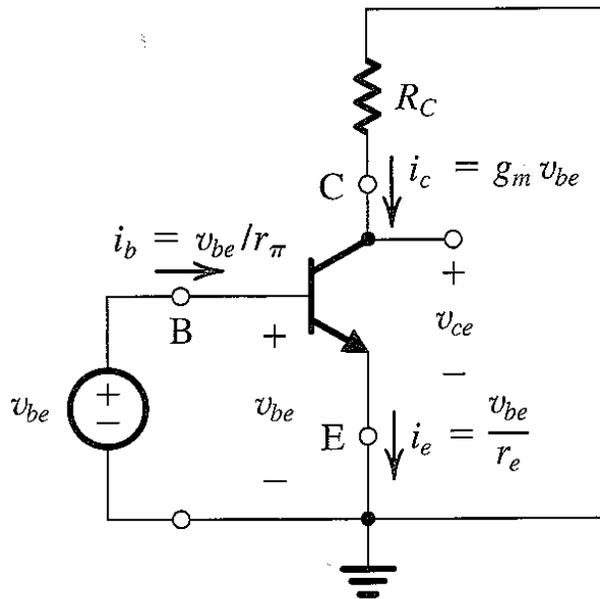
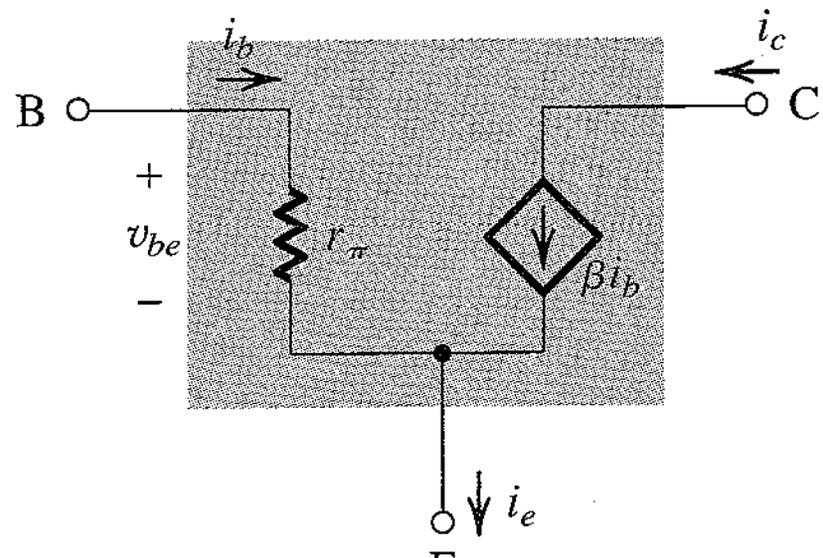
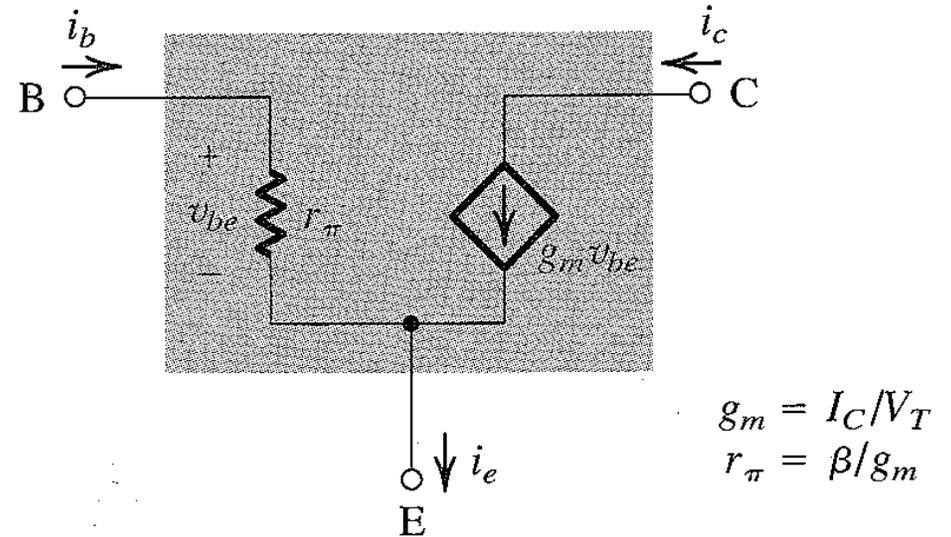


MODELOS DE PEQUEÑA SEÑAL: EL MODELO HÍBRIDO π

Se eliminan las fuentes DC



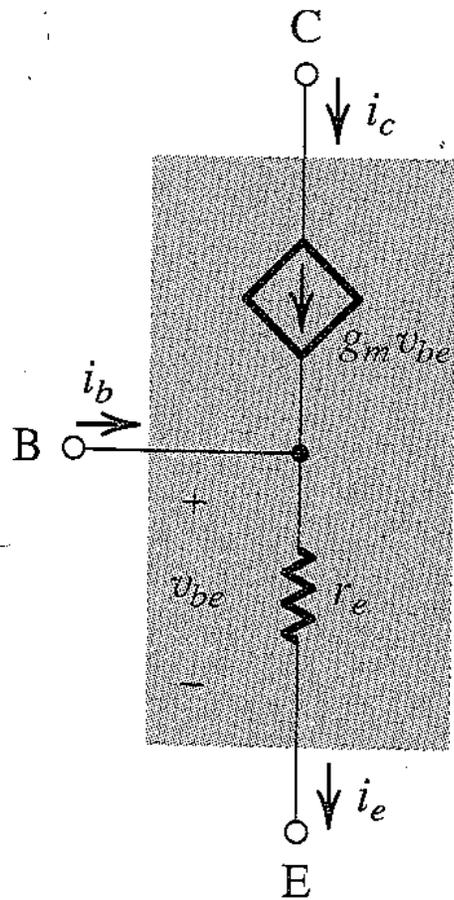
El modelo también aplica para transistores pnp sin cambio de polaridades



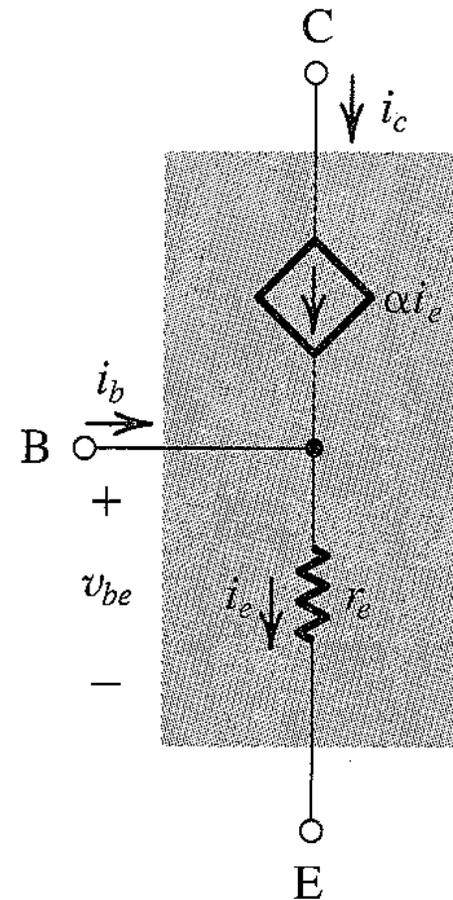
MODELOS DE PEQUEÑA SEÑAL: EL MODELO T

Se eliminan las fuentes DC

Este modelo muestra explícitamente la resistencia de emisor r_e en lugar de la resistencia de base r_π



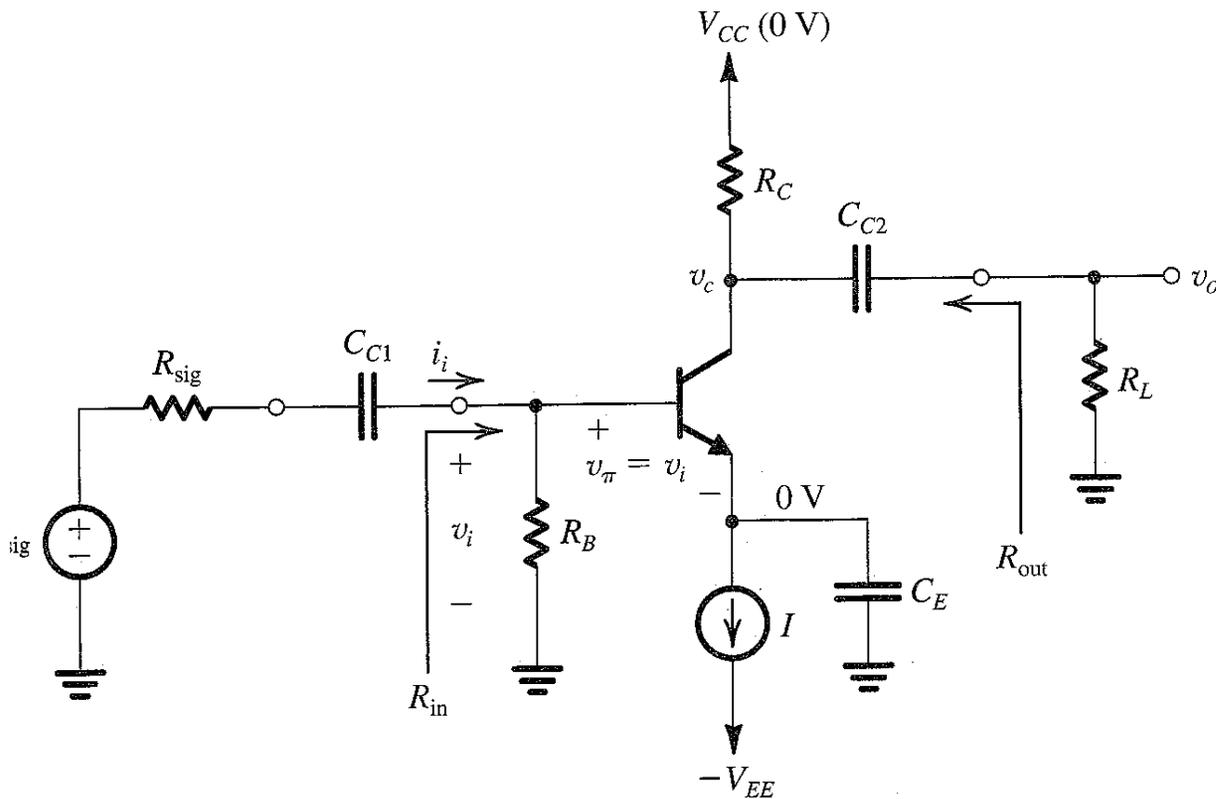
$$g_m = I_C / V_T$$
$$r_e = \frac{V_T}{I_E} = \frac{\alpha}{g_m}$$



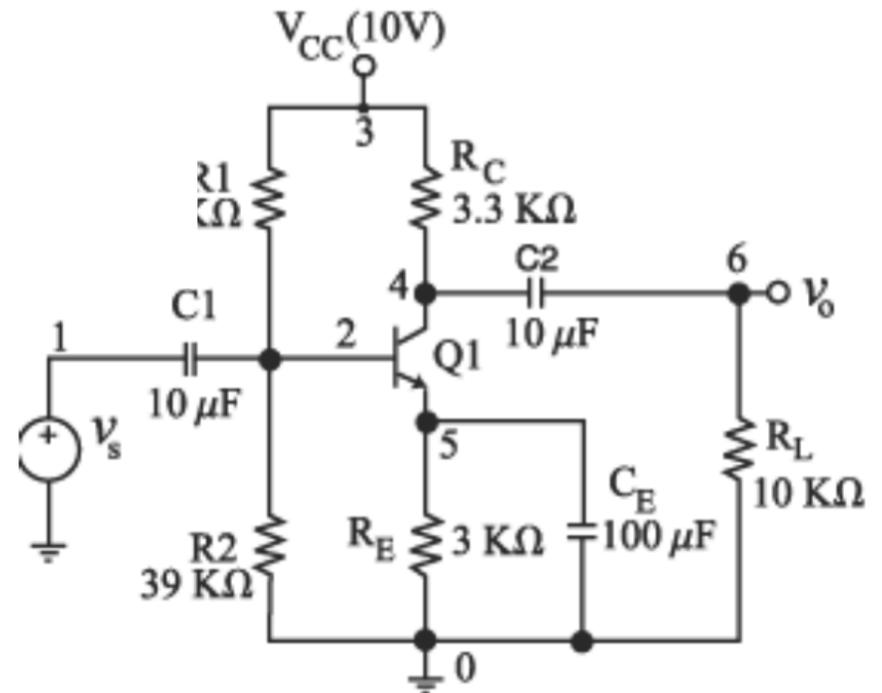
APLICACIÓN DE LOS MODELOS EQUIVALENTES DE PEQUEÑA SEÑAL

- 1.- Determinar el punto de operación del BJT considerando solo las fuentes DC.
- 2.- Calcular los valores de los parámetros de pequeña señal: g_m , r_π , r_e
- 3.- Elimine las fuentes DC sustituyendo las fuentes de voltaje por un cortocircuito y las fuentes de corriente por un circuito abierto.
- 4.- Reemplace el BJT por uno de sus modelos de pequeña señal.
- 5.- Resuelva el circuito para obtener las variables deseadas.

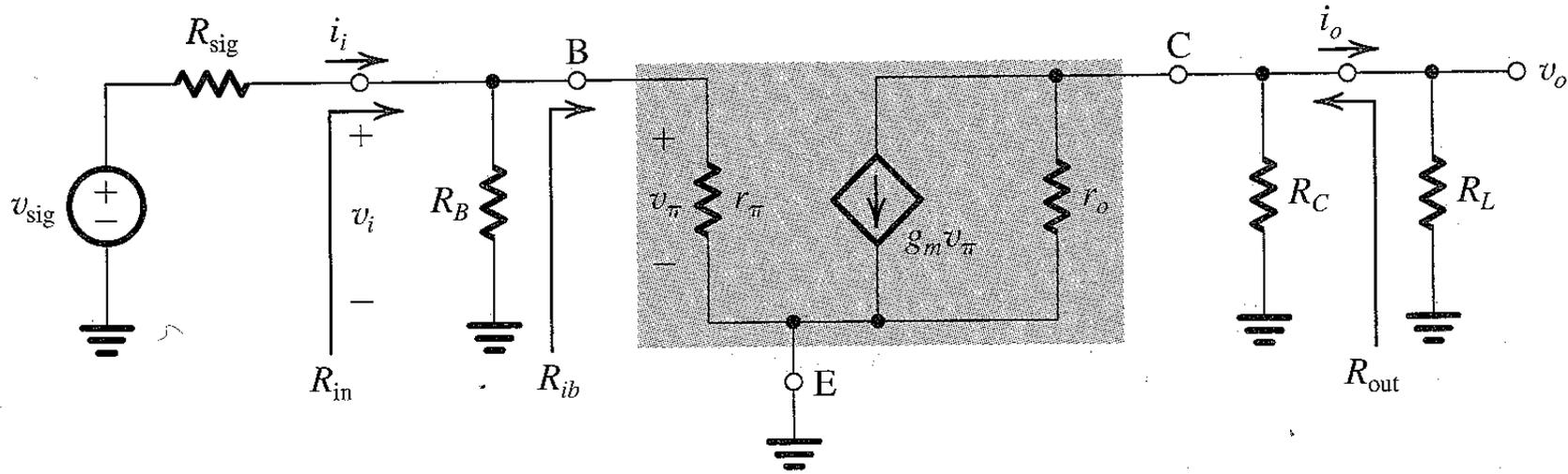
CONFIGURACIÓN EMISOR COMÚN



¿Para qué son los condensadores?
Para acoplamiento de las señales AC



MODELO EQUIVALENTE AC UNA VEZ CALCULADO EL PUNTO DE OPERACIÓN



**Resistencia
de entrada**

$$R_{in} \equiv \frac{v_i}{i_i} = R_B \parallel R_{ib} \quad R_{ib} = r_{\pi} \quad R_{in} \cong r_{\pi}$$

Voltaje de entrada al amplificador $v_{\pi} = v_i$

$$v_i = v_{sig} \frac{R_{in}}{R_{in} + R_{sig}} = v_{sig} \frac{(R_B \parallel r_{\pi})}{(R_B + r_{\pi}) + R_{sig}} \cong v_{sig} \frac{r_{\pi}}{r_{\pi} + R_{sig}}$$

En la salida $v_o = -g_m v_\pi (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$

Si $v_i = v_\pi$ $A_v = -g_m (r_o \parallel R_C \parallel R_L)$

Si la carga no está conectada $A_{vo} = -g_m (r_o \parallel R_C)$

Resistencia de salida $R_{out} = R_C \parallel r_o$

La ganancia cuando se conecta una R_L específica $A_v = A_{vo} \frac{R_L}{R_L + R_o}$

CONCLUSIONES SOBRE LA CONFIGURACIÓN EMISOR COMÚN

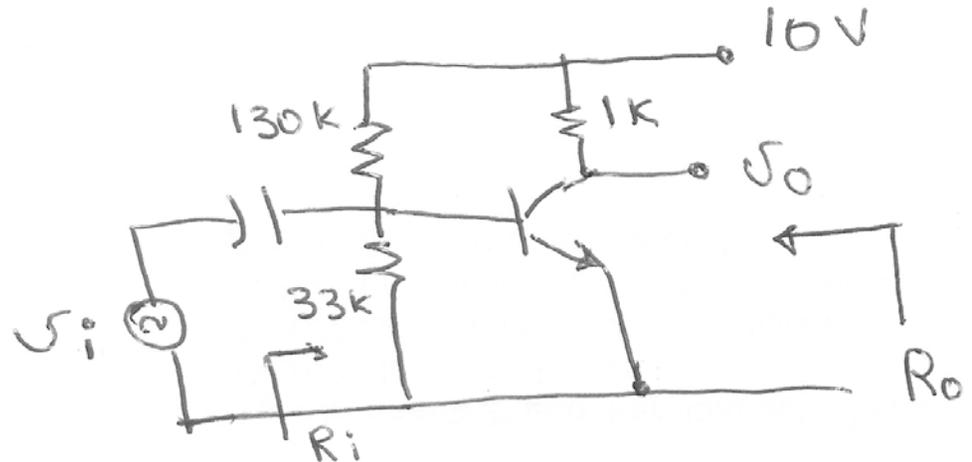
**El emisor común tiene altas ganancias de voltaje A_v
pero la resistencia de entrada R_{in} es baja
y la resistencia de salida R_{out} es relativamente alta**

EJEMPLO DE ANÁLISIS DE LA CONFIGURACIÓN EMISOR COMÚN

En el siguiente amplificador, calcule A_v , R_i y R_o .

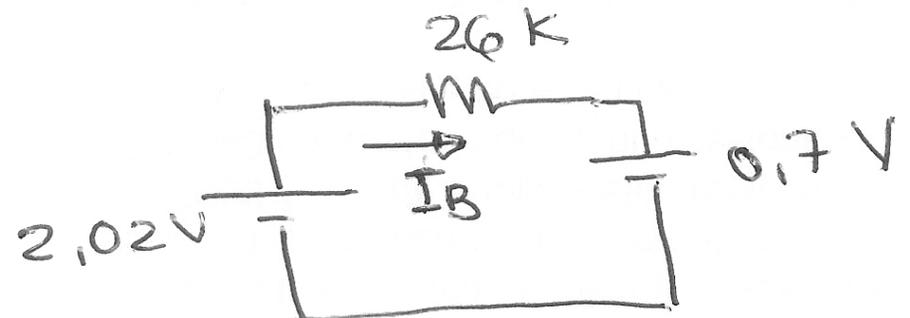
$\beta = 100$, $V_{BE} = 0,7V$

Polarización



$$V_{BB} = \frac{33k}{33k + 130k} \times 10V = 2,02V$$

$$R_B = 33k \parallel 130k = 26,3k$$



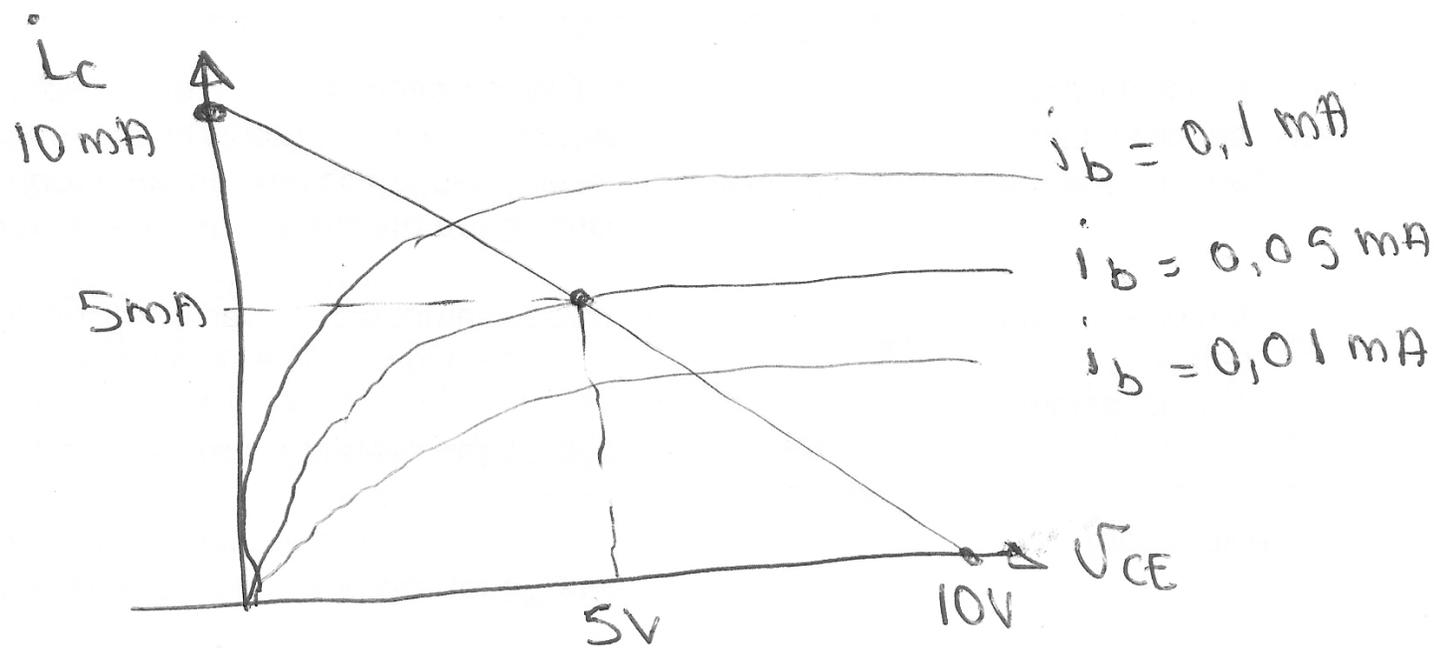
$$V_{CE} = 10V - 5mA \times 1K = 5V$$

$$I_C = \beta I_B = 100 \times 0,05 mA = 5 mA$$

$$I_B = \frac{2,02V - 0,7V}{20K} = 0,05 mA$$

$$V_{CEQ} = 5V$$

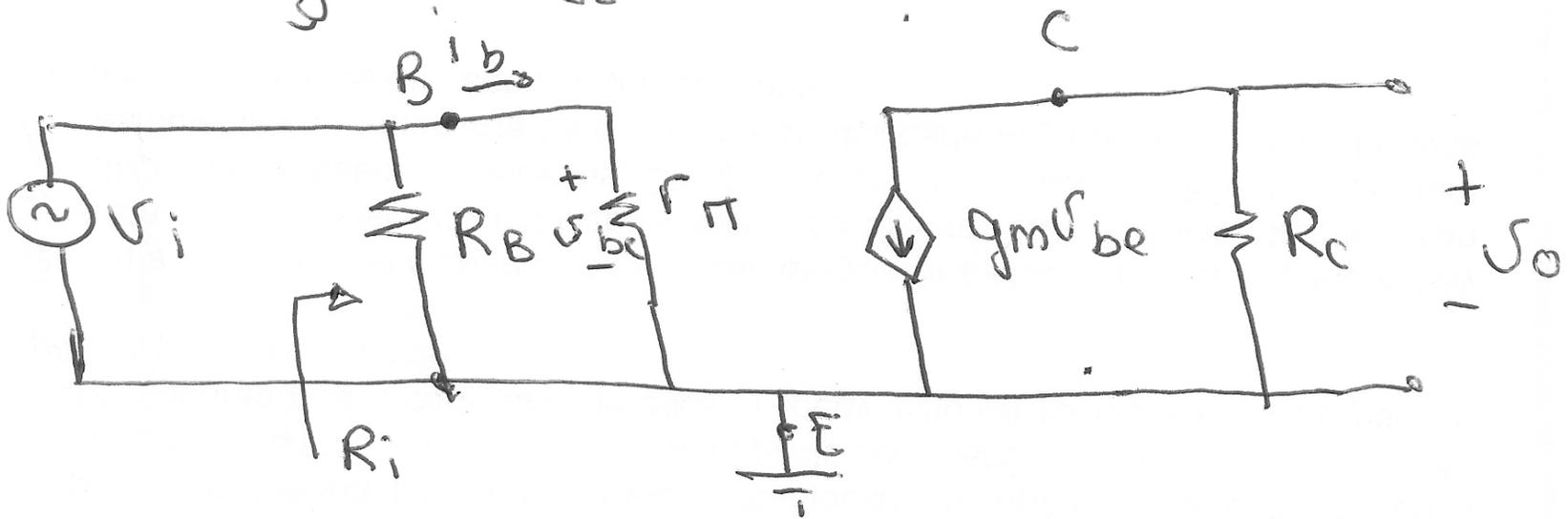
$$I_{CQ} = 5 mA$$



Análisis de pequeña señal. Modelo π

$$g_m = \frac{I_c}{V_T} = \frac{5 \text{ mA}}{25 \text{ mV}} = \frac{0,005 \text{ A}}{0,025 \text{ V}} = 0,2 \frac{1}{\Omega}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{0,2 \frac{1}{\Omega}} = 500 \Omega$$



Ganancia de voltaje

$$V_o = -g_m V_{be} R_c =$$

$$= -0,2 \frac{1}{\Omega} \cdot 1000 \Omega V_{be} = -200 V_{be}$$

$$V_i = V_{be}$$

$$V_o = -200 V_i$$

$$A_v = \frac{V_o}{V_i} = -200$$

Si en lugar de la fuente $g_m V_{be}$ se coloca βi_b resulta:

$$V_o = -\beta i_b R_c = -\beta 1k i_b$$

$$i_b = \frac{V_i}{r_{\pi}} = \frac{V_i}{500}$$

$$V_o = -100 \frac{1000}{500} V_i = -200 V_i$$

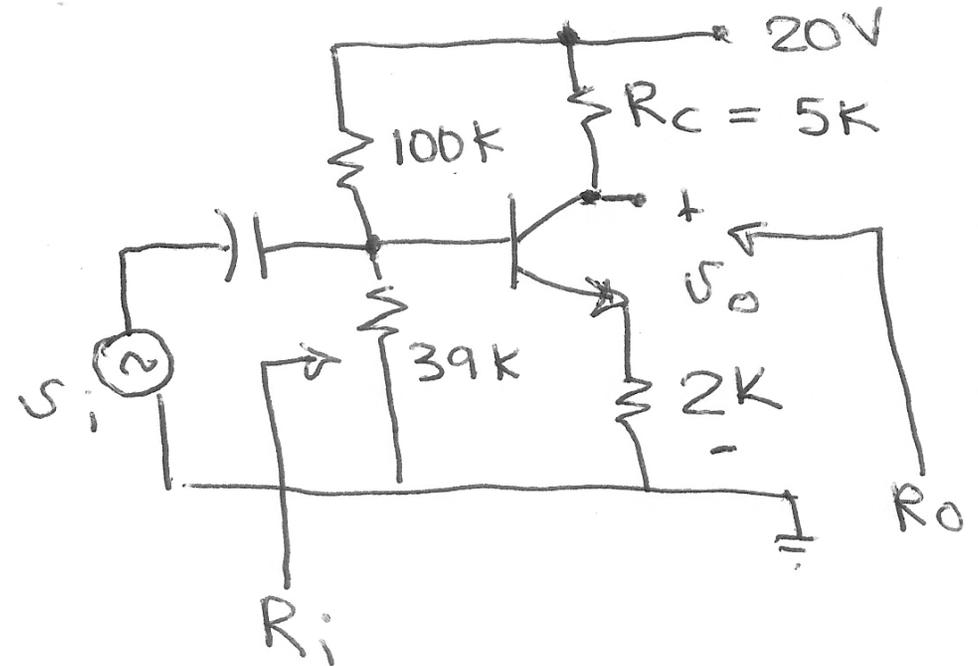
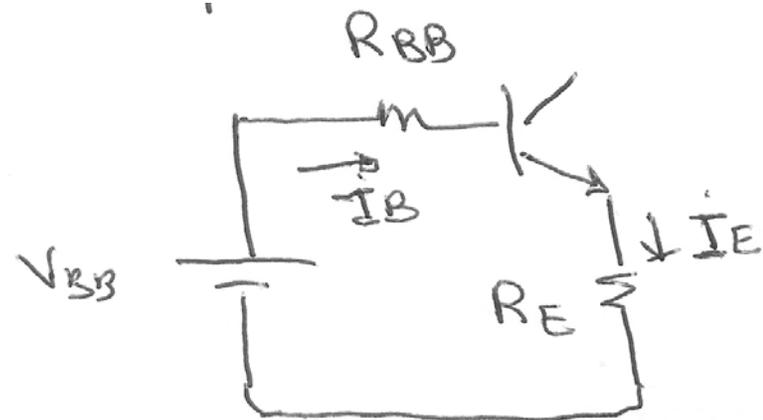
CONFIGURACIÓN EMISOR COMÚN CON RESISTENCIA DE EMISOR

EJERCICIO

En el siguiente amplificador,
calcule A_v , R_i y R_o .

$\beta = 100$, $V_{BE} = 0,7V$

Polarización



$$V_{BB} = I_B R_{BB} + 0,7V + R_E I_E$$

$$R_{BB} = 100k \parallel 39k = 28k$$

$$V_{BB} = \frac{39k \times 20}{39k + 100k} = 5,6V$$

$$I_E = (\beta + 1) I_B$$

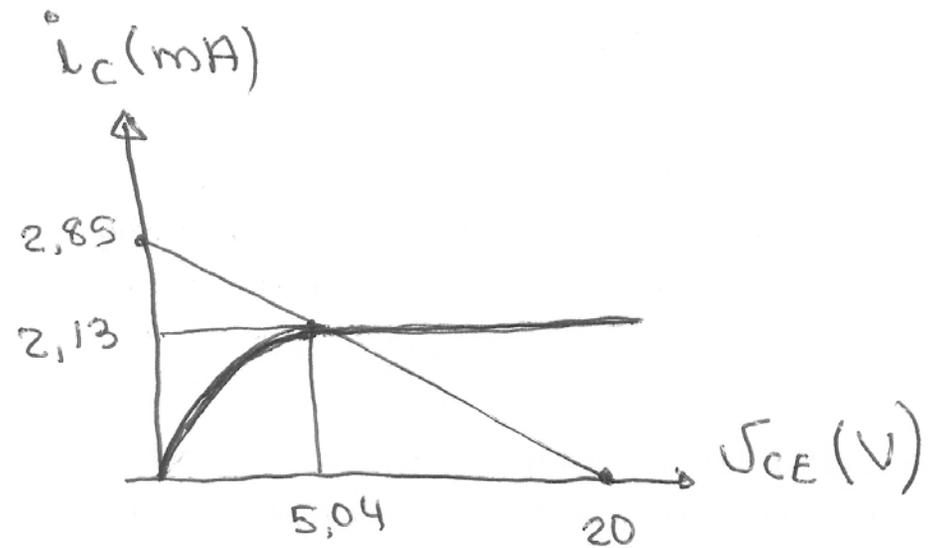
$$V_{BB} = I_B [R_{BB} + R_E (\beta + 1)] + 0,7V$$

$$I_B = \frac{(5,6 - 0,7)V}{28K + 2K(101)} = 0,0213 \text{ mA}$$

$$I_C = \beta I_B = 2,13 \text{ mA}$$

$$V_{CE} = 20V - I_C (R_E + R_C) =$$

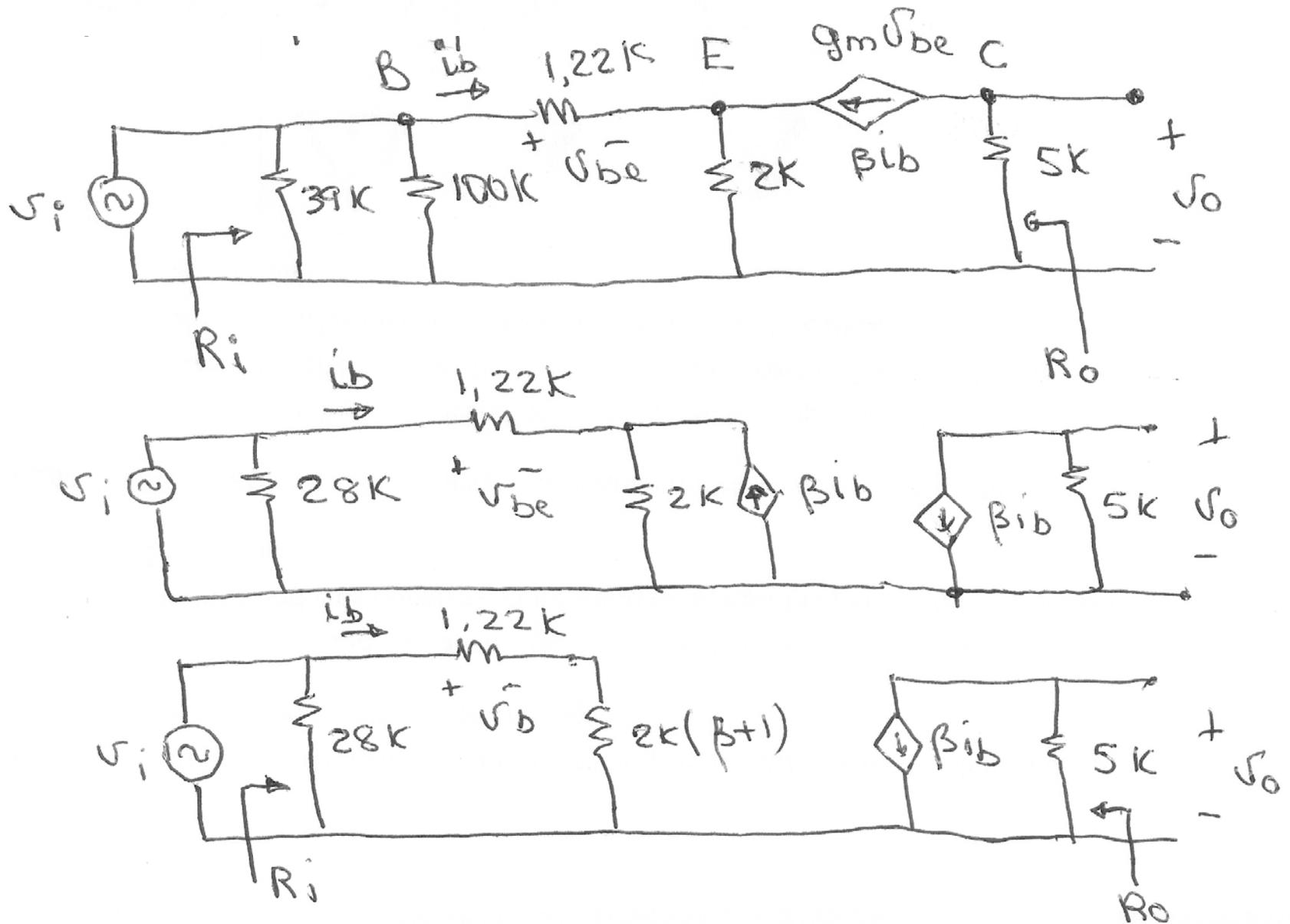
$$= 20 - 7K \times 2,13 \text{ mA} = 5,04V$$



$$g_m = \frac{I_C}{V_T} = \frac{2,13 \text{ mA}}{0,026 \text{ V}} = 81,92 \frac{\text{mA}}{\text{V}}$$

$$r_{\pi} = \frac{\beta}{g_m} = \frac{100}{81,92 \text{ mA/V}} = 1,22 \text{ K}\Omega$$

Circuito AC de pequeña señal



Ganancia de voltaje

$$i_b = \frac{v_i}{[1,22 + (101)2]k} = \frac{v_i}{203,22 k}$$

$$v_o = -5k \beta i_b = \frac{-500 v_i}{203,22}$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = -2,46$$

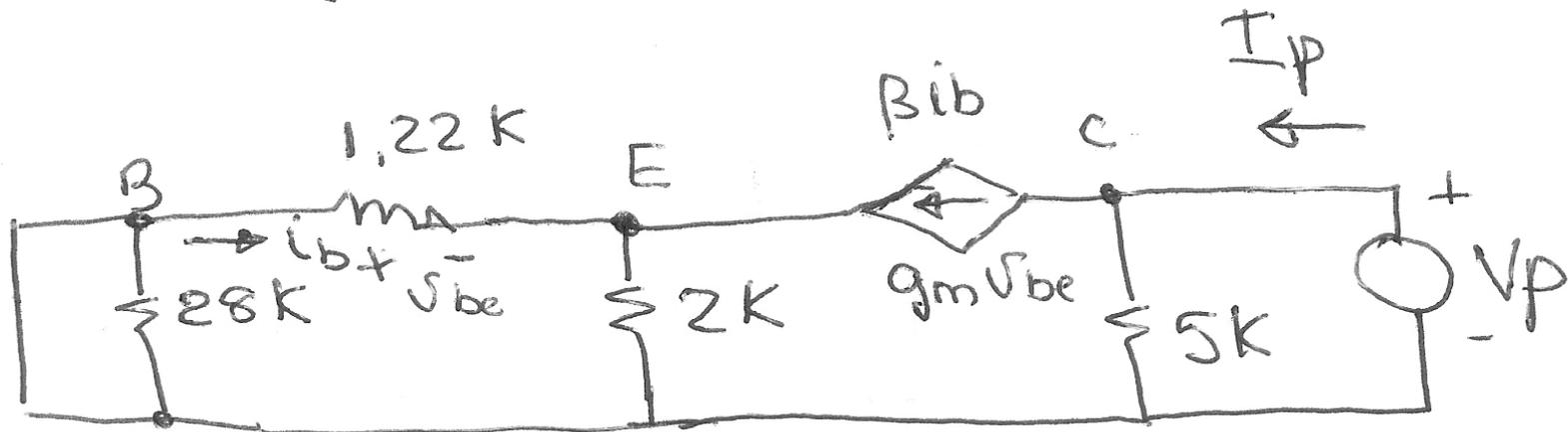
Resistencia de entrada

$$R_i = 39k // 100k // r_B$$

$$r_B = 1,22k + 202k = 203,22k$$

$$R_i = 39k // 100k // 203,22k = 24,65k$$

Resistencia de salida



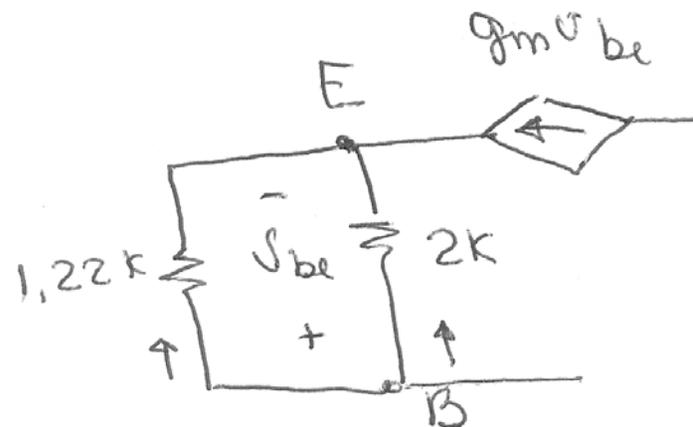
$$I_p = \frac{V_p}{5\text{k}} + g_m v_{be}$$

$$g_m v_{be} + \frac{v_{be}}{2\text{k}} + \frac{v_{be}}{1,22\text{k}} = 0$$

$$v_{be} = 0$$

$$I_p = \frac{V_p}{5\text{k}}$$

$$R_o = 5\text{k}\Omega$$



Resumen de Resultados

Punto de operación: $I_C = 2,13\text{mA}$ $V_{CE} = 5,04\text{V}$

La ganancia de voltaje es reducida, debido al efecto de la resistencia de Emisor: $A_v = -2,46$

La resistencia de entrada es elevada: $R_i = 24,65\text{ K}\Omega$

La resistencia de salida es igual a la de la configuración Emisor común: $R_o = 5\text{ K}\Omega$

CONDENSADORES DE ACOUPLE Y DESACOUPLE

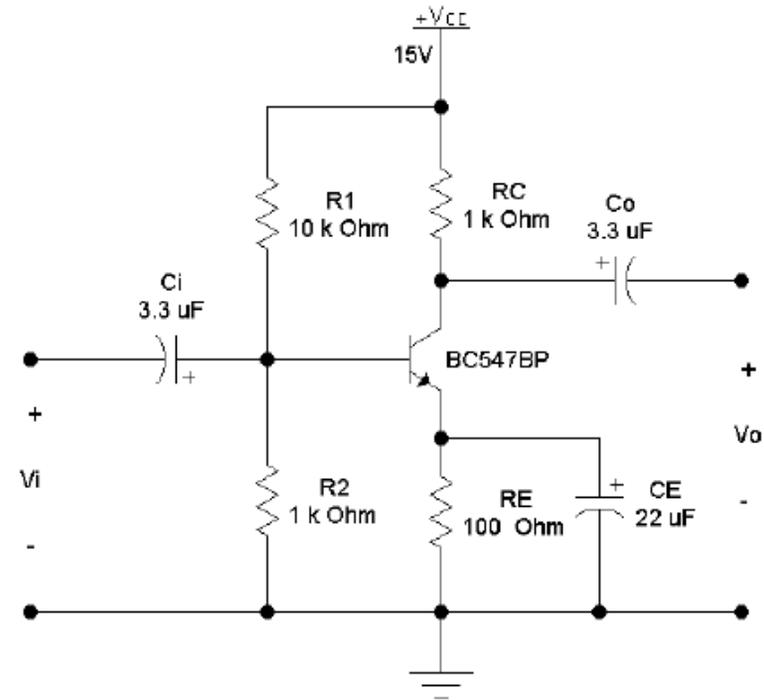
En el amplificador Emisor Común mostrado hay tres condensadores:

*Entre el generador de entrada y la base del transistor: La señal AC no afecta el punto de operación.

*En la salida, para conectar a él la resistencia de carga: La carga no afecta el punto de operación

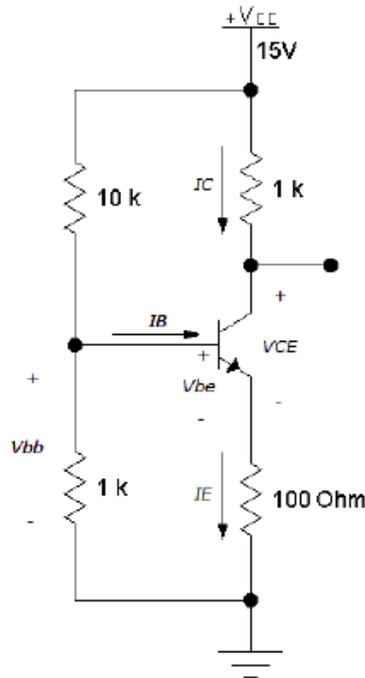
*En paralelo con la resistencia de Emisor: La resistencia R_E no afecta la ganancia AC.

Para el análisis AC la impedancia de los condensadores se considera infinita.

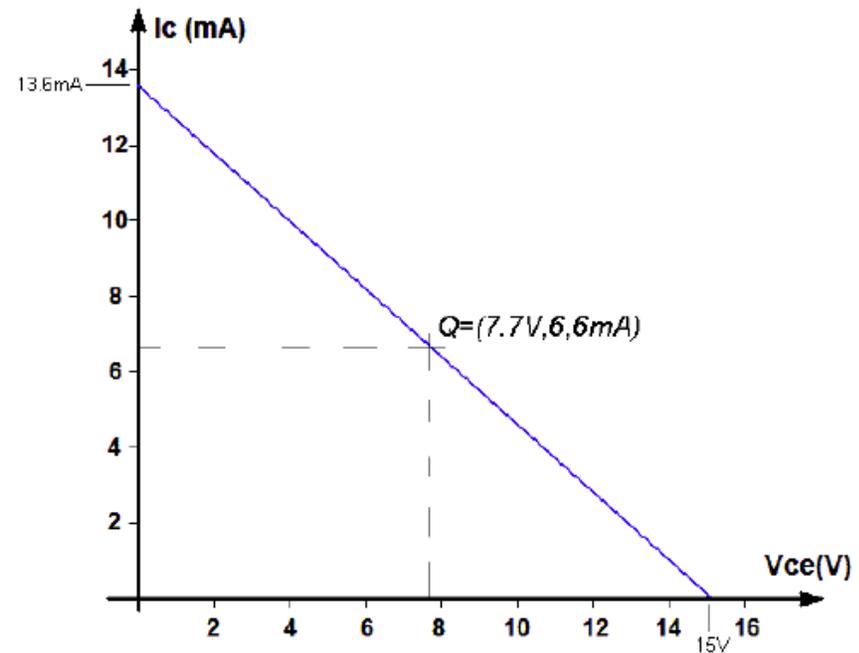


RECTA DE CARGA EN DC

Al hacer el análisis, y especialmente el diseño de un amplificador, hay que estudiar con cuidado las rectas de carga. Para el análisis en DC se considera el circuito mostrado, se determina el punto de operación y se ubica la recta de carga en el plano I_C vs V_{CE} . Al diseñar, es usual ubicar el punto de operación para tener el mayor rango de amplificación posible.



Circuito equivalente de continua



Recta de carga en continua