

1. Medición corriente de bias y tensión de offset

1.1. Introducción

Las corrientes de **bias** son las corrientes de polarización de la electrónica dentro de los amplificadores operacionales, en el informe se analizará 2 operacionales, uno con corrientes de bias atribuidas a la corriente de base de un par diferencial de bjt a la entrada del mismo y otro implementado con jfet que si bien teoricamente no debería tener corriente de gate realmente la tiene. La tensión de offset es la diferencia de potencial que se encuentra a la salida del operacional teniendo una tensión nula a la entrada. Otra corriente de interes es la Corriente de offset. Con el modelo del Op Amp que tiene en cuenta estos fenomenos se puede definir.

$$I_{offSet} = |I_b^- - I_b^+| \text{ y } I_{Bias} = \frac{I_b^- + I_b^+}{2}$$

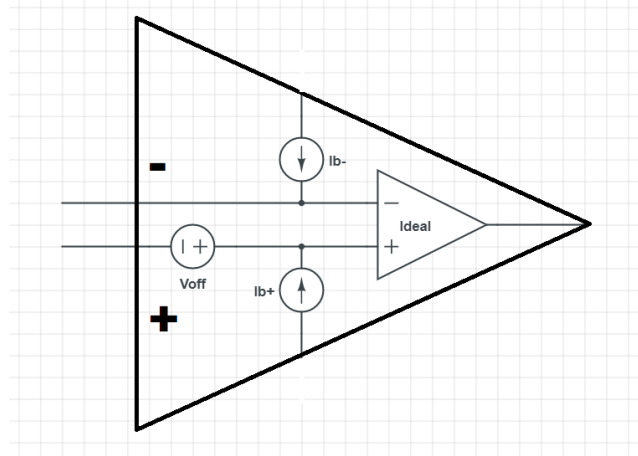


Figura 1: Modelo OpAmp con corriente de bias y tensión de offset.

Se proporcionó el siguiente circuito para medir las corrientes de bias y la tensión de offset.

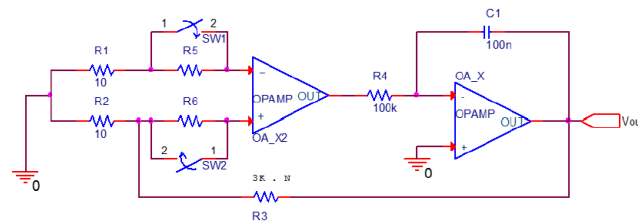


Figura 2: Circuito de medición.

1.2. Estabilidad

Se analizó cada modulo del circuito por separado realizando el diagrama de flujo de señal para el analisis de estabilidad.

Se comenzó por la segunda parte dado que es necesario un resultado de esta parte para realizar la primera

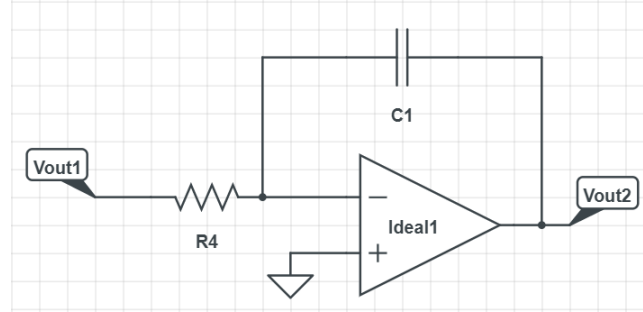


Figura 3: Segunda Etapa.

La corriente circulara a travez de la resistencia y el capacitor.

$$\frac{V_{out1} - V^-}{R_4} = (V^- - V_{out2}) \cdot sc$$

Despejando para V^- se llega a:

$$V^- = V_{out1} \cdot \frac{1}{scR_4 + 1} + V_{out2} \cdot \frac{scR_4}{scR_4 + 1}$$

y utilizando la ecuación del OpAmp:

$$V_{out2} = A_0 \cdot (-V^-)$$

Se llega al siguiente diagrama

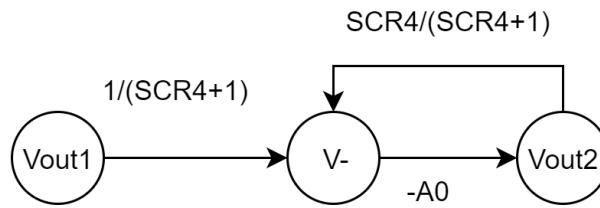


Figura 4: Diagrama de flujo de señal de la segunda etapa.

De aqui se puede apreciar que el circuito es estable dado a que la realimentacion es negativa y por lo tanto estable, si se invitiese la entrada, el circuito pasaria a ser inestable
Luego analizando la primer etapa

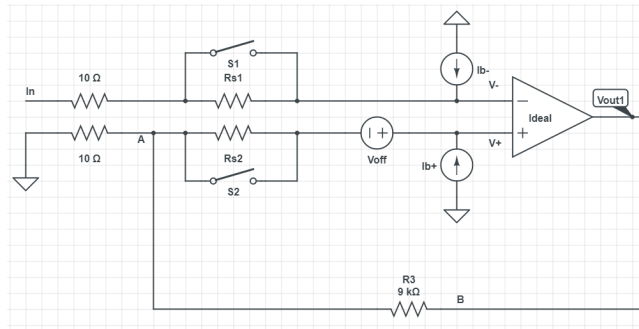


Figura 5: Primer Etapa.

Sabiendo que la tensión en B sera el resultado de la configuración inversora de la segunda etapa.

$$V_{out1} = A_0 \cdot (V^+ - V^-)$$

$$V^+ = V_{out1} \cdot \frac{-1}{SCR_4} \cdot \frac{10}{10+R_3}$$

$$V^- = V_{in}$$

Se obtiene el diagrama de flujo de señal:

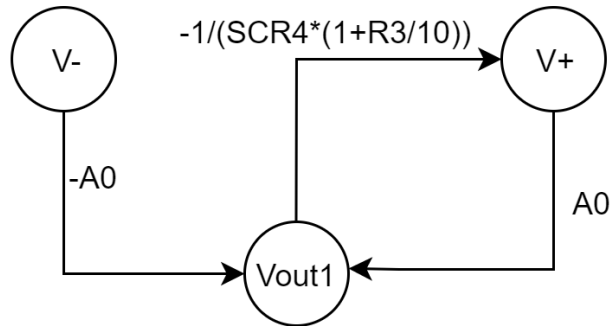


Figura 6: Diagrama de flujo de señal de la primer etapa.

El cual tambien se puede notar que es estable dado a la realimentacion negativa, en caso de permutar las entradas cambiarian los signos de los lazos y seria inestable. Finalmente si se invierten las entradas de ambas etapas en simultaneo tambien sera inestable dado que si en un sistema uno de los sub-sistema es inestable el sistema será inestable.

A modo de conclusión se llega a que la única configuración estable es la original, dado que la permutacion de las entradas lleva a situaciones inestables por la realimentacion positiva.

1.3. Deducción de expresiones para medir.

Teniendo en cuenta el circuito entero de medicion, las corrientes de bias y la tension de offset se lo puede modelar de la siguiente manera

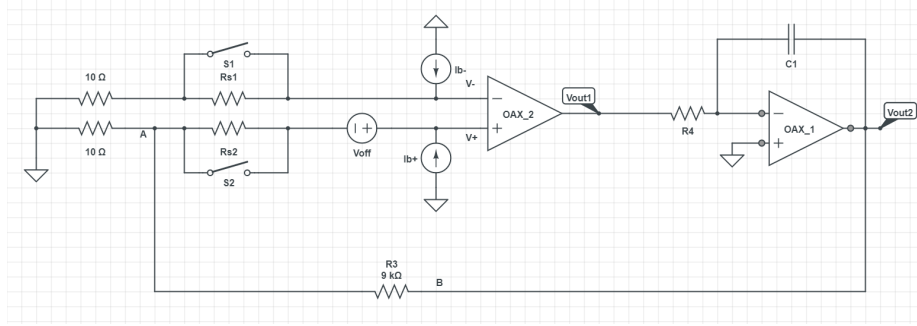


Figura 7: Circuito de medición.

El Opamp a medir será el OAX-2

$$V_{out1} = A_0 \cdot (V^+ - V^-)$$

Dado a que la corriente de bias es unicamente continua para la segunda etapa del opamp es como si estuviese a lazo abierto

$$V_{out2} = A_0 \cdot V_{out1}$$

$$V^- = I_b^- \cdot (R_{s2} + 10)$$

$$V^+ = I_b^+ \cdot R_{s1} + V_A + V_{off}$$

$$V_A = V_{out2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{10}{R_3}}$$

Despejando para V_{out2} se llega a:

$$V_{out2} = A_0^2 \cdot \frac{I_b^+ R_{s1} - I_b^- \cdot (R_{s2} + 10) + V_{off}}{1 - A_0^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{10}{R_3}}}$$

$$\lim_{A_0 \rightarrow \infty} A_0^2 \cdot \frac{I_b^+ R_{s1} - I_b^- \cdot (R_{s2} + 10) + V_{off}}{1 - A_0^2 \cdot \frac{1}{1 + \frac{10}{R_3}}} = -(I_b^+ R_{s1} - I_b^- \cdot (R_{s2} + 10) + V_{off}) \cdot \frac{1}{1 + \frac{10}{R_3}}$$

Luego cambiando de posición la llave se va a poder medir los diferentes observables de interés del circuito.

La V_{off} se medirá poniendo en corto R_{s1} y R_{s2} y se despreciará la caída sobre el resistor de 10Ω dado a su pequeño valor y que la corriente de bias también es muy pequeña.

$$V_{off} = V_{out2} \cdot \frac{10}{10 + R_3}$$

Ahora que se tiene un valor de V_{off} se puede poner en corto S1 ó S2 arbitrariamente y se conseguirá una expresión para I_b^+ o I_b^- en función de V_{off} y V_{out2} . Se tuvo en cuenta elegir un valor de resistencia alto para R_{s1} y R_{s2} tal que sea

mas apreciable la caída de potencial sobre ellas; se eligió 1 Mega dado a que siendo un valor muy grande se podrá despreciar la caída de potencial sobre R_{s2} cuando se mida I_b^+ .

$$I_b^+ = \frac{V_{out2} \cdot \frac{10}{10+R_3} - V_{off}}{R_{s1}}$$

$$I_b^- = \frac{V_{out2} \cdot \frac{10}{10+R_3} - V_{off}}{R_{s2}+10}$$

1.4. Ruido Ambiente.

La segunda etapa si bien está a lazo abierto para las corrientes de bias dado que es de continua se comporta como un filtro para el ruido ambiente que se encuentra a 50Hz, con los valores actuales de resistencia y capacitor atenuará $\approx 0.45\text{dB}$, aumentando el valor del capacitor a $1\mu\text{F}$ sera de $\approx 20\text{dB}$. Un problema que se presentaría aplicando un capacitor demasiado chico es que el ruido haría mucho mas difícil las mediciones.

1.5. Resultados.

1.5.1. Mediciones

Se midió el circuito utilizando osciloscopio y se obtuvo la siguiente tabla.

Mediciones			
LF356	Vout		
Switches	R_{S1} y $R_{S2} = 0$	$R_{S2} = 0$	$R_{S1} = 0$
Osciloscopio	-1.3V	-1.4431V	-1.3903V
TL081	Vout		
Switches	R_{S1} y $R_{S2} = 0$	$R_{S2} = 0$	$R_{S1} = 0$
Osciloscopio	0.338V	0.348V	0.282V

Si bien estos fueron los resultados finales de la medición, inicialmente se tuvo el inconveniente de que había mucha interferencia de línea y el opamp terminaba saturando dado a la componente no inversora provista por el ruido de línea, el cual invertía el lazo de realimentación y terminaba oscilando. Lo cual daba la siguiente señal.

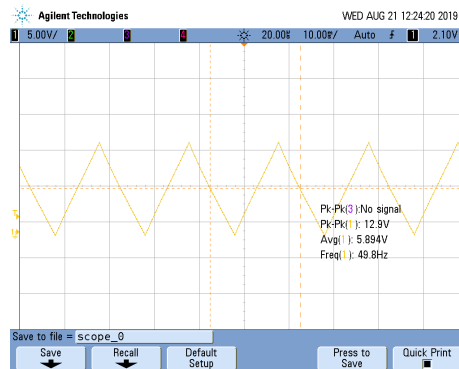


Figura 8: Circuito Oscilando.

Luego se volvió a medir cambiando el capacitor por uno de $1\mu F$ y se pudo realizar una medición certera. Obteniendo para los valores de salida para la medición de I_b^+ y I_b^- . El aumento en el ruido de línea puede deberse a el instrumental que estaba siendo utilizado en el momento en el laboratorio. Estas fueron las mediciones realizadas previo a el cambio del capacitor:

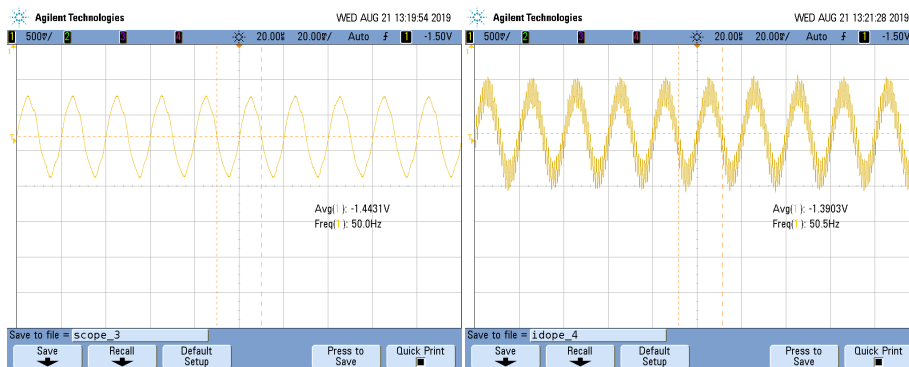


Figura 9: Medición de V_{out} para I_b^+ LF356

Figura 10: Medición de V_{out} para I_b^- LF356

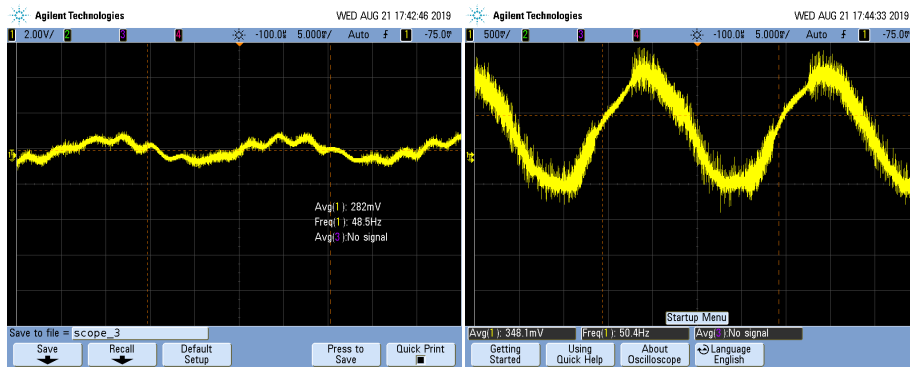


Figura 11: Medición de V_{out} para I_b +Figura 12: Medición de V_{out} para I_b -
TL081 TL081

Luego del cambio del capacitor se obtuvieron las siguientes mediciones, las cuales son en su mayoría libres de ruido.



Figura 13: Medición de V_{out} para I_b +Figura 14: Medición de V_{out} para I_b -
LF356 con capacitor LF356 con capacitor

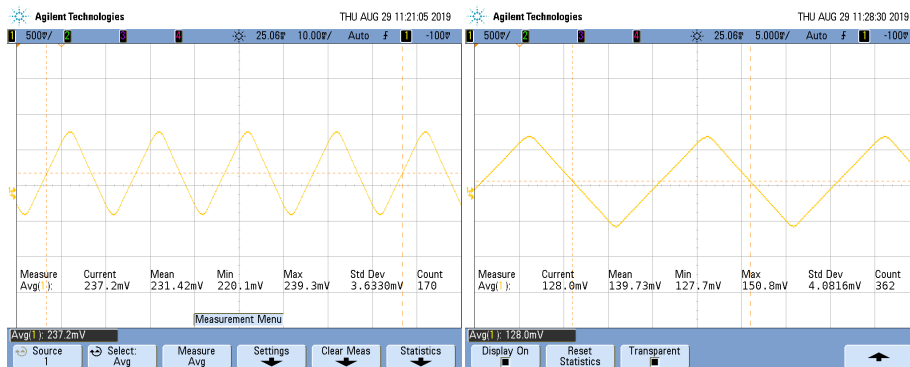


Figura 15: Medición de V_{out} para I_b +Figura 16: Medición de V_{out} para I_b -
TL081 con capacitor TL081 con capacitor

Obteniendo con el nuevo capacitor las siguientes mediciones:

Mediciones con capacitor			
LF356	Vout		
Switches	R_{S1} y $R_{S2} = 0$	$R_{S2} = 0$	$R_{S1} = 0$
Osciloscopio	-1.36V	0.208V	-1.47V
TL081	Vout		
Switches	R_{S1} y $R_{S2} = 0$	$R_{S2} = 0$	$R_{S1} = 0$
Osciloscopio	0.332V	0.203V	0.138V

1.5.2. Analisis de resultados.

A partir de los valores obtenidos en la ?? se pueden calcular las corrientes de offset y bias, al igual que la tension de offset previo al cambio de capacitor:

LF356	V_{Offset}	I_b^+	I_b^-	I_{bias}	I_{Offset}
	-1.44mV	-159pA	-100pA	-130pA	58.6pA
TL081	V_{Offset}	I_b^+	I_b^-	I_{bias}	I_{Offset}
	0.375mV	11.1pA	62pA	25.5pA	73.3pA

Luego con el capacitor cambiado:

LF356 con capacitor	V_{Offset}	I_b^+	I_b^-	I_{bias}	I_{Offset}
	-1.51mV	-92pA	-33.6pA	-62.9pA	58.6pA
TL081 con capacitor	V_{Offset}	I_b^+	I_b^-	I_{bias}	I_{Offset}
	0.368mV	143pA	215pA	179pA	71.9pA

Luego comparandola con la siguiente tabla de valores proporcionada por el fabricante:

Datos fabricante LF356					
Máximo			Típico		
V_{Offset}	I_{bias}	I_{Offset}	V_{Offset}	I_{bias}	I_{Offset}
10mV	200pA	50pA	3mV	20pA	3pA
Datos fabricante TL081					
Máximo			Típico		
V_{Offset}	I_{bias}	I_{Offset}	V_{Offset}	I_{bias}	I_{Offset}
10mV	400pA	100pA	3mV	20pA	5pA

Se puede observar que la mayoría de los valores se encuentran dentro de las tolerancias admitidas por el fabricante, el desvío en la corriente de Offset es atribuido a los componentes que su valor no es preciso, que no se tuvo en cuenta a la punta del osciloscopio en el modelo. También se le atribuye la diferencia en valores en particular en la corriente de bias del TL081 entre las mediciones sin cambiar el capacitor y las hechas con el capacitor a el ruido que se tenía en el sistema.

1.6. Compensacion de tension de offset y corrientes de bias.

1.6.1. Compensación Bias

Para la compensacion de corriente de bias lo que se desea es hacer que la diferencia entre I_b^+ y I_b^- sea ≈ 0 . Un ejemplo de esto es tomar un Op Amp en configuración inversora de las siguientes características:

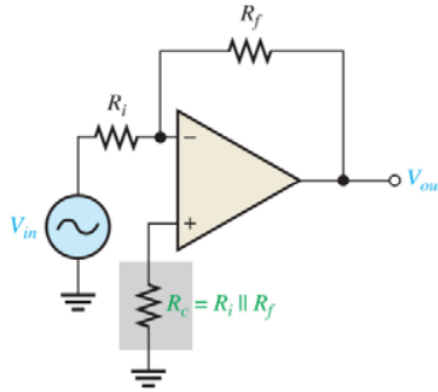


Figura 17: Circuito inversor para la compensacion de BIAS.

Assumiendo ya compensada la tension de offset se procede a la deducción de el valor de R_c para minimizar las corrientes de bias.

$$V_{out} = A_0 \cdot (V^+ - V^-)$$

$$V^+ = -I_b^+ \cdot R_c$$

$$\frac{V_{in} - V^-}{R_i} = \frac{V^- - V_{out}}{R_f} - I_b^-$$

Despejando para V_{out} queda:

$$V_{out} = V_{in} \cdot -\frac{R_f}{R_i} + I_b^+ R_f - I_b^- R_c \cdot \frac{R_i + R_f}{R_i R_f} \cdot R_f$$

Teniendo un valor de $R_c = R_i // R_f$ se deberian anular o atenuar significativamente las corrientes de bias.

1.6.2. Compensación Tension de Offset

Para la compensación de la tension de offset hay varias alternativas. En el caso de los Opamps que fueron usados en este informe cuentan con unos pines para configurar la tension de offset(1 y 5), la forma que se va a desarrollar es un circuito externo que funcione en configuracion inversora. El circuito a implementar es el siguiente:

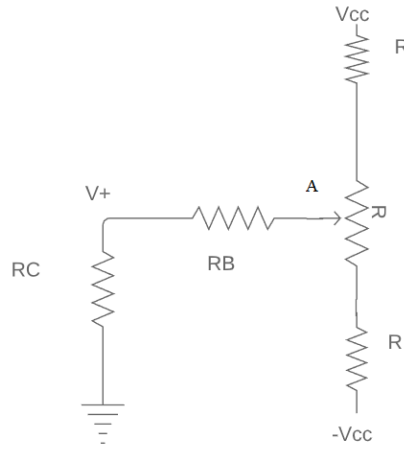


Figura 18: Circuito para la compensacion de Tension de Offset.

El potenciómetro será utilizado para variar la tensión que se le agrega a V^+ a través del divisor resistivo conformado por R_C y R_B donde R_C podría ser una resistencia para compensar el BIAS. R_B debe ser un valor por lo menos 10 veces superior a R_C dado que la tensión que se quiere corregir es pequeña. el propósito de las 2 resistencias 'R' es aumentar la sensibilidad para elegir la tensión. El valor del potenciómetro debería ser un orden de magnitud menor que R_B

$$V_{Off} = V^+ = V_A \cdot \frac{R_c}{R_c + R_b} \quad (1)$$

$$V_A = V_{Off} \cdot \frac{R_c + R_B}{R_c} \quad (2)$$

A partir del valor de V_A se puede definir un valor de R