

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

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 el generador de funciones.

Tambien se utilizo una fuente flotante sin descarga a tierra que producia una señal sinusoidal de la forma $e = E_0\cos(2\pi F t)$, y que tenia una frecuencia fija que fue medida con el osciloscopio y resulto 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 utilizo un diodo simple, y posteriormente se reemplazó por un Zenek y despues por un LED. Ademas, previo a la construcción del circuito, se utilizó el multímetro para asegurar la continuidad de los cables a utilizar.

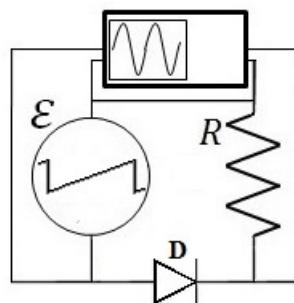


Figura 1: Circuito que consta de una fuente de voltaje que varia en el tiempo de forma lineal, una resistencia R y un diodo D . Conectado a la resistencia y a la fuente se encuentra un osciloscopio

Para realizar las mediciones correspondientes, se conectó el osciloscopio en paralelo con la resistencia para medir la corriente circulante y mediante a 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, ademas, 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 $C = (9,81 \pm 0,07)\mu F$ conectado en paralelo a la resistencia como se ilustra en la Figura ???. De manera análoga 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.

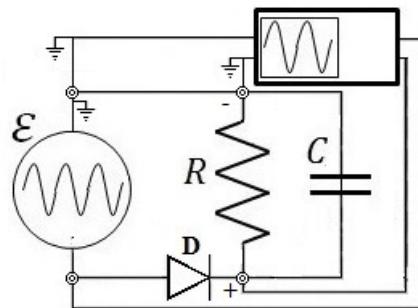


Figura 2: Circuito sobre el cual se midió el ripple de la corriente de salida para distintas frecuencias, consta de un diodo simple D, una resistencia R y una capacitancia C que no fueron modificados durante el experimento.

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 descripto más arriba. El proceso se iteró con distintas frecuencias. Además, como método alternativo de medición, se importaron los datos del osciloscopio a la computadora con y sin la componente continua de la señal 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 ???. 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 ?? eso no era posible, por lo cual se utilizó una fuente flotante.

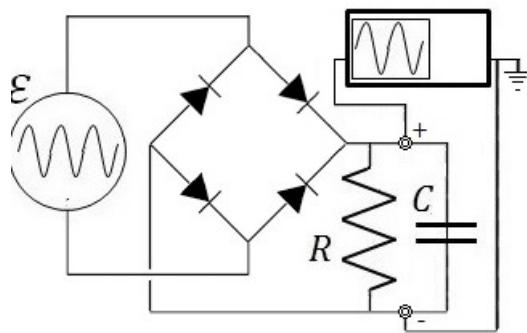


Figura 3: Circuito que consta de una fuente de voltaje que varia en el tiempo de forma lineal, una resistencia R y un diodo D . Conectado a la resistencia y a la fuente se encuentra un osciloscopio

Para medir el ripple de la corriente de salida se realizó el mismo proceso que para el rectificador de media noda, 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 microfónico 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

A la hora de caracterizar los instrumentos, como se dijo, se relevaron las curvas $V_f(t)$ y $V_R(t)$. Usando las leyes de Kirchoff, se obtuvo la caída de potencial en el diodo $V_D(t) = V_e(t) - V_R(t)$ y la corriente $I(t) = \frac{V_R(t)}{R}$ con $R = (600 \pm 6)\Omega$. Para el diodo simple, la relación entre V_D e I puede verse en la Figura ??.

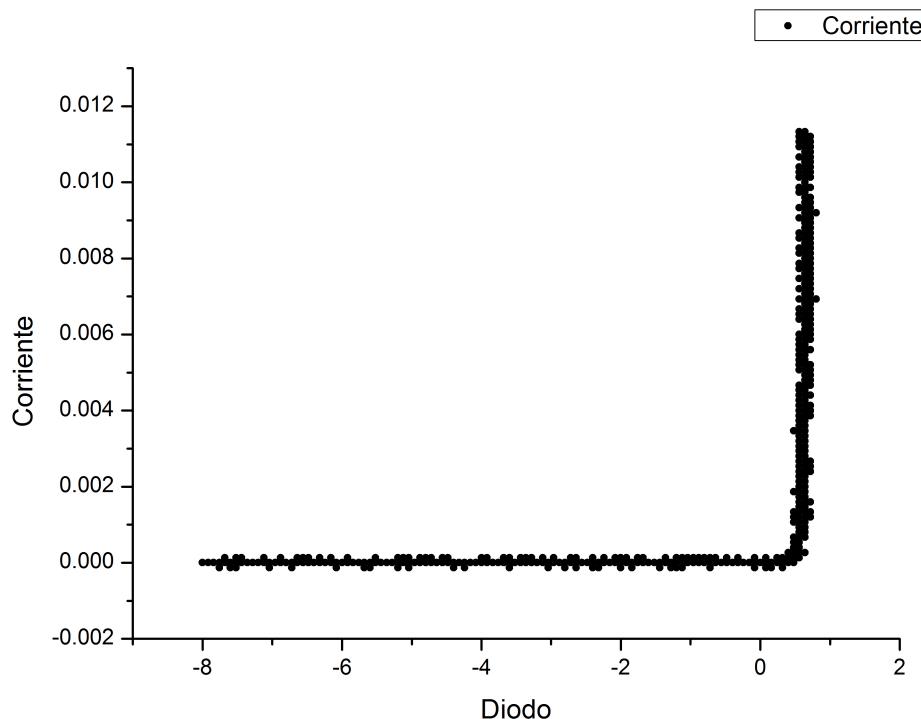


Figura 4: Gráfico inicial con la relación entre V_D e I para un diodo simple obtenida indirectamente donde puede verse la gran dispersión de la curva

Claramente, la curva de la **Figura ??** posee una enorme cantidad de puntos muy cercanos al punto de resultar indistinguibles. Debido a esto, se buscó suavizar la señal con menos puntos con un método simple. Primero, se configuró un parametro de tolerancia CT como error y se promediaron los valores de todas las corrientes $I(V_D)$ cuyos V_D fueran indistinguibles dentro de este error CT . Estos CT se tomaron de forma tal que la cantidad de puntos fuera menor que el que permitiría el error relativo del 3% que dispone el instrumento aplicado sobre el valor máximo voltaje (en módulo) en cada tira de valores V_D . De esta forma, multiples puntos con V_D cercanos fueron condensados en un único punto, permitiendo que la curva sea más clara como puede verse en la **Figura ??**. Un ajuste lineal de $R-Square = 0,97052$ asegura la bondad del ajuste con una pendiente $m_s = (0,02557 \pm 0,0018)\Omega^{-1}$ tal que $\frac{1}{m_s} = (39 \pm 3)\Omega = R_s$ resulta la resistencia del diodo simple.

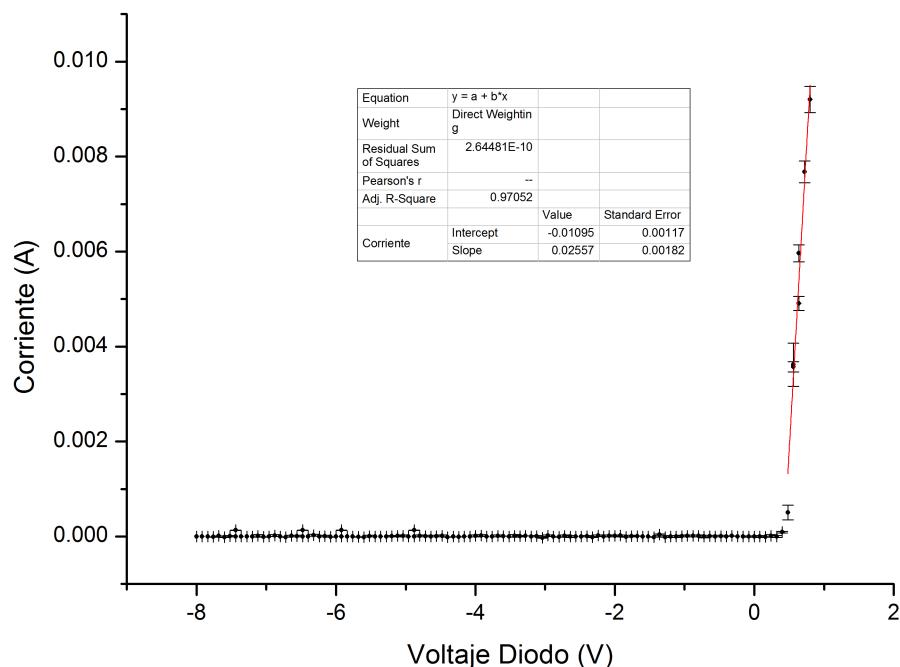


Figura 5: Grafico con la relacion entre V_D e I tras aplicar un análisis más fino para un diodo simple. El ajuste lineal en los últimos puntos asegura la linealidad del diodo para altos voltajes.

El proceso anterior debió aplicarse también a los resultados obtenidos para el diodo Zenek y el diodo LED. En el caso particular del Zenek, la tolerancia se tomó como $CT = 3,2E - 6$ y en base al resultado fue posible apreciar el efecto avalanche como puede verse en la **Figura ??**.

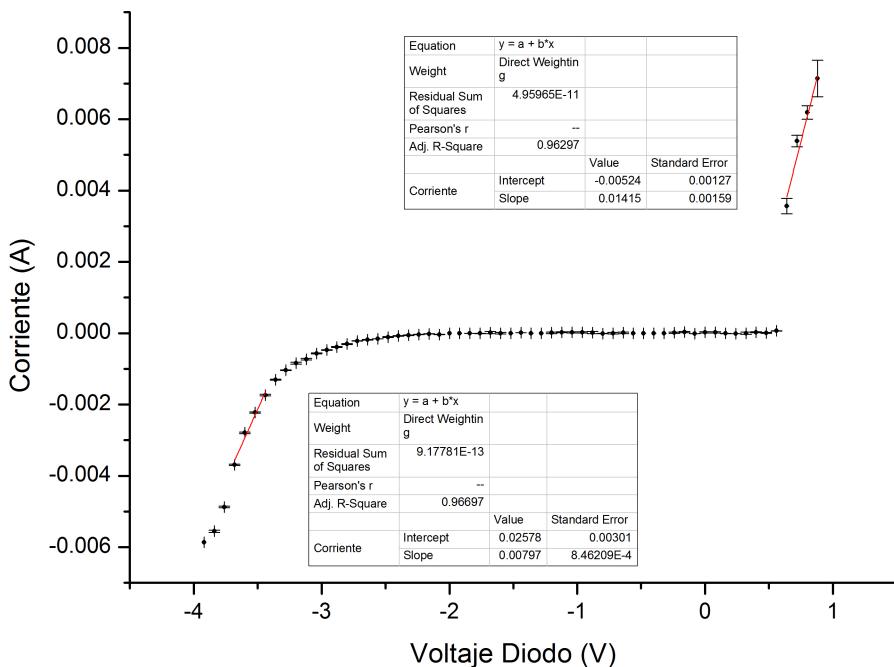


Figura 6: Grafico con la relacion entre V_D e I para un diodo Zenek tras aplicar un análisis más fino. Los ajustes lineales en los últimos puntos y en los primeros puntos aseguran la linealidad del diodo a partir de determinados voltajes.

El ajuste de los primeros puntos referentes al efecto avalancha arroja un $R - Square = 0,96697$ que asegura la bondad del ajuste con una pendiente $m_I^{(z)} = (0,0080 \pm 0,0008)\Omega^{-1}$ tal que la resistencia del diodo a resulta $R_I^{(z)} = (125 \pm 13)\Omega$. Para los puntos finales, el ajuste arroja un $R - Square = 0,96297$ con una pendiente $m_D^{(z)} = (0,0142 \pm 0,0016)\Omega^{-1}$ tal que la resistencia para corriente en directa resulta $R_D^{(z)} = (70 \pm 8)\Omega$.

Finalmente, para el caso del diodo LED la tolerancia se tomó como $CT = 6,4E - 7$, arrojando el gráfico de la Figura ???. El ajuste lineal de los ultimos puntos arroja un $R_{Square} = 0,93178$ con una pendiente $m_L = (0,023 \pm 0,003)$ que resulta en una resistencia para corriente directa $R_L = (43 \pm 6)$

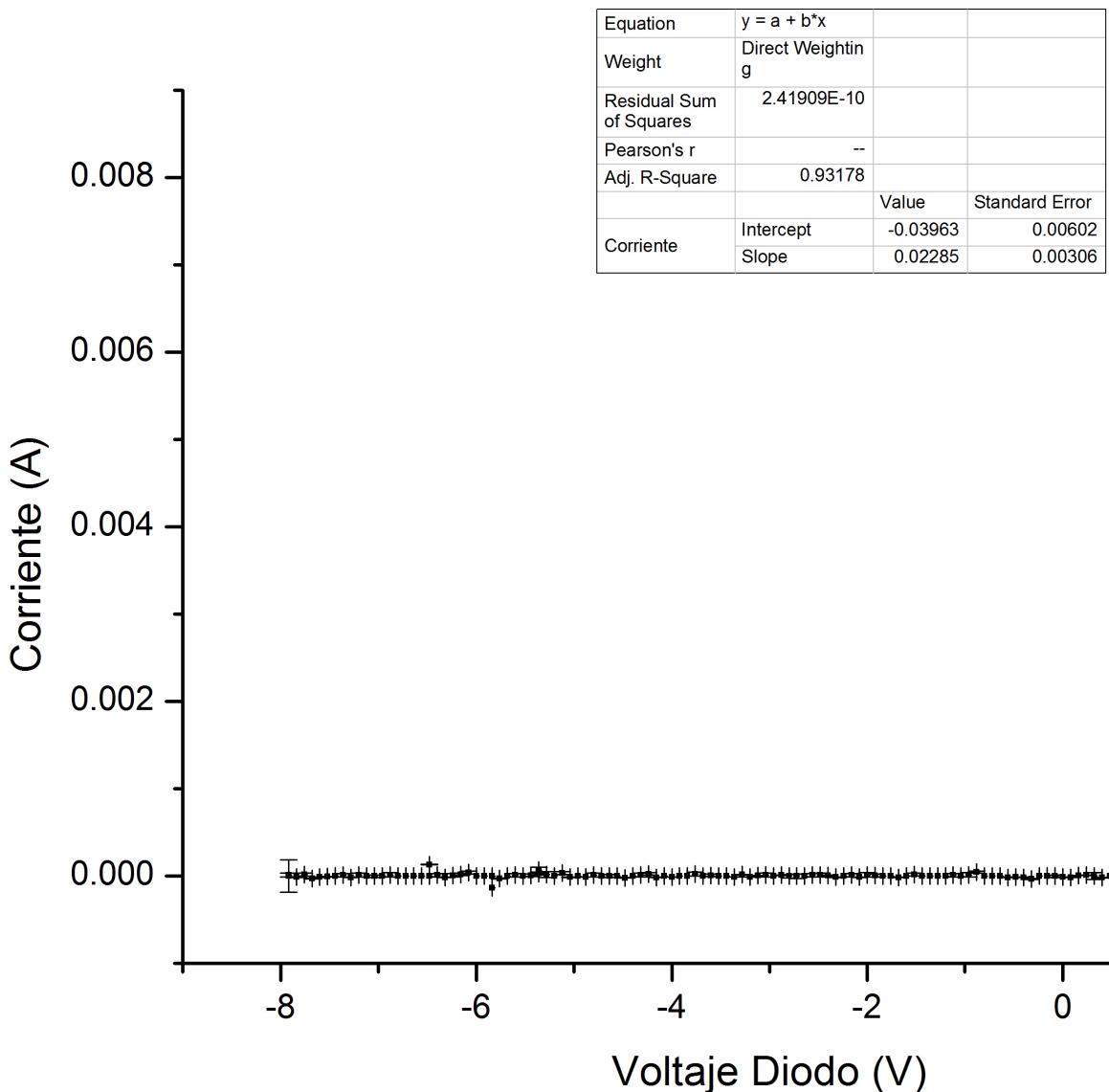


Figura 7: Grafico con la relacion entre V_D e I para un diodo LED tras aplicar un análisis más fino. El ajuste lineal en los últimos puntos permite asumir un comportamiento lineal para altos voltajes.

3.2. Rectificadores de Corriente

3.2.1. Rectificador de media onda

Para cada frecuencia utilizada, se importaron ambas curvas como se dijo previamente. Utilizando los datos cuya componente continua había sido eliminada, se hizo un análisis de los picos para obtener un promedio de máximos y otro de mínimos que, restándose, permitían obtener el ripple para esa frecuencia.

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.

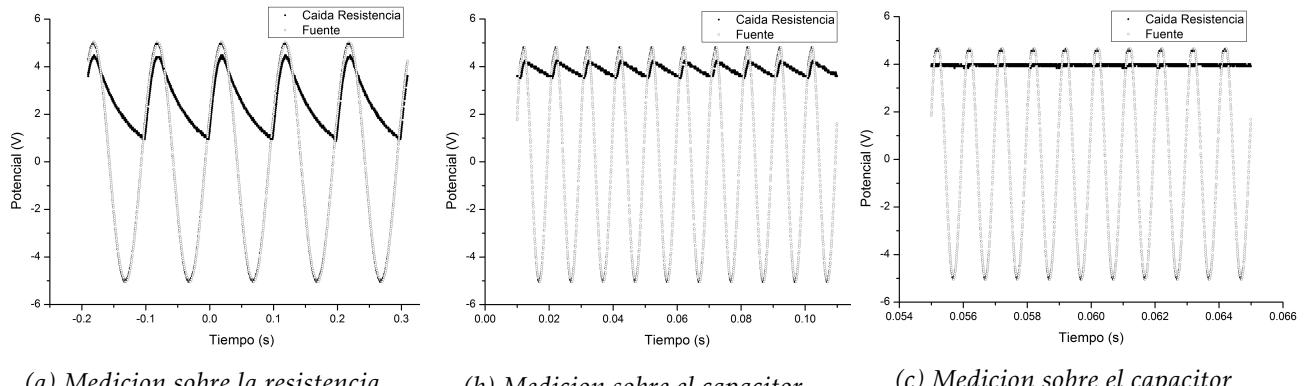


Figura 8: Variacion del tiempo caracteristico en funcion de la resistencia en un circuito RC