

U.B.A. FACULTAD DE INGENIERÍA

Departamento de Electrónica

LABORATORIO 66-02

Informática

TRABAJO PRÁCTICO N°2

Curso 2020 - 1er Cuatrimestre

GRUPO N°3	
APELLIDO, Nombres	N° PADRÓN
BIANCARDI, Julián	103945
CAPÓN BLANQUER, Mateo	104258
CZOP, Santiago Nicolás	104057
Alumno Responsable :	
Fecha de Realización :	
Fecha de Aprobación :	
Calificación :	
Firma de Aprobación :	

Observaciones:

Índice

Mediciones con Osciloscopio	4
Objetivos	4
Inicialización	4
Figura 1: Punto luminoso en el centro de la pantalla	4
Modo de disparo normal y automático	5
Figura 2: Circuito generado en el simulador TINA	
Figura 3: Parámetros del generador de funciones	5
Figura 4: Visualización de la señal en el osciloscopio	6
Figura 5: Trigger LVL igual a 3,1V(mayor a 3V)	
Figura 6: Trigger LVL igual a 2,6V (en el intervalo (1V,3V))	7
Figura 7: Trigger LVL igual a 0,9V (menor a 3V)	7
Figura 8: Canal modo DC y Trigger modo Auto	
Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto	8
Figura 10: Canal modo DC y Trigger modo Normal	
Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal	8
Figura 11: Variación del control Position Vertical	9
Modo X-Y y figuras de Lissajous	10
Figura 12: Circuito generado en el simulador TINA	10
Figura 13: Ambas señales en fase cuando $f = 10\text{Hz}$	11
Figura 14: Desfase de 45° cuando $f = 1\text{KHz}$	11
Figura 15: Desfase de 90° cuando $f = 400\text{KHz}$	11
Tabla 1: Mediciones con el simulador TINA	12
Tabla 2: Valores Teóricos	12
Tabla 3: Valores teóricos de ϕ dadas las frecuencias medidas	12
Tabla 4: Valores de Escala CH2Escala CH1 y VCV0 para cada una de las señales obtenidas	13
Gráfico 1: Ángulo de desfase(rad) en función de la frecuencia(Hz)	13
Gráfico 2: VCV0en función de la frecuencia(Hz)	14
Medición sobre un circuito externo	15
Conclusiones	20
Anexo	21
Diagrama en bloques	21
Figura x: Diagrama en bloques del sistema vertical	21
Figura x: Diagrama en bloques del sistema horizontal	22
Sección Trigger	22
Sección Horizontal	23
Figura x: Diagrama de tiempos	24
Incertidumbre	26
Ancho de banda (o rango de frecuencia operativo)	27
Rango dinámico	27

Circuito R-C	28
Anexo 2	29
Apéndice	31
Desarrollo teórico para el filtro pasa bajos	31
Cálculos de ω_c con el valor medido en el simulador Tina	32
Diferencia de Amplitud entre ambas señales	32

Mediciones con Osciloscopio

Objetivos

Los objetivos del presente trabajo son que el estudiante se familiarice con las propiedades, aplicaciones y utilización del osciloscopio como instrumento de visualización y medición de formas de onda. Se pretende además que el estudiante tenga destreza en la realización de mediciones elementales. Así también se desea que el estudiante logre comparar el modelo teórico planteado en cada etapa del trabajo con las mediciones obtenidas y saque conclusiones.

Inicialización

Ubique un punto luminoso en el centro de la pantalla y explique su utilidad. Comente el procedimiento utilizado, indicando los controles involucrados.

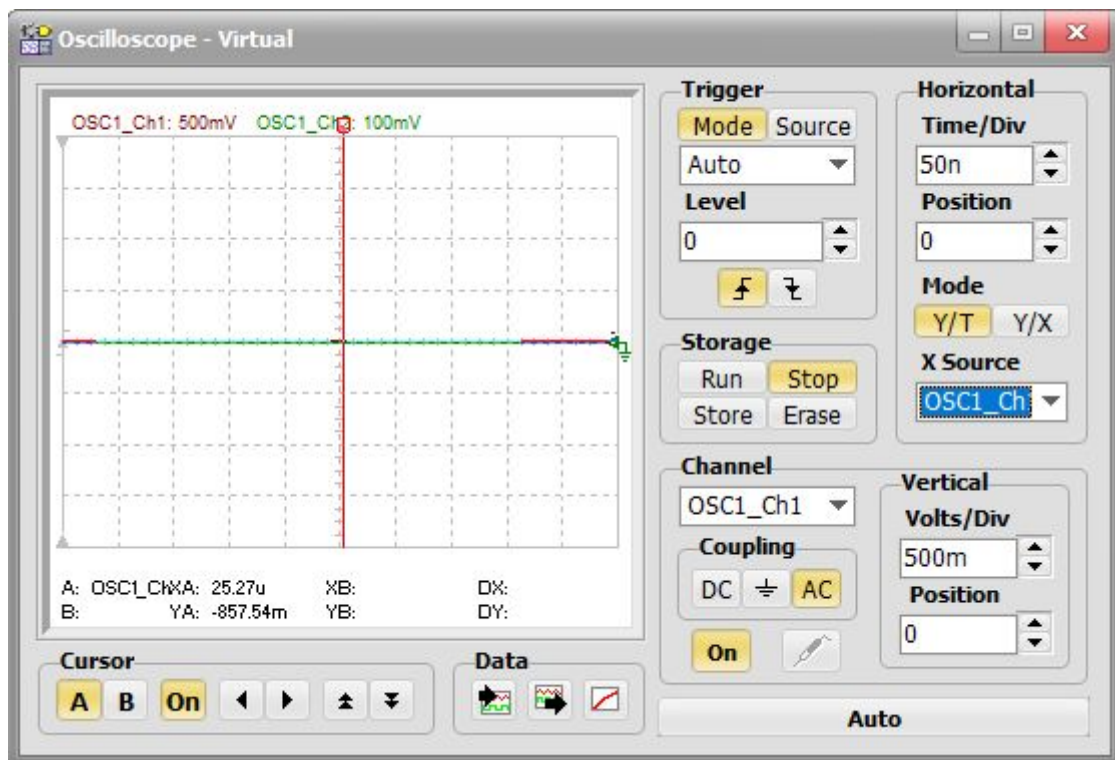


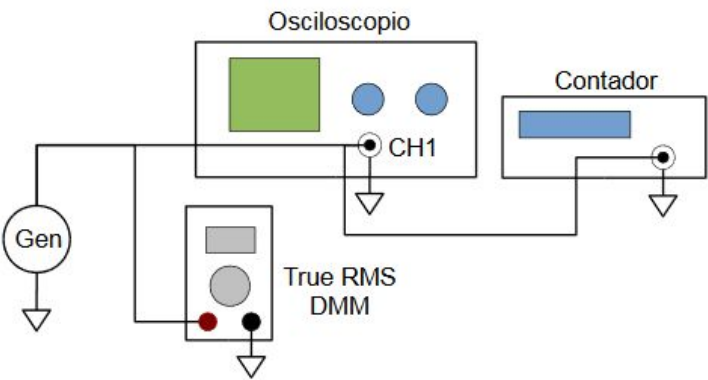
Figura 1: Punto luminoso en el centro de la pantalla

La utilidad de colocar un punto luminoso en el centro de la pantalla es el de asegurarse que no hay una diferencia de potencial sobre las placas de deflexión (tanto verticales como horizontales) del osciloscopio. Si la hubiera, esto significa que un campo eléctrico está siendo aplicado sobre el haz de electrones y por lo tanto no se vería el punto en el centro de la pantalla. Una forma de ubicar al mismo se puede conseguir siguiendo la siguiente secuencia:

- Colocar en modo GND
- Colocar el canal horizontal en modo X/Y
- Colocar como entrada X el canal 1

Modo de disparo normal y automático

Con el fin de mostrar el funcionamiento del sistema de disparo del osciloscopio, se pide generar una señal de amplitud pico-a-pico de 2V, con una frecuencia de 1kHz que tenga además una tensión continua de 2V (offset) provista por el generador de funciones(tal como muestra la Figura 1). Sincronice dicha señal en el osciloscopio y grafique para la configuración inicial de la Tabla 1.



Control	Configuración
Trigger LEVEL	0 V
Trigger SLOPE	+ (Positivo)
Trigger MODE	Auto
VOLT / DIV	0,5 V
TIME / DIV	0,2 ms
POSITION (Vertical)	0 V al centro

Tabla 1 - Configuración del osciloscopio.

Figura 1 - Banco de trabajo para la medición de tensión y frecuencia.

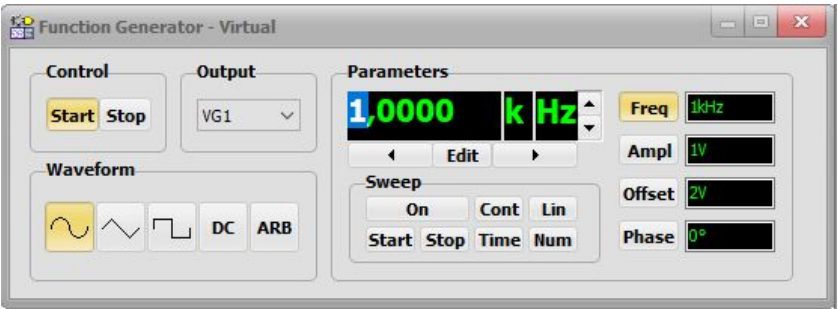
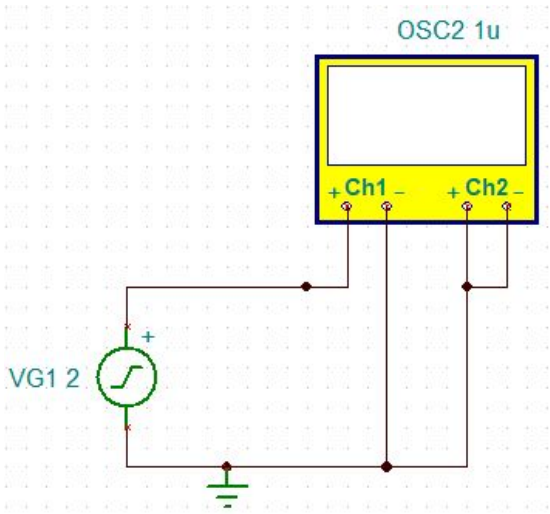


Figura 2: Circuito generado en el simulador TINA

Figura 3: Parámetros del generador de funciones

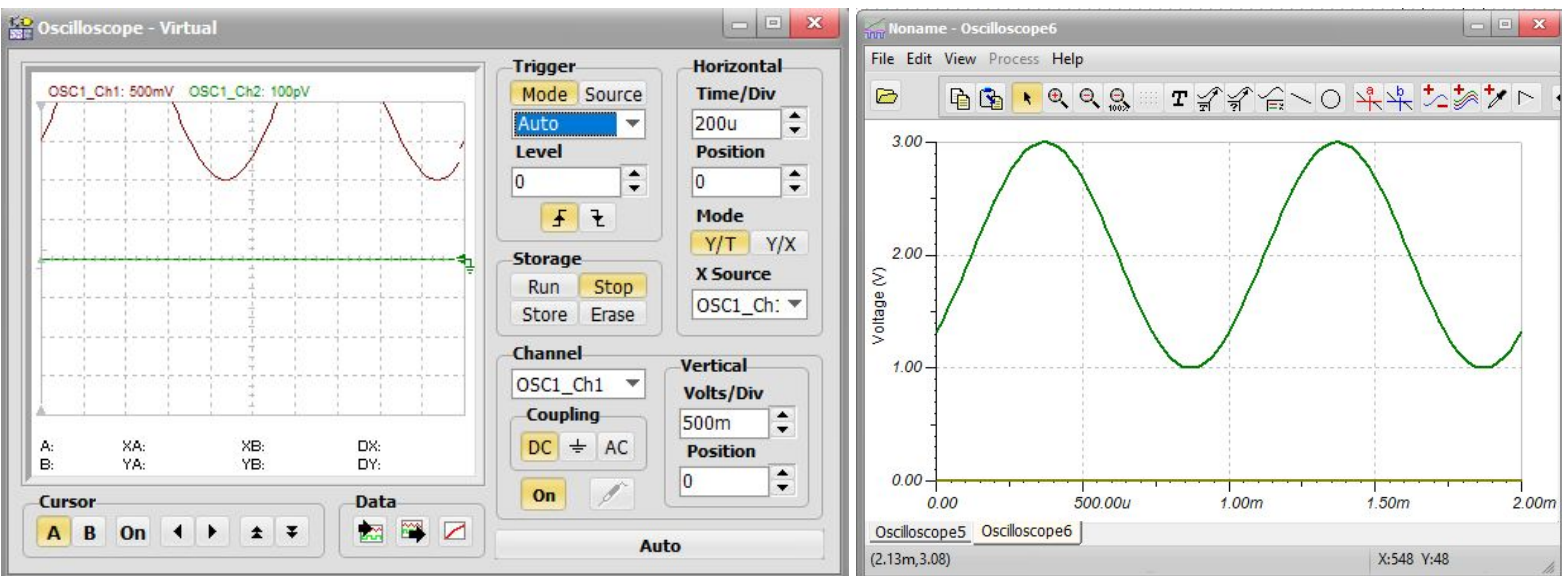


Figura 4: Visualización de la señal en el osciloscopio

❑ ¿Qué sucede en el trayecto si se incrementa lentamente el Trigger LEVEL hasta 3V?

Entre 0V y 1V la señal es dibujada gracias al modo Auto y se la ve siendo desplazada hacia la izquierda continuamente. En cambio, en modo normal, la señal no es observada, ya que el mínimo de la señal es mayor a cualquier nivel de este intervalo. Si se incrementa lentamente el Trigger LVL hasta 3V, entonces se observa que la señal recién comienza a permanecer estática en la pantalla a partir del Trigger LVL 1V aproximadamente, comenzando en los valles. A partir de entonces comienza a ser desplazada hacia la izquierda, hasta alcanzar los 3V donde se dibuja desde los picos. Pasado dicho nivel, no será más dibujada en modo normal, debido a que la señal no llega al nivel del Trigger.

A continuación se muestran tres imágenes, en las cuales el nivel del Trigger se encuentra en cada uno de los intervalos mencionados. Se debe aclarar que se modificó la escala vertical a 1V/div, debido a que el software no mostraba los resultados esperados con la escala de 0,5V/div.

En particular, en la figura 6, en la que el Trigger LVL se fijó en 2,6V, la señal comienza a ser graficada desde este punto, cuando la señal está creciendo, ya que se configuró la pendiente en positivo.

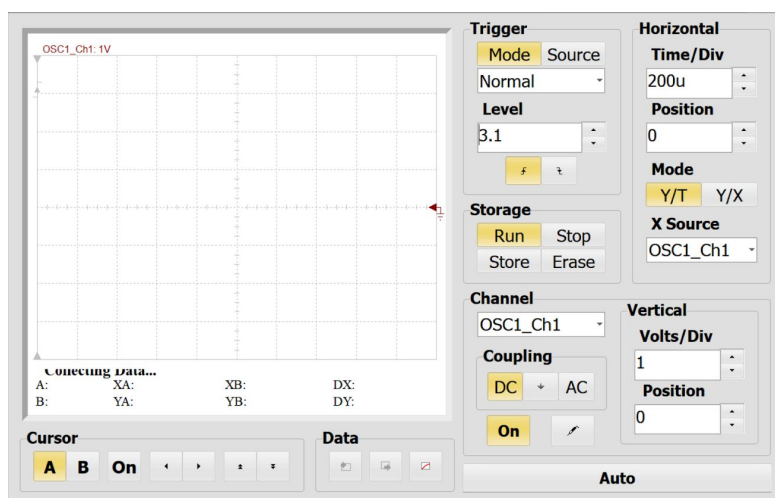


Figura 5: Trigger LVL igual a 3,1V(mayor a 3V)

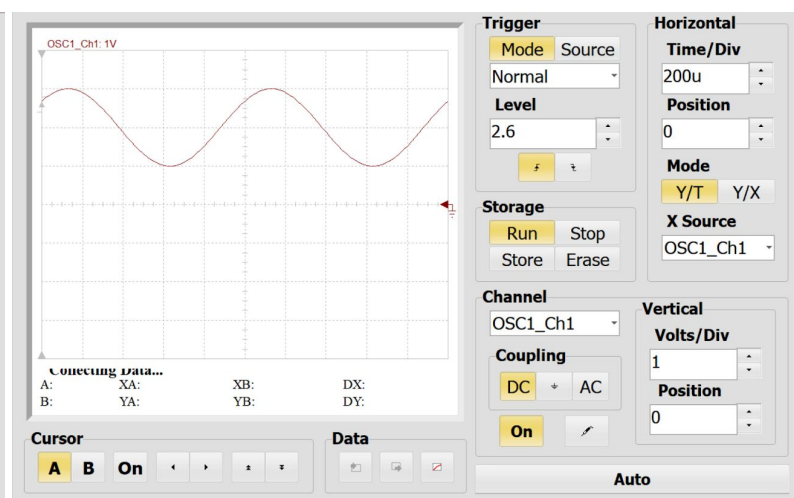


Figura 6: Trigger LVL igual a 2,6V (en el intervalo (1V,3V))

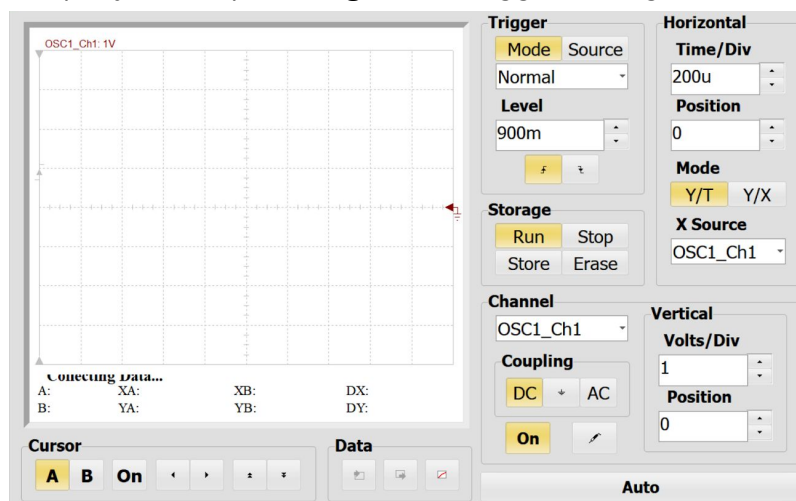


Figura 7: Trigger LVL igual a 0,9V (menor a 3V)

- ❑ Probar todas las combinaciones posibles entre el acoplamiento de entrada (AC/DC), el acoplamiento del Trigger (AC/DC) y el modo del Trigger (Normal/Auto). Explicar lo observado en cada caso.



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal

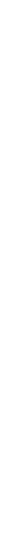


Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal

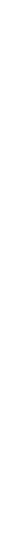


Figura 9: Canal modo AC y Trigger Modo Auto



Figura 11: Canal modo AC y Trigger Modo Normal



No se pierde el sincronismo, ya que la función del control Position es desplazar el eje vertical, no modificar el punto en el que comienza a visualizarse la señal, tal como lo hace el Trigger LVL.

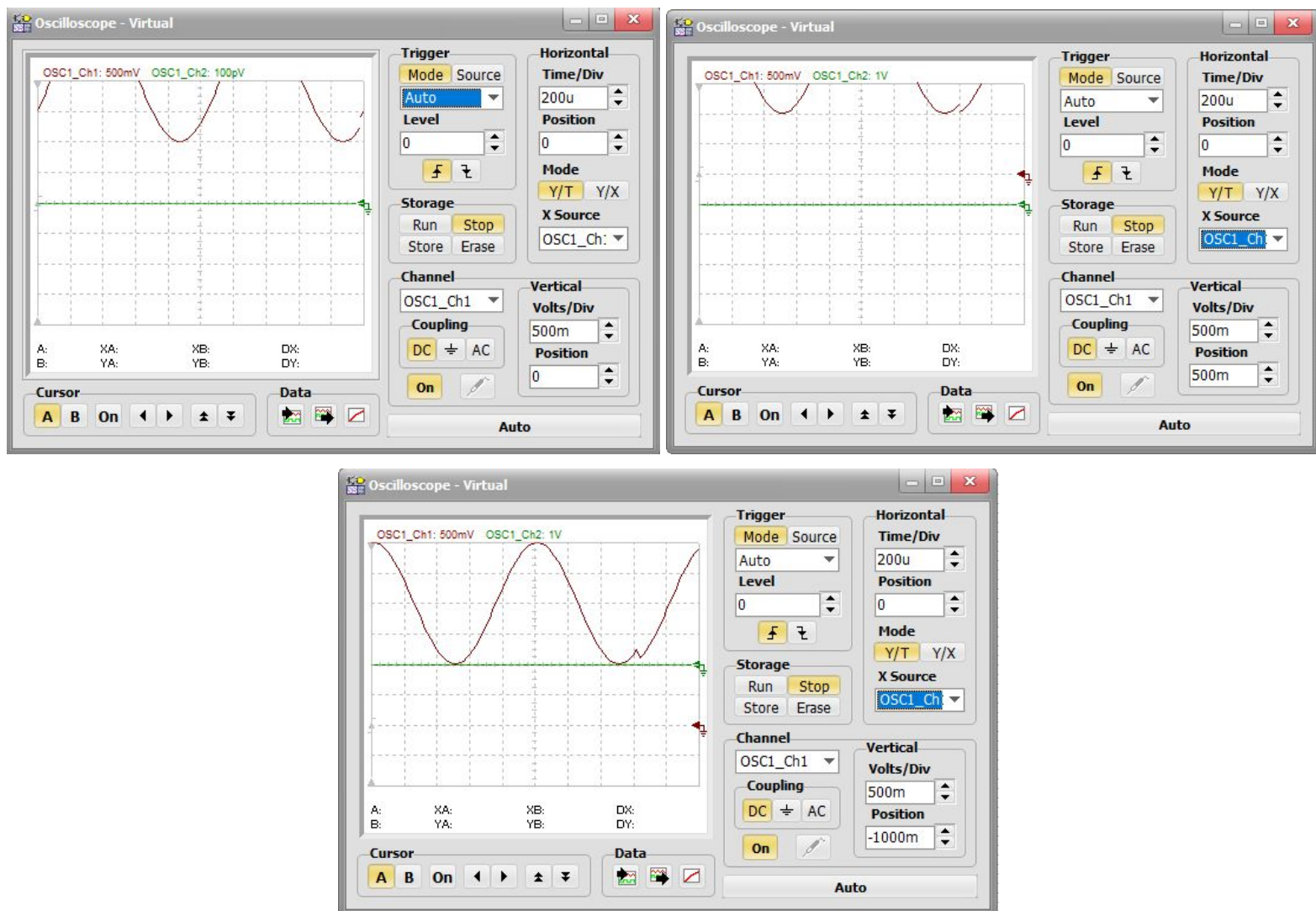


Figura 11: Variación del control Position Vertical

Modo X-Y y figuras de Lissajous

Se desea mostrar en la pantalla del osciloscopio la relación de fase que hay entre dos señales, mediante el funcionamiento del modo X-Y. Usando el circuito de la Figura 2, un filtro pasa bajos (provisto por el docente). Conecte el generador al Canal 1 del osciloscopio y a la entrada del circuito (puntos 1-2). Conecte la salida del circuito al otro canal de osciloscopio, luego seleccione el modo vertical en X-Y. Varíe la frecuencia del generador, de manera de obtener desfases aproximados de 0° , 45° y 90° (ver Figura 3), Indique en una tabla los valores obtenidos. Realice un análisis teórico que permita verificar los resultados obtenidos.

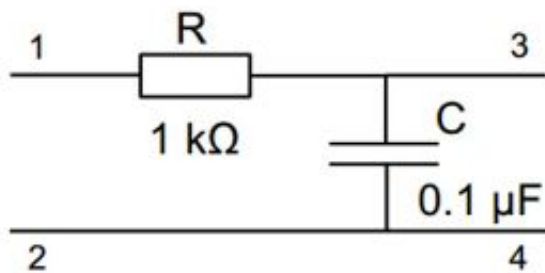


Figura 2 - Filtro pasa bajos a medir.

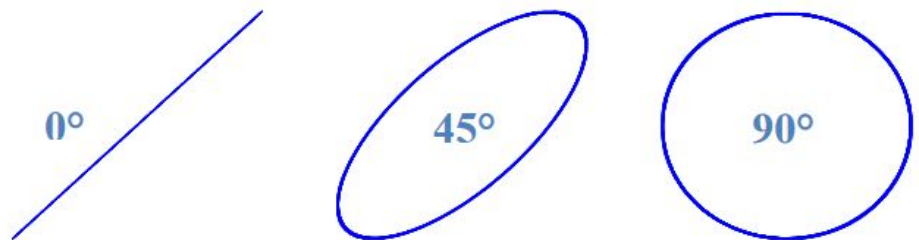


Figura 3 - Figuras de Lissajous correspondientes a los distintos desfases mencionados.

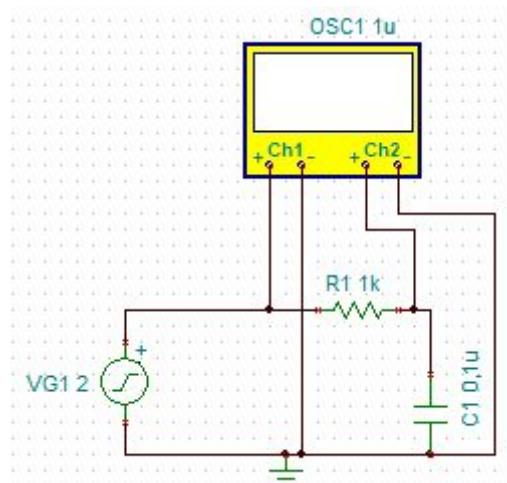


Figura 12: Circuito generado en el simulador TINA

Variando la frecuencia del generador, buscando los ángulos pedidos, obtenemos los siguientes gráficos:

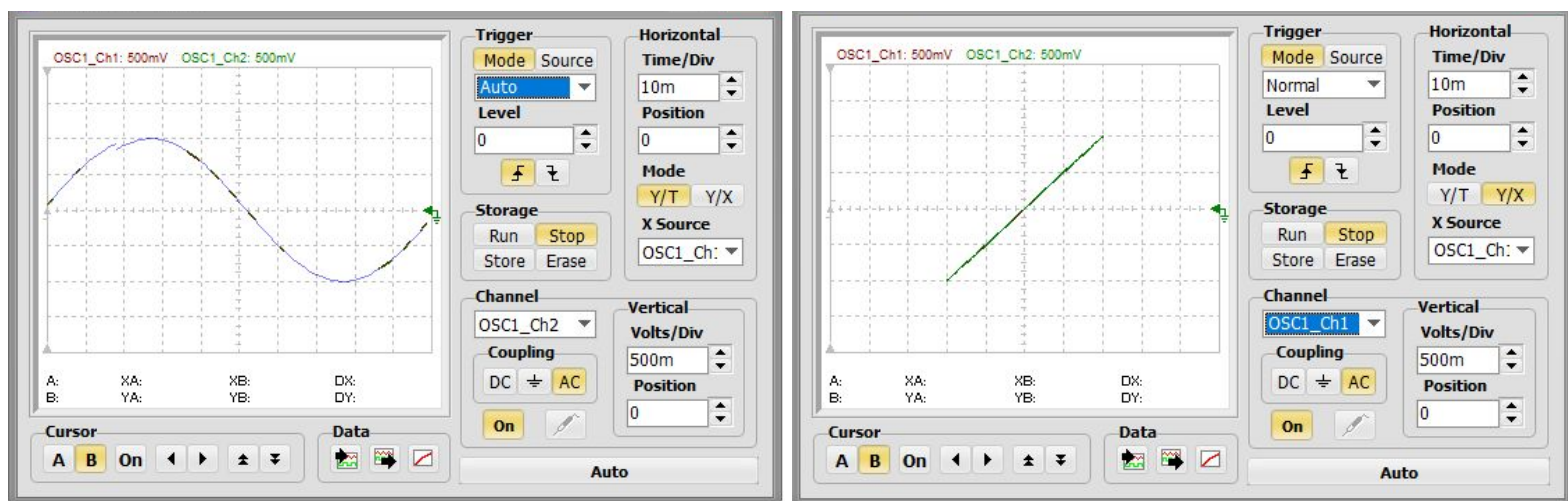


Figura 13: Ambas señales en fase cuando $f \approx 10\text{Hz}$

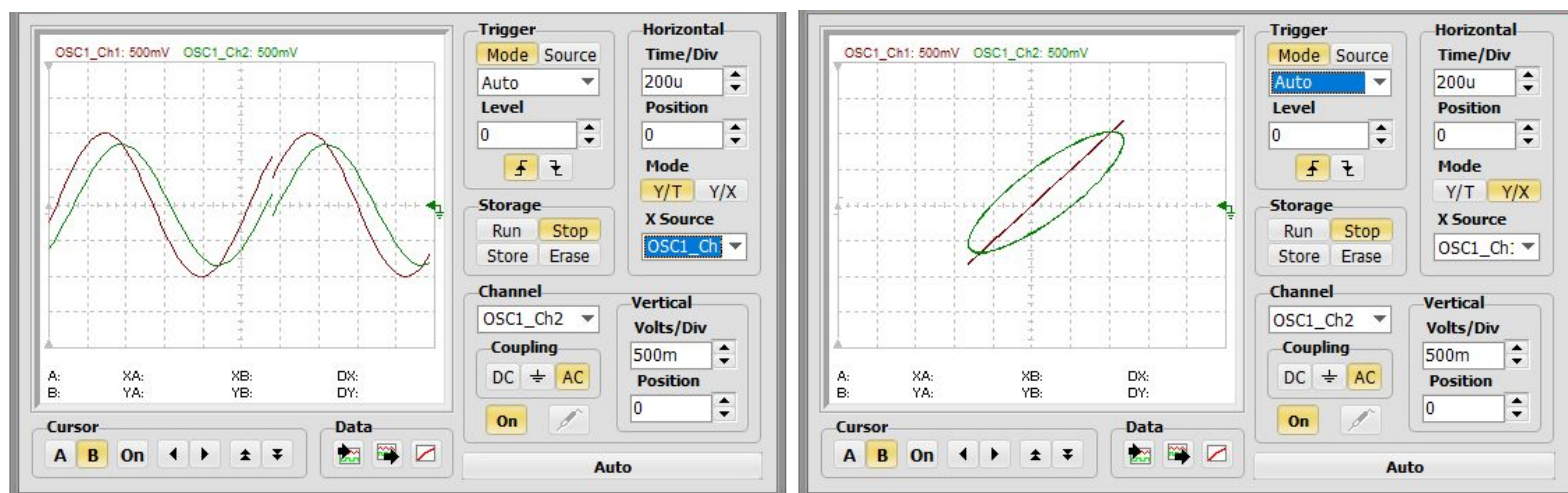


Figura 14: Desfase de $\varphi \approx 45^\circ$ cuando $f \approx 1\text{KHz}$

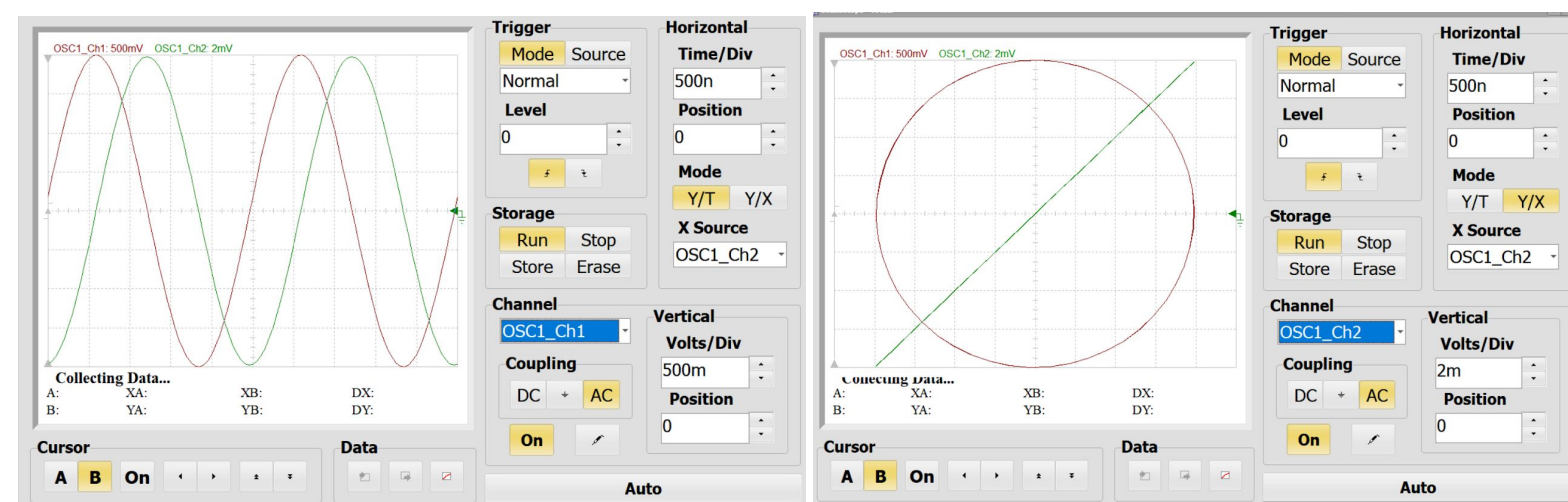


Figura 15: Desfase de $\varphi \approx 90^\circ$ cuando $f \approx 400\text{KHz}$

Frecuencia	Desfase
$f \approx 10Hz$	$\varphi \rightarrow 0^\circ$
$f \approx 1KHz$	$\varphi \rightarrow 45^\circ$
$f \approx 400KHz$	$\varphi \rightarrow 90^\circ$

Tabla 1: Mediciones con el simulador TINA

Frecuencia	Desfase
$f = 0 Hz$	$\varphi = 0^\circ$
$f \approx 1,6KHz$	$\varphi = 45^\circ$
$f \rightarrow \infty$	$\varphi \rightarrow 90^\circ$

Tabla 2: Valores Teóricos

Se observa que las mediciones resultantes utilizando el simulador se acercan considerablemente al valor teórico. Si uno realiza la operación inversa, es decir, buscar φ conociendo f se obtienen los siguientes resultados.

Frecuencia	Desfase
$f = 10Hz$	$\varphi = 0,3^\circ$
$f = 1KHz$	$\varphi = 32^\circ$
$f = 400KHz$	$\varphi = 89^\circ$

Tabla 3: Valores teóricos de φ dadas las frecuencias medidas

En función de que el modelo de Lissajous se pueda utilizar, se requiere que ambas amplitudes de las señales sean las mismas. Por la demostración que se puede observar en el anexo, las amplitudes no son iguales, sino que $\frac{|V_C|}{|V_0|} = \frac{\sqrt{1+w^2C^2R^2}}{1+w^2C^2R^2}$. Por lo tanto, es necesario una corrección en la escala de tensión por división en ambos canales. Ésta debe ser tal que

$$\frac{\text{Escala CH2}}{\text{Escala CH1}} = \frac{|V_C|}{|V_0|}$$

frecuencia	$\frac{\text{Escala CH2}}{\text{Escala CH1}}$	$\frac{ V_c }{ V_0 }$
$f = 10\text{Hz}$	1	0,99998
$f = 1\text{KHz}$	0,4	0,846
$f = 400\text{KHz}$	$4 \cdot 10^{-3}$	$3,98 \cdot 10^{-3}$

Tabla 4: Valores de $\frac{\text{Escala CH2}}{\text{Escala CH1}}$ y $\frac{|V_c|}{|V_0|}$ para cada una de las señales obtenidas

Estos valores explican muy bien el error en la medición de la frecuencia para cuando $\varphi = 45^\circ$ y porqué para los otros valores, se acercaron mucho más al encontrado teóricamente. Vale aclarar que las escalas que permiten visualizar ambas señales cuando la frecuencia de la fuente es del orden de los pocos KHz son solo las de 500mV/div y de 1V/div, lo cual genera que se vuelva complicado encontrar las escalas óptimas en función de que las amplitudes escaladas sean muy similares entre sí, y simultáneamente la figura de Lissajous sea tal que la elipse formada tenga sus vértices en (X_0, X_0) y en $(-X_0, -X_0)$. En otras palabras, que $\varphi = 45^\circ$.

A continuación, el gráfico del ángulo de desfase en función de la frecuencia aplicada en el generador de funciones. Del mismo se puede observar cómo la función converge rápidamente a $\pi/2$ luego de la frecuencia de corte, esto es, cuando $\varphi = 45^\circ$ y $f = 1591,54931\text{ Hz}$.

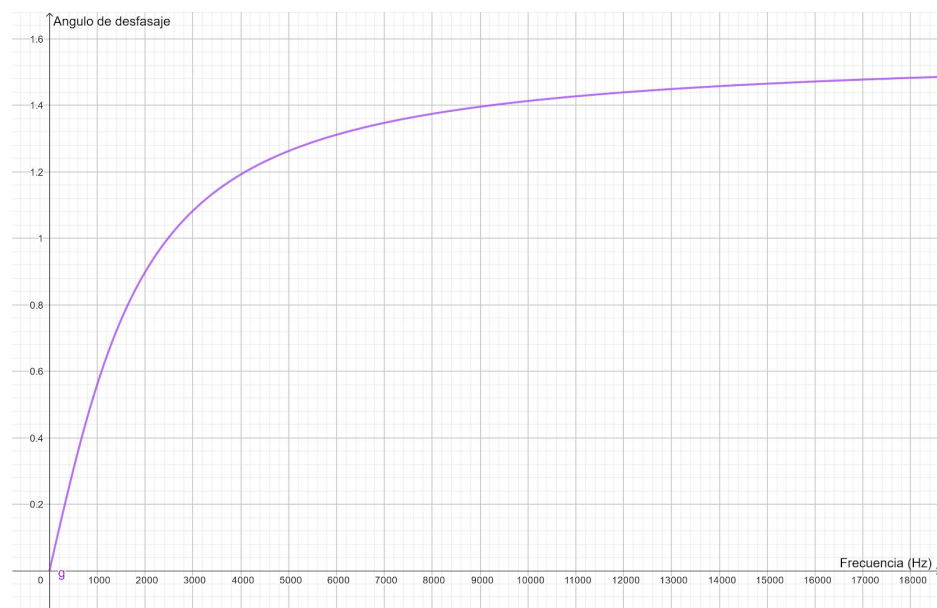


Gráfico 1: Ángulo de desfase(rad) en función de la frecuencia(Hz)

Otro gráfico que permite observar el significado de la frecuencia de corte es el de $\frac{|V_c|}{|V_0|} = \frac{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}{1 + \omega^2 C^2 R^2}$ en función de la frecuencia. En este se observa que la amplitud de la señal es multiplicada por un factor de aproximadamente 0,7 luego de ser filtrada por el pasabajos.

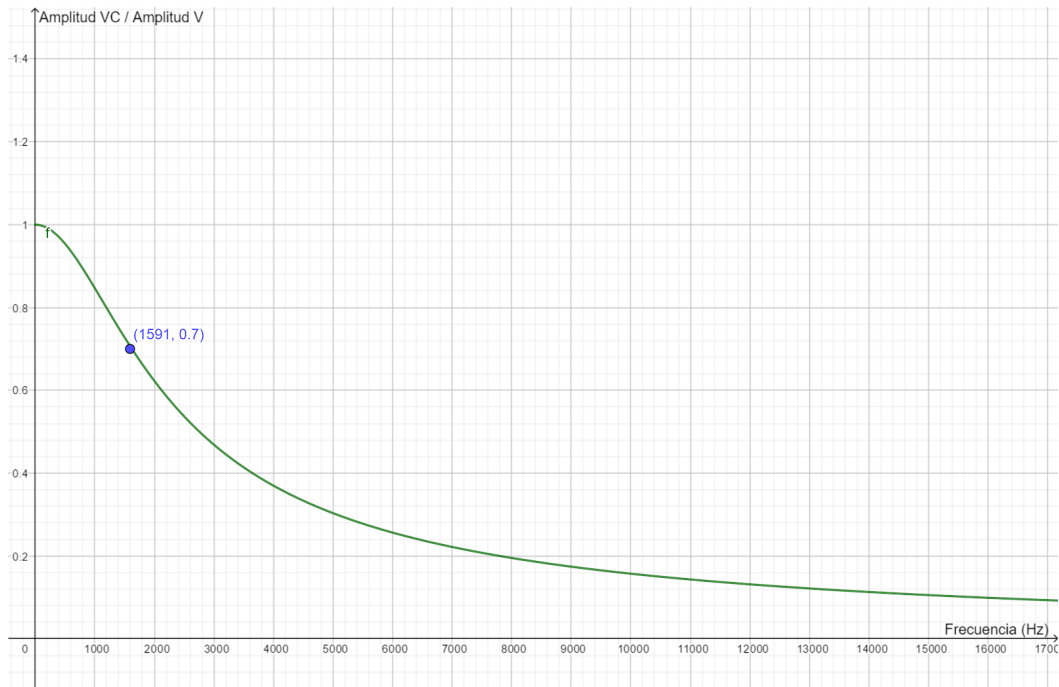


Gráfico 2: $\frac{|V_c|}{|V_0|}$ en función de la frecuencia(Hz)

Medición sobre un circuito externo

Uso de las puntas 1:1 (x1) y 10:1 (x10)

Con el circuito R-C provisto por el docente implemente el banco de medición que se muestra en la Figura 4.

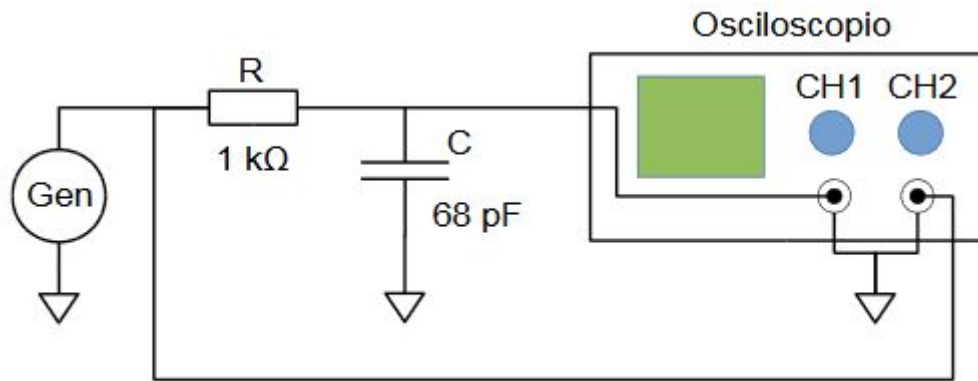
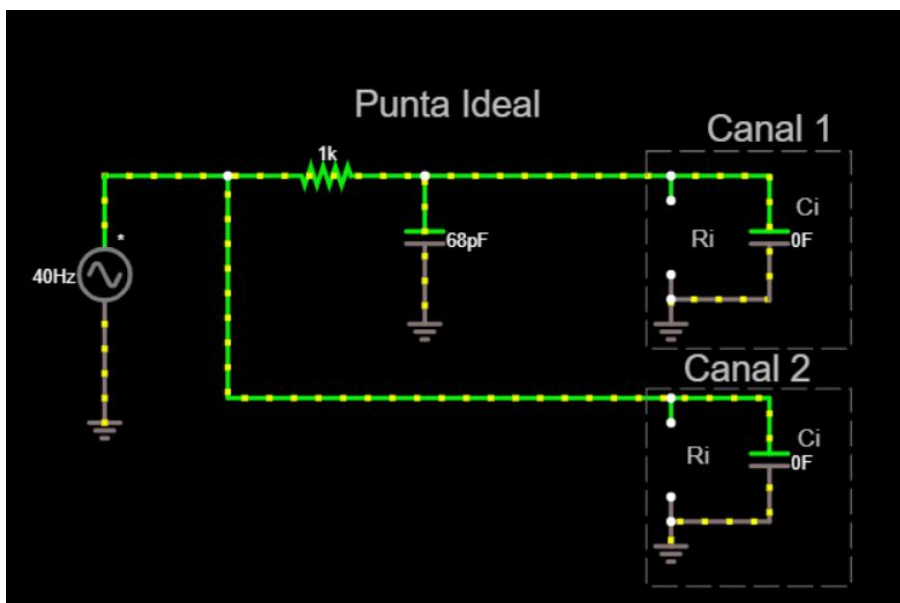


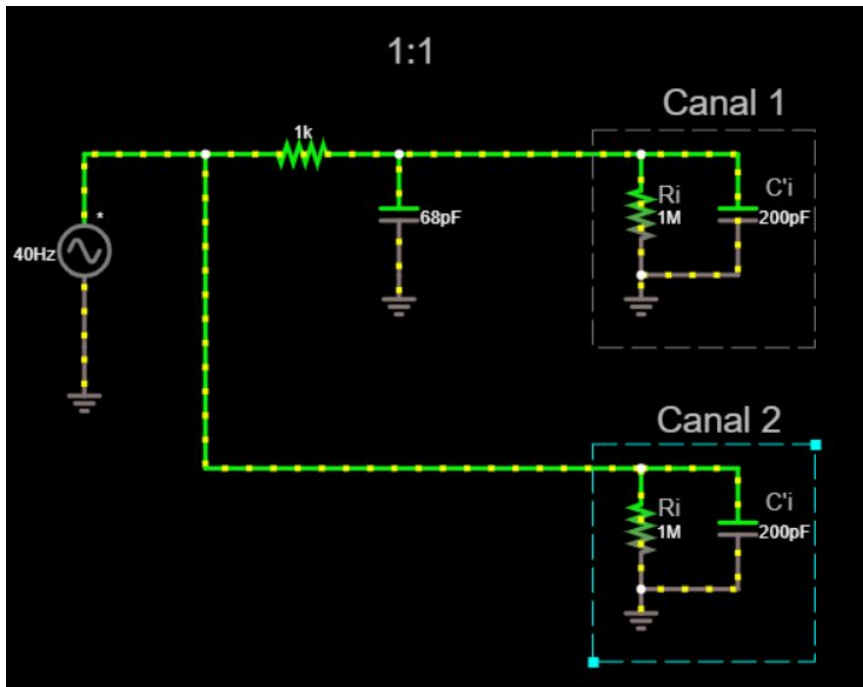
Figura 4 - Banco de medición para el circuito R-C.

Grafique el circuito equivalente. Calcule cuál sería el valor teórico de frecuencia de corte y tiempo de crecimiento para los siguientes casos:

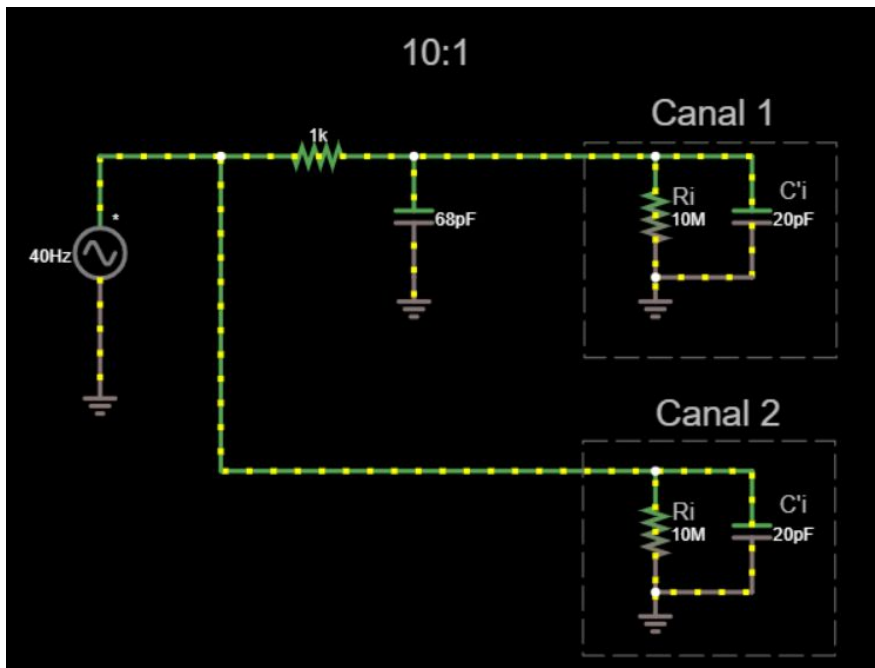
a) Caso ideal en el que no hay efecto de carga de la punta (se representó la resistencia infinita como un cable abierto)



b) caso considerando el efecto de carga de la punta 1:1 (x1),

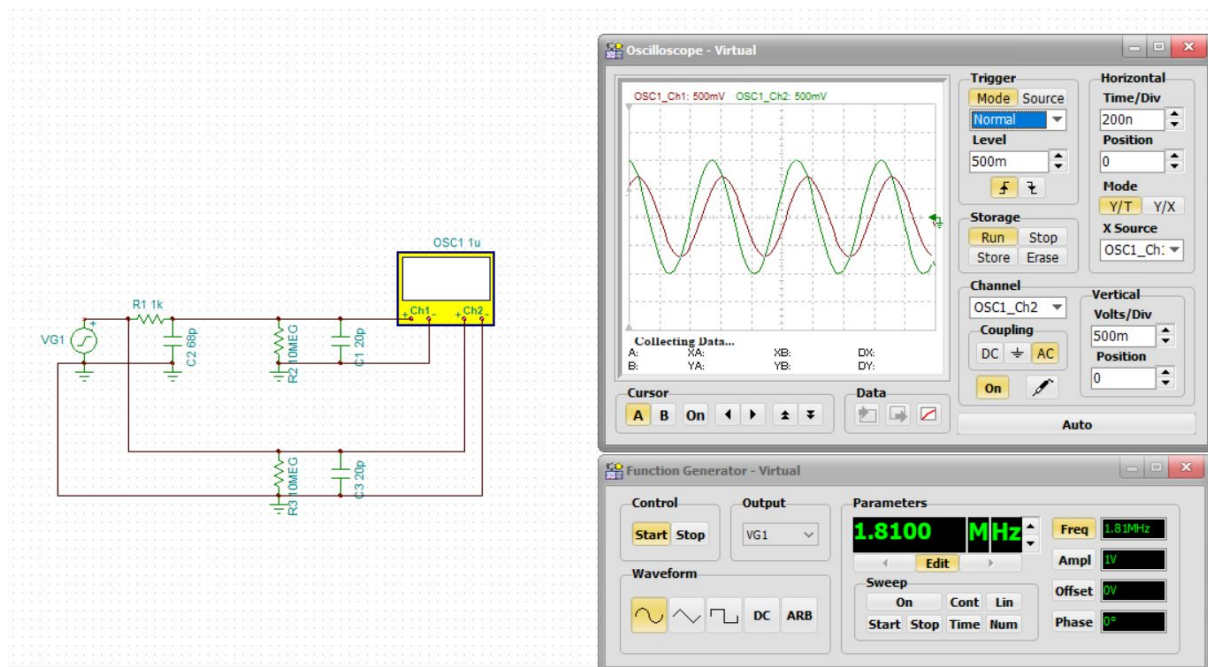
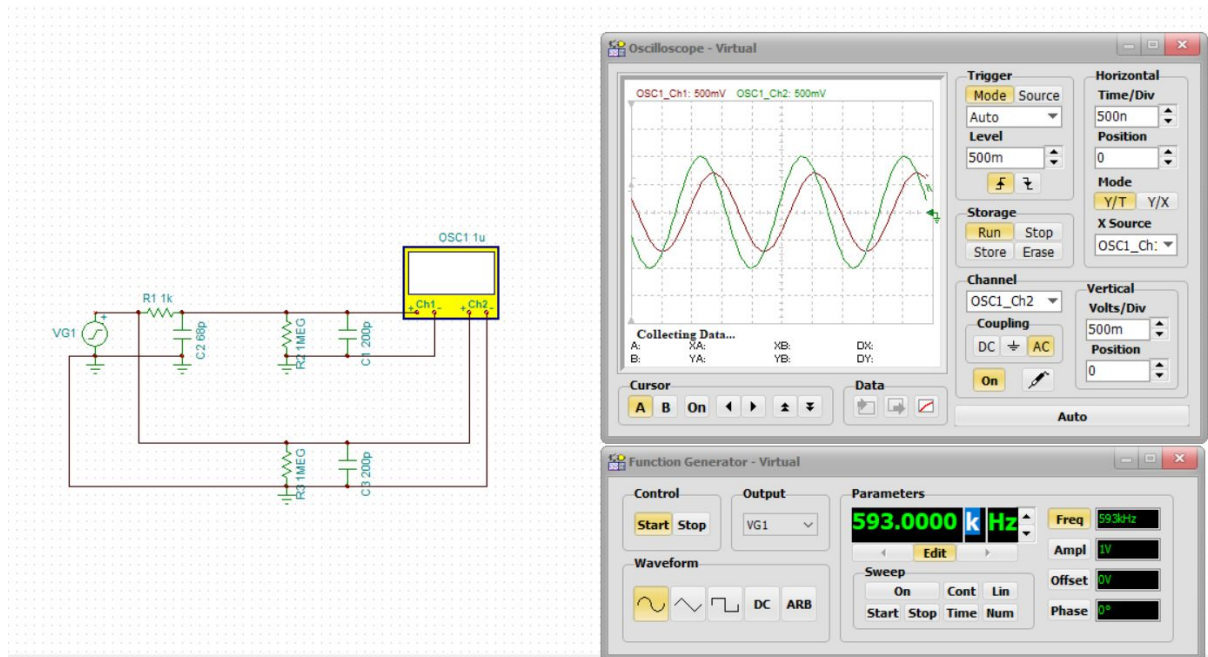


c) caso considerando el efecto de carga de la punta 10:1 (x10).



	Punta Ideal	Punta 1:1	Punta 10:1
f_c	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 68pF)$ = 2.34 MHz	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 268pF)$ = 593 KHz	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 88pF)$ = 1.81MHz
t_c	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 68pF$ = 0.1496 μs	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 268pF$ = 0.5896 μs	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 88pF$ = 0.1936 μs

Adicionalmente, se simularon dichos casos para poder verificar los resultados teóricos. A continuación se pueden observar las simulaciones de la punta 1:1 y 10:1.



a) Mida el tiempo de crecimiento de la tensión sobre el capacitor (C) en los siguientes casos, expresando la medición correctamente con su correspondiente incerteza. Con la punta x1 Con la punta x10

Para calcular el tiempo de crecimiento se hizo uso de la siguiente ecuación:

$$t_c = 0.35/f_c$$

Se halló a través del simulador TINA que la frecuencia de corte para la punta 1:1 era aproximadamente $(600 \pm 20) \text{ kHz}$ y para la punta 10:1 es $(1.75 \pm 0.5) \text{ MHz}$. Se llegó a dicho resultado variando la frecuencia hasta encontrar los límites dentro de los cuales se apreciaba un 70% de la señal. Es decir, la incerteza se debe a la apreciación.

A partir de los datos experimentales se calculó el tiempo de crecimiento y se propagó el error, obteniendo $(0.58 \pm 0.02) \mu\text{s}$ y $(0.200 \pm 0.006) \mu\text{s}$.

¿Se observan diferencias entre ambas mediciones? De ser así, explique su origen apoyándose en el marco teórico.

Se observaron grandes diferencias entre las mediciones. Se atribuyen al hecho de que al medir con la punta 10:1, la capacitancia del conjunto osciloscopio-punta es mucho menor (aunque la resistencia interna pasa a ser 10 veces mayor, esto no tuvo consecuencias grandes pues ya previamente era varios órdenes de magnitud más grande que la del circuito medido). La capacitancia pasa a ser aproximadamente el 33% de la de la punta 1:1, y esto causó la gran diferencia encontrada.

b) Para el mismo circuito y con el mismo banco de medición. Mida la respuesta en frecuencia y establezca el ancho de banda en los siguientes casos. Con la punta x1 Con la punta x10 Trace ambas curvas de respuesta en frecuencia en un gráfico semilogarítmico (amplitud lineal-frecuencia logarítmica) colocando el eje X la frecuencia y en el eje Y la amplitud obtenida respecto de la amplitud al 100%. Determine el valor del tiempo de crecimiento (t_c) para cada punta a partir del ancho de banda.

Al estar trabajando con un simulador, el osciloscopio no tiene un ancho de banda propio, por lo que el resultado es que el ancho de banda es el mismo del ejercicio anterior. No hay frecuencia de corte inferior, pero si superior. El ancho de banda, siendo definido como el rango de frecuencias entre las dos frecuencias de cortes, es:

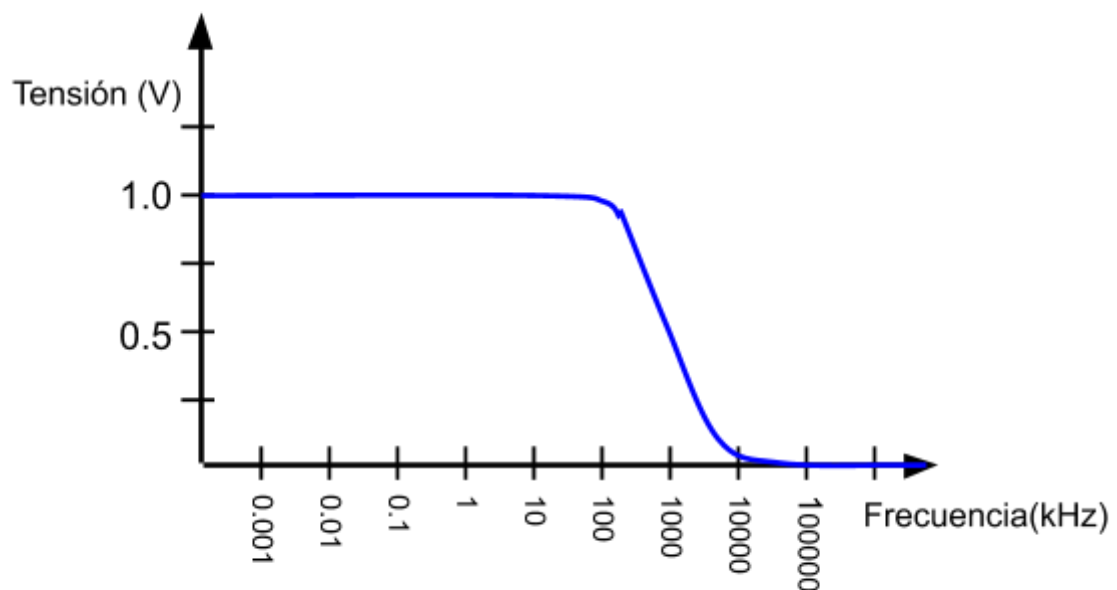
Punta 1:1) 0 - 600kHz

Punta 10:1) 0 - 1.75MHz

El tiempo de crecimiento, al igual que en el ejercicio anterior es $0.58 \mu\text{s}$ y $0.200 \mu\text{s}$ respectivamente. Para la confección del gráfico semilogarítmico se seleccionaron ciertos puntos y luego se los unió.

Frecuencia (kHz)	Tensión Leída (V)
0.001	1

0.01	1
0.1	1
1	1
10	1
100	0.99
1000	0.5
10000	0.06
100000	0.006

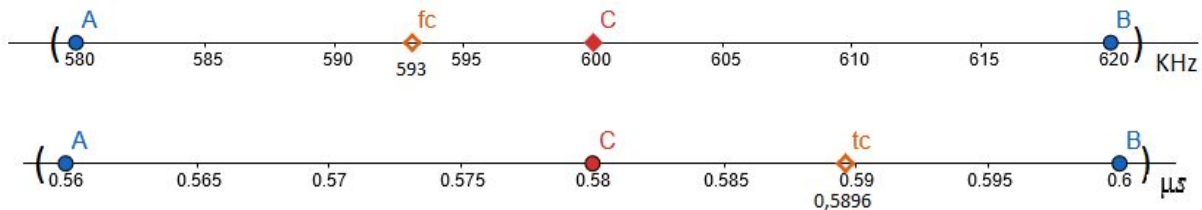


a) ¿Qué sucede si modifica el valor de la capacitancia? ¿Y si cambia el valor de la resistencia? Compare con los valores teóricos.

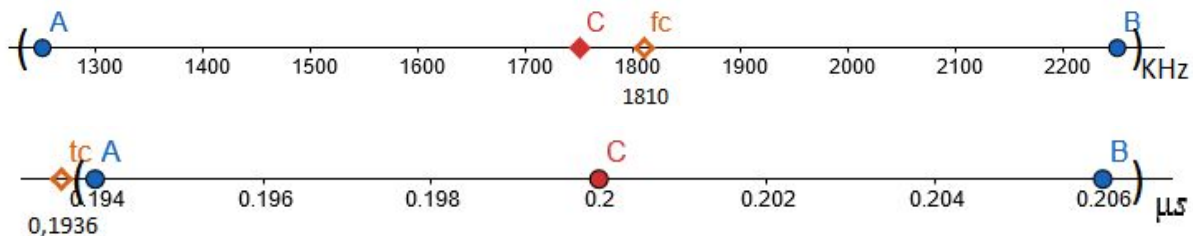
En caso de subir la resistencia o el valor de la capacitancia, el módulo de la tensión en el canal 1 disminuye. Al analizar la fórmula teórica de la frecuencia de corte, se observa que disminuye cuanto mayor sea la resistencia y capacitancia. En consecuencia, esto implica que si mantenemos la frecuencia constante y aumentamos dichas propiedades del circuito, la tensión de salida es menor. Si por el

contrario disminuimos sus valores, la frecuencia de corte se vuelve más grande y la tensión observada es mayor.

b) Compare los resultados de las mediciones con las predicciones teóricas. ¿Hay coincidencias? Si. Efectivamente las mediciones se asemejan mucho a los resultados de las mediciones simuladas. Si dibujamos un intervalo con los valores teóricos y prácticos, se obtiene lo siguiente:



Punta 1:1



Punta 10:1

Conclusiones

En conclusión, el osciloscopio es una poderosa herramienta. Sin embargo, un gran poder conlleva una gran complejidad, y debemos estudiar y practicar el funcionamiento del osciloscopio para poder utilizarlo eficazmente. Al medir con él, no siempre tenemos un feedback que nos permita saber qué estamos haciendo mal, lo cual implica que tengamos que saber de antemano casi toda la configuración que debemos seleccionar. Como se pudo ver en las primeras partes del trabajo realizado, entre las configuraciones más importantes encontramos todo lo referente a ambos canales y el trigger.

Por otro lado, encontramos que el osciloscopio además nos permite trabajar con dos señales en simultáneo, graficando cada una en un eje. Ésto puede resultar de utilidad para deducir relaciones entre frecuencias y obtener información respecto a la relación entre las señales, pero no resulta fácil usarlo pues cada cambio en la configuración implica un gran cambio en lo visualizado.

En adición al osciloscopio, encontramos la necesidad de usar puntas, que son nuestro puente entre nuestro aparato y circuitos externos. Como todo circuito,

es imperfecto e implica una carga sobre el circuito. Cada punta que utilicemos tiene ciertas propiedades, unas serán mejores que otras según el modelo, y encontraremos de distintos tipos. Para poder llevar a cabo un buen trabajo es necesario estudiar la señal y considerar las consecuencias de usar cada una de las puntas.

Por último, como todo aparato de medición, hay límites para el osciloscopio. Entre ellos encontramos el ancho de banda, las tensiones límites y el efecto de carga. Cuando trabajemos con un osciloscopio debemos ser cuidadosos de no medir fuera del ancho de banda, pues el error sistemático sería muy grande, de no pasarnos de la tensión límite si no queremos quemar un aparato costoso, y también de no cargar mucho el circuito, pues la medición será imperfecta. Para esto será necesario que conozcamos la resistencia y capacitancia del conjunto osciloscopio-punta en forma aproximada y que leamos la hoja de datos del osciloscopio. Si tenemos un buen conocimiento del osciloscopio, sin duda se convierte en una de las herramientas más poderosas y útiles que tenemos a disposición en el mundo de la electrónica.

Anexo

1. Diagrama en bloques

- Realice un diagrama en bloques simplificado del sistema vertical del osciloscopio indicando los controles principales. Explique brevemente el camino y cómo se va modificando la señal hasta que llega a la pantalla.

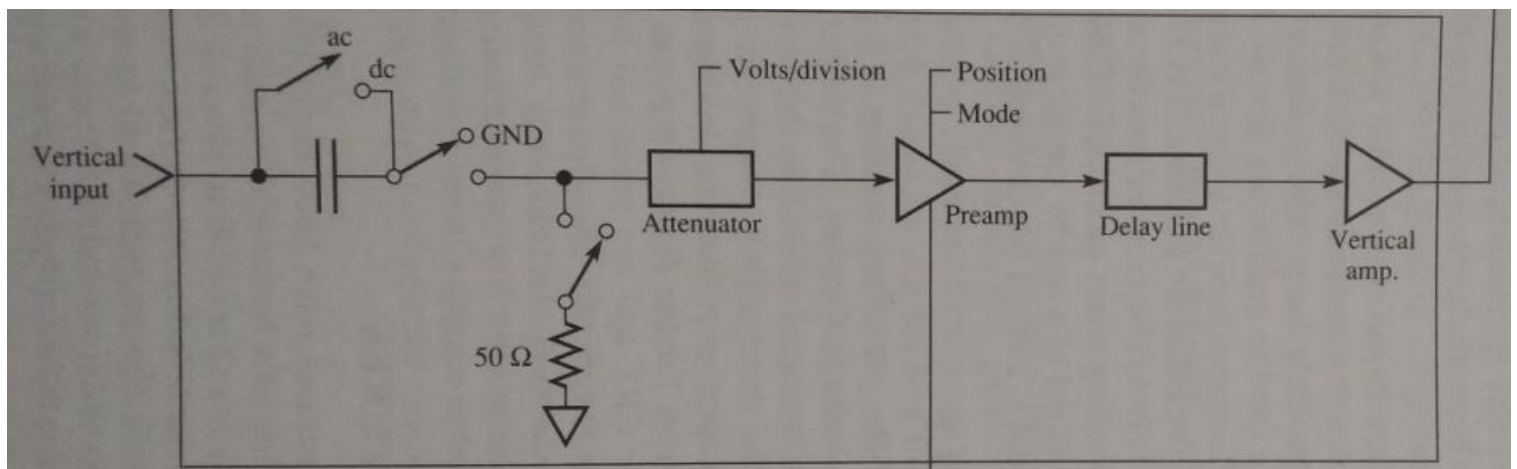


Figura x: Diagrama en bloques del sistema vertical

Comenzando de izquierda a derecha, observamos la entrada "Vertical Input" que será nuestra señal a medir.

Continuando, la señal pasará por un acoplamiento de entrada , es decir, modo AC,AC+DC o GND. Obtendremos así una señal sin continua ,una alterna con continua o simplemente cero que será nuestra referencia.

Luego la señal resultante se le aplicará un atenuador “Volts/Division” que amplifica o atenúa dependiendo de la escala elegida.Cabe destacar que si la señal resultante hubiese sido con el modo GND, este paso no aplicará ningún cambio sobre esta misma.

El siguiente paso será establecer el control “Position” que controla la posición sobre la pantalla del osciloscopio, el control “Mode” para ver el canal seleccionado, la suma de ambos o un modo chopeado entre estos.

Por último se aplica una amplificación necesaria “Vertical Amp.” para trabajar con el tubo de rayos catódicos.

b) Ídem para el sistema horizontal.

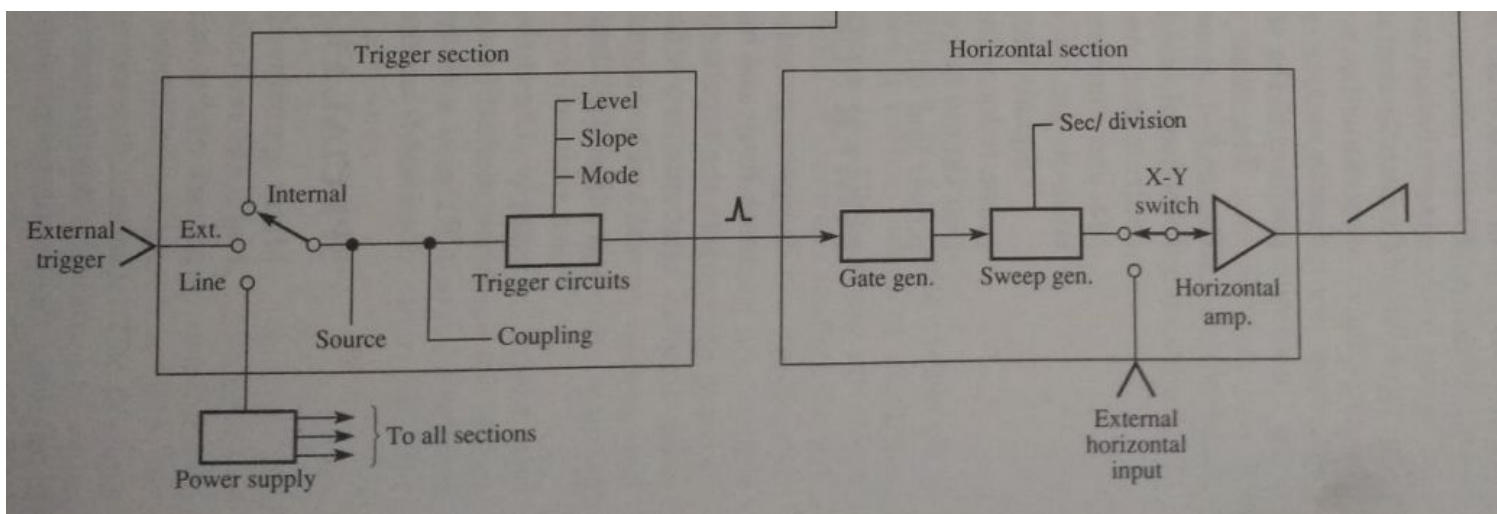


Figura x: Diagrama en bloques del sistema horizontal

Para este caso destacaremos dos secciones principales para el barrido horizontal, la sección de Trigger y la sección del canal Horizontal

Sección Trigger

Esta sección se encargará de indicar los inicios de cada barrido en el eje horizontal.

Para esto podemos optar por diferentes fuentes para generar esta señal:

- Fuente interna: la fuente más común de la forma de onda utilizada para proporcionar el disparador es el canal de señal en sí.
- Fuente externa: existe la posibilidad de seleccionar una fuente de activación externa.
- Línea: Al usar la función de activación de línea, el alcance se dispararía en la entrada de alimentación o en la forma de onda del voltaje de línea.

Una vez elegida de donde obtendremos la señal de disparo, continuamos con “Trigger Circuits”: Level,Slope y Mode.

El control "Level" se puede determinar el punto de disparo, es decir la tensión que deberá sobrepasar (dependiendo del flanco de disparo) para activar el proceso de desviación de tiempo.

El control "Slope" determina si el disparo debe efectuarse sobre la pendiente de la señal en la parte ascendente o descendente.

El control "Mode" tiene a su vez dos alternativas: Normal y Automático. En el modo de disparo normal con el control Level se puede variar el nivel de la señal de disparo, es decir, mientras el punto de disparo se encuentre entre los márgenes de la señal se obtiene una imagen estable, por el contrario cuando este punto supera los límites de la señal la imagen desaparece. En el modo automático cuando el nivel de disparo está dentro de los límites de la señal se obtiene una señal estable. Cuando el nivel está fuera de los márgenes de la señal se genera una señal de barrido automáticamente que hace que aparezca una señal no estable en la pantalla.

Sección Horizontal

Esta sección se encargará de generar una señal de barrido en este caso una diente de sierra.

"Gate gen" se encargará de generar esta señal de barrido la señal de disparo obtenida de la anterior sección.

Continuando vemos el control "Time/Division" que modificara el tiempo de barrido. Para esto se deberá modificar la señal de barrido haciendo enfocar en la pendiente de la misma.

Hasta este paso ya obtuvimos una señal de barrido para poder utilizar, pero el osciloscopio nos da a elegir entre dos fuentes de barrido: la que se ha explicado o una señal externa de barrido.

Por último se aplica una amplificación igual que con el canal vertical, en este caso Horizontal Amp." para trabajar con el tubo de rayos catódicos.

- c) Dibuje los diagramas de tiempo de las señales principales: diente de sierra y señal de disparo.

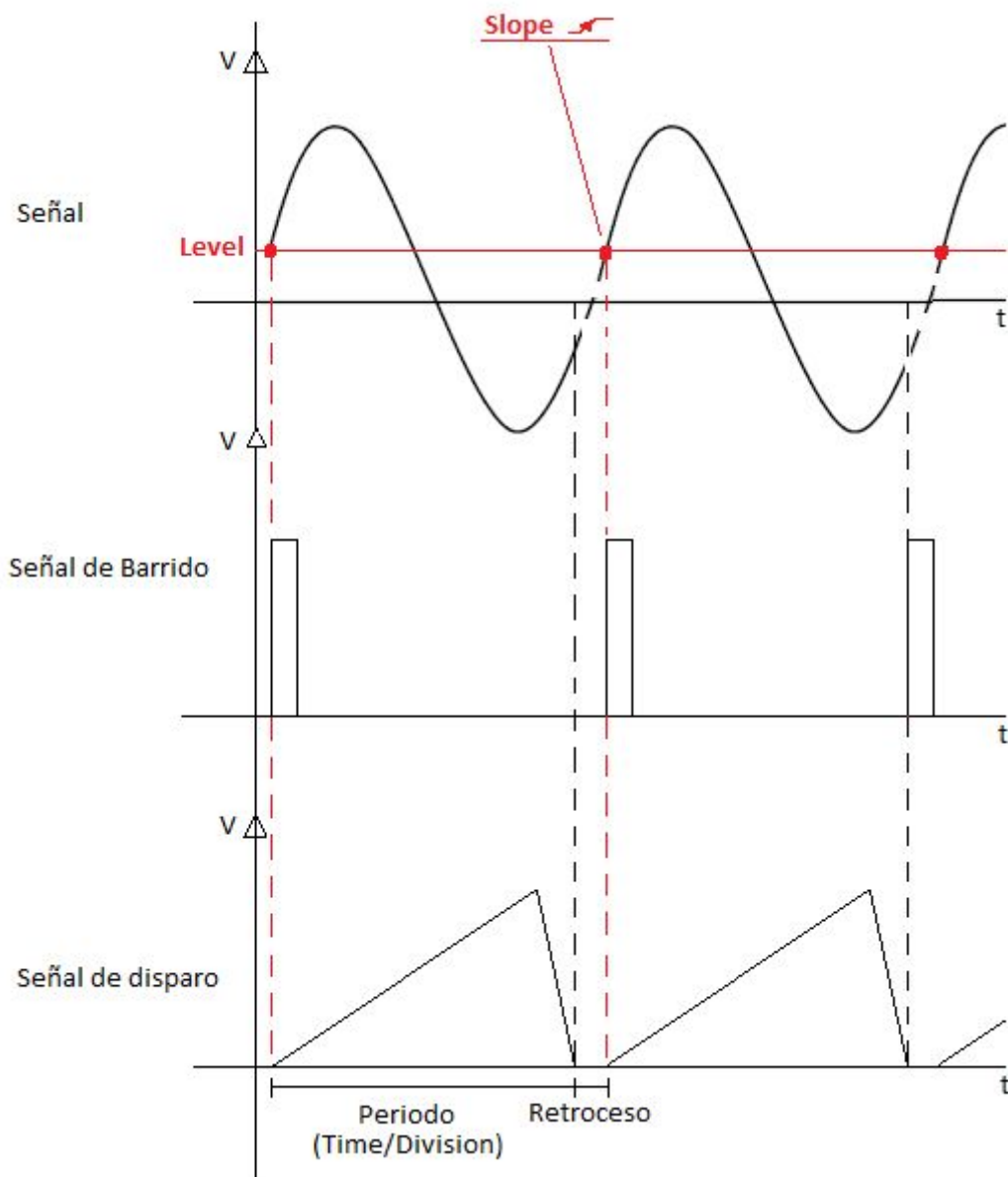


Figura x: Diagrama de tiempos

2. Con ayuda del manual del usuario y/o material de lectura recomendada describa el funcionamiento de los controles principales del osciloscopio:

a) Haz:

- INTEN: Controla el brillo del trazo o punto
- FOCUS: Permite enfocar el trazo
- ILLUM: Permite ajustar la iluminación de la retícula
- TRACE ROTATION: Permite alinear el trazo horizontal con la retícula.

b) Canal vertical:

- Vertical Mode: Permite seleccionar la configuración para los canales 1 y 2.

- Chop: En modo “choppeado”, se permite que ambas señales lleguen a la pantalla en diferentes instantes y los tiempos de las mismas sean diferentes en un mismo barrido.
- CH2 Inv: En este modo se sustrae la señal del canal 2 a la del canal 1 y se traza dicha diferencia.
- Position: Permite mover la pantalla según el eje vertical (eje “y”).
- Volt/div: Permite configurar la cantidad de volts por división representados en pantalla.
- AC-DC-GND: En modo AC, solo se deja pasar la componente alterna(capacitor en serie); en DC, se deja pasar la señal completa (AC+DC) y el modo GND sirve para realizar una calibración con una puesta a tierra permitiendo determinar el cero.
- VAR: Permite tener un control variable continuo de la amplitud.

c) Canal horizontal:

- A Time/div: Define el valor de la unidad de tiempo por división en la escala horizontal para el Chanel A.
- SWP VAR: Permite variar continuamente el eje X
- SWP UNCAL: Permite descalibrar el eje X para utilizar SWP VAR
- Position: permite mover la pantalla según el eje horizontal.
- B Time/div: define el valor de la unidad de tiempo por división en la escala horizontal para el Chanel B.
- X10 MAG: Permite expandir 10 veces la señal mostrada, manteniendo al centro de la pantalla como el centro de la expansión.
- X-Y: Permite poner el canal 1 como trazador del eje X, y el canal 2 como trazador del eje Y.

d) Disparo

- Trigger source: Permite seleccionar la señal que utiliza el trigger
- Coupling: Permite seleccionar el modo de acoplamiento entre el circuito del trigger y la señal de entrada.
- Slope: Define la pendiente positiva o negativa en la que se empieza a observar la señal, es decir en la que se produce el disparo.
- Level: Permite seleccionar el nivel a partir del cual se disparará el trigger.
- Level lock: Permite fijar el nivel del trigger para que se mantenga automáticamente dentro de la amplitud de la señal
- Normal: Normal dibuja la señal solo si llega el nivel del trigger
- Auto: Dibuja siempre la señal, dando prioridad al trigger, y en caso de que no ocurra un evento se activa automáticamente.
- Single: Single dibuja una sola vez la señal, si llega el nivel del trigger.
- Holdoff: Permite retrasar el trigger para conseguir un dibujo constante para señales asimétricas o raras.

e)

- Horizontal Display A: Modo general para observación de ondas
- Horizontal Display A int: Modo que permite magnificar una parte del trazo A cuando se utiliza el trazo B.
- Horizontal Display B: Modo que únicamente dibuja la señal retardada
- Horizontal Display Trig. B: Permite seleccionar entre los modos de retraso continuo y retraso según el trigger del trazo A, añadiendo estabilidad

- DELAY TIME: Permite ajustar el tiempo de retraso entre el trazo A y B
 - TRIG. ALT: Modo que permite alternar el trigger o disparo entre los canales 1 y 2.
3. Errores a) Mencione tres errores groseros que se pueden cometer con el osciloscopio. b) ¿Por qué deben evitarse?

1. Conectar partes del osciloscopio a tensiones muy elevadas. Estas partes pueden ser las puntas, las entradas a los canales o el cable para el trigger externo. En caso de pasarse de los rangos especificados por el proveedor, se pueden causar daños permanentes al osciloscopio. Siempre se debe ser consciente de los límites.
2. Utilizar un brillo muy elevado o mantener un punto en un lugar de la pantalla durante un tiempo irrazonable (como puede ser olvidarse el osciloscopio prendido). Esto puede conllevar un daño a la pantalla y arruinarla permanentemente. Se debe procurar utilizar una intensidad mediana o baja y mantener encendido el osciloscopio sólo cuando se lo esté utilizando.
3. Medir fuera del ancho de banda. Al medir fuera del ancho de banda no se obtendrá una buena medición, y todo el trabajo que hagamos durante este tiempo no tendrá precisión y será inservible. Se debe procurar medir únicamente dentro del ancho de banda especificado por el proveedor para conseguir buenas mediciones.

a) Indique las funciones principales de la punta del osciloscopio y su circuito equivalente.

La punta del osciloscopio tiene como función cargar lo menos posible el circuito. Al conectarse a un circuito siempre lo cargamos, y por eso resulta importante tener una buena conexión. La resistencia de la punta y su capacitancia nos ayudan a minimizar la carga.

b) Compare desde el punto de vista teórico el efecto de carga que presenta el conjunto osciloscopio-punta en punta 1:1 (x1) y en punta 10:1 (x10). Analice de qué manera podría minimizarlo.

Las puntas siempre deben cumplir la ecuación $C_p \cdot R_p = C_i \cdot R_i$, por lo que primero que nada se debe verificar que la punta esté bien compensada al trabajar. Al cumplir dicha ecuación, podemos conocer el efecto de carga del conjunto O-P. Si trabajamos con una punta 1:1, encontraremos que cargamos al circuito significativamente si nuestro mensurando tiene una resistencia cercana en órdenes de magnitud de 1MOhm, o capacitancia cercana a 200pF (resistencia y capacitancia del conjunto). Por el contrario, una punta 10:1 tiene una resistencia 10 veces mayor y capacitancia 10 veces menor (si está correctamente compensada), lo cual implica que será más difícil cargar al circuito. Sin embargo, usar dicha punta implica que nuestra señal medida será 10 veces menor, lo cual puede traer complicaciones al momento de dibujarla en pantalla (puede ser muy pequeña o ser de tamaño similar al ruido). En un mundo ideal, la mejor punta sería aquella que no tiene efecto de carga, lo cual sería una con resistencia infinita y capacitancia nula, y que a la vez no afecte la señal medida achicandola mucho. Para minimizar el efecto de carga podríamos conectar una resistencia grande y un capacitor pequeño como parte del circuito de la punta, pero todo cambio que nos da un beneficio también perjudica: la señal medida será aún más pequeña. En la realidad siempre debemos pensar y decidir qué punta usar.

5. Incertidumbre

a) Indique cuáles son las incertidumbres del osciloscopio en el canal vertical.

Error de apreciación: el observador es incapaz de conocer perfectamente cuál es la marca sobre la cual se encuentra el dibujo.

Exactitud: error especificado por el fabricante dado que no es posible jamás hacer una medición ideal. Suele ser de 3%.

b) Ídem en el canal horizontal.

Error de apreciación: ídem vertical.

Exactitud: ídem vertical.

Alinealidad: el barrido no es perfectamente lineal, por lo que no todas las divisiones miden lo mismo. Comunmente este error es de 3%

6. Ancho de banda (o rango de frecuencia operativo)

a) Defina el ancho de banda (BW) del osciloscopio. Explique el efecto que introduce el capacitor de desacople.

El ancho de banda es el rango de frecuencias dentro del cual la amplitud de una señal senoidal (con amplitud determinada) no cae 3dB de su máximo. En otras palabras, se considera que una frecuencia está fuera del ancho de banda cuando la señal medida baja en 3dB de su valor real. El capacitor de desacople crea un filtro pasa bajos. Esto implica que nuestro ancho de banda estará íntimamente relacionado con el valor de este capacitor de desacople.

b) Indique dicho valor para el osciloscopio a utilizar.

Observando la hoja de datos que se tiene para trabajar, el ancho de banda es 20MHz en acoplamiento modo DC y 10Hz como piso al usar acoplamiento en modo AC

7. Rango dinámico

a) Defina la sensibilidad del instrumento y cuál es su valor para el osciloscopio a utilizar.

La sensibilidad es el rango de tensiones por división en los cuales se puede configurar el osciloscopio en sus distintos modos. El rango en el osciloscopio a utilizar es 5mv - 5V / div y por otro lado 1mV - 1V / div en el modo X5 MAG.

b) Defina el valor máximo de tensión del instrumento sin dañarlo, y el papel que juegan las puntas.

Para el osciloscopio cuya hoja de datos poseemos, los valores máximos de tensión son los siguientes:

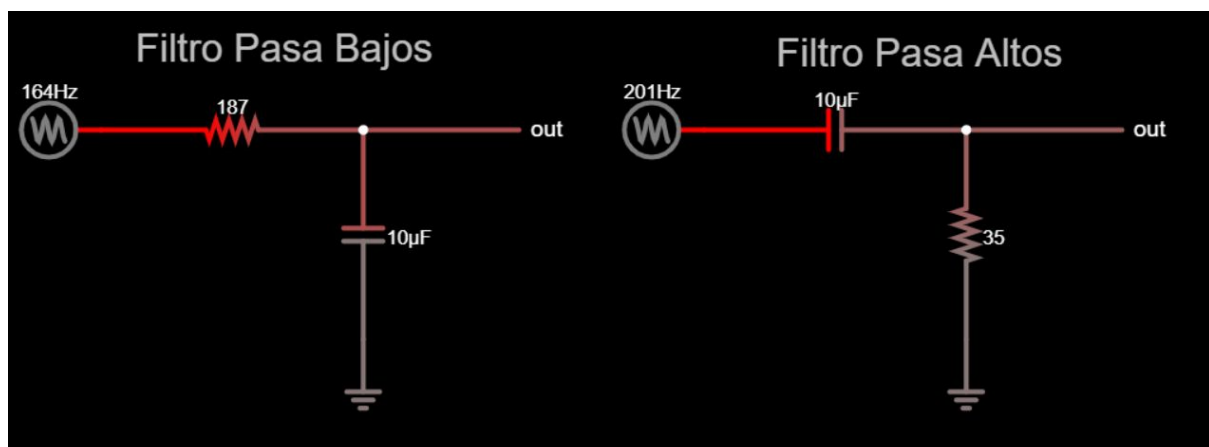
Entrada	Máxima Tensión (pico DC+AC)
CH1, CH2	400V

EXT TRIG	100V
PUNTAS	600V
EJE Z	50V

Para tensiones mayores a estas, el osciloscopio puede verse dañado. Las puntas juegan un gran rol al ser la conexión que tenemos con el circuito. Junto al circuito interno del osciloscopio resultan conformar un conjunto osciloscopio-punta, que cambiará cual es el resultado de nuestras mediciones.

8. Circuito R-C

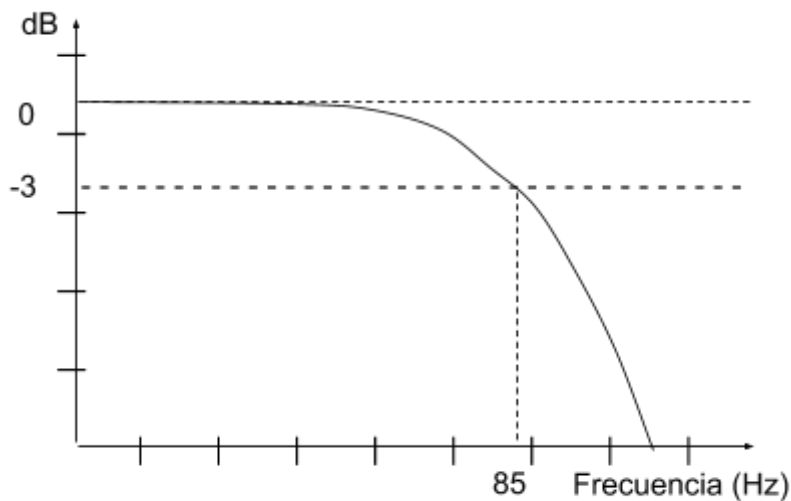
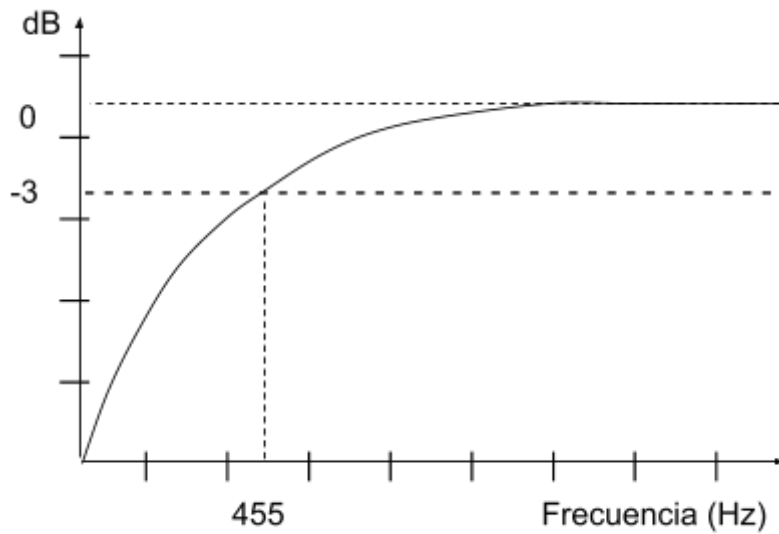
a) Dibuje un circuito R-C genérico pasa bajos y otro circuito R-C genérico pasa altos.



b) Calcule la constante de tiempo, frecuencia de corte y el tiempo de crecimiento. Dibuje la curva de respuesta en frecuencia (módulo y fase).

Pasa Bajos	Pasa Altos
$\tau = RC = 1.87ms$	$\tau = RC = 0.35ms$
$f_c = 1/(2\pi RC) = 85 Hz$	$f_c = 1/(2\pi RC) = 455 Hz$
$t_c = 2.2RC = 4.114 ms$	$t_c = 2.2RC = 0.77ms$

Los gráficos que corresponden a dichos filtros dibujados, serían los siguientes (asumir escala logarítmica para el eje de las abscisas):



Anexo 2

a) Calcule de forma teórica la frecuencia de corte del circuito (f_c) con la punta x1 y x10, considerando el correspondiente efecto de carga.

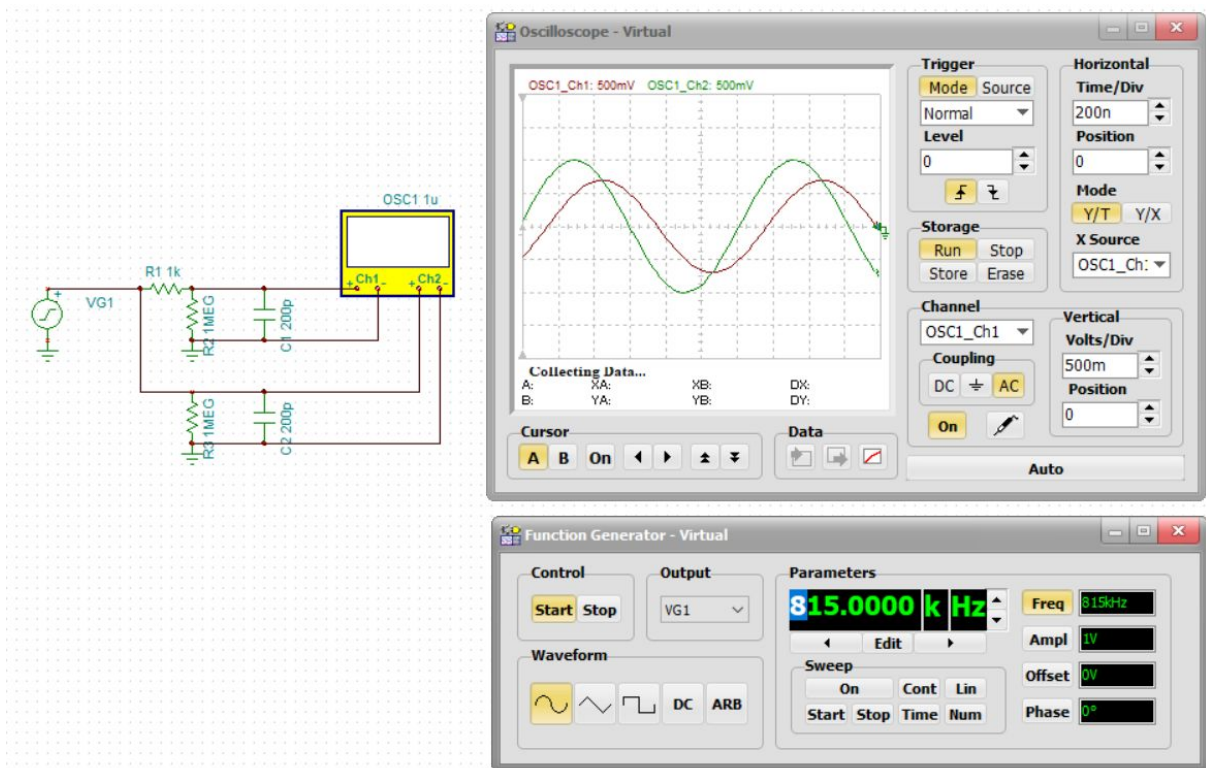
La frecuencia de corte teórica para el circuito de la figura es

$$f_{c-PuntaX1} = 1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 200pF) = 795 \text{ kHz}$$

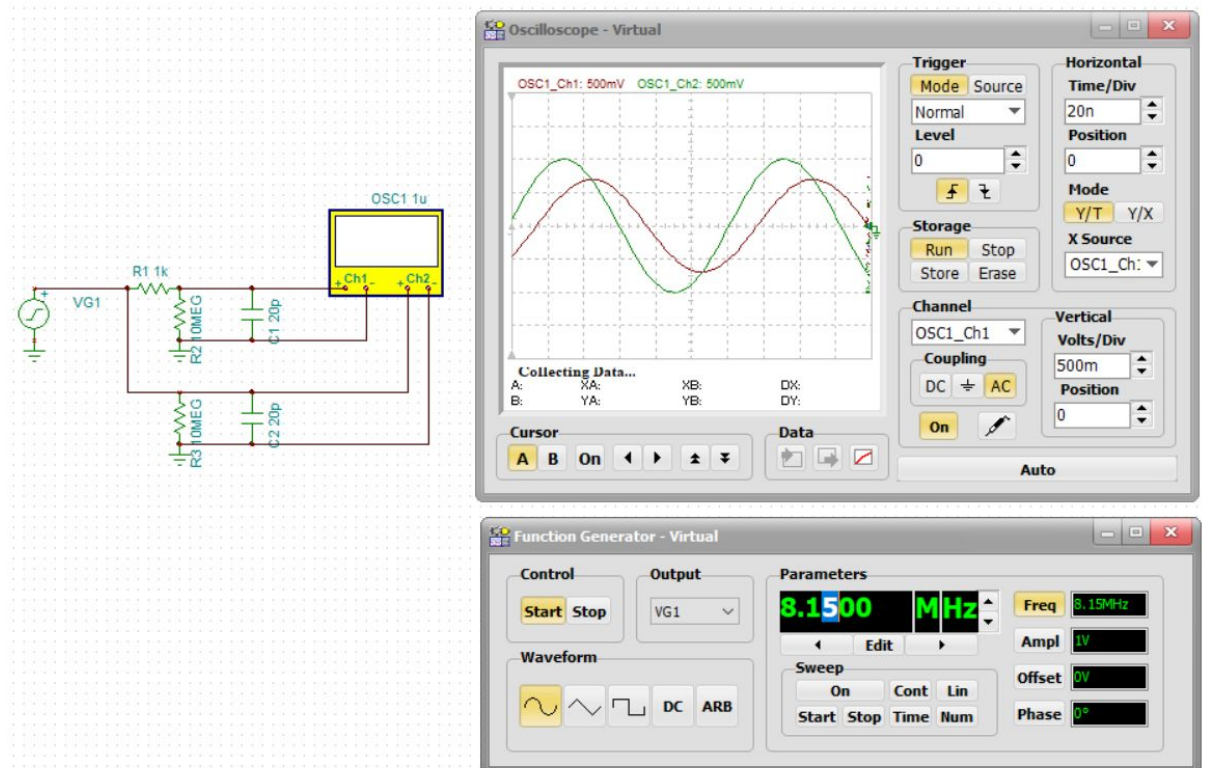
$$f_{c-PuntaX10} = 1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 20pF) = 7.95 \text{ MHz}$$

b) Mida la f_c en los dos casos mencionados, escriba correctamente la medición con su incertidumbre, compare con los resultados teóricos.

Al simular el circuito, se obtiene que la frecuencia de corte para la punta es:



$$f_{c-PuntaX1} = (815 \pm 25) \text{ kHz}$$



$$f_{c-PuntaX10} = (8.15 \pm 0.45) \text{ MHz}$$

c) Explique la influencia de la resistencia de $1\text{ k}\Omega$, ubicada en serie con la punta.

La influencia de la resistencia con la punta es masiva, dado que la resistencia del conjunto osciloscopio-punta es de varios órdenes de magnitud más grande. Como consecuencia, si medimos la frecuencia de corte, nos queda un circuito RC que tiene una resistencia de 1kOhm y 1Mohm/10Mohm en paralelos. Esto implica que la resistencia del circuito sea casi 1kOhm, dominando así la resistencia más baja.

d) ¿Qué sucederá si elimina la resistencia y la reemplaza por un cable?

Si eliminamos la resistencia, la frecuencia de corte se vuelve teóricamente infinito, pues la resistencia equivalente es cero.

Apéndice

Desarrollo teórico para el filtro pasa bajos

Considerando un circuito compuesto por un capacitor de capacitancia C , un resistor de resistencia R y una fuente de tensión variable $V = A \sin(\omega t)$ se debe cumplir, por mallas:

$$V_R + V_C + V_0 = 0$$

Trabajando en complejos, por divisor de tensión, debe ser:

$$V_C = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R} V_0, \text{ donde } Z_C = \frac{1}{j\omega C}; Z_R = R; V_0 = A e^{j\omega t}$$

El desfase entre V_0 y V_C debe estar dado por la rotación que genera el factor $\frac{Z_C}{Z_C + Z_R}$ al multiplicar a V_0 . Esta viene dada por el argumento del complejo $Z = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R}$. Por lo tanto, se busca:

$$\tan(\varphi) = \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)}$$

Operando un poco sobre Z , se obtiene:

$$Z = \frac{Z_C}{Z_C + Z_R} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + \frac{1}{j\omega C}} = \frac{1}{j\omega C (R + \frac{1}{j\omega C})} = \frac{1}{j\omega CR + 1} = \frac{1}{j\omega CR + 1} \frac{(-j\omega CR + 1)}{(-j\omega CR + 1)} = \frac{1 - j\omega CR}{\omega^2 C^2 R^2 + 1}$$

Por lo tanto,

$$\tan(\varphi) = \frac{\text{Im}(Z)}{\text{Re}(Z)} = \frac{-\omega CR}{\omega^2 C^2 R^2 + 1} (\omega^2 C^2 R^2 + 1) = -\omega CR = -2\pi f CR$$

Luego, el desfase que ocurre en un filtro pasa bajos es

$$\varphi = -\arctan(2\pi f RC)$$

Por lo tanto, para tener un desfase de 0° , 45° y 90° , podemos despejar f :

$$f = \frac{\tan(\varphi)}{2\pi RC}$$

En el ejercicio particular de la práctica, considerando $R = 1\text{ k}\Omega$ y $C = 0,1\text{ }\mu\text{F}$

$$\varphi = 0^\circ \Rightarrow f = \tan(0^\circ)/(2\pi RC) \Rightarrow f = 0\text{ Hz (DC)}$$

$$\varphi = 45^\circ \Rightarrow f = \tan(45^\circ)/(2\pi RC) \Rightarrow f = 1591,54931\text{ Hz}$$

$$\varphi = 90^\circ \Rightarrow \varphi = \arctan(2\pi f RC) \Rightarrow \nexists f \in \mathbb{R} \text{ (absurdo)}$$

Dado que la función $f(\varphi) = \tan(\varphi)$ no está definida para $\varphi = 90^\circ$, entonces buscamos:

$$f = \lim_{\varphi \rightarrow 90^\circ} \frac{\tan(\varphi)}{2\pi RC} = \infty$$

Se puede proponer un ángulo relativamente cercano, como por ejemplo $89^\circ 59'$ para observar este resultado.

$$\varphi = 89^\circ 59' \Rightarrow f = \tan(89^\circ 59')/(2\pi RC) \Rightarrow f = 5471343,762\text{ Hz}$$

$$f \approx 5.471\text{ GHz}$$

Cálculos de φ con el valor medido en el simulador Tina

Para cada uno de los valores de f obtenidos con el simulador, el valor de φ debe ser:

$$\varphi = \arctan(2\pi f RC)$$

Reemplazando en cada uno de los tres valores obtenidos,

$$f \approx 10\text{ Hz} \Rightarrow \varphi = \arctan(2\pi f RC) = \arctan(2\pi \cdot 10^{-3}) = 0,3^\circ$$

$$f \approx 1\text{ KHz} \Rightarrow \varphi = \arctan(2\pi f RC) = \arctan(0,2\pi) = 32^\circ$$

$$f \approx 400\text{ KHz} \Rightarrow \varphi = \arctan(2\pi f RC) = \arctan(2\pi) = 89^\circ$$

Diferencia de Amplitud entre ambas señales

La diferencia de amplitud entre el generador de funciones V_0 y la caída de tensión en el capacitor V_C viene dada por:

$$\frac{|V_C|}{|V_0|} = \frac{|Z A e^{j\omega t}|}{|A e^{j\omega t}|} = \frac{|Z|A}{A} = |Z| = \sqrt{\text{Re}(Z)^2 + \text{Im}(Z)^2} = \sqrt{\frac{1}{(\omega^2 C^2 R^2 + 1)^2} + \left(\frac{-\omega CR}{\omega^2 C^2 R^2 + 1}\right)^2}$$

$$\frac{|V_C|}{|V_0|} = \frac{\sqrt{1 + \omega^2 C^2 R^2}}{1 + \omega^2 C^2 R^2}$$

Por lo tanto, $|V_0| > |V_C|$

Cálculo de Frecuencias de Corte y Tiempo de Crecimiento

La frecuencia de corte y tiempo de crecimiento se pueden calcular según:

$$f_c = 1/(2\pi RC)$$

$$t_c = 2.2\tau = 2.2RC$$

Por lo tanto, podemos encontrar f_c y t_c para los 3 casos pedidos.

	Punta Ideal	Punta 1:1	Punta 10:1
f_c	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 68pF)$ $= 2.34 MHz$	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 268pF)$ $= 593 KHz$	$1/(2\pi \cdot 1k\Omega \cdot 88pF)$ $= 1.81MHz$
t_c	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 68pF$ $= 0.1496 \mu s$	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 268pF$ $= 0.5896 \mu s$	$2.2 \cdot 1k\Omega \cdot 88pF$ $= 0.1936 \mu s$

Otros cálculos hechos previamente:

$$1k\Omega // \infty\Omega = 1k\Omega$$

$$1k\Omega // 1M\Omega = 999.001k\Omega \approx 1k\Omega$$

$$1k\Omega // \infty\Omega = 999.9k\Omega \approx 1k\Omega$$

$$68pF + 0F = 68pF$$

$$68pF + 200pF = 268pF$$

$$68pF + 20pF = 88pF$$