

Trabajo Práctico N° 1

Configuración Darlington

Electrónica I - 2019

Grupo 2:

Francois, Matías
Maselli, Carlos
Müller, Malena
Trozzo, Nicolás

Profesores:

Alcocer, Fernando
Oreglia, Eduardo Victor
Gardella, Pablo Jesús

24 de septiembre de 2019

ÍNDICE

1	Introducción	3
2	Análisis teórico del circuito	4
2.1	Polarización	4
2.2	Modelo incremental	5
2.3	Circuito incremental	6
3	Diseño del circuito	8
4	Mediciones y resultados obtenidos	9
5	Conclusión	10

1. INTRODUCCIÓN

La configuración "Darlington", también conocida como "par Darlington", consiste en dos transistores conectados como se observa en la figura 1.1, con el fin de obtener una mayor ganancia de corriente respecto a la obtenida al emplear un único transistor. En este trabajo se analiza el comportamiento del circuito 1.2 para comprender la utilidad del par Darlington.

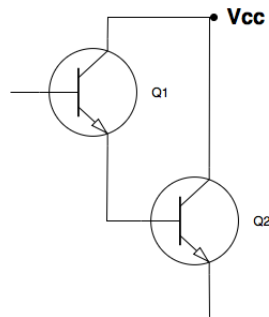


Figura 1.1: Configuración Darlington.

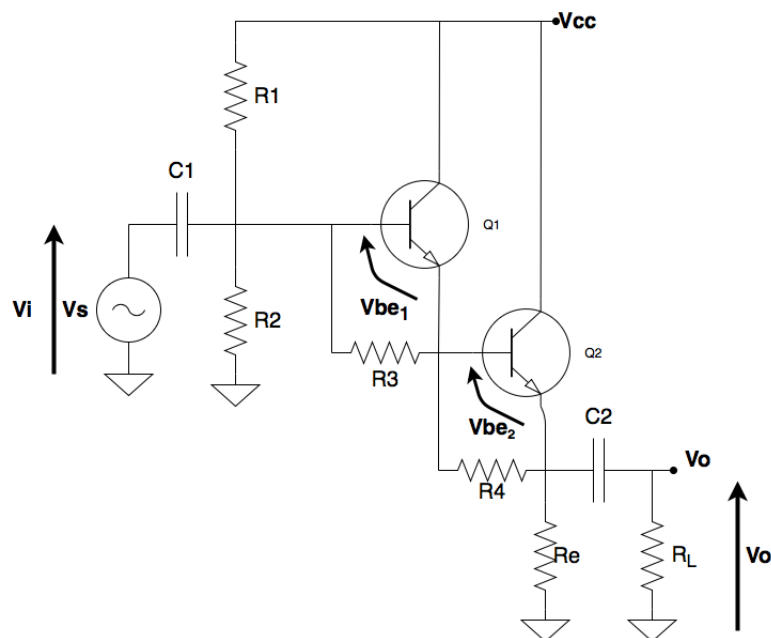


Figura 1.2: Circuito de estudio en este trabajo, implementando un par Darlington.

2. ANÁLISIS TEÓRICO DEL CIRCUITO

2.1. POLARIZACIÓN

A continuación se muestra una imagen del modelo del circuito considerando que los capacitores representan circuitos abiertos, ya que en este caso se trabaja con la señal continua, el mismo se esquematiza con el cálculo del equivalente de thevenin ya realizado entre el nodo de base y tierra.

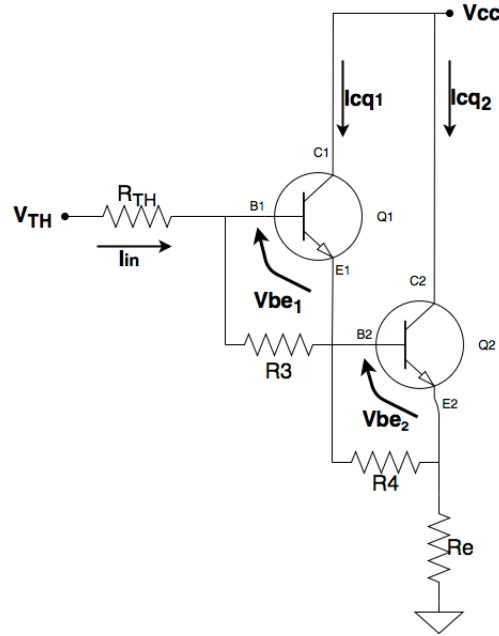


Figura 2.1: Circuito equivalente para el análisis de polarización.

En la figura 2.1 se puede ver el circuito de polarización del transistor. Los valores utilizados para los cálculos fueron los comerciales de los componentes que se utilizaron luego para las mediciones, que fueron previamente elegidos en base a las simulaciones realizadas, con la finalidad de lograr un resultado óptimo. De esta forma, los valores de los componentes utilizados se listan en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Valores de los componentes utilizados

Parámetros del circuito	
Vcc	15,00E+00
R1	100,00E+03
R2	330,00E+03
Rs	10,00E+03
R4	10,00E+03
RE	4,70E+03
RL	1,00E+03

Si se realiza el modelo equivalente de thevenin para los nodos de base y tierra, se podrán obtener las siguientes expresiones.

$$\begin{cases} V_{TH} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{CC} \\ R_{TH} = R_1 // R_2 \end{cases}$$

A continuación se muestran las ecuaciones correspondientes al análisis de la malla de entrada, el transistor

2, el transistor 1 y el nodo conectado a la base del 2do transistor

$$\begin{cases} ME) V_{th} - I_{B1} R_{th} - V_{BEon1} - V_{BEon2} - R_e(I_{E2} + I_{R4}) = 0 \\ Q2) I_{E2} = I_{B2}(\beta_2 + 1) \\ Q1) I_{E1} = I_{B1}(\beta_1 + 1) \\ Nodo) I_{B2} = I_{E1} - \frac{V_{BEon2}}{R_4} \end{cases}$$

Con ellas ecuaciones, resolviendo se puede llegar a las siguientes expresiones para las corrientes de colector de ambos transistores.

$$\begin{cases} I_{cq1} = \frac{V_{th} - V_{BEon1} - V_{BEon2} \left(1 - \frac{R_e \beta_2}{R_4}\right)}{\frac{R_{th}}{\beta_1} + R_e \beta_2} \\ I_{cq2} = V_{th} \frac{1}{\frac{R_{th}}{\beta_1 \beta_2} + R_e \frac{\beta_2 + 1}{\beta_2}} - V_{BEon1} \frac{1}{\frac{R_{th}}{\beta_2} + R_e \beta_1} - V_{BEon2} \left(\frac{\beta_2}{R_4} + \frac{\left(1 - \frac{R_e \beta_2}{R_4}\right) \cdot (\beta_1 + 1)}{\frac{R_{th}}{\beta_2} + R_e \beta_1} \right) \end{cases}$$

Así recorriendo la malla de salida se puede ver que se obtienen las siguientes relaciones.

$$\begin{cases} V_{CEQ1} = V_{CC} - V_{BEon2} \left(1 + \frac{R_e}{R_4}\right) - R_e I_{CQ2} \\ V_{CEQ2} = V_{CC} - V_{BEon2} \frac{R_e}{R_4} - R_e I_{CQ2} \end{cases}$$

Y si se reemplaza por los valores utilizados, nombrados anteriormente y considerando en ambos transistores la $V_{BEon} = 0.7(V)$, con sus HFE de valor 47 y 90 respectivamente, se pueden hallar los valores de I_{cq1} , I_{cq2} , V_{CEQ1} y V_{CEQ2} , los mismos se encuentran detallados en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Valores hallados para las componentes de polarización.

Polarización	
ICQ1	93,54E-06
ICQ2	2,12E-03
VCEQ1	4,01E+00
VCEQ2	4,71E+00

tabla con
icq y vce

2.2. MODELO INCREMENTAL

Se tiene que para cada transistor los estimadores tomados son los que se detallan a continuación.

$$\begin{cases} \widehat{r_e} = \frac{V_T}{I_{CQ}} \\ \widehat{h_{ie}} = (\beta_i + 1) R_{e_i} \\ \widehat{g_m} = \frac{1}{R_e} \end{cases} \quad (2.1)$$

De esta forma, para el transistor Q1 se emplean las ecuaciones 2.3 reemplazando i por 1, mientras que para el transistor Q2 se reemplaza i por 2. Así se obtienen los siguientes valores:

COMPLE
TABLA d
estimado
res

Estimadores	Q1	Q2
\hat{g}_m		
\hat{h}_{ie}		
\hat{r}_e		

Tabla 2.3: Estimadores correspondientes al modelo incremental, para los transistores Q1 y Q2.

2.3. CIRCUITO INCREMENTAL

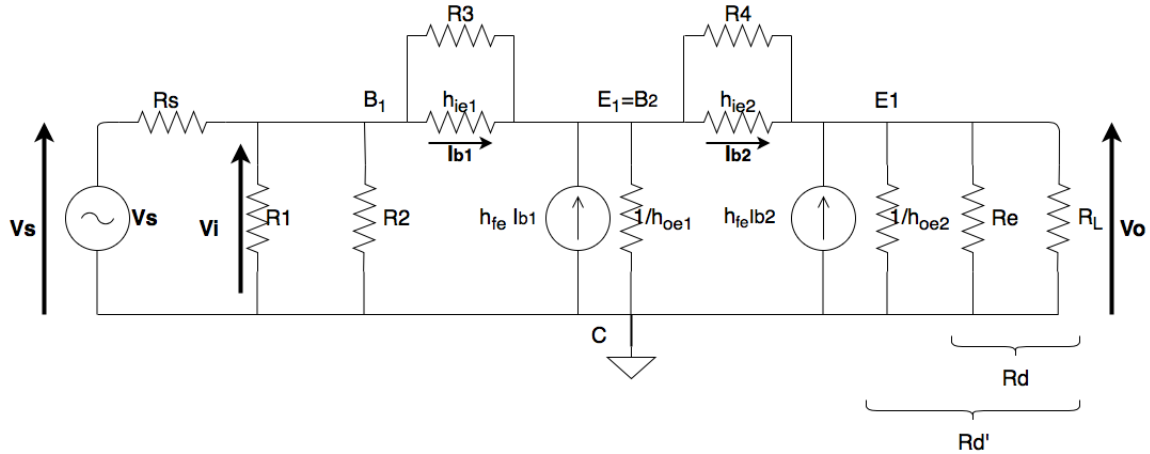


Figura 2.2: Circuito equivalente para el análisis del circuito incremental.

En la tabla de abajo se muestran los valores utilizados y calculados en esta sección, que permitirán luego conocer los valores deseados, como ser las ganancias de tensión y corriente.

Modelo incremental	
VT	2,60E-02
hfe1	47,00E+00
hfe2	90,00E+00
hie1	13,34E+03
hie2	1,12E+03

A continuación se muestran las ecuaciones que rigen las reducciones del circuito para facilitar su análisis, las mismas incluyen paralelos de resistencias y pasaje a nivel de corriente.

$$\begin{cases} hfe_2^* = hfe_2 \frac{R_4}{R_4 + hie_2} \\ hie_2^* = hie_2 // R_4 \\ R_d = R_e // R_2 \end{cases}$$

De esta manera, reemplazando por los valores correspondientes se obtendrían los valores mostrados en la tabla siguiente.

Simplificaciones	
hfe2*	80,96E+00
Rd	824,56E+00
hie2*	1,00E+03

A partir del circuito y de los cálculos anteriores, se puede ver que las expresiones para las impedancias que se ven a la entrada del primer transistor, del amplificador y del sistema se ven representadas por las ecuaciones que se muestran a continuación.

$$\begin{cases} R_i = hie_1 + (hfe_1 + 1)hie_2^* + (hfe_2^* + 1)(hfe_1 + 1)R_d \\ R_{ia} = R_i // R_{th} \\ R_{is} = R_s + R_{ia} \end{cases}$$

De donde reemplazando por los valores de la tabla 2.3 se pueden obtener los siguientes valores

Impedancias de entrada	
Ri	3,31E+06
Ria	75,00E+03
Ris	85,00E+03

A continuación se muestran dos expresiones halladas que servirán de base para luego facilitar el cálculo de la ganancia del sistema.

$$\begin{cases} \frac{V_o}{ib_2} = R_d(hfe_2^* + 1) \\ \frac{V_i}{V_s} = \frac{R_{ia}}{R_{ia} + R_s} \end{cases}$$

Así la ecuación de la ganancia en tensión del sistema se puede expresar de la siguiente forma.

$$\Delta_{vs} = \frac{V_o}{V_s} = \frac{V_o}{ib_2} \cdot \frac{ib_2}{ib_1} \cdot \frac{ib_1}{V_i} \cdot \frac{V_i}{V_s} = R_d(hfe_2^* + 1)(hfe_1 + 1) \frac{1}{R_i} \frac{R_{ia}}{R_{ia} + R_s} \quad (2.2)$$

De esta manera reemplazando por los valores de los componentes de la ecuación se puede llegar a la siguiente tabla.

Ganancias de tension	
Av	0,981
Avs	0,866

A la ganancia de corriente se la puede expresar como

$$\Delta_i = \frac{I_{Rd}}{ib_1} = (hfe_2^* + 1)(hfe_1 + 1) \quad (2.3)$$

$$\Delta_{is} = \frac{I_{Rd}}{I_{Rs}} \cdot \frac{I_{b1}}{I_{Rs}} = \Delta_i \frac{R_{th}}{R_{th} + R_i} \quad (2.4)$$

$$\Delta'_{is} = \frac{I_{Rl}}{I_{Rs}} = \frac{I_{Rl}}{I_{Rd}} \cdot \frac{I_{Rd}}{I_{Rs}} = \frac{R_e}{R_e + R_2} \Delta_{is} \quad (2.5)$$

Donde Δ_i es la ganancia de corriente, Δ_{is} es la ganancia de corriente del sistema y Δ'_{is} es la ganancia de corriente del sistema sobre la carga, los valores de las mismas se muestran en la siguiente tabla.

Ganancias de corriente	
Ai	3934,08
Ais	89,27
Ais'	73,61

Las siguientes ecuaciones son las que permiten hallar la resistencia r_o , la cual es la resistencia de salida del transistor.

$$\begin{cases} I_{op} = I_{B1}(hfe_1 + 1)(hfe_2^* + 1) \\ V_{op} = I_{B1}(R_s // R_{th} + h_{ie1}) + (hfe_1 + 1)h_{ie2}^* I_{B2} \\ r_o = \frac{V_{op}}{I_{op}} = \frac{R_s // R_{th} + h_{ie1} + (hfe_1 + 1)h_{ie2}^*}{(hfe_1 + 1)(hfe_2^* + 1)} \\ r_{oa} = R_e // r_o \\ r_{os} = r_{oa} // R_l \end{cases}$$

De esta manera, y reemplazando por los valores de las variables involucradas en la ecuación, se puede llegar a la siguiente tabla con los valores de las resistencias de salida.

Impedancias de salida	
ro	15346,62
roa	3598,07
ros	782,52

3. DISEÑO DEL CIRCUITO

4. MEDICIONES Y RESULTADOS OBTENIDOS

5. CONCLUSIÓN