

Práctica 5

Conexión de sensores de luz, temperatura y batería a la tarjeta arduino

Laboratorio de Bio-Robótica
Construcción de Robots Móviles

Objetivos

- Construir dos sensores de luz empleando fotorresistores (LDR).
- Construir un sensor de batería empleando un divisor de voltaje.
- Utilizar el circuito TMP36 para sensar temperatura.
- Implementar un nodo de ROS en la tarjeta Arduino Uno que publique los valores de dichos sensores.
- Utilizar una interfaz gráfica de usuario (GUI) para desplegar los valores de los sensores.

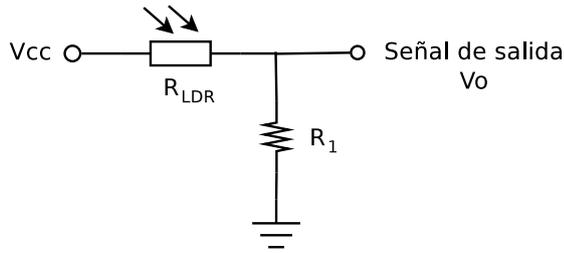
1. Introducción

Un robot inteligente puede definirse como una máquina capaz de extraer información de su ambiente y usar el conocimiento de su mundo para moverse de forma segura y significativa con un propósito específico. Por ello, un robot debe contar con los sensores adecuados que le permitan obtener la información necesaria, ya sea de su estado interno o externo, para llevar a cabo su tarea.

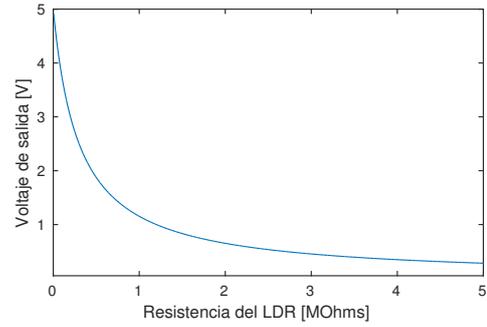
Existen varias formas de clasificar los sensores. Una de ellas los separa en activos y pasivos. Los sensores activos son aquellos que necesitan emitir energía para realizar la medición, por ejemplo, un sensor láser (laser range-finder) requiere emitir luz para calcular la distancia a los obstáculos. Los sensores de distancia construidos en la práctica 4 son también un ejemplo de sensores activos. Sonares y cámaras RGB-D necesitan emitir sonido y luz, respectivamente, para realizar sus mediciones. Los sensores pasivos, por el contrario, no requieren emitir energía para medir. Micrófonos y cámaras RGB son ejemplos de este tipo de sensores.

Otra forma de clasificar los sensores es en propioceptivos y exteroceptivos. Los propioceptivos miden cantidades físicas relacionadas con el estado interno del robot, mientras que los exteroceptivos miden el estado externo. Encoders y sensores de batería son ejemplos de sensores propioceptivos. Cámaras, micrófonos y sensores láser son ejemplos de sensores exteroceptivos.

Los resistores dependientes de luz (LDR, del inglés *light-dependent resistor*) o fotorresistores son componentes cuya resistencia disminuye con el aumento de intensidad de la luz que incide sobre ellos. Cuando incide una luz intensa sobre un LDR, su resistencia puede disminuir hasta el orden de decenas de ohms, mientras que en la oscuridad, su resistencia puede aumentar hasta el orden de megaohms. Si un LDR se coloca en serie con una resistencia fija, se puede formar un divisor de voltaje cuya salida es función de la intensidad de la luz.



(a) Divisor de voltaje.



(b) Voltaje de salida.

Figura 1: Sensores de luz basados en LDR.

Para medir el nivel de batería del robot, bastaría con leer su voltaje mediante un convertidor analógico-digital, sin embargo, dado que el Arduino Uno sólo puede convertir voltajes entre 0V y 5V y la batería del robot es de 7.4V nominales (con un máximo de 8.4V), es necesario utilizar un divisor de voltaje que reduzca la señal de la batería a la mitad.

El TMP36 es un sensor de temperatura de precisión y bajo voltaje cuya salida es proporcional a la temperatura en grados Celsius. Este sensor es muy fácil de usar puesto que no requiere calibración y el voltaje de salida puede ser convertido fácilmente a temperatura utilizando el factor de escala de 10 mV/°C.

En esta práctica se construirán dos sensores de luz y uno de batería, todos ellos sensores pasivos. Los sensores de luz se clasifican como exteroceptivos y el de batería, como interoceptivo. También se utilizará el sensor de temperatura TMP36, que entra en la clasificación de pasivo y exteroceptivo.

2. Desarrollo

2.1. Sensores de luz

Construya dos sensores de luz utilizando el circuito que se muestra en la figura 1a. En este circuito, la salida V_o está dada por

$$V_o = \frac{R_1}{R_{LDR} + R_1} V_{cc}$$

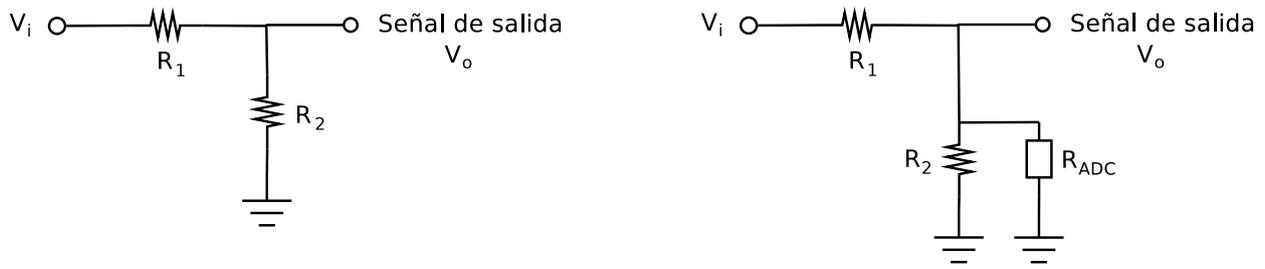
donde R_{LDR} es la resistencia del LDR, que cambia con respecto a la intensidad de la luz y R_1 es una resistencia de valor fijo. Como se observa en la figura 1b, la salida no es lineal con respecto a la entrada, por lo que si se desea obtener una medida de la intensidad de luz a partir del voltaje medido, es necesario realizar una corrección no lineal. Para las tareas que desempeñará el robot no es necesaria dicha corrección.

La idea de estos sensores es medir diferencias de luz a cada lado del robot de modo que puedan implementarse fototaxias (ver práctica 10), por lo que uno de los sensores debe colocarse al lado izquierdo del robot y el otro, al lado derecho.

2.2. Sensor de batería

Construya un divisor de voltaje cuya salida sea la mitad del voltaje de entrada. En el circuito de la figura 2a el voltaje de salida V_o está dado por

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i$$



(a) Divisor de voltaje para reducir a la mitad el voltaje de entrada.

(b) Divisor considerando la impedancia del convertidor analógico-digital.

Figura 2: Circuito para sensar batería.

por lo que, si las resistencias R_1 y R_2 son iguales, el voltaje de salida V_o será la mitad del voltaje de entrada V_i (que en este caso será el voltaje de la batería). Teóricamente, R_1 y R_2 podrían tomar cualquier valor siempre y cuando sean iguales, sin embargo, dado que dicha señal será conectada a un convertidor ADC del Arduino Uno, es necesario tomar en cuenta la impedancia de entrada de dicho convertidor.

Considere el circuito de la figura 2b. La señal de salida V_o está dada por

$$V_o = \frac{(R_2^{-1} + R_{ADC}^{-1})^{-1}}{R_1 + (R_2^{-1} + R_{ADC}^{-1})^{-1}} V_i$$

Dado que la resistencia R_2 está conectada en paralelo con la impedancia de entrada R_{ADC} del convertidor analógico-digital, entre más pequeñas sean R_1 y R_2 , menor será la alteración provocada por R_{ADC} , sin embargo, entre más pequeñas sean R_1 y R_2 , mayor será el consumo de corriente. Por lo tanto, R_1 y R_2 se deben seleccionar equilibrando exactitud y consumo de corriente.

2.3. Conexión de los sensores al Arduino Uno

Conecte la salida de los sensores de luz izquierdo y derecho a los pines analógicos de entrada A0 y A1 del Arduino Uno. Conecte la salida del sensor de batería al pin A2. Alimente con 5V el circuito TMP36 y conecte su salida al pin A3. La razón para usar estos pines es que los demás, digitales y analógicos, serán usados para otros dispositivos, como se muestra en la tabla 1.

2.4. Nodo que publica los valores de los sensores

Implemente un nodo en la tarjeta Arduino Uno (siguiendo un procedimiento similar a la práctica 3) que publique un tópico de tipo `std_msgs::Float32MultiArray` con el nombre `/minirobot/hardware/sensors` que contenga las lecturas de los sensores de luz, batería y temperatura, además de los sensores de distancia construidos en la práctica 4. El tamaño del arreglo de flotantes contenido en el mensaje **debe ser 15**. Recuerde que el tamaño del arreglo se especifica en la variable `data_length` del mensaje a enviar. Es importante que **el tamaño del arreglo sea 15** para el correcto funcionamiento de la GUI donde se desplegarán los valores de los sensores.

El arreglo de flotantes del mensaje a publicar debe contener las lecturas de los sensores en el siguiente orden (ver tabla 1 para los nombres de los sensores):

```
{SD0 SD1 SD2 SD3 SD4 SD5 SD6 SD7 0 0 0 SLL SLR ST SB}
```

Pin	Dispositivo conectado	Descripción
0	Serial Rx	Comunicación serial con la RaspberryPi
1	Serial Tx	Comunicación serial con la RaspberryPi
2	Sensor SD0	Sensor de distancia binario
3	Motor MA1	Señal PWM para control del motor izquierdo
4	Sensor SD1	Sensor de distancia binario
5	Motor MA2	Señal PWM para control del motor izquierdo
6	Motor MB1	Señal PWM para control del motor derecho
7	Sensor SD2	Sensor de distancia binario
8	Sensor SD3	Sensor de distancia binario
9	Motor MB2	Señal PWM para control del motor derecho
10	Sensor SD4	Sensor de distancia binario
11	Sensor SD5	Sensor de distancia binario
12	Sensor SD6	Sensor de distancia binario
13	Sensor SD7	Sensor de distancia binario
A0	Sensor SLL	Sensor de luz izquierdo
A1	Sensor SLR	Sensor de luz derecho
A2	Sensor SB	Sensor de batería
A3	Sensor ST	Sensor de temperatura
A4	I2C SCL	Comunicación con el acelerómetro
A5	I2C SDA	Comunicación con el acelerómetro

Tabla 1: Uso de los pines de la tarjeta Arduino Uno

De los quince datos, los primeros ocho corresponden a los sensores de distancia, los siguientes tres datos deben ser cero (se utilizarán en la siguiente práctica para la lectura del acelerómetro) y los últimos cuatro deben contener las lecturas de los sensores de luz izquierdo y derecho, sensor de temperatura y sensor de batería, en ese orden. Por ejemplo, suponga que los sensores SD0, SD2 y SD3 detectan objetos cercanos, los voltajes de los sensores de luz son 3.5V y 4.5V, la batería tiene un nivel de 8.0V y el sensor de temperatura entrega una salida de 0.8V. Dado que el Arduino Uno tiene un ADC de 10 bits alimentado a 5V, el contenido del arreglo debería ser (recuerde que la batería pasa por un divisor de voltaje):

```
{0 1 0 0 1 1 1 1 0 0 0 717 922 164 819}
```

con lo que la GUI desplegará algo como lo que se muestra en la figura 3. Para correr la GUI y visualizar los datos, en una nueva terminal, ejecute el comando

```
$ rosrn mini_robot_gui mini_robot_gui_node
```

3. Evaluación

- Los cuatro sensores (dos de luz, batería y temperatura), junto con los ocho de distancia de la práctica 4, deben funcionar correctamente.
- Todos los sensores deben estar montados en el robot.
- El correcto funcionamiento de todos los sensores se verificará con la GUI.
- Los sensores de luz deben mostrar variaciones de cuando menos 2V ante dos condiciones: tapados con las manos (condición de obscuridad) y descubiertos (condición luminosa).

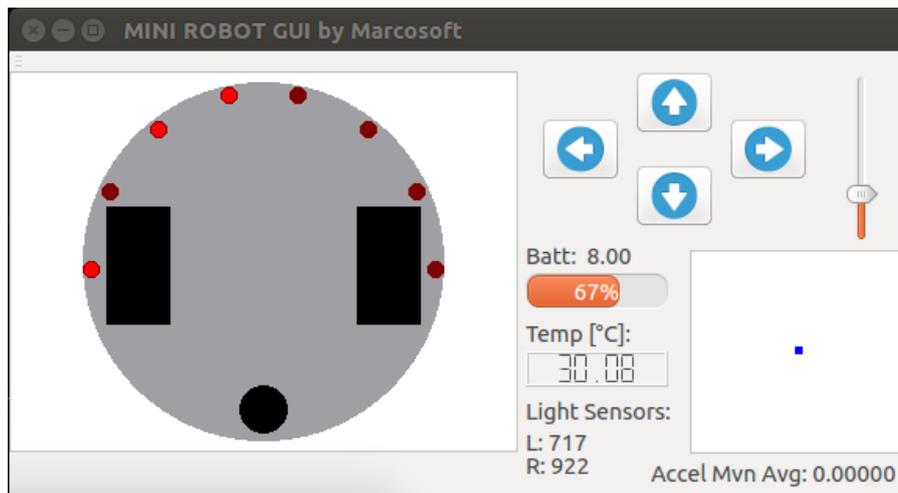


Figura 3: Ejemplo de lectura de sensores. SD0, SD2 y SD3 detectan objetos cercanos. Sensores de luz con salidas de 3.5V y 4.5V, sensor de temperatura entrega 0.8V y batería con 8.0V.

- El sensor de batería debe tener valores “razonables”, es decir, puesto que se usará una batería LiPo de dos celdas, el voltaje leído no debería ser menor a 7.0V ni mayor a 8.4V.
- El sensor de temperatura también debe mostrar valores “razonables”. La GUI ya hace la transformación a °C con base en las especificaciones del TMP36, por lo que se esperan lecturas cercanas a la temperatura ambiente.