

# *Che cosa è, come funziona:* **La tecnologia 3D-HDTV basata su DLP®**

ing. Mario **Muratori**

**Rai**  
Centro Ricerche e  
Innovazione Tecnologica  
Torino

## **1. La tecnologia SmoothPicture della TI**

La tecnologia SmoothPicture sviluppata dalla Texas Instruments (TI) ha lo scopo di produrre immagini “morbide” e simili a quelle ottenibili da pellicola cinematografica, utilizzando un Digital Micromirror Device (DMD) dell’ultima generazione (HD3) accoppiato con un attuatore ottico, ambedue inseriti in un visualizzatore a retroproiezione.

Questa tecnologia preserva l’originale piena risoluzione HDTV, in particolare il formato 1080p (progressivo), sugli assi principali (verticale e orizzontale).

Nelle prime due generazioni di DMD, i micro specchi di forma quadrata erano disposti secondo una griglia ortogonale, visualizzata in figura 1, e ognuno era dedicato alla proiezione di un singolo pixel sullo schermo di visualizzazione.

### **Sommario**

*La tecnologia DMD, basata sui microspecchi, sviluppata dalla Texas Instruments (TI) per realizzare proiettori e retroproiettori a piena risoluzione HDTV (1080p) trova facilmente applicazione anche per la visualizzazione di materiale stereoscopico. In questa scheda è descritta la tecnologia SmoothPicture, sviluppata con il fine di ridurre il costo degli apparati 1080p. La multiplazione temporale alla base di questa tecnica, con l’aggiunta di un sincronizzatore per occhiali shutter, permette di realizzare un sistema di visualizzazione stereoscopica ad alta qualità (HD e assenza di flicker).*

Per realizzare dispositivi capaci di trattare le risoluzioni maggiori, (p.es. l'HDTV 1920/1080p) contemporaneamente decrementandone il costo, TI ha sviluppato un DMD innovativo, nel quale i microspecchi sono disposti a losanga, cioè ruotati di 45° rispetto ai dispositivi delle prime generazioni, e sono posizionati secondo una disposizione a quinconce<sup>Nota 1</sup> come illustrato in figura 2.

I nuovi DMD sono stati sviluppati per il formato 1280/720p e 1920/1080p. Quest'ultimo è composto da 540 coppie di righe di 960 coppie di colonne di microspecchi, come illustrato in figura 2.

Il numero di microspecchi risulta la metà rispetto ad una disposizione ortogonale di 1080 righe di 1920 microspecchi, ma offre una pari risoluzione orizzontale e verticale, sebbene la definizione in direzione diagonale risulti ridotta<sup>Nota 2</sup>.

**Nota 1** - Nel gergo tecnico è nota anche come disposizione quincunx, utilizzando il termine inglese a sua volta di diretta derivazione dal latino. In linguaggio non specialistico si usa spesso la locuzione disposizione a scacchiera che però dovrebbe essere accompagnata dalla specifica del colore delle celle considerate: la scacchiera nel suo complesso ha infatti disposizione ortogonale.

**Nota 2** - In una disposizione a quinconce di questo tipo ci si aspetta la presenza di una ripetizione spettrale centrata su 540 righe e 960 pixel, la quale potrebbe provocare dell'aliasing se la banda del segnale non venisse adeguatamente filtrata, riducendone di conseguenza la definizione diagonale. Tale filtraggio è infatti previsto nell'uso stereoscopico.

**Nota 3** - Non tenendo conto dei pur necessari spazi tra i microspecchi, le dimensioni della matrice di microspecchi risultano solamente del 6% più ampie (circa il 12% in termini di area) nel DMD di nuova generazione HD3 rispetto a quelle del DMD della generazione precedente di risoluzione 1280/720p con disposizione ortogonale.

Inoltre, le dimensioni del chip del DMD 1920x1080 di terza generazione sono simili a quelle del chip per il formato 720p della seconda generazione (HD2)<sup>Nota 3</sup>. In questo modo, TI è riuscita ad offrire un dispositivo capace di gestire una risoluzione superiore ad un costo concorrenziale.

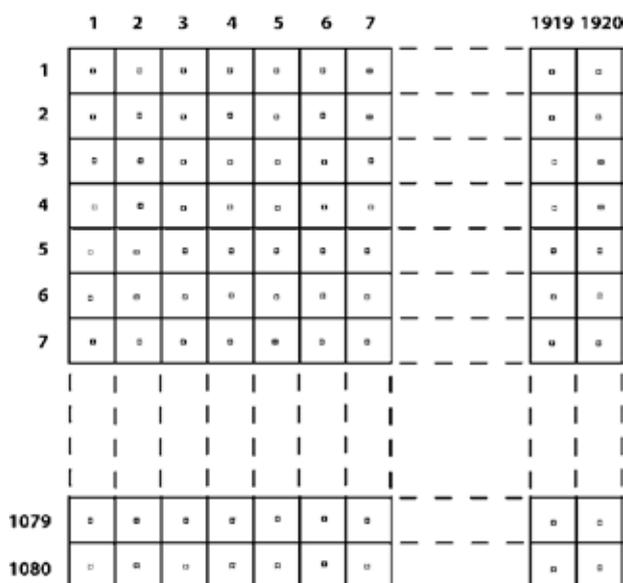


Fig. 1 – Disposizione dei microspecchi nei DMD delle prime generazioni (HD1, HD2, HD2+).

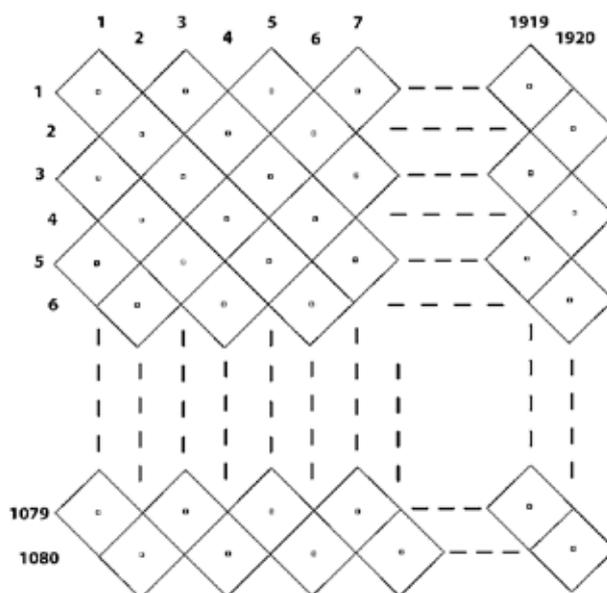


Fig. 2 – Disposizione dei microspecchi nei DMD della terza generazione (HD3).

# 3D-HDTV basata su DLP®

Il DMD di terza generazione, avendo la metà dei microspecchi necessari, non potrebbe fornire da solo la piena definizione HDTV 1920/1080p.

Per questo motivo è coadiuvato da un attuttore ottico, sostanzialmente uno specchio basculante, che permette di orientare l'immagine prodotta dai microspecchi traslandola in orizzontale di  $\frac{1}{2}$  pixel, come illustrato in figura 3, così riproducendo sullo schermo del visualizzatore tutti i pixel costituenti l'immagine a piena definizione disposti secondo la consueta disposizione ortogonale<sup>Nota 4</sup>.

La figura 4 illustra lo schema di funzionamento del sistema completo.

Il sistema ottico fin qui descritto necessita di una elaborazione, ancorchè minima, dell'immagine proiettata per poter funzionare correttamente. Infatti le immagini sono composte da pixel disposti secondo una disposizione ortogonale, mentre i microspecchi del DMD sono collocati secondo una disposizione a quinconce e sono in grado di proiettare solo la metà dei pixel costituenti l'immagine per volta.

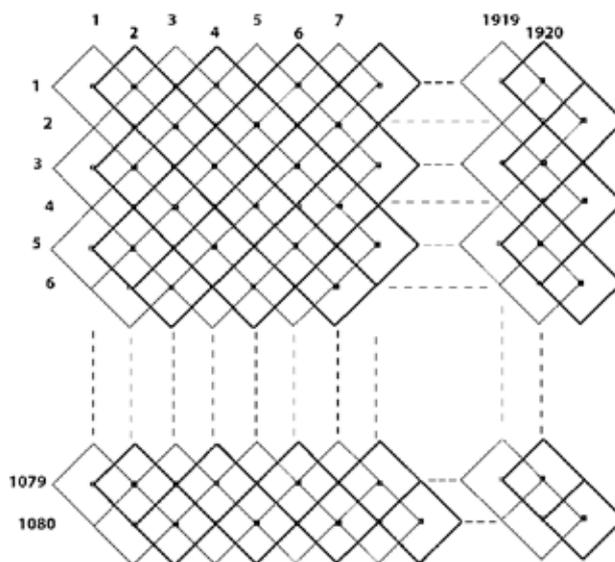
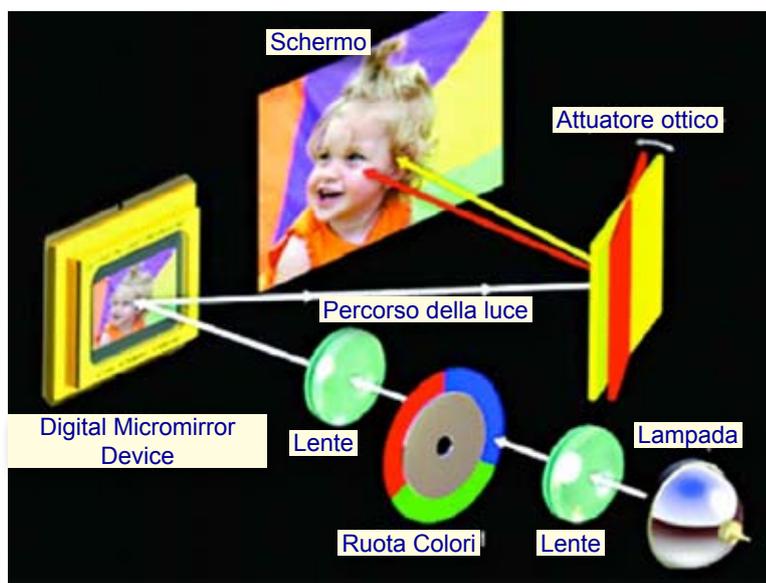


Fig. 3 – Risultato del basculamento di  $\frac{1}{2}$  pixel dell'attuttore ottico.

Fig. 4 – Percorso della luce in un apparato basato sulla tecnologia SmoothPicture (fonte: [3]).



Nota 4 - Ad essere pignoli, se le cose stessero veramente così - come peraltro riportato nella documentazione reperita [1, 2] - si avrebbe che il pixel più a sinistra delle linee pari (secondo la numerazione riportata in figura 2) non verrebbe mai illuminato. Perciò il lato sinistro dell'immagine totale risulterebbe seghettato; per ovviare a questo inconveniente potrebbe essere oscurato il pixel più a sinistra delle righe dispari, in corrispondenza alla posizione più a sinistra dell'attuttore ottico. In ogni caso la colonna più a sinistra risulterebbe incompleta o mancante.

Nello stesso tempo, il pixel più a destra delle righe pari nella posizione più a destra dell'attuttore ottico risulta in eccesso (formerebbe la colonna 1921) e probabilmente viene oscurato per rettificare il lato destro dell'immagine. La perdita di una colonna di pixel in posizione laterale non è di importanza fondamentale e potrebbe essere evitata usando un DMD con una colonna in più; in ogni caso, dalla documentazione reperita su Internet non è dato conoscere qual è la situazione effettiva.

L'immagine da proiettare, che, si ricorda, consiste in un quadro televisivo in formato progressivo, viene scomposta in due semiquadri ricavati dall'immagine originale tramite sottocampionamento a quinconce secondo l'andamento illustrato in figura 5.

I semiquadri vengono passati al DMD in sequenza e vengono proiettati per una durata temporale pari alla metà del periodo di quadro (inverso della frequenza di quadro). In altre parole si effettua una moltiplicazione temporale dei semiquadri con relativo raddoppio della frequenza di presentazione dell'immagine (che diventa una frequenza di semiquadro, di valore pari al doppio della frequenza di quadro).

L'attuatore ottico bascula in sincronismo con il semiquadro proiettato di modo da proiettare i pixel nella posizione corretta e completare l'intero raster ortogonale dell'immagine a piena definizione nell'ambito di un ciclo, corrispondente ad un periodo di quadro.

Inoltre, la traslazione di mezzo pixel ammorbidisce i margini dei pixel, offrendo un'immagine

più gradevole poiché diminuisce la visibilità dei bordi neri tra pixel dovuti agli spazi tra i microspecchi.

## 2. La tecnologia SmoothPicture e la stereoscopia

La tecnologia SmoothPicture effettua, in pratica, una moltiplicazione temporale di due semiquadri ricavati da un quadro in formato progressivo tramite un sottocampionamento a quinconce. Si noti che non si effettua alcun filtraggio per limitare la banda in direzione diagonale poiché l'immagine originale viene presentata nella sua completezza, e nella sua disposizione ortogonale originale, all'interno di un periodo di quadro.

A causa della presentazione di due sottoimmagini a frequenza doppia e dell'assenza di elaborazioni sull'immagine, tale sistema si presta a realizzare un apparato di visione stereoscopica basato sulla tecnica a moltiplicazione temporale con raddoppio della frequenza di quadro ([4]).

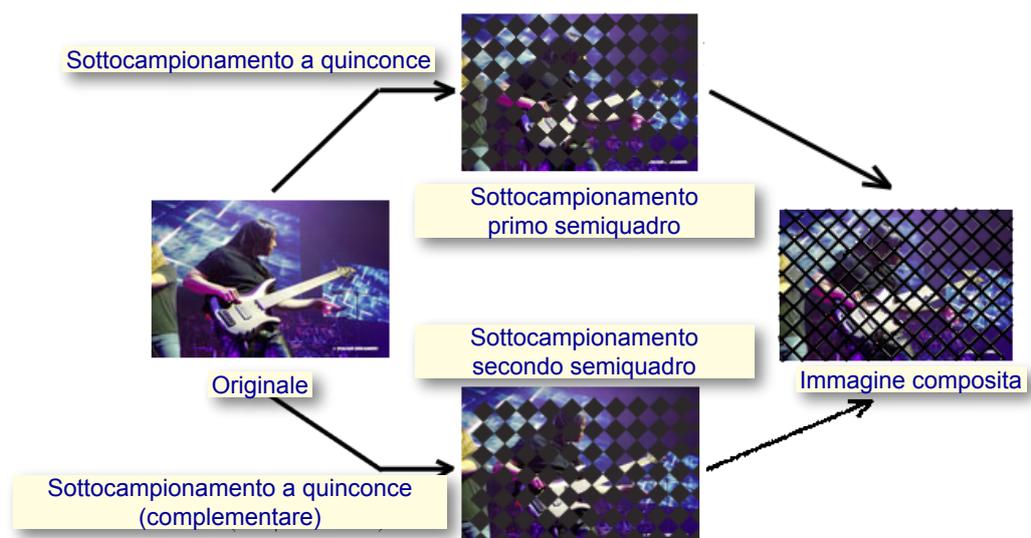


Fig. 5 – Schema di sottocampionamento dell'immagine proiettata.

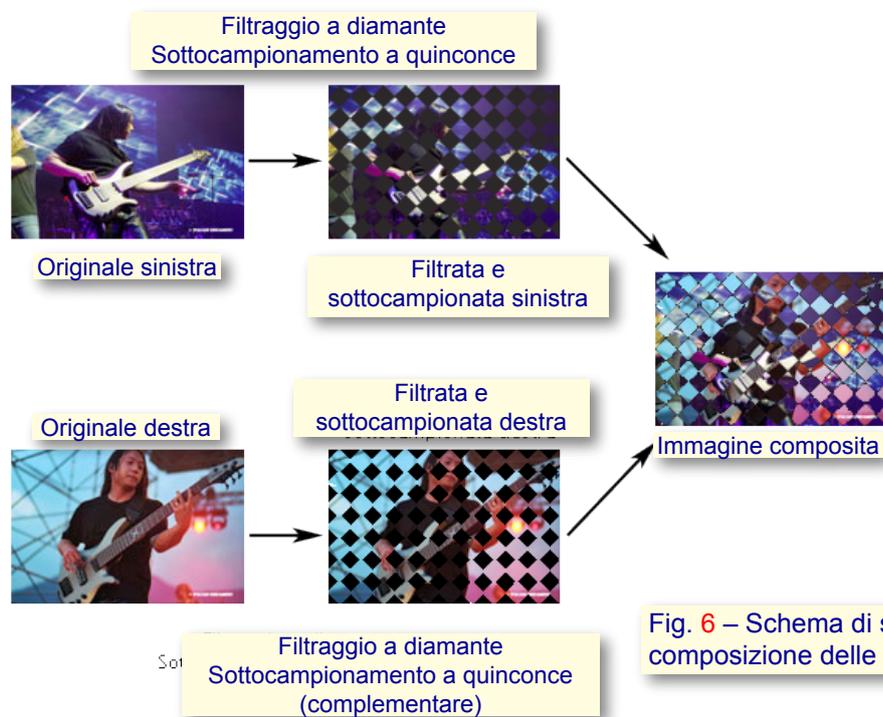


Fig. 6 – Schema di sottocampionamento e composizione delle componenti stereoscopiche.

In questa modalità, ogni immagine è ricavata dalla corrispondente componente la coppia stereoscopica tramite sottocampionamento a quinconce - con disposizione complementare - come illustrato in figura 6. In questo caso però è necessario un filtraggio a diamante per limitare la banda in direzione diagonale.

Le due immagini così sottocampionate sono composte in un'unica immagine in formato progressivo con la quale si alimenta un proiettore basato sulla tecnologia SmoothPicture (figura 6). Il visualizzatore effettua il processo descritto sopra, realizzando, di fatto, una proiezione stereoscopica in multiplazione temporale senza ulteriori interventi.

Il sistema viene completato da un dispositivo in grado di comandare degli occhiali attivi (occhiali

shutter), per esempio un trasmettitore ad infrarossi operante secondo lo standard VESA<sup>Nota 5</sup>, che permette di sincronizzare l'apertura e la chiusura degli otturatori sugli occhiali in sincronismo con la componente stereoscopica effettivamente visualizzata. Il segnale di sincronismo necessario è disponibile nell'apparato visualizzatore perché, in linea di principio, è lo stesso che controlla il basculamento dell'attuatore ottico.

Un ultimo accorgimento per l'utilizzazione del sistema è che a monte dell'apparato visualizzatore deve esistere un apparato che effettui il filtraggio e il sottocampionamento delle componenti stereoscopiche e la loro composizione in un'unica immagine in formato progressivo.

Si noti che il filtraggio a diamante necessario prima di un sottocampionamento a quinconce

Nota 5 - La Video Electronics Standards Association (VESA) è un ente di normativa internazionale fondato verso la fine degli anni 1980 dalla NEC Home Electronics e altri otto produttori di componenti ed apparati di visualizzazione. All'inizio lo scopo fu di normalizzare un display con risoluzione 800x600, in seguito l'interesse di VESA ha coperto altri settori. Per esempio, lo standard VESA-1997-11 definisce un connettore per la connessione di apparati di visualizzazione stereoscopici, quali shutter LCD, occhiali shutter, ecc. capace di fornire sia l'alimentazione, sia il segnale di sincronizzazione a tali apparati.

preserva la definizione lungo gli assi principali per l'occhio, ossia quello verticale e quello orizzontale, limitando la definizione lungo la direzione diagonale, dove però l'occhio presenta una sensibilità inferiore.

### 3. Realizzazioni pratiche della tecnologia DLP 3-D HDTV

Il sistema di visualizzazione viene commercializzato sotto la denominazione commerciale: DLP 3-D HDTV technology.

I dispositivi DMD sono prodotti solo dalla Texas Instruments, che li ha sviluppati.

Alcuni produttori di apparati di televisori a retro-proiezione basati su DLP hanno inserito o stanno per inserire nei loro cataloghi alcuni modelli in grado di sfruttare la tecnologia DLP 3-D HDTV.

Alcuni produttori di accessori per la visualizzazione stereoscopica offrono soluzioni più o meno esplicitamente basate su elaboratore elettronico per la preelaborazione delle sequenze stereoscopiche e la visualizzazione con occhiali shutter<sup>Nota 6</sup>. Attualmente tale soluzione è l'unica disponibile sul mercato. Si noti inoltre che è prevista anche la funzionalità di generazione di sequenze stereoscopiche a partire da materiale video bidimensionale.

Dal punto di vista degli apparati video, sul mer-

cato sono disponibili lettori in grado di supportare l'HDTV a piena risoluzione 1920/1080 in formato progressivo, ma a frequenze di quadro non superiori a 30 Hz<sup>Nota 7</sup>, quindi inadeguati a supportare il formato di immagine necessario per la stereoscopia con la tecnologia DLP 3-D. Inoltre è lecito avanzare qualche dubbio sulla qualità ottenibile codificando immagini composite costruite come illustrato nel punto precedente.

### 4. Principali caratteristiche della tecnologia DLP 3-D HDTV

I vantaggi della tecnologia DLP 3-D HDTV possono essere così riassunti:

- ◇ La tecnologia DLP 3-D HDTV veicola ad ogni occhio un segnale a 60 Hz (complessivamente il sistema lavora a 120 Hz). Tale frequenza di quadro riduce il flicker che in alcuni sistemi (p.es. quelli basati sulla tecnica field-sequential) può essere particolarmente disturbante. Si noti che il sistema non risulta attualmente commercializzato in Europa, ma la tecnica del raddoppio delle frequenza di quadro sarebbe efficace anche nei sistemi europei a 50 Hz.
- ◇ La tecnologia ha un costo implementativo virtualmente nullo sui nuovi monitor DLP HDTV offrendo agli utenti un incremento futuro delle possibilità<sup>Nota 8</sup>.

**Nota 6** - Un'azienda commerciale presente su Internet specializzata in apparati per la stereoscopia vende bundle composti da occhiali shutter, trasmettitore IR per la loro sincronizzazione, pacchetto software (TriDef), ed eventualmente elaboratore elettronico, per la preelaborazione dell'immagine. Un'altra azienda invece propone un apparato apparentemente non dissimile da un normale lettore DVD, ma in realtà basato su elaboratore elettronico (Pentium Core 2 Duo, 2GB RAM, nvidia 8600GT), software dedicato (TriDef) per la conversione di sequenze 2D a 3D e la preelaborazione richiesta dalla tecnologia DLP 3-D.

**Nota 7** - La risoluzione video massima per lo standard Blu-Ray Disc è l'HDTV 1920/1080/24p|50i|60i, mentre per lo standard HD HDTV è l'HDTV 1920/1080/24p|25p|30p|50i|60i.

**Nota 8** - In [5] si evidenzia che i costruttori attualmente cercano di rendere più interessanti i loro prodotti offrendo la possibilità di espanderne in futuro la fruibilità. I prodotti basati su DLP 3-D potrebbero seguire questa tendenza, considerato che attualmente manca materiale video stereoscopico, a maggiore ragione specifico per il sistema, ed è piuttosto difficile, se non con costi aggiuntivi non tascurabili, godere di spettacoli stereoscopici.

- ◇ La tecnologia permette di sfruttare le funzionalità stereoscopiche del sistema tramite occhiali shutter, complessivamente ottenendo fedeltà colorimetrica ed elevata profondità di campo, nonché ottima reiezione al segnale indesiderato (pressoché totale assenza di effetto ghost).

## 5. Conclusioni

Una delle conclusioni più immediate è che l'industria dei display, quando riesce con poco costo, è attenta ad offrire apparati potenzialmente utilizzabili anche per la visione stereoscopica. La tecnologia DLP 3-D HDTV ne è un esempio: originariamente nata per realizzare display a piena definizione HDTV 1920/1080p con costi accettabili, viene proposta anche per la visualizzazione stereoscopica.

Ciò significa che non si ritiene ancora che la stereoscopia valga investimenti importanti, ma c'è un certo interesse per la visione tridimensionale, che si cerca di soddisfare appena è possibile.

Un secondo commento riguarda le possibili sorgenti di materiale stereoscopico. Anche dalle offerte commerciali cui si accenna in precedenza è chiaro che non esiste sul mercato del materiale video stereoscopico, a maggior ragione in formato HDTV. Si ricorre quindi alla ricostruzione tridimensionale a partire da materiale video bidimensionale<sup>Nota 9</sup> (giochi, film, video in genere).

A parte considerazioni legate alla produzione, di cui non si tratta se non per citare la volontà espressa da alcuni operatori del cinema di ricorrere sempre più alla produzione di materiale stereoscopico, si desidera qui far notare che i coraggiosi tentativi di proporre apparati di visualizzazione adatti alla stereoscopia che si sono recentemente registrati, si scontrano con l'assoluta indisponibilità di materiale video stereoscopico, anche perché non esiste alcun supporto adatto alla sua memorizzazione e alla sua fruizione (player).

Sembrerebbe pertanto ragionevole sostenere che uno dei fattori necessari alla diffusione della visualizzazione stereoscopica sia, oltre alla disponibilità di materiale video stereoscopico, la definizione di opportuni standard per la memorizzazione su supporto fisico, collegati ad opportuni standard che definiscano il formato video adatto e le funzionalità che un monitor deve avere per poter riprodurre materiale stereoscopico<sup>Nota 10</sup>.

## Bibliografia

1. David. C. Hutchison – The SmoothPicture algorithm. An overview – Digital TV Design Line, <http://www.digitaltvdesignline.com/showArticle.jhtml?printableArticle=true&articleId=197007472>
2. David. C. Hutchison – Introducing DLP 3-D TV – Texas Instruments, [http://www.dlp.com/downloads/Introducing DLP 3D HDTV Whitepaper.pdf](http://www.dlp.com/downloads/Introducing%20DLP%203D%20HDTV%20Whitepaper.pdf)
3. DLP 3-D HDTV Technology - Texas Instruments, [http://www.dlp.com/downloads/DLP 3D HDTV Technology.pdf](http://www.dlp.com/downloads/DLP%203D%20HDTV%20Technology.pdf)
4. M. Muratori – Tecniche per la visione stereoscopica – Elettronica e Telecomunicazioni, n. 1, aprile 2007
5. M.Barbero, N. Shpuza – Alta definizione: display 1080p - Elettronica e Telecomunicazioni, in questo numero

**Nota 9** - Con riferimento al software TriDef, ma anche all'apparato Virtual FX 3D converter commercializzato dalla i-O Display Systems, e alla blue box disponibile come accessorio agli schermi autostereoscopici Philips 3DWOW.

**Nota 10** - Per esempio, molti engine presenti all'interno dei televisori a schermo piatto (plasma, TFT-LCD, DLP), al fine di migliorare la qualità dell'immagine, effettuano elaborazioni anche su più semiquadri vanificando la possibilità di visualizzazione con alcune tecniche, per esempio con tecnica field-sequential.