
Dispositius de visualització i impressió

PID_00258143

Francesc Martí Pérez
Sílvia Pujalte Piñán

Temps mínim de dedicació recomanat: 2 hores



Índex

Introducció	5
Objectius	6
1. Dispositius de visualització	7
1.1. Pantalles CRT	7
1.2. Pantalles de plasma	8
1.3. Pantalles LCD	11
1.4. Pantalles OLED	17
1.5. Pantalles de LED	18
2. Dispositius d'impressió	19
2.1. Color i impressores	19
2.2. Resolució i impressores	21
2.3. Impressores de tecnologia làser	21
2.4. Impressores d'injecció de tinta	21
2.5. Altres tipus d'impressores	22
Resum	24

Introducció

Totes les imatges digitals que hem estat estudiant fins ara només tenen sentit quan les visualitzem, bé en una pantalla, bé impreses en un suport físic; mentre no les visualitzem només són dades emmagatzemades. En aquest mòdul repassarem alguns dels mitjans de visualització i impressió més habituals.

En el primer apartat veurem els sistemes de visualització classificats per la tecnologia que s'empren per generar les imatges: CRT, LCD, plasma, OLED i LED.

Encara que fonamentalment parlarem de monitors d'ordinador, també farem referència a altres dispositius de visualització com televisors, tauletes tàctils, telèfons mòbils o grans pantalles per a exteriors. De fet, en general, tots aquests dispositius poden fer servir les mateixes tecnologies. És a dir, no hi ha una tecnologia específica per fabricar pantalles de telèfons mòbils i una altra tecnologia per fabricar pantalles de televisors. Però, com veurem, les característiques particulars de cadascun d'aquests dispositius –mides i finalitat, principalment– fan que algunes tecnologies siguin més adequades per a alguns dispositius que per a d'altres.

El segon apartat el dedicarem als sistemes d'impressió. Veurem com es generen els colors, compararem els sistemes de color RGB i CMYK i descriurem les dues famílies d'impressores més importants, les de tecnologia làser i les d'injecció de tinta.

Objectius

Els principals objectius d'aquest mòdul són els següents:

1. Descriure els dispositius de visualització d'imatges d'ús més freqüent.
2. Descriure els dispositius d'impressió d'imatges d'ús més freqüent.

Aquests objectius estan relacionats amb les competències de l'assignatura següents:

- C. Capacitat de discriminar les opcions factibles de les que no ho són en un estudi d'especificacions d'un projecte, sistema o tasca.
- D. Capacitat de visualitzar i imprimir imatges de forma eficaç i eficient.

I amb les competències generals del grau següents:

4. Capacitat per adaptar-se a les tecnologies i als futurs entorns actualitzant les competències professionals.
5. Distribuir continguts multimèdia de manera eficient a través de les diferents plataformes disponibles (web, mòbil, televisió digital, etc.).
6. Atendre adequadament consultes sobre projectes, tecnologies i mercat de productes multimèdia avaluant de manera precisa l'entorn d'aplicació, els recursos i les alternatives tecnològiques disponibles.
12. Capacitat per integrar i gestionar continguts digitals en aplicacions multimodals d'acord amb criteris estètics, tècnics i funcionals.
23. Capacitat d'analitzar un problema en el nivell d'abstracció adequat a cada situació i aplicar les habilitats i coneixements adquirits per a abordar-lo i resoldre'l.

1. Dispositius de visualització

Com hem anat veient durant el curs, una imatge digital s'emmagatzema a l'ordinador com una matriu, cada element de la qual conté una xifra associada amb un nivell de gris o un color; per visualitzar la imatge cal un dispositiu que converteixi aquestes xifres en colors. Avui dia hi ha pocs dispositius de visualització específics per imatges monocromàtiques, però sabem que tres components de color iguals donen lloc a un nivell de gris, per tant quan ens referim a *colors* inclourem també, si no es diu el contrari, els nivells de gris. En aquesta apartat classificarem els dispositius de visualització en funció de la tecnologia utilitzada per generar els colors.

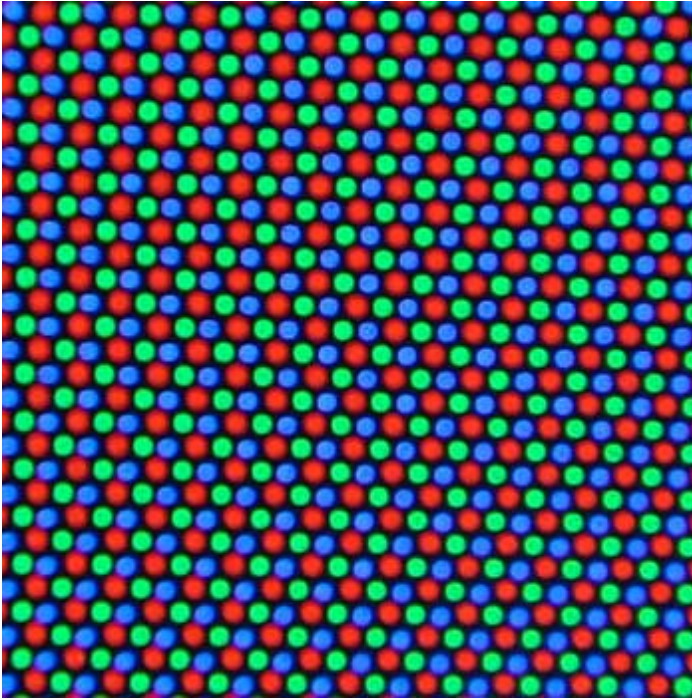
1.1. Pantalles CRT

Els primers monitors utilitzats extensament amb els ordinadors són els de tub de raigs catòdics¹, la mateixa tecnologia utilitzada pels televisors; val a dir que la majoria de fabricants ha deixat de fer-los i estan pràcticament desapareguts del mercat. Tot i així, i per la importància que han tingut durant dècades, hi dedicarem un espai.

⁽¹⁾En anglès, *Cathode Ray Tube* (CRT)

La tecnologia CRT aprofita la propietat dels materials fosforescents d'emetre llum quan s'exciten amb electrons. En un monitor CRT la cara interna de la pantalla està recoberta per una malla de cèl·lules, cada cèl·lula formada per tres compostos fosforescents diferents (no necessàriament derivats del fòsfor, que s'utilitza poc per la seva toxicitat) que quan s'il·luminen ho fan amb les tres longituds d'ona de les components de color RGB; a la figura 1 se'n mostra un detall. Tres feixos d'electrons, un també per cada component de color, es projecten contra la pantalla, excitant una cèl·lula (és a dir, un píxel); la intensitat de cada component és proporcional a la intensitat del feix d'electrons, generant-se així els colors de cada píxel de la imatge.

Figura 1. Detall d'una pantalla CRT



Per formar una imatge a la pantalla, cal que el feix l'escombri des de l'angle superior esquerre, línia a línia, fins arribar a l'angle inferior dret. Donat que cada cèl·lula resta il·luminada un determinat temps, que es coneix com a *persistència*, caldrà que l'escombrat es repeteixi a una freqüència prou alta com perquè l'ull humà percebi la imatge com a fixa, sense oscil·lacions. Aquesta freqüència, anomenada de refresc, és una de les característiques dels monitors; no hauria d'estar per sota de 60 Hz (60 refrescs per segon) i és recomanable que sigui superior a 80 Hz.

Un altre paràmetre característic del monitor és la separació entre cel·les (*dot pitch*), que sol ser de 0,25-0,31 mm; aquest paràmetre condiciona la resolució de la pantalla, com més junts els punts més alta la resolució. La resolució s'expressa en píxels horitzontals per píxels verticals.

La tecnologia CRT s'empra també en projectors, una altra possible eina de visualització d'imatges, en què es projecta la imatge sobre una pantalla, com es projectaven les diapositives.

1.2. Pantalles de plasma

Com als monitors CRT, als monitors de plasma² la llum es genera excitant materials fosforescents; de fet, totes dues tecnologies es van començar a desenvolupar alhora. L'abaratiment dels costos de producció dels CRT va fer que aquests es continuessin desenvolupant mentre que els de plasma van quedar aturats fins els anys 90 del segle XX.

Resolució de pantalla

Els valors típics de resolució de pantalla han anat augmentant des dels 640 × 480 de les pantalles amb tecnologia VGA fins als 7.680 × 4.320 de les noves pantalles 8K.

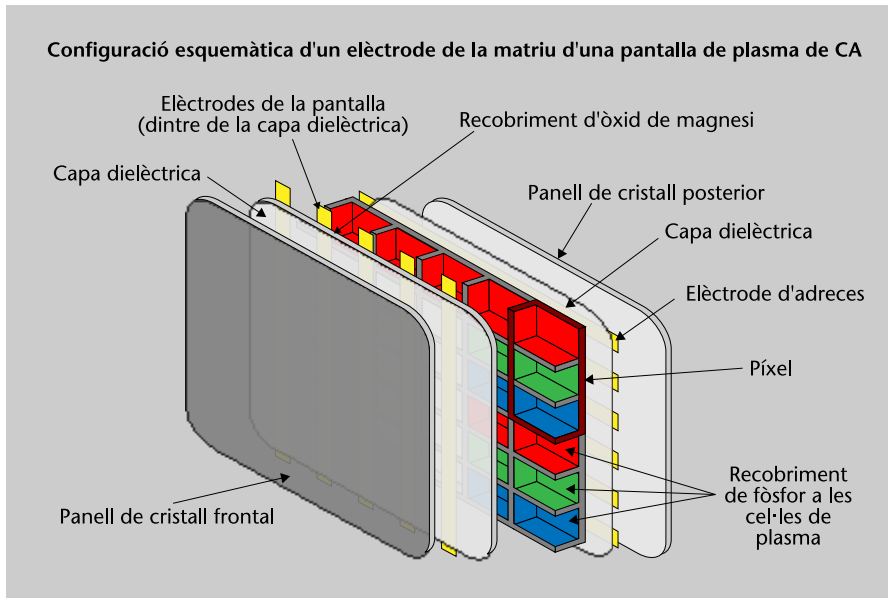
Canó

Si us és familiar el terme *canó* per referir-se als projectors, el seu origen és precisament el canó o tub de raigs catòdics.

⁽²⁾Els monitors de plasma també s'anomenen PDP, sigla de *Plasma Display Panel*.

La diferència fonamental entre monitors CRT i de plasma és la forma en què s'excita el material fosforescent. En un monitor de plasma cada cel·la està formada per dos panells de cristall que contenen entre ells una mescla de neó i xenó; en aplicar-hi una tensió elèctrica els gasos es ionitzen (és a dir, es converteixen en plasma) i els electrons xoquen contra els materials fosforescents, que desprenen llum. L'esquema d'una cel·la es pot veure a la figura 2:

Figura 2. Detall d'una cèl·la d'un monitor de plasma



Un dels avantatges més importants d'aquest tipus de tecnologia era que era ideal per construir pantalles molt grans i alhora extremadament primes. En televisors, el rang de mides varia de les 32 polzades fins a més de 100 en alguns models (les grandàries més típiques són 42, 46, 50 i 60 polzades). De fet, un dels problemes que presenta aquesta tecnologia és que no és adequada per fabricar pantalles de dimensions reduïdes, ja que tecnològicament és molt difícil reduir la distància que ha de separar els píxels d'una pantalla de plasma. Dit d'una altra manera, en una pantalla de plasma és molt complicat empaquetar molts píxels en un espai reduït, així que una pantalla de plasma petita haurà de tenir obligatòriament una resolució molt baixa.

El fet que no sigui possible produir pantalles de plasma de mides més reduïdes i de gran resolució, que a curta distància sigui possible percebre l'espai que hi ha entre els píxels i que els monitors TFT/LCD sempre han ofert uns preus més competitius, ha fet que mai hagi estat freqüent trobar monitors de plasma en ordinadors. L'opció pantalla de plasma ha estat lligada durant molts anys a la idea de televisor de grans dimensions i molt bona qualitat d'imatge.

Quant a les seves característiques, les pantalles de plasma tenen un molt bon contrast, negres molt profunds, blancs molt lluminosos, colors molt naturals i excel·lents angles de visió. Tot i això, aquesta tecnologia va perdre la batalla enfront de les pantalles LCD i OLED. Al final de l'any 2014, fabricants im-

portants com Samsung, Panasonic o LG van deixar de fabricar televisors amb pantalla de plasma, motiu pel qual es pot considerar que actualment és una tecnologia obsoleta.

Com acostuma a passar, són diverses les raons que fan que una tecnologia quedi obsoleta. En aquest cas en podem comentar tres que sobresurten:

En primer lloc, encara que es tracti d'una tecnologia que ja té molts anys, les pantalles amb tecnologia LCD no han deixat d'evolucionar i perfeccionar-se, i alguns models LCD (i sobretot els OLED) han arribat a oferir unes prestacions molt similars a les pantalles de plasma a un cost molt més reduït.

En segon lloc trobem les dificultats que té la tecnologia del plasma per adaptar-se a les resolucions actuals de 4K i 8K. Com ja hem dit, és tecnològicament molt difícil augmentar els valors actuals de densitat de píxels a les pantalles de plasma. Els televisors de plasma Panasonic full HD de 42 polzades van arribar a aconseguir uns valors de *dot pitch* de 0,48 mm (la distància més petita que mai s'ha aconseguit en un model comercialitzat de plasma). Amb aquest valor de separació entre cel·les es necessitaria una pantalla d'unes 90 polzades per suportar una resolució de 3840 × 2160 píxels. Per tant, per poder encabir resolucions 4K o 8K en una pantalla de plasma, es necessita una pantalla molt gran –que, evidentment, també serà molt cara.

Finalment, l'elevat consum energètic dels televisors amb pantalles de plasma també pot haver influït en la decisió dels grans fabricants de televisors d'aturar la seva producció –les pantalles amb tecnologia LCD i OLED són molt més eficients energèticament. En els darrers anys, són molts els països que han adoptat normatives i que han traçat plans per augmentar l'eficiència i l'estalvi d'energia. Per exemple, des de l'any 2010 la Comunitat Econòmica Europea ha començat a introduir estrictes normatives d'eficiència energètica per a televisors. L'any 2014, molts models de pantalles de plasma d'entre 50 i 60 polzades full HD ja estaven al límit que demanaven les administracions o fins i tot el sobrepassaven. De manera que, amb la tecnologia actual, desenvolupar pantalles amb quatre vegades més píxels i reduir el seu consum energètic sembla molt complicat.

Per tant, podríem dir que els desenvolupaments de les tecnologies LCD i OLED, sumats als obstacles tècnics i legislatius als quals s'enfrontaven les pantalles de plasma, van acabar provocant que les grans empreses decidissin deixar de banda aquesta tecnologia.

El TH-152UX1W de Panasonic

L'any 2012 Panasonic va fabricar el TH-152UX1W, un televisor 4K (4.096 × 2.160), amb pantalla de plasma, que feia 152 polzades i que es podia adquirir per 1 milió de dòlars.



El televisor Panasonic TH-152UX1W 4K incorporava una pantalla de plasma de 152 polzades.

1.3. Pantalles LCD

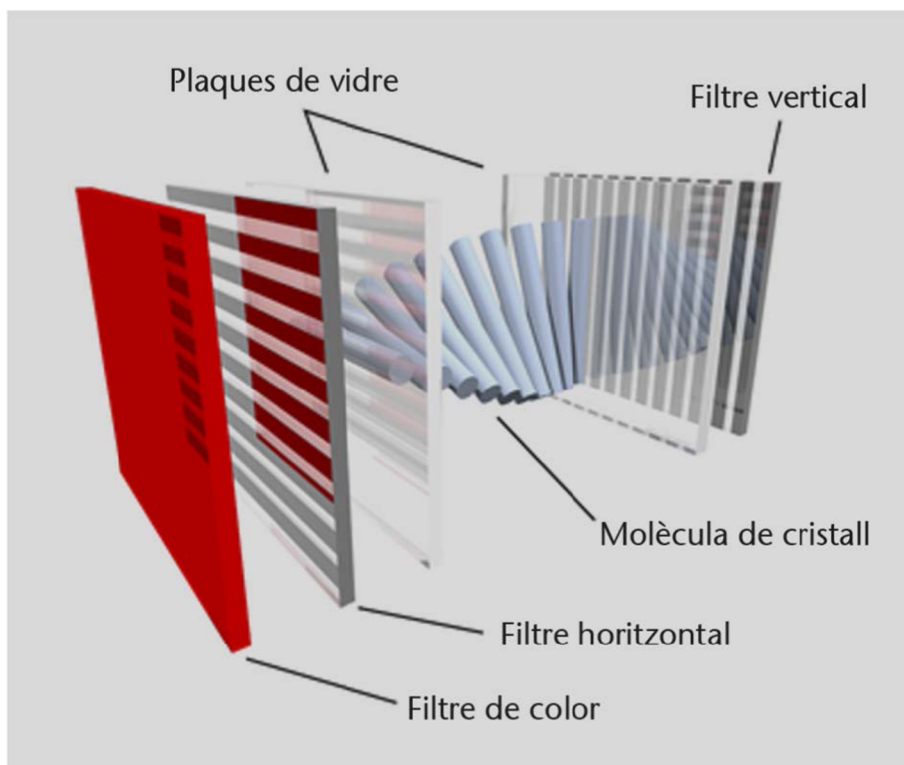
Les pantalles amb tecnologia LCD³ són les pantalles més utilitzades avui dia. Les podem trobar instal·lades en tot tipus de dispositius: des de monitors d'ordinador, televisors, telèfons mòbils i tauletes tàctils, fins a rellotges, càmeres digitals, calculadores, electrodomèstics, etc.

⁽³⁾LCD és la sigla de *Liquid Crystal Display* ('pantalla de cristall líquid').

Quant a la seva tecnologia, mentre que els monitors CRT es basen en les propietats fosforescents d'alguns materials, el funcionament dels monitors LCD es basa en les propietats dels cristalls líquids. Aquests materials tenen característiques comunes amb els cristalls pel que fa al seu comportament en presència de llum i amb els líquids pel que fa a la seva fluïdesa.

En els monitors LCD, la pantalla està formada per cel·les de cristall líquid (figura 3), i cada cel·la es correspon a un píxel. És important notar que aquestes cel·les no generen llum, i que per això és necessària una font de llum fixa que retroil·lumini la pantalla. Mitjançant camps elèctrics que modifiquen l'orientació de les molècules del cristall, cada cel·la permet o bloqueja totalment o parcialment el pas de la llum per, finalment, generar els colors mitjançant tres filtres, un per a cada component RGB.

Figura 3. Detall d'una cèl·lula de cristall líquid



Inicialment, per retroil·luminar les pantalles LCD es feien servir CCFL (làmpades fluorescents de càtode fred o *cold-cathode fluorescent light*, en anglès), que –per raons d'eficiència, costos, qualitat i medi ambient– fa anys que van ser substituïdes per LED⁴.

⁽⁴⁾LED és la sigla de *Light Emitting Diode* ('díode emissor de llum').

Pantalla LED

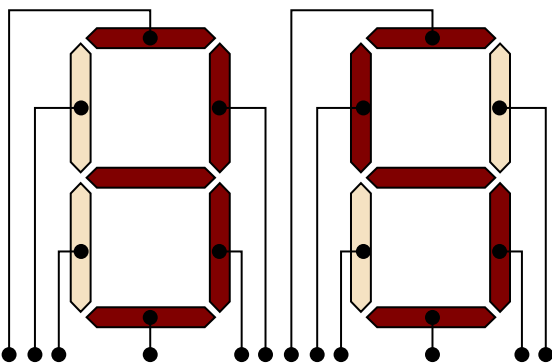
És molt habitual referir-se a les pantalles LCD amb retroil·luminació LED com a «pantalla LED». És important no confondre aquestes pantalles, que només tenen LED com a il·luminació de fons, amb les pantalles de LED, que sí que formen els píxels mitjançant mòduls o panells de LED. Veurem les pantalles de LED més avall, en l'apartat homònim.

Una altra tecnologia que va incorporar-se molt aviat a les pantalles LCD va ser la tecnologia TFT⁵ –de fet, el primer televisor comercial amb pantalla LCD de Sharp l'any 1988 ja la incorporava.

⁽⁵⁾TFT és la sigla de *Thin Film Transistor* ('transistor de pel·lícula fina').

A les pantalles LCD amb un nombre limitat de cel·les (pantalles de calculadores o rellotges, per exemple), cada cel·la té unes connexions que permeten regular individualment la tensió que se li aplica. Aquest senzill mètode per controlar l'orientació de les molècules del cristall de les cel·les no es pot utilitzar en dispositius com monitors o televisors, ja que el seu gran nombre de cel·les implicaria haver de realitzar milions de connexions.

Figura 4. En les pantalles LCD amb poques cel·les o segments, es pot aplicar un voltatge a les cel·les directament



Una solució inicial a aquest problema va ser incorporar una reixeta dividida en dues capes, una per a les files i una per a les columnes, i afegir un circuit elèctric a cadascuna d'aquestes files i columnes. D'aquesta manera, cada píxel es pot controlar com a intersecció d'una fila i una columna. Per exemple, si s'envia una tensió positiva per una fila m i una tensió negativa per una columna n , aleshores –si la tensió resultant és suficient– la cel·la (m,n) s'activa, tornant-se opaca.

Aquest sistema, implementat en els primers monitors d'ordinador amb tecnologia LCD, té alguns problemes importants. D'una banda, el temps de resposta d'aquestes pantalles és molt baix i poden generar-se els anomenats *efectes fantasma*. De l'altra, el control del voltatge és imprecís i els píxels pròxims a un píxel actiu també s'activen parcialment, generant imatges borroses i amb poc contrast.

Temps de resposta

El temps de resposta és el temps que triga un píxel a canviar d'un color a un altre. Es mesura en mil·lisegons (ms).

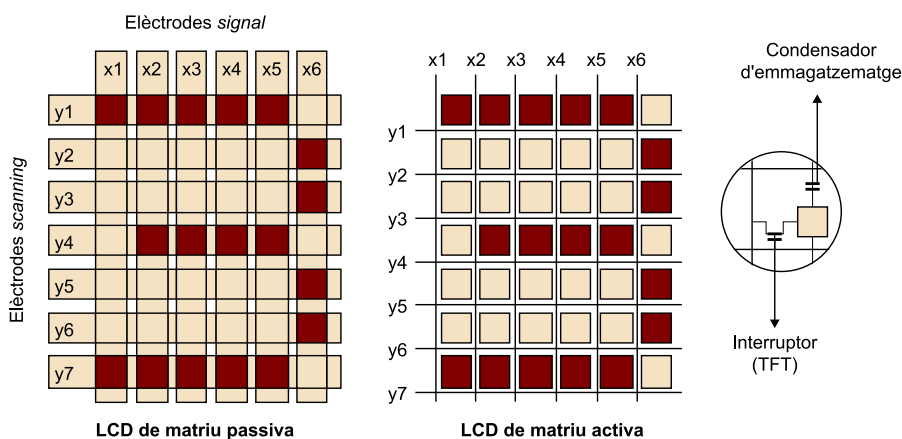
Efecte fantasma o *ghosting*

L'efecte fantasma o *ghosting* en una imatge és la presència d'un rastre o ombra darrere d'objectes en moviment. Aquest efecte és fàcilment observable en pantalles LCD de matriu passiva si es mou ràpidament el cursor del ratolí.

Tot i que les pantalles LCD de matriu passiva encara s'utilitzen en alguns dispositius petits perquè són menys costoses de produir, la pràctica totalitat de dispositius actuals amb pantalles LCD –quan la qualitat de la imatge és un factor mínimament important– fan servir una tecnologia anomenada *de matriu activa*.

Una matriu activa és una matriu de transistors i condensadors que es connecta a una pantalla, de manera que cada píxel queda associat a un sol d'aquests dispositius. El transistor fa la funció d'interruptor i permet que cada cel·la de la pantalla pugui activar-se individualment, i el condensador manté la càrrega durant un cert temps, la qual cosa permet actualitzar la pantalla a un ritme superior al de les pantalles de matriu passiva. Aquesta solució resol alguns dels problemes de la tecnologia de matriu passiva: el temps de resposta en aquestes pantalles és molt inferior i, en poder activar cada transistor individualment sense afectar els transistors circumdants, el contrast i la definició de les imatges millora sensiblement.

Figura 5. Esquemes d'un LCD de matriu passiva i d'un de matriu activa



La tècnica de transistors de pel·lícula fina (TFT) és la tècnica amb més èxit a l'hora de crear una matriu activa. Els TFT són transistors molt primers i parcialment transparents, que, de tota manera, en instal·lar-se en una pantalla LCD, absorbeixen part de la llum i fan que la pantalla requereixi més retroil·luminació.

Les pantalles de cristall líquid amb tecnologia de transistor de pel·lícula fina reben el nom de TFT/LCD. Cal advertir, però, que tot i que sovint es parla de «monitors TFT», aquesta nomenclatura n'abreuja el nom complet «TFT/LCD», és a dir, «LCD amb tecnologia TFT». També és molt habitual no fer referència a la tecnologia TFT i parlar directament de pantalles LCD amb retroil·luminació

LED, pantalles LCD IPS, etc. Però és important no oblidar que la pràctica totalitat de pantalles LCD modernes fan servir tecnologia TFT i que, per tant, el més correcte seria dir TFT/LCD.

Comparatives

És molt habitual veure comparatives on s'analitzen les diferències entre els TFT i els IPS, entre els TFT i els OLED, etc. Si som estrictes, aquestes comparacions no tenen cap sentit, ja que TFT no és un panell sinó una tecnologia, i tant els panells IPS com els OLED (i la seva variant AMOLED) la fan servir. Normalment, aquestes comparatives estan comparant els panells TFT/LCD TN amb altres tipus de panells com els TFT/LCD IPS o els AMOLED.

Hi ha diversos tipus de panells TFT/LCD, cadascun amb les seves característiques, i és important saber-los diferenciar, ja que, depenent de l'ús que es vulgui donar a la pantalla, un tipus serà més recomanable que un altre.

Hi ha tres tipus generals de panells TFT/LCD: TN, IPS i VA.

1) TN (*Twisted Nematic* o torsió nemàtica)

Aquest va ser el primer tipus de panell TFT/LCD que es va fabricar. És el panell més barat de produir i, per tant, el que es fa servir en les pantalles més econòmiques.

La característica principal d'aquest panell és que proporciona uns temps de resposta molt curts, cosa que fa que també sigui el panell més instal·lat en monitors destinats al *gaming* professional. Per contra, aquests panells tenen uns angles de visió pobres: els colors de les imatges es degraden i pràcticament tota la il·luminació es perd si no es miren de front.

Un altre aspecte negatiu històric és la representació dels colors. Fins fa relativament poc, tots els panells TN feien servir només 6 bits per canal per representar els colors. Els nous models ja aconsegueixen representació de colors de 8 bits de manera nativa, la qual cosa permet representar els colors de manera més natural i realista.

Actualment, aquests panells es poden trobar instal·lats en monitors econòmics per a equips de treball per al dia a dia (ofimàtica, per exemple), on no hi hagi unes necessitats específiques, o en monitors dissenyats per a *gamers* professionals. També es poden trobar en telèfons mòbils i tauletes econòmics, per bé que altres tecnologies amb millors angles de visió els van reemplaçant.

2) IPS (*In-Plane Switching* o alternança en el pla)

Aquest tipus de panell es va donar a conèixer al gran públic l'any 2010, quan Steve Jobs va presentar la tauleta tàctil iPad amb pantalla IPS.



El Dell Alienware AW251HF és un *gaming* monitor professional basat en un panell TN.

Un panell IPS és un panell TFT/LCD desenvolupat per Hitachi l'any 1996 per intentar resoldre les limitacions dels panells TN que hem comentat abans. Sense entrar en detalls tècnics i simplificant, els panells IPS (i els VA que veurem a continuació) no es limiten a deixar passar més o menys quantitat de llum com fan els panells TN, sinó que intenten controlar i gestionar millor aquesta llum procedent de la retroil·luminació que passa a través del panell.

Les característiques positives més destacades d'aquest tipus de panells són que ofereixen grans angles de visió (fonamental, per exemple, en una tauleta tàctil) i que reproduïxen de manera més fidel els colors.

Per contra, els primers panells IPS tenien uns temps de resposta una mica lents i tampoc destacaven especialment pel seu nivell de contrast. Aquestes limitacions, però, s'han anat reduint: per exemple, ja hi ha diversos monitors amb panells IPS amb velocitats de refresc de 144 Hz o més –velocitats ja pròpies de *gaming monitors*.

Cal notar que els fabricants aprofiten qualsevol millora per definir una nova tecnologia que els diferenciï dels competidors, o bé desenvolupen la seva pròpia versió per no infringir patents. Per això les diferents millores i versions de la tecnologia IPS han anat rebent diferents noms com S-IPS, E-IPS, AS-IPS, H-IPS, e-IPS, UH-IPS, H2-IPS, S-IPS II, p-IPS, AH-IPS, PLS, S-PLS, AD-PLS o AHVA.

Els panells IPS són en l'actualitat els panells TFT/LCD més complets i versàtils. En general, tenen un temps de resposta més gran que els TN i un contrast una mica inferior que els VA, però superen aquests dos panells en la majoria de la resta de característiques. Aquests panells els podem trobar en un ampli rang de dispositius: televisors, tauletes tàctils, monitors d'ordinador, etc.

En particular, un monitor amb panell IPS pot fer la funció de monitor de qualitat per la feina del dia a dia i també pot ser emprat amb aplicacions de disseny gràfic, multimèdia, fotografia, etc. Les seves millores en els temps de resposta també fa que siguin bons monitors per a *gamers*.

3) VA (*Vertical Alignment* o alineació vertical)

Els panells VA són un intent de trobar un equilibri entre els panells TN i els IPS. Hi ha dos grups principals de panells VA: els MVA (*Multi-domain Vertical Alignment*) i els PVA (*Patterned Vertical Alignment*). Els panells PVA, que començar a desenvolupar Samsung, són una variant dels panells MVA –de Fujitsu– i ofereixen una relació de contrast més alta que aquests darrers.

Encara que sense arribar als nivells dels IPS, els panells VA també tenen millors angles de visió que els panells TN. En general, els panells VA tendeixen a un temps de resposta més lent que els panells IPS.

Velocitat de refresc

En monitors LCD/TFT, la velocitat de refresc no té sentit perquè no hi ha el problema de persistència que trobem amb els CRT. De tota manera, es fa servir aquest terme per mesurar el nombre de fotogrames per segon (FPS) que la pantalla és capaç d'emetre.

Velocitat de refresc i temps de resposta

Encara que aquests dos termes estan molt relacionats i sovint es confonen, fan referència a coses diferents. Vegem-ho amb un exemple: un monitor a 120 Hz està rebent un fotograma, aproximadament, cada 8 ms. Si aquest monitor té un temps de resposta de 5 ms, el fotograma següent comença 3 ms després d'haver mostrat l'anterior. Evidentment, com més temps un fotograma estigui fix a la pantalla, més bona serà la qualitat d'imatge.



La primera generació d'iPad va sorprendre amb la seva pantalla basada en un panell IPS.

El punt fort dels panells VA és sens dubte el seu contrast i la seva qualitat de color, similar o fins i tot superior als IPS, amb negres més profunds i colors més brillants.

Per aquesta raó les pantalles VA estan molt ben valorades entre els dissenyadors gràfics, i van ser molt populars en aquest sector quan els IPS encara eren una opció massa cara. Com a monitors, també poden ser una bona opció per a escriptors o altres col·lectius que puguin aprofitar els avantatges d'un panell amb un bon contrast.

Gràcies al seu bon contrast també és molt habitual veure'ls instal·lats en televisors TFT/LCD. De fet, són uns dels panells més utilitzats avui dia, gràcies al fet que el nivell de brillantor que poden assolir els fan candidats perfectes per a ser emprats en monitors compatibles amb la tecnologia HDR.

Tecnologia HDR

HDR (*High Dynamic Range* o rang dinàmic alt) és una tecnologia que dota les imatges de major realisme gràcies a un millor contrast, majors nivells de brillantor i una paleta de colors més àmplia. Hi ha tres estàndards principals de tecnologies HDR: HDR10/HDR10+, HLG i Dolby Vision.

Per utilitzar aquesta tecnologia es necessita un dispositiu (televisor, telèfon, monitor, etc.) compatible amb un o diversos d'aquests estàndards. Les imatges que arriben al dispositiu –també preparades per ser visualitzades en un dispositiu HDR– contenen unes metadades amb informació sobre com s'hauria de veure la imatge de manera òptima. Dolby Vision utilitza metadades dinàmiques, és a dir, metadades a cada fotograma, per a optimitzar automàticament, fotograma a fotograma, la imatge mostrada. Inicialment el contingut compatible amb l'estàndard HDR10 enviava metadades només al seu inici, però la versió millorada HDR10+ permet també enviar metadades dinàmiques.

L'estàndard Hybrid Log-Gamma (HLG) és un estàndard desenvolupat per les cadenes de televisió BBC i NHK amb l'objectiu de proporcionar HDR en transmissions televisives terrestres, per cable i per satèl·lit.

La resolució d'aquests panells és fixa i ve donada pel nombre de cel·les de cristall líquid, no es pot configurar com sí que permeten, dins d'uns marges, els monitors CRT. Quan configurem el monitor LCD del nostre ordinador a una resolució diferent de la nativa, en realitat estem fent una emulació.

A diferència de la tecnologia de plasma, els panells LCD admeten valors de densitat de píxels molt elevats, de manera que és una tecnologia molt adequada, per exemple, per a fabricar pantalles de telèfons mòbils. Alguns terminals incorporen fins i tot pantalles 4K LCD –el Sony Xperia XZ Premium, amb una densitat de píxels de 806 ppp, en seria un bon exemple.



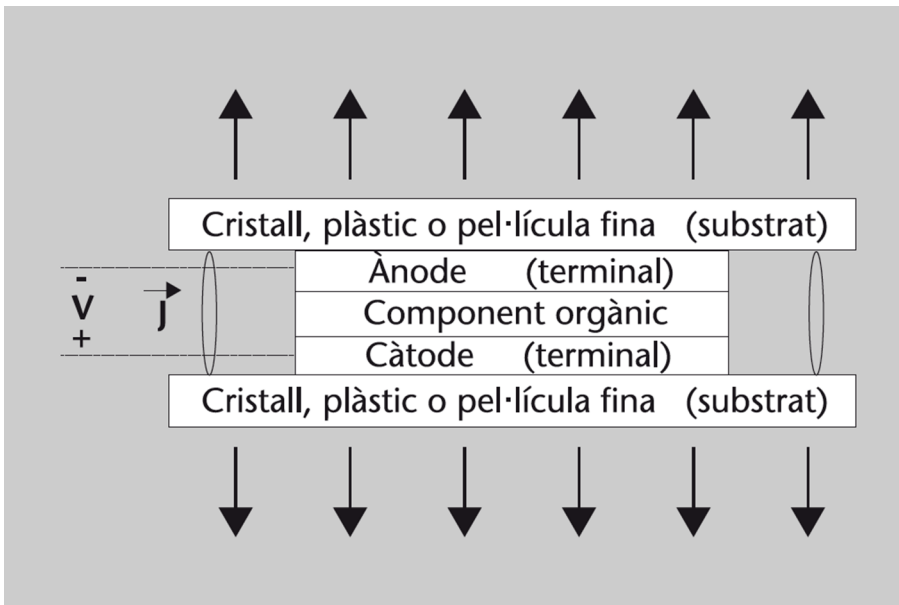
El televisor Sony X900F és un televisor 4K basat en un panell VA. Destaca per la seva qualitat d'imatge, pel seu contrast i pels seus reflexos brillants i vius amb HDR.

1.4. Pantalles OLED

Una tecnologia més recent que la LCD és l'OLED⁶. A diferència de les pantalles LCD, que fan servir retroil·luminació per il·luminar els seus píxels, en la tecnologia OLED els píxels produeixen la seva pròpia llum mitjançant uns components orgànics que emeten llum quan estan en contacte amb una corrent elèctrica (veure la figura 6).

⁽⁶⁾OLED és la sigla d'*Organic Light Emitting Diode* ('díode orgànic d'emissió de llum').

Figura 6. Estructura d'un OLED



Aquesta tecnologia, en no necessitar la retroil·luminació inherent a qualsevol pantalla LCD, aconsegueix uns millors negres absoluts i uns nivells de contrast més alts, cosa que millora la qualitat d'imatge. En una pantalla LCD, la retroil·luminació està sempre funcionant i, encara que els cristalls líquids la bloquegin, és difícil evitar que part d'aquesta llum es filtri pel panell. Aquest problema desapareix amb l'OLED perquè els píxels es poden apagar completament i, per tant, no emeten llum.

Les pantalles OLED també destaquen pel seu baix consum d'energia i perquè, en no necessitar instal·lar la retroil·luminació, són més planes que les LCD. Un altre avantatge és que els panells OLED permeten construir pantalles flexibles.

De manera similar a com s'activaven les cel·les als panells LCD, es poden activar els díodes orgànics dels panells OLED mitjançant matrius passives. Un altre mètode per polaritzar els píxels és fer servir matrius actives, tal com es fa als panells TFT/LCD, per subministrar voltatge als díodes.

Un panell OLED amb una matriu activa rep el nom d'AMOLED. Aquests panells, en gestionar millor l'energia –ja que aquesta s'aplica només als píxels imprescindibles i només quan és necessari–, tenen un consum d'energia més eficient i això fa que siguin especialment convenients per a dispositius mòbils. De fet, actualment els dispositius que integren sensors tàctils a les seves

pantalles, com ara telèfons mòbils, tauletes tàctils o alguns televisors, fan servir una variant de AMOLED anomenada Super AMOLED. Bàsicament, aquesta tecnologia integra els sensors tàctils dins el mateix panell. En eliminar la capa dels sensors, s'aconsegueixen resultats més brillants, amb una menor reflexió de la llum solar i un menor consum.

Encara que durant anys la tecnologia OLED ha anat per darrera de la tecnologia LCD, la primera – amb les seves variants AMOLED i Super AMOLED – guanya presència en tot tipus de dispositius gradualment. Els problemes inicials de degradació relativament ràpida del material orgànic associat amb la component blava, que fa inestables els colors, s'han minimitzat considerablement. A nivell de costos, encara que són una mica més cars que els panells LCD, les diferències s'estan escurçant progressivament.

1.5. Pantalles de LED

Com ja hem comentat, no s'han de confondre les pantalles LCD amb retroil·luminació LED amb una pantalla de LED, on cada píxel de la pantalla és un *Light Emitting Diode* ('díode emissor de llum').

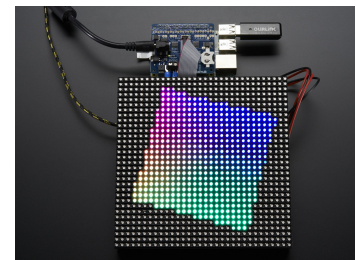
Els LED són díodes que produeixen llum quan un corrent elèctric passa a través del material semiconductor del que estan fets. Es caracteritzen per ser molt lluminosos, resistents, fiables i eficients. Aquestes característiques fan que les pantalles de LED puguin fer-se servir en ambients exteriors com en pantalles gegants, panells informatius, panells publicitaris, etc.



Les pantalles de LED de Times Square a Nova York són, possiblement, les més conegudes del món.



El Nokia N85 (2008) va ser el primer telèfon amb pantalla OLED.



Pantalla de LED connectada a un mini ordenador Raspberry Pi.

2. Dispositius d'impressió

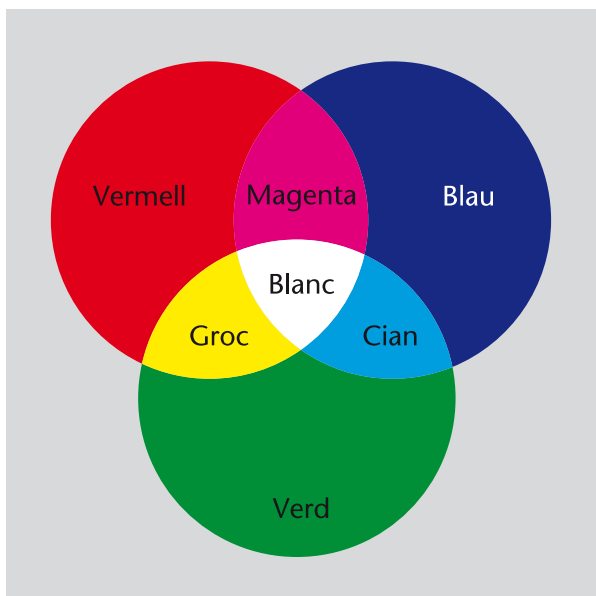
Els dispositius d'impressió ens permeten obtenir físicament la nostra imatge, en un suport que habitualment serà paper però pot ser altres materials com ara plàstic o tela. El primer que hem de tenir en compte quan imprimim una imatge digital és com traslladem al suport físic dos dels paràmetres que la caracteritzen: el color i la resolució; un cop aclarits aquests dos punts descriurem breument, atenent a la tecnologia que empren, les dues famílies d'impressores més habituals.

2.1. Color i impressores

Els monitors i projectors, que són dispositius de visualització que **generen llum**, composen els colors com a suma de tres fonts, vermella, verda i blava: és una mescla **additiva**.

La figura 7 mostra la mescla additiva: els colors primaris són vermell, verd i blau, i els colors secundaris es formen sumant aquests colors dos a dos: cian és la suma de verd i blau, magenta és la suma de vermell i blau i groc és la suma de verd i vermell. El color que no intervé en la formació de cada color secundari és el seu complementari, i la suma de tots tres colors primaris és el blanc.

Figura 7. Mescla additiva de colors



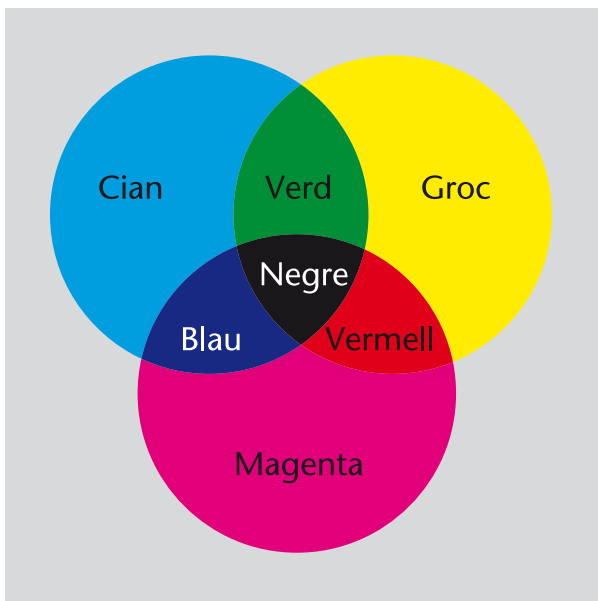
Les imatges impreses no generen llum sinó que **reflecteixen** la que hi incideix, i els colors que hi veiem són els que la superfície de impressió no absorbeix. Per generar els colors, els sistemes d'impressió no fan servir un sistema de generació de color additiu sinó **subtractiu**, i prenen com a colors primaris la terna cian, groc i magenta. En una mescla subtractiva els pigments de cada color actuen com a filtre que absorbeix el seu color complementari.

Exemple

Suposem un paper tenyit de cian sobre el que incideix llum blanca: el pigment cian absorbeix la llum vermella, i reflecteix la verda i la blava; el color cian es forma en una mescla additiva com la suma de verd i blau i en una mescla subtractiva com la resta de blanc i vermell.

Com es pot veure a la figura 8, en una mescla subtractiva els colors secundaris són el verd, mescla de magenta i groc, el verd, mescla de cian i groc i el blau, mescla de cian i magenta. La mescla subtractiva de les tres components primàries és el negre.

Figura 8. Mescla subtractiva de colors



Passem del sistema de color RGB al sistema CMY; les impressores funcionen amb pigments de color cian, groc i magenta. Habitualment trobem una quarta component de color, K, que es correspon amb pigment de color negre; això és degut a que el negre obtingut per subtracció dels tres colors primaris no acostuma a ser gaire pur, pel que resulta més eficient fer-lo servir per separat. Parlem, doncs, del sistema CMYK, on els colors s'obtenen mesclant en les proporcions adequades els quatre colors bàsics.

2.2. Resolució i impressores

La resolució, en el cas de les impressores, es refereix a la quantitat de punts de tinta per polzada (ppp o dpi, *dots per inch*) que és capaç d'imprimir: una resolució de 220 dpi indica que en cada polzada la impressora pot imprimir 220 punts. No és equivalent, doncs, a la resolució digital de una imatge, que es mesura en píxels; un píxel i un punt no tenen perquè coincidir necessàriament.

Com més gran sigui la resolució més precisió s'obtindrà en la imatge impressa; alguns valors típics en les impressores que es comercialitzen actualment són fins 9.600×4.800 ppp per impressores d'injecció i 1.200×2.400 ppp per impressores làser.

2.3. Impressores de tecnologia làser

Les impressores de tecnologia làser (i d'altres més recents que en lloc de làser fan servir díodes) es basen en l'electrostàtica, l'atracció o repulsió de càrregues elèctriques segons el seu signe.

Els elements centrals de les impressores làser són el tambor i el làser; quan a l'aparell li arriba una ordre d'impressió, el tambor es carrega negativament; el làser escombra la superfície del tambor "marcant" amb càrrega positiva els punts on hi haurà impressió, els punts on no n'hi haurà queden amb càrrega negativa. Llavors, al tambor hi ha una rèplica de la imatge que s'està imprimint, "dibuixada" amb càrregues positives.

El tòner, un pigment (a una impressora en color n'hi haurà quatre) carregat negativament, es diposita sobre els punts amb càrrega positiva del tambor, que l'atreuen, mentre que els negatius el repel·len. El full de paper es carrega positivament i es posa en contacte amb el tambor, amb la qual cosa el tòner s'hi transfereix, i l'últim pas del procés d'impressió és el fixat del pigment al paper mitjançant calor.

2.4. Impressores d'injecció de tinta

L'element principal de les impressores d'injecció de tinta és el capçal, que conté uns broquets molt fins que dipositen sobre el paper la tinta que injecten els injectors. En aquest cas la tinta és líquida, i les gotes dipositades són cada cop més petites, de l'ordre de picolitres ($1 \text{ picolitre} = 10^{-12}$ litres). El capçal recorre el full imprimint-hi línia a línia; el procés és molt més llarg que amb una impressora làser, que amb una única passada pel tambor imprimeix el full.

Cada punt de color té, en principi, només dues intensitats: s'imprimeix o no; això ens dona un nombre molt baix de colors representables, tot i que l'ull és capaç d'integrar-los i visualitzar-ne més dels que realment s'han imprès. Les impressores d'injecció incorporen algoritmes que permeten, combinant la mida dels punts impressos i la injecció de la tinta (amb un mètode que recorda la antiga impressió de fotografies als diaris), que el nombre de colors visualitzats sigui molt gran, proper al color real.

2.5. Altres tipus d'impressores

La major part de les impressores existents al mercat són de propòsit general, dedicades a la impressió de documents, no necessàriament imatges, en mida DIN A4. Esmentarem altre tipus d'impressores específiques per fotografies, independentment de la tecnologia que facin servir. Trobem dos grans grups, les impressores de gran format i les fotogràfiques.

Les impressores de gran format estan preparades per imprimir documents de mida gran, de DIN A2 a DIN A0. El seu ús està reservat habitualment a professionals (enginyers, arquitectes, arts gràfiques...) pel que se'ls exigeix qualitat i velocitat d'impressió molt altes.

Les impressores fotogràfiques funcionen amb més de quatre pigments bàsics, fins a dotze, per obtenir una gamma de colors molt àmplia; tenen resolucions més altes que les de caràcter general (entorn del doble), gotes més petites, entorn 1 picolitre, i poden imprimir en paper fotogràfic, amb la qual cosa els resultats són molt millors que amb una impressora convencional. Aquestes impressores poden ser de format petit, les mides habituals en fotografia 10 × 15, 13 × 18, o de mides grans, amb el que tornariem a la categoria anterior d'impressores de gran format.

L'objectiu d'aquestes impressores d'alta qualitat és aconseguir una riquesa de color comparable a l'obtinguda amb la fotografia química o a la que visualitzem amb monitors o projectors. Excepte si fem servir aquestes opcions especialitzades, haurem de tenir en compte que el nombre de colors que poden reproduir les impressores convencionals és molt més baix que el que poden mostrar els monitors. A més la conversió entre el sistema RGB i CMYK també produeix lleugers desajustaments entre colors.

Per a reduir les diferències de color percebudes entre el que ens mostra la pantalla i el paper imprès comptem amb eines anomenades calibradors, tant pels monitors com per les impressores.

La calibració pot ser *software*, i es controla des del sistema operatiu en el cas dels monitors, o mitjançant els *drivers* proporcionats pel fabricant en el cas de la impressora; també pot ser *hardware*, aquesta segona opció té un cost econòmic

Avantatges de les impressores d'injecció

L'elecció d'una impressora d'injecció o làser dependrà de diversos factors però, en general, les impressores d'injecció de tinta aconsegueixen un millor compromís entre qualitat i cost quan es tracta d'imprimir imatges en color ja que poden obtenir còpies de molt bona qualitat amb un preu més baix que les làser.

més alt. Si ens trobem amb diferències importants entre les imatges presentades en la visualització i la impressió és una bona opció fer servir la calibració *software* i valorar després si és convenient fer servir la calibració *hardware*.

Resum

Tots els dispositius de visualització, monitors i projectors fonamentalment, mostren les imatges generant llum del colors necessaris; la generació es fa mitjançant la mescla additiva de llums dels colors vermell, verd i blau.

Els monitors CRT, o de tub de raigs catòdics, generen la llum mitjançant l'excitació de materials fosforescents; van ser pràcticament l'única opció disponible durant dècades, però els seus inconvenients han fet que, tot i la bona qualitat d'imatge que presenten, estiguin quedant en desús.

Els monitors LCD i els monitors de plasma són les dues tecnologies que competeixen actualment pel mercat; els primers es basen en les propietats dels cristalls líquids i els segons, com els CRT, en les propietats dels materials fosforescents. En general, els monitors de plasma proporcionen una millor qualitat d'imatge, però l'ús dels LCD s'ha extès més, especialment en mides petites, pel seu cost més baix.

Els monitors OLED s'estan desenvolupant des de fa pocs anys; es basen en les propietats luminiscent dels díodes i es comencen a introduir en el mercat en pantalles de petit format. Caldrà esperar uns anys per veure la seva evolució.

Les impressores de tecnologia làser generen la imatge aprofitant les propietats electrostàtiques dels materials, les d'injecció de tinta la generen dibuixant-la punt a punt i línia a línia mitjançant punts de tinta.

Existeixen impressores especialitzades en la impressió fotogràfica que milloren les prestacions de les impressores d'aplicació general, aconseguint qualitat comparable a la del positiu en fotografia química.