



Transductores de posición

Los transductores de posición son dispositivos que convierten una magnitud física de posición en otra magnitud que generalmente es una señal eléctrica. Se pueden clasificar en dos grupos principales: **Analógicos y Digitales**.

Dentro de los analógicos se encuentran los potenciométricos, los sincros, los resolver, los inductosyn y los microsyn.¹

Los transductores de posición digitales o numéricos convierten posiciones angulares y desplazamientos lineales en una representación numérica; éstos se subdividen en dos clases:

- a) Transductores de posición numéricos del tipo absoluto llamados codificadores absolutos. En ellos está codificado (en código Gray, BCD o binario) cada uno de los incrementos de posición, a partir de una referencia que es cero, de modo que la posición puede ser determinada directamente. En la figura 1 se muestra un disco codificado en código Gray de 16 posiciones.

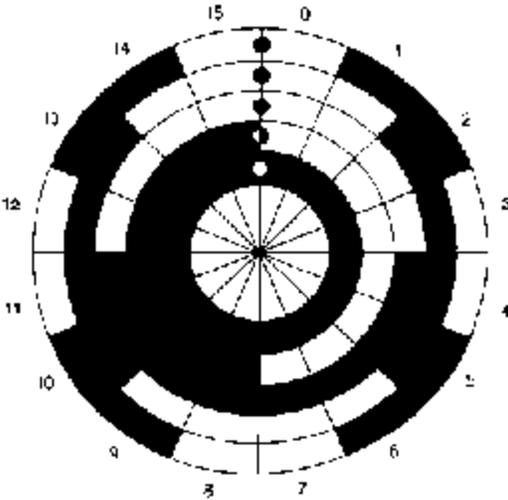


Figura 1

- b) Transductores de posición numéricos del tipo incremental, llamados codificadores incrementales y son el objetivo de estudio de esta práctica. En estos no se tiene una referencia para todos los puntos, sino que cada posición constituye un origen para el siguiente punto.

El principio de funcionamiento de los codificadores incrementales se basa en proporcionar en su salida una serie de pulsos, donde cada pulso corresponde a un desplazamiento mecánico, que puede ser de un disco o una varilla, para desplazamientos angulares o lineales respectivamente.

¹ Para más detalles sobre estos transductores, ver la Práctica de Aceleració y Velocidad.

Tanto el disco como la varilla están divididos en sectores equidistantes y girando (o desplazándose) delante de un dispositivo de lectura fijo produce una señal eléctrica en correspondencia con cada sector. La figura 2 muestra los elementos móviles, angular y lineal del codificador incremental.

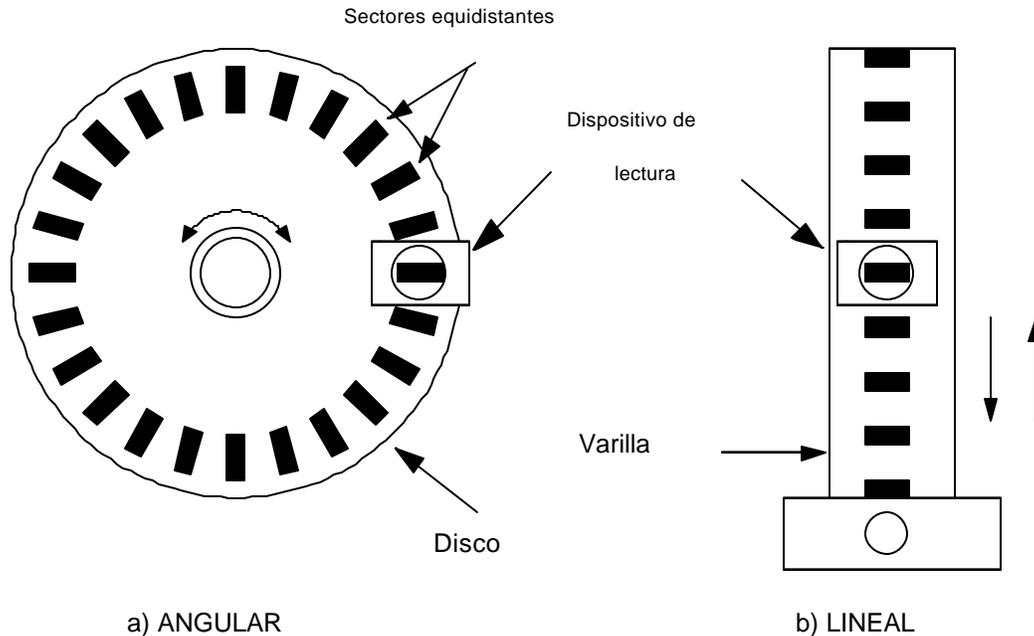


Figura 2

Los codificadores incrementales se acoplan a un contador para obtener una señal proporcional a la posición registrada, de esta forma la señal puede expresarse en forma digital siendo los pulsos de salida de forma cuadrada. Sin embargo, no se logra lo anterior con el dispositivo de lectura por lo que se tiene que incluir un cuadrador de señal después del de lectura.

Los codificadores incrementales más usados utilizan dispositivos de lectura fotoeléctricos. En este caso el disco (o la varilla) está constituido por sectores opacos que se alternan con sectores transparentes.

El dispositivo de lectura está compuesto por un par emisor de luz - detector de luz (un led y un fototransistor) colocados como se muestra en la figura 3.

Cuando un sector transparente se intercala entre la fuente luminosa y el detector de luz, la señal que se obtiene a la salida del detector es máxima, contrariamente, cuando se interpone un sector opaco la salida es mínima. En las posiciones intermedias se obtienen valores de iluminación del detector también intermedios, por lo que la onda de salida es senoidal.

Para obtener una señal numérica, del tipo 1/0 a partir de la señal senoidal se utiliza un circuito cuadrador que proporcione una salida numérica de 1 cuando se pase por un sector transparente, y un 0 cuando pase por un sector opaco.

El sistema de lectura del codificador utilizado en la práctica consta de dos discos, uno fijo y el otro móvil, y tres emisores-detectores, esto con el fin de poder tener mayor discriminación de los sectores transparentes y opacos. La disposición esquemática es la que se muestra en la figura 4.

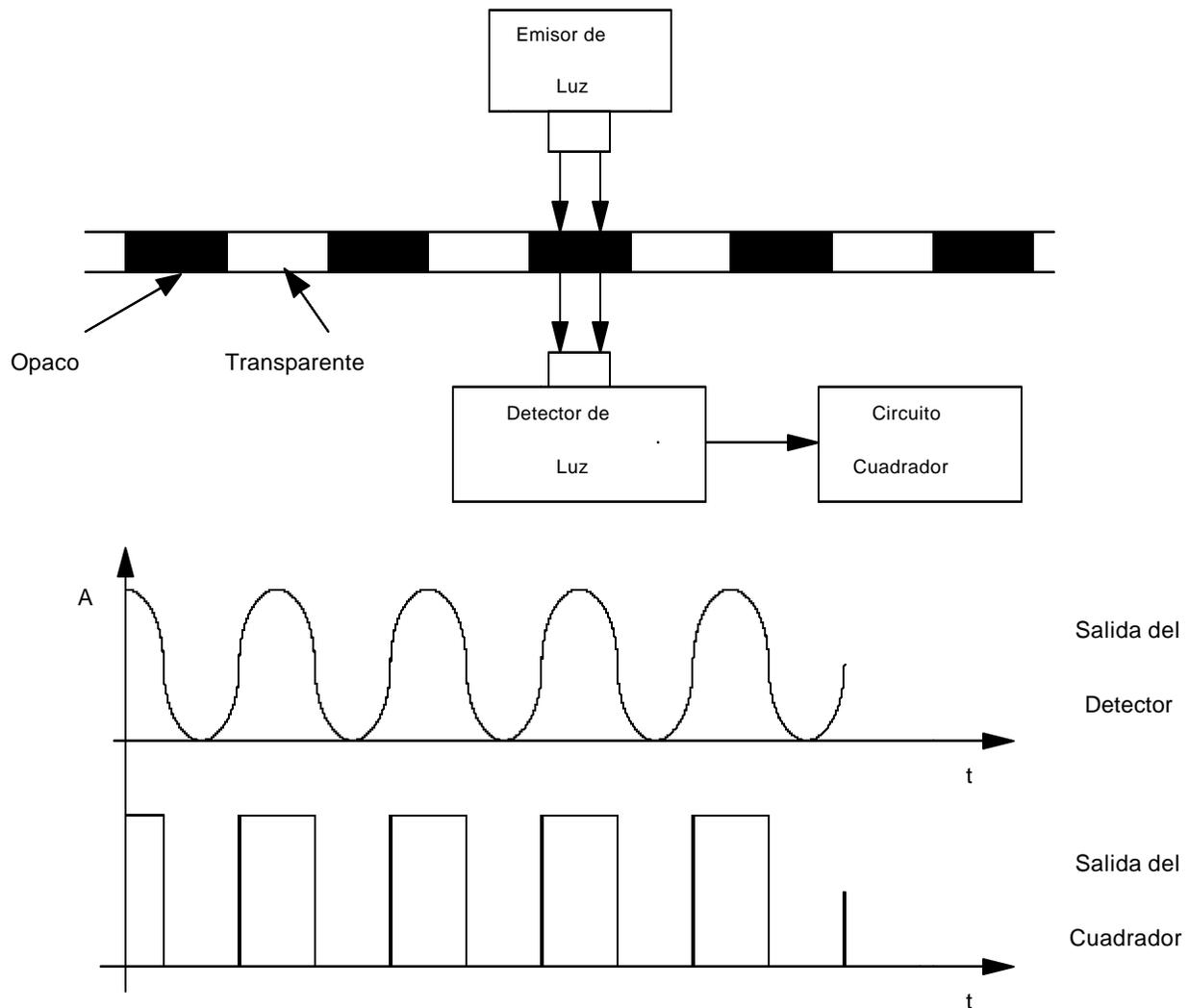


Figura 3

El par emisor-detector 1 se utiliza de referencia, ya que los sectores opacos y transparentes quedan alineados en ambos discos, proporciona 250 pulsos por revolución. Con el par 2 se obtiene una señal defasada 90° con respecto al par 1, esto es, si la señal 2 está atrasada con respecto a la señal 1 90° , corresponderá a un sentido de rotación horario y viceversa; y el par 3 suministra un pulso por cada revolución cuando el sector transparente del disco móvil coincide con el correspondiente del disco fijo.

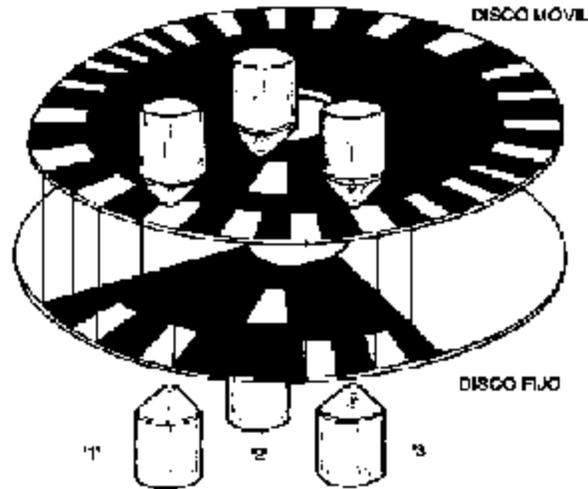


Figura 4

DESCRIPCION DEL EQUIPO

El codificador incremental completo consta básicamente de dos partes: la parte mecánica, que corresponde al sistema de pares emisor-detector, cuyo principio de funcionamiento se detalló anteriormente, y la parte electrónica que corresponde al circuito de control y visualización (módulo etiquetado F09) que se muestra en la figura 5.

Para su funcionamiento se debe conectar el codificador al conector *Encoder* del módulo F09. El sistema también puede o no conectarse directamente a una computadora a través de los puertos *Computer A/B* y *Computer C/D* para procesamiento y análisis de datos.

Dependiendo de las conexiones realizadas, el módulo F09 realiza tres funciones principales que son:

- Acondicionador de señal para el transductor de posición angular.
- Frecuencímetro.
- Determinación de la velocidad de un motor de cc.

En la figura 6 se muestra el diagrama de bloques del módulo F09, el cual consta de tres grupos fundamentales:

- De interfase con el codificador
- De conteo y visualización
- De oscilador - base de tiempos.

Interfase con el codificador

Los pulsos provenientes de los pares emisor-detector del codificador llegan a los puntos *CH A*, *CH B* y *CH R*, con una amplitud de 12 V (compatibles CMOS) los cuales son filtrados mediante un filtro paso bajas y posteriormente pasan a un circuito cuadrador.

A la salida del filtro-cuadrador se tiene por un lado, un sistema de conversión CMOS/TTL que convierte las señales del codificador en TTL compatibles y permite enviarlas a la computadora, y por otro lado a los tres circuitos siguientes:

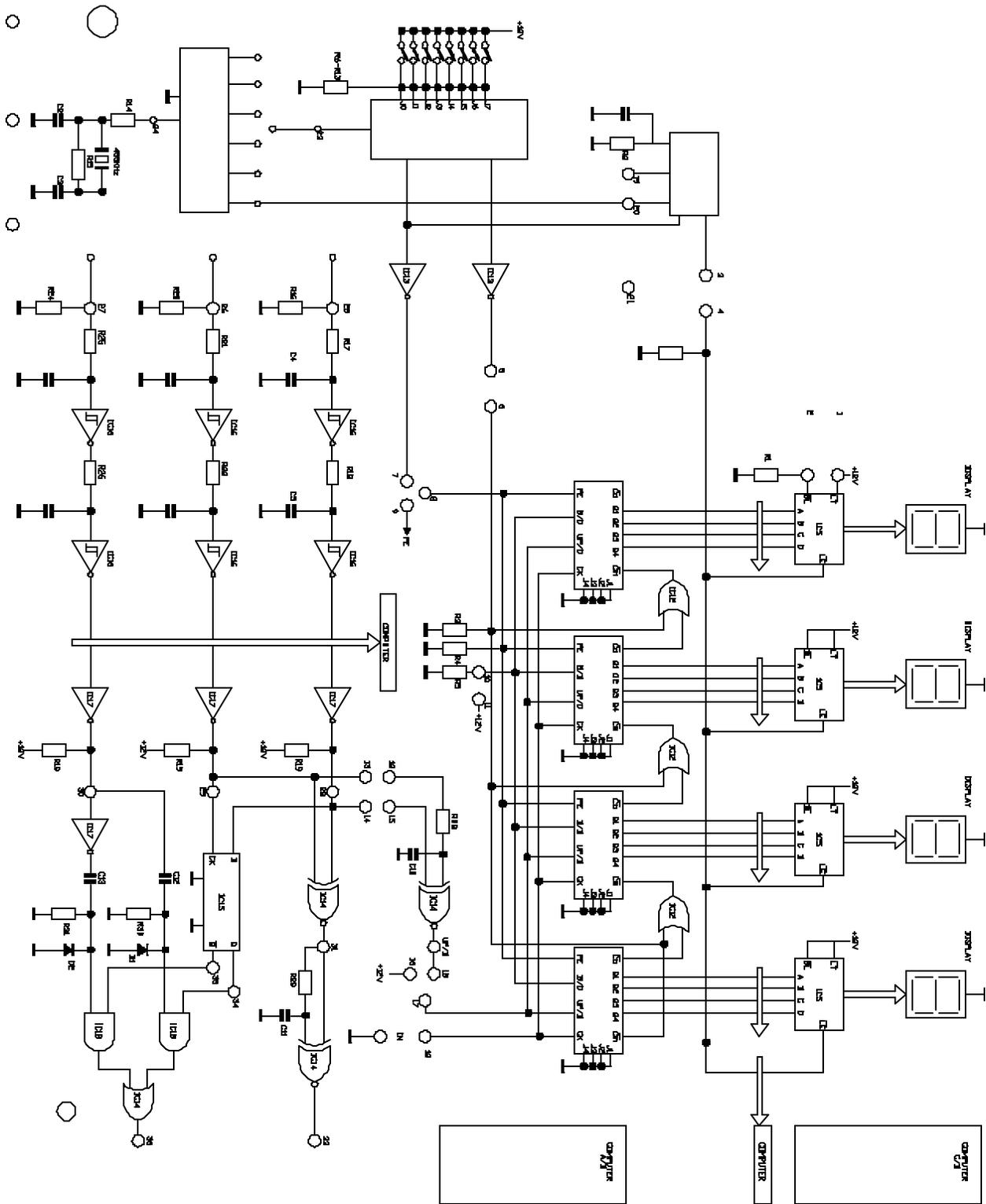


Figura 5

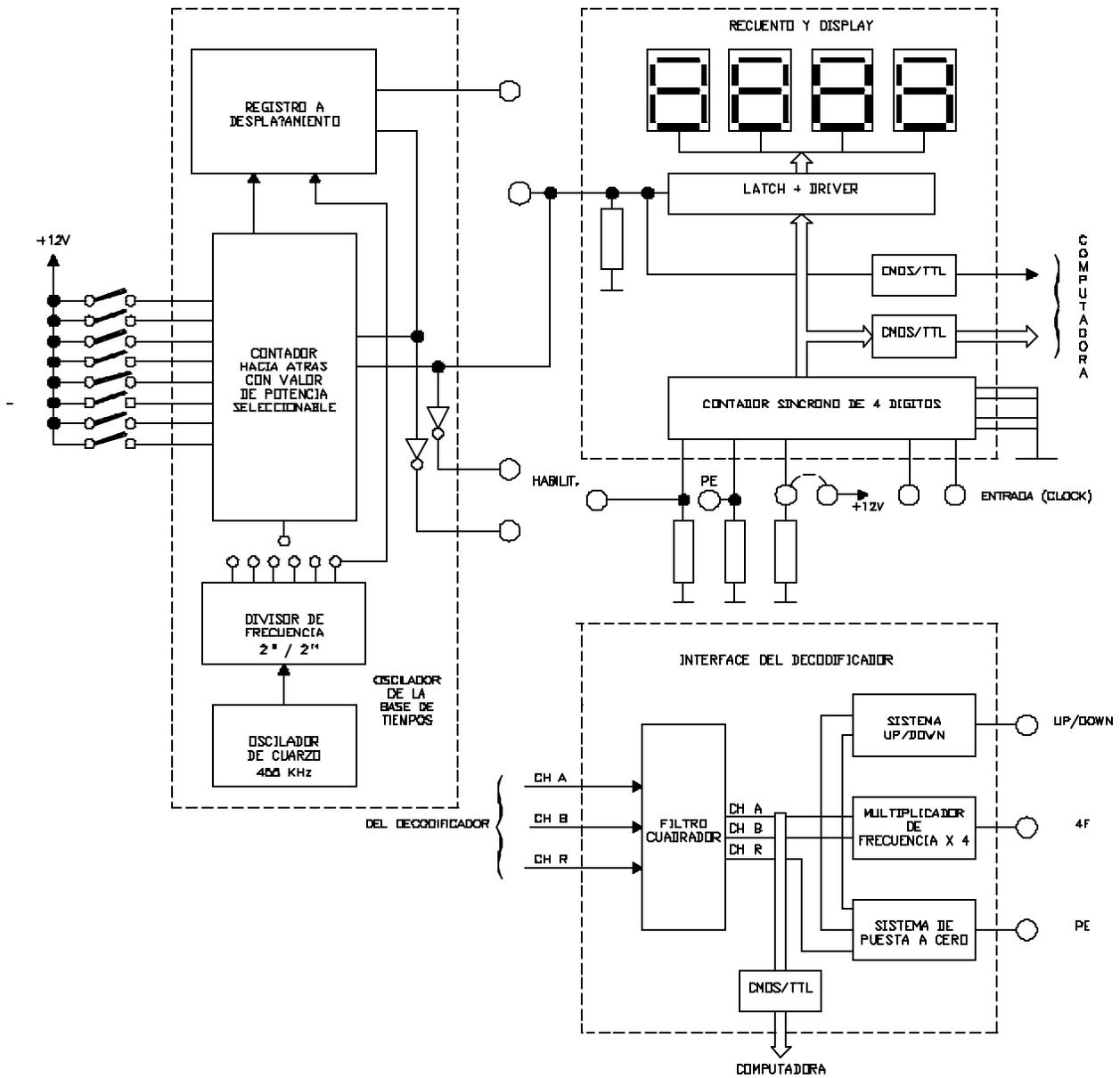


Figura 6

Multiplicador de frecuencia. Este multiplica por cuatro el número de pulsos de las señales *A* y *B* que provienen del codificador, por lo que aumenta su resolución. En el borne 31 se tendrá una señal de frecuencia doble y en el borne 33 una frecuencia cuádruple con respecto a la del codificador.

Conteo UP/DOWN, hacia adelante y hacia atrás (sentido de rotación). Este circuito activa el sentido de rotación. En un sentido, conectando la señal *A* mediante los bornes 14 a 15 y la señal *B* a través de los bornes 12 a 13; y en el otro sentido, cruzando la conexiones, es decir, la señal *A* del borne 14 al 13 y la señal *B* del borne 12 al 15. La señal hacia arriba o hacia abajo se tendrá en el borne 18.

Señal de posición de cero (Reset) del codificador. A partir de la señal *CH R* se genera un pulso positivo cuando el codificador pasa por cero. En el borne 36 se tiene un pulso positivo *PE* cada vez que el codificador pasa por cero.

Conteo y Visualización

Este circuito tiene la función de contar y presentar los pulsos provenientes de los circuitos de interfase del codificador. Este grupo está constituido por cuatro contadores síncronos (IC2, IC4, IC6 e IC8) conectados en paralelo, en configuración de reloj. A través de IC8 se aplican los pulsos provenientes del borne 33 correspondientes a 4F o de una fuente externa en el caso de que se utilice como frecuencímetro. El conteo se realiza hacia arriba o hacia abajo dependiendo de la conexión, a través del borne 18 a 17.

Si se utiliza como frecuencímetro o medidor de velocidad, el conteo tiene que ser positivo, por lo que un voltaje de +12V se aplica a la entrada del circuito de conteo, es decir, se conecta el borne 16 a 17.

El conteo normal se realiza en modo decimal (BCD), sin embargo, si se aplica un voltaje de +12V a la entrada B/D de los contadores, éstos contarán en binario (hexadecimal), conexión borne 10 a 11.

Si en las entradas *PE* de los contadores (borne 8) se les aplica un voltaje lógico *I*, los contadores cargan el dato de dígito cero.

Con una señal de valor lógico *0* a la entrada *CI* de los contadores (borne 6) se habilita el conteo en los contadores conectados en cascada.

Las salidas de los contadores pasan por un lado a un sistema de decodificación que sirve para el control del display de 7 segmentos y por otro lado a un sistema de conversión CMOS/TTL para poder enviar los datos a una computadora.

Cuando las entradas *LE* del circuito de decodificación (borne 4) están a un potencial bajo, los datos pasan directamente a los despliegues.

Oscilador - Base de tiempos

Cuando se utiliza el módulo F09 como frecuencímetro o como medidor de velocidad de un motor de c.c., se requiere de una base de tiempos, es decir, una señal que habilite el conteo en un cierto tiempo establecido previamente, de una señal de almacenamiento de datos y de reset de los contadores.

La base de tiempos se obtiene mediante un oscilador el cual es controlado por un cuarzo Q que funciona a la frecuencia de 455 kHz. La salida del oscilador pasa a un divisor de frecuencia cuyas salidas se obtienen con la siguiente relación:

$$f_{Qn} = \frac{f_Q}{2^n}$$

donde: f_Q es la frecuencia del oscilador, 455 KHz

$$n = 8, 9, \dots 14$$

Para n=8

$$f_{Q8} = \frac{f_Q}{2^8} = \frac{455 * 10^3}{256} = 1777.3$$

La frecuencia requerida se obtiene del divisor mediante un puente físico colocado en la parte posterior del panel, para enviarse posteriormente a un contador IC10 cuya salida CO/ZD se transfiere a Q1 del registro de desplazamiento IC9.

En el borne 24 se tiene la frecuencia del oscilador y en el borne 23 la salida del divisor de frecuencia.

Las salidas del contador y del registro de desplazamiento son comandos de control para la transferencia de datos de los drivers a los displays.

El contador cuenta hacia atrás a partir del valor preseleccionado en los interruptores a fin de obtener el tiempo de muestreo T_m , el cual se desea sea lo mas alto posible.

El tiempo de muestreo se obtiene de la siguiente relación:

$$T_m = \frac{C}{f_{Qn}}$$

donde: C es el valor inicial del contador fijado en los interruptores.

f_{Qn} es la frecuencia a la salida del divisor de frecuencias.

La Tabla 1 muestra los diferentes parámetros para la medición de frecuencia externa. Para otras frecuencias de la base de tiempos, el valor del contador se determina a partir de la ecuación anterior, fijándose un determinado tiempo de muestreo.

Tiempo de Muestreo (seg)	Frecuencia (Hz)	Conexión del Puente	Valor del Contador	Rango de Medida (Hz)
1.0	111.1	Q12	111	10 - 999
0.1	887.7	Q09	89	100 - 9999
0.1	1777.3	Q08	178	100 - 9999

Tabla 1

OBJETIVOS

- Conocer los diferentes tipos de transductores de posición angular y en especial el codificador incremental.
- Analizar el acondicionador de señales del transductor utilizado.
- Utilizar el codificador como contador
- Obtener la precisión del codificador.
- Utilizar el acondicionador como medidor de velocidad angular y de frecuencia.

EQUIPO Y MATERIAL

- Unidad F09 y TYF09
- Fuente de alimentación PS1
- Frecuencímetro
- Osciloscopio
- Transductor de aceleración y velocidad, unidad G28 y TY28
- Motor de 12 V
- Cables de conexión

DESARROLLO

EXPERIMENTO 1. ANALISIS DE LAS SEÑALES CODIFICADOR - INTERFACE

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (**sin encenderla**).
 - Hacer las conexiones indicadas en la figura 7.
 - Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER* del módulo F09.
 - Verificar las conexiones y encender la fuente.
 - Variar la posición de codificador en sentido horario y observar en el osciloscopio las señales en los bornes indicados en la Tabla 2, e indicar las características de la señal obtenida en cada uno de los bornes.
-

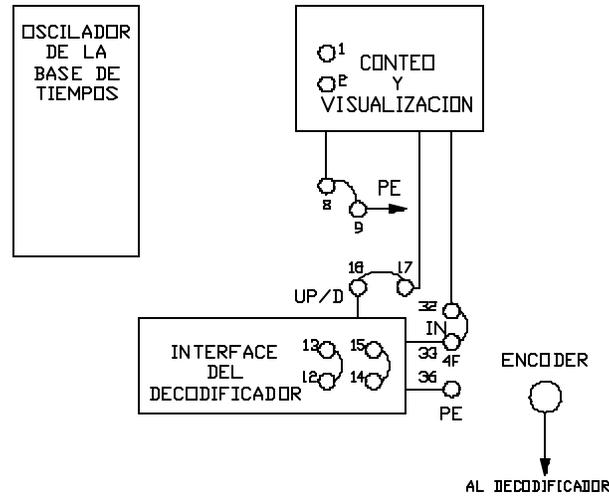


Figura 7

Canal A	Canal B
28	29
28	30
28	31
28	33

Tabla 2

EXPERIMENTO 2. OPERACION DEL CONTADOR-VISUALIZADOR

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (**sin encenderla**).
- Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER* del módulo F09.
- Hacer las conexiones indicadas en la figura 7, excepto que se desconecta el borne 18 del 17.
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Hacer girar el codificador y observar el conteo en el display cuando se conecta a +12V el borne 17 y cuando se conecta a tierra el borne 17.
- Conectar ahora los bornes 12 - 15 y 13 - 14 . Volver a observar el conteo.
- Conectar los bornes indicados en la Tabla 3 y observar e indicar el efecto que repercute en la visualización.

Bornes de Conexión	Función que Realiza
1 - 2	
1 - 4	
1 - 6	
1 - 8	
10 - 11	

Tabla 3

EXPERIMENTO 3. PRECISION DEL CODIFICADOR

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (**sin encenderla**).
- Conectar el codificador mediante el cable apropiado al conector *ENCODER*.
- Hacer las conexiones indicadas en al figura 7, pero desconectar los bornes 8 - 9 y conectar ahora el 1 - 2.
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Poner el indicador en cero, mediante la conexión **momentánea** del borne 8 al 11.
- Girar el codificador en sentido horario, 9 revoluciones exactamente y anotar la lectura del display.
- Volver a poner el indicador en cero y girar nuevamente el codificador en sentido antihorario, 9 revoluciones exactamente y anotar la lectura del display.

EXPERIMENTO 4. MEDICION DE FRECUENCIA

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 a una fuente de alimentación (**sin encenderla**).
- Hacer las conexiones de la figura 8. Seleccionar la frecuencia de 1778 Hz en la base de tiempos y fijar los interruptores del contador en el número 178.

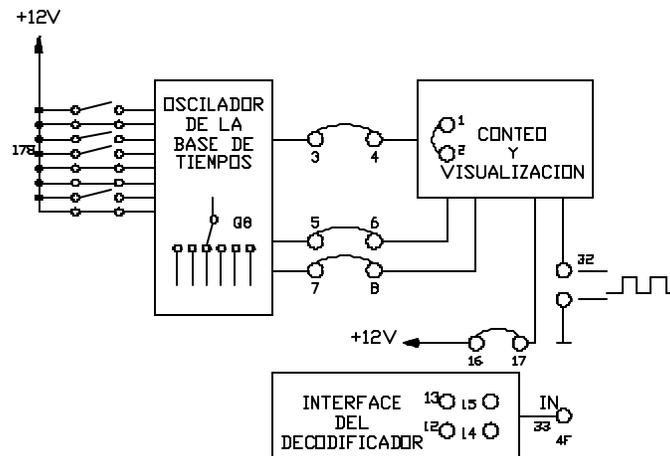


Figura 8

- Aplicar al borne 32 una señal cuadrada de amplitud +10V (con nivel de cc para que siempre sea positiva) y frecuencia de 5000 Hz
- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Anotar la lectura del display

- Colocar el puente en Q12 y los interruptores del contador en 111.²
- Registre la lectura del display.
- Verificar la operación del módulo F09 como frecuencímetro variando la frecuencia del generador de 0 Hz hasta la máxima frecuencia que se pueda medir. Puede utilizar un frecuencímetro como instrumento patrón.
- Determine la posición del puente y el valor de los interruptores del contador para medir una frecuencia de 40,000 Hz y verificar la lectura.

EXPERIMENTO 5. MEDICION DE LA VELOCIDAD DE UN MOTOR DE CC³

- Conectar los bornes de alimentación de 12V y tierra del módulo F09 y 0-24 Vcc, ± 12 Vcc y tierra del módulo G28 a una fuente de alimentación (**sin encenderla**). La fuente de 0-24 Vcc debe estar en 0V, es con la que se varía la velocidad del motor.
- Conectar el tacogenerador TY20 al acondicionador correspondiente mediante el cable apropiado.
- Fijar el valor de los interruptores en 111 y colocar el puente en Q12 que corresponde a una frecuencia de 111.1 Hz.²
- Hacer la conexiones de la figura 9, conectando en el borne 32 la salida CMOS del módulo G28 del motor de cc.

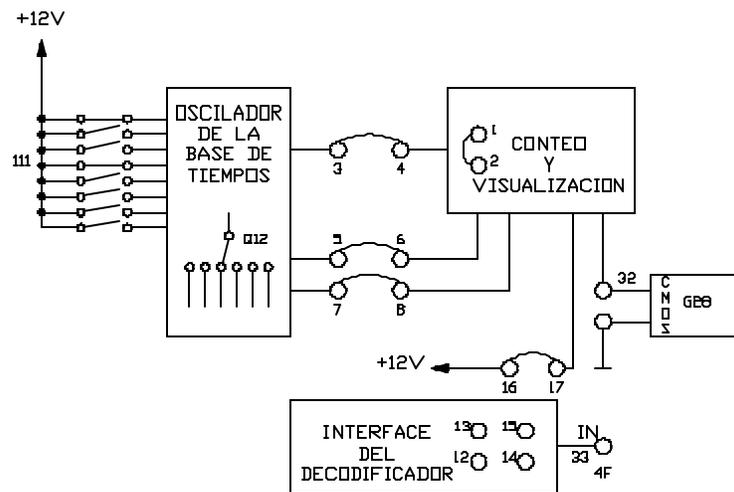


Figura 9

- Verificar las conexiones y encender la fuente.
- Incrementar el voltaje de la fuente (0-24 Vcc) y medir el correspondiente valor de velocidad angular.

2 Si la salida de frecuencia de la base de tiempos no corresponde a la indicada, medirla y determinar el nuevo valor de los interruptores.
 3 Para realizar esta práctica es conveniente haber realizado la Práctica de Transductores de Aceleración y Velocidad

- Cambiar el valor de los interruptores a 178 y el puente a Q8 (frecuencia de 1778 Hz)³.
- Repetir las variaciones de voltaje con las correspondientes en velocidad y observar las diferencias en ambos casos.

ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

1. Obtener en la medida de lo posible el diagrama de tiempos de las señales observadas en la Tabla II, indicando las características de cada una de ellas así como la función que realiza.
2. Explique como opera el contador-visualizador, indicando que función realizan las conexiones 12 - 13, 14 - 15, así como la señal UP/DOW.
3. Con base a las lecturas del experimento III determinar la precisión del sistema de posición y compararlo en los dos casos medidos.
4. ¿El sistema configurado como frecuencímetro se puede utilizar para la medición de señales con características diferentes a las utilizadas en la señal observada? Justifique su respuesta.
5. Al utilizar el módulo F09 como frecuencímetro, ¿Cuál fue el rango de operación y la precisión obtenida?
6. ¿Cuál fue la posición del puente de la base de tiempos y el valor de los interruptores para medir la frecuencia de 40,000 Hz ?
7. ¿Por qué es mejor tener un tiempo de muestreo alto ?
8. ¿Cuál es el tiempo de muestreo más bajo y más alto que se puede obtener con el oscilador e interruptores disponibles?
9. ¿Cuál fue la diferencia al cambiar la frecuencia e interruptores al medir la velocidad del motor?
10. Describa un sistema a nivel de diagrama de bloques en el que se pueda utilizar un codificador incremental.