

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



LABORATORIO DE INSTRUMENTACIÓN ELECTRÓNICA INFORME PREVIO N° 2:

«CORRIENTE DE ENTRADA Y DESVÍO EN LA CORRIENTE DE
ENTRADA DE AMPLIFICADORES OPERACIONALES»

Autor: Davis Bremdow Salazar Roa
Codigo: 200353
Docente: Ing. Jose Luis Flores Vasquez

Cusco – Perú
Septiembre, 2025

Introducción

Los amplificadores operacionales (op-amps) son dispositivos electrónicos fundamentales en el diseño de circuitos analógicos, ya que permiten amplificar señales muy pequeñas, realizar operaciones matemáticas y procesar información en función a una configuración entre sus entradas, siendo así que para tal propósito es necesario contar con cierta precisión entre sus terminales diferenciales, por lo tanto un análisis de las corrientes de polarización es necesario para lograr este objetivo el cual afecta a mediciones de rango pequeño como las provenientes del cuerpo humano o en la industria en las cuales los requisitos de voltaje y/o corriente son pequeños para extender el tiempo de vida de un determinado sensor.

Así mismo dentro del desarrollo de esta experiencia se verá en pleno funcionamiento de 2 amplificadores operacionales y su respuesta y/o tensión de offset y corrientes de bias (polarización) entre sus entradas inversora y no inversora, para lo cual se emplea un circuito de prueba.

0.1. Mediciones de voltaje divisor de tensión y amplificadores operacionales

Como punto de partida se compararon los niveles de voltaje obtenidos a partir de un divisor de tensión utilizando el mismo circuito en un etapa posterior para la medición del voltaje obtenido previamente mediante los operacionales LM741 y el TL081 en una configuración de seguidor de voltaje, en la figura 1 la configuración inicial y en la figura 2 la configuración para los operacionales anteriormente mencionados.

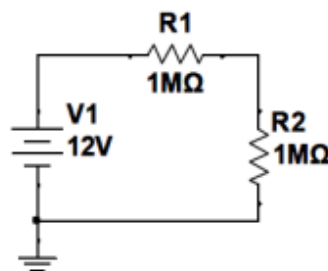


Figura 1: Medición de voltaje - divisor de tensión

Las mediciones para cada circuito con el operacional indicado se muestran en la tabla 1 y de la cual se puede inferir que existen una cierta variación entre los valores esperados

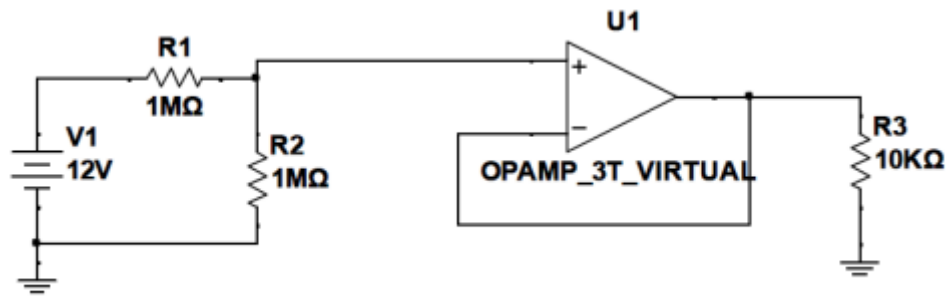


Figura 2: Seguidor de tensión

	Voltaje [V]
R2	5.61
LM741	5.88
TL081	5.9

Tabla 1: Mediciones de voltaje

idealmente según las consideraciones teóricas para los amplificadores operacionales, lo que destaca en cierta forma la existencia de un fenómeno eléctrico no considerado dentro del análisis general usado para el estudio de los operacionales.

0.1.1. Voltaje medido y esperado

Debido a las diferencias de voltaje para el componente usado en la experiencia este de forma teórica se debió aproximar al voltaje medido en la resistencia R_2 y el cual se esperaba verse reflejado en la resistencia R_3 , sin embargo y como se verá más adelante la diferencia entre estos valores de salida ocurre a un desbalance en la entrada de cada operacional y que se conoce como los valores offset del amp. operacional y que se debe tener en cuenta para aplicaciones que requieran de pequeñas variaciones en las salidas.

0.2. Medición V_O y cálculo de V_{OS}

Las mediciones realizadas durante la experiencia se realizaron en el circuito mostrado en la figura 3 y con el cual bajo las consideraciones indicadas R_4 y R_5 cortocircuitadas, se realizó la medición del voltaje de salida V_O y en función a ello se determinó el valor de V_{OS} en función a la relación indicada en 1.

Dispositivo	V_O	V_{OS}
LM741	-10.173	0.01016284
TL081	-10.174	0.01016384

Tabla 2: Valores de V_O y V_{OS} - LM741, TL081

$$V_{OS} = -\frac{V_O}{1 + \frac{R_6}{100}} \quad (1)$$

Obteniendo como medición y resultado para cada operacional los datos mostrados en la tabla 2 denotándose una pequeña variación en las tensiones de salida que rondan tan solo las milésima y con un error % de 0.00982.

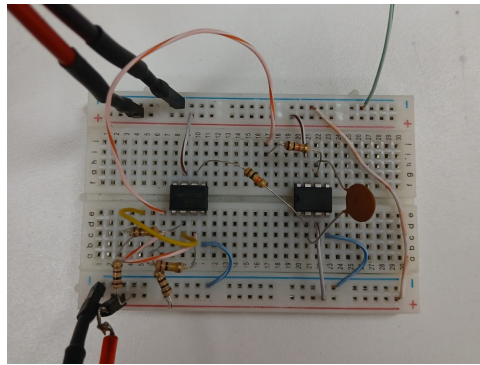


Figura 3: Circuito de prueba para las mediciones offset en los amplificadores operacionales

Finalmente para resultados obtenidos se debe destacar adicionalmente que R_6 tiene una magnitud de $10k \Omega$.

0.3. Relación entre el V_{OS} y V_O

En un amplificador operacional ideal se tiene la idea de que las corrientes en sus entradas inversora y no-inversora son nulas o equivalentes a 0A, sin embargo de forma experimental y/o real esto no puede ser debido a que los transistores internos requieren la existencia de una corriente de polarización entre sus terminales para que se encuentren en la zona activa; por otro lado al considerar las configuraciones diferenciales estas corrientes de ingreso para cumplir con la paridad considerada en su diseño deberían ser igual, pero a consecuencia de pequeñas variaciones en las entradas o los valores físicos de los propios amplificadores operacionales esto no ocurre existiendo diferencias que afectan a la salida V_O y generando a su vez un voltaje de salida V_{OS} de offset.

Así mismo como se destaca en 1 este valor es dependiente del voltaje de salida, la

	Gold Power		Keithley	
Amp. Operacional	Vo	IB+	Vo	IB+
LM741	-10.13	-9.0988E-05	-10.172	-9.1364E-05
TL081	-10.13	-9.0988E-05	-10.173	-9.1373E-05

Tabla 3: Calculo corriente de bias - entrada no-inversora

resistencia de retroalimentación y la resistencia en la entrada equivalente a 100Ω , siendo así la relación matemática se describe entre V_{OS} y V_O se define en 4.

$$V_{OS} = -\frac{\frac{R_3}{R_3}}{\frac{R_3}{R_3} + \frac{R_6}{R_3}} * V_O \quad (2)$$

$$V_{os} = -\frac{1}{1 + \frac{R_6}{100}} \cdot V_o \quad (3)$$

$$(4)$$

0.4. Calculo de IB^+ en función a V_O y V_{OS}

Para la obtención de la corriente de bias en entrada no-inversora se tuvo en cuenta la tensión de salida V_O con la cual en función a la expresión 5 y bajo la configuración mostrada en la figura 3 se estimaron los niveles de tensión y mediante ello el valor de IB^+

$$V_o = -V_{os} \left(1 + \frac{R_6}{100} \right) + I_B \cdot R_4 \left(1 + \frac{R_6}{100} \right) \quad (5)$$

Los resultados de este procedimiento se muestran en la tabla 3 usando para la misma 2 mediciones de referencia aplicando para ello el multímetro de laboratorio Keithley y uno de referencia Gold Power, obteniendo diferencia no significativas entre las magnitud de voltaje obtenidas con lo cual se puede asegurar cierta precisión en el circuito propuesto.

0.5. Relación entre V_O , V_{OS} e IB^+

Como se menciona previamente la tensión de offset se debe en gran medida a las diferencias entre las corrientes de polarización en la entrada siendo así que existe una relación entre ambos valores y que responden su existencia y demostración en función al principio de

superposición, obteniendo así:

$$I_{in} = I_a + I_B \quad (6)$$

$$\frac{0 - V_a}{R_3} = \frac{V_a - V_o}{R_6} + I_B \quad (7)$$

$$-\frac{V_a}{R_3} = \frac{V_a}{R_6} - \frac{V_o}{R_6} + I_B \quad (8)$$

$$V_a \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) = -\frac{V_o}{R_6} + I_B \quad (*)$$

$$I_B = \frac{V_a - V_{os}}{R_4} \quad (9)$$

$$I_B \cdot R_4 + \frac{V_{os}}{R_4} = V_a \quad (10)$$

$$\left(I_B \cdot R_4 + \frac{V_{os}}{R_4} \right) \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) = -V_o \cdot \frac{1}{R_6} + I_B \quad (11)$$

$$\left(I_B \cdot R_4 + \frac{V_{os}}{R_4} \right) \left(\frac{R_6}{R_3} + 1 \right) = -V_o + I_B \quad (12)$$

$$V_o = -V_{os} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) + I_B \cdot R_4 \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \quad (13)$$

0.6. La expresión de V_O para la obtención de IB^-

Para este caso debido a la relación entre las tensiones de entrada y las corrientes en función **horenstein2000circuitos** la corriente IB^+ es igual IB^- pero con el signo o dirección de corriente invertido, por lo que la expresión 14 es válida para IB^- considerando el cambio de signo

$$V_o = V_{os} \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) + I_B \cdot R_4 \left(\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_6} \right) \quad (14)$$

0.7. Corriente de offset I_{OS}

La corriente de offset se toma como el valor medio de las corrientes de polarización (debido al signo) genera un punto intermedio en relación a las magnitudes para cada corriente de entrada.

$$I_{os} = \frac{I_B^+ - I_B^-}{2} \quad (15)$$

(16)

Para el propósito de esta experiencia las mediciones de estas corrientes se tomaron a partir de la formula general, sin embargo una medición mediante las herramientas experimentales sería provechosa para su comprobación y análisis de efectos en las aplicaciones que involucrar amplificadores operacionales.

0.8. LM741 y TL081 como DUT (Device Under Test)

Como se muestra en la figura 3 el circuito se configuro de forma que sea fácil el intercambio entre los operacionales de test, por lo tanto las mediciones realizadas en cada punto se repitieron para el amplificador operacional de base FET (con el arreglo de resistencias) mostrándose en cada tabla las mediciones realizadas.

0.9. Resultados finales

Del presente informe se puede concluir que:

- Se lograron comprobar los diferentes niveles de offset en los amplificadores operacionales, así como la existencia de una desigualdad en las corrientes de polarización generando desviaciones de voltaje en la salida.
- A pesar de estas desviaciones se puede inferir que estas se encuentran en la escala de los nA por lo que su efecto puede ser considerado y despreciado en función de la aplicación para los operacionales.
- Una verificación más exhaustiva de las corrientes de polarización se puede ejecutar mediante el empleo de instrumentos de medición para corroborar los valores teóricos.