



Sistemas Digitales	DEPTO. DE ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN ÁREA DIGITALES - PLAN 2003
PROYECTO	 

COMPETENCIA DE ROBOTS EN LABERINTOS

OBJETIVO GENERAL

El objetivo de este proyecto es que los estudiantes apliquen y profundicen sus conocimientos en diseño digital mediante la implementación de un sistema de control eficiente en un microcontrolador. Este sistema permitirá que un robot autónomo navegue y salga de un laberinto desconocido en el menor tiempo posible.

El proyecto está enfocado en el uso de diversos periféricos (como ADC, GPIO, temporizadores y controladores DMA), el manejo de interrupciones y la programación en lenguaje C para microprocesadores.

El sistema desarrollado deberá permitir al robot tomar decisiones en tiempo real: detectar y reaccionar a obstáculos, desplazarse en línea recta sin desviaciones ni colisiones, y ajustar su trayectoria de forma autónoma para evitar paredes y otras barreras hasta alcanzar la salida. Además, deberá incorporar un algoritmo que optimice el recorrido, minimizando tanto el tiempo como la distancia recorrida dentro del laberinto.

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Los estudiantes trabajarán en equipos y participarán en una competencia en la que se premiará al grupo cuyo robot complete el laberinto en el menor tiempo. Esto incentivará el desarrollo de soluciones creativas y eficientes.

El sistema completo se dividirá en varios subsistemas, tales como: control de motores, sensores de detección de obstáculos y paredes, algoritmos de navegación, y lógica de control central.

Con el fin de simular la dinámica de trabajo empleada en entornos profesionales, cada equipo será responsable de asignar internamente las tareas relacionadas con el diseño e implementación de estos subsistemas, según las habilidades y fortalezas de sus integrantes. Esta estructura promueve tanto la especialización como la colaboración dentro del equipo.

Adicionalmente, los equipos deberán utilizar Git para gestionar sus proyectos, lo que facilitará el trabajo colaborativo, el seguimiento de los cambios y el mantenimiento de un historial claro de versiones.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

- Diseñar sistemas digitales utilizando máquinas de estado.
- Desarrollar sistemas sobre plataformas embebidas.
- Fortalecer habilidades en redacción de reportes de resultados e informes técnicos.
- Fomentar el desarrollo de criterios de evaluación para la solución de problemas, incluyendo toma de decisiones, justificación técnica y buenas prácticas de diseño.

1° PARTE: DISEÑO DEL SISTEMA

En esta etapa, cada equipo deberá presentar un borrador del diseño propuesto. No se requiere un formato específico, pero sí una descripción detallada de la solución planteada, que incluya los principios de funcionamiento, organización del sistema y justificación de las decisiones técnicas.

Se recomienda acompañar la descripción con esquemas, diagramas de bloques, diagramas de flujo u otros recursos gráficos que faciliten la comprensión del diseño. Esta entrega puede realizarse en formato físico o digital, según la preferencia del equipo.

2° PARTE: IMPLEMENTACIÓN

La implementación del sistema se realizará sobre una placa de desarrollo basada en un microcontrolador.

Cada equipo será responsable de:

- Desarrollar los distintos módulos del sistema, incluyendo el control de motores, sensores, lógica de navegación y otros componentes relevantes.
- Realizar pruebas físicas directamente en la placa para validar el funcionamiento de cada módulo por separado.
- Integrar, probar y ajustar el sistema completo en el robot, asegurando su correcto desempeño en condiciones reales.

Esta etapa permite a los estudiantes aplicar los conocimientos adquiridos y refinar el diseño en función de los resultados obtenidos durante las pruebas experimentales.

3° PARTE: PRESENTACIÓN Y COMPETENCIA

Cada equipo deberá:

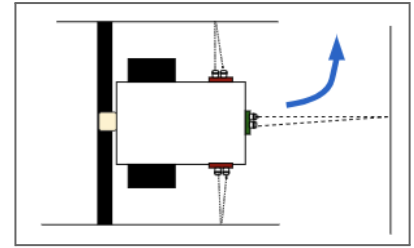
1. Compartir el enlace al repositorio de Git que contenga el proyecto completo, utilizando el siguiente documento: [haga clic aquí para acceder al documento](#).
2. Realizar una breve presentación del proyecto, en la que todos los integrantes del grupo deben participar. Durante esta instancia, deberán explicar el algoritmo desarrollado, la lógica de navegación y las decisiones técnicas tomadas. El jurado podrá hacer preguntas para evaluar la comprensión del trabajo realizado.
3. Participar en la competencia final, donde los robots de cada equipo intentarán salir del laberinto. Ganará el equipo cuyo robot complete el recorrido en el menor tiempo.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

Dadas las características del robot y los objetivos del sistema, el trabajo se divide en los siguientes subproyectos o subsistemas, cada uno con una función específica dentro del comportamiento general del robot.

SUBSISTEMA 1: Desplazamiento en línea recta

El robot debe ser capaz de avanzar en línea recta sin desviaciones. Para lograrlo, se utilizarán sensores laterales conectados a entradas analógicas de un ADC del microcontrolador. Cuando los sensores detecten una proximidad excesiva a una pared (es decir, un valor por debajo de un umbral establecido), el sistema deberá actuar sobre los motores para ajustar la dirección y alejar al robot del obstáculo, manteniéndolo centrado en el pasillo.



SUBSISTEMA_2: Control de giro 90° / 180°

El robot debe poder realizar giros de 90° o 180°, necesarios para navegar esquinas o retroceder al encontrar un muro. Para ello, se utilizará un sensor frontal que, al detectar un obstáculo, activará una secuencia de control sobre los motores. Mediante el uso de temporizadores o contadores, se controlará el tiempo o la cantidad de pasos necesarios para completar el giro deseado.

SUBSISTEMA_3: Detección de cuadrícula

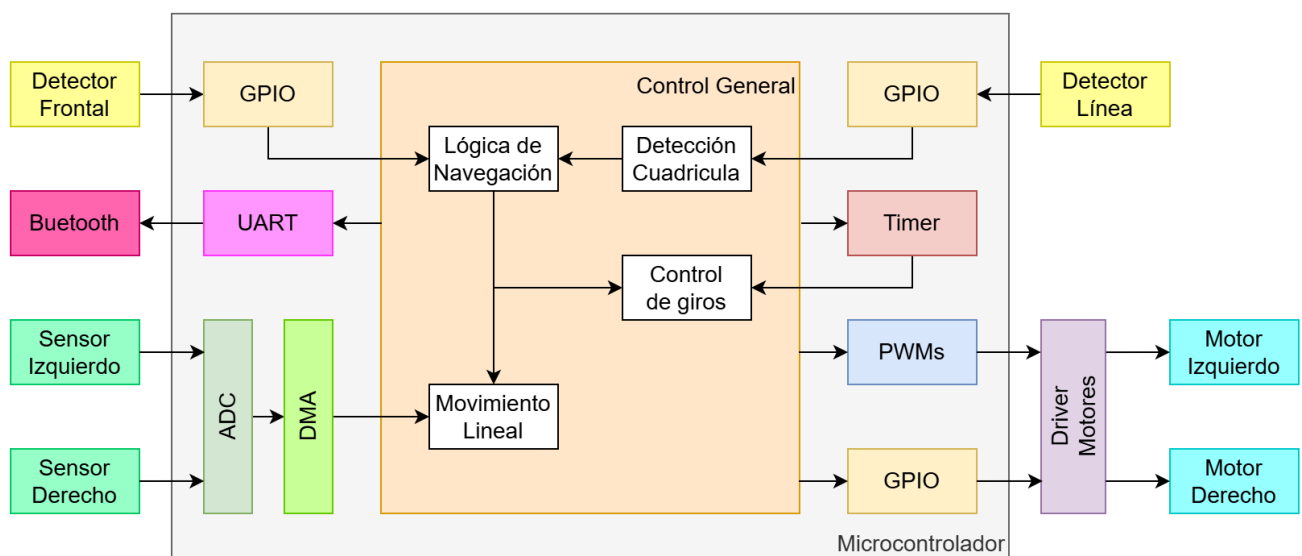
El robot debe ser capaz de reconocer en qué casilla o cuadrícula del laberinto se encuentra. Esto se logra utilizando un sensor de línea ubicado en la parte inferior del robot. Cada vez que se detecta una línea, se incrementa un contador que lleva el registro de la posición relativa. Este valor deberá ser transmitido por Bluetooth para ser visualizado en una aplicación en un teléfono móvil o en una PC.

SUBSISTEMA_4: Control general y lógica de navegación

Este subsistema gestiona la lógica de navegación y toma de decisiones del robot. Su función principal es definir y ejecutar una estrategia que le permita salir del laberinto.

Una opción básica sería girar aleatoriamente al detectar un muro, aunque no garantiza una salida efectiva. Como alternativa recomendada, se puede implementar un algoritmo más robusto como el algoritmo de llenado de celdas (flood fill, [clic aquí para ver un breve video explicativo](#)), que permite optimizar el recorrido y aumentar las probabilidades de éxito.

A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UN ESQUEMA DE EJEMPLO.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

El sistema se realizará sobre una placa de desarrollo [STM32F407G-DISC1](#) (basada en el microcontrolador STM32F407VGT6) y se utilizará la herramienta de diseño STM32CubeIDE, producida por STMicroelectronics, para el desarrollo y depuración del firmware en lenguaje C que correrá el microprocesador.

El robot cuenta con:

- Un detector infrarrojo de proximidad para obstaculos o muros al frente (GPIO).
- Un detector de línea en la parte trasera para determinar si el robot atraviesa una celda (GPIO).
- Dos sensores infrarrojos de proximidad para medir distancias a cada lado (ADC + DMA).
- Un driver para controlar dos motores (uno para cada rueda) (PWM + GPIO).
- Un modulo bluetooth con conexión serial (UART).

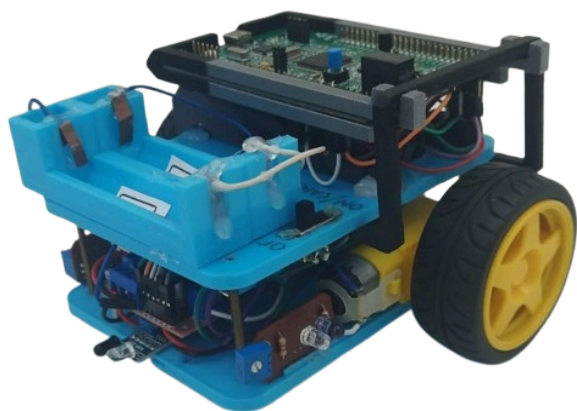


Figura 1. Robot.

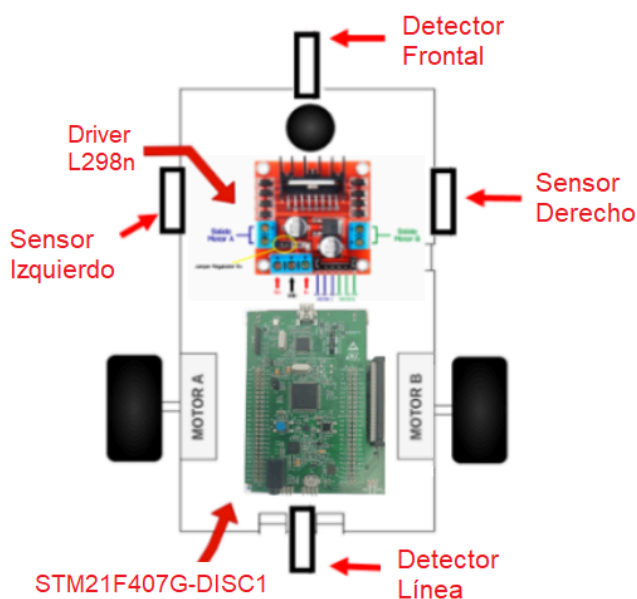


Figura 2. Componentes

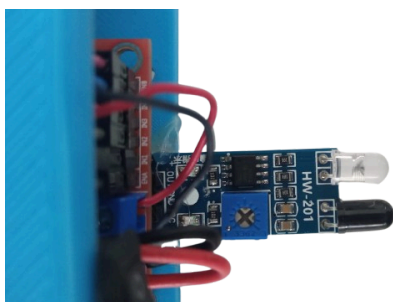


Figura 3. Detector frontal (SensorF).

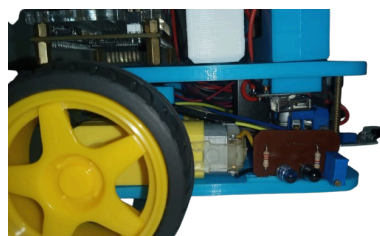


Figura 4. Sensor lateral derecho (SensorD).

El detector de línea está conectado al pin PC7 del microcontrolador y es activo bajo, es decir, entrega un 0 lógico cuando detecta negro y un 1 lógico cuando detecta blanco.

El detector de obstáculos y muros está conectado al pin PC6 del microcontrolador y es activo bajo, es decir, entrega un 0 lógico cuando detecta un obstáculo, si no, entrega un 1 lógico.

El sensor lateral izquierdo está conectado al pin PB1 (canal 9 del ADC1) del microcontrolador y el derecho al pin PB0 (canal 8 del ADC1). Ambos entregan aproximadamente el valor 400 cuando están cerca de una pared u obstáculo y 4000 cuando no están lejos.

El driver requiere tres señales de control por cada motor: M0, M1 y Vel. Las dos primeras controlan la dirección de giro del motor de acuerdo a la Tabla 1, mientras que la última maneja la velocidad de giro según la Tabla 2.

M1	M0	Acción
0	1	Avance
1	0	Retroceso
0	0	Frenado
1	1	Frenado

Tabla 1. Control de giro.

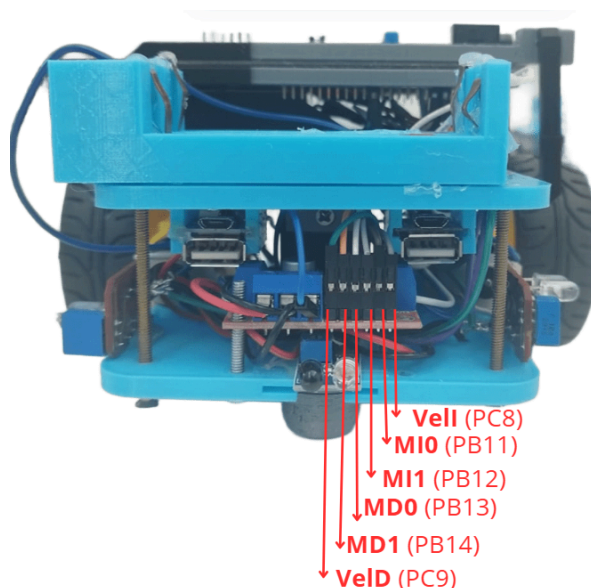
Vel	Velocidad
0 V	Nula
5 V	Máxima
PWM	Proporcional al ciclo de trabajo (depende de la frecuencia)

Tabla 2. Velocidad de giro.

La conexión entre las señales de control del driver y los pines del microcontrolador se detalla en la Tabla 3.

Señal		Pin
bit 0 de giro del motor izquierdo	MI0	PB11
bit 1 de giro del motor izquierdo	MI1	PB12
Velocidad del motor izquierdo	VelI	PC8
bit 0 de giro del motor derecho	MD0	PB13
bit 1 de giro del motor derecho	MD1	PB14
Velocidad del motor derecho	VelD	PC9
bit 0 de giro del motor izquierdo	MI0	PB11

Tabla 3. Señal de control del Driver.



Combinando las direcciones de giro de cada motor como indica la Figura 5, el robot puede avanzar, retroceder, girar a la izquierda o a la derecha.

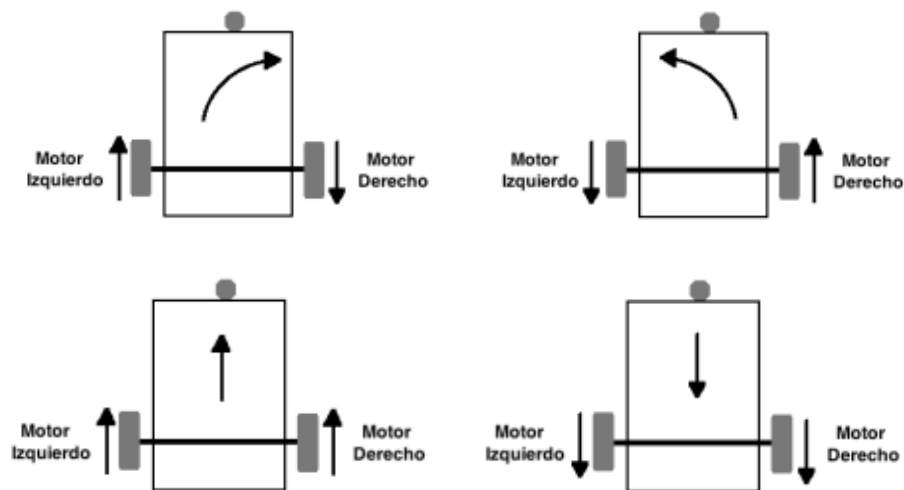
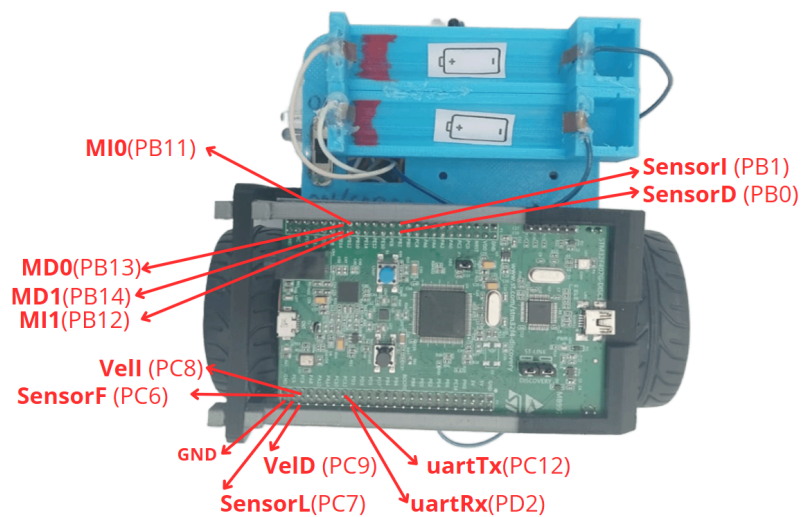


Figura 5. Movimientos del robot.



FECHAS DE ENTREGA Y DESIGNACIÓN DE GRUPOS

FECHA DE ENTREGA ⇒ 27 de junio

DESIGNACIÓN DE GRUPOS

EQUIPO 1		EQUIPO 2		EQUIPO 3	
Larrieu Lacoste	Ian Pedro	Loyza	Augusto	Starita	Lucas
Mozo	Demian Nehuel	Garré	Sebastián Nehuen	Rabini	Franco
Meneghini	Juan Manuel	Iampietro	Facundo	Loza	Santiago Benjamin
Chiocarello	Agustina	Nepveux	Agathe	Mosler Herna	Santiago Agustin
Fontanals	Manuel Andres	Rossi	Juan Manuel	Pipoli	Gian Dylan
Solis	Tamara Noelia	Trigo	Daniel Nicolas		