

# Carrito seguidor de línea con control PID

Sánchez, Andrés Felipe. Arias, Nicolás  
 {afsanchez, ariasm}@uqvirtual.edu.co  
 Universidad del Quindío

**Resumen**— En el siguiente informe se muestra el proceso que se debió seguir para la implementación de un robot seguidor de línea, conocido comúnmente como carrito seguidor de línea, se mostraran fotos, que servirán como guía al lector, para poder visualizar con mayor precisión los elementos utilizados tales como sensores, motores, el microcontrolador y por último el código implementado para poder culminar con el segundo proyecto propuesto en el área de microprocesadores.

**Índice de Términos**— Sensores, microcontrolador, motores.

## I. INTRODUCCIÓN

LOS CARRITOS SEGUIDORES DE LÍNEA SON CONSIDERADOS LOS “HOLA MUNDO” DE LA ROBÓTICA. En el transcurso de este informe se podrá observar como fue el proceso que siguieron los estudiantes de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Quindío para la implementación de un carrito seguidor de línea.

Los carritos seguidores de línea son pequeños robots que mediante la lógica de programación, se pretende encarrilar en un camino (por lo general de color negro) creado con cinta aislante, pero como el funcionamiento de dicha lógica es muy limitada se puede mejorar la dinámica del carro implementando controladores, en el caso de la segunda practica del área de microprocesadores el controlador implementado es un control PID.

## II. MARCO TEÓRICO

En el presente proyecto, fueron muy importantes dos secciones, la primera consistió en la implementación del carrito seguidor de línea, con lógica simple y posteriormente la implementación del control PID para mejorar su circulación.

Para la implementación del carrito seguidor de línea se necesitaron los siguientes componentes y conocer su funcionamiento:

**Sensores:** Los sensores, son los encargados de visualizar y rastrear el camino, que en este caso es una cinta aislante.

Los sensores utilizados en este proyecto son de la referencia qrd1114, en la figura 1, se puede observar un sensor y posteriormente en la figura 2, se ve el funcionamiento del mismo.



Figura 1. Sensor infrarrojo qrd1114

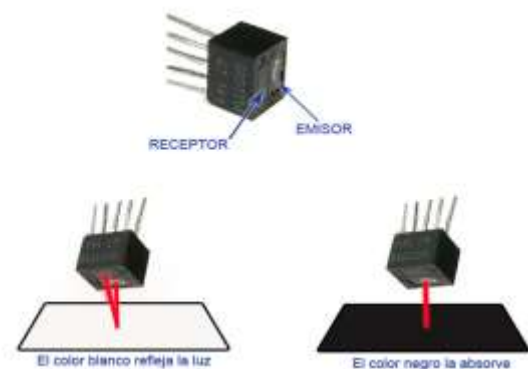


Figura 2. Funcionamiento del sensor qrd1114

**Motores DC:** Para que el carrito se pueda mover y seguir la línea es necesaria la conexión de motores, dependiendo de la cantidad y peso, en carro se va a movilizar más lento o rápido, una aproximación de los motores implementados se pueden ver en la figura 3, claro está que dicho motor debe estar acompañado de una rueda.



Figura 3. Motor DC

**Microcontrolador:** Para la toma de decisiones de los motores, dependiendo de las lecturas de los sensores, comúnmente es utilizadas compuertas lógicas, pero para este proyecto fue utilizado el microcontrolador ATMEGA328P, presente en la tarjeta de desarrollo Arduino UNO, en la figura 4, se puede visualizar la tarjeta utilizada.



Figura 4. Tarjeta de desarrollo Arduino

### Control PID:

Es un control retroalimentado que tiene consta de tres parámetros: el proporcional, el integral, y el derivativo.

- **El valor Proporcional ( $K_p$ ):** Depende del error actual.
- **El valor Integral ( $K_i$ ):** Depende de los errores pasados.

- **El valor Derivativo ( $K_d$ ):** Es una predicción de los errores futuros.

La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control, en la figura 5, se puede observar el diagrama de bloques que representa en control PID.

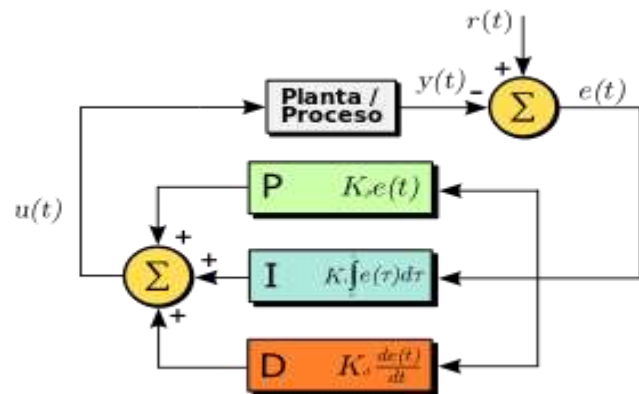


Figura 5. Diagrama de bloques Controlador PID

### III. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El primer avance para el proyecto #2 del área de microprocesadores, se avanzó en la implementación básica del carrito seguidor de línea, los circuitos implementados se presentaran a continuación mostrando al final, un código implementado en la plataforma de Arduino, en el cual si se varían algunos parámetros, se podían realizar las pruebas correspondientes a las velocidades y direcciones de los dos motores utilizados.

En la figura 6, se puede observar la implementación del carrito, las dos llantas que se observan en la parte superior corresponden a los dos motores que serán no solo para impulsar el carrito sino también para controlar el giro del carrito en las curvas, las dos llantas de la parte inferior son solo para permitir el movimiento del carrito, no implican nada dentro del circuito general y de control de carrito.

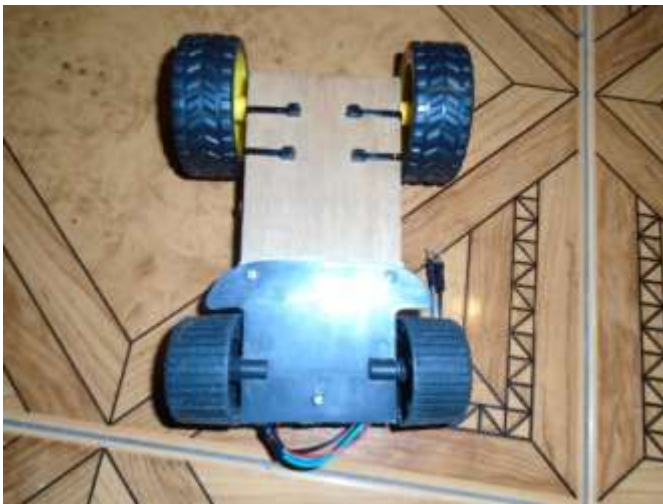


Figura 6. Montaje básico del carrito seguidor de línea

Para controlar los motores, se implementó un circuito manejador de motores con puente H, la pastilla utilizada para este fin tiene la referencia l293d, a continuación en la figura 7, se mostrara la simulación implementada en la herramienta de Proteus, esta simulación se puede encontrar en el repositorio, y en la figura 8, se mostrara ya el circuito adherido a los motores en el montaje del carrito.

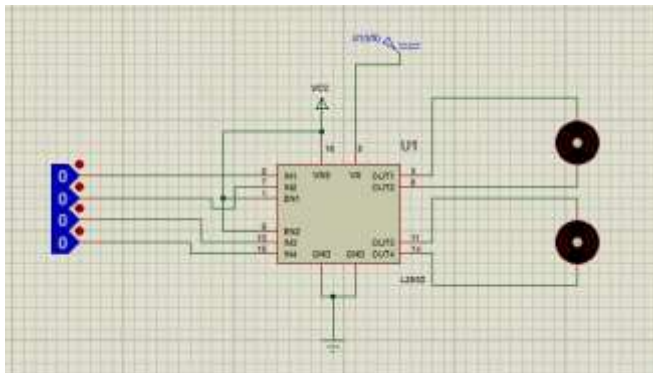


Figura 7. Simulación Controlador de motor

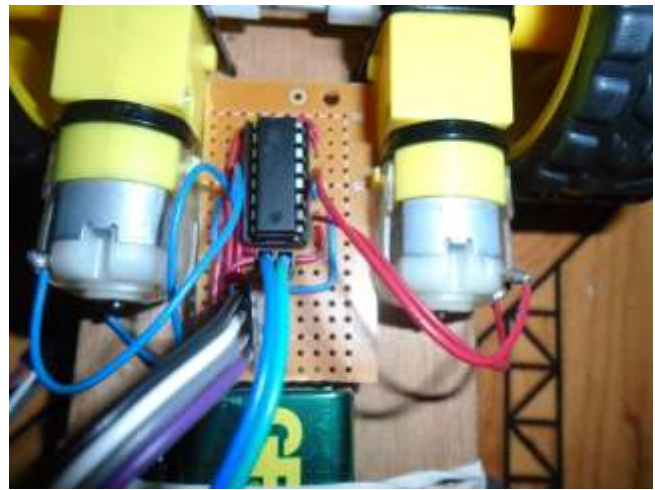


Figura 8. Circuito implementado del manejador de motores con puente H.

En la figura 9, se observa el carrito seguidor de línea, con el puente h y los motores ya implementados, y posteriormente en la figura 10 se puede ver la conexión con el Arduino UNO, en esta última, se puede observar el mecanismo que se utilizó para la conexión de una batería al Arduino para poderlo independizar del computador.



Figura 9. Carrito con el montaje del manejador de motores.





Figura 10. Carrito con la conexión al Arduino.

Por último se decidió que al carrito se le agregarían cuatro sensores, ver figura 11, con la condición de que dos sensores siempre deben estar mirando la línea negra (Los dos centrales), y los otros dos deben estar en el blanco (Los laterales), esto se hace con la condición que si el carrito se sale de la línea uno de los dos sensores laterales dejaría de estar viendo blanco y pasarían a ver negro, el incumplimiento del requisito llevaría al carrito a reorganizar su dirección para así volver al punto inicial.

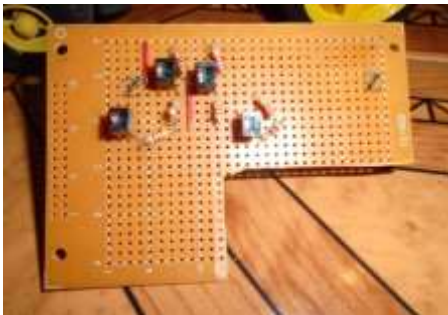


Figura 11. Implementación de los sensores.

Para la segunda semana se avanzó especialmente en la implementación definitiva del carrito seguidor de línea, el cual se mostrara más adelante explicando las partes que se mejoraron para evitar inconvenientes, y también en la implementación del control PID en la plataforma de Arduino para que la funcionalidad del proyecto sea lo más óptima posible.

El control presenta dos salidas, que consiste en el PWM (Modulación por ancho de pulsos) que está

conectado a cada uno de los motores, las ruedas de los motores presentan un giro que siempre es hacia adelante, por lo tanto lo que se pretende regular es el error presente en el movimiento para que el carrito pueda seguir correctamente la línea

#### IV. DIAGRAMA DE FLUJO

En el repositorio de Github, junto con este archivo, se encuentra otro con el nombre de “Diagrama de flujo”, en el cual se muestra de forma muy clara el código en la presentación de diagrama de flujo.

#### V. CONCLUSIONES

- El control PID permite que basado en los datos obtenidos anteriormente se predetermine un estado siguiente y se adapte el sistema para que siga esa referencia.
- Es importante revisar el valor de los sensores, pues al leerlos digitalmente no sabemos realmente si la medida está bien a la velocidad que lo hace el microcontrolador por lo que podríamos tener error en el sensado afectando el control del sistema.
- El sensado debe ser apartado de la luz en la mayor parte posible pues es sensible a la misma.
- Entre más sensores tenga el sistema mejor resultado obtendremos al usar el control PID pues tendremos mejor resolución en el sensado.
- El ajuste de las constantes Proporcional, Integral y Derivativa nos permiten optimizar el control PID a las necesidades del sistema, esto debe hacerse a ensayo y error hasta lograr el mejor resultado.