



Universidad
Nacional
de Córdoba



Trabajo Práctico de Laboratorio N°1

Síntesis de Redes Activas
Ingeniería Electrónica

Autores:

Cerquetti, Narella
Hernandez, Facundo
Taborda, Andrea
Valdez Benavidez, Mauricio L.

Profesores:

Ing. Ferreyra, Pablo
Ing. Reale, Cesar

Índice

1. Introducción	2
2. Objetivos	2
3. Amplificador Diferencial	3
3.1. Análisis teórico	3
3.1.1. Cálculo de V_{01}	3
3.1.2. Cálculo de V_{02}	3
3.1.3. Cálculo de RRMC	4
3.1.4. Respuesta en frecuencia	4
3.1.5. Impedancias	5
3.2. Simulaciones	5
3.3. Implementación	8
3.4. Comparación entre resultados	8
3.5. Conclusión	8
4. Fuente de corriente controlada por tensión	9
4.1. Análisis teórico	9
4.2. Simulaciones	9
4.3. Implementación	10
4.4. Comparación entre resultados	10
4.5. Conclusión	10

1. Introducción

En este trabajo de laboratorio, se analizarán tres circuitos:

1. Amplificador diferencial.
2. Fuente de corriente controlada por tensión.
3. Rectificador de precisión.

Para cada circuito, se realizará un análisis teórico, simulaciones y mediciones experimentales. Finalmente, se van a comparar los datos obtenidos en cada etapa.

2. Objetivos

- Aplicar el conocimiento teórico - práctico para analizar los circuitos.
- Fortalecer el uso del simulador LtSpice e interpretar los resultados del mismo.
- Familiarizarnos con los componentes físicos y el armado de los circuitos, comprobando el correcto funcionamiento a través de las mediciones correspondientes.
- Visualizar los errores relativos que hay entre el modelo teórico y las simulaciones y las implementaciones.

3. Amplificador Diferencial

Datos: Amplificador Operacional LM324

$V_{cc} = 10V$ $V_{ss} = -10V$

$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$

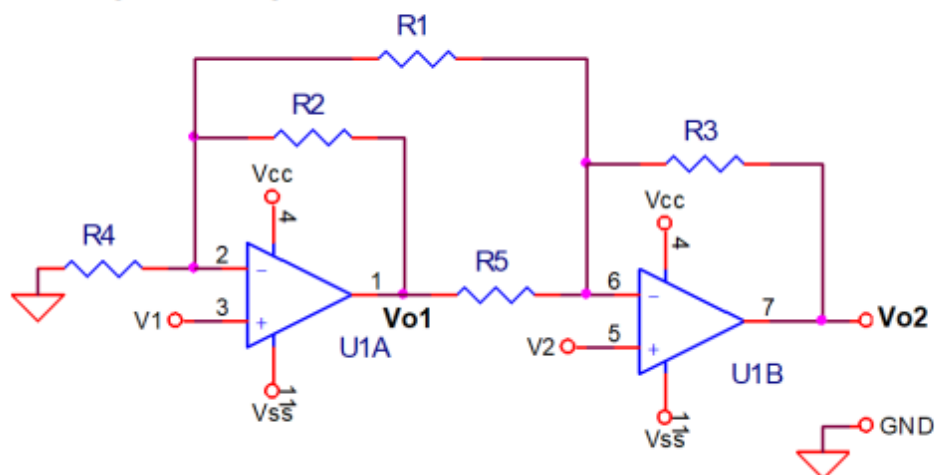


Figura 1: Circuito propuesto

3.1. Análisis teórico

Se debe analizar la tensión de salida en función de la tensión de entrada en modo diferencial $V_d = (V_2 - V_1)$ y también en modo común $V_c = (V_1 + V_2)/2$.

Para realizar el análisis en modo diferencial, se aplica el método de superposición, primero se calcula V_{O1} y luego V_{O2} .

3.1.1. Cálculo de V_{O1}

Pasivando V_2

$$V_{O1}|_{V_2=0} = \left(1 + \frac{R}{R/2}\right)V_1 = 3V_1$$

Pasivando V_1

$$V_{O1}|_{V_1=0} = \left(-\frac{R}{R}\right)V_2 = -V_2$$

$$V_{O1} = 3V_1 - V_2$$

3.1.2. Cálculo de V_{O2}

Pasivando V_1 y V_2

$$V_{O2}|_{V_1=0, V_2=0} = \left(-\frac{R}{R}\right)V_1 = -V_{O1}$$

Pasivando V_2 y V_{O1}

$$V_{O2}|_{V_1=0, V_{O1}=0} = \left(-\frac{R}{R}\right)V_2 = -V_2$$

Pasivando V_1 y V_{O1}

$$V_{O2}|_{V_1=0} = (1 + \frac{R}{R/2})V_2 = 3V_2$$

$$V_{O2} = 3V_2 - V_1 - 3V_1 + V_2 = 4V_2 - 4V_1 = 4(V_2 - V_1)$$

reemplazando con $V_d = (V_2 - V_1)$

$$V_{O2} = 4V_d$$

Para el análisis en $V_c = (V_1 + V_2)/2$ y haciendo $V_1 = V_2$ tenemos que

$$V_{O2} = 0$$

3.1.3. Cálculo de RRMC

$$RRMC = (\frac{A_d}{A_c}) = \frac{4}{0}$$

$$RRMC = \infty$$

3.1.4. Respuesta en frecuencia

En el Datasheet del LM324 se encuentra el dato de la $f_T = 1[MHz]$ por lo tanto

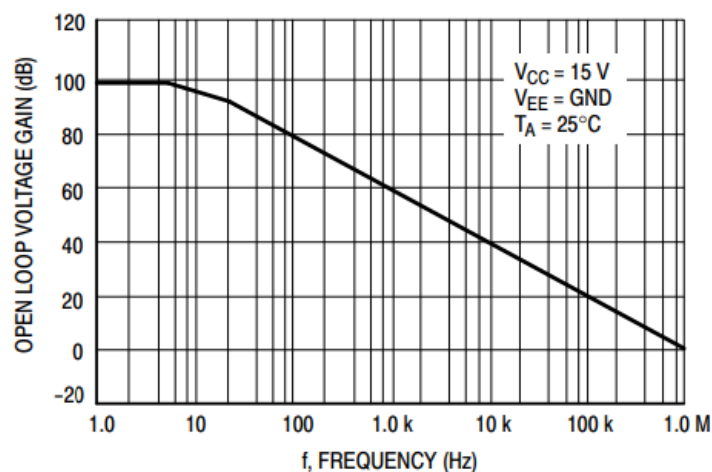
$$\omega_T = 2\pi f_T$$

$$\omega_H = \omega_T k = \omega_T \frac{1}{4} = \frac{\pi}{2} f_T$$

$$\omega_H = 1,57[Mrps]$$

$$f_H = 250[KHz]$$

La ganancia del amplificador es 4 lo que se traduce en 12.04[dB]. A 250[KHz] la ganancia disminuirá 3[dB], es decir que la amplitud quedará en 9.03[dB] ó 2.83 veces.



3.1.5. Impedancias

Las impedancias vistas por las fuentes de señales V_1 y V_2 son las impedancias de entrada de ambos amplificadores. Definimos Z_{i1} y Z_{i2} a las impedancias vistas por V_1 y V_2 respectivamente.

$$Z_{i1} = \frac{V_1}{I_{i1}} \text{ al ser } I_{i1} = 0$$

entonces queda $Z_{i1} = \infty$

de manera análoga se determina

$$Z_{i2} = \frac{V_2}{I_{i2}} = \infty$$

3.2. Simulaciones

Se realizaron diferentes simulaciones con LTSpice para observar el comportamiento a la salida de cada amplificador. A continuación se listan las simulaciones realizadas:

- V_{o1} y V_{o2} con $V_1 = 10[mV]$ y $V_2 = 0[mV]$.
- V_{o1} y V_{o2} con $V_1 = 0[mV]$ y $V_2 = 10[mV]$.
- V_{o1} y V_{o2} con $V_1 = V_2 = 10[mV]$ pero ambas entradas desfasadas 180° entre ellas.
- V_{o1} y V_{o2} con $V_1 = V_2 = 10[mV]$ sin desfasar.
- Respuesta en frecuencia del circuito, graficando el Bode con Magnitud y Fase.

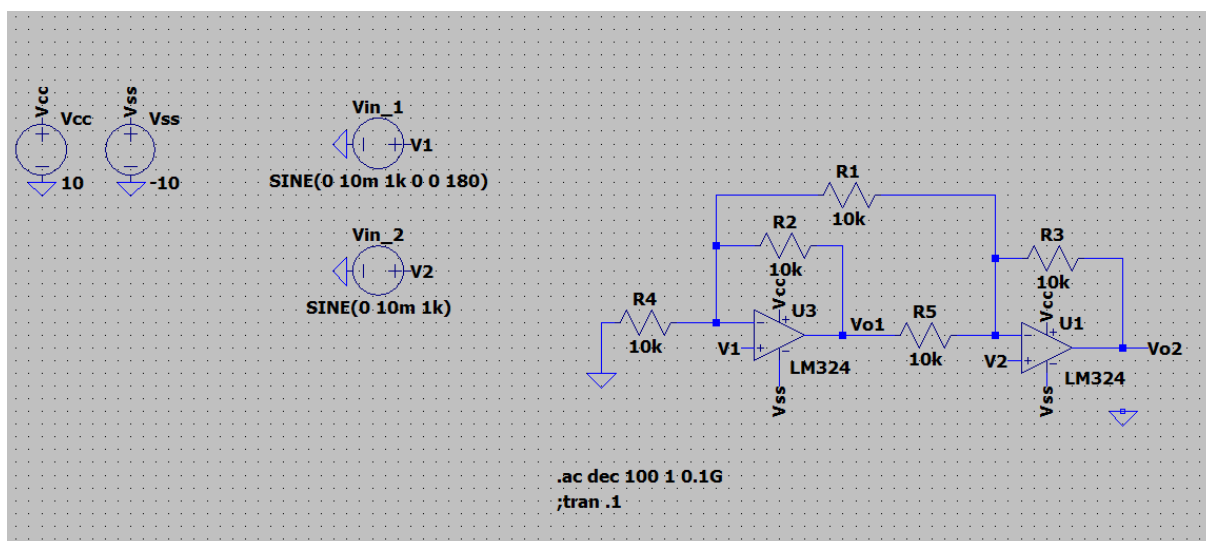


Figura 2: Circuito simulado

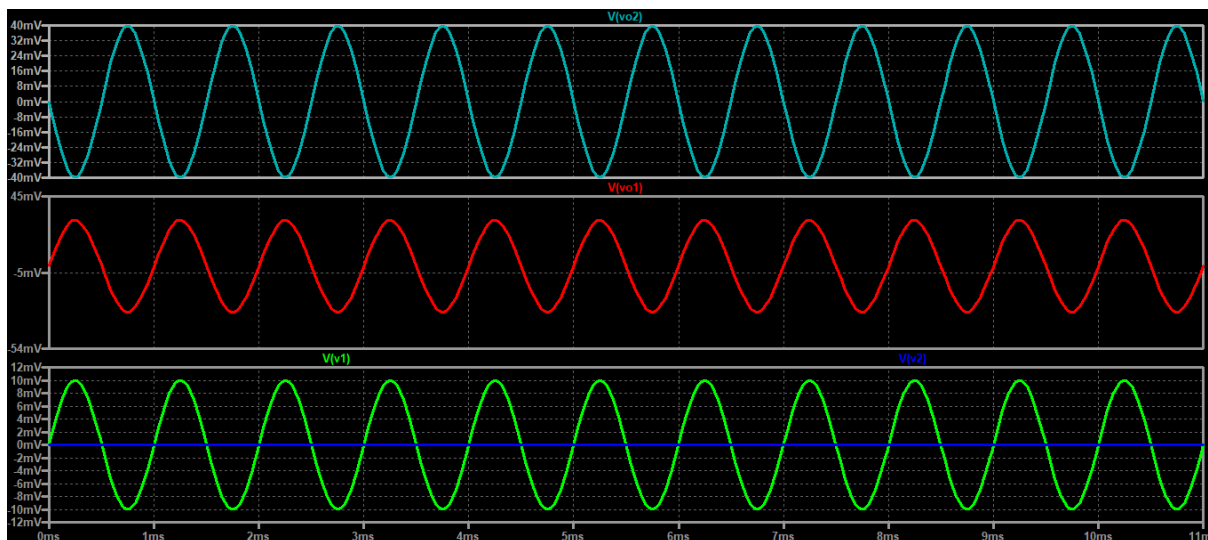


Figura 3: V_{o1} (rojo) y V_{o2} (celeste) con $V_1 = 10[mV]$ y $V_2 = 0[mV]$.

	$V_1 = 10[mV]$ y $V_2 = 0[mV]$
V_{o1}	29.5 [mV]
V_{o2}	39.73[mV]

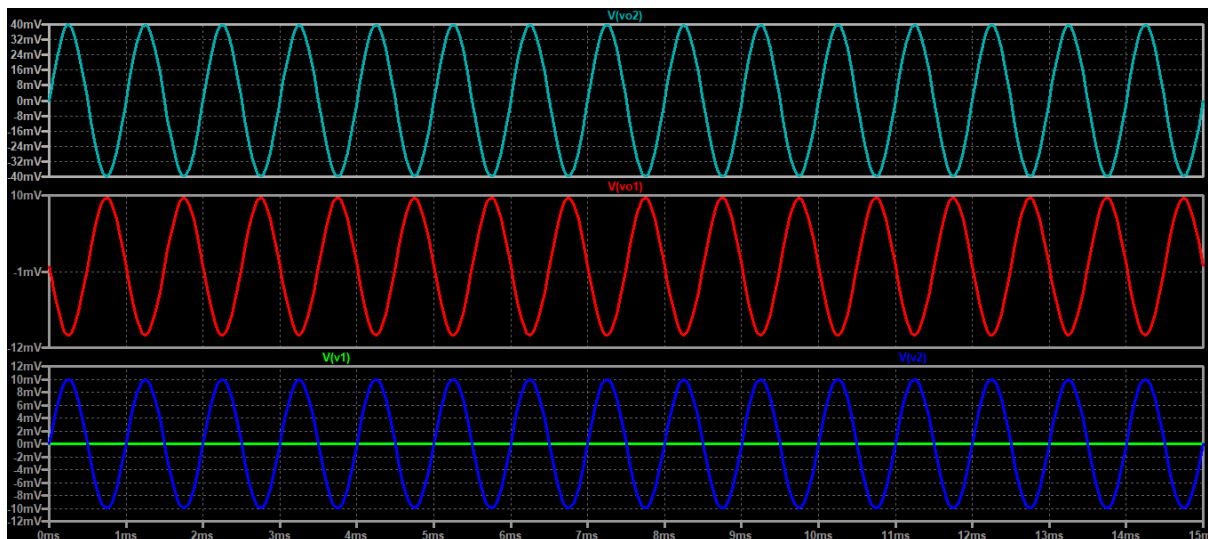


Figura 4: V_{o1} (rojo) y V_{o2} (celeste) con $V_1 = 0[mV]$ y $V_2 = 10[mV]$.

	$V_1 = 0[mV]$ y $V_2 = 10[mV]$
V_{o1}	29.5 [mV]
V_{o2}	39.73[mV]

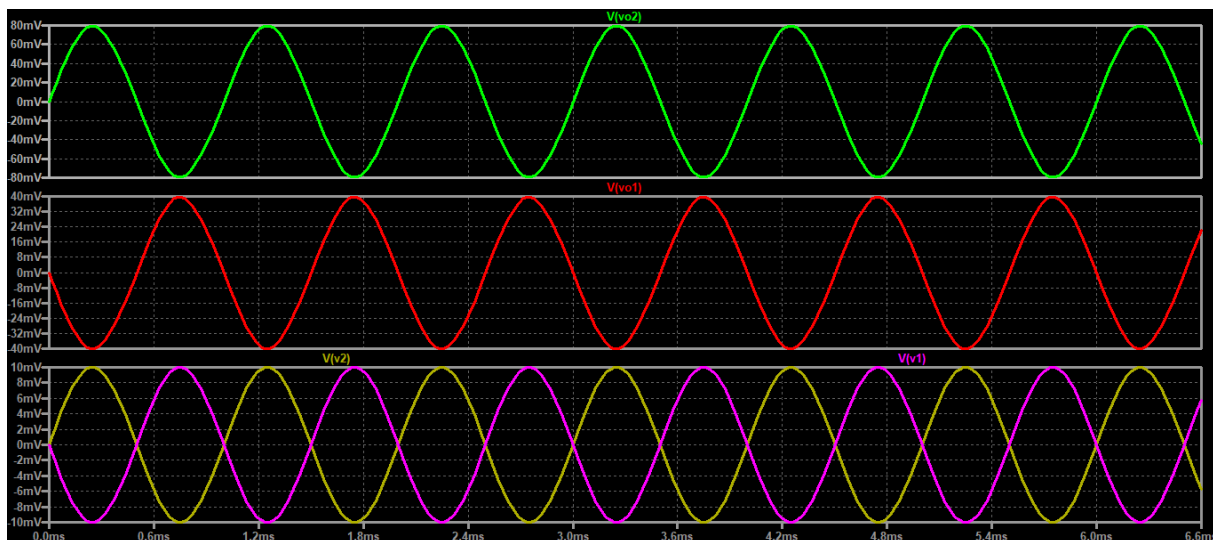


Figura 5: V_{o1} (rojo) y V_{o2} (verde) con $V_1 = V_2 = 10[mV]$ pero ambas entradas desfasadas 180° entre ellas.

	$V_1 = 10[mV]$ y $V_2 = 10[mV]$ y $\Delta\varphi = 180^\circ$
V_{o1}	39.99 [mV]
V_{o2}	79.46[mV]

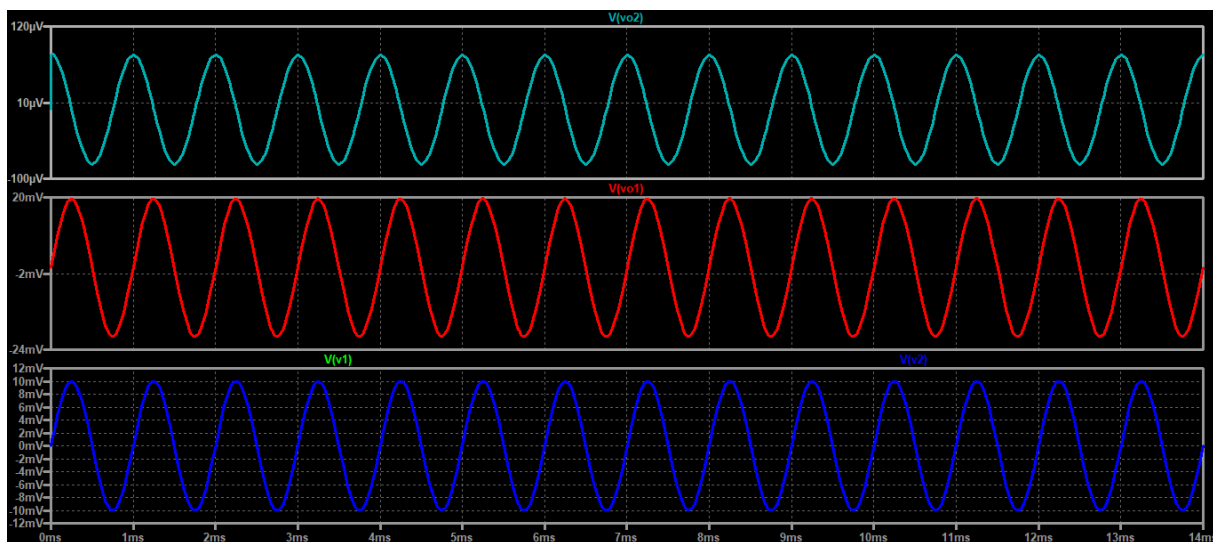


Figura 6: V_{o1} (rojo) y V_{o2} (celeste) con $V_1 = V_2 = 10[mV]$ sin desfasar.

	$V_1 = 10[mV]$ y $V_2 = 10[mV]$ y $\Delta\varphi = 0$
V_{o1}	19.60 [mV]
V_{o2}	79.14[μV]

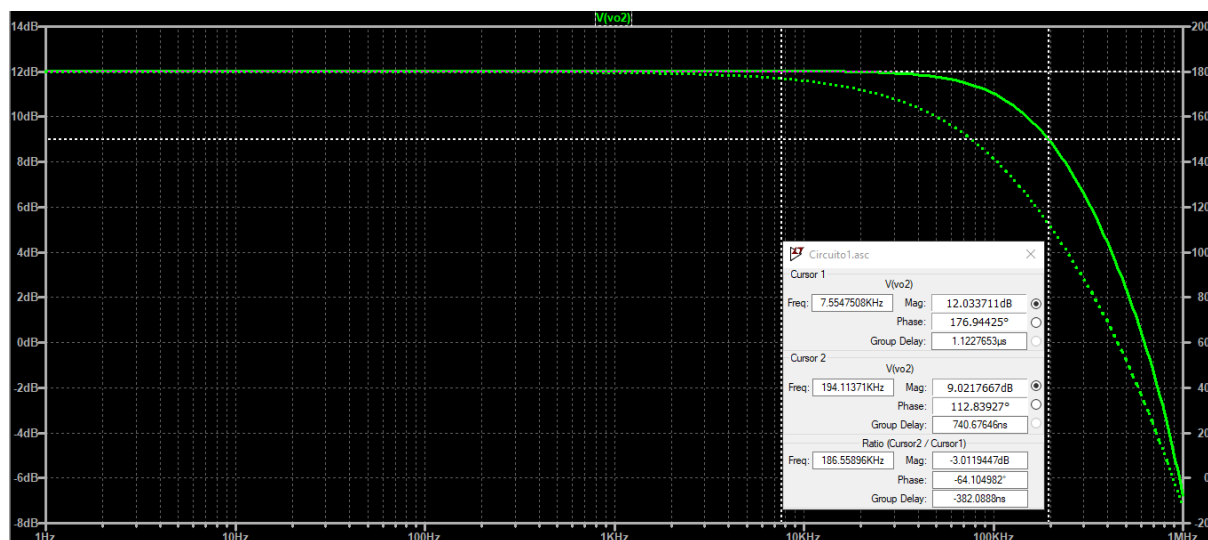


Figura 7: Bode con Magnitud y Fase $-V_{O2}$ con $V_1 = 1[V]$ y $V_2 = 0[V]$.

	$V_1 = 1[V]$ y $V_2 = 0[V]$
Frecuencia para -3[dB]	186.55 [KHz]
$\Delta\varphi$	64.10°

3.3. Implementación

3.4. Comparación entre resultados

En la siguiente tabla comparativa se reflejan los resultados obtenidos en cada una de las etapas previas y se calcula el error relativo que existe entre los resultados.

Tanto para la simulación como para la parte experimental, se ingresó señal por V_1

	Salida $V_{O2}[V]$			Errores relativos (%)		
Entrada $V_1[V]$	Teoría	Simulación	Experimental	Exp/Teo	Exp/Sim	Sim/Teo
0.2	0.8	0.7989	-	-	-	0.14
0.4	1.6	1.5973	-	-	-	0.17
1	4	3.9974	-	-	-	0.06

3.5. Conclusión

Se puede concluir que la herramienta de simulación es bastante precisa, pues el error relativo respecto al valor teórico siempre se mantuvo menor al 1%.

Ahora bien, el error relativo entre el valor teórico y el experimental es mas grande, aproximadamente (... %), esto se debe a que los componentes no son ideales y el comportamiento puede variar en un rango acotado indicado por el fabricante.

4. Fuente de corriente controlada por tensión

Datos: Amplificador Operacional LM324

$V_{cc} = 10V$ y $V_{ss} = -10V$

$R_1 = 100\Omega$; $R_2 = 10K\Omega$; $R_3 = 1K\Omega$ y $R_4 = 100K\Omega$

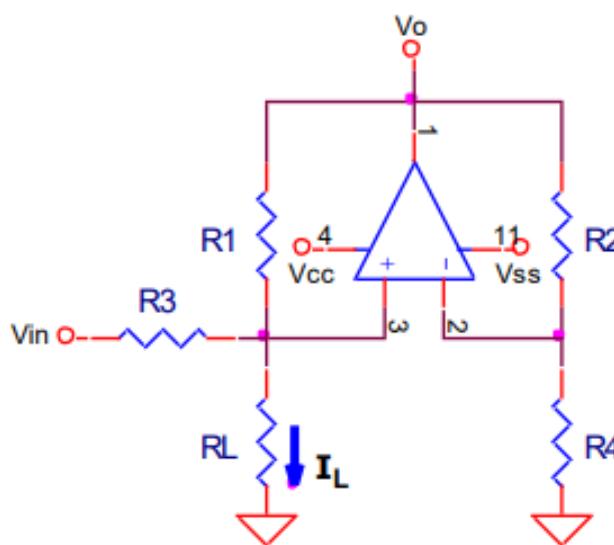


Figura 8: Circuito propuesto

4.1. Análisis teórico

4.2. Simulaciones

Se realizaron diferentes simulaciones con LTSpice para observar el comportamiento a la salida de cada amplificador. A continuación se listan las simulaciones realizadas:

- ...
- ...
- ...

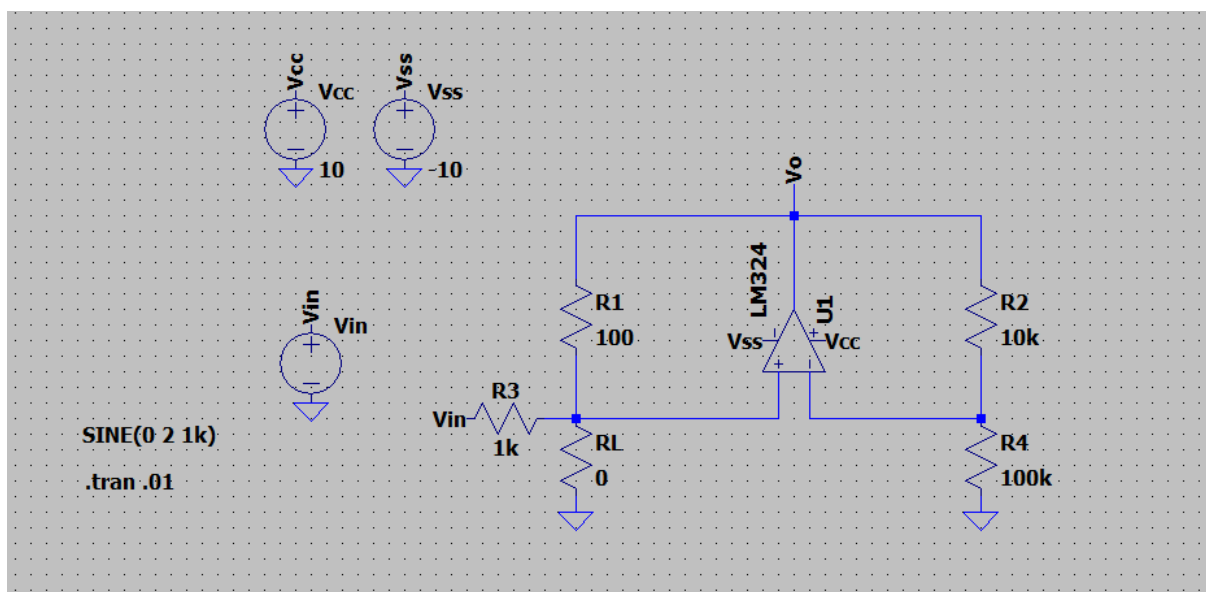


Figura 9: Circuito simulado

4.3. Implementación

4.4. Comparación entre resultados

4.5. Conclusión