

Circuito rectificador

Agustín Binora

agusbinora@yahoo.com.ar

Síntesis: se estudia la función principal de un diodo y de un capacitor trabajando en conjunto, que es la de rectificar el sentido de la corriente alterna. Para arribar a esta parte del trabajo es necesario estudiar previamente el tiempo de descarga de diferentes capacitores (con distintas capacidades) cuando el circuito es cerrado con resistencias iguales, y cuando un mismo capacitor se encuentra conectado en paralelo con resistencias diferentes. Se obtiene una mejor rectificación cuando se utiliza un capacitor cuyo tiempo de descarga sea extenso y mucho más grande que la frecuencia de variación de la diferencia de potencial otorgada por la fuente de corriente alterna. Por lo tanto en la segunda parte del trabajo práctico estudiamos, con un mismo diodo, la rectificación con diferentes capacitores y una misma resistencia, y con un mismo capacitor y diferentes resistencias.

Objetivo: estudiar el tiempo de descarga de capacitores de diferentes capacidades cuando se encuentran en un circuito en paralelo con resistencias iguales o diferentes.

Estudiar la rectificación del sentido de la circulación de corriente alterna mediante un diodo y un capacitor.

Materiales: diodo IN-4007;
3 resistencias (1 k Ω , 46 k Ω y 217 k Ω);
cables de conexión;
protoboard;
fuente continua;
generador de onda;
interfaz;
computadora;
2 sensores de voltaje;
2 capacitores (10 μ F y 100 μ F);
pulsador.

Introducción: en el trabajo práctico se desea rectificar lo mejor posible una corriente alterna. Esto se realizará en distintas etapas, conectando en un circuito con diferentes resistencias, un diodo y dos capacitores diferentes.

Un diodo es un elemento electrónico que permite que la corriente circule en un solo sentido a través de él una vez que se establezca entre sus extremos una diferencia de potencial (ddp) determinada, oponiéndose con una resistencia infinita a la circulación en sentido contrario. Al aplicar la ddp, la corriente alterna solamente circula en los semiciclos permitidos, y es nula en los restantes (rectificación de media onda). Para completar la rectificación, en el trabajo usamos un capacitor: dos planchas metálicas separadas por un material no conductor (dieléctrico) que se cargan cuando el circuito se cierra con el pulsador y se descarga a través de la resistencia cuando se abre el circuito. El circuito se puede rectificar cuando el tiempo característico del capacitor es el conveniente para que la descarga no sea abrupta y suficientemente más grande que la frecuencia de la fuente. El problema que encontramos es saber qué capacitor tiene un tiempo característico suficientemente grande para que éste no funcione de manera similar a una meseta nula del diodo.

Para esto, en la primera parte del trabajo práctico estudiamos los tiempos y la función que describe un capacitor cuando el pulsador se oprime y luego se suelta y recién en la segunda parte rectificamos la corriente.

Los restantes equipos usados son: protoboard: panel que permite conectar diferentes elementos en serie o en paralelo para estudiar su funcionamiento; un pulsador: llave que cierra el circuito mientras se mantiene apretada y posibilita la carga del capacitor y su descarga cuando se suelta; una interfaz: aparato que capta los datos de los sensores de voltaje (cables) y los digitaliza, permitiendo que la computadora los comprenda, y ésta a partir de ellos y

funcionando como cronómetro elaborará los gráficos correspondientes de $V = f(t)$. En la primera parte usamos una fuente continua de 4,5 V, mientras que en la segunda conectamos el circuito al generador de onda (corriente alterna).

Procedimiento:

Primera parte: descarga de un capacitor

En esta parte el objetivo es medir y observar la forma en que un capacitor se descarga e identificar las variables que influyen en ella.

Como primer paso, con un óhmetro, medimos las resistencias que tenemos, cerrando un circuito a través de ellas, y mediante el valor impreso en el capacitor nos fijamos su capacidad. Esto nos permite armar el circuito correspondiente para obtener cada uno de los gráficos buscados. El esquema general del circuito es el que aparece en la figura 1; pero además del mismo, al protoboard se conectan los sensores de voltaje que se unen a la interfaz y ésta a la computadora que realizará los gráficos con el programa "Science Workshop" (archivo CAPACIT.sws).

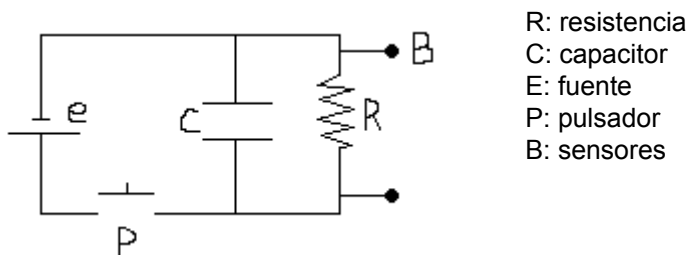


Figura 1: esquema del circuito utilizado para descargar un capacitor.

Para el primer circuito usamos una resistencia de 46 k Ω y el capacitor de 10 μ F, los cuales conectamos en paralelo. Una vez encendida la fuente de corriente continua, oprimimos el pulsador durante un tiempo de algunos segundos para que el capacitor se cargue; luego, y con el pulsador apretado, comenzamos a grabar en la computadora y después de 2 segundos aproximadamente soltamos el pulsador para que aquél se descargue. Así, deteniendo la medición, obtenemos la curva verde observable en el gráfico 1 de $V = f(t)$.

Realizamos el mismo procedimiento pero cambiando de resistencia, usamos ahora la de 217 k Ω . Es necesario esperar el mismo tiempo (2 s) luego de haber comenzado la grabación y antes de soltar el pulsador, porque a continuación haremos un gráfico comparativo de ambas mediciones (gráfico 1) con el objeto de comparar ambas curvas. De este modo, obtuvimos la curva roja que se muestra en el gráfico 1.

Una vez guardado este gráfico, llevaremos a cabo una nueva medición para realizar el segundo gráfico: cambiando el capacitor por el de 100 μ F y la resistencia por la de 217 k Ω . Obtenida esta curva, de color azul, volvimos a medir, pero cambiando el capacitor, por el de 10 μ F, manteniendo la resistencia. Así obtuvimos la curva roja. Ésta la ponemos en un mismo gráfico con la primera y confeccionamos así el gráfico 2.

Con el objetivo de comparar, pusimos en un mismo gráfico las curvas correspondientes al capacitor de 10 μ F con ambas resistencias (217 k Ω y 46 k Ω) (rojo y verde correspondientemente) y al capacitor de 100 μ F con la resistencia de 217 k Ω (curva azul). Este será el gráfico 3.

Segunda parte: circuito rectificador

Para realizar esta parte del trabajo utilizamos el protoboard conectado al generador de onda que suministrará una ddp variable en el tiempo de forma sinusoidal (fuente de corriente alterna).

Para comenzar, armamos un circuito como figura en la figura 2, que constará de una resistencia de 1 k Ω , un diodo conectado en serie a la misma y los dos sensores de voltaje conectados uno en paralelo a la resistencia y el otro a la fuente.

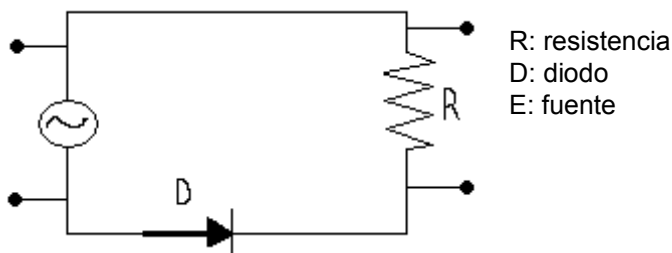


Figura 2: esquema del circuito rectificador.

Al encender la fuente y pulsar “Monitorear” en la ventana del programa “Science Workshop”, archivo RECTIFIC.sws, obtenemos un gráfico de $V = f(t)$ que muestra dos curvas diferentes: la verde (voltaje de entrada) es una función sinusoidal continua, y corresponde a los datos recogidos por el sensor conectado a la fuente; la roja (voltaje de salida), corresponde a los datos obtenidos de la resistencia. Esta segunda coincide con la primera en los valores positivos, y presenta mesetas en 0 cuando la otra está en los valores negativos (gráfico 4). Luego conectamos al revés el diodo, obteniendo el gráfico 5, similar al 4 pero que presenta meseta cuando la ddp es positiva y máximos cuando es negativa. Estos dos gráficos corresponden a rectificaciones de media onda.

Tras grabar los gráficos, agregamos al circuito, en paralelo a la resistencia, un capacitor de $10 \mu\text{F}$, como muestra la figura 3, para estudiar una diferente rectificación que la anterior.

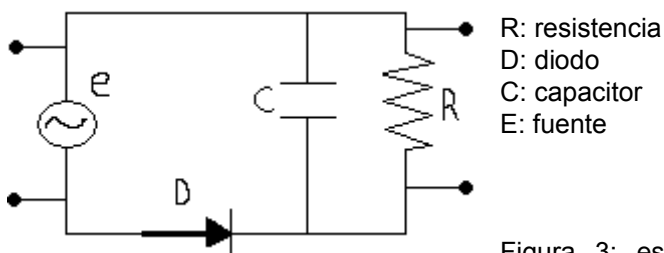


Figura 3: esquema del circuito utilizado para estudiar el circuito rectificador mejorado.

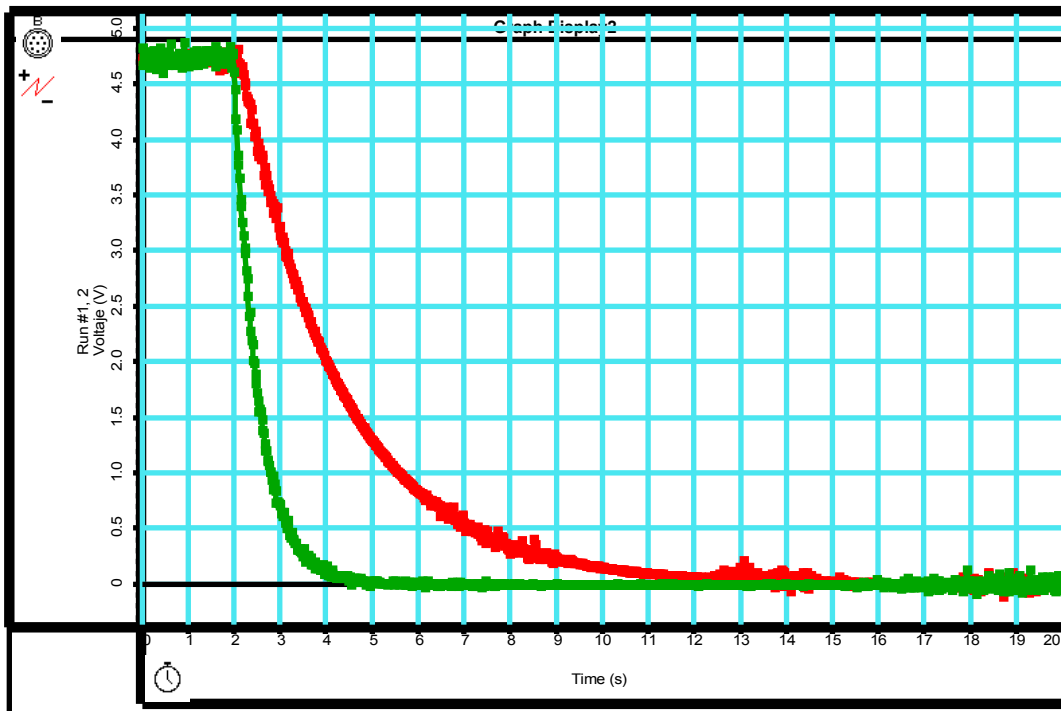
Nuevamente hacemos circular corriente alterna, y apretamos “Monitorear”, para obtener el gráfico 6. En él, la curva verde representa nuevamente el voltaje de entrada, mientras que la curva roja, el de salida. En este caso no presenta mesetas en 0, sino pequeñas hipérbolas descendentes correspondientes a la descarga del capacitor cuando el diodo impide el paso de corriente y luego retoma la curva sinusoidal cuando sí circula corriente.

Ahora, trabajando con la misma resistencia pero con el capacitor de $100 \mu\text{F}$, repetimos la medición obteniendo el gráfico 7. En este nuevo gráfico encontramos caídas cuando el diodo no permite el paso de corriente pero son mucho menores que en el caso anterior.

Finalmente, con el fin de optimizar el resultado y así obtener el gráfico 8, cambiamos la resistencia por la de $217 \text{ k}\Omega$ y utilizamos el mismo capacitor que el caso del gráfico 7. Así, logramos definitivamente rectificar la corriente.

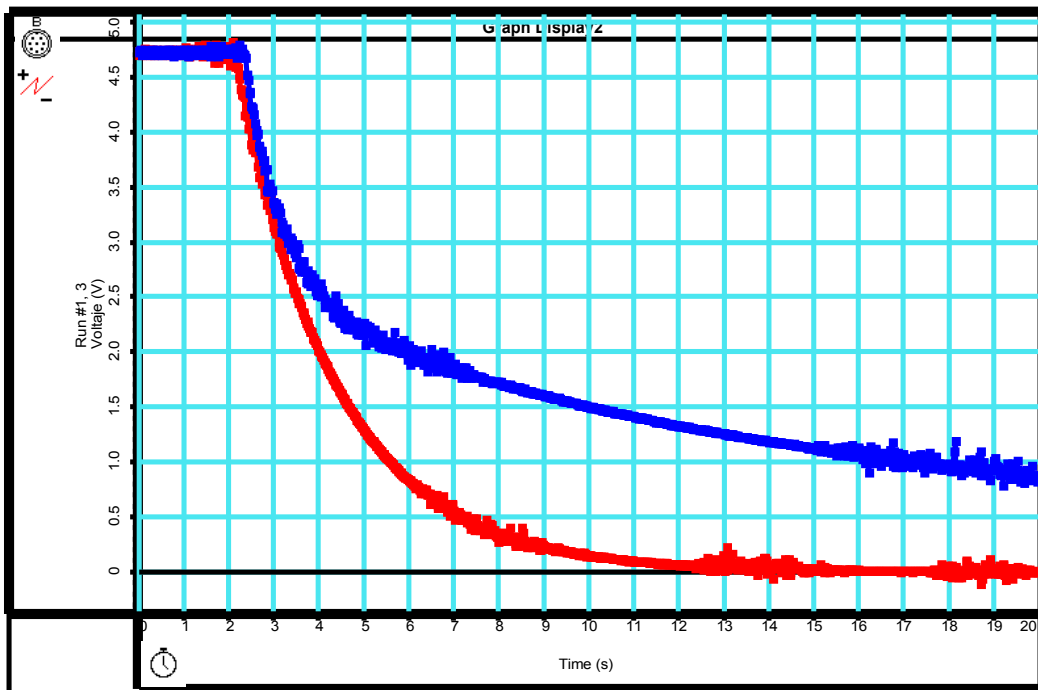
Resultados experimentales:

Gráfico 1:



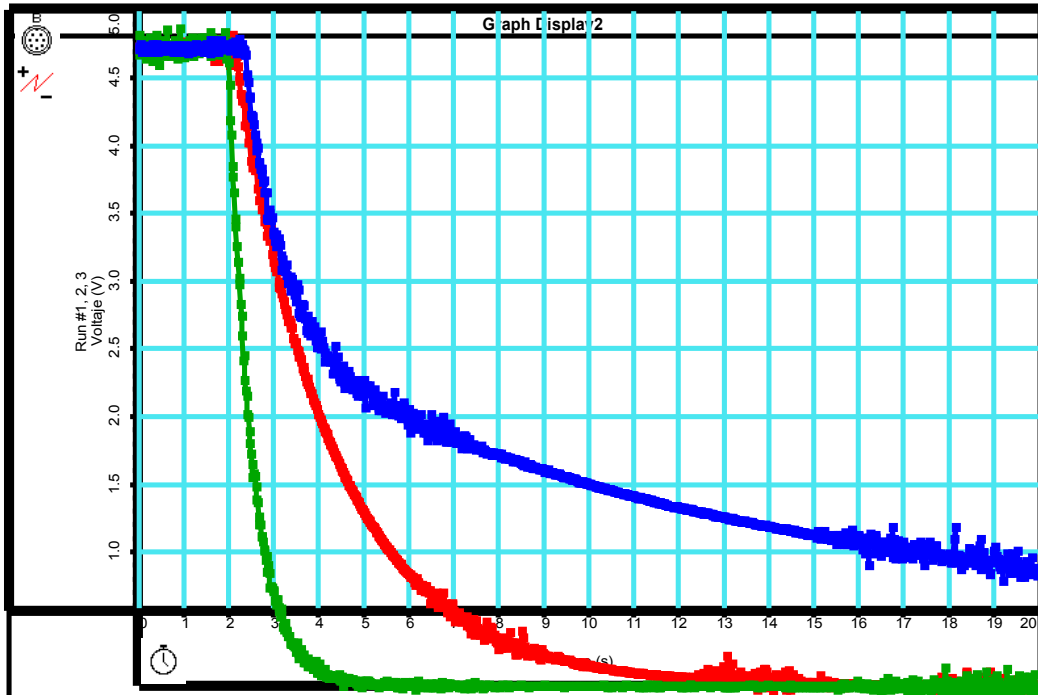
Verde: $R = 46\text{ k}\Omega$ y $C = 10\text{ }\mu\text{F}$
 Roja: $R = 217\text{ k}\Omega$ y $C = 10\text{ }\mu\text{F}$

Gráfico 2:



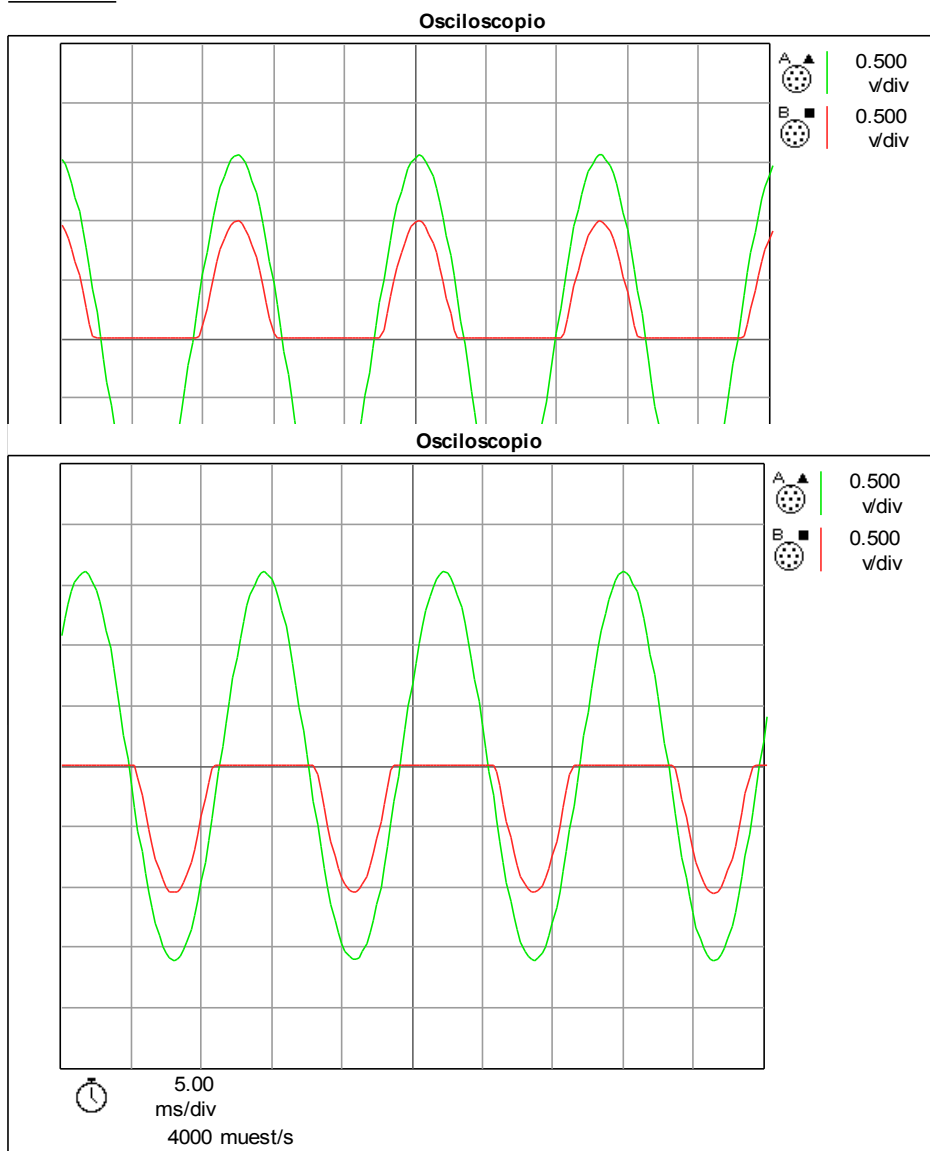
Rojo: $R = 217\text{ k}\Omega$ y $C = 10\text{ }\mu\text{F}$
 Azul: $R = 217\text{ k}\Omega$ y $C = 100\text{ }\mu\text{F}$

Gráfico 3:



Tres curvas juntas: azul: $C = 100 \mu\text{F}$; $R = 217 \text{ k}\Omega$.
 roja: $C = 10 \mu\text{F}$; $R = 217 \text{ k}\Omega$.
 verde: $C = 10 \mu\text{F}$; $R = 46 \text{ k}\Omega$.

Gráfico 4:



R = 1 kΩ

Gráfico 6:

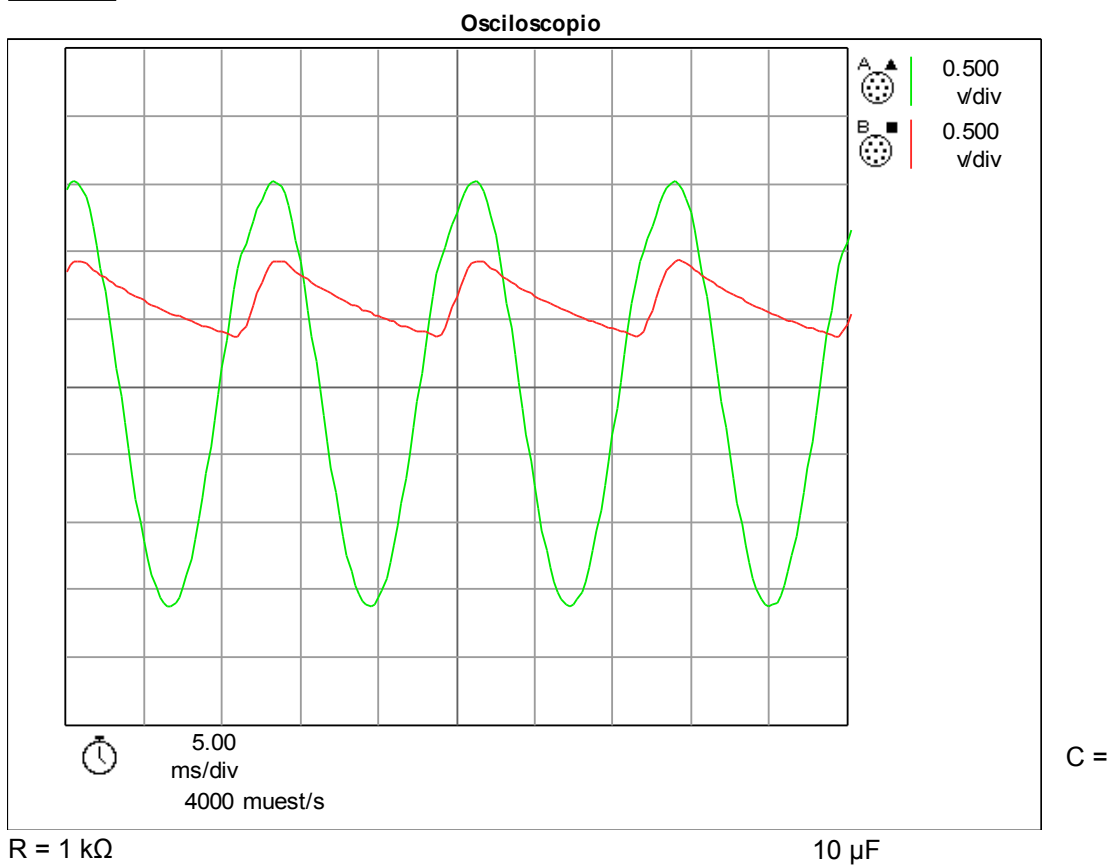
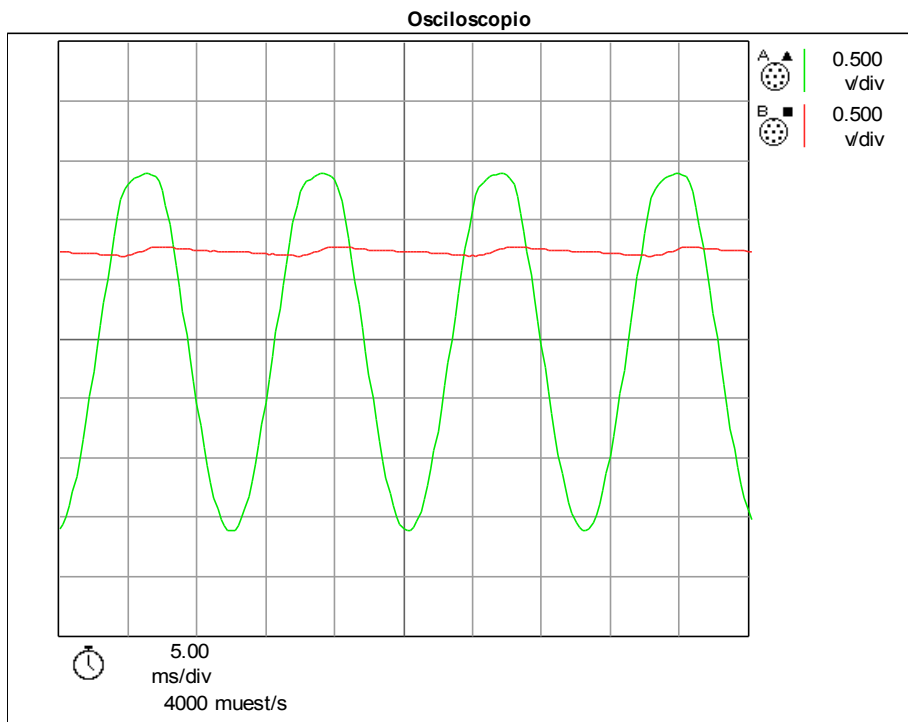
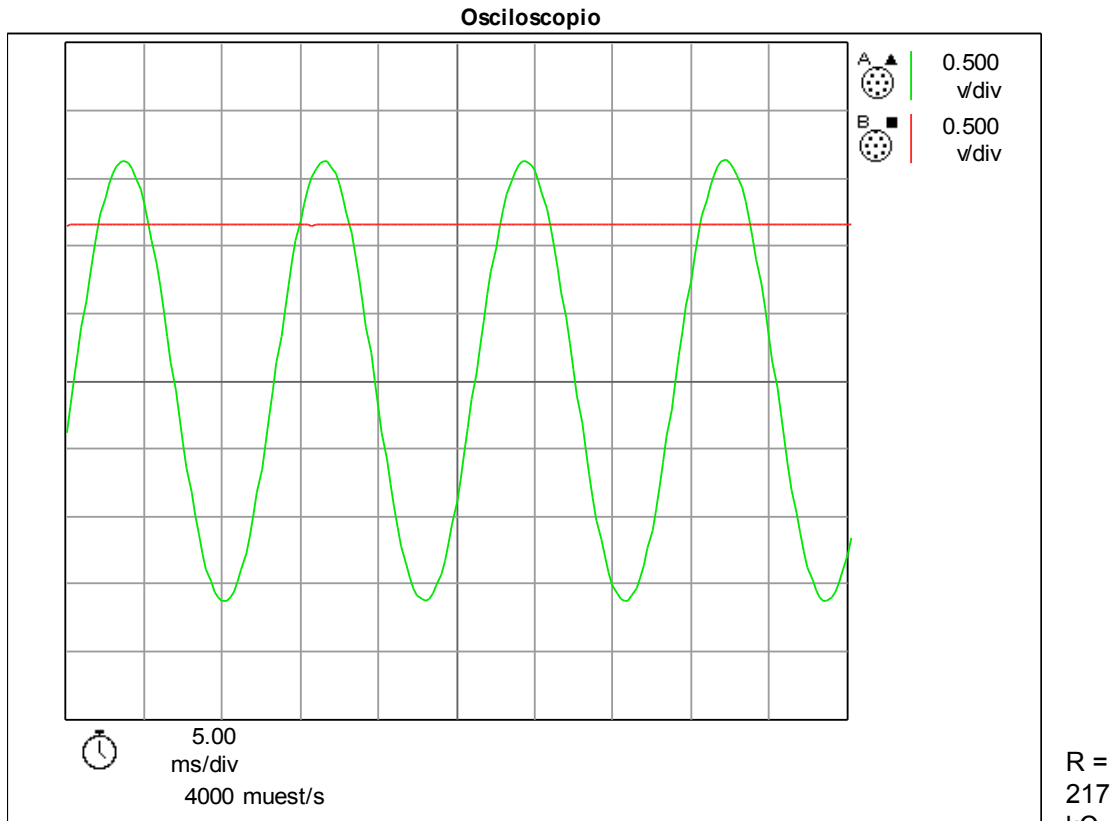


Gráfico 7:



R = 1 k Ω
C = 100 μ F

Gráfico 8:



$$C = 100 \mu\text{F}$$

Todos los gráficos del trabajo práctico representan $V = f(t)$. Para la primera parte del trabajo podemos observar que a mayor resistencia, mayor tiempo de descarga del capacitor; esto mismo ocurre cuanto mayor es la capacidad del mismo, trabajando con una misma resistencia. Vemos además que la función que describe el capacitor al descargarse es exponencial.

Los gráficos correspondientes a la segunda parte del trabajo práctico nos muestran las diferentes maneras de rectificar una corriente alterna, y los diferentes grados de rectificación logrados con diferentes elementos. Vemos que al utilizar únicamente el diodo y la resistencia se obtiene un peor resultado que combinándolo con un capacitor, dado que en el gráfico 6 no presenta mesetas en 0. Al aumentar C en el gráfico 7, la diferencia entre mínimos y máximos resulta ser menor que en el gráfico anterior; pero de todas maneras, la mejor la rectificación la obtenemos aumentando también R : en el gráfico 8 no observamos mesetas en 0 ni variaciones.

Conclusiones: como en el trabajo práctico necesitamos saber la capacidad de carga que tiene cada capacitor, pero no contamos con un instrumento para medirla, usamos la relación entre la ddp y la carga que es $C = Q/V$.

El capacitor, en su descarga, describe una función que nosotros aproximamos a una exponencial decreciente que presenta una asíntota en 0, es decir que el capacitor, según nuestra apreciación sobre las exponenciales nunca presenta un valor de 0. Su descarga completa depende de la escala del elemento utilizado para realizar la medición. Esta función asíntótica no tiene una velocidad de descarga igual en la primera mitad que en la segunda, sino que la descarga es más rápida en la primera mitad y más lenta en la segunda. Debido a la dificultad para establecer cuándo la ddp es igual a 0 (el tiempo es infinito si nos atenemos a la exponencial), por convención se estableció el tiempo característico para poder hacer una comparación entre diferentes tiempos de descarga. Éste se obtiene trazando la recta tangente al punto máximo de la curva, que determina un valor en el eje de las abscisas (t), que corresponde a un valor de ddp equivalente al 68 % de la disminución de la misma.

Cuando se utiliza una misma resistencia, pero cambiamos el capacitor por uno diferente, se observa una diferencia en la curva, observable en el gráfico 2. El tiempo de descarga es mayor para una mayor capacidad del elemento, debido a que este último puede almacenar una mayor cantidad de cargas y por lo tanto, si se encuentra con la misma oposición al paso de corriente que en el otro caso, precisa más tiempo para descargarse. Así, el capacitor de $C = 100 \mu\text{F}$ emplea más tiempo que el de $C = 10 \mu\text{F}$.

Por otro lado, cuando se usa un mismo capacitor (de $10 \mu\text{F}$) pero resistencias diferentes (gráfico 1) se presenta nuevamente una variación en el tiempo de descarga. Éste es mayor cuando se usa una resistencia de mayor valor dado que presenta una mayor oposición al paso de cargas, disminuyendo la intensidad ($I = Q/t = V/R$). Q es la carga en el capacitor. Es decir que a una misma capacidad de carga, la corriente es diferente.

Como conclusión general podemos sacar que tanto a mayor capacidad como a mayor resistencia, mayor es el tiempo de descarga.

Ya en la segunda parte, analizamos que si se conecta el diodo como fue explicado primeramente, al comparar el V resultante con la ddp de la fuente presentará máximos en sus curvas positivas y mesetas en 0 para los valores negativos ya que en estos casos el diodo opone una resistencia infinita al paso de corriente. Cuando se conecta en la segunda posición ocurre lo mismo pero invertido, presentando mesetas en los intervalos que anteriormente presentaban máximos y viceversa.

Con el capacitor conectado en paralelo a la resistencia, la intensidad de la corriente se divide en 2 cuando el diodo permite su circulación: una parte carga el capacitor y la otra pasa por la resistencia. Si el diodo no la permite, la circulación sólo se produce en la sección donde están unidos el capacitor y la resistencia debido a que el primero se descarga a través de la segunda.

La curva, cuando los tres elementos se encuentran en el circuito (circuito rectificador mejorado), tiende a rectificarse o lo hace (dependiendo de las características de la resistencia, del capacitor y del elemento de medición). Esto implica que en los intervalos de tiempo donde el diodo impide el paso de corriente el capacitor se descarga, otorgando una ddp al circuito que desciende exponencialmente y que asciende nuevamente al reanudarse la circulación de corriente.

Trabajando con una misma resistencia se aprecia que la rectificación es más eficaz a mayor C , y al hacerlo con un mismo capacitor, lo es a mayor R . Esto ocurre por las razones antes explicadas. Es por esto que seleccionamos la resistencia más grande y el capacitor de mayor capacidad entre los ofrecidos para optimizar la rectificación: el tiempo característico de este capacitor es mayor por ser la oposición al paso de corriente más grande.

Para optimizar la rectificación es necesario un tiempo de descarga mucho mayor que el tiempo de variación o el período de la fuente. De esta forma logramos que la descarga disminuye muy poco en el intervalo de tiempo que el diodo no permite la circulación de corriente.