



Escuela de Ingeniería en Electrónica

EL-3216 | Circuitos Integrados Analógicos

Grupo #1

Tarea 3

Estudiante:

Ronald Duarte Barrantes

Carné:

2021004089

Docente:

Francisco Navarro Henríquez

I Semestre

Desarrolle la actividad de aplicación: *generador de forma de onda pulsante/senoidal* del libro de texto del curso, capítulo 13, página 689, 8^{va} edición en español.

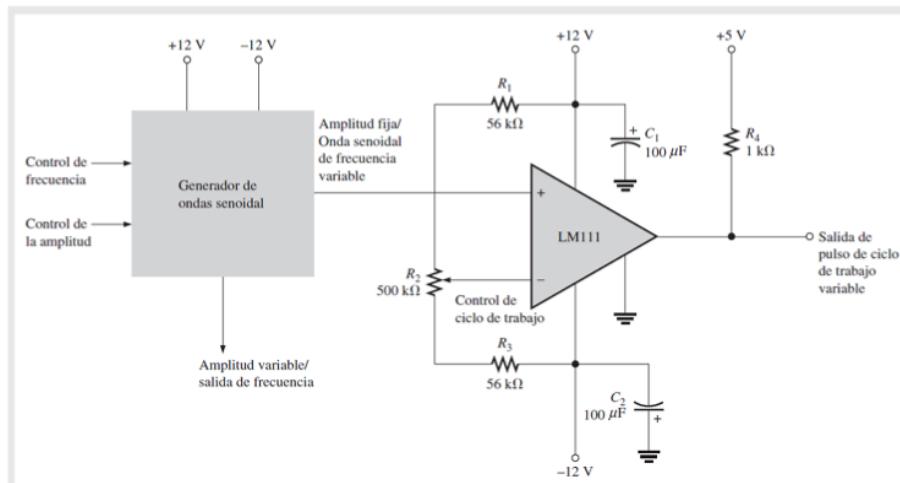


Figura 13-50: Generador de ondas senoidal/pulsos

A. Circuito

Pregunta 1: ¿Qué componentes determinan el voltaje de referencia variable del comparador?

Los componentes son la resistencia R_1 , R_2 y R_3 , la resistencia R_2 permite cambiar la caída de tensión que llega a la patilla inversora generando un voltaje de referencia que puede ser positivo o negativo, dependiendo del valor que esta tome.

Pregunta 2: Calcule el voltaje de referencia mínimo.

Mediante la utilización de superposición en el circuito, se llega a las siguientes ecuaciones.

Usando el principio de superposición obtenemos los siguientes valores, analizados por nodos

Sabiendo que $R_b = 500 \text{ k}\Omega + 56 \text{ k}\Omega = 556 \text{ k}\Omega$ y $R_1 = 56 \text{ k}\Omega$

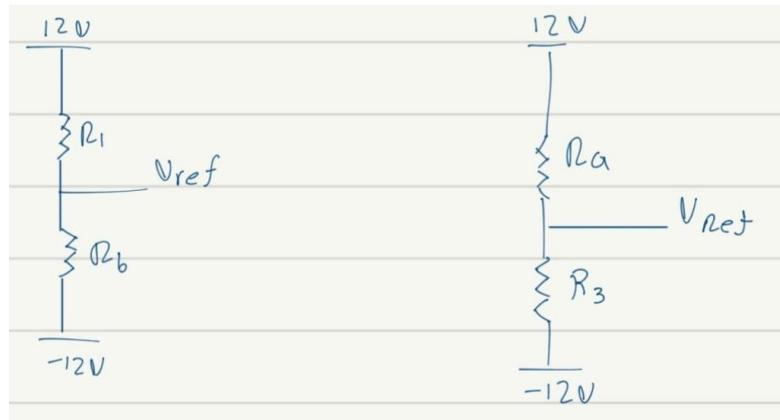


Figura A: Circuitos analizados.

$$\begin{aligned}\frac{12 - V_{ref}}{R_1} + \frac{-12 - V_{ref}}{R_b} &= 0 \\ -\frac{V_{ref}}{R_1} - \frac{V_{ref}}{R_b} &= -\frac{12}{R_1} + \frac{12}{R_b} \\ V_{ref} \left(-\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_b} \right) &= -\frac{12}{R_1} + \frac{12}{R_b}\end{aligned}$$

Al despejar V_{ref} se obtiene

$$V_{ref} = \frac{12 \left(\frac{1}{556k\Omega} - \frac{1}{56k\Omega} \right)}{\left(-\frac{1}{556k\Omega} - \frac{1}{56k\Omega} \right)} = 9,8 \text{ V}$$

Y para el procedimiento de $-V_{ref}$ se hace lo mismo, por lo cual es irrelevante repetir el procedimiento, tenemos que $R_a = R_1 + R_2 = 556k\Omega$

$$\begin{aligned}\frac{12 - V_{ref}}{R_a} + \frac{-12 - V_{ref}}{R_3} &= 0 \\ -\frac{V_{ref}}{R_a} - \frac{V_{ref}}{R_3} &= -12 \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_3} \right) \\ V_{ref} \left(-\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_b} \right) &= -12 \left(\frac{1}{R_a} - \frac{1}{R_3} \right) \\ V_{ref} = \frac{-12 \left(\frac{1}{556k\Omega} - \frac{1}{56k\Omega} \right)}{\left(-\frac{1}{556k\Omega} - \frac{1}{56k\Omega} \right)} &= -9,8 \text{ V}\end{aligned}$$

$$V_{ref(min)} = -9,8 \text{ V}$$

Pregunta 3) Calcule el voltaje de referencia mínimo.

Utilizando el mismo procedimiento de la pregunta 2), podemos concluir que

$$V_{ref(max)} = 9,8 \text{ V}$$

Pregunta 4) ¿Qué establece la amplitud de los pulsos de salida?

Establecen los ciclos de trabajo de la función, en este caso los ciclos de trabajo son variables y se ven afectados por los voltajes de referencia que, debido a esto, hace que sean variables.

Pregunta 5) Explica cómo funciona el control del ciclo de trabajo.

Como se puede denotar en la pregunta 2, al momento de utilizar un potenciómetro el cual es una resistencia variable. Al realizar ciertos modificar dicho valor de pueden generar voltajes de referencias distintos, tanto positivos como negativos, el hecho recae que estos valores afectan el ciclo de trabajo del amplificador operacional.

Un voltaje de referencia positivo representa una disminución del ciclo de trabajo, en caso contrario un voltaje negativo, proporciona

Pregunta 6) Haciendo referencia al diagrama de las terminales de conexión, asigne números a las terminales de conexión del comparador de la figura 13-50.

Teniendo en cuenta la siguiente imagen, denotamos la numeración de las terminales en el circuito de la figura 13-50.

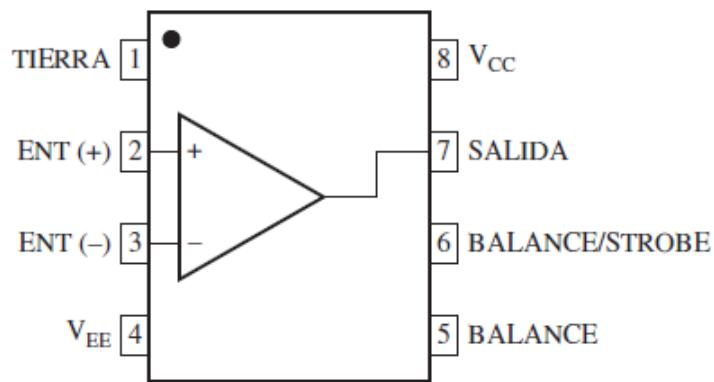


Figura 13-51: Diagrama de puntos de conexión del comparador LM111.

Teniendo en cuenta la numeración de las terminales de la figura 13:51 en la figura 13:50, nos queda lo siguiente.

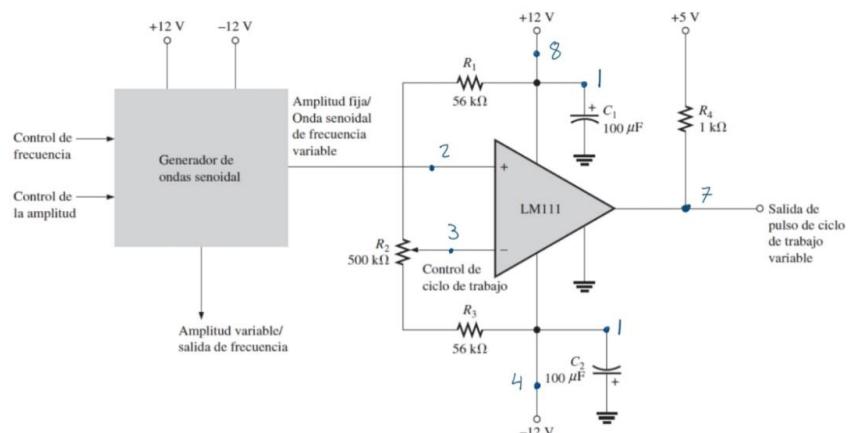


Figura 2: Diagrama de puntos de conexión del comparador LM111 en figura 13:50.

B. Simulación (30%)

Simule el generador de ondas senoidal/pulsos con Multisim. Observe los voltajes de salida con el osciloscopio conforme el ciclo de trabajo es variado.

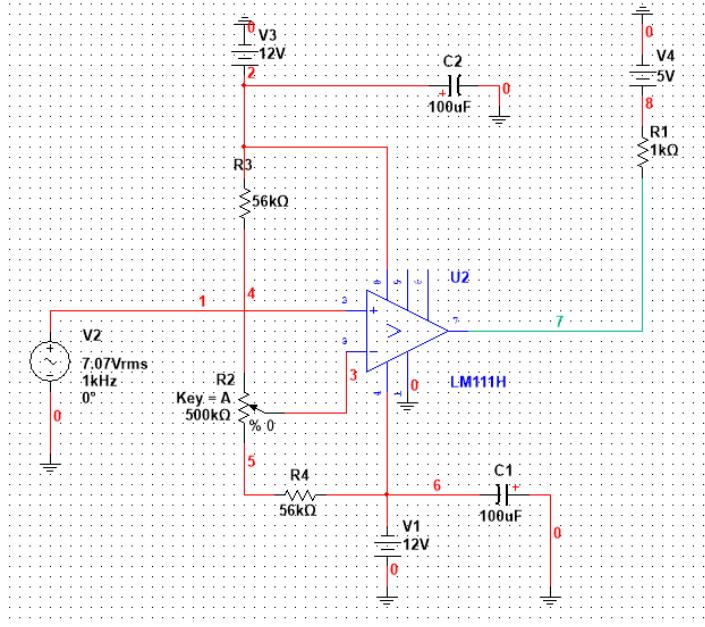


Figura 3: Circuito simulado

Pregunta 7. Con base en la pantalla del osciloscopio de la figura 13-52, verifique el valor rms de la onda senoidal.

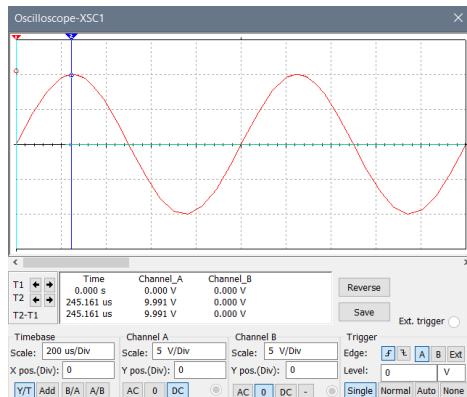


Figura 4: Valor rms de la onda senoidal.

Tenemos un voltaje pico de $V_p = 9,991 V$, lo transformamos a rms

$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (1)$$

$$V_{rms} = \frac{9,991 V_p}{\sqrt{2}} = 7,06 V_{rms}$$

llegamos al siguiente resultado.

$$V_{rms} = 7,06 V_{rms}$$

Y utilizando la figura 13-52, tenemos los siguientes resultados

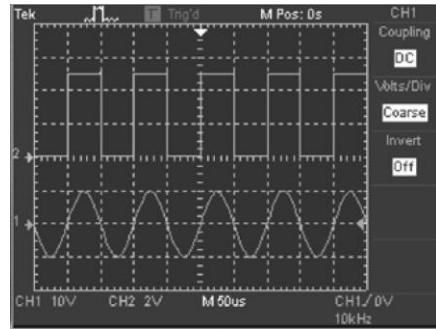


Figura 13-52: Simulación del generador de ondas senoidal/pulsos a una frecuencia de 10 kHz.

En este caso notamos que el voltaje pico de la figura 13:52 es de $V_p = 10V$, por lo cual si aplicamos la ecuación (1) llegamos al siguiente resultado.

$$V_{rms} = \frac{10 V_p}{\sqrt{2}} = 7,07 V_{rms}$$

Por lo cual concluimos que no hay mucha diferencia.

Pregunta 8. Mida la amplitud de la forma de onda pulsante en la pantalla.

Es importante notar que la amplitud de la señal no cambia con la frecuencia, al menos que se supere cierto límite.

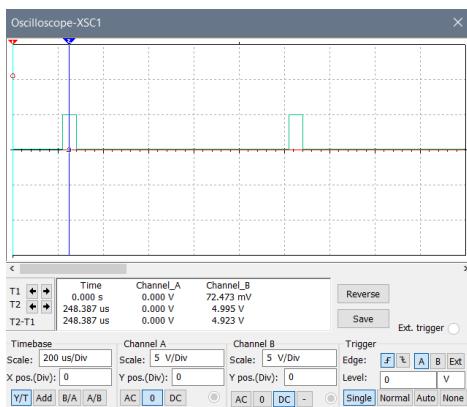


Figura 5(a): Amplitud de la señal de pulso ciclo mínimo de trabajo a 1kHz.

Con información del gráfico de la figura 5(a), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 V$ o $V_{rms} = 3,53 V$.

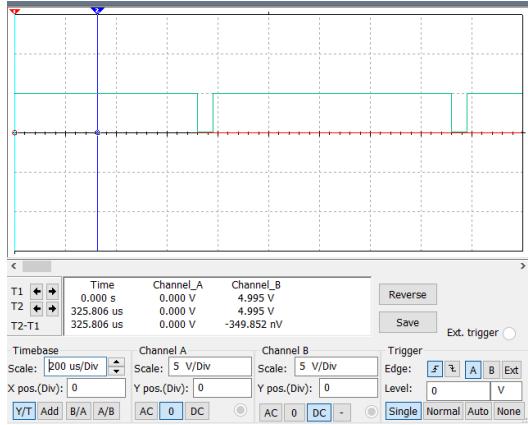


Figura 5(b): Amplitud de la señal de pulso ciclo máximo de trabajo a 1kHz.

Con información del gráfico de la figura 5(b), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 V$ o $V_{rms} = 3,53 V$.

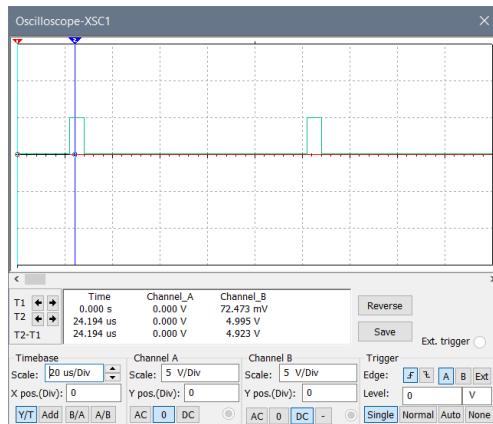


Figura 5(c): Amplitud de la señal de pulso ciclo mínimo de trabajo a 10kHz.

Con información del gráfico de la figura 5(c), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 V$ o $V_{rms} = 3,53 V$.

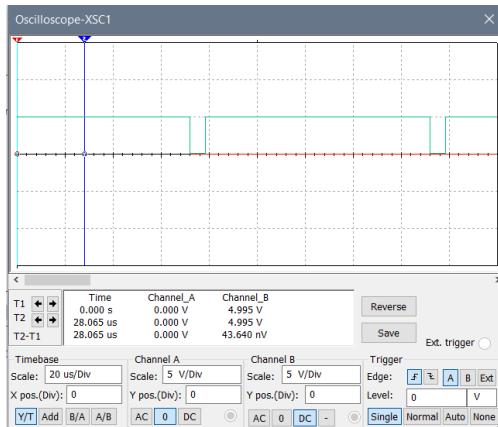


Figura 5(d): Amplitud de la señal de pulso ciclo máximo de trabajo a 10kHz.

Con información del gráfico de la figura 5(d), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 \text{ V}$ o $V_{rms} = 3,53 \text{ V}$.

Pregunta 9. Verifique la frecuencia de las formas de onda en la pantalla.

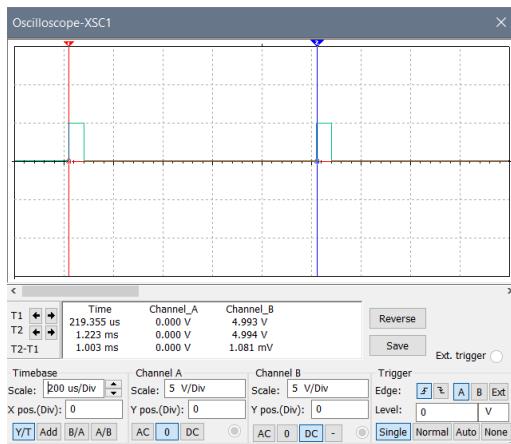


Figura 6(a): Periodo de la señal de pulso ciclo mínimo de trabajo a 1kHz.

Notamos que el periodo de la onda es de $T = 1,003 \text{ ms}$, utilizando la siguiente formula

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

podemos encontrar la frecuencia de la señal de pulso.

$$f = \frac{1}{1,003 \text{ ms}} = 997,01 \text{ Hz}$$

Notamos que es un valor muy aproximado al ideal que es de $f = 1 \text{ kHz}$.

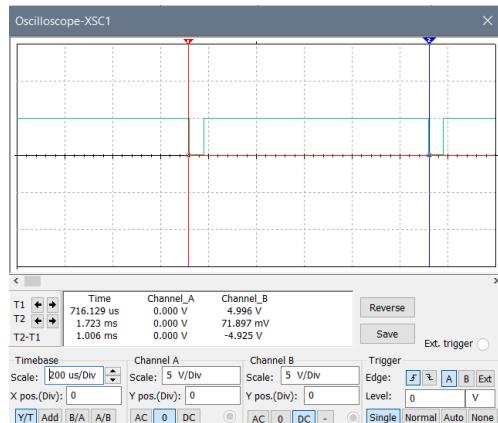


Figura 6(b): Periodo de la señal de pulso ciclo máximo de trabajo a 1kHz.

Tenemos el siguiente periodo $T = 1,006 \text{ ms}$ y usando la ecuación (2) llegamos a tener la frecuencia.

$$f = \frac{1}{1,006 \text{ ms}} = 994,04 \text{ Hz}$$

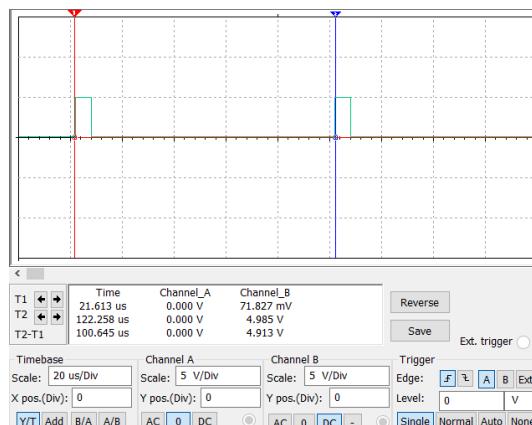


Figura 6(c): Periodo de la señal de pulso ciclo mínimo de trabajo a 10kHz.

Tiene un $T = 100,645 \mu\text{s}$ y usando la ecuación (2) obtenemos la frecuencia.

$$f = \frac{1}{100,645 \mu\text{s}} = 9,935 \text{ kHz}$$

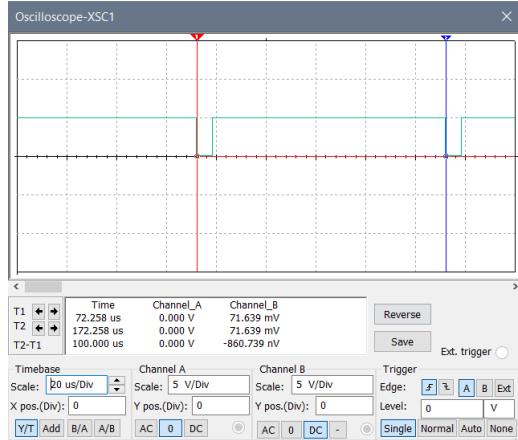


Figura 6(d): Periodo de la señal de pulso ciclo máximo de trabajo a 10kHz.

Tiene un $T = 100\mu s$ y usando la ecuación (2) obtenemos la frecuencia.

$$f = \frac{1}{100\mu s} = 10kHz$$

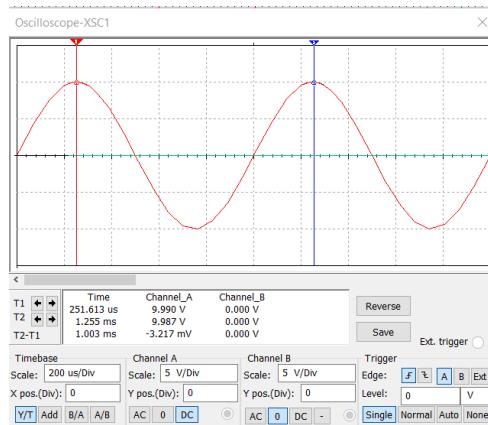


Figura 7(a): Periodo de la señal senoidal a 1kHz.

El periodo en este caso es de $T = 1,003 ms$ usando la ecuación (2) encontramos la frecuencia.

$$f = \frac{1}{1,003 ms} = 997,01 Hz$$

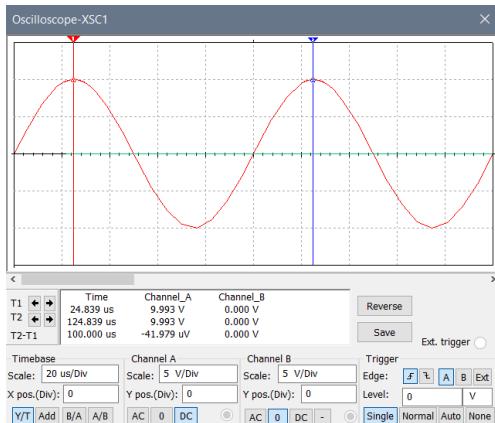
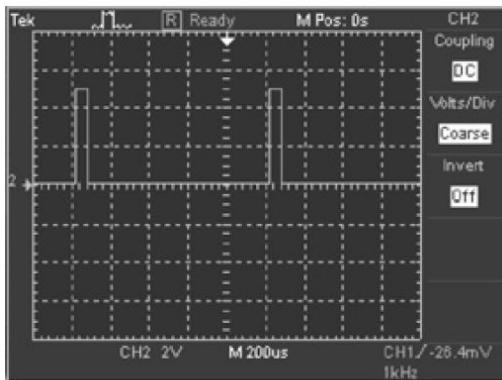


Figura 7(b): Periodo de la señal senoidal a 10kHz

El periodo en este caso es de $T = 100\mu s$ usando la ecuación (2) encontramos la frecuencia.

$$f = \frac{1}{100\mu s} = 10kHz$$

Pregunta 10. En la figura 13-53, determine si los ciclos de trabajo mínimo y máximo satisfacen o exceden las especificaciones a las frecuencias mostradas.



(a) Ciclo de trabajo máximo a 1 kHz

Figura 13-53(a): Resultados de la simulación 1kHz trabajo mínimo.

Verificamos los valores de la frecuencia, primero debemos tener en cuenta que por cada cuadro hay una diferencia de $200\mu s$ y ocupamos comparar un ciclo de la función.

Notamos que se cumple un ciclo desde $200\mu s$ hasta $6 \cdot 200\mu s$ el 6 es debido a que pasaron 6 cuadros, usando la siguiente ecuación encontramos el periodo.

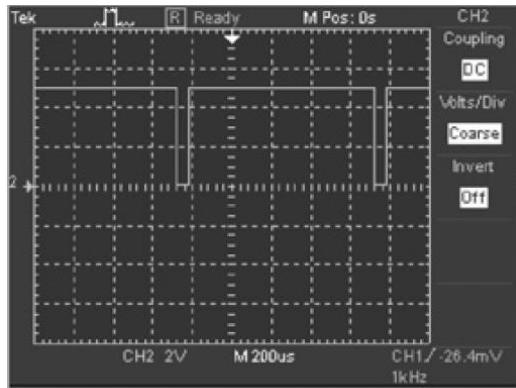
$$T = T_{final} - T_{inicial} \quad (3)$$

Con eso tenemos que

$$T = 1200\mu s - 200\mu s = 1000\mu s$$

Y usando la ecuación (2) tenemos

$$f = \frac{1}{1000\mu s} = 1 \text{ kHz}$$



(b) Ciclo de trabajo máximo a 1 kHz

Figura 13-53(b): Resultados de la simulación 1kHz trabajo máximo.

Usamos el mismo procedimiento que el anterior.

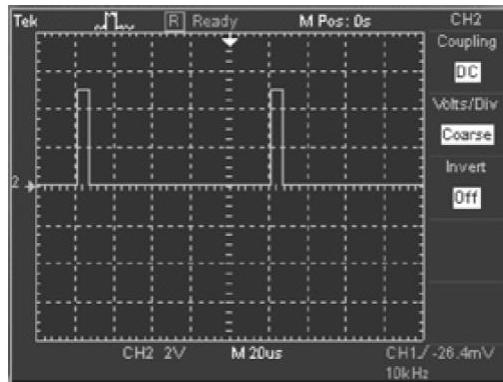
Notamos que el primer intervalo de interés se encuentra a 3,4 cuadros y el segundo intervalo se encuentra a 8,4 cuadros y sabiendo que cada cuadro es de $200\mu s$.

Usando la ecuación (3) tenemos

$$T = 8,4 \cdot 200\mu s - 3,4 \cdot 200\mu s = 1000\mu s$$

Y usando la ecuación (2) tenemos

$$f = \frac{1}{1000\mu s} = 1 \text{ kHz}$$



(c) Ciclo de trabajo mínimo a 10 kHz

Figura 13-53(c): Resultados de la simulación 10kHz trabajo mínimo.

Verificamos los valores de la frecuencia, primero debemos tener en cuenta que por cada cuadro hay una diferencia de $20\mu s$ y ocupamos comparar un ciclo de la función.

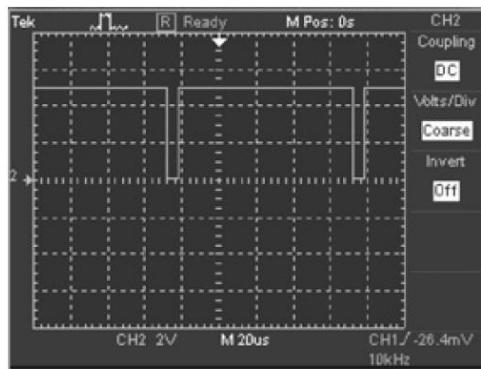
Notamos que se cumple un ciclo desde $20\mu s$ hasta $6 \cdot 20\mu s$ el 6 es debido a que pasaron 6 cuadros, usando la siguiente ecuación encontramos el periodo.

Usando ecuación (3)

$$T = 6 \cdot 20\mu s - 20\mu s = 100\mu s$$

Y usando la ecuación (2) tenemos

$$f = \frac{1}{100\mu s} = 10 \text{ kHz}$$



(d) Ciclo de trabajo máximo a 10 kHz

Figura 13-53(d): Resultados de la simulación 10kHz trabajo máximo.

Usamos el mismo procedimiento que el anterior.

Notamos que el primer intervalo de interés se encuentra a 3,4 cuadros y el segundo intervalo se encuentra a 8,4 cuadros y sabiendo que cada cuadro es de $20\mu s$.

Usando la ecuación (3) tenemos

$$T = 8,4 \cdot 20\mu s - 3,4 \cdot 20\mu s = 100\mu s$$

Y usando la ecuación (2) tenemos

$$f = \frac{1}{100\mu s} = 10 \text{ kHz}$$

C. Problemas Avanzados (40%, 20% C/U)

Pregunta 27. Calcule el porcentaje del ciclo de trabajo mostrado en la figura 13-50 con ajustes mínimos y máximos de R2. Se aplica una onda senoidal de valor pico de 10 V a la entrada no inversora del comparador sin histéresis.

Para calcular el ciclo de trabajo usamos la siguiente ecuación.

$$\text{Ciclo de trabajo} = \frac{T_{alto}}{T_{total}} \cdot 100 \quad (4)$$

Encontramos los períodos en alto de cada ciclo de trabajo y de cada frecuencia.

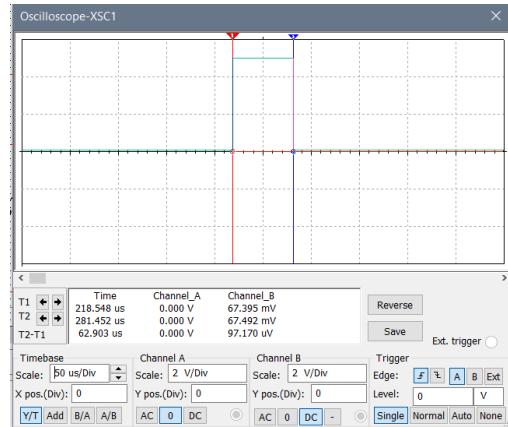


Figura 8(a): Período de la señal de pulso, ciclo de trabajo mínimo a 1kHz

Tenemos un período alto de $T_{alto} = 62,903 \mu s$

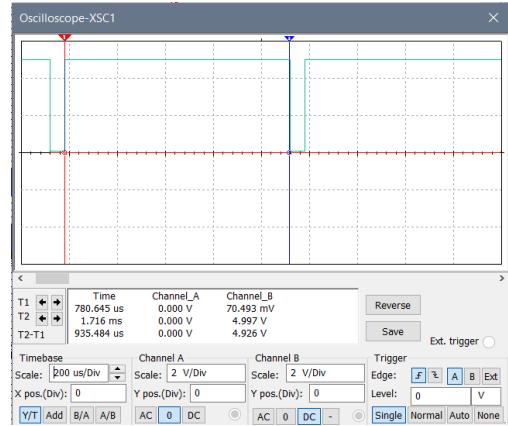


Figura 8(b): Período de la señal de pulso, ciclo de trabajo máximo a 1kHz

Tenemos un período alto de $T_{alto} = 935,484 \mu s$

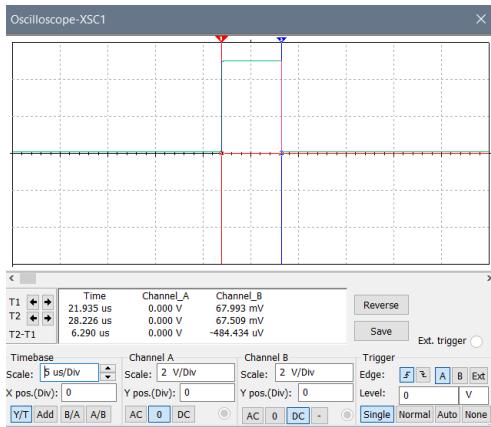


Figura 8(c): Periodo de la señal de pulso, ciclo de trabajo mínimo a 10kHz

Tenemos un periodo alto de $T_{alto} = 6,290\mu s$

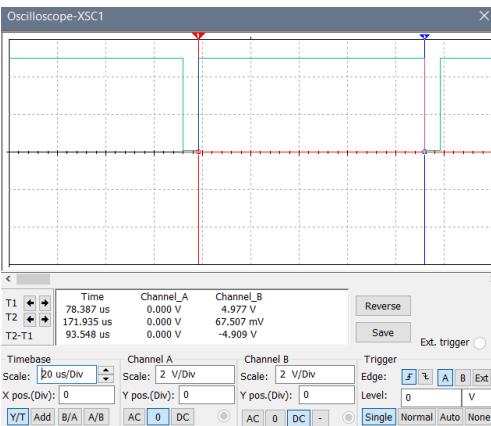


Figura 8(d): Periodo de la señal de pulso, ciclo de trabajo máximo a 10kHz

Tenemos un periodo alto de $T_{alto} = 93.584 \mu s$

Es importante recalcar que los valores respectivos a T_{total} fueron calculados de manera indirecta en la pregunta 9, por eso asumimos que esos valores ya se saben.

Para el ciclo de trabajo mínimo a 1kHz usando la ecuación (4):

$$Ciclo\ de\ trabajo_{minimo} = \frac{62,903\ \mu s}{1,003\ ms} \cdot 100 = 6,27\%$$

Para el ciclo de trabajo máximo a 1kHz usando la ecuación (4):

$$Ciclo\ de\ trabajo_{maximo} = \frac{935,484\ \mu s}{1,006\ ms} \cdot 100 = 92,99\%$$

Para el ciclo de trabajo mínimo a 10kHz usando la ecuación (4):

$$\text{Ciclo de trabajo}_{\text{mínimo}} = \frac{6,290\mu s}{100,645\mu s} \cdot 100 = 6,25\%$$

Para el ciclo de trabajo máximo a 10kHz usando la ecuación (4):

$$\text{Ciclo de trabajo}_{\text{máximo}} = \frac{93,584\mu s}{100\mu s} \cdot 100 = 93,58\%$$

Pregunta 28. Rediseñe el circuito de la figura 13-50 con una onda senoidal de valor pico de 5 V.

Rediseño del circuito con $V_p = 5 V$

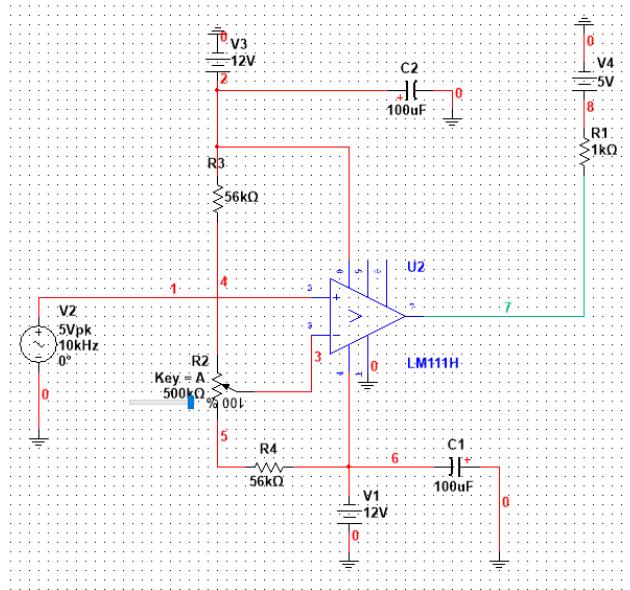


Figura 9: Circuito simulado con $V_p = 5V$

Pregunta 28 a. Verificamos el valor rms de la señal de entrada

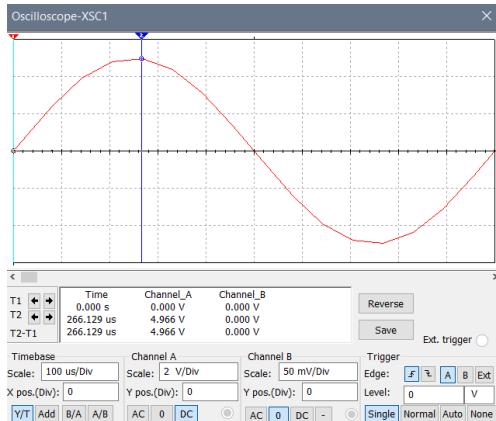


Figura 10: Valor rms de la onda senoidal a $5V_p$

Tenemos la siguiente amplitud $V_p = 4,966 V$ o $V_{rms} = 3,51 V$ usando la ecuación (1).

Pregunta 28 b. Mida la amplitud de la forma de onda pulsante en la pantalla.

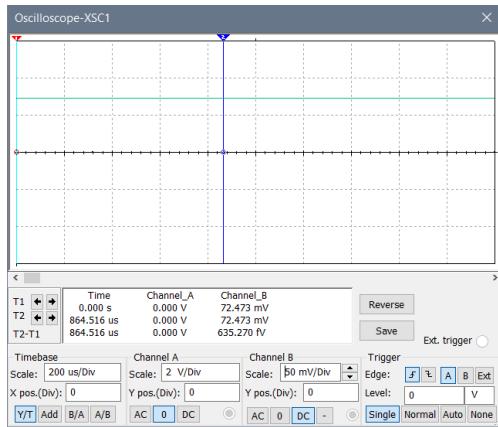


Figura 11(a): Amplitud de la señal de pulso ciclo de mínimo de trabajo a 1kHz.

Con información del gráfico de la figura 11(a), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 72,473 \text{ mV}$ o $V_{rms} = 51,25 \text{ mV}$.

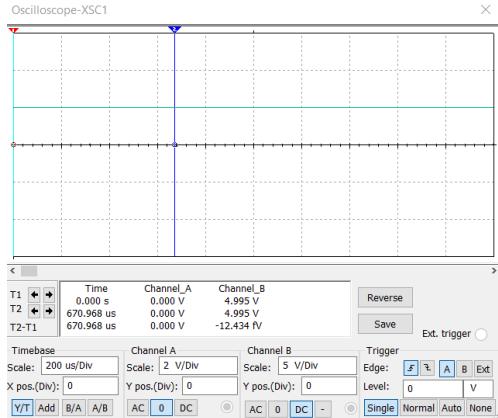


Figura 11(b): Amplitud de la señal de pulso ciclo de máximo de trabajo a 1kHz.

Con información del gráfico de la figura 11(b), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 \text{ V}$ o $V_{rms} = 3,53 \text{ V}$.

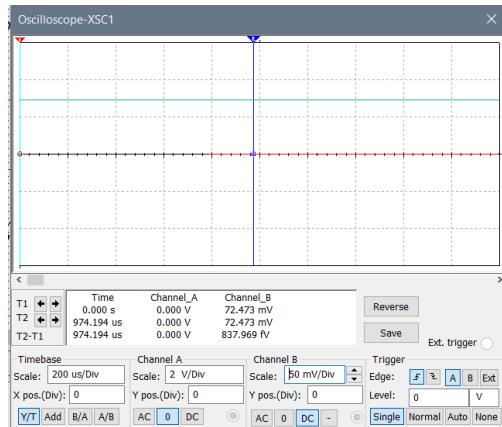


Figura 11(d): Amplitud de la señal de pulso ciclo de mínimo de trabajo a 10kHz

Con información del gráfico de la figura 11(d), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 72,473 \text{ mV}$ o $V_{rms} = 51,25 \text{ mV}$.

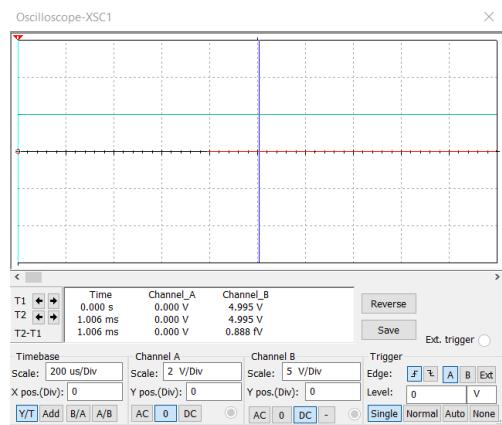


Figura 11(c): Amplitud de la señal de pulso ciclo de máximo de trabajo a 10kHz.

Con información del gráfico de la figura 11(c), llegamos a notar que el voltaje pico es de $V_p = 4,995 \text{ V}$ o $V_{rms} = 3,53 \text{ V}$.

Pregunta 28c. Verifique la frecuencia de las formas de onda en la pantalla

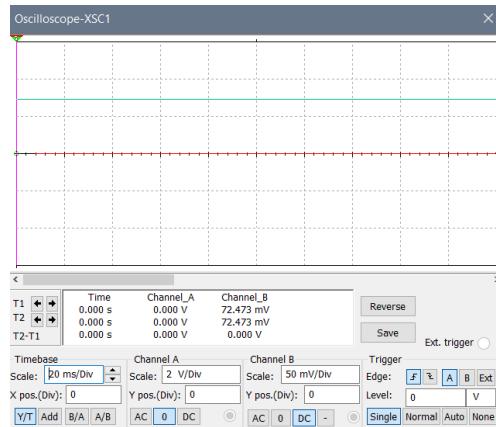


Figura 12(a): Frecuencia de la señal de pulso ciclo de mínimo de trabajo a 1kHz.

Sucede algo curioso con la frecuencia, ya que no se nota un comportamiento cíclico con los pulsos de salida, aspecto que si pasaba cuando la señal de entrada tenía un valor de $V_{rms} = 7,07 \text{ V}$ en $V_p = 5\text{V}$, pareciera que en ningún ciclo de trabajo hubiera un comportamiento.

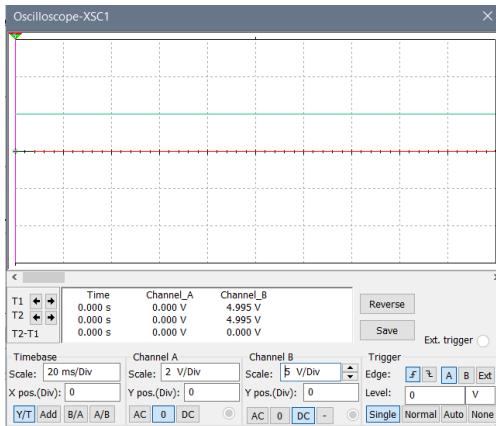


Figura 12(b): Frecuencia de la señal de pulso ciclo de máximo de trabajo a 1kHz.

Sucede el mismo fenómeno que la figura 12(a), pareciera que la señal de salida fuera simplemente la fuente de CD de 5V.

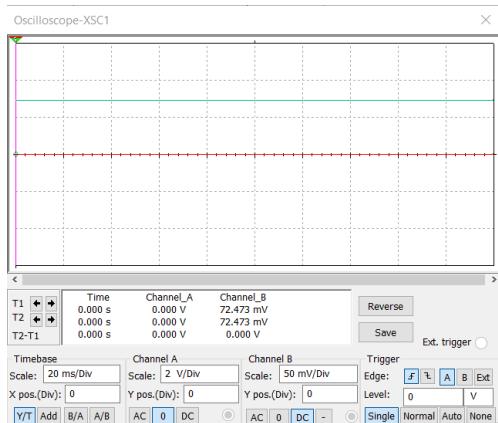


Figura 12(c): Frecuencia de la señal de pulso ciclo de mínimo de trabajo a 10kHz.

Mismo análisis que la figura 12(a).

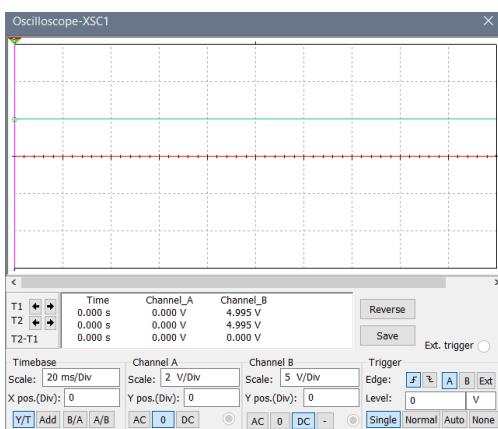


Figura 12(d): Frecuencia de la señal de pulso ciclo de máximo de trabajo a 10kHz.

Mismo análisis que la figura 12(b).