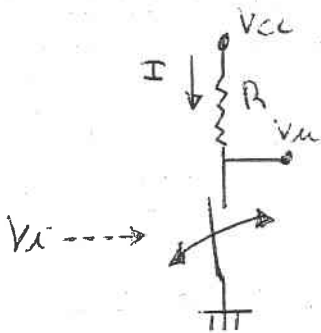


# TRANSISTORE BJT

Per creare un invertitore serve un interruttore



$$V_U = V_{CC} - R I = \begin{cases} V_{CC} & \text{se l'interruttore \u00e8 aperto} \\ 0 & \text{se l'interruttore \u00e8 chiuso} \end{cases}$$

↳ bisogna costruire un interruttore controllato da una tensione di ingresso tale per cui (ad esempio) essendo

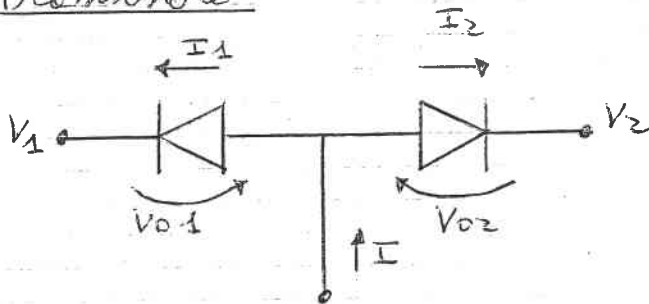
$V_i$  \u00e8 alta  $\rightarrow$  interruttore chiuso  $\rightarrow V_U$  basso

$V_i$  \u00e8 basso  $\rightarrow$  interruttore aperto  $\rightarrow V_U$  alto

↳ (\u00e8 il principio del rel\u00e9 elettromeccanico)

- ↳ serve un componente a 3 terminali (2 terminali dove entra ed esce la corrente e il 3\u00b0 di controllo)
- ↳ il diodo non ha questa caratteristica \u00e8 come la pompa della bicicletta dove l'aria pu\u00f2 andare solo in una direzione
- ↳ il componente meccanico per costruire un invertitore deve essere come un rubinetto  $\rightarrow$  ramo controllato da un 3\u00b0 terminale.

## • Transistore



He  $V_{01} > 0, V_{02} < 0$

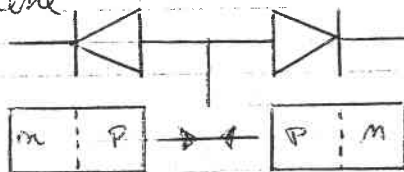
↳  $I_{01} \gg 0$  il diodo 1 \u00e8 polarizzato in diretta

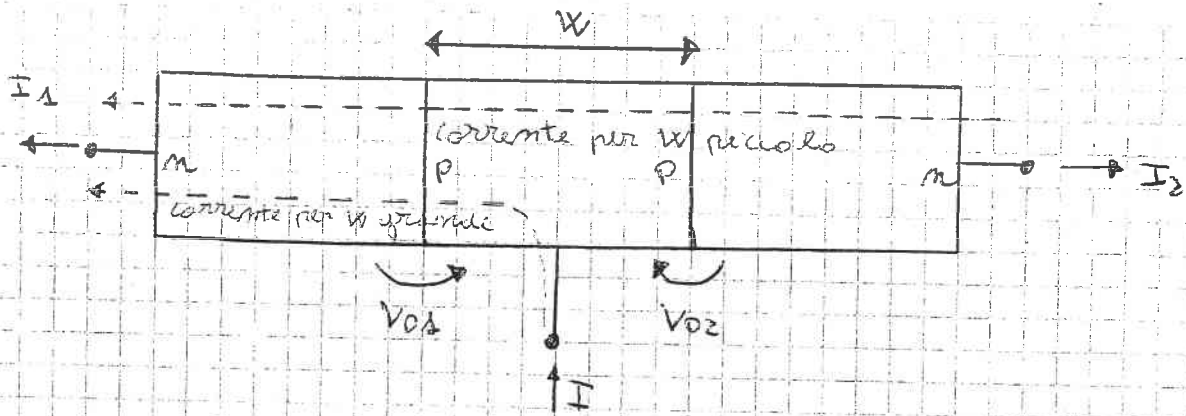
↳  $I_{02} \leq 0$  il diodo 2 \u00e8 polarizzato in inversa

$$I = I_1 + I_2 \approx I_1 > 0$$



↳ costruendo il componente in uno stesso substrato di silicio si dice

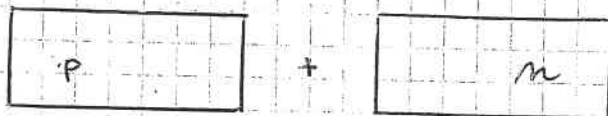




- per  $W$  grande con  $V_{01} > 0$  e  $V_{02} < 0 \Rightarrow I_1 \approx I$  e  $I_2 \approx 0$
- per  $W$  piccolo con  $V_{01} > 0$  e  $V_{02} < 0 \Rightarrow I_1 \gg 0$  e  $I_2 < 0, I_1 \approx -I_2$   
e  $I \approx 0$

il modello dei due diodi non è valido se confrontato con i dati sperimentali

Nel diodo

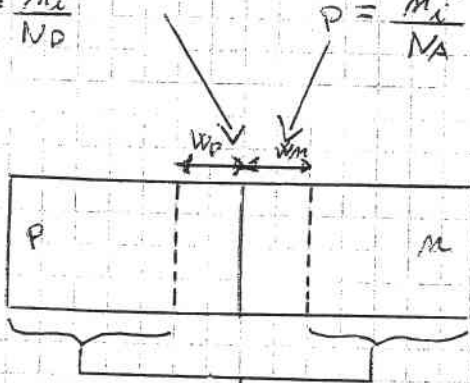


$$p = N_A$$

$$n = \frac{n_i^2}{N_D}$$

$$n = N_D$$

$$p = \frac{n_i^2}{N_A}$$



Modello creato basando su nell'ipotesi dell'esistenza di una regione n e di una regione p sufficientemente estese in cui, lontano dalla giunzione, il comportamento è come quello di una regione uniformemente drogata.

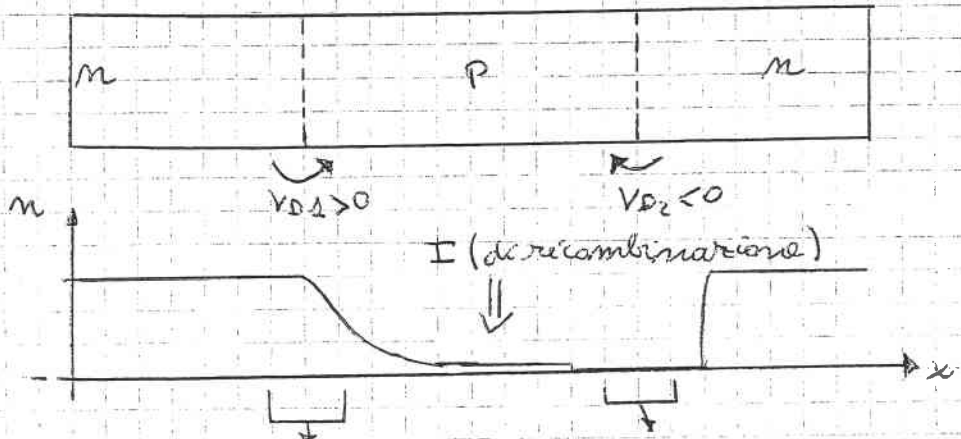
Zone neutre in cui  $p=0$

↳ la condizione sufficiente è che  $W_p$  e  $W_n >$  qualche  $\mu m$ .

↳ da questa ipotesi si è calcolato l'andamento del campo elettrico, del potenziale e si è studiato il meccanismo di diffusione e trasporto che rende la caratteristica del diodo  $I-V$  non lineare.

con  $W$  piccolo si è negato l'ipotesi  $\Rightarrow$  Modello non valido

• con w grande le due giunzioni sono indipendenti (regione di base ampia)



giunzione polarizzata in diretta → forte fenomeno di diffusione  
 ↳ la concentrazione delle lacune, essendo in contatto da lacune, la probabilità di ricombinazione è "alta" → corrente viene trasportata prima degli elettroni e, dopo la ricombinazione, dalle lacune  
 ↳ corrente elevata

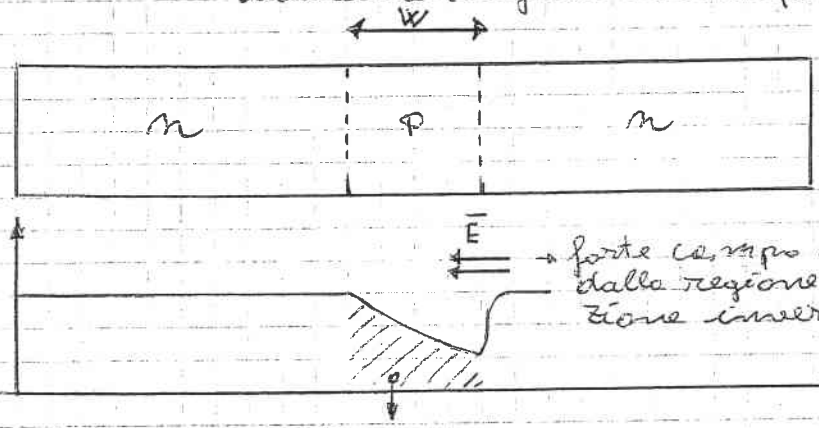
giunzione polarizzata in inversa → la regione nruote ta n è allargata → vince il transistamento

↳ corrente piccola

Le corrente entrante (I) nella base serve per ricombinare gli elettroni con le lacune (e viceversa)

quindi  $I = I_1$  e  $I_2 \approx 0$

• con w piccolo le due giunzioni dipendono l'una dall'altra (regione di base piccola)



effetto della diffusione; gli elettroni ricombinano con le lacune perché la zona è p  
 ↳ non tutti gli elettroni riescono a ricombinarsi  
 ↳ entrano nella regione polarizzata in inversa dove c'è un forte campo elettrico

La numero medio degli elettroni  $\rightarrow$   $w$  → entrano nella regione nruote il transistamento  
 ↳ Mosto una quantità elevata di carica  
 $I_1 \approx -I_2$

Il modello afferma che la corrente di una giunzione polarizzata in inverso è piccola in quanto vince il trascinamento che sposta i portatori minoritari.

↳ se le giunzioni sono vicine → la polarizzazione inversa crea un forte campo elettrico che, sempre per effetto di trascinamento, "sposta" i portatori maggioritari dovuti dalla vicina giunzione polarizzata in diretta.

↳ la corrente è grande (corrente di trascinamento dovuta nella giunzione pol. in inverso).

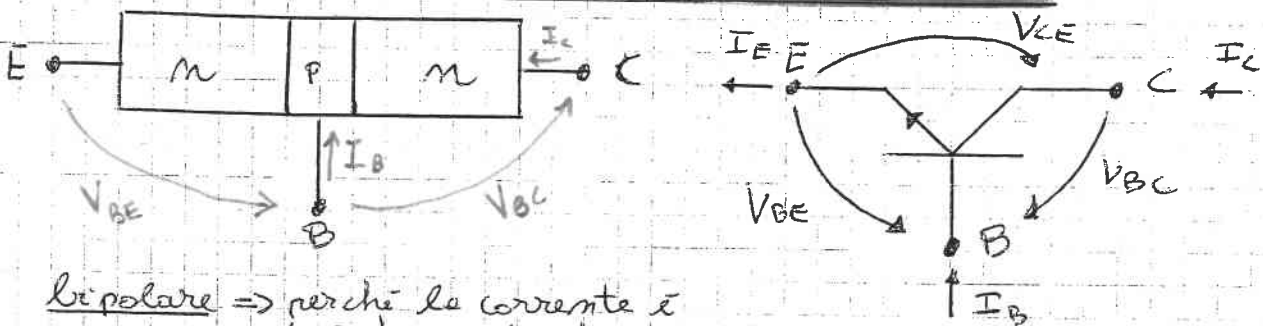
↳ i portatori diventano maggioritari per effetto di iniezione di portatori della giunzione vicina

effetto tramutare ⇒ una giunzione polarizzata in inverso è sede di forte corrente se è "assistita" da una giunzione polarizzata in diretta che sta vicino.

↳ la distanza tra le due giunzioni deve essere più piccola del cammino libero medio (distanza media che percorrono i portatori prima di ricombinarsi).

↳ la corrente di base tende a 0 perché non serve più per ricombinarsi in quanto i portatori passano attraverso la zona p.

### transistore bipolare n-p-n BJT



bipolare ⇒ perché la corrente è dovuta a due tipi di portatori.

↳ i MOS sono transistor unipolari.

BJT → bipolar junction transistor (transistore bipolare a giunzione)

B ⇒ base

E ⇒ emettitore → polarizzando in diretta la giunzione E-B sottrae la corrente nella giunzione opposta  
 ↳ inietta carica nella giunzione di base  
 ↳ inietta carica

C => collettore -> la giunzione BC è polarizzata in inversa -> si instaura un forte campo elettrico che tende a raccogliere la carica -> fa da collettore

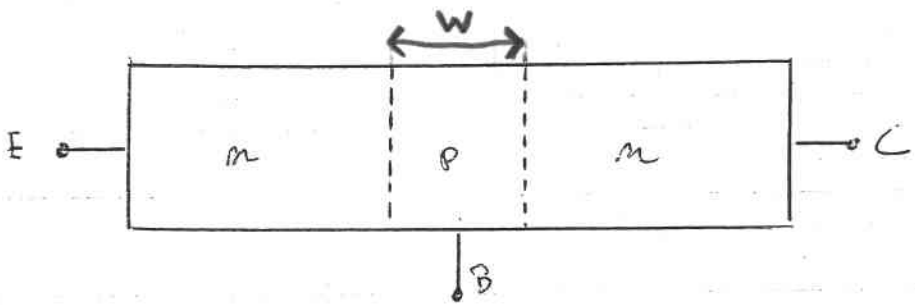
Il collettore e l'emettitore sono costruiti in modo diverso perché sono polarizzati in modo opposto.

Polarizzazione Normale o Attiva diretta quando la giunzione BE è polarizzata in diretta e quello BC in inversa.

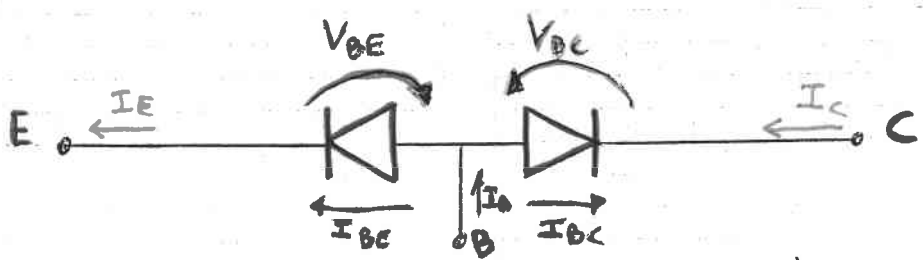
## MODELLO DEL TRANSISTORE

Il sistema è definito da 3 morsetti -> 3 potenziali e 3 correnti dove

$V_{CE} = V_{BE} - V_{BC}$  e  $I_E = I_B + I_C$  -> 2 incognite 2 correnti e 2 tensioni.



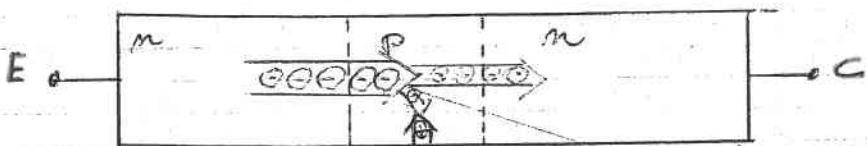
- Se  $W \uparrow \uparrow$   
 $I_E \approx I_B$   
 $I_C \approx 0$
- Se  $W \downarrow \downarrow$   
 $I_E \approx I_C$   
 $I_B \ll I_E, I_C$



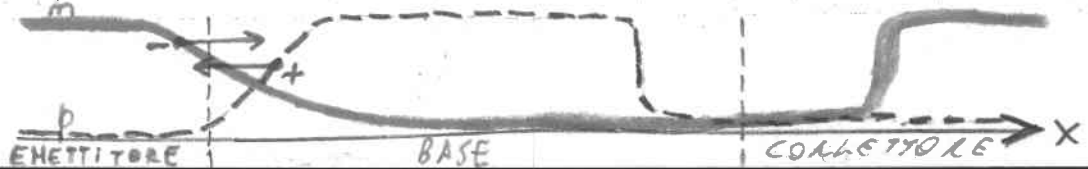
$I_{BE} = I_{BS} (e^{\frac{V_{BE}}{V_T}} - 1)$  ;  $I_{BC} = I_{BS} (e^{\frac{V_{BC}}{V_T}} - 1)$

↳ Se le giunzioni sono vicine c'è una corrente equiquiva

• In polarizzazione Normale gli elettroni, per effetto transistor, si spostano da sinistra verso destra -> corrente dal collettore all'emettitore -> la quantità di carica dipende dall'iniezione per effetto di diffusione  
 ↳ che dipende esponenzialmente dalla tensione applicata alle giunzioni



- ricombinazione
- effetto transistor
- ↳ diretta B
- ↳ inversa
- ↳ flusso di elettroni che dipende esponenzialmente da  $V_{BE}$

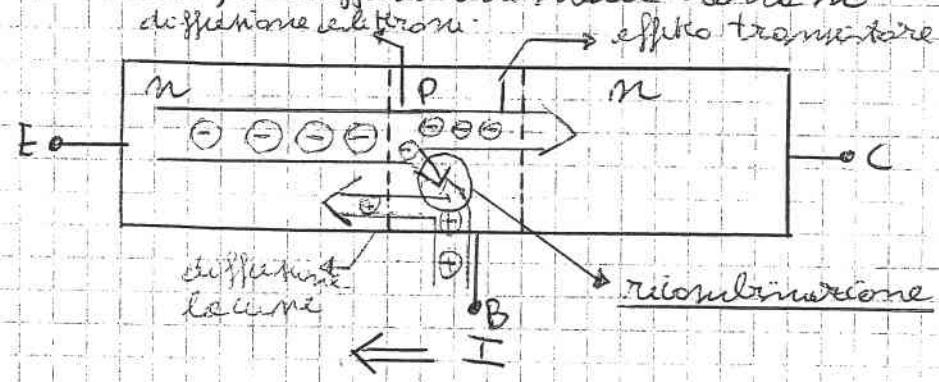


TRANSISTORE  
BIPOLARE A  
GIUNZIONE



Il flusso di elettroni che entra nella zona p in parte viene "attratto" dal forte campo elettrico della giunzione polarizzata in inversa ed entra nel collettore, in parte (se l'empiezza della zona p è piccola) allora è una frazione piccola) si ricombina con le lacune che provengono dalla corrente di base

↳ quando la giunzione BE polarizzata in diretta le lacune, oltre a ricombinarsi nelle zone p con gli elettroni, si diffondono nelle zone n

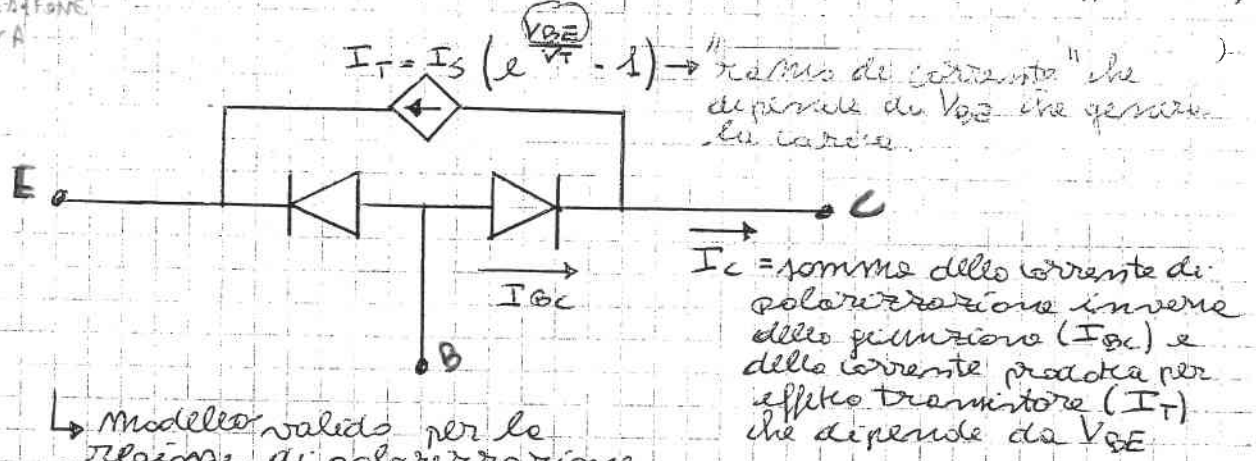


La corrente di emettitore è la somma di elettroni che entrano in base e di lacune che provengono dalla base ("lanciate" dal campo elettrico della giunzione BC)

La corrente di base è la somma di lacune destinate all'emettitore e alla ricombinazione

La corrente di collettore è la somma della corrente inversa della giunzione (che è trascurabile in quanto è prodotta dal transiamento per effetto ohmico di portatori minoritari) e degli elettroni "iniettati" dall'emettitore (flusso di carica che dipende soltanto dalla giunzione BE polarizzata in diretta in quanto la carica "prodotta" per diffusione)

— Polarizzazione  
DIRETTA



↳ Modello valido per le regioni di polarizzazione normale dove

$V_{BE} > 0$  e  $V_{BC} < 0$

↳ questa è la regione utilizzata nell'ambito analogico.