



Escuela de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Laboratorio de Instrumentación  
Simulación 1  
Cindy Gatica, 201709692  
Shannon Cap, 201314117

## 1. Circuito 1

### 1.1. Simulación en Tinkercad

Voltajes obtenidos en la simulación en Tinkercad del circuito 1, variando la frecuencia y resistencias.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\mu F$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	1000	5.00	5.00	5.00	4.98	5.00	5.00	5.00	5.00	4.98
100	1000	4.58	4.56	4.54	4.52	4.54	4.54	4.56	4.54	4.54
1000	1000	2.52	2.50	2.50	2.52	2.50	2.50	2.50	2.50	2.48

La simulación en Tinkercad fue muy conveniente para este circuito en particular, ya que se trataba de un circuito sencillo que presentaba ondas poco variables. Sin embargo, se requirió de un multímetro para realizar una medición más precisa del voltaje, ya que el osciloscopio solamente presenta la escala de medición en sus ejes. Por lo que al final de la medición se comparó si la medición del multímetro concordaba con la observada en el osciloscopio.

La variación del tipo de onda y frecuencia fue muy sencilla, ya que estas opciones se encontraban en el dispositivo Generador de Funciones, por lo que sólo bastaba con elegir el tipo de onda a utilizar.

Tinkercad tiene una interfaz mucho más interactiva y fácil de usar, pero los resultados no fueron tan exactos como los obtenidos en Qucs. Esto puede observarse en las tablas [1.1] y [1.2]

### 1.2. Simulación en Qucs

Voltajes obtenidos en la simulación en Qucs del circuito 1, variando la frecuencia y resistencias.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$R_1$ ( $\Omega$ )	$R_2$ ( $\mu F$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	1000	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.9	5.00	5.00	5.00
100	1000	4.55	4.55	4.55	4.54	4.54	4.54	4.55	4.55	4.55
1000	1000	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50

La simulación en Qucs es mucho más precisa y exacta que la de TinkerCad, ya que aquí se puede generar una tabla con los valores de voltaje respecto al tiempo, eligiendo la cantidad de datos tabulados, así como el tiempo considerado. Por otro lado, Qucs es mucho más especializado que TinkerCad, por lo que todo debe ser configurado correctamente.

Para obtener la gráfica cuadrada, se cambió el tipo de fuente al tipo *voltaje rectangular*. En la configuración se modificaron los valores de TH (tiempo del pulso bajo) y TL (tiempo del pulso bajo), el cual se encontraba fácilmente con la relación  $TH=TL= \frac{1}{2(f)}$ , con  $f$  la frecuencia.

Se presentó dificultad al momento de generar la onda triangular, ya que se hicieron diferentes combinaciones de valores en la configuración del *tipo de simulación*. Sin embargo, para ciertos valores que permanecieron fijos para todas las ondas triangulares, se obtuvieron las gráficas esperadas. Los valores utilizados fueron:

- Stop: 0.5s
- Step: 12.5m
- number: 41

### Para ambos circuitos (TinkerCad y Qucs)

Cuando  $R_1 = 0\Omega$ , el circuito no presenta caída de voltaje en la primera resistencia, por lo que el voltaje de 5V pasa directamente a  $R_2$ . Este comportamiento se puede verificar en la tabla [1.1] y [1.2], así como en las figuras [13] y [14].

Cuando  $R_1 = 100\Omega$ , existe una caída de voltaje en la primera resistencia. La caída de voltaje que experimenta es de 0.4545V, por lo que la resistencia  $R_2$  medirá un voltaje de 4.545V, lo cual concuerda con los valores obtenidos en las tablas [1.1] y [1.2], así como en las figuras [3] y [6] y en los cálculos [7.1].

Cuando  $R_1 = 1k\Omega$ , existe una caída de potencial en la primera resistencia. Dicha caída de voltaje es de 2.5V, la mitad del voltaje inicial. En este caso, ambas resistencias dividirán la caída de voltaje a la mitad. Por lo que  $R_2$  medirá un voltaje de 2.5V también. Estos datos concuerdan con los obtenidos por los programas TinkerCad y Qucs, como se observa en las tablas [1.1] y [1.2], así como en las figuras [4] y [7].

La mayoría de los datos simulados en TinkerCad y Qucs coincidieron. Los valores que no coincidieron, fueron por una diferencia de décimas, posiblemente debido a que Qucs realizaba mediciones cada 1ms, mientras que TinkerCad cada 5ms. Del mismo modo, las gráficas de ambos programas poseen un comportamiento similar. Debido a esto y a la comparación con los cálculos de [7.1], se concluye que los datos experimentales son correctos.

## 2. Circuito 2

### 2.1. Simulación en TinkerCad

Voltajes obtenidos en la simulación en TinkerCad del circuito 2, variando la resistencia, capacitancia y frecuencia.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
R ( $\Omega$ )	C ( $\mu F$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	4.7	2.43	1.72	0.987	2.51	2.21	2.05	2.51	2.23	2.11
100	470	2.45	2.27	2.03	2.45	1.72	1.51	2.45	1.90	1.40
1000	4700	0.00180	0.455	0.821	0.00178	0.455	0.817	0.00180	0.460	0.836

Los voltajes obtenidos para la onda cuadra disminuyeron conforme se aumentó el valor de la frecuencia, y con el aumento el valor de la resistencia y capacitancia en el circuito. De la misma forma ocurre con los voltajes medidos para las ondas senoidales y triangulares; con excepción de los valores de voltaje en la resistencia de 1k, ya que en este caso el voltaje aumenta conforme lo hace la frecuencia. Además, para los tres casos los valores de voltajes disminuyen de manera considerable cuando la resistencia es de 1k y la capacitancia de  $4700\mu F$ .

Desconozco la razón por la cual la disminución en los valores de voltaje es tan grande, sin embargo puede que la simulación requiriera de tiempos muchos más largos hasta que se haya estabilizado por completo el circuito. Además de medir con un multímetro se utilizó un osciloscopio, algunos de los resultados obtenidos se presentan en el apéndice, en las figuras 9, 10 y 11.

La simulación en *TinkerCad* es sencilla al momento de armar el circuito y de establecer parámetros como el voltaje pico a pico, frecuencia y tipo de onda, ya que posee un dispositivo que permite realizarlo de manera sencilla. Sin embargo, al momento de realizar la simulación y observar la onda en el osciloscopio se dificulta cuando las frecuencias son más altas, pues el tiempo de simulación se hace más largo y al ajustar la escala del osciloscopio, debido a la baja potencia de la computadora utilizada, se hace muy difícil obtener la gráfica de la onda.

Fue difícil además obtener algunas lecturas del voltaje cuando las frecuencias eran muy altas debido al tiempo de espera y a que el voltaje medido con el multímetro variaba mucho y no se obtenía un resultado estable en tiempos razonables. Además no siempre se podía obtener un gráfico apropiado con el osciloscopio ya que la simulación tardaba demasiado y al ajustar la escala del gráfico este no siempre se podía observar de forma correcta.

## 2.2. Simulación en Qucs

Voltajes obtenidos en la simulación en TinkerCad del circuito 2, variando la resistencia, capacitancia y frecuencia.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
R ( $\Omega$ )	C ( $\mu F$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	4.7	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	4.76	5.00	5.00	5.00
100	470	2.50	2.50	2.50	0.0337	0.00676	0.00338	2.51	2.49	2.50
1000	4700	2.01	2.04	2.12	0.000339	0.0000676	0.0000338	1.83	2.0	1.95

En el caso de la simulación realizada en *Qucs* para la onda senoidal, los valores de voltaje medidos disminuyen con el aumento de la resistencia y la capacitancia, además de que disminuyen con el aumento de la frecuencia en cada valor de resistencia. Obteniendo valores muy pequeños para resistencias de 100 y 1k.

La simulación en *Qucs* fue sencilla al momento de realizar la onda senoidal, pues cuenta con un dispositivo que genera este tipo de onda y establecer los parámetros es relativamente sencillo, aunque no tan simple e intuitivo como en *TinkerCad*. Un problema que no se consiguió resolver de forma sencilla fue la generación de las ondas cuadrada y triangular. Aunque se cuenta con un generador de ondas cuadradas, establecer los parámetros no es tan sencillo como lo fue en *TinkerCad*, y debido a la baja capacidad de la computadora utilizada las simulaciones no se pudieron terminar. Por lo que se optó por realizar la simulación de las ondas cuadradas y triangulares en el programa *Proteus*.

Se presenta una diferencia muy alta entre los voltajes que se obtienen utilizando *Qucs*, para las resistencias de 100 y 1000 Ohmios; la cual no se a que se debe, pues en el caso de las ondas cuadrada y triangular simuladas en *Proteus*, no presentan una variación tan alta en el voltaje.

**Comentario Personal:** Respecto a las variaciones del voltaje no me fue posible comprender el por qué de las variaciones que se obtuvo tanto en *TinkerCad* como en *Qucs*. Me parece que es mucho más sencillo utilizar *TinkerCad* para armar y colocar los parámetros de la simulación, ya que es muy visual e intuitivo establecer los parámetros, aunque *Qucs* presenta las gráficas del voltaje de mejor forma. Si no se cuenta con una computadora con suficiente capacidad de procesamiento es muy difícil realizar simulaciones que requieren procesar muchos datos, como en el caso de frecuencias altas. Podría emplearse otro programa que sea tenga ambas características: simplicidad de uso al mismo tiempo que no requiera una computadora muy potente para realizar las simulaciones. -Shannon.

### 3. Circuito 3

#### 3.1. Simulación en TinkerCad

Voltajes obtenidos en la simulación en Tinkercad del circuito 3, variando la frecuencia, resistencias e inductancia.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$R_1$ ( $\Omega$ )	L (mH)	V (V)			V (V)			V (V)		
0	1000	5.00	5.00	5.00	4.98	5.00	5.00	5.00	5.00	4.98
100	1	3.00	4.56	4.54	2.26	2.27	2.27	2.5	2.4	2.5
1000	0.001	2.52	3.9	2.19	4.96	4.80	4.3	1.50	2.35	2.48

La simulación en TinkerCad fue sencilla debido a la facilidad que presenta el programa para armar los circuitos y establecer parámetros como Voltaje pico a pico, frecuencia, tipo de onda, valores de resistencia e inductancia. Sin embargo, falla en la obtención de datos precisos y exactos.

Para la 4ta y 5ta fila de la tabla [3.1], TinkerCad no mostró valores en el multímetro para la onda cuadrada y triangular; el osciloscopio tampoco fue útil ya para estos tipos de onda presentaban un comportamiento variable y sin un patrón específico. Debido a ello, se recurrió al programa *Proteus* para realizar la simulación.

En Proteus, la visualización de la gráfica fue posible para todos los casos, pero tampoco presentaba valores exactos como los de Qucs, por lo que los valores presentados para la onda cuadrada y triangular en la tabla anterior fueron aproximaciones de lo observado en el osciloscopio de Proteus.

La onda senoidal sí se pudo mostrar en el osciloscopio de TinkerCad con sus respectivos valores en el multímetro. Los tiempos de espera para obtener un valor en el multímetro aumentaron, posiblemente al comportamiento propio del inductor.

#### 3.2. Simulación en Qucs

Voltajes obtenidos en la simulación en Qucs del circuito 3, variando la frecuencia, resistencias e inductancia.

		Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)		1	5	10	1	5	10	1	5	10
$R_1$ ( $\Omega$ )	L (mH)	V (V)			V (V)			V (V)		
0	1000	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
100	1	2.38	4.65	4.81	0.31	1.50	2.66	9.64E-3	1.43	1.42
1000	0.001	3.04	3.2	2.58	4.71	4.94	4.95	1.89	2.38	2.69

Al igual que en TinkerCad, los valores de la onda senoidal fueron sencillos de obtenerse, con la diferencia que se utilizó una gran cantidad de datos tabulados para obtener valores exactos.

Cuando  $R_1=0$  y  $L=1\mu\text{H}$  los valores obtenidos en Proteus/TinkerCad y Qucs coinciden. Esto debido a que no existe una caída de voltaje en la resistencia, por lo que los 5V pasan directamente al inductor.

Estos valores coinciden en su mayoría con los obtenidos en Proteus, como se observa en las tablas [3.1] y [3.2], así como las figuras [16] y [19].

Para  $R_1=100\Omega$  y  $L=1\text{mH}$ , los valores de Qucs y TinkerCad variaron en su mayoría. Los datos de las distintas ondas en Qucs no presentaron relación, todos fueron diferentes. De acuerdo con la figura [20], se observan puntos máximos para un tiempo específico, por lo que la replicabilidad de dicho punto depende de la cantidad de datos ploteados. Ya que se cuenta con una computadora de poca RAM, no se pudo realizar una simulación tomando varios puntos para todos los tipos de onda.

Además de ello, el voltaje para el inductor depende del campo magnético en el tiempo, por lo que en TinkerCad solamente se tomaba un estimado del voltaje sin importar el punto al que este correspondía. Debido a esto, no se puede afirmar que se haya tomado el valor del voltaje en el mismo instante de tiempo en ambos programas, por ello los valores para las distintas frecuencias y resistencias variaron.

## 4. Circuito 4

### 4.1. Simulación en TinkerCad

Voltajes obtenidos en la simulación en TinkerCad del circuito 2, variando la resistencia y frecuencia.

	Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)	1	5	10	1	5	10	1	5	10
R ( $\Omega$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	0.367	0.366	0.366	0.578	0.576	0.555	0.613	0.612	0.610
100	0.349	0.348	0.347	0.530	0.529	0.527	0.561	0.561	0.561
1000	0.319	0.318	0.317	0.484	0.482	0.479	0.511	0.510	0.509

Los valores de votaje medidos en la simulación realizada en *TinkerCad* fueron bajos, siendo del orden de los milivoltios. La variación entre las mediciones fue muy pequeña, pues variaron entre 1 y 3 milivoltios entre sí; observandose una disminución en el voltaje conforme aumenta la frecuencia, así como con el aumento de la resistencia utilizada en el circuito para los tres tipos de onda.

Fue más sencillo establecer los parámetros del circuito al realizar la simulación en *TinkerCad*. Ya que en este circuito solamente se contaba con una resistencia que variaba su valor y un diodo, las simulaciones se realizaron de manera sencilla; y a pesar de los valores altos de frecuencia se obtuvo las gráficas del voltaje de manera sencilla en el osciloscopio, independiente de la forma de la onda utilizada.

### 4.2. Simulación en Qucs

Voltajes obtenidos en la simulación en TinkerCad del circuito 4, variando la resistencia y frecuencia.

	Onda Cuadrada			Onda Senoidal			Onda Triangular		
F (kHz)	1	5	10	1	5	10	1	5	10
R ( $\Omega$ )	V (V)			V (V)			V (V)		
0	0.005	0.005	0.005	5.00	5.00	5.00	0.005	0.005	0.005
100	0.0012	0.0010	0.0011	0.810	0.811	0.809	0.0015	0.0018	0.0017
1000	0.00135	0.0012	0.0013	0.752	0.752	0.750	0.0016	0.00182	0.00185

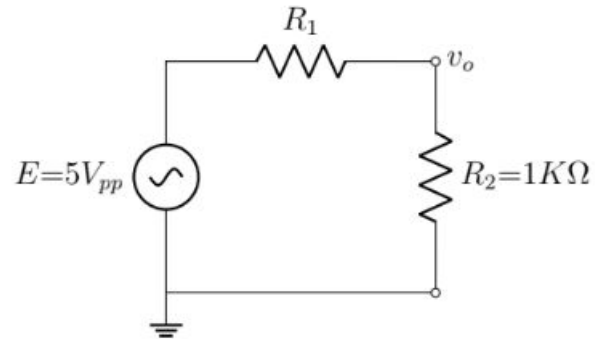
Los valores de voltaje obtenidos en las simulaciones presentaron disminución del voltaje conforme aumentó la resistencia del circuito para los tres tipos de onda. Por otro lado, en las distintos tipos de onda, se presentó una variación pequeña del voltaje conforme se varió la frecuencia sin seguir un patrón específico.

La simulación del circuito con una onda senoidal fue sencilla en *Qucs*, sin embargo, nuevamente surgió el problema al momento de cambiar la forma de la onda y emplear frecuencias altas.

## 5. Apéndice

### 5.1. Circuito 1

Figura 1: Circuito 1



#### 5.1.1. Simulación en TinkerCad

Figura 2: Circuito 1,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f = 1kHz$

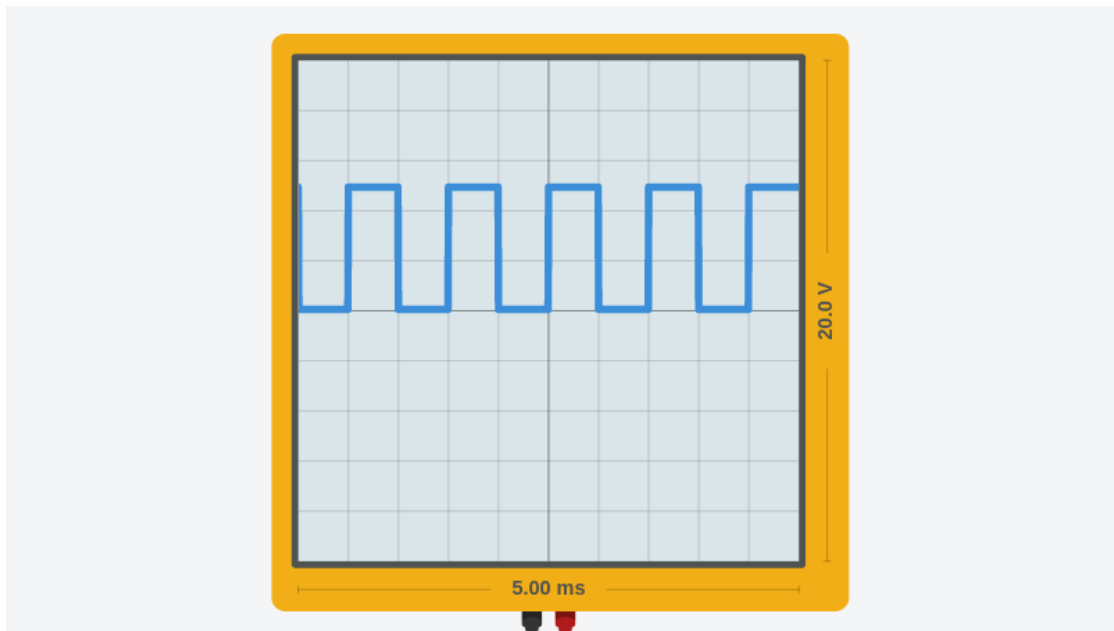




Figura 3: Circuito 1,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f=5kHz$

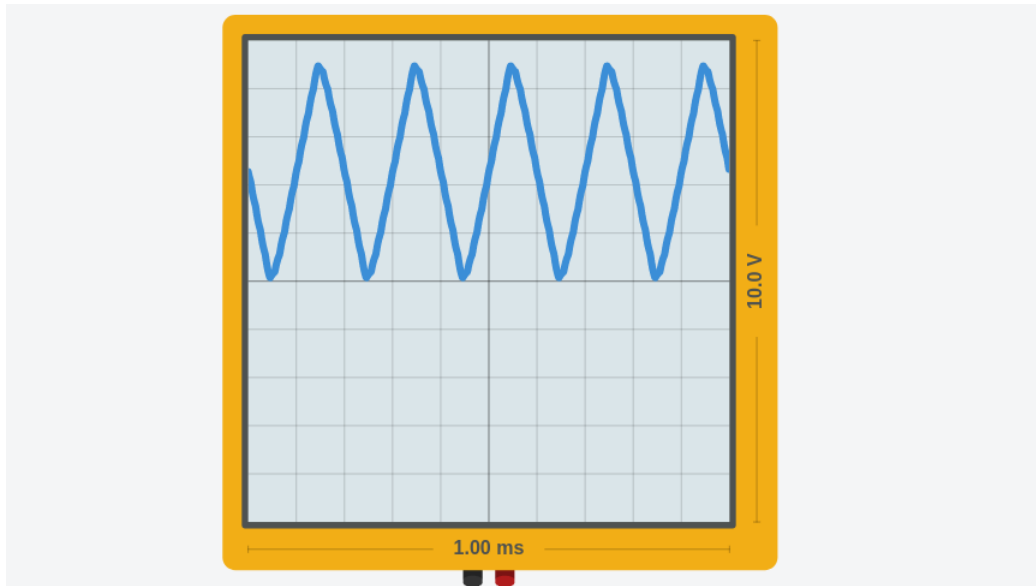
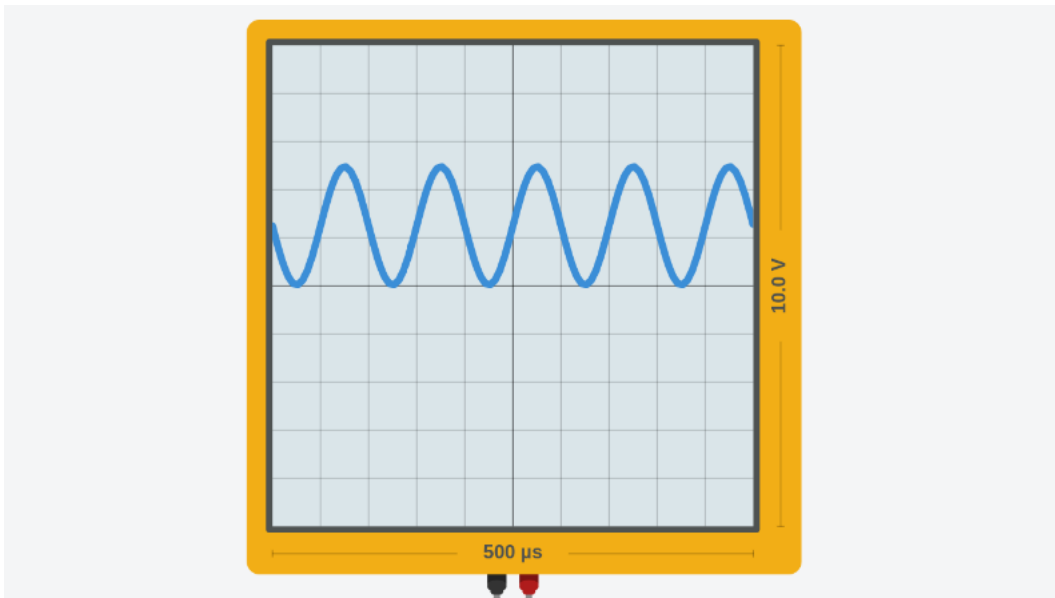


Figura 4: Circuito 1,  $R_1 = 1k\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f=10kHz$



### 5.1.2. Simulación en Qucs

Figura 5: Circuito 1,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f=1kHz$

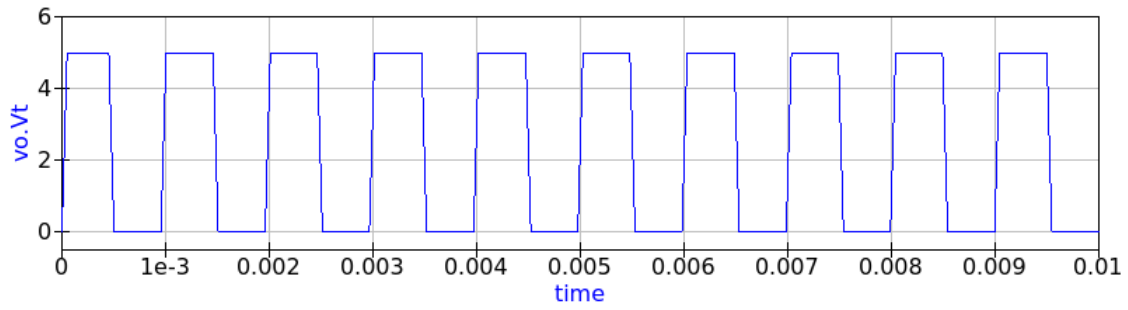


Figura 6: Circuito 1,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f=5kHz$

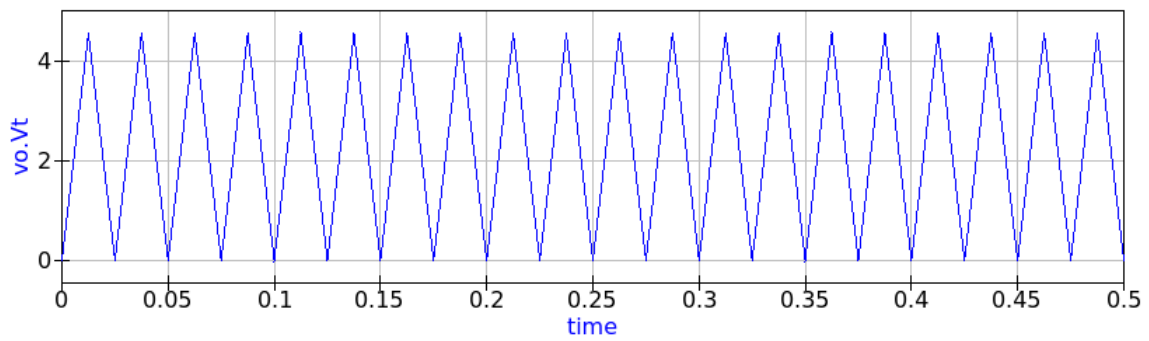
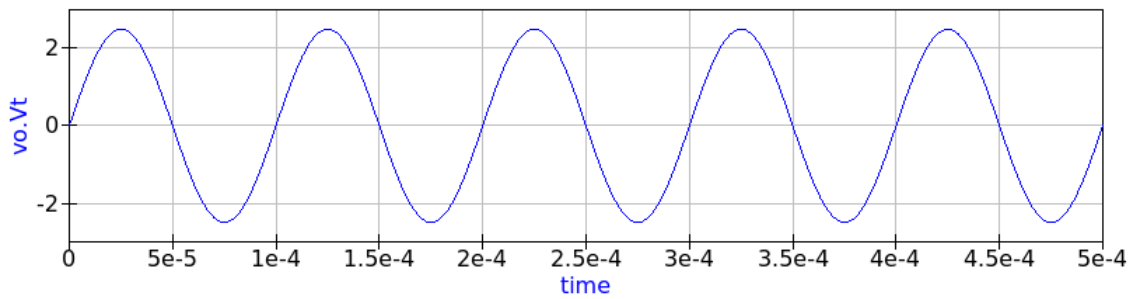
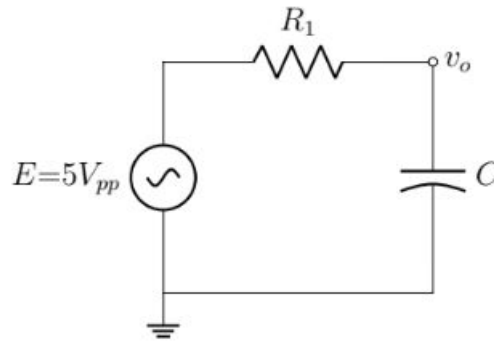


Figura 7: Circuito 1,  $R_1 = 1k\Omega$ ,  $R_2 = 1k\Omega$ ,  $f=10kHz$



## 5.2. Circuito 2

Figura 8: Circuito 2



### 5.2.1. Simulación en TinkerCad

Figura 9: Circuito 2,  $R_1=0\Omega$ ,  $C=4.7\mu F$   $f=1kHz$

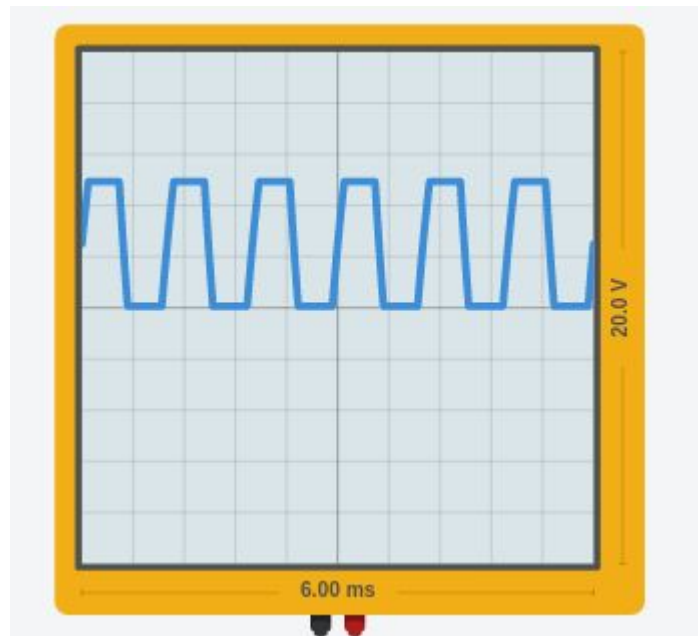


Figura 10: Circuito 2,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $C = 470\mu\text{F}$   $f = 5\text{kHz}$

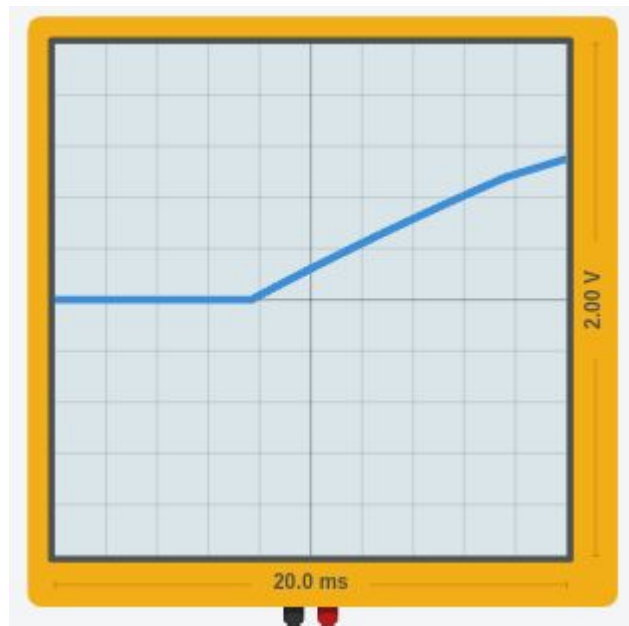
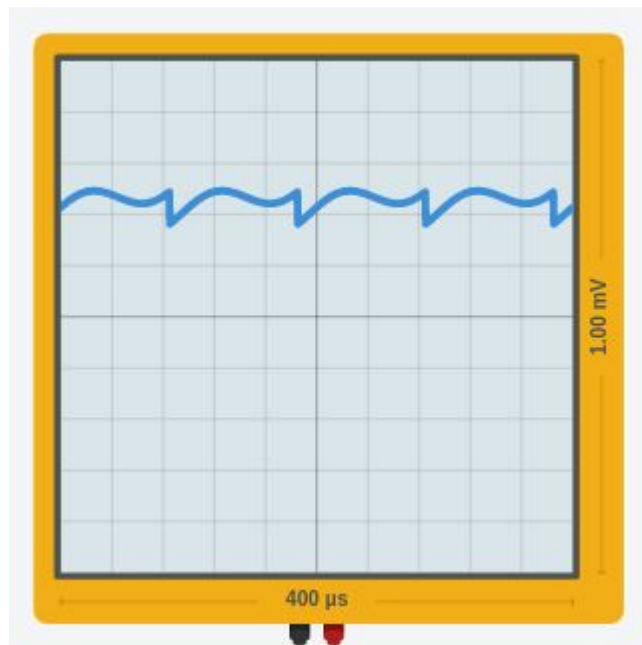


Figura 11: Circuito 2,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $C = 47000\mu\text{F}$   $f = 10\text{kHz}$



### 5.2.2. Simulación en Qucs/Proteus

Figura 12: Circuito 2,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $C = 4.7\mu\text{F}$   $f = 1\text{kHz}$

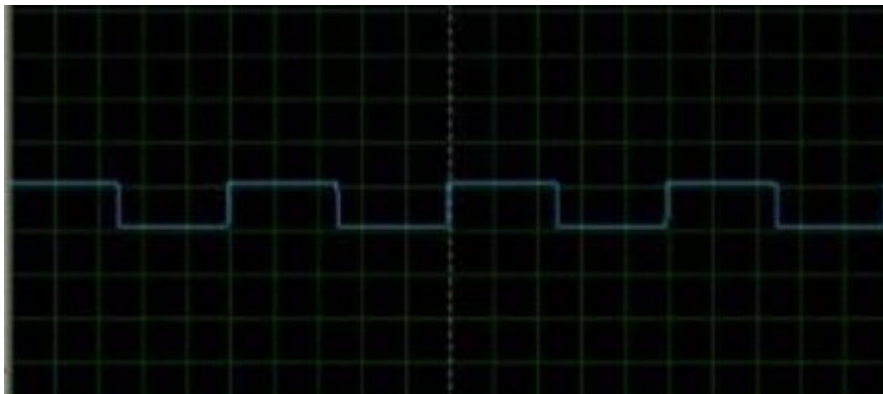


Figura 13: Circuito 2,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $C = 470\mu\text{F}$   $f = 5\text{kHz}$

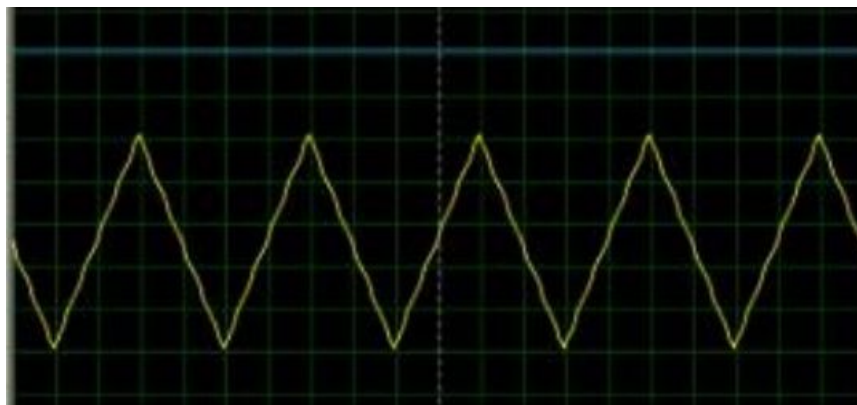
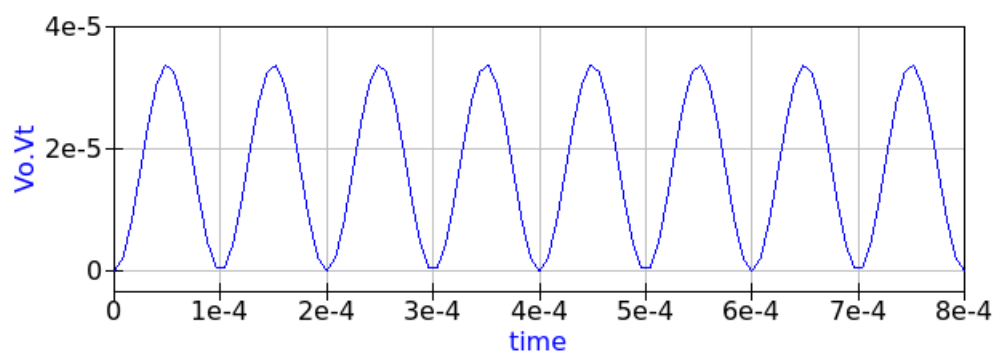
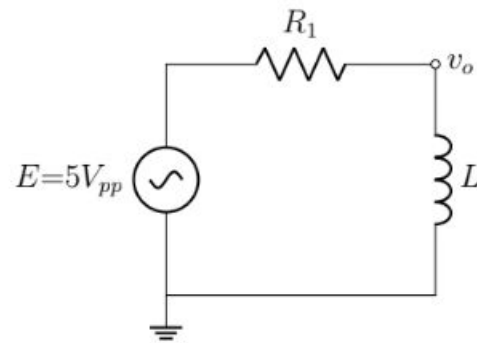


Figura 14: Circuito 2,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $f = 10\text{kHz}$



### 5.3. Circuito 3

Figura 15: Circuito 3



#### 5.3.1. Simulación en TinkerCad/Proteus

Figura 16: Circuito 3,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $L = 1\mu\text{H}$ ,  $f = 1\text{kHz}$

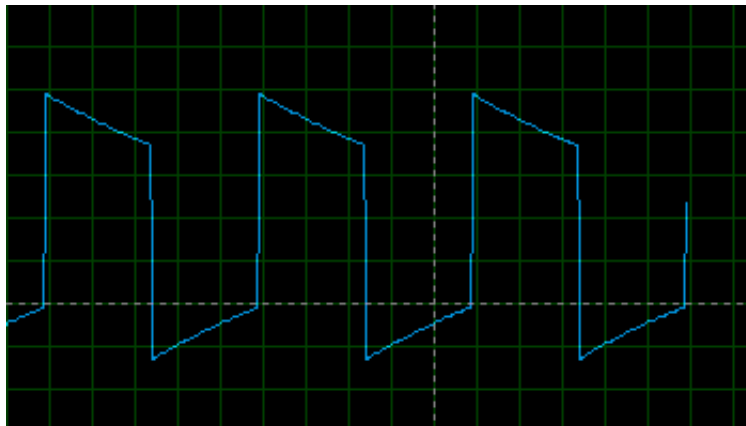


Figura 17: Circuito 3,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{mH}$ ,  $f = 5\text{kHz}$

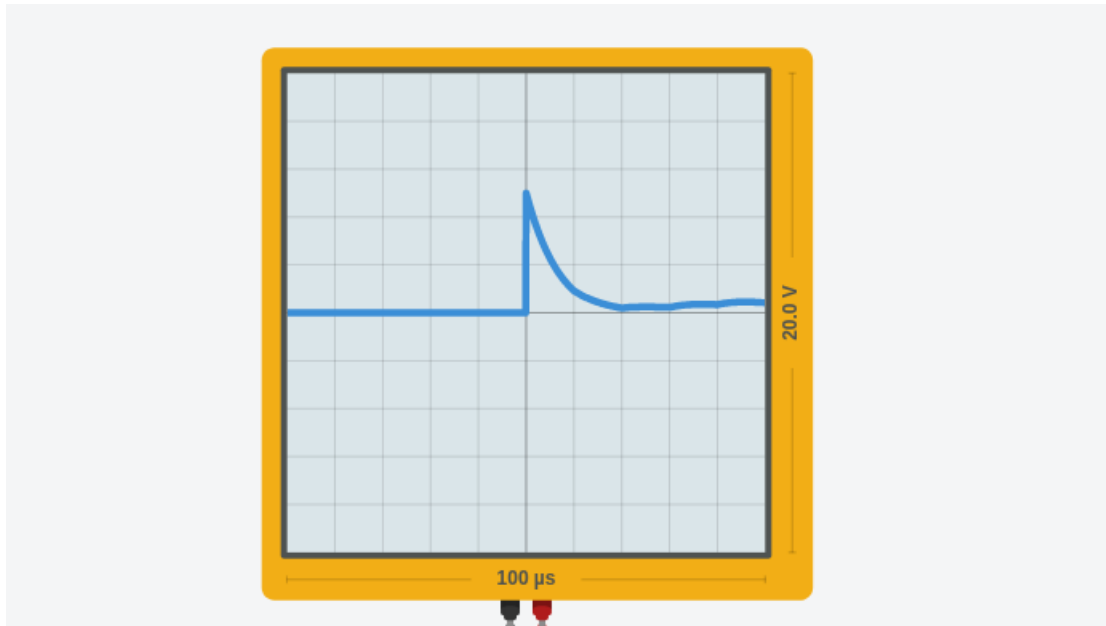
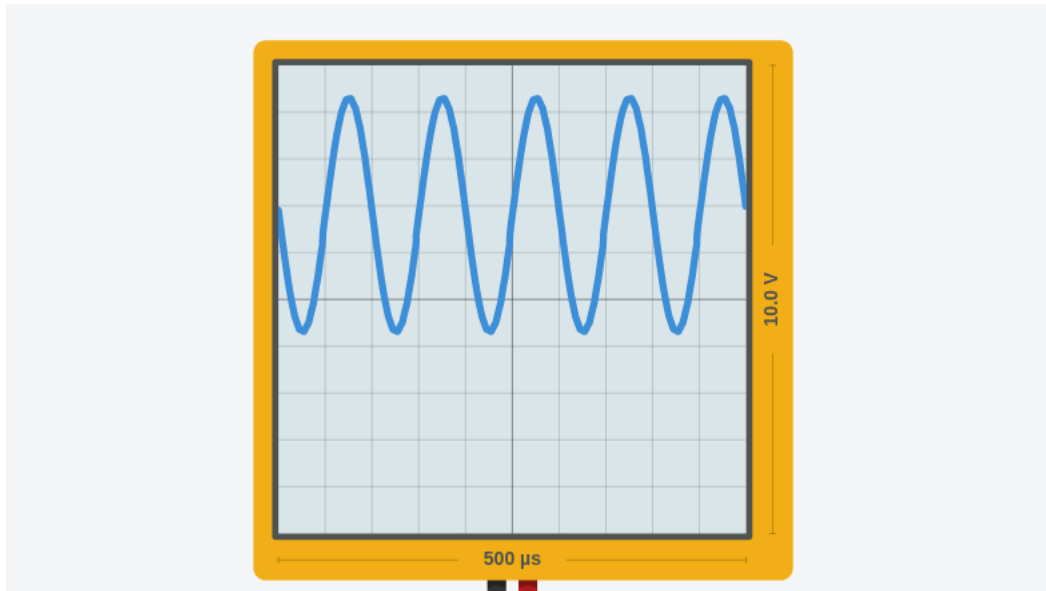


Figura 18: Circuito 3,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{H}$ ,  $f = 10\text{kHz}$



### 5.3.2. Simulación en Qucs

Figura 19: Circuito 3,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $L = 1\mu\text{H}$ ,  $f = 1\text{kHz}$

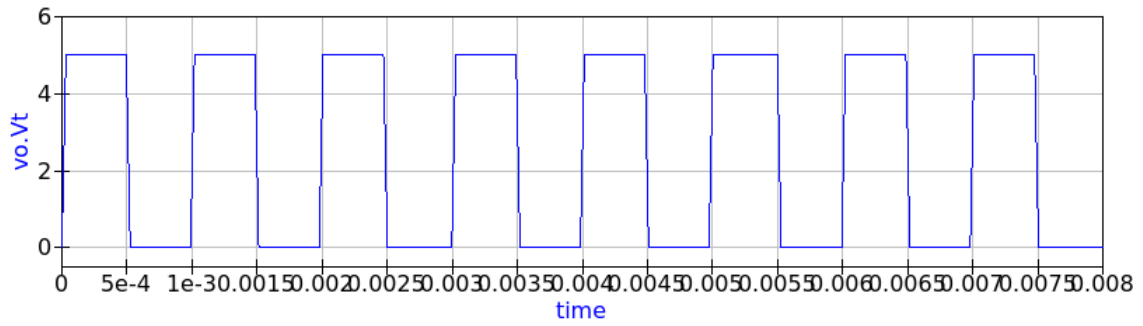


Figura 20: Circuito 3,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $L = 1\text{mH}$ ,  $f = 5\text{kHz}$

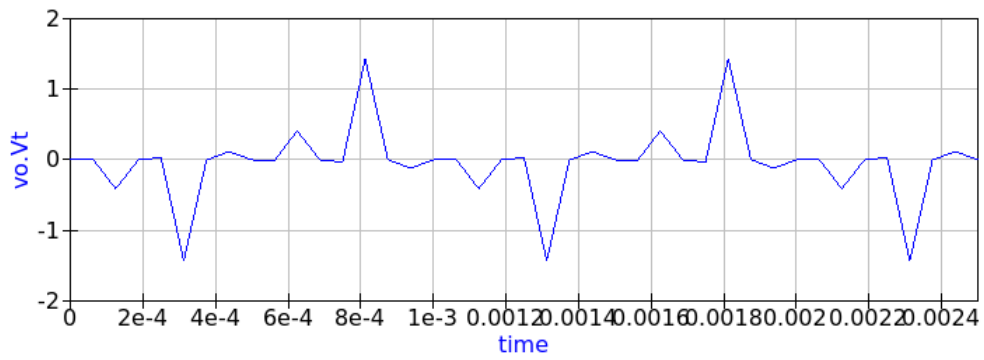
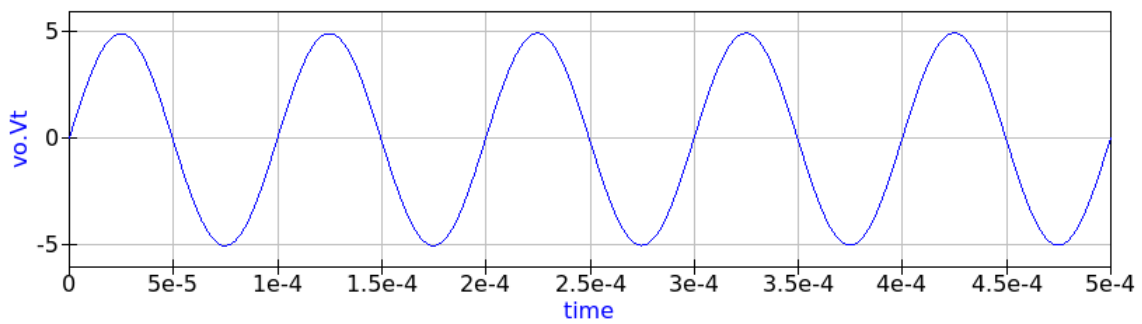


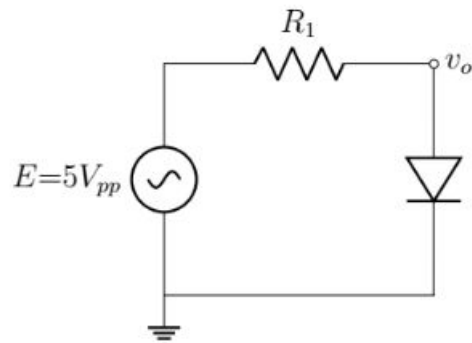
Figura 21: Circuito 3,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $L = \text{H}$ ,  $f = 10\text{kHz}$





## 5.4. Circuito 4

Figura 22: Circuito 4



### 5.4.1. Simulación en TinkerCad

Figura 23: Circuito 4,  $R_1=0\Omega$ ,  $f=1\text{kHz}$

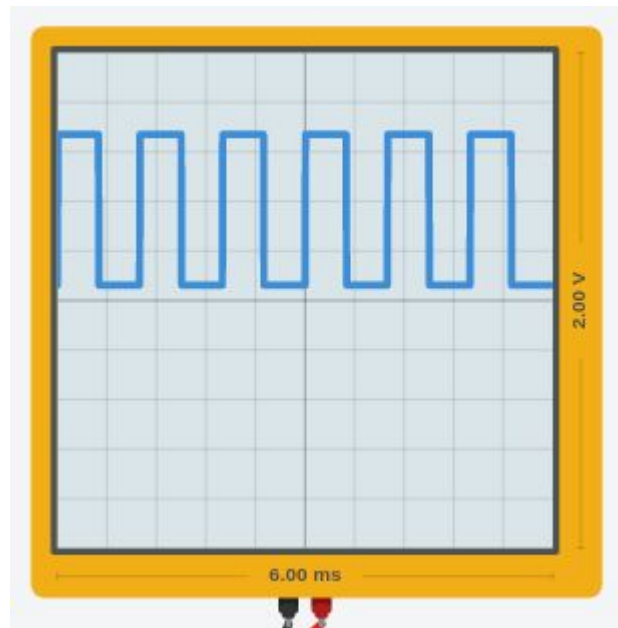


Figura 24: Circuito 4,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $f = 5\text{kHz}$

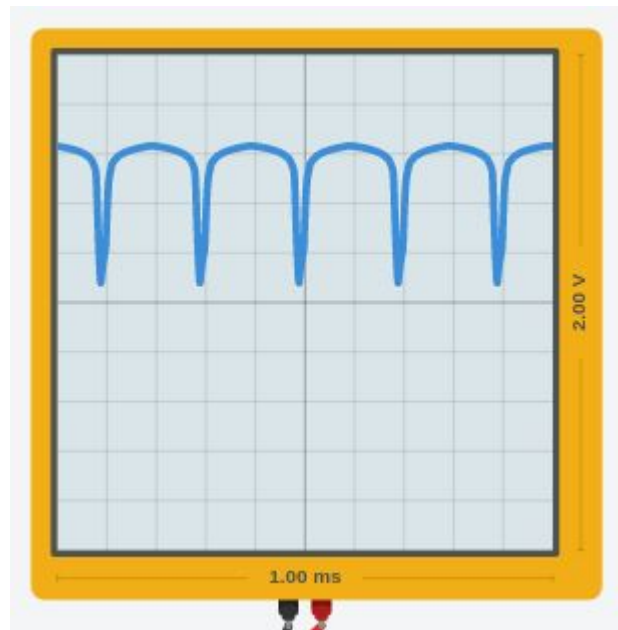
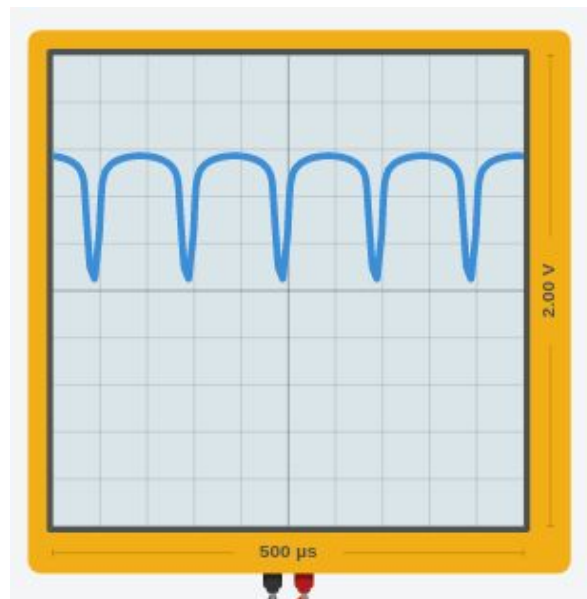


Figura 25: Circuito 4,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $f = 10\text{kHz}$



### 5.4.2. Simulación en Qucs/Proteus

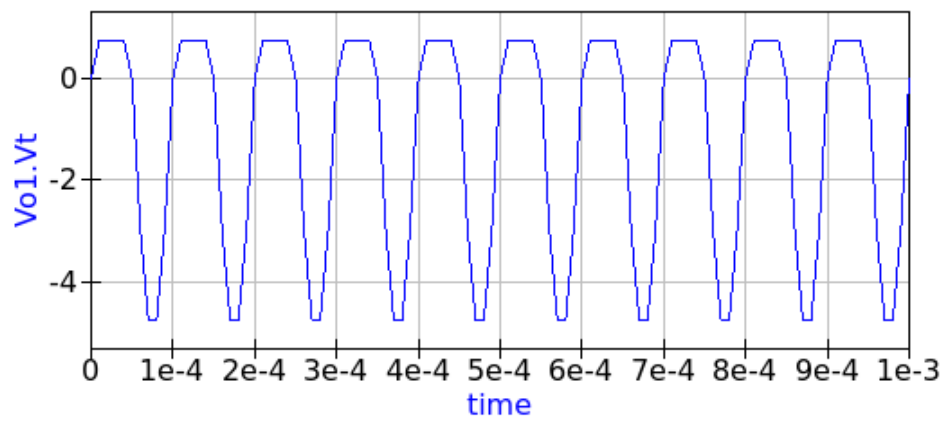
Figura 26: Circuito 4,  $R_1 = 0\Omega$ ,  $f = 1\text{kHz}$



Figura 27: Circuito 4,  $R_1 = 100\Omega$ ,  $f = 5\text{kHz}$



Figura 28: Circuito 4,  $R_1 = 1\text{k}\Omega$ ,  $f = 10\text{kHz}$



## 6. Preguntas

### 6.1. Identifique los filtros pasivos, el tipo de filtro y las frecuencias de corte

Filtro pasivos utilizados:

- Capacitor: Paso bajo
- Inductor: Paso bajo
- Resistencia

Frecuencia de corte del capacitor:

Resistencia ( $\Omega$ )	Capacitancia ( $\mu\text{F}$ )	Frecuencia de corte (Hz)
100	470	3.390
1000	47000	0.0339

Cuadro 1: Frecuencias de corte

Frecuencia de corte del inductor:

Resistencia ( $\Omega$ )	Inductor (H)	Frecuencia de corte (Hz)
100	0.001	0.159
1000	1	0.000159

Cuadro 2: Frecuencias de corte

### 6.2. En base a sus observaciones el diodo rectificador se comporta acorde a la teoría.

En el circuito 4 se observa que los valores del voltaje medidos en el circuito, dando valores que son menores al voltaje aplicado por la fuente, como se esperaría que ocurriera al conectar un diodo. En la simulación en *TinkerCad* (tabla 4.1) los valores de voltaje se encuentran por encima de los 0.3V, siendo que se utilizó un diodo de germanio. Para las simulaciones realizadas en *Qucs* de la onda senoidal (tala 4.2) los valores del voltaje medidos se encuentran por encima de los 0.7V, por lo que el diodo empleado es de silicio. Así, para los casos mencionados el comportamiento del diodo en estoses muy parecido al esperado teóricamente.

Por otro lado, para las simulaciones en *Proteus*, los valores del voltaje son, a excepción del valor del circuito con resistencia de cero ohmios, menores a 0.3V, lo cual puede deberse a los parámetros de umbral establecidos para los diodos en estas simulaciones.

### 6.3. ¿Qué dispositivos no reflejan mayor efecto sobre el voltaje de salida ante la señal dada por el generador de ondas?

Como se puede observar en las tablas [1.1] y [1.2], para un circuito compuesto de dos resistencia. Cuando el circuito posee una resistencia de  $0\Omega$ , por lo general no presenta una variación en el voltaje, sin embargo los valores que difieren en décimas es debido posiblemente a que Qucs realizaba mediciones cada 1ms, mientras que TinkerCad cada 5ms.

Este es un comportamiento esperado, ya que al poseer resistencia  $0\Omega$ , el voltaje de 5V pasa directamente hacia el resistor de  $1k\Omega$ , por lo que no presenta caída de potencial hasta que el voltaje llega a dicho resistor.

Este comportamiento puede observarse en las figuras [13] y [14].

Lo mismo sucede para el circuito 3 cuando se posee resistencia de  $0\Omega$ . Ya que no existe caída de potencial, el voltaje completo pasa al inductor y este puede convertir la corriente debido a los 5V(t) en campo magnético y como consecuencia en energía. Ya que no existe un elemento que se oponga al voltaje (más que sólo el inductor), este voltaje 'se recicla', lo cual tiene como efecto el mismo valor de voltaje para todas las frecuencias. Esta situación es equivalente a considerar el circuito con el inductor como único elemento. Dicho comportamiento puede ser observado en las tablas [3.1] y [3.2], así como en las figuras [16] y [21].

Otro escenario donde no se refleja mayor efecto sobre el voltaje es, nuevamente el caso del circuito con dos resistencias.

Cuando  $R_1=100\Omega$ , este se opone débilmente, representándose como una caída de voltaje. Dicha caída del voltaje corresponde a 0.45V, por lo que  $R_2$  presenta una medición de 4.55V en la mayoría de los casos. Como se puede observar en las tablas [1.1] y [1.2] y en los cálculos realizados en [7.1], estos valores coinciden, lo cual indica la exactitud de los datos.

## 7. Cálculos

### 7.1. circuito 1

Se realizaron los cálculos de la caída de voltaje para el circuito 1. Calculando la resistencia equivalente.

$$R_{eq} = R_1 + R_2 = 100\Omega + 1000\Omega = 1100\Omega$$

Calculando la corriente que pasa por la resistencia equivalente:

$$I = \frac{V}{R_{eq}} = \frac{5V}{1100\Omega} = 4.5454mA$$

Calculando la caída de voltaje en  $R_1$

$$V_{drop} = IR_1 = (4.5454 * 10^{-3}A)(100\Omega) = 0.4545V$$

Calculando la caída de voltaje en  $R_2$

$$V_{drop} = IR_2 = (4.5454 * 10^{-3}A)(1000\Omega) = 4.5454V$$

## 7.2. Frecuencia de corte

Capacitor,  $R=100\Omega$  y  $C=470\mu F$

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(100\Omega)(470E-6F)} = 3.39Hz$$

Capacitor,  $R=1k\Omega$  y  $C=4.70mF$

$$F_c = \frac{1}{2\pi RC} = \frac{1}{2\pi(1000\Omega)(4.70E-3F)} = 0.034Hz$$

Inductor,  $R=100\Omega$  y  $L=0.001H$

$$F_c = \frac{1}{2\pi RL} = \frac{1}{2\pi(100\Omega)(0.001)} = 0.159Hz$$

Inductor,  $R=1k\Omega$  y  $L=1H$

$$F_c = \frac{1}{2\pi RL} = \frac{1}{2\pi(1000\Omega)(1H)} = 0.000159Hz$$