausiliari. Il CRC per i formati ad alta definizione a 1125 righe è definito in SMPTE 292M per seguire il pacchetto EAV e le *word* del numero di riga; il controllo CRC è del tipo "riga per riga".

Prova di instabilità

Poiché con i dati video non è fornito un

clock separato, quello per il campionamento deve essere estratto dall'individuazione delle transizioni dei dati. Ciò si effettua direttamente dall'estrazione dell'energia che si trova intorno alla frequenza di clock in grado di guidare l'oscillatore ad ampia larghezza di banda (per esempio, un oscillatore a 270 MHz e a larghezza di banda di 5 MHz) agganciato in tempo quasi reale al segnale in ingresso. Questo oscillatore, a sua volta, guida un oscillatore, fortemente mediato, a larghezza di banda stretta (per esempio un oscillatore a 270 MHz a larghezza di banda di 10 Hz). In uno strumento per la misurazione dell'instabilità (jitter) i campionamenti degli oscillatori a larghezza di banda ampia o stretta sono poi confrontati in un demodulatore di fase per produrre una forma d'onda in uscita che rappresenti l'instabilità. Questo metodo è noto come "metodo del demodulatore".

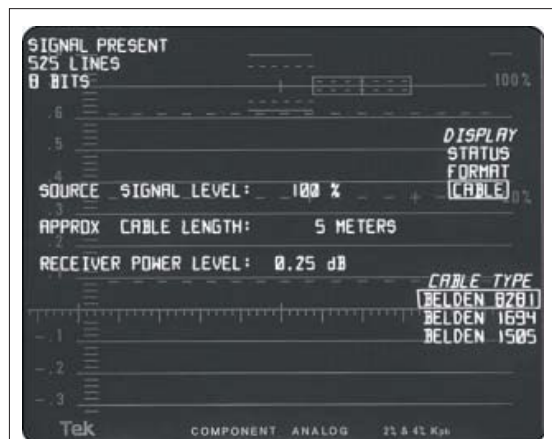


Figura 67. Schermata di informazione sul cavo,, WFM601M

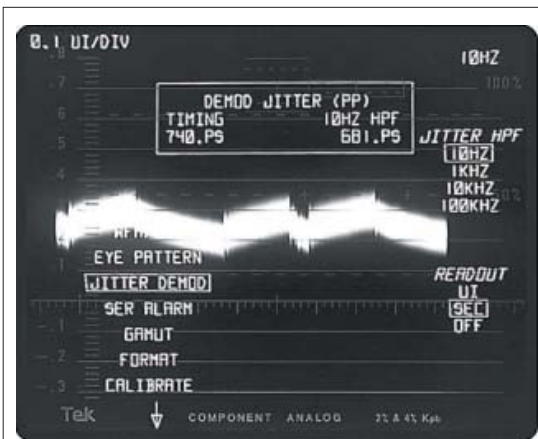


Figura 69.
Visualizzazione dell'instabilità demodulata effettuata con WFM601M.

L'instabilità della temporizzazione è definita come la variazione nel tempo di situazioni significative (per esempio, l'intersezione con lo zero) di un segnale digitale relativo a un clock che non presenta instabilità, al di sopra di alcune basse frequenze (tipicamente 10Hz). Sarebbe preferibile utilizzare il clock di riferimento originale ma solitamente esso non è disponibile e, quindi, si utilizza spesso, nello strumento di misurazione, un oscillatore fortemente mediato.

L'instabilità dell'allineamento, o instabilità relativa, è definita come la variazione nel tempo di situazioni significative (per esempio l'intersezione con lo zero) di un segnale digitale relativo a un ipotetico

clock estratto dallo stesso segnale. Questo clock estratto dal segnale seguirà il segnale fino alla larghezza di banda superiore di estrazione del clock, tipicamente da un 1KHz a 100 KHz. L'instabilità dell'allineamento misurata include quelle situazioni che si verificano al di sopra di questa frequenza. L'instabilità dell'allineamento indica una degradazione del margine di temporizzazione del clock relativo al segnale da agganciare.

Gli strumenti Tektronix quali, per esempio, il WFM601M (Figura 69), il WFM700M e il VM700T forniscono una selezione di filtri passa-alto per isolare l'energia dell'instabilità. Le informazioni relative all'instabilità possono essere non filtrate (l'intera larghezza di banda da 10 Hz a 5MHz) per visualizzare l'instabilità di temporizzazione, oppure possono essere filtrate da un filtro passa-alto a 1kHz (-3dB) per visualizzare l'instabilità

dell'allineamento da 1kHz a 5MHz. È possibile selezionare filtri passa-alto aggiuntivi per isolare ulteriori componenti dell'instabilità. Questi strumenti di misura forniscono una lettura diretta dell'ampiezza dell'instabilità e una visualizzazione della forma d'onda demodulata dell'instabilità stessa per aiutare ad isolare la causa.

È abbastanza comune per un ricevitore di dati in un singolo percorso tollerare un'instabilità considerevolmente maggiore rispetto a quanto specificato dalle norme SMPTE, tuttavia un aumento dell'instabilità all'interno dei dispositivi multipli può portare a un'anomalia non prevista. L'instabilità nei sistemi a bit seriali è trattata in SMPTE RP184, EG33 e RP192.

Prova con "modello a occhio" (Eye pattern)

Il modello a occhio (Figure 70 e 71) è una visualizzazione su oscilloscopio di un segnale analogico che trasporta dei dati. Gli "alti" e i "bassi" del segnale devono essere individuabili in maniera efficiente dal ricevitore per fornire i dati in tempo reale, senza errori. I parametri fondamentali misurati con il "modello a occhio" sono l'ampiezza del segnale, il tempo di salita, e l'eccesso di correzione. L'instabilità può anche essere misurata con il "modello a occhio" se si specifica attentamente il

clock. Questo modello è visualizzato non appena arriva, prima dell'equalizzazione. Conseguentemente, la maggior parte delle misurazioni può essere effettuata accanto

alla sorgente, dove il segnale non è dominato dal rumore e dall'attenuazione dovuta a variazioni di frequenza.

Negli standard SMPTE359M, SMPTE292 e RP184 compaiono importanti specifiche che includono l'ampiezza, il tempo di salita e l'instabilità (jitter). La frequenza, o il periodo, è determinata dal generatore di sincronizzazione televisivo che sviluppa il segnale sorgente, non il processo di serializzazione.

L'intervallo unitario (UI) è definito come il tempo compreso fra due transizioni adiacenti del segnale e rappresenta il reciproco della frequenza di clock. L'intervallo unitario è di 3,7 ns per i componenti digitali nei formati 525 e 625 (SMPTE 259M), mentre è di 673,4 ps per il digitale ad alta definizione (SMPTE 292M). Un ricevitore seriale determina se il segnale è "alto" o "basso" nel centro di ciascun "occhio" individuando in tal modo i dati seriali. Quando il rumore e l'instabilità del segnale aumentano all'interno del canale di trasmissione, il punto di decisione migliore si trova nel centro dell'occhio (Figura 71) sebbene alcuni ricevitori selezionino un punto ad un fissato istante di tempo dopo ciascun punto di transizione. Qualsiasi effetto che restringe l'occhio può ridurre l'utilità del segnale ricevuto.

In un sistema di comunicazione con correzione d'errore in avanti, è possibile recuperare accuratamente i dati anche con l'occhio quasi chiuso. Con una frequenza dell'errore molto bassa, richiesta per una corretta trasmissione del video digitale seriale, dopo l'equalizzazione del ricevitore è necessario avere un'apertura dell'occhio ampia e pulita. Ciò perché la natura casuale del processo che chiude l'occhio presenta, statisticamente, delle "code" che potrebbero occasionalmente dare origine a un inaccettabile errore. L'instabilità (jitter) prevista dalle specifiche è di 0,2 UI che corrisponde a 740 ps per i componenti digitali 525 e 625, mentre corrisponde a 134,7 ps per il digitale ad alta definizione. I sistemi digitali funzionano oltre il valore previsto dalle specifiche, ma a un certo punto si presenterà un'anomalia. Il principio base di questi sistemi digitali è di osservare queste specifiche per conservare l'integrità del sistema ed evitare anomalie che potrebbero causarne l'inoperatività.

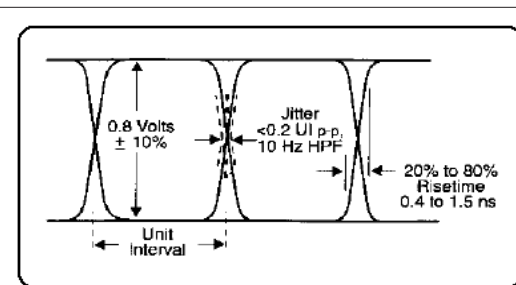


Figura 70. Visualizzazione con modello a occhio del segnale dei dati nello strato di trasporto analogico.

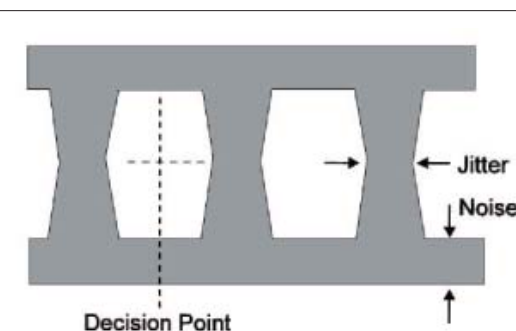


Figura 71. Estrazione dei dati per un segnale seriale.

L'ampiezza del segnale è importante a causa della sua relazione con il rumore e perché il ricevitore valuta la compensazione richiesta ad alta frequenza (equalizzazione) basata sull'energia, a metà della frequenza di clock, che rimane al segnale in arrivo. Ampiezze non corrette alla fine dell'invio possono dare origine a una equalizzazione non corretta alla fine della ricezione con conseguente distorsione del segnale.

Le misurazioni del tempo di salita sono effettuate in un punto in una opportuna posizione compresa fra il 20% e l'80% per i dispositivi a logica ECL a commutazione di corrente. Un tempo di salita non corretto potrebbe causare distorsione del segnale come, per esempio, sdoppiamento dell'immagine o eccesso di correzione, oppure se fosse troppo lento potrebbe ridurre il tempo a disposizione per il campionamento all'interno dell'occhio.

L'eccesso di correzione po-

trebbe essere il risultato di un tempo di salita non corretto, ma più probabilmente sarà causato dalle discontinuità dell'impedenza o da una scarsa attenuazione della riflessione alle terminazioni per la ricezione o per l'invio. Per effettuare una prova efficace, su una terminazione finale a ricezione corretta, è necessario che lo strumento di prova sia dotato di un circuito chiuso ad alta prestazione per individuare qualsiasi difetto causato dalla terminazione sottoposta a prova. Le perdite sul cavo tendono a ridurre la visibilità della riflessione, specialmente per velocità di dati ad alta definizione di 1,485 Gb/s o superiori. Ingressi digitali ad alta definizione sono solitamente terminati internamente e il monitoraggio con modello "a occhio" durante il funzionamento non effettuerà la prova del percorso per la trasmissione (cavo) che alimenta altri dispositivi. La prova del percorso per la trasmissione fuori funzionamento è effet-

Nella figure 70 e 71

Interval unit	=	Intervallo unitario
Risettime	=	Tempo di salita
0,4 to 1.5 ns	=	da 0,4 a 1,5 ns
Jitter	=	Instabilità
Noise	=	Rumore
Decision point	=	Punto decisionale

tuata sostituendo il generatore del segnale di prova per la sorgente e il monitor per il controllo della forma d'onda, con il display "a occhio" al posto del normale dispositivo di ricezione.

La prova con modello "a occhio" necessita di un oscilloscopio con risposta nota ben oltre la velocità dei dati dello strato di trasporto ed è generalmente misurata con tecniche di campionamento. I monitor Tektronix VM700T, WFM601E

e WFM601M e WFM700M garantiscono la capacità di misurazione secondo il modello "a occhio" per la definizione standard (270 Mb/s) e il WFM700M consente invece le misurazioni per flussi di dati ad alta definizione a 1,485 Gb/s. Questi monitor per il controllo della forma d'onda digitali offrono parecchi vantaggi perché sono in grado sia di estrarre e visualizzare i dati video, sia di misurarli. Il modello "a occhio" campionato può essere visualizzato

in una sovrapposizione di tre bit di dati per mostrare l'instabilità non in correlazione alla *word* a 10 bit, oppure si può effettuare un'impostazione per mostrare i dati a *word* correlate a 10 bit. Sincronizzando lo spazzolamento del monitor per il controllo della forma d'onda con il video, è facile vedere qualsiasi spostamento DC nel flusso di dati correlati alle informazioni video per la verticale e per l'orizzontale.

Conclusioni

Lo scopo di questo documento è stato quello di fornire informazioni di base riguardanti la transizione per gli studi televisivi dai formati video analogici a quelli digitali e ad alta definizione.

Oggi i professionisti del video si trovano di fronte molte sfide e la transizione al digitale è una di quelle a lungo termine. I tipici centri di telediffusione e gli studi di produzione lavorano con formati video sia a definizione standard, sia ad alta definizione.

I nuovi formati digitali, naturale estensione dei ben noti segnali video analogici, offrono un canale superiore per la creatività dei professionisti del settore, un maggior livello delle prestazioni e dell'affidabilità per i tecnici e una nuova eccitante esperienza per il consumatore che contribuirà a far crescere l'industria e a farle avere successo.

Il futuro riserverà molti cambiamenti e gli autori si augurano che le transizioni del video da analogico a digitale possano portare a risultati gratificanti.

Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione

Continua la versione italiana di un manuale della Tektronix dal titolo originale "Guide to Standard and High-Definition Digital Video Measurements", una guida molto interessante e completa sul video (e l'audio) in ambiente digitale con particolare attenzione agli aspetti relativi al trattamento ed alla 'misurazione' del segnale. I ringraziamenti vanno a Tektronix ed in particolare a Paul Dubery, Jole Perlange e Franco Chiusa. A piè pagina il sommario completo della serie di articoli.

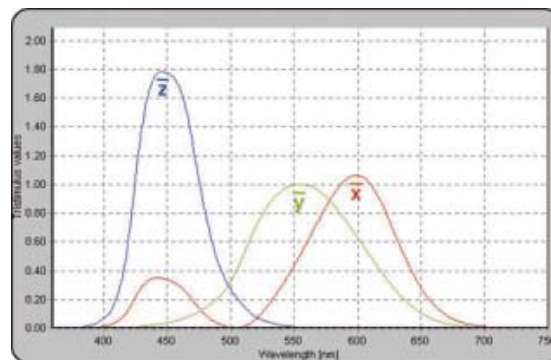


Figura A1. Funzioni colorimetriche (per osservatore a 2°), CIE 1931

tristimolo XYZ per ottenere un tracciamento bidimensionale dei valori x e y di tutti i colori per un relativo valore di luminanza; le equazioni che appaiono qui in seguito rappresentano le relazioni per passare da un sistema di coordinate all'altro. Ogni colore è rappresentato con un punto di coordinate (x;y) all'interno di un diagramma di cromaticità, come illustrato in

Figura A2.

$$\begin{aligned}x &= X / (X + Y + Z) \\y &= Y / (X + Y + Z) \\z &= Z / (X + Y + Z) \\1 &= x + y + z\end{aligned}$$

Per i vari formati video sono stabiliti dei limiti che mostrano tutti i colori possibili per quel formato. I triangoli definiti dai colori codificati e rappresentati nella Fi-

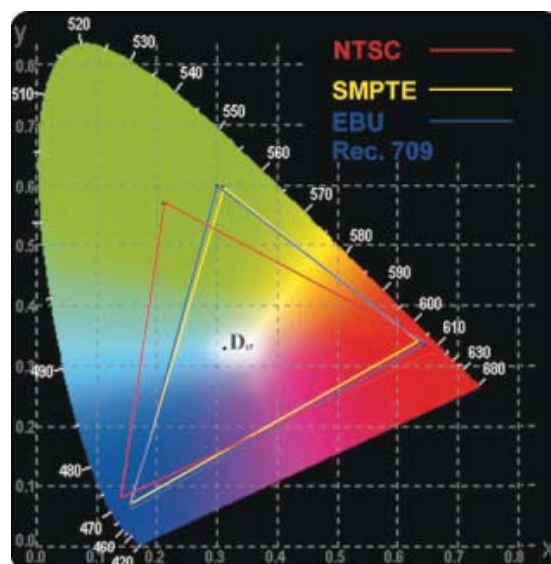


Figura A2. Diagramma di cromaticità (x;y) CIE con valori delle coordinate per SMPTE, EBU/PAL/SECAM e NTSC 1953.

Appendice A

Colori e colorimetria

Le specifiche per il colore nel campo televisivo si basano sugli standard definiti dalla CIE - Commissione Internazionale per l'Illuminazione - nel 1931. Il sistema è basato su esperimenti condotti con un gruppo di osservatori che abbinano un colore a una miscela additiva dei tre colori

primari: il rosso, il verde, il blu. La media dei risultati ottenuti da questi esperimenti porta al grafico che mostra la funzione colorimetrica (Figura A1) di un osservatore standard (medio). I valori di tristimolo (detti anche componenti tricromatiche) RGB presentano dei limiti imposti dalla gamma e non possono riprodurre tutti i colori. Per riprodurre tutti i colori sarebbero necessari dei valori RGB negativi. Questo modello risulta non essere adatto

colorimetria televisiva. La CIE specificò un insieme ideale di valori di tristimolo primari XYZ. Questi valori sono un insieme di valori tutti positivi convertiti a partire dai valori di tristimolo RGB nei quali il valore Y è proporzionale alla luminanza della miscela additiva. Questa specifica è utilizzata come base per il colore negli attuali standard televisivi.

La CIE standardizzò una procedura per la normalizzazione dei valori di

Sommario della "Guida alle misurazioni del video digitale standard e ad alta definizione"

Indice	I principi del video in definizione standard alla base anche del video ad alta definizione	Audio digitale Audio embedded nel video digitale component Estensione dell'audio embedded La gestione dell'audio AES/EBU	Metodo Tektronix Lightning Metodo Bowtie	Appendice A - Colore e colorimetria Bianco Componenti rosso, verde e blu Colori legali e validi Tavole di conversione Appendice B - Relazioni fra le frequenze televisive Appendice C - Parametri dei segnali video composito analogici a definizione standard Appendice D - Norme e standard di riferimento per la televisione Appendice E - Bibliografia Appendice F - Glossario
Introduzione La televisione tradizionale	Temporizzazioni e sincronizzazione Temporizzazioni del video analogico Temporizzazione orizzontale Temporizzazione verticale Parametri del video analogico component ad alta definizione	Misurazioni Video Strumenti di misurazione e monitoraggio Monitoraggio dei segnali analogici e digitali Valutazione della degradazione del segnale video Ampiezza del video Ampiezza del segnale Risposta in frequenza Ritardo di gruppo Effetti non lineari Guadagno differenziale Fase differenziale Temporizzazioni fra sorgenti video Temporizzazione interchannel del segnale component Metodo forma d'onda	Gestione di un sistema televisivo digitale Forme d'onda RGB e a differenza di colore Bilanciamento del guadagno component Visualizzazione vettoriale Visualizzazione Lightning Visualizzazione Diamond Visualizzazione Arrow-Head	Ringraziamenti Notizie biografiche Avvertenze
Il passaggio dall'analogico al digitale Segnale a componenti RGB Correzione del gamma Correzione del gamma: oltre la correzione per la risposta del CRT Conversione del segnale R'G'B' in luma e differenza colore	Formati di registrazione digitali Formati di produzione a frame segmentati		Test per sistemi digitali Test di sollecitazione Test di lunghezza cavo Check Field SDI Test d'errore CRC Test Jitter Test eye-pattern	
L'interfaccia video digitale Campionamento 601 Interfaccia digitale parallela Interfaccia digitale seriale (SDI)	Temporizzazione e sincronizzazione dei segnali digitali Sincronizzazione telecine		Conclusioni	

gura A3 (SMPTE = giallo, EBU/PAL/SECAM = blu, NTSC 1953 = verde) sono specificati con le coordinate x e y che compaiono nella Tabella A1.

Le coordinate x e y scelte dipendono dai fosfori utilizzati per la costruzione del CRT. I fosfori indicati dalle specifiche per il sistema NTSC nel 1953 sono stati soppiantati da quelli indicati da EBU e da SMPTE in seguito alle richieste di display più luminosi.

Bianco

Il punto bianco del sistema è importante nella definizione dei colori e quindi all'interno di ciascun formato se ne definisce uno che è aggiunto al rosso, al verde e al blu in pari misura.

Nel 1931 la CIE definì parecchie sorgenti standard:

Sorgente A: una lampada a filamento di tungsteno con temperatura del colore a 2854 K.

Sorgente B: un modello della luce solare di mezzogiorno con una temperatura del colore a 4800 K.

Sorgente C: un modello della luce diurna media con una temperatura del colore a 6504 K.

L'illuminante C (la sorgente C) fu utilizzata nella definizione originale per il sistema NTSC. La CIE definì successivamente una serie di illuminanti a luce diurna indicata come Serie D a luce diurna. Attualmente si utilizza, in maniera predominante, negli attuali standard video, l'illuminante D65 con temperatura del colore di 6504 K e coordinate $(x;y)$ leggermente differenti.

Ciascuna delle sorgenti presenta un punto bianco e a ognuna è associata una coppia di valori $(x;y)$ nel diagramma di cromaticità.

Illuminante A

$x = 0,4476$ $y = 0,4075$

Illuminante B

$x = 0,3484$ $y = 0,3516$

Illuminante C

$x = 0,3101$ $y = 0,3162$

Illuminante D65

$x = 0,3127$ $y = 0,3290$

Gli attuali standard prevedono che gli studi televisivi sia illuminati da una sorgente con illuminante D65. In realtà l'illuminazione degli studi può non essere ottenuta con l'illuminante D65 e in tal caso la compensazione del

bilanciamento del bianco della telecamera sarà effettuata tramite la regolazione del guadagno dei componenti rosso, verde e blu.

Componenti rosso, verde e blu

I componenti, in alcune forme, sono una parte neces-

saria per qualsiasi sistema televisivo. Le telecamere a colori solitamente analizzano la luce dell'immagine, nei suoi tre componenti rosso, verde e blu, per sviluppare i segnali video. Poiché ciascuno di questi segnali R'G'B' a fattore di contrasto corretto trasporta parte delle informazioni dell'immagine ed è necessario per ricreare l'immagine completa, si fa riferimento ad essi

indicandoli come "componenti" del segnale video a colori tuttavia, come indicato dal significato generale del termine, ciascun componente è una parte necessaria ma non sufficiente. I segnali componenti R'G'B' di base, sono di nuovo utilizzati all'uscita del sistema televisivo per visualizzare l'immagine su un monitor o su un apparecchio televisivo. In base a



ciò è dunque ragionevole affermare che uno dei principali compiti del sistema televisivo è di convogliare questi segnali componenti attraverso tutti i processi di distribuzione, tecnici e artistici e di inviarli a un display per la visualizzazione. Sebbene al-



cune apparecchiature, specialmente nel passato, hanno inviato segnali RGB oltre la telecamera (o l'unità di controllo della telecamera), il segnale video è stato quasi sempre trasportato o codificato in altri formati per la registrazione, per l'interconnessione o per la trasmissione a lunghe distanze e poi decodificato per la visualizzazione.

Un altro mezzo per la rappresentazione dei colori primari rosso, verde e blu è costituito dalla rappresentazione tridimensionale con il cubo dei colori R'G'B' all'interno del quale sono rappresentati tutti i colori. Il cubo dei colori RGB è mostrato nella Figura A3.

Il sistema televisivo a colori fu sviluppato per essere compatibile con i ricevitori in bianco e nero. Il segnale *luma* a fattore di contrasto corretto, Y' , è creato dai segnali rosso, verde e blu provenienti dalla telecamera per la trasmissione a ricevitori in bianco e nero o a colori, come se fosse un'immagine monocromatica. Conoscendo

Tabella A1. Valori delle coordinate (x,y) fissati dalla CIE per i diversi formati.

SMPTE	ROSSO		VERDE		BLU	
	Xr	Yr	Xg	Yg	Xb	Yb
	0,630	0,340	0,310	0,595	0,155	0,070
Illuminante D65	x = 0,3127		y = 0,3290			
EBU	ROSSO		VERDE		BLU	
	Xr	Yr	Xg	Yg	Xb	Yb
Rec 709	0,640	0,330	0,300	0,600	0,150	0,060
Illuminante D65	x = 0,3127		y = 0,3290			
PAL/SECAM	ROSSO		VERDE		BLU	
	Xr	Yr	Xg	Yg	Xb	Yb
	0,64	0,330	0,290	0,60	0,150	0,060
Illuminante D65	x = 0,3127		y = 0,3290			
NTSC	ROSSO		VERDE		BLU	
	Xr	Yr	Xg	Yg	Xb	Yb
(1953)	0,670	0,330	0,210	0,710	0,140	0,080
Illuminante C	x = 0,3101		y = 0,3162			

la differenza tra il canale monocromatico o *luma* e uno qualunque dei due canali colore, siamo in grado di ricostruire il rosso, il verde e il blu per gestire il cinescopio a colori. Poiché la risposta al verde della visione umana è strettamente legata alla luminosità, la maggior parte di questa informazione colore è utilizzata per formare il segnale *luma* mentre i restanti canali a sottrazione di colore rosso e blu possono essere

trasmessi a una larghezza di banda inferiore.

Il segnale *luma* e i due segnali a sottrazione di colore contengono tutte le informazioni necessarie per visualizzare uno qualsiasi della vasta gamma di colori possibili nell'immagine originaria. Il gruppo principale dei tre componenti (R' , G' e B') è così trasformato in un nuovo gruppo di tre componenti (Y' , $R'-Y'$, $B'-Y'$) tramite una semplice matrice, come mo-

strato in Figura A4. Il formato con i componenti a sottrazione di colore presenta due vantaggi rispetto all'R'G'B': si richiede sostanzialmente una larghezza di banda inferiore per fornire le informazioni necessarie; un sistema a sottrazione di colore richiede solo un canale ad alta larghezza di banda dato che tutti i minimi dettagli dell'immagine sono trasportati dal segnale *luma*. Un sistema R'G'B' richiede invece un'ampia larghezza di banda su tutti e tre i canali.

Il secondo vantaggio consiste nel fatto che le distorsioni

del guadagno hanno effetti meno gravi su un gruppo di componenti a sottrazione di colore rispetto a quelli prodotti sui componenti R'G'B'. Un qualunque canale a basso livello in un gruppo a sottrazione di colore produrrà solamente piccoli cambiamenti nella tonalità o nella saturazione. Un basso livello nell'R'G'B' produrrà, invece, un'immagine con colori chiaramente errati. L'idea di transcodificare i componenti R'G'B' in un segnale *luma* e in due segnali a sottrazione di colore si è dimostrata molto utile. Tali segnali, con variazioni relativamente minori, sono alla base sia di tutti i formati dei componenti video esistenti, sia delle normative per la trasmissione composta, in tutto il mondo.

Definizione standard (Figura A5):

$$Y' = 0,587G' + 0,114B' + 0,299R', \text{ valori compresi tra } 0 \text{ e } 700 \text{ mV Sync} - 300 \text{ mV}$$

$$B' - Y' = -0,587G' + 0,866B' - 0,299R', \text{ valori compresi tra } \pm 620 \text{ mV}$$

$$R' - Y' = -0,857G' - 0,114B' + 0,701R', \text{ valori compresi tra } \pm 491 \text{ mV}$$

Nel dominio dei componenti video, i segnali a componente R'G'B' sono spesso indicati con G'B'R' poiché la maggior parte del segnale

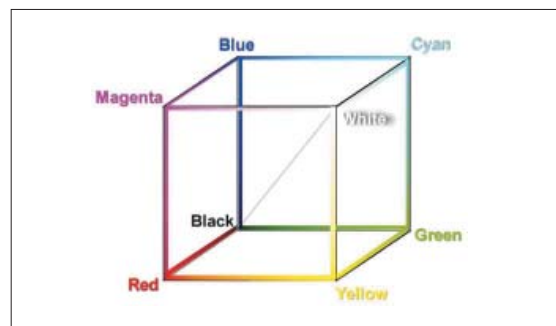


Figura A3. Il cubo dei colori R'G'B'.

Nella figura A3

Blue	Blu
Magenta	Magenta
Black	Nero
Red	Rosso
Yellow	Giallo
Green	Verde
White	Bianco
Cyan	Ciano
Matrix	Matrice

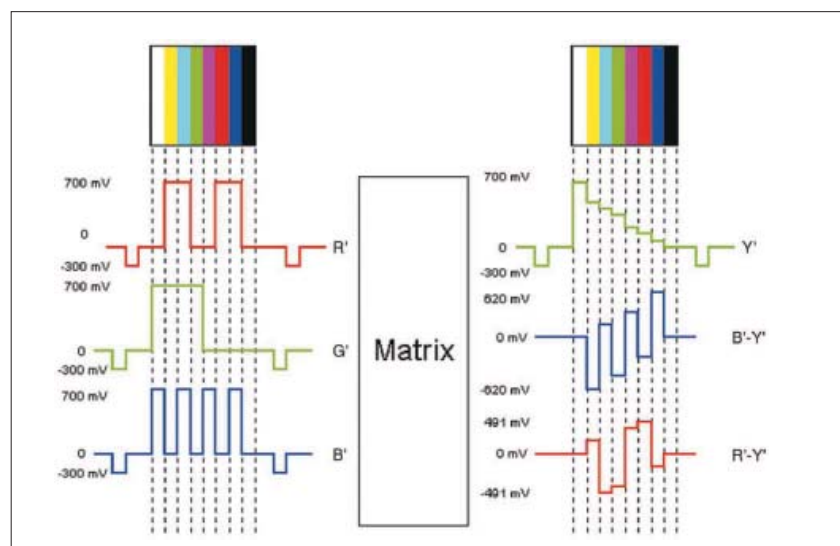


Figura A4. Matrice di trasformazione del segnale R'G'B' nei componenti a sottrazione di colore

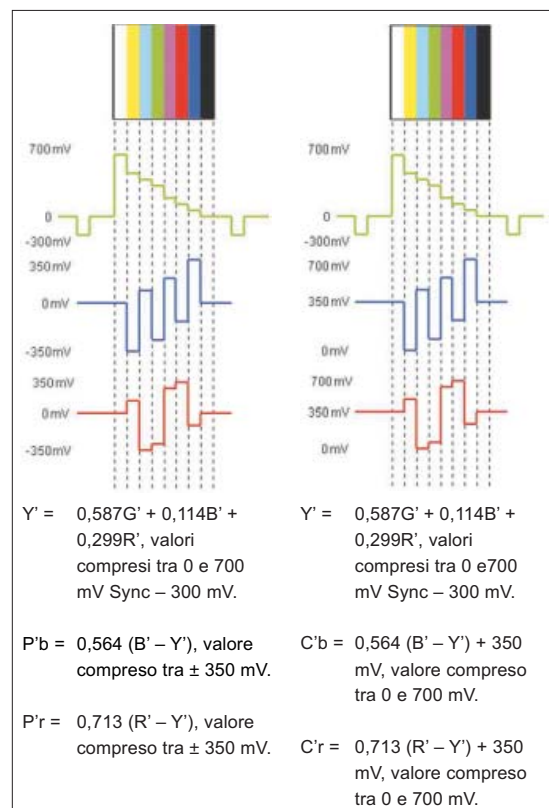


Figura A5. Segnali a sottrazione di colore in scala + offset per quantizzazione digitale.

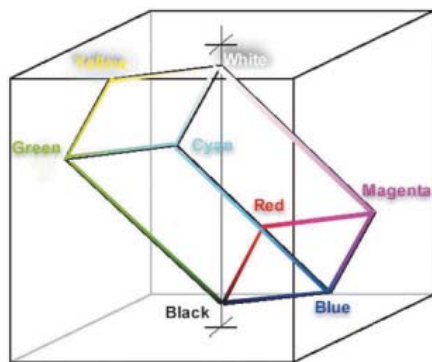


Figura A6. Spazio del colore in 3D per Y'C'b'C'R'

Nella figura A6

Yellow	Giallo
Green	Verde
Black	Nero
Blue	Blu
Red	Rosso
Magenta	Magenta
Cyan	Ciano
White	Bianco

e blu o R'G'B'. Quando i valori sono gli stessi, (per esempio: $R' = G' = B'$) l'immagine è sbiadita, sino a presentare sfumature di grigio, su un monitor d'immagine correttamente regolato. In

caso contrario, risulterà una tonalità colorata a saturazione non nulla e sono possibili tutti i colori della gamma fra quelli riproducibili impostando i valori dei segnali R'G'B' in maniera indipendente.

della luminanza è formato dall'informazione relativa al canale verde. Esiste quindi una corrispondenza tra Y'P'bP'r e G'B'R'.

I valori a sottrazione di colore (Figura A5) sono dapprima rappresentati su scala per produrre un intervallo dinamico uguale compreso fra ± 350 mV per lavorare più comodamente all'interno di diversi sistemi. Il segnale a componenti analogici è indicato con Y'P'bP'r; il sistema a componenti digitali è indicato con Y'C'bC'r e introduce un *offset* nei segnali a sottrazione di colore in modo da ottenere degli intervalli di elaborazione simili per i valori dei segnali Y e a sottrazione di colore.

Le operazioni di *matrixing* e di *scaling* impediscono l'utilizzo di tutti i possibili valori dei segnali Y'C'bC'r quando il segnale è riconvertito in RGB. Come illustrato nella Figura A6, si utilizza solo il 25% circa di tutti i possibili valori dei segnali nel dominio Y'C'bC'r per presentare l'intera gamma di colori nel dominio RGB. Per questo motivo si deve prestare attenzione quando si effettuano le trasformazioni tra formati per evitare che l'intervallo dinamico sia superato durante il processo di conversione.

Gamma, legale, valido

Il termine "gamma" (gamut) è stato utilizzato per individuare l'intervallo o gamma di colori riproducibili da un sistema televisivo quando la scena è illuminata dal colore bianco di riferimento (Illuminante D_{65} per NTSC/PAL). Questa gamma è definita dal valore della cromaticità o dalle coordinate di cromaticità CIE per un dato sistema. Tale intervallo di colori di saturazione variabile è riprodotto nel monitor d'immagine dai valori dei segnali rosso, verde



Poiché i valori dei segnali R'G'B' rappresentano direttamente questi colori, il termine gamma è spesso utilizzato per indicare i colori ottenibili da tutte le combinazioni dei segnali R'G'B' che si trovano tra i limiti legali compresi tra 0 e 700 mV. I segnali R'G'B' che si estendono oltre questo intervallo di tensione possono produrre il colore desiderato su un dato monitor d'immagine, ma sono al di fuori della gamma di colori valida. Questi segnali possono essere tagliati o compressi in successivi processi relativi al segnale, provocando una distorsione del colore quando quest'ultimo è visualizzato su un altro monitor d'immagine.

Nel dominio dell'R'G'B', quindi, qualsiasi canale che superi il limite superiore o inferiore rappresenta un segnale non valido, poiché il colore esce dalla gamma di colori valida. È inoltre illegale perché uno o più componenti supera/superano i limiti legali.

I segnali legali sono semplicemente quei segnali che non violano i limiti di tensione del segnale per il particolare formato in uso, cioè quei segnali che si trovano all'interno dei limiti concessi per quel formato. Un segnale legale in un formato a sottrazione di colore come Y'C'bC'r può quindi essere non valido in quanto può rappresentare un colore al di fuori della gamma di colori valida. Un segnale non valido di questo tipo produrrà sempre un segnale illegale quando è transcodificato in R'G'B'.

Un segnale è valido quando si trova all'interno della gamma di colori e resta legale quando è trasformato in qualunque altro formato. Un segnale valido è sempre legale, ma un segnale legale non è sempre necessariamente valido. Quest'ultimo caso si verifica, molto spesso, con un segnale componente con formato a sottrazione di colore, per il quale i livelli del segnale non sono indipendenti perché si trovano in sistemi RGB. Le Figure A7 e A8 mostrano come una semplice distorsione del guadagno in un segnale a componente a sottrazione di colore possa rendere non valido un segnale, pur non rendendolo illegale.

La Figura A7 mostra un segnale a sottrazione di colore legale e valido (in alto) e il segnale RGB legale (in basso)

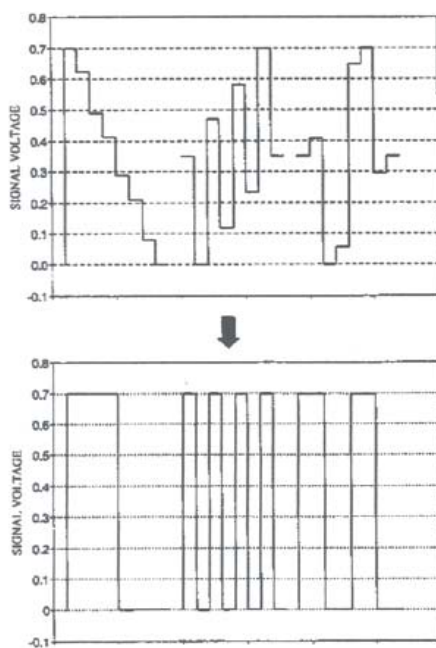


Figura A7. Un segnale valido a sottrazione di colore può essere trasformato in un segnale legale RGB.

nel quale si trasforma. Nella Figura A8, invece, il canale luma del segnale a sottrazione di colore (in alto) è distorto; presenta un guadagno relativo solo del 90%. Quando questo segnale distorto è transcodificato nel formato RGB (in basso), il risultato è un segnale illegale – tutti e tre i componenti si estendono al di sotto del livello minimo di segnale consentito. Poiché il segnale a sottrazione di colore distorto non è valido perché non può essere trasformato in un segnale RGB legale. Anche altre forme di distorsione possono creare segnali non validi.

Segnali validi possono essere trasformati, codificati, o inviati verso un qualunque ingresso di un sistema video senza provocare problemi relativi all'ampiezza.

Tabelle per la conversione dei formati

Le seguenti tabelle di conversione mostrano come calcolare la trasformazione tra i valori di Y'P'bP'r e i prodotti G'B'R'. Nella Tabella A2, i valori delle barre di colore al 100% sono trasformate da G'B'R' in Y'P'bP'r. L'intervallo dinamico di R'G'B' (da 0 a 700 mV) non è superato e il processo di conversione si risolve in segnali che non superano l'intervallo dinamico

analogico di Y'P'bP'r (da 0 a 700 mV per il canale luma e ± 350 mV per i canali a sottrazione di colore). Questo segnale è detto Legale e Valido. Un segnale è Legale se cade all'interno dell'intervallo dinamico di quel formato. Un segnale è Valido se rappresenta un colore che si trova all'interno della gamma di colori valida. Questo tipo di segnale, quando transcodificato in R'G'B' produrrà sempre un

segnale R'G'B' legale.

Quando un segnale supera l'intervallo dinamico di un formato, diventa illegale. La Tabella A3 mostra segnali che sono legali nel dominio Y'P'bP'r; quando questi valori sono trasformati in G'B'R', comunque, alcuni di essi cadono al di fuori della soglia da 0 a 700 mV impostata per G'B'R' che indica che essi non sono validi e che rappresentano colori al di fuori del-

la gamma valida. La distorsione dei segnali potrebbe verificarsi dall'elaborazione da parte di un'apparecchiatura in grado di elaborare solo il segnale interno all'intervallo del formato specificato e che potrebbe tagliare il segnale in caso di superamento di questi valori. Tektronix ha sviluppato specifici display per aiutare gli operatori e i tecnici nella manipolazione di segnali Legali e Validi.

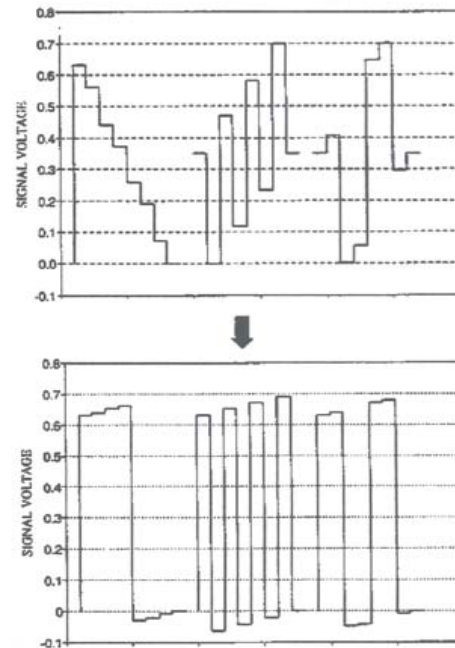


Figura A8. Un segnale non valido, legale in un formato ma illegale dopo la conversione.

Tabella A2. Segnali G'B'R' legali e validi con segnali equivalenti Y'P'bP'r legali e validi
Barre colore al 100%

Colore	G'(mV)	B'(mV)	R'(mV)	Y'(mV)	P'b(mV)	P'r(mV)
Bianco	700	700	700	700	0	0
Giallo	700	0	700	620,2	-350	56,7
Ciano	700	700	0	490,7	118,3	-350
Verde	700	0	0	410,9	-231,7	-293,3
Magenta	0	700	700	289,1	231,7	293,3
Rosso	0	0	700	209,3	-118,3	350
Blu	0	700	0	79,8	350	-56,7
Nero	0	0	0	0	0	0

Tabella A3. Segnali Y'P'bP'r legali ma non validi con segnali equivalenti G'B'R' illegali

Y'(mV)	P'b(mV)	P'r(mV)	G'(mV)	B'(mV)	R'(mV)	Colore
700	350	350	330	1320	1911	GBR illegale
700	-350	-350	1070	80	160	GBR illegale
700	0	350	450	700	1191	GBR illegale
700	0	-350	950	700	160	GBR illegale
700	350	0	580	1320	700	GBR illegale
700	-350	0	820	80	700	GBR illegale
700	0	0	700	700	700	Bianco
0	350	350	-370	620	491	GBR illegale
0	-350	-350	370	-620	491	GBR illegale
0	0	350	-250	0	491	GBR illegale
0	0	-350	250	0	-491	GBR illegale
0	350	0	-120	620	0	GBR illegale
0	-350	0	120	-620	0	GBR illegale
0	0	0	0	0	0	Nero

Appendice F

Glossario

ms – microsecondi = 1×10^{-6} s

4:2:2 – Termine comunemente utilizzato per indicare il formato di un componente video digitale. I dettagli del formato sono specificati nello standard ITU-R BT.601. I numerali 4:2:2 indicano il rapporto della frequenza di campionamento del singolo canale della luminanza rispetto ai due canali a sottrazione di colore. Ogni 4 campionamenti del canale della luminanza sono effettuati 2 campionamenti di ciascun canale a sottrazione di colore. Vedere ITU-R BT.601.

4fsc – Standard di campionamento con riferimento a una frequenza ottenuta moltiplicando per 4 la frequenza di campionamento della sottoportante. Si utilizza nei sistemi digitali composti. Per il sistema NTSC la frequenza è di 14,3 MHz, per il sistema PAL è di 17,7 MHz. Il campionamento dei componenti a definizione standard avviene a 13,5 MHz per il segnale *luma*, a 6,75 MHz per il segnale *chroma* sia per il formato 525/60, sia per il formato 625/50.

algoritmo – Una serie di regole o processi per risolvere un problema in un numero finito di passaggi.

aliasing – Difetti dell'immagine tipicamente causati da un insufficiente campionamento o da una scarsa filtrazione del video digitale. I difetti generalmente si manifestano come seghettature sulle linee diagonali e come scintillii o brillii nei dettagli dell'immagine.

analogico – Aggettivo che descrive qualsiasi segnale elettrico che varia continuamente in ampiezza, fase o frequenza, in modo che le variazioni del segnale codifichino gli elementi originali della grandezza. Al contrario, un segnale digitale contiene livelli discreti che rappresentano le cifre binarie 0 e 1.

analogico composto – Segnale video composto codificato, per esempio il video NTSC o PAL, che include le informazioni per la sincronizzazione verticale e orizzontale.

analogico a componenti – Uscita non codificata di una telecamera, di un videoregistratore ecc, composta dai tre segnali dei colori primari: il verde, il blu e il rosso (GBR) che insieme trasportano tutte le informazioni necessarie per l'immagine. In alcuni formati per i componenti video, questi tre componenti sono stati trasformati nel segnale della luminanza e nei segnali a sottrazione di colore; per esempio: Y, B-Y, R-Y.

asincrono – Ciò che segue una procedura di trasmissione non sincronizzata da un clock. Il video digitale non è asincrono perché le informazioni di clock per il campionamento possono essere estratte dalle transizioni del segnale di dati per la decodifica.

attenuazione della risposta in frequenza – Distorsione in un sistema per la trasmissione all'interno del quale i componenti a frequenza più alta non sono trasportati mantenendo la loro originale ampiezza, creando così una possibile perdita della saturazione del colore.

audio AES/EBU – Nome informale per indicare lo standard per l'audio stabilito congiuntamente da Audio Engineering Society e da European Broadcasting Union.

audio incluso – L'audio digitale è multiplexato in un flusso di dati digitali seriali quando si procede all'allocazione per i dati ausiliari.

bit – Da *binary digit* ossia cifra binaria. Unità d'informazione impiegata nei computer digitali e nei sistemi di comunicazione e di numerazione binaria, in grado di assumere due soli valori matematici: "0" e "1", o due valori logici: "vero" e "falso". Per avere unità d'informazione significative, i bit si combinano in unità più lunghe dette *byte* o *data word*.

blanking – cancellazione o intervallo di soppressione della trama. Una scansione interlacciata, indica la fase durante la quale il fascio elettronico compie un ritorno orizzontale dopo l'esplorazione di una riga o un ritorno verticale dopo l'esplorazione di un semiquadro. Durante il *blanking* il fascio non emette informazioni visibili, ma segnali di sincronismo.

BNC – Abbreviazione di *baby N connector*. Un connettore per cavi molto utilizzato nel campo televisivo.

byte – Vedere bit.

campionamento – Processo in cui i segnali analogici sono catturati (campionati) per essere misurati.

campionamento ortogonale – Campionamento di una linea di un segnale video ripetitivo in modo che i campionamenti in ciascuna riga si trovino nella stessa posizione orizzontale.

cavo coassiale – Linea di trasmissione con doppi concentrici di conduttori per il trasporto del segnale.

cavo parallelo – Cavo multiconduttore che trasporta dati paralleli.

CCIR – Acronimo di *Comité Consultatif International en Radiodiffusion* ossia Comitato Consultivo Internazionale per la Radiodiffusione. Questo comitato internazionale per la standardizzazione è ora stato sostituito dall'International Telecommunication Union (ITU).

CCIR-601 – vedere ITU-R BT.601

CCIR-656 – vedere ITU-R BT.656

chroma o segnale di crominanza – Bande laterali della sottoportante modulata per il segnale video composto. Termine utilizzato anche per descrivere i segnali a sottrazione di colore in un sistema a componenti ossia quei segnali che trasportano le informazioni circa la tonalità (quale colore) e la saturazione (quanto colore) in ciascun pixel.

chroma key – Processo per il controllo della sostituzione di parte dell'immagine video con una seconda immagine. Il segnale di controllo è sviluppato a partire dalle caratteristiche della crominanza del segnale video.

codifica – Rappresentazione di ciascun livello di un segnale video sotto forma di numero, solitamente binario.

codifica del canale – Indica il modo in cui gli "1" e gli "0" del flusso di dati sono rappresentati lungo il percorso per la trasmissione.

codificatore – Dispositivo utilizzato per formare un singolo (composto) segnale colore a partire da un insieme di segnali componenti. Si utilizza un codificatore ogni volta che sia richiesta un'uscita composta da una sorgente (o registrazione) che è in formato di componente. È anche utilizzato come dispositivo per la compressione video.

colori neutri – Intervallo dei livelli di grigio, dal nero al bianco, ma senza colori. Nelle aree neutre dell'immagine, i segnali R'G'B' sono uguali; nei formati a sottrazione di colore, i segnali a sottrazione di colore sono nulli.

colori primari – I colori, di solito tre, che sono combinati per produrre la gamma completa degli altri colori all'interno dei limiti di un sistema. Tutti i colori non primari sono miscele di due o più colori primari. Nel settore televisivo i colori primari sono gamme specifiche di rosso, verde e blu.

componenti digitali – Segnali componenti nei quali i valori per ciascun pixel sono rappresentati da un insieme di numeri.

conversione della frequenza di campionamento – 1) Tecnicamente, il processo di conversione da una frequenza di campionamento a un'altra. La frequenza di campionamento digitale per il formato a componenti è di 13,5 MHz; per il formato composto è di 14,3 MHz per il sistema NTSC e di 17,7 MHz per il sistema PAL. 2) Termine spesso utilizzato in maniera non corretta per indicare sia il ricampionamento delle velocità digitali, sia la codifica/decodifica.

convertitore A/D – Circuito che utilizza il campionamento digitale per convertire un segnale analogico in una rappresentazione digitale di un segnale.

convertitore D/A – Dispositivo che converte i segnali digitali in segnali analogici.

convertitore parallelo-seriale – Dispositivo che trasforma le informazioni digitali parallele in digitali seriali.

convertitore seriale-parallelo – Dispositivo che converte le informazioni digitali seriali in parallelo.

correzione d'errore – Schema che aggiunge ai dati un'informazione per consentire l'individuazione e la cor-

rezione di un certo livello d'errori.

correzione del colore – Processo attraverso il quale la colorazione di un'immagine televisiva è alterata o corretta elettronicamente. Il segnale video modificato non deve superare i limiti previsti per le successive elaborazioni o per i sistemi di trasmissione.

CRC – acronimo di *Cyclic Redundancy Check* ossia Controllo a Ridondanza Ciclica.

CRT – Tubo a raggi catodici.

dati ausiliari – Dati di supporto del segnale video o del programma. Tempo multiplexato nel segnale video durante gli intervalli di *blanking* orizzontale e/o verticale. I dati ausiliari possono essere inviati fra i pacchetti EAV e SAV nel *blanking* orizzontale e in blocchi più ampi durante il *blanking* verticale. I dati ausiliari possono comprendere le somme di controllo, l'audio digitale multicanale e altri dati.

decodificatore – Dispositivo utilizzato per ricevere i segnali componenti provenienti da una sorgente (codificata) composta. I decodificatori sono utilizzati per gli schermi e per i vari componenti hardware destinati all'elaborazione laddove si richiedono segnali a componenti a partire da una sorgente composta quali, per esempio, le apparecchiature per la correzione del colore o per il *chroma key* composto. È anche utilizzato come dispositivo per estrarre il segnale video da un segnale compresso.

digitale a componenti – Rappresentazione digitale di un gruppo di segnali componenti analogici, molto spesso Y'C'bC'r. I parametri di codifica sono indicati dallo standard ITU-R BT.601. Per i formati a definizione standard l'interfaccia parallela è definita da ITU-R BT.656 e da SMPTE 125M (1991).

digitale composto – Segnale video codificato digitalmente, per esempio il segnale video per NTSC o per PAL, che include le informazioni per la sincronizzazione verticale e orizzontale.

digitale seriale – Informazione digitale trasmessa in forma seriale. Termine utiliz-



zato spesso in modo informale per far riferimento ai segnali televisivi digitali seriali.

distorsione di fase – Difetto dell'immagine causato da un ritardo disuguale (spostamento di fase) dei componenti a frequenza diversa all'interno del segnale durante il loro passaggio attraverso diversi elementi di impedenza – filtri, amplificatori, variazioni ionosferiche, eccetera. Il difetto dell'immagine consiste in una "sfrangiatura", ad esempio sotto forma di anelli di diffrazione, nei bordi dove il contrasto varia bruscamente.

EAV – Acronimo di End of Active Video. Nei sistemi digitali a componenti indica uno dei due pacchetti di riferimento per la temporizzazione.

EBU – Acronimo di European Broadcasting Union. Organismo che raggruppa centri europei per la telediffusione e che, fra le altre attività, produce Rapporti e Raccomandazioni per i sistemi televisivi a 625/50 righe.

EBU TECH.3267-E – Raccomandazione EBU per l'interfaccia parallela per segnale video digitale a 625 righe. Revisione della precedente EBU Tech.3246-E che derivò, a sua volta, dallo standard CCIR-601 (attualmente ITU-R BT.601) e ha contribuito alla stesura dello standard CCIR-656 (ITU-R BT.656).

eccesso di correzione (overshoot) – Fenomeno per cui un sistema ritarda nel rispondere a un ingresso e continua a modificare il suo stato anche dopo aver raggiunto lo stato desiderato.

ECL – acronimo di Emitter Coupled Logic ossia Logica a Emettitori Accoppiati, forma di logica a commutazione di corrente in cui gli emettitori di due transistori sono collegati a un singolo resistore di carico, in modo che sia in conduzione un solo transistor per volta.

equalizzazione – Processo di alterazione della risposta in frequenza di un amplificatore video per compensare le perdite ad alta frequenza nei cavi coassiali.

errore di fase – Difetto del-

l'immagine causato da un'errata temporizzazione relativa del segnale, in relazione a un altro segnale.

fase differenziale - Variazione dell'ampiezza della cromaticità di un segnale video causata da una variazione del livello di luminanza del segnale.

flusso di bit – Una serie continua di bit trasmessi su una linea.

forma d'onda – Rappresentazione grafica della relazione fra tensione e tempo oppure fra corrente e tempo.

formato G'B'R' – Sono gli stessi segnali indicati con R'B'G'. La sequenza è però scritta in maniera differente per indicare la sequenza meccanica dei connettori nello standard SMPTE. Spesso sui monitor per il controllo della forma d'onda il loro passaggio riflette quest'ordine.

formato per la scansione – Per l'analogico e la definizione standard nel digitale, indica il numero totale di righe e la frequenza del semiquadro, per esempio 625/50. Per l'alta definizione digitale, indica il numero dei pixel luma, il numero delle righe video attive

la frequenza del semiquadro e il numero di semiquadri per ciascun quadro, per esempio: 1280/720/59,94/2:1.

formato per l'interconnessione – Configurazione dei segnali utilizzati per l'interconnessione delle apparecchiature in uno specifico sistema. Formati differenti possono utilizzare composizioni differenti di segnali, impulsi di riferimento, ecc.

formato SMPTE, standard SMPTE – Nei componenti televisivi, questi termini indicano gli standard SMPTE per le interconnessioni per i segnali video analogici a componenti in parallelo.

frequenza di campionamento – Numero di misurazioni a campionamento discrete effettuate in un dato periodo di tempo. Per il segnale video è spesso espressa in MHz (Megahertz).

gamma (gamut) – Intervallo di colori ammessi per il segnale video. La gamma colori valida è definita come l'insieme di tutti i colori rappresentati dalle possibili combinazioni dei valori legali di un segnale R'G'B'. I segnali in altri formati possono rappresentare colori che non sono nella gamma valida ma che si

trovano ancora all'interno dei propri limiti legali. Questi segnali, quando sono transcodificati in R'G'B' cadranno fuori dai limiti legali per R'G'B'. Questo può condurre a ritagli, diafonia, o ad altre distorsioni.

guadagno – Aumento o diminuzione dell'intensità di un segnale elettrico. Il guadagno può essere espresso in decibel.

guadagno differenziale – Variazione dell'ampiezza della cromaticità di un segnale video causata da una variazione del livello di luminanza del segnale.

instabilità (jitter) – Variazione indesiderata e casuale del segnale rispetto al tempo.

interpolazione – Nel video digitale, la creazione di nuovi pixel nell'immagine utilizzando alcuni metodi matematici per la manipolazione dei valori dei pixel adiacenti.

intervallo orizzontale (o intervallo di blanking orizzontale) – Periodo di tempo compreso tra le righe del video attivo.

ITU-R – Acronimo di International

Appendice C

Parametri per il video composto analogico a definizione standard

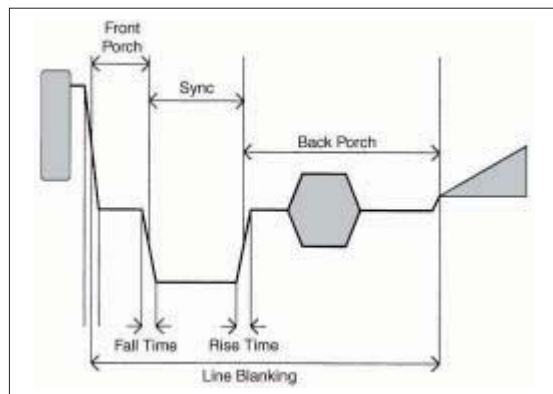


Figura C1. Intervallo orizzontale nei sistemi PAL e NTSC.

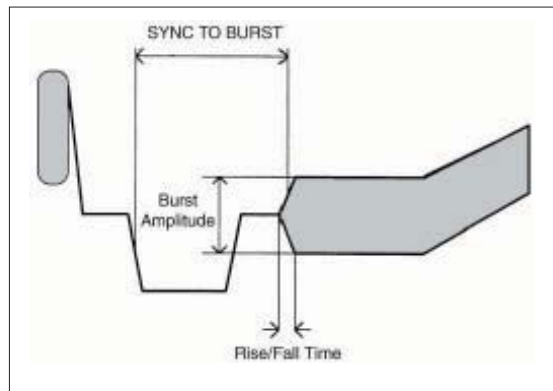


Figura C2. Intervallo orizzontale nel sistema SECAM.

Tabella C1. Parametri per il video composto a definizione standard

	PAL B/G	NTSC	SECAM	PAL-M	PAL-N
Tipo di sincronizzazione	negativa	negativa	negativa	negativa	negativa
		a due livelli	a due livelli	adue livelli	a due livelli
a due livelli					
Frequenza della sottoportante (MHz)	4,43361875	3,579545	4,406250	3,57561149	3,58205625
				4,250000	
Righe/Quadro	625	525	625	525	625
Frequenza del semiquadro (Hz)	50,00	59,94	50,00	59,94	50,00
Frequenza della riga (kHz)	15,625	15,734264	15,625	15,734264	15,625
Periodo della riga (ms)	64,000	63,555	64,000	63,555	64,000
Blanking della riga (ms)	12,05	10,90	12,05	10,90	12,05
Back porch (ms)	10,50	9,40	10,50	9,40	10,50
Front porch (ms)	1,55	1,50	1,55	1,50	1,55
Largh. sinc. (ms)	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
Ampiezza sinc. (mV)	-300	-289	-300	-286	-300
Ampiezza sinc. (IRE)	-43	-40	-43	-40	-43
Tempo di salita/discesa sinc. (ms)	0,200	0,250	0,200	0,250	0,200
Sinc. sequenza unitaria (ms)	5,6	5,3	-	5,8	5,6
Durata sequenza unitaria (ms)	2,25 ± 0,28	da 2,23 a 3,11	-	2,25 ± 0,28	2,51 ± 0,28
Durata sequenza unitaria (Cicli di SC)	10 ± 1	9 ± 1	-	9 ± 1	9 ± 1
Ampiezza sequenza unitaria (mV)	300	286	166	286	300
Periodo Semiquadro (ms)	20	16,6833	20	16,6833	20
Blanking semiquadro (righe)	25	21	25	21	25

Nella figura C1

Front porch	=	Front porch
Sync.	=	Sync.
Back porch	=	Back porch
Fall time	=	Tempo di discesa
Rise time	=	Tempo di salita
Line blanking	=	Blanking della riga

Nella figura C2

Sync to burst	=	Sinc. sequenza unitaria
Burst amplitude	=	Ampiezza della sequenza unitaria
Rise/Fall Time	=	Tempo di Salita/Discesa

Telecommunication Union, settore per la Comunicazione Radio (sostituisce CCIR).

keying – Processo di sostituzione di parte di una immagine televisiva con il segnale proveniente da un'altra immagine; per esempio *chroma keying*, *insert keying*, ecc.

larghezza di banda – 1) Differenza fra il limite superiore e quello inferiore di una frequenza, spesso misurata in megahertz (MHz). 2) L'intervallo completo delle frequenze nel quale un circuito o un sistema elettronico può funzionare con meno di 3 dB di perdita del segnale. 3) L'informazione che trasporta la capacità di un particolare canale televisivo.

legale/illegale – Un segnale è legale se si trova all'interno della corretta gamma per il formato in uso. Un segnale legale non supera i limiti di tensione specificati per il formato per ciascuno dei canali del segnale. Un segnale illegale, invece, è un segnale che qualche volta supera quei limiti in uno o più canali. Un segnale può essere legale ma tuttavia non essere valido.

luma, luminanza (Y) – Segnale video che descrive la quantità di luce in ciascun pixel; equivalente al segnale fornito da una telecamera monocromatica, Y è spesso generato come somma pesata dei segnali R', G' e B'.

modello a occhio – È la visualizzazione di un monitor per il controllo della forma d'onda: è ottenuta con la sovrapposizione degli "alti" e dei "bassi" del segnale dei dati. Il cambiamento dei dati rispetto allo spazzolamento sincronizzato col *clock* crea la forma che ricorda quella di un occhio. La forma d'onda è utilizzata per valutare le prestazioni analogiche dello strato di trasporto.

modulazione di frequenza – Modulazione di un'onda sinusoidale o "portante" ottenuta variando la sua frequenza in funzione delle variazioni dell'ampiezza del segnale modulante.

multiplatore – Dispositivo che combina due o più segnali elettrici in un solo segnale composto. È spesso indicato con la denominazione inglese: *multiplexer* (mux).

NICAM – Acronimo di Near Instantaneous Companded

Audio Multiplexed. Sistema di codifica audio digitale sviluppato dalla BBC per collegamenti punto a punto. Successivamente fu sviluppato il NICAM 728, utilizzato in parecchi Paesi europei per l'audio digitale stereo per i ricevitori televisivi domestici.

NRZ – Acronimo di Non Return to Zero ossia Non Ritorno a Zero. Sistema di codifica sensibile alla polarità. 0 = livello logico basso; 1 = livello logico alto.

NRZI – Acronimo di Non Return to Zero Inverse ossia Non Ritorno a Zero Invertito. Sistema di codifica dei dati non sensibile alla polarità. 0 = nessuna variazione dello stato logico; 1 = una transizione da un livello logico all'altro.

ns – nanosecondo = 1×10^{-9} s

NTSC – Acronimo di National Television Systems Committee, organismo che ha formulato uno standard per il sistema televisivo. Questo standard è attualmente seguito per i sistemi televisivi Nordamericano, Giapponese e in parte per gli stati sudamericani.

PAL – Acronimo di Phase Alternated Line, ossia di Linea ad Alternanza di Fase. È la denominazione di un sistema televisivo a colori nel quale la fase della componente V della sequenza unitaria è invertita, da una riga alla successiva, per limitare gli errori di tonalità che potrebbero verificarsi nella trasmissione del colore.

pixel – l'area distinguibile e risolvibile più piccola nell'immagine video digitale. Un singolo punto sullo schermo, un singolo campionamento dell'immagine.

quadri segmentati – Formato di scansione nel quale l'immagine è catturata sotto forma di un quadro mediante una scansione, come avviene nei formati progressivi, ma la sua trasmissione avviene inviando le righe pari in un semiquadro e le righe dispari nel semiquadro successivo, come avviene per il formato interlacciato.

quantizzazione – Processo consistente nel trasformare ciascun impulso risultante dal campionamento di un segnale analogico continuo in un valore digitale discreto.

recupero del clock – Rico-

struzione della temporizzazione a partire dai dati digitali in ingresso.

RGB, formato RGB, sistema RGB – La sigla RGB indica i colori primari (rosso, verde e blu) impiegati per produrre i diversi colori in un sistema video secondo il metodo della sintesi additiva di diverse quantità di essi. Per ognuno dei tre colori primari si utilizza un singolo segnale. Questa sigla è anche utilizzata per indicare le apparecchiature, il formato o lo standard relativi alla formazione dei colori con questo metodo. Gli stessi segnali sono indicati anche come "GBR", per ricordare la sequenza meccanica di connessioni nello standard di interconnessione SMPTE.

rimiscolamento – 1) Operazione che si effettua per trasportare o invertire i dati digitali secondo uno schema prestabilito allo scopo di modificare i modelli a bassa frequenza associati ai segnali digitali seriali. 2) Il segnale digitale è rimiscolato per ottenere una distribuzione spettrale migliore.

risoluzione – La risoluzione del segnale digitale è determinata dal numero di *bit* (quattro, otto, dieci, ecc.):

4 *bit* = risoluzione di 1/16;
8 *bit* = risoluzione di 1/256;

10 *bit* = risoluzione di 1/1024.
La risoluzione a otto *bit* è quella minima richiesta per le trasmissioni televisive. RP 125 – Vedere SMPTE 125M.

ritardo – Tempo necessario per il passaggio di un segnale attraverso un dispositivo o un conduttore.

ritardo di gruppo – Un difetto del segnale causato dalle diverse frequenze le quali presentano ritardi diversi per la propagazione (il ritardo a 1 MHz è diverso dal ritardo che si ha a 5 MHz).

ritardo di propagazione (lunghezza del percorso) – Tempo impiegato da un segnale per passare attraverso un circuito, un apparecchio, o un cavo.

routing switcher – Apparato instradatore ossia dispositivo elettronico che instrada un segnale (audio, video, ecc.) da uno qualsiasi dei suoi ingressi verso una delle uscite selezionata dall'utilizzatore.

SAV – Indica l'Inizio di Video Attivo nei sistemi digitali a componente. È uno dei due

pacchetti di riferimento (EAV e SAV) per la temporizzazione.

scansione interlacciata – È uno dei formati per la scansione in cui l'immagine è catturata e visualizzata in due semiquadri. L'esplorazione è eseguita da un fascio elettronico che descrive una fitta trama di righe quasi orizzontali che compongono il quadro televisivo e inizia al centro del bordo superiore descrivendo la prima riga con velocità costante. Il fascio ritorna velocemente a sinistra e si indica questo ritorno con il termine "cancellazione orizzontale" o *blanking* orizzontale. Analogamente sono esplorate tutte le righe dispari. Giunto nell'angolo inferiore destro del quadro, il fascio effettua un rapido ritorno verticale detto "cancellazione verticale" o *blanking* verticale, riprendendo l'esplorazione dalla riga 2 e proseguendo con tutte quelle pari sino a metà del bordo inferiore. Con un altro ritorno verticale inizia nuovamente l'esplorazione dal centro del bordo superiore. Il quadro televisivo risulta così composto da due semiquadri.

scansione progressiva – Formato di scansione secondo il quale l'immagine è catturata con una sola scansione condotta dall'alto verso il basso.

segnale della luminosità – Indicato anche come segnale della luminanza (Y). Questo segnale porta le informazioni circa la quantità di luce presente in ciascun punto dell'immagine.

segnale monocromatico – Segnale video a un singolo colore, solitamente bianco o nero ma talvolta anche porzione della luminanza di un segnale colore componente o



composto.

segnale non valido – vedere segnale valido

segnale valido – Un segnale video nel quale i colori rappresentati si trovano all'interno della gamma di colori valida. Un segnale valido resta legale anche quando trasportato in RGB o in altro formato. Un segnale valido è sempre legale, ma un segnale legale non sempre è valido. Segnali non validi sono elaborati senza problemi nei propri formati correnti però si possono creare inconvenienti se il segnale è trasportato in un nuovo formato.

segnali a sottrazione di colore – Segnali video che trasportano solamente informazioni relative al colore. Per esempio: R-Y e B-Y non modulati, I e Q, U e V, Pr e Pb, ecc.

segnali video componenti – Un insieme di segnali ciascuno dei quali rappresenta una parte delle informazioni necessarie per generare un'immagine a colori completa. Per esempio: R, G e B; Y, I e Q, R-Y e B-Y.

sequenza unitaria – Indicata anche con il termine inglese *burst*, indica una quantità fissa di dati inviati o ricevuti in una singola operazione. La trasmissione avviene in modo intermittente, a intervalli regolari o irregolari

sincrono – Procedura di trasmissione per mezzo della quale i bit e i caratteri sono asserviti a clock sincronizzati nei terminali di trasmissione e di ricezione. Nel caso dei segnali video digitali seriali, il

La guida alle misurazioni
video digitali in italiano è
una produzione della
Media Age srl
MonitoR radio tv
reg.Trib.Milano 880/88
Versione originale
in inglese della Tektronix
Tutti i diritti riservati

MONITOR

RADIO-TELEVISIONE
Broadcast & Telecomunicazioni

Rivista specializzata
di audio video broadcasting
produzione post-produzione

ISSN 0394-0896

Media Age srl

via Stefano Jacini 4
20121 Milano, Italy
tel. (+39)-02.86.25.34 (ra)
fax (+39)-02.86.45.01.49

E-Mail

info@monitor-radiotv.com

Siti Internet

<http://www.convergenza.tv>
<http://www.monitor-radiotv.com>

**Accesso diretto ai portali
specializzati**

<http://www.webcastitaly.com>
il portale del webcasting
<http://www.consulvideo.com>
ufficio stampa virtuale
<http://www.broadcastingitalia.com>
le aziende del broadcasting
<http://www.guidaradio.tv>
la guida alle radio e tv locali

La Media Age srl è iscritta al Registro Nazionale della Stampa al n.2636 vol.27 foglio 281 dal 28.6.89 - MONITOR RADIO TELEVISIONE è registrata al Tribunale di Milano n. 880 del 20.12.1988. Dir.resp.Enrico Callerio Manoscritti e foto originali, anche se non pubblicati, non si restituiscono. Non è permessa la riproduzione di testi e foto senza l'autorizzazione scritta dell'editore
FOTOLITO: Studio F71, PRG, BCS Milano- STAMPA: Cooperativa Grafica Bergamasca- Almeno S.Bart. - BG

ABBONAMENTI

La rivista Monitor è diffusa e venduta solo in abbonamento annuale. Ogni anno escono 9 numeri (mensilmente con accorpamento dei mesi gennaio/febbraio, giugno/luglio, agosto/settembre). Il costo annuale è di **39,00 EURO** da versare sul c/c postale n.11158201 intestato a Media Age srl, via Stefano Jacini 4, 20121 Milano, oppure inviare un assegno bancario non trasferibile allo stesso indirizzo. Arretrati 5,00 EURO l'uno da allegare alla richiesta anche in francobolli.

Foreign subscriptions: annual **80,00 EURO** (75.00 US\$) or equivalent via International Money Order or cheque to MEDIA AGE srl - via Stefano Jacini 4 - I-20121 Milano Italy. CREDIT CARDS subscriptions call +39-02-862534 or fax +39-02-86450149. Cards accepted: VISA-MASTER-CARD-EUROCARD-AMERICAN EXPRESS Air mail rates on application.

STAFF*direttore*

Enrico Callerio

(callerio@monitor-radiotv.com)

condirettore tecnico

Mauro Baldacci

(baldacci@monitor-radiotv.com)

Piero Ricca

(ricca@monitor-radiotv.com)

Manlio Cocconcelli

(cocconcelli@monitor-radiotv.com)

Enrico Oliva

(oliva@monitor-radio.com)

Alberto Pellizzari

(pellizzari@monitor-radio.com)

Maria Ronchetti

Dario Monferini

clock di campionamento del ricevitore sincrono è estratto dalle transizioni del segnale in ingresso.

SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers) – Organizzazione professionale che stabilisce gli standard per la televisione e per l'industria cinematografica.

spostamento della linea di base –

Una distorsione a bassa frequenza che provoca uno spostamento del livello DC del segnale.

telecine – Apparecchio che trasforma le immagini ottiche di una pellicola cinematografica in segnali elettronici per la televisione consentendone la trasmissione via etere.

tempo di salita – Tempo impiegato da un segnale per effettuare una transizione da uno stato a un altro – di solito misurato tra i punti di completamento del 10% e del 90% sulla transizione. Tempi di salita inferiori o “più rapidi” necessitano di un canale di trasmissione con una larghezza di banda maggiore.

teorema di Nyquist per il campionamento – Gli intervalli tra successivi campionamenti devono avere durata uguale o inferiore a metà del periodo relativo alla frequenza maggiore.

troncamento – Cancellazione dei bit meno significativi nei sistemi digitali.

TRS – Segnali di riferimento per la temporizzazione (con lunghezza di 4 word). Nel caso di video componenti, i pacchetti EAV e SAV costituiscono il riferimento per la temporizzazione.

TRS-1D – Acronimo di Timing Reference Signal Identification, indica un segnale di riferimento utilizzato per mantenere la temporizzazione nei sistemi digitali composti. La sua lunghezza è di quattro word.

valido/non valido – Per essere definito valido, un segnale deve soddisfare due condizioni: 1) è un segnale legale per il formato corrente, 2) deve restare un segnale legale anche quando opportunamente trasportato in un altro formato per il segnale colore.

word – Vedere bit.

word digitale – Indica il numero di bit trattati dal sistema

come una singola entità.

Y, C1, C2 – Insieme generato di segnali CAV: Y è il segnale della luminanza, C1 è il primo segnale a sottrazione di colore, C2 è il secondo segnale a sottrazione di colore.

Y, I, Q – Insieme di segnali CAV specificati nel 1953 per il sistema NTSC: Y è il segnale della luminanza, I è il primo segnale a sottrazione di colore, Q è il secondo segnale a sottrazione di colore.

Y, Pb, Pr – Una versione di (Y, R-Y, B-Y) specificata per lo standard SMPTE per i componenti analogici.

Y, R-Y, B-Y – Insieme generale di segnali CAV utilizzati nei sistemi PAL, ma anche per alcuni decodificatori composti e per la maggior parte dei decodificatori nei sistemi NTSC. Y è il segnale della luminanza, R-Y è il primo segnale a sottrazione di colore, B-Y è il secondo segnale a sottrazione di colore.

Y, U, V – Luminanza e componenti a sottrazione di colore per i sistemi PAL. Spesso sono utilizzati, in modo improprio, nel linguaggio parlato, in alternativa a Y', P'b, P'r.

Y', C'b, C'r – Insieme di segnali a sottrazione di colore a fattore di contrasto corretto utilizzati nei formati a componenti digitali.