

# Amplificadores de potencia

# Amplificadores de potencia

## Objetivos de diseño

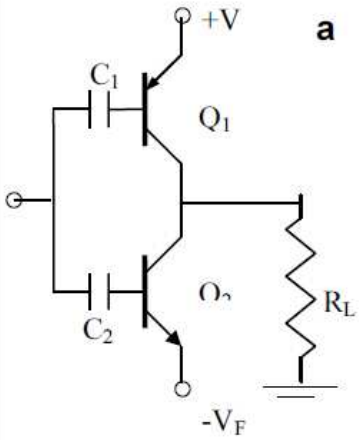
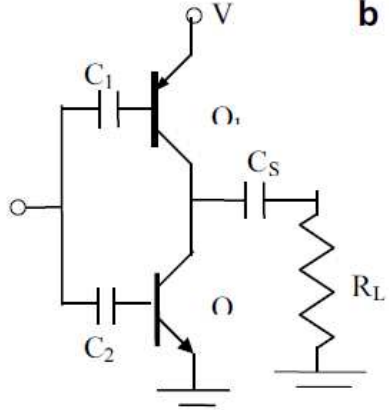
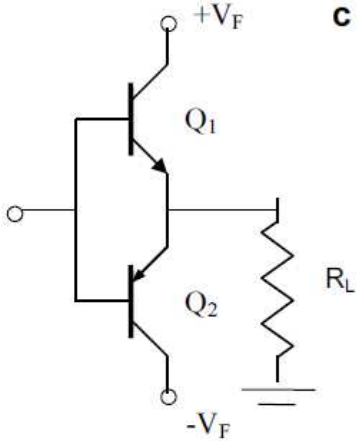
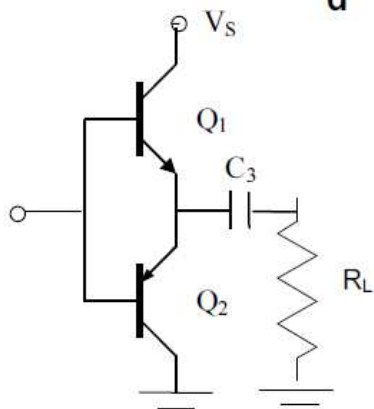
- Maximizar la ganancia de potencia
- Maximizar el rendimiento
- Se supone que la ganancia de tensión ya la aportan las etapas previas
- Se debe considerar las etapas excitadoras

# Amplificadores de potencia

## Clases de amplificadores de potencia

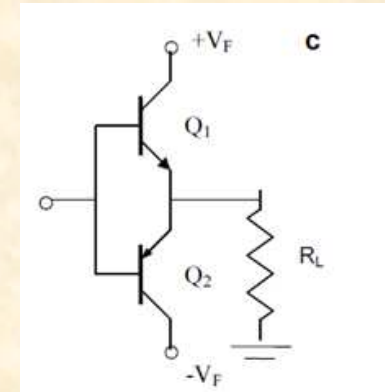
- CLASE A – Circula corriente por el terminal de salida durante todo el ciclo de la señal de entrada.
- CLASE B – Circula corriente por el terminal de salida durante  $180^\circ$  del ciclo de la señal de entrada.
- CLASE AB – Circula corriente por el terminal de salida durante un ángulo de la señal de entrada tal que  $180^\circ < \Theta < 360^\circ$  .
- CLASE C – Circula corriente por el terminal de salida durante un ángulo de la señal de entrada menor de  $180^\circ$

# Amplificadores clase B

 <p><b>a</b></p>	 <p><b>b</b></p>	<p>Emisor Común</p>
 <p><b>c</b></p>	 <p><b>d</b></p>	<p>Colector común (Seguidor)</p>
<p>Fuente doble</p>	<p>Fuente simple</p>	

# Amplificadores clase B

## Potencia y rendimiento



Potencia media entregada por la fuente:

$$P_F = V_F \bar{I}_C = \frac{2}{\pi} V_F \hat{I}_C$$

$$\hat{I}_C = \frac{\hat{V}_L}{R_L}$$

$$P_F = \frac{2}{\pi} V_F \frac{\hat{V}_L}{R_L}$$

$$P_{F(\text{Max})} = \frac{2}{\pi} \frac{V_F^2}{R_L} = 0,63662 \frac{V_F^2}{R_L}$$

Potencia media en la carga:

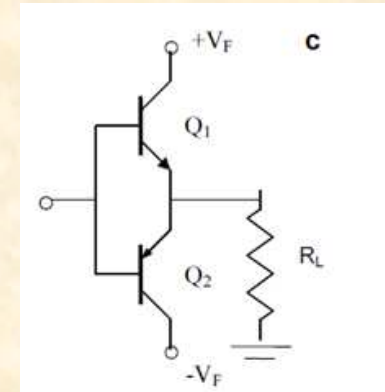
$$P_L = \frac{V_L^2}{R_L} = \frac{\left(\frac{\hat{V}_L}{\sqrt{2}}\right)^2}{R_L} = \frac{1}{2} \frac{\hat{V}_L^2}{R_L}$$

$$P_L (\text{Max}) = \frac{1}{2} \frac{V_F^2}{R_L}$$

# Amplificadores clase B

## Potencia y rendimiento

Rendimiento:



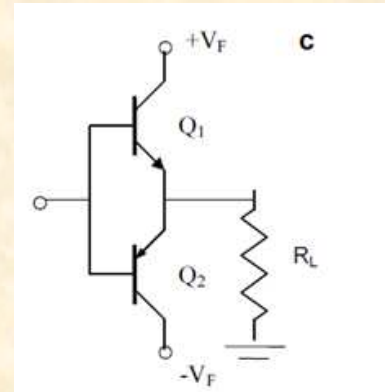
$$\eta = \frac{P_L}{P_F} = \frac{\frac{\hat{V}_L^2}{2R_L}}{\frac{2}{\pi} \frac{V_F \hat{V}_L}{R_L}} = \frac{\pi}{4} \frac{\hat{V}_L}{V_F}$$

$$\eta_{(Max)} = \frac{P_{L(Max)}}{P_{F(Max)}} = \frac{\pi}{4} = 78,5\%$$

# Amplificadores clase B

## Potencia y rendimiento

Potencia en los dispositivos:



$$P_D = v_{CE} i_C = (V_F - \hat{V}_L \sin \omega t) \frac{\hat{V}_L \sin \omega t}{R_L} = \frac{V_F \hat{V}_L \sin \omega t}{R_L} - \frac{\hat{V}_L^2 \sin^2 \omega t}{R_L}$$

$$P_D = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} p_D d(\omega t) = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left( \frac{V_F \hat{V}_L \sin \omega t}{R_L} - \frac{\hat{V}_L^2 \sin^2 \omega t}{R_L} \right) d(\omega t) = \frac{V_F \hat{V}_L}{\pi R_L} 2 - \frac{\hat{V}_L^2}{\pi R_L} \frac{1}{2} \pi$$

$$P_D = \frac{2}{\pi} \frac{V_F \hat{V}_L}{R_L} - \frac{1}{2} \frac{\hat{V}_L^2}{R_L}$$

$$P_D = P_F - P_L$$

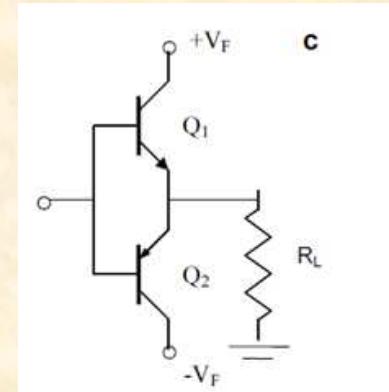
# Amplificadores clase B

## Potencia y rendimiento

Potencia máxima en los dispositivos:

$$\frac{\partial P_D}{\partial \hat{V}_L} = \frac{2 V_F}{\pi R_L} - \frac{\hat{V}_L}{R_L} = 0$$

$$P_{D(MAX)} = \frac{2 V_F^2}{\pi^2 R_L} \approx 0,2 \frac{V_F^2}{R_L}$$



Contemplando la potencia en reposo:

$$P_{D(MAX)TOTAL} \approx 0,2 \frac{V_F^2}{R_L} + P_Q$$

Para fuente simple:

$$P_{D(MAX)TOTAL} \approx \frac{V_S^2}{20R_L} + P_Q$$



# Amplificadores clase B

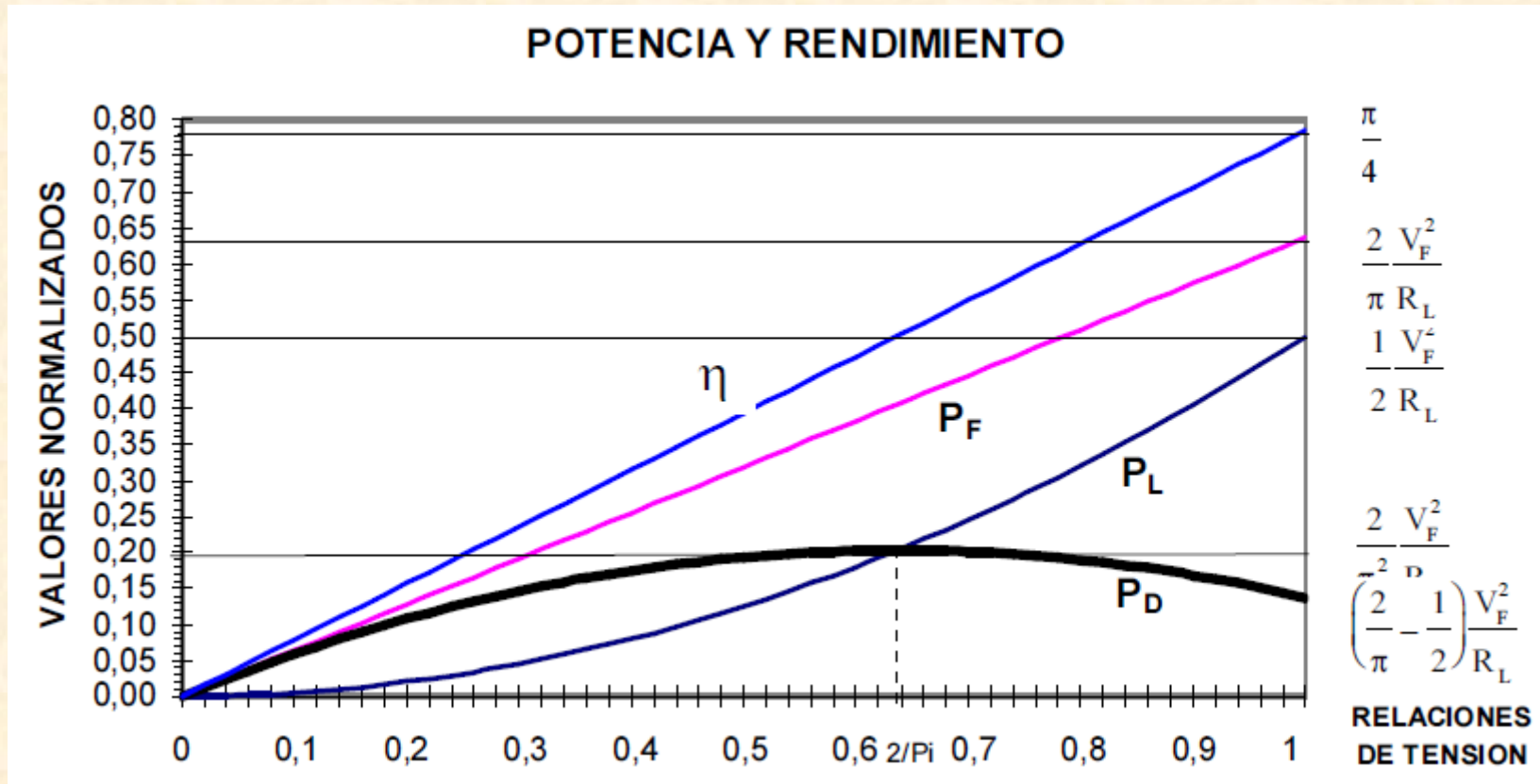
## Resumen y observaciones:

$$P_{F(\text{Max})} = \frac{2}{\pi} \frac{V_F^2}{R_L} \quad (1) \quad P_{L(\text{Max})} = \frac{1}{2} \frac{V_F^2}{R_L} \quad (2) \quad P_{D(\text{Max})} = \frac{2}{\pi^2} \frac{V_F^2}{R_L} \quad (3)$$

$$\frac{P_{D(\text{Max})}}{P_{L(\text{Max})}} = \frac{\frac{2}{\pi^2} \frac{V_F^2}{R_L}}{\frac{1}{2} \frac{V_F^2}{R_L}} = \frac{4}{\pi^2} \Rightarrow P_{D(\text{Max})} = \frac{4}{\pi^2} P_{L(\text{Max})} = 40\% P_{L(\text{Max})} \quad (4) \quad P_D = P_F - P_L \quad (5)$$

- La expresión 4 es un buen punto de partida para el cálculo pero las potencias disipadas reales son mayores
- Las expresiones 2 y 3 no se dan simultáneamente
- La expresión 5 es de cumplimiento permanente

# Amplificadores clase B



# Amplificadores clase B

Análisis de la potencia instantánea disipada en los dispositivos:

$$p_D = v_{CE} i_C = (V_F - \hat{V}_L \text{sen} \omega t) \frac{\hat{V}_L}{R_L} \text{sen} \omega t = \frac{V_F \hat{V}_L}{R_L} \text{sen} \omega t - \frac{\hat{V}_L^2}{R_L} \text{sen}^2 \omega t$$

Cálculo de la ubicación de la potencia máxima

$$\frac{\partial p_D}{\partial \omega t} = \frac{V_F \hat{V}_L}{R_L} \cos \omega t - \frac{\hat{V}_L^2}{R_L} 2 \text{sen} \omega t \cos \omega t = 0 \quad \Rightarrow \quad \text{sen} \omega t = \frac{\frac{V_F \hat{V}_L}{R_L}}{\frac{2 \hat{V}_L^2}{R_L}} = \frac{1}{2} \frac{V_F}{\hat{V}_L}$$

# Amplificadores clase B

Caso a): Máxima potencia de fuente

$$\hat{V}_L = V_F$$

$$\text{sen } \omega t = \frac{1}{2} \frac{V_F}{V_F} = \frac{1}{2} \Rightarrow \omega t = 30^\circ ; \omega t = 150^\circ$$

$$\hat{P}_{D_a}(30^\circ) = \frac{V_F^2}{R_L} \frac{1}{2} - \frac{V_F^2}{R_L} \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4} \frac{V_F^2}{R_L}$$

$$\hat{P}_{D_a}(90^\circ) = \frac{V_F^2}{R_L} (\text{sen } 90^\circ - \text{sen}^2 90^\circ) = 0$$

Caso b): Máxima potencia de los dispositivos

$$\omega t = 51,72^\circ \quad \omega t = 128,28^\circ$$

$$\hat{P}_{D_b} = \frac{1}{4} \frac{V_F^2}{R_L} = 0,25 \frac{V_F^2}{R_L}$$

$$P_{D_b}(90^\circ) = 0,23133 \frac{V_F^2}{R_L}$$

# Amplificadores clase B

Caso c): Máxima potencia a 90°

$$\hat{V}_L = \frac{1}{2} V_F$$

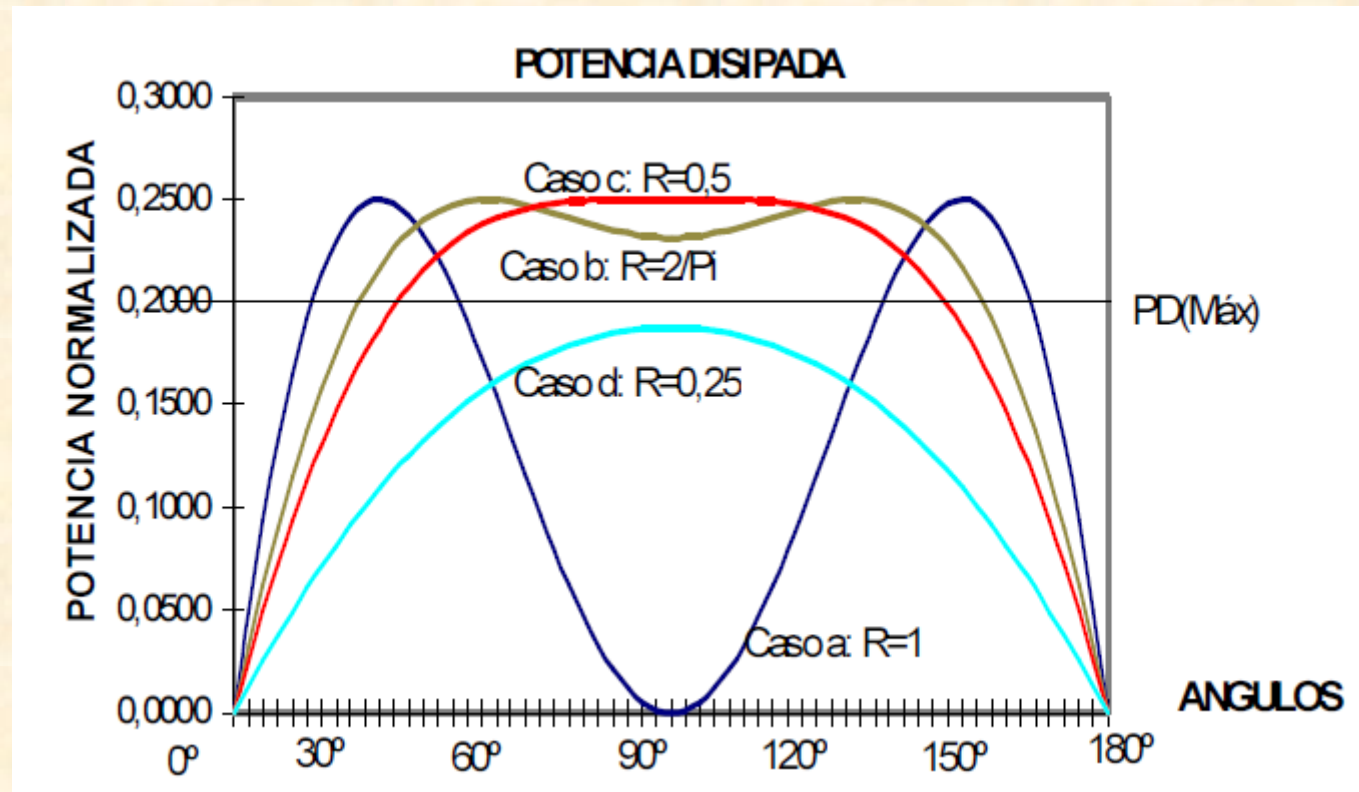
$$P_{D_c} (\text{máx}) = 0,25 \frac{V_F^2}{R_L}$$

Caso d):

$$\hat{V}_L < \frac{1}{2} V_F$$

El máximo se sigue dando a 90°

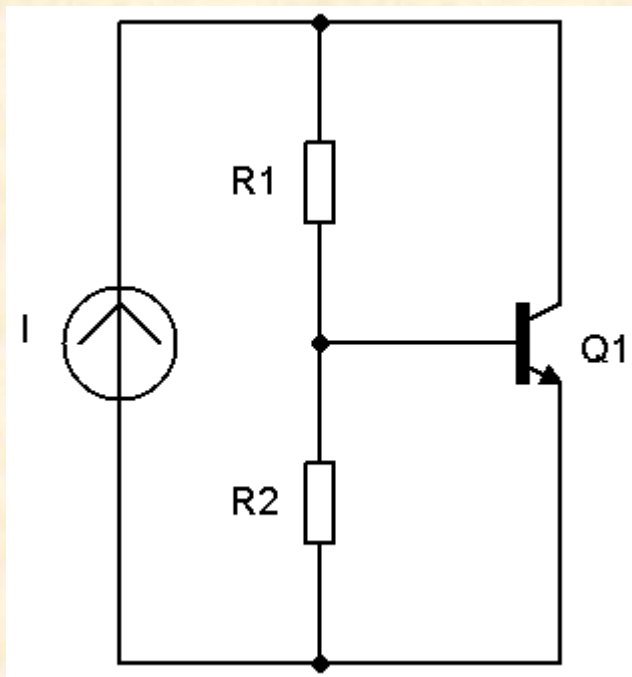
# Amplificadores clase B



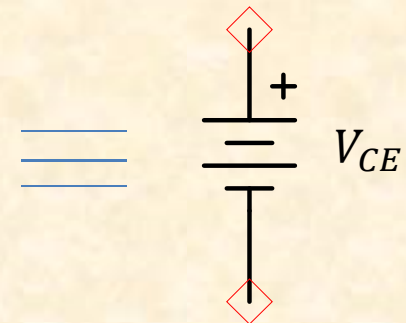
# Amplificadores clase AB

Se pretende que la etapa de salida tenga una pequeña corriente de continua circulando en forma constante en ausencia de señal.

El circuito propuesto es excitado por una fuente de corriente tiene como objetivo fijar la tensión Colector Emisor.

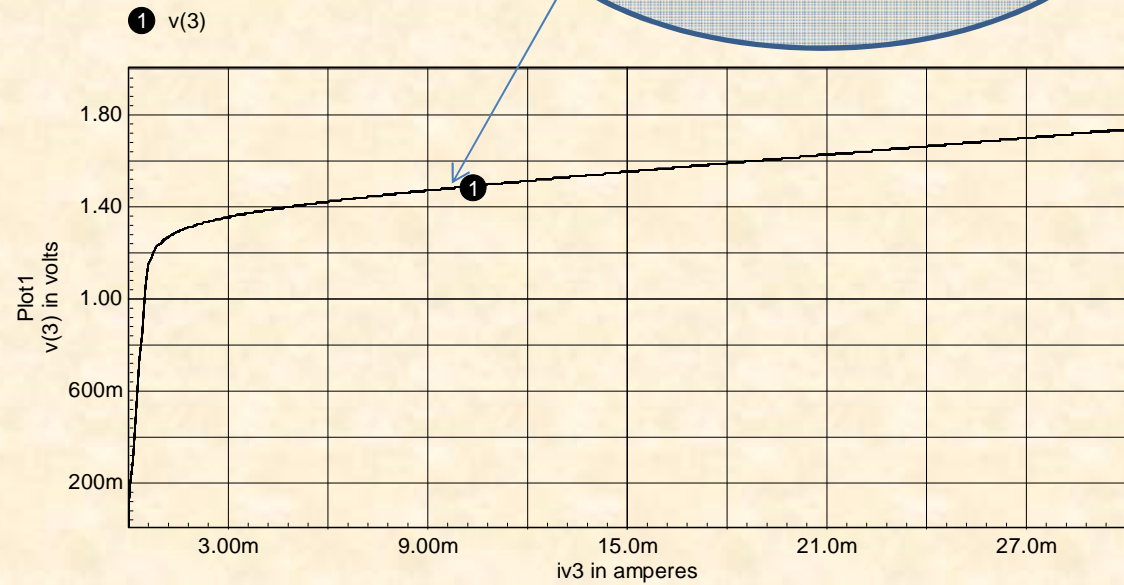
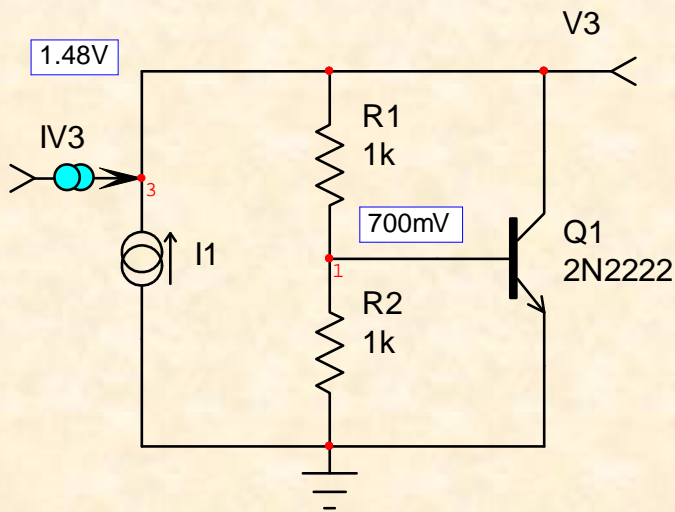


$$V_{CE} = \left( \frac{R_1}{R_2} + 1 \right) \times V_{BE}$$



# Amplificadores clase AB

Simulación del circuito, para  $R1 = R2 = 1K$ .



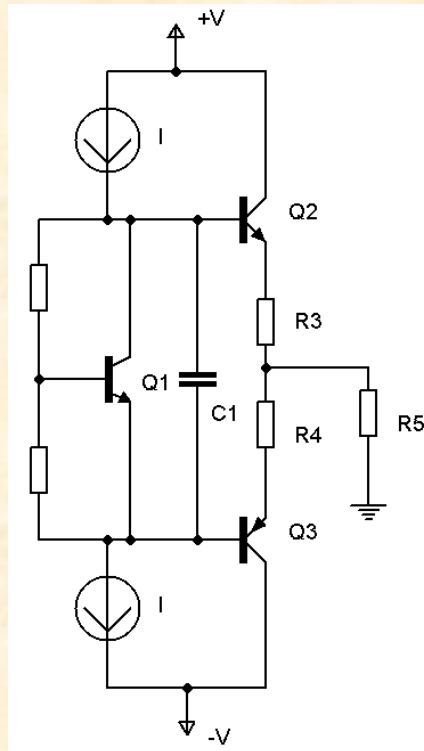
Impedancia del multiplicador

$$Z \cong \frac{\Delta V_{CE}}{\Delta I_1} \quad I=10mA \quad \sim 10 \text{ Ohms}$$

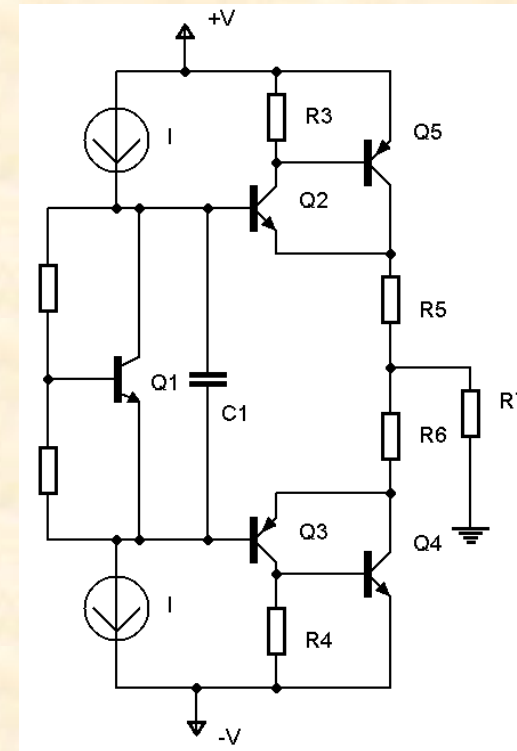


# Amplificadores clase AB

Conexión del circuito multiplicador de VBE a una etapa de potencia clase B.



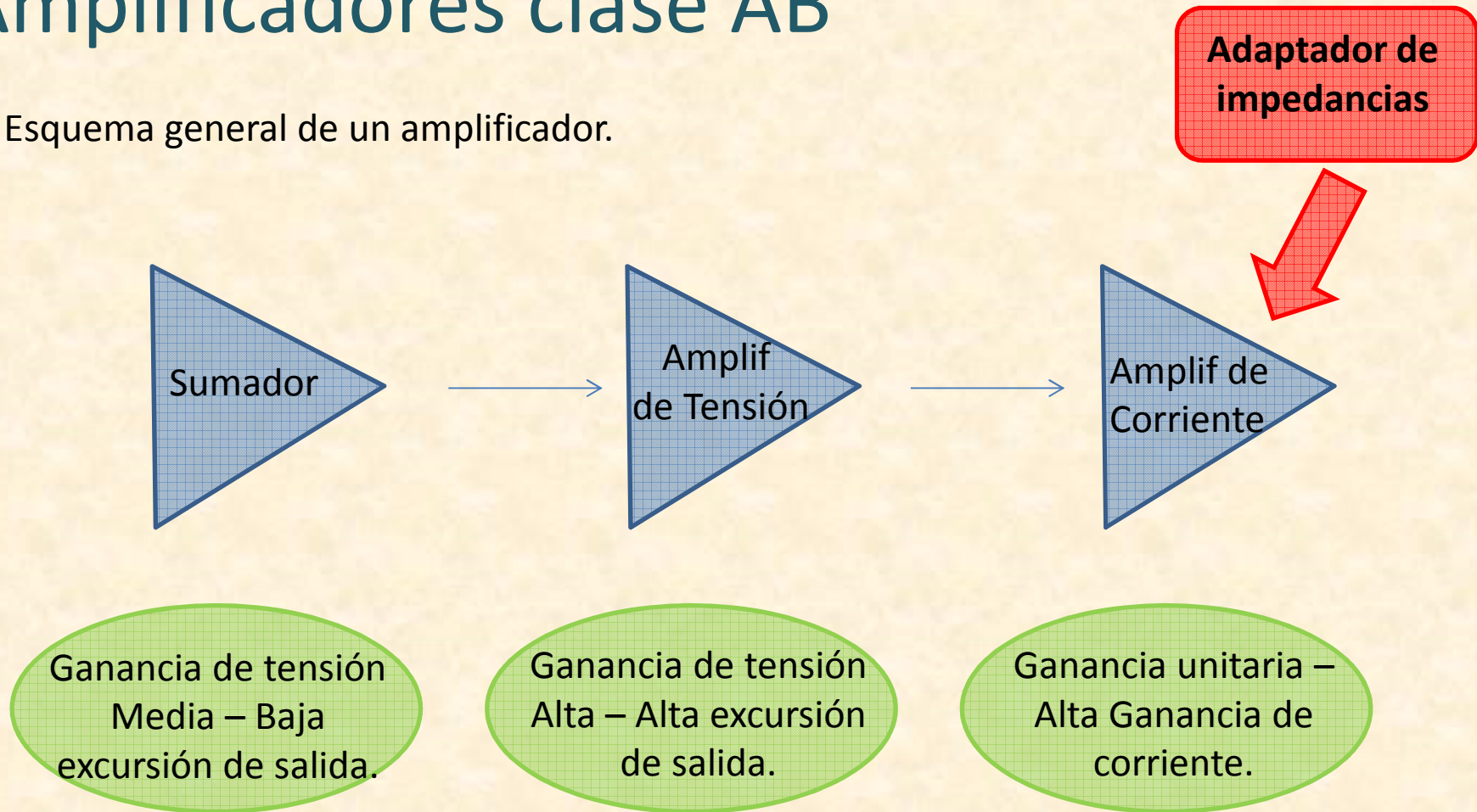
Conexión en Salida CC



Conexión en Salida EC

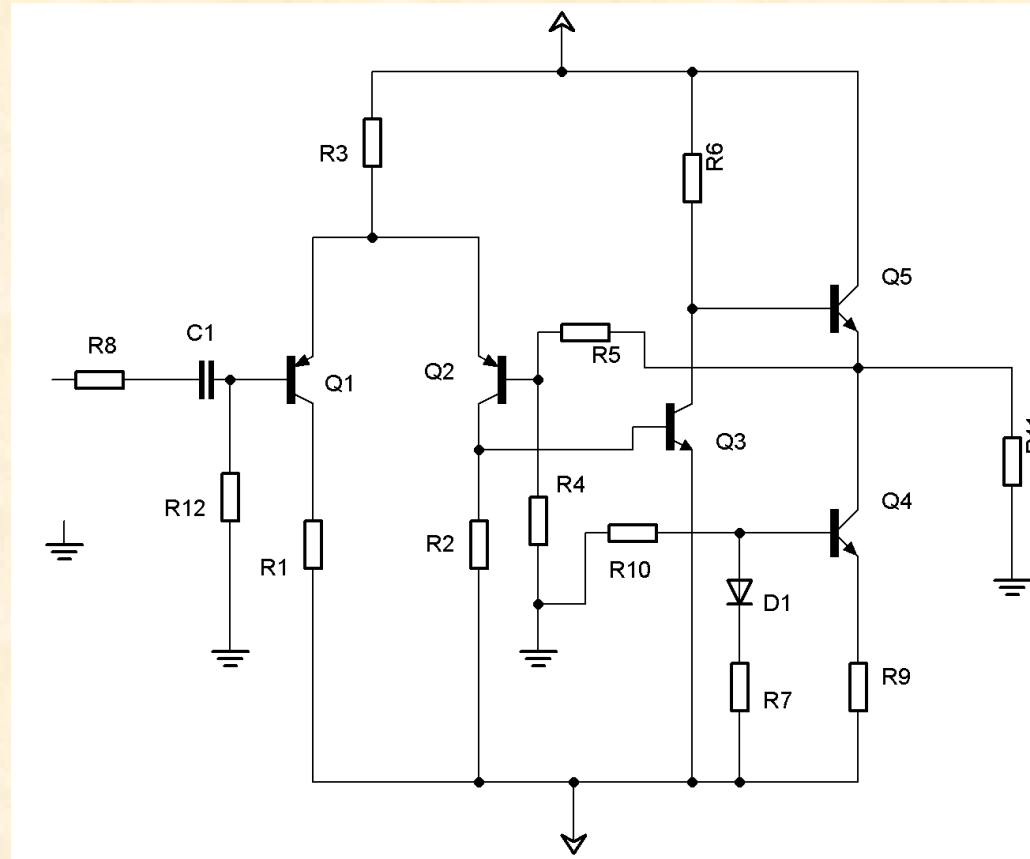
# Amplificadores clase AB

Esquema general de un amplificador.



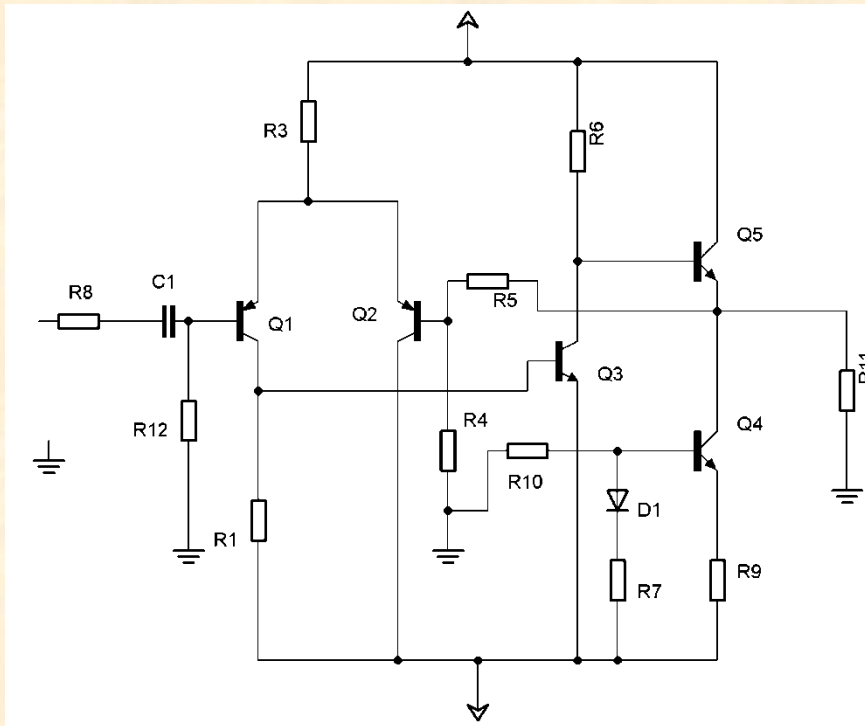
# Amplificadores clase AB

Esquema general de un amplificador.

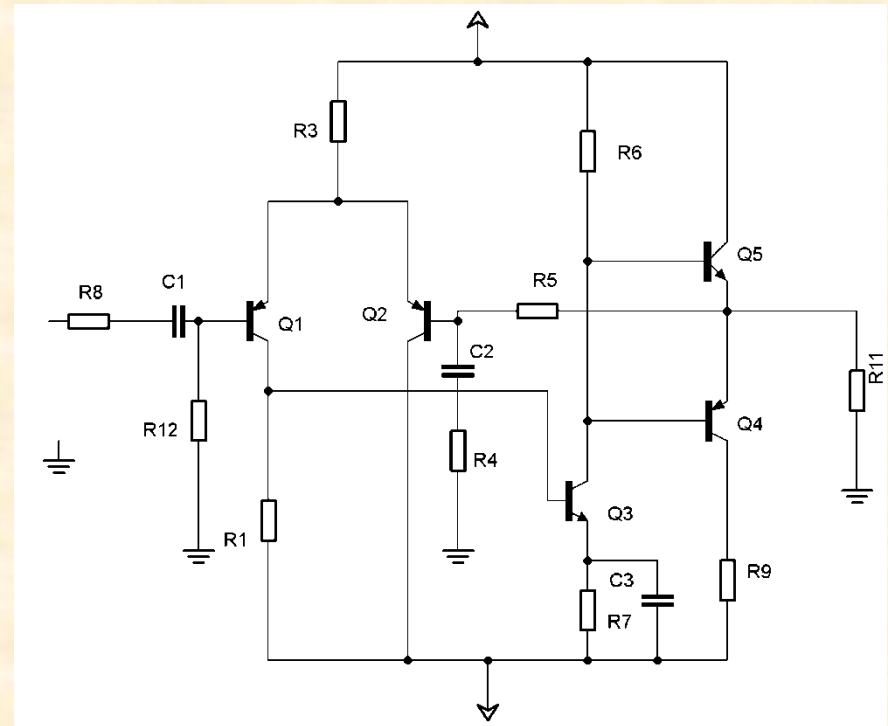


# Amplificadores clase AB

Esquema general de un amplificador.



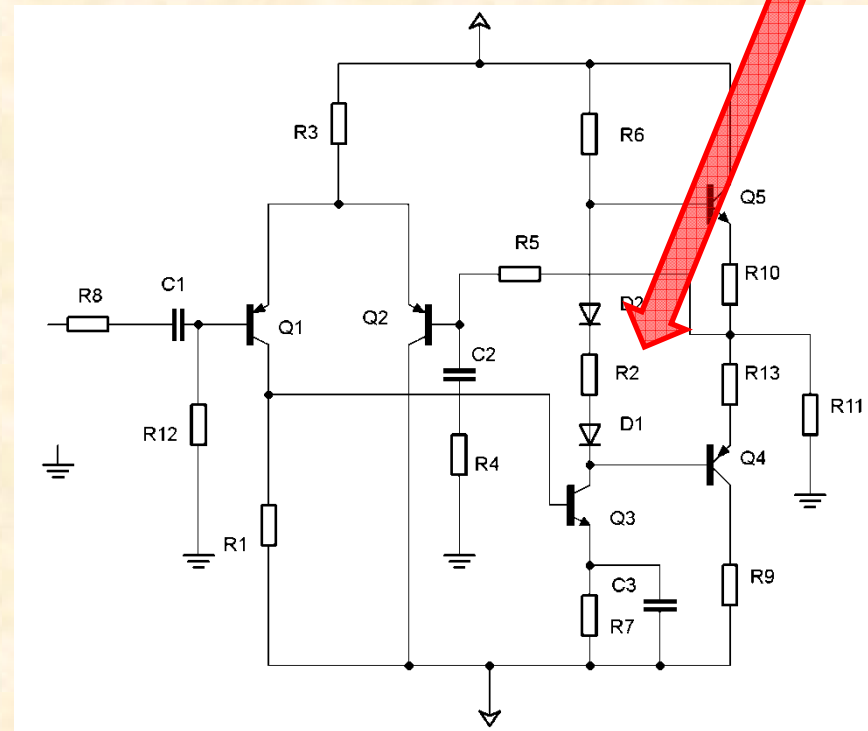
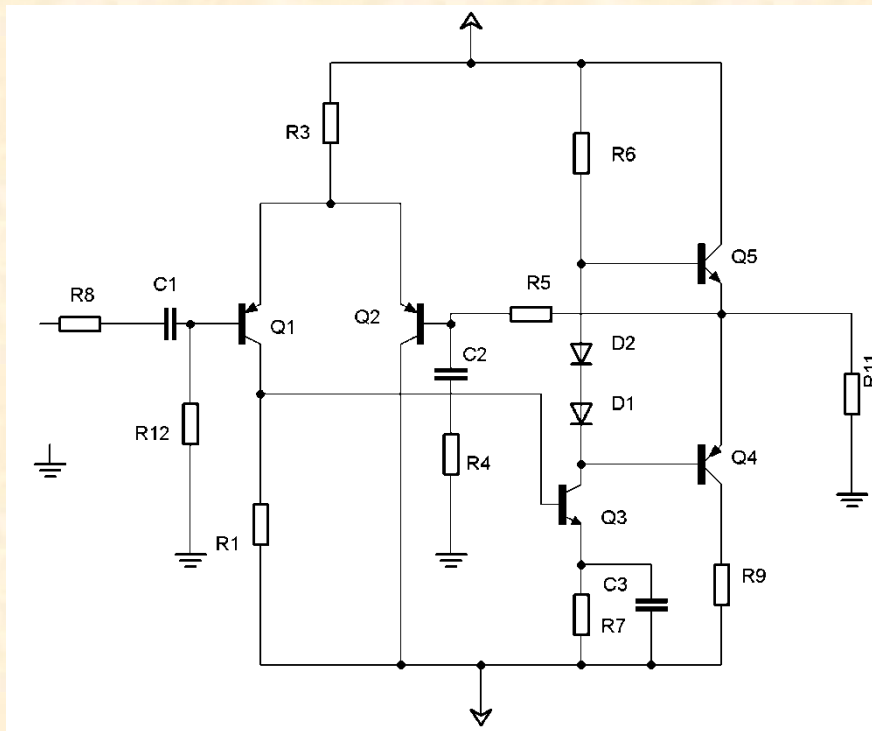
Amplificador CLASE A



Amplificador CLASE B

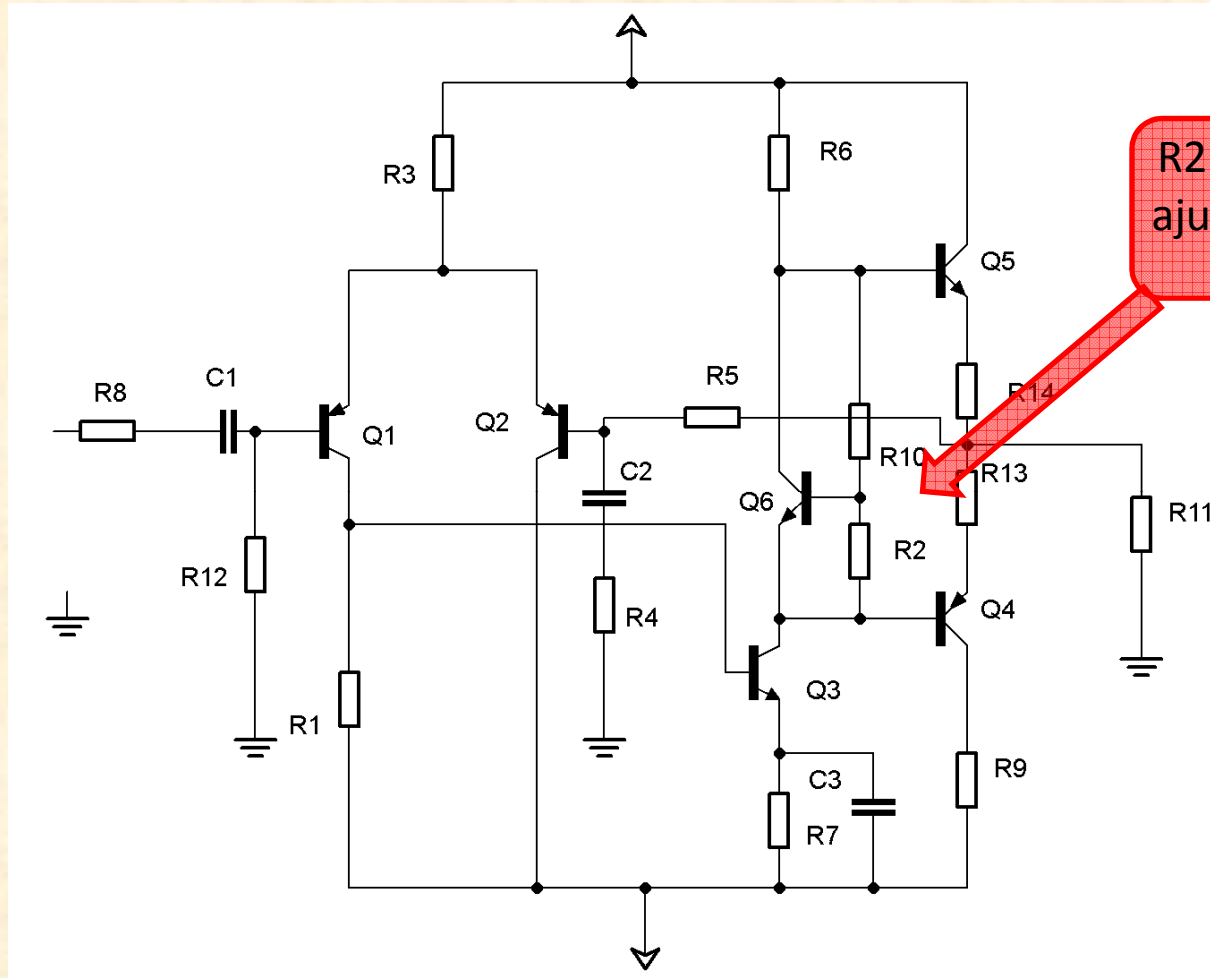
# Amplificadores clase AB

R2 permite ajustar corriente de reposo



Amplificador CLASE AB

# Amplificadores clase AB



Amplificador CLASE AB con transistor