



Miguel Fco. Méndez Martín
Ricardo Manobens Mercader

CFGS Desenvolupament de productes electrònics
I.e.s. de Terrassa

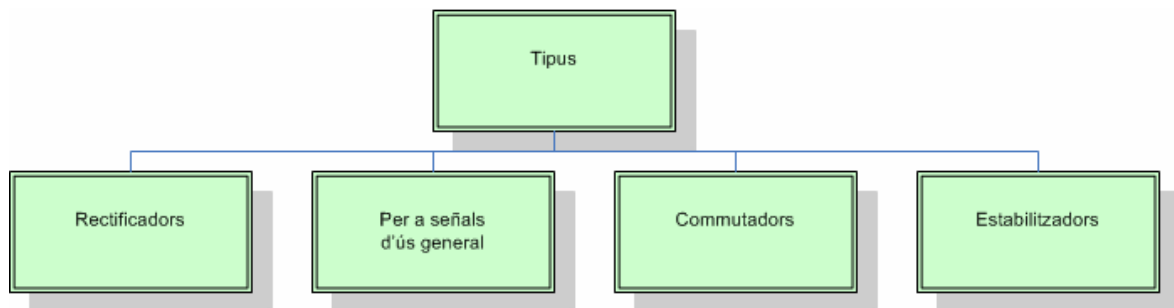
COMPONENTS ELECTRONICS

Components actius

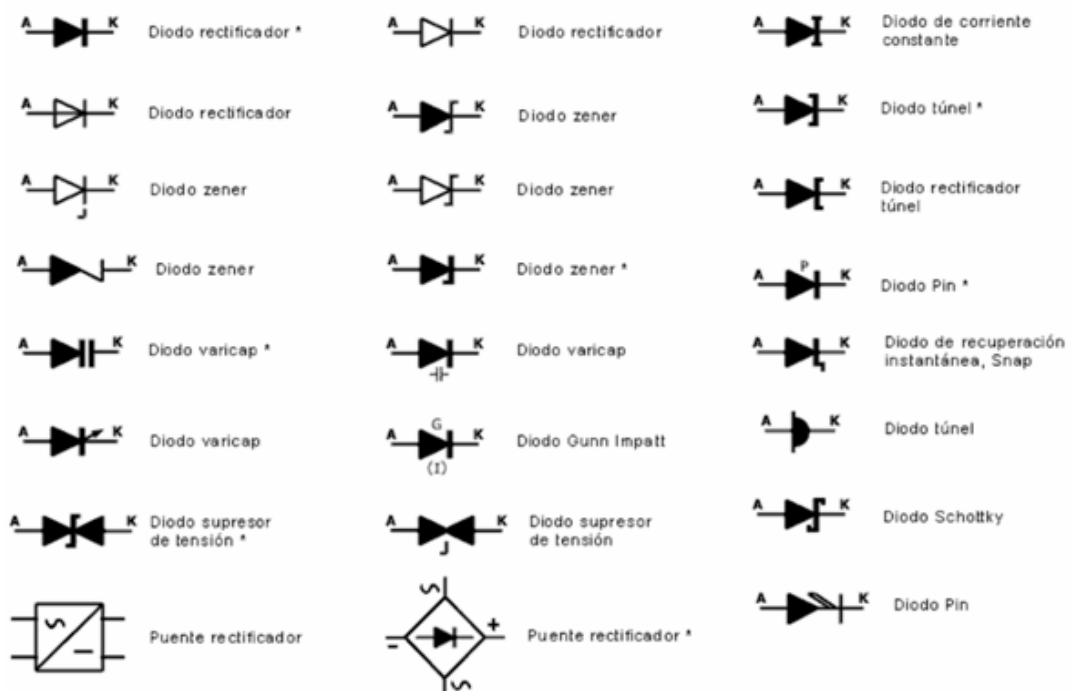
Díodes	28
Optoacobladors	31
Transistors	37
Circuits Integrats	40
Memòries i lògica programable	44
Fibra Òptica	46

DIODES

Principal classificació dels diodes :



Simbologia més utilitzada :



Fabricants més importants de diodes :



Diodes d'estat sòlid

Un díode és un dispositiu que permet el pas del corrent elèctric en una única direcció. De forma simplificada, la corba característica principal d'un díode consta de dues regions (figura 33, 1er i 3er quadrant), on es pot veure que per sota de certs valors de diferencia de potencial, es comporta com un circuit obert (no condueix), i per sobre d'aquests valors com un circuit tancat amb molt petita resistència elèctrica. A causa de aquest comportament, se'ls sol denominar rectificadors, ja que són dispositius capaços de convertir una corrent alterna en corrent contínua.

La principal característica que s'ha de saber d'un díode semiconductor és la tensió inversa màxima que ha de poder suportar i el corrent en sentit directe que comandarà.

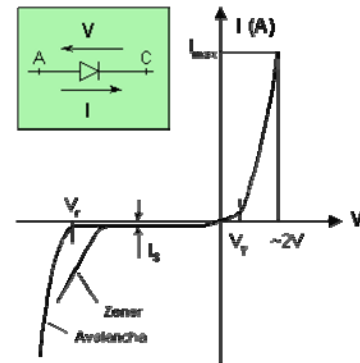


Figura 33. Corba característica dels díodes.

Díode d'alt buit

Els primers díodes eren vàlvules grans en xips o tubs de buit, també anomenades vàlvules termoioniques constituïdes per dos elèctrodes envoltats de buit en un tub de cristall, amb un aspecte similar al de les làmpades incandescentes. Al igual que els llums incandescentes, els tubs de buit tenen un filament (el càtode) a través del que circula el corrent, escalfant-lo per efecte Joule. El filament està tractat amb òxid de bari, de manera que a l'escalfar-se emet electrons al buit circumdant; electrons que són conduïts electroestàticament cap a una placa metàl·lica amb càrrega positiva (l'ànode), produint-se així la conducció. Evidentment, si el càtode no s'escalfa, no podrà cedir electrons. Per aquesta raó els circuits que utilitzaven vàlvules de buit requerien d'un temps perquè les vàlvules s'escalfessin abans de poder funcionar i les vàlvules es cremaven amb molta facilitat.



Díode semiconductor pn o Unió pn

Els díodes pn són unions de dos materials semiconductors extrínsecs tipus p i n, pel que també reben la denominació de unió pn. Cal destacar que cap dels dos cristalls per separat té càrrega elèctrica, ja que en cada cristall, el nombre d'electrons i protons és el mateix, pel que podem dir que els dos cristalls, tant el p com el n, són neutres (figura 34).

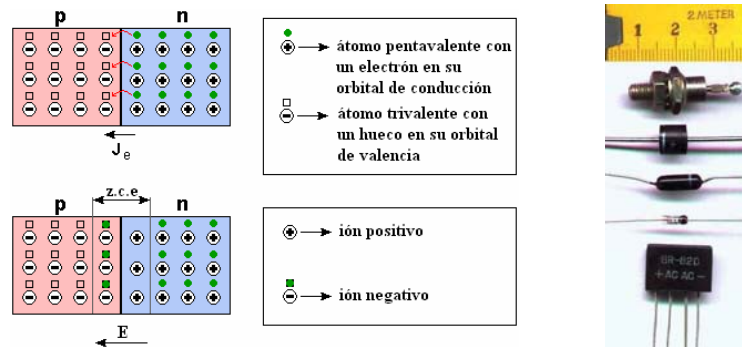


Figura 34. Constitució interna d'una unió p-n. Vista exterior d'encapsulats de díodes.

A l'unir ambdós cristalls, es manifesta una difusió d'electrons del cristall n al p (J_i). A mesura que progressa el procés de difusió, la zona de càrrega espacial (barrera) va incrementant la seva amplària aprofundint en els cristalls a banda i banda de la unió. No obstant això, l'acumulació d'ions positius en la zona n i d'ions negatius en la zona p, crea un camp elèctric (E) que actuarà sobre els electrons lliures de la zona n amb una determinada força de desplaçament, que s'oposarà al corrent d'electrons i acabarà detenint-los. Aquest camp elèctric és equivalent a dir que apareix una diferència de tensió entre les zones p i n. Aquesta diferència de potencial (V_0) és de 0,7 V en el cas del silici i 0,3 V si els cristalls són de germani. L'amplària de la zona de barrera una vegada arribat l'equilibri, sol ser de l'ordre de 0,5 micres però quan un dels cristalls està molt més dopat que l'altre, la zona de càrrega espacial és molt major. Al dispositiu així obtingut se li denomina díode, que en un cas com el descrit, tal que no es troba sotmès a una diferència de potencial externa, es diu que no està polaritzat. Al costat p, se li denomina ànode, representant-se per la lletra A, mentre que la zona n, el càtode, es representa per la lletra C (o K).

Polarització directa

En aquest cas, la bateria disminueix la barrera de potencial de la zona de càrrega espacial, permetent el pas del corrent d'electrons a través de la unió; és a dir, el díode polaritzat directament condueix l'electricitat. Perquè un díode estigui polaritzat directament, hem de connectar el pol positiu de la bateria a l'ànode del díode i el pol negatiu al càtode. En aquestes condicions podem observar que el pol negatiu de la bateria repel·leix els electrons lliures del cristall n, amb el que aquests electrons es dirigeixen cap a la unió p-n. El pol positiu de la bateria atreu als electrons de valència del cristall p, això és equivalent a dir que empeny als buits cap a la unió p-n. Quan la diferència de potencial entre els bornes de la bateria és major que la diferència de potencial en la zona de càrrega espacial, els electrons lliures del cristall n, adquireixen l'energia suficient per a saltar als buits del cristall p, els quals prèviament s'han desplaçat cap a la unió p-n. Una vegada que un electró lliure de la zona n salta a la zona p travessant la zona de càrrega espacial, cau en un dels múltiples buits de la zona p convertint-se en electró de valència. Una vegada ocorregut això l'electró és atret pel pol positiu de la bateria i es desplaça d'àtom en àtom fins a arribar al final del cristall p, des del qual s'introdueix en el fil conductor i arriba fins a la bateria.

D'aquesta manera, amb la bateria cedint electrons lliures a la zona n i atraient electrons de valència de la zona p, apareix a través del díode un corrent elèctric constant fins al final.

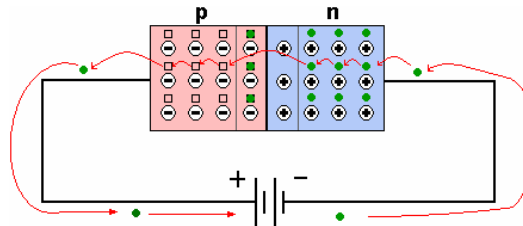


Figura 35. Polarització directa de la unió pn. Vista exterior d'encapsulats de díodes

Polarització inversa

En aquest cas, el pol negatiu de la bateria es connecta a la zona p i el pol positiu a la zona n, el que fa augmentar la zona de càrrega espacial, i la tensió en aquesta zona fins que s'arriba a el valor de la tensió de la bateria. El pol positiu de la bateria atreu als electrons lliures de la zona n, els quals surten del cristall n i s'introdueixen en el conductor dintre del com es desplacen fins a arribar a la bateria. A mesura que els electrons lliures abandonen la zona n, els àtoms pentavalents que abans eren neutres, al veure's despresos del seu electró en el orbital de conducció, adquireixen estabilitat (8 electrons en la capa de valència, veure semiconductor i àtom) i una càrrega elèctrica neta de +1, amb el que es converteixen en ions positius. El pol negatiu de la bateria cedeix electrons lliures als àtoms trivalents de la zona p. Recordem que aquests àtoms només tenen 3 electrons de valència, amb el que una vegada que han format els enllaços covalents amb els àtoms de silici, tenen solament 7 electrons de valència, sent l'electró que falta el denominat *buit*. El cas és que quan els electrons lliures cedits per la bateria entren en la zona p, cauen dintre d'aquests buits amb el que els àtoms trivalents adquireixen estabilitat (8 electrons en el seu orbital de valència) i una càrrega elèctrica neta de -1, convertint-se així en ions negatius. Aquest procés es repeteix una vegada i una altra fins que la zona de càrrega espacial adquireix el mateix potencial elèctric que la bateria.

En aquesta situació, el díode no hauria de conduir el corrent; no obstant això, a causa del efecte de la temperatura es formaran parells electró-buit (veure semiconductor) a banda i banda de la unió produint una petita corrent (de l'ordre de 1 μA) denominada corrent invers de saturació. A més, existeix també un denominat corrent superficial de fugides la qual, com el seu propi nom indica, condueix un petit corrent per la superfície del díode; ja que en la superfície, els àtoms de silici no estan envoltats de suficients àtoms per a realitzar els quatre enllaços covalents necessaris per a obtenir estabilitat. Això fa que els àtoms de la superfície del díode, tant de la zona n com de la p, tinguin buits en el seu orbital de valència amb el que els electrons circulen sense dificultat a través d'ells. No obstant això, igual que el corrent invers de saturació, el corrent superficial de fugides és menyspreable.

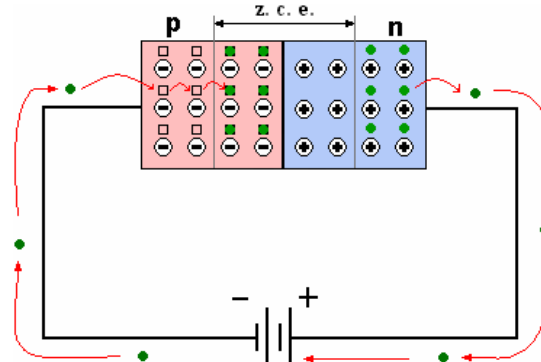


Figura 36. Polarització inversa de la unió p-n.

Característiques principals a tenir en compte

- La tensió llindar de polarització directa que quan es superada la barrera de potencial desapareix.
- Corrent màxim (I_{max}). És la intensitat de corrent màxim que pot conduir el díode sense fondre's.
- Corrent invers de saturació (I_s). És el petit corrent que s'estableix al polaritzar inversament el a causa de la temperatura.
- Corrent de fuga. Petit corrent que és capaç de circular en sentit contrari i saltar la barrera.
- Tensió de ruptura (V_r). És la tensió inversa màxima que el díode pot suportar abans de l'efecte de vessall.

Díodes rectificadors

Els díodes rectificadors són els quals faciliten el pas del corrent contínua en un només sentit (polarització directa), i si fem circular corrent alterna a través d'ells aquesta sol ho farà en la meitat dels semicicles, aquells que polaritzin directament el díode, pel que a la sortida del mateix obtenim un senyal de tipus polsant però contínua.



Figura 36. díodes rectificadors.

Díodes de tractament de senyal (RF)

Aquests díodes estan destinats a formar part d'etapes moduladores, desmoduladores, barreja i limitació de senyals, etc. Un dels punts més crítics en el díode, al moment de treballar amb mitjana i alta freqüència, es troba en la "capacitat d'unió", es deu al fet que en la zona de l'unió pn es formen dues capes de càrrega de sentit oposat que conformen una capacitat real. En els díodes de RF (ràdio freqüència) s'intenta que aquesta capacitat sigui reduïda a la seva mínima expressió, la qual cosa ajudarà que el díode conservi totes les seves habilitats rectificadores, fins i tot quan treballi en altes freqüències. En resposta a altes freqüències destaca el díode denominat Schottky.



Figura 37. Díodes Schottky.

Díodes de capacitat variable (Varicap)

La capacitat formada en els extrems de la unió PN pot resultar de gran utilitat. AL polaritzar un díode de forma directa s'observa que, a més de les zones constitutives de la capacitat buscada, apareix en paral·lel amb elles una resistència de molt baix valor òhmica. Malgrat això, si polaritzem el mateix en sentit invers la resistència en paral·lel que apareix és d'un valor molt alt, la qual cosa fa que el díode es pugui comportar com un condensador amb molt baixes pèrdues. Si augmentem la tensió de polarització inversa les capes de càrrega del díode es separen lo suficient perquè l'efecte s'assembli a una disminució de la capacitat de l'hipotètic condensador (el mateix efecte produït al distanciar les plaques d'un condensador estàndard). L'utilització més sol·licitada per a aquest tipus de díodes sol ser la de substituir a complexos sistemes mecànics de condensador variable en etapes de sintonia en tot tipus d'equips d'emissió i recepció,

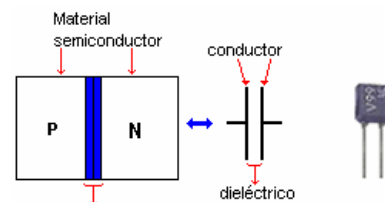


Figura 38. Diode Varicap.

Díode Zener

Si es polaritza inversament un díode estàndard i augmentem la tensió arriba un moment que s'origina un fort pas de corrent que duu al díode a la seva destrucció. Aquest punt es dona per la tensió de ruptura del díode. Es pot aconseguir controlar aquest fenomen i aprofitar-lo, de tal manera que no s'origini la destrucció del díode. El díode zener és capaç de treballar en la regió en la qual es dona l'efecte del mateix nom quan les condicions de polarització així ho determinin i tornar a comportar-se com un díode estàndard atès que la polarització retorni a la seva zona de treball normal. En polarització directa el díode zener es comporta com un díode normal. Aquest efecte es produeix en tot tipus de circuits reguladors i limitadors de tensió.

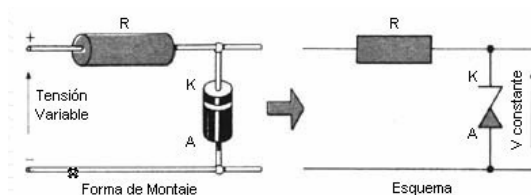
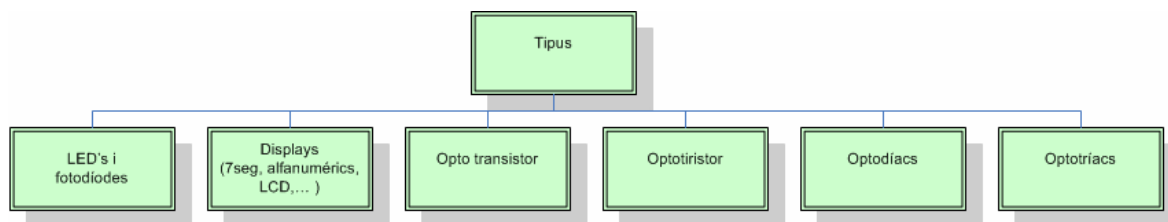


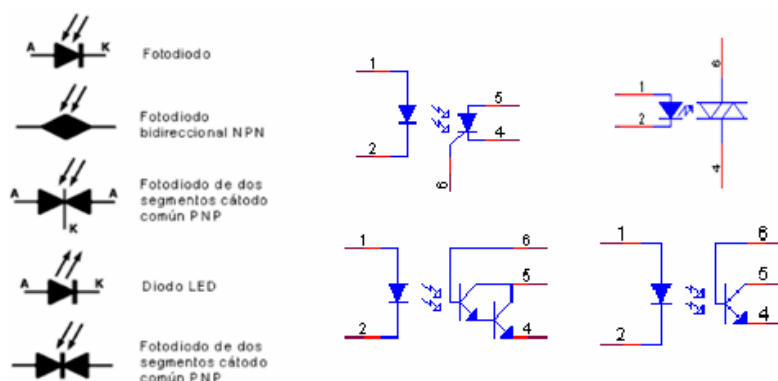
Figura 38. Diode Zener com element estabilizador.

OPTOACOBBLADORS

Principal classificació dels optoacobladors



Simbologia més utilitzada :



Fabricants més importants d'optoacobladors



i uns quans més...

Compuesto	Color	Long. de onda
Arseniuro de galio (GaAs)	Infrarrojo	940nm
Arseniuro de galio y aluminio (AlGaAs)	Rojo e infrarrojo	890nm
Arseniuro fosfuro de galio (GaAsP)	Rojo, naranja y amarillo	630nm
Fosfuro de galio (GaP)	Verde	555nm
Nitruro de galio (GaN)	Verde	525nm
Seleniuro de zinc (ZnSe)	Azul	
Nitruro de galio e indio (InGaN)	Azul	450nm
Carburo de silicio (SiC)	Azul	480nm
Diamante (C)	Ultravioleta	
Silicio (Si)	En desarrollo	

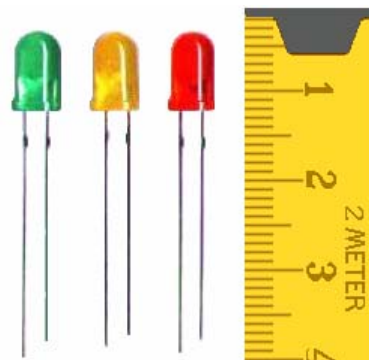


Figura 39. Color d'emissió, i longitud d'ona en funció del material de construcció dels semiconductors dels LED's.

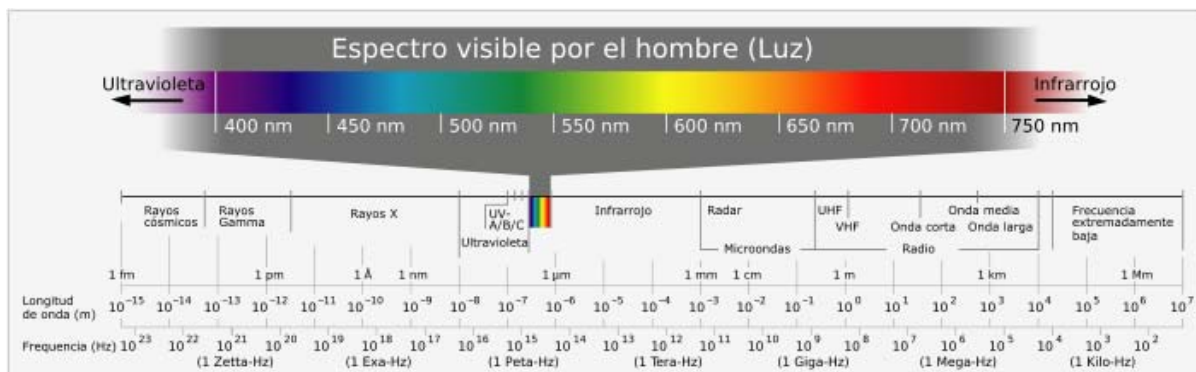


Figura 40. Espectre de longitud d'ona electromagnètica, i franja visible per l'home.

Led

Un LED o díode emissor de llum (light emitting diode) està format per diverses capes de material semiconductor. Si el díode treballa en sentit conductor, es genera llum en una d'aquestes fines capes (la capa activa). Contràriament a les làmpades incandescents, que produeixen un espectre continu, un LED emet llum en un sol color en particular. El color de la llum depèn del material utilitzat a la seva construcció (Figura 39). Hi ha diversitat de encapsulats per als leds, i al mercat en trobem un munt d'ells (Figura 41).

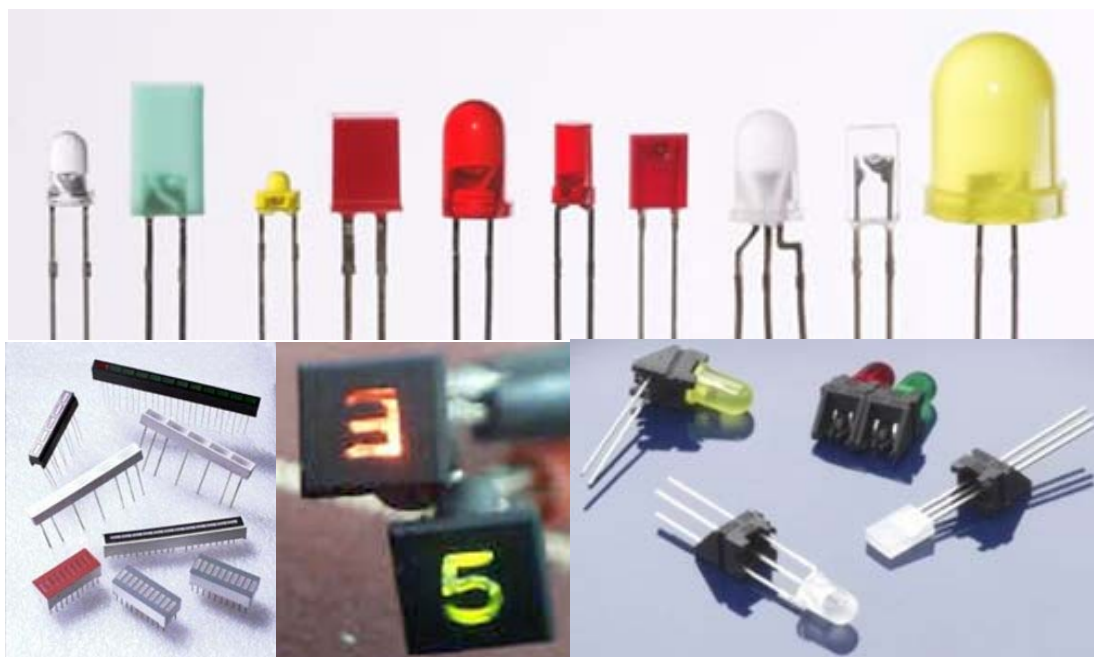


Figura 41. Diversos encapsulats pels leds, i peces de complement.

Fotodíode

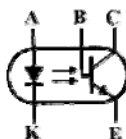
Un fotodíode és un semiconductor construït amb una unió PN, sensible a la incidència de la llum visible o infraroja. Perquè el seu funcionament sigui correcte es polaritza inversament, amb el que es produirà una certa circulació de corrent quan sigui excitat per la llum. A causa de la seva construcció, els fotodíodes es comporten com cèl·lules fotovoltaiques, és a dir, en absència de llum exterior generen una tensió molt petita amb el positiu en l'ànode i el negatiu en el càtode. Aquest corrent present en absència de llum rep el nom de corrent de foscor.

El seu funcionament és ben senzill; quan una llum de suficient energia arriba al díode (fotó), excita un electró donant-li moviment i crea un buit amb càrrega positiva. El material emprat en la composició d'un fotodíode és un factor crític per a definir les seves propietats. Solen estar compostos de silici, sensible a la llum visible (longitud d'ona fins 1μm); germani per a la llum infraroja (longitud d'ona fins 1,8μm); o de qualsevol altre material semiconductor.



Optoacobladores

Un optoacoblador combina un dispositiu semiconductor format per un fotoemissor, un fotoreceptor i entre ambdós hi ha un camí per on es transmet la llum. Tots aquests elements es troben dintre d'un encapsulat que en general és del tipus DIP.



Funcionament del Optoacoblador

El senyal d'entrada és aplicada al fotoemissiu i la sortida és presa del fotoreceptor. Els optoacobladores són capaços de convertir un senyal elèctric en un senyal lluminós modulats i tornar a convertir-la en un senyal elèctric. El gran avantatge d'un optoacoblador resideix en l'**aïllament elèctric** que pot establir-se entre els circuits d'entrada i sortida. Els fotoemissors que s'empren en els optoacobladores de potència són díodes que emeten llamps infrarojos (IRED) i els fotoreceptores poden ser tiristors o transistors.

Quan apareix una tensió sobre els terminals del díode IRED, aquest emet un feix de llamps infrarojos que es transmeten a través d'una petita guia ones de plàstic o cristall cap al fotoreceptor. L'energia lluminosa que incideix sobre el fotoreceptor fa que aquest generi una tensió elèctrica a la seva sortida.

Aquest respon als senyals d'entrada, que podrien ser polsos de tensió.

Diferents tipus de Optoacobladores

- Fototransistor: es compon d'un optoacoblador amb una etapa de sortida formada per un transistor BJT.
- Fototriac: es compon d'un optoacoblador amb una etapa de sortida formada per un triac
- Fototriac de passada per zero: Optoacoblador en l'etapa del qual de sortida es troba un triac d'encreuament per zero. El circuit intern d'encreuament per zero commuta al triac només en els encreuaments per zero del corrent altern.

tipo de optoaislador	Discretos					
	Lamp/fotoreistor	LED/fotoreistor	LED/fotodiodo	LED/fototransistor	LED/fotodárlington	LED/Foto-SCR
características	 Incandescente o de neón	 Incandescente o de neón	 Incandescente o de neón	 Incandescente o de neón	 Incandescente o de neón	 Incandescente o de neón
(CTR) razón de transferencia de corriente	$\Delta R_{out} / \Delta V_{in} = 100\Omega \text{ to } 10k\Omega/V$	$\Delta R_{out} / \Delta V_{in} = 10k\Omega / A$	0.2%	10% to 200%	600% typ	I_{in} a disparador = 10 - 30mA
Razón de datos (MHz)	10^{-3} to 10^{-4} MHz	10^{-4} MHz	4 MHz	0.2 MHz	0.02 MHz conventional 0.3 MHz split darlington	
Voltaje de separación (kV)	0.5 to 1.6 kV	0.5 to 2.0 kV	0.2 to 50 kV	0.5 to 10 kV	15 to 4 kV	2.0 kV
in requerido current (mA) Máx	1.0 to 40 mA	40 mA	2 to 80 mA 60 to 100 mA	15 to 60 mA 60 to 150 mA	0.5 to 20 mA 60 mA	

Figura 44. Diferents tipus d'optoacoblador i principals propietats.

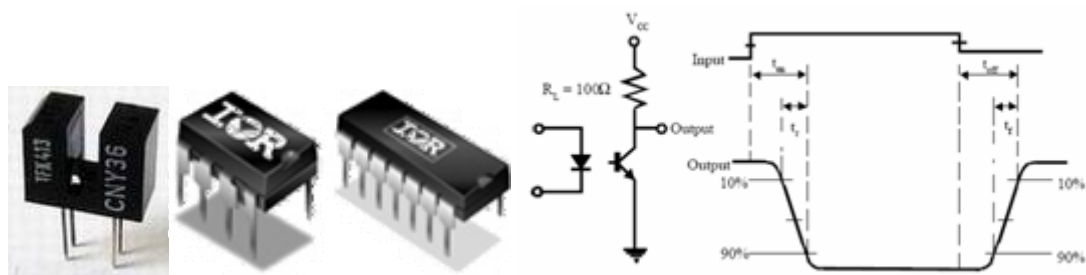


Figura 43. Diferents encapsulats per als optoacobladores. Gràfic que simbolitza el seu funcionament.

Display

Es diu display o visualitzador a un dispositiu de certs aparells electrònics que permet mostrar informació a l'usuari. Els primers displays, similars als dels ascensors, es construïen amb llums que il·luminaven les llegendes. AL permetre mostrar diferents informacions, ja es pot parlar amb propietat de displays. Un tub Nixie és semblant a un llum de neó però amb diversos ànodes que tenen la forma dels símbols que es vol representar. Altre avanç va ser la invenció del display de 7 segments.

Display de segments

En un display de 7 segments es representen els dígits 0 a 9 il·luminant els segments adequats. També solen contenir el punt o la coma decimal. De vegades es representen també alguns caràcters com la "I" (Error), "b" o "L" (Low Battery), etc., però per a representar els caràcters alfabètics es va introduir el display de 14 segments. El display de 14 segments va tenir èxit reduït i només existeix de forma marginal a causa de la competència de la matriu de 5x7 punts. Els displays de segments es fabriquen en diverses tecnologies: Incandescència, de càtode fred LED, , cristall líquid, fluorescent, etc.

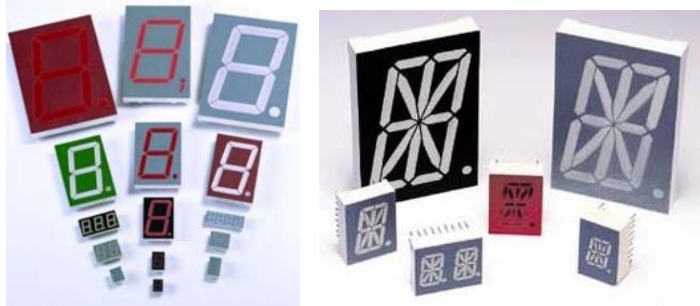


Figura 44. Visualitzadors de segments, numèrics i alfanumèrics.

Displays d'incandescència.

La matriu de 5x7 permet representar lletres majúscules i minúscules, signes de puntuació i caràcters especials amb un grau de llegibilitat excel·lent. No és nova i ja en els anys 1940 se'ls podia veure mostrant llegendes publicitàries. Estaven fabricades amb llums d'incandescència. Actualment es fabriquen amb LED i LCD.

A les matrius de 5x7 segueixen les línies de caràcters, principalment LCD i VFD, presentant-se en múltiples formats, d'una a quatre línies de vuit a quaranta caràcters.

Matriu gràfica. Consisteix en una matriu més gran, que pot representar tant caràcters com gràfics. Es fabriquen en LCD i VFD. Les matrius de LED estan constituïdes per un mosaic de displays més petits (8x8, normalment). Poden ser multicolors (Rojo-Taronja-Verda o Vermell-Verd-Blau), trobant la seva utilitat en tanques publicitàries, camps de futbol, etc.



Figura 45. Matriu de leds. Actualment es fabriquen leds amb el tres colors primaris dintre del mateix encapsulat.

Display fluorescent de buit.

Consisteixen en una butllofa de vidre que conté un o varis filaments que actuen de càtode, diversos ànodes recoberts de fòsfor una reixeta per caràcter. AL polaritzar positivament els ànodes i les reixetes, els electrons emesos per càtode arriben a un ànode, que s'il·lumina. Depenent el model, funcionen amb tensions d'alimentació de reixetes i ànodes a partir de 12V.



Figura 46. Tubs d'incandescència i tub nixie.

Cristall líquid.

El cristall líquid és un tipus especial de estat d'agregació de matèria que té propietats de les fases líquida i sòlida. Depenent del tipus de cristall, és possible que les molècules tinguin llibertat de rotació.

Els cristalls líquids termotrópics estan compostos generalment per molècules amb formes de cilindres o discos. Segons la temperatura i tipus de molècules, els cristalls poden organitzar-se en diferents fases nemàtiques. Té una viscositat relativament baixa, fet que li confereix respostes ràpides a camps elèctrics externs. L'altre tipus de cristall líquid és el "liotrópic", el qual obté diferents col·locacions en funció del nombre de molècules que ho componguin.

Algunes d'aquestes molècules nemàtiques presenten propietats òptiques segons la seva orientació permetent o impedit el pas de la llum o actuant sobre la seva polarització. La seva aplicació més directa és per a la fabricació de pantalles de cristall líquid.

Un altra categoria existent és la dels cristalls líquids liotrópics, formats per agregació de molècules anfífilas (molècules que posseeixen en la seva mateixa estructura, regions hidrofóbicas i hifrofilicas) quan són col·locades en un mitjà polar (aigua) o apolar (solució orgànica).

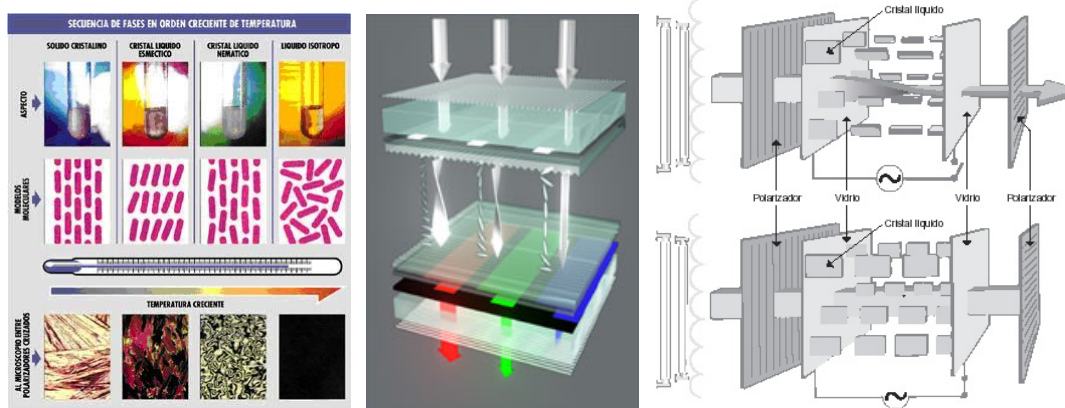


Figura 47. Tipus de Cristalls, i manera com la llum polaritzada els travessa.

al fet que un feix de llum que travessi el cristall líquid seguirà el rumb de les seves molècules, comportant-se com qualsevol element sòlid, encara que a d'aplicar-li una variació elèctrica al cristall líquid, aquest produirà un canvi en l'alineació de les molècules i per conseqüent la manera que la llum passarà a través d'elles, en aquest últim cas mostrant qualitats líquides. Alguna cosa a destacar en els LCD és que el Cristall Líquid no disposa de lluminositat pròpia, o capacitat de brindar llum, és per això que necessita ser retroiluminat. Això genera diversos problemes que dia després de dia són menys recurrents, com trobar-nos amb zones de la pantalla amb més o menys llum, dit sigui de passada aquest problema es denomina "backlight bleeding". La "retroiluminació" en els LCD és generada per càtodes fluorescents que se situen en els marcs de les unitats, i és per això que al variar els angles de visió la imatge es distorsiona igual que els colors. De totes maneres ara per ara amb els seus avantatges, desavantatges, i constants millores tant a nivell profunditat de colors com temps de resposta, els LCD són els monitors gairebé ideals per a la majoria de gent.

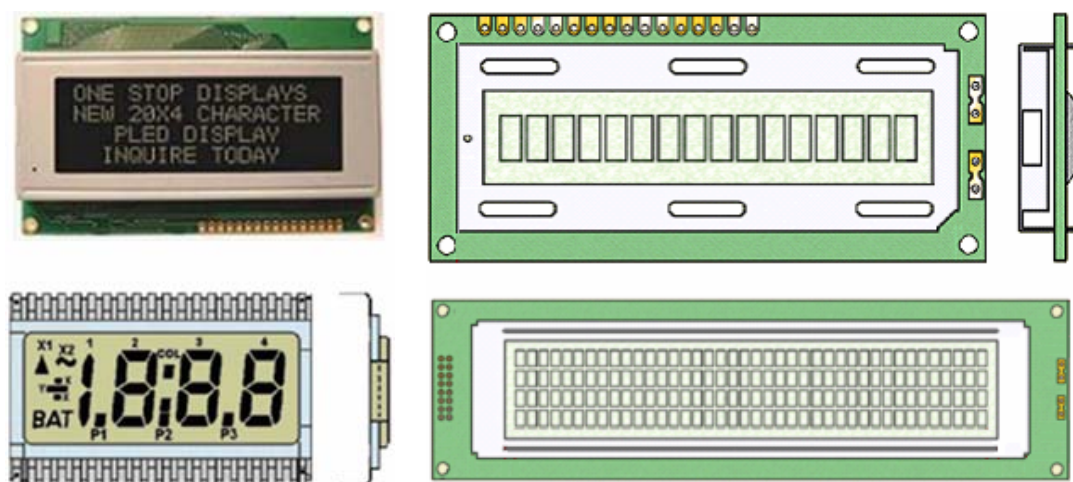
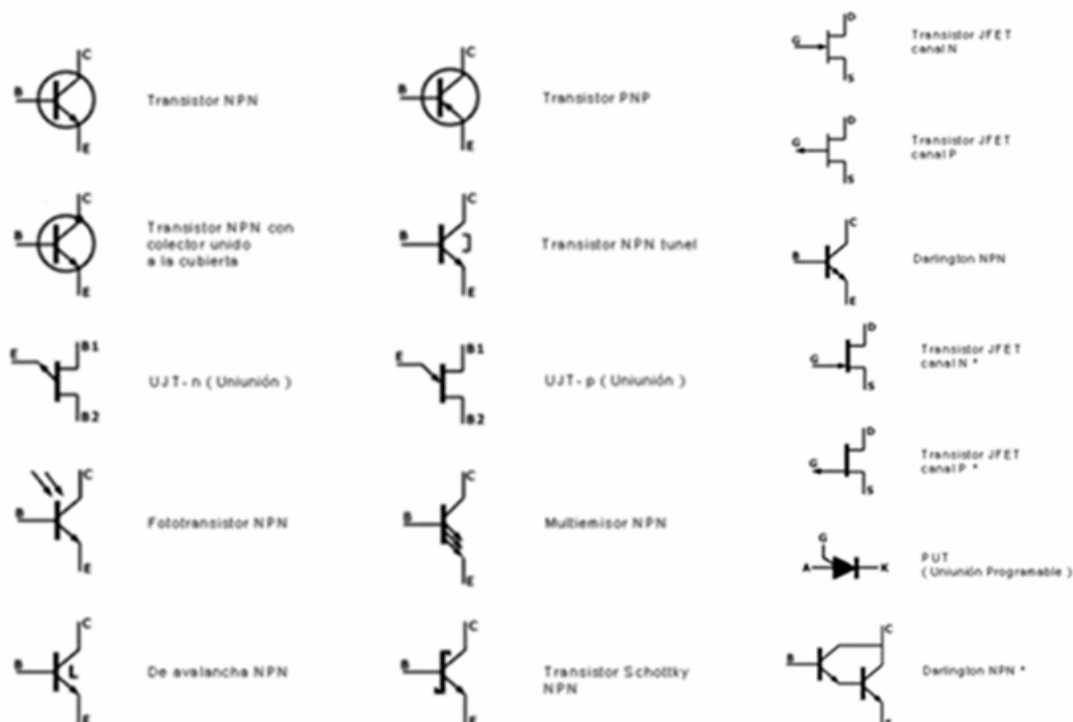
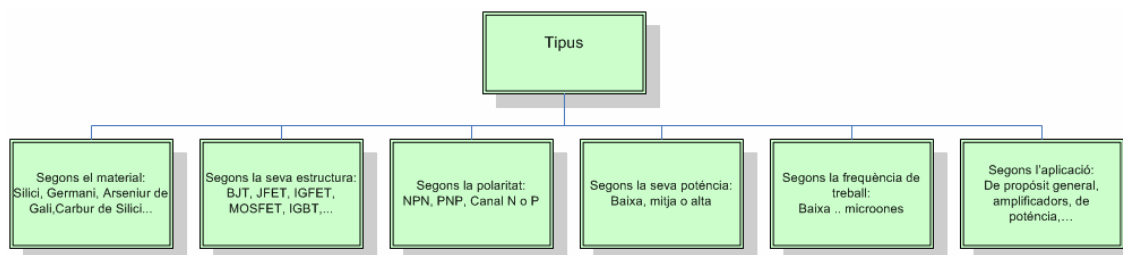


Figura 48. Diferents tipus de displays de cristall líquid que podem trobar al mercat.

TRANSISTORS

Principal classificació dels transistors



Fabricants més importants de transistors :



i d'altres ...

Transistor

Un transistor (contracció de transfer resistor) és un dispositiu semiconductor amb tres terminals utilitzat com amplificador en el qual una petita corrent o tensió aplicada a un dels terminals controla o modula el corrent entre els altres dos terminals. Actualment és el component fonamental a l'electrònica moderna, tant digital com analògica (figura 49). En els circuits digitals és utilitzat com interruptor, i mitjançant muntatges especials componen les portes lògiques, les memòries i altres dispositius. En els circuits analògics s'utilitza principalment com amplificador.

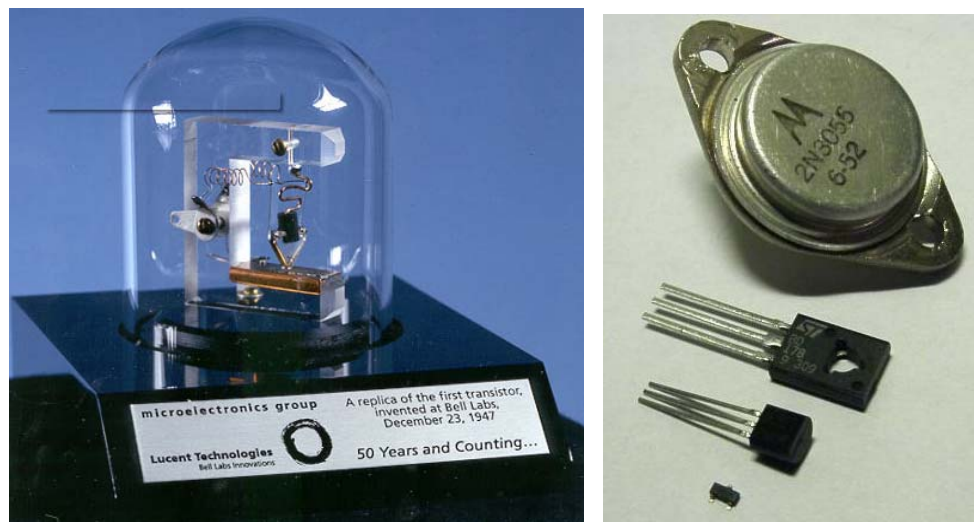


Figura 49. Primer transistor de laboratori, i diferents tipus d'encapsulats dels moderns.

Generalitats

Els seus inventors ho van anomenar així per la propietat que té de canviar la resistència al pas del corrent elèctric entre l'emissor i el receptor.

Un petit senyal elèctric aplicat entre la base i emissor comanda la que circula entre emissor i col·lector. El senyal de la base pot ser molt petit en comparació amb el del col·lector. El senyal emissor – col·lector és aproximadament el mateix senyal que el de la base però amplificat.

El transistor s'utilitza com amplificador. A més, tot amplificador oscil·la així que pot fer-se servir com oscil·lador, com rectificador i com commutador (principal propietat de funcionament a l'electrònica digital).

Tipus de transistor

Existeixen diferents tipus de transistors, dels quals la classificació més acceptada consisteix en dividir-los en transistors de bipolars o BJT (Bipolar Junction Transistor) i transistors d'efecte de camp o FET (Field Effect Transistor). La família dels transistors d'efecte de camp és al seu torn bastant àmplia, englobant els JFET, MOSFET, MISFET, etc...

Transistors bipolars

Els transistors bipolars sorgeixen de la unió de tres cristalls de semiconductor amb dopatges diferents i intercanviats. Es pot tenir per tant transistors PNP o NPN (figura 50). Els transistors bipolars s'usen generalment en electrònica analògica. També en algunes aplicacions d'electrònica digital com la tecnologia BICMOS o TTL.

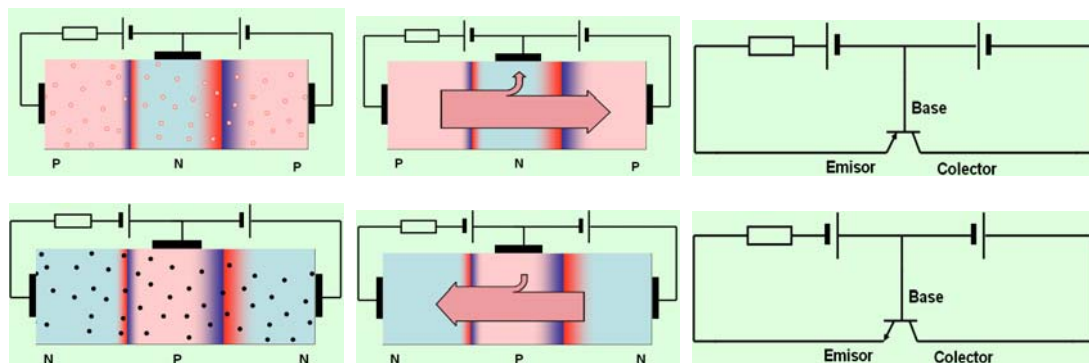


Figura 50. Transistors d'unió NPN o PNP.

Transistors d'efecte de camp

Els transistors d'efecte de camp més coneguts són els JFET (Junction Field Effect Transistor), MOSFET (Metall-Oxide-Semiconductor FET) i MISFET (Metall-Insulator-Semiconductor FET).

Tenen tres terminals denominades porta a l'equivalent a la base del BJT, i que regula el pas de corrent per les altres dues terminals, anomenades drenador i font.

Una diferència significativa és que, en els MOSFET, la porta no absorbeix intensitat en absolut, enfront dels BJT, on la intensitat que travessa la base és petita en comparació de la qual circula per les altres terminals.

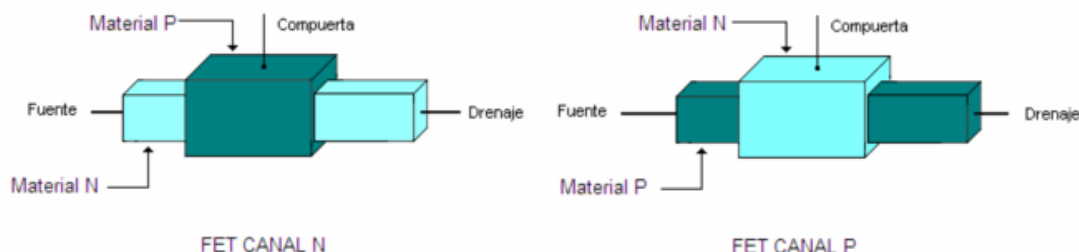


Figura 51. Constitució interna d'un transistors d'efecte de camp.

Exemple de fabricació de un transistor MOS

En la següent figura (figura 52), es mostra detalladament el procés típic de fabricació d'un transistor MOS (*MOSFET*):

1. Es parteix de l'hòstia de material semiconductor.
2. Es fa créixer una capa d'òxid (zona ratllada) que servirà com aïllant.
3. Es diposita un dielèctric com el nitrur (capa vermella) que servirà com màscara, també es podia usar simplement l'òxid anterior com màscara, depèn del grossor i dels processos següents.
4. Es diposita una capa de resina sensible a la radiació (capa negra), típicament a la radiació lluminosa. Es fa incidir la llum per a canviar les característiques de la resina en algunes de les seves parts. Per a això serveixen d'ajuda les màscares fetes abans amb eines CAD.
5. Mitjançant processos d'atacat algunes zones de la resina són eliminades i unes altres romanen.
6. Es torna a atacar, aquesta vegada el nitrur. Aquest pas es podia haver fet al costat de l'anterior.
7. Implantació iònica a través de l'òxid.
8. Es creen les zones que aïllaran el dispositiu d'uns altres que pugui haver volta (zones blaves).
9. Es creix més òxid, amb el que aquest empeny les zones creades abans cap a l'interior de l'hòstia per a aconseguir un millor aïllament.
10. Eliminació del nitrur i part de l'òxid.
11. Es fa créixer una fina capa d'òxid d'alta qualitat que servirà d'òxid de porta al transistor.
12. Diposició d'una capa de polisilici (capa verda fosca) mitjançant processos fotolitogràfics anàlegs als observats en els punts 1 al 5. Aquest polisilici serà el contacte de porta del transistor.
13. Atacat de l'òxid per a crear finestres on es crearan les zones del drenador i sortidor. El polisilici anterior servirà de màscara a l'òxid de porta per a no ser eliminat.
14. Implantació iònica amb dopants que serveixen per a definir el drenador i el sortidor. El polisilici torna a fer de màscara per a protegir la zona del canal.
15. Veiem en verd clar les zones de drenador i sortidor.
16. Es diposita una capa d'aïllant (zona grisa).
17. Mitjançant processos fotolitogràfics com els vistos abans, s'ataca part de l'òxid.
18. Es diposita una capa metàl·lica que servirà per a connectar el dispositiu a uns altres.

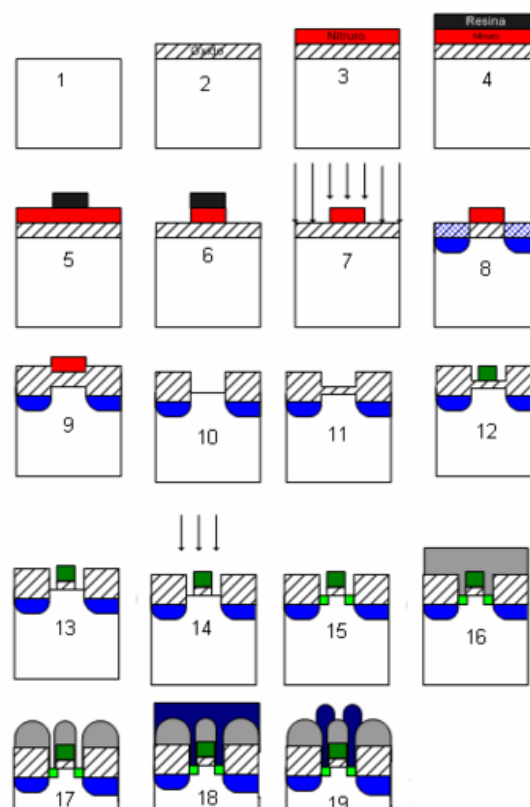
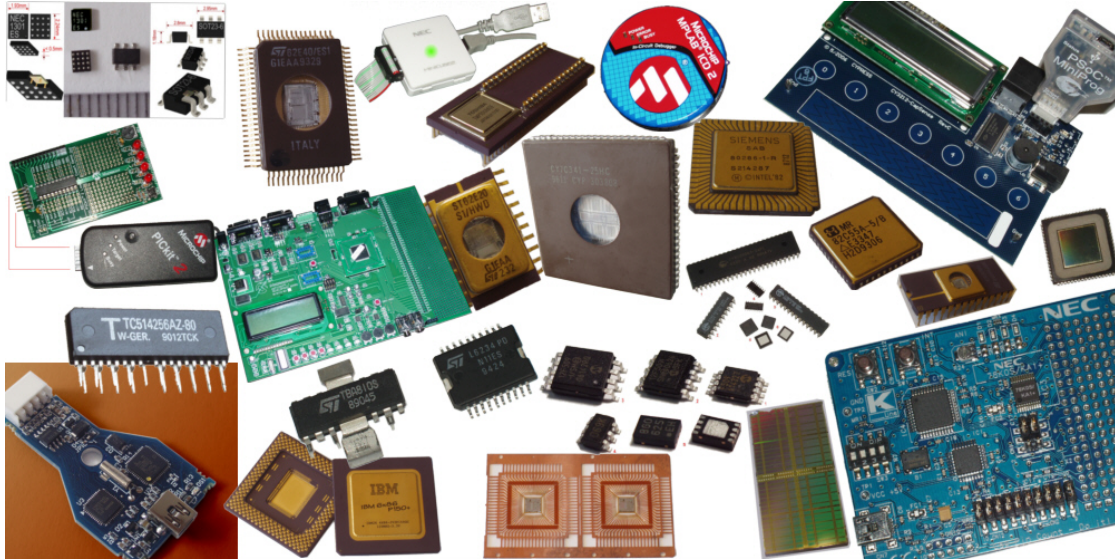


Figura 52. Fabricació d'un transistor.

S'ataca de la forma ja coneguda el metall (capa blava fosca) per a deixar únicament els contactes. El contacte de porta no es mostra en la figura perquè és posterior al plànol

CIRCUITS INTEGRATS

Mitjançant tècniques de treball amb semiconductors neixen els circuits integrats, que consten de milers de transistors disposats de manera que emulen un circuit sencer. Hi ha moltíssims tipus segons la seva funció i finalitat.



Els principals fabricants mundials de circuits integrats poden ser :



Circuit integrat

Un circuit integrat (CI) o xip, és una pastilla molt prima en la qual es troba una enorme quantitat (de l'ordre de milers o milions) de dispositius microelectrònics interconnectats, principalment díodes i transistors, a més de components passius com resistències o condensadors. La seva àrea és de grandària reduïda, de l'ordre d'un cm^2 o inferior.

El primer CI va ser desenvolupat en 1958 per l'enginyer Jack Kilby just mesos després d'haver estat contractat per la signa Texas Instruments. Es tractava d'un dispositiu de germani que integrava sis transistors en una mateixa base semiconductora per a formar un oscil·lador de rotació de fase. En l'any 2000 Kilby va ser guardonat amb el Premio Nobel de Física per la contribució del seu invent al desenvolupament de la tecnologia de la informació.

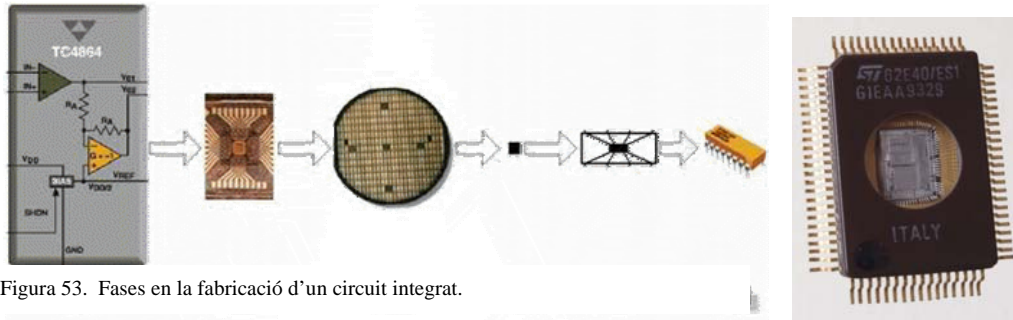
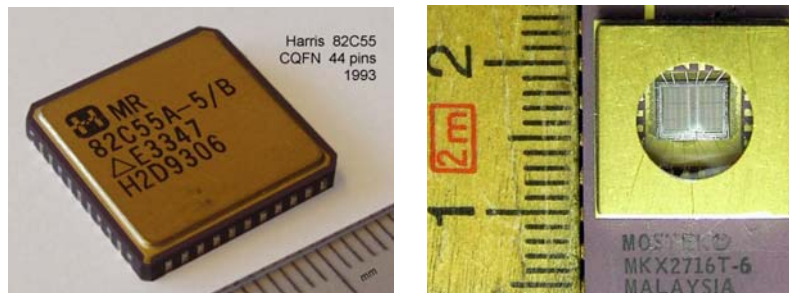


Figura 53. Fases en la fabricació d'un circuit integrat.

Avanços en els circuits integrats

Els avanços que van fer possible el circuit integrat han estat, fonamentalment, els desenvolupaments en la fabricació de dispositius semiconductors a mitjan segle XX i els descobriments experimentals que van mostrar que aquests dispositius podien reemplaçar les funcions de les vàlvules o tubs de buit, que es van tornar ràpidament obsolets al no poder competir amb la petita grandària, el consum d'energia moderat, els temps de commutació mínims, la capacitat de producció en massa i la versatilitat dels CI.

Amb el transcurs dels anys, els CIs estan constantment migrant a grandàries més petites amb millors característiques, permetent que major quantitat de circuits siguin empaquetats en cada xip. AL mateix temps que la grandària es comprimeix, pràcticament tot es millora (el cost i el consum d'energia disminueixen i la velocitat augmenta). Encara que aquests guanys són aparentment per a l'usuari final, existeix una feroç competència entre els fabricants per a utilitzar geometries cada vegada més primes. Aquest procés, i l'esperat procés en els pròxims anys, està molt bé descrit per la International Technology Roadmap for Semiconductors, o ITRS.



Existeixen tres tipus de circuits integrats:

- **Circuits monolítics:** Estan fabricats en un solo monocristall, habitualment de silici, però també existeixen en germani, arsenur de gali, silici - germani, etc.
- **Circuits híbrids de capa fina:** Són molt similars als circuits monolítics, però, a més, contenen components difícils de fabricar amb tecnologia monolítica. Molts convertidors A D/i D/A se van fabricar en tecnologia híbrida fins que els progressos en la tecnologia van permetre fabricar resistències precises.
- **Circuits híbrids de capa gruixuda:** S'aparten bastant dels circuits monolítics. De fet solen contenir circuits monolítics sense càpsula (*díus*), transistors, díodes, etc, sobre un substrat dielèctric, interconnectats amb pistes conductores. Les resistències es disposen per serigrafia i s'ajusten fent-los corts amb làser. Tot això s'encapsula, tant en càpsules plàstiques com metàl·liques, depenent de la dissipació de potència que necessitin. En molts casos, la càpsula no està "modelada", sinó que simplement consisteix en una resina epòxid que protegeix el circuit. En el mercat es troben circuits híbrids per a mòduls de RF, fonts d'alimentació, circuits d'encès per a automòbil, etc.

Classificació

Atenent al nivell d'integració - nombre de components - els circuits integrats es classifiquen en:

- SSI (*Small Scale Integration*) petit nivell: inferior a 12
- MSI (*Medium Scale Integration*) mig: 12 a 99
- LSI (*Large Scale Integration*) gran: 100 a 9999
- VLSI (*Very Large Scale Integration*) molt gran: 10 000 a 99 999
- ULSI (*Ultra Large Scale Integration*) ultra gran: igual o superior a 100 000

Quant a les **funcions** integrades, els circuits es classifiquen en dos grans grups:

- Circuits integrats analògics. Poden constar des de simples transistors encapsulats junts, sense unió entre ells, fins a dispositius complets com amplificadors, oscil·ladors o fins i tot receptors de ràdio complets.
- Circuits integrats digitals. Poden ser des de les més bàsiques com portes lògiques (I, O, NO) fins als més complicats microcontrolador.

Limitacions dels circuits integrats

Existeixen certs límits físics i econòmics al desenvolupament dels circuits integrats. Bàsicament, són barreres que es van allunyant al millorar la tecnologia, però no desapareixen. Les principals són:

Dissipació de potència - Evacuació de la calor

Els circuits elèctrics dissipen potència. Quan el nombre de components integrats en un volum donat creix, les exigències quant a dissipació d'aquesta potència, també creixen, escalfant el substrat i degradant el comportament del dispositiu. A més, en molts casos és un comportament regeneratiu, de manera que com més gran sigui la temperatura, més calor produeixen, fenomen que se sol cridar "embalament tèrmic" i, que si no s'evita, arriba a destruir el dispositiu. Els amplificadors d'àudio i els reguladors de tensió són proclius a aquest fenomen, pel que solen incorporar "proteccions tèrmiques".

Els circuits de potència, evidentment, són els quals més energia han de dissipar. Per a això la seva càpsula conté parts metàl·liques, en contacte amb la part inferior del xip, que serveixen de conducte tèrmic per a transferir la calor del xip al dissipador o a l'ambient. La reducció de resistivitat tèrmica d'aquest conducte, així com de les noves càpsules de compostos de silicó, permeten majors dissipacions amb càpsules més petites.

Els circuits digitals resolen el problema reduint la tensió d'alimentació i utilitzant tecnologies de baix consum, com CMOS. Tanmateix en els circuits amb més densitat d'integració i elevades velocitats, la dissipació és un dels majors problemes, arribant-se a utilitzar experimentalment certs tipus de criòstats. Precisament l'alta resistivitat tèrmica de l'arseniür de gali és el seu taló d'Aquil·les per a realitzar circuits digitals amb ell.

Capacitats i autoinduccions paràsites

Aquest efecte es refereix principalment a les connexions elèctriques entre el xip, la càpsula i el circuit on va muntada, limitant la seva freqüència de funcionament. Amb pastilles més petites es redueix la capacitat i l'autoinducció d'elles. En els circuits digitals excitadores de busos, generadors de rellotge, etc, és important mantenir la impedància de les línies i, encara més, en els circuits de ràdio i de microones.

Límits en els components

Els components disponibles per a integrar tenen certes limitacions, que difereixen de les de les seves contrapartides discretes.

- Resistències. Són indesitjables per necessitar una gran quantitat de superfície. Per això només s'usen valors reduïts i, en tecnologies mos, s'eliminen gairebé totalment.
- Condensadors. Només són possibles valors molt reduïts i a costa de molta superfície. Com exemple, en l'amplificador operacional uA741, el condensador d'estabilització ve a ocupar una cambra del xip.
- Bobines. Només s'usen en circuits de radiofreqüència, sent híbrids moltes vegades. En general no s'integren.

Densitat d'integració

Durant el procés de fabricació dels circuits integrats es van acumulant els defectes, de manera que cert nombre de components del circuit final no funcionen correctament. Quan el xip integra un nombre major de components, aquests components defectuosos disminueixen la proporció de xips funcionals. És per això que en circuits de memòries, per exemple, on existeixen milions de transistors, es fabriquen més dels necessaris, de manera que es pot variar la interconnexió final per a obtenir l'organització especificada.

Càrrega electrostàtica

Solem conèixer la càrrega electrostàtica de la nostra vida diària. Com més asseco l'aire, tant major la càrrega electrostàtica. En les fàbriques hi ha càrrega electrostàtica en qualsevol lloc amb fricció de diferents materials. A causa de la miniaturització constant i cada vegada major de components electrònics una conseqüent protecció ESD (electro static discharge) s'ha tornat imprescindible. Aparells electrònics, plaques de circuits impresos, components i dades reaccionen en forma molt sensible a descàrregues electrostàtiques. Efectivament, una descàrrega electrostàtica de tan sols 100 volts és capaç de danyar components electrònics

Les famílies lògiques MOS són especialment susceptibles a danys per càrrega electrostàtica. Això és conseqüència directa de l'alta impedància d'entrada d'aquests CI. Una petita càrrega electrostàtica que circuli per aquestes altes impedàncies pot donar origen a voltatges perillosos. La majoria dels nous dispositius CMOS estan protegits contra dany per càrrega estàtica mitjançant la inclusió en les seves entrades d'un díode Zener de protecció. Aquests díodes estan dissenyats per a conduir i limitar la magnitud del voltatge d'entrada a nivells molt inferiors als necessaris per a fer mal.



Figura 54. Senyalització zona sensible a l'estàtica.

Les principals sèries d'integrats CMOS són:

1. sèrie 4000/14000
2. sèrie 74C
3. sèrie 74HC (CMOS d'alta velocitat)
4. sèrie 74HCT
5. Diferències entre les famílies TTL i CMOS.

En comparació de les famílies lògiques TTL, les famílies lògiques MOS són més lentes quant a velocitat d'operació; requereixen de molt menys potència; tenen un millor maneig del soroll; un major interval de subministrament de voltatge; un factor de càrrega més elevat i requereixen de molt menys espai (àrea en el CI) a causa de el compacte dels transistors MOSFET. A més, a causa de la seva alta densitat d'integració, els CI MOS estan superant als CI bipolars en l'àrea d'integració a gran escala. (LSI - memòries grans, CI de calculadora, microprocessadors, així com VLSI).

D'altra banda, la velocitat d'operació dels CI TTL els fa dominar les categories SSI o MSI (comportes, FF i comptadors)

Fabricació de circuits integrats

La fabricació de circuits integrats és un procés complex i en el qual intervenen nombroses etapes. Cada fabricant té les seves pròpies tècniques que guarden com secret d'empresa, encara que les tècniques són semblants.

Una vegada que es dissenyen els transistors es fa el joc de màscares de les metal·litzacions que és la forma de connectar els transistors per a formar estructures més complicades, com portes lògiques.

Principals característiques a tenir en compte d'un CI

L'abstracció Digital té validesa sempre que els circuits treballin dintre de les especificacions del fabricant:

- Tensió d'alimentació.
- Nivells lògics.
- Qualitat dels senyals d'entrada.
- Càrrega connectada a la sortida.
- Etc.

S'ha de realitzar per tant una anàlisi ANALÒGICA per a comprovar que els circuits digitals treballen sota especificacions. Per a això caldrà manejar conceptes tals com:

- Tensió d'alimentació.
- Nivells lògics.
- Marges de soroll
- Dissipació de potència.
- Retard de propagació.
- Producte velocitat – potència.
- Càrrega i fan-out.

EVOLUCIÓ DE LES MEMÒRIES

Les memòries han evolucionat molt des que es van idear com mètode d'emmagatzematge de dades les primeres cintes perforades. Organitzant aquests tipus de memòria convé destacar tres categories si les classifiquem en funció de les operacions que podem realitzar sobre elles, és a dir, memòries de només lectura, memòries de sobretot lectura i memòries de lectura/escriptura.

Memòries de només lectura.

- a. ROM: (Read Only Memory): S'usen principalment en microprogramació de sistemes. Els fabricants les solen emprar quan produeixen components de forma massiva.
- b. PROM: (Programmable Read Only Memory): El procés d'escriptura és electrònic. Es pot gravar posteriorment a la fabricació del xip, a diferència de les anteriors que es grava durant la fabricació. Permet un únic enregistrament i és més cara que la ROM.

Memòries de sobretot lectura.

- c. EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory): Es pot escriure diverses vegades de forma elèctrica, no obstant això, l'esborrat dels continguts és complet i a través de l'exposició a llamps ultraviolats (d'això que solen tenir una petita 'finestra' en el xip).
- d. EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory): Es pot esborrar selectivament byte a byte amb corrent elèctric. És més cara que la EPROM.
- e. Memòria flash: Està basada en les memòries EEPROM però permet l'esborrat bloc a bloc i és més barata i densa.

Memòries de Lectura/Escriptura (RAM)

- f. DRAM (Dynamic Random Access Memory): Les dades s'emmagatzemen com en la càrrega d'un condensador. Tendeix a descarregar-se i, per tant, és necessari un procés de refresc periòdic. Són més simples i barates que les SRAM.
- g. SRAM (Static Random Access Memory): Les dades s'emmagatzemen formant biestables, pel que no requereix refresc. Igual que DRAM és volàtil. Són més ràpides que les DRAM i més cares.

Lògica programable

En 1970, Texas Instruments va desenvolupar un CI de màscara programable basat en la memòria associativa de sols lectura (ROAM) d'IBM. Aquest dispositiu, el TMS2000, era programat alterant la capa metàl·lica durant la producció del circuit imprès. El TMS2000 tenia fins a 17 entrades i 18 sortides amb 8 biestables JK com memòria. Texas Instruments el bateja com "Programmable logic array". En 1971, General Electric desenvolupava un PLD basat en la nova tecnologia PROM. Aquest dispositiu experimental va millorar el ROAM d'IBM permetent realitzar lògica multinivell. Intel acabava d'introduir la PROM de porta flotant borbable per UV pel que el desenvolupador en General Electric va incorporar aquesta tecnologia. En 1973 National Semiconductor va introduir un dispositiu PLA de màscara programable (DM7575) amb 14 entrades i 8 sortides sense registres de memòria. Aquest era més popular que el de Texas Instruments, però el cost de fer la màscara metàl·lica limitava el seu ús.

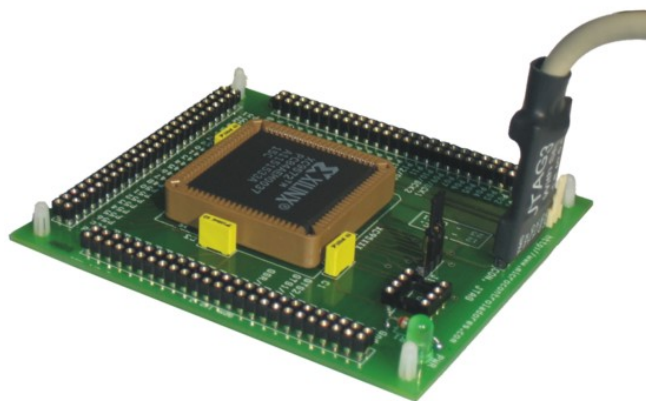


Figura 55. Imatge d'una PAL "XILINX".

PAL (Programmable array logic)

MMI va introduir un dispositiu revolucionari en 1978, la Programmable Array Logic (*Matriu lògica programable*). L'arquitectura era més senzilla que la FPLA de Signetics. Això va fer els dispositius més ràpids, més petits i més barats. Estaven disponibles en encapsulats de 20 pins i 300.000 DIP, mentre que les FPLAs venien en encapsulats de 28 pins i 600.000 DIP. Després de l'èxit de MMI amb els PAL de 20 pins, AMD va introduir els 22V10 de 24 pins amb característiques addicionals. Després comprar a MMI (1987), AMD va desenvolupar una operació consolidada menjo Vantis, adquirida per Lattice Semiconductor en 1999.

GALs

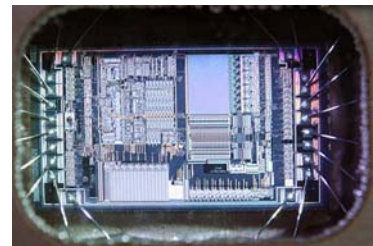
Una innovació del PAL va ser la matriu lògica genèrica (*Genèric array logic*) o GAL, inventades per Lattice Semiconductor en 1985. Aquest dispositiu té les mateixes propietats lògiques que el PAL, però pot ser esborrada i reprogramada. La GAL és molt útil a la fase de disseny, quan una fallada en la lògica pot ser corregit per reprogramació. Les GALs es programen i reprogramen utilitzant un programador PAL, o utilitzant la tècnica de programació en xips secundaris.

CPLDs

Les PALs i GALs estan disponibles en mides equivalents a uns pocs centenars de portes lògiques. Per a circuits lògics majors, es poden utilitzar PLDs complexes o CPLDs. Aquests contenen l'equivalent a diverses PAL enllaçades per interconnexions programables, tot això en el mateix circuit integrat. Les CPLDs poden reemplaçar milers, o fins i tot centenars de milers de portes lògiques. Algunes CPLDs es programen utilitzant un programador PAL, però aquest mètode no és manejable per a dispositius amb centenars de pins. Un segon mètode de programació és soldar el dispositiu en el seu circuit imprès. Les CPLDs contenen un circuit que descodifica l'entrada de dades i configura la CPLD per a realitzar la seva funció lògica específica. Cada fabricant té un nom específic per a aquest sistema de programació. Per exemple, Lattice Semiconductor la flama *in-system programming* (programació dintre del sistema). No obstant això, aquests sistemes propietaris estan deixant pas al estàndard del *Joint Test Action Group* (JTAG).

Altres variants

Actualment, existeix bastant interès en sistemes reconfigurables. Aquests sistemes es basen en circuits microprocessadors i conté algunes funcions prefixades i altres que poden ser alterades per codi en el processador. Les PLDs que es venen actualment, contenen un microprocessador amb una funció prefixada (el nucli) envoltat amb dispositius de lògica programable. Aquests dispositius permeten als dissenyadors concentrar-se en afegir noves característiques als dissenys sense haver de preocupar-se de fer que funcioni el microprocessador.



Al juntar les memòries amb lògiques programables neix el microcontrolador.

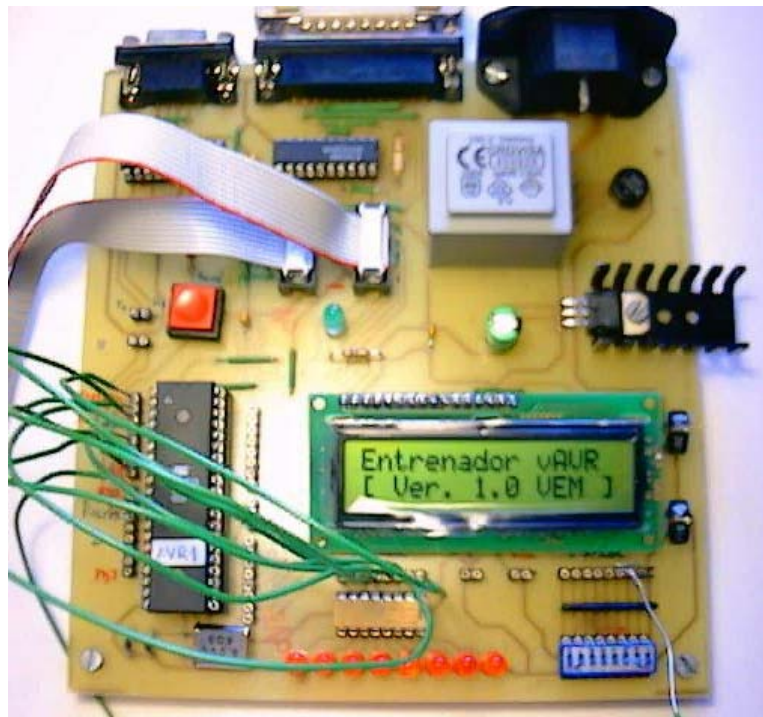


Figura 56. Detall de la complexitat estructural d'un microcontrolador programable y un possible muntatge.

FIBRA OPTICA

La fibra òptica és un conductor en forma de filament, generalment de vidre, encara que també pot ser de materials plàstics. La fibra òptica és capaç de dirigir la llum al llarg de la seva longitud fent servir la reflexió total interna. Normalment la llum és emesa per un làser o un LED normal. Les fibres són àmpliament utilitzades en telecomunicacions, ja que permeten enviar gran quantitat de dades a gran velocitat, major que les comunicacions de ràdio i cable. També s'utilitzen per a xarxes locals. Són el mitjà de transmissió immune a les interferències per excel·lència (electromagnètiques,...). Tenen un cost elevat.

La història de la fibra òptica comença quan el físic irlandès John Tyndall va descobrir que la llum podia viatjar dintre d'un material (aigua), corbant-se per reflexió interna. Aquest principi va ser utilitzat en la seva època per a il·luminar corrents de l'aigua en fonts públiques. En 1952, el físic Narinder Singh Kapany, recolzant-se en els estudis precedents, va realitzar experiments que van conduir a la invenció de la fibra òptica.

Un dels primers usos de la fibra òptica va ser emprar un feix de fibres per a la transmissió d'imatges, que es va usar en el endoscopi mèdic. Usant la fibra òptica, es va aconseguir un endoscopi semiflexible, el qual va ser patentat per la Universitat de Michigan en 1956. En aquest invent es van usar unes noves fibres folrades amb un material de baix índex de refracció, ja que abans s'impregnaven amb olis o ceres. En 1970 els investigadors Maurer, Keck, Schultz i Zimar que treballaven para Corning Glass Works van fabricar la primera fibra òptica aplicant impureses de titani en sílice. Les pèrdues eren de 17 dB/km. Durant aquesta dècada les tècniques de fabricació es van millorar, aconseguint perdudes de tan sol 0,5 dB/km. I en 1978 ja es transmetia a 10 Gb km/s.

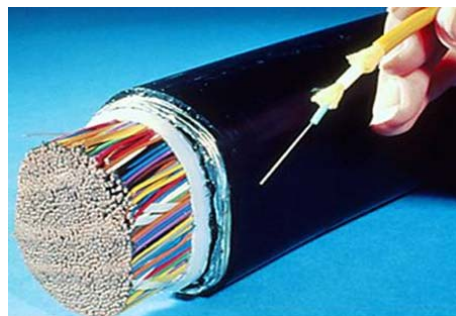


Figura 57. Cable multifilar de fibra òptica.

Aplicacions

El seu ús és molt variat, des de comunicacions digitals, passant per sensors i arribant a usos decoratius, com arbres de Nadal, beladores, etc.

Comunicacions amb fibra òptica

La fibra òptica s'usa com mig per a les telecomunicacions i xarxes, ja que la fibra és flexible i pot usar-se com un paquet de cables; per a això s'usen cables de fibra òptica. Les fibres usades en aquest camp són de plàstic o de vidre, i algunes vegades dels dos tipus. Per a usos interurbans són de vidre, per la baixa atenuació que tenen.

Sensors de fibra òptica

- Es pot usar com una guia d'ona en aplicacions mèdiques o industrials en les quals és necessari guiar un feix de llum fins a un blanc que no es troba en la línia de visió.
- La fibra òptica es pot emprar com sensor per a amidar tensions, temperatura, pressió així com altres paràmetres.
- És possible fer servir fibra juntament amb lents per a fabricar instruments de visualització llargs i prims cridats endoscòpis. Els endoscòpis s'usen en medicina per a visualitzar objectes a través d'un forat petit. Els endoscòpis industrials s'usen per a propòsits similars, com per exemple, per a inspeccionar l'interior de turbines.
- Les fibres òptiques s'han emprat també per a usos decoratius incloent il·luminació, arbres de Nadal.
- Línies d'abonat
- Les fibres òptiques són molt usades en el camp de la il·luminació. Per a edificis on la llum pot ser recollida en el terrat i ser duta mitjançant fibra òptica a qualsevol part de l'edifici.
- S'empra com component en la confecció del formigó translúcid, que consisteix en una barreja de formigó i fibra òptica formant un nou material que ofereix la resistència del formigó però addicionalment, presenta la particularitat de deixar traspasar la llum de bat a bat.



Característiques

Cada filament consta d'un nucli central de plàstic o cristall (òxid de silici i germani) amb un alt índex de refracció, envoltat d'una capa d'un material similar amb un índex de refracció lleugerament menor. Quan la llum arriba a una superfície que limita amb un índex de refracció menor, es reflecteix en gran part, com més gran sigui la diferència d'índexs i major l'angle d'incidència, es parla llavors de reflexió interna total. Així, en l'interior d'una fibra òptica, la llum es va reflectint contra les parets en angles molt oberts, de tal forma que pràcticament avança pel seu centre. D'aquesta manera, es poden guiar els senyals lluminosos sense pèrdues per llargues distàncies.

Avantatges

- El seu ample de banda és molt gran, mitjançant tècniques de multiplexació permeten enviar fins a 100 feixos de llum (cadascun amb una longitud d'ona diferent) a una velocitat de 10Gb/s cadascun per una mateixa fibra, s'arriben a obtenir velocitats de transmissió totals de 10Tb/s
- És immune totalment a les interferències electromagnètiques, amb el que es pot instal·lar en qualsevol lloc.

Desavantatges

- L'alta fragilitat de les fibres.
- Necessitat d'usar transmissors i receptors més cars
- Els entroncaments entre fibres són difícils de realitzar, especialment en el camp, el que dificulta les reparacions en cas de trencament del cable, usant eines especials..
- No pot transmetre electricitat per a alimentar repetidors intermedis.
- La necessitat d'efectuar, en molts casos, processos de conversió elèctrica - òptica.
- La fibra òptica convencional no pot transmetre potències elevades.
- No existeixen memòries òptiques.

Tipus de fibra òptica

Fibra multimode

Una fibra multimode és aquella que pot propagar més d'una manera de llum. Si usen comunament en aplicacions de curta distància, menors a 1 km, i usa canó làser de baixa intensitat. El nucli de la fibra té un índex de refracció superior, però del mateix ordre de magnitud, que el revestiment. A causa del gran grandària del nucli d'una fibra multimode, és més fàcil de connectar i té una major tolerància a components de menor precisió.

Depenent el tipus d'índex de refracció del nucli, tenim dos tipus de fibra multimode:

- Índex escalonat: en aquest tipus de fibra, el nucli té un índex de refracció constant en tota la secció cilíndrica, té alta dispersió modal.
- Índex gradual: mentre en aquest tipus, l'índex de refracció no és constant, té menor dispersió modal i el nucli es constitueix de distints materials.

Fibra monomode

Es una fibra òptica en la qual només es propaga una manera de llum. S'assoleix reduint el diàmetre del nucli de la fibra fins a una grandària (8,3 a 10 microns) que només permet una manera de propagació. La seva transmissió és paral·lela a l'eix de la fibra. A diferència de les fibres multimode, permeten arribar a grans distàncies (fins a 100 km màxim, mitjançant un làser d'alta intensitat) i transmetre elevades taxes d'informació (desenes de Gb/s).

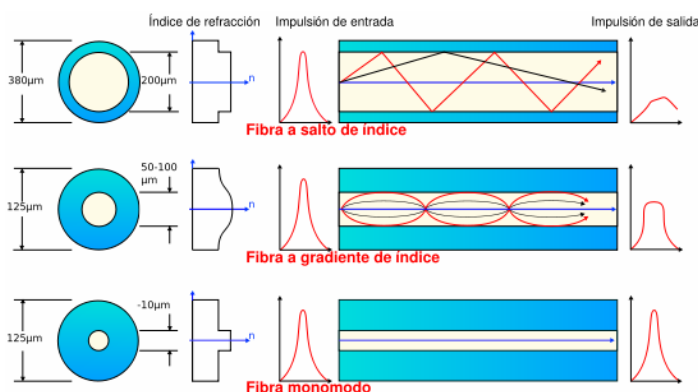


Figura 58. diversos tipus de fibra òptica.

Components de la fibra òptica

Dintre dels components que s'usen en la fibra òptica caben destacar els següents: els connectors, el tipus d'emissor del feix de llum, etc.

Tipus de connectors

Aquests elements s'encarreguen de connectar les línies de fibra a un element, ja pot ser un transmissor o un receptor. Els tipus de connectors disponibles són molt variats, entre els quals podem trobar es troben els següents:

- FC, que s'usa en la transmissió de dades i en les telecomunicacions.
- FDDI, s'usa per a xarxes de fibra òptica.
- LC i MT-Array que s'utilitzen en transmissions d'alta densitat de dades.
- SC i SC-Dúplex s'utilitzen per a la transmissió de dades.
- ST s'usa en xarxes d'edificis i en sistemes de seguretat.

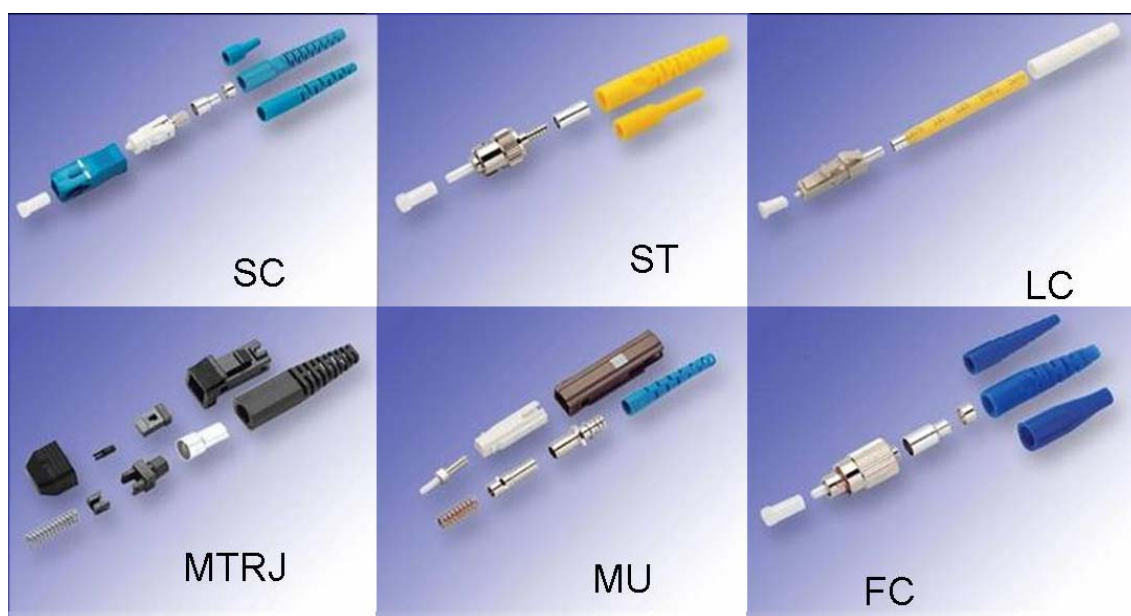


Figura 59. diversos tipus de connectors per fibra òptica.

Emissors del feix de llum

Aquests dispositius s'encarreguen d'emetre el feix de llum que permet la transmissió de dades, aquests emissors poden ser de dos tipus:

- Leds. Utilitzen un corrent de 50 a 100 Dt., la seva velocitat és lenta, solament es pot usar en fibres multimode, però el seu ús és fàcil i el seu temps de vida és molt gran, a més de ser econòmics.
- Làsers. Aquest tipus d'emissor usa un corrent de 5 a 40 Dt., són molt ràpids, es pot usar amb els dos tipus de fibra, monomode i multimode, però per contra el seu ús és difícil, el seu temps de vida és llarg però menor que el dels Leds i també són molt més costosos.

Convertidors Llum -Corrent elèctric

Aquest tipus de convertidors converteixen els senyals òptics que procedeixen de la fibra en senyals elèctrics. Es limiten a obtenir un corrent a partir de la llum modulada incident, aquest corrent és proporcional a la potència rebuda, i per tant, a la forma d'ona del senyal moduladora.

Es fonamenta en el fenomen oposat a la recombinació, és a dir, en la generació de parells electró-buit a partir dels fotons. El tipus més senzill de detector correspon a una unió semiconductora P-N

Les condicions que ha de complir un fotodetector per a la seva utilització en el camp de les comunicacions, són les següents:

- El corrent invers (en absència de llum) deu ser molt petita, per a així poder detectar senyals òptics molt febles (alta sensibilitat).
- Rapidesa de resposta (gran ample de banda).
- El nivell de soroll generat pel propi dispositiu ha de ser mínim.

Hi ha dos tipus de detectors els fotodíodes PIN i els de devessall APD.

Detectors PIN

El seu nom ve que es componen d'una unió P-N i entre aquesta unió s'intercala una nova zona de material intrínsec (I), la qual millora l'eficàcia del detector.

S'utilitza principalment és sistemes que permeten una fàcil discriminació entre possibles nivells de llum i en distàncies curtes.

Detectors APD

El mecanisme d'aquests detectors consisteix a llançar un electró a gran velocitat (amb l'energia suficient), contra un àtom perquè sigui capaç d'arrencar-li altre electró.

Aquests detectors es poden classificar de tres tipus:

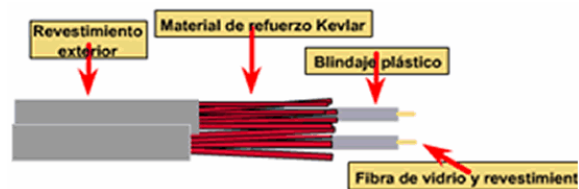
- de silici: presenten un baix nivell de soroll i un rendiment de fins al 90% treballant en primera finestra. Requereixen alta tensió d'alimentació (200-300V).
- de germani: aptes per a treballar amb longituds d'ona compreses entre 1000 i 1300 nm i amb un rendiment del 70%.
- de compostos dels grups III i V.

Cables de fibra òptica

Un cable de fibra òptica és un cable compost per un grup de fibres òptiques pel qual és transmeten senyals lluminosos. Els fibres òptiques comparteixen el seu espai amb filatures d'aramida que confereixen al cable la necessària resistència a la tracció.

Els cables de fibra òptica proporcionen una alternativa als cables de fil de coure en la indústria del 'electrònica i els telecomunicacions. Així, un cable amb 8 fibres òptiques té una grandària bastant més petit que els utilitzats habitualment, pot suportar els mateixes comunicacions que 60 cables de 1623 parells de coure o 4 cables coaxials de 8 tubs, tot això amb una distància entre repetidors molt major.

D'altra banda, el pes del cable de fibres és moltíssim menor que el dels cables de coure, ja que una bobina del cable de 8 fibres abans citat pot pesar del 'ordre de 30 Kg/Km, el qual permet efectuar esteses de 2 a 4 km d'una sola vegada, mentre que en el cas dels cables de coure no són pràctiques distàncies superiors a 250 - 300 m.



Connectors

Els connectors més comuns usats en la fibra òptica per a xarxes d'àrea local són els connectors ST i SC. El connector SC (Straight Connection) és un connector d'inserció directa que sol utilitzar-s'en commutadors Ethernet de tipus Gigabit. El connector ST (Straight Tip) és un connector similar al SC, però requereix un gir del connector per a la seva inserció, de manera similar als connectors coaxials. Per exemple, la maleta de la figura següent disposa de totes les eines necessàries per a realitzar el muntatge en camp de connectors per a fibra òptica ST, SC, i FC en menys de 2 minuts, sense necessitat d'utilitzar forn de guarit ni eines especials. La distància que pot haver entre els equips convertidors pot ser enorme (varis kilòmetres o desenes de kilòmetres) sense necessitat de tenir cap equi repetidor o regenerador del senyal. Aquesta distància tan gran fa pràcticament impossible que es pugui realitzar la instal·lació amb un sol tram de fibra. Normalment trobarem diversos trams de fibra òptica units entre ells.

Les unions d'aquests trams es realitzen, en la majoria de casos, a través d'unions, ja siguin mecànics o per fusió. A continuació, veurem una petita explicació de les diferents característiques de cadascun d'aquests tipus d'unió.



Figura 60. Tipus d'unió i capsa de eines.

Són de molt fàcil i ràpida aplicació i no es necessita cap màquina especial per a poder col·locar-los (tant sols hi ha un tallador que ens permet fer un tall perfectament recte en els extrems de les fibres que volem unir).

Les unions per fusió són permanents i per a poder fer-los es necessita disposar d'una màquina especial. El funcionament simplificat d'aquesta màquina és el següent: primer s'introdueixen en la màquina les fibres que volem empalmar perfectament tallades; seguidament s'alineen aquestes fibres una al davant de l'altra (de forma manual o automàtica) i, una vegada estan perfectament alineades, es fusionen amb un arc elèctric produït entre dos elèctrodes.

La diferència bàsica entre un tipus d'unió i un altre està en les pèrdues que es produeixen a l'enllaç. Si tenim un enllaç amb unions mecàniques tindrem més pèrdues que si les unions de l'enllaç estiguessin fetes per fusió (sempre que aquests últims estiguin ben fets).