



INFORME DE LABORATORIO

Autores: José Moreno, Valentina Restrepo

Laboratorio de Electrónica Digital III

Departamento de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Universidad de Antioquia

Abstract

This project presents the design and development of a portable device for measuring environmental noise with precise geolocation, utilizing a microphone, a GPS module, a 32-bit microcontroller, non-volatile memory, a push button, and several indicator LEDs. Upon activation, the device confirms its operability and GPS signal via a green LED. Pressing the button initiates the system to capture and process sound for 10 seconds, determining the noise level in decibels and associating it with the geographic location. The process status is indicated through LEDs of different colors, ensuring secure data storage in non-volatile memory. The device features a USB interface for data download and is optimized for efficient power consumption by implementing the MCU's low-power modes. This system provides an effective and portable tool for monitoring acoustic pollution in various areas.

Introducción

La contaminación acústica es un problema ambiental significativo que afecta la calidad de vida y la salud humana. Este proyecto aborda esta problemática mediante el desarrollo de un dispositivo portátil y eficiente que mide el ruido ambiental y lo geolocaliza con precisión. Utilizando un micrófono, un módulo GPS y el microcontrolador de 32 bits Raspberry Pico Pi W, el sistema capta y procesa el sonido, almacenando los datos en memoria no volátil para asegurar su integridad. La interacción del usuario se facilita a

través de un pulsador y LEDs indicadores de estado, mientras que la descarga de datos se realiza mediante una conexión USB. Además, el diseño compacto y las estrategias de bajo consumo de energía garantizan su operabilidad en diversos entornos, proporcionando una herramienta efectiva para monitorear y gestionar la contaminación acústica.

Marco Teórico

Protocolo UART

El protocolo UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) facilita la comunicación serial entre dispositivos electrónicos al transmitir datos de manera asíncrona, sin requerir un reloj compartido entre el emisor y el receptor. Utiliza una línea de datos bidireccional que consiste en un transmisor (Tx) y un receptor (Rx), y la velocidad de transmisión se acuerda mediante la tasa de baudios.

Cada transmisión se estructura en frames de datos que incluyen un bit de inicio, los bits de datos reales, opcionalmente un bit de paridad para verificación de errores, y uno o más bits de parada. Aunque su velocidad es relativamente limitada y puede haber problemas de sincronización si las tasas de baudios no están alineadas, el protocolo UART destaca por su simplicidad, bajo costo y flexibilidad, siendo ampliamente utilizado en aplicaciones como la comunicación entre

microcontroladores, la conexión a periféricos y las interfaces de usuario en sistemas embebidos.

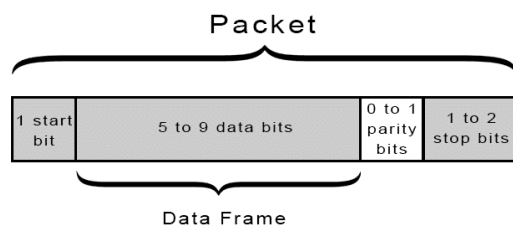


Figura 1. Protocolo UART frame

Módulo GPS

El módulo GPS recibe señales de al menos cuatro satélites GPS que orbitan la Tierra. Cada satélite transmite continuamente una señal que contiene su posición y la hora precisa de transmisión. Estas señales son captadas por el receptor GPS, que registra el tiempo exacto en que cada señal llega al módulo.

Utilizando la información de tiempo y la velocidad constante de la luz, el receptor calcula la distancia entre él y cada satélite. Conocida la distancia a al menos tres satélites, el módulo GPS utiliza un proceso matemático llamado trilateración para determinar su posición exacta en la Tierra. Este proceso implica intersectar las esferas que representan las distancias medidas a cada satélite, lo que resulta en un punto que representa la posición del receptor.

Sin embargo, hay varios factores que pueden introducir errores en las mediciones, como la atmósfera terrestre, la ionosfera y los relojes de los satélites y del receptor que no están perfectamente sincronizados. Para compensar estos errores, el receptor GPS realiza correcciones, como la compensación del retraso de la señal debido a la atmósfera y la ionosfera, y la sincronización del tiempo con los relojes de los satélites.

Módulo Analógico de Micrófono

Los micrófonos analógicos que se encuentran comúnmente en módulos para aplicaciones como la medición de ruido ambiental suelen basarse en tecnología de condensador electret.

Estos micrófonos constan de un diafragma sensible al sonido y una placa trasera fija separados por un pequeño espacio lleno de un dieléctrico. Cuando las ondas sonoras llegan al diafragma, este se mueve, cambiando la capacitancia entre el diafragma y la placa trasera. Este cambio en la capacitancia produce una variación en la corriente eléctrica, que es proporcional a la presión sonora.

Los micrófonos electret requieren una fuente de alimentación para polarizar el elemento electret y amplificar la señal generada.

Por lo tanto, los módulos de micrófono analógico generalmente incluyen un circuito de preamplificación que amplifica la señal débil del micrófono a un nivel adecuado para su procesamiento por otros componentes del sistema, como un microcontrolador o un circuito de procesamiento de señales.

Procedimiento Experimental y Resultados

Se comenzó probando los periféricos de forma independiente.

Para el módulo GPS, se hicieron pruebas con las referencias 6MV2 y ATGM336H en Arduino pero no se obtuvieron buenos resultados, por lo que se adecuó mejor el código en C para el módulo GPS 6MV2.



Figura 2. GPS 6MV2

Se tuvieron unos primeros resultado con el GPS así:

```

GPS Data: $GPRMC,,V,,,,,,,,,N*53
GPS Data: $GPVTG,,,,,,,,,N*30
GPS Data: $GPGGA,,,,,0,00,99.99,,,,,*48
Parsed GGA Sentence: time: , lat: , ns: , lon: , ew: , fix_quality: 117901063
Time: , Latitude: 0.000000 , Longitude: 0.000000
Google Maps URL: https://www.google.com/maps?q=0.000000,0.000000
GPS Data: $GPGSA,A,1,,,,,,,,,99.99,99.99,99.99*30
GPS Data: $GPGSV,4,1,15,03,,25,05,,25,06,,26,09,,25*72
GPS Data: $GPGSV,4,2,15,11,,26,12,,25,13,,26,14,,25*7F
GPS Data: $GPGSV,4,3,15,16,,25,17,,25,19,,26,22,,26*73
GPS Data: $GPGSV,4,4,15,24,,26,28,,26,33,,28*7B
GPS Data: $GPGT,,,,,V,N*64

```

Figura 3. Resultados con GPS

Tras tener una salida de datos, se movió el GPS a un lugar donde las estructuras no fuesen un problema y se obtuvieron los resultados de la figura 4.

```

time: 225722.00, lat: 225722.00, ns: , lon: 225722.00,

```

Figura 4. Resultados con GPS

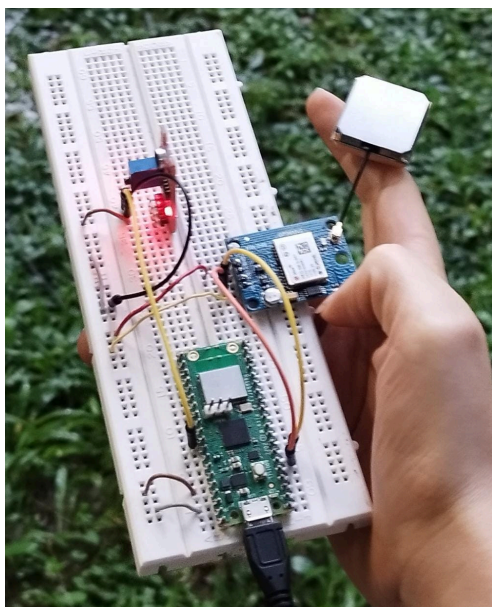


Figura 5. Módulo GPS

Descripción de las salidas del protocolo NMEA

- \$GNRMC

Time, date, position, course and speed data.

- \$GNVTG

Course and speed relative to the ground.

- \$GNGSA

- \$GNGSA

Used to represent the ID's of satellites which are used for position fix. When both GPS and Beidou satellites are used in position solution, a \$GNGSA sentence is used for GPS satellites and another \$GNGSA sentence is used for Beidou satellites

- \$GPGSV

Satellite information about elevation, azimuth and CNR, \$GPGSV is used for GPS satellites

- \$GLGSV

Satellite information about elevation, azimuth and CNR, \$GPGSV is used for GPS satellites, while \$GLGSV is used for GLONASS satellites

- \$GNLL

Position, time and fix status.

En el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo varias etapas clave para la implementación y calibración del micrófono utilizando el ADC y DMA del microcontrolador. Inicialmente, se configuró el ADC para leer los valores analógicos del micrófono, convirtiéndolos en datos digitales que pudieran ser procesados. Esto incluyó la selección del canal adecuado y la configuración de la frecuencia de muestreo.

La configuración del DMA fue una etapa crucial y desafiante, ya que se necesitaba asegurar que los datos del ADC se transfirieran correctamente a la memoria sin intervención del procesador, permitiendo así un procesamiento más eficiente y continuo. Esta parte del proceso presentó varias dificultades iniciales, especialmente en la sincronización y calibración de las lecturas del micrófono.

A través de numerosos ajustes y pruebas, logramos calibrar el sistema adecuadamente. Se implementaron interrupciones y manejadores para procesar los datos del micrófono en tiempo real, calculando el nivel de ruido en decibelios a partir de los valores de voltaje promedio. Finalmente, después de superar estos desafíos técnicos, el sistema de medición del micrófono funcionó correctamente, proporcionando lecturas precisas y fiables del nivel de ruido ambiental. Esto permitió realizar un análisis acústico detallado, cumpliendo con los objetivos del proyecto.

Al tener estos dos módulos funcionales, se ordenó el código en diferentes librerías para mejor manejo del mismo en el módulo principal o main y poder implementar en él las funciones de cada periférico.

Discusión de resultados

Los módulos resultaron funcionales, tras adecuar y construir librerías, realizar pruebas en diferentes ambientes y bajo diferentes condiciones climáticas.

No se implementará la memoria para almacenar los datos recogidos por el GPS, tampoco el envío de estos en tiempo real por protocolos IoT.

Conclusiones

- Probar en un lenguaje de más alto nivel el funcionamiento de cada periférico de forma independiente es el primer paso para abordar un proyecto así, pues se evitan problemas a mayores escalas que pudieron haber sido resueltos con pruebas básicas.
- Tener en cuenta las condiciones físicas en las que se prueba el GPS influye en cambios necesarios para su correcto funcionamiento, pues algunos edificios hacen de celda y no permiten un correcto “enganche” del GPS con satélites, por lo que probar el diferentes sitio, óptimamente al aire libre y sin presencia de nubes asegura los mejores resultados.
- El micrófono al ser analógico, aunque venga presentado ya en un módulo, debe pasar por un acondicionamiento de la señal debido a la relación del ADC con el DMA.
- El desarrollo y la calibración del sistema de medición acústica utilizando un micrófono, ADC y DMA en un microcontrolador demostraron ser un proceso complejo pero gratificante. A pesar de enfrentar desafíos significativos en la configuración inicial y la sincronización de los datos del micrófono, el esfuerzo dedicado a la resolución de estos problemas resultó en un sistema robusto y fiable. La implementación de

interrupciones y manejadores de eventos permitió una captura y procesamiento de datos en tiempo real, logrando una medición precisa del nivel de ruido en decibelios. Esta experiencia subraya la importancia de la paciencia y el rigor en el desarrollo de sistemas embebidos, así como la necesidad de una cuidadosa calibración para obtener resultados precisos. El éxito de este proyecto no solo cumplió con los objetivos establecidos, sino que también proporcionó una valiosa experiencia en el manejo de periféricos avanzados y técnicas de procesamiento de señales en tiempo real.

Referencias

- [1] Kashyap, B., & Ravi, V. (2020, December). Universal verification methodology based verification of UART protocol. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1716, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- [2] Panetta, M. P., Abbrescia, M., Avanzini, C., Ferroli, R. B., Baldini, L., Batignani, G., ... & Zuyeuski, R. (2019). The new trigger/GPS module for the EEE project. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 936, 376-377.
- [3] "NMEA Format v0.1," qso.com.ar. [Online]. Available: https://www.qso.com.ar/datasheets/Receptores%20GNSS-GPS/NMEA_Format_v0.1.pdf. [Accessed: 04-Jun-2024].
- [4] "NEO-6 DataSheet (GPS.G6-HW-09005)," u-blox. [Online]. Available: https://content.u-blox.com/sites/default/files/products/documents/NEO-6_DataSheet_%28GPS.G6-HW-09005%29.pdf. [Accessed: 04-Jun-2024].