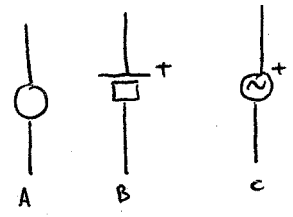
ELETTRONICA

Richiami di elettrotecnica



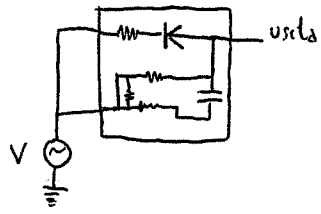
Sono <u>generatori ideali di tensione</u>

- generico (A)
- continuo (B)
- alternato (C)

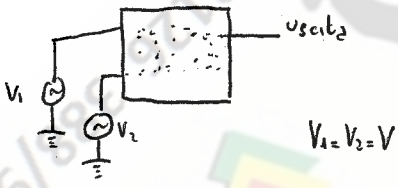
I generatori ideali applicano sempre la stessa tensione.
Quelli reali invece hanno in serie una resistenza interna

MASTER COPY
Tel. 388/9837745

<u>Principio di sovrapposizione degli effetti</u>



è complicato da risolvere, ma se il generatore di tensione è ideale posso permettermi il lusso (pericoloso) di studiare e risolvere due circuiti separati.

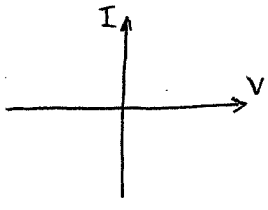


Se era reale non potevo farlo perché la tensione nei nodi dipende anche dalla corrente.
Quando è ideale, posso studiare due circuiti separati e poi applicare il principio di sovrapposizione degli effetti.

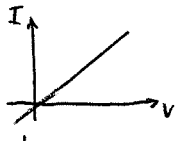
$$V_u = A_{v_1} \cdot V_1 + A_{v_2} \cdot V_2$$

Funzioni che tengono conto del fatto che un generatore è attivo e l'altro è cortocircuitato

Grafico Caratteristico Corrente – Tensione



- resistenza

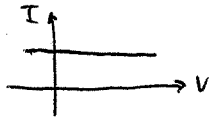


$R = \frac{V}{I}$ → definizione

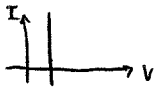
$R = \rho \frac{l}{A}$ → espressione

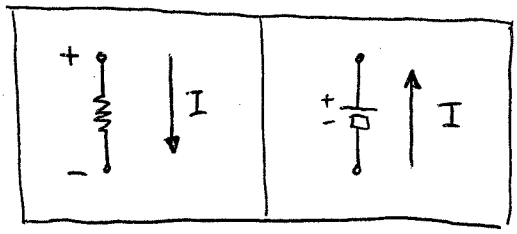
Se percorsa da corrente si viene a creare una tensione V_1 e viceversa, se applico una tensione inizia a passare corrente.
La pendenza è $\frac{1}{R}$ cioè la conduttanza.

- generatore ideale di corrente



- generatore ideale di tensione





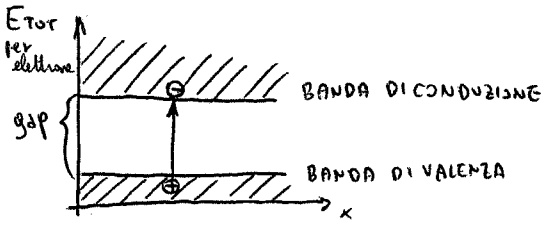
Semiconduttori

I conduttori hanno un numero di elettroni di valenza (liberi) pari al numero di atomi

Gli isolanti non hanno nessun elettrone libero perché sono tutti impiegati nei legami di valenza

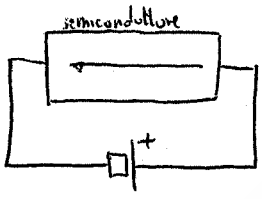
Il semiconduttore presenta caratteristiche intermedie

A temperatura ambiente nel semiconduttore vi è una percentuale molto piccola di elettroni di valenza che hanno un energia sufficiente per liberarsi dal vincolo del reticolo cristallino (in genere sono legami covalenti). Questa energia è sufficiente, appunto, per portare gli elettroni dalla banda di valenza alla banda di conduzione (negli isolanti il gap di energia è molto alto invece nei conduttori è circa 1eV)

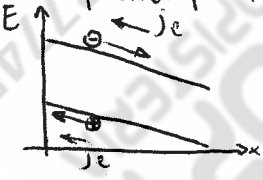


Quando questo accade, con la rottura del legame covalente, si genera un elettrone libero (che può muoversi liberamente nel semiconduttore) e una lacuna (ossia il posto lasciato vuoto dall'elettrone che si è liberato).

L'importanza della lacuna consiste nel fatto che l'esistenza di un legame incompleto rende probabile il trasferimento di un elettrone, vincolato prima ad un altro legame vicino, nella lacuna lasciando a sua volta una lacuna al suo posto

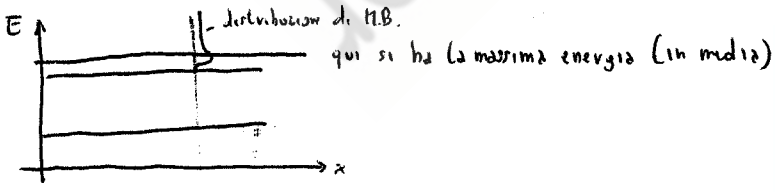


Quando si applica una differenza di potenziale agli estremi del cristallo ottengo un piegamento delle bande che porta ad una conduzione di corrente dovuta agli elettroni liberi che si muovono ordinatamente verso la lacuna (che sono viste come polarità positive) e alle lacune che si spostano verso la polarità negativa



l'elettrone tende a scendere, mentre la lacuna tende a salire (come una bolla). Si vede che la corrente è concorde con le lacune e discorde con gli elettroni (je, con e <0).

Se scaldo il semiconduttore gli elettroni acquisiranno un energia media che segue la legge $\frac{3}{2} K_B T$. Secondo la distribuzione di Maxwell-Boltzman si riesce a rappresentare la zona dove gli elettroni si andranno a collocare (al di sopra della banda di conduzione).

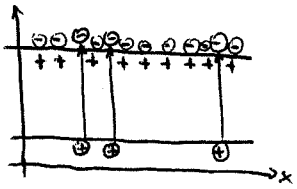


Il "drogaggio" dei semiconduttori

I semiconduttori sono molto utilizzati nell'elettronica poiché le loro proprietà possono essere fortemente modificate, in modo altamente controllato, aggiungendo piccole quantità di impurità:

- Drogaggio mediante sostanze pentavalenti (esempio fosforo).
  Se si inseriscono delle sostanze pentavalenti all'interno del semiconduttore (che è tetravalente) queste sostanze si legano al semiconduttore mediante 4 elettroni, mentre il quinto resta libero e pertanto disponibile alla conduzione. Il semiconduttore drogato in questo modo prende il nome di tipo N in quanto al suo interno sono disponibili delle cariche negative introdotte mediante il drogante (donatore) disponibili alla conduzione

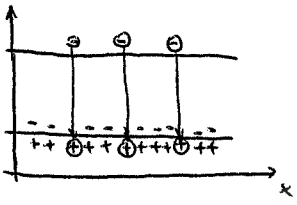
Se allora si applica un generatore al semiconduttore drogato, la conduzione avverrà molto facilmente incontrando una resistenza molto inferiore alla resistenza trovata nel semiconduttore non drogato, in quanto la conduzione avviene mediante le cariche libere del donatore. Per effettuare un drogaggio normale di tipo N si inettano da 10^{14} a 10^{18} atomi di drogante per cm^3 di semiconduttore.



→ ⊖ elettroni maggioritari
→ + atomi donatori ionizzati (hanno ceduto gli elettroni al semiconduttore) ora sono come cariche positive fisse
→ ⊕ lacune minoritarie

- Drogaggio mediante sostanze trivalenti (esempio boro)

In questo caso all'interno del semiconduttore viene iniettata una sostanza trivalente (cioè avente valenza 3), essa si lega al semiconduttore solo con tre legami, lasciandone libero uno. Questo legame libero (lacuna) si rende disponibile alla conduzione, ma si ha un eccesso di cariche positive e pertanto il semiconduttore prende il nome di <u>tipo P</u>, mentre il drogante di accettore. Anche in questo caso per effettuare il drogaggio si inettano da 10^{14} a 10^{18} atomi di drogante per cm^3 di semiconduttore.

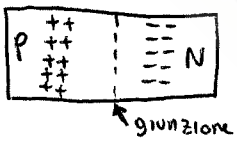


→ ⊖ elettroni minoritari
→ − accettori ionizzati (hanno ceduto lacune al semiconduttore), ora sono come cariche negative fisse.
→ ⊕ lacune maggioritarie

Con i semiconduttori si costruiscono tutti gli elementi elettronici

Giunzione P-N

Quando due parti di semiconduttore, una drogata di tipo P e l'altra drogata di tipo N, vengono messe a stretto contatto (o meglio quando una barretta di semiconduttore viene in parte drogata di tipo P e in parte di tipo N) si forma una zona dalle caratteristiche particolari, denominata giunzione

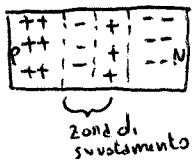


Immediatamente tra il semiconduttore di tipo P e quello di tipo N avviene un fenomeno di diffusione delle cariche cioè le cariche libere di tipo P si spostano verso la zona di tipo N e viceversa. Questo movimento di cariche (che tende a riportare l'equilibrio tra elettroni e lacune) si chiama <u>corrente di diffusione, I_{diff}</u>, con verso dalla zona P alla zona N.

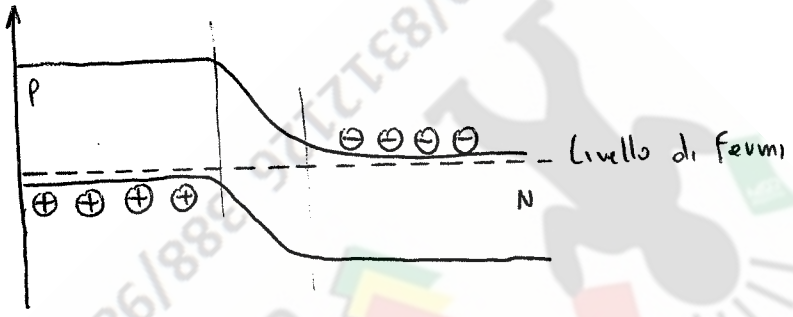
La durata della corrente di diffusione è molto limitata, difatti appena si viene ad avere la presenza di lacune nella zona N e di elettroni nella zona P, nasce un campo elettrico con il positivo nella zona di tipo N, e con il negativo nella zona di tipo P, quindi le cariche che attraversano la giunzione devono via via superare una barriera di potenziale sempre maggiore. Questo campo invece favorisce il flusso di cariche minoritarie in senso opposto

Quando il campo elettrico diventa sufficientemente elevato, la corrente di diffusione viene annullata in quanto si genera una seconda corrente, detta <u>corrente di drift</u>, opposta a quella di diffusione.

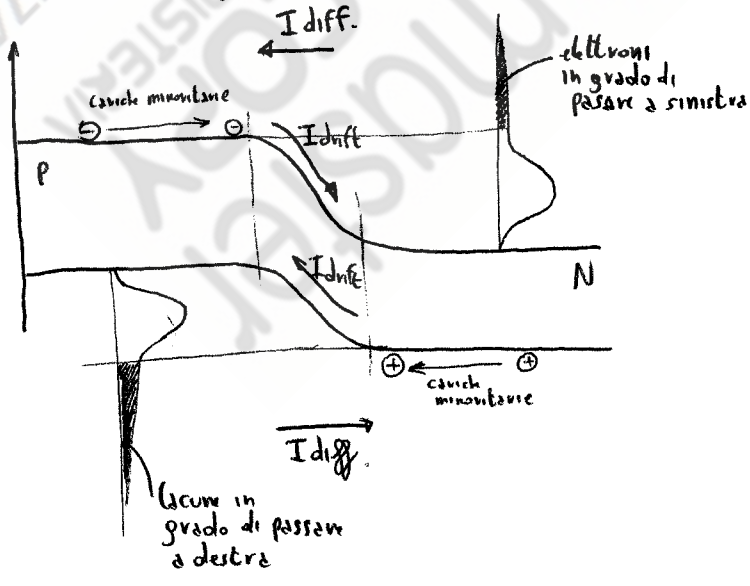
L'effetto della giunzione è quello di dar luogo a una zona di svuotamento delle cariche tra la zona P e la zona N, nella quale sono non sono presenti ne elettroni ne lacune ma solo cariche fisse.



Livello di Fermi: non esiste nella realtà ma è comunque molto importante. È il livello cui compete la probabilità 1/2 di essere occupato da elettroni.
Nei semiconduttori non drogati (intrinsechi) è a metà tra le bande.
Nel tipo N è spostato verso la banda di conduzione.
Nel tipo P è spostato verso la banda di valenza.
L'importante è che in un solido ci deve essere un unico livello di Fermi
Quindi nella giunzione P-N la situazione finale è



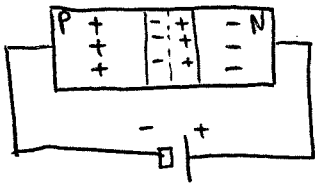
Nel transitorio abbiamo, come detto, i due flussi di diffusione e di drift



MASTER COPY
Tel. 388/9837745

Polarizzazione Inversa

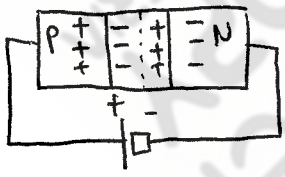
Quando una batteria esterna viene collegata ad una giunzione p N con l'elettrodo positivo collegato alla regione N e l'elettrodo negativo collegato alla regione p, si dice che la giunzione è polarizzata inversamente.



Le lacune della regione P sono attratti verso l'elettrodo negativo, lontano dalla giunzione.
Gli elettroni della regione N sono attirati verso l'elettrodo positivo, anch'essi lontani dalla giunzione.
Quindi entrambi i tipi di portatori maggioritari si allontano dalla barriera centrale, lasciando dietro di se' solo i portatori minoritari. Questo processo continua fino a quando la carica della barriera eguaglia il potenziale della batteria esterna, dopodiche si interrompe la corrente.
Questa condizione viene detta polarizzazione inversa, in quanto offre la massima resistenza ad un flusso esterno di portatori maggioritari.
Quindi il potenziale della giunzione aumenta fino ad annullare la corrente di diffusione, ma aumenta la corrente di drift che è proporzionale alla tensione di giunzione. (viene detta corrente inversa di saturazione). $I_D = I_S(e^{\frac{qV}{kT}} - 1)$
La polarizzazione inversa non conduce corrente (dato che la resistenza è molto elevata) e la corrente inversa è di valore molto basso.

Polarizzazione diretta

Se i collegamenti della batteria vengono invertiti, la giunzione diventa polarizzata direttamente.



L'elettrodo di segno positivo respinge le lacune presenti nella regione P verso la giunzione, mentre l'elettrodo di segno negativo respinge gli elettroni della regione N sempre verso la giunzione. Alcune di queste lacune ed elettroni entrano nella regione di svuotamento e si combinano. Quando ciò avviene, se la tensione del generatore è superiore alla tensione di giunzione, le cariche riescono a passare attraverso la giunzione dando luogo ad una corrente elettrica. Quindi la polarizzazione diretta permette il passaggio di corrente, dovuta ai portatori maggioritari, che quindi non è più soggetta ad alcuna limitazione.