

INDICADOR OPTICO DIGITAL EN  
PANTALLA DE OSCILOSCOPIO

Tesis previa a la obtención del Título de Ingeniero en la especialización de Electrónica y Telecomunicaciones - de la Escuela Politécnica Nacional.

Vicente Alarcón Chacón

Quito, Julio de 1977.



Certifico que este trabajo ha  
sido realizado en su totali-  
dad por el Señor Vicente Alar-  
cón Chacón.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'J. Jijón', written over a horizontal line.

Ing. Jacinto Jijón  
Director de Tesis

Quito, Julio de 1.977

A G R A D E C I M I E N T O

Al Ingeniero Jacinto Jijón por su valiosa y decidida colaboración como Director de Tesis.

A todas las personas que de una u otra forma hicieron posible la culminación de este trabajo.

---

- A mis Padres

- A mis Hermanos

# I N D I C E

	Pág.
Introducción	1
CAPITULO 1 DISEÑO GENERAL	
1.1 Especificaciones	5
1.1.1 Datos de Entrada	6
1.1.2 Procesamiento de Datos	10
1.1.3 Formato de la Indicación Optica	14
1.1.4 Control del Osciloscopio	18
1.1.5 Entradas y Salidas del Aparto	20
1.2 Diseño Teórico	21
1.3 Diagrama de Bloques	28
CAPITULO 2 DISEÑO DEL CIRCUITO DE ENTRADA	
2.1 Red de Acoplamiento	35
2.2 Registros	39
2.3 Control Manual-Automático	43
CAPITULO 3 GENERADOR DE SECUENCIAS	
3.1 Reloj	49
3.2 Contador	53

	Pág.
CAPITULO 4 DECODIFICACION	
4.1 Decodificación del Dígito	55
4.2 Decodificación del Punto Decimal	60
4.3 Decodificación de Luminosidad	65
4.4 Control de Brillo	71
CAPITULO 5 CONTROL VERTICAL DEL OSCILOSCOPIO	
5.1 Convertidor Digital-Analógico	77
5.2 Generador de Radio Frecuencia	81
CAPITULO 6 FUENTES DE ALIMENTACION	
6.1 Diseño del Transformador	90
6.2 Rectificador y Regulador de Tensión para la fuente de 5 voltios	92
6.2.2 Rectificador y Regulador de Tensión para la fuente de 15 voltios	97
CAPITULO 7 CONSTRUCCION Y EXPERIMENTACION	
7.1 Construcción	103
7.2 Experimentación	112
CONCLUSIONES	113
Referencias	115
Bibliografía	120

## I N T R O D U C C I O N

Durante los años de estudios en Ingeniería Electrónica se realizan un sinnúmero de experimentos, útiles para verificar la teoría y en especial para irnos familiarizando con los diversos equipos y elementos que utilizaremos más tarde. Uno de estos equipos, quizá el más necesario es el Osciloscopio, ya sea por su funcionalidad como también por la visualización clara y precisa de las diferentes mediciones.

Lamentablemente, debido a la falta de recursos económicos, los laboratorios no poseen estos equipos de acuerdo a los avances de la técnica, lo que impide poder aprovechar sus ventajas. Es en este punto donde el estudiante se ve en la necesidad de aplicar al máximo los conocimientos adquiridos con el fin de utilizar los equipos de que dispone tratando al mismo tiempo de incrementar el material con fines ya sea de investigación o con propósitos didácticos.

Tomando en cuenta lo expuesto anteriormente y considerando además nuestra necesidad de poseer una unidad -

de salida digital con un amplio campo de utilización se ha diseñado y construído un equipo, obteniendo de sus resultados, ventajas que serán utilizadas como complemento del Osciloscopio; aumentando de esta manera su capacidad de operación.

El equipo materia de nuestro estudio, será capaz de "escribir" sobre la pantalla del Osciloscopio cuatro dígitos, constando éstos del punto decimal respectivo según sea el caso, provenientes de señales digitales codificadas en BCD (Binario Codificado Decimal).

Con el fin de realizar la descripción lo más simple posible, pero que proporcione a la vez una clara comprensión del trabajo realizado, lo dividiremos de la siguiente manera:

En el Capítulo I se estudiarán los requerimientos y especificaciones necesarios para obtener un equipo que satisfaga en el más alto grado de rendimiento posible el objetivo de este trabajo.

Continuaré luego con la parte principal y lo que será el eje de esta Tesis: el diseño teórico, donde sin especificar ningún circuito se diseñará, cumpliendo las especificaciones dadas, el equipo.

Como un complemento a lo anterior haremos un estudio exhaustivo del diseño teórico para finalmente completar en un diagrama de bloques del aparato.

Los Capítulos II al V abarcarán los diseños particulares de todos y cada uno de los bloques constitutivos del "Indicador óptico digital en pantalla del Osciloscopio" - con las debidas consideraciones teóricas estudiadas y las especificaciones impuestas.

El Capítulo VI contendrá lo relacionado a fuentes de alimentación.

En el Capítulo VII se tratará sobre la construcción y experimentación del equipo.

Finalmente el Capítulo VIII nos demuestra los resultados obtenidos y sus conclusiones.

Adjunto a esto presentaremos una tabla de Referencia donde se indica ya sea, las especificaciones de un elemento electrónico o el lugar donde remitirse para obtenerlas, así como también la Bibliografía útil para llevar a cabo esta Tesis.

C A P I T U L O I

D I S E Ñ O G E N E R A L

## 1.1 ESPECIFICACIONES

Al momento de seleccionar un aparato lo hacemos por aquel que cumpliendo ciertos requisitos básicos - sea capaz de cubrir nuestras demandas técnicas para - que, gracias a su funcionalidad nos permita convertir lo en un equipo de continuo y completo uso.

Con esta idea en mente y con el afán de que el - equipo a construirse debido a su amplio campo de utilidad cumpla fielmente su propósito, es necesario imponernos los requisitos indispensables que irán íntimamente ligados a su funcionalidad.

Es así como las especificaciones impuestas en el diseño se refieren a:

- Datos de entrada
- Procesamiento de datos
- Formato de la indicación óptica
- Control del Osciloscopio
- Entradas y salidas del aparato

### 1.1.1 DATOS DE ENTRADA.-

En la pantalla del Osciloscopio debe aparecer un número formado por varios dígitos decimales. Existe un evidente compromiso entre el número de dígitos a procesarse y la complejidad del sistema. Para efectos de esta Tesis se ha creído que la representación de 4 dígitos decimales funcionalmente cumple con la mayor parte de los requerimientos de demostración y experimentación que se presentan en el laboratorio, manteniendo al mismo tiempo un tamaño limitado en el equipo a construirse.

El propósito de este equipo podríamos decir que es "TRADUCIR" un número que se obtiene a la salida de cualquier sistema digital a una representación visual de ese número escrito en forma decimal. Los sistemas digitales en general procesan información numérica en forma binómica y por lo tanto el "INDICADOR OPTICO DIGITAL EN PANTALLA DE OSCILOSCOPIO" (. . "INODI") debe aceptar la información de entrada en esa forma.

Cuando el número binario debe ser rápidamente convertido al sistema decimal, se acostumbra usar una modificación del sistema binario conocida como Sistema Binario Codificado Decimal (BCD) en el cual cada dígito decimal va expresado independientemente por cuatro dígitos binarios (o BITS) según la siguiente tabla:

<u>DIGITO</u>	<u>EN</u>	<u>FORMA</u>				
<u>DECIMAL</u>			<u>BINARIA</u>			
			D	C	B	A
0			0	0	0	0
1			0	0	0	1
2			0	0	1	0
3			0	0	1	1
4			0	1	0	0
5			0	1	0	1
6			0	1	1	0
7			0	1	1	1
8			1	0	0	0
9			1	0	0	1
0			0	0	0	0

Para facilitar nuestro diseño y en vista de - que en la práctica la mayoría de los sistemas digitales cuya salida debe ser procesada por el "INODI" trabajan con BCD, se ha especificado que la entrada esté dada en este sistema y por lo tanto conste de cuatro grupos de cuatro Bits cada uno.

Un número puede constar de parte entera solamente o de parte entera y decimal, utilizándose en este caso el punto para diferenciarlos. Es necesario especificar además de los grupos de señales que formarán los dígitos, un grupo de señales binarias cuya "Traducción" permitirá localizar y escribir en un lugar determinado el punto decimal, completando así la escritura de una cantidad.

Este grupo de señales binarias según se justificará posteriormente debe constar de 2 Bits, lográndose cumplir su cometido totalmente.

Las señales binarias obtenidas a la salida de un sistema digital pueden estar en el nivel BAJO (0 lógico), o en el nivel ALTO (1 lógico), pero debido a la diversidad de circuitos o elementos digitales

en cada uno de estos niveles existen diferentes valores de voltaje y corriente propios del elemento digital utilizado por lo que es conveniente indicar los valores de estos niveles para los circuitos más utilizados en la práctica que son los circuitos TTL (Transistor, Transistor logical) y CMOS (Complementary metal oxide semiconductor).

#### CIRCUITOS TTL

$V_{oH}$  = Voltaje de salida alto 1 lógico = desde 3 a 5 voltios  
 $I_{oH}$  = Corriente de salida alto 1 lógico =  $- 800 \mu A$  (máx.)  
 $V_{oL}$  = Voltaje de salida bajo 0 lógico - desde 0 a 0.4 voltios  
 $I_{oL}$  = Corriente de salida bajo 0 lógico = 16 mA (máx.)

#### CIRCUITOS CMOS

$V_{oH}$  = Voltaje de salida alto 1L = desde 5 a 15 voltios  
 $V_{oL}$  = Voltaje de salida bajo 0L = 0 voltios  
 $I_{oH}$  = Corriente de salida alto 1L = 1mA  
 $I_{oL}$  = Corriente de salida bajo 0L = 1mA

Analizando estos valores y tomando un margen -  
lo más amplio posible que nos permita aceptar seña-

les de la mayoría de sistemas digitales podemos especificar los niveles de voltaje y corriente que aceptará el "INODI" sin ocasionar problema alguno al equipo emisor.

Voltaje:	}	1 Lógico desde 3 a 15 voltios
		0 Lógico desde 0 a 0.4 voltios
Corriente:	}	1.Lógico - 500 $\mu$ A (máx. a 15 v.)
		0 Lógico - 0 A

### 1.1.2 PROCESAMIENTO DE DATOS.-

Un equipo digital puede darnos señales cuyo valor sea constante o esté variando continuamente. Al introducir estas señales en el "INODI" sus cambios o variaciones se verán reflejadas en la pantalla del Osciloscopio, por lo que hace necesario hacer un análisis de los posibles beneficios o problemas que ésto proporcionará.

Cuando la salidad permanezca en un valor constante, es lógico que sobre la pantalla del Osciloscopio obtendremos un número constante sin ocasionar

nos problema alguno. En el otro caso, si las salidas cambian continuamente, debemos distinguir dos situaciones:

- 1.- Cuando el cambio es relativamente lento.
- 2.- Cuando el cambio es rápido.

Entendiéndose por cambio relativamente lento a aquel en que nos es posible ver sobre la pantalla del Osciloscopio el salto de un número a otro, permitiéndonos de esta manera tomar una lectura de dicho valor. En muchas aplicaciones se necesita obtener este cambio sin necesidad de un control exterior, pero en otros, es necesario retener este valor hasta que su demostración haya sido realizada. Si el cambio es rápido sobre la pantalla nos será imposible distinguir el número que se ha escrito en un momento dado ya que su presentación se realizará como una veloz sucesión de números; por lo tanto, es necesario especificar un sistema que cubriendo los dos casos en su forma de trabajo normal sea factible controlar la entrada de un nuevo grupo de señales.

Es así como se nos hace necesario tener un control de escritura sobre la pantalla que permita o - bloquee el paso de nuevas señales, lo que específicamente llamaremos como SWITCH de Control FIJO/CONTINUO.

Cuando dicho switch se encuentre en la posición CONTINUO, todas las entradas con sus variaciones se verán reflejadas en la pantalla comandando en este caso al "INODI" el equipo digital que nos proporciona las señales. En la posición FIJO, el número que está escrito en la pantalla, permanecerá constante - aún cuando las señales exteriores cambien hasta que no se desee lo contrario.

El cambio de escritura de un número en esta posición, puede ser comandado tanto por el equipo emisor, como exteriormente por el operador.

Cuando es el equipo emisor el que controla este cambio, la señal que permita aceptar o no un nuevo grupo de señales y consecuentemente el cambio o permanencia de un número sobre la pantalla del Osciloscopio, deberá ser especificada conjuntamente con

las señales de entrada que aceptará el "INODI"

Si el operador es el que controla este cambio un disparo manual hará posible la aceptación de un nuevo grupo de señales y su respectiva traducción sobre la pantalla; por lo tanto, dentro de las especificaciones constará también la forma de disparo manual.

Dijimos que cuando el switch se encuentra en la posición FIJO, el número que está escrito sobre la pantalla no cambia, es decir han sido retenidas - las señales de entrada hasta que el disparo de cambio se produzca. Aparece aquí una nueva especificación y es la de un Retenedor de Datos. Este retenedor será útil también cuando el switch se encuentre en la posición CONTINUO, ya que no permitirá el paso de un nuevo grupo de señales hasta que el anterior haya sido procesado completamente lo que significa que no podrá ser escrito un nuevo número a menos que el anterior lo haya sido totalmente, evitándonos de esta manera una deformación en los dígitos escritos.

### 1.1.3 FORMATO DE LA INDICACION OPTICA.-

El objetivo de este trabajo como se dijo anteriormente es "Traducir" un número dado en forma digital a una representación visual en forma decimal, por lo que nos interesa especificar también la forma de presentación de estos números en la pantalla del Osciloscopio.

Es así como primeramente es necesario establecer las diferentes proporciones en que un número puede ser escrito (largo, ancho), teniendo en cuenta además de la presentación la posibilidad de crear un sistema digital que identificando fácilmente cada punto constitutivo su construcción sea lo más simple posible. Estudiando las diferentes maneras de realizarlo, llegamos a la conclusión que el ancho del número sea a su largo como  $4/8$  ( $2^2/2^3$ ), aclarando que por efectos de simetría sólo 7 elementos de los 8 constitutivos del largo del número se utilizarán en la presentación visual quedando el restante para indicar la finalización y el inicio de un nuevo número.

Como tenemos que escribir cuatro dígitos, el espacio que debe existir entre cada uno de ellos se hará igual al ancho que ocupará un dígito, es decir 4 unidades, además, este espacio y cuando así lo indique la señal de entrada deberá contener al punto decimal. Un diagrama general de la presentación se dá a continuación:

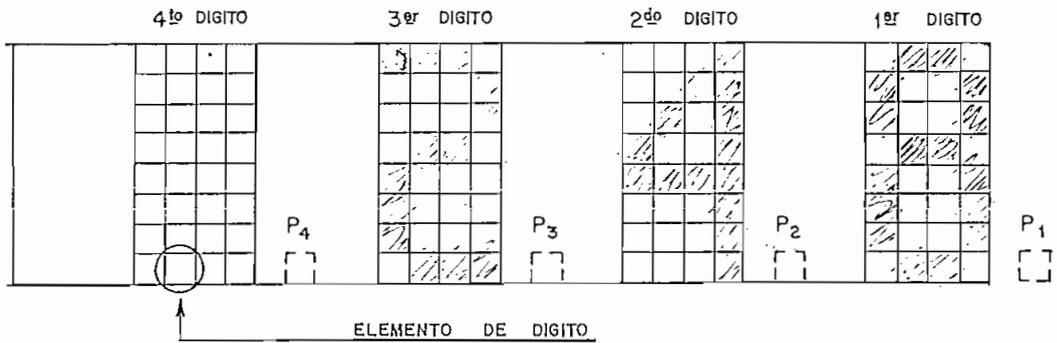


Fig. 1

Anteriormente dijimos que el dígito estaba formado por 7 líneas horizontales dentro de 4 columnas, el trazo o no de cada uno de estos elementos formará el número así:

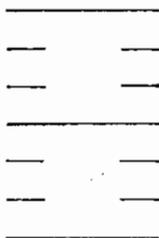


Fig. 2

Si analizamos separadamente la simetría horizontal y la vertical, podemos decir que: Horizontalmente existiendo un poco de desproporción puede considerarse como aceptable, el problema surge en la simetría vertical ya que en la Fig. 2 podemos ver claramente que el espacio libre y el ocupado por el trazo de la línea están demasiadamente desproporcionados produciendo un número nada aceptable.

Este problema se solucionará si hacemos que la línea de trazado sea más gruesa. Una forma de lograr ésto sería poniendo al Osciloscopio fuera de foco, obteniendo elementos de dígitos gruesos pero sin ninguna definición; otra solución y la que se utilizará es introduciendo una señal de RADIO FRE-

CUENCIA, de tal manera que se produzca el trazo grueso o manchado. Si hacemos que dicho manchado ocupe el cuadro completo del elemento de dígito, obtendremos sobre la pantalla del Osciloscopio una representación muy real del dígito.

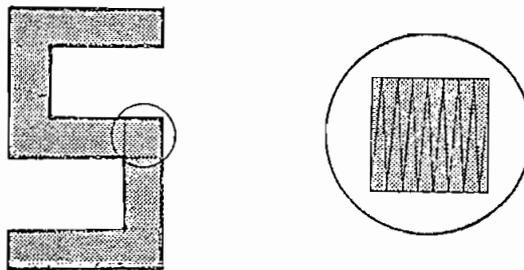


Fig. 3

Según se podrá notar, la frecuencia de la señal de RF debe ser lo suficientemente grande para dar la sensación de un manchado o trazo grueso continuo, caso contrario tendremos sobre la pantalla una forma de onda superpuesta a la línea horizontal saliendo esto fuera de nuestro fin.

#### 1.1.4 CONTROL DEL OSCILOSCOPIO.-

El Osciloscopio es un equipo que mediante la utilización de sus controles externos se puede representar o visualizar diversos resultados en su pantalla. Los controles externos son:

- Control horizontal o eje x
- Control vertical o eje y
- Control de brillo o eje z
- Sincronismo o "Trigger"

En este punto, analizaremos la función de cada uno de éstos para indicar los que vamos a utilizar en la presentación de nuestros resultados.

En primer lugar, el control horizontal permite que un rayo recorra horizontalmente toda la pantalla teniendo la alternativa de realizarlo mediante una señal externa o con su propio barrido, con el objeto de no introducir circuitos sino los indispensables; utilizaremos el barrido interno de la pantalla.

Como necesitamos que toda la pantalla sea analizada por el rayo, con el control vertical hacemos que al final de cada línea horizontal el rayo vaya tomando una nueva línea y realizando su barrido, por lo tanto aquí introduciremos un control de 8 líneas que formarán al dígito. Como sobre la línea de posición irá el manchado, a este control debemos introducir también la señal de RF.

Evidentemente, debemos tener una señal que controle el brillo del rayo con el objeto de comandar el lugar donde deberá aparecer o desaparecer el elemento de dígito. Esta señal introduciremos al Eje z del Osciloscopio, cuya labor es la de comandar el brillo del rayo.

Finalmente, y con el deseo de evitar desplazamientos de los elementos de dígitos, utilizaremos una señal de sincronismo externo que indicará al Osciloscopio el momento de iniciar un nuevo barrido. Esta señal introduciremos al Control de Sincronismo del Osciloscopio o "Trigger".

1.1.5 ENTRADAS Y SALIDAS DEL APARATO.-

Resumiendo todo lo analizado anteriormente, presentaremos un cuadro en el que se indicará el número de señales y su función tanto en la entrada como salida del aparato.

ENTRADAS

NUMERO DE SEÑALES

FUNCION

16

Señales codificadas en BCD que serán traducidas y escritas - sobre la pantalla.

2

Señales binarias que identificarán al punto decimal y su lu--gar.

1

Señal de disparo automático.

---

Total de señales de entrada = 19.

SALIDAS

<u>NUMERO DE SEÑALES</u>	<u>FUNCION</u>
1	Control de posición al - Control Vertical del Os- ciloscopio.
1	Control de brillo o lumi- nosidad, al eje z del Os- ciloscopio.
1	Señal de sincronismo al Control de sincronismo - del Osciloscopio o "Trig- ger".

\_\_\_\_\_

Total de señales de salida = 3

1.2 DISEÑO TEORICO

Una imagen es representada sobre la pantalla del Osciloscopio por medio de un sucesivo análisis de todos sus puntos o líneas constitutivas realizado por -

un rayo que según la señal introducida permitirá que un determinado punto sea iluminado o no.

El equipo a diseñarse deberá presentar sus resultados sobre esta pantalla, por lo que el punto de partida para su diseño será la consideración de la forma en que podrá llevarse a cabo.

Refiriéndonos a la figura # 1, el rayo del Osciloscopio debe analizar cada uno de sus elementos constitutivos, es decir  $256=2^8$  espacios. Este análisis que producirá la imagen deseada obviamente necesita de un cierto tiempo.

Para que el rayo del Osciloscopio analice una nueva línea debe barrer completamente la anterior, regresar a su punto de partida y esperar la orden de disparo para un nuevo barrido. Llevar a cabo esto hace que el rayo también necesite de un tiempo. Si este tiempo se hace igual a la mitad del tiempo total, es decir igual al tiempo que necesitaremos para la representación de los números, que será algo mayor que la mitad del tiempo necesario para que el rayo barra com

pletamente la pantalla, estaremos asegurándonos que la imagen no presente distorsión alguna.

Como consecuencia del análisis anterior, el rayo del Osciloscopio debe analizar  $512 = 2^9$  espacios.

Es primordial por lo tanto obtener una división del tiempo total que el rayo necesita para barrer completamente la pantalla en "EFECTIVO", utilizando para su escritura y "MUERTO" para la finalización del barrido, retorno y puesta en su sitio para un nuevo barrido.

Esta división de tiempo se puede lograr con un CONTADOR módulo  $2^9$  donde cada salida o BIT será el tiempo definido para analizar un elemento de la imagen.

Como el barrido del rayo del Osciloscopio se realiza horizontalmente, es necesario que el INODI lleve un registro que le permita saber qué parte de qué dígito está siendo analizada por el rayo, con el objeto de poder controlar si en esa posición debe estar prendido (elemento iluminado) o no (elemento apagado), por lo que es indispensable que los 9 bits del contador -

estén codificados de tal manera que indiquen la posición de un elemento determinado.

La figura # 4 muestra la forma cómo se ha logrado esta decodificación.



El control de brillo de cada elemento es una función por un lado de los 9 bits del contador que nos definen su posición y por el otro la información exterior recibida sobre los dígitos decimales codificados en BCD a escribirse.

Puesto que los cuatro dígitos están presentes si multáneamente pero que en un momento determinado el rayo está analizando solamente parte de uno de esos dígitos decimales, no hace falta decodificar separada mente con circuitos independientes los cuatro dígitos. La decodificación del dígito según la Figura #4, se hará con ayuda de las salidas Q4 y Q5 del contador.

Los bits Q3 y Q6 no intervienen directamente en esta decodificación, sino que cuando  $Q3 = 0L$  y  $Q6 = 1L$  el rayo no se iluminará (elemento apagado).

El paso de Q6 de  $1L$  a  $0L$  nos indica que debe empezar un nuevo barrido, esta transición se utilizará para sincronizar el disparo enviando directamente esta señal al "Trigger" del Osciloscopio.

Podemos además anotar que dentro de cada dígito

la posición de sus elementos estará dada por Q1 y Q2 en sentido horizontal y por Q7, Q8 y Q9 en sentido vertical. Estos bits intervendrán directamente en el control de brillo.

Si bien es cierto que cada dígito está formado por elementos pudiendo ser decodificados independientemente, es más cierto que éstos pueden ser agrupados convenientemente facilitando la decodificación. La agrupación más fácil y lógica es la de 7 segmentos, ya que todos los dígitos decimales pueden ser escritos con su respectiva combinación y además por existir estos decodificadores en un circuito integrado.

Al momento de realizar esta decodificación se debe tener en cuenta que existen ciertos elementos que están presentes en más de un segmento, como podemos apreciar en la Figura # 5.

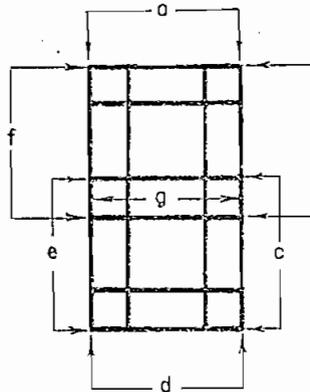


Figura 5

### 1.3 DIAGRAMA DE BLOQUES

Primeramente y con el afán de dar un idea clara de cómo estará formado el equipo a construirse, se dará el diagrama de bloques total.

Seguidamente, tendremos una breve explicación de cada uno de los bloques constitutivos, siendo esta completada al momento de diseñar cada circuito.

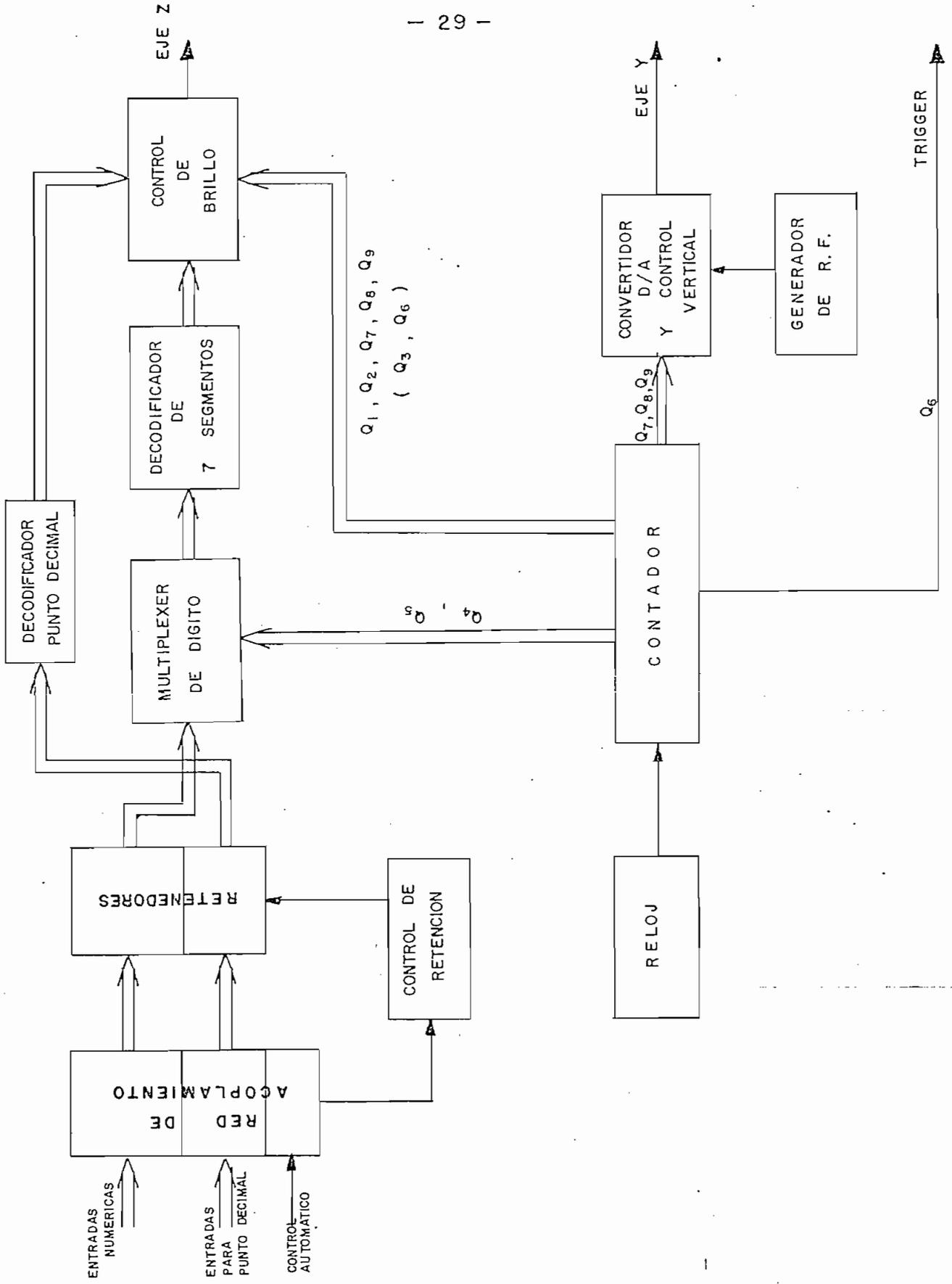


fig. 6

#### RED DE ACOPLAMIENTO.-

Este bloque nos permitirá aceptar como se estudió en las especificaciones, diferentes niveles de voltaje siempre y cuando estén dentro de los rangos determinados anteriormente.

A esta red ingresarán las señales binarias codificadas en BCD numéricas, del punto decimal y del control automático.

#### RETENEDOR.-

Como su nombre lo indica, cuando sea necesario retendrá la información presente sin permitir el paso de una nueva, o permitirá su paso libremente siempre que el número anterior haya sido totalmente escrito sobre la pantalla del Osciloscopio.

#### CONTROL DE RETENCION.-

Será el que envíe la señal necesaria para que el retenedor permita o no el paso de una nueva información.

Dentro de este bloque consideraremos la probabilidad de hacerlo manualmente o mediante el pulso de control automático.

#### MULTIPLEXER DE DIGITO.-

Aquí se seleccionará si la señal de entrada pertenece al primero, segundo, tercero o cuarto dígito para enviarla al control de brillo que escribirá el segmento del dígito seleccionado.

#### DECODIFICADOR DE 7 SEGMENTOS.-

Con este bloque la señal numérica codificada en BCD de un dígito determinado es convertida en señales que corresponderán a los respectivos segmentos en que ha sido dividido un número decimal.

Estas señales indicarán si su segmento representado debe estar prendido o no al momento de presentarse sobre la pantalla.

#### DECODIFICADOR DEL PUNTO DECIMAL.-

Con las señales binarias codificadas que definen al punto decimal y mediante un circuito apropiado se logrará indicar al rayo del Osciloscopio su existencia y el lugar en que debe ser escrito.

#### DECODIFICADOR DE LUMINOSIDAD Y CONTROL DE BRILLO.-

Este bloque recibirá las señales provenientes del Decodificador de 7 Segmentos y del Decodificador del punto decimal y con ayuda de las señales provenientes del contador controlará si el rayo del Osciloscopio en un momento determinado debe estar prendido o apagado, formando así los diversos segmentos que dará lugar al número.

#### RELOJ.-

Es un circuito oscilador que comandará al contador. La frecuencia de este reloj deberá ser determinada convenientemente con el objeto de obtener sobre la pantalla una imagen fija, es decir, evitar el titileo.

#### CONTADOR.-

Será el bloque que nos proporcione los diversos BITS necesarios para la definición o decodificación de cada elemento de dígito, lo que equivaldría obtener la división de tiempo analizada anteriormente.

#### CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGICO Y CONTROL VERTICAL.-

Una determinada línea según se podrá observar en la Figura.# 4, está definida mediante señales digitales. El rayo del Osciloscopio debe barrer todas estas y se realizará mediante la introducción de una señal cuyo nivel de voltaje indique el lugar o la línea que debe ser barrida por lo que en este bloque se transformarán nuestras señales digitales a señales analógicas.

Esta señal junto con la proveniente del Generador de Radio Frecuencia, deberá ser introducida al eje Y o eje vertical del Osciloscopio.

GENERADOR DE RADIO FRECUENCIA.-

En este bloque se obtendrá la señal que producirá el manchado o trazo grueso de los segmentos de los dígitos.

C A P I T U L O 2

D I S E Ñ O D E L C I R C U I T O D E E N T R A D A

## 2.1 RED DE ACOPLAMIENTO.-

El "INODI" está especificado para aceptar señales digitales cuyos niveles de voltaje estén dentro de un rango lo más amplio posible, consecuentemente y como este equipo será construído utilizando circuitos TTL, necesitamos diseñar en primer lugar una red de acoplamiento entre las señales exteriores provenientes de cualquier sistema digital y las señales que aceptarán los circuitos constitutivos del INODI.

Un circuito que realiza esta función es el siguiente:

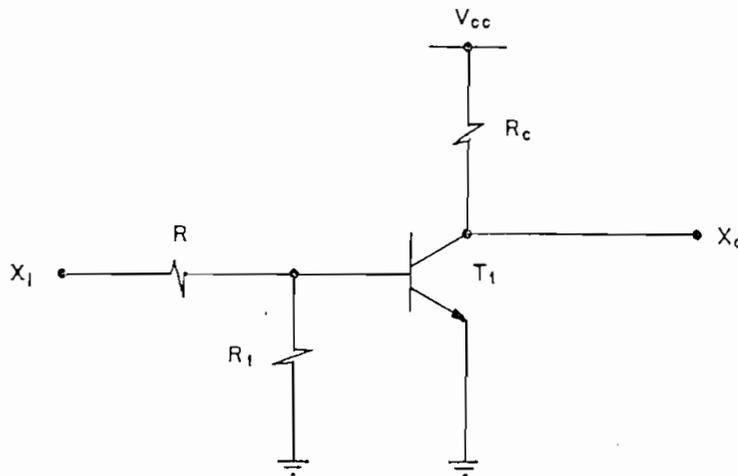


Fig. 7

Cuando en la entrada Xi tenemos una señal cuyo nivel de voltaje esté comprendido en el OL, el transistor estará cortado por lo que en la salida Xo tendremos un voltaje igual al de la fuente Vcc. Si este voltaje se encuentra dentro del rango aceptado por un circuito TTL para un nivel alto 1L podemos concluir que en Xo tenemos un 1L.

Similarmente, si en la entrada Xi tenemos un 1L, el transistor se saturará obteniéndose en la salida Xo un voltaje bajo o un OL.

Es necesario indicar que las señales de salida que se obtienen en Xo están invertidas en relación a las de entrada, razón por la que necesitaremos invertirlas nuevamente para obtenerla con su valor o nivel original.

El cálculo de los valores necesarios para el circuito de la Fig. # 7, se realizó de la siguiente manera:

Cuando en Xi hay un 1L:

Transistor disponible: 2N358 (Ref. 1)

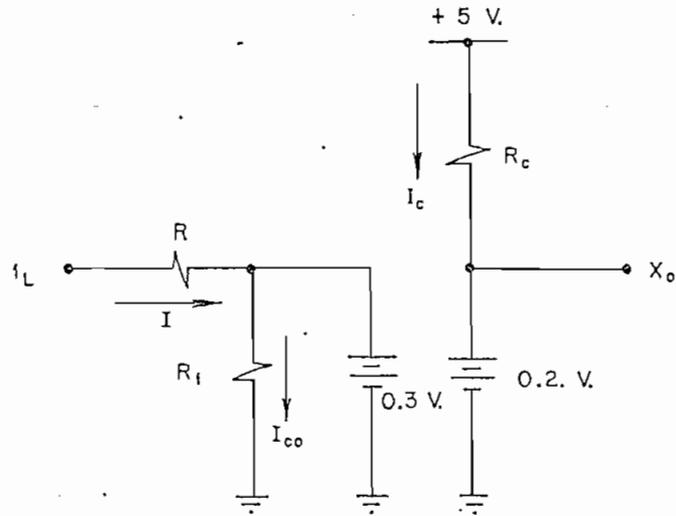


Fig. 8

Voltaje máximo de entrada: 15 voltios.

$$\frac{V_{\text{MAXIMO}}}{R} = I_{\text{MAXIMO}}$$

$$\frac{15 - 0.3}{R} = I_{\text{MAXIMO}}$$

Si:  $I_{\text{MAXIMO}} = 500 \mu\text{A}$

*q2 base =  
qui emisor.  
elija  
tunc = 500x11*

$$R = \frac{14.7 \text{ Voltios}}{500 \mu\text{A}}$$

$$R = 29.4 \text{ K}\Omega$$

ESCOGEMOS:  $R = 27 \text{ K}\Omega$

Voltaje mínimo de entrada = 2 voltios.

$$\frac{V_{\text{MINIMO}}}{R} = I_{\text{MINIMO}}$$

$$\frac{2 - 0.3 \text{ Voltios}}{27 \text{ K}\Omega} = I_{\text{MINIMO}}$$

$$I_{\text{MINIMO}} = 63 \mu\text{A}$$

Para que el transistor esté saturado se necesita que:

$$I_B \gg \frac{I_C}{\beta}$$

$$I_C \text{ MAXIMO} = 63 \mu\text{A} \cdot 30$$

$$I_C \text{ MAXIMO} = 1.9 \text{ mA}$$

$$\text{ESCOGEMOS: } I_C = \frac{1.9 \text{ mA}}{2} = 0.95 \text{ mA}$$

$$R_C = 5 \text{ K}\Omega \approx \frac{5\text{V}}{0.95 \text{ mA}}$$

ESCOGEMOS :

$$R_C = 5.6 \text{ K}\Omega$$

*Linea calculo  
Rc*

$$\text{Si: } I_{C0} = 20 \mu\text{A} \approx \frac{1}{3} I_{\text{min}}$$

$$R_1 = \frac{0.3 \text{ Voltios}}{20 \mu\text{A}}$$

*En base a pñe anterior  
empe  $I_{C0} = 20 \mu\text{A}$*

$$R_1 = 15 \text{ K}\Omega$$

El circuito con sus valores calculados quedará así:

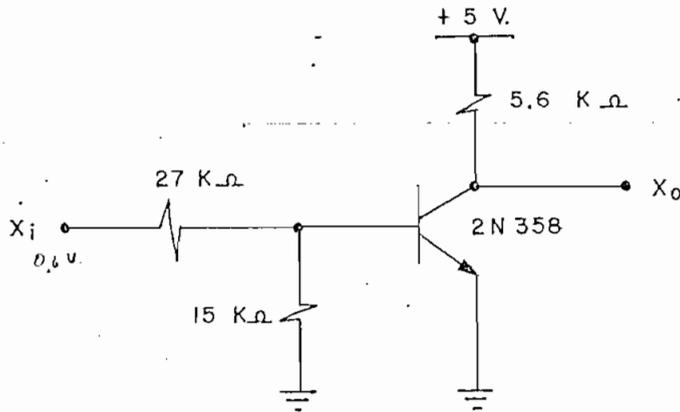


Fig. 9

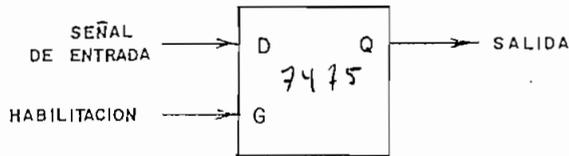
Necesitamos un total de 19 circuitos similares al anterior, ya que este es el número de entradas al "INODI!"

## 2.2. REGISTROS.-

En este bloque según sea el caso se podrá retener o dejar pasar la información recibida.

Para realizar esta función utilizaremos los Retenedores o "Latches" que son circuitos biestables -

cuyo diagrama esquemático y tabla de verdad son:



ENTRADAS		SALIDA
D	G	Q
0	1	0
1	1	1
X	0	Q <sub>0</sub>

*Handwritten note:* of,   
 *Handwritten signature:* Harain

X = NO IMPORTA EL VALOR

7455

Fig. 10

Es decir, la información presente en la entrada es transferida a la salida Q, cuando la entrada G de habilitación es alta (1L) y la salida seguirá a la entrada D mientras G permanezca alta (1L). Cuando la entrada G es baja (0L) la información es retenida en la salida Q hasta que haya un nuevo pulso que habilite su transferencia.

El Retenedor o "Latch" seleccionado para este caso, deberá tener la salida Q complementada con el objeto de reproducir la señal de entrada original según el análisis hecho en 2.1.

El circuito integrado SN 7475 cumple lo requerido con la ventaja de poseer 4 biestables en cada chip beneficiándonos directamente en el tamaño físico del equipo.

La información referente al punto decimal, debe también ser retenida cuando lo sean los dígitos, por lo que utilizando 2 biestables adicionales podemos realizar ésto.

Se ha usado el circuito integrado SN 7474 que posee dos biestables tipo D en un solo chip.

El circuito esquemático cuya función ha sido analizada será:

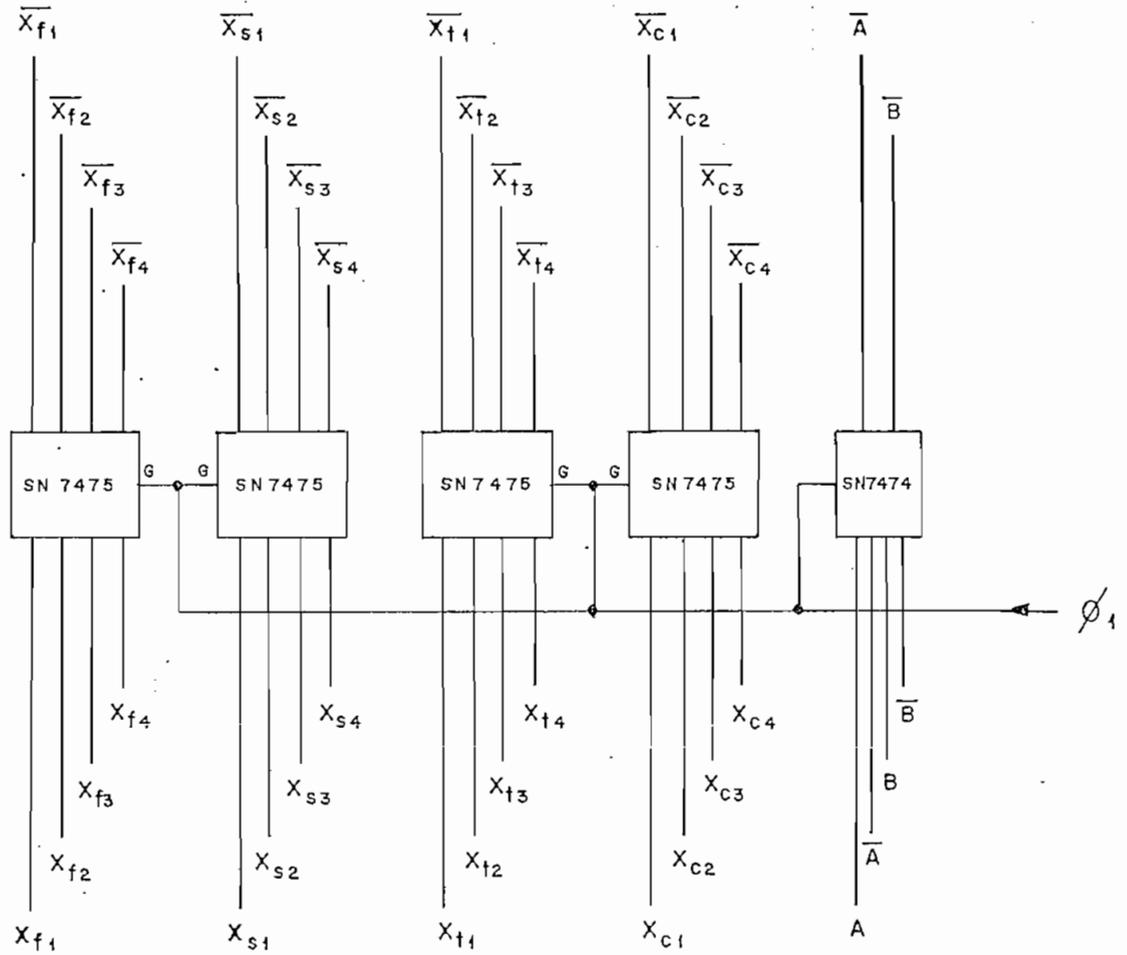


Fig. 11

$X_{f1}$  } señales para el  
 $X_{f2}$  } primer dígito  
 $X_{f3}$  } (menos  
 $X_{f4}$  } significativo)

$X_{s1}$  } señales para  
 $X_{s2}$  } segundo  
 $X_{s3}$  } dígito  
 $X_{s4}$  }

Xt1	} señales para	Xc1	} señales para el	
Xt2		Xc2		cuarto dígito
Xt3		Xc3		(más
Xt4		Xc4		significativo)

A, $\bar{A}$	} señales para el
B, $\bar{B}$	

$\emptyset 1$  } señal de habilitación

### 2.3 . CONTROL MANUAL-AUTOMATICO. -

El circuito fue diseñado así:

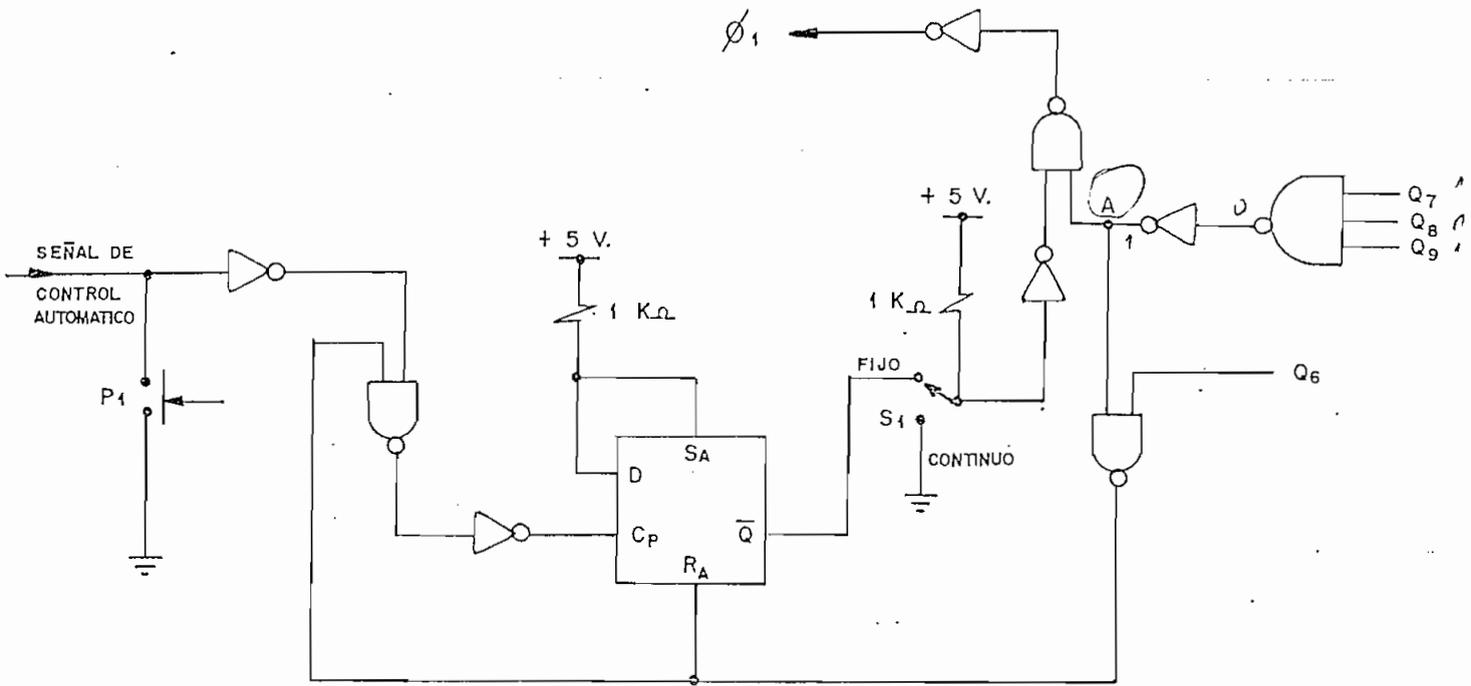
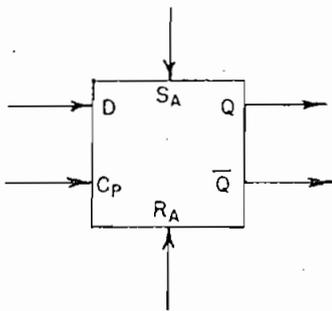


Fig. 12



ENTRADAS				SALIDAS	
S <sub>A</sub>	R <sub>A</sub>	C <sub>P</sub>	D	Q	$\bar{Q}$
0	1	X	X	1	0
1	1	X	X	0	1
1	1	↑	1	1	0
1	1	↑	0	0	1
1	1	0	X	Q <sub>0</sub>	$\bar{Q}_0$
1	0	X	X	0	1

Fig. 13

Un número, según el estudio realizado anteriormente, estará formado por 8 líneas de las cuales sólo las 7 primeras serán utilizadas para su representación quedando las restantes, es decir, la octava, para indicar la finalización de su escritura y el re-  
torno del rayo al punto inicial para un nuevo barri-  
do. Es necesario recordar que mientras el rayo está  
barriendo esta línea, no se iluminará ninguno de los  
elementos que se encuentren sobre ella.

Cuando el producto lógico de Q7. Q8. Q9 sea i-  
gual al 1L, estaremos localizados sobre la octava lí-  
nea. Los retenedores en este instante, estarán en -  
capacidad de recibir o no nueva información según -  
sea la posición del switch S1.

Cabe indicar que el producto lógico antes habla-  
do, es una condición indispensable para realizar una  
nueva representación de los dígitos, caso contrario  
se presentaría el problema de tener segmentos parte  
necientes al número inicial en unión con los segmen-  
tos del nuevo número que producirá una errónea repre-  
sentación sobre la pantalla del Osciloscopio.

El funcionamiento del circuito de la figura # 12 se realiza de la manera a continuación explicada, siempre que el punto A se tenga un 1L. Si esto no es verdad que sucede cuando estamos en una línea diferente a la octava, simplemente no existirá ningún pulso de habilitación a los retenedores, los que no aceptarán el paso de una nueva información evitando así obtener una imagen diferente a la esperada.

Si el switch S1 se encuentra en la posición CONTINUO, habrá un pulso de habilitación  $\emptyset_1$  a los retenedores que permitirán el paso de nueva información.

En la posición FIJO y si no existe ninguna señal exterior de Control Automático y el Pulsador P1 se encuentra en su posición inicial, en la entrada Cp del biestable D tendremos un 0L que según su tabla de verdad dada en la figura # 13, en la salida  $\bar{Q}$  habrá un 1L que obligará a tener un 0L en el pulso de habilitación  $\emptyset_1$  de los Retenedores, impidiendo el paso de información. La representación de los dígitos sobre la pantalla del Osciloscopio por lo tanto permanecerá fija hasta que se presente un pulso de -

2  
o

habilitación, dado en este caso por la señal de Control Automático o manualmente por el pulsador F1.

Si es obturado el pulsador P1 en la entrada Cp del biestable D, tendremos una transición positiva - que pondrá en su salida  $\bar{Q}$  un OL que hará posible el envío de un pulso de habilitación  $\emptyset_1$  a los retenedores, permitiéndolos éstos el paso de la información.

El mismo efecto se realiza cuando es la señal de Control Automático la que se encuentra presente - habilitando a los retenedores.

Nótese que este análisis es válido para  $Q6 = OL$  (correspondiente a la primera mitad de la octava línea). El pulso de habilitación y consecuentemente - la carga de los retenedores, se realiza en este tiempo utilizándose el tiempo de  $Q6 = 1L$  para estabilizarlos, que si bien necesitan un tiempo relativamente corto (24 nseg.) se ha considerado.

Además, en esta condición ( $Q6. Q7. Q8. Q9 = 1$ ) que corresponde a la segunda mitad de la octava línea, se produce un OL en  $R_A$  colocando al biestable D en su posición inicial, y al mismo tiempo desabilitando momentaneamente la entrada Cp del mismo.

C A P I T U L O 3

G E N E R A D O R D E S E C U E N C I A S

### 3.1 RELOJ.-

La presentación fija o estática de una imagen - sobre la pantalla del Osciloscopio, es función de la frecuencia con que ésta se repita para dar ante el ojo humano la sensación de permanencia, razón por la cual el reloj, cuya función será la de comandar al - Generador de Secuencias, deberá trabajar a una frecuencia lo suficientemente alta.

En este trabajo se ha escogido que la misma imágen deberá ser trazada 50 veces por segundo y se requieran  $2^9$  unidades de tiempo para trazar una imagen completa, tendremos que la frecuencia del reloj será:

$$f = \frac{50 \text{ IMAGENES}}{\text{SEG.}} \cdot \frac{512 \text{ ELEMENTOS}}{\text{IMAGEN}}$$

$$f = 26 \text{ KHZ}$$

Si escogemos un valor más alto que el calculado, estaremos asegurándonos que la imagen no presente problemas de titileo por lo que trabajaremos a una frecuencia igual a 30 KHZ

El circuito que utilizaremos para el reloj, es el siguiente:

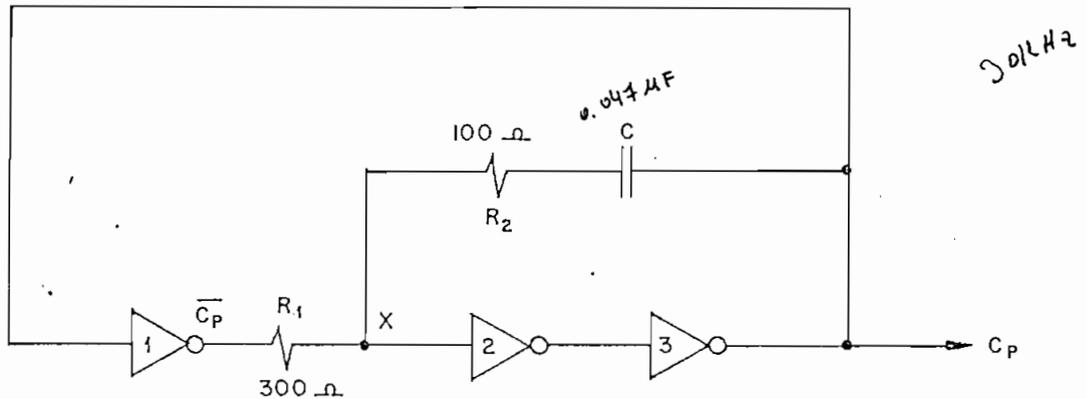


Fig. 14

Este reloj peca de las inestabilidades inherentes a un simple circuito RC. Sin embargo, puesto que la frecuencia no es crítica en absoluto, se justifica su uso debido a la extrema simplicidad del circuito.

Asumamos que inicialmente el punto "X" está en OL. Después del doble inversor # 2 y # 3, la salida  $C_p$  también será OL, y la salida del inversor # 1  $\overline{C_p}$  será 1L.

En estas circunstancias el condensador C empezará a cargarse a través de  $R_1$  y  $R_2$  hasta que eventualmente el punto "X" alcanzará un valor interpretado -

como 1L. Entonces  $C_p$  cambiará también subiendo el voltaje en la salida del inversor # 3. Puesto que el potencial a través de un condensador no puede cambiar instantáneamente la subida de voltaje en  $C_p$ , se realimentará en "X" haciendo que  $C_p$  cambie bruscamente a 1L.

Ahora,  $\overline{C_p}$  es 0L y el proceso se repite en forma inversa mientras se descarga el condensador C.

Para los valores de las resistencias  $R_1$  y  $R_2$  indicados en la Figura # 14, la frecuencia de oscilación es función del condensador C de acuerdo a la Figura # 15. Para conseguir una frecuencia de 30 KHZ escogemos un valor de  $C = 0.047 \mu F$

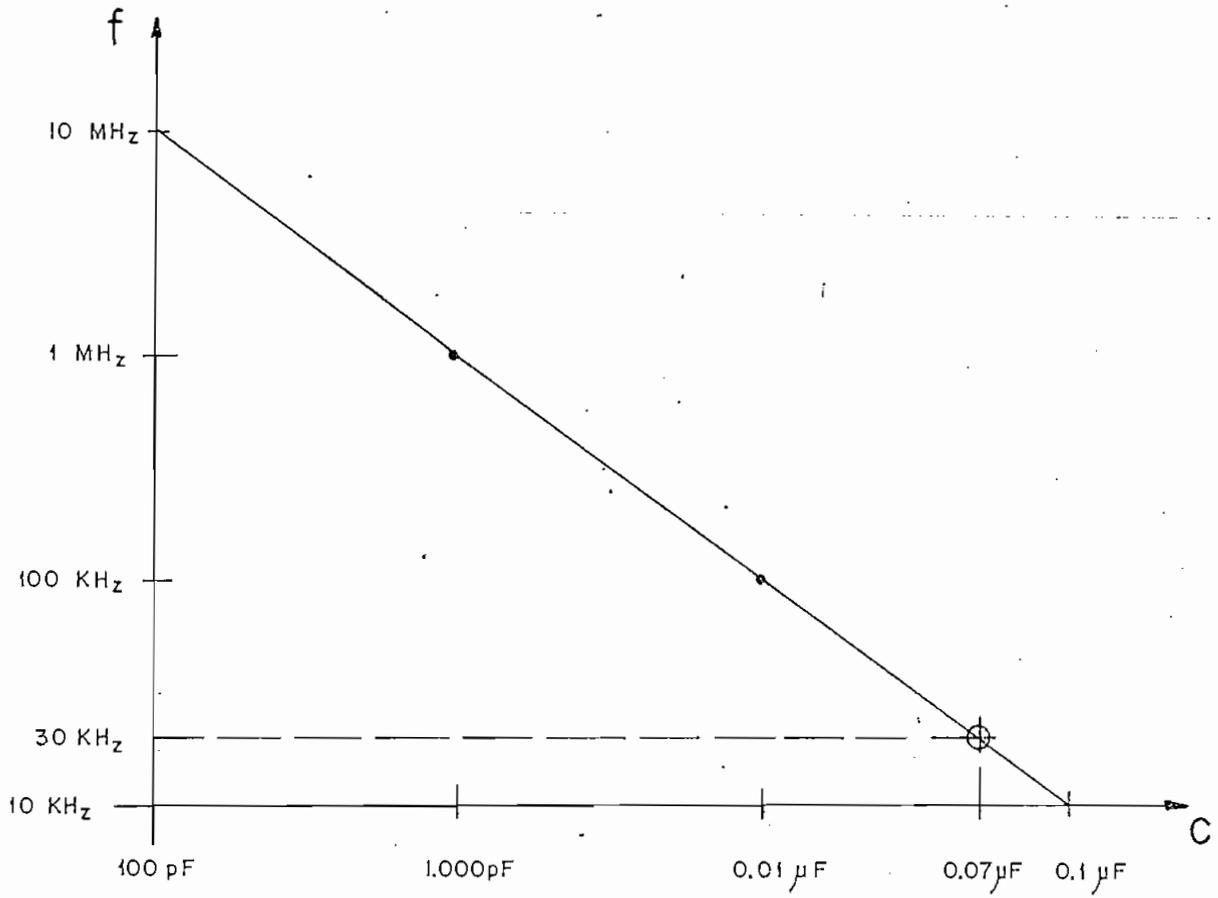


Fig. 15

ESCOGEMOS :  $C = 0.047 \mu$ F

### 3.2 CONTADOR.-

Como se analizó en el diseño teórico, el contador nos proporcionará las distintas secuencias que determinan el sitio de la pantalla donde se encuentra el rayo del Osciloscopio.

Se llegó a la conclusión que con 9 Bits se podrá conseguir su completa definición.

Un contador SN 74193 nos proporciona 4 Bits. Los 9 Bits serán obtenidos con dos contadores conectados en cascada más UN biestable tipo D como se indica en la Figura # 16.

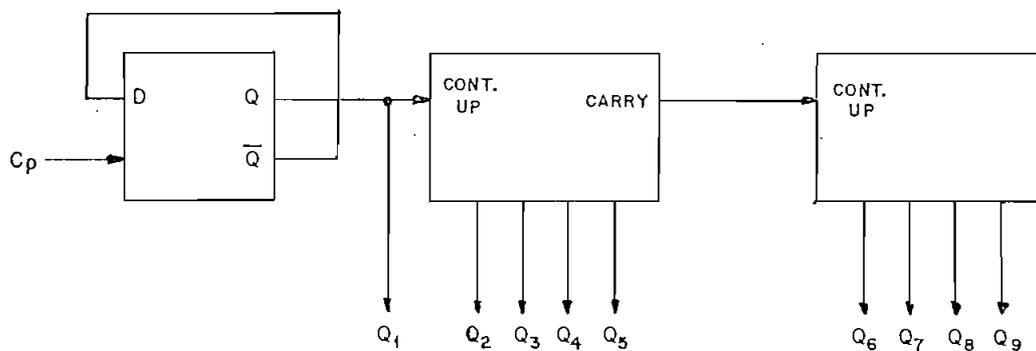


Fig. 16

C A P I T U L O      4

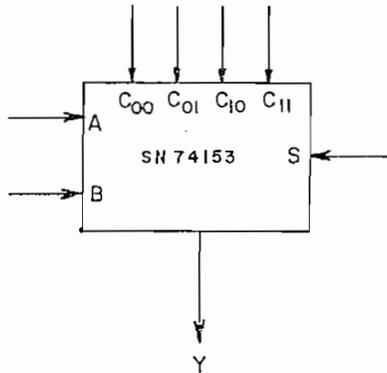
D E C O D I F I C A C I O N

#### 4.1 DECODIFICACION DEL DIGITO.-

Esta decodificación se lo realiza con ayuda de las salidas Q4 y Q5 del contador y su función es especificar cuál de los cuatro dígitos estamos analizando en un momento determinado. Refiriéndonos al gráfico # 4 de la página 25, podemos relacionar las salidas del contador con cada dígito de la siguiente manera:

Q5	Q4	Dígito seleccionado
0	0	Cuarto Dígito (más significativo)
0	1	Tercer Dígito
1	0	Segundo Dígito
1	1	Primer Dígito (menos significativo)

Una manera muy simple para seleccionar una sola señal de varias dadas, es utilizando un Multiplexer cuya tabla de verdad y circuito esquemático son dados a continuación.



SELECTOR ENTRADAS		DATOS DE ENTRADA				STROBE	SALIDA
B	A	C <sub>00</sub>	C <sub>01</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	S	Y
X	X	X	X	X	X	1	0
0	0	0	X	X	X	0	0
0	0	1	X	X	X	0	1
0	1	X	0	X	X	0	0
0	1	X	1	X	X	0	1
1	0	X	X	0	X	0	0
1	0	X	X	1	X	0	1
1	1	X	X	X	0	0	0
1	1	X	X	X	1	0	1

X = NO IMPORTA EL VALOR

Fig. 17

Cada dígito decimal está dado por medio de señales binarias codificadas en BCD por lo que con cada entrada de selección A y B del Multiplexer necesitamos obtener 4 señales que definirán a un dígito determinado. El circuito que cumple con nuestra necesidad se ha diseñado así:

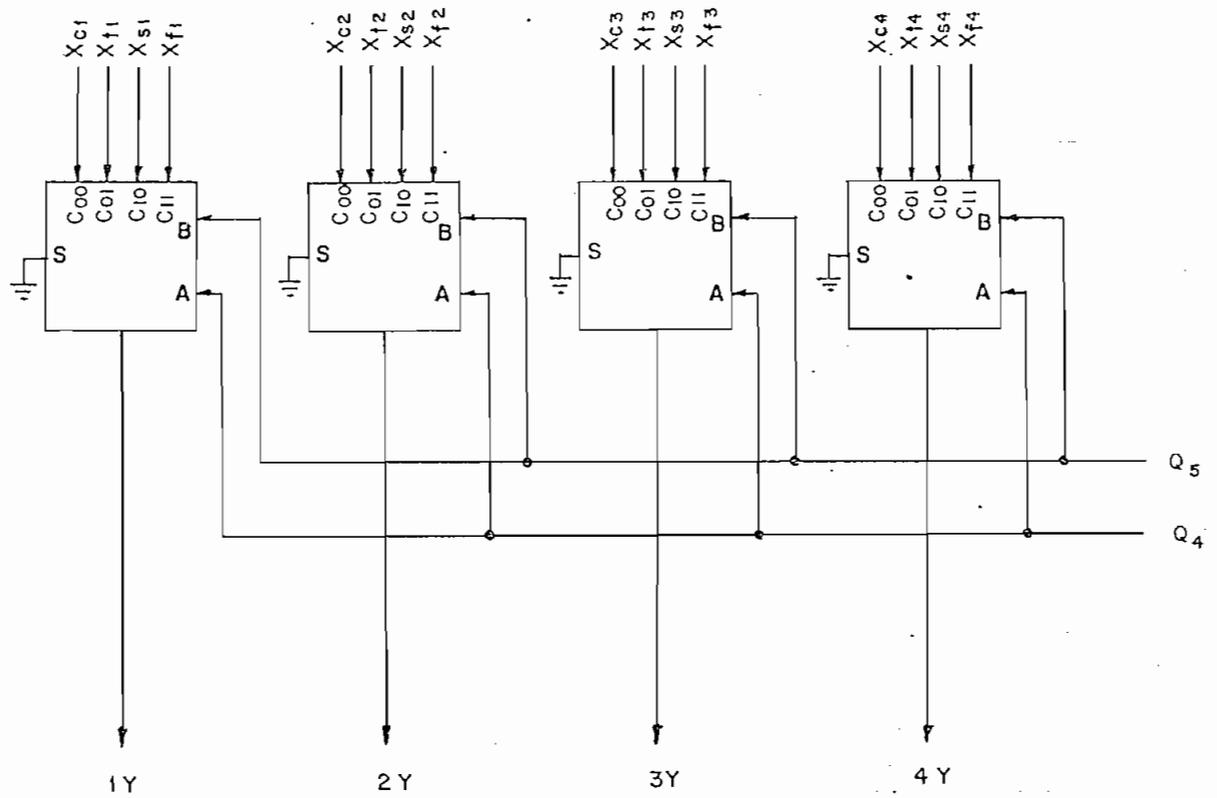


Fig. 18

Con las salidas Y de los Multiplexer debemos formar el número que como se dijo estará compuesto por 7 segmentos. Es así como estas salidas introducimos a un Decodificador de 7 segmentos cuyo circuito esquemático y tablas de verdad son:

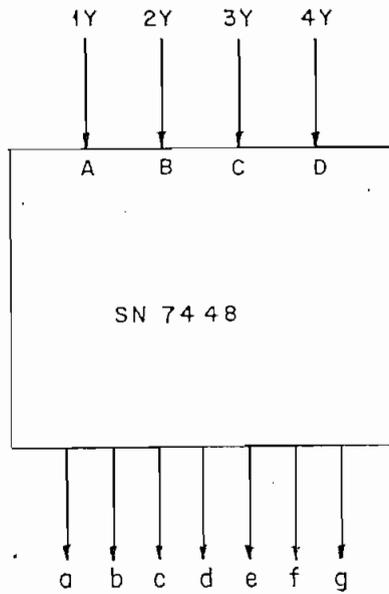
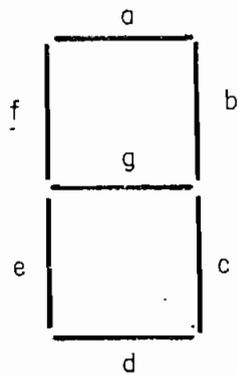
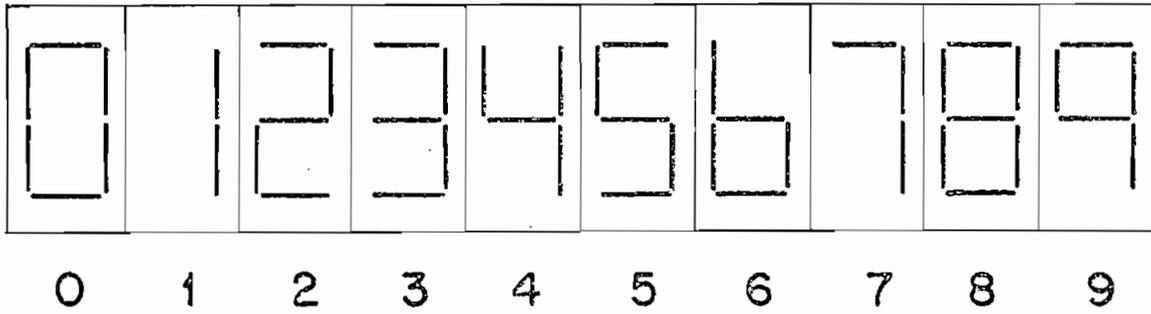


Fig. 19





NUMERO DECIMAL	ENTRADAS				S A L I D A S						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
2	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1
3	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1
5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1
6	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
7	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
8	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
9	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1

Fig.. 20

#### 4.2 DECODIFICACION DEL PUNTO DECIMAL.-

La posición del punto decimal está determinada por las señales de entrada A y B. Refiriéndonos nuevamente a la Figura # 4 de la Página 25, la codificación de estas señales es la siguiente:

A	B	
0	0	Señal para escribir el primer punto P1
0	1	Señal para escribir el segundo punto P2
1	0	Señal para escribir el tercer punto P3
1	1	Señal para escribir el cuarto punto P4

Tabla # 1

Ahora bien, de la misma figura se desprende que la localización de ese punto dentro del barrido del rayo del Osciloscopio estará determinado por Q4 y Q5 de la siguiente manera:

Q5	Q4	
0	0	Selecciona el cuarto punto P4
0	1	Selecciona el tercer punto P3
1	0	Selecciona el segundo punto P2
1	1	Selecciona el primer punto P1

Tabla # 2

Cuando las señales A y B de entrada indiquen la escritura del primer punto, sobre la pantalla del Osciloscopio no tendremos el encendido correspondiente, ya que un número entero que será el representado, en este caso no necesita llevar su punto decimal.

Por lo tanto, la escritura del punto decimal depende de la decodificación simultánea de los dos grupos de señales, (A y B) y (Q<sub>4</sub> y Q<sub>5</sub>).

Definamos cuatro variables, una para cada punto decimal en la siguiente forma:

$P_1 = \bar{A} \cdot \bar{B}$  ; como éste no se escribe, no hace falta -  
implementarlo.

$P_2 = \bar{A} \cdot B$

$P_3 = A \cdot \bar{B}$

$P_4 = A \cdot B$

Puesto que para la implementación práctica con-  
tamos con compuestos NAND, el circuíto será el siguien

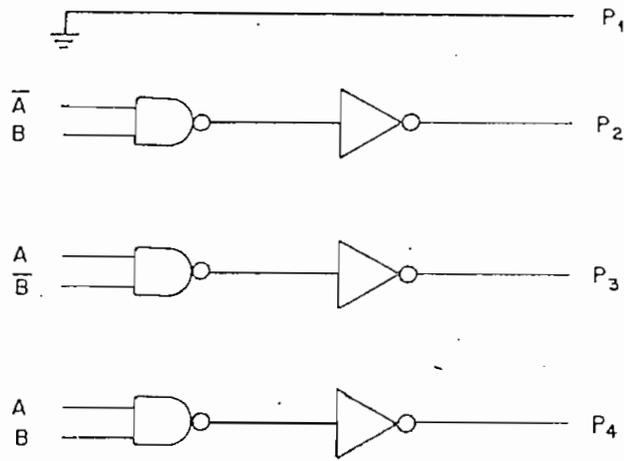


Fig. 21

Evidentemente en cualquier momento sólo una de las señales  $P_1$  a  $P_4$  pueden ser 1L.

Utilizando un Multiplexer podemos combinar estas señales con la decodificación de  $Q_4$  y  $Q_5$ .

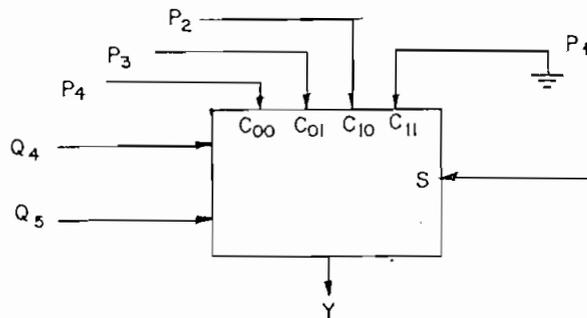


Fig. 22

En la salida Y se producirá un 1L solamente cuando el Rayo esté localizado sobre el sector de la pantalla para el cual corresponde el  $P_i$  que a su vez sea decodificado. Por ejemplo supongamos que debe escribirse el segundo punto decimal, es decir  $P_2$ . Las entradas A y B serán 0 1 de acuerdo a la tabla # 1. Entonces del circuito de la Figura # 24 tendremos que  $P_2 = 1L$  y  $P_1 = P_3 = P_4 = OL$ . Estas son las entradas al multiplexer. La salida Y se mantendrá OL todo el tiempo excepto cuando coincide que  $Q_5 Q_4$  sean 10, que de acuerdo a la tabla # 2 y a la Figura # 4, corresponde al sitio de la pantalla en que debe escribirse  $P_2$ .

Sin embargo,  $Q_5$  y  $Q_4$  solamente determinan el sector de pantalla correspondiente. El punto decimal debe escribirse en la séptima línea y en el sitio entre dígito dado por la siguiente localización:

$$\text{Punto decimal} = (Q_9 \cdot Q_8 \cdot \bar{Q}_7) \cdot (Q_1 \cdot \bar{Q}_2) \cdot \bar{Q}_3$$

Mirando la tabla de verdad del multiplexer de la Figura # 17, vemos que para permitir en Y una salida, hace falta que la entrada "Strobe" (S) sea  $S = OL$ .

Por lo tanto, colocamos la condición anterior a esta entrada. Por último y para evitar que se escriban puntos decimales cuando  $Q_6 = 1$  (tiempo de retorno del rayo) completamos el circuito como queda en la siguiente forma:

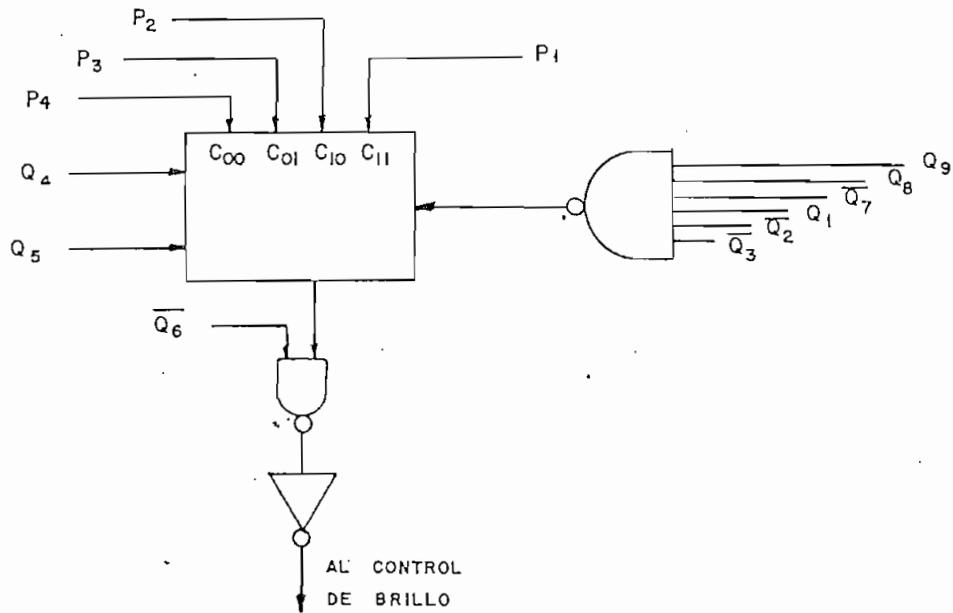


Fig. 23

#### 4.3 DECODIFICADOR DE LUMINOSIDAD. -

Los diferentes elementos de un dígito están completamente determinados por medio de los bits  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_7$ ,  $Q_8$  y  $Q_9$  como puede verse en la Figura # 4 de la página 25.

Las señales de entrada numéricas luego de la selección del dígito a que pertenecen han sido decodificadas mediante un decodificador de 7 segmentos según se analizó a su debido tiempo. Siendo estas las señales que indicarán cuál número debe escribirse, es obvio que el circuito cuya función será la de indicar si un determinado segmento debe estar prendido o apagado, sea dependiente de estas señales.

Evidentemente, esta íntima dependencia es con los bits del contador indicados anteriormente. Con estas señales de localización de un determinado punto sobre la pantalla del Osciloscopio realizaremos la decodificación.

Se tratará nuevamente al número como formado por 7 segmentos al que corresponderán respectivamen-

te una señal del decodificador de 7 segmentos como -  
se puede ver a continuación.

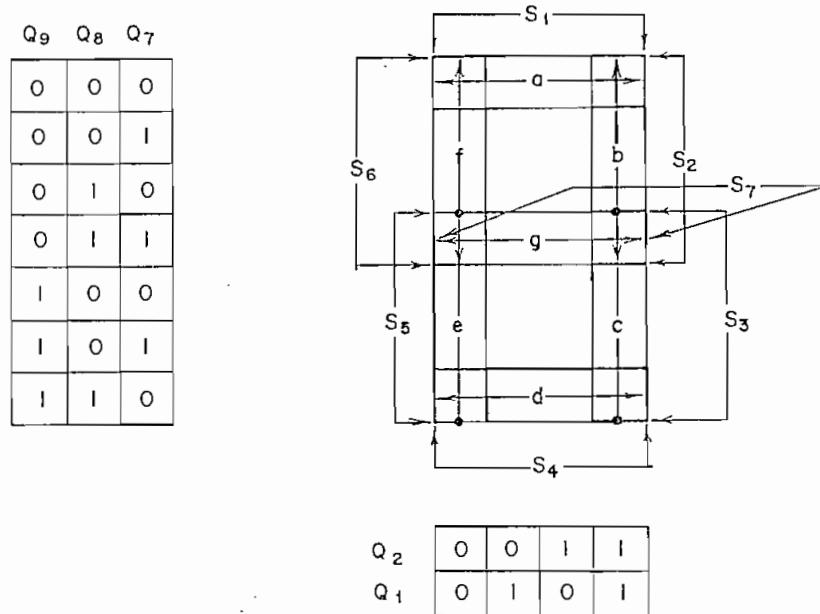


Fig. 24 . .

Si a la función lógica que localiza un segmento se la relaciona con la respectiva señal proveniente del decodificador de 7 segmentos, se habrá logrado una función que indique si el segmento en análisis debe estar prendido o no.

Refiriéndonos a la Figura # 24, la función lógica que define a cada segmento fue hallada así:

Para S1:

		Q <sub>8</sub> Q <sub>7</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub>	0	1			
	1				

Q1 no importa

Q2 no importa

$$S_1 = \overline{Q_9} \cdot \overline{Q_8} \cdot \overline{Q_7} \cdot a$$

Para S2

		Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub> Q <sub>8</sub>	00			1	
	01			1	
	11				
	10				

Q7 no importa

$$S_2 = \overline{Q_9} \cdot Q_2 \cdot Q_1 \cdot b$$

Para S3

		Q <sub>8</sub> Q <sub>7</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub>	0			1	
	1	1	1		1

$$S_3 = (\overline{Q_9} \cdot Q_8 \cdot Q_7 + \overline{Q_8} \cdot Q_9 + \overline{Q_7} \cdot Q_9) Q_1 \cdot Q_2 \cdot C$$

TRANSFORMANDO EN PRODUCTOS :

$$S_3 = \overline{Q_9} \cdot \overline{Q_8} \cdot \overline{Q_7} \cdot \overline{Q_9} \cdot Q_8 \cdot Q_7 \cdot Q_1 \cdot Q_2 \cdot C$$

Para S4

		Q <sub>8</sub> Q <sub>7</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub>	0				
	1				1

Q2 no importa

Q1 no importa

$$S_4 = Q_9 \cdot Q_8 \cdot \overline{Q_7} \cdot d$$

Para S5

		Q <sub>8</sub> Q <sub>7</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub>	0			1	
	1	1	1		1

$$S_5 = (\overline{Q_9} \cdot Q_8 \cdot Q_7 + Q_9 \cdot \overline{Q_8} + Q_9 \cdot \overline{Q_7}) \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot e$$

TRANSFORMANDO EN PRODUCTOS :

$$S_5 = \overline{Q_9} \cdot Q_8 \cdot Q_7 \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot e + Q_9 \cdot \overline{Q_8} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot e + Q_9 \cdot \overline{Q_7} \cdot \overline{Q_1} \cdot \overline{Q_2} \cdot e$$

Para S6

		Q <sub>2</sub> Q <sub>1</sub>			
		00	01	11	10
Q <sub>9</sub> Q <sub>8</sub>	00	1			
	01	1			
	11				
	10				

Q7 no importa

$$S_6 = \overline{Q_9} \cdot \overline{Q_2} \cdot \overline{Q_1} \cdot f$$

Para S7

	Q <sub>8</sub> Q <sub>7</sub>		
Q <sub>9</sub>	00	01	11 10
0			1
1			

Q1 no importa

Q2 no importa

$$S_7 = \overline{Q_9} \cdot Q_8 \cdot Q_7 \cdot Q_6$$

La función total que definirá al número estará formada por la suma de las 7 funciones parciales.

$$P = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7$$

Transformando el producto y manteniendo un máximo de 4 entradas por función:

$$P = \overline{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4} + \overline{S_5 \cdot S_6 \cdot S_7}$$

Si:  $X = \overline{S_1 \cdot S_2 \cdot S_3 \cdot S_4}$

$$Y = \overline{S_5 \cdot S_6 \cdot S_7}$$

$P = X + Y$  transformando en productos

$$P = \overline{\overline{X} \cdot \overline{Y}}$$

La decodificación de luminosidad quedará completa luego de relacionar la función P con Q3 y Q6 así:

$$L' = P \cdot Q_3 \cdot \overline{Q_6}$$

El circuito lógico definido por esta función es  
tá dado en la Figura # 25.

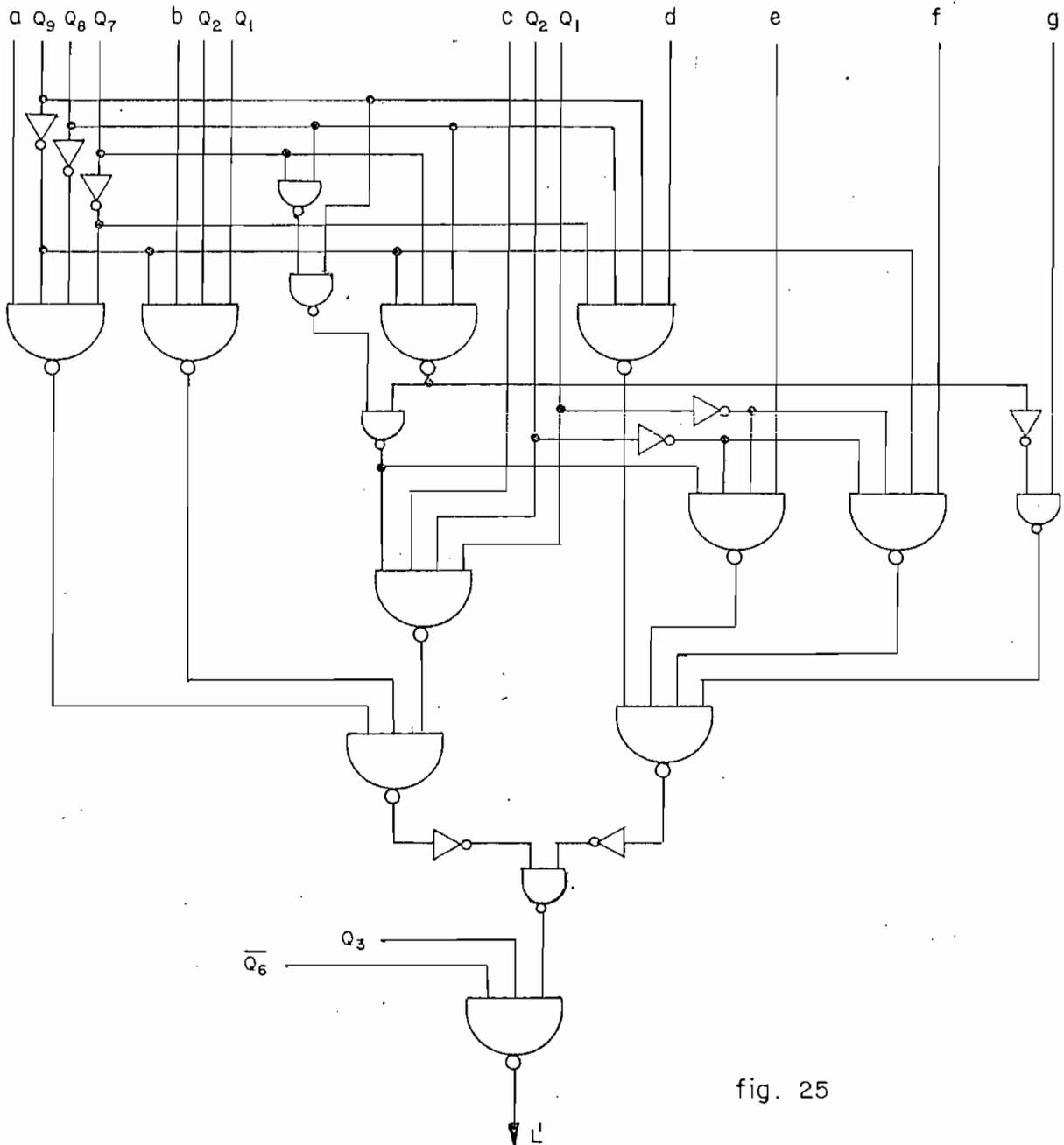


fig. 25

#### 4.4. CONTROL DE BRILLO.-

La señal  $L'$  que se obtuvo en el decodificador de luminosidad indicará si un determinado segmento de un determinado número debe permanecer prendido o apagado, por tanto será la señal que controlará el brillo del rayo del Osciloscopio.

Ahora bien, el "INODI" ha sido diseñado utilizando circuitos digitales TTL, por consecuencia, la respuesta de un circuito será dado ya sea en el nivel lógico BAJO ( $0_L$ ) o ALTO ( $1_L$ ) que corresponderán a 0 - 0.4 voltios en el primer caso y 2.4 - 5 voltios en el segundo. Relacionando estos niveles con el rayo del Osciloscopio podemos decir que cuando en  $L'$  tengamos un  $1_L$  indicará que el rayo debe estar prendido (segmento iluminado) y un  $0_L$  indicará apagado (segmento apagado).

El control de brillo del Osciloscopio debe ser comandado por la señal  $L'$ . Si éste aceptara niveles digitales según la lógica explicada anteriormente, no existiría problema alguno en enviar directamente esta señal al eje Z del Osciloscopio. Lamentablemen

te, este eje, para cumplir su labor, requiere diferentes voltajes que los obtenidos en L'. Surge por lo tanto la necesidad de acoplar esta señal digital al nivel de voltaje requerido por el Osciloscopio según la lógica especificada en la tabla siguiente:

SEÑAL DIGITAL L'	ORDEN DE:	VOLTAJE EJE Z
1 <sub>L</sub> —→	Segmento prendido	—→ - 15 voltios
0 <sub>L</sub> —→	Segmento apagado	—→ + 15 voltios

Tabla # 3

La velocidad de respuesta de un circuito digital es muy rápida, lo que en nuestro caso equivaldría decir que el cambio de un segmento prendido a apagado o vicesersa, se realiza casi instantáneamente. Esta será otra condición necesaria para el circuito de acoplamiento, caso contrario, la orden de cambio siendo demorada ocasionaría distorsión en la escritura de los números sobre la pantalla.

La transformación de niveles de voltaje con una velocidad rápida puede lograrse fácilmente con un circuito Operacional de rápida respuesta; el problema -

es que un Operacional de estas características no se encuentra en nuestro mercado y además su costo es bastante elevado.

Es necesario idearse un circuito que cumpla a cabalidad los requisitos mencionados.

Analicemos primeramente el requisito "velocidad":

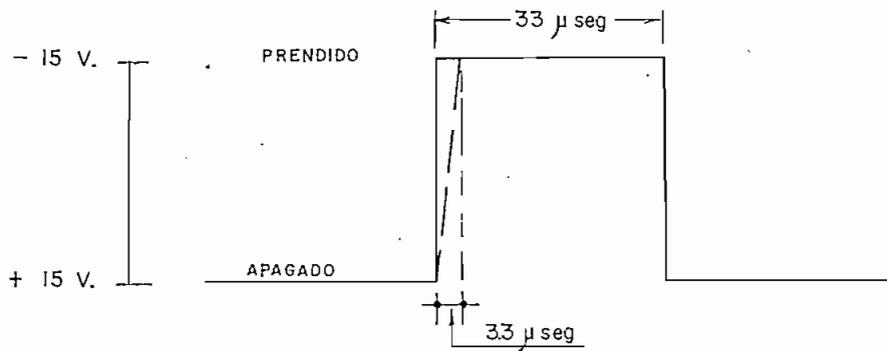


Fig. 26

El tiempo que un elemento permanecerá prendido o apagado será igual a:

$$T = \frac{1}{30 \text{ KHz}} = 33 \mu\text{seg}$$

La transición de apagado a prendido se ha escogido que debe realizarse en un tiempo máximo de  $33 \mu\text{seg}/10$ , por tanto, la gradiente de la recta cuando exista esta transición será:

$$\text{Gradiente} = \frac{30 \text{ voltios}}{3.3 \mu \text{ seg}} = 10 \text{ voltios}/\mu \text{ seg}$$

El valor de 10 voltios/ $\mu$ seg será la mínima pendiente que deberá tener la recta en estudio. Mientras más grande sea este valor, la velocidad de respuesta del circuito aumenta lo que evitará tener distorsión en la escritura.

El circuito dado a continuación será el que realice el acoplamiento requerido con todas las características pedidas.

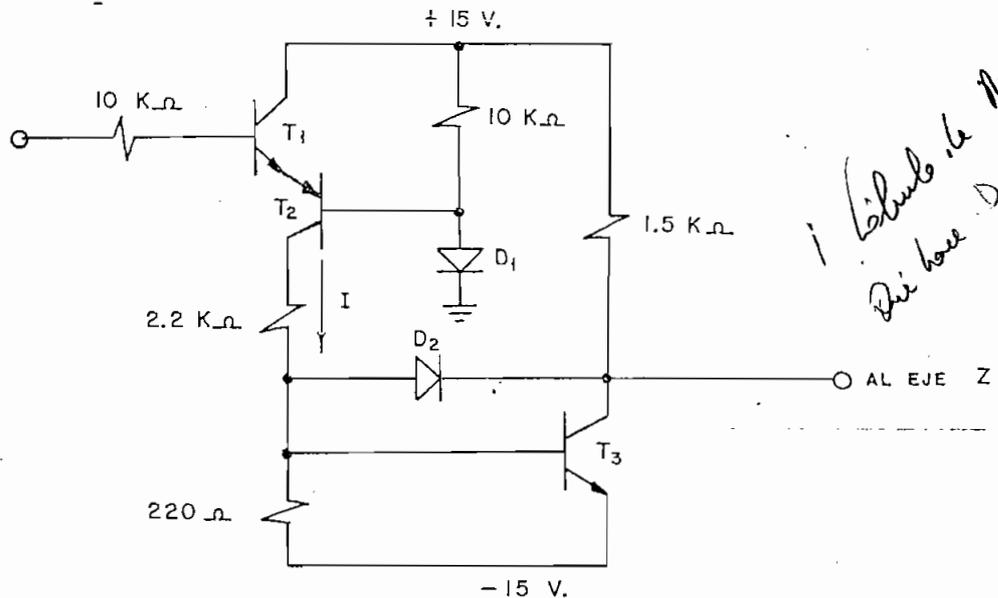


Fig. 27

En el primer caso, cuando en L' haya un 0<sub>L</sub> lo que en niveles de voltaje sería de 0 a 0.4 voltios,

el Transistor T1 (Ref # 2) se corta lo que hará que T2 (Ref # 3) se corte también. Esto ocasionará la ausencia de corriente  $I$  dando como resultado el corte del Transistor T3 (Ref # 2) poniendo la salida del circuito a + 15 voltios. Se ha cumplido una parte de la tabla # 3.

El segundo caso será cuando sobre  $L'$  haya un  $V_L$ , es decir, de 2.4 a 5 voltios; los transistores T1 y T2 se polarizan directamente existiendo una circulación de corriente  $I$  que llevará al límite de la saturación a T3. (No se saturará completamente debido al diodo D2 lo que influirá en la velocidad de respuesta del circuito), poniendo en la salida Z un voltaje de -15 voltios. Se ha cumplido hasta aquí con el requisito de acoplamiento de voltajes.

El segundo requisito fue comprobado experimentalmente obteniendo sobre el Osciloscopio una recta cuya grandiente era de 500 voltios/ $\mu$ seg, es decir, sobrepasamos ampliamente el mínimo valor calculado.

La velocidad de este circuito se debe a la utilización de las características de velocidad de las diferentes configuraciones en que puede ser conecta-

do un transistor: EMISOR COMUN, BASE COMUN, SEGUIDOR DE EMISOR. De estas tres configuraciones se tratará de utilizar lo menos posible la configuración en EMISOR COMUN por ser la más lenta.

C A P I T U L O 5

C O N T R O L V E R T I C A L D E L

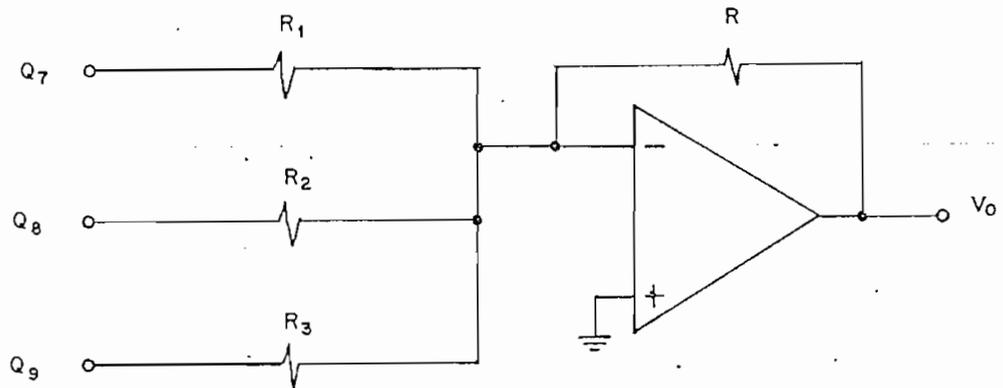
O S C I L O S C O P I O

## 5.1 CONVERTIDOR DIGITAL-ANALOGICO.-

Al momento de estudiar las especificaciones -  
necesarias se habló del control vertical o eje Y -  
del Osciloscopio. El fin de dicho control es co-  
mandar el rayo para que luego de analizar la primera  
línea de los cuatro dígitos continúe con la segunda,  
al término de ésta con la tercera y así sucesivamente  
hasta la octava en donde regresará a la primera  
y continuará este ciclo.

Analizando la Fig. # 4 de la Página 25, vemos -  
que la posición de cada línea está completamente de-  
finida por las secuencias Q9, Q8 y Q7 del Contador.  
Consecuentemente, utilizando estas señales generaremos  
una onda "Escalera" de tal manera que cada escalón  
representa la posición de una línea.

El circuito ha sido diseñado utilizando un Am-  
plificador Operacional como sumador de señales, así:



$$V_o = - \left( \frac{R}{R_1} \cdot Q_7 + \frac{R}{R_2} \cdot Q_8 + \frac{R}{R_3} \cdot Q_9 \right)$$

Fig. 28

Para el cálculo de los respectivos valores de las resistencias, debemos tener en cuenta que el máximo nivel de la señal  $V_o$  que se puede obtener, según esta conexión, es aproximadamente igual al de la fuente negativa de polarización del Amplificador Operacional y si  $V_{cc} = 15$  voltios, tendremos que:

$$V_o \text{ máximo} = - \left[ \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2} + \frac{R}{R_3} \right] V_{1L}$$

donde  $V_{1L} = 5$  V.

Si  $V_o$  máximo escogemos igual a 14 voltios:

$$|(V_o \text{ máximo})| = \left| \frac{R}{R_1} 5 + \frac{R}{R_2} 5 + \frac{R}{R_3} 5 \right|$$

$$14 = 5 \left[ \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2} + \frac{R}{R_3} \right]$$

$$\frac{14}{5} = \frac{R}{R_1} + \frac{R}{R_2} + \frac{R}{R_3}$$

Además sabemos que:

$$R_2 = \frac{R_1}{2}$$

$$R_3 = \frac{R_1}{4}$$

$$\text{Si } R = 10 \text{ K}\Omega$$

$$\frac{14}{5} = \frac{10 \text{ K}\Omega}{R_1} + \frac{10 \text{ K}\Omega}{\frac{R_1}{2}} + \frac{10 \text{ K}\Omega}{\frac{R_1}{4}}$$

$$\frac{14}{5} = \frac{70 \text{ K}\Omega}{R_1}$$

$$R_1 = 25 \text{ K}\Omega$$

Escogemos:  $R_1 = 27 \text{ K}\Omega$

$$R2 = \frac{27 \text{ K}\Omega}{2}$$

$$R2 = 13.5 \text{ K}\Omega$$

Escogemos  $R2 = 12 \text{ K}\Omega$

$$R3 = \frac{27 \text{ K}\Omega}{4}$$

$$R3 = 6.75 \text{ K}\Omega$$

Escogemos  $R3 = 6.8 \text{ K}\Omega$

El circuito con sus valores respectivos será:

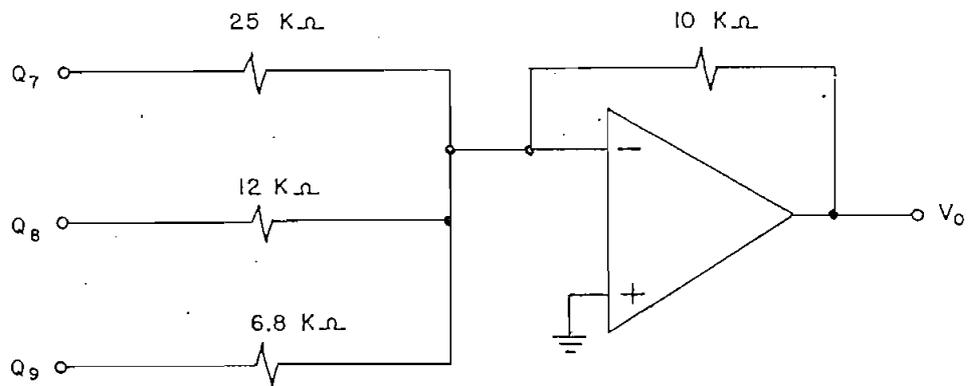


Fig. 29

## 5.2 GENERADOR DE RADIO FRECUENCIA.-

Este circuito será el que proporcione la señal necesaria para producir el manchado o trazo grueso de los dígitos. Según se analizó anteriormente, esto podemos realizarlo con un oscilador cuya frecuencia sea por lo menos 10 veces mayor que la del reloj, es decir 300 KHz.

Resulta conveniente analizar algunas formas de onda que es posible obtener con un oscilador para luego de su estudio escoger la que mayor ventajas proporcione y realice su cometido fielmente.

En primer lugar, podemos tener un tren de pulsos como indica la Figura # 30 (a). Teóricamente, el tiempo de transición es nulo lo que indica que el rayo está en la parte inferior o en la superior sin que haya un tiempo de demora en este cambio.

Analizando ahora en función del manchado del dígito y debido a la característica del tren de pulsos

anteriormente explicada, el manchado se producirá sólo en la parte superior e inferior del elemento de dígito, dejando en blanco su parte intermedia, como puede verse más cláramente en la Figura # 30 (b).

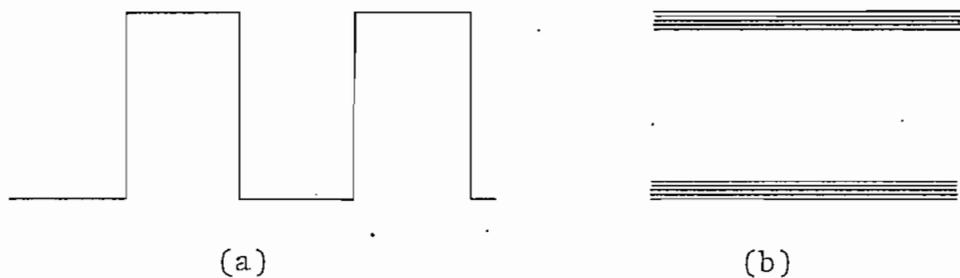


Fig. 30

Esta forma de manchado se encuentra fuera de nuestro deseo por lo que se descarta.

En segundo lugar, podemos obtener una onda sinusoidal como se puede ver la Figura # 31 (a). Esta forma de onda es simplemente una mejora de la anterior. Existe un tiempo de subida entre el punto más bajo y el más alto y lógicamente un tiempo de bajada, pero la mayor parte de este tiempo se pasará en sus puntos extremos. Utilizando esta forma de on

da se obtendrá un manchado más intenso en sus extremos y algo en su parte intermedia, según indica la Figura # 31 (b).

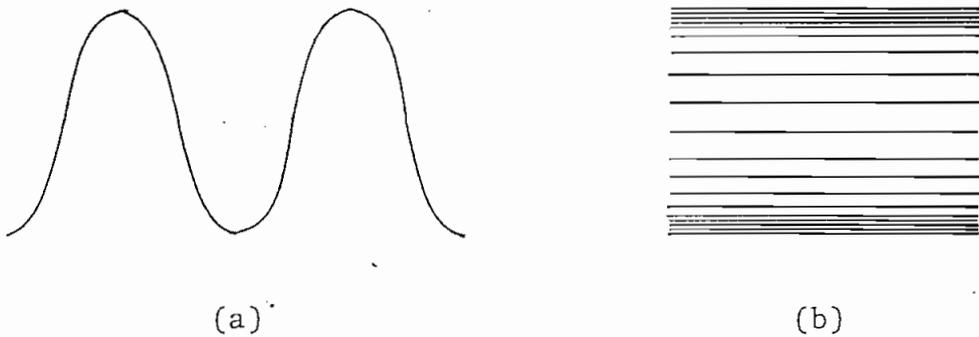


Fig. 31

Finalmente y como consecuencia de las anteriores necesitamos una forma de onda cuya transición sea constante, es decir, la pendiente de la recta que se forme al unir los extremos sea igual en todos sus puntos. En función de manchado podemos decir que éste se realizará con la misma intensidad en todo el espacio ocupado por el elemento del dígito.

Esto puede lograrse con un diente de sierra el cual deberá ser lo más lineal posible.

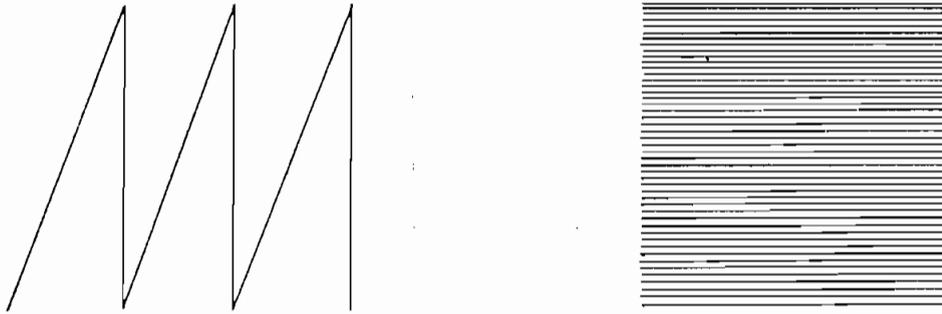


Fig. 32

Es así como se ha utilizado un oscilador de relajación tomando la salida en el emisor del UJT. - Con el objeto de dar más linealidad, se ha utilizado el transistor T1 como fuente de corriente. Además el transistor T2 es un seguidor de emisor que acopla la salida del emisor del UJT del circuíto oscilador a la carga evitándose así que deje de oscilar o/distorcione su forma de onda.

El circuito utilizado es:

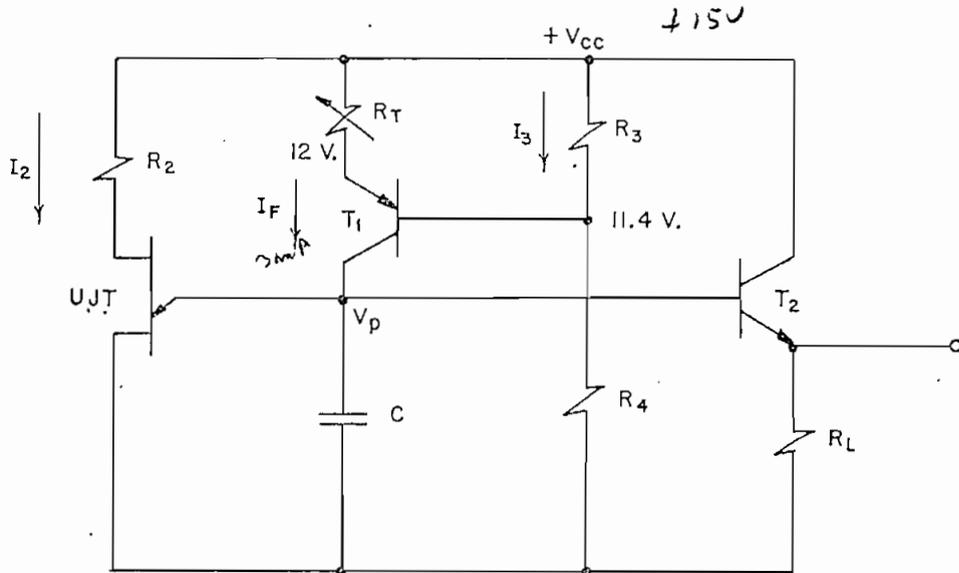


Fig. 33

La resistencia  $R_2$  sirve primordialmente para -  
proveer una compensación de temperatura, ya que prác-  
ticamente todos los UJT son dependientes de la tempe-  
ratura.

Su valor no puede ser comparable con  $R_{BB}$ , porque  
alteraría las condiciones de disparo. En la prácti-  
ca se suelen usar valores entre  $0.5 K\Omega$  y  $1 K\Omega$  .

Escogemos arbitrariamente  $R_2 = 680 \Omega$

Para que el UJT trabaje en su región de resistencia negativa debe cumplirse que:

$$I_F \gg I_P$$

$$I_F < I_V$$

Si utilizamos el UJT 2N 2646 (Ref. 4) tenemos:

$$I_F = 3 \text{ mA} \quad R_{BB} = 6.9 \text{ K}\Omega \quad \eta = 0.65$$

$$I_2 = \frac{15}{680 + 6900} = 1,97 \text{ mA}$$

$$I_2 = 1,97 \text{ mA}$$

$$V_P = V_D + \eta V_{B_2B_1}$$

$$V_P = 0,6 + 0,65 \cdot 1,97 \text{ mA} \cdot 6,9 \text{ K}\Omega$$

$$V_P = 9,4 \text{ voltios}$$

$$R_T = \frac{15 - 12}{3 \text{ mA}} = 1 \text{ K}\Omega$$

Ponemos un potenciómetro de  $3.3 \text{ K}\Omega$

$$I_B \approx I_C \text{ (configuración Base común)}$$

$$I_B = 3 \text{ mA}$$

$$I_3 \approx 3 I_B \rightarrow \text{porqué?}$$

$$I_3 = 9 \text{ mA}$$

$$R_3 = \frac{15 - 11,4 \text{ voltios}}{9 \text{ mA}}$$

$$R_3 = 1,2 \text{ K}\Omega$$

$$R_4 = \frac{11,4 \text{ voltios}}{6 \text{ mA}}$$

$$R_4 = 1,9 \text{ K}\Omega \text{ escogemos } R_4 = 2,2 \text{ K}\Omega$$

Para hallar el valor del condensador C

$$V = \frac{Q}{C} = \frac{I \cdot t}{C} \quad \text{Si } t = T$$

y  $V \approx \eta V_{CC}$

$$\eta V_{CC} = \frac{I_F \cdot T}{C}$$

$$C = \frac{I_F \cdot T}{\eta V_{CC}}$$

$$C = \frac{3 \text{ mA}}{0,65 \cdot 15 \text{ voltios}} \times \frac{1}{300 \text{ KHz}}$$

$$C = 1,02 \cdot 10^{-9}$$

$$\text{Escogemos } C = 0,001 \mu\text{F}$$

Con el objeto de controlar la corriente de base del transistor T1 las resistencias  $R_3$  y  $R_4$  se han modificado como indica la Figura #34.

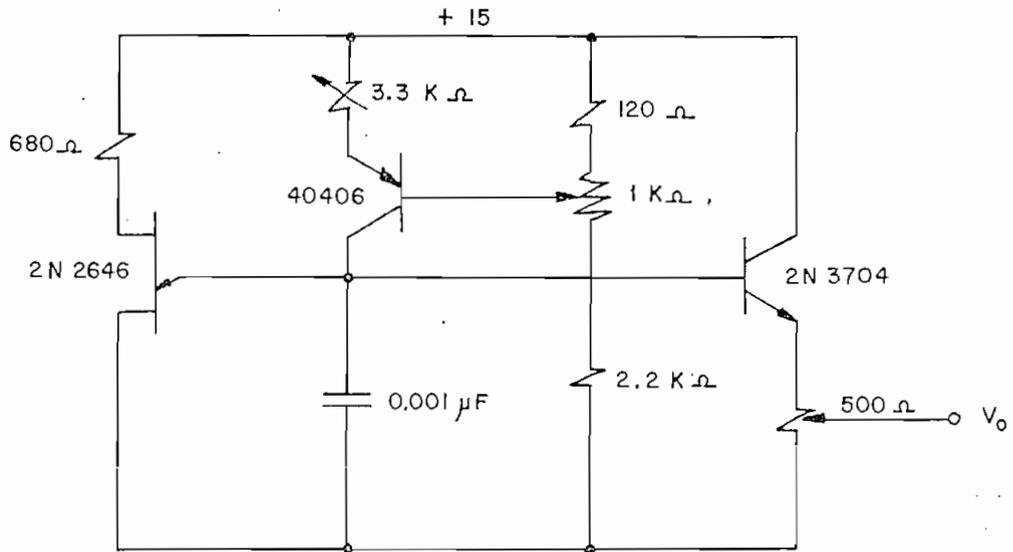


Fig. 34

## 6.1 DISEÑO DEL TRANSFORMADOR.-

Los circuitos integrados de lógica TTL según las especificaciones dadas por los fabricantes necesitan un voltaje de polarización mínimo de 4.5 y máximo de 5.5. voltios. El Amplificador Operacional, necesita un voltaje de polarización de  $\pm 15$  voltios. La polarización de los demás circuitos utilizados en esta Tesis, se realizará con estos voltajes. Consecuentemente, el transformador a diseñarse deberá proporcionarnos en su secundario voltajes de +5 y  $\pm 15$  voltios necesarios para las polarizaciones.

Por disponer el Laboratorio de un transformador cuya potencia está en el rango requerido, se utilizará su enrollamiento primario debiendo diseñarse y construirse el enrollamiento secundario.

Experimentalmente con un secundario de 10 vueltas obtuvimos un voltaje de 1.27 voltios. Utilizando la relación  $\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2}$  se tiene que:

Para la fuente de 5 voltios.

$$\frac{1.27 \text{ voltios}}{10 \text{ voltios}} \quad \text{---} \quad \frac{10 \text{ vueltas}}{x}$$

$$x = 79 \text{ vueltas}$$

Para la fuente de 15 voltios

$$\frac{1.27 \text{ voltios}}{27 \text{ voltios}} \quad \text{---} \quad \frac{10 \text{ vueltas}}{x}$$

$$x = 213 \text{ vueltas}$$

Necesitamos una fuente de  $\pm$  15 voltios por lo que construimos un devanado de 426 vueltas con Tap central.

El transformador quedará así:

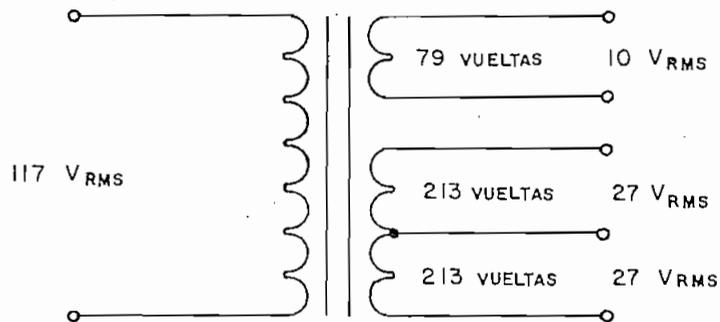


Fig. 35

Para dimensionar el conductor necesario, consideramos el consumo de corriente de cada fuente:

Fuente de 15 voltios {  $I$  mínima = 50 mA  
 $I$  máxima = 100 mA

Fuente de 5 voltios {  $I$  mínima = 550 mA  
 $I$  máxima = 700 mA

Según esto, para el secundario de  $\pm$  15 voltios se usará el alambre N° 32 (AWG) y para la de 5 voltios el N° 24 (AWG).

### 6.2.1 RECTIFICADOR Y REGULADOR DE TENSION PARA LA FUENTE DE 5 VOLTIOS.-

El circuito utilizado es el siguiente:

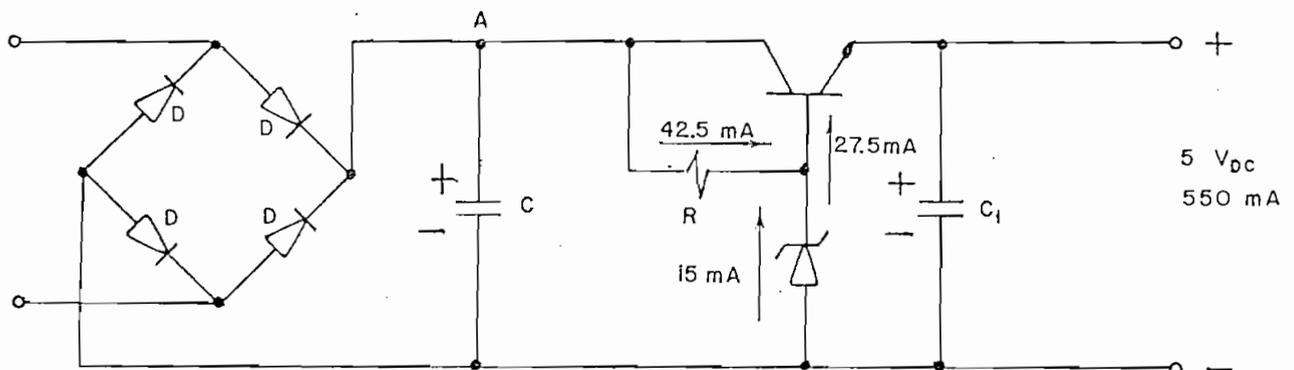
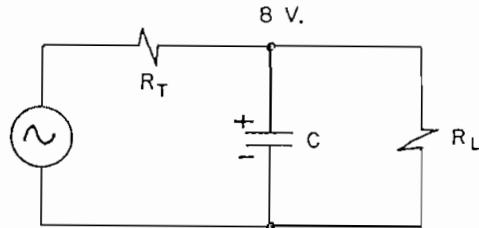


Fig. 36

Si hacemos un circuito equivalente del rectificador, tendremos:



$$I \text{ de carga } I_L = 700 \text{ mA}$$

$$\text{Voltaje a trav\u00e9s de la carga } V_L = 8 \text{ voltios}$$

$$\text{Resistencia de carga } R_L = \frac{8 \text{ voltios}}{700 \text{ mA}}$$

$$R_L = 11.43 \Omega$$

$$R_T = R_{\text{diodo}} + R_{\text{transformador}}$$

$$R_{\text{diodo}} = \frac{0.7 \text{ voltios}}{0.7 \text{ A}} = 1 \Omega$$

$$R_{\text{transformador}} \cong 0.5 \Omega$$

$$R_T = 1 \Omega + 0.5 \Omega$$

$$R_T \cong 2 \Omega$$

$$\frac{R_T}{R_L} \% = \frac{2}{11.43} \cdot 100 =$$

$$\frac{R_T}{R_L} \% = 18 \%$$

$$\% \text{ de rizado} = 5 \%$$

Del gráfico #37 obtenemos que: (1)

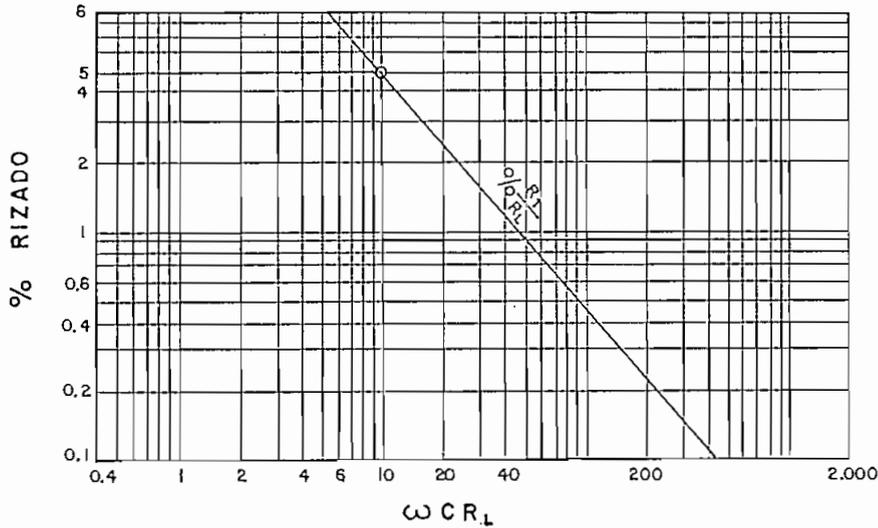


Fig. 37

$$\omega CR_L = 10$$

$$C = \frac{10}{\omega R_L} = \frac{10}{2\pi f \cdot R_L}$$

$$C = 2320 \mu F$$

$$\text{Ponemos } C = 2000 \mu F$$

Para dimensionar los diodos:

Si  $n = 2$  para circuitos rectificadores de onda completa. (2)

(1) Radio - Tron Pág. 1176

(2) Radio - Tron Pág. 1175

$$nWCRL = 2.10$$

$$nWCRL = 20$$

$$\frac{RT}{nRL} \% = 9 \%$$

Según el gráfico # 38 tenemos: (2)

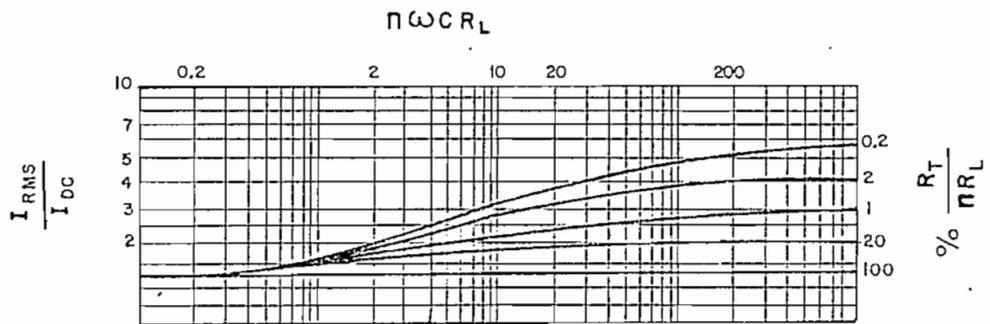


Fig. 38

$$\frac{I_{RMS}}{I_{DC}} = 2 \quad \text{Si} \quad I_{DC} = 0.7 \text{ A}$$

$$I_{RMS} = 2 \times 0.7$$

$$I_{RMS} = 1.4 \text{ Amperios}$$

Utilizaremos los diodos 1N1612 (Ref. 6)

(2) Radio - Tron Pág. 1175

En el punto A de la Figura # 36 tenemos un voltaje de 8 voltios, el diodo Zener es de 5.6 voltios, por lo que:

$$R_B = \frac{8 - 5.6 \text{ voltios}}{4.2.5\text{mA}}$$

$$R_B = 56 \Omega$$

El condensador C1 disminuirá aún más el rizado y su valor se ha escogido de 470  $\mu$ F.

Potencia disipada por el Zener.

$$P = 15 \text{ mA} \times 5.6 \text{ V}$$

$$P = 84 \text{ mW}$$

Hemos escogido el diodo Zener 1N4734 (Ref. 7)

Potencia disipada por el transistor.

$$P = 700 \text{ mA} \times 8 \text{ V}$$

$$P = 5.6 \text{ W}$$

Hemos escogido el transistor 2N5320 (Ref. 8)

El circuito con sus valores respectivos quedará así:

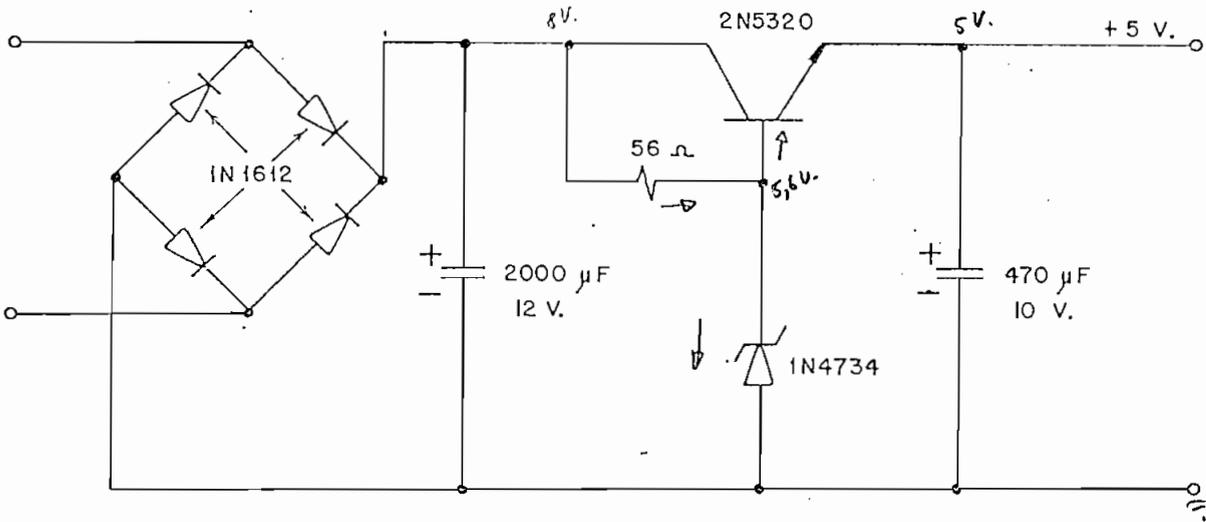


Fig. 39

6.2,2 RECTIFICADOR Y REGULADOR DE TENSION PARA LA FUENTE DE 15 VOLTIOS.-

En la Figura #40 se da el circuito utilizado:

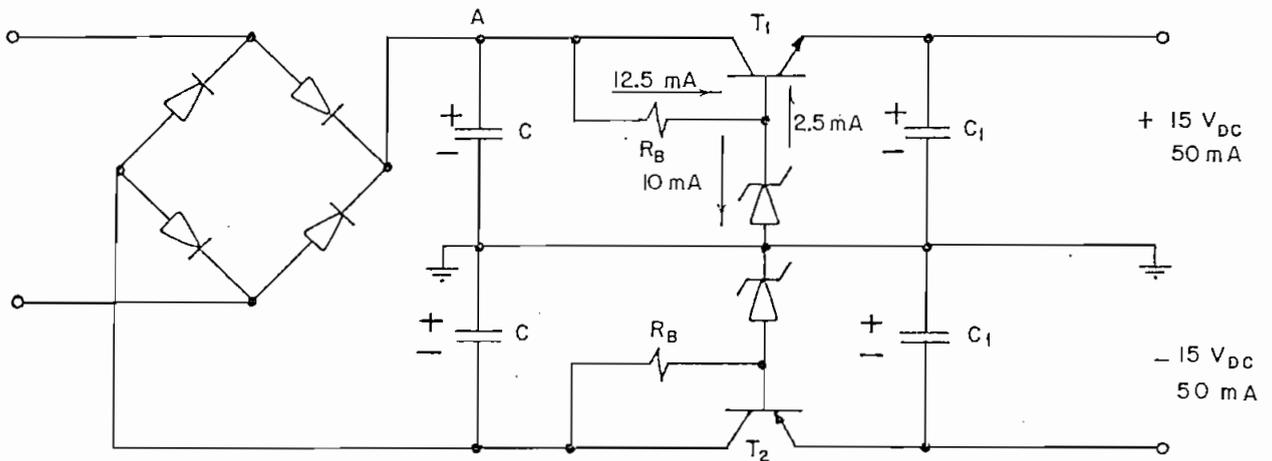
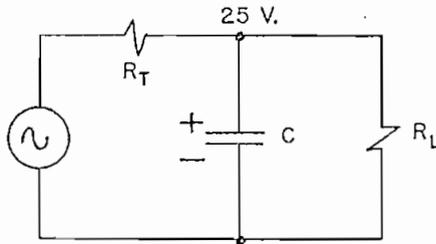


Fig. 40

Por ser voltajes simétricos, diseñaremos sólo -  
la parte correspondiente a la fuente de + 15 voltios.

El circuito equivalente del rectificador será:



Corriente de carga  $I_L = 100 \text{ mA}$

Voltaje sobre la carga  $V_L = 25 \text{ voltios}$

Resistencia de carga  $R_L = \frac{25 \text{ voltios}}{100 \text{ mA}}$

$$R_L = 250 \ \Omega$$

$R_T = R \text{ diodo} + R \text{ transformador}$

$$R \text{ diodo} = \frac{0.7}{100 \text{ mA}} = 7 \ \Omega$$

$R \text{ transformador} \cong 5.3 \ \Omega$

$$R_T = 7 + 5.3$$

$$R_T = 12 \ \Omega$$

$$\% \frac{R_T}{R_L} = \frac{12}{250} \cdot 100 \qquad \% \frac{R_T}{R_L} = 5\%$$

$$\% \text{ Rizado} = 5\%$$

Según el Gráfico # 37

$$WCRL = 15$$

$$C = \frac{15}{2\pi fRL}$$

$$C = 160 \mu F$$

$$\text{Escogemos } C = 1000 \mu F$$

Para dimensionar los diodos:

$$nWCRL = 2 \times 15$$

$$nWCRL = 30$$

$$\frac{RT}{nRL} \% = 2.5\%$$

$$nRL$$

Según el gráfico # 38.

$$\frac{IRMS}{IDC} = 3 \quad \text{Si } IDC = 100 \text{ mA}$$

$$IRMS = 300 \text{ mA}$$

Hemos utilizado los diodos 1N4002 (Ref. 9).

En el punto A de la Figura # 40 tenemos un voltaje de 25 voltios. Si el Zener es de 15.6 voltios:

$$R_B = \frac{25 - 15.6 \text{ v}}{12.5 \text{ mA}}$$

$$R_B = 752 \Omega$$

escogemos:  $680 \Omega$

El condensador de salida disminuirá el rizado y se ha puesto de  $100 \mu\text{F}$ .

Potencia disipada por el Zener:

$$P = 10 \text{ mA} \times 15.6 \text{ V}$$

$$P = 156 \text{ mW}$$

El Zener que disponemos es el 1N4744 (Ref. 10), cumple con los requisitos pedidos, pero es de 15 voltios por lo que se utilizará un diodo D 5 en serie para obtener los 15.6 voltios necesarios en la base del transistor.

Potencia disipada por el transistor.

$$P = 25 \times 100 \text{ mA}$$

$$P = 2.5 \text{ W}$$

Utilizamos el transistor 40409. (Ref. 11)

El circuito total con sus valores correspondientes quedará así:

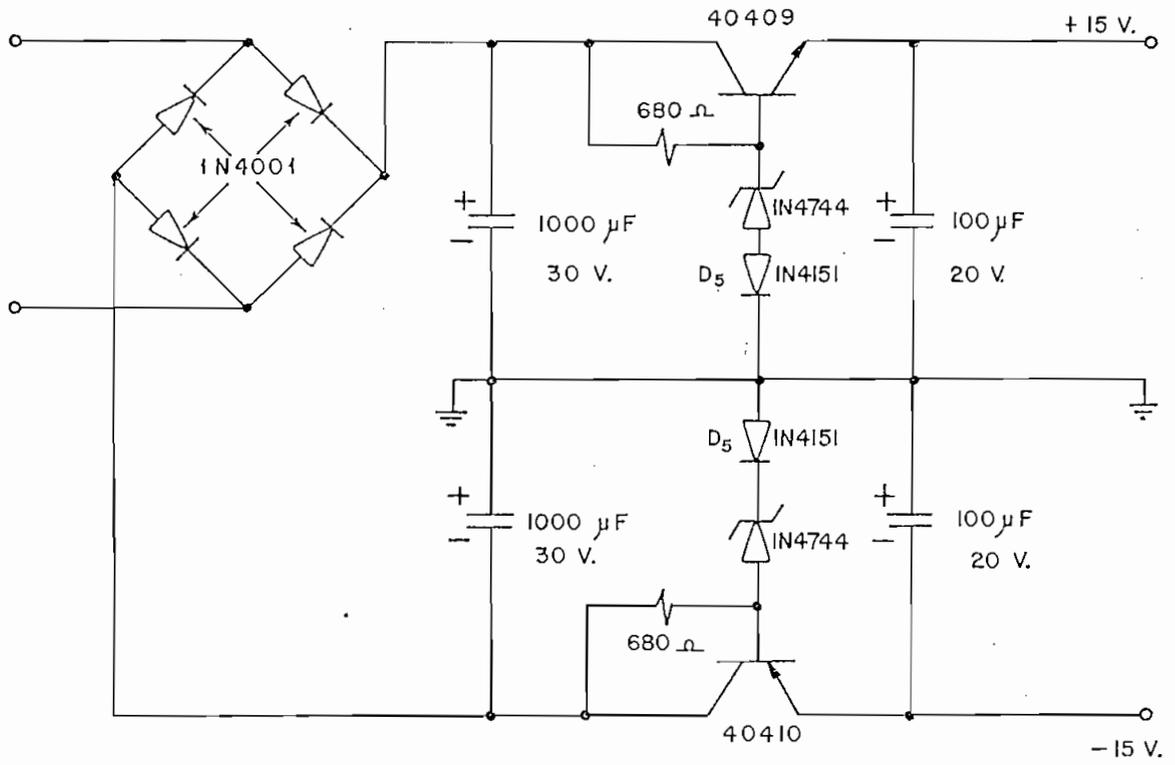


Fig. 41

C A P I T U L O 7

C O N S T R U C C I O N Y E X P E R I M E N T A C I O N

7.1 CONSTRUCCION.-

CARACTERISTICAS FISICAS

- Chasis de Latón
- Dimensiones:
  - Ancho            325 mm
  - Alto             150 mm
  - Profundiad 240 mm

Interiormente, los circuitos han sido montados sobre 5 plaquetas de baquelita cuyo circuito impreso sin ser el óptimo es el que mayores ventajas, tanto en tamaño como en conexiones nos proporciona.

Refiriéndonos al diagrama de bloques (Figura # 29 ) podemos anotar que cada plaqueta contiene.

La plaqueta 1 (Figura # 42) está formado por la Red de Acoplamiento y los Retenedores.

La plaqueta 2 (Figura # 43) consta del Multiplexer de dígito, el Decodificador de 7 segmentos, el Decodificador del Punto Decimal y el Reloj.

La plaqueta 3 (Figura # 44) tiene al Contador, el Control de Brillo y el Control de Retención.

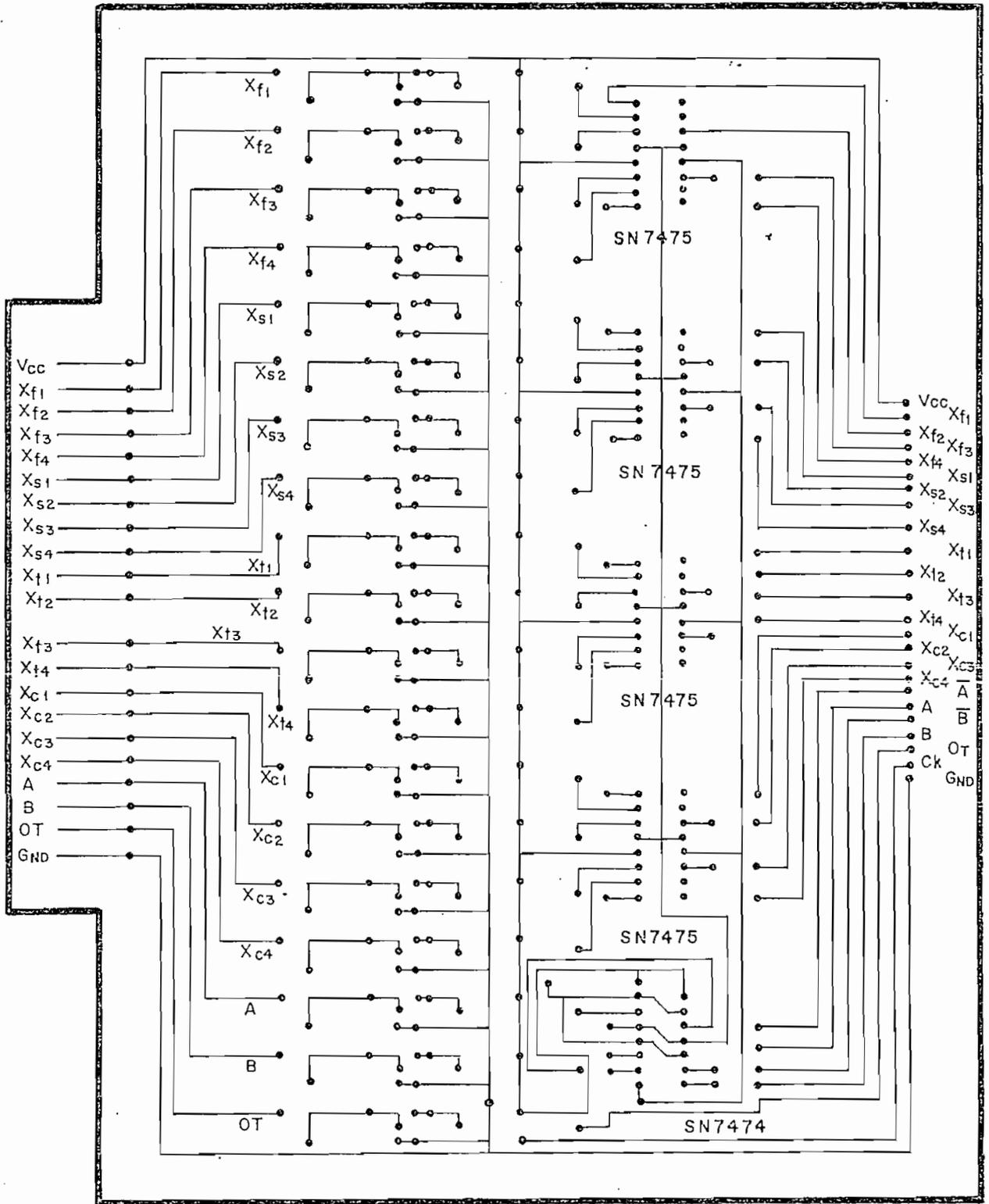
En la plaqueta 4 (Figura # 45) tenemos al Convertidor Analógico-Digital y al Generador de Radio - Frecuencia.

La plaqueta 5 (Figura # 46) está formada por el Rectificador y Circuito Regulador de las fuentes de alimentación.

Además, junto a las plaquetas está el transformador para las fuentes.

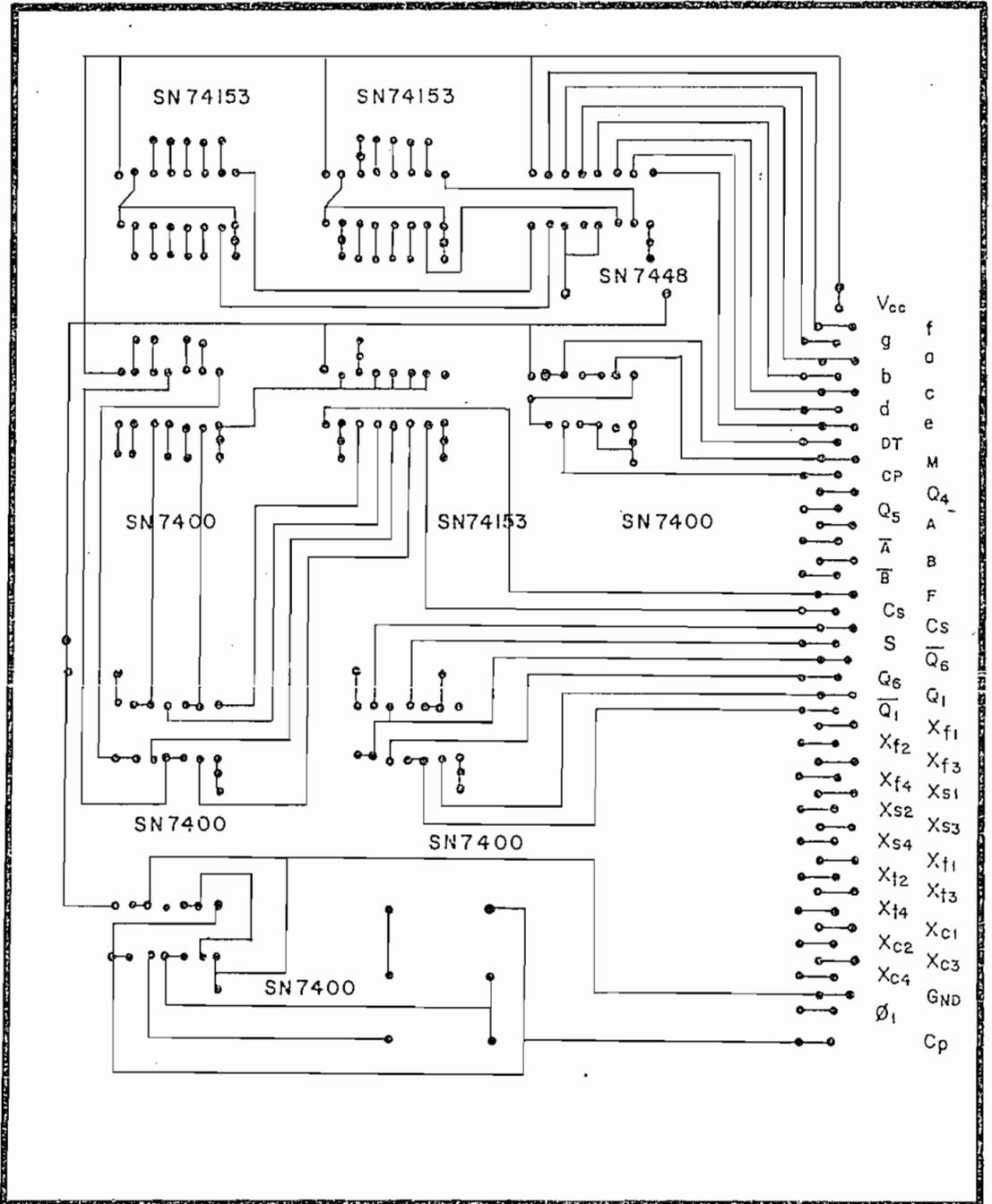
La distribución de las plaquetas se realizó en la forma más conveniente teniendo en cuenta la íntima relación con el tamaño final del equipo.

Exteriormente, el equipo con la distribución de sus respectivos conectores, tanto para la entrada como para la salida de las señales, está representado en la Figura # 47.



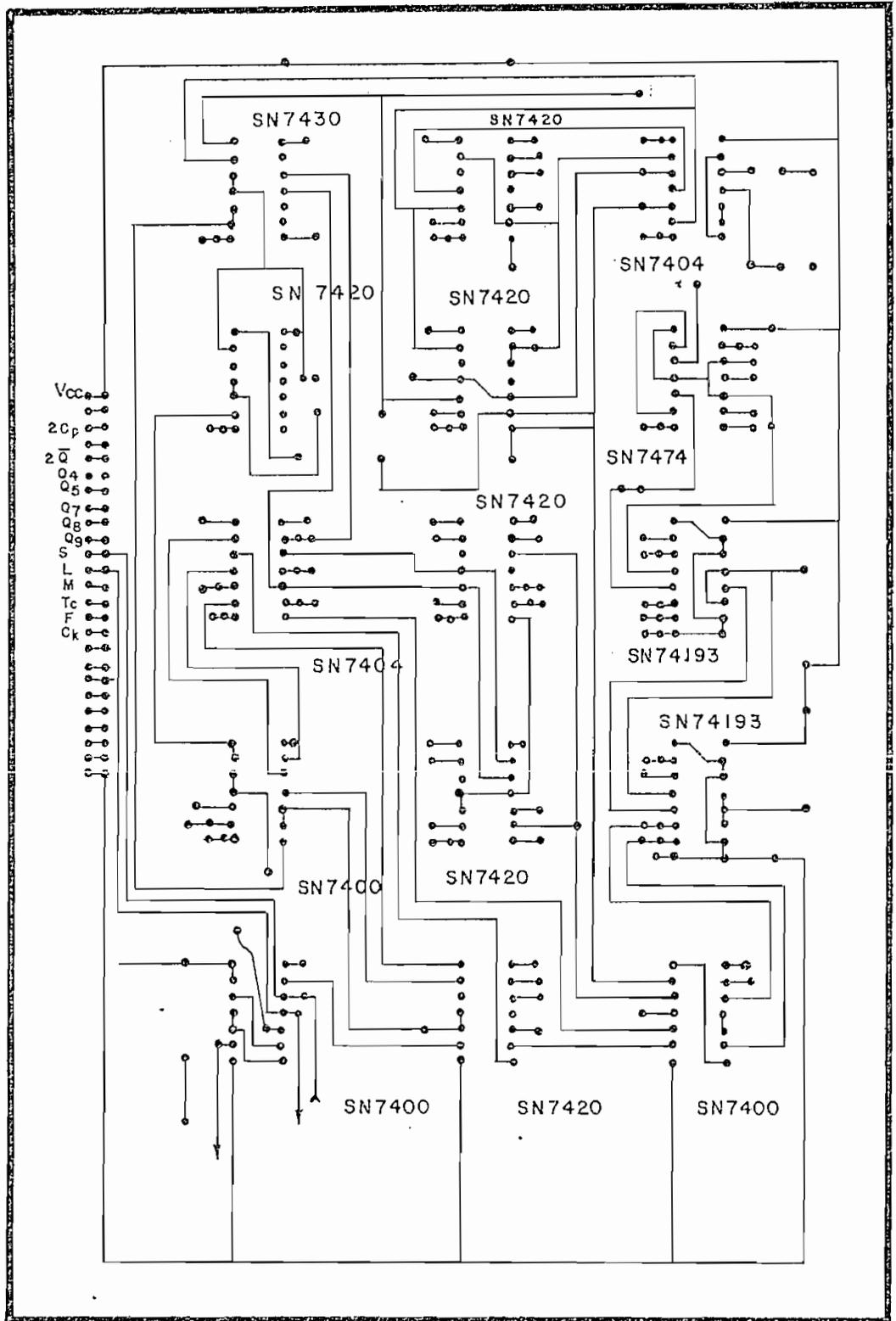
PLAQUETA 1

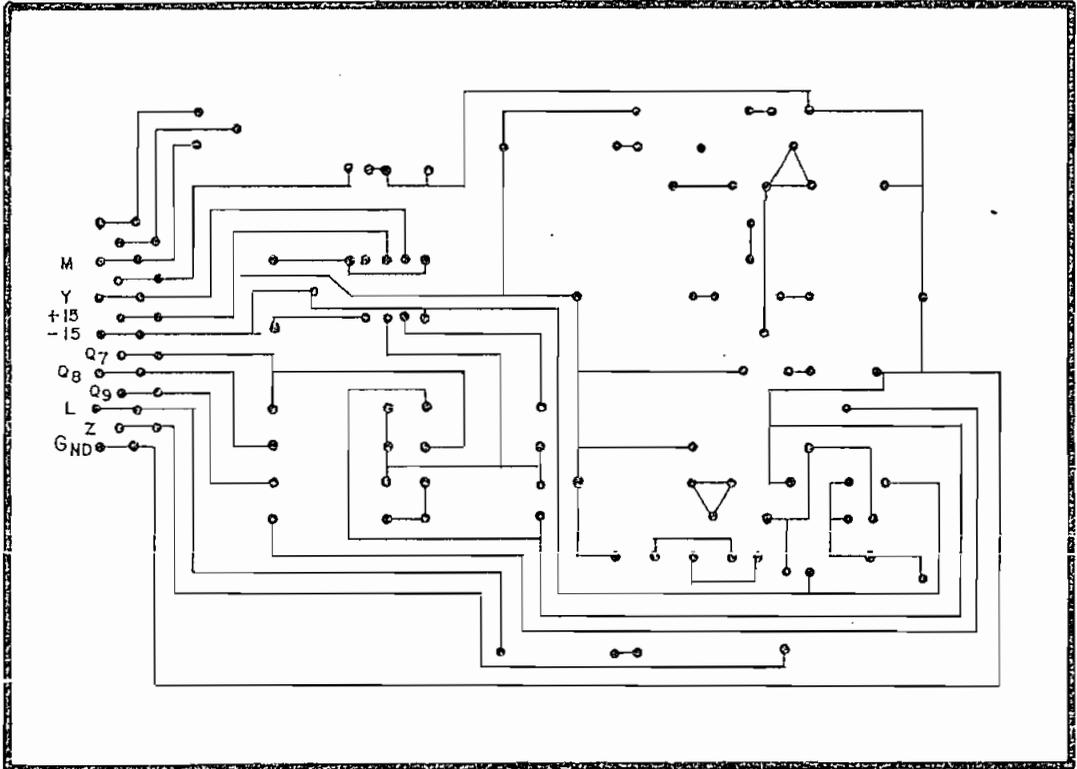
fig. 42



PLAQUETA 2

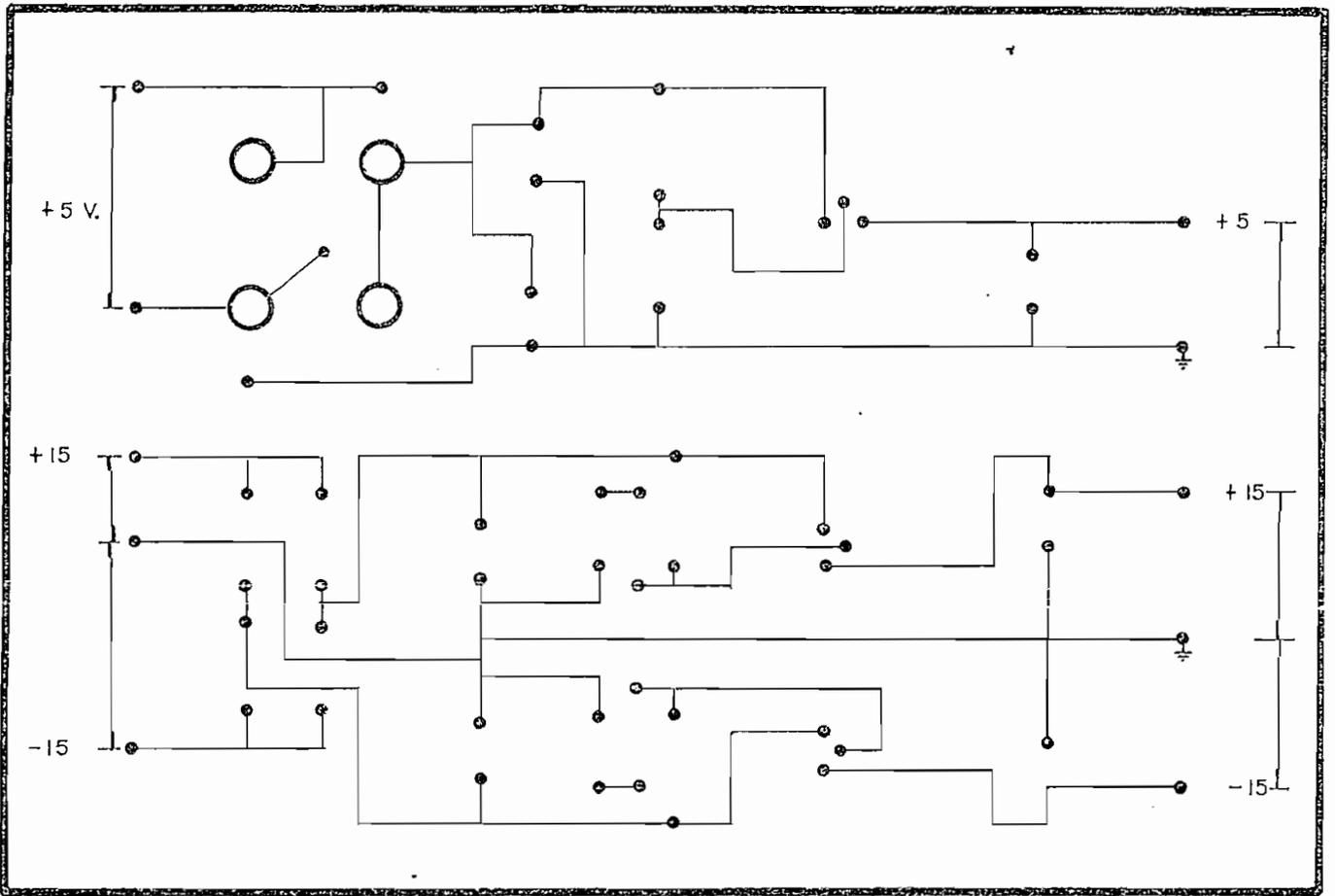
fig. 43





PLAQUETA 4

fig. 45



PLAQUETA 5

fig. 46

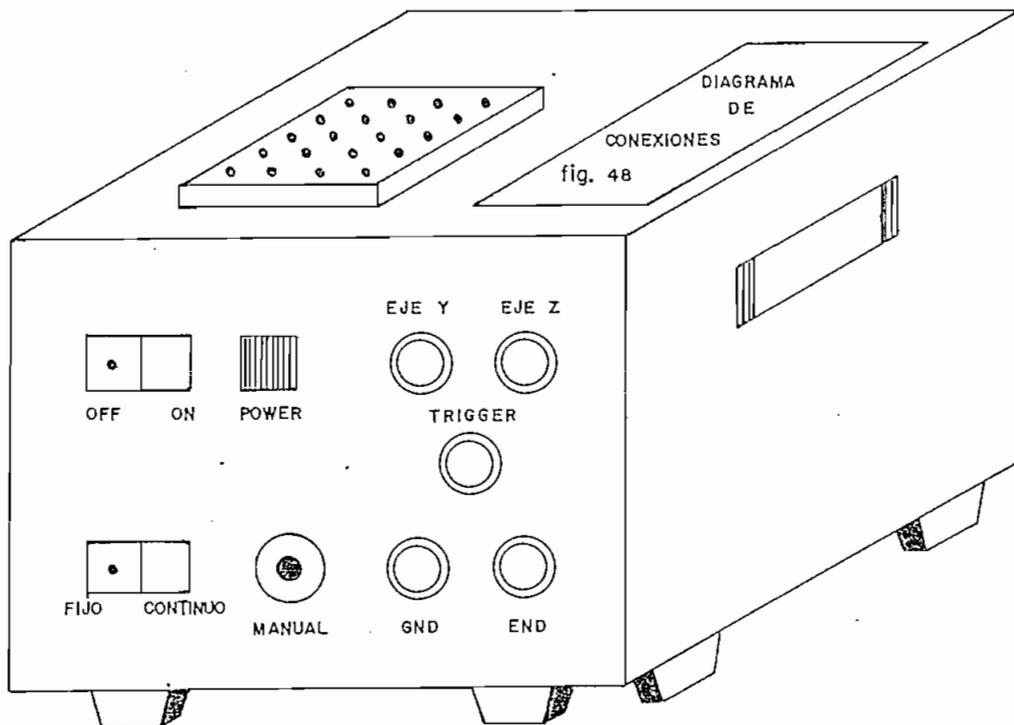
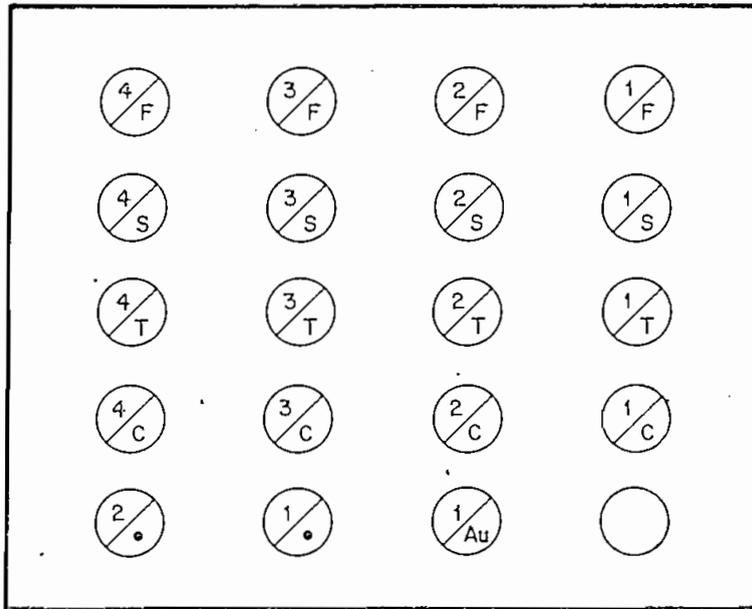


fig. 47

# DIAGRAMA DE CONEXIONES



1	PRIMER BIT ( MENOS SIGNIFICATIVO )	
2	SEGUNDO BIT	
3	TERCER BIT	
4	CUARTO BIT ( MAS SIGNIFICATIVO )	
F	PRIMER DIGITO ( MENOS SIGNIFICATIVO )	
S	SEGUNDO DIGITO	
T	TERCER DIGITO	
C	CUARTO DIGITO ( MAS SIGNIFICATIVO )	
1/.	PRIMER BIT ( MENOS SIGNIFICATIVO )	PUNTO DECIMAL
2/.	SEGUNDO BIT ( MAS SIGNIFICATIVO )	
1/Au	AUTOMATICO	

fig. 48

## 7.2 EXPERIMENTACION.-

Antes del montaje final, cada circuito fue probado separadamente con el objeto de comprobar su correcto funcionamiento.

Cuando cada uno de ellos cumplía su función específica, se procedió al acoplamiento total.

A continuación, se procedió a comprobar experimentalmente si el equipo funcionaba o no, es decir, si su objetivo inicial fue llevado a cabo.

Con este fin, se armó un CONTADOR cuyas salidas fueron introducidas al "INODI"; comprobándose sobre la pantalla del Osciloscopio los resultados a los que nos habíamos propuesto llegar.

## CONCLUSIONES

El objetivo propuesto era construir un aparato que "dibuje" en un Osciloscopio en forma DECIMAL hasta cuatro dígitos presentados en BCA. Este objetivo ha sido cumplido a cabalidad. Hay varias mejoras que pudieran introducirse en esta clase de equipos. Principalmente en tres sentidos:

- a) Mayor número de dígitos o símbolos a escribirse, inclusive con la posibilidad de escribir en más de un renglón.
- b) Escritura de caracteres ALFA-NUMERICOS.
- c) Escritura sobre pantalla de T.V. en vez del Osciloscopio.

Cumplidas estas tres "mejoras", tendríamos un típico "terminal de computadora".

Durante la realización del diseño de cada bloque se trató de optimizar cada uno de ellos, lo que influyó directamente en su costo y tamaño físico.

Personalmente, con la culminación de este trabajo creo haber complementado la teoría recibida durante mis años de estudio de Ingeniería, con la práctica necesaria para una mejor comprensión y desenvolvimiento durante mi carrera profesional.

Espero que el equipo sea de utilidad para las prácticas de los estudiantes quienes podrán objetivamente ver sus resultados y en general para el Laboratorio de Electrónica de la Escuela Politécnica Nacional.

REFERENCIA 1

TRANSISTOR 2N 358

GERMANIO NPN

$$V_{CEO} = 12 \text{ voltios}$$

$$h_f = 20 - 50$$

$$V_{CE \text{ sat}} = 0.2 \text{ voltios}$$

$$I_C = 300 \text{ mA}$$

$$P_D = 100 \text{ mW}$$

REFERENCIA 2

TRANSISTOR 40407

SILICIO NPN

$$V_{CEO} = 50 \text{ voltios}$$

$$I_C = 0.7 \text{ A}$$

$$h_f = 40 - 200$$

$$P_D = 1.0 \text{ W}$$

REFERENCIA 3

TRANSISTOR 40406

SILICIO PNP

$$V_{CEO} = 50 \text{ voltios}$$

$$I_C = 0.7 \text{ A}$$

$$h_f = 30 - 200$$

$$P_D = 1.0 \text{ W}$$

REFERENCIA 4

TRANSISTOR UJT 2N 2646

$$R_{BB} = 4.7 - 9.1 \text{ K}$$

$$I_V \text{ mínima} = 4 \text{ mA}$$

$$I_P = 5 \mu\text{A}$$

$$\eta = 0.56$$

$$P_D = 300 \text{ mW}$$

REFERENCIA 5

TRANSISTOR 2N 3704

SILICIO NPN

$$V_{CEO} = 50 \text{ voltios}$$

$$I_C = 100 \text{ mA}$$

$$h_f = 100 - 300$$

$$P_D = 0.36 \text{ W}$$

REFERENCIA 6

DIODO 1N 1612

SILICIO

$$V_F = 1.5 \text{ voltios}$$

$$I_O = 5 \text{ A}$$

REFERENCIA 7

DIODO ZENER 1N 4734

SILICIO

$$V_Z = 5.6 \text{ voltios}$$

$$P_D = 1 \text{ W}$$

REFERENCIA 8

TRANSISTOR 2N 5320

SILICIO NPN

$$V_{CEO} = 75 \text{ voltios}$$

$$I_C = 2 \text{ A}$$

$$P_D = 10 \text{ W}$$

REFERENCIA 9

DIODO 1N 4001

SILICIO

$$V_F = 1.6 \text{ voltios}$$

$$I_0 = 1 \text{ A}$$

REFERENCIA 10

DIODO ZENER 4744

SILICIO

$$V_Z = 15 \text{ voltios}$$

$$P_D = 1 \text{ W}$$

REFERENCIA 11

TRANSISTOR 40409

SILICIO NPN

$$V_{CEO} = 90 \text{ voltios}$$

$$I_C = 0.7 \text{ A}$$

$$h_f = 50 - 250$$

$$P_D = 3 \text{ W}$$

REFERENCIA 12

TRANSISTOR 40410

SILICIO PNP

$$V_{CEO} = 90 \text{ voltios}$$

$$I_C = 0.7 \text{ A}$$

$$h_f = 50 - 250$$

$$P_D = 3 \text{ W}$$

B I B L I O G R A F I A

- 1.- MILLEMAN, J., HALKIAS, C.: "Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems". Mc. Graw Hill, 1.972.
- 2.- MILLEMAN, J., TAUB, H.: "Circuitos de Pulsos, Digitales y de Conmutación". , Mc. Graw Hill, 1.971.
- 3.- LANGSDORF, F.: "Radio-Tron Designer's Handbook", - Radio Corporation of America, 1.965.
- 4.- MARCUS, MITCHELL, P.: "Circuitos de Conmutación para Ingenieros", Diana, 1.975.
- 5.- LENK, JOHN, D.: "Handbook of Electronic Components and Circuits", Prentice-Hall, 1.974.
- 6.- LENK, JOHN, D.: "Handbook of Modern Solid State Amplifiers", Prentice-Hall, 1.974.
- 7.- RCA,: "Circuitos Integrados Lineales, Arbó, 1.970.

- 8.- KOSTOPOULOS, GEORGE, H.: "Digital Engineering" Mc. Graw Hill, 1.975.
  
- 9.- GRAY, PAUL E., SEARLE, CAMPBELL, L.: "Principios de Electrónica: Electrónica Física, Modelos y Circuitos Electrónicos", Reverte, S.A., 1.973.