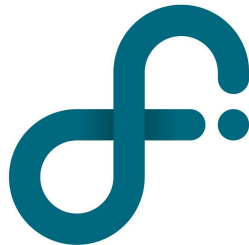


UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES
DEPARTAMENTO DE FÍSICA



LABORATORIO 3

TITULO

Autores:
ANDREU, Gonzalo
MALPARTIDA, Bryan
PUGLIESE, Facundo

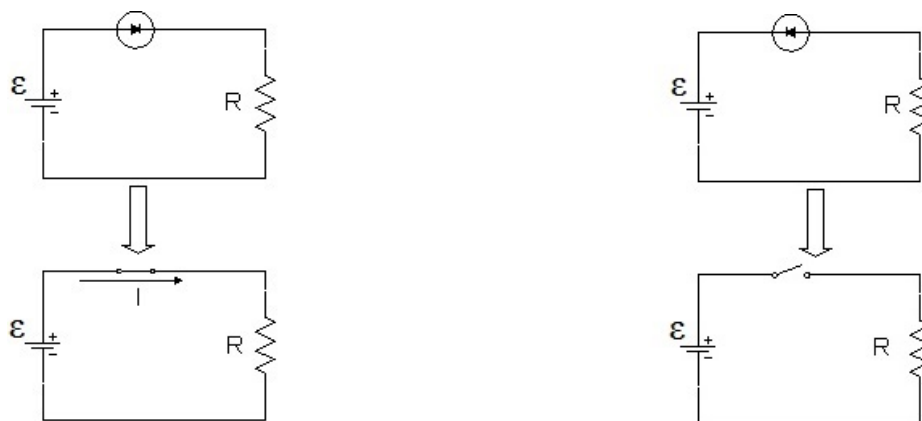
FECHA

Resumen

1. Introducción

1.1. El diodo

El diodo ideal es un componente que permite la circulación de corriente entre sus terminales en un determinado sentido, mientras que la bloquea en el sentido contrario. El funcionamiento del diodo ideal es el de un componente que presenta resistencia nula al paso de la corriente en un determinado sentido, y resistencia infinita en el sentido opuesto. Mediante el siguiente ejemplo mostrado en la **figura 1** se pretende mostrar el funcionamiento ideal de un diodo en circuito sencillo.



(a) Diodo ideal en polarización directa.

(b) Diodo ideal en polarización indirecta.

Figura 1: Ejemplo del funcionamiento de un diodo ideal en un circuito simple. La corriente circula en sentido horario para los dos casos.

En el circuito de **figura 1a**, el diodo permite dicha circulación, ya que la corriente entra por el ánodo, y éste se comporta como un interruptor cerrado. Debido a esto, se produce una caída de tensión en la resistencia, y se obtiene una corriente. En el de la **figura 1b**, en cambio, el diodo impide el paso de corriente, comportándose como un interruptor abierto, y la caída de tensión en la resistencia es nula.

Un diodo consta de dos zonas hechas de materiales semiconductores con características opuestas. Una zona tiene un exceso de huecos, mientras que la otra dispone de electrones en exceso, pero aun así, en cada zona la carga total es neutra. En el momento mismo de crear dos zonas de diferente concentración de portadores, entra en juego el mecanismo de la difusión. La distribución de cargas formada en la región de la unión provoca un campo eléctrico desde la zona N a la zona P que se opone al movimiento de portadores y que va creciendo conforme pasan más cargas a la zona opuesta hasta que se llega a un equilibrio. En ese momento está ya formado el diodo de unión PN ilustrado en la **figura 2**, y como resultado del proceso se ha obtenido una zona P y una zona N, ambas semiconductoras, y una zona de agotamiento (deplección) que es no conductora. En ella actúa un campo eléctrico, o bien entre los extremos actúa una barrera de potencial.

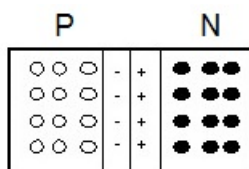


Figura 2: Ilustración de diodo de unión PN

El bloque PN en principio no permite el establecimiento de una corriente eléctrica entre sus terminales puesto que la zona de deplección no es conductora. Sin embargo, si se aplica una tensión positiva en el ánodo mayor que la de la barrera, desaparece la zona de deplección y el dispositivo conduce de forma que en una primera aproximación respeta la siguiente ecuación:

$$\Delta V_D = I \cdot R_D \quad (1)$$

Por el contrario, al aplicar una tensión positiva a la zona N y negativa a la zona P, se retiran portadores mayoritarios próximos a la unión. Estos portadores son atraídos hacia los contactos aumentando la anchura de la zona de agotamiento, lo cual hace que la corriente debido a los portadores mayoritarios sea nula. Ahora bien, en ambas zonas hay portadores minoritarios que son atraídos hacia la unión creando una corriente inversa, aunque muy inferior que la obtenida en polarización directa. Al aumentar la tensión inversa, llega un momento en que se produce la ruptura de la zona de deplección, al igual que sucede en un material aislante: el campo eléctrico puede ser tan elevado que arranque electrones que forman los enlaces covalentes, originando un proceso de rotura por avalancha y generando una corriente que respeta la ecuación (1) pero con una resistencia mayor.

2. Desarrollo experimental

Durante esta experiencia se utilizó un generador de funciones de emitir frecuencias con un error relativo del 0,01 % en un rango entre $1\mu\text{Hz}$ y 5MHz cuyo voltaje pico-pico tiene un error relativo del 1 % para el rango de voltaje utilizado ($2\text{V} - 20\text{V}$). Además, se utilizó una capacitancia y una resistencia, ambas variables por décadas cuyo error fue a priori desconocido. Usando un multímetro digital se midieron los valores configurados en cada instrumento junto con su error que, para las resistencias, era de la forma $\pm(1\% + 2d)$ en el rango utilizado (mayor a 100Ω), y para las capacitancias, $\pm(4\% + 3d)$. La resistencia del capacitor resultó despreciable. También, se utilizó una inductancia fija $L = (1,000 \pm 0,002)\text{H}$ que poseía una resistencia interna (medida por el multímetro) $R_L = (294 \pm 3)\Omega$.

Se utilizó un osciloscopio digital que en sus dos canales de entrada era capaz de medir diferencias de potencial entre las dos terminales que dispone en un rango de 2mV a 5V con un error relativo del 3 %. A la hora de medir voltaje, fue necesario asegurarse que el cable a tierra del osciloscopio estuviera conectado al cable a tierra del generador de funciones.

También se utilizó una fuente flotante sin descarga a tierra que producía una señal sinusoidal de la forma $\epsilon = E_0 \cos(2\pi Ft)$, y que tenía una frecuencia fija que fue medida con el osciloscopio y resultó tener un valor $F = (50 \pm 0,003)\text{Hz}$.

2.1. Caracterización de Instrumentos

Para construir rectificadores de señal, fue necesario caracterizar los diodos a utilizar. Para esto se diseñó un circuito que constaba de una resistencia $R = (600 \pm 6)\Omega$, un generador de funciones y de un diodo conectados en serie, y que fue utilizado para estudiar la respuesta del diodo frente a distintos voltajes. Cabe destacar, que en un primer caso se utilizó un diodo simple, y posteriormente se reemplazó por un Zenek y después por un LED. Además, previo a la construcción del circuito, se utilizó el multímetro para asegurar la continuidad de los cables a utilizar.

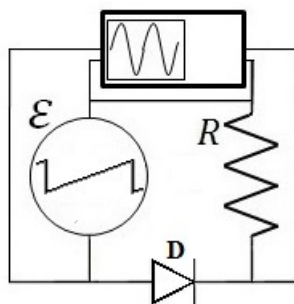


Figura 3: Circuito que consta de una fuente de voltaje que varía en el tiempo de forma lineal, una resistencia R y un diodo D . Conectado a la resistencia y a la fuente se encuentra un osciloscopio

Para realizar las mediciones correspondientes, se conectó el osciloscopio en paralelo con la resistencia para medir la corriente circulante y mediante una llave T se conectó a la fuente para medir el

voltaje de entrada, para utilizar la frecuencia de esa señal como *trigger externo* y, además, para medir la caída de potencial en el diodo a partir de la diferencia entre la tensión entregada por el generador y la medida sobre la resistencia. Se configuró el generador de funciones para que generara una onda triangular con una frecuencia $F = (50 \pm 0,005)\text{Hz}$ y con una amplitud pico-pico de $(16 \pm 0,2)\text{V}$, que se dispuso de esa forma para que, en el caso del Zenek, se pudiera apreciar el efecto avalancha, y se configuró el osciloscopio para que midiera sobre medio periodo de la oscilación. De esta forma, el osciloscopio obtenía datos correspondientes a 2500 valores distintos de voltaje distribuidos uniformemente en el intervalo $[-8\text{V}; 8\text{V}]$ que, posteriormente, eran importados a la computadora para su análisis mediante un programa de adquisición de datos. Este proceso fue el mismo para los tres diodos utilizados.

2.2. Rectificadores de Corriente

Una vez terminada la caracterización de los diodos, se procedió a construir rectificadores de corriente. Para cada uno de estos, se exploraron los parámetros para ver en qué punto se podía obtener una corriente continua.

2.2.1. Rectificador de media onda

En primer lugar, se construyó un rectificador de media onda utilizando un generador de funciones como fuente sinusoidal, un diodo simple, una resistencia $R = (5 \pm 0,05)\Omega$ y un capacitor $C = (9,81 \pm 0,07)\mu\text{F}$ conectado en paralelo a la resistencia como se ilustra en la **Figura 4**. De manera analoga al método utilizado para caracterizar los diodos, se conectó un canal del osciloscopio en paralelo a la resistencia, para medir la corriente circulante; y el otro en paralelo a la fuente. Y, además, se aseguró la continuidad de los cables y que esta no se viera comprometida con movimientos aleatorios utilizando el multímetro.

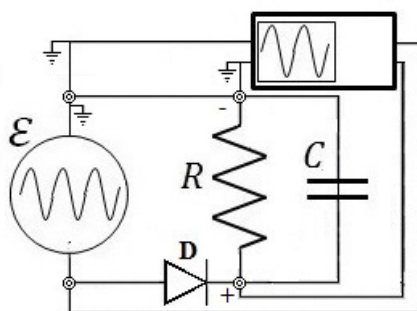


Figura 4: Circuito sobre el cual se midió el ripple de la corriente de salida para distintas frecuencias, consta de un diodo simple D , una resistencia R y una capacitancia C que no fueron modificados durante el experimento.

Para medir el ripple de la corriente de salida, se configuró el osciloscopio para que eliminara la componente continua de la señal y midiera la amplitud pico-pico. Fijada una frecuencia en el generador de funciones, se anotaba la amplitud marcada por el osciloscopio y se consideró un error para cada medición lo suficientemente grande como para que contuviera las fluctuaciones de ese valor en pantalla además del error instrumental descrito más arriba. El proceso se iteró con distintas frecuencias. Además, como método alternativo de medición, se importaron los datos del osciloscopio a la computadora por medio de un programa de adquisición de datos para un posterior análisis estadístico.

2.2.2. Rectificador de onda completa

En este caso se intentó diseñar un rectificador de onda completa, para esto se construyó un circuito que constaba de cuatro diodos idénticos, una resistencia variable por décadas y una fuente de voltaje sinusoidal dispuestos como se muestra en la **Figura 5**. Previo a la construcción se observó que los cables no tuvieran discontinuidades. Cabe aclarar que durante esta experiencia no se utilizó el

generador de funciones como fuente ya que, como los canales de salida del mismo tenían descarga a tierra, al igual que los del osciloscopio, sería necesario conectarlos en un mismo lugar, pero como se puede ver en la **Figura 5** eso no era posible, por lo cual se utilizó una fuente flotante.

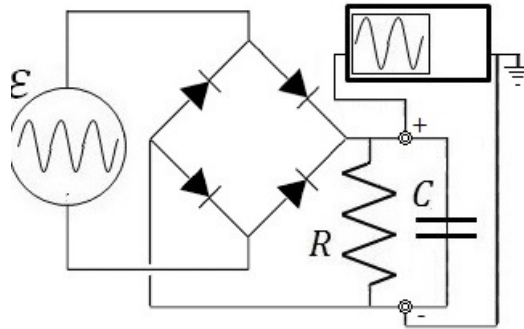


Figura 5: Circuito que consta de una fuente de voltaje que varía en el tiempo de forma lineal, una resistencia R y un diodo D . Conectado a la resistencia y a la fuente se encuentra un osciloscopio

Para medir el ripple de la corriente de salida se realizó el mismo proceso que para el rectificador de media onda, pero no se utilizó el método alternativo. Cabe destacar, que durante las mediciones se pudo observar que los movimientos del aire producidos por el ventilador de la sala e incluso por nuestras voces provocaban un efecto microfonico que interfería con las mediciones, por lo cual se intentó mantener silencio en ese momento y se evitó medir en los momentos con viento.

3. Resultados

3.1. Caracterización de Instrumentos

3.2. Rectificadores de Corriente

3.2.1. Rectificador de media onda

3.2.2. Rectificador de onda completa

4. Conclusiones

5. Referencias

[1] Frank S. Crawford, *Berkeley physics course 3: Ondas*, 1994, Editorial Reverte S.A.