

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA
DE BUENOS AIRES

ELECTRÓNICA APLICADA I

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 1

Amplificadores Monoetapa

Integrantes

ANDES SUKANEK (Dirección)
JUAN SANAHUJA (Cálculos)
FRANCO CAPRULA (Mediciones)
FACUNDO VIÑA (Simulación)
JAVIER ORTOLAN

Profesor
ING. DANIEL PELLETTIERI

Ayudante
ING. ALEJANDRO FURFARO

Octubre 23 de 2019

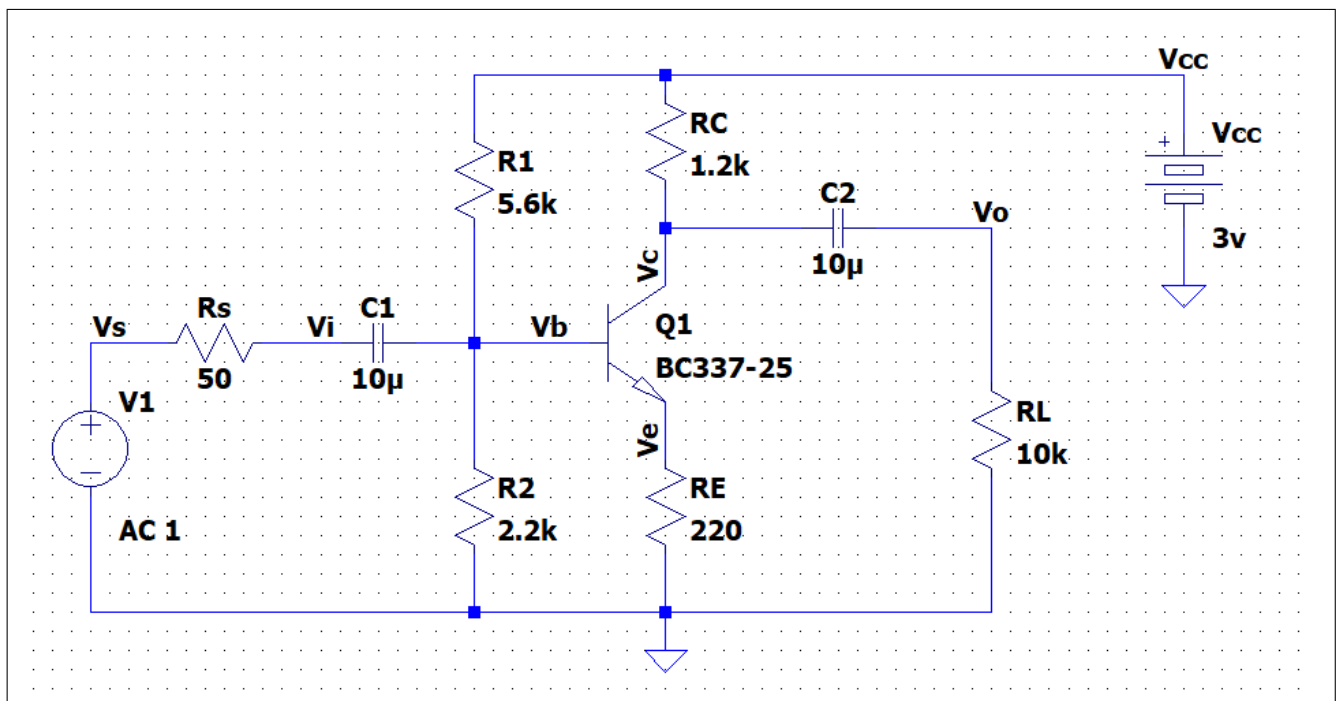
1 Introduccion

Se planteo como objetivo lograr el diseño de un amplificador monoetapa con una resistencia de entrada decente y cuya ganancia fuera de entre 4 y 5 veces. La resistencia de la señal de entrada se planteo como 50Ω , valor típico de las fuentes de laboratorio.

Para satisfacer las necesidades impuestas se decidio por el diseño de un R_E sin puentear.

Al diseñar el circuito se trató al mismo tiempo de reducir el valor de la fuente de alimentación necesaria lo maximo posible. Por esto, y teniendo cuenta los dispositivos que se encontraban a nuestro alcance, se decidio por utilizar un transistor NPN BC337.

Luego del diseño, en el cual se trato de imponer una $I_C \approx 1\text{mA}$, una $A_v \approx 5$ y una $V_{cc} = 3\text{V}$, se obtuvo el siguiente circuito:



Circuito diseñado

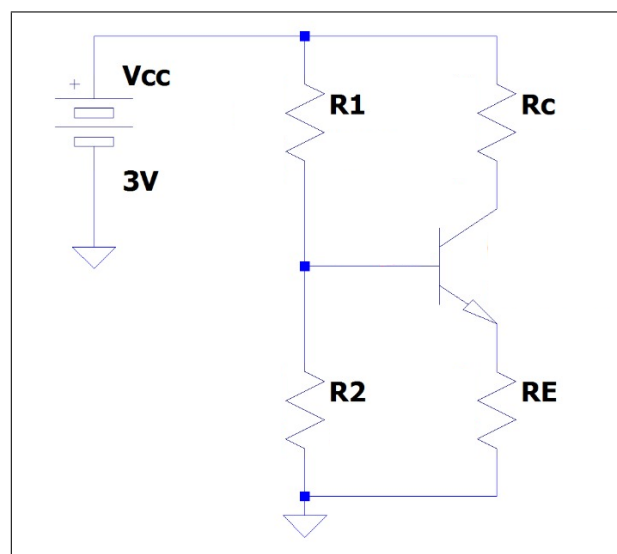
2 Calculos

2.1 Estático

A partir de la hoja de datos del BJT BC337 obtuvimos:

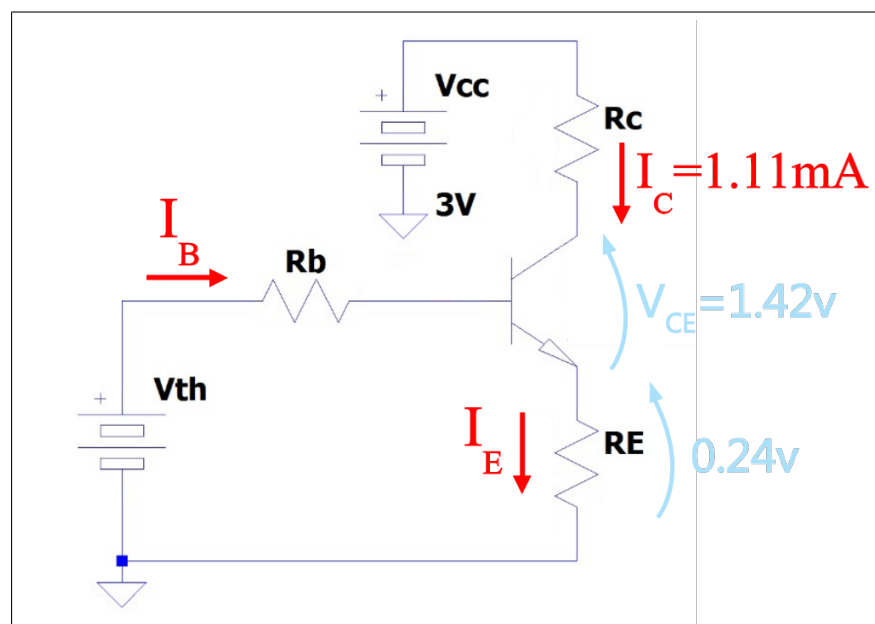
- $h_{FE} = 300$
- $V_{BE} = 0.6 \text{ V}$
- $V_A = -100 \text{ V}$

Analizando el circuito estático, se obtiene el siguiente circuito:



Circuito estático

Planteando Thevenin en la base del transistor se obtiene el siguiente circuito:



Donde:

$$V_{TH} = V_{CC} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3 \text{ V} \cdot \frac{2.2 \text{ k}\Omega}{5.6 \text{ k}\Omega + 2.2 \text{ k}\Omega} = 0.85 \text{ V}$$

$$R_B = R_1 // R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega // 5.6 \text{ k}\Omega = 1.58 \text{ k}\Omega$$

A partir de esta equivalencia podemos despejar I_B como:

$$\begin{aligned}
 V_{TH} - I_B R_B - V_{BE} - I_E R_E &= 0 \text{ V} \\
 V_{TH} - V_{BE} - I_B (R_B + (h_{FE} + 1) R_E) &= 0 \text{ V} \\
 I_B = \frac{V_{TH} - V_{BE}}{R_B + (h_{FE} + 1) R_E} &= \frac{0.85 \text{ V} - 0.6 \text{ V}}{1.58 \text{ k}\Omega + (300 + 1) 0.22 \text{ k}\Omega} = 3.69 \mu\text{A}
 \end{aligned}$$

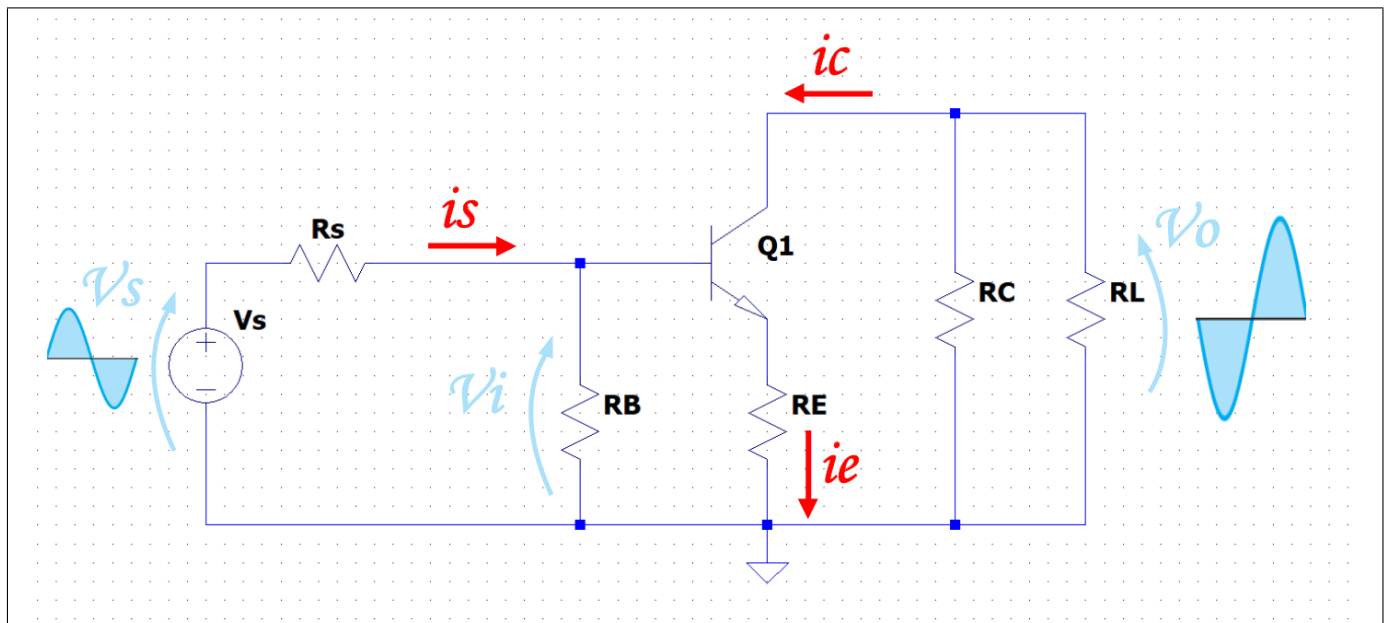
Y conociendo las características del transistor:

$$I_C = I_B h_{FE} = 3.69 \mu\text{A} \cdot 300 = 1.11 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned}
 V_{CE} &= V_{CC} - I_C R_C - (I_C + I_E) R_E \\
 V_{CE} &= 3 \text{ V} - 1.11 \text{ mA} \cdot 1.2 \text{ k}\Omega - (3.69 \text{ mA} + 1.11 \text{ mA}) 0.22 \text{ k}\Omega = 1.42 \text{ V}
 \end{aligned}$$

2.2 Dinámico

Analizando el circuito dinámico, se obtiene el siguiente circuito:



Circuito dinámico

Segun el punto Q calculado en el estatico:

$$g_m = 40 \frac{1}{V} \cdot I_C = 40 \frac{1}{V} \cdot 1.11 \text{ mA} = 44.4 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$h_{ie} = \frac{h_{FE}}{g_m} = \frac{300}{44.4 \frac{\text{mA}}{V}} = 6.76 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = \frac{|V_A|}{I_C} = \frac{|-100 \text{ V}|}{1.11 \text{ mA}} = 90 \text{ k}\Omega$$

Y con estos valores podemos sacar las resistencias de entrada R_i y de salida R_o como:

$$R_i = h_{ie} + (1 + h_{FE})R_E = 6.76 \text{ k}\Omega + (1 + 300)0.22 \text{ k}\Omega = 73 \text{ k}\Omega$$

$$R_{BT} = R_B // R_S = 1.58 \text{ k}\Omega // 0.05 \text{ k}\Omega = 0.05 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = ((R_{BT} + h_{ie}) // R_E) + r_o \left(1 + \frac{h_{FE}R_E}{R_{BT} + h_{ie} + R_E} \right)$$

$$R_o = \left((0.05 \text{ k}\Omega + 6.76 \text{ k}\Omega) // 0.22 \text{ k}\Omega \right) + 90 \text{ k}\Omega \cdot \left(1 + \frac{300 \cdot 0.22 \text{ k}\Omega}{0.05 \text{ k}\Omega + 6.76 \text{ k}\Omega + 0.22 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$R_o = 0.21 \text{ k}\Omega + 90 \text{ k}\Omega \cdot 10.39 = 935 \text{ k}\Omega$$

Y segun el circuito dinamico podemos plantear la ganancia como:

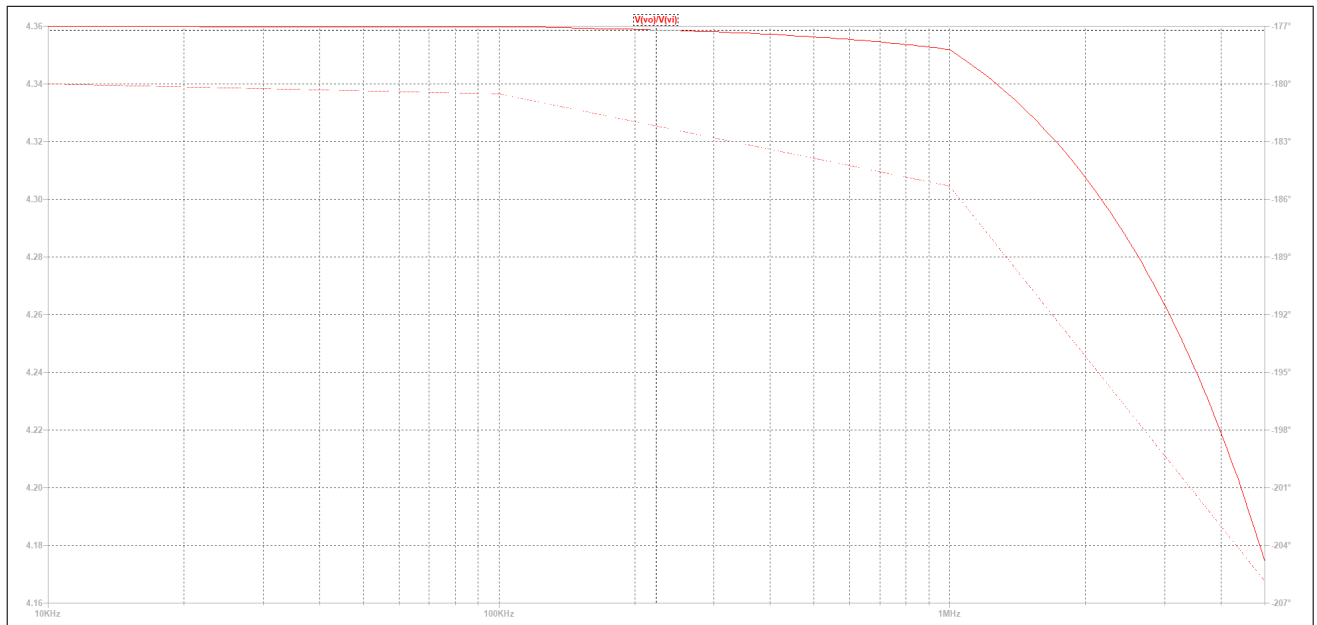
$$R_D = R_C // R_L = 1.2 \text{ k}\Omega // 10 \text{ k}\Omega = 1.07 \text{ k}\Omega$$

$$A_v = \frac{v_o}{v_i} = - \frac{i_c (R_D // R_o)}{i_b R_i} = - \frac{h_{FE} (R_D // R_o)}{R_i}$$

$$A_v = - \frac{300 (1.07 \text{ k}\Omega // 935)}{73 \text{ k}\Omega} = -4.4$$

$$A_{vs} = A_v \frac{v_i}{v_s} = A_v \frac{R_B}{R_B + R_S} = -4.4 \frac{1.58 \text{ k}\Omega}{1.58 \text{ k}\Omega + 0.05 \text{ k}\Omega} = -4.26$$

3 Simulacion



Curva de ganancia

El resto de los resultados se indican en la tabla presente en la siguiente seccion.

4 Cuadro de Resultados

4.1 Estático

Variable	Valor calculado	Valor de simulacion	Valor medido
V_{BEQ}	0.6 V	0.61 V	0.6 V
V_{CEQ}	1.42 V	1.52 V	1.39 V
I_{CQ}	1.11 mA	1.04 mA	1.15 mA
V_{CBQ}	0.82 V	0.9 V	0.8 V
A_v	-4.4	-4.36	-4.4
A_{vs}	-4.26	-4.22	-4.3

4.2 Dinámico

Capacitores	f (kHz)	Vs (mV)	Vo (V)
10 μ F	1	100	0.43
	10	100	0.43
	20	100	0.42
	50	100	0.42
	100	100	0.41
	200	100	0.41
	300	100	0.41
	400	100	0.40
	800	100	0.39
	1000	100	0.38
	1500	100	0.33
	2000	100	0.28
	3000	100	0.21
	4000	100	0.18
	5000	100	0.15

Capacitores	f (kHz)	Vs (mV)	Vo (V)
100 μ F	1	100	0.44
	10	100	0.43
	20	100	0.42
	50	100	0.41
	100	100	0.40
	200	100	0.40
	300	100	0.40
	400	100	0.40
	800	100	0.38
	1000	100	0.35
	1500	100	0.30
	2000	100	0.26
	3000	100	0.22
	4000	100	0.18
	5000	100	0.15

Variable	Valor calculado	Valor medido
R_i	73 k Ω	
R_o	935 k Ω	

Durante la práctica hubo inconvenientes para medir los valores de R_i y R_o , por lo que las casillas de estos quedan libres para completar en su posterior medición.

5 Conclusiones

Al momento de armar el circuito se noto que este era muy sensible a los cambios en la tensión base emisor V_{BE} . Si bien esto no se habia tenido en cuenta, se propuso que esto era un mal necesario para satisfacer la necesidad de una fuente de alimentacion de tan solo 3 V.

Siguiendo esta problemática es que durante la práctica nos encontramos con que el valor de V_{BE} era de 0.6 V, contrario a los 0.7 V que se habian planteado originalmente al momento del diseño. Por esto mismo es que se tomó la decisión de modificar la resistencia R_2 de manera que se mejorara la excursión resultante (el valor original de la misma era de 2.7 k Ω).

Finalmente se comprobó lo dicho ya varias veces durante la materia, que la única manera de diseñar circuitos con salidas estables independientemente de las variaciones de sus componentes es por medio de realimentaciones.