



Trabajo práctico

Emisor común

■ **Autores:**

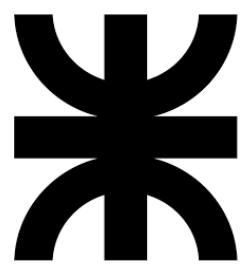
- Manuel León Parfait - Leg. 406599
- Marcos Raúl Gatica - Leg. 402006
- Valentino Rao - Leg. 402308



■ **Curso:** 3R1

■ **Asignatura:** Electrónica Aplicada I

■ **Institución:** Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional de Córdoba.



U
T
N

F
R
C

Índice

1. DISEÑO MÁXIMA EXCURSIÓN SIMÉTRICA	1
1.1. Cálculo de R_1 y R_2	1
1.2. Simulación e Implementación	2
1.2.1. Simulación ideal	2
1.2.2. Simulación normalizada	2
1.3. Implementación	2
2. ANÁLISIS Y TRAZADO DE RECTAS DE CARGA	3
2.1. Cálculo rectas de carga	3
2.1.1. CC	3
2.1.2. CA	3
2.2. Recta de carga	3
3. MEDICIONES EN PEQUEÑA SEÑAL DE Z_i, Z_o, A_i y A_v	4
3.1. Análisis	4
3.2. Experimental	4

1. DISEÑO MÁXIMA EXCURSIÓN SIMÉTRICA

Se tiene el siguiente circuito, consiste en un transistor configurado en base común cuya entrada es una pequeña señal y en la salida se obtiene la misma señal con mayor tensión.

El circuito se diseñó para obtener la máxima excursión simétrica, dícese el punto donde se obtiene la mayor variación posible de la señal de entrada (o salida) que no provoca recorte ni por saturación ni por corte del transistor, y que se da de manera simétrica respecto al punto de operación (Q).

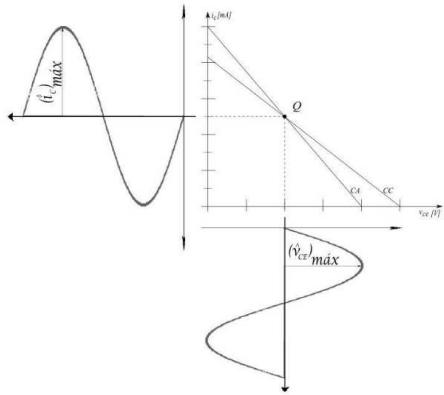


Figura 1: Gráfico de máxima excursión simétrica

Componentes dados:

- $R_e = 180\Omega$
- $R_L = 1K\Omega$
- $R_C = 1,2K\Omega$

Componentes a calcular:

- $R_1 = ?\Omega$
- $R_2 = ?\Omega$

Los componentes usados para este amplificador y en este trabajo fueron:

- $V_{CC} = 15V$
- Transistor BC547B ($\beta = 540$)

1.1. Cálculo de R_1 y R_2

Para calcular R_1 y R_2 primero tenemos que hacer los cálculos de nuestro punto Q, primero calculamos la I_{CQMES} , para esto dividimos la tensión de entrada del circuito, por la suma de la resistencia para el circuito en corriente continua (R_{CC}) y la resistencia entre corriente alterna(R_{CA}).

$$I_{CQMES} = \frac{V_{CC}}{R_{CC} + R_{CA}}$$

$$I_{CQMES} = \frac{V_{CC}}{(R_C + R_e) + (R_C // R_L)}$$

$$I_{CQMES} = \frac{15V}{(180\Omega + 1,2K\Omega) + (180\Omega // 1K\Omega)}$$

$$I_{CQMES} = \frac{15V}{(1380\Omega) + (542,45\Omega)}$$

$$I_{CQMES} = 7,7903mA$$

Luego podemos decir que $I_C \approx I_E$, para hacer LKT en la malla de salida y calcular V_{CE} . (Aclaración I_{CQMES} e I_C van a ser iguales a partir de ahora)

$$V_{CC} - I_C \cdot R_C - V_{CE} - I_E \cdot R_e = 0$$

$$V_{CE} = V_{CC} - I_C \cdot R_C - I_E \cdot R_e$$

$$V_{CE} = 15V - 7,7903mA \cdot 1,2k\Omega - 7,7903mA \cdot 180\Omega$$

$$V_{CE} = 4,2493V$$

Ahora debemos encontrar V_{BB} , una regla de diseño importante es que $I_B \cdot \beta = I_C$ y que para la estabilidad $\frac{R_e}{10} = \frac{R_B}{\beta}$, como nosotros no conocemos R_B vamos a tratar de reemplazar por el valor de R_e .

$$V_{BB} - R_B \cdot I_B - V_{BE} - I_E \cdot R_e = 0$$

$$V_{BB} - R_B \cdot I_B - V_{BE} - I_C \cdot R_e = 0$$

$$V_{BB} = R_B \cdot I_B + V_{BE} + I_C \cdot R_e$$

Ahora reemplazamos R_B e I_B :

$$V_{BB} = \frac{R_e}{10} \beta \cdot \frac{I_C}{\beta} + V_{BE} + I_C \cdot R_e$$

Los β se cancelan:

$$V_{BB} = \frac{R_e}{10} \cdot I_C + V_{BE} + I_C \cdot R_e$$

$$V_{BB} = \frac{180\Omega}{10} \cdot 7,7903mA + 0,7V + 7,7903mA \cdot 180\Omega$$

$$V_{BB} = 2,24V$$

Ahora ya podemos calcular R_1 y R_2 con el siguiente sistemas de ecuaciones:

$$R_B = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{R_B}{R_2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{BB} = \frac{V_{CC}}{R_1 + R_2} \cdot R_1$$

$$\frac{V_{BB}}{V_{CC}} = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

5.2

Si resolvemos R_2 :

$$\frac{R_B}{R_2} = \frac{V_{BB}}{V_{CC}}$$

$$R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{BB}} \cdot R_B$$

$$R_2 = \frac{V_{CC}}{V_{BB}} \cdot \frac{R_e \cdot \beta}{10}$$

$$R_2 = \frac{15V}{2,24V} \cdot \frac{180 \cdot \beta}{10}$$

$$R_2 = 120,4054055\Omega \cdot \beta$$

Con el mismo modo si resolvemos R_1 queda que $R_1 = 21,163893\Omega \cdot \beta$, entonces R_1 y R_2 quedan:

- $R_2 = 120,4054055\Omega \cdot \beta$
- $R_1 = 21,163893\Omega \cdot \beta$

Valores ajustados al β

- $R_1 = 11,4285022k\Omega$
- $R_2 = 65,0189189k\Omega$



Valores normalizados

- $R_1 = 12k\Omega$
- $R_2 = 68k\Omega$

6.2

Valores Importantes Obtenidos

- $I_{CQMES} =$
- $V_{CE} =$
- $R_1 = 12k\Omega$
- $R_2 = 68k\Omega$



6.3

1.2. Simulación e Implementación

Se hicieron 2 simulaciones, una con los valores ideales de las resistencias obtenidas a partir de las reglas de diseño y otra con los valores normalizados más cercanos de las mismas, los circuitos se simularon en ltspice, lo que pretendemos con las simulaciones es que los valores calculados no difieran del $\pm 10\%$ con respecto a las simulaciones.

6.8

1.2.1. Simulación ideal

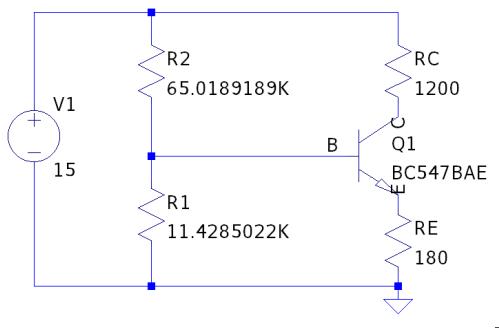


Figura 2: Simulación ideal

Valores Obtenidos

- $V_{CE} = 4,6041008V$
- $I_{CQ} = 7,5310208mA$
- $I_B = 17,167742\mu A$
- $I_{R_1} = 181,61203\mu A$
- $I_{R_2} = 198,77977\mu A$



1.2.2. Simulación normalizada

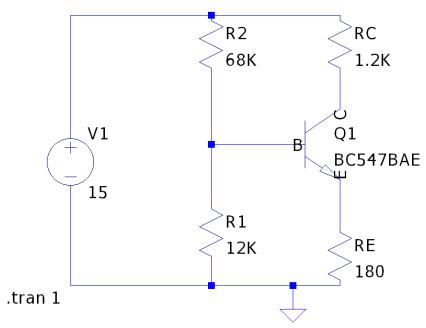


Figura 3: Simulación normalizada

Valores Obtenidos

- $V_{CE} = 4,6084311V$
- $I_{CQ} = 7,5278841mA$
- $I_B = 17,159407\mu A$
- $I_{R_1} = 172,914\mu A$
- $I_{R_2} = 190,07392\mu A$



6.1



6.1

1.3. Implementación

Cuando implementamos el circuito no medimos directamente los valores, sino que medimos las tensiones claves con respecto a masa para tener una medición más acertada de los valores.

Valores Obtenidos

- $V_{CC} = 14,56V$
- $V_C = 6,12V$
- $V_E = 17,159407\mu A / 1,32V$
- $V_B = 1,99V$



6.5



6.7

Cálculos de la Implementación

$$V_{CE} = V_C - V_E$$

$$V_{CE} = 6,12V - 1,32V$$

$$V_{CE} = 4,8V$$

$$I_{CQ} = \frac{V_{CC} - V_C}{R_C}$$

$$I_{CQ} = \frac{14,56V - 6,12V}{1,2k\Omega}$$

$$I_{CQ} = 7,03mA$$

$$I_{R_1} = \frac{V_B}{R_1}$$

$$I_{R_1} = \frac{1,99V}{12k\Omega}$$

$$I_{R_1} = 166,58\mu A$$

$$I_{R_2} = \frac{V_{CC} - V_B}{R_2}$$

$$I_{R_2} = \frac{14,56V - 1,99V}{68k\Omega}$$

$$I_{R_2} = 184,85\mu A$$

$$I_B = I_{R_2} - I_{R_1}$$

$$I_B = 184,85\mu A - 166,58\mu A$$

$$I_B = 18,27\mu A$$

	V_{CE}	I_{CQ}	I_{R_1}	I_{R_2}	I_B
Sim-ideal	4,6041008V	7,5310208mA	181,61203μA	198,77977μA	17,167742μA
Sim-norm	4,6084311V	7,5278841mA	172,914μA	190,07392μA	17,159407μA
Implementación	4,8V	7,03mA	166,58μA	184,85μA	18,27μA

Como podemos concluir los valores de la polarización estan dentro del 10% por lo tanto, podemos continuar con las mediciones de impedancia y ganancia.



7.1

2. ANÁLISIS Y TRAZADO DE RECTAS DE CARGA

Una vez adoptados los valores de los resistores normalizados (de 1/4W), se procedió a calcular nuevamente los valores teóricos de:

$$V_{CEQ}, I_{CQ}, I_{R1}, I_{R2} \text{ y } I_{BQ}$$

para ser comparados con los valores medidos con el multímetro en el punto anterior.

En este punto también se han trazado rectas de carga de corriente continua y corriente alterna tomando como valores de resistencias los normalizados para reemplazar en las ecuaciones. El objetivo es visualizar gráficamente la excursión simétrica real sin distorsión.

2.1. Cálculo rectas de carga

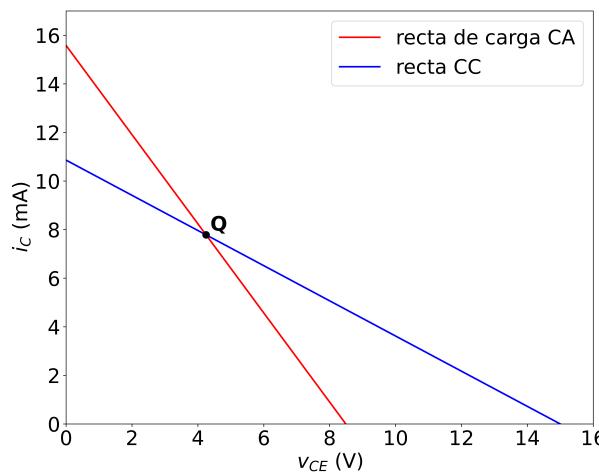
2.1.1. CC

$$v_{CE} = V_{CC} - I_C(R_C + R_E)$$

Siendo:

$$I_C = -\frac{1}{R_C + R_E} \cdot V_{CE} + \frac{V_{CC}}{R_C + R_E}$$

2.2. Recta de carga



7.3

Figura 4: Rectas de carga

$$i_C = 0 \Rightarrow v_{CEMAX} = V_{CC} = 15V$$

$$\rightarrow i_{CMAX} = \frac{15V}{1,2k\Omega + 180\Omega}$$

$$i_{CMAX} = 10,86mA$$

7.2

2.1.2. CA

$$v_{CE} = V'_{CC} - i_C \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right)$$

$$i_C = -\left(\frac{R_C + R_L}{R_C \cdot R_L} \right) v_{CE} + V'_{CC} \cdot \left(\frac{R_C + R_L}{R_C \cdot R_L} \right)$$

$$i_C = -\left(\frac{R_C + R_L}{R_C \cdot R_L} \right) v_{CE} + (V_{CEQMES} + I_{CQ}) \left(\frac{R_C R_L}{R_C + R_L} \right) \cdot \left(\frac{R_C + R_L}{R_C R_L} \right)$$

$$v_{CE} = 0 \Rightarrow i_{CMAX} = V'_{CC} \frac{R_C + R_L}{R_C R_L}$$

$$i_C = 0 \Rightarrow v_{CEMAX} = V'_{CC}$$

$$\rightarrow V'_{CC} = 4,2493V + 7,7903mA \left(\frac{1,2k\Omega \cdot 1000\Omega}{1000\Omega + 1,2k\Omega} \right)$$

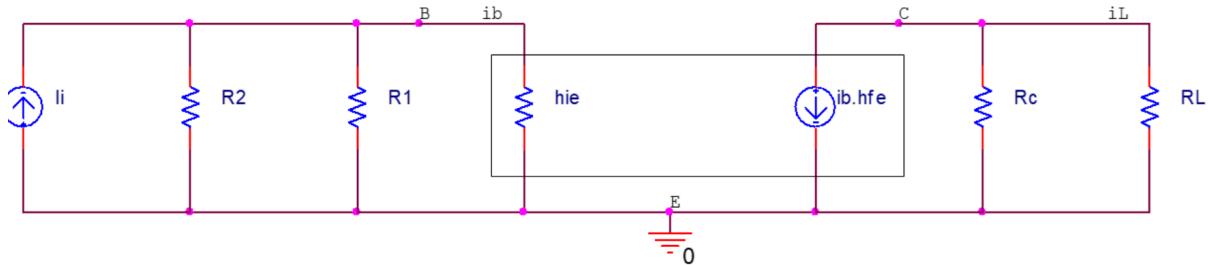
$$V'_{CC} = 8,4985V$$



3. MEDICIONES EN PEQUEÑA SEÑAL DE Z_i , Z_o , A_i y A_v

3.1. Análisis

En este apartado se reemplaza al transistor por su modelo equivalente para pequeñas señales.



8.1

Figura 5: Circuito híbrido equivalente del transistor

- h_{fe} : Ganancia de corriente en polarización directa para $h_{fe} = \beta$!

$$\beta = 540$$

- h_{ie} : Impedancia de entrada del transistor.

$$h_{ie} = h_{fe} \cdot \frac{25mV}{I_{CQ}}$$

$$h_{ie} = 540 \cdot \frac{25mV}{7,7903mA}$$

$$h_{ie} = 1,733k\Omega$$



Calculo de R_B :

$$R_B = R_2 \frac{V_{BB}}{V_{CC}}$$

$$R_B = 12,31738k\Omega \frac{2,24V}{16V}$$

$$R_B = 1,84138k\Omega$$

8.2

$$Z_i = \frac{R_B \cdot h_{ie}}{R_B + h_{ie}}$$

$$Z_i = \frac{1,84138k\Omega \cdot 1,733k\Omega}{1,84138k\Omega + 1,733k\Omega}$$

$$Z_i = 892,773\Omega$$

$$Z_o \approx R_C$$

$$Z_o \approx 1200\Omega$$

$$A_i = -h_{fe} \frac{R_C}{R_C + R_L} \cdot \frac{R_B}{R_B + h_{ie}}$$

$$A_i = -540 \frac{1,2k\Omega}{1,2k\Omega + 1k\Omega} \cdot \frac{1,84138k\Omega}{1,84138k\Omega + 1,733k\Omega}$$

$$A_i = -151,738$$



$$A_v = A_i \cdot \frac{R_L}{Z_i}$$

$$A_v = -151,738 \cdot \frac{1k\Omega}{892,773\Omega}$$

$$A_v = -169,962$$



3.2. Experimental

Se coloca el generador de señales mostrado en la siguiente figura, inyectando una señal (sinusoidal en este caso) con una frecuencia de 1 KHz y con una tensión pico a pico de 1V. El objetivo es medir la tensión en antes y después del resistor sensor (R_S).

Medidas Z_i

- $R_S = 1k\Omega$
- $v_s = 20mV_{pp}$
- $v_i = 13,75mV_{pp}$
- $v_L = 1V_{pp}$

$$Z_i = \frac{V_i}{\frac{V_s - V_i}{R_{SENSORA}}}$$

$$Z_i = \frac{13,75mV}{\frac{20mV - 13,75mV}{1k\Omega}}$$

$$Z_i = 2200\Omega$$

$$A_V = \frac{V_L}{V_i}$$

$$A_V = \frac{1V}{13,75mV}$$

$$A_V = 72,72$$

$$A_i = \frac{v_L/R_L}{\frac{v_s - v_i}{R_{SENSORA}}}$$

$$A_i = \frac{1V/1k\Omega}{\frac{20mV - 13,75mV}{1k\Omega}}$$

$$A_i = 160$$

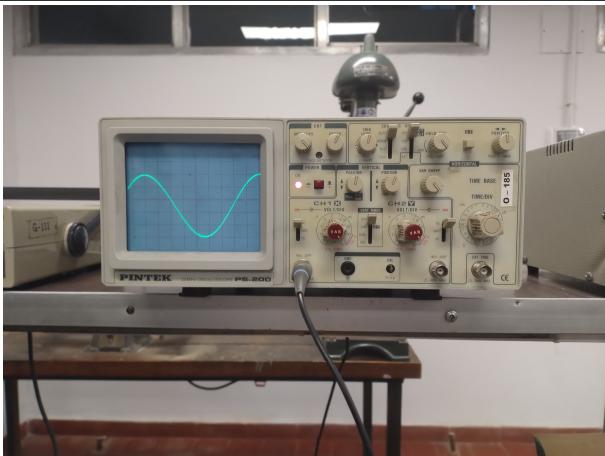


Figura 6: Osciloscopio V_i

Medidas Z_o

- $R_S = 1,2k\Omega$
- $v_S = 1V_{pp}$
- $v_o = 0,5V_{pp}$

$$Z_o = \frac{V_o}{\frac{V_S - V_o}{R_S}}$$

$$Z_o = \frac{0,5V}{\frac{1V - 0,5V}{1,2k\Omega}}$$

$$Z_o = 1200\Omega$$

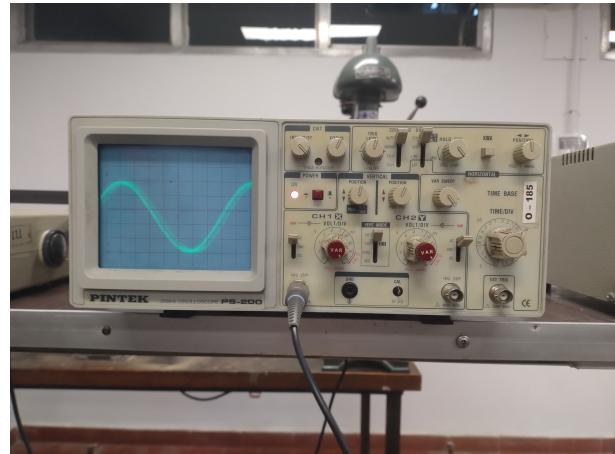


Figura 8: Osciloscopio V_o

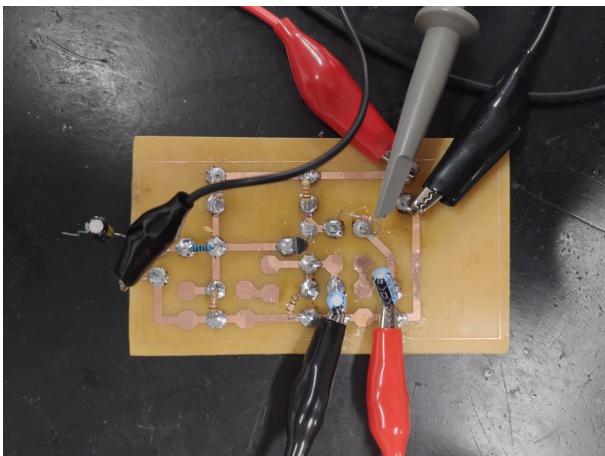


Figura 7: Conexión en placa

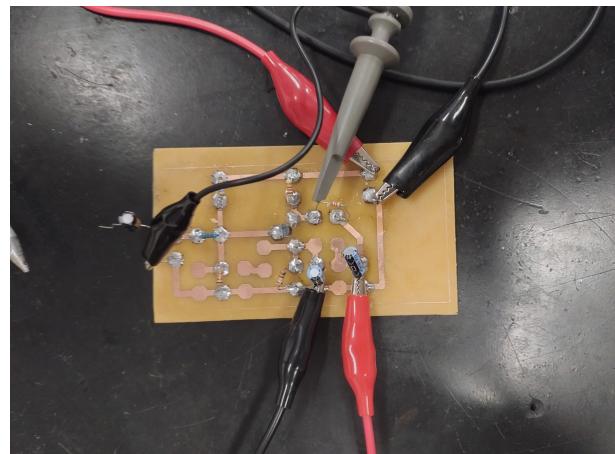


Figura 9: Conexión en placa

Índice de comentarios

- 5.1 El formato de dos columnas no se suele usar en informes técnicos. Se busca claridad en la información presentada, mucho más que aprovechar la carilla como se hace en otros medios escritos. Próx informe sin doble columna
- 5.2 RB? cuánto?

 - 6.1 faltan los análisis de tolerancia (10%) en las simulaciones y en la implementación
 - 6.2 estos se eligen más adelante, y en función de los resultados de su simulación
 - 6.3 por qué está vacío?
 - 6.4 "con el software LTspice"
 - 6.5 Por qué no usaron 15 V ? es una condición perfectamente ajustable y además de una condición de diseño
 - 6.6 están agregando una fuente de error innecesaria a todo el desarrollo al bajar ese medio volt en Vcc
 - 6.7 q pasó acá?
 - 6.8 Está bien construida la idea, pero necesita un punto esa redacción... podría ser desp de "las mismas".

- 7.1 me faltan las cuentas q hicieron para concluir q ese 10 % es cierto
- 7.2 aclarar q es con $V_{CE} = 0$
- 7.3 No quedan claros los cortes en los ejes, o en su defecto la ecuación de la recta

 - 8.1 qué son esos signos de admiración? sobras de la IA???
 - 8.2 no sé qué hicieron acá...
 - 8.3 RB es el paralelo de R1 y R2