

FÍSICA II
LICENCIATURA EN INGENIERÍA MECATRÓNICA

INFORME DE PROYECTO FINAL

Medidor de Capacitancia con Arduino y Python: Integración de Microcontroladores y Análisis de Datos para la Medición Precisa de Componentes Eléctricos

Karen González, José Plata.

**Escuela de Ingeniería En Mecatrónica, FIEC,
Universidad de Panamá.**

Profesor: Rigoberto Pinzón, Departamento de Física, FCNET, Universidad de Panamá.
16 de agosto del 2023

Resumen

En este informe, se describe en detalle la concepción y aplicación de un "Medidor de Capacitancia utilizando Arduino". El proyecto, fusiona la versatilidad de la plataforma Arduino con los fundamentos de la teoría de capacitancia y el análisis de circuitos. La capacitancia, medida en faradios, es una propiedad eléctrica fundamental en una amplia gama de aplicaciones electrónicas, desde la filtración de señales hasta el almacenamiento de energía. La metodología se basa en el seguimiento meticuloso de los cambios de voltaje que ocurren durante la carga y descarga de un capacitor. Al emplear la relación entre el voltaje y el tiempo en este proceso, es posible deducir con precisión la capacitancia del capacitor sometido a prueba. La implementación combina un circuito específico diseñado para este propósito con la programación hábil de la plataforma Arduino.

Este proyecto ofrece un doble valor excepcional. En primer lugar, brinda a los participantes la emocionante oportunidad de aplicar conceptos fundamentales de electrónica y programación en un entorno práctico y significativo. En segundo lugar, destaca el uso innovador de un microcontrolador como piedra angular para la observación y análisis de datos provenientes de la carga de un condensador en un circuito RC. El corazón del proyecto es el uso de un microcontrolador Arduino, que actúa como un dispositivo central para registrar y analizar los datos generados por la carga de un condensador en un circuito RC. Esta metodología permite adentrarse en el mundo de la electrónica en tiempo real, fomentando una comprensión más profunda y práctica de los conceptos clave. Además, se resalta la integración de Python como entorno de análisis. Python se convierte en una herramienta poderosa para visualizar gráficamente el comportamiento del circuito RC, facilitando la identificación de patrones y tendencias. A través de esta interacción con Python, los participantes pueden derivar la ecuación que describe el comportamiento gráfico del circuito, lo que contribuye a una comprensión matemática sólida.

Palabras Claves: Medidor de capacitancia, Arduino, análisis de circuitos, teoría de capacitancia, carga y descarga de capacitores, electrónica, programación, faradios, voltaje, tiempo, optimización de circuitos.

1. INTRODUCCIÓN

La medición precisa de la capacitancia en circuitos electrónicos es esencial para garantizar un funcionamiento óptimo de diversos dispositivos y sistemas. En este contexto, el empleo de tecnologías como Arduino ha revolucionado la manera en que abordamos la medición de parámetros eléctricos. Este informe se centra en la implementación de un medidor de capacitancia, una herramienta que combina la versatilidad del microcontrolador con los principios de análisis de circuitos y la teoría de capacitancia.

La capacitancia, medida en faradios (F), es la

propiedad que define la capacidad de un capacitor para almacenar carga eléctrica cuando se aplica una diferencia de potencial [1]. Esta magnitud juega un papel crucial en la estabilización de tensiones, el filtrado de señales y el almacenamiento de energía en numerosas aplicaciones electrónicas. La relación entre la capacitancia (C), la carga almacenada (Q) y el voltaje (V) está definida por la fórmula encontrada en la figura 1.

$$Q = CV$$

Figura 1. Ecuación que la relación entre la carga del condensador, la capacitancia y voltaje.

El enfoque de este proyecto se basa en la combinación de la plataforma Arduino con el análisis de tiempos de carga y descarga de un capacitor. Mediante el monitoreo de los cambios en el voltaje a lo largo del tiempo, es posible deducir la capacitancia del capacitor bajo prueba. Esta relación está vinculada a través de la ecuación descrita en la figura 2.

$$V(t) = V_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{RC}} \right)$$

Figura 2. Ecuación que define el comportamiento del voltaje en función del tiempo mientras el condensador se carga que es análoga la ecuación de la carga en función del tiempo debido a que V y Q son directamente proporcionales [1].

Donde $V(t)$ representa el voltaje en el tiempo t , V_{\max} es el voltaje máximo, R es la resistencia conectada en serie y C es la capacitancia del capacitor. A lo largo de este informe, se abordará en detalle el diseño, la implementación y los resultados obtenidos del medidor de capacitancia. Este proyecto no solo representa una oportunidad para aplicar conceptos de electrónica y programación, sino que también contribuye al desarrollo de habilidades en análisis de circuitos y medición precisa de componentes eléctricos.

2. MATERIALES Y METODOS

En este apartado, describiremos los materiales y el enfoque metodológico empleados para la creación del medidor de capacitancia utilizando un Arduino.

2.1 Materiales Utilizados:

Para llevar a cabo este proyecto, se requirieron los siguientes materiales:

1. Placa de Arduino.
2. Lector de capacitancias compuesto por dos resistencias: una resistencia alta (10 k ohm) para la carga del capacitor y una resistencia baja (50 ohm) para la descarga inicial.
3. Capacitor a medir.
4. Componentes de conexión (cables, protoboard, etc.).
5. Computadora con Python y software de Arduino IDE.

2.2 Método de Implementación

La implementación del medidor de capacitancia se realizó siguiendo los pasos descritos a continuación:

1. Configuración del Circuito: Se diseñó un circuito basado en el esquema presentado en la figura 3. Se conectó una placa de Arduino, asegurando las conexiones adecuadas de las resistencias de carga y descarga, así como del capacitor a medir visto en la

figura 3.

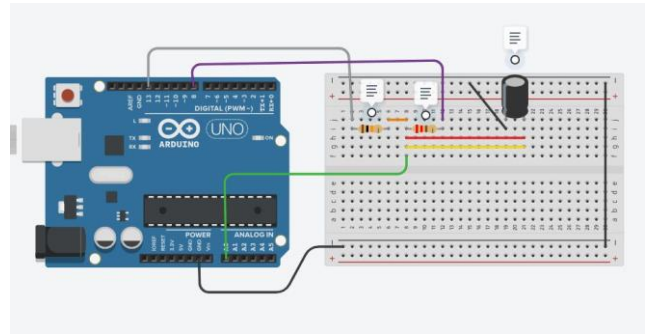


Figura 3. Esquemático del circuito RC visualizado en el software de TinkerCAD.

2. Resistencias de Carga y Descarga: Se utilizó una resistencia alta de 10 k ohm para la carga del capacitor. Esta elección permitió extender el tiempo de carga y facilitar la toma de datos de tiempo y voltaje. Además, se implementó una resistencia baja de 50 ohm para asegurar una descarga rápida del capacitor al inicio del ciclo.

3. Programación del Arduino: Se desarrolló un código para el Arduino que permitiera medir el voltaje en el capacitor durante la carga y descarga. El código envió un conjunto extenso de datos a la computadora durante una carga del capacitor a más del 90% de su capacidad para su posterior análisis en Python.

4. Análisis en Python: Se utilizó Python y bibliotecas gráficas para analizar los datos obtenidos del Arduino. El programa de Python generó un gráfico de dispersión de los datos, ajustó una regresión exponencial a los mismos y calculó una recta que representa $(1 - 1/e)$ veces la carga máxima del capacitor. Además, se obtuvo la intersección de esta recta con la curva de la regresión para determinar el valor de RC.

5. Visualización de Resultados: El gráfico generado por el programa de Python mostró la dispersión de datos, la regresión exponencial ajustada y las rectas calculadas. Al cerrar el gráfico, se visualizó en la consola la ecuación de la curva ajustada a los datos y el valor de la capacitancia del capacitor bajo prueba.

Este enfoque permitió la creación de un medidor de capacitancia preciso y eficiente, aprovechando la versatilidad de Arduino y el análisis de datos en Python para obtener resultados significativos en la medición de capacitancia.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección, presentamos los resultados obtenidos al conectar el circuito completo y realizar pruebas con un condensador de 470 uF. Las mediciones y análisis fueron llevados a cabo siguiendo la metodología descrita en la sección de Materiales y Métodos.

3.1 Resultados de la Medición

Al completar la configuración del circuito y realizar la medición utilizando el programa de Arduino y Python, se obtuvieron los siguientes resultados:

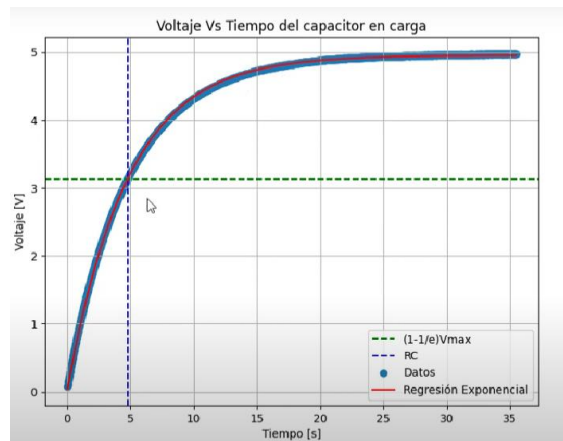


Figura 4. Gráfico de Análisis de Carga del Condensador.

El gráfico mostrado en la Figura 4 representa los datos recopilados durante el proceso de carga del condensador de 470 uF. El análisis en Python incluye la dispersión de datos, la regresión exponencial ajustada y las rectas que describen el comportamiento del circuito, como se explicó en la sección de Materiales y Métodos.

3.2 Discusión de los Resultados

Tras analizar los datos y el gráfico obtenido, se procedió a derivar la ecuación del voltaje durante la carga y a calcular la capacitancia del condensador. Los resultados revelaron una capacitancia final de 479.19 uF, como se muestra en la Figura 5.

```
Longitud de Tiempo: 1277
Longitud de Voltaje: 1277
R cuadrado: 1.00

Ecuación de la regresión exponencial:
V(t) = 4.958574764815578 * (1 - exp(-t / 4.791866553028642 ))

Redondeado se obtiene:
V(t) = 4.96 * (1 - exp(-t / 4.79))
Capacitancia: 479.19 µF
```

Figura 5. Ecuación del Voltaje en Carga y Capacidad del Condensador.

Es importante destacar que la precisión de la medición de capacitancia puede verse afectada por diversos factores. Se reconoció que el condensador no puede descargarse completamente debido a remanentes de carga residual, lo que introduce un margen de error en la medición. Además, la resistencia utilizada en el circuito fue considerada como 10 k ohm sin tener en cuenta su tolerancia, lo que también puede contribuir al error de medición. Otros factores como las resistencias internas de los pines del Arduino, la influencia de los

cables y las ondas electromagnéticas provenientes del entorno, incluyendo la computadora utilizada, también pueden introducir incertidumbre en la medición.

4. CONCLUSIONES

- El presente trabajo de investigación sobre el "Medidor de Capacitancia utilizando Arduino" representa un avance significativo en la medición precisa de capacitancia en circuitos electrónicos. La fusión de la versatilidad de Arduino con la teoría de capacitancia y el análisis de circuitos ha permitido desarrollar una herramienta efectiva para medir la capacitancia de condensadores. La metodología implementada, que combina la programación de Arduino y el análisis de datos en Python, demuestra la aplicación práctica de conceptos teóricos en la electrónica y la programación. Este enfoque ofrece a los participantes la oportunidad de adentrarse en la resolución de problemas reales y fomenta un mayor entendimiento de los fundamentos de la capacitancia y los circuitos.
- Este proyecto destaca la innovación en el uso de microcontroladores, en particular Arduino, como una herramienta central en la medición y análisis de capacitancia. Al emplear el Arduino para monitorear y registrar datos de carga y descarga de un condensador en un circuito RC, se crea un puente entre la teoría y la práctica en tiempo real. La integración con Python para el análisis de datos agrega un valor significativo al proporcionar visualizaciones gráficas y cálculos precisos. Esta integración de tecnologías demuestra la capacidad de las plataformas modernas para acelerar y optimizar la medición de parámetros electrónicos.

5. REFERENCIAS

- [1] Serway, R. A. (2008). Serway Volumen 1- Séptima edición. Cengage Learning Editores, S.A.
- [2] J. Plata, «Github,» 2023. [En línea]. Available: <https://github.com/josebladex/Recursos-Python-Fisica-II/tree/main/ProyectoFinalFisicaII>