



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

67

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL SISTEMA DE CONTROL
DE UNA MAQUINA ETIQUETADORA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA

P R E S E N T A :

RENE RODRIGUEZ ARIZMENDI



289042

Director de Tesis: Ing. Enrique R. Gómez Rosas

CIUDAD UNIVERSITARIA

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa, que me apoyó incondicionalmente en los momentos buenos y en los difíciles para la culminación de este proyecto.

A mis padres, por haberme dejado un legado tanpreciado.

A mis compañeros y amigos del Instituto de Ingeniería que me dieron la oportunidad de desarrollarme.

A todos ellos: Muchas Gracias.

INDICE

1. INTRODUCCION	
1.1 Etiquetas	1
1.2 Usos en el mercado	7
2. PROCESOS DE ETIQUETADO	
2.1 Etiquetado	11
2.2 Las máquinas etiquetadoras	13
3. SISTEMA DE MOVIMIENTO EN LAS MAQUINAS ETIQUETADORAS	
3.1 Motores Paso a Paso	21
3.2 Servosistemas	34
3.3 Lógica de control	38
4. ETAPAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION	
4.1 Antecedentes	43
4.2 Circuito lógico de control	46
4.3 Circuito de potencia	75
5. PRUEBAS Y RESULTADOS	84
6. CONCLUSIONES	90
7. BIBLIOGRAFIA	92

1. INTRODUCCION

1.1 Etiquetas

En los empaques de artículos de consumo que se comercializan en el mercado se utilizan, desde hace mucho tiempo, diversos textos y gráficos que, con mayor o menor éxito, transmiten determinada información, que llaman la atención del consumidor y que proyectan, en cierta forma, la calidad del producto. La manera más común de presentar estos textos y gráficos es mediante etiquetas elaboradas especialmente para este efecto. Estas también se aplican a los diferentes productos para indicar su clasificación, contenido, lote o destino, conforme a la normatividad vigente o el propio interés publicitario del fabricante del producto.

En muchos tipos de envases normalmente van adheridas etiquetas, que deben ser atractivas e informativas para alcanzar el impacto y objetivo que se proponen. Se pueden aplicar por inyección de esmalte, por pegado de papel o comprimiendo plástico espumado impreso previamente. Este último tipo de etiquetas permite obtener una superficie no resbalosa y a la vez un pequeño aislamiento térmico, también proveen de acojinamiento y protección contra la

abrasión del envase, de tal modo que con ellas se obtienen ventajas adicionales para el manejo de los productos envasados.

Es importante considerar las etiquetas y el etiquetado más apropiado durante el diseño de estos envases. En los metales se utiliza litografía, en las botellas y jarras de vidrio serigrafía, y las etiquetas pueden ser utilizadas por separado en todos los tipos de envases.

El rango y la variedad de las etiquetas utilizadas, así como su mercado de aplicación es muy amplio. Los materiales para la elaboración de etiquetas incluyen papel, cartón, laminados, hojas metalizadas, plásticos y tejidos. Estas pueden ser adhesivas o no. Además, de acuerdo a el material utilizado en las etiquetas, se pueden subdividir en:

Recubiertas o sin Recubrimiento

Sensibles al Calor o a la Presión

Engomado Convencional o en Partículas

Al principio las etiquetas no autoadheribles y de papel, que son aplicadas con pegamento líquido,

prácticamente dominaban el mercado alrededor del mundo. Sin embargo, en los últimos años ha habido una marcada tendencia hacia las etiquetas autoadheribles sensibles a la presión. Algunos métodos como el *In-Mold* y el de *Transferencia de Calor* también han ido ganando terreno en el mercado.

Con los materiales utilizados actualmente, las etiquetas autoadheribles sensibles a la presión pueden ser permanentes o removibles y su elección depende de los intereses propios del fabricante del producto a comercializar o a las normas establecidas que esté obligado a cumplir. También existe toda una gama completa de materiales adhesivos especiales para cumplir con requerimientos tales como: removibles con agua, adhesión a alta o baja temperatura, resistentes a la luz ultravioleta, etc. Los adhesivos que durante mucho tiempo tenían base solvente, han sido desplazados en la actualidad con adhesivos mezclados en caliente o con acrílicos base agua. Para todos los requerimientos de el etiquetado autoadherible existen una amplia variedad de papeles con diferentes pesos, acabados y colores.

Para aplicaciones especiales como etiquetas a la intemperie, placas de marca e instrucciones de aparatos,

etiquetas sumergibles, ampolletas y frasquitos, etiquetado de lujo de cosméticos y artículos de tocador, existe una amplia gama de materiales diferentes del papel. Estos incluyen chapa metálica y película plástica.

Casi todos los materiales para etiquetas autoadheribles están disponibles en forma de hojas que venden comerciantes y proveedores de papel, o en forma de carrete que utilizan los fabricantes y proveedores especialistas en rollos de etiquetas.

Respecto a las etiquetas sensibles al calor existen dos tipos:

Instantáneas

De Acción Retardada

En la primera, se aplica calor y presión a la etiqueta para fijarla directamente sobre el producto, mientras que en la de acción retardada, el calor convierte a la etiqueta en una del tipo sensible a la presión. El calor no debe aplicarse directamente a los artículos. Esta medida es de vital importancia para algunos productos como los alimentos y algunos medicamentos que requieren refrigeración.

Actualmente se utilizan dos tipos de etiquetas engomadas por humedad:

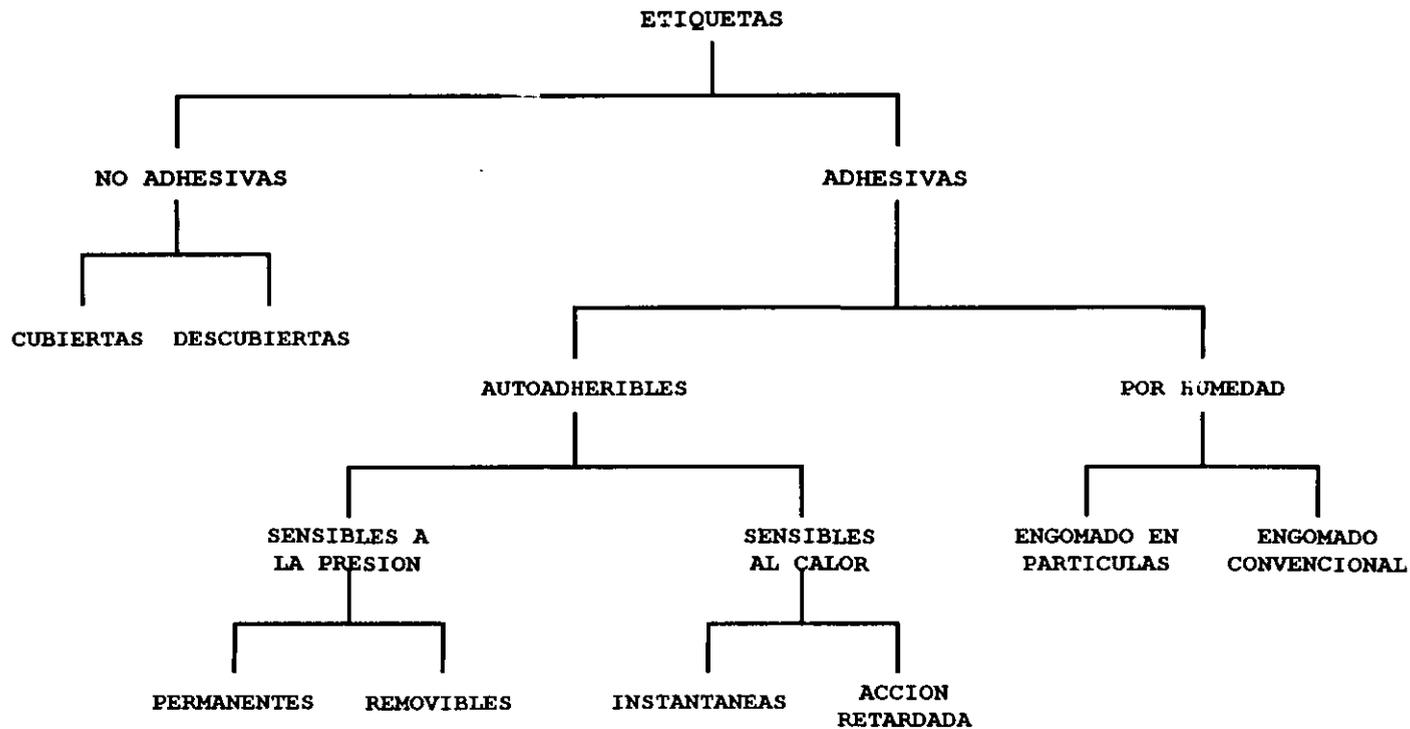
Las Convencionales

Las que tienen Engomado en Partículas

Las etiquetas de engomado convencional son aquellas que están hechas con una base de papel recubierto y por el reverso llevan una película de goma sensible a la humedad.

En el papel engomado en partículas el adhesivo es aplicado en forma de gránulos diminutos. Estos previenen problemas de ondulamiento frecuentemente asociados con el papel de engomado convencional, por lo que, como ya se señaló, la elección de la etiqueta en cada caso deberá tomar en cuenta el producto a comercializar y el manejo usual al que será sometido.

A continuación se resumen en forma gráfica las variantes de etiquetas que existen en el mercado:



1.2 Usos en el mercado.

En la actualidad el campo de aplicación de las etiquetas de referencia es bastante amplio, utilizándose con frecuencia en envolturas o envases de cualquier forma o tamaño con el fin de obtener un máximo efecto publicitario y a la vez cumplir con la norma establecida en cada región o estado. Es por eso que los fabricantes requieren dar al producto terminado la presentación adecuada para su comercialización adoptando diferentes procedimientos para envasar o empaacar esos artículos. La mayoría de las marcas de refresco, por ejemplo, utilizan un etiquetado permanente con serigrafía, elegido éste por la posibilidad de reutilizar el envase.

Las etiquetas de papel / plástico son aplicadas en las botellas de cerveza. Las etiquetas envolventes son usadas muy poco porque el producto es vendido en paquetes de seis piezas o cajas que cubren gran parte del área para etiqueta. El tipo de etiqueta y su aplicación pues, depende de varios factores como la forma del empaque, los requerimientos de comercialización y los de productividad.

Las etiquetas de papel convencionales son utilizadas en una amplia variedad de artículos, en particular cuando

se requiere un gran volumen de producción como en los casos de cerveza, bebidas en general, vinos y alimentos enlatados, donde la velocidad de aplicación de las etiquetas es algunas veces superior a 8000 artículos por hora.

La mayoría del papel utilizado en estas etiquetas viene recubierto por uno de sus lados, lo que lo hace adecuado para elaborar etiquetas para latas y botellas; sin embargo, todavía se utiliza papel no recubierto en ninguno de sus lados, en un volumen aceptable.

Las etiquetas de papel engomado por humedad han ido cayendo en desuso en los últimos años y en la actualidad están limitadas a aplicaciones como etiquetas de dirección o destino en cajas de cartón, información de precios en estantes, y lugares donde el etiquetado automatizado resulta innecesario o difícil.

En los casos donde se requiera que la etiqueta permanezca en una posición por un largo tiempo o donde su aplicación sea en superficies redondeadas, irregulares o flexibles, se utilizan adhesivos permanentes. Debido al alto aseguramiento del pegamento de que dispone, la

etiqueta se daña o estropea si se intenta removerla por cualquier medio.

Por otra parte, las etiquetas donde se emplean adhesivos removibles son aquellas que pueden ser despegadas después de un tiempo específico sin que se maltrate la superficie en la cual fue aplicada la etiqueta. Algunos de sus usos son:

Empaques de Alimentos Perecederos

Estantes o Indicadores de Precio en Supermercados

Porcelana o Cerámica

O donde la Etiqueta pueda ser removida con facilidad antes del uso del Producto.

Para las etiquetas de papel sensibles al calor y de acción retardada, las aplicaciones típicas en el mercado incluyen: la industria farmacéutica, etiquetas de precio y peso de algún producto, algunas botellas de vidrio, contenedores de plástico rígidos o semirígidos. Los materiales instantáneos se utilizan en aplicaciones como cerrado de paquetes de galletas o pañuelos desechables y sobre artículos de envolturas plegadas.

Hay otro tipo de etiquetas que se usan principalmente como piezas de promoción o para proporcionar información refiriéndose a un producto específico, y generalmente no están expuestas a un trato muy rudo.

2. PROCESOS DE ETIQUETADO

2.1 ETIQUETADO

Existen diversas y variadas formas de dar a los envases o empaques la apariencia adecuada para su presentación y comercialización. Destacan, por ejemplo, el *Estampado en Caliente* donde se transfieren diseños y/o caracteres desde una hoja o cinta metalizada hacia la superficie que se desee, por medio del uso de presión y calor; y el *Etiquetado In-Mold* cuyo proceso consiste en colocar una etiqueta de papel antes de la inyección del plástico para formar el envase, quedando ésta adherida a la superficie en cita al estilo de una junta térmica.

Tomando en cuenta que las etiquetas se pueden aplicar a casi cualquier producto para indicar su contenido, peso o volumen, clasificación y embarque o destino; el etiquetado es entonces el procedimiento necesario para adherir o fijar las etiquetas a un producto o superficie en particular.

Originalmente el uso de las etiquetas estaba limitado a proporcionar información sobre el contenido, clasificación o propósito de los artículos; actualmente

también se utilizan con fines de promoción y venta y algunas veces esta información llega a ocupar la totalidad de la envoltura del artículo en cuestión.

Una vez que se ha producido la etiqueta, ésta deberá ser cuidadosamente aplicada en la posición correcta para que quede perfectamente adherida a la superficie del empaque, de forma tal que permanezca fija durante toda la vida útil del producto o contenedor. También deberá soportar cualquier condición de exposición para la que está destinada y mantener, desde luego, una buena apariencia. Sin embargo, en el caso de algunas de las botellas retornables, la etiqueta debe ser la adecuada para ser removida fácilmente durante el proceso de lavado, para permitir posteriormente la operación de etiquetado.

El proceso de etiquetado, también debe adaptarse a los requerimientos de producción. Tal es el caso, por ejemplo, de las líneas de empackado, en las que la máquina etiquetadora debe ser compatible con ellas, aún a altas velocidades, teniendo un mínimo de paradas o tiempos muertos.

Algunas de las muchas etiquetas que existen en el mercado, se aplican a los productos o envases con una

pistola o despachador manual; otras son aplicadas con una máquina etiquetadora semiautomática ó totalmente automática adecuada a un tipo en particular de etiqueta:

Con Pegamento Líquido

Sensibles a la Presión

Sensibles al Calor

2.2 Las Máquinas Etiquetadoras

- Máquinas de etiquetado con pegamento líquido.

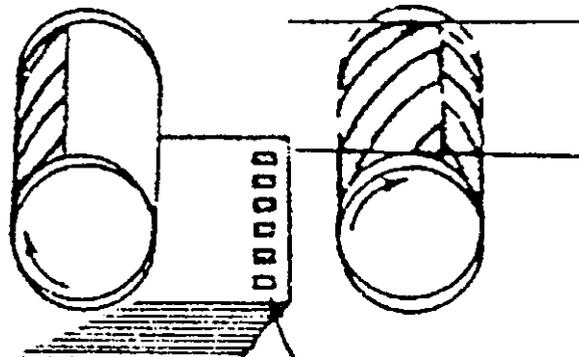
El proceso de etiquetado con pegamento líquido es utilizado, principalmente, en envases o contenedores de comida y de licor o bebidas alcohólicas, donde se utilizan envases de plástico o de vidrio. Hay muchos tipos de etiquetadoras con pegamento líquido, pero todas ellas deben cumplir las siguientes funciones:

1. *Despacho de etiqueta (una a la vez) desde un cargador.*
2. *Aplicar una mano de adhesivo a las etiquetas.*

3. *Despachar las etiquetas con adhesivo en la posición correcta sobre los artículos a ser etiquetados.*
4. *Asegurar que los artículos estén fijos en su posición para ser correctamente etiquetados.*
5. *Aplicar presión para alisar la etiqueta sobre el artículo y mantenerla para lograr un buen contacto.*
6. *Remover el artículo cuando ha sido etiquetado.*

La siguiente figura muestra un proceso común en las máquinas de etiquetado con pegamento líquido:

Primera
aplicación
de adhesivo



Segunda
aplicación
de adhesivo

Etiquetado con pegamento líquido de productos enlatados: Primeramente se aplica pegamento sobre la lata quedando adherida a ésta un extremo de la etiqueta. Con el movimiento giratorio, la lata empieza a ser envuelta por la etiqueta; a continuación se aplica pegamento al otro extremo de ésta y por último se ejerce una leve presión para que quede totalmente adherida.

- Máquinas de etiquetado sensible a la presión.

Un adhesivo sensible a la presión es aquel que queda bien y permanentemente pegado en forma seca y tiene la cualidad de adherirse instantáneamente a una amplia variedad de materiales con tan sólo aplicar una leve presión. No se necesita agua, solventes, calor, ni ningún otro elemento para activar estos adhesivos. Como el adhesivo es permanentemente pegajoso, se adherirá a cualquier superficie con la que tenga contacto; por tal motivo se requiere de una hoja o base especial que no se pegue para proteger la capa de adhesivo hasta que ésta tenga contacto con la superficie del envase del artículo a etiquetar. Esta hoja o base esta protegida con una película de cera para prevenir que la etiqueta se adhiera firmemente a ella.

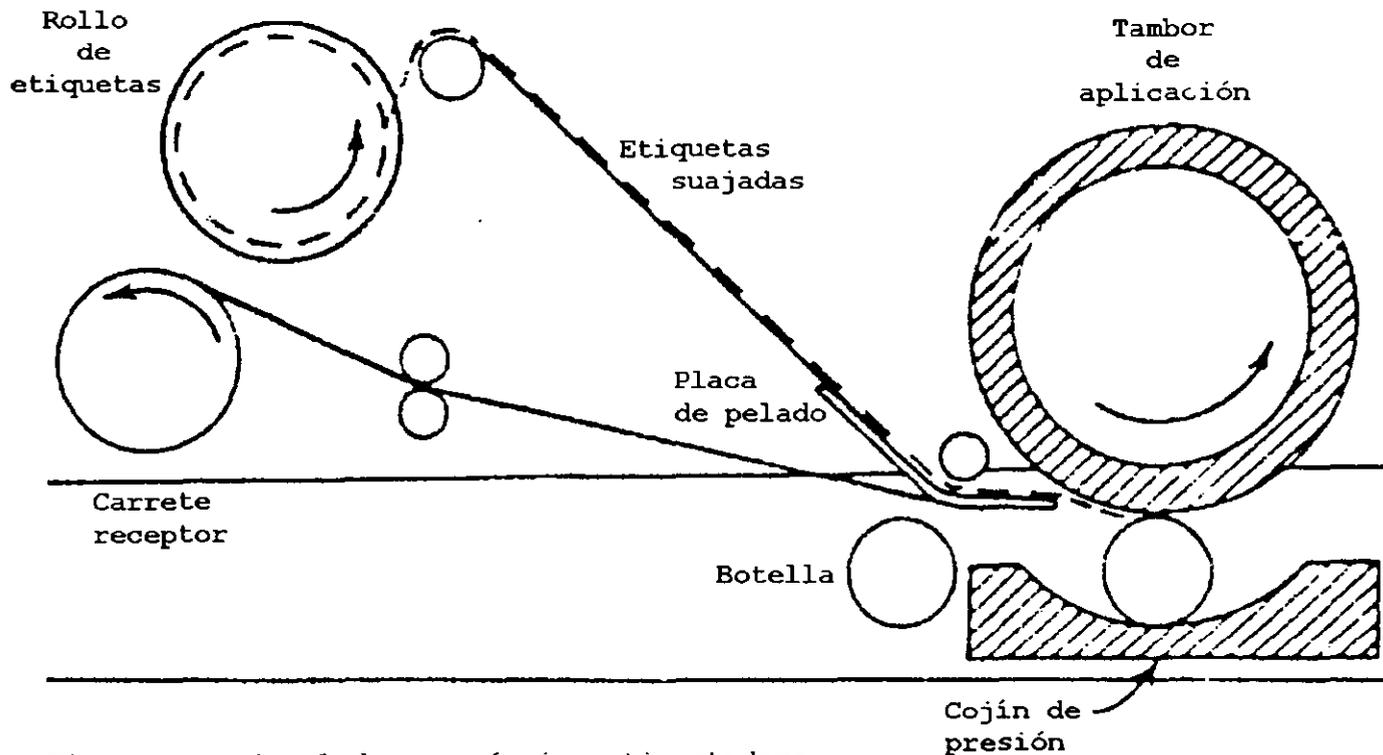
Existen muchos tipos diferentes de aplicadores para estas etiquetas, pero todos tienen una parte en común: un dispositivo que permita separar la etiqueta de su base, efecto comunmente conocido como pelar. Normalmente, esto se realiza desenrollando un carrete de etiquetas suajadas y jalándolo sobre el canto de una placa, especialmente dispuesta para ello. Como la base se dobla en ángulo

agudo, entonces la etiqueta se desprende quedando lista para su fijación.

Una vez que la etiqueta se separa de la base, conforme al procedimiento anterior, existen varias formas de acercarla a la superficie del envase y hacer presión para colocarla, fijándola en la posición correcta. Los envases también pueden ser desplazados a un rodillo de aplicación donde la etiqueta es transferida mediante una presión suave generada por el mismo rodillo y un pequeño cojín.

Alternativamente, la etiqueta también se mantiene en posición utilizando una cámara o tambor de vacío y soltándola cuando el artículo esté en la posición correcta ó puede ser colocada sobre el envase compensando el vacío y después aplicando aire a presión. Finalmente la base de papel es rebobinada en un carrete para concluir la operación.

La siguiente figura muestra el proceso que comúnmente lleva a cabo una máquina de etiquetado sensible a la presión:



Tipo convencional de una máquina etiquetadora que utiliza etiquetas autoadheribles.

Se pueden diseñar diferentes sistemas para aplicar etiquetas. Hay para elegir desde uno con despachador que suelta la etiqueta sobre el artículo para luego ser adherida manualmente, hasta el que aplica las etiquetas automáticamente a alta velocidad.

Las máquinas de etiquetado sensible a la presión varían en complejidad de acuerdo al tipo de paquete a ser procesado, el número de etiquetas a colocar a la vez y la velocidad de aplicación. Tomando en cuenta las necesidades específicas, se pueden desarrollar etiquetadoras semiautomáticas que trabajan con productos individuales para volúmenes medios de producción.

Las máquinas que aplican etiquetas sensibles a la presión descritas anteriormente, se pueden adaptar fácilmente para satisfacer requerimientos especiales. Generalmente este tipo de máquinas tienen un costo que varía desde un tercio hasta la mitad aproximadamente del que tienen los sistemas de etiquetado más complejos.

Las ventajas de las etiquetas sensibles a la presión son numerosas: son más limpias que las utilizadas en otros métodos; hay menos desperdicio que con el pegamento

líquido; y son más fáciles de controlar porque vienen en forma de rollo y entonces las etiquetas no se desordenan.

Existe una amplia y diversa variedad de adhesivos para diferentes tipos de superficies, además se puede utilizar una película de acetato, vinil o poliéster para etiquetas traslúcidas.

- Máquinas de etiquetado sensible al calor.

El etiquetado con elementos sensibles al calor consiste en que la máquina diseñada para este efecto, calienta una pieza de papel plastificado el cual, con esta acción, se vuelve pegajoso en su cara posterior. El equipo de etiquetado para tales fines abarca desde el auxiliar simple hasta el automático de alta velocidad, teniendo la ventaja de poder ser aplicadas a diversos tipos de etiquetas dando precisión en la colocación, total adherencia y un trabajo limpio cuando son pegadas.

3. SISTEMA DE MOVIMIENTO DE LAS MAQUINAS ETIQUETADORAS

3.1 MOTORES PASO A PASO

Una de las variadas aplicaciones de los motores eléctricos es la del control. Para esta aplicación se pueden utilizar motores *Jaula de Ardilla* y también motores de *Corriente Directa*; destacan sin embargo, los motores *Paso a Paso* que se han consolidado como motores pequeños y versátiles, adecuados para esta aplicación. Además los del tipo *Híbrido*, que es el modelo de motor paso a paso en el que se combinan las características de los tipos de imán permanente y los de reluctancia variable (características que se mencionan más adelante), son apropiados para utilizarse en sistemas digitalmente controlados, contando con una alta eficiencia y resolución. Por estas y otras razones, es común encontrarlos en diversos equipos que se utilizan en la vida cotidiana.

La misión fundamental de un motor eléctrico de cualquiera de los tipos señalados es la de transformar, con la mayor eficacia posible, la energía eléctrica que se le suministra en energía mecánica que será empleada para poner en movimiento el mecanismo del equipo en el que se

instale. El funcionamiento de un motor, en general, se basa en las propiedades magnéticas de la corriente eléctrica y la posibilidad de crear, a partir de ellas, unas determinadas fuerzas de atracción y repulsión encargadas de actuar sobre un eje y generar un movimiento de rotación.

De esta manera, cuando dos campos magnéticos se alinean de tal forma que sus flujos o las componentes de sus flujos están en paralelo dentro de una región común, se genera una fuerza mecánica de mayor o menor magnitud, que tiende a mantener unidos o a separar dichos flujos. Normalmente en un motor de cualquier tipo se emplea un cierto número de espiras devanadas sobre un núcleo magnético de forma apropiada para determinado fin y también en algunas ocasiones se sustituye el imán permanente creador del campo magnético por un electroimán, el cual produce el mismo efecto que aquel cuando se le aplica la corriente excitadora.

Los motores Paso a Paso mencionados anteriormente, se han podido emplear eficientemente desde el momento en que la tecnología de los semiconductores ha permitido el desarrollo de circuitos de conmutación y control suficientemente rápidos y adecuados. Las aplicaciones:

fundamentales de este tipo de motor son aquellas en las que se precisa un sistema de posicionamiento seguro y confiable sin tener que recurrir a otros sistemas más complejos del tipo de los servomecanismos.

Así pues, comparado con otro tipo de equipos o sistemas que pueden desarrollar las mismas o similares funciones, un sistema de control que utiliza motores Paso a Paso tiene muchas y variadas ventajas como:

- A. *Son compatibles con equipos digitales.*
- B. *Normalmente no se requiere realimentación para el control de posición o velocidad.*
- C. *El error de posición no es acumulativo.*

Por estas razones se utilizan varios tipos de motores Paso a Paso en maquinaria automatizada, en periféricos de computadoras y en otros sistemas similares.

El principio básico de funcionamiento en los motores Paso a Paso está basado fundamentalmente en un estator constituido por varios arrollamientos independientes devanados sobre un material ferromagnético y un rotor que puede girar libremente dentro del estator. Estos diferentes bobinados son alimentados uno a continuación

del otro y causan un determinado desplazamiento angular que se denomina *Paso Angular* siendo ésta la principal característica del motor. El sentido de rotación está definido por la secuencia en la que se han polarizado los diferentes arrollamientos.

Existen tres tipos básicos de motores *Paso a Paso*. El primero de ellos funciona por el efecto de reacción que se produce entre un campo electromagnético y un imán permanente; por este motivo se le denomina motor *Paso a Paso de Imán Permanente*. El segundo funciona mediante la acción de un campo electromagnético sobre un rotor de hierro dulce, el cual, presenta un magnetismo remanente muy débil. A este tipo se le conoce como motor *Paso a Paso de Reluctancia Variable*. Además existe un tipo de motor *Híbrido* que combina las dos características.

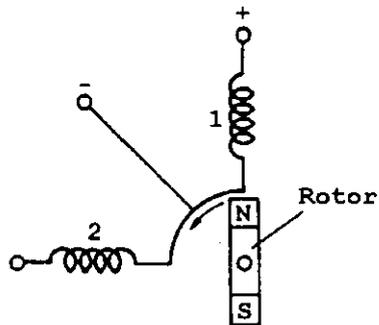
En cualquier caso se precisa de un circuito o equipo externo que distribuya la alimentación en forma secuencial a todos los arrollamientos del estator, de forma tal que únicamente se encuentre polarizado uno de ellos en cada momento. En consecuencia, el sistema de alimentación no será una corriente continua o alterna, sino que estará formado por pulsos secuenciales de voltaje y corriente.

El motor *Paso a Paso de Imán Permanente* está formado por un estator de forma cilíndrica con un cierto número de bobinados alimentados secuencialmente que crean un campo magnético giratorio de manera discontinua. El rotor, concéntrico con el estator y situado sobre el eje, contiene un imán fuertemente magnetizado que en cada instante tenderá a alinearse con el campo magnético creado por la correspondiente bobina del estator.

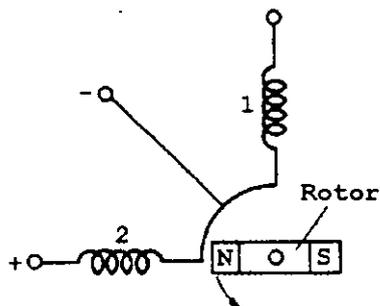
En realidad su modo de operación es bastante simple, ya que está basado en las fuerzas de atracción desarrolladas entre dos imanes, uno permanente y el otro temporal. En este tipo de motor el número de bobinas que existen en el estator suele ser de dos o cuatro con los que se obtienen cuatro pasos por cada vuelta y el desplazamiento angular será de 90° . Las frecuencias de trabajo empleadas son bajas y el par motor es elevado debido a la presencia del imán.

Se mostrará brevemente la secuencia de funcionamiento de un motor *Paso a Paso de Imán Permanente* de dos bobinas.

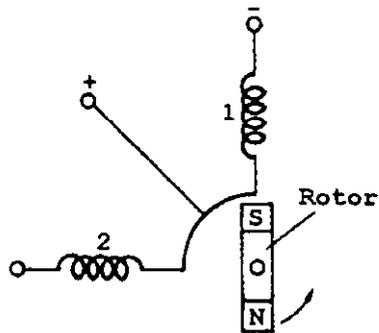
Primero se polariza en sentido directo la bobina 1 con lo que el rotor se alinea de la siguiente manera:



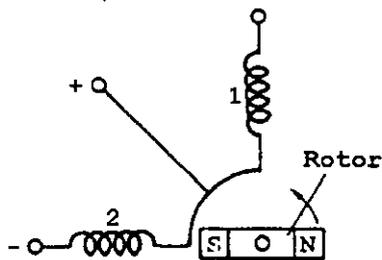
Después se polariza en sentido directo la bobina 2 y el rotor se desplaza 90° :



A continuación se polariza en sentido inverso la bobina 1 y el rotor gira otros 90° :



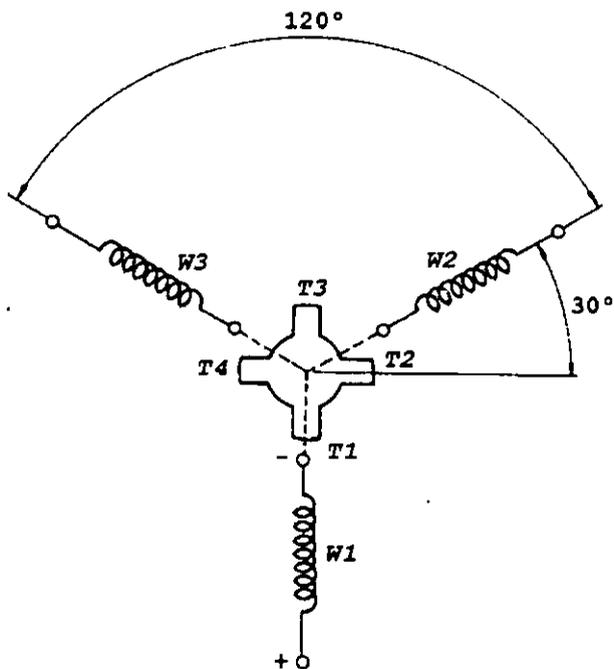
Después se polariza en sentido inverso la bobina 2 con lo que el rotor avanza 90° más:



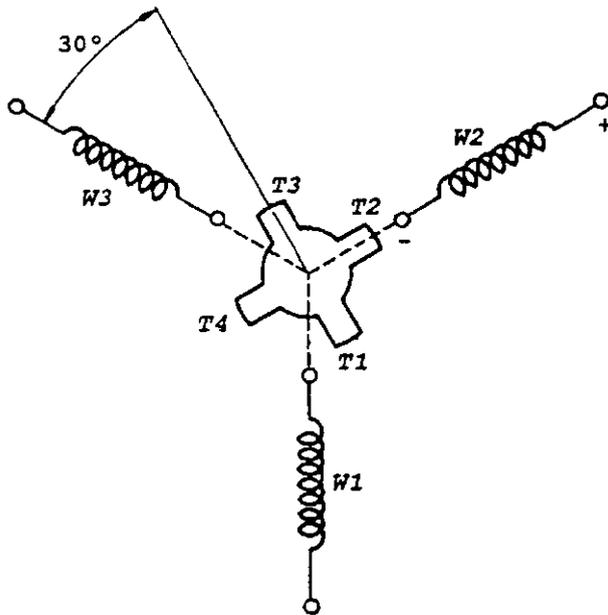
Para que el rotor complete una revolución, será necesario polarizar nuevamente en sentido directo la bobina 1 como se hizo al principio del proceso.

El motor *Paso a Paso de Reluctancia Variable* se desarrolló con objeto de poder conseguir unos desplazamientos angulares más reducidos que en el caso anterior, sin que por este motivo haya que aumentarse considerablemente el número de bobinados. El estator presentará la forma cilíndrica habitual conteniendo generalmente un total de tres devanados distribuidos de tal forma que existirá un ángulo de 120° aproximadamente entre cada dos de ellos. El rotor está formado por un núcleo de hierro dulce de estructura cilíndrica pero con una cierta cantidad de dientes tallados longitudinalmente sobre su superficie lateral.

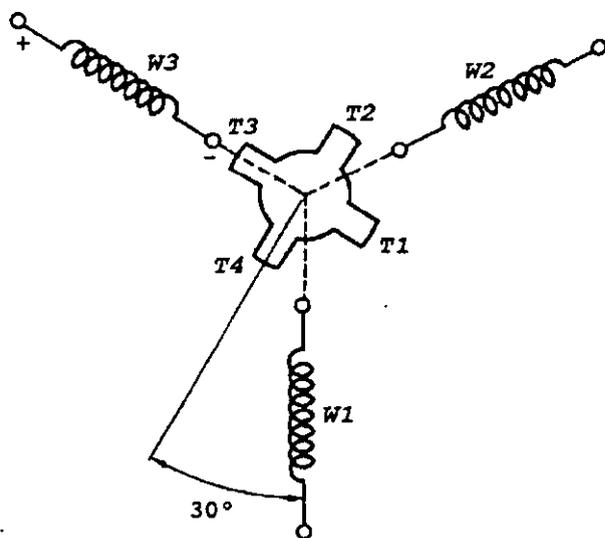
Para poder analizar su modo de operación se va a suponer un motor constituido por tres devanados $W1$, $W2$ y $W3$ excitados secuencialmente y un rotor con cuatro dientes $T1$, $T2$, $T3$ y $T4$ como se muestra en la figura siguiente:



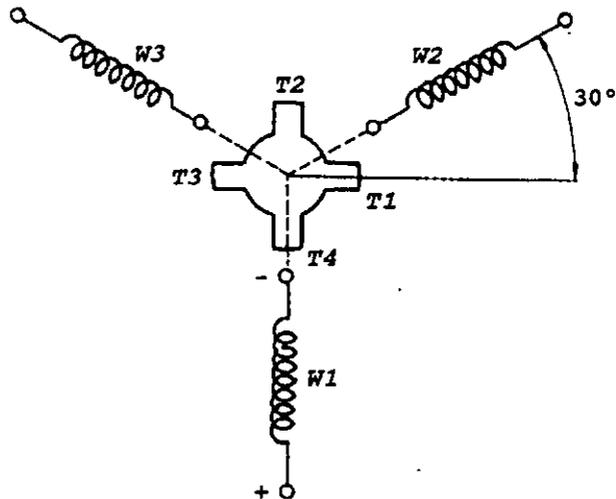
Cuando el primer arrollamiento $W1$ recibe la alimentación atraerá al rotor hasta que el diente más cercano se alinee con el campo, por ejemplo, $T1$;



al llegar la excitación a $W2$, el diente $T2$ será el más próximo, con lo que el rotor girará 30° ;



de la misma forma, con el siguiente impulso aplicado a $W3$, será el diente $T3$ el alineado, con un segundo paso de 30°



y al volver la alimentación a $W1$ será atraído $T4$, avanzando un ángulo igual a los anteriores.

En este caso la polaridad o el sentido de circulación de la corriente en cada uno de los devanados es indiferente, ya que al no estar imantado el rotor siempre se desplazará hasta la posición en que la reluctancia del circuito magnético del estator sea mínima.

Para obtener desplazamientos angulares de 15° será necesario aumentar el número de dientes del rotor hasta ocho y esta cifra se hará tanto mayor cuanto más reducido sea el avance de cada paso.

La principal característica de estos motores de reluctancia variable es la elevada velocidad de accionamiento que permiten; siendo normal unos 1200 pasos por segundo. Por último, existe un tercer tipo de motor Paso a Paso, denominado motor *Híbrido*, que combina los diseños de ambos, obteniéndose importantes pares o torques de accionamiento, un gran número de pasos por vuelta y una frecuencia de trabajo bastante elevada.

3.2 SERVOSISTEMAS

Los servosistemas, también denominados sistemas realimentados de control, constituyen un procedimiento efectivo para construir automatismos y controlar eficientemente cualquier proceso que requiera atención y vigilancia constante; generalmente están formados por sistemas electromecánicos, aunque también existen para efectos específicos, servomecanismos exclusivamente eléctricos, así como otros sistemas sólo mecánicos o neumáticos.

El fundamento básico de los servomecanismos consiste en disponer para cada fin, un determinado circuito que observe el resultado final del dispositivo sobre el que se aplique y obtenga una señal proporcional a las desviaciones que allí se produzcan con objeto de enviarla a la entrada de dicho dispositivo y poder corregir con ella dichas desviaciones. Tómese como ejemplo el control de la velocidad de un motor de corriente continua, de forma tal que ésta permanezca constante dentro de unos límites muy estrechos preestablecidos o bien que pueda ser regulada automáticamente conforme a las necesidades, en función de otra serie de factores propios del sistema en

el que se encuentra el motor, sin necesidad de que intervenga ninguna persona que vigile el proceso.

Para ello será necesario disponer de una fuente de corriente continua que alimente el inducido del motor. Además se requiere de un dispositivo acoplado mecánicamente al eje del motor que actúe como transductor y convierta la velocidad de éste en una señal eléctrica de control. De esta forma y suponiendo que el sistema se encuentra en la fase de velocidad constante, cualquier alteración de ella será detectada en el sensor y enviada a un amplificador que obtendrá un nivel de tensión suficiente para corregir el voltaje de alimentación de la fuente.

El segundo elemento imprescindible en este servosistema es un circuito electrónico que reciba por una parte, el voltaje de excitación destinado al inducido y por otra, la señal de control de velocidad de forma que combinando ambas varíe la corriente que llega al motor y pueda corregir automáticamente las desviaciones. Si lo que se desea es que el sistema anterior pueda regular su velocidad de acuerdo con una señal exterior, será entonces necesario otro circuito que compare esta señal con la obtenida del transductor y obtenga otra señal de error que

haga variar la excitación del rotor hasta que se alcance el nuevo valor de velocidad, momento en el que las dos primeras señales serán iguales entre sí y desaparecerá la de error, estabilizándose de esta manera el sistema que se maneja. En realidad la denominada señal de error nunca llega a desaparecer del todo ya que su existencia es la clave del funcionamiento del sistema, quedando siempre un nivel que se tiende a reducir al mínimo posible.

Existe una clasificación estandarizada de tipos de servosistemas en función de las características de la variable que se desea controlar:

- A. *Servosistema de posición.*- Este tipo de servosistema se emplea para regular automáticamente la posición de un objeto determinado, arrancando y deteniendo un motor encargado de mover dicho objeto hasta el lugar deseado.
- B. *Servosistema de velocidad.*- Este servosistema corresponde al ejemplo citado anteriormente de regulación de velocidad. Con él se regula automáticamente, para determinado

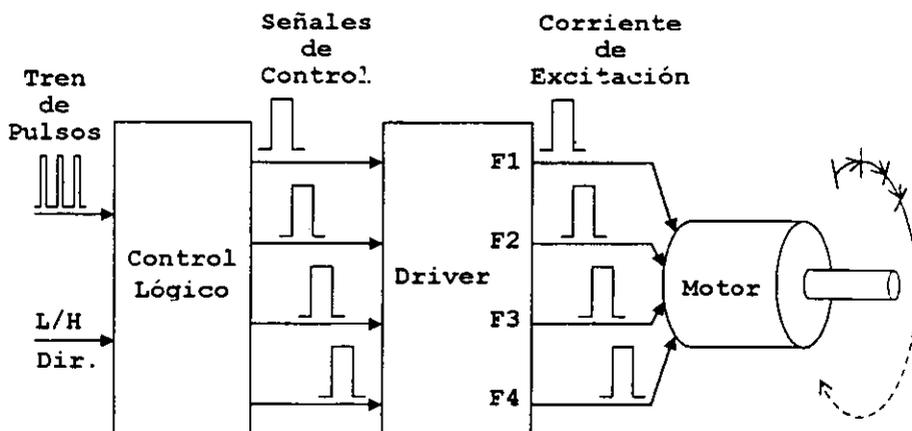
fin, la velocidad del sistema de que se trate.

C. Servosistema de aceleración.- Aquí puede controlarse la velocidad de cambio o aceleración de un determinado dispositivo. Este tipo de servosistema es el más complejo de todos.

Con este breve análisis se puede concluir que los servosistemas son superados por los motores Paso a Paso, ya que estos últimos solucionan con eficacia y relativa sencillez, la exigencia en cuanto a velocidad de accionamiento en determinados movimientos discontinuos que necesitarían complicados montajes a base de motores ordinarios asociados a sistemas de frenado de gran seguridad y de muy problemática ejecución práctica.

3.3. LOGICA DE CONTROL

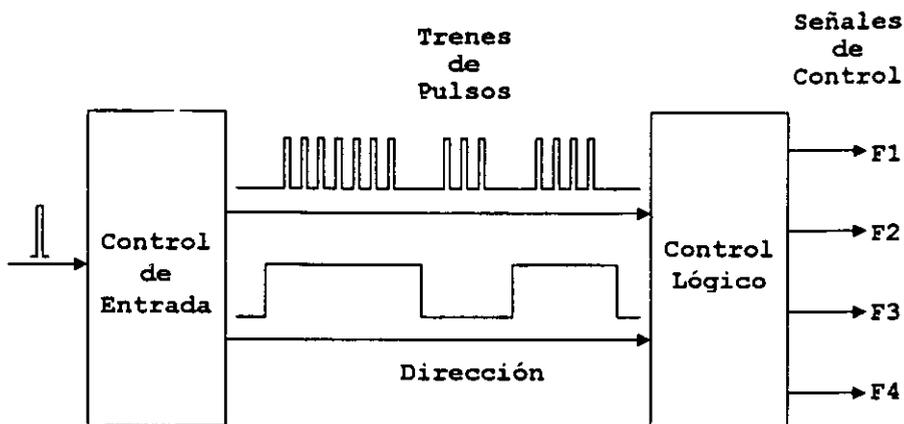
Dentro de la amplia gama de aplicaciones de los motores *Paso a Paso*, uno de los puntos más importantes a considerar es obviamente el sistema de control. La siguiente figura muestra un diagrama de bloques de un sistema de control sencillo para un motor *Paso a Paso* de cuatro fases.



Como podrá observarse, la primera parte está compuesta por un controlador lógico; cuando se aplica un tren de pulsos a la entrada de éste, las diferentes salidas del sistema van cambiando de estado para así poder suministrar la excitación adecuada para cada una de las fases mencionadas a través de un DRIVER (descrito más adelante) que es el que recibe dicha secuencia. Para cada cambio de estado el motor gira un PASO ANGULAR en la dirección predeterminada por el controlador lógico; por ejemplo, para una entrada H el motor gira en sentido horario y para una entrada L, gira en sentido antihorario.

Para implementar estos controladores lógicos es común utilizar Flip-Flop's y registros en una combinación apropiada y agregando algunas compuertas lógicas NAND, NOR, etc.

Esta forma de operar es continua, pero si se requiere que el motor avance cierto ángulo o número de pasos en un sentido, luego regrese a otra posición, posteriormente se detenga y vuelva a avanzar, por ejemplo, entonces habrá de utilizarse un control de entrada como se muestra en el siguiente diagrama.

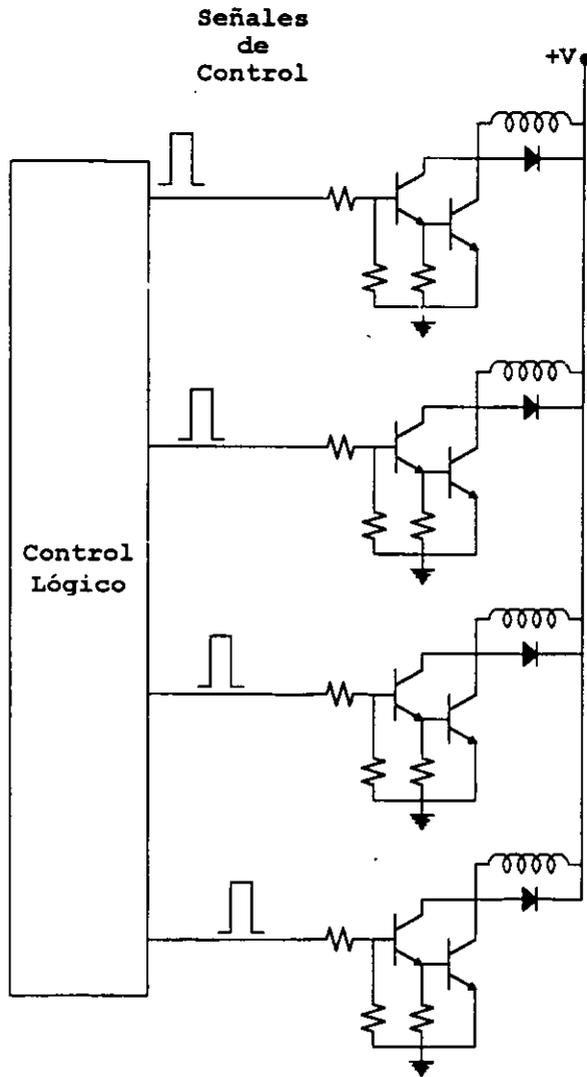


Este control de entrada puede utilizar una función lógica implementada por dispositivos electrónicos como las compuertas lógicas o algún microprocesador que genere un tren de pulsos específico de acuerdo a las necesidades que requiera el sistema.

Por último se considera la manera de conectar apropiadamente el controlador lógico con los devanados del motor. Las señales de salida del controlador lógico son finalmente transmitidas a las terminales de entrada de la fase de potencia para que con ellas se encienda o se

apague cada una de las bobinas del motor *Paso a Paso* y con ello se obtenga los resultados previstos. Esta fase de potencia se conoce con el nombre de *Control de Potencia del Motor* o simplemente *DRIVER*.

La forma más sencilla de conectar estas señales es mediante transistores de potencia como se muestra en la figura siguiente; tomando en cuenta que si la magnitud de las corrientes de salida no son suficientes para encender a los transistores, será necesario entonces poner un acoplamiento que amplifique dicha corriente, pudiendo ser en este caso un arreglo Darlington, como aquellos arreglos en los que se obtiene una ganancia total considerable.



Además es recomendable en estos casos utilizar un diodo en antiparalelo con la bobina para evitar dañar el transistor a la hora de desconectar el devanado en cuestión.

ETAPAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCION

4.1 ANTECEDENTES

La operación de la máquina etiquetadora en cuestión puede resumirse como sigue:

En la entrada de la máquina se coloca un envase sobre una banda transportadora. El proceso de etiquetado se realizará a una velocidad proporcional a la que se mueve el envase. Por lo que es necesario proporcionar esta señal al sistema de control. Esto se logra por medio de un codificador acoplado a la banda transportadora.

Una vez que el artículo inicia su movimiento, se ajusta a la posición adecuada con un gusano plástico que da la separación mínima entre producto y producto además de alinearlos con el dispositivo de aplicación de la etiqueta.

Entonces el envase avanza para ser detectado por un sensor infrarrojo que envía una señal al sistema de control que pondrá en movimiento un mecanismo que despache la etiqueta en el momento preciso. Este mecanismo está compuesto por rodillos que permiten desenrollar y

posteriormente enrollar una tira continua (bobinada) de etiquetas.

Durante el trayecto que sigue esta tira de etiquetas, se describe un ángulo agudo apoyándose en una placa metálica delgada para lograr que la etiqueta sea desprendida de su base en el instante en el que el producto pase frente a ella. En ese momento la etiqueta que empezó a ser desprendida se mantiene casi tangencial al envase para que con ese leve rozamiento sea jalada hacia él por efecto del pegamento.

También se dispone, en el recorrido de la tira, de un microswitch que permite conmutar una señal que indique la presencia del borde inicial ó final de la etiqueta para poder detener el mecanismo mencionado, logrando así, la aplicación de una de ellas a la vez. La base o tira encerada, ya sin etiquetas, se va enrollando en otro carrete colocado después de los rodillos de tracción.

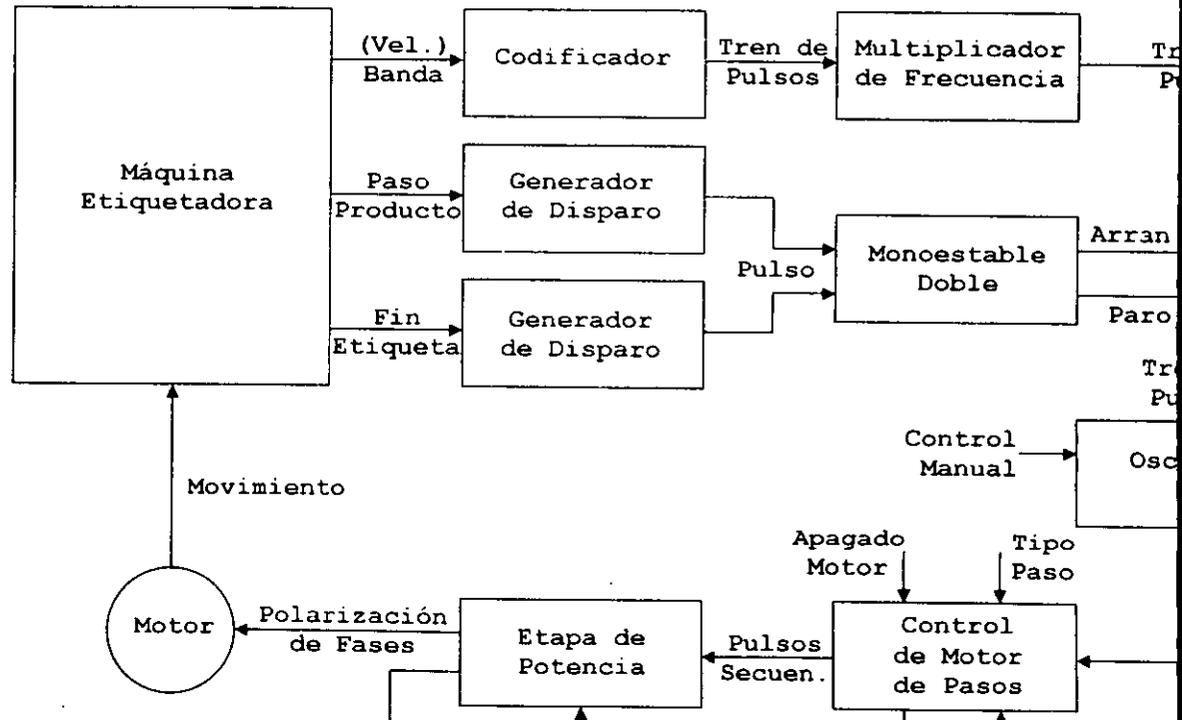
Por último, cuando el producto tiene adherido el extremo inicial de la etiqueta se le hace pasar por un pequeño sistema de placa y resorte que mantiene un leve rozamiento con el envase para lograr la total adherencia con la presión que ahí se aplica. Después de esto el envase es depositado en un contenedor. El siguiente diagrama propone una idea general del sistema en cuestión:

posteriormente enrollar una tira continua (bobinada) de etiquetas.

Durante el trayecto que sigue esta tira de etiquetas, se describe un ángulo agudo apoyandose en una placa metálica delgada para lograr que la etiqueta sea desprendida de su base en el instante en el que el producto pase frente a ella. En ese momento la etiqueta que empezó a ser desprendida se mantiene casi tangencial al envase para que con ese leve rozamiento sea jalada hacia él por efecto del pegamento.

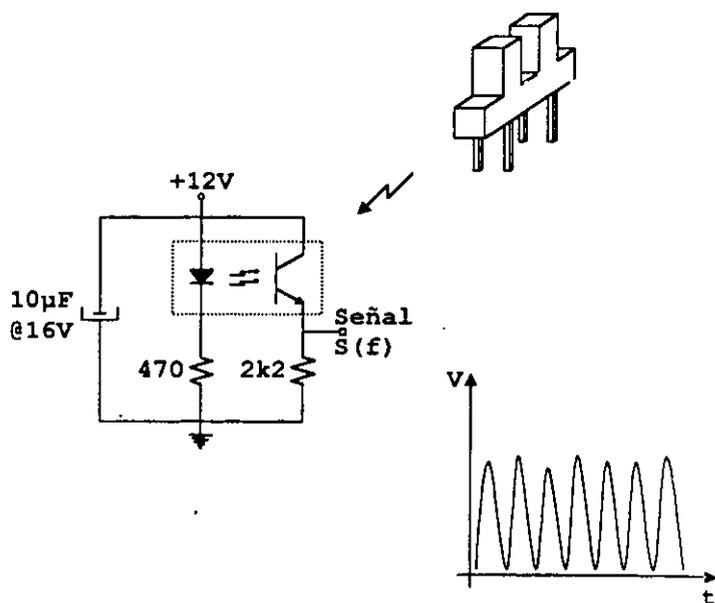
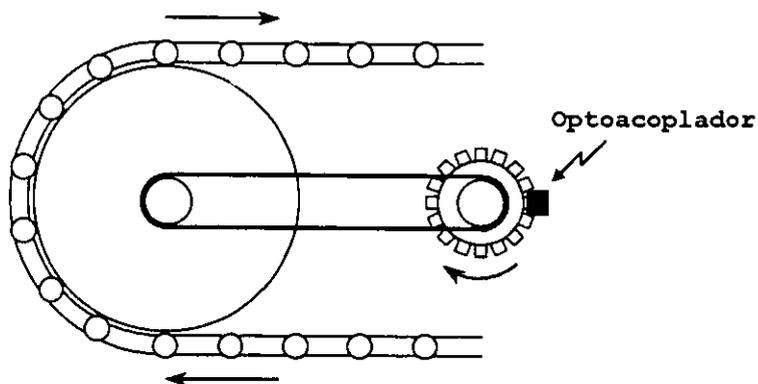
También se dispone, en el recorrido de la tira, de un microswitch que permite conmutar una señal que indique la presencia del borde inicial ó final de la etiqueta para poder detener el mecanismo mencionado, logrando así, la aplicación de una de ellas a la vez. La base o tira encerada, ya sin etiquetas, se va enrollando en otro carrete colocado después de los rodillos de tracción.

Por último, cuando el producto tiene adherido el extremo inicial de la etiqueta se le hace pasar por un pequeño sistema de placa y resorte que mantiene un leve rozamiento con el envase para lograr la total adherencia con la presión que ahí se aplica. Después de esto el envase es depositado en un contenedor. El siguiente diagrama propone una idea general del sistema en cuestion:



4.2 CIRCUITO LOGICO DE CONTROL

- CODIFICADOR

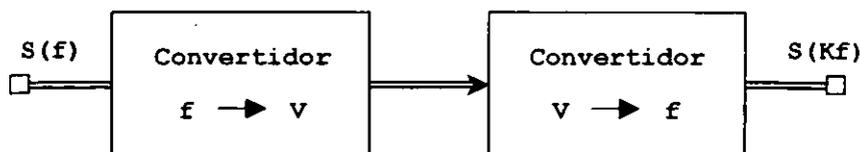


Para que la velocidad de la banda transportadora sea convertida a una señal eléctrica, se utilizará un optoacoplador como el que se muestra en la figura anterior.

La rueda dentada de fabricación especial se adapta a un eje que es acoplado, por medio de una cadena, a la polea impulsora de la banda transportadora. Los dientes de la rueda pasarán a través de la ranura del optoacoplador logrando que éste conmute ciclicamente generando una señal como la mostrada.

- MULTIPLICADOR DE FRECUENCIA

El objetivo de multiplicar la frecuencia por una constante K se realiza utilizando un convertidor de frecuencia a voltaje y posteriormente uno de voltaje a frecuencia. Con esto se consigue, además, una señal de reloj de mejores características.



Este sistema deberá cumplir con las siguientes condiciones:

La velocidad de la Banda Transportadora (v_{ban}) estará entre 20 y 40 pies por minuto, entonces:

$$20 \leq v_{ban} \leq 40 \text{ [fpm]}$$

Para los límites establecidos se midió la velocidad en el eje de la rueda dentada (v_{cod}) obteniéndose los siguientes resultados:

$$24 \leq v_{cod} \leq 48 \text{ [rpm]}$$

Además el disco o rueda cuenta con 600 dientes por lo que se concluye:

$$(24)(600) = 14400 \text{ [pulsos / min]} \quad y$$

$$(48)(600) = 28800 \text{ [pulsos / min]}$$

Haciendo las conversiones necesarias se establece que la frecuencia de entrada (f_i) al sistema electrónico de conversión será:

$$14400/60 = 240 \Rightarrow f_i = 240 \text{ [Hz]} @ 20 \text{ [fpm]} \quad y$$

$$28800/60 = 480 \Rightarrow f_i = 480 \text{ [Hz]} @ 40 \text{ [fpm]}$$

Para lograr una buena colocación de la etiqueta, deberá igualarse la velocidad de la banda transportadora y la de la tira con etiquetas enrollada (v_{rol}). Esta última es jalada por un sistema de rodillos en el cual uno de ellos esta directamente acoplado al eje del motor paso a paso.

Este rodillo (Capstan) tiene un diámetro de $2 \frac{3}{8}$ " por lo que su perímetro es:

$$Per = (2.375)(3.1416) = 7.4613" = 0.6218 \text{ [ft]}$$

Debido a que la velocidad del Capstan (v_{cap}) es igual a la del motor (v_{mot}) entonces la tira con etiquetas se desplazará 0.6218 pies por cada vuelta del motor. De aquí se pueden obtener las siguientes relaciones:

$$v_{cap} = v_{mot} = \frac{v_{rol}}{Per} \text{ [rpm]} \quad \text{o sea,}$$

$$v_{mot} = \frac{40}{0.6218} = 64.3321 \text{ [rpm]} @ 40 \text{ [fpm]} \quad \text{y}$$

$$v_{mot} = \frac{20}{0.6218} = 32.1661 \text{ [rpm]} @ 20 \text{ [fpm]} \quad \cdot$$

Habiendo tomado la decisión de utilizar un motor cuyo paso angular es de 1° y considerando la posibilidad de operarlo a medio paso, se puede afirmar que el motor girará a 720 [pasos / rev]

Por lo tanto, la frecuencia de salida (f_o) del sistema de conversión para alimentar al motor, está dada por:

$$(64.3321)(720) = 46319.11 \text{ [pulsos / min]} \quad \text{y}$$

$$(32.1661)(720) = 23159.56 \text{ [pulsos / min]}$$

o bien,

$$23159.56/60 = 386 \quad \Rightarrow \quad f_o = 386 \text{ [Hz]} @ 20 \text{ [fpm]} \quad \text{y}$$

$$46319.11/60 = 772 \quad \Rightarrow \quad f_o = 772 \text{ [Hz]} @ 40 \text{ [fpm]}$$

Así pues, las condiciones bajo las que tiene que operar el sistema de conversión de frecuencia, se resumen en la siguiente tabla:

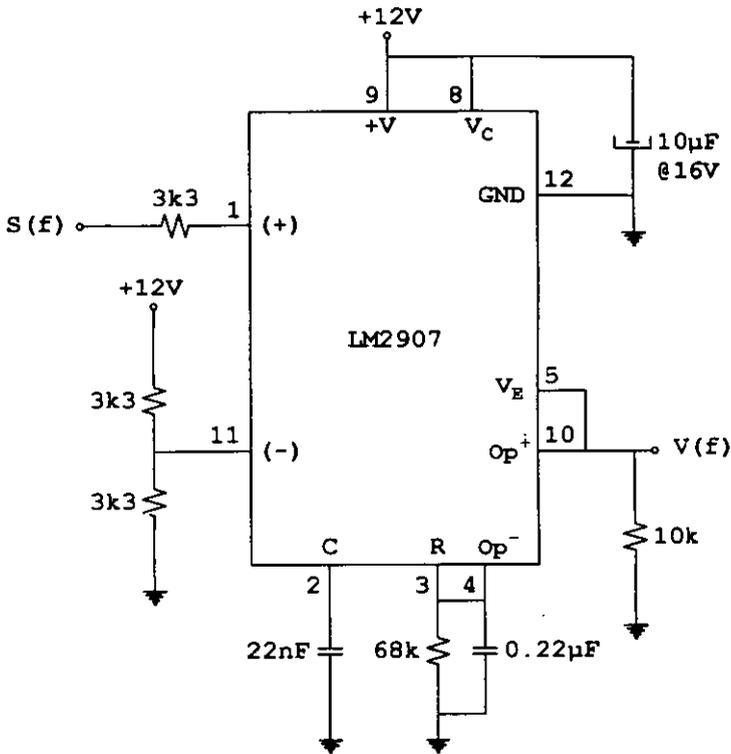
V_{ban} [fpm]	f_i [Hz]	f_o [Hz]
20	240	386
40	480	772

Como se menciona anteriormente, este sistema estará compuesto básicamente con convertidores de frecuencia a voltaje y viceversa. Según la experiencia obtenida en circuitos de prueba, se determinó que el convertidor Voltaje-Frecuencia (VFC) a utilizar opera adecuadamente con un voltaje de entrada dentro de los siguientes límites:

$$3 \leq V_i \leq 9 \text{ [V]} \quad \text{para las condiciones establecidas.}$$

El siguiente paso es entonces procesar la señal que se obtiene a la salida del codificador acoplado a la banda transportadora. Para ello se aplicará el circuito integrado LM2907 que es un convertidor de Frecuencia a Voltaje (FVC). Es aquí en donde se debe observar que los voltajes de salida permanezcan dentro del rango establecido para la entrada del VFC.

El siguiente diagrama muestra la configuración utilizada en esta etapa con los respectivos elementos discretos asociados. Posteriormente se hace un análisis para determinar sus valores.



La señal $S(f)$ que proviene del codificador se conecta a la entrada no inversora del circuito a través de una resistencia de $3.3 \text{ k}\Omega$ que tendrá la función de limitar corriente. La etapa de entrada del circuito integrado funciona como un comparador por lo será necesario tener un nivel de referencia que sirva como punto de comparación. Además:

$$0 \leq S(f) \leq 12 \text{ [V]}$$

de donde se establece que $V_{\text{ref}} = 6 \text{ V}$. Este nivel se logra con un divisor de voltaje compuesto por dos resistencias iguales de $3.3 \text{ k}\Omega$. Por otra parte, la función de transferencia del FVC está definida por:

$$V(f) = f_i \times V_{\text{cc}} \times R \times C \quad \text{en donde:}$$

$V(f)$ = Voltaje de salida

f_i = Frecuencia de la señal de entrada

V_{cc} = Voltaje de alimentación

R y C forman el circuito de tiempo conectado a las terminales 3 y 2 del FVC.

El fabricante recomienda que el valor de C sea:

$$C \geq 500 \text{ [pF]}$$

tomándose entonces un valor de $C = 22 \text{ nF}$. Para conservar el funcionamiento lineal y obtener los valores de salida requeridos por el VFC, se considera a R con un valor de $68 \text{ k}\Omega$.

Es preferible minimizar el rizo que se genera en este circuito RC por lo que se toma en cuenta conectar un pequeño capacitor en paralelo con la resistencia. El fabricante recomienda que su valor esté comprendido entre:

$$0.1 \leq C_R \leq 1 \text{ [\mu F]}$$

así $C_R = 0.22 \text{ }\mu\text{F}$. El bloque de salida cuenta con un transistor alimentado por V_{CC} de tal manera que es conveniente instalar un capacitor de filtro de $10 \text{ }\mu\text{F @ } 16 \text{ V}$ en paralelo con la fuente de alimentación.

Por último, la señal $V(f)$ de salida se obtiene a través de una resistencia de $10 \text{ k}\Omega$ que sirve además, para limitar corriente.

Para verificar qué valores se obtienen a la salida de este circuito, se hace lo siguiente:

A la velocidad mínima a la que se espera que opere la Banda transportadora:

@ 20 [rpm]

$$\begin{aligned} V(f)_{\min} &= f_{i20} \times V_{cc} \times R \times C \\ &= (240) (12) (68 \times 10^3) (22 \times 10^{-9}) \\ &= 4.31 [V] \end{aligned}$$

La velocidad máxima establecida para la banda transportadora es:

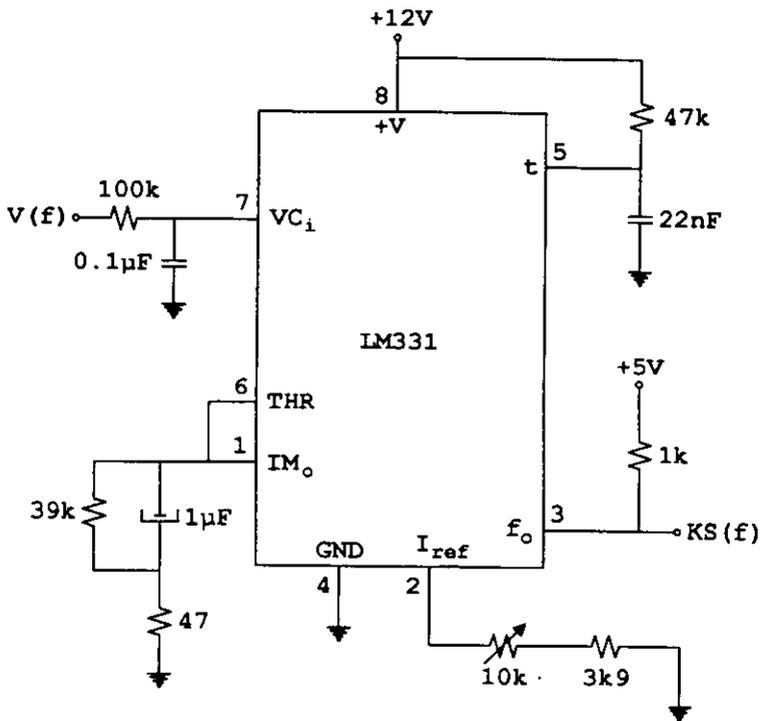
@ 40 [rpm]

$$\begin{aligned} V(f)_{\max} &= f_{i40} \times V_{cc} \times R \times C \\ &= (480) (12) (68 \times 10^3) (22 \times 10^{-9}) \\ &= 8.62 [V] \end{aligned}$$

Por lo tanto se cumplen las condiciones a la entrada del circuito VFC.

Ya que se obtiene esta señal en función de la velocidad de la banda transportadora, se aplica a un

circuito VFC. Este será del tipo LM331. A continuación se muestra el diagrama del circuito incluyendo sus componentes asociadas. Más tarde se describirá el procedimiento para la selección de sus valores.



La primera etapa del LM331 está basada en un comparador; el fabricante recomienda utilizar una resistencia de 100 kΩ para poder establecer la corriente adecuada de entrada. Al mismo tiempo, es preferible

utilizar un capacitor de filtro cuyo valor esté comprendido entre:

$$0.01 \leq C_i \leq 0.1 \text{ } [\mu\text{F}] \quad \text{recomendación de el fabricante.}$$

De esta manera se elige un capacitor $C_i = 0.1 \mu\text{F}$. El umbral de disparo en el comparador estará determinado por un arreglo de resistencias y capacitor; el fabricante establece que, para un funcionamiento correcto, esté último debiera tener un valor $C_{\text{THR}} = 1 \mu\text{F}$. Además, el valor de histéresis adecuado quedará definido con una resistencia $R_{\text{HIS}} = 47 \Omega$.

La etapa de salida funciona con un arreglo de colector abierto. El nivel lógico típico, en este caso +5V, se alcanzará a través de una resistencia de 1 k Ω .

Hasta aquí se han considerado los valores de los elementos discretos recomendados por el fabricante, ahora se hará el análisis para obtener los que intervienen directamente en los resultados de la operación del circuito. La función de transferencia para este circuito está dada por:

$$f_o = \frac{V_i}{V_{ref}} \times \frac{R_S}{R_L} \times \frac{1}{1.1R_t C_t} \quad \text{en donde:}$$

f_o = Frecuencia de salida

V_i = Voltaje de entrada

V_{ref} = Voltaje interno de referencia = 1.9 [V]

R_S es la resistencia variable que sirve para determinar el valor de la corriente de referencia I_{ref}

R_L = Resistencia de descarga del capacitor C_{THR}

R_t y C_t forman el circuito de tiempo conectado a las terminales 8 y 5 del VFC.

Las características del circuito nos dicen que la corriente de referencia deberá estar comprendida entre el siguiente rango:

$$10 \leq I_{ref} \leq 500 \text{ } [\mu\text{A}] \quad \text{y que:}$$

$$V_{ref} = 1.9 \text{ } [\text{V}]$$

Además, habrá que considerar que la relación entre las resistencias R_S y R_L es:

$R_S < R_L$ y que para nuestro caso:

$$V(f)_{\max} = 9 \text{ [V]}$$

Hagamos que I_{ref} tome un valor intermedio de 245 μA .

Entonces, si:

$$R_S = \frac{V_{\text{REF}}}{I_{\text{REF}}} = \frac{1.9}{245 \times 10^{-6}} = 7.76 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

También recordemos que:

$$I_{\text{REF max}} = 500 \text{ [\mu A]} \quad \text{por lo que:}$$

$$R_{S \text{ min}} = \frac{1.9}{500 \times 10^{-6}} = 3.8 \text{ [k}\Omega\text{]} \quad \text{además, si hacemos:}$$

$R_S = P + R$ en donde P es un potenciómetro y R una resistencia fija, entonces definimos los valores como:

$$P = 10 \text{ k}\Omega \quad \text{y} \quad R = 3.9 \text{ k}\Omega$$

Adicionalmente, el voltaje máximo que se podrá alcanzar a la entrada del circuito es $V(f) = 9V$ que es el mismo nivel que existirá en un momento dado en la terminal 6. Debido a esto y a que la corriente I_{M_0} en esa terminal es igual a la corriente de referencia, se establece que:

$$R_L = \frac{V_L}{I_L} = \frac{9}{245 \times 10^{-6}} = 36.73 \text{ [k}\Omega\text{]} \quad \text{por lo tanto:}$$

$$R_L = 39 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

Para la función de transferencia dada, hagamos:

$$f_o = K_f V_i \quad \text{en donde:}$$

$$V_i = V(f) \quad \text{y}$$

$$K_f = \left(\frac{1}{V_{ref}} \right) \left(\frac{R_S}{R_L} \right) \left(\frac{1}{1.1R_t C_t} \right)$$

De cálculos previos:

$$\text{@ } 20 \text{ [fpm]} \quad V(f) = 4.31 \text{ [V]} \quad \text{y} \quad f_o = 386 \text{ [Hz]}$$

$$\text{@ } 40 \text{ [fpm]} \quad V(f) = 8.62 \text{ [V]} \quad \text{y} \quad f_o = 772 \text{ [Hz]}$$

De donde se puede concluir que:

$$K_f = \frac{386}{4.31} = \frac{772}{8.62} = 89.5908 \left[\frac{\text{Hz}}{\text{V}} \right]$$

Despejando el producto RC de la igualdad citada anteriormente y sustituyendo valores:

$$R_t C_t = \frac{R_s}{(V_{ref})(R_L)(1.1K_f)} \quad \text{así:}$$

$$R_t C_t = \frac{7.76 \times 10^3}{(1.9)(39 \times 10^3)(1.1)(89.5908)} = 1.062 \times 10^{-3}$$

Escogiendo para R_t un valor comercial y sustituyendo:

Si $R_t = 47 \text{ k}\Omega$ entonces:

$$C_t = \frac{1.062 \times 10^{-3}}{47 \times 10^3} = 2.26 \times 10^{-8} \quad \text{así:}$$

$$C_t = 22 \text{ [nF]}$$

Con estos valores comerciales ya se puede entonces definir el punto de ajuste para R_S a partir de la función de transferencia:

$$R_S = \frac{(f_o)(v_{ref})(R_L)(1.1)(R_t)(C_t)}{V_i} \quad \text{entonces:}$$

@ 20 [fpm] $v(f) = 4.31$ [v] y $f_o = 386$ [Hz]:

$$R_S = \frac{(386)(1.9)(39 \times 10^3)(1.1)(47 \times 10^3)(22 \times 10^{-9})}{4.31}$$

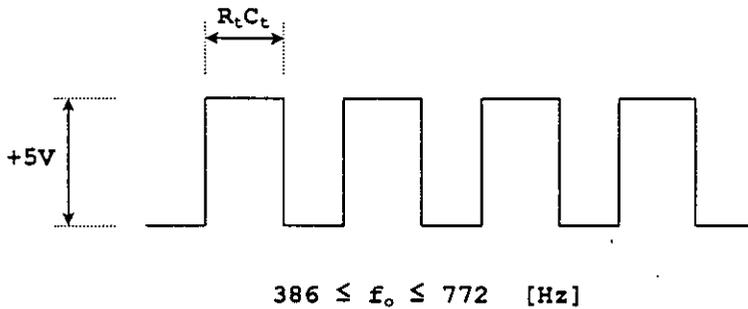
@ 40 [fpm] $v(f) = 8.62$ [v] y $f_o = 772$ [Hz]

$$R_S = \frac{(772)(1.9)(39 \times 10^3)(1.1)(47 \times 10^3)(22 \times 10^{-9})}{8.62}$$

En ambos casos el resultado es:

$$R_S = 7.55 \text{ [k}\Omega\text{]}$$

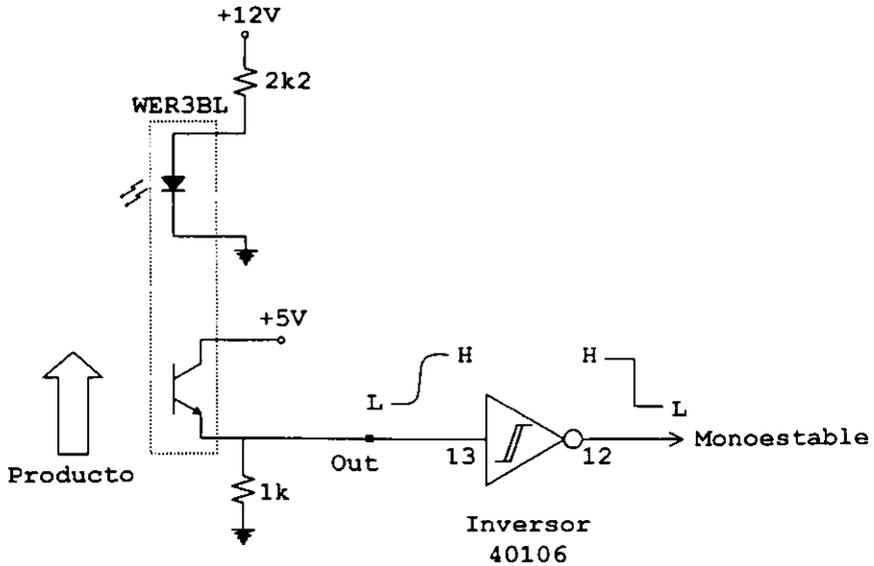
La forma de la señal de salida esperada se muestra en la siguiente figura:



- GENERADOR DE DISPARO

- Producto

Para detectar el paso o presencia de un producto, se tiene un interruptor fotoeléctrico WER3BL como el mostrado en la figura:



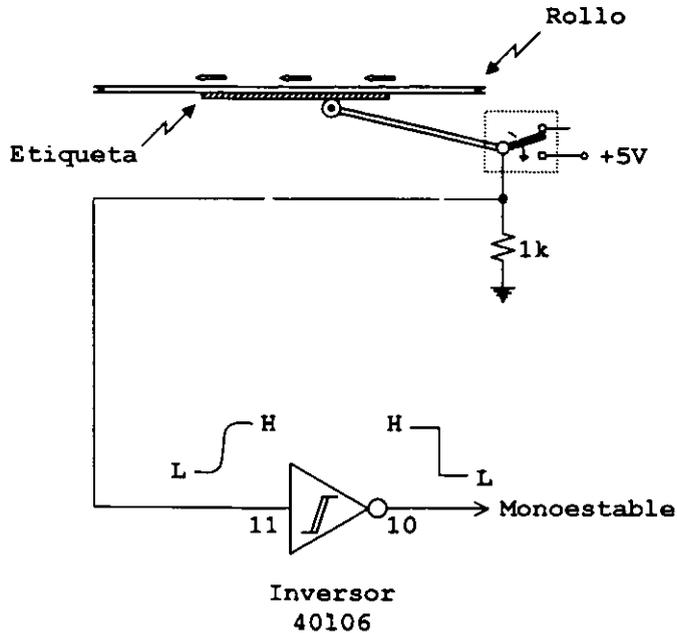
Al inicio del paso del producto, el fototransistor se activa debido al reflejo de la señal enviada por el diodo emisor. En ese momento se genera un cambio del estado bajo al estado alto en la salida. En este caso con un nivel lógico de +5V. Debido a que la forma de la señal podría ser no apropiada, entonces es recomendable introducirle a una compuerta inversora.

A continuación, la señal disparará a un circuito monoestable del tipo 4538. La tabla de verdad con la que opera este circuito se muestra en seguida. Más adelante se explicará en detalle la configuración utilizada:

ENTRADAS			SALIDAS	
RS	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
H	L			

- Etiqueta

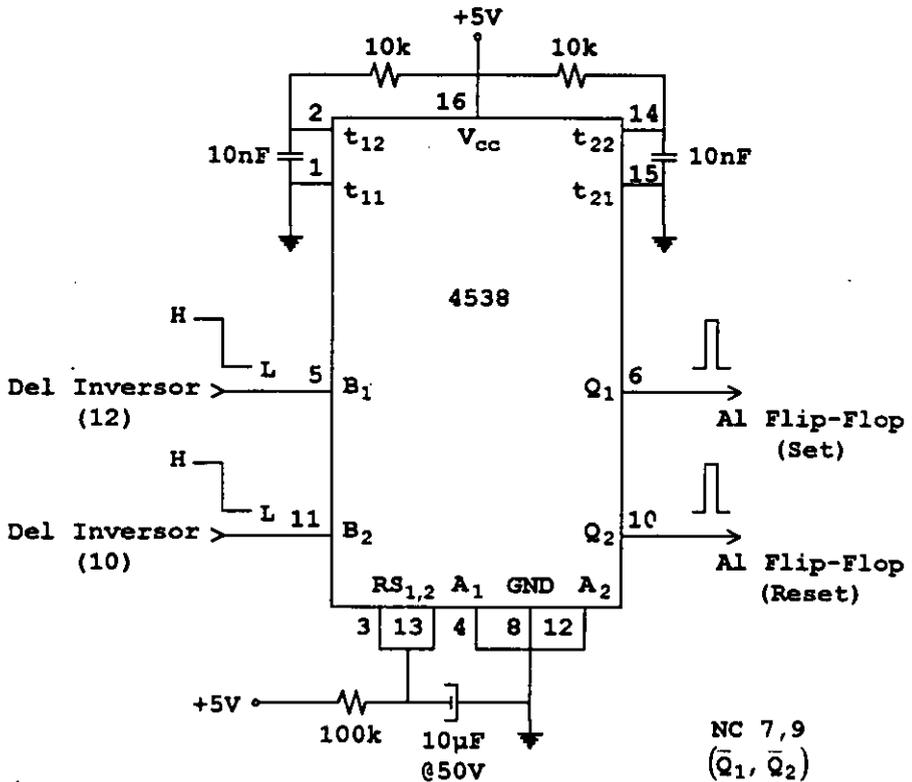
Por otra parte, debido a que las etiquetas son iguales y vienen dispuestas de manera equidistante en un rollo, entonces bastará con detectar el borde último de alguna de ellas para poder detener el motor y entonces se despache una a la vez. Esto se logra con un microswitch en un arreglo como el que se muestra en la figura:



Se utilizará un arreglo similar al del caso del producto, solamente que aquí el microswitch es el que funciona como detector. Por eso también es recomendable utilizar un circuito inversor para mejorar la forma de la señal de salida de esta etapa. A la entrada del inversor se requiere un cambio del estado bajo al estado alto al detectar el borde último de la etiqueta, por lo que el microswitch permanecerá normalmente abierto.

- MONOESTABLE

Anteriormente se propuso la tabla de verdad que rige en el circuito monoestable utilizado. Esta tabla es parcial ya que sólo hace referencia a la parte que utilizaremos. A continuación se muestra el diagrama de conexiones de este circuito integrado doble.



Al encender el equipo es posible que la señal en alguna de las terminales de inicialización (RS) presente un estado alto, por lo que inmediatamente empezaría a funcionar el motor sin que esto sea lo deseado. Para evitarlo se conectará un sencillo arreglo RC para garantizar que en el momento en que se energice al circuito exista un nivel cero en ambas terminales del circuito monoestable doble.

Se supone entonces que en ese mismo momento el capacitor iniciará su carga a través de R hasta llegar a un nivel alto en aproximadamente un segundo. Después de este lapso, el monoestable estará listo para recibir la señal de disparo ocasionada por la presencia del producto y comenzar así un ciclo de despacho de etiqueta.

El monoestable 4538 funciona como un generador de pulso de ancho o duración variable. Para determinar el tiempo en el que permanecerá el pulso en estado alto, o bajo de acuerdo al sentido de éste, se realiza el producto RC con los valores de dichas componentes instaladas a las patillas 1,2 y 14,15 respectivamente como se muestra en la figura anterior.

Al estar la entrada (A) permanentemente en estado bajo y en la entrada (B) ocurra una transición del estado

alto al estado bajo, entonces se producirá un pulso en la salida (Q) de duración aproximada a 0.1 [ms]. Este ancho de pulso es suficiente para disparar el circuito lógico que se conectará a continuación del monoestable.

El cambio de estado en la terminal (B) de cada monoestable es ocasionado por la presencia de un producto frente al interruptor fotoeléctrico y la detección del borde último de la etiqueta por el microswitch respectivamente.

- OSCILADOR JOG

Es probable que se requiera mover manualmente el motor para realizar ajustes mecánicos, cambio de rollo de etiquetas, etc. Para ello se construirá un oscilador simple basado en un arreglo de compuertas NAND y circuito RC. Este será activado desde un interruptor del tipo push button que adicionalmente cuenta con llave.

Al encender el oscilador, se presentará a la entrada del inversor un nivel lógico 0 y consecuentemente un nivel 1 a la entrada de la compuerta. Entonces como a la salida de la compuerta se presentará un nivel alto, se iniciará el proceso de carga del capacitor a través de la

resistencia. Habiendo alcanzado su nivel de carga, entonces la compuerta tendrá en su salida un nivel cero, iniciando ahora el proceso de descarga y así sucesivamente. La frecuencia de salida es aproximadamente 100 Hz tomando en cuenta los valores de la resistencia $R = 47 \text{ k}\Omega$ y el capacitor $C = 0.1 \text{ }\mu\text{F}$. Más adelante se muestra el diagrama de la configuración utilizada.

- LOGICA COMBINACIONAL

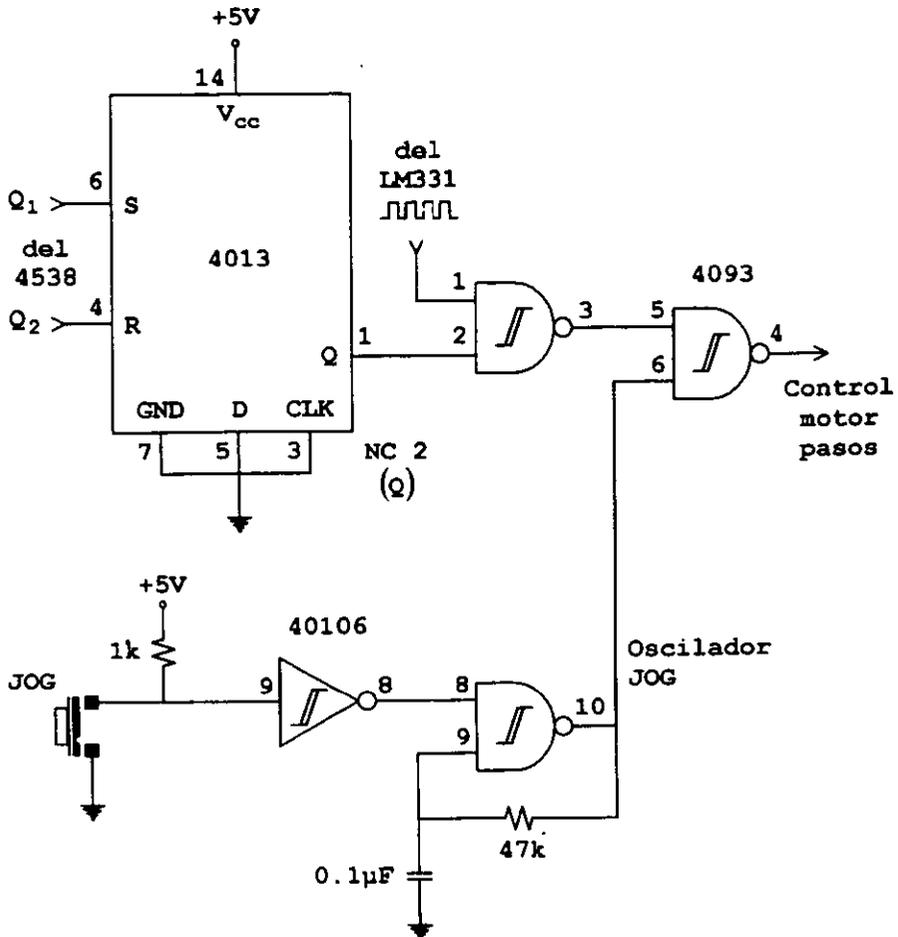
Hasta este momento se ha hecho el análisis para la obtención de un tren de pulsos cuya frecuencia es directamente proporcional a la velocidad de la banda transportadora; también se obtuvieron los pulsos que servirán como señal de disparo para el arranque y paro del motor paso a paso; así mismo, la señal de un reloj independiente que servirá para hacer girar un poco el motor cuando llegara a necesitarse. A continuación se explicará la forma de combinar estas señales para poder entregarlas a la etapa de potencia.

La idea principal es enviar un tren de pulsos de forma discontinua y ordenada al motor para poder moverlo de una manera adecuada. Inicialmente se utilizará un Flip Flop tipo D operando en modo Set-Reset. La porción

correspondiente de su tabla de verdad aparece a continuación:

ENTRADAS				SALIDAS	
CLK	D	R	S	Q	Q
X	X	H	L	L	H
X	X	L	H	H	L

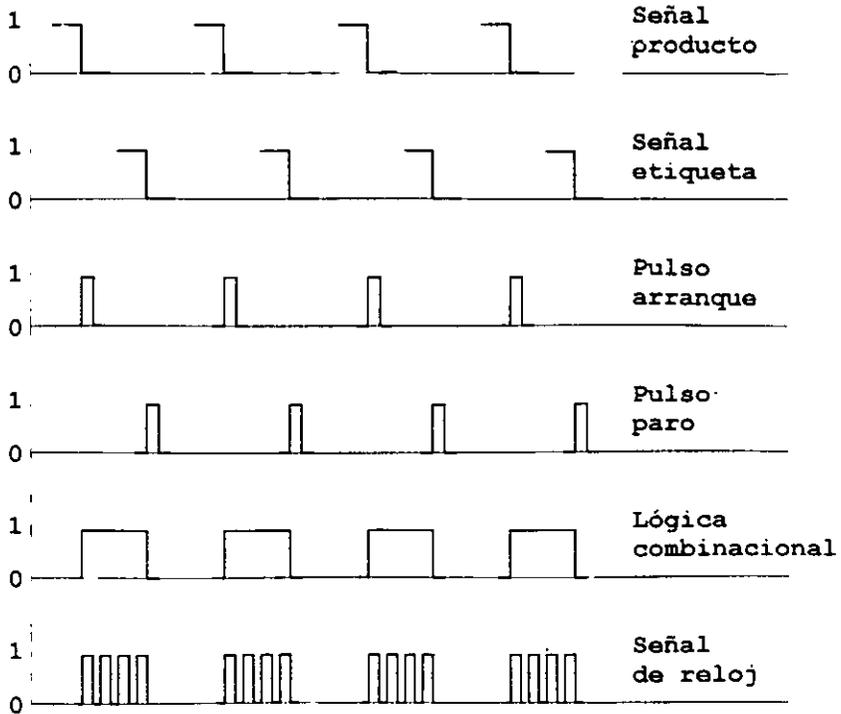
Entonces las señales provenientes de los circuitos monoestables anteriores se aplicarán a un circuito integrado 4013 que es una presentación doble de Flip Flop tipo D. El diagrama de conexiones se muestra en seguida:



Al inicio del ciclo ambas salidas (Q₁ y Q₂) de los monoestables se encuentran en un nivel bajo. Al pasar un producto frente al sensor óptico, se presenta un pulso en la terminal (Q₁) y al mismo tiempo en la terminal Set del Flip Flop. Al ocurrir esto, su salida (Q) cambiará a un

nivel alto y consecuentemente en la salida de la compuerta NAND se obtendrá un tren de pulsos invertido con respecto al que entrega el circuito LM331. Mientras el oscilador JOG esté apagado, en la entrada correspondiente de la siguiente etapa NAND habrá un nivel alto, por lo que el tren de pulsos seguirá avanzando hasta la salida de esta última compuerta volviéndose a invertir y restaurando su forma original.

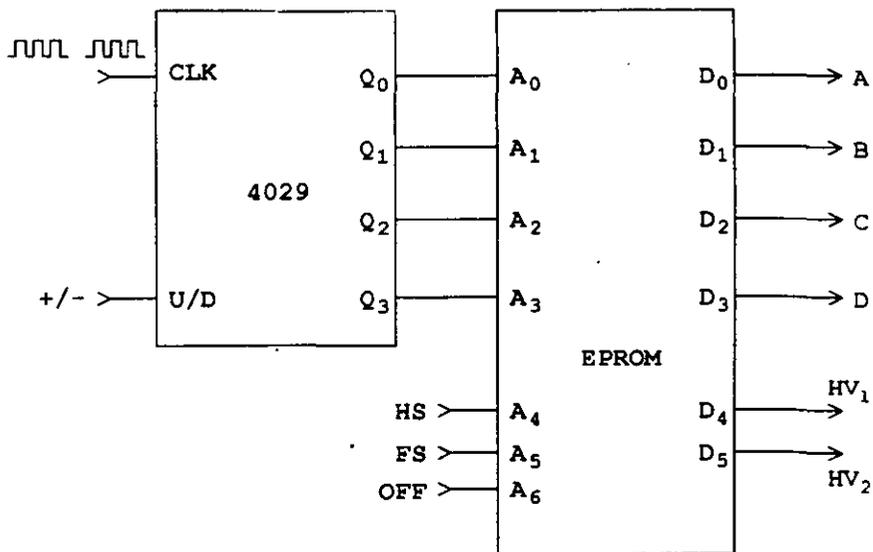
El siguiente diagrama de tiempos intenta explicar el orden en el que se presentan las diferentes señales en los circuitos.



4.3 CIRCUITO DE POTENCIA

- CONTROL DE MOTOR DE PASOS

Ya habiendo obtenido la señal de reloj mostrada en la gráfica anterior, esta tiene que ser interpretada por un sistema tal que presente a su salida las señales adecuadas para poder energizar el motor. Partiendo del hecho de que se utilizará un motor de pasos de dos fases y que además el sistema de control sería capaz de hacerlo funcionar a medio paso o a paso completo, vamos a considerar lo siguiente:



Se va a utilizar un contador del tipo 4029. Al presentarse un nivel alto en la terminal (U/D) se hará un conteo ascendente provocando entonces el giro del motor en un sentido específico. Si se desea que el motor gire en sentido inverso, entonces bastará con llevar a (U/D) a un nivel bajo.

Después de establecer el sentido de giro del motor, el contador estará listo para recibir la señal de reloj que moverá al motor de pasos en su terminal (CLK); entonces las diferentes salidas irán cambiando de estado para juntas formar un número binario de cuatro bits. Estos, junto con otros tres bits, especificarán una dirección determinada a la entrada de una memoria.

Los tres bits adicionales determinan:

A₄... (HS) al haber un nivel bajo de señal el motor trabajará a Medio Paso.

A₅ (FS) activado también con un nivel bajo para que el motor trabaje a Paso Completo.

A₆... (OFF) un nivel alto provoca el paro del motor.

Previamente será programada la memoria con ciertos valores que correspondan a las necesidades de encendido, apagado y polarización de las fases del motor en cuestión.

Las siguientes tablas muestran la serie de datos que estarán contenidos en la memoria.

PASO COMPLETO																
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	PH ₁		PH ₂	
0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1			+	-
0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1			-	+
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1			+	-
0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1			-	+
1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1			+	-
1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1			-	+
1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1			+	-
1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1			-	+
x	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
x	x	x	x	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
x	x	x	x	x	x	1	0	0	0	0	0	0				

MEDIO PASO																
A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆	D ₀	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	PH ₁		PH ₂	
0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	+	-	+	-
0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1			+	-
0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	-	+	+	-
0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	-	+	-	+
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1			-	+
0	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	+	-	-	+
1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	+	-		
1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	+	-	+	-
1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1			+	-
1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	-	+	+	-
1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	-	+		
1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	-	+	-	+
1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1			-	+
1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	+	-	-	+
X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
X	X	X	X	1	1	0	0	0	0	0	0	0				
X	X	X	X	X	X	1	0	0	0	0	0	0				

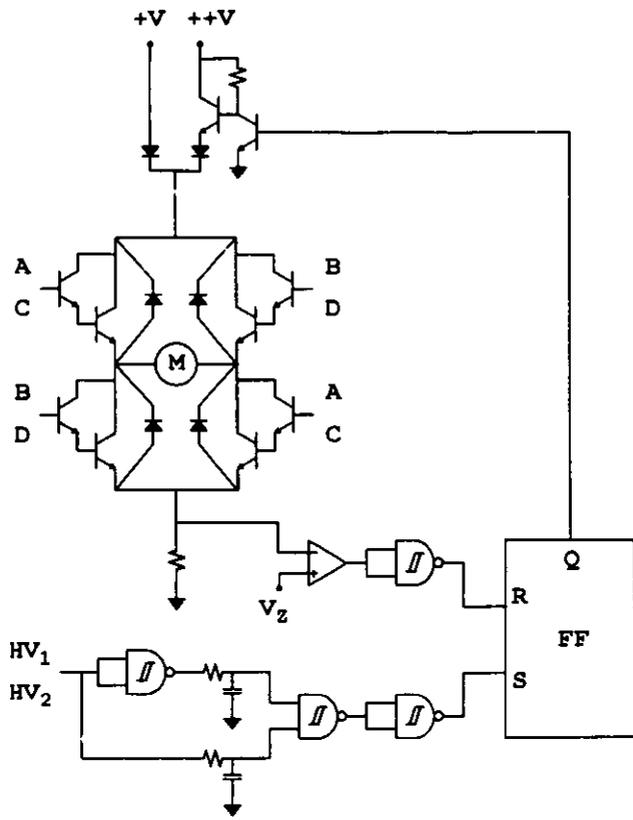
Para ambos casos, en las tablas se muestran las salidas del contador del cero al quince secuencialmente. También se establece que para determinados valores de los bits A₄, A₅ y A₆, todas las salidas estarán a un nivel cero y en consecuencia ninguna de las fases del motor estará energizada. PH₁ y PH₂ denotan las Fases 1 y 2 del motor respectivamente y en la tabla se muestra la forma en que son polarizadas. En el caso del

funcionamiento del motor a Paso Completo se observa que sólo una fase es polarizada a la vez; a Medio Paso, pueden estar dos fases polarizadas simultáneamente como se especifica en la tabla.

- ETAPA DE POTENCIA

Es posible utilizar un arreglo tipo puente basándose en transistores Darlington como el que se muestra en la figura más adelante. Así, al polarizar por ejemplo las bases A de los transistores, circulará la corriente en un sentido a través de la Fase 1 del motor. En seguida se polarizan las bases C de un segundo arreglo puente y al mismo tiempo se desenergizan las bases A del primero. De esta manera se alimenta ahora a la Fase 2 del motor teniendo como resultado el avance de un Paso Completo. El siguiente diagrama muestra la Etapa de Potencia con su respectivo selector de tensión de alimentación. Se propone un arreglo sencillo sin profundizar en los valores de los elementos discretos.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

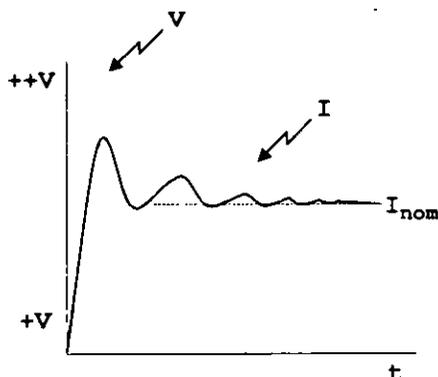


Continuando con el ciclo de encendido de las Fases, se realiza algo similar para las bases B y D de los arreglos de transistores; solamente que aquí la polarización de las Fases 1 y 2 se efectúa en forma inversa. Este proceso se realizará ininterrumpidamente mientras a la salida de la memoria se encuentren los datos necesarios para mover al motor ya que el contador, al

alcanzar el número quince, repetirá un nuevo proceso a partir de cero.

Deberán tomarse consideraciones adicionales como el tipo de alimentación que recibirá el motor; también es recomendable utilizar un diodo conectado en antiparalelo con cada transistor para evitar que éste se dañe a la hora de que la fase alimentada sea desconectada debido a las características inductivas de la misma y por último, para poder determinar la corriente que circula por el motor en cada momento, se conectará en serie con el puente una resistencia de valor muy pequeño que no implique una carga adicional al sistema.

La forma de alimentar al motor paso a paso, estará basada en el principio de polarización doble como se muestra en la siguiente figura.



Con el objeto de reducir la disipación de potencia en esa etapa, se puede alimentar al motor inicialmente con un voltaje elevado, digamos unos 90 [V]; inmediatamente después de que la corriente haya alcanzado un valor determinado, se sustituirá esa fuente por una de voltaje nominal, por ejemplo, 9 [V]. Se espera entonces que la corriente tome la forma mostrada en la figura anterior.

La forma de conmutación entre una fuente y otra se establece con un arreglo de transistores como se muestra en la figura. En el momento en que el Flip-Flop se dispara con la señal en su entrada Set (S), la salida (Q) pasará a un estado bajo y en consecuencia el transistor conectado a ella estará en la región de corte permitiendo al mismo tiempo que el Voltaje alto (++)V alimente al motor.

Al presentarse un nivel alto en D_4 y/o D_5 dependiendo de cual Fase vaya a ser alimentada, el arreglo de compuertas NAND mostrado anteriormente, generará un pulso de duración establecida por los arreglos RC. Este pulso entonces disparará al Flip-Flop y en consecuencia el motor arrancará con (++)V.

Para evitar que (++)V alcance a la fuente de bajo voltaje (+V) se conecta un diodo en serie que bloqueará el paso de corriente como se muestra en la respectiva figura.

Para cuando toque el turno de que (+V) alimente al motor, también un diodo conectado en serie con la fuente de alto voltaje no permitirá que la señal de la otra fuente llegue a ella.

Debido a que el motor es alimentado inicialmente por un voltaje elevado, la corriente alcanzará casi instantáneamente el valor necesario para que la fuente de bajo voltaje alimente al motor. Esto es determinado por el resultado de comparar la caída de potencial en la resistencia conectada en serie con el puente y un voltaje de referencia que podría ser generado por un diodo Zener y una resistencia variable de precisión.

Esto implicará entonces que en la entrada Reset (R) del Flip-Flop se den las condiciones adecuadas para que la salida (\bar{Q}) vuelva a un estado alto y el transistor que conmuta (+V) pase a la región de corte, permitiendo entonces que la fuente de bajo voltaje sea quien alimente al motor.

5. PRUEBAS Y RESULTADOS

- Codificador.

La señal $S(f)$ no fue tan homogénea como se esperaba por lo que fue necesario hacer una inspección visual de la rueda dentada con el objeto de comprobar que la separación entre los dientes fuese uniforme y que no tuviera rebabas que podrían causar disparos no deseados. Además se buscó la manera de fijarla en otra posición debido a las vibraciones propias de la máquina. Entonces mejoró significativamente la señal.

- Multiplicador de Frecuencia.

Al establecerse la velocidad de la banda transportadora en 20 [fpm] se observó la señal de salida del codificador en el osciloscopio y se midió la frecuencia obteniéndose un resultado de 235 [Hz]; y a 40 [fpm] la frecuencia medida fue de 470 [Hz]. Ambos valores satisfactorios.

Se armó un circuito de prueba para el FVC con los elementos discretos de valores establecidos y se conectó a su entrada un generador de funciones. Los valores

estuvieron ligeramente desviados de los esperados, pero debido a que el circuito se comportó de manera lineal para el rango de trabajo, se consideraron como aceptables.

Por otra parte, la función de transferencia del VFC incluye un producto $R_t C_t$ que para este caso se igualó a 1.062×10^{-3} . Por medio de varios cálculos se determinó que los valores comerciales que cumplen más de cerca con este requerimiento son los mencionados en el capítulo 4. Entonces se armó el circuito de prueba y se colocó el potenciómetro de 10 vueltas en posición central.

A continuación se alimentó con una fuente de corriente directa al circuito y con un frecuencímetro digital se midió su salida. Nuevamente los resultados se comportaron de forma lineal para el rango de valores de $3 \leq V_i \leq 9$ [V]. Luego se desconectó la alimentación y se hizo el ajuste del potenciómetro hasta que la resistencia R_s , que es la del potenciómetro sumada a la resistencia conectada en serie, midiera aproximadamente 7.55 [k Ω]

Después se conectó el circuito directamente a la salida del FVC y se varió la frecuencia de entrada, obteniéndose los resultados mostrados en la siguiente tabla:

f_i [Hz]	f_o [Hz]
100	189
150	261
235	385
250	411
300	485
353	569
400	639
450	724
470	758
500	812

f_{OCALC} [Hz]	Δ_E [%]
------------------	----------------

378	+ 1.85
-----	--------

568	+ 0.17
-----	--------

756	+ 0.26
-----	--------

Fue necesario reajustar el potenciómetro para lograr los valores de salida de la tabla a pesar de que la señal observada en el osciloscopio se apreció de manera uniforme y prácticamente libre de ruido.

- Generador de Disparo. Producto y Etiqueta.

El fototransistor fue colocado a un costado de la banda transportadora y se le hicieron ajustes de sensibilidad para establecer el área de operación; mientras que el microswitch tuvo que ser alineado con y

aproximado a la tira de etiquetas para garantizar que conmutara al paso de cada una ellas.

- Monoestable.

Se implementó un circuito de prueba y se comprobó que el arreglo RC conectado a las terminales Reset efectivamente ayuda a mantener un estado bajo en las salidas por un tiempo específico a la hora de conectar el sistema. También se probó su funcionamiento general, siendo éste satisfactorio.

- Oscilador JOG.

Cada vez que el interruptor se activa, a la salida del circuito aparece una onda cuadrada de aproximadamente 100 [Hz].

- Lógica Combinacional.

Aquí se conectan todos los circuitos descritos anteriormente junto con el de la Lógica Combinacional y se hacen pruebas de la siguiente manera:

El codificador se sustituye por un generador de funciones que opera en el rango de frecuencia establecido, a la salida se conecta un osciloscopio y después se enciende el sistema para verificar que no aparece señal alguna en la salida del sistema. Después se puede, por ejemplo, actuar el botón del JOG y constatar que existe una salida de aproximadamente 100 [Hz]. Finalmente se pasa un objeto frente al fototransistor y posteriormente se mueve manualmente el microswitch. La señal está presente en cada uno de estos intervalos siendo los resultados satisfactorios.

- Control de Motor de Pasos.

Después de grabar la memoria, se conectó con el contador, que estuvo alimentado con una señal de muy baja frecuencia: 1 [Hz] y se implementó un sencillo arreglo de LEDs y resistencias para comprobar que las salidas correspondieran con los estados determinados en las tablas de Paso Completo y Medio Paso respectivamente. Se hicieron las correcciones necesarias.

- Etapa de Potencia.

Se implementó el circuito con transistores distribuidos longitudinalmente en una tira de aluminio que a su vez está conectada a un disipador de calor comercial. Se utilizaron un par de fuentes de voltaje que se tenían a la mano capaces de suministrar la energía necesaria para mover al motor tanto en alto como en bajo voltaje. Después de conectar las salidas del Control de Motor de Pasos a la Etapa de Potencia, se introdujo una señal cuadrada al contador y se hizo variar la frecuencia dentro de los límites de trabajo del sistema. A continuación se ajustó el voltaje de referencia V_2 a la entrada del comparador hasta lograr que el motor girara de una manera suave.

Finalmente, se conectó todo en conjunto y se hicieron las pruebas y ajustes pertinentes para cubrir los requerimientos especificados.

6. CONCLUSIONES

El objetivo de este proyecto se cumplió satisfactoriamente. La Etapa de Potencia se consideró adecuada para cubrir las necesidades establecidas y actualmente opera en un prototipo; sin embargo, el fabricante de las máquinas etiquetadoras prefirió utilizar para su producción en serie, un *Driver* que se encuentra en el mercado, cuyo costo y tamaño es menor al construido originalmente debido a que se produce en cantidades a nivel industrial.

El fabricante de las máquinas etiquetadoras mencionó que el *Driver* es de diseño estadounidense y en su oportunidad se pudo constatar que el circuito utiliza elementos de índole comercial.

Por otro lado, el desempeño de la primera etapa del sistema, que es la encargada del manejo y adaptación de las diversas señales de entrada ha sido realmente satisfactoria.

Esto último se ve reflejado en el hecho de que el fabricante de estas máquinas etiquetadoras ha incursionado con buenos resultados en la industria de manufactura como en el caso de una importante productora de bebidas

alcohólicas de fama internacional y algunas empresas que producen artículos de higiene personal.

De acuerdo a comentarios hechos por el propio fabricante se sabe que, en general, los equipos que operan actualmente en la industria del etiquetado tienen un desperdicio de hasta el 15%. Para el caso de la máquina diseñada en este proyecto se logró tener un desperdicio de tan sólo el 1%.

Este diseño utilizó componentes de uso básicamente comercial y se realizó en circuitos modulares que dieron versatilidad al mantenimiento del sistema. Además, la puesta en operación de esta máquina dio como resultado un equipo cuyo costo global lo hace accesible a la micro y pequeña empresa y cuya velocidad de operación alcanza volúmenes de producción aceptables. Esto ha permitido al fabricante exportarles a Brasil y Alemania.

7. BIBLIOGRAFÍA

Principles of Package Development.

Griffin, Roger.

USA. 1984.

Stepping Motors.

Kenjo, Takashi.

JAPAN. 1995.

Digital Design.

Mano, Morris.

USA. 1987.

Electrónica.

Ediciones Nueva Lente.

ESPAÑA. 1984.

Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits.

Coughlin, Robert.

USA. 1993.

Electronic Devices and Circuit Theory.

Boylestad, Robert.

USA. 1987.

<http://www.national.com>

<http://onsemi.com>

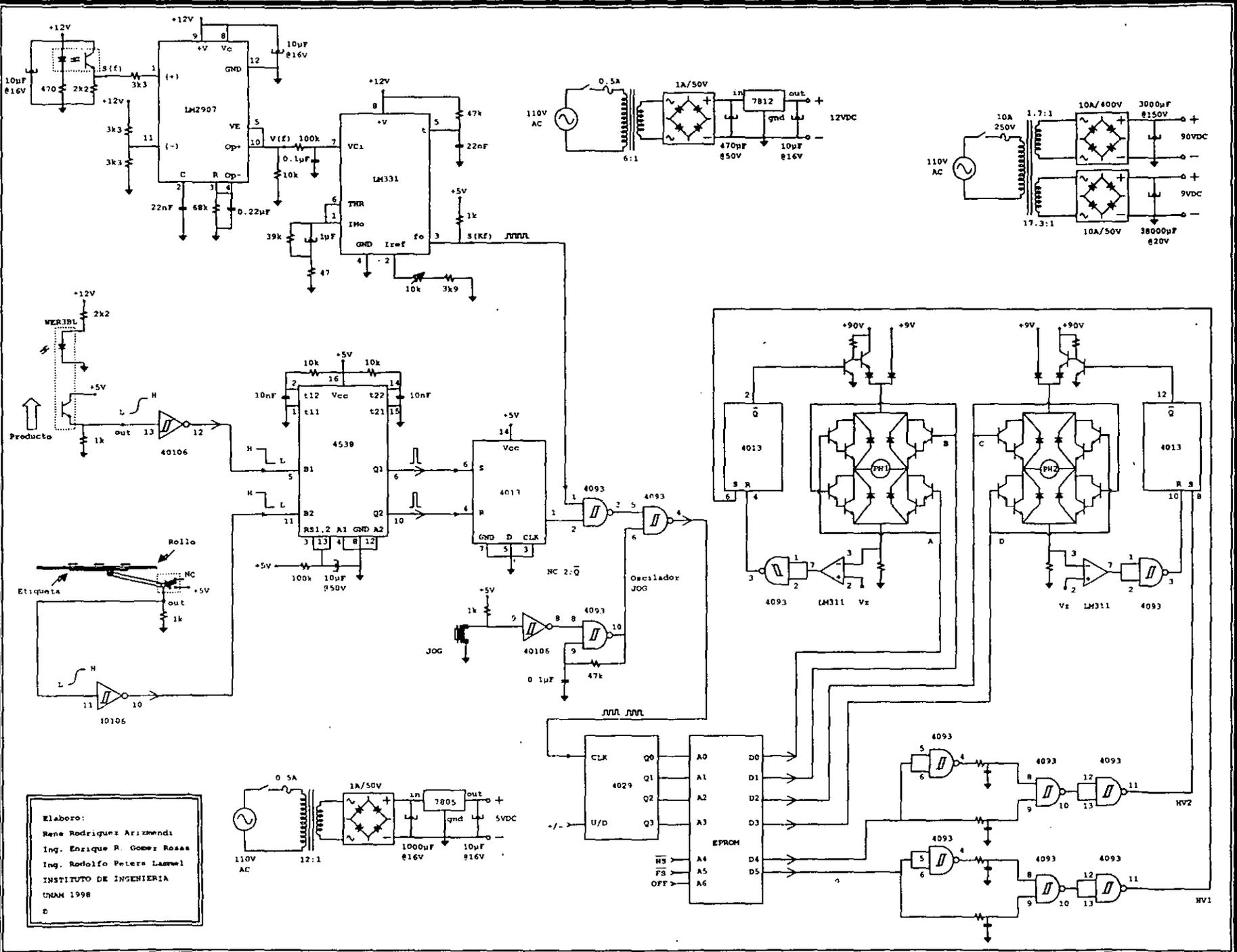
<http://www.jameco.com>

Photo Electric Switch

WER3BL

- Light source: infrared LED
- Detector: photo transistor
- Cable length: 6' 7"
- Extraneous light immunity: 3000 lux
- Housing materials: ABS resin; nut: PBT;
lens: polycarbonate
- Detecting distance: 80mm
- Max switching Rate: 250Hz
- Max load current: 120mA
- Output circuit: NPN
- Size: 2.5"L x 0.7"Dia.
- Weight: 0.3 lbs.





Elabore:
 Rene Rodriguez Ariznandi
 Ing. Enrique R. Gomez Rosas
 Ing. Rodolfo Peters Lammel
 INSTITUTO DE INGENIERIA
 UNAM 1998
 D



Order this document by LM311/D

LM311 LM211

Highly Flexible Voltage Comparators

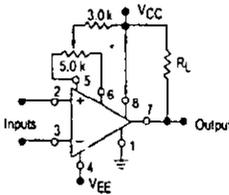
The ability to operate from a single power supply of 5.0 V to 30 V or ± 15 V split supplies, as commonly used with operational amplifiers, makes the LM211/LM311 a truly versatile comparator. Moreover, the inputs of the device can be isolated from system ground while the output can drive loads referenced either to ground, the V_{CC} or the V_{EE} supply. This flexibility makes it possible to drive DTL, RTL, TTL, or MOS logic. The output can also switch voltages to 50 V at currents to 50 mA. Thus the LM211/LM311 can be used to drive relays, lamps or solenoids.

HIGH PERFORMANCE VOLTAGE COMPARATORS

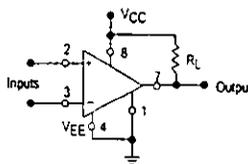
SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA

Typical Comparator Design Configurations

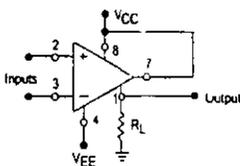
Split Power Supply with Offset Balance



Single Supply

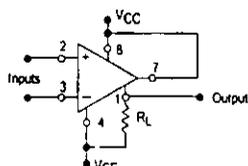


Ground-Referred Load



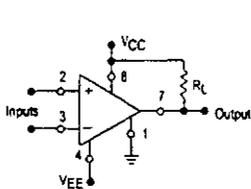
Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

Load Referred to Negative Supply

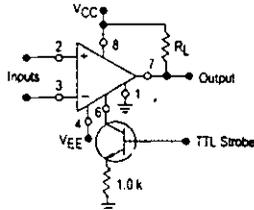


Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

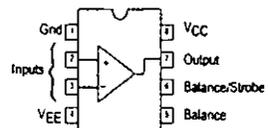
Load Referred to Positive Supply



Strobe Capability



PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM211D	$T_A = 25^\circ\text{ to }+85^\circ\text{C}$	SO-8
LM311D	$T_A = 0^\circ\text{ to }+70^\circ\text{C}$	SO-8
LM311N		Plastic DIP



Order this document by LM311/D

LM311 LM211

Highly Flexible Voltage Comparators

The ability to operate from a single power supply of 5.0 V to 30 V or ± 15 V split supplies, as commonly used with operational amplifiers, makes the LM211/LM311 a truly versatile comparator. Moreover, the inputs of the device can be isolated from system ground while the output can drive loads referenced either to ground, the V_{CC} or the V_{EE} supply. This flexibility makes it possible to drive DTL, RTL, TTL, or MOS logic. The output can also switch voltages to 50 V at currents to 50 mA. Thus the LM211/LM311 can be used to drive relays, lamps or solenoids.

HIGH PERFORMANCE VOLTAGE COMPARATORS

SEMICONDUCTOR
TECHNICAL DATA



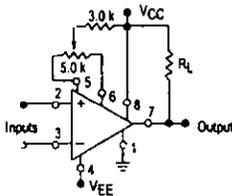
N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 626



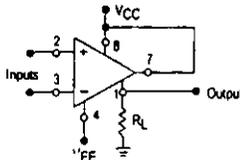
D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 751
(SO-8)

Typical Comparator Design Configurations

Split Power Supply with Offset Balance

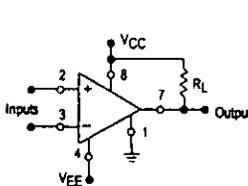


Ground-Referred Load

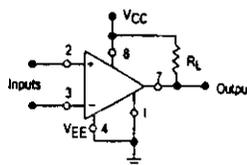


Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

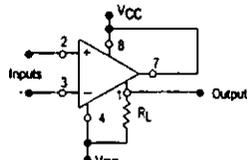
Load Referred to Positive Supply



Single Supply

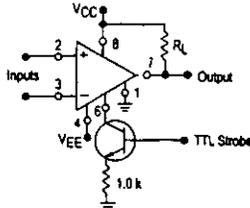


Load Referred to Negative Supply

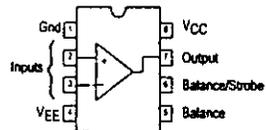


Input polarity is reversed when Gnd pin is used as an output.

Strobe Capability



PIN CONNECTIONS



(Top View)

ORDERING INFORMATION

Device	Operating Temperature Range	Package
LM211D	$T_A = 25^\circ \text{ to } +85^\circ \text{C}$	SO-8
LM311D LM311N	$T_A = 0^\circ \text{ to } +70^\circ \text{C}$	SO-8 Plastic DIP

LM231A/LM231/LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters

General Description

The LM231/LM331 family of voltage-to-frequency converters are ideally suited for use in simple low-cost circuits for analog-to-digital conversion, precision frequency-to-voltage conversion, long-term integration, linear frequency modulation or demodulation, and many other functions. The output when used as a voltage-to-frequency converter is a pulse train at a frequency precisely proportional to the applied input voltage. Thus, it provides all the inherent advantages of the voltage-to-frequency conversion techniques, and is easy to apply in all standard voltage-to-frequency converter applications. Further, the LM231A/LM331A attain a new high level of accuracy versus temperature which could only be attained with expensive voltage-to-frequency modules. Additionally the LM231/331 are ideally suited for use in digital systems at low power supply voltages and can provide low-cost analog-to-digital conversion in microprocessor-controlled systems. And, the frequency from a battery powered voltage-to-frequency converter can be easily channeled through a simple photoisolator to provide isolation against high common mode levels.

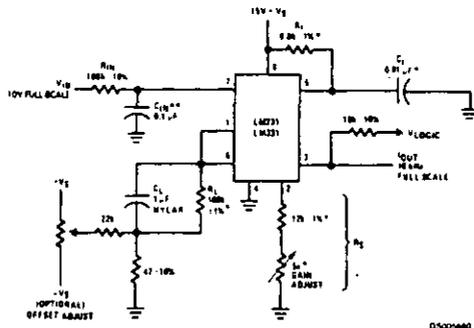
The LM231/LM331 utilize a new temperature-compensated band-gap reference circuit, to provide excellent accuracy

over the full operating temperature range, at power supplies as low as 4.0V. The precision timer circuit has low bias currents without degrading the quick response necessary for 100 kHz voltage-to-frequency conversion. And the output are capable of driving 3 TTL load Is, or a high voltage output up to 40V, yet is short-circuit-proof against V_{CC} .

Features

- Guaranteed linearity 0.01% max
- Improved performance in existing voltage-to-frequency conversion applications
- Split or single supply operation
- Operates on single 5V supply
- Pulse output compatible with all logic forms
- Excellent temperature stability, ± 50 ppm/°C max
- Low power dissipation, 15 mW typical at 5V
- Wide dynamic range, 100 dB min at 10 kHz full scale frequency
- Wide range of full scale frequency, 1 Hz to 100 kHz
- Low cost

Typical Applications



$$f_{OUT} = \frac{V_{IN}}{2.0V} \cdot \frac{R_1}{R_L} \cdot \frac{1}{R_C C_1}$$

*Use stable components with low temperature coefficients. See Typical Applications section.
 **0.1µF or 1µF. See "Principles of Operation."

FIGURE 1. Simple Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter with $\pm 0.03\%$ Typical Linearity ($f = 10$ Hz to 11 kHz)

Tektron is a registered trademark of TekCorp.

LM2907/LM2917 Frequency to Voltage Converter

General Description

The LM2907, LM2917 series are monolithic frequency to voltage converters with a high gain op amp/comparator designed to operate a relay, lamp, or other load when the input frequency reaches or exceeds a selected rate. The tachometer uses a charge pump technique and offers frequency doubling for low ripple, full input protection in two versions (LM2907-8, LM2917-8) and its output swings to ground for a zero frequency input.

The op amp/comparator is fully compatible with the tachometer and has a floating transistor as its output. This feature allows either a ground or supply referred load of up to 50 mA. The collector may be taken above V_{CC} up to a maximum V_{CE} of 28V.

The two basic configurations offered include an 8-pin device with a ground referenced tachometer input and an internal connection between the tachometer output and the op amp non-inverting input. This version is well suited for single speed or frequency switching or fully buffered frequency to voltage conversion applications.

The more versatile configurations provide differential tachometer input and uncommitted op amp inputs. With this version the tachometer input may be floated and the op amp becomes suitable for active filter conditioning of the tachometer output.

Both of these configurations are available with an active shunt regulator connected across the power leads. The regulator damps the supply such that stable frequency to voltage and frequency to current operations are possible with any supply voltage and a suitable resistor.

Advantages

- Output swings to ground for zero frequency input

- Easy to use; $V_{OUT} = f_{IN} \times V_{CC} \times R1 \times C1$
- Only one RC network provides frequency doubling
- Zener regulator on chip allows accurate and stable frequency to voltage or current conversion (LM2917)

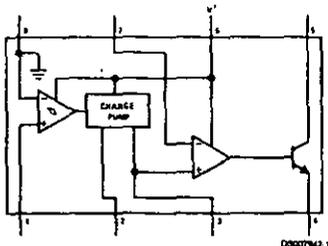
Features

- Ground referenced tachometer input interfaces directly with variable reluctance magnetic pickups
- Op amp/comparator has floating transistor output
- 50 mA sink or source to operate relays, solenoids, meters, or LEDs
- Frequency doubling for low ripple
- Tachometer has built-in hysteresis with either differential input or ground referenced input
- Built-in zener on LM2917
- $\pm 0.3\%$ linearity typical
- Ground referenced tachometer is fully protected from damage due to swings above V_{CC} and below ground

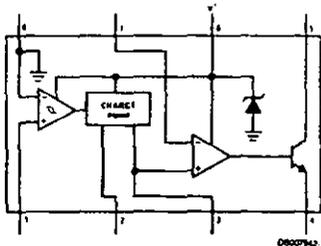
Applications

- Over/under speed sensing
- Frequency to voltage conversion (tachometer)
- Speedometers
- Breaker point dwell meters
- Hand-held tachometer
- Speed governors
- Cruise control
- Automotive door lock control
- Clutch control
- Horn control
- Touch or sound switches

Block and Connection Diagrams Dual-In-Line and Small Outline Packages, Top Views



Order Number LM2907M-8 or LM2907N-8
See NS Package Number M08A or N08E



Order Number LM2917M-8 or LM2917N-8
See NS Package Number M08A or N08E

MC14013B

Dual Type D Flip-Flop

The MC14013B dual type D flip-flop is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. Each flip-flop has independent Data, (D), Direct Set, (S), Direct Reset, (R), and Clock (C) inputs and complementary outputs (Q and \bar{Q}). These devices may be used as shift register elements or as type T flip-flops for counter and toggle applications.

- Static Operation
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Logic Edge-Clocked Flip-Flop Design
Logic state is retained indefinitely with clock level either high or low; information is transferred to the output only on the positive-going edge of the clock pulse
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD4013B

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (Note 3)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	$^{\circ}\text{C}$
T_{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}\text{C}$
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}\text{C}$

2. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

3. Temperature Derating
Plastic DIP and D/DW Packages: - 70 mW/ $^{\circ}\text{C}$ From 65 $^{\circ}\text{C}$ To 125 $^{\circ}\text{C}$

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



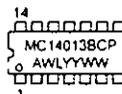
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

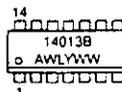
MARKING DIAGRAMS



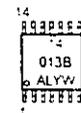
PDIP-14
P SUFFIX
CASE 646



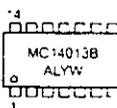
SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DT SUFFIX
CASE 948G



SOEIAJ-14
F SUFFIX
CASE 965



A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC14013BCP	PDIP-14	2000/Box
MC14013BD	SOIC-14	55/Reel
MC14013BDR2	SOIC-14	2500/Tape & Reel
MC14013BDT	TSSOP-14	96/Reel
MC14013BDTR2	TSSOP-14	2500/Tape & Reel
MC14013BF	SOEIAJ-14	See Note 1
MC14013BFEL	SOEIAJ-14	See Note 1

1. For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your nearest ON Semiconductor representative.

MC14029B

Binary/Decade Up/Down Counter

The MC14029B Binary/Decade up/down counter is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. The counter consists of type D flip-flop stages with a gating structure to provide toggle flip-flop capability. The counter can be used in either Binary or BCD operation. This complementary MOS counter finds primary use in up/down and difference counting and frequency synthesizer applications where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. It is also useful in A/D and D/A conversion and for magnitude and sign generation.

- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Internally Synchronous for High Speed
- Logic Edge-Clocked Design — Count Occurs on Positive Going Edge of Clock
- Asynchronous Preset Enable Operation
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin for Pin Replacement for CD4029B

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V_{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V_{in}, V_{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to $V_{DD} + 0.5$	V
I_{in}, I_{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	± 10	mA
P_D	Power Dissipation, per Package (Note 3.)	500	mW
T_A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	$^{\circ}$ C
T_{sig}	Storage Temperature Range	-65 to +150	$^{\circ}$ C
T_L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	$^{\circ}$ C

- Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
- Temperature Derating:
Plastic 'P' and 'D/W' Packages: - 7.0 mW/ $^{\circ}$ C From 65 $^{\circ}$ C to 125 $^{\circ}$ C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range $V_{SS} \leq (V_{in} \text{ or } V_{out}) \leq V_{DD}$.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



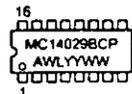
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

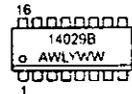
MARKING DIAGRAMS



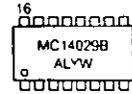
PDP-16
P SUFFIX
CASE 648



SOIC-16
D SUFFIX
CASE 751B



SOEIAJ-16
F SUFFIX
CASE 966



A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC14029BCP	PDIP-16	2000/Box
MC14029BD	SOIC-16	2400/Box
MC14029BDR2	SOIC-16	2500/Tape & Reel
MC14029BF	SOEIAJ-16	See Note 1
MC14029BFEL	SOEIAJ-16	See Note 1

- For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

MC14093B

Quad 2-Input "NAND" Schmitt Trigger

The MC14093B Schmitt trigger is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. The MC14093B may be used in place of the MC14011B quad 2-input NAND gate for enhanced noise immunity or to "square up" slowly changing waveforms.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-Power TTL Loads or One Low-Power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Triple Diode Protection on All Inputs
- Pin-for-Pin Compatible with CD4093
- Can be Used to Replace MC14011B
- Independent Schmitt-Trigger at each Input

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	±10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package (Note 3.)	500	mW
T _A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	°C
T _{stg}	Storage Temperature Range	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

- Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
- Temperature Derating: Plastic "P and D/DW" Packages. - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



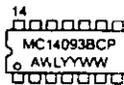
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

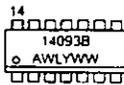
MARKING DIAGRAMS



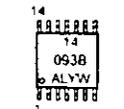
PDIP-14
P SUFFIX
CASE 646



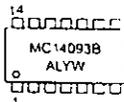
SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DT SUFFIX
CASE 948G



SOEIAJ-14
F SUFFIX
CASE 965



A = Assembly Location
WL, L = Wafer Lot
YY, Y = Year
WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC14093BCP	PDIP-14	2000/Box
MC14093BD	SOIC-14	2750/Box
MC14093BDR2	SOIC-14	2500/Tape & Reel
MC14093BDT	TSSOP-14	96/Reel
MC14093BDTEL	TSSOP-14	2000/Tape & Reel
MC14093BDTR2	TSSOP-14	2500/Tape & Reel
MC14093BF	SOEIAJ-14	See Note 1
MC14093BFEL	SOEIAJ-14	See Note 1

- For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

MC14106B

Hex Schmitt Trigger

The MC14106B hex Schmitt Trigger is constructed with MOS P-channel and N-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. These devices find primary use where low power dissipation and/or high noise immunity is desired. The MC14106B may be used in place of the MC14069UB hex inverter for enhanced noise immunity or to "square up" slowly changing waveforms.

- Increased Hysteresis Voltage Over the MC14584B
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range
- Pin-for-Pin Replacement for CD40106B and MM74C14
- Can Be Used to Replace the MC14584B or MC14069UB

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 1.)

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{DD}	DC Supply Voltage Range	-0.5 to +18.0	V
V _{in} , V _{out}	Input or Output Voltage Range (DC or Transient)	-0.5 to V _{DD} + 0.5	V
I _{in} , I _{out}	Input or Output Current (DC or Transient) per Pin	± 10	mA
P _D	Power Dissipation, per Package (Note 2.)	500	mW
T _A	Ambient Temperature Range	-55 to +125	°C
T _{sig}	Storage Temperature Range	-65 to +150	°C
T _L	Lead Temperature (8-Second Soldering)	260	°C

1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
2. Temperature Derating:
Plastic "P" and DrDW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



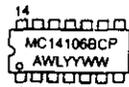
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

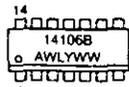
MARKING DIAGRAMS



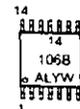
PDIP-14
P SUFFIX
CASE 646



SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DT SUFFIX
CASE 948G



A = Assembly Location
WL or L = Wafer Lot
YY or Y = Year
WW or W = Work Week

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC14106BCP	PDIP-14	2000/Reel
MC14106BD	SOIC-14	55/Reel
MC14106BDR2	SOIC-14	2500/Tape & Reel
MC14106BDT	TSSOP-14	96/Reel
MC14106BDR2	TSSOP-14	2500/Tape & Reel

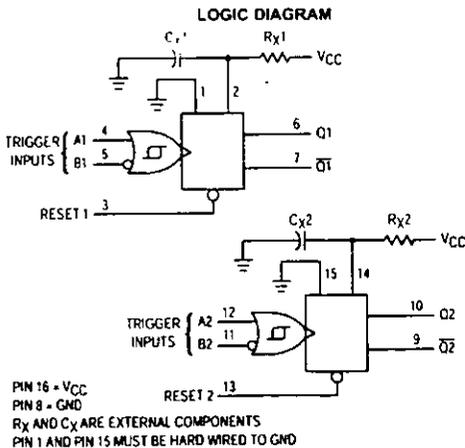
MC74HC4538A

Dual Precision Monostable Multivibrator (Retriggerable, Resettable)

The MC74HC4538A is identical in pinout to the MC14538B. The device inputs are compatible with standard CMOS outputs; with pullup resistors, they are compatible with LSTTL outputs.

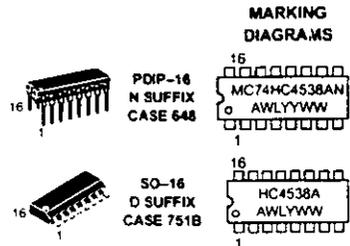
This dual monostable multivibrator may be triggered by either the positive or the negative edge of an input pulse, and produces a precision output pulse over a wide range of pulse widths. Because the device has conditioned trigger inputs, there are no trigger-input rise and fall time restrictions. The output pulse width is determined by the external timing components, R_X and C_X . The device has a reset function which forces the Q output low and the \bar{Q} output high, regardless of the state of the output pulse circuitry.

- Unlimited Rise and Fall Times Allowed on the Trigger Inputs
- Output Pulse is Independent of the Trigger Pulse Width
- $\pm 10\%$ Guaranteed Pulse Width Variation from Part to Part (Using the Same Test Jig)
- Output Drive Capability: 10 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS and TTL
- Operating Voltage Range: 3.0 to 6.0 V
- Low Input Current: 1.0 μ A
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance with the Requirements Defined by JEDEC Standard No. 7A
- Chip Complexity: 145 FETs or 36 Equivalent Gates



ON Semiconductor

<http://onsemi.com>



A = Assembly Location
 WL = Wafer Lot
 YY = Year
 WW = Work Week

PIN ASSIGNMENT

GND	1*	16	VCC
C _X */R _X 1	2	15	GND
RESET 1	3	14	C _X 2/R _X 2
A1	4	13	RESET 2
B1	5	12	A2
Q1	6	11	B2
\bar{Q} 1	7	10	Q2
GND	8	9	\bar{Q} 2

FUNCTION TABLE

Reset	Inputs		Outputs	
	A	B	Q	\bar{Q}
H	L	H	[Pulse]	[Pulse]
H	L	L	[Pulse]	[Pulse]
H	X	L	Not Triggered	Not Triggered
H	H	X	Not Triggered	Not Triggered
H	L,H	H	Not Triggered	Not Triggered
H	L	L,H	Not Triggered	Not Triggered
L	X	X	L	H
[Pulse]	X	X	Not Triggered	Not Triggered

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC74HC4538AN	PDIP-16	2000 / Box
MC74HC4538AD	SOIC-16	48 / Rail
MC74HC4538ADR2	SOIC-16	2500 / Reel