

# Sensores y Actuadores

## TRABAJO PRÁCTICO N° 3

### **Profesores:**

Ing. JORGE E. MORALES

Tec. Sup. Mecatrónica C. GONZALO VERA

**2022**



# Prácticas de Sensores

## **La modalidad será la siguiente:**

Cada práctica se desarrollará en forma grupal, debiendo subir el desarrollo de la misma al repositorio establecido por grupo. Los ejercicios serán realizados de forma que a cada integrante le corresponda 1 o más tareas(issues); por lo que deberán crear el proyecto correspondiente, con la documentación asociada si hiciera falta, y asignarlos issues por integrante. De esta forma quedara documentada la colaboración de cada alumno.

## Ejercicio#1

### a) ¿Qué es un sensor generador?

Son aquellos que a partir de la magnitud que miden generan una señal eléctrica, sin necesidad de una alimentación eléctrica. Están basados en efecto reversible y además están relacionados con diversos accionadores o aplicaciones inversas en general, es decir, se pueden emplear para acciones no eléctricas a partir de señales eléctricas.

Esto es una opción para medir muchas magnitudes ordinarias como por ejemplo: temperatura, fuerza, presión y otras magnitudes afines.

### b) ¿Cuáles son los tipos de sensores generadores?

- \* Sensores termoelectrónicos
- \* Sensores piezoeléctricos
- \* Sensores piroeléctricos
- \* Sensores fotovoltaicos
- \* Sensores electroquímicos

## **Clasificación de sensores**

CLASIFICACIÓN	TIPO	DESCRIPCIÓN	EJEMPLO
Según la fuente de energía	Generadores (activos)	Utilizan la energía del medio donde miden	Sensor piezoeléctrico
	Moduladores (pasivos)	Necesitan de una fuente externa de energía	Galga resistiva extensométrica
Según la señal de salida	Analógico	La señal de salida es continua en el tiempo	Sensor piezoeléctrico
	Digital	La señal de salida es discreta en el tiempo	Codificador óptico



c) Mencione 5 características del sensor termopar.

La selección de termopares es importante para asegurarse que cubren el rango de temperaturas a determinar.

Características:

- Baja sensibilidad
- Respuesta no lineal
- Pequeño tamaño: respuesta más rápida (ms)
- Aceptable estabilidad a largo plazo
- Aleaciones metálicas con designación normalizada: K,J,T.
- Se debe mantener una unión a una temperatura de referencia.
- No se debe trabajar a temperaturas superiores a la temperatura de fusión.
- Margen de medida  $-270^{\circ}\text{C} < T < 3000^{\circ}\text{C}$
- La corriente que circule por el termopar debe ser mínima.
- Errores  $< 0,5^{\circ}\text{C}$
- No tienen problemas de autocalentamiento.

d) Defina: sensor piezoeléctrico y mencione 3 limitaciones

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Solamente ocurre en ciertos materiales cristalinos y cerámicos que tienen como propiedad el presentar el efecto piezoeléctrico cuyo principio de funcionamiento consiste en la aparición de una polarización eléctrica bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto reversible ya que al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación. Cabe destacar que todos los materiales ferroeléctricos son piezoeléctricos. La propiedad piezoeléctrica está relacionada con la estructura cristalina. Estos efectos fueron descubiertos por Jacques y Pierre Curie en 1880-81, pero solo hasta 1950 con la invención de las válvulas de vacío tuvo una aplicación práctica como sensor, ya que los cristales contaban con una alta impedancia de salida.

Limitaciones:

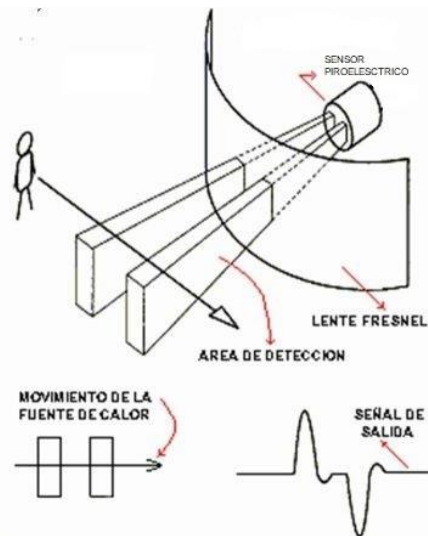
- No poseen respuesta en c.c.
- Deben trabajar por debajo de la frecuencia de resonancia del material.
- Los coeficientes piezoeléctricos son sensibles a la temperatura. (Cuarzo hasta  $260^{\circ}\text{C}$  y la turmalita  $700^{\circ}\text{C}$ ).
- La impedancia de salida de los materiales piezoeléctricos es muy baja
- Algunos materiales piezoeléctricos son delicuescentes.

e) Explique el funcionamiento del sensor piroeléctrico.

El efecto piezoeléctrico consiste en la aparición de una polarización eléctrica en un material al deformarse bajo la acción de un esfuerzo. Solamente ocurre en ciertos materiales cristalinos y cerámicos que tienen como propiedad el presentar el efecto piezoeléctrico cuyo principio de funcionamiento consiste en la aparición de una polarización eléctrica bajo la acción de un esfuerzo. Es un efecto reversible ya que al aplicar una diferencia de potencial eléctrico entre dos caras de un material piezoeléctrico, aparece una deformación. Cabe destacar que todos los materiales ferroeléctricos son piezoeléctricos. La propiedad piezoeléctrica está relacionada con la estructura



cristalina. Estos efectos fueron descubiertos por Jacque y Pierre Currie en 1880-81, pero solo hasta 1950 con la invención de las válvulas de vacío tuvo una aplicación práctica como sensor, ya que los cristales contaban con una alta impedancia de salida.



#### f) Mencione los tipos de sensores fotovoltaicos y defina 2.

El sensor fotovoltaico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que percibe la luz generada por el emisor.

Todos los diferentes modos de sensado se basan en este principio de funcionamiento. Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

El sensor de luz más común es el LDR -Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz-. Un LDR es básicamente un resistor que cambia su resistencia cuando cambia la intensidad de la luz.

Existen tres tipos de sensores fotoeléctricos, los sensores por barrera de luz, reflexión sobre espejo o reflexión sobre objetos.

#### **Barrera de luz:**

Las barreras tipo emisor-receptor están compuestas de dos partes, un componente que emite el haz de luz, y otro componente que lo recibe. Se establece un área de detección donde el objeto a detectar es reconocido cuando el mismo interrumpe el haz de luz. Estos sensores operan de una manera precisa cuando el emisor y el receptor se encuentran alineados.

#### **Reflexión sobre espejo:**

Tienen el componente emisor y el componente receptor en un solo cuerpo, el haz de luz se establece mediante la utilización de un reflector catadióptrico. El objeto es detectado cuando el haz formado entre el componente emisor, el reflector y el componente receptor es interrumpido. Debido a esto, la detección no es afectada por el color del mismo. La ventaja de las barreras réflex es que el cableado

es en un solo lado, a diferencia de las barreras emisor-receptor que es en ambos lados.

**Reflexión sobre objeto:**

La luz infrarroja viaja en línea recta, en el momento en que un objeto se interpone el haz de luz rebota contra este y cambia de dirección permitiendo que la luz sea enviada al receptor y el elemento sea censado, un objeto de color negro no es detectado ya que este color absorbe la luz y el sensor no experimenta cambios. Hay dos tipos de fotocélulas de reflexión sobre objeto, las de reflexión difusa y las de reflexión definida.

**Reflexión difusa:**

En las fotocélulas de reflexión difusa sobre el objeto el emisor lanza un haz de luz; los rayos del haz se pierden en el espacio si no hay objeto, pero cuando hay presencia de objeto, la superficie de éste produce una reflexión difusa de la luz, parte de la cual incide sobre el receptor y se cambia así la señal de salida de la fotocélula.

**Reflexión definida:**

La reflexión en la superficie del objeto a detectar por las fotocélulas de reflexión definida normalmente es de carácter difuso, como en los sensores de reflexión difusa, o sea que los rayos reflejados salen sin una trayectoria determinada.

Esto es muy importante, para no caer en la falsa idea de que la diferencia respecto a los sensores de reflexión difusa está en el tipo de reflexión; lo está en el tipo de óptica empleada.

En las fotocélulas de reflexión definida la fuente de luz está a una distancia mayor que la distancia focal, por lo que el haz converge a un punto del eje óptico.

### g) ¿Qué es un sensor electroquímico?

Los sensores electroquímicos son aquellos adecuados para determinar el contenido de oxígeno y los constituyentes nocivos del gas tales como CO, SO<sub>2</sub> o NO<sub>x</sub>, funcionan basándose en el principio de la valoración potenciométrica sensible a los iones.

Los sensores están rellenos con un electrolito acuoso, específico para la tarea, en el que están dispuestos dos o tres electrodos, igualmente combinados específicamente, entre los que hay un campo eléctrico. Los sensores están sellados del exterior mediante membranas permeables al gas.

El diseño específico y el funcionamiento de los sensores difieren según el componente del gas a medir.

## Ejercicio#2

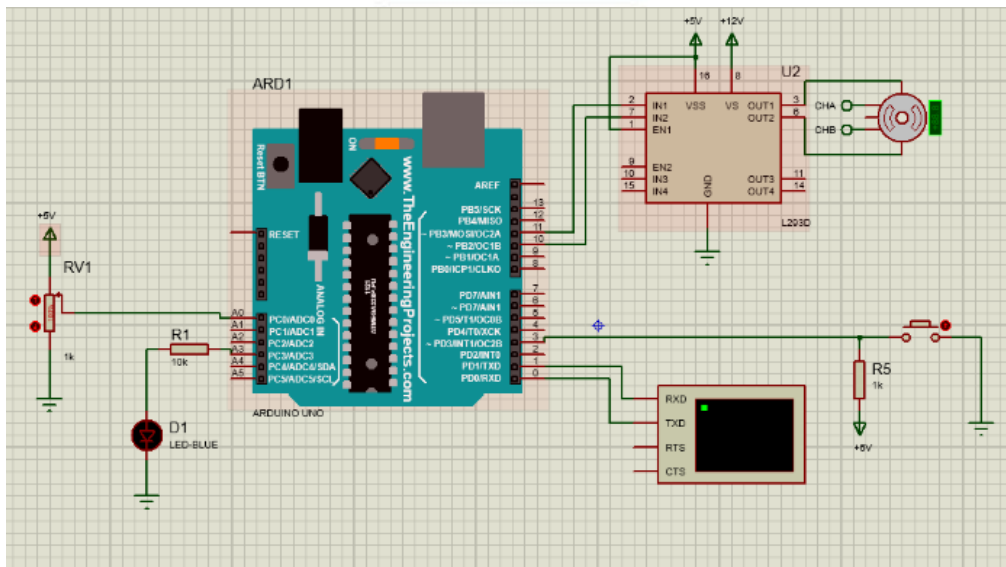
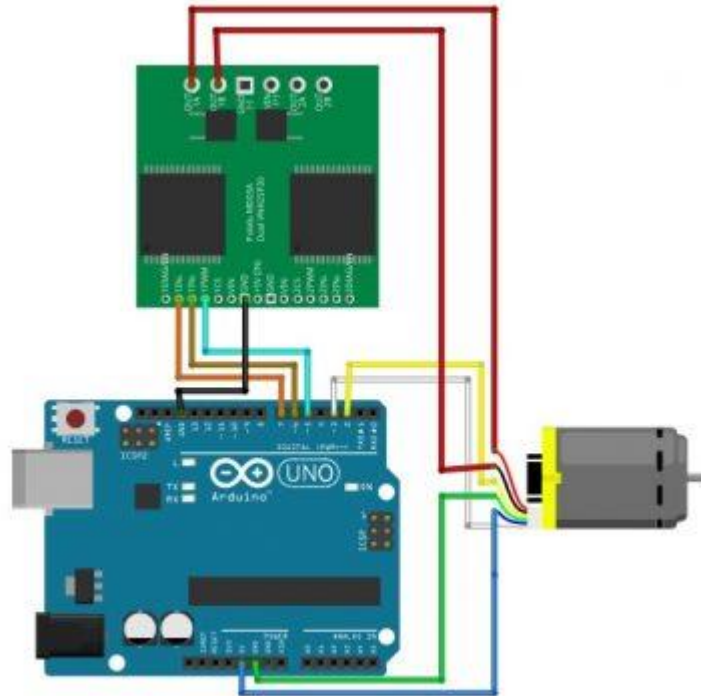
- a) Implemente un control de velocidad, posición y sentido de giro utilizando un motor con encoder incremental, el control del motor se debe realizar con pwm.

Los encoders son componentes que se añaden a un motor de corriente continua para convertir el movimiento mecánico en pulsos digitales que puedan ser interpretados por el sistema electrónico de control integrado.





El encoder incremental proporciona normalmente dos formas de ondas cuadradas y desfasadas entre sí en 90° eléctricos, los cuales por lo general son "canal A" y "canal B". Con la lectura de un solo canal se dispone de la información correspondiente a la **VELOCIDAD DE ROTACIÓN**, mientras que si se capta también la señal "B" es posible discriminar el **SENTIDO DE ROTACIÓN** en base a la secuencia de datos que producen ambas señales. Está disponible además otra señal llamado canal Z o Cero, que proporciona la **POSICIÓN ABSOLUTA DE CERO DEL EJE** del encoder. Esta señal se presenta bajo la forma de impulso cuadrado con fase y amplitud centrada en el canal A.



```
potentiometerValue = analogRead(potPin);
motorValue = map(potentiometerValue, 0, 1023, 0, 255);
```

```
#define ENCA 2
#define ENCB 3
#define PWM 5
#define IN2 6
#define IN1 7

int pos = 0;

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    pinMode(ENCA, INPUT);
    pinMode(ENCB, INPUT);
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(ENCA), readEncoder, RISING);
}

void loop() {
    setMotor(1, 25, PWM, IN1, IN2);
    delay(200);
    Serial.println(pos);
    setMotor(-1, 25, PWM, IN1, IN2);
    delay(200);
    Serial.println(pos);
    setMotor(0, 25, PWM, IN1, IN2);
    delay(20);
    Serial.println(pos);
}

void setMotor(int dir, int pwmVal, int pwm, int in1, int in2){
    analogWrite(pwm, pwmVal);
    if(dir == 1){
        digitalWrite(in1, HIGH);
        digitalWrite(in2, LOW);
    }
    else if(dir == -1){
        digitalWrite(in1, LOW);
        digitalWrite(in2, HIGH);
    }
    else{
        digitalWrite(in1, LOW);
        digitalWrite(in2, LOW);
    }
}

void readEncoder() {
    int b = digitalRead(ENCB);
    if(b > 0) {
```



```

    pos++;
}
else{
    pos--;
}
}

```

b) Explique que es el código gray y como se utiliza en los encoders absoluto.

El **código Gray** o **código binario reflejado**, nombrado así en honor del investigador Frank Gray, es un sistema de numeración binario en el que dos números consecutivos difieren solamente en uno de sus dígitos.

De un valor en código Gray al siguiente solo hay un cambio de un bit, como puede apreciarse en la siguiente tabla. Se han incluido en ella las expresiones BCD, que ya son conocidas.

Observa también que los bits son simétricos respecto a la línea en la que se cambia de color.

DECIMAL	BCD	GRAY 2 BITS	GRAY 3 BITS	GRAY 4 BITS
0	0000	00	000	0000
1	0001	01	001	0001
2	0010	11	011	0011
3	0011	10	010	0010
4	0100		110	0110
5	0101		111	0111
6	0110		101	0101
7	0111		100	0100
8	1000			1100
9	1001			1101
10	1010			1111
11	1011			1110
12	1100			1010
13	1101			1011
14	1110			1001
15	1111			1000

Se puede ver que el código Gray es también **cíclico**, ya que cuando llegamos al número más alto, con



un solo cambio de bit se vuelve al inicio.

El código Gray fue diseñado originalmente para prevenir señales falsas o viciadas de los relés que se empleaban en las primeras computadoras, y actualmente es usado para facilitar la corrección de errores en los sistemas de comunicaciones, tales como algunos sistemas de televisión por cable y la televisión digital terrestre.

En robótica, es utilizado principalmente en sistemas de posición (encoders), ya sea angular o lineal. Sus aplicaciones principales se encuentran en la industria y en robótica. Se suelen utilizar unos discos codificados para dar la información de posición que tiene un eje en particular. Esta información se da en código GRAY.

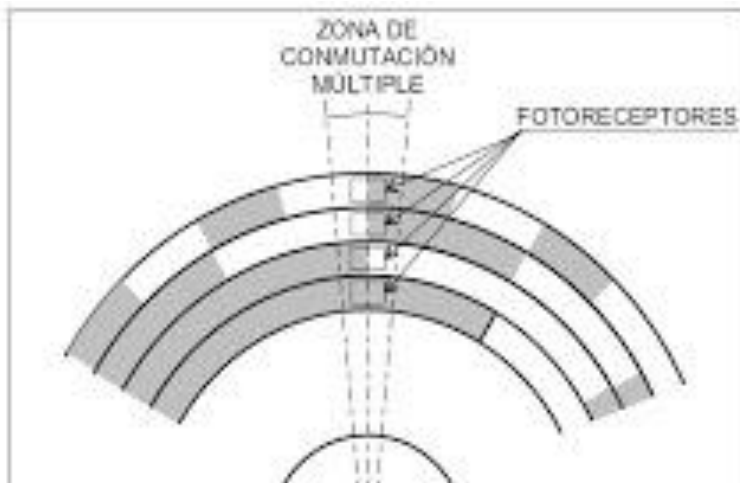
Un Encoder es un sensor electro-opto-mecánico que unido a un eje, proporciona información de la posición angular. Su fin, es actuar como un dispositivo de realimentación en sistemas de control integrado, monitoreando la posición o velocidad de un eje de rotación.

La función de este tipo de dispositivos, es medir la posición angular, sin embargo, lo que se va a medir, no es el incremento de la posición, sino la posición exacta, a diferencia de los encoders incrementales.

La diferencia respecto a los incrementales estriba en la graduación o codificación del disco. En este caso el disco se divide en un número fijo de sectores y se codifica cada uno con un código cíclico; este código queda representado en el disco por zonas transparentes y opacas (o blancas y negras) dispuestas radialmente.

En el código Gray, el cambio de números sucesivos se lleva a cabo con la conmutación de un único bit, con lo que se facilita y se asegura la lectura correcta.

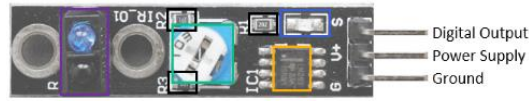
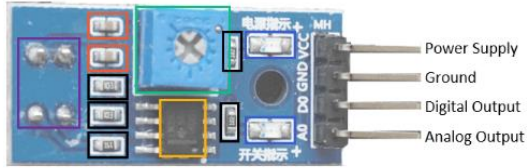
DECIMAL	BINARIO	GRAY
0	0000	0000
1	0001	0001
2	0010	0011
3	0011	0010
4	0100	0110
5	0101	0111
6	0110	0101
7	0111	0100
8	1000	1100
9	1001	1101
10	1010	1111
11	1011	1110
12	1100	1010
13	1101	1011
14	1110	1001
15	1111	1000



### c) Como implementaría el circuito de acondicionamiento de un fotodiodo utilizado para detectar contraste en un auto robot seguidor de línea.

El módulo de seguimiento de líneas TCRT5000 es un módulo de distancia por infrarrojos que se utiliza sobre todo para aplicaciones robóticas como un robot de seguimiento de líneas, un decodificador de líneas de productos u otros proyectos robóticos.

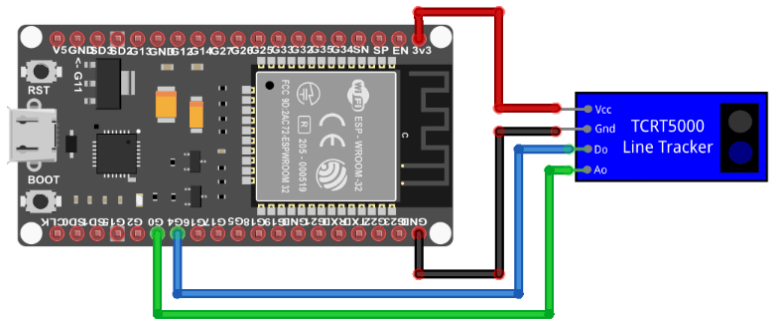
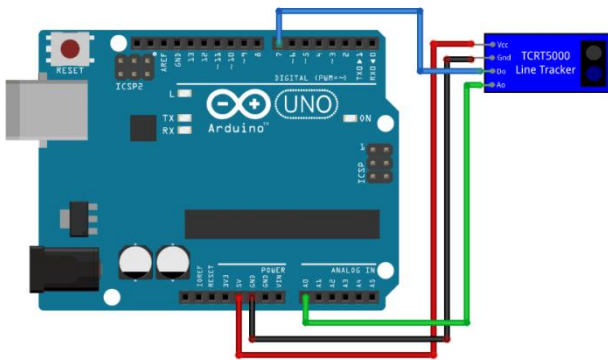
Hay dos módulos de seguimiento de línea TCRT5000 diferentes en el mercado. La principal diferencia es que un módulo tiene una salida analógica que el otro módulo no tiene.



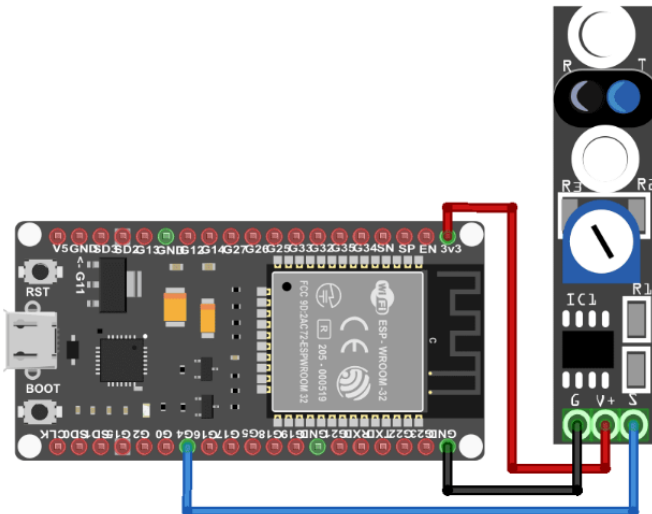
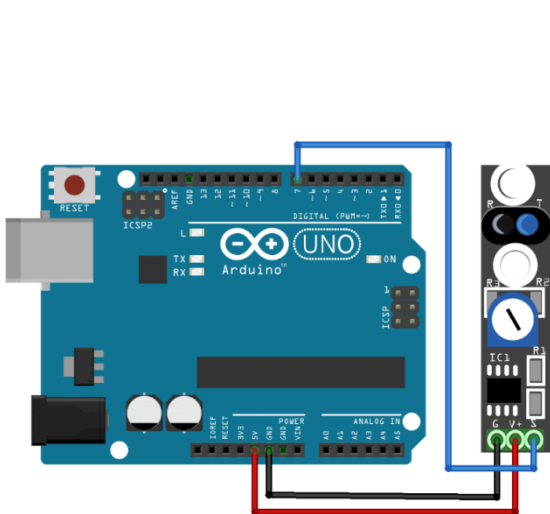
El módulo de rastreo de línea KY-033 no tiene una salida analógica.

El voltaje de entrada de los módulos TCRT5000 está entre 3V y 5V, por lo que podemos usar microcontroladores ESP8266 y ESP32 con un voltaje de trabajo de 3.3V y todas las placas basadas en Arduino con un voltaje de trabajo de 5V.

### Cableado del módulo TCRT5000 con salida analógica



### Cableado para módulo KY-033 TCRT5000



- d) Implemente el controlador para un auto seguidor de línea utilizando el circuito del punto anterior.

Usamos el módulo de seguimiento de línea TCRT5000 con salida analógica para medir la diferencia entre una superficie blanca y una superficie negra. La siguiente sección muestra el código del programa para el módulo de seguimiento de línea.

El código mide la influencia de diferentes superficies y colores de superficie con el módulo TCRT5000 con salida analógica, midiendo la diferencia entre una superficie blanca y una superficie negra.

```
// PARA MICROCONTROLADOR ARDUINO DEFINIR LOS PINES
```

```
const int digital_pin = 7;
```

```
const int analog_pin = A0;
```

```
// PARA MICROCONTROLADOR ESP32
```

```
//const int digital_pin = 4;
```

```
//const int analog_pin = 0;
```

```
void setup(){
```

```
    Serial.begin(9600);//Configuro la velocidad en baudios
```

```
    pinMode(digital_pin,INPUT);//pin digital como entrada para saber el  
    estado digital del modulo
```

```
}
```

```
void loop(){
```

```
    Serial.print("Analog Reading=");//Muestra de los valores analogicos
```

```
    Serial.print(analogRead(analog_pin));//Leemos el valor analogico
```

```
    Serial.print("Digital Reading=");//Muestra del valor digital
```

```
    Serial.println(digitalRead(digital_pin));//Obtenemos el valor digital
```

```
    delay(1000);
```

```
}
```

El módulo de seguimiento de línea KY-033 TCRT5000 no tiene una salida analógica para medir la distancia entre el módulo y un objeto. Pero con el valor digital y el umbral de distancia que se puede ajustar con el potenciómetro, podemos construir un detector de objetos capaz de guiar el seguidor.

```
// PARA MICROCONTROLADOR ARDUINO
```

```
const int digital_pin = 7;
```

```
const int internal_LED = 13;
```

```
// PARA MICROCONTROLADOR ESP32
```

```
//const int digital_pin = 4;
```

```
//const int internal_LED = 2;
```



```
void setup(){  
    pinMode(digital_pin, INPUT);  
    pinMode(internal_LED, OUTPUT);  
}  
void loop(){  
    if(digitalRead(digital_pin) == HIGH){  
        digitalWrite(internal_LED, LOW); //Apagar el led de la placa  
    }  
    else {  
        digitalWrite(internal_LED, HIGH); //Prender el led de placa  
    }  
}
```

En la función de configuración configuramos como entrada el pin digital que conecta el microcontrolador al módulo KY-033, porque queremos leer el estado digital del módulo sensor. El pin LED se establece como salida porque el LED interno está controlado por el microcontrolador.

Para la función de bucle, creamos una declaración if que lee el estado digital del módulo KY-033 TCRT5000. Si el estado es ALTO, el LED interno se apaga y, en caso contrario, el LED interno está encendido.