

# *PROGETTO FISICA DEI DISPOSITIVI INTEGRATI*

***LEONARDO TESTOLIN - VR436823***

Ingegneria e Scienze Informatica – Sistemi Embedded

## ***LCD, IPS, PLASMA, OLED, AMOLED E NUOVE TECNOLOGIE***

Questa relazione vuole descrivere brevemente la struttura, i materiali con cui sono formati, la tecnologia che sta alla base di ogni tipologia di schermo, i pregi, i difetti e le differenze che presentano una tipologia rispetto ad un'altra.

# INDICE

1. Schermo LCD
  - a. I cristalli liquidi
  - b. Storia
  - c. Funzionamento degli schermi LCD
  - d. Schermi trasmissivi, riflettivi e transflettivi
  - e. Schermi attivi e passivi
  - f. Durata media degli schermi LCD
  - g. Differenze LCD-LED
2. Schermo al Plasma
  - a. Caratteristiche
  - b. Funzionamento
3. Schermi IPS LCD
4. Schermi OLED
  - a. Storia
  - b. Struttura degli schermi oled
  - c. Limiti
5. Amoled
  - a. Struttura degli Amoled
  - b. Caratteristiche
  - c. Svantaggi
6. Super Amoled
  - a. Brevemente: RGB+W e RGB+G e Matrice Pentile
7. Effetto Burn-in
8. Innovazioni del Super Amoled
9. Curiosità
10. Pro e contro delle differenti tecnologie di schermi
11. Nuove tecnologie
  - a. Miglioramento degli schermi OLED e Micro-Led
12. Bibliografia

## SCHERMO LCD

Il Display a cristalli liquidi (in acronimo LCD, dall'inglese Liquid Crystal Display) è una tipologia di display che utilizza le proprietà di modulazione della luce dei cristalli liquidi.

### *Che cosa si intende per modulazione?*

L'idea fondamentale della modulazione consiste nell'iniettare il segnale da trasmettere su un altro segnale (portante) che presenti le caratteristiche adatte per la trasmissione sul canale. Per esempio un segnale a bassa frequenza, che sarebbe "tagliato" da un canale con comportamento tipo filtro passa-alto, potrebbe essere opportunamente iniettato su una portante con frequenza elevata, in grado dunque di passare attraverso il canale stesso. In questo contesto il segnale che si vuole trasmettere è detto modulante e il segnale che lo "trasporta" è detto portante. Il segnale modulato è il segnale complessivo, risultante dalla combinazione di portante e modulante.



## I CRISTALLI LIQUIDI

I cristalli liquidi sono una classe di composti organici con particolari proprietà liquido-cristalline, scoperte nel 1888 dal botanico austriaco **Friedrich Reinitzer**.

### **COMPOSTI ORGANICI:**

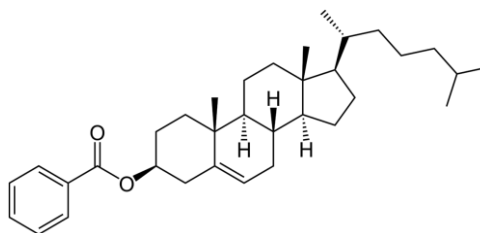
Si definisce composto organico un composto in cui uno o più atomi di carbonio sono uniti tramite legame covalente ad atomi di altri elementi (principalmente idrogeno, ossigeno, azoto).

## STORIA

**Reinitzer** si accorse che riscaldando del benzoato di colesterile questo dapprima diventava opaco, per poi schiarirsi al progressivo alzarsi della temperatura. Una volta raffreddato, il liquido diventava bluastro e poi cristallizzava.



In pratica tali sostanze non passano direttamente dallo stato liquido a quello solido, ma in particolari condizioni sono in grado di organizzarsi in fasi intermedie (mesofasi) che presentano caratteristiche sia dello stato solido cristallino che di quello liquido. Questo dualismo giustifica il termine con cui si indicano questi composti: cristalli liquidi.



## NEL DETTAGLIO:

I cristalli liquidi possono essere definiti come fluidi altamente anisotropi che esistono fra la fase solida cristallina e quella liquida isotropa.

### *Che cosa si intende per anisotropi?*

L'anisotropia (opposto di isotropia) è la proprietà per la quale un determinato ente fisico ha caratteristiche che dipendono dalla direzione lungo la quale vengono considerate.

Per esempio: la radiazione elettromagnetica di un'antenna può essere anisotropa se il campo generato varia con la direzione di irradiazione; un materiale è anisotropo se le sue caratteristiche fisiche (conducibilità elettrica e termica, proprietà ottiche) o il suo comportamento meccanico (rigidezza, resistenza, tenacità) sono differenti in direzione longitudinale e trasversale. In un certo senso, l'anisotropia rappresenta per la direzione quello che la disomogeneità rappresenta per lo spazio.

### *E per isotropia?*

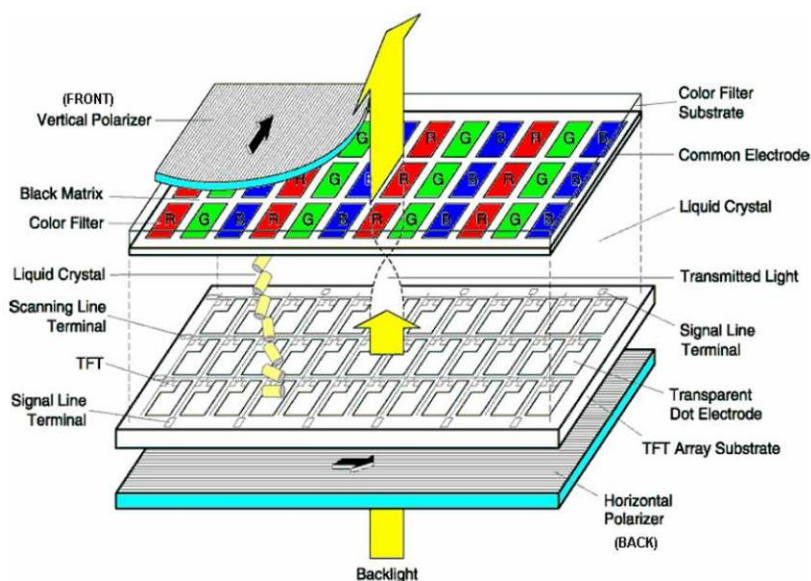
In fisica, l'isotropia è la proprietà dell'indipendenza dalla direzione, da parte di una grandezza definita nello spazio

## FUNZIONAMENTO DEGLI SCHERMI LCD

L'LCD è basato sulle proprietà ottiche di particolari sostanze denominate cristalli liquidi. Tale liquido è intrappolato fra due superfici vetrose provviste di numerosissimi contatti elettrici con i quali poter applicare un campo elettrico al liquido contenuto. Ogni contatto elettrico comanda una piccola porzione del pannello identificabile come un pixel (o subpixel per gli schermi a colori), pur non essendo questi ultimi fisicamente separati da quelli adiacenti come avviene, invece, in uno schermo al plasma. Sulle facce esterne dei pannelli vetrosi sono poi posti due filtri polarizzatori disposti su assi perpendicolari tra loro.

I cristalli liquidi ruotano di  $90^\circ$  la polarizzazione della luce che arriva da uno dei polarizzatori, permettendole di passare attraverso l'altro.

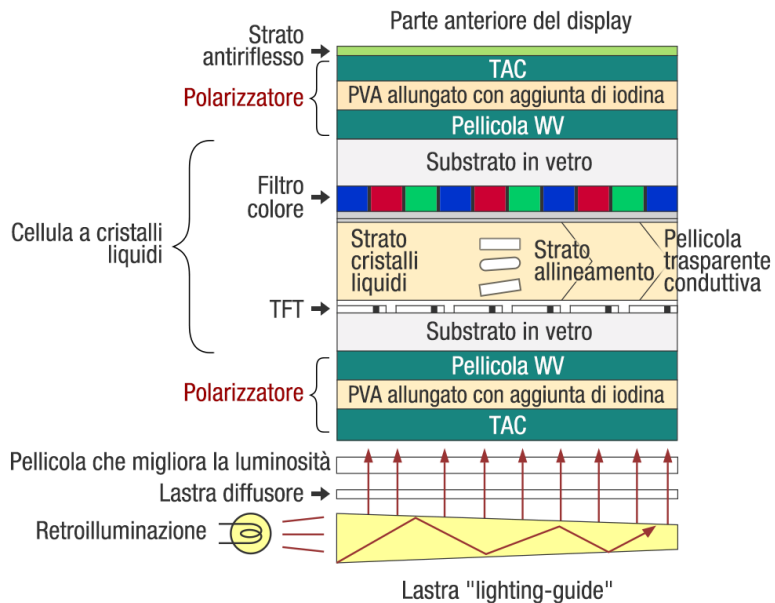
Prima che il campo elettrico sia applicato, la luce può passare attraverso l'intera struttura, e, a parte la porzione di luce assorbita dai polarizzatori, l'apparecchio risulta trasparente. Quando il campo elettrico viene attivato le molecole del liquido si allineano parallelamente al campo elettrico, limitando la rotazione della luce entrante. Se i cristalli sono completamente allineati col campo, la luce che vi passa attraverso è polarizzata perpendicolarmente al secondo polarizzatore, e viene quindi bloccata del tutto facendo apparire il pixel non illuminato. Controllando la rotazione dei cristalli liquidi in ogni pixel, si può dunque regolare la quantità che può passare. Si noti, però, che in questo modo un pixel guasto apparirà sempre illuminato. In realtà alcune tipologie di pannelli



## Vista sezionata di LCD

funzionano all'opposto, cioè sono trasparenti quando accesi ed opachi quando spenti per cui un pixel guasto resta sempre 'spento'.

Inoltre, per evitare che un campo elettrico applicato per un lungo periodo degradi le prestazioni del dispositivo (a causa dell'attrazione del materiale ionico sulla superficie), si tende ad applicare una corrente alternata o a invertire la polarità del campo elettrico.



## SCHERMI TRASMISSIVI, RIFLETTIVI E TRANSFLETTIVI

Gli schermi LCD possono essere usati in due modalità denominate **trasmissivo e riflettivo**.

Gli schermi di tipo **trasmissivo** sono illuminati da un lato e vengono visti dall'altro. In pratica una luce viene posizionata sul retro dello schermo e i cristalli liquidi agiscono da filtro facendo passare solo la componente cromatica desiderata. In questo modo si ottengono schermi molto luminosi, d'altro canto, però la fonte di luce spesso consuma più energia di quella richiesta dallo schermo in sé. Questi schermi hanno una buona leggibilità in condizioni di scarsa luce ambientale, mentre diventano poco visibili in condizioni di forte illuminazione, risultando adatti per l'uso in interni.

Gli schermi LCD di tipo **riflettivo** usano la luce presente nell'ambiente che viene riflessa da uno specchio posto dietro lo schermo. Questo schermo ha un contrasto più basso rispetto al LCD trasmissivo, infatti, la luce è costretta a passare due volte attraverso il filtro. Il vantaggio principale di questo tipo di schermo è che l'assenza di una fonte di luce artificiale mantiene i consumi energetici molto bassi. Un piccolo display LCD consuma così poco che può essere alimentato da una semplice cella fotovoltaica. Questi schermi hanno una buona leggibilità in condizioni di forte illuminazione ambientale, mentre risultano sempre meno leggibili al diminuire dell'illuminazione esterna.

Gli schermi **transflettivi** cercano di unire le caratteristiche migliori dei trasmissivi e dei riflettivi. Hanno un semi-specchio posto dietro il display, in grado di riflettere la luce frontale (come i riflettivi), ma di far passare la luce proveniente da un illuminatore posto nella parte posteriore (come i trasmissivi). Questo tipo di display si va diffondendo rapidamente, soprattutto negli apparecchi mobili per la sua buona leggibilità in tutte le condizioni di luce.

## SCHERMI ATTIVI E PASSIVI

I display LCD con un numero modesto di segmenti, come quelli usati nelle calcolatrici o negli orologi digitali, sono provvisti di un contatto elettrico per ogni segmento. Il segnale elettrico per controllare ogni segmento è generato da un circuito esterno. Questo tipo di struttura diventa improponibile man mano che il numero di segmenti aumenta.

Gli schermi di medie dimensioni, come quelli delle agende elettroniche, hanno una struttura a **matrice passiva**. Questo tipo di struttura ha un gruppo di contatti per ogni riga e colonna dello

schermo, invece che una per ogni pixel. Lo svantaggio è che può essere controllato solo un pixel alla volta, gli altri pixel devono ricordare il loro stato finché il circuito di controllo non si dedica nuovamente a loro. Il **risultato** è un contrasto ridotto ed una certa difficoltà a visualizzare bene le immagini in rapido movimento. Il problema chiaramente va peggiorando man mano che il numero di pixel aumenta.

Per gli schermi ad alta risoluzione, come i monitor per computer, si usa un sistema a **matrice attiva**. In questo caso il display LCD contiene una sottile pellicola di transistor (**Thin Film Transistor - TFT**).

Un display a cristalli liquidi a transistor a pellicola sottile è una variante di uno schermo LCD che utilizza la tecnologia TFT con l'intento di migliorare alcune caratteristiche di qualità dell'immagine, come il contrasto.

I transistor sono incorporati all'interno del pannello stesso, riducendo l'interferenza tra i pixel e migliorando la stabilità dell'immagine.

L'aspetto più vantaggioso di questa tecnologia è l'uso di un transistor separato per ciascun pixel dello schermo.

Poiché ogni transistor è piccolo, anche la quantità di carica necessaria per controllarlo è piccola. Tutto questo consente di ridefinire molto velocemente il display e permette di ottenere immagini molto più luminose e nitide rispetto agli LCD tradizionali. Un problema di questa tecnologia è la scarsa praticità per schermi di dimensioni medio-grandi, che, a parità di un gran numero di pixel, richiederebbero un numero altrettanto elevato di connessioni, sia in alto che in basso per ciascuno dei tre colori RGB per ogni elemento. Per evitare questa complicazione, i pixel vengono indirizzati in righe e colonne, riducendo di molto il numero di connessioni. I fili di colonna e di riga si collegano agli interruttori a transistor, uno per ciascun elemento.

Tale metodo presenta però forti limitazioni tra cui una forte dipendenza dall'angolo di visione e una riproduzione dei colori di bassa qualità.

Gli LCD TFT si possono trovare in dispositivi come televisori, monitor di computer, telefoni cellulari, dispositivi portatili, calcolatrici, sistemi di navigazione e proiettori.

### **MATRICE ATTIVA**

Per matrice attiva s'intende lo schema d'indirizzamento tipicamente usato per visualizzare pannelli piatti, il quale permette il settaggio e il mantenimento del livello di grigio di ciascun pixel.

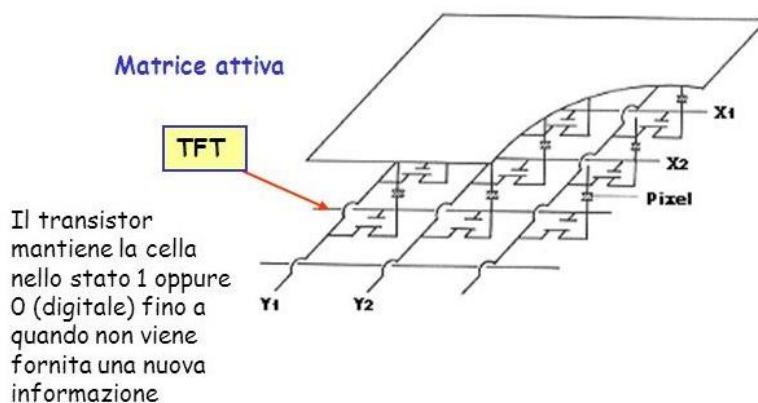
Essa consente di accendere/spegnere i singoli pixel, ognuno dei quali collegato a un transistor, utilizzando un capacitore TFT che mantiene lo stato attuale del pixel, 1 o 0, fino a quando non viene fornita una nuova informazione.

Il TFT viene aggiunto agli elettrodi in contatto con il livello di cristallo liquido. Ciascun pixel ha il proprio transistor dedicato.

Quando una linea viene selezionata, tutte le relative colonne vengono connesse a una riga di pixel e i corrispondenti voltaggi che corrispondono all'informazione dell'immagine vengono portati su tutte le colonne.

A questo punto la riga corrente viene disattivata e viene selezionata la riga successiva. Tutte le righe vengono selezionate in sequenza durante l'operazione di refresh.

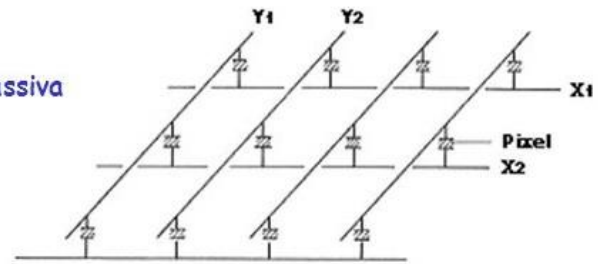
Questa tecnologia è principalmente utilizzata nei moderni laptop. Fornisce una maggiore luminosità e nitidezza della corrispondente matrice passiva della stessa dimensione e ha un tempo di risposta più veloce e produce immagini di migliore qualità.



### **MATRICE PASSIVA**

La matrice passiva è uno schema di indirizzamento principalmente utilizzato nei primi pannelli a cristalli liquidi. Nella matrice di indirizzamento, solamente  $m + n$  segnali di controllo vengono utilizzati per indirizzare un display di dimensione  $m \times n$ . I pixel della matrice passiva devono mantenere attivo il valore corrente del proprio stato finché

Matrice passiva



quest'ultimo non viene nuovamente riaggiornato. Il riaggiornamento avviene alternando voltaggi impulsivi di una polarità durante un frame e impulsi di polarità opposta durante il frame successivo. Il segnale in input viene diviso in righe (segnale selezione) e colonne (segnale video). Il voltaggio selezionato determina la riga che deve essere indirizzata e tutti gli  $n$  pixel sulla riga vengono indirizzati simultaneamente. Si applica un potenziale  $V_{\text{sel}}$  per selezionare i pixel della riga d'interesse e un potenziale  $V_{\text{unsel}}$  per deselezionarli. Non necessita di interruttori come la matrice attiva, in quanto è dotata di una bistabilità integrata sui pixel. Lo schema a matrice passiva diventa meno efficiente e con un ritardo di risposta maggiore e un minor contrasto man mano che il numero di pixel aumenta.

Tale tecnologia è utilizzata con dispositivi ebooks che mostrano solamente immagini, in quanto hanno caratteristiche di scrittura e cancellazione che ben si adattano allo scopo.

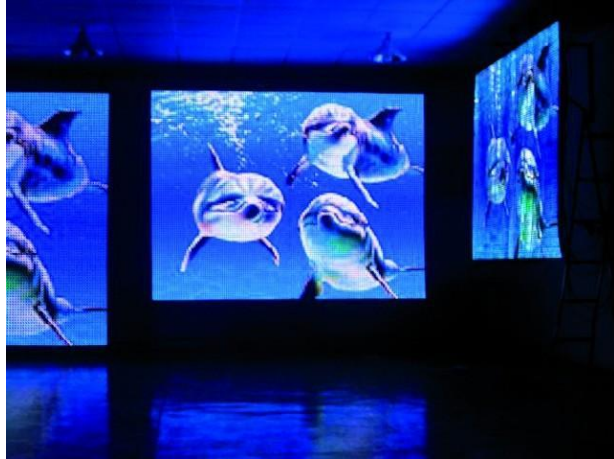
### **DURATA MEDIA DEGLI SCHERMI**

La durata media degli schermi LCD si attesta al giorno d'oggi intorno alle 50.000 ore. Questo dato, unitamente alla notevole e costante riduzione del loro prezzo, rende questa tecnologia una valida alternativa agli schermi a tubo catodico (ormai quasi abbandonata).



### ***Vantaggi LCD-LED:***

- Assenza di distorsioni di geometria, problemi convergenza, effetto Moirè (interferenza che crea onde parallele come artefatti visivi sullo schermo)
- Settaggi più facili e rapidi da effettuare (nei CRT manca indicatore numerico dei valori impostati)
- In risoluzione nativa, gli LCD sono più nitidi dei CRT (in particolar modo negli angoli)
- No problemi di sfarfallio (in base alla tecnologia di retroilluminazione adottata) grazie al fatto che i pixel LCD mantengono il loro stato durante il refresh
- Luminosità e contrasto maggiormente uniformi in tutte le parti dello schermo
- Non soggetti a interferenze magnetiche di altri dispositivi (altoparlanti, monitor, ecc.) ed emissioni di campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici sono ridotte rispetto a quelle dei CRT
- Sono perfettamente piatti, no riflessioni di luci esterne e di minor peso e ingombro
- Minor consumo energetico e quindi produzione di calore (dai primi modelli CCFL di retroilluminazione che usano metà della potenza di un monitor CRT a una moderna retroilluminazione a LED che usa il 10-25% di potenza di un CRT)
- Facilità di reperimento e maggior possibilità di scelta dei modelli rispetto ai CRT
- Nessun limite teorico di risoluzione, realizzabili di qualunque forma e dimensione
- Effetto mascheramento: la griglia LCD maschera gli effetti di quantizzazione spaziale e sulla scala di grigi, creando l'illusione di una immagine a più elevata qualità
- Non richiede conversione analogico-digitale a partire da connessioni DVI e HDMI
- Spaziatura sui bordi piccola: più schermi LCD possono essere disposti a matrice in modo da realizzare schermi di maggiori dimensioni



### ***Svantaggi LCD-LED:***

- Angolo visualizzazione limitato (specialmente nei monitor più datati ed economici): colore, saturazione, contrasto e luminosità che cambiano in base alla posizione dell'utente;
- Distorsione di luminosità a causa dell'irregolare luminosità in alcuni monitor;
- I livelli di nero non sufficientemente scuri a causa della non completa capacità dei cristalli liquidi di bloccare completamente la luce che li attraversa;
- Motion Blurring di oggetti in movimento provocati da un basso tempo di risposta (>8ms) ed eye-tracking su display sample-and-hold.
- Astenopia (disturbo visivo causato da debolezza visiva degli occhi) provocato dalla elevata frequenza di accensione/spegnimento di un monitor a LED, rispetto a una lampada CCFL



## SCHERMO AL PLASMA

Lo schermo al plasma è stato inventato nell'Università dell'Illinois all'Urbana-Champaign da Donald L. Bitzer, H. Gene Slottow, e dallo studente Robert Willson nel 1964 per il PLATO Computer System.

### CARATTERISTICHE

Gli schermi al plasma sono luminosi (1000 lux o più per i moduli), hanno un ampio gamut di colori e possono essere prodotti in grandissime dimensioni. [Al CES di Las Vegas di gennaio 2008, Panasonic ha presentato un prototipo di pannello da ben 150 pollici, che è attualmente lo schermo piatto più grande del mondo mai realizzato. Hanno un grandissimo livello di nero "dark-room", creando il "nero perfetto" desiderabile per guardare i film. Il pannello dello schermo misura soltanto 6 centimetri, mentre lo spessore totale, inclusa la parte elettronica che gestisce lo schermo, è inferiore ai 10 centimetri.]



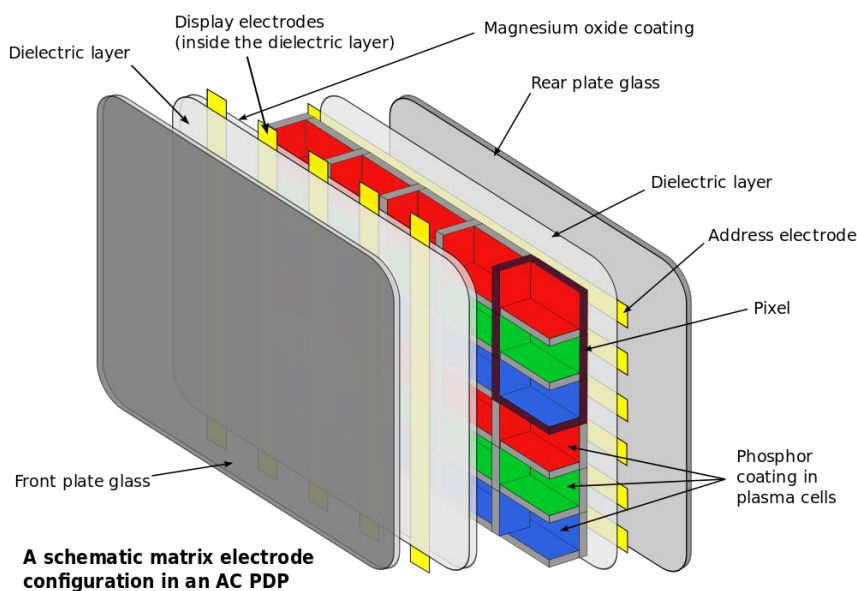
Il vantaggio principale della tecnologia per schermi al plasma è che si può produrre uno schermo molto grande utilizzando materiali molto sottili. Siccome ogni pixel viene acceso individualmente, l'immagine è molto luminosa ed ha angolo di visione molto ampio.

### FUNZIONAMENTO

Molte piccole celle posizionate in mezzo a due pannelli di vetro mantengono una mistura inerte di gas nobili (neon e xeno). Il gas nelle celle viene elettricamente trasformato in un plasma, il quale poi eccita i fosfori ad emettere luce.

I gas di xeno e neon in un televisore al plasma sono contenuti in centinaia di migliaia di piccole celle posizionate tra due pannelli di vetro.

Anche dei lunghi elettrodi vengono inseriti tra i pannelli di vetro, davanti e dietro le celle. Gli elettrodi di indirizzamento sono dietro le celle, lungo il pannello di vetro posteriore. Gli elettrodi trasparenti dello schermo, che sono circondati da materiale dielettrico isolante e coperti di uno strato protettivo in ossido di magnesio, sono montati davanti alle celle, lungo il vetro anteriore.



La circuiteria di controllo carica gli elettrodi che si incrociano ad una cella, creando una differenza di potenziale tra davanti e dietro provocando la ionizzazione dei gas e la formazione di plasma; quando gli ioni del gas si dirigono verso gli elettrodi e collidono vengono emessi dei fotoni.

### ***Composizione schematica di uno schermo al plasma***

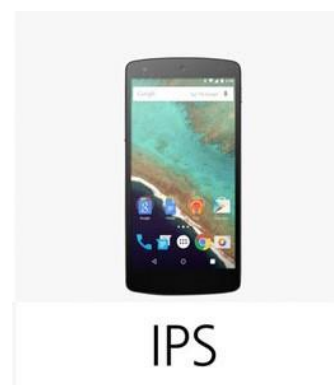
In uno schermo monocromatico, lo stato ionizzante può essere mantenuto applicando un voltaggio di basso livello tra tutti gli elettrodi orizzontali e verticali. Per cancellare una cella, tutta la tensione viene rimossa dagli elettrodi. Questo tipo di pannello ha una memoria intrinseca e non utilizza fosfori. Una piccola quantità di azoto viene aggiunta al neon per incrementare l'isteresi.

Nei pannelli a colori, il retro di ogni cella è rivestita con un fosforo. I fotoni ultravioletti emessi dal plasma eccitano questi fosfori per dare luce colorata. Ogni cella è quindi paragonabile ad una lampada fluorescente.

Ogni pixel è fatto di tre sottocelle separate, ognuna con fosfori di diversi colori. Una sottocella ha il fosforo per la luce rossa, una per la luce verde e l'altra per la luce blu. Questi colori si uniscono assieme per creare il colore totale del pixel, analogamente ai computer Triad (a tre colori; per dettagli tecnici vedi pixel, aspetti tecnici) o agli schermi CRT. Variando gli impulsi di corrente che scorrono attraverso le diverse celle migliaia di volte al secondo, il sistema di controllo può aumentare o diminuire l'intensità di ogni colore di ogni sottocella per creare miliardi di diverse combinazioni di verde, rosso e blu. In questo modo il sistema di controllo può produrre la maggior parte dei colori visibili. Gli schermi al plasma usano gli stessi fosfori dei CRT, il che porta ad una riproduzione dei colori estremamente accurata, però per loro stessa natura non possono riprodurre i colori intermedi (la cella o è accesa oppure è spenta), per simulare i livelli di colore inferiori si adotta una tecnica di "PWM" che consiste nell'accendere la singola sottocella per una porzione di tempo inferiore, ma questo spesso porta a maggior fatica di visione nel caso si sia molto vicini allo schermo.

### ***SCHERMI IPS LCD***

IPS LCD è l'acronimo di In-Plane-Switching Liquid-Crystal-Display: La tecnologia a cristalli liquidi è conosciuta ormai da molto tempo, ed è utilizzata sulla maggior parte dei device venduti. Questa tecnologia consente di riprodurre un dato colore quando esposto ad una fonte di luce ed è formato da un pannello di cristalli liquidi e una serie di luci bianche poste dietro ad esso (retroilluminazione). Con l'evolversi della tecnologia sono stati studiati nuovi modi di posizionare i cristalli liquidi per far sì che reagiscano alla retroilluminazione e che possano riprodurre una gamma di colori più ampia oltre ad una qualità dell'immagine migliore quando il pannello viene osservato da diverse inclinazioni.



### Pregi:

- Qualità del colore più bilanciata e fedele possibile
- Calibrazione del colore molto precisa
- Ridotto consumo della batteria indipendentemente dal colore (dal nero al bianco passando per ogni colore il consumo resta lo stesso)

### Difetti:

- Incapacità di riprodurre un colore perfettamente nero (dato dal fatto che i cristalli liquidi necessitano di una retroilluminazione costante e tendono a rendere il colore nero molto più simile ad un grigio scuro)

## SCHERMI OLED

I primi display efficienti e a bassa tensione furono presentati nel 1987 da Ching Tang e Steve Van Slyke.

### Nel dettaglio:

OLED è l'acronimo di Organic Light Emitting Diode, ovvero, diodo organico a emissione di luce. È una tecnologia che permette di realizzare display a colori con la capacità di emettere luce propria. A differenza dei display a cristalli liquidi, i display OLED non richiedono componenti aggiuntivi per essere illuminati (i display a cristalli liquidi vengono illuminati da una fonte di luce esterna), ma producono luce propria; questo permette di realizzare display molto sottili, addirittura pieghevoli e arrotolabili e che richiedono minori quantità di energia per funzionare.



A causa della natura monopolare degli strati di materiale organico, i display OLED conducono corrente solo in una direzione, comportandosi in modo analogo a un diodo; di qui il nome di O-LED, per similitudine con i LED



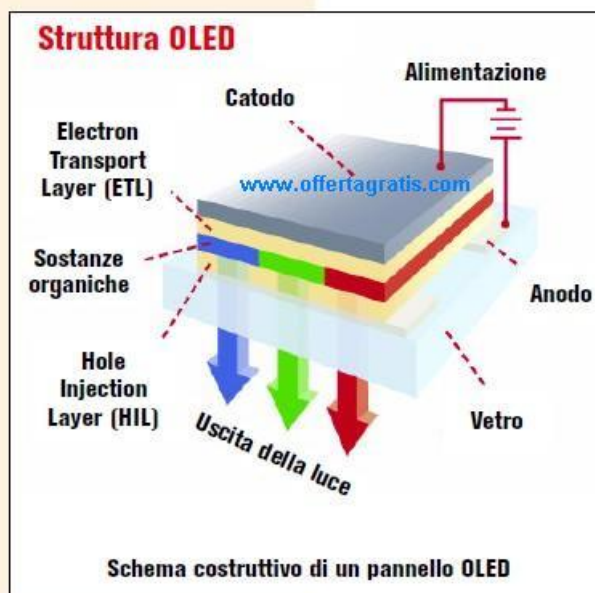
In termini pratici ogni punto di un'immagine è costituito da 3 “microschermi” affiancati RGB (red, green, blue) che a distanza, variando ognuno la propria intensità di luce, possono emettere una combinazione di luce con milioni di colori, mentre quando questi microschermi sono spenti producono un nero assoluto.

In teoria poi l'utilizzo di materiali organici ne riduce il tempo di vita, rispetto ad altre tecnologie ovviamente. C'è un altro problema: i “microschermi” rossi e verdi hanno un tempo di vita

superiore a quelli blu, il che significa che dopo svariate ore di utilizzo si avrà un bilanciamento dei colori sempre meno fedele.

## STRUTTURA OLED

La struttura convenzionale di una cella OLED consiste di una pila di strati di materiale organico compresi fra un anodo, trasparente, e un catodo metallico (oppure nella struttura con emissione superiore, da un catodo semitrasparente e un anodo metallico). Gli strati organici sono uno strato per l'iniezione delle lacune, uno strato per il trasporto delle lacune, uno strato emettitore e uno strato di trasporto degli elettroni. Quando è applicata una tensione (alcuni volt) alla cella, le cariche iniettate, positive e negative, si ricombinano e si produce luce (elettroluminescenza). La struttura degli strati organici e di anodo e catodo è progettata al fine di massimizzare il processo di ricombinazione nello strato di emissione e, in definitiva, il flusso luminoso in uscita. Con una opportuna scelta dei materiali costituenti i vari strati, l'intera struttura può avere lo spessore di un decimo di mm. Le molecole OLED di piccole dimensioni sono prodotte in camere sotto vuoto e sono ampiamente disponibili, prodotte dalle industrie dei semiconduttori.



Nel caso dei Poly-OLED, il materiale organico è un polimero speciale, di semplice applicazione al substrato e quindi il processo di produzione può divenire economico, per produzioni in grandi volumi. Sono stati sviluppati materiali per l'emissione di verde e blu, adatti ad usi pratici, ma è tuttora in atto l'attività di sviluppo di un materiale emittente che sia in grado di produrre un rosso di efficienza luminosa elevata e sufficiente purezza di colore. Analogamente agli LCD, esistono display OLED a matrice passiva e a matrice attiva (spesso indicati anche come AMOLED, Active Matrix OLED). Nei display a matrice passiva, un sottile strato di polimero è applicato ad un substrato, tipicamente vetro coperto da una struttura di linee, l'anodo, ottenute a partire da uno strato conduttore depositato sul vetro. Un'altra struttura è il catodo, le cui linee sono applicate in direzione perpendicolare a quelle dell'anodo. Per l'attivazione, una tensione opportuna viene applicata ad una linea anodica e sono quindi attivate in sequenza tutte le linee catodiche. Poi viene attivata la linea anodica successiva, e nuovamente tutte quelle catodiche. Si attua quindi una scansione riga dopo riga.

## LIMITI

La tecnologia OLED ha grandi vantaggi, ma presenta anche alcuni svantaggi. Tra i **punti a favore** si ha di sicuro la leggerezza e la flessibilità, l'ampio angolo di visione (quasi 90° dalla normale), l'ottimo contrasto, la saturazione dei colori e il tempo di risposta.

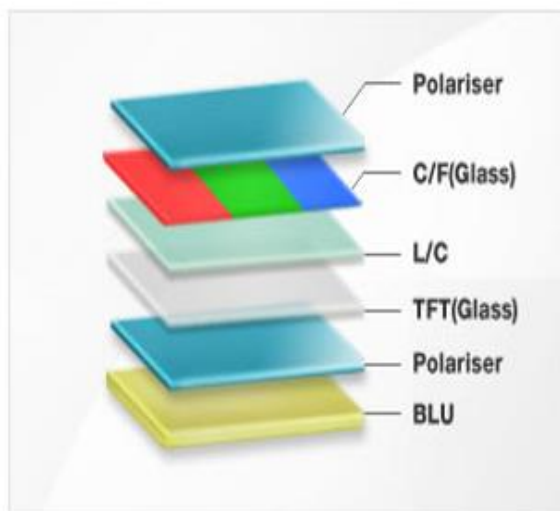
I **maggiori limiti** di questa tecnologia sono il costo elevato del processo produttivo, la durata operativa inferiore agli attuali display LCD, la luminosità massima inferiore quando è impiegato tutto il pannello e il consumo molto elevato se comparato a un normale pannello LCD, equivalente al consumo di un pannello al plasma.

### Pregi:

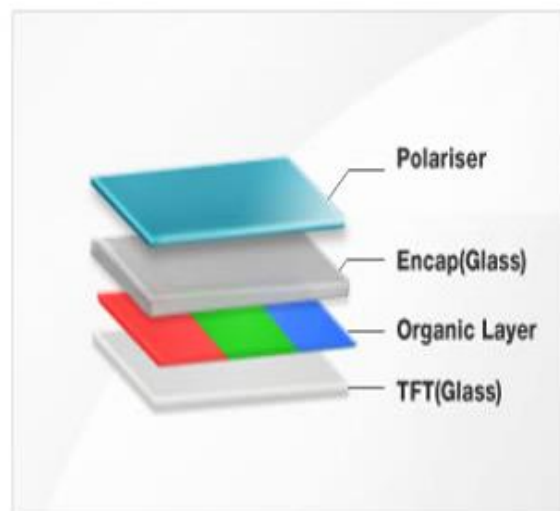
- Angoli di visuale
- Neri assoluti
- Milioni di colori
- Schermi anche piegabili

### Difetti:

- Costi di produzione maggiori
- Materiale organico meno duraturo
- Microschermi rosso e verde hanno una vita minore rispetto al blu, con conseguente sbiadimento.



LCD



OLED

### NOTA:

[La frequenza dei fotogrammi indica quante nuove immagini al secondo sono trasmesse da una sorgente].



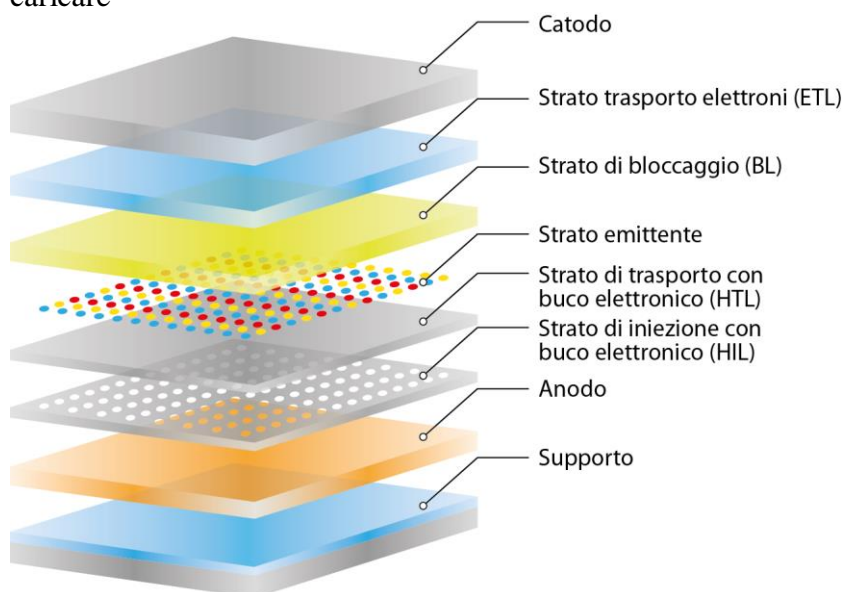
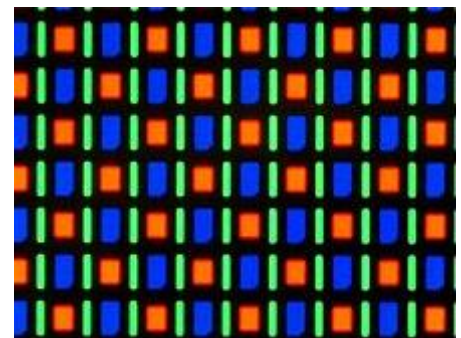
## AMOLED

L'active matrix organic light emitting diode (Diodo organico a emissione di luce a matrice attiva) o in sigla AMOLED è una tecnologia per schermi piatti flessibili. Fanno parte degli OLED, ovvero dei LED organici, e hanno la particolarità di costituire un display a matrice attiva. Nel caso di display a matrice attiva, una struttura di transistor è integrata nel display. Tale struttura è composta da almeno due transistor per ciascun pixel. Questi transistor sono connessi in sequenza alle linee anodiche e catodiche e sono in grado di tenere attivo ciascun pixel fino al periodo di scansione successivo. I display OLED a matrice attiva sono più complessi e quindi più costosi dei display che non utilizzano tale tecnologia, ma offrono immagini più luminose e definite rispetto a quelli di tipo passivo.



## STRUTTURA DEGLI AMOLED

Lo schermo AMOLED è composto da una matrice pixel di OLED integrati in una sottile pellicola di transistor che genera luce attraverso l'attivazione elettrica, in particolare attraverso una serie di interruttori, controlla il flusso di corrente per ogni pixel. Solitamente, questo flusso di corrente elettrica è controllato con almeno due TFT per ogni pixel, uno dei quali si occupa di caricare



o scaricare un condensatore elettrico, mentre il secondo provvede ad alimentare il livello necessario di corrente, e quindi a bilanciarlo per il necessario funzionamento del singolo pixel.

## CARATTERISTICHE

Gli schermi AMOLED prevedono una frequenza di aggiornamento maggiore rispetto ai semplici schermi OLED e i loro consumi sono significativamente inferiori, caratteristica che permette agli schermi AMOLED di essere applicati nei dispositivi elettronici portatili, dove il consumo elettrico grava sulla durata della batteria.



## SVANTAGGI

Gli schermi AMOLED potrebbero presentare problemi quando si osservano in presenza di luce solare. La tecnologia Samsung per gli schermi **Super AMOLED** prevede di risolvere questo problema riducendo lo spazio tra i diversi livelli dello schermo.

### Pregi:

- Angoli di visuale.
- Neri assoluti.

### Difetti:

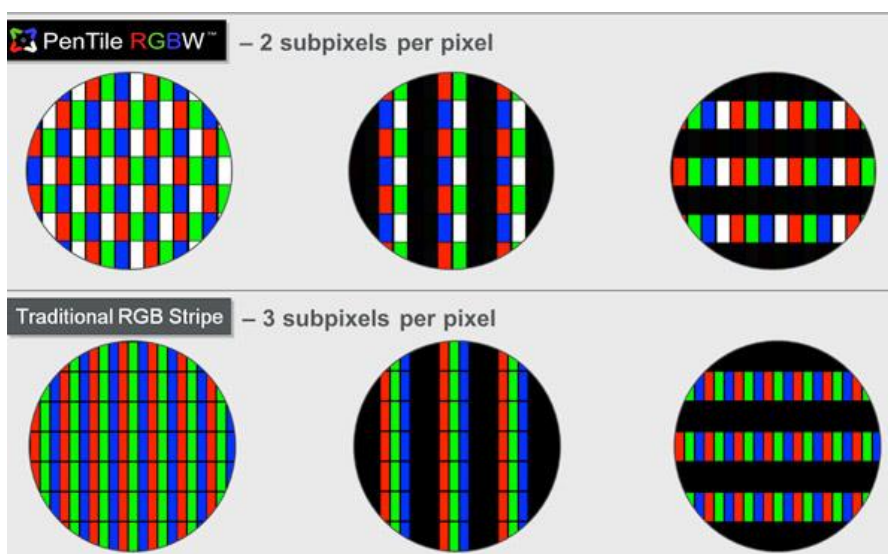
- Consumo energetico dipendente dal colore riprodotto.
- Tono di bianco (in display di qualità peggiore, non in tutti) deterioramento dei materiali organici.

## SCHERMI SUPER AMOLED

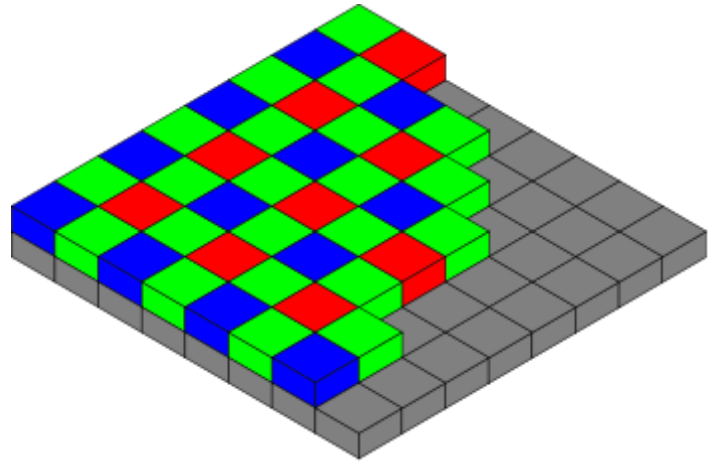
**Super AMOLED** è un'evoluzione della tecnologia AMOLED che offre maggior luminosità, minori consumi, minori riflessi della luce solare, e permette di costruire prodotti più sottili. Il display viene realizzato su **matrice Pentile (RGBW o RGBG)**, e pertanto risulta avere una diversa quantità di subpixel (circa il 33% in più) rispetto ai display tradizionali RGB. È stata utilizzata per la prima volta nel Samsung S8500 Wave, presentato al Mobile World Congress 2010.

### BREVEMENTE: RGB+W e RGB+G e MATRICE PENTILE

**RGB+W** è quasi uguale a "RGB", ma con il valore aggiunto di un singolo led di colore bianco. Un RGB+W usa questo LED bianco in più in aggiunta ai classici rosso, verde e blu. Questo permette di avere colori più brillanti e transizioni tra i colori più naturali.



**RGB+G** in questo caso ogni pixel è composto da due coppie di sub-pixel Rosso, Verde, Blu e Verde (dove le due coppie hanno rispettivamente l'ordine del rosso e del blu invertite).



**PenTile Matrix** descrive la composizione geometrica della disposizione dei sub pixel, prototipo sviluppato nei primi anni '90. La disposizione è costituita da un quinconce, che comprendente due subpixel rossi, due subpixel verdi, e un sub-pixel centrale blu in ciascun pixel.

In una matrice Pentile, i sub-pixel, ovvero l'insieme dei microschermi che vanno a comporre il pixel, sono disposti come una quinconce, per intenderci come il numero cinque sulla faccia di un dado: due sub-pixel rossi, due verdi ed uno centrale blu. L'utilizzo di tale disposizione permette di avere meno sub-pixel di un display tradizionale, contenendo appunto i consumi.

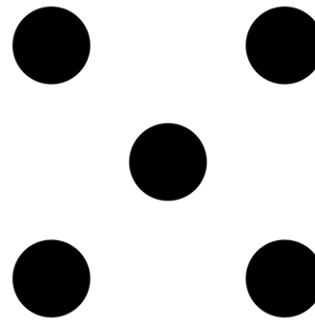
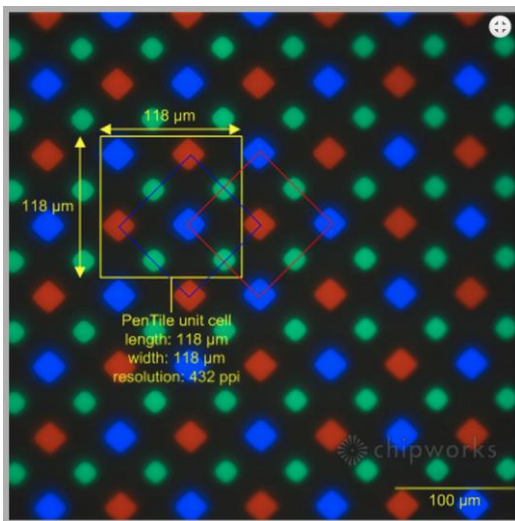


Figura qualitativa di un quinconce

### ***EFFETTO BURN-IN (interessano schermi oled, amoled e lcd)***

Il **burn-in** è causato da una combinazione di fattori, come temperature elevate (causate magari dall'utilizzo continuato del dispositivo a luminosità elevata), il deterioramento dei materiali organici utilizzati e anche il tempo di vita inferiore dei sub-pixel blu rispetto a quelli rossi e verdi. Sezioni dell'interfaccia come la barra superiore di notifica possono rimanere impresse sullo schermo.



## **INNOVAZIONI DEL SUPER AMOLED**

**Super AMOLED Plus** è un'ulteriore evoluzione della tecnologia AMOLED capace di offrire, grazie a una quantità maggiore di subpixel (RGB) che compongono i singoli pixel, passati da 8 a 12 e con dimensioni tradizionali (sono tutti uguali tra loro), una più elevata precisione cromatica. È stata introdotta a maggio 2011 con lo smartphone Samsung Galaxy S II. Inoltre, essendo un miglioramento dell'AMOLED e del Super AMOLED, è uno schermo nettamente migliore con capacità e qualità di lettura delle immagini e di video in HD Ready e in Full HD, che permette il confronto con alcuni top gamma come Samsung Galaxy S4.

**Super AMOLED HD** è un nuovo schermo Super AMOLED prodotto da Samsung con risoluzioni HD (1280 x 720 oppure 1280x800). Il primo dispositivo che usa l'HD Super AMOLED è il Samsung Galaxy Note: uno smartphone con un display di 5.3". Il display sono stati annunciati a settembre 2011. La risoluzione maggiore e i dpi sono stati possibili dallo spostamento dal Fine-Metal-Mask (FMM) al processo di laser-induced thermal imaging (LITI). Nonostante la risoluzione, questo tipo di display torna ad usare la tecnica PenTile per quanto riguarda la matrice.

**Super AMOLED Full HD** è un nuovo schermo prodotto da Samsung capace di garantire una risoluzione FULL HD di 1920 x 1080 pixel.

## **CURIOSITA'**

Il Samsung Galaxy Note II, invece, monta uno schermo con tecnologia **S-Multi Stripe RGB**, una matrice RGB (3 Subpixel) in cui, però, i subpixels non sono tutti uguali e disposti nella medesima posizione (la disposizione, infatti, ricorda quella di un pixel del PenTile in cui, però, non vi sono subpixel condivisi ma 3 subpixel indipendenti per ogni pixel). Infatti ha un subpixel a "striscia" posto in verticale (il Blu) e due rettangolari, più tozzi, posti accanto in orizzontale (verde e rosso).

## **PRO E CONTRO delle differenti tecnologie di schermi**

### **LCD**

#### **PRO:**

- Costo inferiore
- Consumo energetico basso
- Immagine nitida anche sotto la luce diretta del sole

#### **CONTRO:**

- Neri poco neri
- Manca il contrasto
- Qualità d'immagine molto bassa

### **OLED**

#### **PRO:**

- Facili da fabbricare
- Frequenza di aggiornamento più rapida
- Nessun limite sulla dimensione
- Maggiore flessibilità

- Più contrasto
- Consumano molto meno con i colori scuri

#### CONTRO:

- Non molto efficienti
- Durata media molto ridotta
- Consumano molto con colori luminosi

### AMOLED

#### PRO:

- Rispetto agli schermi lcd hanno una frequenza di aggiornamento più rapida
- Nessun limite sulla dimensione
- Più contrasto
- Maggiore flessibilità
- Il nero è molto più nero
- Consumano molto meno con i colori scuri

#### CONTRO:

- Consumano molto con colori luminosi
- Minore resa sotto la luce del sole diretta

### SUPER AMOLED

#### PRO:

- Maggiore luminosità
- Consumi minori
- Maggiore resa sotto la luce diretta del sole

#### CONTRO:

- *(Per ora nessuno)*

### NUOVE TECNOLOGIE

Attualmente i display di smartphone, tablet, monitor, televisori e tanti altri dispositivi tecnologici utilizzano prevalentemente due tecnologie, ampiamente note agli appassionati di elettronica: LCD oppure OLED, disponibili nelle varie declinazioni IPS, TFT, AMOLED e così via. Le ricerche sull'ottimizzazione della qualità visiva stanno, però, procedendo anche per altre strade, come dimostrano gli sviluppi della nuova tecnologia FLCD.

Nei laboratori di optoelettronica e display dell'università di Hong Kong sono stati messi a punto i nuovi schermi di tipo Active Matrix Ferroelectric Liquid Crystal Display (FLCD), in grado di assicurare una qualità elevatissima con consumi e costi ridotti rispetto alle tecnologie tradizionali.

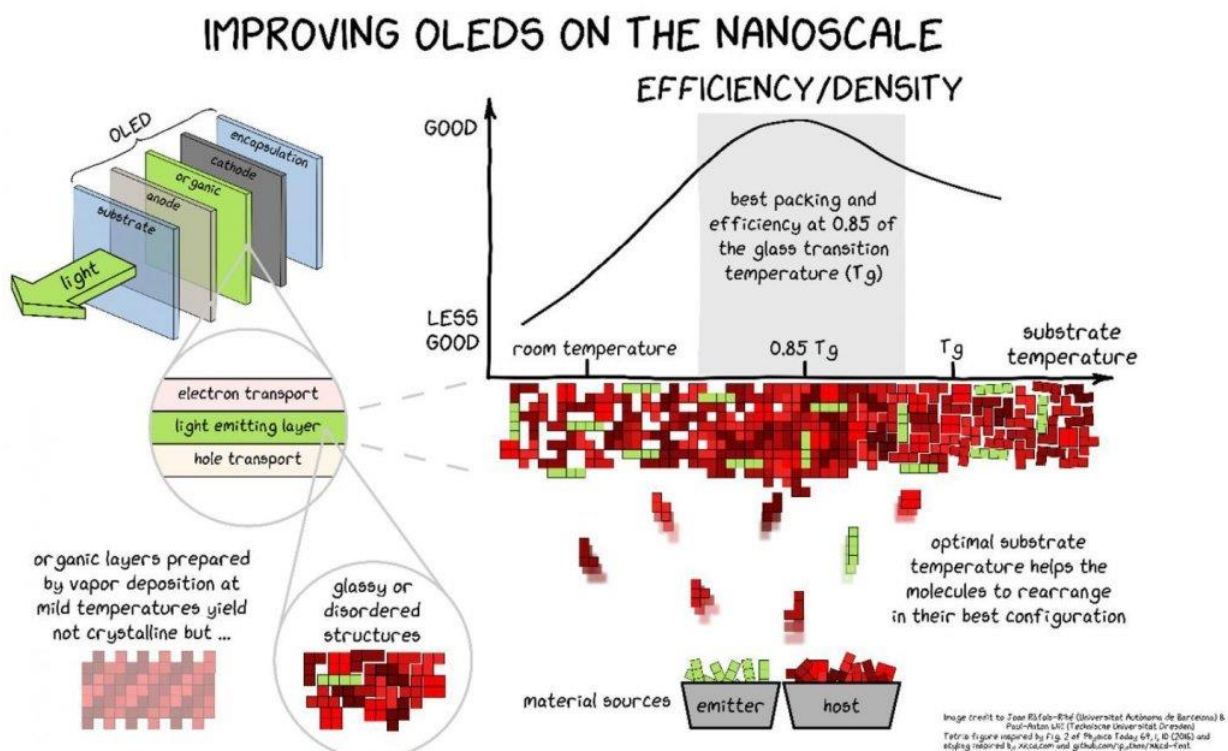
La differenza rispetto agli schermi LCD standard sta nella tipologia di cristalli liquidi utilizzata. Nel caso dei pannelli LCD, ogni pixel è costituito da tre subpixel, singole unità di cristalli liquidi che possono riprodurre un colore rosso, blu o verde a seconda del filtro colore applicato davanti ad essi. All'interno dei FLCN, invece, non è presente alcun filtro colore, ma ogni cristallo è in grado di generare da solo il colore desiderato, variando la frequenza della luce emessa.

I vantaggi di questa nuova tecnica sono molteplici ed entusiasmanti. La rimozione dei filtri colore permette di ottenere una risoluzione maggiore, tonalità più fedeli, gamut più ampio e, soprattutto, una riduzione dei consumi energetici, per un valore compreso tra 30% e 50%. Inoltre, andando ad eliminare i filtri si elimina anche un costo importante per la costruzione dei pannelli, che può pesare fino al 30% sul costo finale del prodotto.

Va sottolineato che, come ovvio, per adesso si tratta di una *tecnologia sperimentale*, disponibile solo su alcuni prototipi di laboratorio. Al momento non ci sono ancora informazioni per quanto riguarda una possibile implementazione futura su prodotti commerciali, ma di certo le grandi promesse portate avanti dalle ricerche stuzzicano già la fantasia di produttori e appassionati.

### **NUOVE TECNOLOGIE PER IL MIGLIORAMENTO DEGLI SCHERMI OLED**

Nei laboratori dell'Università di Barcellona alcuni ricercatori hanno testato con successo una nuova tecnica produttiva dei display OLED che dona una maggiore resistenza nel tempo, così come anche una migliore gestione termica. I display OLED hanno molte peculiarità che li fanno preferire, per quanto riguarda la qualità delle immagini e la riproduzione cromatica, a quelli LCD. I vantaggi li troviamo anche nei picchi di luminosità e nel contrasto infinito, per non parlare dello spessore veramente ridotto dei pannelli. Tuttavia, la tecnologia OLED non soli pregi ma anche dei difetti, uno dei quali la longevità ridotta rispetto alla controparte. I ricercatori hanno trovato il modo di "mettere un po' in ordine" il processo produttivo dando una disposizione più regolare ai polimeri usati negli OLED. Infatti, normalmente i polimeri usati negli OLED non vengono depositati con un allineamento molecolare ideale ma, grazie alla tecnica inventata in questi laboratori europei, è stato possibile dare una configurazione più stabile, massimizzando sia la durata nel tempo e ottimizzando lo scambio di energia sotto forma di calore.





## **MICRO-LED E CLEDIS NUOVA TECNOLOGIA**

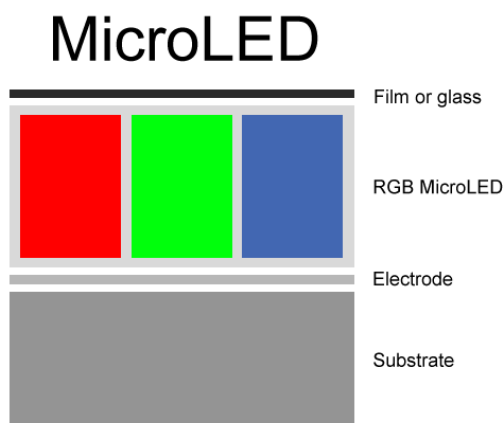
**I led cosa sono?** In elettronica il **LED** (sigla inglese di Light Emitting Diode) o diodo a emissione di luce è un dispositivo optoelettronico che sfrutta la capacità di alcuni materiali semiconduttori di produrre fotoni attraverso un fenomeno di emissione spontanea. Questa si origina dalla ricombinazione di coppie elettrone-lacuna secondo il principio del diodo a giunzione, caratterizzato dalla presenza nel dispositivo di due zone drogate diversamente in modo da avere portatori di carica diversi.



**Il loro funzionamento?** I LED sono un particolare tipo di diodi a giunzione p-n, formati da un sottile strato di materiale semiconduttore. Gli elettroni e le lacune vengono iniettati in una zona di ricombinazione attraverso due regioni del diodo drogate con impurità di tipo diverso, e cioè di tipo n per gli elettroni e p per le lacune. Quando sono sottoposti ad una tensione diretta per ridurre la barriera di potenziale della giunzione, gli elettroni della banda di conduzione del semiconduttore si ricombinano con le lacune della banda di valenza rilasciando energia sufficiente sotto forma di fotoni. A causa dello spessore ridotto del chip un ragionevole numero di questi fotoni può abbandonarlo ed essere emesso come luce ovvero fotoni ottici. Può essere visto quindi anche come un trasduttore elettro-ottico.

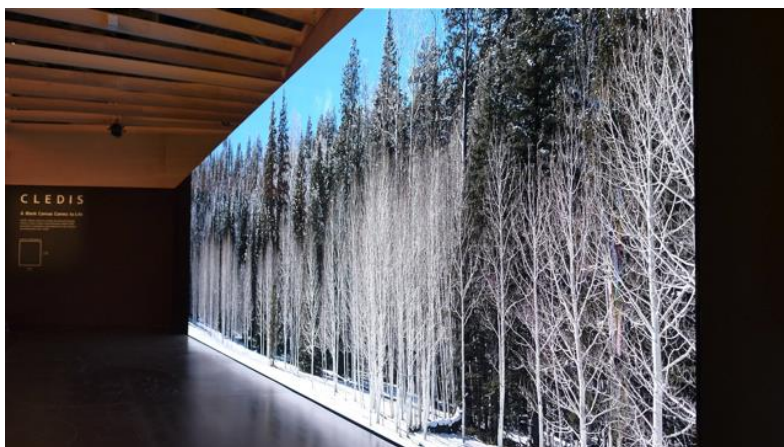
### **Nel dettaglio: MICRO-LED**

La tecnologia **Micro-LED** non è affatto nuova: nel 2014 anche Apple ha messo le mani su una azienda che sviluppa schermi MicroLED, la LuxVue Technology: una delle classiche acquisizioni a basso profilo, che però potrebbe avere un impatto enorme sui prodotti dei prossimi anni. LuxVue, dopo aver registrato una serie di brevetti sugli schermi a LED, ha stabilito un laboratorio di ricerca e sviluppo sugli schermi a Taiwan rastrellando ingegneri da AU Optronics e da altri produttori di pannelli locali.



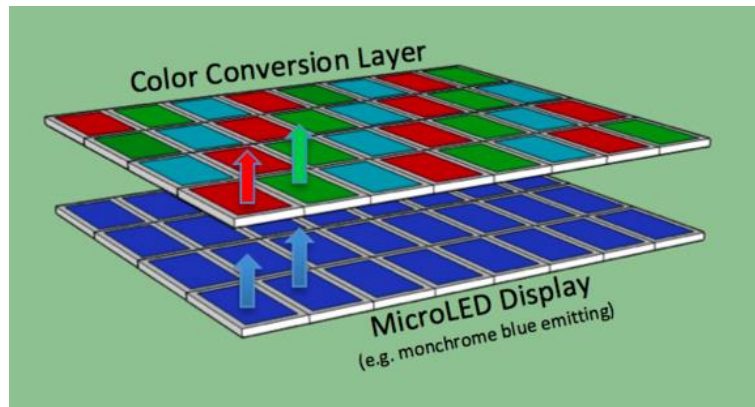
### **Nel dettaglio: CLEDIS**

IL LED, un diodo luminoso realizzato con arseniuro di gallio, è uno dei componenti elettronici più antichi e conosciuti al mondo. Realizzarli è semplice, ma solo con le moderne tecnologie si è in grado di creare LED di dimensioni microscopiche su ogni superficie, rigide o flessibili che siano. Secondo InfiniLED ogni pixel realizzato con le loro tecnologie può avere dimensioni fino a 1 decimo di un capello umano, ovvero 0.02 mm, quando basta per realizzare schermi per smartphone con una definizione elevatissima. InfiniLED punta molto sui consumi: secondo le stime un display realizzato con le sue tecnologie consuma dalle 20 alle 40 volte in meno rispetto a schermi di altro tipo e ha costi di produzione decisamente più bassi. Inoltre, cosa più importante,





oltre a essere schermi self-emitting, quindi con un contrasto virtualmente infinito, hanno anche una luminosità di picco decisamente elevata e tempi di risposta rapidissimi, con un risultato del tutto esente da motion blur, motivo questo che ha spinto Oculus a gettarsi su questa startup. C'è un altro punto legato agli schermi microLED che merita di essere citato, ovvero la resa cromatica: uno schermo microLED utilizza un LED blu sul quale viene applicato un filtro cromatico che può essere o un classico filtro come quello usato oggi sugli LCD o addirittura un cristallo Quantum Dots. Utilizzando un quantum dot davanti ad ogni minuscolo LED, per esempio, saremmo in grado di realizzare uno schermo con una copertura cromatica enorme.



## BIBLIOGRAFIA

1. <https://www.tuttotech.net/cultura/nuove-tecnologie-per-migliorare-i-display-oled.html>
2. <https://www.mobileworld.it/2018/07/06/display-flcd-futuro-smartphone-monitor-tv-184071/>
3. [https://it.wikipedia.org/wiki/Friedrich\\_Reinitzer](https://it.wikipedia.org/wiki/Friedrich_Reinitzer)
4. <https://www.oled-info.com/pentile>
5. [https://it.wikipedia.org/wiki/Schermo\\_al\\_plasma](https://it.wikipedia.org/wiki/Schermo_al_plasma)
6. <https://www.userful.com/blog/lcd-vs-led>
7. <https://www.01net.it/come-funziona-lo-schermo-lcd/>
8. [https://it.wikipedia.org/wiki/Display\\_a\\_cristalli\\_liquidi](https://it.wikipedia.org/wiki/Display_a_cristalli_liquidi)
9. [https://it.wikipedia.org/wiki/Display\\_a\\_cristalli\\_liquidi#Funzionamento](https://it.wikipedia.org/wiki/Display_a_cristalli_liquidi#Funzionamento)
10. <https://enjoyphoneblog.it/29260/discussioni/display-amoled-e-problemi-di-burn-in-burning.html>
11. <https://it.wikipedia.org/wiki/Sub-pixel>
12. <https://www.tomshw.it/hardware/cosa-significano-rgbw-e-rgbww/>
13. <https://altadefinizione.hdblog.it/2009/07/13/tv-a-led-cosa-significa/>
14. <https://www.leggimigratis.it/it/sai-perch-e-eureka/671-qual-la-differenza-tra-led-e-lcd>
15. <https://it.wikipedia.org/wiki/Isotropia>
16. <https://it.wikipedia.org/wiki/Anisotropia>
17. <https://www.mobileworld.it/2018/01/12/oled-amoled-differenze-129595/>
18. <https://it.wikipedia.org/wiki/Quinconce>
19. <https://www.newsdigitali.com/guida-display-oled-vs-amoled/>
20. <https://www.tecnoandroid.it/2018/08/26/lcd-oled-amoled-display-396182>
21. <https://www.dday.it/redazione/21398/micro-led-tv-quantum-dots>
22. <https://it.wikipedia.org/wiki/LED>
23. <http://www.crit.rai.it/eletel/2002-2/22-7.pdf>