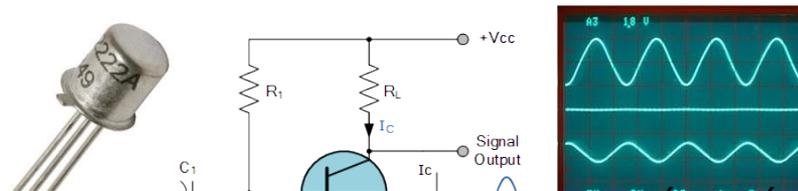




Tecnología Electrónica

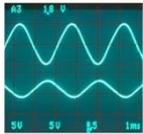
Capítulo 4: Configuraciones básicas de amplificación con TRTs



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Índice



1. Introducción

- Polarización adecuada
- Configuraciones básicas de amplificación

2. Amplificación en emisor común

- Circuito equivalente en pequeña señal
- Parámetros: ganancias e impedancias terminales

3. Amplificación en base común

- Análisis en pequeña señal

4. Amplificación en colector común

- Análisis en pequeña señal

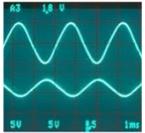
5. Comparativa

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

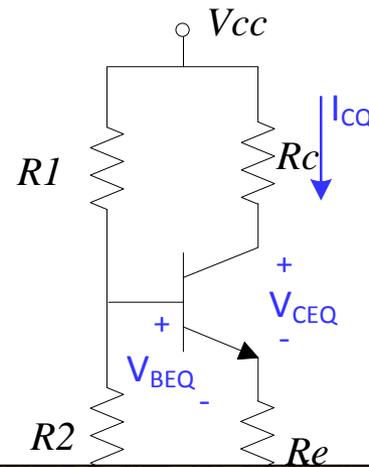
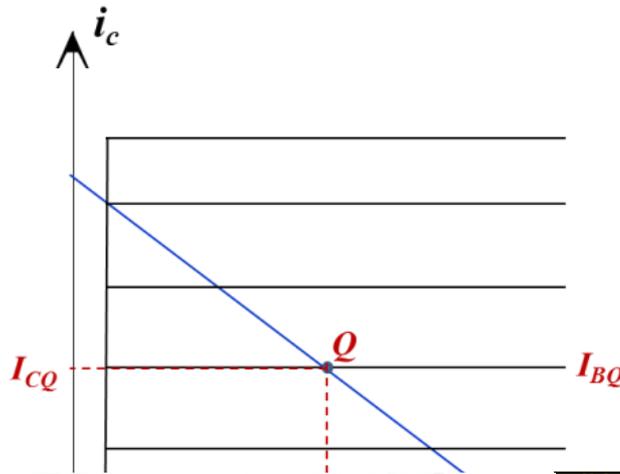
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



1-Introducción

Polarización adecuada: criterios necesarios.

- ❑ Criterios para la polarización de un TRT como amplificador:
 - Punto Q en su zona **activa** (BJT) o saturación (FET)
 - Elegido para obtener las propiedades deseadas en señal variable
 - Asegurando un valor **estable** de Q, esto es: I_{CQ} (BJT), I_{DQ} (FET)
 - Circuitos de polarización con generadores de corriente o con R_e (ó R_s).



Para este estudio partimos de un mismo circuito de polarización discreto, con una sola alimentación y

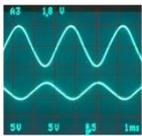
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

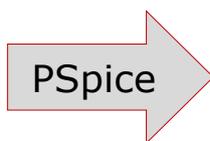
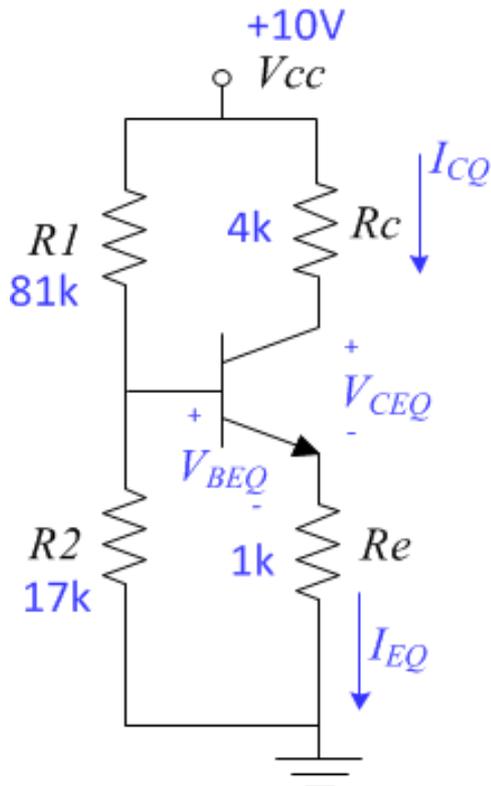
Cartagena99

1-Introducción

Polarización adecuada: ejemplo de estudio

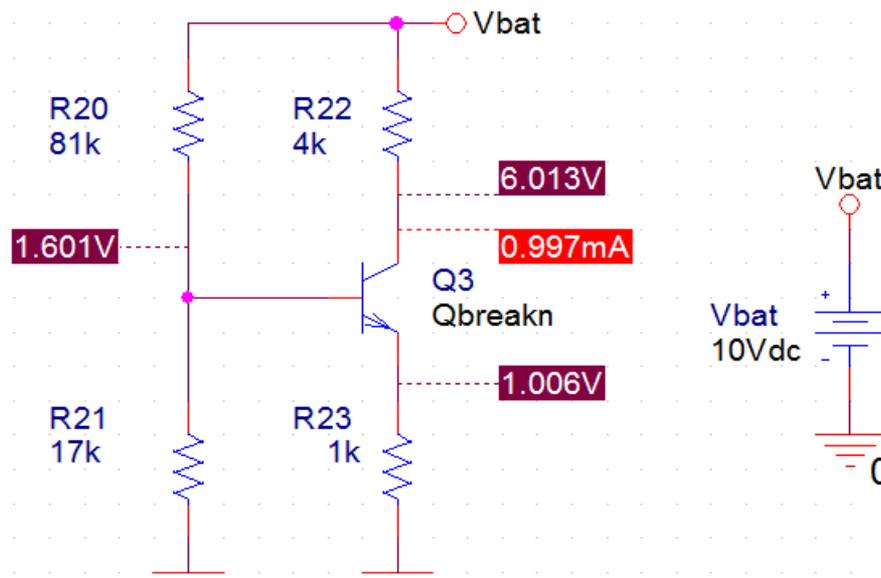


- Ejemplo de diseño: se fija Q a $(I_{CQ}, V_{CEQ}) \approx (1\text{mA}, 5\text{V})$



- Comprobación del punto de trabajo con PSpice. Datos del transistor:

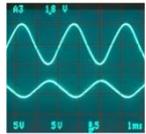
BJT con $\beta=100$ y $V_{AF}=100\text{V}$



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



1-Introducción

Configuraciones básicas

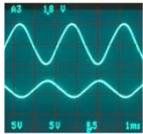
- Tres terminales y dos puertos (E y S) → un terminal común
 - *Las configuraciones básicas de amplificación dependen de cómo se conectan los tres terminales del TRT a los polos de entrada y salida.*

Nombre	Configuración	Configuración errónea
Emisor común:		
Base común:		

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



1-Introducción

Configuraciones básicas: combinaciones válidas

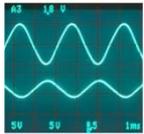
- BJT's → los terminales **preferentes**: **base**=entrada, **colector**=salida
 - Las otras combinaciones no son satisfactorias
 - En el caso de los FET: **puerta** = entrada, **drenador** = salida.

Nombre	Configuración	Configuración errónea
Emisor común:		
Base común:		

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



2- Amplificación en emisor común (EC)

Circuito de amplificación: acoplos y desacoplos

1. Primer requisito cumplido: TRT polarizado en el Q deseado
2. Para configurarlo en señal variable como **EC**, se necesita:

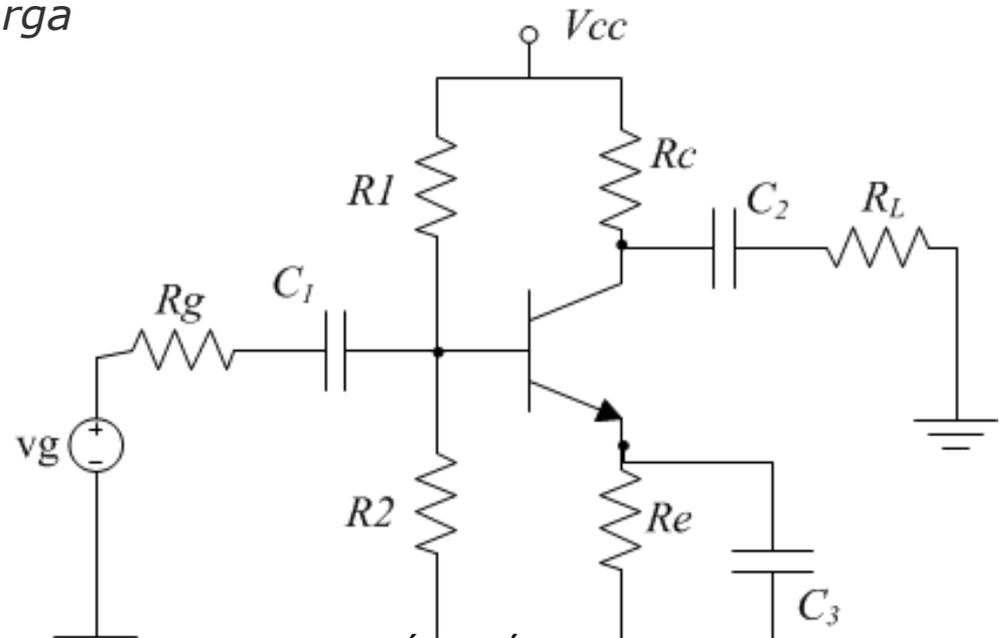
- Entrada por **BASE** ← Generador de señal
- Salida por **COLECTOR** ← Carga

■ Acoplo de señal:

- Para **generador** y **carga**
- No modifica el punto Q
- ➔ Capacidades **C1** y **C2**

■ Desacoplo de Re:

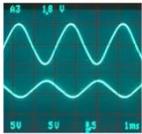
- Pone el emisor a *masa* para señal.



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

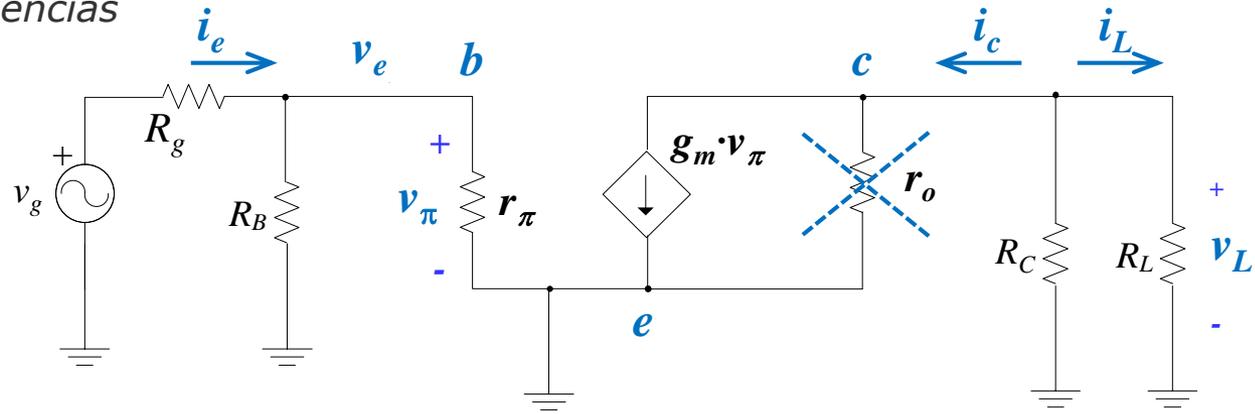


2- Amplificación en emisor común (EC)

Características en pequeña señal. Ganancias

■ Circuito del amplificador para pequeña señal y en frecuencias medias

- Las capacidades $C1$, $C2$ y $C3$ (C_e) se comportan como cortocircuitos para estas frecuencias



¡ojo!
 $r_o \gg R_C$
 \rightarrow se puede simplificar el circuito

$$A_V = \frac{v_L}{v_e} \left\{ \begin{array}{l} v_e = v_\pi = v_{be} \\ v_L = -g_m \cdot v_\pi \cdot (R_C \parallel R_L) \end{array} \right\} A_V = -g_m \cdot (R_C \parallel R_L) \rightarrow A_V \approx -100 \left(\frac{V}{V} \right)$$

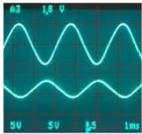
$$i = \frac{v_\pi}{r_\pi}$$

Órdenes de magnitud

Cartagena99

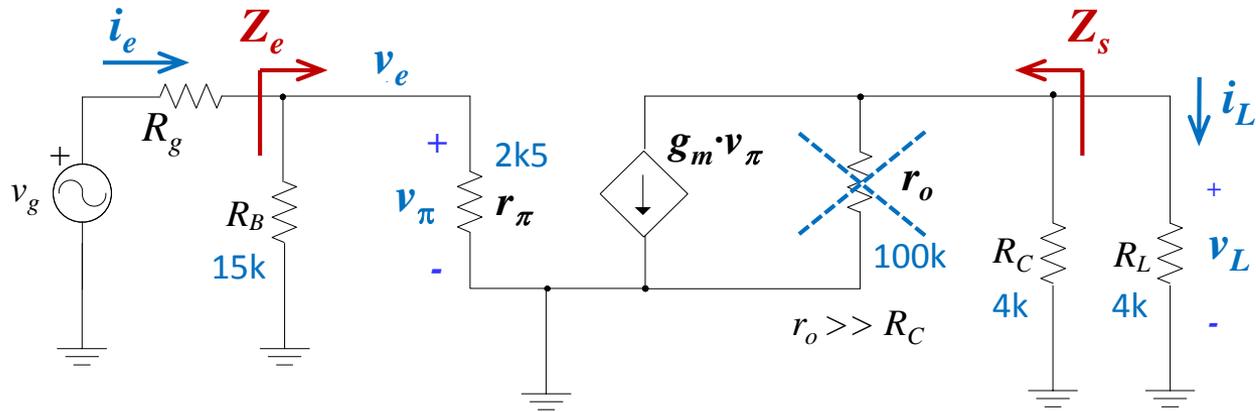
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



2- Amplificación en emisor común (EC)

Ganancia de potencia. Impedancias terminales



$$A_p = \frac{P_L}{P_e} = \frac{v_L i_L}{v_e i_e} = A_v A_i$$

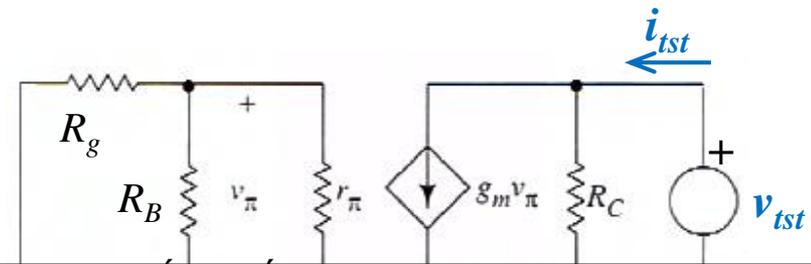
$$\rightarrow A_p \approx +10^4 \left(\frac{W}{W} \right)$$

$$Z_e = \frac{v_e}{i_e} = (R_B \parallel r_\pi) \rightarrow [k\Omega]$$

$$Z_s = \left. \frac{v_{tst}}{i_{tst}} \right|_{v_g=0} = R_C \rightarrow [k\Omega]$$

Órdenes de magnitud

¡ Recuerde las condiciones de medida de la impedancia de salida !

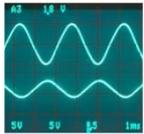


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

ganancia e impedancias terminales. Datos adicionales: $r_\pi = 2k5$ y $R_g = 100\Omega$



3- Amplificación en base común (BC)

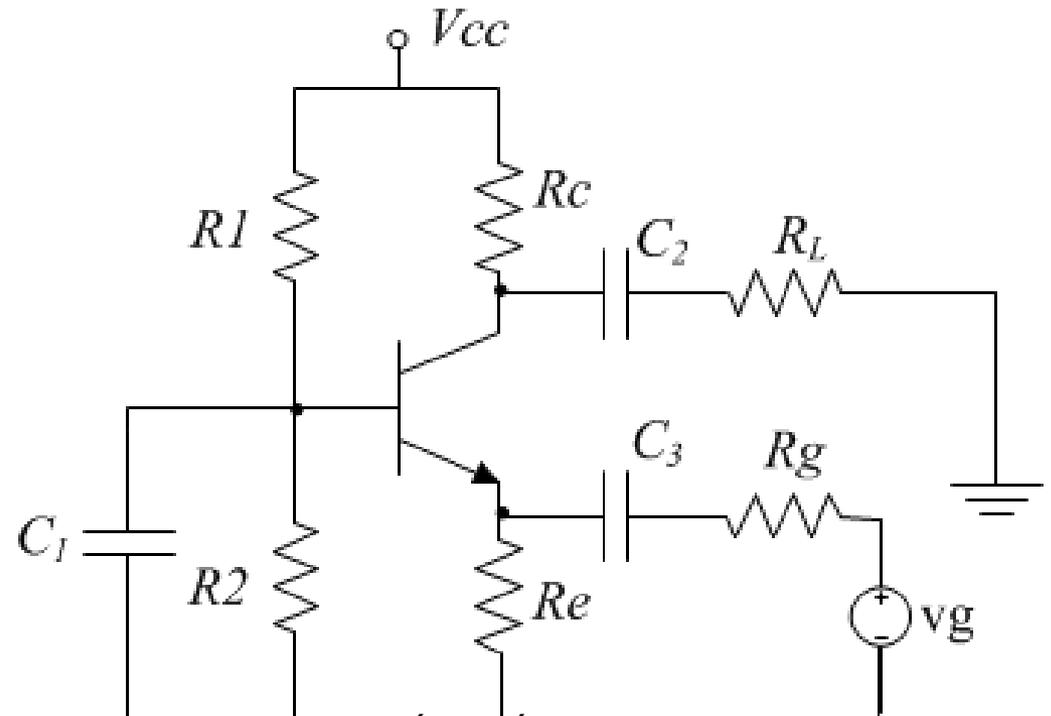
Configurado por los acoplos y desacoplos en señal

■ Punto de partida: BJT adecuadamente polarizado

- *Mismo punto Q (mismo circuito)*
- *Entrada por EMISOR*
- *Salida por **COLECTOR***

■ A destacar

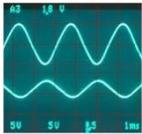
- *Observe cómo el circuito en señal se puede reconfigurar con una ubicación apropiada de los elementos de **acoplo** y **desacoplo**...*



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

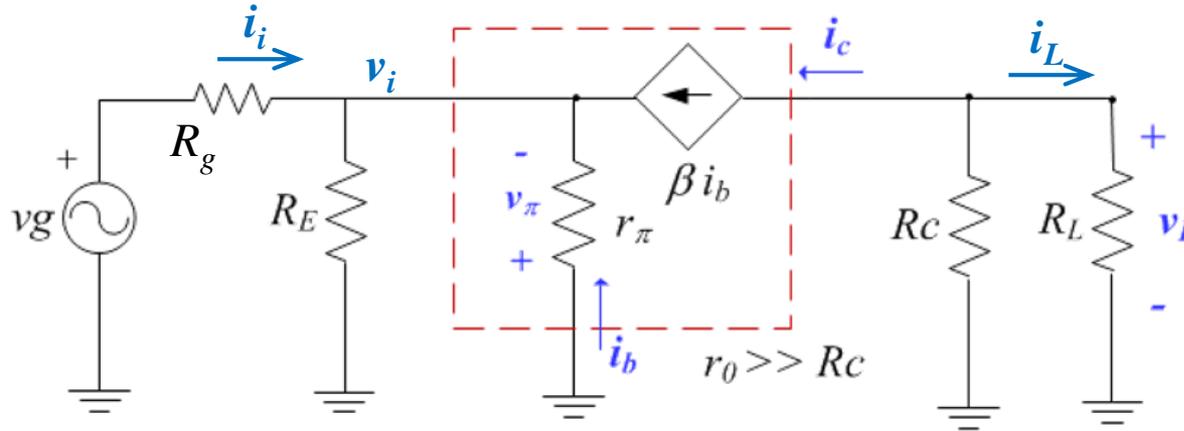
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



3- Amplificación en base común (BC)

Obtención de las ganancias en p.s.

- El análisis se simplifica con un modelo alternativo para el BJT $\rightarrow \beta \cdot i_b$



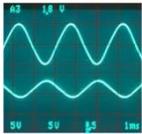
$$A_v = \frac{v_L}{v_i} \left\{ \begin{array}{l} v_L = -\beta \cdot i_b \cdot (R_C \parallel R_L) \\ i_b = \frac{v_\pi}{r_\pi} = -\frac{v_i}{r_\pi} \end{array} \right\} A_v = g_m \cdot (R_C \parallel R_L) \rightarrow A_v \approx +100 \left(\frac{V}{V} \right) \quad A_P = A_V \cdot A_I \approx +100 \left(\frac{W}{W} \right)$$

$$i_i = \frac{v_i}{R_g + R_E} - (\beta + 1) \cdot i_b = -i_b \left(\frac{r_\pi}{R_g + R_E} + (\beta + 1) \right)$$

Cartagena99

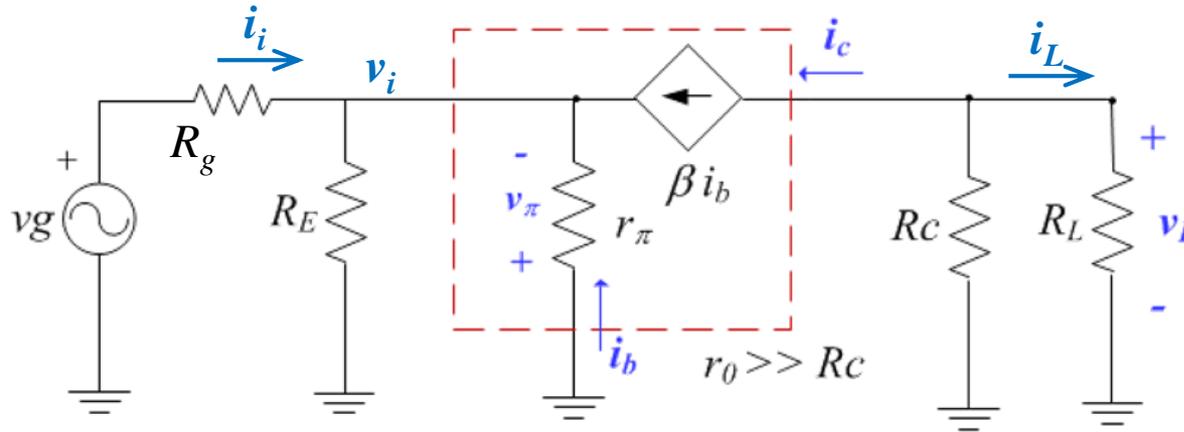
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



3- Amplificación en base común (BC)

Obtención de las impedancias terminales



$$Z_e = \frac{v_i}{i_i}$$

$$i_i = \frac{v_i}{R_E} + (\beta + 1) \cdot \frac{v_i}{r_\pi}$$

$$Z_e = \left(R_E \parallel \frac{1}{g_m} \right) = \frac{R_E}{1 + g_m \cdot R_E} \rightarrow [10\Omega] \downarrow \downarrow$$

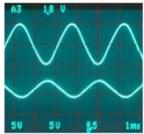
$$Z_c = \frac{v_{tst}}{i_{tst}}$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

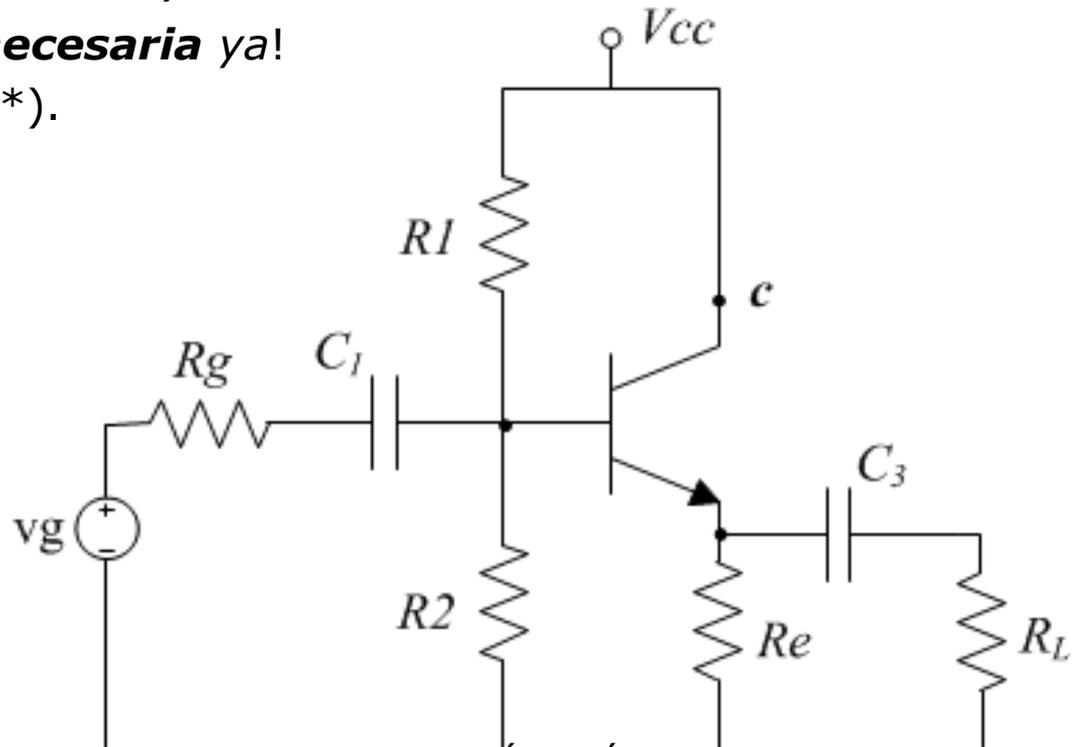
R_C



4- Amplificación en colector común

Configurado por los acoplos y desacoplos en señal

- Punto de partida: BJT adecuadamente polarizado
 - Mismo punto Q (mismo circuito)
 - *ipero la Rc **no es necesaria** ya!*
 - Justifique por qué (*).
 - Entrada por **BASE**
 - Salida por EMISOR

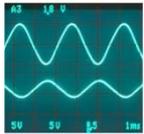


Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

para mantener el punto Q estable.



4- Amplificación en colector común

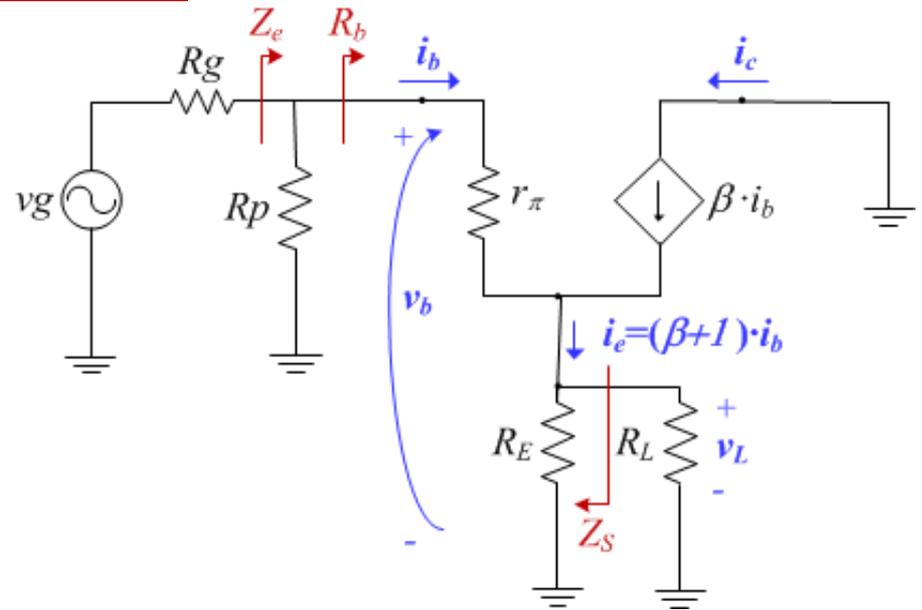
Obtención de las ganancias

Modelo alternativo para el BJT:

- En función de i_b y β , se facilita el análisis del cto.
- Fijemos la atención en la R_b ...

$$R_b = \frac{v_b}{i_b} = \frac{i_b \cdot r_\pi + (\beta + 1) \cdot i_b \cdot (R_E \parallel R_L)}{i_b} = r_\pi + (\beta + 1) \cdot (R_E \parallel R_L)$$

$$A_V = \frac{v_L}{v_e} \left\{ \begin{array}{l} v_L = (\beta + 1) \cdot i_b \cdot (R_E \parallel R_L) \\ v_e = i_b \cdot R_b \end{array} \right\} A_V = \frac{(\beta + 1)(R_E \parallel R_L)}{r_\pi + (\beta + 1)(R_E \parallel R_L)} \rightarrow A_V \approx +1 \left(\frac{V}{V} \right)$$

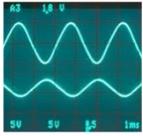


$$\left[i_e = (\beta + 1) \cdot i_b \cdot \frac{R_E}{R_E + R_L} \right]$$

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

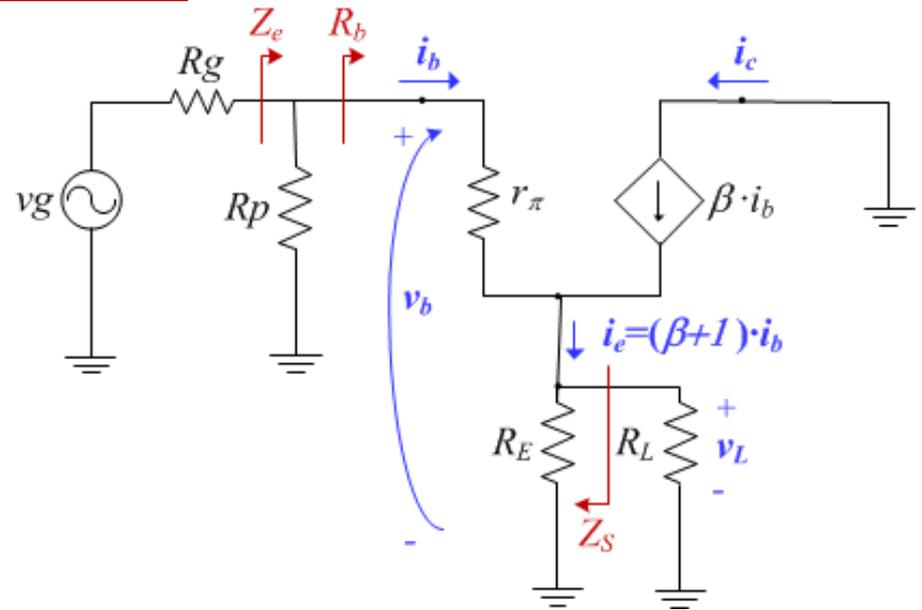


4- Amplificación en colector común

Impedancias terminales: escalado de impedancias

■ El amplificador en CC no es unilateral:

- La R_L "se ve" en la Z_e
- La R_g "se ve" en la Z_s
- Ambas Z son función de β ...



$$Z_e = (R_p \parallel R_b) \rightarrow [100k\Omega]$$

$$R_b = r_\pi + (\beta + 1) \cdot (R_E \parallel R_L)$$

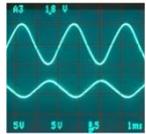
$$Z_s = (R_E \parallel R_{em}) \rightarrow R_{em} \rightarrow [10\Omega]$$

■ **Escalado de impedancias:**

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



5- Comparativa

Amplificadores básicos con un Transistor bipolar

- Para un punto de trabajo dado y con distintas configuraciones en AC:

BJT	Z_i	Z_o	G_v	G_i	G_p	
EC	Media $1k\Omega$	Alta $10k\Omega$	Alta -100	Alta -100	Muy alta 10^4	A. Potencia
BC	Muy baja 10Ω	Alta $10k\Omega$	Alta 100	No +1	Alta 100	A. Corriente
CC	Muy alta $100k\Omega$	Muy baja 10Ω	No +1	Alta 100	Alta 100	A. Tensión (Seguidor)

- Observaciones y conclusiones:

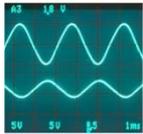
- Esta comparativa contempla solo **órdenes de magnitud**.

- Los valores concretos de estas características dependen de los valores prácticos en cada circuito: polarización, parámetros en p.s., etc.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



5- Comparativa

Amplificadores básicos: con transistores MOSFET

- Para un punto de trabajo dado y con distintas configuraciones en AC.
 - *Los resultados son similares a los del BJT, con las siguientes equivalencias*
 - Fuente común SC → EC; Puerta c. GC → BC; Drenador c. DC → CC
 - *Existen diferencias apreciables en las impedancias de entrada*
 - Ausencia de resistencia de entrada en el modelo del FET
 - En DC, al ser $I_G = 0$, pueden usarse resistores de polarización de puerta de muy alto valor.

FET	Z_i	Z_o	G_v	G_i	G_p
SC	Alta 10k Ω	Alta 10k Ω	Alta -100	Alta -100	Muy alta 10 ⁴
GC	Muy baja 10 Ω	Alta 10k Ω	Alta 100	No +1	Alta 100
	Muy alta	Muy baja	No	Alta	Alta

A. Potencia

A. Corriente

A. Tensión

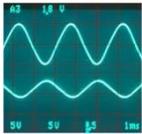
Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

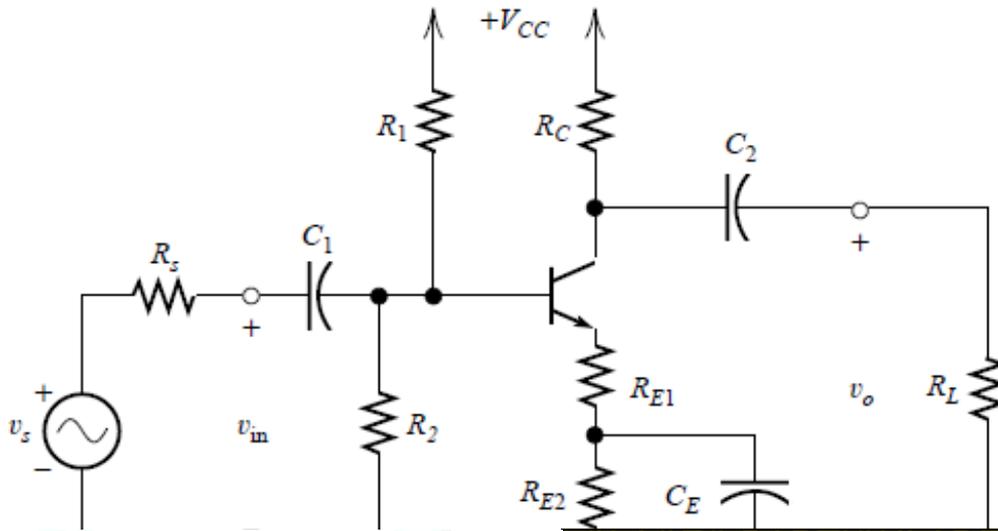
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

6- Amplificador EC con R_E

Una variante interesante



- ❑ El amplificador en EC (SC) es muy usado como etapa amplificadora → pero tiene un margen lineal ***muy reducido***.
 - En el BJT, la tensión en b-e (v_{π}) no puede superar los 5mV $\Rightarrow v_{out} \leq 0,5V$
- ❑ Mejor margen dinámico(*) se obtiene con una R_E en señal:



- En señal, es un EC:
 - Entrada por **BASE** y salida por **COLECTOR**.
- Desacoplo **parcial** de R_E :
 - En señal variable, se puede desacoplar con C_E parte de ella (o no).

■ En **DC** se tiene una R

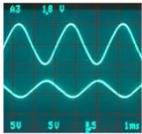
CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99

6- Amplificador EC con R_E

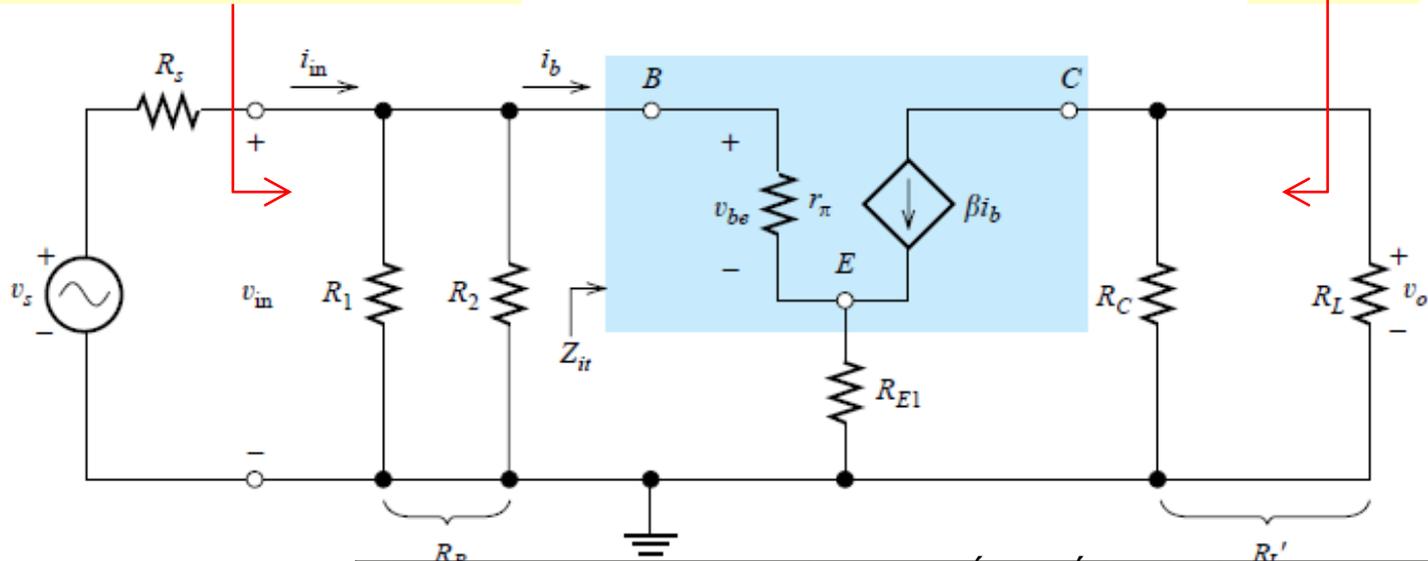
Parámetros en señal variable. Comparativa.



- ❑ Comparte ciertas propiedades con el CC:
 - La impedancia de entrada aumenta → *escalado de la R_{E1} en base.*
 - **Mejores** propiedades en señal → por la **realimentación** de R_{E1}

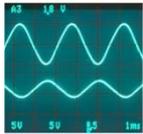
$$Z_e \approx R_B \parallel [r_\pi + (\beta + 1) \cdot R_{E1}] \rightarrow \text{¡aumenta! } \uparrow\uparrow$$

$$Z_s \approx R_C \rightarrow \approx$$



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 - - -
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70

Cartagena99



7-Conclusiones



- ❑ Configuraciones básicas de amplificación
 - El terminal común da nombre a la configuración
 - Tres posibilidades válidas, según se conecten generador y carga (entrada y salida) a los terminales del dispositivo

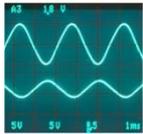
- ❑ La red de polarización puede independizarse de la red en señal
 - Usando elementos de acoplo/desacoplo en AC
 - *Capacidades, transformadores, etc.*
 - Mayor flexibilidad → pero **a costa de las bajas frecuencias**
 - Observación: La respuesta en frecuencia se estudiará posteriormente

- ❑ No hay ninguna configuración de amplificador **ideal**
 - ~~Algunos parámetros son buenos, pero nunca todos a la vez~~

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORIAS TECNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Referencias

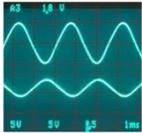


- ❑ Básicas:
 - Malik: secciones 7.4, 7.5 y 7.6
- ❑ Complementarias:
 - Hambley: sección 4.7
 - Sedra: secciones 4.7 (MOS) y 5.7 (BJT)
- ❑ Materiales:
 - Elaborados por los profesores de la materia.
 - Algunas gráficas extraídas de los textos referenciados.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Control de revisiones

- 2017-02-20: versión preliminar.

Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVIA WHATSAPP: 689 45 44 70

- - -

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70