

Aplicación del código Gray quebrado a un encoder absoluto

Sensores y actuadores
Grado en Ingeniería en Robótica Software
GSyC, Universidad Rey Juan Carlos



(CC) Julio Vega

1. El código Gray

En cualquier sistema de ingeniería se suele monitorizar el cambio de estado de los sensores, para así verificar que estos están funcionando adecuadamente. Pero las transiciones en el código binario normal son más difíciles de monitorizar en comparación con el código Gray.

El código Gray es un código alternativo al binario cuya distinción radica en el hecho de que solo cambia un bit en cada transición. Esto puede llegar a ser muy útil en sistemas de tiempo real donde el objetivo es medir una señal binaria; por ejemplo, un encoder. Podemos obtener cómodamente una conversión a este código usando una calculadora online para tal propósito¹.

Un encoder se compone de un sensor que —como ya hemos visto— hoy en día suele ser óptico o magnético, y un disco con algún tipo de codificación. Por ejemplo, en un encoder absoluto, que es el vamos a tratar en este ejercicio, el disco tiene varias bandas distribuidas de forma concéntrica y codificadas en código Gray. A cada una de estas bandas le corresponde un par emisor-sensor, lo que se traducirá en un bit; esto es, 0 o 1 según el instante.

Dicho de otro modo, según la posición del disco en un momento determinado, cada par emisor-receptor estará frente a una zona hueca o una zona opaca, lo que verá un 0 o un 1; y así con cada par emisor-receptor, dando como salida del sistema un código binario. Es decir que, leyendo ese código binario, podemos saber la posición absoluta del disco en un momento determinado.

2. Problema

Se pretende desarrollar un encoder absoluto con 10 posiciones/giro. ¿Cómo lo harías, empleando el código Gray para codificar esas 10 posiciones?

Solución Para poder codificar 10 posiciones se necesitarán cuatro pares emisor-receptor, que darán como salida cuatro bits. La codificación en el disco, siguiendo el código Gray normal sería como se puede ver en la Tabla 1.

Como vemos en la Tabla 1, al pasar de vuelta, de la posición 9 a la 0 inicial, hay un problema, y es que —en esa transición— cambian tres bits. Para solucionarlo, se ha de reconfigurar el código Gray original a un nuevo código Gray conocido como *código Gray quebrado* o *código Gray con exceso N*.

Lo de *exceso N* proviene de que, ahora, la posición 0 del código Gray ya no será la 0000, sino que será *N*. Y *N* es el valor que, restándolo al valor en binario de cada posición del código Gray original, se corresponde

¹<https://nccalculators.com/digital-computation/binary-gray-code-converter.htm>

| Posición | Código Gray |
|----------|-------------|
| 0 | 0000 |
| 1 | 0001 |
| 2 | 0011 |
| 3 | 0010 |
| 4 | 0110 |
| 5 | 0111 |
| 6 | 0101 |
| 7 | 0100 |
| 8 | 1100 |
| 9 | 1101 |
| 0 | 0000 |

Cuadro 1: Código Gray para codificar 10 posiciones

con la posición que le correspondería en este nuevo código Gray quebrado.

Para calcular este número N aplicaremos la siguiente fórmula:

$$N = \frac{2^n - Imp}{2} \quad (1)$$

donde:

Imp : número de posiciones/giro (solo considerando impulsos pares)

2^n : número de posiciones múltiplo potencia de 2 inmediatamente superior a Imp

Lo veremos mejor con un ejemplo. Empecemos viendo cómo se obtiene el valor 2^n :

$$Si\ Imp = 12, 10, 8 \implies 2^n = 16 \quad (2)$$

$$Si\ Imp = 6 \implies 2^n = 8 \quad (3)$$

En nuestro caso, $Imp = 10$ (pues queremos 10 posiciones codificadas por vuelta de disco) y, por tanto, $2^n = 16$. Y ya aplicamos la Ecuación 4 para calcular N :

$$N = \frac{2^n - Imp}{2} \implies N = \frac{16 - 10}{2} = 3 \quad (4)$$

Estamos ante un *código Gray con exceso 3*, y es porque el código Gray excede en 3 al que debería para no tener el problema con que iniciábamos este ejercicio. Es decir que, el código que correspondía a la posición 9 ahora será el que corresponda a la posición 6; el de la 8 a la 5, el de la 7 a la 4,... y las nuevas posiciones 7, 8 y 9 serán las *antiguas* posiciones (que no habíamos expuesto inicialmente porque —en principio— no hacían falta) 10, 11 y 12. Veamos mejor gráficamente cómo quedaría la nueva Tabla 2:

Problema relacionado Obtén la codificación de un disco de encoder absoluto de 6 posiciones.

Solución Nos queda la Ecuación 5.

$$N = \frac{2^n - Imp}{2} \implies N = \frac{8 - 6}{2} = 1 \quad (5)$$

Y la Tabla 3.

| Posición | Código Gray original | Código Gray quebrado |
|----------|----------------------|----------------------|
| 0 | 0000 | 0010 |
| 1 | 0001 | 0110 |
| 2 | 0011 | 0111 |
| 3 | 0010 | 0101 |
| 4 | 0110 | 0100 |
| 5 | 0111 | 1100 |
| 6 | 0101 | 1101 |
| 7 | 0100 | 1111 |
| 8 | 1100 | 1110 |
| 9 | 1101 | 1010 |
| 0 | 0000 | 0010 |

Cuadro 2: Código Gray quebrado para codificar 10 posiciones

| Posición | Código Gray original | Código Gray quebrado |
|----------|----------------------|----------------------|
| 0 | 000 | 001 |
| 1 | 001 | 011 |
| 2 | 011 | 010 |
| 3 | 010 | 110 |
| 4 | 110 | 111 |
| 5 | 111 | 101 |
| 0 | 000 | 001 |

Cuadro 3: Código Gray quebrado para codificar 6 posiciones