

ELECTRONICA APLICADA I

Profesor Titular Dr Ingeniero Guillermo Riva

Profesor Adjunto Ingeniero Martín Guido

Amplificador Darlington.

- **Introducción.**
- **Par Darlington.**
- **Par complementario.**
- **Amplificador con montaje Darlington, salida por colector.**
Análisis.
Diseño.
Diseño para máxima excursión simétrica.
Diagrama en bloques.
Circuito equivalente para corriente alterna.
Impedancia de entrada y salida.
Ganancia de corriente y tensión.

- **Amplificador con montaje Darlington, salida por emisor.**
Diseño para máxima excursión simétrica.
Diagrama en bloques.
Circuito equivalente para corriente alterna.
Impedancia de entrada y salida.
Ganancia de corriente y tensión.

Amplificador Darlington

Introducción

Esta configuración de amplificador reúne dos o mas transistores de modo que el circuito resultante se comporta como un unico transistor cuyas características mejoradas son :

- *Alta ganancia de corriente.*
- *Mayor impedancia de entrada.*

Existen dos formas de connexion entre transistores que pueden operar como amplificador Darlington :

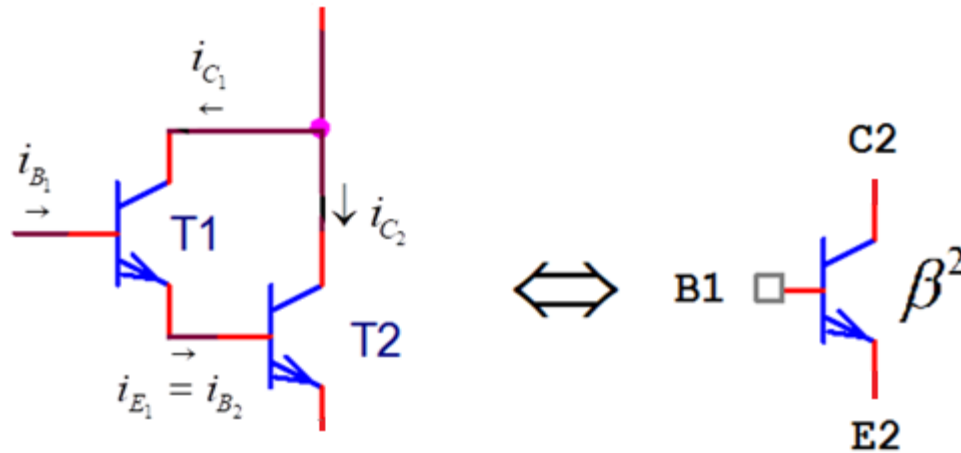
- *Conexión Darlington*
- *Par complementario*

Par Darlington

Realizado con dos transistores NPN, donde T_2 es normalmente un transistor de mayor potencia que T_1 .

T_1 : Emcapsulado TO – 92

T_2 : Emcapsulado TO – 220



$$i_{C_1} \cong i_{E_1} = i_{B_2}$$

$$\text{En C.C: } I_{C_2} = I_{B_1} \beta_1 \beta_2$$

$$\text{En C.A: } i_{c_2} = i_{b_1} h_{fe1} h_{fe2}$$

Si T_1 y T_2 son iguales :

$$\text{En C.C: } I_{C_2} = I_{B_1} \beta^2$$

$$\text{En C.A: } i_{c_2} = i_{b_1} h_{fe}^2$$

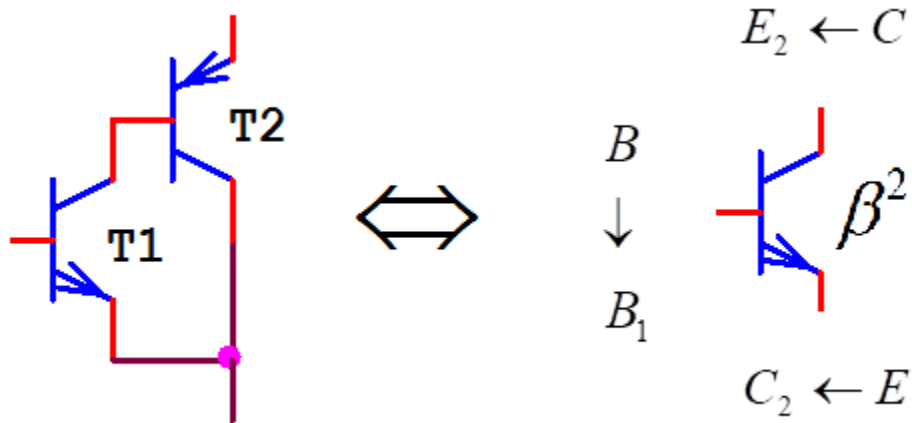
Par Complementario

Realizado con un transistor NPN (T_1) y un transistor PNP (T_2).

T_2 es normalmente un transistor de mayor potencia que T_1 .

T_1 : Emcapsulado TO – 92

T_2 : Emcapsulado TO – 220



Conexiones :

$$C_1 = B_2$$

$$E_1 = C_2$$

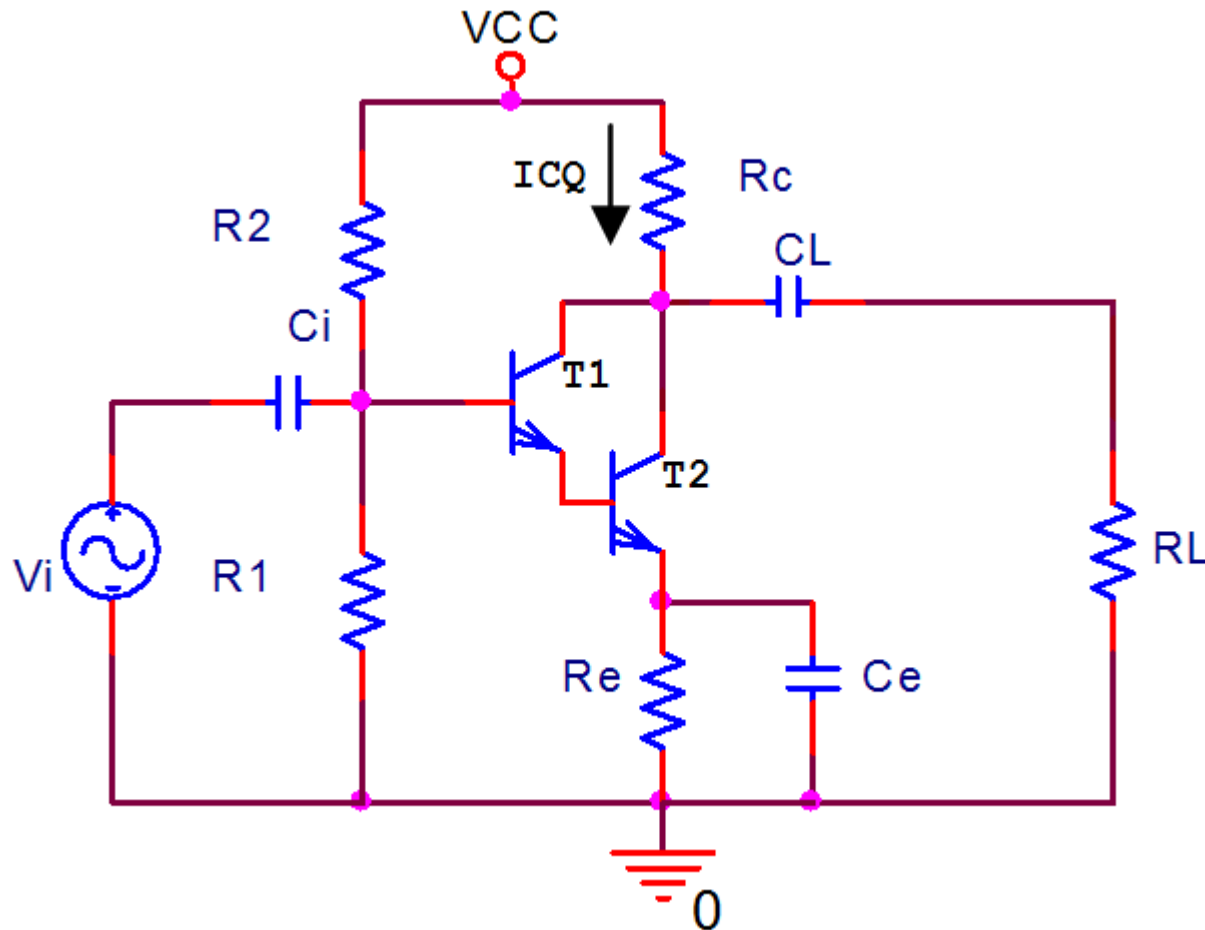
Corrientes :

$$\text{En C.C : } I_{C_2} = I_{B_1} \beta^2$$

$$\text{En C.A : } i_{c_2} = i_{b_1} h_{fe}^2$$

Amplificador Darlington, salida por colector

Similar a configuración emisor comun, pero con características mejoradas.



Amplificador Darlington, salida por colector

Análisis en corriente continua.

Aplicamos thevenin en la entrada reduciendo a una sola malla.

Luego aplicamos ley de Kirchoff de tensiones.

$$V_{BB} - \frac{I_{CQ_2}}{\beta^2} R_b - 2V_{BE} - I_{CQ_2} R_e = 0 \quad \Rightarrow \quad I_{CQ_2} = \frac{V_{BB} - 2V_{BE}}{R_e + \frac{R_b}{\beta^2}}$$

$$I_{BQ_2} = I_{CQ_1} = \frac{I_{CQ_2}}{\beta} \quad ; \quad I_{BQ_1} = \frac{I_{CQ_1}}{\beta} = \frac{\frac{I_{CQ_2}}{\beta}}{\beta} = \frac{I_{CQ_2}}{\beta^2}$$

$$V_{CEQ_2} = V_{CC} - I_{CQ_2} (R_C + R_e)$$

$$V_{CEQ_1} = V_{CEQ_2} - V_{BE_2}$$

Amplificador Darlington, salida por colector

Diseño en corriente continua.

Teniendo como datos R_e y I_{CQ_2} .

$$R_e \gg \frac{R_b}{\beta^2} \quad \Rightarrow \quad R_e = 10 \frac{R_b}{\beta^2} \quad \Rightarrow \quad R_b = \frac{\beta^2 R_e}{10}$$

$$V_{BB} = \frac{I_{CQ_2}}{\beta^2} R_b + 2V_{BE} + I_{CQ_2} R_e$$

$$R_1 = \frac{R_b}{1 - \frac{V_{BB}}{V_{CC}}} \qquad R_2 = \frac{R_b}{\frac{V_{BB}}{V_{CC}}}$$

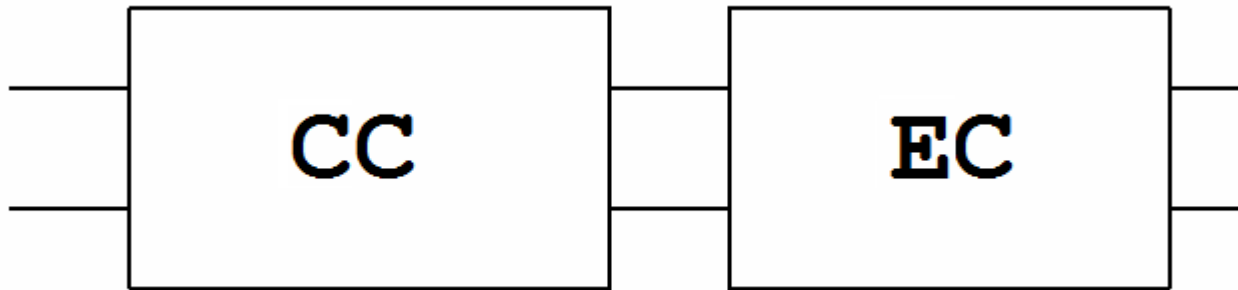
Amplificador Darlington, salida por colector

Si se quiere calcular este circuito para máxima excursión simétrica la ecuación que determina la corriente es :

$$I_{CQ,MES} = \frac{V_{CC}}{\underbrace{R_E + R_C}_{R_{CC}} + \underbrace{(R_C // R_L)}_{R_{CA}}}$$

Amplificador Darlington, salida por colector

Para corriente alterna tenemos :



Tiene ganancia de corriente pero no de tension.

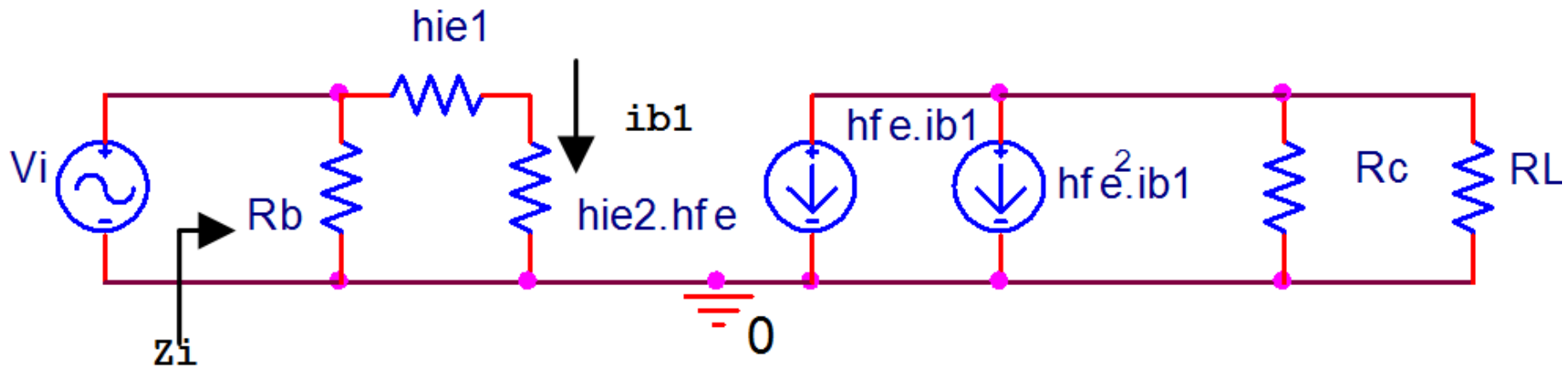
Tiene ganancia de corriente y de tension.

CC : Colector común.

EC : Emisor común.

Amplificador Darlington, salida por colector

Circuito equivalente para corriente alterna.

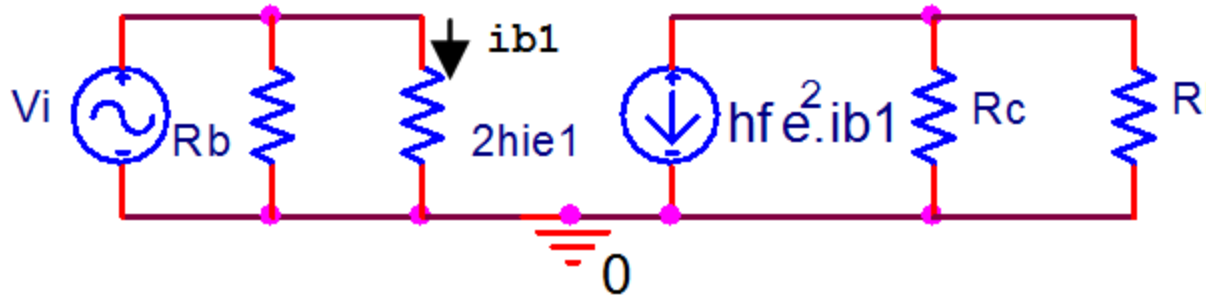


$$h_{ie1} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{CQ1}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{BQ2}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{\frac{I_{CQ2}}{h_{fe}}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{CQ2}} \times h_{fe} = h_{ie2} h_{fe}$$

$$h_{fe} i_{b1} + h_{fe}^2 i_{b1} = h_{fe} i_{b1} (1 + h_{fe}) \cong h_{fe} i_{b1} (h_{fe}) = h_{fe}^2 i_{b1}$$

Amplificador Darlington, salida por colector.

Impedancia de entrada y salida.



$$Z_i = R_b // 2h_{ie1}$$

$$Z_o = R_c$$

Amplificador Darlington, salida por colector.

Ganancia de corriente y tensión.

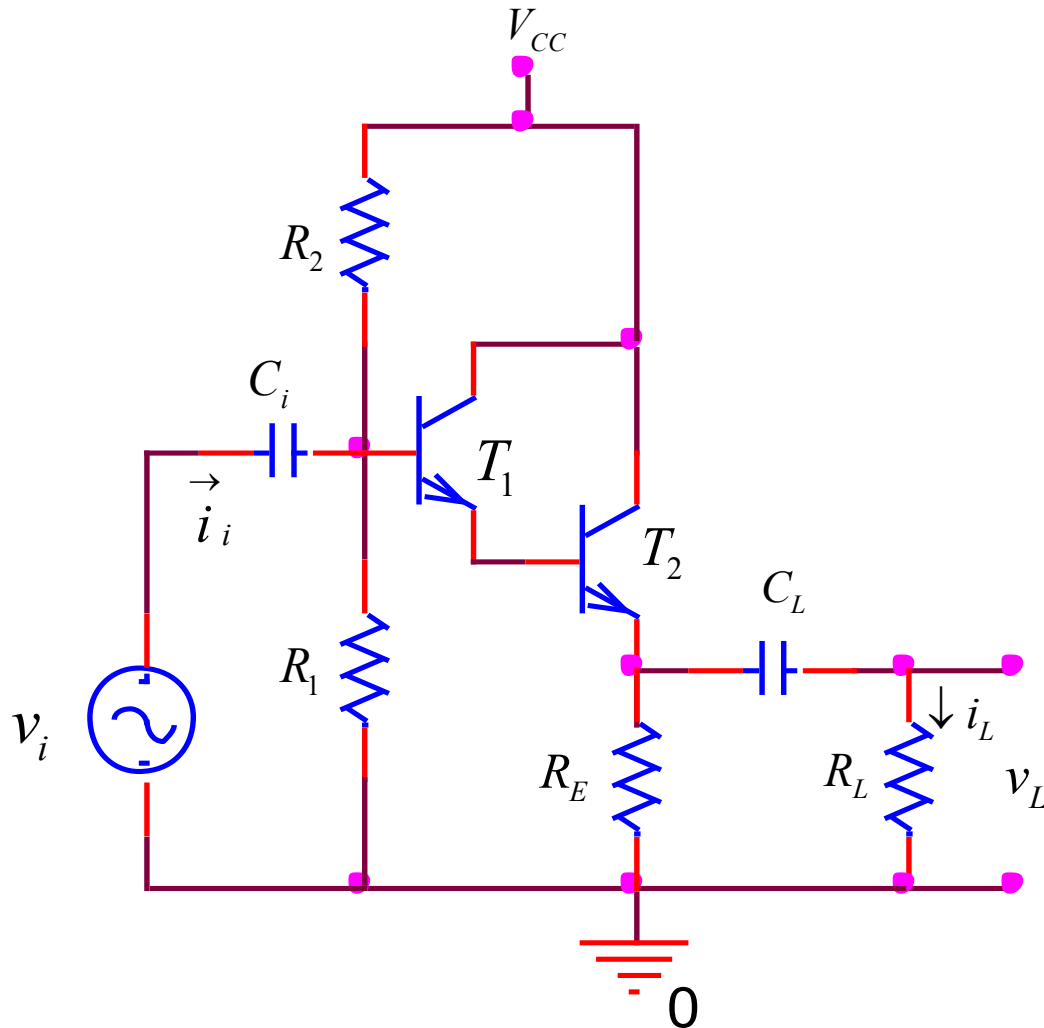
$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = \frac{i_L}{i_{b_1}} \times \frac{i_{b_1}}{i_i} = -h_{fe}^2 \times \frac{R_C}{R_C + R_L} \times \frac{R_b}{R_b + 2h_{ie_1}}$$

$$A_V = A_i \times \frac{R_L}{Z_i} = -h_{fe}^2 \times \frac{R_C}{R_C + R_L} \times \frac{R_b}{R_b + 2h_{ie_1}} \times \frac{R_L}{\frac{R_b \times 2h_{ie_1}}{R_b + 2h_{ie_1}}}$$

$$A_V = -h_{fe}^2 \times \frac{R_C}{R_C + R_L} \times \frac{R_L}{2h_{ie_1}}$$

Amplificador Darlington, salida por emisor

Similar a configuración colector común, pero con características mejoradas.



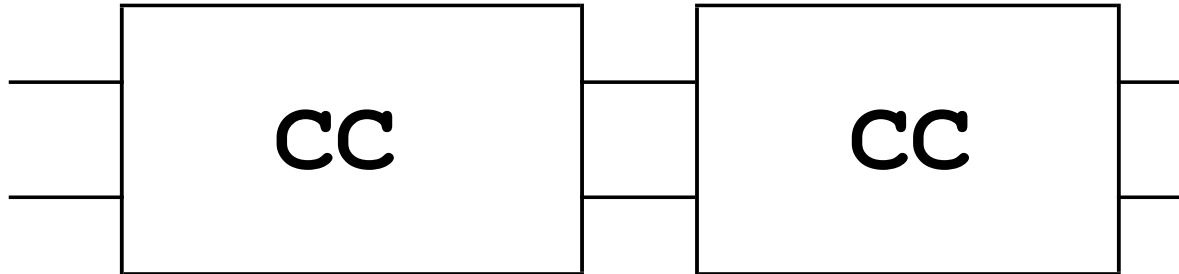
Amplificador Darlington, salida por emisor

Máxima Excursión Simétrica.

$$I_{CQ,MES} = \frac{V_{CC}}{R_{CC} + \underbrace{(R_E // R_L)}_{R_{CA}}}$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Para corriente alterna tenemos :



Tiene ganancia de corriente pero no de tension.

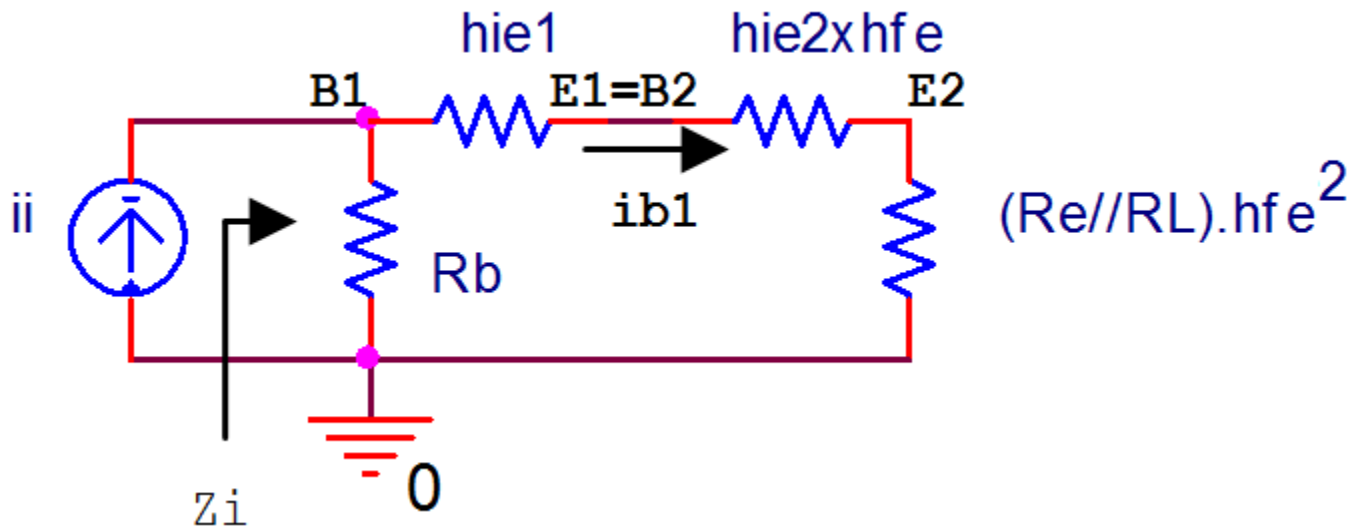
Tiene ganancia de corriente pero no de tensión.

CC: Colector común

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Circuito equivalente para corriente alterna.

Cálculo de la impedancia de entrada.

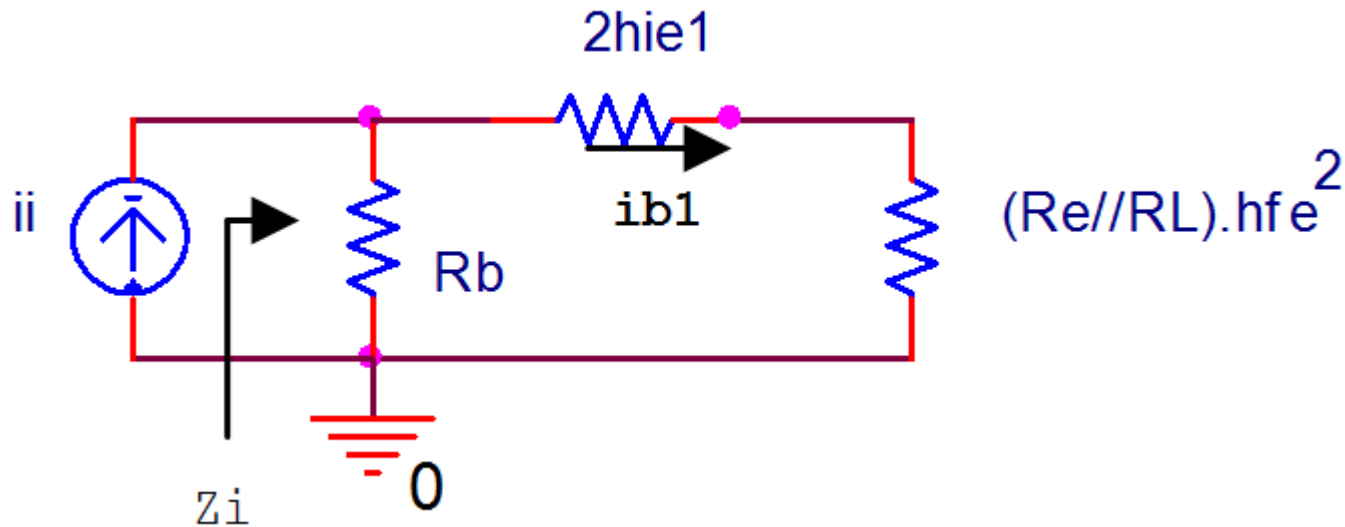


$$h_{ie_1} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{CQ_1}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{BQ_2}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{\frac{I_{CQ_2}}{h_{fe}}} = h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{CQ_2}} \times h_{fe} = \underbrace{h_{fe} \times \frac{25mV}{I_{CQ_2}}}_{h_{ie_2}} \times h_{fe} = h_{ie_2} \times h_{fe}$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Circuito equivalente para corriente alterna.

Cálculo de la impedancia de entrada.

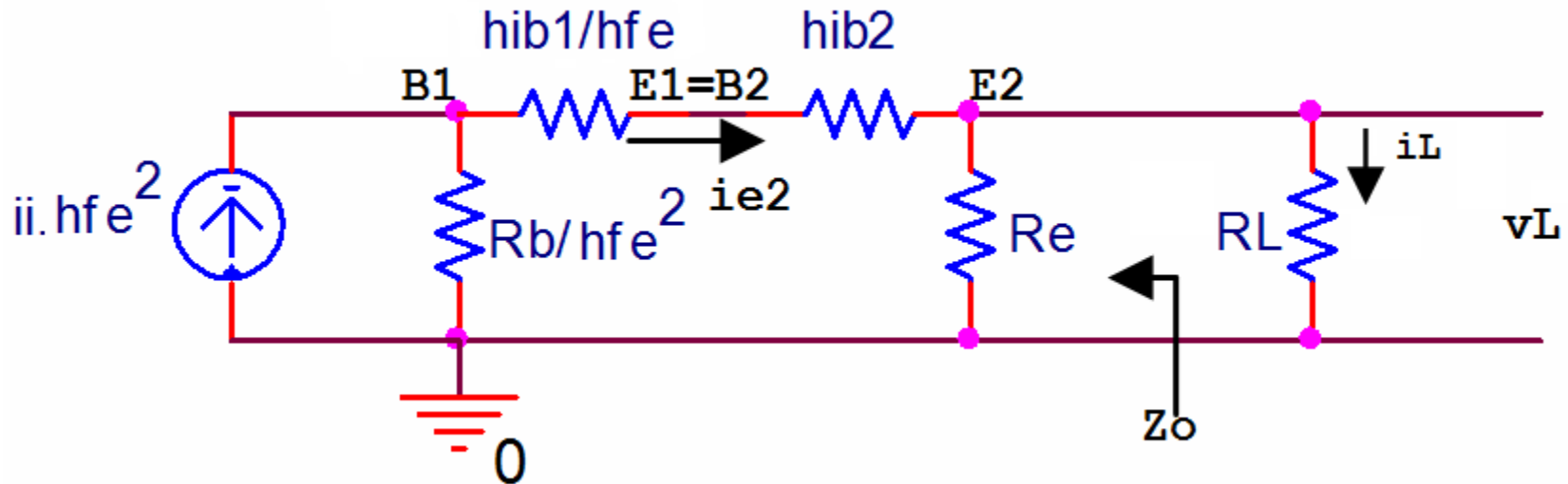


$$Z_i = R_b // \left[2h_{ie1} + (R_E // R_L)h_{fe}^2 \right]$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Circuito equivalente para corriente alterna.

Cálculo de la impedancia de salida.



$$h_{ib_2} = \frac{25mV}{I_{CQ_2}} = \frac{25mV}{I_{BQ_2} \times h_{fe}} = \frac{25mV}{\underbrace{I_{CQ_1}}_{h_{ib_1}}} \times \frac{1}{h_{fe}} = \frac{h_{ib_1}}{h_{fe}}$$

$$Z_O = R_e // \left(2h_{ib_2} + \frac{R_b}{h_{fe}^2} \right)$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Ganancia de corriente.

$$A_i = \frac{i_L}{i_i} = \left(\frac{i_L}{i_{e_2}} \right) \left(\frac{i_{e_2}}{i_i} \right)$$

$$i_L = i_{e_2} \times \frac{R_e \times R_L}{R_e + R_L} \times \frac{1}{R_L} \quad \Rightarrow \quad \frac{i_L}{i_{e_2}} = \frac{R_e}{R_e + R_L}$$

$$i_{e_2} = i_i h_{fe}^2 \times \frac{\frac{R_b}{h_{fe}^2} \times (2h_{ib2} + R_e // R_L)}{\frac{R_b}{h_{fe}^2} + 2h_{ib2} + R_e // R_L} \times \frac{1}{2h_{ib2} + R_e // R_L}$$

$$\frac{i_{e_2}}{i_i} = h_{fe}^2 \times \frac{\frac{R_b}{h_{fe}^2}}{\frac{R_b}{h_{fe}^2} + 2h_{ib2} + R_e // R_L}$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Ganancia de corriente.

$$A_i = \left(\frac{R_e}{R_e + R_L} \right) \left(h_{fe}^2 \times \frac{\frac{R_b}{h_{fe}^2}}{\frac{R_b}{h_{fe}^2} + 2h_{ib2} + R_e // R_L} \right)$$
$$A_i = \left(\frac{R_e}{R_e + R_L} \right) \left(\frac{h_{fe}^2 R_b}{R_b + 2h_{ib2} h_{fe}^2 + (R_e // R_L) h_{fe}^2} \right)$$

Amplificador Darlington, salida por emisor.

Ganancia de tensión.

$$A_V = A_i \times \frac{R_L}{Z_i} = \frac{R_e}{R_e + R_L} \times \frac{h_{fe}^2 R_b}{R_b + \underbrace{2h_{ib2} h_{fe}^2}_{2h_{ie1}} + (R_e // R_L) h_{fe}^2} \times \underbrace{\left\{ \frac{R_b \times [2h_{ie1} + (R_e // R_L) h_{fe}^2]}{R_b + 2h_{ie1} + (R_e // R_L) h_{fe}^2} \right\}}_{Z_i}$$

$$2h_{ib2} h_{fe}^2 = 2 \times \frac{25mV}{I_{CQ2}} \times h_{fe}^2 = 2 \times \frac{25mV}{I_{BQ2} \times h_{fe}} \times h_{fe}^2 = 2 \times \frac{25mV}{I_{CQ1}} \times h_{fe} = 2h_{ie1}$$

$$A_V = \frac{(R_e // R_L) h_{fe}^2}{2h_{ie1} + (R_e // R_L) h_{fe}^2} < 1$$

Bibliografía

- **Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados,**
- Donald L. Schilling-Charles Belove.
- **Dispositivos Electrónicos,**
- Thomas L. Floyd.
- **Electrónica: Teoría de Circuitos y Dispositivos Electrónicos,**
- Robert L. Boylestad-Louis Nashelsky.
- **1100 Problemas de Electrónica Resueltos.**
- Ing Alberto Muhana