0726 DESCARTE

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.

TEORIA Y APLICACION DE CIRCUITOS DE CONMUTACION

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

p r e s e n t a :

JOSE QUEVEDO PROCEL

MEXICO, D. F. 1964

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE INGENIERIA.
Dirección.
Núm. 73-
Exp. Núm. 73/

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

Al Pasante señor José QUEVEDO PROCEL,
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el señor profesor Ingeniero Victor Gerez Greiser para que lo desarrolle como tésis en su examen profesional de Ingeniero MECANICO ELECTRICISTA.

TEORIA Y APLICACION DE CIRCUITOS DE CONMUTACION

I.- Generalidades sobre circuitos de conmutación.

II.- Algebra de circuitos de conmutación.

III.- Circuitos combinacionales.

IV.- Métodos de reducción.

V.- Circuitos secuenciales.

VI.- Diseño del circuito de conmutación para un proceso automático de recalcado.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tésis el título del trabajo realizado.

Atentamente.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
México, D. F. 2 de julio de 1964.
EL DIRECTOR.

Ing. Antonio Dovalí Jaime.

ADJ/MMC/eag.

I N D I Ç E

P r e á m b u l o

Capitulo I.- Generalidades sobre circuitos de conmutación
Diseño de circuitos de conmutación
Interruptores

Capitulo II.- Algebra de circuitos de conmutación
Postulados
Teoremas
Establecimiento de las funciones
Transmisión de una red de contactos
Interpretación física de los teoremas algebraicos
Reglas para el análisis de redes de contactos

Capitulo III.- Circuitos combinacionales
Estados de las variables de entrada y de salida
Tabla de combinaciones
Suma standard y producto standard
Estados opcionales

Capitulo IV.- Métodos de reducción
Representación gráfica de funciones
Mapa de Karnaugh
Representación decimal de funciones
Método Quine-McCluskey
Prueba del residuo

Capitulo V.- Circuitos secuenciales
Diagrama de secuencia
Obtención de las funciones apartir del diagrama de secuencia

Capitulo VI.- Diseño del circuito de conmutación para un proceso-- automático de recalcado de tubos
Descripción del proceso
Diseño del circuito de conmutación.

B i b l i o g r a f i a

P R E A M B U L O

Se ha dicho que el hombre se diferencia del animal porque vive en el tiempo en tanto que el último apenas vive en el espacio. Sin embargo, el ser humano tiene dos mejores características diferenciales en relación con el animal: anticipa acontecimientos saliendose de su inmediata realidad sensorial y ahorra trabajo inventando instrumentos que le permitan acrecentar los reducidos elementos anatomobiológicos de lucha para adquirir y conquistar de su mundo físico lo que necesita para su subsistencia, es decir, para cumplir con sus imperativos biológicos.

Probablemente se puede juzgar al individuo humano como al ser vivo más inerme en la escala animal desde el punto de vista de las condiciones biológicas en que nace. Necesita un prolongado desarrollo de vida para llegar a adquirir la fortaleza y la habilidad que un animal superior adquiere en unas cuantas semanas de vida.

Sin embargo el animal está limitado en su lucha vital por el alcance de sus sentidos y por la magnitud de su fuerza muscular enfocada en un doble sentido: su limitado espacio para mo-

verse y su reducida fuerza para adquirir los elementos para vivir.

El hombre, en cambio, si es verdad que inicia su vida en condiciones de inferioridad material y de lenta maduración, posee un potencial que a través del tiempo le permite dominar la naturaleza e inventar medios de subsistencia que van más allá de las posibilidades del animal. Incrementa su fuerza muscular creando los instrumentos cortantes ó triturantes que facilitan el trabajo de las garras ó de los dientes; inventa el proyectil que permite alcanzar distancias que sus brazos no alcanzan; utiliza el trabajo animal para su provecho ahorrandose esfuerzo en una palabra, sus limitadas posibilidades físicas las convierte en un dominio pleno de la naturaleza mediante la creación, como se decía de instrumentos que constituyen una ampliación de su capacidad para conocer por medio de sus órganos de los sentidos y un incremento de su capacidad de moverse para aprovechar estos conocimientos. De este modo se pretende explicar el origen de las máquinas, todo ello en virtud de la existencia de un sistema altamente desarrollado, el sistema nervioso, especialmente el cerebro cuya integración en la genética animal, alcanza su más alto grado de perfección en el hombre, y asociado al cerebro la mente humana.

Como corolario de estas características humanas resulta un principio fundamental en la vida del hombre: el ahorro del esfuerzo y la multiplicación ó expansión de los medios que satisfacen las necesidades de vida, expansión determinada por la capacidad creadora del ser humano.

Si en su origen esta capacidad se limita a substituir el - trabajo humano por el trabajo de un instrumento burdamente similar a los propios medios biológicos, más tarde se llega, como - en la actualidad, a lo inaudito: el invento de máquinas que - inclusive se hacen a semejanza del propio hombre pretendiendo - que lo substituya como unidad independiente y autónoma de trabajo.

Ambición imposible pero que ha dado resultados en el sentido de haber alcanzado metas extraordinarias. El ahorro del esfuerzo mental humano es tal, que una máquina electrónica realiza el trabajo en equipo de cientos de hombres en un tiempo infinitamente menor.

La multiplicación del trabajo del hombre en el mundo moderno, complicado por el mismo, ha dado por resultado que la actividad mental del hombre sea agobiadora y que por tanto, siguiendo el principio psicológico de obtener lo máximo de satisfacciones con el mínimo de esfuerzo, el ser humano trate de eliminar "su ingrato" destino de tener que trabajar para vivir. -- ¡ Que trabajen las máquinas!

Mucho podría decirse sobre este complicado proceso de evolución creadora del hombre, pero no es el momento de hacerlo. - Los datos señalados explican y justifican la razón de esta tesis. La inquietud que provoca en un estudiante, nacido en un - mundo de realidades y realizaciones sorprendentes ha originado la selección del tema que presento para mi recepción profesional.

En efecto apuntar los principios generales de la teoría de circuitos de conmutación lleva tan solo la intención genérica de hacer resaltar por una parte que estos mecanismos de conmutación son la base y el punto de partida de procesos electromatemáticos muchísimo más complicados que forman la estructura de las computadoras digitales que realizan controles de previsión de acontecimientos sujetos a controles lógicos que el hombre, en un momento dado no puede ejecutar.

Por otra parte señalar también que el sistema de conmutación substituye el esfuerzo y la habilidad humanos ejecutando complicados cálculos matemáticos y simplificando numerosas operaciones mecánicas que normalmente están asociadas con el esfuerzo mental humano. Mecanismos que constituyen de cualquier modo una brillante realización creadora en relación con la ambición del hombre por superar y dominar el mundo físico en que vive.

Es el deslumbramiento de esta era de la "inteligencia mecanizada" la que ha atraido la imaginación del profesionista especializado y determinado el incremento del extraordinario interés por el estudio, el desarrollo y la aplicación práctica de los circuitos de conmutación.

El profesionista que inicia sus actividades está obligado a resolver los problemas de su época con los conocimientos de esa propia época. Cumpliendo con esa obligación y ante la visión de las inmensas posibilidades para un cambio en las condiciones de vida del hombre, he escogido el tema de mi tesis.

C A P I T U L O I

GENERALIDADES SOBRE CIRCUITOS DE CONMUTACION

Un circuito de conmutación constituye un sistema de control en el cual las señales de entrada y las de salida pueden adquirir únicamente dos valores. Por ejemplo: un voltaje puese ser alto ó bajo, una pulsación puede estar presente ó no estarlo, un circuito puede estar abierto ó cerrado, etc. Por lo tanto un circuito de conmutación no opera con valores intermedios sino con dos valores que involucran los extremos de la variación.

DISEÑO DE CIRCUITOS DE CONMUTACION

La operación de un circuito de conmutación para el arranque y funcionamiento de cualquier máquina ó proceso, requiere cierta información que debe seguir una secuencia de pasos lógicos.

Las señales de entrada llevan generalmente los siguientes tipos de información:

a) una combinación de situaciones que existen ó no existen

b) una secuencia de situaciones que tienen lugar en un orden determinado

c) ambas combinaciones y secuencias de situaciones.

A un circuito de conmutación se le introduce información de cierto tipo y sale de él una nueva información, por lo que se puede considerar que es un dispositivo para procesar y modificar información.

La forma de transformar la información debe seguir determinadas reglas, que son aquellas bajo las cuales fué diseñado el circuito de control, es decir, que para determinada información de entrada el diseñador especifica la información de salida que se requiere.

En los siguientes capitulos se establecerán las bases para el diseño de circuitos de conmutación.

INTERRUPTORES

Los dispositivos que se usarán en este trabajo para el diseño de circuitos de conmutación son los interruptores, los cuales pueden ser de tres tipos:

1.- operación manual
2.- operación mecánica
3.- operación electromagnética

En los de operación manual se tienen: pulsantes, interruptores de navajas, interruptores de llave, etc.

Los interruptores de operación mecánica tienen el mismo - tipo de contactos que los de operación manual, con la diferencia que son operados por mecanismos, tales como: cilindros -- neumáticos ó hidráulicos, levas, piezas en movimiento, etc.

Por último en la categoría de los interruptores de operación electromagnética se tienen a los relevadores.

Un relevador consiste básicamente de tres elementos, que son: un circuito magnético una bobina para excitar el circuito magnético y un grupo de contactos.

En general los relevadores disponen de una sola bobina diseñada para operar al relevador a un voltaje determinado. Sin embargo existen relevadores con bobinas multiples, que pueden ser de los siguientes tipos:

1.- Dos ó más bobinas independientes, cada una de las cuales pueden operar al relevador.

2.- Bobinas cuyos efectos son aditivos y que ninguna de - ellas por separado es capáz de operar al relevador.

3.-Bobinas que por si solas no son capaces de operar al - relevador, pero que una vez operado este último, son capaces - de mantenerlo en ese estado independientemente de las otras bobinas.

4.- Combinaciones deferenciales, en las cuales cualquiera de las bobinas es capáz de operar al relevador, pero sus efectos son opuestos y cuando se energizan simultaneamente, deja de operar el relevador.

Se tienen cuatro combinaciones básicas de contactos en los relevadores, que son:

a) contacto normalmente abierto (NA)
b) contacto normalmente cerrado (NC)
c) contactos de trasferencia (se abre un contacto antes de cerrar otro)
d) contactos de transferencia continúa (se cierra un contacto antes de abrirse otro)

Los relevadores descritos hasta ahora han sido para usos generales.

En la categoria de relevadores especiales se tiene a los relevadores de tiempo los cuales pueden retrasar el funcionamiento de sus contactos, ya sea al cerrar ó al abrir.

Los relevadores de tiempo pueden ser de tres tipos:

a) retraso térmico
b) retraso mecánico
c) retraso neumático

Existen una gran variedad de relevadores especiales que se omiten en este trabajo por considerarse superfluos para los fines del mismo.

- o -

C A P I T U L O II

ALGEBRA DE CIRCUITOS DE CONMUTACION

El álgebra de circuitos de conmutación se basa en el álgebra creada por George Boole.

En este capitulo se expondrán los principios del álgebra-Booleana que son útiles para el diseño de circuitos de conmutación.

En el desarrollo de este tema se establece como punto de-partida básico que las magnitudes se considerán como variables, a pesar de que sólo pueden adquirir dos valores diferentes.

Una variable representa la variación de un elemento de un sistema de conmutación ó bien representa la variación resultante producida por un grupo de elementos. En ambos casos la variable se designa por medio de una literal.

Con objeto de interpretar los resultados albegraicos es - necesario establecer otro principio básico. Este principio se refiere a las asignación de valores a las variables. Estos valores están representados por los dígitos (0) y (1) aclarando-que su simbolismo no es el aritmético usual sino que se refie-

ren al estado de las variables de conmutación.

Este segundo principio básico - la asignación de valores- a las variables - muestra que el álgebra de los circuitos de - conmutación no es un álgebra de números sino de "estados"

POSTULADOS

El álgebra de circuitos de conmutación tiene como base los siguientes postulados:

1.1) $X=0$ si $X \neq 1$

1.2) $X=1$ si $X \neq 0$

2.1) $0.0 = 0$

2.2) $1+1 = 1$

3.1) $1.1 = 1$

3.2) $0+0 = 0$

4.1) $1.0 = 0.1 = 0$

4.2) $0+1 = 1+0 = 1$

5.1) $0' = 1$

5.2) $1' = 0$

En los postulados 2.1 y 2.2 si se intercambian los dígitos 0 y 1 - y simultáneamente se intercambian los signos de multiplicación y adición, da por resultado que el postulado 2.1 se convierta en el 2.2 y viceversa. Lo mismo se puede decir de - los postulados 3.1 y 3.2 asi como de 4.1 y 4.2.

Los postulados 5.1 y 5.2 establecen que el estado opuesto

al estado (0) es el estado (1) y viceversa, por lo cual se dice que el dígito (1) es el completamento del dígito (0) y recíprocamente, el estado (0) lo es del (1).

TEOREMAS

Los postulados expuestos sirven como base para formular los teoremas que permiten analizar algebraicamente los circuitos de conmutación. No se abordará el problema de su demostración, por estar esta cuestión fuera de las finalidades de este trabajo.

Teoremas de una variable

1.1) $X + 0 = X$

1.2) $X.1 = X$

2.1) $1 + X = 1$

2.2) $0.X = 0$

3.1) $X + X = X$

3.2) $X.X = X$

4.1) $(X)' = X'$

4.2) $(X')' = X$

5.1) $X + X' = 1$

5.2) $X'.X = 0$

Teoremas de dos y tres variables

6.1) $X + Y = Y + X$

6.2) $X.Y = Y.X$

7.1) $X + XY = X$

7.2) $X\,(X+Y) = X$

8.1) $(X+Y')\,Y = XY$

8.2) $XY' + Y = X + Y$

9.1) $X + Y + Z = (X+Y) + Z = X + (Y+Z)$

9.2) $X\,Y\,Z = (XY)\,Z = X(YZ)$

10.1) $XY + XZ = X(Y+Z)$

10.2) $(X+Y)\,(X+Z) = X + YZ$

11.1) $(X+Y)\,(Y+Z)\,(Z+X') = (X+Y)\,(Z+X')$

11.2) $XY + YZ + ZX' = XY + ZX'$

12) $(X+Y)\,(X'+Z) = XZ + X'Y$

<u>Teoremas de (n) variables</u>

13.1) $(X + Y+Z+\cdots)' = X'\cdot Y'\cdot Z'\cdot\ldots$

13.2) $(X\cdot Y\cdot Z\cdots)' = X' + Y' + Z' +\cdots$

14) $f\,(X_1, X_2,\ldots, X_n + ,\cdot)' = f\,(X_1', X_2', \ldots, X_n', \cdot\,, +)$

15.1) $f(X_1, X_2,\ldots X_n) = X_1\cdot f\,(1,X_2\ldots,X_n) + X_1'\cdot f\,(0, X_2,\ldots,X_n)$

15.2) $f(X_1,X_2,\ldots Xn) = \left[X_1 + f\,(0,X_2,\ldots,Xn)\right]\left[X_1' + f\,(1,X_2,\ldots,X_n)\right]$

16.1) $X_1\cdot f\,(X_1,X_2,\ldots, Xn) = X_1\cdot f\,(1,X_2,\ldots Xn)$

16.2) $X_1 + f\,(X_1,X_2,\ldots,Xn) = X_1 + f\,(0,X_2,\ldots Xn)$

17.1) $X_1'\cdot f\,(X_1, X_2,\ldots,Xn) = X_1'\cdot f\,(0,X_2,\ldots,Xn)$

17.2) $X_1' + f\,(X_1,X_2,\ldots,Xn) = X_1' + f\,(1,X_2,\ldots,Xn)$

Los teoremas 13.1 y 13.2 indican que el complemento de una - suma de elementos es el producto de los complementos de dichos

elementos y que el complemento de un producto de elementos es igual a la suma de los complementos de los elementos.

El teorema 14 establece que el complemento de una función algebraica se obtiene substituyendo cada variable por su complemento é intercambiando los signos de la adición y la multiplicación

Aplicando el teorema 15.1 a cada una de las variables de una función se obtiene una suma de productos denominada SUMA STANDARD. Cuando se aplica el teorema 15.2 al mismo caso, resulta un producto de sumas que lleva el nombre de PRODUCTO STANDARD.

ESTABLECIMIENTO DE LAS FUNCIONES

Si se supone una red de contactos de dos terminales, cuyo esquema es el sigiente:

Fig. 1

Se aprecia que entre las terminales (a) y (b) sólo hay dos situaciones. La primera, que el circuito entre (a) y (b) esté abierto y la segunda que esté cerrado. Para representar estas dos situaciones se utilizan los dígitos (0) y (1) indistintamente en una ú otra condición, pero señalando previamente el sentido fijo en que se usen.

En este caso se usará la siguiente convención:

I.- El dígito (0) representará un circuito abierto

II.- El dígito (1) representará un circuito cerrado.

TRANSMISION DE UNA RED DE CONTACTOS

El esquema de la Fig. 1 permite definir que es la transmisión en una red de contactos. Esta transmisión se define por la siguiente igualdad:

$$T = \frac{Vb}{Va}$$

en la cual (T) representa la transmisión; Va, la tensión aplicada a la terminal (a) -Fig. 1- y Vb la tensión medida en la terminal (b).

Si el circuito está abierto entre las terminales (a) y (b), se tiene que T=0 y si está cerrado, T=1, con lo cual se observa que estos valores de transmisión concuerdan con la convención-- establecida para los dígitos (0) y (1).

La conexión en serie de dos redes de contactos queda representada gráficamente por el siguiente esquema:

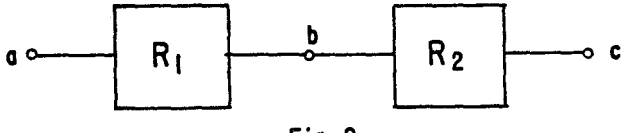


Fig. 2

En este caso, las situaciones posibles entre las terminales (a) y (c) son las siguientes :

TABLA 1

R_1	R_2	Conexión en serie
abierta	abierta	abierta
abierta	cerrada	abierta
cerrada	abierta	abierta
cerrada	cerrada	cerrada

Si en la tabla anterior se substituyen las condiciones objetivas de operación (cierre-apertura), por los dígitos (1) y (0) establecidos en la convención adoptada, se obtendrá una nueva tabla en la cual se ha agregado una columna, la cual corresponde al producto de las transmisiones de R_1 y R_2.

TABLA 2

R_1	R_2	Conexión en serie	$R_1 \cdot R_2$
0	0	0	0
0	1	0	0
1	0	0	0
1	1	1	1

Los estados de la columna $R_1 R_2$ coinciden con los de la columna conexión en serie por lo cual se establece que la transmisión de dos redes de contactos conectadas en serie es igual al producto de las transmisiones de dichas redes.

La transmisión de un circuito en serie de n redes de contactos $R_1, R_2, \ldots, Rn$ cuyas transmisiones son $X_1, X_2, \ldots Xn$ respec-

tivamente, es la siguiente:

$$T_{serie} = X_1 \cdot X_2 \cdot \ldots \cdot Xn$$

Al analizar un circuito formado por redes de contactos conectadas en paralelo, se llega al siguiente resultado:

$$T_{paralelo} = X_1 + X_2 + \cdots + Xn$$

En resumen se establece que:

a) El producto significa que los elementos ó grupos de elementos están conectados en serie.

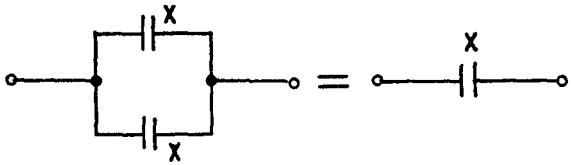
b) La suma representa elementos ó grupos de elementos conectados en paralelo.

INTERPRETACION FISICA DE LOS TOREMAS ALGEBRAICOS

Con objeto de tener un concepto más preciso de la utilización de los teoremas en el análisis de los circuitos de conmutación, conviene hacer en forma gráfica una interpretación física de algunos de ellos.

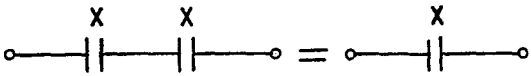
En esta interpretación se introducirá el concepto de transmisión, tal como se ha expuesto y las variables estarán representadas por literales con ó sin apóstrofo, que corresponderán a su vez, a contactos (NC) y (NA) respectivamente.

Teorema 3.1



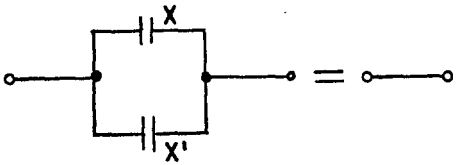
$X + X = X$

Teorema 3.2



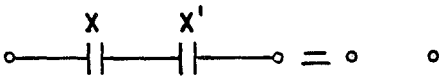
$X \cdot X = X$

Teorema 5.1



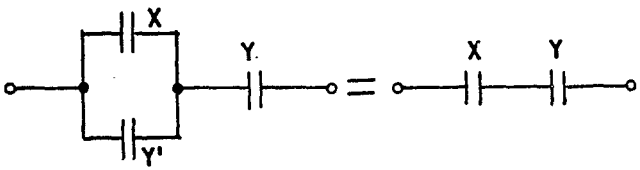
$X + X' = 1$

Teorema 5.2



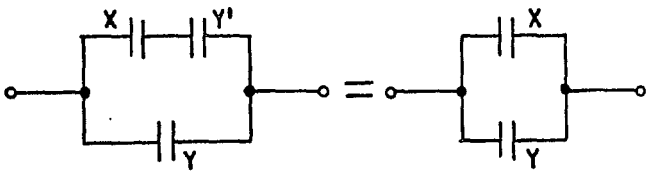
$X \cdot X' = 0$

Teorema 8.1



$(X + Y')\,Y = XY$

Teorema 8.2



$(XY' + Y) = X + Y$

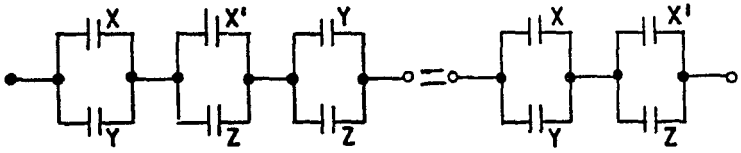
En el caso del teorema 8.1 en el circuito representado nunca habrá una trayectoria cerrada a través de los contactos (Y)- y (Y') - conectados en serie - por lo que el contacto (Y') resulta supefluo.

En el teorema 8.2 existen una situación similar; el contacto (Y') puede eliminarse. En efecto, si (Y) está cerrado (Y')-- estará abierto y en consecuencia el circuito resultará cerrado- a través de (Y), independientemente de la situación en que se encuentre el contacto (X).

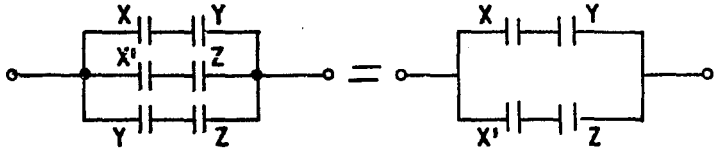
Ahora bien si (Y) está abierto y (Y') cerrado, para que el circuito esté cerrado se requiere que (X) se encuentre cerrado

Si se conectan (X) y (Y) en paralelo, la resultante es la misma operación, por lo que se concluye que (Y') es supefluo.

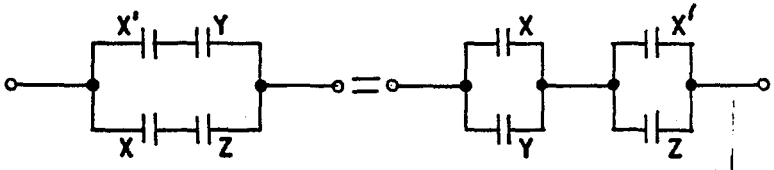
Teorema 11.1



Teorema 11.2



Teorema 12



En el teorema 12, en ambas figuras los contactos (X) y (X') tienen un punto común y por ende este par de contactos puden combinarse en un arreglo del tipo de transferencia.

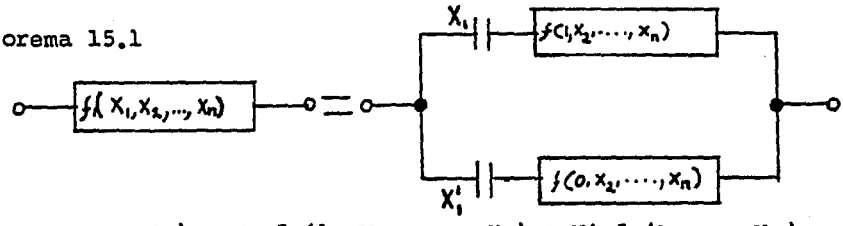
Estando cerrados los contactos (Y) y (Z) en el circuito de la izquierda, al cambiar el estado de los contactos (X) y (X') existe un momento en el cual se abre el circuito. Este intervalo puede ser suficiente para que la operación del circuito sea incorrecta.

El defecto anterior puede remediarse usando una combinación de contactos del tipo de transferencia continua o bien usando el circuito de la derecha del teorema 12. En efecto, si en dicho circuito los contactos (Y) y (Z) estan cerrados el circuito no se abre al cambiar el estado de los contactos (X) y (X')

Se concluye que el teorema 12 transforma una combinación de contactos de transferencia en una de transferencia continua sin tener que usar un relevador más complicado.

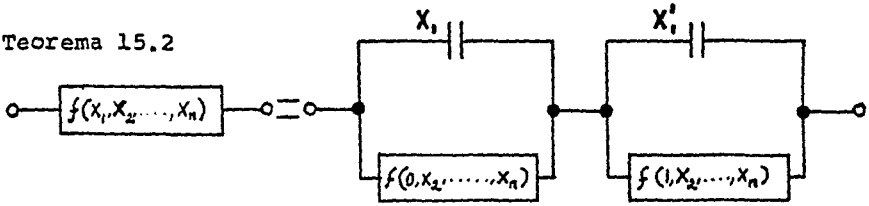
Por último se hace aquí el análisis de algunos teoremas de n variables

Teorema 15.1



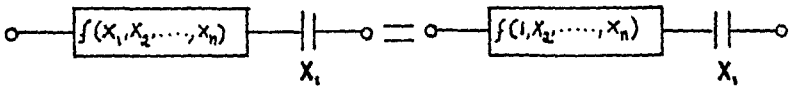
$$f(X_1, X_2, \ldots, X_n) = X_1 f(1, X_2, \ldots, X_n) + X_1' f(0, X_2, \ldots, X_n)$$

Teorema 15.2



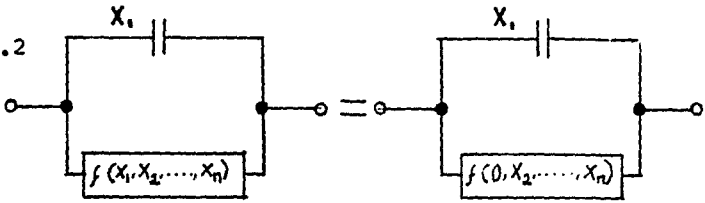
$f(X_1, X_2, \ldots, X_n) = [X_1 + f(0, X_2, \ldots, X_n)]\ [X_1' + f(1, X_2, \ldots, X_n)]$

Teorema 16.1



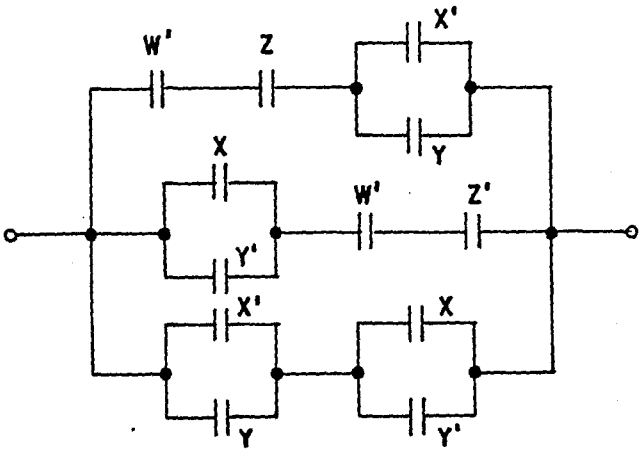
$X_1 f(X_1, X_2, \ldots, X_n) = X_1 f(1, X_2, \ldots, X_n)$

Teorema 16.2



$X_1 + f(X_1, X_2, \ldots, X_n) = X_1 + f(0, X_2, \ldots, X_n)$

En seguida se inserta un ejemplo de una red de contactos,- con objeto de ilustrar lo establecido en este capitulo.



$$T= W'Z(X'+Y)+W'Z'(X+Y')+(X'+Y)(X+Y')$$

$$T= (X'+Y)(W'Z+X+Y')+W'Z'(X+Y')$$

$$T= X'W'Z+W'ZY+XY+XW'Z'+W'Z'Y'+Y'X'$$

$$T= X'W'Z+YX+XW'Z'+Y'X'$$

$$T= X(Y+W'Z')+(Y'+W'Z)X'$$

En este caso el número de contactos del circuito equivalente simplificado es de 8, en tanto que en el circuito original--eran 12 contactos.

REGLAS PARA EL ANALISIS DE REDES DE CONTACTOS

Como corolario de lo establecido en este capitulo se obtiene una serie de reglas que deberán tomarse en cuenta al analizar una red de contactos, a saber:

1.- La transmisión de un contacto ó grupo de contactos es (0) para un circuito abierto y (1) para un circuito cerrado

2.- Cada contacto en una red se identifica por medio de una letra, que será su símbolo. Si la letra no lleva apostrofo esque el contacto es (NA) y si lo lleva se trata de un contacto--(NC).

3.- Si (X) y (X') son los símbolos de contactos de un mismo relevador, sus transmisiones siempre serán complementarias.

4.- La transmisión de la conexión en serie de contactos se obtiene multiplicando los símbolos de los contactos.

5.- La transmisión de la conexión en paralelo de contactos se obtiene sumando los simbolos de los contactos.

6.- Cuando una red de contactos contiene combinaciónes en-serie y en paralelo su transmisión se obtiene considerando a la red dividida en combinaciones elementales en serie y en paralelo. Las transmisiones de estas combinaciones elementales pueden considerarse como símbolos cuyas combinaciones seguirán las reglas de los incisos 4 y 5.

- o -

C A P I T U L O III

CIRCUITOS COMBINACIONALES

ESTADOS DE LAS VARIABLES DE ENTRADA Y DE SALIDA

En los circuitos combinacionales el estado de salida está completamente definido cuando el estado de entrada es conocido Conviene establecer que se entiende por estado de entrada y por estado de salida, para ello se tiene el siguiente esquema:

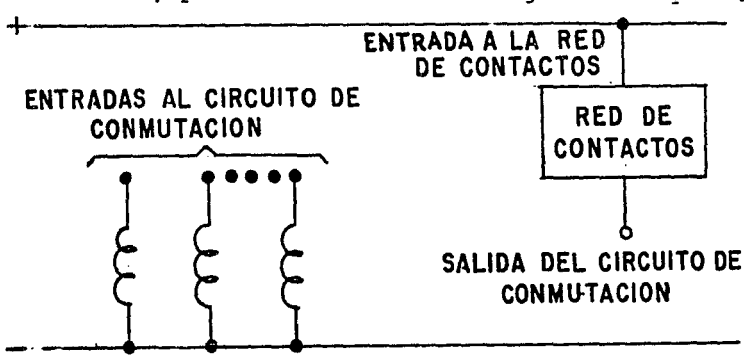


Fig. No. 1

En el esquema se observa que la red de contactos de los relevadores no es todo el circuito de conmutación sino que forma parte de él. Las entradas al circuito de conmutación del tipo combinacional son las que controlan las bobinas de operación de los relevadores.

Si se establece contacto entre cualquiera de las terminales de entrada y la terminal positiva del circuito, el releva--

dor al cual pertenece dicha terminal funcionará.

Se nota en la Fig. 1 que la terminal de salida de la red de contactos es la misma que la del circuito de conmutación, en tanto que la terminal de entrada de la red de contactos se encuentra conectada a la terminal positiva del circuito.

El "estado de entrada" se refiere al estado de operación ó de no operación de los n relevadores y el "estado de salida" se refiere a la presencia ó ausencia de potencial positivo en la terminal de salida del circuito.

Puesto que el estado de los relevadores determina la posición de los contactos dentro de la red, es lógico que en este tipo de circuitos se conozca el estado de salida si se conoce el estado de entrada.

Se determinará ahora el funcionamiento de un circuito combinacional. Para ello supongamos que se tiene un circuito de conmutación que tiene dos terminales de entrada.

Los relevadores del circuito se designan con las literales (X) y (Y) y se usa una literal sin apostrofo para representar una conexión de las terminales de entrada a la terminal positiva del circuito. La ausencia de la conexión entre las terminales de entrada y positiva del circuito se representa por medio de una literal con apostrofo.

En resumen tenemos que:

a) Relevador operado: X, Y.

b) Relevador no operado: X', Y'

TABLA DE COMBINACIONES

La operación de un circuito se define por medio de una tabla de combinaciones. Los relevadores (X) y (Y) presentan cuatro combinaciones que son:

TABLA 1

X'	Y'
X'	Y
X	Y'
X	Y

De lo anterior se deduce que el número de combinaciones posibles en un circuito en el cual se tienen n terminales de entrada es 2^n.

Con objeto de simplificar la tabla de combinaciones se asigna a las letras sin apostrofo el dígito (1) y a las letras con apostrofo el dígito (0).

TABLA 2

X	Y
0	0

(continúa)

0	1
1	0
1	1

Hasta ahora se ha establecido que una letra sin apostrofo representa un contacto NA (transmisión 0). Dicho contacto tendrá una transmisión 1 solo en el caso de estar cerrado, es decir, cuando el relevador al cual pertenece está operado.

También se ha establecido que en la tabla de combinaciones el dígito 1 representa un relevador operado.

En virtud de haberse establecido las convenciones anteriores es posible asignar a los dígitos de una tabla de combinaciones dos significados. En efecto, el dígito (1) puede representar a un relevador operado ó bien la transmisión de un contacto NA en dicho relevador. Análogamente el dígito (0) representa un relevador no operado ó la transmisión de un contacto NA de ese relevador.

En conclusión la tabla de combinaciones puede ser interpretada en términos de los estados de operación de los relevadores ó bien en términos de la transmisión de la red de contactos asociada a los relevadores.

La tabla de combinaciones permite analizar una red de contactos registrando los resultados que se van obteniendo en los estados de salida, al utilizar todas las combinaciones posibles de los estados de entrada.

Un ejemplo es un circuito de conmutación de dos terminales de entrada y una de salida, en el cual se designan los relevadores con las letras (X) y (Y) y cada relevador debe operar cuando se establezca una conexión entre la terminal positiva del circuito y la terminal de entrada correspondiente a dicho relevador.

Los requisitos del circuito son:

a) Debe haber potencial positivo en la terminal de salida del circuito si el relevador (X) esta operado y el relevador (Y) se encuentra sin operar ó bien si ambos relevadores están operados al mismo tiempo.

b) Para cualquier otra condición de operación de los relevares que no este contenida en el inciso (a), no debe haber potencial positivo en la terminal de salida del circuito.

Los requisitos anteriores se pueden sintetizar en la siguiente tabla de combinaciones.

X	Y	TRANSMISION
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	1

Cuando se desarrolla una red de contactos cuya transmisión sea la descrita en la tabla se determina un circuito serie para cada renglón de la tabla en el cual la transmisión sea 1. Des--

pués se conectan en paralelo los circuitos serie y se tendrá la red de contactos requerida.

El circuito serie que corresponde al tercer renglón de la tabla es (XY') y el correspondiente al cuarto renglón es (XY).- Por lo tanto la transmisión de la red de contactos es:

$$T = XY' + XY = X$$

La transmisión del circuito se determinó basandose en los renglones cuya transmisión es (1).

El circuito también puede determinarse basándose en los -- renglones cuya transmisión es (0).

Este método consiste en formar un circuito en paralelo para cada renglón de la tabla cuya transmisión es (0) y finalmente se conectan en serie los circuitos obtenidos.

En el caso del ejemplo que se está analizando la transmisión que corresponde al primer renglón es (X + Y) y la del segundo renglón es (X + Y').

$$T = (X + Y)(X + Y') = X$$

Se observa que los dos métodos nos conducen al mismo resultado.

SUMA STANDARD Y PRODUCTO STANDARD

Con objeto de generalizar lo expuesto en el ejemplo, se -- considera un circuito que tenga n términales de entrada que corresponden a n relevadores.

El circuito serie que contiene un contacto de cada uno de- los n relevadores se representa en el esquema de la Fig. 2.

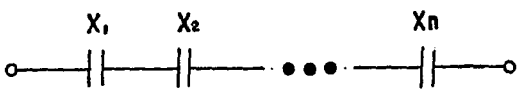


Fig. No. 2

El número de circuitos en serie que se pueden formar con - los n relevadores es 2^n.

En cada uno de los circuitos serie sólo hay una manera de- obtener el valor (1) de transmisión, esto es, los relevadores - que tienen contactos NA deben operar y los que tienen contactos NC deben permanecer sin operar. Por lo tanto, para escribir el producto que representa al circuito serie, se usará una letra - sin apostrofo cuando en la tabla de combinaciones aparezca un - (1) para el contacto con el cual se está tratando y se usará -- una letra con apostrofo cuando en la tabla aparezca un 0 en el- contacto considerado.

Si existen K renglones en la tabla que requieren una transmisión de 1, bastará con establecer un circuito en serie para - cada uno de los renglones y conectar en paralelo todos los circuitos así obtenidos para obtener el circuito que cumple con -- los requisitos de la tabla. El circuito queda como se muestra-

en el esquema de la Fig. 3.

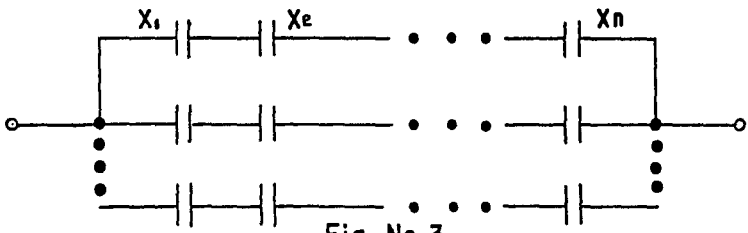


Fig. No. 3

En la Fig. 3 cada uno de los circuitos en serie de la figura representa un renglón de la tabla de combinaciones para el cual se tiene una transmisión de (1).

Se analiza ahora un circuito en paralelo con n contactos correspondientes a n relevadores.

En este caso se tienen también 2^n conbinaciones posibles de circuitos en paralelo y se logra tener una transmisión de (0) unicamente si los relevadores que tienen contactos NA permanecen sin operar y los que tienen contactos NC operan. Por lotanto, para formar la suma algebraica que representa al circuito en paralelo, se usará una letra sin apostrofo cuando en la tabla le corresponde un (0) al contacto considerado y se usará una letra con apostrofo cuando a dicho contacto le corresponde un (1).

Si existen m renglones en la tabla para los cuales la transmisión debe ser (0). Se forma un circuito en paralelo para cada renglón y se conectan en serie para formar el circuito que llena los requisitos de la tabla.

El circuito así obtenido es de la forma que se representa- en el esquema de la Fig. 4.

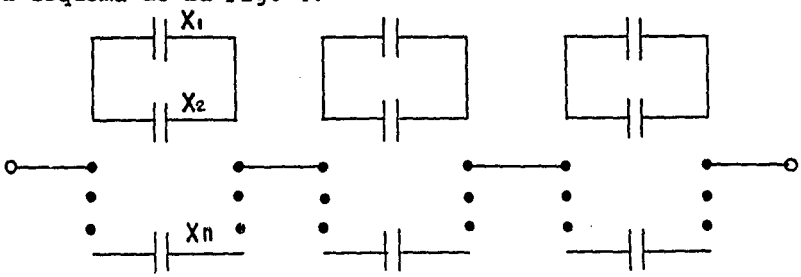


Fig. No. 4

Cada uno de los circuitos en paralelo del diagrama ante-- rior representa un renglón de la tabla de combinaciones para el cual la transmisión es (0).

Se concluye que existen dos formas de escribir la transmisión de un circuito. La primera es considerar los renglones - cuya transmisión debe ser 1, obteniendose como resultado una suma de productos en la cual se tienen todas las variables (con - apóstrofo o sin el) y cada producto en la suma es diferente de los demás. La función así obtenida se denomina SUMA STANDARD -

La segunda forma es considerar los renglones en los cuales la transmisión es (0) obteniendose en este caso un producto de sumas. Cada suma contiene a todas las variables y es diferente de las demas. En este caso la función que se obtiene se denomina PRODUCTO STANDARD.

Resulta conveniente al tratar de encontrar la expresión algebraica que represente la transmisión de un circuito usar la - suma standard si el número de (1) en la columna de la tabla de- combinaciones que corresponde a la transmisión es menor que el nú

mero de (0) que aparecen en dicha columna.

Logicamente conviene usar el producto standard si el caso es el contrario al anterior. Por último si el número de (0) y (1) en la columna correspondiente a la transmisión del circuito es el mismo, resulta igual usar cualquiera de los procedimientos para encontrar la función.

ESTADOS OPCIONALES.

Las tablas de combinaciones que se han tratado hasta ahora han sido completas, es decir, que para cada estado de las variables de entrada, la situación de las variables de salida está completamente definida.

Se tienen casos en los cuales al formar la tabla de combinaciones, la situación de la terminal de salida no está definida para una ó más situaciones de entrada. Existen únicamente dos razones para ello, que son:

a) La combinación de las variables de entrada es imposible.

b) No interesa si la combinación se llega a presentar.

Se llamará ESTADO OPCIONAL al estado cuya transmisión no está especificada en la tabla de combinaciones y para el diseño del circuito se puede usar con cualquiera de los dos valores posibles de transmisión.

C A P I T U L O IV

METODOS DE REDUCCION

La transmisión de un circuito obtenida a partir de la tabla de combinaciones es rara vez utilizable ya que en general tendrá contactos en exceso, por lo tanto es necesario simplificar esa expresión con objeto de reducir el equipo necesario para obtener el resultado requerido.

Existen dos métodos de reducción, que son:

a) Método Algebraico

b) Método Gráfico.

El análisis mediante el método algebraico consiste en aplicar los teoremas establecidos en el capítulo II. Un ejemplo de este método es el siguiente:

Se tiene una función en forma de suma standard.

$$T = A' B' C D' + A'B C'D' + A'B C' D + A'BCD' + A B'C'D + \\ + A B C' D + A'BCD$$

El método algebraico consiste en comparar cada término con todos los demás y tratar de aplicar el teorema XY + XY' = X. -- Los términos que se van reduciendo se checan, hasta llegar a obtener los <u>términos básicos</u> , los cuales no podrán reducirse con ningún otro. El procedimiento es como sigue:

TERMINOS DE La suma Standard	PRIMERA REDUCCION	SEGUNDA REDUCCION
A' B' C D' *	A' C D'....K	A' B ....N
A' B C' D' *	A' B C' *	
A' B C' D *	A' B D' *	
A' B C D' *	A' B D *	
A' B C D *	B C' D L	
A B' C' D *	A' B C *	
A B C' D *	A C' D ....M	

En esta forma la transmisión nos queda:

$$T = A' B + A' C D' + B C' D + A C' D$$

Aplicando el teorema (11.2) a la función obtenida, tenemos:

$$T = A' B + A C' D + A' C D'$$

Esta última expresión se llama SUMA MINIMA, ya que no contiene variables superfluas.

Si como punto de partida se toma una función en forma de -- producto standard, se obtiene el resultado en forma de un PRO-

DUCTO MINIMO.

Si se considera una función de dos variables (X) y (Y) y - se quiere saber el número de funciones en forma de suma standard que es posible tener, se observa que dicho número se encuentra- limitado a una selección de los términos (XY),(XY'),(X'Y) y (X' Y').

El número de combinaciones se representa por medio de una tabla semejante a la tabla de combinaciones.

En el caso de dos variables la tabla tendría $2^4 = 16$ renglo nes, es decir, se tienen 16 funciones que pueden reducirse por- medio de los teoremas algebraicos. Sin embargo al aumentar el número de variables se complica la tarea de reducción, ya que - en el caso de tener n variables el número de funciones es 2^{2^n} . Por lo que es necesario crear nuevos métodos para sintetizar -- las funciones.

REPRESENTACION GRAFICA DE FUNCIONES.

Las relaciones entre variables binarias pueden ser repre-- sentadas por diversos métodos gráficos. El primero de ellos es el de Venn, en el cual las variables se representan por medio - de círculos, como se muestra en el esquema de la Fig. 5.

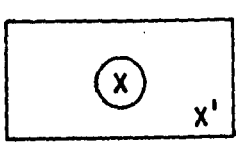
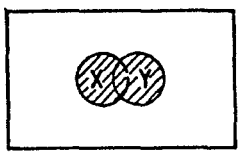


Fig. 5

El área del círculo representa a la variable X y el resto de la superficie del rectángulo representa el complemento de la variable que en este caso es X'.

La suma de dos variables se representa por medio de diagramas de Venn en el esquema de la Fig. 6



X+Y

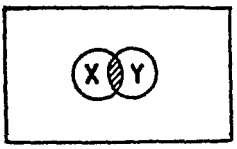
Fig. 6

En dicho esquema el área del círculo de la izquierda que no se traslapa con el de la derecha representa al término (XY') a su vez el área del círculo de la derecha que no se traslapa con el de la izquierda representa al término (YX'), y finalmente el área comprendida en el traslape de los dos círculos representa al término (XY).

En esta forma el área sombreada de la figura indica la suma:

$$
\begin{aligned}
XY' + XY + X'Y &= XY' + XY + XY + X'Y \\
&= X(Y' + Y) + Y(X' + X) \\
&= X + Y.
\end{aligned}
$$

El producto de dos variables se representa en el diagrama de Venn de la Fig. 7.



X Y

Fig. 7

El área sombreada de la Fig. 7 representa al término (XY)

El uso de los diagramas de Venn se dificulta cuando el número de variables excede de tres.

Un segundo método gráfico es la representación de los términos de una suma standard por medio de nodos y líneas.

La representación de la variable X se muestra en el esquema de la Fig. 8,

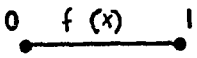


Fig. 8

Los nodos del esquema representan los dos estados que la variable (X) puede adquirir. Si se pasa de un nodo al otro por medio de la línea que los une, se nota que cambia de valor de la variable.

La representación gráfica por medio de nodos y líneas de una función de dos variables es la siguiente:

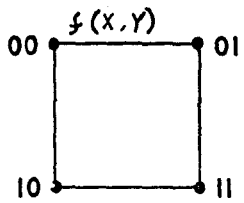


Fig. 9

Al trasladarse de un nodo a cualquiera de los nodos adyacentes cambia el valor de una de las variables. Por ejemplo al pasar del nodo (00) al (01), cambia el valor del dígito que representa a la variable (Y)

La suma de los términos que corresponden a los dos nodos que se están considerando es:

$$X' Y' + X' Y = X'$$

Se nota que al pasar de un nodo al adyacente se consigue la eliminación de una de las variables, en este caso la variable que desaparece es la (Y), quedando únicamente (X'). Por esta razón, la línea que une a los nodos (00) y (01) se llama línea X'. En forma análoga se tendrán en la Fig. 9, las líneas (X), (Y) y (Y').

Si se quiere representar una función de tres variables se tendrá un cubo, en el cual cada nodo representa los estados de las tres variables y al pasar de un nodo al adyacente cambia el valor de una de las variables. Si se suman los términos que co

rresponden a dos nodos adyacentes se elimina la variable que - cambia de valor. En este caso, la línea que une a dos nodos corresponde a las dos variables que permanecen constantes.

Al sumar los términos que están representados por los cuatro nodos que forman una cara, se consigue eliminar a dos de -- las variables y por lo tanto en este caso, cada variable está - representada por una cara del cubo.

Conforme aumenta el número de variables, se complican las- figuras que representan a las funciones.

Del método de nodos y líneas se establece:

a) Dos estados son adyacentes cuando únicamente cambia el valor de una de las variables.

b) La suma de los términos que representan a dos estados - adyacentes, se traduce en la eliminación de una de las- variables.

MAPA DE KARNAUGH

Los diagramas de Venn se modifican y se obtiene un método - más práctico que es el del mapa de Karnaugh.

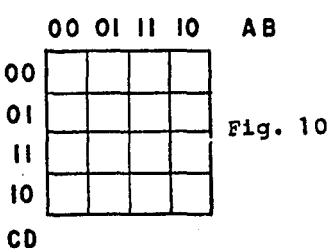


Fig. 10

El mapa de la Fig. 10 es para cuatro variables y cada celda en el mapa representa un término que contiene a las cuatro - variables. El valor de las variables A y B se obtiene del encabezado de cada columna, en tanto que los valores de C y D se obtienen de la clasificación de los renglones.

En el mapa se nota que las celdas adyacentes en sentido horizontal o vertical representan estados adyacentes. Dichos estados se presentan también entre celdas que se encuentran en la 1a. y última columnas, así como entre celdas del primero y último renglones.

En el mapa se coloca el dígito (1) en las celdas en las -- cuales el estado que representan tiene una transmisión de (1) - Los estados opcionales se representan con (Ø) y los estados cuya transmisión es (0) por lo general se dejan en blanco.

Al sumar los términos cuya transmisión es (1), se obtiene- la función de transmisión que representa el mapa. A la función obtenida del mapa se el aplican los teoremas para obtener una - suma mínima, sin embargo es conveniente obtener directamente -- del mapa la función reducida a su mínima expresión. Para ello- se define como subcubo a un conjunto de celdas del mapa en las- cuales una ó más variables permanecen constantes.

En el mapa de la Fig. 10 si se considera un subcubo formado por dos celdas adyacentes ya sea horizontal ó verticalmente, se nota que tres de las variables permanecen constantes y la -- cuarta adquiere sus dos valores posibles. Por lo tanto un sub-

cubo formado por dos celdas se traduce en la eliminación de una variable.

Un subcubo que este formado por un conjunto de cuatro celdas, cada una de las cuales sea adyacente a otras dos dentro -- del mismo subcubo, tendrá dos variables constantes en tanto que las otras variables adquieren todas las combinaciónes posibles de valores, por lo que un subcubo de cuatro celdas se traduce - en la eliminación de dos variables.

Por último un subcubo formado por ocho celdas se traduce - en la eliminación de tres de las variables.

REPRESENTACION DECIMAL DE LAS FUNCIONES.

Las funciones que representan la transmisión de un circuito se han escrito hasta ahora por medio de literales, por ejemplo.

$$T = W X Y'Z' + W X' Y Z + WXYZ + WX'Y'Z$$

Sustituyendo las literales por los dígitos (0) y (1), la - transmisión queda:

$$T = 1100 + 1011 + 1111 + 1001$$

Finalmente si los números binarios se sustituyen por el -- equivalente decimal se obtiene.

$$T = 12 + 11 + 15 + 9$$

Expresión que se indica en la siguiente forma:

$$T = \Sigma (12, 11, 15, 9)$$

La expresión original se ha reducido a un sistema de números decimales. Los signos de suma de la expresión decimal no tienen significado aritmético.

La expresión escrita en forma decimal representa a los términos de una suma standard y por ende, una función sólo puede representarse en forma decimal si esta escrita en forma de suma standard. Por ejemplo, si la función contiene al término (W'XY) y el circuito contiene al elemento Z, el término debe quedar en la siguiente forma.

$$W' X Y (Z + Z') = W' XYZ + W' X Y Z'$$

Es conveniente poder representar en un mapa una función que este escrita en forma decimal.

La Fig. 11 representa un mapa de Karnaugh para cuatro variables, en el cual cada una de las celdas contiene al número decimal que le corresponde.

CD \ AB	00	01	11	10
00	0	4	12	8
01	1	5	13	9
11	3	7	15	11
10	2	6	14	10

Fig. 11

Un ejemplo sería:

$$T = \Sigma (0, 1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11)$$

El mapa de Karnaugh correspondiente es:

CD \ AB	00	01	11	10
00	1	1		1
01	1			1
11	1			1
10	1	1		1

Las celdas 0, 1, 2, 3, 8, 9, 10 y 11 forman un subcubo -- que se traduce en la eliminación de tres de las variables y las celdas 0, 2, 4 y 6 forman un subcubo que elimina a dos de las- variables.

La transmisión que se obtiene del mapa es:

$$T = B' + A' D'$$

La aplicación del mapa de Karnaugh a funciones que contengan más de cuatro variables resulta complicada. Se han sugerido diversos métodos para aplicar los mapas de Karnaugh a funciones hasta de seis variables, sin embargo ninguna de las soluciones propuestas resulta convincente ya que el proceso de reducción de las funciones resulta bastante complicado.

METODO QUINE-MC CLUSKEY.

Este método es el que resulta más conveniente para la reduc

ción de funciones de más de cuatro variables y se expondrá en el presente trabajo unicamente para funciones escritas en forma de suma standard.

El método Quine-Mc Cluskey se resume en los siguientes incisos:

A).- Los términos que forman la función deben escribirse en forma binaria.

B).- Se llama indice de un número binario a la cantidad de dígitos (1) que contiene dicho número.

Se hace una clasificación por grupos de los términos que forman la función de acuerdo con el índice que les corresponde. Con dichos grupos se forma una columna, empezando por el grupo de menor índice y colocando a continuación el de índice inmediato superior.

C).- El grupo cuyo indice es K se compara únicamente con el de índice k + 1, puesto que sólo entre estos dos grupos es posible tener el cambio de una variable y por ende la eliminación de la misma.

D).- En una segunda columna se colocan los términos en los cuales se ha eliminado una variable. Los términos de la primera columna que se usan en la eliminación de una variable se marcan con un asterisco.

En el lugar de la variable que se eliminó se coloca un -- guión.

E).- Los términos que forman la segunda columna se organizan en grupos, en igual forma que en el caso de la primera columna- Cada uno de los grupos que forman esta segunda columna es comparado con grupos cuyo indice difiere en una unidad. Dos términos se pueden combinar para dar origen a un nuevo término sólo si - el guión que se colocó al eliminar la primera variable, ocupa - el mismo lugar en ambos términos.

F).- Una vez que se termina de comparar los grupos que -- forman una columna, se repite el proceso hasta que ya no sea posible formar una nueva columna. Los términos que no han sido marcados con asterisco, constituyen los <u>términos básicos</u> y a partir de ellos se obtendrá la <u>suma mínima</u> .

G).- Con objeto de seleccionar una suma mínima adecuada se construye una gráfica de selección de dichos términos.

Se aplicará ahora el método Quine-Mc Cluskey a un problema que se resolvió usando el mapa de Karnaugh.

$$T\ (A,\ B,\ C,\ D,) = \Sigma\ (0,\ 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 6,\ 8,\ 9,\ 10,\ 11)$$

(ver tabla en página siguiente)

0	0000 *	0,1	000- *	0,1,2,3	00-- *
				0,1,3,9	-00- *
1	0001 *	0,2	00-0 *	0,2,4,6	0--0 k
2	0010 *	0,4	0-00 *	0,2,8,10	-0-0 *
4	0100 *	0,8	-000 *		
8	1000 *			1,3,9,11	-0-1 *
		1,3	00-1 *	2,3,10,11	-01- *
3	0011 *	1,9	-001 *	8,9,10,11	10-- *
6	0110 *	2,3	001- *		
9	1001 *	2,6	0-10 *	0,1,2,3,8,9,10,11	-0-- J
10	1010 *	2,10	-010 *		
		4,6	01-0 *		
11	1011	8,9	100- *		
		8,10	10-0 *		
		3,11	-011 *		
		9,11	10-1 *		
		10,11	101- *		

Los términos marcados con J y k son los términos básicos. En este ejemplo se puede determinar directamente la suma mínima -- que es:

$$T = B' + A' D'$$

PRUEBA DEL RESIDUO

Si en una función que representa la transmisión de un circuito se quiere saber si un determinado contacto y/o su complemento son superfluos se realiza la siguiente prueba:

Se aplica el teorema 15.1 a la variable que se quiere saber si es ó no indispensable.

$$15.1)\ f(X_1, X_2, \ldots, X_n) = X_1\ (1, X_2, \ldots, X_n) + X_1'\ (0, X_2, \ldots, X_n)$$

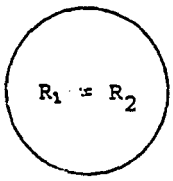
Una vez aplicado el teorema (15.1) la función será:

$$T = X\ R_1 + X'\ R_2$$

Expresión en la cual los términos R_1 y R_2 reciben el nombre de residuos.

La prueba consiste en comparar estos residuos con objeto de ver en cual de los cinco casos que a continuación se ilustran con diagramas de Venn, es el que corresponde al contacto considerado.

CASO 1.-



$$R_1 = R_2$$

$$R_1 R_2 = R_1 = R_2$$

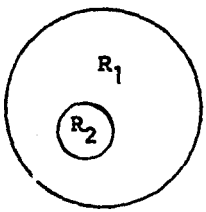
$$R_1 + R_2 = R_1 = R_2$$

Si $R = R_1 = R_2$

$$\therefore T = XR + X'R = R$$

Por lo tanto los contactos (X) y (X') son superfluos.

CASO 2.-



$$R_1 > R_2$$

$$R_1 \; R_2 = R_2$$

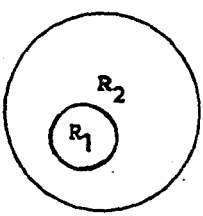
$$R_1 + R_2 = R_1$$

Como R_1 contiene a R_2: $R_1 = R_o + R_2$

$$\therefore T = X\,(R_o + R_2) + X'\,R_2 = X\,R_o + R_2$$

El contacto (X') resulta superfluo.

CASO 3.-



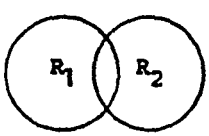
$$R_1 < R_2$$

$$R_1 \; R_2 = R_1$$

$$R_1 + R_2 = R_2$$

Como R_2 contiene a R_1, por un proceso análogo al usado en el caso 2 se concluye que el contacto (X) resulta superfluo.

CASO 4.-



$$R_1 \; R_2 \neq R_1 \neq R_2$$

$$R_1 + R_2 \neq R_1 \neq R_2$$

Los dos contactos son necesarios, ya que ninguna de las relaciones analizadas en los tres casos anteriores se encuentra presente.

CASO 5.-

$$R_1 \; R_2 = 0$$

$$R_1 + R_2 \neq R_1 \neq R_2$$

Conclusión: La misma que en el caso 4.

- o -

C A P I T U L O V

CIRCUITOS SECUENCIALES

Los circuitos secuenciales constituyen un nuevo tipo de circuito de conmutación, en el cual las condiciones de salida no están unicamente relacionadas con las condiciones de entrada en el instante en que se esté analizando el circuito, sino que también depende de las condiciones de entrada que se han realizado con anterioridad. Una vez hecho el analisis del circuito en forma secuencial, el problema se reduce al estudio de un circuito combinacional.

En un circuito secuencial, existen relevadores secundarios que afectan al estado de operación del circuito y por lo tanto las condiciones de salida dependen de las condiciones de entrada y del estado interno del circuito.

El diseño de circuitos secuenciales es más laborioso que el de circuitos combinacionales ya que el comportamiento del circuito debe especificarse para todas las posibles secuencias de las condiciones de entrada y una vez hecho esto falta dise--

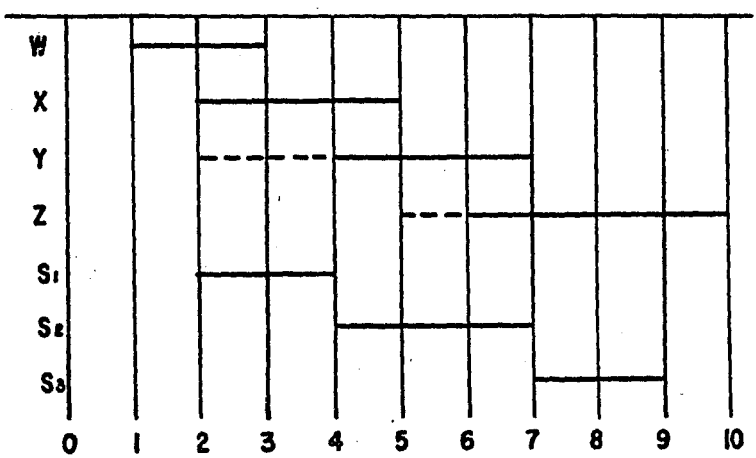
Ñar el circuito combinacional necesario.

DIAGRAMA DE SECUENCIA.

La forma más sencilla de establecer la operación de un -- circuito secuencial es por medio de un diagrama de secuencia. - En dicho diagrama el tiempo se divide en íntervalos no unifor-- mes que se indican por medio de líneas verticales numeradas.

En el diagrama se indican en columna los simbolos que re-- presentan a los relevadores y a las términales de salida. Si u no de los relevadores está operado, se coloca una linea horizon tal que abarque los intervalos en los cuales se encuentra en - dichas condiciones. En el caso de las téminales de salida, una línea horizontal nos indica que existe potencial en la terminal.

Supongase que un circuito requiere el siguiente diagrama - de secuencia:



El relevador (W) es el relevador primario y los relevadores (X), (Y) y (Z) son los relevadores secundarios.

En los relevadores secundarios se presentan dos situaciones. La primera es que el relevador este excitado, lo cual significa que pasa corriente a traves de su bobina pero que sus contactos no han funcionado todavía. La segunda situación es que el relevador se encuentre operado lo que significa que sus contactos se encuentran funcionando.

Existen cuatro estados en los cuales se puede encontrar un relevador, que son los siguientes:

a) Desenergizado y no operado
b) Energizado y no operado
c) Energizado y operado
d) Desenergizado y operado.

De los cuatro estados se tienen dos que son estables que son el a y el c y dos inestables que son el b y el d, estos últimos son estados transitorios y de corta duración.

OBTENCION DE LAS FUNCIONES A PARTIR DEL DIAGRAMA DE SECUENCIA.

Del diagrama de secuencia, lo que se quiere obtener es la red de contactos que controla a cada uno de los relevadores secundarios y la de cada una de las terminales de salida.

Con objeto de mostrar el procedimiento a seguir en la obtención de las redes de contactos, se encuentra a continuación la red que controla al relevador (X)

El relevador (X) opera a partir del tiempo 2, por lo que las condiciones que lo hicieron operar estarán en el intérvalo 1-2 y por ende un término de la transmisión será (WY'). El relevador permanece operado hasta el tiempo 5 y las condiciones que lo hacen permanecer operado son las existentes en los intérvalos 2-3 y 3-4. De un análisis de cada uno de éstos intérvalos se tiene que la transmisión es:

$$T = W Y' + W X Y' + W' X Y'$$

$$T = Y' (X + W)$$

En esta forma se ha obtenido la transmisión de la red de contactos que controla al relevador X, de manera análoga se hace un análisis de cada uno de los elementos del diagrama de secuencia y se obtendrá el circuito de conmutación requerido.

Por último, en el diagrama aparecen líneas discontínuas, que marcan los intervalos en los cuales un relevador de tiempo está energizado, cuando la línea se vuelve contínua significa que los contactos de tiempo han operado.

- o -

C A P I T U L O VI

DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONMUTACION PARA UN PROCESO AUTOMATICO DE RECALCADO.

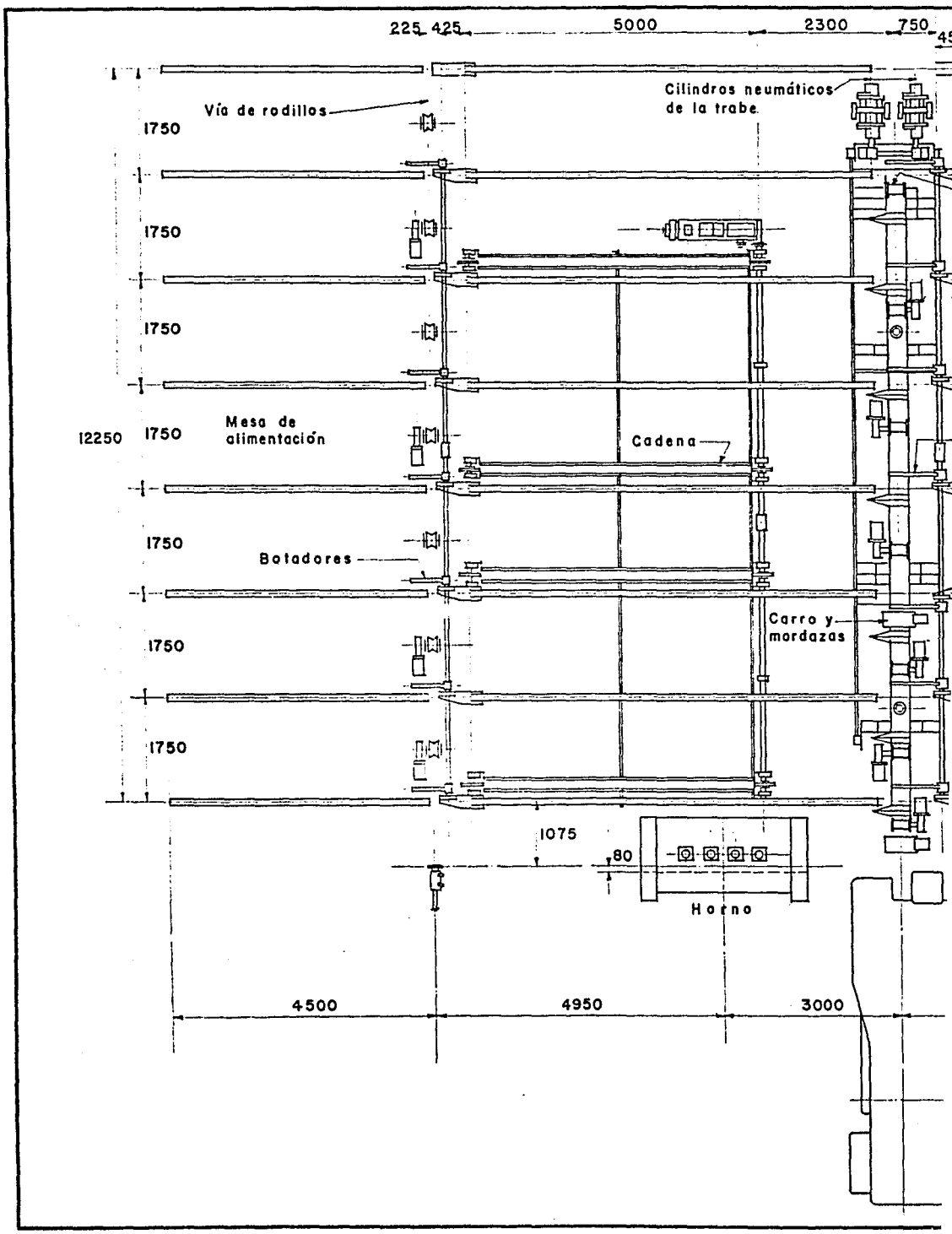
Descripción del proceso.

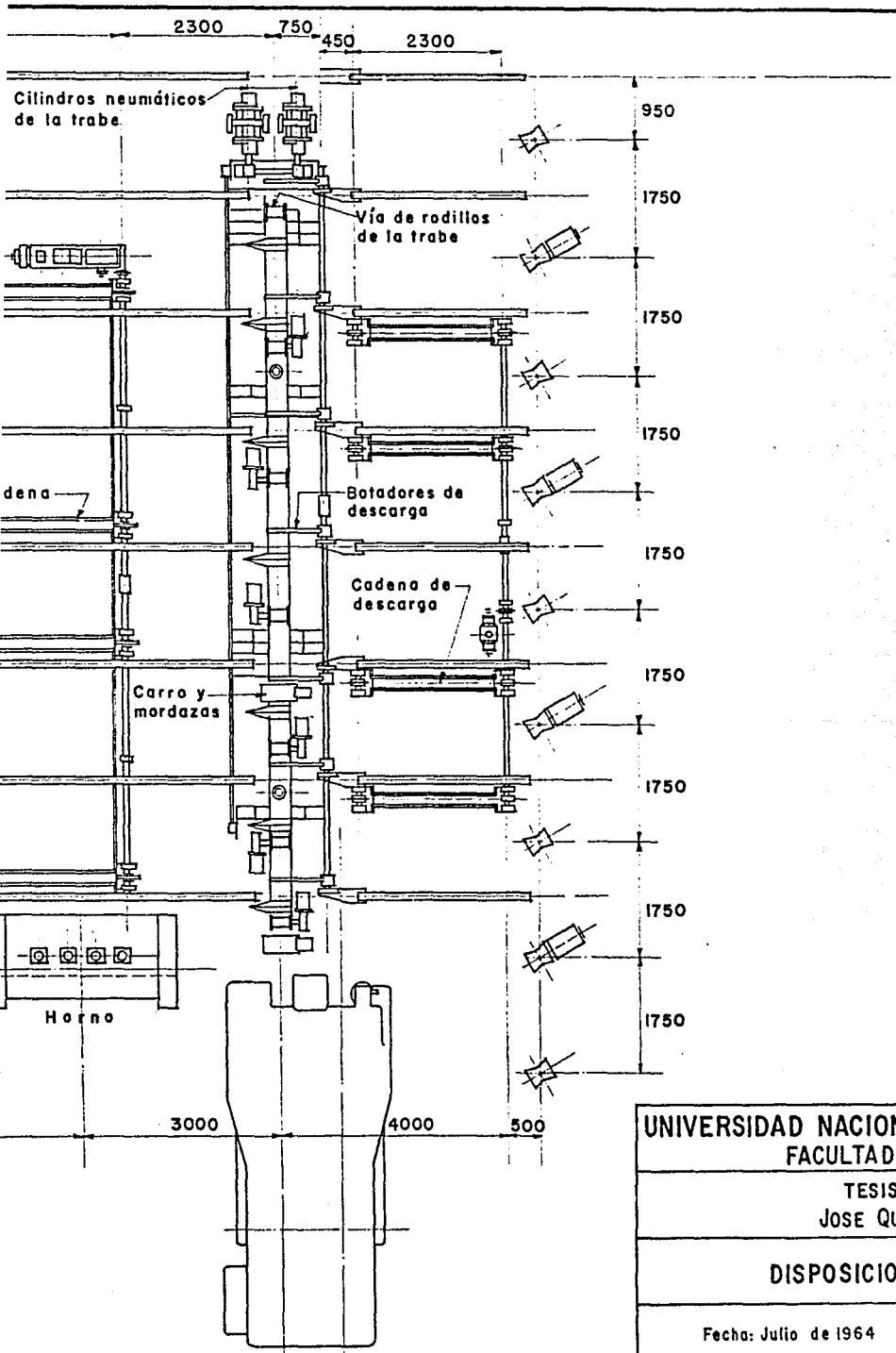
El circuito de conmutación que se utiliza como ejemplo tiene por objeto automatizar un proceso de recalcado de tubos.

A continuación se describe brevemente el proceso para después pasar al diseño del circuito de conmutación que realice las operaciones requeridas.

Los tubos se encuentran almacenados en una mesa inclinada cuya pendiente es de 6%. Al final de la mesa existe un tope que es el que detiene a los tubos.

Por medio de un sistema de botadores se alimenta un tubo a una via de rodillos, la cual está constituida por siete rodillos, siendo cuatro de ellos motrices. La vía de rodillos tiene por-


225
425
5000
2300
750
Vía de rodillos
Cilindros neumáticos de la trabe
1750
1750
1750
12250
1750
Mesa de alimentación
Cadena
1750
Botadores
Carro y mordazas
1750
1750
1075
80
Horno
4500
4950
3000



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE ME
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
JOSE QUEVEDO PROCEL

DISPOSICION DE MAQUINARIA

Fecha: Julio de 1964 | PLANO No.

objeto que el tubo llegue a un tope en el cual es alineado para que pase por un horno de calentamiento.

Una vez que el tubo llega al tope se paran los motores de la vía de rodillos y funcionan nuevamente los botadores que alimentaron el tubo a la vía de rodillos. En esta ocasión alimentan un nuevo tubo a la vía de rodillos y a la vez pasan al que estaba en la vía a una mesa.

En la mesa los tubos son transportados por medio de un sistema de cadenas, que funcionan por medio de un motor variador de velocidad. La cadena tiene unos dispositivos que empujan al tubo, llevandolo hasta el final de la mesa en donde se encuentra el horno de calentamiento de puntas.

Al salir del horno el tubo pasa a una mesa inclinada cuya pendiente es de 10%, esta mesa constituye la mesa de alimentación para el proceso de recalcado.

El recalcado se lleva a acabo en dos operaciones , la máquina tiene una matriz hembra dividida verticalmente por la mitad. El tubo para la primera operación de recalcado, entra en la parte superior de la matriz y para la segunda operación debe entrar en la parte inferior.

Para realizar esta operación se dispone de una trabe móvil, la cual al subir accionada por dos cilindros neumáticos, saca al tubo de la mesa de alimentación en donde se encontraba detenido por medio de un tope. El tubo cae ahora en una vía de ro-

dillos que se encuentran montados sobre la trabe.

Los motores de la vía de rodillos arrancan cuando sube la-trabe, de manera que cuando cae el tubo a la vía de rodillos es introducido a la máquina recalcadora.

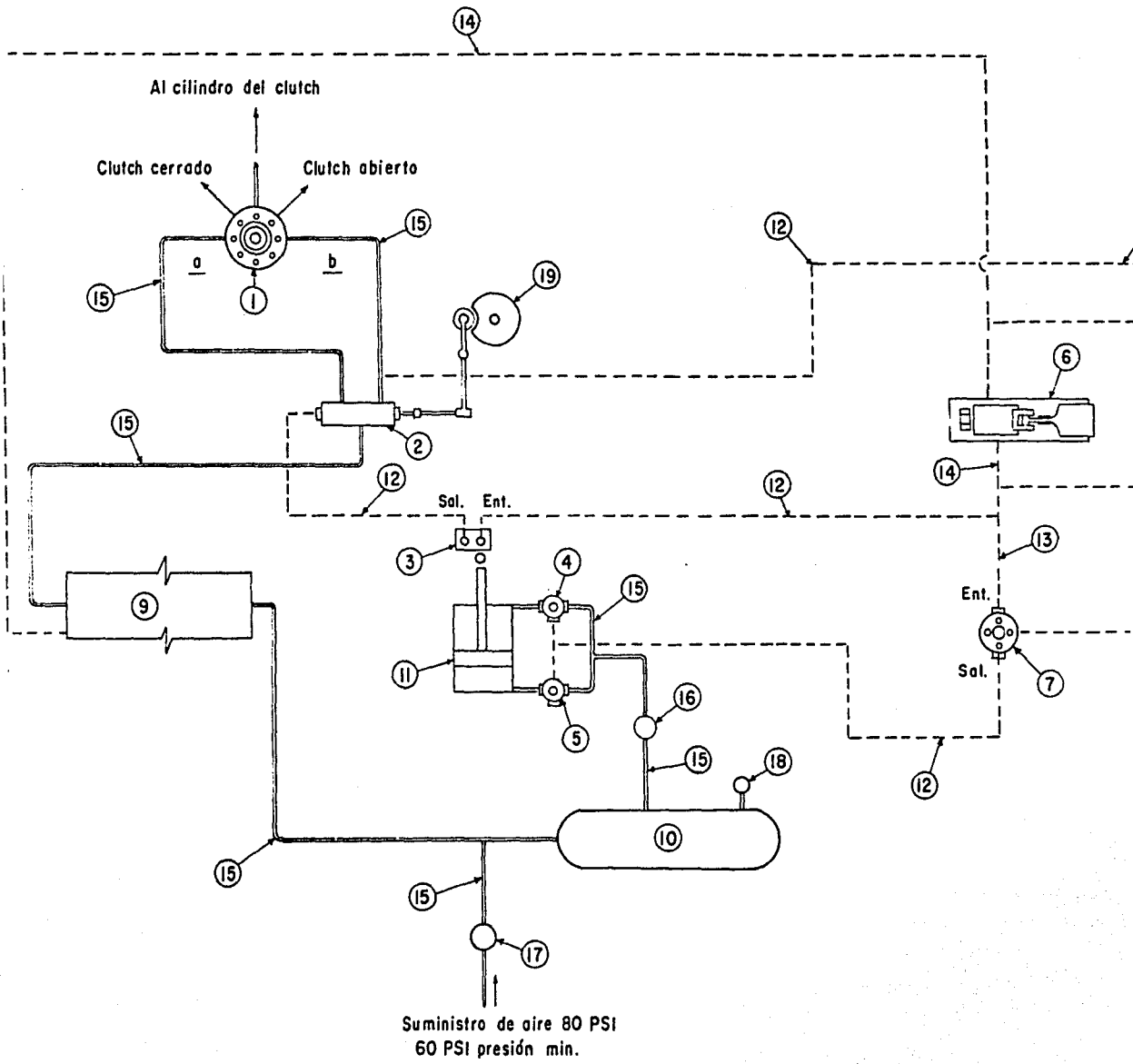
Al entrar el tubo en la máquina pega en un tope y en este-momento deben cerrarse unas mordazas que sujetan al tubo. Al - mismo tiempo deben pararse los motores de la vía de rodillos - y se debe retirar el tope para permitir la operación de recalcado.

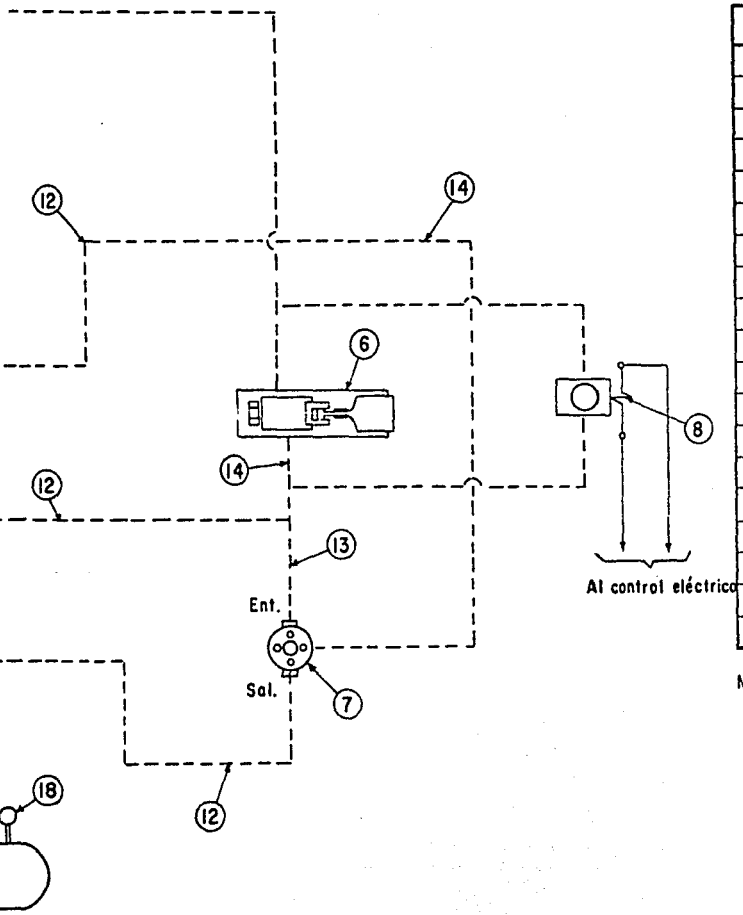
Las mordazas están montadas sobre un carro y funcionan por medio de cilindros neumáticos. El carro en el que estan montadas las mordazas se encuentra sobre la trabe y funciona también por medio de cilindros neumáticos.

El carro tiene por objeto pegar al tubo a la media matriz-que se encuentra fija en la máquina.

Una vez que se ha realizado lo anterior se está en condiciones de llevar a cabo la primera operación de recalcado.

La máquina funciona por medio de una válvula de tres vías-que actúa sobre un cutch que manda cerrar la matriz hembra, realizandose la primera operación de recalcado. Al terminar esta-operación se abre la matriz de la máquina y el carro de las -- mordazas debe regresar a su posición inicial y en seguida debe-bajar la trabe.


14
Al cilindro del clutch
Clutch cerrado
Clutch abierto
15
a
b
1
19
12
6
2
14
Sal.
Ent.
13
3
4
9
Ent.
11
Sal.
7
16
5
15
18
12
10
15
15
17
Suministro de aire 80 PSI
60 PSI presión min.



No.	Descripción
1	Sello de Rotor Fawick No. 405430
2	Válvula C.B. Hunt Tipo A-6521 MP-4
3	Válvula de leva Ross Tipo 325 MI-3/8" de 2 vias N.C.
4	Válvula Ross Tipo 735 RMVMI de 3 vias N.A.
5	Válvula Ross Tipo 735 RMVMI de 3 vias N.C.
6	Válvula de pedal C.B. Hunt de 1/2" Tipo 8133 F.A.3
7	Válvula Ross Tipo 741 RMV-MI de 2 vias N.A. 1/4"
8	Válvula solenoide Asco 3 vias de 1/2" Tipo A-T831620
9	Tanque de aire clutch
10	Tanque de aire mordazas
11	Cilindro neumático de 8" de carrera y 14" ϕ mordazas
12	Tuberia de 3/16" ϕ
13	Tuberia de 1/4" ϕ
14	Tuberia de 1/2" ϕ
15	Tuberia de 1 1/2" ϕ
16	Lubricador
17	Filtro
18	Manómetro
19	Leva

Notas:

En cada revolución de la Leva (19) la palanca actúa sobre la válvula (2) cambiando la alimentación de aire al sello del rotor (1) a través de la tubería (b) en vez de a través de la tubería (a) abriendo el clutch.

El cilindro (11) opera simultáneamente las mordazas y la válvula de Leva (3).

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL
JOSE QUEVEDO PROCEL

RECALCADORA DE TUBOS
DIAGRAMA NEUMATICO INTERIOR

Julio de 1964 | PLANO No. 2

Cuando la trabe se encuentra abajo deben funcionar nuevamente los cilindros neumáticos del carro, pegando el tubo a la media matriz fija.

Haciendo funcionar la válvula de tres vías de la máquina se realiza la operación final de recalcado.

Cuando la máquina abre la matriz después de terminada la segunda operación de recalcado, el carro debe regresar nuevamente al tubo a la posición inicial.

Para sacar al tubo de la máquina, se abren las mordazas y arrancan los motores de la vía de rodillos en reversa. Al mismo tiempo que se abren las mordazas regresa el tope de la máquina a su lugar.

Cuando el tubo llega al final de la trabe se paran los motores de la vía de rodillos y funcionan los botadores de descarga que pasan al tubo a una mesa. En dicha mesa se tiene una cadena que transporta a los tubos a una vía de rodillos de salida, con lo que termina el proceso.

DISEÑO DEL CIRCUITO.

El circuito de los arrancadores magnéticos de los motores que mueven a las cadenas de la mesa del horno y de la mesa de descarga no es necesario analizarlo pues se trata de dispositivos comerciales conocidos.

Los motores de la vía de rodillos que sirven para alinear al tubo deben pararse cuando éste llega al tope. En el tope se coloca un interruptor de límite que sirve como señal de entrada al circuito de los motores, debiendo estos parar cuando el interruptor este operado y arrancar cuando deje de estarlo. El diagrama de secuencia es el siguiente:

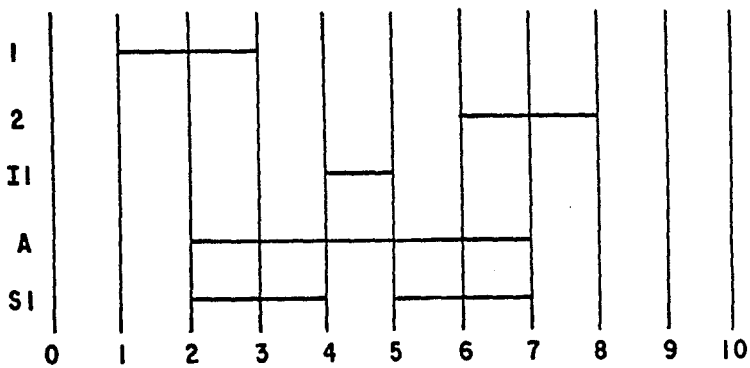


DIAGRAMA DE SECUENCIA 1

Los contactos de arranque y paro de los motores están representados por los números 1 y 2 respectivamente.

De la tabla se obtiene la siguiente transmisión para el relevador A.

$$A = (1)(2)'(I1)'(A)'+(1)(2)'(I1)'(A)+(1)'(2)'(I1)'(A)+(1)'(2)'(I1)(A)$$

$$A = \Sigma\,(8,\ 9,\ 1,\ 3)$$

El mapa de Karnaugh correspondiente es:

	00	01	11	10 (1)(2)
00	0			1
01	1	0		1
11	1	0		ϕ
10		0		ϕ

(I)(A)

En el mapa se indican los estados para los cuales la transmisión es (1), se indican también algunos de los estados en los cuales la transmisión debe ser (0). Con objeto de determinar cuales estados opcionales pueden ser aprovechados para la reducción de la función que se está tratando.

Una vez que se han determinado los estados opcionales se forman en este caso dos subcubos de cuatro celdas, quedando la transmisión del relevador A:

$$A = 2' \quad (1 + A)$$

Del diagrama de secuencia se tiene que la transmisión de la salida S1, a la cual se va a conectar la bobina que controla el arranque y paro de los motores de la vía de rodillos es:

$$S1 = A \ (I1)'$$

Los tubos pasan de la mesa de alimentación a la vía de rodillos por medio de un sistema de botadores que funcionan mediante cilindros neumáticos, los que serán operados por medio de dos

válvulas solenoide de tres vías.

Al usar este tipo de válvulas es necesario energizar el solenoide de una de ellas, en tanto que el solenoide de la otra - permanece desenergizado.

Se coloca un interruptor de límite de manera que sea operado por los dispositivos que están unidos a la cadena de mesa.

El diagrama de secuencia es el siguiente:

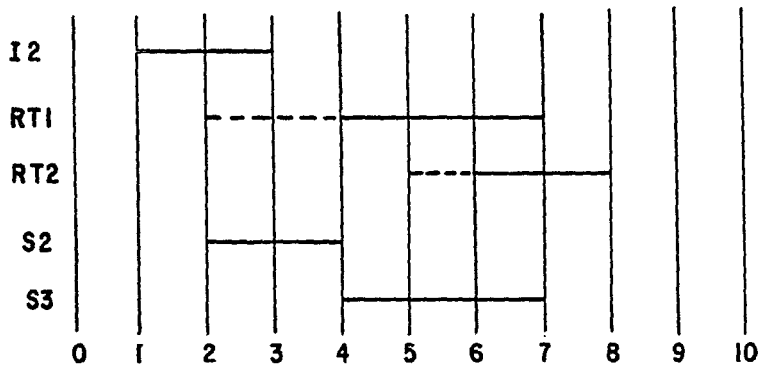


DIAGRAMA DE SECUENCIA 2

La única señal de entrada en este circuito es I2 y se u-- san relevadores neumáticos de tiempo para obtener la secuencia requerida.

Los relevadores neumáticos de tiempo tienen contactos que operan en forma "instantánea" y contactos que operan después - de que ha transcurrido un cierto tiempo, el cual se ajusta en el relevador según se requiera.

Del diagrama la transmisión para el relevador RT1 es:

RT1=(I2)(RT1i)'(RT2)'+(I2)(RT1i)(RT2)'+(I2)'(RT1i)(RT2)'

expresión que simplificada queda:

$$RT1 = (RT2)' (I2 + RT1i)$$

La transmisión del relevador RT2 es:

$$RT2 = (RT1) (RT2i)'+(RT1) (RT2i)$$

$$RT2 = RT1$$

La transmisión de la salida S2 es la siguiente:

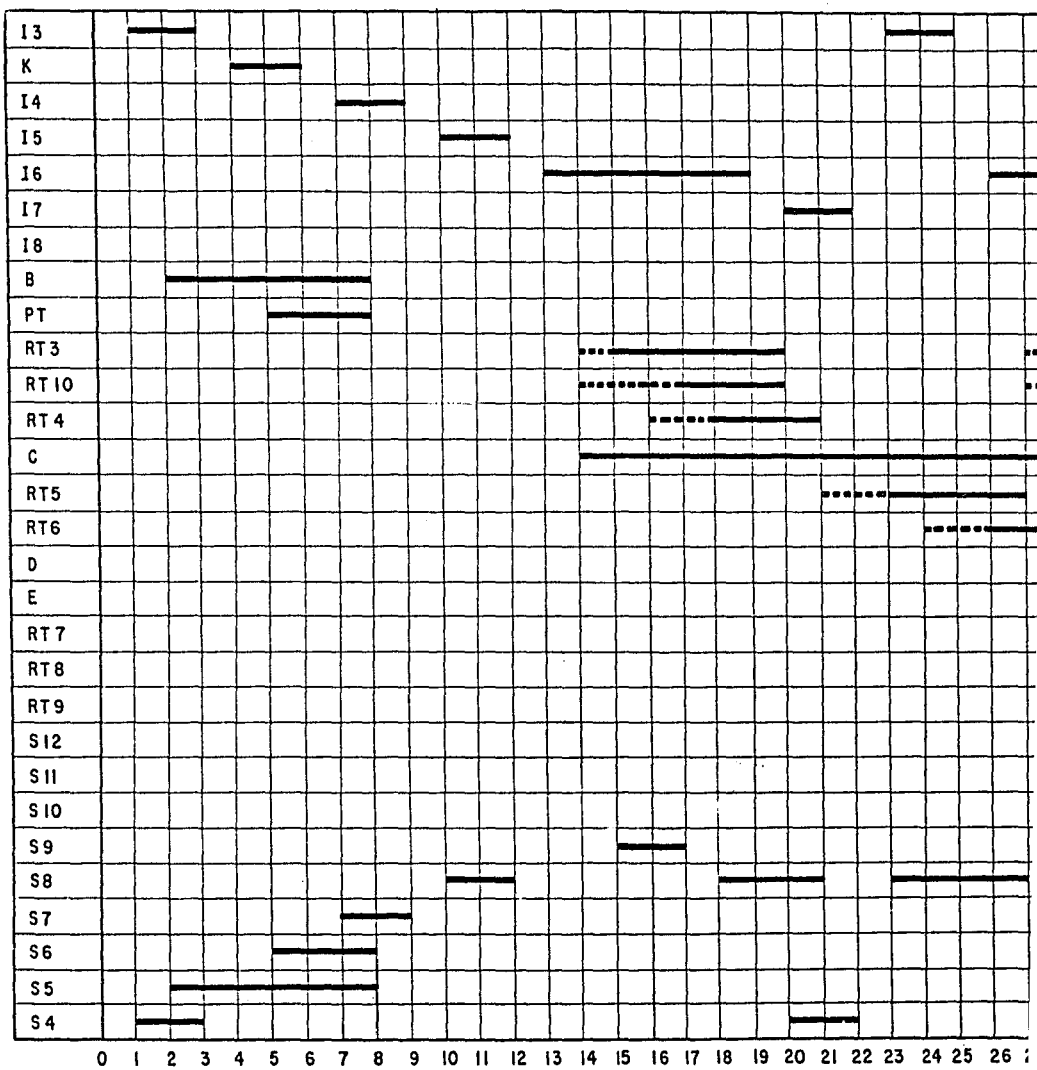
$$S2 = (RT1i) (RT1)'$$

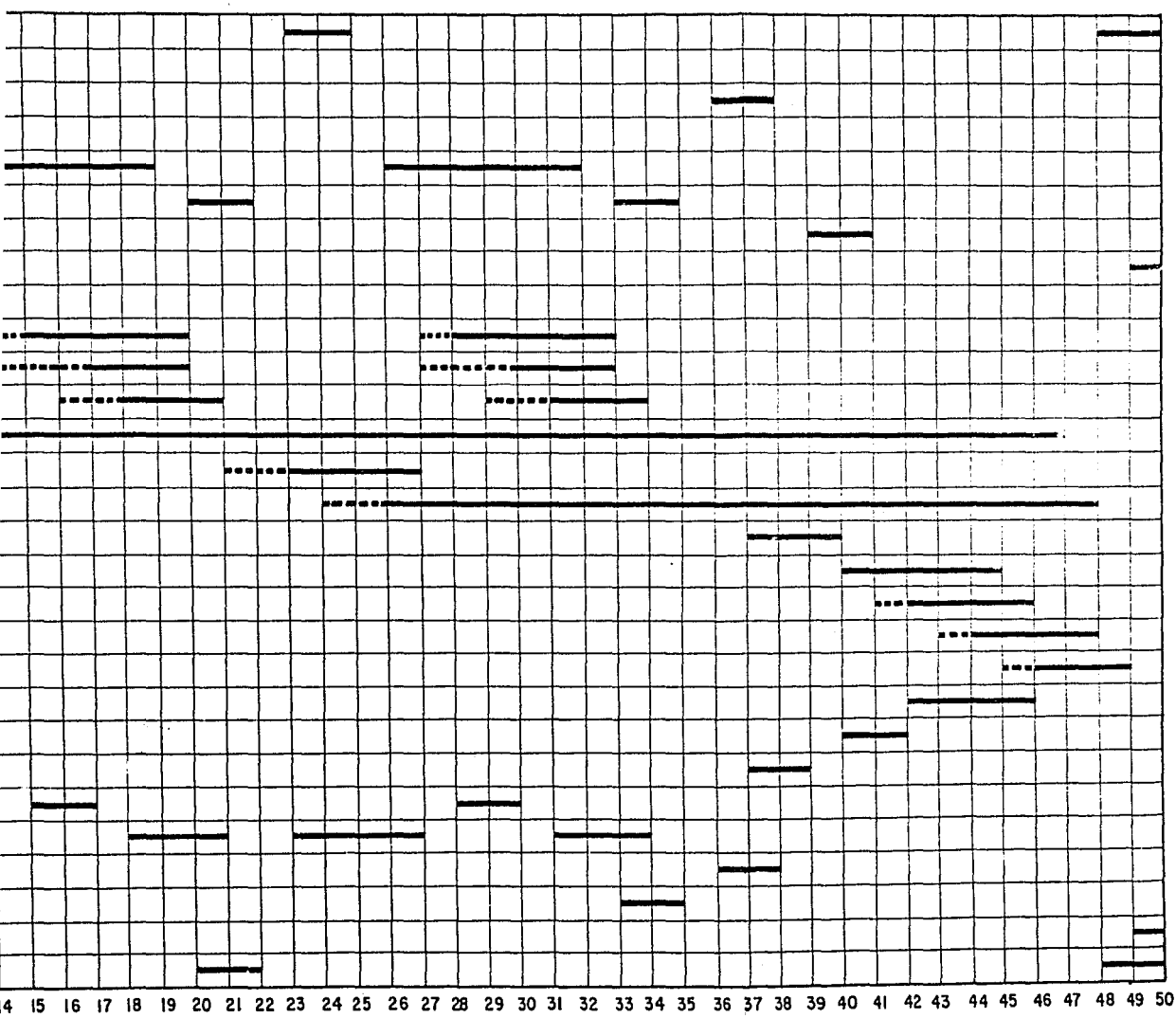
y de la S3 es: $S3 = RT1$

A las salidas S2 y S3 se conectarán los solenoides de las válvulas de tres vías.

Una vez que el tubo es dejado por la cadena en la mesa cuya pendiente es 10%, se está en condiciones de realizar la operación de recalcado.

Se analiza el proceso y se forma el diagrama de secuencia 3. (Plano Nª 3)


I3
K
I4
I5
I6
I7
I8
B
PT
RT3
RT10
RT4
C
RT5
RT6
D
E
RT7
RT8
RT9
S12
S11
S10
S9
S8
S7
S6
S5
S4
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE

FACULTAD DE INGENIERIA

TESIS PROFESIONAL

JOSE QUEVEDO PROCEL

DIAGRAMA DE SECUENCIA

Julio de 1964	PLANO No.

Al interpretar el diagrama se establecerá la localización de los interruptores que en él aparecen, así como el objeto de cada una de las salidas.

La primera operación es subir la trabe, la cual tiene un sistema de palancas que funcionan por medio de dos cilindros neumáticos que trabajan en paralelo.

Para hacer funcionar los cilindros neumáticos de la trabe se usan válvulas solenoide de cuatro vías. Cuando se energiza el solenoide de estas válvulas actúan al cilindro neumático en un sentido y para regresar el émbolo del cilindro a su posición inicial es necesario volver a energizar al solenoide.

Al final de la mesa de 10% de pendiente se coloca el interruptor de límite (I3) de manera que sea operado por el tubo al llegar éste al final de la mesa.

La salida (S4) representa la terminal a la que será conectada la válvula solenoide de la trabe.

La trabe al subir elimina la posibilidad de que otro tubo opere al interruptor (I3), sin embargo al bajar la trabe para la segunda operación de recalcado surge dicha posibilidad. El relevador (C) impide que se energice la válvula solenoide de la trabe en un momento que no es el requerido.

En la salida S4 debe haber potencial cuando se necesita bajar la trabe, para ello se coloca como señal de entrada al cir-

Junto de la trabe el interruptor de límite I 7.

El interruptor I 7 opera al regresar el carro a su posición inicial después de cada operación de recalcado. Sin embargo únicamente debe aparecer potencial en la términal S4 cuando el carro regresa después de la primera operación de recalcado.

El relevador (RT6) impide que exista potencial en la términal (S4), después de la segunda operación de recalcado.

Del diagrama de secuencia se obtiene:

$$S4 = (I3)\ c' + (I7)\ (RT6)'$$

Los motores de la vía de rodillos deben arrancar en directa al mismo tiempo que sube la trabe. El interruptor (I3) se usa para el arranque de los motores, teniendo el relevador (C) el mismo uso que en el caso de la terminal (S4).

Al cerrar las mordazas que sujetan al tubo deben parar los motores, para ello se coloca el interruptor de límite (I4) de manera que sea operado por las mordazas.

A la terminal de salida (S5) se conecta la bobina de arranque en directa de los motores.

La transmisión del relevador secundario B es:

$$B=(I3)(I4)'(B)'(C)' + (I3)(I4)'(B)(C)' + (I3)'(I4)'(B)(C)'$$

Expresión que simplificada queda en la siguiente forma:

$$B = C' (I4)' (B + I3)$$

y la transmisión del circuito (S5) es:

$$S5 = B$$

Cuando el tubo pega en el tope deben cerrarse las mordazas. Como la punta del tubo está caliente, no es posible usar un interruptor de límite y en su lugar se coloca un conductor colgando del tope de manera que el tubo establezca contacto con el -- conductor. Este arreglo se designa con la letra (K).

Las mordazas operan mediante cilindros neumáticos que funcionan por medio de válvulas solenoide de cuatro vías del tipo usado para la operación de la trabe. La términal de salida a - la que se conectan las válvulas es (S6).

Del diagrama se determina la siguiente transmisión para el relevador secundario (PT):

$$PT = (K)(I4)'(B)(PT)' + (K)(I4)'(B)(PT) + (K)'(I4)'(B)(PT)$$

$$PT = \Sigma (3, 10, 11).$$

El mapa de Karnaugh correspondiente es:

(B)(PT) \ (K)(I4)	00	01	11	10
00	0			ϕ
01	ϕ			ϕ
11	1			1
10	0			1

La transmisión del relevador PT es:

$$PT = (I4)' (K + PT)$$

En la terminal (S6) debe haber potencial en dos ocasiones- Primero con objeto de cerrar las mordazas y después para abrirlas.

Como señales de entrada al circuito de (S6) se usa el arreglo (K) y el interruptor (I7).

En estas condiciones la transmisión de la terminal (S6) es:

$$S6 = PT + (I7) (RT6)'$$

A la terminal (S7) se conecta el solenoide de una válvula- de cuatro vías, la que gobierna la operación del cilindro neumático que actúa sobre el tope de la máquina. El interruptor I4- se usa para el circuito de (S7):

$$S7 = I4.$$

El carro en el que están montadas las mordazas funciona por medio de cilindros neumáticos que a su vez dependen de la operación de una válvula solenoide de cuatro vias del mismo tipo de las que se han usado hasta ahora.

En la terminal (S8) a la cual se va a conectar la válvula solenoide del carro, debe existir potencial para que opere la válvula y pegue al tubo a la media matriz fija de la máquina.

El interruptor de límite (IS) se coloca de manera que lo opere el tope al retirarse de la máquina, constituyendo en esta forma la señal de entrada al circuito que controla al carro en su primera operación. Las siguientes operaciones del carro dependen de los contactos de los relevadores secundarios RT4 y RT5.

Del diagrama de secuencia, la transmisión de la red de contactos de la terminal (S8) es:

$$S8 = I5 + RT4 + RT5$$

El interruptor de límite (I6) es operado por el carro cuando éste pega al tubo a la media matriz fija y permanece operado durante el tiempo que el carro se encuentra en esta posición.

Del diagrama se tiene que las transmisiones de los relevadores secundarios (RT3) y (RT10) dependen exclusivamente de (I6) por lo que sus transmisiónes son:

$$RT3 = I6$$

$$RT10 = I6$$

El relevador (RT3) se ajusta de manera que sus contactos - operen dando un margen de tiempo entre la operación de (I6) y - el momento en el cual debe funcionar la máquina.

La operación de la máquina depende de una válvula solenoi- de de tres vías (Ver plano Nª 2). La válvula debe permanecer - energizada únicamente el tiempo necesario para que opere el clutch.

Una vez que opera el clutch la máquina realiza una opera-- ción completa de recalcado.

La términal a la que se conecta el solenoide de la válvu-- la de 3 vías es (S9).

La transmisión que se obtiene del diagrama para (S9) es:

$$S9 = (Rt3)\ (Rt10)'$$

El relevador (RT10) cuenta el tiempo que requiere estar e- nergizada la válvula que hace funcionar el clutch de la máquina Cuando operan los contactos del relevador se abre el circuito - de la válvula de tres vías, permitiendo que la máquina termine la operación de recalcado.

En el diagrama se nota que el funcionamiento del relevador

(RT4) depende únicamente de un contacto de tiempo del relevador (RT3), por lo que no es necesario analizar la transmisión tomando en cuenta los relevadores (RT10) y (C).

$$RT = RT3$$

El relevador neumático (RT4) debe ajustarse para que opere después de que se ha realizado la operación de recalcado y que la matriz hembra se encuentra abierta.

La transmisión del relevador C es:

$$C = (I6)(C)'(RT9)' + (I6)(C)(RT9)' + (I6)'(C)(RT9)'$$

que simplificada queda:

$$C = (C + I6)\ (RT9)'$$

La transmisión del relevador RT5 es:

$$RT5 = (I6)'(I7)(RT5i)'(RT6)' + (I6)'(I7)(RT5i)(RT6)' + (I6)'(I7)'(RT5i)(RT6)'$$

$$RT5 = \Sigma\,(2, 4, 6)$$

El mapa de Karnaugh correspondiente es:

(RT5i)(RT6) \ (I6)(I7)	00	01	11	10
00	0	1	ϕ	
01		ϕ	ϕ	
11		0		
10	1	1	ϕ	ϕ

Por lo tanto la transmisión de (RT5) es:

$$RT5 = (RT6)' \left[(RT5i) + (I7)\right]$$

El relevador (RT5) debe ajustarse de manera que opere después de que ha bajado la trabe.

La transmisión del relevador (RT6) es la siguiente:

$$RT6 = (I3)(C)(RT5)(RT6i)' + (I3)(C)(RT5)(RT6i) + (I3)'(C)(RT5)(RT6i) + (I3)'(C)(RT5)'(RT6i)$$

$$RT6 = \Sigma\,(5,\ 7,\ 14,\ 15)$$

El mapa de Karnaugh que corresponde a la función de transmisión de (RT6) es:

(RT5)(RT6i) \ (I3)(C)	00	01	11	10
00	0	0	0	
01		1	ϕ	
11		1	1	
10		ϕ	1	

$$RT6 = C\left[(RT6i) + (RT5)\right]$$

Una vez que se termina la operación final de recalcado y que abren las mordazas, los motores de la vía de rodillos de-

la trabe deben arrancar en reversa.

En el circuito de los motores se usan como señales de entrada los interruptores I4 é I8. Este último interruptor de límite se coloca al final de la trabe en el extremo opuesto a la máquina.

La transmisión del relevador secundario que toma parte en esta operación es:

$$D = (I4)(C)(RT6)(D)'(I8)' + (I4)(C)(RT6)(D)(I8)' + (I4)'(C)(RT6)(D)(I8)'$$

$$D = \left[(I4)(C)(RT6)(D)' + (I4)(C)(RT6)(D) + (I4)'(C)(RT6)(D)\right](I8)'$$

La transmisión del relevador D es una función de cinco variables. Para la reducción de dicha función se considera la función de cuatro variables que está encerrada en el parentesis rectangular y la función que resulta se multiplica por (I8)'.

$$D = \Sigma(7, 14, 15)\ (I8)'$$

El mapa de karnaugh para la función de cuatro variables es:

(RT6)(D) \ (I4)(C)	00	01	11	10
00	0	ϕ	ϕ	
01	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
11	ϕ	1	1	ϕ
10		0	1	

De donde:

$$D = \left[(I4)(C) + (D)\right] (I8)'$$

La transmisión de la terminal (S10) a la cual se conecta - la bobina de arranque en reversa de los motores es:

$$S10 = D(I8)'$$

El mismo interruptor (I8) se utiliza para el circuito de - los botadores de descarga que funcionan por medio de cilindros - neumáticos, que son operados por válvulas de tres vías del tipo usado para los botadores de alimentación a la vía de rodi--- llos sirve para alinear al tubo al principio del proceso.

Las transmisiones de los relevadores secundarios que toman parte en está última operación son:

a) Relevador E.

$$E = \left[(I8)(C)(RT6)(E)' + (I8)(C)(RT6)(E) + (I8)'(C)(RT6)(E)\right] (RT8)'$$

$$E = \left[\Sigma\,(7,14,15)\right] (RT8)'$$

(RT6)(E) \ (I8)(C)	00	01	11	10
00	0		ϕ	
01	ϕ	ϕ	ϕ	ϕ
11	ϕ	1	1	ϕ
10		0	1	

$$E = \left[(E) + (C)(I8)\right] (RT8)'$$

b) Relevador RT7

$$RT7 = (C)(RT6)(E)(RT7i)' + (C)(RT6)(E)(RT7i)$$

(E)(RT7i) \ (C)(RT6)	00	01	11	10
00	0		0	
01			ϕ	
11	ϕ	ϕ	1	ϕ
10	ϕ	ϕ	1	ϕ

El relevador neumático RT7 se ajusta para que opere cuando el tubo es dejado en la mesa de descarga.

c) Relevador RT8

$$RT8=(C)(RT7)(RT8i)' + (C)(RT7)(RT8i) + (C)(RT7)'(RT8i)$$

Aplicando los teoremas a la expresión anterior se obtiene:

$$RT8 = (C) \left[(RT8i) + (RT7)\right]$$

El relevador neumático de tiempo RT8 se ajusta de manera que operen sus contactos cuando el botador de descarga regresa a su posición original

d) Relevador RT9

$$RT9 = RT8$$

El relevador neumático de tiempo (RT9) da un margen de --- tiempo entre el momento en que los botadores de descarga regresan y el principio de un nuevo cielo de recalcado.

Finalmente la transmisión de las términales a las que se - conectan las válvulas solenoide que hacen funcionar a los botadores de descarga son las siguientes.

$$S11 = (E)\ (RT7)'$$

$$S12 = RT7$$

A continuación se hace una lista de todas las funciones -- que representan al circuito de conmutación que realiza las funciones requeridas en el proceso.

a).- $A = (2)'\ (1 + A)$

b).- $S1 = (A)\ (I1)'$

c).- $RT1 = (RT2)'\ \left[(I2) + (RT1i)\right]$

d).- $RT2 = (RT1)$

e).- $S2 = (RT1i)\ (RT1)'$

f).- $S3 = (RT1)$

g).- $S4 = (I3)\ (C)' + (I7)\ (RT6)'$

h).- $B = (C)'\ (I4)'\ \left[(B) + (I3)\right]$

i).- $S5 = B$

j).- $PT = (I4)'\ \left[(K) + (PT)\right]$

k).- S6 = (PT) + (I7) (RT6)'

l).- S7 = (I4)

m).- S8 = (I5) + (RT4) + (RT5)

n).- RT3 = (I6)

0).- RT10 = (I6)

p).- S9 = (RT3) (RT10)'

q).- RT4 = (RT3)

r).- C = [(C) + (I6)] (RT9)'

s).- RT5 = (RT6)' [(RT5i) + (I7)]

t).- RT6 = (C) [(RT6i) + (RT5)]

u).- D = [(I4) (C) + (D)] (I8)'

v).- S10 = (D) (I8)'

w).- E = [(E) + (C) (I8)] RT8'

x).- RT7 = E

y).- RT8 = (C) [(RT8i) + (RT7)]

z).- RT9 = RT8

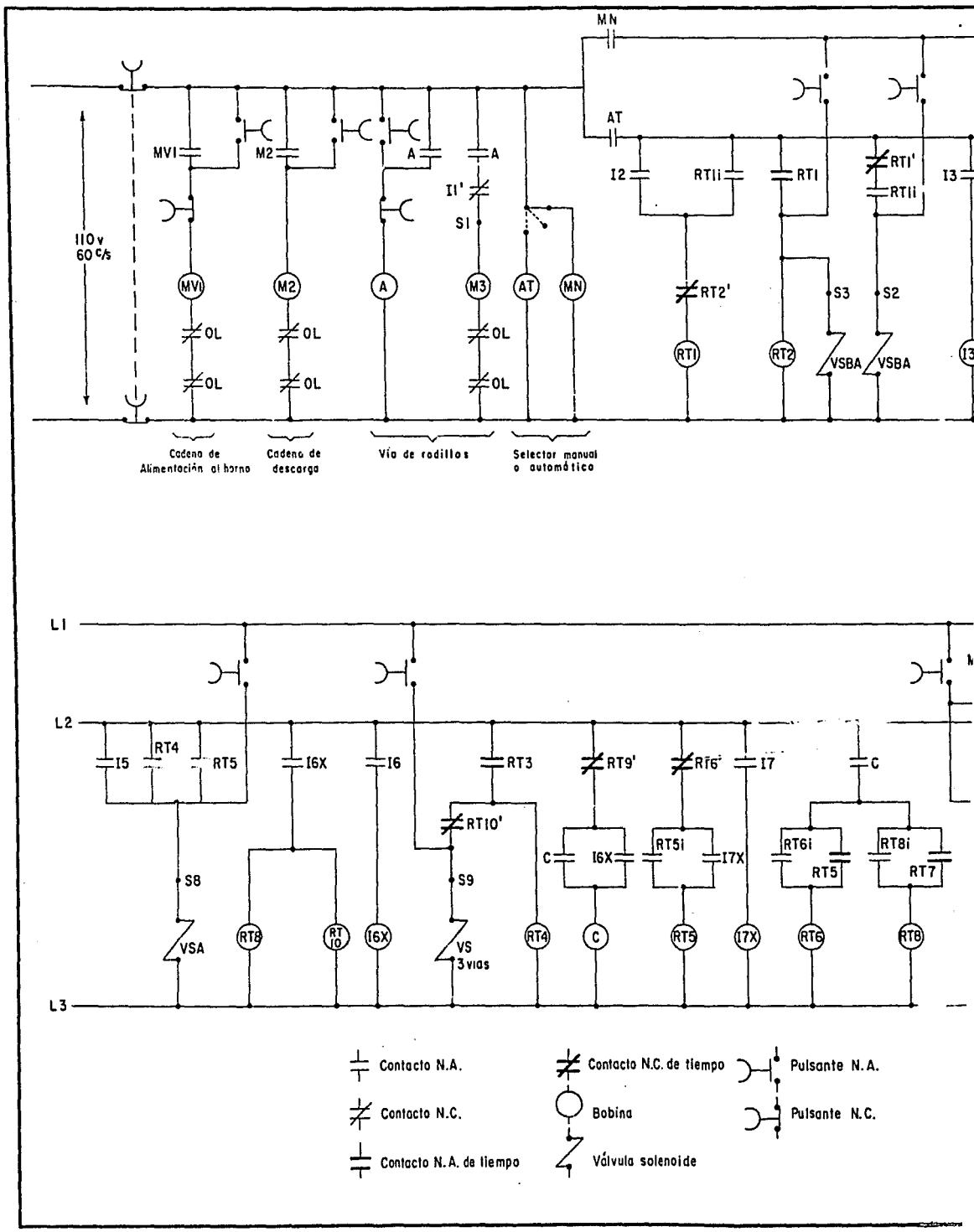
aa).- S11 = E (RT7)'

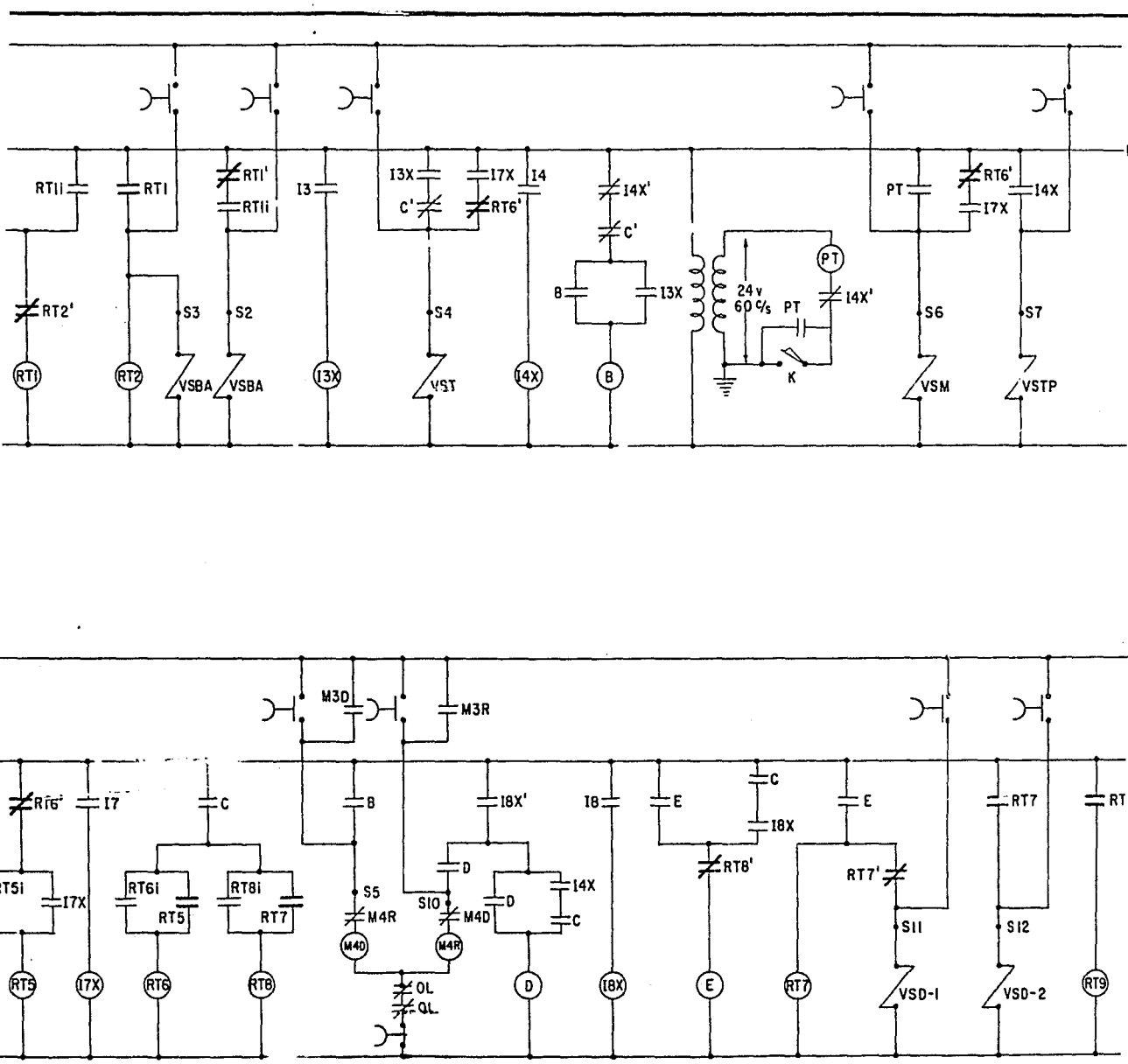
bb).- S12 = (RT7)

Las expresiones que tienen contactos iguales conectados en serie son:

(d) y (f), (h) y (j), (n) y (0), (p) y (q), (t) y (y), (u) y (v) (x) y (aa).

En las expresiones anteriores se usa un contacto común para cada transmisión exceptuando las expresiones (h) y (j) por tratarse del arreglo (k), que no permite el uso de un contacto común para las redes de contactos de los relevadores (B) y (PT).


MN
AT
MVI
M2
A
I1'
S1
I2
RTIi
RTI
RTI'
RTIi
I3
110 v
60 c/s
MVI
M2
A
M3
AT
MN
OL
RT2'
S3
S2
RTI
RT2
VSBA
VSBA
Cadena de Alimentación al horno
Cadena de descarga
Vía de rodillos
Selector manual o automático
L1
L2
L3
I5
RT4
RT5
I6X
I6
RT3
RT9'
RT6'
I7
C
RT10'
C
I6X
RT5i
I7X
RT6i
RT5
RT8i
RT7
S8
S9
VSA
RT8
RT 10
I6X
VS 3 vías
RT4
C
RT5
I7X
RT6
RT8
Contacto N.A.
Contacto N.C.
Contacto N.A. de tiempo
Contacto N.C. de tiempo
Bobina
Válvula solenoide
Pulsante N.A.
Pulsante N.C.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXIC FACULTAD DE INGENIERIA	
TESIS PROFESIONAL JOSE QUEVEDO PROCEL	
DIAGRAMA ESQUEMATICO DEL CIRCUITO DE CONMUTACION	
Julio de 1964	PLANO No. 4

El diagrama esquemático del circuito muestra en el plano - Nº 4.

En el diagrama antes mencionado, se conectó en serie con - cada uno de los interruptores de límite (I3), (I4),(I6),(I7),-- y (I8) un relevador auxiliar marcado con la letra (X). El relevador auxiliar tiene por objeto disponer de suficientes contactos, ya que los interruptores de límite comerciales por lo general son de un contacto NA y un contacto NC.

También en el diagrama esquemático aparece un transformador 110/24 v en el circuito del relevador (PT). Este tiene por objeto disponer en el arreglo (K) de un voltaje bajo con el fin de evitar posibles accidentes.

Por último se agregó el sistema que selecciona la operación automática ó manual, así como las estaciones de botones para realizar esta última forma de operación.

- o -

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

MATHEMATICS AND COMPUTERS — K. Smith
Mc Braw-Hill Book Comapany Inc.

SWITCHING CIRCUITS — Watts S. Humphrey
Mc Graw-Hill Book Company,Inc.

SWITCHING CIRCUITS AND LOGICAL DESIGN — Samuel H. Caldwell
John Wiley and Sons.

THE DESIGN OF SWITCHING CIRCUITS — W.Keister, A.E. Ritchie, S. H. Washburn
D. Van Nostrand Company Inc.

A SURVEY OF MODERN ALGEBRA — G. Birkhoff, S. MacLane
The Macmillan Co.

DIGITAL COMPUTER AND CONTROL ENGINEERING — R. S. Ledley
Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

SINITCHING RELAY DESIGN — R. L. Peek, H. N. Wagar
D.Van Nostrand Company Inc.