

UNIVERSIDAD DE
GUANAJUATO



UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO

ARQUITECTURA DE MICROCONTROLADORES

Control de Potenciómetro y LED a través de Bluetooth BLE

Autores:

Ana Gabriela Torres Bermudez

Alejandra Ordoñez Mondragón

Jacob Sierra Lemus

Carlos Pinedo Guadarrama

Josué Ismael Rosas López

November 1, 2024

Abstract

En esta práctica se implementó un sistema de monitoreo y control de un LED mediante un potenciómetro, utilizando un ESP32 y la tecnología Bluetooth Low Energy (BLE). Se midieron los valores analógicos del potenciómetro para convertirlos en voltaje y se visualizaron en el monitor serial y en la aplicación móvil nRF Connect. Además, se programó la activación automática del LED al sobrepasar un umbral de voltaje. Este documento detalla la teoría, métodos y resultados obtenidos en la práctica, proporcionando las bases para la comprensión y replicación del proyecto.

1 Introducción

El control remoto de dispositivos mediante comunicación inalámbrica ha tenido un gran auge debido a la versatilidad y accesibilidad que ofrece, siendo Bluetooth Low Energy (BLE) una tecnología clave en este ámbito. BLE permite la transmisión de datos con bajo consumo de energía, característica ideal para aplicaciones en IoT. En esta práctica, se utiliza un ESP32, que integra conectividad BLE, para realizar la lectura de un potenciómetro y el control de un LED. Los valores del potenciómetro se monitorean en tiempo real, y el sistema reacciona automáticamente para activar el LED cuando el voltaje excede un cierto umbral. A continuación, se presentan los componentes, sus características y los detalles necesarios para replicar la práctica.

2 Marco Teórico

2.1 Bluetooth Low Energy (BLE)

Bluetooth Low Energy (BLE) es una tecnología de comunicación inalámbrica diseñada para aplicaciones que requieren transmisión de datos a corta distancia y bajo consumo energético. BLE, a diferencia de la tecnología Bluetooth Clásica, opera en un modo de bajo consumo que permite extender la vida útil de dispositivos como sensores, relojes inteligentes y otros dispositivos de IoT. BLE funciona mediante la creación de conexiones rápidas y cortas donde un dispositivo "central" (como un smartphone) se conecta a un dispositivo "periférico" (como un sensor) para recibir o enviar datos de forma eficiente.

Para implementar BLE, los dispositivos deben soportar el estándar y estar configurados para usar servicios y características específicas. En este proyecto, el ESP32 actúa como un periférico, enviando datos de un potenciómetro y estado de un LED a un dispositivo central (celular) que monitorea estos valores en la aplicación nRF Connect. Las aplicaciones de BLE son amplias e incluyen monitoreo remoto, control de dispositivos domésticos, rastreo de actividad física, entre otros.

2.2 ESP32

El ESP32 es un microcontrolador robusto y versátil que combina un procesador de 32 bits con módulos de conectividad Wi-Fi y Bluetooth, siendo ideal para proyectos de IoT. En esta práctica, utilizamos el ESP32 para leer el valor de un potenciómetro mediante su ADC (Convertidor Analógico-Digital) de 12 bits y controlar un LED. Los pines de entrada y salida del ESP32 permiten realizar estas conexiones de manera efectiva, habilitando también la transmisión de datos vía BLE.

2.3 Potenciómetro

Un potenciómetro es un resistor variable que permite ajustar la resistencia entre sus extremos mediante una perilla o deslizador. Al conectarlo en una configuración de divisor de tensión, podemos modificar el voltaje en el punto medio del potenciómetro. En este proyecto, el valor de voltaje obtenido se lee como una señal analógica en el ESP32, variando entre 0 y 3.3V, lo que permite controlar la intensidad y activar el LED de acuerdo al umbral establecido.

2.4 LED

El LED (Diodo Emisor de Luz) es un componente que emite luz cuando una corriente eléctrica pasa a través de él en la dirección correcta. Al conectar el LED al ESP32, se controla su encendido y apagado mediante comandos o condiciones preestablecidas. Para proteger el LED y evitar la corriente excesiva, se usa una resistencia de 220 ohms.

2.5 Diferencias en la Resolución de ADC (10 bits vs 12 bits)

Los convertidores analógico-digitales (ADC) transforman una señal analógica en una serie de valores digitales. El ESP32 utiliza un ADC de 12 bits, proporcionando una resolución de 4096 niveles (0-4095), mientras que otros microcontroladores, como el Arduino Uno, tienen una resolución de 10 bits, con 1024 niveles (0-1023). La mayor resolución del ESP32 permite una conversión más precisa, lo cual es crucial en aplicaciones que requieren alta sensibilidad. En este proyecto, el uso de 12 bits garantiza una lectura de voltaje más detallada y precisa, afectando positivamente la precisión en el control y monitoreo del LED y el potenciómetro.

3 Objetivos

- Monitorear el voltaje del potenciómetro a través del monitor serial.
- Controlar el encendido y apagado de un LED mediante comandos seriales.
- Monitorear el voltaje del potenciómetro y realizar el control automático del LED mediante comunicación BLE.

4 Materiales y Métodos

4.1 Materiales

- ESP32 Dev Kit V1
- Potenciómetro de 10k
- LED
- Resistencia de 220
- Celular con aplicación nRF Connect
- Computadora con IDE de Arduino

4.2 Métodos

Para la realización de esta práctica, se siguieron los siguientes pasos:

1. **Configuración del Potenciómetro:** Se conectó el potenciómetro al ESP32 para realizar lecturas analógicas, configurando el pin de señal en modo entrada analógica y mapeando el valor de 0 a 3.3V.
2. **Control del LED por Comando:** Conectamos el LED al ESP32 y programamos el encendido y apagado mediante comandos seriales 'S' y 'N'.
3. **Implementación de BLE:** Finalmente, configuramos el ESP32 como dispositivo periférico BLE, enviando los valores del potenciómetro y controlando el LED de manera automática cuando el voltaje supera un umbral de 2.1V.

5 Desarrollo del Proyecto

Para llevar a cabo la práctica, se implementaron los objetivos en el siguiente orden:

- **Objetivo 1:** Se conectó el potenciómetro al ESP32, asignando el pin de señal a una entrada analógica. Se realizó la lectura de voltaje con el ADC del ESP32 y se visualizaron los valores en el monitor serial. Esto permitió obtener un rango de 0 a 3.3V, fundamental para el monitoreo inicial del sistema.
- **Objetivo 2:** A continuación, se conectó un LED al ESP32 para su control mediante comandos seriales. Este paso permitió encender y apagar el LED con los comandos 'S' y 'N' en el monitor serial, facilitando el control manual y la visualización directa de su estado.
- **Objetivo 3:** Finalmente, se configuró el ESP32 para monitorear el voltaje del potenciómetro y activar automáticamente el LED mediante BLE. Esto se logró creando una conexión BLE con la aplicación nRF Connect, enviando el valor de voltaje en tiempo real y activando el LED cuando se superó el umbral de 2.1V.

6 Resultados

El sistema funcionó correctamente: el potenciómetro ajustaba el voltaje, y el LED se encendía automáticamente al sobrepasar 2.1V. Los valores se reflejaron en tiempo real en la aplicación móvil, demostrando la precisión del sistema.

Para el resultado final del objetivo 1, se puede apreciar en la Figura 1 y en la Figura 2, el resultado de los valores dados por el ajuste del potenciómetro. Para el segundo objetivo véase los resultados en la Figura 3, donde al ingresar en el monitor serial la letra "S" el LED se encendía, en cambio, en la Figura 4 se expone el resultado de ingresar al monitor serial la letra "N" que tal acción apagaba el LED. Finalmente para el ultimo objetivo, se da el resultado de la monitorización de los valores del potenciómetro y el estado del LED a través de Bluetooth BLE en un dispositivo como se detalla en la Figura 5 y en la Figura 6, que al cumplirse con el objetivo se puede ver que al tener un valor de 1.65V el LED no enciende, en cambio, con un valor de 2.47V el LED enciende.



Figure 1: Lectura en Plotter Serie

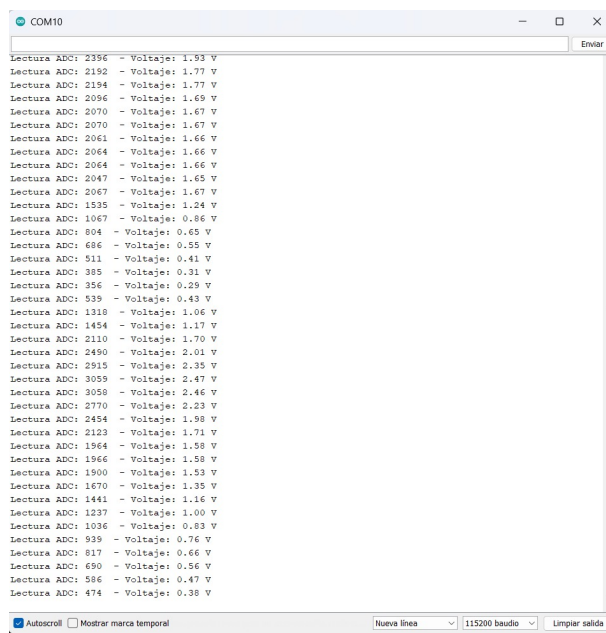


Figure 2: Lectura en Monitor Serie

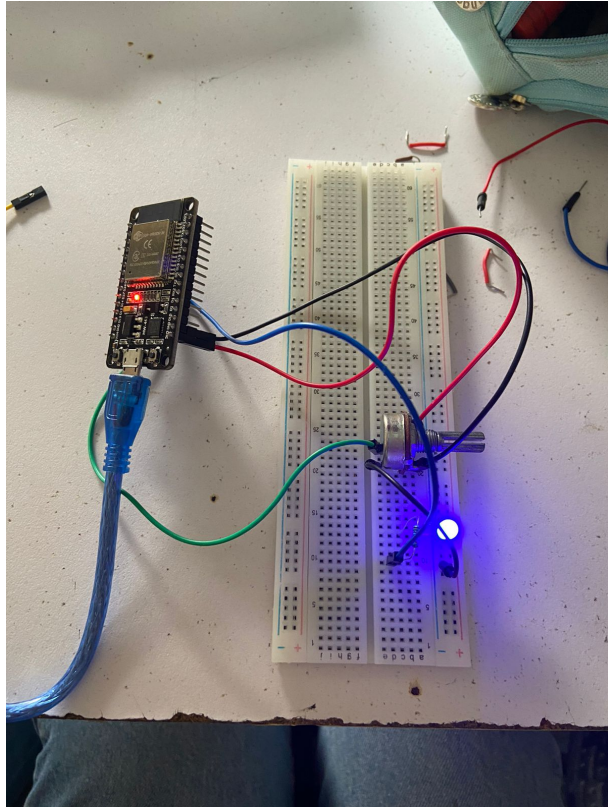


Figure 3: LED encendido con "S"

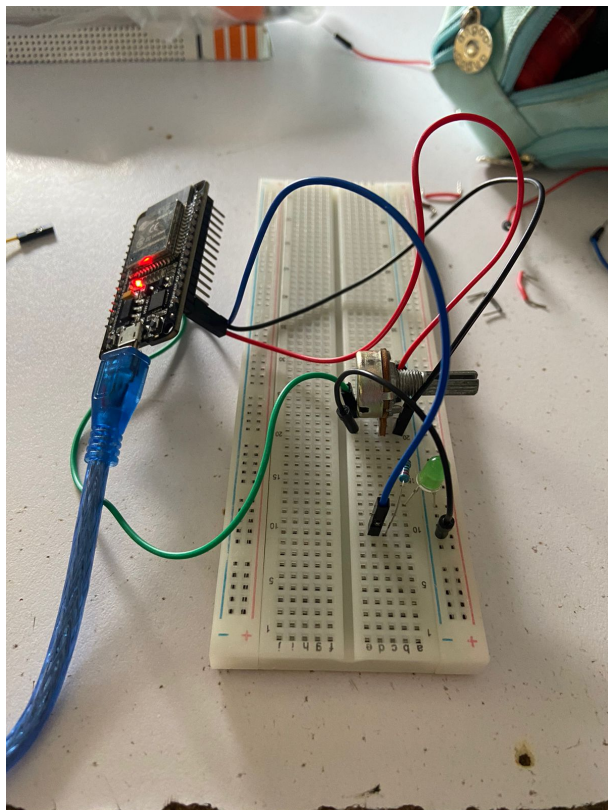


Figure 4: LED apagado con "N"

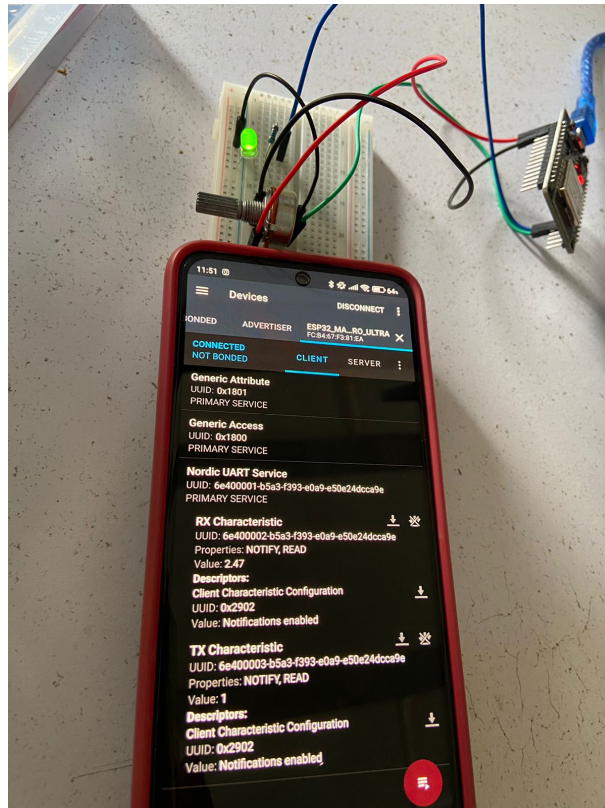


Figure 5: Lectura 1 con BLE y LED encendido

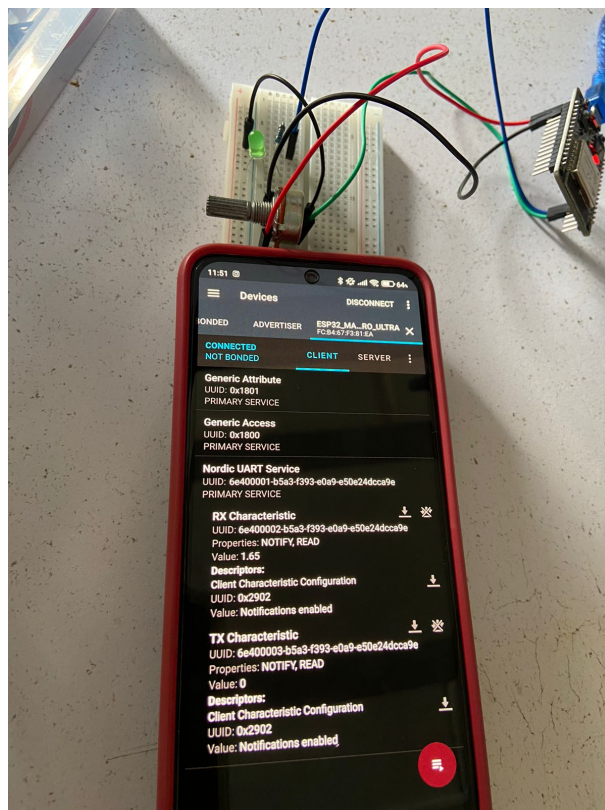


Figure 6: Lectura 2 con BLE y LED apagado

7 Conclusión

La práctica demostró la eficacia del ESP32 y BLE para implementar un sistema de monitoreo y control con bajo consumo energético. Gracias a la precisión de su ADC de 12 bits, el ESP32 capturó variaciones detalladas de voltaje, haciendo posible la activación automática del LED con alta exactitud. Esta práctica es útil en aplicaciones de IoT donde se requiere control remoto, como en sistemas de iluminación inteligente o monitoreo de dispositivos médicos. La tecnología BLE permite integrar sensores en sistemas que pueden ser gestionados desde dispositivos móviles, mejorando la eficiencia y accesibilidad del monitoreo y control de dispositivos.

References

- [1] Espressif Systems. (2023). ESP32 Technical Reference Manual. Recuperado de <https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-technical-reference-manual-en.pdf>
- [2] Nordic Semiconductor. (2024). nRF Connect for Mobile. Recuperado de <https://www.nordicsemi.com/Software-and-Tools/Development-Tools/nRF-Connect-for-mobile>
- [3] Arduino. (2024). Understanding ADC Resolution in Microcontrollers. Recuperado de <https://www.arduino.cc/>
- [4] Texas Instruments. (2023). Fundamentals of Bluetooth Low Energy. Recuperado de <https://www.ti.com/lit/wp/swry014/swry014.pdf>