

# Videoproiezione

## TECNOLOGIE LCOS

### D-ILA: pannello LCD riflessivo

**R**ipercorriamo le tappe di sviluppo della tecnologia D-ILA. Dai primi videoproiettori a risoluzione SXGA+ ai nuovi modelli 4K. Caratteristiche costruttive, vantaggi e prestazioni di un progetto tecnologicamente avanzato.

■ La tecnologia D-ILA, Direct-Drive Image Light Amplifier, è stata sviluppata da JVC e viene implementata in tutti i videoproiettori LCOS (Liquid Crystal On Silicon, cristalli liquidi su silicio) del produttore nipponico. Fra gli eventi significativi di questa tecnologia, considerati milestone, il primo D-ILA a risoluzione SXGA+ introdotto nel 1998 a cui è seguito, nel 1999, il modello QXGA con risoluzione 2.048 x 1.536 pixel.

In questo articolo esaminiamo nei dettagli la tecnologia, analizzandone i principali vantaggi nell'impiego in impianti home theater.

#### La tecnologia vista da vicino

D-ILA è una tecnologia proprietaria di JVC basata su cristalli liquidi a matrice attiva con capacità riflessiva (LCOS). L'impiego dell'elettronica CMOS e la configurazione ad

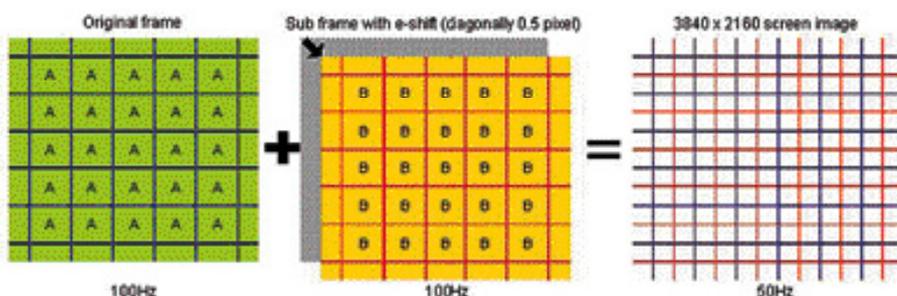
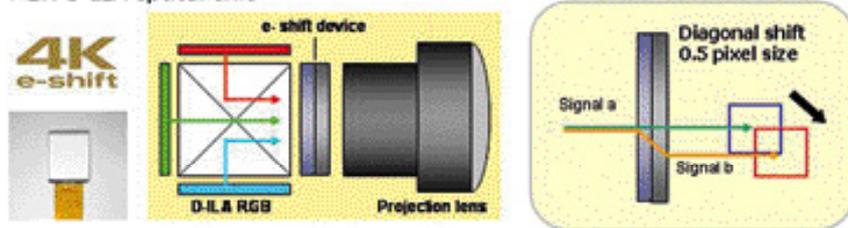
alta densità dei pixel sono la chiave per riprodurre tutti i dettagli di un'immagine ad alta definizione.

Per sviluppare definizioni sempre più elevate è necessario agire su due fronti: ridurre la dimensione dei singoli pixel e, contemporaneamente, lo spazio che intercorre fra un pixel e l'altro. JVC ha creato il chip D-ILA che utilizza un layout particolare: l'elettronica necessaria a pilotare ciascun pixel è posta dietro lo strato a cristalli liquidi che forma l'immagine e non fra i singoli pixel come accade con le tecnologie trasmissive. Questo risultato è stato possibile perché la sorgente di luce non

attraversa il pannello LCD ma viene riflessa dal pannello stesso. Da qui il termine di tecnologia riflessiva e non trasmissiva. Il risultato è un fattore di riempimento dello spazio destinato ai pixel vicino al 90% e l'eliminazione virtuale di effetti 'griglia' o 'zanzariera', evidenti in altre tecnologie trasmissive.

Il backplane, così viene chiamato lo stato a semiconduttore posizionato dietro al pannello LCD che indirizza i segnali su ciascun pixel della matrice, assicura i più elevati livelli di colore e la migliore interpretazione della scala di grigi. Il risultato si traduce in un rapporto di contrasto

NEW D-ILA optical unit



Il nuovo motore ottico D-ILA 4K con e-shift, il dispositivo che consente di quadruplicare il numero di pixel nativi da proiettare sullo schermo, portando la risoluzione da Full HD a 4K

Il primo videoproiettore 4K mostrato in pubblico è stato un D-ILA, al Siggraph di Los Angeles nel 2001. Nel 2005, all'Aichi Expo di Nagoya, JVC ha dimostrato un proiettore 8K, basato sempre su tecnologia D-ILA.

Nel 2007 la tecnologia D-ILA ha reso disponibile un chip da 2 megapixel da 0,7": ciò ha reso possibile la proiezione di immagini 1080p, con rapporto di contrasto nativo di oltre 30.000:1, senza l'impiego di un iris. La tecnologia D-ILA offre anche un Gamut esteso, ottenuto con l'utilizzo di filtri colori e tecniche di colour management specifici.

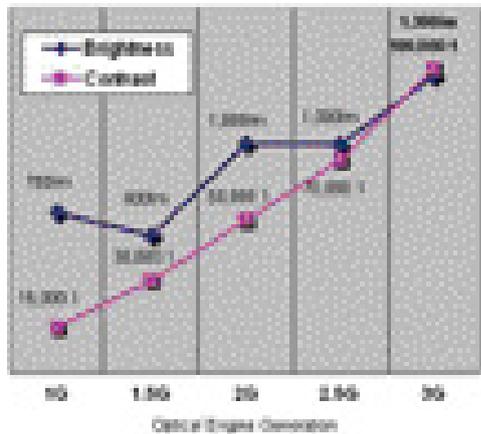


Figura 1. Come sono cresciuti luminosità e rapporto di contrasto attraverso le varie generazioni di chip D-ILA. Il contrasto, in particolare, è aumentato di circa 9 volte, da 15.000:1 della prima generazione ai 130.000:1 dell'ultima

notevole: immagini con un'ampia gamma dinamica, omogenee e naturali, riproduzione accurata dei dettagli e delle informazioni contenute nella sorgente originale. La qualità della temperatura colore si raggiunge con un sistema ottico avanzato. Il contrasto elevato viene ottenuto allineando verticalmente i cristalli liquidi, con un sistema a griglia ottica di alta precisione. Ecco quali sono le sue principali caratteristiche.

### Efficienza e versatilità

L'uso dei dispositivi CMOS al silicio a singolo cristallo fornisce elevate prestazioni di indirizzamento diretto dei pixel; ciò si unisce all'elevata efficienza e versatilità dei materiali elettro-ottici e dei cristalli liquidi.

### Elevata risoluzione

La tecnologia D-ILA si presta a visualizzare immagini ad alta risoluzione. Ad oggi è stata raggiunta la risoluzione 4K ma sono stati

presentati prototipi di videoproiettori anche con risoluzione 8K.

### Immagini nitide

La struttura che caratterizza i pannelli riflessivi consente di ridurre lo spazio che intercorre fra un pixel e l'altro. Ciò porta a ridurre l'effetto zanzariera, ossia la percezione dei pixel durante la visualizzazione delle immagini.

In aggiunta, i cristalli liquidi presenti sui pannelli riflessivi agiscono in modo da unire i pixel adiacenti per raggiungere una migliore omogeneità. Ciò rende le immagini digitali più morbide alla vista, e quindi più gradevoli all'occhio.

### Configurazione a 3 pannelli

La possibilità di utilizzare tre pannelli, in modalità RGB, consente di raggiungere una maggiore gamma dinamica e di evitare artefatti tipo 'arcobaleno'. Con la tecnologia D-ILA, i segnali che compongono i contenuti video vengono indirizzati direttamente al dispositivo d'immagine. Viene sfruttato

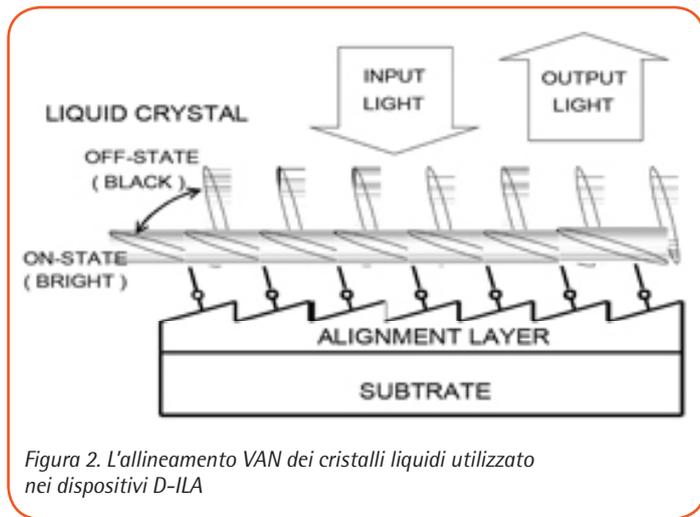


Figura 2. L'allineamento VAN dei cristalli liquidi utilizzato nei dispositivi D-ILA

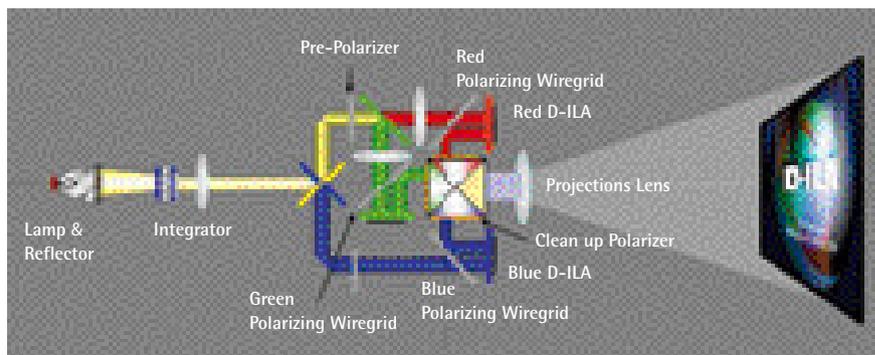


Figura 3. Engine ottico di terza generazione dei sistemi RGB D-ILA, con polarizzatori Moxtek. Viene utilizzata una lampada ad arco ravvicinata, capace di una maggiore intensità luminosa a parità di durata rispetto alle lampade precedenti

# Videoproiezione

l'indirizzamento a matrice attiva dei cristalli liquidi per replicare esattamente le immagini digitali in ingresso.

A ogni pixel si accede direttamente attraverso la circuitazione a matrice, collocata subito dietro lo strato LCD. Dal momento che tutta l'elettronica si trova dietro al percorso di proiezione della luce, la luce non deve attraversare alcun ostacolo.

## Uniformità

Non si osservano fenomeni di cross-talk, riflessione o immagini fantasma nel quadro, questo grazie al pilotaggio digitale dei segnali che elimina gli artefatti.

In aggiunta, l'architettura SRAM fornisce un'eccellente uniformità di tensione su tutta l'area attiva del pannello e, conseguentemente, una buona uniformità di tutta l'immagine.

## Allineamento cristalli liquidi

L'allineamento verticale dei cristalli liquidi nematici (VAN - Vertically Aligned Nematic) permette di raggiungere un elevato rapporto di contrasto attraverso l'intero spettro di luce visibile. Il termine 'nematico' descrive la struttura dei cristalli liquidi le cui molecole si allineano in linee parallele sciolte.

JVC è stata fra le prime aziende a utilizzare l'allineamento dei cristalli liquidi con strati non organici, garantendo così una più estesa vita operativa dei pannelli; l'allineamento dei cristalli liquidi inorganici, infatti, non mostra alcuna degradazione nei test di invecchiamento. Le molecole dei cristalli liquidi vengono allineate quasi perpendicolarmente alla superficie, con piccolo angolo di pre-tilt allo stato di 'off', fattore importante per ottenere un elevato

## Principi operativi

I cristalli liquidi vengono utilizzati in modalità VAN (Vertically Aligned Nematic) e rispondono alla tensione RMS media del segnale PDM (Pulse Width Modulation) sul tempo di quadro. Nel backplane al silicio (lo strato che si trova dietro la matrice a cristalli liquidi) si impiega una SRAM ad alta velocità. La procedura fondamentale di un dispositivo D-ILA digitale consiste in due fasi: indirizzamento dei dati e pilotaggio dei cristalli liquidi. In figura viene mostrato lo schema a blocchi. Il segnale in ingresso viene processato dal controller e convertito in bit. In questa fase, viene utilizzata una tavola di riferimento per determinare la corretta sequenza di bit per il livello di grigio da raggiungere. Terminata la fase di indirizzamento dei dati, il passo successivo è quello di pilotare i cristalli liquidi. Vengono utilizzati tre segnali aventi differente tensione: V0, V1 e ITO. Queste tensioni sono applicate a tutti i pixel del display, allo stesso tempo, così ciascun pixel può essere pilotato nelle stesse condizioni. I segnali V0 e V1 provengono dalle informazioni dei pixel della SRAM. La tensione di pilotaggio dei cristalli liquidi viene fornita dalla tensione ITO-V1 o ITO-V0. In questo modo, la tensione di soglia del dispositivo e la massima tensione applicate

a ogni singolo dispositivo possono essere regolate. Il dispositivo genera oltre 50 sub frame. In questa configurazione possono essere gestiti 24 bit e la lunghezza di ogni bit piano può essere determinata liberamente: in teoria vi sono  $2^{24}$  livelli di scale di grigio. In pratica, si utilizza una combinazione di sequenze di bit che permette di raggiungere 10 bit, 1024 stati indirizzabili. Così, una scala di grigio può essere riprodotta senza creare contorni all'immagine come accade nei dispositivi che operano in modo sequenziale. In questo schema i cristalli liquidi vengono pilotati da frequenze che approssimano un'onda quadra di svariati kHz; una frequenza significativamente più elevata rispetto a un dispositivo analogico (60 o 120 Hz). Ciò contribuisce all'alta affidabilità dei dispositivi D-ILA.

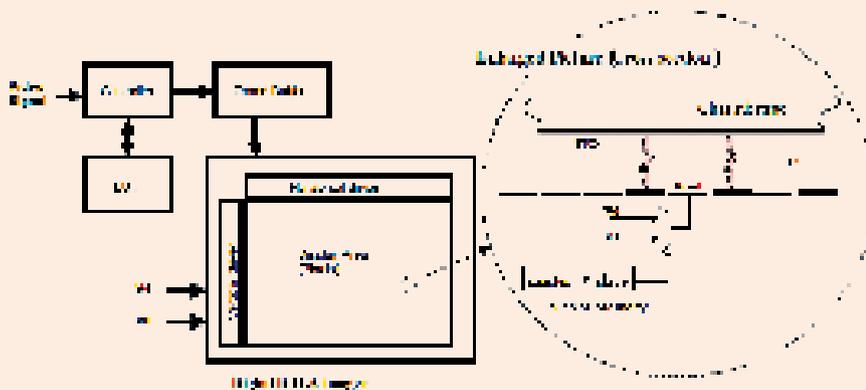


Diagramma a blocchi della procedura di pilotaggio di un dispositivo D-ILA digitale

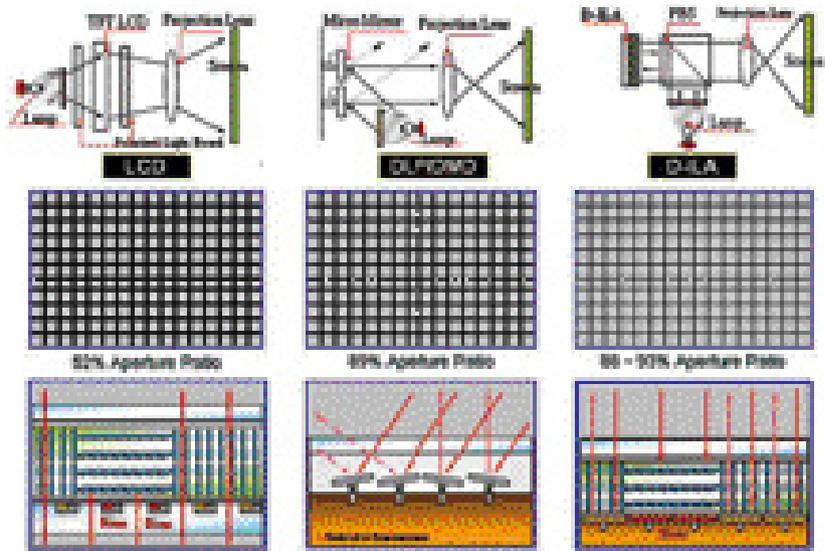


Figura 4. Rappresentazione schematica del sistema ottico che rileva l'immagine da un singolo dispositivo D-ILA (R, G o B), a confronto con le tecnologie DLP e LCD. Da notare come la tecnologia D-ILA offra un maggiore rapporto di apertura

rapporto di contrasto e un'immagine uniforme. Con l'angolo di pre-tilt ottimizzato, il rapporto intrinseco del dispositivo per un sistema ottico  $f/2.4$  è maggiore di 40.000:1.

### Efficienza e rapporto di contrasto

L'efficienza di conversione della polarizzazione (PCE) dei cristalli liquidi VAN è molto efficiente: il valore si approssima al 100%. Il dispositivo D-ILA offre anche un alto rapporto di apertura, pari al 89%.

Uno dei benefici derivati dall'allineamento VAN è il rapporto di contrasto, essenziale per una buona qualità dell'immagine. Il ritardo residuo del modo VAN è molto piccolo e lo stato di buio del dispositivo D-ILA è acromatico, per un alto rapporto di contrasto, qualunque sia il colore.

### Scala di grigi

I cristalli liquidi VAN (Vertically Aligned Nematic) sono caratterizzati da un tempo di risposta lento se comparato con la durata dell'ultimo bit significativo (LSB).

D'altra parte, nello stato luminoso, grazie al pilotaggio multi-impulso lo strato di cristalli liquidi può produrre più luce. Tramite l'aumento dei sub-frame, si ottiene una scala di grigi più

omogenea. Inoltre, pilotando i cristalli liquidi nematici tramite una tensione a impulsi si ottiene il vantaggio di una luce in uscita con caratteristiche non lineari. L'elevato contrasto e il grande numero di sub frame permettono alla scala di grigi, con immagini molto scure o quasi buie, di essere riprodotta accuratamente. È dunque possibile creare un'immagine omogenea senza utilizzare tecnologie specifiche, come quelle usate nei sistemi PDP e DLP. Il pilotaggio digitale può controllare una precisa scala di grigi. La curva gamma viene stabilita secondo un metodo di calibrazione e la scala di grigi è di 10 bit.

### Gamma e stabilità

La curva gamma viene ottenuta da un insieme di parametri selezionati che modellano la curva stessa. La stabilità nei diversi ambienti di funzionamento è molto importante per le applicazioni consumer. L'utilizzo dell'allineamento VAN dei cristalli liquidi porta con sé il vantaggio che lo stato di buio e lo stato di bianco sono molto stabili, viene influenzata solo la porzione di mezzo del livello di grigio. Questo perché alcune caratteristiche proprie del modo VAN risultano stabili in un ampio range di temperature. Allo stato buio e allo stato luminoso tutti i segnali vengono pilotati equamente, così che queste porzioni non risentono del tempo di

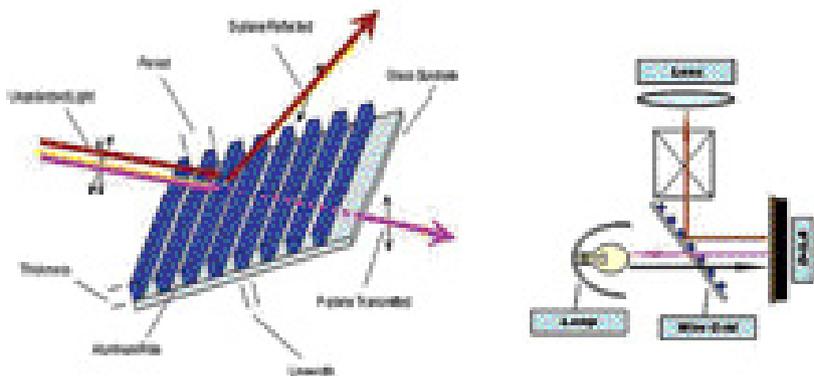


Figura 5. Funzionamento del filtro polarizzatore. In assenza di modulazione la luce ritorna indietro verso la lampada e normalmente si ha il nero. Se la tensione è 'on', la luce viene modulata e passa attraverso la griglia: si ottiene così il bianco

# Videoproiezione

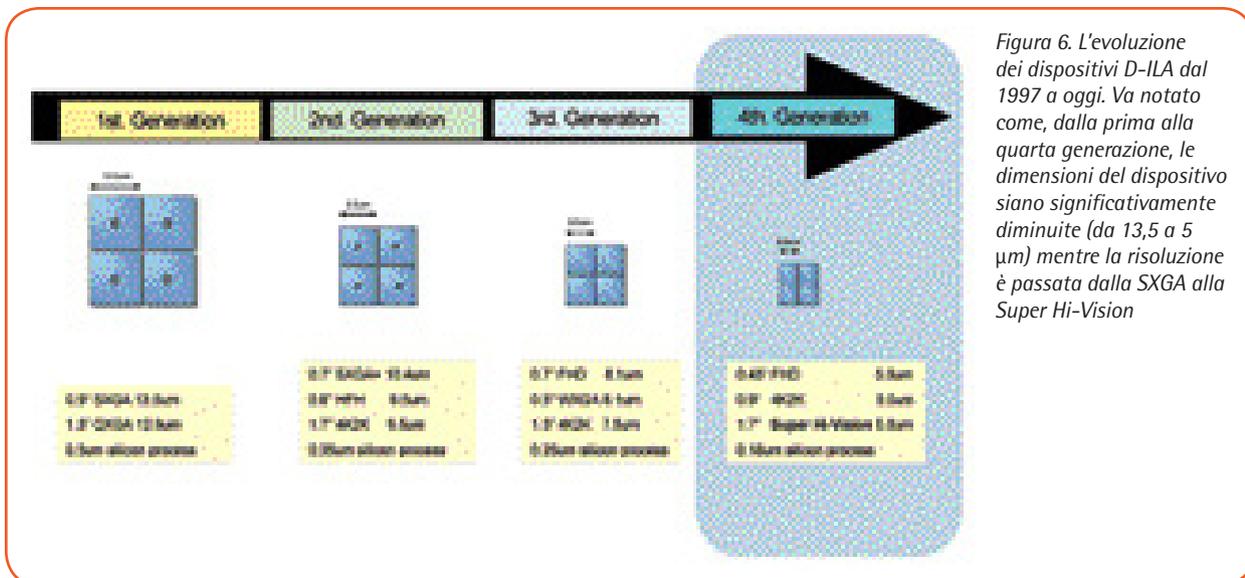


Figura 6. L'evoluzione dei dispositivi D-ILA dal 1997 a oggi. Va notato come, dalla prima alla quarta generazione, le dimensioni del dispositivo siano significativamente diminuite (da 13,5 a 5 µm) mentre la risoluzione è passata dalla SXGA alla Super Hi-Vision

risposta dei cristalli liquidi. Nel mezzo del livello di grigio, alcuni impulsi vengono pilotati e la luce in uscita viene modulata dalla risposta del cristallo liquido. L'entità di tale modulazione, comunque, può essere ridotta dal modello di pilotaggio.

## Tempo di risposta

Un altro vantaggio nell'utilizzare il pilotaggio digitale è il tempo di risposta nelle immagini in movimento. Vengono intenzionalmente inserite porzioni di nero fra ogni quadro nei principali livelli di grigio. La tensione di

pilotaggio è relativamente alta, comparata con il pilotaggio analogico, e così il tempo di risposta è più veloce. Inoltre, per tutti i livelli di grigio vengono utilizzate le stesse tensioni di pilotaggio, così da ottenere un eccellente tempo di risposta per tutte le immagini in movimento.

## Engine ottico di 3<sup>a</sup> generazione

La tecnologia di proiezione D-ILA ha compiuto numerosi progressi dalla sua nascita, migliorando compattezza, efficienza luminosa e rapporto di contrasto a ogni successiva generazione di proiettori. La Figura 3 mostra l'engine ottico di terza generazione dei sistemi RGB che utilizza i polarizzatori a griglia Moxtek. Questi elementi sostituiscono il vetro solido PBS utilizzato nei primi proiettori, permettendo un più elevato rapporto di contrasto del solo sistema ottico. La luce bianca di proiezione, tenuta da una sorgente ad alta intensità luminosa (lampada UHP ad breve ravvicinato) viene collimata e inviata a un integratore e a elementi ottici per un più efficace polarizzazione. L'integratore aumenta l'uniformità dell'illuminazione attraverso l'apertura dei modulatori D-ILA e l'elemento

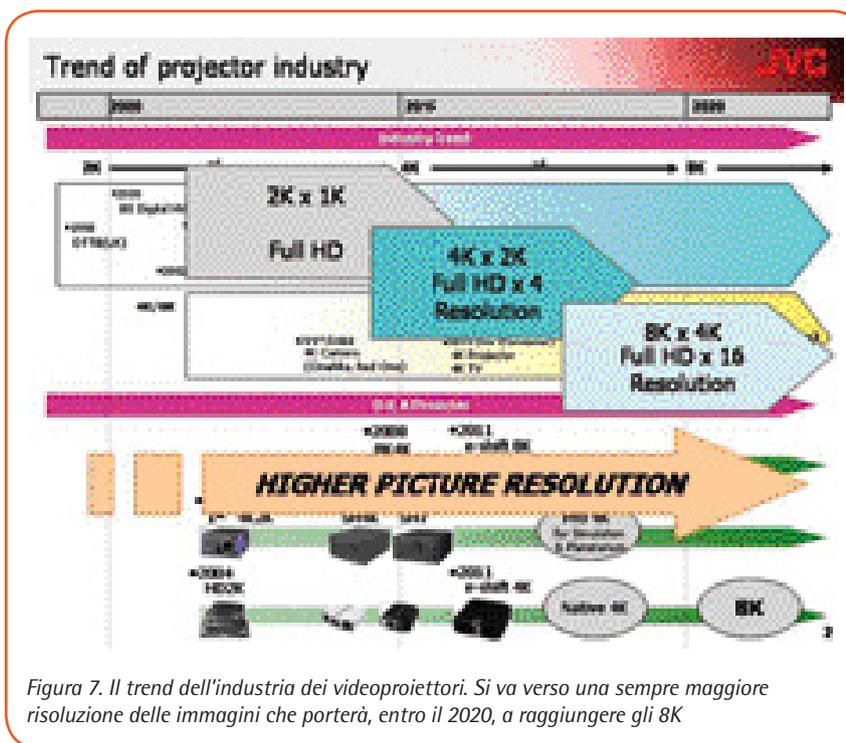


Figura 7. Il trend dell'industria dei videoproiettori. Si va verso una sempre maggiore risoluzione delle immagini che porterà, entro il 2020, a raggiungere gli 8K

di recupero della polarizzazione ruota lo stato di polarizzazione ortogonale nello stato funzionale alla proiezione. Il fascio luminoso viene quindi suddiviso in componenti RGB da filtri dicroici e inviato attraverso gli splitter della griglia PBS sul chip D-ILA. La luce di proiezione, modulata dall'immagine dai tre dispositivi D-ILA, viene analizzata tramite gli stessi elementi PBS e combinata da un prisma dicroico incrociato, che trasmette l'immagine a colori all'obiettivo di proiezione. Nei videoproiettori JVC con risoluzione 4K, commercializzati a partire dal 2011, al motore ottico D-ILA è stato aggiunto il dispositivo e-shift che consente di quadruplicare il numero di pixel totali proiettati sullo schermo, come si può vedere dall'immagine in apertura dell'articolo.

## Sviluppi futuri

L'abilità nel creare immagini in movimento con risoluzione 4K sta rapidamente progredendo, così come la capacità di trasmettere dati con una maggiore larghezza di banda. Tutto ciò consentirà di evolvere ancora di più i vari campi d'applicazione, dal cinema alla visualizzazione di simulatori. Per la proiezione di immagini in UHD (Ultra High Definition) da 4K, JVC sta sviluppando nuovi chip 4K da 1,3 e 1,7 pollici (Figura 6). La dimostrata versatilità del progetto D-ILA

indica che questa tecnologia continuerà verso la risoluzione 8K (Super Hi Vision). Nel prossimo futuro è previsto l'allargamento della base di applicazioni D-ILA, con le nuove tecnologie di illuminazione a LED e sistemi concept che comprendono i display olografici 3D.

A cura di Pierluigi Sandonini

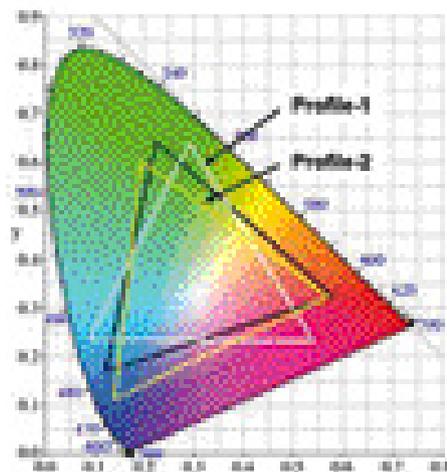


Figura 9. In alcuni modelli top di videoproiettori D-ILA, in aggiunta ai profili colore preselezionati è possibile creare un profilo personale tramite pc e caricarlo sul videoproiettore attraverso il connettore RJ45. Da notare che anche i dati relativi alle preselezioni possono essere immagazzinati nel pc, tramite la stessa connessione



Figura 8. Nella figura è rappresentata la tecnologia di elaborazione delle immagini e-shift 2 implementata nei videoproiettori D-ILA per incrementare la risoluzione Full HD fino a 4K. Di questa tecnologia fa parte anche la funzione Multiple Pixel Control (MPC)