

Configuraciones básicas de amplificadores operacionales

Práctica 3

García Perez Angel Yair

Misael Iván Macías Márquez

Facultad de Ciencias, UNAM

Viernes 8 de Abril de 2022
Semestre 2022-2

Resumen: Se midió el voltaje pico a pico y se midió el valor eficaz de distintas funciones del generador de funciones, también se construyó un amplificador inversor y un no inversor, se determinó el ancho de banda de cada uno, se obtuvo respectivamente que el ancho de banda es $f = (359 \pm 6)kHz$ y $f = (340 \pm 3)kHz$, después los amplificadores se balancearon, por ultimo se construyó un inversor integrador y un inversor integrador doble para integrar la función constante y así obtener la función identidad negativa para el caso de un solo integrador y la el lado derecho de una parábola para el integrador doble.

Introducción

en cascada y en la entrada del primero, poner 1 V_{cd} .

Objetivos

1. Para cada una de las siguientes funciones:

- senoidal
- triangular
- cuadrada
- senoidal más componente de C.D.

determinar la amplitud V_m con el osciloscopio y el valor eficaz V_{rms} con el multímetro.

2. Construir un amplificador inversor y determinar el ancho de banda para su ganancia.
3. Balancear el circuito anterior.
4. Construir un amplificador no-inversor y determinar el ancho de banda para su ganancia
5. Balancear el circuito anterior.
6. Construir un amplificador inversor integrador con la siguiente entrada: 1 V_{cd}

7. Clonar el circuito anterior y verificar que funciona con la misma entrada propuesta para el anterior. Luego, conectar su entrada con la salida del primero de tal forma que queden conectados

Amplificador inversor

Para el amplificador inversor se tiene la ecuacion:

$$v_0 = -\frac{R_f}{R_i} v_i \quad (1)$$

Amplificador no-inversor

Para el amplificador no inversor se tiene la ecuacion:

$$v_0 = \left(1 + \frac{R_f}{R_i}\right) v_i \quad (2)$$

Amplificador inversor integrador

Para el amplificador inversor integrador se tiene la ecuación:

$$v_0 = -\frac{1}{RC} \int v_i dt + V_C(t_0) \quad (3)$$

Metodología

Objetivo 1

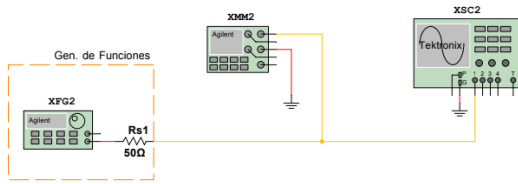


Figura 1: Diagrama del circuito para determinar amplitud y valor eficaz para distintas funciones.

Se conectó el generador de funciones **Winstek SFG-2110** al osciloscopio **Agilent DS0362A** y el multímetro **Rigol DM3058**, después con la primer función (que fue senoidal) configurada y con un voltaje de salida de 1V, con las opciones de measure en el osciloscopio se obtuvieron tanto el voltaje pico a pico V_{pp} como el eficaz V_{rms} , con el multímetro también se obtuvo el valor eficaz, esto mismo se hizo para las otras funciones.

Objetivo 2

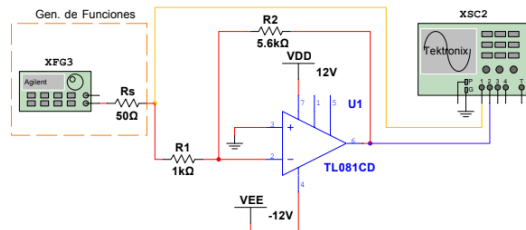


Figura 2: Diagrama del circuito para determinar el ancho de banda para el amplificador inversor.

Se armó el circuito presente en el diagrama de la figura 2 sobre una protoboard, se utilizaron 2 resistencias de $1k\Omega$ y $5,6k\Omega$, una fuente bipolar de $\pm 12V$, un amplificador operacional **TL081CD** y cables. Con el circuito armado, se conectó el generador de funciones **Winstek SFG-2110** configurado con un voltaje de salida de 1V y una frecuencia de $100kHz$ y con una función senoidal se conectó la salida a la entrada del circuito, después se conectó el canal 1 del osciloscopio **Agilent DS0362A** en la salida del generador de funciones y el segundo canal en la salida del circuito armado.

Con ayuda de las opciones de measure en el osciloscopio se midió el voltaje pico a pico V_{pp} y se aumentó la frecuencia hasta tener un V_{pp} igual al valor eficaz V_{rms} que para una función senoidal es $\frac{V_{pp}}{\sqrt{2}}$ después

se registro la frecuencia a la que se encontraba este voltaje.

Objetivo 3

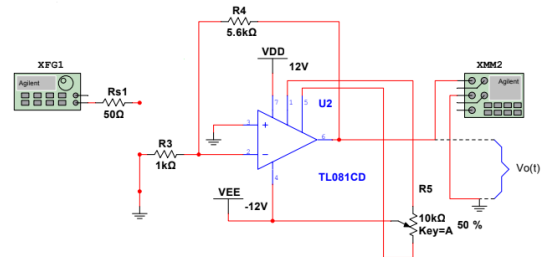


Figura 3: Diagrama del circuito anterior para balancearse.

Para balancear el circuito se desconectó el generador de funciones y el osciloscopio del circuito de la figura 2 y se agregó un multímetro **Rigol DM3058** a la salida del operacional y un trimpot conectado así como se muestra en la figura 3, después con ayuda de un destornillador y con el multímetro ajustado para medir el voltaje de salida, se ajustó el trimpot de tal manera que el voltaje de salida mostrado en el multímetro fuera lo mas cercano al cero.

Objetivo 4

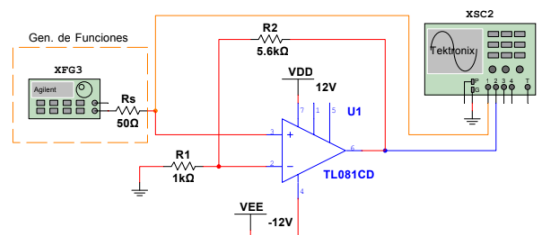


Figura 4: Diagrama del circuito para determinar el ancho de banda para el amplificador no inversor.

Al igual que en el objetivo 2 se armó el circuito con los mismos materiales pero cambiando la entrada del operacional, se conectó el generador de funciones con la misma configuración que en el objetivo 2, también se usaron el canal 1 en la salida del generador de funciones y el 2 en la salida del operacional. Se midió el voltaje pico a pico V_{pp} y se aumentó la frecuencia del generador de funciones hasta alcanzar aproximadamente el valor eficaz V_{rms} .

Objetivo 5

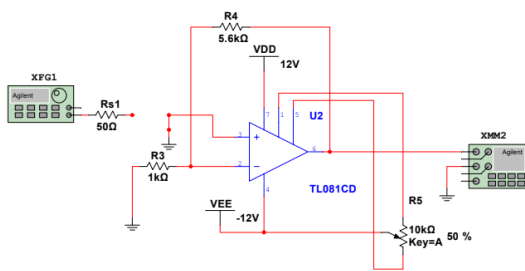


Figura 5: Diagrama del circuito anterior para balancearse.

Como en el objetivo 3, se balanceo el circuito desconectando el generador de funciones y conectando en la salida el multímetro, también se usó un trimpot y un destornillador para ajustar el mismo para que el voltaje de salida fuera lo mas cercano al cero.

Objetivo 6

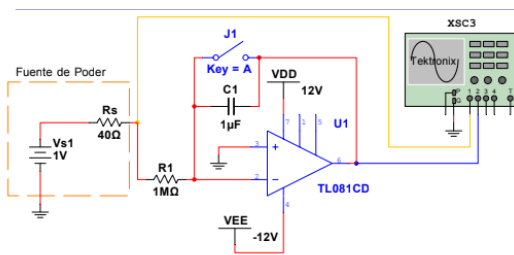


Figura 6: Diagrama del circuito para el amplificador inversor integrador.

Se armó un circuito inversor integrador con un amplificador operacional **TL081** alimentado con una fuente bipolar de $\pm 12V$, un condensador de $1\mu F$, una resistencia de $1M\Omega$ y un interruptor. En la entrada del operacional se conectó una fuente de poder configurada con una salida de $1V$ y $0,5A$ y se conectó un osciloscopio tanto en la salida de la fuente de poder como en la salida del operacional para observar la función original y la integrada.

Objetivo 7

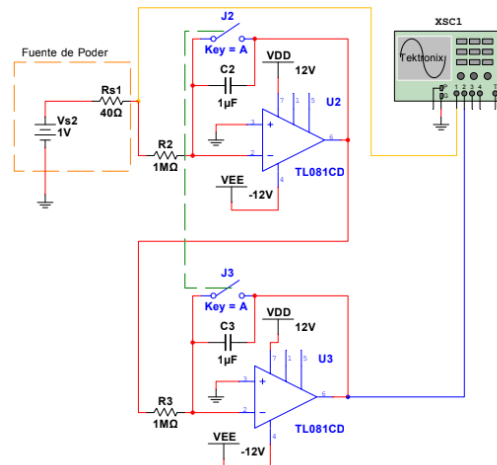


Figura 7: Diagrama del circuito para el doble inversor integrador.

En el laboratorio presencial se intentó armar el doble integrador pero por diversos motivos el resultado no fue satisfactorio por lo que se decidió mejor hacer este objetivo en el simulador multisim, donde se siguieron los mismo pasos que en el objetivo anterior para hacer 2 inversores integradores conectados en cascada solo que usando un interruptor doble para cortocircuitar los 2 operacionales al mismo tiempo.

Resultados y Discusión

Objetivo 1

Función	V_m	V_{rms}
Senoidal	1.0305 V	0.700626 V
Triangular	1.0205 V	0.57716 V
Cuadrada	1.1205 V	1.098 V
Senoidal + c. de c.d	1.0305 V	1.672 V

Para encontrar las incertidumbres de las correspondientes V_{rms} utilizamos la tabla de incertidumbres para el multímetro, ubicada en el anexo:

$$\delta V_{rms1} = \pm(0,700626 \cdot 0,015\% + 200 \cdot (10)^{-3} \cdot 0,004\%)V$$

$$= \pm 1,130939 \times 10^{-4}V$$

$$\delta V_{rms2} = \pm(0,57716 \cdot 0,015\% + 200 \cdot (10)^{-3} \cdot 0,004\%)V$$

$$= \pm 0,94574 \times 10^{-4}V$$

$$\delta V_{rms3} = \pm(1,098 \cdot 0,015\% + 200 \cdot (10)^{-3} \cdot 0,004\%)V$$

$$= \pm 1,727 \times 10^{-4} V$$

$$\delta V_{rms4} = \pm (1,672 \cdot 0,015 \% + 200 \cdot (10)^{-3} \cdot 0,004 \%) V$$

$$= \pm 2,588 \times 10^{-4} V$$

Para encontrar las incertidumbres de las correspondientes V_m utilizamos la tabla de incertidumbres para el osciloscopio, ubicada en el anexo:

$$\delta V_{m1} = \pm (3 \% \cdot 1,0305 + 0,1 \cdot 500 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm 0,081915 V$$

$$\delta V_{m2} = \pm (3 \% \cdot 1,0205 + 0,1 \cdot 500 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm 0,081615 V$$

$$\delta V_{m3} = \pm (3 \% \cdot 1,1205 + 0,1 \cdot 500 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm 0,084615 V$$

$$\delta V_{m4} = \pm (3 \% \cdot 1,0305 + 0,1 \cdot 500 \times 10^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm 0,081915 V$$

Objetivo 2

El voltaje de entrada fue:

$$v_i = 1,0805 V$$

Utilizando la tabla de incertidumbres para el osciloscopio encontramos que la incertidumbre de este valor es:

$$\delta v_i = \pm (3 \% \cdot 1,0805 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm (0,083415) V$$

La función utilizada tenía una frecuencia:

$$f = 1 kHz$$

Esto nos dio un voltaje de salida:

$$v_0 = 6,2 V$$

La incertidumbre de este valor es:

$$\delta v_0 = \pm (3 \% \cdot 6,2 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm (0,237) V$$

Se aumentó la frecuencia hasta:

$$f = 353 kHz$$

Para esta frecuencia el voltaje de salida fue:

$$v'_0 = 4,2505 V$$

La incertidumbre de este valor es:

$$\delta v'_0 = \pm (3 \% \cdot 4,2505 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3}) V$$

$$= \pm (0,178515) V$$

v'_0 se mantuvo constante hasta la frecuencia:

$$f = 365 kHz$$

v'_0 corresponde a aproximadamente el 70,7 % del valor del voltaje pico v_0 .

Tomando el promedio de las frecuencias y tomando la incertidumbre como la distancia hasta sus extremos encontramos que el ancho de banda es:

$$f = \left(\frac{353 + 365}{2} \pm \left(\frac{353 + 365}{2} - 353 \right) \right) kHz$$

$$= (359 \pm 6) kHz$$

Objetivo 3

La siguiente imagen muestra el circuito balanceado.

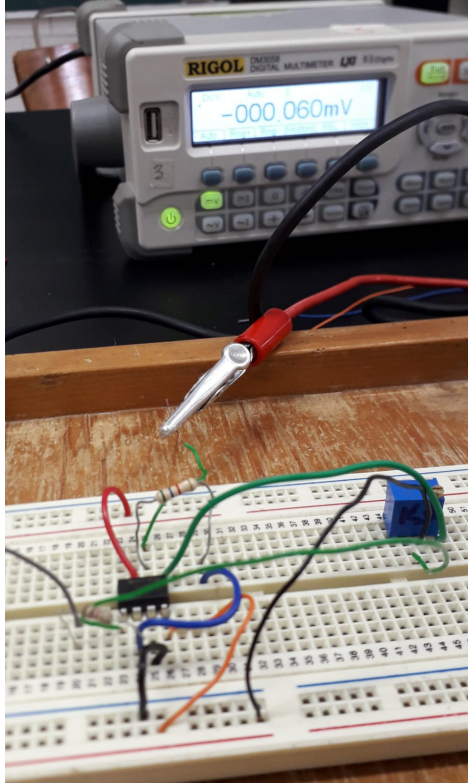


Figura 8:

Objetivo 4

El voltaje de entrada fue:

$$v_i = 1,1205V$$

Utilizando la tabla de incertidumbres para el osciloscopio encontramos que la incertidumbre de este valor es:

$$\begin{aligned} \delta v_i &= \pm(3\% \cdot 1,1205 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3})V \\ &= \pm(0,084615)V \end{aligned}$$

La función utilizada tenía una frecuencia:

$$f = 1kHz$$

Esto nos dio un voltaje de salida:

$$v_0 = 7,65V$$

$$\delta v_0 = \pm(3\% \cdot 7,65 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3})V$$

$$= \pm(0,2805)V$$

Se aumentó la frecuencia hasta:

$$f = 337kHz$$

Para esta frecuencia el voltaje de salida fue:

$$v'_0 = 5,2V$$

$$\delta v'_0 = \pm(3\% \cdot 5,2 + 0,1 \cdot 500(10)^{-3} + 1 \times 10^{-3})V$$

$$= \pm(0,207)V$$

v'_0 se mantuvo prácticamente constante hasta la frecuencia:

$$f = 343kHz$$

v'_0 corresponde a aproximadamente al 70,7% del valor del voltaje pico v_0 .

Tomando el promedio de las frecuencias y tomando la incertidumbre como la distancia hasta sus extremos encontramos que el ancho de banda es:

$$\begin{aligned} f &= \left(\frac{337 + 343}{2} \pm \left(\frac{337 + 343}{2} - 337 \right) \right) kHz \\ &= (340 \pm 3)kHz \end{aligned}$$

Objetivo 5

La siguiente imagen muestra el circuito anterior balanceado.

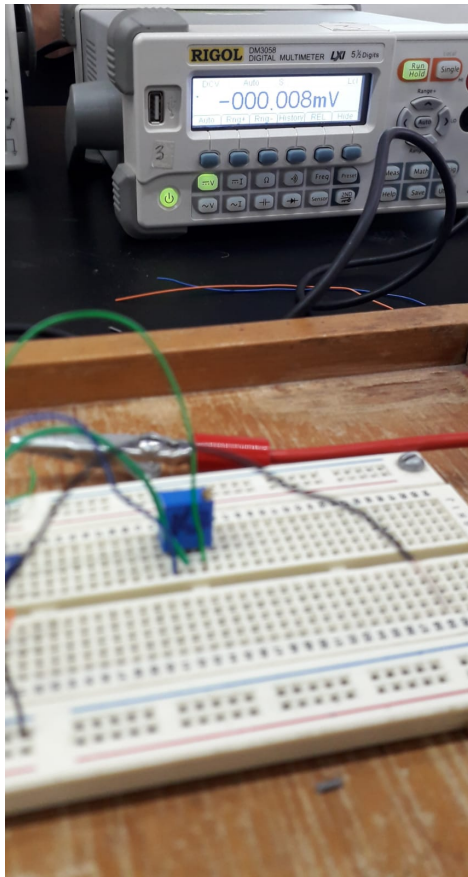


Figura 9: Circuito balanceado.

Objetivo 6

Se construyo el amplificador inversor integrador, el osciloscopio mostró lo siguiente:

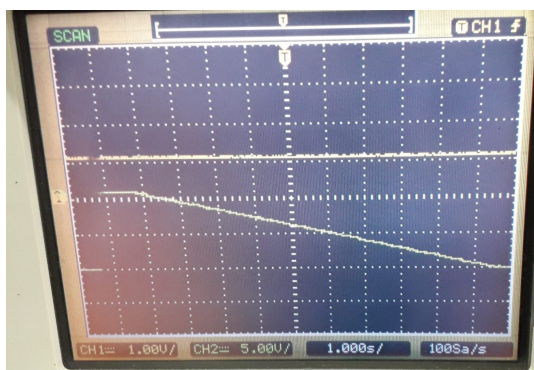


Figura 10: Gráfica del integrador.

Objetivo 7

Se construyo el doble integrador en multisim por falta de tiempo, el osciloscopio mostró lo siguiente:

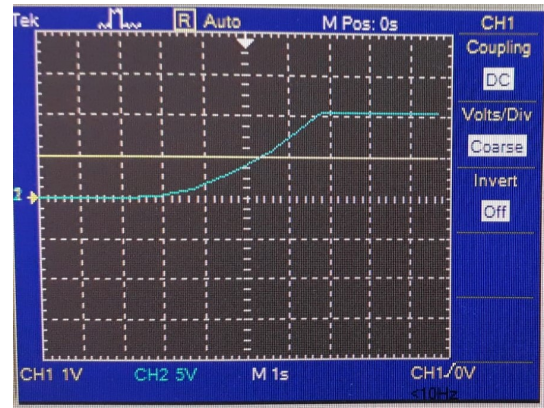


Figura 11: Gráfica doble integrador

Conclusiones

Objetivo 1

Se obtuvo la amplitud V_m y el valor eficaz V_{rms} para diferentes funciones, los valores se muestran en la tabla 1.

Objetivo 2

El ancho de banda para el amplificador inversor es:

$$f = (359 \pm 6)kHz$$

Objetivo 3

El circuito se balanceo correctamente.

Objetivo 4

El ancho de banda para el amplificador no inversor es:

$$f = (340 \pm 3)kHz$$

Objetivo 5

El circuito se balanceo correctamente.

Objetivo 6

Se construyo correctamente el amplificador inversor integrador.

Objetivo 7

Se construyo correctamente el doble integrador en multisim.

Referencias

[1] William Hart Hayt, Jack Ellsworth Kemmerly, Jamie D Phillips, and Steven M Durbin. 2019. Análisis de Circuitos En Ingeniería. Ciudad De México Mcgraw Hill Interamericana S.A. De C.V.

[2] Floyd, Thomas L. Principios De Circuitos electricos (8a. Ed.). Naucalpan de Juarez: Pearson Educacion, 2007.

Apéndices

Características técnicas eléctricas

Características DC

Especificaciones de precisión (% de lectura + % del rango) ^[1]				
Función	Rango ^[2]	Test actual o tensión de carga	1 Año 23°C±5°C	Coefficiente Temperatura 0 °C a 18 °C 28 °C a 55 °C
DC Tensión	200.000mV		0.015 + 0.004	0.0015+0.0005
	2.00000V		0.015 + 0.003	0.0010+0.0005
	20.0000V		0.015 + 0.004	0.0020+0.0005
	200.000V		0.015 + 0.003	0.0015+0.0005
	1000.00V ^[4]		0.015 + 0.003	0.0015+0.0005
DC Corriente ^[8]	200.000uA	<8mV	0.055 + 0.005	0.003+0.0010
	2.00000mA	<80mV	0.055 + 0.005	0.002+0.001
	20.0000mA	<0.05V	0.095 + 0.020	0.008+0.001
	200.000mA	<0.5V	0.070 + 0.008	0.005+0.001
	2.00000A	<0.1V	0.170 + 0.020	0.013+0.001
	10.0000A ^[5]	<0.3V	0.250 + 0.010	0.008+0.001
Resistencia ^[3]	200.000Ω	1mA	0.030 + 0.005	0.0030+0.0006
	2.00000kΩ	1mA	0.020 + 0.003	0.0030+0.0005
	20.0000kΩ	100uA	0.020 + 0.003	0.0030+0.0005
	200.000kΩ	10uA	0.020 + 0.003	0.0030+0.0005
	2.00000MΩ	1uA	0.040 + 0.004	0.0040+0.0005
	10.0000MΩ	200nA	0.250 + 0.003	0.0100+0.0005
	100.000MΩ	200nA 10MΩ	1.75 + 0.004	0.2000+0.0005
Test diodos	2.0000V ^[6]	1mA	0.05 + 0.01	0.0050+0.0005
Continuidad	2000Ω	1mA	0.05 + 0.01	0.0050+0.0005

Figura 12: Tabla de incertidumbres para el multímetro Rigol DM3058

Table 6 Vertical System Characteristics (continued)

Name	Typical Value
Dynamic range:	± 6 div
Input resistance:	1 M Ω \pm 1%
Input capacitance:	~ 13 pF
Coupling:	AC, DC, ground
BW limit:	~ 20 MHz
ESD tolerance:	± 2 kV
DC vertical gain accuracy:	2 mV/div to 5 mV/div: $\pm 4\%$ 10 mV/div to 5 V/div $\pm 3\%$
DC measurement (= 16 waveform averages)	$\pm (3\% \times \text{reading} + 0.1 \text{ div} + 1 \text{ mV})$ when 10 mV/div or greater is selected and vertical position is at zero $\pm (3\% \times (\text{reading} + \text{vertical position}) + 1\% \text{ of vertical position} + 0.2 \text{ div})$ when 10 mV/div or greater is selected and vertical position is not at zero Add 2 mV for settings from 2 mV/div to 200 mV/div Add 50 mV for settings > 200 mV/div to 5 V/div

Table 7 Horizontal System Characteristics

Name	Typical Value
Range:	2 ns/div to 50 s/div
Timebase accuracy:	± 100 ppm over any time interval = 1 ms
Modes:	Main, Delayed, Y-T, X-Y

Figura 13: Tabla de incertidumbres para el osciloscopio Agilent DS0362A