

# Propuesta de Proyecto - Grupo I

## Sistema de Vehículo Autónomo con Control de Tráfico

*Bernardo Aceituno-C, Alejandro Meilan,  
Luis Pérez Bustos, Carlos Luis.*

### 1. Introducción

Esta propuesta presenta una primera aproximación del proyecto a realizar dentro de la asignatura EC3883. Se dispone de 12 semanas a partir del 09 de enero de 2017 para su realización. Se utilizan principalmente los componentes dispuestos en el Laboratorio C de la Universidad Simón Bolívar más ciertos adicionales adquiridos personalmente. Los Profesores Carlos Morón y Guillermo Villegas se encargarán de monitorear el buen desarrollo del proyecto. Se deben entregar, periódicamente, demostraciones que validen el cumplimiento del plan de trabajo.

### 2. Proyecto

#### 2.1. Objetivo General

- Realizar vehículo autoguiado (AGV) por detección de señal electromagnética con algoritmos de planificación de trayectoria y detección de obstáculos a través de una cámara central.

#### 2.2. Objetivos Específicos

1. Configurar funcionamiento de los motores con control *PWM* a través del driver L293D.
2. Desarrollar circuito de adquisición y acondicionamiento de señal electromagnética para mantener el vehículo en línea recta.
3. Detectar e implementar lógica de toma de decisiones frente a señales de cruce.
4. Detectar obstáculos que se encuentren a cierto rango de distancia e implementar lógica de toma de decisiones.
5. Diseñar algoritmo que controle los movimientos del vehículo a través de una cámara web para evitar colisiones con obstáculos u otros vehículos que se encuentren simultáneamente en la cuadrilla.
6. Desarrollar protocolo de comunicación infrarojo entre el computador y el vehículo.

#### 2.3. Etapas

Para detallar el funcionamiento esperado del proyecto a desarrollar se dividió a este en las siguientes etapas.

- adquisición y acondicionamiento de señal electromagnética
- control *PWM* de los motores
- detección de señal de cruce
- detección de obstáculos
- mapeado de la cuadrilla
- algoritmo de planificación
- protocolo de comunicación

## 2.4. Representación General

El diagrama de la Figura 1 ilustra el esquema general del proyecto. Se observa el funcionamiento en conjunto de las etapas descritas con anterioridad.

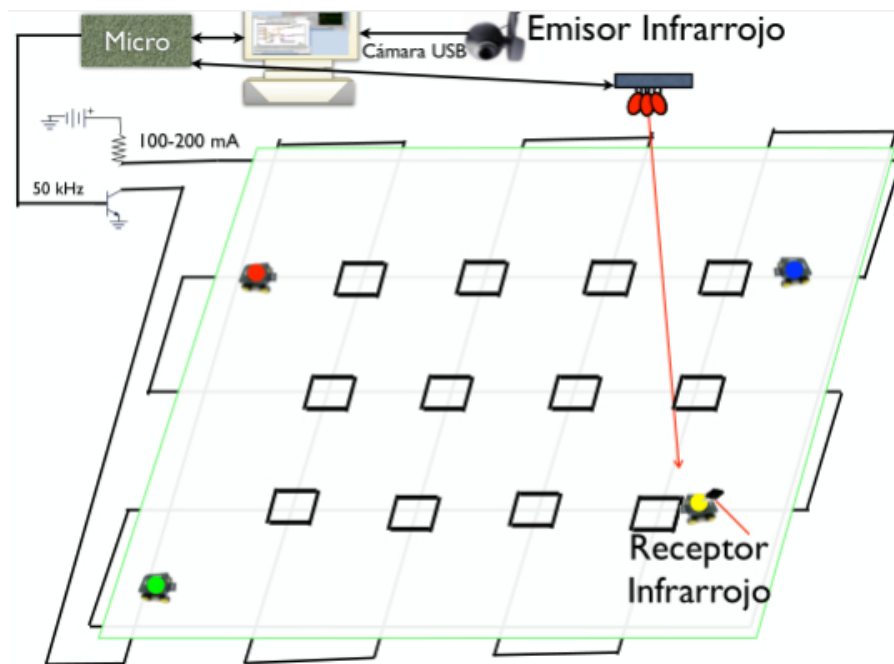


Figura 1: Esquema general del Proyecto

## 3. Plan de Trabajo:

Se presenta a continuación el plan de trabajo tentativo programado para ser desarrollado a lo largo del trimestre en curso:



Discutir de una manera preliminar el firmware para cada función con diagramas de bloques

| Item | Hardware  | Firmware DEMOQE   | Software PC  | E1 | E2 | E3 | E4 |
|------|---|---|--|----|----|----|----|
| 1    | Chasis<br>2 x Motor DC<br>1 x Driver L293D<br>- 2 x Cond. de bypass   | Generador de PWM (DEMOQE1)<br>4 x Salidas digitales<br>2 x PWM variables y controlados<br>- Línea recta y cruces en intersecciones<br>- Control por detector de línea |  | x  | x  |    |    |
| 2    | Detector de "línea"<br>2 x Bobinas<br>1 x Circuito sintonizado<br>2 x Circuito acondicionamiento<br>- amplificación, det. de pico, diferencia<br>- Cond. bypass | Detector de "línea" (DEMOQE1)<br>1 ó 2 x Entradas analógicas<br>- Línea recta: Control P (Resta x K % PWM)<br>- Cruce:<br>- Determinar dirección que debe tomar       |  | x  | x  |    |    |
| 3    | Transmisor<br>1 x Driver  | Transmisor (DEMOQE2)  | Transmisor<br>Configuración del mensaje  |    |    | x  | x  |
| 4    | Localización AGV<br>1 x Camara USB  |   | Localización AGV (Processing)<br>Conexión USB de la cámara<br>Localización de cada AGV por color<br>Algoritmo de decisión de cruces<br>Transmisión de mensaje al AGV |    |    | x  | x  |
| 5    | Detección de línea de parada<br>1 x TCRT1000<br>1 x Reg. LDO 5V, 100mA<br>- Cond. bypass  | Detección de línea de parada<br>1 x Entrada digital<br>1 x Detección de flancos   |  | x  | x  |    |    |
| 6    | Alimentación<br>Driver<br>- 1 x Reg. LDO 5V, 1A<br>- Cond. de bypass<br>Sensores<br>- 1 x Reg. LDO 5V, 1A<br>- Cond. de bypass                                  | Alimentación:<br>Driver motores<br><br>Sensores de 5V   |  | x  | x  |    |    |

Figura 2: Distribución de tareas

tareas secundarias??

Tabla 1: Plan de trabajo tentativo

|           |   |  |
|-----------|---|--|
| Semana 2  | Revisión bibliográfica y familiarización con el entorno de trabajo                                      | Revisión de los circuitos de acondicionamiento de señales y drivers de sensores  |
| Semana 3  | Diseño e Implementación de sistema de detección de vehículos  | Montaje en Protoboard del acondicionamiento de bobinas, driver de motores, detector de línea y detector de obstáculos              |
| Semana 4  | Pruebas de sistema de detección de vehículos y Mapeo de Pista   | Desarrollo del software para generación de señales PWM en base a la señal de las bobinas. Primeras pruebas del sistema de control. |
| Semana 5  | Pruebas de Mapeo de Pista, Comunicación PC-MCU y Planificación de Camino y toma de decisiones           | Incorporación de la detección de línea en algoritmo de control. Prueba con T para realizar un giro.                                |
| Semana 6  | Pruebas de Comunicación, Decisiones y Planificación, Desarrollo de Protocolo de Comunicación infrarroja | Incorporación de la detección de obstáculos al algoritmo de control.   |
| Semana 7  | Pruebas de Comunicación   | Toma de decisiones en base a las señales recibidas desde el PC via IR. Pruebas de comunicación                                     |
| Semana 8  | Integración con Vehículo, Implementación de Pista   | Soldar circuitos a baquelita y construcción final del carro.   |
| Semana 9  | Pruebas de Funcionamiento de Vehículo   |  |
| Semana 10 | Pruebas de Funcionamiento de Vehículo   |  |
| Semana 11 | Entrega del proyecto  |  |



potenciómetro R4. Seguido de esta etapa de amplificación hay un rectificador de media onda utilizando el diodo 1N4148. La tercera etapa de la adquisición es un detector de pico, para el cual se escogió una combinación de resistencia y capacitor en simulación que otorgara una respuesta adecuada. El buffer de la última etapa se coloca para aislar la salida de las impedancias del resto del circuito, ya que esta salida entrará al microcontrolador. Se coloca un divisor de tensión y un diodo Zener de 3V para proteger al microcontrolador. Los valores del divisor de tensión deberán ser ajustados en práctica dependiendo de las salidas máximas y mínimas de las bobinas.

Se simuló el canal de adquisición con una señal sinusoidal de 50KHz y 50mVp que hiciera las veces de la señal de la bobina. Primero se levantó el switch A para observar la señal del rectificador de media onda (CH2), como se presenta en la Figura 5

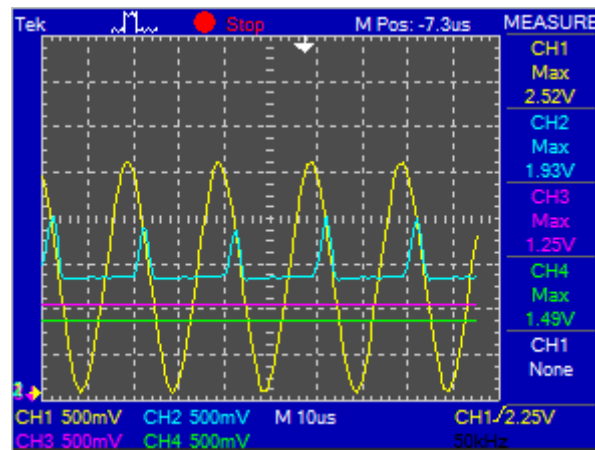


Figura 5: Amplificador (CH1), Rectificador sin detector de pico (CH2), tierra virtual (CH3), salida final (CH4)

Se observa que la rectificación con un solo diodo no es perfecta, principalmente por las frecuencias a las que se está trabajando. Internamente el diodo presenta retardos respecto a la frecuencia de trabajo de las bobinas que impiden que la rectificación sea mejor. Al bajar el switch se observa en la Figura 6 la respuesta del rectificador con detector de picos en el canal 2.

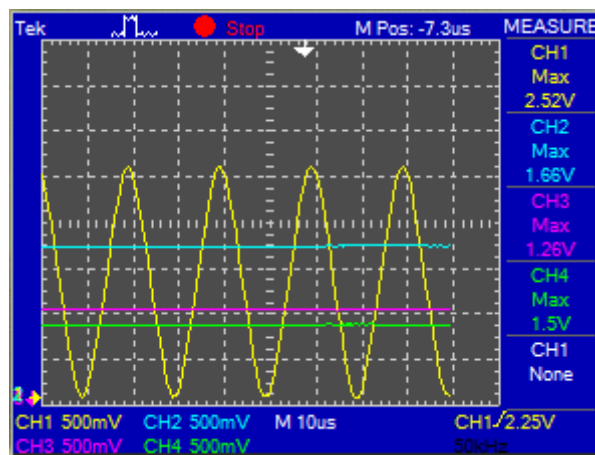


Figura 6: Amplificador (CH1), Rectificador con detector de pico (CH2), tierra virtual (CH3), salida final (CH4)

Utilizando una tierra virtual de 1.25V, se observa que se levanta el nivel DC de la señal amplificada de la bobina y se elimina la componente negativa de la misma. En el canal 2 se muestra la salida del rectificador con detector de pico, que logra un nivel DC de 1.64V. Finalmente, la señal que entrara al microcontrolador es una DC de 1.48V que es proporcional a la intensidad de campo sobre la bobina.

- **Propuesta 2:** la segunda propuesta para el acondicionamiento de las bobinas se muestra en la Figura 7:

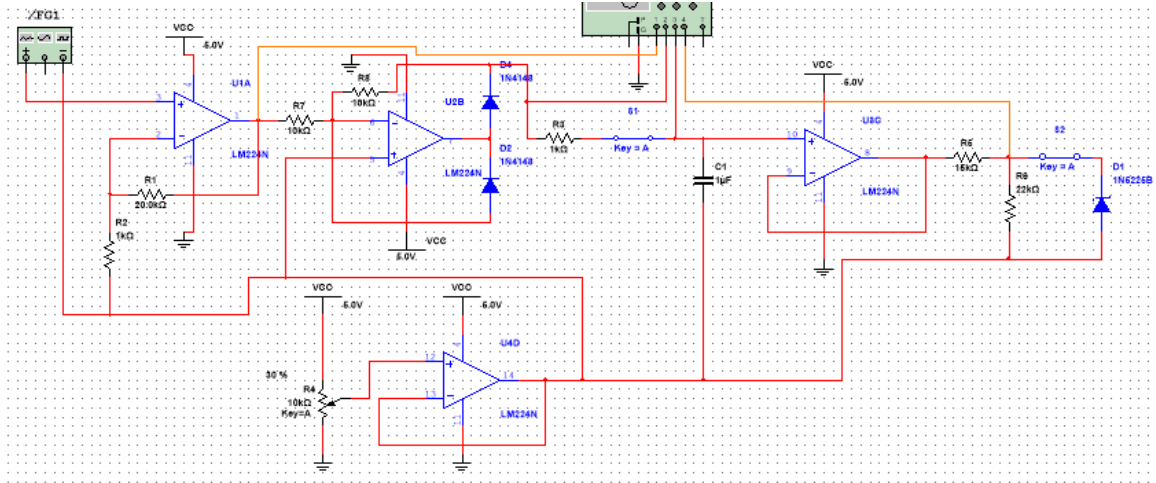
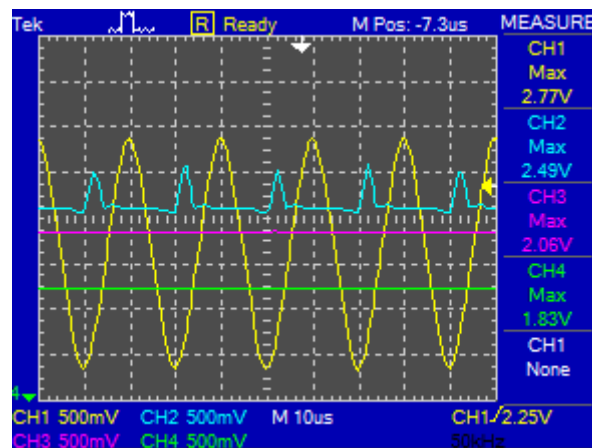


Figura 7: Acondicionamiento de bobinas - Propuesta 2

La diferencia respecto a la primera propuesta es el circuito rectificador, que en este caso se hace con dos diodos y se trata de un rectificador de media onda negativa. Después del rectificador se sustituyó el circuito de detección de picos por un filtro pasabajo con frecuencia de corte  $1/RC = 1000\text{rad/s} = 159,15\text{Hz}$ . Este nuevo circuito de rectificación otorgó mejores resultados que en el caso anterior, como muestra la Figura 8:



Revisar GND virtual. Salida del rectificador??

Figura 8: Amplificador (CH1), Rectificador (CH2), Filtro pasabajo (CH3), Salida final (CH4)

La señal del canal 2 muestra la salida del rectificador, que al compararla con la señal obtenida con la primera propuesta se nota que presenta una respuesta más adecuada, con menos retardos en la señal rectificada. El valor de voltaje de la salida del canal de adquisición es mayor gracias a la rectificación mejorada, por lo que esta propuesta es la que se implementará en el proyecto.

### 4.3. Driver de los motores

Para controlar los motores se utilizan señales PWM, utilizando el driver de motores L293D, tal como se muestra en la Figura 9:

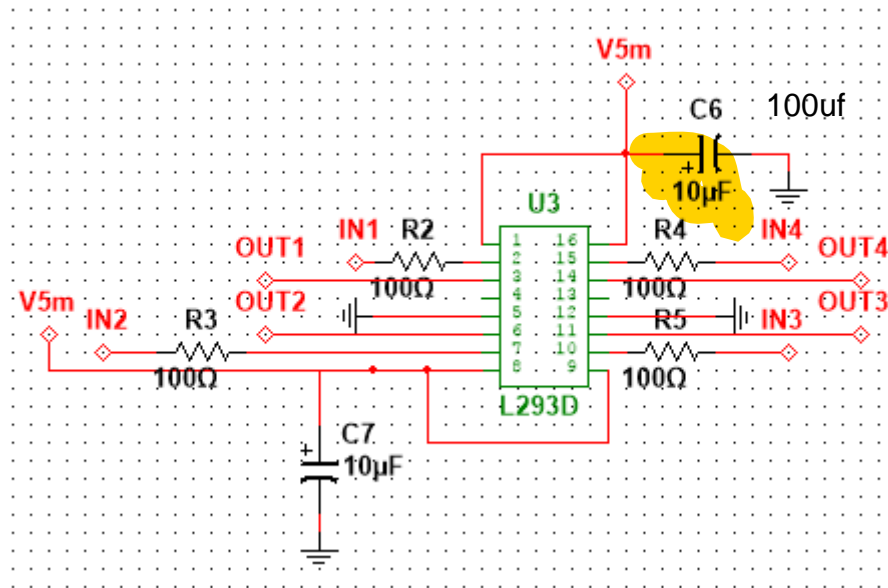


Figura 9: Driver de motores

Las entradas INx van al microcontrolador, a partir del cual se envían 1s y 0s lógicos para crear las señales cuadradas del PWM. Las salidas OUTx irán conectadas a los motores. El control del ancho de pulso se hace también desde el microcontrolador y será la salida del controlador a implementar para que el vehículo siga la línea, según las lecturas de las bobinas.

### 4.4. Detección de Obstáculos

Con el objetivo de detectar objetos que obstruyan el camino de vehículo autoguiado, se utiliza el sensor de distancia por emisión infraroja *Sharp GP2Y0A21YK*. El objetivo es incorporar una nueva primitiva que permita al vehículo tomar decisiones adecuadas de acuerdo a su entorno. La Figura 10 muestra el modelo comercial del cual se dispone en el laboratorio C. Las características eléctricas del dispositivo se listan a continuación:

- Vcc: 4,5V a +5,5V
- Rango de distancias: 10cm a 80cm
- Vo @ L=80cm: 0,25V a 0,55V
- Icc @ L=80cm: 30mA a 40mA
- Vo(@L=10cm) - Vo(@L=80cm): 1,65V a 2,15V

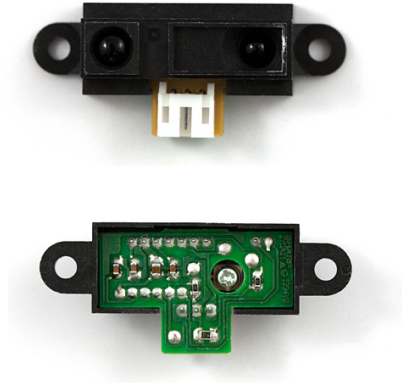


Figura 10: Sensor de proximidad Sharp GP2Y0A21YK

La Figura 11 ilustra la respuesta del sensor en su rango de funcionamiento correspondiente. Se observa un máximo entre 5cm y 10cm con una respuesta aproximadamente lineal hasta 30cm.

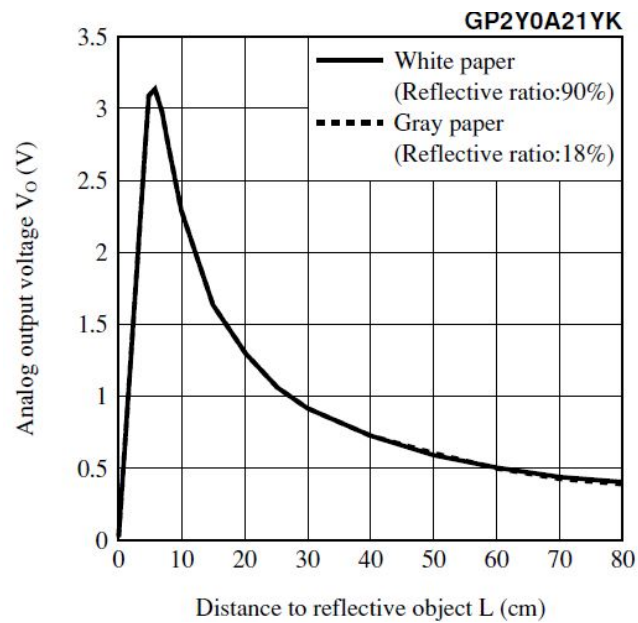


Figura 11: Relación  $V_o$  (V) vs. distancia (cm)

El funcionamiento del sensor GP2Y0A21YK se observa en la Figura 12. El detector infrarojo situado a la derecha del sensor recibe la señal reflejada desde una cierta superficie y enfocada a través del lente. El circuito interno del sensor permite arrojar una señal que sigue el patrón de la Figura 11.



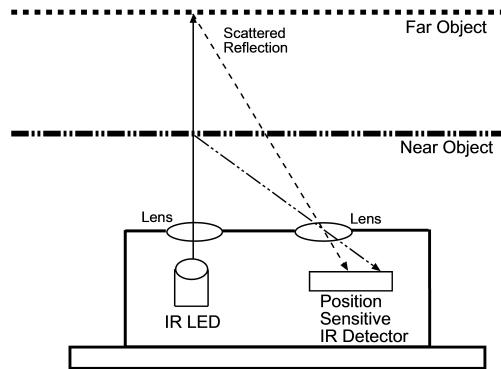


Figura 12: Funcionamiento del sensor de proximidad

Para adquirir la señal deseada desde el demoQE128, se acondiciona la señal utilizando el circuito de la Figura 13. Se utiliza la segunda etapa del circuito para reducir el nivel de voltaje en un 60 % y evitar máximos que sobrepasen los límites del micro-controlador.

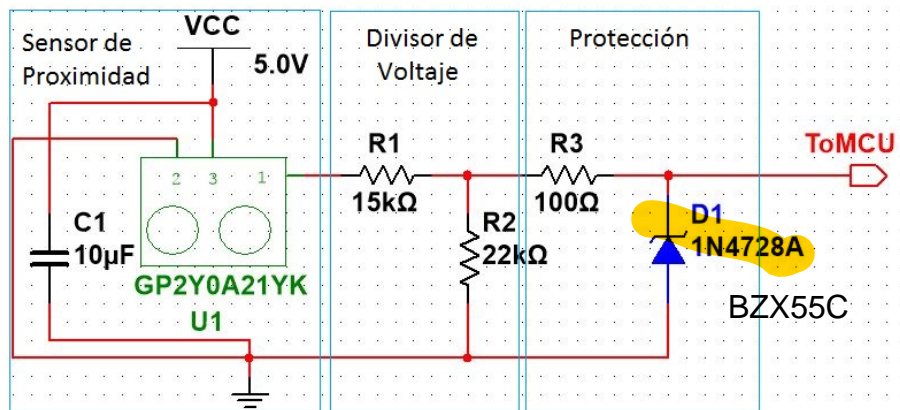


Figura 13: Circuito de adquisición y acondicionamiento

#### 4.5. Detección de Señal de Cruce

A la lógica del vehículo autoguiado se añade la detección de señales de cruce colocadas en las intersecciones de la cuadrilla. Se han de fijar marcas oscuras en dichos lugares. Para su adecuada detección se utiliza el sensor óptico TCRT1000 de la Figura 14. Es un sensor reflectivo que incluye un emisor infrarojo y un fototransistor en un mismo empaquetado sellado que bloquea la luz visible.

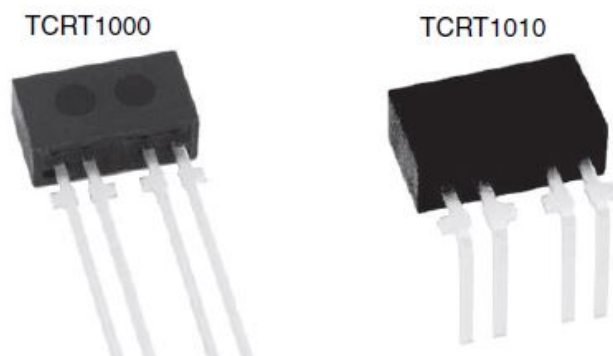
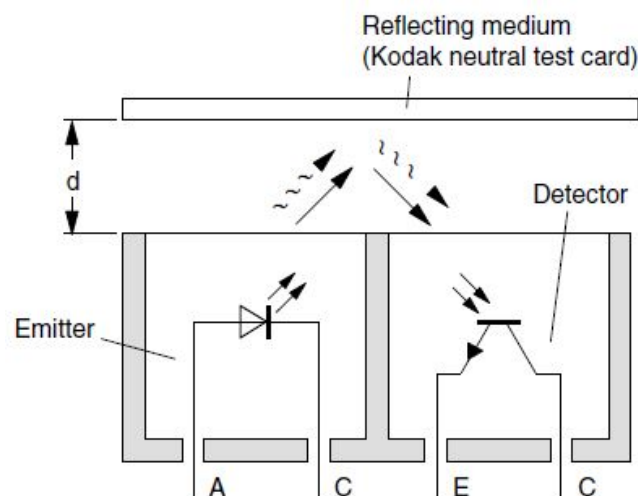


Figura 14: Sensor óptico *TCRT1000*



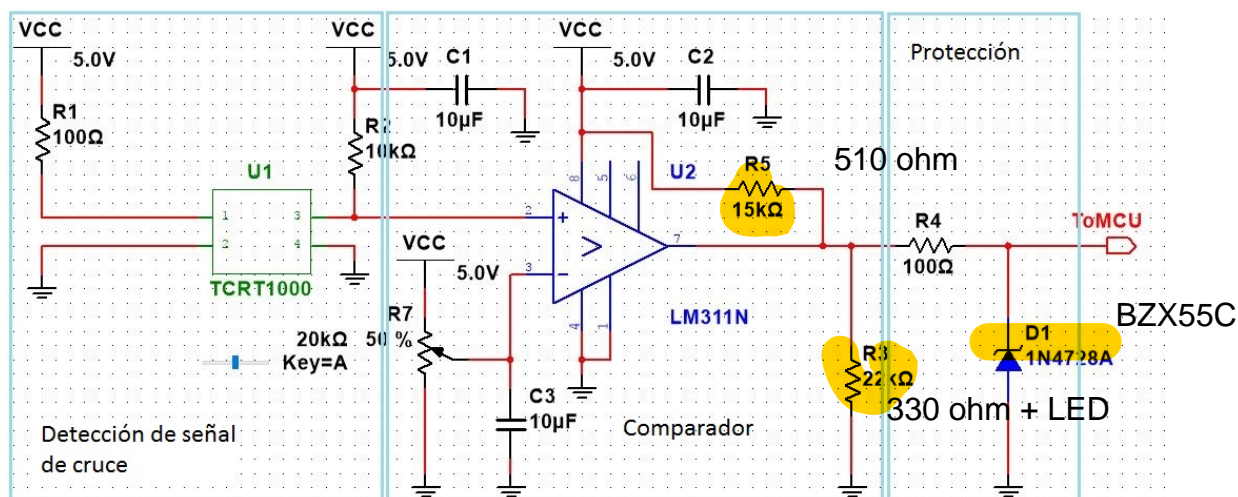


Figura 17: Circuito de adquisición y acondicionamiento

#### 4.6. Circuito Seguidor de Línea

Esta configuración será utilizada para acondicionar la línea de pista por la cual se desplazará el vehículo. Consiste básicamente en obtener una señal desde el microcontrolador (onda cuadrada de 3V @50kHz) y pasarlo por un circuito emisor común. De esta forma la señal que debe seguir el carro a través de las bobinas estará correctamente acondicionada. Un esquemático del circuito es mostrado en la Figura 18.

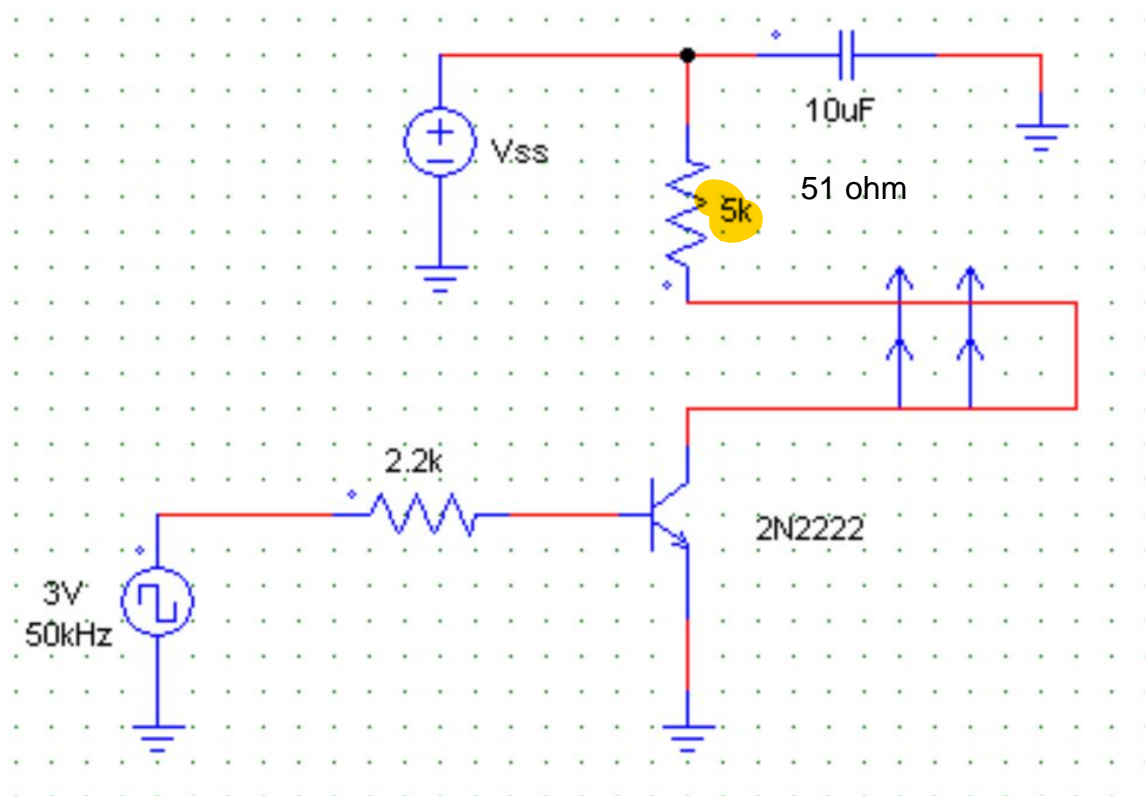


Figura 18: circuito Seguidor de Línea

#### 4.7. Circuito Transmisión Infrarroja – Vehículo / Mesón

Estas dos configuraciones son necesarias para acondicionar la transmisión infrarroja entre el carrito y el mesón. La primera consiste en un TSOP1136 protegido con un diodo zener de 3 voltios y una resistencia. El segundo es un circuito emisor común con un capacitor y un diodo en inverso. Ambas configuraciones son necesarias para la transmisión infrarroja entre los dispositivos. Estos circuitos mostrados en las figuras Figura 19 y Figura 20.

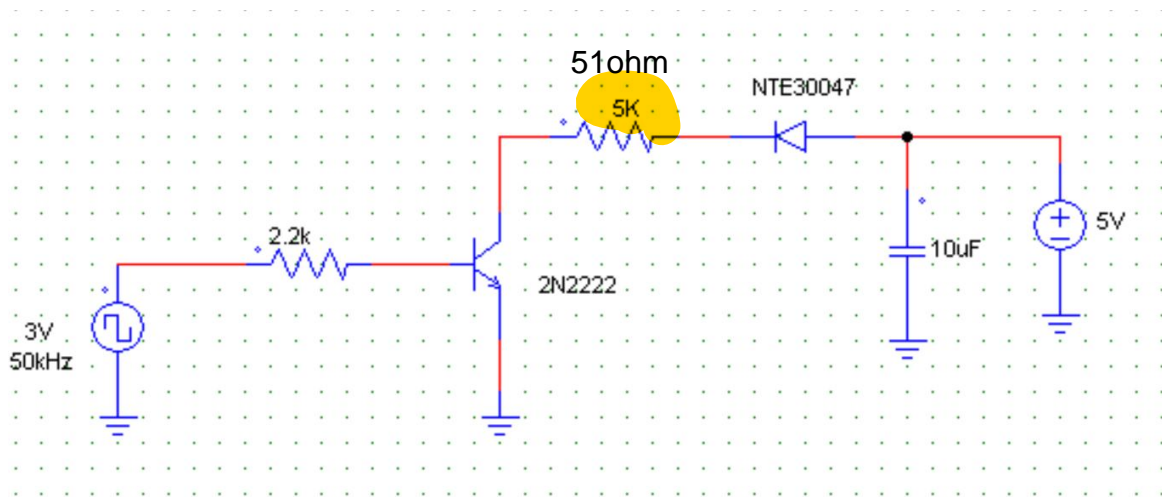


Figura 19: Circuito Trasmisión en mesón

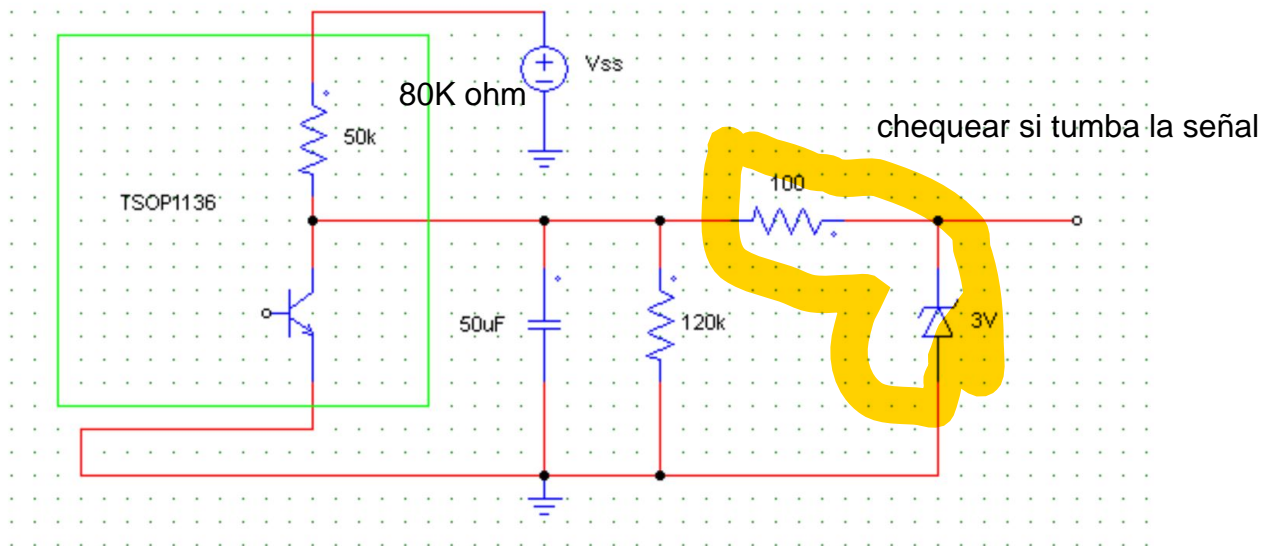


Figura 20: Circuito recepción vehículo

## 5. Arquitectura Software

Esta sección presenta una abstracción del software a implementar, donde se tienen dos objetivos principales:

- Estimar posición del vehículo.
- Planificar camino hasta la meta.

Por lo tanto, el software a implementar debe seguir un algoritmo como el mostrado en la Section 5.

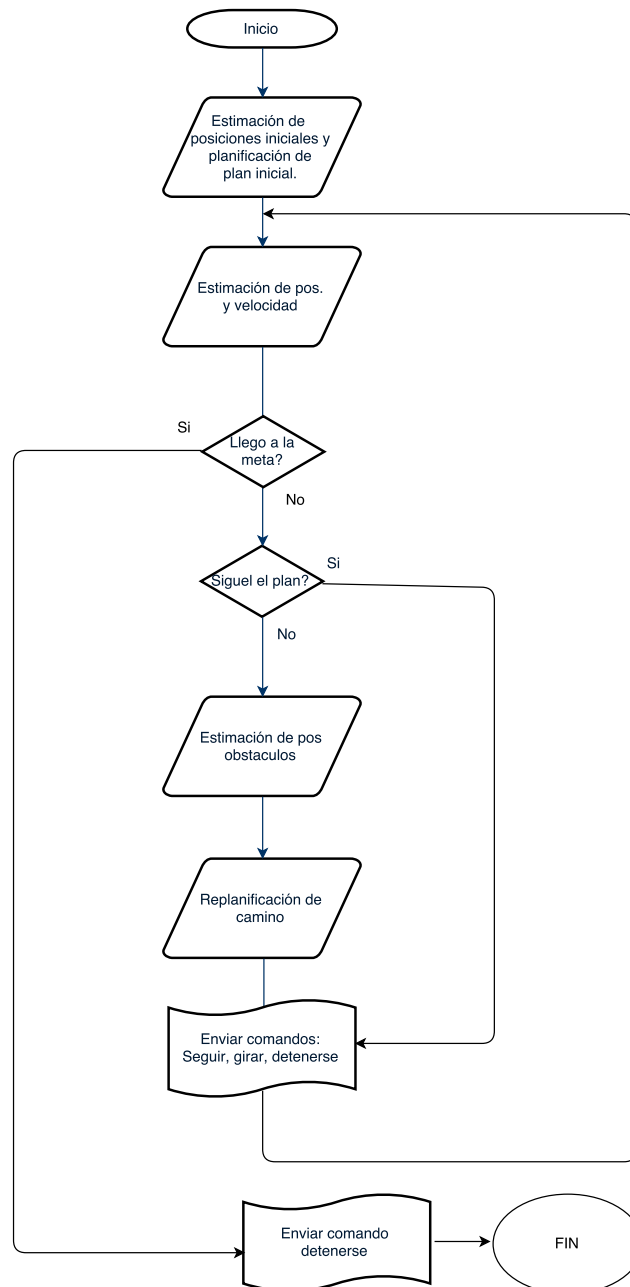


Figura 21: Arquitectura de Software

A continuación, se presentan las especificaciones de implementación para estas etapas.

## 5.1. Visión

La etapa de visión por computadora será desarrollada en *Python* 3.5.0 bajo la librería OpenCV 3, dicha librería ofrece las siguientes funcionalidades de interés:

1. Interfaz con cámara de video.
2. Extracción de fondo de imagen.
3. Estimación de posición de objetos.

En particular resultan de interés las funciones presentadas en la tabla Tabla 2

Tabla 2: Funciones de interés para la etapa de visión

|                           |   |
|---------------------------|---|
| <b>inRange</b>            | Extrae los pixeles en un color de la imagen dada                |
| <b>erode</b>              | Elimina residuos de la extracción de máscara del objeto         |
| <b>dilate</b>             | Dilata la máscara obtenida para reducción de ruido              |
| <b>findContours</b>       | calcula el contorno de las formas presentes en la máscara       |
| <b>minEnclosingCircle</b> | Obtiene el radio y el centro del círculo presente en la máscara |

## 5.2. Planificación

La planificación a implementar será basada en teoría de grafos, sobre una versión discretizada del espacio de trabajo. Para ello se va a implementar una librería de grafos sobre Python 3.0 con los siguientes objetivos:

1. Representación de caminos unidireccionales y bidireccionales.
2. Representación de heurísticas admisibles basadas en distancia.
3. Inhabilitación de caminos.
4. planificación de caminos basada en búsquedas discretas con heurística.

Esta última etapa resulta de mayor interés para este proyecto, pues debe ser capaz de calcular el camino más corto entre dos puntos dados. Para esto resulta de interés el uso del algoritmo de búsqueda  $A^*$ , pues resulta en planes óptimos con poca exigencia computacional, como se muestra en la Sección 5.2

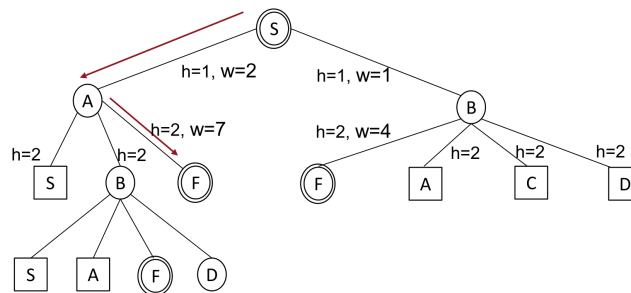


Figura 22: Interpretación gráfica del algoritmo  $A^*$

## 5.3. Comunicación

La comunicación con el microcontrolador se realizará mediante protocolo serial, para ello se puede hacer uso de la librería `serial` incluida en Python 3.0 con un protocolo de comunicación binario de instrucciones simples.