

Experimento 7

EL OSCILOSCOPIO Y LAS SEÑALES ALTERNAS

Objetivos

1. Describir los aspectos básicos del tubo de rayos catódicos
2. Explicar y describir las modificaciones que sufre un tubo de rayos catódicos para convertirse en un osciloscopio
3. Explicar cómo el osciloscopio mide variaciones de voltaje en función del tiempo
4. Usar el osciloscopio virtual de *DataStudio* para medir períodos, frecuencias y amplitudes de diversas señales alternas

Información preliminar

El osciloscopio es uno de los instrumentos de laboratorio más versátiles. Su uso se ha generalizado más allá de la física, ingeniería y electrónica, incluyendo prácticamente todas las ciencias experimentales, como la biología, medicina y salud. Su característica principal es el permitir visualizar en su pantalla señales de voltaje en función del tiempo. Estas señales pueden provenir de equipos eléctricos, sistemas nerviosos o latidos cardíacos. Debido a su creciente uso e importancia, vamos a dedicar este experimento a conocer, entender y familiarizarnos con el uso de un osciloscopio virtual que funciona en forma idéntica a los osciloscopios reales. Cabe señalar que cada día es más común el uso de instrumentos virtuales de todas clases, en la industria, los laboratorios y la enseñanza. Inclusive los osciloscopios reales han dejado de ser construidos con tubos de rayos catódicos para convertirse en instrumentos digitales con pantallas de cristal líquido, sin embargo, las mediciones que se hacen con ellos y la estructura de sus pantallas es similar a la de los antiguos

Teoría

El componente básico del osciloscopio es el llamado tubo de rayos catódicos, “CRT”, por sus iniciales en inglés (“cathode-ray tube”). Ver la figura 1

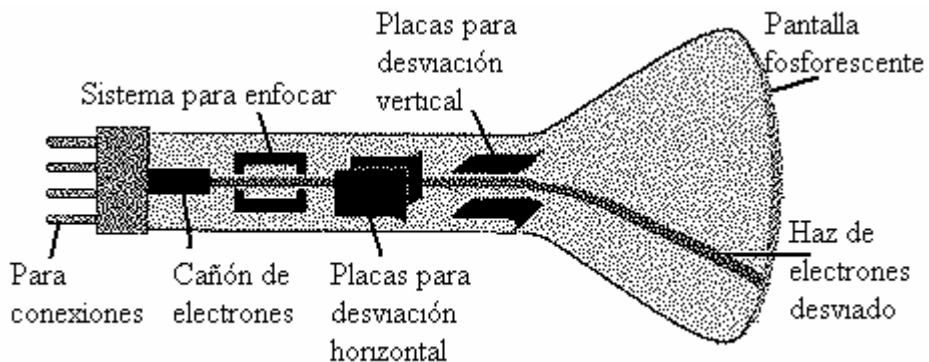


Figura 1 El tubo de rayos catódicos

En su lado izquierdo tiene un cañón de electrones que consiste en un filamento incandescente que produce electrones por termo emisión, los que son acelerados hacia la derecha por un sistema de alto voltaje, de unos 25 kV, no mostrado en la figura. El haz de electrones emitidos por el cañón es enfocado mediante un sistema magnético. Luego pasa entre dos placas verticales y otras dos horizontales. En las primeras podemos producir un campo eléctrico que desvía al haz horizontalmente, mientras que si lo producimos en las segundas lo hace verticalmente. Por último, el haz incide sobre una pantalla fosforescente en donde se destaca como un punto luminoso. La explicación de cómo las placas desvían al haz es simple si recordamos que los electrones son partículas cargadas negativamente. Si conectáramos una batería a las placas verticales con su terminal positivo en la placa a la derecha del haz, este se desviaría hacia esa placa. Si en ese momento miráramos la pantalla de frente veríamos el punto luminoso desviado hacia la izquierda. Del mismo modo, si conectáramos el positivo de la batería a la placa superior de las dos horizontales, veríamos al punto moverse hacia arriba en la pantalla

Para facilitar las mediciones, la pantalla tiene un cuadrículado. Cada cuadro representa una división. Las divisiones horizontales sirven para medir voltajes, mientras que las verticales, períodos de tiempo. Cada división corresponde a una cantidad fija de voltaje, o tiempo, que depende de la selección de las escalas al medir, según veremos posteriormente. Por lo general, hay diez divisiones verticales y ocho horizontales. Estas divisiones están a su vez subdivididas en 5 intervalos, por lo que corresponden a 2 décimas de división cada una

La conversión de un tubo de rayos catódicos en un osciloscopio requiere que en sus placas verticales apliquemos una señal alterna llamada diente de sierra, cuya función es proveer un barrido a la señal de voltaje que apliquemos en las placas horizontales. Si no conectamos ninguna señal de voltaje al osciloscopio en sus placas horizontales, veríamos un punto luminoso en la pantalla, moviéndose horizontalmente, de izquierda a derecha empleando un tiempo fijo, igual al período de la señal de barrido, para atravesarla desde un extremo hasta el otro. El período de la señal de barrido se selecciona con un botón llamado control de base de tiempo, que aparece al frente del osciloscopio. Mientras más pequeño sea el período seleccionado con el control de base de tiempo, más rápido se moverá horizontalmente el punto luminoso al atravesar la pantalla. Asimismo, existe el botón de control vertical con el que seleccionamos la escala de la desviación vertical que corresponde a la señal de voltaje que deseamos medir. Por ejemplo, si seleccionamos la posición 5 V/Div, cada división corresponde a 5 V. Lo que tenemos en la pantalla del osciloscopio es un sistema coordenado cartesiano en el cual el eje horizontal es el tiempo mientras el vertical, el voltaje

Las diferentes escalas de voltaje de un osciloscopio común, que seleccionamos con el botón de control vertical son de: 5, 2, 1, 0.5, 0.2 y 0.1 Volts/Div y de 50, 20, 10 y 5 mVolts/Div. Las escalas de tiempo, que seleccionamos con el botón de control de base de tiempo son de: 0.5, 0.2 y 0.1 s/Div, de 50, 20, 10, 5, 2, 1, 0.5, 0.2 y 0.1 ms/Div y de 50, 20, 10, 5, 2, 1, 0.5 y 0.2 μ s/Div.

Ejemplos

1. La figura 2 muestra la pantalla de un osciloscopio con una señal alterna cuya amplitud es de 1.7 Div y el período, de 2 Div (Recordemos que el período de una señal alterna es el tiempo entre dos puntos equivalentes en la onda, es decir, el tiempo que transcurre para que la onda se repita). Dadas las tablas 1 y 2 en donde se presentan diferentes posiciones de los controles de voltaje y base de tiempo, calcular las amplitudes, períodos (T) y frecuencias ($f = 1/T$) correspondientes, refiriéndose a la señal de la figura 2

Solución: La tercera columna de la tabla 1 muestra cómo calcular la amplitud de la señal para cada posición del botón de escala del voltaje, mientras la Tabla 2 muestra los períodos y frecuencias de la misma señal para varias posiciones del botón de escala del tiempo

Tabla 1. Algunas posiciones del botón de escala del voltaje

No.	Control de Voltaje	Amplitud
1	0.5 V/Div	$(1.7 \text{ Div})(0.5 \text{ V/Div}) = 0.85 \text{ V}$
2	0.1 V/Div	$(1.7 \text{ Div})(0.1 \text{ V/Div}) = 0.17 \text{ V}$
3	2 V/Div	$(1.7 \text{ Div})(2 \text{ V/Div}) = 3.4 \text{ V}$
4	50 mV/Div	$(1.7 \text{ Div})(50 \text{ mV/Div}) = 85 \text{ mV}$
5	10 mV/Div	$(1.7 \text{ Div})(10 \text{ mV/Div}) = 17 \text{ mV}$

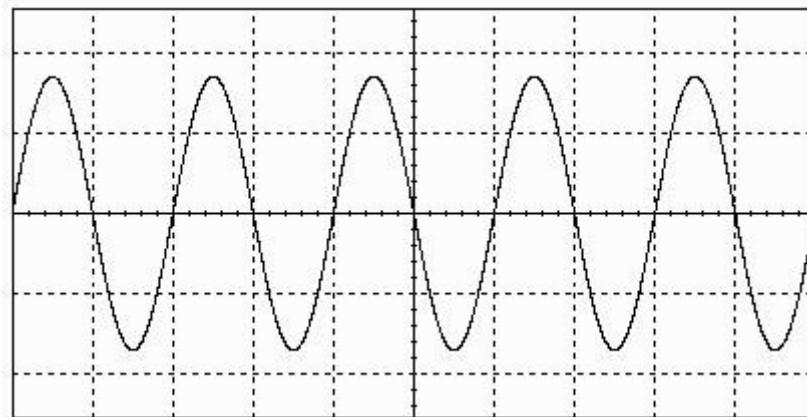


Figura 2 Pantalla del osciloscopio con una señal senoidal

Como podemos ver a partir de las tablas 1 y 2, la amplitud de la señal se calcula como el producto del valor del voltaje, en la escala vertical, leído en la pantalla en divisiones, multiplicado por el factor de escala que se determina por la posición del botón de control de voltaje. Lo mismo se hace para las medidas en el eje horizontal sólo que aquí usamos el factor de escala del botón de control de base de tiempo, multiplicado por el período leído en la pantalla en divisiones. En cuanto a la frecuencia, se calcula como el inverso del período

Tabla 2. Algunas posiciones del botón de escala del tiempo

No.	Control de base de tiempo	Período (T)	Frecuencia (f) ($1/T$)
1	0.2 s/Div	(2 Div)(0.2 s/Div) = 0.4 s	2.5 Hz
2	50 ms/Div	(2 Div)(50 ms/Div) = 100 ms	10 Hz
3	0.1 ms/Div	(2 Div)(0.1 ms/Div) = 0.2 ms	5 kHz
4	5 μ s/Div	(2 Div)(5 μ s/Div) = 10 μ s	0.1 MHz
5	1 μ s/Div	(2 Div)(1 μ s/Div) = 2 μ s	0.5 MHz

2. La figura 3 muestra la pantalla de un osciloscopio con una señal que corresponde al voltaje de descarga de un capacitor a través de una resistencia. Deseamos medir el tiempo de descarga, τ , característico de este circuito, sabiendo que el botón de control del voltaje está en la posición de 0.2 V/Div, y el de control de la base de tiempo, en 20 ms/Div

Solución: Primeramente expresamos el voltaje máximo, o amplitud de la señal, en divisiones de la pantalla, $V_{\max} = 1.7$ Div, según se aprecia en la figura. Del mismo modo, el voltaje mínimo es, $V_{\min} = -1.7$ Div. Entonces, $\Delta V_0 = V_{\max} - V_{\min} = 1.7 - (-1.7) = 3.4$ Div. Ahora convertimos esta medida en voltios multiplicando 3.4 Div por 0.2 V/Div. El resultado es $\Delta V_0 = 0.68$ V. Recordemos la expresión matemática del voltaje como función del tiempo en la descarga de un capacitor,

$$\Delta V(t) = \Delta V_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

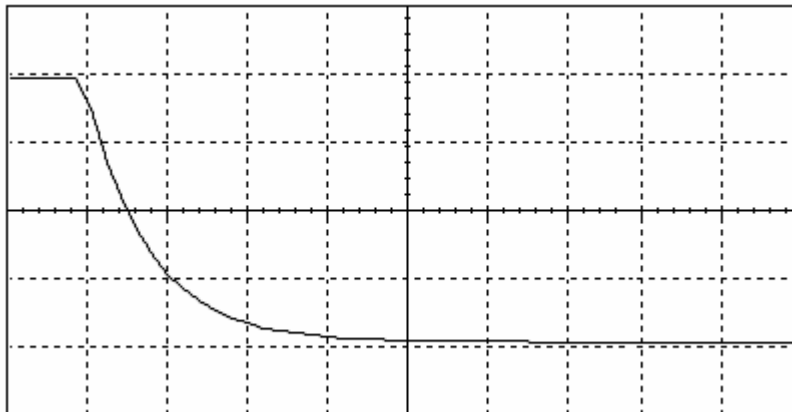


Figura 3 Curva de voltaje, $v(t)$, vs. tiempo, t , para un circuito RC

Tenemos una señal cuyo voltaje máximo sobre el eje horizontal es igual al mínimo por debajo del mismo eje. Por lo tanto podemos escoger el tiempo en el que $\Delta V = \frac{1}{2} \Delta V_0$, es decir, cuando la curva cruza el eje horizontal. En tal caso, $\tau = t/\ln 2$ (dejamos al estudiante la tarea de deducir esta expresión), por lo tanto necesitamos determinar el tiempo, t , en el que la señal de voltaje cruza el eje horizontal empezando desde del momento en el que su amplitud empieza a decrecer. Ver la figura 4. El ancho del intervalo ab en esta figura es el tiempo buscado. Observamos que son 3.2 subdivisiones y recordamos que cada

subdivisión es de 2 décimas de división, por lo tanto el ancho del intervalo ab es de 0.64 Div. Hemos subrayado el dígito 2 en el número 3.2 por ser estimado y asimismo debe subrayarse el 4 en el 0.64 . Entonces $t = 0.64$ Div \times 20 ms/Div = 12.8 ms y $\tau = (12.8 \text{ ms})/\ln 2 = 18.5$ ms. ¿Cuáles serían los valores de τ si el botón de control de la base de tiempo estuviera en las posiciones: 0.5 s/Div, 0.1 ms/Div y 20 μ s/Div?

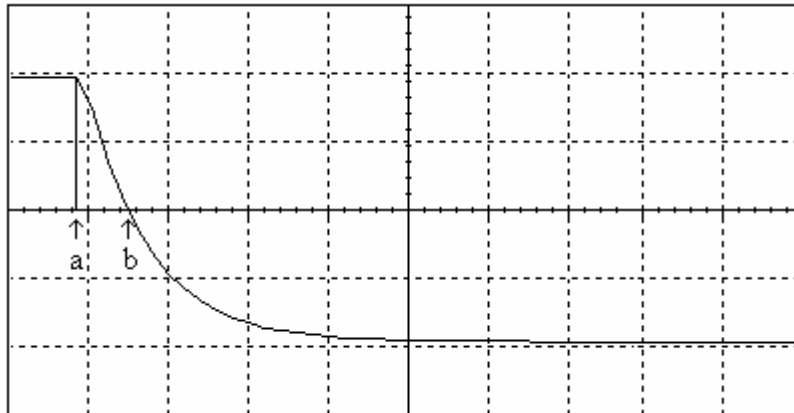


Figura 4 El ancho del intervalo ab es un tiempo de descarga parcial del capacitor

Materiales

Un sistema de computadora con la interfaz y el programa *DataStudio*
Un sensor de voltaje

Procedimiento

1. Encender la interfaz, la computadora y el monitor
2. Hacer la conexión del sensor de voltaje en el puerto A de la interfaz real
3. Hacer la conexión del mismo sensor en la interfaz virtual
4. Establecer una señal senoidal con una amplitud de 5 V y 3 kHz de frecuencia en el generador de la interfaz
5. Conectar el sensor de voltaje al generador asegurándose de que las polaridades son correctas
6. Seleccionar *osciloscopio* en la ventana de *pantalla*
7. Escoja la mejor escala vertical y horizontal que le permitan medir en la pantalla del osciloscopio la amplitud y el período de la señal. Deduzca el valor de la frecuencia a partir del período. Compare sus medidas con los valores de amplitud y frecuencia del generador
8. Cada estudiante de cada mesa de laboratorio configura el generador con una forma de señal, amplitud y frecuencia seleccionadas por él, sin que sus compañeros lo sepan, y los desafía a determinar con el osciloscopio la amplitud y frecuencia de su señal

Preguntas

Contestar correctamente antes de empezar el experimento

1. La característica fundamental del osciloscopio es:
 - a. Su capacidad para medir corrientes eléctricas
 - b. El tener una pantalla fosforescente
 - c. Su versatilidad
 - d. El permitir visualizar señales de voltaje vs. tiempo
 - e. El poder trabajar con señales alternas

2. El osciloscopio mide señales eléctricas producidas:
 - a. Exclusivamente por equipo eléctrico de laboratorio
 - b. Por la mente
 - c. En lugares remotos
 - d. Solamente cuando se hacen experimentos de mecánica, óptica y termodinámica
 - e. Por equipo eléctrico, sistemas nerviosos o latidos del corazón, entre otras

3. El componente básico del osciloscopio es el:
 - a. Tubo de rayos catódicos
 - b. Operador que lo está usando
 - c. Profesor del laboratorio
 - d. Sistema acelerador del haz de electrones
 - e. Cañón de electrones

4. El haz de electrones emitidos por el cañón:
 - a. Regresa al filamento incandescente (recombinación)
 - b. Está constituido por cargas positivas
 - c. Es capturado por las placas horizontales
 - d. Es capturado por las placas verticales
 - e. Es enfocado mediante un sistema magnético

5. Los electrones son:
 - a. Fosforescentes
 - b. Partículas cargadas negativamente
 - c. Partículas cargadas positivamente
 - d. Ondas electromagnéticas
 - e. Átomos

6. Para desviar el haz de electrones en el osciloscopio:
 - a. Se usa un campo magnético
 - b. Se aceleran estos por un sistema de alto voltaje
 - c. Se usa una pantalla fosforescente
 - d. Se usa la termo emisión
 - e. Hacemos que pasen entre dos placas horizontales y dos verticales en las cuales establecemos campos eléctricos

7. La señal de barrido en los osciloscopios:
- Los mantiene limpios de polvo
 - Hace que el haz de electrones recorra la pantalla de izquierda a derecha en intervalos de tiempo que pueden seleccionarse dentro de un amplio rango
 - Tiene forma senoidal
 - Tiene períodos que pueden seleccionarse con el botón de control vertical
 - Tiene una frecuencia de 60 Hz
8. Sea la siguiente señal senoidal en la pantalla de un osciloscopio. Ver la figura 5. Su amplitud es de:

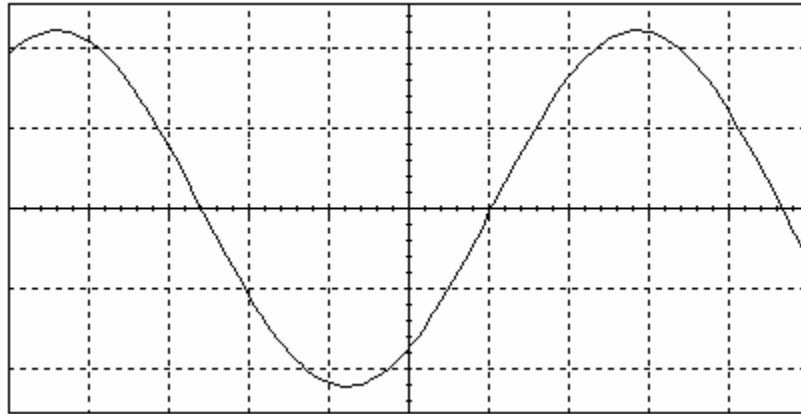


Figura 5 Una señal senoidal típica

- 7.3 Div
 - 1.2 Div
 - 4.4 Div
 - 2.2 Div
 - 2.1 Div
9. Sea la siguiente señal senoidal en la pantalla de un osciloscopio. Ver la figura 6. Su período es de:
- 3.3 Div
 - 3.6 Div
 - 2.2 Div
 - 7.2 Div
 - No se puede determinar

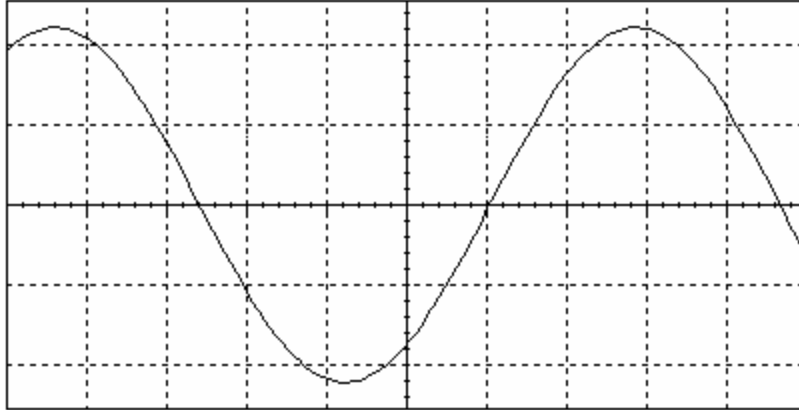


Figura 6 El período de una señal periódica se mide sobre el eje horizontal

10. Sea la siguiente señal senoidal en la pantalla de un osciloscopio. Ver la figura 7. Su botón de control de base de tiempo está en la posición de $0.5 \mu\text{s}/\text{Div}$. Su período es de:

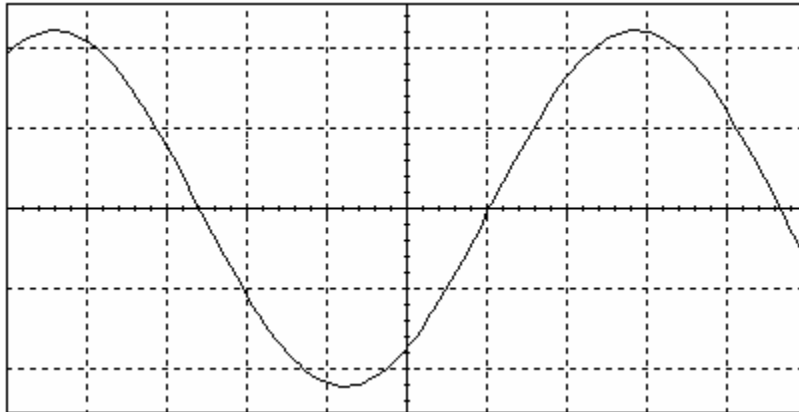


Figura 7 La pantalla de un osciloscopio típico tiene un ancho de diez divisiones

- a. $1.1 \mu\text{s}$
 - b. $1.8 \mu\text{s}$
 - c. $3.6 \mu\text{s}$
 - d. $1.65 \mu\text{s}$
 - e. No se puede determinar
11. Sea la siguiente señal senoidal en la pantalla de un osciloscopio. Ver la figura 8. Su botón de control de base de tiempo está en la posición de $20 \text{ ms}/\text{Div}$. Su frecuencia es de:

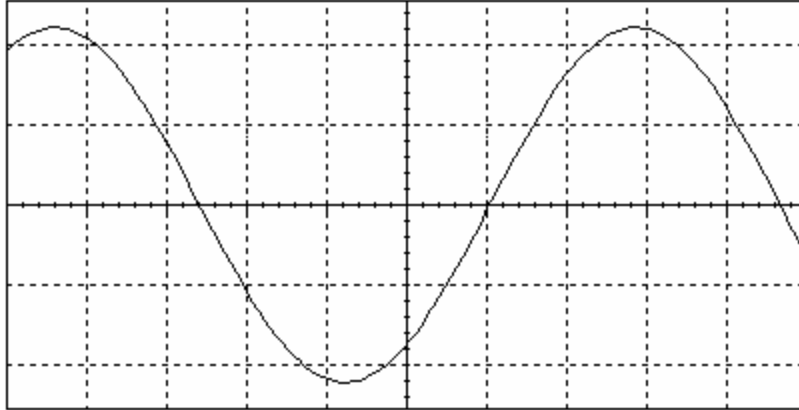


Figura 8 Para hacer mediciones con el osciloscopio necesitamos saber cuál es la escala seleccionada en cada eje

- a. 6.94 Hz
- b. 50 Hz
- c. No puede determinarse
- d. 278 kHz
- e. 13.9 Hz

12. Sea la siguiente señal senoidal en la pantalla de un osciloscopio. Ver la figura 9. Su botón de control vertical está en la posición de 0.1 V/Div. Su amplitud es de:

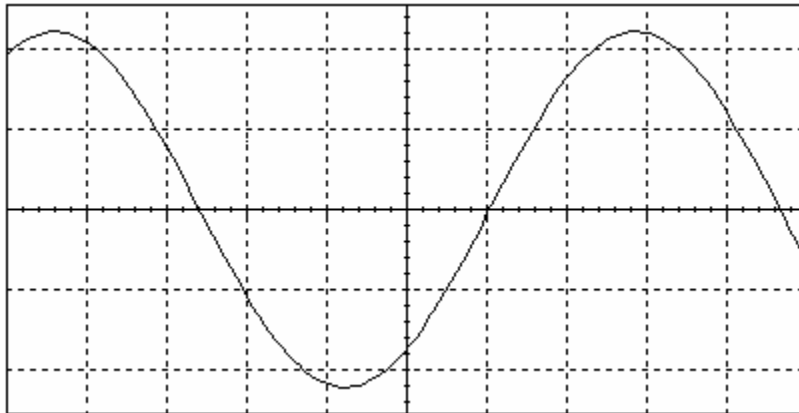


Figura 9 La amplitud de la señal se mide sobre el eje vertical

- a. 0.73 V
- b. 0.12 V
- c. 0.44 V
- d. 0.22 V
- e. 0.21 V

Informe del Experimento 7. El osciloscopio y las señales alternas

Sección _____ Mesa _____

Fecha: _____

Estudiantes:

1. _____

2. _____

3. _____

4. _____

1. Llene la tabla 3 con la información requerida:

Tabla 3. Datos de amplitud, frecuencia y período

Valores configurados en el generador de la interfaz		Valores medidos con el osciloscopio (En divisiones)		Posición de los botones de control	
Amplitud	Frecuencia	Amplitud	Período	Amplitud (En V/Div)	Base de tiempo (En s/Div)
5.00 V	3.0 kHz				

2. Llene la tabla 4 usando los datos de la tabla 3

Tabla 4. Datos finales

Valores medidos		Diferencia %	
Amplitud (Div) × Posición (V/Div)	Período (Div) × Posición (ms/Div)	Amplitud	Período

Recuerde que la diferencia % se calcula como:

$$\Delta x = \frac{|x_{\text{real}} - x_{\text{medido}}|}{x_{\text{real}}} \times 100,$$

donde x representa cualquier variable física como amplitud, frecuencia, período, etc.

3. Calcule la frecuencia de la onda y su diferencia porcentual con el valor configurado y escríbalos en el espacio provisto abajo:

Tabla 5. Comparación de frecuencias

Frecuencia = 1/Período	Diferencia %

4. Repita los pasos 1, 2 y 3 con los valores de amplitud y frecuencia seleccionados por cada estudiante de su mesa de trabajo. Recuerde que también puede seleccionar una forma de onda distinta a la senoidal, por ejemplo: cuadrada, rampa ascendente positiva, etc., y que el período es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes en dicha onda. Escriba sus datos y resultados en las tablas 5 y 6

Tabla 5. Resultados parciales

Valores ajustados en el generador de la interfaz		Valores medidos con el osciloscopio (En divisiones)		Posición de los Botones de control	
Amplitud	Frecuencia	Amplitud	Período	Amplitud (En V/Div)	Base de tiempo (En s/Div)

Tabla 6. Resultados finales

Valores medidos		Diferencia %	
Amplitud (Div) × Posición (V/Div)	Período (Div) × Posición (ms/Div)	Amplitud	Período

5. Calcule la frecuencia de cada onda y su diferencia porcentual con el valor ajustado. Incluya sus cálculos, en el espacio provisto abajo y escriba sus resultados en la tabla 7

Tabla 7. Frecuencias

Frecuencia = 1/Período	Diferencia %

Conclusiones

