

Dispositivos de tres terminales

Transistores

- bipolares de junctura (BJT)
- de efecto de campo (FET)
 - JFET
 - IGFET

Dispositivos que regulan un flujo de corriente mediante una cantidad pequeña de energía (varía la conductividad entre dos terminales actuando sobre un tercer terminal de control)

Funcionamiento asimilable al de una fuente de corriente controlada por corriente

BJT

TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNTURA

BJT

TRANSISTOR BIPOLAR DE JUNTURA

Dos tipos de portadores

- electrones
- huecos

Dispositivos de 3 terminales con dos uniones p-n enfrentadas entre sí

PNP

NPN

NPN

PNP

$$v_{CB} + v_{BE} = v_{CE}$$

$$i_C + i_B + i_E = 0$$

NPN

Flujo electrones

Flujo huecos

El flujo más importante está constituido por electrones que van del emisor (emite) al colector (recoge)

$$i_C = -(\alpha_t \gamma) i_E + I_{CO} = -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

Modelo de Ebers - Moll

NPN

$$i_C = \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) - \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

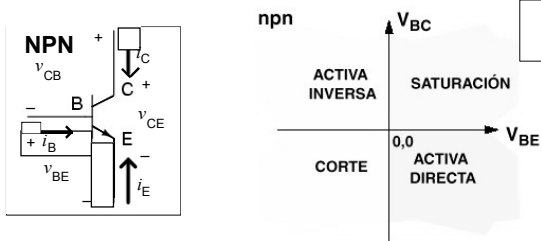
$$i_E = -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) + \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_C = -\alpha_N i_E - I_{CO} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E = -\alpha_I i_C - I_{EO} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

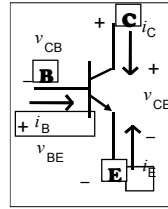
Zonas de operación

Polarización unión B-E	Polarización unión B-C	Modo de Operación
Inversa	Inversa	Corte
Directa	Inversa	Activa Directa
Inversa	Directa	Activa Inversa
Directa	Directa	Saturación



NPN Juntura BE polarización directa $v_{BE} = V\gamma$

conducción



Juntura BC polarizada inversamente

$v_{CB} \geq 0$ Funcionamiento normal
Zona activa

Juntura CB polarizada directamente

$v_{CB} < 0$ Saturación

Juntura BE polarización inversa

$$v_{BE} \leq 0$$

corte ($i_E = 0$)

Ebers - Moll

$$i_C = -\alpha_N i_E - I_{CO} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E = -\alpha_I i_C - I_{EO} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$v_{BE} = V_T \ln \left(1 - \frac{i_E + \alpha_I i_C}{I_{EO}} \right)$$

$$v_{BC} = V_T \ln \left(1 - \frac{i_C + \alpha_N i_E}{I_{CO}} \right)$$

corte

Junturas BE y BC en inversa $v_{BE} < 0$
 $v_{CB} > 0$

$$i_C \approx -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

$i_E \equiv 0$
 $i_C = I_{CO}$

$\alpha_I I_{CO} = \alpha_N I_{EO}$ $v_{BE} ?$

$$v_{BE} = V_T \ln \left(1 - \frac{\alpha_I I_{CO}}{I_{EO}} \right)$$

$$v_{BE} = V_T \ln(1 - \alpha_N)$$

$V_{BE(corteSi)} \approx 0V$
 $V_{BE(corteGe)} \approx 0,1V$

No cumple con condición corte
Si $i_B = 0$ (base abierta) $\Rightarrow i_E = -i_C \neq 0$ $v_{BE} \neq 0$

activa directa

$v_{BE} = V\gamma$ $v_{CB} > 0$

$$i_C = \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) - \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_C \cong \frac{\alpha_N I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} + \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I}$$

$$i_E = -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - 1 \right) + \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} \left(e^{\frac{v_{BC}}{\eta V_T}} - 1 \right)$$

$$i_E \cong -\frac{I_{EO}}{1 - \alpha_N \alpha_I} e^{\frac{v_{BE}}{\eta V_T}} - \frac{\alpha_I I_{CO}}{1 - \alpha_N \alpha_I}$$

activa directa

$v_{BE} = V\gamma$ $v_{CB} > 0$

Modelo de gran señal en zona activa tomando el emisor como terminal común

$$i_C = -\alpha_N i_E + I_{CO}$$

$$i_B + i_E + i_C = 0$$

$$i_C = i_B \frac{\alpha_N}{1 - \alpha_N} + \frac{I_{CO}}{1 - \alpha_N}$$

$$\beta = \frac{\alpha_N}{1 - \alpha_N} \Rightarrow i_C \cong \beta i_B + (\beta + 1) I_{CO}$$

Diferencial Si-Ge $i_{CO} \text{ e } I_{CO}$

Silicio $i_C \cong \beta i_B$

saturación *Junturas BE y BC en directa* $v_{BE} > 0$
 $v_{CE} < 0$

La corriente de base no puede controlar la corriente de colector

Si $\approx 0,7V$
 Ge $\approx 0,3V$

$v_{BE} = V_{BES}$
 $v_{CB} \approx V_{\gamma(BC)} \approx 0,2V$

limitada por el circuito externo

Corte
 No fluye corriente por ninguno de los terminales.

Activa Directa
 El transistor actúa como amplificador de intensidad
 $i_C = \beta i_B$

Por la unión B-E fluye una corriente de difusión que atraviesa la región de base alcanzando la unión B-C, los portadores son acelerados por el campo eléctrico e inyectados en el C

Activa Inversa
 Proceso equivalente al de activa directa pero, debido a la diferencia de dopados, muy poca corriente de la inyectada por el colector alcanza el emisor.

Saturación
 El circuito externo no puede proveer la corriente necesaria para que el transistor funcione en activa, y fija la corriente de colector. V_{CE} permanece constante

