

DIODES

Electrònica analògica

MATERIALS SEMICONDUCTORS

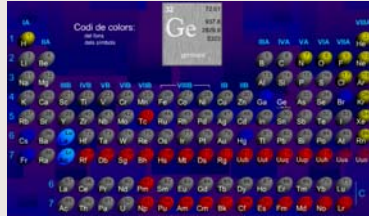
Un sòlid semiconductor es comporta com un material aïllant quan assoleix temperatures properes al zero absolut ($T \sim 0 \text{ K}$).

A la columna 4A podem troba els elements semiconductors que més s'usen en l'electrònica digital.

1 1A																	18 0
H 1	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	He 18
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B	9 8B	10 8B	11 1B	12 2B	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La/Lu	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac/Lu	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									
Lantanidos		La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Th	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
Actinidos		Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

Configuració electrònica dels àtoms

Si prenem taula periòdica dels elements podem veure diferents dades respecte les característiques de cada element.



Nombre d'electrons	Massa atòmica en UMES
32	72.61
Ge	937.8
	2829.9
	5323
germani	

Estructura cristal·lina CÚBICA
CENTRADA A LES CARES

15	30.9738
P	44.1
	279.8
	1820
fòsfor	

Fosfor. 15 electrons

32	72.61
Ge	937.8
	2829.9
	5323
germani	

Germani. 32 electrons

14	28.0855
Si	1409.8
	2354.8
	2329
silici	

Silici. 14 electrons

13	26.98154
Al	660.04
	2466.8
	2698
alumini	

Alumini. 13 electrons

Configuracions electròniques:

Germani : 32 e- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^{10} 4s^2 4p^2$ (4)



Silici : 14 e- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^2$ (4)



Fosfor : 15 e- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ (3)



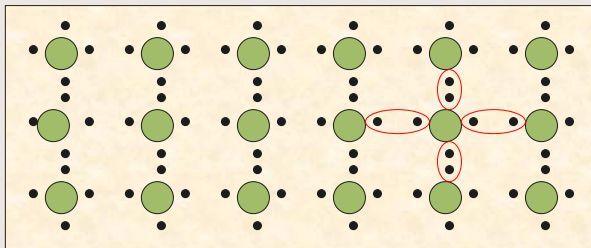
Alumini : 13 e- $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$ (5)



TOTS ELS ÀTOMS TENDEIXEN A TENIR 8 e- A LA DARRERA CAPA. (entre parèntesi s'indiquen els e- que falten per completar els 8)

Enllaç metàl·lic

Els metalls s'enllacen formant estructures cristal·lines regulars a l'espai. Els electrons més exteriors (**marcats en taronja a la diapositiva anterior**), es comparteixen amb els àtoms veïns per completar així l'estructura electrònica estable (8 e- a l'última capa).



Tipus de semiconductors

Distingim:

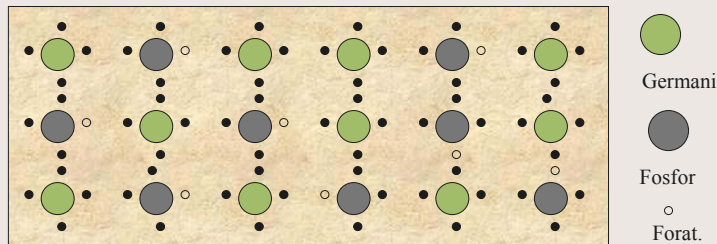
-Semiconductors intrínsecs:

Són els que estan formats per un únic tipus d'àtoms **Ge** o **Si**.

-Semiconductors extrínsecs

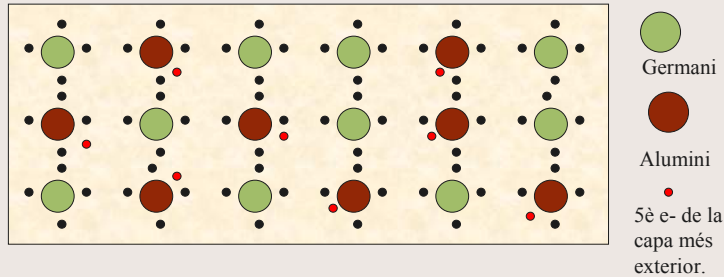
Són els que estan formats per un únic tipus d'àtoms **Ge** i alguns àtoms diferents (10%) anomenats *impureses*. Les impureses *impureses* i solen ser àtoms de fòsfor (**P**) o alumini (**Al**). Segons la seva composició els classifiquem en semiconductors tipus P o tipus N.

Semiconductor extrínsec dopat amb fòsfor. Semiconductor TIPUS P



Veiem que en tenir, el fòsfor, 3 e⁻ a la darrera capa, al seu voltant del queda un forat (+). En aplicar una diferència de potèncial sobre material, els electrons es desplaçaran del - al + i aleshores es crea l'efecte que els forats es delacen cap a l'altra banda. Aquest semiconductor l'anomenarem **tipus P**.

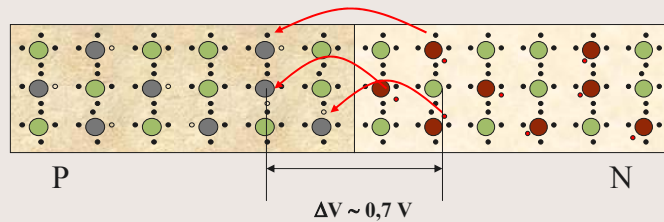
Semiconductor extrínsec dopat amb *alumini* Semiconductor TIPUS N



Veiem que en tenir, l'alumini, 5 e- a la darrera capa, al seu voltant del queda un electró que és rebutjat per tots els àtoms de l'estructura cristal·lina. En aplicar una diferència de potèncial sobre material, els electrons rebutjats s'acumularan en el costat de tensió alta (+). Aquest semiconductor l'anomenarem **tipus N**.

La unió PN

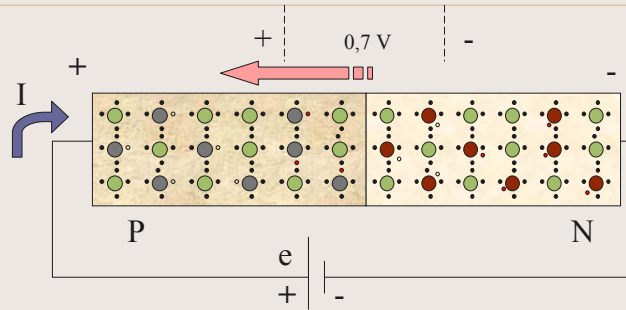
Ara enganxarem dos semiconductors un tipus P i l'altra tipus N.



Els e- que estan propers a la unió, tendeixen a ocupar els forats de l'altra banda, creant una barrera de potencial entre els semiconductors, que impedeix l'allau de la resta d'electrons (potencial de contenció).

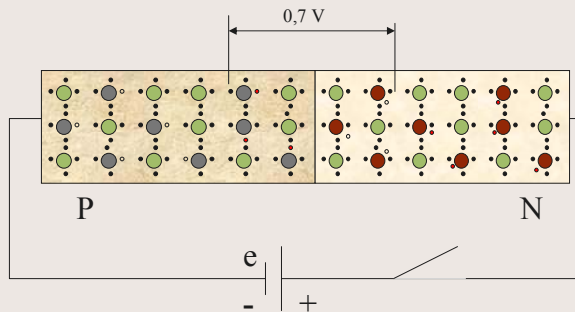
$$\Delta V \sim 0,7 \text{ V.}$$

POLARITZACIÓ DIRECTA



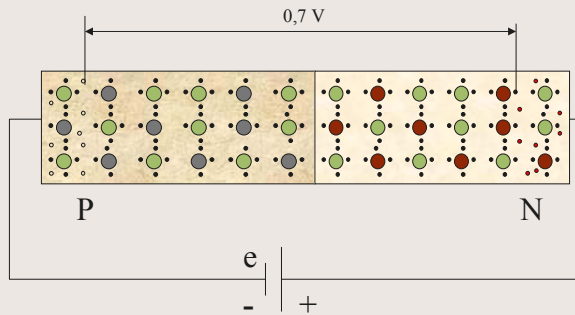
Ara connectem la unió NP a una font de tensió continua. Si la tensió e és major que la tensió de contenció els electrons de la zona **N** seran capaços de saltar cap a la zona **P** i moure's a través del circuit. Per aquesta situació diem que la **unió NP és conductora**, és a dir que la **polarització és directa**.

POLARITZACIÓ INVERSA



Si invertim la polaritat de la bateria, els electrons de **N** s'acumularan als extrems del semiconductor **N**, és a dir la barrera de contenció augmenta d'amplada. Per aquesta situació els electrons de **N** no poden arribar a **P**. Ara direm que la unió NP **no és conductora**, és a dir que la **polarització és inversa**.

POLARITZACIÓ INVERSA

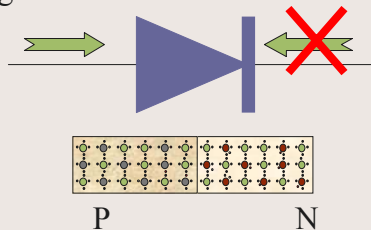


Si invertim la polaritat de la bateria, els electrons de N s'acumularan als extrems del semiconductor N, és a dir la barrera de contenció augmenta d'amplada. Per aquesta situació els electrons de N no poden arribar a P. Ara direm que la unió NP **no és conductora**, és a dir que la **polarització és inversa**.

El diode

El diode és el dispositiu electrònic que s'obté de la unió NP de dos *semiconductors extrínsecs*.

El diode es representa per un triangle tal i com es veu a la figura.



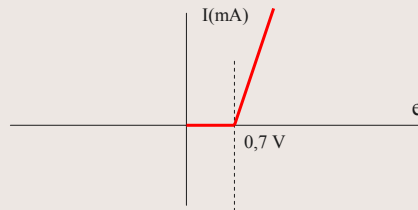
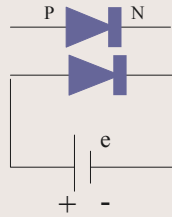
El diode només permet el pas de corrent en un sol sentit. Per tant actua de rectificador del corrent altern.

Corba característica d'un diode

Considereu el diode anterior:

Polaritzem-lo en directe:

Anem augmentant la tensió e .



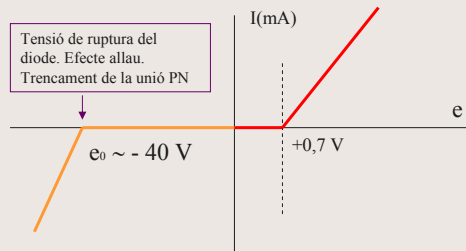
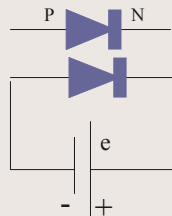
Observem que el diode és conductor quan e supera la tensió de contenció de 0,7 V. A partir d'aquest valor la intensitat es dispara.

Corba característica d'un diode

Considereu el diode anterior:

Polaritzem-lo en invers:

Anem augmentant la tensió e .

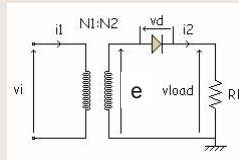


Observem que el diode no és conductor. Ara bé quan la tensió arriba a e_0 es produeix la ruptura de la unió PN, produint-se l'efecte allau.

El diode com a rectificador

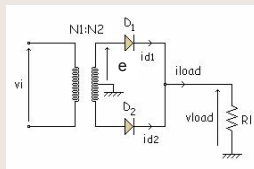
Ja hem comentat que el diode actua com a rectificador del corrent altern. Hi ha dos tipus de rectificadors.

1. Mitja ona.

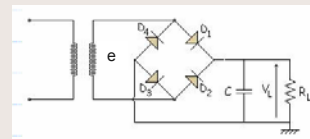


2. Ona completa o doble ona

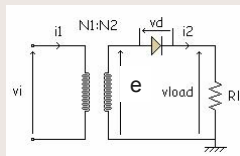
Ona completa



Pont de Graetz



Valors promigs en els rectificadors de mitja ona

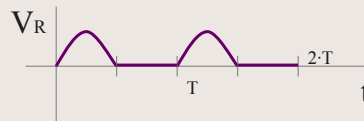
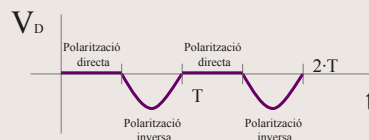
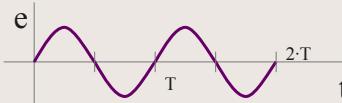


La resistència R i el diode D estan en sèrie, per tant es complirà:

$$e = V_D + V_R$$

Per calcular la tensió promig a la resistència R, haurem de calcular la integral:

$$\langle V_R \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_R \cdot dt$$



$$\langle V_R \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_R \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} e \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} e_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot dt = \frac{e_0}{\omega T} \int_0^{T/2} \sin(\omega t) \cdot \omega dt =$$

$$\frac{e_0}{\omega T} [-\cos(\omega t)]_0^{T/2} = \frac{e_0}{2\pi} [1 - (-1)] = \frac{e_0}{\pi}$$

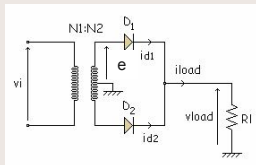
Alehores la intensitat promig a R serà: $\langle I_R \rangle = \frac{\langle V_R \rangle}{R} = \frac{e_0}{\pi R}$

La potència dissipada a R en promig serà:

$$\langle P_R \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_R \cdot I_R \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} e \cdot I_R \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} e_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot I_{R_0} \cdot \sin(\omega t) \cdot dt =$$

$$\frac{e_0 \cdot I_{R_0}}{\omega T} \int_0^{T/2} \sin^2(\omega t) \cdot \omega dt = \frac{e_0 \cdot I_{R_0}}{\omega T} \left[\frac{t}{4} - \frac{\sin(2\omega t)}{4\omega} \right]_0^{T/2} = \frac{e_0 \cdot I_{R_0}}{4} = \frac{e_0^2}{4R}$$

Valors promigs en els rectificadors de doble ona

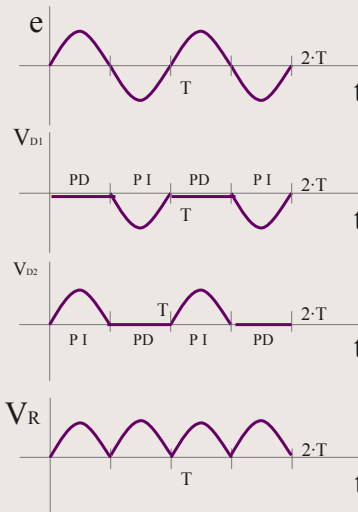


La resistència R i els diodes D1 i D2 estan en sèrie en cada semiperíode, per tant es complirà:

$$e = V_{D_k} + V_R$$

Per calcular la tensió promig a la resistència R, haurem de calcular la integral:

$$\langle V_R \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T V_R \cdot dt$$



$$\begin{aligned} \langle V_R \rangle &= \frac{1}{T} \int_0^T V_R \cdot dt = \frac{1}{T} \int_0^{T/2} e \cdot dt + \frac{1}{T} \int_{T/2}^T -e \cdot dt = \frac{2}{T} \int_0^{T/2} e_0 \cdot \sin(\omega t) \cdot dt = \\ &= \frac{2e_0}{\omega T} \int_0^{T/2} \sin(\omega t) \cdot \omega dt = \frac{2e_0}{\omega T} [-\cos(\omega t)]_0^{T/2} = \frac{2e_0}{2\pi} [1 - (-1)] = \frac{2e_0}{\pi} \end{aligned}$$

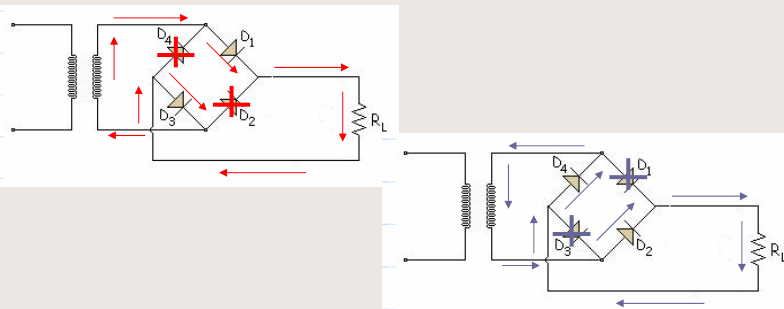
Alehores la intensitat promig a R serà: $\langle I_R \rangle = \frac{\langle V_R \rangle}{R} = \frac{2e_0}{\pi R}$

La potència dissipada a R en promig serà: $\langle P_R \rangle = \frac{e_0^2}{2R}$

El pont de Graetz

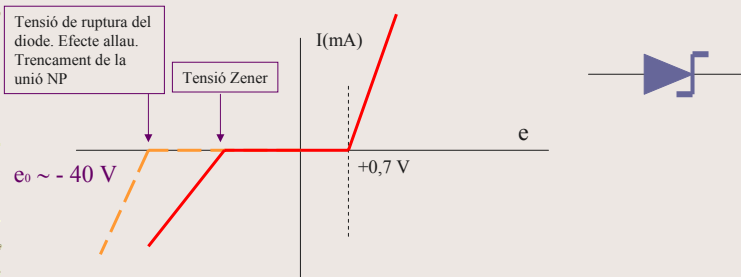
El pont de Graetz és un rectificador de doble ona que està format per quatre diodes iguals.

El seu funcionament és simple. El corrent altern que prové del transformador, sempre travessa la resistència R en el mateix sentit.



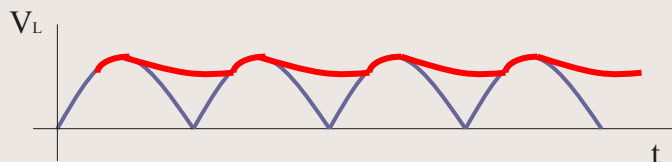
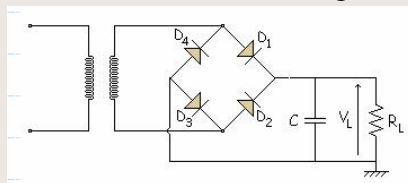
El diode ZENER

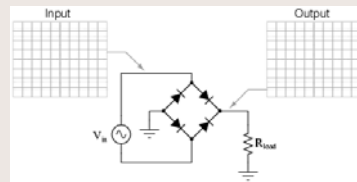
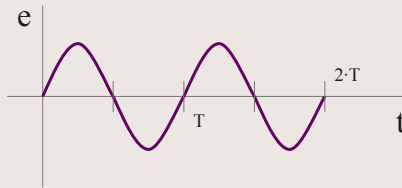
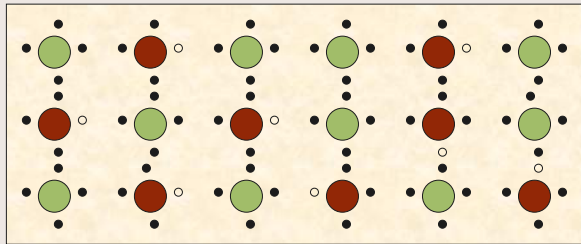
Hi ha diodes que presenten conductivitat per sota de la tensió de ruptura quan es polaritzen en invers. Aquests diodes s'anomenen **diodes Zener**. La conductivitat no és per a qualsevol valor de la tensió inversa, sinó a partir d'un cert valor anomenat **tensió Zener**. El valor de la tensió Zener és menor que la tensió de ruptura.



Filtratge del senyal

Per eliminar l'arissada del senyal rectificat, usarem un condensador connectat en paral·lel amb la resistència R .





- Diode Zener
- Pont de Graetz
- Filtre del senyal.
- rectificadors trifàsics