

Práctica 4

Construcción de un encoder incremental usando un sensor óptico

Grado en Ingeniería en Robótica Software

GSyC, Universidad Rey Juan Carlos



©2024 Julio Vega Pérez

Algunos derechos reservados.

Este trabajo se entrega bajo licencia CC-BY-SA 4.0.

1. Introducción

Como ya hemos visto, un encoder es un sensor que convierte un movimiento rotacional o lineal en una señal digital equivalente. También se denominan tacómetros o codificadores de posición.

Los encoders son los sensores más usados fundamentalmente para la medición de sistemas rotacionales. Actualmente la mayoría son ópticos o magnéticos, frente a los que había hace años, que eran mecánicos. En la siguiente Figura 1 podemos ver estos sensores acoplados a los ratones mecánicos antiguos y a los ratones usados en la actualidad.

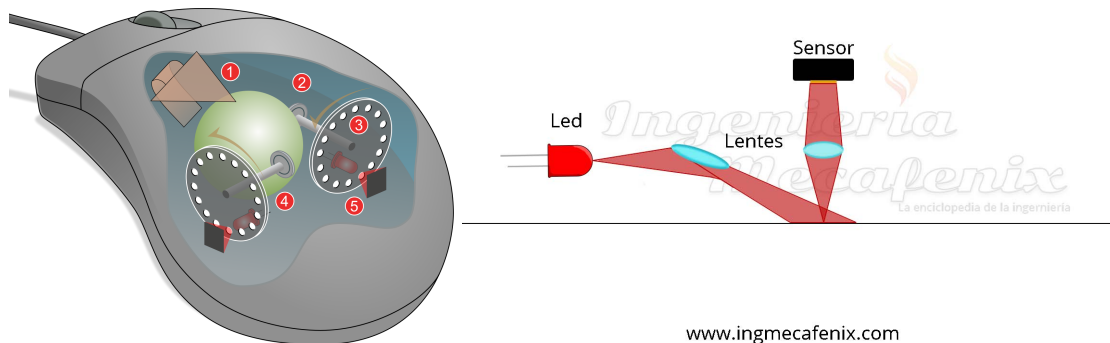


Figura 1: Ratones con encoders mecánico y óptico. Imágenes extraídas de Wikipedia y www.ingmecafenix.com

2. El encoder óptico

En esta práctica nos centraremos en el encoder de tipo óptico. Este tipo de encoders está compuesto por dos componentes optoelectrónicos (aquellos cuya tecnología combina la óptica y la electrónica): un emisor de luz y un receptor de luz. Normalmente, el emisor es un fotodiodo y el receptor es un fototransistor.

El mecanismo es sencillo; cuando el disco gira, se genera una señal alternante cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad de rotación del eje. Calcular la posición en la que se encuentra una vez haya girado es algo delicado, y es que, saber el sentido de giro, para empezar, no es algo sencillo. La fórmula general que se aplica para saber la resolución de un encoder es la siguiente:

$$res = \frac{\pi D}{2a_r} \quad (1)$$

donde:

res : resolución del encoder

D : diámetro del disco

a_r : ancho de cada ranura

3. El encoder incremental

Una solución para conocer el sentido de giro de un encoder es el denominado modelo incremental (Figura 2). Este tipo de encoders se basa en emplear al menos dos pares emisor-receptor con un desfase de $+1/4$. Así, la señal estará desfasada $1/4$ o $3/4$ entre pares según el sentido de giro.

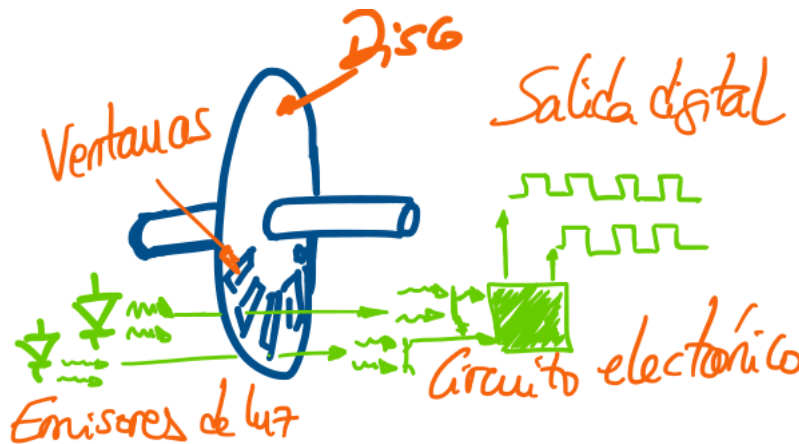


Figura 2: Mecanismo de un encoder incremental

Además de lo anterior, suelen incluir una muesca adicional para indicar una vuelta completa, lo que permite también conocer la posición inicial del encoder en caso de un fallo electrónico puntual. Por otro lado, esta muesca permite obtener el número de pulsos que se producen en una vuelta completa, y esto a su vez permite obtener la posición, sentido de giro y velocidad angular del encoder.

4. Descripción de la práctica

Los componentes que vamos a necesitar para realizar esta práctica son los siguientes:

1. Un optointerruptor ITR8102.
2. Una resistencia de 330Ω .
3. Una resistencia de $10k\Omega$.
4. Una resistencia de $20k\Omega$.
5. Disco con muescas casero.

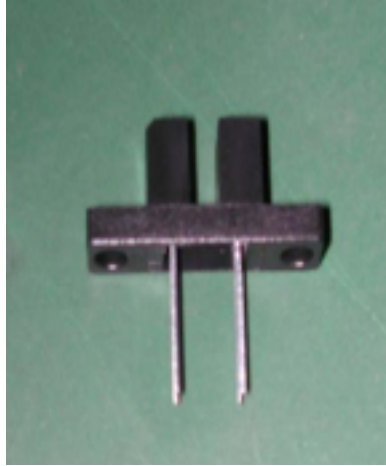


Figura 3: Optointerruptor ITR8102. Imagen extraída del datasheet adjunto de Everlight

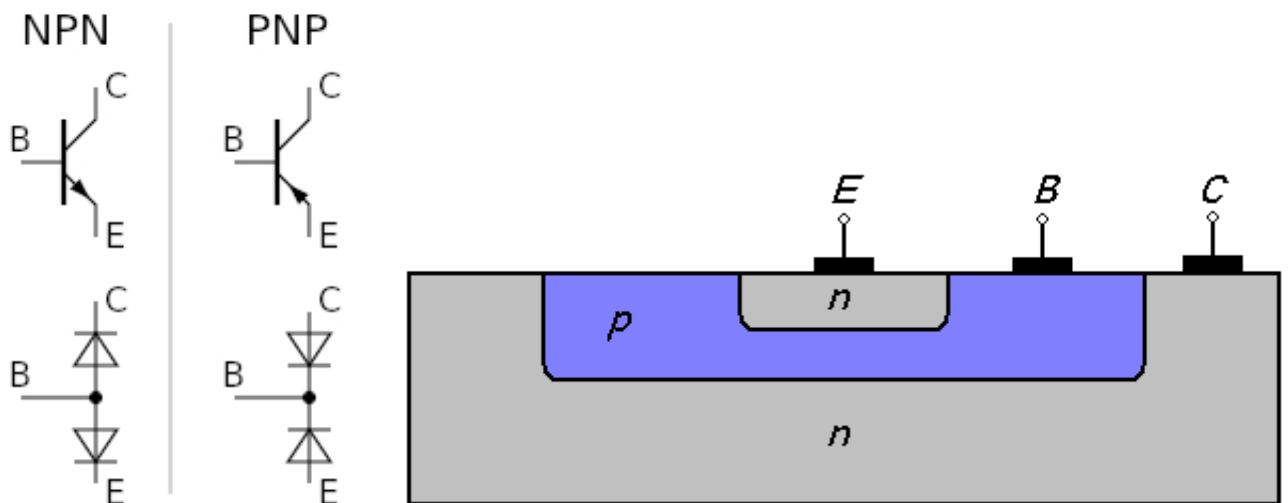


Figura 4: Transistores bipolares e interior de trans. NPN. Imágenes extraídas de Wikimedia Commons

4.1. Optointerruptor ITR8102

El modelo de optointerruptor que vamos a usar es el ITR8102 como el que podemos ver en la Figura 3.

Este modelo incorpora un LED infrarrojo y un fototransistor NPN. El fototransistor recibirá la luz infrarroja emitida por el LED, a menos que se interponga un objeto que impida el paso de la luz. Ya veremos en el Tema 4 más en profundidad los transistores y qué significa que el modelo sea NPN. No obstante, veamos algunos conceptos preliminares. Un transistor es un semiconductor que se controla según la I que se le aplique y del que se obtiene una I amplificada.

El semiconductor puede ser de dos tipos:

- Tipo P , que significa que tiene impurezas aceptoras o, dicho de otro modo, que generan una gran cantidad de portadores huecos (+).
- Tipo N , que posee impurezas donoras; esto es, que genera gran cantidad de portadores electrones (-).

Siguiendo con lo anterior, si el modelo es NPN o PNP significa que tiene dos uniones PN muy cercanas; es decir, que es un transistor bipolar (en inglés BJT (*Bipolar Junction Transistor*)). En la parte izquierda de

la Figura 4 podemos ver el símbolo de ambos transistores bipolares; a la derecha, cómo es el interior de un transistor NPN, como el que vamos a usar nosotros.

En dicha figura, además, observamos los tres terminales de un transistor NPN, cuyas letras E, B y C se corresponden con Emisor (trabaja en directa, y hace que R disminuya), base y colector (trabaja en inversa, y hace que R aumente). Veamos más detalles:

- El emisor está fuertemente dopado; esto es, se comporta de forma similar a un metal, emite portadores de carga.
- Si la base es alimentada por una fuente de CC ocurre que $I_C = \beta I_E$, donde β o *Beta del transistor* se corresponde con el factor de amplificación o ganancia entre I_C e I_E .

4.2. Divisor de voltaje para el transistor

Según la hoja de especificaciones (adjunta), este modelo de optointerruptor tiene una señal de salida de $5V$, que será la señal a leer en un pin GPIO. Es por ello que necesitamos bajar ese voltaje a $3,3V$, que recordemos es la tensión con la que trabajan todos los pines GPIO.

Para rebajar esa tensión podríamos optar por diferentes opciones. Las más adecuadas y seguras serían acoplar: (a) un regulador de tensión o (b) un convertidor a nivel lógico (que baja de $5V$ a $3,3V$). Pero la forma más inmediata y barata es emplear un circuito divisor de tensión. Lo único que tenemos que tener en cuenta a la hora de aplicar este tipo de circuitos es estar seguros de que la tensión de salida (de entrada al GPIO) del dispositivo es efectivamente $5V$ y no más, pues eso se traduciría en más de $3,3V$ a la salida del circuito divisor.

En nuestro caso, dado que la tensión que alimenta al dispositivo sale del pin de la placa con $V_{CC} = 5V$, podemos estar seguros de que el dispositivo recibe una tensión de $5V$ estable y, por ende, su salida es estable a $5V$, con lo que no supone un problema el aplicar un circuito divisor de voltaje para rebajar esa tensión a $3,3V$ de forma estable.

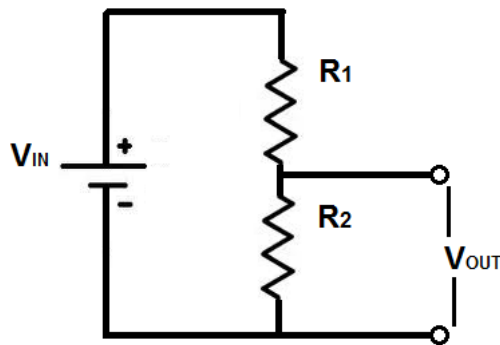


Figura 5: Circuito divisor de voltaje

Un circuito divisor como el mostrado en la Figura 5, con dos resistencias, R_1 y R_2 , es el adecuado en este caso. Recordemos la fórmula general de un circuito divisor de voltaje:

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (2)$$

Siguiendo la Fórmula 2, podemos obtener el voltaje de salida deseado de $3,3V$ partiendo de un voltaje de entrada de $5V$, si R_2 es el doble de R_1 , como vemos en la Fórmula 3:

$$\text{Si } R_2 = 2 \cdot R_1 \implies V_{out} = \frac{2}{3} V_{in} = \frac{2}{3} V_{in} = \frac{2}{3} \cdot 5V = 3,3V \quad (3)$$

Así, para nuestro objetivo, podemos emplear, por ejemplo, dos resistencias de valores $R_1 = 10k\Omega$ y $R_2 = 20k\Omega$.

Usa tu multímetro para asegurarte de que el esquema que has planteado es correcto antes de continuar.

5. Ejercicio

El objetivo de esta práctica es obtener la velocidad angular (en *rpm*) del encoder incremental que construiremos mediante un optointerruptor y un disco con muescas que fabricaremos de forma casera (un simple cartón con aspas es suficiente).

Ya conocemos las interrupciones software (las únicas que nos ofrece la placa Raspberry Pi). Deberás leer el tren de pulsos emitido por el sensor óptico y, haciendo uso de interrupciones, podrás sensar cuándo se produce un cambio en el pin al que conectemos el optointerruptor. Sabiendo esto, y llevando la cuenta de los cambios que se produzcan en un minuto, ya tendremos calculada la velocidad angular. También podemos hacer una estimación considerando un tiempo inferior (e.g. 10s).

En este caso no se facilita el esquema de conexión. Ya empezamos a jugar en la liga de mayores. Siguiendo el esquema de terminales del interruptor expuesto en la hoja de especificaciones adjunta, deberás ser capaz de identificar el lado del diodo emisor y el lado del transistor, así como de diseñar el circuito. Solo una pista: el LED infrarrojo ha de ir conectado a un pin de alimentación (¿5V?, ¿3V?) con una resistencia de 330Ω .