

EL OSCILOSCOPIO DIGITAL.  
PRESENTACIÓN X-Y. MEDICIÓN DE CONSTANTES DE TIEMPO

**Objetivos**

- Aprender a manejar adecuadamente el osciloscopio digital para observar las formas de onda, y medir amplitudes, frecuencias y desfases de las señales eléctricas, así como constantes de tiempo en circuitos RC y RL, haciendo uso de las herramientas disponibles para realizar las mediciones con mayor precisión.
- Utilizar la presentación X-Y de los osciloscopios analógicos y digitales para medir frecuencias y desfases aplicando el principio de las Figuras de Lissajous.
- Utilizar la presentación X-Y de los osciloscopios analógicos y digitales para observar en pantalla las características corriente-voltaje de diferentes componentes.

**Preparación**

- 1.- Explique las principales similitudes y diferencias entre los osciloscopios analógicos y digitales.
- 2.- Explique cómo operan los osciloscopios en la modalidad X-Y.
- 3.- Explique qué son las Figuras de Lissajous y cómo se obtienen dichas figuras en la pantalla del osciloscopio.
- 4.- Describa cómo se determina la frecuencia de una señal sinusoidal en la modalidad X-Y utilizando las figuras de Lissajous.
- 5.- Explique el procedimiento para medir el desfase entre dos señales sinusoidales de la misma frecuencia en la modalidad X-Y empleando la figura básica de Lissajous,
- 6.- Realice la simulación TRANSIENT en SPICE de los circuitos mostrados en la Figura 1 aplicando una fuente de señal cuadrada **Vpulse**, con los valores dados en el Pre-laboratorio y considerando que el voltaje inicial en el condensador y la corriente inicial en el inductor son cero. El objetivo de la simulación es observar la respuesta transitoria, por lo tanto debe seleccionar cuidadosamente el valor máximo del eje de tiempo, para poder calcular sobre cada gráfica la constante de tiempo correspondiente.

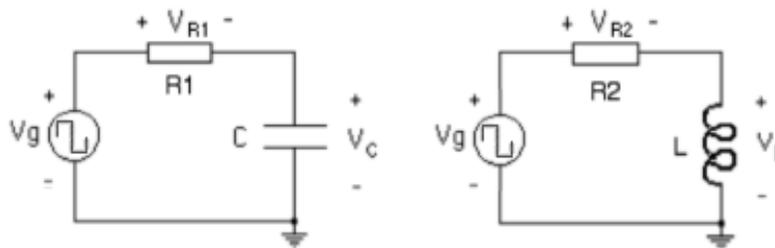


Figura 1.- Circuitos RC y RL para medir la constante de tiempo.

7.- En la Figura 2 se muestran los circuitos básicos para obtener la característica corriente-voltaje de dos elementos de dos terminales en la pantalla de un osciloscopio. Responda las siguientes preguntas:

- ¿Por qué es importante que durante la realización de esta práctica el osciloscopio se encuentre **flotando**?
- ¿Cuáles de las formas de onda producidas por el generador de funciones (sinusoidal, triangular o cuadrada) pueden utilizarse en esta práctica?
- ¿Qué polaridad (positiva o negativa) va a tener la señal aplicada al canal Y (vertical) en los circuitos de la Figura 2 y qué polaridad va a tener la señal aplicada al canal X (horizontal)?
- En función de las polaridades definidas en la pregunta anterior, ¿cuál de los dos canales del osciloscopio se tiene que invertir para observar la característica corriente-voltaje del elemento en la posición convencional?

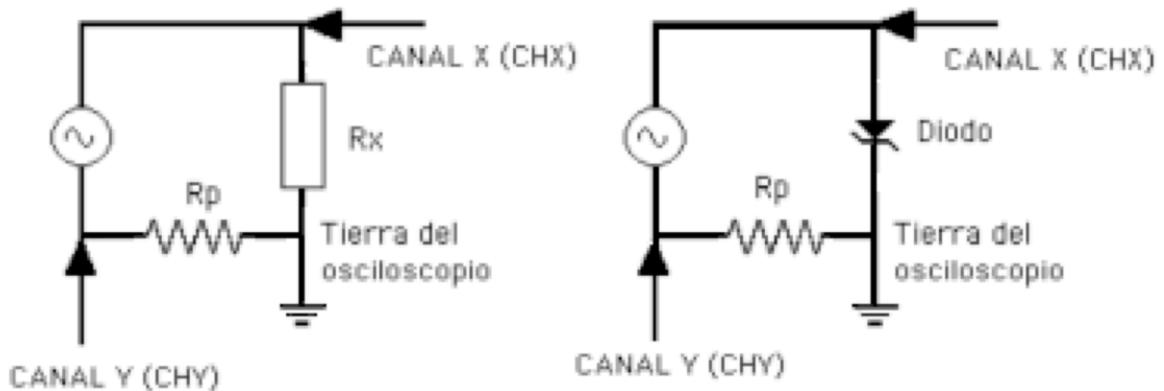


Figura 2.- Circuito para obtener las características corriente-voltaje de elementos de dos terminales en la pantalla de un osciloscopio.

**NOTA:** En el laboratorio debe disponer de los archivos de SPICE elaborados por Ud. para comparar los resultados obtenidos en SPICE (incluidos los ya elaborados en la Práctica N° 5 para los circuitos RC y RL) con las señales que se observan en el osciloscopio y debe contar con algún medio para registrar las figuras en la pantalla (dibujo, foto o archivo en pen-drive).

Grupo N° \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

Nombre \_\_\_\_\_

**EC1081**  
**Trabajo de Laboratorio**  
**Práctica N° 6**

- 1.- Recuerde que al entrar al laboratorio tiene que llenar la hoja de asistencia.
- 2.- Examine el osciloscopio digital que tiene a su disposición y registre los datos básicos del mismo.

<b>OSCILOSCOPIO DIGITAL</b>	
MARCA	
MODELO	
SERIAL	
N° BIEN NACIONAL	

- 3.- Coloque las dos puntas de prueba del osciloscopio en sus conectores. Coloque sus switches de atenuación en X10.
- 4.- Identifique el Interruptor de encendido/apagado, encienda el osciloscopio e identifique los controles listados a continuación. Para cada punto analizado, puede consultar los manuales de referencia de los Osciloscopios digitales (TDS1000 y TDS1000B por ejemplo), disponibles en la página web de la asignatura.

4.1.- Sección de Presentación

4.1.1- Pantalla, que incluye el área de informaciones alrededor de la misma.

4.1.2- Cinco botones de opciones (sin identificación específica) colocados a la derecha de la pantalla, cuya identificación aparece en la pantalla, según sea el caso. Los Manuales de los osciloscopios digitales hacen referencia a estos botones denominándolos "Option Buttons", "Screen Buttons", "Side-menu Buttons" o "Soft Keys". Busque en el Manual la explicación detallada de los diferentes métodos usados para presentar las opciones del menú correspondiente, que incluyen Selección de página (Page selection), Lista circular (Circular List), Acción (Action) y Relación directa (Radio).

Sobre la pantalla aparece la marca y el modelo del osciloscopio, así como su ancho de banda expresado en Mhz y la relación de muestreo (Sample rate) expresada en GS/s (Giga Samples/sec).

4.2.- Sección del Amplificador Vertical. El osciloscopio tiene dos canales verticales, cada uno de los cuales cuenta con los siguientes controles:

- 4.2.1- Conector del canal (CH1, CH2).
- 4.2.2- Perilla de selección por pasos VOLTS/DIV.
- 4.2.3- Perilla de ajuste para el control de posición de la señal del canal en pantalla (POSITION). En los modelos TDS1000 estas perillas tienen una función secundaria cuando se usan los cursores y un indicador luminoso (CURSOR 1, CURSOR 2) que se enciende para indicar que se está en la función secundaria. En los modelos TDS1000B los cursores se mueven con una perilla especial multifunción, ubicada en la parte superior.
- 4.2.4- Botón de selección del MENÚ del canal (CH1 MENU, CH2 MENU).
- 4.2.5- Botón de selección de las FUNCIONES MATEMÁTICAS (MATH MENU), ubicado entre los dos canales.

4.3.- Sección del Amplificador Horizontal

- 4.3.1- Conector para disparo externo (EXT TRIG).
- 4.3.2- Perilla de selección por pasos SEC/DIV.
- 4.3.3- Perilla de ajuste para el control de posición horizontal de las señales (POSITION) Esta perilla tiene un botón de control asociado para ubicar la referencia en cero (SET TO ZERO) y en los modelos TDS1000 una función secundaria para poder seleccionar diferentes ítems cuando se usa el menú de Ayuda (HELP SCROLL). Hay un indicador luminoso que se enciende para señalar que se está en la función secundaria. En los osciloscopios de la serie 1000B se usa la perilla multifunción.
- 4.3.4- Botón de selección del MENÚ HORIZONTAL (HORIZ MENU).

4.4.- Sección de Disparo (TRIGGER)

- 4.4.1- Perilla de ajuste (LEVEL) para seleccionar el nivel en que ocurre el disparo. Esta perilla tiene un indicador luminoso (USER SELECT) que se enciende cuando se está utilizando la función del menú que permite al usuario seleccionar el nivel de disparo. Asociado a esta perilla hay un botón de NIVEL DE DISPARO AL 50% (SET TO 50%) para forzar esta selección.
- 4.4.2- Botón de selección del MENÚ DE DISPARO (TRIG MENU).
- 4.4.3- Botón de FORZAR DISPARO (FORCE TRIG).
- 4.4.4- Botón de VER LA SEÑAL DE DISPARO en la pantalla (TRIG VIEW).

Para la serie TDS1000, en esta sección también se encuentra el botón de prueba de las puntas del osciloscopio (PROBE CHECK) y el conector para calibrar las puntas de prueba (PROBE COMP 5V@1kHz). La serie TDS1000B tiene estos controles al lado de la pantalla.

4.5.- Sección de botones de selección de las diferentes funciones generales. Se encuentra en la parte superior derecha del osciloscopio y su manejo permite utilizar al máximo todas las ventajas que ofrece este instrumento.

- 4.5.1- Botón de selección del MENÚ SAVE/RECALL (GUARDAR/LLAMAR).
- 4.5.2- Botón de selección del MENÚ MEASURE (MEDIDAS).



- 7.- Pruebas sobre las puntas: La rutina "Probe Check Wizard" verifica si cada punta de prueba del osciloscopio está bien conectada, bien compensada y con la atenuación igual a la elegida en el menú del canal correspondiente. Para ello presione el botón PROBE CHECK. Si todo está bien, el osciloscopio lo indica. En caso contrario, aparecerán instrucciones en la pantalla. Esto debe hacerse cada vez que se conecte una punta de prueba. Es importante tener presente que cuando se selecciona la atenuación de una punta de prueba en X1, el ancho de banda del canal correspondiente queda limitado a 7 Mhz, en lugar de los 20Mhz disponibles cuando se usa la atenuación X10.
- 8.- Encienda el generador de funciones y obtenga a su salida ( $V_g$ ) una onda sinusoidal con los parámetros indicados por su profesor.

$V_{g\text{pico}}$		Frecuencia	
--------------------	--	------------	--

- 9.- Presentación y mediciones de formas de onda con el osciloscopio digital usando las calibraciones de las escalas: Introduzca la salida del generador de funciones en los dos canales, pulse el botón AUTOSET y realice los ajustes necesarios para observar ambas señales simultáneamente, una en la parte superior de la pantalla y la otra en la inferior. Observe cuidadosamente la información que está alrededor de la pantalla, para identificar la ubicación de la calibraciones de los canales verticales, la calibración del eje horizontal, la posición del nivel de referencia de cada canal, la información sobre si un canal está invertido o no, la información sobre el canal que se está tomando para establecer el disparo (Trigger) y la forma de adquisición de las señales, entre otras. Utilice los Manuales de los osciloscopios disponibles en el Material de Apoyo en la página web de la asignatura para identificar los iconos utilizados alrededor de la pantalla. Luego, deje en pantalla solamente el canal 1, presione CH1 MENU y analice las diferentes opciones que puede seleccionar. Finalmente aplique componente DC a la señal producida por el generador utilizando el control de OFFSET del generador y observe dicha señal en la pantalla cuando selecciona acoplamiento DC y luego AC en el menú del canal 1.
- 10.- Mediciones utilizando los cursores: Utilice los cursores disponibles para realizar las mediciones de voltaje y frecuencia con mayor precisión. Para ello pulse el menú CURSOR y siga las instrucciones indicadas en el ejemplo descrito en el Manual del osciloscopio que está utilizando. Registre en la siguiente tabla los valores correspondientes.

	Valor observado	Valor con cursor
Amplitud		
Frecuencia		

- 11.- Su profesor realizará una medición demostrativa de la frecuencia de la línea aplicando la presentación XY y utilizando las Figuras de Lissajous. La señal bajo medición será la salida del variac (ajustado a 10 V pico) y la señal de referencia o patrón será la salida del generador de funciones. Haga un esquema de circuito con la señal proveniente del generador en el canal horizontal.

**ATENCIÓN: SI SE TIENE QUE UTILIZAR UN VARIAC EXTERNO (NO INCORPORADO EN EL MESÓN), HAY QUE CONECTARLO EN UNO DE LOS DOS ENCHUFES QUE ESTÁN AISLADOS POR EL TRANSFORMADOR DEL MESÓN, PARA EVITAR HACER UN CORTO EN LA LÍNEA DE ALIMENTACIÓN CUANDO SE CONECTE EL TERMINAL DE REFERENCIA DEL GENERADOR CON EL TERMINAL DE REFERENCIA DEL VARIAC. EL OSCILOSCOPIO TAMBIÉN DEBE ESTAR FLOTANDO (CONECTADO AL OTRO ENCHUFE AISLADO).**

- 12.- Al considerar que el generador de funciones es el instrumento patrón, su indicador de frecuencia proporciona la medida que se está buscando (aunque va a ser una medición con poca precisión, ya que la cifra menos significativa va a corresponder a unidades de Hz). Se van a ir obteniendo distintas figuras de Lissajous, correspondientes a las relaciones 1:1, 1:2, 1:3. Registre las formas de onda y las mediciones obtenidas en la siguiente tabla y calcule la frecuencia de la línea con la fórmula:  $f_{\text{vert}} / f_{\text{hor}} = \text{Ptos tang. hor} / \text{Ptos tang. vert}$

Figura	Frecuencia generador	Nº puntos tang. vertical	Nº puntos tang. horiz.	Frecuencia línea

- 13.- Monte el circuito de la Figura 1.a con los valores indicados en el Prelaboratorio, aplicando primero una señal sinusoidal, y realice la medición del ángulo de desfase  $\alpha$  entre el voltaje de la fuente  $V_g$  y el del condensador  $V_C$ , utilizando inicialmente la base de tiempo y luego aplicando la presentación XY y utilizando la Figura de Lissajous básica. Realice también la medición del ángulo de desfase  $\beta$  entre el voltaje en el condensador  $V_C$  y el voltaje en la resistencia  $V_R$  utilizando ambos procedimientos. Recuerde que para realizar esta segunda medición **el osciloscopio debe estar flotando**. Tome en cuenta todas las recomendaciones presentadas en la Práctica N° 5 sobre mediciones de desfase.

CIRCUITO RC	Período	Intervalo	Angulo de desfase	$D_A$	$D_B$	Relación $D_A / D_B$	Angulo de desfase
Desfase $V_g$ y $V_C$						$\text{sen } \alpha =$	$\alpha =$
Desfase $V_C$ y $V_R$						$\text{sen } \beta =$	$\beta =$

14.- Monte el circuito de la Figura 1.b con los valores indicados por su profesor y realice la medición del ángulo de desfase  $\delta$  entre el voltaje de la fuente  $V_g$  y el del inductor  $V_L$ , utilizando inicialmente la base de tiempo y luego aplicando la presentación XY y utilizando la Figura de Lissajous básica. Realice también la medición del ángulo de desfase  $\epsilon$  entre el voltaje en el inductor  $V_L$  y el voltaje en la resistencia  $V_R$  utilizando ambos procedimientos. Recuerde que para realizar esta medición **el osciloscopio debe estar flotando**.

CIRCUITO RL	Período	Intervalo	Angulo de desfase	$D_A$	$D_B$	Relación $D_A / D_B$	Angulo de desfase
Desfase $V_g$ y $V_L$						$\text{sen } \delta =$	$\delta =$
Desfase $V_L$ y $V_R$						$\text{sen } \epsilon =$	$\epsilon =$

15.- Para completar las mediciones sobre los circuitos RC, monte el circuito de la Figura 1.a con los valores indicados por su profesor, aplique una señal cuadrada entre 0 y 5V, seleccionando cuidadosamente la frecuencia para ver la respuesta transitoria y determine la constante de tiempo del circuito RC ( $\tau = RC$ ). Al igual que cuando se realizó la simulación es SPICE, la idea es tener una señal cuadrada de valor máximo 5V y valor mínimo 0V, cuyo semiperíodo, es decir el tiempo en el que la señal permanece en el valor máximo, sea unas 8 veces la **constante de tiempo** del circuito correspondiente (la cual se debe determinar a partir de los valores de los componentes utilizados). La calibración del eje horizontal debe seleccionarse de forma que puedan observarse uno o dos periodos completos de la señal cuadrada. Utilice los cursores de amplitud para medir el voltaje máximo sobre el condensador y determinar el punto donde el voltaje es 0,632Vmax. Luego utilice los cursores de tiempo para determinar el intervalo que corresponde a la constante de tiempo.

Voltaje máximo Vmax	63,2% Vmax	Tiempo a 63% Vmax ( $\tau$ )
---------------------	------------	------------------------------

16.- Para completar las mediciones sobre los circuitos RL, monte el circuito de la Figura 1.b con los valores indicados por su profesor, aplique una señal cuadrada entre 0 y 5V, seleccionando cuidadosamente la frecuencia para ver la respuesta transitoria y determine la constante de tiempo del circuito RL ( $\tau = L/R$ ). Apliquen las mismas indicaciones que en el punto anterior. Utilice los cursores de amplitud para medir el voltaje máximo sobre el inductor y determinar el punto donde el voltaje es 0,368Vmax. Luego utilice los cursores de tiempo para determinar el intervalo que corresponde a la constante de tiempo.

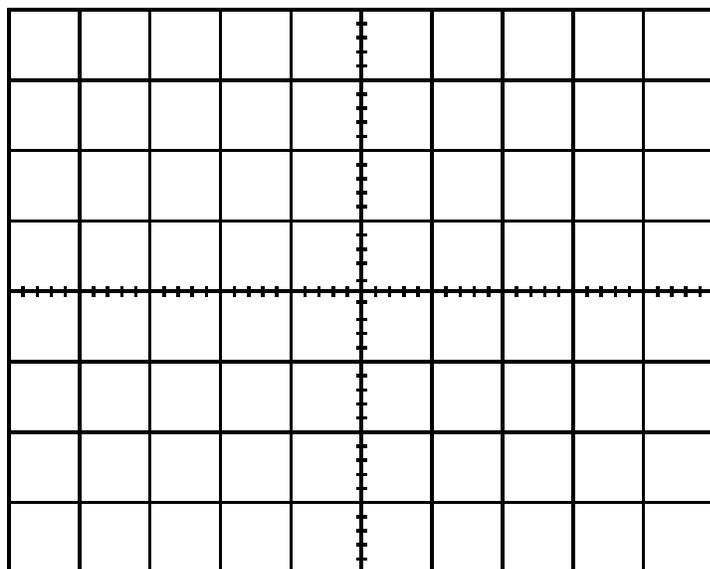
Voltaje máximo Vmax	36,8% Vmax	Tiempo a 36,8% Vmax ( $\tau$ )
---------------------	------------	--------------------------------

17.- Monte el circuito de la Figura 2.a con los valores indicados en el Prelaboratorio. El objetivo es obtener la característica corriente-voltaje de Rx en la pantalla del osciloscopio.

18.- Seleccione en el generador de funciones una señal sinusoidal de magnitud 10 Vpico y frecuencia alrededor de 300Hz, mida estos valores con el osciloscopio y registre dichos valores en la siguiente tabla. Aplique dicha señal a su circuito y conecte ahora las puntas de prueba de su osciloscopio de la manera indicada en la Figura 1.a. **Recuerde que el osciloscopio DEBE ESTAR FLOTANDO.** Como primer paso, observe las señales en ambos canales simultáneamente, utilizando la base de tiempo del osciloscopio. Observe que, de acuerdo con la convención utilizada generalmente, la polaridad de la señal del canal CHX es positiva, mientras que la señal del canal CHY es negativa. Active el control de inversión de esta señal en el osciloscopio para tener ambas señales con polaridad positiva. Mida el voltaje pico de dichas señales y regístrelo en la siguiente tabla.

Voltaje pico generador	Frecuencia	Voltaje pico Rx	Voltaje pico Rp

19.- A continuación seleccione la **presentación XY** en el osciloscopio y realice los siguientes ajustes en su osciloscopio: Coloque el acoplamiento GND en ambos canales y ubique el punto en el centro de la pantalla. Coloque el selector de acoplamiento de ambos canales en **DC**, ya que para observar correctamente la característica corriente-voltaje de un dispositivo hay que incluir las componentes DC y AC. En la pantalla aparecerá la característica corriente-voltaje de la resistencia Rx. Para mejorar la imagen, modifique la frecuencia del generador de funciones hasta obtener la gráfica mas nítida posible. Grafique la señal (también puede tomarle una foto), anotando cuidadosamente el tipo de acoplamiento utilizado (DC) y las escalas tanto del amplificador vertical como del horizontal. Determine sobre la gráfica la pendiente de la recta observada y relaciónela con el valor de la resistencia bajo prueba.



Canal 1 \_\_\_\_\_  
 Escala de voltaje CH1 \_\_\_\_\_ V/div  
 Canal 2 \_\_\_\_\_  
 Escala de voltaje CH2 \_\_\_\_\_ V/div  
 Acoplamiento \_\_\_\_\_  
 Observaciones \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

20.- Observe lo que ocurre cuando invierte alguno de los canales y cuando selecciona una señal triangular o cuadrada en lugar de la sinusoidal. Anote sus observaciones.

---

---

---

21.- Identifique en el osciloscopio analógico los controles correspondientes a la presentación X-Y y observe la característica corriente-voltaje de la resistencia en la pantalla del osciloscopio, siguiendo un procedimiento similar al indicado para el osciloscopio digital. Anote sus observaciones.

---

---

---

22.- Monte el circuito de la Figura 2.b con los valores indicados por su profesor en el Prelaboratorio. El objetivo es obtener la característica corriente-voltaje del zener en la pantalla del osciloscopio.

23.- Como en el caso anterior, seleccione en el generador de funciones una señal sinusoidal de magnitud 10 Vpico y frecuencia alrededor de 300Hz. Aplique dicha señal a su circuito y conecte ahora las puntas de prueba de su osciloscopio digital de la manera indicada en la Figura 1.b. **Recuerde que el osciloscopio DEBE ESTAR FLOTANDO.** Como primer paso, observe las señales en ambos canales simultáneamente, utilizando la base de tiempo del osciloscopio. Ahora tiene en la pantalla señales periódicas, pero no sinusoidales. Invierta el canal CHY en el osciloscopio para tener ambas señales con polaridad positiva. Mida el voltaje pico de dichas señales y regístrelo en la siguiente tabla.

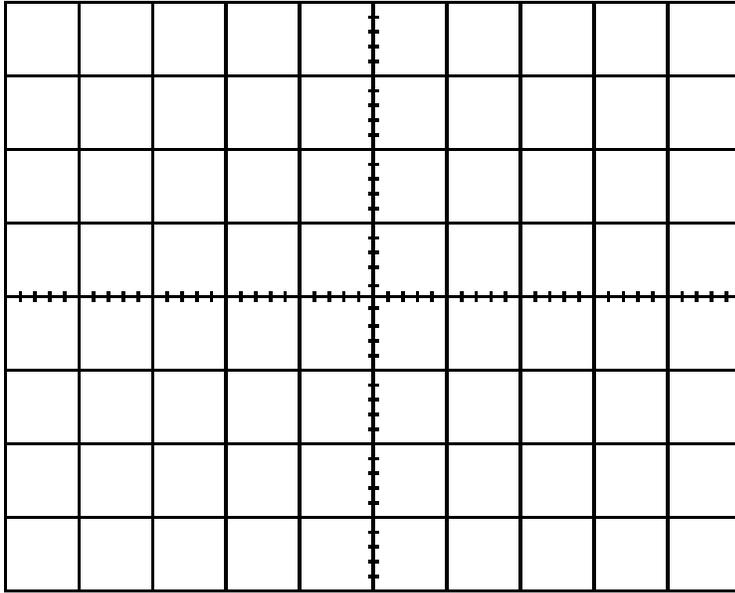
Voltaje pico generador	Frecuencia	Voltaje pico Rx	Voltaje pico Rp

24.- A continuación seleccione la **presentación XY** en el osciloscopio y realice los siguientes ajustes en su osciloscopio: Coloque el acoplamiento GND en ambos canales y ubique el punto en el centro de la pantalla. Coloque el selector de acoplamiento de ambos canales a **DC**. En la pantalla aparecerá la característica corriente-voltaje del elemento no lineal. Para mejorar la imagen, modifique la frecuencia del generador de funciones hasta obtener la gráfica mas nítida posible. Grafique la señal (también puede tomarle una foto), anotando cuidadosamente el tipo de acoplamiento utilizado (DC) y las escalas tanto del amplificador vertical como del horizontal. Identifique sobre la gráfica el voltaje para el cual el zener comienza a conducir tanto en la región positiva como en la negativa. Anote sus observaciones.

---

---

---



Canal 1 \_\_\_\_\_

Escala de voltaje CH1 = \_\_\_\_\_ V/div

Canal 2 \_\_\_\_\_

Escala de voltaje CH2 = \_\_\_\_\_ V/div

Acoplamiento \_\_\_\_\_

Observaciones \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

25.- Identifique en el osciloscopio analógico los controles correspondientes a la presentación X-Y y observe la característica corriente-voltaje del diodo zener en la pantalla del osciloscopio, siguiendo un procedimiento similar al indicado para el osciloscopio digital. Anote sus observaciones.

---



---



---



---

26.- Ordene el mesón antes de retirarse del aula, incluyendo las sillas y recuerde anotar la hora de salida en la carpeta de asistencia.

## Práctica N° 6

### Análisis de Resultados y Conclusiones

1.- Calcule el error porcentual entre la frecuencia de línea medida con la configuración X-Y y el valor nominal de 60 Hz y escriba sus conclusiones, analizando la precisión del método utilizado (en este caso se está utilizando el generador de funciones como instrumento patrón).

2.- Calcule los errores porcentuales de los valores experimentales de los desfases medidos con los dos procedimientos utilizando como valor verdadero el obtenido con la simulación de SPICE y escriba sus conclusiones con respecto a la exactitud de cada método.

Desfase	Valor teórico (SPICE)	Valor base de tiempo	Error porcentual	Valor X-Y	Error porcentual
$\alpha$					
$\beta$					
$\delta$					
$\epsilon$					

3.- Analice la resolución que ofrecen las escalas del osciloscopio cuando se están realizando las mediciones de los desfases mediante cada uno de los métodos y comente sobre la precisión que puede obtenerse en cada caso. Indique las mejoras que pueden lograrse utilizando los cursores.

4.- Calcule el error porcentual entre los valores obtenidos para las constantes de tiempo de los circuitos RC y RL y sus respectivos valores teóricos, tomados de las simulaciones en SPICE, e indique a qué factores se deben las diferencias.

5.- Compare la gráfica de la característica corriente-voltaje para la resistencia Rx elaborada a partir de las mediciones punto a punto realizadas en la Práctica N° 4 con la observada en la pantalla del osciloscopio, determine la pendiente de la recta obtenida en cada gráfica (relacionada con el valor de la resistencia) y escriba sus conclusiones.

6.- Compare la gráfica de la característica corriente-voltaje para el diodo zener elaborada a partir de las mediciones punto a punto realizadas en la Práctica N° 4 con la observada en la pantalla del osciloscopio,, analice los voltajes para los cuales el zener comienza a conducir (el voltaje comienza a ser distinto de cero) tanto en la región positiva como en la negativa a partir de ambos gráficos y escriba sus conclusiones.

7.- Escriba sus conclusiones generales acerca del osciloscopio digital y el modo de presentación X-Y.