



Instituto Politécnico Nacional
Escuela superior de Cómputo



Ingeniería en Sistemas Computacionales

Electrónica Analógica

Carro Seguidor de Línea Negra

Integrantes:

Bernal Ramírez Brian Ricardo

Escalona Zuñiga Juan Carlos

Rojas Peralta Maximiliano

4CV1

Fecha de Entrega: 17/01/2025

Contenido

Introducción.....	4
Características del Carrito Seguidor de Línea	5
Materiales.....	5
Funcionamiento.....	5
Diseño del Carrito Seguidor de Línea	6
Circuito Esquemático del Carrito Seguidor de Línea.....	7
Diseño del Circuito Impreso del Carrito Seguidor de Línea	8
Resultados Experimentales del Carrito Seguidor de Línea	10
Conclusiones	15
Bernal Ramírez Brian Ricardo	15
Escalona Zuñiga Juan Carlos	15
Rojas Peralta Maximiliano	16

Índice Figuras

Figura 1. Diseño del carrito. Fuente: Elaboración propia.....	6
Figura 2. Circuito esquemático del carrito. Fuente: Elaboración propia.	7
Figura 3. Circuito impreso del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.	8
Figura 5. Diseño final del carrito seguidor de línea (abajo). Fuente: Elaboración propia	10
Figura 6. Diseño final del carrito seguidor de línea (arriba). Fuente: Elaboración propia.	11
Figura 7. Inicio de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.	12
Figura 8. Mitad de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.	13
Figura 9. Final de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.	14

Introducción

El desarrollo del carro seguidor de línea negra se presenta como un proyecto que conecta nuestros conocimientos teóricos y prácticos en el ámbito de la electrónica analógica. Este sistema se fundamenta en el diseño y construcción de un circuito que permita al carro detectar, interpretar y seguir una línea negra sobre un fondo claro, ajustando su trayectoria en tiempo real. La ejecución de este proyecto implica una comprensión profunda de conceptos clave como el uso de sensores de luz (fotorresistencias en este caso), comparadores de voltaje, transistores y el control de motores, así como la capacidad de integrar estos elementos en un sistema funcional y coherente.

El objetivo principal del proyecto es desarrollar un prototipo que demuestre la capacidad de aplicar los principios fundamentales de la electrónica analógica para resolver problemas prácticos. Para lograrlo, se comenzó con la planificación y diseño esquemático del circuito, utilizando herramientas de simulación como LiveWire y PCBWizard. Estas plataformas no solo facilitaron la visualización del diseño, sino que también permitieron realizar simulaciones detalladas que ayudaron a predecir el comportamiento del circuito en condiciones ideales. Durante esta etapa inicial, se realizaron ajustes en la configuración de los componentes, como los valores de resistencias y capacitores, para garantizar un funcionamiento óptimo.

La siguiente fase consistió en trasladar el diseño virtual a una implementación física. Esto implicó la selección y adquisición de componentes como fotorresistencias, transistores BJT, comparadores LM393, entre otros. Cada elemento fue cuidadosamente ensamblado sobre una placa de circuito impreso (PCB), diseñada específicamente para este proyecto. Durante el proceso de construcción, se consideraron aspectos técnicos importantes, como la correcta disposición de los componentes, las distancias adecuadas entre sensores y pista, y la calidad de las conexiones eléctricas mediante soldaduras. Asimismo, se prestó especial atención a la alimentación eléctrica del sistema, utilizando una batería de 3V que garantiza la autonomía del carro.

Una parte crucial del desarrollo fue la calibración de los sensores de luz y el ajuste de los potenciómetros, que permitieron establecer los umbrales adecuados para la detección de la línea negra. Este proceso requirió pruebas repetitivas y ajustes finos para garantizar que el carro pudiera adaptarse a diferentes condiciones de luz ambiental y al contraste de la pista. Estas pruebas también sirvieron para identificar posibles mejoras en el diseño, como la optimización del tiempo de respuesta de los motores y la estabilidad del circuito frente a interferencias externas.

En términos funcionales, el proyecto demostró ser exitoso, ya que el carro fue capaz de seguir la línea negra con precisión, ajustando su dirección en tiempo real mediante el control diferencial de los motores. El desempeño del sistema se verificó mediante una serie de pruebas en circuitos de pista que incluían curvas, rectas y cambios bruscos de dirección, mostrando una respuesta efectiva y un comportamiento estable. Además, el diseño compacto y eficiente del circuito contribuyó a su portabilidad y facilidad de uso.

El proyecto destaca la importancia de la integración de diferentes disciplinas dentro de la ingeniería, evidenciando cómo conceptos aparentemente aislados pueden converger para dar lugar a sistemas funcionales y complejos. Asimismo, refuerza la idea de que la experimentación y el análisis crítico son fundamentales en el proceso de diseño y construcción de cualquier sistema tecnológico. En última instancia, el desarrollo del carro seguidor de línea se muestra como un ejemplo claro de la capacidad de los estudiantes para enfrentar retos prácticos mediante la aplicación del conocimiento y la innovación.

Características del Carrito Seguidor de Línea

Materiales.

- ✓ 4 resistencias de $51\ \Omega$
- ✓ 2 resistencias de $3.3\ k\Omega$
- ✓ 2 resistencias de $1\ k\Omega$
- ✓ 2 potenciómetros de $10\ k\Omega$
- ✓ 2 capacitores de $100\ \mu F$
- ✓ 2 fotorresistencias
- ✓ 4 LED de cualquier color
- ✓ 1 amplificador LM393
- ✓ 2 transistores 8550 (NPN)
- ✓ 2 motores DC
- ✓ 1 batería de 3V, 2200mA
- ✓ 1 interruptor SETTCH

Funcionamiento.

1. Sensores de Luz:

- **Fotorresistencias:** Se encargan de detectar la luz reflejada desde la superficie (blanca o negra).
- **Capacitores C1 y C2:** Funcionan como filtros para reducir el ruido en la señal de los sensores.
- **Resistores:** Deben formar divisores de voltaje junto con los sensores para generar una señal analógica proporcional a la cantidad de luz detectada.

2. Comparador (LM393):

- El comparador recibe la señal de los sensores en su entrada no inversora (+).
- La entrada inversora (-) estarán conectadas a potenciómetros, que permiten ajustar el umbral de detección de luz.
- Las salidas de los comparadores generan señales digitales (alto o bajo), indicando si se detecta luz o no.

3. Etapa de Control de Motores:

- **Transistores 8550:** Actúan como interruptores para controlar los motores MT1 y MT2.
- **Motores MT1 y MT2:** Se encargan de mover el carro y cambiar su dirección en función de la señal de los comparadores.

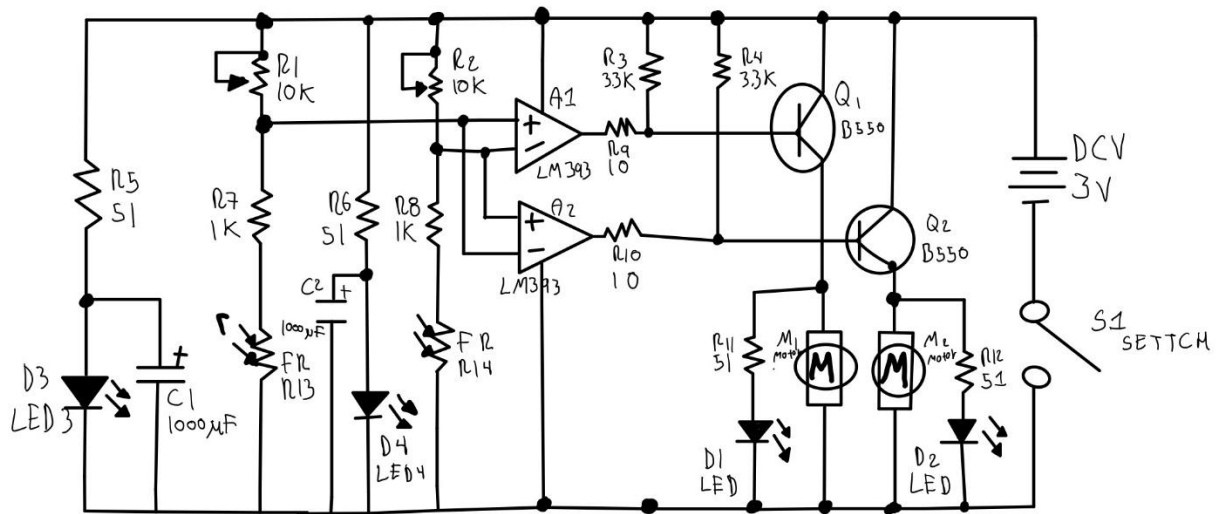
4. Fuente de Alimentación:

- **Batería:** Proporciona una alimentación de 3V.
- **Interruptor:** Permite encender y apagar el circuito.

5. Funcionamiento General:

- Cuando un sensor detecta una línea negra, genera una señal que activa uno de los comparadores.
- El comparador activa el transistor correspondiente, haciendo girar el motor correspondiente.
- Si ambos sensores detectan la línea, ambos motores giran, moviendo el carro hacia adelante.
- Si solo un sensor detecta la línea, el carro ajusta su dirección girando hacia el lado contrario

Diseño del Carrito Seguidor de Línea



Sensores

$$V_o = V_i \left(\frac{FR}{FR + R} \right) \quad [R = 10k\Omega]$$

Tomando en cuenta que FR puede tomar un valor de 1K Ω en oscuridad y 50K Ω luminoso:

$$V_o(\text{oscuro}) = 3 \left(\frac{1}{1+10} \right) = 0.27V$$

$$V_o(\text{luminoso}) = 3 \left(\frac{50}{50+10} \right) = 2.5V$$

Comparador de Voltaje

Condición:

Si $V_o > V_{ref} \rightarrow$ Salida alta.

Si $V_o < V_{ref} \rightarrow$ Salida baja.

$$V_{ref} = V_i \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

$$V_{ref} = 3V \left(\frac{10K}{10K + 10K} \right) = 1.5V$$

Motor

Si el motor consume $I_C = 300mA$ y la ganancia del B550 es de $\beta = 100$

$$I_B = \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_B = \frac{300}{100} = 3mA$$

Figura 1. Diseño del carrito. Fuente: Elaboración propia.

Circuito Esquemático del Carrito Seguidor de Línea

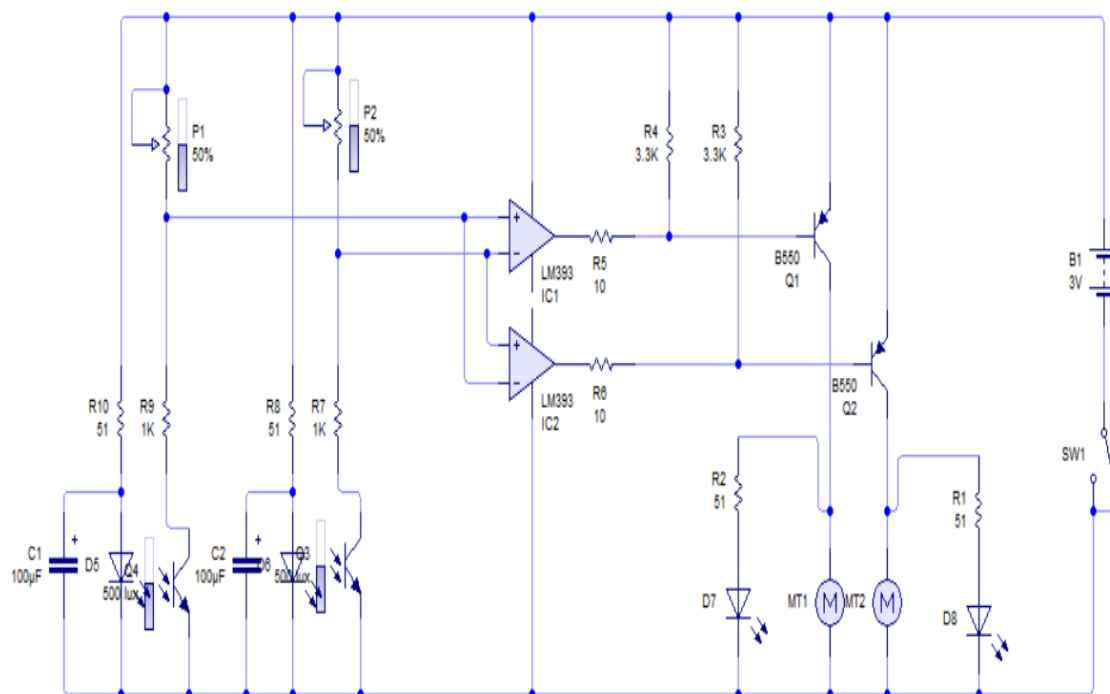


Figura 2. Circuito esquemático del carrito. Fuente: Elaboración propia.

Diseño del Circuito Impreso del Carrito Seguidor de Línea

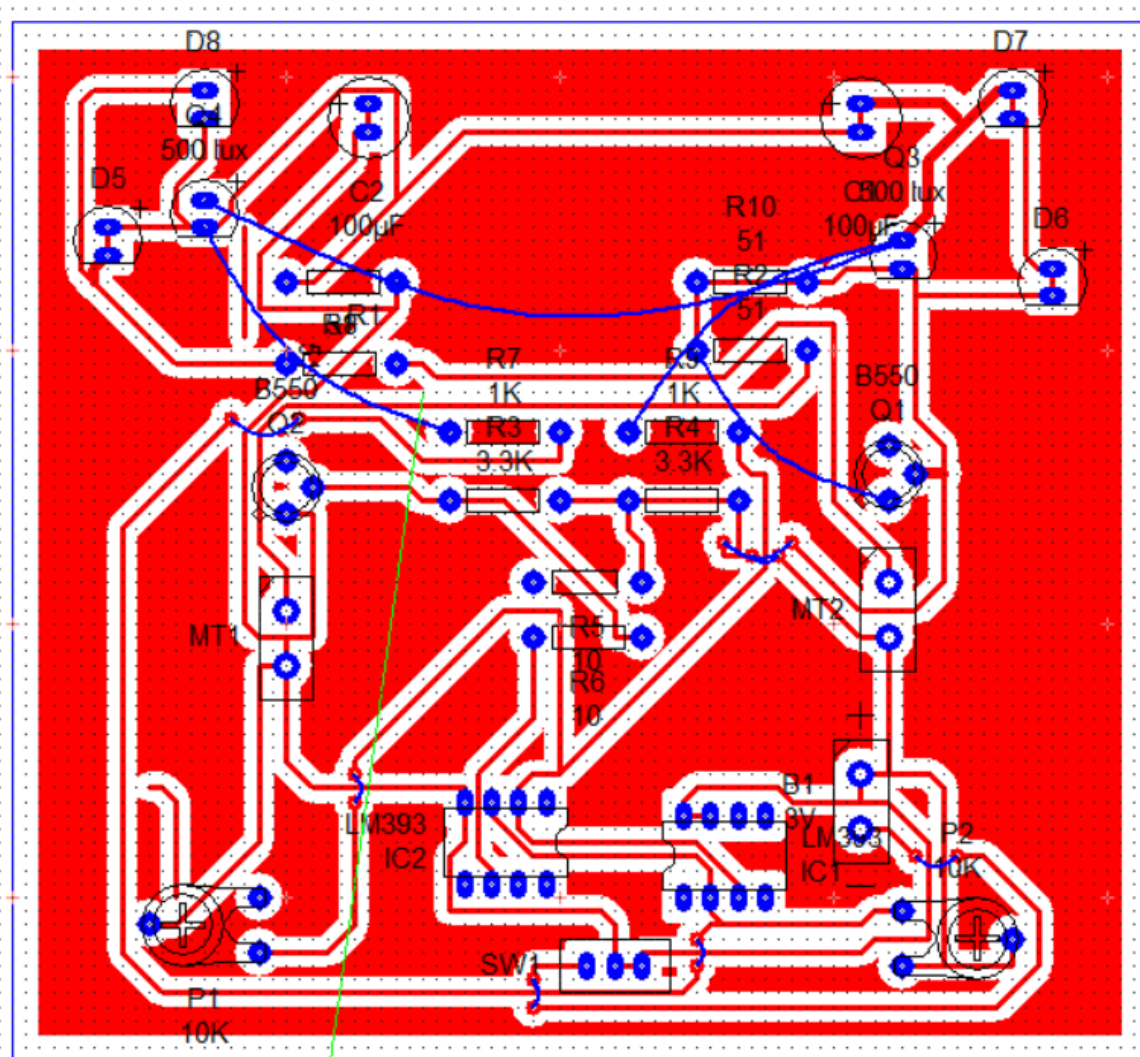


Figura 3. Circuito impreso del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.

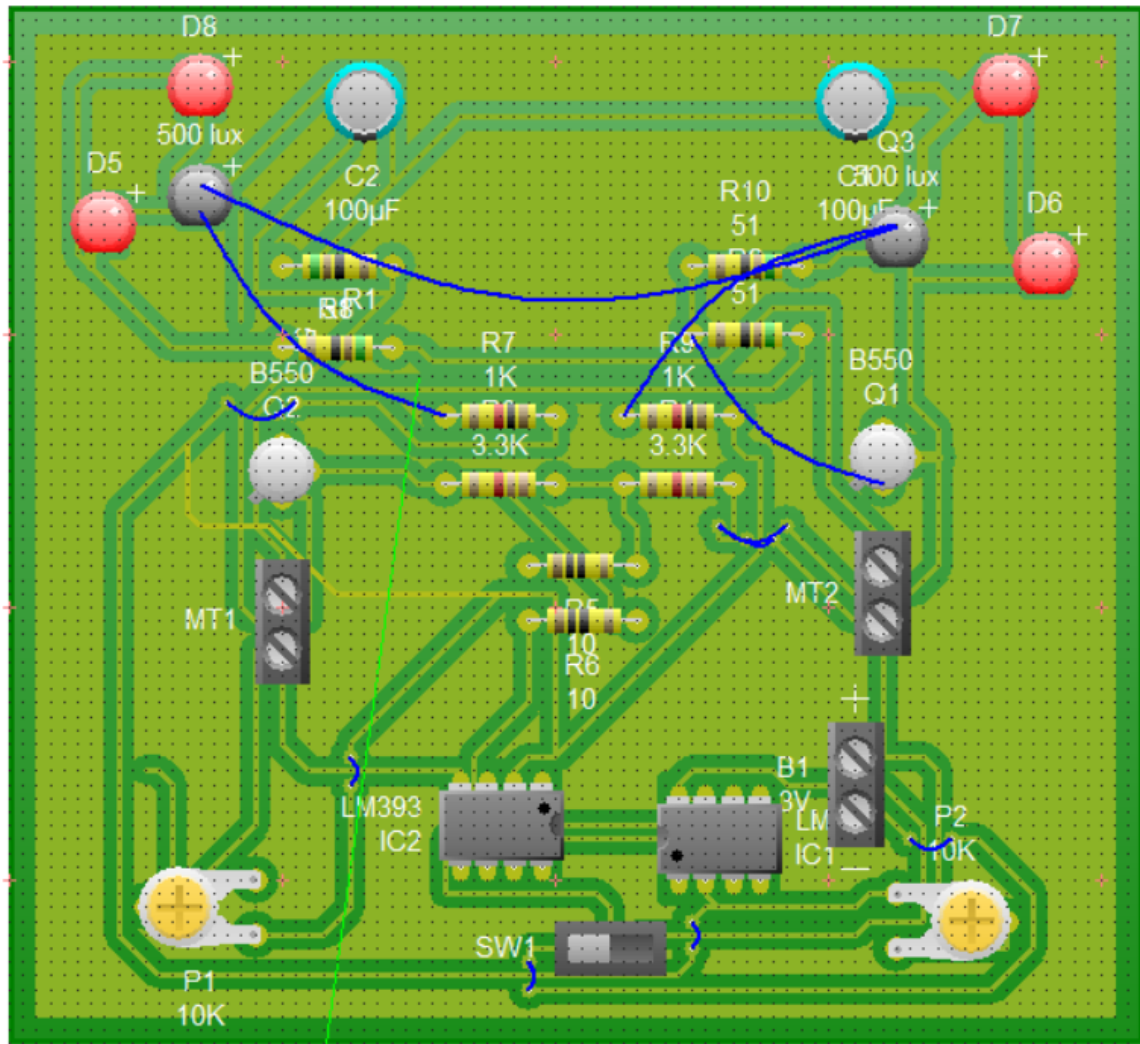


Figura 4. Diseño real PCB del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.

Resultados Experimentales del Carrito Seguidor de Línea

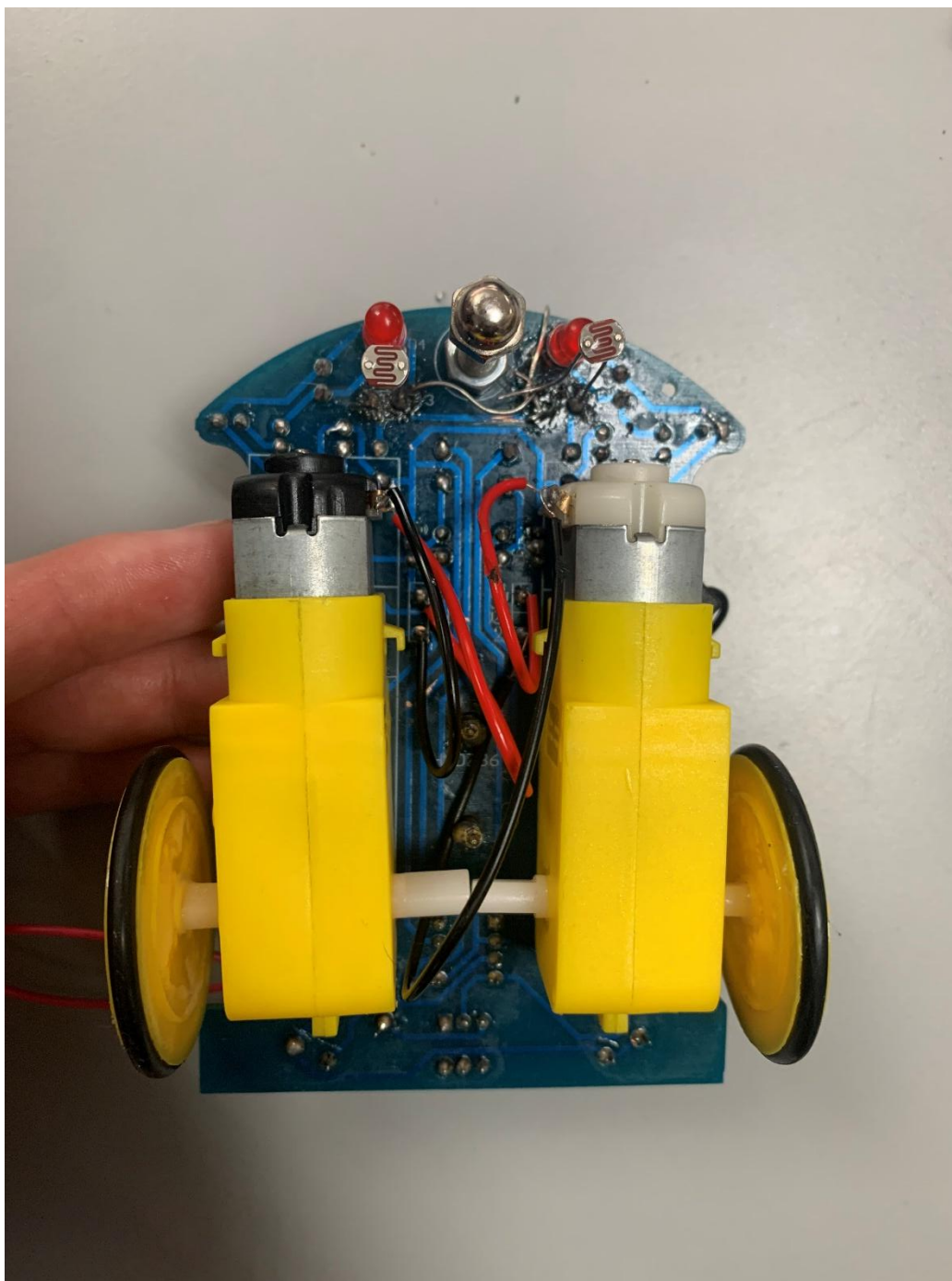


Figura 5. Diseño final del carrito seguidor de línea (abajo). Fuente: Elaboración propia

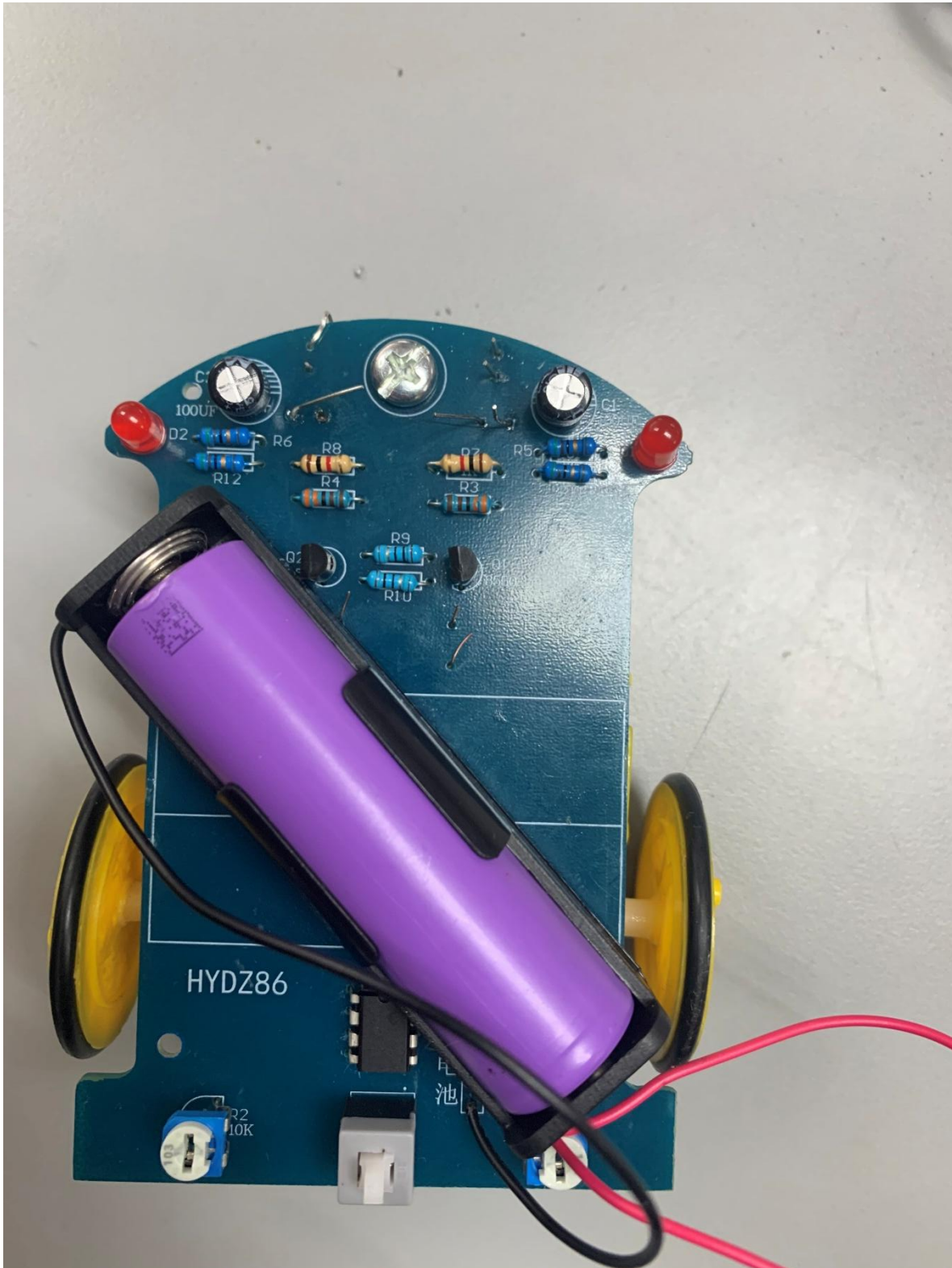


Figura 6. Diseño final del carrito seguidor de línea (arriba). Fuente: Elaboración propia.

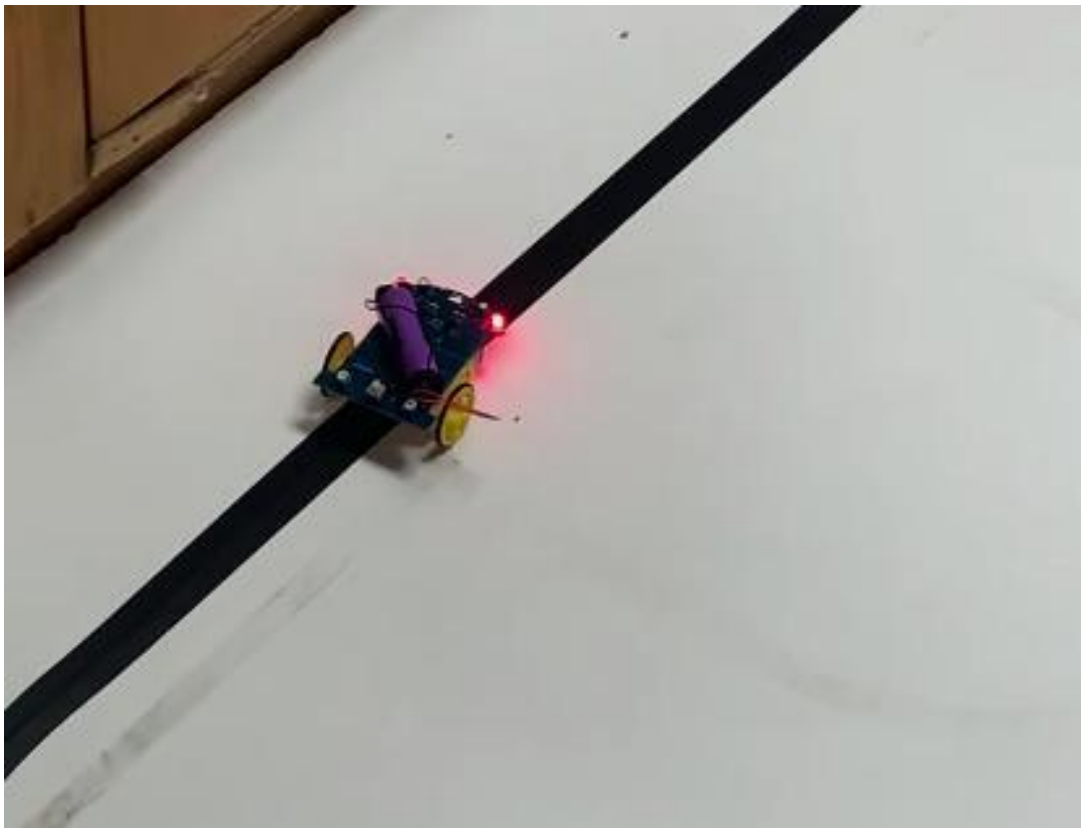


Figura 7. Inicio de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.

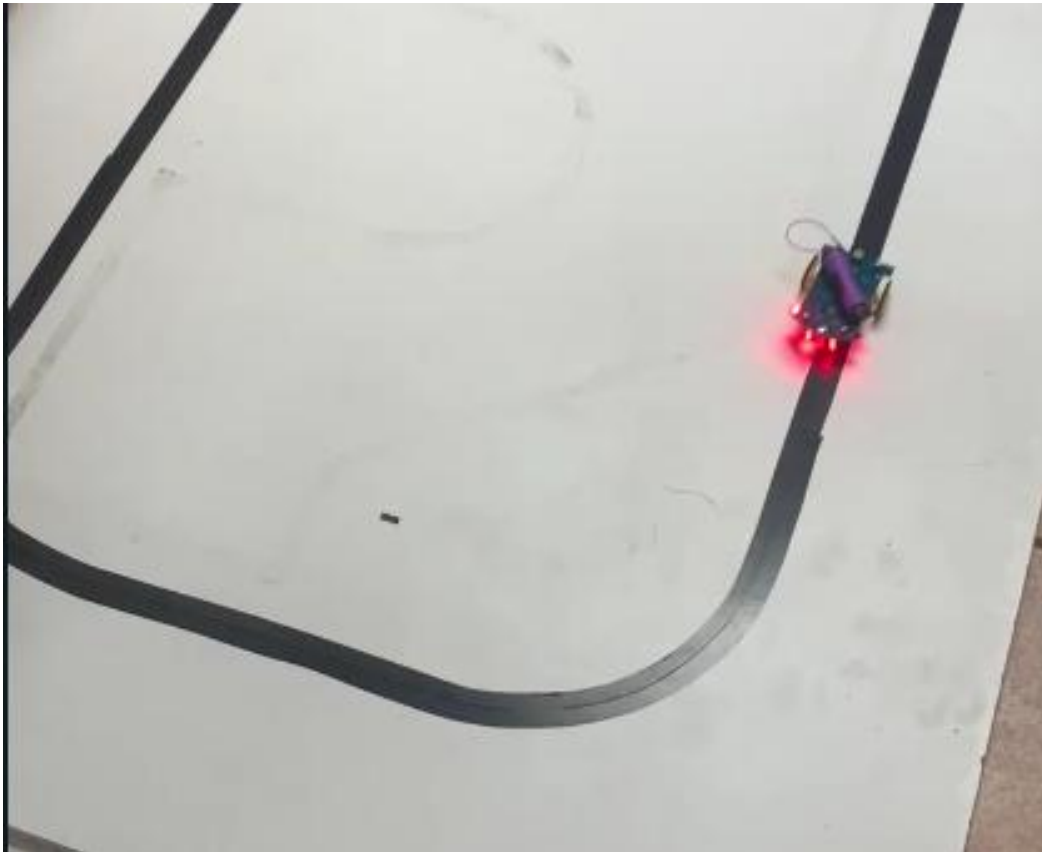


Figura 8. Mitad de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.

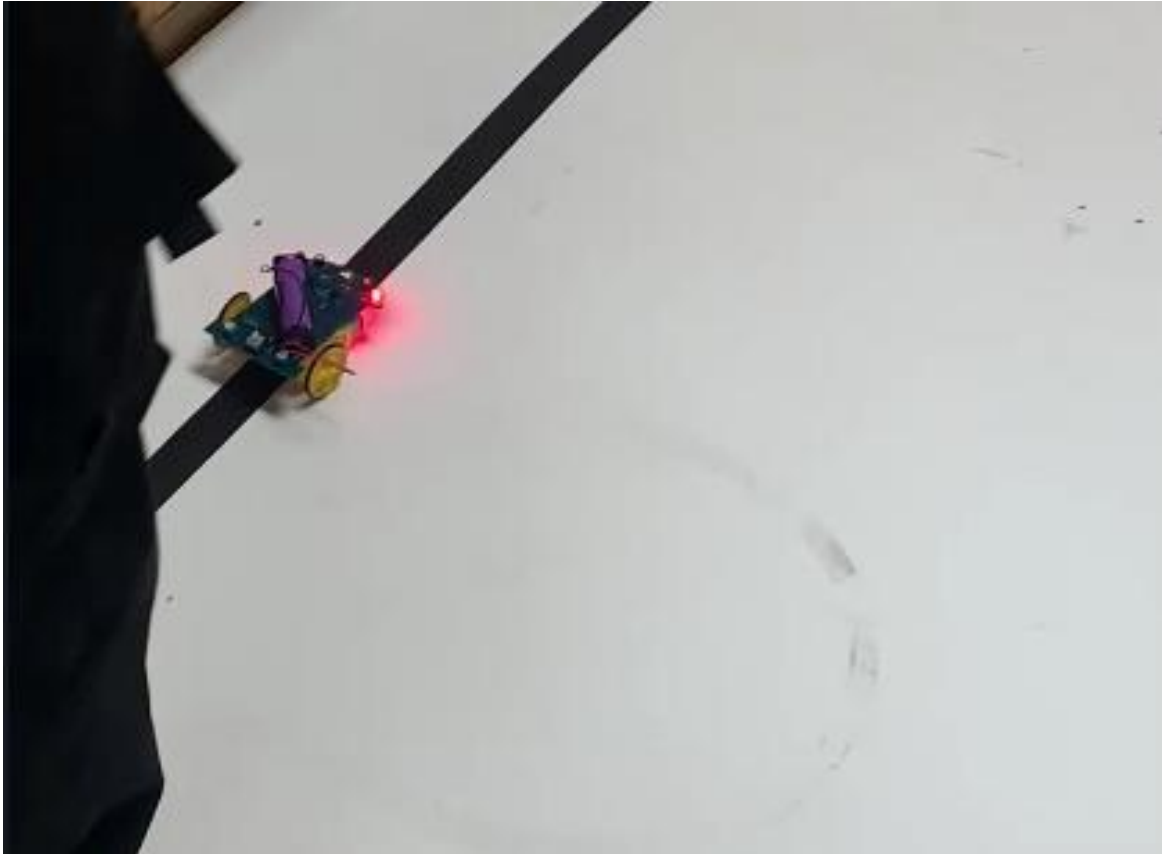


Figura 9. Final de recorrido del carrito seguidor de línea. Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

Bernal Ramírez Brian Ricardo

En este proyecto se diseñó y construyó un seguidor de línea utilizando transistores, comparadores de voltaje y dos fotoresistencias como sensores de luz, que sirvieron para el control de la trayectoria. Este circuito se implementó físicamente en su totalidad sobre una PCB, a excepción de los complementos necesarios para su funcionamiento, como las ruedas, un eje que mantenía una distancia adecuada entre las fotoresistencias y la pista, y los motores que activaban dichas ruedas.

El seguidor de línea demostró su capacidad para detectar y seguir una línea negra sobre un fondo blanco, completando más de una vuelta en un circuito previamente preparado en el laboratorio. El uso del comparador permitió un procesamiento rápido de señales, mientras que el transistor proporcionó un control efectivo de los motores.

Durante el desarrollo del proyecto se adquirieron habilidades clave en el diseño de circuitos analógicos y PCB. Uno de los problemas que surgieron fue la sensibilidad de las fotoresistencias, el cual logramos solucionar mediante ajustes en los valores de los componentes asociados y en la distancia de separación con los LEDs indicadores.

Además de los aprendizajes obtenidos, este proyecto permitió escalar la teoría vista en clase hacia una aplicación práctica y funcional, lo cual resultó sumamente interesante y despertó en mí el interés por realizar más proyectos de este tipo.

Escalona Zuñiga Juan Carlos

Este segundo proyecto me dio un conocimiento extra y aplicado para los amplificadores en un entorno ya más serio y complejo. El desarrollar este carrito seguidor de línea me pareció algo complejo desde el inicio ya que nunca había hecho algo así y era algo totalmente diferente al primer proyecto, cuando se dio la idea de lo que se tenía que hacer honestamente no entendí mucho y mi mente no lograba imaginar el diseño de este ya que es de mis primeros acercamientos a proyectos así en la electrónica. Para facilitar un poco el diseño, nos apoyamos de algunos videos de YouTube, páginas web y preguntando a conocidos que ya tienen experiencia en este campo,, posteriormente se fue diseñando el circuito con la ayuda de lo ya mencionado y con algunos cálculos con ayuda de los temas vistos en clase.

Posteriormente se llevó a cabo el diseño del circuito en un simulador llamado “LiveWire” donde pudimos ajustar detalles de cálculos y tener un mejor panorama del proyecto, para una vez ya estuvimos seguros del diseño, se llevó a “PCBWizard” para obtener las pistas e imprimirlas en una placa.

Lo que a mí se me dificultó más fue la soldadura, ya que al ser un circuito muy pequeño había que tener cuidado con no soldar en otras pistas o soldar mal algún componente, de hecho, intentando desoldar las fotoresistencias y dos leds, despegamos una pista por descuido, sin embargo, se logró solucionar este percance cuando creíamos todo perdido ya que puenteamos esas pistas con un pedazo de conductor que encontramos el cual era de una resistencia.

Finalmente luego de que no funcionara una vez, nos dimos cuenta que nuestras baterías no suministraban suficiente voltaje al circuito por su tamaño así que compramos una más grande con un porta pilas adecuado y nos dimos cuenta que también las fotoresistencias estaban muy arriba y no detectaban la oscuridad, por lo que las bajamos más y logramos hacer funcionar con éxito el proyecto.

Rojas Peralta Maximiliano

Durante el desarrollo del segundo proyecto de la materia de Electrónica Analógica, diseñamos y armamos un seguidor de línea haciendo uso de los temas vistos en clase, entre los que se encuentran transistores, comparadores y amplificadores operacionales. Para llevarlo a cabo se diseñó originalmente el circuito en el software LiveWire y posteriormente utilizamos PCBWizard para transformar nuestro circuito a formato PCB, el cual posteriormente fué optimizado y elaborado. Una vez realizado esto obtuvimos los materiales correspondientes y ensamblamos el carrito para finalmente entregarlo realizado y cumpliendo con su meta de lograr por lo menos una vuelta en las pistas proporcionadas por el docente.

Nuestro carrito demostró un desempeño satisfactorio, siendo capaz de seguir una línea negra por varias vueltas sin ningún tipo de problema. Esto se logró haciendo uso de nuestro comparador para realizar la función de moderación de voltaje y haciendo uso de nuestros transistores convertimos esta información en instrucciones como girar o no girar la rueda correspondiente.

Finalmente, cabe destacar que todo esto ha desarrollado nuestras habilidades obtenidas a lo largo de la totalidad del curso, haciendo que nos enfrentáramos a distintos desafíos para su desarrollo relacionados con algunos componentes del carrito. Sin embargo, al lograr superar estas pruebas pudimos adquirir esta experiencia y, por tanto, esta habilidad para desarrollar nuestro trabajo, comprobando la información vista de manera teórica durante las sesiones correspondientes.