

PARCIAL SEGUNDO CORTE - SISTEMAS EMBEBIDOS

Wendy Chaparro, Cristopher Ramírez

Escuela de Ciencias Exactas e Ingeniería

Universidad Sergio Arboleda - Bogotá, Colombia

wendy.chaparro01@usa.edu.co, cristopher.ramirez01@usa.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo documenta el desarrollo de un robot micromouse, que incluye el diseño de su circuito y la configuración de sus sensores y motores. El proyecto fue implementado en una tarjeta STM32F411, donde se configuraron los temporizadores, encoders y motores. El objetivo principal fue calibrar los sensores IR para medir con precisión la distancia a una superficie, y ajustar los motores para controlar la velocidad y desplazamiento del robot.

2. MATERIALES

- Circuito PCB del robot
- Placa de desarrollo STM32F411.
- Condensadores cerámicos y electrolíticos.
- Resistencias.
- STM32CubeIDE
- base y estructura del robot
- regulador MP1584
- Encoder de cuadratura
- Puente H
- motores DC
- Kicad

3. ANÁLISIS Y DESARROLLO

Inicialmente, se elaboró el circuito del micromouse (3) en KiCad para ser impreso en baquela y así poder implementarlo en la estructura del robot (4). Se acomodaron todos los elementos del robot, tales como ruedas, motores, encoders, circuito y bases, para comenzar con la configuración del firmware.

Una vez realizada la impresión y habiendo soldado todos los componentes, se configuró la tarjeta de desarrollo STM32F411 para enviar los datos como puerto virtual. En ella también se realizaron los ajustes necesarios para controlar los motores, configurar los temporizadores en modo encoder y generador de PWM, y recibir las señales de los sensores IR en puertos ADC.

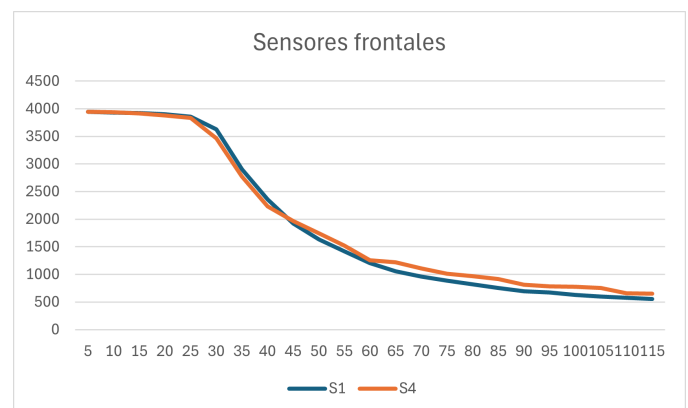
Se utilizaron dos emisores y receptores de IR que, mediante el programa, se configuraron para que uno permaneciera encendido durante aproximadamente 1 ms mientras

el otro permanecía apagado. Así se midió la distancia a una superficie blanca mate, calibrando estos sensores para obtener una medida cercana a la distancia real. Para la calibración de los sensores, se tomaron medidas de distancia cada 5 mm, desde 5 mm hasta 115 mm.

Con las medidas realizadas, se obtuvo la gráfica de respuesta de cada sensor, evidenciando un comportamiento no lineal (2). Posteriormente, se promediaron las mediciones de cada sensor a cada distancia, y se realizó la conversión de los valores ADC a voltaje mediante una función. Una vez calculados los voltajes, se aplicó la ecuación de la recta a cada medición para obtener la distancia correspondiente a dicho voltaje.

Este proceso se realizó mediante el envío de datos por el puerto USB, y el software Hercules se utilizó para capturar estos datos y registrarlos en Excel para su graficación. Es importante señalar que los sensores que se estaban calibrando son los frontales y están ubicados a una distancia de aproximadamente 17 mm de la punta de la estructura frontal del micromouse.

Figura 1: Respuesta de los sensores IR



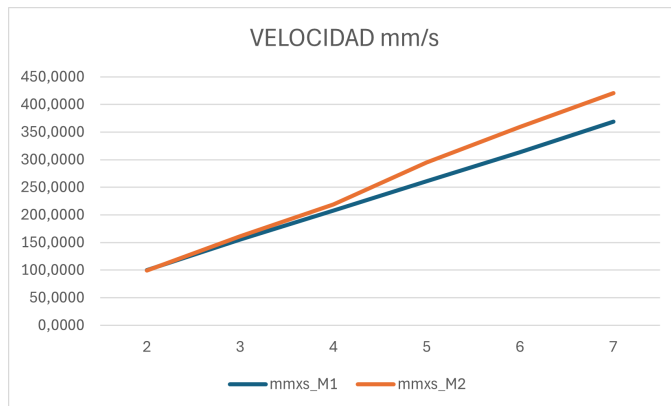
Una vez configurados los sensores frontales del micromouse, se procede con la configuración de los motores. Para realizar esta configuración es necesario conocer parámetros como el diámetro de las ruedas del motor, la cantidad de pulsos generados por una vuelta completa de la rueda y la

longitud de arco que representa el perímetro de la rueda, así como la cantidad de pulsos correspondiente a 1 mm.

Con los parámetros necesarios definidos, el primer paso fue obtener la cantidad de pulsos generados en una vuelta completa de la rueda. Este procedimiento se realizó mediante pulsos objetivo, ajustados en función de la proximidad de la rueda a completar una vuelta, utilizando una marca como punto de referencia. A través de este proceso, se determinó que 780 pulsos equivalen a una vuelta de rueda y, por lo tanto, aproximadamente 8 pulsos corresponden a 1 mm. Además, dado que el diámetro es de 35 mm, la longitud de arco que representa la rueda es de 109,95 mm.

Con estos parámetros obtenidos, se lleva a cabo un procedimiento similar al descrito en la calibración de los sensores, con el objetivo de medir la cantidad de pulsos (velocidad) a medida que se varía la energía suministrada a los motores. Esto permite conocer la velocidad del robot en mm/s a diferentes voltajes, para así diseñar una función de *feedforward* que reciba una velocidad en mm/s, logrando que el robot se desplace a dicha velocidad hasta una distancia objetivo de x mm, la cual se traduce en pulsos.

Figura 2: Respuesta de los Motores en mm/s



4. RESULTADOS

Durante el desarrollo del micromouse, se lograron importantes avances en la configuración y calibración de sus sensores y motores, aunque también se presentaron algunos desafíos que llevaron a ajustes adicionales:

- **Calibración de Sensores IR:** En la calibración de los sensores IR, se obtuvo que uno de los sensores proporcionaba mediciones más precisas que el otro. Fue necesario tomar múltiples mediciones del primer sensor, ya que este presentaba variaciones en los valores de ADC. Para mejorar la precisión, se implementó un método de "filtrado que excluye la primera" lectura del ADC, ya que introducía ruido en las mediciones, y luego se promediaron las

lecturas siguientes. Los datos capturados mostraron un comportamiento no lineal, y se graficaron para analizar la respuesta del sensor.

- **Respuesta de los Motores:** La configuración de los motores, que incluyó la lectura de pulsos generados por los encoders, fue clave para el control de velocidad y precisión en los desplazamientos del micromouse. Se estableció que 780 pulsos corresponden a una vuelta completa de la rueda, lo que equivale aproximadamente a 8 pulsos por cada milímetro recorrido. No obstante, al inicio, la programación y lectura de los encoders presentaron dificultades que afectaron las medidas iniciales. Superados estos inconvenientes, se obtuvieron las ecuaciones lineales inversas para los motores, que permitieron calcular la distancia recorrida en función de la velocidad (en mm/s).

- Ecuación inversa motor 1

$$x = \frac{y - 31,281}{65,076}$$

- Ecuación inversa motor 2

$$x = \frac{y - 47,223}{53,469}$$

- **Gráficas y Análisis de Comportamiento:** Los datos obtenidos de los sensores IR y los motores fueron graficados, lo que permitió visualizar y ajustar los parámetros del sistema de control de velocidad. Estas gráficas ayudaron a identificar la respuesta del robot frente a cambios en el voltaje de los motores, lo que facilitó la creación de una función de *feedforward* que ajusta automáticamente la velocidad en función de la distancia objetivo.

5. CONCLUSIONES

1. La calibración de los sensores IR es esencial para obtener mediciones de distancia precisas, dado el comportamiento no lineal de estos sensores.
2. La conversión de valores de ADC a voltaje y luego a distancia es fundamental para obtener datos precisos, un punto favorable en la conversión de ADC a voltaje es la linealidad del mismo en el chipm STM32F411.
3. La configuración adecuada de los encoders y los pulsos generados por los motores es indispensable para lograr un control eficiente de la velocidad y desplazamiento del robot.
4. Las gráficas y captura de datos permiten una aproximación ideal para el óptimo funcionamiento del robot ya que permite estar muy cerca de los datos reales.

Apéndice

Figura 3: Esquemático del robot micromouse

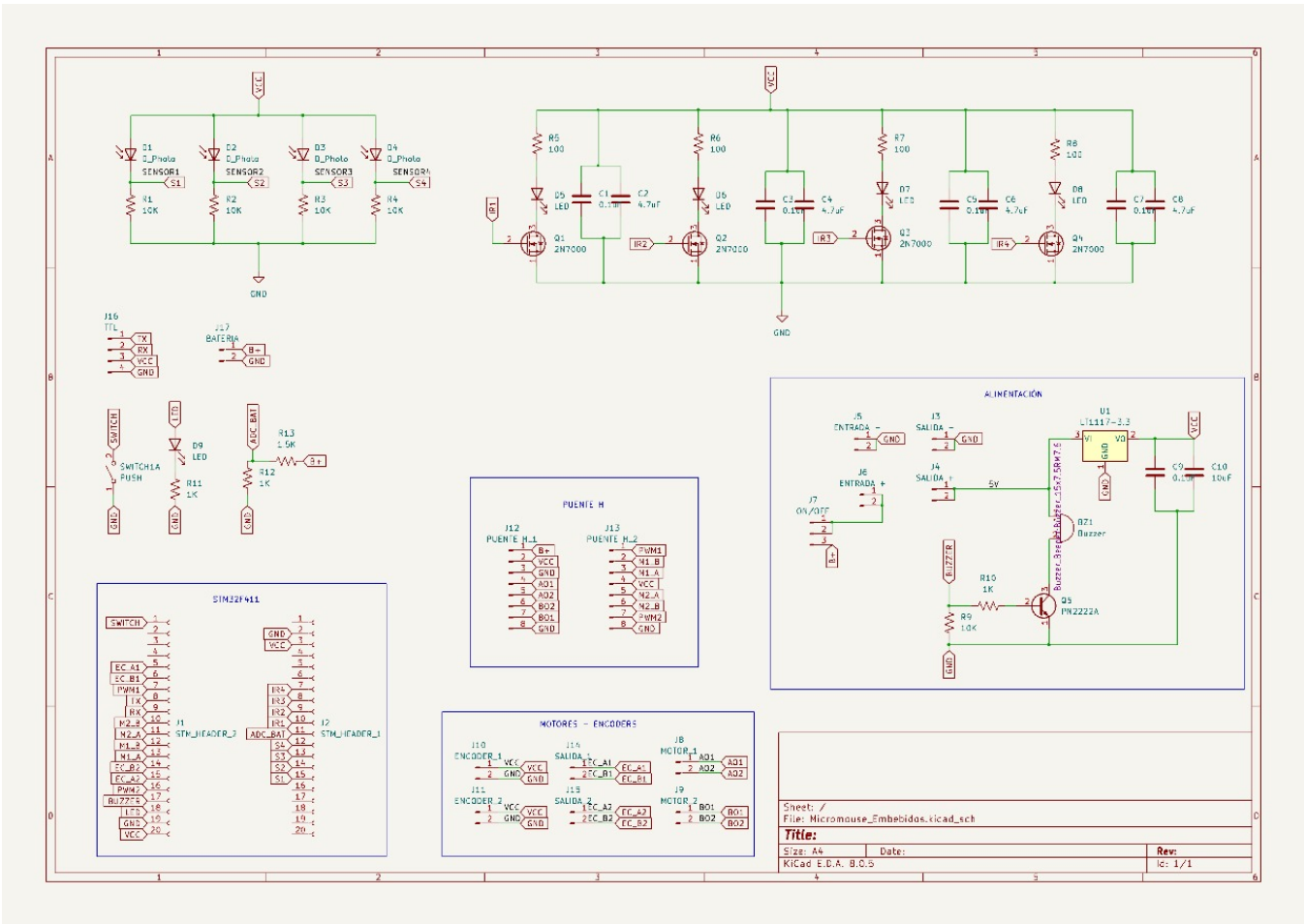


Figura 4: PCB del robot micromouse

