



Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería en Computadores

Laboratorio de Circuitos Eléctrico - CE2201
Bitácora de Laboratorio

Datos del grupo:

Integrante(s): Ian Yoel Gómez Oses – Mauro Brenes Brenes

Profesor: Ing. Jeferson González Gómez, Dr.-Ing.

Semestre: II – 2025

Laboratorio 8. Circuitos RC y RL en corriente continua

1. Introducción

En este experimento se estudiará el comportamiento de carga y descarga de los condensadores e inductores en corriente continua, utilizando una fuente de tensión con forma de onda cuadrada. El propósito del experimento es observar el proceso de carga y descarga, observando el comportamiento exponencial y haciendo énfasis en el cálculo experimental de la constante de tiempo τ .

2. Objetivos

1. Obtener experimentalmente la forma de onda de la tensión y de la corriente en el condensador y la bobina mediante circuitos RC y RL.
2. Determinar experimentalmente la constante de tiempo τ para los circuitos RC y RL.
3. Observar el comportamiento de un circuito RC y uno RL ante la variación de los valores de resistencia y capacitancia.

3. Cuestionario previo

1. Investigue la relación Corriente-Tensión del condensador. Explique el comportamiento del condensador en términos de esta relación. Investigue la relación Corriente-Tensión de la bobina. Explique el comportamiento de la bobina en términos de esta relación. Utilice algún software de simulación circuitos para la obtención de todas las curvas teóricas solicitadas.
2. Investigue la respuesta de un circuito RC ante una tensión cuadrada de 10 kHz: la forma de la tensión y la corriente de ambos elementos. Suponga $C = 1 \text{ nF}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$ y $V_f = 4 \text{ V}_{pp}$. Utilice el simulador de circuitos LTSpice para la obtención de todas las curvas teóricas solicitadas.
3. Obtenga la respuesta de un circuito R_L ante una tensión cuadrada de 1 kHz y 2 V_{pp} , determine la forma de la tensión y la corriente de ambos elementos. Suponga $L = 1 \text{ H}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$.
4. Investigue el significado de la constante τ para un circuito RL. Explique claramente.
5. Investigue como puede calcularse de forma gráfica el valor de τ en circuito RC y RL.
6. Identifique en cuáles circuitos de medición se deben aislar las tierras del osciloscopio y del generador de funciones.

1. Investigue la relación Corriente-Tensión del condensador. Explique el comportamiento del condensador en términos de esta relación. Investigue la relación Corriente-Tensión de la bobina. Explique el comportamiento de la bobina en términos de esta relación. Utilice algún software de simulación circuitos para la obtención de todas las curvas teóricas solicitadas.

La corriente de un condensador esta dada por:

$$i(t) = C \frac{dv(t)}{dt}$$

Esta depende de cuánto varía la tensión con el tiempo, por lo que en corriente alterna, a mayor frecuencia, mayor sería la corriente, ya que la tensión cambia más rápidamente.

La tensión de una bobina esta dada por:

$$V(t) = L \frac{di(t)}{dt}$$

Esto depende de cuanto cambie la corriente con el tiempo, por lo que en corriente alterna, a mayor frecuencia, mayor sera la tension, ya que la corriente varia mas rapidamente

2. Investigue la respuesta de un circuito RC ante una tensión cuadrada de 10 kHz: la forma de la tensión y la corriente de ambos elementos. Suponga $C = 1 \text{ nF}$, $R = 10 \text{ k}\Omega$ y $V_f = 4 \text{ V}_{pp}$. Utilice el simulador de circuitos LTSpice para la obtención de todas las curvas teóricas solicitadas.

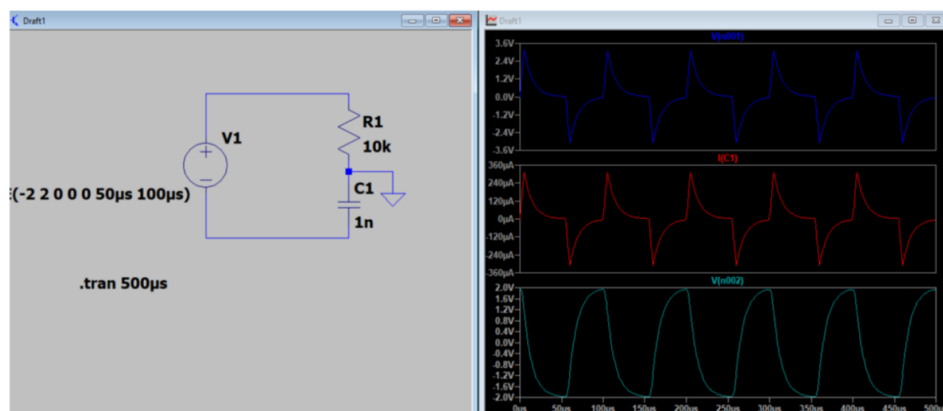


Figura 1. Simulación en LTSpice de respuesta de un circuito RC

3. Obtenga la respuesta de un circuito RL ante una tensión cuadrada de 1 kHz y 2 Vpp. Determine la forma de la tensión y la corriente de ambos elementos. Suponga $L = 1\text{ H}$, $R = 10\text{ k}\Omega$.

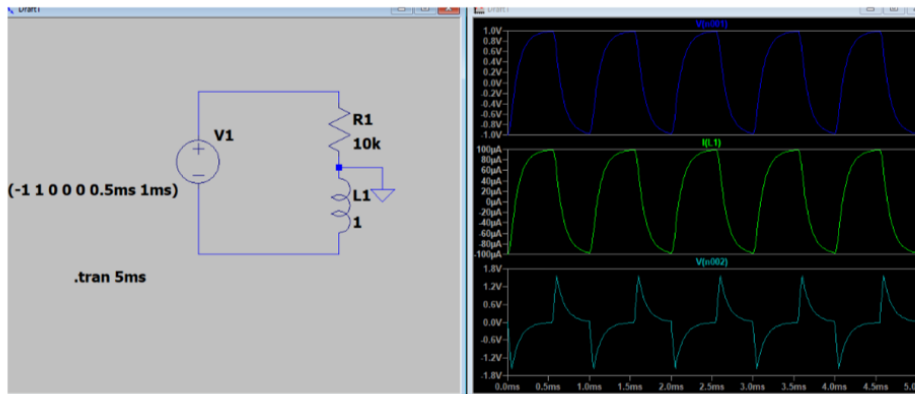


Figura 2. Simulación en LTSpice de respuesta de un circuito RL

4. Investigue el significado de la constante τ para un circuito RL. Explique claramente.

τ es la constante de tiempo y representa el tiempo que tarda el circuito en cargarse o descargarse hasta un 63,2 % de su valor final. Además, se considera que después de 5τ el circuito se ha cargado o descargado casi por completo.

$$\tau_{RC} = CR$$

$$\tau_{RL} = \frac{L}{R}$$

5. Investigue como puede calcularse de forma gráfica el valor de τ en circuito RC y RL.

Para determinar τ en un circuito RC, se calcula el 63 % del valor de la tensión final y se identifica en la gráfica el instante en que se alcanza dicho valor. En un circuito RL, se calcula el 63 % de la corriente final y se localiza en la gráfica el momento en que se llega a ese valor.

6. Identifique en cuáles circuitos de medición se deben aislar las tierras del osciloscopio y del generador de funciones.

Es necesario aislar las tierras del osciloscopio y del generador de funciones en ciertos casos, como en circuitos con referencia flotante, circuitos de potencia o al realizar mediciones diferenciales, para evitar interferencias o daños en los equipos.

4. Equipo y materiales

Cantidad	Descripción
1	Protoboard
1	Cables de conexión y puentes
1	Generador de funciones
1	Osciloscopio
	Conectores tipo BNC-Banana
	Resistencias de $1\text{ k}\Omega$ y $10\text{ k}\Omega$
	Condensador de 1 nF
	Bobina de 10 H ó 100 mH (si están disponibles)

5. Procedimiento

5.1. Circuito RC

1. Monte el circuito mostrado en la figura 8.1.

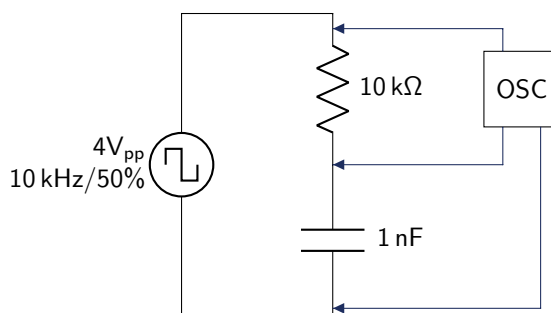


Figura 8.1: Circuito de medición para la tensión en el condensador.

2. En el generador de funciones, elija la onda cuadrada.
3. Ajuste la frecuencia de operación a 10 kHz , el ciclo de trabajo al 50% (onda simétrica) y la amplitud de la onda a 4 V pico-pico.
4. Observe simultáneamente las señales del generador (V_f) y del condensador (V_C). Ajuste la base de tiempo para que se observe claramente al menos un período de las ondas. Dibuje las ondas en fase correcta. Utilice papel milimétrico y gradúe los ejes.
5. Intercambie la posición de los componentes R y C , como se muestra en la figura 8.2. Mida V_f y V_R .
6. Para todos los casos, anote los valores pico, la frecuencia de operación, las escalas de tensión y tiempo y el valor máximo de la señal en consideración.
7. Cambie la frecuencia del generador a 1 kHz . Repita los puntos de 4 a 6.
8. Cambie la frecuencia del generador a 100 kHz . Repita los puntos de 4 a 6.

5.2. Circuito RL

1. En el generador de funciones, elija la onda cuadrada. Monte el circuito de la figura 8.3.

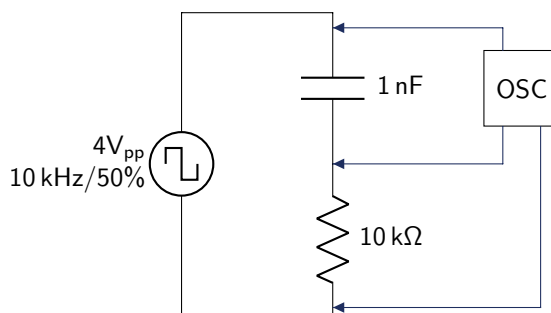


Figura 8.2: Circuito de medición para la corriente en el condensador.

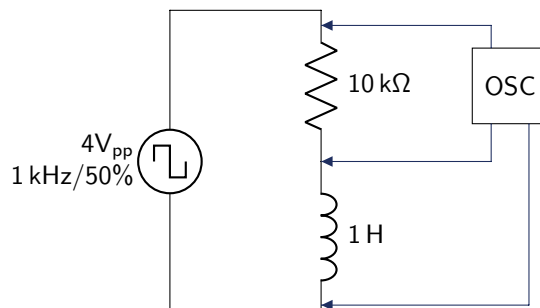


Figura 8.3: Circuito de medición para la tensión en la bobina.

2. Ajuste la frecuencia de operación a 1 kHz y la amplitud de la onda a $4V_{pp}$.
3. Obtenga y dibuje las curvas de tensión del generador (V_G) y de la bobina (V_L) en fase correcta.
4. Intercambie la ubicación de la resistencia y la bobina como se muestra en la [figura 8.4](#).

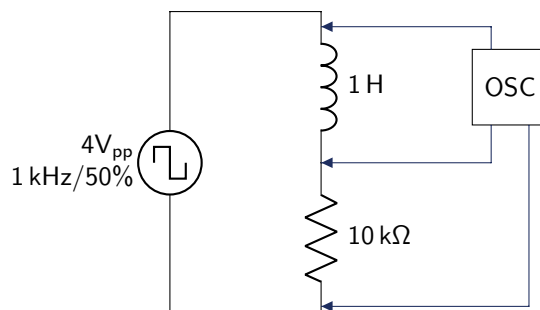


Figura 8.4: Circuito de medición para la corriente en la bobina.

5. Obtenga y dibuje en fase correcta respecto a la tensión del generador (V_G) la curva de carga y descarga de la corriente a través de la bobina (i_L) y determine la constante de tiempo τ .
6. Para todos los casos, recuerde anotar valores pico, la frecuencia de operación, las escalas de tensión, tiempo y el valor máximo de la señal en consideración. Utilice papel milimétrico al graficar.
7. Cambie la frecuencia del generador a 100 Hz. Repita los puntos de [3](#) a [5](#).
8. Cambie la frecuencia del generador a 10 kHz. Repita los puntos de [3](#) a [5](#).

6. Evaluación

6.1. Circuito RC

1. A partir de las curvas dibujadas, obtenga gráficamente el valor de la constante de tiempo τ , así como los valores de tensión y corriente obtenidos en $t = \tau$.
2. Calcule la constante de tiempo para los valores de resistencia y capacitancia utilizados en el experimento.
3. Compare el valor teórico de τ (punto 2) con el valor obtenido en el punto 1 de la evaluación.
4. Calcule, para cada caso, el valor teórico de tensión (V_C) que debe alcanzar el circuito al transcurrir una constante de tiempo y compárelo con los valores experimentales.
5. ¿Cuál es el valor máximo de corriente en el capacitor obtenido para cada una de las frecuencias utilizadas? ¿Qué determina este valor? Compare la forma de onda de la corriente y la tensión.
6. Explique por qué la tensión pico-pico en la resistencia es el doble de la tensión pico-pico del generador para el circuito de la [figura 8.2](#).
7. Investigue al menos dos aplicaciones de los circuitos RC.

6.2. Circuito RL

1. Calcule la constante de tiempo para los valores de resistencia e inductancia utilizados en el experimento.
2. Compare el valor teórico de τ con los valores leídos directamente de sus curvas.
3. Calcule, para cada caso, el valor teórico de corriente que debe alcanzar el circuito luego de una constante de tiempo (considere la constante de tiempo a partir del flanco positivo de la señal de entrada) y compárelo con los valores leídos de sus curvas.
4. ¿Cuál es el valor máximo de tensión en el inductor obtenido en los puntos 3, 7 y 8 de la sección 5.2?
5. ¿Qué significado tiene este valor? Compare la forma de onda de la corriente y la tensión.
6. Investigue al menos dos aplicaciones de los circuitos RL.

Circuitos RC

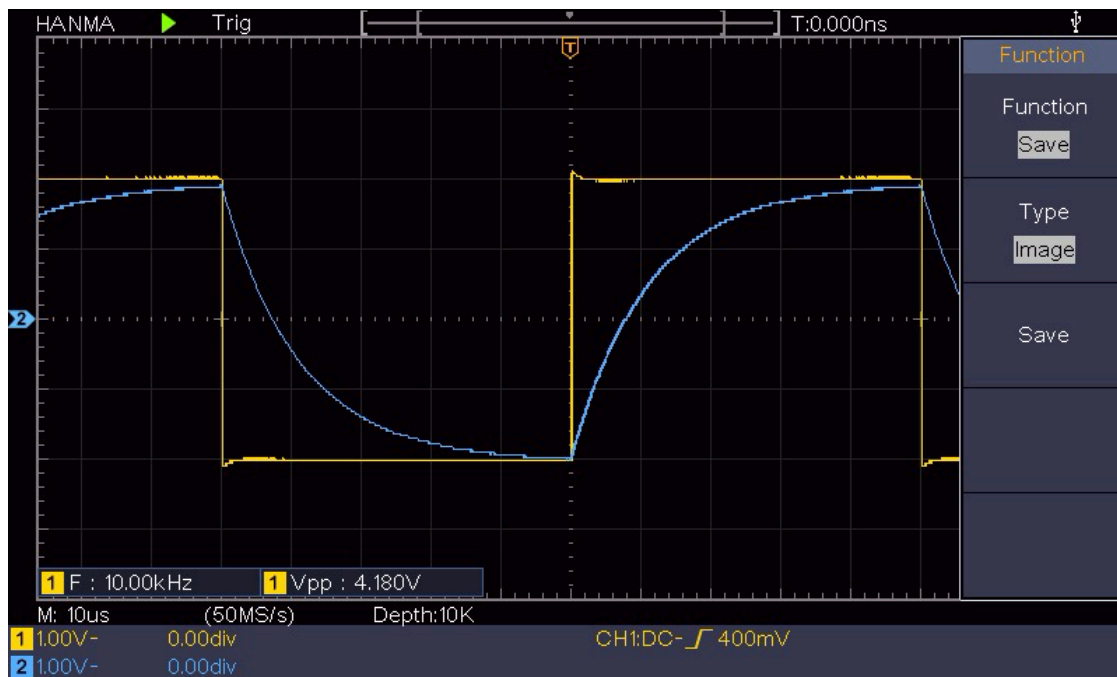


Figura 8.5 Gráfica de V_f y V_c con 10kHz
Figura 8.5 Gráfica de V_f y V_c con 10kHz

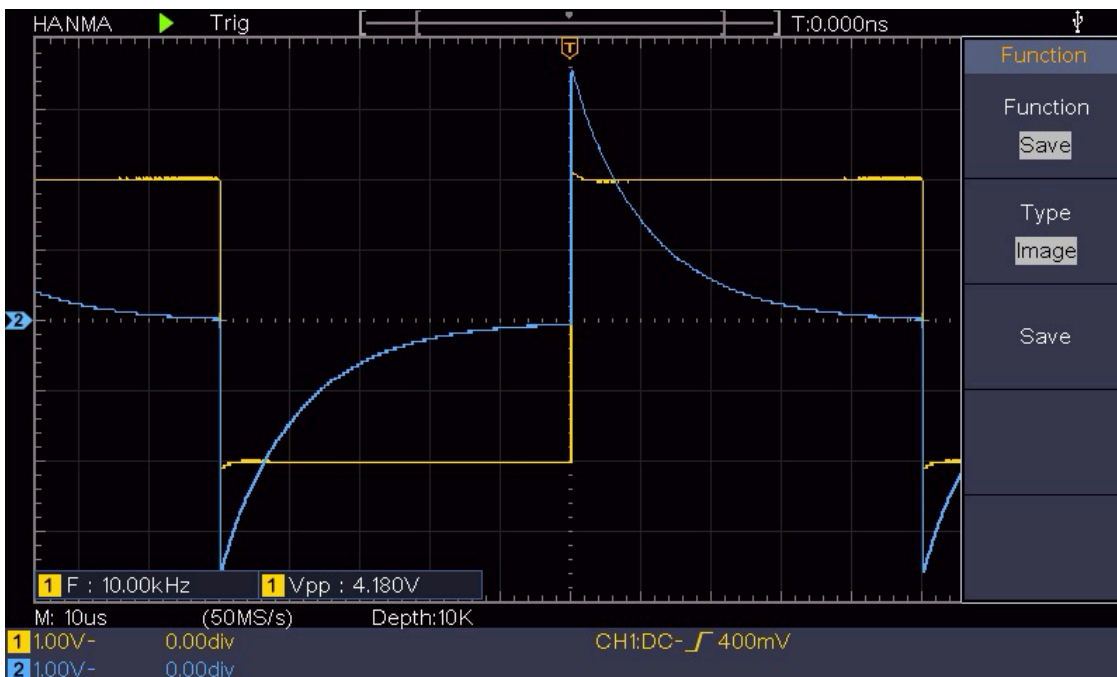


Figura 8.6 Gráfica de V_f y V_R con 10kHz

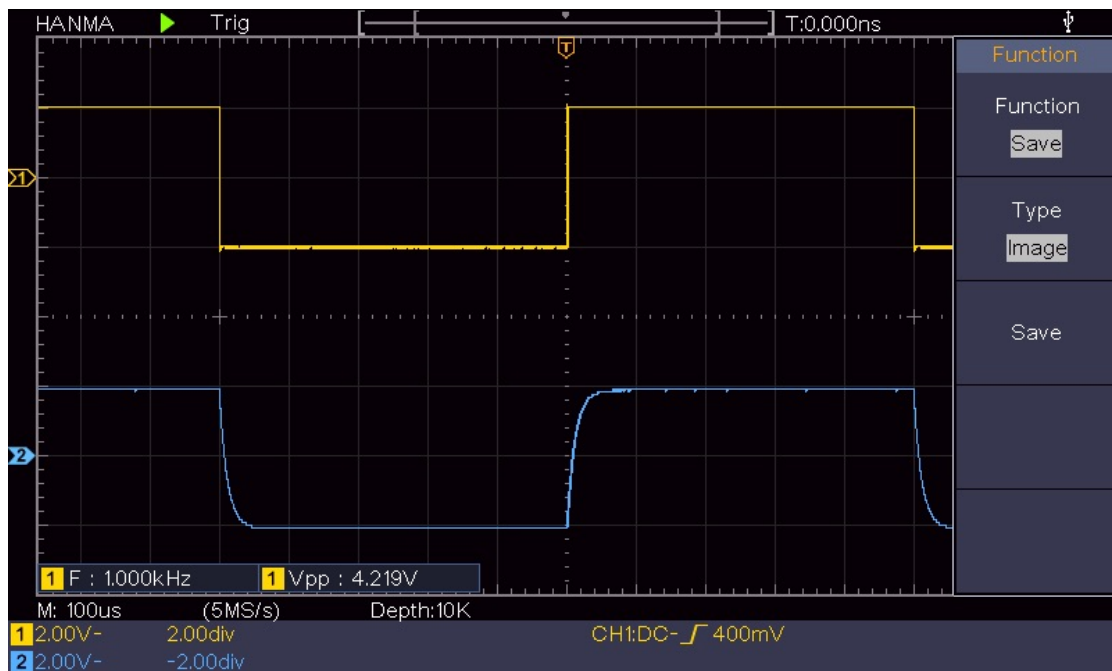


Figura 8.7 Gráfica de Vf y Vc con 1kHz

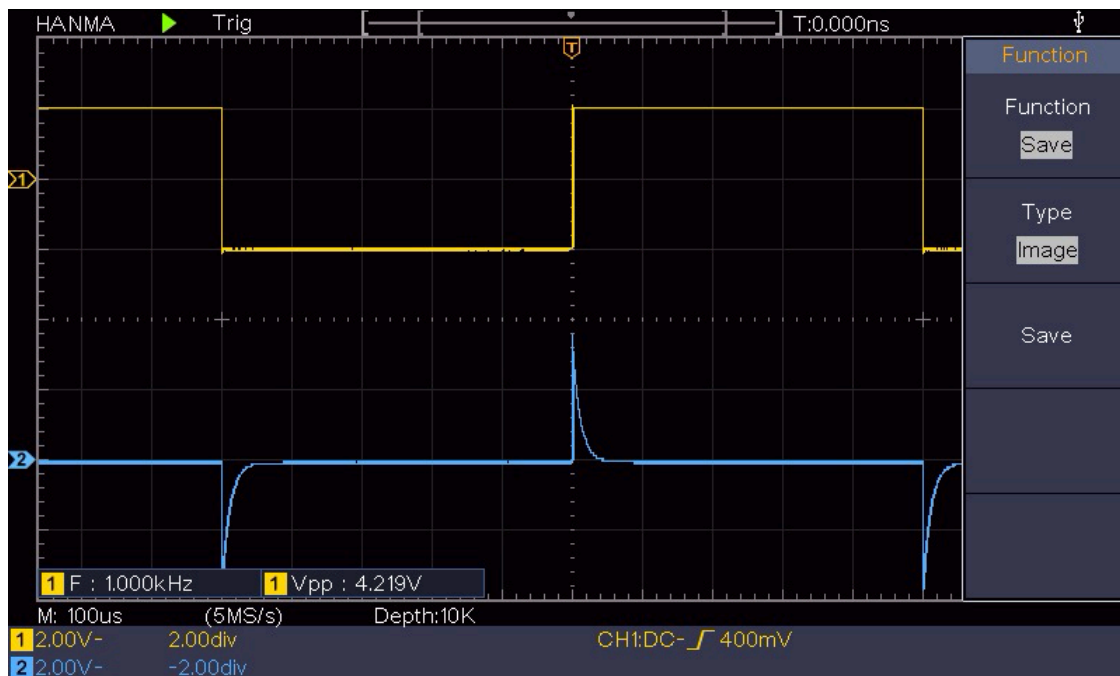


Figura 8.8 Gráfica de Vf y VR con 1kHz

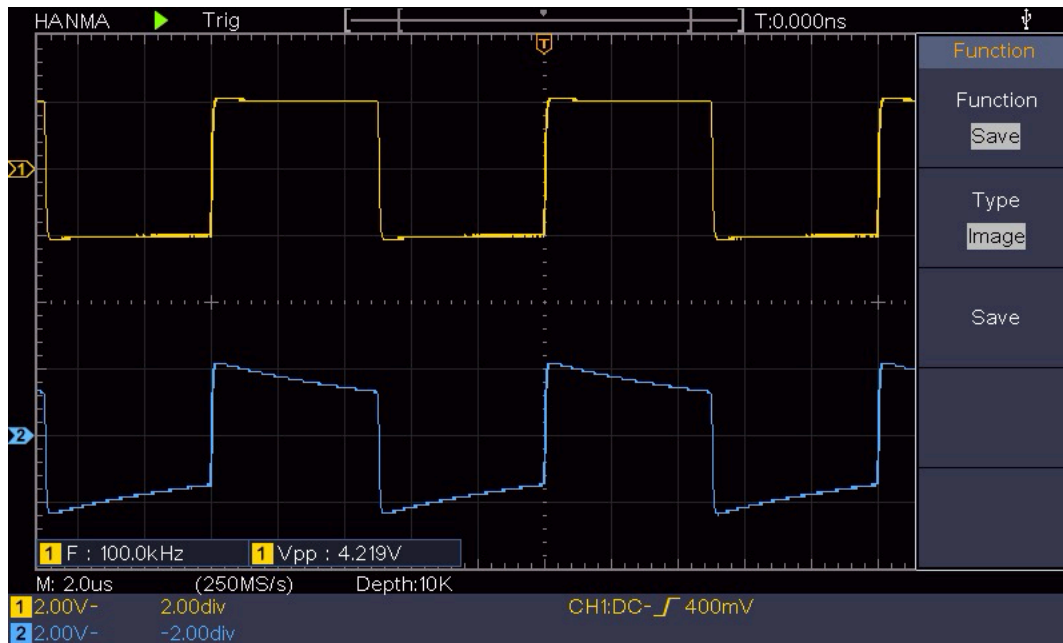


Figura 8.9 Gráfica de Vf y VR con 100kHz

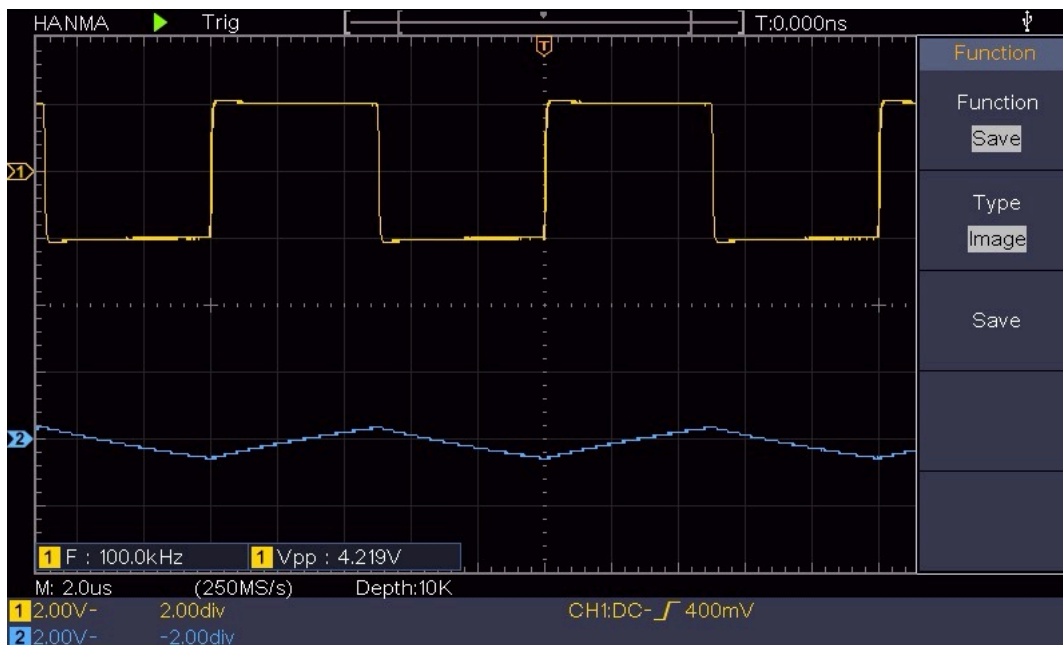


Figura 8.10 Gráfica de Vf y Vc con 100kHz

Circuitos RL

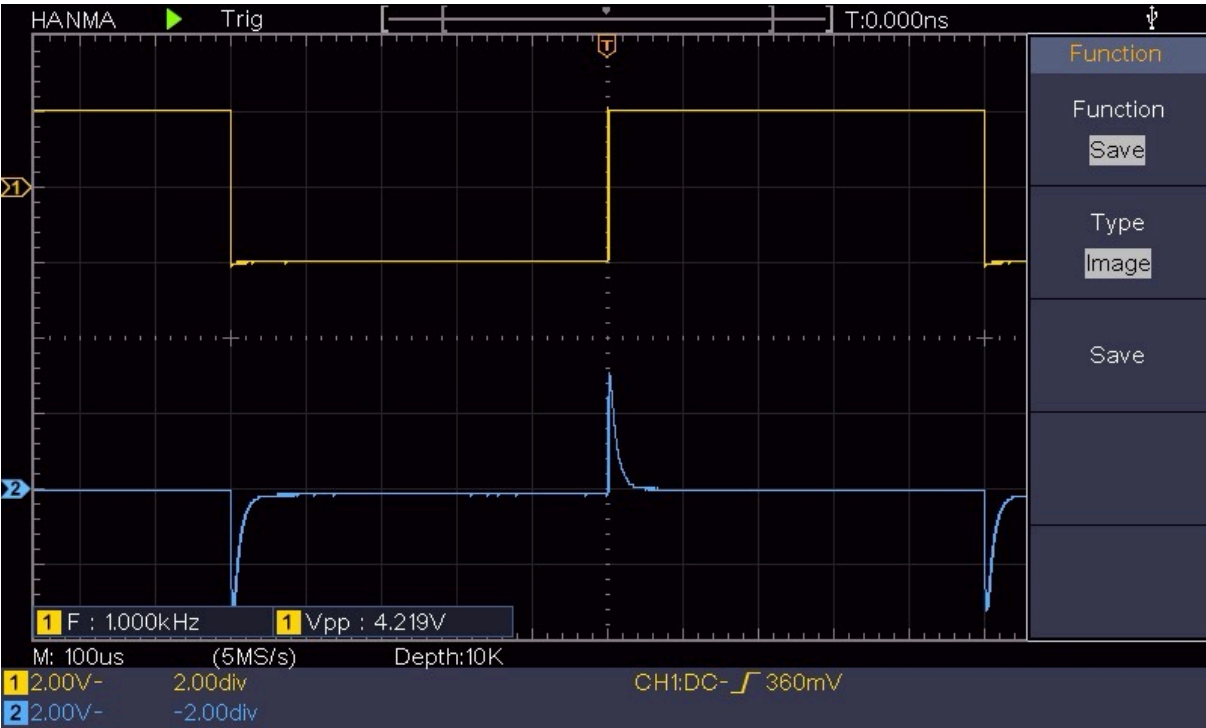


Figura 8.11 Gráfica de Vf y VL con 1kHz

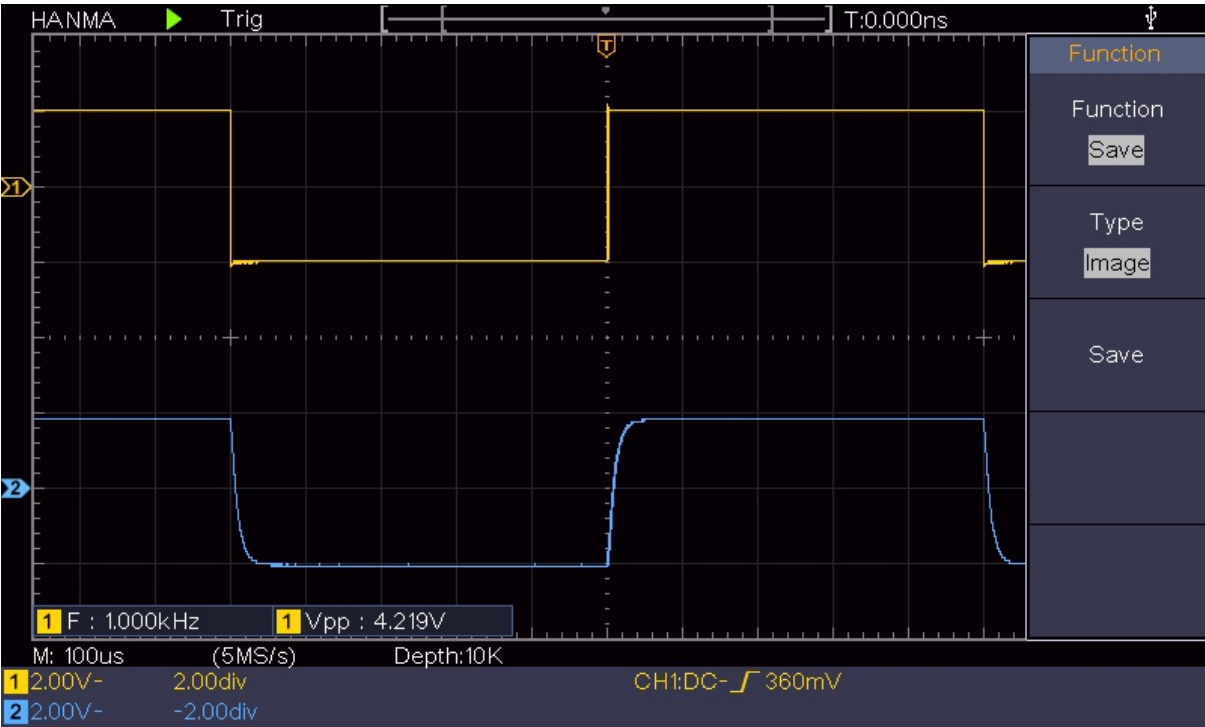


Figura 8.12 Gráfica de Vf y VR con 1kHz

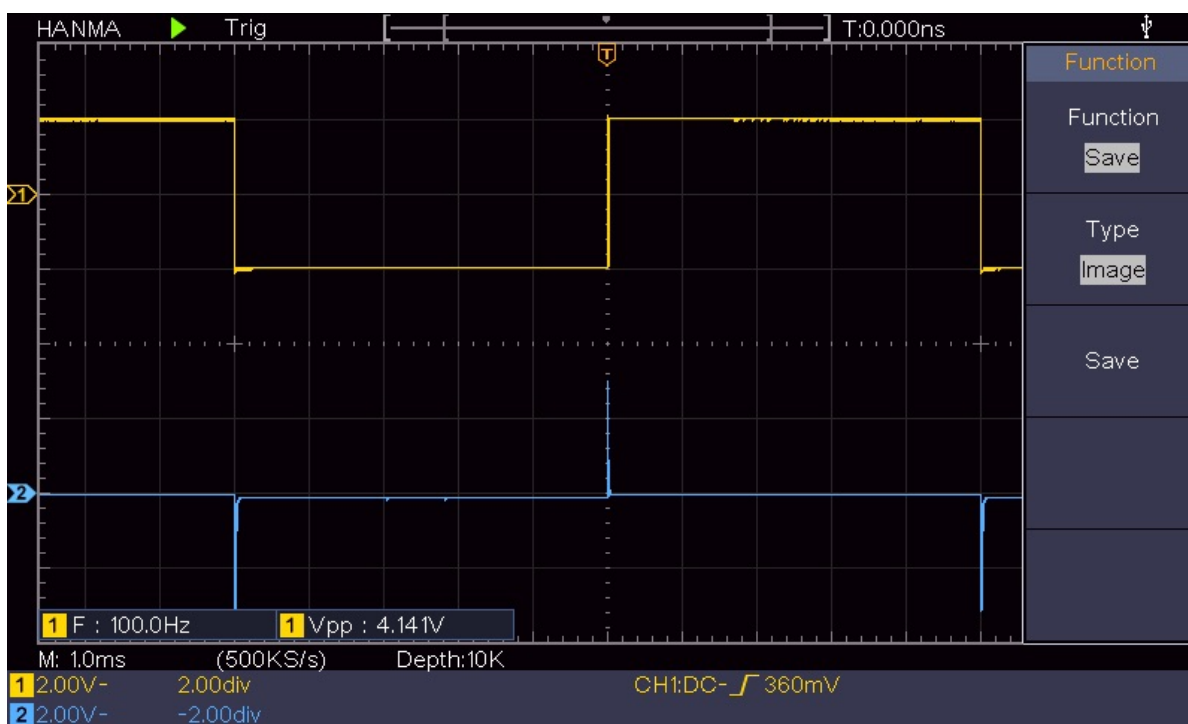


Figura 8.13 Gráfica de Vf y VL con 100Hz

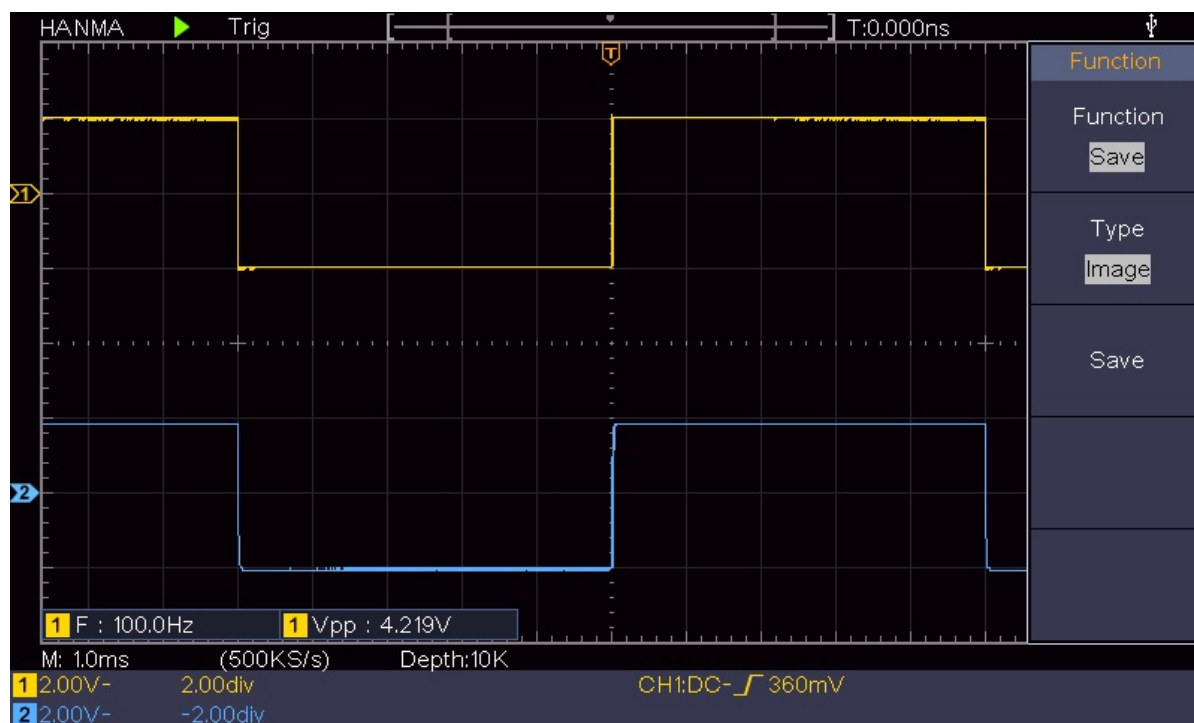


Figura 8.14 Gráfica de Vf y VR con 100Hz

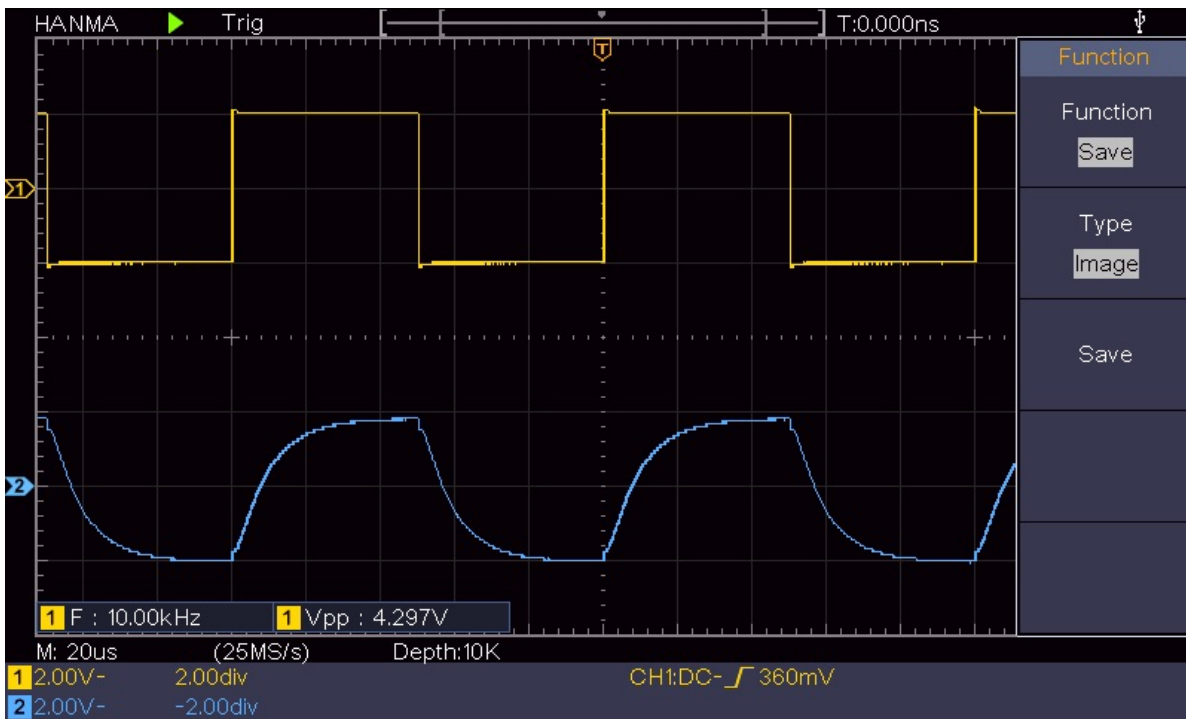


Figura 8.15 Gráfica de Vf y VR con 10kHz

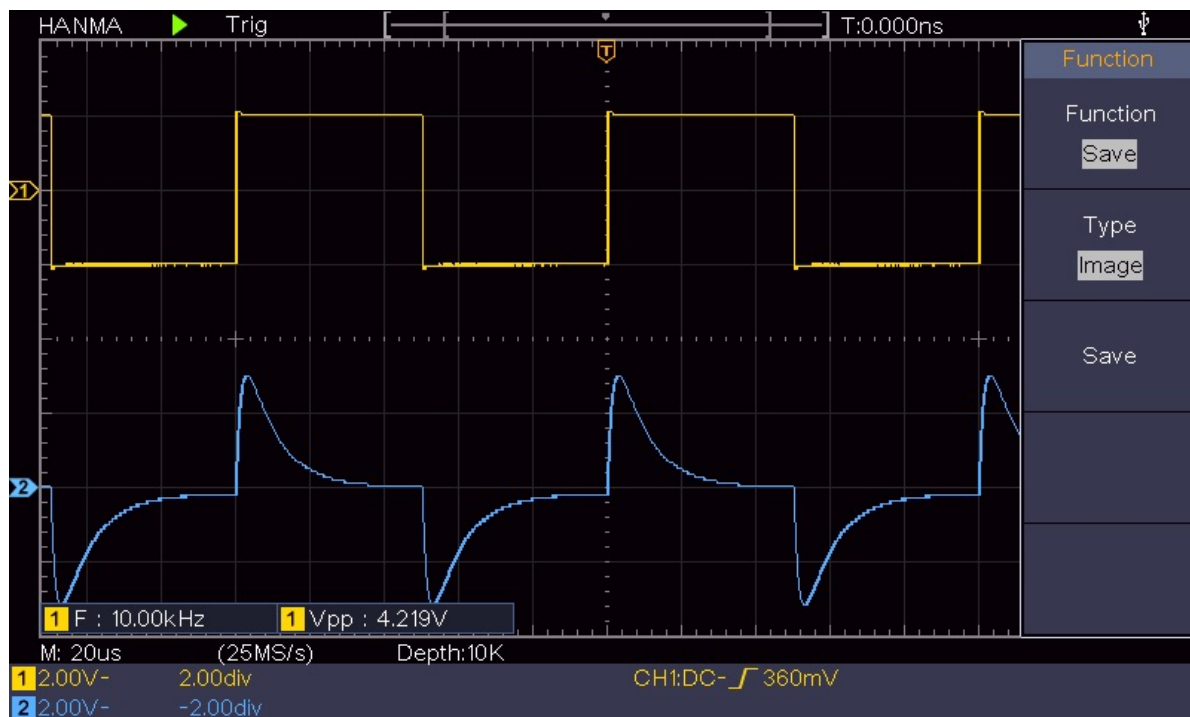


Figura 8.16 Gráfica de Vf y VL con 10kHz

5. Evaluación

5.1. Circuito RC

1. A partir de las curvas dibujadas, obtenga gráficamente el valor de la constante de tiempo τ , así como los valores de tensión y corriente obtenidos en $t = \tau$.
Cuando se pase de $-2V$ a $2V$ el condensador se empezara a cargar, es decir cambia $4V$, de $-2V$ a $2V$, por lo que el 63 % de $4V$ es $2.52V$, dejándonos que el condensador va tener $0.52V$ cargados, por lo que se puede observa en la figura 7 el $\tau = 10\mu s$ cuando el voltaje es $0,6V$ aproximadamente.

Con la gráfica de la figura 8 al estar en $10\mu s$ el voltaje es de $1.2V$ aproximadamente, por lo que la corriente es de $120\mu A$.

2. Calcule la constante de tiempo para los valores de resistencia y capacitancia utilizados en el experimento.

$$\tau = RC = 10k * 1n = 10\mu s \quad (5)$$

3. Compare el valor teórico de τ (punto 2) con el valor obtenido en el punto 1 de la evaluación.

$$Error = \frac{10\mu s - 10\mu s}{10\mu s} * 100 = 0 \% \quad (6)$$

4. Calcule, para cada caso, el valor teórico de tensión (V_C) que debe alcanzar el circuito al transcurrir una constante de tiempo y compárelo con los valores experimentales.

Para un circuito RC, la tensión en el condensador a $t = \tau$ es:

$$V_C(\tau) = V_f \cdot (1 - e^{-1}) \approx 0,632 \cdot V_f$$

Como la señal cuadrada del generador va de $-2V$ a $+2V$, el cambio total es de $4V$. Entonces, el valor esperado en V_C al cabo de una constante de tiempo es:

$$V_C(\tau) = 0,632 \cdot 4V \approx 2,528V$$

Ahora comparamos con los valores observados en las gráficas para cada frecuencia:

- ✓ **A 10 kHz:** En la figura 7, se observa un valor cercano a $2,52V$ en el condensador en $t = \tau$. Esto es prácticamente idéntico al valor teórico.
- ✓ **A 1 kHz:** En la figura 9, también se alcanza un valor aproximado a $2,52V$ en el mismo tiempo. La forma de onda es más extendida, pero el comportamiento sigue siendo el esperado.
- ✓ **A 100 kHz:** En la figura 11, la pendiente es mucho más pronunciada, y el condensador alcanza los $2,52V$ de forma casi instantánea. El resultado coincide con la teoría, aunque visualmente ocurre en una escala de tiempo mucho menor.

En todos los casos, los resultados experimentales coinciden con el valor teórico calculado, confirmando que $\tau = RC = 10\mu\text{s}$ produce una tensión de aproximadamente 2,528 V a esa altura de tiempo.

5. ¿Cuál es el valor máximo de corriente en el capacitor obtenido para cada una de las frecuencias utilizadas? ¿Qué determina este valor? Compare la forma de onda de la corriente y la tensión.

La corriente en un capacitor depende de qué tan rápido cambia la tensión con el tiempo. Esto se expresa con:

$$I_{max} = C \cdot \frac{dV}{dt}$$

Entonces, al aumentar la frecuencia de la señal, también aumenta la pendiente del cambio de voltaje, y con eso la corriente. Por ejemplo:

- ✓ A 10 kHz: la corriente máxima es aproximadamente 120 μA .
- ✓ A 1 kHz: se observa una corriente menor.
- ✓ A 100 kHz: la corriente vuelve a aumentar por la mayor velocidad del cambio.

En cuanto a la forma de onda: la tensión en el capacitor sube y baja suavemente (de forma exponencial), mientras que la corriente tiene picos muy pronunciados justo en los momentos donde cambia la señal.

6. Explique por qué la tensión pico-pico en la resistencia es el doble de la tensión pico-pico del generador para el circuito de la figura 8.2.

Esto ocurre porque al invertir los componentes (C y R), el capacitor actúa como un corto circuito justo al inicio del cambio de voltaje. Entonces, toda la caída de tensión ocurre sobre la resistencia. Al pasar de -2 V a $+2\text{ V}$ rápidamente, la caída total medida en la resistencia es de 4 V, que es el doble de la amplitud individual del generador.

El osciloscopio capta esta variación completa, por eso parece que la tensión en la resistencia es el doble, aunque en realidad está midiendo el salto total de extremo a extremo.

7. Investigue al menos dos aplicaciones de los circuitos RC.

- a) Para filtros de señal.
- b) Para circuitos de retardo.

5.2. Circuito RL

1. Calcule la constante de tiempo para los valores de resistencia e inductancia utilizados en el experimento.

✓ Experimental:

Usando las gráficas obtenidas del circuito, se puede obtener la corriente de la bobina mediante la Ley de Ohm. Cuando se pase de -2V a 2V la bobina se empezara a cargar, llegando a un máximo de $200\mu A$, es decir cambia $400\mu A$, de $-200\mu A$ a $200\mu A$, por lo que el 63 % de $400\mu A$ es $252\mu A$, dejándonos que la bobina va tener $52\mu A$ cargados, por lo que se puede observa en la figura 18 el $\tau = 10\mu s$ cuando la corriente es $60\mu A$ aproximadamente.

✓ Teorico:

$$\tau = \frac{L}{R} = \frac{100m}{10k} = 10\mu s \quad (7)$$

2. Compare el valor teórico de τ con los valores leídos directamente de sus curvas.

$$Error = \frac{10\mu s - 10\mu s}{10\mu s} * 100 = 0 \% \quad (8)$$

3. Calcule, para cada caso, el valor teórico de corriente que debe alcanzar el circuito luego de una constante de tiempo (considere la constante de tiempo a partir del flanco positivo de la señal de entrada) y compárelo con los valores leídos de sus curvas.

Como se dijo en la pregunta 1, el 63 % de 4V es 2.52V, dejándonos que el condensador va tener 0.52V cargados, esto se aplica para todos los casos ya que todos llegan a cumplir al menos una constante de tiempo.

$$Error = \frac{52\mu A - 60\mu A}{52\mu A} * 100 = 15,38 \% \quad (9)$$

4. ¿Cuál es el valor máximo de tensión en el inductor obtenido en los puntos 3, 7 y 8 de la sección 5.2?

Revisando las gráficas:

- ✓ A 1 kHz: se ve un pico cercano a 4 V.
- ✓ A 100 Hz: el valor se mantiene similar, aunque el cambio es más lento.
- ✓ A 10 kHz: también hay un pico de unos 4 V, pero mucho más estrecho.

Esto tiene sentido, ya que es igual al voltaje de entrada del generador y se manifiesta justo en los cambios rápidos de señal.

5. ¿Qué significado tiene este valor? Compare la forma de onda de la corriente y la tensión.

El pico de tensión que aparece en el inductor representa la oposición que ejerce la bobina cuando hay un cambio brusco de corriente. Según la ley de Faraday:

$$V_L = L \cdot \frac{di}{dt}$$

Cuando la corriente quiere cambiar rápidamente (como en una señal cuadrada), el inductor genera una tensión que trata de resistir ese cambio. Por eso vemos esos picos de tensión justo en los flancos de la señal.

Mientras tanto, la corriente en la bobina cambia de forma gradual (exponencialmente), porque no puede variar instantáneamente. Entonces, la tensión en el inductor aparece como picos agudos y la corriente como curvas suaves.

6. Investigue al menos dos aplicaciones de los circuitos RL.

- a) Para filtros de frecuencia.
- b) Para arranques de motores eléctricos (como regulador de corriente).

Referencias

- [1] A. Charles, *Fundamentos de circuitos eléctricos*. McGraw-Hill Interamericana, 2022.
- [2] T. L. Floyd, *Principios de circuitos eléctricos*. Pearson Educación, 2007.