

L'importanza della correzione gamma negli apparecchi televisivi

Mike Ogier
Intersil

La rapida diffusione degli LCD a film sottile (TFT-LCD) ha avuto un impatto di notevole rilievo sulle abitudini e sul modo di vivere e lavorare delle persone. Dagli apparecchi televisivi ad alta definizione (HD) ai computer desktop e laptop, agli smart phone e ai dispositivi di infotainment per uso automobilistico, gli schermi LCD di tipo TFT sono divenuti compagni inseparabili della vita quotidiana. Sebbene gamma non venga di solito utilizzata dai produttori di apparecchi televisivi come una caratteristica da evidenziare per la vendita dei loro prodotti, il termine è in uso fin dai tempi dei televisori a tubo catodico (CRT) e continua a essere una specifica importante

Sebbene gamma non venga di solito utilizzata dai produttori di TV come una caratteristica peculiare per la vendita dei loro prodotti, il termine è utilizzato fin dai tempi dei televisori a tubo catodico (CRT) e continua a essere una specifica importante degli odierni apparecchi televisivi con schermo LCD-TFT

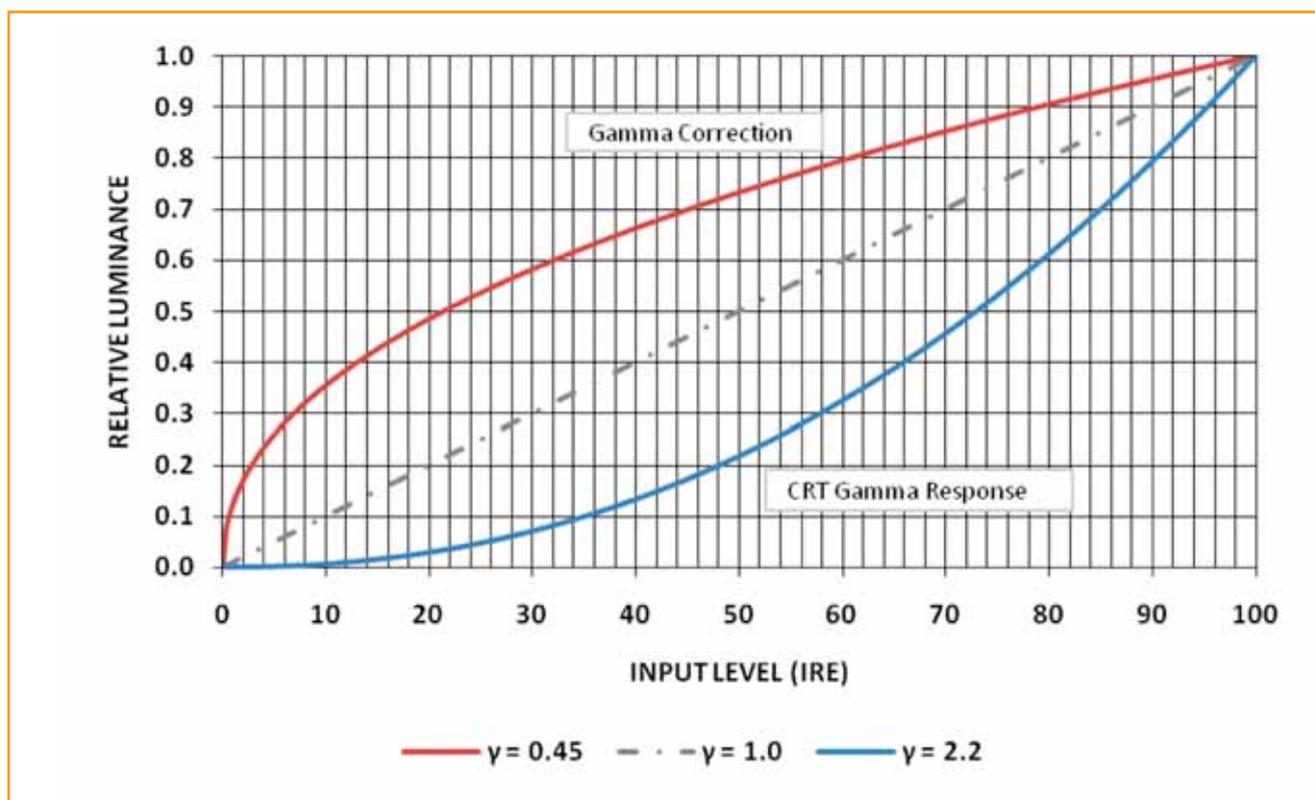


Fig. 1 – Andamento della correzione gamma base e curve di risposta

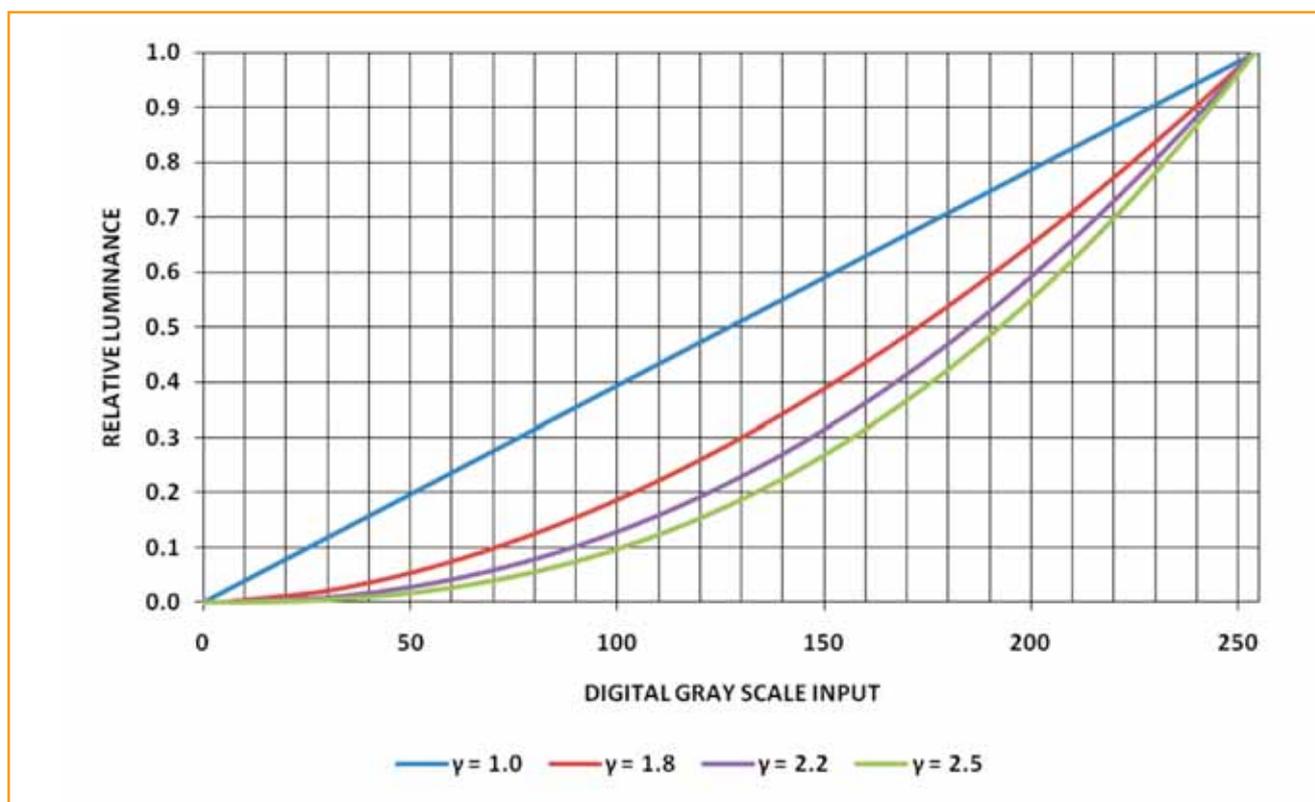


Fig. 2 – Differenti tipi di risposta gamma

degli odierni TV con schermo LCD-TFT. Quando si fa riferimento agli attuali TV con schermo LCD, il termine gamma assume un significato leggermente diverso. Nel corso del processo di sviluppo, ogni produttore di TV LCD deve prima o poi prendere in considerazione questo parametro. In caso contrario, essi potrebbero disporre della migliore tecnologia per il pannello ma non riuscirebbero a vendere neppure un apparecchio in quanto le immagini sarebbero ricreate in maniera non corretta. Il termine "non corretta" significa che la rappresentazione del colore e l'intensità della luminanza sono ben diverse da quelle che dovrebbero essere per poter riprodurre/ricreare in maniera accurata la reale immagine della sorgente. A questo punto è utile chiarire cosa si intende con il termine gamma quando si fa riferimento agli apparecchi televisivi. Si tratta in ogni caso della radiazione gamma ad alta energia che molti assocerebbero al decadimento radioattivo. Dapprima si esaminerà brevemente il significato del termine gamma nel caso di un sistema televisivo CRT. Successivamente si vedrà la sua applicazione nel mondo dei sistemi televisivi con schermo LCD-TFT e verranno spiegate le motivazioni per le quali il consumatore medio dovrebbe prendere in considerazione tale parametro.

Gamma e televisori CRT

Il principio di funzionamento dei televisori a raggio catodico si basa sull'utilizzo di un fascio elettronico per eccitare i fosfori presenti sullo schermo. Un'immagine può essere "dipinta" sullo schermo mediante un'appropriata scansione del fascio elettronico e l'eccitazione dei fosfori. La relazione tra la tensione di controllo applicata al cannone elettronico e l'intensità luminosa risultante sullo schermo è intrinsecamente di tipo non lineare. Essa può essere approssimata da un'equazione simile a quella di un elevamento a potenza (la cui forma è del tipo $Y(x) = X^a$), conosciuta come risposta gamma (gamma response) di un CRT.

L'occhio umano è caratterizzato da una sensibilità di tipo non lineare all'intensità della luminanza (luminosità percepita), che viene definita come chiarezza (lightness). L'occhio umano è più sensibile ai cambiamenti dei livelli più bassi della scala dei grigi (quelli più scuri). Accade quindi che la risposta naturale dell'occhio è più prossima a essere l'inverso della risposta intrinseca del CRT. Si tratta di un effetto secondario non voluto ma particolarmente utile che consente di eseguire una singola correzione sui dati della sorgente per compensare la non linearità del sistema e creare per l'occhio la perce-

zione di variazioni uniformi di luminanza. I dati della sorgente devono essere codificati in modo che tengano conto sia della risposta del CRT sia di quella, nota, della chiarezza dell'occhio. La correzione gamma (gamma correction) viene eseguita dalla telecamera sui componenti rosso, verde e blu del segnale video. Molto semplicemente, il video deve essere codificato in modo tale che la telecamera reagisca alle variazioni di luminanza in modo simile a ciò che avviene nell'occhio umano. Poiché il CRT è caratterizzato da una risposta inversa rispetto a quella dell'occhio, l'intensità della luminanza risultante verrà percepita come lineare.

Tra gli altri benefici della correzione gamma si possono annoverare la riduzione del rumore del segnale video e un aumento della risoluzione effettiva ai bassi livelli (entrambi questi fattori contribuiscono alla creazione della sensazione di uniformità).

Per un determinato sistema, nell'equazione esprimibile in forma di potenza l'intensità luminosa è uguale alla tensione applicata al cannone elettronico innalzata a una qualche potenza. Questa potenza è il coefficiente gamma (g) e la formula definisce approssimativamente la funzione di trasferimento complessiva del CRT. Il valore dell'esponente gamma per un CRT tipico è compreso tra 2,2 e 2,5. Coefficienti gamma più elevati tendono a favorire un maggior contrasto dell'immagine a fronte di un aumento dell'area scura (imputabile all'aumento di risoluzione ai livelli bassi). Coefficienti gamma di valore inferiore, invece, tendono a sbiadire o appiattire l'immagine (a causa alla diminuzione della risoluzione ai bassi livelli). Un sistema con una risposta gamma pari a 1 è considerato lineare e risulta non idoneo per parecchie ragioni. La più critica è il fatto che non riesce a riprodurre immagini con correzione gamma con contrasti e colori corretti dal punto di vista della percezione. In sintesi, la correzione gamma risulta necessaria per compensare la risposta gamma del sistema e assicurare che, almeno approssimativamente, l'intensità di ciò che entra nella telecamera sia la stessa di ciò che viene visualizzato su un apparecchio CRT, garantendo in tal modo che l'occhio percepisca una corretta rappresentazione dell'immagine (Fig. 1).

Gamma e TV LCD-TFT

Un LCD-TFT ha ben poco in comune con un CRT, a parte il fatto che entrambi possono visualizzare immagini video. Un LCD, un particolare, non dispone di un cannone elettronico e di fosfori per generare l'intensità. Al contrario, esso utilizza pixel controllati in tensione per gestire la trasmittanza della luce attraverso i pixel. La luce viene erogata mediante retroilluminazione, con l'ausilio di una lampada fluorescente a catodo freddo

(CCFL) o una matrice di LED. La risposta del pannello a un ingresso, e quindi l'intensità della luminanza, viene definita attraverso una curva tensione/trasmittanza (V/T). Anche per i pannelli LCD-TFT si può parlare di gamma, anche se in termini leggermente differenti rispetto all'accezione utilizzata per i CRT. Per illuminare un pixel in un LCD la cella del pixel a cristallo liquido (LC) deve avere una tensione applicata ai suoi capi, al fine di consentire la trasmissione della luce che viene percepita come luminosità sullo schermo. La tensione analogica applicata a un pixel è determinata da un convertitore D/A, dove il codice digitale viene generato sulla base dai dati video o di immagini della sorgente in ingresso.

La relazione tra la tensione applicata e la trasmittanza

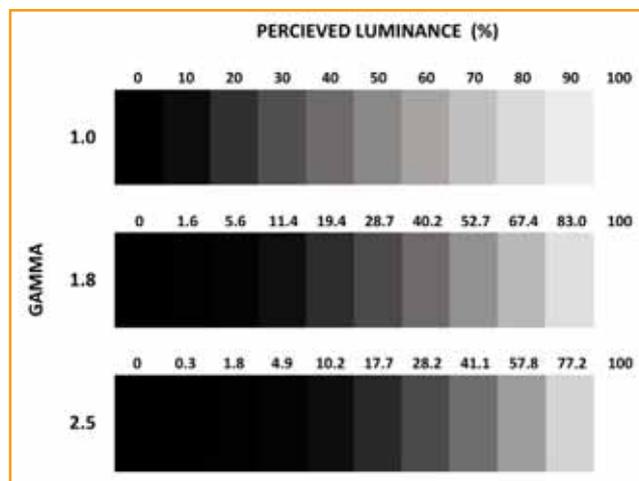


Fig. 3 - Variazioni dell'intensità relativa in confronto alla risposta gamma

(la funzione di trasferimento V/T) è la risposta gamma (gamma response) dell'LCD-TFT e risulta intrinsecamente non lineare a causa della natura della trasmittanza della cella LC. In ogni caso, questa risposta non è necessariamente la risposta non lineare desiderata analoga a quella descritta per un apparecchio televisivo CRT.

Risulta in ogni caso utile che il gamma di un televisore LCD simili da vicino la risposta gamma di un analogo apparecchio CRT. Ciò è dovuto principalmente a due ragioni: in primo luogo vi sono motivazioni "storiche" in quanto tutti i video legacy sono caratterizzati dalla correzione gamma prevista per i CRT e in secondo luogo per sfruttare la risposta naturale dell'occhio umano (chiarezza). Naturalmente non tutti gli LCD hanno la medesima risposta gamma, che può variare in funzione

del costruttore e della tecnologia con cui è realizzato il pannello.

La risposta gamma di un pannello può essere modificata dal produttore che potrebbe decidere di privilegiare una risposta gamma particolare in base alle prestazioni visive previste per l'apparecchio finale (Fig. 2). I dati video digitali (spesso sotto forma di segnali LVDS) devono essere convertiti mediante un convertitore D/A per generare una tensione analogica per i pixel. Gamma è corretta in maniera grossolana (volutamente in modo non lineare) mediante convertitori D/A non lineari a tratti nei circuiti di pilotaggio (driver) della colonna e della sorgente del pannello. I convertitori D/A del drive della sorgente determinano il numero dei gradini di tensione che è possibile applicare ai pixel (ad esempio un convertitore D/A a 8 bit produce 256 passi - 2^8 - di scala dei grigi possibili). La percezione dei cambiamenti nell'intensità della scala dei grigi provocato da ogni gradino di tensione è relativa alla risposta gamma del pannello (curva V/T) e a quella dell'occhio (Fig. 3). Nel caso esistesse una variazione lineare tra le variazioni di luminanza e i cambi del codice, sarebbe necessario un numero di bit di risoluzione maggiore (12 o 14 bit invece di 8) per ottenere la sensibilità ai bassi livelli necessaria per far sì che l'occhio non percepisca le variazioni da codice a codice (per mantenere l'uniformità delle variazioni) sull'intero intervallo. Questo infatti è un altro vantaggio legato all'utilizzo della correzione gamma. Essa consente l'impiego di un minor numero di bit per codificare i dati video in una forma che "comprime" i dati di luminanza di basso livello (maggiormente percepibili dall'occhio) e non influenza i dati di luminanza di alto livello dove piccole variazioni sono difficilmente distinguibili. Questo può essere considerato anche alla stregua di un modo per ridurre il rumore in un segnale video in quanto potenziali errori di piccola entità nel codice digitale non risultano palesemente riconoscibili.

Per adattare la risposta gamma del pannello alla funzione di trasferimento V/T desiderata, i convertitori D/A del circuito di pilotaggio della sorgente (colonna) possono impiegare differenti tensioni di riferimento applicate a più punti. Obiettivo di queste tensioni è costringere il/i convertitore/i D/A ad assumere il comportamento non lineare desiderato. Le tensioni di riferimento sono spesso fornite da appositi circuiti integrati (gamma buffer) che di solito sono amplificatori di

separazione (buffer) che pilotano le tensioni analogiche dei nodi (tap) del convertitore D/A. I "gamma buffer" possono essere di tipo statico o programmabile. Intersil offre una vasta gamma di integrati di questo tipo, come ad esempio gli amplificatori operazionali EL5411/20T, il buffer EL5421T e la linea di gamma buffer EL5x26 programmabili mediante porta I2C. questi dispositivi sono stati progettati per pilotare tensioni di riferimento continue accurate e stabili nel driver della sorgente dell'LCD-TFT.

Nella figura 4 viene riportato lo schema a blocchi semplificato di un pannello LCD -TFT.

Grazie alla possibilità di controllare i nodi del convertitore D/A, i produttori di televisori LCD sono in grado di sintonizzare in maniera precisa le tensioni al fine di

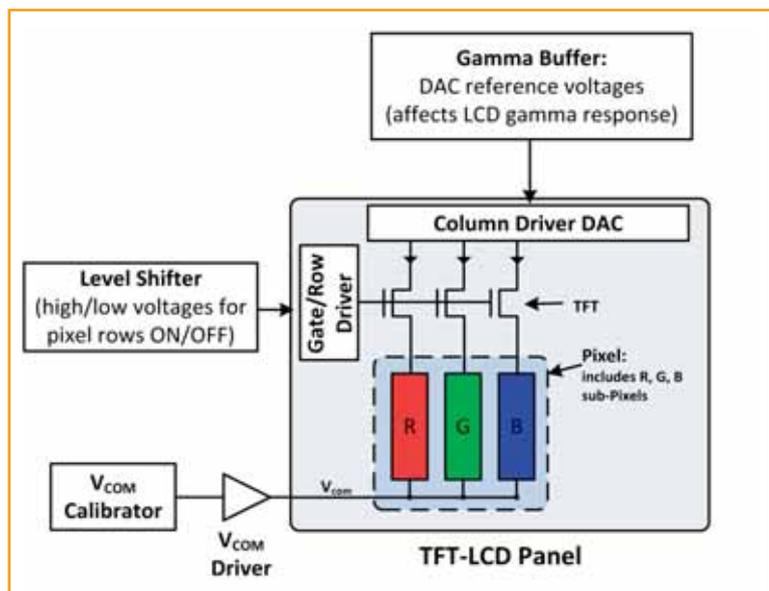


Fig. 4 - Schema a blocchi semplificato di un LCD-TFT

regolare/calibrare ulteriormente la risposta gamma non lineare del pannello, operazione questa che va sotto il nome di calibrazione gamma (gamma calibration). Questa operazione, ad esempio, consente a un produttore di garantire che tutti i pannelli TV di un certo modello abbiano la medesima risposta gamma da pannello a pannello. Ciò significa che è possibile minimizzare qualsiasi potenziale differenza di prestazione visiva provocate da variazioni nella fabbricazione e realizzazione degli LCD, con innegabili vantaggi anche per l'utilizzatore finale.

I costruttori di televisori sono coloro che alla fine decidono come calibrare la risposta gamma (ad esempio ponendo $\gamma = 2.2$, $\gamma = 2.0$, $\gamma = 1.8$, oppure decidendo di

ricorrere a una combinazione di valori di gamma in modo che varii in funzione del livello di luminosità desiderata) al fine di conferire un "look" distintivo ai loro display. Vale la pena segnalare a questo punto che le caratteristiche di gamma tendono a mutare in presenza di ampi angoli di visualizzazione e differenti condizioni di luce ambientale. In fase di acquisto di un nuovo televisore è dunque utile confrontare apparecchi differenti in condizioni simili.

Nella figura 5 viene confrontata la stessa immagine con un gamma complessivo differente.

Le differenze sono facilmente distinguibili da parte dell'utente. L'immagine al centro è quella ottenuta con un valore di gamma nominale (ovvero $g = 2,2$), mentre le immagini sopra e sotto sono caratterizzate da un valore di gamma rispettivamente inferiore e superiore a quello nominale. L'immagine sopra è caratterizzata da un minor contrasto in quanto i neri scompaiono, diventando più sbiadita, mentre quella sotto è contraddistinta da un maggior contrasto ma, complessivamente, le aree scure sono più estese.

Gamma e impostazioni TV

I vecchi televisori CRT hanno sempre avuto un controllo di luminosità che cambia i livelli del nero e un controllo del contrasto o del colore che modifica il massimo livello del bianco.

Il gamma dell'apparecchio televisivo definisce la risposta all'interno di questi punti limite. Dal punto di vista ideale, queste impostazioni dell'apparecchio televisivo dovrebbero risultare totalmente indipendenti da gamma ma, una volta che viene determinato il massimo livello del bianco, ogni cambiamento del livello del nero sposta effettivamente la curva gamma nelle direzioni opposte (la sua forma cambia). Ciò significa che il coefficiente gamma è cambiato e la risposta gamma del sistema è stata influenzata da un semplice cambiamento del livello del nero. Nel caso degli LCD i livelli dei punti limite sono generalmente stabiliti dal driver della sorgente ma risulta possibile effettuare regolazioni digitali sul segnale. Nel caso degli LCD, inoltre, è possibile variare l'intensità della retroilluminazione, il che permette al sistema di garantire prestazioni di livello nettamente superiore.

Alcune TV digitali e LCD-TFT sono dotate di altri tipi di impostazioni che possono essere regolate attraverso un menu controllato dall'utente.

Tra queste impostazioni aggiuntive si possono menzionare ad esempio la regolazione gamma (che comunque in genere non è quantificata, ma semplicemente aumentata o diminuita), miglioramenti di tipo dinamico



Fig. 5 – Confronto tra varie immagini con diversi valori di gamma (valore nominale, inferiore a quello nominale e superiore a quello nominale)

del contrasto o dei neri, differenti modalità di visualizzazione dei video e delle immagini e altre ancora in funzione del modello. Queste impostazioni possono alterare alcune o la totalità delle impostazioni del televisore compresa la curva gamma. Per esempio, un gamma che può essere definito da un singolo coefficiente (ad esempio $\gamma = 2,2$) durante il funzionamento normale si modifica in una curva che ha le proprietà di più coefficienti gamma: in questo modo la risposta dell'apparecchio televisivo varia sull'intero intervallo di luminosità (codici o tensioni del segnale video). È anche bene sottolineare che l'illuminazione di un ambiente o una stanza può influenzare la risposta percepita di un sistema video.

Sfortunatamente non è possibile conoscere le esatte condizioni in cui è stato eseguito l'editing video dello spettacolo televisivo o del film su DVD che si sta guardando e le impostazioni delle apparecchiature utilizzate, ragion per cui risulta difficile impostare in ambiente domestico la visualizzazione ottimale per garantire una riproduzione accurata.

Le condizioni del soggiorno in cui l'utente sta guardando la televisione saranno molto differenti da quelle di uno studio televisivo e cambieranno su base continuativa. Per esempio in una stanza buia si avrà una percezione meno netta del livello del nero mentre se si accende la luce l'illuminazione dell'ambiente può superare la luminanza del pannello, dando la percezione di una perdita di contrasto dell'immagine.

In definitiva il gamma non è semplice da definire ma, per un fruitore di prodotti video hi-tech, è meglio provare a comprenderne il concetto con un approccio a livello di sistema o di tipo top down.

Nella scelta di un nuovo televisore LCD è molto meglio optare per un modello che non richieda la calibrazione gamma, operazione onerosa e quasi impossibile da effettuare per la maggior parte dei consumatori. I produttori di apparecchi televisivi impostano la funzione di trasferimento dei convertitori D/A del driver della sorgente in modo che il pannello sia caratterizzata dalla risposta gamma non lineare da loro desiderata.

Parecchi televisori dispongono in ogni caso di un certo numero di regolazioni accessibili da parte dell'utente che permettono di controllare, in qualche misura, la risposta del sistema. Secondo il parere di alcuni, comunque, sarebbe utile poter disporre di più controlli che permettano all'utente di effettuare la regolazione gamma. In ultima analisi, comunque, il consumatore non può controllare, se non in minima parte, il gamma di un apparecchio televisivo, anche se questo tende a essere regolato in modo preciso per un telespettatore medio. ■