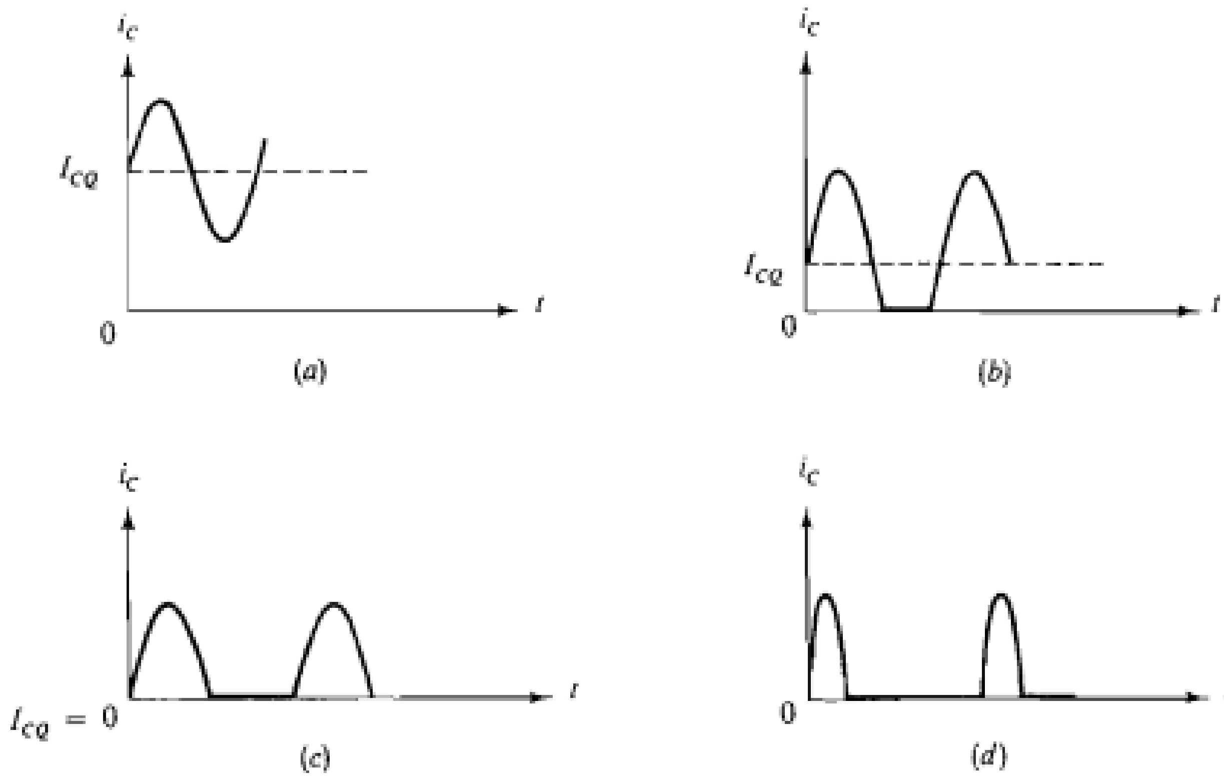
ELECTRONICA APLICADA I

Profesor Titular Dr Ing. Guillermo Riva
Profesor Adjunto Ing. Martin Guido

- Clasificación de los amplificadores de potencia.
- Amplificadores de Potencia Clase A.
- Emisor común acoplamiento por inductor.
- Ecuación de la recta de carga.
- Circuito general.
- 1er caso.
- 2do caso.
- Rectas de carga.
- Análisis de potencia.
- Amplificadores de Potencia Clase A acoplado por transformador.

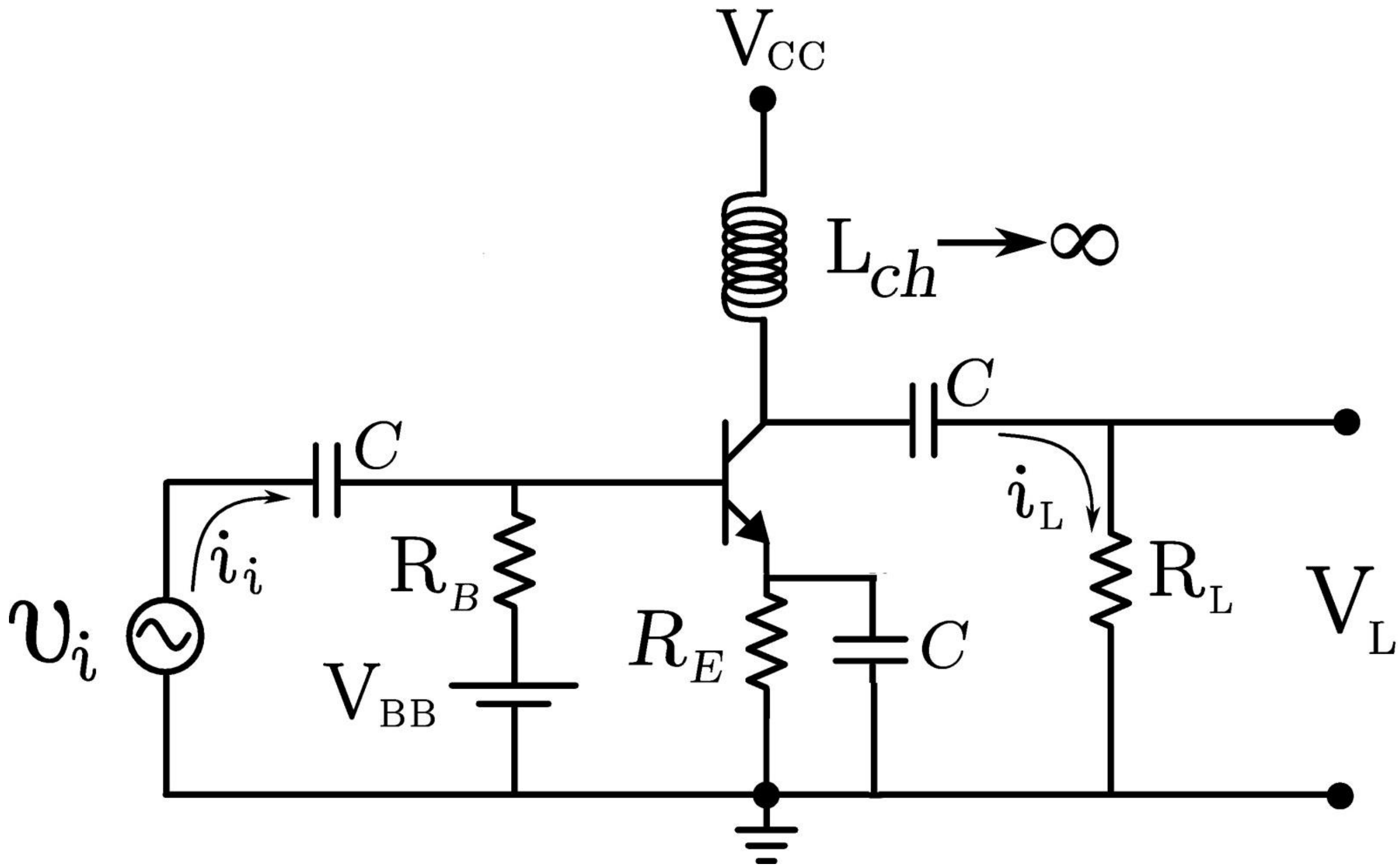
Clasificación de los amplificadores de potencia



(*a*) Clase A: la corriente circula durante los 360° (operación de ciclo completo); (*b*) clase AB: la corriente circula durante más de un semiciclo pero menos que un ciclo completo; (*c*) clase B: la corriente circula durante un semiciclo; (*d*) clase C: la corriente circula durante menos de un semiciclo.

Amplificador de Potencia Clase A

Emisor Comun con acoplamiento por inductor $(L-C)$



Amplificador de Potencia Clase A

$Emisor\ Comun\ con\ acoplamiento\ por\ inductor\ (L-C)$

$La\ bobina\ L_{ch}\ es\ un\ circuito\ abierto\ para\ las\ frecuencias$
$de\ la\ señal.$

$X_L = \omega L = 2\pi f L\ (es\ un\ valor\ alto)$

$El\ resistor\ R_E\ es\ lo\ mas\ pequeño\ posible\ para\ minimizar$
$las\ perdidas\ de\ potencia\ en\ corriente\ continua$
$manteniendo\ a\ su\ vez\ una\ estabilidad\ adecuada\ del$
$punto\ de\ reposo.$

Amplificador de Potencia Clase A

Análisis

$$I_{CQ} = \frac{V_{BB} - V_{BEQ}}{R_E + \frac{R_B}{\beta}} \ (planteando\ LKT\ malla\ de\ entrada)$$

$$V_{CEQ} = V_{CC} - I_{CQ}R_E \ (planteando\ LKT\ malla\ de\ salida)$$

Como R_E es muy pequeña

$$V_{CEQ} = V_{CC} - \underbrace{I_{CQ}R_E}_{se\ desprecia} \cong V_{CC}$$

Diseño para Máxima Excursión Simétrica

$$R_{CC} = R_E \qquad\qquad R_{CA} = R_L$$

$$I_{CQ_{MES}} = \frac{V_{CC}}{R_{CC} + R_{CA}} = \frac{V_{CC}}{R_E + R_L} \cong \frac{V_{CEQ}}{R_L}$$

Amplificador de Potencia Clase A

$$Ecuación\ de\ la\ recta\ de\ carga\ de\ C.C.$$

$$v_{CE} = V_{CC} - i_C R_E$$

$$En\ el\ punto\ Q\ para\ MES\ tenemos$$

$$\mathrm{V}_{CEQ,MES} = V_{CC} - \frac{V_{CC}}{R_L} R_E$$

$$= V_{CC}\left(1 - \frac{R_E}{R_L}\right)$$

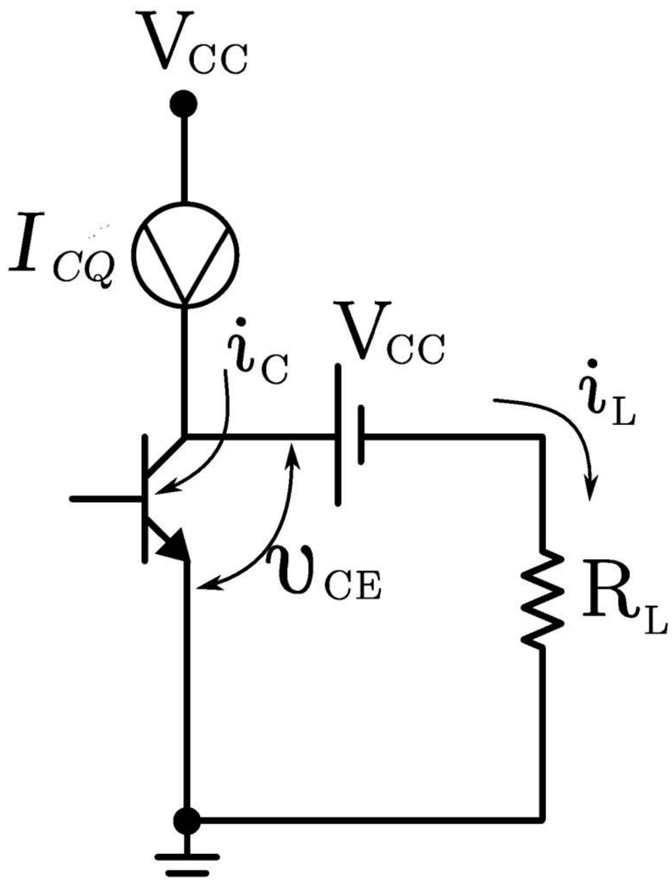
$$Como\ R_E\ es\ muy\ pequeña$$

$$V_{CEQ,MES} \cong V_{CC}$$

Amplificador de Potencia Clase A

Trazado de la recta de Corriente Alterna

Circuito equivalente con ausencia de señal



Donde:

$$X_L = \omega L \rightarrow \infty$$

No circula corriente alterna por L

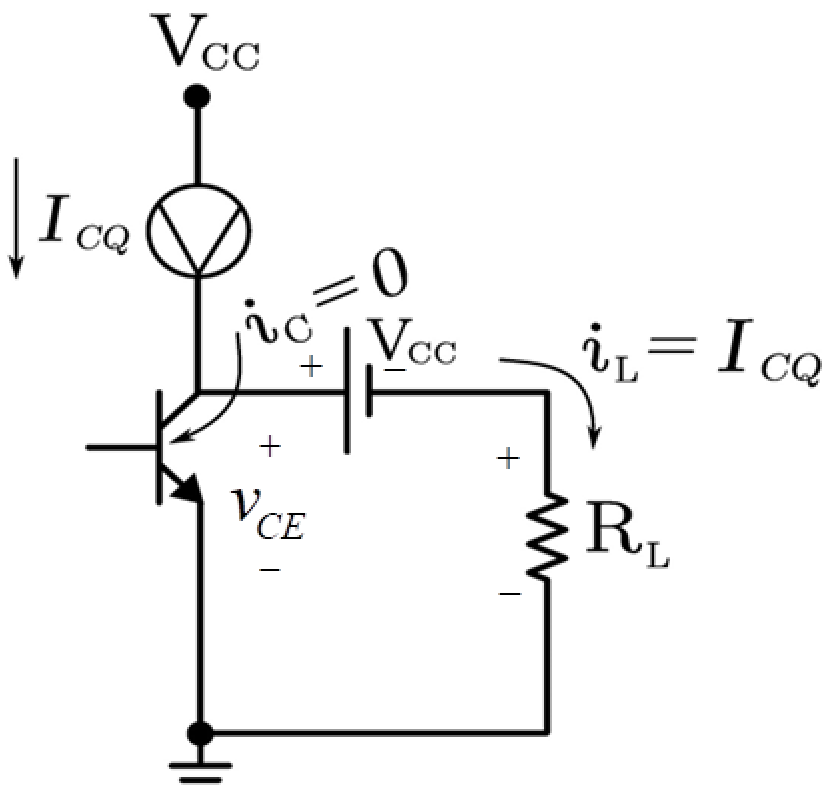
$$X_C = \frac{1}{\omega C} \rightarrow 0$$

No aparece tensión alterna en bornes del capacitor

Amplificador de Potencia Clase A

1^o *Caso*

Transistor abierto, instante en que la señal de entrada esta en el pico del semiciclo negativo.



Amplificador de Potencia Clase A

$$v_{CE} = V_{CC} + i_L R_L$$

$$= V_{CC} + I_{CQ} R_L = V_{CC} + \frac{V_{CC}}{R_L} \times R_L$$

$$= V_{CC} + V_{CC}$$

$$v_{CE,\max} = 2V_{CC}$$

$$el\ T_R\ debe\ soportar\ 2V_{CC}$$

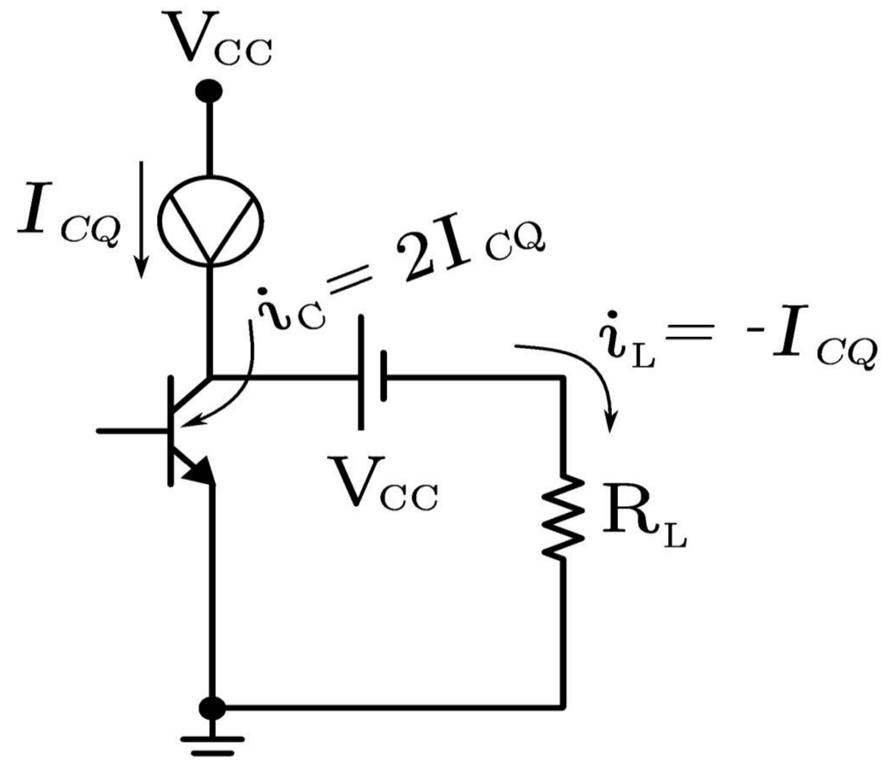
$$Al\ seleccionar\ el\ T_R\ tener\ en\ cuenta\ que$$

$$BV_{CEO} \geq 2V_{CC}$$

Amplificador de Potencia Clase A

2º Caso

Transistor cerrado, instante en que la señal de entrada esta en el pico del semiciclo positivo.



Amplificador de Potencia Clase A

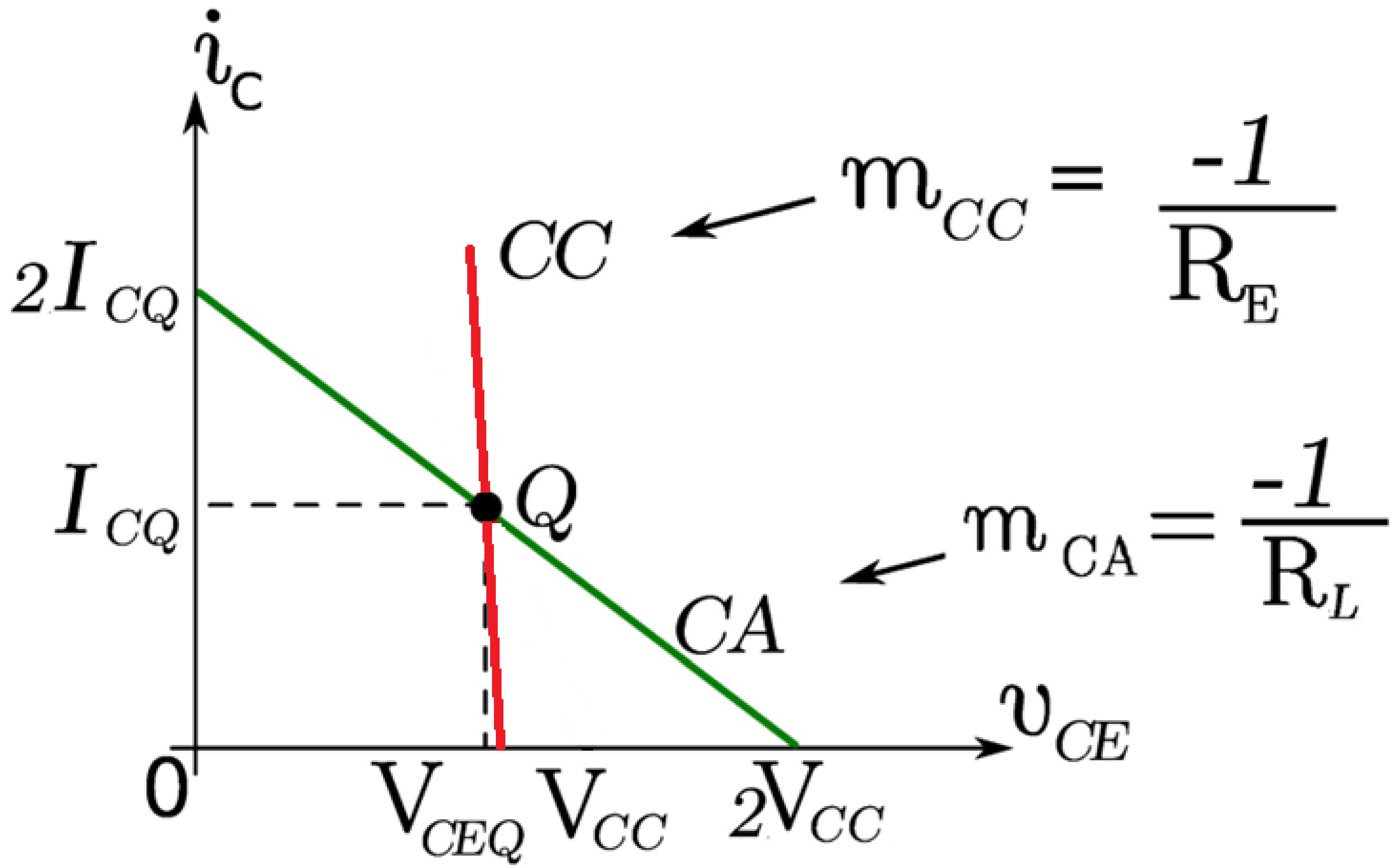
$$v_{CE} = V_{CC} + i_L R_L$$
$$= V_{CC} - I_{CQ} R_L$$
$$= V_{CC} - \frac{V_{CC}}{R_L} R_L$$
$$= V_{CC} - V_{CC}$$
$$v_{CE,\min} = 0$$

Al seleccionar el T_R tener en cuenta que

$$i_{C,\max} \geq 2I_{CQ}$$

Amplificador de Potencia Clase A

Rectas de carga de C.C. y C.A.



Análisis de Potencia

$$Potencia\ suministrada\ por\ la\ fuente.$$

$$R_E \to 0 \quad o \quad R_E << R_L$$

$$P_{CC} = V_{CC} \times I_{CQ} = V_{CC} \times \frac{V_{CC}}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

$$Potencia\ transferida\ a\ la\ carga.$$

$$P_L = i_L^2 \times R_L$$

$$Donde \quad i_L = i_c$$

$$P_L \ = i_c^2 \times R_L \quad = \left(\frac{\hat{i}_c}{\sqrt{2}} \right)^2 \times R_L = \frac{\hat{i}_c^{\,2}}{2} \times R_L$$

Análisis de Potencia

$$P_L = \frac{\hat{i}_c^2}{2} \times R_L$$

$$\textit{En ausencia de señal } \hat{i}_c = 0$$

$$P_{L,min} = 0$$

$$\textit{Para máxima excursión simétrica}$$

$$\hat{i}_c = I_{CQ,MES} = \frac{V_{CC}}{R_L}$$

$$P_{L,max} = \frac{1}{2} \times I_{CQ,MES}^2 \times R_L = \frac{1}{2} \times \frac{V_{CC}^2}{R_L^{\cancel{2}}} \times \cancel{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

Análisis de Potencia

Potencia disipada en el colector.

$$P_{CC} = P_C + P_L \quad \Rightarrow \quad P_C = P_{CC} - P_L$$

$$P_{C,max} = P_{CC} - P_{L,min} = P_{CC} - 0 = \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

$$P_{C,min} = P_{CC} - P_{L,max} = \frac{V_{CC}^2}{R_L} - \frac{1}{2} \times \frac{V_{CC}^2}{R_L} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

Análisis de Potencia

Rendimiento

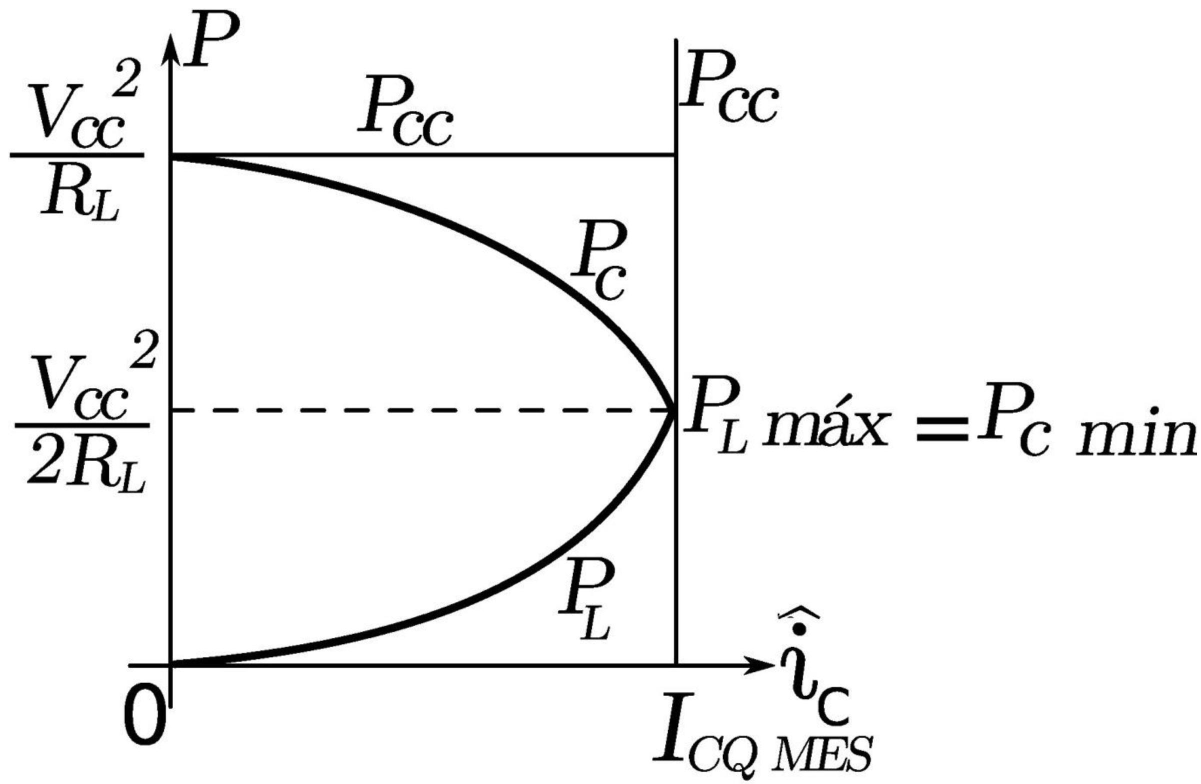
$$\eta = \frac{P_L}{P_{CC}} \ (Definición)$$

$$\eta_{,max} = \frac{P_{L,max}}{P_{CC}} = \frac{\dfrac{V_{CC}^2}{2R_L}}{\dfrac{V_{CC}^2}{R_L}} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} \times \frac{R_L}{V_{CC}^2} = \frac{1}{2} = 50\%$$

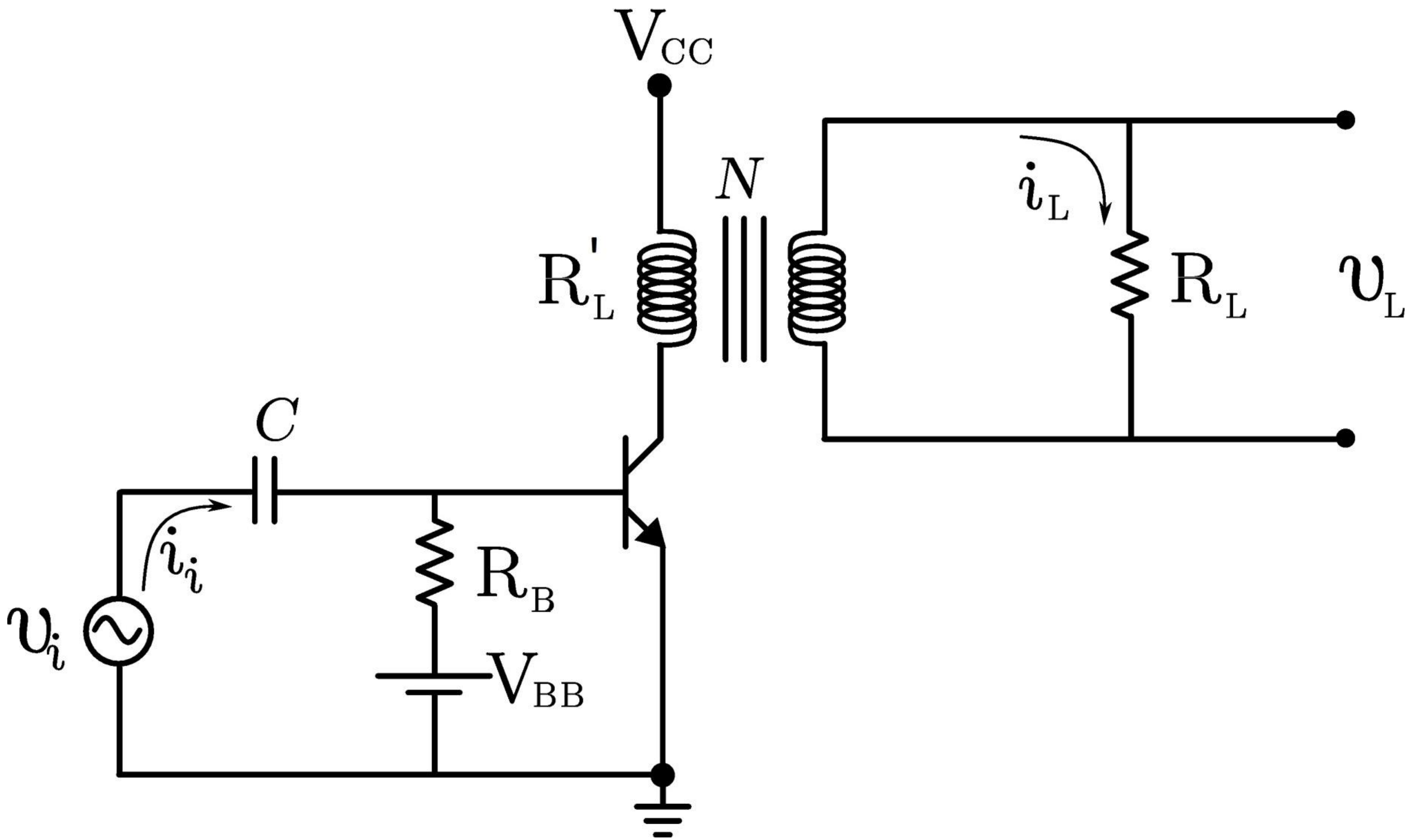
Factor de merito

$$FM = \frac{P_{C,max}}{P_{L,max}} = \frac{\dfrac{V_{CC}^2}{R_L}}{\dfrac{V_{CC}^2}{2R_L}} = \frac{V_{CC}^2}{R_L} \times \frac{2R_L}{V_{CC}^2} = 2$$

Análisis de Potencia



Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador.



Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador

$$N = \frac{N_P}{N_S} = \frac{v_P}{v_S} = \frac{i_S}{i_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}} \Bigg\} Propias\ del\ transformador.$$

$$Z_S = R_L \qquad Z_P = R_L^{'}$$

$$N = \sqrt{\frac{R_L^{'}}{R_L}} \quad \Rightarrow \quad N^2 = \frac{R_L^{\ '}}{R_L} \quad \Rightarrow \quad N^2 R_L = R_L^{'}$$

$$R_L^{'} = N^2 R_L$$

$$R_{CC} = 0 \qquad R_{CA} = R_L^{'}$$

$$I_{CQ,MES} = \frac{V_{CC}}{R_L^{'}} = \frac{V_{CC}}{N^2 R_L} (vemos\ que\ I_{CQ,MES} = f_{(N)})$$

$$N_{min} < N < N_{max}$$

Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador

$N : Relacion\ de\ transformación.$

$N_P : Número\ de\ espiras\ del\ bobinado\ primario.$

$N_S : Número\ de\ espiras\ del\ bobinado\ secundario.$

$v_P : Voltaje\ eficaz\ en\ el\ primario.$

$v_S : Voltaje\ eficaz\ en\ el\ secundario.$

$i_P : Corriente\ eficaz\ en\ el\ primario.$

$i_S : Corriente\ eficaz\ en\ el\ secundario.$

$R_L : Resistencia\ de\ carga\ en\ el\ secundario.$

$R_L^{'} : Resistencia\ de\ carga\ reflejada\ en\ el\ primario.$

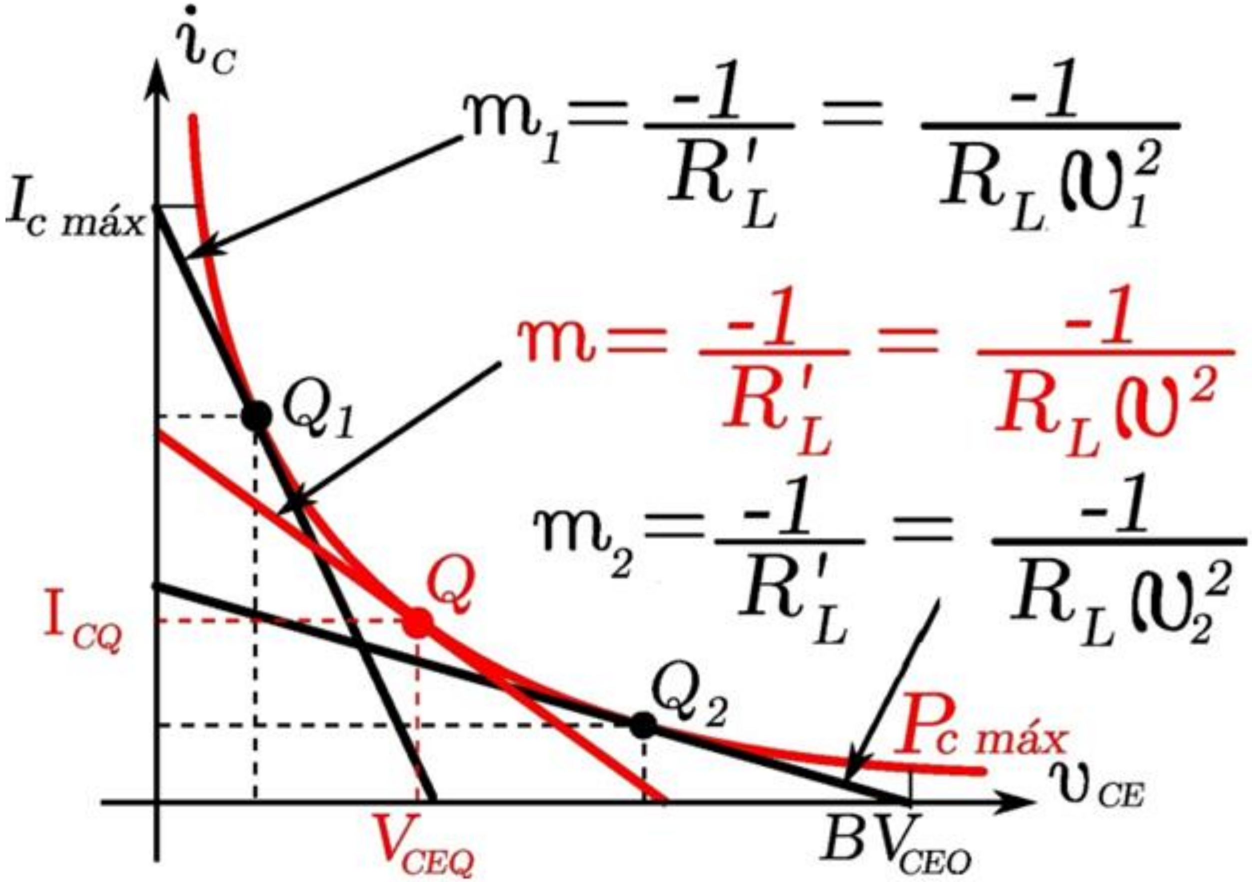
$Z_P : Impedancia\ del\ \ primario.$

$Z_S : Impedancia\ del\ secundario.$

$N_{min} : Relacion\ de\ transformación\ mínima.$

$N_{max} : Relacion\ de\ transformación\ máxima.$

Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador



$Datos:$

R_L

$P_{L,\max} \rightarrow P_{C,\max}$

$$FM = \frac{P_{C,\max}}{P_{L,\max}}$$

$$P_{C,\max} = FM \times P_{L,\max}$$

Para este circuito

$$FM = 2$$

$$P_{C,\max} = 2P_{L,\max}$$

$$\left.\begin{aligned} N_1 &= N_{\min} \\ N_2 &= N_{\max} \end{aligned}\right\} N = \frac{N_{\min} + N_{\max}}{2}$$

Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador

$$2I_{CQ} \le i_{\mathrm{C,max}}\left(del\ Tr\right) \qquad 2V_{CEQ} = 2V_{CC} \le BV_{CEO}\left(del\ Tr\right)$$

$$Clase\ A \begin{cases} Sin\ \mathrm{c}hoque : V_{CC} \le BV_{CEO} \\ Con\ choque\ o\ trafo : 2V_{CC} \le BV_{CEO} \end{cases}$$

$$P_C = v_{CE} i_C \qquad i_C = I_{CQ} + i_{\mathrm{c}}$$

$$P_{C,max}\ se\ da\ cuando\ no\ hay\ se\tilde{n}al,\ i_c = 0$$

$$P_{C,max} = V_{CEQ} I_{CQ} \qquad \Rightarrow \quad I_{CQ} = \frac{P_{C,max}}{V_{CEQ}}$$

$$I_{CQ} = \frac{P_{C,max}}{I_{CQ} R_L^{'}} = \frac{P_{C,max}}{I_{CQ} N^2 R_L}$$

Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador

$$I_{CQ}^2 = \frac{P_{C,max}}{N^2 R_L}$$

$$I_{CQ} = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{P_{C,max}}{R_L}} = \frac{1}{N}\sqrt{\frac{2P_{L,max}}{R_L}} \quad (1)$$

$$V_{CEQ} = I_{CQ}R_L{}' = \frac{1}{\cancel{N}}\sqrt{\frac{2P_{L,max}}{R_L}}N^{\cancel{2}}R_L = N\sqrt{\frac{2P_{L,max}R_L{}^{\cancel{2}}}{\cancel{R_L}}}$$

$$V_{CEQ} = N\sqrt{2P_{L,max}R_L} \qquad (2)$$

Amplificador de Potencia Clase A, con acoplamiento por transformador

$$I_{CQ1} = \frac{1}{N_1}\sqrt{\frac{2P_{L,max}}{R_L}}$$

$$N_1 = N_{min}$$

$$N_{min} = \frac{1}{I_{CQ1}}\sqrt{\frac{2P_{L,max}}{R_L}}$$

$$I_{CQ1} = \frac{i_{C,max}}{2}$$

$$V_{CEQ2} = N_2\sqrt{2P_{L,max}R_L}$$

$$N_2 = N_{max}$$

$$N_{max} = \frac{V_{CEQ2}}{\sqrt{2P_{L,max}R_L}}$$

$$V_{CEQ2} = \frac{BV_{CEO}}{2}$$

$$N = \frac{N_{min} + N_{max}}{2}$$

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