

Sistema inalámbrico con NRF24L01

Belky Valentina Giron Lopez
est.belky.giron@unimilitar.edu.co
 Docente: José De Jesús Rúgeles

Resumen — Durante la práctica se trabajó el diseño de un sistema de comunicación inalámbrica TX–RX utilizando dos Raspberry Pi Pico 2W y los módulos NRF24L01.

El transmisor toma datos de un joystick y un acelerómetro MPU6050, los muestra en una pantalla oled y los envía de forma inalámbrica al receptor, que a su vez los recibe, los visualiza y controla un servo motor según la información recibida.

La comunicación se realiza con el protocolo SPI para el NRF24L01 y I2C para los sensores y pantallas.

Abstract -- During the practical exercise, we designed a wireless TX-RX communication system using two Raspberry Pi Pico 2W boards and NRF24L01 modules.

The transmitter receives data from a joystick and an MPU6050 accelerometer, displays it on an OLED screen, and wirelessly sends it to the receiver. The receiver then receives and displays the data and uses it to control a servo motor.

Communication is carried out using the SPI protocol for the NRF24L01 and I2C for the sensors and displays.

I. INTRODUCCIÓN

Este proyecto tuvo como propósito crear un sistema que pudiera enviar y recibir datos de forma inalámbrica entre dos microcontroladores Raspberry Pi Pico 2W, usando los módulos NRF24L01.

La idea era construir algo parecido a un control remoto, donde desde un punto (el transmisor) se pudieran enviar señales para mover un servo motor y mostrar la información en un display ubicado en el receptor.

Además de ser una práctica técnica, este proyecto ayuda a comprender cómo se pueden combinar sensores, comunicación inalámbrica y actuadores en un mismo sistema.

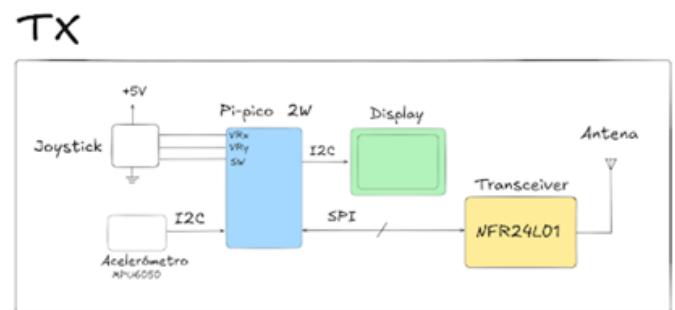
Para el desarrollo del sistema se utilizaron los siguientes componentes principales:

- **Microcontrolador:** Raspberry Pi Pico 2W.
- **Módulo de comunicación inalámbrica:** nRF24L01..
- **Sensor:** MPU6050, conectado mediante el protocolo I2C.
- **Pantalla de visualización:** OLED SSD1306, también por interfaz I2C.
- **Servo motor.**

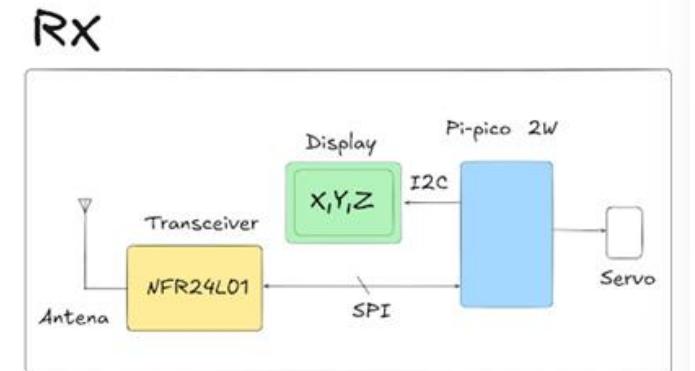
El sistema fue sometido a pruebas experimentales con el fin de comprobar el correcto envío y recepción de datos, la respuesta del servo motor y el comportamiento de la señal PWM. Además, se analizó la frecuencia portadora utilizando un analizador de espectros para verificar el rendimiento de la transmisión.

Desarrollo experimento

Esquema del transmisor



Esquema del receptor

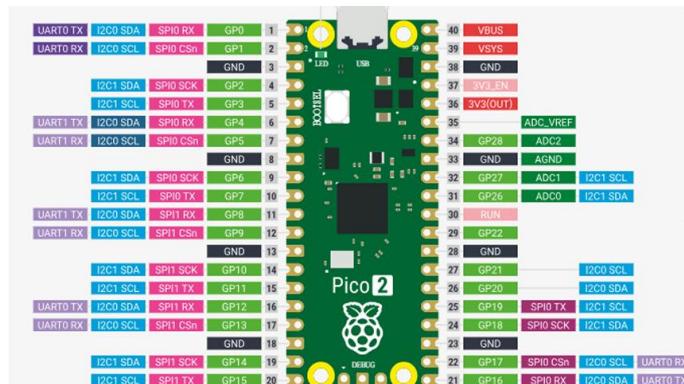


El sistema está conformado por dos módulos principales: Transmisor (TX) y Receptor (RX).

El módulo transmisor se encarga de leer las señales analógicas provenientes del joystick, convertirlas en un valor angular y enviarlas de manera inalámbrica mediante radiofrecuencia. Por su parte, el módulo receptor recibe los datos, ajusta la posición del servo motor según el ángulo recibido y muestra la información correspondiente en una pantalla oled.

Las conexiones del sistema se realizaron a través de los buses SPI y I2C. El bus SPI se utilizó para la comunicación con el módulo NRF24L01, mientras que el bus I2C permitió la conexión tanto de la pantalla oled como del sensor MPU6050.

El joystick se conectó a la entrada analógica GP26 del microcontrolador Pico 2W, y el servo motor fue alimentado con 5V desde el pin VBUS, compartiendo la misma referencia de tierra con la placa principal.



La comunicación inalámbrica se realiza por medio del NRF24L01, un transceptor que utiliza la frecuencia de 2.4 GHz.

El módulo transmisor envía los datos en paquetes que el receptor interpreta en tiempo real.

Los periféricos, como la pantalla oled y el acelerómetro, usan I2C, mientras que la comunicación con el módulo de radio se hace mediante SPI, lo que permite que ambos microcontroladores trabajen de manera coordinada y sin interferencias.

Durante las pruebas finales, se comprobó la correcta comunicación entre los módulos transmisor (TX) y receptor (RX).

El transmisor envió de forma continua los paquetes de datos a una velocidad de 250 kbps y 2Mbps, mientras que el receptor confirmó la recepción completa sin pérdidas.

Configuración de prueba:

- TX operativo: 250 kbps, sin ACK.
- RX activo: 250 kbps, sin ACK.
- Paquetes recibidos: 100%.

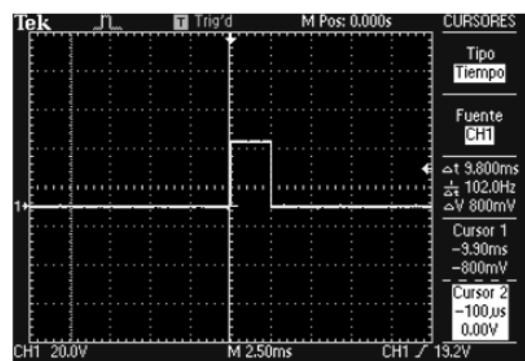
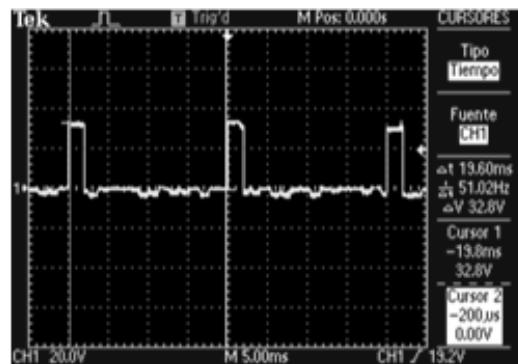
El sistema demostró sincronía total, sin errores ni retardos perceptibles. El movimiento del servo coincidió perfectamente con la posición del joystick, confirmando la estabilidad y precisión de la comunicación inalámbrica.

Durante la transmisión de los datos desde el joystick hacia el receptor, se analizó la señal PWM generada en el pin GP15 del microcontrolador receptor mediante el osciloscopio.

El servomotor respondió directamente a esta señal, permitiendo observar la relación entre el ancho del pulso y el ángulo del eje.

En posición central (equilibrio), el pulso midió 1.5 ms, confirmando la constancia temporal del sistema.

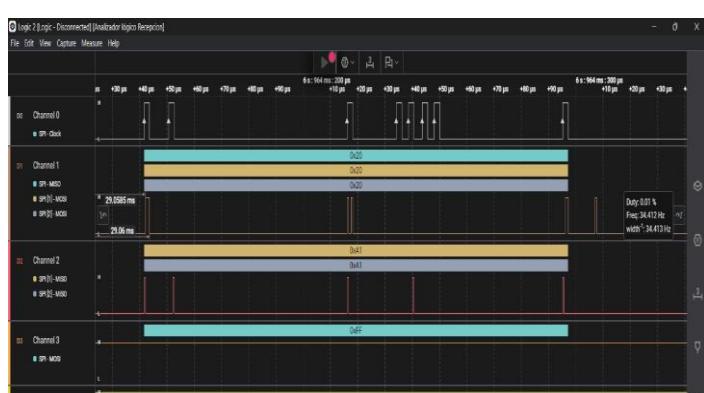
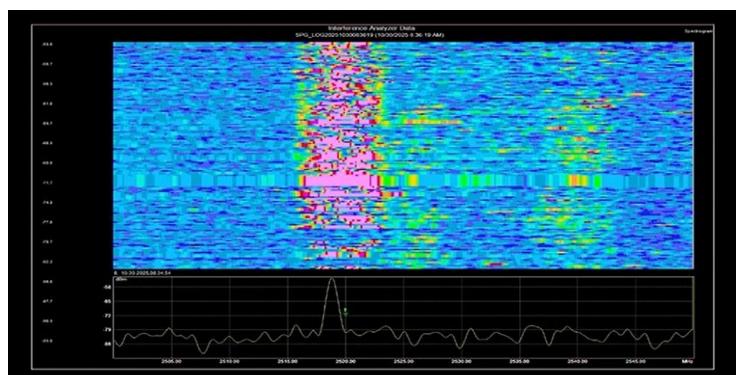
El control se realiza correctamente mediante modulación de ancho de pulso (PWM), manteniendo la frecuencia base sin alteraciones.



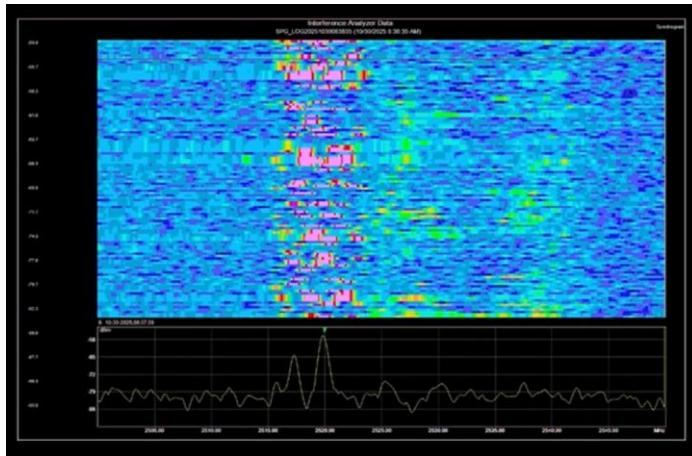
Un espectrograma es una representación visual que muestra cómo cambia la potencia (o energía) de una señal en función del tiempo y la frecuencia.

El espectrograma no mide rendimiento por si solo, pero muestra el comportamientopectral de la señal, el cual afecta directamente el rendimiento.

Espectrograma de comunicación configurada a 250 kbps:



Espectrograma de comunicación configurada a 2 Mbps:



En teoría, al incrementar la velocidad de transmisión de 250 kbps a 2 Mbps, se esperaría un aumento en el ancho de banda ocupado por la señal.

Sin embargo, al analizar ambas gráficas, se observa un pico central en 2520 MHz, con niveles de potencia que varían entre -85 dBm y -55 dBm, y una distribución de energía muy similar en los dos casos.

Esto indica que, aunque la velocidad de transmisión cambió, el comportamiento espectral del sistema se mantuvo estable y dentro del rango esperado.

Otra de las pruebas realizadas consistió en medir la distancia máxima de transmisión que podía alcanzar el sistema. Los resultados mostraron un alcance aproximado de 94 metros cuando se operó a una tasa de 250 kbps y con una potencia de salida de 0 dBm, según la configuración establecida por el controlador de las antenas.

Esto confirma que el sistema mantiene una comunicación estable y confiable incluso a distancias considerables.

REFERENCIAS

- [1] Universidad Militar Nueva Granada. (2025). Guía de laboratorio: Comunicación I²C con Raspberry Pi Pico 2W y pantalla OLED SSD1306. Facultad de Ingeniería, Curso de Computadores II.

Link repositorio GitHub:

<https://github.com/belkyvalentina11/Comunicaci-n-digital-.git>