

INSTITUTO SUPERIOR POLITECNICO CORDOBA

TECNICATURA EN TELECOMUNICACIONES

MATERIA: SENSORES Y ACTUADORES

PROFESOR: ING. JORGE MORALES

ALUMNO: JOSE MAXIMILIANO GIMENEZ

AÑO: 2023

## MODULO II: SENSORES GENERADORES Y DIGITALES – SENSORES INTELIGENTES

### EJERCICIO N°1 - ACTIVIDAD:

#### **A) Explique que es el código Gray. ¿Cómo se utiliza en los Encoders Absolutos?**

El Código Gray, también conocido como código de Gray o código reflejado, es un sistema de codificación numérica que se utiliza en electrónica y matemáticas para representar números de tal manera que solo un bit cambie su valor entre dos números consecutivos. Fue inventado por el matemático y físico Frank Gray en 1953.

La principal característica del Código Gray es que, al pasar de un número a otro adyacente, solo un bit cambia su estado, lo que reduce la posibilidad de errores en la transmisión de datos y simplifica la detección de cambios. Esto es especialmente útil en aplicaciones donde la precisión y la fiabilidad son críticas, como en encoders absolutos.

Los encoders absolutos son dispositivos utilizados para medir la posición angular de un eje o una rotación. Proporcionan información precisa sobre la posición en todo momento, incluso cuando se encienden o se reinician. Los encoders absolutos utilizan el Código Gray para asignar un valor único a cada posición angular posible. Aquí se explica cómo funciona el Código Gray en los encoders absolutos:

1. Representación de posición: Cada posición angular en el encoder absoluto se asigna a un código binario en Código Gray. Por ejemplo, si estamos hablando de un encoder de 12 bits, habrá  $2^{12} = 4,096$  posiciones posibles. Cada una de estas posiciones tiene su propio código Gray único.

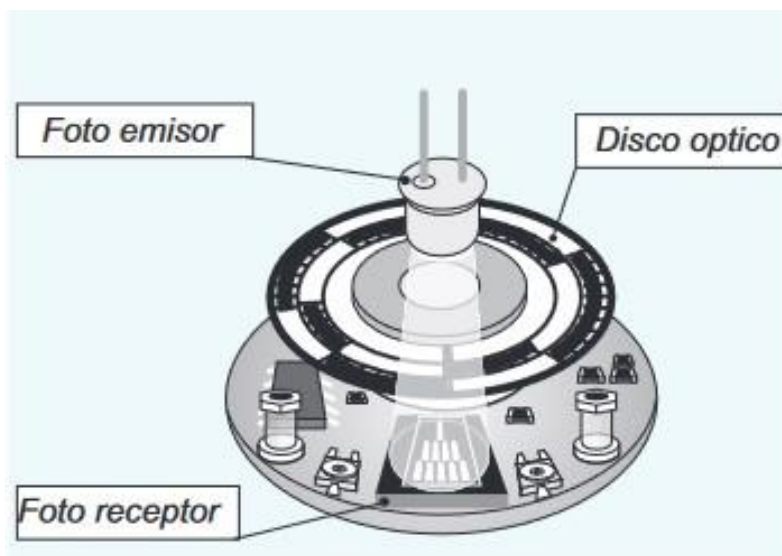
2. Cambios de posición: Cuando el eje del encoder se mueve, los bits en el código Gray cambian para reflejar la nueva posición. Sin embargo, dado que el Código Gray está diseñado para cambiar solo un bit a la vez, es más resistente a errores y más fácil de interpretar.

3. Lectura del encoder: Para leer la posición actual del encoder, se leen los valores de sus bits en Código Gray. Debido a la naturaleza de este código, es posible detectar con facilidad cualquier cambio de posición, ya que solo un bit se altera a la vez.

4. Ventajas: El uso del Código Gray en encoders absolutos ofrece varias ventajas. Estas incluyen la capacidad de proporcionar una lectura precisa incluso después de un apagado o reinicio, una mayor inmunidad al ruido y una detección confiable de cambios de posición.

#### Principio de funcionamiento:

El principio de funcionamiento de un encoder absoluto es muy similar al de un encoder incremental en el que un disco que gira, con zonas transparentes y opacas interrumpe un haz de luz captado por foto receptores, luego estos transforman los impulsos luminosos en impulsos eléctricos los cuales son tratados y transmitidos por la electrónica de salida.

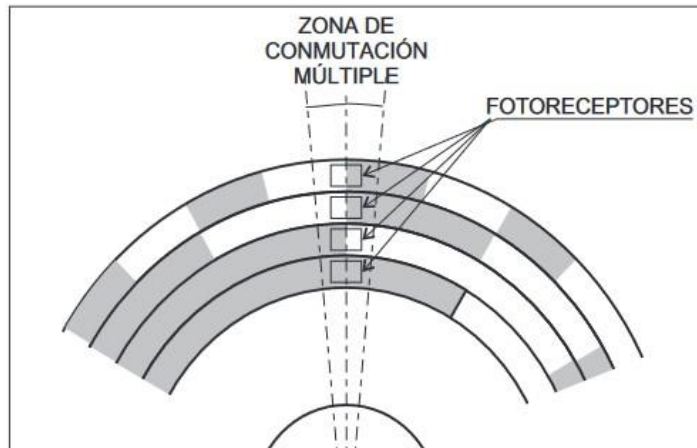


#### La codificación absoluta:

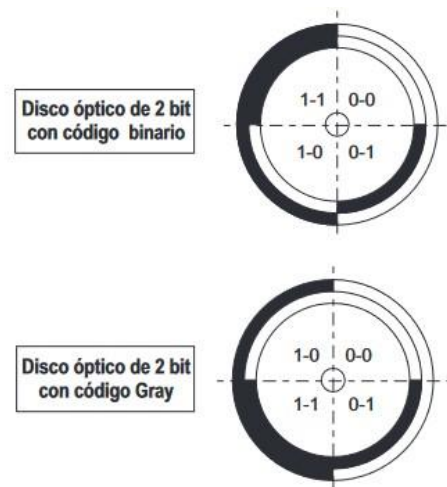
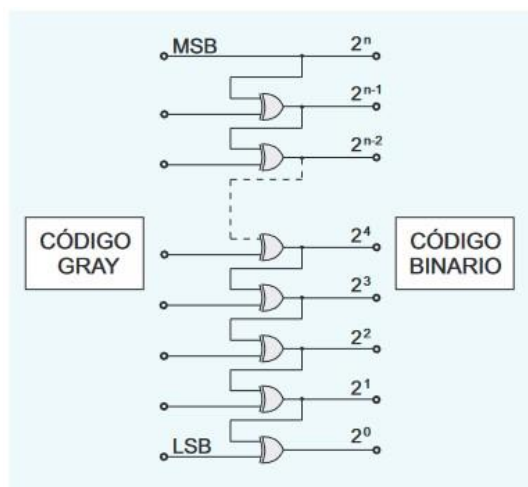
Respecto a los encoders incrementales, los encoders absolutos muestran importantes diferencias desde el punto de vista funcional. Mientras en los encoders incrementales la posición está determinada por el cómputo del número de impulsos con respecto a la marca de cero, en los encoders absolutos la posición queda determinada mediante la lectura del código de salida, el cual es único para cada una de las posiciones dentro de la vuelta. Por consiguiente, los encoders absolutos no pierden la posición real cuando se corta la alimentación (incluso en el caso de desplazamientos), hasta un nuevo encendido (gracias a una codificación directa en el disco), la posición está actualizada y disponible sin tener que efectuar, como en el caso de los encoder incrementales la búsqueda del punto de cero. Analicemos ahora el código de salida que se deberá utilizar para definir la posición absoluta. La elección más obvia es la del código binario, porque fácilmente puede ser manipulado por los dispositivos de control externos para la lectura de la posición, sin tener que efectuar particulares operaciones de conversión. En vista que el código se toma directamente desde el disco (que se encuentra en rotación) la sincronización y la captación de

la posición en el momento de la variación entre un código y el otro se vuelve muy problemática. En efecto, si por ejemplo tomamos dos códigos binarios consecutivos como 7(0111) 8(1000), se nota que todos los bits del código sufren un cambio de estado: una lectura efectuada en el momento de la transición podría resultar completamente errónea porque es imposible pensar que las variaciones sean instantáneas y que se produzcan todas en el mismo momento. Debido a este problema se utiliza una variante del código binario: el código Gray, el cual tiene la particularidad que al pasar entre dos códigos consecutivos (o desde el último código al primero), uno sólo cambia su estado.

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



El código Gray puede convertirse fácilmente, con un simple circuito combinatorio, en código binario:



Este sistema de codificación no corresponde con una representación matemática real de los números. Se trata de una combinación de "1s" y "0s" que son las posibles combinaciones que puede adoptar una variable.

Partiendo de un número de bits determinado, se realizan las combinaciones de acuerdo a las normas de Gray. La principal característica de este código es que dos números consecutivos, cualquiera que sean, se diferencian solo en un bit (tienen distancia «1»). Además, es un código cíclico. Es decir, el primer número y el último también son adyacentes, es decir, solo se diferencian en un bit.

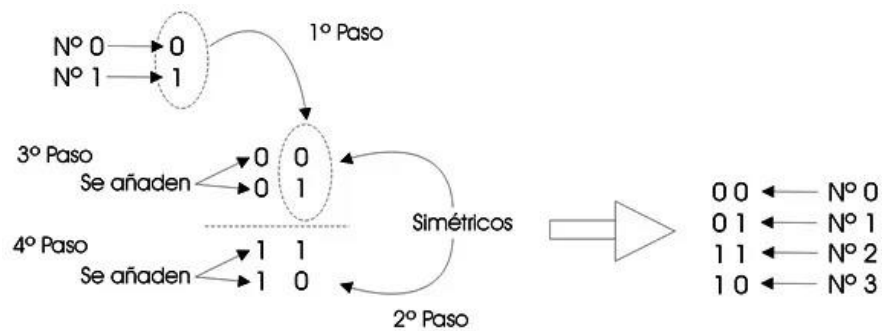
Hasta ahora parece un poco complejo, pero vamos a insistir en la explicación para tratar de aclararlo totalmente. A continuación, viene una tabla con la confección, en código Gray, de los números del 0 al 31 usando hasta 5 bits:

Nº Decimal	CODIGO GRAY									
	1 Bit	2 Bit		3 Bit		4 Bit		5 Bit		
	G1	G2	G1	G3	G1	G4	G1	G5	G1	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
2		1	1	0	1	1	0	0	0	1
3		3	1	0	0	1	0	0	0	1
4				1	1	0	0	1	1	0
5				1	1	1	0	1	1	1
6				1	0	1	0	1	0	1
7			7	1	0	0	0	0	1	0
8						1	1	0	0	0
9						1	1	0	1	0
10						1	1	1	1	1
11						1	1	1	0	0
12						1	0	1	0	0
13						1	0	1	1	1
14						1	0	0	1	0
15					15	1	0	0	0	0
16								1	1	0
17								1	1	0
18								1	1	0
19								1	1	0
20								1	1	1
21								1	1	1
22								1	1	1
23								1	1	1
24								1	0	1
25								1	0	1
26								1	0	1
27								1	0	1
28								1	0	0
29								1	0	0
30								1	0	0
31								31	1	0

Como se puede apreciar en la tabla anterior, el código Gray es simétrico con respecto a la línea discontinua, en todos sus bits, excepto en el de la izquierda ( $G_n$ ). En este último bit los de arriba de la línea discontinua son "0" y los de abajo son "1".

Vamos a ver como se ha ido formando dicha tabla:

Como con un bit solo se tiene dos posibilidades (vale "0" o vale "1") podemos codificar el Nº 0 y el Nº 1. Para poder codificar del Nº 0 al Nº 3 necesitamos dos bits. Según la regla de Gray se procede de la siguiente manera:



De esta forma se procede sucesivamente añadiendo cada vez un bit más.

Como el Código Gray no es una expresión matemática de los números, siempre hay que convertir el valor Gray en Binario para poder realizar las operaciones matemáticas que sean necesarias para la aplicación donde se esté trabajando.

Para realizar la conversión hay que aplicar la formula siguiente para calcular el valor de cada bit:

$$\text{Bit}(n) = \text{Bit}(n+1) \text{ XOR } G(n)$$

En donde:

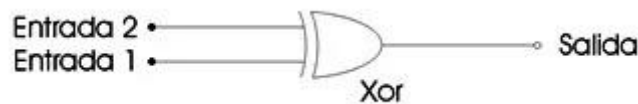
Bit(n) es el bit enésimo en Binario

Bit(n+1) es el bit siguiente

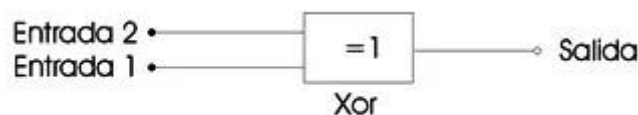
G(n) es el bit enésimo en Gray

**XOR** es la operación lógica que se realiza entre los bits

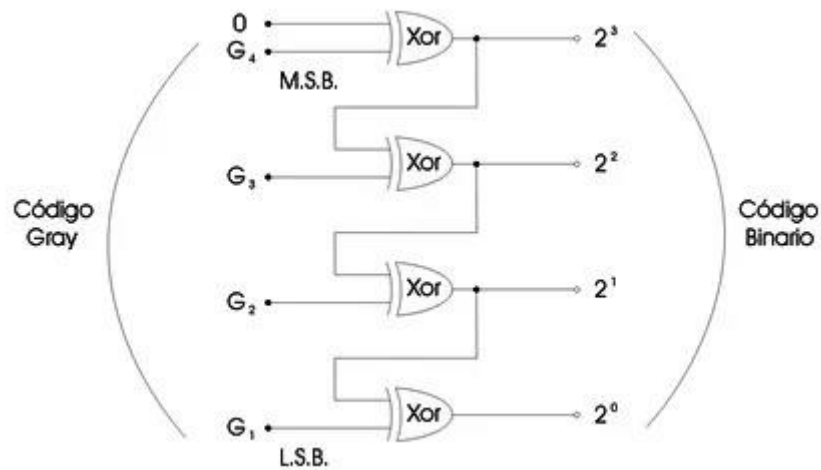
**NOTA:** La operación **XOR** es una puerta lógica de dos entradas que suministra un "1" a la salida, solo, cuando las dos entradas son distintas. Si las dos entradas son iguales (tanto "1" como "0") se tiene a la salida un "0". El esquema es el siguiente:



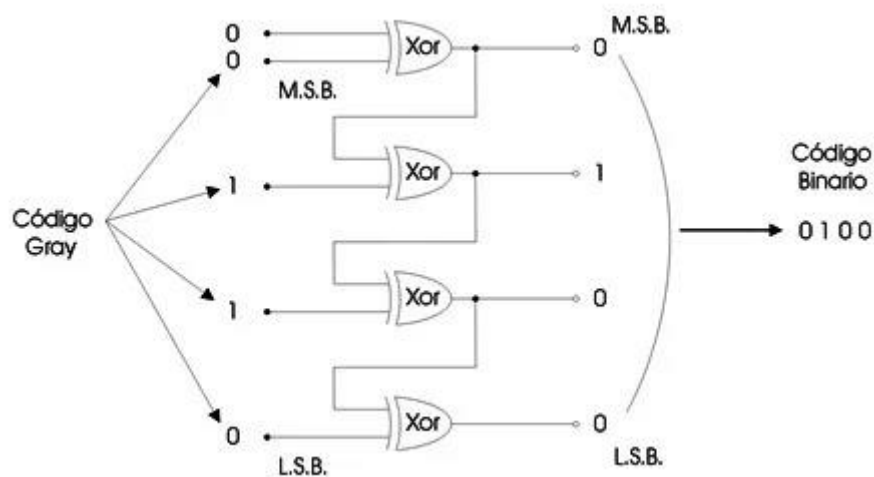
También se puede encontrar el siguiente esquema:



A continuación, vamos a aplicar esta función para convertir un número en Código Gray a Binario Puro:



Veamos este mismo esquema con un ejemplo. Vamos a convertir la expresión del N° 4 en código Gray (0110) a código Binario (0100):



Conclusión, el Código Gray es un sistema de codificación numérica que se utiliza en encoders absolutos para representar posiciones angulares de forma única y confiable. Su diseño minimiza la posibilidad de errores en la detección de cambios de posición, lo que lo hace esencial en aplicaciones donde la precisión es crucial, como en la industria de la automatización y la robótica.