

ENCODERS ÓPTICOS



AUTOR: RAFAEL TABERNER ROSALENY

ÍNDICE

- **EL ENCODER ÓPTICO: USO**
 1. Definición3
 2. Principio de operación3
 3. Tipos de encoders ópticos4
 4. Tipos de salidas8
 5. Parámetros del encoder9
 6. Precauciones10
 7. Resistencia y Normalizaciones11
 8. Aplicaciones12
 9. Montaje de un encoder en un robot móvil : Práctica14

- **PROGRAMACIÓN DE ENCODERS EN SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN : SIEMENS SIMATIC S7-200**18

1. DEFINICIÓN

En el mundo de la industria nos vamos a encontrar en numerosas ocasiones el problema de medir ciertas distancias para saber si nuestra herramienta ha llegado a la posición indicada. También nos servirá como seguridad en nuestros sistemas para garantizar la posición de nuestros productos. Todo esto va a ser llevado tanto de una forma absoluta como relativa.

La automoción es una industria donde predomina la precisión y sin duda las medidas van a tener que ser exactas, de lo contrario los resultados pueden llegar a ser catastróficos.

El atornillado es una tarea muy sencilla y que describe perfectamente lo que vamos a estudiar a continuación: ENCODERS ÓPTICOS.

*Un **encoder óptico** es un sensor que permite detectar el movimiento de rotación de un eje*

*En definitiva se trata de un **transductor** que convierte una magnitud de un mecanismo, tanto posición lineal como angular a una señal digital (a través de un potencial).*

El encoder estará operando en relación al eje del elemento cuya posición deseamos determinar. Y su fundamento viene dado por la obtención de la medida en base a la luz que traspasa una serie de discos superpuestos que codificarán la salida digital.

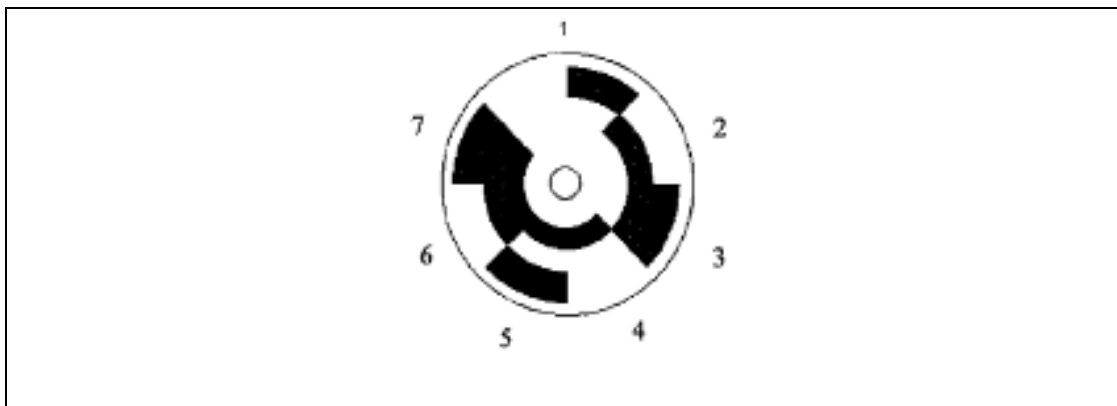


Figura 1. Encoder óptico con ambos discos superpuestos

2. PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El principio de operación de un encoder se basa en los llamados fotoacopladores. Éstos son pequeños chips que consisten en un diodo en forma de fotoemisor y un transistor que realiza las tareas de fotorreceptor. Este elemento se encarga de detectar la presencia/ausencia de la luz a través de los discos concéntricos al eje, los cuales están fabricados con unas ranuras que dejan pasar la luz en función de una codificación utilizada para obtener la medida final. Tal como se observa en la *Figura 2*.

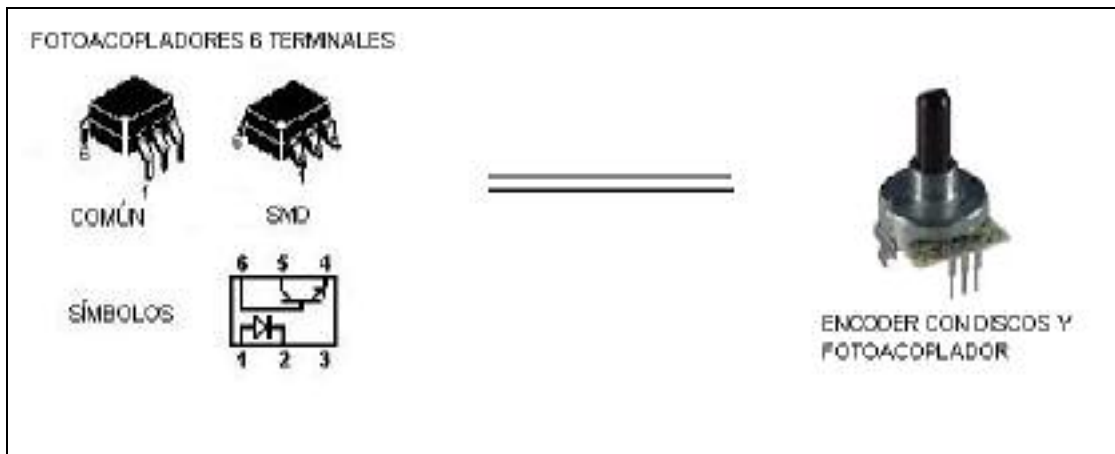


Figura 2 . Encoder compuesto por discos y fotoacoplador

3. TIPOS DE ENCODERS ÓPTICOS

Según la tarea que necesitemos llevar a cabo va a precisar un encoder que nos ofrezca salida en cualquier momento, es decir, aquellos llamados absolutos, mientras el otro tipo, el cual nos dará información del estado del eje cuando se encuentre en movimiento se denomina incremental. Por lo tanto se van a dividir fundamentalmente en estos dos grupos.

- **INCREMENTALES**

Los codificadores incrementales constan de un disco transparente al cual superponemos la plantilla de marcas opacas colocadas radialmente y equidistantes entre sí. El sistema fotoacoplador se encuentra en la parte posterior (como hemos observado en la figura 2). El eje del que queremos obtener la medida lo acoplamos en el centro del disco. De esta manera, a medida que el eje comience a girar se irán produciendo pulsos eléctricos en el receptor cada vez que la luz atraviese una marca de los discos. Si llevamos la cuenta de estos pulsos a través de la adquisición de la señal en el fotorreceptor podremos conseguir una medida real de la posición del eje.

Sin embargo, existe el problema de determinar el sentido de giro del eje, por lo tanto no estaríamos contando adecuadamente.

La solución correcta a este problema consiste en disponer de otra franja de marcas desplazadas respecto a la anterior de manera que cuando se produzcan los pulsos tengamos un desfase de 90° respecto al anterior. Con esta disposición, y con la herramienta matemática que nos proporciona el producto vectorial podemos construir un circuito sencillo que obtenga el sentido de giro del eje y así podamos bien incrementar o decrementar la medida.

También necesitaremos disponer de una marca adicional que nos indique cuando se ha dado una vuelta completa y que por tanto comienza la cuenta de nuevo. Esta marca también nos va a servir para poder comenzar a contar de nuevo donde nos habíamos quedado tras una caída de la tensión.

Clasificación de Encoders Incrementales atendiendo a su salida:

- **Unidireccionales:** dan una salida y no se puede determinar el sentido de giro. Sólo nos servirá para obtener valores absolutos. Por ejemplo, para obtener velocidades absolutas sin importar el sentido de giro.
- **Bidireccionales :** nos ofrece dos salidas A y B. El sentido se va a distinguir por la diferencia de fase cita anteriormente. Será útil cuando necesitemos saber coordenadas exactas tanto positivas como negativas.

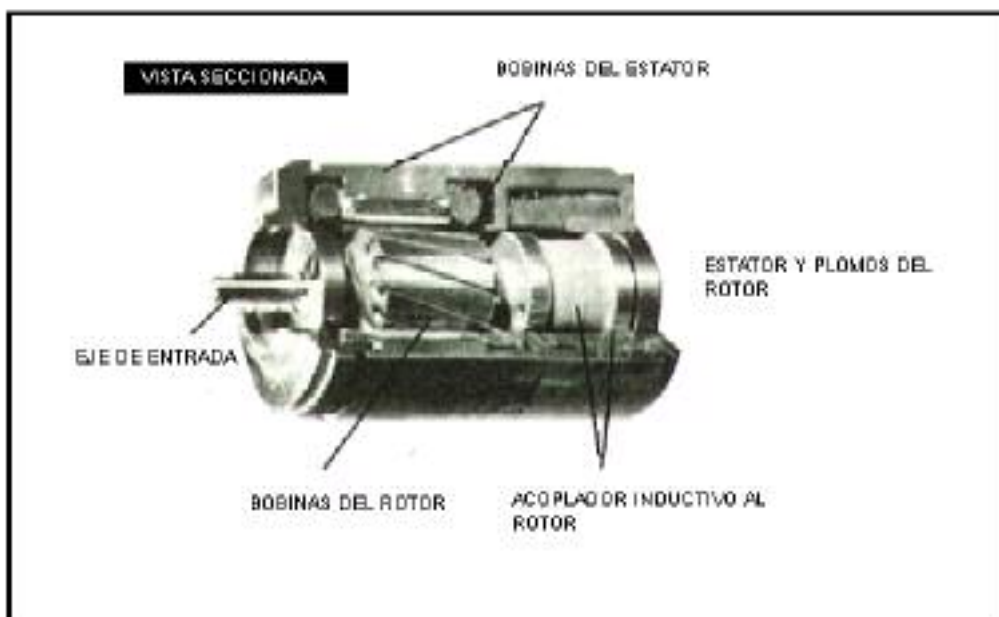


Figura 3. Sección de un encoder incremental

- **ABSOLUTOS**

Los encoders absolutos van a funcionar en todo momento dando la posición angular del eje. El funcionamiento básico es muy similar al incremental. Tenemos las lentes de adaptación correspondientes, el disco graduado y los fotorreceptores. El disco transparente se divide en un número de sectores potencia de 2, codificándose de forma binaria en cualquiera de las formas posibles que se comentará más adelante, lo cual queda representado por zonas transparentes y opacas dispuestas radialmente.

En los encoders absolutos no necesitamos ninguna herramienta especial para obtener el sentido de giro, ya que cada sector está codificado de manera absoluta. La resolución es fija y vendrá dada por el número de anillos concéntricos que contenga el disco. Las resoluciones habituales van desde 2^8 a 2^{19} posiciones diferentes.

Estos sensores de posición se acoplan al eje. Considerando que en la mayor parte de los casos entre el eje del motor y de la articulación se sitúa un reductor de relación N, cada movimiento de la articulación se verá multiplicado por N al ser medido por el sensor. De esta sencilla forma conseguimos multiplicar la resolución por un factor determinado.

En algunos encoders absolutos se utiliza otro encoder absoluto más pequeño conectado por un engranaje reductor al principal, de manera que cuando éste gire una vuelta completa, el codificado adicional avanzará una posición. Estos encoders ópticos absolutos son calificados como absolutos multivuelta.

Un ejemplo de aplicación que engloba los encoders ópticos absolutos e incrementales sería el siguiente. En el caso del incremental la marca de referencia cero es insuficiente para detectar el punto de origen para la cuenta de pulsos, ya que tendremos N posibles puntos de referencia para un giro completo de la articulación. En los absolutos, para saber cual es el punto correcto, se suele utilizar un detector de presencia denominado sincronismo, acoplado directamente. Por ejemplo, al eslabón del robot que se considere para obtener su posición en coordenadas. Cuando se conecta el robot desde una situación de apagado, es preciso ejecutar un procedimiento de búsqueda de referencias para los sensores (sincronismo).

Durante su ejecución se leen los detectores de sincronismo que detectan la presencia o ausencia del eslabón del robot. Cuando se detecta la presencia o ausencia de la pieza, se atiende al encoder incremental, tomándose como posición de origen la correspondiente al primer paso de marca de cero que aquél genera.

Los encoders pueden presentar problemas mecánicos debido a la gran precisión que se debe tener a en su fabricación. La contaminación ambiental puede ser una fuente de interferencias en la transmisión óptica. Son dispositivos particularmente sensibles a golpes y vibraciones, estando su nivel de temperatura de trabajo limitado por la presencia de componentes electrónicos.

Clasificación de Encoders Absolutos atendiendo a su salida:

- **Código BCD:** binario codificado a decimal. Se trata del código binario normal pero aplicado a cada dígito. Es decir se codifica 0000 a 1001. Del 0 al 9.
- **Código Gray:** es un código binario especial muy útil para evitar errores, ya que su funcionamiento de pulsos sólo varía un bit, de esta manera los cambios sólo se producirán de uno en uno y la detección será más sencilla. Los discos codifican la salida mediante la anchura y la distribución de las ranuras.

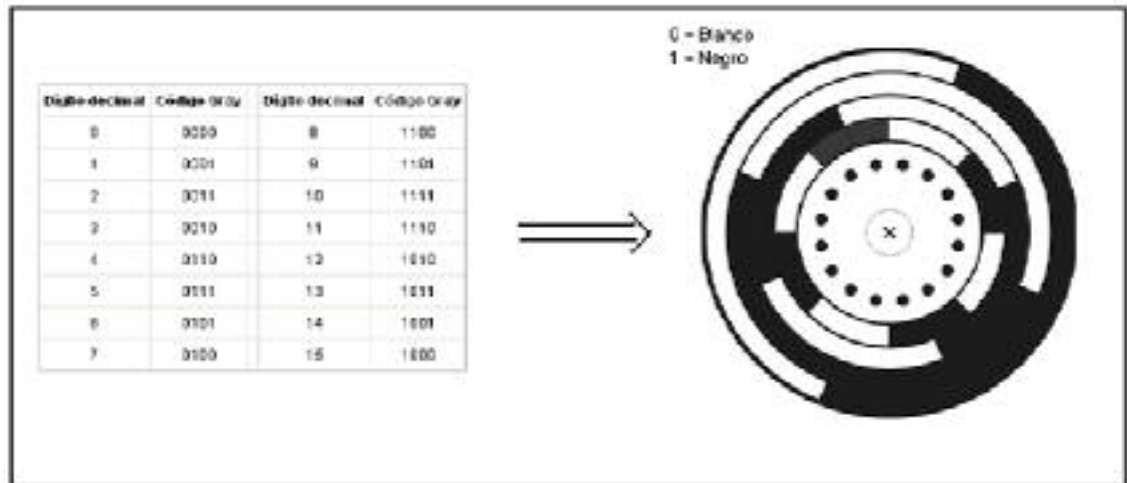


Figura 4. Conversión tabla código Gray a discos concéntricos

4. TIPOS DE SALIDA

- **Colector abierto:** las aplicaciones de una salida de un circuito en colector abierto son dos fundamentalmente. Se utiliza para dar un potencial alto que nos permita obtener tensión alta o para la construcción de un bus común para diferentes circuitos menores. En este caso el colector está al aire que podremos conectar un elemento excitador a la salida que polarizará el transistor cuando haya una tensión baja, de esta manera el transistor estará en estado de saturación y habrá trayectoria de corriente
- **Estado sólido:** en este caso la salida del colector tendrá una tensión positiva cuando el transistor esté cortado y por tanto provocará excitación en la salida que queremos obtener, ya que está conectado a Vcc a través de una resistencia de Pull-up. Mientras el nivel bajo se producirá cuando el transistor marque intensidad máxima, es decir, en estado de saturación.
- **Driver de línea (diferencial):** para este caso tenemos la posibilidad de obtener el valor de la salida del circuito principal y el resultado de su inversión. La manera más lógica es que el receptor tenga dos entradas. Es la diferencia entre entrada normal y driver de línea.
- **A unidireccional:** tan sólo consta dicha salida de una sola dirección de conteo, por lo tanto será utilizado para los encoders ópticos incrementales para una sólo dirección. Un ejemplo de aplicación sería obtener la distancia recorrida por un eje con una sólo dirección de giro
- **A y B bidireccional:** ambos sentidos de giro. Por lo tanto la salida va a tener valores positivos o negativos. Este caso se utilizará en encoders incrementales para aplicaciones de obtener coordenadas en las posiciones de los ejes.

- **A, B y Z bidireccional con paso por cero:** se diferencia con el caso anterior por una salida adicional que ajusta el valor 0.
- **Paralelo : BCD , Gray :** códigos en forma binaria específicos para salidas de encoders ópticos absolutos

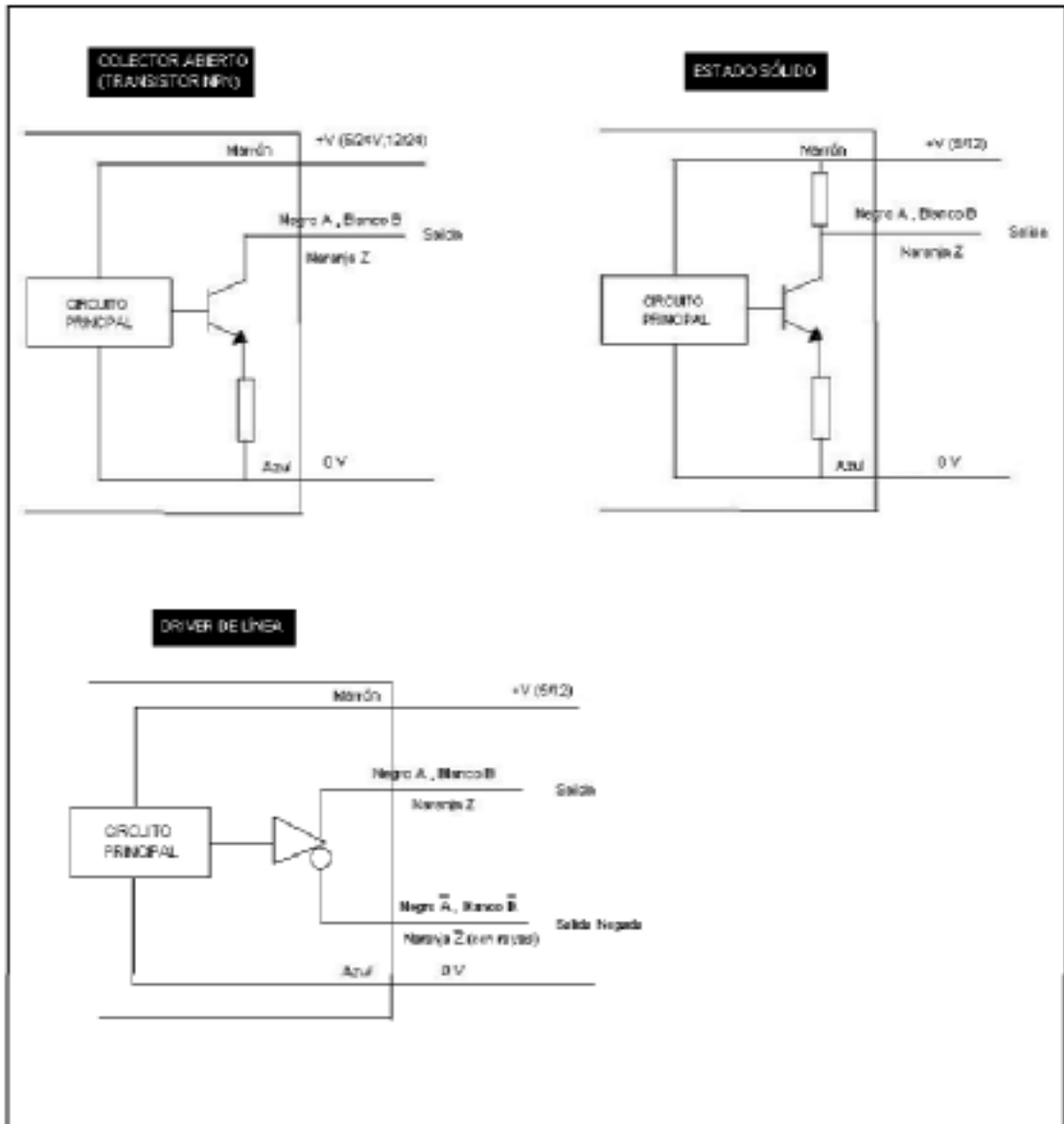


Figura 5. Tipos de salidas de encoders (Colector abierto, Estado sólido, Driver de línea)

5. PARAMETROS DEL ENCODER

- **Resolución** : es el número de pulsos que nos da el encoder por cada revolución del eje
Valores típicos de resolución serían: 10, 60, 100, 200, 300, 360, 500, 600, 1000 y 2000 pulsos
- **Respuesta máxima en frecuencia**: se trata de la frecuencia máxima a la cual el encoder puede responder eléctricamente, para garantizar su correcto funcionamiento. En los encoders incrementales es el máximo número de pulsos de salida que se pueden emitir por segundo.
- **Diámetro del eje**: diámetro del eje del encoder sobre el que vamos a medir
Valores típicos de diámetro: 6, 7, 10,12 mm.
- **Par de arranque**: fuerza necesaria medida en N/cm para conseguir que el eje comience a dar vueltas.
Valores típicos: 1, 1.5, 2 N/cm
- **Velocidad máxima de rotación**: El numero máximo de revoluciones que el encoder puede soportar mecánicamente.
La velocidad del eje encoder debe respetar la velocidad máxima de rotación y la frecuencia máxima de respuesta
 $Frecuencia > rpm / 60 * resolución$
Valores típicos de respuesta: 3000, 5000, 6000 rpm.
- **Momento de inercia**: Es el momento de inercia de rotación del eje.
Cuanto menor sea más sencillo es de parar



Figura 6. Encoder incremental comercial con la descripción de parámetros

6. PRECAUCIONES

- Acoplamiento del eje
- Cableado
- Ajuste de la posición inicial
- Prevención de contaje erróneo
- Extensión de la salida driver de línea

- **ACOPLAMIENTO DEL EJE:**

Hay que tener en cuenta las pequeñas tolerancias que puede llegar a absorber el acoplamiento

- *Tolerancia de excentricidad* : distancia radial entre los ejes del encoder y del motor
- *Tolerancia de inclinación*: ángulo entre los ejes del encoger y el motor
- *Tolerancia de desplazamiento axial*: distancia axial entre los ejes del encoger y los ejes a medir.

- **CABLEADO:**

- No cablear las líneas de alimentación del encoder junto a las de potencia o alta tensión
- Para alargar el cable considerar la frecuencia de trabajo. Puede distorsionarse la forma de onda. Se recomienda el modo de salida driver de línea
- Cuando se conecta o desconecta el encoder se puede genera un pulso erróneo. Esperar 100 ms. (Esto depende del fabricante)

- **AJUSTE DE LA POSICION INICIAL**

- Con la salida de paso por cero y el chaflán del eje del encoder, el ajuste de la posición inicial es sencillo

- **PREVENCIONES**

- *Prevención de contaje erróneo:*
Cuando el encoger se para próximo al flanco de subida o bajada, se puede generar un pulso erróneo.
Para prevenir este efecto se debe usar un contador reversible
- *Extensión de la salida de driver de línea:*
Se recomienda utilizar pares de cables trenzados y un receptor
De este modo se elimina el ruido.

7. RESISTENCIA Y NORMALIZACIONES

- **Vida del soporte:** muestra la duración del soporte del encoder, número de revoluciones, al ser sometido a cargas axiales (W_s) y radiales (W_r).
- **Extensión del cable:** el tiempo de subida de los impulsos de salida aumenta al alargar el cable. Esto afecta a las características de fase diferencial de las fases A y B. La tensión residual de salida también aumenta, lo cual nos limita el valor de la carga

GRADOS DE PROTECCION IP:

El grado de protección IP se compone de dos dígitos:

- Protección contra sólidos
- Protección contra el agua

CUERPOS SÓLIDOS:

- No esta protegido contra el ingreso de cuerpos extraños
- Protegido contra ingreso de cuerpos de más de 50 mm. de diámetro
- Protegido contra ingreso de cuerpos de más de 12 mm. de diámetro
- Protegido contra ingreso de cuerpos de más de 2.5 mm. de diámetro
- Protegido contra ingreso de cuerpos de más de 1 mm. de diámetro
- Protección contra deposito de polvo
- Protección contra ingreso de polvo

AGUA

- Sin protección
- Protección contra goteo de agua condensada
- Protección contra goteo hasta 15° de la vertical
- Protección contra lluvia con un ángulo inferior a 60°
- Protección contra salpicaduras en cualquier dirección
- Protección contra el chorreo de agua en cualquier dirección
- Protección contra ambientes propia de las cubiertas de barcos
- Protección contra la inmersión temporal
- Protección contra la inmersión indefinida

HOMOLOGACIONES Y NORMALIZACIONES

- CENELEC: compatibilidad europea. <http://www.cenelec.org>
- NAMUR: ambientes explosivos. <http://www.namur.de>
- DIN: dimensiones, formas, códigos de color. Alemania. <http://www2.din.de>
- VDE: seguridad eléctrica. <http://www.vde.com>

- IEC: Internacional. ISO. <http://www.iec.ch>
- UL: Estados Unidos. Pruebas para componentes
 - Listing Mark y Recognition Mark. <http://www.ul.com/>
- CSA: canadiense. <http://www.csa.ca>

8. APLICACIONES

- **Detección del ángulo y posición de un brazo de robot industrial con seis grados de libertad.**

Una situación muy común en el uso de encoders ópticos es la detección de ángulos y sistemas de posición en un brazo de robot industrial. Los robots industriales están normalmente compuestos de tres codos o articulaciones, cada uno de los cuales contiene seis grados de libertad. Estos quedan determinados por las coordenadas X, Y, Z y los ángulos de Euler para conocer la posición a la cual debe llegar el brazo. Si podemos obtener las posiciones a las cuales se desplaza, el encoder también será capaz de calcular velocidades si disponemos de un temporizador.

Colocamos el encoder incremental en cada uno de los ejes, ya que vamos a necesitar detectar ambos sentidos de desplazamiento del robot, tanto positivo como negativo. A través de un programa damos las coordenadas a las cuales debe acceder la herramienta del robot y se debe determinar para cada articulación cada uno de los parámetros, por medio del encoder podremos determinar que esto se ha producido correctamente. Todo esto lo podremos controlar desde el panel de control.

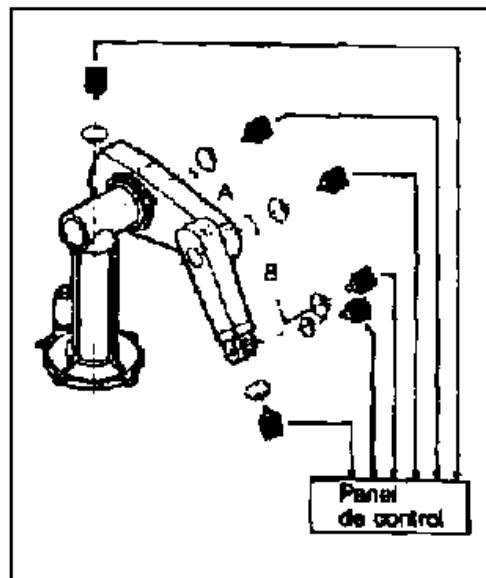


Figura 7. Robot industrial con articulaciones y sus respectivos encoders

- **Detección de la tabla XY en máquinas herramienta con control numérico**

Otra situación bastante común son las máquinas que precisan de un control de precisión de posición. Como podría ser el atornillado o la fijación de una pieza. Inicialmente la máquina se encuentra en su posición inicial o de sincronismo y mediante encoders podemos establecer un control de la posición a la cual deseamos mover la herramienta. Por medio de una rueda de precisión que gira alrededor de un eje podemos ajustar la posición de forma manual más exacta. Hay muchos tipos de máquinas con este mecanismo en la industria. Ejemplos de aplicación pueden ser tornos, taladradoras, fresadoras, centros de maquinado etc....

Como podemos observar el éxito de estas máquinas va a residir en la precisión y los encoders ópticos jugarán un papel muy importante en este factor.

- **Detección de la coordenada en una máquina automática de dibujo y detección de la posición en máquinas con control numérico**

Como contribución a la construcción tenemos una aplicación del encoder en la realización de proyectos arquitectónicos de manera automática.

El mecanismo se encarga de reproducir un dibujo en el plano de XY a partir de un panel de control que irá indicando en que puntos debe dibujar. La precisión debe ser máxima en este caso, mucho mayor que en los casos anteriores, ya que un desvío mínimo puede producir errores catastróficos. Precisaremos de encoders ópticos incrementales del mayor número de resolución posible para obtener las coordenadas en las cuales debe dibujar la máquina.

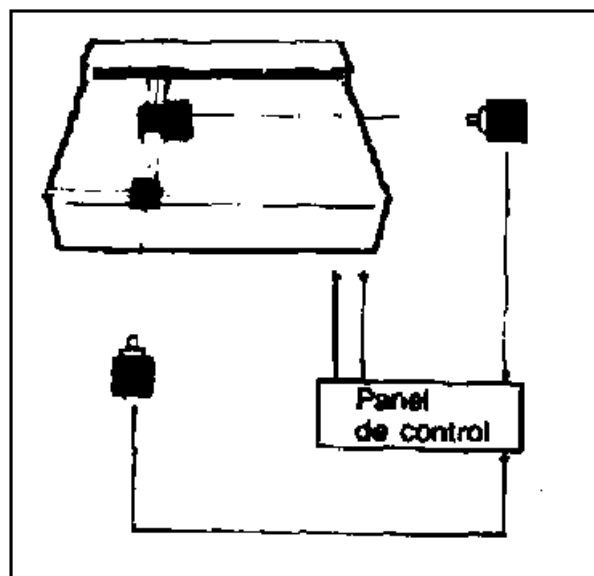


Figura 8. Máquina de dibujo automática con encoders

- **Detección de la longitud de un hilo y del punto de corte**

Podemos obtener la longitud de un hilo para poder cortar determinadas medidas, mediante el uso de encoders. Esto es muy utilizado en la industria textil.

Colocamos un encoder en cada uno de los ejes de dos elementos giratorios en posición vertical. El hilo se coloca justo entre dichos elementos. Cuando activamos el sistema y se produce la detección de la medida que deseamos, el útil de corte realiza la tarea pertinente y el sistema vuelve a contar otra longitud del siguiente hilo a cortar. En este caso no necesitamos tanta precisión como en las aplicaciones anteriores, ni tampoco un encoder incremental ya que sólo vamos a necesitar un valor absoluto para determinar la longitud del hilo

9. MONTAJE DE UN ENCODER EN UN ROBOT MÓVIL

Como último punto a la explicación de encoders ópticos vamos a describir el montaje de un encoder que se encargue de medir la distancia recorrida de un robot móvil basado en la placa CT6811. Para la siguiente práctica vamos a necesitar los siguientes elementos:

Elementos de trabajo

- Sensores Infrarrojos CNY70
- Discos contruidos con folios de 80gr. o cartulina
- Tarjeta CT293+
- Robot móvil

El propósito del robot va a ser realizar movimientos contando una serie de pasos, no va a estar exactamente calibrado con el sistema métrico decimal, controlar la velocidad del robot, detectar situaciones en las que el robot detecte un obstáculo etc...

Se trata de un ejemplo de aplicación, no es una práctica que realice precisión, ya que estos pasos van a depender del material con el que este construida la superficie, rugosidad, textura, rozamiento y demás parámetros que influirán sobre el resultado final.

MONTAJE

Sensores y Discos

En primer lugar vamos a introducir los sensores descritos anteriormente del modelo CNY70 que irán acoplados al robot. Estos sensores por su calidad-precio son ideales para detectar el cambio de color de negro a blanco que posteriormente será adquirido por la tarjeta.

Así pues, dibujamos las marcas de los discos sobre el papel e imprimimos el resultado con las zonas negras en las divisiones que deseemos para detectar los pasos del robot. La resolución de los discos es la suma de partes de color negro y partes de color blanco. Es recomendable utilizar una impresora láser, ya que las de inyección a

tinta suelen dejar zonas sin imprimir y puede llevarnos complicaciones en la detección de los pasos

Pegamos los discos sobre las ruedas por la parte interna teniendo cuidado para que los ejes coincidan con los ejes de la rueda, sin cortar los discos.

Posteriormente observamos que el robot viene equipado con cuatro entradas. Dos de ellas ya están ocupadas por sensores para el seguimiento de líneas. Por lo tanto, en las entradas restantes colocaremos ambos sensores adosados con cinta aislante u otro material más seguro, todo ello a una distancia pequeña respecto a la rueda para que el sensor detecte los pasos de los discos (es decir el cambio de blanco a negro).

Conexiones

Conectamos el emisor, el cátodo y seguidamente y d forma conjunta el ánodo y el colector con las tres patas de uno de los conectores acodados que quede libre en la tarjeta.

Todo esto va posicionado el parte inferior del robot como se muestra en la Figura X

Una vez estén realizadas las conexiones es recomendable testearlas por medio de algún software específico.

Las conexiones de los sensores se podrán hacer en cualquier entrada que quede libre en la tarjeta CT293+ que están indicadas en la placa como Sensor 1, Sensor 2, Sensor 3 y Sensor 4. Si realizamos una conexión en una entrada estamos provocando que se conecte a un bit del puerto A del microcontrolador MC68HC11.

Para la conexión, lo único que debemos tener en cuenta es que los bits 0, 1 y 2 del puerto A del microcontrolador MC68HC11 están asociados con tres capturadores de entrada que utilizaremos para capturar las señales que llegan a los sensores. El bit 7 del puerto A también está asociado con otro recurso interno del microcontrolador: el acumulador de pulsos.

El acumulador de pulsos tiene un contador asociado que se va incrementando conforme van llegando nuevos pulsos. En nuestro caso, utilizaremos los capturadores de entrada ya que al disponer de sólo un acumulador, la programación de los capturadores hay que hacerla en cualquier caso.



Figura 9. Vista inferior del robot y vista detalle de la rueda

PROGRAMACIÓN

Para la programación del encoder vamos a usar los captadores de entrada para que reciban los datos de los sensores. Concretamente haremos uso de IC3 e IC1 asociando los bits 0 y 2 respectivamente al puerto A.

IC3 se corresponderá con el encoder de la rueda derecha mientras IC1 se encargará del encoder de la rueda izquierda.

En primer lugar, el captador genera una interrupción cada vez que le llega un flanco en la señal, puede ser de subida o de bajada. Siempre que detecte un cambio de blanco a negro va a informar de esta situación.

La programación se dividirá en tres partes claramente diferenciadas:

- Configuración del captador de entrada
- Manejo de la interrupción
- Ejemplo de uso del programa

Configuración del captador de entrada

La configuración del captador de entrada se realiza modificando los registros internos del microcontrolador. Los registros que debemos tener en cuenta son los siguientes:

TMSK1 (\$1022). El bit 0 se encarga del captador de entrada IC3, por lo tanto introduciendo un 1 en esa posición permitiremos la posibilidad de la interrupción.

TCTL2 (\$1021). En este registro nos dan la posibilidad de decidir qué flanco queremos utilizar, si de subida, bajada o ambos. Para ello modificaremos los 2 bits menos significativos:

- Inhibidos: 0 0
- Subida: 0 1 (de blanco a negro)
- Bajada: 1 0 (de negro a blanco)
- Ambos: 1 1

Manejo de la interrupción

Para indicar que queremos usar interrupciones ejecutamos la rutina de ensamblador *CLI* ;

A continuación nos encargaremos de reservar memoria para llevar la cuenta de los pasos que ha dado el motor. Para ello haremos uso de una variable.

En este caso nos servirá una variable de 16 bits(hasta 65535 pulsos).

Cada vez que se produzca una interrupción incrementaremos en 1 dicha variable(la vamos a llamar `pasos_d`). Borraremos el flag que indica que no se ha tratado la interrupción del IC3 y finalizamos con la instrucción de retorno de la interrupción.

Para terminar, nos queda indicar dónde se encuentra el manejador de la interrupción. La instalación del manejador prepara el vector de dirección según el modo en el que está operando el microcontrolador.

Ejemplo de uso

A continuación mostramos un ejemplo en el cual el robot dará una vuelta completa en sus ruedas y se detiene. Se muestra el programa completo en la figura, con la configuración del capturador y rutina de tratamiento.

```

* -----
* encoder.asm
* -----

PORTAEQU $0           ; Puerto A
TCTL2 EQU $21        ; Activaciones de flancos ICn
TMSK1 EQU $22        ; Interrupciones de capturadores
TFLG1 EQU $23        ; Flags de capturadores

        ORG $0000           ; Programa en RAM interna
        BRA inicio

pasos_d FDB 0           ; Variable para contar los pasos

inicio  LDX #$1000        ; Apunta a los registros de ctrl
        BSR init           ; Inicializa interrupciones

avanza  LDAA #$18        ; Avanza
        STAA PORTA,X

bucle   LDD pasos_d      ; Carga los pasos de la rueda derecha
        CPD #8           ; Lo compara con 8
        BNE bucle        ; Si no se ha lledado, continua
        CLRA           ; Detiene el robot
        STAA PORTA,X

stop    BRA stop        ; Y se para

h_enc_d LDD pasos_d      ; Carga el número de pasos
        ADDD #$01        ; Incrementa en 1
        STD pasos_d      ; Almacena el número de pasos
        LDAA #$01        ; Borra el flag de interrupción IC3
        STAA TFLG1,X
        RTI           ; Retorno de interrupción

init    BCLR TCTL2,X $02   ; Flanco de subida del IC3
        BSET TCTL2,X $01   ; Flanco de subida del IC3
        BSET TMSK1,X $01   ; Permite interrupciones del IC3
        CLI           ; Permite interrupciones
        RTS

        ORG $00E2           ; Instala el manejador
        JMP h_enc_d

END

```

Figura 10. Código de programación del encoder. Vuelta completa y paro.

PROGRAMACION DE ENCODERS EN SISTEMAS DE AUTOMATIZACION : SIEMENS SIMATIC S7-200

Definición del encoder

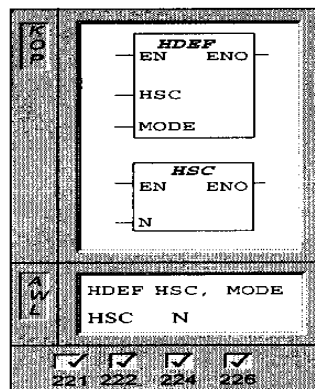
La operación **Definir modo** para contador rápido asigna un modo (MODE) al contador diseccionado (HSC).

La operación **Activar contador** rápido configura y controla el funcionamiento del contador rápido, basándose en el estado de las marcas especiales del mismo. El parámetro N indica el número del contador rápido.

Por cada contador rápido puede utilizarse solo un cuadro HDEF.

HDEF: Condiciones de error que ponen ENO a 0: SM4.3 (tiempo de ejecución), 0003(conflicto de entradas), 0004(operación no valida en interrupción), 000A (redefinición de HSC)

HSC: Condiciones de error que ponen ENO a 0
SM4.3 (tiempo de ejecución), 0001 (HSC antes de HDEF), 0005 operaciones HSC /PLS simultaneas)



Descripción de las operaciones con contadores rápidos

Los contadores rápidos cuentan eventos que se ejecutan mas deprisa de lo que es posible controlarlos en los ciclos de la CPU. Estos contadores se pueden configurar como máximo para 12 modos de operación diferentes. La frecuencia máxima de un contador rápido depende del tipo de CPU.

Todos los contadores disponen de entradas que soportan funciones como relojes, control del sentido, puesta a 0 y arranque. Para los contadores de dos fases, ambos relojes pueden funcionar a máxima frecuencia. En el caso de los contadores A/B, se

puede elegir entre una velocidad máxima de conteo simple (1x) o cuadruple (4x). Todos los contadores funcionan a velocidades máximas sin interferirse entre ellos.

Utilización de los contadores rápidos

Los contadores rápidos se utilizan habitualmente como accionamiento para temporizadores que funcionan impulsados por un árbol que gira a una velocidad normalmente constante y provisto de un encoder incremental. Este último ofrece un número determinado de valores de conteo por giro, así como un impulso de puesta a 0 una vez por giro.

El reloj (o relojes) y el impulso de puesta a 0 del encoder suministran las entradas para el contador rápido. El primero de los valores predeterminados se carga en el contador y las salidas deseadas se activan para el intervalo de tiempo en que el valor actual del contador es menor que el valor predeterminado. El contador se ajusta para que una interrupción se active cuando el conteo actual sea igual al predeterminado o cuando el contador se ponga a 0.

Cuando el valor actual es igual al predeterminado y se presenta un evento de interrupción, entonces se carga un nuevo valor predeterminado y se activa el siguiente estado de señal para las salidas. Si se produce un evento de interrupción porque el contador se ha inicializado, entonces se ajusta el primer valor predeterminado y los primeros estados de las salidas, repitiéndose el ciclo.

Como las interrupciones se producen a una velocidad muy inferior a la de los contadores rápidos, es posible implementar un control preciso de las operaciones con un impacto relativamente bajo en el ciclo total del sistema de automatización. La posibilidad de asociar interrupciones a rutinas de interrupción permite cargar nuevos valores predeterminados en una rutina de interrupción separada, lo cual simplifica el control del estado, obteniéndose además un programa muy fácil de leer. Todos los eventos de interrupción se pueden ejecutar también en una sola rutina de interrupción, pero es más intuitivo hacerlo por separado.

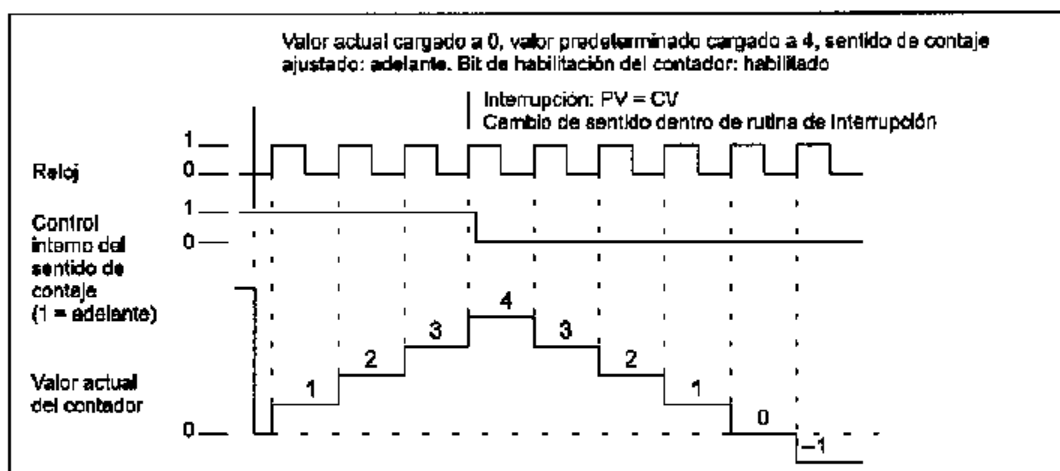


Figura 9-12 Ejemplo del funcionamiento de los modos 0, 1 ó 2

Descripción de los cronogramas de los contadores rápidos

El funcionamiento de las entradas de puesta a 0 y de arranque se representa en dos diagramas por separado, siendo aplicable a todos los modos que utilizan dichas entradas. En los diagramas de las entradas de puesta a 0 y de arranque se ha programado la actividad alta para ambas entradas.

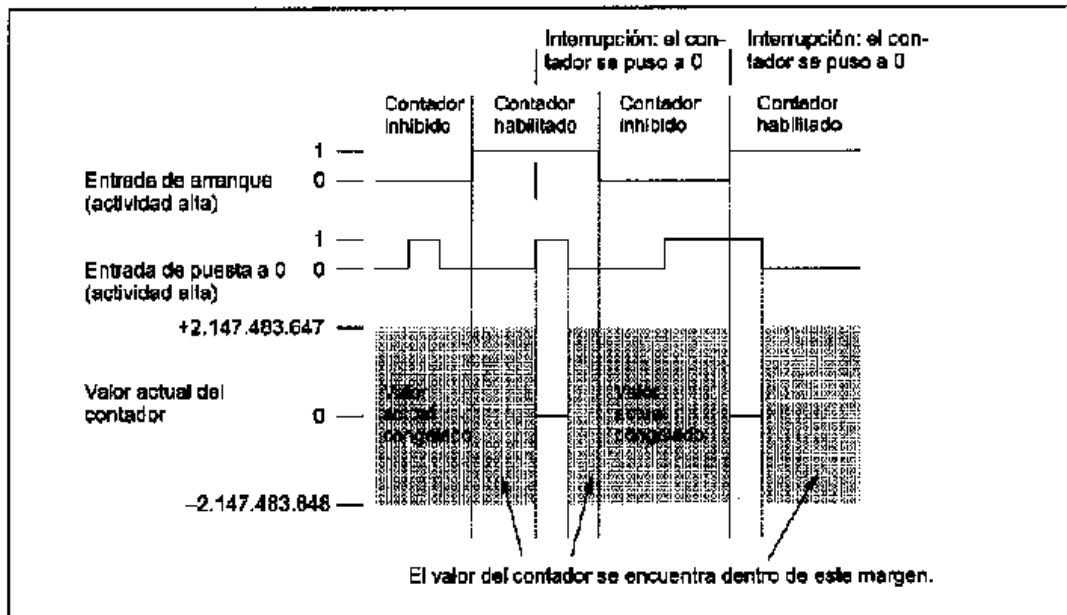


Figura 9-11 Ejemplo del funcionamiento con puesta a 0 y arranque

Direccionamiento de los contadores rápidos (HC): Obtención de los valores del encoder

Para acceder al valor de contaje del contador rápido, se indica la dirección del mismo (utilizando el identificador HC) y el número del contador. El valor actual del contador rápido es de solo lectura, pudiéndose acceder al mismo solo en formato de palabra doble.

Descripción de los diferentes contadores rápidos

Todos los contadores funcionan de la misma manera en el mismo modo de operación. Hay cuatro tipos básicos de contadores. Es preciso tener en cuenta que no todos los contadores soportan todos los modos. Todos los contadores se pueden utilizar sin entrada de puesta a 0 ni de arranque, con entrada de puesta a 0 pero sin entrada de arranque, o bien, con entrada de puesta a 0 y de arranque.

Activando la entrada de puesta a 0 se borra el valor actual del contador hasta que vuelve a ser desactivada. Al activarse la entrada de arranque se habilita el contador. Si se desactiva la entrada de puesta a 0 mientras esta desactivada la entrada del

arranque, se ignorara la activación de la entrada de puesta a 0, con lo que no se modificara el valor actual. Si la entrada de arranque se activa mientras esta activada la entrada de puesta a 0, el valor actual se borraría.

Antes de poder utilizar un contador rápido es preciso elegir su modo de operación. Para ello se utiliza la operación HDEF (Definir modo para contador rápido). HDEF establece la conexión entre un contador rápido (HSCx) y el modo de contaje. Por cada contador solo se puede ejecutar una operación HDEF. Un contador se define utilizando la marca del primer ciclo SM0.1 (este bit se activa solo en el primer ciclo y se desactiva posteriormente para llamar a la subrutina que contiene la operación HDEF).

Elegir el nivel de actividad y el modo de contaje simple o cuádruple

Cuatro contadores tienen tres marcas de control que se utilizan para configurar el estado activo de las entradas de puesta a 0 y arranque, así como para seleccionar la velocidad simple o cuádruple (esto solo en los contadores A/B). Estas marcas están depositadas en el byte de control del respectivo contador y se emplean solamente cuando se ejecuta la operación HDEF.

Antes de poder ejecutar la operación HDEF es preciso ajustar las marcas de control al estado deseado. De lo contrario, el contador adoptará la configuración predeterminada del modo de contaje elegido. El ajuste estándar de las entradas de puesta a 0 y de arranque es de actividad alta, y la velocidad de contaje es la cuádruple. Una vez ejecutada la operación HDEF, ya no se podrá modificar el ajuste de los contadores, a menos que la CPU se cambie a modo de STOP.

Byte de control

Una vez definido el contador y el modo de contaje se deben programar los parámetros dinámicos del mismo. Todos los contadores rápidos disponen de un byte que los habilita o inhibe, fijando el sentido de control. El byte de control determina asimismo el sentido de contaje inicial para todos los modos restantes, así como el valor actual y el valor predeterminado que se cargarán. El byte de control, los valores actuales asignados y los valores predeterminados que se cargarán. El byte de control, los valores actuales asignados y los valores predeterminados se comprueban al ejecutarse la operación HSC.

Ajustar los valores actuales y predeterminados

Todos los contadores rápidos disponen de un valor actual y de un valor predeterminado de 32 bits. Ambos son valores enteros con signo. Para cargar un nuevo valor actual o predeterminado en el contador rápido es preciso activar el byte de control y los bytes de las marcas especiales que contienen los valores actuales y predeterminados. Después se ejecuta la operación HSC para transferir los nuevos

valores al contador rápido. Además de los bytes de control y de los bytes que contienen los nuevos valores predeterminados, también se puede leer el valor actual de cada uno de los contadores rápidos, utilizando el tipo de datos HC (valor actual del contador rápido) seguido del número de contador. Ello permite acceder directamente al valor actual para operación de lectura. Por el contrario, este valor solo se puede escribir utilizando HSC.

Byte de estado

Todos los contadores disponen de un byte para marcas de estado. Estas indican el sentido de conteaje actual y si el valor actual es igual o mayor que el valor predeterminado.

Interrupciones de los contadores rápidos

Todos los modos de los contadores soportan una interrupción si el valor actual es igual al valor predeterminado. Los modos de los contadores que utilizan una entrada de puesta a 0 externa soportan una interrupción que se ejecuta cuando se activa dicha entrada. Todos los modos de conteaje (con excepción de los modos 0,1 y 2) soportan una interrupción que se ejecuta cuando se produce un cambio del sentido de conteaje. Cada una de estas condiciones puede habilitarse o inhibirse por separado.

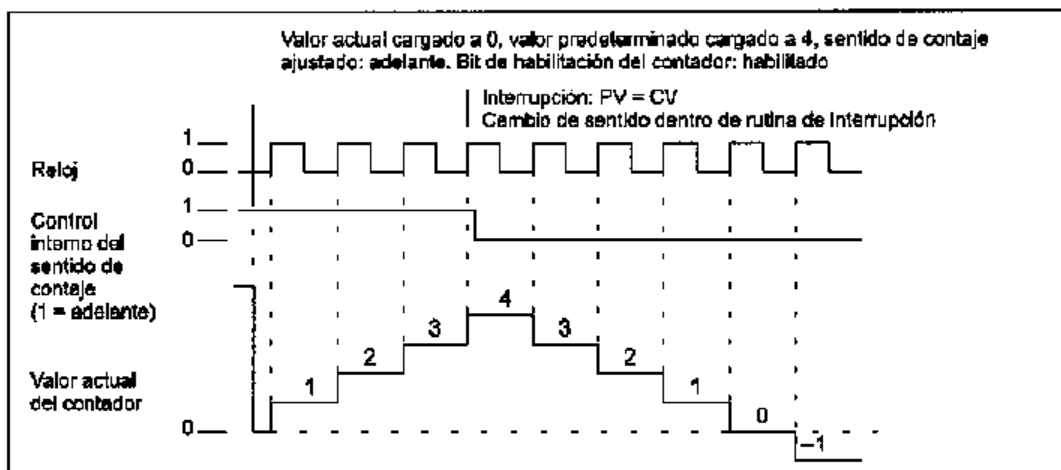


Figura 9-12 Ejemplo del funcionamiento de los modos 0, 1 y 2

Modos de inicialización

A continuación se describen las secuencias de inicialización y de operación de los contadores rápidos para facilitar la comprensión de su funcionamiento. En las explicaciones relativas a la inicialización se supone que el sistema de automatización está en modo RUN y que, por consiguiente, la marca del primer

ciclo es verdadera. En otro caso se deberá tener en cuenta la operación HDEF solo puede ejecutarse una vez por cada contador rápido, después de haber cambiado a modo RUN. Si la operación HDEF se ejecuta por segunda vez para un contador rápido se producirá un error de tiempo de ejecución. Los ajustes al contador permanecerán entonces tal y como se configuraron con la primera operación HDEF que se ejecuto para el contador en cuestión.

Se van a describir de manera genérica para los distintos modos de inicialización:

Para inicializar HSC1 como contador adelante/atrás de fase simple con control interno del sentido de contaje

1. Con la marca del primer ciclo, llamamos a una subrutina para ejecutar la inicialización. Los siguientes ciclos ya no llaman a la misma, con lo cual se acorta el tiempo de ciclo y el programa queda mejor estructurado.
2. Cargamos la marca en la subrutina de inicialización conforme a la operación de control deseada.
 - Habilitamos el contador
 - Escribimos el valor actual
 - Escribimos el valor predeterminado
 - Ajustamos el sentido de contaje adelante
 - Ajustamos la actividad de las entradas de arranque y puesta a 0
3. Ejecutamos HDEF con HSC puesto a 1 y MODE al valor del modo correspondiente
4. Cargamos el valor actual deseado en SMD48
5. El valor predeterminado lo cargamos en SMD52
6. Para saber si el valor actual es igual al predeterminado o fin programamos una interrupción asociando el evento de interrupción
7. Para poder detectar una puesta a 0 externa, programamos una interrupción asociando el evento de interrupción de Puesta a 0 (Todos los modos). Para poder hacer un cambio de sentido en el contaje programamos otra rutina de interrupción para dicha tarea.
8. Ejecutamos la operación Habilitar todos los eventos de interrupción (ENI) para poder detectar las interrupciones
9. Ejecutamos la operación HSC para que se programe el contador HSC1
10. Finaliza la subrutina

Ejemplo de un contador rápido

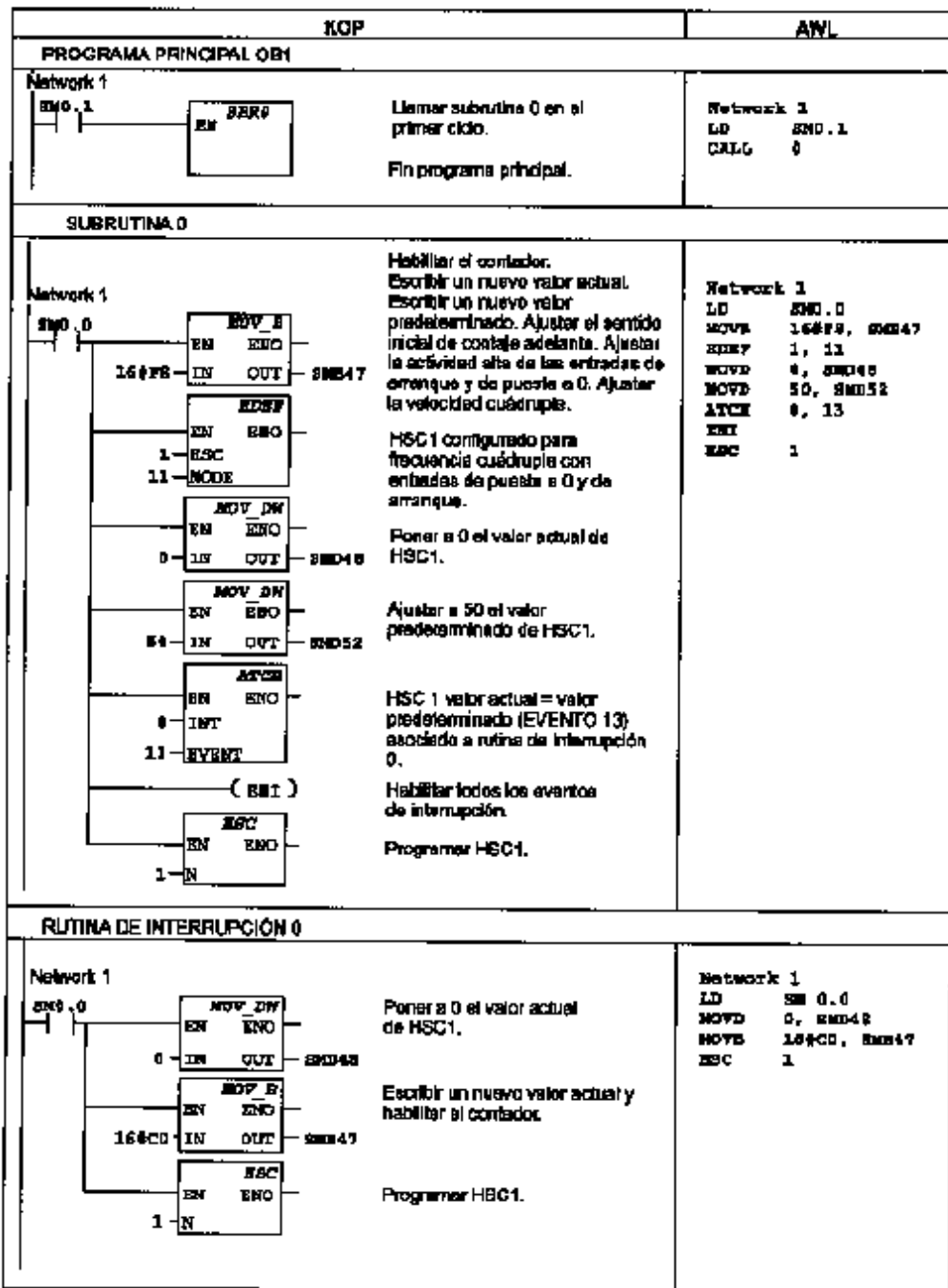


Figura 9-18 Ejemplo de inicialización de HSC1 en KOP y AWL (SIMATIC)

- **Bibliografía**

- Manual del sistema automatización S7-200 SIMATIC de Siemens (en papel)
- Manual de referencia encoders OMRON (en papel)
- http://www.cpr2valladolid.com/tecno/cyr_01/robotica/sistema/sensores.htm : para ver el enfoque general de los sensores
- <http://jdlope.tripod.com/encoders.html> : Práctica del montaje de un encoder en un robot móvil.
- <http://www.winters.com.ar/site/producto.asp?idSector=2&IdSeccion=28&IdCat=42&IdProd=84> : Explicación de encoders incrementales y absolutos.
- <http://www.directindustry.com/> : parámetros de encoders y algunas imágenes.
- <http://www.google.com> apartado de Imágenes.

- **Software utilizado**

- **Microsoft Word** : Texto del trabajo
- **Paintbrush**: Para hacer algunas imágenes y otras para retocar imágenes escaneadas.
- **MIRC**: Servidor irc-hispano. Canal #electronica. Para obtener información de los tipos de salida de encoders. Uso de transistores.
- **Internet Explorer** : explorador para búsqueda de información