

4



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES
CAMPUS ARAGON

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACION
DE UN SISTEMA ELECTRONICO DE
CONTROL PARA MAQUINARIA TEXTIL”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
(AREA ELECTRICA ELECTRONICA)

P R E S E N T A

ESTEBAN ARELLANO RIVERA

ASESOR : ING. FORTUNATO CERECEDO HERNANDEZ



MÉXICO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DICIEMBRE 2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
DIRECCIÓN

**ESTEBAN ARELLANO RIVERA
P R E S E N T E.**

En contestación a la solicitud de fecha 23 de agosto del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. FORTUNATO CERECEDO HERNÁNDEZ pueda dirigirle el trabajo de tesis denominado, "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA MAQUINARIA TEXTIL" con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi distinguida consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 6 de septiembre del 2000
EL DIRECTOR

M en R.I. CARLOS EDUARDO LEVY VÁZQUEZ

- C p Secretaría Académica.
C p Jefatura de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica
C p Asesor de Tesis.

CELV/AIR/RCC/vr

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
ARAGÓN

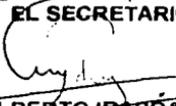
SECRETARÍA ACADÉMICA

Ing. RAÚL BARRÓN VERA
Jefe de la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica,
Presente.

En atención a la solicitud de fecha 17 de octubre del año en curso, por la que se comunica que el alumno ESTEBAN ARELLANO RIVERA, de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, ha concluido su trabajo de investigación intitulado "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL PARA MAQUINARIA TEXTIL", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por usted, se autoriza su impresión; así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, reitero a usted las seguridades de mi atenta consideración.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
San Juan de Aragón, México, 22 de octubre del 2001
EL SECRETARIO


~~LIC. ALBERTO IBARRA ROSAS~~

C p Asesor de Tesis.
C p Interesado.

AIR/RCC/vr

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Tu Sabiduría, tu Cariño y principalmente
tu Amor me han sostenido para lograr lo
que soy, sin Ti no lo hubiera logrado solo.

Gracias Sr. Jesucristo.

Bienaventurado el hombre que halla la
Sabiduría, y que obtiene Inteligencia;
porque su ganancia es mejor que la
ganancia de plata, y sus frutos más que
el oro fino, mas preciosa es que las
piedras preciosas; y todo lo que puedes
desear, no se puede comparar a ella.

Proverbios 4: 13 - 15

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

A mi Padre:

Con todo el Amor y Cariño que puede tener un hijo hacia su Padre, te agradezco que siempre estuvieras a mi lado en todo momento brindándome tu Amor, Cariño y Ayuda.

Gracias Papá.

Aunque se que ya no estas, no dejo de pensar en ti, este gran logro personal no lo pude compartir contigo, pero se que estarías orgullosa de mí, siempre estarás en mi corazón, y te agradezco haberme llevado por el mejor camino.

Gracias Madre.

I'll see you in Heaven

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Claudia Dolores Mejía Medina;

**Gracias por ayudarme a cerrar este ciclo en mi Carrera
Y por ser mi mejor Amiga y mi Novia.**

Te amo.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A mis Hermanos:

Adrián, no se que pasaría en este momento si no me hubieras dado ese recorte de periódico; **Reyna**, por haberme ayudado a continuar mis estudios; **Rosalba**, por estar atenta siempre a mis estudios; **Gabriela**, gracias por ayudarme y darme todas las facilidades para salir adelante.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Al Ing. Fortunato Hernández Cerecedo.

Por su apoyo y tiempo que dispuso para realizar esta propuesta.

Al Ing. Noé González Rosas

Por contar siempre con su ayuda incondicional.

Al Ing. Adrián Paredes Romero.

Por sus valiosas explicaciones y recomendaciones que me facilitaron la elaboración de este trabajo.

A los Ingenieros:

Juan Gastaldi Pérez

Jesús Núñez Valadez

Raúl Barrón Vera

Por dedicar su valioso tiempo en la revisión y corrección de esta tesis.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ÍNDICE

Introducción General

Capítulo I (Funcionamiento y Planeación).

I.1.- Funcionamiento Básico.	
I.1.0.- Introducción.	1
I.1.1.- Análisis de Operación.	2
I.1.2.- Identificación de Variables.	6
I.1.3.- Variables de Operación a Mejorar.	8
I.2.- Planeación del Diseño.	
I.2.1.- Metodología de Diseño.	14
I.2.2.- Tecnologías a Utilizar.	16
I.2.3.- Organización de los Módulos.	19

Capítulo II (Diseño de los Módulos de Entrada y/o Salida).

II.1.- Módulo de Contador y Comparador.	
II.1.1.- Definición de los Submódulos.	25
II.1.2.- Interconexión entre Submódulos.	28
II.1.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.	
II.1.3.1.- Dispositivos a Utilizar.	30
II.1.3.2.- Desarrollo y Cálculos.	34
II.1.3.3.- Diagrama Circuital.	54
II.2.- Módulo de Potencia.	
II.2.1.- Definición de los Submódulos.	55
II.2.2.- Interconexión entre Submódulos.	57
II.2.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.	
II.2.3.1.- Dispositivos a Utilizar.	58
II.2.3.2.- Desarrollo y Cálculos.	60
II.2.3.3.- Diagrama Circuital.	70
II.3.- Módulo de Teclado y Pilotos.	
II.3.1.- Definición de los Submódulos.	71
II.3.2.- Interconexión entre Submódulos.	73
II.3.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.	
II.3.3.1.- Dispositivos a Utilizar.	74
II.3.3.2.- Desarrollo y Cálculos.	75
II.3.3.3.- Diagrama Circuital.	79

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capitulo III (Sistema de Control).

III.1.- Elementos a Considerar.	
III.1.1.- Acoplamientos.	80
III.2.- Planteamiento.	
III.2.1.- Descripción del Funcionamiento.	82
III.2.2.- Algoritmo Gráfico.	84
III.2.3.- Carta ASM.	87
III.2.4.- Diagrama de Estados.	90
III.3.- Diseño del Circuito de Control.	
III.3.1.- Selección del tipo de Diseño.	93
III.3.2.- Definición de los Periféricos Auxiliares.	95
III.3.3.- Dispositivos Necesarios.	96
III.3.4.- Desarrollo.	102
III.3.5.- Diagrama Circuital.	109

Capitulo IV (Fuente de Poder).

IV.1.- Definición de los Submódulos.	110
IV.2.- Alimentaciones de Entrada y Salida.	112
IV.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.	
IV.3.1.- Consumo de Energía de los Módulos.	114
IV.3.2.- Dispositivos a Utilizar.	122
IV.3.3.- Desarrollo y Cálculos.	126
IV.3.4.- Diagrama Circuital.	132

Bibliografía.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION GENERAL

Dentro de la industria textil, ha existido un grado de competitividad muy fuerte, por lo que ha obligado a las empresas textiles a modernizar continuamente su maquinaria auxiliándose de las tecnologías de automatización según su época, adquiriendo maquinaria nueva principalmente extranjera, para así lograr superar su productividad, eficiencia y calidad en sus productos, esto sucede principalmente en las gran y macro industrias, ya que estas por su respaldo económico que tienen, logran obtenerla ya que su costo es demasiado elevado algunas veces, por el contrario las mini y micro industrias con estas condiciones no pueden adquirir este tipo de maquinaria para seguir en el mercado con sus productos.

Es por eso que muchas industrias, proceden a lo que se llama implementación o modernización de su maquinaria, esto lo logran a través de agregarle, quitarle o sustituyendo elementos para así poder acercarse a las características de la maquinaria nueva, y así logran con esto aunque con una pequeña presencia, estar en el mercado con sus productos.

Es por eso que muchas empresas, al analizar su maquinaria, se preguntan, ¿Qué es lo que tienen que agregar, quitar o substituir?, y es donde el trabajo del Ingeniero entra para determinar la situación y así proponer una posible modificación para su actualización, conllevando muchas veces además de mejorarla, superar a aquellas que están constituidas de una tecnología moderna y que el costo de una de estas es superior o muy superior que aquella que fue actualizada.

Referente a lo que es nueva maquinaria con tecnología innovadora o la actualización de alguna, entran elementos muy importantes como son el control y la automatización, estos elementos son con seguridad lo que ha permitido a este tipo de industria llevar a cabo muchos proyectos, ya que su producción aumenta en gran proporción y su costo de producción disminuye considerablemente.

Y con respecto al control y la automatización, encontramos diferentes problemáticas, unas con respecto a que tanta posibilidad hay de modificar los elementos que componen la máquina y otras como la disponibilidad de la tecnología en el mercado para realizar los cambios pertinentes, pero lo que finalmente nos permiten estos cambios, es la Ingeniería Electrónica, ya que con un costo pequeño y un espacio muy reducido, nos es posible mantener el control de una parte o de la totalidad de la maquinaria, además aprovechando de que la Electrónica es muy versátil y la tecnología de sus componentes es muy avanzada, nos es posible con esto realizar el control de elementos de gran tamaño y capacidad, ej.: (motores, solenoides, alimentadores, etc.), con elementos muy prácticos y de dimensiones reducidas, ej.: (resistencias, capacitores, transistores, circuitos integrados y actualmente computadoras), siendo que muchas veces o la gran mayoría de estas últimas, son de un costo elevado a comparación de un sistema de control particular y exclusiva de la máquina, y puesto que el sistema de control tendrá funciones muy precisas y determinadas, casi siempre se optará por la implementación y mientras se tenga un mayor control sobre la maquinaria, se podrá a su vez obtener una automatización mas completa, requiriendo con esto un menor esfuerzo para su control, ya que algunas características de tipo repetitivo, podrán ser realizados por el sistema de control electrónico.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Y por supuesto, el costo total de la actualización más el costo de la maquinaria, por lo general, no deberá ser mayor al costo de adquirir una nueva con las mismas características, sino que por el contrario, su costo total deberá ser menor o mucho menor para asegurar así un nivel de competencia en todos sus aspectos con la maquinaria actual en el mercado, y digo por lo general, porque en algunos casos el costo supera a la adquisición de nueva maquinaria y esto es por causa de una mala planeación o por motivos de experimentación.

Es por estas causas que es necesario modernizar este tipo de maquinaria, ya que se observó que es posible mejorar en mucho su producción, el costo es bastante alto, dejando con esto una ganancia muy reducida, y una forma de mejorar es que a través de esta implementación electrónica, los costos serán menores, convirtiéndose estos gastos directamente en ganancia, y este mismo beneficio es reflejado en la ecología, ya que al existir un control que nos permita desconectar los motores o las cargas que en su momento no sean necesarias, así también logrando un ahorro de energía.

Para lograr los objetivos, es necesario organizar detalladamente los pasos a seguir, logrando con esto el menor tiempo posible para la implementación de todos los circuitos necesarios para realizar el proceso que deseamos, pero también debemos tomar en cuenta que más adelante tal vez sea necesario realizar otra implementación auxiliar o complementaria, por lo que debemos de tener la precaución de dejar entradas y salidas disponibles para su fácil inserción o en su caso un acoplamiento para otro sistema más avanzado o un sistema de control computarizado.

Dentro de lo que son las ventajas de trabajo, podemos hablar de la facilidad de manejo, y esto sucederá porque con la simple acción de oprimir un botón, se realizará una secuencia que anteriormente era un tanto tediosa y de una dificultad innecesaria, y así sustituir una secuencia de trabajo del personal a cargo por una serie de elementos electrónicos que realizarán con mayor efectividad y rapidez la tarea a desempeñar, logrando así además de no fatigar al empleado, que es otra de las causas de una producción pobre, y otro de los beneficios es que al existir menos partes en movimiento a causa de la sustitución de partes mecánicas por circuitos electrónicos, existirá también un ahorro extra contemplado en el desgaste mecánico que sufren algunas piezas que muchas veces deben de tener un acabado fino y preciso para su perfecto funcionamiento.

Y hablando un poco más allá de los fines de este proyecto, se puede ver que este tipo de implementación, permitirá a su vez la reparación de aquella maquinaria similar, que haya tenido daños irreversibles en los sistemas substituidos o que su reparación en estos elementos mecánicos sean de un costo muy elevado, llevando así a la compra de maquinaria dada ya por desecho industrial para su posterior reparación e implementación electrónica y así lograr aumentar el número de maquinaria útil en perfecto estado.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo I.

Funcionamiento y Planeación.

I.1.- Funcionamiento Básico.

I.1.0.- Introducción:

COCICO S. A. de C. V., es una empresa textil que se dedica al llenado de hilos mercerizados a partir de hilos en presentación industrial entre otros, esta empresa cuenta con dos máquinas llenadoras de hilo Italianas del tipo Lombarda, el proceso que sigue es que a partir de los grandes conos de hilo en presentación industrial son llevados a través de una serie de guías hasta llegar a un vástago donde se coloca el tubeto (cilindro de cartón u otro material que sirve de base para enrollar el hilo), y este a su vez se llena a través de una serie de acciones que realiza la máquina y el operador, hasta llegar a un nivel de llenado donde después pasa por un proceso de presentación el cual finalmente es comercializado para su venta individual al consumidor final, a continuación se presenta una fotografía de dicha máquina para dar una idea general:



Fotografía 1.1

I.1.1.- Análisis de Operación.

Para realizar el análisis de esta maquinaria, fue necesario estar presente en el ciclo de trabajo de un día normal laboral, y no solo fue necesario un día, sino que se tuvo que estar en varias ocasiones para observar su funcionamiento a detalle; tomando en cuenta las acciones realizadas con el trabajador en turno, así como realizando preguntas sobre detalles que no se observaban a simple vista, como por ejemplo: el desgaste que sufre el sistema de tracción, el cual está sujeto a un mantenimiento preventivo frecuente del cual hablaremos más adelante; en lo concerniente al ciclo de trabajo, se realizaron los apuntes necesarios en cuanto a la relación de tiempos de trabajo, así como las operaciones a realizar durante un ciclo, definiendo como ciclo de trabajo, aquel que se realiza desde el inicio de la operación hasta el término de esta misma, en la tabla I.1 se resume el análisis de dicha operación se puede observar el inicio y el fin del mencionado ciclo, también se realizó el análisis de tipo energético, referido al uso del motor eléctrico que cabe mencionar utiliza línea de 3 fases 3 hilos, los cuales operan a una tensión eléctrica de 220 Volts entre fases.

Actualmente el sistema eléctrico, cuenta con un interruptor de tres hilos y que va directamente conectado al motor, y todo protegido por un interruptor termomagnético ubicado en el tablero principal; el motor tiene como datos de placa los siguientes: Potencia 0.5/0.368 hp, Frecuencia 50/60 hz, fases 3, Tensión Eléctrica 220/380 V, Corriente 1.96/1.13 A.

A continuación se realiza la descripción del funcionamiento y operación de la máquina embobinadora de hilo tipo Lombarda durante un ciclo normal de operación a partir del inicio de la jornada de trabajo, describiendo el número de paso, acción a realizar, tiempo invertido en cada paso y ocasionalmente un comentario sobre la operación presente.

No. De Paso.	Acción.	Tiempo (s).	Comentarios.
1	Conectar el interruptor para encender el motor.	5	El motor se mantiene encendido siempre ya que el encender y apagar es una tarea muy tediosa para el operador.
2	Se gira la polea principal manualmente para colocar los inyectores de hilos en la posición más alejada para trabajar con mayor comodidad.	6	Es un movimiento necesario porque dichos inyectores estorban el manipuleo y es una operación que fatiga a largo plazo al operador.
3	Se procede a levantar el seguro, a quitar los tubos llenos para sustituirlos por vacíos para ser llenados y se coloca nuevamente el seguro.	96	En sí, es el trabajo obligado del operador.
4	Se coloca la manija mecánica de tiempo ya establecido según sea la necesidad de metraje.	15	Según sea el metraje establecido, se tiene que colocar la manija, pero presenta el problema de que tiene que moverla hasta coincidir con la línea a ocupar, por lo que realiza una serie de movimientos hasta ajustarla.
5	Se acciona la palanca de inicio del ciclo, realizándose la tracción de la polea principal con el embrague de la polea general.	3	Es también un movimiento de gran esfuerzo aunque de poca duración y además que el embrague se tiene que limpiar aproximadamente cada 3 meses.
6	Se realiza el llenado de hilos.	50	Función básica de la máquina.
7	La palanca de inicio se desactiva mecánicamente quitando la tracción a la máquina.	0	Aunque es instantáneo, cabe mencionar que esta acción deja los inyectores en posición aleatoria, es por eso necesario el paso 2, además de que con esto se desgasta el embrague.

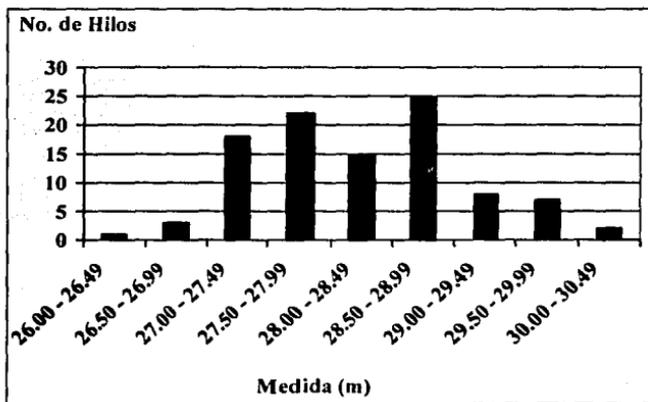
Tabla 1.1.

Con esto podemos resumir un ciclo de trabajo completo, cabe mencionar que en cada ciclo son llenados al mismo tiempo la cantidad de 12 hilos, esto lo hago con el fin de dar un resultado aproximado en la producción de un turno de 8 horas, además, chequeando el metraje que se debe de obtener (27 metros), y por comentarios del operador, esta cantidad nunca es exacta, por lo que se realizó una investigación adicional para conocer por cuanto era la variación de metraje, ya que esta afecta directamente a la calidad en cuanto a cantidad del producto, porque si tenía metraje de menos, se tiene el problema de producto incompleto, y por el contrario, el producto excesivo significa pérdidas para la empresa, sucediendo este último con mucho mayor frecuencia, así que a continuación presento un análisis sobre esta situación.

Preguntando cuanto debe ser el metraje establecido, nos dieron el siguiente parámetro, de 27m a 27.49m es la medida perfecta del producto, ya realizando el muestreo en base a la cantidad de 100 hilos efectuado en la siguiente forma; 25 muestras en el primer turno en día Lunes a mitad de jornada (existen dos turnos al día cada uno de 8 horas, el día Domingo no se labora), otras 25 en el segundo turno a mitad de jornada el mismo día Lunes, 25 más en el primer turno a mitad de jornada el día Viernes y otras 25 el mismo día a mitad de jornada del segundo turno, logrando así la cantidad de 100 muestras, arrojando los siguientes resultados resumidos en límites basados en la medida perfecta de producción que se observan en la tabla I.2, los cuales se pueden ver reflejados en la gráfica I.1.

Límites (m).	Cantidad de Hilos.	Medida Promedio (m).
26.00 - 26.49	1	26.245
26.50 - 26.99	3	26.745
27.00 - 27.49	18	27.245
27.50 - 27.99	22	27.745
28.00 - 28.49	15	28.245
28.50 - 28.99	25	28.745
29.00 - 29.49	8	29.245
29.50 - 29.99	6	29.745
30.00 - 30.49	2	30.245

Tabla I.2



Gráfica I.1

De lo cual, se puede observar a simple vista que existe una gran pérdida a causa del exceso de material en cada hilo.

Con respecto al motor, además de obtener sus datos de placa antes mencionados, se procedió a realizar un análisis práctico basado principalmente en su relación de consumo de energía y tiempo de uso, de donde se obtuvieron los siguientes datos: en estado de espera y funcionando el motor, se observó una corriente de 2.01 A en la fase A, mientras que en la fase B se obtuvo 2.05 A, finalmente en la fase C fue de 2.04 A, y la tensión eléctrica entre fases fue de: $V_{AB}=217$ V, $V_{BC}=219$ V, y $V_{AC}=222$, esta tensión eléctrica también se observó en el estado de hilado, mientras la corriente eléctrica se elevó en 2.19 A, 2.21 A y 2.21 A en las fases A, B, y C respectivamente; para tomar las mediciones de tensión eléctrica y corriente eléctrica, se utilizó un multímetro digital de mediana calidad y alta confiabilidad, por lo que las mediciones obtenidas tendrán variaciones muy despreciables en el margen de error, el tiempo que duró cada medición fue de aproximadamente 10 segundos, y las muestras fueron tomadas a mitad de uno de los turnos de trabajo, cabe mencionar que no se obtuvieron mas muestras puesto que la tensión eléctrica en aquella zona es muy estable, y que el funcionamiento del motor al inicio durante y al final de la jornada, no sufre de alteraciones significativas que afecten el consumo de energía.

I.1.2.- Identificación de Variables.

En esta sección encontraremos aquellas situaciones que definen cada función de la maquinaria, así como las acciones del operador, todo esto estará basado en el análisis hecho anteriormente, que nos permitirá dar pauta para obtener las secciones y funciones que pretendemos modernizar.

Basándonos en la tabla I.1, obtenemos que al accionar el interruptor, se inicia el movimiento del motor, por lo que la variable que se está controlando es la alimentación eléctrica, ya sea permitiendo su paso o inhibiéndolo, también podemos observar que la falta de una o más fases, provocará un daño en el motor, por lo que otra variable es la de existencia de tensión en las fases, otra de las situaciones relacionadas con el motor es el de detectar que éste permanezca girando una vez que se alimente con energía eléctrica.

Cuando se gira la polea principal procedemos a colocar los inyectores al final de su carrera, esto nos conlleva a una de las variables de movimiento que realiza el operador, para levantar o colocar el seguro, se tiene que hacer a través de una manivela la cual procede a hacer la función deseada, la cual podemos también observar se trata de una tarea del operador para proceder a instalar los tubos para su llenado y/o quitar los hilos terminados.

Otras de las variables a identificar es la del tiempo de llenado, que es aquel que tarda en llenar los hilos, y otro muy relacionado es la programación de llenado la cual se realiza colocando una manivela en la posición preestablecida para el llenado del metraje adecuado, cabe mencionar que trabaja a través de engranes que dan el tiempo de llenado, una más es la de colocar mecánicamente en posición de inicio la palanca que comienza el ciclo de llenado, la cual a su vez procede a empalmar las piezas del embrague para poner en funcionamiento toda la máquina.

El llenar los hilos viene siendo proceso puramente automático propio de la máquina, finalmente la manivela de tiempo provoca el desempalme de la transmisión dejando al motor girando y a la máquina en estado estático.

Otra de las variables que provocan no pérdida de tiempo, sino que detiene el proceso de trabajo es la ruptura de un hilo o la terminación de uno de estos, y esto no es muy común por lo que en cualquier caso se procede a una secuencia simple para su restablecimiento y muchas veces se procede a hacer funcionar la maquinaria por un pequeño momento para ajustar el hilo roto o proceder a instalar un nuevo cono de hilo alimentador.

Con respecto a la tabla I.2 y Gráfica I.1 podemos resumir que es una consecuencia de la gran inexactitud en colocación de la manivela de tiempo en el punto exacto de llenado y esto es a causa de que esta manivela es un poco dura por lo que para moverla delicadamente se procede a asestarle pequeños golpes para su fino movimiento.

Resumiendo todos los párrafos anteriores podemos realizar un listado de variables más específico:

- 1.- Control de alimentación eléctrica encendido y apagado.
- 2.- Detección de fases eléctricas.
- 3.- Detección del giro del motor.
- 4.- Girar la polea de tracción.
- 5.- Mover la manivela del seguro.
- 6.- Quitar y poner hilos.
- 7.- Programación mecánica de llenado.
- 8.- Accionar palanca de inicio.
- 9.- Llenado de hilos.
- 10.- Paro del proceso automático.
- 11.- Detección de ruptura o terminación de hilo.
- 12.- Conteo mecánico.
- 13.- Paro del proceso por el operador.
- 14.- Funcionamiento momentáneo.

Una vez que hemos establecido nuestras variables, es necesario mencionar que no todas ellas serán utilizadas, más adelante veremos cuales hemos de seleccionar, y las que no se tomen en cuenta para esta propuesta, dan pauta para un mejoramiento o adición de aditamentos que nos permitan ampliar aún mas las funciones controladas por el sistema, además de que con el transcurso del tiempo puedan surgir más variables según sean las necesidades a futuro.

I.1.3.- Variables de Operación a mejorar.

Como anteriormente mencionamos, no todas las variables nos serán necesarias, utilizaremos por esto el criterio de si es básica y necesaria para ser tomada en cuenta, y también utilizaremos el criterio de no elevar demasiado el costo a causa de alguna de sus partes que tal vez puedan ser suprimidas sin propiciar un riesgo mayor al que se tiene en las condiciones actuales, ya que si es afectada la seguridad a un grado menor al que se tiene, entonces se procederá a implementarla quedando dentro de la propuesta aún con la contrariedad de su costo adicional, tomando en cuenta además de que la propuesta no exceda en demasía que pueda causar una repercusión a causa de su encarecimiento.

Según hicimos la lista en la sección I.1.2, veremos punto por punto analizando las posibilidades de ser incluidas para nuestra propuesta:

I.- Control de alimentación eléctrica encendido y apagado:

Sabemos de la tabla I.1, el tiempo que permanece encendido el motor es de totalmente el turno de 8 horas, pero de ahí podemos deducir que el tiempo útil es aquel en que esta llenando los tubos, dejando así el resto como energía desperdiciada, así que realizando la suma total del ciclo en tiempo tenemos:

$$\text{Tiempo Total en un Ciclo} = \text{TTC} = \text{Paso 2} + \text{Paso 3} + \text{Paso 4} + \text{Paso 5} + \text{Paso 6} + \text{Paso 7}.$$

$$\text{TTC} = (6+96+15+3+50+0) \text{ segundos} = 170 \text{ s.}$$

El paso 1 no se toma en cuenta ya que se realiza una sola vez y el tiempo de 5 segundos es despreciable en comparación con 8 horas; además:

$$\text{Tiempo Perdido de Trabajo del Motor} = \text{TPTM} = \text{TTC} - \text{Paso 6}.$$

$$\text{TPTM} = (170 - 50) \text{ segundos} = 120 \text{ s.}$$

Obteniendo el porcentaje de tiempo perdido de trabajo del motor:

$$\text{Tiempo Perdido de Trabajo del Motor} = \% \text{TPTM} = (\text{TPTM} / \text{TTC}) \times 100 \%$$

$$\% \text{TPTM} = (120 \text{ s} / 170 \text{ s}) \times 100 \% = 70.5882 \%$$

Por lo que visto en tiempo perdido de trabajo del motor en un turno de 8 horas es:

$$\text{Tiempo Perdido de Trabajo del Motor en un Turno} = \text{TPTMT} = (\% \text{TPTM} / 100) \times 8.$$

$$\text{TPTMT} = (70.5882 \% / 100) \times 8 \text{ horas} = 5.647056 \text{ horas} = 5 \text{ hrs. } 38 \text{ mins. } 49.4 \text{ seg.}$$

Así nos damos cuenta que el desperdicio de energía es demasiado, por lo que el solo hecho de facilitar el encendido y apagado nos lleva a un gran ahorro de energía y el costo del circuito que realice esta tarea no es demasiado grande, por lo que esta variable será tomada en cuenta para esta propuesta.

2.- Detección de fases eléctricas:

Este punto, regularmente puede ser añadido ya que se presupone un costo adicional menor y así mismo podemos proteger el motor aún más de lo que ya está protegido, y esto es que en caso de que faltara una fase, el motor estaría solo con dos fases y esto provocaría en un tiempo muy corto un daño considerable, pero también debe tomarse en cuenta que una tensión eléctrica baja podría tener el mismo efecto en nuestro motor, por lo que sería recomendable añadir no solo que nos detecte existencia de las fases, sino que considere su existencia arriba de un valor de tensión eléctrica establecido, por lo que podemos concluir que esta variable se añadirá a la propuesta con este pequeño agregado.

3.- Detección del giro de motor:

Sabemos que si falta una o más de las fases, el motor no girará, por lo que por esta razón estará protegido por el punto anterior, pero si el motor tuviera otro problema, no sería detectado en fases, por lo que sería bueno tomarlo en cuenta, sin embargo, este tipo de problema es de una alta rareza que se presente, además de que nunca ha sucedido desde la adquisición de la máquina, por lo que el riesgo que suceda es casi nulo y solamente sería un gasto mayor, por lo que no se tomará en cuenta.

4.- Girar la polea de tracción.

Como ya mencionamos, en un movimiento forzado del operador, por lo que sería excelente añadir algún dispositivo que nos ayude a eliminar el tiempo que se utiliza para esta operación, y por observación podemos ver que esta acción es adicional porque el momento del paro es aleatorio y podría solucionarse según una combinación de algún otro punto con el primero, por lo que si será añadido.

5.- Mover la manivela del seguro.

Realmente es un tiempo muy corto y un tanto despreciable y no presenta mayor dificultad para el operador, y además se puede ver que el costo sería superior, por la simple razón que en este movimiento se tendría que utilizar algún otro motor o tal vez un electroimán que no justificaría realmente esta acción, por lo que este punto se tomará como nulo.

6.- Quitar y poner hilos.

Esta acción pertenece 100% al operador, y tener que sustituirla sería de muy alta dificultad y principalmente costo, ya que se tendría que añadir motores, electroimanes, etc., por lo que realmente sería prudente no agregarlo a la lista final de variables.

7.- Programación mecánica de llenado.

Este ha sido un problema muy grande y un tanto devastador para la empresa, ya que es el que propicia una parte del tiempo perdido, así como la gran inexactitud del metraje de los hilos, presentados en las tablas I.1 y I.2 respectivamente, por lo que es muy recomendable que sea tomado en cuenta, y además sería prudente cambiarle el título a esta variable, teniendo como nuevo nombre: Programación de llenado; y esto es a causa de que se llevará una sustitución de mecánica a electrónica.

8.- Accionar palanca de inicio.

Aunque es una tarea de poco tiempo, a largo plazo se incrementa el tiempo de inactividad, además de tener la inconveniencia de que para accionarla, se necesita un esfuerzo grande momentáneo, el cual puede ser substituido por un simple apretar de un botón y por lo tanto el incremento del costo es casi nulo, por lo que es bueno contemplarlo, con respecto a la palanca, solo se comentará aquí mismo que esta siempre permanecerá activa dejando así activado el embrague y el nombre apropiado será accionar inicio.

9.- Llenado de hilos.

Es el proceso de la máquina, y solo hay que comentar que en la parte de acceso al control, este deberá contar con las funciones de pausa, continuar, reinicio, por lo que esta variable toma otro curso a tomarse en cuenta y llamada como funciones auxiliares.

10.- Paro del proceso automático.

Este dura una fracción de segundo y no hay intervención del operador, pero hay que desactivar la palanca que origina este paro, ya que el sistema lo realizará eléctricamente y no mecánicamente, por lo que se tomará en cuenta como una función incluida en el proceso.

11.- Detección de ruptura o terminación de hilo.

Este sistema sería muy conveniente, pero se necesitarían 12 sensores de este tipo, además de que su costo realmente se elevaría en demasía a causa de que este tipo de sensores, es de costo elevado y la necesidad no es grande, por eso no será incluido.

12.- Conteo mecánico.

En complicidad con el punto 7, esta sería una variable complementaria, ya que el anterior punto se dedica a la programación, y este sería de sensar las vueltas de llenado que se han dado y esto a través de un sensor colocado estratégicamente y llegando finalmente a una comparación de ambos para tomar una decisión y acción lógica, además de que la pérdidas son grandes a causa de la inexactitud del llenado, tan solo de pérdidas en promedio por cada 100 hilos, se tiene de la tabla I.2 y la gráfica I.1:

Total de Metraje Ideal de 100 Hilos = TMIH = Medida ideal por hilo x 100.

$$\text{TMIH} = 27 \text{ m} \times 100 = 2700 \text{ metros.}$$

Total de Metraje Real de 100 Hilos = TMRH = Sumatoria de la cantidad de hilos por la medida promedio 100 hilos de muestra.

De la tabla I.2 se tiene:

$$\text{TMRH} = (1 \times 26.245) + (3 \times 26.745) + (18 \times 27.245) + (22 \times 27.745) + (15 \times 28.245) + (25 \times 28.745) + (8 \times 29.245) + (6 \times 29.745) + (2 \times 30.245).$$

$$\text{TMRH} = 2822.5 \text{ metros.}$$

Lo que nos da una pérdida de:

$$\text{Pérdida} = \text{TMRH} - \text{TMIH.}$$

$$\text{Pérdida} = 2822.5 \text{ m} - 2700 \text{ m} = 122.5 \text{ metros.}$$

Lo que corresponde a una pérdida porcentual de:

$$\% \text{Pérdida} = (\text{Pérdida} / \text{TMIH}) \times 100.$$

$$\% \text{Pérdida} = (122.5 \text{ m} / 2700 \text{ m}) \times 100 \% = 4.537 \%.$$

Y esto llevado a nivel turno y más aún por semana será ya una pérdida muy considerable, por lo que será incluida, pero ahora será denominado como conteo, ya que será substituido por uno electrónico.

13.- Paro del proceso por el operador.

Esta situación es muy necesaria, ya que hay momentos en que algo sucede y el proceso debe suspenderse, esta tarea ya fue mencionada en el punto 9, pero ahora nos referimos a un paro de emergencia, logrando así un aumento en la seguridad, el cual tendrá como tarea detener o suspender todo el proceso a causa de algún inconveniente, accidente o

situación que esté fuera de lo esperado y que debe actuar independientemente del control, solo se le deberá informar a este del suceso, por lo que será incluida.

14.- Funcionamiento momentáneo.

Aquí podemos mencionar que debe ser una función adicional, y esto sucede para poner en funcionamiento temporal a la máquina a causa de un pequeño ajuste en su posición, o para corregir y ajustar el número de vueltas o alguna situación semejante que requiera de esta variable, por lo que será incluida.

Como se observó, ya fueron mencionados los motivos por lo cual algunas variables serán incluidas y otras no, a continuación presentamos la lista resumida de las variables a emplear incluyendo los cambios de nombre en las variables:

- 1.- Control de alimentación eléctrica encendido y apagado.
- 2.- Detección de fases eléctricas.
- 3.- Girar la polea de tracción.
- 4.- Programación de llenado.
- 5.- Accionar inicio.
- 6.- Funciones auxiliares.
- 7.- Paro del proceso automático.
- 8.- Conteo.
- 9.- Paro del proceso por el operador.
- 10.- Funcionamiento momentáneo.

Y volviendo a analizar la situación de las variables, podemos observar que unas pueden ir incluidas en otras, y así reducir el número de estas.

En el caso de girar la polea de tracción, está muy relacionada con la precisión del paro automático, por lo que puede ser llamada como paro automático preciso.

También la programación de llenado y el conteo puede ser incluida en esta sección, ya que ambos están directamente relacionados, llamándose así, programación y conteo.

El accionar inicio y el funcionamiento momentáneo, pueden ser incluidos en funciones auxiliares, denominándose así como funciones básicas y auxiliares.

Y finalmente las no mencionadas, no tendrán cambio alguno, obteniendo así finalmente las variables resumidas que a su vez podemos definir como los problemas a solucionar a través de esta propuesta, y enlistándola nuevamente, se explicará lo que debe realizar cada punto.

1.- Control de alimentación eléctrica encendido y apagado.

Se encargará de controlar el encendido y apagado del motor.

2.- Detección de fases eléctricas.

Tendrá la tarea de sensar las fases a modo de indicarnos que existen y tienen un valor adecuado para poder energizar el motor.

3.- Paro automático preciso.

Se utilizará para detener el proceso al finalizar la tarea de llenado y colocar las cuchillas inyectoras de hilo en la posición correcta para el cambio de ovillos.

4.- Programación y conteo.

Se ocupará de marcar el límite de llenado, así como de llevar a cabo el conteo para realizar la comparación de ambos y enviar una señal de aviso de que se cumplió la tarea designada.

5.- Funciones básicas y auxiliares.

Tiene como funciones las de tener que pausar, volver a encender el proceso, así como encender momentáneamente la máquina, marcar el inicio de llenado.

6.- Paro del proceso por el operador.

Se encargará de detener el proceso a causa de alguna emergencia.

I.2.- Planeación del Diseño.

I.2.1.- Metodología de Diseño.

Dentro de lo que es la metodología, debemos establecer cual utilizar, en sí no existe una metodología infalible, pero a través de la experiencia se puede plantear alguna que sea útil para esta propuesta.

Por lo que vamos a manejar dos formas de diseño muy relacionadas; primeramente tenemos la forma general de diseño, la cual nos proporciona los pasos a seguir para obtener lo que deseamos y la segunda parte nos muestra el diseño electrónico de los sistemas requeridos:

Así que planteando primeramente la forma general del diseño, queda expresado textualmente de la siguiente forma:

- 1.- Utilizando las variables que se van a mejorar, agruparlas en bloques que puedan contenerlas y asignarle nombre a cada bloque.
- 2.- Convertir el bloque en módulo y corregir alguna variable si es necesario.
- 3.- Definir las tecnologías de los dispositivos electrónicos que utilizaremos.
- 4.- Subdividir el módulo en submódulos para trabajar mas cómodamente.
- 5.- Desarrollar los módulos.
- 6.- Implementar el diseño.
- 7.- Ajustar.

Pasando ahora al diseño electrónico tenemos:

- 1.- Presentar los dispositivos que pueden realizar la tarea deseada por submódulo.
- 2.- Utilizar circuitos básicos de aplicación directa, sino, desarrollar alguna solución para cumplir con lo deseado.
- 3.- Elegir la propuesta mas adecuada en caso de existir varias.

4.- Desarrollar la propuesta llevándolo a un nivel de diseño específico, esto es presentar definitivamente las conexiones y dispositivos necesarios en conjunto, así como cálculos y tablas necesarias.

5.- Unir los diseños de los submódulos para convertirlos en módulos enteros.

6.- Probar el diseño.

7.- Corregir en caso de falla.

Como se puede observar tanto en el diseño general como en el electrónico no se realizarán los puntos 6 y 7, ya que este trabajo es llevado únicamente como propuesta.

I.2.2.- Tecnologías a Utilizar.

Dentro de la electrónica, existen diversas tecnologías en el área digital, con el paso del tiempo, han ido evolucionando de tal forma que su eficiencia es mayor, pero, ¿qué es lo que define su eficiencia?, la eficiencia general, la definen diferentes características, de las cuales las principales son:

- **Transferencia de tensión eléctrica:** se define como los niveles de tensión eléctrica que se presentan para obtener un uno lógico y un cero lógico, y que si este valor se localiza por arriba o por de bajo de los límites establecidos, serán tomados como valores prohibidos.

- **Velocidad o tiempo de propagación:** es el tiempo que tarda una compuerta en responder a un cambio de nivel lógico, y se acostumbra tomar los puntos de referencia cuando se cruza por el valor del punto localizado en la mitad entre los valores en tensión eléctrica del uno lógico y cero lógico, ya sea ascendente o descendente y se le denomina punto del 50%.

- **Disipación de potencia:** la disipación de potencia suele ser de las características mas importantes en un circuito lógico, ya que esta definida como el consumo de energía causada por la corriente que fluye, causando un incremento en la temperatura, y además cuando se tiene un diseño con varios circuitos, se tiene que el consumo de energía puede aumentar a un nivel considerable causando un calentamiento general y un gasto adicional, y no solo eso, sino que la disipación de potencia está estrechamente ligada a la frecuencia, teniendo con esto que a mayor consumo de energía, se pueden lograr mayores frecuencias de operación y a su vez con menores cantidades de potencia disipada, se tendrán posibilidades solo de frecuencias mas bajas.

- **Inmunidad al ruido:** este ha sido un problema muy común en el diseño, ya que este ruido provoca situaciones lógicas indeseables, causando errores en el funcionamiento de un sistema y repercutiendo en su finalidad, y este ruido se presenta por dos cosas, uno es por la alimentación de corriente directa, y se relaciona con los niveles de voltaje estático de entrada de un dispositivo para operar adecuadamente, y la segunda causa es por corriente alterna, y esta puede suceder por causas externas, como dispositivos que generen frecuencias, o un simple transitorio que nos provoque un estado lógico no deseado.

- **Carga del circuito:** también puede expresarse como abanico de entrada y/o salida, y es aquella capacidad que tiene un dispositivo de soportar otros dispositivos de su misma familia a su salida, sin embargo esta carga también se utiliza no solo como un número de circuitos que soporta un dispositivo, sino que también se usa en valores de corriente y tensión para el acoplamiento de otros dispositivos distintos a la familia.

- **Costo:** aunque no se refiere a una causa técnica, se convierte a veces en un requisito a considerar, ya que las tecnologías de algunas familias suele tener un costo mayor a otras, y es ahí donde tenemos que realizar nuestro balance de necesidades y ver si podemos

sacrificar algunas de las características para obtener un gasto menor, muchas veces no se logrará esta situación a causa de los requisitos del sistema.

A continuación veremos las diferencias entre las tecnologías existentes para así mencionar con que tipo de familias serán las mas convenientes a nuestro sistema.

Comenzaremos por mencionar las diferentes familias que vamos a observar, las cuales son: RTL, DTL, ECL, TTL, y CMOS, de las cuales, las dos primeras, la RTL y la DTL no serán tomadas en cuenta, ya que su tecnología es un tanto antigua además de que en el mercado ya no son tan comunes como las tres restantes, y su costo es superior a causa de su poca presencia en el mercado.

Tecnología ECL: Tiene como características que posee una alta velocidad de funcionamiento, pero por lo mismo su consumo de energía es mayor, y aún mas, el consumo de energía no se reduce si se reduce la frecuencia de operación, por lo que el consumo es constante y su consumo promedio oscila entre los 40 y 100 miliwatts y su mejor tiempo de propagación y velocidad es 1ns y 500Mhz respectivamente, también existe una gran variedad de variantes, mientras que hay encapsulados que soportan entre -55 a 125 grados centígrados, otros van de -30 a 85 grados centígrados y finalmente existe una tercera clasificación que va de 0 a 75 grados centígrados, mientras que su intervalo de alimentación fluctúa en -5.2 volts con una tolerancia de ± 0.010 volts, teniendo un buen abanico de salida, pero su inmunidad al ruido en términos de tensión eléctrica es de 0.175 volts en estado bajo de entrada y 0.145 volts en estado alto de entrada.

Tecnología TTL: Su velocidad suele ser alta en especial la tecnología Schottky, en cuanto a su potencia de disipación, va desde los 3 a los 30 miliwatts, la serie estándar consume un aproximado de 10 miliwatts, mientras que la serie Schottky consume los 30 miliwatts, pero la tecnología Schottky bajo consumo, tiene de 3 a 8 miliwatts, tenemos que el costo se incrementa con esta última variante, y que su velocidad promedio se encuentra poco debajo de la tecnología ECL, su rango de alimentación es de 5 volts, teniendo una tolerancia en uso militar de ± 0.5 volts y en uso industrial de ± 0.25 volts, dejando un rango de temperaturas de uso en -55 a 125 grados centígrados y 0 a 70 grados centígrados para uso militar e industrial respectivamente, su abanico de salida por lo regular es de 5 y 10 según la variante de la familia, en cuanto a su inmunidad al ruido tenemos que es de 0.4 volts en estado alto y bajo de entrada en los circuitos estándar, mientras que los de tipo Schottky es de 0.3 volts en estado bajo de entrada y en estado alto de 0.7 volts, su costo en la variante estándar es bajo y se incrementa según sea la variante mejorada

Tecnología CMOS: cabe mencionar que este tipo de circuitos es muy sensible a la energía electrostática, lo cual nos hace ver que hay que tener un excesivo cuidado para su manejo, sin embargo ha evolucionado a tal grado que existen modalidades que tienen protección contra estos sucesos naturales, con respecto a su consumo de energía, esta es mucho muy reducida, la cual oscila entre los 0.0002 miliwatts hasta los 80 miliwatts, esta gran diversidad sucede por el hecho de que su consumo no es constante, sino que va directamente proporcional a la frecuencia de uso, así que a menor frecuencia, menor consumo, y este tipo de familia, es efectiva hasta 7 Mhz, con respecto a su alimentación, esta puede ser desde los 3 volts a los 15 volts, lo que nos permite seleccionar una tensión de

alimentación intermedia teniendo así una tolerancia muy amplia, con respecto a su temperatura de trabajo, en los encapsulados de cerámica, esta oscila de -55 a 125 grados centígrados y en encapsulados plásticos va de -40 a 85 grados centígrados, en el caso de abanico de salida, se dice que es infinito, esto sucede porque soporta mas de 40 unidades de la misma familia, mientras que su inmunidad al ruido es de 0.95 volts en estado alto y bajo de entrada, su costo es bajo.

Así pues, nuestras necesidades son las siguientes: en cuanto a velocidad de respuesta, no necesitamos una alta velocidad, es mas, una mediana velocidad sería innecesaria, por lo que se puede trabajar a baja velocidad sin mayor problema, con respecto a la regulación de voltaje, esta estará bien controlada, por lo que no importa su alimentación, lo que si debemos tomar en cuenta es que debe tener una protección media contra ruido, esto es por los sensores que nos pueden provocar picos pequeños, además de que no va a contar con un buen blindaje, la temperatura de trabajo es regularmente ambiente, por lo que no es tan importante este parámetro, con respecto al costo, este deberá ser mínimo y su consumo, no debe ser muy grande.

Observando estas características podemos decidir que la familia ECL no será incluida en la propuesta, mientras que la TTL se ocupará solo en casos de extrema necesidad y teniendo la familia CMOS como la principal a utilizar, es bueno mencionar que en algunas ocasiones las exigencias de corriente pueden superar a las que proporciona esta familia, por lo que se pueden utilizar acoplamientos sencillos a base transistores o circuitos integrados para esta finalidad.

Y mencionando nuevamente que la familia CMOS se alimenta con una tensión que va desde los 3 a los 15 volts, debemos definir que tensión ocuparemos, llegamos a la conclusión de que se requerirá una tensión adecuada, no solamente para esta familia, sino que fijaremos un valor de mayor uso, y previniendo la utilización de algún tipo de memoria, así como de Circuitos Integrados de la familia TTL, por comodidad fijaremos la Tensión Eléctrica del diseño en 5 Volts.

Con respecto a los demás dispositivos electrónicos, solo se utilizarán elementos de uso común y general, ya que por lo mismo, su costo es bajo y su abundancia en el mercado nos permitirá la fácil adquisición de estos.

I.2.3.- Organización de los Módulos.

Una vez que hemos determinado la metodología de trabajo y los dispositivos electrónico a utilizar, organizaremos la propuesta utilizando las variables de operación a mejorar, distribuyéndolas en las diferentes etapas que se van a plantear y que tiene como objetivo cada etapa de cubrir las necesidades vistas en el punto I.1.3.

La necesidad de organizar y simplificar el trabajo, nos lleva a seccionar en partes la propuesta, y a cada una se le denominará con el nombre de módulo, para eso, debemos definir las funciones que realizará cada uno, y como estarán interconectados, y aunque en esta sección tendrán la característica de verse como una caja negra dentro de la cual desconocemos hasta el momento que hay, si debemos conocer sus interconexiones entre estos módulos, las cuales deberán estar bien definidos, además de que debemos conocer perfectamente cual es la finalidad de cada módulo, además se tomarán en cuenta un par de módulos adicionales los cuales regularmente no fueron contemplados al inicio, son los denominados módulo de control y módulo de alimentación, el primero se encargará de sincronizar, ordenar y como su nombre lo dice controlar el proceso de la información entrante y saliente de los módulos adyacentes, y el segundo, nos proveerá de la energía necesaria para hacer funcionar todos los módulos en conjunto, este módulo de alimentación será el último a diseñar, ya que para hacerlo se necesita de toda la información posible de consumo de energía de los demás módulos, y así mismo, el módulo de control será el penúltimo, ya que las variables que entran y salen pueden sufrir de pequeñas alteraciones necesarias que nos permitan una funcionalidad mas eficiente.

Ahora renombraremos las variables a mejorar para tenerlas presentes y poder asignar un módulo que nos permita realizar la tarea designada para cada variable.

- 1.- Control de alimentación eléctrica encendido y apagado.
- 2.- Detección de fases eléctricas.
- 3.- Paro automático preciso.
- 4.- Programación y conteo.
- 5.- Funciones básicas y auxiliares.
- 6.- Paro del proceso por el operador.

Por lo que se puede proponer un módulo para cada punto:

- 1.- Módulo de potencia.
- 2.- Módulo de sensores de fases eléctricas.
- 3.- Módulo de sensor para paro automático.
- 4.- Módulo de programación y conteo.
- 5.- Módulo de funciones básicas y auxiliares.
- 6.- Módulo de paro por operador.

Y agregando el control y alimentación:

7.- Módulo de control.

8.- Módulo de alimentación.

Pero, podemos ver que uno o mas módulos pueden mezclarse formando uno solo.

El módulo 1.- Módulo de potencia, y el 2.- Módulo de fases eléctricas pueden estar unidos, logrando así trabajar con uno solo que cumpla con ambas tareas, siendo llamado como el primero.

El módulo 3.- Módulo de sensor para paro automático puede estar incluido o convertirse en una función del 7.- Módulo de control, en combinación con los módulos restantes.

El 4.- Módulo de programación y conteo, puede renombrarse como módulo contador y comparador, esto es porque tiene tres funciones, y el mencionado comparador puede incluir la programación ya que realizará la comparación del programador con el resultado de conteo, y el resultado de la comparación nos sirve para realizar el paro automático, es por eso que se le asigna este nombre nuevo a este módulo.

El 5.- Módulo de funciones básicas y auxiliares, no es mas que una serie de elementos que nos permitan ingresar datos como un teclado y una serie de dispositivos visuales que nos permitan observar el proceso resumido como es la función de los focos o lámparas piloto, por lo que sería mejor renombrarle módulo de teclado y pilotos.

El módulo 6.- Módulo de paro por operador, es una entrada adicional que puede ser incluida en el módulo anterior mencionado, que es el módulo de teclado y pilotos.

Finalmente el módulo 8.- Módulo de alimentación de le podría dar un nombre más específico, el cual sería módulo de fuente de poder.

Así que resumiendo los puntos anteriores, obtenemos un nuevo listado con las funciones que cumplan con las necesidades de las variables:

1.- Módulo de potencia.

El cual se encargará de las variables 1 y 2 referentes a el control de alimentación eléctrica encendido y apagado y detección de fases eléctricas correspondientemente.

2.- Módulo contador y comparador.

El cual debe cubrir las necesidades de las variables 4 y una parte de la 3, las cuales son, programación y conteo, y paro automático preciso, respectivamente.

3.- Módulo de teclado y pilotos.

Que se encargará de las tareas de las variables de funciones básicas y auxiliares, y paro del proceso por el operador que son las variables 5 y 6.

4.- Módulo de control.

El cual cumplirá con una parte de la función de la variable 3 que es paro automático preciso y también con la tarea añadida que es la de controlar, sincronizar y ordenar todos los dato que deberán entrar y salir.

5.- Módulo de fuente de poder.

El cual se encargará de llevar energía a todos los módulos de la propuesta.

Finalmente llegamos a un diagrama, en donde estarán presentes todos lo módulos vistos como cajas negras, y con sus líneas de conexión entre ellos, como se puede observar en el diagrama I.1, las líneas de conexión aún no se conocen, para saber cuales son, se realizará una descripción detallada de entradas y salidas necesarias para así determinarlas, así mismo uniremos los módulos 1, 2 y 3 en uno solo para efectos de organización.

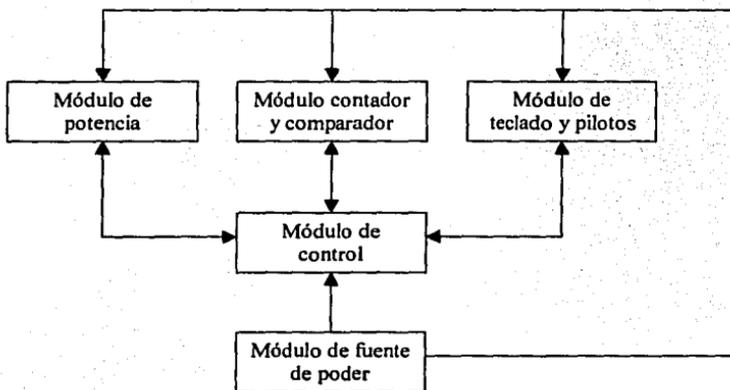


Diagrama I.1.

Antes de comenzar, cabe mencionar que los hilos designados solo pertenecen a las conexiones internas entre módulos.

Llegando al análisis las líneas de interconexión entre los módulos, partiremos de que es lo que debe entrar y salir en cada uno, definiendo como cada bit de comunicación como hilo, el cual estará interconectado entre los módulos mencionados.

En el caso del módulo de fuente de alimentación, solo salen dos hilos, los cuales pertenecen a la polaridad de la fuente, uno es para alimentar con una tensión de +Vcc la cual supone la alimentación en nivel positivo y GND la cual es su referencia, posiblemente al realizar el diseño de algún otro módulo, a estos hilos puede agregarse algún otro que supla las necesidades del módulo que lo necesite, o por lo contrario sustituir uno por otro.

Mencionando el módulo de potencia, este se localiza interconectado con el módulo de control, en el cual deberán existir del módulo de control al módulo de potencia un hilo que nos permita enviar una señal para activar y desactivar el motor la cual llamaremos (CM) control del motor, y un hilo mas para el paro del proceso por el operador que podemos llamar también paro de emergencia (PE), y con respecto a las señales que parten del módulo de potencia al módulo de control, podemos tener tres hilos que vienen de detectar las tres fases correspondientes, las cuales llamaremos sensor de fase A, sensor de fase B, sensor de fase C (SFA, SFB y SFC), y dando un valor mínimo para su funcionamiento, podemos cumplir también con la parte referente a tensión menor de la requerida.

Con respecto al módulo de contador y comparador hacia el módulo de control, existirán dos hilos, los cuales son, aviso de que el número del contador es igual o mayor que el número programado (C=>P), debe ser igual o mayor puesto que si se gira arbitrariamente, y solo se hace la comparación para cuando es igual, el motor podrá encenderse y no se detendrá hasta dar vuelta al contador y llegar nuevamente al número programado, el segundo hilo, será para que el sensor de llenado, no se había mencionado anteriormente puesto que es un detalle particular de este módulo, puede ser incluido sin mayor problema, y será llamado como se había dicho sensor de llenado (SLL), con respecto a los hilos que viajan del módulo de control al módulo de contador y comparador, solo sería uno, el de reiniciar el contador o comúnmente llamado puesta a ceros (RC).

Hablando del módulo de teclado y pilotos, existirán primeramente una serie de hilos que van de este módulo al módulo de control los cuales son 7, el primero será aquel que nos dé el inicio del ciclo (IC), el segundo de pausar el proceso (PP), el tercero el de restablecer totalmente todos los módulos (RM), el hilo de quitar pausa puede ser incluido en inicio de ciclo, también debe de existir un acceso directo a restablecer los contadores manualmente (RCM) que sería nuestro cuarto hilo, un quinto hilo que nos permita poner en funcionamiento momentáneo la máquina (FM), el sexto hilo que nos permite parar todo el proceso y que va directamente al módulo de potencia vía módulo de control llamado también paro de emergencia (PE), y un séptimo hilo que es adicional, servirá para encender o apagar el sistema en general llamado también inicio general (IG), con respecto a los hilos que van del módulo de control al módulo de teclado y pilotos, son 7, los cuales son principalmente para los pilotos, el primer hilo para anunciar que la máquina se encuentra funcionando (MF), el segundo indicando que la máquina se encuentra en pausa (MP), con

respecto a que si la máquina se encuentra sin funcionar se puede utilizar el primer hilo, un tercer hilo para indicar que ya terminó el ciclo (TC), del cuarto al sexto hilo indican si falta alguna fase o alguna se encuentra debajo de la tensión mínima pueden tomarse directamente del módulo de potencia vía control (SFA, SFB y SFC), y el séptimo hilo se ocupará para indicar que la maquinaria se mueve a través del sensor de llenado (SLL) vía módulo de control.

Solo faltaría el módulo de control, pero como se observó, ya se realizaron todas las interconexiones con los demás módulos, otra observación es que el módulo de fuente de poder puede interconectarse con todos los módulos por vía módulo de control, llegando a este último módulo solo tres hilos, uno que viene del módulo de teclado y pilotos que es el inicio general (IG) vía módulo de control, y dos más que ya se habían mencionado +Vcc y GND, solo habría que agregar dos hilos más que se conectan del módulo de control a los demás módulos, y que se pueden observar en el diagrama 1.2.

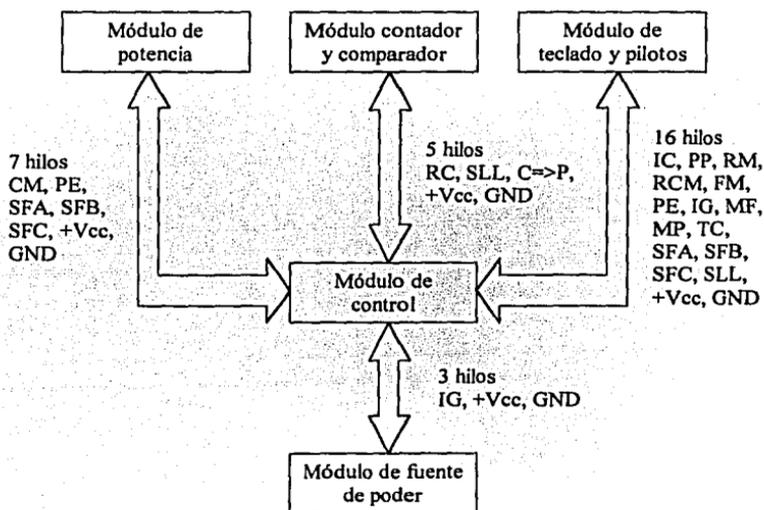


Diagrama 1.2.

Una vez que hemos determinado los módulos y sus interconexiones, podemos proceder al diseño de estos, basándonos en las técnicas de diseño que requiera cada módulo, así también siguiendo la metodología de diseño anteriormente planteada, sin embargo, todos estos hilos de señales pueden ser modificados a causa de obtener una mejora en el diseño, ocasionando con esto pequeños ajustes en el diseño, los cuales se documentaran según corresponda.

También para una mejor localización de cada componente y una mejor organización en el diseño de los módulos, se acostumbra a colocar una numeración o nomenclatura apropiada, por lo que la nomenclatura estará definida de la siguiente forma:

WXYZ

En donde W identifica el elemento electrónico de que se trata, y puede obtener las siguientes letras:

- CI = Circuito Integrado.
- R = Resistencia.
- C = Capacitor.
- TR = Transistor.
- T = Transformador.
- SW = Interruptor.
- D = Diodo.
- LD = Diodo LED
- PB = Interruptor de Oprimir.

En el caso de X, identifica la sección o módulo, y lo definimos de la siguiente forma:

- 1 = Módulo fuente de poder.
- 2 = Módulo de control.
- 3 = Módulo de teclado y pilotos.
- 4 = Módulo contador y comparador.
- 5 = Módulo de potencia.

En el caso de YZ, son los dos dígitos que indican el número de componente, siempre se comenzará con 01, y en caso de existir mas dispositivos similares en el mismo módulo, se incrementará en uno por cada elemento.

Capítulo II.

Diseño de los Módulos de Entrada y/o Salida.

II.1.- Módulo de Contador y Comparador.

II.1.1.- Definición de los Submódulos.

Aquí nos referiremos principalmente a aquellas funciones que debe realizar este módulo, incluyendo además de las interconexiones entre los módulos, aquellas conexiones necesarias con la máquina, ya que interactuará con ella para obtener a través de transformaciones y comparaciones las señales que requerimos, para determinar dichas funciones, debemos retomar únicamente el módulo contador y comparador que está dispuesto en el diagrama II.1, para así basarnos en las señales de entrada y salida que anteriormente fueron llamados hilos, y a través de ellos determinar en otro diagrama a bloques en forma de cajas negras que hasta el momento nos serán desconocidas, y que posteriormente determinaremos que contiene cada una de ellas.

Así que podemos observar en el diagrama II.1 la sección apartada que incluye su interacción con el exterior, y posteriormente en el diagrama II.2 podemos observar el módulo con sus señales en forma independiente.

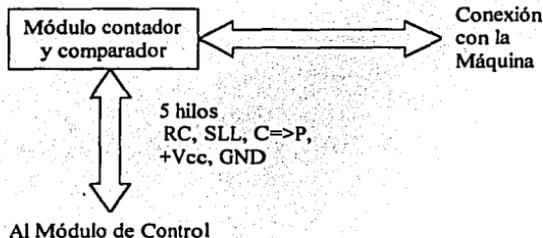


Diagrama 2.1.

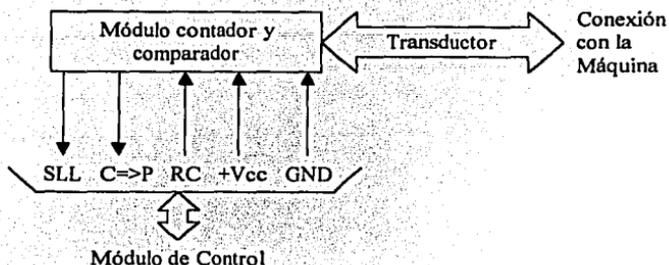


Diagrama 2.2.

Ya que hemos separado todas las señales, se puede observar que para la conexión del módulo con la maquinaria existe de por medio un transductor, que por el momento desconocemos y más adelante evaluaremos las posibilidades para colocar el más adecuado al diseño, y que este transductor puede ser considerado también una caja negra, con respecto a las señales restantes, solo se tomarán en cuenta SLL, C=>P y RC, ya que +Vcc y GND pertenecen a la polarización del módulo y por lo regular no se mencionan porque estas dos líneas se distribuyen por todo el circuito para energizarlo, y en los posteriores módulos se hará caso omiso de ellas en los puntos que no sean necesarios sin que se mencione el motivo que ya está aquí descrito; retomando lo anterior, para cada señal existirá una caja negra o submódulo que cumpla las exigencias del diseño, para la señal SLL (sensor de llenado), se requerirá de una caja la cual se observa puede ir directamente relacionada con el transductor y que de ahí mismo podría obtenerse dicha señal, la señal C=>P (número del contador mayor igual al número programado) es considerada como una señal compuesta o resultante de los datos de otros submódulos, los cuales podemos obtenerlos del siguiente análisis, para el caso de esta señal, necesitamos realizar una comparación de dos números, uno proviene de un contador y el otro número del programa, pero para que funcione el contador, este deberá estar interconectado con el transductor para así obtener la señal que lo haga funcionar, y a su vez podemos mencionar una caja más, en la cual podemos observar en qué número se encuentra el contador, la cual podemos denominar visualizador del contador, con respecto a la señal RC (restablecer contadores), esta será inyectada directamente a la sección del contador, así pues una vez realizado el análisis, se hace mención de los submódulos o cajas negras que componen este módulo: contador, programador, comparador, visualizador y transductor. Una vez encontrados estos submódulos, solamente tendremos que mencionar que las señales deberán conectarse con los submódulos correspondientes según el análisis anterior.

Y a continuación se presenta en el diagrama II.3 las cajas negras posibles que se encontrarán dentro del módulo, incluyendo la caja negra del transductor, y también serán consideradas las condiciones antes mencionadas.

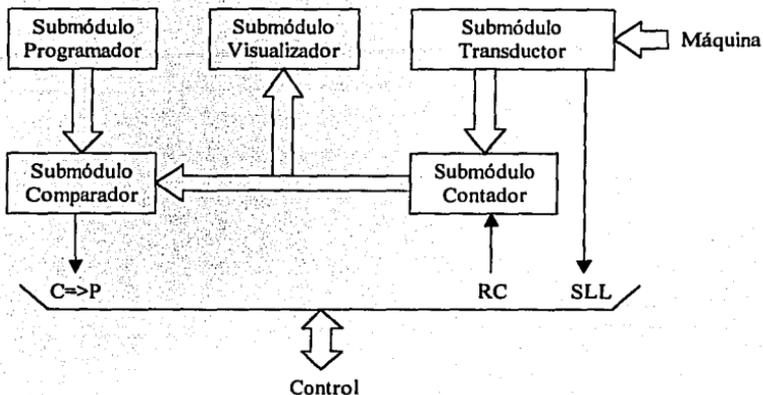


Diagrama 2.3.

Con esta separación del módulo en submódulos, nos permite un trabajo en particular con cada uno de ellos, sin embargo siempre hay que tomar en cuenta la relación entre ellos, y como hemos mencionado anteriormente, es posible que se realicen ajustes y ciertos cambios con respecto a las señales de salida a los demás módulos, siempre y cuando no se afecte la finalidad de cada señal, quedando marcada la sección de realización de diagramas como aquellos que serán definitivos en el diseño de este módulo y cualquier otro de nuestra propuesta.

II.1.2.- Interconexión entre Submódulos.

Como podemos observar, entre los submódulos, existen interconexiones entre ellos mismos, esto es para transportar datos de un submódulo a otro, esto es con el fin de ser procesados y obtener un resultado final que en este caso son las salidas de los módulos, en esta parte, toca definir las interconexiones entre dichos submódulos, obteniendo así las líneas necesarias para su interconexión, para poder realizar esta tarea, debemos apoyarnos en el diagrama II.3, del cual tomaremos un submódulo para comenzar el análisis y así subsecuentemente hasta terminar, así que comenzaremos con aquellos que solamente tienen entradas, posteriormente los que tienen salida, posteriormente los que tienen entrada y salida, y finalmente los que solamente tienen salida, esto es con el fin de llevar un orden conveniente, ya que la salida por lo general dependerá de una entrada, una vez hecha la selección, comenzaremos en orden el análisis.

1.- Submódulo Visualizador.

Podemos observar que cuenta únicamente con un bus de entrada, como sabemos la forma codificada mas conveniente para transportar datos numéricos es el código BCD, para lo cual por cada dígito utilizaremos 4 líneas que son las necesarias para obtener números del 0 al 9, retomando las observaciones del capítulo I, será necesario tener 4 dígitos, por lo cual realizando la transportación de datos en paralelo, obtendremos la siguiente cantidad de líneas.

Líneas Totales para el Bus al Submódulo Visualizador = LTBSV = Número de Líneas por Dígito x Número de Dígitos = NLD x ND.

$$LTBSV = 4 \times 4 = 16 \text{ líneas}$$

Las cuales irán ordenadas de 4 en 4 y que proceden del submódulo Contador, las primeras cuatro serán las líneas de las Unidades denominadas UA, UB, UC, UD; las siguientes cuatro definirán las Decenas que se denominan como DA, DB, DC, DD; las siguientes cuatro, definen a las Centenas y se denominan como CA, CB, CC, CD y finalmente las últimas cuatro serán para los Millares y se denominan como MA, MB, MC, MD; de las cuales en todos los casos la terminación A indicará el bit menos significativo y la terminación D, el mas significativo.

2.- Submódulo Comparador.

Se eligió este submódulo como segundo, por tener una sola salida y por estar definida, la cual es $C \Rightarrow P$ y como entradas tiene un par de buses, los cuales por las necesidades de este submódulo deberán ser paralelos, de los cuales uno de los buses se definió en el punto 1, con respecto al segundo bus procedente del Submódulo Programador, será de similares características que el del bus que ya hemos definido, esto es porque la comparación se realizará entre números iguales de bits, solo que a cada variable

proveniente del submódulo Programador se le agregará la letra P para no caer en una posible confusión de literales, quedando de la siguiente forma.

Para las Unidades PUA, PUB, PUC, PUD; para las Decenas PDA, PDB, PDC, PDD; para las Centenas PCA, PCB, PCC, PCD y para los Millares PMA, PMB, PMC, PMD; siendo de igual forma para todos los casos el bit menos significativo con terminación A y el mas significativo con la terminación D.

3.- Submódulo Contador.

El bus de salida quedó definido en el punto numero 1, la necesidad del submódulo contador, está definida por una señal la cual tiene como función de realizar cambios en el contador, por lo que podemos definir que en el bus que va desde el submódulo transductor hasta el submódulo contador solo contará con un bit, el cual podemos llamar Bit de Cambio en del Submódulo Transductor (BCST), y finalmente como vemos tiene un bit de entrada definido con anterioridad como Reiniciar Contador (RC).

4.- Submódulo Transductor.

Este submódulo como podemos observar, tiene una relación directa con la máquina textil, y se le denominó transductor por el hecho de que deberá convertir algún movimiento mecánico que nos sirva para sensar la cantidad de metros o vueltas, a una señal eléctrica digital que nos sea posible leer, en este caso serían dos señales, una definida en el punto anterior y la otra predefinida como Sensor de Llenado (SLL), esta última dirigida directamente al módulo de control.

5.- Submódulo Programador.

Observando el punto numero 2, podemos ver que el bus de este submódulo queda claramente definido.

Una vez que hemos definido todas las interconexiones relacionadas entre los propios submódulos, podemos continuar analizando cada uno de estos submódulos individualmente obteniendo las señales deseadas, y realizando las modificaciones pertinentes para reducir el tamaño del submódulo y procurando que todos los componentes sean utilizados al 100 % de su capacidad.

II.1.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.

II.1.3.1.- Dispositivos a Utilizar.

Como habíamos mencionado anteriormente, es mejor trabajar cada submódulo independientemente tomando en cuenta las características de las interconexiones, logrando así su perfecto acoplamiento posterior, si en algún caso se realizara algún cambio en alguna señal, los submódulos siguientes se tendrán que adaptar al nuevo cambio; para comenzar, utilizaremos el mismo criterio de selección de submódulos del punto anterior, evitando así confusiones y logrando así un orden adecuado.

1.- Submódulo Visualizador.

Como hemos visto, el código de transmisión se realizará en código BCD en puerto paralelo, esta señal será transformada a 7 segmentos para que el resultado pueda ser mostrado en 4 Display, uno para las unidades, el segundo para las decenas, el siguiente para las centenas y el último para los millares.

En cuanto a los display, existen una gran variedad, como son los de descarga de gas, de LED, de cristal líquido, etc.; siendo los mas adecuados para este caso los compuestos por LED, ya que el de descarga de gas requiere un mayor cuidado y circuitos mas especializados, y el propio display de gas suele ser de mayor costo y mas frágil para la tarea esperada, y el de cristal líquido, requiere además otra forma de codificación y un reloj adicional para la sincronización de los caracteres a ser mostrados; es por eso que el mas conveniente es de tipo LED, se sabe que existen dos tipos, uno denominado ánodo común y otro de cátodo común, estas son las terminales de polarización para cada segmento del display, por lo general se acostumbra a utilizar el de cátodo común, esto es por que con un pulso alto en cualquiera de los segmentos, estos se encenderán, con esto estamos diciendo que se está utilizando lógica positiva, en cuanto al segundo caso, con niveles de cero lógico, logramos encender los segmentos, a esto se le denominaría lógica negativa, cualquiera de ambos caso nos es conveniente, por lo que utilizaremos el de cátodo común, y esto es por la mayor abundancia en el mercado de estos dispositivos, y además se les debe de acoplar una resistencia por segmento en serie, esto con el fin de limitar la corriente que circulará por los display y así evitar que por una sobrecorriente se dañen los segmentos.

Para la conversión de código BCD a 7 segmentos, se utilizarán decodificadores que trabajen con lógica positiva, y como se va a utilizar tecnología CMOS, estos deberán contar con un driver capaz de proporcionar la corriente necesaria para mantener los LED del display encendidos, y si no existe algún circuito con estas características, se deberá utilizar algún otro de otra tecnología que cumpla con los requerimientos, y de no suceder así, se deberá implementar un amplificador de corriente adicional a los decodificadores; además se seleccionará el color rojo por ser el mas comercial.

Una vez que nos hemos dado una idea general de lo que vamos a utilizar y tomando en cuenta las características antes mencionadas, encontramos en el Manual de Circuitos Integrados CMOS de Motorola los siguientes dispositivos; Decodificadores BCD-7 segmentos: MC14511B, MC14513B, MC14543B, MC14544B, MC14547B y MC14558B; y en el Manual NTE Semiconductores, encontramos los Display de 7 segmentos: NTE3050, NTE3052, NTE3056, NTE3057, NTE3061, NTE3068, NTE3069, NTE3078, NTE3079 y NTE3080; con respecto a las resistencias limitadoras de corriente, se utilizarán de uso general.

Tendremos que comenzar seleccionando el tipo de display ya que los circuitos decodificadores estarán en función de estos, primero realizaremos una selección según el tamaño, un tamaño demasiado grande sería incorrecto, ya que la demanda de energía será mayor, y un tamaño muy pequeño provocaría una mala percepción de la numeración, la distancia estimada del operador a los display es de aproximadamente 1 metro, por lo que un tamaño mediano tendiendo a grande sería el correcto, por lo que existen las siguientes medidas en pulgadas: 0.270, 0.300, 0.400, 0.560 y 0.800; la medida mas adecuada sería 0.560 pulgadas, ya que es bien visto el display con claridad a esa distancia, quedando con esto solo dos dispositivos con esta medida los cuales son NTE3078 y NTE3079, los cuales uno es de ánodo común y otro de cátodo común respectivamente, y por lo anteriormente dicho, utilizaremos el **NTE3079** o sustituto por ser de cátodo común, y teniendo como característica de consumo de corriente una corriente máxima de 30 mA, y que sabemos además por datos del fabricante y experiencia propia que con 10 mA de consumo, proporciona una luminosidad excelente.

Con respecto a los Circuitos Integrados, podemos descartar varios por diferentes razones, la principal será la de la capacidad de corriente que manejan a la salida, deberemos utilizar solo aquellos que nos ofrezcan una corriente mayor de los 10 mA por salida, por lo que solo cumplen con estas condiciones los circuitos integrados MC14511B, MC14513B y el MC14547B, de estos tres el mas conveniente será el **MC14511B**, ya que los otros dos cuentan con algunas funciones adicionales que para nuestro diseño no son necesarias, y este último cuenta con una función que se puede agregar sin mayores problemas, es la de prueba de lámpara.

2.- Submódulo Comparador.

Este submódulo deberá contener circuitos tales que logren realizar la comparación de dos buses de 16 bits cada uno dispuestos de 4 en 4, por lo que se podrán utilizar comparadores de 2 bits o 4 bits, preferentemente estos últimos, ya que mientras menos dispositivos electrónicos se utilicen, nos ayudará a ahorrar espacio y energía, esto se puede lograr sin afectar el resultado que deseamos obtener; para esto hemos encontrado solo un circuito integrado comparador del tipo CMOS, es el **MC14585B**, el cual es un comparador que cumple con nuestras exigencias en su totalidad, ya que se pueden conectar en cascada para realizar una comparación de varios buses dispuestos de 4x4, ya que tiene como característica comparar dos números de 4 bits cada uno.

3.- Submódulo Contador.

Como su nombre lo indica, aquí deberán existir circuitos capaces de llevar a cabo un conteo el cual deberá constar de 16 bits, posiblemente no se encuentren los dispositivos enteros, por lo que se deberá conectar en cascada los dispositivos para obtener el número de bits deseado, dichos circuitos integrados contadores podrán ser del número de bits que existan, pero mientras más número de bits en un solo circuito integrado, será mucho más fácil su manejo, además deberán contar en forma decimal codificado en sistema BCD, y su límite mínimo deberá de ser 0000 y el máximo de 9999, esto es por el número de bits en paralelo existentes, y deberá contener la función de borrado para poder reiniciar el conteo y una entrada de reloj para indicarlo en que momento deberá realizar un cambio o incremento de 1 el cual deberá de ser ascendente, por lo que se encontraron los siguientes circuitos integrados que podrían cumplir con esta tarea, los cuales son: MC14029B, MC14160B, MC14162B, MC14510B, MC14518B y MC14569B; de los cuales podemos descartar por motivos de que no necesitamos contadores con la función de conteo descendente y tampoco con función de precarga, quedando solo el MC14518B y el MC14160B, de los cuales este último no nos serviría de mucho ya que su salida indica solamente cuando el contador ha terminado y como habíamos indicado necesitamos el dato completo del contador, por lo que el recomendado a utilizar será el **MC14518B** además de que este contador consta de dos módulos contadores ascendentes e independientes de cuatro bits cada uno de tipo BCD y que pueden ir conectados en cascada.

4.- Submódulo Transductor.

Este submódulo puede ser armado de diferentes dispositivos, los cuales pueden ser electromecánicos u optoelectrónicos, es preferible utilizar sistemas ópticos y esto sucede porque las piezas electromecánicas sufren deterioros con el tiempo, por lo que la sustitución o reemplazo de estos dispositivos será muy constante en comparación de los ópticos, sin embargo los dispositivos ópticos presentan una duración de vida un poco mayor que los electromecánicos pero un costo más elevado, se deberá utilizar entonces el más adecuado para el perfecto funcionamiento de la máquina, se proponen ambos, ya que su desempeño es óptimo y hay poca diferencia de aplicación entre uno y otro, sin embargo por estar interrelacionado con máquina directamente, en el primer caso de un sensor electromecánico, deberá de colocarse en la parte interna de uno de los inyectores de hilo, y ajustarlo para que cumpla con la función de dejar los inyectores en la posición mas alejada del operador, y en el caso del sensor óptico, será la misma solución, pero se deberá cuidar que la parte final del inyector no cruce entre el emisor y detector, ya que nos puede enviar el error de que en una sola vuelta marque dos, los dispositivos a usar serán entonces para el caso de un sensor electromecánico, podrá utilizarse un simple interruptor normalmente cerrado o abierto, es indistinto, el cual será de un solo polo y dos tiros, esto sucede para que podamos inyectar esa señal a un filtro que no es mas que un flip-flop tipo RS, en el caso de un sensor óptico, se podrá utilizar un interruptor optoelectrónico o un arreglo de un fotoemisor de luz y un fotodetector, en ambos casos será correcta la utilización de los dispositivos, además de incluir una sección lógica para su acoplamiento con el contador y también otra más para obtener la señal SLL, que es la que nos indica si se está realizando dicha función.

Para el primer caso, utilizando el interruptor electromecánico, deberemos seleccionar aquel que contenga un polo dos tiros y que además tenga la propiedad de regresar a una posición inicial, por lo que el modelo **** cumple con las especificaciones requeridas, debe ser de un polo dos tiros a causa de que este se deberá conectar a un flip-flop tipo RS, esto es para poder filtrar el ruido que pudiera surgir a causa del movimiento interno del interruptor, logrando así una eliminación del 100% del ruido que pudiera afectar a los contadores, para armar el flip-flop RS pueden utilizarse compuertas de tipo NAND de tipo Schmitt ya que con esto aseguramos la eliminación del ruido, y que tiene como nomenclatura el circuito integrado MC14093B, y que además para obtener la señal SLL se puede utilizar un sistema activado por flanco o por nivel, siendo un poco mas efectivo por flanco, esto es porque se utilizan menos dispositivos y el tiempo de respuesta es mas corto, pero ambos pueden ser utilizados, para el caso de utilizar el sensor por nivel, se utilizarán diodos, capacitores y resistencias de uso general, y también otras compuertas seguidoras o un arreglo de estas del tipo Schmitt, esto es porque nuevamente podría entrar ruido a nuestro circuito después de esta etapa; mientras que por flanco, se utilizará un multivibrador monoestable redispensible, para que con cada flanco este circuito se active una y otra vez mientras siga en funcionamiento la máquina, las matrículas de los circuitos monoestables son: MC14528B, MC14536B, MC14538B y MC14541B, de los cuales el más adecuado es el MC14538B, y esto es porque su rango de acción más efectivo va desde 1 milisegundo hasta 1 segundo, rango en el cual cae el tiempo de respuesta que necesitamos, los elementos externos como capacitores y resistencias serán de uso general.

Para el segundo caso en el cual se utiliza un optointerruptor, se utilizará aquel que únicamente tenga un emisor y receptor sencillo, por lo que las matrículas de estos dispositivos posibles son: H21A1, H21A2, H21A3, H22A1, H22A2, H22A3, H21B1, H21B2, H21B3, H22B1, H22B2 y H22B3, de los cuales se utilizará el H22A3, esto es porque su consumo de corriente es menor en estado de espera y su corriente de salida en el transistor que puede entregarnos es mayor, y además se implementará con circuitos tipo Schmitt para reducir el ruido, en lo que corresponde a la señal SLL los dispositivos que se utilizarán serán los mismos que para el primer caso.

5.- Submódulo Programador.

Con esta sección nosotros deberemos de ser capaces de asignar el número límite para el conteo, el cual deberá ser de 16 bits paralelo, y puede ser una memoria lógica programable, pero tendrá el inconveniente que deberá contar con un teclado adicional, así como una memoria, la solución mas viable, será la de incorporar microinterruptores polarizados con resistencias, los cuales deberán contener cuatro microinterruptores por dispositivo, esto con el fin de distinguir los bits de las unidades, decenas, centenas y millares uno de otro, y también para su fácil programación.



II.1.3.2.- Desarrollo y Cálculos.

1.- Submódulo Visualizador.

Como hemos visto, utilizaremos los circuitos integrados decodificadores BCD a siete segmentos MC14511B y el display NTE3079, por lo que a continuación observamos la disposición de las terminales de estos dispositivos:

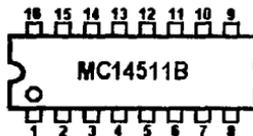


Figura 2.1.

De donde las terminales del MC14511B se definen como:

Las terminales de entrada son: 1, 2, 6 y 7 que corresponden a los bits B, C, D y A correspondientemente; terminal 3 es LT negada que tiene como función la de probar los segmentos del display; la terminal 4 que es BI negada que tiene la función de mantener el display apagado; terminal 5 es LE corresponde a mantener en el display el número deseado; terminal 8 es VSS es donde se polariza negativamente al circuito integrado; terminal 16 es VDD donde se polariza positivamente al circuito integrado.

Las terminales de salida son: 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15 que son las salidas e, d, c, b, a, g, f, correspondientemente y su función es polarizar al display.

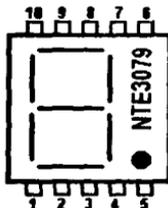
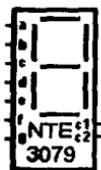


Figura 2.2.

De donde: las terminales 3 y 8 son la misma terminal CC y es el Cátodo Común y las terminales 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9 y 10 son e, d, c, DP, b, a, f, g que son los ánodos de los segmentos del display correspondientemente.

Pero para una mayor facilidad en el diseño, utilizaremos sus diagramas de bloque, esto es para una mejor organización, por lo cual estos dispositivos tienen la siguiente configuración:



NTE3079



MC14511B

Figura 2.3.

Para lograr una iluminación aceptable, será necesario tener una corriente aproximada a 10 mA en cada segmento del NTE3079, esta corriente se fija en ese valor por recomendación de los Ingenieros consultados, así como de experiencia propia; por lo que para conectar del circuito integrado MC14511B, se tendrá que colocar resistencias en serie, con lo cual limitaremos la corriente que nos proporciona el decodificador, ya que de este circuito integrado se puede obtener una corriente máxima de 25 mA por salida y la corriente máxima que soportan los segmentos es de 30 mA, otros datos del fabricante a tomar en cuenta son:

$V_f = 1.9 \text{ V}$ Voltaje de polarización de cada segmento del NTE3079.

Las terminales c1 y c2 del NTE3079 se encuentran interconectadas.

$V_{oh} = 4.12 \text{ V}$ Voltaje típico de salida en estado alto a condiciones de 10 mA de consumo del MC14511B.

La terminal \overline{BI} del MC14511B, se conectará a un valor lógico de 1, esto es porque no utilizaremos el modo de display en blanco, y con esto quedará deshabilitado, la terminal LE de este mismo circuito integrado, se conectará a GND para deshabilitar esta función ya que no es necesaria, y finalmente la terminal LT negada se le implementará un microinterruptor y una resistencia para lograr realizar la prueba de lámpara antes mencionada, mientras que las terminales c1 y c2 del NTE3079 se conectarán ambas GND, esto es para lograr polarizar el display, y ya conectando las resistencias en serie, quedará el diagrama parcial de la siguiente forma:

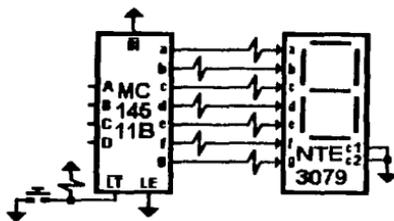


Figura 2.4.

Y para obtener el valor de las resistencias que van del decodificador al display, se procederá a realizar el cálculo a partir de una ecuación de malla:

Tenemos que el voltaje de cualquier salida a condiciones de 10 mA es de 4.3 V, por lo que se puede utilizar la salida "a" del decodificador, por lo que $V_a=4.12$ V, mientras que $V_f=1.9$ V y la corriente que fluye por el segmento "a" $I_f=10$ mA y la resistencia R_a será nuestra incógnita, obteniendo así la ecuación de malla:

$$V_a = (R_a \times I_f) + V_f$$

Despejando R_a :

$$R_a = (V_a - V_f) / I_f$$

Quedando con valores:

$$R_a = (4.12 \text{ V} - 1.9 \text{ V}) / 10 \text{ mA}$$

$$R_a = 222 \text{ Ohms}$$

De donde el valor comercial superior es de 270 Ohms y el inferior de 220 Ohms, por lo que se recomienda el valor comercial inferior a causa de asegurar la mínima corriente requerida por los segmentos del display, por lo que el valor de todas las resistencias que van del circuito integrado decodificador al display representadas por R_a será de 220 Ohms cada una:

$$R_a = 220 \text{ Ohms}$$

Así que recalculando la corriente de consumo real "Ir" se puede obtener a partir de la ecuación de malla, despejando "If" y sustituyéndola por Ir, quedando:

$$I_r = (V_a - V_f) / R_a$$

Sustituyendo por valores:

$$I_r = (4.12 \text{ V} - 1.9 \text{ v}) / 220 \text{ Ohms}$$

$$I_r = 10.09 \text{ mA}$$

Y calculando la potencia que deberán disipar, será de:

$$P_{Ra} = (V_a - V_f) \times I_r$$

$$P_{Ra} = (4.12 \text{ V} - 1.9 \text{ V}) \times 10.09 \text{ mA}$$

$$P_{Ra} = 22.40 \text{ mW}$$

Por lo que las resistencias pueden ser de mas de 50 mW, pero por tamaño y maniobrabilidad se recomiendan las de 1/8 W, 1/4 ó 1/2 W

Finalmente la resistencia que va conectada entre +Vcc, el microinterruptor y LE negada, se recomienda de 1 KOhm a 10 KOhms, esto es por recomendación de los Ingenieros ya que con estos valores, el funcionamiento es óptimo y el consumo de corriente mínimo, por lo que sin mayor problema elegiremos la de $RLT = 10 \text{ Kohms}$, únicamente hay que calcular el consumo de esta resistencia en el peor de los casos, y es cuando se acciona el microinterruptor, así que calculando la potencia de disipación de esta resistencia, queda:

$$P_{RLT} = +V_{cc} \times I_{RLT}$$

Pero:

$$I_{RLT} = +V_{cc} / RLT$$

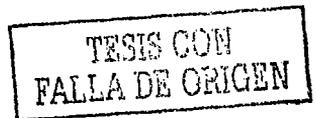
Entonces:

$$P_{RLT} = (+V_{cc} \times +V_{cc}) / RLT$$

$$P_{RLT} = (5 \text{ V} \times 5 \text{ V}) / 10 \text{ Kohms}$$

$$P_{RLT} = 2.5 \text{ mW}$$

Cabe mencionar que el consumo del circuito integrado no se toma en cuenta, ya que está en el orden de los microWatts y comparado con el consumo de las resistencias y los segmentos, es despreciable, y con respecto al display, mientras este no se polarice, no tendrá consumo alguno.



En el siguiente diagrama, se muestra finalmente el Submódulo Visualizador completo, así mismo se les colocan nombre a los dispositivos que los identificarán dentro del diagrama general de todo el diseño.

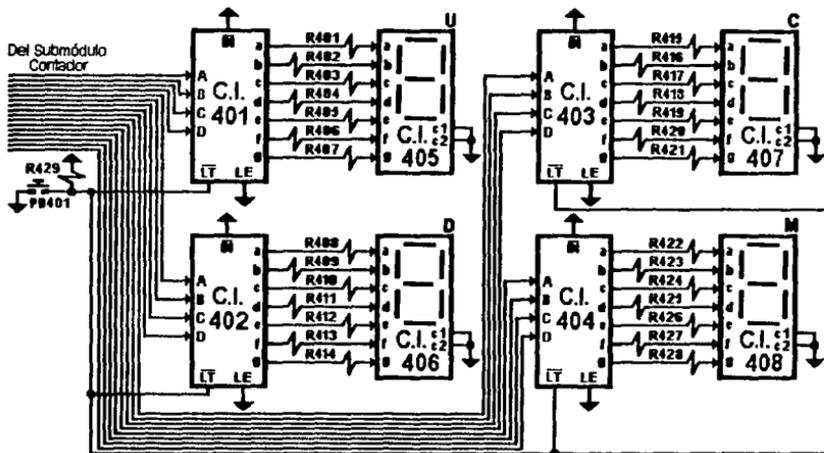


Diagrama 2.4.

Donde C.I. 401 al C.I. 404 son circuitos integrados MC14511B; C.I. 405 al C.I. 408 son display NTE3079; R401 a la R428 son resistencias de 220 Ohms a 1/8 W; R429 es de 10 KOhms a 1/8 W; y finalmente PB401 es un Push Button (Botón de oprimir) de uso general, y también donde las letras U, D, C y M, indican las Unidades, Decenas, Centenas y Millares correspondientemente.

2.- Submódulo Comparador.

Para este submódulo, se muestra a continuación la disposición de las terminales del circuito integrado MC14585B, el cual será conectado en cascada con otros circuitos integrados similares para formar como se había mencionado, la comparación de dos palabras de 16 bits cada una.



Figura 2.5.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

De donde la terminal 8 es VSS que es la terminal de polarización negativa, la terminal 16 es VDD que es la terminal de polarización positiva; las terminales 3, 12 y 13 son las salidas $A=B$, $A<B$ y $A>B$ correspondientemente; las terminales 4, 5 y 6 son las terminales de entrada en cascada $A>B$, $A<B$ y $A=B$ correspondientemente; mientras que el número A está conformado por las terminales 2, 7, 10 y 15 que corresponden a A_2 , A_1 , A_0 y A_3 como corresponden y el número B por las terminales 1, 9, 11 y 14 que son B_2 , B_1 , B_0 y B_3 correspondientemente.

Convirtiendo el diagrama de disposición de terminales en diagrama a bloque queda de la siguiente forma:

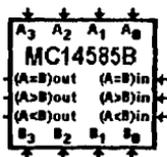


Figura 2.6.

Partiendo de la tabla de verdad y del diagrama adjunto que propone el fabricante de estos circuitos integrados para la conexión en cascada, se realizan las conexiones necesarias entre los circuitos para así obtener nuestra señal de salida $C=>P$, pero esto no será posible directamente, ya que las salidas no son propicias, por lo que una de las soluciones es enviar las señales finales $A=B$ y $A<B$ a una compuerta OR, esto implicaría un circuito integrado adicional, y la segunda solución, será pasar la salida $A>B$ por un inversor, implicaría también agregar otro circuito integrado, pero si dejamos la señal tal cual, solamente realizaremos la indicación de que está invertida la señal que va hacia el control, logrando con esto el ahorro de un circuito integrado adicional, por lo que nuestra señal $C=>P$, se convierte en $C=>P$ negada, por lo que obteniendo nuestro diagrama final del submódulo comparador quedando de la siguiente forma:

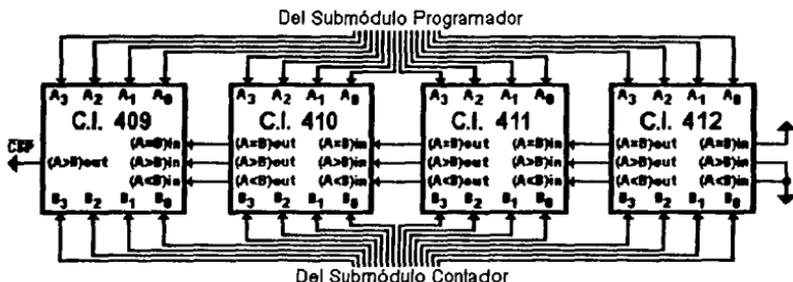


Diagrama 2.5.

TEXIS CON
FALLA DE ORIGEN

Donde el número A viene del submódulo programador y el número B del submódulo contador, y vistos los circuitos integrados de derecha a izquierda cada uno pertenece a las Unidades, Decenas, Centenas y Millares correspondientemente, y también su número de identificación de cada uno, del C.I 409 al C.I. 412 son MC14585B

3.- Submódulo Contador.

Este submódulo, consta solamente de dos circuitos integrados MC14518B, ya que cada uno contiene dos contadores, del cual se muestra a continuación su disposición de terminales:



Figura 2.7.

Este circuito integrado tiene la disposición de las terminales como sigue:

La terminal 8 es VSS ó polarización negativa, mientras que la terminal 16 es VDD ó terminal de polarización positiva, las terminales 3, 4, 5 y 6 son salidas del contador A y respectivamente son Q0, Q1, Q2 y Q3, mientras que para el contador B son las terminales 11, 12, 13 y 14 con Q0, Q1, Q2 y Q3 respectivamente, la terminal 1 es entrada de reloj CLK del contador A, la terminal 9 es el reloj CLK del contador B, la terminal 2, es la inhabilitación del reloj del contador A EN, mientras que EN del contador B es la terminal 10, finalmente el borrado R del contador A es la terminal 7, y en el contador B, será la terminal 15.

Como hemos hecho anteriormente, se procede a convertir en un diagrama de bloque, por lo que será representado de la siguiente forma:

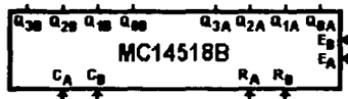


Figura 2.8.

Y tras haber analizado la tabla de verdad perteneciente a este circuito integrado, se llega a la conclusión de que la forma mas conveniente de incrementar el contador es por flanco descendente esto es debido a que al inicio de cada ciclo comienza en nivel bajo y el lugar mas alejado para completar un ciclo es el flanco descendente, logrando así un conteo mucho más preciso, a esta señal podemos denominarle SIC (Señal de Incremento al Contador); además de que se deben hacer conexiones entre sus terminales para poder

realizar el conteo en cascada, logrando así la obtención del número B que va hacia el submódulo comparador y submódulo visualizador, esto a partir de la señal de incremento que llega desde es submódulo transductor, y llegando también la señal RC del control, por lo que nuestro diagrama final queda de la siguiente forma:

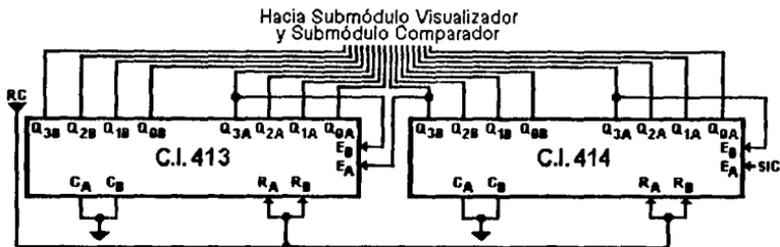


Diagrama 2.6.

De donde los C.I. 413 y C.I. 414 son MC14518B, el bit menos significativo será el de la derecha y el mas significativo el de la izquierda, quedando las Unidades, Decenas, Centenas y Millares de derecha a izquierda respectivamente

4.- Submódulo Transductor.

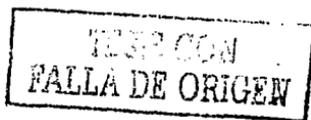
Como se había mencionado anteriormente, existen dos formas de realizar la parte correspondiente al sensor de conteo, también dos formas distintas en cuanto al sensor de movimiento o giro, por lo que en total tenemos cuatro circuitos distintos, de los cuales se tomarán uno de cada uno para obtener la mejor propuesta, sin embargo cabe aclarar que puede ser utilizado cualquiera sin mayor problema, por lo cual nombraremos las cuatro opciones de la siguiente forma:

- Opción 1A: Sensor de conteo con interruptor.
- Opción 2A: Sensor de conteo con optointerruptor.
- Opción 1B: Sensor de giro con dispositivos RC.
- Opción 2B: Sensor de giro con monoestable.

Ya que tenemos definidas las opciones comenzaremos por analizarlas en orden:

Opción 1A:

Para esta opción, será como habíamos mencionado un interruptor de un polo y dos tiros que se restablezca a su posición inicial cada vez que se desactive, después del interruptor, la señal deberá entrar a un circuito secuencial lógico con Flip - Flop tipo RS activado por nivel sin reloj, ya sea en un integrado o conformado por compuertas, además de tener la característica de entrada de ser tipo Schmitt, por lo que en tecnología CMOS, no



existe un Flip – Flop RS con esas características de entrada, por lo que se tendrá que hacer a partir de compuertas NAND tipo Schmitt, el integrado tiene como matrícula MC14093B, a continuación se observa la disposición de terminales:



Figura 2.9.

De donde las terminales 7 y 14 son VSS polarización negativa y VDD polarización positiva respectivamente, mientras que en este integrado cuenta con cuatro compuertas independientes similares, cada una con dos entradas y una salida, las cuales se mencionan en ese orden, siendo la primer compuerta las terminales 1, 2 y 3, la segunda compuerta las terminales 5, 6 y 4, la tercer compuerta las terminales 8, 9 y 10 y finalmente la cuarta compuerta 12, 13 y 11.

Su diagrama a bloque se describe a continuación:



Figura 2.10.

De donde se obtendrá la señal SIC mencionada con anterioridad; para poder armar el Flip – Flop se necesitarán dos compuertas, en las cuales en dos de sus entradas de las que van hacia el interruptor, se colocará una resistencia en cada una de valor de 10 KOhms hacia +VCC con el objeto de asegurar un nivel alto cuando no se encuentran aterrizadas a GND, y la conexión se realiza según la configuración predeterminada para este tipo de Flip – Flop, siguiendo su tabla de verdad, la cual es:

S neg.	R neg.	Q	Q neg.
0	0	0	X
0	1	1	0
1	0	0	1
1	1	Sin cambio	Sin cambio

Tabla 2.1.

Donde X es una situación aleatoria imprevista, por lo que la combinación S neg.=0 y R neg.=0 se deberá evitar.

Mientras que el interruptor se muestra a continuación en su disposición de terminales:

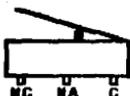


Figura 2.11.

Donde C es el común, la terminal NC es normalmente cerrado y la terminal NA es normalmente abierto, como es reversible, mientras no se oprima, permanecerá en condiciones iniciales, ya transformado en diagrama de bloque, queda de la siguiente manera:

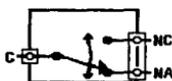


Figura 2.12.

Una vez definidos los elementos, podemos realizar el diagrama final de conexión de esta sección, quedando de la siguiente forma:

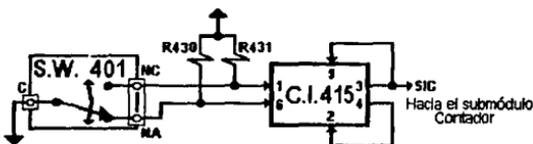


Diagrama 2.7.

Donde solo una de las resistencias queda conectada directamente a GND, y la potencia disipada para cada resistencia será igual que la calculada para PRLT que es de 2.5 mW.

Opción 2A:

En esta opción, será necesario utilizar el optointerruptor antes mencionado, por lo que se muestra a continuación la disposición de sus terminales:

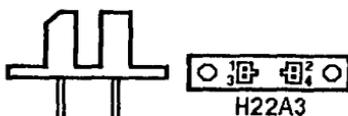


Figura 2.13.

En donde las terminales 1 y 3 pertenecen a la polarización negativa y positiva del diodo emisor de luz respectivamente, y las terminales 2 y 4 son pertenecientes al transistor detector de luz y son colector y emisor respectivamente, la vista que se presenta es inferior.

A continuación se muestra su diagrama a bloque para utilizarlo en diseño:



Figura 2.14.

En donde se observa el diodo emisor de luz y el detector en configuración tipo Darlington; por lo que ahora hay que polarizar el diodo emisor de luz y el fotoreceptor, por lo que se agregarán resistencias limitadoras de corriente y además tendremos que tomar algunos datos del fabricante como son: $I_f \text{ máx.} = 60 \text{ mA}$, que es la corriente máxima que soporta el led emisor de luz; $I_c \text{ máx.} = 100 \text{ mA}$, que es la máxima corriente que soporta el transistor de salida, $V_{ce(sat)} \text{ máx.} = 0.4 \text{ V @ } I_f = 20 \text{ mA}$, $I_c = 1.8 \text{ mA}$, que es el voltaje de saturación máximo para estos parámetros de I_f e I_c , y que son estos mismos valores los que nos serán útiles para el cálculo de las resistencias limitadoras, además tenemos $V_f = 1.19 \text{ V @ } I_f = 20 \text{ mA}$, es la caída de tensión en el led al fluir ese valor de corriente, por lo que a continuación se muestra la figura con sus resistencias limitadoras:

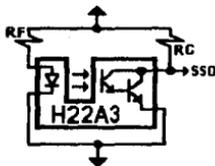


Figura 2.15.

En donde R_F es la resistencia limitadora del led, R_C es la resistencia limitadora del transistor y SSO es la Señal Saliente del optointerruptor, a continuación se realizan los cálculos de las resistencias con los parámetros anteriormente mencionados:

Cálculo de RF:

$$RF = VRF / IF$$

Pero:

$$VRF = +VCC - VF$$

Por lo que:

$$RF = (+VCC - VF) / IF = (5 \text{ V} - 1.9 \text{ V}) / 20 \text{ mA}$$

Quedando:

$$RF = 155 \text{ Ohms}$$

Ajustando a valor comercial:

$$RF = 150 \text{ Ohms}$$

Recalculando la corriente que fluye:

$$IFR = (+VCC - VF) / RF$$

Quedando:

$$IFR = (5 \text{ V} - 1.9 \text{ V}) / 150 \text{ Ohms}$$

Finalmente:

$$IFR = 20.67 \text{ mA}$$

Calculando la potencia de disipación:

$$PRF = VRF \times IF = (+VCC - VF) \times IFR$$

Quedando:

$$PRF = (5 \text{ V} - 1.9 \text{ V}) \times 20.67 \text{ mA}$$

Dando como resultado:

$$PRF = 64.08 \text{ mW}$$

Por lo que la resistencia limitadora del led será de 150 Ohms, de una potencia de 1/8 W, 1/4 W o 1/2 W.

Cálculo de RC:

$$RC = VRC / IC$$

Pero:

$$VRC = +VCC - VCE \text{ sat.}$$

Por lo que:

$$RC = (+VCC - VCE \text{ sat.}) / IC = (5 \text{ V} - 0.4 \text{ V}) / 1.8 \text{ mA}$$

Quedando:

$$RC = 2555.56 \text{ Ohms}$$

Ajustando a valor comercial:

$$RC = 2.2 \text{ KOhms}$$

Recalculando la corriente que fluye:

$$ICR = (+VCC - VCE \text{ sat.}) / RC$$

Quedando:

$$ICR = (5 \text{ V} - 0.4 \text{ V}) / 2.2 \text{ KOhms}$$

Finalmente:

$$ICR = 2.09 \text{ mA}$$

Calculando la potencia de disipación:

$$PRC = VRC \times IC = (+VCC - VCE \text{ sat.}) \times ICR$$

Quedando:

$$PRC = (5 \text{ V} - 0.4 \text{ V}) \times 2.09 \text{ mA}$$

Dando como resultado:

$$PFC = 2.20 \text{ mW}$$

Por lo que la resistencia limitadora del led será de 2.2 KOhms, de una potencia de 1/8 W, 1/4 W o 1/2 W.

Por lo que realizando la tabla de verdad de esta configuración tenemos:

Pasa luz	Equivalente binario	SSO
NO	0	1
SI	1	0

Tabla 2.2.

Por lo que será necesario introducir la señal SSO a un inversor, pero también deberá contar con la característica de ser Schmitt, pero además hay que tomar en cuenta que utilizando las compuertas NAND Schmitt anteriores del MC14093B, cortocircuitando sus entradas, tenemos así un inversor tipo Schmitt, obteniendo así la señal SIC, quedando el diagrama final de la siguiente forma:

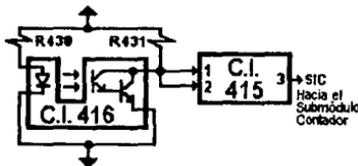


Diagrama 2.8.

Opción 1B:

Dentro de esta opción, se emplearán dispositivos que nos puedan sostener las señales requeridas para dar como resultado la señal SLL (Sensor de Llenado), el principio de funcionamiento de este sistema, consiste en obtener un uno lógico constante mientras esté en funcionamiento la maquinaria textil, esta señal se puede obtener a partir de la señal SIC (Señal de Incremento del Contador), pero como su estado en reposo suele ser aleatorio, puede quedar estacionado en un cero o un uno lógico, es necesario procesar la señal para evitar que si queda estacionado en un uno lógico, no envíe la señal falsa de estar en

funcionamiento, así que para este método, es necesario obtener una señal invertida de SIC, esto sería en combinación para la Opción 2A, mientras que para la Opción 1ª el inversor no es necesario ya que la señal invertida se puede recoger de Q neg., además de que a través de un circuito RC, nos permitirá tener la señal en uno lógico por un tiempo determinado, el cual será cargado nuevamente mientras esté en funcionamiento la maquinaria, en cuanto deje de funcionar, uno de los capacitores se descargará quedando en cero, ambas señales se harán pasar por una compuerta AND, para así lograr que el estado aleatorio no afecte en cuanto no esté funcionando la maquinaria, pero existe otro detalle, al inicio del ciclo de trabajo de la maquinaria, el sensor detectará que no está funcionando correctamente, esto es por las condiciones iniciales, así que para contrarrestar esta situación, se adicionará un tiempo de espera en inicio para que todas las señales se pongan a punto, pero esto se hará desde el Módulo de Control, para el diseño de esta parte, es necesario hacer mención de T (Tao), que es la constante de tiempo que es el resultado del circuito RC, donde $T = RC$, también dentro de lo que es la maquinaria textil, el tiempo transcurrido para incrementar el contador es de aproximadamente 0.3 segundos, por lo que si tomamos un tiempo de 0.5 segundos para que se descargue el capacitor será suficiente, además de que a la salida de cada circuito RC, se deberá conectar una compuerta seguidora tipo Schmitt, la cual nos protegerá de ruido que pueda producirse por el cambio de estado, así que el circuito propuesto será:

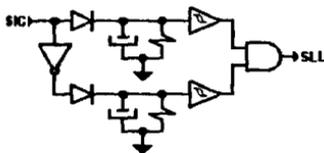


Figura 2.16.

Donde podemos observar que existen dos diodos, esto es para evitar una señal de retorno de los capacitores que pueda alterar a la señal SIC, pero este circuito anterior puede ser transformado a compuertas NAND Schmitt, esto es para simplificar el circuito, y ocupar el mismo integrado MC14093B, además como se había mencionado, el inversor desaparecerá si se toma el acoplamiento con la Opción 1A; llevando la transformación queda de la siguiente forma con compuertas NAND Schmitt para la Opción 1A:

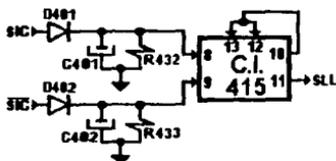


Diagrama 2.9.

Mientras que para la Opción 1B se utilizará el siguiente diagrama:

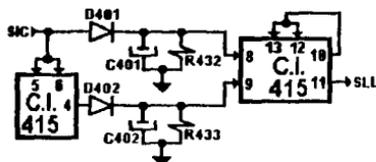


Diagrama 2.10.

Los diodos utilizados son de uso general por lo que D401 y D402 serán el modelo 1N4001, mientras que los capacitores C401 y C402 son iguales, así como las resistencias R432 y R433, para efectos de cálculo se utilizará C en sustitución de C401 y C402 mientras que R sustituirá a R432 y R433, otro dato que hay que tomar en cuenta es por parte del integrado MC14093B, en el cual existen los datos de: $I_{OH} = I_{OL} = 0.88 \text{ mA}$, que es la corriente que nos entrega en estado alto de 4.6 V y en estado bajo de 0.4 V; $V_{OH} = 5 \text{ V} @ I_{OH} = 0.3 \text{ mA}$, $V_{T-} = 1.9 \text{ V}$, que es la tensión a la cual responde la compuerta Schmitt interna cuando se aplica un descenso de tensión a la entrada, tomando en cuenta el tiempo de descarga del capacitor a partir de que no llegue un pulso que lo reactive, este se deberá descargar en aproximadamente 0.5 segundos, esto quiere decir que la tensión que debe alcanzar en descenso deberá ser de 1.9 V, para que con esto logre el cambio de estado, mientras que para la carga del capacitor, no habrá ningún problema, ya que se cargará inmediatamente por estar conectado prácticamente en paralelo con la señal SIC, y tendrá que descargarse a través de la resistencia en paralelo, se sugiere que la resistencia no consuma más allá de 0.25 mA para evitar caídas de tensión en la señal SIC, otra situación es que para que el capacitor llegue a 1.9 V en descarga, es exactamente una vez Tao, por lo que se utilizará $T = RC$ sin mayor complicación, y el voltaje en el diodo en conducción será de $V_D = 0.7 \text{ V}$.

Cálculo de R y C:

Primeramente tenemos:

$$I_R = 0.25 \text{ mA}$$

De la malla de entrada tenemos:

$$V_R = V_{OH} - V_D$$

Para calcular la resistencia:

$$R = V_R / I_R$$

Sustituyendo:

$$R = (V_{OH} - V_D) / I_R$$

Entonces:

$$R = (5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) / 0.25 \text{ mA}$$

Finalmente:

$$R = 17200 \text{ Ohms}$$

El valor comercial es:

$$R = 18 \text{ KOhms}$$

Recalculando la corriente:

$$IRR = (VOH - VD) / R$$

Tenemos que :

$$IRR = (5 V - 0.7 V) / 18 KOHms$$

La corriente consumida es:

$$IRR = 0.24 mA$$

Y la potencia que disipa:

$$PR = (VOH - VD) \times IR$$

Tenemos que:

$$PR = (5 V - 0.7 V) \times 0.24 mA$$

El valor es:

$$PR = 1.03 mW$$

Por lo que el valor de R será de 18 KOhms a 1/8 W, 1/4 W o 1/2 W.

Para el capacitor tenemos que:

$$T = RC$$

Despejando C:

$$C = T / R$$

Sustituyendo:

$$C = 0.5 ms / 18 KOhms$$

Quedando:

$$C = 27.77 microfd$$

Pero el valor comercial es de:

$$C = 27 microfd$$

Recalculando el tiempo de descarga:

$$T = RC = 18 KOhms \times 27 microfd$$

Quedando:

$$T = 0.49 ms$$

El capacitor que se ocupará será de 27 microfd a un valor de tensión de mas de 7 V, esto es por las pequeñas variaciones de tensión puedan provocar daño si sobrepasa el nivel de tensión soportable.

Opción 2B:

Dentro de esta opción podemos implementar un circuito integrado monoestable, el cual es el MC14538B del cual se muestra a continuación su disposición de terminales:

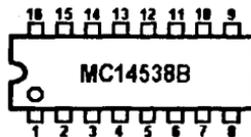


Figura 2.17.

De donde la terminal 16 es VDD o polarización positiva, las terminales 1, 8 y 15 son VSS o polarización negativa, dentro de este circuito integrado se localizan dos multivibradores monoestables, de los cuales correspondientemente serán las terminales del monoestable A y monoestable B, salida Q terminal 6 y 10, salida Q negada 7 y 9, reset negado son las terminales 3 y 13, la entrada de tiempo RC son 2 y 14, entrada A de disparo 4 y 12, entrada B de disparo son 5 y 11, a continuación se observa su diagrama a bloque de este circuito integrado:

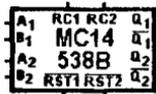


Figura 2.18.

Este diagrama a bloque es el que se va a utilizar para obtener la señal SLL, una de sus características es que no se activa por nivel, sino por flanco ya sea ascendente o descendente, podemos decir que es indistinto ocupar un flanco u otro, ya que la función sería la misma en ambos casos, ya que la señal SIC no puede quedarse fija en un flanco, siempre quedará en un nivel alto o bajo, por lo que no requeriremos un segunda señal que anteriormente fue SIC negada, cabe mencionar que en la terminal RC de uno u otro monoestable se conectan una resistencia y un capacitor, la resistencia será dirigida a +VCC y el capacitor a GND, para este diseño, solo se ocupará la mitad del integrado, o sea un solo monoestable, a continuación vemos las conexiones necesarias, así como sus elementos necesarios para su funcionamiento:

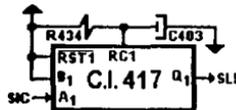
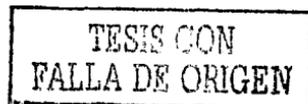


Diagrama 2.11.

Donde podemos observar que se activará por flanco ascendente, y a continuación se calcularán la resistencia R434 que para efectos de cálculo se sustituye por R y el capacitor C403 que también se sustituye pero por C, el criterio de cálculo es a partir de la ecuación que presenta el manual CMOS Motorola que dice:

$$T = R_x \times C_x$$

Donde T es el tiempo que durará el pulso activado por un flanco ascendente en la entrada A, Rx es la resistencia R que nos dará el tiempo en conjunto con el capacitor Cx o llamado por nosotros C para dar el tiempo, además de que por recomendación del manual, se tiene que debemos tener una resistencia $R > 5 \text{ KOhms}$, y con respecto al capacitor C, no existe un limita, pero si sobrepasa $C > 15 \text{ microf.}$, se deberá colocar un diodo de



protección, pero no será necesario, ya que no sucederá esto; queremos que en nuestro diseño, exista un tiempo $T = 0.5$ s, por lo que los elementos que se prestan para esto son: $R = 330$ KOhms y $C = 1.5$ microfd., por lo que:

$$T = 330 \text{ KOhms} \times 1.5 \text{ microfd}$$

$$T = 0.495 \text{ s}$$

Por lo que se observa, el valor de la resistencia es muy grande, así que su consumo es despreciable, así mismo puede servir una resistencia a $1/8$ W, $1/4$ W o $1/2$ W, mientras que el capacitor se recomienda a una tensión mayor a los 10 V.

Así después de haber mostrado las opciones posibles, se muestra a continuación como pueden ser combinadas.

La Opción 1A con la Opción 1B, la Opción 1A con la Opción 2B, la opción 2A con la Opción 1B y la Opción 2A con la Opción 2B, siendo la mas conveniente para este diseño la Opción 2A con la Opción 2B quedando el diagrama final de la siguiente forma:

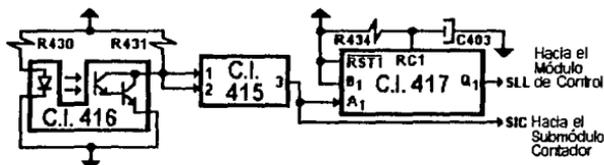


Diagrama 2.12.

Cabe mencionar que cualquier combinación de las opciones antes mencionadas satisfacen las necesidades, siendo esta la mas conveniente por la simplicidad y no utiliza piezas móviles.

5.- Submódulo Programador.

Este submódulo como se explicó, es solo una serie de interruptores conectados con resistencias para dar la función de aplicación de cada bit en uno o cero lógico, se utilizarán 4 módulos de interruptores de 4 bits cada uno, por lo que a continuación se observa la disposición de las terminales:

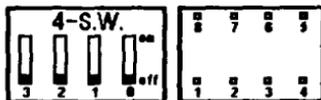


Figura 2.19.

Se le denomina 4 S. W. A este interruptor porque es de uso general, y existen varios fabricantes, por lo que cualquiera de ellos funcionará, la disposición de las terminales es, un interruptor por cada dos terminales, la terminal 1 y 8 conforman el interruptor 3, las terminales 2 y 7 son del interruptor 2, las terminales 3 y 6 pertenecen al interruptor 1 y finalmente el interruptor 0 lo conforman las terminales 4 y 5, las vistas que se observan son superior e inferior sobre el mismo eje de rotación, como se observa en la vista superior si el interruptor se coloca en la parte baja, o sea en la posición de off se considera que sus terminales están desconectadas una de la otra o un cero lógico, mientras que si se localiza el interruptor en la parte superior o en on, se considera continuidad entre las terminales o un uno lógico, a continuación se da el diagrama a bloque a utilizar.

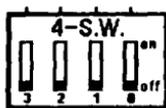


Figura 2.20.

A continuación se proporciona el tipo de conexión para lograr el uno y el cero, se utilizará la resistencia de 10 KOhms ya que es la recomendada para polarizar los circuitos integrados, un extremo se conectará en la parte de off del interruptor y la otra a GND, mientras que el extremo de on del interruptor se conectará a +VCC.

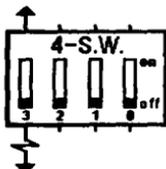


Figura 2.21.

Así que todas las resistencias conectadas de esta forma, son de 10 KOhms a 1/8 W, 1/4 W o 1/2 W, ya que solo disipará 2.5 mW, a continuación se muestra el diagrama final de este submódulo:

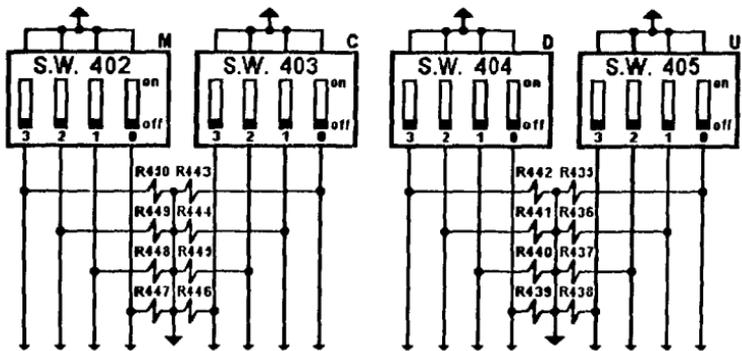


Diagrama 2.13.

A donde todos los bits se dirigen hacia el submódulo comparador, como se observa también, en la parte superior de cada 4 interruptor se localiza una letra las cuales son U, D, C y M, las cuales señalan las Unidades, Decenas, Centenas y Millares correspondientemente, además de que el bit menos significativo se localiza a la derecha y el bit mas significativo a la izquierda, los datos que se deberán introducir serán código binario, siendo los números equivalentes en decimal del 0 hasta el 9, quedando prohibidas las combinaciones mas allá del 9 por cada dígito, a continuación se muestra la tabla de conversión de binario a decimal y viceversa:

Decimal	Binario
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
Prohibido	1010
Prohibido	1011
Prohibido	1100
Prohibido	1101
Prohibido	1110
Prohibido	1111

Tabla 2.3.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

II.1.3.3.- Diagrama Circuitual.

A continuación observamos el diagrama final del circuito Contador y Comparador:

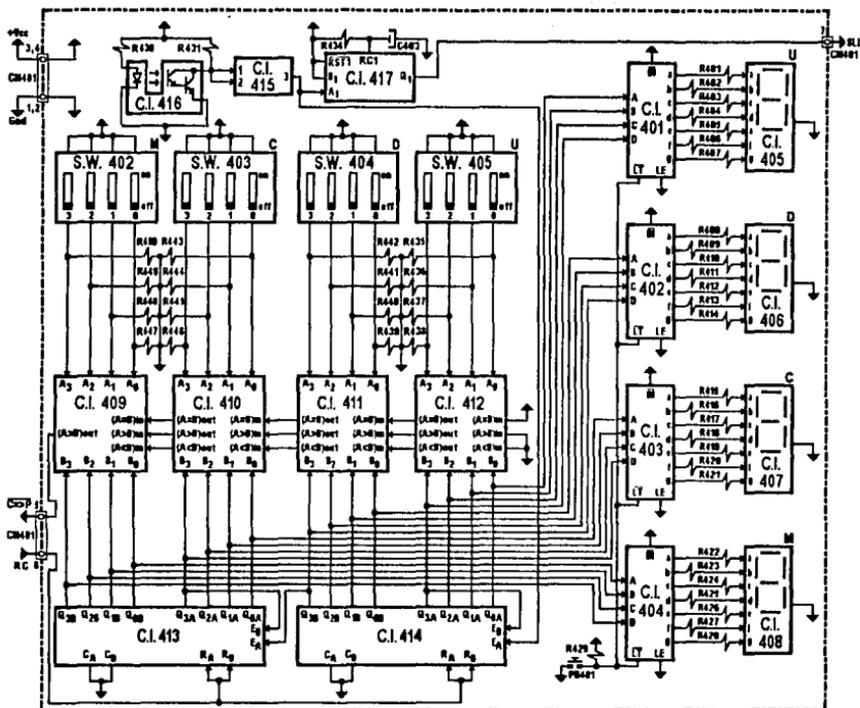


Diagrama del Módulo Contador y Comparador

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.2.- Módulo de Potencia.

II.2.1.- Definición de los submódulos.

Este módulo se compone de tres partes, las cuales son: los elementos de potencia, el amplificador de corriente para el módulo de potencia y la sección de los sensores, pero no es necesario dividir en tres partes, ya que con solo dos será suficiente y esto es porque el amplificador de corriente y la sección de dispositivos de potencia no son muy extensos, a continuación se presenta el módulo de potencia:

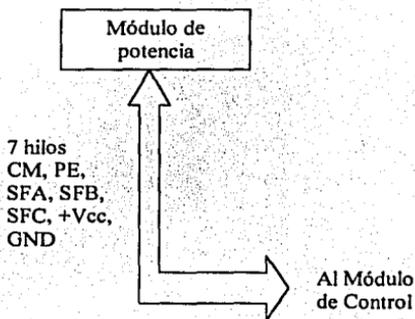


Diagrama 2.14.

Por lo que para proceder a dividir en submódulos, es necesario convertir la figura anterior en un diagrama en el cual se pueda mostrar las entradas y salidas de este módulo, así entonces se muestra a continuación la figura correspondiente:

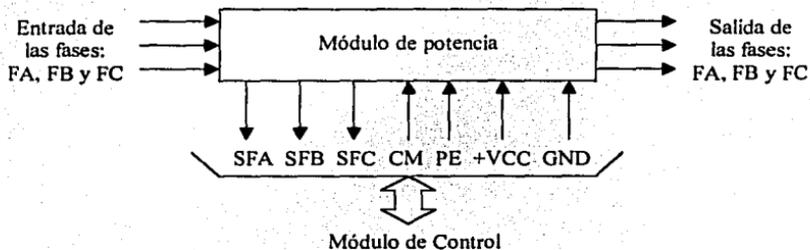


Diagrama 2.15.

En donde las señales +VCC y GND son de polarización del módulo, la señal CM y PE son del control de encendido y apagado, y SFA, SFB y SFC son las señales de los sensores de las fases, una vez que se ha analizado el diagrama anterior, se procede a separar en los dos submódulos propuestos, de los cuales se puede observar, que no comparten ninguna señal entre ellos, sino solo las fases provenientes de la línea de alimentación para potencia, por lo que a continuación se muestran los submódulos con los cuales vamos a trabajar:

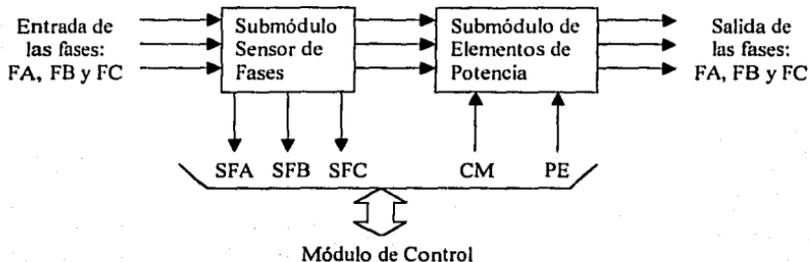


Diagrama 2.16.

Como se puede observar las líneas de alimentación de +VCC y GND no aparecen, ya que se dan por establecidas dentro de la alimentación de los submódulos, así que a continuación se procede a trabajar con cada submódulo por separado para finalmente dar un diagrama que contenga ambos submódulos para formar el módulo de potencia.

II.2.2.- Interconexión entre submódulos.

Se puede ver que entre los dos submódulos establecidos no existe mas conexión que la de las fases de alimentación del motor, así que solo haremos mención de estas conexiones:

1.- Submódulo Sensor de Fases.

Hacia este submódulo, llegan las tres fases de alimentación que son FA, FB y FC, nótese que el neutro no llega y esto es debido a que el motor a controlar no lo exige, así que para sensar las fases, así será necesario hacer llegar el neutro hasta los sensores para que con cada fase realice la detección entre las fases y en el neutro, entonces para obtener la señal SFA, se conectará hacia el sensor la fase A y Neutro, para SFB, se conectará hacia el sensor entre la fase B y Neutro y para obtener la señal SFC, se conectará entre las fase C y Neutro, así que la tensión a sensar será de 127 VCA RMS a 60 Hz, después de sensar las fases, pasará entonces las líneas de alimentación hacia el submódulo de elementos de potencia.

2.- Submódulo de Elementos de Potencia.

Aquí es donde llegarán las fases, para ser inyectadas en elementos de potencia para controlar su paso, así que solo se dejará pasar la alimentación si se requiere encender el motor a controlar y se inhibirá cuando el motor deba estar apagado, así que tendrá las tres fases de entrada antes mencionadas y las tres fases de salida que irán directamente conectadas al motor que lo requiere.

II.2.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.

II.2.3.1.- Dispositivos a Utilizar.

A continuación se realiza la propuesta de los dispositivos necesarios para trabajar con ellos para el diseño de los dos submódulo que componen el módulo de potencia.

1.- Submódulo de Sensores de Fase.

Como ya hemos mencionado, se tendrán que sensar las tres fases con respecto de neutro, para lograr esto, se necesitarán circuitos integrados capaces de cambiar de estado cuando sobrepasen un nivel mínimo establecido de tensión eléctrica, además de que su entrada deberá estar aislada de la salida, evitando así el riesgo de que un corto circuito en la entrada se propague a las demás etapas o submódulos, e incluso a algún otro módulo, por lo que el mejor dispositivo para esta tarea será un optoacoplador, ya que una de sus características es la de acoplarse por medio de un haz de luz, y como necesitamos que la salida cambie de estado cuando sobrepase un límite de tensión, además de contar con histéresis, tenemos que la mejor opción es la de un diodo emisor de luz a la entrada y un circuito de histéresis a la salida en el mismo encapsulado, así tenemos que los dispositivos que cuentan con estas características son: H11L1, H11L2, MOC5007, MOC5008 y MOC5009, de los cuales, el H11L1, MOC5008 y MOC5009 son de histéresis un poco imprecisa y demasiado grande, quedando solo el H11L1 y el MOC5007, los cuales son similares, y tienen como principal característica una histéresis pequeña con un consumo de corriente muy bajo, de los cuales ocuparemos el **H11L1** por ser el mas usado en el mercado, aunque puede ser substituido directamente por el MOC5007 sin ninguna modificación, por otra parte, para hacer circular la corriente por el diodo emisor de luz interno, se procede a colocar una resistencia en serie, que a su vez sirve de limitadora de corriente y también como la resistencia que va a calibrar el momento del cambio de estado a la salida, esta resistencia será de uso común, además se colocará un diodo rectificador en serie, esto es porque el diodo led actúa en una sola dirección, podría decirse que es innecesario este led, pero además de rectificar sirve de protección al circuito de entrada, el diodo utilizado será cualquiera que soporte más de 200V, el mas utilizado es el **1N4003**, que tiene como característica soportar como máximo 200 Vp, el cual será útil para este circuito, con respecto a sus salida, se utilizará un método similar al sensor de giro mencionado con anterioridad, por lo que nuevamente ocuparemos el circuito integrado monoestable **MC14538B**, cambiando únicamente el valor de sus componente dando el tiempo necesario para ignorar los transitorios que puedan presentarse en la alimentación al motor.

2.- Submódulo de Elementos de Potencia.

En este submódulo se utilizará el TRIAC como elemento interruptor de la alimentación hacia el motor, puesto que el motor consume una corriente aproximada de operación de 2.2 Amperes por fase, además de que para el cálculo de la corriente de arranque se le debe agregar un 10% de la corriente nominal de trabajo, resultando una corriente total de:

$$\text{Corriente Total (CT)} = \text{Corriente Nominal (CN)} + 10\% \text{ CN}$$

$$\text{CT} = 2.2 \text{ A} + (0.1 \times 2.2 \text{ A}) = 2.42 \text{ A}$$

Por lo que los TRIACS requeridos deberán de soportar una corriente mayor a 2.42 A, así que el valor comercial mas cercano superior a estas características es el de 4 A, necesitando que soporten una tensión de más de 220 VRMS, el valor comercial inmediato superior es de 400 VRMS, ya que se utilizarán en alimentación trifásica, el elemento que cumple con estas características es el **2N6073B**, que es el mas estable de esta serie, quedando descartado el **2N6073**, y el **2N6073A**, aunque este último podría fungir como sustituto sin mayor problema, mientras que para su disparo se utilizará el optotriac, ya que este además de aislar la sección de control con la salida, solamente se agrega unas cuantas resistencias y un capacitor de uso común para su funcionamiento, además que deberá contar con un sistema de cruce por cero para evitar la conducción máxima instantánea en los TRIACS logrando alargar la vida de estos, por lo que el optoacoplador que será utilizado es el **MOC3043**, ya que este soporta una tensión eléctrica de hasta 400 VRMS, y se necesita una corriente pequeña para activarlo, no se eligieron el **MOC3041** ni el **MOC3042**, ya que se necesita una corriente mayor para hacerlos funcionar, y finalmente para el transistor que permitirá la conducción en los diodos led de los optoacopladores será uno de baja corriente de uso común de tipo NPN, el cual será por conveniencia y mayor abundancia en el mercado el **BC547A**.

II.2.3.2.- Desarrollo y Cálculos.

1.- Submódulo de Sensores de Fase.

A continuación se observa la disposición de terminales del circuito integrado H11L1:

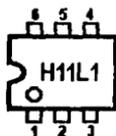


Figura 2.22.

De donde la terminal 3 es NC va sin conexión, la terminal 1 que es A es el ánodo del diodo led, la terminal 2, es C, el cual es el cátodo del diodo led, la terminal 4 es la salida de la compuerta digital con histéresis, la terminal 5, es GND que es la polarización negativa del circuito, y la terminal 6 que es VCC es la terminal positiva.

Así que el diagrama a bloque que se utilizará queda de la siguiente forma:

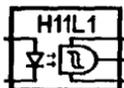


Figura 2.23.

Mientras que el circuito integrado MC14538B, será el mismo mencionado en el módulo anterior, por lo que solamente renombraremos su diagrama a bloque:



Figura 2.24.

Así que procedemos a dar el circuito que cumpla con lo propuesto anteriormente, puesto que son tres fases las que se van a sensar y en cada circuito integrado MC14538B existen dos monoestables, se tendrán que utilizar dos de estos circuitos, además de los tres optocompuertas schmitt, quedando de la siguiente forma:

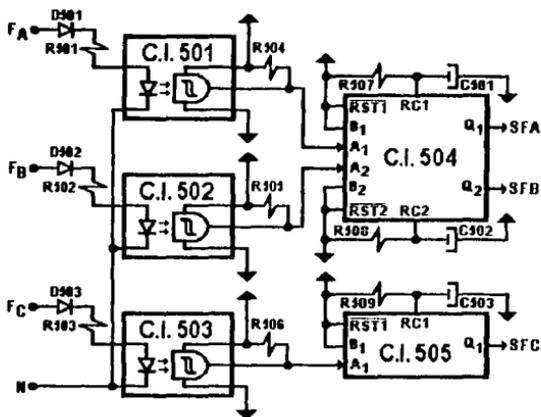


Diagrama 2.17.

De donde los diodos D501, D502 y D503 son de la serie 1N4003, CI501, CI502 y CI503 son circuitos integrados H11L1, CI504 y CI505 son circuitos integrados MC14538B, R504, R505, y R506 son resistencias de 10 KOhms @ 1/4 W, este valor es asignado únicamente para polarizar las entradas de los circuitos integrados MC14538B, ya que las salidas de los circuitos integrados H11L1 son de colector abierto y el cálculo de la potencia no es necesario realizarla ya que se calculó con anterioridad, con respecto a R501, R502 y R503 son iguales; R507, R508 y R509, son también iguales, mientras que los capacitores C501, C502 y C503 también son iguales y a continuación se procede a su cálculo:

Para efectos de cálculo R501, R502 y R503 se sustituyen por R1; R507, R508 y R509, se sustituirán por R2, y C501, C502 y C503, se sustituirán por C:

Como lo fue anteriormente, utilizaremos la ecuación que define al tiempo para el circuito integrado MC14538B que es: $T = R \times C$.

Cálculo de R1:

Para calcular R1 se tomarán los datos del manual del circuito integrado H11L1, de los cuales ocuparemos principalmente la corriente de disparo de encendido $I_{F(on)}$, la cual es $I_{F(on)T} = 1.2 \text{ mA}$, que es la corriente típica, mientras que la máxima es $I_{F(on)M} = 1.6 \text{ mA}$, otro dato importante es que la corriente máxima que soporta es de 60 mA en corriente directa, por lo que los valores que utilizaremos se localizan muy por debajo de este valor, por lo que no existirá ni el menor riesgo de llegar siquiera a esta corriente, otro de los datos es la corriente de apagado, la cual es $I_{F(off)T} = 0.75 \text{ mA}$ que es la típica y la mínima es $I_{F(off)m} = 0.3 \text{ mA}$, estos datos no son de utilidad, por lo que se ignorarán, otro de los datos

que se tomarán en cuenta, pertenecen al motor y a la tensión eléctrica en la entrada, la tensión eléctrica que requiere el motor es de 220 VRMS, esto es entre fases, que transportado a energía monofásica son 127 VRMS, pero lo que requerimos es el voltaje pico, que es $V_p = 180$ Vp, el motor puede soportar una pérdida de tensión del 10%, por lo que el voltaje pico mínimo será de:

$$V_p(m) = 180 \text{ Vp} - 10\% \text{ de } 180 \text{ Vp} = 180 - 18 = 162 \text{ V.}$$

Pero también debemos tomar en cuenta una elevación en la tensión la cual no es común y como se planteo desde el principio, no afecta al motor, pero al circuito sensor si podría afectarle, por lo que se sugiere una elevación de la tensión eléctrica también del 10%, por lo que el voltaje pico máximo será de:

$$V_p(M) = 180 \text{ Vp} + 10\% \text{ de } 180 \text{ Vp} = 180 + 18 = 198 \text{ V.}$$

Por lo que utilizando el valor típico de $I_F(\text{on}) = 1.2$ mA y el voltaje pico mínimo $V_p(m) = 162$ V, se calcula la resistencia que se deberá colocar:

$$R1 = V_p(m) / I_F(\text{on}) = 162 \text{ V} / 1.2 \text{ mA} = 135 \text{ KOhms.}$$

Pero por la imprecisión de las resistencias aunado a que los circuitos integrados tienen diferencias con los valores típicos, se deberá modificar la resistencia a modo de que quede una resistencia fija en serie con una variable para ajustar a los valores requeridos, así que para calcular la resistencia fija, se tomará en cuenta $I_F(\text{on})M = 1.6$ mA con $V_p(m)$ y ahora en adelante llamaremos a las resistencias fijas como $RF1$, y las variables como $RV1$, quedándonos arreglos de entrada de la siguiente forma, $RF1$ equivale a $R501$, $R502$ y $R503$ y $RV1$ equivalen a $P501$, $P502$ y $P503$ de donde el diagrama final se dará al terminar este submódulo, la forma de calibración, se deberá realizar con un osciloscopio para que el circuito se dispare cuando pase los 162 Vp, y que se mantenga en el mismo estado si no los sobrepasa.

Así que calculando $RF1$, quedando de la siguiente forma:

$$RF1 = V_p(m) / I_F(\text{on})M = 162 \text{ V} / 1.6 \text{ mA} = 101.25 \text{ KOhms}$$

Que son aproximadamente 100 KOhms, la cual cumple con los requisitos, pero también hay que calcular la potencia que disipará, para eso se tomará en cuenta el peor de los casos que es cuando V_p es máximo o sea $V_p(M) = 198$ V, por lo que realizando el cálculo, queda:

$$WRF1 = V_p(M)^2 / RF1 = (198 \text{ V})^2 / 100 \text{ KOhms} = 0.39204 \text{ W}$$

Por lo que la resistencia será $RF1 = 100 \text{ KOhms @ } 1/2 \text{ W.}$

Ahora bien pasando al cálculo de $RV1$, será necesario tener una corriente mínima de disparo, los datos obtenidos del manual no lo incluyen, sin embargo se puede suponer con respecto la gráfica que aparece en esa sección, la cual se denomina características de

transferencia, por lo cual el valor mínimo será de $I_{F(on)m} = 1 \text{ mA}$, nuevamente ocuparemos de valor de $V_p(m) = 168 \text{ V}$, quedando:

$$R1(M) = V_p(m) / I_{F(on)m} = 168 \text{ V} / 1 \text{ mA} = 168 \text{ KOhms}$$

Restando la resistencia fija:

$$RV1 = R1(M) - RF1 = 168 \text{ KOhms} - 100 \text{ KOhms} = 68 \text{ KOhms}$$

Este valor de 68 KOhms es comercial, por lo que solo resta calcular la potencia que disipa en el peor de los casos, con $V_p(M) = 198 \text{ V}$.

$$IR1(M) = V_p(M) / R1(M) = 192 \text{ V} / 168 \text{ KOhms} = 1.14286 \text{ mA}$$

$$VRV1 = RV1 \times IR1(M) = 68 \text{ KOhms} \times 1.14286 \text{ mA} = 77.714 \text{ V}$$

$$WRV1 = VRV1 \times IR1(M) = 77.714 \text{ V} \times 1.14286 \text{ mA} = 0.0888 \text{ W}$$

Por lo que la resistencia variable será **RV1 = 68 KOhms @ 1/4 W**

Pasando ahora al cálculo de R2 y C, tenemos que $T = R2 \times C$, el cálculo se realizará suponiendo el valor de un capacitor comprendido entre 1 microfd y 4.7 microfd, y T será el tiempo que se va a necesitar para que actúe el circuito en caso de una baja de energía, los sistemas eléctricos actúan regularmente en 3, 5 ó 7 ciclos, nosotros tomaremos la media que son 5 ciclos para que el circuito monoestable se desactive, logrando con esto ignorar los transitorios que pudieran presentarse.

Por lo que el tiempo será de:

$$T = 5 \times (1 / f) = 5 / f = 5 / 60 \text{ Hz} = 83.33 \text{ ms}$$

Por lo que proponiendo valores comerciales de capacitores tenemos:

$$R2 = T / C = 83.33 \text{ ms} / C$$

C (microfd) Comercial	R2 (KOhms) Calculada	R2 (KOhms) Comercial
1	83.33	86
1.5	55.55	56
2.2	37.88	39
2.7	30.86	33
3.3	25.25	27
3.9	21.37	22
4.7	17.73	18

Tabla 2.4.

Por lo que el valor mas adecuado es $C = 4,7 \text{ microfd}$ y $R2 = 18 \text{ KOhms}$ ya que la potencia que disipará la resistencia es mínima, esta será: $R2 = 18 \text{ KOhms @ } 1/4 \text{ W}$ y $C = 4,7 \text{ microfd @ } 10 \text{ V}$.

Entonces este submódulo trabajará de la siguiente forma: Mientras el voltaje pico rebasa los 162 Vp en cada onda, el circuito monoestable estará redisparandose logrando con esto una señal a la salida Q en 1 lógico, lo que indica un voltaje mayor al necesario, y si este voltaje fuera menor durante 5 ciclos, el circuito monoestable pasará a nivel lógico 0 indicando una tensión eléctrica menor a la requerida, por lo que el diagrama final del submódulo sensor de fase quedará de la siguiente forma:

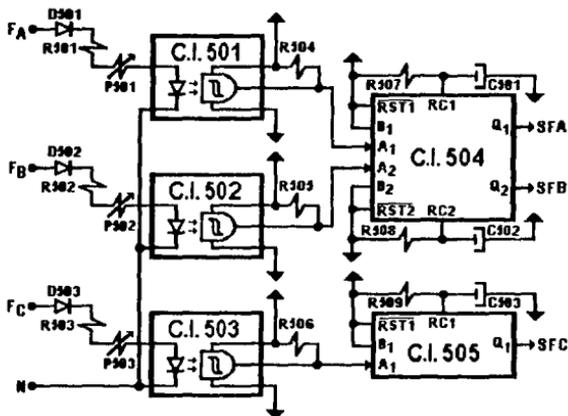


Diagrama 2.18.

2.- Submódulo de Elementos de Potencia.

Este submódulo es el encargado de dejar pasar la energía eléctrica hacia el motor, el cual está compuesto por tres triacs 2N6073B, también por tres optoacopladores MOC3043 y un transistor BC547A, además de las resistencias necesarias y los capacitores acoplados a las resistencias para formar un circuito supresor de ruido que se pueda generar por causa de las inductancias del motor, y puesto que el sistema individual en cada fase es similar a las demás, se hará el análisis de una sola fase repitiéndose para las dos restantes, a continuación observamos la disposición de las terminales de los principales dispositivos para este submódulo:

Comenzaremos con el elemento principal de potencia el 2N6073B, en el cual a continuación observamos su disposición de terminales, la vista que se presenta es frontal:



Figura 2.25.

De donde la terminal 1 es MT1, la terminal 2 es MT2 y la terminal 3 es G o puerta, a continuación vemos su figura de bloque que utilizarlo en los próximos diagramas:

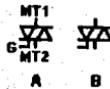


Figura 2.26.

De donde A indica la posición de las terminales y B el símbolo o bloque que se utilizará, a continuación observamos al circuito integrado MOC3043, el cual es un optoacoplador con salida de triac y un circuito detector de cruce por cero, vemos primero su disposición de terminales:

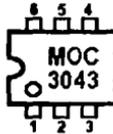


Figura 2.27.

De donde la terminal 1 es el ánodo (A) del diodo emisor de luz interno, la terminal 2 es el cátodo (K) del diodo emisor de luz, las terminales 3 y 5 son (NC) no conexión, la terminal 4 es MT2 y la terminal 6 es MT1, a continuación se presenta su diagrama a bloque:

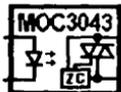


Figura 2.28.

Y finalmente observamos la disposición de las terminales del transistor TBJ de tipo NPN BC547A en vista frontal:



Figura 2.29.

De donde la terminal número 1 es el colector (C), la terminal 2 es la base (B) y la terminal número 3 es el emisor (E), a continuación presentamos su símbolo para utilizarlo en diagramas:



Figura 2.30.

A continuación procedemos a proponer un diagrama básico para cada fase, en el cual es incluido un circuito filtro RC que es necesario a causa de que el motor en si es una impedancia con bobinas, las cuales provocan que la corriente se atrase con respecto de la tensión eléctrica, y esto podría causar un daño permanente en el circuito de potencia:

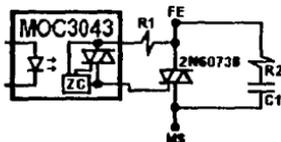


Figura 2.31.

De donde FE es la entrada de fase, MS es la salida de la fase hacia el motor, R1 la resistencia limitadora de corriente para el optotriac, R2 y C1 conforman el circuito filtro RC, para el caso de R1, no hay mayor problema, puesto que el mismo fabricante de los semiconductores recomienda el valor de 360 Ohms a 1/2 W, como un valor de óptimo desempeño estándar, mientras que para el circuito R2 y C1, se calcularán con el método de resonancia, para lo cual necesitamos conocer la inductancia por fase del motor, para eso recurrimos a los datos de placa, de los cuales obtenemos el factor de potencia $f_p = 0.85$, la corriente nominal que es de 1.96 A, y la tensión eléctrica entre fases de 220 VRMS, por lo que calculando la potencia por fase tenemos:

$$S = (V \times I \times 1.732) / 3 = (220 \text{ V} \times 1.96 \text{ A} \times 1.73) / 3 = 248.65 \text{ VA}$$

Para calcular la potencia reactiva tenemos:

$$Q = S \times (1 - \text{fp}) = 248.65 \text{ VA} \times (1 - 0.85) = 37.30 \text{ VARS}$$

Por lo que para calcular la reactancia inductiva tenemos:

$$ZL = Q / I^2 = 37.30 \text{ VARS} / (1.96 \text{ A})^2 = 9.71 \text{ Ohms}$$

Para calcular la inductancia tenemos:

$$L = ZL / (2 \times 3.14159 \times f) = 9.71 \text{ Ohms} / (2 \times 3.14159 \times 60) = 25.76 \text{ microHy}$$

Entonces calculando la frecuencia de resonancia tenemos:

$$f_r = (dv/dt)_{\text{min}} / (2 \times 3.14159 \times V_{\text{max}})$$

El valor de $(dv/dt)_{\text{min}}$ es el siguiente en el peor de los casos:

$$(dv/dt)_{\text{min}} = 50 \text{ V/microS}$$

Mientras que:

$$V_{\text{max}} = V_p = V_{\text{RMS}} \times 1.414 = 220 \text{ V} \times 1.414 = 311.13 \text{ V}$$

Sustituyendo en f_r :

$$f_r = 50 \text{ V/microS} / (2 \times 3.14159 \times 311.13 \text{ V}) = 25.58 \text{ Khz.}$$

$$C1 = 1 / ((2 \times 3.14159 \times 25.58 \text{ Khz})^2 \times L)$$

$$C1 = 1 / ((2 \times 3.14159 \times 25.58 \text{ Khz})^2 \times 25.76 \text{ microHy}) = 1.5 \text{ microfd}$$

$$R2 = (L / C1)^{1/2} = (25.76 \text{ microHy} / 1.5 \text{ microfd})^{1/2} = 4.14 \text{ Ohms}$$

Por lo que los elementos serán:

$$R1 = 360 \text{ Ohms @ } 1/2 \text{ W}$$

$$R2 = 3.9 \text{ Ohms @ } 2 \text{ W}$$

$$C1 = 1.5 \text{ microfd @ } 400 \text{ V}$$

Presentamos a continuación el diagrama final de este submódulo:

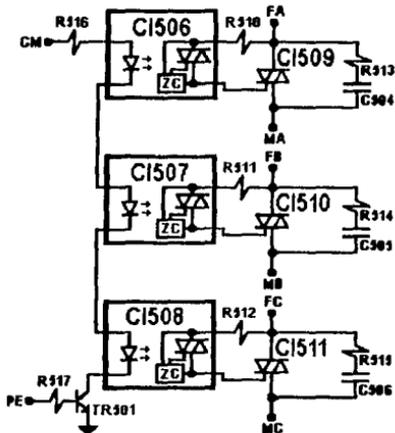


Diagrama 2.19.

De donde FA, FB y FC son las entradas de la fase A, fase B y fase C correspondientemente, mientras que MA, MB y MC son las salidas de fase hacia el motor correspondientes a sus fases, CM es la señal de control de motor y PE la señal de paro de emergencia, R510, R511 y R512 toman el valor de R1 antes calculado; R513, R514 y R515 toman el valor de R2 antes calculado; C504, C505 y C506 toman el valor de C1 antes calculado, CI506, CI507 y CI508 son los circuitos integrados MOC3043; CI509, CI510 y CI511 son triacs 2N6073B; TR501 es el transistor BC547A; mientras que R516 y R517 se convierten en R3 y R4 correspondientemente para efectos de cálculo que se llevarán a continuación:

Para R3 se toman los datos del fabricante de los circuitos integrados MOC3043 que son; $V_{FTyp} = 1.3 \text{ V}$, $I_{FT} = 5 \text{ mA}$, y los datos de la fuente de poder son: $V_{cc} = 5 \text{ V}$, y el dato del transistor en saturación es: $V_{cesat} = 0.2 \text{ V}$, por lo que la ecuación de malla queda:

$$V_{cc} = (R3 \times I_{FT}) + V_{F1} + V_{F2} + V_{F3} + V_{cesat}$$

Quedando:

$$R3 = (V_{cc} - 3V_F - V_{cesat}) / I_{FT} = (5 \text{ V} - (3 \times 1.3 \text{ V}) - 0.2 \text{ V}) / 5 \text{ mA}$$

$$R3 = 180 \text{ Ohms}$$

La potencia que disipa será de:

$$PR3 = VR3 \times IFT = 0.9 \text{ V} \times 5 \text{ mA} = 4.5 \text{ mW}$$

Por lo que la resistencia R516 será:

$$R516 = 180 \text{ Ohms @ } 1/4 \text{ W}$$

Y para R4 tenemos que, el $V_{besat} = 0.7 \text{ V}$, $V_{cc} = 5\text{V}$ y $h_{fe} = 200$, por lo que h_{fe} forzada será de:

$$h_{fef} = 90\% h_{fe} = 0.9 \times 200 = 180$$

Por lo que la corriente de base será:

$$I_B = IFT / h_{fef} = 5 \text{ mA} / 180 = 27.78 \text{ microA}$$

De la ecuación de malla tenemos:

$$V_{cc} = (R4 \times I_B) + V_{besat}$$

Entonces:

$$R4 = (V_{cc} - V_{besat}) / I_B = (5 \text{ V} - 0.7 \text{ V}) / 27.78 \text{ microA} = 154.7876 \text{ KOhms}$$

La potencia que disipa es despreciable por lo que el valor de R517 será:

$$R517 = 150 \text{ KOhms @ } 1/4 \text{ W}$$

Por lo que finalmente tenemos la tabla de verdad de este submódulo:

CM	PE	TRIACS
0	0	Apagados
0	1	Apagados
1	0	Apagados
1	1	Encendidos

Tabla 2.5.

II.2.3.3.- Diagrama Circuital.

A continuación observamos el diagrama final del circuito de Potencia:

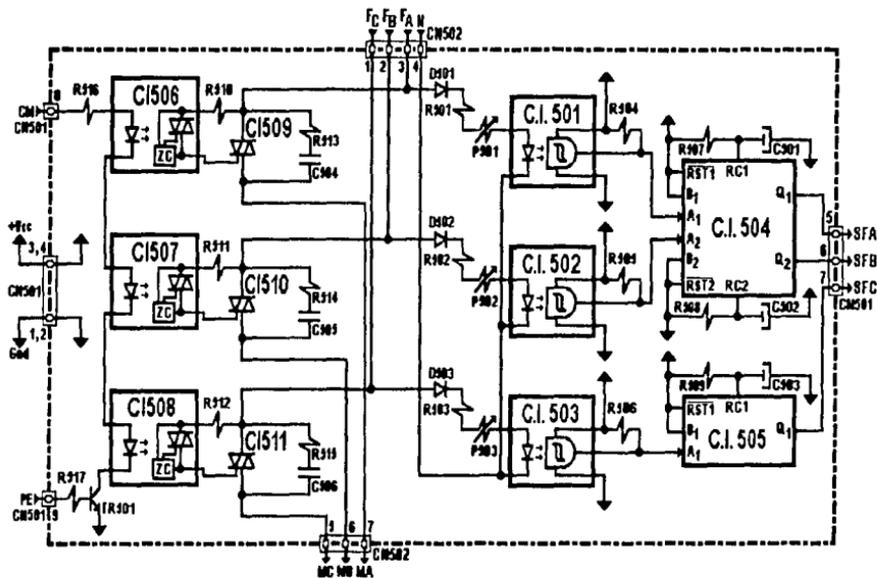


Diagrama del Módulo de Potencia

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

II.3.- Módulo de Teclado y Pilotos.

II.3.1.- Definición de los submódulos.

Este módulo es el que va a tener mas contacto con el operador, ya que desde aquí se dan las órdenes al sistema para realizar su trabajo, lo primero que debemos hacer es definir las secciones o submódulo que compondrán al módulo, por lo que es necesario retomar del capítulo I los diagramas relacionados con este módulo, así que presentamos el primer diagrama de flujo, el cual iremos desglosando para obtener los resultados que requerimos:

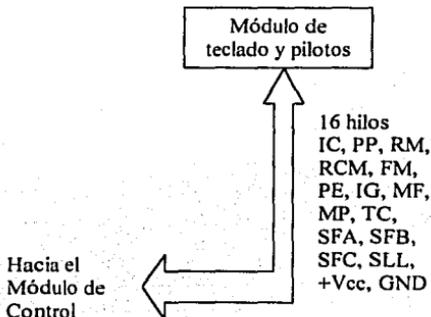


Diagrama 2.20.

De aquí observamos que existen 16 hilos o bits de los cuales no haremos mención de los dos hilos de polarización los cuales son +Vcc y GND, como podemos observar, este módulo cuenta con dos secciones principales, una es donde se colocan todos los botones para controlar el proceso y otra los indicadores a través de elementos luminosos, donde se sensan los procesos que se están realizando, así que esto mismo nos sirve para definir los submódulos de este módulo, el primero será llamado Submódulo de Teclado, y el segundo será Submódulo de Pilotos, así que a continuación se presenta el diagrama con los submódulos correspondientes:

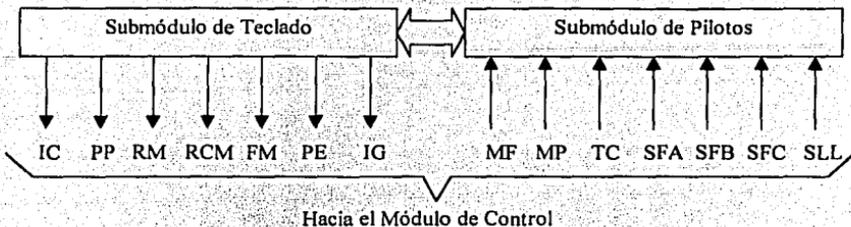


Diagrama 2.21.

Como se observa, este módulo es el más sencillo de realizar, con este último diagrama es suficiente para realizar el diseño, ya que solo consta de salidas similares y entradas de igual forma, solo hay que direccionar correctamente cada una.

II.3.2.- Interconexión entre submódulos.

Entre los submódulos, existen solo dos conexiones, las cuales no es necesario mencionar, ya que se trata de +Vcc y GND, por lo que el diagrama de flujo de final cambia con respecto al anterior quedando finalmente de la siguiente manera:

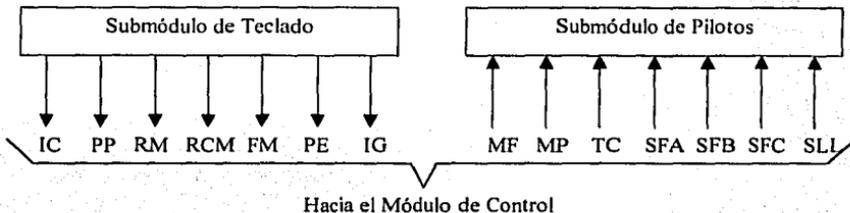


Diagrama 2.22.

Como se observará, el único cambio existente es que desaparecen las interconexiones entre submódulos, una vez definido esto, pasamos a seleccionar los dispositivos necesarios para su funcionamiento.

II.3.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.

II.3.3.1.- Dispositivos a Utilizar.

Para definir los dispositivos aquí si es necesario separar los submódulos, ya que son de características distintas, por lo que procedemos a seleccionar los dispositivos necesarios:

1.- Submódulo de Teclado.

Para este submódulo, el dispositivo mas común es el pushbutton, el cual es un dispositivo mas bien eléctrico mecánico, el cual al oprimir hace contacto entre sus dos terminales para dejar fluir la corriente eléctrica, se utilizará el de uso general sin mayor complicación, para definir los niveles lógicos se utilizarán resistencias de uso común, pero además se debe colocar un circuito integrado que elimine o minimice el ruido a causa de los pushbutton, ya que estos por ser electromecánicos, suelen generar ondas aleatorias, y sería ilógico calcular circuitos RC para cada frecuencia que pudiera presentarse, otra solución sería el de utilizar circuitos del tipo monoestable, pero la complejidad se elevaría así como el tamaño, otra más sería sincronizar las entradas con un reloj, pero sería añadir circuitos y señales, por lo que la mejor opción será la de implementar un circuito integrado de interfase que contenga en su interior Flip -Flop tipo D que se activen por nivel llamados comúnmente Latch, así definiendo el circuito, el más conveniente será el **MC14042B**, ya que los demás son activados por flancos, y estas señales pueden ser enviadas directamente después del Latch sin mayor problema, dentro de los teclados cabe mencionar que en algunos casos no se utilizarán pushbutton, sino que se utilizarán interruptores de baja corriente de un polo dos tiros de uso común, esto es por seguridad en la operación de la maquinaria.

2.- Submódulo de Pilotos.

En este submódulo, se utilizará comúnmente el diodo led emisor de luz de uso común, se utilizarán de distintos colores según sea la necesidad y se hará mención del color cuando sea pertinente, además se utilizarán resistencias limitadoras de corriente de uso general, esto es para evitar que el diodo led emisor de luz se dañe, tal vez sea necesario un amplificador de corriente para algún diodo led, para eso se utilizará un amplificador de corriente encapsulado en circuito integrado también llamado buffer, el cual será el **MC144050B**, que tiene como característica principal, proporcionar una corriente mayor en caso de necesitarse.

II.1.3.2.- Desarrollo y Cálculos.

1.- Submódulo de Teclado.

Comenzaremos por describir los dispositivos que utilizaremos en este submódulo como es el caso de los Pushbutton, interruptores y el circuito integrado MC14042B, presentamos a continuación la disposición de terminales del circuito integrado MC14042B:

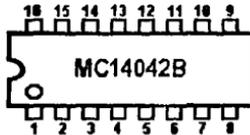


Figura 2.32.

De donde las terminales de polarización VDD y VSS son 16 y 8 correspondientemente, la terminal 5 define el pulso de reloj, mientras que la terminal 6 define la polaridad con la que se va a trabajar en el reloj, las terminales 4, 7, 13 y 14 son las entradas D0, D1, D2 y D3 correspondientemente, mientras que sus salidas afirmadas son Q0, Q1, Q2 y Q3 que corresponden en orden a las terminales 2, 10, 11 y 1, mientras que sus salidas negadas son Q0 negada, Q1 negada, Q2 negada y Q3 negada que corresponden también en orden a las terminales 3, 9, 12 y 15; a continuación se presenta su diagrama de bloque para utilizarlo en el diseño:

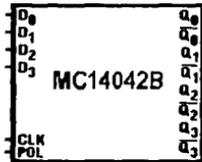


Figura 2.33.

El interruptor que utilizaremos es de uso común, su presentación física es:



Figura 2.34.

En donde C es el común, T1 es la terminal 1 y T2 es la terminal 2, a continuación observamos su diagrama para utilizar en el diseño:

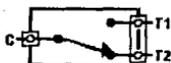


Figura 2.35.

A continuación se presenta el Pushbutton en su forma física:



Figura 2.36.

De donde T1 es la terminal 1 y T2 la terminal 2, enseguida se presenta su diagrama a utilizar:



Figura 2.37.

Por lo que a continuación se presenta el diagrama general de este submódulo:

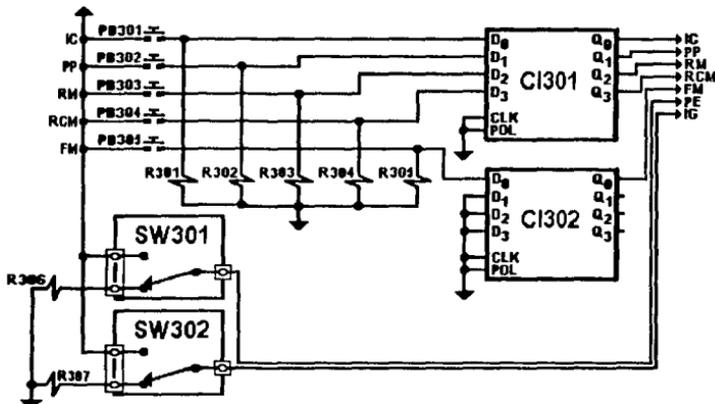


Diagrama 2.22.

De donde CI301 y CI302 son circuitos integrados MC14042B, PB301 al PB305, son Pushbutton de uso general, SW301 SW302 son interruptores de uso general y de R301 hasta R307 son resistencias ya calculadas y recomendadas de 10 KOhms @ 1/4 W.

2.- Submódulo de Pilotos.

Este submódulo en si son los indicadores necesarios para avisar al operador de la situación de la maquinaria, a continuación mostramos el diodo led, el cual se utilizará en los indicadores o pilotos:



Figura 2.38.

De donde A es el ánodo y C el cátodo del led, a continuación podemos observar su símbolo para utilizarlo en diagramas:



Figura 2.39.

Ahora mostraremos el circuito integrado Buffer el cual nos permite obtener la corriente necesaria para alimentar los leds:

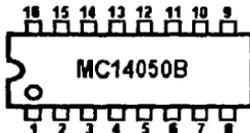


Figura 2.40.

De donde las terminales de alimentación VDD y VSS son las 1 y 8 correspondientemente, mientras que las entradas A, B, C, D, E y F son correspondientes a las terminales 3, 5, 7, 9, 11 y 14, mientras que sus salidas correspondientes son 2, 4, 6, 10, 12 y 15, mientras que las de no conexión son las terminales 13 y 16; a continuación mostramos su diagrama a bloque de este circuito integrado:

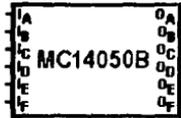


Figura 2.41.

A continuación presentamos el diagrama final del submódulo de pilotos:

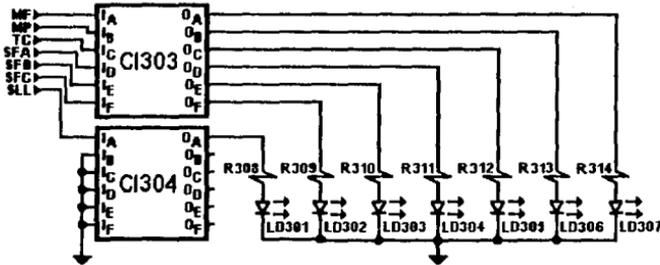


Diagrama 2.23.

De donde los leds de color rojo serán para las señales MF y SLL, de color ámbar la señal de MP y de color verde TC, SFA, SFB y SFC, las resistencias R308 a la R314, son del mismo valor, para calcularla se igualan a R, por lo que:

$$IL = 10 \text{ mA}, VL = 1.15 \text{ V}, OX = Vcc$$

De la ecuación de malla tenemos:

$$Vcc = VL + (R \times IL)$$

Despejando R:

$$R = (Vcc - VL) / IL = (5 - 1.15)V / 10 \text{ mA} = 385 \text{ Ohms}$$

Calculando la potencia que deberán disipar:

$$PR = R \times IL^2 = 385 \times (10 \text{ mA})^2 = 38.5 \text{ mW}$$

Por lo que las resistencias R serán de:

$$R = 390 \text{ Ohms @ } 1/4 \text{ W.}$$

Capítulo III.

Sistema de Control.

III.1.- Elementos a Considerar.

III.1.1.- Acoplamientos.

Para comenzar, se necesita retomar el diagrama a bloque del Capítulo I, esto es para retomar las variables que utilizaremos, así como realizar un ordenamiento conveniente para la realización del diseño del Sistema de Control, a continuación presentamos el diagrama a bloque del Módulo de Control con sus Módulos exteriores.

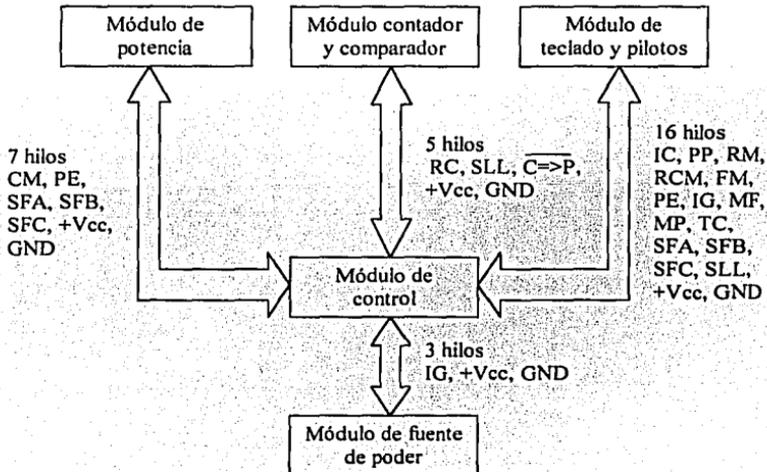


Diagrama 3.1.

En donde observamos que en algunos Módulos aparece una o varias señales repetidas que entran o salen del Módulo de Control, esto indica que es la misma señal, únicamente se está transportando esa señal a través del Módulo de Control y esto es para evitar un mayor número de cableado entre otros módulos, logrando con esto un ordenamiento y organización adecuada, en el siguiente diagrama observamos solamente el módulo de control con sus líneas de salida y entrada hacia los demás módulos.

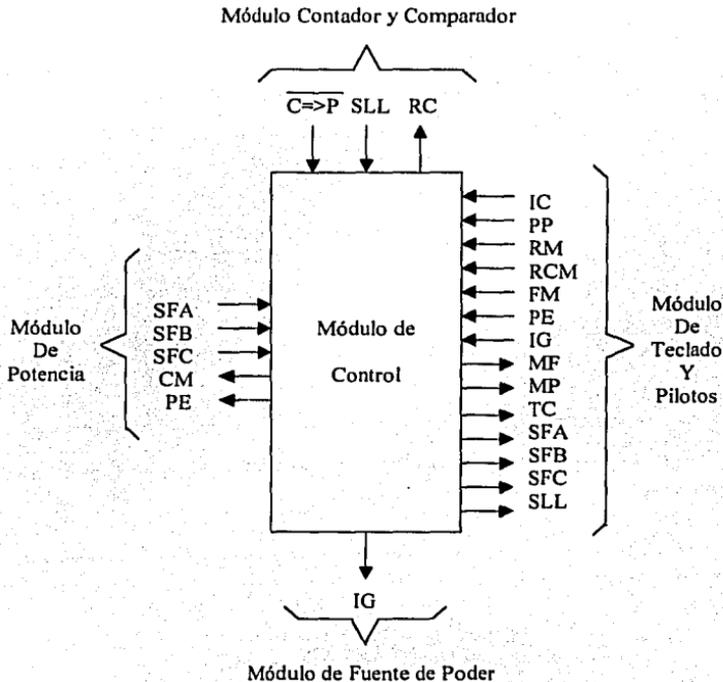


Diagrama 3.2.

Una vez que hemos definido todas las entradas y salidas del módulo de control, procederemos al planteamiento para su diseño.

III.2.- Planteamiento.

III.2.1.- Descripción del Funcionamiento.

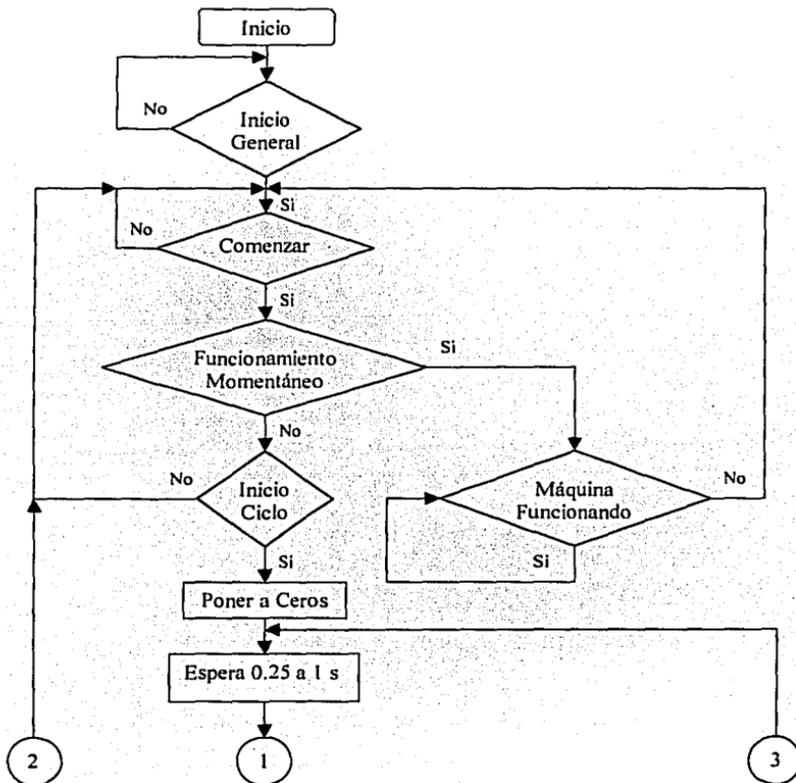
Para comenzar el diseño de un sistema secuencial, debemos primero describir que es lo que va a hacer cuando una señal cambie o cuando el usuario quiera realizar algo, así también que debe de hacer el sistema en caso de una falla que se pueda presentar, y una solución si es posible, cuando no sea posible la solución, entonces suspender y avisar, también tiene la función de coordinar señales, así como la de enviar y recibir, es por eso que se le considera el cerebro de todo un sistema o proyecto.

Todo sistema debe tener un inicio pero no necesariamente un fin, ya que puede ser un ciclo que se reinicie cada vez que sea necesario, así que se agregará un inicio y en este caso no tendrá un fin lógico, sino que su fin llegará al regresar nuevamente a un estado de espera; en la posición inicio, todo el sistema deberá estar inactivo, ninguna tecla deberá funcionar, no así algunos de los sensores, para salir del inicio, se deberá oprimir la tecla que controla la señal IG para pasar de este lugar al estado de espera de alguna función, en este estado se deberá permanecer hasta que se solicite el comienzo de un ciclo o un comienzo momentáneo, dichas señales son controladas por el teclado, específicamente por las teclas IC o FM correspondientemente, en ambos casos el contador realizará su ciclo sin ser modificado, teniendo acceso directo a un borrado del contador desde la tecla RCM, ya que esta tecla es responsabilidad del operador directamente, en la secuencia de funcionamiento momentáneo, mientras se esté oprimiendo dicha tecla, la máquina permanecerá funcionando, al dejar de oprimirla, la máquina dejará de funcionar, en el sistema secuencial pasará nuevamente a estado de espera, en todo caso en la secuencia de funcionamiento momentáneo, los sensores serán ignorados, ya que el funcionamiento en esta secuencia es responsabilidad total del operador, fuera de esta secuencia, la mayor parte de la responsabilidad cae en el circuito secuencial, siguiendo el segundo camino el cual es iniciar un ciclo, deberá primeramente borrar el contador y colocarlo en ceros que es la posición inicial de este módulo, posteriormente, deberá comenzar un ciclo, pero deberá pasar un tiempo aproximado entre 1/4 de segundo a 1 segundo sin que actúen los sensores, esto es para evitar los transitorios puedan desactivar el funcionamiento, lo cual implicaría un paro indebido, la calibración del tiempo de espera se realizará en funcionamiento normal de la maquinaria, es por eso que se da un rango suficiente de tiempo para realizar esta tarea, posteriormente se seguirá a un estado siguiente en el cual permanecerá funcionando hasta que termine el ciclo, el cual está definido por la señal $C \Rightarrow P$ negada, o que algún sensor detecte una falla imprevista o un mal funcionamiento, o que el operador suspenda la operación pasando a un estado de pausa, siendo el primer caso que es el de ciclo terminado, deberá pasar al estado de espera de inicio dando por terminado el ciclo, en caso de que algún sensor ya sea SFA, SFB o SFC detecte una falla en el suministro de energía, deberá pasar a un estado de pausa especial, indicando falla, en caso de ser falla en el movimiento de la máquina pasará a un estado de pausa que indique esta falla, posteriormente, se deberá esperar hasta que el operador decida que hacer, tiene como posibilidad de elegir entre

suspender todo el ciclo o esperar a solucionar el problema y poner nuevamente en funcionamiento la maquinaria, en ambos casos, se procederá a estar en un estado de pausa hasta que la decisión final sea tomada por el operador, después de este estado se deberá tener también una opción adicional a acceder a un funcionamiento manual, realizado por el operador, al término del funcionamiento manual deberá regresar al estado de pausa o espera, hasta que como se había mencionado con anterioridad, el operador decida si tiene que detener todo el proceso o continuar el ciclo normal o permanecer en espera, terminando con esto los ciclos que deberá componer el sistema secuencial, además el sistema cuenta con un llamado paro de emergencia, el cual está disponible en todo momento que la máquina este funcionando automáticamente, ya que cuando el operador la esta haciendo funcionar manualmente, con solo dejar de oprimir el botón de funcionamiento momentáneo, está dejará de trabajar, en caso de activarse el paro de emergencia, pasará al estado de pausa normal, quedando sin posibilidad de movimiento hasta que se resuelva el problema exterior presentado; en caso de que el sistema deje de funcionar adecuadamente o este se quede atorado, contará también con un sistema de reinicio RM, el cual manda a todos los módulos y el sistema secuencial a la posición de inicio, teniendo que encender nuevamente el sistema, una vez que hemos explicado lo que deberá hacer el sistema secuencial, se tendrá que reflejar en el siguiente punto que es su representación en un algoritmo gráfico.

III.2.2.- Algoritmo Gráfico.

Dentro de lo que es el algoritmo gráfico, es la representación gráfica en un diagrama de flujo en el cual se encuentran las acciones, decisiones y posiciones de una secuencia, en este algoritmo gráfico se encontrará resumido en gran parte el punto anterior que fue la descripción del funcionamiento, la simplificación se realizará directamente por sustitución de las variables de las señales externas de los módulos, así como la indicación simplificada de alguna función a realizar, en el caso de una decisión, esta tendrá dos caminos posibles para lo cual se tomará en cuenta únicamente la señal involucrada para el cambio al siguiente estado, así que el diagrama de flujo o algoritmo gráfico queda como sigue:



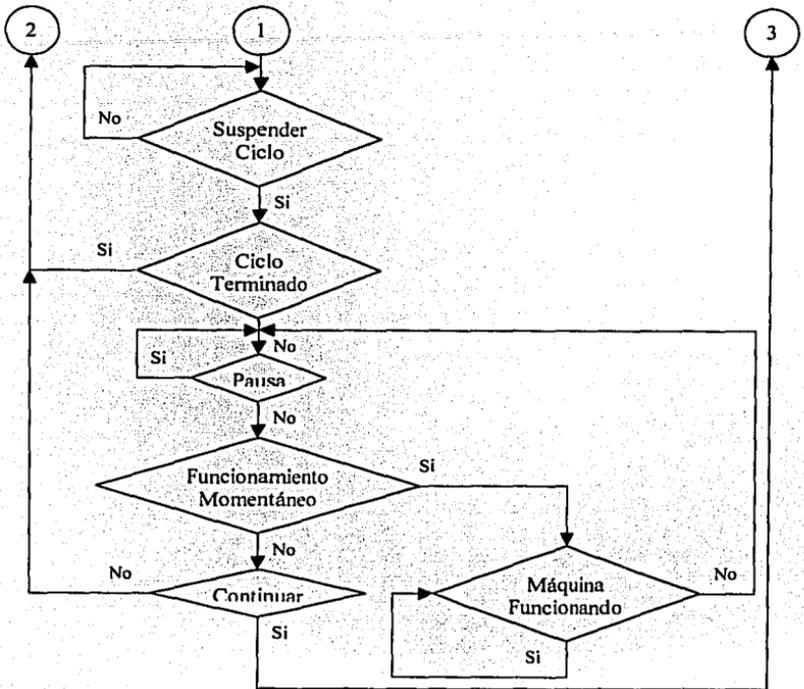


Diagrama 3.3.

El diagrama anterior, nos muestra la secuencia a seguir, sin embargo para que nuestro diagrama de flujo final o Algoritmo Gráfico definitivo sea el que utilizemos, será necesario volver a realizar el mismo diagrama anterior, pero ahora sustituyendo las acciones por las variables que gobiernan cada recuadro, se tomarán en cuenta todas las variables, pero en algunos casos, existirá una combinación de variables para lograr la variable que se requiera, así que cada vez que se necesite una combinación de variables, se escribirá dentro del recuadro en forma de una ecuación del tipo de álgebra de Boole para que cuando se realice el diseño circuital sea tomado en cuenta dentro del Módulo de Control, así mismo se hace mención del temporizador que sirve para retardar un poco las señales de los sensores, este se tomará como una variable interna propia del sistema de control, y su diseño se realizará mas adelante, por lo que aquí solamente le asignaremos nombre a la variable que será.

Retardo de Tiempo (RT), a continuación mostramos el Algoritmo Gráfico que utilizaremos:

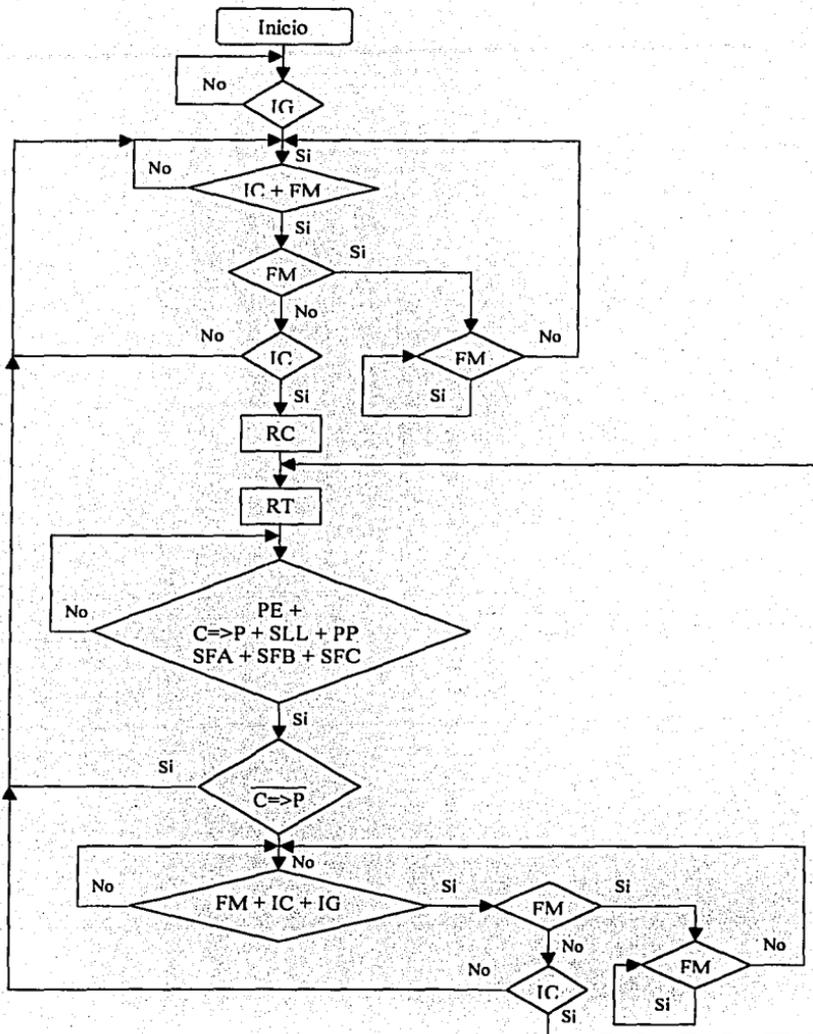
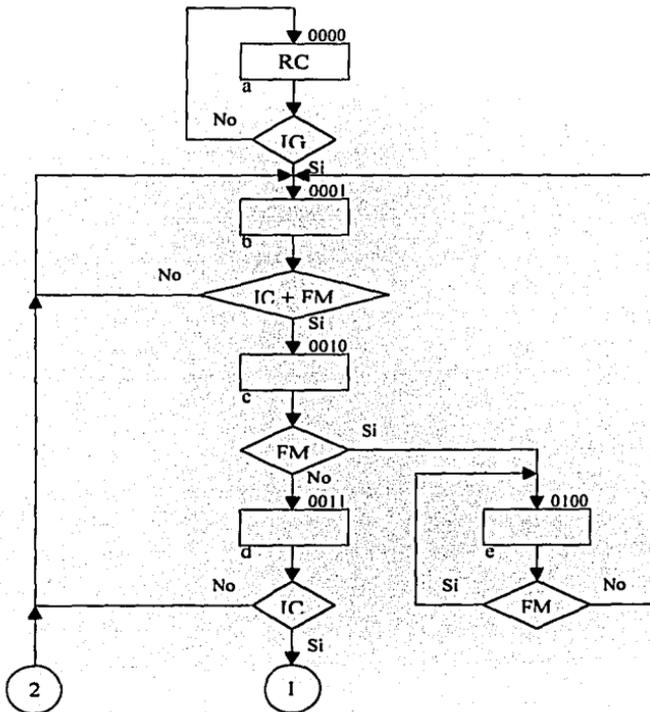


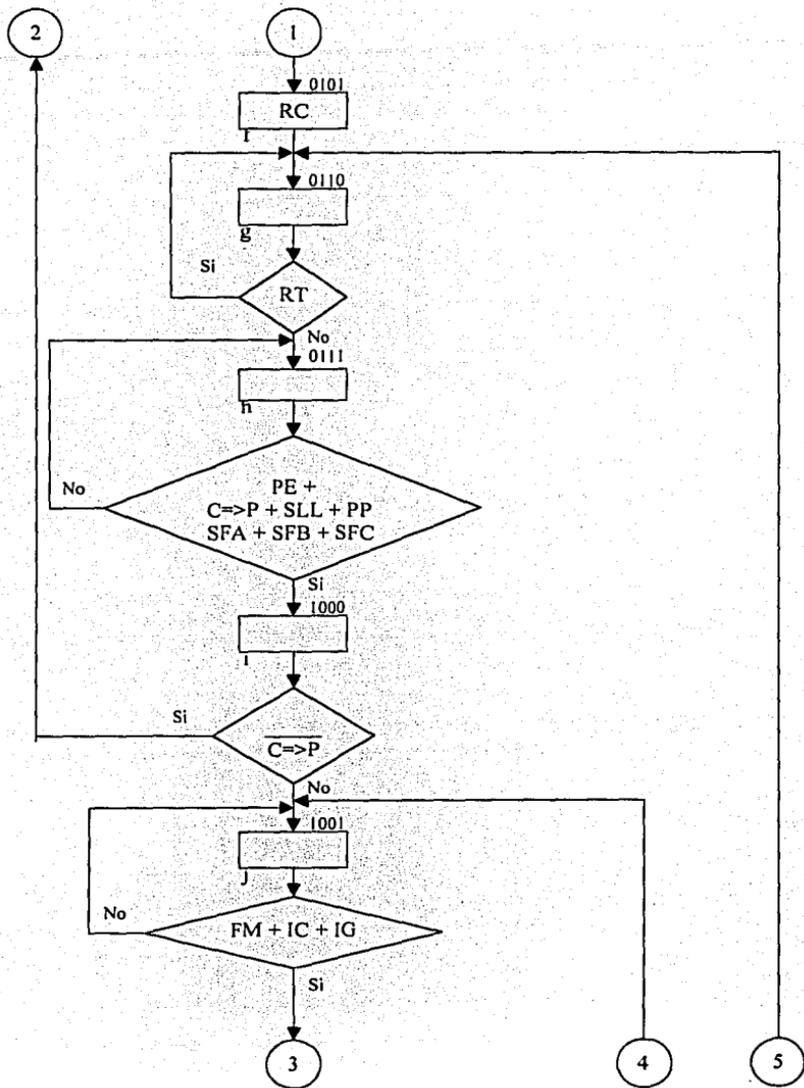
Figura 3.4.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.3.- Carta ASM.

Para Poder generar la carta ASM, es necesario utilizar el punto anterior que es el algoritmo gráfico, para esto, es necesario que en todos los bloques de decisión que no tengan un bloque de caja de estado en la parte anterior de la secuencia, se le deberá agregar un estado fantasma, el cual nos facilitará el diagrama de estados, y a cada bloque de caja se le asignará un número binario para identificarlo, esta identificación se hará en la parte superior derecha de cada bloque de estado, además de añadir un número en binario para su identificación, también se agregará una letra en minúscula del abecedario en la parte inferior derecha, esto es para simplificación en el diseño del circuito de control, y posteriormente se procederá a realizar el diagrama de estados; en el caso del bloque de retardo de tiempo, es necesario agregar una decisión y esto es para evitar que la secuencia continúe ignorando este estado, con esto evitamos el salto que pudiera ocurrir, así que sin mayor problema a continuación presentamos la Carta ASM.





TESIS CON FALLA DE ORIGEN

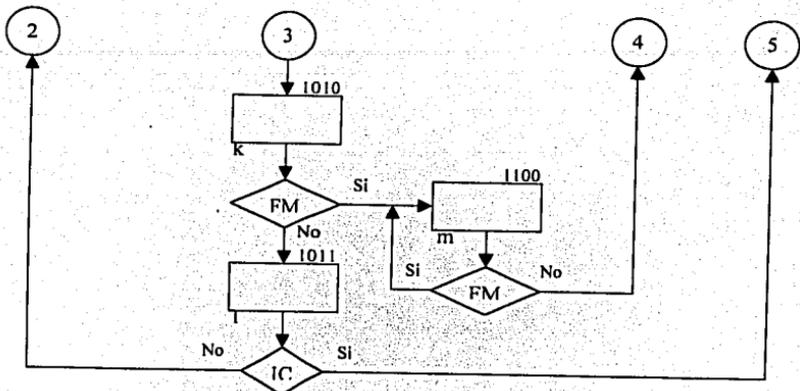


Diagrama 3.5.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

III.2.4.- Diagrama de Estados.

Después de haber transformado el algoritmo gráfico en una carta ASM, llegamos al último paso que nos permite observar un panorama completo y con detalle de todos los datos necesarios para la realización de nuestro circuito, el nombre de este diagrama se denomina Diagrama de Estados, aquí de igual forma se presenta la secuencia, pero los bloques son distintos, además de que el bloque que antecede a una decisión se comprime en uno solo, el cual se convierte específicamente en un estado, donde tiene su letra de identificación, su número o código de estado, la variable de decisión, ahora será colocada en las líneas de dirección, y se especifican las salidas que pudiera generar el control, dentro de los bloques de estado se colocará el código de estado, la letra de identificación permanecerá en su lugar, mientras que las salidas del control se colocaran sobre el costado derecho de cada estado, estas son identificadas por un par de pequeñas flechas, una de las cuales es ascendente y la otra descendente, a continuación mencionamos las salidas que se deberán presentar en los estados que sean necesarios:

Estado a: Se presenta la señal RC.

Estado b: Se presenta la señal TC.

Estado c: No hay señal.

Estado d: No hay señal.

Estado e: Se presenta la señal MF.

Estado f: Se presenta la señal RC.

Estado g: Se presenta la señal CRT (Comenzar retardo de tiempo) y MF.

Estado h: Se presenta la señal MF.

Estado i: No hay señal.

Estado j: Se presenta la señal MP.

Estado k: No hay señal.

Estado l: No hay señal.

Estado m: Se presenta la señal MF

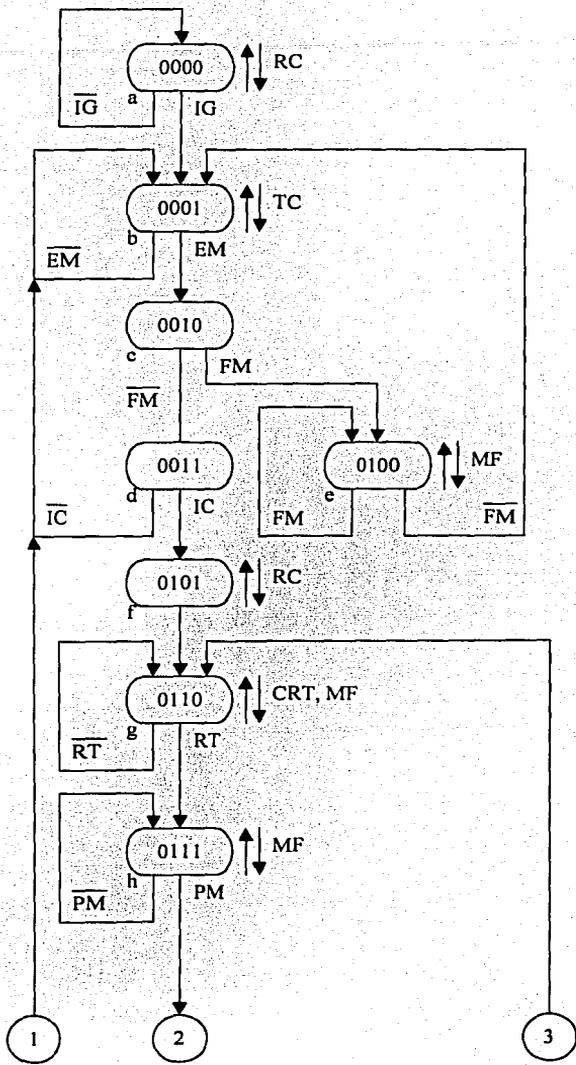
También para simplificación del diagrama se tendrán las siguientes igualdades, esto es por el espacio disponible en cada parte del diagrama de estados:

Señal EM = IC + FM.

Señal PM = PE + PP + C=>P + SLL + SFA + SFB + SFC.

Señal DF = IC + FM + IG.

Por lo que a continuación se presenta el Diagrama de Estados:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

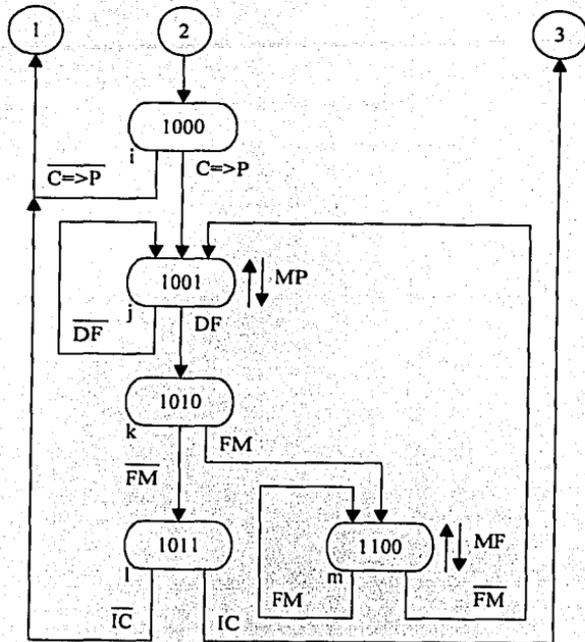


Diagrama 3.6.

III.3.- Diseño del Circuito de Control.

III.3.1.- Selección del tipo de Diseño.

Una vez que se obtuvieron los diagramas necesarios para el diseño, se procede a la selección del tipo de diseño, de los cuales, existe un sin número de estos, que se pueden dividir en básicos, medios y avanzados, a continuación explicamos estos diseños:

Diseño Básico: Este tipo de diseño se presenta cuando utilizamos elementos muy desglosados o prácticamente circuitos integrados de baja y media escala de integración en su construcción, como son compuertas básicas, flip – flops, multiplexores de pocas entradas, etc.

Diseño Medio: Es aquel en el que se ocupan circuitos integrados de media y alta escala, como son: contadores, series de flip – flops, registros, controladores muy básicos, memorias RAM, ROM, EPROM de poca memoria, etc.

Diseño Avanzado: Es aquel en el cual se requiere circuitos integrados de alta y muy alta escala, como son: microprocesadores, procesadores, microcontroladores, memorias grandes, etc.

Como se observa, existen tres caminos y cada uno deriva en otros, seleccionaremos entonces primero el diseño medio, ya que la desventaja del diseño básico consiste en que si utilizamos solamente circuitos integrados de baja y media escala, ocurrirá que el sistema de control será muy grande en número de circuitos integrados; si utilizamos un diseño avanzado, tendremos que utilizar microprocesadores o microcontroladores, así como memorias grandes y otros dispositivos periféricos, por lo que además de desperdiciar mucha capacidad, nuevamente nuestro circuito de control será muy grande; pero con el diseño medio, obtenemos un equilibrio, de que con pocos dispositivos y aprovechando casi toda la capacidad que estos ofrecen, logramos cumplir nuestros objetivos de diseño, además de que el costo será menor y el espacio utilizado también.

Dentro de lo que es el diseño medio, existen diferentes tipos de diseño con respecto a los dispositivos que se usan, de los cuales los principales son:

- Direccionamiento Directo.
- Direccionamiento Multiplexado.
- Direccionamiento por Contador.
- Direccionamiento por Registro.
- Módulo Myca I.
- Módulo Myca II.

De los cuales el módulo Myca I y Myca II, utilizan un número mayor de funciones y circuitos integrados, por lo que será desperdiciar capacidad y expandir el circuito final; En el caso de Direccionamiento Directo, se utiliza un gran número de localidades de memoria,

esto es a causa de las variables que existen, y el desarrollo se haría muy extenso, en caso de haber tenido no mas de tres variables, podría ser utilizado este tipo de diseño; siendo ahora el caso del Direccionamiento Multiplexado, las localidades se reducen gracias a que las variables son multiplexadas, y su circuitería sería moderada; en el caso de Direccionamiento por Contador y Direccionamiento por Registro, es necesario agregar un multiplexor extra, ya tanto el contador como el registro, cuentan con dos líneas de selección, además de que se toma en cuenta la carga en paralelo, la cual requerirá compuertas básicas.

Finalmente llegamos a la conclusión de que el tipo de diseño mas apropiado es el de Direccionamiento Multiplexado.

Explicando un poco sobre este tipo de diseño, los circuitos integrados que contiene básicamente son los siguientes:

Un multiplexor para las variables de entrada.

Una memoria ROM, EPROM, EEPROM o similar.

Un registro universal, contador universal o flip – flop tipo D.

Un buffer, decodificador, demultiplexor o similar a la salida de la memoria.

Como se observa el número de elementos que se utilizan es mínimo, por lo que se observa el circuito final de control será pequeño en comparación de otros.

III.3.2.- Definición de los Periféricos Auxiliares.

En este módulo de control, se observó la necesidad de una serie de circuitos auxiliares, los cuales hasta ahora no se habían definido, este apartado trata de eso, darles forma a cada uno para que queden bien establecidos, no se pueden tratar como submódulos como en los casos anteriores, pero si como circuitos o periféricos auxiliares, los cuales realizaran las funciones faltantes, a continuación se mencionan los circuitos o periféricos auxiliares que se van a incluir dentro del módulo de control:

Circuito de Reloj: Este circuito nos proveerá de la señal cuadrada digital para ser inyectado en los sistemas secuenciales que lo soliciten.

Circuito de Retardo: Es un circuito capaz de dar un tiempo en el cual el sistema secuencial permanezca en este estado hasta que dicho tiempo termine pasando al siguiente estado y como ya se había mencionado, este tiempo de retardo es para inhabilitar los sensores y estos vayan a provocar un cambio de estado no válido.

Circuitos Generadores de Señal: Es la combinación de las señales necesarias para generar las señales nuevas antes mencionadas, las cuales son: EM, PM e DF.

A continuación observamos la conexión de dichos periféricos con el circuito de control:

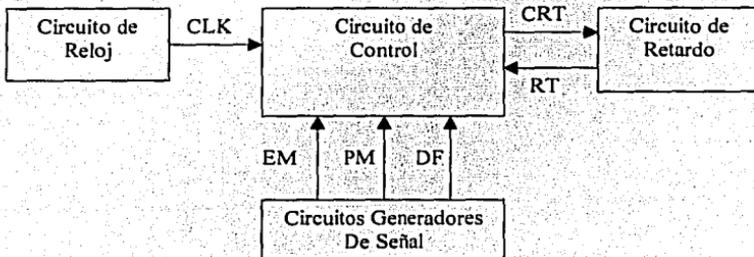


Diagrama 3.7.

En donde CLK es la señal del reloj, CRT (Comenzar Retardo de Tiempo) es la salida del circuito de control al circuito de retardo, La señal RT (Retardo de Tiempo) es la señal que indica la terminación del retardo, las señales EM, PM y DF son el resultado de la suma en álgebra de Boole de las siguientes señales:

$$EM = IC + FM.$$

$$PM = PE + PP + C \Rightarrow P + SLL + SFA + SFB + SFC.$$

$$DF = IC + FM + IG.$$

III.3.3.- Dispositivos Necesarios.

Aquí es donde se seleccionarán los circuitos más adecuados para el módulo de control, para esto se dividirá en 4 secciones de la siguiente forma:

- 1.- Circuito de Reloj.
- 2.- Circuito de Retardo.
- 3.- Circuitos Generadores de Señal.
- 4.- Circuito de Control.

Así entonces comenzamos en ese orden y en el siguiente subcapítulo seguiremos con este mismo orden:

1.- Circuito de Reloj:

El circuito integrado principal que utilizar es el común NE555, el cual puede ser configurado como un circuito monoestable, biestable o astable, la configuración astable será la utilizada, además de que nos entrega una señal cuadrada y tiene un rango amplio de tensiones para polarizarlo, a continuación presentamos su disposición de terminales:

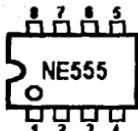


Figura 3.1.

En donde la terminal 1 es GND, la terminal 8 VCC, la terminal 2 es trigger, la terminal 3 es la salida, la terminal 4 es reset, la terminal 5 es el control de tensión, la terminal 6 es threshold y la terminal 7 es descarga.

Realmente para ser utilizado como un diagrama a bloque, es necesario definir la posición de los elementos externos como son las resistencias y los capacitores, así que el diagrama a bloque siguiente incluye como y donde serán colocadas las resistencias y capacitores necesarios para su funcionamiento:

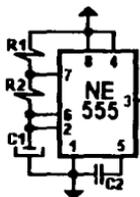


Figura 3.2.

2.- Circuito de Retardo:

Este circuito debe incluir un circuito integrado monoestable, podemos utilizar para este efecto el **MC14538B**, el cual ya hemos utilizado con anterioridad, y que a continuación presentamos nuevamente su disposición de terminales:

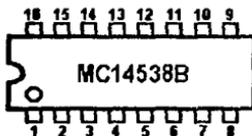


Figura 3.3.

De donde la terminal 16 es VDD o polarización positiva, las terminales 1, 8 y 15 son VSS o polarización negativa, dentro de este circuito integrado se localizan dos multivibradores monoestables, de los cuales correspondientemente serán las terminales del monoestable A y monoestable B, salida Q terminal 6 y 10, salida Q negada 7 y 9, reset negado son las terminales 3 y 13, la entrada de tiempo RC son 2 y 14, entrada A de disparo 4 y 12, entrada B de disparo son 5 y 11, a continuación se observa su diagrama a bloque de este circuito integrado:



Figura 3.4.

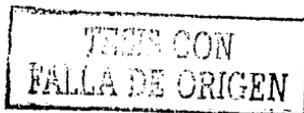
De este circuito, únicamente ocuparemos la mitad, el circuito integrado cuenta con dos circuitos monoestables, pero solamente necesitamos uno.

3.- Circuitos Generadores de Señal:

Para este circuito utilizaremos circuitos combinatoriales, como se observa, se pueden utilizar solamente i circuito integrado de compuertas OR de dos entradas, un circuito integrado de compuertas OR de 4 entradas y un circuito integrado con inversores, por lo cual ocuparemos los siguientes: **MC14071B**, **MC14072B** y **MC14049B** que corresponden al orden anterior, de los cuales presentamos su disposición de terminales:



Figura 3.5.



En el primer integrado, las terminales de polarización son VSS y VDD que corresponden a las terminales 7 y 14, las entradas de la primer compuerta y su salida son en ese orden las terminales 1, 2 y 3, para la segunda son las 5, 6 y 4, para la tercera son las 8, 9 y 10, para la cuarta son las 12, 13 y 11; para el segundo integrado las de polarización son las mismas del primer integrado, las entradas y la salida son en ese orden las siguientes, de la primer compuerta son las terminales 2, 3, 4, 5 y 1, de la segunda compuerta son las terminales 9, 10, 11, 12 y 13, y las terminales de no conexión son las terminales 6 y 8, en cuanto al tercer integrado, tenemos que su polarización es en las terminales 7 y 14 correspondientes a VSS y VDD, mientras que las entradas en orden son las terminales 1, 3, 5, 9, 11 y 13, y sus salidas son: 2, 4, 6, 8, 10 y 12.

Con respecto a su representación en diagrama de bloque se utilizarán los siguientes:

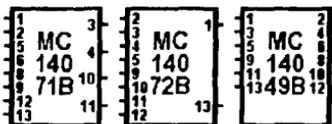


Figura 3.6.

4.- Circuito de Control:

En este circuito, ocuparemos los circuitos integrados mas convenientes, tal es el caso del multiplexor necesario para las señales de entrada al control, por lo que ocuparemos el MC14051B, del cual presentamos su disposición de terminales:

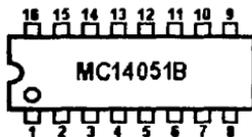


Figura 3.7.

De donde las terminales VSS y VDD son la 8 y 16 correspondientemente, las terminales de entrada son X0, X1, X2, X3, X4, X5, X6 y X7 que corresponden en este orden a las terminales 13, 14, 15, 12, 1, 5, 2 y 4, mientras que la salida X es la terminal 3, la habilitación es la terminal 6, la referencia en señales analógicas es VEE es la terminal 7, y las terminales de selección son A, B y C que corresponden a las terminales 11, 10 y 9 en ese orden, su diagrama a bloque se presenta a continuación:

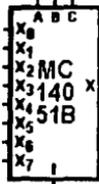


Figura 3.8.

Con respecto a utilizar flip – flops tipo D, registro o contador, es indistinto, ya que cualquiera de ellos cuenta con 4 bits de carga, por lo que utilizaremos el circuito integrado mas común que es el caso del flip – flop tipo D en específico es el MC14175B, a continuación presentamos su disposición de terminales:

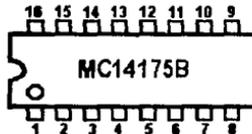


Figura 3.9.

Siendo las terminales VSS y VDD correspondientes a la 8 y 16, las terminales de entrada D0, D1, D2 y D3 son correspondientes a la 4, 5, 12 y 13, la terminal de Reset neg. es la 1, la entrada de reloj CLK es la 9, las terminales de salida Q0, Q0 neg., Q1, Q1 neg., Q2, Q2 neg. Q3, y Q3 neg. son correspondientes a las terminales 2, 3, 7, 6, 10, 11, 15 y 14; a continuación presentamos su diagrama a bloque:



Figura 3.10.

La memoria que se utilizará será una del tipo EPROM por ser la mas común en el mercado, la matrícula de esta memoria es NTE2716, de la cual presentamos a continuación su disposición de terminales:

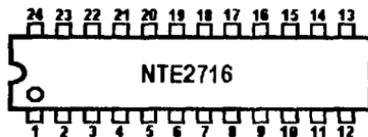


Figura 3.11.

En donde las terminales de datos son Q0, Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6 y Q7, que corresponden a las terminales 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16 y 17; las de dirección son A0, A1, A2, A3, A4, A5, A6, A7, A8, A9 y A10 que corresponden a las terminales 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 23, 22 y 19 en ese orden, la terminal 18 corresponde a E neg./Progr., que sirve para habilitar el circuito integrado o para grabarlo, G neg. es la terminal 20 corresponde a la habilitación de las salidas, la terminal 21 es VPP, donde se aplica el voltaje de grabación, y finalmente las terminales 12 y 24 que son de polarización correspondientes a VSS y VCC, a continuación presentamos su diagrama a bloque:



Figura 3.12.

Finalmente para obtener las salidas, las obtendremos codificadas de la memoria, y para decodificarlas utilizaremos el circuito integrado MC14028B, ya que este es un decodificador del tipo BCD a decimal o binario a octal, a continuación observamos su disposición de terminales:



Figura 3.13.

En donde las terminales de polarización VSS y VDD corresponden a las terminales del circuito integrado 8 y 16, sus salidas que van desde O0 hasta O9 corresponden en orden

a las terminales 3, 14, 2, 15, 1, 6, 7, 4, 9 y 5, mientras que sus entradas son A, B, C y d que corresponden también en orden a las terminales 10, 13, 12 y 11.

A continuación observamos su diagrama a bloque para ser utilizado en diagramas circuitales:

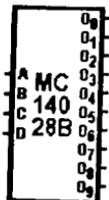


Figura 3.14.

III.3.4.- Desarrollo.

Como habíamos mencionado anteriormente, seguiremos el orden establecido, a continuación presentamos el desarrollo de los circuitos necesarios para conformar el módulo de control:

1.- Circuito de Reloj:

Para el circuito propuesto, es necesario tomar las ecuaciones que la rigen, las ecuaciones nos servirán para calcular las resistencias R1 y R2, también para calcular C1, mientras que C2 se establece en un valor fijo, esto es por recomendación, por lo cual se fija en un valor de $C2 = 100 \text{ nFd}$.

También es necesario mencionar que el número de las partes cambia, ya que esta sección lleva la numeración 2xx, por lo que R1 pasa a ser R201, $R2 = R202$, $C1 = C201$, $C2 = C202$ y el circuito integrado NE555 será IC201; las ecuaciones que rigen entonces a este circuito son:

$$f = 1.44 / (C1 \times (R1 + 2R2))$$

Por lo que se observa, nosotros debemos proponer tres valores, se recomienda proponer la frecuencia f, el capacitor C1 y alguna de las resistencias, por lo que seleccionamos para proponer a R2, por lo que de la ecuación debemos despejar la resistencia R1, quedando:

$$R1 = (1.44 / (f \times C1)) - 2R2$$

Del capítulo I tenemos que la frecuencia que vamos a utilizar debe ser baja, por lo que podríamos proponer una frecuencia alrededor de 1.5 KHz, el capacitor C1 lo fijaremos en 10 nFd., mientras que la resistencia R2 la propondremos en 39 KOhms, así que a continuación calculamos la resistencia R1:

$$R1 = (1.44 / (1.5 \text{ KHz} \times 10 \text{ nFd})) - (2 \times 39 \text{ KOhms})$$

$$R1 = 18 \text{ KOhms}$$

La potencia a disipar es muy insignificante, por lo que ambas resistencias podrán ser a 1/4 W, mientras que los capacitores serán de un mínimo de 16 Volts por ser este un valor comercial en gran cantidad, en el caso de que los capacitores ya sea uno u otro no sean electrolíticos, estos podrán ser de un voltaje de 50 V, estos por que en el mercado no se encuentran a voltajes menores, por lo que sustituyendo en la nomenclatura final de las resistencias, se tiene que:

$$R201 = 18 \text{ KOhms} @ 1/4 \text{ W}$$

R202 = 39 KOhms @ 1/4 W

C201 = 10 nFd @ 16 V

C202 = 100 nFd @ 16 V

CI201 = NE555

A continuación presentamos el diagrama final de este circuito:

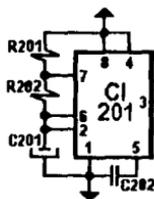


Diagrama 3.8.

2.- Circuito de Retardo.

Este circuito consta realmente de dos entradas y una salida, una de las entradas es la del reloj CLK, esto es para estar redispando el monoestable a modo de que permanezca en un solo nivel hasta que se inyecta la señal CRT, provocando que el monoestable no se redispere y cambie de estado después del tiempo establecido, la entrada que condiona al circuito de control, es la salida de este circuito que es la señal RT, la configuración final del circuito será la siguiente:

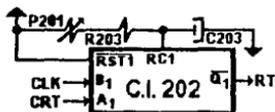


Diagrama 3.9.

Para calcular P201, R203 y C203, se utilizará de base la ecuación que define a este circuito:

$$t = RC$$

Como se observó, se necesita un rango de tiempo, es por eso que aparece una resistencia variable, para realizar el cálculo de R203 y C203 se utilizará la ecuación:

$$t1 = R203 \times C203$$

Por lo que proponiendo valores de $t1 = 0.1 \text{ s}$ y $C203 = 10 \text{ microFd}$, quedando:

$$R203 = t1 / C203 = 0.1 \text{ s} / 10 \text{ microFd} = 10 \text{ KOhms}$$

Para el cálculo de P201 tenemos que $t2 = 3.4 \text{ s}$, tenemos que:

$$P201 = (t2 / C203) - R203 = (3.4 \text{ s} / 10 \text{ microFd}) - 10 \text{ KOhms} = 330 \text{ KOhms}$$

Ya que la corriente que se consume es demasiado pequeña, la potencia será despreciable para efectos de cálculo, por lo que la resistencia y el potenciómetro pueden ser a $1/4 \text{ W}$ y el capacitor será a 16 V por ser un valor adecuado comercial; por lo que los valores finales del circuito son:

$$R203 = 10 \text{ KOhms @ } 1/4 \text{ W}$$

$$P201 = 330 \text{ KOhms @ } 1/4 \text{ W}$$

$$C203 = 10 \text{ microFd @ } 16 \text{ V}$$

$$CI202 = MC14538B$$

3.- Circuitos Generadores de Señal.

Como se había mencionado, es necesario implementar tres circuitos que sean capaces de generar tres señales (EM, PM y DF), que serán introducidas al circuito de control, estas señales están compuestas por otras provenientes de otros módulos o de algún circuito periférico al circuito de control, a continuación renombramos las señales expresadas en álgebra de Boole:

$$EM = IC + FM.$$

$$PM = PE + PP + C \Rightarrow P + SLL + SFA + SFB + SFC.$$

$$DF = IC + FM + IG.$$

Como se observa, son solo compuertas del tipo OR, para el caso de $C \Rightarrow P$ neg. es necesario pasar primero por un inversor, ya que esta señal llega invertida, así que a continuación observamos el diagrama final de los circuitos generadores de señal:

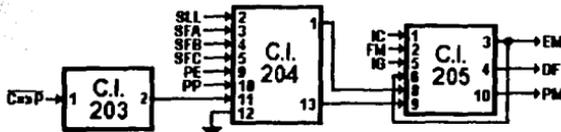


Diagrama 3.10.

4.- Circuito de Control.

Para realizar el circuito de control, nos vamos a apoyar en el diagrama de estados que realizamos anteriormente, por lo que el siguiente paso para dicho circuito es realizar la tabla de operación, en la cual quedan resumidos los datos del diagrama de estados, a modo de presentar únicamente en esta tabla el estado (letra correspondiente), indicando también la variable que rige al estado, la operación a realizar y su salida correspondiente en paréntesis, a continuación observamos la tabla de operación:

Estado	Variable	Operación	Salida
a	IG neg.	a → a	(RC)
	IG	a → b	
b	EM neg.	b → b	(TC)
	EM	b → c	
c	FM neg.	c → d	
	FM	c → e	
d	IC neg.	d → b	
	IC	d → f	
e	FM neg.	e → b	(MF)
	FM	e → e	
f		f → g	(RC)
g	RT neg.	g → g	(CRT, MF)
	RT	g → h	
h	PM neg.	h → h	(MF)
	PM	h → i	
i	C=>P neg.	i → b	
	C=>P	i → j	
j	DF neg.	j → j	(MP)
	DF	j → k	
k	FM neg.	k → l	
	FM	k → m	
l	IC neg.	l → b	
	IC	l → g	
m	FM neg.	m → j	(MF)
	FM	m → m	

Tabla 3.1.

Después de realizar la tabla de operación, se construye también la tabla de microcódigo, la cual debe presentar los estados, las direcciones los datos y los bits de dirección del multiplexor selector, estos últimos tres en número binario, en donde se deberá asignar las terminales de dirección del circuito integrado de memoria a los bits de dirección de la tabla, colocando el menos significativo a la derecha, al igual que los datos, de los cuales, la mitad izquierda pertenece a las entradas de los flip - flops tipo D y la mitad

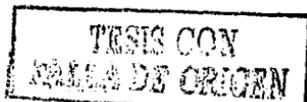
derecha se dirige a las salidas o en este caso al decodificador que nos designará la salida a utilizar según el estado, la única salida que no dependerá del decodificador será MF, ya que esta se presenta en varias ocasiones, incluso cuando se presenta otra salida, por lo que es preferible controlarla directamente de la memoria, bits de dirección del multiplexor (Mux) y las variables de condición, a continuación presentamos la tabla de micocódigo.

Estado	Dirección					Dato							Mux				Variable	
	Q3	Q2	Q1	Q0	Z	P3	P2	P1	P0	MF	C	B	A	S3	S2	S1		S0
a	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	IG neg.
	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	IG
b	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	EM neg.
	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	EM
c	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	FM neg.
	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	FM
d	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	IC neg.
	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	IC
e	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	FM neg.
	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	FM
f	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
g	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	RT neg.
	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	0	RT
h	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	PM neg.
	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	PM
i	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	C=>P neg.
	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	C=>P
j	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	DF neg.
	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	DF
k	1	0	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	FM neg.
	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	FM
l	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	IC neg.
	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	IC
m	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	FM neg.
	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	FM
	A4	A3	A2	A1	A0	O7	O6	O5	O4	O3	O2	O1	O0					

Tabla 3.2.

Como se observa, los códigos del multiplexor selector son similares a las salidas de los flip flops, por lo que pueden ir conectados en derivación de estos últimos.

Antes de realizar el circuito final, debemos proporcionar la tabla de grabación de la memoria, esto es para cargarla con los datos que son requeridos, para poder grabar la memoria, es necesario cambiar de número binario a número hexadecimal, por lo que tanto la dirección como el dato tendrá que registrarse en número hexadecimal, a continuación observamos la tabla de grabación:



Dirección (H)	Dato (H)
000	00
001	10
002	11
003	21
004	37
005	47
006	17
007	57
008	1F
009	4F
00A	60
00B	60
00C	6A
00D	7A
00E	7F
00F	8F
010	17
011	97
012	93
013	A3
014	B7
015	C7
016	17
017	57
018	9F
019	CF
01A	00
01B	00
01C	00
01D	00
01E	00
01F	00

Tabla 3.3.

Los últimos datos de grabación de la dirección 01A hasta la 01F son ceros, esto es para evitar que el sistema se quede en un estado prohibido, por lo que respecta a el resto de direcciones y datos, quedan tal y como están.

A continuación observamos el circuito de control que utilizaremos para este módulo:

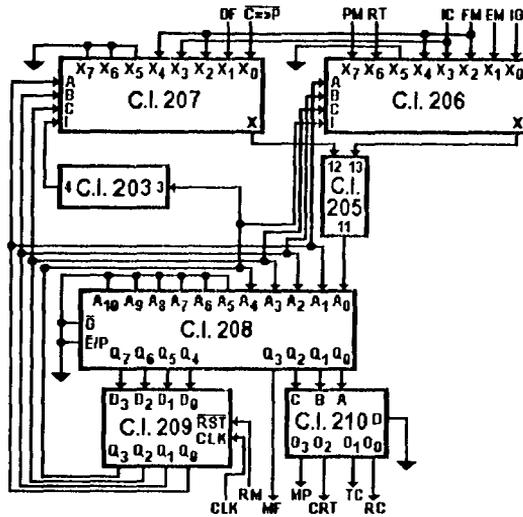


Diagrama 3.11.

III.3.5.- Diagrama Circuital.

A continuación observamos el diagrama final del circuito de Control:

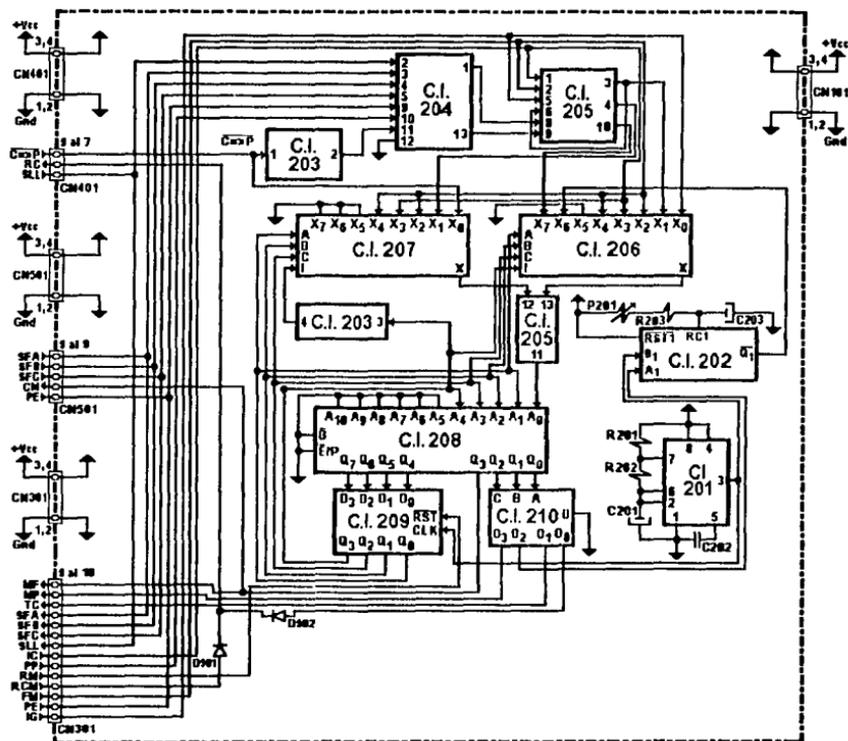


Diagrama del Módulo de Control

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo IV.

Fuente de Poder.

IV.1.- Definición de los Submódulos.

Toda fuente de poder cuenta con diferentes etapas, en esta ocasión, se dividirá en 2 etapas o también se les pueden denominar submódulos, los cuales son:

1.- Submódulo Convertidor y de Filtrado: Este submódulo se encarga de convertir corriente alterna en directa, en este caso, también se considerará la reducción de tensión y también se ocupa de filtrar la señal rectificada para obtener corriente directa.

2.- Submódulo de Regulación: Se encarga de limitar la tensión eléctrica en un nivel en el cual no se eleve ni disminuya logrando con esto una estabilidad en la tensión eléctrica de alimentación.

Cabe mencionar que este módulo se conecta a todos los demás proporcionando la energía de alimentación necesaria para que cada módulo realice su trabajo adecuadamente, pero la conexión no se realizará directamente del módulo de la fuente de poder hacia los demás módulos, anteriormente se mencionó que la única conexión directa es con el módulo de control, y para llevar la alimentación eléctrica hacia los demás módulos se conectarán directamente con el módulo de control, evitando con esto que los módulos tengan mas conectores, y así solo ocuparan un único conector que comunica a los módulos y los alimenta a través del módulo de control, a continuación mostramos el diagrama del módulo de fuente de alimentación ya dividido en los submódulos mencionados.

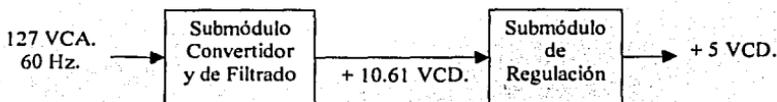


Diagrama 4.1.

En donde la señal de entrada tiene 127 Volts de corriente alterna con 60 Hertz, esta es obtenida directamente de una fase y el neutro, después de pasar por el primer submódulo, se obtiene una tensión eléctrica de + 10.61 Volts de corriente directa, y la salida final será de +5 Volts de corriente directa, la tensión de + 10.61 Volts de corriente directa es necesaria, ya que para llevar a cabo una regulación, se necesita que el voltaje de entrada sea un poco mayor a la salida, según los manuales de los fabricantes recomiendan 2 volts por encima del voltaje regulado, aquí tenemos 3.61 Volts arriba, esto es gracias a que el transformador que necesitamos debe entregar como mínimo 7.5 Volts RMS a la salida y este valor es comercial que reflejado en valor pico, obtenemos los 10.61 Volts que estamos mencionando.

IV.2.- Alimentaciones de Entrada y Salida.

Como hemos mencionado, la alimentación principal será directamente de la alimentación de corriente alterna que consta de dos hilos, los cuales son una fase y el neutro y que entre estos dos hilos obtenemos 127 Volts de corriente alterna RMS que constituyen 180 Volts pico a una frecuencia de 60 Hertz que constituyen en el tiempo por ciclo 16.67 mili segundos aproximadamente, a continuación observamos esta señal de entrada.

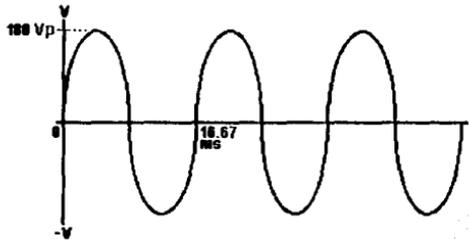


Figura 4.1.

Posteriormente debemos transformar esta misma señal a una tensión pico mayor a 7 Volts, por lo que el valor de 7.5 Volts RMS nos da como resultado 10.61 Volts pico, a continuación observamos la señal ya transformada:

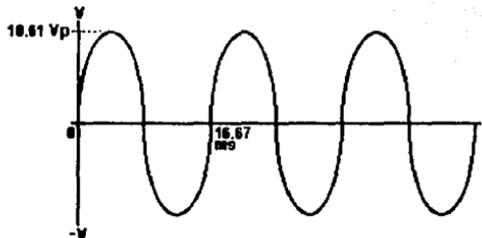


Figura 4.2.

Una vez que hemos transformado la tensión eléctrica, procedemos a su rectificación en onda completa, obteniendo la siguiente señal:

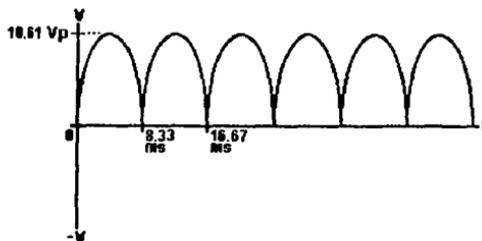


Figura 4.3.

En donde ahora la frecuencia es de 120 Hertz que implica un tiempo por ciclo de 8.33 mili segundos mientras que la tensión eléctrica teórica se mantiene en 8.485 Volts de Corriente Continua Pulsante.

Ahora, esta señal deberá ser transformada en corriente directa, para que al final del primer submódulo quede de la siguiente forma:

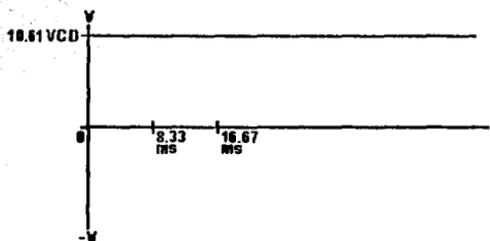


Figura 4.4.

En donde se observa que ya no existe frecuencia alguna, mientras que el voltaje se mantiene en 8.485 Volts de Corriente Directa.

Finalmente esta señal deberá pasar por una etapa reguladora, la cual nos permitirá alimentar con una tensión eléctrica constante los módulos anteriores, el voltaje constante deberá ser de 5 Volts de corriente directa, tal y como se muestra el figura siguiente:

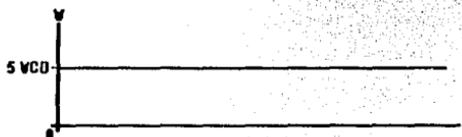


Figura 4.5.

IV.3.- Selección de los Dispositivos Electrónicos.

IV.3.1.- Consumo de Energía de los Módulos.

Antes de realizar una selección de algún circuito, primeramente debemos calcular la energía que consume cada módulo, esto es con el fin de obtener la energía total de todo el sistema para poder diseñar correctamente el módulo fuente de alimentación, así que para calcular la energía que consume cada módulo, deberemos analizar cada elemento o dispositivo electrónico que componen los módulos, contenzaremos con el orden establecido que a continuación se describe:

- 1.- Módulo Contador y Comparador.
- 2.- Módulo de Potencia.
- 3.- Módulo de Teclado y Pilotos.
- 4.- Módulo de Control.

Una vez que ordenamos el trabajo, procederemos a calcular la energía consumida expresada en Watts, para ello nosotros realizaremos a manera de tabla, donde irán incluidos primeramente los datos de los dispositivos electrónicos que estén implicados en la malla, en segundo lugar el voltaje de alimentación, en tercero la corriente que circula por cada malla hacia tierra, la cuarta columna es el número de mallas similares existentes y en el último espacio, la potencia disipada por las mallas.

- 1.- Módulo Contador y Comparador:

Submódulo Visualizador:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Salida del decodificador MC14511B - Resistencia limitadora de corriente-Segmento del display NTE3079.	5	10.09	28	1413.6
Micro interruptor - Resistencia de Polarización.	5	0.5	1	2.5
Entradas del circuito decodificador MC14511B	5	0.0001	28	0.014
Consumo interno del circuito decodificador MC14511B	5	0.0069	4	0.138

Submódulo Comparador:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Entradas del circuito comparador MC14585B	5	0.0001	44	0.022
Consumo interno del circuito comparador MC14585B	5	0.0056	4	0.112

Submódulo Contador:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Entradas del circuito contador MC14518B	5	0.0001	12	0.006
Consumo interno del circuito contador MC14585B	5	0.0056	2	0.056

Submódulo Transductor:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Resistencia limitadora - Diodo fotoemisor	5	20.67	1	103.35
Resistencia limitadora - Fotosensor	5	2.09	1	10.45
Entradas del circuito integrado MC14093B	5	0.0001	2	0.001
Consumo interno del circuito integrado MC14093B	5	0.00145	1	0.00725
Resistencia de temporización	5	0.0152	1	0.076

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Entradas del circuito integrado MC14538B	5	0.0001	4	0.002
Consumo interno del circuito integrado MC14538B	5	0.0471	1	0.2355

Submódulo Programador:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Interruptor - Resistencia de polarización	5	0.5	16	40

2.- Módulo de Potencia:

Submódulo de Sensores de Fase:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Resistencia limitadora de corriente	5	0.5	3	7.5
Consumo interno del optoacoplador H11L1	5	5	1	25
Resistencia de temporización	5	0.2778	3	4.167
Entradas del circuito integrado MC14538B	5	0.0001	12	0.006
Consumo interno del circuito integrado MC14538B	5	0.261	3	3.915

Submódulo de Elementos de Potencia

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Resistencia limitadora – Diodos internos del optoacoplador – Transistor	5	5	1	25
Resistencia de base - Transistor	5	0.0278	1	0.139

3.- Módulo de Teclado y Pilotos:

Submódulo de Teclado:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Micro interruptor - Resistencia de polarización	5	0.5	7	17.5
Entradas del circuito integrado MC14042B	5	0.0001	12	0.006
Consumo interno del circuito integrado MC14042	5	0.002	2	0.02

Submódulo de Pilotos:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Salida – Resistencia limitadora – Diodo LED	5	9.872	7	345.52
Entradas del circuito integrado MC14050B	5	0.0001	12	0.006
Consumo interno del Circuito integrado MC14050B	5	0.0028	2	0.028

4.- Módulo de Control:

Circuito de Reloj:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Consumo general del circuito integrado NE555	5	5	1	25

Circuito de Retardo:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Resistencia de temporización	5	0.5	1	2.5
Entradas del circuito integrado MC14538B	5	0.0001	4	0.002
Consumo interno del circuito integrado MC14538B	5	0.435	1	2.175

Circuitos Generadores de Señal:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Entradas de los circuitos integrados	5	0.0001	15	0.0075
Consumo interno de los circuitos integrados MC14071B y MC14072B	5	0.00055	2	0.0055
Consumo interno del circuito integrado MC14049B	5	0.0028	1	0.014

Circuito de Control:

Dispositivos Electrónicos	Voltaje de Alimentación (V)	Corriente Circulante (mA)	Número de Mallas Similares	Potencia Disipada (mW)
Entradas de los circuitos integrados MC14028B, MC14051B, MC14175B, MC14071B	5	0.0001	36	0.018
Entradas del circuito integrado MC14049B	5	0.0028	1	0.014
Consumo interno del circuito integrado MC14028B	5	0.0053	1	0.0265
Consumo interno del circuito integrado MC14051B	5	0.00507	2	0.0507
Consumo interno del circuito integrado MC14175B	5	0.0067	1	0.0335
Consumo interno del circuito integrado MC14071B	5	0.0055	1	0.0275
Consumo interno del circuito integrado MC14049B	5	0.0028	1	0.014
Consumo interno del circuito integrado NTE2716	5	10	1	50

Cálculo Final de la Potencia Total:

Aquí se realizará el cálculo final de todas las potencias de los módulos, así sabremos la cantidad de energía que requiere el diseño, la forma de calcularlo, es simplemente sumar todas las potencias resultantes para obtener primeramente la potencia total por módulo, posteriormente se suman todas las potencias de todos los módulos obteniendo así el total requerido, después se procederá a agregarle un 5% extra al valor total obtenido, esto con el fin de obtener la energía necesaria en caso de que el voltaje de alimentación sea un poco mayor del regulador, ya que por dato del fabricante, los reguladores pueden tener una pequeña variación de + ó - 5%, además habría que agregar un 20% extra, esto con el fin de que la fuente de poder no se esfuerce al máximo, sino que tenga un rango de tolerancia para evitar sobrecalentamientos y un esfuerzo que vaya a dañar permanentemente algunos

dispositivos, quedando finalmente un agregado del 25%, finalmente este valor de potencia, será transformado con respecto al voltaje de alimentación de salida del regulador a valores de corriente, ya que con este valor se pueden obtener datos necesarios para obtener los dispositivos mas apropiados:

Potencia Total del Módulo Contador y Comparador:

PTMCC = Sumatoria de las Potencias de los submódulos que componen el módulo

$$PTMCC = (1413.6 + 2.5 + 0.014 + 0.138 + 0.022 + 0.112 + 0.006 + 0.056 + 103.35 + 10.45 + 0.001 + 0.00725 + 0.076 + 0.002 + 0.2355 + 40) \text{ mW}$$

$$PTMCC = 1570.57 \text{ mW} = 1.57057 \text{ W.}$$

Potencia Total del Módulo de Potencia:

PTMP = Sumatoria de las Potencias de los submódulos que componen el módulo

$$PTMP = (7.5 + 25 + 4.167 + 0.006 + 3.915 + 25 + 0.139) \text{ mW}$$

$$PTMP = 65 \text{ mW} = 0.065 \text{ W.}$$

Potencia Total del Módulo de Teclado y Pilotos:

PTMTP = Sumatoria de las Potencias de los submódulos que componen el módulo

$$PTMTP = (17.5 + 0.006 + 0.02 + 345.52 + 0.006 + 0.028) \text{ mW}$$

$$PTMTP = 363.08 \text{ mW} = 0.36308 \text{ W.}$$

Potencia Total del Módulo de Control:

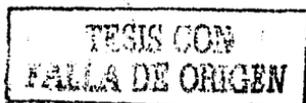
PTMC = Sumatoria de las Potencias de los submódulos que componen el módulo

$$PTMC = (25 + 2.5 + 0.002 + 2.175 + 0.0075 + 0.0055 + 0.014 + 0.018 + 0.014 + 0.0265 + 0.0507 + 0.0335 + 0.0275 + 0.014 + 50) \text{ mW}$$

$$PTMC = 79.8882 \text{ mW} = 0.0798882 \text{ W}$$

Potencia Total:

PT = Sumatoria de las Potencias de los Módulos



$$PT = PTMCC + PTMP + PTMTP + PTMC$$

$$PT = (1.57057 + 0.065 + 0.36308 + 0.0798882) \text{ W}$$

$$PT = 2.0785382 \text{ W}$$

Agregando el 25%:

$$\text{Potencia Final} = PF = PT + 25\%PT$$

$$PF = 2.0785382 \text{ W} + (0.25 \times 2.0785382 \text{ W})$$

$$PF = 2.5982 \text{ W}$$

Conversión en Términos de Corriente:

$$IT = \text{Corriente Total} = PF / VCC.$$

$$IT = 2.5982 \text{ W} / 5 \text{ V}$$

$$IT = 0.5196 \text{ A}$$

IV.3.2.- Dispositivos a Utilizar.

Siguiendo entonces el orden establecido de los submódulos definidos, comenzamos por el submódulo convertidor y de filtrado y en segundo lugar el submódulo de regulación.

1.- Submódulo Convertidor y de Filtrado:

En este submódulo como se mencionó se debe primero transformar la tensión eléctrica de entrada a una tensión menor, por lo que un transformador de uso general sería una buena opción, como se había mencionado, el transformador deberá reducir el voltaje hasta 7.5 Volts RMS, lo que significa 10.61 Volts pico, y tomando en cuenta la corriente total que consumen todos los módulos calculada con anterioridad que fue de $I_T = 0.5196$ A, tenemos que el valor apropiado de corriente en un transformador de uso general comercial es de 0.75 A, por lo que el transformador tendrá las siguientes características:

Transformador de uso General:

Hilos de Entrada: 2 (Fase y Neutro)

Hilos de Salida: 3 (2 Salida y 1 Devanado Central)

Tensión de Entrada: 127 Volts RMS.

Tensión de Salida: 7.5 Volts RMS por salida.

Corriente de Salida: 0.75 Amperes

A continuación se muestra la disposición de hilos del transformador:

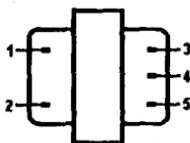


Figura 4.6.

De donde 1 es la entrada de fase, el número 2 es la conexión con neutro, 3 y 5 son las salidas de 7.5 Volts RMS y 4 es el común de las salidas o también devanado central; a continuación observamos su diagrama a bloque:

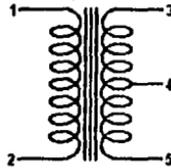


Figura 4.7.

Se observa que en la entrada de fase del transformador deben ir colocados un interruptor y un fusible, el interruptor es necesario, ya que con el ponemos en funcionamiento la alimentación del sistema, y el fusible, evita que se sobrepase la corriente que soporta el transformador y demás elementos, evitando así un daño en estos dispositivos, el interruptor es de uso general de un polo dos tiros, a continuación mostramos su disposición de terminales:



Figura 4.8.

En donde la terminal número 2 es la salida, la terminal número 1 es la terminal denominada comúnmente abierto, mientras que la terminal 3 es la terminal de comúnmente cerrado.

A continuación se presenta su diagrama a bloque:



Figura 4.9.

Mientras que el fusible es de tipo americano por ser de fácil obtención, a continuación se muestran sus terminales:

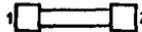


Figura 4.10.

Donde cualquiera de sus dos terminales pueden ser una entrada y otra salida o viceversa, a continuación observamos su símbolo para diagrama:



Figura 4.11.

Como el transformador que utilizamos contiene un tap central, es conveniente utilizar un circuito rectificador de onda completa con tap central, por lo que solo dispondremos de un par de diodos para la rectificación, el diodo que utilizaremos es de uso común que tiene como nomenclatura 1N4001, y que a continuación mostramos su disposición de terminales:



Figura 4.12.

En donde la terminal 1 es el ánodo (A) y la terminal 2 es el cátodo (C).

Y a continuación mostramos su símbolo:



Figura 4.13.

El último elemento que tendremos en este submódulo es un capacitor que nos permita filtrar el voltaje que sale de los diodos, por lo que utilizaremos un capacitor electrolítico de uso general, a continuación observamos su disposición de terminales:



Figura 4.14.

En donde la terminal número 1 que es la mas corta, es el positivo, mientras que el negativo es la terminal 2 que es la mas larga.

Y ahora mostramos su símbolo en diagrama:



Figura 4.15.

2.- Submódulo de Regulación:

En esta sección existe solo un elemento a considerar y es un circuito integrado regulador, que a su salida presenta 5 Volts, por lo que el regulador adecuado comercial es el MC7805, a continuación mostramos su disposición de terminales:

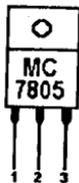


Figura 4.16.

La terminal 1 es la entrada, la terminal 2 es el común, y la terminal 3 es la salida.

Y finalmente mostramos su diagrama a bloque:

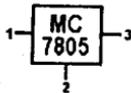


Figura 4.17.

IV.3.3.- Desarrollo y Cálculos.

Una vez que hemos seleccionado los dispositivos principales y continuando con el orden, procedemos a diseñar los submódulos:

1.- Submódulo Convertidor y de Filtrado:

A continuación vemos el diagrama de la parte convertidora, que no es más que el transformador mencionado y los diodos en configuración rectificadora de onda completa con tap central, en donde el negativo proviene del tap central y el positivo de la salida de los diodos rectificadores, también como se observa, el interruptor ya ha sido incluido al igual que el fusible:

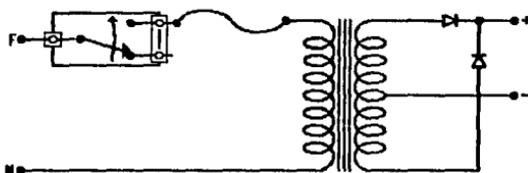


Diagrama 4.2.

En donde la salida es:

$$V_O = V_{PT} - V_D$$

Donde V_O es el voltaje de salida de los diodos, V_{PT} es el voltaje pico de la salida del transformador y V_D es la caída de voltaje en cada diodo, solo se utiliza la caída de voltaje de un diodo, ya que mientras uno actúa, el otro permanece inactivo, por lo que sustituyendo los valores que proporciona el fabricante tenemos:

$$V_O = 10.61 \text{ V} - 0.7 \text{ V} = 9.91 \text{ V.}$$

El fusible deberá ser acorde al transformador, así que primeramente expresamos el transformador en términos de potencia:

$$P_{\text{trans.}} = V_{\text{RMS}} \times I_{\text{trans.}}$$

$$P_{\text{trans.}} = 7.5 \text{ V} \times 0.75 \text{ A}$$

$$P_{\text{trans.}} = 5.625 \text{ W}$$

Calculando la corriente de entrada I_i :

$$I_i = P_{trans} / V_{fase\ RMS}$$

$$I_i = 5.625 / 127\ V = 0.0443\ A$$

El fusible comercial mas cercano es de 0.05 A

Pasando ahora a la etapa de filtrado, se le agrega simplemente un capacitor quedando el diagrama final de este submódulo de la siguiente forma:

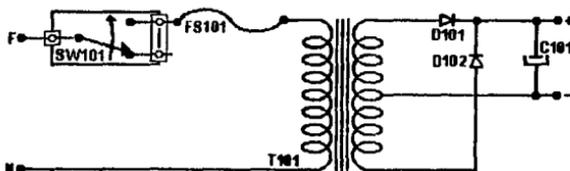
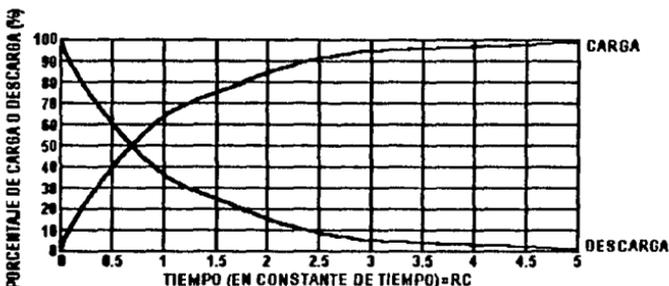


diagrama 4.3.

Para calcular el capacitor se requiere de una gráfica, la cual nos define el porcentaje de carga y/o descarga según el tiempo transcurrido, de esta gráfica ocuparemos lo referente a la descarga, a continuación se presenta dicha gráfica:



Gráfica 4.1.

De donde podemos definir que en el dominio del tiempo se encuentra expresado por T (tao) y que el tiempo $T = RC$, donde R es la resistencia que presenta el circuito que contiene los cuatro módulos restantes, y C el capacitor necesario para suplir las necesidades de filtrado, también podemos definir que existen diferentes calidades de filtrado, esto es que mientras menor voltaje de rizo exista, mucho mejor será la calidad del filtrado, esto tomando en cuenta de no tener un voltaje de descarga menor de 7 Volts, esto es porque el regulado a su entrada necesita como mínimo 7 Volts (dato del fabricante), como estamos en

el caso de que estamos utilizando circuitos secuenciales, aunque no son muy delicados, requieren de una calidad alta de filtrado, y por lo que respecta a experiencia propia en otros circuitos diseñados con anterioridad, se recomienda utilizar un voltaje de rizo no mayor del 25 %, ya que un voltaje de rizo igual al 0 % en estas condiciones sería prácticamente imposible, por lo que para encontrar el valor comercial más cercano utilizaremos el voltaje de rizo igual al 25 %, esto es:

$$VR = 25 \% VO$$

Sustituyendo valores tenemos que:

$$VR = 0.25 \times 9.91 = 2.4775 \text{ V.}$$

De la gráfica anterior tenemos que para un voltaje de rizo del 25 %, tenemos un factor multiplicador de la constante de tiempo de aproximadamente $K = 0.28$, y el tiempo t está definido por la frecuencia que llega al capacitor que en este caso por ser un rectificador de onda completa, la frecuencia f es igual a 120 Hz, esto es por las propiedades del rectificador, ya que la frecuencia de entrada y salida del transformador es de 60 Hz, y al salir de los diodos esta se duplica, por lo que tenemos que:

$$f = 120 \text{ Hz}$$

$$t = 1 / f = 1 / 120 \text{ Hz} = 8.333 \text{ ms.}$$

Y de donde:

$$T = t / K = 8.333 \text{ ms} / 0.28 = 29.761 \text{ ms}$$

Pero no tenemos la impedancia de entrada del sistema, pero podemos obtenerlo por ley de Ohm de los valores de corriente y voltaje que ya tenemos, por lo que tenemos:

$$R = V / I$$

Donde V es el voltaje de salida (VO) en los diodos e I es la corriente total (IT) que consume el sistema, por lo que:

$$R = VO / IT = 9.91 \text{ V} / 0.5196 \text{ A} = 19.072 \text{ Ohms}$$

Finalmente sustituyendo en la ecuación $T = R \times C$ tenemos que:

$$C = T / R = 29.761 \text{ ms} / 19.072 \text{ Ohms}$$

$$C = 1560 \text{ microFd}$$

Por lo que el valor comercial mas cercano es de:

$$C = 1800 \text{ microFd @ } V = 16 \text{ V}$$

2.- Submódulo de Regulación:

En este submódulo, se obtendrá el voltaje que se necesita para polarizar todo el circuito a partir de la salida del submódulo convertidor y de filtrado, para ello utilizaremos un diagrama típico universal en el cual solamente incluye un capacitor de 220 nFd, y en conjunto con el capacitor de filtrado realizan la tarea de desacoplamiento de la entrada con la salida, a continuación mostramos dicho diagrama, el cual podemos tomar como el diagrama final del submódulo:

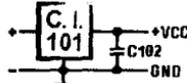


Diagrama 4.4

Realmente no hay que calcular nada, ya que la función de regulación se realiza interiormente, lo único que hay que corroborar es que este circuito integrado soporte el calor generado por la potencia que disipa, y ver si es necesario colocar un disipador de calor y posiblemente un ventilador, por lo que tendremos que ocupar los siguientes datos del fabricante:

$$T_j \text{ máx.} = 150 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$R_{tjc} = 5 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

$$R_{tsa} = 65 \text{ } ^\circ\text{C/W}$$

Donde $T_j \text{ máx.}$ es la temperatura interna de unión del dispositivo y R_{tjc} es la resistencia térmica de unión del dispositivo semiconductor.

De los datos de la temperatura de trabajo tenemos:

$$T_A = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde T_A es la temperatura ambiente máxima que se presenta en el área de trabajo.

Y finalmente tenemos que calcular la potencia que disipa el regulador, para eso aplicamos la ecuación:

$$PD = (V_O - V_{CC}) \times I_T$$

Substituyendo tenemos que:

$$PD = (9.91 \text{ V} - 5 \text{ V}) \times 0.5196 \text{ A}$$

$$PD = 5.15 \text{ W}$$

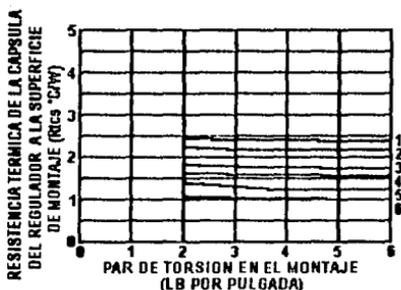
Utilizamos finalmente la expresión que nos define la resistencia térmica desde la superficie a el ambiente:

$$R_{tsac} = ((T_j \text{ máx} - T_A) / PD) - R_{tjc}$$

$$R_{tsac} = ((150 \text{ °C} - 35 \text{ °C}) / 5.15 \text{ W}) - 5 \text{ °C/W}$$

$$R_{tsac} = 17.33 \text{ °C/W}$$

Como podemos observar: $R_{tsac} < R_{tsa}$, por lo que se requiere de un disipador de calor, por lo que el mas adecuado es el modelo 6030B, donde hay que agregar el dato de la resistencia térmica de contacto entre el semiconductor y el disipador, de la siguiente gráfica obtenemos este dato:



- 1.- THERMAFILM II DE 0.002 PULG. ESPESOR
- 2.- THERMAFILM I DE 0.002 PULG. ESPESOR
- 3.- MICA 0.003 PULG. ESPESOR
- 4.- MICA 0.002 PULG. ESPESOR
- 5.- ANODIZADO DURO 0.026 PULG. ESPESOR
- 6.- UNION DIRECTA SIN ACABADO

Gráfica 4.2.

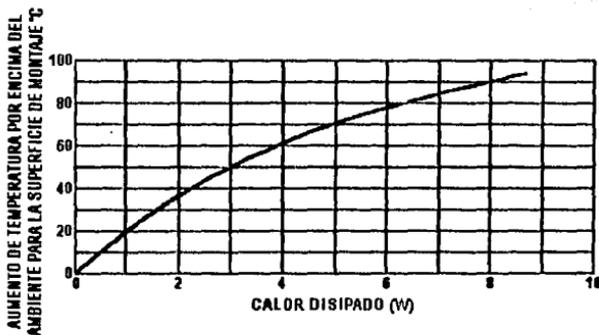
Utilizando mica de 0.002 pulgadas de espesor y un par de torsión de 4 libras por pulgada tenemos un $R_{cs} = 1.55 \text{ °C/W}$

Agregando esto a la ecuación de R_{tsac} queda:

$$R_{tsac2} = R_{tsac} - R_{cs}$$

$$R_{tsac2} = 17.33 \text{ °C/W} - 1.55 \text{ °C/W} = 15.78 \text{ °C/W}$$

A continuación se presenta también la gráfica de los datos técnicos para disipadores de calor, en este caso es para el modelo 6030B:



Gráfica 4.3.

De esta gráfica observamos que para una potencia disipación de 5.15 Watts calculados anteriormente, se obtiene el valor del aumento de temperatura por encima del ambiente en °C, por lo que obteniendo el valor es $T_{sm} = 68\text{ }^{\circ}\text{C}$, por lo que calculando R_{tsa2} tenemos:

$$R_{tsa2} = T_{sm} / P_D$$

$$R_{tsa2} = 68\text{ }^{\circ}\text{C} / 5.15\text{ W}$$

$$R_{tsa2} = 13.2\text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

De lo cual comparando tenemos que $R_{tsa2} < R_{tsac2}$, lo que implica que el radiador es suficiente sin necesidad de un ventilador para disipar el calor que genera el regulador.

IV.3.4.- Diagrama Circuital.

A continuación observamos el diagrama final del circuito de la Fuente de Poder:

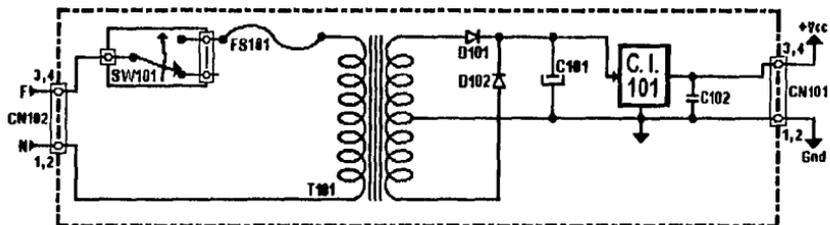


Diagrama del Módulo Fuente de Poder

BIBLIOGRAFIA

- CMOS Logic Data;
Motorola Inc.; Series C;
1991.
- Optoelectronics Device Data;
Motorola Inc.;
1995.
- Thyristor Device Data;
Motorola Inc.;
1995.
- FAST and LS TTL Data;
Motorola Inc.;
1992.
- Semiconductors NTE;
NTE Electronics Inc.;
7a. Edición; 1995.
- Mandado, Enrique; Sistemas Electrónicos Digitales;
Alfaomega, Marcombo, Boixareu Editores;
7ª. Edición; 1991.
- Arthur B. Williams; Manual de Circuitos Integrados;
Mc Graw Hill;
Segunda Edición; 1992.
- Revistas Saber Electrónica;
Números: 36, 37, 39, 45, 58, 84 y 85.
- Apuntes de:
Diseño Lógico.
Diseño de Sistemas Digitales.
Dispositivos Electrónicos.
Electrónica de Potencia.
Etc.