



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"**

**DISEÑO DE UN CABEZAL ELECTRONICO  
PARA LA INSPECCION DE BOTELLAS VACIAS.**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:**

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**P R E S E N T A:**

**JORGE RUBEN VAZQUEZ FUENTES**

**CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.**

**1965**



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

CUAUTITLÁN.

Tesis Profesional.

DISEÑO DE UN CABEZAL

ELECTRÓNICO PARA INSPECCIÓN

DE BOTELLAS VACIAS.

Por:  
Jorge Rubén Vázquez Fuentes.  
Ingeniero Mecánico-Electricista  
Julio 1985.

## I N D I C E   G E N E R A L .

|              |  |         |
|--------------|--|---------|
| CAPITULO     | I.- Introducción .   | Pág. 1  |
| CAPITULO     | II.- Sistema de Detección de Partículas (Preamplificador).   | Pág. 6  |
| CAPITULO     | III.- Amplificador.  | Pág. 10 |
| CAPITULO     | IV.- Comparador de Voltaje (Trigger) .                       | Pág. 12 |
| CAPITULO     | V.- Detector de Posición de Botella .                        | Pág. 20 |
| CAPITULO     | VI.- Compuerta Lógica.                                       | Pág. 26 |
| CAPITULO     | VII.- Control de Rechazo.                                    | Pág. 28 |
| CAPITULO     | VIII.- Contador Totalizador .                                | Pág. 35 |
| CAPITULO     | IX.- Contador de Botellas Rechazadas.                        | Pág. 39 |
| CAPITULO     | X.- Módulo de Comprobación I . (Oscilador Senoidal)          | Pág. 41 |
| CAPITULO     | XI.- Módulo de Comprobación II (Generador de Onda Cuadrada). | Pág. 44 |
| CAPITULO     | XII.- Fuente de Alimentación .                               | Pág. 46 |
| CAPITULO     | XIII.- Costo .   | Pág. 59 |
| CAPITULO     | XIV.- Conclusiones .   | Pág. 63 |
| BIBLIOGRAFIA | .  | Pág. 64 |

## C A P I T U L O I .

### INTRODUCCION .

Esta tesis tiene por objeto presentar el diseño de un cabezal electrónico para la inspección del fondo de botellas vacías y transparentes. Las botellas viajan sobre una fuente de luz difusa donde una serie de fotoceldas inspeccionan las botellas mirándolas hacia abajo a través de la abertura del cuello al fondo de la botella en forma de cono invertido. Una combinación de lentes forman una figura miniatura del interior de la botella y proyecta esta imagen sobre las fotoceldas. Las fotoceldas, las cuales cambian la energía luminosa en energía eléctrica, varían en la salida cuando materias extrañas contrasten con la luz uniforme del fondo debajo de la botella. Esta diferencia es detectada por alguna de las fotoceldas y usada para detectar el mecanismo de rechazo.

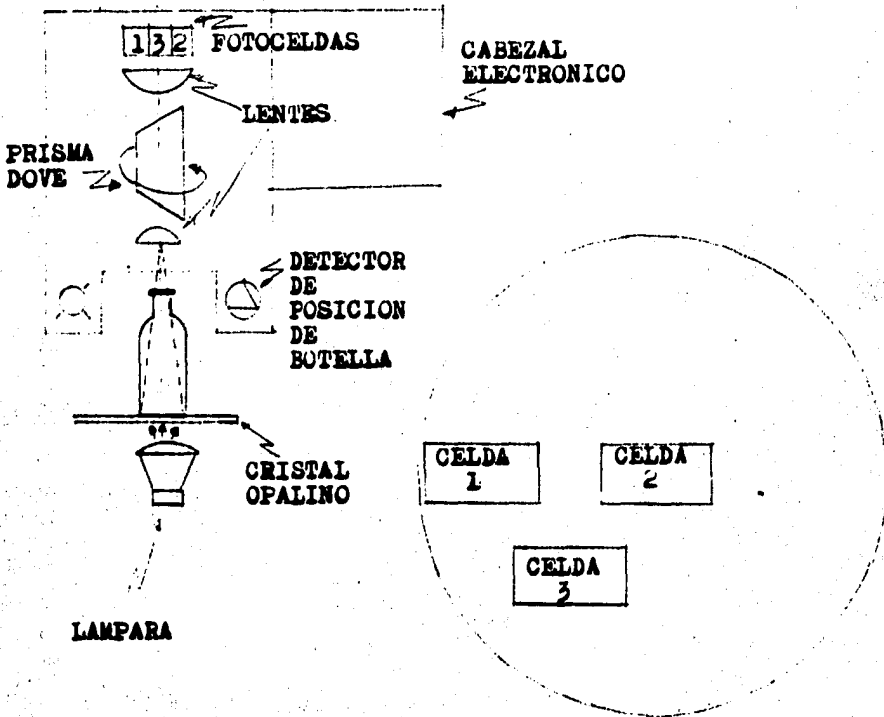
El inspector utiliza tres fotoceldas colocadas de tal manera que su campo visual se encime una con otra. Cada fotocelda tiene su propio ajuste de sensibilidad.

Un vidrio especial opalizado por un lado, difunde la luz en el fondo de la botella eliminando así la mayoría de las sombras producidas por letras, marcas o imperfecciones del cristal. Para evitar rechazos por estas sombras, la fotocelda que revisa esta zona, que es generalmente la de la orilla, debe ser bajada de sensibilidad y aumentar la de las otras zonas.

El área de inspección de cada fotocelda se encime con otra logrando con esto que todo el fondo de la botella sea revisado. ( Figura 1 ) .

Ya que las fotoceldas son del tipo conocido como de corriente alterna (CA) miden los cambios abruptos de luz o contrastes, ellas no son sensibles a los cambios debidos a diferentes tonalidades del cristal si es que estas no son muy notorias o incluso de objetos transparentes.

Para evitar que el sistema de rechazo trabaje cuando no hay botella, un fotodiodo es actuado cada vez que una botella pasa por el cabezal de inspección .



ZONAS QUE INSPECCIONA CADA CELDA

Figura 1.

Con las condiciones descritas hasta ahora la imagen quedaría estacionaria y cada fotocelda sería afectada únicamente por la parte de la imagen que caiga directamente sobre ella .

Un prisma Dove que gira a alta velocidad impulsado por un motor se coloca entre los dos lentes para hacer girar la imagen con respecto a las fotoceldas. Cada fotocelda "vera" entonces - un sector radial.

Cada fotocelda genera un voltaje pequeño aproximadamente - proporcional a la intensidad de luz que recibe .

No es posible lograr una inspección satisfactoria de partículas mediante la medición de los voltajes de salida de la fotocelda debido a que la aptitud de las botellas comerciales para transmitir luz varía considerablemente. En las operaciones de enbotellado usualmente se encuentran proporciones de 20 a 1. El -

cambio resultante en el voltaje de las fotoceldas domina cualquier defecto debido a las pequeñas partículas extrañas que pueden estar presentes. Afortunadamente, la imagen de una partícula opaca que atraviesa una fotocelda hace que el voltaje descienda en una proporción muy rápida, en comparación con los cambios causados por variaciones del vidrio. Los amplificadores, - uno de los cuales está asociado con cada fotocelda, están diseñados para responder a estos cambios repentinos de nivel de voltaje e ignorar fluctuaciones más lentas. Como resultado, el inspector es muy sensible a la presencia de pequeñas partículas - opacas y más bien indiferente a la cantidad de luz que cae sobre la fotocelda.

Cada amplificador va provisto de un control de sensibilidad para ajustar la ganancia ya que en el caso de botellas oscuras es necesario aumentarla y en las transparentes bajarlas para evitar falsos rechazos.

Para lograr resultados válidos la botella debe estar en posición correcta mientras se inspecciona. La posición de la botella es percibida por una fuente de disparo de luz y un fotodiodo montado estratégicamente para que coincida con las fotoceldas. La corona de una botella que penetra a la zona de inspección interrumpe los rayos de luz que caen sobre el fotodiodo. - El impulso resultante es enviado al circuito de rechazo en el cabezal de inspección. El impulso activa un circuito que produce otro impulso mucho más fuerte, de forma rectangular y de duración controlable. Este último circuito combina las señales de las fotoceldas y del circuito de posición para activar el rechazo si procede o dejar paso libre a la botella .

El impulso del detector de posición también es de duración controlable ya que si mandara señal en cuanto se interrumpe el haz vería el espesor de la botella como si fuera un objeto en el interior de la botella y si fuera demasiado corto no alcanzaría a revisar todo el fondo completo, lo que generalmente representa un alto número de rechazos falsos. En la práctica el intervalo de inspección que se selecciona es el mejor arreglo posible tomando en consideración los envases que el inspector encontrará

Para la mayoría de las aplicaciones, los mejores resultados se obtienen con un intervalo que mida entre seis y dieciseis milisegundos. El impulso de intervalo de inspección se envía también a un led que destellará cada vez que una botella este lista para ser revisada.

Al combinarse las señales del circuito detector de botella y del detector de partículas en un nivel alto las dos, el circuito de la compuerta lógica mandará una señal al circuito de rechazo - el cual, a su vez mandará un impulso de duración controlable para retirar en el momento justo a la botella sucia.

El impulso de rechazo debe contener suficiente energía para hacer funcionar el solenoide de rechazos. La longitud del pulso -- puede variarse para ajustar el efecto de tolerancias de fabricación de los componentes del circuito y elevar el nivel de energía al adecuado. Una duración de impulso de 7 milisegundos mínima es la requerida. El impulso de rechazo acciona a su vez, un led -- que brillará cada vez que una botella sea retirada.

Para la rápida detección de fallas en el inspector se ha -- adicionado unos osciladores que producen señales muy similares -- a las necesarias para rechazar envases contaminados. Moviendo el -- interruptor de prueba correspondiente a cada circuito se determina que parte del inspector esta danada.



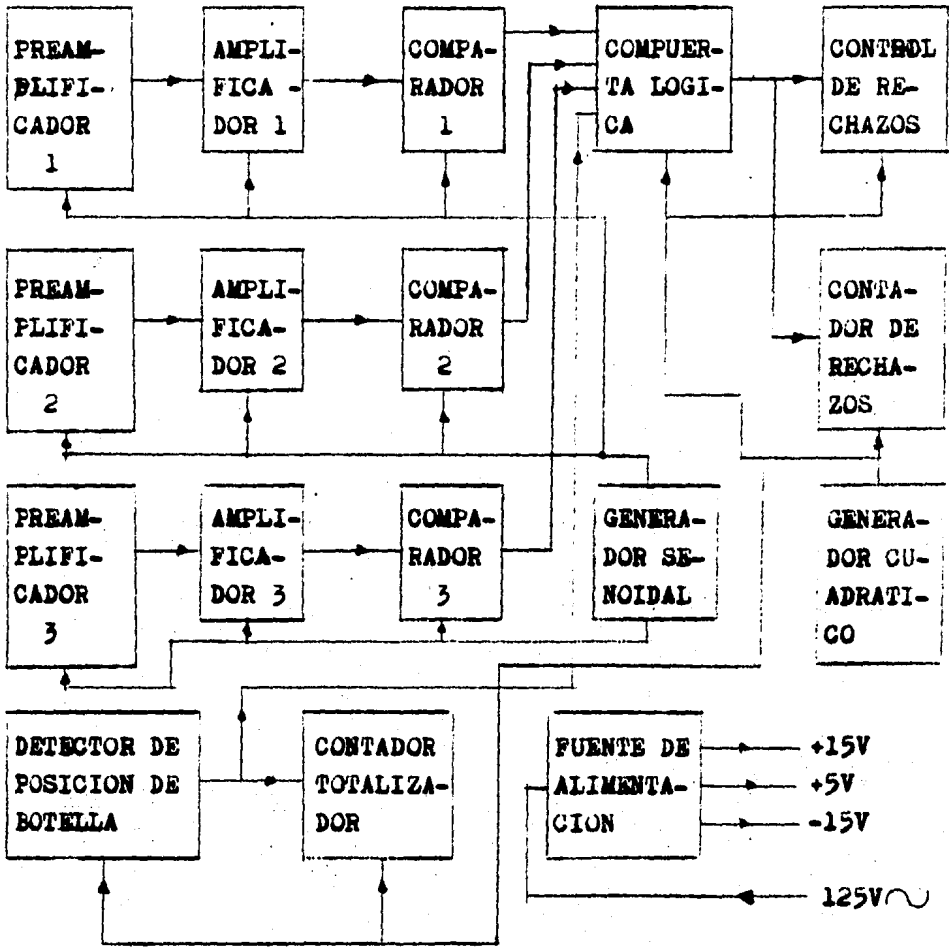


Figura 2. Diagrama de bloques del Inspector de botellas vacias.

C A P I T U L O II .

SISTEMA DE DETECCION DE PARTICULAS .

El Sistema de Detección de Partículas esta formado por tres tablillas idénticas. Cada tablilla tiene el siguiente circuito : ( Figura 3 ) .

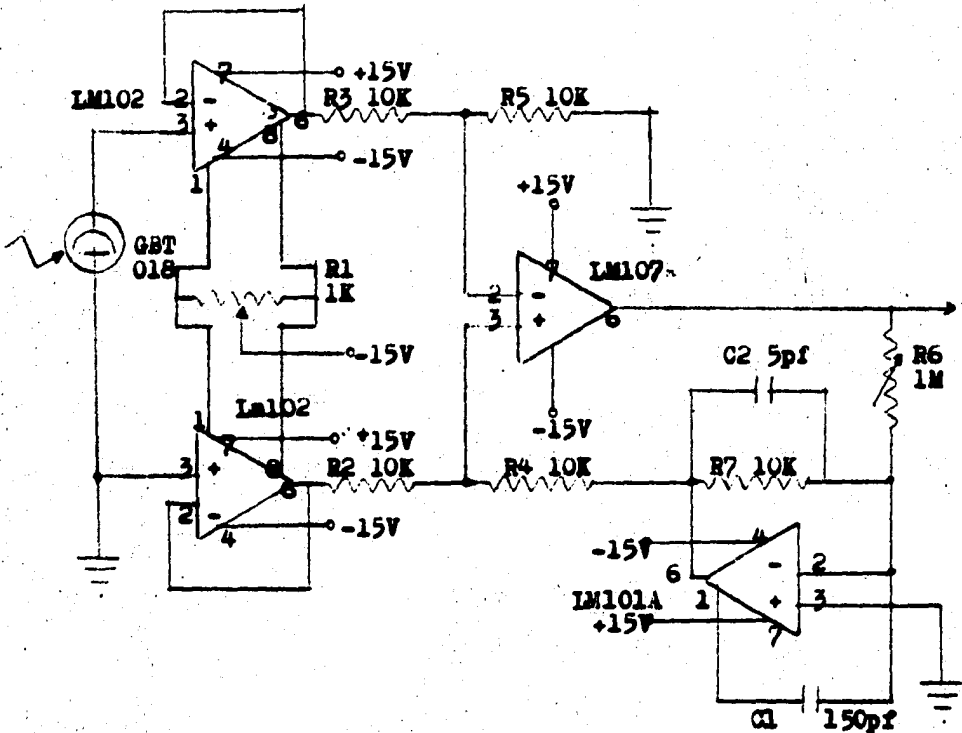


Fig. 3

Se usará como transductor una fotocelda marca Internacional Rectifier # de parte GBT0-18, la cual tiene una región activa de 0.018 cm<sup>2</sup> y es capaz de producir 1.8mV, proporciona hasta 8mV -- con una corriente de 0.06mA.

El preamplificador formado por los circuitos integrados -- LM102 y LM107 es un amplificador de instrumentación. El circuito integrado LM101A se emplea como atenuador activo para variar la -- ganancia del circuito .

La característica esencial de un amplificador de instrumentación es la ganancia alta, una resistencia elevada de entrada, baja compensación y una razón elevada de rechazo de modalidad común.

La ganancia alta es necesaria porque el amplificador debe de ser sensible a las señales de amplitud muy bajas. La carga mínima en la fuente de la señal requiere una resistencia elevada de entrada. La baja compensación es necesaria para la precisión en la medida que se realiza. Se requiere de un valor alto de CMRR para asegurar que solo se amplifique la señal diferencial y se atenué considerablemente la señal en modalidad común.

El resistor  $R_1$  se usa para ajustar el voltaje de apagado de entrada y es recomendado por el fabricante, un resistor de 1 kohn, del tipo ajustable (potenciómetro). Este resistor hay que ajustarlo con el osciloscopio de tal manera que sin voltaje de entrada la salida sea cero.

Las condiciones de este circuito son:

$$R_4/R_2 = R_5/R_3$$

y la ganancia de voltaje es:

$$V_o = (V_1 - V_2)(R_6/R_4)$$

Para la mayor facilidad hacemos:

$$R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R_7 = 10 \text{ kohn}$$

Si deseamos que la ganancia de voltaje esté entre 8mV y 0.8V entonces:

$$R_6 = V_o R_4 / \Delta V$$

Donde;

$\Delta V$  - Diferencial de voltaje.

Como se conecta a tierra:

$$\Delta V = 8 \times 10^{-3} - 0 = 8 \text{ mV}$$

Sustituyendo valores:

$$R_6 = 8 \times 10^{-3} \times 10^4 / 8 \times 10^{-3}$$

$$R_6 = 10 \text{ kohn. (Mínima)}$$

$$R_6 = 0.8 \times 10^4 / 8 \times 10^{-3}$$

$$R_6 = 1 \text{ Mohn}$$

entonces R6 es un potenciómetro de 1 Mohm, del tipo lineal y tiene una resistencia residual máxima de 20 Kohm .

Las ondas de entrada y salida son las de la Figura 4 .

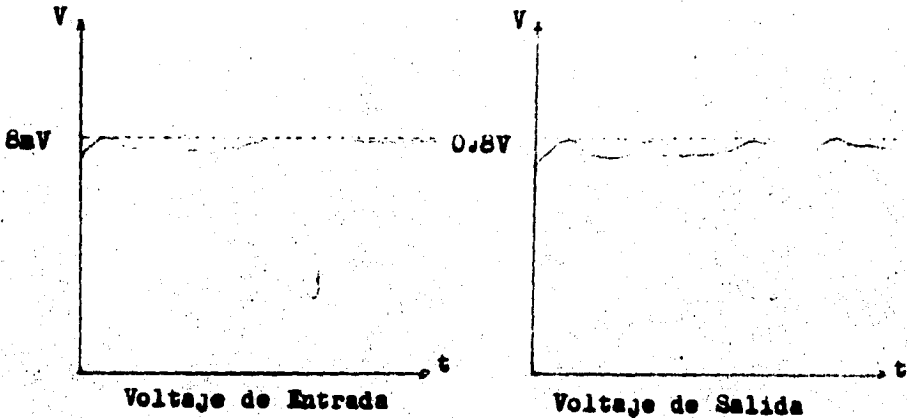


Fig. 4

Lo ideal es que se trabaje a la mitad de la ganancia, por lo que R6 se ajustara a 0.5V.

La idea de dejar como mínimo los 8mV es poder verificar el correcto funcionamiento de las fotoceldas, revisando que efectivamente su voltaje de salida sea 8mV.

Los capacitores C1 y C2 se obtienen de la siguiente manera:

$$C1 \geq R4Cs / (R4 + R7)$$

Donde :

Cs=Capacitancia del  
Circuito Integrado.

La National Semiconductor da para su circuito una capacitancia de 30pf. (Para el circuito LM101A).

Sustituyendo valores;

$$C1 \geq 10^4 \times 30 \times 10^{-6} / 20 \times 10^3$$

$$C1 \geq 150 \text{pf}$$

por lo tanto:

$$C1 = 150 \text{pf} .$$

Para calcular C2 se tiene la siguiente fórmula :

$$C2 = 1 / (2\pi f_o R7)$$

Donde:

f<sub>o</sub> = Frecuencia de  
corte dada por el  
fabricante .

La National Semiconductor da para su circuito una frecuencia de 3MHz.

Sustituyendo valores:

$$C2 = 1 / (2 \times 3.1416 \times 3 \times 10^6 \times 10^4)$$

$$C2 = 5 \text{ pf} .$$

C A P I T U L O III .

AMPLIFICADOR .

Cada amplificador esta formado por el circuito de la Fig.5

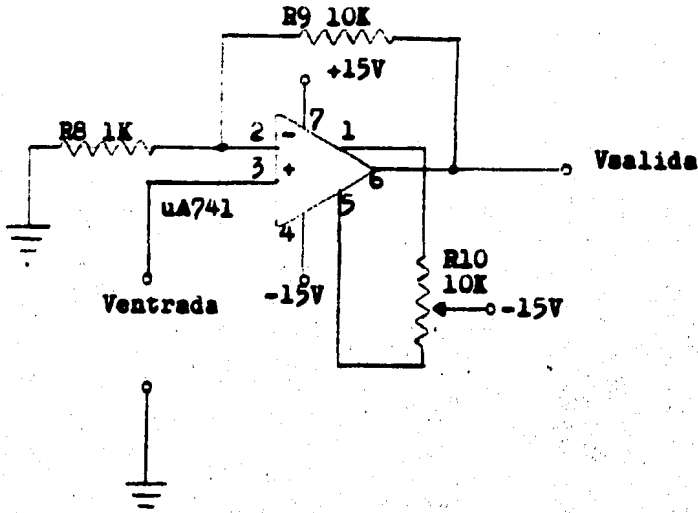


Fig. 5

Como se ve es un circuito uA 741 , conectedo como amplificador no inversor. Se escogió este circuito integrado porque no necesita compensación de frecuencia.

Dadas las elevadas impedancias de entrada de los circuitos todas las corrientes que van por R8 y R9 son iguales y :

$$V_o - V_i / R_9 = V_i / R_8 \quad I_i = 0$$

Utilizando el concepto de tierra virtual  $V_i = V_i$  tenemos:

$$V_o / V_i = R_9 + R_8 / R_8$$

Si  $R_9 \gg R_8$  , la ganancia del circuito será:

$$A_v = R_9 / R_8$$

Si deseamos tener un voltaje de salida entre 1.5V y 5V los valores de R9 y R8 son:

Para 1.5V

$$R9 = R8 \left( \frac{V_o}{V_i} - 1 \right)$$

Sustituyendo valores y haciendo R8= 1 kohm :

$$R9 = 1000 \left( \left( \frac{1.5}{0.5} \right) - 1 \right)$$

$$R9 = 2.2 \text{ kohm}$$

Para 5V :

$$R9 = 1000 \left( \left( \frac{5}{0.5} \right) - 1 \right)$$

$$R9 = 10,000 \text{ ohm}$$

Por lo tanto R9 será un potenciómetro de 10 kohm .

Para compensar el voltaje de error, los fabricantes de amplificadores operacionales desarrollaron diversos circuitos nulos de voltaje de salida. El recomendado para el uA 741 consiste en conectar un potenciómetro entre las terminales 1 y 5 de 10 kohm, el brazo deslizable se conecta a la fuente de alimentación negativa. Mediante el osciloscopio se ajusta de tal manera que cuando no haya señal de entrada el voltaje de salida sea --cero.

El potenciómetro es tipo lineal con una resistencia residual máxima de 200 ohm .

C A P I T U L O I V .

COMPARADOR DE VOLTAJE (TRIGGER) .

El comparador de voltaje tiene como función convertir las señales de la fotocelda en ondas cuadradas para ser usadas en el circuito lógico.

El diagrama eléctrico del comparador de voltaje es el mostrado en la Figura 6 .

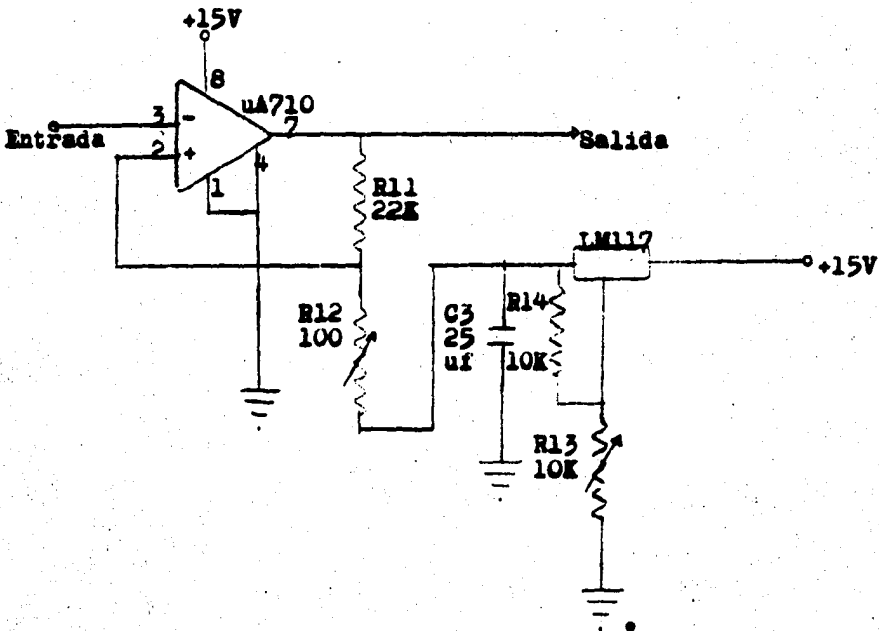


Fig. 6 .

Como comparador de voltaje se usa el circuito integrado del número uA710 el cual trabaja de la siguiente forma (Fig.7)

Observando su constitución interior tenemos que la etapa de entrada diferencial formada por Q1 y Q2 es reforzada por una segunda etapa diferencial formada por Q3 y Q4 que oportunamente activa al único seguidor emisor Q7. Cuando la entrada no inversora se vuelve positiva con respecto a la entrada inversora, la base y el emisor de Q7 se vuelven positivos hasta que la base -



Figura 7.

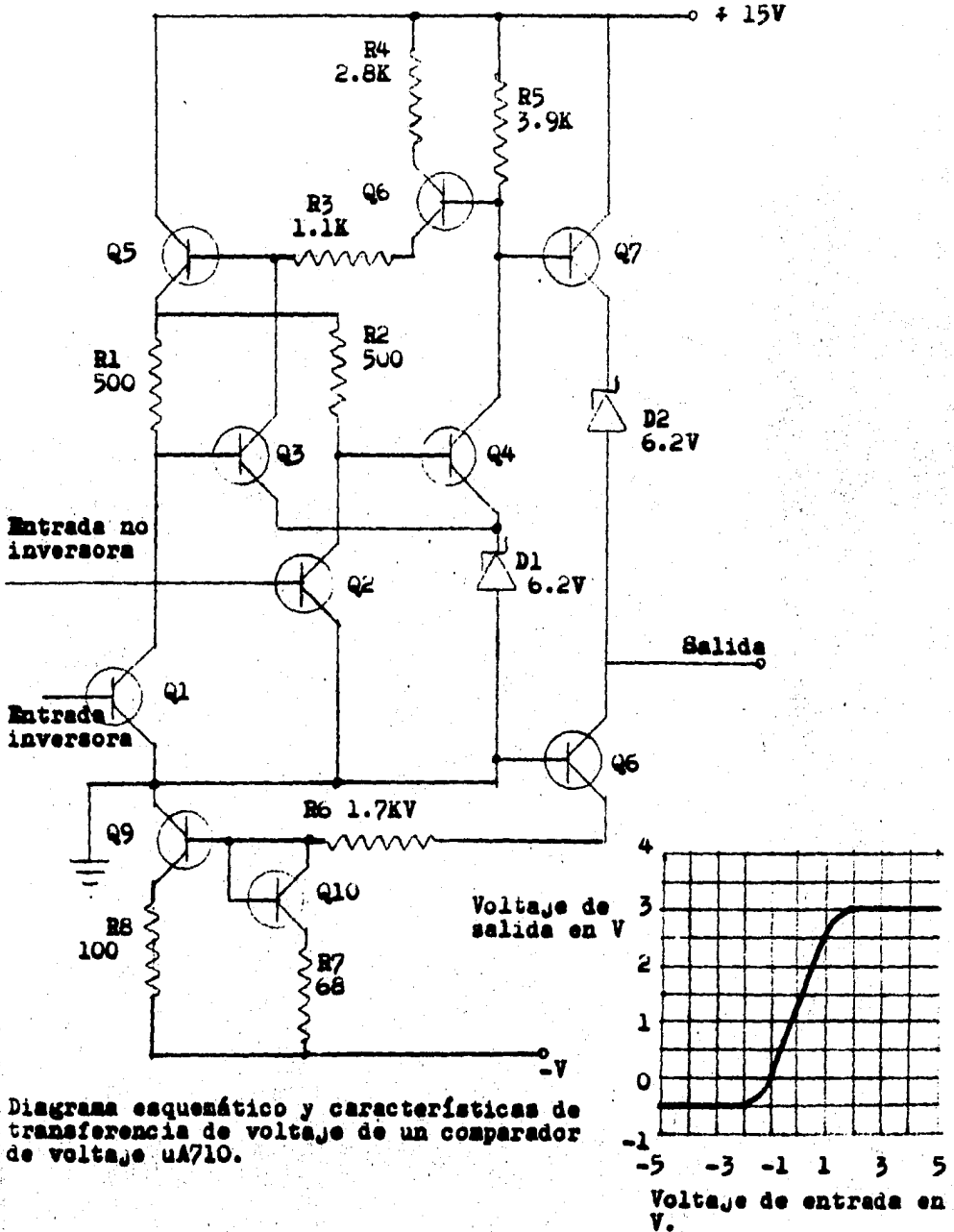


Diagrama esquemático y características de transferencia de voltaje de un comparador de voltaje uA710.

del diodo conectado al transistor Q6 se vuelve positiva con respecto al emisor. Entonces los resistores R4 y R5 se sujetan al mismo potencial que sus extremos inferiores y las corrientes de colector Q3 y Q4 circulan a través de estos dos resistores. Pero como Q3 y Q4 son parte de un amplificador diferencial, la suma de sus corrientes de colector es constante y las caídas a través de R4 y R5 son constantes. Por lo tanto, el voltaje de salida no puede ser mayor a los 3V, lo cual se ve en sus características de transferencia y además es igual a  $V_+$  menos la suma de la caída a través de R5, más  $V_{be7}$ , más el voltaje de transferencia (6.2V). Cuando la entrada no inversora se vuelve negativa con respecto a la entrada inversora, el transistor Q4 se satura, lo cual también hace que Q3 se acerque a la saturación porque el voltaje de salida debe ser (6.2V +  $V_{be7}$ ) negativo con respecto al colector de Q4 el cual solamente es (6.2V +  $V_{cesat}$ ) positivo con respecto a tierra. Por lo que el voltaje de salida se sujeta a -0.5V que es ( $V_{be7} - V_{cesat}$ ) mientras la entrada es negativa. Observando la gráfica vemos que se necesitan aproximadamente 1mV de señal de entrada para que la salida se mantenga a su valor de fijación en cualquiera de las dos direcciones. Los circuitos de polarización controlan las corrientes, así que los transistores no trabajan apreciablemente a su región de saturación durante su funcionamiento normal.

Los comparadores de voltaje se utilizan para cuantificar -- o discernir la amplitud de señales analógicas y funciones comparando una señal  $V_s$  de entrada con un voltaje de referencia  $V_r$ .

La comparación se lleva a cabo generalmente mediante un amplificador diferencial, cuyo voltaje de salida  $V_o$  depende de la diferencia entre dos voltajes de entrada  $V_1$  y  $V_2$ ; en su región lineal se tiene  $V_o = A_v(V_2 - V_1)$ , siendo  $A_v$  la ganancia del amplificador; para un amplificador para ganancia grande bastan unos -- cuantos milivolts de diferencia entre los voltajes de entrada para provocar su saturación a un voltaje  $+V_s$  o  $-V_s$ .

En su región lineal  $V_o = A_v(V_2 - V_1)$ ; el voltaje requerido para alcanzar el voltaje  $V_s$  resulta por tanto;

$$v = V_s / A$$

Para evitar una conmutación indeseada por niveles de ruidos excesivos, es conveniente utilizar un dispositivo -- con Histerisis; esto es, la conmutación en un sentido ( $V_s$  a  $-V_s$ ) requiere de un voltaje diferencial  $V_h$  ligeramente diferente del voltaje diferencial requerido para conmutar el -- comparador en sentido contrario ( $-V_s$  a  $V_s$ ). La característica de transferencia con histerisis se observa en la figura 8:

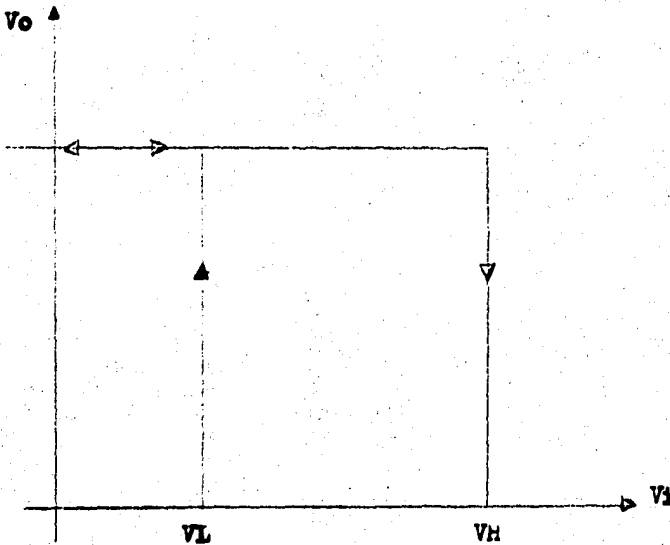


Figura 8

Si se desea que el voltaje de histerisis sea de 10mV y el voltaje de referencia sea de 1.5V, es decir a 1.495V la señal de salida sea un cero y a 1.505V sea un uno y observando que la ganancia del circuito integrado indicado en el manual del mismo es de 1500 podemos calcular K de la siguiente forma:

$$K = (V_H + (V_o/A) - V) / (V_o - V)$$

Donde:

$$K = R_2 / (R_1 + R_2)$$

$V_H$  = Voltaje alto nivel

$V$  = Voltaje entrada

$A$  = Ganancia del circuito

$V$  = Voltaje de referencia

sustituyendo valores tenemos:

$$V_H = 1.505V$$

$$V_o = 3V$$

$$V = 1.5V$$

$$A = 1500$$

$$K = (1.505(3/1500) - 1.5) / (3 - 1.5)$$

$$K = 0.0046$$

Con estos valores procedemos a calcular el voltaje de bajo nivel VL:

$$VL = V(1-K) - V_o(K-1/A)$$

sustituyendo valores:

$$VL = 1.5(1-0.0046) - (0.0046 - (1/1500))3$$

$$VL = 1.480V$$

por lo tanto el verdadero voltaje diferencia es de;

$$V_{dif.} = V_h - VL$$

$$= 1.505 - 1.480$$

$$V_{dif.} = 25mV$$

lo que no afecte ya que el voltaje de accionamiento ( $V_h$ ) es el más importante .

Para el calculo de las resistencias hay que recordar que una de las condiciones es que  $R_1 \gg Z_o$ . De los datos del circuito - uA710 tenemos que la impedancia de salida es de 200ohm, entonces

$$R_{11} = 22 \text{ Kohm}$$

Usando la relación  $K = R_{12}/(R_1 + R_{12})$ , se obtiene el valor de  $R_{12}$ :

$$R_{12} = (KR_{11})/(1-K)$$

sustituyendo valores:

$$R_{12} = (0.0046 \times 22,000)/(1-0.0046)$$

$$R_{12} = 100 \text{ ohm}$$

Las ondas de entrada y salida son las que muestran en la - Figura 9 .

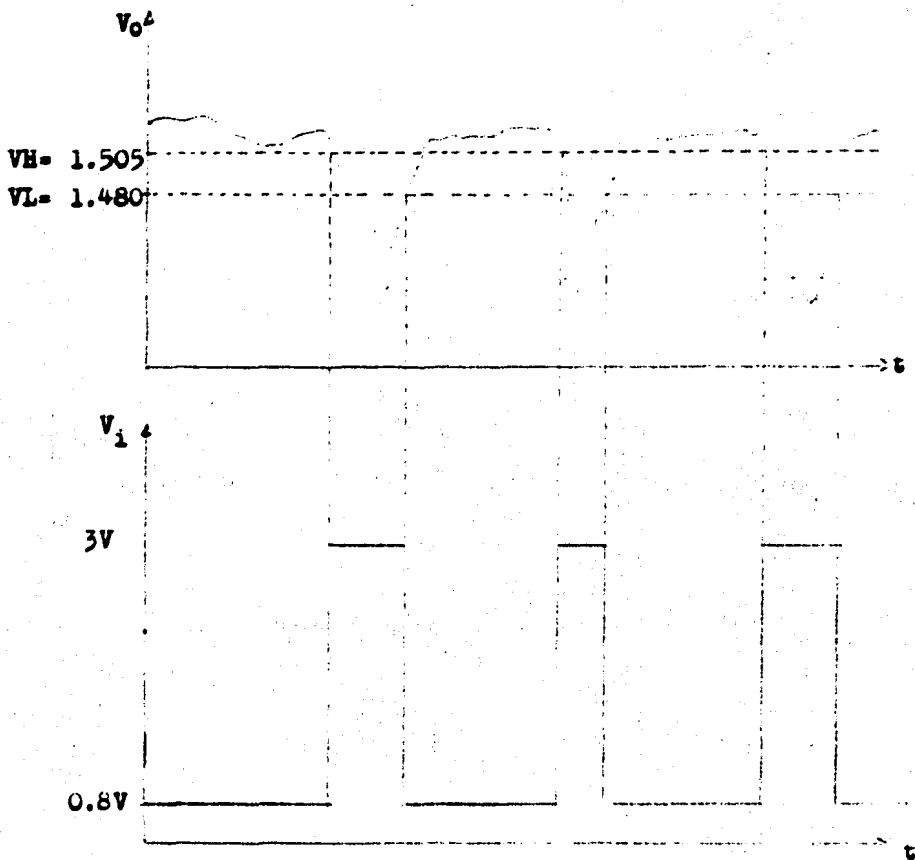


Fig. 9

Para obtener los 1.5V de voltaje de referencia se emplea un circuito regulador de la National Semiconductor que es el circuito LM117 el cual es ajustable desde 1.2V hasta 25V y -- tiene una regulación de 0.01%. Para el calculo de las resistencias necesarias el fabricante de la siguiente fórmula:

$$V_{sal} = V_{ref}(1 + R13/R14)$$

El voltaje de referencia lo da el fabricante y es para -- el LM117 de 1.25V.

Sustituyendo valores y haciendo R14 de 10 koha y despejando R13 tenemos:

$$R13 = R14((V_{sal}/V_{ref}) - 1)$$

Para que el voltaje de salida se pueda regular entre 1.2V y 2V calculamos R13 para estos dos extremos:

$$R13 = 10 \times 10^3 \left( (1.25/1.25) - 1 \right)$$

$$R13 = 0$$

y

$$R13 = 10 \times 10^3 \left( (2/1.25) - 1 \right)$$
$$= 6 \text{ koha.}$$

Por lo que R13 será un potenciómetro de 10 koha marca -- Aposa, el cual tiene una resistencia residual máxima de 200 -- oha, por lo que el voltaje mínimo será de:

$$V_{salmin} = 1.25(1 + 200/10000)$$
$$= 1.275V$$

que esta dentro de lo necesario para el funcionamiento de este circuito.

La National Semiconductor recomienda usar un capacitor de bypass de 25µfd de aluminio para mejorar la respuesta transitorias.

## C A P I T U L O V .

### DETECTOR DE POSICION DE BOTELLA .

El detector de posición de botella manda una senala cuadrada al circuito lógico para que al combinarse con las senales de los detectores de partículas se accione la compuerta de rechazo ó de paso libre a la botella, según sean las senales combinadas.

El detector de posición de botella esta constituido por un emisor de luz infraroja para evitar se vea afectado por la luz blanca común, y por un fotodiodo receptor. Al cortarse la luz por la corona de una botella se produce un cero que se combina con los inspectores de partículas.

El circuito es el de la Figura 10:

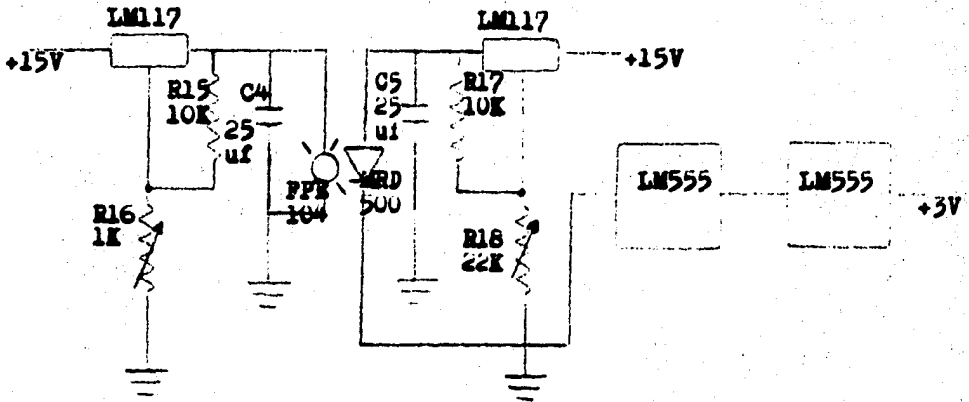


Fig. 10

Como emisor se ha escogido el FPE104 de Farchild el cual tiene las siguientes características:

$I_f=100\text{mA}$

$V_f=1.3\text{V}$

Log. Onda=89nm

Como sensor se emplea el fotodiodo Motorola MRD500 el cual es recomendado para la longitud de onda de 800nm. Sus principales características son:

$I_{\text{ilus}}=2\mu\text{A}$  con una iluminación de  $5\text{mW/cm}^2$

$I_{\text{obs.}}=2\text{nA}$  a un voltaje de 20V



Para obtener los 1.35V necesarios para la luz infra roja se recurre a un circuito regulador de la National Semiconductor que es el LM117 que es capaz de regular desde 1.2V hasta 25V con un voltaje de entrada de 30V máximo. Para el cálculo de las resistencias el fabricante da la siguiente ecuación:

$$V_{sal} = V_{ref}(1 + R_{16}/R_{15})$$

El voltaje de referencia lo da el fabricante y es de -- 1.25V.

Si  $R_{15}$  es de 10 kohm, entonces  $R_{16}$  será:

$$R_{16} = R_{15}(V_{sal}/1.25) - 1$$

Sustituyendo valores:

$$R_{16} = 10 \times 10^3 \left( (1.35/1.25) - 1 \right)$$

$$= 800 \text{ ohm}$$

Por lo que  $R_{16}$  será un potenciómetro de 1000 ohm para poder ajustar al voltaje exacto.

Para el voltaje del pulso se emplea un regulador similar por lo que los valores de sus resistencias se hayan de la misma manera. Si  $R_{17}$  vale 10 kohm entonces  $R_{18}$  es;

$$R_{18} = 10 \times 10^3 \left( (3/1.25) - 1 \right)$$

$$= 14 \text{ kohm}$$

El valor de 3V es el recomendado para alimentar a la compuerta lógica.

En este caso  $R_{18}$  es un potenciómetro de 22 kohm.

El fabricante recomienda que para mejorar la respuesta del regulador a voltajes transitorios se conecte un capacitor de 25µf (electrónico de aluminio) a los bornes de la salida.

El ajuste de los tiempos de "empezar inspección" y "terminar inspección" se lleva a cabo mediante dos circuitos monostables formados por circuitos integrados 555; el primero determina cuando comienza la inspección y el segundo cuando termina.- El diagrama electrónico se muestra a continuación en la Fig.11

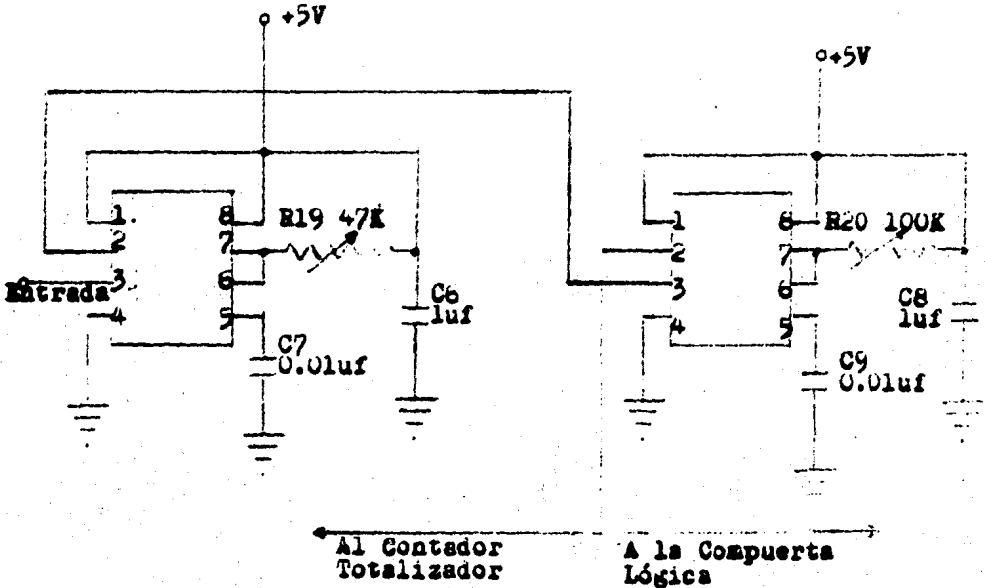


Fig. 11

Para obtener los valores de los componentes recordemos -- que se está diseñando para una velocidad de 600bps, lo que significa que tenemos aproximadamente una décima de segundo para revisar la botella, de aquí podemos separar 20mseg. para comenzar la inspección de la botella después de que es cortada la luz de la fotocelda y de 60mseg. para inspeccionarla. Estos valores desde luego podrán ajustarse para un rendimiento más óptimo ya en el campo

Para efecto de calculo tomamos el máximo tiempo, que será el doble de lo normal.

Para el tiempo de "comenzar inspección" el tiempo de diseño es de 40mseg. De la fórmula para vibradores monostables calculamos:

$$T = t_{com} / 1.1$$

Sustituyendo valores:

$$T = (40 \times 10^{-3}) / 1.1$$

$$= 36.36 \times 10^{-3} \text{ seg.}$$

Para el calculo del potenciómetro de ajuste, si el capacitor es de 1µf, entonces R19 es;

$$R19 = T / C6$$

Sustituyendo valores:

$$R19 = (36.36 \times 10^{-3}) / (10^{-6})$$

$$= 36,360 \text{ ohm}$$

Entonces R19 será un potenciómetro de 47 kohm .

Para el calculo del tiempo de "terminar inspección" el tiempo de diseño será de 80mseg. Usando la misma fórmula del monostable tenemos:

$$T = t_{ter} / 1.1$$

Sustituyendo valores:

$$= (80 \times 10^{-3}) / 1.1$$

$$= 72.72 \times 10^{-3} \text{ seg.}$$

Si el capacitor de ajuste es de 1 µf entonces R20 es:

$$R20 = T / C8$$

Sustituyendo valores:

$$R20 = 72.72 \times 10^{-3} / 10^{-6}$$

$$= 72,720 \text{ ohm}$$

Entonces R20 es un potenciómetro de 100 kohm .

En la siguiente ilustración se muestra el por que es necesario controlar los tiempos de inspección y de rechazo (Fig.12)

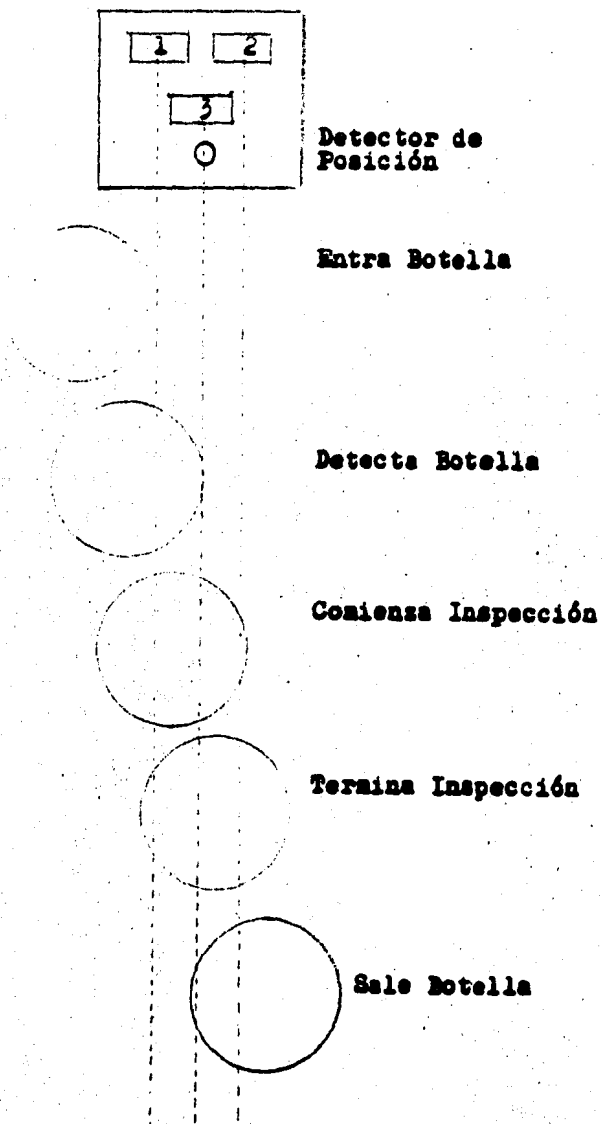


Fig. 12

Todos los potenciómetros son del tipo lineal y tienen las siguientes resistencias residuales máximas:

|            |          |
|------------|----------|
| 1000 ohm   | 20 ohm   |
| 22000 ohm  | 400 ohm  |
| 47000 ohm  | 1000 ohm |
| 100000 ohm | 2000 ohm |

C A P I T U L O VI .

COMPUERTA LOGICA .

La compuerta lógica tiene como función combinar las señales de los circuitos detectores de partículas y del detector de botellas en inspección. Cuando cualquiera de las fotoceldas no recibe un nivel adecuado de luz, el comparador de voltaje convierte la señal a un "0", si al mismo tiempo el detector de botella en inspección está mandando un "1", ya que la luz infrarroja se bloquea, entonces la combinación de ambas señales "0" y "1" mandan actuar al relevador que energiza al sistema de rechazo.

Cuando el nivel de luz en las tres fotoceldas es alto, a la salida de los comparadores habrá un "1" y si hay botella en inspección también el detector de posición mandará un "1", entonces a la salida del circuito de rechazo habrá un "0".

El siguiente es el diagrama del circuito lógico (Fig. 13)

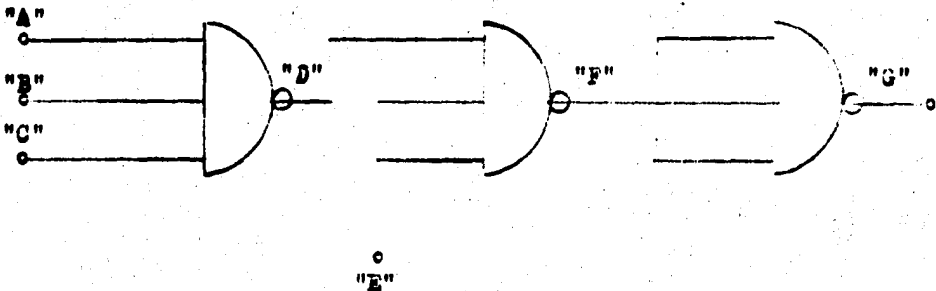


Fig. 13

Las entradas A, B y C son las salidas de los tres circuitos de detección de partículas, la entrada E es la del circuito de detector de botella en inspección.

La tabla de verdad del primer circuito es la siguiente:

| A | B | C | D |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 0 | 0 | 1 |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 1 | 0 | 1 | 1 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |
| 1 | 1 | 1 | 0 |

La tabla de verdad del segundo circuito es la siguiente:

| D | E | F | G |
|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 0 |
| 1 | 0 | 1 | 0 |
| 1 | 1 | 0 | 1 |

Para este circuito se ha elegido el integrada 7410 que constata de tres compuertas NAND de tres entradas cada una. El diagrama empleando este circuito es el de la Figura 14 .

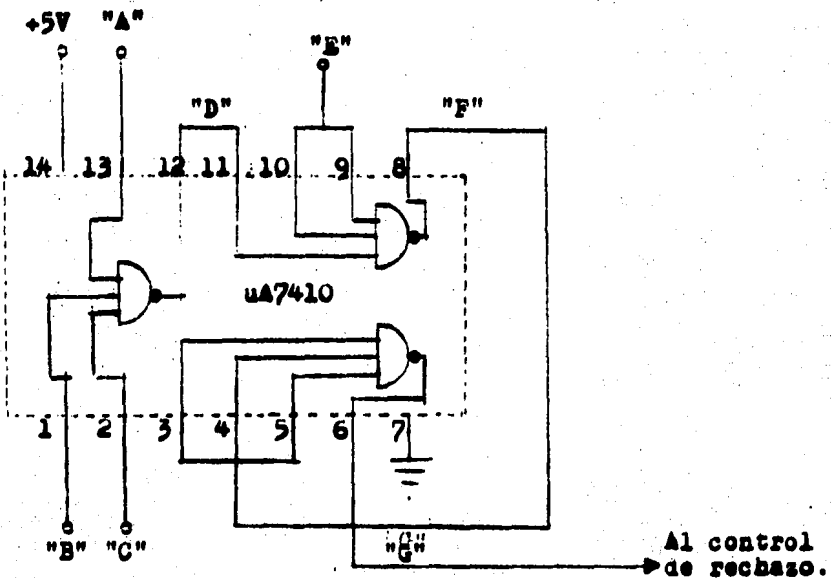


Fig. 14

## C A P I T U L O VII .

### CONTROL DE RECHAZO.

El ajuste del tiempo de disparo se ha diseñado usando dos circuitos monoestable empleando dos circuitos integrados 555.

Como su nombre lo indica, éste multivibrador tiene un estado en cualquiera de dos regiones, es decir saturación y corte. Un pulso externo de disparo hace que el circuito monoestable - pase de una región a otra, solo que después de cierto período, determinado por la constante de tiempo del circuito, el monoestable volverá a su estado original.

En el dibujo se muestra el diagrama de bloques del circuito integrado 555. El circuito incluye dos comparadores, un flip-flop y un paso de salida con niveles compatibles con circuitos de la familia TTL.

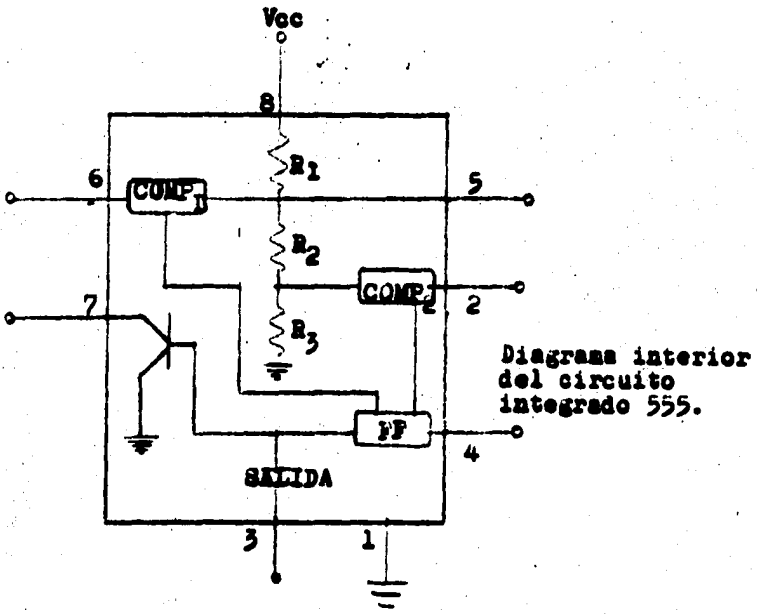


Fig. 15

Para su aplicación como monoestable el circuito se conecta como se muestra en la figura 16:



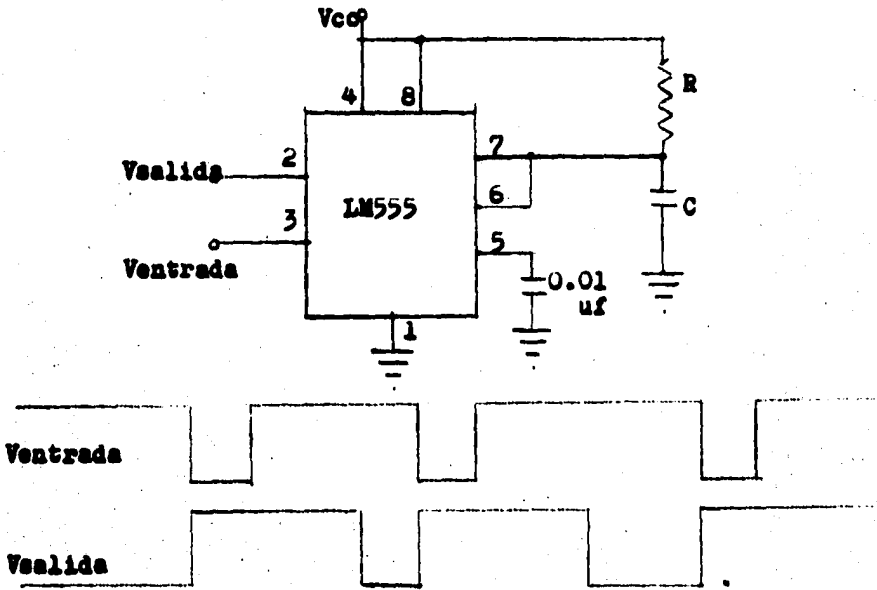


Fig. 16

El flip-flop se encuentra originalmente en el estado  $Q=0$  y  $\bar{Q}=1$ , y el transistor de descarga mantiene al capacitor C descargado.

Al aplicar un pulso negativo de disparo, el comparador 2 cambia de estado al flip-flop. El capacitor tiende a cargarse al voltaje  $V_{cc}$ , constante de tiempo  $T=RC$ ; cuando  $V_c$  alcanza al valor  $2/3V_{cc}$  el comparador 1 cambia de estado nuevamente al flip-flop, descargando C rápidamente, volviendo la salida a un voltaje bajo.

El tiempo de duración del pulso positivo de salida resulta entonces:

$$t_p = \tau \ln(V_{cc} / (V_{cc} - 2/3V_{cc}))$$
$$= \tau \ln 3$$
$$= 1.1\tau$$

Para conseguir ajustar tanto el tiempo de retardo del pulso de rechazo, así como la duración de este se conectan dos monostables en serie; el primero de ellos controla el retardo y el segundo la duración del pulso actuador.

El circuito se puede observar en la figura 17.

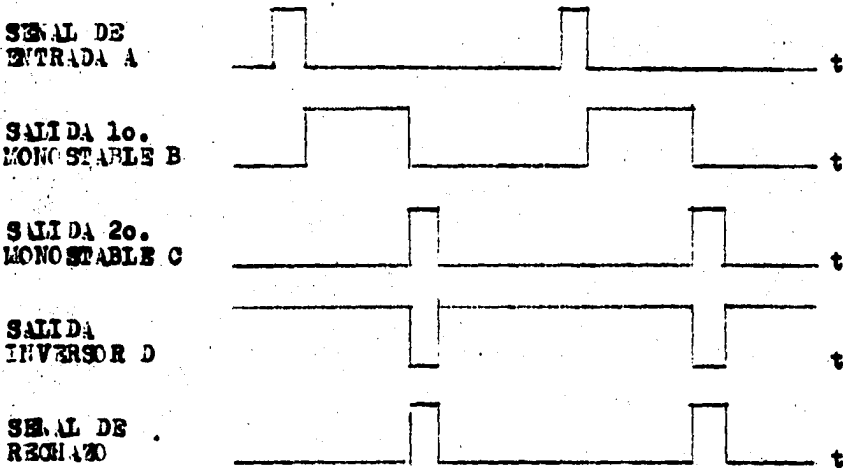
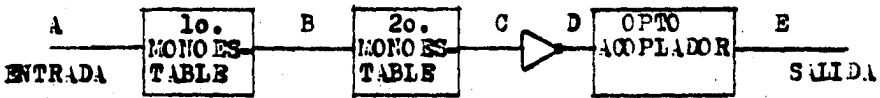


Figura 17

Para obtener los valores del primer monostable es necesario saber aproximadamente a que distancia será retirada la botella, así como el diametro y la velocidad de trabajo, desde luego será solo retirada aquellas botellas que contengan alguna partícula en su interior.

Si tomamos como referencia que después de ser inspeccionada la botella sea rechazada 70 cm adelante, hay que calcular los tiempos para velocidad máxima. La botella de 355 ml tiene ----

un diámetro máximo de 7 cm y la velocidad de producción es de 600 botellas por minuto (bpm) o sea 10 botellas por segundo - (bps) en 70 cm caben 10 botellas.

El tiempo necesario para recorrer el equivalente a 10 botellas es:

$$t = 10 \text{ botellas} / 10 \text{ bps}$$

$$= 1 \text{ seg.}$$

Aplicando la fórmula para obtener el tiempo de sostenimiento de un monostable tenemos:

$$t_{\text{atraso}} = 1.1 \tau$$

Despejando:

$$\tau_{\text{atraso}} = 1 / 1.1$$

$$= 0.909$$

Como  $t = R_{21} C_{10}$  y dando un valor de  $C = 40 \mu\text{fd}$  calculamos  $R_{21}$ :

$$R_{21} = \tau_{\text{atraso}} / C_{10}$$

$$= 0.909 / 40 \times 10^{-6}$$

$$R_{21} = 22.750 \text{ kohm.}$$

Para una velocidad de 300bps tenemos que:

$$t_{\text{atraso}} = 10 \text{ botellas} / 300 \text{ bps}$$

$$= 2 \text{ seg.}$$

Por lo tanto:

$$\tau_{\text{atraso}} = 2 / 1.1$$

$$= 1.818$$

Usando el mismo capacitor  $R_{21}$  tendrá un valor de:

$$R_{21} = 1.818 / 40 \times 10^{-6}$$

$$= 45.50 \text{ kohm}$$

Por lo que el potenciómetro será de 47 kohm de la marca - Apesa y tiene una resistencia máxima de 1000 ohm.

Para el tiempo que durará el pulso de rechazo tenemos que si se desea que el pulso dure un máximo de 20mseg y mínimo --- 7mseg ya que este es el valor mínimo recomendado por el fabricante del relevador se calcula lo siguiente:

$$\tau_{\text{duración}} = t_{\text{duración}} / 1.1$$

Sustituyendo valores:

$$\tau_{\text{duración}} = 20 \times 10^{-3} / 1.1$$
$$= 18.18 \times 10^{-3}$$

$$\tau_{\text{duración}} = R_{22} C_{12}$$

Si C=40mfd entonces R<sub>22</sub> será:

$$R_{22} = \tau_{\text{duración}} / C_{12}$$
$$= 18.18 \times 10^{-3} / 40 \times 10^{-6}$$

$$R_{22} = 454.45 \text{ ohm}$$

Para 7mseg R<sub>16</sub> valdrá:

$$\tau_{\text{duración}} = 7 \times 10^{-3} / 1.1$$
$$= 6.36 \times 10^{-3}$$

$$R_{22} = 6.36 \times 10^{-3} / 40 \times 10^{-6}$$

$$R_{22} = 159.09 \text{ ohm}$$

Por lo tanto R<sub>22</sub> será un potenciómetro de 470 ohm de la marca Apesa y que tiene una resistencia residual de 10 ohm - máxima.

Para evitar que se retroalimente ruido al sistema electrónico cada vez que entre la bobina de rechazos, se ha colocada entre la salida del circuito de disparo y la bobina un optoacoplador marca HIT modelo SP5000, el cual tiene las siguientes características importantes:

$$\begin{aligned}V_f &= 3V \\I_f &= 80mA \\I_c &= 10mA \\V_{ce} &= 10V\end{aligned}$$

Con estos datos procedemos a calcular la resistencia del colector.

$$\begin{aligned}R_{23} &= (V_{cc} - V_{ce}) / I_c \\R_{23} &= (15 - 10) / (5 \times 10^{-3}) \\R_{23} &= 1000 \text{ ohm.}\end{aligned}$$

La bobina de rechazo es una bobina marca Scharck tipo --- EP-130006, es decir, con contacto normalmente abierto y bobina de 6VCD, consume 500mV y su resistencia óhmica es de 80 ohm.- Para bajar el voltaje a los 6V requeridos en la bobina se coloca una resistencia en serie con la bobina. Se calcula como sigue:

$$\begin{aligned}R_{24} &= (V_{ce} / I_c) - R_{bobina} \\R_{24} &= (10 / 5 \times 10^{-3}) - 80 \\R_{24} &= 1920 \text{ ohm.}\end{aligned}$$

Por lo que R24 es un potenciómetro de 2200 ohm, tipo lineal con una resistencia residual de 100 ohm.

El dibujo final se muestra en la figura 18.

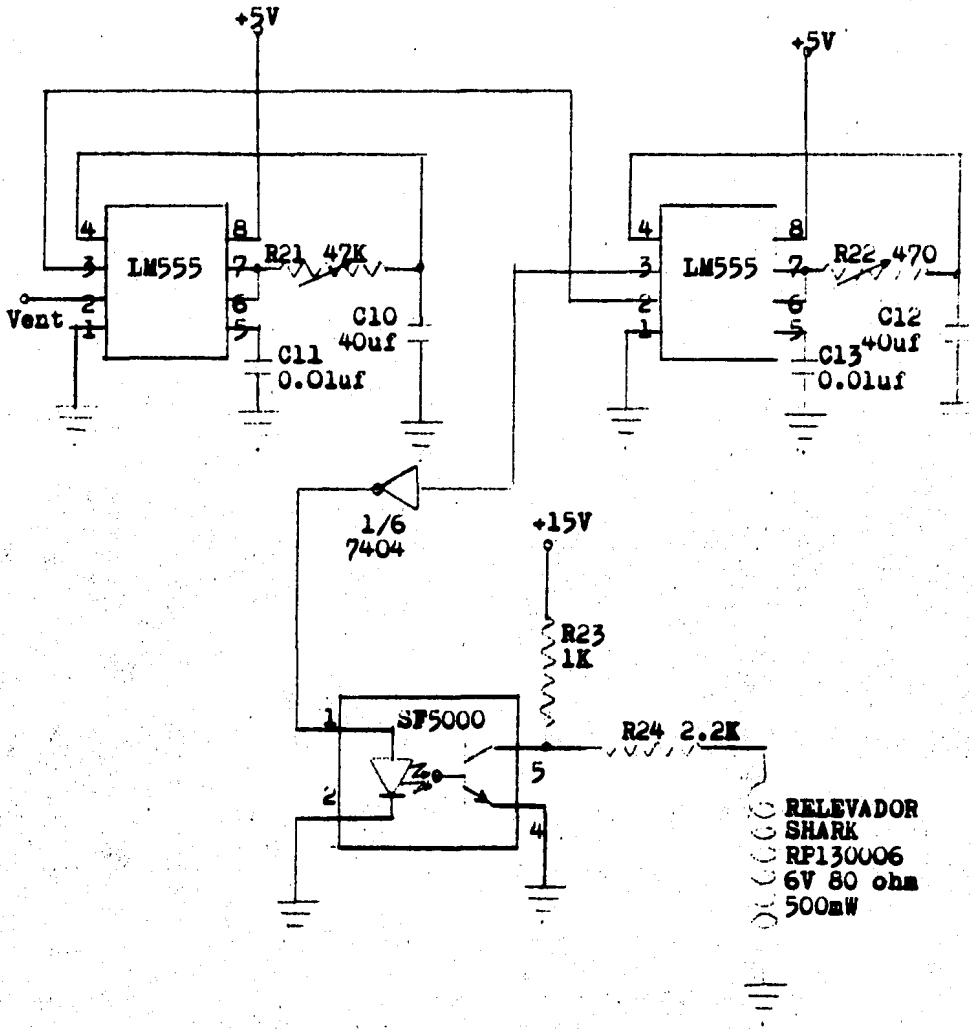


Figura 18.

C A P I T U L O VIII.

CONTADOR TOTALIZADOR.

El circuito contador totalizador es una serie de 6 contadores de década número 7490 conectados adecuadamente para contar hasta 999,999.

El pulso de reloj es proporcionado por un fotodiodo Honeywell # PCLL con un sensor FE-1320A-1.

Un contador de década va cambiando los "0" y "1" (lenguaje binario) al lenguaje decimal. A continuación se muestra la equivalencia entre estos lenguajes:

| Decimal; | Binario: |
|----------|----------|
| 0        | 0000     |
| 1        | 0001     |
| 2        | 0010     |
| 3        | 0011     |
| 4        | 0100     |
| 5        | 0101     |
| 6        | 0110     |
| 7        | 0111     |
| 8        | 1000     |
| 9        | 1001     |

Como se observa, es necesario que el contador de década - tenga cuatro flip-flops integrados y se restablezca a cero --- cuando llegue al número nueve (1001).

El circuito integrado 7490 tiene la ventaja de traer ya interiormente una compuerta AND que restaura el conteo cuando las salidas conectadas a ellas es alto.

Para llevar la cuenta hasta 999,999 será necesario conectar seis circuitos integrados 7490 .

Con objeto de simplificar solo se muestra la conexión --- completa del primer contador ó sea el que cuenta las unidades. (Figura 19).

Como decodificador para exitar al display de siete segmentos se emplea el circuito integrado 9317B de Farchild y como display el circuito integrado FCS8024 de la misma marca,el --- cual consta de cuatro digitos y también se usa el circuito --- FND850 que es de dos digito,para así completar los números necesarios para llevar la cuenta hasta el 999,999.

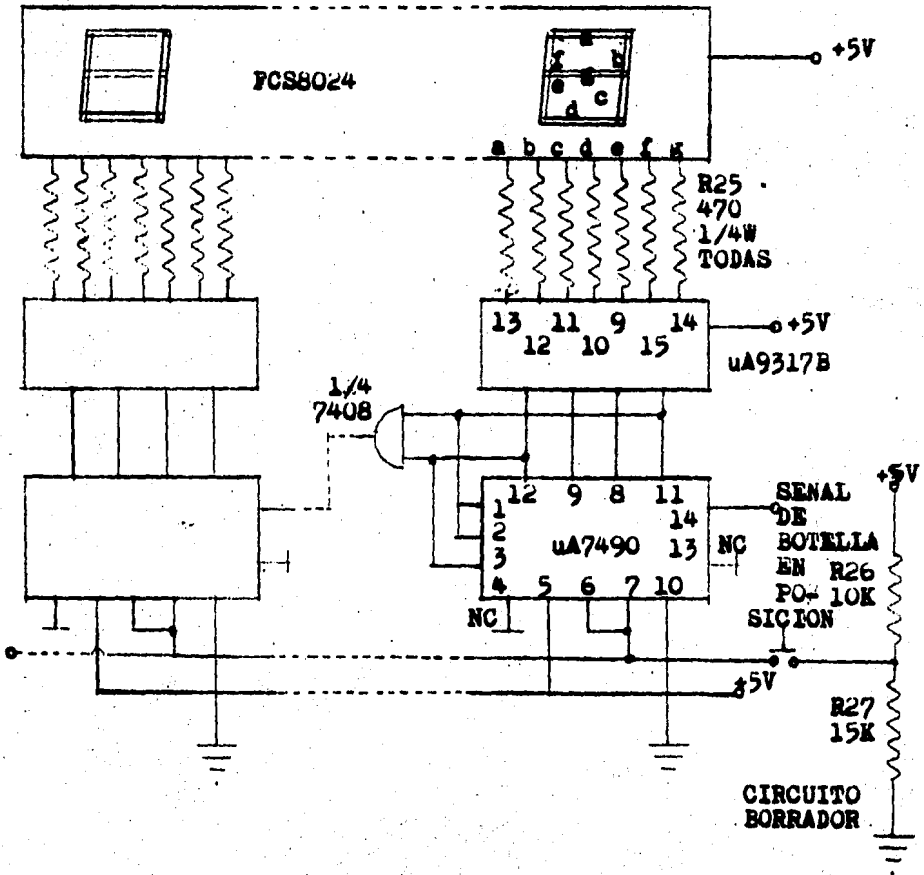


Figura 19.



La compuerta AND exterior tiene como función que al llegar el noveno pulso (1001) se prepare el siguiente contador, de tal manera que al llegar el décimo pulso el contador anterior se vuelve a ceros y el siguiente contador avance. La compuerta AND es un circuito integrado 7408 con cuatro compuertas cada uno ( se emplean dos para los seis display's).

Es importante que el fotodiodo este viendo exactamente la corona de la botella, ya que en botellas transparentes contaría dos veces, una al entrar la botella y otra al salir si estuviera más abajo.

Para restablecer todo el contador a ceros se alimenta un "1" a las patas 6 y 7 de cada uno de ellos, quedando de esta manera listos para volver a comenzar a contar.

Como los led's trabajan a 1.65V y 8mA, abrá que limitar la corriente y el voltaje colocando una resistencia entre los diodos y el voltaje de alimentación, como se muestra a continuación en la figura 20.

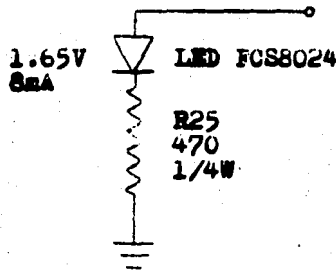


Fig. 20

La resistencia tendrá un valor de:

$$R25 = (V_{cc} - V_f) / I_f$$
$$R25 = (5 - 1.65) / (8 \times 10^{-3})$$
$$R25 = 418.75 \text{ ohm .}$$

Por lo que las resistencias serán de 470 ohm a 1/4 de watt

Para obtener los 3V necesarios para borrar el contador se usa un divisor de voltaje sencillo. El valor de los resistores es:

Si  $R_{26}$  vale 10 Kohm entonces  $R_{27}$  valará :

$$R_{27} = (R_{26}(V_{cc} - V_R)) / V_R$$

$$R_{27} = (10\ 000)(5-2) / 2$$

$$R_{27} = 15\ \text{Kohm}$$

### C A P I T U L O   I X .

#### CONTADOR DE BOTELLAS RECHAZADAS.

El contador de botellas rechazadas es muy similar al contador totalizador, solo que en lugar de tomar la señal de un fotodiodo la toma de la salida de la compuerta lógica y es una señal cuadrada de 3V, así que cada vez que un pulso es enviado para retirar una botella, también el contador lo recibe.

El contador de botellas rechazadas esta formado de cuatro circuitos integrados 7490, con sus respectivos decodificadores 9317B y como display se emplea el FCS8024 de cuatro dígitos, - para la secuencia entre contadores se emplea un circuito 7408 de cuatro compuertas AND. El circuito es el que ilustra a continuación Figura 21.

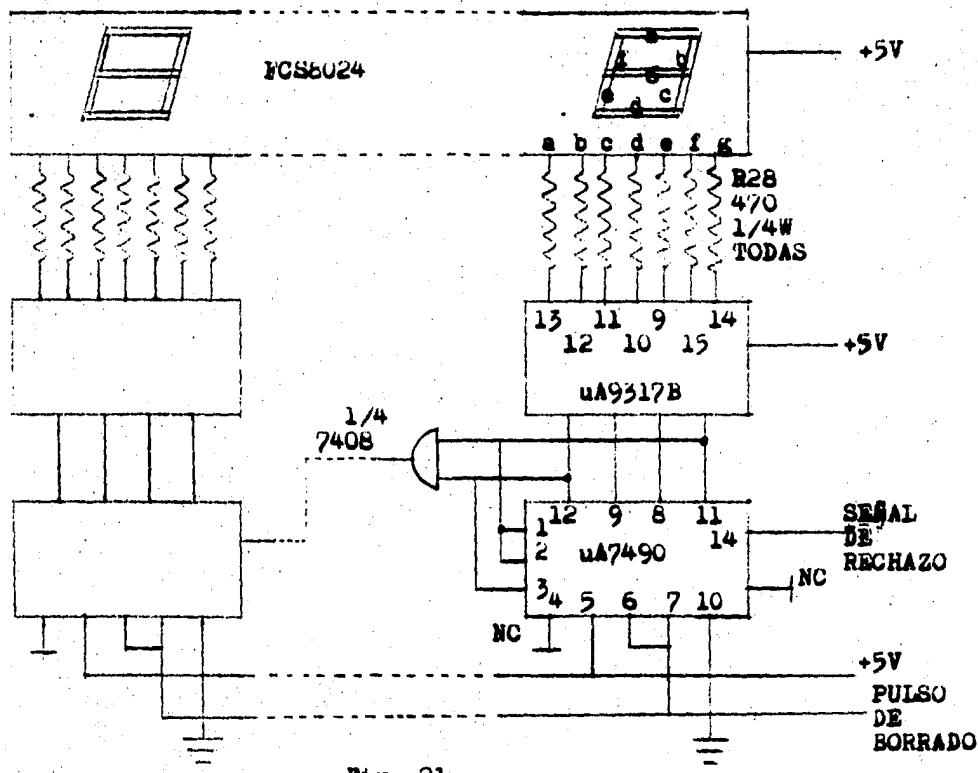


Fig. 21

Para poner a ceros el contador de rechazo se alimenta un pulso a las patas 6 y 7 de cada contador de década. Este pulso es tomado del mismo borrador del contador totalizador.

Para limitar el voltaje y la corriente en los diodos, hay que intercalar resistencia entre estos y la fuente de alimentación. Como la corriente a través de ellos es de 8mA y el voltaje de 1.65 V, las resistencias serán de:

$$R_{28} = (V_{cc} - V_f) / I_f$$

$$R_{28} = (5 - 1.65) / (8 \times 10^{-3})$$

$$R_{28} = 418 \text{ ohm.}$$

Las resistencias más cercanas comercialmente son de 470 - ohm y bastará que disipen 1/4 de watt.

C A P I T U L O X .

MODULO DE COMPROBACION I (OSCILADOR SENOIDAL).

El módulo de comprobación I tiene como función verificar y auxiliar cuando sea necesario los módulos preamplificadores, los módulos amplificadores y los módulos comparadores. Esto se logra inyectando una señal senoidal a la entrada de cada uno de ellos y de esta forma producir un rechazo. Si esto no sucede en alguno de los modulos significa que se encuentre dañado.

El módulo de comprobación es un circuito oscilador "Puen- te de Wein" y se inyecta su señal mediante interruptor tipo -- "cola de rata".

El circuito es el siguiente (figura 22) .

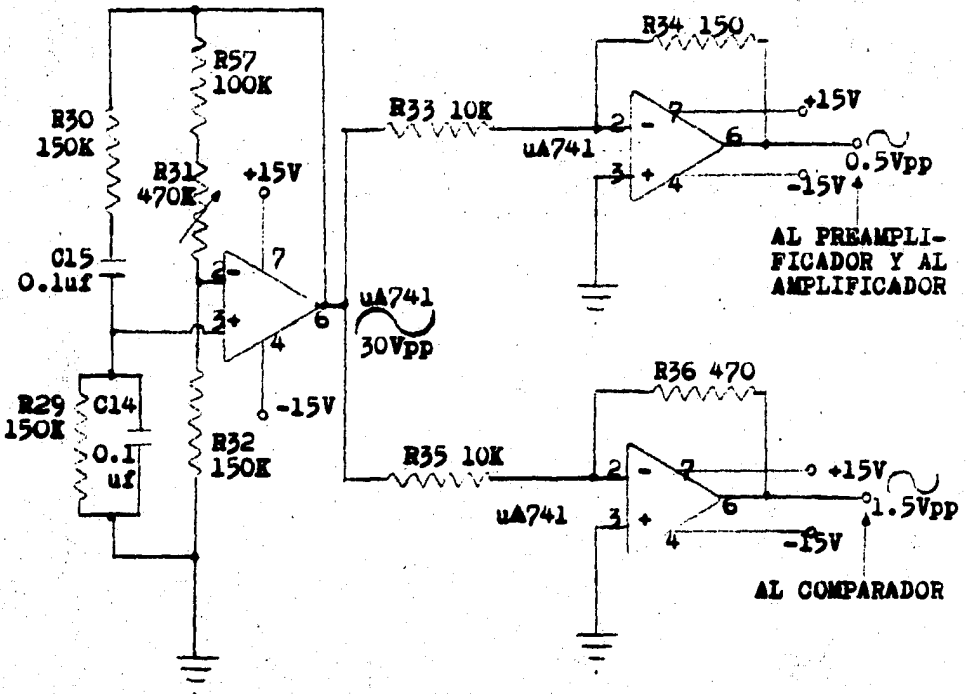


Fig. 22

Las condiciones para que este circuito oscile son:

$$R29=R30$$

$$R31 = 3 R32$$

$$C14 = C15$$

La frecuencia de oscilación esta dada por:

$$f_0 = 1/2\pi R30 C15$$

Si deseamos tener una frecuencia de 10Hz y hacemos  $C15=C_{luf}$  entonces R30 será:

$$R30 = 1/(2\pi \times 0.1 \times 10^{-6} \times 10)$$

Sustituyendo valores R30 tiene un valor de:

$$R30 = 159 \text{ kohm.}$$

Por lo que R30 es una resistencia de 150 Kohm, y R29 también es una resistencia de 150 kohm.

Si R32 también es una resistencia de 150 kohm entonces:

$$R31 = 3R32$$

$$R31 = 3 \times 150$$

$$R31 = 450 \text{ kohm}$$

Como no existe este valor comercialmente entonces R30 tendrá que ser un potenciómetro de 470 kohm tipo lineal con una resistencia residual máxima de 10 kohm. Dado que el valor máximo del potenciómetro está muy cercano al de la resistencia necesaria es conveniente conectar en serie con el potenciómetro una resistencia de 100 kohm para facilitar el ajuste a 450 kohm exactos.

Para bajar el voltaje de salida del oscilador al de entrada de los módulos se conecta un amplificador operacional usado como divisor de voltaje para acoplar impedancias. La ganancia de este circuito es:

$$A = R34/R33 = V_s/V_{ent.}$$

Si el voltaje de entrada al divisor es de 30Vpp y el voltaje para alimentar señal al módulo amplificador es de 0.5V positivos habrá que reducir la señal a la salida del divisor, por

lo que el voltaje de salida del divisor será:

$$V_o = 0.5 V_{pp}$$

Si a  $R_{33}$  le damos un valor de 10 kohm entonces  $R_{34}$  valdrá

$$R_{34} = -R_{33}(V_o/V_1)$$

Sustituyendo valores:

$$R_{34} = -10 \times 10^3 (0.5/30)$$

$$R_{34} = 166.6 \text{ ohm.}$$

Entonces  $R_{34}$  es una resistencia de 150 ohm comercial.

La señal del comparador debe de ser de 1.5V por lo que la salida de este divisor es de :

$$V_o = 1.5 V_{pp}$$

Si  $R_{35}$  tiene un valor de 10 kohm,  $R_{36}$  valdrá:

$$R_{36} = -10 \times 10^3 (1.5/30)$$

$$R_{36} = 500 \text{ ohm}$$

Entonces  $R_{36}$  es una resistencia de 470 ohm .

C A P I T U L O X I .

MODULO DE COMPROBACION II (GENERADOR DE ONDA CUADRADA).

El módulo de comprobación II tiene como función poder localizar fácilmente fallas en los módulos de compuerta lógica, en el de rechazo y en los contadores totalizador y de rechazos, inyectando una señal cuadrada a la entrada de cada uno de ellos.

El modulo de comprobación II es un oscilador ó multivibrador estable, el cual como su nombre lo indica, tiene dos estados inestables por lo que al terminar uno comienza el otro con otro período después del cual regresa al anterior, volviéndose a repetir el ciclo.

El multivibrador estable es un circuito integrado 555 conectado de la siguiente manera (Fig. 23)

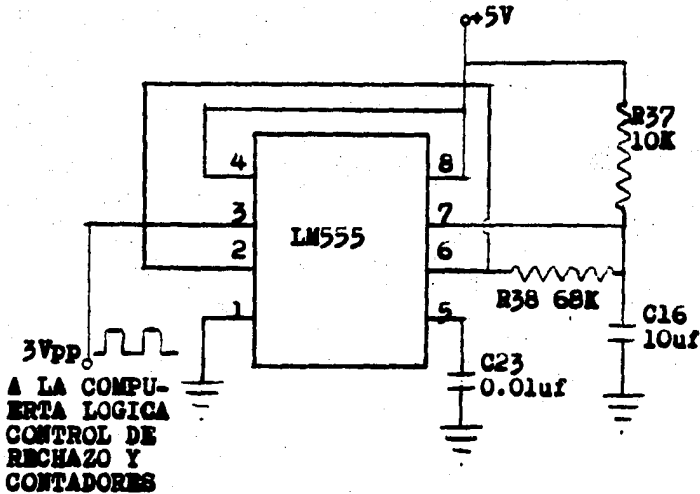


Fig. 23

El período de tiempo de voltaje alto se calcula por:

$$T1=0.69(R37+R38)C16$$

y el período de tiempo de voltaje bajo es:

$$T2=0.69 R38 C16$$



Si deseamos que T1 valga 0.5 seg. y damos a C16 un valor de 10 $\mu$ f y a R37 uno de 10 kohm, entonces R38 vale:

$$R38 = (T1 - 0.69C16) - R37$$

Sustituyendo valores:

$$R38 = (0.5 / 0.69 \times 10 \times 10^{-6}) - 10000$$

$$R38 = 62,463 \text{ ohm}$$

Por lo que R38 es una resistencia comercial de 68 kohm.

T2 valdrá entonces:

$$T2 = 0.69 \times 68 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}$$

$$T2 = 47 \text{ mseg.}$$

Para obtener los 3V que necesitan los modulos como señal se alimenta el circuito LM555 con 5V que es el recomendado para este circuito integrado, recordando que el voltaje de salida es aproximadamente 2/3 del voltaje de entrada.

## C A P I T U L O X I .

### FUENTE DE ALIMENTACION.

La fuente de alimentación es la encargada de proporcionar el voltaje y la corriente suficiente para que el inspector electrónico trabaje adecuadamente.

Para saber la potencia necesaria se han sumado todas las potencias máximas del cabezal, como se observa en esta tabla:

| Circuito<br>Número. | Número de<br>Circuitos. | Potencia por<br>Circuito. | Potencia<br>Total. |
|---------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------|
| LM102               | 6                       | 500mW                     | 3W                 |
| LM101               | 3                       | 500                       | 1.5W               |
| LM107               | 3                       | 500                       | 1.5                |
| 741                 | 6                       | 500                       | 3                  |
| 710                 | 3                       | 300                       | 0.9                |
| 7410                | 1                       | 500                       | 0.5                |
| Bobina Sharc        | 1                       | 500                       | 0.5                |
| 555                 | 5                       | 600                       | 3                  |
| FOSSQ24             | 2                       | 400                       | 0.8                |
| FNDB50              | 1                       | 500                       | 0.5                |
| 7408                | 2                       | 500                       | 1.0                |
| 7404                | 1                       | 500                       | 0.5                |
| Transistor NPN      | 2                       | 5W                        | 10                 |
| Transistor PNP      | 2                       | 5W                        | 10                 |

Entonces la corriente total directa será de:

$$\begin{aligned} I &= P/V \\ &= 37.7/36 \\ &= 102 \text{ Amp.} \end{aligned}$$

Si tomamos un factor de seguridad de 3 entonces la corriente deberá ser de 3 amperios, que es la corriente con que se calculará la fuente de voltaje.

En realidad la fuente son dos circuitos independientes. - Uno de ellos suministra el voltaje positivo y negativo para los amplificadores operacionales que es de +15V y de -15V y al otro

suministra +5V para todos los circuitos lógicos y display's.

El diagrama de la fuente de alimentación se muestra en la siguiente página (Fig.24).

Para obtener los datos del transformador procedemos como sigue:

Si el primario tiene 1000 vueltas, el número de espira - para obtener los 36Vrms necesarios para conseguir +15 y -15 -- volts, siendo el voltaje primario de 115V es en el secundario de:

$$\begin{aligned}NS &= (V2/VP) NP \\NS &= (36/115) \times 1000 \\NS &= 313 \text{ espiras.}\end{aligned}$$

Como el lado secundario va a trabajar con 3 amperios, el calibre del conductor es del número 20 .

La corriente a través del primario es:

$$\begin{aligned}Ip &= Is(NS/Np) \\I1 &= 3(313/1000) \\I1 &= 0.9 \text{ Amp.}\end{aligned}$$

Entonces el calibre del conductor del embobinado primario es del número 22 .

El puente de diodos para rectificar el voltaje para los amplificadores operaciones es un HIT número de catálogo SRO882 el cual tiene un voltaje inverso de 200V y una corriente de con--ducción en directa de 27 Amp.

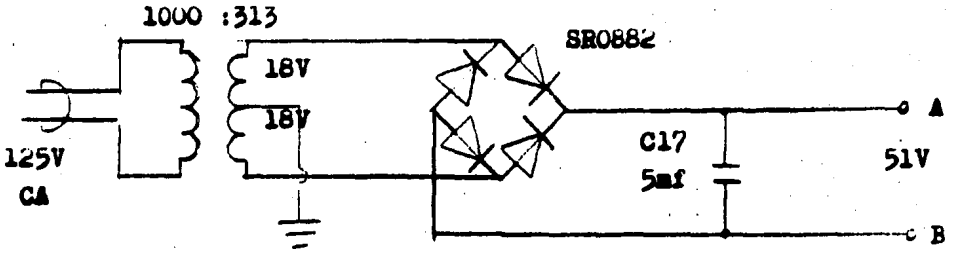
El valor de la capacitancia necesaria se obtiene con ayuda de la ecuación siguiente:

$$C_{17} = TV_{pico} / (2 \sqrt{2} V_{riso} R_{carga})$$

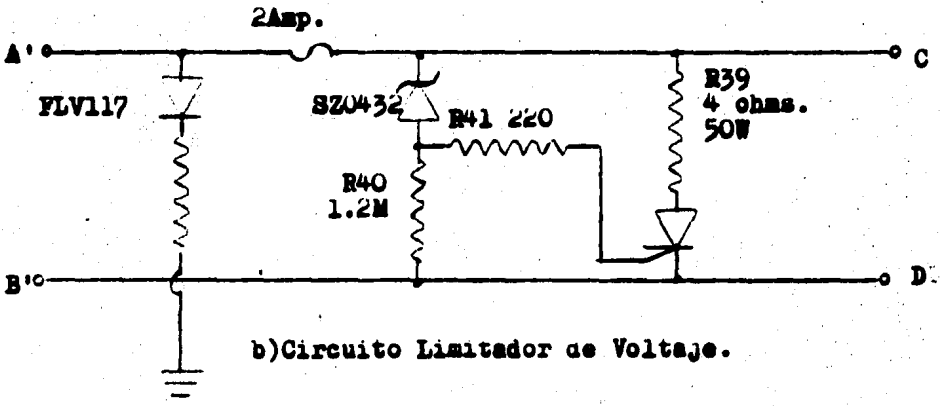
Donde:

T = Período de la frecuencia de entrada al - capacitor.

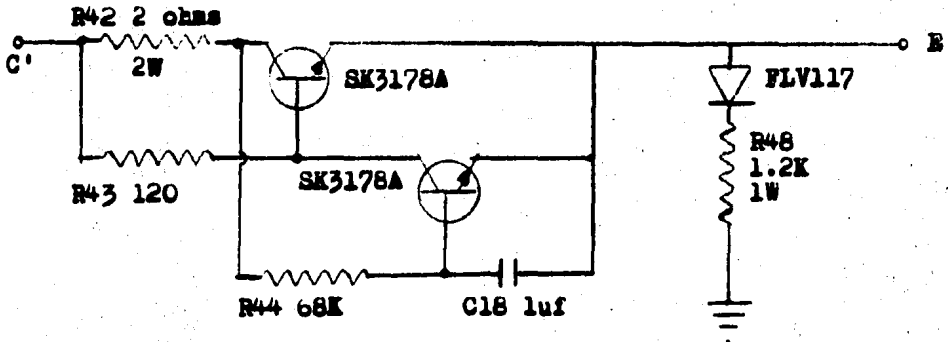
Como se trata de un rectificador de onda completa.



a) Circuito Rectificador.

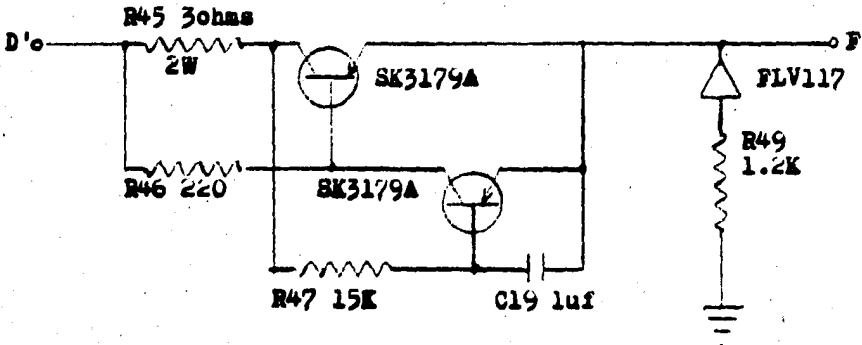


b) Circuito Limitador de Voltaje.

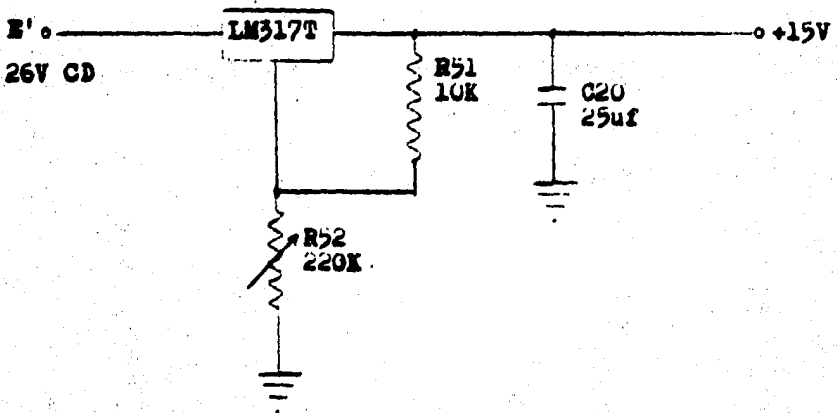


c) Circuito Limitador de Corriente Positivo.

Figura 24.

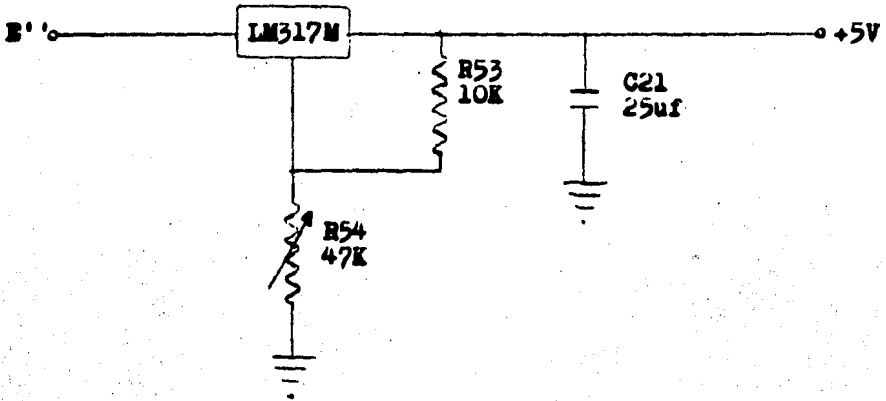


d) Circuito Limitador de Corriente Negativa.

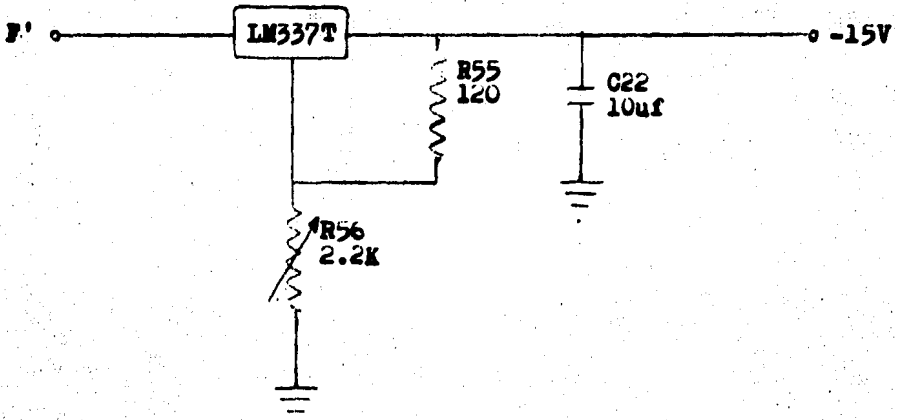


e) Circuito Regulador de Voltaje +15V.

Figura 24 II



f) Circuito Regulador de Voltaje +5V



g) Circuito Regulador de Voltaje -15V

Figura 24 III

$$f=120\text{Hz y } T= 1/f$$

$$V_{\text{pico}} = V_{\text{rms}} / 0.707$$

$$= 36/0.707$$

$$= 51\text{V}$$

Vrizeo = Voltaje de variación que se desea tener. Para esta fuente se desea que la variación máxima sea del 5% del voltaje pico nominal. Por lo tanto:

$$V_{\text{rizeo}} = 51 \times 0.05$$

$$V_{\text{rizeo}} = 2.54\text{V}$$

Rcarga = Para el peor de los casos, la resistencia de carga se obtiene dividiendo el voltaje de carga de CD entre la -- máxima corriente de carga especificada.

$$R_{\text{carga}} = V_{\text{cd}}/I_{\text{max}}$$

$$R_{\text{carga}} = 51/3$$

$$R_{\text{carga}} = 17 \text{ ohm}$$

Con estos datos procedemos a calcular la capacitancia necesaria:

$$C_{17} = (1/120)(51)/(2\sqrt{2} \times 2.54)$$

$$C_{17} = 3479 \text{ uf}$$

Esta capacitancia puede obtenerse conectando en paralelo dos capacitores de 2500uf cada uno a un voltaje de 100VCD.

Como se muestra en el diagrama, la fuente de alimentación esta protegida contra sobrecarga de voltajes por un circuito - tipo "crowbar". Bajo operación normal, el voltaje del SCR está por debajo del valor del voltaje de rompimiento del ánodo. Además este voltaje del SCR, también es menor al voltaje de ruptura del diodo Zener, así que el Zener no está conduciendo. El voltaje de avalancha de dicho diodo se escoge de tal manera que - una sobrecarga en el voltaje de alimentación, ocasionaría que el Zener condujera. La corriente que circula a través del Zener produce un potencial positivo en la compuerta del SCR, lo cual hace que éste se dispare. Como el valor de la resistencia R39 es muy baja, el SCR toma una gran cantidad de corriente de la fuente y abre el ruptor de circuito, protegiendo de esa forma a la carga de un voltaje excesivo.

El criterio para seleccionar al SCR es que tenga un voltaje de rompimiento mayor a los 51V y un valor de corriente lo suficientemente grande para accionar el ruptor del circuito, -- por lo que se ha escogido un HIT número SR1216, ya que tiene un un voltaje de rompimiento directo de 60V y un valor de corriente continua directa de ánodo de 4 A. El valor de la sobre corriente es de 18A. Dicho valor de corriente se limitará a 12A, los que harán que se habrá rápidamente el ruptor del circuito que es de 2A. La resistencia  $R_{39}$  tendrá un valor de:

$$R_{39} = 51/12$$

$$R_{39} = 4.25 \text{ ohm}$$

Entonces  $R_{39}$  es una resistencia de 4 ohm de alambre capaz de soportar los 12 A o sea de 50W .

El diodo Zener debe tener 56V como valor de voltaje de avalancha. Se usará un 8Z0432 . Dicho Zener de silicio tiene un voltaje de avalancha de  $56 \pm 10\%$  y una disipación de potencia de 1 W. Su corriente de fuga es de 5 uA. La compuerta del SR1216 no dispara un voltaje menor a 6V para temperatura de  $75^{\circ}\text{C}$ . -- Por lo tanto se escoge  $R_{40}$  para tener un valor de 6V:

$$R_{40} = 6 / (5 \times 10^{-6})$$

$$R_{40} = 1.2 \text{ Mohm}$$

Las unidades del SR1216 se dispararán para valores de voltaje de compuerta entre 2.6 y 6V. Por lo que, si el Zener tiene un voltaje de avalancha de 56V, el SCR se disparará cuando aumente el voltaje de la fuente de alimentación a un valor mayor de 50V.

El resistor  $R_{41}$  sirve para limitar la corriente que circula hacia la compuerta del SCR. La compuerta puede soportar una -- sobre corriente de 250 mA durante 8 ms. Sin embargo, el diodo Zener solo puede soportar /6 mA. Si la sobretensión esperada -- es de 60V, la corriente a través de  $R_{41}$  será:



$$I_{R_{41}} = (60-56)/(1.2 \times 10^6) \\ = 3.3 \text{ mA}$$

Ya que esta corriente es despreciable comparada con los 16 mA, el valor de  $R_{41}$  es:

$$R_{41} = (60-56)/0.016$$

$$R_{41} = 250 \text{ ohm}$$

Se usará un resistor de 220 ohm .

Los transistores tienen como objeto limitar la corriente en la carga. Cuando existe un cortocircuito y la corriente aumenta considerablemente, toda la corriente es desviada a estos transistores, evitándose que se dañen los demás dispositivos electrónicos del cabezal.

Este circuito limitador de corriente tiene la ventaja de que no disipa una gran cantidad de potencia, porque la corriente de carga se reduce a una pequeña fracción de su valor máximo, tan pronto se alcanza dicho valor máximo.

En dicho circuito la carga circula a través de  $R_{42}$  y produce una caída de voltaje (cerca de 2V). El resistor  $R_{43}$  es menor que  $R_{42}$  así que el transistor T1 está normalmente en saturación con solo un pequeño valor de  $V_{ce_1}$ . El transistor no conducirá hasta que  $V_{ce_1}$  alcance cerca de 0.5V (transistor de silicio). Entonces el transistor T2 comienza a conducir  $I_{c_2}$  toma la corriente de base del transistor T1 y lo saca de su estado de saturación. Esta acción incrementa a  $V_{ce_1}$  y por lo tanto -- incrementa la polarización directa de T2. Este proceso es acumulativo ó regenerativo, así que el transistor T1 se corta -- rápidamente y la única corriente que circula hacia la carga debe hacerlo a través de  $R_{43}$  y  $R_{44}$  .

Pero generalmente, solo circulan corrientes de base dentro de estos resistores. Por lo tanto, únicamente se permiten corrientes mucho menores que la corriente a plena carga. El transistor se satura, y como consecuencia no tiene una disipación considerable. Sin embargo debe conducir, sin ningún riesgo la

corriente  $V$  entrada/ $R_{43}$ .

El circuito no se recobrará aunque se quite el corto hasta que cese el voltaje de entrada, lo cual vuelve a establecer las condiciones iniciales en el circuito. Se incluye el capacitor -  $C_{18}$  para que la respuesta del circuito sea lenta y, de esa manera al circuito no le afecten las cargas capacitivas.

$R_{44}$  debe ser menor que  $B R_{43}$ .

Para el calculo de los resistores se han considerado que el voltaje de entrada es de 26.5V (51Vpp/2), que la corriente máxima de carga en la línea positiva es de 1A, y que la caida de tensión en el resistor  $R_{42}$  es de 2V.

Con estos datos procedemos a calcular  $R_{42}$ ;

$$R_{42} = V_{R_{42}} / I_{max}$$

$$R_{42} = 2 / 1$$

$$R_{42} = 2 \text{ ohm}$$

Por lo que  $R_{42}$  es una resistencia de 2 ohm a 2W

$$R_{43} < B R_{42}$$

$$R_{43} < 100 \times 2$$

$$R_{43} = 120 \text{ ohm}$$

Como  $R_{44}$  es menor que  $B R_{43}$ , entonces:

$$R_{44} < 100 \times 120$$

$$R_{44} = 68 \text{ Kohm}$$

La corriente de colector al sobrevenir un corto es de:

$$I_{c2} = V_{ent} / R$$

$$I_{c2} = 26.5 / 120$$

$$I_{c2} = 220 \text{ mA}$$

Con este dato se calcula la disipación necesaria del transistor:

$$P = (V_{ent})(I_{c2})$$

$$P = 5.83 \text{ W}$$

Por lo que se ha escogido un transistor SK3178A, el cual puede disipar hasta 10W, soportar 2A y 25V entre colector y emisor.

Para el calculo del limitador de corriente negativa se ha considerado una corriente máxima de 0.75A, que es el equivalente a la potencia de los circuitos que emplean alimentación negativa. La caída de tensión en el resistor R es de -2V, la ganancia de los transistores es de 100, y el voltaje de entrada es de -26.5V.

R<sub>45</sub> será de:

$$R_{45} = V_{R_{45}} / I_{max}$$

$$R_{45} = 2 / 0.75$$

$$R_{45} = 2.6 \text{ ohm}$$

Por lo que R<sub>45</sub> es una resistencia de 3 ohm a 2W

$$R_{46} < B R_{45}$$

$$R_{46} < 100 \times 3$$

$$R_{46} < 300 \text{ ohm}$$

Para que sea menor a R<sub>45</sub> entonces R<sub>46</sub> vale 220 ohm.

$$R_{47} < B R_{46}$$

$$R_{47} < 100 \times 220$$

$$R_{47} < 22000 \text{ ohm}$$

Entonces R<sub>47</sub> vale 15 kohm

La corriente de colector cuando ocurra un corto será de:

$$I_{c4} = V_{ent}/R$$

$$I_{c4} = 26.5/220$$

$$I_{c4} = 120 \text{ mA}$$

La potencia de disipación es para este transistor de:

$$P = (V_{ent})(I_{c4})$$

$$P = 26.5 \times 120 \times 10^{-3}$$

$$P = 3.18 \text{ W}$$

El transistor usado es un PNP marca SK3179A que puede disipar hasta 10W, soporta un voltaje de colector a emisor de --100V y 2A de corriente de colector.

Los capacitores recomendados para este tipo de limitador de corriente son de luf a 50VCD.

Los diodos indicadores de corriente son marca Farchild número de catálogo FLV117 el cual trabaja a 1.9V con una corriente de 20 mA, por lo tanto las resistencias  $R_{48}$  y  $R_{49}$  tienen un valor de:

$$R_{48} = (V_c - V_d)/I_d$$

$$R_{48} = (26.5 - 1.9)/0.02$$

$$R_{48} = 1230 \text{ ohm}$$

$R_{48}$  es un resistor de 1200 ohm a 1W .

El led indicador de sobrtensión es del mismo tipo que los indicadores de corriente y su resistencia vale, si la sobreten esperada es de 60V en el secundario del transformador:

$$R_{50} = (V_{sobret.} - V_d)/I_d$$

$$R_{50} = (60 - 1.9)/0.02$$

$$R_{50} = 2905 \text{ ohm}$$

Entonces  $R_{50}$  valdrá 3300 ohm a:

$$P = I_d^2 R_{49}$$

$$P = (0.02)^2 \times 3300$$

$$P = 1.32 \text{ W}$$

por lo que será de 2W.

Cuando se funda el fusible, este emisor encenderá, indicando la falla, mientras que en los limitadores de corriente cuando alguno encienda indicará que existe un corto en el cabezal.

Si se agrega posteriormente algún otro circuito tendrá que rediseñarse los circuitos limitadores.

El regulador integrado para obtener los 15 positivos es un LM317T capaz de soportar hasta 1.5A. El cálculo de las resistencias es como sigue:

$$V_{\text{salida}} = 1.25(1 - R_{52}/R_{51})$$

Si damos un valor de  $R_{51}$  igual a 10 kohm, entonces  $R_{52}$  es:

$$R_{52} = R_{51}((V_{\text{sal}}/1.25) - 1)$$

Sustituyendo valores:

$$R_{52} = 10000((15/1.25) - 1)$$

$$R_{52} = 110 \text{ kohm.}$$

Por lo que  $R_{52}$  es un potenciómetro de 220 kohm, marca Apeasa que tiene una resistencia residual de 10kohm.

El regulador integrado para los 15V negativos es un LM337T capaz de soportar -1.5 A y 15W. Sus elementos se calculan como sigue:

$$-V_{\text{salida}} = -1.25(1 - R_{56}/120)$$

Sustituyendo valores:

$$R_{56} = 120((15/1.25) - 1)$$

$$R_{56} = 1320 \text{ ohm.}$$

$R_{56}$  es un potenciómetro de 2.2 k $\Omega$  tipo lineal que tiene una resistencia residual de 100 $\Omega$  .

El capacitor del regulador negativo  $C_{22}$  es de 10  $\mu$ f y es recomendado por la National Semiconductor para mejorar la estabilidad del regulador, mientras que el capacitor C se usa cuando el regulador está a más de 4 pulgadas de la fuente de poder y es del mismo valor que el anterior.

En el caso del regulador positivo, el capacitor  $C_{20}$  es de 10  $\mu$ f y sirve para mejorar la respuesta del regulador a los -- transistores.

El regulador de voltaje para los circuitos lógicos que trabajan a 5V, es también un  $LM317M$ , capaz de proporcionar hasta 7.5W con una corriente de 0.5 A. Sus resistores se obtienen por la fórmula empleada para los elementos del regulador positivo - anteriormente visto:

$$V_{sal} = 1.25(1 + R_{52}/R_{51})$$

Si  $R_{51}$  tiene un valor de 10 k $\Omega$ , entonces  $R_{52}$  es:

$$R_{52} = 10 \times 10^3 ((5/1.25) - 1)$$

$$R_{52} = 30 \text{ k}\Omega$$

Por lo tanto,  $R_{52}$  es un potenciómetro tipo lineal de 47 k $\Omega$  .

CAPITULO XIII.

CO STO.

El costo aproximado para la realización de esté inspector de botellas es el siguiente:

| COMPONENTE                    | NUMERO DE<br>PIEZAS. | CO STO<br>UNITARIO. | CO STO<br>TOTAL |
|-------------------------------|----------------------|---------------------|-----------------|
| <b>Circuito<br/>Integrado</b> |                      |                     |                 |
| IM107                         | 3                    | 900                 | 2,700           |
| IM102                         | 6                    | 900                 | 5.400           |
| IM101A                        | 3                    | 900                 | 2,700           |
| uA741                         | 6                    | 600                 | 3,600           |
| uA710                         | 3                    | 600                 | 1,800           |
| uA7410                        | 1                    | 800                 | 800             |
| IM555                         | 5                    | 600                 | 3,000           |
| uA7404                        | 1                    | 800                 | 800             |
| 9317B                         | 10                   | 700                 | 7,000           |
| 7490                          | 10                   | 700                 | 7,000           |
| 7408                          | 2                    | 700                 | 1,400           |
| <b>Exhibidor<br/>Numerico</b> |                      |                     |                 |
| FCS6024                       | 2                    | 1,200               | 2,400           |
| FN850                         | 1                    | 700                 | 700             |

**Reguladores  
de Voltaje**

|        |   |     |       |
|--------|---|-----|-------|
| LM117  | 5 | 600 | 3,000 |
| LM317T | 1 | 600 | 600   |
| LM317M | 1 | 600 | 600   |
| LM337  | 1 | 700 | 700   |

**Puente  
de diodos**

|        |   |     |     |
|--------|---|-----|-----|
| SR0862 | 1 | 400 | 400 |
|--------|---|-----|-----|

**Diodos Emisores  
de Luz**

|        |   |    |     |
|--------|---|----|-----|
| FLV305 | 1 | 70 | 70  |
| FLV335 | 1 | 70 | 70  |
| FLV117 | 3 | 70 | 210 |

**Fotodiodo  
Infrarrojo**

|        |   |       |       |
|--------|---|-------|-------|
| HRD500 | 1 | 1,500 | 1,500 |
|--------|---|-------|-------|

**Foto-emisor  
Infrarrojo**

|        |   |       |       |
|--------|---|-------|-------|
| FPE104 | 1 | 1,200 | 1,200 |
|--------|---|-------|-------|

**Fotoceldas  
Voltajicas**

|        |   |       |        |
|--------|---|-------|--------|
| GBT018 | 3 | 5,000 | 15,000 |
|--------|---|-------|--------|

**Opto-acoplador**

|        |   |     |     |
|--------|---|-----|-----|
| SP5000 | 1 | 500 | 500 |
|--------|---|-----|-----|

**Micro-  
Relevador**

|          |   |       |       |
|----------|---|-------|-------|
| RP130006 | 1 | 3,700 | 3,700 |
|----------|---|-------|-------|



**Transistores  
Media Potencia**

|         |   |       |       |
|---------|---|-------|-------|
| SK3178A | 2 | 1,000 | 2,000 |
| SK3179A | 2 | 1,000 | 2,000 |

**Rectificador  
Controlado de  
Silicio**

|        |   |     |     |
|--------|---|-----|-----|
| SR1216 | 1 | 300 | 300 |
|--------|---|-----|-----|

**Modo Zener**

|        |   |     |     |
|--------|---|-----|-----|
| SZ0432 | 1 | 150 | 150 |
|--------|---|-----|-----|

**Transformador**

|             |   |       |       |
|-------------|---|-------|-------|
| 115/36 V-3A | 1 | 2,000 | 2,000 |
|-------------|---|-------|-------|

**Resistores**

|      |    |    |       |
|------|----|----|-------|
| 1/4W | 70 | 15 | 1,050 |
| 1/2W | 49 | 15 | 735   |
| 2 W  | 2  | 25 | 50    |
| 50W  | 1  | 60 | 60    |

**Potenciómetros  
Preajustables**

|                          |    |    |       |
|--------------------------|----|----|-------|
| Tipo Circuito<br>Impreso | 18 | 75 | 1,350 |
|--------------------------|----|----|-------|

|                             |   |     |       |
|-----------------------------|---|-----|-------|
| Potenciómetros de<br>Ajuste | 7 | 150 | 1,050 |
|-----------------------------|---|-----|-------|

|                          |    |     |       |
|--------------------------|----|-----|-------|
| Push-Botton<br>Miniatura | 10 | 125 | 1,250 |
|--------------------------|----|-----|-------|

**Capacitores**

|                 |    |     |       |
|-----------------|----|-----|-------|
| Precio Promedio | 28 | 120 | 3,360 |
|-----------------|----|-----|-------|

|                                   |    |     |        |
|-----------------------------------|----|-----|--------|
| Conector para<br>Circuito Impreso | 17 | 900 | 15,300 |
|-----------------------------------|----|-----|--------|

|                                   |        |              |                   |
|-----------------------------------|--------|--------------|-------------------|
| Cable Tipo<br>Plano de 9<br>Hilos | 2m     | 200          | 400               |
| Porta Fusibles<br>3A              | 3      | 300          | 900               |
| Placas para<br>Circuito Impreso   | 17     | 400          | 6.800             |
| Materiales<br>Diversos            | 1 lote | 3,000        | 3,000             |
|                                   |        | <b>TOTAL</b> | <b>\$ 122,105</b> |

CAPITULO XIV .

CONCLUSIONES :

- 1o.) Inspecciona solo el fondo de las botellas no las paredes .
- 2o.) Puede ser ajustada para diferentes tonalidades de cristal .
- 3o.) Su velocidad es de 300 bpa hasta 600 bpa .
- 4o.) Las variaciones en el espesordel fondo de la botella afectan muy poco la inspección.
- 5o.) Detecta desde partículas de aproximadamente 3mm hasta el - bloqueo total del fondo ó del cuello .
- 6o.) En caso de sobre tensión en la alimentación del cabezal - se bota un interruptor de seguridad .
- 7o.) Si por algún motivo sube la corriente en el cabezal, un - circuito disminuye y desvía esta corriente evitando así - mayores daños.
- 8o.) Es auto reparable, ya que los osciladores que contiene el diseño permite una fácil y rápida determinación del módulo que esta fallando .
- 9o.) Todos sus componentes son fabricados de línea, no lleva - partes especiales.
- 10o.) Bajo precio en comparación a los equipos importados.

**BIBLIOGRAFIA .**

**Linear Databook 1978. National Semiconductor .**

**Ingeniería Electrónica. Tercera Edición; Alley y Atwood -  
Editorial Limusa.**

**Manual para Ingenieros y Técnicos en Electrónica. Miltón ---  
Kaufman y Arthur H. Seidman. Editorial Mc Grawe Hill.**

**Circuitos Electrónicos Digitales. Schnadoweer. Editorial Mc--  
Grawe Hill .**

**Manual para usuarios de circuitos integrados. John D. Lenk .  
Editorial Diana .**

**Catálogo Condensado Fairchild 1981 .**

**Linear Databook Fairchild 1980 .**

**Reemplazo Universal de Semiconductores. Hit. 2a. Edición  
SK Series state Replacement Guide. RCA 1980 .**

**Opto componentes.- Internacional Rectifier .**

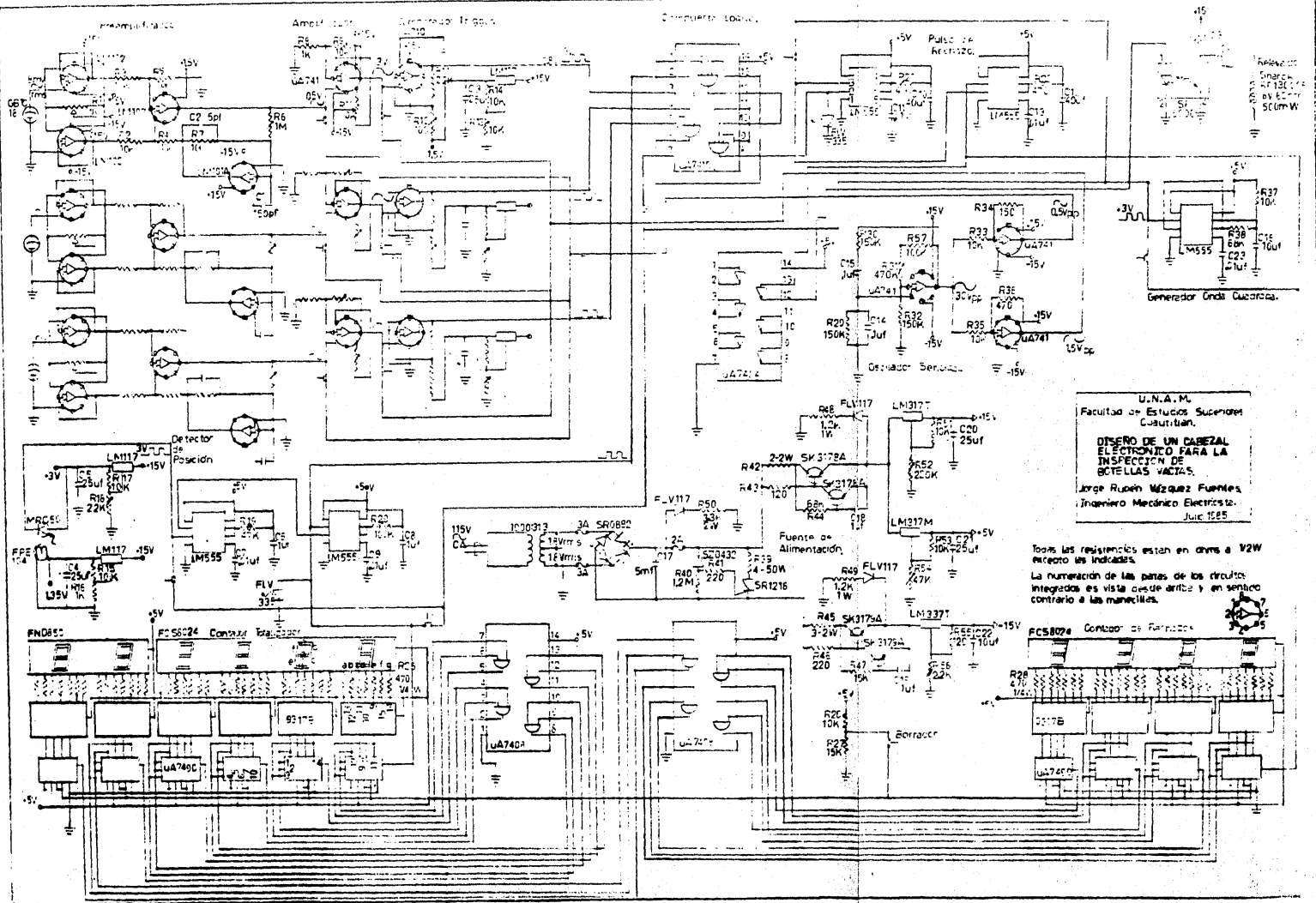
**Opto componentes.- Sylvania 1981 .**

**Apuntes de Electrónica I. FES-C 1980**

**Apuntes de Electrónica II.FES-C 1980 .**

**Prácticas de Laboratorio de Electrónica I. FES-C. 1980 .**

**Prácticas de Laboratorio de Electrónica II. FES-C. 1980 .**



U.N.A.M.  
 Facultad de Estudios Superiores  
 Cuautitlan.  
**DISEÑO DE UN CABELAL  
 ELECTRONICO PARA LA  
 INSPECCION DE  
 BOTELLAS VACIAS.**  
 Jorge Rubén Márquez Fuentes  
 Ingeniero Mecánico Electricista.  
 Julio 1985

Todas las resistencias estan en ohms a 1/2W  
 excepto las indicadas.  
 La numeracion de las pines de los circuitos  
 integrados es vista desde arriba y en sentido  
 contrario a las manecillas.

