

Tecnologia

ELECTRÒNICA

Exemple d'unitat didàctica: **Els components de semiconductor**

Autor: Jordi Regalés i Barta



ELECTRÒNICA

Exemple d'unitat didàctica: **Els components de semiconductor**

Autor: **Jordi Regalés i Barta**

**Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Direcció General d'Ordenació Educativa**

**Edició: Servei d'Ordenació Curricular
setembre de 1996**

Programació d'unitats didàctiques del crèdit

Aquest crèdit s'organitza en sis unitats didàctiques:

Unitat didàctica	Temp.
El corrent elèctric i els seus efectes	5 h
El control del corrent elèctric en un circuit	3 h
Els circuits resistius bàsics	4 h
Els components de semiconductor	6 h
Circuits electrònics d'aplicació	12 h
Tecnologia electrònica i societat	2 h
Total	32 h

Descripció

La unitat didàctica *El corrent elèctric i els seus efectes*, aprofundeix sobre els conceptes de corrent, diferència de potencial, resistència i potència elèctrica, ampliant aspectes que l'alumnat ha d'haver treballat prèviament a la part comuna de l'àrea. De cada un d'aquests conceptes, s'incideix en les unitats de mesura emprades i la conversió entre els múltiples i submúltiples. S'analitzen els diferents tipus de resistències i el codi de colors per identificar les resistències fixes. Es treballen els procediments d'utilització de la font d'alimentació i del comprovador elèctric per a la realització de mesures. Amb aquesta unitat didàctica es pretén que l'alumnat prepari els fonaments de la tecnologia electrònica.

La unitat didàctica *El control del corrent elèctric en un circuit* parteix de la unitat anterior amb l'objectiu que l'alumnat arribi a experimentar les relacions bàsiques entre voltatge, resistència i intensitat de corrent en un circuit elèctric i a formular la llei d'Ohm pels components lineals. Aquesta unitat fa de pont entre els aspectes bàsics de l'electricitat i la teoria de circuits elèctrics.

A la unitat didàctica *Els circuits resistius bàsics* es fa una repassada als circuits sèrie, i paral·lel amb resistències i una introducció a l'anàlisi dels circuits mixts. Aquí entren en joc el concepte de malla o circuit tancat, el concepte de nus i el de circuit equivalent. En aquest apartat s'incideix en els procediments de simplificació d'un circuit i del càlcul de la resistència equivalent en agrupacions sèrie i paral·lel. Pel que fa al corrent elèctric és important treballar els procediments per esbrinar el sentit del corrent en un circuit.

Amb la unitat didàctica *Els components de semiconductor*, el crèdit avança cap a la tecnologia marcada per aquests tipus de components que han marcat un fet importantíssim en l'avenç de l'electrònica. Els components treballats en aquest crèdit es limiten al díode bipolar, el díode emissor de llum -LED-, al transistor bipolar i al circuit integrat -lineals i digitals-, amb els quals es pot il·lustrar perfectament l'evolució dels semiconductors. L'objectiu d'aquesta unitat didàctica és analitzar com treballen aquests components des del punt de vista funcional,

establint l'analogia amb els seus circuits equivalents. El díode i el transistor es treballen com dispositius de dos estats.

A la unitat didàctica *Circuits electrònics d'aplicació* es tracta de veure aplicacions electròniques en les que entrin en joc els components treballats anteriorment en circuits més elaborats, i aprofitant aquesta situació s'introdueixen nous elements com el condensador, el relè, el transformador, etc. El darrer circuit treballat en el crèdit es munta sobre circuit imprès pre-fabricat per tal d'il·lustrar les tècniques de muntatge manual.

Amb la unitat didàctica *Tecnologia electrònica i societat* es tracta d'analitzar com l'evolució tecnològica de l'electrònica ha provocat canvis importants a la societat, fonamentalment en els camps de la telecomunicació, la informàtica, l'automatització i la robòtica, els productes de consum, etc. i com ha contribuït a la millora de les condicions de vida. Per tal d'orientar a l'alumnat, és important incidir en les sortides formatives i professionals que aquesta tecnologia els pot oferir de cara el seu futur.

Orientacions per a la intervenció pedagògica

Activitat 1: Els díodes de semiconductor

Aquesta activitat té per objectiu introduir l'alumnat en la tecnologia dels semiconductors començant per l'element més simple: el díode bipolar. S'analitza el comportament del díode emprant el símil del circuit equivalent amb interruptors ja que facilita l'aprenentatge.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema, per tal que pugui aclarir, consolidar i ampliar la informació presentada en la guia de treball. La durada prevista per aquesta activitat és d'una mitja hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball individual amb la guia de l'activitat. Al final de l'activitat es disposa d'un qüestionari que ha de servir per avaluar en grup els aspectes treballats i serveix d'instrument al/la professor/a per aclarir i reforçar aquells temes més concrets. Aquesta activitat col·lectiva i la disponibilitat de la bibliografia ha de permetre el tractament de la diversitat.

Activitat 2: El díode com interruptor unidireccional

Aquesta activitat és continuació de l'anterior, té per objectiu fer una activitat pràctica per tal de concretar i consolidar els conceptes del díode com interruptor unidireccional i treballar els procediments de muntatge i mesura.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia i requereix dels operadors següents: díode bipolar, bombeta d'incandescència, font d'alimentació. S'utilitzarà el comprovador elèctric. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la

bibliografia relacionada amb el tema, per tal que pugui aclarir, consolidar i ampliar la informació presentada en la guia de treball.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una mitja hora.

El/la professor/a ha de fer una petit recordatori inicial per donar lloc posteriorment al treball pràctic per grups, tot seguint la guia de l'activitat. Al final de l'activitat es disposa d'un qüestionari que ha de servir per avaluar en grup els aspectes treballats i serveix d'instrument al/la professor/a per aclarir i reforçar aquells temes més concrets. Aquesta activitat col·lectiva i la disponibilitat de la bibliografia ha de permetre el tractament de la diversitat.

Activitat 3: Anàlisi de circuits amb díodes

Aquesta activitat té per objectiu consolidar els aspectes funcionals del díode com element d'un circuit en el que determina el pas de corrent segons la seva posició. En algun circuit l'estat del díode i els seus efectes poden no ser evidents a primera vista, en aquests casos és important realitzar la part experimental i analitzar posteriorment el seu funcionament. Se segueixen treballant els procediments de muntatge i mesura.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia i requereix dels operadors següents: díodes bipolars, bombetes d'incandescència, fonts d'alimentació. S'utilitzarà el comprovador elèctric. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema, per tal que pugui aclarir, consolidar i ampliar la informació presentada en la guia de treball.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una hora.

El/la professor/a ha de fer una petit recordatori inicial per donar lloc posteriorment al treball pràctic per grups, tot seguint la guia de l'activitat. Al final de l'activitat es disposa d'un qüestionari que ha de servir per avaluar en grup els aspectes treballats i serveix d'instrument al/la professor/a per aclarir i reforçar aquells temes més concrets. Aquesta activitat col·lectiva i la disponibilitat de la bibliografia ha de permetre el tractament de la diversitat.

Activitat 4: El díode lluminós (LED)

Aquesta activitat té per objectiu introduir el díode LED que serà emprat en activitats posteriors. Els punts claus d'aquesta activitat són que el principi físic d'emissió de llum en un LED és diferent que en una bombeta, que el LED ha d'estar polaritzat directament i que necessita una resistència limitadora.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema, per tal que pugui aclarir, consolidar i ampliar la informació presentada en la guia de treball.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una mitja hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball individual amb la guia de l'activitat. També es disposa d'un qüestionari final.

Activitat 5: Estudi del funcionament d'un díode LED

Aquesta activitat posa en pràctica els aspectes previs treballats a l'activitat anterior. És important remarcar a l'alumnat que el díode LED per funcionar requereix d'un resistor en sèrie per tal de limitar el corrent d'alimentació, i que si el connecten directament a la font d'alimentació es farà malbé.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. La part pràctica requereix els següents operadors: LED, font d'alimentació, resistències. Per les mesures, el comprovador elèctric. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una mitja hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball pràctic en grups tot seguint la guia de l'activitat. També es disposa d'un qüestionari final.

Activitat 6: El transistor

Aquesta activitat té per objectiu introduir el transistor. S'esmenten els dos modes de treball del transistor, el lineal i el de commutació, ara bé només es treballa el de commutació ja que és més simple que el lineal. S'analitza el comportament del transistor emprant el símil del circuit equivalent amb interruptors ja que facilita l'aprenentatge.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema, per tal que pugui aclarir, consolidar i ampliar la informació presentada en la guia de treball.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball individual amb la guia de l'activitat. També es disposa d'un qüestionari final.

Activitat 7: El transistor controla un LED

Aquesta activitat posa en pràctica els aspectes previs treballats a l'activitat anterior. És important remarcar a l'alumnat que els terminals del transistor no són indistints i que s'han d'identificar individualment emprant els manuals de característiques. Cal recordar que la orientació del LED és important pel correcte

funcionament del circuit. En la mesura de les intensitats de corrent del transistor cal recordar el procediment de mesura i concretar-lo en el cas del transistor.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. La part pràctica requereix els següents operadors: transistor, LED, font d'alimentació, resistències. Per les mesures, el comprovador elèctric. És convenient que l'alumnat pugui consultar lliurement la bibliografia relacionada amb el tema.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball pràctic en grups tot seguint la guia de l'activitat. També es disposa d'un qüestionari final.

Activitat 8: El circuit integrat

Aquesta activitat té per objectiu mostrar la tecnologia del circuit integrat com a factor d'evolució de la tecnologia electrònica. Es tracten aspectes genèrics al circuit integrat com la seva fabricació, la identificació de les seves potes i es remarca la diferència respecte dels anteriors components, cada circuit integrat té una funció específica.

Aquesta activitat es desenvolupa a l'aula de Tecnologia. La part pràctica requereix que estigui disponible la bibliografia relacionada amb el tema i algunes revistes per tal que l'alumnat pugui trobar un esquema amb circuit integrat.

La durada prevista per aquesta activitat és d'una hora.

El/la professor/a ha de fer una petita introducció inicial per donar lloc posteriorment al treball individual amb la guia de l'activitat. També es disposa d'un qüestionari final.

UNITAT DIDÀCTICA: ELS COMPONENTS DE SEMICONDUCTOR

1. Objectius específics

6. Identificar la referència i el valor, si s'escau, dels components electrònics bàsics.
7. Identificar els símbols dels elements bàsics d'un esquema electrònic.
8. Descriure la funció dels components electrònics bàsics.
9. Dibuixar un esquema electrònic senzill a mà alçada i amb ordinador.
10. Aplicar les relacions bàsiques entre corrent, tensió i resistència elèctrica.
11. Muntar petits circuits electrònics de prova tot seguint l'esquema.
14. Reconèixer els terminals característics d'un component.
15. Realitzar mesures de resistència, tensió i intensitat amb el multímetre.

2. Continguts

Fets, conceptes i sistemes conceptuals

6. Els components semiconductors.
 - 6.1. Els materials semiconductors.
 - 6.2. El díode. El díode bipolar. El díode emissor de llum LED.
 - 6.3. El transistor. Tipus de transistors.
 - 6.4. El circuit integrat. Fabricació. Diferents tipus funcionals.

Procediments

1. Identificació de components, valors i terminals.
 - 1.4. Identificació de referències i terminals de components de semiconductor.
2. Realització de mesures en un circuit elèctric.
 - 2.1. Ús del multímetre. Selecció de funcions i escales.
 - 2.2. Mesura de resistència elèctrica, de tensió elèctrica i de corrent elèctric.
3. Elaboració d'esquemes.
 - 3.1. Utilització dels símbols dels components passius i dels semiconductors.
4. Realització de càlculs elementals.
 - 4.1. Càlcul del corrent d'un circuit amb resistències o bombetes.
 - 4.2. Càlcul de la resistència equivalent en circuits sèrie i paral·lel.
 - 4.3. Càlcul de potència en un element elèctric.

Valors, normes i actituds

3. Cura en la utilització d'aparells de mesura.
5. Valoració de l'organització del treball en equip.

3. Activitats d'ensenyament/aprenentatge

3.1. Material per a l'alumne/a.

Relació d'activitats de la unitat didàctica *Els components de semiconductor*

Activitat 1: **Els díodes de semiconductor**

Activitat 2: **El díode com interruptor unidireccional**

Activitat 3: **Anàlisi de circuits amb díodes**

Activitat 4: **El díode lluminós (LED)**

Activitat 5: **Estudi del funcionament d'un díode LED**

Activitat 6: **El transistor**

Activitat 7: **El transistor controla un LED**

Activitat 8: **El circuit integrat**

ACTIVITAT 1: ELS DÍODES DE SEMICONDUCTOR

Els materials semiconductors

Els semiconductors són uns materials que en la taula periòdica dels elements tenen una valència electrònica de 4, com és el cas del silici i del germani i es caracteritzen per la baixa conductivitat elèctrica en condicions naturals. Aquests materials amb l'addició d'elements de valència 3 o 5, com el bor o el fòsfor, es converteixen en materials conductors. Aquest procés es coneix pel nom de "**dopatge**".

Si el material de dopatge afegit al semiconductor és de valència 3 obtenim un semiconductor de tipus P. Si el material de dopatge és de valència 5 s'obté un **semiconductor de tipus N**. Aquesta tecnologia dels materials semiconductors va ser desenvolupada principalment pels *Laboratoris Bell Telephone* dels Estats Units, amb els investigadors *Bardeen, Brattain i Shockley*. L'any 1948 descobriren el transistor, amb el qual es va iniciar una nova revolució tecnològica encara vigent avui dia en el camp de l'electrònica i la microelectrònica.

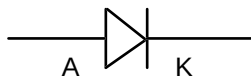
Els avantatges que han aportat aquests components són diversos, i la constant investigació en aquest camp fa que es vagin millorant llurs prestacions. Entre les més importants podem citar:

- Dimensions reduïdes i poc pes, la qual cosa facilita la miniaturització i la *integració*.
- Consum de potència reduït.
- Fortalesa mecànica.
- Fiabilitat funcional.

El díode. Polarització directa i inversa

El díode és potser el component de semiconductor més senzill, i no per això menys útil. Es basa en la junció de dos semiconductors, un de tipus N i un altre de tipus P. La seva característica més important és que només permet el pas del corrent en un sentit i no en l'altre. És com una vàlvula unidireccional. No entrarem a detallar el seu funcionament electrònic, ens centrarem només en els seus efectes externs.

El seu símbol és:



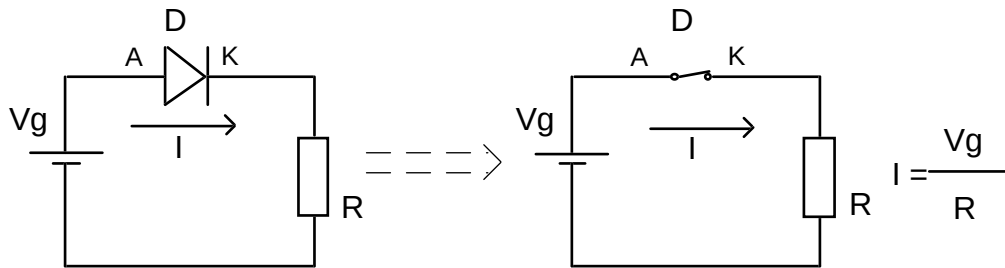
Té forma de punta de fletxa i indica el sentit on es permet el pas del corrent. El terminal per on entra el corrent s'anomena **ànode** (A), i el terminal de sortida s'anomena **càode** (K).

El díode té dos estats possibles:

- Conducció
- Blocatge

L'**estat de conducció** és quan deixa passar el corrent a través seu, és a dir hi ha un flux de corrent de l'ànode al càode. Quan es troba en aquest estat es diu que el díode té **polarització directa**.

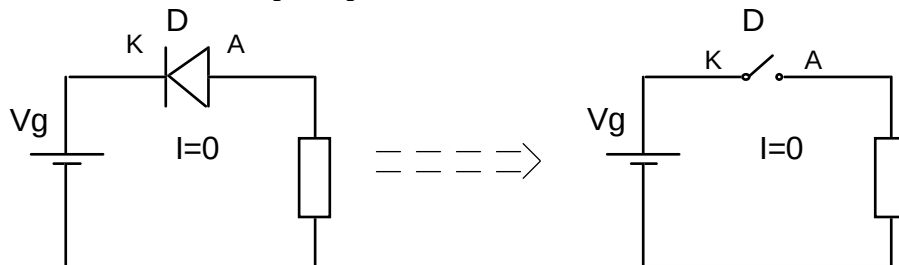
En aquesta situació podem dir que *el díode es comporta com un interruptor tancat*, simbòlicament es pot representar:

**Díode amb polarització directe****Circuit equivalent**

La caiguda de tensió entre ànode i càtode és zero. En realitat veurem que hi ha una petita tensió de 0.6 V.

L'**estat de blocatge** és quan el díode no deixa passar el corrent a través seu, és a dir no hi ha flux de corrent. Quan es troba en aquesta situació es diu que el díode té **polarització inversa**.

En aquesta situació podem dir que *el díode es comporta com un interruptor obert*, simbòlicament es pot representar:

**Díode amb polarització inversa****Circuit equivalent**

L'aspecte que caracteritza aquest estat és la caiguda de tensió entre ànode i càtode, que és negativa, això vol dir que la tensió de l'ànode és més petita que la tensió del càtode. El seu valor depèn del circuit i de la font d'alimentació.

Principals característiques

En el díode, s'hi ha de destacar dos valors límits importants:

- El màxim corrent directe. (I_{Fmax})
- La màxima tensió inversa. (V_{AKr})

El **màxim corrent directe**, tal com el seu nom indica és la màxima intensitat de corrent que pot suportar el díode en polarització directa sense avariar-se, i per tant cal respectar-lo. La seva superació és una causa important d'avaries.

La màxima tensió inversa, tal com el seu nom indica és la màxima tensió que pot suportar el díode quan es troba en polarització inversa. Aquest límit, cal respectar-lo per tal de no fer-lo malbé.

Aquests valors estan indicats en els manuals de característiques. A tall d'exemple, citarem els valors d'uns díodes d'ús corrent:

TIPUS	I_{Fmax}	V_{AKr}
1N4004	1 A	400 V
1N4007	1 A	1000 V
BY190	4 A	650 V

Avaries que pot presentar

Els díodes poden presentar dues avaries principals:

- El **curt circuit**. Aquest es dona quan el díode permet el pas de corrent en els dos sentits de polarització, tan directa com inversa. Es comporta com un fil conductor.
- L'**obertura**. Aquesta es dona quan el díode no deixa passar el corrent en cap dels dos sentits. Es comporta com un circuit obert.

QÜESTIONARI:

1. Els materials semiconductors més emprats per a la construcció de components electrònics són:

1. _____

2. _____

2. Com es diu el procés amb el qual un semiconductor adquireix la condició de conductor elèctric ?

3. El díode amb polarització directa es comporta com un interruptor _____.

4. El díode impedeix el pas del corrent al través seu quan rep una polarització _____.

5. El terminal del díode per on pot entrar el corrent s'anomena _____ i el terminal per on surt, s'anomena _____.

6. El díode es comporta com un interruptor obert quan està polaritzat _____.

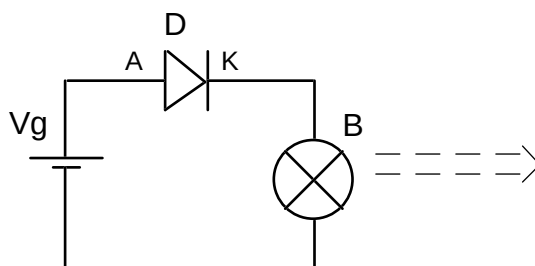
ACTIVITAT 2: EL DÍODE COM INTERRUPTOR UNIDIRECCIONAL

1. Preneu el díode semiconductor, a continuació dibuixeu-lo. Indiqueu clarament quin terminal correspon a l'ànode i quin al càtode.
2. Mesura de les resistències directa i inversa del díode. Preneu l'òhmímetre i situeu el selector d'escala a la més baixa. A continuació mesureu la resistència del díode. Tot seguit invertiu la posició de les puntes de prova i torneu a mesurar la resistència. Hi ha alguna diferència respecte la primera mesura?. Ompliu la taula següent amb les dades mesurades:

Estat díode	Resistència mesurada
Polarització directe	
Polarització inversa	

3. Funcionament del díode. Munteu el circuit de la figura. Observeu l'estat de la bombeta.

Presteu atenció a la connexió de l'ànode i el càtode: respectant la disposició de



l'esquema.

Circuit equivalent

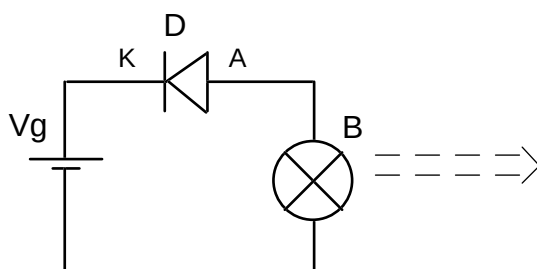
Valors:

B = Bombeta de 6.8 V/ 0.1 A

D = 1N4004 o equivalent

Vg = 6 V

A continuació invertiu la connexió del díode i observeu la bombeta.



Circuit equivalent

A la vista dels resultats dibuixeu els circuits equivalents per cada un dels dos casos.

4. Repetiu l'experiència anterior i preneu els valors indicats a la taula següent. Indiqueu els voltatges en V, i les intensitats en mA.

POLARITZACIÓ	V_{AK}	V_L	I_T	ESTAT BOMBETA	ESTAT DÍODE
DIRECTA					
INVERSA					

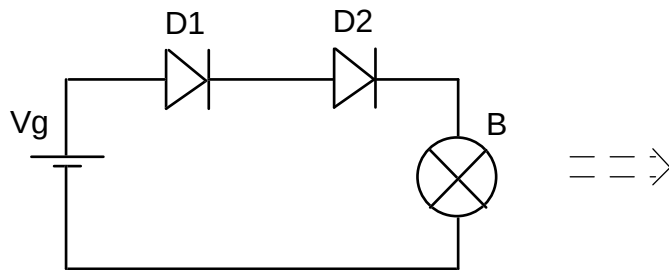
QÜESTIONARI:

- A partir dels valors mesurats en la taula, calculeu el valor de:
 - Resistència del díode en polarització directa.
 - Resistència del díode en polarització inversa.
- Com s'identifica normalment el càtode d'un díode ?.
- Quina resistència presenta un díode amb polarització directa?.

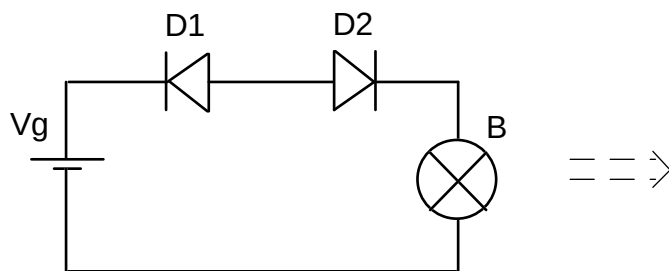
ACTIVITAT 3 : ANÀLISI DE CIRCUITS AMB DÍODES

Per cada circuit dels indicats més avall,

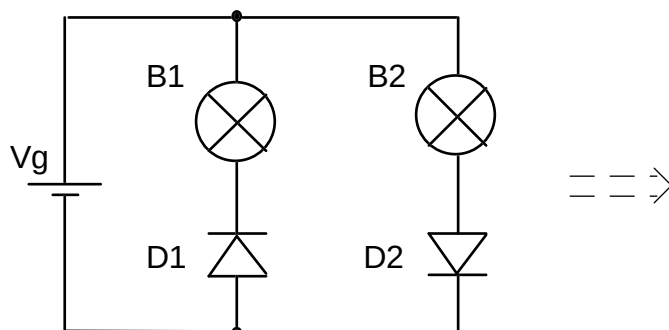
- Analitzeu el sentit dels possibles corrents del circuit i l'estat de cada díode. Marqueu en l'esquema el sentit de cada corrent.
- Substituïu els díodes pels seus interruptors equivalents.
- Munteu el circuit i verifiqueu les vostres previsions amb el resultat pràctic. Realitzeu les modificacions per tal d'esmenar les errades.
- Indiqueu l'estat de cada díode (obert - tancat) i de cada bombeta (encesa - apagada). Ompliu la taula.
- Mesureu el voltatge a cada díode. Anoteu-lo a la taula. Recordeu que pot haver-hi casos en els quals la tensió sigui negativa. Indiqueu clarament el signe.

Circuit 1:**Circuit equivalent**

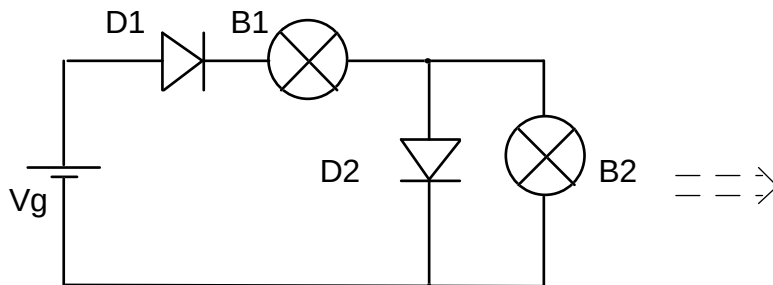
Estat díodes		Voltatge díodes		Estat bombetes	
D1	D2	V_{AK1}	V_{AK2}	B1	B2

Circuit 2**Circuit equivalent**

Estat díodes		Voltatge díodes		Estat bombetes	
D1	D2	V_{AK1}	V_{AK2}	B1	B2

Circuit 3**Circuit equivalent**

Estat	díodes	Voltatge	díodes	Estat	bombetes
D1	D2	V_{AK1}	V_{AK2}	B1	B2

Circuit 4**Circuit equivalent**

Estat	díodes	Voltatge	díodes	Estat	bombetes
D1	D2	V_{AK1}	V_{AK2}	B1	B2

QÜESTIONARI:

1. Quin element determina el sentit del corrent en un circuit?.
2. Quin criteri se segueix per determinar la polarització que rep un díode en un circuit?.
3. Per què no s'encén la bombeta del circuit 2?.
4. Per què no s'encén la bombeta B1 del circuit 3?.
5. Per què el voltatge ànode - càtode del díode D1 del circuit 3, és negatiu?.
6. Per què no s'encén la bombeta B2 del circuit 4?

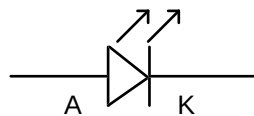
ACTIVITAT 4: EL DÍODE LLUMINÓS (LED)**Constitució i funcionament d'un díode LED**

El díode LED es representa amb aquestes sigles que corresponen a les inicials del seu nom en llengua anglesa i signifiquen: **L**ight **E**mitting **D**iode. La traducció a la

nostra llengua seria: díode emissor de llum o díode lluminós. L'emissió de llum és la seva característica més important.

Es tracta d'un díode de semiconductor, que a efectes elèctrics el seu comportament és idèntic als que s'han estudiat. Es diferencia dels altres pel semiconductor amb el qual està construït: l'*arseniur de gali*. La propietat que presenta aquest semiconductor és que amb una determinada construcció física, permet transformar l'energia elèctrica en energia lluminosa, amb un gran rendiment, així doncs hi ha poca transformació en energia calorífica. Aquest fenomen és suficientment important com per produir una llum visible per la vista humana.

El seu símbol és:



L'emissió de llum es produeix en la fase de conducció del díode, que és quan més energia consumeix. Una diferència important és l'elevada caiguda de tensió que es produeix entre ànode i càtode, que sol ser de 1.6 V. La intensitat lluminosa que genera depèn del corrent que el travessa, els més corrents funcionen amb intensitats compreses entre 10 i 30 mA. A partir dels 30 mA es produeix una saturació de llum i aquesta no varia a pesar d'augmentar la intensitat.

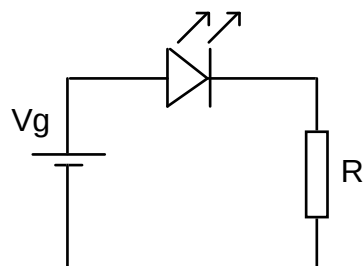
Els LED substitueixen amb avantatge les bombetes pilot de filament de molts aparells. Els principals avantatges que presenten són:

- Alt rendiment energètic.
- Poca producció de calor.
- Vida útil pràcticament il·limitada.
- Carcassa resistent.
- Cos amb poc volum.

Actualment es poden trobar amb diverses formes: quadrats, rodons, triangulars, rectangulars, i en diversos colors: vermell, verd, groc. Això permet grans possibilitats d'aplicació d'aquest component que per les seves característiques és dels més espectaculars.

Amb els de forma rectangular, adequadament combinats es construeixen indicadors numèrics (anomenats indicadors de set segments) d'àmplia aplicació en les calculadores i instruments electrònics.

El circuit d'aplicació típic és el següent:



El resistor té la funció de limitador de la intensitat de corrent (normalment entre 10 i 30 mA) que travessi el LED, i adequar-la a la lluminositat requerida.

Així el valor del resistor limitador es calcula:

$$R = \frac{Vg - V_{AK}}{I} = \frac{Vg - 1.6}{15}$$

El valor de R serà en $k\Omega$.

QÜESTIONARI:

1. De quin material semiconductor està constituït el díode emissor de llum?
2. Un díode LED per emetre llum necessita polarització_____.
3. Com s'anomena la resistència exterior que necessita el LED per funcionar correctament?.

ACTIVITAT 5 : ESTUDI DEL FUNCIONAMENT D'UN DÍODE LED

1. Identifiqueu els terminals d'ànode i càtode del díode. Dibuixeu-lo i indiqueu a cada terminal el nom que li correspon.
2. Calculeu el valor del resistor limitador per alimentar un díode LED amb una tensió d'alimentació de 12 V. Calculeu també l'energia que el LED transforma en llum.
3. Munteu el circuit i comproveu el seu funcionament. A continuació mesureu les magnituds indicades a la taula, anoteu-hi els resultats amb les unitats de mesura corresponents.

I	V_R	V_{AK}	Potència

4. Què succeeix en la lluminositat del LED si s'augmenta el doble el valor de la resistència limitadora? Quin valor té la intensitat del circuit?.

5. Què succeeix en la lluminositat del LED si es disminueix a la meitat el valor de la resistència limitadora? Quin valor té la intensitat del circuit?.
6. Proveu a invertir la polaritat de la font d'alimentació. Què li passa al LED.

QÜESTIONARI:

1. Quin voltatge hi ha entre els terminals del LED quan queda polaritzat inversament?.
2. Quin voltatge hi ha entre els terminals del LED quan queda polaritzat directament?.
3. Quina relació hi ha entre la intensitat de llum i la intensitat de corrent?.
4. Com s'identifiquen els terminals (ànode i càtode) d'un díode LED ?

ACTIVITAT 6: EL TRANSISTOR

El transistor

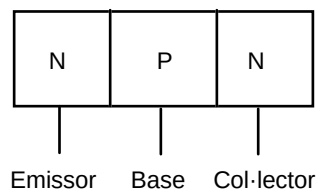
El transistor és un component format per material semiconductor, tal com ja es va avançar en l'activitat corresponent als díodes. És un dels components que més aplicacions ha tingut i té en el desenvolupament dels circuits electrònics, tot i que cada vegada els equips els substitueixen per circuits integrats. Aquests elements estan formats per milers de transistors situats en un petit tros de silici.

El transistor considerat individualment està constituït per tres parts de semiconductor, que s'anomenen col·lector, base i emissor. Físicament, la base sempre està enmig de l'emissor i el col·lector.

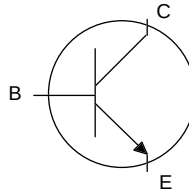
La combinació de tipus de semiconductor dóna lloc a dos tipus de transistor:

- Transistor N P N

La distribució de les capes de semiconductor és:

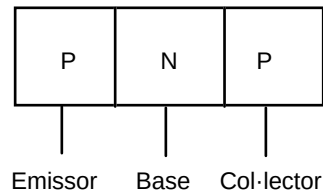


El símbol que el representa:

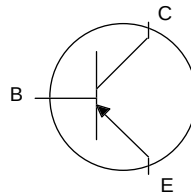


- Transistor P N P

La distribució de les capes de semiconductor és:



El símbol que el representa:



Segons les particularitats de fabricació s'obtenen transistors amb diverses característiques de funcionament. Així d'aquest sol component hi ha milers de tipus amb característiques i aplicacions diferents. També es diferencien per la forma exterior de la càpsula i la distribució de les potes.

Per conèixer les característiques, la càpsula i la distribució de les potes cal consultar els manuals de característiques o "*handbooks*". Igualment per realitzar la substitució d'un transistor per un altre d'equivalent cal consultar les taules d'equivalències que solen incloure els esmentats manuals.

FUNCIONAMENT DEL TRANSISTOR

El transistor pot funcionar de dues formes que permeten diferents aplicacions:

- Mode lineal.
- Mode no lineal o de commutació.

El primer mode és el que s'empra en amplificadors de senyal, reguladors, instrumentació analògica, etc. Aquestes aplicacions es caracteritzen perquè les tensions o intensitats de sortida són funció de les tensions o intensitats d'entrada. Les tècniques de disseny i càlcul per obtenir aplicacions fiables i amb poques errades solen ser complexes.

El segon mode és el que s'emptra en aplicacions basades en dos estats estables o binaris, en els sistemes digitals i una bona part d'automatismes. Aquest és el mode que analitzareu a continuació.

EL TRANSISTOR EN COMMUTACIÓ

El mode de treball del transistor en commutació és similar al funcionament d'un interruptor, té dues situacions o estats definits:

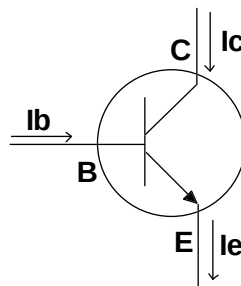
- Estat **obert** o de no conducció (**OFF**). Resistència infinita.
- Estat **tancat** o de conducció (**ON**). Resistència zero.

En un interruptor es controla el seu estat manualment, accionant una palanca o basculant. En el cas del transistor l'interruptor està constituït pel circuit format pels terminals de col·lector-emissor, i l'accionament s'efectua a través del terminal de la base.

Per analitzar aquest fenomen en detall fixem-nos primer en el sentit dels corrents en el transistor. Els sentits varien segons el tipus de transistor, si és NPN o PNP. L'emissor, que en el símbol està representat amb una punta de fletxa per diferenciar-lo del col·lector, indica el sentit que pot seguir el corrent en aquest terminal.

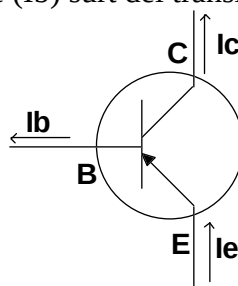
En el transistor NPN:

- El corrent d'emissor (I_e) surt de l'interior a l'exterior.
- El corrent de col·lector (I_c) entra al transistor.
- El corrent de base (I_b) entra al transistor.



En el transistor PNP:

- El corrent d'emissor (I_e) entra al transistor.
- El corrent de col·lector (I_c) surt del transistor.
- El corrent de base (I_b) surt del transistor.



Les intensitats del transistor segueixen una relació numèrica que s'acompleix en els dos modes de funcionament i en els dos tipus de transistor:

El valor absolut de la intensitat d'emissor és la suma dels valors absoluts de les intensitats de base i de col·lector.

Numèricament seria: $I_e = I_b + I_c$

El transistor, a efectes del corrent, es comporta com un nus d'on entren o surten dos corrents (I_b i I_c) i un altre corrent que va a l'inrevés dels altres (I_e).

La intensitat de base, que és la que controla l'estat del transistor, és molt petita en relació a les altres dues, I_e i I_c . Aleshores per aproximació es pot dir que les intensitats de col·lector i emissor pràcticament tenen el mateix valor.

$$I_e = I_c$$

Pel que fa a les diferències de potencial entre els terminals, també segueixen una relació, sempre que s'usin els seus valors absoluts:

$$V_{ce} = V_{cb} + V_{be}$$

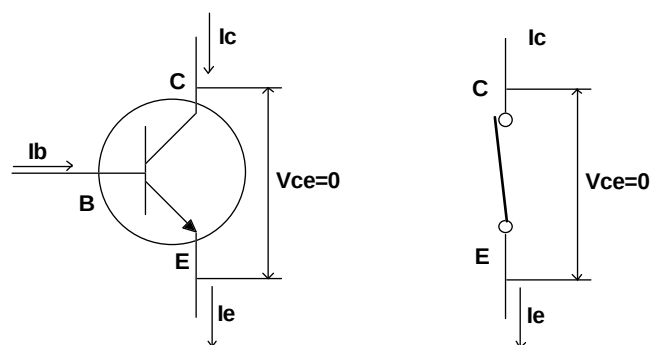
El voltatge entre base i emissor, V_{be} , en estat de conducció, val aproximadament 0.65 V, i el voltatge entre col·lector i emissor sol ser inferior a aquell. Tenint present que aquests valors normalment són molt petits en relació al voltatge d'alimentació, els podem considerar de valor zero i això constitueix una simplificació:

$$V_{be} = 0 \text{ V}$$

$$V_{ce} = 0 \text{ V}$$

Sintetitzant, en estat de conducció el transistor es comporta com un interruptor tancat, controlat per un petit corrent a la base, el corrent commutat pel transistor passa entre col·lector i emissor (NPN), el voltatge entre col·lector i emissor és zero.

Aleshores gràficament es pot representar:

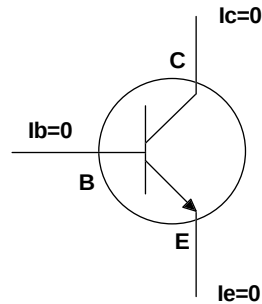


Transistor en ON

Circuit equivalent

En estat de blocatge, la situació del transistor canvia, no hi ha corrent a la base, per tant, la conducció no existeix entre col·lector i emissor (NPN) no és possible que hi hagi corrent, aleshores el transistor es comporta com un interruptor obert.

Gràficament ho podem representar:



Transistor en OFF



Circuit equivalent

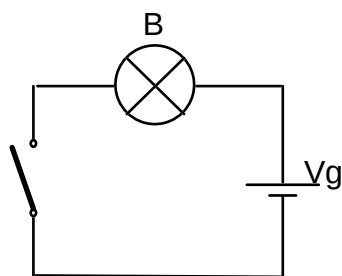
CONTROL D'UNA BOMBETA

Vegeu com es pot usar un transistor per encendre i apagar una bombeta.

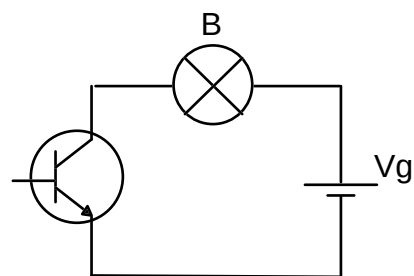
El circuit per controlar una bombeta amb un interruptor consta de tres elements:

- La bombeta
- La font d'alimentació
- L'interruptor

Per controlar aquest circuit amb un transistor, aquest ha de substituir l'interruptor. Vegeu aquest procés gràficament amb els següents esquemes:



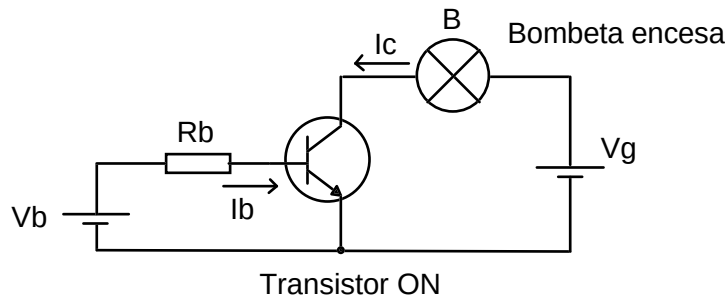
Circuit amb interruptor



Circuit amb transistor

El corrent que passa a través de la bombeta és el que s'ha de controlar a través del transistor, i aquest ho fa entre els terminals de col·lector i emissor (transistor NPN), que substitueixen els terminals de l'interruptor. El terminal de base i emissor permeten efectuar el control del transistor, i per tant de l'estat de la bombeta.

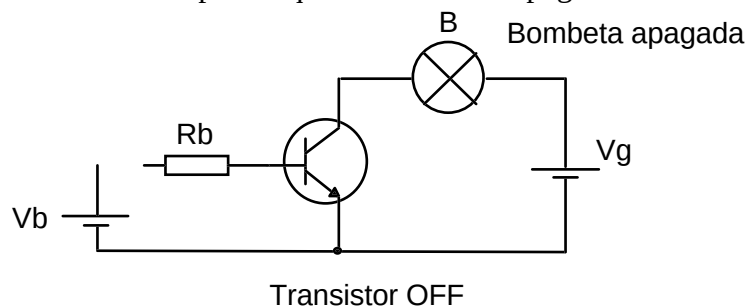
Si el terminal de base rep corrent en el sentit d'entrada, provocarà l'estat de conducció del transistor (ON), i els terminals de col·lector - emissor permetran el pas del corrent a través del circuit, i s'encendrà la bombeta. Vegeu l'esquema:



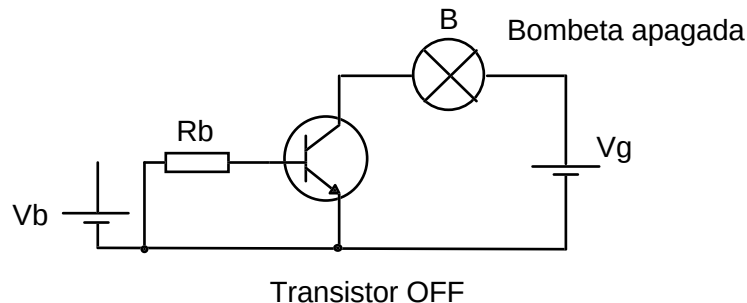
Aleshores la intensitat de corrent del col·lector vindrà donada per la bombeta i el voltatge del generador. Així si el voltatge del generador és de 12 V i la bombeta té un valor nominal de 12 V/ 0.1 A, el corrent de col·lector quan el transistor és en conducció serà de 0.1 A.

Per aconseguir l'estat de blocatge (OFF), s'ha d'eliminar el corrent de base. Això es pot fer de dues maneres:

- Desconnectant el resistor de polarització de base (R_b), i deixant-lo a l'aire (connexió flotant). Això presenta el problema que és molt sensible als paràsits i aquests poden crear un estat d'inestabilitat en el transistor i aleshores la bombeta pot no quedar totalment apagada.



- Connectant el resistor de polarització de base (R_b) al terminal negatiu de la font d'alimentació. Amb aquesta connexió s'elimina el problema de la sensibilitat als paràsits del circuit anterior.



QÜESTIONARI

1. El transistor en estat de conducció es comporta com un interruptor _____ .

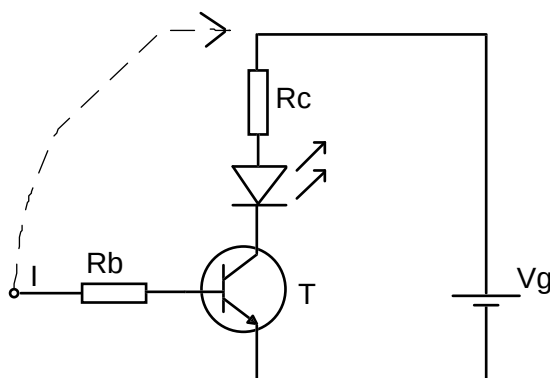
2. El transistor està construït amb ____ capes de materials semiconductors.
3. En un transistor NPN, el corrent d'emissor entra o surt?
4. Cerqueu en un manual de transistors els citats a la taula i anoteu la seva polaritat - PNP o NPN-.

Transistor	Polaritat
2N2222	
BC547	
BC557	
BD139	

5. Quan el transistor és en l'estat de blocatge, quina és la intensitat de corrent que deixa passar pel col·lector?
6. En un circuit amb un transistor que és en conducció -estat ON- en el seu circuit de col·lector hi ha un circuit format per una resistència de $10\text{ k}\Omega$ i una font d'alimentació. Quina intensitat de corrent hi haurà al col·lector i a l'emissor del transistor?.

ACTIVITAT 7: EL TRANSISTOR CONTROLA UN LED

1. Dibuixeu el transistor, de referència BD139, i indiqueu la correspondència dels seus terminals.
2. Per tal d'analitzar el seu funcionament com interruptor, col·locareu un díode LED que visualitzi l'estat del transistor. Munteu el circuit, en la qual fixeu-vos que el conjunt LED-R1, constitueix la càrrega del circuit format pel transistor entre col·lector i emissor i la font d'alimentació. R_b és el resistor limitador del corrent de base.



$R_b = 1\text{ k}\Omega$
 $R_c = 390\text{ }\Omega$
 $T = \text{BD139}$
 $V_g = 12\text{ V}$

3. Connecteu la font d'alimentació i observeu el LED. Completeu:

Estat del LED = _____
 Estat del transistor = _____

4. Connecteu el punt I (extrem lliure del resistor de base) al pol positiu de la font d'alimentació. Observeu el LED. Completeu:

Estat del LED = _____
 Estat del transistor = _____

5. Dibuixeu l'esquema equivalent del circuit en el cas de bloqueig del transistor:
 6. Dibuixeu l'esquema equivalent del circuit en el cas de conducció del transistor:
 7.- Mesureu els corrents indicats a la taula, per a cada un dels estats del transistor:

Estat transistor	Estat LED	I _b	I _c	I _e
Bloqueig				
Conducció				

QÜESTIONARI:

- Quan el LED està encès, el punt I està connectat al pol _____ i la resistència que ofereix el transistor entre col·lector i emissor és _____, donat que la tensió entre aquests terminals és _____.
- Calculeu la intensitat del corrent de col·lector quan el transistor està en conducció. (Partiu del circuit equivalent).
- En un transistor en estat de conducció, la intensitat de col·lector és molt més que la intensitat de base. (R: gran, petita).

ACTIVITAT 8: EL CIRCUIT INTEGRAT

El circuit integrat

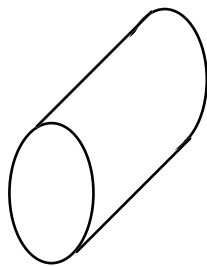
La miniaturització dels circuits electrònics ha estat un dels aspectes que han evolucionat més espectacularment des del naixement d'aquesta tecnologia. L'aportació més important dins aquest procés ha estat la tècnica de la integració. Aquesta ha permès fer un salt qualitatiu molt important en incorporar dins un mateix espai de semiconductor un circuit sencer, trencant la barrera del component individual. En una petita àrea d'un cristall de semiconductor és possible construir un circuit format per components actius -díodes, transistors i altres-, elements passius -resistències i condensadors- i les seves connexions.

El silici és el material escollit per construir els circuits integrats. Aquest és un dels minerals que més abunden a la Terra, i per tant és un material de fàcil abast. Ara bé cal sotmetre'l a un determinat tractament per tal d'obtenir un circuit integrat.

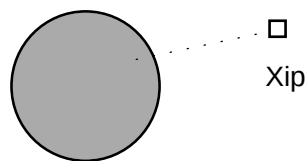
Procés de fabricació d'un circuit integrat

Per a la fabricació dels circuits integrats s'empren tècniques similars a les de construcció dels díodes i transistors. Primerament es preparen els cristalls de silici en forma de cilindres, d'uns 7cm^2 se superfície. A continuació es tracten els cristalls per tal de netejar-los d'impureses i es tallen en unes làmines molt primes de $150\text{ }\mu\text{m}$ de gruix.

Amb un ordinador s'ha dibuixat la forma que tindrà el circuit en el cristall, aquest dibuix s'ha realitzat a un grandària molt superior a la que tindrà en realitat. Després amb mitjans fotogràfics es transfereix la forma del circuit al cristall i a continuació a través d'un procés físico-químic aquest queda incorporat al cristall, això s'ha de repetir diverses vegades ja que el circuit es construeix per capes.



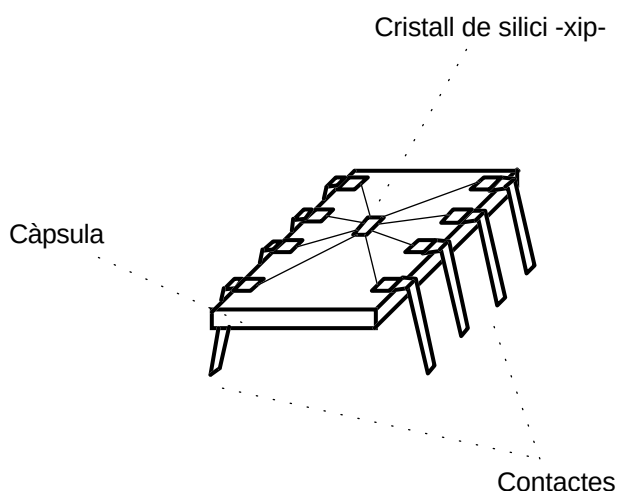
Barra de silici



Làmina amb circuits integrats

Quan es realitza aquest procés sobre la mateixa llesca de cristall es confeccionen centenars de circuits integrats que després es retallen per disposar d'ells individualment -xips-. La mida dels quals s'aproxima a la del cap d'una agulla, de $1250 \times 1250\text{ }\mu\text{m}$.

Quan ja es disposa dels xips aquests s'encapsulen per tal de facilitar la seva manipulació, facilitant les connexions del xip a l'exterior.



Evolució dels circuits integrats

Aquesta tecnologia ha anat evolucionat i ha donat lloc a diversos estadis que es classifiquen pel nombre de components que s'han pogut integrar en un petit cristall de silici.

TECNOLOGIA INTEGRACIÓ	SIGLES	NOMBRE DE COMPONENTS
Integració a petita escala	SSI	Inferior a 100
Integració a mitja escala	MSI	100 a 1000
Integració a gran escala	LSI	1000 a 10.000
Integració a molt gran a	VLSI	Més de 10.000

Avantatges aportades pels circuits integrats

Si es compara la tecnologia dels circuits integrats amb la dels components individuals connectats per tècniques clàssiques, el circuit integrat aporta:

1. Abaratiment de costos de fabricació i per tant de venda.
2. Millora de la fiabilitat del circuit. Reducció d'avaries.
3. Miniaturització. Reducció del volum dels circuits.
4. Permet augmentar l'automatització dels processos de fabricació d'equips electrònics.

Aplicacions dels circuits integrats

Aquesta tecnologia a permès integrar circuits complexos en un sol xip, això ha donat lloc a una classificació funcional dels circuits integrats segons el seu camp d'aplicació:

Circuits integrats lineals. Sota aquest nom s'agrupen tots aquells c.i. dedicats a l'amplificació i tractament de senyals analògics d'alta i baixa freqüència, control de velocitat de motors de corrent continu, etc. Exemples d'aquests tipus de c.i. serien LM741, CA3140, LM358N, etc.

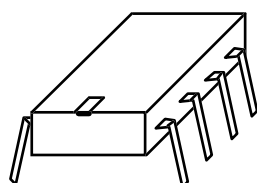
Circuits integrats digitals. Sota aquest nom s'agrupen tots aquells circuits que treballen en la tecnologia digital o binària, basada en la lògica de dos estats o àlgebra de Boole. Exemples d'aquests tipus de c.i. serien, 7400, 7490, 74HC02, 4011, etc.

Circuits integrats específics. Sota aquest nom s'agrupen tots aquells circuits que realitzen funcions que empren tant la tecnologia digital com la tecnologia analògica. Exemples d'aquests tipus de c.i. serien, NE555, ADC808, etc.

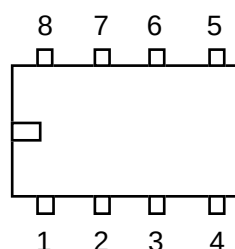
Encapsulats

Els circuits integrats actualment disposen de diferents tipus d'encapsulats segons sigui el tipus de funció, el nombre de potes exteriors i les condicions de l'entorn de treball.

El més usual és l'anomenat DIL -Dual In Line-, dues rengleres de potes en línia,



Encapsulat DIL de 8 potes



Numeració de les potes vist per sobre

Les potes d'un circuit integrat porten a l'exterior les connexions útils pel circuit exterior, cada una de les quals té una funció específica. Cada pota té un número que la identifica tant a l'esquema com en el propi xip. El sistema per numerar aquest tipus d'encapsulat és el mateix independentment del nombre de potes.

QÜESTIONARI:

1. Cerca en la bibliografia relacionada o en una enciclopèdia quin és el mineral d'on s'extreu el silici.
2. Cerca a la bibliografia el significat en llengua anglesa de les sigles:

TECNOLOGIA INTEGRACIÓ	SIGLES	SIGNIFICAT
Integració a petita escala	SSI	
Integració a mitja escala	MSI	
Integració a gran escala	LSI	
Integració a molt gran escala	VLSI	

3. Quins són els elements electrònics que s'integren en un xip:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

4. Busca un esquema senzill que incorpori un circuit integrat i dibuixa'l a continuació i marca en color vermell el símbol del circuit integrat i el número de cada una de les potes.