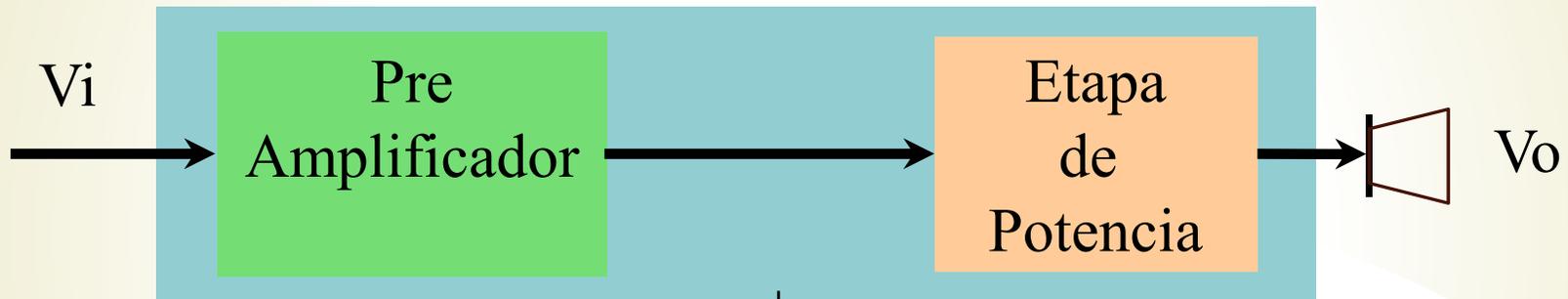


**AMPLIFICADORES  
LINEALES DE POTENCIA  
PARA BAJA FRECUENCIA  
(AUDIO)**

# Introducción

2



Rangos de tensión y corrientes pequeños.

Alta ganancia de tensión para reducir la no linealidad y la distorsión.

Niveles de tensión y corrientes grandes

Transfiere potencia hacia a la carga con niveles aceptables de distorsión.

Gana en Potencia.

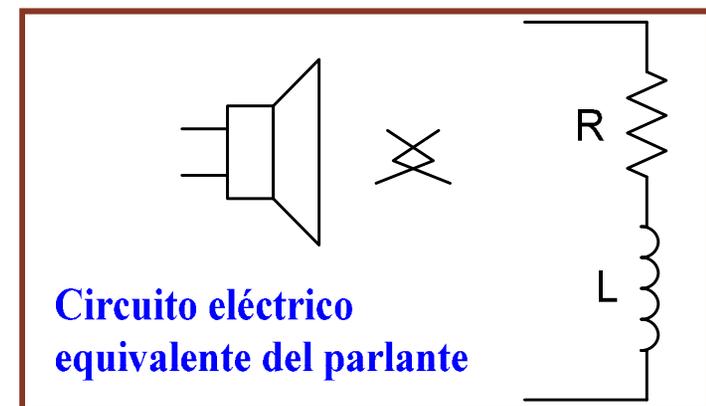
Etapa de salida, cuyo **objetivo** es **entregar la máxima potencia a la carga, con la mínima distorsión y con rendimiento máximo**, sin sobrepasar, los límites máximos permitidos de disipación de potencia de los elementos empleados.

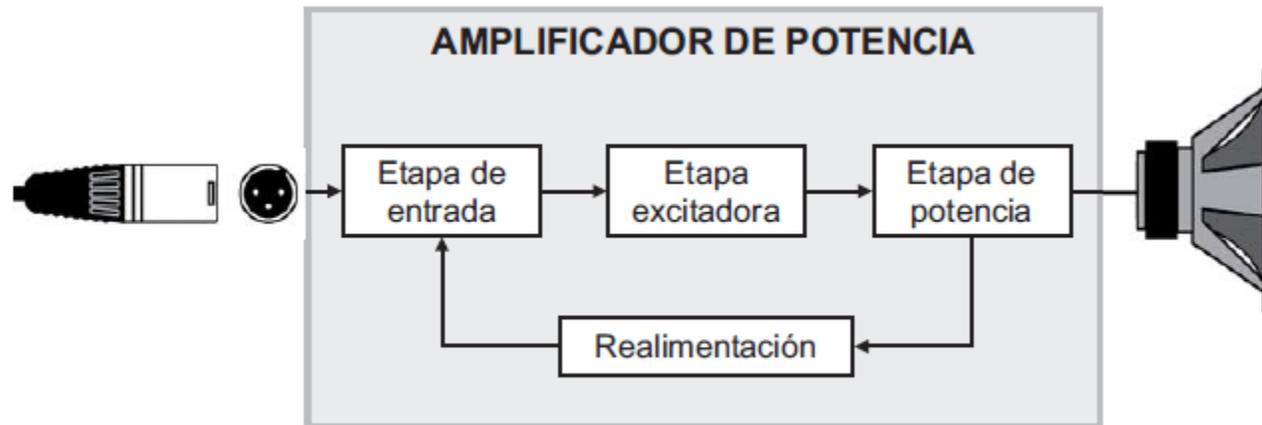
# Introducción

3

- El parlante o altavoz convierte una corriente eléctrica en *ondas acústicas de presión*, que se logran mediante el desplazamiento de una superficie, que de este modo mueve el aire, y este movimiento se propaga, cubriendo una superficie cada vez mayor.
- Las ondas *acústicas* pueden ser detectadas por el oído humano si tienen el nivel y la frecuencia adecuados.
- Nivel: El oído tiene un *margen dinámico* de unos 120 dB.
- Frecuencia: el oído puede percibir sonidos entre 20 Hz y 15 kHz. Aunque de forma habitual se considera que la banda de audio llega a 20 kHz, es absolutamente excepcional que un adulto puede llegar a oír esta frecuencia.

Las impedancias características de los parlantes son: 4  $\Omega$  , 8  $\Omega$  , 16  $\Omega$  y 32  $\Omega$

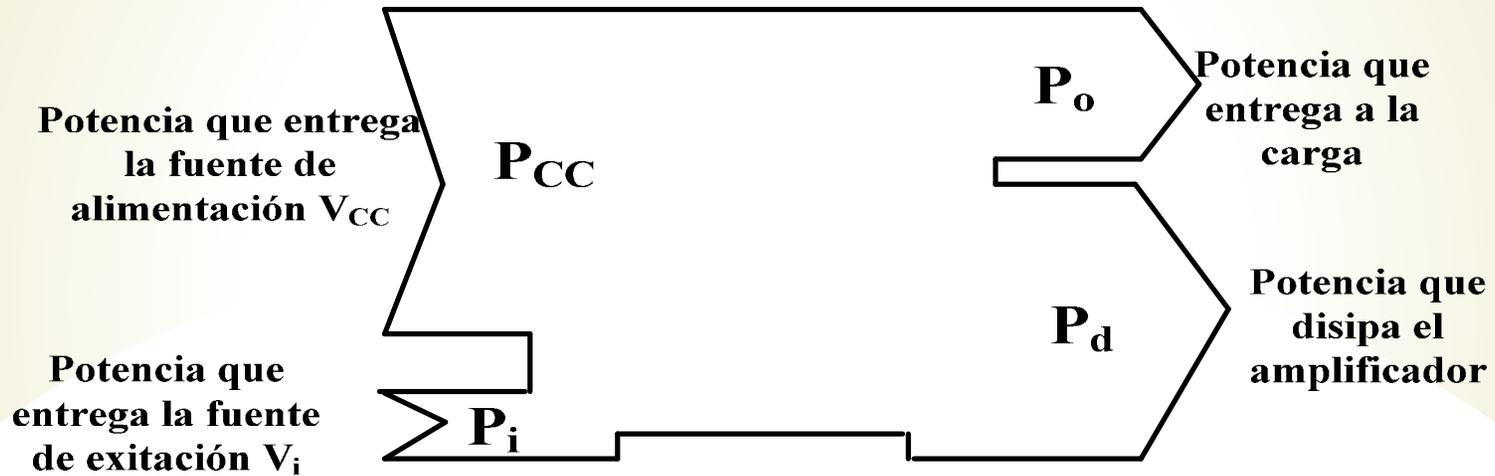




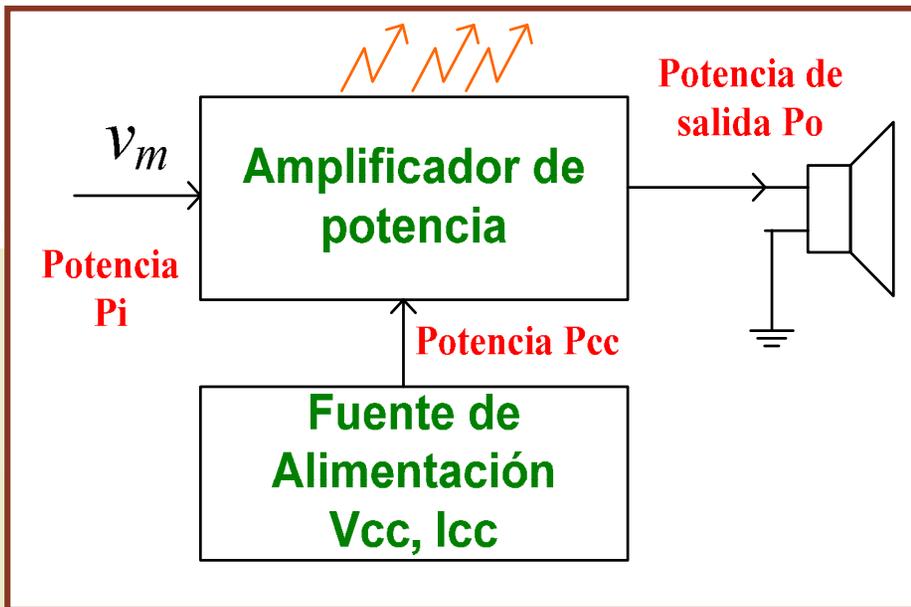
## Especificaciones técnicas

- Sensibilidad de entrada (*Input level*)
- Tensión de saturación de entrada (*Maximum input level*)
- Impedancia de entrada y salida (*Input/output impedance*)
- Potencia de salida (*Power output*)
- Respuesta en frecuencia (*Frequency response*)
- Distorsión armónica total (*Harmonic Distortion*)
- Relación señal a ruido (*Signal-to-noise ratio*)
- Ruido equivalente de entrada (*Equivalent input noise*)
- Margen dinámico (*Dynamic range*)

# Rendimiento



Potencia de entrada = Potencia de salida + potencia disipada

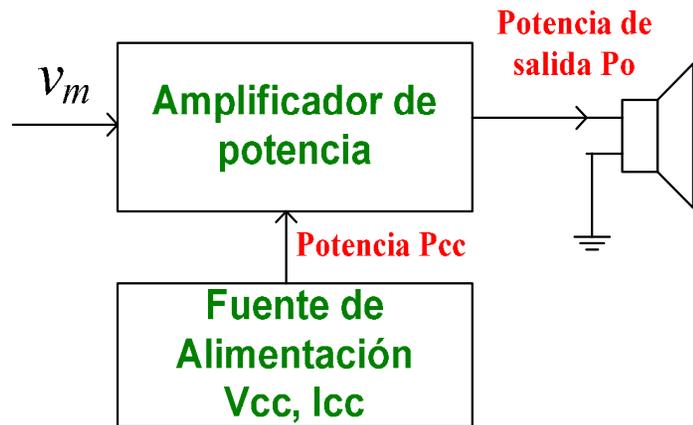


$$\eta \equiv \frac{P_o}{P_{CC}} \times 100$$

Rendimiento: Potencia entregada a la carga / potencia que entrega la fuente

# Rendimiento

6



Potencia de entrada = Potencia de salida + potencia disipada

$$P_{CC} + P_i = P_o + P_{dis}$$

$$P_{CC} = I_{CC} \cdot V_{CC}$$

$P_{CC}$ : Potencia continua que entrega la fuente de alimentación

$$P_{CC} \gg P_i$$

$$P_{CC} \cong P_o + P_{dis}$$

$$\eta \equiv \frac{P_o}{P_{CC}} \times 100$$

La potencia que deben disipar los componentes es:

$$P_{dis} \approx P_{CC} - P_o = \frac{P_o}{\eta} - P_o = P_o \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$

**El rendimiento en los sistemas de potencia afecta a la vida de las baterías y al costo del equipo. Toda la potencia que no se entrega a la carga se disipa en forma de calor (se pierde).**

# Características

7

- Etapa de salida
- Excitado con grandes señales (del orden de  $V_{cc}$ )
- Carga pequeña ( $4\Omega$ ,  $8\Omega$ ,  $16\Omega$ )
- Proporcionan grandes señales de potencia a sus cargas.
- Cuanto menor es  $\eta$ , mayor es la disipación y por tanto el calentamiento en el equipo.
- Problema debido a la distorsión de no linealidad que se producen en las señales de potencia (grandes)
- Los modelos de pequeña señal NO VALEN

# Clasificación de los amplificadores de Potencia

8

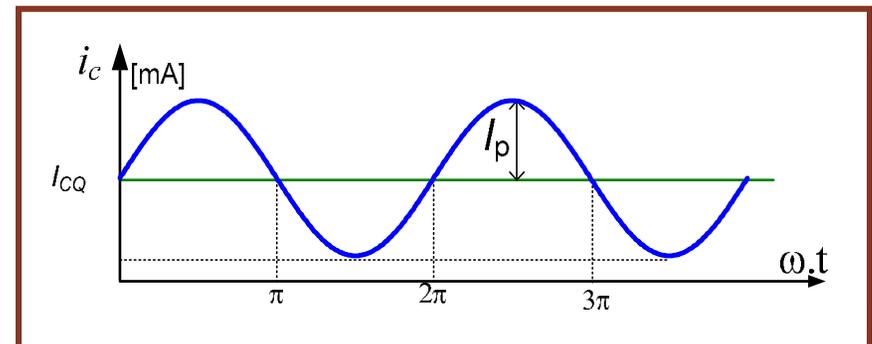
La clasificación esta dada según:

- La **zona de trabajo** de los dispositivos de salida.
- El **tipo de carga**
- La **frecuencia**

Se clasifican según la fracción de tiempo que están conduciendo el/los transistores del circuito, lo cual determina la forma de onda de la corriente en colector, producida por una entrada senoidal:

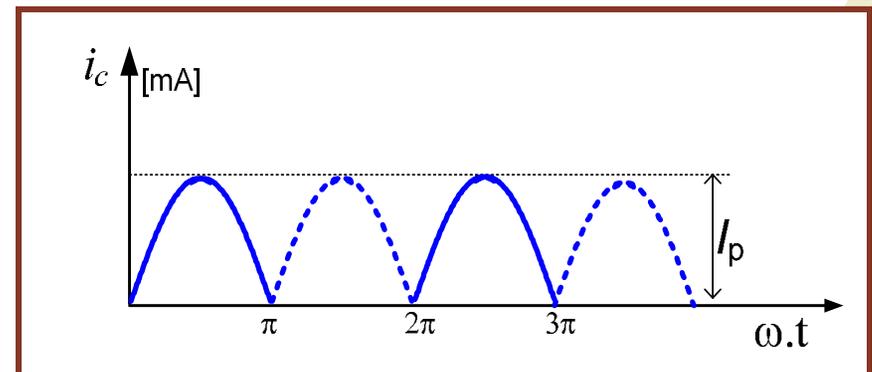
- **Clase A**

Conduce todo el tiempo, ángulo de conducción  $\theta = \omega.t = 360^\circ$ ,  $I_{CQ} > I_p$



- **Clase B**

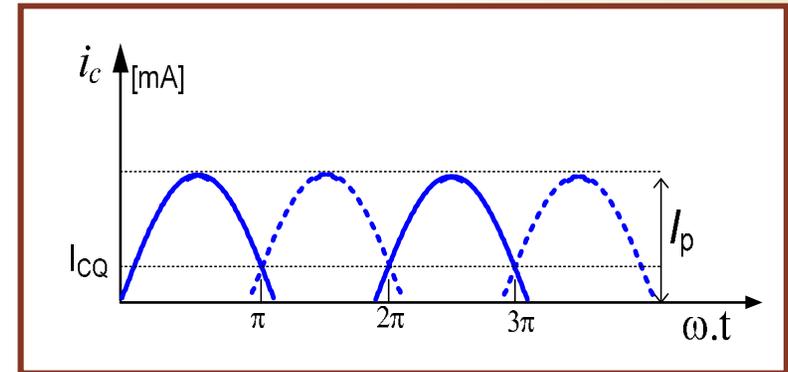
Conduce mitad del tiempo,  $I_{CQ}=0$ ; ángulo de conducción  $\theta = \omega.t = 180^\circ$  (mayor  $\eta$ )



# Clasificación de los amplificadores de Potencia

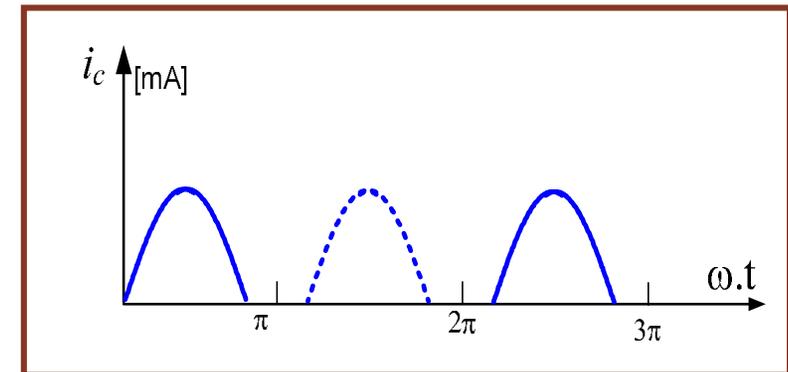
## ▪ Clase AB

Conduce más de la mitad del tiempo, ángulo de conducción  $180^\circ < \theta < 360^\circ$   $I_{CQ} < I_p$ , menor distorsión.



## ▪ Clase C

Conduce pequeña fracción de tiempo, ángulo de conducción  $\theta = \omega.t < 180^\circ$  (gran  $\eta$ , sin distorsión). Su carga es un resonante LC

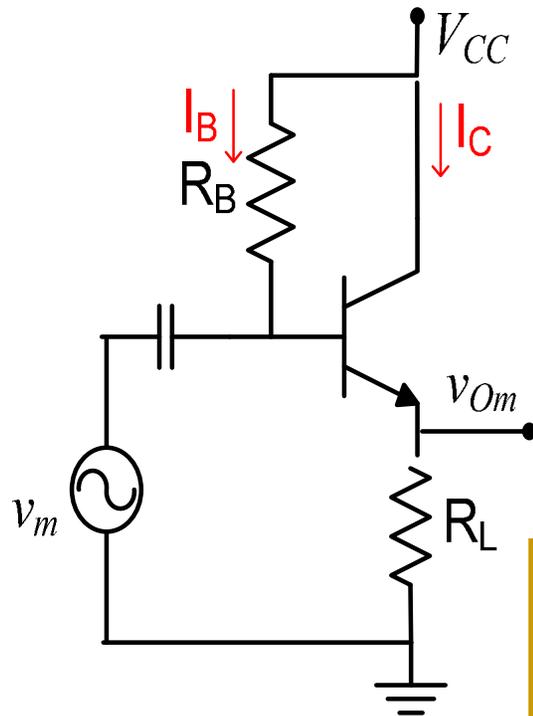


Clase D. Usa señales digitales que se activan durante un intervalo corto y se desactivan durante un intervalo más largo. Como el amplificador se “activa” (utilizando potencia) sólo durante intervalos cortos el rendimiento es muy alto  $\eta \approx 100\%$ )

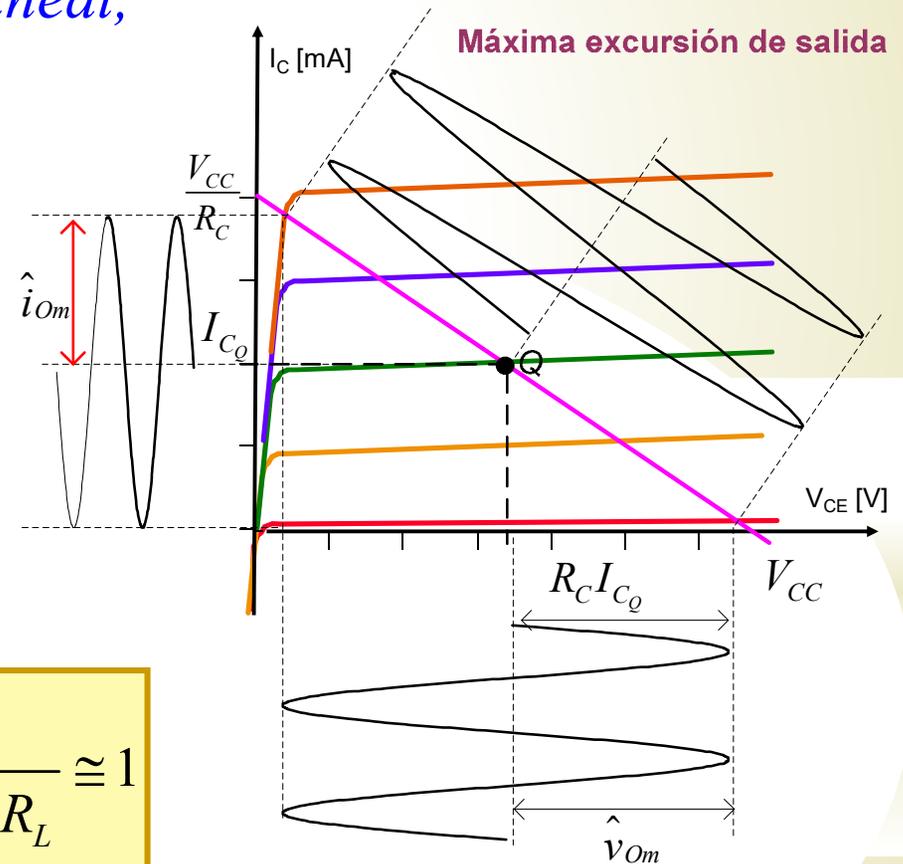
# Amp. de Potencia Clase A-Seguidor Emisivo

10

- Se polariza en la zona de *respuesta lineal*, para **MÁXIMA EXCURSIÓN**.



$$A_V = \frac{(1 + h_{fe}) R_L}{h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_L} \cong 1$$



- Tiene ganancia de corriente
- Capacidad de responder a señales de *cualquier* polaridad.
- *Mínima* distorsión

**Ventajas**

# CÁLCULO DE LA POTENCIA DE ENTRADA:

11

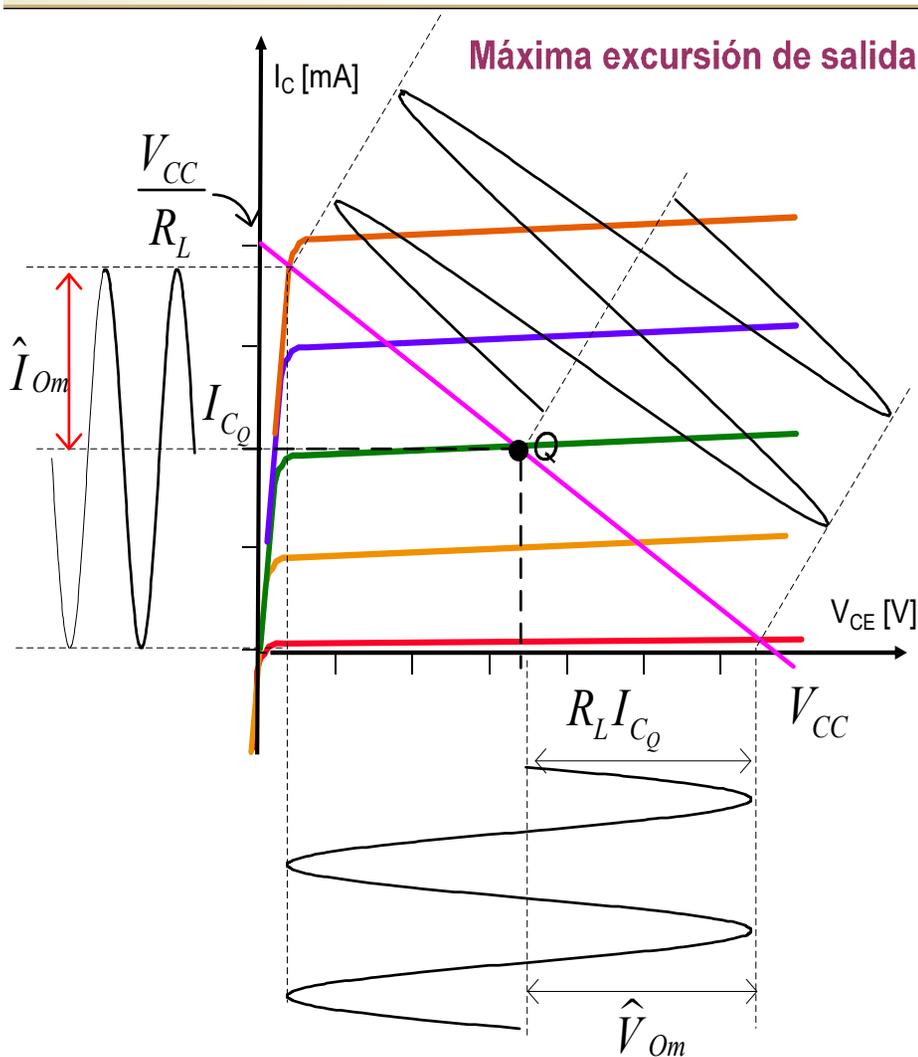
La potencia que entrega la fuente es:

$$P_{CC} \cong V_{CC} I_{CQ}$$

Como el transistor debe estar polarizado para máxima excursión:

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_{CQ}}{R_L} = \frac{V_{CC}/2}{R_L}$$

$$P_{in} = P_{CC} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

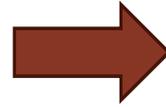


**Observar:**

- La amplitud máxima de la tensión de salida es:  $\hat{v}_{om\max} = V_{CC}/2$
- La amplitud máxima de la corriente de salida es:  $\hat{i}_{Cm\max} = V_{CC}/2R_L$
- que la potencia que entrega la fuente es constante sin importar la amplitud de la señal de entrada!!!!!!.

## Cálculo de la Potencia de Salida

$$P_O = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R_L}$$



$$P_{O\text{ máx}} = \frac{V_{CC}^2}{8R_L}$$

Se hace la aclaración de “potencia útil” ya que sobre la carga también circula la corriente de polarización (cd) y que originará disipación en esta resistencia.

## Cálculo del Rendimiento del circuito

$$\eta = \frac{P_O}{P_{in}}$$

$$\eta = \frac{P_O}{P_{in}} = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{V_{CC}^2}$$

Como la máxima tensión de salida sin distorsión es:

$$\hat{v}_{O\text{ máx}} = \frac{V_{CC}}{2}$$

$$\eta_{\text{máx}} = \frac{\hat{V}_{Om\text{ máx}}^2}{V_{CC}^2} = \frac{\left(\frac{V_{CC}}{2}\right)^2}{V_{CC}^2}$$

$$\eta_{\text{máx}} = \frac{1}{4} = 25\%$$

Para obtener 4 w en la carga, se necesita una fuente de 16 w y un TBJ que pueda disipar 8 w.

# Amplificador de Potencia Clase A

## CÁLCULO DE LA POTENCIA DISIPADA:

$$P_{dis} = P_{CC} - P_o$$

$$P_{dis} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L} - \frac{\hat{v}_{om}^2}{2R_L}$$

NOTA: En este ejemplo la resistencia de carga es  $R_L$

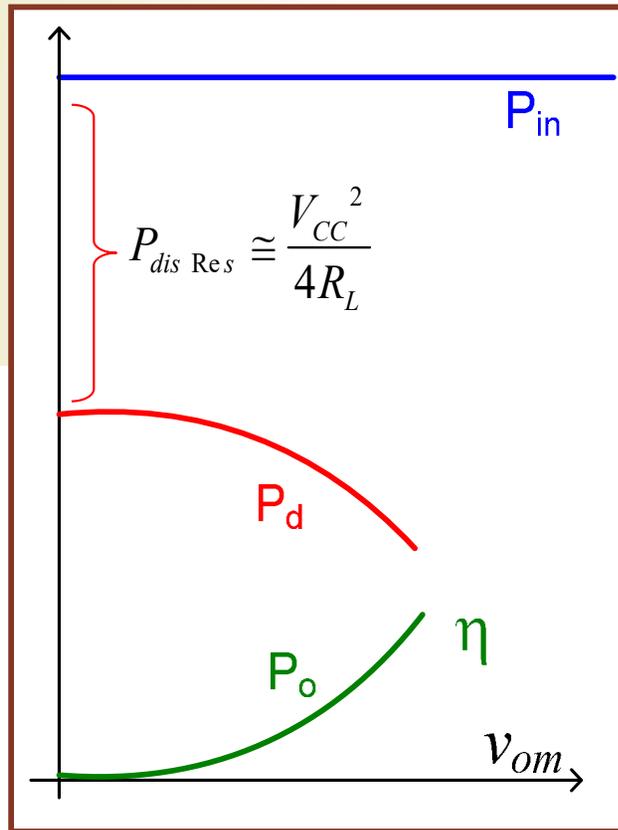
Observar: cuando no hay excitación, la potencia disipada es máxima, puesto que la potencia de señal en la carga es nula; es decir, como

$$P_{dis\ máx} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

Esta potencia se debe disipar en las resistencias debido a la circulación de continua y principalmente en la juntura CE del TBJ.

$$P_{disTBJ\ MAX} = V_{CEQ} \cdot I_{CQ} = \frac{V_{CC}^2}{4R_L} = 50\% P_{in}$$

## GRAFICO DE POTENCIA VS SEÑAL DE SALIDA:



La transferencia de potencia a la carga es **baja** y circula  $I_{DC}$  por  $R_L$ .

- *El TBJ, disipa potencia con  $V_i=0$  !!!!* **Desventajas**

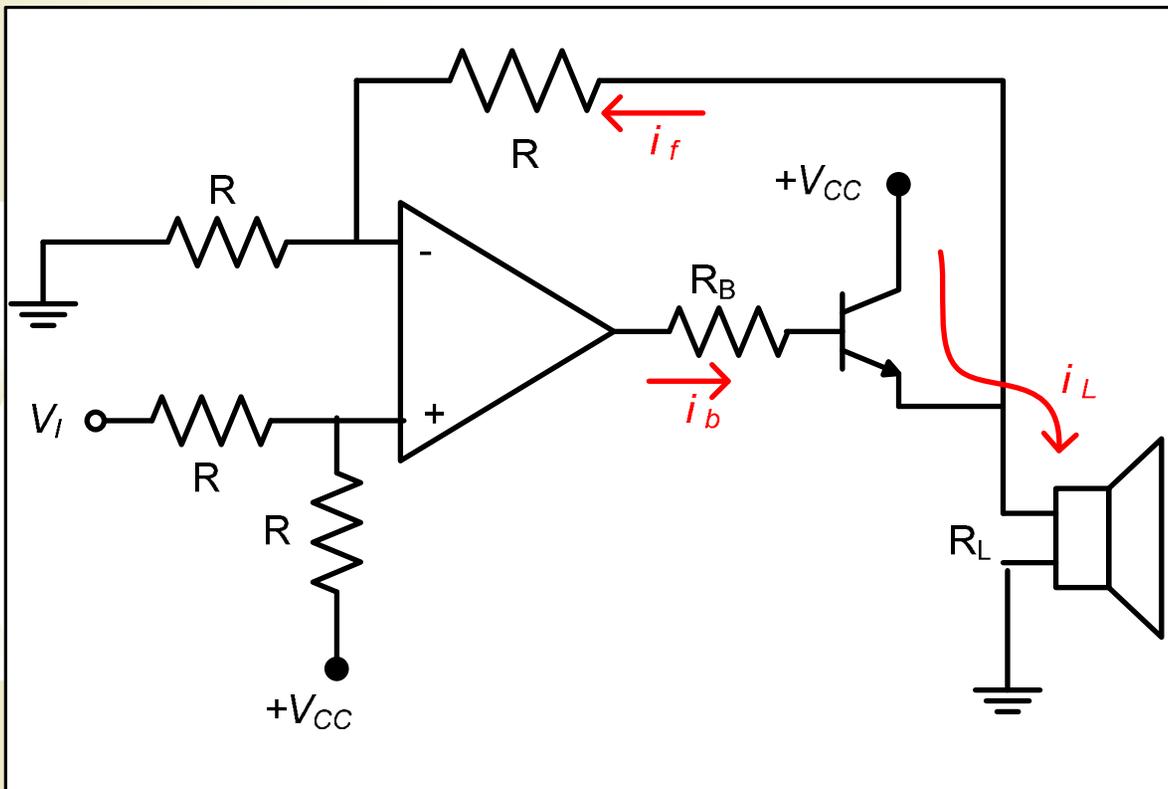
**Especificaciones del Transistor**

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{CE \text{ M}áx} = V_{CC} \\ I_{C \text{ M}áx} = V_{CC}/R_L \\ P_{d \text{ M}áx} = V_{CC}^2/4R_L \end{array} \right.$$

# Amplificador de Potencia Clase A

15

## Ejemplo:



*Desventaja: Circula CD por el parlante*

$$\text{Si } h_{fe} \gg 1 \Rightarrow i_b \ll i_L$$

$$\text{Si } R \gg R_L \Rightarrow i_f \ll i_L$$

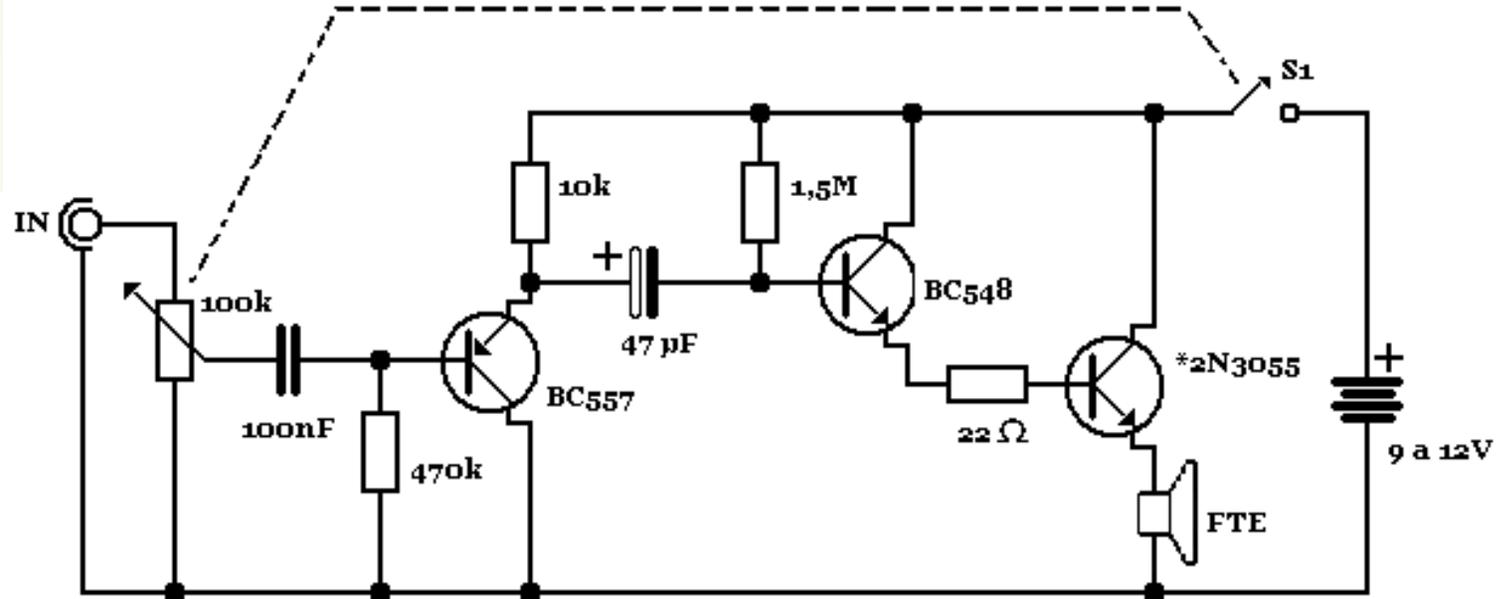
$$\Rightarrow i_f \cong i_C = \beta i_b$$

$$v_L = \frac{V_{CC}}{2} + v_i$$

$$P_{O \text{ máx}} = \frac{V_{CC}^2}{4R_L}$$

$$P_{dis \text{ máx}} = \frac{V_{CC}^2}{2R_L}$$

## Simple amplificador de 3W



\* com dissipador  
pode ser o 2N3055  
ou equivalentes  
plásticos

[http://elizeueletrotecnico.blogspot.com.ar/2012\\_08\\_01\\_archive.html](http://elizeueletrotecnico.blogspot.com.ar/2012_08_01_archive.html)

# Amp. de Potencia Clase A-Seguidor Emisivo

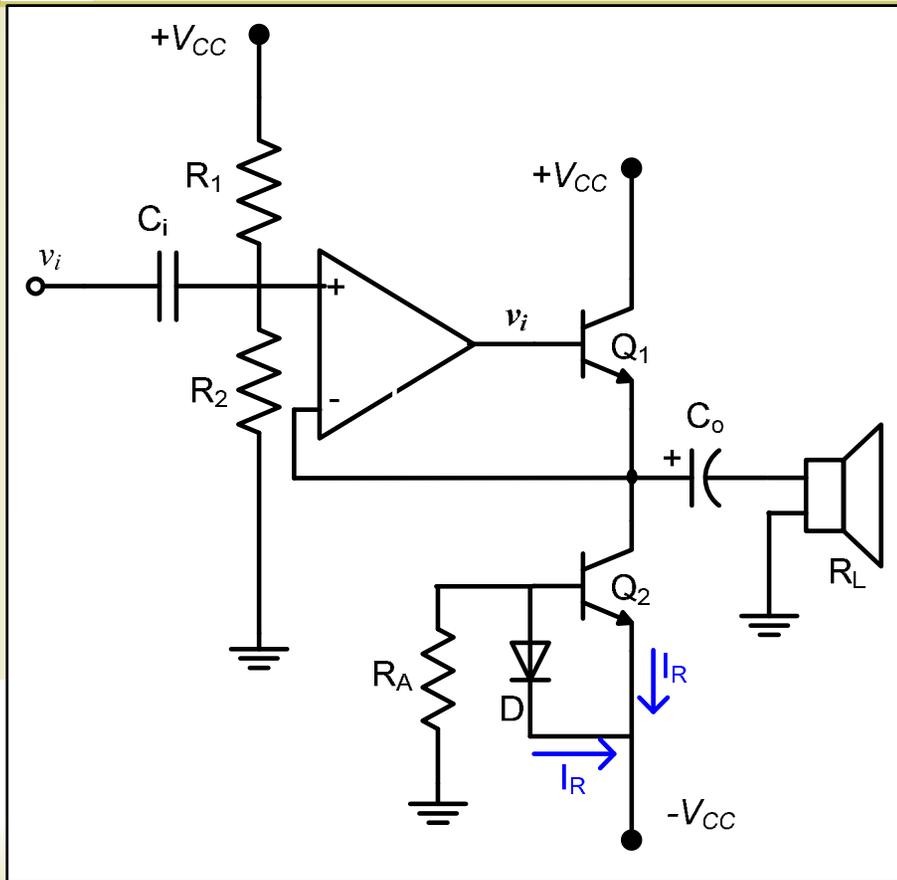
## Desventajas:

- El cono del altavoz está permanentemente desplazado, ya que es atravesado por una corriente de continua. Cómo los altavoces se diseñan para que el cono tenga la posición de reposo con corriente nula, esta corriente continua provocará una mayor distorsión, y calentamiento del hilo del altavoz, que se ha diseñado para lidiar con señales sinusoidales positivas y negativas.
- La excursión de la tensión de salida es menor que  $V_{cc}/2$
- El rendimiento es bajo. La potencia disipada es enorme. Incluso en reposo, el circuito disipa. Considere que esto sucede antes de que haya empezado a sonar la música.

## Ventajas

- Sencillo
- Sin embargo, la idea no es mala del todo: es un buen comienzo, porque es un diseño que ofrece baja distorsión.

# Clase A-Seguidor Emisivo -Salida desacoplada de continua



## Observe:

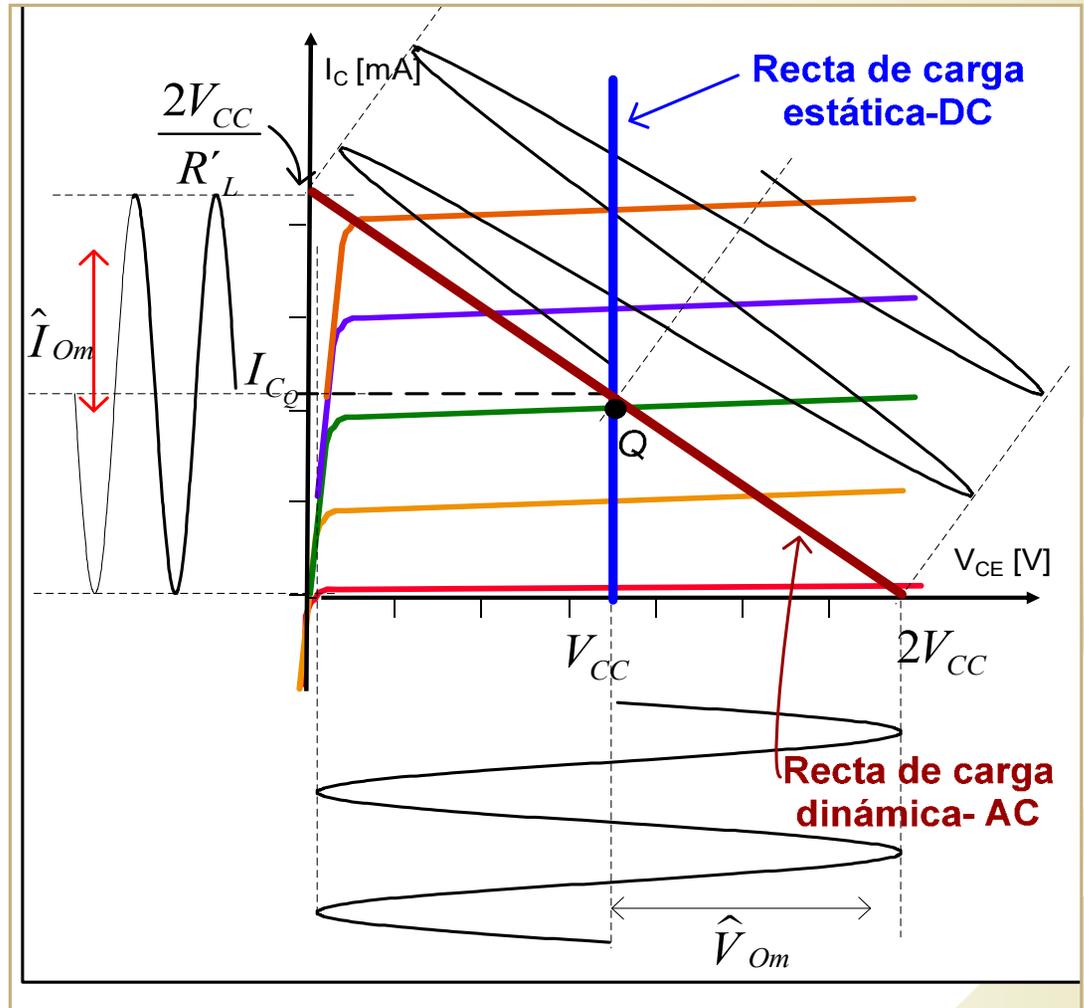
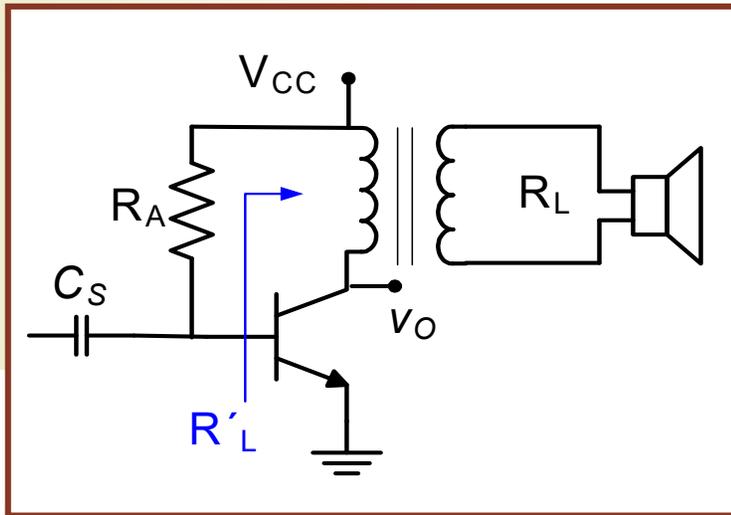
- condensador de desacoplo de salida ( $C_o$ )
- Carga activa: Q2 forma una fuente de corriente constante.

- El espejo de corriente se basa en la conexión en paralelo de dos diodos iguales.
- Si son iguales y tienen la misma curva característica, por los dos diodos circula la misma corriente puesto que los puntos de funcionamiento son idénticos.
- Para una misma tensión ánodo-cátodo en los dos diodos se tiene una misma corriente en cada uno de ellos
- Si el diodo y el transistor son de silicio se pueden considerar iguales la tensión en extremos del diodo y la tensión entre base y emisor.

## Diseño:

- Capacitor de salida  $C_o$ : electrolítico, se carga a  $V_{cc}/2$ .
- Forma Filtro pasa alto con  $R_L$

# AMPLIFICADOR CLASE A CON CARGA ACOPLADA CON TRANSFORMADOR



$$\hat{v}_{om_{m\acute{a}x}} = V_{CC}$$

$$\hat{i}_C = \frac{v_{Om}}{R'_L}$$

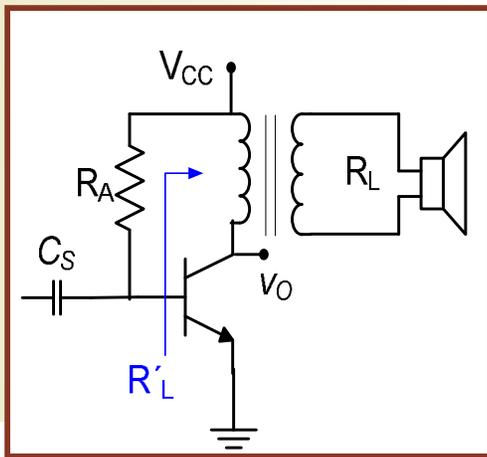
$$\hat{i}_{Cm\acute{a}x} = V_{CC} / R'_L$$

Potencia de salida:

$$P_o = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R'_L}$$

Supongo  $\eta=1$  del trafo

# AMPLIFICADOR CLASE A CON ACOPLAMIENTO A TRANSFORMADOR<sup>20</sup>



**Potencia entregada por la fuente:**

$$P_{in} = P_{CC} = V_{CC} \cdot I_{DC} = V_{CC} \frac{v_{Om}}{R'_L}$$



$$P_{in} = \frac{V_{CC}^2}{R'_L}$$

**Potencia disipada:**

$$P_{dis} = P_{CC} - P_o$$



$$P_{dis} = \frac{V_{CC}^2}{R'_L} - \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R'_L}$$



$$P_{disMAX} = \frac{V_{CC}^2}{R'_L}$$

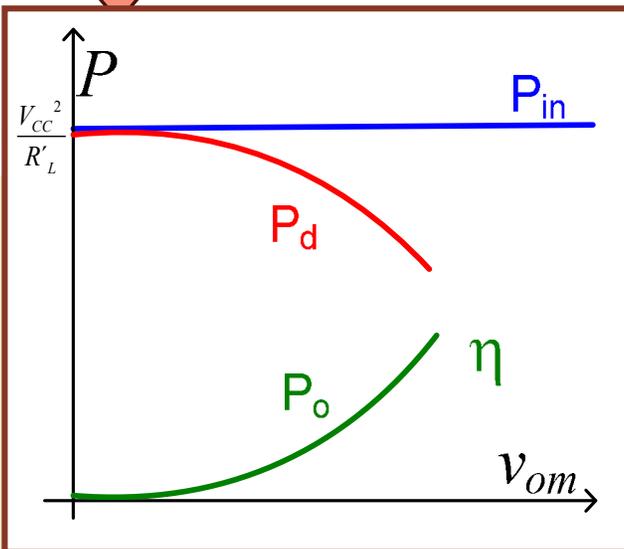
Sin señal de entrada la disipación de potencia en transistor es máxima!!!

**Cálculo del rendimiento**

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2V_{CC}^2}$$



$$\eta_{máx} = \frac{1}{2} = 50\%$$



**Especificaciones del Transistor**

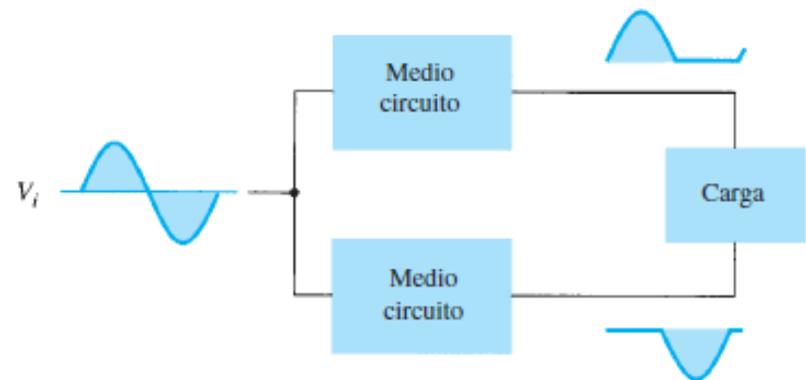
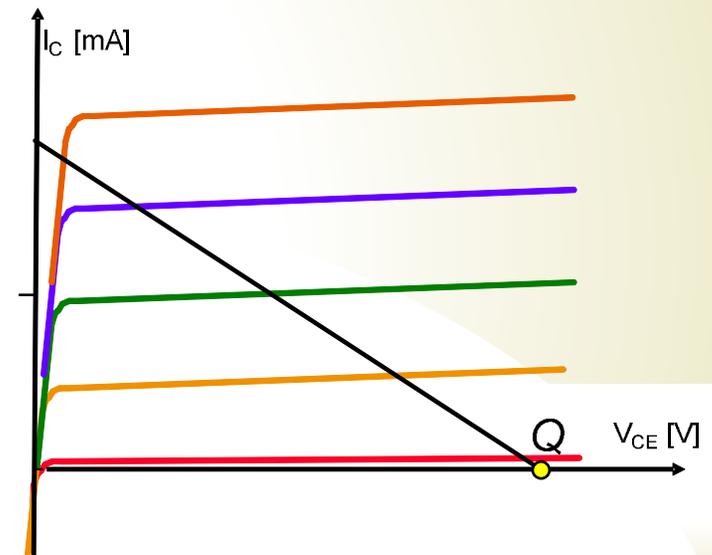
$$V_{CE \text{ Máx}} = 2V_{CC}$$

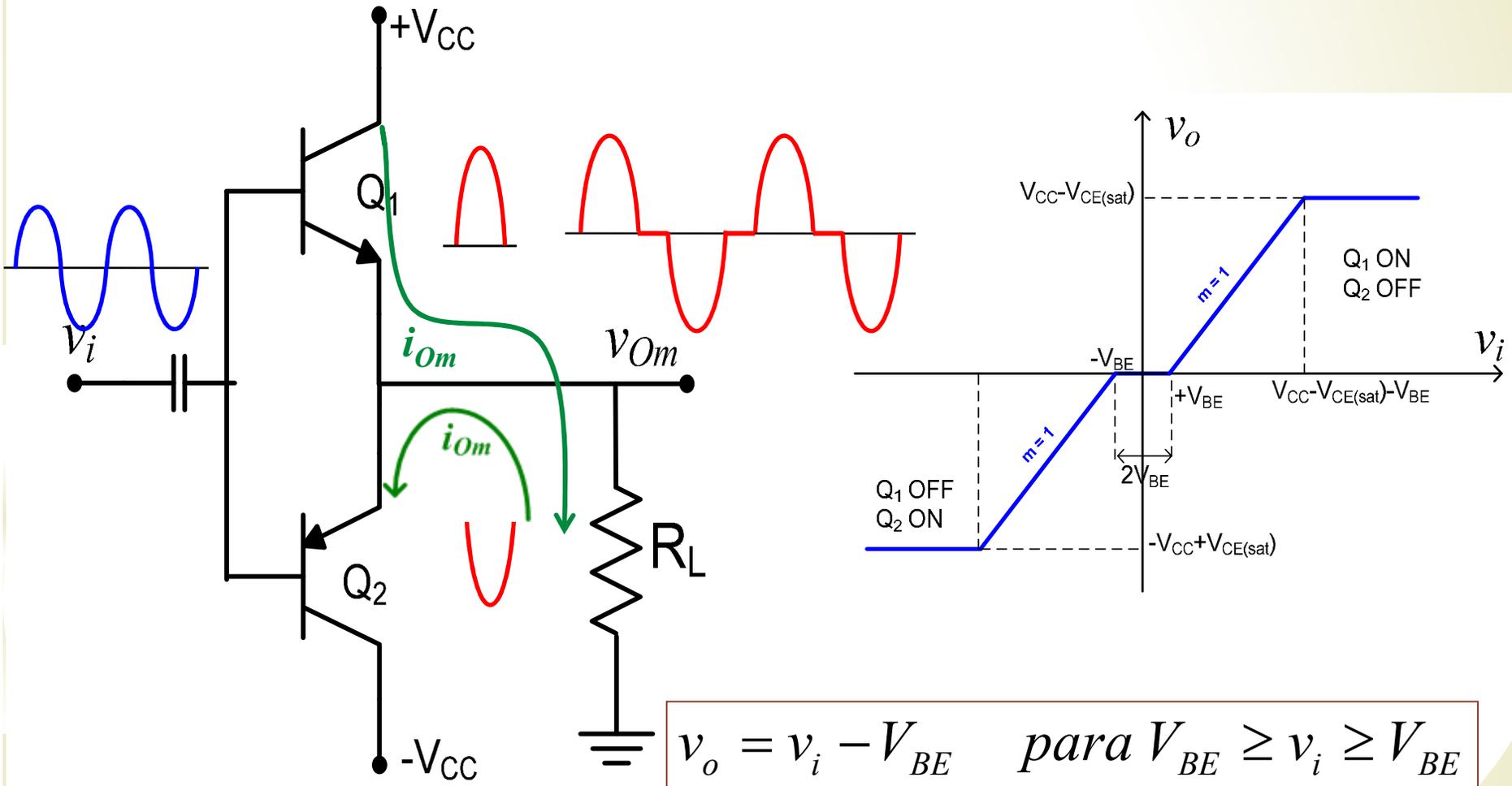
$$I_C \text{ Máx} = 2V_{CC}/R'_L$$

$$P_d \text{ Máx} = P_{in} = V_{CC}^2/R'_L$$

## AMPLIFICADOR CLASE B

- En clase B el transistor conduce cuando se aplica la señal de ca.
- No hay polarización de base.
- El transistor conduce sólo la mitad del ciclo de la señal.
- Para obtener salida durante el ciclo completo de la señal se requieren dos transistores que conduzcan durante semiciclos opuestos.
- Como una parte del circuito empuja (push) la señal hacia arriba durante medio ciclo y la otra parte jala (pull) la señal hacia abajo durante el otro semiciclo, el circuito se conoce como *circuito push-pull*.



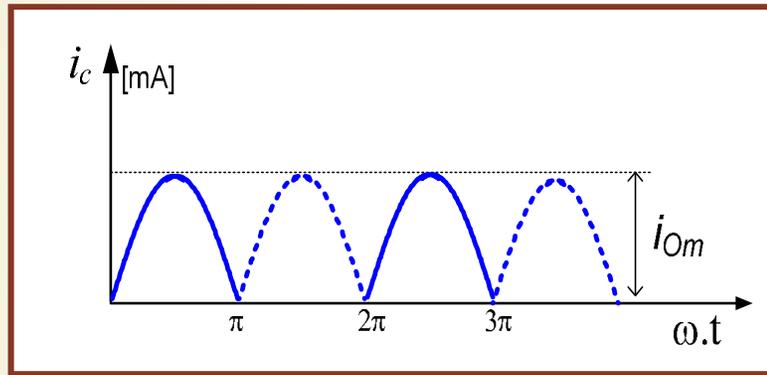


Sí:  $V_i > 0$   $\left\{ \begin{array}{l} Q1 \text{ en ON} \\ Q2 \text{ en OFF} \end{array} \right.$

Sí:  $V_i < 0$   $\left\{ \begin{array}{l} Q1 \text{ en OFF} \\ Q2 \text{ en ON} \end{array} \right.$



## AMPLIFICADOR CLASE B: Simetría Complementaria



$$i_C = \hat{i}_{0m} \text{ sen } \omega t$$

$$\theta = 180^\circ$$

- Se polariza en el extremo de la zona de *respuesta lineal*.
- Capacidad de responder a señales de *determinada polaridad*.
- *No se polarizan los transistores!!!!*.  $\Rightarrow$  *No hay corrientes de polarización*
- *No hay disipación de potencia con  $V_i = 0$ .*
- Necesita de *etapa complementaria* para dar una *salida bipolar*.

## POTENCIA DE ENTRADA

$$P_{CC} = I_{DC} \cdot V_{CC} = \frac{2}{\pi} \frac{V_{CC}}{R_L} \hat{v}_{Om}$$

$$I_{DC} = \frac{2}{\pi} \frac{\hat{v}_{Om}}{R_L}$$

## POTENCIA DE SALIDA

$$P_O = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R_L}$$

$$\hat{v}_{Om \max} = V_{CC}$$

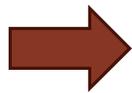
La máxima Potencia de salida será:



$$P_{O\max} = \frac{\hat{V}_{CC}^2}{2R_L}$$

## POTENCIA DE DISIPADA

$$P_D = \frac{2}{\pi} \frac{V_{CC}}{R_L} \hat{v}_{Om} - \frac{\hat{v}_{Om}^2}{R_L}$$



$$P_{D\max} = \frac{2}{\pi^2} \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

Potencia que deben poder disipar los transistores (entre los dos).

Por tanto:

$$P_{d\max} = \frac{4P_{O\max}}{\pi^2} = 0,405P_{O\max}$$

Ocurre para:

$$\hat{v}_{Om_{d\max}} = \frac{V_{CC}}{\pi}$$

Observar:

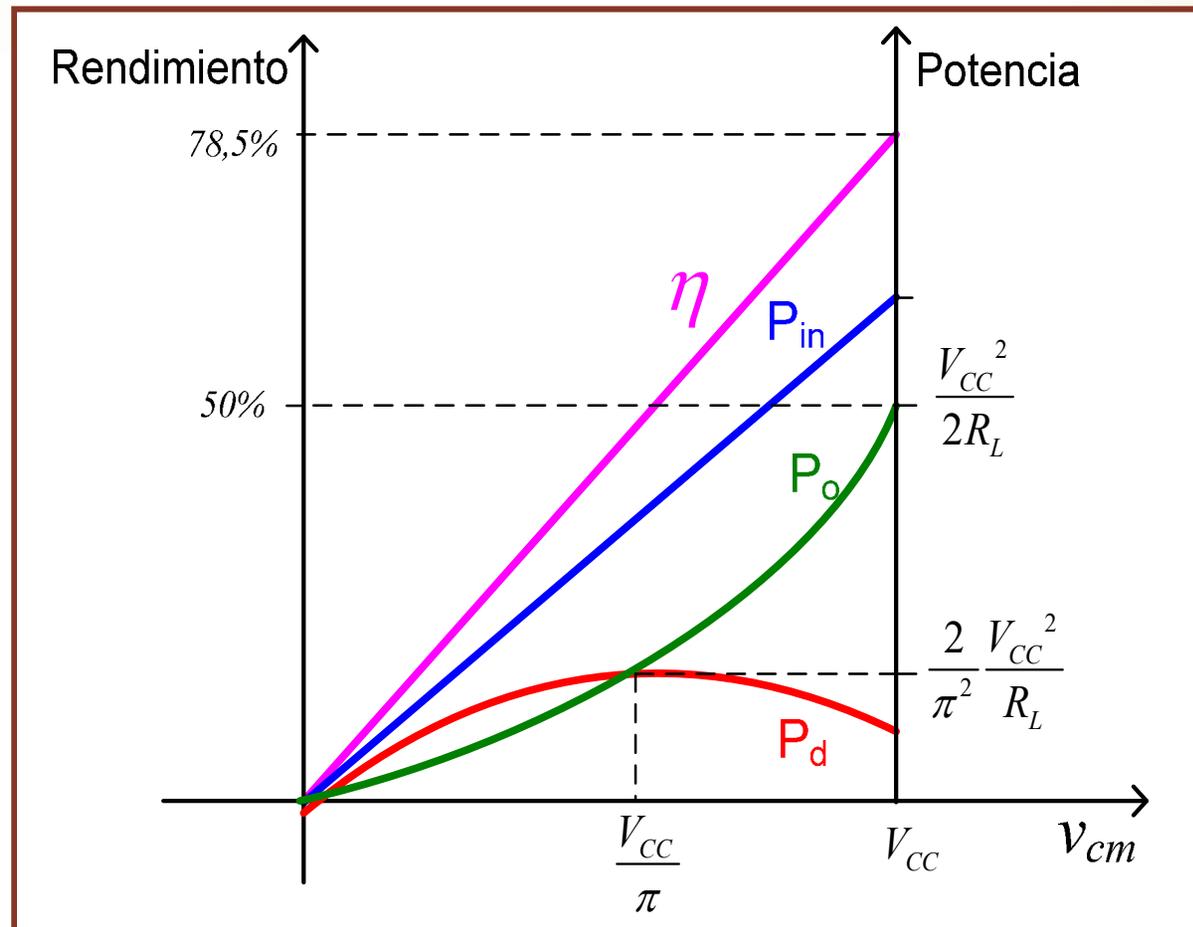
$$\hat{v}_{Om_{d\max}} = \frac{V_{CC}}{\pi} < \hat{v}_{Om \max} = V_{CC}$$

## RENDIMIENTO

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} = \frac{\pi \hat{v}_{Om}}{4 V_{CC}}$$



$$\eta_{m\acute{a}x} = \frac{\pi}{4} = 78,54\%$$



**GRAFICO DE POTENCIAS Y RENDIMIENTO**

## Circuito de polarización de base

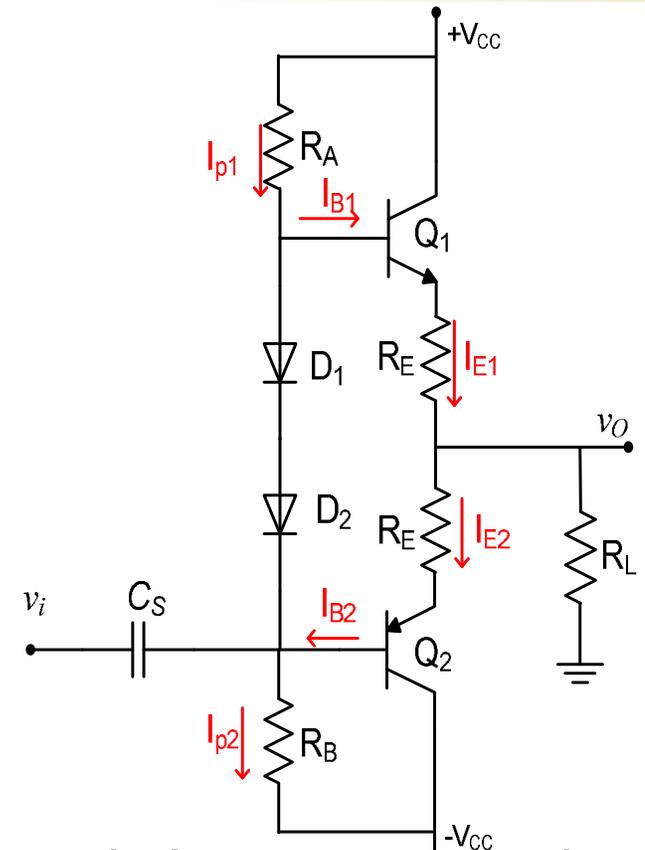
Para minimizar la distorsión por cruce se polariza la base y se deja a los transistores al borde de la conducción. Para ello se aplica un voltaje  $V_{BE}$  sobre la juntura BE.

El circuito funciona en clase AB: ambos TBJ operan en la región activa.

Las relaciones de potencia son idénticas al clase B, excepto por que se disipa potencia de polarización  $I_Q \cdot V_{CC}$ .

Si  $T_{Q1}$  y  $T_{Q2}$  aumenta y  $V_{BE}$  se mantiene constante, la  $I_C$  aumenta con la temperatura.

El incremento de  $I_C$  provoca el incremento de  $P_D$ , lo que aumenta la  $I_C$   
**EMBALAMIENTO TÉRMICO.**

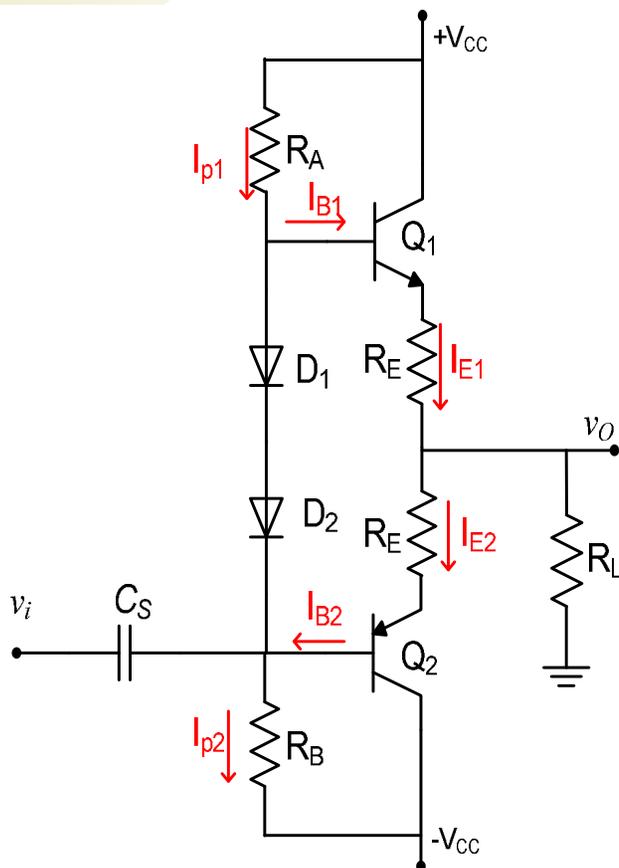


Las tensiones de polarización deben disminuir con el incremento de la Temperatura

## Diseño del circuito de polarización de base:

Se incorpora  $C_S$  para no emplear dos fuentes de alimentación. Los diodos proporcionan la polarización a las bases de los transistores, además de estabilidad térmica frente a variaciones de temperatura.

Estos diodos deben tener características similares a las del transistor y se deben montar en el mismo disipador.



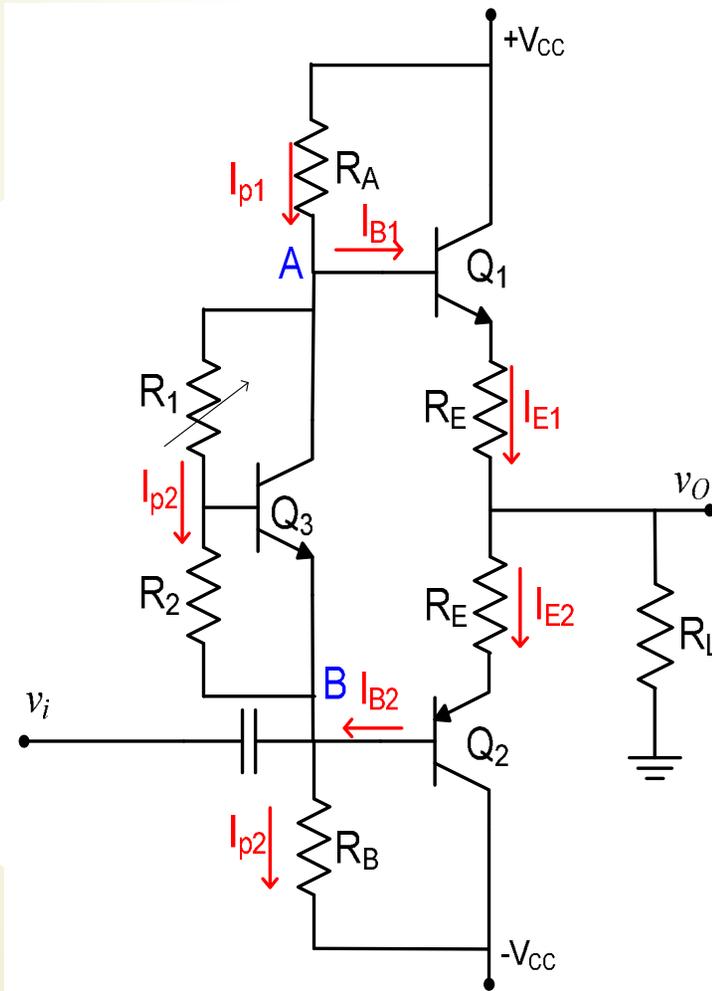
Con señal de entrada senoidal, durante el 1er semiciclo conduce  $Q_1$ .  $C_S$  se carga a  $V_{CC}/2$ . Durante el semiciclo negativo de la tensión, el  $C_S$  se descarga, alimentando al transistor  $T_2$ .

El **inconveniente** a la hora de evitar la distorsión de cruce es un pequeño **consumo de potencia en ausencia de señal**  $\Rightarrow$  **reducción del rendimiento**.

El consumo se debe a que circula la corriente  $i_p$ .

## AMPLIFICADOR CLASE AB- Simetría Complementaria

### Circuito de polarización de base: Multiplicador de tensiones Base-Emisor

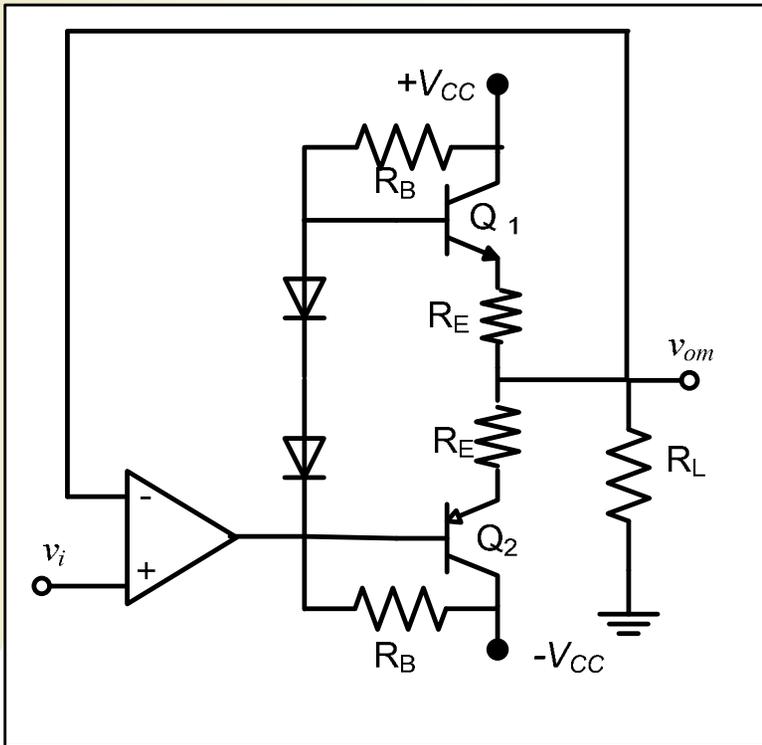


$$I_{P2} = \frac{V_{BE3}}{R_2}$$

$$V_{AB} = I_{p2} (R_1 + R_2)$$

$$V_{BE3} = V_{AB} \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

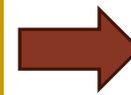
$$V_{AB} = V_{BE3} \left( 1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$



**Sobre la carga:**  $V_{om} \leq V_{cc} \Rightarrow V_{om \text{ máx}} = V_{cc}$

$$I_{om} = \frac{V_{om}}{R_L}$$

$$P_O = \frac{\hat{V}_{Om}^2}{2R_L}$$



$$P_{Omáx} = \frac{\hat{V}_{CC}^2}{2R_L}$$

**Cálculo de los TBJ: Q1 y Q2 par complementario-BD139/140**

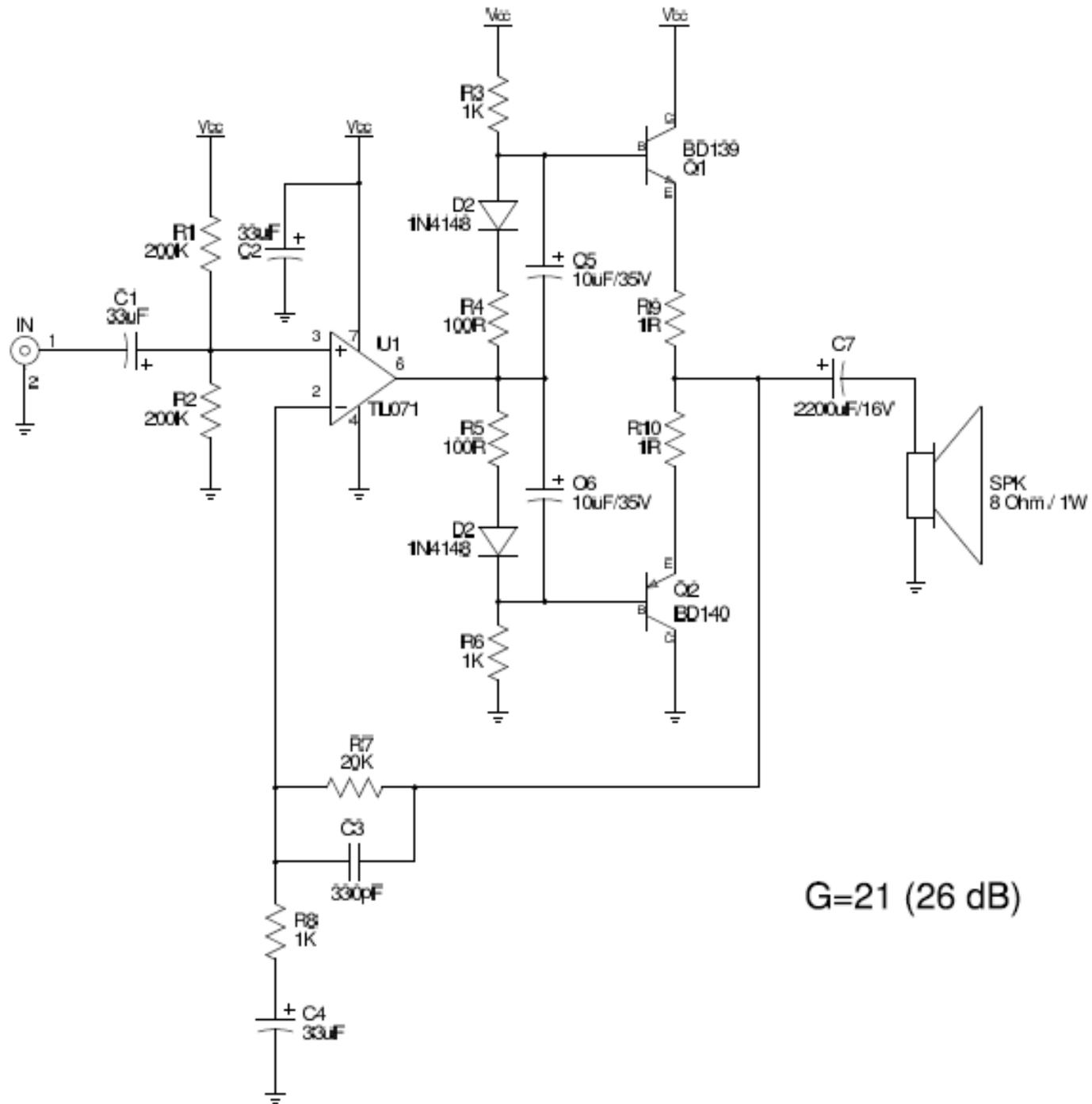
$$Q_1, Q_2 \begin{cases} I_{CMAX} = \frac{V_{omMAX}}{R_L} \\ V_{CEMAX} = 2V_{CC} \\ P_{dMAX} = \frac{V_{CC}^2}{4\pi^2 R_L} \end{cases}$$

**Cálculo de las resistencias:**

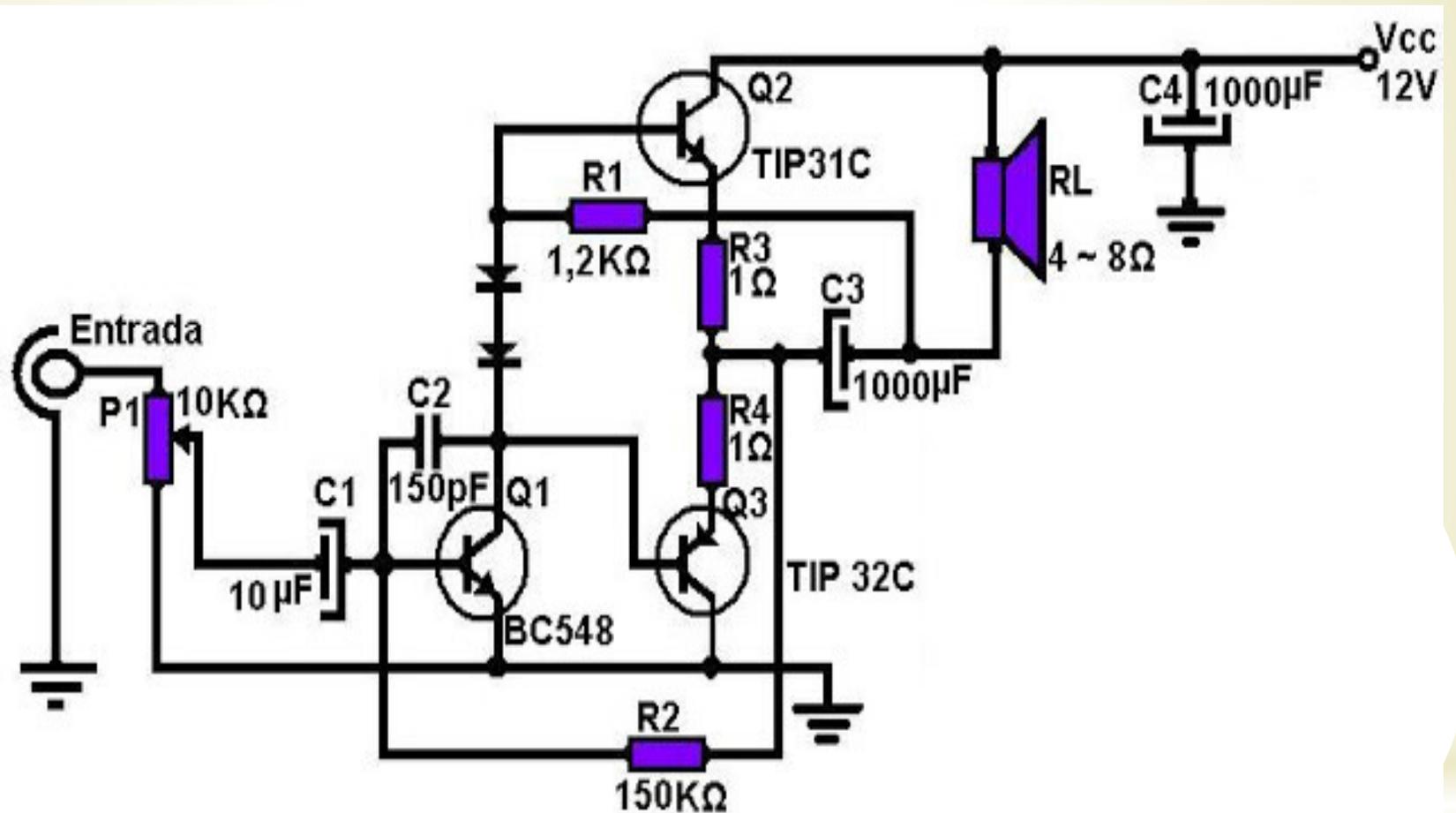
Adopto  $R_E \ll R_L$   $P_{R_E máx} = \frac{R_E I_{om}^2}{2} = \frac{R_E V_{CC}^2}{2R_L^2}$

$$V_{RB} = 10 \cdot I_B \cdot R_B = V_{CC} - (V_{BE} + V_{R_E}) \quad I_B = \frac{I_{CutOFF}}{\beta}$$

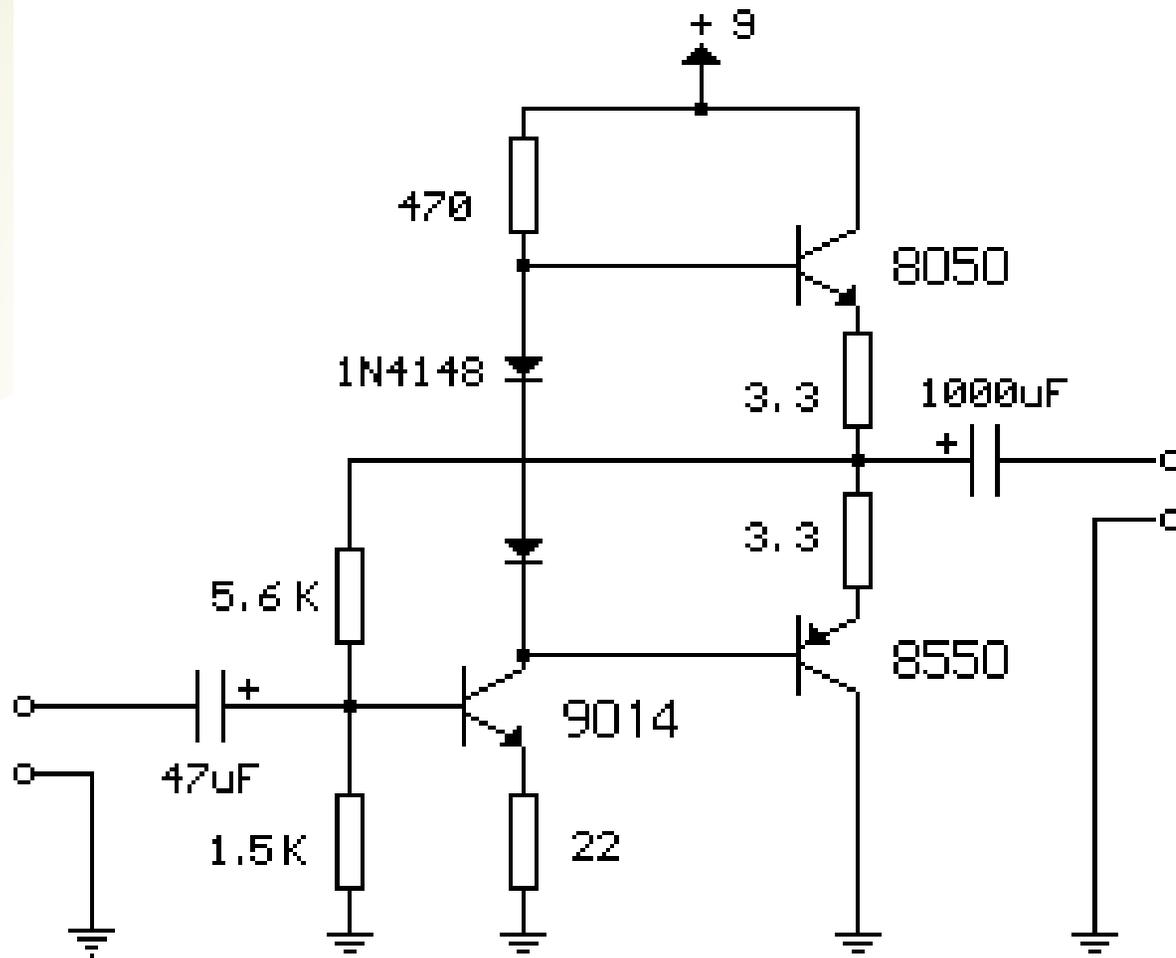
**Diodos:** No requieren especificaciones. Puede ser cualquier diodo



G=21 (26 dB)

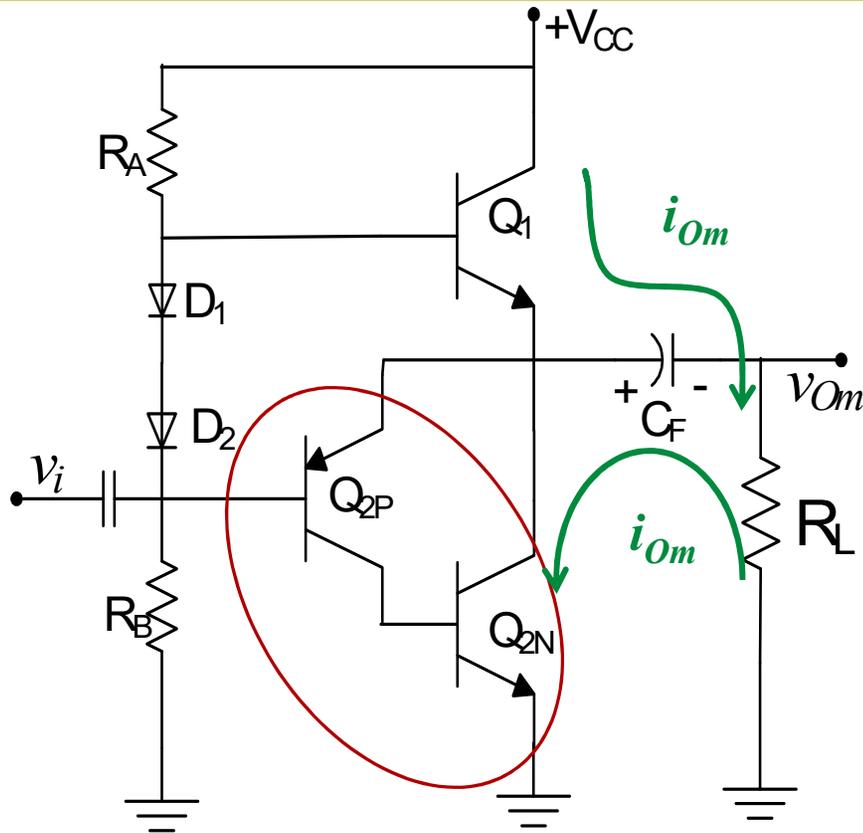


<http://amplificadoresaudio.blogspot.com.ar/2011/11/amplificador-con-tip-31-y-tip-32.html>



<http://es.fmuser.org/news/fm-transmitter/8550-and-8050-by-making-a-small-transistor-amplifier-circuit-diagrams.html>

## AMPLIFICADOR CLASE B - Simetría Cuasicomplementaria



Si se requiere potencias de varios vatios no se pueden usar pnp.

A partir de un pnp de señal y un npn de potencia se “fabrica” un pnp compuesto

$$I_{B2N} = I_{E2P} \Rightarrow I_{C2N} = (1 + h_{fe}) I_{C2P}$$

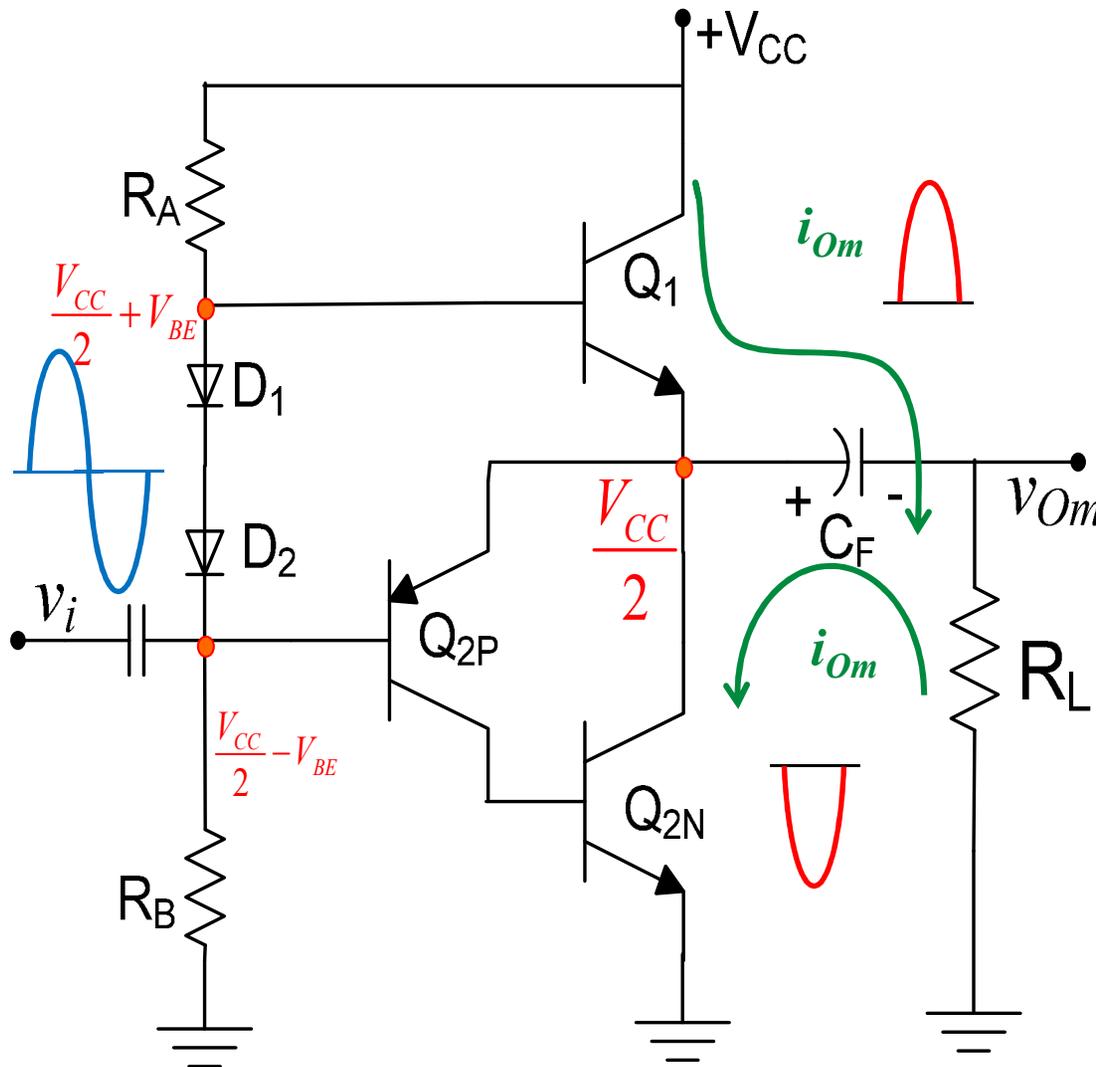
La tensión de saturación del pnp compuesto es mayor

**Desventaja**

$$V_{CE\ sat} = V_{CE\ sat2P} + V_{BE\ 2N}$$

Sí:  $V_i > 0$   $\left\{ \begin{array}{l} Q1 \text{ en ON} \\ Q2 \text{ en OFF} \end{array} \right.$

Sí:  $V_i < 0$   $\left\{ \begin{array}{l} Q1 \text{ en OFF} \\ Q2 \text{ en ON} \end{array} \right.$



El capacitor fuente  $C_F$  cumple dos funciones:

1. proporciona la polarización de colector al pnp compuesto durante el semiciclo negativo
2. Impide que la componente de cd circule por la carga.
3. Forma con  $R_L$  un filtro pasa alto

*Desventaja*

El amplificador diseñado posee una ganancia de tensión = 1, por lo tanto la máxima señal de entrada será igual a la máxima tensión de salida deseada.



**POTENCIA DE ENTRADA**

$$P_{CC} = I_{DC} \cdot V_{CC} = \frac{1}{\pi} \frac{V_{CC}}{R_L} \hat{v}_{Om}$$

$$I_{DC} = \frac{1}{\pi} \frac{\hat{v}_{Om}}{R_L}$$

**POTENCIA DE SALIDA**

$$P_O = \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R_L}$$

**POTENCIA DE DISIPADA**

$$P_D = \frac{1}{\pi} \frac{V_{CC}}{R_L} \hat{v}_{Om} - \frac{\hat{v}_{Om}^2}{2R_L}$$

➔ 
$$P_{D_{MAX}} = \frac{1}{2\pi^2} \frac{V_{CC}^2}{R_L}$$

Ocurre cuando:

$$\hat{v}_{Om} = \frac{2}{\pi} V_{CC}$$

**Máxima tensión de salida**

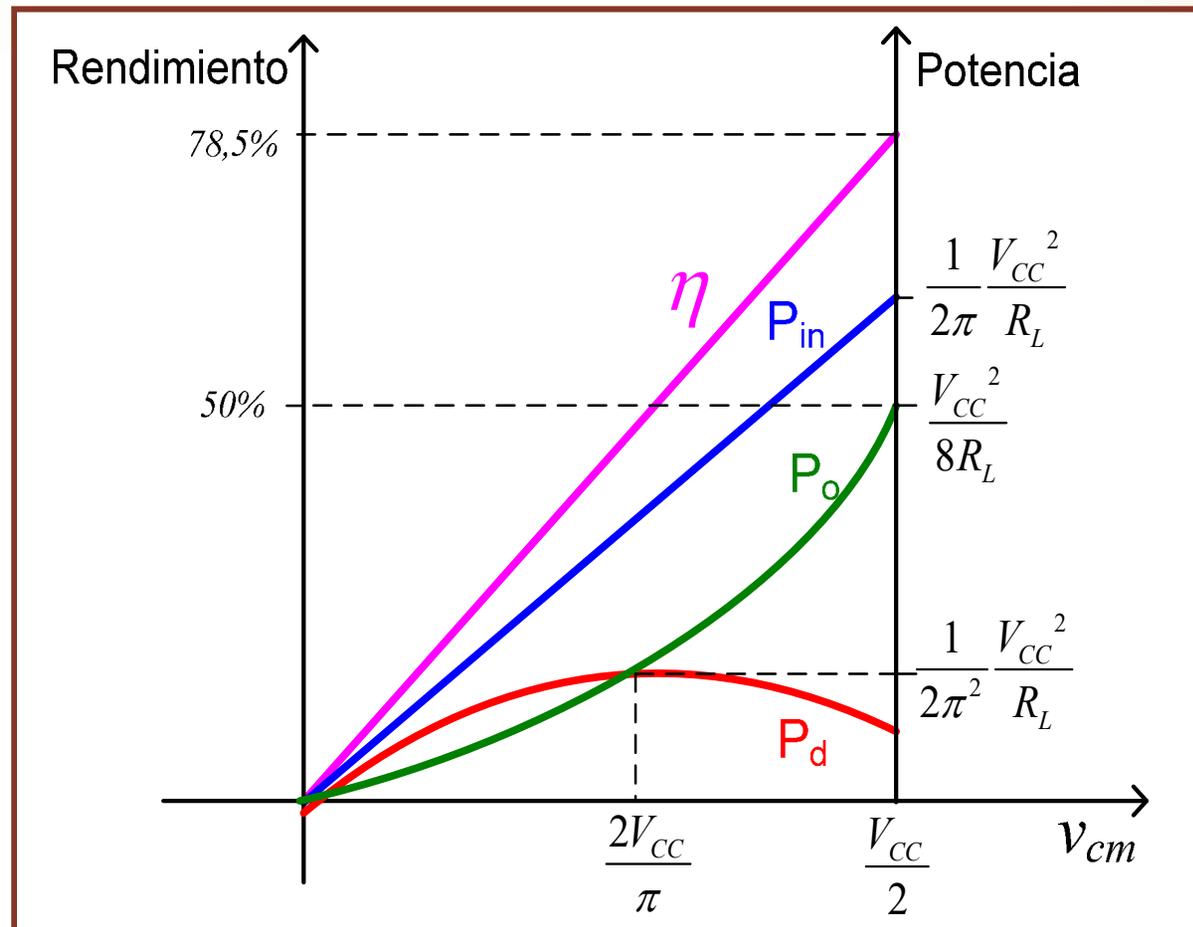
$$\hat{v}_{Om \max} = \frac{V_{CC}}{2}$$

## RENDIMIENTO

$$\eta = \frac{P_o}{P_{in}} = \frac{\pi \hat{v}_{Om}}{2 V_{CC}}$$



$$\eta_{m\acute{a}x} = \frac{\pi}{4} = 78,54\%$$



**GRAFICO DE POTENCIAS Y RENDIMIENTO**

## LM384 5W Audio Power Amplifier

Check for Samples: [LM384](#)

### FEATURES

- Wide Supply Voltage Range: 12V to 26V
- Low Quiescent Power Drain
- Voltage Gain Fixed at 50
- High Peak Current Capability: 1.3A
- Input Referenced to GND
- High Input Impedance: 150k $\Omega$
- Low Distortion: 0.25% ( $P_O=4W$ ,  $R_L=8\Omega$ )
- Quiescent Output Voltage is at One Half of the Supply Voltage
- 14-Pin PDIP Package

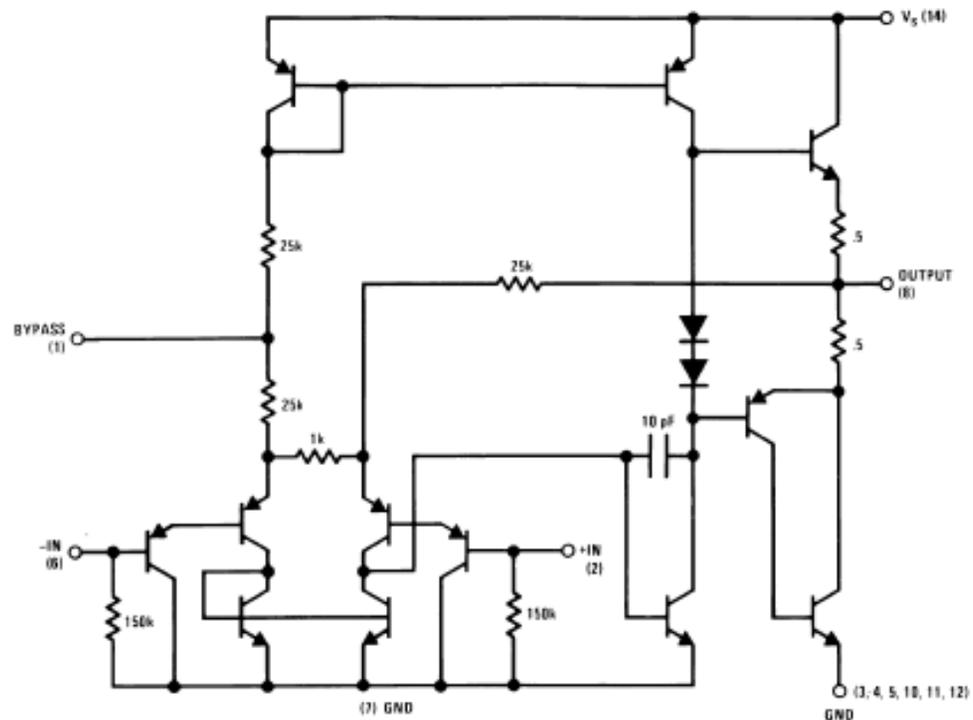
### DESCRIPTION

The LM384 is a power audio amplifier for consumer applications. In order to hold system cost to a minimum, gain is internally fixed at 34 dB. A unique input stage allows ground referenced input signals. The output automatically self-centers to one-half the supply voltage.

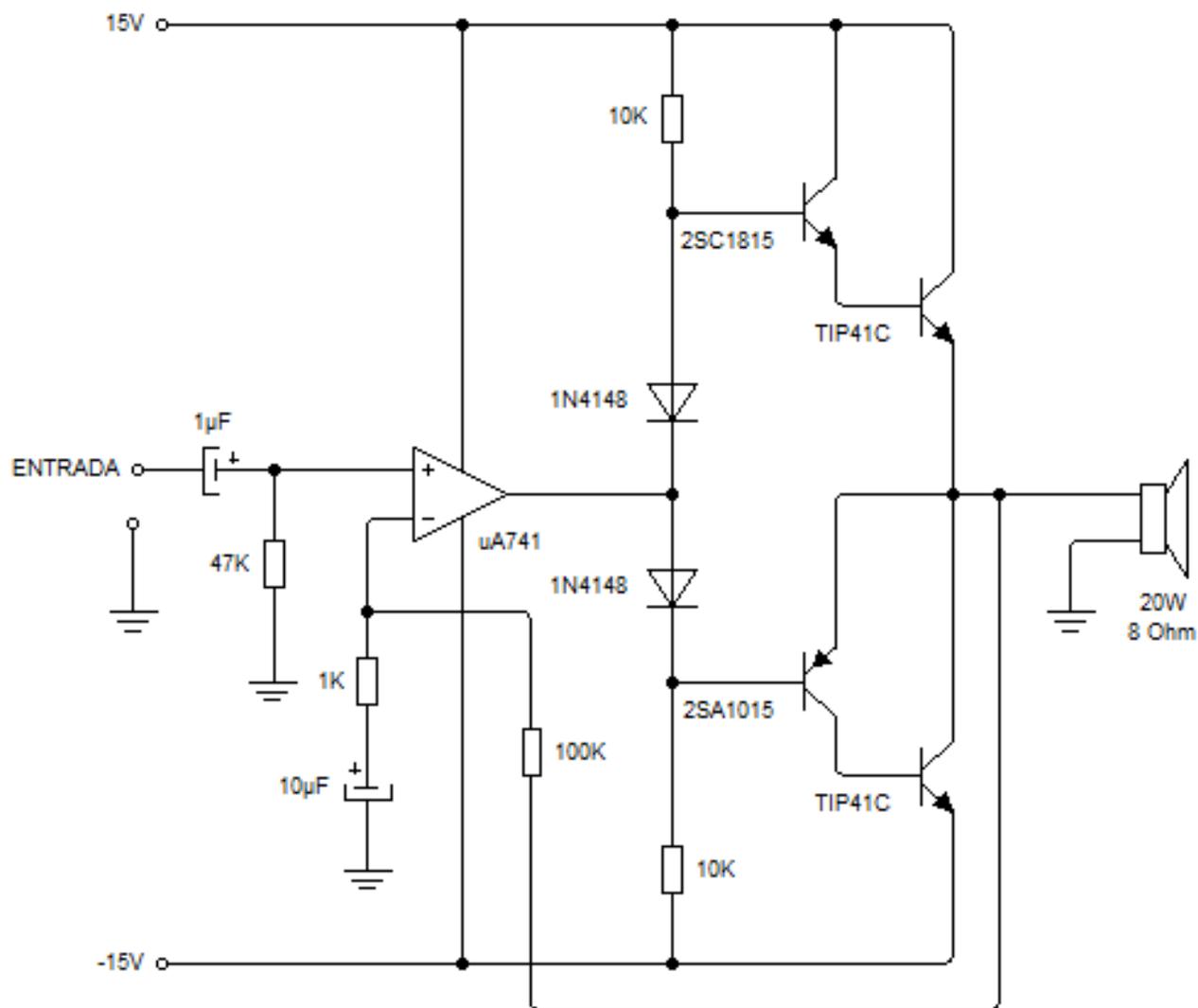
The output is short-circuit proof with internal thermal limiting. The package outline is standard dual-in-line. A copper lead frame is used with the center three pins on either side comprising a heat sink. This makes the device easy to use in standard p-c layout.

Uses include simple phonograph amplifiers, intercoms, line drivers, teaching machine outputs, alarms, ultrasonic drivers, TV sound systems, AM-FM radio and sound projector systems. See [SNAA086](#) for circuit details.

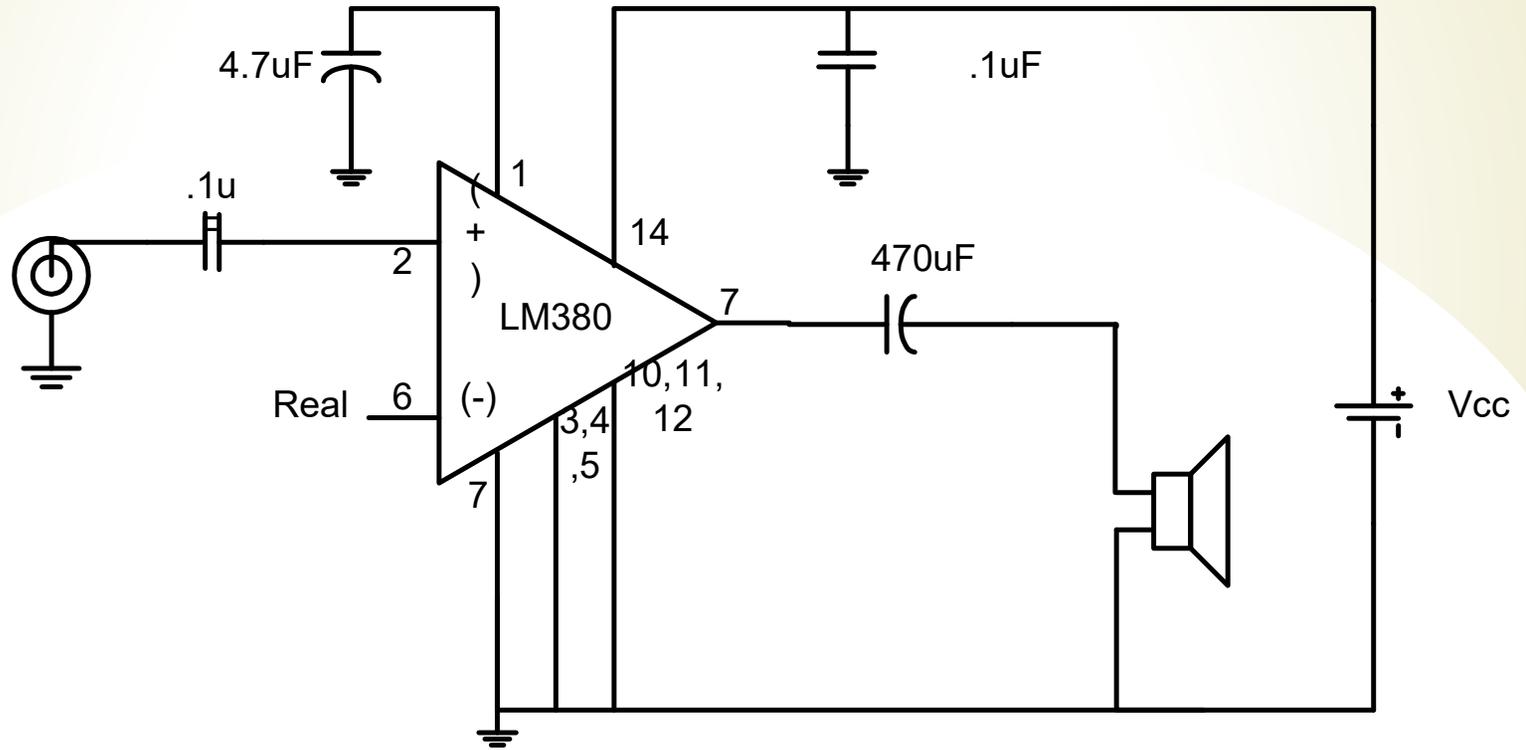
### Schematic Diagram



[http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets\\_pdf/L/M/3/8/LM384.shtm](http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/L/M/3/8/LM384.shtm)



<http://www.taringa.net/post/hazlo-tu-mismo/17353016/Cansado-de-los-TDA2003-Ampli-de-15W-a-transistores.html>



# Tipos de distorsión

42

**Definición:** Deformación que sufre la señal de salida con respecto a la señal de entrada.

## **Distorsión de Fase:**

Las componentes de una señal sufren distintos **desplazamientos de fase** a medida que van atravesando las etapas del amplificador, **provocadas** por los **elementos capacitivos e inductivos** que forman parte del sistema.

## **Distorsión de Frecuencia:**

La ganancia de los amplificadores no es la misma para todas las frecuencias (**respuesta en frecuencia no plana**), por lo que la señal de salida presentará **deformaciones** con respecto a la de entrada. Son **provocadas** por los **elementos capacitivos e inductivos**. En general, éstas distorsiones aparecen conjuntamente en distorsión de fase y frecuencia.

## **Distorsión de Amplitud:**

Aparecen por la **alinealidad de los componentes** de los amplificadores. La ganancia de los amplificadores no es igual para todas las amplitudes de la forma de onda de la señal de entrada, por lo que pueden aparecer **amplificaciones o recortes** desproporcionados en la señal de salida.

La distorsión de amplitud en función de la señal de entrada:

**armónica:** Para una señal de entrada senoidal pura, el amplificador **añade** frecuencias armónicas de la frecuencia de la señal de entrada, que se unen a ésta, alterando su forma.

**intermodulación:** Cuando a la entrada de un amplificador aplicamos simultáneamente dos señales de distinta frecuencia a la salida **aparecen** además de éstas, **otras frecuencias** no relacionadas armónicamente con ellas. Para dos señales de entrada ( $f_1, f_2$ ), se obtienen a la salida señales: ( $f_1, f_2, 2f_1, 2f_2, \dots, nf_1, \dots, nf_2, f_1+f_2, \dots, n(f_1+f_2), f_1-f_2, \text{etc.}$ ).

## Distorsión Armónica Total (THD)

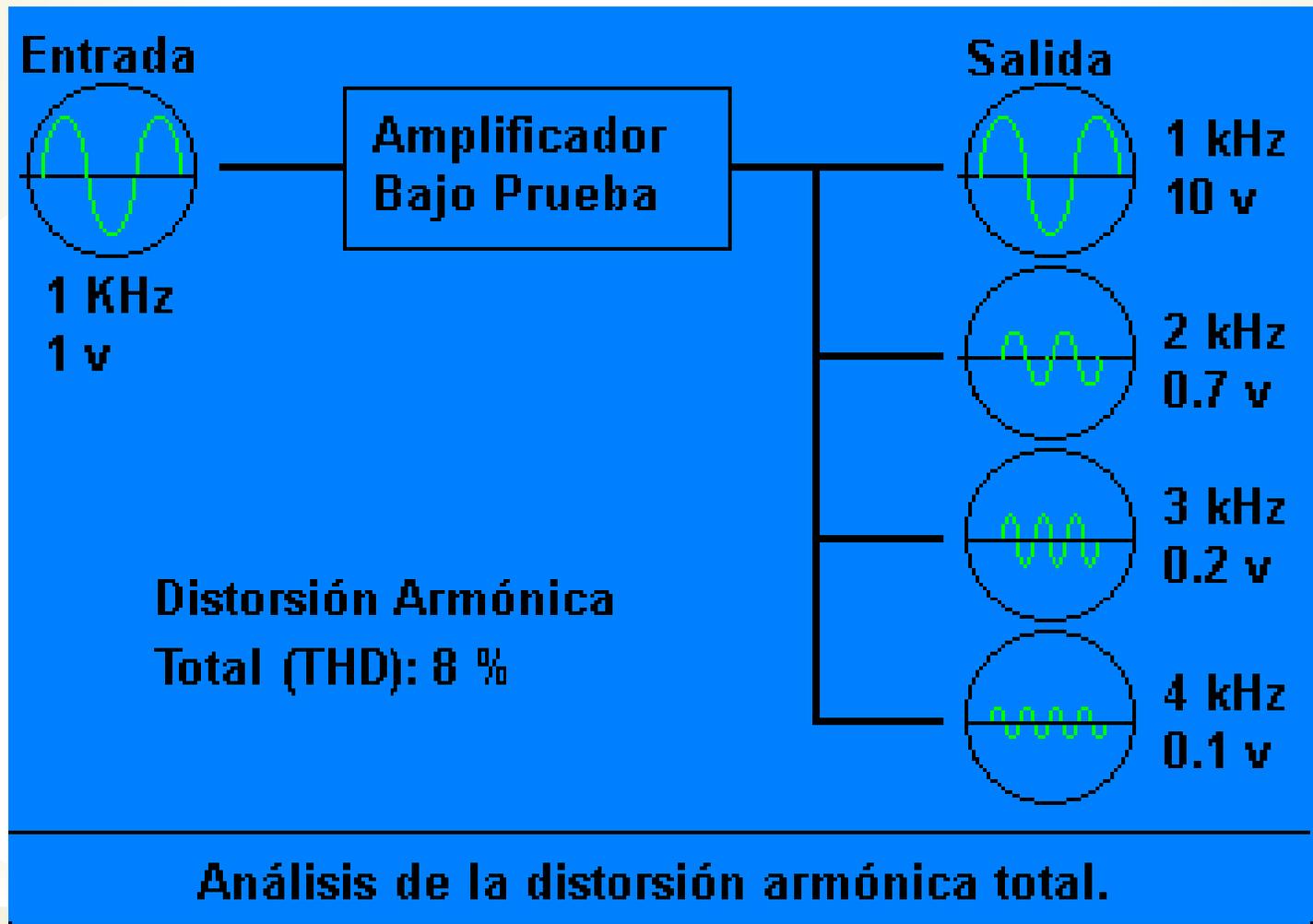
**Teorema de Fourier:** cualquier señal periódica puede descomponerse en señales sinusoidales cuyas amplitudes sumadas algebraicamente dan como resultado la forma de onda de la señal periódica, con la particularidad de que la frecuencia de estas ondas sigue un orden armónico.

$$i_c(t) = I_{CQ} + B_0 + B_1 \cos \omega t + B_2 \cos 2\omega t + \dots$$

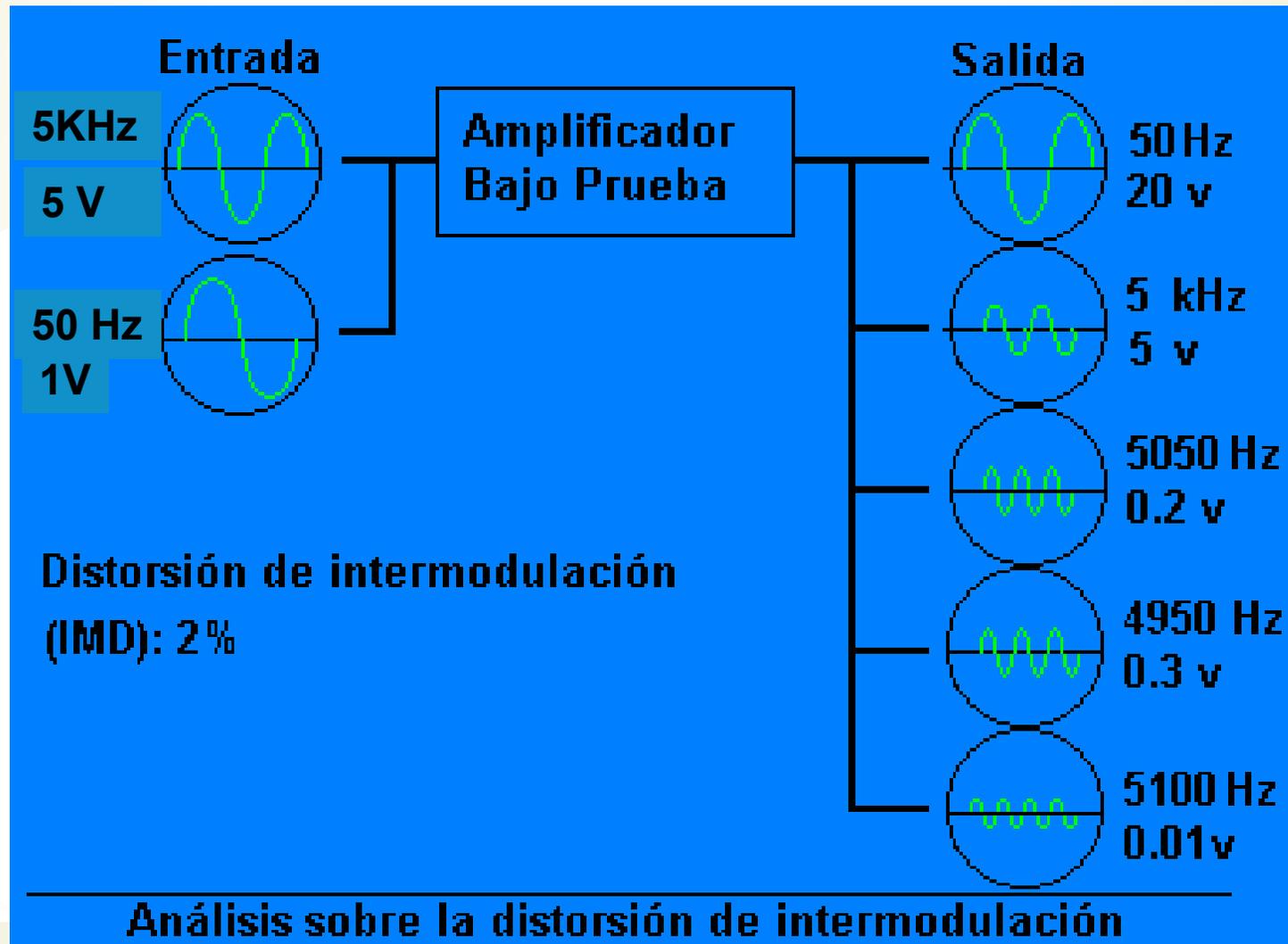
$$D_2 = \frac{B_2}{B_1}; D_3 = \frac{B_3}{B_1}; \dots; D_n = \frac{B_n}{B_1}$$

$$THD\% = \sqrt{D_2^2 + \dots + D_n^2} \cdot 100$$

# Distorsión armónica:



# Distorsión intermodulación:



- **Lo ideal es que no halla distorsión.**
- **Un amplificador no debe crear armónicos**

## Efectos de la distorsión

Tres tipos diferentes de efectos puede producir la distorsión en los amplificadores:

- **Timbre:** La caracterización del sonido está provocada principalmente por los primeros armónicos. Éstos por sí solos no aportan nada, es la combinación entre ellos los que aportan el timbre.
- **Psicoacústica:** En una proporción muy baja, los armónicos dan un tipo de carácter al sonido no necesariamente molesto -subjetivo-, pero cuando sobrepasan un cierto nivel se convierten en un problema.

En una primera clasificación, los armónicos de orden  $2n$  crean una sensación de más vivacidad y más potencia sonora (aunque sea la misma RMS) Los armónicos de orden  $2n+1$  tienden a lo contrario.

**2º:** Crea la sensación de refuerzo del sonido. Una combinación de  $f_2$  y  $f_3$  tiende a anular los efectos del  $f_3$  por separado y refuerza el sonido.

**3°:** tiende a debilitar el sonido. Un armónico  $f_5$  crea una sensación de instrumento de viento, de sonido sordo. A medida que crecen esos 2 últimos, la sensación se hace molesta y el sonido muy chillón. Los armónicos de alto orden con muy baja potencia tienden a dar un tono brillante y metálico, de gran impacto a la música, pero en el momento que crecen en amplitud, se "detectan" no como sonido separado sino como distorsión, ya que el oído humano tiene una gran sensibilidad ante tal diferencia entre las frecuencias. Uno de los efectos de esta distorsión es lo que se conoce como "grano".

#### ▪ **Tipos de componentes**

Cada circuito tiene un tipo de distorsión característica. Las etapas clase A, suelen tener **distorsión de 2° orden**, por eso parecen sonar más altos los amplificadores clase A.

Las etapas clase B tienden a cancelar el 2° armónico y hacen que el predominante sea el 3°, dando una sensación de sonido poco brillante.

Además, cada tipo de componente tiene un tipo de distorsión característica y predominante. En las válvulas es la de 2° orden, en transistores es 2° y 3° orden y en operacionales monolíticos solo de 3° orden

**En conclusión, no todas las distorsiones son iguales, y considerando que la distorsión no puede ser cero, la menos molesta es la de segundo orden.**