

ELECTRÓNICA

Guía de estudio 25:

TBJ – Circuito equivalente de alterna

Nivel: Secundario - Modalidad Educación Técnico-Profesional.

Ciclo: Segundo ciclo.

Especialidades: Electrónica, Electricidad.

Introducción

En esta guía se verá el modelo de Giacoletto del transistor para el análisis de los circuitos en alterna. Se explica a qué se debe cada componente del modelo y cómo se desprecian algunos de estos para llegar a un circuito equivalente simplificado. Se calculan esos componentes a partir de la hoja de datos de un transistor y se muestran las expresiones que permiten calcularlos en ausencia de la hoja de datos. Por último se ve como queda el circuito equivalente de alterna del amplificador.

¿Qué estamos aprendiendo?: Circuito equivalente de alterna.

Se sugiere ver la Guía N° 24 "TBJ - Recta de carga dinámica" antes de iniciar esta guía.

Materiales de Estudio

Recursos: Apunte Transistor Bipolar de la materia Introducción a la Electrónica de la Universidad Nacional del Sur.

http://lcr.uns.edu.ar/electronica/Introducc_electr/2011/clases/BJT.pdf



Conceptos relevantes, explicaciones y ejercitaciones.

Usaremos el apunte Transistor Bipolar de la materia Introducción a la Electrónica de la Universidad Nacional del Sur.

http://lcr.uns.edu.ar/electronica/Introducc_electr/2011/clases/BJT.pdf



Ejercicio N° 1

En la página 35 del apunte de referencia puede verse un circuito. Ese circuito es el modelo híbrido PI del transistor. Cuando se necesitan hallar los parámetros de alterna del amplificador, debe reemplazarse el transistor por ese modelo.

- ¿Cuántos componentes tiene el modelo del alterna del transistor?
- ¿El generador de corriente es independiente o es un generador de corriente controlado por alguna tensión del circuito?
- En la siguiente figura se ve una parte de la hoja de datos de un transistor BC548B. Con los valores típicos hallar r_o . En la hoja de datos usan la unidad μS para admitancia. Recordar que 1 Siemens es la inversa de 1Ω . ($1\Omega = 1/1\text{S}$)

Electrical Characteristics ($T_J = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

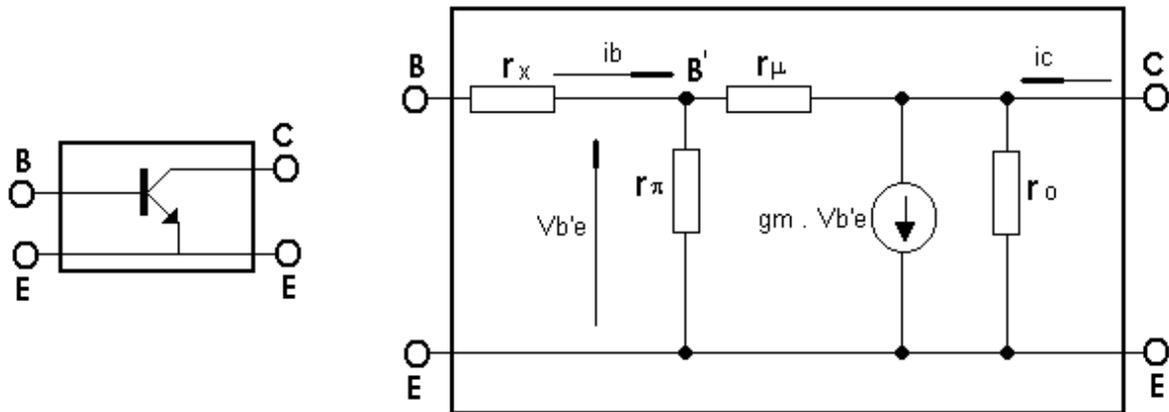
Parameter	Symbol	Test Condition	Min	Typ	Max	Unit
Small Signal Current Gain	Current gain group A B C h_{fe}	$V_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 2 \text{ mA}$, $f = 1 \text{ kHz}$	— — —	220 330 600	— — —	—
Input Impedance	Current gain group A B C h_{ie}	$V_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 2 \text{ mA}$, $f = 1 \text{ kHz}$	1.6 3.2 6	2.7 4.5 8.7	4.5 8.5 15	$\text{k}\Omega$
Output Admittance	Current gain group A B C h_{oe}	$V_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 2 \text{ mA}$, $f = 1 \text{ kHz}$	— — —	18 30 60	30 60 110	μS
Reverse Voltage Transfer Ratio	Current gain group A B C h_{re}	$V_{CE} = 5 \text{ V}$, $I_C = 2 \text{ mA}$, $f = 1 \text{ kHz}$	— — —	$1.5 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $3 \cdot 10^{-4}$	— — —	—

- Hallar el valor de r_{π}
- Sabiendo que la tensión termodinámica V_T es de 25 mV a temperatura ambiente, hallar la transconductancia g_m suponiendo una corriente de colector de 2 mA

Ejercicio N° 2: Circuito equivalente de alterna

Luego de leer la siguiente explicación resolver el ejercicio.

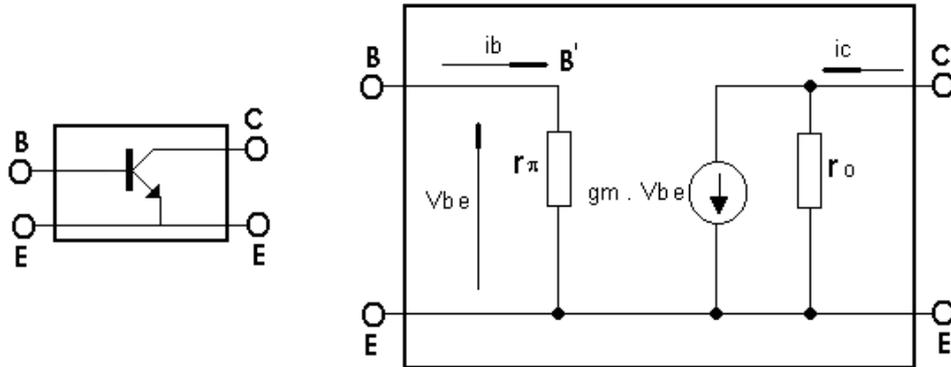
El dibujo del transistor bipolar de juntura puede reemplazarse en alterna por su circuito equivalente según el modelo híbrido π o de Giacoletto, el cual normalmente se analiza con parámetros híbridos h:



En este circuito, en el que se despreciaron los efectos reactivos, los componentes representan lo siguiente:

	REPRESENTA	CALCULO	VALORES TÍPICOS
rx	Resistencia distribuida del cuerpo de la base	$h_{ie} = r_x + r_{\pi}$	Decenas de Ω a algunos $K\Omega$
rπ	Recombinación de pares electrón-laguna en la base, en el emisor y en el contacto del emisor al variar la tensión Vbe	$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m}$	Centenares de Ω a decenas de $K\Omega$
ro	Cambios en ic por Efecto Early o efecto de modulación del ancho de la base. Se produce porque cambios en vCE, a vBE constante, genera cambios en vBC .	$r_o = 1/(\mu g_m)$	Decenas de $K\Omega$ a Algunos $M\Omega$
rμ	El efecto de modulación del ancho de la base también produce cambios en iB	$r_{\mu} = \mu \cdot r_{\pi}$	Algunos $M\Omega$ a decenas de $M\Omega$
gm	Transconductancia o variación de la corriente de colector por variación de Vbe. Es el parámetro de alterna que más refleja el efecto transistor. Mide la variación de la pendiente de la curva de concentración de portadores en la base al variar Vbe.	$g_m = \frac{I_{CQ}}{V_T} = 40 \cdot I_{CQ} [mA]$	Algunos ma/V a centenares de ma/V

Luego de obtener las expresiones de resistencias de entrada y salida y las de ganancia de tensión y corriente en todas las configuraciones (EC, BC y CC), puede observarse que r_x se puede despreciar por ser muy chica y r_o se puede despreciar por ser muy grande. Finalmente puede utilizarse el circuito equivalente siguiente:



En las hojas de dato figuran los parámetros h. Su equivalencia es:

PARAMETRO		EQUIVALENCIA
hie	impedancia de entrada con la salida en cortocircuito	$r_x + r_{\pi}$
hfe	ganancia de corriente con la salida en cortocircuito	β
hre	transferencia inversa de tensiones con la entrada en circuito abierto	μ
hoe	admitancia de salida con entrada en circuito abierto	$2/r_o$

El valor de μ también llamado factor de reacción es de 10^{-4}

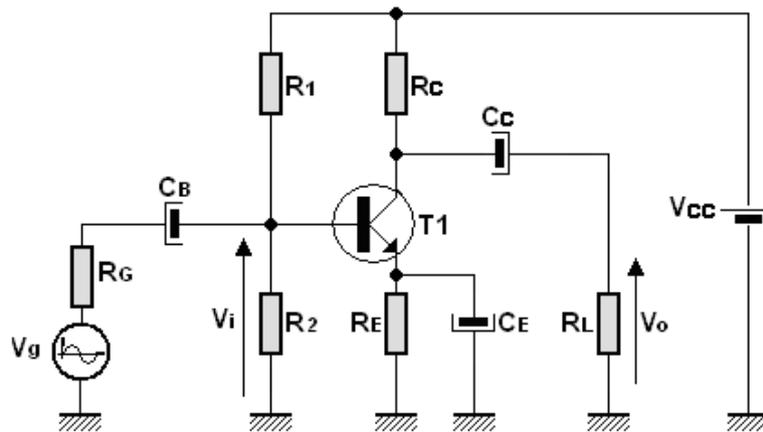
Los parámetros de alterna son:

Ganancia de tensión	$A_v = V_o/V_i$
Ganancia de corriente	$A_i = I_o/I_i$
Resistencia de entrada	$R_i = V_i/I_i$
Resistencia de salida	$R_o = V_o/I_o$

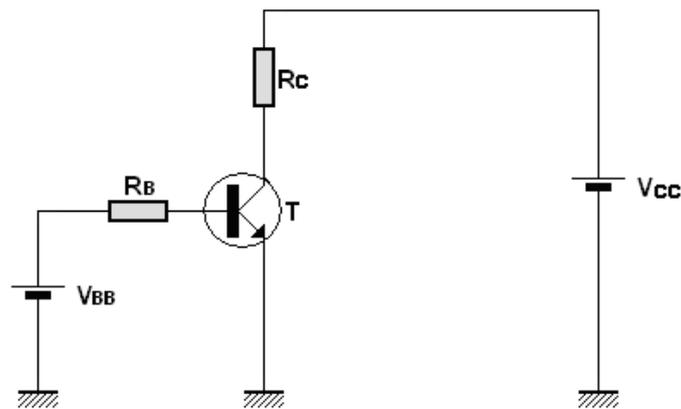
Para hallar estos parámetros se reemplaza el TBJ por su circuito equivalente y se resuelve el circuito resultante.

Por ejemplo, se muestra a continuación un circuito y su circuito equivalente de alterna:

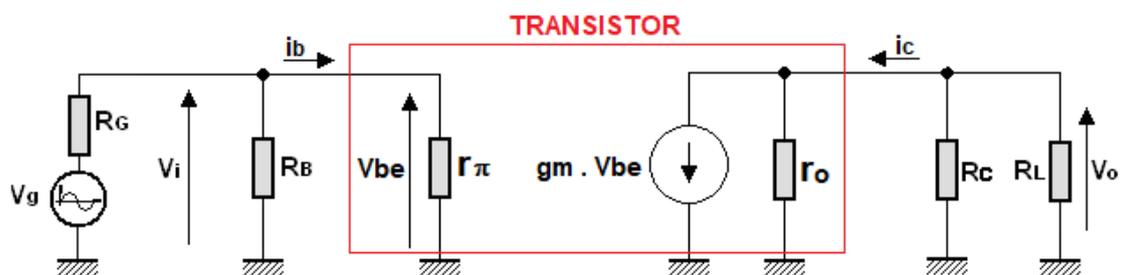
Circuito del amplificador:



Circuito de continua:



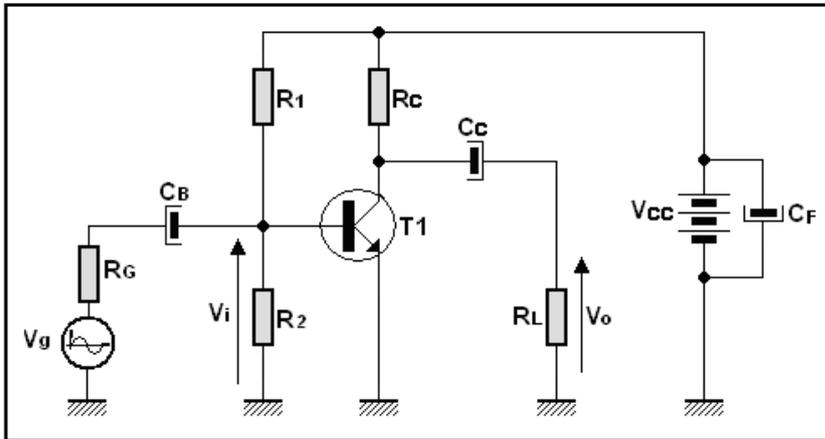
Circuito equivalente de alterna:



Para el circuito de la siguiente figura se pide:

- ¿Qué configuración es?
- ¿Qué función cumplen los capacitores C_B y C_C ?
- Determinar el punto de reposo (I_{CQ} y V_{CEQ}) y las tensiones de los tres electrodos del transistor respecto de común (V_{BQ} , V_{EQ} y V_{CQ}).

- d) ¿La salida recorta primero por corte o por saturación?
- e) Calcular el máximo valor eficaz (señal senoidal) de la tensión de salida V_o sin que haya recorte.
- f) Graficar el Circuito Equivalente de Alterna (CEA)



DATOS
 $\beta = 200$
 $V_{CC} = 24V$
 $R_1 = 270\text{ K}\Omega$
 $R_2 = 33\text{ K}\Omega$
 $R_C = 1\text{ K}\Omega$
 $R_L = 10\text{ K}\Omega$
 $R_G = 600\Omega$

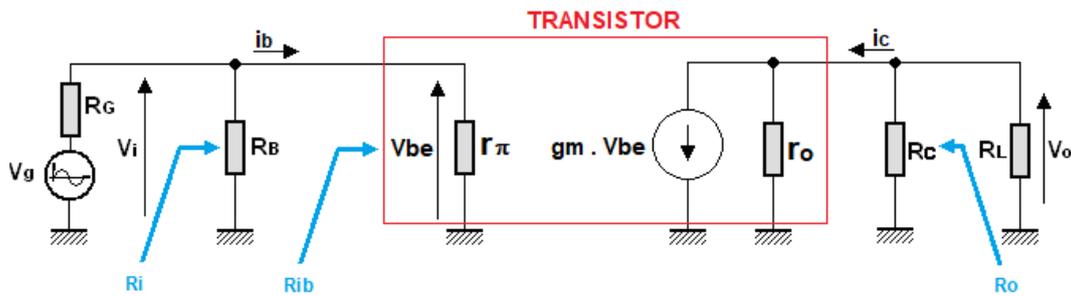
HALLAR
 I_{CQ}
 V_{CEQ}
 V_{BQ}
 V_{EQ}
 V_{CQ}
 R_{CE}
 R_{CD}
 CEA
 V_{OMAX}

Para seguir aprendiendo:

Ejercicio N° 3: Parámetros de alterna

En la siguiente figura se muestra como calcular la resistencia de entrada y la resistencia de salida.

- a) Calcular, para el ejercicio anterior, la resistencia de entrada vista desde la base.
- b) Calcular la resistencia de entrada del amplificador.
- c) Calcular la resistencia de salida.



$R_{ib} = \frac{V_{be}}{i_b}$ Resistencia de entrada vista desde la base

$R_i = R_B \parallel R_{ib}$ Resistencia de entrada del amplificador

$R_o = R_c \parallel r_o$ Resistencia de salida del amplificador