

10. Captura digital d'imatge i so

10.1. Introducció

El desenvolupament tecnològic ha permès avançar en els processos de captura d'imatge des de la pel·lícula fotogràfica formada per cristalls d'halur de plata sensibles a la llum fins als sensors digitals que transformen la informació lumínica en corrent elèctric, i aquest, al seu torn, en senyal digitalitzat. Per la seva banda, la captació del so, com que és un procediment més mecànic, no ha experimentat grans avenços tècnics i manté els mateixos principis. Però l'evolució més significativa en la captura, tant de la imatge (fotografia o vídeo) com del so, és la incorporació dels convertidors analògics-digitals (CAD). Aquests converteixen la informació contínua en binària, llesta per ser guardada en un sistema d'emmagatzematge (targetes de memòria o discos durs).

D'altra banda, la millora de les targetes de captura d'imatges i so permet treballar amb dispositius audiovisuals externs i emmagatzemar o transmetre el senyal en temps real mitjançant el PC. L'augment de les velocitats de transferència dels sistemes de connexionament, juntament amb el preu moderat dels equipaments necessaris (càmeres, micròfons, targetes, cablejat...), fa que es generalitzi l'ús d'aquestes instal·lacions i que sigui més factible treballar amb ordinadors convencionals.

En aquest mòdul es tractaran els mètodes de captura de la imatge per part de les càmeres digitals i el funcionament dels sensors, a més dels factors que afecten la resolució de la imatge i els efectes generats per la digitalització. Posteriorment, es desenvoluparan els principis de captació del so, les parts que componen els micròfons i el seu funcionament i les característiques pròpies que determinen l'ús correcte de la microfonia. Finalment, es descriurà la captura d'imatge i so amb targetes de vídeo. En aquest apartat s'exposen les tipologies de targetes, el connexionament necessari en funció del senyal de vídeo i la configuració adaptada a les característiques de la imatge.

10.2.1. Introducció

Una càmera fotogràfica o de vídeo es basa en el principi renaixentista de la **càmbra obscura**. Segons aquesta teoria, una caixa tancada que conté un petit orifici per on passa la llum reflecteix les imatges, de forma invertida, en la paret oposada a l'obertura.

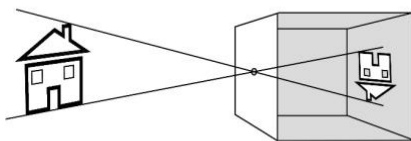


Figura 86. Càmbra obscura

La intensitat i nitidesa de la imatge dependrà de la grandària de l'orifici i de la quantitat de llum que penetri. Per perfeccionar l'invent, posteriorment es van incorporar unes lents a l'obertura amb la finalitat de dirigir i convergir els feixos de llum en un punt concret en el qual la imatge fos nítida, **pla focal**. A més, s'afegeix un diafragma que regula la quantitat de llum que entra a la caixa. I, finalment, en el pla focal s'incorpora una pel·lícula fotosensible que es quedarà impregnada amb la imatge, pel·lícula que posteriorment serà substituïda per un xip digital.

D'aquesta manera, podem dir que una càmera digital està formada per dos sistemes:

- **Sistema òptic.** És l'encarregat de preparar la imatge mitjançant l'ajustament de l'enquadrament i l'enfocament. Està format principalment per l'**objectiu** i el **visor**.
- **Sistema electrònic.** Processa la imatge, la transforma en senyal digital i la guarda en un sistema d'emmagatzematge. Està format principalment pel **sensor**, el CAD i el sistema d'emmagatzematge.

10.2.2. Procés digital de captura d'imatge

En la fotografia tradicional la llum és captada per una pel·lícula fotosensible que forma la imatge mitjançant una sèrie de processos químics. Per la seva banda, en la captura digital la pel·lícula és substituïda per un sensor que transforma la informació lumínica en impulsos elèctrics, que es converteixen en informació discreta i es guarden en un sistema d'emmagatzematge.

Durant el procés de captura d'imatge amb la càmera digital, la llum travessa una sèrie d'elements que ajuden a formar l'arxiu digital resultant. En aquest sentit, la realitat que es presenta davant de la càmera és captada per l'objectiu i arriba fins a un sensor digital format per milions de cel·les fotosensibles.

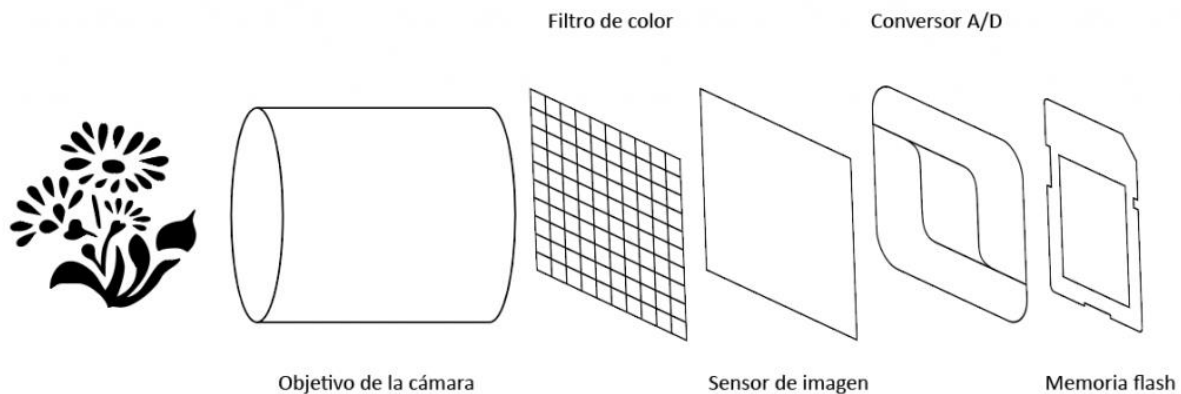


Figura 87. Procés de captura d'imatge per una càmera digital

En la figura anterior podem veure els diferents processos que duu a terme la llum per formar el fitxer d'imatge:

- 1)** En primer lloc, la llum travessa l'**objectiu de la càmera**. L'objectiu està format per una sèrie de lents còncaves i convexes que refracten, dirigeixen i enfoquen els feixos de llum cap al pla focal. El pla focal és el lloc en el qual trobarem el [punt focal](#) i on se situarà el sensor de la càmera.
- 2)** Abans d'arribar al sensor, la llum traspasa un **filtre de color**, que ajudarà a separar-ne els diferents components (vermell, verd i blau). El filtre analitzarà els feixos de llum i descompondrà els valors RGB que arribaran al xip processador. Hi ha diferents tipus de filtre: prisma dicroic, Bayer o Foveon.
- 3)** Una vegada descomposta la llum blanca, arriba fins a la **matriu del sensor**, que converteix l'energia lumínica en impulsos elèctrics; és a dir, els fotons es transformen en electrons. En aquest pas, trobarem diferents tipus de tecnologies, encara que totes estan basades en dues de principals: CCD i CMOS.
- 4)** Aquests impulsos elèctrics passen per un **convertidor analògic-digital (CAD)**, que farà la digitalització de la informació. Aquest pas es divideix en tres processos: el mostreig, la

quantificació i la codificació. El resultat final serà una informació digital codificada disposada per ser arxivada en un sistema d'emmagatzematge.

5) La informació digitalitzada es guarda en el **sistema d'emmagatzematge** dispostat pel fabricant de la càmera. En aquest cas, l'opció més estesa en l'actualitat són sistemes d'enregistrament generalitzats com les targetes de memòria SD, però alguns fabricants opten per sistemes propietaris com targetes XDCAM o expressP2.

Per poder previsualitzar les imatges i fer la composició i enfocament de l'escena, la majoria de càmeres del mercat disposen d'**una pantalla LCD i un visor**, que pot ser òptic o electrònic. Mitjançant aquests elements, podem veure també informació addicional sobre l'estat i processos de la càmera (bateria, codi de temps, temps d'enregistrament, velocitat d'obturació, obertura del diafragma...).

En el cas de les **càmeres rèflex** (*single lens reflex*, SLR), la imatge travessa l'objectiu, es reflecteix en un mirall de manera invertida i es dirigeix cap a un pentaprisma, en el qual, després de rebotar diverses vegades, es mostrarà en el visor òptic en la seva posició original. En prémer el disparador de la càmera, el mirall s'aixecarà, l'obturador s'obrirà i la imatge s'exposarà en el sensor de la càmera. En acabar l'exposició, el mirall tornarà al seu lloc.

Aquest moviment del mirall serà el responsable del so tan típic d'aquest tipus de càmeres.

Per la seva banda, en les **càmeres sense mirall** se suprimeix el mirall reflector i el pentaprisma, per la qual cosa se'n redueix significativament la grandària. En aquest cas, disposa d'un visor electrònic (*electronic viewfinder*, EVF) o una pantalla LCD per compondre la imatge. Aquest tipus de càmeres també són conegudes com a *mirrorless* (*mirrorless interchangeable lens camera*, MILC) o EVIL (*electronic viewfinder with interchangeable lens*), entre altres noms en funció del fabricant.

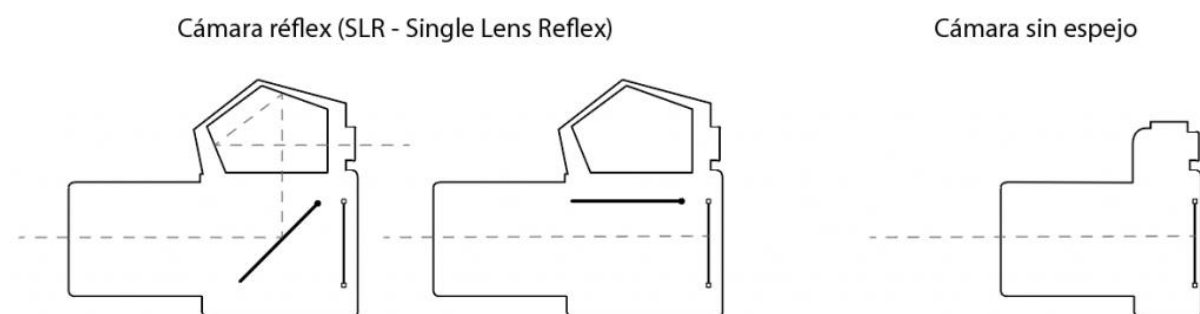


Figura 88. Funcionament d'una càmera rèflex i d'una càmera sense mirall

Les **càmeres dels dispositius mòbils** mantenen el principi de les càmeres *mirrorless*, utilitzant la pantalla del mòbil com a visor, encara que sense poder usar lents intercanviables. Com a norma general, aquest tipus de càmeres solen tenir un objectiu de distància focal fixa, zoom digital mitjançant el programari de la càmera i màxima obertura del diafragma, que sol ser fixa igualment. Quant al sensor, si bé van néixer amb sensors petits (entorn d'1/4") i grandària d'imatge màxima sobre VGA (640 × 480 píxels), desenvolupaments posteriors van portar sensors de diferents dimensions. La introducció de lents de plàstic va permetre reduir els costos i la grandària, i mantenir el rendiment de l'òptica. El major esforç en la fabricació d'aquests sensors a dia d'avui se centra a reduir la grandària dels píxels més enllà dels 0,9 µm per augmentar la resolució, encara que no necessàriament la qualitat d'imatge, com s'explicarà més endavant. Molts sensors que es munten en els telèfons mòbils fan funcions automàtiques de la càmera, com el balanç de blancs o el processament del color. Els telèfons mòbils actuals tenen dos sensors: un destinat a la càmera posterior (RF), en el qual preval el rendiment d'imatge i vídeo amb lents de

major precisió i distància focal més àmplia, i el sensor de la càmera frontal (FF), que té un doble desafiament doble: dirigit, d'una banda, a generar càmeres cada vegada més petites, donant prioritat a pantalles tàctils de major grandària, i, d'altra banda, a millorar el rendiment de les autofotos.

10.2.3. Separació tricromàtica

Una vegada que els feixos de llum han travessat l'objectiu de la càmera, abans d'arribar al sensor d'imatge s'han de separar els diferents components de la llum blanca. En el **sistema additiu**, la llum blanca està composta per la mescla, en quantitats similars, dels colors primaris vermell (R), verd (G) i blau (B), mentre que l'absència d'aquestes tres llums formarà el color negre. Mitjançant la mescla additiva de les llums principals, podem obtenir els colors secundaris: cian (Cy), magenta (Mg) i groc (Y).

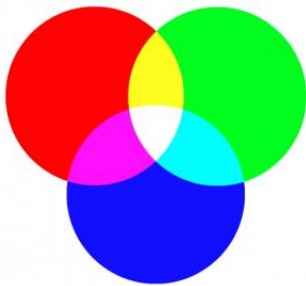


Figura 89. Sistema additiu

El sistema additiu s'usa en les pantalles de visualització, com monitors i projectors, i en els dispositius de captura d'imatge, com escàners i càmeres de foto i de vídeo.

Mitjançant la separació tricromàtica, s'obtenen senyals lumínics als quals s'ha assignat un color. És a dir, encara són fotons amb un determinat color establert que haurem de convertir en electrons en el sensor de la càmera. Els sistemes que utilitzen les càmeres digitals per separar els components de color de la llum blanca són tres principalment:

- 1) Prisma dicroic
- 2) Filtre Bayer
- 3) Foveon

1) Prisma dicroic

Aquest va ser el primer sistema que es va generalitzar. Consisteix en un prisma tallat de tal manera que permet la refracció de la llum, deixant passar només les longituds d'ona que interessen. Un filtre o mirall dicroic és recobert d'una pel·lícula metàl·lica que reflecteix certes longituds d'ona i en deixa passar unes altres. En aquest cas, un primer filtre reflecteix la llum vermella i deixa passar la resta de components. La llum de color vermell es reflecteix en un mirall neutre que dirigeix el feix cap al sensor fotosensible. El mateix procediment se segueix amb els colors verd i blau. Cadascun d'aquests components arriba al seu propi sensor. Per evitar la dominància de color, s'ajusten els valors dels sensors enfocant la càmera cap a un color blanc de referència.

Com que s'ha comprovat experimentalment que l'ull humà és més sensible al color verd, és a dir, és capaç de discriminar més tons de verd, alguns fabricants van començar a introduir un quart prisma i, per tant, un xip processador addicional per analitzar l'espectre de llum verda.

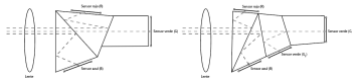


Figura 90. Prisma dicroic de tres i quatre sensors

És important que els materials que formen el prisma siguin de gran puresa per assegurar la millor descomposició espectral. La grandària dels sensors d'imatge serà més petita, ja que cal incorporar més d'un xip en la càmera. En generalitzar-se la resolució d'imatge HD, es fan necessaris sensors de major grandària. A més, un altre inconvenient d'aquesta tecnologia és l'excessiu escalfament dels sensors, que produeix com a resultat un major soroll en la imatge.

2) Filtre Bayer

El segon sistema de filtratge de la llum blanca és el **filtre o màscara Bayer**. En aquest cas, es col·loca davant de cada fotodíode del sensor un filtre cromàtic que processa una certa longitud d'ona. Com ja s'ha comentat, l'ull humà és més sensible al color verd, per la qual cosa la major part de la matriu estarà composta per filtres verds (50 %), mentre que l'altra meitat es repartirà entre els altres dos components (25 % per al vermell i 25 % per al blau).

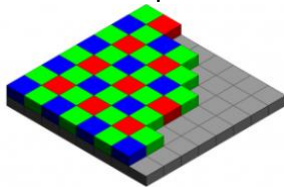


Figura 91. Filtre Bayer («Arxiu: Bayer pattern on sensor.svg», per Cburnett amb llicència CC BY-SA 3.0, https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Bayer_pattern_on_sensor.svg).

El sensor treballa per grups de quatre cel·les (GRGB), que configuren cadascun dels píxels. És a dir, cada píxel de la imatge estarà format per una cel·la fotosensible amb un filtre vermell, una cel·la amb el filtre de color blau i dues cel·les amb el filtre de color verd. Una vegada que s'ha filtrat la imatge, s'han d'interpol·lar les mostres (dues de color verd, una de color vermell i una de color blau) per aconseguir el senyal RGB. Aquest procés d'interpol·lació es coneix com a **debayering**. Quan treballem amb formats RAW amb càmeres d'alta gamma, no es produeix la interpol·lació, sinó que es guarden les tres mostres del filtre Bayer.

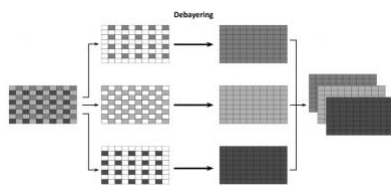


Figura 92. Debayering

No tots els fabricants usen una distribució estàndard GRGB del filtre Bayer, sinó que determinats fabricants usen sistemes propis com RGBW, en el qual s'incorpora un filtre transparent (W), que rep la llum blanca; CMYW, que usa informació de llum blanca i dels colors complementaris; *stripped*, que distribueix en files i columnes el mateix nombre de filtres per RGB; o RGBE, que introdueix un quart color, el cian. Els telèfons intel·ligents actuals utilitzen una gran varietat de filtres de color. L'empresa Huawei va introduir el filtre RYBY (vermell, groc, blau i groc), més sensible a la llum en comparació del verd segons els seus fabricants.

Com a resultat de la falta de normalització del sensor, els arxius RAW, que processen la informació del sensor sense interpolació, necessiten el seu propi programari per poder fer la desfeta del demosaic, és a dir, la interpretació de la informació de la màscara Bayer. Depenent de com estigui construïda la matriu Bayer, influirà en qüestions com la resolució nativa, el revelatge digital i el treball de postproducció. Amb aquest sistema, les càmeres són construïdes amb un únic sensor de major grandària que els anteriors, apropant-se a la resposta relativa de les pel·lícules de 35 mm. Com que té només un sensor, és més barat, consumeix menys energia i permet que les càmeres siguin més petites. Aquest tipus de sensor també pateix d'escalfament; no obstant això, mentre que el prisma dicroic romandrà calent sempre que el diafragma romangui obert i entri la llum al sistema, aquests xips s'escalfaran únicament en el moment d'activar-se.

3) Foveon

També és conegut com a Foveon X3, ja que està compost per tres capes de silici col·locades unes sota les altres. Cadascuna d'aquestes capes és sensible a una determinada longitud d'ona RGB. La capa superior és sensible al color blau, la intermèdia al verd i la més profunda és l'encarregada de filtrar el color vermell. La capa intermèdia, sensible al verd, és de major grossor que la resta.

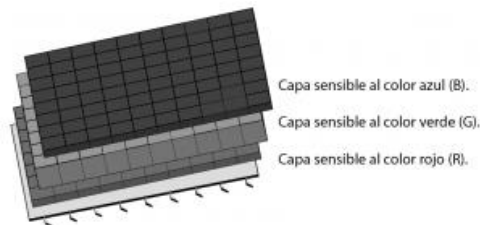


Figura 93. Foveon

Aquest tipus de tecnologia permet construir fotodíodes més grans. Per tant, el principal avantatge d'aquest tipus de sensors està en la resolució i la nitidesa, de manera que es pot parlar de resolucions natives. És a dir, un xip processador amb 12 milions de fotodíodes, per exemple, permetrà una resolució nativa de 12 megapíxels RGB. Això és perquè la superfície útil és major respecte a un altre tipus de sistemes, de manera que aconseguirà major rang dinàmic, millor contrast i una gran riquesa cromàtica amb menor soroll.

10.2.4. Sensor d'imatge

Després de filtrar la llum blanca i separar-ne els components RGB, l'energia lumínica arriba fins al sensor per convertir-se en energia elèctrica, és a dir, els fotons es transformen en electrons. El sensor de la càmera està format per milions de cel·les microscòpiques sensibles a la llum anomenades **fotodíodes**. Aquests fotodíodes capturen la intensitat lumínica però no discriminen els colors, per la qual cosa és necessari el pas anterior, la separació tricromàtica. Cadascun d'aquests fotodíodes constitueix un píxel i el nombre total de píxels determina la resolució de la imatge.

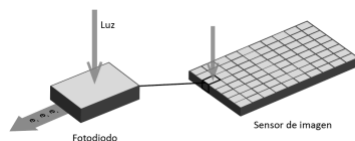


Figura 94. Sensor d'imatge

Tots els sensors d'imatge es basen en el mateix principi: utilitzen un element semiconductor (aliatge de silici) per captar l'energia lumínica (fotó) i transformar-la en energia elèctrica (electró). Així doncs, una àrea molt il·luminada de la imatge generarà gran quantitat de fotons i, per tant, major intensitat elèctrica, mentre que les zones d'ombra emetran pocs fotons i un corrent elèctric més petit. En aquest cas, parlem de càmeres de vídeo i de fotografia, però és igualment aplicable a dispositius de captura industrials o científics. No obstant això, es poden descriure dos tipus de sensors:

- **Sensor lineal:** els píxels es col·loquen linealment i és el sensor el que es desplaça per captar la imatge, per exemple, en un escàner.
- **Sensor matricial o de superfície:** capta la imatge en un sol escombratge, com en les càmeres.

Com que al costat del fotodíode cal reservar espai per als elements electrònics, es redueix l'àrea sensible a la llum (*Fill Factor*) introduint soroll en la imatge. Per contrarestar aquest defecte, s'inclou una microlent sobre la superfície del fotodíode que dirigeix i concentra la llum sobre la part sensible de la cel·la.

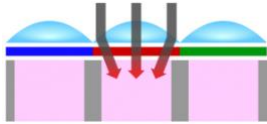


Figura 95. Microlents («Arxiu: Comparison backside illumination.svg», per Cmglee amb llicència CC BY-SA 4.0, imatge

modificada, https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Comparison_backside_illumination.svg).

Bàsicament, es poden descriure dues tecnologies utilitzades en els sensors de càmera: CCD i CMOS, encara que parlarem de Foveon com un tercer sistema derivat dels anteriors. La diferència entre ells està en l'arquitectura més que en el material, ja que tots dos utilitzen silici com a base.

Tipus de sensors

- **CCD**

Els sensors **CCD** utilitzen una base de silici com a element semiconductor. Cada fotodíode descarrega els seus electrons en l'immediatament inferior fins a arribar a l'últim, que descarregarà tots en un bus encarregat de transformar la informació en càrrega elèctrica. D'aquesta manera, es produeix un efecte cascada, una descàrrega per columna, per generar la tensió elèctrica que s'enviarà al convertidor analògic-digital.

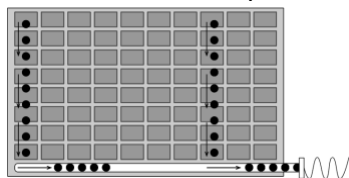


Figura 96. CCD

Els CCD consumeixen més energia, per la qual cosa són sensibles a soroll aleatori a causa de l'escalfament del sensor. Com que disposa de la descàrrega vertical d'electrons, un fotodíode deteriorat pot espatllar tota una columna. Com que en el disseny del CCD no es necessita guardar espais addicionals als costats de cada fotodíode, augmenta el factor d'emplenament del sensor, fent que augmenti també el seu rang dinàmic.

L'empresa tecnològica Sony va adoptar aquest tipus de tecnologia i va desenvolupar una sèrie de millores en aquests sensors. Aquest sistema, denominat Super HAD, redueix l'espai entre les microlents, aprofitant més la llum, augmentant la sensibilitat de la càmera i, en definitiva, millorant la qualitat d'imatge. Altres companyies del sector, com Canon, van continuar desenvolupant la tecnologia mitjançant la inclusió de microlents sense espais, optimitzant la sensibilitat i reduint el soroll de la imatge. Per la seva banda, Fujifilm va crear el sensor Super CCD EXR, amb una distribució en diagonal del mosaic Bayer, aconseguint augmentar la resolució, millorar el rang dinàmic i aconseguir major sensibilitat.

- **CMOS**

Igual que en el cas anterior, el sensor [CMOS](#) utilitza silici com a base. En aquest cas, cada fotodíode està compost per un sistema electrònic que transforma els electrons en corrent elèctric i el transporta fins a una columna d'amplificació. En cada cel·la fotosensible, es localitzen tres transistors: la cèl·lula fotovoltaica, un segon transistor encarregat de proporcionar sortida a la càrrega i un tercer que reinicialitza el fotodíode. Per això, aquesta tecnologia també és coneguda com a CMOS 3T.

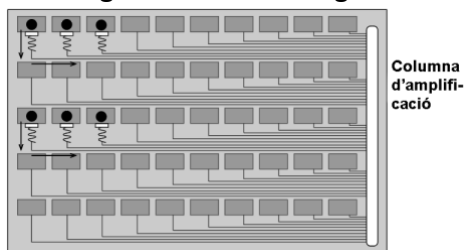


Figura 97. CMOS

Els principals avantatges dels sensors CMOS són la seva menor grandària, el reduït consum i el menor escalfament, els quals repercuteixen en un menor soroll d'imatge i un menor consum de bateria. A més, la fabricació d'aquests xips és més senzilla, de manera que s'abaratixen els costos. Aquest tipus de sensors permet velocitats d'obturació més altes. Això, al costat del processament i ampliació de la imatge en el mateix sensor CMOS, fa que s'estigui imposant en les càmeres 4K i UHD.

En l'actualitat, es poden distingir diferents tipus de tecnologia CMOS:

- **CMOS retroil·luminat (*back side illuminated, BSI*)**. És molt útil per a sensors de grandària petita que s'incorporen en els telèfons mòbils i en les càmeres compactes. Millora la captura de llum perquè disposa el sistema de cablejat darrere dels fotodíodes.
- **CMOS Fujifilm X-Trans**. Modifica la distribució de colors del filtre Bayer per imitar la pel·lícula fotogràfica, millorar la captació dels detalls i reduir el soroll. L'empresa Fujifilm afirma que es redueix l'efecte moaré perquè no usa la distribució estàndard del filtre Bayer.
- **Live MOS**. És utilitzat per les companyies Olympus i Panasonic i possibilita la visualització de les imatges en viu en les càmeres sense mirall, a més de disposar d'una tecnologia específica per a reduir soroll.

- **Foveon**

Per a alguns professionals, Foveon X3 pot ser considerat com un tipus de sensor, mentre que altres tan sols el cataloguen com un sistema de separació tricromàtica que fa ús de la tecnologia CMOS.

L'expansió d'aquest sistema està essent lenta, i de moment tan sols es pot trobar en càmeres Sigma. Desenvolupaments posteriors han generat el sensor Foveon X3 Quattro, que introdueix una capa superior de major resolució que les dues inferiors, reduint el temps de processament de la imatge i millorant el soroll.

Grandària del sensor: factor de retallada

El sensor d'imatge determinarà dos paràmetres fonamentals de la imatge:

- **Resolució** (nombre total de píxels). En aquest cas, es tindrà en consideració el nombre de píxels efectius, és a dir, la quantitat de punts que formaran la imatge final.
- **Sensibilitat o rang dinàmic**. És determinada per l'àrea sensible del fotodíode. Com més gran sigui l'àrea exposada a la llum, major serà la quantitat d'informació. Així doncs, és la grandària del fotodíode, no del sensor, que determina el rang dinàmic. El rang dinàmic es pot interpretar com la relació entre el valor mínim (nivell de negre) i el valor màxim (nivell de blanc) que capta el sensor i que es pot mesurar en nombre de passos de diafragma (latitud).

Així doncs, és aplicable la regla següent: a igual grandària del sensor la relació entre la resolució i la sensibilitat és inversament proporcional. És a dir, en un sensor d'una grandària concreta ($2/3$ ", per exemple), si augmentem la resolució (nombre de píxels), reduïm la grandària dels píxels i, per tant, la seva àrea sensible. Per això, no és possible afirmar que el nombre de megapíxels es relaciona directament amb la qualitat de la imatge: això dependrà del nombre de píxels per mil·límetre quadrat del sensor (**densitat d'integració**).

Els sensors de major grandària tenen píxels més grans, la qual cosa fa que augmenti el seu guany, velocitat i millori la relació senyal-soroll. No obstant això, la seva fabricació és més costosa. Per la seva banda, els sensors més petits poden ser instal·lats en càmeres més compactes. Com que tenen píxels de menor grandària, la resolució de la imatge és major, encara que serà necessari obrir més el diafragma perquè la sensibilitat és inferior. Els píxels capten menys fotons, ja que són més petits, provocant un augment del soroll i una menor relació senyal-soroll.

La grandària del sensor es mesura en mil·límetres (mm) d'ample i alt, i ens donarà una idea aproximada de la seva resolució.

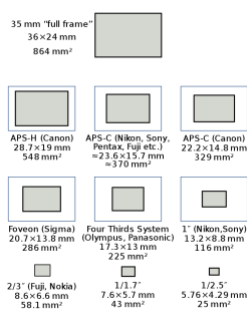


Figura 98. Grandàries dels sensors d'imatge

- $1/3$ i $1/2$ [polzada](#): sensors petits usats principalment en àmbits domèstics i semiprofessionals.
- $2/3$ polzada: estàndard de televisió SD i HD de grandària semblant al negatiu de 16 mm, per la qual cosa les lents d'aquestes òptiques funcionen bé amb aquestes càmeres.
- 1 polzada: usats en cinema digital.
- FTS (*four thirds system*) usat per Panasonic i Olympus.

- Foveon de Sigma.
- APS (*advanced photo system*): amb diferents grandàries (APS-C de Canon, APS-C de Nikon o APS-H de Canon).
- 35 mm o *full frame*, també anomenat de pas universal.
- Mig format.

La major part dels sensors tenen una relació d'aspecte de 3:2, com el negatiu de 35 mm, excepte el sistema quatre terços (FTS), la relació del qual és de 4:3. La grandària 2/3" és el límit per treballar amb prismes dicroics, ja que grandàries superiors del sensor provocarien un escalfament excessiu del sistema. Es pot treballar amb sensors majors, sense prisma dicroic, apropant-nos el màxim possible al negatiu de 35 mm per poder usar-ne les òptiques i l'aspecte estètic cinematogràfic.

En fotografia, les càmeres DSLR de particulars solen fer ús de sensors APS-C, excepte les càmeres Olympus i Panasonic, que treballen amb FTS, la grandària dels quals és més petita. Els professionals solen treballar amb sensors *full frame* semblant a la pel·lícula de 35 mm. El format del sensor en televisió se sol correspondre amb la relació d'aspecte que s'utilitzarà. No obstant això, en cinema alguns fabricants (RED, ARRI, Sony...) dissenyen sensors amb relacions d'aspectes diferents de les que s'usaran en el rodatge. És a dir, la grandària del sensor pot ser que no es correspondre amb les dimensions de la gravació que es triarà mitjançant el menú de la càmera.

La grandària del sensor influirà també en l'angle de visió, és a dir, en el camp visual que abraça l'objectiu. Aquest és determinat per la distància focal (distància, en mil·límetres, entre el centre òptic de l'objectiu i el pla focal) i la grandària del sensor. Així doncs, amb la mateixa distància focal, es produiran diferents camps de visió amb diferents grandàries de sensors, de tal manera que un sensor més petit proporcionarà un angle de visió més estret. Aquest fenomen és conegut com a **factor de retallada o factor de multiplicació**.

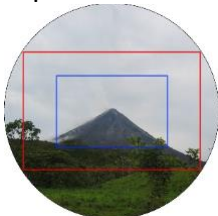


Figura 99. Factor de retallada («Arxiu: Crop Factor.JPG», per Ravedave amb llicència CC BY-SA 3.0, https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Crop_Factor.JPG).

En les especificacions de la càmera es pot trobar la referència al factor de retallada (*crop factor*) en relació amb el sensor estàndard de 35 mm o sensor *full frame*.

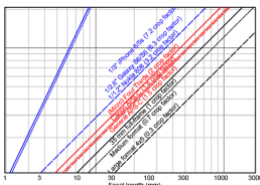


Figura 100. Factor de retallada en relació amb el sensor *full frame* («Arxiu: Camera focal length vs crop factor vs angle of view.svg», per cmglee amb llicència CC BY-SA 4.0, imatge modificada, https://ca.m.wikipedia.org/wiki/fitxer:Camera_focal_length_vs_crop_factor_vs_angle_of_view.svg).

Per exemple, si volem saber quina òptica ens donaria un camp de visió equivalent a una lent de 50 mm muntada en una càmera amb sensor *full frame* en una càmera amb un sensor

APS-C, cal considerar que s'utilitza un factor de retallada d'1.5. Per tant, si dividim 50 mm entre 1.5 dona 33 mm, per la qual cosa hauria d'utilitzar un objectiu de 35 mm per obtenir aproximadament el mateix angle de visió.

10.2.5. Digitalització de la imatge

Una vegada filtrada la llum mitjançant la separació tricromàtica i transformats els fotons en càrrega elèctrica en el sensor, el senyal analògic es dirigeix a un CAD encarregat de digitalitzar la imatge per ser emmagatzemada. La transformació analògica-digital segueix el diagrama següent:

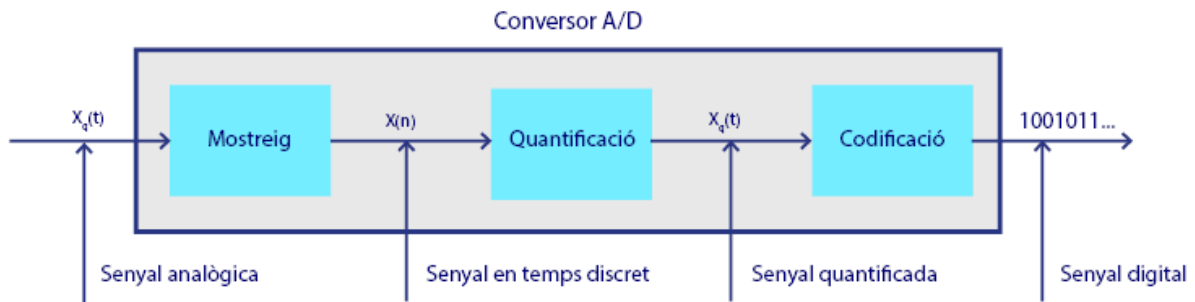


Figura 101. Diagrama d'un CAD

- **Filtre antialiàsing.** En aquest primer pas, s'adapta el senyal perquè estigui en perfectes condicions per ser analitzat.
- **Mostreig.** Es prenen mostres del senyal analògic en relació amb una freqüència determinada denominada **freqüència de mostreig**. Aquesta freqüència es mesura en hertz (Hz) i defineix la quantitat de mostres per segon.

Per determinar aquest paràmetre, se segueix el **teorema de Nyquist**, que estableix que la freqüència de mostreig ha de ser almenys el doble de la freqüència màxima. Si tenim en compte que el senyal de vídeo digital en alta definició té una amplada de banda de 36 MHz, la freqüència de mostreig hauria de ser almenys de 72 MHz. La norma ITU-R BT.709 indica una freqüència de mostreig de 74,25 MHz (1080 25 p), per la qual cosa supera el criteri de la teoria de Nyquist.

- **Quantificació.** S'assigna un valor a cadascuna de les mostres preses en funció de la profunditat del senyal en bits. Si tenim en consideració que el rang dinàmic de l'ull humà és de 220 nivells aproximadament:
 - Un senyal de vídeo de 8 bits permet disposar de 256 valors (2^8).
 - Un senyal de vídeo de 10 bits permet disposar de 1.024 valors (2^{10}).

En el desenvolupament d'aquesta fase, es produeix el denominat **error de quantificació** o **soroll de quantificació**. Es tracta de la necessitat de modificar el valor d'una mostra per adaptar-la al valor de quantificació més proper. D'aquesta manera, com més gran sigui el nombre de bits més valors podran ser assignats i més aproximada serà la quantificació, de manera que es reduirà l'error.

- **Codificació.** En aquest últim pas, es converteixen els valors de la quantificació en codi binari. D'aquesta manera, el senyal analògic es transforma en senyal digital.

10.2.6. Errors i efectes en la imatge

Durant el procés de captació de la imatge, es produeixen una sèrie d'imperficcions que no es corresponen amb la realitat. Aquest fenomen, conegut com **soroll**, es produeix per deficiències en l'exposició dels fotodiodes.

En els sensors d'imatge es produeixen dos tipus de soroll: soroll aleatori (*random noise*) i soroll de patró fix (*fixed pattern noise*). El **soroll aleatori** és resultat de la construcció del mateix xip, en el qual es poden presentar alguns fotodíodes deficients. Determinades condicions de treball, com altes temperatures, canvis bruscos o la humitat poden augmentar aquest tipus de soroll. El **soroll de patró fix** es dona com a conseqüència de la mateixa tecnologia del sensor durant el procés de buidatge o reinicialització del fotodíode.

Quan la cel·la fotosensible s'ha emplenat per complet, el fotodíode buida els electrons per seguir amb el procediment. No obstant això, no es buida per complet: sempre queda un romanent que, a més, sol ser diferent en cada cel·la. Com a resultat, la mostra següent captada per les parts sensibles del sensor no prendran els valors exactes de la realitat, i produiran soroll en la imatge. D'aquesta manera, s'explica que les càmeres digitals presentin major soroll a les zones fosques, ja que, com que tenen un menor nombre de fotons, la relació senyal-soroll és més petita.

No obstant això, el soroll de patró fix és fàcil d'eliminar perquè pren sempre valors estables en cadascun dels fotodíodes. Així doncs, les càmeres digitals fan un filtratge de la informació eliminant aquest tipus d'imperficcions. En funció de la qualitat de processament del microprogramari de la càmera, el resultat serà més o menys òptim.

El soroll aleatori no es té en consideració en la mesura de la relació senyal-soroll (SNR) perquè els seus valors no són estables i depèn de les circumstàncies. Com a norma general, podem dir que les càmeres que usen prisma dicroic generen més calor que les que utilitzen filtre Bayer o Foveon, de manera que augmenten el soroll. A més, els sensors CMOS produeixen més soroll aleatori que els CCD a causa de la seva arquitectura.

A vegades, les càmeres digitals no tenen un obturador físic, sinó que funcionen electrònicament mitjançant el buidatge del fotodíode per prendre la mostra següent. És a dir, s'activa o es desactiva el sensor per anar prenent les imatges. En els sensors CMOS, la descàrrega de la informació només és possible línia a línia per no col·lapsar els busos d'emmagatzematge de dades. D'aquesta manera, es produeix un desfasament de diversos microsegons en el buidatge de cada línia, produint l'**efecte gelatina o distorsió horitzontal**.

Aquest mateix fenomen es presenta en les càmeres de vídeo que tenen **obturadors progressius** (*rolling shutter*) que recorren la imatge en una direcció en diferents moments. Com a resultat d'aquesta imperfecció, els elements que es mouen a gran velocitat apareixen distorsionats, mentre que els que romanen estàtics o es mouen a poca velocitat no es deformaran.



Figura 102. Efecte gelatina («Arxiu: Jamtlands Flyg EC120B Colibri.JPG», per Jonen amb llicència CC BY-SA

3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Jamtlands_Flyg_EC120B_Colibri.JPG).

Els sensors CCD no es veuen afectats per aquest tipus de distorsió horitzontal, ja que permeten una obturació progressiva total. No obstant això, aquest tipus de tecnologia pateix una contaminació lumínica coneguda com a **smear**. En prendre una imatge d'una font de llum molt intensa en zones fosques, es produeixen línies verticals que passen per aquests punts lumínics. Això es deu al fet que la cel·la fotosensible afectada es carrega

excessivament d'electrons fins a desbordar-se, afectant tota la columna de fotodíodes. Aquest fenomen no es produeix en els sensors CMOS.



Figura 103. Efecte *smear* («Arxiu: Vertical smear.jpg», per Genetichazard amb llicència CC BY-SA 3.0, https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Vertical_smear.jpg).

El **aliàsing** o «**dents de serra**» es produeix en el contorn de les imatges, principalment en les diagonals, que es mostren com a línies escalonades. Aquest artefacte es produeix com a conseqüència de la naturalesa rectangular dels píxels que componen els sensors. Per mitigar aquest defecte, les càmeres digitals solen tenir un filtre antialiàsing (AA) que ajuda a disminuir la pèrdua de nitidesa.

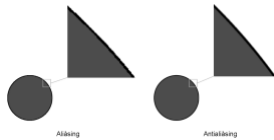


Figura 104. Efecte aliàsing i filtre antialiàsing

Altres imperfeccions provocades pel processament o per la mateixa construcció dels sensors són:

- **Moaré:** són interferències que es produeixen en la interpretació de línies paral·leles que apareixen molt juntes. La informació balla entre els fotodíodes propers, passant d'un a un altre, provocant imperfeccions en la imatge.
- **Blooming:** les vores de la imatge amb molt contrast se sobresaturen i perden informació. A més, apareixen vores púrpures com a conseqüència de les aberracions cromàtiques de les microlents dels fotodíodes.
- **Banding:** a causa d'una insuficient quantificació, apareixen bandes de color principalment en els degradats.

10.3. Captura de so

10.3.1. Procés digital de captura del so

Podem determinar que el so és la sensació que es produeix en l'oïda per les vibracions dels objectes, que generen canvis de pressió que es transmeten pel medi en el qual hi ha l'objecte en forma d'ones. Així doncs, el so necessita un medi transmissor, ja que al buit no es propaga.

D'aquesta manera, l'ona sonora produeix una vibració que es transmet per l'aire i és captada pel micròfon, que converteix l'energia acústica en mecànica i aquesta, al seu torn, en corrent elèctric. Aquesta tensió elèctrica passa per un CAD abans de ser gravada en un sistema d'emmagatzematge (memòria flaix). D'aquesta manera, se superen les limitacions de l'enregistrament analògic, en la qual el desgast del material pel contacte físic amb el capçal lector feia que successives còpies perdessin qualitat.

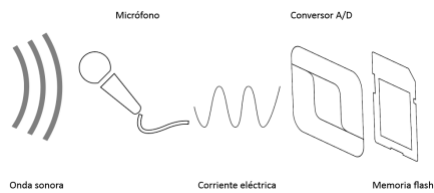


Figura 105. Esquema de captació del so digital

Per fer l'enregistrament digital s'utilitza un **modulador en impulsos codificats (PCM)**. El procés seguit per modular el corrent de bits és semblant a la digitalització de la imatge:

- **Filtre antialiàsing:** filtra el senyal eliminant les freqüències no necessàries que interfereixen en el senyal originari i generen distorsions.
- **Mostreig:** s'obtenen mostres del senyal segons una determinada freqüència de mostreig. Els equips d'alta qualitat solen treballar amb freqüències de 48 kHz, mentre que la qualitat de CD se situa en 44,1 kHz.
El concepte de retenció relacionat amb el mostreig fa referència al fet que el valor de la mostra es mantindrà en el temps fins que de forma brusca doni el salt fins al valor següent. D'aquesta manera, com més gran sigui la freqüència de mostreig, menor serà l'interval de retenció i més petita la variació entre les mostres.
- **Quantificació:** s'assigna un valor a la mostra en funció a la profunditat de bits a la qual es treballi. Si el senyal és de 16 bits (estàndard comercial del so digital), podem assignar 65.536 valors, mentre que una resolució de 24 bits (estàndard professional) tindrà 16.777.216 valors en total.
Per emmascarar el soroll generat per l'error de quantificació producte d'un nombre de bits insuficient, es pot agregar soroll blanc, és a dir, un senyal similar, però de banda molt ampla. Aquest senyal, conegut com *dither*, es quantifica al costat del senyal originari i fa imperceptible l'error. D'aquesta manera, com més gran sigui el nombre de bits, millor serà l'SNR.
- **Codificació:** el valor assignat durant la quantificació és transformat en codi binari. Se solen agregar alguns bits addicionals per corregir errors generats durant la digitalització del senyal.
- **Modulació:** en aquesta última etapa, es modula el corrent de bits perquè puguin ser gravats.

L'esquema difereix una mica si captarem i reproduïrem el so en temps real, com en un concert. En aquest cas, diferents fonts sonores emeten senyals que són captats pel micròfon o envien el senyal elèctric directament en funció del dispositiu (guitarra elèctrica, bateria electrònica, sintetitzador...). El micròfon és un transductor que converteix l'energia acústica en tensió elèctrica, que serà transportada per un cable (o per radiofreqüència, sense fil) fins a una taula de mescles (*mixer*). Des d'aquest mesclador, la tensió elèctrica passarà a un aparell amplificador (etapa de potència), que s'encarregarà d'augmentar la intensitat del senyal per excitar l'altaveu. Finalment, l'altaveu, que és un altre tipus de transductor que fa el procés invers al micròfon, s'encarrega de transformar l'energia elèctrica en vibració mecànica, que es convertirà en senyal acústic anàleg al que es va captar al principi de la cadena.

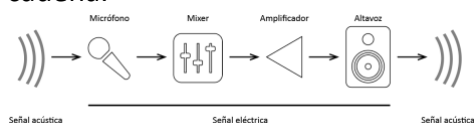


Figura 106. Esquema de captació i reproducció de so en temps real

10.3.2. El micròfon

Com s'ha comentat, el micròfon és un transductor acústic-mecànic-elèctric, és a dir, es tracta d'un dispositiu que rep les ones sonores que formaran un moviment mecànic en el seu interior generant una tensió elèctrica equivalent. Per tant, aquest element es pot dividir en dues parts:

- **Transductor acústic-mecànic (TAM):** està format per una membrana o un diafragma que en rebre la pressió de les ones sonores es desplaça aplicant una força a un element mòbil.
- **Transductor mecànic-elèctric (TME):** converteix les vibracions de la membrana o diafragma en variacions de tensió elèctrica.

Tipus de micròfons segons el TAM

Està format per la membrana o diafragma encarregat d'absorbir les ones sonores. Es relaciona amb la directivitat del micròfon. En funció de l'exposició de la membrana o diafragma a la pressió de les ones, es pot classificar en els micròfons següents:

- **Micròfons de pressió:** el diafragma està exposat a la pressió que arriba de cara, i la part posterior és una cavitat tancada per la qual no arriben les ones acústiques. Aquest tipus de micròfon mantenen una directivitat omnidireccional.



Figura 107. Micròfon de pressió

- **Micròfons de gradient:** les ones sonores arriben al diafragma directament a la cara frontal i per la cara posterior gràcies a unes obertures. Així, la membrana vibra en tots dos sentits, per la qual cosa es cancel·len els sons que arriben des dels laterals. Són micròfons bidireccionals.

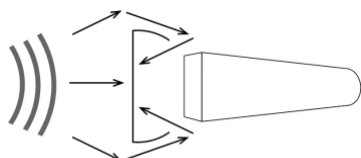


Figura 108. Micròfon de gradient

- **Micròfons de pressió i gradient:** és una combinació dels anteriors que, a més, disposa d'un inversor de fase per atenuar els senyals que arriben per darrere. D'aquesta manera, gràcies a la combinació de pressió i gradient, aconsegueix una directivitat unidireccional o cardioide. La majoria d'aquests micròfons permeten canviar la directivitat obrint o tancant les obertures posteriors. D'aquesta manera, si es tanca la part posterior i només es deixa activa la frontal, el micròfon es comportarà com un diagrama omnidireccional. Mentre que, si s'obre la part posterior però no s'activa l'inversor de fase, el seu comportament serà bidireccional.

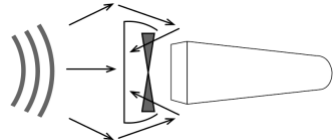


Figura 109. Micròfon de pressió i gradient

Els **micròfons d'interferència o de canó** són un tipus de micròfons unidireccionals que es construeixen amb un diafragma a la part frontal i una sèrie de cel·les laterals al llarg del tub que forma el micròfon. D'aquesta manera, aconseguen captar els sons que són dins d'un angle de 50 graus respecte a l'eix del micròfon. Els que superin aquest angle seran atenuats i els que arribin des dels 90 graus seran cancel·lats. Són molt utilitzats tant en cinema com en televisió.



Figura 110. Micròfon d'interferència o de canó

Tipus de micròfons segons el TME

En aquesta etapa, les vibracions del diafragma o la membrana són convertides en càrrega elèctrica. En funció a la manera com es duu a terme aquesta transformació, es poden classificar en de resistència variable (micròfon de carbó), piezoelèctrics (micròfons ceràmics o de cristall), dinàmics i electroestàtics. Els dos primers estan en desús i amb prou feines es fabriquen, mentre que els dos últims són els més estesos en l'actualitat.

- **Micròfons dinàmics**

Els **micròfons dinàmics o de bobina mòbil** consten d'un diafragma que està adherit a una bobina de filferro que està dins d'un camp magnètic generat per un imant. D'aquesta manera, s'indueix un corrent elèctric a la bobina que és proporcional al moviment del diafragma: si les ones acústiques són petites, generarà poc moviment i, per tant, una tensió elèctrica menor. Solen ser molt utilitzats tant en estudi com en so directe, ja que són robustos, no requereixen alimentació externa, solen ser molt assequibles, la seva resposta en freqüència sol ser àmplia, la seva sensibilitat molt bona i la seva impedància baixa (entre 150 i 600 ohms), la qual cosa permet usar tiratges de cables més llargues.

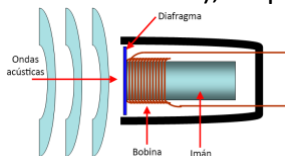


Figura 111. Micròfon de bobina mòbil («Arxiu: Mic-dynamic.PNG», per Banc ~ commonswiki amb llicència CC BY-SA 3.0, imatge modificada, <https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Mic-dynamic.PNG>).

Un altre tipus de micròfons que funcionen per inducció magnètica són els **micròfons de cinta**, que tenen una cinta o membrana metàl·lica adherida als pols de l'imat. Els moviments de la cinta generen els canvis de tensió elèctrica en el camp magnètic. La membrana està exposada a les ones acústiques per tots dos costats, la qual cosa resulta en una directivitat bidireccional. Tenen menor sensibilitat que els micròfons dinàmics i, a més, són més costosos i fràgils que aquests. No obstant això, proporcionen una resposta en freqüència més plana, major sensibilitat a les freqüències més altes, menor soroll intern i una impedància molt baixa.

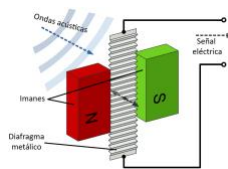


Figura 112. Micròfon de cinta («Arxiu: Bändchenmikrofon.svg», per Arne Nordmann (norro) amb llicència CC BY-SA 3.0, imatge modificada, <https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Bändchenmikrofon.svg>).

- **Micròfons electroestàtics**

Els **micròfons electroestàtics o de condensador** estan formats per dues plaques paral·leles. La placa externa és mòbil i vibra amb els canvis de pressió acústica, mentre que la placa interna és fixa. D'aquesta manera, creen un condensador que emmagatzema la càrrega elèctrica entre ambdues plaques. Perquè això passi, ambdues làmines necessiten ser polaritzades amb una tensió inicial. Aquesta càrrega també alimenta l'amplificador intern d'aquest tipus de micròfons. Com que la sortida del condensador és molt petita i la impedància interna és tan alta, és necessari ampliar el voltatge mitjançant un adaptador d'impedància.

Aquesta tensió inicial pot ser subministrada mitjançant una pila o bateria, o mitjançant el cable que connecta el micròfon amb la taula de mesclres. En aquest cas, es denomina **alimentació fantasma o phantom** i sol ser de 12 volts o de 48 volts de tensió contínua.

Són micròfons d'alta sensibilitat, tenen una resposta en freqüència bastant plana i en la majoria es pot seleccionar el tipus de directivitat. No obstant això, solen ser més costosos, voluminosos i pateixen amb la humitat i els canvis de temperatura.

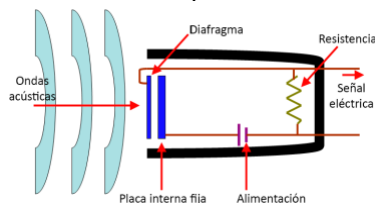


Figura 113. Micròfon de condensador («Arxiu: Mic-condenser.PNG», per Banc~commons wiki amb llicència CC BY-SA 3.0, imatge modificada, <https://commons.wikimedia.org/wiki/file:Mic-condenser.PNG>).

Finalment, els **micròfons electrets** són un tipus de transductor electroestàtic que es fabrica amb un material que ha estat carregat permanentment i, per tant, no necessita una tensió de polarització inicial. Sí que fan servir una alimentació externa (normalment una pila) per engegar l'amplificador intern. La seva sensibilitat sol ser inferior als micròfons de condensador, la seva impedància és alta (entre 1.000 i 1.500 ohms), i no solen estar tan afectats per les condicions climatològiques. A causa de la seva reduïda grandària, solen ser emprats en televisió mitjançant micròfons de pinça o en els ordinadors portàtils o dispositius mòbils.

10.3.3. Característiques del micròfon

Per determinar l'ús correcte que hem de fer de cada tipus de micròfon, és necessari conèixer-ne les característiques tècniques:

- **Sensibilitat:** és la relació d'eficiència que hi ha entre la pressió acústica exercida davant del micròfon i la tensió elèctrica resultant al final del procés. Per tant, podem dir que un micròfon serà més sensible com més tènue siguin les pressions acústiques que pot captar. En aquest sentit, els micròfons de condensador solen ser els més sensibles, mentre que els de cinta són els que tenen menys sensibilitat.
- **Directivitat:** es tracta de la sensibilitat que presenta un micròfon en funció de la direcció d'on provingui la font sonora. Els valors de la mesura en els 360 graus es representen en una gràfica de **diagrames polars**. La representació de les coordenades polars pot variar en funció de la freqüència del so.

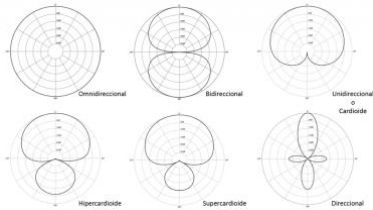


Figura 114. Diagrames polars (per Galak76 amb llicència [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/), imatge modificada).

- **Impedància:** en un micròfon, com en qualsevol circuit elèctric, la impedància és la propietat de restringir el pas del corrent. Es mesura en ohms (Ω) i, com a norma general, podem dir que com menys impedància tingui un micròfon, major serà la seva qualitat. El valor estàndard sol ser de 200 Ω a una freqüència d'1 kHz.
- **Resposta en freqüència:** rang de freqüències que el micròfon pot captar. L'espectre audible per l'ésser humà se situa entre 20 Hz i 20 kHz, aproximadament, i la sensibilitat del micròfon a cadascuna d'aquestes freqüències sol ser diferent.
- **Nivell de soroll:** es tracta del nivell de senyal (tensió elèctrica) produït pels propis components interns del micròfon, amb absència total de font de so externa. En els micròfons dinàmics, és el resultat del moviment tèrmic del flux magnètic, mentre que en els electroestàtics es produeix per l'amplificador intern. Es mesura en decibels (dB).
- **Distorsió:** es tracta de la deformació del senyal originari que s'aprecia a la sortida del micròfon. Sol produir-se per ressonàncies, vibracions parcials, sobrecàrregues, *popping*, etc.
- **Efecte de proximitat:** es produeix en els micròfons de gradient de pressió (unidireccionals i bidireccionals), però no en els micròfons de pressió (omnidireccionals). Es tracta d'un efecte que produeix un augment de les baixes freqüències quan el micròfon s'apropa massa a la font sonora.

10.4. Capturadora i targetes de vídeo

10.4.1. Tipus de targetes de vídeo

Una targeta capturadora és un maquinari que disposa de connexions d'entrada i sortida per a àudio i vídeo. Aquest tipus de dispositius sol ser compatible amb la majoria de programaris professionals d'edició, postproducció i captura de vídeo digital. Hem de diferenciar la sortida de la targeta gràfica de l'ordinador, que proporcionarà el senyal de la interfície d'usuari, de la targeta capturadora, que facilitarà la sortida de vídeo que es pot enviar a un monitor o a un gravador extern.

Una targeta capturadora de vídeo es pot utilitzar amb una targeta d'expansió o amb connexions d'entrada d'alta velocitat com ports USB o Thunderbolt. D'aquesta manera, podem classificar les capturadores de vídeo en dos tipus:

- Targetes internes que fan ús de **ranures d'expansió** per ampliar el funcionament de l'ordinador. Utilitzen ports PCI Express o PCI en cas de connexions més antigues. Una vegada inserides en el dispositiu, sol ser necessari instal·lar els controladors en el sistema operatiu i el programari propi de la targeta capturadora.



Figura 115. DeckLink 4K Extreme de Blackmagic (<https://www.blackmagicdesign.com/es/products/decklink>).

- Targetes externes que utilitzen **connexions d'entrada d'alta velocitat** com USB 3.0 o Thunderbolt. Igual que en el cas anterior, per a alguns models, serà necessari instal·lar els controladors i els programes de configuració. No obstant això, també hi ha altres models Plug and Play que faciliten l'ús de la targeta.



Figura 116. Intensity Shuttle for Thunderbolt™ de Blackmagic (<https://www.blackmagicdesign.com/es/products/intensity>).

Alguns models funcionen com a disc dur multimèdia i no és necessari connectar-les a un ordinador per fer la captura del material. En aquest cas, els dispositius tenen un sistema d'emmagatzematge propi amb disc dur o ranures per a targetes de memòria.

10.4.2. Connexionament bàsic i configuració de la targeta de vídeo

Per conèixer com connectar correctament la targeta i fer una captura de vídeo òptima, primer s'ha de controlar el tipus de senyal que arriba al dispositiu. El senyal de vídeo es pot dividir principalment en quatre grans grups:

1) Senyal de vídeo RGB: utilitza un canal per a cada component de color. La informació de luminància (lluentor) no ve donada per un canal propi i depèn, per tant, de la intensitat dels components. No s'utilitza habitualment per a la captura de vídeo sinó per a la representació gràfica en sistemes informàtics (monitors, projectors, targetes gràfiques...).

El senyal RGB fa ús normalment de connectors **SCART (euroconnector)** i **VGA**, i també **BNC** i **RCA** mitjançant tres cables coaxials amb tres connectors per a cadascun dels components.



Figura 117. Connector SCART



Figura 118. Connector VGA

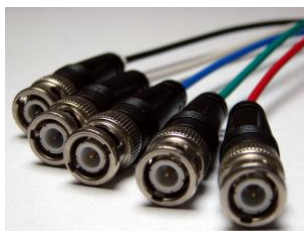


Figura 119. Connectors BNC («Arxiu: BNC connectors.jpg», per Krzysztof Burghardt amb llicència [CC BY-SA 3.0](https://commons.wikimedia.org/wiki/file:BNC_connectors.jpg), https://commons.wikimedia.org/wiki/file:BNC_connectors.jpg).



Figura 120. Connectors RCA («Arxiu: Component video RCA.jpg», per Larry D. Moore amb llicència [CC BY-SA 3.0](https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Component_video_RCA.jpg) – https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Component_video_RCA.jpg).

2) Senyal de vídeo per components: se separa la informació de luminància i crominància. D'una banda, s'obté la luminància de la imatge (la imatge en tons grisos), que es representa amb la lletra Y , i, de l'altra, els components de diferència de color $R - Y$ i $B - Y$. Aquest tipus de senyal és conegut com YP_RP_B en entorns analògics, YC_RCB en el digital i YUV . El senyal de vídeo per components se sol utilitzar en estudis de producció professional. La informació del component de color verd (G) s'obté de la diferència entre la luminància i els components vermell (R) i blau (B) respectivament. D'aquesta manera, es redueix la necessitat d'amplada de banda perquè s'envien només tres senyals i s'estalvia la informació d'un component.



Figura 121. Sortida de vídeo per components («Arxiu: Component video jack.jpg», per I3uematsu amb llicència [CC BY-SA 3.0](https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Component_video_jack.jpg), https://es.m.wikipedia.org/wiki/archivo:Component_video_jack.jpg).

3) Senyal de S-Video (*Separate Video*): la informació analògica se separa en dos senyals. La luminància (Y) transportarà la informació de llum (blanc i negre), i la crominància (C) la de color. Aquest tipus de senyal també és conegut com Y/C. El connector S-Video sol ser un mini-DIN de quatre pins: dos transportaran la informació de luminància i dos la de crominància.



Figura 122. Connector S-Video

Tant el senyal de vídeo RGB com YUV i S-Video són tipus de senyals per components, ja que separen el senyal en dos o tres components diferents.

4) Senyal de vídeo compost (CVBS): es tracta d'un senyal analògic que transporta, fusionats en un únic cable coaxial, els senyals de luminància, crominància i sincronismes. En transportar tota la informació unida es produeix una certa pèrdua de qualitat pel que fa a altres tipus de senyals. Malgrat les seves deficiències, es tractava del senyal més estès en l'àmbit domèstic.

El vídeo compost sol fer ús de connectors **BNC** o **RCA**. Aquest últim se sol veure com un connector groc per al vídeo, acompanyat d'altres dos connectors RCA de color blanc o negre i vermell, que transporten la informació d'àudio estèreo.



Figura 123. Connector RCA per a vídeo compost i àudio estèreo

Aquests tipus de senyals de vídeo analògics poden arribar fins a la targeta capturadora procedint de diferents dispositius, com una càmera de vídeo o un magnetoscopi antic per digitalitzar cintes. No obstant això, en l'actualitat és més comú transportar i capturar senyals digitals que poden procedir igualment d'una càmera de vídeo o una consola de videojocs, per exemple. Les connexions més habituals amb les quals treballen les targetes, sia externes o internes, són:

- **HDMI (*High-Definition Multimedia Interface*):** es tracta d'una interfície de connexió per transportar vídeo digital en alta definició i àudio multicanal sense compressió.

L'estàndard HDMI 2.0 permet un amplada de banda de 18 Gbps, i també una resolució 4K UHD (3840×2160), 50 o 60 fotogrames per segon i fins a 32 canals d'àudio amb la màxima fidelitat gràcies a l'increment de la freqüència de mostreig. L'actualització més recent, HDMI 2.1, incrementa l'amplada de banda fins a 48 Gbps, incorporant resolucions 8K a 60 FPS, 4K a 120 FPS i fins 10K. Igualment, aquesta especificació és compatible amb els formats HDR dinàmics.



Figura 124. Connector HDMI

- **SDI (Serial Digital Interface)**: es tracta de la connexió d'àudio i vídeo professional més fiable. Sol utilitzar un cable coaxial amb connector de baioneta del tipus BNC. En trobem tres tipus principalment:
 - **3G SDI**, amb una taxa de transferència de 3 Gbps i una resolució de 1920×1080 .
 - **6G Ultra-HD SDI**, la taxa del qual és de 6 Gbps i que suporta resolucions de 4K UHD (3840×2160) a 30 FPS.
 - **12G Ultra-HD SDI**, amb una taxa de transferència de 12 Gbps i una resolució 4K UHD a 60 FPS.

Per aconseguir l'amplada de banda necessària per a una producció 4K, es divideix el senyal en dos o quatre cables, segons el tipus de connexió. Si usem un cable 12G-SDI, n'hi haurà prou amb un únic cable. No obstant això, si la connexió es fa amb 6G-SDI (*Dual link*), seran necessaris dos cables, i si es fa amb 3G-SDI (*Quad link* o *Quad SDI*), s'hauran d'usar quatre cables. Aquesta última és la més habitual en càmeres i monitors per a 4K.



Figura 125. DeckLink 4K Extreme 12G Quad SDI de Blackmagic (<https://www.blackmagicdesign.com/es/products/decklink>).

Igual que el cable que connecta el dispositiu amb la targeta capturadora és important en funció del tipus de senyal de vídeo que es rebí, la connexió de dades ha de ser prou ràpida per suportar taxes de transferència molt altes. En aquest sentit, les connexions de dades més comunes en l'actualitat es representen en la taula següent:

Tipus de connector	Versió	Velocitat de transferència
USB	3.0	4,8 Gbps

	3.1 o tipus C	10 Gbps
Thunderbolt	1	10 Gbps
	2	20 Gbps
	3	40 Gbps
SATA	I	1,5 Gbps
	II	3 Gbps
	III	6 Gbps
SAS	1	3 Gbps
	2	6 Gbps
	3	12 Gbps

Una vegada fet correctament el connexionament, tant del dispositiu de càmera a la targeta com d'aquesta a l'entrada del PC, s'haurà de configurar els ajustaments de captura. En el programari de configuració de la targeta serà necessari especificar aspectes com tipus de senyal de vídeo que arriba a la targeta (vídeo compost, S-Video, YUV, RGB) i tipus d'entrada per on arriba el vídeo a la targeta (SDI, HDMI, RCA...). A més, s'hauran de determinar certs paràmetres del vídeo que es vol capturar:

- **Resolució espacial:** nombre total de píxels de la imatge indicats en nombre de píxels horitzontals per verticals. La figura següent recull les resolucions més comunes tant en vídeo com en cinema digital (DCI).

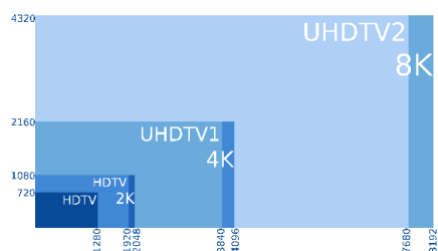


Figura 126. Resolució espacial

- **Freqüència de fotogrames (*frame rate*):** és el nombre de fotogrames per segon i se sol representar amb les lletres FPS. A més de les típiques 24, 25 o 30 FPS, en 4K se sol treballar amb freqüències de fotogrames més altes, com 48, 50 o 60 FPS. No obstant això, no totes les targetes ni tots els sistemes de connexionament suporten aquesta taxa d'informació.
- **Exploració de la imatge:** si l'escombratge de la imatge es fa en dos camps, primer es llegeixen les línies parells i després les imparells o viceversa, i es tracta d'un vídeo entrelaçat (i). Si l'escombratge de la imatge es fa en un sol camp continuat, línia rere línia, el vídeo serà progressiu (p).
D'aquesta manera, un vídeo 1080p 25 tindrà una resolució de 1.920×1.080 , amb escombratge progressiu i 25 fotogrames per segon, mentre que un vídeo 1080i 60, per exemple, tindrà una resolució 1.920×1.080 , escombratge entrelaçat i 60 camps per segon, que equival a 30 fotogrames complets per segon.
- **Relació d'aspecte:** defineix la proporció entre l'ample i l'alt de la imatge. Al principi es va apostar per una resolució 4:3, mentre que amb la generalització del desenvolupament digital es va estandarditzar el format de pantalla ampla amb una relació 16:9 en l'emissió televisiva. En cinema s'empra un nombre decimal en relació a, 1, com per exemple 1,33:1 o 1,77:1. El cinema digital (DCI) ha normalitzat les resolucions 1,85:1 i 2,39:1 per a formats panoràmics.



Figura 127. Relació d'aspecte

- **Relació d'aspecte del píxel (*píxel aspect ratio*):** igual que en el cas anterior, fa referència a la proporció entre l'ample i l'alt del píxel de la imatge. Mentre que en els estàndards tradicionals PAL i NTSC s'estableixen píxels rectangulars (1,094 per a PAL i 0,9 per a NTSC), els entorns digitals han apostat per els **píxels quadrats**. Si incorporem un material creat amb píxels rectangulars en un vídeo amb píxels quadrats, la imatge es veurà distorsionada.
La **imatge anamòrfica** es basa en una tècnica d'enregistrament que consisteix a aplatir els laterals de la imatge mitjançant procediments òptics per adaptar la imatge panoràmica al sensor d'imatge. Més tard, s'estirarà de nou la imatge per aconseguir relacions d'aspectes extremadament panoràmiques (2,35:1 o 2,70:1).
- **Profunditat de color:** és determinada pel nombre de bits de cada component de color. Un vídeo de 8 bits per canal crearà un arxiu de 24 bits (8 bits de vermell, 8 bits de verd i 8 bits de blau), que comportarà milions de colors. En cinema digital i en postproducció podem utilitzar majors profunditats de bits, com 10, 16 i fins i tot 32 bits per canal, per treballar amb imatges HDR.

