

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
DE BUENOS AIRES

ELECTRÓNICA APLICADA I

TRABAJO PRÁCTICO DE LABORATORIO N° 2

---

# Amplificadores Diferenciales

---

*Integrantes*

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

*Profesor*

ING. DANIEL PELLETTIERI

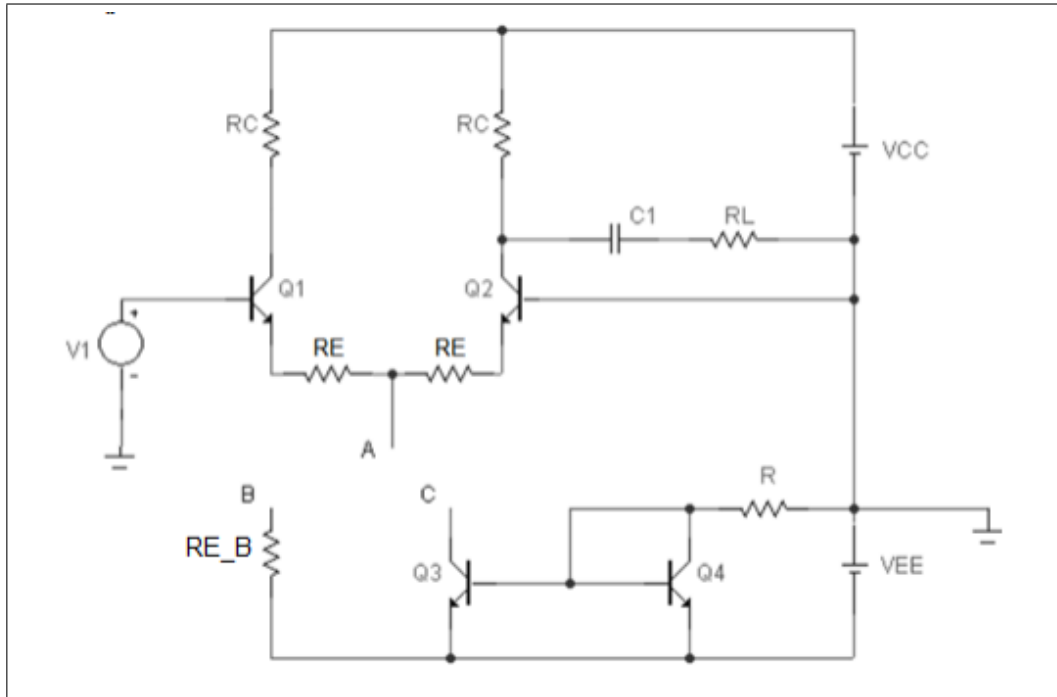
*Ayudante*

ING. ALEJANDRO GONZALEZ

Noviembre 23 de 2019

## 1 Introduccion

Se propuso armar un amplificador diferencial con componentes discretos para luego comparar el resultado del mismo siendo polarizado tanto por una resistencia como por una fuente tipo espejo.



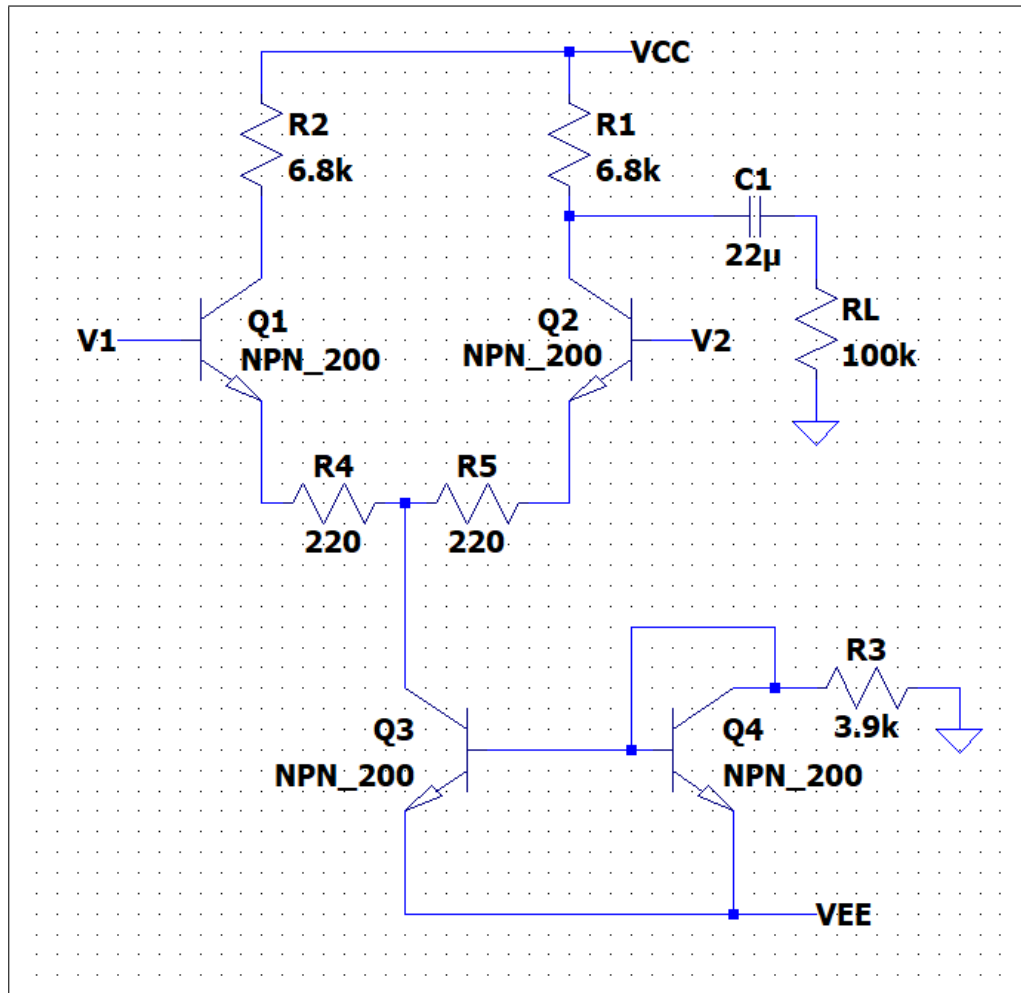
*Circuito bajo estudio*

Para esto utilizamos transistores BC548, de cuya hoja de datos se obtuvieron los siguientes valores:

- $h_{FE} = 300$
- $V_{BE} = 0.7 \text{ V}$
- $V_A = -100 \text{ V}$

## 2 Utilizando Fuente Espejo

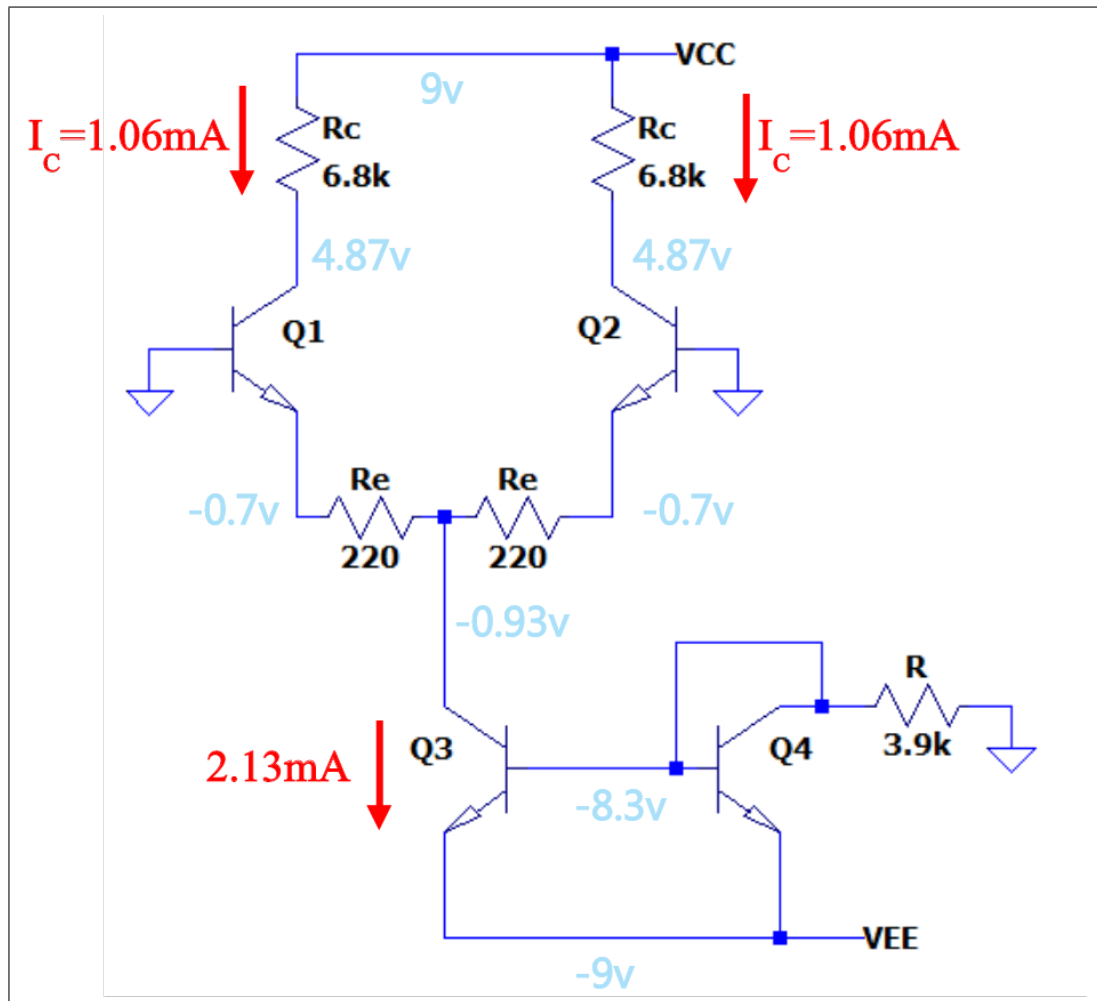
Al utilizar la fuente espejo para la polarización, el circuito quedaría de la siguiente manera:



*Circuito*

## 2.1 Estático

Analizando el circuito estático, se obtiene el siguiente circuito:



*Circuito estático*

## 2.2 Dinámico

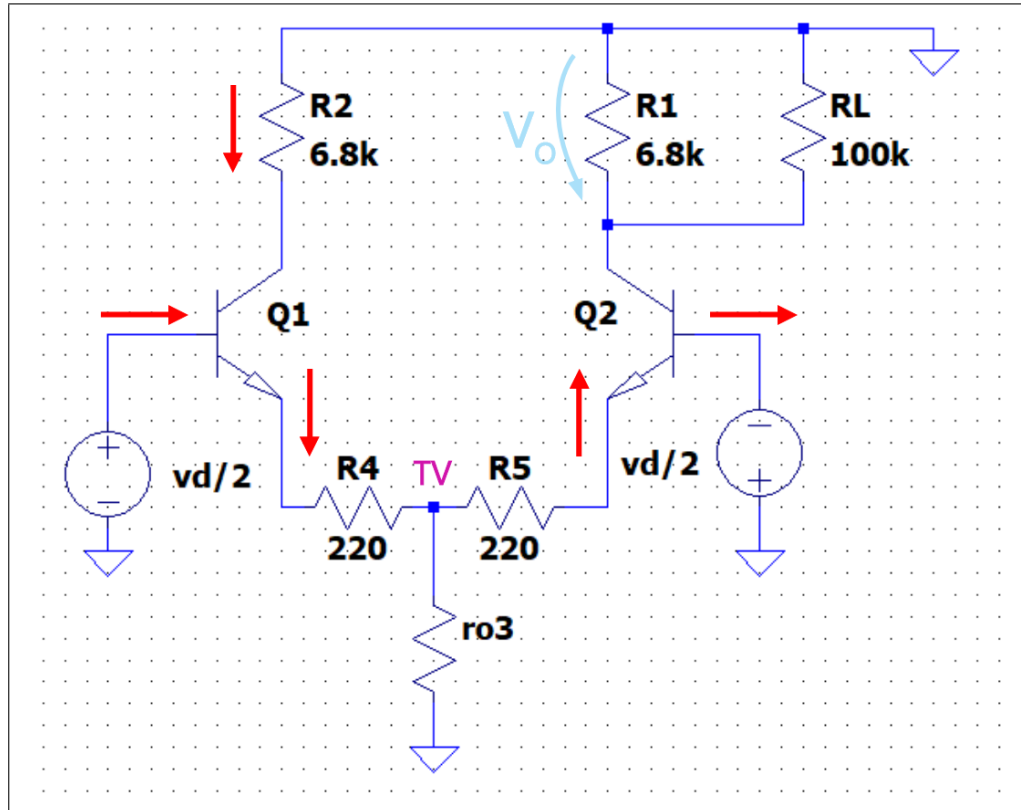
Segun el punto Q calculado en el estatico:

$$g_m = 40 \frac{1}{V} \cdot I_C = 40 \frac{1}{V} \cdot 1.06 \text{ mA} = 42.4 \frac{\text{mA}}{V}$$

$$h_{ie} = \frac{h_{FE}}{g_m} = \frac{300}{42.4 \frac{\text{mA}}{V}} = 7.07 \text{ k}\Omega$$

$$r_o = \frac{|V_A|}{I_C} = \frac{|-100 \text{ V}|}{1.06 \text{ mA}} = 94 \text{ k}\Omega$$

Analizando el circuito dinámico en modo diferencial, se obtiene el siguiente circuito:



*Circuito dinámico*

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

$$R_i = 2(h_{ie} + h_{FE}R_E) = 2(7.07 \text{ k}\Omega + 3000 \cdot 0.22 \text{ k}\Omega) = 146 \text{ k}\Omega$$

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

$$R_o = \left( 94 \text{ k}\Omega \cdot \left( 1 + \frac{300 \cdot 0.22 \text{ k}\Omega}{7.07 \text{ k}\Omega + 0.22 \text{ k}\Omega} \right) \right) // 6.6 \text{ k}\Omega$$

$$R_o = 940 \text{ k}\Omega // 6.6 \text{ k}\Omega = 6.5 \text{ k}\Omega$$

Y según el circuito dinámico en modo diferencial podemos plantear la ganancia en modo diferencial como:

$$A_{vd} = \frac{v_o}{v_d} = \frac{g_m(R_C // R_L)}{2(1 + R_E g_m)} = \frac{42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} (6.8 // 100)}{2(1 + 42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \cdot 0.22 \text{ k}\Omega)} = \frac{269.96}{20.66} = 13.07$$

A partir del circuito dinámico podemos plantear la ganancia en modo comun como:

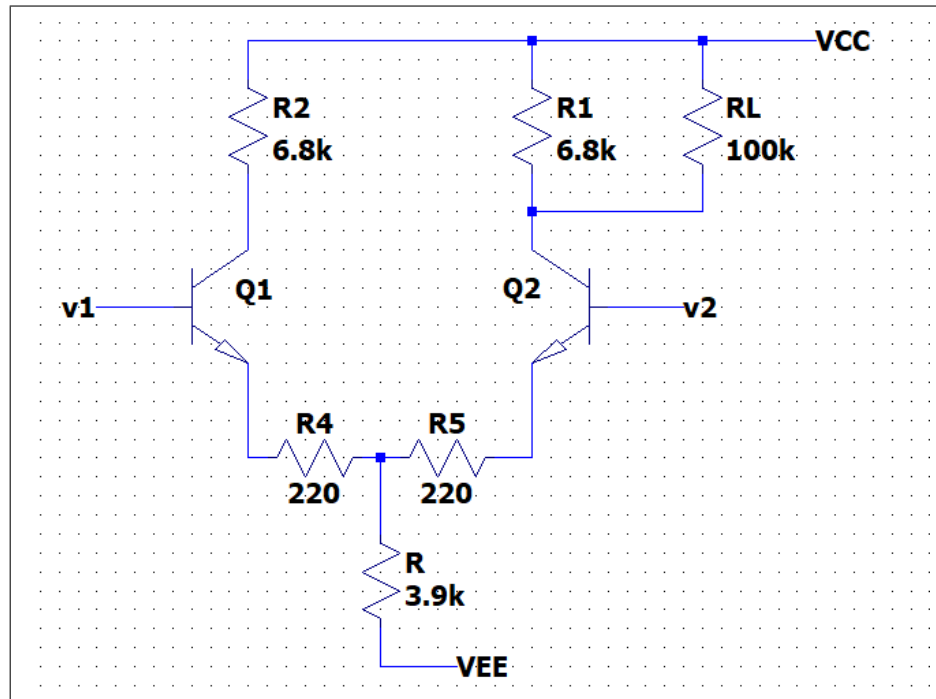
$$A_{vc} = \frac{g_m(R_C // R_L)}{1 + g_m r_{o3}} = \frac{42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} (6.8 // 100)}{1 + 42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \cdot 47 \text{ k}\Omega} = \frac{269.96}{1991} = 0.13$$

Y podemos hallar la relacion de rechazo en modo común como:

$$CMRR = \frac{A_{vd}}{A_{vc}} = \frac{13.07}{0.13} = 100.5$$

### 3 Utilizando Resistencia

Al utilizar una resistencia para la polarización, el circuito quedaría de la siguiente manera:



*Circuito*

Donde  $R = 3.9\text{ k}\Omega$  se determino de manera que se mantuviera constante la corriente  $I_C$ , manteniéndose así también el circuito estático previamente analizado.

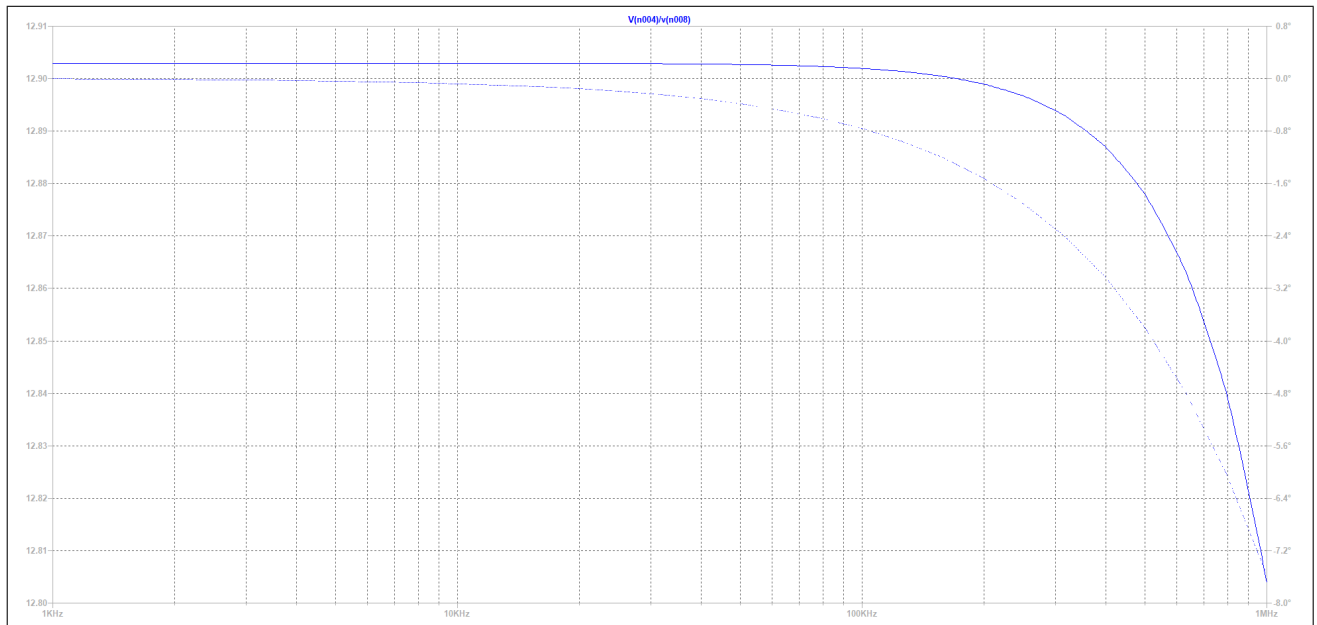
De esta manera lo unico que cambiará en este caso será la ganancia en modo común la cual se calculará como:

$$A_{vc} = \frac{g_m(R_C // R_L)}{1 + g_m R} = \frac{42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} (6.8 // 100)}{1 + 42.4 \frac{\text{mA}}{\text{V}} \cdot 3.9 \text{ k}\Omega} = \frac{269.96}{166} = 1.62$$

Y podemos hallar la relacion de rechazo en modo común como:

$$CMRR = \frac{A_{vd}}{A_{vc}} = \frac{13.07}{1.62} = 8.03$$

## 4 Simulacion



*Curva de ganancia en Modo Diferencial*

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



## 5 Cuadro de Resultados

	CON FUENTE			CON RESISTENCIA		
	CALCULADO	SIMULADO	MEDIDO	CALCULADO	SIMULADO	MEDIDO
$V_{CE1}$	2.9 v	1.98 v	2.01 v	2.9 v	2.61 v	2.58 v
$V_{CE2}$	2.9 v	1.98 v	2.01 v	2.9 v	2.61 v	2.54 v
$V_{CE3}$	8.07 v	8.11 v	8.13 v	-	-	-
$V_{CE4}$	0.7 v	0.68 v	0.62 v	-	-	-
$I_{C1}$	1.06 mA	1.13 mA	1.02 mA	1.03 mA	1.03 mA	1.06 mA
$I_{C2}$	1.06 mA	1.13 mA	1.02 mA	1.03 mA	1.03 mA	1.06 mA
$I_{C3}$	2.13 mA	2.27 mA	2.03 mA	-	-	-
$I_{C4}$	2.13 mA	2.11 mA	2.04 mA	-	-	-
$Avd$	13.07	12.9	10.27	13.07	12.43	8.91
$Av_c$	0.13	0.12	0.2	1.62	1.58	0.64
$CMRR$	100.5	107.5	51.3	8	7.87	13.9
$R_i$	146 k $\Omega$	139 k $\Omega$	126 k $\Omega$	146 k $\Omega$	137 k $\Omega$	112 k $\Omega$
$R_o$	6.6 k $\Omega$	6.2 k $\Omega$	5.6 k $\Omega$	6.6 k $\Omega$	6.2 k $\Omega$	5.6 k $\Omega$

## 6 Conclusiones

Al realizar el circuito con componentes discretos notamos que para aquellas aplicaciones que requieran transistores "iguales", tal es el caso de la fuente compuesta por  $Q_3$  y  $Q_4$  y del diferencial compuesto por  $Q_1$  y  $Q_2$ , se torna casi imposible el armado del mismo.