

# Electrónica

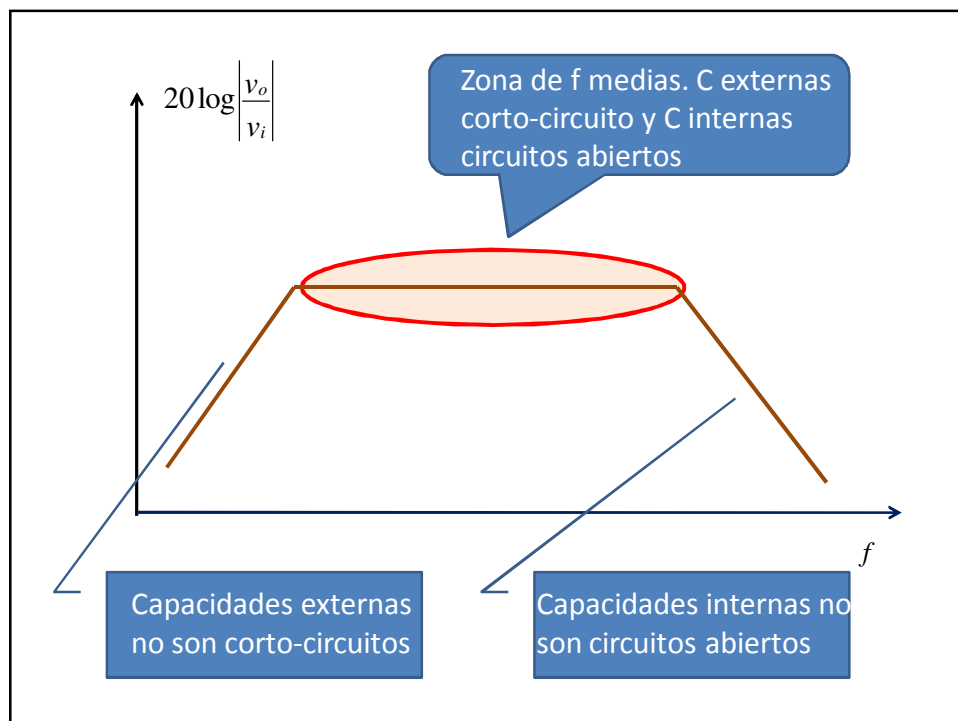
Pequeña señal  
Curso 2015

Para obtener un modelo lineal ó circuito equivalente lineal del transistor con señal, vamos a suponer que las variaciones alrededor del punto de polarización son muy pequeñas y entonces es válido el análisis.

Estamos interesados en un modelo de señal, (alterna) variaciones alrededor de los valores de continua.

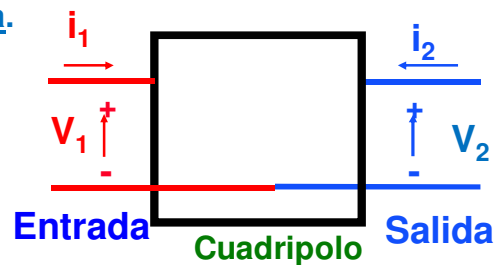
➤ Resumiendo: el modelo que vamos a ver es de pequeña señal, quiere decir que las variaciones de alterna (señal a amplificar) alrededor del punto de polarización son pequeñas y podemos pensar que el transistor tiene un comportamiento lineal.

➤ Es un modelo para frecuencias medias, frecuencias en donde las capacidades parásitas del transistor pueden considerarse como circuitos abiertos y las capacidades externas son corto-circuitos.



## Transistores bipolares. Recordemos el cuadripolo

- Un terminal es **común a entrada y salida**.
- De los tres terminales que tiene un transistor, dos actúan como **terminales de entrada** (control).
- Dos de los tres terminales actúan como **terminales de salida**.



$$v_1 = h_{11} i_1 + h_{12} v_2$$

$$i_2 = h_{21} i_1 + h_{22} v_2$$

$$h_{11} = \left. \frac{v_1}{i_1} \right|_{v_2=0} \quad h_{12} = \left. \frac{v_1}{v_2} \right|_{i_1=0}$$

$$h_{21} = \left. \frac{i_2}{i_1} \right|_{v_2=0} \quad h_{oe} = \left. \frac{i_2}{v_2} \right|_{i_1=0}$$

Los parámetros  $h_{11}$   $h_{12}$   $h_{21}$  y  $h_{22}$  se llaman parámetros h ó híbridos.

Nos quedamos con el primer término del desarrollo de Taylor (modelo incremental lineal) y pensando en la conexión en EC del transistor:

$$v_{be} = h_{ie} i_b + h_{re} v_{ce}$$

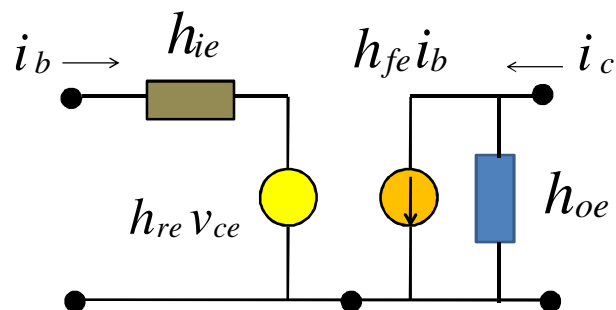
$$i_c = h_{fe} i_b + h_{oe} v_{ce}$$

De estas ecuaciones lineales, podemos deducir el circuito incremental equivalente:

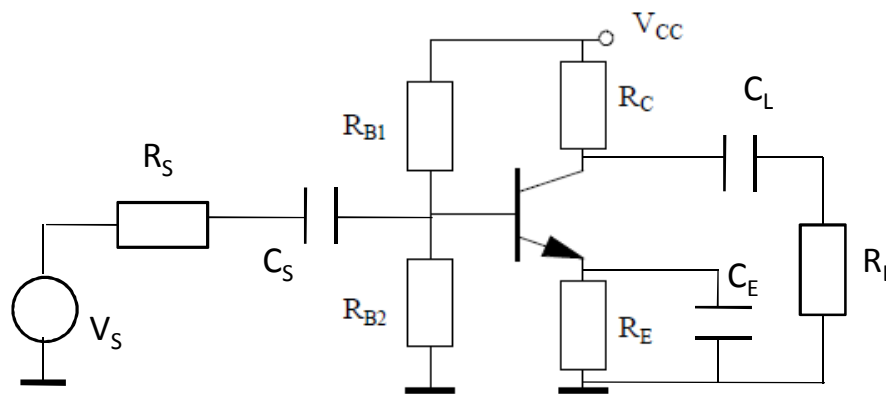
$$h_{ie} = \left. \frac{v_{be}}{i_b} \right|_{v_{ce}=0} \quad h_{re} = \left. \frac{v_{be}}{v_{ce}} \right|_{i_b=0}$$

$$h_{fe} = \left. \frac{i_c}{i_b} \right|_{v_{ce}=0} \quad h_{oe} = \left. \frac{i_c}{v_{ce}} \right|_{i_b=0}$$

Modelo de parámetros híbridos (h) de pequeña señal



- ✓ Una vez polarizado el transistor en un punto de su característica, el siguiente paso es superponer una señal variable, aplicándola en un punto del circuito, y extraer la respuesta en algún otro punto, sin que el acoplamiento de la fuente se vea modificado el punto de operación del transistor por la presencia de la fuente de señal.
- ✓ También, en el acoplamiento de la señal de salida de una etapa, a la entrada de otra etapa, no se puede alterar el punto de polarización de otro transistor (ó resistencia), conectado a la salida.
- ✓ El acoplamiento de las señales, y el de etapas, puede realizarse de dos formas: circuitos de acoplamiento directo, y circuitos de acoplamiento a través de capacidades.



$C_S$  es un condensador de acoplamiento de la señal de entrada a la base del transistor

$C_E$  es un condensador de desacoplamiento de la componente alterna, para conseguir más ganancia

$C_L$  es un condensador de acoplamiento de la señal variable de salida a la carga

- Al ser las capacidades circuitos abiertos para la componente continua, los puntos de polarización no se ven afectados.
- Normalmente las capacidades se diseñan para que a las frecuencias de trabajo se puedan considerar cortocircuitos.
- El procedimiento de análisis y diseño de las mismas se hace aplicando análisis frecuencial en módulo y argumento.
- El mayor inconveniente del empleo de capacidades es que la frecuencia inferior de corte viene limitada por éstas, no pudiéndose emplear si se desea procesar señales de muy baja frecuencia o que varíen muy lentamente

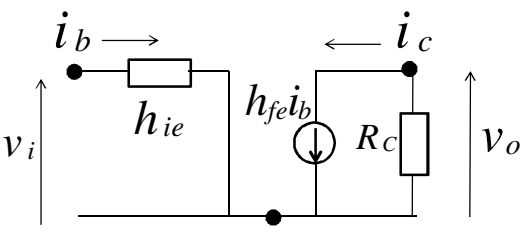
## PROCEDIMIENTO DE ANÁLISIS DE CIRCUITOS CON TRANSISTORES EN PEQUEÑA SEÑAL

### ANÁLISIS DEL CIRCUITO DE POLARIZACIÓN:

- 1º) Anular “las fuentes de señal”; dejar las fuentes de polarización de continua, ya sea de tensión o de corriente.
- 2º) Sustituir los condensadores por circuitos abiertos, y las autoinducciones por cortocircuitos (salvo su resistencia interna).
- 3º) Utilizar el modelo del transistor (beta)
- 4º) Hallar el punto de trabajo, utilizando las ecuaciones de polarización.

- Para resolver el circuito anterior en alterna (señal), como suponemos que la frecuencia del generador  $V_i$  corresponde a la zona de  $f$  medias del transistor, podemos considerar que las capacidades externas  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_E$ , son corto circuitos.
- Para polarización, no está  $V_i$  y  $f=0$  (continua), entonces las capacidades pueden ser consideradas como circuitos abiertos.

- ✓ Vamos a resolver el circuito sin la resistencia de carga y las resistencias de polarización de base.
- ✓ Luego las tendremos en cuenta, igual que  $R_S$ .



$$v_o = -h_{fe} i_b R_C \quad \otimes$$

$$v_i = i_b h_{ie} \Rightarrow i_b = \frac{v_i}{h_{ie}} \quad \oplus$$

*Insertando  $\oplus$  en  $\otimes$*

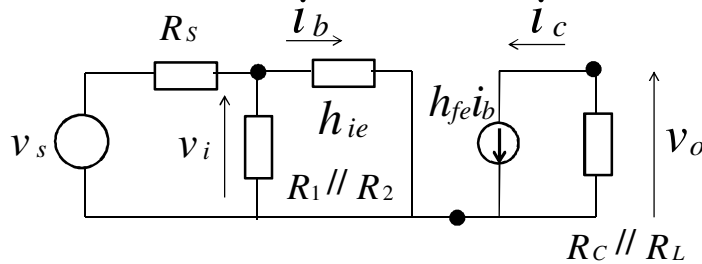
$$v_o = -h_{fe} \frac{v_i}{h_{ie}} R_C \Rightarrow A_v = \frac{v_o}{v_i} = -h_{fe} \frac{R_C}{h_{ie}} \Leftarrow$$

$$i_c = h_{fe} i_b \Rightarrow$$

$$A_i = \frac{i_c}{i_b} = h_{fe} \Leftarrow$$

$$Z_i = \frac{v_i}{i_b} = h_{ie} \Leftarrow$$

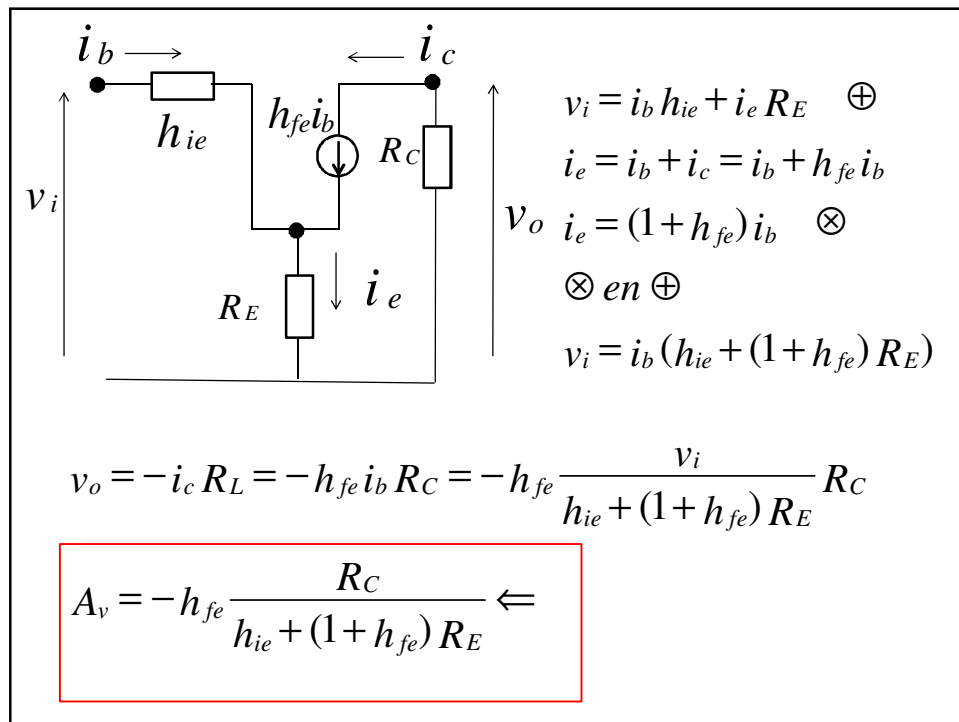
$$Z_o = \infty \Leftarrow$$



$$A_{vs} = \frac{v_o}{v_s} = \frac{v_o}{v_i} \frac{v_i}{v_s} = -h_{fe} \frac{R_C // R_L}{h_{ie}} \frac{v_i}{v_s}$$

$$v_i = \frac{v_s (h_{ie} // R_{12})}{R_s + h_{ie} // R_{12}} \Rightarrow \frac{v_i}{v_s} = \frac{(h_{ie} // R_{12})}{R_s + h_{ie} // R_{12}}$$

$$A_{vs} = -h_{fe} \frac{R_C // R_L}{h_{ie}} \frac{(h_{ie} // R_{12})}{R_s + h_{ie} // R_{12}} \Leftarrow$$



$$Z_i = \frac{v_i}{i_b} = h_{ie} + (1 + h_{fe}) R_E \quad \Leftarrow$$

$$Z_o = \infty \quad \Leftarrow$$

$$A_i = \frac{i_c}{i_b} = h_{fe} \quad \Leftarrow$$