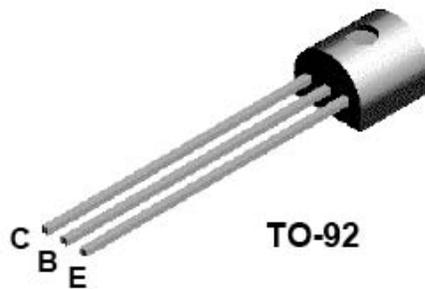
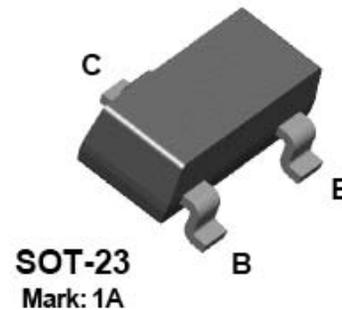


EC 2014 PREPARACIÓN DE LA PRÁCTICA 3
CARACTERÍSTICAS DEL BJT. AMPLIFICADOR EMISOR COMÚN
ESPECIFICACIONES DEL TRANSISTOR NPN 2N3904

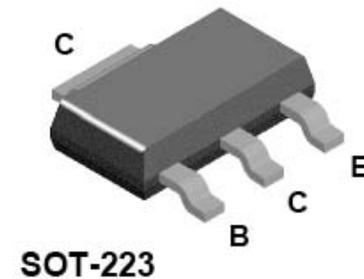
2N3904



MMBT3904



PZT3904



NPN General Purpose Amplifier

This device is designed as a general purpose amplifier and switch. The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

Absolute Maximum Ratings* T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V _{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V _{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V _{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I _C	Collector Current - Continuous	200	mA
T _J , T _{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	°C

*These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

Thermal Characteristics T_A = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max			Units
		2N3904	*MMBT3904	**PZT3904	
P _D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	625	350	1,000	mW
		5.0	2.8	8.0	mW/°C
R _{θJC}	Thermal Resistance, Junction to Case	83.3			°C/W
R _{θJA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient	200	357	125	°C/W

Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-------

OFF CHARACTERISTICS

$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0 \text{ mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10 \mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10 \mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30 \text{ V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA

ON CHARACTERISTICS*

h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 1.0 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 10 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 50 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$ $I_C = 100 \text{ mA}, V_{CE} = 1.0 \text{ V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10 \text{ mA}, I_B = 1.0 \text{ mA}$ $I_C = 50 \text{ mA}, I_B = 5.0 \text{ mA}$	0.65	0.85 0.95	V V

SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

f_T	Current Gain - Bandwidth Product	$I_C = 10 \text{ mA}$, $V_{CE} = 20 \text{ V}$, $f = 100 \text{ MHz}$	300		MHz
C_{obo}	Output Capacitance	$V_{CB} = 5.0 \text{ V}$, $I_E = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$		4.0	pF
C_{ibo}	Input Capacitance	$V_{EB} = 0.5 \text{ V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0 \text{ MHz}$		8.0	pF
NF	Noise Figure	$I_C = 100 \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0 \text{ V}$, $R_S = 1.0 \text{ k}\Omega$, $f = 10 \text{ Hz to } 15.7 \text{ kHz}$		5.0	dB

SWITCHING CHARACTERISTICS

t_d	Delay Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}$, $V_{BE} = 0.5 \text{ V}$,		35	ns
t_r	Rise Time	$I_C = 10 \text{ mA}$, $I_{B1} = 1.0 \text{ mA}$		35	ns
t_s	Storage Time	$V_{CC} = 3.0 \text{ V}$, $I_C = 10 \text{ mA}$		200	ns
t_f	Fall Time	$I_{B1} = I_{B2} = 1.0 \text{ mA}$		50	ns

*Pulse Test: Pulse Width $\leq 300 \mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$

CIRCUITOS PARA LA PRÁCTICA N° 3

Características de salida del BJT

El transistor se dibuja como un componente real para indicar que no es parte de un amplificador.

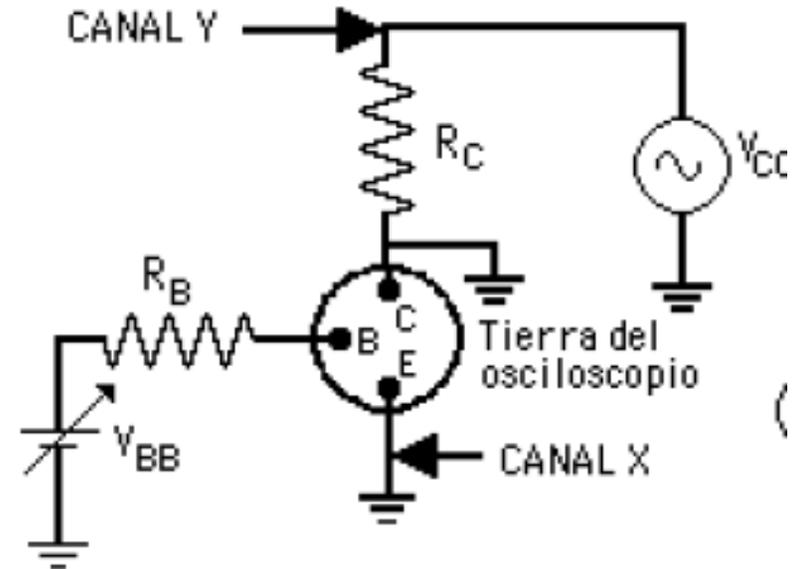
$$R_C = 1\text{k}\Omega$$

$$R_B = 4,3\text{k}\Omega, 10\text{k}\Omega$$

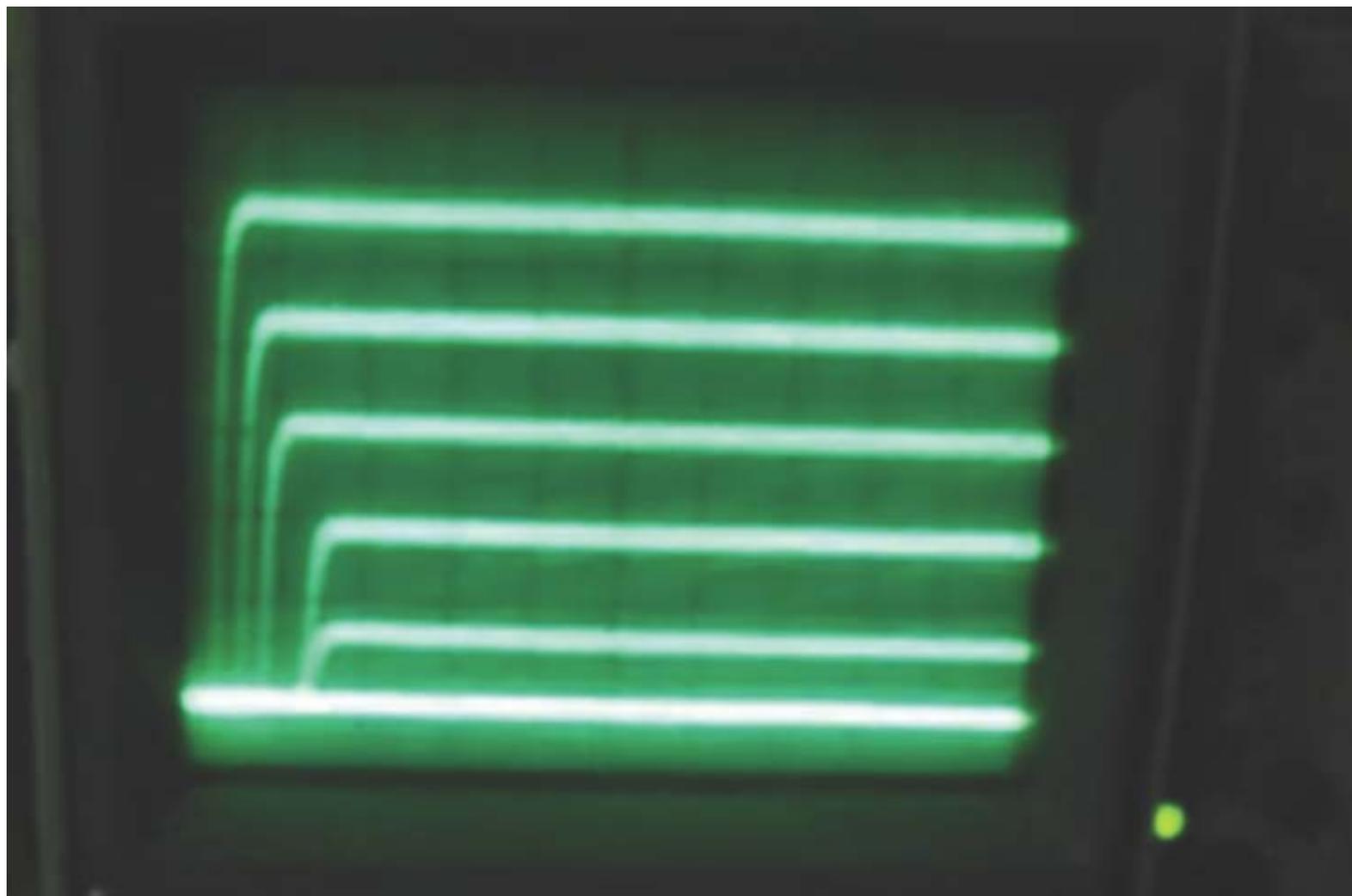
Voltaje V_{BB} = De 0 a 5V

Generador: $V_{\text{max}} = 10\text{V}$ $V_{\text{offset}} = 10\text{V}$ $f = 1\text{ kHz}$

Para cada valor de V_{BB} se observa una sola curva de I_C vs. V_{CE}



En la pantalla del osciloscopio



Para medir β (h_{fe})

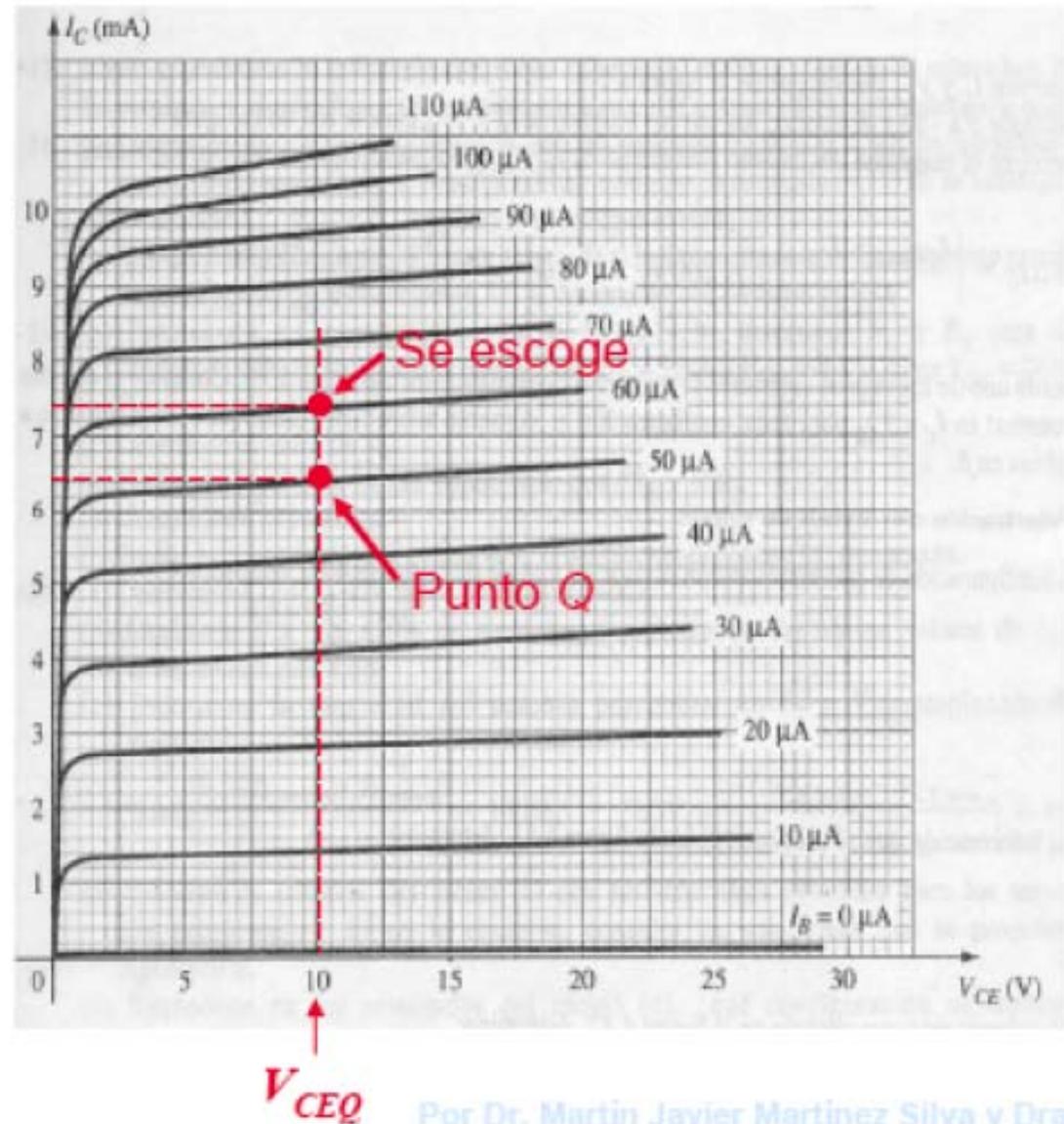
Primera curva en pantalla:
Se mide I_{B1} , I_{C1} y V_{CE}

Se incrementa la fuente DC para obtener una segunda curva.

Para el mismo V_{CE} se mide I_{B2} e I_{C2}

El parámetro β es:

$$\beta = \frac{I_{C2} - I_{C1}}{I_{B2} - I_{B1}}$$



Para medir r_o (h_{oe})

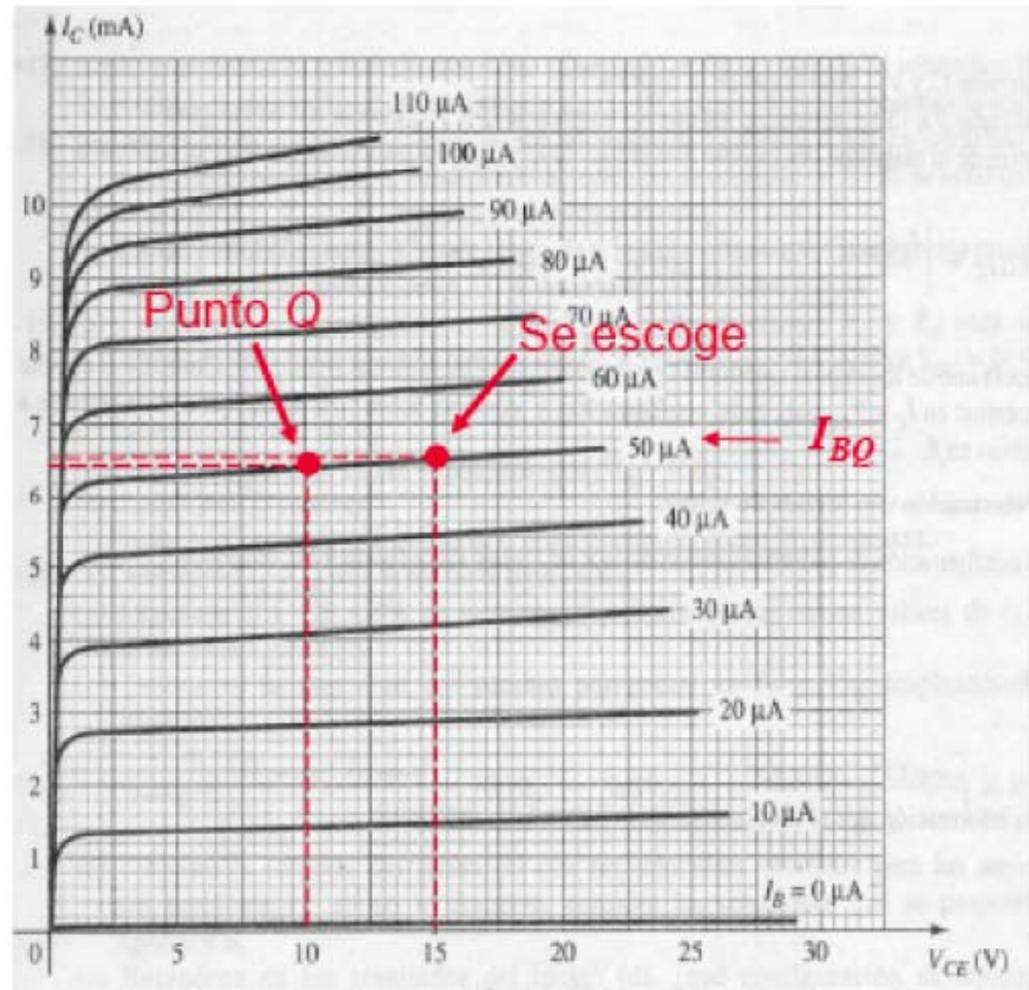
Sobre una misma curva
(I_B constante):

Se mide I_{C1} y V_{CE1}

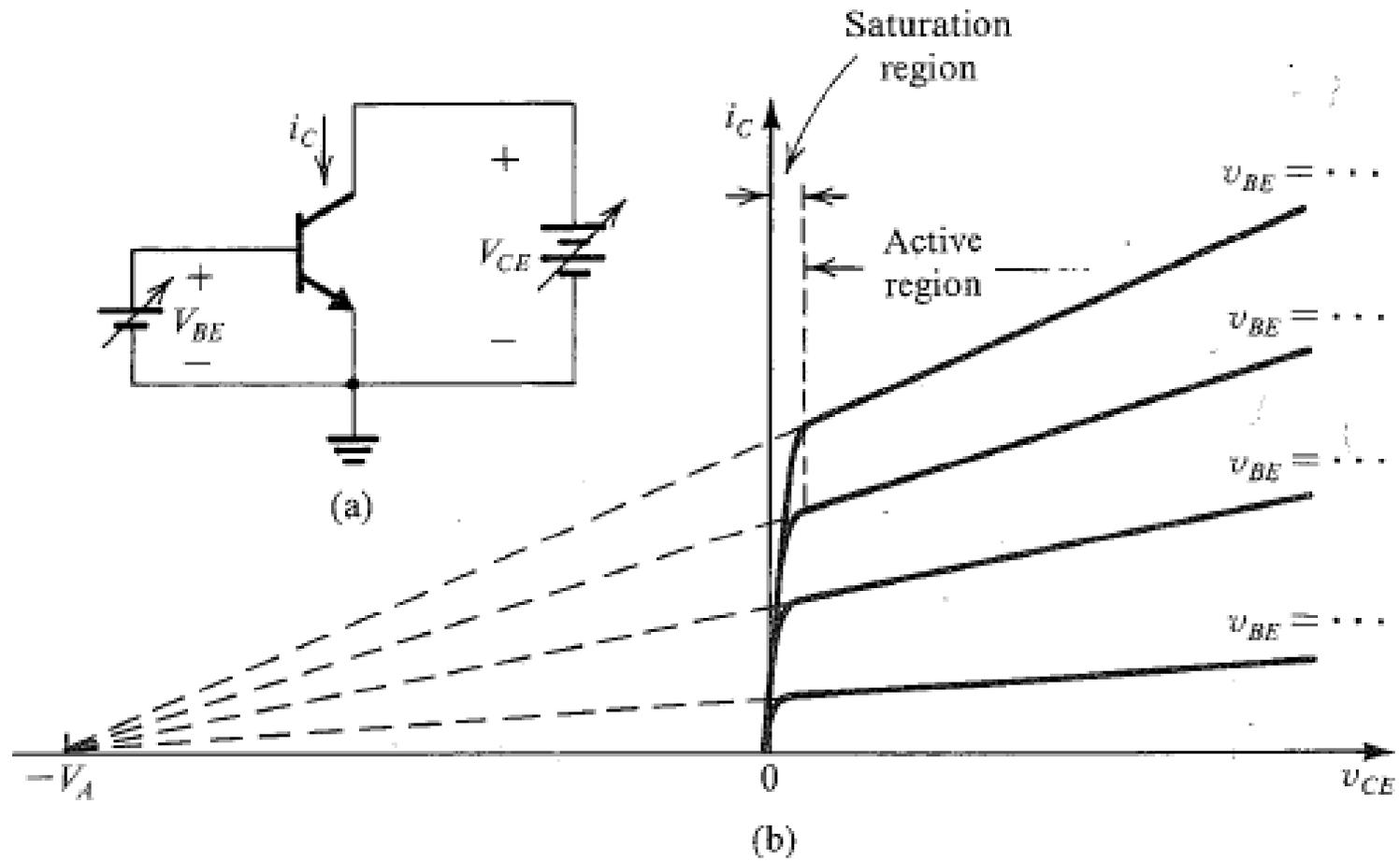
Se mide I_{C2} y V_{CE2}

El parámetro r_o es:

$$r_o = \frac{V_{CE2} - V_{CE1}}{I_{C2} - I_{C1}}$$



Determinación de V_A



Características de entrada del BJT

$$R_C = 1\text{k}\Omega$$

$$R_B = 4,3\text{k}\Omega, 10\text{k}\Omega$$

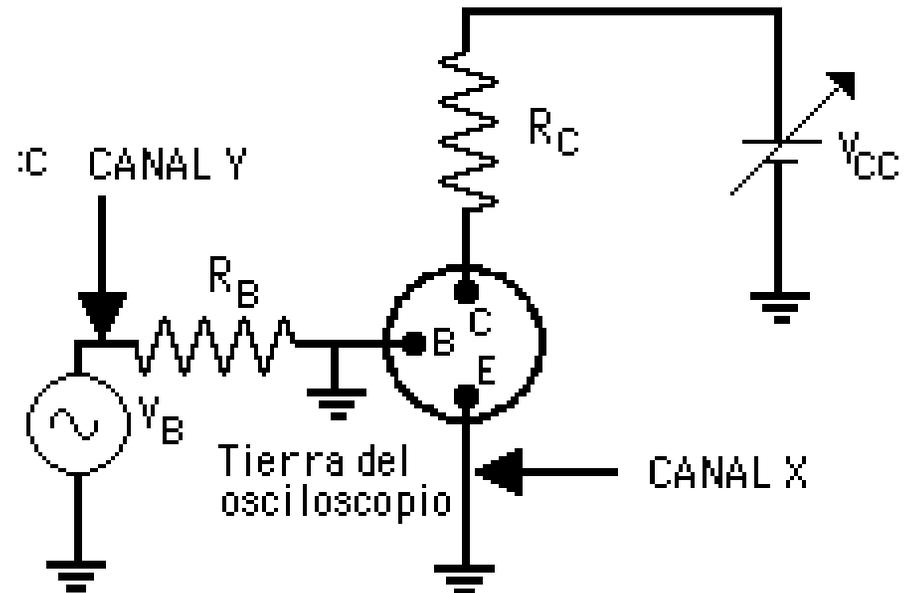
Voltaje $V_{CC} = 12$ a 20 V

Generador:

$$V_{\text{max}} = 10\text{V} \quad V_{\text{offset}} = 10\text{V} \quad f = 1 \text{ kHz}$$

Al variar V_{CC} se modifica ligeramente la curva observada en la pantalla.

La figura es la curva característica del diodo de la juntura BE.



Para medir r_{π} (h_{ie})

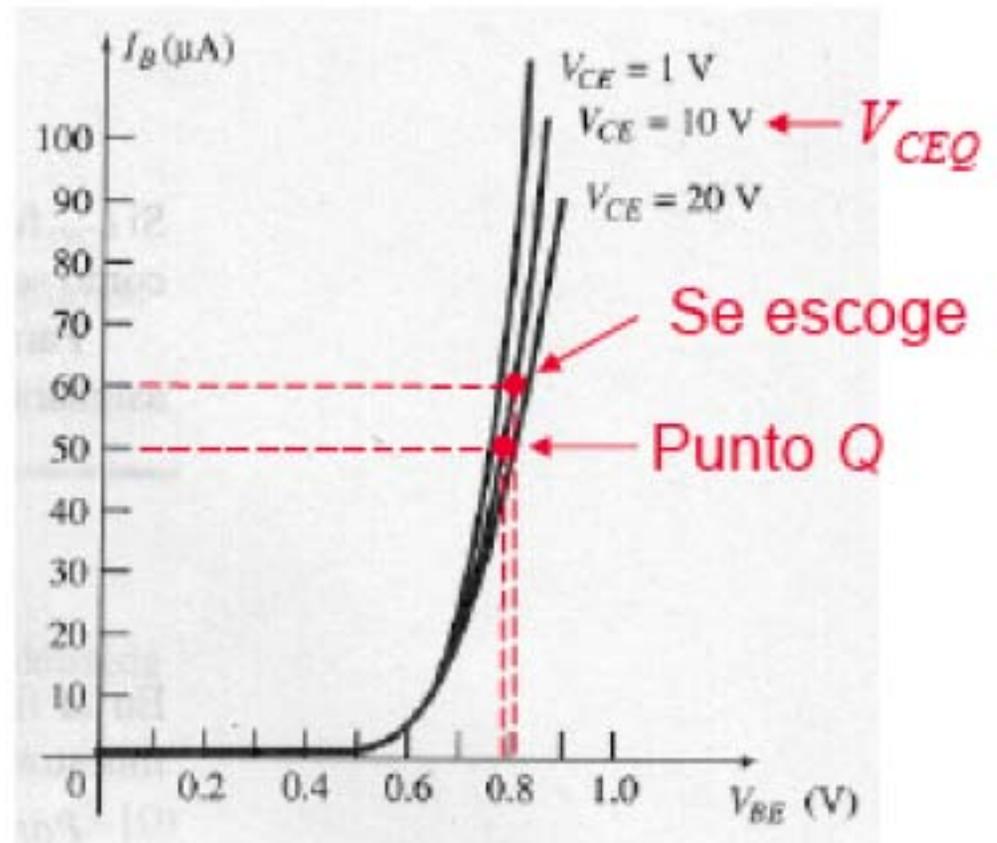
Sobre la misma curva
(V_{CE} constante):

Se mide I_{B1} y V_{BE1}

Se mide I_{B2} y V_{BE2}

El parámetro r_{π} es

$$r_{\pi} = \frac{V_{CB2} - V_{CB1}}{I_{B2} - I_{B1}}$$



AMPLIFICADOR EMISOR COMÚN CON RESISTENCIA DE EMISOR PARA POLARIZACIÓN

Transistor 2N3904

$V_{CC} = 20V$

$R_{B1} = 30k\Omega$

$R_{B2} = 4,7k\Omega$

$R_C = 1k\Omega$

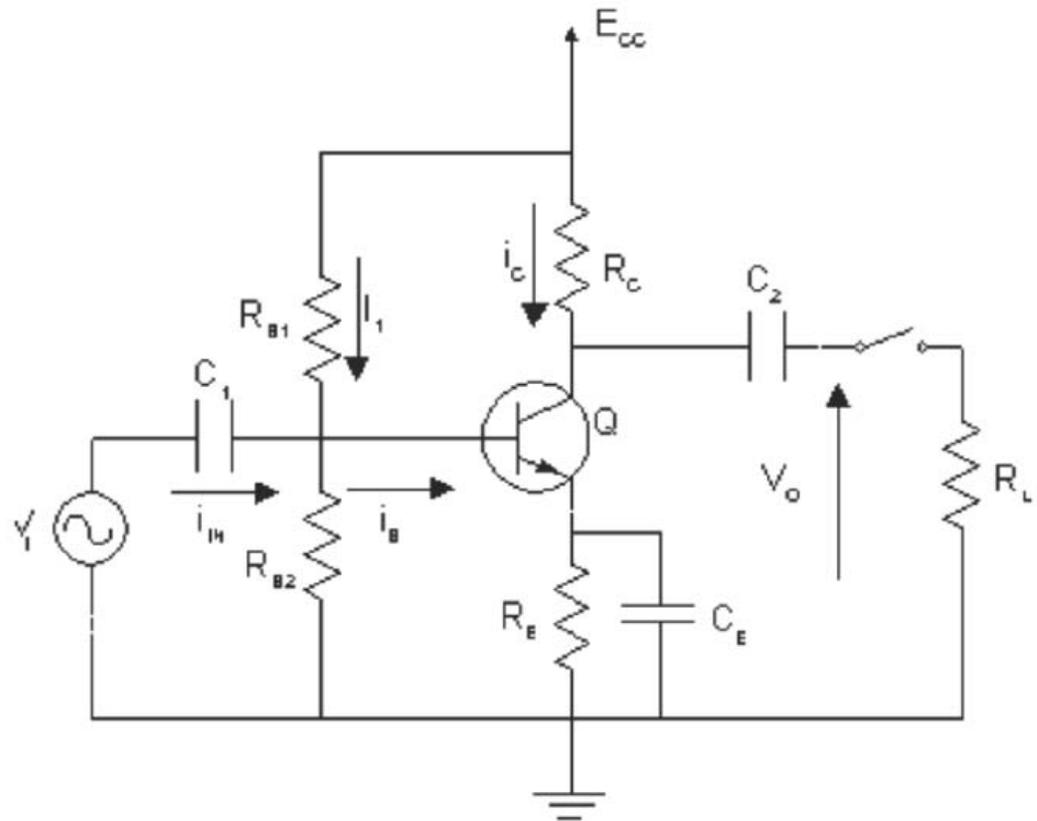
$R_E = 200\Omega$

$R_L = 1k\Omega$

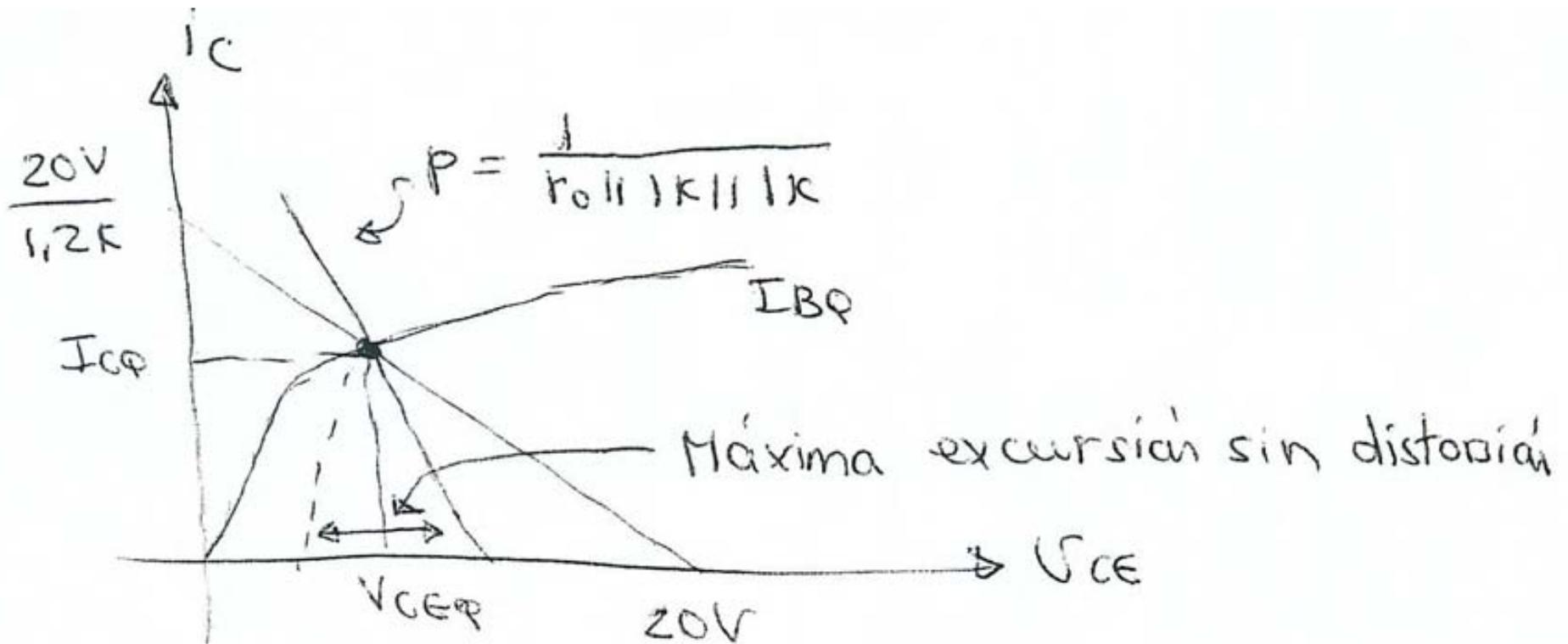
$C_1 = 22\mu F$

$C_2 = 1\mu F$

$C_E = 470\mu F$ electrolítico



RECTAS DE CARGA

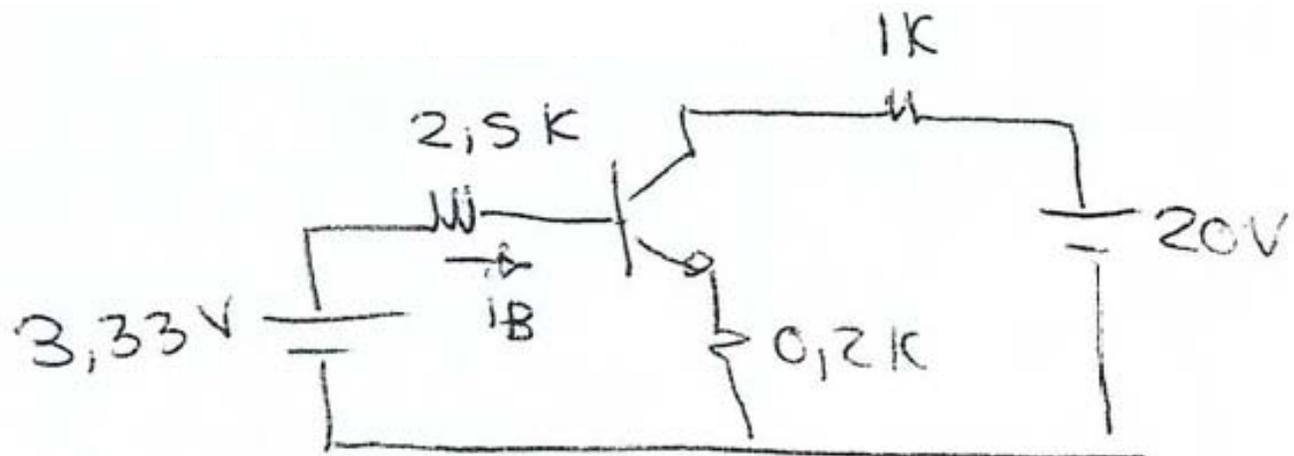
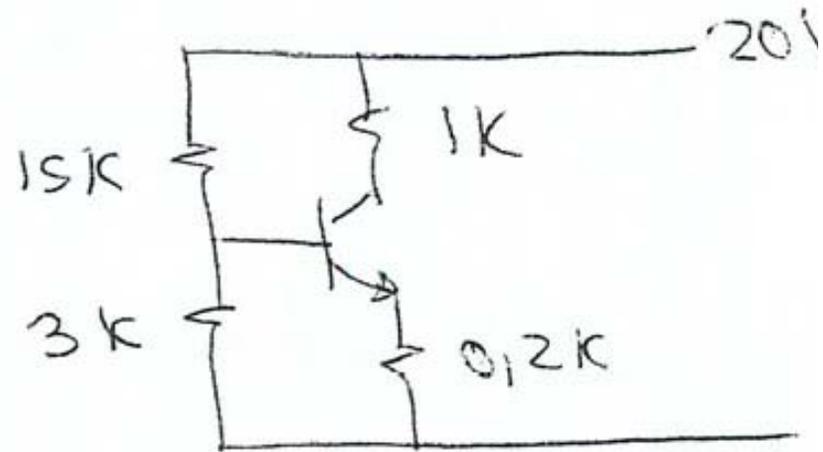


PUNTO DE OPERACIÓN

$$V_{BE} = 0,7 \text{ V}$$

$$V_{BB} = 3,33 \text{ V}$$

$$R_B = 15 \text{ k} \parallel 3 \text{ k} = 2,5 \text{ k}$$



CÁLCULO DEL PUNTO DE OPERACIÓN

$$i_B = \frac{3,33 - 0,1}{2,5 + 0,2 \times 100} = 0,116 \text{ mA}$$

$$i_C = 11,6 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 20 \text{ V} - 1,2 \times 11,6 = 6,08 \text{ V}$$

Punto de
operación.
Transistor
en la
zona
activa.

PARÁMETROS CON EL MODELO HÍBRIDO π

$$g_m = \frac{I_c}{V_T} = \frac{11,6 \text{ mA}}{26 \text{ mV}} = 0,44625 = 446 \text{ mS}$$

$$r_{\pi} = \frac{V_T}{I_B} = \frac{0,026 \text{ V}}{0,116 \text{ mA}} = 224 \Omega$$

$$r_o \approx \infty$$

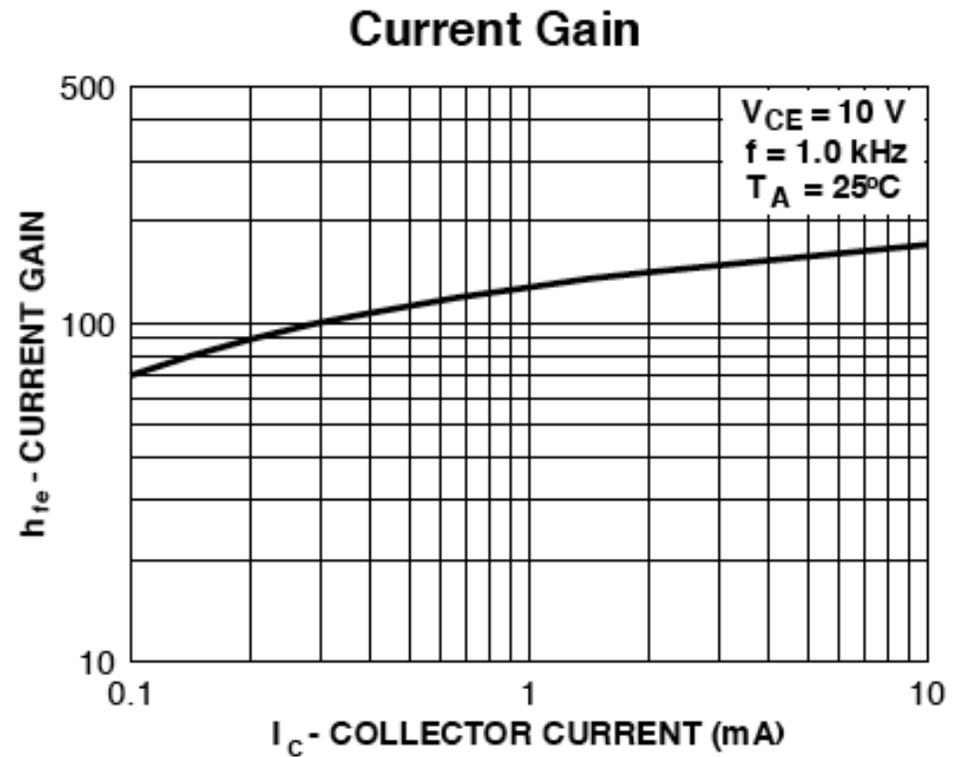
$$\beta = 100$$

PARÁMETROS HÍBRIDOS A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE

Ganancia de corriente h_{fe}

h_{fe} para 11,6 mA:

$h_{fe} = 180$

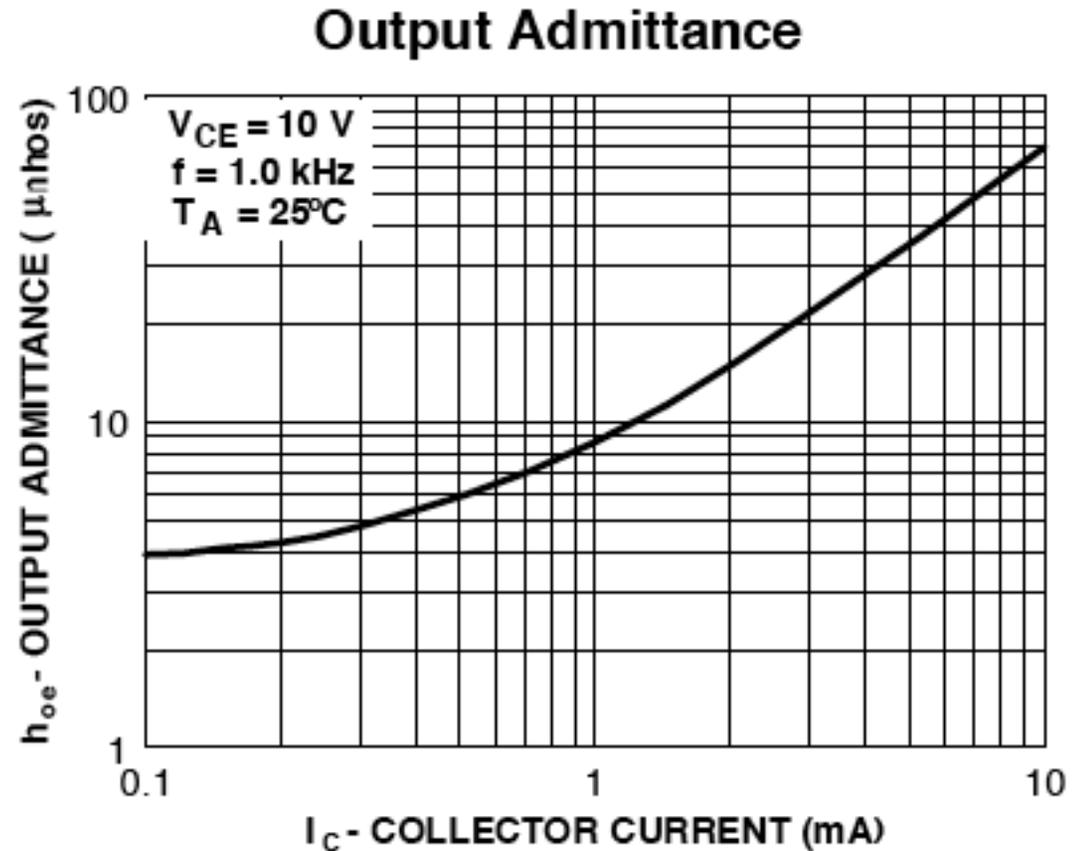


PARÁMETROS HÍBRIDOS A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE

Impedancia de salida h_{oe}

h_{oe} para 11,6 mA:

$h_{oe} = 70 \mu\text{mohs}$

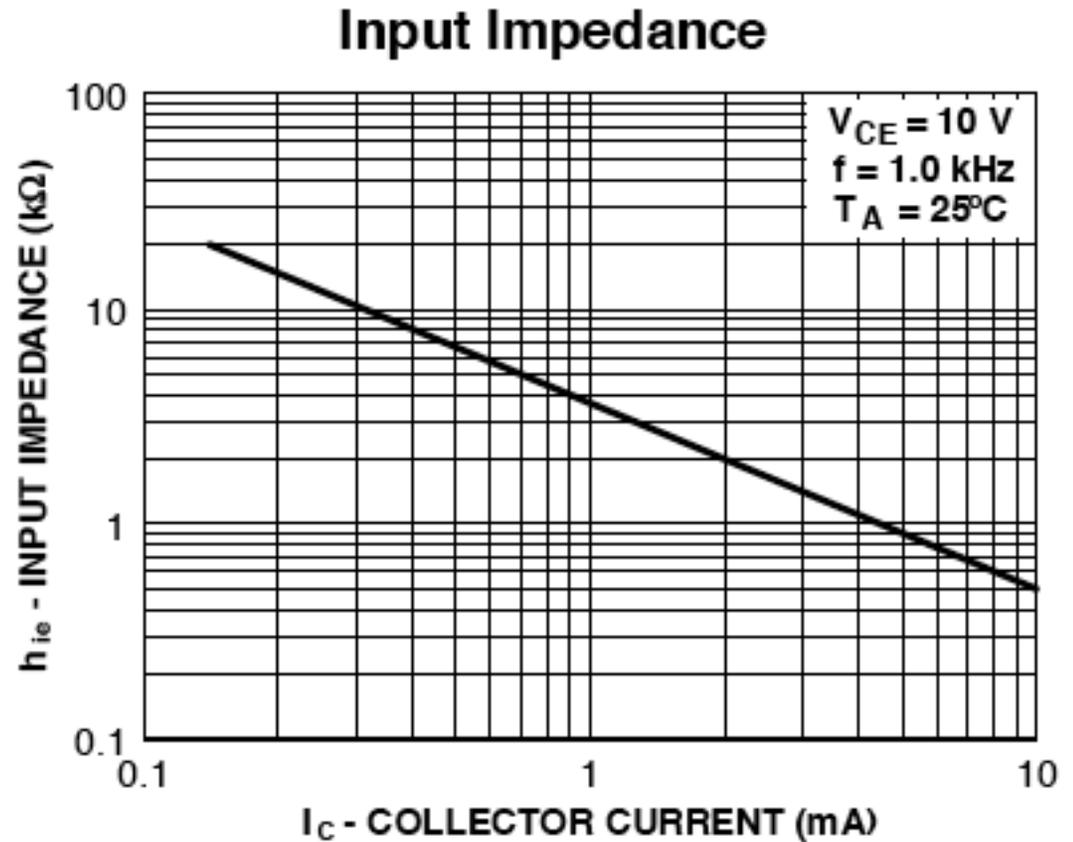


PARÁMETROS HÍBRIDOS A PARTIR DE LA INFORMACIÓN DEL FABRICANTE

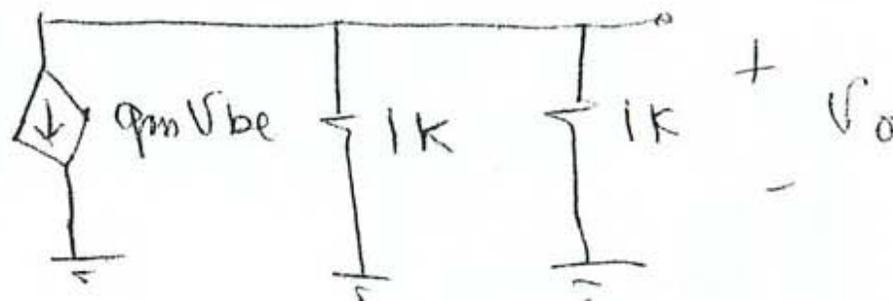
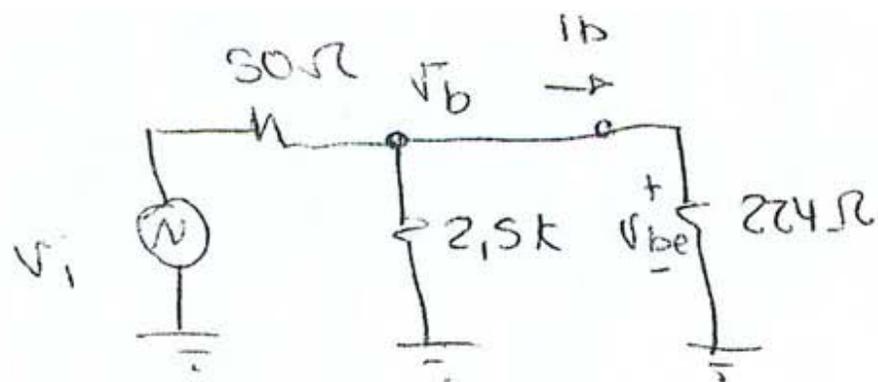
Impedancia de entrada h_{ie}

h_{ie} para 11,6 mA

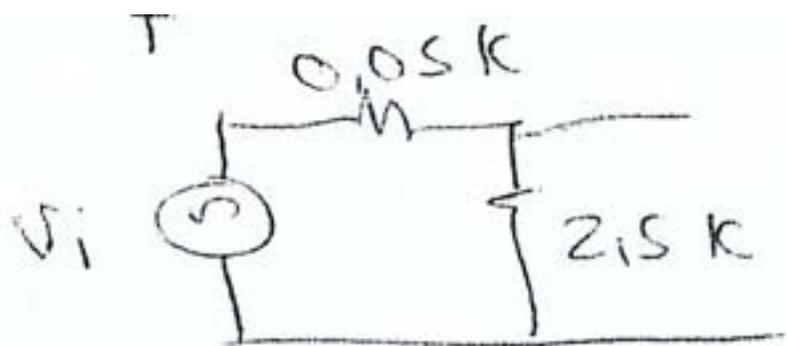
$h_{ie} = 400\Omega$



ANÁLISIS CON EL MODELO HÍBRIDO π



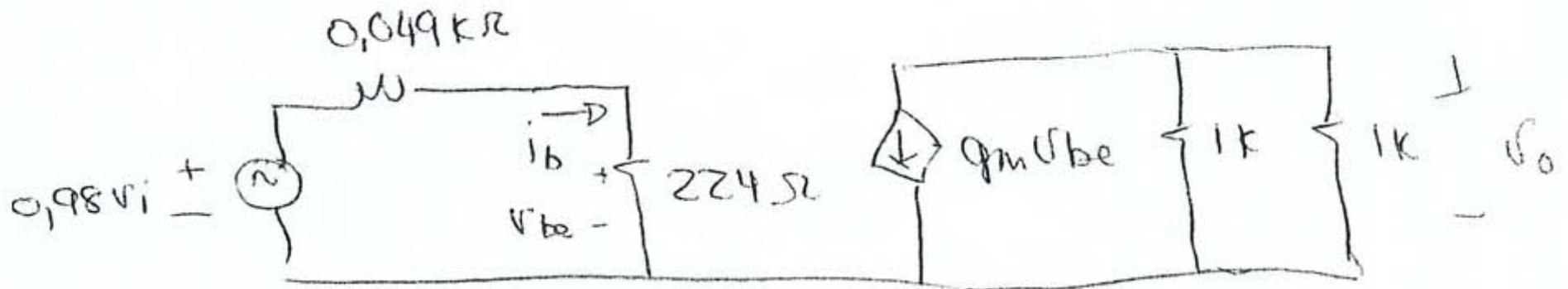
Equivalente Thevenin



$$V_{TH} = \frac{2,5k}{2,55k} v_i = 0,98 v_i$$

$$R_{TH} = 2,5 \parallel 0,05 = 0,049k\Omega$$

Modelo de pequeña señal



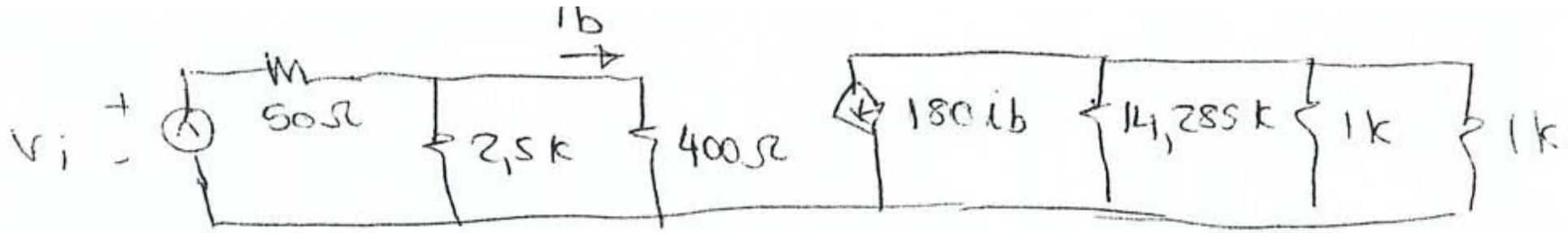
$$V_{be} = \frac{224}{224 + 49} 0,98V_i = 0,80V_i$$

$$V_o = -0,5\text{ k} g_m U_{be} = -0,5 \frac{\text{V}}{\text{mA}} \times 446 \frac{\text{mA}}{\text{V}} 0,80V_i$$

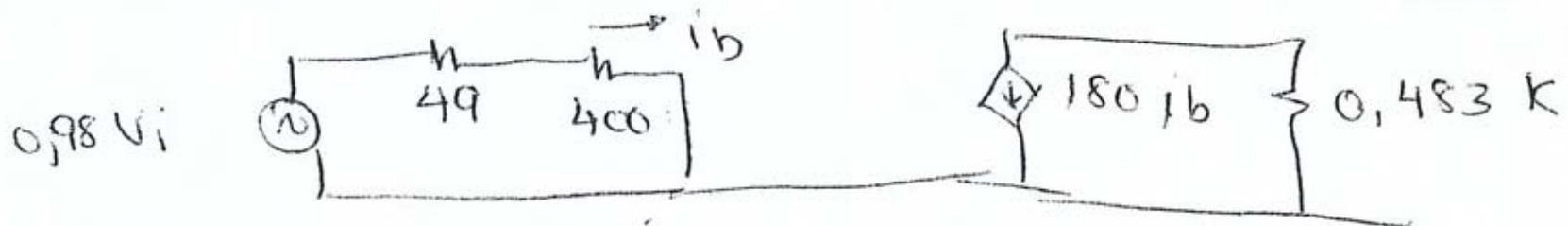
$$V_o = -179,3V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -179,3$$

ANÁLISIS CON EL MODELO DE PARÁMETROS HÍBRIDOS



En este caso está incluida la resistencia en el circuito de salida



Cálculos

$$i_b = \frac{0,98 V_i}{0,449 K}$$

$$V_o = -180 \times 0,483 i_b = -180 \times 0,483 \frac{0,98 V_i}{0,449}$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -189,7$$

Resistencia de entrada:

$$R_i = 2,5 K \parallel 0,224 K = 205 \Omega \text{ Modelo híbrido } \pi$$

$$R_i = 2,5 K \parallel 400 \Omega = 344 \Omega \text{ Modelo parámetros híbridos}$$

Resistencia de salida:

$$R_o = 0,5 K \text{ con el modelo híbrido } \pi$$

$$R_o = 0,483 K \text{ con el modelo de parámetros híbridos}$$

EN EL LABORATORIO POLARIZACIÓN DEL TRANSISTOR

En primer lugar se monta solo el circuito DC.

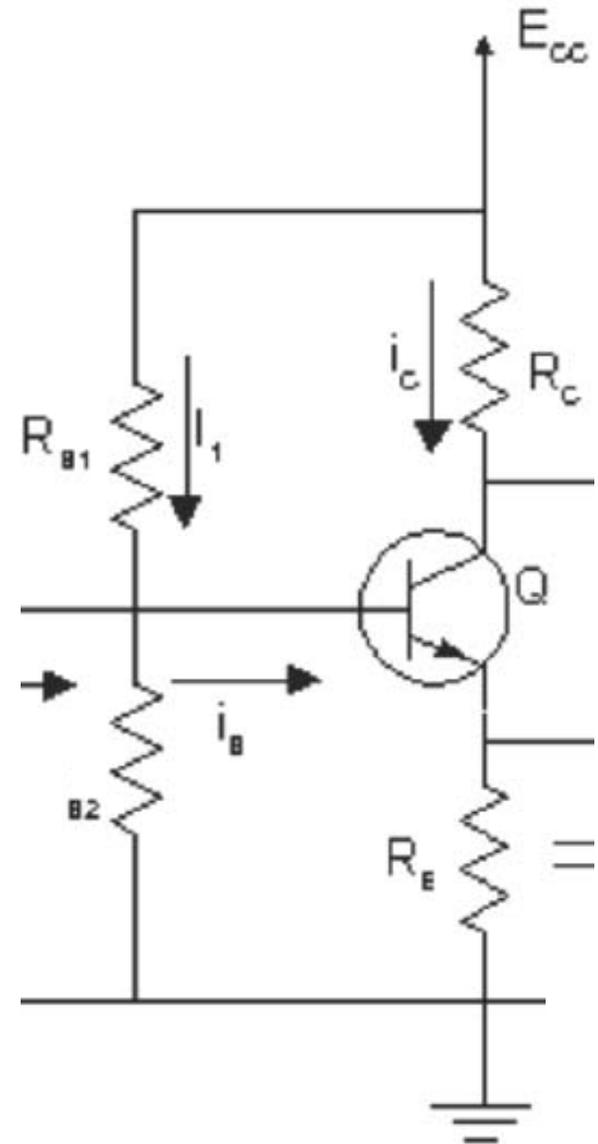
* Se determina el punto de operación midiendo con el multímetro:

V_{BE}

V_{CE}

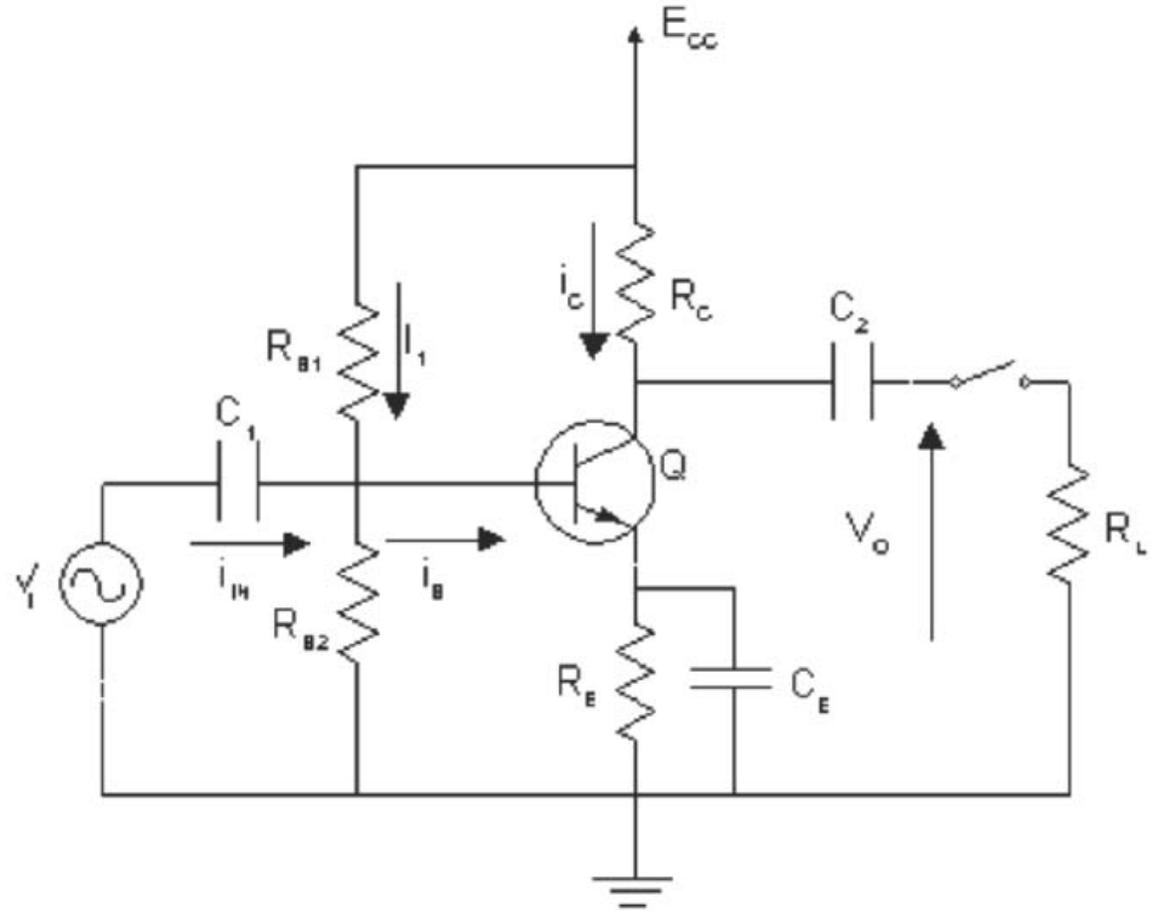
$I_C = V_{RC} / R_C$

* Solo cuando el punto de operación se encuentre en un rango cercano a los valores deseados, se puede continuar con el estudio en AC.



EL EMISOR COMÚN COMO AMPLIFICADOR

- * Se enciende la fuente DC
- * Se aplica el voltaje de salida del generador
- * Se observa el V_{imax} que no produce distorsión a la salida
- * La salida con distorsión



MEDICIÓN DE LAS GANANCIAS DE VOLTAJE Y DE CORRIENTE

Ganancia de voltaje:

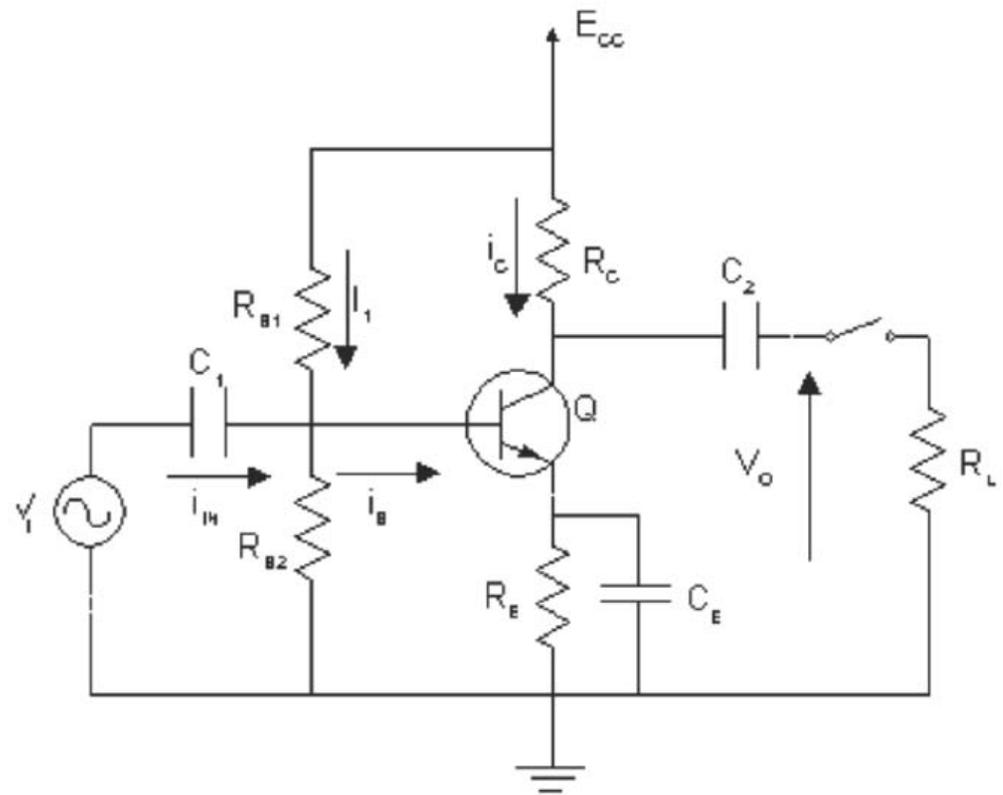
$$A_V = V_o / V_i$$

Ganancia de corriente:

$$A_I = I_o / I_i$$

* Se coloca una resistencia de 100Ω R_{P1} previamente medida entre el generador y C_1 .

* Se coloca otra resistencia de 100Ω R_{P2} previamente medida en serie con R_L .



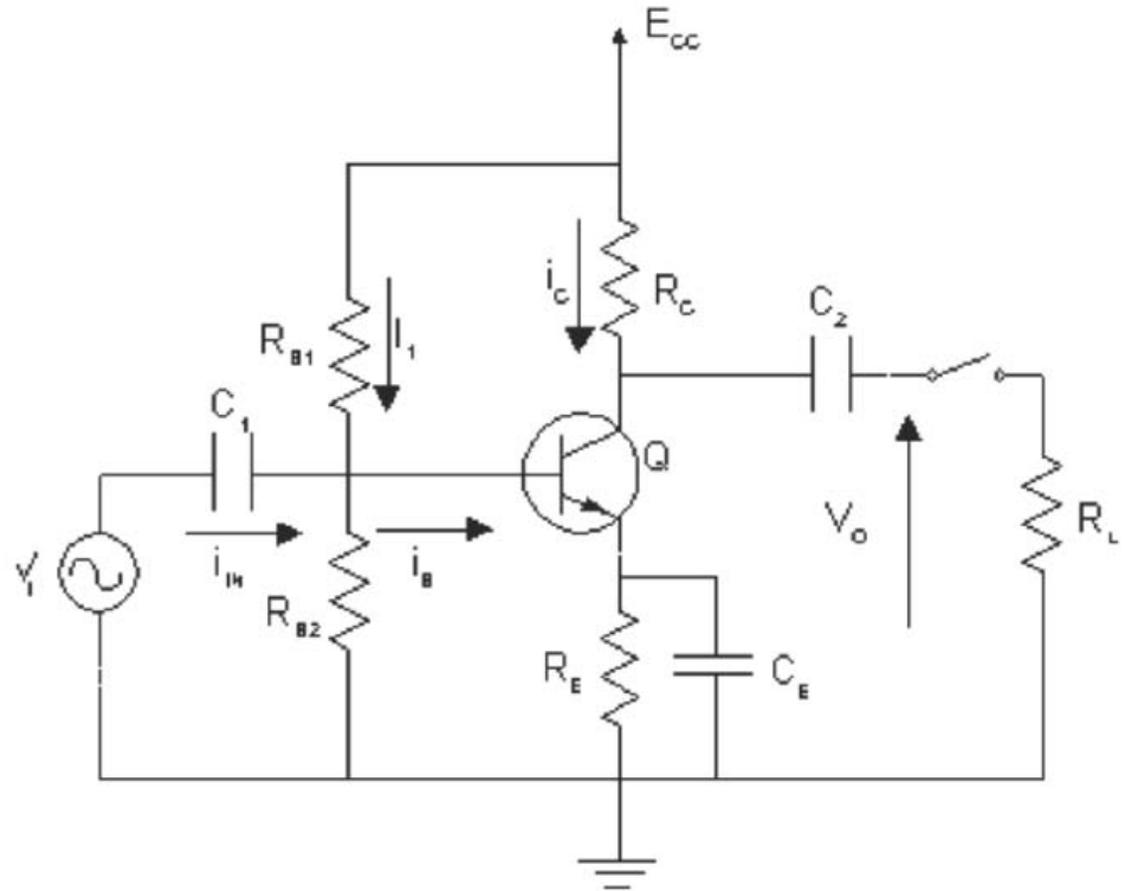
$$A_I = \frac{V_{R_{P2}} / R_{P2}}{V_{R_{P1}} / R_{P1}}$$

MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE ENTRADA

Resistencia de entrada:

- * Se enciende la fuente DC
- * Manteniendo $R_{P1}=100\Omega$ se mide la corriente en R_{P1} y el voltaje en la base del transistor V_{BE}

$$R_I = \frac{V_{BE}}{V_{R_{P1}} / R_{P1}}$$



MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA DE SALIDA (SIN CARGA)

- * Se sustituye el generador de la entrada por un cortocircuito
- * Se desconecta R_L y se conecta en su lugar el generador con la resistencia $R_{P2}=100\Omega$ en serie.
- * Se enciende la fuente DC
- * Se enciende el generador
- * Se mide el voltaje en el generador V_i y sobre la resistencia R_{P2} .

$$R_O = \frac{V_I}{\frac{V_{R_{P2}}}{R_{P2}}}$$

IMPEDANCIA DE SALIDA (SEGUNDO MÉTODO)

- * Se aplica un voltaje de entrada que produzca una salida de 3 o 4 Vpp y se mide cuidadosamente el voltaje de salida V_{01} .
- * Se coloca una resistencia de carga de 1K y se mide cuidadosamente el voltaje de salida V_{02} .
- * Con esos datos se puede plantear el circuito mostrado y determinar el valor de R_o .

