

Universidad Autónoma de Guadalajara

INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



18² Ejemplar

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Diseño del Control Digital para una Lavadora de Ropa

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A

CONRADO HINOJOSA SALINAS

GUADALAJARA, JAL., 1987



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

INTRODUCCION y ANTECEDENTES

El control desde que se empezó a utilizar en ingeniería, ha tenido gran importancia para que el hombre, haya logrado - los niveles de producción que se tienen en la actualidad; esta rama ha desarrollado a tal grado, que se puede observar -- hasta en aspectos tan comunes como lo son los aparatos domésticos, hasta adentrarse en aparatos tan complicados como los sistemas de comunicación por satélite, o el manejo de naves especiales.

En sí, el fin primordial del control es facilitar la tarea del hombre en la realización de algun trabajo específico; esto es que en los sitios donde se ocupa una decisión del hombre, la máquina por medio de su parte de control tendrá que - decidir por sí sola, lo que se deberá de hacer después de haber pasado algun tiempo, o al existir algun cambio de por la existencia de cualquier otro agente externo segun los requerimientos de la máquina, esto a la hora de la realimentación para que la máquina tome la decisión.

En este caso particular, se elaborará el diseño de un -- control digital para una lavadora de ropa, para sustituir un sistema mecánico ya existente. Este control en sí, tendrá las facultades básicas de controlar principalmente: el tiempo en la secuencia de funciones del proceso de lavado de la ropa, a demás de la temperatura a la cual se desea tener el agua para lavar la ropa, y también el adecuado funcionamiento de la máquina para diferentes cantidades de ropa.

El sistema actual consiste en un control de tiempo elec-

tromecánico, el cual consta de un motor de paso, que gira con una velocidad de 6 grados geométricos por cada 20 minutos, la función de este motor, es la de al ir girando el motor, este-va cerrando un sistema de interruptores, por medio de los cua-les se activan mecanismos dentro de la máquina, que a su vez_ efectuan una función determinada, la cual es fijada dependien-do del proceso de lavado. Este sistema electrónico de reloj,-realizado utilizando lógica secuencial; en lo que se refiere_ a los interruptores, estos serán cambiados por triacs u otros dispositivos afines.

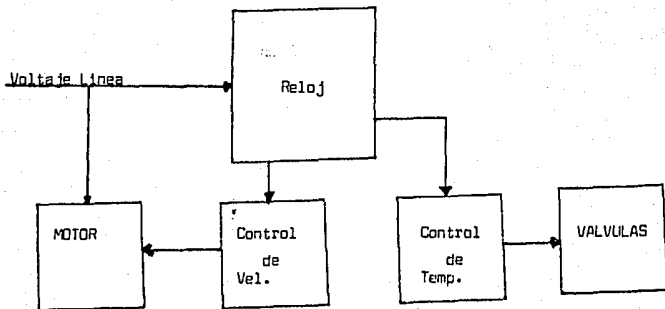
Por lo que se refiere al control de temperatura, el siste-ma mecánico consiste, de dos válvulas, las cuales son accio--nadas por solenoides, este sistema no tiene la facultad de --proporcionar niveles específicos de temperatura, este control de temperatura, será cambiado, el cual podrá ser programado -para tener un nivel de temperatura adecuado, dependiendo del tipo de ropa que se desea lavar.

La parte de control mecánico de los niveles de velocidad -solo será cambiado en lo que se refiere al sistema de selec--ción de la velocidad, y al sistema de interruptores, esto se cambiará por interruptores de estado sólido.

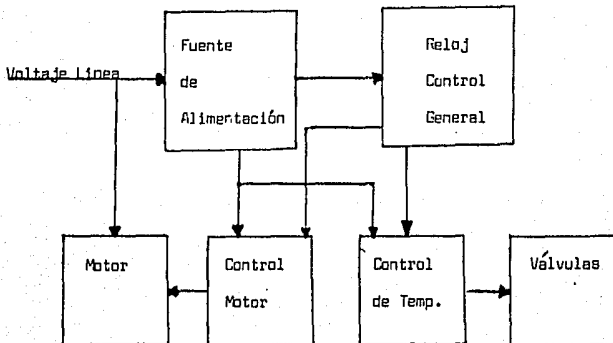
En los diagramas que se muestran en las siguientes figuras, tratan de explicar, como se tiene el flujo de la señal para la realización de las diversas funciones durante el proceso de --lavado. Además que estos diagramas tratan de explicar cómo se podría representar el sistema anterior, y cómo se pretende tener el sistema, utilizando en este caso solo dispositivos elec-trónicos, y tratar de usar lo menos posible dispositivos mecá-nicos.

DIAGRAMAS DE BLOQUES DE AMBOS CONTROLES

CONTROL MECANICO



CONTROL DIGITAL



INDICE

	PAG
CAPITULO 1	
DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA	1
CAPITULO 2	
DISEÑO DEL CONTROL DE PESO	9
CAPITULO 3	
DISEÑO DEL CONTROL DE TIEMPOS	15
CAPITULO 4	
PUESTA EN MARCHA	22
CAPITULO 5	
ASPECTO ECONOMICO DEL DISEÑO	33
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
BIBLIOGRAFIA	41

CAPITULO 1

DISEÑO DEL CONTROL DE TEMPERATURA.

El control de temperatura antes usado por la lavadora, o sea el sistema original, con el hecho de solo contar con dos válvulas en la lavadora, solo existía la posibilidad de tener agua fría, agua caliente, y agua tibia, ya que este sistema abre las dos válvulas, sin tener en cuenta la temperatura del agua caliente, por esta razón se optó por cambiar el sistema y utilizar un transductor.

Entre los transductores posibles a usar estaban: el termistor, y la termocupla. En primer lugar el termistor es un dispositivo que en la salida no tiene una señal eléctrica, o sea que la variación de la temperatura hace variar la resistencia, y de aquí con un arreglo de un puente se tiene la señal eléctrica, por otro lado la termocupla tiene una señal de voltaje a la salida con lo se puede manejar directamente a un amplificador, otra razón es que la termocupla tiene una respuesta rápida y lineal, además de que es fácil de instalar y también puede estar en contacto directo con el agua, y como la señal de voltaje varía hasta con pequeñas variaciones de temperatura, o sea que para cambios de hasta 5 grados centígrados existían cambios detectables de voltaje, por estas razones antes mencionadas fue que se determinó utilizar la termocupla como transductor, aún sin considerar el precio.

Para saber los valores reales de voltaje, y corriente, para determinados niveles de temperatura se tienen curvas, pero estas no son tan exactas para pequeñas temperaturas, entonces se necesitó obtener los valores en el laboratorio, y los valores obtenidos fueron:

CORRIENTE (μA)	VOLTAJE (mV)	TEMPERATURA (grados C).
-0.1	-0.2	24
0.4	0.4	35
1.2	1.2	50
1.7	1.7	60

Ya teniendo los valores de voltaje corriente y temperatura, se deberían de tener tres temperaturas intermedias para seleccionar, tibia fría 30 grados C, tibia 35 grados C, y tibia caliente 40 grados C, pero como para esta temperatura los voltajes generados son muy pequeños, entonces es necesario tener niveles de voltaje más elevados, para estos poderlos manejar a niveles lógicos, el siguiente paso fue amplificar esta señal. Esta señal amplificada debería de disminuir conforme la temperatura aumentara, además que la amplificación debería de llevar el voltaje a niveles mayores a 1 volt, entonces se escogió una ganancia de 1000, existen varias maneras de obtener esta ganancia, se escogió el método de amplificación por medio de amplificadores operacionales por ser sencillo y exacto.

La ganancia para un amplificador operacional esta dada por:

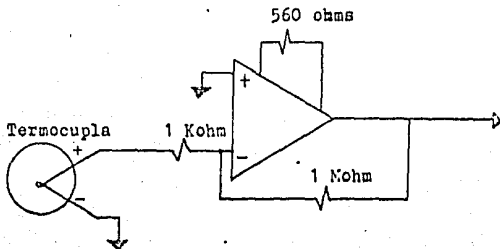
$$\text{Ganancia} = R_f / R_{in}$$

Entonces si se desea tener una ganancia de 1000, se puede tener que:

$$R_f = 1\text{Mohm}$$

$$R_{in} = 1\text{ Kohm.}$$

Ya teniendo la ganancia de 1000, se tendría que satisfacer la necesidad de que cuando la temperatura aumentara el voltaje debería de disminuir, por lo que se escogió el arreglo de inversor en el operacional, esto se logra conectando a tierra la pata positiva y la negativa es la entrada; otro requerimiento era fijar el nivel de referencia para la temperatura ambiente, esta cuestión se soluciona con las patas de compensación que el OPAMP tiene en su construcción, además que el dispositivo debería de tener una alta resistencia de entrada, esto con el fin de no consumir corriente, con todos estos requerimientos se optó por escoger el LF 351, el arreglo del operacional se muestra en la siguiente figura, la resistencia de compensación que resultó para tener un nivel de referencia de 1,5 volts, resultó ser de 560 ohms.



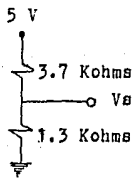
Entonces con este arreglo se tiene un voltaje de 1.5 V a la salida del OPAMP, y este voltaje irá disminuyendo conforme aumenta la temperatura.

Después de esta etapa de amplificación viene la etapa de lógica, que es la etapa de control, entonces se necesita tener niveles de lógica digital, esto se puede lograr con OPAMP arreglados como comparadores de voltaje, estos funcionan con un voltaje de entrada y un voltaje de referencia, mientras el voltaje de entrada sea mayor que el voltaje de referencia, el voltaje a la salida del comparador sera un 1 lógico, y si el voltaje de entrada es mayor al voltaje de referencia la salida sera un 0 lógico, ya teniendo estos niveles entonces ya se puede trabajar con circuitos lógicos.

Los voltajes a la salida del amplificador con respecto a la temperatura fueron: para 30 gradosC 1.3 V, para 35 grados C 1.1V, y para 40 grados C 0.9V.

Se necesitaba que para temperaturas menores de 30 grados las tres salidas de los comparadores fueran 1, para temperaturas menores que 35 grados, la salida del primer comparador debiera ser cero, y las otras dos 1, para temperaturas menores que 40 grados, dos comparadores deberan de ser cero, y el otro debiera ser 1, y para temperaturas mayores que los 40 grados, la salida de los tres comparadores debiera ser cero.

Para tener los valores de referencia adecuados, se hicieron divisores de tensión, por ejemplo para tener un voltaje de 1.3V, con una polarización de 5V, se hicieron los siguientes cálculos:



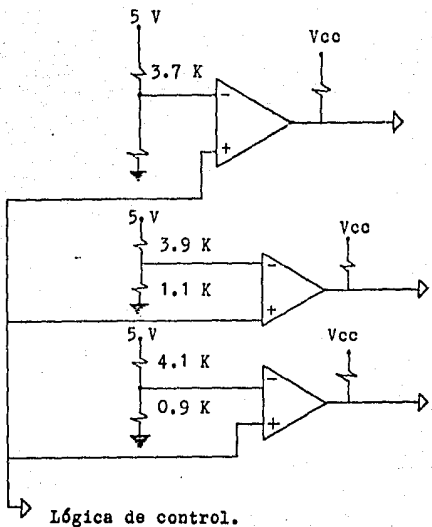
$$V_b = (R_2 / R_1 + R_2) 5$$

S1
 $V_b = 1.3 V$

Entonces $R_1 = 3.7 Kohms$

$R_2 = 1.3 Kohms$

Los otros valores de referencia se calcularon de igual manera, el arreglo de los tres comparadores de voltaje se hizo como se muestra en la siguiente figura:



Ahora se necesita una etapa de selección y control, el circuito, requiere de parte de selección, y lógica de control, el circuito de selección se muestra en el tercer capítulo.

Las iniciales AF significan agua fría, las iniciales ATF significan agua tibia fría, las iniciales AT significan agua tibia, las iniciales ATC significan agua tibia caliente y las iniciales AC significan agua caliente.

El control de temperatura, solo interviene cuando el proceso esta en el llenado para antes de lavar, existe otra etapa de llenado durante el proceso, pero este llenado es para antes de enjuagar la ropa, y en esta caso el control de temperatura no interviene.

Se necesitaba que el circuito funcionara de la siguiente manera: la temperatura se mantendría en el nivel deseado por medio de la interacción de las válvulas, por ejemplo si se requieren 35 grados en el agua, y la temperatura del agua esta en 40 grados, la válvula del agua caliente necesita estar cerrada, y la válvula del agua fría abierta, y por otro lado si la temperatura del agua esta en 30 grados, las dos válvulas deberan de estar abiertas, hasta que se tenga la temperatura de 35 grados, para esto es necesario que la temperatura del agua caliente sea mayor de 45 grados centígrados, esto para poder el nivel deseado.

Las variables C1, C2, C3, son asignadas a las salidas de los comparadores de voltaje, y corresponden a niveles de temperatura dados anteriormente, la variable LPL correspon-

de al llenado para lavado, la tabla de verdad requerida para el control de temperatura es el siguiente:

AF	ATF	AT	ATC	AC	C1	C2	C3	LPL	VAF	VAC
1	X	X	X	X	X	X	X	1	1	0
X	X	X	X	1	X	X	X	1	0	1
X	1	X	X	X	1	X	X	1	1	1
X	1	X	X	X	0	X	X	1	1	0
X	X	1	X	X	X	1	X	1	1	1
X	X	1	X	X	X	0	X	1	1	0
X	X	X	1	X	X	X	1	1	0	1
X	X	X	1	X	X	X	0	1	1	1
X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0

La variable VAF se refiere a la válvula del agua fría, la cual estará abierta cuando VAF = 1, por otro lado la variable VAC, se refiere a la válvula del agua caliente, y cuando VAC = 1, la válvula estará abierta.

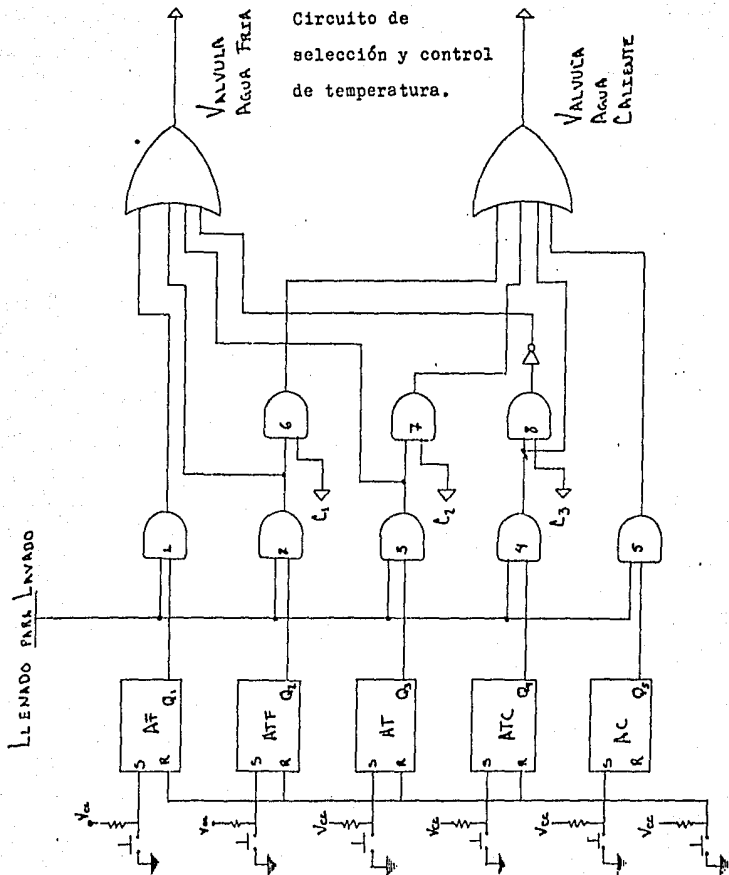
Las ecuaciones que resultaron de la tabla anterior son:

$$\begin{aligned} \text{VAF} &= (\text{LPL})\text{AF} + (\text{LPL})\text{ATF} + \text{LPL}(\text{AT}) + (\text{LPL})(\text{ATC})\text{C3}' \\ &= (\text{LPL})(\text{AF} + \text{ATF} + \text{AT} + (\text{ATC})\text{C3}') \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VAC} &= (\text{LPL})\text{AC} + (\text{LPL})(\text{C1})\text{ATF} + (\text{LPL})(\text{C2})\text{AT} + (\text{LPL})\text{ATC} \\ &= (\text{LPL})(\text{AC} + \text{C1}(\text{ATF}) + \text{C2}(\text{AT}) + \text{ATC}) \end{aligned}$$

La letra X en la tabla de verdad indica una condición de no importa.

La implementación de las ecuaciones anteriores se muestra en la siguiente figura.



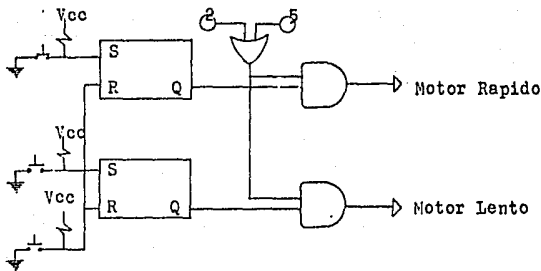
DISEÑO DEL CONTROL DE PESO

En un principio se pensó en tener un controlador de velocidad del motor, esto es, que la máquina controlara la velocidad dependiendo del peso de la ropa, pero se tuvieron muchas dificultades, primero donde colocar el transductor además de no tener el transductor adecuado, segundo era muy difícil controlar la velocidad del motor debido a su construcción, se determinó que era innecesario un control de este tipo para esta máquina, por otro lado se investigó y se llegó a la conclusión, de que la velocidad de la máquina no depende del peso sino del tipo de ropa que se va a lavar.

Sin embargo el sistema cuenta con la opción de poder seleccionar la velocidad, las opciones son seleccionar velocidad lenta o rápida, ya que el motor en su fabricación ya tiene esta opción, o sea que tiene dos maneras de conexión.

Como el motor cuenta con dos velocidades, aquí no se necesitaba un control de velocidad, sino un sistema de selección de la misma. El motor se debería de activar solo, cuando el proceso estuviera durante la etapa de lavado o de enjuagado, a estas etapas se les asignó con los números 2 y 5 para las etapas de lavado y enjuagado respectivamente.

El circuito de selección es igual al que se explicará en el tercer capítulo, el circuito que resulta para los requerimientos antes mencionados es el que se muestra a continuación:



Por otro lado el motor también debe de funcionar cuando se está en la etapa de exprimido; ya que la lavadora exprime la ropa por centrifugación, durante esta etapa del proceso solo existe una velocidad, solo que en esta etapa el motor debe de girar en sentido contrario al normal, y para esto solo es necesario cambiar una conexión.

Para esta etapa el tiempo requerido eran 8 minutos, este tiempo es normalizado para este tipo de lavadoras, la dificultad en esta etapa era que la lavadora después de la etapa de lavado, debería de reposar la ropa durante 0.5 min. esto es con el proposito de que se desprenda el jabón, después se debe de desalojar el agua del tanque, y luego comenzar a exprimir la ropa; para esto se necesita un arreglo, que debe de esperar 0.5 minutos, luego durante 1.5 minutos debe de desalojar el agua, y los próximos 5 minutos debe de exprimir la ropa, y el otro minuto sirve para quitar la energía que adquirió durante 5 minutos.

Para proporcionar el tiempo que durara 6.5 minutos, se pensó en colocar un multivibrador que diera un pulso que durara los 6.5 minutos, pero se determinó que este sistema no es muy estable, por lo que se prefirió en cambiarlo, el nuevo arreglo consistía en colocar un multivibrador con un contador, la salida del multivibrador se a de conectar al CK del contador, con lo que hasta que hayan transcurrido un cierto numero de pulsos, no se tendrá una salida del contador, el tiempo del pulso entonces será estable, porque los pulsos del multivibrador seran pequeños. La fórmula para calcular el tiempo deseado se da a continuación:

$$T_{\text{ext}} = (n-1)T_a + (T_m + T_a/2).$$

Donde T_a es el tiempo del periodo si el multivibrador se conectara como a estable, y T_m es el tiempo del periodo del multivibrador pero conectado como monoestable; a su vez los tiempos T_a y T_m , dependen de los valores de resistencia y capacitor que se le conecten al multivibrador. Por otro lado n es el módulo del contador que se utiliza, por ejemplo para un contador en BCD el modulo es 4. La manera de calcular T_a y T_m se da en las siguientes fórmulas:

$$T_a = 4.40 RC$$

$$T_m = 2.48 RC$$

Para los requerimientos en esta parte del diseño se obtuvieron los siguientes resultados:

$$R = 1 \text{ Mohm}$$

$$C = 22 \text{ uf.}$$

Estos valores se escogieron por ser valores comunes en

el mercado y con esto resultó que:

Text = 393.36 seg. o Text = 6.5 minutos.

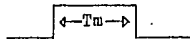
Para obtener el pulso que durara 0.5 minutos que serviría como retardo, el cual se necesita para reposar la ropa, se optó por colocar un multivibrador monoestable, para este arreglo la duración del pulso se determina con la siguiente formula:

$$T_m = 2,48 RC.$$

Entonces si se requieren 30 segundos, se obtuvo que los valores de resistencia y capacitor son los siguientes:

$$R = 1 \text{ Mohm}$$

$$C = 10 \text{ uf.} \quad T_m = 24.8 \text{ seg.}$$

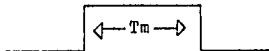


Por otro lado debe de existir un pulso que debe de activar un tope magnético, este es independiente de los otros circuitos con lo que los cálculos se deben de hacer por separado, para el caso particular el pulso es de 2 minutos, porque el motor debe de girar durante 1.5 minutos sin que el tanque de vueltas, después de los dos minutos el tope magnético estará desactivado por el resto de la etapa, el pulso se obtuvo también con el mismo tipo de multivibrador, y siguiendo los metodos anteriores, los valores de resistencia y capacitor obtenidos fueron los siguientes:

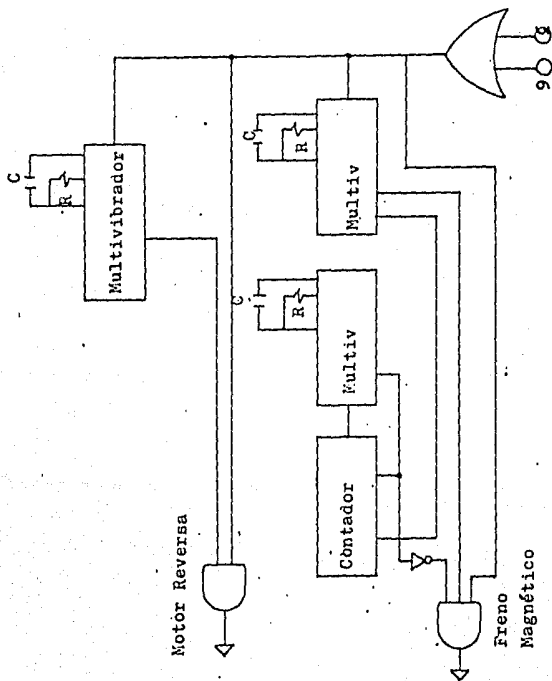
$$R = 2.2 \text{ Mohm.}$$

$$C = 22 \text{ uf.}$$

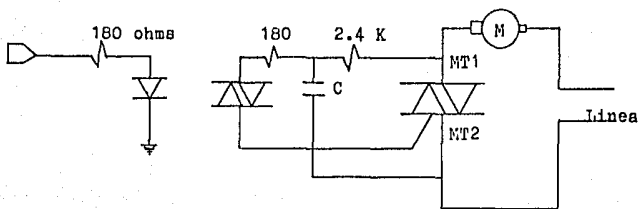
$$T_m = 120 \text{ seg.} = 2 \text{ minutos.}$$



Este sistema debe de funcionar solo cuando el proceso esté en la etapa de exprimido, a las cuales se les asignaron los números 3 y 6, correspondiendo el 3 a la etapa de exprimido después de lavar, y el 6 a la etapa de exprimido después de enjuagar; Los multivibradores solo se activaran cuando estos reciban un pulso de entrada, y esto debe ser solo cuando 3 o 6, esten en 1 lógico. La implementación de este circuito se muestra a continuación:



Por otra parte se necesitaba aislar el sistema de control del sistema de motor, para esto se diseñó un sistema con optotriacs, el cual al activarse con una variable no eléctrica protege el sistema de control del sistema de alto voltaje en este caso, este optotriac debe de activar al gatillo del triac de potencia, aqui lo que hay que cuidar en el diseño es que no se pasen las corrientes y los voltajes máximos soportados por el optotriac, la corriente máxima de el led es de 50mA, con lo que se colocó una $R = 200\text{ohms}$, para limitar la corriente a 25 mA., por otro lado la corriente de gatillo del triac de potencia es de 100mA, con lo que se limitó colocando las resistencias de 2.2Kohms y de 180ohms , el capacitor que se coloco fue con el objeto de filtrar, para cambios bruscos de voltaje. Los triacs de potencia utilizados son de 12A para el motor, y de 4A para el freno magnético, esto para satisfacer los valores de placa del motor y del freno. El arreglo se muestra a continuación:



DISEÑO DEL CONTROL DE TIEMPOS

La máquina lavadora requiere de un sistema de tiempos, un tiempo determinado para el proceso de lavado, otro para el proceso de enjuagado, y otro para el proceso de exprimido. Por lo que refiere al tiempo de lavado este podrá ser seleccionado, mientras que los otros tiempos serán fijos.

Los tiempos que se requieren para el proceso de lavado son: 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, y 16, minutos, estos tiempos podrán ser seleccionados por el usuario, mientras que para el proceso de enjuagado y exprimido el tiempo siempre será de 8 minutos.

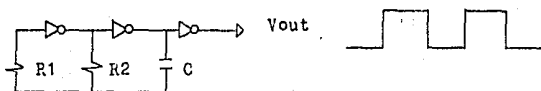
Para tener este reloj, se pensó en diseñar un circuito que diera un pulso al haber pasado alguno de los tiempos antes mencionados, para esto se iba a utilizar un dispositivo oscilador, el cual a su vez se iba a conectar a unos contadores, los cuales harían las veces de divisores de frecuencia.

Primeramente antes de tener el sistema de selección y el divisor de frecuencias, se tuvo que pensar en un oscilador o en un generador de pulsos; para esto existían varias opciones como utilizar el LM 555, o utilizar un cristal de cuarzo, o utilizar un arreglo con transistores, sin embargo se utilizó un circuito formado a base de inversores.

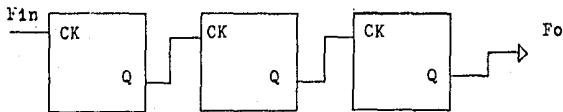
El arreglo consta de 3 inversores, 2 resistencias y un

capacitor, de acuerdo con los valores de resistencia y capacitor, se tendrá la frecuencia requerida conforme la utilización de la siguiente formula:

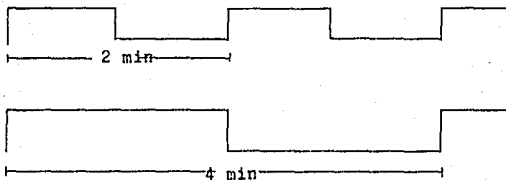
$$F = \frac{1}{2R_1 C \left(\frac{0.405R_1}{R_1 + R_2} + 0.639 \right)}$$



El arreglo del divisor de frecuencia, consiste en hacer un arreglo de contadores conectados en cascada, entonces al pasar la señal por un contador esta sale dividida entre la mayor cantidad que alcance el contador; la ilustración del arreglo se muestra a continuación.



La forma de onda a la salida del ultimo contador es:



Para tener un pulso a los dos minutos era necesario tener una frecuencia a la salida del ultimo contador de 1/120 HZ, o sea que esta frecuencia a la entrada del primer contador seria: $F_{in} = F_o$ (divisor); esto es la frecuencia de entrada es igual a la frecuencia de salida, multiplicada por el divisor, en este caso al disponer de 4 contadores binarios de 4 digitos, el divisor es $16 \times 16 \times 16 \times 16$, o sea 4096, entonces haciendo los calculos los resultados fueron:

$$F_{in} = (1/120)(4096) = 34.13 \text{ Hz.}$$

Sabiendo que esta tenía que ser la frecuencia de entrada, entonces se hicieron los cálculos para calcular los valores de resistencia y capacitor del oscilador, estos valores se deberían de determinar con la fórmula que se indicó para el oscilador. Como en la fórmula solo se conoce un valor, que es el de la frecuencia, y el valor de las resistencias y el capacitor se desconocen, entonces se tienen que suponer dos valores, en este caso se propusieron valores para R1 y para el capacitor, y ya teniendo estos valores el valor de R2 se determinaría con la formula.

Si:

$$R1 = 100 \text{ Kohms}$$

$$C = 0.16 \text{ uf.}$$

$$F = 34.13 \text{ Hz.}$$

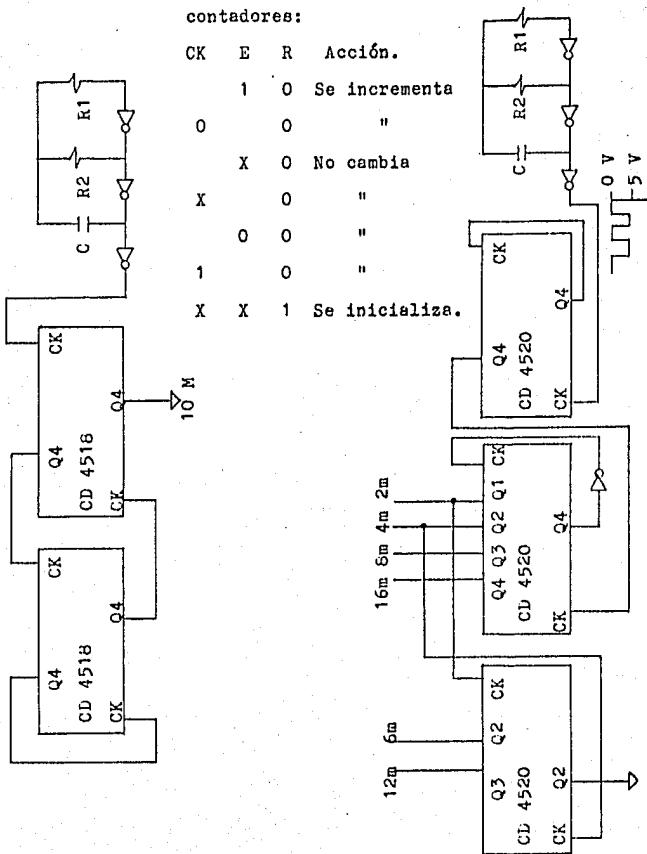
$$\text{Entonces } R2 = 88.56 \text{ Kohms.}$$

Para sacar los otros tiempos requeridos se usaron las otras salidas de los contadores; la figura sig. muestra el

arreglo de contadores y osciladores.

Tabla de verdad de los
contadores:

CK	E	R	Acción.
	1	0	Se incrementa
0		0	"
	X	0	No cambia
X		0	"
	0	0	"
1		0	"
X	X	1	Se inicializa.



Ya teniendo los circuitos divisores, se prosiguió a diseñar los circuitos de selección, esto era diseñar un circuito, que con el hecho de oprimir un push boton se fije el tiempo para el proceso de lavado.

Se pensó en utilizar el sistema de push boton por ser muy comodo para el usuario, además de tener mejor presentación.

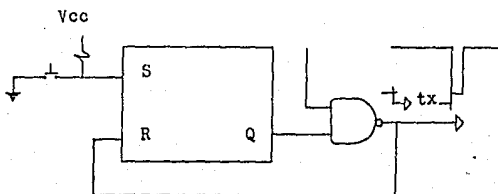
Después del push boton debería de existir un elemento capaz de retener , la información para lo que se utilizó un circuito de memoria, el único elemento de este tipo encontrado en el mercado era, una pastilla que contenía 4 latch R/S a base de compuertas NAND, el cual puede servir como elemento de memoria; su tabla de verdad se muestra a continuación:

S	R	Q
1	1	No cambia
0	1	1
1	0	0
0	0	0

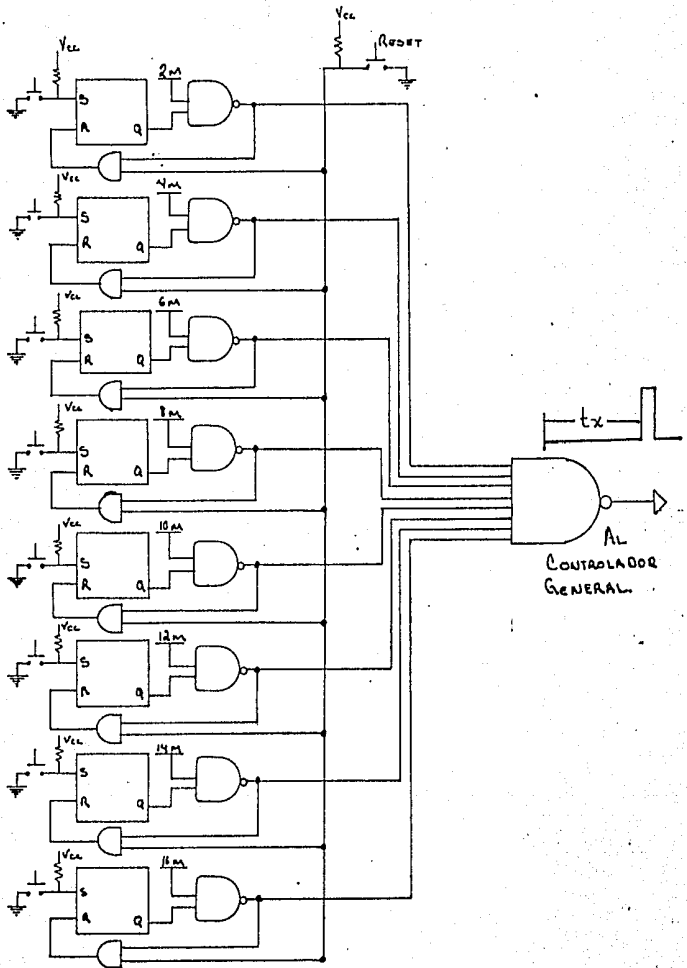
El circuito de selección debería de funcionar de la siguiente manera: el latch al oprimirse el push boton debería de tener un 1 en su salida Q, y cuando ya hubiera transcurrido el tiempo de selección la salida Q debería de ser 0, y además se debería de mandar un pulso al control general.

Lo que se hizo fue: ya teniendo la tabla de verdad del latch, se fijaron las entradas, $S = 1$, y $R = 1$, esto para que no existiera cambio en la salida; la entrada de SET se

fijó por medio de una resistencia a Vcc, y se dejó la opción de poder mandar esta entrada a tierra por medio de un push boton normalmente abierto, mientras que la entrada de RESET, se fijó por medio de la salida de una compuerta NAND, cuyas entradas serían la salida Q del latch, y la salida de uno de los contadores o divisores de frecuencia, esta entrada de la compuerta sería 1 hasta que hubiera pasado el tiempo de selección, que se haya escogido al oprimir el push boton, el circuito resultante y su forma de onda de salida, se muestran a continuación:



El circuito de selección para tiempos del proceso de lavado se muestra, en la figura de la pagina siguiente:



PUESTA EN MARCHA

Hasta ahora solo se diseñaron los subsistemas o controladores, como el control de tiempo el control de temperatura y el control de velocidad; pero no se ha diseñado cómo se van a acoplar para formar un control completo.

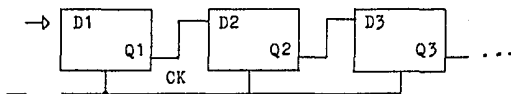
Hablemos primeramente que la lavadora tiene 6 etapas durante el proceso de lavado de la ropa, primero llena de agua, después lava la ropa, luego tira el agua y exprime la ropa, luego vuelve a llenar de agua, después enjuaga y por último vuelve a tirar el agua y a exprimir, para hacer el diseño del controlador general, se numeraron las etapas del 1 al 6, quedando de la siguiente manera:

- 1.- Llenado
- 2.- Lavado
- 3.- Exprimido
- 4.- Llenado
- 5.- Enjuagado
- 6.- Exprimido.

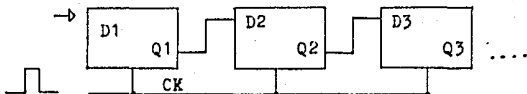
Para este control general se necesitaba, que el proceso solo estuviera en una etapa a la vez, o sea que primero se efectuara una luego la siguiente y así sucesivamente; para esto se pensó en utilizar un arreglo con Flip Flops, estos se conectarían en forma de anillo, o sea que la salida de uno sería la entrada del siguiente, entonces cuando oxig

tiera un pulso de reloj, la información debería de pasar de un Flip Flop a otro, para satisfacer esta necesidad del controlador de etapas se utilizó está principio, la operación de este arreglo con Flip Flops se muestra en las siguientes figuras:

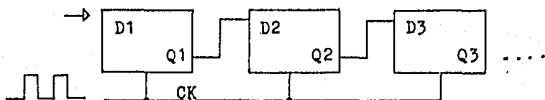
1.-



2.-



3.-

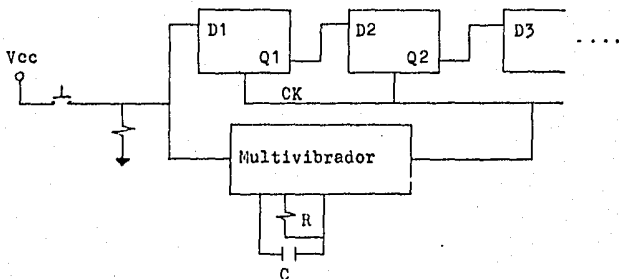


Como se ve en las figuras, la señal de entrada se va moviendo, conforme a los pulsos en el CK de los Flíp Flops, este arreglo es muy utilizado en la electrónica digital en donde se utilizan registros de corrimiento; este mismo principio se utilizó aquí.

Ya teniendo la manera de hacer el control, el siguiente fue hacer el circuito iniciador, este debería de estar

solo un instante en 1 y después debería de estar en 0, para que en todo el arreglo solo hubiera un 1, pero eso no es todo, este circuito además debería de mandar simultaneamente un pulso al CK de los Flip Flops.

El sistema del iniciador se diseño utilizando un push boton, el cual pondria en 1 la entrada del primer Flip Flop o sea D1, y además este push boton activará un multivibrador monoestable, el cual a su vez mandaría un pulso al CK de los Flip Flops, el 1 se logra mantener en los Flip Flops debido a que existe un retardo en el multivibrador, el arreglo del iniciador se muestra en la siguiente figura:



El multivibrador se conectó como multivibrador monoestable, y el tiempo del pulso para este arreglo esta dado por: $T_m = 2.42 RC$; el pulso no debería de ser de una duración muy corta, esto con el objeto de que, si alguna persona oprime varias veces el push boton, el arreglo se iba a llenar de unos, esto es que todos los Flip Flops estarían en 1, para esto se escogió un tiempo aproximado de 10 seg, con lo

que los valores de resistencia y capacitor existentes en el mercado resultaron:

$$R = 1 \text{ Mohm}$$

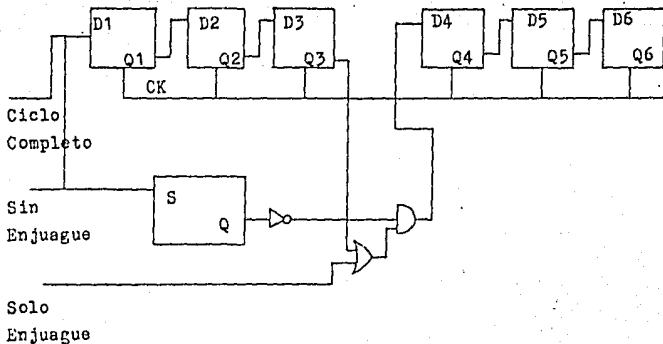
$$C = 4.7 \text{ uf}$$

$$T_m = 2.48 \text{ RC}$$

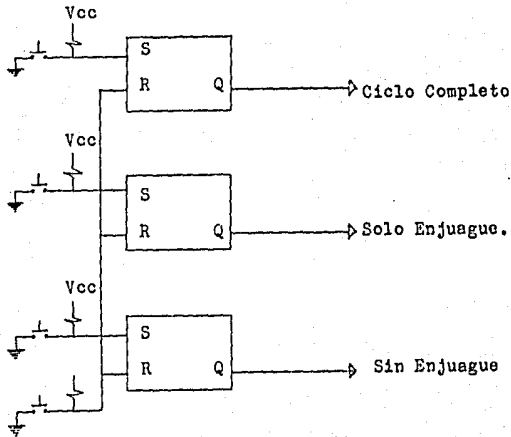
$$\text{Entonces } T_m = 11.56 \text{ Seg.}$$

Lo que siguió en el diseño fue un sistema tal que, la persona que iba a utilizar la lavadora tuviera la opción de escoger entre diferentes ciclos de lavado, esto es: si la persona solo queria enjuagar la ropa, o solo queria lavar pero sin enjuagar, o si queria que se realizara el ciclo completo, para esto se pensó en un circuito con lógica combinacional.

Lo que siguió en el diseño que debería de cumplir la lógica combinacional que se iba a utilizar; entonces si se escogía el ciclo completo, lo que debería de pasar es que los 6 Flip Flops del arreglo tendrían un 1 en su salida en un instante determinado del proceso; por otro lado si escogía solo enjuague solo los 3 últimos Flip Flops iban a ser activados, y por último si se escogía solo lavar, solo los 3 primeros iban a funcionar; el circuito que resultó se muestra en la siguiente figura:



El circuito de selección es similar a los otros, su funcionamiento ya se explicó, sus diagramas se muestran a continuación:



Ya teniendo terminado el diseño del controlador general, se continuó a acoplar todas las señales al CK de los Flip Flops, para que el proceso pudiera llevarse a cabo.

Se diseñó el sistema el cual detecta el nivel del agua, esto es, durante el proceso de llenado la máquina debe de detectar cuando tiene el nivel suficiente de agua, y al suceder esto, la máquina debe de cambiar de etapa, entonces al llegar al nivel deseado se debe de tener un pulso en el CK de los FLIP FLOPS, este sistema deberá de actuar en las etapas # 1 y # 4, que corresponden a llenado.

El detector se diseñó colocando un tubo en paralelo al tanque del agua, esto con el fin de que el nivel del tubo sea el mismo que el del tanque, y al tubo se le colocaron dos electrodos en el nivel deseado, mientras el nivel no ha sido alcanzado, la señal que saldrá del detector sera 0, al llegar a los electrodos como el agua es conductora, los electrodos se pondran en corto circuito, y la señal de salida sera 1; el circuito resultante se muestra a continuación:

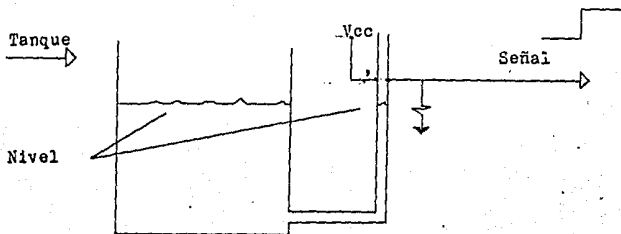
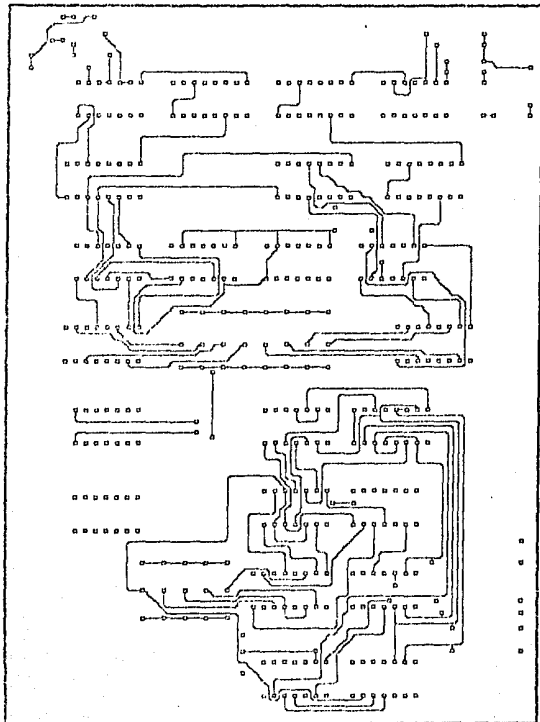


Diagrama del circuito impreso del control general, corresponde a la cara superior del impreso, las medidas del diagrama son las medidas reales.

checkplot v1.0 r0 14 Jul 1987 13:27:40
file: biotavo layer: 0
approx. size: 4.90 by 6.40 in. holes: 432



Circuito impreso control general; cara inferior.

checkplot v1.0 r0 14 Jul 1987 18:30:35
file: h:octavo layer: 1
approx. size: 4.90 by 6.40 in. holes: 432

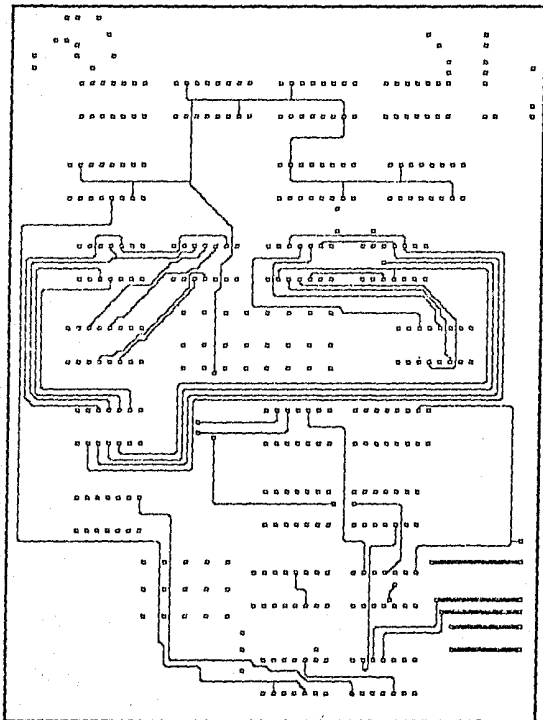
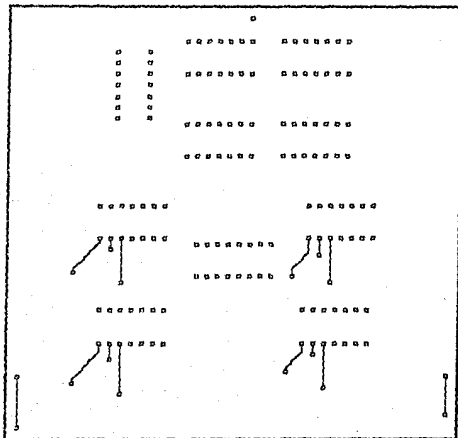


Diagrama del circuito impreso del control de velocidad,
las medidas son reales, la figure muestra la cara superior.

checkplot v1.0 r0 14 Jul 1987 18:38:51
file: b:trece layer: 0
approx. size: 4.05 by 3.75 in. holes: 159



Control de velocidad, circuito impreso cara inferior.

checkplot v1.0 r0 14 Jul 1987 18:41:10
file: bitrece layer: 1
approx. size: 4.05 by 3.75 in. holes: 159

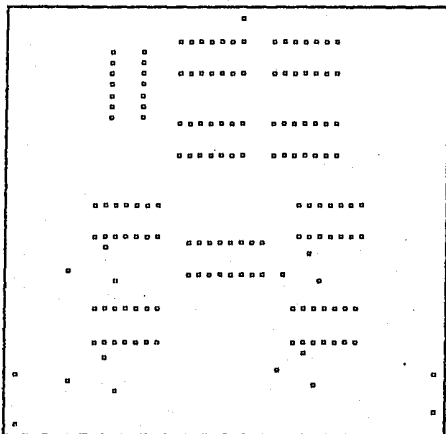


Diagrama del control de temperatura, en este circuito tam-
bién esta el sistema de selección, ambas caras.

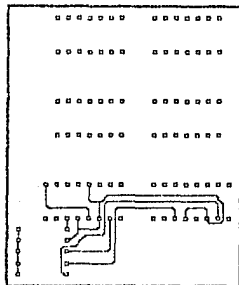
checkplot v1.0 r0
file: b:diez
approx. size: 2.00 by

14 Jul 1987

18:33:35

layer: 0

holes: 98



ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

checkplot v1.0 r0
file: b:diez
approx. size: 2.00 by

14 Jul 1987

18:36:07

layer: 1

holes: 98

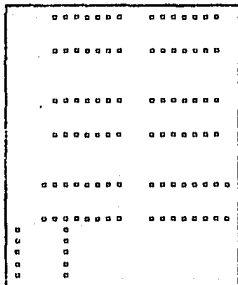
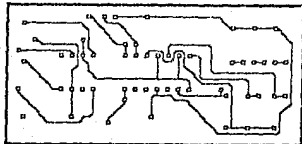
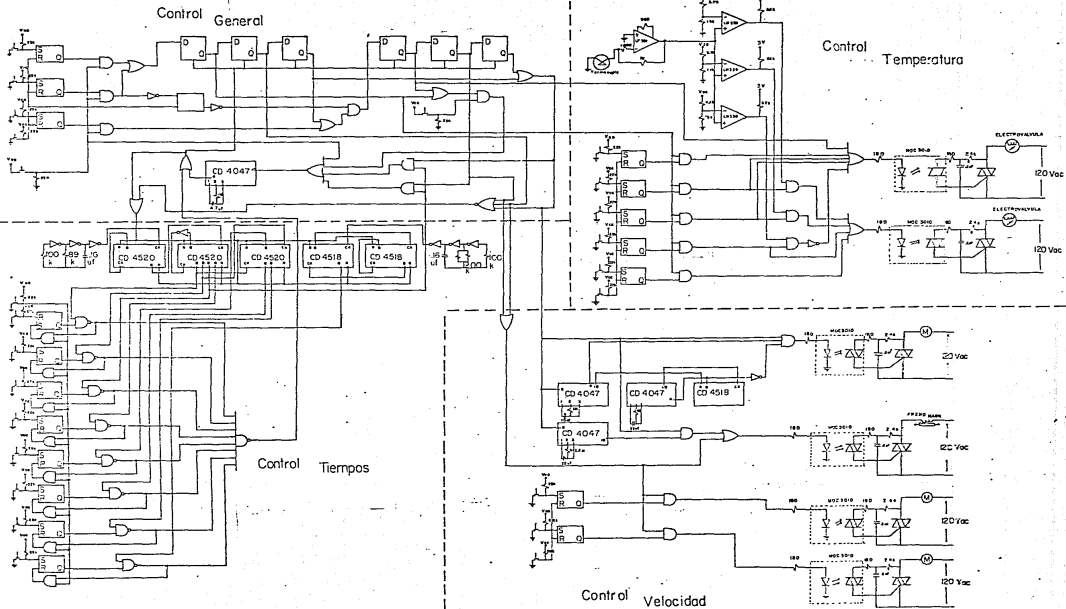


Diagrama del circuito impreso para el amplificador, y comparador de voltaje, para el control de temperatura.

checkplot v1.0 r0 14 Jul 1987 18:45:04
file: b:nueve layer: 0
approx. size: 2.60 by 1.10 in. holes: 57





CAPITULO 5

ASPECTO ECONOMICO DEL DISEÑO

Para el diseño del control, se utilizaron circuitos integrados con tecnología CMOS, esto con el fin de ahorro de energía, ya que estos circuitos consumen menos energía que los demás, también se penso en utilizar estos circuitos, porque estos son más inmunes al ruido que pudieran provocar los motores, con lo que se distorcionaría la información; el aspecto en contra de estos dispositivos, es que hay que tener gran cuidado en su manejo, es muy susceptible a ser dañado por descargas de voltajes estaticos, por lo que se tuvo que manejar estos dispositivos con materiales aislantes.

Los dispositivos utilizados fueron los siguientes:

- CD 4010 6 Buffers no inversores.
- CD 4069 6 Inversores.
- CD 4071 4 Compuertas OR de dos entradas.
- CD 4061 4 Compuertas AND de dos entradas.
- CD 4072 2 Compuertas OR de cuatro entradas.
- CD 40174 6 Flip Flops tipo D.
- CD 4044 4 Latches R/S con compuertas NAND.
- CD 4518 2 Contadores en BCD
- CD 4520 2 Contadores en binario.
- CD 4047 1 Multivibrador.
- CD 4011 4 Compuertas NAND de dos entradas.
- CD 4012 2 Compuertas NAND de cuatro entradas.
- LM 339 4 Comparadores de voltaje.

- LF 351 1 Amplificador operacional.
- MOC 3010 1 Opto triac
- Triacs de 4 y de 12 Amp.
- Push boton
- Leds.
- Resistencias de distintos valores.
- Capacitores de distintos valores.
- Una termocupla.

Los precios de los diferentes dispositivos utilizados, varian continuamente, los precios de los dispositivos que se dan a continuación, varían continuamente, los precios fueron los que existían en los meses de abril y mayo de 1987; este precio también depende de la tienda donde se compre el dispositivo, el precio que se da a continuación es el precio por unidad, el costo aproximado de todo el sistema se dará hasta el final; este precio incluirá el costo de los dispositivos, el costo del circuito impreso, y el costo de los fotolitos.

DISPOSITIVO	PRECIO UNITARIO
CD 4010	630 pesos
CD 4069	615 "
CD 4071	500 "
CD 4081	500 "
CD 4072	580 "
CD 40174	945 "
CD 4044	1430 "
CD 4518	1430 "
CD 4520	1430 "

CD 4047	1250	Pesos
CD 4011	550	"
CD 4012	700	"
LM 339	690	"
LF 351	670	"
MOC 3010	1350	"
Triacs	900	"
Push Booton	150	"
Led	200	"
Resistencia	15	"
Capacitor	90	"
Termocupla	7210	"

Lo que se refiere al costo por los materiales utilizados, se puede redondear la cifra a 90000 pesos, esta aproximación es sin tomar en cuenta: desperdicio de circuitos, gastos por la soldadura, el costo de las brocas que se utilizaron en perforar el circuito impreso; Sin tomar en cuenta estos aspectos y algunos otros que no se mencionan por el momento, la cantidad antes mencionada puede tomarse como verdadera.

En lo que se refiere a lo ventajoso o no ventajoso del sistema con respecto al original, en lo que se refiere al costo, el sistema de control mecánico para este tipo de aparato tiene un costo de 120 dolares, por lo que el precio obtenido es menor, pero aquí habría que tomar en cuenta, lo que se refiere al costo del diseño del sistema de control, el cual no se tomo en cuenta en este analisis.

CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

El trabajo realizado fue un trabajo experimental, por lo que se puede concluir que se cumplió, con el objetivo que se tenía al principio, cambiar el control mecánico por un control digital, el trabajo arrojó resultados positivos, pero eso no quiere decir, que este sistema no pueda ser mejorado posteriormente; la selección de componentes, así como el diseño del control, fueron hechos de acuerdo a los conocimientos adquiridos durante la carrera, y además tomado en cuenta las sugerencias que algunos maestros, y algunos compañeros hicieron.

Los problemas surgido durante el desarrollo del proyecto fueron varios: un problema fue que en un principio el control se quiso hacer, utilizando microprocesador; se llegó a la conclusión que este sistema de microprocesador era muy grande, para controlar tan pocas variables, como es el caso de la lavadora; entonces se optó por desarrollar el control usando solo lógica combinatorial, el primer paso fue desarrollar el sistema de tiempos, dentro de este sistema lo primero que se necesitaba era tener el oscilador, se tuvieron varias opciones, por ejemplo usar el cristal de cuarzo, o utilizar un dispositivo multivibrador, pero se optó por el circuito ya analizando con anterioridad, por ser un circuito estable, además de ser fácil de construir, y por que de la pastilla de los inversores restantes, también se tomó en cuenta que toda la parte del diseño se iba a utilizar tecnología CMOS, por lo que el oscilador se construyó con esa tecnología. Después de te-

ner el oscilador, la otra parte del sistema de tiempos no fue tanto problema. A la hora de elaborar el sistema de selección también se teneian varias opciones, por ejemplo, se pudieron usar microswitch, o perilla de selección que es una especie de switch, pero como ya se indicó se optó por el push boton, ya que estos, con el simple hecho de oprimirlos se tiene la información necesaria; después de haber solucionado estos problemas, se llegó al problema mayor, que fue pasar de la tabla experimental al circuito impreso; primero hacer el diseño del circuito impreso, ya teniendo el diseño, surgió el problema de hacer la tarjeta, y después de esto montar todos los elementos, luego soldar, limpiar y probar.

Con respecto a las precauciones que deben de tomarse, es ta el manejo de los dispositivos CMOS, ya que son muy susceptibles a ser dañados por la carga estatica que el cuerpo almacena, otros elementos que hay que cuidar son los optotriacs, -- hay que tener reconocidos todos los parámetros del dispositivo, y con esto a la hora de utilizarlos conectarlos de manera adecuada, y limitando las corrientes del diodo principalmente porque este elemento con que su corriente nominal máxima se rebasa se daña, y como el dispositivo es encapsulado es muy difícil detectar su estado a simple vista.

Las recomendaciones que pueden darse de acuerdo a las experiencias vividas, se pueden dividir en dos: primero con referencia al diseño del control, es muy importante minimizar el número de elementos a utilizar, así como aprovechar al máximo cada pastilla de cada IC, esto es, si se tiene un IC con 6 inversiones hay que tratar de usar los 6, también hay que -

tratar de hacer versatil el diseño, o sea que el usuario puede por ejemplo interrumpir el proceso, pero no con esto el -- proceso se va a trincar, además de dar el mayor número de posibilidades al usuario; por otro lado la otra recomendación, es a la hora de hacer el diseño del circuito impreso, para esto hay que tener bien definido, como se van a acomodar las ca ra del impreso, otro aspecto es tratar de tener una sola tarjeta para todas las salidas, y por ultimo es muy recomendable después de haber soldado todos los componentes en la tarjeta, hacer una limpieza, de la grasa que se utilizó en la soldadura, esta limpieza de preferencia, que sea con tiner, la limpieza debe de ser cuidadosa en todos los componentes, y además debe de repetirse varias veces.

Para el caso particular de este sistema, se tuvo que poner pasta de silicon a los componentes, esto con el propósito de fijarlos, debido a que el control, es para una máquina, la cual tiene mucho movimiento; este movimiento vibratorio puede ocasionar, que algun dispositivo se suelte de su base, o que se troce la soldadura, lo que ocasionaría distorsión en la in formación, que se maneja dentro del control. Entonces es recomendable colocar esta pasta a todo aquel cicuito, que este su jeto a movimientos vibratorios.

También este sistema de control tuvo que protegerse contra la humedad, ya que este sistema practicamente iba a trabajar en ambientes húmedos, lo cual lo afectaría en deterioro de los componentes, y posibilidad de corto circuito. La protección consistió en: colocar dentro de una caja el sistema, tratando de que la caja fuera lo mas hermetica posible, con

el fin de evitar humedad dentro de la caja.

Este sistema de control, puede utilizarse en un rango amplio de procesos, ya que este sistema además de manejar variables físicas, como temperatura, nivel de agua y tiempos, también controla etapas en el proceso, algunas otras aplicaciones pudieran ser:

- Controlar el proceso de fabricación de piezas de barro
- Proceso de revelado de fotografía.
- Una máquina lava-vajillas.
- Templado y cromado de metales.

Se puede utilizar el sistema en estos procesos, debido a que todos manejan ciertas variables físicas, y además controlan un proceso, el cual se desarrolla por etapas; el funcionamiento de estos sistemas es: llegar a una etapa y ahí controlar alguna variable, ya sea temperatura presión o humedad, y transcurrido algún tiempo, o tener cierta temperatura, o haber llegado al nivel de presión adecuado, entonces se pasara a la siguiente etapa, en la cual se tendrá un funcionamiento similar.

Las ventajas de este sistema sobre el sistema mecánico son las siguientes:

- = Mayor versatilidad.
- = Más económico
- = Mejor control de temperatura.
- = Tamaño mas reducido.
- = Facilidad de operación.
- = Menor desgaste en condiciones normales de operación.

Las desventajas son:

- Es más susceptible a descomposturas, por condiciones ambientales.
- Solo puede ser reparado por alguien que conozca el circuito.
- Require fuente de DC.

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

MALONEY T. J. ELECTRONICA INDUSTRIAL.MEXICO: PRENTICE - HALL INTERNATIONAL, 1983.

HERBERT TAUB.CIRCUITOS DIGITALES Y MICROPROCESADORES.USA: McGRAW-HILL, 1962.

M. MORRIS MANO.LOGICA DIGITAL Y DISEÑO DE COMPUTADORES.USA:PRENTICE - HALL HISPANOAMERICANA S.A.1982.

CMOS DATA BOOK : NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, 1981.

LINEAR DATA BOOK : NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION, 1981.

CATALOGO DE OPTOELECTRONICS: ECG

BOYLESTAD NASHELESKY.ELECTRONICA Y TEORIA DE CIRCUITOS.USA: PRENTICE - HALL, 1983.

DAVIS BART HOLOMEN. ELECTRICAL MEASUREMENTS AND INSTRUMENTATION.

FREDERIC EMMONS TERMAN.MEDICIONES ELECTRONICAS.