

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

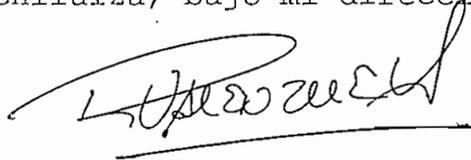
SISTEMA AUTOMATICO PARA CONTROL DE
PUERTAS EN PARQUEADEROS

Tesis previa a la obtención del Título de
Ingeniero en Electrónica y Control

WILSON RAPHAEL ALULEMA CHILUIZA

Quito, Junio 2000

Certifico que la presente
Tesis ha sido desarrollada en
su totalidad por el Sr.
Wilson Raphael Alulema
Chiluiza, bajo mi dirección.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'R. Valenzuela', is written over a horizontal line.

Ing. Ramiro Valenzuela.

DEDICATORIA

A mis padres y hermanos,
quienes me han brindado su
afecto y apoyo incondicional,
ya que sin su contingente
este sueño no habría podido
convertirse en realidad.

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD, y con ello a todos los que dan su mejor esfuerzo día a día para hacerla más grande. En especial a los profesores que supieron impartir en las aulas y fuera de ellas sus conocimientos y experiencias.

De una manera especial agradezco al Ing. Ramiro Valenzuela, por su acertada dirección, y por todas las facilidades prestadas.

Indice

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1	Introducción	1
1.2	Planteamiento del Problema a Solucionar	4
1.3	Objetivos	13

CAPITULO II: SENSOR DE PRESENCIA MAGNETICA

2.1	Principio de Funcionamiento	15
2.1.1	Medición de Pequeñas Resistencias	16
2.1.2	Medición de Pequeñas Reactancias	17
2.2	Diseño	22
2.2.1	Generación de la Señal de Corriente Alterna	22
2.2.2	Fuente de Corriente Sinusoidal de Frecuencia y Amplitud Constante	31
2.2.2.1	Circuito de Impedancia Negativa	32
2.2.2.2	Generador de Corriente Dependiente de Voltaje.	34
2.2.3	Amplificación y Rectificación	38
2.2.4	Comparación y Acondicionamiento	40

CAPITULO III: CIRCUITO DE CONTROL

3.1	Función en el Sistema y Prestaciones	49
3.2	Solución mediante Contactores	52
3.2.1	Control Automático	52
3.2.2	Control Manual	59
3.2.3	Circuitos de Fuerza	62
3.2.3.1	Circuito de Fuerza AC	62
3.2.3.2	Circuito de Fuerza DC	66
3.3	Solución mediante Microcontrolador PIC	69
3.3.1	Caso de un solo carro intentando cruzar	78
3.3.2	Caso de dos carros o más en la misma cola de espera	81
3.3.3	Caso de dos carros, uno a cada lado de la puerta	82
3.3.4	Caso de múltiples carros en los lados opuestos de la puerta	83
3.4	Construcción de los Circuitos Electrónicos	85
3.5	Desarrollo del Software que Soluciona el Problema Planteado	89

CAPITULO IV: CIRCUITO DE IDENTIFICACION

4.1	Función en el Sistema y Prestaciones	92
4.2	Clave de Acceso	94
4.2.1	La Tecla Enter (#)	95
4.2.2	La Tecla Clear (*)	96
4.3	Circuito Emisor de Control Remoto	98
4.3.1	Descripción del Funcionamiento del Circuito Emisor de Control Remoto	100
4.3.2	Circuito Emisor de Control Remoto basado en Circuitos Integrados 555	102
4.3.2.1	El circuito Integrado 555 en modo Monoestable de Funcionamiento	103
4.3.2.2	El circuito Integrado 555 en modo Aestable de Funcionamiento	105
4.4	Circuito Receptor de Control Remoto.	110
4.4.1	Captación de la Señal Luminosa.	111
4.4.2	Filtración y Amplificación	113
4.4.3	Comparación y Acondicionamiento	116
4.4	Construcción de los Circuitos Electrónicos	119
4.6	Desarrollo del Software que Soluciona el Problema Planteado	125

CAPITULO V: INTEGRACION, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1	Integración del Sistema	129
5.2	Pruebas y Resultados	142
5.2.1	Prueba de los Sensores de Presencia Magnética.	143
5.2.2	Prueba del Control Remoto.	144
5.2.3	Prueba de la Clave de Acceso y del Circuito de Control	145

CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	146
6.2	Recomendaciones.	150

BIBLIOGRAFIA

APENDICE A:

Microcontroladores PIC

APENDICE B:

Listado de programa del Circuito de Control

APENDICE C:

Listado de programa del Circuito de Identificación

APENDICE D:

Principales elementos utilizados

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1 Introducción

Existen tareas que obedecen a una cierta lógica de funcionamiento, por lo que su realización por parte de operadores humanos supone un trabajo monótono y tedioso. Además hay labores que involucran un cierto riesgo para las personas encargadas de ejecutarlas, bajo estas circunstancias una buena alternativa es automatizar su operación.

Tal es el caso de las puertas de acceso vehicular normales (no automatizadas) de los parqueaderos públicos, como también de los hogares, en las que su apertura y su cierre involucran principalmente esfuerzo y pérdida de tiempo por parte de sus usuarios.

Los conocimientos adquiridos en la EPN nos posibilita plantear diversas soluciones para hacer del anterior un sistema automático. En la materia de Control Industrial se aprendió a utilizar relés y contactores para solucionar problemas de esta índole, en esta misma materia y como una extensión se nos enseñó el uso de los PLC's que desempeñan una labor parecida. También en la materia de Control con Micros nos adiestramos en el uso de los microcontroladores y microprocesadores, especialmente en el 8051.

El presente desarrollo se encamina a solucionar el problema planteado mediante el uso del microcontrolador PIC16C84, cuya ventaja sobre el anterior principalmente es que necesita menos hardware para operar, ya que la memoria EEPROM de programa la tiene en el mismo encapsulado, su programación es simple debido a que no requiere de equipo sofisticado, lo que posibilita programarlo reiterativamente, facilitando su tarea al programador en el momento de desarrollar el software.

Además la introducción del microcontrolador en la solución de este problema nos brinda mayores prestaciones sobre su contraparte basado en contactores y relés como son: la de dotar de seguridad al parqueadero y de comodidad a los usuarios, resguardar la integridad de los vehículos, economizar energía, controlar el flujo de circulación, brindar la señalización necesaria, entre otras.

Muchas veces las soluciones a las que se llega se quedan únicamente en el papel, y no llegan a concretarse en la parte práctica, por lo que el presente desarrollo intenta cubrir todas las instancias del proceso creativo en la solución de un problema, como son: el planteamiento conciso del mismo, el desarrollo de la lógica que lo solucionará, el diseño y la construcción de los circuitos necesarios para este fin; todo con el objetivo de llevarlo a funcionar en la práctica, aún

cuando no en un sistema en tamaño real pues su implementación sería dispendiosa, sí en un prototipo a escala reducida que sea un fiel reflejo de lo que sucedería en escala normal.

La solución que se presenta en este trabajo intenta ser de tipo general, es decir se confronta un caso que contemple la mayor cantidad posible de inconvenientes, de tal forma que este mismo diseño se pueda aplicar cuando se presenten casos particulares.

El sistema que se desarrolla a lo largo de este trabajo, recoge la lógica elemental de funcionamiento del sistema, tomando en cuenta criterios de agilidad, economía y seguridad. No pretendiendo presentar un sistema infalible que satisfaga a todos los gustos aún cuando en principio al menos esa debería ser la idea.

No obstante se intenta sacar el máximo provecho del microcontrolador en mención, desarrollar el hardware relativo al mismo, como también construir el prototipo del parqueadero para que en lo posterior quien se interese, pueda sin tener que realizar cambios físicos sino solamente de programa dotar al sistema de una dinámica de funcionamiento diferente, que podría llegar a ser tal vez mejor o tal vez no de la que presento en este desarrollo.

1.2 Planteamiento del Problema a Solucionar

Se pretende automatizar el funcionamiento de la puerta de entrada/salida de un parqueadero típico, se entiende que la puerta de un parqueadero automático es impulsada por medio de un motor, y que un Circuito de Control se encarga de ponerlo en marcha en un sentido para apertura y en otro para cierre de la misma. Además el sistema debe incluir sus respectivos interruptores finales de carrera, y sensores para que el Circuito de Control sepa la situación de la puerta o los vehículos que por ahí transitan, para basado en ello poder tomar las decisiones respectivas.

Existen parqueaderos, en los cuales se dispone de una puerta exclusiva para la entrada de vehículos, y otra para la salida de los mismos. Por lo que el problema se divide en dos independientes e idénticos. Los vehículos en las dos puertas circulan en una sola dirección, por lo que la lógica de los circuitos que controlan las puertas es simple ya que no existen problemas de congestión. En estas circunstancias el problema se reduce al diseño de la solución para una de las puertas, ya que la otra será una copia idéntica de la primera. Sin embargo y lógicamente suele ser más costoso disponer de dos puertas impulsadas a motor, una a la entrada y otra a la salida del parqueadero, lo cual no se justifica cuando la frecuencia de uso de las puertas del parqueadero es

baja, es decir las puertas pasan inmóviles la mayor parte del tiempo.

Cuando el uso de las puertas del parqueadero no es muy frecuente, se puede pensar en una solución en la que se use la misma puerta tanto para la entrada como para la salida de los vehículos. Esto evidentemente economizará el costo de la solución al ahorrarse: una puerta, motor, circuitos y sensores relativos al mismo; pero complicará la lógica de funcionamiento ya que los vehículos deberán compartir el paso por la puerta, la que sólo permite uno a la vez, por lo que el sistema a más de controlar la operación de la puerta, deberá controlar el flujo vehicular por el umbral de la misma a través de señales luminosas en semáforos mediante una prioridad preestablecida y según las circunstancias actuales que se presenten relacionadas a la presencia vehicular al uno y otro lado de la puerta.

El caso anterior es el más complicado de solución, y aquí se lo considera un caso general que podría ser aplicado con éxito a casos particulares de puertas en las que su circulación vehicular es unidireccional. Por lo cual éste es el que será abordado a lo largo del desarrollo del trabajo.

Con este sistema se pretende dar seguridad y comodidad a los usuarios del parqueadero, por ello su operación no debe ser complicada. En vista de esto los usuarios autorizados a utilizar el parqueadero lo único que tienen que hacer para entrar o salir del mismo, es confirmarlo identificándose ante el sistema por medio de la digitación de una clave de acceso o la emisión de la señal de control remoto ante alguno de los Circuito de Identificación, tales dispositivos se encontrarán ubicados tanto en la parte interna como en la externa del parqueadero, según el caso; y poner en marcha sus vehículos obedeciendo la señalización que presenta el Circuito de Control por medio de sus semáforos, ya que éste se encarga de solucionar problemas de congestión de tráfico, como de cerrar la puerta automáticamente cuando ya nadie más la necesite abierta; precautelando de esta forma la seguridad del parqueadero.

Planteándonos el caso de circulación vehicular bidireccional por una sola puerta para un parqueadero, tendremos la configuración y distribución de los circuitos necesarios integrantes del sistema que lo solucionará, mostrada en la Figura 1.1:

Este sistema tendrá un modo automático de funcionamiento, en el que no necesita ser vigilado por nadie, para ello está

dotado de Circuitos de Identificación que incluyen teclados tipo telefónicos para ingreso de la clave de acceso, como también circuito de recepción de control remoto, al cual tiene fácil acceso el usuario que desea entrar o salir del parqueadero tanto en la parte interior como exterior del mismo.

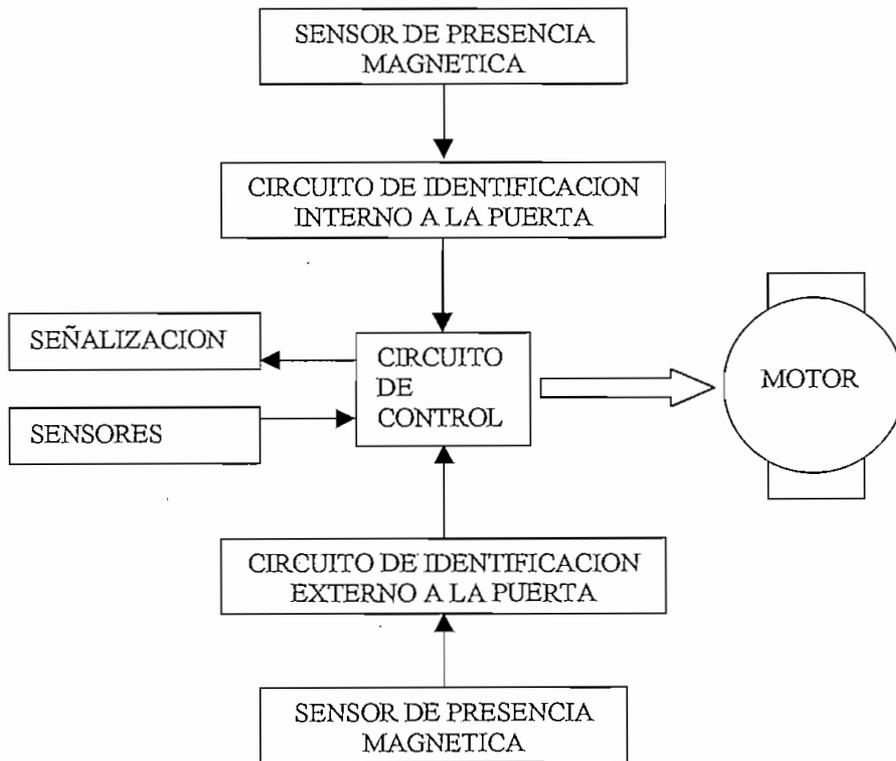


Figura 1.1 Diagrama de bloques del sistema automático

Para completar su autonomía el sistema ha debido equiparse tanto con sensores de presencia magnética para la detección de los automóviles, como con interruptores finales de carrera para saber el estado de la puerta. En este modo el sistema debe contemplar criterios de seguridad tanto para resguardar

la integridad de los vehículos que por ahí circulan de ser alcanzados por la puerta, como también para precautelar la seguridad de los vehículos que ahí se guardan, evitando que algún intruso pueda infiltrarse y causarles daño o incluso sustraérselos. Además, el sistema debe dotarse de la señalización respectiva que advierta de cualquier actividad que de pronto los conductores no puedan percatarse, como también de dirigir el tránsito que se da por la puerta del parqueadero, mediante la inclusión de los semáforos necesarios.

Para que el presente sistema no se quede confinado a un funcionamiento automático lógico e inflexible, que en casos emergentes no resulta conveniente, se ha incluido la opción de la operación humana mediante un modo de funcionamiento manual, que puede ser ejecutado desde la cabina de operación, o mediante extensión de sus cables hacia un lugar remoto desde donde se vigile la seguridad integral. En este desarrollo el control manual se lo realiza por parte de un encargado desde la cabina de mando.

En el modo manual alguien se encargará de tomar las decisiones de apertura o cierre de la puerta, por lo que se prescinde de los Circuitos de Identificación. En este modo, él comando de la puerta se lo asume desde la cabina de

vigilancia al mismo tiempo que se inhibe los Circuitos de Identificación y con ello la actuación de los usuarios sobre la apertura o cierre de la puerta. Este modo de funcionamiento no es el habitual y se lo utilizará únicamente en casos emergentes, por ejemplo cuando corra peligro la seguridad de los vehículos y conductores que se encuentran adentro, en cuyo caso el parqueadero deberá ser evacuado con rapidez y no podemos permitirnos perder tiempo obligando a que los conductores de los vehículos se identifiquen. Otro caso en el que se debe asumir el control manual de la puerta en la cabina de mando es cuando no se desea permitir la salida y/o la entrada de vehículos al parqueadero por razones de seguridad.

En este modo de funcionamiento quien se hace cargo de la seguridad del parqueadero es la persona responsable de la vigilancia desde la cabina de mando, por lo que deberá tener cuidado de utilizar esta opción sólo en casos realmente extraordinarios.

Además en este modo quien debe dirigir el flujo vehicular es el guardia, ya que al no utilizarse los Circuitos de Identificación, el Circuito de Control ignora si los vehículos desean salir o entrar al parqueadero por lo que no podrá controlar el tránsito mediante sus semáforos.

Cuando la puerta esté totalmente abierta en el modo de funcionamiento manual, los semáforos desplegarán una señal característica indefinida de advertencia mediante la intermitencia secuencial de todas sus luces, para advertir el peligro y captar la atención de los usuarios que transitan.

Tanto en el modo manual como en el modo automático de funcionamiento, se contemplan criterios de seguridad en pos de proteger la integridad de los vehículos y sus ocupantes que circulan por la puerta del parqueadero. Por ejemplo cuando la puerta se encuentra en marcha, tanto cuando ésta se abre como cuando se cierra, la luz amarilla de todos los semáforos advierte de ello a los conductores. Si aún así los conductores insisten en cruzar y exponerse a ser alcanzados por la puerta, con sus consabidos inconvenientes, el Circuito de Control lo advierte mediante sus sensores de presencia magnética ubicados en el umbral de la puerta e inmediatamente detiene la marcha de la misma, hasta que el vehículo se retire y deje de ser detectado, luego de lo cual el proceso continúa normalmente.

Se entiende que el sistema desarrollado a lo largo de éste trabajo restringe la circulación peatonal, sin embargo podría darse el caso fortuito de que algún niño o incluso una persona adulta desobedezca e intente cruzar la puerta

poniendo en peligro su integridad física, exponiéndose a sufrir lesiones si es alcanzado por la puerta. También podría darse el caso de que algún objeto obstruya la marcha normal de la puerta, por lo que en todas estas situaciones también el motor es sobre exigido y corre peligro de destruirse por sobre calentamiento de sus bobinas. Para ello y para casos parecidos en la cabina de mando se ha incorporado al Circuito de Control la opción de STOP, un pulsador que detiene la marcha de la puerta en cualquier instante. Obviamente esta acción podrá ser realizada por el vigilante si éste se percata.

En lugar del pulsador de STOP que detiene en forma manual el movimiento de la puerta en caso de algún percance, se podría incorporar al sistema los sensores necesarios que informen al Circuito de Control de dichas anormalidades. Por ejemplo se podría contar con un sensor de presencia humana en un lugar adecuado del umbral de la puerta, que informe al Circuito de Control del inminente peligro, para que éste detenga la actividad de la puerta.

De forma parecida y con el propósito de precautelar la vida útil del motor se puede incorporar un sensor de temperatura o sobre corriente en el interior del motor que envíe una señal eléctrica en caso de peligro hacia el Circuito de Control,

para que este ordene detener la marcha de la puerta, cuando alguno de éstos parámetros se encuentren fuera de su rango normal de funcionamiento, y consecuentemente el motor corra peligro de destruirse.

La inclusión de estos dos últimos sensores dotarían de una autonomía y seguridad superior al sistema, sin embargo estas nuevas prestaciones se encuentran fuera del alcance planteado para el presente desarrollo, y lo único que se hace es puntualizar que en caso de contar con éstos sensores, el sistema implementado está listo para acogerlos y lograr un mejor desempeño global del conjunto.

1.3 Objetivos

El principal objetivo de este desarrollo es llegar a plasmar en la práctica la solución del problema planteado, siendo esta solución una de tipo general.

Como parte del proceso de solución, otro objetivo planteado es él de construir y diseñar todos los circuitos y programas relativos a solucionar el problema, como también el diseño y construcción del prototipo a escala de las vías de circulación relativas a la puerta del parqueadero.

Se diseñará y construirá el sensor de presencia magnética LOOP, destinado a advertir la presencia vehicular. El mismo que se utilizará en los Circuitos de Identificación, y en el Circuito de Control. Restringiendo de esta manera el uso de todo el sistema a la circulación netamente vehicular.

El Circuito de Identificación incorporará un teclado tipo telefónico y un display de siete segmentos para que sea digitada y visualizada la clave de acceso. También incorporará el circuito receptor de control remoto como otra opción de identificación. Además poseerá un sensor de presencia magnética LOOP, que lo habilitará sólo ante la presencia de un usuario en un vehículo.

Se diseñará y construirá como parte del Circuito de Identificación: Los circuitos y el programa necesarios destinados a incorporar la opción de identificación mediante clave de acceso y control remoto por parte de los usuarios.

Se construirá el circuito emisor de control remoto, que deberá poseerlo todo usuario autorizado que así lo desee, evitándose la molestia de tener que digitar la clave de acceso para identificarse.

Se diseñará y construirá el circuito y el programa del Circuito de Control, que se encargará de recibir las señales provenientes de los Circuitos de Identificación, de los interruptores finales de carrera de la puerta, de los sensores de presencia magnética adjuntos a este circuito, de las señales de comando por parte del operador, entre otras; con el objeto de procesarlas y dar las señales de comando al motor de la puerta, y su respectiva señalización, con el propósito de automatizar su funcionamiento.

CAPITULO II

SENSOR DE PRESENCIA MAGNETICA

2.1 Principio de Funcionamiento

Una de las alternativas para poder detectar la existencia de vehículos en un lugar determinado es el uso del sensor de presencia magnética (LOOP). Este dispositivo es capaz de advertir la cercanía de metales alrededor de su elemento sensor. El presente desarrollo al estar orientado a la automatización del funcionamiento de puertas en parqueaderos encuentra una alternativa adecuada en el uso de este sensor.

El sensor de presencia magnética que se desarrolla a lo largo de este capítulo utiliza para ello como elemento sensible una bobina de alambre de cobre de unas pocas vueltas y se ubica en el piso sobre el cual pasarán los automóviles. Esta bobina es un inductor con un bajo valor de inductancia, el mismo que fluctuará levemente en presencia y ausencia de un objeto metálico (vehículo) en sus inmediaciones. La variación del parámetro inductancia, será el indicativo de presencia o ausencia vehicular, parámetro que deberá ser acondicionado a una forma digital para fines de control.

El proceso del diseño del sensor de presencia magnética, se centra en poder medir el bajo valor de inductancia de la bobina sensible dispuesta en el piso sobre el que pasarán los vehículos, y en virtud de su cambio poder conocer acerca de la presencia o ausencia vehicular en dicho lugar.

A continuación se presenta el desarrollo de esta idea, partiendo desde un caso simple de medición de resistencias pequeñas trabajando en el dominio DC, hasta su posterior extensión al caso análogo en el dominio AC de medición de reactancias, especialmente la que nos interesa en este desarrollo, es decir, la inductancia de la bobina sensora.

2.1.1 Medición de Pequeñas Resistencias

Un método para medir resistencias por lo general de pequeño valor, es inyectar sobre el elemento una corriente DC constante, y medir el voltaje que se produce a sus terminales, como se muestra en la Figura 2.1

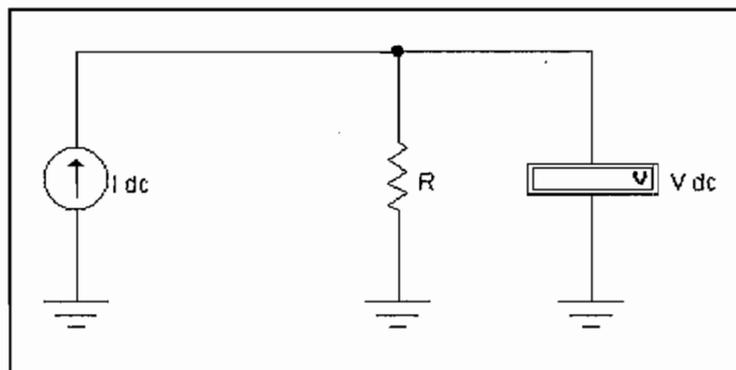


Figura 2.1 Medición de pequeñas resistencias mediante inyección de corriente constante

Esto se logra conectando una fuente de corriente DC de valor constante sobre el elemento de prueba, obteniéndose como resultado un voltaje DC a los terminales del elemento que

como se verá, resulta ser proporcional al valor de la resistencia. Basándonos únicamente en la ley de Ohm:

$$V = I * R$$

$$\text{Si } I = \text{constante.} \quad \Rightarrow \quad V \propto R$$

De esta forma podemos medir indirectamente la resistencia midiendo un voltaje sabiendo de antemano que estas magnitudes ahora son proporcionales entre sí, mediante el parámetro de intensidad de corriente.

2.1.2 Medición de Pequeñas Reactancias

Volviendo al caso de nuestro sensor de presencia magnética, el dispositivo sensible es un inductor, cuyo bajo valor de inductancia debe ser medida. Para ello emplearemos un método análogo al que se utilizó para medir el valor de la resistencia descrito en la sección anterior.

Sabemos que no podemos utilizar corriente directa, ya que elementos como capacitancias e inductancias en el dominio DC se comportan como circuitos abiertos o cerrados respectivamente, y de esta manera no brindan ninguna información de sus magnitudes distintivas, como son capacitancia e inductancia respectivamente.

Por ello para medir el valor de la inductancia sensora me es necesario involucrarme con el dominio de la frecuencia es decir con señales de corriente alterna. Manteniendo la analogía con el caso de la medición de pequeñas resistencias, se necesita conectar en la inductancia sensora una fuente de corriente AC, cuya frecuencia y amplitud sean de un valor constante, entonces se podrá delatar un voltaje AC en sus terminales, el mismo que será proporcional esencialmente al valor de la inductancia.

El circuito que posibilita realizar lo anteriormente descrito, y con ello medir el valor de la inductancia de interés se lo muestra en la figura 2.2.

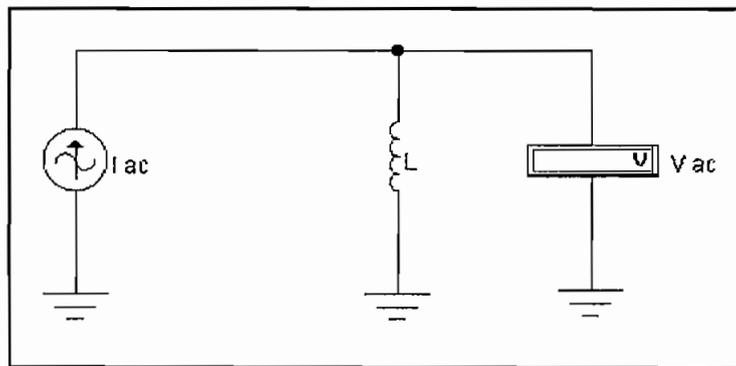


Figura 2.2 Medición de pequeñas reactancias, mediante inyección de corriente alterna.

La ecuación que liga el comportamiento del voltaje y la corriente en una inductancia es la siguiente:

$$V = L * \frac{dI}{dt}$$

Si: $I(t) = I \cdot \sin(\omega \cdot t)$, con $\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$

Siendo f la frecuencia de operación, un valor constante.

Obtenemos:

$$V = L \cdot \frac{d[I \cdot \sin(\omega \cdot t)]}{dt}$$

$$V = L \cdot I \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

Podemos identificar en primer lugar que hay un adelanto en el voltaje con relación a la corriente de 90° , lo cual en este desarrollo no es muy importante. En segundo lugar existe una relación de proporción directa entre las magnitudes del voltaje y de corriente denominada reactancia inductiva:

$$X_L = \omega \cdot L$$

Al igual que en el caso DC, en este caso AC se ha conectado una fuente de corriente alterna constante, con una frecuencia y amplitud fijas sobre la inductancia a ser medida, en este caso el sensor de presencia magnética, como se puede ver en la figura 2.2.

De esta forma y basándonos en el último desarrollo podemos observar que el valor de la inductancia se ve reflejado en un valor de voltaje alterno, con el que guarda proporcionalidad.

El voltaje que obtenemos a los terminales de la inductancia y que a su vez refleja la magnitud de ésta, es un voltaje de AC y será diferente en el caso en el que haya o no presencia vehicular en sus proximidades, es decir cambio en el valor de la inductancia de la bobina sensora.

El voltaje que se produce en los terminales de la bobina sensora es de AC y de pequeña magnitud, por lo que primeramente debe ser amplificado, y luego rectificado para de esta forma tener una representación proporcional de la inductancia, en un nivel de DC.

Este nivel de DC no es fijo, varía en función de las condiciones del medio en el que está instalada la bobina sensible del sensor de presencia magnética, dicha variación es significativa cuando detecta objetos metálicos. De esta forma este nivel de DC nos indica la presencia o ausencia de algún vehículo sobre el sensor mediante fluctuaciones análogas de tensión dentro de unos límites razonables. Para tener una representación digital de tal situación, deberá ser comparado con otro nivel intermedio fijo de DC, la comparación ha sido realizada con la inclusión de un lazo de histéresis, con el propósito de evitar rebotes indeseables a su salida. Dicho circuito se ha implementado utilizando un amplificador operacional, en el que un nivel alto de voltaje

a su salida indicará la presencia de un vehículo en el sensor y un nivel bajo la ausencia del mismo.

Por último la información que brinda el sensor de presencia magnética deberá ser interpretada por el microcontrolador encargado del proceso. Por ello esta señal es acondicionada a niveles TTL, con que el microcontrolador se desenvuelve.

2.2 Diseño

Debido a que se confronta el caso de la medición de una inductancia, se debe trabajar en el dominio de la frecuencia, esto es con señales de corriente alterna, por lo que el primer paso será generarla.

2.2.1 Generación de la Señal de Corriente Alterna

Se ha optado por utilizar el circuito oscilador tipo Puente de Wien que se muestra en la Figura 2.3.

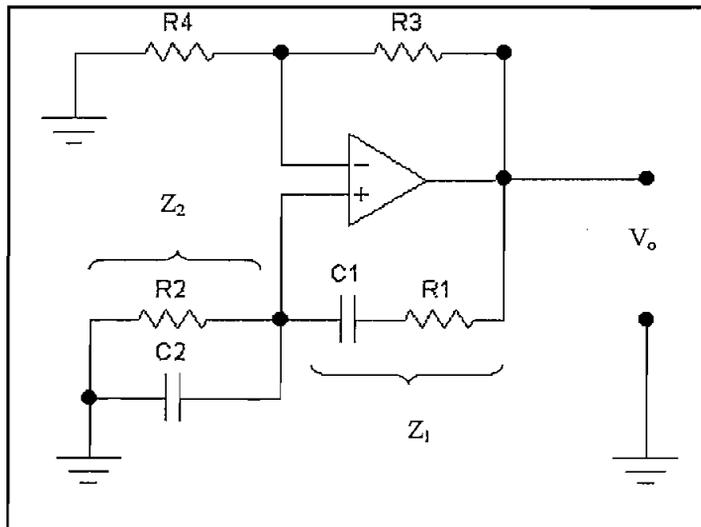


Figura 2.3 Oscilador Puente de Wien

Este oscilador tiene la característica de ser de sencilla construcción y entregar a su salida un nivel de AC sinusoidal, cuya frecuencia depende de los componentes: R1, C1 y R2, C2 lo cual se demuestra a continuación:

Las condiciones para que exista oscilación en el circuito es el balance del puente, es decir:

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{Z_3}{Z_4}$$

Podemos observar que Z_1 es la combinación en serie de C_1 y R_1 , Z_2 está compuesto por el paralelo de C_2 y R_2 , Z_3 es R_3 y Z_4 es R_4 . Con estas consideraciones tenemos que:

$$\frac{R_1 + \frac{1}{j^* \omega^* C_1}}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \cdot \frac{j^* \omega^* C_2 * \left(R_2 + \frac{1}{j^* \omega^* C_2} \right)}{R_4}$$

Simplificando progresivamente la expresión se tendrá:

$$\frac{\frac{\omega R_1 C_1 - j}{\omega C_1}}{-j R_2} = \frac{R_3}{R_4} \cdot \frac{\omega R_2 C_2 - j}{\omega R_2 C_2 - j}$$

$$\frac{\omega^2 R_1 C_1 R_2 C_2 - j \omega (R_1 C_1 + R_2 C_2) + j^2}{-j \omega C_1 R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

Si tomamos $R_1 = R_2 = R$ y $C_1 = C_2 = C$

$$\frac{\omega^2 R^2 C^2 - j 2 \omega (RC) - 1}{-j \omega RC} = \frac{R_3}{R_4}$$

Agrupando en parte real e imaginaria y comparando:

$$2 + j\left(\frac{\omega^2 R^2 C^2 - 1}{\omega RC}\right) = \frac{R_3}{R_4}$$

Concluimos que:

$$\frac{R_3}{R_4} = 2$$

$$j\left(\frac{\omega^2 R^2 C^2 - 1}{\omega RC}\right) = 0$$

De esta última expresión encontramos el valor de la frecuencia generada en función de los componentes R y C

$$\omega = \frac{1}{RC} \quad \text{ó} \quad f = \frac{1}{2\pi RC}$$

Usando el amplificador operacional LM324 se obtuvo un funcionamiento estable del oscilador para frecuencias hasta los 10 KHz. Por lo que los circuitos detectores de metales de este desarrollo pueden trabajar satisfactoriamente con frecuencias menores.

La corriente que entregará el amplificador operacional del circuito oscilador depende de la carga que se le haya

conectado. La corriente máxima que entrega un amplificador operacional obviamente es limitada por lo que es importante dimensionar la carga que han de soportar, de lo contrario tendremos una caída de tensión muy grande en el interior del circuito integrado, y también calentamiento del mismo debido al efecto Joule de circulación de corriente, lo que degenerará en un mal funcionamiento del circuito.

En el circuito oscilador tipo Puente de Wien que estamos analizando, la carga conectada depende de los valores que tomen las impedancias: Z_1 , Z_2 , Z_3 y Z_4 además de la carga en la cual se vaya a utilizar la señal generada.

Considerando únicamente la carga que ocasionan los elementos propios del oscilador, tenemos:

$$Z = (Z_1 + Z_2) \parallel (Z_3 + Z_4)$$

$$Z = \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right) + \left(\frac{R}{j\omega C * \left(R + \frac{1}{j\omega C} \right)} \right) \parallel (R_3 + R_4)$$

Tomando el valor de:

$$\omega = \frac{1}{RC}$$

entonces la impedancia de carga será:

$$Z = \left[\frac{3}{2} R(1 - j) \right] \parallel (3R_4)$$

El circuito presentado hasta el momento no es estable, ya que lo único que hemos tomado en cuenta es el equilibrio del puente, equilibrio que podría perderse y precipitarse a dejar de generar la señal deseada, o llegar a la saturación; distorsionando de esta forma la señal sinusoidal deseada por efecto de recorte de los picos.

Además en el desarrollo de este análisis no tomamos en cuenta la amplitud de la señal, por lo que no existe manera de controlarla, y la forma práctica de que oscile el circuito es hacerlo inestable y permitirle a su señal de salida crecer indefinidamente.

Esto se logra haciendo que R_3 sea ligeramente superior a $2R_4$ la amplitud de la señal sinusoidal crecerá hasta donde se lo permita la fuente de alimentación del amplificador operacional, momento en el cual la señal tenderá a estabilizarse con este valor de amplitud.

En la práctica no se desea que la señal sinusoidal crezca hasta donde la fuente de alimentación se lo permita, por el contrario se quiere que la señal se estabilice en un valor menor de amplitud, ya que mientras más crece la señal, ésta se distorsiona más y más de la sinusoidal deseada.

A este circuito oscilador básico en este diseño se le ha añadido un diodo común y corriente en paralelo con R_3 , con el objetivo de llevar a la saturación de la señal de salida, a un valor pequeño de voltaje.

Como sabemos el diodo es idealmente un elemento que conduce en un sentido (presenta cero resistencia) y bloquea en el otro sentido (presenta resistencia infinita). El diodo real difiere de estas características ya que esta transición no es tan brusca, en el punto de cambio de sentido de circulación de la corriente, esto podemos ver en la Figura 2.4, donde se despliega la curva característica de los diodos reales, correspondiéndole la gráfica de línea continua roja al diodo de germanio, y la de trazo entrecortado azul al de silicio.

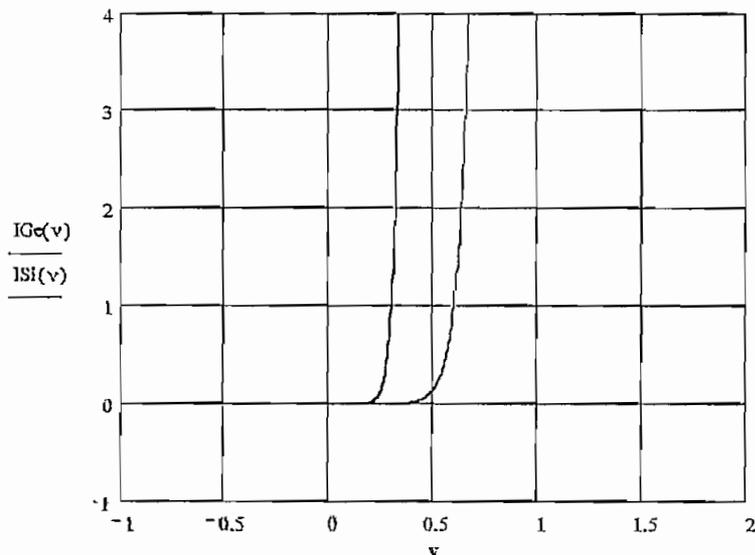


Figura 2.4 Curva característica de un diodo real

En el sitio del codo de la curva, esto es en la zona de conducción del diodo, encontramos el voltaje denominado de umbral, que es el voltaje a partir del cual el diodo en polarización directa empieza a conducir, los valores típicos del voltaje de umbral es de 0.3V para los diodos de germanio, y 0.7V para los diodos de silicio. Esta característica es la que se aprovecha en el generador de señal, para saturar el circuito mucho antes de que la onda de característica inestable en su etapa transitoria llegue a alcanzar los valores de voltaje que la fuente lo permite.

Lo que se hace es que el voltaje pico máximo que cae en R_3 sea el voltaje de Umbral y por su proporcionalidad con el voltaje de salida del amplificador operacional, el voltaje máximo que se obtiene a la salida del generador es:

$$V_{O_{pico}} = \frac{R_3 + R_4}{R_3} * V_{umbral}$$

$$V_{O_{pico}} = \frac{3}{2} V_{umbral}$$

Para evitar que la onda al crecer se distorsione se utilizó un diodo de germanio, en cuyo caso el voltaje pico de salida máximo será:

$$V_{O_{pico}} = \frac{3}{2} V_{umbral} = 1.5 * 0.3V = 0.45V$$

El circuito resultante con esta modificación se lo muestra en la Figura 2.5.

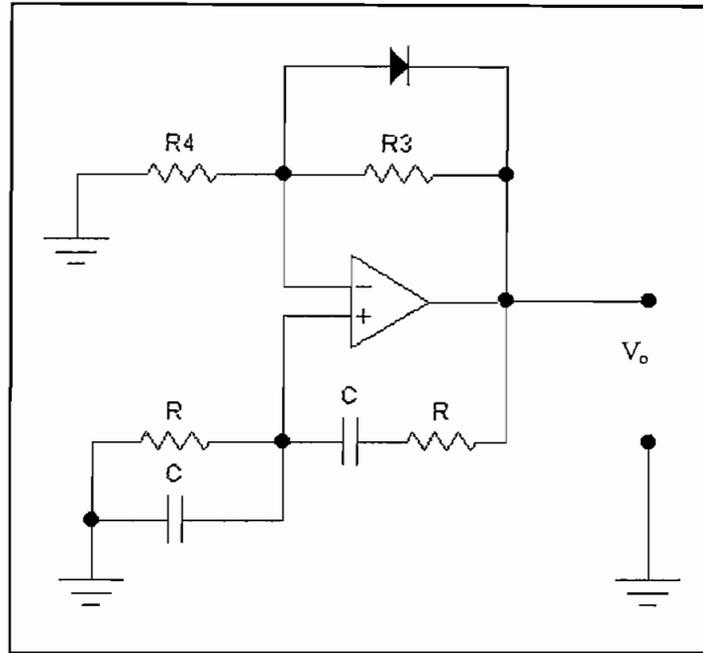


Figura 2.5 Oscilador Puente de Wien, incluido diodo de saturación

Para que los componentes a los que abastece este generador no lo carguen y consecuentemente distorsionen su señal, al circuito generador de AC le aislamos de su próxima etapa mediante un circuito seguidor de tensión basado en un amplificador operacional, este es un caso especial del amplificador no inversor cuya ganancia es uno, pero su impedancia de entrada es muy elevada, por lo que prácticamente no carga al circuito que le antecede, logrando de ésta forma el efecto de aislamiento de las etapas posteriores. Dicho circuito se lo muestra en la Figura 2.6.

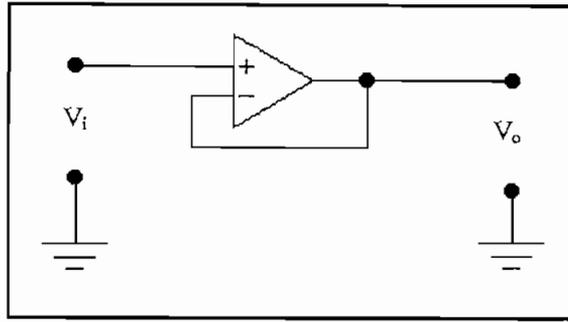


Figura 2.6 Circuito seguidor de voltaje

El siguiente paso consiste en amplificar esta señal hasta un valor adecuado, esto se lo hace usando otro amplificador operacional, en este caso se uso un amplificador inversor cuya característica, es la de entregar a la salida una señal que es proporcional en todo momento a la señal de entrada, la particularidad de este circuito es que la constante de proporcionalidad es negativa, este circuito se lo conecta directamente a la salida del circuito seguidor de tensión anterior, y se lo muestra a continuación:

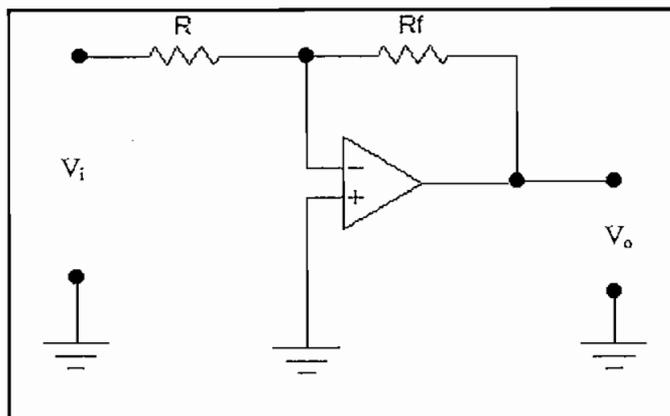


Figura 2.7 Circuito amplificador inversor

2.2.2 Fuente de Corriente Sinusoidal de Frecuencia y Magnitud Constante

Siguiendo la estrategia para la medición de la inductancia sensora, debemos inyectarle una corriente de magnitud y frecuencia constante, para que el voltaje generado en sus dos terminales, delaten el valor de la inductancia.

Hasta el momento hemos logrado obtener una señal sinusoidal de frecuencia y voltaje constante, pero lo que necesitamos no es tener voltaje sino corriente constante, por lo que la solución que planteamos en este caso es la de incorporar a nuestro circuito un generador de corriente dependiente de voltaje, el circuito que posibilita este cambio está hecho sobre la base de un amplificador operacional el mismo que se muestra en la Figura 2.8.

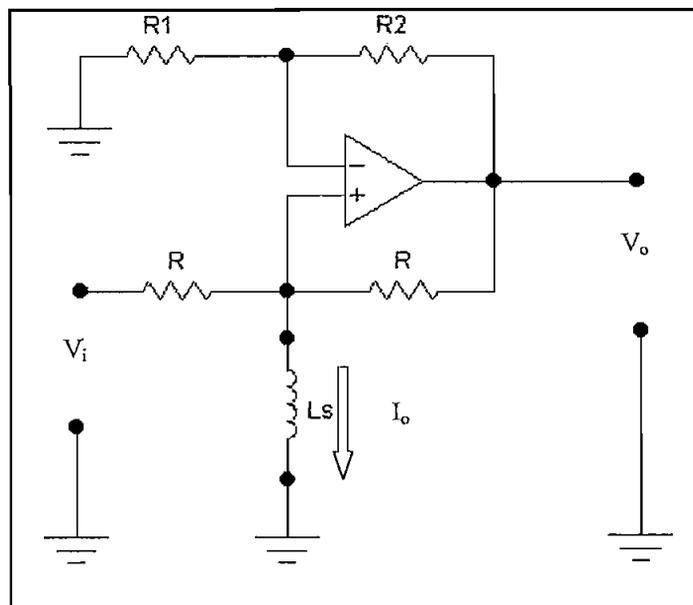


Figura 2.8 Generador de corriente dependiente de voltaje

El generador de corriente dependiente de voltaje es una extensión del circuito de impedancia negativa, el mismo que se ha desarrollado en base a un amplificador operacional.

A continuación se muestra la concatenación secuencial que lleva finalmente a la consecución de nuestra fuente de corriente constante y frecuencia constante que se inyecta sobre la bobina sensora.

2.2.2.1 Circuito de Impedancia Negativa

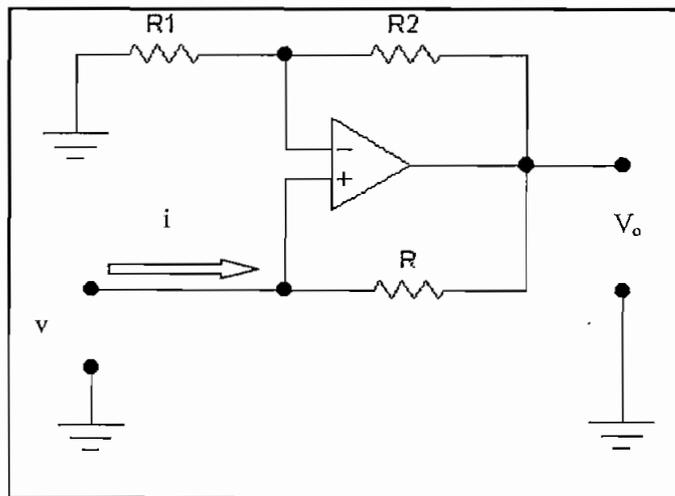


Figura 2.9 Circuito de Impedancia negativa

La resistencia de entrada se define de la siguiente manera:

$$R_{en} = \frac{v}{i}$$

Sabemos que en el amplificador operacional:

$$v_+ = v_- = v$$

Analizando el divisor de tensión en el ramal de entrada negativa al operacional, observamos que:

$$v_- = v = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * v_o$$

Si despejamos v_o tenemos:

$$v_o = v \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

Debido a la elevada impedancia de entrada a un amplificador operacional, la corriente que ingresa siempre es despreciable, por ello podemos asumir que toda la corriente que entra al circuito en el ramal de v_+ cae directamente sobre R , lo que se puede plantear de la siguiente manera:

$$i = \frac{v - v_o}{R} = \frac{v - v \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)}{R} = \frac{-R_2 * v}{R_1 * R}$$

Por lo que la resistencia de entrada será:

$$R_{en} = \frac{v}{i} = \frac{-R_1 * R}{R_2}$$

Observamos que el circuito ha originado una resistencia negativa, proporcional al valor de R . En el caso particular en que $R_1 = R_2$ entonces simplemente el circuito hace que R cambie de signo.

Además R podría ser no una resistencia sino una impedancia, en cuyo caso el circuito se mostrará, como la misma impedancia pero cambiada de signo.

2.2.2.2 Generador de Corriente Dependiente de Voltaje

Modificando ligeramente el circuito de impedancia negativa se puede llegar al generador de corriente dependiente de voltaje, el mismo que producirá a su salida una corriente proporcional al voltaje de entrada, corriente que no depende de la carga que se esté aplicando, siempre y cuando ésta no sea del todo desproporcionada, de forma que provoque la saturación del amplificador operacional, en cuyo caso dicho dispositivo dejará de actuar adecuadamente, y el circuito degenerará en su funcionamiento.

Si al circuito de impedancia negativa se le incrementan los componentes que se muestran a continuación en la Figura 2.10, el resultado será el generador de corriente dependiente de voltaje.

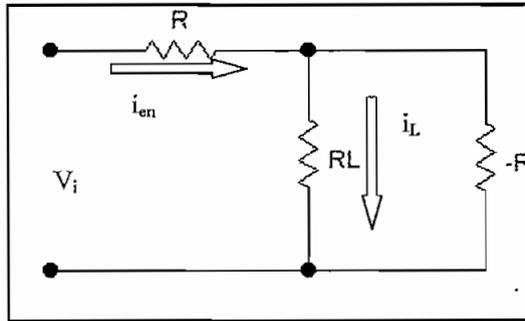


Figura 2.10 Generador de corriente dependiente de voltaje, sobre la base de una impedancia negativa

Lo que se desea calcular en este circuito es la corriente sobre la carga I_L y comprobar que depende del voltaje de entrada. Para ello aplicaremos normalmente las leyes de Kirchhof, ya que cuando se dedujeron no se supusieron resistores exclusivamente positivos:

$$i_{en} = \frac{v_i}{R_{en}} = \frac{v_i}{R - \frac{RR_L}{R_L - R}} = \frac{v_i(R_L - R)}{R_L R - R^2 - RR_L} = \frac{v_i(R_L - R)}{-R^2}$$

Aplicando la ley de división de corriente entre R_L y $-R$ se obtiene:

$$i_L = \frac{-i_{en}R}{R_L - R} = \frac{-v_i(R_L - R)}{R^2} * \frac{-R}{R_L - R}$$

$$i_L = \frac{v_i}{R}$$

De esta última expresión podemos ver que la corriente que circula por la carga en ningún momento depende de la carga sino del valor tomado para R y del voltaje aplicado a la entrada, cumpliendo de esta forma con la característica de ser una fuente de corriente dependiente de voltaje.

En el desarrollo anterior se supuso que la carga era resistiva (R_L), pero el mismo análisis habría sido realizado en el caso general en que la carga fuera una impedancia (Z_L). Por lo cual el resultado lo podemos considerar también válido para el caso en que la carga es una inductancia, que se trata de nuestro problema particular ya que Z_L para nosotros es una bobina de alambre que a su vez es el elemento sensor de presencia vehicular.

Juntando los dos últimos gráficos podemos llegar al circuito planteado como el generador de corriente dependiente de voltaje, propuesto en primera instancia de este análisis y mostrado en la Figura 2.8.

El voltaje que nos da el valor de la inductancia sensora, lo podemos medir directamente a los terminales de la bobina, pero la carga de los circuitos posteriores podría afectar nuestra medición, por lo que el voltaje de salida lo podemos tomar indirectamente de la salida del amplificador

operacional, debido a que este voltaje guarda proporcionalidad con nuestro voltaje de interés que es el voltaje que se produce a los terminales de la bobina, como se demuestra a continuación:

En el circuito del generador de corriente dependiente de voltaje mostrado en la Figura 2.8, observamos que el voltaje producido en la bobina se encuentra aplicado directamente entre tierra y v_+ del amplificador operacional, como sabemos la diferencia de voltaje entre v_+ y v_- en un amplificador operacional es prácticamente nulo, por lo que podemos asumir que:

$$v_- = v_+ = v_L$$

De esta forma el voltaje de interés también se lo encuentra en el terminal v_- del amplificador operacional. Como se puede observar en el gráfico, R_1 y R_2 forman un divisor de voltaje entre v_o y v_+ esto es:

$$v_- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} * v_o$$

Despejando v_o :

$$v_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} * v_-$$

En vista de que por facilidad asumimos $R_1 = R_2$

$$v_o = 2*v_- = 2*v_L$$

Conseguimos una amplificación de la señal de interés al doble, y además cargar en lo posterior directamente a la salida del amplificador operacional.

2.2.3 Amplificación y Rectificación

La señal de voltaje que se produce en la bobina sensora depende directamente de la frecuencia de la señal AC que se aplique, de la magnitud de la corriente inyectada sobre la bobina, y del valor de la inductancia sensora, la variación de esta última es la que nos da la información de presencia vehicular.

Debido a las restricciones propias de los elementos reales, en este caso el amplificador operacional, ni la frecuencia ni la corriente que puede abastecer son ilimitadas, y lo mejor que podemos hacer es aprovechar al máximo estas características. Lo que repercute directamente en la magnitud del voltaje reflejado en la bobina sensora.

Bajo estas circunstancias el voltaje que se mide en la bobina sensora es de un valor muy bajo y se encuentra en el orden de

los milivoltios, razón por la que se debe utilizar un par de etapas amplificadoras de voltaje dispuestas en cascada, es decir una a continuación de otra.

El voltaje con que se alimenta a los amplificadores operacionales es de +12V y -12V. Esto nos facilita poder amplificar la señal del sensor hasta $8V_{AC\ RMS}$ máximo, para nuestro circuito sensor en la práctica hemos amplificado esta señal hasta un valor un poco menor que esta cantidad.

La señal AC amplificada que tenemos hasta este momento debe ser rectificadora, para poder tener la representación de la inductancia de la bobina sensora en una forma de voltaje DC, que es más cómodamente manejado.

A continuación en la Figura 2.11 se muestra el circuito amplificador y la etapa rectificadora:

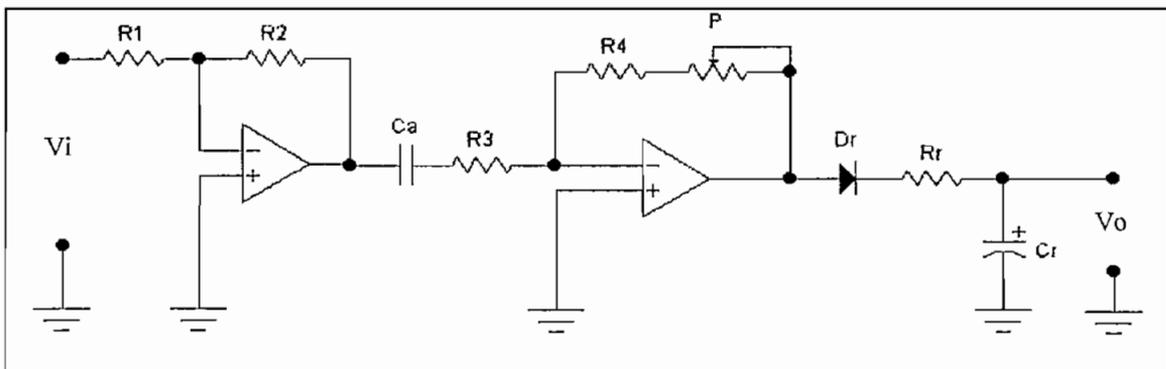


Figura 2.11 Amplificación y rectificación de la señal de interés

2.2.4 Comparación y Acondicionamiento

En la práctica se observa que el voltaje de salida del circuito anterior varía entre 6 y 7 V_{DC} , los 7 V_{DC} se mide cuando no existe ningún vehículo sobre el sensor y los 6 V_{DC} , cuando detecta la presencia vehicular. El potenciómetro P nos posibilita calibrar la salida de DC del circuito simétricamente alrededor de los 6.5 V_{DC} , valor con el que la señal será comparada posteriormente, y cuando lo supere sabremos que no hay vehículo en su elemento sensor, y lo contrario sucederá cuando la señal rectificada, no logre superar este nivel DC de comparación y decisión, en cuyo caso sabremos que algún objeto metálico ha alterado el valor de la inductancia sensora, y en consecuencia ha sido detectado.

La variación de voltaje que tenemos a la salida del circuito da una indicación de que la inductancia del sensor tampoco tiene una variación significativa en su valor al detectar la presencia vehicular, por lo que esta señal aún debe ser acondicionada, además lo que en este desarrollo interesa no es el valor de voltaje que refleje la inductancia, si no más bien la variación que se produce de ésta. Para ello lo siguiente es incorporar a este circuito un amplificador diferencial, para magnificar y acondicionar la variación del voltaje de salida y eliminar la parte del voltaje de offset

que no interesa en este análisis. El circuito amplificador diferencial usado para este propósito es como el mostrado en la Figura 2.12.

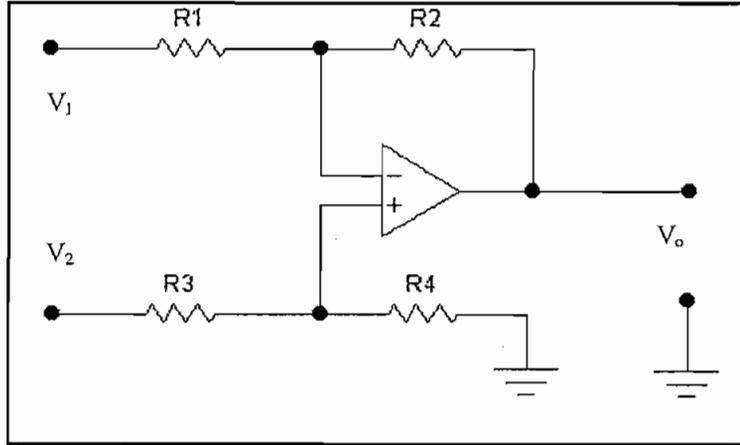


Figura 2.12 Amplificador diferencial

El circuito presentado tiene la característica de amplificar la diferencia de voltaje existente entre sus entradas positiva y negativa. Esto se lo desarrollará a continuación:

$$I_1 = \frac{V_1 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_o}{R_2}$$

$$V_+ = \frac{R_4}{R_3 + R_4} * V_2$$

$$V_i = V_+ - V_- = \frac{V_o}{A_{ol}} \approx 0 \quad \Rightarrow \quad V_+ \approx V_-$$

$$\frac{V_1 - \frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2}{R_1} = \frac{\frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 - V_o}{R_2}$$

Asumiendo: $R_1 = R_3$ y $R_2 = R_4$

$$\frac{V_1 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2}{R_1} = \frac{\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_2 - V_o}{R_2}$$

$$\frac{V_1(R_1 + R_2) - R_2 V_2}{R_1(R_1 + R_2)} = \frac{R_2 V_2 - V_o(R_1 + R_2)}{R_2(R_1 + R_2)}$$

$$\frac{V_1 R_1 + V_1 R_2 - V_2 R_2}{R_1} = \frac{R_2 V_2 - V_o R_1 - V_o R_2}{R_2}$$

$$V_1 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) - V_2 \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) = V_o \left(\frac{R_1 + R_2}{R_2} \right)$$

$$V_o = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

$$V_o = A(V_2 - V_1)$$

Aplicando a nuestro circuito deseamos acondicionar la señal que informa del estado del sensor de la siguiente manera: cuando no hay vehículo en el sensor, es decir 7 V_{DC} a la salida del rectificador a la salida del amplificador diferencial tengamos -6 V_{DC} indicando su ausencia, y cuando se tenga presencia vehicular en la bobina sensora, es decir 6 V_{DC} a la salida del rectificador, entonces deseamos tener 6 V_{DC} a la salida del amplificador diferencial, obteniendo de esta forma una mayor variación de voltaje con la correspondiente variación de inductancia, y además mantener simetría

alrededor de los cero voltios; las condiciones de funcionamiento anteriormente descritas para el amplificador diferencial podemos resumirlo en la Tabla 2.1.

Estado de la bobina sensora	Salida del Rectificador [V _{DC}]	Salida del amplificador diferencial [V _{dc}]
No detectando	7	-6
Detectando	6	+6

Tabla 2.1 Condiciones para el amplificador diferencial

Planteándolo a manera de ecuaciones:

$$6 = A(V_+ - 6)$$

$$-6 = A(V_+ - 7)$$

Restando las dos últimas expresiones:

$$12 = A$$

Luego:

$$V_+ = 6.5V$$

El amplificador diferencial presenta un valor positivo de tensión a su salida, cuando un vehículo es detectado y

contrariamente una tensión negativa cuando sobre la bobina sensible no existe ningún objeto metálico. Sin embargo ésta no es una información digital a cerca de la situación del sensor de presencia magnética, por lo que es preciso compararla con el nivel de voltaje de 0V utilizando para ello un amplificador diferencial que se saturará en +E en el caso de presencia vehicular y en -E en su ausencia.

La señal de salida del rectificador es un nivel DC con un cierto rizado, el mismo que al ser magnificado por el amplificador diferencial puede llevar al comparador a oscilar entre 0 y 1 lógico provocando una indeterminación del estado del sensor, precisamente en el momento de la transición entre valores negativos a positivos o viceversa a la entrada del comparador que utiliza un amplificador operacional.

Por ello la mejor solución para eliminar este inconveniente es utilizar un comparador con voltaje central o de transición de 0V y una fina ventana de histéresis suficiente para evitar que el efecto de este rizado sea sustancial.

Experimentalmente he encontrado que una ventana de 0.5V es suficiente para eliminar este inconveniente.

El circuito comparador con histéresis utilizado en nuestro dispositivo es como el que se muestra a continuación en la Figura 2.13

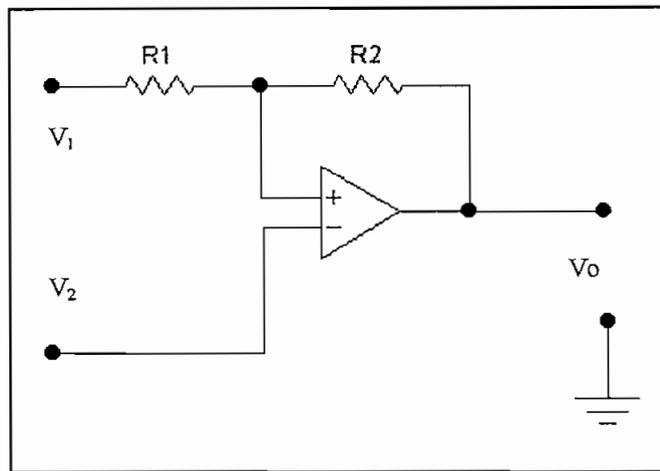


Figura 2.13 Comparador con histéresis

La configuración que me conviene utilizar para obtener el funcionamiento deseado es tomar a V_2 como voltaje de referencia y a V_1 como el nivel de voltaje que será sometido a comparación, es decir la salida del amplificador diferencial.

En esta configuración la gráfica del funcionamiento de la ventana de histéresis es como la que se muestra en la Figura 2.14. En la que se aplican las siguientes fórmulas:

$$V_H = \frac{2R_1}{R_2} V_{sat} \quad V_C = \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) V_{ref} \quad 1$$

¹"Disparadores Schmitt", *DISEÑO ELECTRONICO CIRCUITOS Y SISTEMAS*, 1992 Segunda Edición, Savant, Roedent y Carpenter, Addison Wesley Iberoamericana

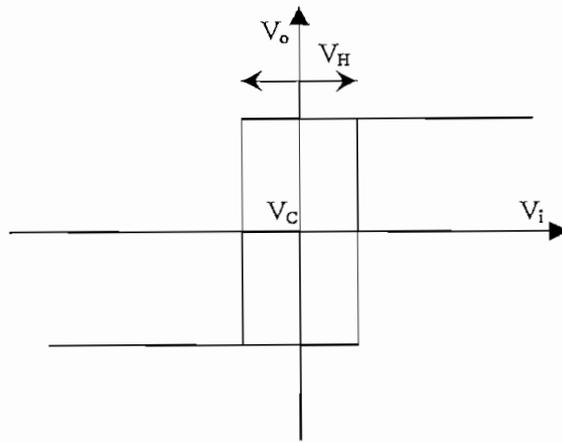


Figura 2.14 Ventana de Histéresis

En este caso el voltaje de referencia es 0V, por lo que también el voltaje central será de 0V, y la ventana de histéresis se encontrará centrada sobre el eje Y, guardando simetría.

A la salida de este último circuito con amplificadores operacionales tenemos ya una representación digital que nos informa del estado del sensor de presencia magnética. Esto es un valor de voltaje de +E a la salida del comparador con histéresis, cuando sobre la bobina sensora se encuentre un vehículo; e inversamente un valor de voltaje de -E a la salida del mismo, cuando ningún vehículo este siendo detectado.

Lo posterior es adaptar esta señal para informar al microcontrolador de la situación del sensor. Ya que éste

trabaja con niveles TTL, entonces informaremos mediante un cero lógico la presencia vehicular en el sensor, y mediante un uno lógico la ausencia del mismo, por ser una posición más relajada en el sentido de consumo de corriente del circuito.

El circuito utilizado es el siguiente:

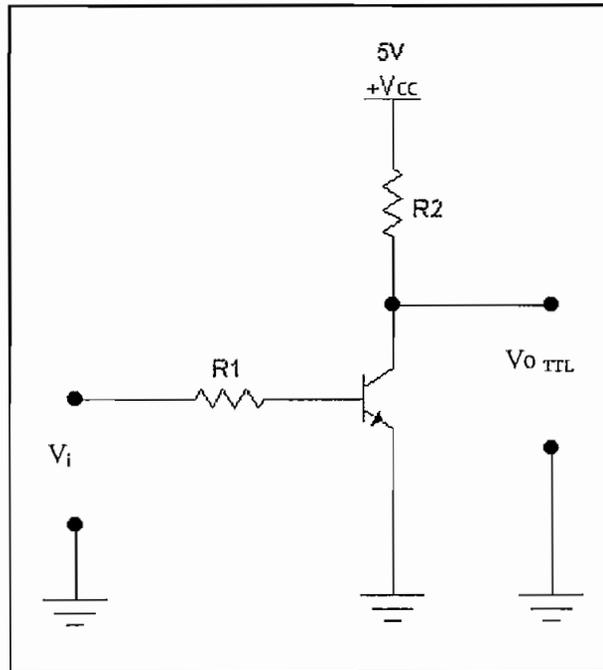


Figura 2.15 Acondicionamiento a niveles TTL

Juntando las etapas anteriores en un solo circuito, y efectuadas las pruebas y calibraciones respectivas, el circuito completo del sensor de presencia magnética al que se ha llegado es el que se muestra en la Lámina 2.1. Este circuito dentro del sistema será utilizado en reiteradas ocasiones, como parte constitutiva tanto de los Circuitos de Identificación, como del Circuito de Control.

CAPITULO III

CIRCUITO DE CONTROL

3.1 Función en el Sistema y Prestaciones

El Circuito de Control es el elemento medular en la automatización de la puerta de entrada/salida del parqueadero, ya que éste se encarga de recibir y procesar las señales: de mando (ya sea de la cabina o de los conductores), de los sensores de presencia magnética que detectan la presencia vehicular y de los interruptores finales de carrera de la puerta; para, basado en éstas, tomar las decisiones respectivas con el propósito de comandar el motor que mueve la puerta, dando además la seguridad y señalización necesaria.

En este capítulo empezaremos definiendo las condiciones de funcionamiento del sistema a solucionar, luego proponiendo la evolución de éste, desde lo más simple pero no muy versátil utilizando contactores, hasta llegar a un resultado confiable que minimice la opción de percances, al tiempo que brinde mayores prestaciones, empleando para esto un microcontrolador PIC16C84.

Condiciones de Funcionamiento

El objetivo es automatizar la operación de la puerta de entrada/salida de los vehículos de un parqueadero, asumiremos que ésta es de tipo corrediza, lo que es común en estos

lugares. Para facilitar la explicación supondremos que la puerta es de circulación vehicular unidireccional, es decir que a través de ella los carros pueden desplazarse en una sola dirección; para la siguiente explicación supondremos que se admite sólo la entrada al parqueadero, a continuación se explica la dinámica de funcionamiento del sistema:

1. La puerta debe permanecer cerrada la mayor cantidad de tiempo posible para precautelar la seguridad de los vehículos que ahí se guardan. Siendo éste el estado de reposo del sistema, y se supone que al iniciar la operación del mismo, la puerta se encuentra así.
2. La puerta que se utiliza en el parqueadero obviamente no es manipulada en forma manual, y se acostumbra en estos casos utilizar energía neumática o eléctrica, además debe estar claro que el elemento motor debe permitir que la puerta pueda abrirse y cerrarse, es decir el motor debe tener la capacidad de moverse en los dos sentidos de giro, en el caso de motores rotatorios; y de ida y vuelta en el caso de movimiento lineal como es el caso de los cilindros neumáticos.
3. Para saber si la puerta está abierta o cerrada se dispone de interruptores finales de carrera.
4. Cuando un vehículo desea entrar al parqueadero, debe indicar esta intención al sistema mediante una señal

eléctrica, la misma que puede provenir: de un pulsador, de una clave de acceso, de una tarjeta magnética, de una señal de control remoto, etc., dependiendo del nivel de seguridad y comodidad que se le quiera dar. Al recibir esta orden como válida, el Circuito de Control ordena la apertura de la puerta mediante la activación del motor en el sentido de giro de apertura, esto sucederá hasta que la puerta se haya abierto completamente, es decir hasta que el interruptor final de carrera de apertura de ésta lo indique mediante una señal eléctrica hacia el Circuito de Control, el que al recibirla detendrá la marcha del motor.

5. La puerta debe cerrarse cuando el vehículo cruzó totalmente el umbral de la puerta y consecuentemente a ingresado al parqueadero, para ello el Circuito de Control necesita de una señal eléctrica, la misma que puede ser del mismo tipo del que se utilizó para abrirla. Sin embargo para evitar que un olvido ocasione que la puerta se quede abierta durante algún tiempo y le reste seguridad al parqueadero, se ha incorporado en el umbral mismo de la puerta, la bobina sensible de un sensor de presencia magnética, el mismo que en forma automática se encargará de dar al Circuito de Control la señal de cierre de la puerta.

3.2 Solución mediante Contactores

En esta sección abordaremos la solución del Circuito de Control utilizando para ello únicamente relés y contactores, avanzaremos desde un modo de funcionamiento automático, al cual añadiremos algunas conexiones para posibilitar el mando manual, las prestaciones dotadas se las hará hasta donde los contactores lo posibiliten. Además se presentan los diagramas de fuerza que comandarán en última instancia el motor que moverá la puerta, estos mismos circuitos se pueden además utilizar cuando el Circuito de Control sea hecho basado en PLC's o microcontroladores, este último es el caso práctico implementado en esta Tesis.

3.2.1 Control Automático

Una primera solución simple, económica, pero sin mayores prestaciones, que sin embargo constituye un ejemplo ilustrativo en la evolución de la solución a la que queremos llegar, se propone en esta sección, la misma está basada en relés y contactores y es como se muestra en el gráfico de la Lámina 3.1(a).

En el respectivo diagrama se observa la presencia de tres contactores que son: CO, CC, Caux, los que se utilizan respectivamente para comandar el motor que abrirá la puerta(CO), el que la cerrará (CC), y un contactor auxiliar

(Caux) que sirve como una memoria del circuito, cuya misión se explicará posteriormente; además se observa la presencia de los interruptores finales de carrera: FCO, FCC, los cuales se activan respectivamente, cuando se abre o cierra totalmente la puerta; también actúa un interruptor denominado LOOP, éste es un sensor de presencia magnética cuya bobina sensora ha sido dispuesta en el piso justo en el umbral de la puerta, con el objetivo de dar la señal de cierre de ésta, una vez que los vehículos que por ahí circulan hayan abandonado el lugar, librándolos de esta manera de ser víctimas de algún daño; por último tenemos un pulsador START, el que se encarga de iniciar el proceso ya que éste da la orden de apertura de la puerta.

En forma secuencial el sistema funciona de la siguiente manera:

- El estado de reposo de la puerta es en la posición cerrada, por lo que el interruptor final de carrera FCC se encontrará presionado, y sólo en estas condiciones se permitirá que inicie el proceso, esto se puede ver con FCC(1), ya que únicamente cuando está presionado habilita la actuación del pulsador START, al cual tiene acceso el conductor y es el que permite que la bobina CO pueda ser excitada y de esta forma permita su enclavamiento a través

de los interruptores: CO(1) que por propia acción de la bobina se encuentra activado, y del interruptor final de carrera FCO(1) y por consiguiente la puerta se ponga en marcha hacia la posición abierta.

- Cuando la puerta se ha abierto totalmente, el interruptor final de carrera FCO es presionado, esto provoca en FCO(1) que la energía que circula hacia la bobina CO sea súbitamente suspendida, por lo que ésta se apaga y consiguientemente el motor se detiene, y podría permanecer la puerta en esta posición indefinidamente.
- Lo próximo que sucederá será que quien solicitó abrir la puerta, decida cruzarla y a continuación cuando ingrese la cierre. El proceso de cierre de la puerta es muy parecido al que se utilizó para abrirla y se podría utilizar otro pulsador para iniciar esta acción, sin embargo el uso de éste ocasionaría el inconveniente de que la puerta se quede abierta por el olvido de presionarlo, por este motivo esta opción es descartada. Otra alternativa sería temporizar la puerta en la posición abierta, es decir dar un tiempo máximo que ésta pueda permanecer en esta posición, pero esto podría ocasionar accidentes si el vehículo por alguna razón no logra abandonar el umbral de la puerta en este tiempo preestablecido por lo que tampoco es una solución recomendable. Para dar la señal de cierre de la puerta se puede utilizar un sensor de presencia magnética, que haga

las veces de este pulsador dispuesto en una posición tal que una vez que el vehículo esté ya lejos de la puerta, éste dé la señal de comando que inicie el proceso inverso de cierre de la puerta. Pero el largo de los vehículos como sabemos es muy variado desde los pequeños automóviles hasta las grandes limosinas o camiones, por lo que la distancia adecuada para instalar el sensor sería una cantidad muy relativa. Por ello se ha optado por disponer el sensor de presencia magnética en el umbral mismo de la puerta, y dar la señal de cierre de la puerta no en el instante en que es detectado el vehículo, ya que esto podría causarle daños, sino en el momento en que éste deje de ser detectado. Esta última solución, bajo mi punto de vista, supera a todas las anteriores planteadas y resuelve el problema de dar la señal de cierre de la puerta en forma segura.

A continuación se explica como se consigue esto:

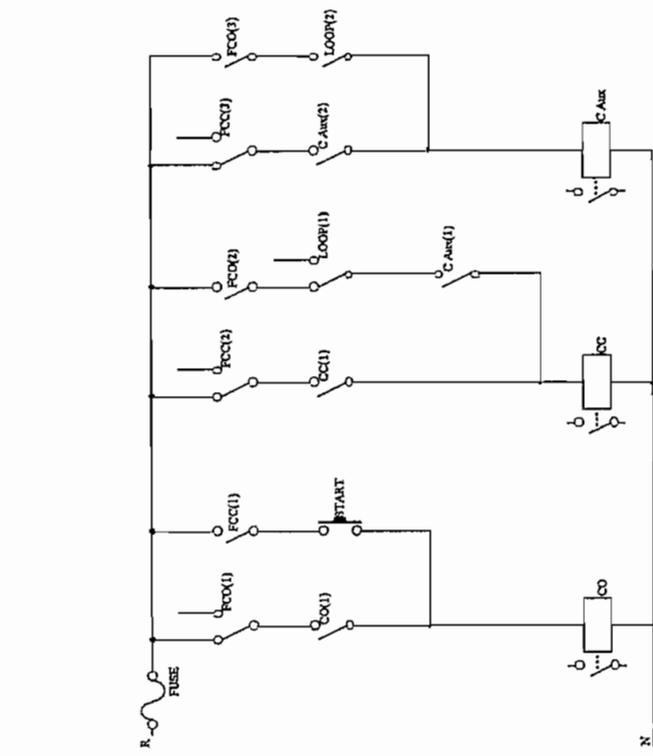
- Al encontrarse la puerta totalmente abierta, el sensor final de carrera FCO se encuentra presionado por lo que FCO(2) permite el paso de la corriente hacia LOOP(1), que es el interruptor normalmente cerrado del sensor de presencia magnética y lo único que resta es que también Caux(1) permita el paso de la corriente, para que se inicie el proceso de cierre de la puerta. Cuando llega el carro al

umbral de la puerta es detectado por el sensor de presencia magnética LOOP, por lo que LOOP(1) se abre inhibiendo que la energía pueda llegar hacia la bobina del CC, sin embargo en el tercer ramal que corresponde a nuestro contactor auxiliar Caux, FCO(3) en conjunción con LOOP(2) que es el interruptor normalmente abierto del sensor de presencia magnética permite el paso de corriente hacia la bobina Caux, provocando su enclavamiento a través de FCC(3) y Caux(2), al energizarse la bobina Caux. Sus dos contactos normalmente abiertos se cierran, en este momento nuestra atención se centra en Caux(1) que era el que impedía que en primera instancia la puerta ya se cerrará, pero ahora en el ramal de la bobina CC quien imposibilita que ésta se active es LOOP(1), que es el interruptor normalmente cerrado del sensor de presencia magnética, que por estar detectando se encuentra abierto y bloquea la corriente y la posibilidad de que se enclave la bobina CC que será la que cierre la puerta, esto sucederá durante el paso del vehículo por el umbral de la puerta cuyo tiempo es incierto, pudiendo incluso detenerse el tiempo que quiera ahí, sin el peligro de que la puerta empiece a cerrarse. Este es el lapso de tiempo en que el vehículo está siendo detectado por el sensor LOOP.

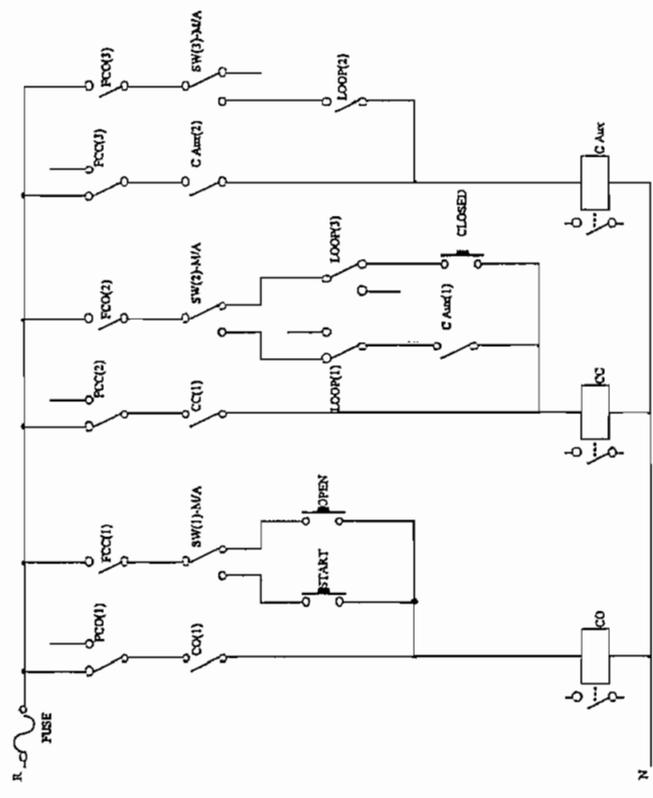
- A continuación, en algún momento el vehículo abandonará el umbral de la puerta y por consiguiente dejará de ser

detectado, ese instante LOOP(1) que es el interruptor normalmente cerrado del sensor de presencia magnética volverá a su posición de reposo y por fin permitirá el enclavamiento de la bobina CC que será la que cierre la puerta.

- Caux, como dijimos al inicio, hace las veces de una memoria. Esta memoria lo que nos recuerda es que el carro ha sido detectado ya una vez en todo el proceso, por lo que cuando el sensor de presencia magnética LOOP deje de detectarlo, el sistema entenderá como un abandono del lugar y no como una simple ausencia de vehículo.
- Cuando la puerta se cierre totalmente el final de carrera FCC es presionado, esto provoca en FCO(2) que la energía que circula hacia la bobina CO sea súbitamente suspendida, por lo que ésta se apaga y consiguientemente el motor se detiene, además FCO(3) también deja de permitir el paso de la corriente hacia Caux, por lo que ésta también deja de recibir energía y se apaga.
- En este momento el sistema ha ejecutado un ciclo completo y ha vuelto a las condiciones iniciales y está listo para volver a ser operado por otro usuario del parqueadero.



9) CIRCUITO DE CONTROL AUTOMATICO



9) CIRCUITO DE CONTROL AUTOMATICO / MANUAL

Title		Revision	
Size	Number	Rev	By
B	LAMINA 1.1	1	RAMIRO VALENZUELA
DATE	DESIGN	SCALE	SHEET
20-Mar-2009	CORRECCION Control Lab		6
Drawn By: RAFAEL ALJUELA			

3.2.2 Control Manual

A este último circuito básico que controla en forma automática el funcionamiento de la puerta, se le puede agregar unas pocas modificaciones y componentes para hacerlo funcionar también en modo manual, es decir permitir que una persona se haga cargo del funcionamiento de la puerta desde la cabina de mando, tanto para apertura como para cierre, inhibiendo la actuación de los conductores del parqueadero, es decir inutilizando el pulsador START.

El resultado de estas modificaciones se los muestra en el gráfico de la Lámina 3.1(b). Los tramos del circuito en color rojo son las últimas modificaciones sobre el circuito automático. Ahí apreciamos que se ha agregado principalmente un switch SW - M/A, el que se encarga de la conmutación entre estos dos modos de operación, además dos pulsadores OPEN & CLOSED, que sólo estarán al alcance del guardia en la cabina de mando cuando el circuito se encuentre en modo de funcionamiento manual.

Cuando SW - M/A habilite el modo automático, el funcionamiento del sistema es exactamente como el descrito en 3.2.1, mientras que cuando SW - M/A habilite el modo manual entra a funcionar el tramo en rojo de nuestro sistema con la siguiente secuencia:

- Otra vez asumiremos que la puerta se encuentra normalmente cerrada, por lo que la única bobina que podría activarse es la de CO.
- En esta ocasión el pulsador START no está habilitado y observamos que la única vía para poder enclavar la bobina CO y por ende poner en marcha el motor para apertura, es a través del pulsador OPEN de la cabina.
- Cuando la puerta se abre totalmente, el interruptor final de carrera FCO es presionado, esto provoca en FCO(1) que la energía que circula hacia la bobina CO sea súbitamente suspendida, por lo que ésta se apaga y consiguientemente el motor se detiene, y podría permanecer la puerta en esta posición indefinidamente.
- En el modo manual no necesitamos del contactor auxiliar, y por lo tanto este contactor no se activará, ya que quien decide cerrar la puerta es el operador y puede realizarlo en cualquier momento.
- En el ramal de la bobina de cierre de la puerta CC, se observa que la única vía para enclavar el contactor de cierre es a través del pulsador CLOSED de la cabina de mando, que de ser pulsado provocaría el enclavamiento de esta bobina y por ende pondría en marcha el motor para cierre de la puerta. Únicamente se toma la precaución de que no haya ningún vehículo en el umbral de la puerta en ese momento, mediante un contacto normalmente cerrado del

sensor de presencia magnética LOOP(3), que en caso de presencia vehicular se abrirá e impedirá el paso de corriente hacia el pulsador CLOSED inhibiendo su actuación.

- Cuando la puerta se cierre totalmente, el interruptor final de carrera FCC es presionado, esto provoca principalmente en FCO(2) que la energía que circula hacia la bobina CO sea súbitamente suspendida, por lo que ésta se apaga y consiguientemente el motor se detiene.
- En este momento el sistema ha ejecutado un ciclo completo y ha vuelto a las condiciones iniciales y está listo para volver a ser operado en forma manual desde la cabina.

Los circuitos eléctricos descritos anteriormente, han sido diseñados para implementarse basados en contactores, pero pueden también implementarse con el uso de PLC's, ya que la lógica se mantiene y también la configuración de los circuitos, en cuyo caso lo que decide es el factor económico. Particularmente los circuitos mostrados para el control automático de las puertas constan de pocos elementos, por lo que implementarlos con contactores es una buena alternativa.

3.2.3 Circuitos de Fuerza

En última instancia se desea comandar el motor que moverá la puerta, por lo que se debe implementar los circuitos de fuerza respectivos, y se deberá contar con contactores que soporten dicha carga, además debemos conectarlos de forma tal que eviten la ocurrencia de cualquier percance.

A continuación indicaremos las conexiones que deben realizarse en el motor eléctrico para permitirle moverse en los dos sentidos de giro, comandados por las bobinas CO y CC.

Enfocaremos los casos de un motor de corriente alterna y uno de corriente directa, para los que se presentarán soluciones simples y directas, fáciles de entender e implementar pero que no son tan seguros y eventualmente podrían causar daños al motor y a la fuente de alimentación. Posteriormente se presenta un avance de las anteriores soluciones que elimina estos inconvenientes.

3.2.3.1 Circuito de Fuerza AC

Los motores AC de doble sentido de giro vienen en versiones de tres terminales, una de ellas es común y las dos sobrantes al ser excitadas provocan el movimiento del motor en los dos sentidos de giro requeridos. Obviamente no se puede alimentar simultáneamente las dos bobinas del motor ya que causaría un

cortocircuito. La conexión mencionada se muestra en el gráfico de la Lámina 3.2(a).

Podemos observar que: CO(2) causaría que la puerta se abra y CC(2) que ésta se cierre.

La solución planteada no es del todo segura, ya que existe la posibilidad de que por una falla del Circuito de Control o por deterioro de los contactores, las dos bobinas del motor sean simultáneamente alimentadas. Bajo estas condiciones el motor no podría moverse en ningún sentido, y se produciría un cortocircuito en el interior del mismo, esto ocasionaría un fuerte incremento de su temperatura, lo que podría llegar a destruirlo.

Una mejor solución para eliminar este problema es utilizar dos contactos normalmente cerrados adicionales de las bobinas de apertura y cierre de la puerta en serie con los contactos normalmente abiertos, con el objeto de excluirse mutuamente en su operación, esto se muestra en el gráfico de la Lámina 3.2 (b).

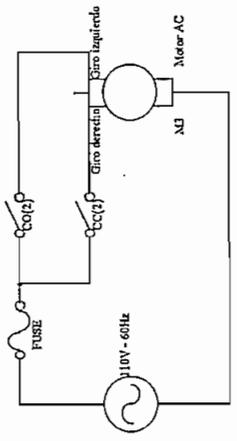
Cuando se desea abrir la puerta el contactor que se acciona es CO(2) y CC(2) permanece sin alteración, por lo que el motor es activado para funcionamiento en sentido de giro

derecho, lo propio ocurre cuando se activa CC(2) y CO(2) permanece libre, en este caso el motor es activado para funcionar en sentido de giro izquierdo.

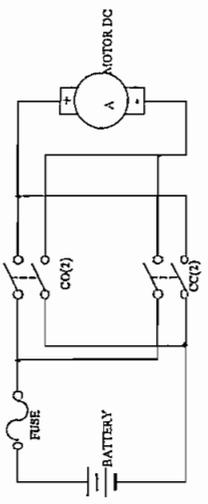
Las dos formas de funcionamiento anteriores no poseen ambigüedades y funcionan sin contratiempos. El principal problema que puede suscitarse es en el caso en que los dos contactores sean activados al mismo tiempo, lo cual ocurriría cuando el motor se encuentre funcionando en cualquier sentido de giro, y de pronto también se le ordenara moverse en el otro sin ser desactivado el primero, pudiendo causar daños tanto al motor, como a la fuente de alimentación; pero esta última configuración está diseñada para sobrellevar esta situación.

Observando el gráfico de la Lámina 3.2 (b), miramos que si se presionan los dos contactores simultáneamente, sencillamente al motor no llega energía, similar al caso en el que se encuentran los contactores libres, por lo que la única forma de llegar con energía al motor es presionando uno solo de los contactores y evidentemente dando una orden sin ambigüedad.

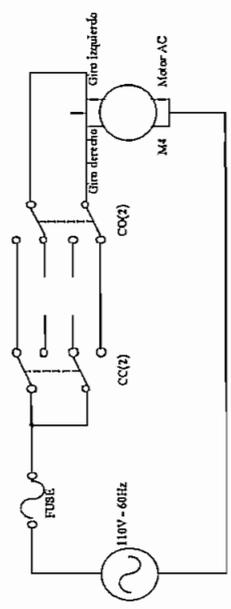
A esta última configuración se le puede dar la orden errónea de apertura y cierre de la puerta, en cuyo caso el circuito simplemente no permite el paso de corriente por ninguno de los contactores.



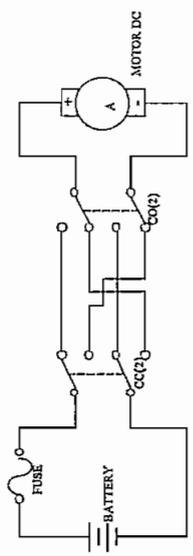
a) CIRCUITO DE FUERZA AC



c) CIRCUITO DE FUERZA DC



b) CIRCUITO DE FUERZA AC CON PRECAUCION DE CORTOCIRCUITO



d) CIRCUITO DE FUERZA DC CON PRECAUCION DE CORTOCIRCUITO

Título		CIRCUITOS DE FUERZA PARA MOTORES DC Y AC	
Size	Number	Revision	ING.
B	LAMINA 3.2		FABRICO VALENZUELA
Draw:	20-Mar-2000	Sheet of	1
File:	C:\ELECTR\Contador\Borrach	Drawn By:	FABRICO VALENZUELA

3.2.3.2 Circuito de Fuerza DC

En un motor de DC la velocidad del eje es directamente proporcional al voltaje aplicado a sus terminales, tanto en magnitud como en signo, por lo que para cambiar su sentido de rotación es necesario cambiar la polaridad de su voltaje de alimentación, es decir invertir el sentido de la alimentación de energía, y es lo que se hace en el circuito que se muestra en el gráfico de la Lámina 3.2 (c).

Ahí se puede observar que: CO(2) alimenta al motor DC con una determinada polaridad, mientras que CC(2) lo hace con polaridad inversa.

Al igual que en el caso del motor de AC, aquí se presentan dificultades cuando por alguna eventualidad se pulsen el contactor de apertura como el de cierre simultáneamente, en cuyo caso se provocaría un doble cortocircuito franco de la fuente de alimentación a la salida de los dos contactores.

Por ello se presenta otro diseño de circuito que evita este inconveniente, el mismo que se lo muestra a en el gráfico de la Lámina 3.2(d).

En esta configuración podemos observar que en operación normal, esto es con un solo contactor activado este circuito

se comporta igual que su antecesor, permitiendo al motor funcionar en uno u otro sentido de giro. La diferencia se establece cuando se comete el error de presionar los dos contactores al mismo tiempo, en cuyo caso este último circuito simplemente impide el paso de energía al motor, asimilando esta eventualidad en forma muy parecida a la versión anterior del motor de AC con precaución de cortocircuito.

Observando el mencionado gráfico podemos notar que el circuito sin ninguna excitación, es decir con todos sus contactos desactivados, no permite el paso de corriente hacia el motor. Cuando se activa uno de los contactores se aplica cierta polaridad a los terminales del motor, mientras que cuando se activa el otro contactor la polaridad que recibe el motor es opuesta, permitiendo al motor funcionar en cualquiera de los sentidos de giro que se desee. Cuando se activan los dos contactores, en esta ocasión no llega ninguna energía al motor evitando el cortocircuito y la orden ambigua, por lo que éste no se moverá y nos encontraremos en una situación similar a la que teníamos cuando no se encontraba activado ninguno de los contactores.

De esta forma este circuito permite comandar al motor de DC, precautelando la ocurrencia de un cortocircuito producido por una orden ambigua del Circuito de Control.

Cabe además notar que estas modificaciones se hacen para dar el doble de confiabilidad al diseño completo, ya que también en el diseño del Circuito de Control se ha tomado en cuenta y eliminado esta eventualidad por lo que la probabilidad de que se produzca la orden de apertura y cierre de la puerta simultáneamente es muy remota.

Los circuitos de fuerza presentados en esta última sección también pueden aplicarse con un Circuito de Control que no esté basado en contactores, como es el caso en el que se utilice PLC's o microcontroladores, éste último será desarrollado en su respectiva sección, y en la maqueta del parqueadero se utilizará un motor de DC, por lo que el circuito de fuerza que se utilizará para comandarlo, será como el gráfico de la Lámina 3.2(c), que incluye la protección de cortocircuito, en pos de dotar de mayor confiabilidad al sistema.

3.3 Solución mediante Microcontrolador PIC

El sistema basado en contactores siendo simple, también puede ser limitado, ya que únicamente contempla la lógica de funcionamiento más elemental, y no prevé situaciones fortuitas que podrían alterar el normal funcionamiento del sistema, como el hecho de que la puerta tiene que abrirse y cerrarse para cada conductor, esto funcionaría siempre y cuando sea uno el vehículo que actúa en el sistema, por lo que el tráfico vehicular por la puerta debería ser unidireccional, es decir, de un solo sentido de circulación de los vehículos y además de poco tránsito para que pueda completar su ciclo completo de operación cuando ocasionalmente algún vehículo lo solicite, pero como sabemos éste no es el caso real, ya que al menos eventualmente existirá más de un vehículo intentando cruzar la puerta y no sería razonable abrirla y cerrarla para cada conductor en el sistema, ya que representaría una pérdida tanto de tiempo para los conductores, como también de energía eléctrica, en las múltiples e innecesarias operaciones del motor, como también el peligro latente de daños, en los vehículos causados por la puerta en su continua operación.

Es mejor que el sistema que controla la puerta, la abriera ante la primera solicitud de un conductor que deseara cruzarla, y poseyera algún tipo de memoria que le recuerde

cuantos vehículos están en la cola de espera, es decir que han solicitado abrir la puerta, para proceder a cerrarla cuando todos evacuen, es decir en el momento en que detecte que el último carro en mente ha abandonado el umbral de la puerta. De esta forma solucionaríamos el problema de la aglomeración de vehículos, para una puerta unidireccional.

Con el sistema mostrado anteriormente basado en contactores, la operación de apertura o cierre de la puerta debe terminarse una vez iniciada, de esta forma si algún conductor imprudente no se percata de esta situación, podría ser alcanzado por la puerta y sufrir daños en su vehículo por parte de ésta, a la vez que también podría verse afectado el sistema. Es preferible que ante la presencia de un vehículo en el umbral de la puerta detectado por el sensor de presencia magnética LOOP, se inhiba la actuación del motor, impidiendo que la puerta pueda cerrarse, también debería existir la opción de poder detener a la puerta en forma manual desde la cabina, en algún caso excepcional en el que se encuentre amenazado por la puerta algo o alguien que no pueda ser detectado por el sensor de presencia magnética LOOP, por tratarse un objeto no metálico, como también la opción de detener la marcha de la puerta por cualquier otro sensor que indique que es preferible que el motor permanezca inmóvil.

Existen parqueaderos en los que no se dispone de una puerta para el ingreso y otra para la salida vehicular, por lo que se debe utilizar la misma puerta para los dos propósitos, en este caso el Circuito de Control en las situaciones más extremas, ya no debe llevar en mente únicamente cuantos carros hay en una cola sino en dos, tanto en la de la parte interior como exterior del parqueadero, de los vehículos que desean atravesar el umbral de la única puerta disponible, por lo que además de tener presente y claramente diferenciada la cantidad de vehículos que interactúan en el sistema, también deberá encargarse de controlar el tráfico mediante señales luminosas, con el objetivo de evacuarlos en forma rápida y ordenada.

El sistema deberá tener además otros tipos de señalización necesarias, como también señales auditivas características principalmente de alarma en caso de que se intente atentar contra la seguridad del parqueadero, principalmente en el sector de la puerta.

El sistema deberá brindar la seguridad necesaria al parqueadero, restringiendo la entrada y salida de vehículos no autorizados, para ello éste tendrá que ser capaz de recibir e identificar las señales de los conductores que desean cruzar la puerta, dichas señales pueden ser de

pulsadores, de control remoto, tarjeta magnética, clave de acceso, etc. dependiendo del nivel de seguridad y comodidad que se le quiera dar al parqueadero.

Satisfacer todas estas demandas y más que se les podrían ocurrir a quienes contraten un servicio así, es muy difícil con el uso de relés y contactores como se propuso en las primeras secciones, un PLC tiene más opciones y la posibilidad de un mejor desenvolvimiento principalmente con circuitos grandes, en donde se justifica su precio, sin embargo este trabajo ha sido planteado para ser solucionado mediante el uso de microcontroladores de la familia PIC, cuya ventaja respecto a un PLC radica en su precio al ser inferior.

El microcontrolador PIC debe ser programado al igual que un PLC, no obstante es mucho más difícil y laborioso programar microcontroladores que programar PLC's. Además el PLC, viene listo para ser conectado y puesto a funcionar, pues sus entradas y salidas están hechas para ser conectadas directamente en determinada aplicación, mientras que el microcontrolador es un circuito integrado que necesita ser puesto en marcha mediante la incorporación de las conexiones necesarias, como son señales de reloj, acondicionamiento de señales en los casos requeridos, se le deben incorporar relés

para las salidas como del motor, transistores para manejar las luces de indicación, etc. Desde otro punto de vista esto brinda mayor flexibilidad en cuanto a adaptarse a un determinado requerimiento en un diseño particular, lo cual sería una ventaja respecto al PLC que viene con sus entradas y salidas bien definidas. Por último se debe armar todos los componentes relacionados al microcontrolador en una placa de baquelita.

Microcontrolador PIC16C84

Con el microcontrolador PIC16C84 se trata de tomar en cuenta todos los requerimientos previos tratando de abarcar el caso más general, si es posible para el parqueadero más complicado, ya que de solucionarlo, los demás serían casos particulares de este, por ejemplo al resolver el caso de un parqueadero cuya puerta es de circulación bidireccional, este mismo diseño serviría para ponerlo a funcionar en cada una de las puertas de un parqueadero con dos puertas de circulación unidireccionales, una para salida y otra para entrada de vehículos.

Con el PIC16C84 se logró llegar a una solución cuyas características y funcionamiento es como sigue:

- La condición normal de reposo de la puerta es cerrada, y por lo general a ésta se la encontrará así.
- La puerta que comandaremos será de circulación vehicular bidireccional, la puerta se utilizará tanto para salida como entrada de vehículos al parqueadero.
- La puerta poseerá dos modos de operación: el modo manual y el modo automático.
- Existen semáforos con los típicos colores: el rojo como sinónimo de STOP, el amarillo como una señal de alerta y debe entenderse que el solo hecho que exista luz amarilla es un impedimento para el libre tránsito, y el verde indicando que los vehículos pueden desplazarse libremente y cruzar la puerta. Se ha instalado los semáforos necesarios a los dos lados de la puerta del parqueadero, que controlarán el flujo de vehículos a través de ésta, los mismos que controlarán el flujo vehicular especialmente en el modo automático.
- En el umbral de la puerta se ha instalado sensores de presencia magnética LOOP, para advertir al Circuito de Control acerca de la presencia vehicular.
- En el modo manual la puerta podrá ser operada únicamente por la persona encargada en la cabina de mando, para ello ahí se dispone de un selector que permite conmutar entre el modo manual y el modo automático de funcionamiento, y un

pulsador denominado PULSM que abre la puerta cuando ésta se encuentra cerrada y la cierra cuando se encuentra abierta. Una vez dada la orden desde este pulsador la puerta deberá completar su recorrido y llegar al otro extremo para poder ser operada nuevamente, sin embargo su carrera se puede suspender temporalmente mediante otro pulsador ubicado en la cabina de mando denominado STOP, o por la orden del sensor de presencia magnética LOOP, ubicado en el piso en el umbral de la puerta, indicando la presencia vehicular y el inminente peligro de daño.

- Cuando la puerta no se encuentra inmóvil y totalmente abierta o cerrada, es decir está en movimiento o detenida en un tramo intermedio, se despliega una señal luminosa e intermitente de alerta, para ello se ocupa la luz amarilla del semáforo, esto ocurre tanto en el modo automático como en el modo manual.
- En el modo de funcionamiento manual, el guardia se responsabiliza de controlar el tráfico en la puerta del parqueadero, por ende será quien lo dirija y determine que vehículos pueden cruzar la puerta. Se entiende que se elegirá este modo de funcionamiento sólo en casos excepcionales o de emergencia.
- Cuando la puerta esté totalmente abierta en este modo de funcionamiento, los semáforos desplegarán una señal característica indefinida de advertencia mediante la

intermitencia secuencial de todas sus luces para captar la atención de los usuarios que ahí transitan, y se apresten a tomar las debidas precauciones, ya que en este modo es imposible saber de donde vienen los carros, y por ende que el Circuito de Control pueda dirigir el flujo vehicular por medio de sus semáforos.

- Cuando se elige el modo de funcionamiento automático, la persona encargada de vigilar la cabina de mando no tiene ningún trabajo que realizar y tampoco es responsable de dirigir el flujo vehicular, y en condiciones normales podría incluso abandonar su puesto, no obstante es preferible que esté presente en caso de alguna eventualidad que el sistema no contemple, o que se intenta atentar contra la seguridad del parqueadero.
- En este modo quien da el comando para abrir la puerta es el conductor que necesite cruzarla, tanto de salida como de entrada al parqueadero, en el respectivo Circuito de Identificación ubicado convenientemente unos cuantos metros justo antes de llegar a la puerta. Esto lo hace mediante una clave de acceso que debe ser digitada en un teclado tipo telefónico o utilizando un control remoto de luz infrarroja, sobre un sensor luminoso ubicado en el mismo Circuito de Identificación. Evidentemente deben existir dos circuitos de este tipo receptores de la identificación de los conductores, tanto en el interior como en el exterior

de la puerta del parqueadero para los vehículos que salen y entran respectivamente.

- Además de la clave de acceso que debe ser memorizada por los usuarios del parqueadero o en su defecto del control remoto que deben poseer, a este parqueadero se ha restringido la circulación peatonal, por lo que también es un requisito para cruzar la puerta ir en un vehículo. Esto se consigue mediante otro sensor de presencia magnética LOOP, cuya bobina sensible ha sido dispuesta en el piso, justo frente al Circuito de Identificación al cual habilitará, y en donde los usuarios deberán detener sus vehículos mientras proceden a identificarse ante el sistema.
- Quienes se encargan de cerrar la puerta son los sensores de presencia magnética LOOP, cuyas bobinas sensibles se han dispuesto en el piso del umbral de la puerta, tales sensores avisan al Circuito de Control cuando el vehículo la ha cruzado totalmente y se encuentra del otro lado.

A continuación detallaremos acerca de los casos que pueden presentarse, y ante los que debe responder el Circuito de Control en el modo de funcionamiento automático del sistema:

3.3.1 Caso de un solo carro intentando cruzar

- Se supone que al iniciar la operación del sistema la puerta se encuentra cerrada y asumiremos que éste es su estado por defecto, sin embargo si al encender el sistema la puerta no se encuentra totalmente cerrada, se da la orden al motor para que la cierre. Esto ocurre al inicializar el sistema tanto en modo automático como en modo manual.
- Cuando llega un solo carro al Circuito de Identificación y su código es aceptado como bueno, entonces envía este mensaje al Circuito de Control mediante una clave distintiva de los dos circuitos de identificación tanto del exterior como del interior, con lo que el Circuito de Control sabe a que lado de la puerta se encuentra el carro que solicitó abrirla, y lo tiene en mente, inmediatamente que recibe esta orden procedente del Circuito de Identificación, pone en marcha el motor que abrirá la puerta, mientras ésta se encuentra en movimiento, o mientras no alcanza el interruptor final de carrera FCO, el semáforo despliega una luz intermitente amarilla como señal de alerta que indica acerca de la actividad de la puerta, que prohíbe que el vehículo pueda cruzar la puerta mientras ésta no se ha abierto completamente. Si aún así el conductor decide cruzar la puerta mientras ésta se encuentra en movimiento, al acercarse al umbral y ser detectado por el sensor de presencia magnética

automáticamente ésta se detendrá, lo que obligará al conductor a frenar la marcha y retroceder para esperar que la puerta termine todo su recorrido y se abra por completo.

- Cuando la puerta llegue hasta el interruptor final de carrera FCO, éste dará la señal al Circuito de Control, el que ordenará detener el motor y también apagará la señal intermitente de alerta del semáforo, que advertía la actividad de la puerta y además pondrá en funcionamiento el semáforo para dirigir el flujo vehicular, dando luz verde al lado que solicitó abrirla y consecuentemente luz roja al otro lado, posibilitando su circulación.
- En este momento el conductor del vehículo recién está habilitado para ponerse en marcha, con toda la seguridad del caso, y seguramente acatando las señales de tránsito avanzará para cruzar la puerta. Apenas llegue al umbral de ésta ya será detectado por el sensor de presencia magnética, no obstante el Circuito de Control sabe que aún no es el momento de cerrar la puerta, más aún, sabe que sería absurdo que esto ocurriera, por lo que espera a que el vehículo abandone el umbral de la puerta, con ello el sensor de presencia magnética, y por ende se encuentre libre del peligro de ser alcanzado, inmediatamente después de lo cual apagará las señales de circulación del semáforo y empezará a cerrar la puerta.

- Cuando la puerta se pone en marcha hacia el estado de cierre, también se activa la señal intermitente de alerta que avisa que la puerta está en actividad, por lo que ningún vehículo podrá cruzar, sin embargo de ocurrir esto por la intervención de un conductor imprudente, al ser detectado éste por el sensor de presencia magnética LOOP instalado en el umbral de la puerta, lo comunicaría al Circuito de Control, el mismo que suspendería el cierre de la puerta hasta que el vehículo retroceda y deje de ser detectado por el sensor de presencia magnética LOOP y por consiguiente se encuentra a salvo de la puerta, momento en el cual el sistema continuará moviendo la puerta hasta que se cierre completamente y con ello llegue y presione al interruptor final de carrera FCC, lo que ocasionará que el motor se detenga, y se apague la señalización intermitente de alerta que avisaba sobre la actividad de la puerta. En este momento se ha completado un ciclo completo de operación, y nos encontramos con la puerta en su posición de reposo, y lista para recibir otra orden.

El caso presentado obviamente es el más simple al que debe responder el sistema. Ahora analizaremos el caso en el que hay dos o más vehículos, pero al mismo lado de la puerta, es decir o todos afuera o todos dentro del parqueadero en espera de cruzar.

3.3.2 Caso de dos carros o más en la misma cola de espera

- La puerta se encuentra en su posición de reposo habitual que es totalmente cerrada, y con todas sus señalizaciones debidamente apagadas.
- El funcionamiento de la puerta en cuanto a las seguridades y la señalización es idéntico al caso anterior y será la misma para todos los casos.
- Cuando el primer carro se reporta ante el Circuito de Identificación, entonces la puerta se abre y el Circuito de Control lleva en mente un carro y además el semáforo habilita la luz verde para aquel lado.
- Todos los demás carros que se identifiquen posteriormente dentro del ciclo normal de operación ya no abrirán la puerta, pues ésta ya se encuentra abierta, lo único que sucede es que el Circuito de Control los va llevando en mente a todos.
- Ahora la puerta no se cerrará cuando el primer carro abandone el umbral de la puerta, si no cuando el Circuito de Control gracias al sensor de presencia magnética, determine que el último carro que solicitó cruzar la puerta lo ha hecho, e inmediatamente ésta se cerrará, obviamente esto indicará a los conductores la necesidad de identificarse para no quedar excluidos de la cuenta y por

consiguiente el sistema los ignore y la puerta se les cierre y no les permita el paso.

- Cuando pasa el último carro, el semáforo apagará sus señales de circulación, y la puerta se cerrará y volveremos a las condiciones de reposo natural del sistema, es decir con la puerta cerrada y esperando cumplir un nuevo ciclo.

3.3.3 Caso de dos carros, uno a cada lado de la puerta

- Uno de los dos se identificará primero y provocará que la puerta se abra.
- Cuando la puerta termine de abrirse y el Circuito de Control tenga en mente a un vehículo en el interior y a otro en el exterior del parqueadero solicitando cruzar la puerta, entonces no sabrá a quien dar luz verde y permitir cruzar primero, por lo que es necesario de antemano proporcionar preferencia a una de las dos vías. En este ejemplo y en la maqueta he dado preferencia a los vehículos de la parte interior del parqueadero, es decir a los que desean salir, por lo que será quien reciba la luz verde y cruce primero, a continuación recibirá luz verde del semáforo el vehículo de la parte externa por lo que también cruzará, momento en el que el Circuito de Control sabe que debe cerrar la puerta y alistarse para otro ciclo.

3.3.4 Caso de múltiples carros en los lados opuestos de la puerta

- Siempre el primer carro que se identifica provoca la apertura de la puerta.
- El momento en que la puerta se abre completamente el Circuito de Control verifica si hay vehículos en la vía de preferencia de ser así les da luz verde inmediatamente.
- Una vez que se termina la cola de los vehículos de la vía de preferencia, entonces el Circuito de Control observa si hay vehículos en la otra cola, de ser así les da luz verde.
- Una vez que se vacía también esta cola entonces el Circuito de Control ordena cerrar la puerta y se termina un ciclo de operación de la puerta y ésta continúa esperando la ejecución de un nuevo ciclo.

Cabe notar que en todos los casos el sistema es dinámico y actualiza los registros que llevan la cuenta de los vehículos que se identifican para cruzar la puerta a los dos lados. Además la luz amarilla ayuda al semáforo, encendiéndose cuando se va a producir una transición en el mismo, alertando a los conductores sobre los futuros acontecimientos.

Cada vez que un nuevo carro se reporta para abrir la puerta, el sistema confirma su acierto al conductor mediante una

señal luminosa en el display del Circuito de Identificación y de una señal auditiva en el parlante del Circuito de Control.

El Circuito de Identificación además sólo se activará una vez para cada conductor, impidiéndole dar más de una señal de apertura de la puerta, ya que esto provocaría que el Circuito de Control trabaje con datos errados y por consiguiente dé también resultados errados.

Cuando un conductor olvide la clave tiene tres intentos para recordarlo, de lo contrario el Circuito de Identificación asumirá que se trata de un intruso por lo que en lugar de enviar al Circuito de Control el código de apertura de la puerta enviará otro código, uno de error, lo que ocasionará que si la puerta está abierta inmediatamente sea cerrada normalmente, como en todos los casos planteados anteriormente; luego de lo cual se hará presente un sonido de alarma de quince segundos de duración, con una señal luminosa característica e interminable de alarma en todos los semáforos del sistema, para llamar la atención y que el sistema ya no responda ante ningún estímulo, siendo necesaria la intervención del guardia para resolver el conflicto, luego de lo cual el sistema deberá ser reseteado, para que vuelva a su funcionamiento habitual en modo automático.

3.4 Construcción de los Circuitos Electrónicos

El Circuito de Control basado en el microcontrolador PIC16C84 descrito en la última sección consta, además de éste, de: Dos sensores de presencia magnética (descrito en detalle en el CAPITULO II) cuyas bobinas sensibles han sido ubicadas en el piso de la vía bajo las dos caras de la puerta, los interruptores finales de carrera de la puerta, los interruptores y pulsadores de control de la cabina de mando, el circuito de fuerza del motor, las salidas luminosas en los semáforos y la cabina de mando, la salida auditiva mediante un parlante en la cabina de mando.

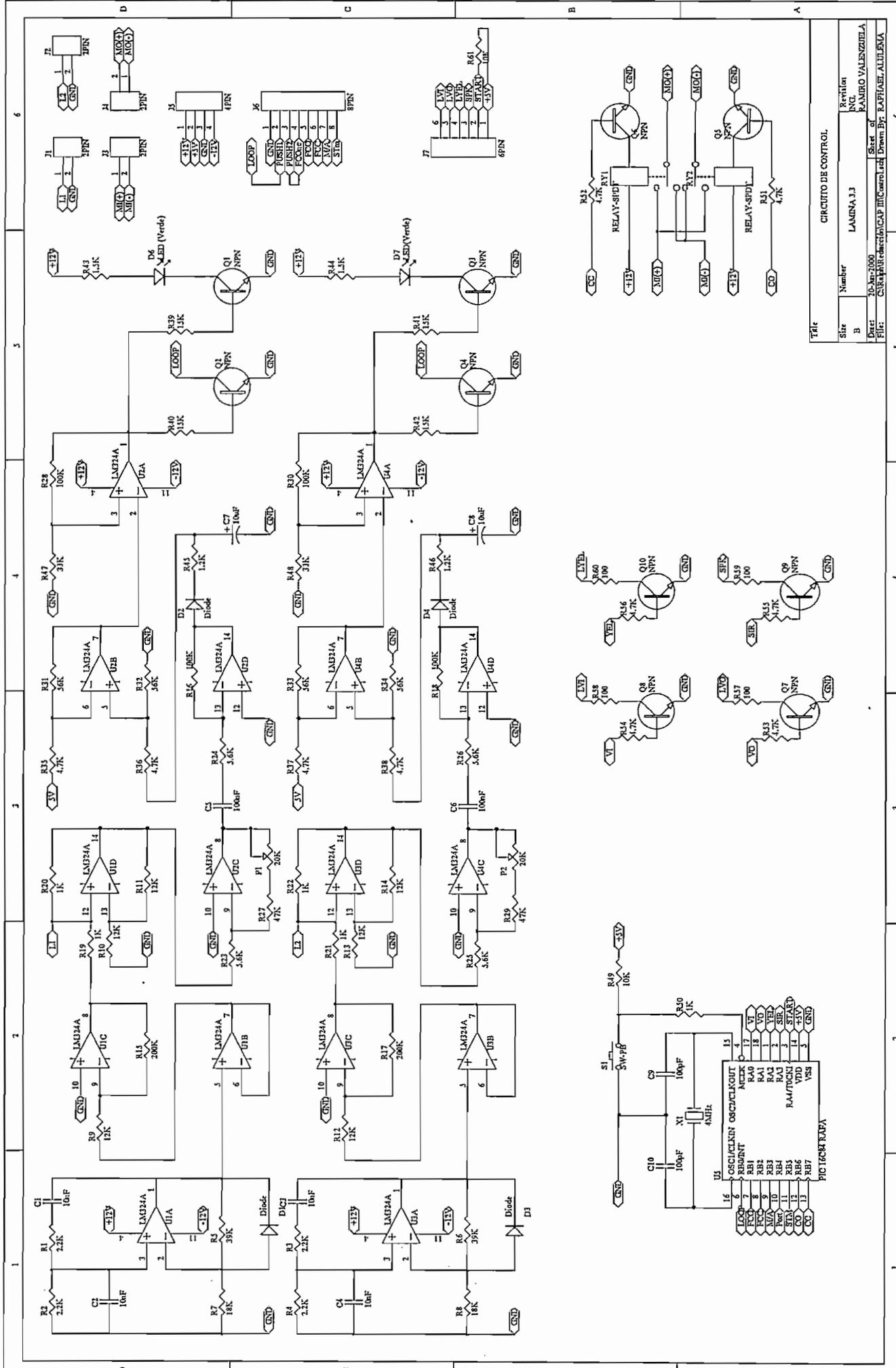
Los terminales del microcontrolador PIC16C84 encargado del proceso han sido asignados en sus respectivas tareas de la forma mostrada en la tabla 3.1

El diseño que reúne los circuitos indicados anteriormente y que ha sido implementado en la práctica, se lo muestra en la Lámina 3.3, impreso a continuación de la tabla.

Este diseño debe ser puesto a funcionar en la realidad, por lo que ha debido implementarse físicamente en una plaqueta de baquelita, en la Lámina 3.4 se indica el detalle de dicha construcción, la misma que incluye el diagrama del circuito impreso, y de disposición de elementos en la plaqueta.

Terminales del Microcontrolador PIC16C84	Aplicación
1	Salida hacia la luz amarilla de ALERTA de los semáforos
2	Salida hacia el parlante
3	Entrada desde el Circuito de Identificación
4	RESET
5	GND
6	Entrada desde los sensores de presencia magnética de la puerta
7	Entrada desde el interruptor final de carrera FCO
8	Entrada desde el interruptor final de carrera FCC
9	Entrada desde el interruptor M/A de la cabina de mando
10	
11	Entrada desde el pulsador PULSM de la cabina de mando
12	Salida hacia el circuito de fuerza de apertura de la puerta CO
13	Salida hacia el circuito de fuerza de cierre de la puerta CC
14	Vcc
15	CLK in
16	CLK out
17	Salida hacia la luz verde a la entrada VI de los semáforos.
18	Salida hacia la luz verde a la salida VO de los semáforos.

Tabla 3.1 Asignación de pines del microcontrolador del Circuito de Control.

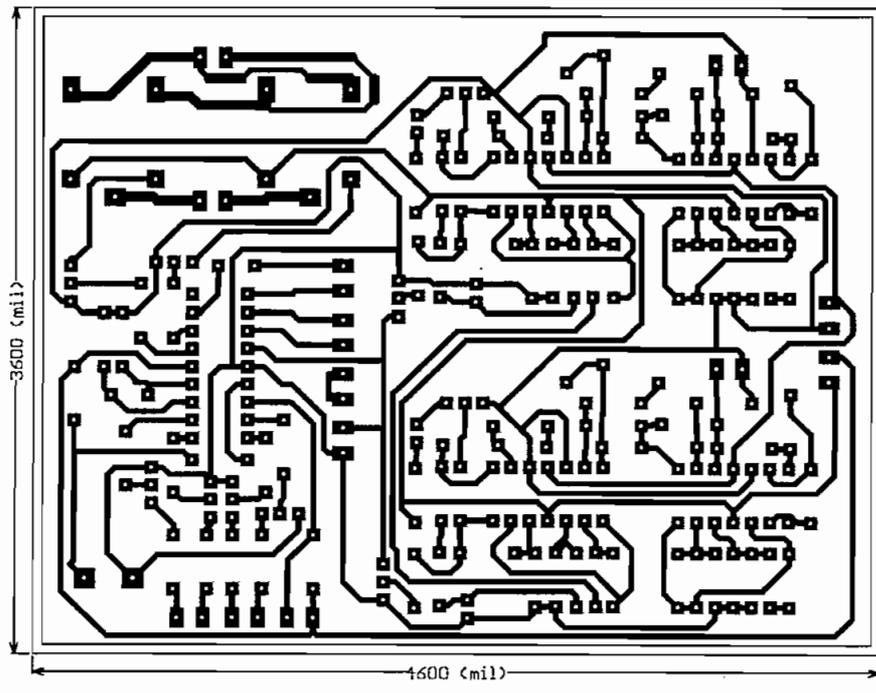


TITULO: CIRCUITO DE CONTROL.

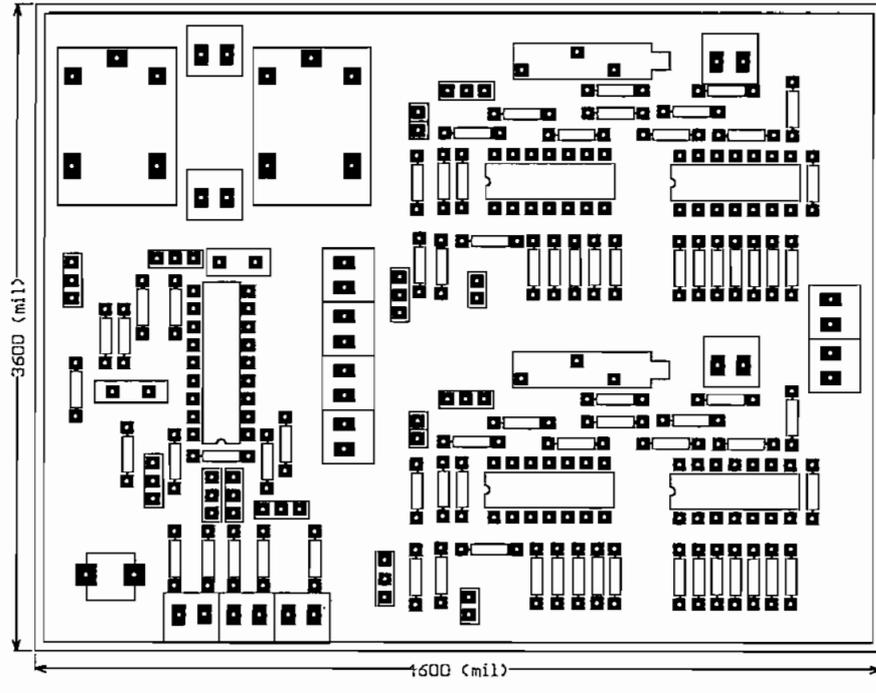
Size	Number	Revision
B	LAUNDA 1.3	NGC
Draw:	16-Nov-2000	Sheet of
File:	C:\NSR\BIB\electronic\CAP III\Control.Lcd	Drawn By:
		EAFI/AEL/ALU/EMA

1 2 3 4 5 6

1 2 3 4 5 6



CIRCUITO IMPRESO



DISPOSICION DE ELEMENTOS

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL- FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL	
DRAWN BY: RAPHAEL ALJUEMA PHONE: 543284	TITLE: CIRCUITO DE CONTROL	REV: 01	DATE: 20-Jun-2000
DRAWN BY: RAPHAEL ALJUEMA PHONE: 844132	PART NO: LAMINA 3.4	Revisor: INC. RAMIRO VALENZUELA	Gerber:
FILE NAME: Control.PCB			

3.5 Desarrollo del Software que Soluciona el Problema Planteado

Una vez que se ha puntualizado en la dinámica de funcionamiento del sistema a ser solucionado por el microcontrolador PIC16C84, y se han construido los circuitos necesarios para acondicionar las señales que éste manejará, lo que resta por hacer es desarrollar el programa que le dará la lógica de funcionamiento pretendida.

El programa debe ser desarrollado, en el lenguaje que interpreta el editor de programas del microcontrolador PIC16C84, el mismo que consta únicamente de 35 instrucciones, éstas se muestran en el anexo relativo a los microcontroladores PIC. De esta manera se consigue el archivo de programa con extensión ".ASM", para posteriormente proceder a ensamblarlo y obtener así el archivo de programa con extensión ".HEX", que es el código binario del programa que será descargado en la memoria EEPROM de programa del microcontrolador, ya que ésta es la forma en la que al micro se traducen las intensiones del programa, y como éste se desenvuelve. Bajo estas circunstancias dotar al PIC de la lógica planteada a lo largo de este capítulo es una tarea laboriosa, y la forma de irlo consiguiendo es mediante la técnica de ensayo error.

El programa completo en lenguaje ensamblador se lo muestra en el anexo relativo a listados de programa, el mismo que se encuentra claramente estructurado y con los comentarios procedentes, para guiar a quien se interese comprender en detalle la operación del mismo.

No obstante en esta sección, en la Figura 3.1 se indica a manera de diagramas de bloques y en forma resumida la estructura del programa que brindará las condiciones de funcionamiento impuesta en este capítulo.

Estructura del programa del Circuito de Control, basado en el microcontrolador PIC16C84

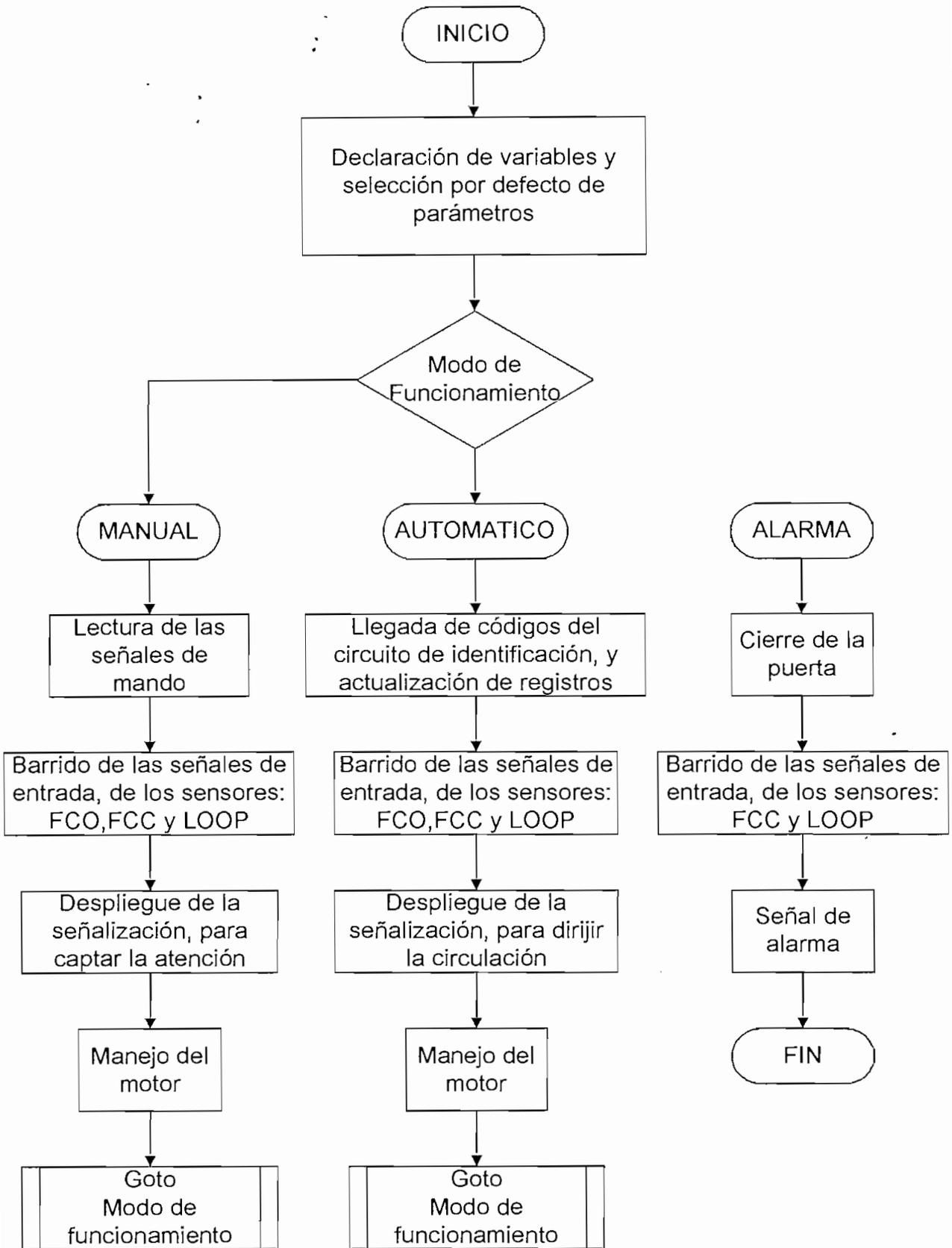


Figura 3.1 Diagrama de Flujo del Programa del Circuito de Control

CAPITULO IV

CIRCUITO DE IDENTIFICACION

4.1 Función en el Sistema y Prestaciones

Este circuito entra en acción en el modo automático de funcionamiento de la puerta, para que los usuarios conductores de los vehículos indiquen al Circuito de Control su intención de abrir la puerta, con el propósito de cruzar.

El circuito además de poseer un sensor de presencia magnética (LOOP), para habilitar su funcionamiento sólo en el caso de presencia vehicular, realiza dos funciones para el usuario:

1. Permite digitar la clave de acceso, para que el Circuito de Control habilite la apertura de la puerta, y de esta manera restringir su uso únicamente a personal autorizado, para ello dispone de un teclado del tipo telefónico, y un display de siete segmentos como interface con el usuario.
2. Posee un sensor detector de luz infrarroja, para el caso de los usuarios que prefieran adquirir el aparato emisor de control remoto, en lugar de memorizar una clave.

Un microcontrolador PIC16C84 se encarga de atender las dos acciones anteriores, adicionalmente existe un circuito receptor y acondicionador de la señal del control remoto, que se encarga de transformar la señal luminosa procedente del aparato emisor de control remoto que por lo general llega en

forma muy débil, en señales eléctricas dentro de la lógica en que se maneja el microcontrolador.

El Circuito de Identificación permanece desactivado y es su estado natural de reposo, únicamente se activa cuando el sensor de presencia magnética LOOP ubicado en el piso justo bajo el teclado detecta la presencia de un vehículo, esto se lo hace para restringir el acceso peatonal al parqueadero, haciendo la circulación exclusivamente vehicular.

4.2 Clave de Acceso

Quien desee abrir la puerta o identificarse para cruzarla debe saber la clave de acceso, y para hacerla conocer al sistema posee un teclado tipo telefónico que incluye todos los dígitos, esto es los números del cero al nueve y adicionalmente las teclas (*) y (#), que cumplen las funciones de CLEAR y ENTER respectivamente, como el que se muestra en la Figura 4.1.

La clave y el número de dígitos utilizados puede ser muy variado y esto se lo determina en el momento de desarrollar el programa. Para este proyecto se ha utilizado cuatro dígitos como un número razonable, que brinda la posibilidad de diez mil opciones diferentes, para quien desee atentar contra la seguridad del parqueadero.

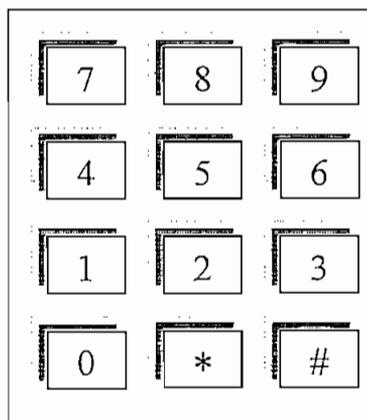


Figura 4.1 Teclado tipo telefónico

El usuario deberá digitar secuencialmente los cuatro dígitos de la clave, y además los verá desplegarse en el display de siete segmentos. Una vez que termine de ingresar la clave, adicionalmente deberá presionar la tecla ENTER para finalizar. En este momento el microcontrolador realiza la comparación de la clave ingresada con su clave interna, en caso de que coincidan, el microcontrolador le hará saber al usuario que ha tenido éxito mediante una señal luminosa característica intermitente en el mismo display de siete segmentos.

Además este microcontrolador comunicará al del Circuito de Control mediante un código especial la intención de abrir la puerta o registrarse para cruzar. Gracias a este código característico, el Circuito de Control sabe cual es el Circuito de Identificación que solicitó abrir la puerta, dato muy importante para éste, en el momento de controlar el flujo vehicular mediante señales luminosas en su semáforo.

4.2.1 La Tecla Enter (#)

Una vez que se presiona esta tecla el microcontrolador inmediatamente va hacia la rutina de comparación de la clave que de ser correcta dará la orden de apertura de la puerta.

Cuando la clave ingresada no coincida con la clave interna del microcontrolador, este dará una señal luminosa intermitente característica en el display de siete segmentos como indicación de error, en la que además se le irá indicando progresivamente el número de intentos fallidos.

No obstante el usuario que no sepa la clave, no podrá quedarse ahí indefinidamente intentado adivinarla, por lo que el número de intentos es restringido en el momento de la programación. Para este desarrollo el número de intentos se ha fijado en tres.

Si en estas oportunidades no ha podido acertar la clave, el microcontrolador en lugar de enviar el código de apertura, enviará un código característico de error, por lo que el Circuito de Control tomará las medidas necesarias para precautelar la seguridad del parqueadero.

4.2.2 La Tecla Clear (*)

Sirve para arrepentirse de la clave que se está ingresando y volver al principio de la secuencia. Esto se puede hacer mientras no se presione la tecla de ENTER.

Además de este funcionamiento habitual del microcontrolador con el teclado, también existe la posibilidad de cambiar los

dígitos de la clave, pero sólo por parte del encargado de vigilar la cabina de mando, lo cual se realiza mediante el ingreso de la clave actual de funcionamiento y con ayuda de la tecla CLEAR.

Una vez que el usuario ha tenido éxito con la clave ingresada, el Circuito de Identificación quedará inutilizado, con el propósito de impedir que el mismo usuario intente identificarse más de una vez, y consecuentemente confunda la operación del Circuito de Control en su labor de conteo y control de flujo vehicular, pudiendo provocar que la puerta se quede abierta durante su tiempo máximo programado, en espera de un vehículo ficticio que supuestamente se identificó, pero que nunca existió.

Por ello el Circuito de Identificación se activará solamente una vez para cada nuevo usuario que se identifica, esto se lo consigue con ayuda del sensor de presencia magnética LOOP conectado a su entrada de reset, y con un flujo adecuado de programa que permita que el microcontrolador encargado de la operación se cuelgue una vez que un usuario ha tenido éxito en su identificación. Posteriormente, con el tránsito vehicular normal el microcontrolador se reseteará por acción del sensor de metales, y volverá a activarse ante la presencia de un nuevo usuario.

4.3 Circuito Emisor de Control Remoto

El uso del teclado por parte de los usuarios de los vehículos para poder identificarse ante el sistema puede ser incómodo, ya que debe ser digitado manualmente, lo que involucra un cierto esfuerzo al tener que pulsar una secuencia exacta de teclas, como también podría ser molesto tener que recordar una clave. Por lo que una alternativa menos forzada para el usuario es el uso del control remoto.

El control remoto en principio debe transmitir un código que deberá llegar hasta algún elemento receptor, parte del sistema automático de control de la puerta, que de ser aceptado posibilitará que el sistema abra la puerta si ésta se encuentra cerrada, permitiéndole el paso. En este proyecto el elemento receptor ha sido colocado en el Circuito de Identificación que contempla tanto el teclado, como el circuito receptor de control remoto.

El código que emite el aparato de control remoto es de carácter digital y debe ser llevado por el espacio desde el aparato emisor hacia el aparato receptor, de una forma tal que la señal que llega sea lo más parecida posible a la señal que se emitió. Existen diferentes formas de poder llevar esta información, pudiendo incluso ser mediante el uso de cables, sin embargo esta última alternativa obviamente no es

práctica. Comúnmente para poder transmitir estas señales por el espacio sin ayuda de cables se utiliza la modulación en radio frecuencia como también el uso de luz infrarroja.

Debemos puntualizar indicando que la señal de radio frecuencia por lo común se utiliza para transmitir señales a largas distancias y en todas direcciones, tal es el caso de las transmisiones de radio y televisión; mientras que la transmisión mediante el uso de luz infrarroja cubre cortas distancias, y además su acción es de carácter direccional, es decir en forma de un haz, por lo que en la práctica debemos apuntar el control remoto hacia el aparato que deseamos llegar con dicha señal, tal es el caso de los controles remotos de radio y televisión de uso doméstico.

En este proyecto existen circuitos de identificación que constan de un teclado y un circuito receptor de control remoto que son los encargados de recoger y discernir los códigos que suministra el usuario que desea abrir la puerta, ya sea directamente mediante el uso del teclado o indirectamente por medio del control remoto. Podríamos resumir diciendo que el control remoto es una clave de una sola tecla que el usuario porta.

Debemos recordar que para ingresar la clave con ayuda del teclado el usuario debe detenerse momentáneamente junto al aparato del Circuito de Identificación, y a su vez sobre la bobina sensible del sensor de presencia magnética, el mismo que sólo al advertir la presencia de metales habilitará dicho circuito, y por consiguiente también el de recepción del control remoto, para discriminar su uso sólo a vehículos.

De esta forma sería inútil tener una transmisión de radio frecuencia de grandes distancias, ya que para solicitar abrir la puerta, el vehículo debe acercarse al Circuito de Identificación para que éste se habilite.

En este desarrollo por ello se ha optado por el uso de la luz infrarroja como medio de transmisión del código de identificación, aún cuando el costo de ello sea tener que apuntar hacia el Circuito de Identificación para conseguir ser reconocido y aceptado por el sistema para poder cruzar la puerta.

4.3.1 Descripción del Funcionamiento del Circuito Emisor de Control Remoto

El código que envía el control remoto es de carácter digital, esto es ceros y unos lógicos, ya que el elemento que va a discernir dicho código es el microcontrolador PIC16C84, de

esta forma el código que envía el aparato emisor podría ser una secuencia serial de bits a un determinado baud rate, común tanto para el elemento emisor, como para elemento receptor. De coincidir el código emitido con el que se espera en el circuito receptor, éste habilitará la señal de reconocimiento del sistema para que se le abra la puerta, o se le sume a la lista de espera según el caso.

Esta alternativa es tan o más segura que el uso de la clave de acceso, pero tiene el inconveniente del costo del aparato emisor que también debe ser implementado con el uso de un microcontrolador, ya que éste dispositivo posibilita la generación de este tipo de códigos.

Otra alternativa, es el uso del mismo microcontrolador para generar y luego transmitir una señal de tren de pulsos de una frecuencia determinada, con un número fijo de oscilaciones.

El elemento receptor se encargará de contar estos pulsos y de coincidir este número con el que tiene almacenado el circuito receptor como clave de acceso del control remoto, éste enviará hacia el Circuito de Control la señal característica de habilitación respectiva, que posibilitará abrir la puerta o sumarle a una lista de espera.

Esta alternativa se expone con el propósito de eliminar al microcontrolador del aparato emisor de control remoto, ya que como veremos a continuación, mediante el uso de circuitos integrados 555 que obviamente son de un costo menor podemos suplantar al microcontrolador en su operación de generador de un número fijo de pulsos.

4.3.2 Circuito Emisor de Control Remoto basado en Circuitos Integrados 555

La solución de emisor de control remoto que se presenta en los siguientes párrafos utiliza dos circuitos integrados 555, para generar la clave de acceso que se suministrará al Circuito de Identificación, ésta es una solución que reemplaza a un microprocesador en su operación, y con ello reduce el costo de los emisores de control remoto que portarán los usuarios del parqueadero.

El circuito integrado 555 tiene dos modos de operación: el modo monoestable y el modo aestable. A continuación se describe las conexiones y el funcionamiento de cada uno de ellos, para posteriormente proceder a juntarlos y conseguir armar el circuito emisor de control remoto.

4.3.2.1 El Circuito Integrado 555 en modo Monoestable de Funcionamiento

En este modo de funcionamiento mediante una excitación externa de flanco negativo al tiempo t_0 en el pin de DISPARO(2) del circuito integrado 555, su salida cambia desde su posición de reposo es decir en cero lógico hasta un nivel de uno lógico y permanece ahí durante un periodo de tiempo fijo, como se puede ver en la figura 4.2. Esta operación se puede volver a repetir cada vez que se desee y que el circuito haya vuelto a su posición de reposo es decir cero lógico. De esta forma este circuito pasa a funcionar como un cronómetro que permanece en uno lógico durante un intervalo de tiempo fijo, este tiempo es calibrado mediante elementos externos al circuito integrado.

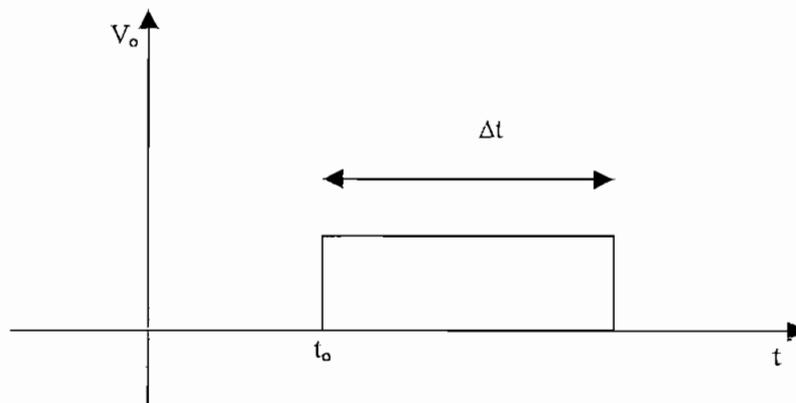


Figura 4.2 Salida del 555 en modo monoestable

El lapso de tiempo Δt que la salida del circuito integrado 555 se ubica en un nivel alto, en modo monoestable de funcionamiento se calcula de la siguiente manera:

$$T = 1.1RC$$

La conexión del circuito integrado 555 en modo de funcionamiento monoestable se muestra en la figura 4.3

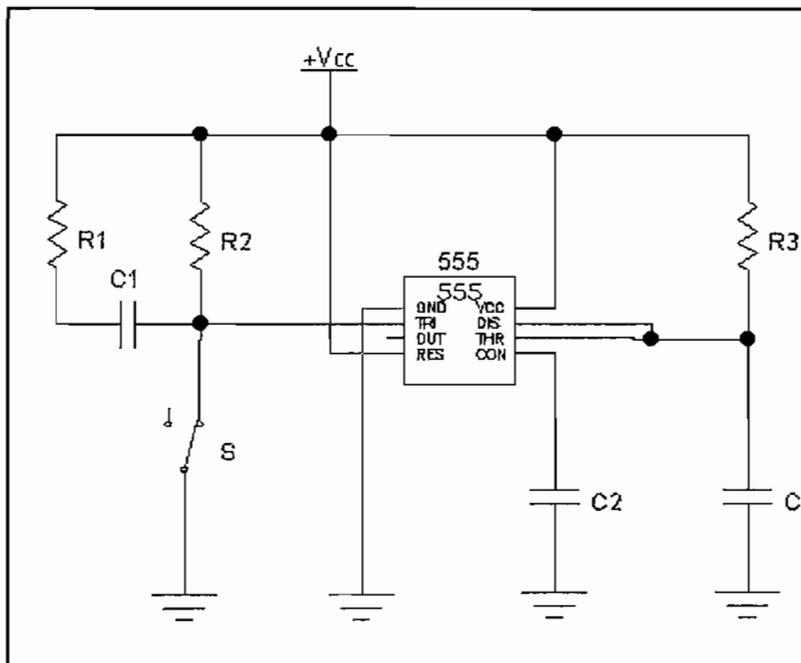


Figura 4.3 El 555 en modo monoestable de funcionamiento

El instante t_0 de inicio de la cuenta de tiempo se le comunica al circuito monoestable mediante el pulsador S de la figura 4.3. Este mismo pulsador será el que presione el usuario portador del control remoto, cuando quiera comunicar su intención de registrarse ante el Circuito de Identificación.

4.3.2.2 El Circuito Integrado 555 en modo Aestable de Funcionamiento

En este modo el circuito integrado pasa a funcionar como un generador de onda cuadrada de frecuencia fija, que oscila entre los niveles cero lógico y uno lógico, frecuencia que es determinada mediante elementos externos, la salida del circuito integrado en modo aestable es como se muestra en la figura 4.4.

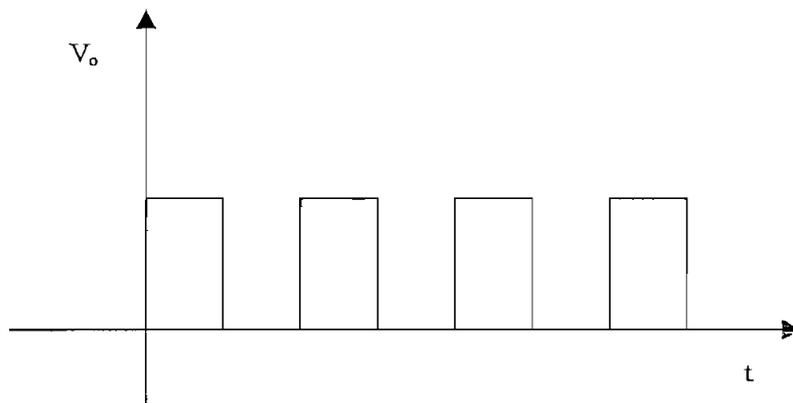


Figura 4.4 Salida del 555 en modo aestable de funcionamiento

La frecuencia de oscilación de la salida del circuito integrado 555 en el modo aestable de funcionamiento se la calcula de la siguiente manera:

$$f = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C}$$

La conexión del circuito integrado 555 que posibilita obtener tal forma de onda, es la que se muestra en la Figura 4.5.

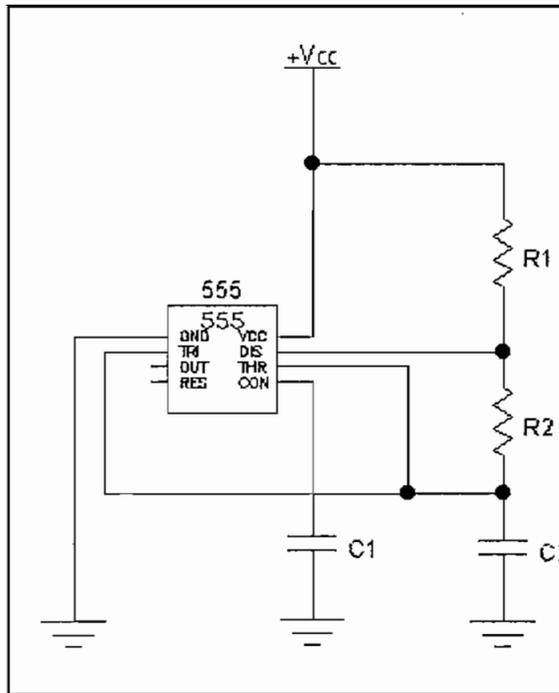


Figura 4.5 El 555 en modo aestado de funcionamiento.

Este circuito tiene un pin de habilitación RESET(4), que debe posicionarse en un nivel alto, para que el circuito funcione. Gracias a esta característica el circuito integrado puede permanecer conectado y sin funcionar, a no ser durante el tiempo en que esta entrada de RESET(4), sea puesta intencionalmente en un nivel alto, en cuyo caso el circuito generaría la señal de onda cuadrada a su salida, como la indicada en la figura 4.4.

Si quien se encarga de poner en nivel alto la señal de reset del circuito aestado, fuera la salida del circuito monoestable, entonces se conseguiría generar onda cuadrada,

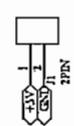
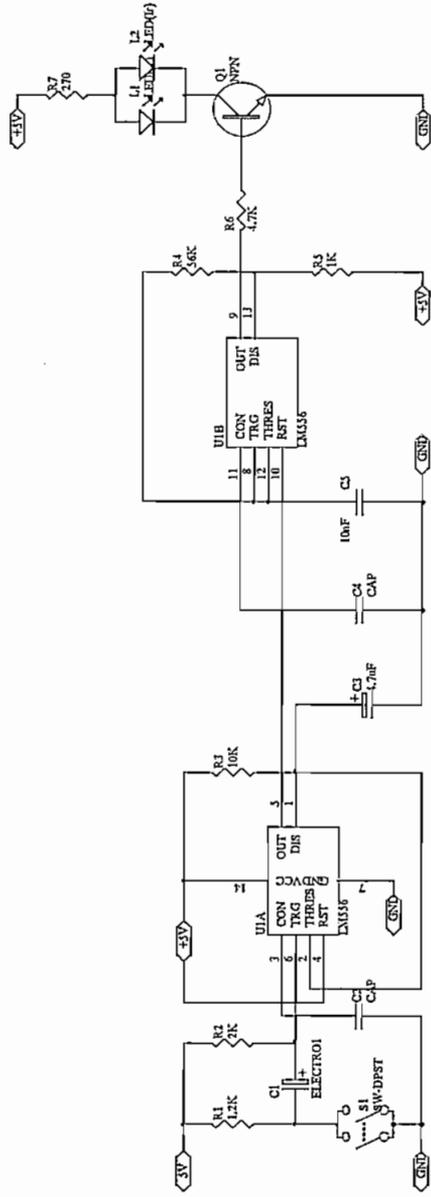
de frecuencia fija durante un lapso fijo de tiempo, con lo que el número de pulsos que generaríamos, también sería fijo y a su vez sería la clave que debería esperar el circuito receptor de control remoto del Circuito de Identificación, obviamente este proceso es idéntico en la repetición y siempre enviará el mismo código hacia el circuito receptor, en todas las ocasiones en que el portador del control remoto necesite identificarse ante el sistema.

A continuación se muestra en la Lámina 4.1 el circuito electrónico completo de control remoto, basado en lo descrito anteriormente, en el que en lugar de dos circuitos integrados 555 se ha utilizado un circuito 556 que en un solo empaquetado incluye dos 555, además a este circuito se le ha incluido un transistor para amplificación de la corriente que alimentará a los diodos led emisores de la luz infrarroja, como medio en el cual se desplaza la clave de acceso del control remoto, que luego será recibida por el Circuito de Identificación, para su posterior comparación.

Este circuito debe ser implementado en la práctica, sobre una plaqueta de baquelita. A continuación en la Lámina 4.2 se presentan el diagrama del circuito impreso y disposición de elementos en la plaqueta de baquelita.

1 2 3 4 5 6

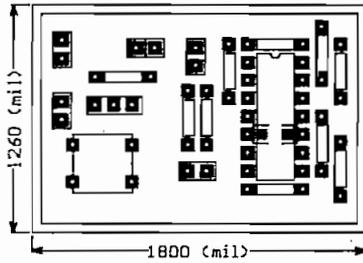
D C B A



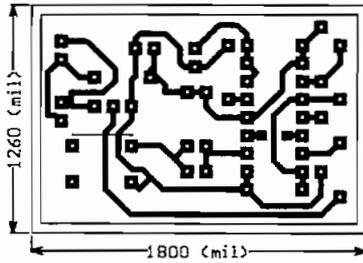
Title		CIRCUITO EMISOR DE CONTROL REMOTO CON CI 555	
Size	Number	Revision	
B	LAMINA 4.1	ING.	
DATE:	26-12-2009	Drawn by:	LAMIRO VALENZUELA
FILE:	C:\R\Proyectos\CI 555\emisor.dwg	Drawn by:	LAMIRO VALENZUELA

D C B A

1 2 3 4 5 6



DISPOSICION DE ELEMENTOS



CIRCUITO IMPRESO

ESCUOLA POLITECNICA NACIONAL- FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL	
DRAWN BY: RAPHAEL ALLULEMA PHONE: 5432B4	TITLE: CIRCUITO EMISOR DE CONTROL REMOTO		
DRAWN BY: RAPHAEL ALLULEMA PHONE: 844132	PART NO: LAMINA 4.2	REV. 01	DATE 21-Jun-2000
FILE NAME: Remoto.pcb	Revision: ING. RAMIRO VALENZUELA	GERBER:	

4.4 Circuito Receptor de Control Remoto

Se encuentra formando parte del Circuito de Identificación y es capaz de recibir un código de señal luminosa infrarroja, procedente desde el aparato emisor de control remoto e identificarla para posteriormente proceder a comunicar la intención de abrir la puerta al Circuito de Control, para que éste proceda de la misma forma que cuando la clave fue digitada en el teclado.

En el caso del control remoto también el usuario tendrá la oportunidad de comunicar su intención de apertura de la puerta por una sola vez, lo cual será confirmado mediante la misma señal luminosa intermitente característica del display de siete segmentos, luego de lo cual el Circuito de Identificación de acceso se desactivará y no volverá a funcionar, sino cuando otro carro se posicione sobre el sensor de presencia magnética LOOP ubicado bajo el mencionado dispositivo.

Además en los dos casos tanto en el que se digite con éxito la clave de ingreso, como cuando se utilice el control remoto, aparte de la señal luminosa del display, también en el Circuito de Control se escuchara un sonido característico de solicitud de apertura.

La señal procedente del aparato emisor de control remoto en nuestro proyecto es de carácter luminoso y como se describió en 4.3, es una señal proveniente de un generador de onda cuadrada, de una frecuencia de 1.2 KHz que dura un lapso de tiempo suficiente para enviar un número determinado de oscilaciones o pulsos que el microcontrolador PIC identifica como la clave de acceso del control remoto.

Esta señal luminosa procedente del aparato emisor de control remoto, debe acondicionarse a una forma tal que el microcontrolador PIC encargado de la labor de identificación de códigos de acceso pueda comprenderlos, la forma en la que el microcontrolador entiende la información procedente del exterior es en forma eléctrica y mediante el uso de sus pórticos. El microcontrolador utiliza lógica TTL, en la que un cero lógico lo entiende un nivel de tensión de 0V o cercano, y un uno lógico un nivel de tensión de 5V o cercano.

4.4.1 Captación de la Señal Luminosa

En primer lugar debemos transformar estas fluctuaciones luminosas infrarrojas invisibles al ojo humano a una forma eléctrica, esto se logra mediante el uso de un fototransistor, que es similar a un transistor común, pero que sólo posee los terminales de colector y emisor y en lugar del terminal de base, la entrada de luz, y la intensidad de

ésta determina que el elemento fluctúe entre los niveles de corte y saturación, es decir que conduzca o aisle la circulación de corriente eléctrica entre sus terminales colector y emisor.

De esta forma al conectar a este elemento como un divisor de tensión en serie con una resistencia, como se muestra en la figura 4.6, tendremos un voltaje variable a la salida de este divisor, voltaje que tenderá a ser bajo, en presencia de luz, y contrariamente a ser alto en ausencia de la misma.

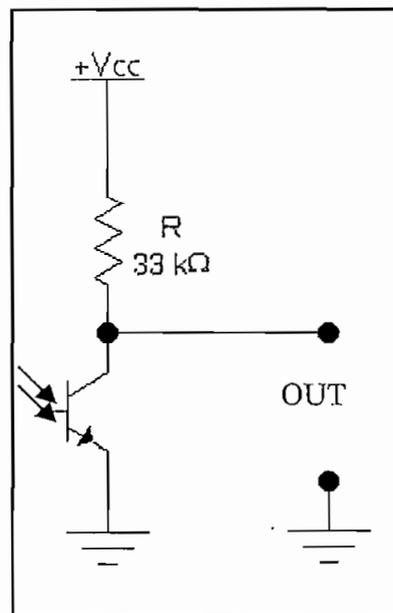


Figura 4.6 Recepción de la señal de control remoto

La señal procedente del medio ambiente y del control remoto, ocasionará que a la salida del divisor de tensión se tenga una señal de offset de directa, alrededor de la cual fluctuará una débil señal de AC de forma cuadrada y de una

frecuencia de 1.2KHz, que es la señal que nos interesa llevar hasta el microcontrolador PIC para ser identificada.

Por ello se debe eliminar la parte de directa que no nos sirve y además amplificar la débil señal de alterna procedente del aparato emisor de control remoto, hasta un nivel tal que el microcontrolador pueda identificarla.

4.4.2 Filtración y Amplificación

Lo descrito anteriormente es un funcionamiento ideal, pero en la práctica el principal problema con el que nos encontramos es que el nivel de reposo del elemento sensor de luz (fototransistor), depende del nivel de iluminación del lugar en el que se instale, y de las fluctuaciones que ésta pueda tener a lo largo del día.

El elemento sensor de luz (fototransistor), a más de captar la débil variación proveniente desde el aparato emisor de control remoto (1.2KHz), también capta en forma indeseable la variación de la luz proveniente de lámparas del lugar en el cual se encuentra instalado (60Hz, 120Hz), y otras clases de ruido perjudiciales en el momento en que se transforman a variaciones eléctricas por el mismo sensor y posteriormente son amplificadas conjuntamente con la señal deseada del aparato emisor de control remoto, provocando un traslape de

señales y por consiguiente un caos total para el circuito en este aspecto, ya que la clave enviada en primer término podría llegar distorsionada y no ser admitida.

El microcontrolador PIC, atiende al llamado del control remoto mediante el uso de una interrupción (la del contador rtcc), y las señales espurias del ambiente podrían despertarlo indefinidamente provocando que el sistema no pueda funcionar satisfactoriamente principalmente al atender teclado, ya que está siendo solicitado repetidamente por estas señales parásitas.

En la práctica se ha observado que el ruido que más afecta al sistema, es aquel que procede de las lámparas del lugar, con su frecuencia característica de la red de 60 Hz y 120Hz, que se encuentra a una distancia prudencial de nuestra frecuencia de transmisión del control remoto 1.2KHz, por lo que he optado por el uso de filtros pasa-altas para discriminar la actuación de estas frecuencias involucradas, siendo las de 60Hz y 120Hz indeseadas y que por lo mismo deben ser eliminadas o por lo menos atenuadas y la del control remoto 1.2kHz que es la deseada y que en lo posible pasará sin alteración. Para ello se ha considerado el uso de filtros de una pendiente pronunciada, observando que una alternativa adecuada es el uso de filtros Buterworth y Chebyshev, de los

cuales se ha optado como una mejor opción el filtro Chebyshev.

En el diseño de este filtro se ha utilizado como frecuencia de corte los 900Hz y una atenuación de 75dB a la frecuencia de 150Hz. El filtro del cual se habla es como el que aparece en la Figura 4.7:

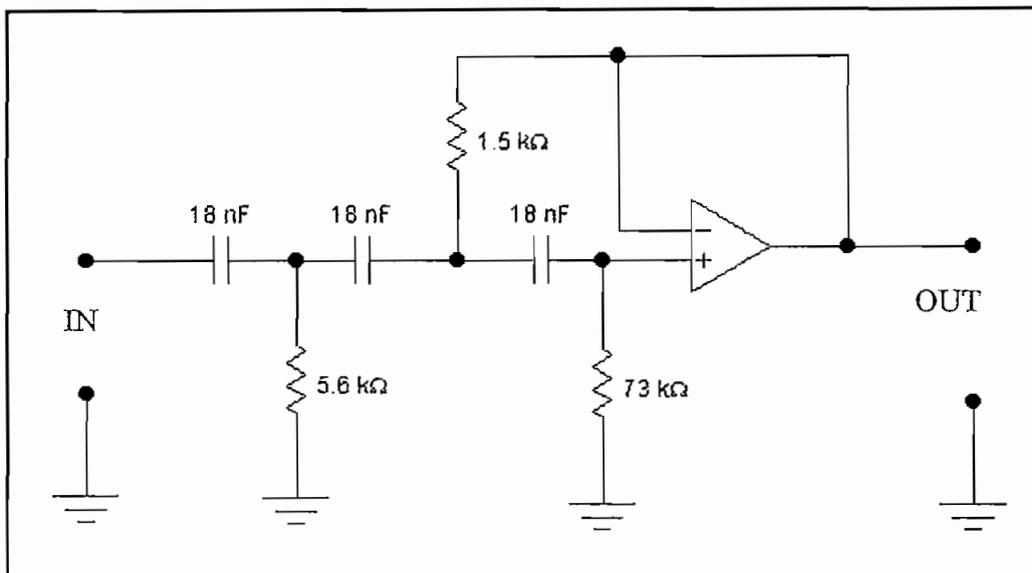


Figura 4.7 Filtro Chebyshev

Con este filtro se consigue eliminar el efecto indeseable de la luz de las lámparas del lugar sobre nuestro Circuito de Control remoto, sin embargo la señal que llega del control remoto aún es débil por lo que debe ser amplificada, para ello se utiliza una configuración simple inversora con el uso de un amplificador operacional.

4.4.3 Comparación y Acondicionamiento

Los filtros que se utilizan son de una buena pendiente, y ello fue lo que principalmente motivó a que se los escoja, pero obviamente difieren de lo ideal, es decir atenúan en mucho el efecto del ruido del que se habló, pero no lo erradican, por lo que a la salida del amplificador nuevamente aparecen las señales de ruido que pensábamos en un inicio las habíamos eliminado, por lo que es necesario utilizar nuevamente un filtro de idénticas características al que se utilizó en la primera etapa de nuestro circuito.

El ruido es un componente del que difícilmente podremos deshacernos en su totalidad, sin embargo lo podemos atenuar hasta un nivel bastante aceptable. No obstante el microcontrolador necesita información muy veraz a la entrada de sus terminales por lo que el ruido no debe conseguir que ésta fluctúe. Por ello como última etapa de nuestro circuito acondicionador de señal se ha utilizado un comparador con histéresis, el mismo que se ha dimensionado de tal forma que el ruido no logre superarlo, para que así en ausencia de la señal de control remoto, el microcontrolador PIC no pueda ser alertado. Consiguiendo de esta forma, que la señal de control remoto sea la única que puede superar este lazo de histéresis y de este modo despierte al microcontrolador para que atienda a esta interrupción e identifique el código del usuario.

Por último esta señal deber ser acondicionada a una forma tal que el microcontrolador encargado del proceso pueda interpretarla, es decir a niveles TTL, con un circuito como el que se muestra en la Figura 4.8.

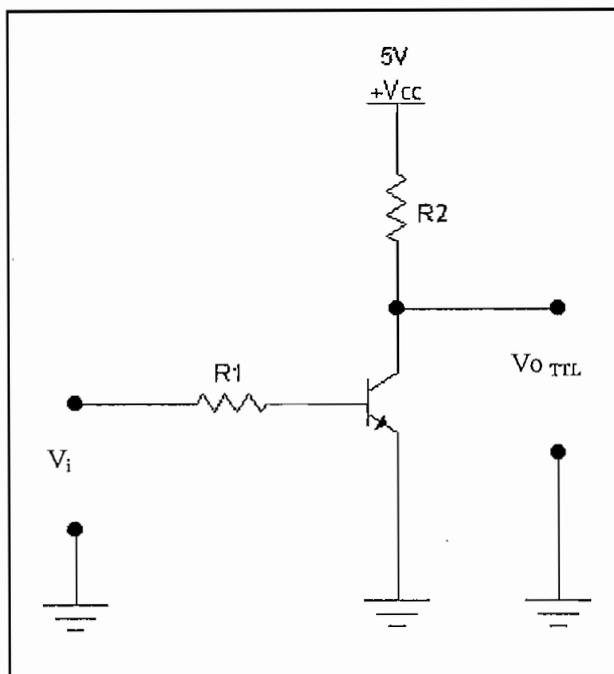
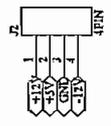
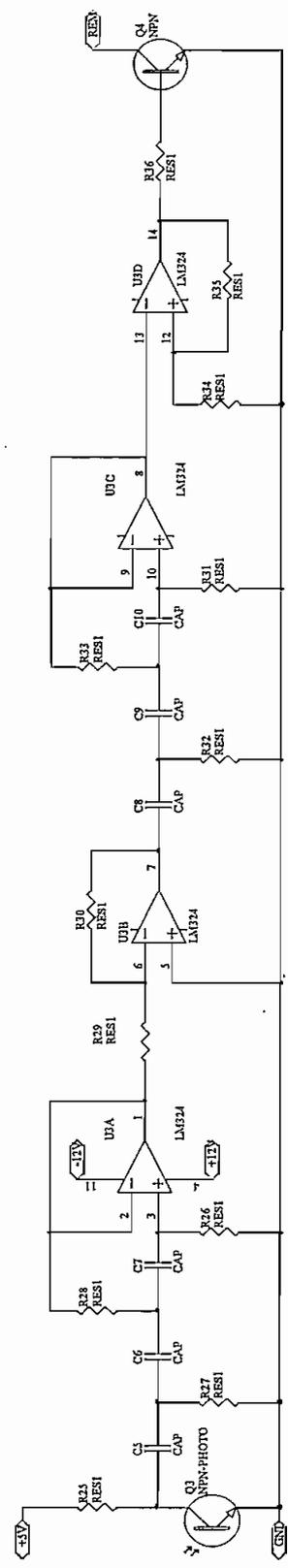


Figura 4.8 Acondicionamiento a niveles TTL

El diseño completo del circuito receptor y acondicionador de control remoto se lo puede observar a continuación en la Lámina 4.3.

Como se dijo en un inicio este diseño es parte del Circuito de Identificación por lo que aún no será implementado físicamente, en espera de coleccionar durante este capítulo las partes integrantes del Circuito de Identificación.

Título			CIRCUITO RECEPTOR DE CONTROL REMOTO		
Size	Number	Revision			
D	LAMINA 43	ING.			
Date:	30-Mar-2000	Drawn by:	RAMIRO VALENZUELA		
File:	CIRCUITREACTANCIACAPTARECEPTO	Sheet of	6		



1 2 3 4 5 6

D C B A

4.5 Construcción de los Circuitos Electrónicos

Como se ha observado a lo largo de las secciones precedentes de este capítulo, el Circuito de Identificación consta de: un circuito sensor de presencia magnética LOOP (descrito detalladamente en el CAPITULO II), un circuito receptor y acondicionador de la señal procedente del circuito emisor de control remoto, un teclado tipo telefónico para ingreso manual de la clave de acceso, un display de siete segmentos para su visualización.

Todas estas acciones son atendidas y procesadas por parte del microcontrolador PIC16C84, que es la única parte inteligente del Circuito de Identificación, que también ocupará su espacio dentro de este circuito.

El teclado tipo telefónico del Circuito de Identificación es leído por parte del microcontrolador mediante la técnica de filas y columnas. El microcontrolador envía señales por las columnas del teclado, que son recuperadas en las filas de éste, identificando de esta forma la tecla pulsada, como se puede ver en la figura 4.9.

Para poder desplegar la información en el display de siete segmentos, y con el propósito de economizar pines al microcontrolador en esta operación, se ha optado por

solicitar la información desde el PIC en código binario, y externamente transformarla a forma de siete segmentos por medio del circuito integrado 7448, para su posterior visualización en el display.

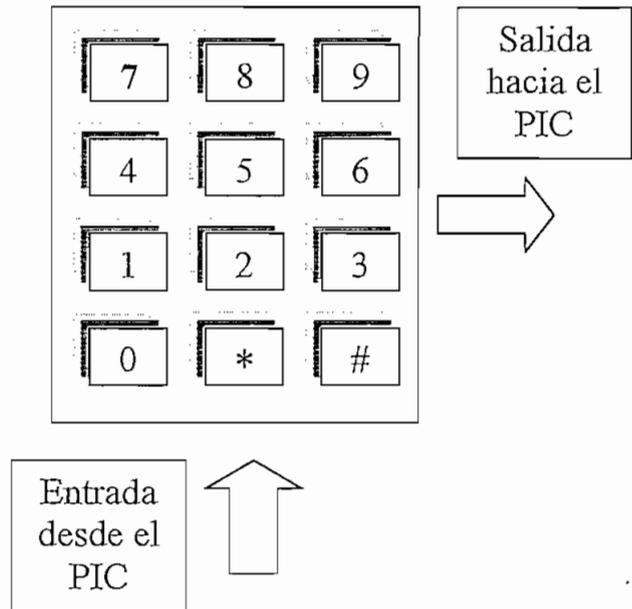


Figura 4.9 Forma de lectura del teclado por parte del PIC

De esta manera los terminales del microcontrolador PIC16C84, utilizados en esta aplicación fueron asignados de la forma en que se muestra en la tabla 4.1.

El circuito electrónico que resume todo lo dicho en esta sección y capítulo, que ha sido implementado en la parte práctica, es el que se observa en la Lámina 4.4. Desplegada a continuación de la tabla.

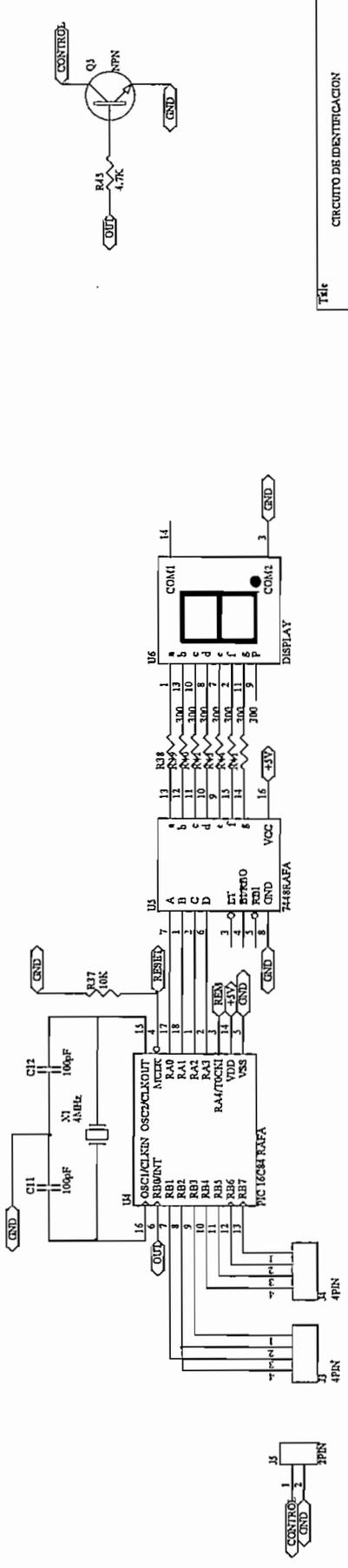
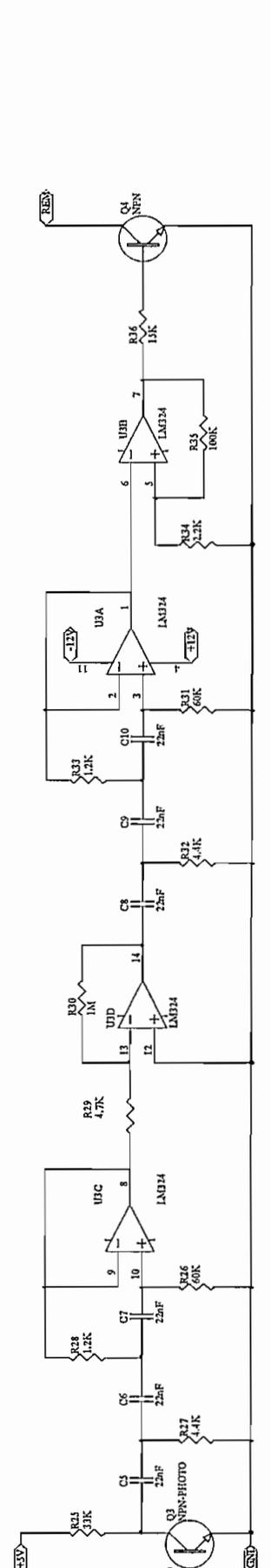
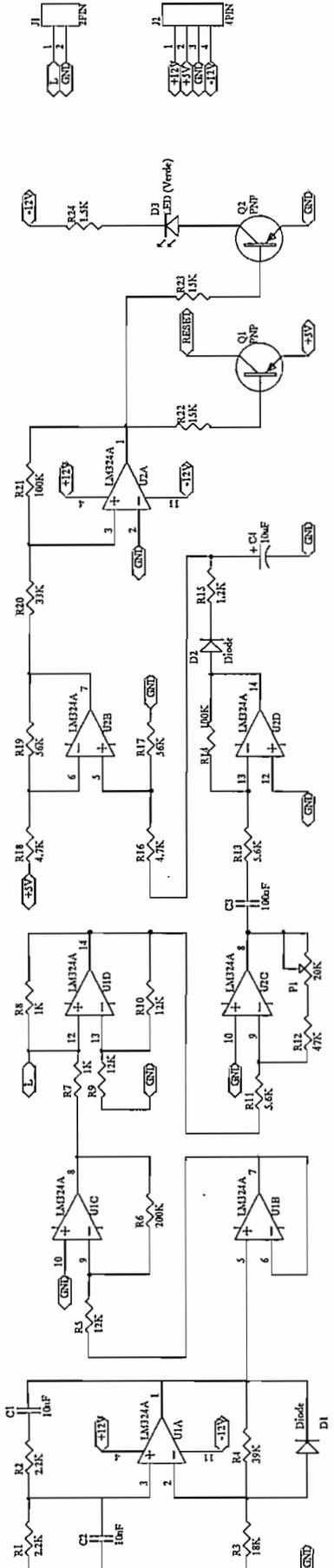
El diseño mostrado en la Lámina 4.4 es el resultado de la suma de los circuitos de este capítulo, y es el que se implementará físicamente en la realidad sobre una plaqueta de baquelita.

Por ello en la Lámina 4.5 se indican los diagramas de circuito impreso y disposición de elementos de este desarrollo final.

Terminales del Microcontrolador PIC16C84	Aplicación
1	Tercer bit hacia el CI 7448
2	Cuarto bit hacia el CI 7448
3	Entrada de control remoto
4	LOOP
5	GND
6	Salida hacia el Circuito de Control
7	Salida hacia la primera columna del teclado tipo telefónico
8	Salida hacia la segunda columna del teclado tipo telefónico
9	Salida hacia la tercera columna del teclado tipo telefónico
10	Entrada desde la primera fila Del teclado tipo telefónico
11	Entrada desde la segunda fila del teclado tipo telefónico
12	Entrada desde la tercera fila del teclado tipo telefónico
13	Entrada desde la cuarta fila Del teclado tipo telefónico
14	Vcc
15	CLK in
16	CLK out
17	Primer bit hacia el CI 7448
18	Segundo bit hacia el CI 7448

Tabla 4.1 Asignación de pines del microcontrolador encargado del Circuito de Identificación

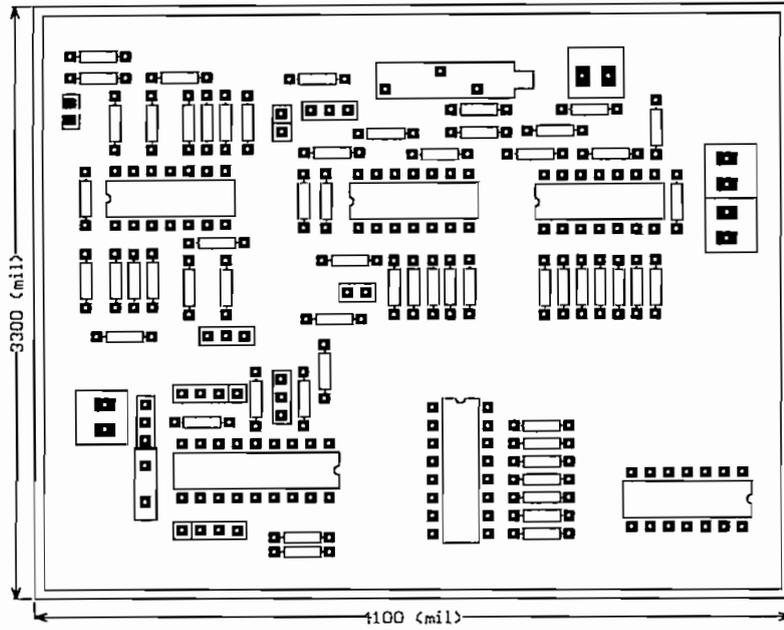
1 2 3 4 5 6



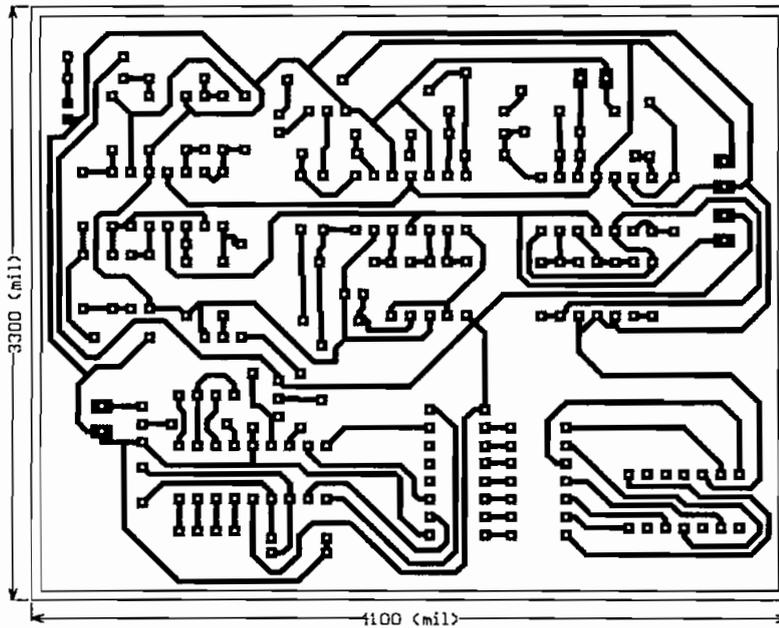
Títel CIRCUITO DE IDENTIFICACION

Sheet	Number	Revision
B	LAMINA 4-4	INC.
Drawn by	Checked by	Drawn by
RAMIRO VALENZUELA	RAMIRO VALENZUELA	RAMIRO VALENZUELA

1 2 3 4 5 6



DISPOSICION DE ELEMENTOS



CIRCUITO IMPRESO

ESCUOLA POLITECNICA NACIONAL- FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL	
DRAWN BY: RAPHAEL ALJUEMA PHONE: 543284		DATE: 20-Jun-2000	
TITLE: CIRCUITO DE IDENTIFICACION		REV: 01	
DRAWN BY: RAPHAEL ALJUEMA PHONE: 844132		PART NO: LAMINA 4.5	
FILE NAME: Identifica.PCB		Revisor: NC. RAMIRO VALENZUELA	
		CREER	

4.6 Desarrollo del Software que Soluciona el Problema Planteado

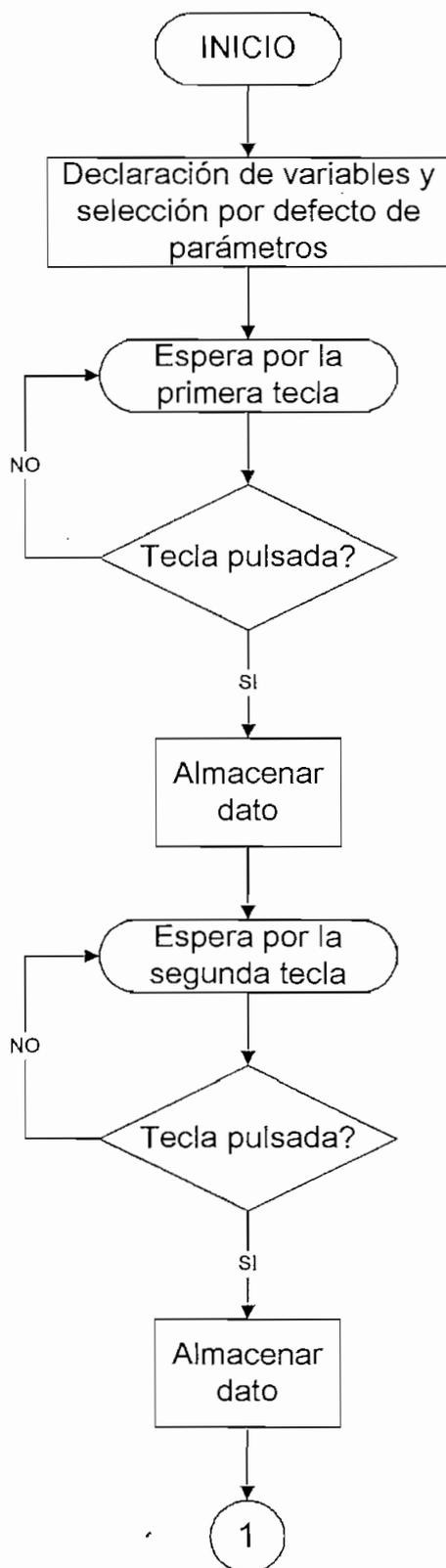
Hasta este momento se ha definido claramente el funcionamiento del Circuito de Identificación, y se han construido los circuitos respectivos de acondicionamiento de señal que el microcontrolador PIC16C84 manejará.

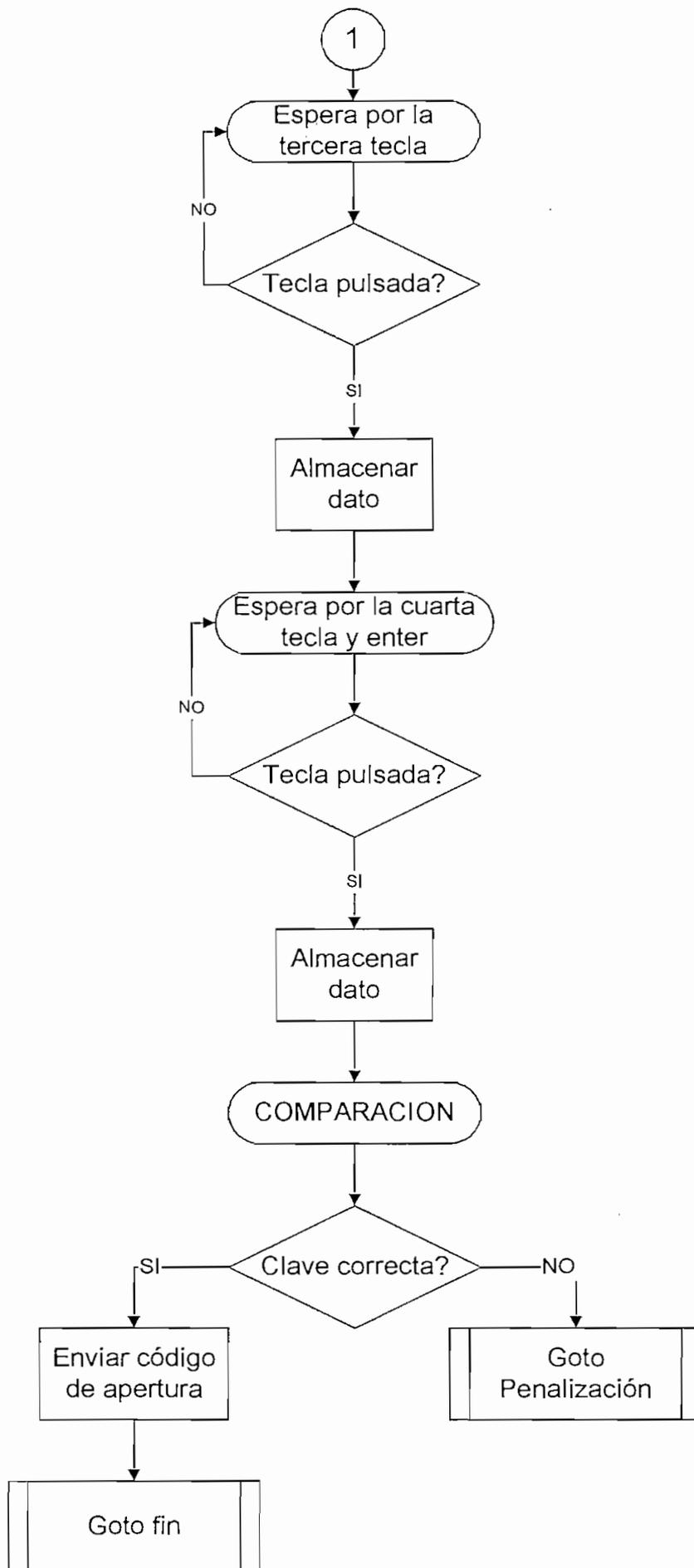
Lo siguiente es dotar al microcontrolador de la lógica de funcionamiento, que satisfaga todo lo propuesto.

En la sección 3.5 del capítulo anterior se indicó el proceso de programación del microcontrolador.

Al igual que en aquella, el programa claramente estructurado con los comentarios respectivos se encuentra en el anexo respectivo de listado de programas. No obstante aquí en la Figura 4.10, también se indica en forma resumida y en estructura de bloques las instrucciones que consiguen dotar al circuito de la lógica de funcionamiento planteada.

Estructura del programa del Circuito de Identificación, basado en el microcontrolador PIC16C84





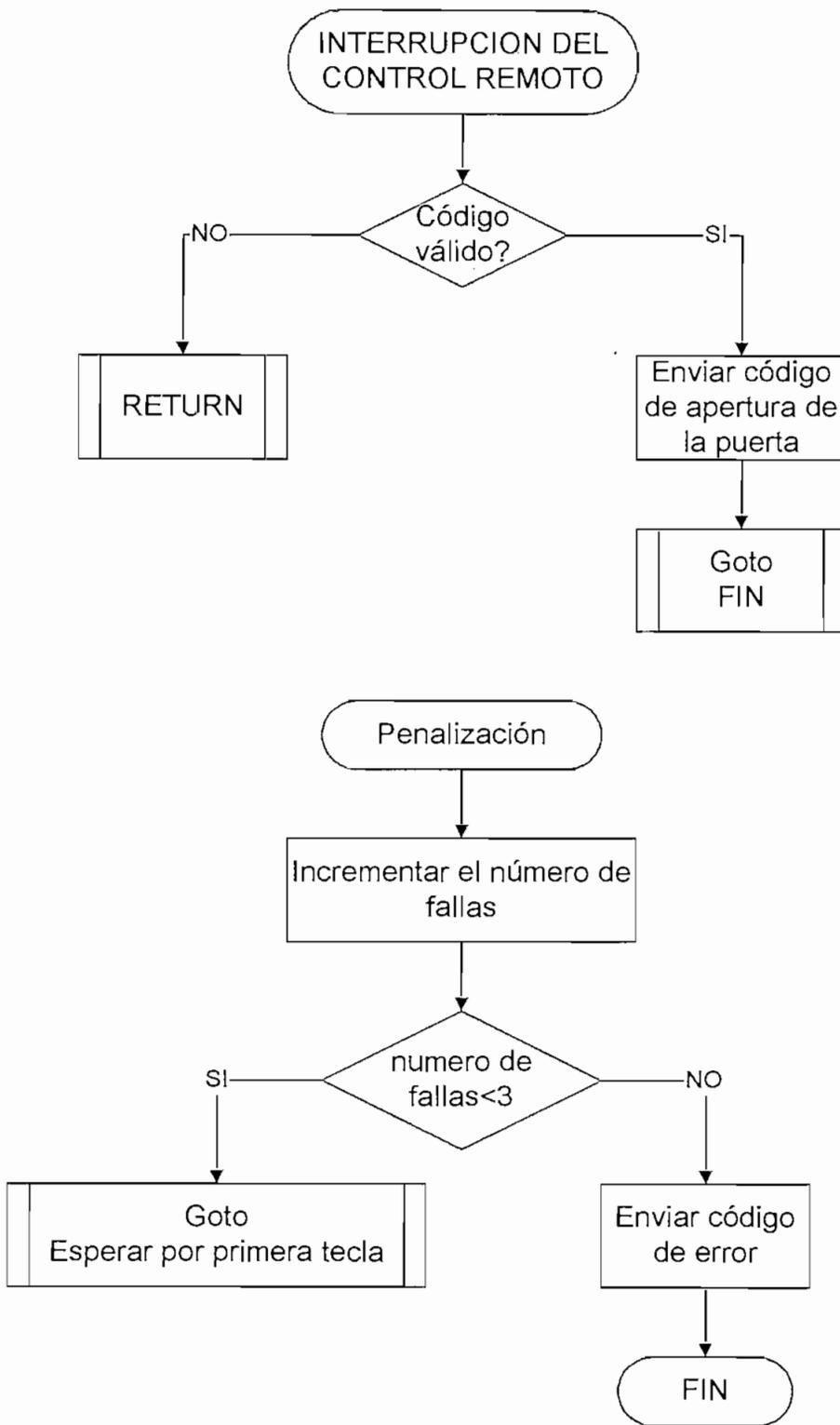


Figura 4.10 Diagrama de Flujo del Programa del Circuito de Control

CAPITULO V

INTEGRACION, PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1 Integración del Sistema

En este capítulo indicaremos la forma en que han sido conectados y dispuestos físicamente los circuitos electrónicos desarrollados a lo largo de este trabajo, en el prototipo a escala del parqueadero.

La maqueta está compuesta por: la puerta impulsada a motor, las pistas de entrada y salida al parqueadero, y una cabina de mando.

La puerta impulsada a motor con doble sentido de circulación, es como se muestra en la Lámina 5.1, ésta no ha sido construida como parte de esta tesis, ya que se ha aprovechado de la existente en el Laboratorio de Control, perteneciente a la tesis de grado de ingeniería del Dr. Rafael Fierro titulada "Control remoto de un motor".

A la puerta se le ha acoplado el resto de la maqueta, por ende en función de ésta, se han adaptado las dimensiones de los demás componentes integrantes de la representación a escala del parqueadero.

Las pistas de entrada y salida son dos plataformas idénticas en todo sentido, cada una de ellas es como la que se muestra

en la Lámina 5.2, una para la parte interior y otra para la exterior del parqueadero.

En estas plataformas se han instalado individualmente: dos semáforos para dirigir la circulación vehicular que ahí se produce; una bobina sensible del sensor de presencia magnética parte del Circuito de Control, ubicada en el piso bajo el umbral de la puerta frente a una de sus caras, con el objetivo de advertir al Circuito de Control acerca de la presencia vehicular en sus inmediaciones; el Circuito de Identificación, el mismo que ha sido dispuesto convenientemente dentro de un estuche como el que se muestra en la Lámina 5.3, al frente de éste y en el piso de la pista se ha incorporado la bobina sensible, parte del sensor de presencia magnética que lo habilitará.

La cabina de mando se la muestra en la lámina 5.4, desde aquí se controla el funcionamiento del sistema y en ésta van ubicados: la fuente de alimentación que suplirá a todo el sistema, y el Circuito de Control.

Los circuitos desarrollados a lo largo de este trabajo necesitan alimentación de voltaje de $+12V_{DC}$, $-12V_{DC}$, y $5V_{DC}$; además se requiere de una fuente de alimentación independiente de $12 V_{DC}$, para suplir al motor que mueve la

5.2.1 Prueba de los Sensores de Presencia Magnética

Por razones que se expusieron en la etapa de diseño de este dispositivo, la corriente que se inyecta sobre la bobina sensible es de amplitud y frecuencia constante. La magnitud de la corriente inyectada es 5mA rms, y su frecuencia de operación 7KHz.

Sobre cada una de las bobinas sensibles se han realizado las mediciones de tensión rms respectivas tanto con presencia vehicular, como sin ella en su bobina sensible, con la intención de determinar la magnitud de la inductancia relacionada con cada bobina sensora, como su variación ante la presencia de metales.

El valor de la inductancia se ve reflejado en un nivel de tensión medido a los terminales de la bobina sensora, la inductancia es calculada en función de este voltaje y de las demás magnitudes involucradas en el proceso de detección, como son intensidad y frecuencia:

Partiendo de la fórmula:

$$V = \omega * L * I$$

$$L = \frac{V}{\omega * I}$$

Las mediciones y cálculos realizados se presentan en la Tabla 5.1.

Bobina Sensora de:	Estado de la bobina sensora, cuando no existe presencia vehicular		Estado de la bobina sensora, cuando existe presencia vehicular	
	Tensión [mV _{AC}]	Inductancia [μH]	Tensión [mV _{AC}]	Inductancia [μH]
C. I. Interno	2.8	12.74	2.3	10.45
C. I. Externo	3.3	15.00	2.6	11.82
Interior de la puerta	2.9	13.18	2.2	10.00
Exterior de la puerta	3.2	14.55	2.5	11.36

Tabla 5.1 Variación de la inductancia de las bobinas sensoras

5.2.2 Prueba del Control Remoto

Se ha construido un aparato Emisor de Control Remoto, mientras que existe un elemento receptor en cada Circuito de Identificación.

Como prueba realizada se midió la distancia a la cual el control remoto podía actuar, se obtuvo buenos resultados hasta unos 2.5m de distancia y eventualmente hasta los 3m. Se observó además que las condiciones de iluminación del lugar no lo afectaba, como era de esperar, gracias a la inclusión de los filtros Chebyshev. El control remoto funciona tanto con iluminación, como con ausencia de ésta en el lugar en donde está dispuesto el sistema.

5.2.3 Prueba de la Clave de acceso y del Circuito de Control

A diferencia de los anteriores dispositivos que manejan señales de carácter análogo, estos dispositivos funcionan mediante una lógica digital cerrada, que no admite ambigüedades. Por ello una vez solucionado el software, se obtuvo un funcionamiento como el planteado en sus respectivas secciones.

Las pruebas de estos dispositivos se han llevado a cabo durante todo el tiempo de desarrollo de este trabajo, y no únicamente con el sistema terminado, mediante múltiples ensayos en su trayecto, examinando las capacidades del microcontrolador en contraposición con las primeras ideas de funcionamiento planteadas. Por ello en este punto la prueba es simplemente rutinaria.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A lo largo de este trabajo se han presentado un sin fin de detalles grandes y pequeños por resolver en pos del objetivo planteado, en cuyo trayecto me he nutrido de conocimientos y experiencias, de las cuales he obtenido como más destacadas conclusiones las siguientes:

- El microcontrolador PIC16C84, puede ser aplicado con éxito en labores de automatización de tareas, prueba de ello ha sido el funcionamiento final del proyecto que me he planteado.
- En comparación con los microprocesadores especialmente con el 8051 con el que también he tenido la oportunidad de trabajar, el microcontrolador PIC16C84, reduce en forma significativa las conexiones, y con ello los inconvenientes para ponerlos en marcha.
- Fue de suma ayuda el hecho de poder programar reiterativamente al microcontrolador sin ayuda de equipo especial, sino únicamente con el uso de un computador personal y su puerto de comunicación serial, lo cual también es una ventaja sobre el microprocesador 8051, que necesita un programador especial y lampara ultravioleta para ser borrado.
- Siendo ventajoso en costo el uso de este microcontrolador en comparación al de un PLC, también supone un trabajo

adicional al desarrollar su software, y construir los circuitos electrónicos relativos al mismo, necesarios para acondicionamiento de las señales externas que interactúan con el microcontrolador, brindándole información del exterior, o recabándola de este para manejo de sus dispositivos externos.

- Para conseguir la autonomía de un sistema, fue necesaria la incorporación de sensores, que informen al circuito lógico de los acontecimientos relativos al proceso que se susciten, como también de actuadores que desempeñen dicha labor en última instancia.
- Los conocimientos adquiridos en Electrónica, han sido puestos en práctica en pos de obtener el diseño del sensor de presencia magnética (LOOP), en el que también participa como base de su funcionamiento la Teoría Electromagnética.
- En el circuito sensor de presencia magnética fue de ayuda incorporar la opción de calibración mediante un potenciómetro, debido a que no todas las bobinas sensibles son exactamente iguales, y para cada una se debe realizar una calibración particular.
- También se logró mayor destreza electrónica, al incorporar la opción de control remoto al sistema, aún cuando al plantear el Tema de Tesis no estaba propuesto explícitamente su desarrollo.

- El ruido ambiental producido principalmente por lámparas del lugar, afectan sobre el normal funcionamiento del Circuito de Identificación, especialmente en lo que concierne a su circuito receptor de control remoto, el mismo que funciona mediante la captación de señales infrarrojas procedentes del aparato emisor. La señal deseada, proveniente del aparato emisor de control remoto, se ve perjudicada por el ruido producido por el resto de señales luminosas, por lo que aunque éstas no fueron eliminadas, si fueron fuertemente atenuadas, con lo que se comprobó que el uso de filtros Chebyshev es una buena alternativa.
- La teoría que sustenta a los circuitos desarrollados en este trabajo no es de tanta complicación, como el hecho de calibrar los diferentes parámetros involucrados en su proceso de diseño hasta llegar a un funcionamiento adecuado.
- A más del trabajo de escritorio desempeñado a lo largo de este trabajo, esto es: diseño de circuitos electrónicos, y programación de microcontroladores; también tuve la necesidad y oportunidad de adiestrarme en trabajo de taller para la construcción de los dispositivos físicos, como también me fue indispensable manejar programas computacionales que permitan conseguir primeramente en papel y luego sobre una plaqueta de baquelita el circuito

impreso de los diferentes dispositivos constitutivos del sistema. Entre los programas utilizados tenemos: PROTEL, ORCAD y TANGO.

- La lógica elemental de funcionamiento del sistema es simple y concisa, sin embargo se fueron añadiendo prestaciones a lo largo del desarrollo, en pos de un mejor desempeño del conjunto, y de mayor comodidad para sus usuarios. Además pueden existir gustos y requerimientos diferentes cuando el sistema sea aplicado en otras situaciones reales, por lo que resulta ventajoso que el microcontrolador pueda ser programado en reiteradas ocasiones, por lo que también se tuvo que observar que el sistema tenga flexibilidad de adaptación, sin muchos cambios físicos.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda que se continúe experimentando acerca de las potencialidades de los microcontroladores PIC, especialmente en el modelo 16C84. En lo particular se puede aprovechar de otras características importantes, como son su velocidad de funcionamiento, y la potencialidad de poder comunicarlos entre sí.
- Es aconsejable tratar de aprovechar al máximo los recursos que presenta un microcontrolador, ya que esto repercute directamente sobre el costo de determinado proyecto. En la presente tesis se logró economizar el número de pines requeridos de la siguiente forma: para atender a las doce teclas en la clave de acceso del Circuito de Identificación, se utilizó la técnica de barrido de filas y lectura por columnas, economizando de esta manera 5 pines, ya que se utiliza 3 pines para las columnas y 4 para las filas, en contraposición a los 12 pines que se utilizarían si se asignara uno para cada tecla. Obviamente esto repercute en la complicación del software para la lectura.
- También se ahorró pines del microcontrolador del Circuito de Control, al utilizar el mismo rtcc para la llegada de la clave característica de los dos circuitos de identificación. Como también la lectura de los dos sensores de presencia magnética de la puerta por un solo pin.

- En el display del Circuito de Identificación se pueden economizar tres pines, al no recabar la información del micro en forma de código de siete segmentos, sino más bien en código binario, esto libera al micro, pero complica el hardware del Circuito de Identificación, ya que se debe incorporar externamente un conversor de binario a siete segmentos. El conversor que se usó es el 7448. Existen también en el mercado displays seriales los cuales utilizan únicamente un pin para transferir la información. Esto liberará al microcontrolador de manejar tantas salidas, pero complicará el software, ya que deberá entregar la señal al display con su formato respectivo. A más de ello el costo de este display serial supera a uno de siete segmentos, por lo que se deberá hacer un balance de costos y beneficios que supone instalar un componente de esta clase.
- Para el prototipo a escala del parqueadero se ha asignado prioridad para la circulación a los vehículos que están saliendo, esto se hace ya que por cuestiones de espacio en el interior de un parqueadero real es preferible primero evacuar los vehículos ya existentes, antes de permitir el ingreso a nuevos ocupantes. No obstante el diseño funcional de los parqueaderos en los que un sistema como éste podría ser implementado podría obligar a cambiar esta dinámica de funcionamiento preestablecida, pudiendo existir lugares en

los que es preferible dar prioridad a los vehículos que entran, o no asignar prioridad sino más bien respetar el orden de llegada. Estas y otras soluciones que se nos pudieran ocurrir para mejorar el desempeño del sistema en determinado lugar, podrían incorporarse en lo posterior a este mismo sistema montado en el prototipo a escala y poner a prueba su eficacia, únicamente realizando las correcciones de software necesarias.

- A la vez que se va digitando la clave de ingreso en el Circuito de Identificación, ésta va siendo visualizada en el display de siete segmentos, esto podría restar seguridad al parqueadero, ya que existe el riesgo de que por esta vía un acompañante de un usuario autorizado pueda enterarse de la clave de acceso, y en lo posterior intente vulnerar la seguridad del parqueadero. En este prototipo se ha decidido que la clave de acceso sea visualizada en el display, con el propósito de no complicar la demostración de este sistema, y ya que paulatinamente así fue desarrollado. Pero si se implementa en un parqueadero real, obligatoriamente deberá ser desconectado el display, esto liberaría pines del microcontrolador, los que se utilizarían para dar una señal de tipo auditivo como confirmación de que determinada tecla pulsada ha sido recibida.
- Este desarrollo se centra únicamente en el funcionamiento de la puerta, y supone que no existen inconvenientes de

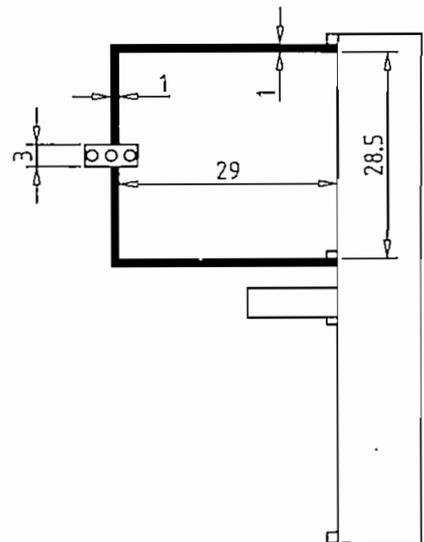
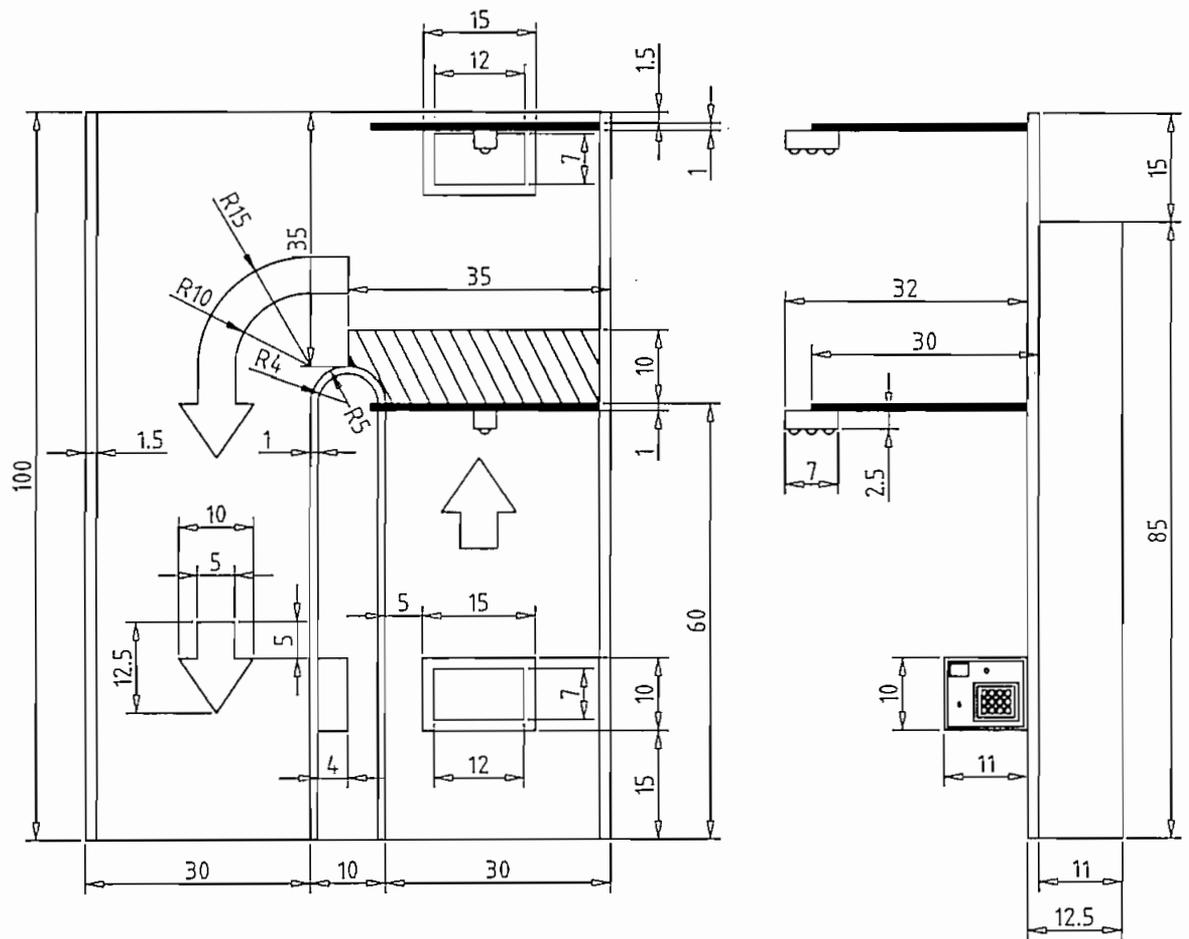
puerta. El diagrama esquemático de la fuente de alimentación se lo muestra en la Lámina 5.5, y posteriormente se indica su implementación física en la realidad sobre una plaqueta de baquelita en la Lámina 5.6, en la que se detallan: el circuito impreso y la disposición de los elementos sobre ésta.

El Circuito de Control ha sido colocado convenientemente dentro de su chasis mostrado en la Lámina 5.7, en el que también están incluidos: los controles de mando, y la señalización auditiva y visible acerca del estado del sistema.

Estos circuitos electrónicos montados en la maqueta del parqueadero, han sido conectados entre sí de la forma en que se muestra en la Lámina 5.8.

Todas las partes indicadas han sido armadas en conjunto, y constituyen el prototipo a escala reducida del parqueadero, el mismo que se lo muestra finalmente en la Lámina 5.9.

Por último en la lámina 5.10 se muestran fotos del sistema completo.



Dibujado por:
RAPHAEL ALULEMA

Revisión: ING.
RAMIRO VALENZUELA

INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL

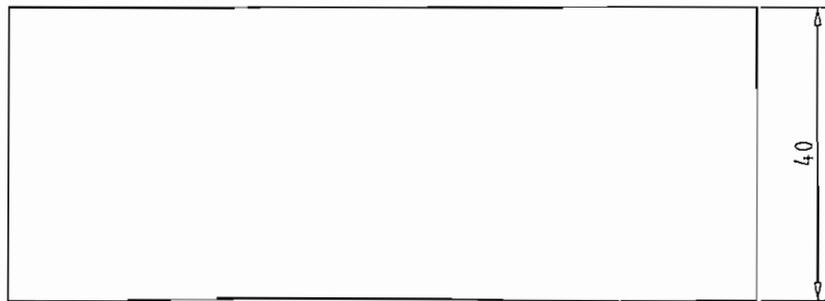
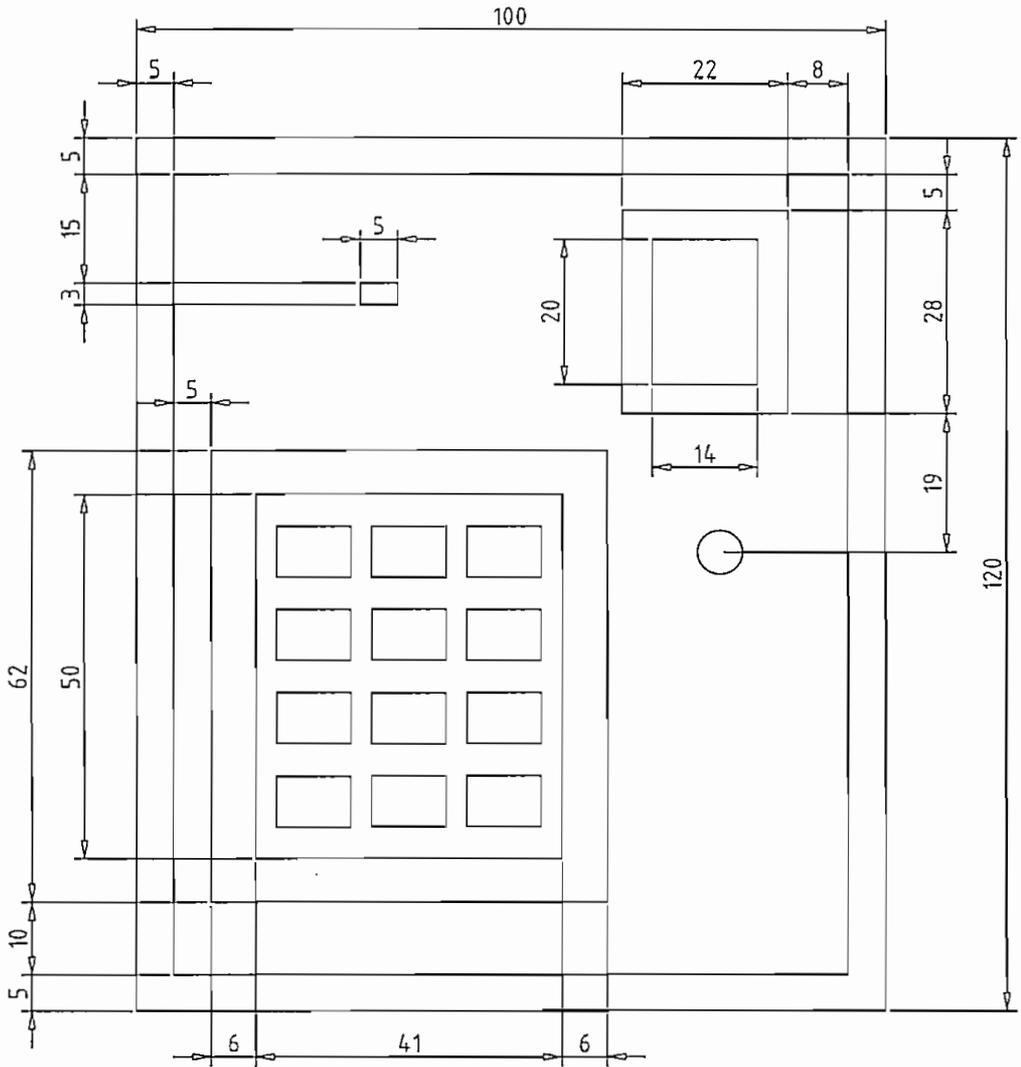
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

PLATAFORMA

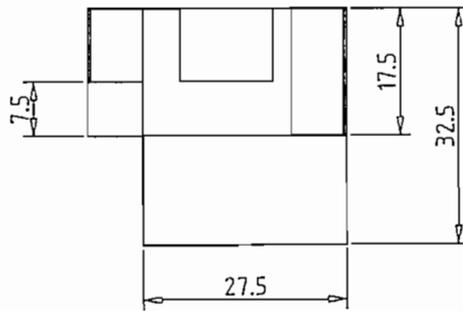
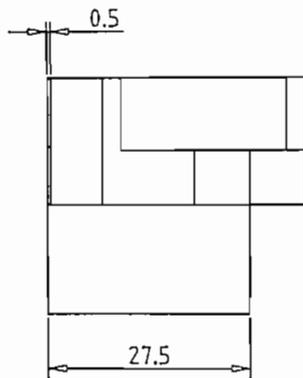
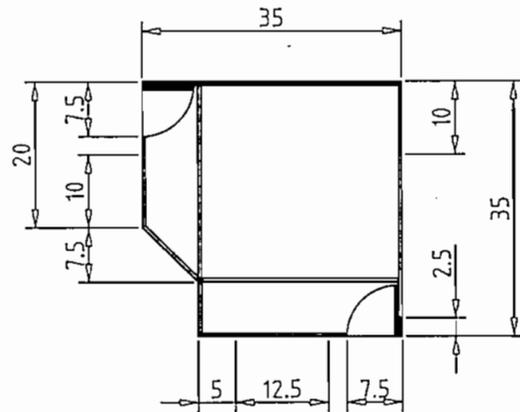
LAMINA 5.2

Escala:
1:10

Fecha:
19/JUN/2000



Dibujado por: RAPHAEL ALULEMA	Revisión: ING. RAMIRO VALENZUELA	INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL	
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		CIRCUITO DE IDENTIFICACION	
LAMINA 5.3		Escala: 1:1	Fecha: 19/JUN/2000



Dibujado por:
RAFAEL ALULEMA

Revisión: ING.
RAMIRO VALENZUELA

INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL

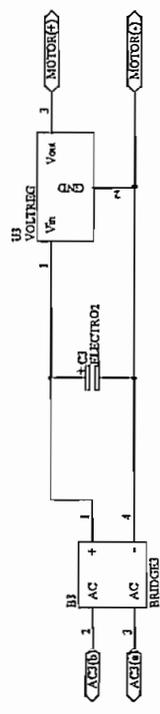
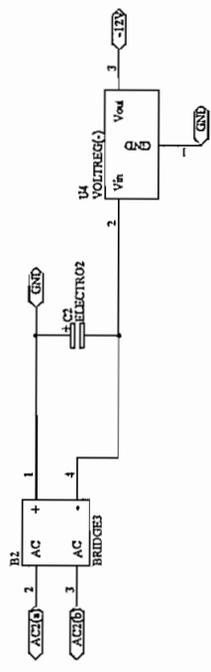
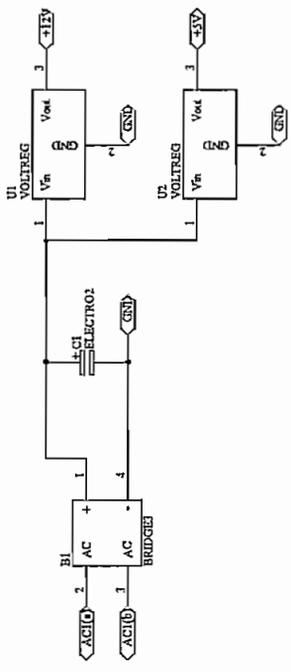
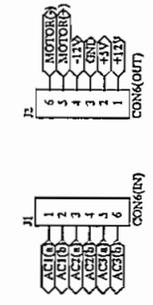
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

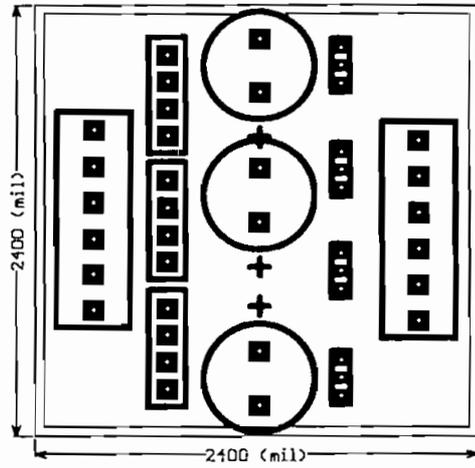
CABINA DE MANDO

LAMINA 5.4

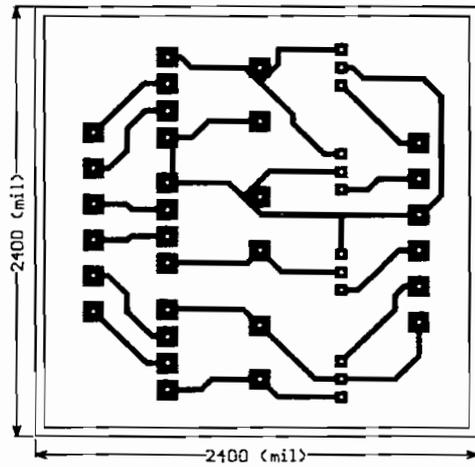
Escala:
1:10

Fecha:
19/JUN/2000



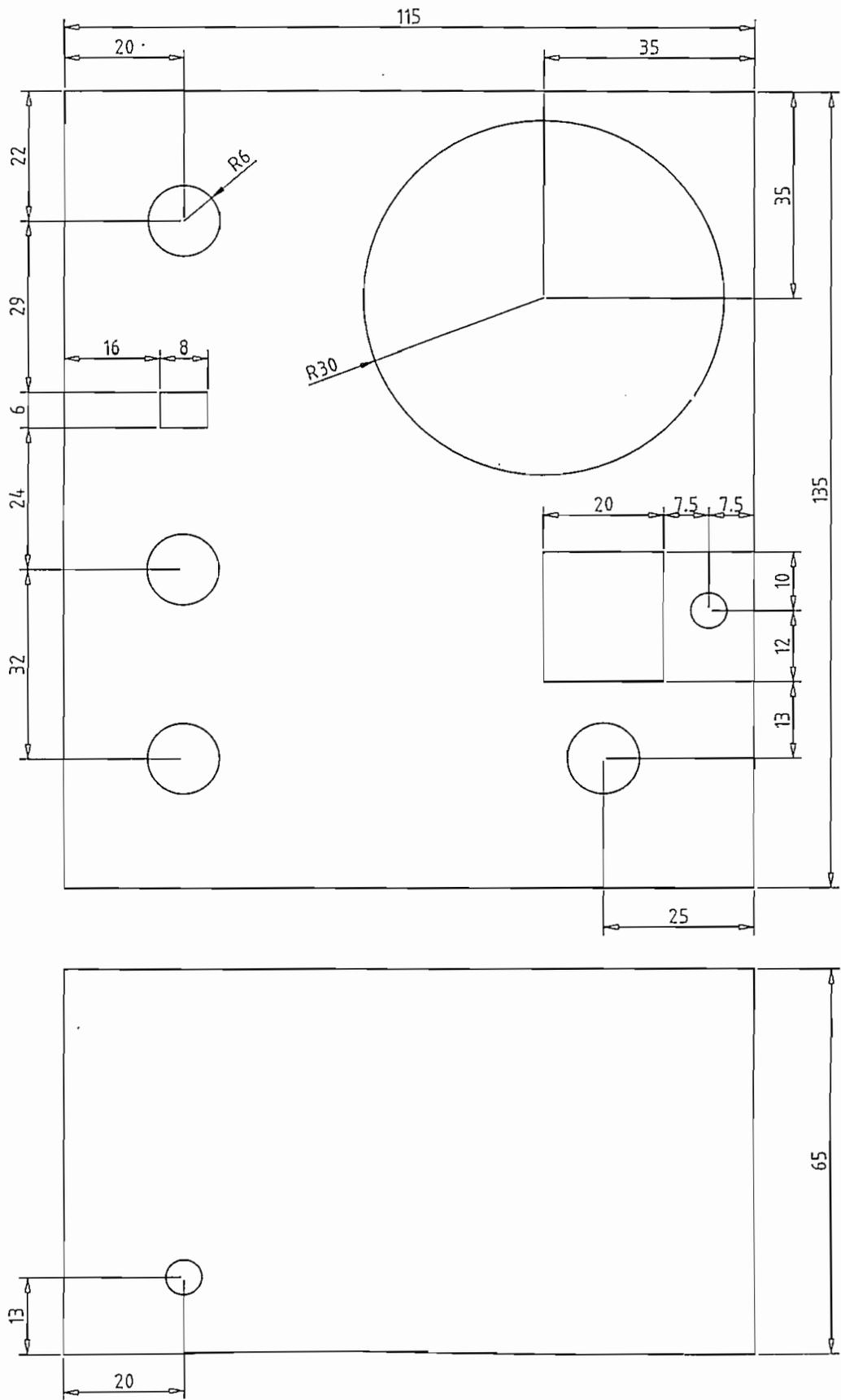


DISPOSICION DE ELEMENTOS



CIRCUITO IMPRESO

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL- FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA		INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL	
ENGINEER: RAPHAEL ALLULEMA PHONE: 543284	TITLE: FUENTE DE PODER		
ENGINEER: RAPHAEL ALLULEMA PHONE: 844132	FACT NO: LAMNA 5.6	REV. 01	DATE 21-Jun-2000
FILE NAME: Fuente.pcb	LAYER: CIRCUITO IMPRESO	GERBER:	



Dibujado por:
RAPHAEL ALULEMA

Revisión: **ING.**
RAMIRO VALENZUELA

INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL

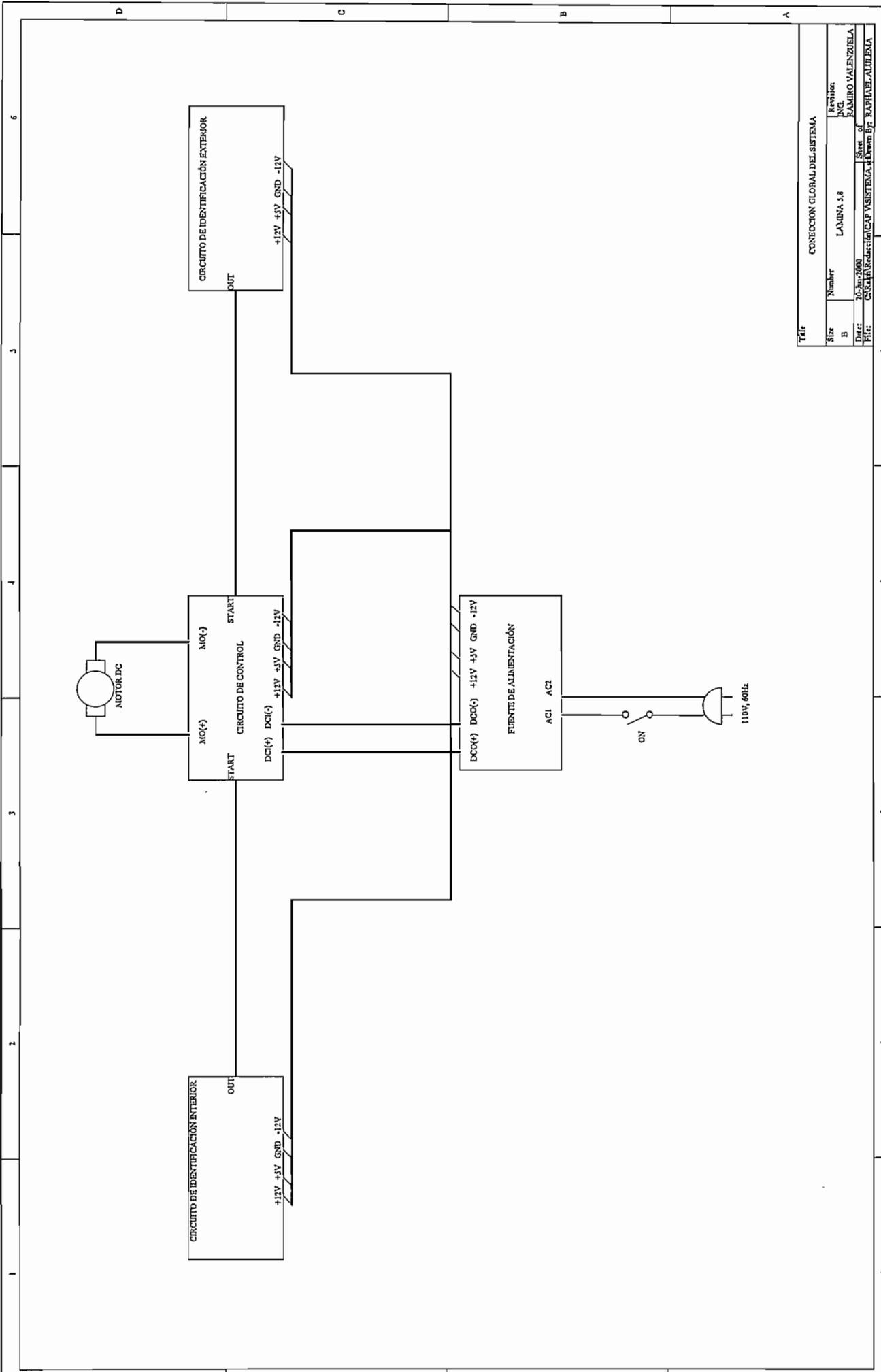
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

CIRCUITO DE CONTROL

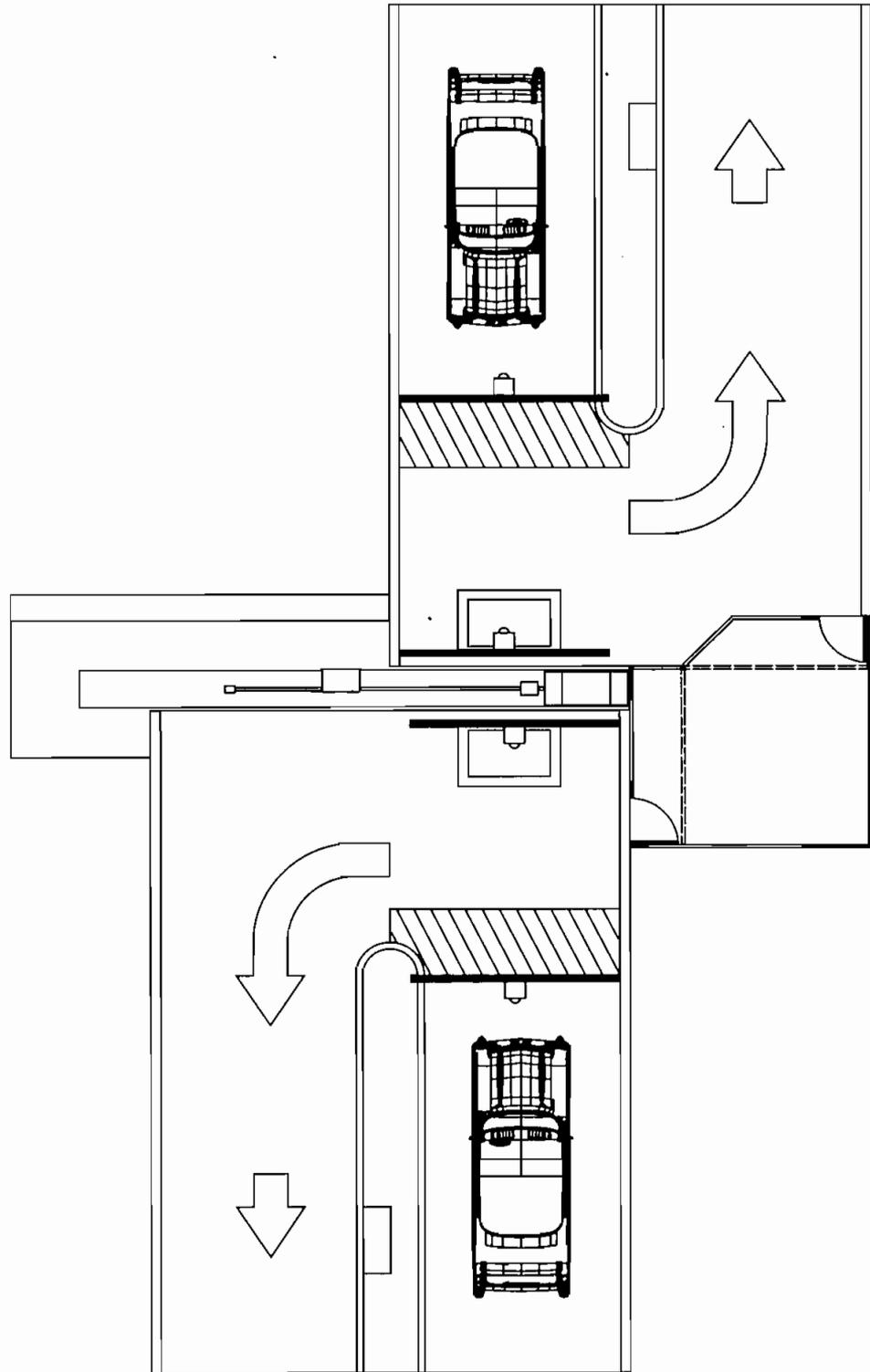
LAMINA 5.7

Escala:
1:1

Fecha:
19/JUN/2000



Title		CONEXION GLOBAL DEL SISTEMA	
Size	Number	Revision	
B	LAMINA 3.8	INC.	
Date	06-11-2009	Drawn by	FAMIRO VALENZUELA
File	C:\Estructuras\CAE\YSISTEMA-4	Sheet of	6
		Drawn by	RAFIABE ALDUBENA



Dibujado por:
RAPHAEL ALULEMA

Revisión: **ING.**
RAMIRO VALENZUELA

INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL

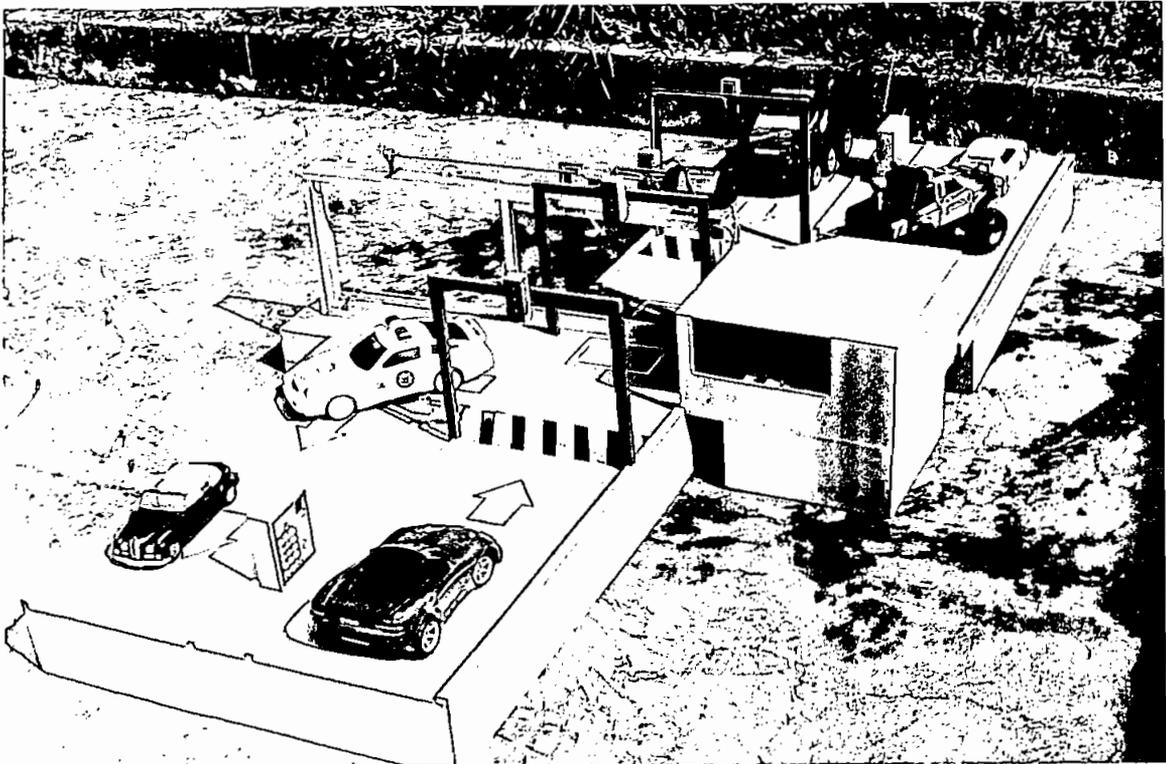
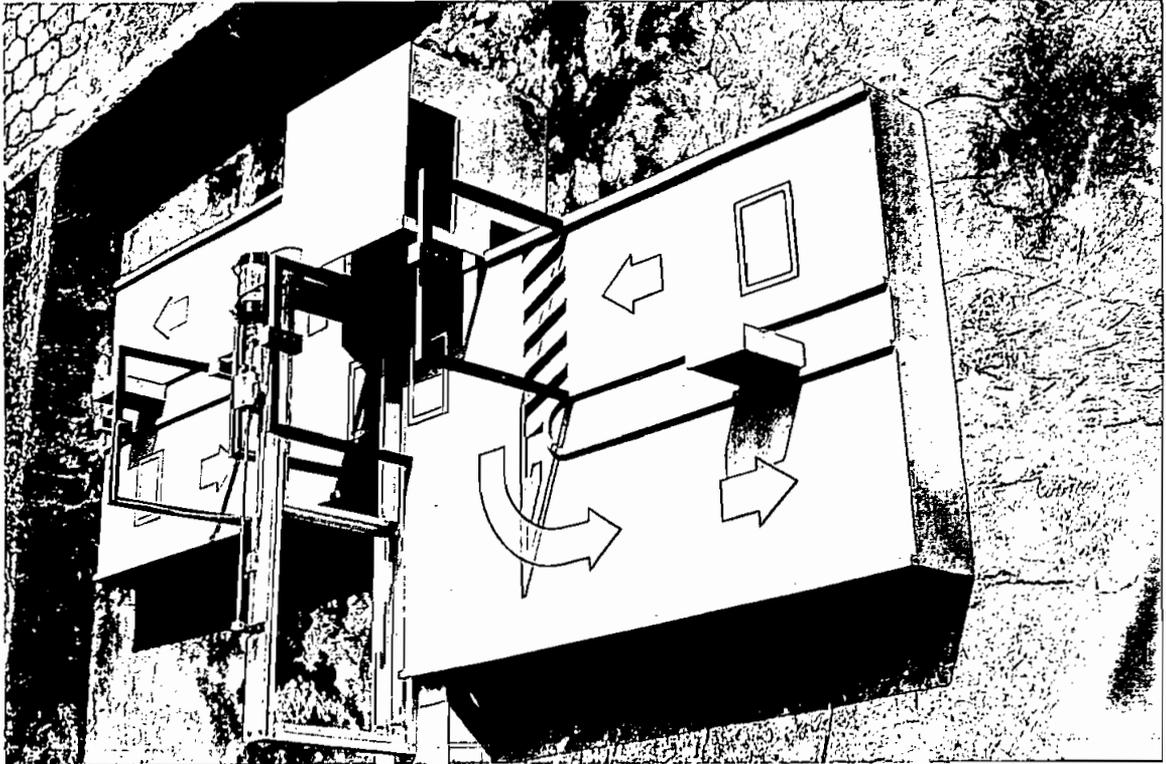
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

PROTOTIPO A ESCALA

LAMINA 5.9

Escala:
1:10

Fecha:
19/JUN/2000



Dibujado por:
RAFAEL ALULEMA

Revisión: **ING.**
RAMIRO VALENZUELA

INGENIERIA EN ELECTRONICA Y CONTROL

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA

FOTOGRAFIAS DEL PROTOTIPO

LAMINA 5.10

Escala:
1:10

Fecha:
19/JUN/2000

5.2 Pruebas y Resultados

El sistema ha sido desarrollado paulatinamente mediante la técnica de ensayo/error, tanto en la parte de software, como de hardware respectivo, por lo que ha sido sometido a pruebas durante todo el tiempo, como parte del proceso de diseño y construcción de las partes constitutivas.

Ahora que el prototipo a escala del parqueadero ha sido construido y el sistema está armado en su totalidad, es posible realizar las pruebas del funcionamiento de todo el conjunto.

En el prototipo a escala del parqueadero se ha utilizado vehículos de juguete para simular el comportamiento de los usuarios del parqueadero que van a cruzar por la puerta. En estos vehículos se han adaptado piezas de metal, para que puedan ser detectados por los sensores de presencia magnética, ya que de lo contrario pasarían inadvertidos dentro de la dinámica del sistema.

A continuación se detallan las pruebas realizadas a los elementos integrantes del sistema:

espacio en el interior ni en el exterior del parqueadero, además se asume que siempre hay espacio. Sin embargo esto no siempre se da en la realidad, por lo que se podría en lo posterior ampliar este mismo trabajo, contemplando tales inconvenientes con el propósito de llegar a un mejor diseño, reduciendo así la posibilidad de contratiempos.

- Por economía se utilizó el circuito integrado 555, para generar la señal de control remoto. Esta señal se transmite a una frecuencia fija, y envía por el espacio un número fijo de pulsos, que a su vez es la clave de acceso. Al recibirlos, el número de éstos se almacenan en el registro rtcc de 8 bits del microcontrolador, por lo que la probabilidad de acertar al azar la clave es de $1/256$, en contraposición con la posibilidad de acertar la clave de acceso mediante teclado que es $1/10000$. No obstante con la opción de control remoto se puede dar una seguridad igual o mayor al parqueadero, que la dada utilizando la clave de acceso. Esto se lo puede llevar a cabo mediante la transmisión de un cierto número de códigos ASCII por el espacio, a un mismo baud rate tanto en la transmisión como en la recepción, obviamente esto encarecería el costo de los transmisores de control remoto, pues estos códigos deben ser generados por otro microcontrolador por lo que también se incrementa la cantidad de programa a desarrollar. En el circuito receptor, el hardware pasaría

inalterable, no obstante habría que modificar el software para poder recibir y discernir los códigos transmitidos y de esta manera poder compararlos y decidir.

- En parqueaderos de tamaño real y que no posean pistas de entrada y salida, como las del prototipo presentado, sería difícil incorporar adecuadamente los circuitos de identificación, por lo que una buena alternativa sería reemplazar la portadora de la información de control remoto, de la luz infrarroja hacia la radio frecuencia, esto obviamente cambiaría radicalmente tanto la parte física como lógica del diseño.
- El sensor de presencia magnética no ha sido analizado exhaustivamente en lo que respecta a la teoría electromagnética que lo sustenta, ya que se partió del hecho de la variación de la inductancia sensora ante la cercanía de metales. En este campo se podrían desarrollar con mayor profundidad las ecuaciones respectivas para comprobar este hecho.
- La lógica aplicada en este trabajo para agilizar del flujo vehicular a través de la puerta mediante la inclusión de semáforos, podría aplicarse en los cruces comunes de calles, con la utilización adicional de sensores de presencia magnética y seguramente en algunos lugares darían mejor resultado que los semáforos normales (temporizados).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Angulo J.M, Angulo I. *Microcontroladores <<PIC>>, Diseño Práctico de Aplicaciones.* McGraw-Hill / Iberoamericana de España, 1997. Primera Edición.

- [2] Savant C.J., Roeden M.S., Carpenter G.L. *Diseño electrónico.* Addison-Wesley Iberoamericana, 1992. Segunda Edición (Primera en español)

- [3] Microchip *Embedded Control Handbook Volumen1.* Microchip Technology Incorporated, USA. 1997

- [4] Publicaciones CEKIT *Electrónica y computadores:* Año 1 N°3, Año 1 N°12, Año 3 N°2,

- [5] Boylestad, Robert y Louis Nashelsky, *Electronic Devices and Circuit Theory,* Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, Inc., 1987.

- [6] Haitt William, *Teoría Electromagnética,* McGraw-Hill Interamericana de México, Quinta Edición (Segunda en español).

- [7] Beverly Bowers, *PIC16C84 Datasheet*, Microchip Technology Incorporated, USA. 1997.
- [8] Donald L. Schilling, Charles Belove, *Circuitos Electrónicos Discretos e Integrados*, 1991 Alfaomega-Marcombo, Segunda Edición.
- [9] González J. *Introducción a los microcontroladores* McGraw-Hill, 1992.
- [10] Tocci R., *Sistemas Digitales: Principios y Aplicaciones*, 1993 Prentice Hall Hispanoamericana, Tercera Edición.
- [11] Fierro Rafael, *Control Remoto de un motor*, 1987 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Tesis de Grado.
- [12] Guerrón Pablo, *Evaluación del Potencial del Microcontrolador PIC16C5X*, 1998 ESCUELA POLITECNICA NACIONAL, Tesis de Grado.

APENDICE A
MICROCONTROLADORES PIC

MICROCONTROLADORES PIC

Un microcontrolador es un circuito integrado programable que contiene todos los componentes de un computador. Se emplea para controlar el funcionamiento de una tarea determinada y, debido a su reducido tamaño, suele ir incorporado en el propio dispositivo al que gobierna. Esta última característica es la que le confiere la denominación de << controlador incrustado >> (embedded controller).

El microcontrolador es un computador **dedicado**. En su memoria solo reside un programa destinado a gobernar una aplicación determinada; sus líneas de entrada/salida soportan el conexionado de los sensores y actuadores del dispositivo a controlar y todos los recursos complementarios disponibles tienen como única finalidad atender sus requerimientos. Una vez programado y configurado el microcontrolador solamente sirve para gobernar la tarea asignada.

Un microcontrolador es un computador completo, aunque de limitadas prestaciones, que está contenido en el chip de un circuito integrado y se destina a gobernar una sola tarea.

El número de productos que funcionan sobre la base de uno o varios microcontroladores aumenta de forma exponencial. No es aventurado pronosticar que en el siglo XXI habrá pocos elementos que carezcan de un microcontrolador. En esta línea de prospección del futuro, la empresa **dataquest** calcula que en cada hogar americano existirá un promedio de 240 microcontroladores.

Diferencia entre Microprocesador y Microcontrolador

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la unidad central de proceso (UCP), también llamada procesador, de un computador. La UCP está formada por la unidad de control, que interpreta las instrucciones, y el camino de datos que las ejecuta.

Las patitas de un microcontrolador sacan al exterior las líneas de sus buses de direcciones, datos y control, para permitir conectarle con la Memoria y los Módulos de E/S y configurar un computador implementado por varios circuitos integrados. Se dice que un microprocesador es un **sistema abierto** porque su configuración es variable de acuerdo con la aplicación a la que se destine, como se muestra en la Figura A.1:

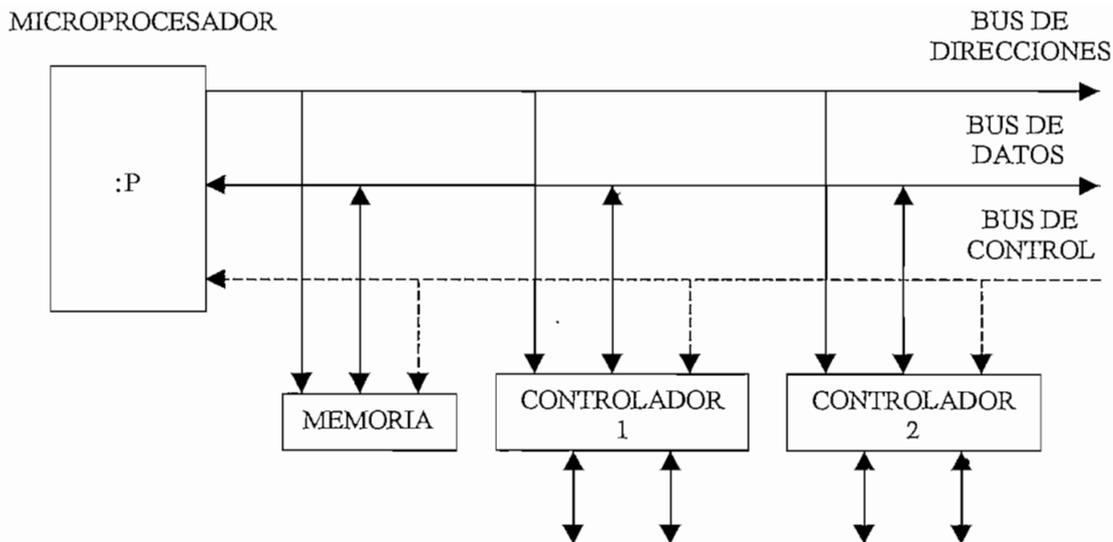


Figura A.1. Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador. La disponibilidad de los buses en el exterior permite que se configure a la medida de la aplicación

Un microprocesador es un **sistema abierto** con el que puede construirse un computador con las características que se desee, acoplándole los módulos necesarios.

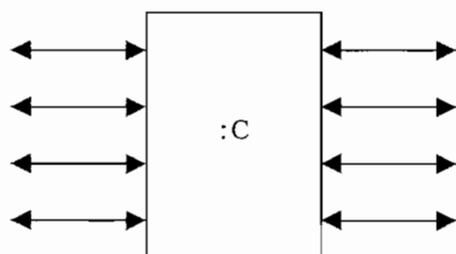


Figura A.2. El microcontrolador es un sistema cerrado. Todas las partes del computador están contenidas en su interior y solo salen al exterior las líneas que gobiernan los periféricos.

Un microcontrolador es un **sistema cerrado** que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se puede modificar.

Si solo se dispusiese de un modelo de microcontrolador, éste debería tener muy potenciales todos sus recursos para poderse adaptar a las exigencias de las diferentes aplicaciones. Esta potenciación supondría en muchos casos un despilfarro. En la práctica cada fabricante de microcontroladores oferta un elevado número de modelos diferentes, desde los más sencillos hasta los más poderosos. Es posible seleccionar la capacidad de las memorias, el

número de líneas de E/S, la capacidad y potencia de los elementos auxiliares, la velocidad de funcionamiento, etc. Por todo ello, un aspecto muy destacado del diseño es la selección del microcontrolador a utilizar.

Arquitectura Interna

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse.

Las partes principales de un microcontrolador son:

1. Procesador
2. Memoria no volátil para contener el programa
3. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
4. Líneas de E/S para los controladores de periféricos:
 - a) Comunicación paralelo
 - b) Comunicación serie
 - c) Diversas puertas de comunicación (bus I²C, USB, etc.)
5. Recursos auxiliares:
 - a) Circuito de reloj
 - b) Temporizadores
 - c) Perro Guardián (<<watchdog>>)
 - d) Conversores AD y DA
 - e) Comparadores analógicos
 - f) Protección ante fallos de la alimentación
 - g) Estado de reposo o de bajo consumo

A continuación se pasa revista a las características más representativas de cada uno de los componentes del microcontrolador.

El Procesador

La necesidad de conseguir elevados rendimientos en el procesamiento de las instrucciones ha desembocado en el empleo generalizado de procesadores de arquitectura **Harvard** frente a los tradicionales que seguían la arquitectura de **von Neumann**. Esta última se caracterizaba porque la UCP se conectaba a una memoria única, donde coexistían datos e instrucciones, a través de un sistema de buses.

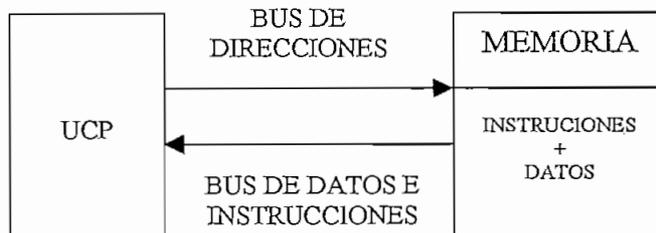


Figura A.3. En la arquitectura de <<von Neumann>> la UCP se comunicaba a través de un sistema de buses con la Memoria, donde se guardaban las instrucciones y los datos.

En la arquitectura **Harvard** son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada una dispone de su propio sistema de buses para el acceso. Esta dualidad, además de propiciar el paralelismo, permite la adecuación del tamaño de las palabras y los buses a los requerimientos específicos de las instrucciones y los datos. También la capacidad de cada memoria es diferente.

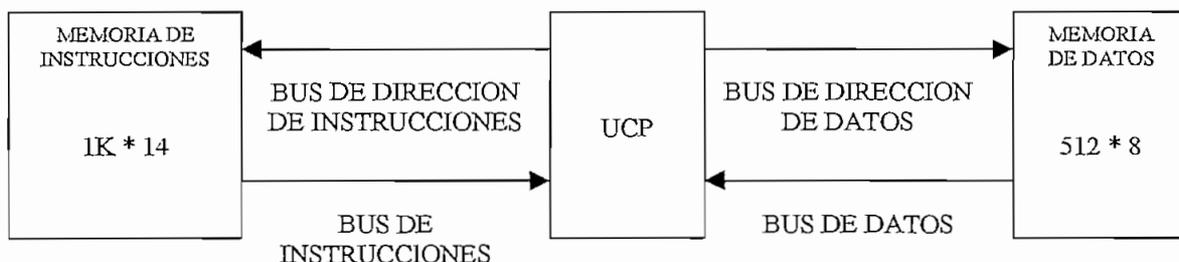


Figura A.3. En la arquitectura de <<Harvard>> la memoria de instrucciones y la de datos son independientes, lo que permite optimizar sus características y propiciar el paralelismo. En la figura, la memoria de instrucciones tiene 1K, posiciones de 14 bits cada una, mientras que la de datos sólo dispone de 512 posiciones de 1 byte.

El procesador de los modernos microcontroladores responde a la arquitectura **RISC** (Computadores de Juego de Instrucciones Reducido), que se identifica por poseer un repertorio de instrucciones de máquina pequeño y simple, de forma que la mayor parte de las instrucciones se ejecuta en un ciclo de instrucción.

Otra aportación frecuente que aumenta el rendimiento del computador es el fomento del paralelismo implícito, que consiste en la segmentación del procesador (*pipe-line*), descomponiéndolo en etapas para poder procesar una instrucción diferente en cada una de ellas y trabajar con varias a la vez.

El alto rendimiento y elevada velocidad que alcanzan los modernos procesadores, como el que poseen los microcontroladores PIC, se debe a la conjunción de tres técnicas:

- Arquitectura Harvard
- Arquitectura RISC
- Segmentación

Memoria de Programa

El microcontrolador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación.

Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente. Los tipos de memoria adecuados para soportar esta función admiten cinco versiones diferentes:

1. ROM con máscara

En este tipo de memoria el programa se graba en el chip durante su proceso de fabricación mediante el uso de <<máscaras>>. Los altos costes de diseño e instrumental sólo aconsejan usar este tipo de memoria cuando se precisan series muy grandes.

2. EPROM

La grabación de esta memoria se realiza mediante un dispositivo físico gobernado desde un computador personal, que recibe el nombre de **grabador**. En la superficie de la cápsula del microcontrolador existe una ventana de cristal por la que se puede someter al chip de la memoria a rayos ultravioletas para producir su borrado y emplearlo nuevamente. Es interesante la memoria EPROM en la fase de diseño y depuración de los programas, pero su coste unitario es elevado.

3. OTP (Programable una vez)

Este modelo de memoria sólo se puede grabar una vez por parte del usuario, utilizando el mismo procedimiento que con la memoria EPROM. Posteriormente no se puede borrar. Su bajo precio y la sencillez de la grabación aconsejan este tipo de memoria para prototipos finales y series de producción cortas.

4. EEPROM

La grabación es similar a las memorias OTP y EEPROM, pero el borrado es mucho más sencillo al poderse efectuar de la misma forma que el grabado, o sea, eléctricamente. Sobre el mismo zócalo del grabador puede ser programada y borrada tantas veces como se quiera, lo cual la hace ideal en la enseñanza y en la creación de nuevos proyectos. El fabuloso PIC16C84 dispone de 1K palabras de memoria EEPROM para contener instrucciones y también tiene algunos bytes de memoria de datos de este tipo para evitar que cuando se retira la alimentación se pierda información.

Aunque se garantizan 1.000.000 de ciclos de escritura/borrado en una EEPROM, todavía su tecnología de fabricación tiene obstáculos para alcanzar capacidades importantes y el tiempo de escritura de las mismas es relativamente grande y con elevado consumo de energía.

5. FLASH

Se trata de una memoria no volátil, de bajo consumo, que se puede escribir y borrar en circuito al igual que las EEPROM, pero suelen disponer de mayor capacidad que estas últimas. El borrado sólo es posible con bloques completos y no se puede realizar sobre posiciones concretas.

Son muy recomendables en aplicaciones en las que sea necesario modificar el programa a lo largo de la vida del producto, como consecuencia del desgaste o cambio de piezas, como sucede con los vehículos.

Por sus mejores prestaciones está sustituyendo a las memorias EEPROM para contener instrucciones. De esta forma **MICROCHIP** comercializa dos microprocesadores

prácticamente iguales, que solo se diferencian en que la memoria de programa de uno de ellos es de tipo EEPROM y la del otro tipo FLASH. Se trata del PIC16C84 y el PIC16F84, respectivamente.

Memoria de datos

Los datos que manejan los programas varían continuamente, y esto exige que la memoria que les contiene debe ser de lectura y escritura, por lo que la memoria RAM estática (SRAM) es la más adecuada aunque sea volátil.

Hay microcontroladores que disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que esta disponible al reiniciarse el programa. El PIC16C84, el PIC16F83, el PIC16F84 disponen de 64 bytes de memoria EEPROM para contener datos.

La memoria tipo EEPROM y la tipo FLASH pueden escribirse y borrarse eléctricamente. Sin necesidad de sacar el circuito integrado del zócalo del grabador pueden ser escritas y borradas numerosas veces.

Líneas de E/S para los controladores de periféricos

A excepción de dos patitas destinadas a recibir la alimentación; otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, las restantes patitas de un microcontrolador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de E/S que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de **Puertas**. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación en serie; otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I²C, USB, etc.

Recursos Auxiliares

Según las aplicaciones a las que orienta el fabricante cada modelo de microcontrolador, incorpora una diversidad de complementos que refuerzan la potencia y la flexibilidad del dispositivo. Entre los recursos más comunes se citan a los siguientes:

- a) *Circuito de reloj*, encargado de generar los impulsos que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.
- b) *Temporizadores*, orientados a controlar tiempos.
- c) *Perro Guardián*(*<<watchdog>>*), destinado a provocar una reinicialización cuando el programa queda bloqueado.
- d) *Conversores AD y DA*, para poder recibir y enviar señales analógicas.
- e) *Sistema de protección ante fallos de alimentación*.
- f) *Estado de reposo*, en el que el sistema queda *<<congelado>>*y el consumo de energía se reduce al mínimo.

A continuación se indica las principales especificaciones, como la forma física del microcontrolador PIC16C84, y posteriormente las características y listado de instrucciones con que se programa.



MICROCHIP

PIC16C84

8-bit CMOS EERPOM Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single cycle (400 ns @ 10 MHz) except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 10 MHz clock input
DC - 400 ns instruction cycle
- 14-bit wide instructions
- 8-bit wide data path
- 1K x 14 EEPROM program memory
- 36 x 8 general purpose registers (SRAM)
- 64 x 8 on-chip EEPROM data memory
- 15 special function hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
 - External RB0/INT pin
 - TMR0 timer overflow
 - PORTB<7:4> interrupt on change
 - Data EEPROM write complete
- 1,000,000 data memory EEPROM ERASE/WRITE cycles
- EEPROM Data Retention > 40 years

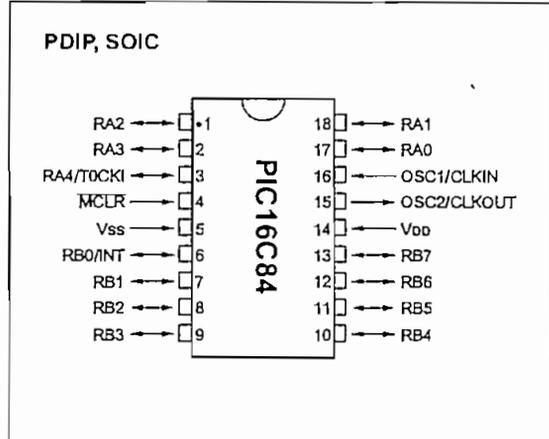
Peripheral Features:

- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
 - 25 mA sink max. per pin
 - 20 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT)
- Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Serial In-System Programming - via two pins

Pin Diagram



CMOS Technology:

- Low-power, high-speed CMOS EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
 - Commercial: 2.0V to 6.0V
 - Industrial: 2.0V to 6.0V
- Low power consumption:
 - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
 - 60 μ A typical @ 2V, 32 kHz
 - 26 μ A typical standby current @ 2V

PIC16C84

TABLE 9-2 PIC16CXX INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	14-Bit Opcode			Status Affected	Notes		
			MSb	LSb					
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	1fff	ffff	Z	2
CLRWF	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1,2
DECWF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	00	1011	dfff	ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1(2)	00	1111	dfff	ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	1fff	ffff		
NOP	-	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2
BTFSZ	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	01	11bb	bfff	ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETIE	-	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	$\overline{TO}, \overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., MOVF PORTB, 1), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

- 2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 Module.
- 3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a NOP.

4.0 MEMORY ORGANIZATION

There are two memory blocks in the PIC16C84. These are the program memory and the data memory. Each block has its own bus, so that access to each block can occur during the same oscillator cycle.

The data memory can further be broken down into the general purpose RAM and the Special Function Registers (SFRs). The operation of the SFRs that control the "core" are described here. The SFRs used to control the peripheral modules are described in the section discussing each individual peripheral module.

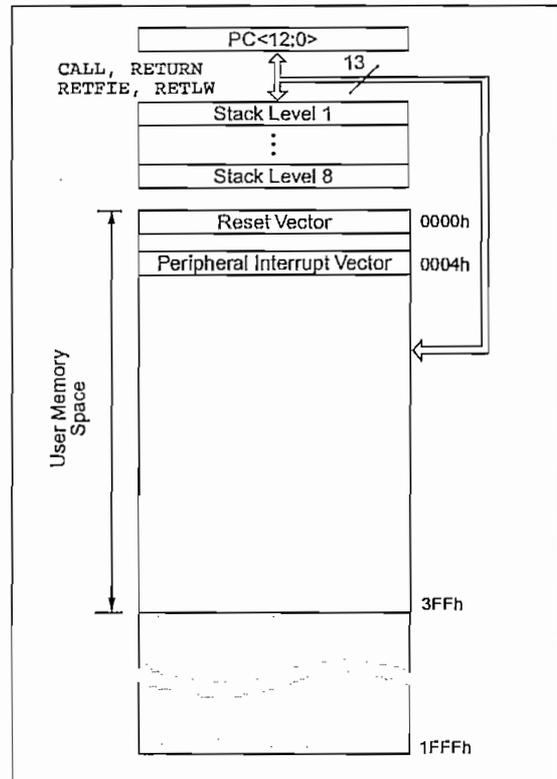
The data memory area also contains the data EEPROM memory. This memory is not directly mapped into the data memory, but is indirectly mapped. That is an indirect address pointer specifies the address of the data EEPROM memory to read/write. The 64 bytes of data EEPROM memory have the address range 0h-3Fh. More details on the EEPROM memory can be found in Section 7.0.

4.1 Program Memory Organization

The PIC16CXX has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. For the PIC16C84, only the first 1K x 14 (0000h-03FFh) are physically implemented (Figure 4-1). Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound. For example, locations 20h, 420h, 820h, C20h, 1020h, 1420h, 1820h, and 1C20h will be the same instruction.

The reset vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 4-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



PIC16C84

4.2 Data Memory Organization

The data memory is partitioned into two areas. The first is the Special Function Registers (SFR) area, while the second is the General Purpose Registers (GPR) area. The SFRs control the operation of the device.

Portions of data memory are banked. This is for both the SFR area and the GPR area. The GPR area is banked to allow greater than 116 bytes of general purpose RAM. The banked areas of the SFR are for the registers that control the peripheral functions. Banking requires the use of control bits for bank selection. These control bits are located in the STATUS Register. Figure 4-2 shows the data memory map organization.

Instructions `MOVWF` and `MOVF` can move values from the W register to any location in the register file ("F"), and vice-versa.

The entire data memory can be accessed either directly using the absolute address of each register file or indirectly through the File Select Register (FSR) (Section 4.5). Indirect addressing uses the present value of the RP1:RP0 bits for access into the banked areas of data memory.

Data memory is partitioned into two banks which contain the general purpose registers and the special function registers. Bank 0 is selected by clearing the RP0 bit (`STATUS<5>`). Setting the RP0 bit selects Bank 1. Each Bank extends up to 7Fh (128 bytes). The first twelve locations of each Bank are reserved for the Special Function Registers. The remainder are General Purpose Registers implemented as static RAM.

4.2.1 GENERAL PURPOSE REGISTER FILE

All devices have some amount of General Purpose Register (GPR) area. Each GPR is 8 bits wide and is accessed either directly or indirectly through the FSR (Section 4.5).

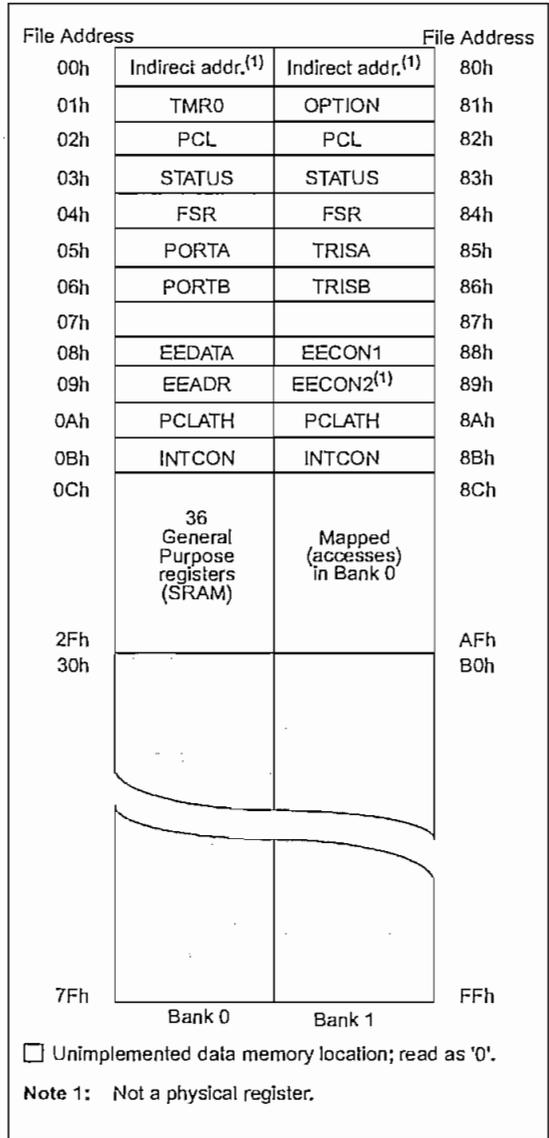
The GPR addresses in bank 1 are mapped to addresses in bank 0. As an example, addressing location 0Ch or 8Ch will access the same GPR.

4.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers (Figure 4-2 and Table 4-1) are used by the CPU and Peripheral functions to control the device operation. These registers are static RAM.

The special function registers can be classified into two sets, core and peripheral. Those associated with the core functions are described in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in the section for that specific feature.

FIGURE 4-2: REGISTER FILE MAP



APENDICE B

LISTADO DE PROGRAMA DEL

CIRCUITO DE CONTROL

LISTADO DE PROGRAMA PARA EL CIRCUITO DE CONTROL

```
list p=16c84
include <p16c84.inc>
```

; %%%%%%%%% DIRECCION DE REGISTROS RAM %%%%%%%%%

rtcc	equ	01h
status	equ	03h
porta	equ	05h
portb	equ	06h
eedata	equ	08h
eeadr	cqu	09h
intcon	equ	0bh
carrin	equ	0ch
carrou	equ	0dh
carros	equ	0eh
acumul	equ	0fh
recnian	equ	10h
precau	equ	11h
aux	equ	12h
auxprt	equ	13h
aux0	equ	14h
aux1	equ	15h
aux2	equ	16h
aux3	equ	17h
soncarr	equ	18h
aux6	equ	1ah
aux7	equ	1bh
acuml	equ	1ch
smfaux	equ	1dh

; %%%%%%%%% DIRECCION DE BITS %%%%%%%%%

;STATUS

c	equ	0
dc	equ	1
z	equ	2
pdn	equ	3
ton	equ	4
rp0	equ	5
rp1	equ	6
irp	equ	7

```

;EECON1
rd      equ      0
wr      equ      1
wren    equ      2
wrerr   equ      3
eeif    equ      4
;INTCON
rbif    equ      0
intf    equ      1
toif    equ      2
rbie    equ      3
inte    equ      4
toie    equ      5
eeie    equ      6
gie     equ      7

;PORTA
VI      equ      0
VO      equ      1
ALERTA  equ      2
SIRENA  equ      3
REMOTO  equ      4

;PORTB
LOOP    equ      0
FCO     equ      1
FCC     equ      2
MA      equ      3
START   equ      4
PULSM   equ      5
CO      equ      6
CC      equ      7

```

; %%%%%% INICIO DEL PROGRAMA %%%%%%

```

org 00h      ;Inicio del programa.
goto inicio

interr
org 04h      ;Vector de interrupción.
movwf acumul      ;Guardar el registro w para que no se pierda
                  ;durante la interrupción.

bcf intcon,gie      ;Al ingresar a la interrupción la
bcf intcon,inte     ;deshabilitamos para evitar ambigüedades y
bcf intcon,toie     ;mantener el cause normal del programa.

INTSTART
btfss intcon,toif   ;Se cheque si la interrupción no la causo un circuito
goto INTLOOP        ;de identificación para enviar a chequear el LOOP.
call startremoto    ;Si la interrupción la causo un circuito de identificación,
                   ;se envía a la respectiva subrutina.
goto findecif       ;Se termina el proceso de descifrado de la interrupción.

```

```

INTLOOP
    call    retardo                ;Esperamos a que se establezca la entrada que originó
                                    ;la interrupción.

    btfs   intcon,intf            ;Desciframos si la interrupción la causó el LOOP.
    goto   findecif              ;Se termina el proceso de descifrado de la interrupción.

    call   loop                   ;Si la interrupción la causó el LOOP,
                                    ;se envía a la respectiva subrutina.
findecif
    movlw  b'11111111'            ;Resetar el contador de tiempo de
    movwf  aux0                  ;máximo 10 segundos abierta la puerta.

    movlw  b'11111111'
    movwf  aux1

    movlw  b'00001111'
    movwf  aux2

bcf      intcon,rbif              ;Desactivar las banderas de interrupción.
bcf      intcon,intf
bcf      intcon,toif

    movf   acumul,w              ;Recuperar el registro w guardado.
    retfie

inicio   bcf      intcon,gie      ;Empezamos el programa sin habilitar las interrupciones.
        bcf      intcon,inte
        bcf      intcon,toie

        bcf      intcon,rbif     ;Empezamos el programa apagando
        bcf      intcon,intf     ; las banderas de interrupción.
        bcf      intcon,toif

        movlw   b'01101000'     ;Utilizar int en el flanco de subida (LOOP)
        option  ;y activar la pull ups del puerto B.

        movlw   b'10000'        ;Definición de los pórtilos tanto como
        tris    porta           ;entradas y salidas según su función en
                                    ;el sistema.
        movlw   b'00000'        ;Iniciamos los puertos con valores por defecto.
        movwf   porta

        movlw   b'00111111'
        tris    portb

        movlw   b'00111111'
        movwf   portb

        movlw   b'11111111'     ;Resetar el contador de tiempo
        movwf   aux0            ;de máximo 10 segundos abierta la puerta.

        movlw   b'11111111'
        movwf   aux1

        movlw   b'00001111'
        movwf   aux2

```

clrf	carrin	;Iniciar el proceso con cero carros adentro de la puerta.
clrf	carrout	;Iniciar el proceso con cero carros afuera de la puerta.
clrf	soncarr	;Iniciamos con el registro de sonidos en cero.
clrf	recman	;Borramos el recuerdo manual, para iniciar siempre en el modo automático.
movlw	00h	;Por defecto empezamos con el registro auxiliar del puerto b
movwf	auxprtb	;en cero, para asumir que no se recuerda ninguna acción.
movlw	0ffh	;Alistar el rtcc para que se produzca la interrupción.
movwf	rtcc	
btfs	portb,FCC	;Al inicializar el equipo observamos que la
call	cierre	;puerta esté cerrada, de no estarlo será cerrada.

; %%%%%%%%% MODO AUTOMATICO %%%%%%%%%

AUTOM

btfs	portb,MA	;Se decide el modo de funcionamiento,
goto	MANUAL	;según el interruptor externo.
movlw	01h	;Al volver del modo manual el registro recman vuelve con
bcf	status,z	;el valor 01h, en cuyo caso el flujo del programa tiene
xorwf	recman,w	;que resetear todos sus valores, es decir volver al inicio
btfs	status,z	;del programa principalmente con el deseo de iniciar cerrando
goto	inicio	;la puerta en el caso que esta esté abierta.
movlw	0ffh	;Alistar el rtcc para que se produzca la interrupción.
movwf	rtcc	
bsf	intcon,gie	;Habilitar la interrupción
bsf	intcon,toie	;especialmente útil para atender a START.

SONOCARR

movlw	0h	;Comparamos si hay carros registrados.
bcf	status,z	
xorwf	soncarr,w	
btfs	status,z	
goto	FINSONOCARR	

apito

btfs	aux1,1	;De haberlos, se hará sonarla alarma una
goto	aencender	;vez para cada uno registrado. Por lo
		;general siempre será uno.

btfs	aux0,3	
goto	aencender	

bcf	porta,SIRENA	
-----	--------------	--

goto	finapito	
------	----------	--

aencender	bsf	porta,SIRENA	
-----------	-----	--------------	--

finapito

btfs	aux1,5	
goto	FINSONOCARR	

```

bcf    porta,SIRENA

movlw  0h
bcf    status,z
xorvf  soncarr,w
btfsc  status,z
goto   FINSONOCARR

decf   soncarr,1

```

FINSONOCARR

```

SCAN                                     ;SCAN chequea periódicamente los finales de carrera,
                                         ;el sensor LOOP, para tomar las decisiones pertinentes.
                                         ;además despliega una luz intermitente cuando la puerta se
                                         ;encuentra en estado de transición.

openf  btfsc  portb,FCC                 ;Rutina de detención de la puerta
      goto   intloopOFF                ;cuando ha terminado de abrirse.

      bsf    intcon,inte                ;La interrupción del LOOP funciona solo
                                         ;cuando la puerta se ha abierto en su totalidad.
      btfsc  portb,LOOP                ;El amarillo se apagará cuando no haya carro sobre el LOOP.
      bcf    porta,ALERTA

      btfss  portb,CO                  ;Observamos si esta encendido el motor.
      goto   finopenf

      bcf    portb,CO                  ;En caso de estar encendido será apagado.

      call   retardo

      bcf    porta,ALERTA              ;Se enciende el semáforo solo por primera vez.
      call   semáforo

      goto   finopenf

intloopOFF
      bcf    intcon,inte                ;La interrupción del LOOP funciona solo cuando
                                         ;la puerta se ha abierto en su totalidad.

finopenf

closedf
      btfsc  portb,FCC                 ;Rutina de detención de la puerta
      goto   finclosedf                ;cuando ha terminado de cerrarse.

      bcf    portb,CC
      bcf    porta,ALERTA

finclosedf
                                         ;RUTINA DE PROTECCIÓN DE LOS VEHICULOS DE SER
                                         ;ALCANZADOS POR LA PUERTA MIENTRAS ESTA SE CIERRA, O ABRE.

loopf  btfsc  portb,LOOP                ;Se observa si el LOOP esta detectando algún carro.
      goto   loopLIBRE

      btfsc  portb,CC                  ;De detectarse se observa si la puerta se esta
      goto   guardar                    ;cerrando, en cuyo caso se guardará en memoria.

```

btfsc	portb,CO	;	También se observa si la puerta se esta
goto	guardar	;	abriendo, en cuyo caso se guardará en memoria.
call	yellow	;	Llamado a la subrutina de luz de alerta.
goto	finloopf	;	Se va al fin de la rutina.
guardar		;	Se guarda el estado de funcionamiento del motor
movf	portb,w	;	en un registro de memoria RAM, auxiliar al puerto.
movwf	auxprtb		
movlw	b'11000000'		
andwf	auxprtb,l		
bcf	portb,CO	;	Se detiene el motor, cualquiera sea su sentido
bcf	portb,CC	;	de rotación.
goto	finloopf	;	Se va al fin de la rutina.
loopLIBRE		;	Cuando el LOOP deja de detectar, se observa
movlw	00h	;	el estado de auxprtb. Si este no tiene información
bcf	status,z	;	se termina el proceso.
xorwf	auxprtb,w		
btfsc	status,z		
goto	finloopf		
bcf	portb,CO	;	Se asegura que el motor se encuentre inmóvil.
bcf	portb,CC		
movf	auxprtb,w	;	Auxprtb es vuelto a cargar en portb, para seguir
iorwf	portb,l	;	con el desarrollo normal de la secuencia.
movlw	00h	;	Se borra la memoria de auxprtb.
movwf	auxprtb		
finloopf			
advertencia		;	SEÑAL INTERMITENTE DE LA LUZ AMARILLA DEL
		;	SEMAFORO.
btfss	portb,FCC	;	Se observa si la puerta esta totalmente cerrada,
goto	conteo1	;	en cuyo caso no se encenderá la señal.
btfss	portb,FCO	;	Se observa si la puerta esta totalmente abierta,
goto	conteo1	;	en cuyo caso no se encenderá la señal.
btfss	aux1,4	;	Se sincroniza la intermitencia, con el bit aux1,4;
		;	parte del conteo de tiempo.
goto	encender		
bcf	porta,ALERTA	;	Aquí se apaga la luz de advertencia.
goto	conteo1		
encender		;	Aquí se enciende la luz de advertencia.
bsf	porta,ALERTA		
conteo1		;	Se limita a contar el tiempo, con el fin de
		;	que la puerta no se quede abierta mucho tiempo.
decfsz	aux0,1		
goto	AUTOM		
decfsz	aux1,1		
goto	AUTOM		
decfsz	aux2,1		
goto	AUTOM		
goto	inicio	;	Cuando se supera el tiempo programado, entonces
		;	es como si se reiniciara el microcontrolador.

; % % % % % % M O D O M A N U A L % % % % % %

MANUAL

```

    btfsc portb,MA      ;Se decide el modo de funcionamiento,
    goto AUTOM          ;según el interruptor externo.

    bcf intcon,gie      ;Se inhibe la opción de interrupciones.
    bcf intcon,inte
    bcf intcon,toie

    movlw 0h            ;Se observa si es la primera vez que se recorre el ciclo en
    bcf status,z        ;el modo manual de funcionamiento, en ese caso se procede a
    xorwf recman,w      ;esperar un cierto retardo, útil para evitar el rebote
    btfsc status,z      ;del correspondiente switch, ya que de producirse el flujo
    call retardo         ;del programa volverá al modo automático, en cuyo caso la
                        ;puerta se cerrará situación no deseada en el modo manual.

    clrf carrin         ;Entender el proceso con cero carros adentro de la puerta.
    clrf carrout        ;Entender el proceso con cero carros afuera de la puerta.

    movlw 01h          ;El registro recman es cargado con el valor 01h, dato que
    movwf recman        ;indica que se está en el modo manual, especialmente útil
                        ;cuando se regresa al modo automático, pues permite iniciar
                        ;cerrando la puerta.

```

PULSMAN

```

    btfsc portb,PULSM   ;Chequea cuando se pulsa el botón de cambio en el modo
    goto ALERTAM        ;manual, de estar pulsado se observa si la puerta está
                        ;totalmente cerrada para abrirla, o si esta totalmente abierta
                        ;para cerrarla.

```

CLOSEDM

```

    btfss portb,FCO     ;
    call cierre

```

OPENM

```

    btfss portb,FCC     ;
    call abrir

```

ALERTAM

```

    btfss portb,FCO     ;Esperamos que la puerta este totalmente abierta,
    goto precaución     ;para encender el semáforo en modo de precaución.

    bcf porta,VI        ;Se asegura que el semáforo esté apagado.
    bcf porta,VO

    goto MSCAN          ;Se envía a la rutina de chequeo de todas las entradas.

```

precaución

```

    movf aux1,w          ;Aprovechando la cuenta que llevan los registros auxiliares
    movwf precaú        ;(en forma de reloj) utilizamos la fluctuación de 2 bits
                        ;(aux1,2 ; aux1,3) los cuales dan cuatro combinaciones
    rrf precaú,1         ;cada una de las cuales envían a un cierto caso dando el
    rrf precaú,1         ;efecto de luces intermitentes de precaución en el semáforo
                        ;sincronizada con el reloj de los registros auxiliares.

    movlw b'00000011'
    andwf precaú,1

```

CASO0

```
movlw 00h
bcf status,z
xorwf precau,w
btfss status,z
goto CASO1
```

```
bsf porta,VI
bcf porta,ALERTA
bcf porta,VO
```

CASO1

```
movlw 01h
bcf status,z
xorwf precau,w
btfss status,z
goto CASO2
```

```
bcf porta,VI
bsf porta,ALERTA
bcf porta,VO
```

CASO2

```
movlw 02h
bcf status,z
xorwf precau,w
btfss status,z
goto CASO3
```

```
bcf porta,VI
bcf porta,ALERTA
bsf porta,VO
```

CASO3

```
movlw 03h
bcf status,z
xorwf precau,w
btfss status,z
goto MSCAN
```

SEMOFF

```
bcf porta,VI
bcf porta,ALERTA
bcf porta,VO
```

MSCAN

;MSCAN chequea periódicamente los finales de carrera,
;el sensor LOOP, para tomar las decisiones pertinentes.
;además despliega una luz intermitente cuando la puerta se
;encuentra en estado de transición.

```
Mopenf btfsc portb,FCO
goto finMopenf
```

;Rutina de detención de la puerta
;cuando ha terminado de abrirse.

```
btfss portb,CO
goto finMopenf
```

```
bcf porta,ALERTA
bcf portb,CO
```

finMopenf

Mclosedf			
	btfsc	portb,FCC	;Rutina de detención de la puerta
	goto	finMclosedf	;cuando ha terminado de cerrarse.
	bcf	porta,ALERTA	
	bcf	portb,CC	
finMclosedf			;RUTINA DE PROTECCIÓN DE LOS VEHICULOS DE SER ;ALCANZADOS POR LA PUERTA MIENTRAS ESTA SE CIERRA.
Mloopf	btfsc	portb,LOOP	;Se observa si el LOOP esta detectando algún carro.
	goto	MloopLIBRE	
	btfsc	portb,CC	;De detectarse se observa si la puerta se esta
	goto	Mguardar	;cerrando, en cuyo caso se guardará en memoria.
	btfsc	portb,CO	;También se observa si la puerta se esta
	goto	Mguardar	;abriendo, en cuyo caso se guardará en memoria.
	goto	finMloopf	;Se va al fin de la rutina.
Mguardar			;Se guarda el estado de funcionamiento del motor
	movf	portb,w	;en un registro de memoria RAM, auxiliar al puerto.
	movwf	auxprtb	
	movlw	b'11000000'	
	andwf	auxprtb,l	
	bcf	portb,CO	;Se detiene el motor, cualquiera sea su sentido
	bcf	portb,CC	;de rotación.
	goto	finMloopf	;Se va al fin de la rutina.
MloopLIBRE			;Cuando el LOOP deja de detectar, se observa
	movlw	00h	;el estado de auxportb. Si este no tiene información
	bcf	status,z	;se termina el proceso.
	xorwf	auxprtb,w	
	btfsc	status,z	
	goto	finMloopf	
	bcf	portb,CO	;Se asegura que el motor se encuentre inmóvil.
	bcf	portb,CC	
	movf	auxprtb,w	;Auxportb es vuelto a cargar en portb, para seguir
	iorwf	portb,l	;con el desarrollo normal de la secuencia.
	movlw	00h	;Se borra la memoria de auxportb.
	movwf	auxprtb	
finMloopf			
Madvertencia			;SEÑAL INTERMITENTE DE LA LUZ AMARILLA DEL
			;SEMAFORO.
	btfss	portb,FCC	;Se observa si la puerta esta totalmente cerrada,
	goto	Mconteo1	;en cuyo caso no se encenderá la señal.
	btfss	portb,FCO	;Se observa si la puerta esta totalmente abierta,
	goto	Mconteo1	;en cuyo caso no se encenderá la señal.

```

    btfss    aux1,4           ;Se sincroniza la intermitencia, con el bit aux1,4;
                                ;parte del conteo de tiempo.
    goto     Mencender
    bcf      porta,ALERTA    ;Aquí se apaga la luz de advertencia.
    goto     Mconteo1
Mencender
    bsf      porta,ALERTA    ;Aquí se enciende la luz de advertencia.
Mconteo1
                                ;Conteo de tiempo, para sincronizar los
                                ;procesos.
    decfsz   aux0,1
    goto     MANUAL
    decfsz   aux1,1
    goto     MANUAL
    decfsz   aux2,1
    goto     MANUAL
    goto     MANUAL          ;A diferencia del modo automático, aquí el ciclo es infinito.

```

;((((((((((((A L A R M A))))))))))))

```

alarma  bcf      intcon,gie   ;Al ingresar a la subrutina deshabilitamos
        bcf      intcon,inte  ;las interrupciones para evitar abandonarla.
        bcf      intcon,toie

        bcf      porta,VO     ;Se apagan los semáforos.
        bcf      porta,VI

        movlw   b'11111111'   ;Resetar el contador de tiempo de
        movwf   aux0          ;máximo 10 segundos sonando la alarma.

        movlw   b'11111111'
        movwf   aux1

        movlw   b'00001111'
        movwf   aux2
ACICLO
    btfsc     portb,FCC       ;Al ingresar a la subrutina observamos que la
    call      cierre         ;puerta esté cerrada, de no estarlo será cerrada.
ASCAN
                                ;SCAN chequea periódicamente los finales de carrera,
                                ;el sensor LOOP, para tomar las decisiones pertinentes.
                                ;Además despliega una luz intermitente cuando la puerta se
                                ;encuentra en estado de transición.
Aopenf  btfsc     portb,FCO   ;Rutina de detención de la puerta
        goto     finAopenf   ;cuando ha terminado de abrirse.

        btfss   portb,CO
        goto     finAopenf

        bcf      porta,ALERTA
        bcf      portb,CO
finAopenf

```

```

Aclosedf
    btfsc portb,FCC           ;Rutina de detención de la puerta
    goto  finAclosedf       ;cuando ha terminado de cerrarse.

    bcf   porta,ALERTA
    bcf   portb,CC

finAclosedf

pito                                     ;Rutina que pone a funcionar la Alarma.
    btfss aux1,4
    goto  encendera

    btfss aux0,3
    goto  encendera

    bcf   porta,SIRENA

    goto  finpito

encendera

    nop
    nop
    bsf   porta,SIRENA

finpito                                     ;RUTINA DE PROTECCIÓN DE LOS VEHICULOS DE SER
                                           ;ALCANZADOS POR LA PUERTA MIENTRAS ESTA SE CIERRA.

Aloopf  btfsc portb,LOOP     ;Se observa si el LOOP esta detectando algún carro.
        goto  AloopLIBRE

        btfsc portb,CC       ;De detectarse se observa si la puerta se esta
        goto  Aguardar       ;cerrando, en cuyo caso se guardará en memoria.

        btfsc portb,CO       ;También se observa si la puerta se esta
        goto  Aguardar       ;abriendo, en cuyo caso se guardará en memoria.

        goto  finAloopf     ;Se va al fin de la rutina.

Aguardar                                     ;Se guarda el estado de funcionamiento del motor
        movf  portb,w        ;en un registro de memoria RAM, auxiliar al puerto.
        movwf auxprtb
        movlw b'11000000'
        iorwf auxprtb,1

        bcf   portb,CO       ;Se detiene el motor, cualquiera sea su sentido
        bcf   portb,CC       ;de rotación.

        goto  finAloopf     ;Se va al fin de la rutina.

AloopLIBRE                                     ;Cuando el LOOP deja de detectar, se observa
        movlw 00h           ;el estado de auxprtb. Si este no tiene informacióu
        bcf   status,z       ;se termina el proceso.
        xorwf auxprtb,w
        btfsc status,z
        goto  finAloopf

```

bcf portb,CO ;Se asegura que el motor se encuentre inmóvil.
bcf portb,CC

movf auxprtb,w ;Auxportb es vuelto a cargar en portb, para seguir
iorwf portb,l ;con el desarrollo normal de la secuencia.

movlw 00h ;Se borra la memoria de auxportb.
movwf auxprtb

finAloopf

Aadvertencia ;SEÑAL INTERMITENTE DE LA LUZ AMARILLA DEL
;SEMAFORO.

btfsz aux1,4 ;Se sincroniza la intermitencia, con el bit aux1,4; parte del conteo de
tiempo.
goto Aencender

bcf porta,ALERTA ;Aquí se apaga las luces de advertencia.
bcf porta,VI
bcf porta,VO

goto Aconteo1

Aencender

bsf porta,ALERTA ;Aquí se enciende las luces de advertencia.
bsf porta,VI
bsf porta,VO

Aconteo1 ;Se limita a contar el tiempo, con el fin de
;sincronizar los procesos.

decfsz aux0,1
goto ASCAN
decfsz aux1,1
goto ASCAN

puerta btfsz portb,CC ;sincroniza el tiempo de la alarma sonora al cerrarse completamente la
goto alarma

decfsz aux2,1
goto ASCAN

btfsz portb,CC ;Se decide si se puede pasar a la alarma silenciosa.
goto Salarma

goto alarma ;Mientras la puerta no sea cerrada completamente el
;ciclo de alarma sonora continúa.

;((((((((((((((ALARMA SILENCIOSA))))))))))))))

Salarma bcf intcon,gie ;Al ingresar a la subrutina deshabilitamos
bcf intcon,inte ;las interrupciones para evitar abandonarla.
bcf intcon,toie

bcf porta,VO ;Se apagan los semáforos.
bcf porta,VI

bcf	portb,CO	
bcf	portb,CC	
clrf	aux0	;Se borra la cuenta de tiempo.
clrf	aux1	
clrf	aux2	
SACICLO		
btfsf	portb,FCC	;Al ingresar a la subrutina observamos que la
call	cierre	;puerta esté cerrada, de no estarlo será cerrada.
SASCAN		
		;SCAN chequea periódicamente los finales de carrera,
		;el sensor LOOP, para tomar las decisiones pertinentes.
		;Además despliega una luz intermitente cuando la puerta se
		;encuentra en estado de transición.
SAopenf		
btfsf	portb,FCC	;Rutina de detención de la puerta
goto	SfinAopenf	;cuando ha terminado de abrirse.
btfsf	portb,CO	
goto	SfinAopenf	
bcf	porta,ALERTA	
bcf	portb,CO	
SfinAopenf		
SAclosedf		
btfsf	portb,FCC	;Rutina de detención de la puerta
goto	SfinAclosedf	;cuando ha terminado de cerrarse.
bcf	portb,CC	
SfinAclosedf		
		;RUTINA DE PROTECCIÓN DE LOS VEHICULOS DE SER
		;ALCANZADOS POR LA PUERTA MIENTRAS ESTA SE
CIERRA.		
SAlloopf	btfsf	portb,LOOP
goto	SAlloopLIBRE	;Se observa si el LOOP esta detectando algún carro.
btfsf	portb,CC	;De detectarse se observa si la puerta se esta
goto	SAGuardar	;cerrando, en cuyo caso se guardará en memoria.
btfsf	portb,CO	;También se observa si la puerta se esta
goto	SAGuardar	;abriendo, en cuyo caso se guardará en memoria.
goto	SfinAloopf	;Se va al fin de la rutina.
SAGuardar		
movf	portb,w	;Se guarda el estado de funcionamiento del motor
movwf	auxprtb	;en un registro de memoria RAM, auxiliar al puerto.
movlw	b'11000000'	
iorwf	auxprtb,l	
bcf	portb,CO	;Se detiene el motor, cualquiera sea su sentido
bcf	portb,CC	;de rotación.
goto	SfinAloopf	;Se va al fin de la rutina.

SAloopLIBRE		
movlw	00h	
bcf	status,z	
xorwf	auxprtb,w	
btfsc	status,z	
goto	SfinAloopf	
		;Cuando el LOOP deja de detectar, se observa ;el estado de auxprtb. Si este no tiene información ;se termina el proceso.
bcf	portb,CO	
bcf	portb,CC	
		;Se asegura que el motor se encuentre inmóvil.
movf	auxprtb,w	
iorwf	portb,l	
		;Auxprtb es vuelto a cargar en portb, para seguir ;con el desarrollo normal de la secuencia.
movlw	00h	
movwf	auxprtb	
		;Se borra la memoria de auxprtb.
SfinAloopf		
Salarmainter		
		;SEÑAL INTERMITENTE DEL SEMAFORO INDICANDO ;ALARMA.
btfsc	portb,FCC	
goto	SAconteo1	
		;Se observa si la puerta esta totalmente cerrada, ;en cuyo caso se encenderá la señal.
btfs	aux1,4	
tiempo.		
goto	SAencender	
		;Se sincroniza la intermitencia, con el bit aux1,4; parte del conteo de
bcf	porta,ALERTA	
bcf	porta,VI	
bcf	porta,VO	
		;Aquí se apaga las luces de advertencia.
goto	SAconteo1	
SAencender		
bsf	porta,ALERTA	
bsf	porta,VI	
bsf	porta,VO	
		;Aquí se enciende las luces de advertencia.
SAconteo1		
decfsz	aux0,1	
goto	SASCAN	
decfsz	aux1,1	
goto	SASCAN	
decfsz	aux2,1	
goto	SASCAN	
		;Se limita a contar el tiempo, con el fin de ;sincronizar los procesos.
goto	Salarmua	
		;Es un ciclo cerrado de duración infinita.

; ##### subrutina de atención al control remoto #####

```

startremoto
    call    retremoto

tecout0  movlw  033h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de afuera
         bcf    status,z  ;para acumular a sus respectivos registros.
         xorwf  rtcc,w
         btfss  status,z
         goto   tecout1
         incf   carrout,1

         call   start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
         goto   finrem    ;Se termina la comparación.

tecout1  movlw  034h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de afuera
         bcf    status,z  ;para acumular a sus respectivos registros.
         xorwf  rtcc,w
         btfss  status,z
         goto   tecout2
         incf   carrout,1

         call   start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
         goto   finrem    ;Se termina la comparación.

tecout2  movlw  035h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de afuera
         bcf    status,z  ;para acumular a sus respectivos registros.
         xorwf  rtcc,w
         btfss  status,z
         goto   tecin0
         incf   carrout,1

         call   start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
         goto   finrem    ;Se termina la comparación.

tecin0   movlw  023h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de adentro
         bcf    status,z  ;para acumular a sus respectivos registros.
         xorwf  rtcc,w
         btfss  status,z
         goto   tecin1
         incf   carrin,1

         call   start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
         goto   finrem    ;Se termina la comparación.

tecin1   movlw  024h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de adentro
         bcf    status,z  ;para acumular a sus respectivos registros
         xorwf  rtcc,w
         btfss  status,z
         goto   tecin2
         incf   carrin,1

         call   start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
         goto   finrem    ;Se termina la comparación.

```

```

tecin2  movlw 025h      ;Comparar si es el código del teclado en la parte de adentro
        bcf  status,z  ;para acumular a sus respectivos registros.
        xorwf rtcc,w
        btfs status,z
        goto coderror
        incf carrin,l

        call start     ;Se envía a la rutina de inicio de apertura de la puerta.
        goto finrem    ;Se termina la comparación.

coderror
        movlw 014h     ;Comparar si es el código que envía el teclado cuando
        bcf  status,z  ;la clave ingresada es incorrecta.
        xorwf rtcc,w
        btfs status,z

        goto finrem    ;Se termina la comparación.

        goto alarma   ;Se envía a la subrutina de alarma.

finrem  movlw 0ffh     ;Reinicializar el rtcc para alistarlo para una próxima
        movwf rtcc     ;petición de apertura de la puerta.
        return

```

subrutina de atención a llamado de apertura de la puerta

```

start   movf  carrout,w ;Sumamos el número de carros afuera con el número
        ;carros adentro, con el total se sabe si se debe
        bcf  status,c  ;abrir la puerta.
        bcf  status,dc

        addwf carrin,w
        movwf carros
        movwf soncarr

        movlw 01h     ;En caso de ser el primer carro que solicita
        bcf  status,z  ;abrir la puerta entonces esta debe ser abierta
        xorwf carros,w ;en los otros casos ya la puerta estará abierta
        btfs status,z  ;y lo único que hay que hacer es tenerlo en mente
        call abrir

finstart
        return

```

subrutina de atención a llamado del sensor loop

```

loop    btfs portb,LOOP ;Se ira a la rutina de cierre, solo cuando
        goto finloop1  ;el carro haya abandonado la puerta.

        btfs smfaux,VI ;Se observa si la luz verde del semáforo está habilitado la
        goto lcarrin   ;salida de carros, de ser así se irá a decrementar el registro
                        ;de los carros de adentro al darse la interrupción del loop.

```

```

    btfsc    smfaux,VO    ;Se observa si la luz verde del semáforo está habilitando la
    goto     lcarrou     ;entrada de carros, de ser así se irá a decrementar el registro
                                ;de los carros de adentro al darse la interrupción del loop.

    goto     loopcierre  ;De no estar habilitada la luz verde para ninguno, no hay razón
                                ;de decrementar ningún registro.

lcarrin
    clr     ;Se irán descontando los carros siempre y
    bcf     status,z    ;cuando aún no hayan llegado a ser cero.
    xorwf   carrin,w
    btfsc   status,z
    goto    finloop

    decf    carrin,1    ;De no ser cero los carros del registro de carros en espera
    goto    loopcierre ;al interior, se descontará uno a su paso por el loop
                                ;y se irá a una rutina de decisión de cierre de la puerta
                                ;ocasionada por el paso sobre el loop.

lcarrou
    clr     ;Se irán descontando los carros siempre y
    bcf     status,z    ;cuando aún no hayan llegado a ser cero.
    xorwf   carrou,w
    btfsc   status,z
    goto    finloop

    decf    carrou,1   ;De no ser cero los carros del registro de carros en espera
    goto    loopcierre ;al exterior, se descontará uno a su paso por el loop
                                ;y se irá a una rutina de decisión de cierre de la puerta
                                ;ocasionada por el paso sobre el loop.

loopcierre
    clr     ;Observa que no exista ningún carro en espera ni adentro
    bcf     status,z    ;ni afuera de la puerta, para cerrarla.
    xorwf   carrou,w
    btfss   status,z
    goto    finloop    ;Observa el registro externo.

    clr     ;Observa el registro interno.
    bcf     status,z
    xorwf   carrin,w
    btfss   status,z
    goto    finloop    ;Observa el registro interno.
    call    cierre     ;Con el último carro se ordena que se cierre la puerta.

finloop
    call    senáforo   ;Se va a la rutina que activa el semáforo.

finloop1
    return

```

******* subrutina de apertura de la puerta *******

```

abrir    bcf     portb,CC    ;Asegurarse que al mismo tiempo no se está cerrando la puerta.

        btfss   portb,F0    ;Observar si ya la puerta está abierta.
        goto    finabrir

finabrir bsf     portb,C0    ;Arrancar motor para apertura de la puerta.

        return

```

;*** subrutina de cierre de la puerta *******

```

cierre
    bcf    portb,CO      ;Asegurarse que al mismo tiempo no se está abriendo la puerta.

    btfss portb,FCC     ;Observar si ya la puerta está cerrada.
    goto  fincierre

    btfss portb,LOOP   ;Asegurarse que no hay un carro bajo la puerta.
    goto  fincierre

    bsf    portb,CC     ;Arrancar motor para cierre de la puerta.

    clrf   carrout     ;Una vez cerrada la puerta se asumen cero carros existentes.
    clrf   carrin

fincierre
    return

```

;/// subrutina de despliegue del semáforo //////////////////////////////////////

```

semáforo
scarrout
    clr    status,z     ;Observar si hay carros esperando afuera, para
    bcf    status,z     ;darles la primera prioridad de circulación.
    xorwf carrout,w
    btfsc  status,z
    goto  scarrin

    bcf    porta,VI     ;En caso de no haber carro se apaga el semáforo y
    bsf    porta,VO     ;se termina la subrutina.
    goto  finsemáforo

scarrin
    clr    status,z     ;Cuando no hay carros esperando afuera, pero si hay carros
    bcf    status,z     ;en espera adentro, se les permite circular es decir con
    xorwf  carrin,w    ;segunda prioridad.
    btfsc  status,z
    goto  semáforoOFF

    bcf    porta,VO
    bsf    porta,VI

    goto  finsemáforo

semáforoOFF
    bcf    porta,VO     ;Cuando no hay carros en espera ni adentro ni afuera,
    bcf    porta,VI     ;en ese caso el semáforo se apagará.

finsemáforo
    movf   porta,w      ;Guardamos el estado del semáforo en su registro auxiliar.
    andlw b'00000011'
    movwf smfaux

    return

```

;/!!!!!!!!!!!! subrutina yellow para indicar transición en el semáforo !!!!!!!!!!!!!;

```

yellow  btfsz   portb,LOOP   ;La subrutina se activará solo cuando el LOOP
        goto   finOFFyellow ;este detectando, de lo contrario se terminará.

CASE0   movlw   1h           ;Observamos si hay un carro esperando afuera,
        bcf    status,z     ;de lo contrario pasamos al siguiente caso.
        xorwf  carrout,w
        btfsz  status,z
        goto   finCASE0

        btfsz  smfaux,VO    ;De ser así observamos si el semáforo está habilitando
        goto   finCASE0    ;la circulación de los carros de afuera.

        bsf    porta,ALERTA ;en cuyo caso debe encenderse la señal amarilla de
        bcf    porta,VI     ;transición y apagarse el resto del semáforo.
        bcf    porta,VO

finCASE0

CASE1   movlw   0h           ;Observamos que no haya carros esperando afuera,
        bcf    status,z     ;pasamos al siguiente caso.
        xorwf  carrout,w
        btfsz  status,z
        goto   CASE2

        movlw  1h           ;Observamos que haya un solo carro adentro,
        bcf    status,z     ;de lo contrario terminamos la rutina.
        xorwf  carrin,w
        btfsz  status,z
        goto   finyellow

CASE2   btfsz  smfaux,VI    ;Chequeamos que el semáforo este habilitando la
        goto   finyellow   ;circulación de los vehículos del interior,
                                ;de lo contrario terminamos la rutina.
        bsf    porta,ALERTA ;en cuyo caso debe encenderse la señal amarilla de
        bcf    porta,VI     ;transición y apagarse el resto del semáforo.
        bcf    porta,VO

        goto   finyellow   ;Se va al final de la subrutina.

finOFFyellow
        bcf    porta,ALERTA ;Apagar la luz de alerta
finyellow
        return

```

===== subrutina de retardo remoto =====

```

retremoto
        clr    aux0
        movlw b'01111111'
        movwf aux1

esp     decfsz aux0,1
        goto  esp
        decfsz aux1,1
        goto  esp
        return

```

===== subrutina de retardo mediante registros auxiliares =====

```
retardo  clrf    aux6
          movlw  b'01111111'
          movwf  aux7
espera   decfsz  aux6,1
          goto   espera
          decfsz  aux7,1
          goto   espera
          return

fin      goto   fin
          end
```

APENDICE C

LISTADO DE PROGRAMA DEL CIRCUITO DE IDENTIFICACIÓN

LISTADO DE PROGRAMA DEL CIRCUITO DE IDENTIFICACIÓN

```
list p=16c84
include <p16c84.inc>
```

```
; %%% DIRECCION DE REGISTROS RAM %%%
```

```
rtcc      equ      01h
status    equ      03h
porta     equ      05h
portb     equ      06h

cedata    equ      08h
ecadr     equ      09h
intcon    equ      0bh

tecla     equ      0ch
enter     equ      0dh
prog      equ      0eh

tecla0    equ      0fh
tecla1    equ      10h
tecla2    equ      11h
tecla3    equ      12h

oport     equ      13h

aux0      equ      14h
aux1      equ      15h
aux2      equ      16h
aux3      equ      17h

acumul    equ      18h
inter     equ      19h

TRENIN    equ      1ah
TRENOUT   equ      1bh

eecon1    equ      88h
eecon2    equ      89h
```

```
;dirección de registros EEPROM
```

```
clave0    equ      00h
clave1    equ      01h
clave2    equ      02h
clave3    equ      03h
```

```
%% DIRECCION DE BITS %%
```

```
;EECON1
```

```
rd        equ      0
wr        equ      1
wren      equ      2
wrerr     equ      3
eeif      equ      4
```

;STATUS

c	equ	0
dc	equ	1
z	equ	2
pdn	equ	3
ton	equ	4
rp0	equ	5
rpl	equ	6
irp	equ	7

;INTCON

rbif	equ	0
intf	equ	1
toif	equ	2
rbie	equ	3
inte	equ	4
toie	equ	5
eeie	equ	6
gie	equ	7

; %%%%%%%%% INICIO DEL PROGRAMA %%%%%%%%%

	org	00h	;Inicio del programa.
	bcf	intcon,gie	;Deshabilitamos todas las interrupciones.
	bcf	intcon,rbie	
	bcf	intcon,toie	
	goto	iniciol	
interr	org	04h	;Vector de interrupción.
	bcf	intcon,gie	;Deshabilitamos todas las interrupciones.
	bcf	intcon,rbie	
	bcf	intcon,toie	
	movwf	acumul	;Guardamos el acumulador.
	btfs	intcon,toif	;Chequeamos si la interrupción la causó el control remoto.
	call	remoto	
	btfs	intcon,rbif	;Chequeamos si la interrupción la causó el teclado.
	call	teclado	
bsf	inter,0		;Ponemos en uno lógico al bit que recuerda haber ido a la interrupción.
	movf	acumul,w	;Recuperamos el acumulador.
	retfie		
iniciol	movlw	b'00101000'	
	option		
	clrf	oport	;inicializar en cero el # de oportunidades
	goto	inicio	;borrar esta instrucción para entrar con la clave 2318 por defecto y no tener que ponerla en la EEPROM el momento de descargar

```

movlw 02h           ;escritura de los valores de la clave por defecto en la EEPROM
movwf tecla0

movlw 03h
movwf tecla1

movlw 01h
movwf tecla2

movlw 08h
movwf tecla3

```

```

GRABACION           ;Proceso de grabación de la clave en la
CLAVE0              ;memoria EEPROM, desde localidades de RAM.

```

```

bcf    status,rp0
movlw  clave0
movwf  eeadr
movf   tecla0,w
movwf  eedata
bsf    status,rp0
bcf    intcon,gie
bsf    eecon1,wren
movlw  55h
movwf  eecon2
movlw  0AAh
movwf  eecon2
bsf    eecon1,wr

```

```

DEM0  btfsc  eecon1,wr
      goto   DEM0

```

CLAVE1

```

bcf    status,rp0
movlw  clave1
movwf  eeadr
movf   tecla1,w
movwf  eedata
bsf    status,rp0
bcf    intcon,gie
bsf    eecon1,wren
movlw  55h
movwf  eecon2
movlw  0AAh
movwf  eecon2
bsf    eecon1,wr

```

```

DEM1  btfsc  eecon1,wr
      goto   DEM1

```

CLAVE2

```

bcf    status,rp0
movlw  clave2
movwf  eeadr
movf   tecla2,w
movwf  eedata
bsf    status,rp0
bcf    intcon,gie

```

```

    bsf    eecon1,wren
    movlw  55h
    movwf  eecon2
    movlw  0AAh
    movwf  eecon2
    bsf    eecon1,wr

```

```

DEM2  btfsc eecon1,wr
      goto  DEM2

```

CLAVE3

```

    bcf    status,rp0
    movlw  clave3
    movwf  eeadr
    movf   tecla3,w
    movwf  eedata
    bsf    status,rp0
    bcf    intcon,gie
    bsf    eecon1,wren
    movlw  55h
    movwf  eecon2
    movlw  0AAh
    movwf  eecon2
    bsf    eecon1,wr

```

```

DEM3  btfsc eecon1,wr
      goto  DEM3
    bcf    status,rp0

```

inicio

```

    movlw  b'10000'      ;Seleccionamos la forma de funcionamiento
    tris   porta        ;de los pórticos del microcontrolador.

```

```

    movlw  b'11111'
    movwf  porta

```

```

    movlw  b'11110000'
    tris   portb

```

```

    movlw  0ffh         ;predisponer el rtcc para provocar interrupción
    movwf  rtcc

```

```

    movlw  0feh         ;Cargamos todas las teclas con valores de inicio
    movwf  tecla        ;que representa que no han sido tocadas.

```

```

    movlw  0feh
    movwf  tecla0

```

```

    movlw  0feh
    movwf  tecla1

```

```

    movlw  0feh
    movwf  tecla2

```

```

    movlw  0feh
    movwf  tecla3

```

LECTURA0

```

movlw b'11110000' ;Predisponemos el p rtico para provocar la interrupción.
movwvf portb
bcf inter,0 ;Se borra el bit que recuerda que se ha producido la interrupción.
movlw 0ffh ;Predisponemos el rtcc para provocar interrupción del control remoto.
movwvf rtcc

bcf intcon,toif ;Borramos las banderas de interrupción.
bcf intcon,rbif
bsf intcon,gie ;Habilitamos la ocurrencia de interrupción.
bsf intcon,rbie
bsf intcon,toie
wait0 btfss inter,0 ;Esperamos a que se produzca la interrupción.
goto wait0

btfsc intcon,toif ;Chequeamos si la interrupción la causo el control remoto.
goto LECTURA0 ;En ese caso volvemos a esperar la misma tecla.

bcf intcon,gie ;Deshabilitamos la ocurrencia de interrupción.
bcf intcon,rbie
bcf intcon,toie

```

TECLA0

```

call teclado ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw 0feh ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf status,z ;no sea leída la tecla.
xorwf tecla,w
btfsc status,z
goto TECLA0

movlw b'11111' ;Se apaga el display
movwvf porta
movf tecla,w ;Se almacena el dato como tecla0.
movwvf tecla0

```

SUELTO

```

call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELTO

bsf tecla0,4 ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf tecla0,w
movwvf porta
bcf tecla0,4

movf tecla0,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf status,z ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de visualización.
xorlw 0ah
btfsc status,z
goto COMPARACION

movf tecla0,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw 0bh
btfsc status,z
goto inicio

```

LECTURA1

```

movlw b'11110000' ;Predisponemos el p3rtico para provocar la interrupci3n.
movwf portb
bcf inter,0 ;Se borra el bit que recuerda que se ha producido la interrupci3n.
movlw 0ffh ;Predisponemos el rtcc para provocar interrupci3n del control remoto.
movwf rtcc

bcf intcon,toif ;Borramos las banderas de interrupci3n.
bcf intcon,rbif

bsf intcon,gie ;Habilitamos la ocurrencia de interrupci3n.
bsf intcon,rbie
bsf intcon,toie
wait1 btfss inter,0 ;Esperamos a que se produzca la interrupci3n.
goto wait1

btfsc intcon,toif ;Chequeamos si la interrupci3n la causo el control remoto.
goto LECTURA1 ;En ese caso volvemos a esperar la misma tecla.

bcf intcon,gie ;Deshabilitamos la ocurrencia de interrupci3n.
bcf intcon,rbie
bcf intcon,toie

```

TECLA1

```

call teclado ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw 0feh ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf status,z ;no sea leída la tecla.
xorwf tecla,w
btfsc status,z
goto TECLA1

```

```

movlw b'11111' ;Se apaga el display
movwf porta

```

```

movf tecla,w ;Se almacena el dato como tecla1.
movwf tecla1

```

SUELT1

```

call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELT1

```

```

bsf tecla1,4 ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf tecla1,w
movwf porta
bcf tecla1,4
movf tecla1,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf status,z ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de visualizaci3n.
xorlw 0ah
btfsc status,z
goto COMPARACION

```

```

movf tecla1,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw 0bh
btfsc status,z
goto inicio

```

LECTURA2

```

movlw b'11110000' ;Preparamos el p rtico para provocar la interrupción.
movwf portb
bcf inter,0 ;Se borra el bit que recuerda que se ha producido la interrupción.
movlw 0ffh ;Preparamos el rtcc para provocar interrupción del control remoto.
movwf rtcc

```

```

bcf intcon,toif ;Borramos las banderas de interrupción.
bcf intcon,rbif
bsf intcon,gie ;Habilitamos la ocurrencia de interrupción.
bsf intcon,rbie
bsf intcon,toie

```

```

wait2 btfss inter,0 ;Esperamos a que se produzca la interrupción.
goto wait2

```

```

btfsc intcon,toif ;Chequeamos si la interrupción la causo el control remoto.
goto LECTURA2 ;En ese caso volvemos a esperar la misma tecla.

```

```

bcf intcon,gie ;Deshabilitamos la ocurrencia de interrupción.
bcf intcon,rbie
bcf intcon,toie

```

TECLA2

```

call teclado ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw 0feh ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf status,z ;no sea leída la tecla.
xorwf tecla,w
btfsc status,z
goto TECLA2

```

```

movlw b'11111' ;Se apaga el display
movwf porta
movf tecla,w ;Se almacena el dato como tecla2.
movwf tecla2

```

SUELT2

```

call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELT2

```

```

bsf tecla2,4 ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf tecla2,w
movwf porta
bcf tecla2,4

```

```

movf tecla2,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf status,z ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de visualización.
xorlw 0ah
btfsc status,z
goto COMPARACION

```

```

movf tecla2,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw 0bh
btfsc status,z
goto inicio

```

LECTURA3

```

movlw b'11110000' ;Predisponemos el p rtico para provocar la interrupción.
movwf portb
bcf inter,0 ;Se borra el bit que recuerda que se ha producido la interrupción.
movlw 0ffh ;Predisponemos el rtcc para provocar interrupción del control remoto.
movwf rtcc

bcf intcon,toif ;Borramos las banderas de interrupción.
bcf intcon,rbif
bsf intcon,gie ;Habilitamos la ocurrencia de interrupción.
bsf intcon,rbie
bsf intcon,toie
wait3 btfss inter,0 ;Esperamos a que se produzca la interrupción.
goto wait3

btfsc intcon,toif ;Chequeamos si la interrupción la causo el control remoto.
goto LECTURA3 ;En ese caso volvemos a esperar la misma tecla.

bcf intcon,gie ;Deshabilitamos la ocurrencia de interrupción.
bcf intcon,rbie
bcf intcon,toie

```

TECLA3

```

call teclado ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw 0feh ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf status,z ;no sea leída la tecla.
xorwf tecla,w
btfsc status,z
goto TECLA3

```

```

movlw b'11111' ;Se apaga el display.
movwf porta
movf tecla,w ;Se almacena el dato como tecla3.
movwf tecla3

```

SUELT3

```

call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELT3

```

```

bsf tecla3,4 ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf tecla3,w
movwf porta
bcf tecla3,4

```

```

movf tecla3,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf status,z ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de visualización.
xorlw 0ah
btfsc status,z
goto COMPARACION

```

```

movf tecla0,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw 0bh
btfsc status,z
goto inicio

```

```

ENTER
    movlw b'11110000' ;Predisponemos el p3rtico para provocar la interrupci3n.
    movwf portb
    bcf   inter,0      ;Se borra el bit que recuerda que se ha producido la interrupci3n.
    movlw 0ffh        ;Predisponemos el rtcc para provocar interrupci3n del control remoto.
    movwf rtcc

    bcf   intcon,toif ;Borramos las banderas de interrupci3n.
    bcf   intcon,rbif
    bsf   intcon,gie  ;Habilitamos la ocurrencia de interrupci3n.
    bsf   intcon,rbie
    bsf   intcon,toie

waitE
    btfss inter,0     ;Esperamos a que se produzca la interrupci3n.
    goto  waitE

    btfsc intcon,toif ;Chequeamos si la interrupci3n la causo el control remoto.
    goto  ENTER      ;En ese caso volvemos a esperar la misma tecla.
    bcf   intcon,gie  ;Deshabilitamos la ocurrencia de interrupci3n.
    bcf   intcon,rbie
    bcf   intcon,toie

TECLAE
    call  teclado     ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
    movlw 0feh        ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
    bcf   status,z
    xorwf tecla,w
    btfsc status,z
    goto  TECLAE

    movlw b'11111'   ;Se apaga el display.
    movwf porta
    movf  tecla,w     ;Se almacena el dato como enter.
    movwf enter

SUELTE
    call  teclado     ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
    movlw 0feh        ;tecla sea liberada.
    bcf   status,z
    xorwf tecla,w
    btfss status,z
    goto  SUELTE

    bsf   enter,4     ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
    movf  enter,w
    movwf porta

    bcf   enter,4
    movf  enter,w     ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
    bcf   status,z    ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de visualizaci3n.
    xorlw 0ah
    btfsc status,z
    goto  COMPARACION

    movf  enter,w     ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
    bcf   status,z    ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
    xorlw 0bh
    btfsc status,z
    goto  inicio
    goto  falla      ;Si no coincide se contabiliza un error.

```

COMPARACION

;Se observa si la clave es la correcta.

```
COMP0 bcf    status,rp0    ;Recuperamos de la EEPROM el dato 0
      movlw  clave0
      movwf  eadr
      bsf    status,rp0
      bsf    eecon1,rd
      bcf    status,rp0

      movf   eedata,w      ;Comparamos con la tecla0.
      bcf   status,z
      xorwf  tecla0,w
      btfss status,z
      goto  falla
```

```
COMP1 bcf    status,rp0    ;Recuperamos de la EEPROM el dato 1
      movlw  clave1
      movwf  eadr
      bsf    status,rp0
      bsf    eecon1,rd
      bcf    status,rp0

      movf   eedata,w      ;Comparamos con la tecla1.
      bcf   status,z
      xorwf  tecla1,w
      btfss status,z
      goto  falla
```

```
COMP2 bcf    status,rp0    ;Recuperamos de la EEPROM el dato 2.
      movlw  clave2
      movwf  eadr
      bsf    status,rp0
      bsf    eecon1,rd
      bcf    status,rp0

      movf   eedata,w      ;Comparamos con la tecla2.
      bcf   status,z
      xorwf  tecla2,w
      btfss status,z
      goto  falla
```

```
COMP3 bcf    status,rp0    ;Recuperamos de la EEPROM el dato 3
      movlw  clave3
      movwf  eadr
      bsf    status,rp0
      bsf    eecon1,rd
      bcf    status,rp0

      movf   eedata,w      ;Comparamos con la tecla3.
      bcf   status,z
      xorwf  tecla3,w
      btfss status,z
      goto  falla          ;Si la clave no coincide, entonces se incrementa una falla.
      call  abrirpuerta    ;De lo contrario se envía a la rutina que envía
                          ;el código de apertura de la puerta.
      clrf  oport          ;Actualizar el # de oportunidades.
```

```

WAITPROG
    movlw b'00001111' ;Tiempo de espera para la reprogramacion de clave.
    movwf aux0

ret1    call    teclado ;Si la tecla presionada es "CLEAR", entonces se ira a la rutina
        ;de reprogramación de la clave.

        movlw 0bh
        bcf   status,z
        xorwf tecla,w
        btfsc status,z
        goto  PROGRAM

        decfsz aux0,1 ;Se lleva la cuenta del tiempo de espera.
        goto  ret1
        goto  fin

falla   movlw b'00011110' ;Se despliega la señal de error.
        movwf porta

        incf  oport,1 ;Se va incrementando el número de intentos fallidos
        movf  oport,w
        bcf   status,z
        xorlw 03h ;Mientras el número de fallas sea menor a 3
        ;se la considera una falla parcial.

        btfss status,z
        goto  fallaparcial

fallapenal ;Se despliega la última falla, para posteriormente enviar el código de error.
        clrf  aux0
        clrf  aux1
        movlw b'00000111'
        movwf aux2

ret2    btfsc  aux2,0
        goto  disperror

        bsf   oport,4 ;Desplegar el número del error.
        movf  oport,w
        movwf porta
        bcf   oport,4
        goto  conteo

disperror
        movlw b'00011110'
        movwf porta

conteo  ;Se hace que la señal de error sea intermitente y solo durante cierto tiempo.
        decfsz aux0,1
        goto  ret2
        decfsz aux1,1
        goto  ret2
        decfsz aux2,1
        goto  ret2
        clrf  oport
        call  alarma
        goto  fin

```

```

fallaparcial      ;Se despliega la señal de error.
    clrf    aux0
    clrf    aux1
    movlw  b'00000111'
    movwvf aux2

ret3      btfsc  aux2,0
         goto   disperror1

         bsf    oport,4      ;Desplegar el número del error
         movf  oport,w
         movwvf porta
         bcf   oport,4
         goto  conteo1

disperror1
    movlw  b'00011110'
    movwvf porta

conteo1      ;Se contabiliza el tiempo en el que se visualiza el error.
    decfsz aux0,1
    goto   ret3
    decfsz aux1,1
    goto   ret3
    decfsz aux2,1
    goto   ret3
    goto   inicio

PROGRAM      ;En esta rutina es posible cambiar la clave de Ingreso.
             ;La tecla presionada se almacena en el registro prog.
    movf   tecla,w
    movwvf prog

SUELTP
    call   teclado      ;En este lazo se espera a que la tecla sea liberada.
    movlw  0feh
    bcf    status,z
    xorwf  tecla,w
    btfss  status,z
    goto   SUELTP

    bsf    prog,4      ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
    movf  prog,w
    movwvf porta
    bcf   prog,4

LECTURA0P
    movlw  b'11110000' ;Predisponemos el pórtico para provocar la interrupción.
    movwvf portb

    bsf    intcon,gie   ;Habilitamos la interrupción del pórtico b.
    bsf    intcon,rbie

    sleep      ;El micro es puesto en reposo, esperando la interrupción.

    bcf    intcon,gie   ;Se desactiva la interrupción.
    bcf    intcon,rbie

```

```

TECLA0P
    call    teclado           ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
    movlw  0feh              ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
    bcf    status,z          ;no sea leída la tecla.
    xorwf  tecla,w
    btfsc  status,z
    goto   TECLA0P

    movlw  b'111111'         ;Se apaga el display
    movwf  porta

    movf   tecla,w           ;Se almacena el dato como tecla0.
    movwf  tecla0

SUELT0P
    call    teclado           ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
    movlw  0feh              ;tecla sea liberada.
    bcf    status,z
    xorwf  tecla,w
    btfss  status,z
    goto   SUELT0P

    bsf    tecla0,4          ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
    movf   tecla0,w
    movwf  porta
    bcf    tecla0,4

    movf   tecla0,w         ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
    bcf    status,z         ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de falla.
    xorlw  0ah
    btfsc  status,z
    goto   falla
    movf   tecla0,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
    bcf    status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
    xorlw  0bh
    btfsc  status,z
    goto   inicio

LECTURA1P
    movlw  b'11110000'      ;Predisponemos el pòrtico para provocar la interrupción.
    movwf  portb

    bsf    intcon,gie       ;Habilitamos la interrupción del pòrtico b.
    bsf    intcon,rbie

    sleep                                ;El micro es puesto en reposo, esperando la interrupción.

    bcf    intcon,gie       ;Se desactiva la interrupción.
    bcf    intcon,rbie

TECLA1P
    call    teclado           ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
    movlw  0feh              ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
    bcf    status,z          ;no sea leída la tecla.
    xorwf  tecla,w
    btfsc  status,z
    goto   TECLA1P

```

```

movlw b'11111'      ;Se apaga el display
movwf porta

movf   tecla,w       ;Se almacena el dato como tecla1.
movwf tecla1

```

SUELT1P

```

call   teclado       ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw  0feh          ;tecla sea liberada.
bcf    status,z
xorwf  tecla,w
btfss  status,z
goto   SUELT1P

```

```

bsf    tecla1,4      ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf   tecla1,w
movwf  porta
bcf    tecla1,4

```

```

movf   tecla1,w      ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf    status,z      ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de falla.
xorlw  0ah
btfsc  status,z
goto   falla

```

```

movf   tecla1,w      ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf    status,z      ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw  0bh
btfsc  status,z
goto   inicio

```

LECTURA2P

```

movlw  b'11110000'  ;Predisponemos el p rtico para provocar la interrupción.
movwf  portb

```

```

bsf    intcon,gie    ;Habilitamos la interrupción del p rtico b.
bsf    intcon,rbie

```

```

sleep                                     ;El micro es puesto en reposo, esperando la interrupción.

```

```

bcf    intcon,gie    ;Se desactiva la interrupción.
bcf    intcon,rbie

```

TECLA2P

```

call   teclado       ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw  0feh          ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf    status,z      ;no sea leída la tecla.
xorwf  tecla,w
btfsc  status,z
goto   TECLA2P

```

```

movlw  b'11111'      ;Se apaga el display
movwf  porta

```

```

movf   tecla,w       ;Se almacena el dato como tecla2.
movwf  tecla2

```

SUELT2P

```
call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELT2P
```

```
bsf tecla2,4 ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf tecla2,w
movwvf porta
bcf tecla2,4
```

```
movf tecla2,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf status,z ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de falla.
xorlw 0ah
btfsc status,z
goto falla
```

```
movf tecla2,w ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf status,z ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw 0bh
btfsc status,z
goto inicio
```

LECTURA3P

```
movlw b'11110000' ;Predisponemos el p rtico para provocar la interrupción.
movwvf portb
```

```
bsf intcon,gie ;Habilitamos la interrupción del p rtico b.
bsf intcon,rbie
```

```
sleep ;El micro es puesto en reposo, esperando la interrupción.
bcf intcon,gie ;Se desactiva la interrupción.
bcf intcon,rbie
```

TECLA3P

```
call teclado ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw 0feh ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf status,z ;no sea leída la tecla.
xorwf tecla,w
btfsc status,z
goto TECLA3P
```

```
movlw b'111111' ;Se apaga el display
movwvf porta
```

```
movf tecla,w ;Se almacena el dato como tecla3.
movwvf tecla3
```

SUELT3P

```
call teclado ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw 0feh ;tecla sea liberada.
bcf status,z
xorwf tecla,w
btfss status,z
goto SUELT3P
```

```

bsf    tecla3,4      ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf   tecla3,w
movwf  porta
bcf    tecla3,4

movf   tecla3,w      ;Se identifica si la tecla pulsada es "ENTER",
bcf    status,z      ;en cuyo caso se va directamente a la rutina de falla.
xorlw  0ah
btfsc  status,z
goto   falla

movf   tecla3,w      ;Se identifica si la tecla pulsada es "CLEAR",
bcf    status,z      ;en cuyo caso se vuelve al inicio de toda la secuencia.
xorlw  0bh
btfsc  status,z
goto   inicio

```

ENTERP

```

movlw  b'11110000'  ;Predisponemos el p rtico para provocar la interrupción.
movwf  portb

bsf    intcon,gie    ;Habilitamos la interrupción del p rtico b.
bsf    intcon,rbie

sleep                                     ;El micro es puesto en reposo, esperando la interrupción.

bcf    intcon,gie    ;Se desactiva la interrupción.
bcf    intcon,rbie

```

TECLAEP

```

call   teclado      ;Se envía a la rutina que identifica la tecla presionada.
movlw  0feh          ;Se queda atrapado en este lazo, mientras aún
bcf    status,z      ;no sea leída la tecla.
xorwf  tecla,w
btfsc  status,z
goto   TECLAEP

movlw  b'11111'     ;Se apaga el display
movwf  porta

movf   tecla,w      ;Se almacena el dato como tecla0.
movwf  tecla0

```

SUELTEP

```

call   teclado      ;Se queda atrapado en este lazo, hasta que la
movlw  0feh          ;tecla sea liberada.
bcf    status,z
xorwf  tecla,w
btfsc  status,z
goto   SUELTEP

bsf    enter,4      ;Se visualiza en el display la tecla presionada.
movf   enter,w
movwf  porta
bcf    enter,4

movf   enter,w      ;Se identifica si la tecla presionada es "ENTER",

```

```

bcf    status,z      ;en cuyo caso se va a grabar la clave en EEPROM.
xorlw  0ah
btfsc status,z
goto  GRABACION

```

```

movf   enter,w      ;Se identifica si la tecla presionada es "CLEAR",
bcf    status,z      ;en cuyo caso se vuelve al inicio de la secuencia.
xorlw  0bh
btfsc status,z
goto  inicio
goto  fin

```

;*** subrutina de identificación del teclado *******

teclado

```

movlw  0feh          ;Al entrar a la subrutina se asume
movwf  tecla         ;que la tecla no ha sido presionada.

```

COLUMNA1

```

C1F1  movlw  b'11111100' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf  portb             ;primera columna del teclado.

```

```

movf   portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw  0f0h           ;llegado por la primera fila del teclado.
bcf    status,z
xorlw  b'01110000'
btfsc status,z
goto  caract0         ;De ser así se envía a la rutina que
                          ;cargará dicho dato en tecla.

```

```

C1F2  movlw  b'11111100' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf  portb             ;primera columna del teclado.

```

```

movf   portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw  0f0h           ;llegado por la segunda fila del teclado.
bcf    status,z
xorlw  b'10110000'
btfsc status,z
goto  caract1         ;De ser así se envía a la rutina que
                          ;cargará dicho dato en tecla.

```

```

C1F3  movlw  b'11111100' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf  portb             ;primera columna del teclado.

```

```

movf   portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw  0f0h           ;llegado por la tercera fila del teclado.
bcf    status,z
xorlw  b'11010000'
btfsc status,z
goto  caract4         ;De ser así se envía a la rutina que
                          ;cargará dicho dato en tecla.

```

```

C1F4  movlw  b'11111100' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf  portb             ;primera columna del teclado.

```

```

movf portb,w      ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw 0f0h        ;llegado por la cuarta fila del teclado.
bcf status,z
xorlw b'11100000'
btfsc status,z
goto caract7      ;De ser así se envía a la rutina que
                  ;cargará dicho dato en tecla.

```

COLUMNA2

```

C2F1 movlw b'11111010' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf portb          ;segunda columna del teclado.

movf portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw 0f0h          ;llegado por la primera fila del teclado.
movwf tecla
bcf status,z
xorlw b'01110000'
btfsc status,z
goto caractX        ;De ser así se envía a la rutina que
                  ;cargará dicho dato en tecla.

C2F2 movlw b'11111010' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf portb          ;segunda columna del teclado.

movf portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw 0f0h          ;llegado por la segunda fila del teclado.
movwf tecla
bcf status,z
xorlw b'10110000'
btfsc status,z
goto caract2        ;De ser así se envía a la rutina que
                  ;cargará dicho dato en tecla.

C2F3 movlw b'11111010' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf portb          ;segunda columna del teclado.

movf portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw 0f0h          ;llegado por la tercera fila del teclado.
movwf tecla
bcf status,z
xorlw b'11010000'
btfsc status,z
goto caract5        ;De ser así se envía a la rutina que
                  ;cargará dicho dato en tecla.

C2F4 movlw b'11111010' ;Se envía un cero lógico hacia la
movwf portb          ;segunda columna del teclado.

movf portb,w        ;Se chequea si dicho cero lógico ha
andlw 0f0h          ;llegado por la cuarta fila del teclado.
movwf tecla
bcf status,z
xorlw b'11100000'
btfsc status,z
goto caract8        ;De ser así se envía a la rutina que
                  ;cargará dicho dato en tecla.

```

COLUMNA3

C3F1	movlw b'11110110' movwf portb	;Se envía un cero lógico hacia la ;tercera columna del teclado.
	movf portb,w andlw 0f0h movwf tecla bcf status,z xorlw b'01110000' btfsc status,z goto caract#	;Se chequea si dicho cero lógico ha ;llegado por la primera fila del teclado. ;De ser así se envía a la rutina que ;cargará dicho dato en tecla.
C3F2	movlw b'11110110' movwf portb	;Se envía un cero lógico hacia la ;tercera columna del teclado.
	movf portb,w andlw 0f0h movwf tecla bcf status,z xorlw b'10110000' btfsc status,z goto caract3	;Se chequea si dicho cero lógico ha ;llegado por la segunda fila del teclado. ;De ser así se envía a la rutina que ;cargará dicho dato en tecla.
C3F3	movlw b'11110110' movwf portb	;Se envía un cero lógico hacia la ;tercera columna del teclado.
	movf portb,w andlw 0f0h movwf tecla bcf status,z xorlw b'11010000' btfsc status,z goto caract6	;Se chequea si dicho cero lógico ha ;llegado por la tercera fila del teclado. ;De ser así se envía a la rutina que ;cargará dicho dato en tecla.
C3F4	movlw b'11110110' movwf portb	;Se envía un cero lógico hacia la ;tercera columna del teclado.
	movf portb,w andlw 0f0h movwf tecla bcf status,z xorlw b'11100000' btfsc status,z goto caract9 goto noteclea	;Se chequea si dicho cero lógico ha ;llegado por la cuarta fila del teclado. ;De ser así se envía a la rutina que ;cargará dicho dato en tecla. ;De lo contrario se entiende que no ha sido pulsada ninguna tecla.
caract1	movlw b'00000001' movwf tecla goto fintecla	;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "1"
caract2	movlw b'00000010' movwf tecla goto fintecla	;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "2"

```

caract3  movlw  b'00000011'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "3"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract4  movlw  b'00000100'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "4"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract5  movlw  b'00000101'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "5"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract6  movlw  b'00000110'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "6"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract7  movlw  b'00000111'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "7"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract8  movlw  b'00001000'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "8"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract9  movlw  b'00001001'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "9"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract0  movlw  b'00000000'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "0"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caract#  movlw  b'00001010'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "ENTER"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

caractX  movlw  b'00001011'   ;Se carga en tecla el valor hexadecimal de "CLEAR"
         movwf  tecla
         goto   fintecla

notecla
         movlw  0feh
         movwf  tecla

fintecla
         call   retardo
         return

```

===== subrutina de atención al control remoto =====

```

remoto  call   retremoto   ;Se espera un tiempo, hasta que llegue el código.

CLAVE  bcf     status,rp0   ;Se almacena el dato recibido en una localidad de EEPROM.
       movlw  07h
       movwf  eadr
       movf   rtcc,w
       movwf  eedata

```

```

    bsf    status,rp0
    bcf    intcon,gie
    bsf    eecon1,wren
    movlw  55h
    movwf  eecon2
    movlw  0AAh
    movwf  eecon2
    bsf    eecon1,wr
DEM    btfsc eecon1,wr
    goto  DEM
    bcf    status,rp0

```

```

    movlw  21h
    bcf    status,z
    xorwf  eedata,w
    btfss  status,z
    goto  caso22
    call  abrirpuerta
    goto  fin

```

;Se espera los siguientes códigos como válidos:

```

caso22
    movlw  22h
    bcf    status,z
    xorwf  eedata,w
    btfss  status,z
    goto  caso23
    call  abrirpuerta
    goto  fin

```

```

caso23
    movlw  23h
    bcf    status,z
    xorwf  eedata,w
    btfss  status,z
    goto  caso24
    call  abrirpuerta
    goto  fin

```

```

caso24
    movlw  24h
    bcf    status,z
    xorwf  eedata,w
    btfss  status,z
    goto  caso25
    call  abrirpuerta
    goto  fin

```

```

caso25
    movlw  25h
    bcf    status,z
    xorwf  eedata,w
    btfss  status,z
    goto  finrem
    call  abrirpuerta
    goto  fin

```

```

finrem

```

```

bcf    portb,0
movlw  0ffh    ;Se predispone rtcc, para recibir
movwf  rtcc    ;una nueva señal de control remoto.

```

```

movlw  b'01111' ;Se apaga el display.
movwf  porta

```

```

return

```

===== **subrutina de retardo remoto** =====

```

retremoto

```

```

    clrf    aux0
    movlw  b'00011111'
    movwf  aux1

```

```

esp    decfsz  aux0,1
        goto   esp
        decfsz  aux1,1
        goto   esp
return

```

===== **subrutina de apertura de la puerta** =====

```

abrirpuerta    ;Se envía el código de apertura de la puerta.
                ;En este caso es numero 25h,
    movlw  25h
    movwf  TRENOUT

```

```

TREN    btfsc  portb,0    ;Se contabiliza dicho número de pulsos.
        goto  TRENLOW

```

```

TRENHI    bsf    portb,0
        call   retardotren
        goto  TREN

```

```

TRENLOW    bcf    portb,0
        call   retardotren
        decfsz  TRENOUT,1
        goto  TREN
        bcf    portb,0

```

```

éxito    movlw  b'00011111'    ;Indicación luminosa de apertura de la puerta
        movwf  porta

```

```

        clrf    aux0
        clrf    aux1

```

```

ret4    btfsc  aux1,6
        goto  dispexito

```

```

        movlw  0ah
        movwf  porta
        goto  conteo4

```

```

dispexito

```

```

    movlw  b'00011111'
    movwf  porta

```

```

conteo4
    decfsz  aux0,1
    goto    ret4
    decfsz  aux1,1
    goto    ret4

    return

```

===== subrutina de señal de alarma =====

```

; alarma ;Se envía el código de error por tres fallas.
;Dicho código son 15 pulsaciones.
    movlw  15h
    movwf  TRENOUT

```

```

ATREN btfsc  portb,0
      goto  ATRENLOW

```

```

ATRENHI    bsf    portb,0
          call   retardotren
          goto   ATREN

```

```

ATRENLOW
    bcf    portb,0
    call   retardotren
    decfsz TRENOUT,1
    goto   ATREN

```

```

    bcf    portb,0
    return

```

===== subrutina de retardo mediante registros auxiliares =====

```

retardotren
    clrf   aux1
    movlw  b'00000001'
    movwf  aux2
espera    decfsz aux1,1
          goto  espera
          decfsz aux2,1
          goto  espera
          return

```

******* subrutina de retardo mediante registros auxiliares*******

```

retardo   clrf   aux1
          movlw  b'00011111'
          movwf  aux2
esper     decfsz aux1,1
          goto  espera
          decfsz aux2,1
          goto  esper
          return
fin       movlw  b'11111'
          movwf  porta
          goto  fin
          end

```

APENDICE D

PRINCIPALES ELEMENTOS UTILIZADOS

CARACTERISTICAS DEL MOTOR UTILIZADO

CC MOTOMATIC SERIE E-500 MG

DATOS DE PLACA

Potencia de Salida:	1/25	HP
Velocidad:	4750	RPM
Torque:	8	oz * inch ² .
Voltaje:	28	V _{dc.}
Corriente de armadura:	1.4	A.
Resistencia de armadura:	4	*
Constante de Voltaje:	4.6 * 10 ⁻³	V / RPM.
Constante de Torque:	6.2	oz * inch ² .
Regulación:	140	RPM / oz.
Inercia:	4 * 10 ⁻²	oz * inch * sec ² .

Con 10 V_{DC}, 1 A:

$$E_g = 7.4 \text{ V.}$$

$$K_v = 4.6 * 10^{-3} \text{ V / RPM.}$$

$$C_{\text{RPM}} = E_g / K_v = 1608 \text{ RPM.}$$

$$C = 1600 \text{ RPM.}$$

LM124/LM224/LM324/LM2902 Low Power Quad Operational Amplifiers

General Description

The LM124 series consists of four independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, DC gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM124 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional $\pm 15V$ power supplies.

Unique Characteristics

- In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage
- The unity gain cross frequency is temperature compensated
- The input bias current is also temperature compensated

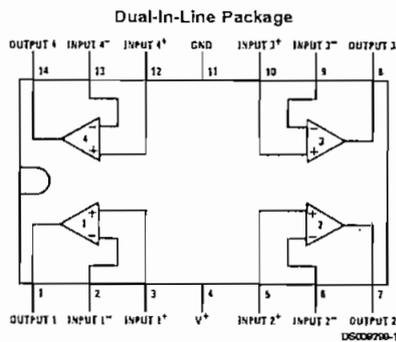
Advantages

- Eliminates need for dual supplies
- Four internally compensated op amps in a single package
- Allows directly sensing near GND and V_{OUT} also goes to GND
- Compatible with all forms of logic
- Power drain suitable for battery operation

Features

- Internally frequency compensated for unity gain
- Large DC voltage gain 100 dB
- Wide bandwidth (unity gain) 1 MHz (temperature compensated)
- Wide power supply range:
Single supply 3V to 32V
or dual supplies $\pm 1.5V$ to $\pm 16V$
- Very low supply current drain (700 μA)—essentially independent of supply voltage
- Low input biasing current 45 nA (temperature compensated)
- Low input offset voltage 2 mV and offset current: 5 nA
- Input common-mode voltage range includes ground
- Differential input voltage range equal to the power supply voltage
- Large output voltage swing 0V to $V^+ - 1.5V$

Connection Diagram



Top View

Order Number LM124J, LM124AJ, LM124J/883 (Note 2), LM124AJ/883 (Note 1), LM224J, LM224AJ, LM324J, LM324M, LM324AM, LM2902M, LM324N, LM324AN or LM2902N
See NS Package Number J14A, M14A or N14A

Note 1: LM124A available per JM38510/11006

Note 2: LM124 available per JM38510/11005