



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**APLICACIÓN PRÁCTICA DEL MICROCONTROLADOR PIC12C508 EN
EL CONTROL Y MONITOREO DEL EQUIPO ELECTROMECAÁNICO DEL
INMUEBLE DE LA ADMINISTRACIÓN SUR DF DEL SAT**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO

P R E S E N T A

LUIS EVANGELISTA LARA



MEXICO, D.F.

2007



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIAS

A mi escuela, profesores y Jurado de Tesis

A mi escuela dedico mi empeño en demostrar su grandeza, que el esfuerzo que representa terminar los estudios permitan aplicarse no solo a bienestar de la sociedad sino a aplicar los conocimientos para que otros puedan utilizarlos de la mejor manera y comprensión para sus vidas.

A mis profesores dedico mis esfuerzos por lograr concluir mis estudios. Agradezco de corazón los conocimientos que pusieron en mis manos, los esfuerzos que no escatimaron para que como estudiantes pudiéramos comprender todos los conocimientos adquiridos durante su desempeño profesional.

Al Ing. Ing. José Luis García Espinosa, al Ing. Juan Gastaldi Pérez, al Ing. Jesús Nuñez Valadez y al M. en I. Ulises Mercaso Valenzuela agradezco de antemano todas aquellas sugerencias que permiten presentar de manera más profesional este trabajo, sabiendo el esfuerzo extra que representa aplicarse no solo a la familia, a su trabajo, a sus estudiantes sino también apoyar a quienes como yo buscan concluir sus estudios de la mejor manera posible. En especial a mi asesor de Tesis el Ing. Adrián Paredes Romero por su especial apoyo y guía en el desempeño de este trabajo.

A mi Familia

Dedico esta obra y mi carrera a mi esposa Lidia Medina Duarte ya que sin su comprensión hubiera sido imposible concluirla. Agradezco de corazón todas sus atenciones y apoyo prestado durante toda mi carrera, el tiempo que tuvo que prescindir de mi presencia para lograr esta meta de mi vida. Expreso mi más sincero amor para ella ya que ha sido el sostén de mi superación, la base de mi familia y el grande amor que permite engrandecerla.

A mis hijos Citali, Xochitl y Luis Atzin les dedico mi cariño ya que al igual que a mi esposa tuvieron que distanciarse mientras yo me aplicaba en el desempeño de mi carrera. Espero que sea un buen ejemplo que prometa superación en ellos, que su vida y desempeño este marcado con los deseos de cada vez ser mejores en la vida para aportar a la sociedad todo lo que Dios ha puesto en nuestras manos.

A mis padres por el esfuerzo que implica crecer y educar a un hijo, las horas y los momentos en que pareciera que no los entendemos, que sin embargo dentro de mi corazón siempre estarán presentes no por la cantidad sino por la calidad de lo que ellos ponen y presentan a lo largo de mi vida. Gracias.

A mis hermanos por todo el cariño que supieron darme, a Salvador por estar siempre presente en los momentos en que requiero más apoyo, a Aurelio por su apoyo y cariño y en especial a mi hermana Rosita a quien debo su incentivo y ayuda desde pequeño y durante todos mis estudios.

A mis compañeros y amigos

A todos mis compañeros de los diferentes niveles educativos agradezco la amistad que necesariamente requiere un estudiante, expreso que las anécdotas y vivencias durante mis estudios estarán siempre presentes en una parte de mi corazón, en especial a mi compañero y amigo Fernando Martínez Hernandez por su disponibilidad y apoyo que nunca condicionó. Espero que a todos ellos Dios les brinde muchas bendiciones.

A Dios dedico toda mi vida y esfuerzo agradeciendo todas las habilidades, conocimientos, amor, familia, amigos y todo lo material que tengo y soy. El es autor de todo lo bueno que hay en mi vida, todo lo bueno que me sucede y sin el no habría llegado a ninguna parte.

PENSAMIENTO

Muchas veces me pregunte ¿Quién es el estudiante? Acaso es aquel que solo asiste a una escuela, mas sin embargo reflexionando encuentro que es aquel que como una esponja va absorbiendo los conocimientos que un profesor posee, los conocimientos que encuentra en el mejor consejero, un libro, y en todos aquellos problemas que se presentan en la vida donde es imprescindible aplicar lo aprendido teóricamente. La escuela es el modelador en buena parte de nuestra educación, pero la parte fundamental esta en la familia, en ella se aprende, se mejora y se desarrollan aptitudes importantes para ser aplicadas en la escuela.

La Universidad es el eslabón donde nosotros nos terminamos de formar un proyecto de vida, donde el esfuerzo puede apremiar, por eso debemos poner énfasis en lo valioso que puede proveernos y no en aquello que resulta fácil concluir ya que la calidad no es la que ostenta una pertenencia o un titulo sino la calidad humana y de servicio que ella nos formamos.

En la UNAM encontré en espíritu más servicial donde lo mecánico e inhumano que puede ser la sociedad no resalta. Yo recomendaría a los estudiantes, profesores, autoridades y trabajadores conminar en aprovechar todo lo que esta a nuestro alcance para hacer a esta institución un vivo ejemplo de lo que en mi país se puede lograr y que se puede resumir en el progreso económico, social, cultural y humano de los Mexicanos.

Indice

INTRODUCCIÓN.....	6
OBJETIVOS	6
<i>General:</i>	6
<i>Particulares:</i>	6
DESCRIPCIÓN DE LA TESIS	7
CAPÍTULO 1 MICROCONTROLADORES	12
CONCEPTO	12
DIFERENCIAS ENTRE MICROCONTROLADORES	14
DESCRIPCIÓN	17
<i>Unidad de Proceso</i>	17
<i>La unidad de memoria</i>	18
<i>Unidad de entrada/salida</i>	19
OPERACIÓN BÁSICA.....	21
ARQUITECTURA PIC.....	26
<i>Procesador</i>	26
<i>Memoria de Programa</i>	28
<i>Memoria de datos</i>	30
<i>Puertos de comunicación</i>	32
<i>Recursos auxiliares</i>	36
<i>Temporizador</i>	41
<i>Perro Guardián</i>	41
<i>Divisor de Frecuencia</i>	42
<i>Sleep</i>	43
<i>Power Up</i>	43
PIC12C508.....	44
<i>Características</i>	44
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO DE LA ADMINISTRACIÓN SUR DEL D.F. DEL SAT.....	48
UNIDADES DE AIRE LAVADO	48
EXTRACTORES E INYECTORES DE AIRE.....	51
HIDRONEUMÁTICO	53
EQUIPO DE BOMBEO CONTRA INCENDIO	56
RED DE VOZ.....	59
CAPÍTULO 3 DESARROLLO PARA LA APLICACIÓN DEL MICROCONTROLADOR	60
INTRODUCCIÓN	60
CONCEPCIÓN DE LA RED	62

<i>Voltajes en la línea de comunicación</i>	63
<i>Método de Codificación de la información</i>	65
<i>Protocolo de comunicación</i>	66
GENERADOR DE LÍNEA DE COMUNICACIÓN	69
<i>Etapa de entrada</i>	70
<i>Detector de Voltaje</i>	72
<i>Sensor de Voltaje de Batería</i>	73
<i>Conmutador por SCR</i>	74
<i>Fuente de 5 v</i>	76
<i>Puerto de salida</i>	78
<i>Indicador y Reset</i>	80
<i>Circuito completo</i>	81
ENLACE PC	83
<i>Puerto de salida</i>	83
<i>Indicador y Reset</i>	84
<i>Fuente +5v</i>	84
<i>Acoplador RS232</i>	87
DISPOSITIVO DE CONTROL	89
<i>Fuente</i>	89
<i>Acoplador</i>	90
<i>Puerto de salida e indicador de reset</i>	91
DISPOSITIVO INDICADOR Y/O SENSOR	93
CAPÍTULO 4 PRUEBAS EVALUACIÓN Y COSTOS	94
PRUEBAS DEL PROTOTIPO	94
<i>Primera fase</i>	94
<i>Segunda Fase</i>	95
EVALUACIÓN TÉCNICA	98
EVALUACIÓN ECONÓMICA	100
CONCLUSIONES	102
ANEXOS	103
ANEXO 1 PROGRAMA ENLACE	103
ANEXO 2 PROGRAMA FUENTE.....	104
ANEXO 3 PROGRAMA DISPOSITIVO DE CONTROL.....	105
ANEXO 4 PROGRAMA DISPOSITIVO SENSOR Y/O INDICADOR.....	106
ANEXO 5 DESCRIPCIÓN DE LAS TERMINALES DEL PIC.....	107
ANEXO 6 DESCRIPCIÓN DE REGISTROS DE FUNCIONES ESPECIALES DEL PIC	108
ANEXO 7 INSTRUCCIONES RISC PARA EL PIC12C508.....	109
GLOSARIO	110

BIBLIOGRAFÍA	116
INDICE	118
INDICE TEMÁTICO	121
INDICE DE ILUSTRACIONES.....	124
INDICE DE TABLAS.....	126
INDICE DE ECUACIONES	126

Introducción

Objetivos

General:

Proponer una red para el control y monitoreo del equipo electromecánico evaluando la factibilidad técnica y económica.

Particulares:

- Analizar la posibilidad de transmitir información digital para el control mediante una línea de par trenzado de 2 hilos a una velocidad mínimo de 800 bps.
- Probar la comunicación entre la PC y un elemento de control mediante el puerto serial RS232.
- Analizar los costos de aplicar un circuito de control en los equipos electromecánicos del SAT en la Administración Sur del D.F.
- Proporcionar aplicaciones prácticas del PIC12C508 en circuitos de control.
- Incentivar técnicas para aplicar microcontroladores de manera directa en circuitos de control.
- Controlar una Unidad Lavadora de Aire mediante la red propuesta en el Inmueble de la Administración Sur del SAT
- Controlar una Alarma contra incendio ubicado en el Edificio G de la misma Administración.
- Habilitar sobre la red propuesta un interruptor de pánico por incendio en el Cuarto de máquinas.
- Llevar a cabo pruebas para la supervisión y control mediante una PC en la oficina de Mantenimiento de los dispositivos antes mencionados.

Descripción de la Tesis

En el primer capítulo se abordan los conocimientos teóricos necesarios para la comprensión y tratado de la tesis. Se comienza dando una reseña histórica que incluye la descripción de un microcontrolador y su importancia que tiene en la actualidad, como se sabe existen diferentes clases y tecnologías en los procesadores por lo que se requiere una explicación de las diferencias encontradas entre las diferentes marcas. Se lleva a cabo la descripción de las diferentes partes que forman a un microcontrolador como es la memoria el CPU o los puertos. Por último se da la explicación de las características y partes que forman al PIC12C508 detallando todo aquello que a mi juicio puede motivar al lector para la aplicación de dicho microcontrolador.

En el Capítulo 2 se describen las Unidades lavadoras de aire, extractores, hidroneumático y sistema contra incendio con que cuenta la administración Sur del SAT, Mismos que son candidatos aptos para la Red Propuesta. También se describe la red de voz que puede aprovecharse en el control del equipo.

En el Capítulo 3 se desarrolla la propuesta de la Red dando sus características detalladas y sus ventajas. Debido a que se pretende mantener el enlace con los diferentes elementos de la red, se describen los dispositivos de control (el cual controla el equipo electromecánico a partir de la información de la red), el enlace con una computadora personal (PC) mediante la cual se puede controlar y monitorear los equipos desde cualquier parte de la red, se tiene la descripción de la fuente misma que será la requerida para mantener en condiciones de carga a la batería de la bomba contra incendios Perkins de ella se aprovechara la alimentación a la red con objeto de tener una fuente ininterrumpible de voltaje.

En el capítulo 4 se abordan las pruebas de todo el hardware con el objeto de verificar su comportamiento físico, así como las pruebas de comunicación necesarias para desarrollar la red. En la evaluación técnica calificaré los problemas que enfrente y características que deben corregirse. En la evaluación económica se tiene un balance relativo a los costos económicos del proyecto.

Motivo

La Administración Sur cuenta con 9 edificios en los que se encuentran distribuidos 12 Unidades de Aire Lavado, 9 Extractores tipo Hongo, 7 extractores centrífugos, 2 Bombas contra incendio eléctricas, una bomba contra incendio de diesel, Un equipo hidroneumático de 6 m³ plantas de emergencia de Diesel, 3

Silos con capacidad de 200m³ de agua, planta de tratamiento de aguas negras. Lo anterior obliga a tener personal casi exclusivo para controlar y monitorear el equipo, ya que las distancias entre ellos permite perder horas hombre en el traslado del operador, tiempo que se puede aprovechar para llevar a cabo trabajos de mantenimiento y/o pruebas de operación dadas las condiciones de recortes presupuestales a las que esta sometido los organismos de gobierno.

Durante el estudio de la carrera de Ingeniería mecánica-eléctrica observe la necesidad de incentivar al estudiante para que tenga un interés en el desarrollo de aplicaciones prácticas para los microcontroladores ya que esto presenta una buena opción en la automatización. Me he percatado que la mayoría de las empresas de equipo electrónico que han desarrollado sus circuitos en México no aplican los microcontroladores y se basan principalmente en circuitos discretos, los cuales implican un mayor costo en su producción.

La aplicación de circuitos microcontroladores en la electrónica simplifica el diseño de circuitos electrónicos ya que se hacen más compactos, reduciendo así las posibilidades de falla y simplificando el ensamble de los mismos.

Para esta Tesis decidí aplicar el Circuito Integrado PIC12C508 debido a sus características:

- 1) Es el microcontrolador más pequeño en el mercado a pesar de contar con encapsulado DIP 8
- 2) Cuenta con un puerto de 6 bits el cual puede ser programado como entrada o salida en cada uno de sus bits de manera diferente.
- 3) Cuenta con un oscilador RC lo que permite aprovechar al máximo sus terminales para el puerto de salida.
- 4) Su consumo de energía es inferior a 10 mA y menos de 10 μ A en modo de espera.
- 5) Es económico ya que su costo es inferior a los \$50.00 lo que permite reducir los costos de producción.

Reseña Histórica

Los circuitos de control para el equipo eléctrico de fuerza (aire acondicionado, Unidades lavadoras de aire, sistemas de bombeo contra incendio, sistemas hidroneumáticos, compresores, etc.) tienen su origen en la necesidad de supervisar constantemente las condiciones en que se encuentran operando estos equipos. En un principio los controles tenían un panel de control, en el cual se disponían los elementos necesarios para la operación del equipo como son contactores, protecciones de sobrecorriente para motores, fusibles, indicadores, botones de mando e Interruptores termomagnéticos. En el panel de control del equipo se disponían los elementos necesarios que en la mayoría de los casos operaban bajo el mismo voltaje del equipo, no obstante algunos equipos usaban una alimentación de voltaje reducido para la estación de botones. Con el tiempo fue necesario controlar los equipos desde un solo lugar agregando estaciones de botones remotas.

Los equipos más modernos disponen puertos de comunicación para conectarlos a una estación remota de control pero bajo las condiciones de diseño de cada fabricante, algunos toman como base de comunicación un puerto bajo sus propios criterios de comunicación.

La aplicación de circuitos de control mediante PLC reviste gran importancia en la industria, presentando la ventaja de simplificar la programación, pero implica una dependencia tecnológica del extranjero, así como un costo más elevado para el diseño de circuitos de automatización. Con el desarrollo de los microcontroladores se abrieron nuevas posibilidades para el control de equipo, en la actualidad la mayoría se basa en ellos debido a la gran cantidad de funciones y operaciones que permiten llevar a cabo, los podemos encontrar en casi todos los aparatos a nuestro alrededor (Se encuentran en Televisores, Videos, Controles remotos, teléfonos, teclados, etc.). Este gran desarrollo en las aplicaciones crea una necesidad de conocer y aplicar los mismos bajo tecnología nacional.

Por su simplicidad permiten su aplicación rápida en muchas de las operaciones de control, su limitante es la necesidad de conocer su lenguaje de programación (lenguaje ensamblador) para obtener el máximo rendimiento.

Importancia, Aplicaciones y consideraciones de la Tesis

La industria requiere de reducir costos de producción así como optimizar los recursos disponibles dadas las políticas internacionales que impactan una mayor eficiencia. Es importante la participación de docentes y alumnado para el

desarrollo de aplicaciones prácticas en las diferentes disciplinas, un área en constante cambio es la electrónica, que experimenta un desafío en México y debido al atraso tecnológico que sufre el país crea la necesidad de actualizarse o desarrollar alternativas viables a nuestra economía permitiendo alentar el desarrollo en el diseño de circuitos de control electrónico.

En este trabajo de tesis se analiza una opción para la automatización procurando dar todos los elementos que permitan al lector interesarse en el desarrollo de circuitos electrónicos basados en la aplicación del microcontrolador PIC12C508. Con lo expuesto en la tesis el lector puede introducirse en el estudio de otras familias de microcontroladores y motivarse en el diseño de circuitos.

La presente tesis pretende proponer un modelo de control de equipo electromecánico que pueda ampliarse desde 1 hasta 256 dispositivos. Dada las capacidades del microcontrolador PIC12C508 en lo relativo a su memoria su aplicación para un mayor número de dispositivos no sería recomendable. El equipo bajo control puede ser eléctrico y/o electromecánico que por su ubicación no permita una supervisión directa al mismo tiempo.

El enlace propuesto en la tesis tiene las siguientes características:

- El medio de comunicación es por un par de cables trenzados iguales a los usados para la comunicación de voz.
- La línea de comunicación es bidireccional es decir transmite y recibe información sobre el mismo par de cables.
- La red propuesta tendrá restringida la velocidad de transmisión de acuerdo con las condiciones de la red de voz que será aprovechada.
- La información por cada dispositivo que se pretende controlar será de 8 bits de control y en total 256 dispositivos. En caso de que un dispositivo requiera mas de un Byte de datos para su control o supervisión deberá ocupar el espacio de otro dispositivo, reduciendo el total de dispositivos controlados. Lo anterior para asegurar un control de todos los dispositivos en máximo un segundo.
- Es posible hacer crecer la red de acuerdo a las necesidades sin llevar a cabo grandes cambios a los dispositivos ya instalados.

- Se puede detectar cualquier falla o fuera de servicio de los dispositivos de control, lo que permite corregirlas antes de requerir su operación.

Cabe mencionar que en la tesis no se lleva a cabo la conexión de todo el equipo existente en la administración debido al costo y mano de obra requiriendo el patrocinio de la misma institución. Así como tampoco pretende desarrollar programas de control altamente elaborados para la PC ya que esto implicaría un amplio conocimiento de programación sin embargo proporciona los datos, bases, condiciones y pruebas necesarias para el control y supervisión de otros equipos.

Aunque la presente obra se basa específicamente en el Circuito Integrado PIC12C508 sus aplicaciones pueden desarrollarse con otros microcontroladores aún de otras marcas teniendo en consideración las especificaciones de los mismos.

Para el desarrollo de esta Tesis se usaron diferentes herramientas informáticas como son Programador para microcontroladores (PIC Star Pus y sus manuales) Manuales de dispositivos, MP Lab de Microchips para la simulación de programas a usar en los microcontroladores, Auto CAD 2000.

Capítulo 1 Microcontroladores

En la década de los 80's comenzaron a desarrollarse masivamente circuitos procesadores encaminados a las computadoras personales, como la serie 7808, el desarrollo se llevó a cabo a una velocidad vertiginosa de tal suerte que un procesador era desplazado por uno más potente, dadas sus características los desplazados encontraron una aplicación más práctica. Por su complejidad menor fueron aptos para llevar a cabo funciones sencillas de control.

Pronto surgieron los procesadores modificados para realizar funciones de control en servomecanismos de impresoras, en estos se aplicaron memorias ROM o arreglos lógicos programados para que dicho procesador contara con las instrucciones acordes a su función.

En la década de los 90's se desarrollaron circuitos encaminados al control de secciones mecánicas y electrónicas de casi todos los aparatos electrónicos, en el hogar se aplicaron en los servomecanismos de grabadoras, videograbadoras, en el control de sintonizadores, en el control de imagen y en sintetizadores.

En la actualidad podemos encontrarlos en casi todos los aparatos electrónicos ayudando en la simplificación de circuitos y en el diseño de los mismos.

Concepto

Un microcontrolador es un circuito integrado que agrupa todos los elementos necesarios para ejecutar un conjunto de instrucciones con objeto de controlar mediante sus terminales de salida un dispositivo eléctrico o electrónico. Su parte central es un procesador encargado de ejecutar todas las instrucciones. Gracias a la integración a gran escala se ha reducido considerablemente el tamaño de todos los dispositivos y circuitos digitales para que el microcontrolador sea tan pequeño para integrarlo en el mismo elemento al que controla.

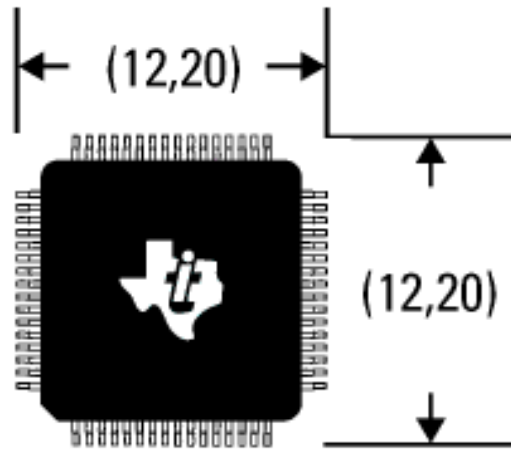


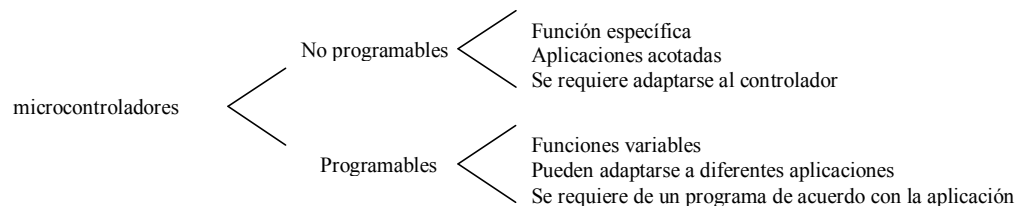
Ilustración 1 Microcontrolador

Al conjunto de instrucciones que ejecuta el microcontrolador se le llama programa, se encuentran codificadas, se almacenan en la memoria interna del microcontrolador y se ejecutan en el orden programado hasta completar la secuencia completa. De lo anterior se deduce que el microcontrolador no se equivoca ya que solo manipula datos, resuelve problemas y toma decisiones bajo el control del programa, por lo tanto si existe una falla el programador es quien comete el error o bien introduce un dato equivocado.

Diferencias entre Microcontroladores

Debido a la gran gama de microcontroladores es necesario distinguir entre ellos, ya que cada fabricante ofrece un variado número de ellos, y al existir tanta variedad las características también son variadas. Podemos elegir el más apto de acuerdo a nuestras necesidades (capacidad, memoria, número de entradas/salidas, velocidad de operación, etc.).

De acuerdo con la memoria



De acuerdo con su arquitectura

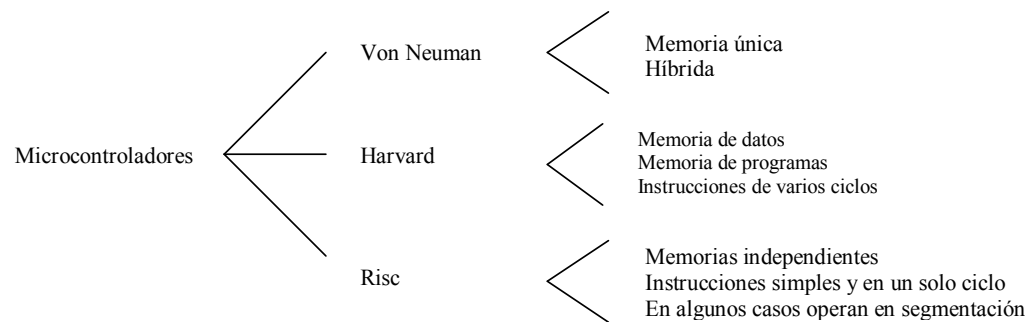


Ilustración 2 Clasificación de microcontroladores

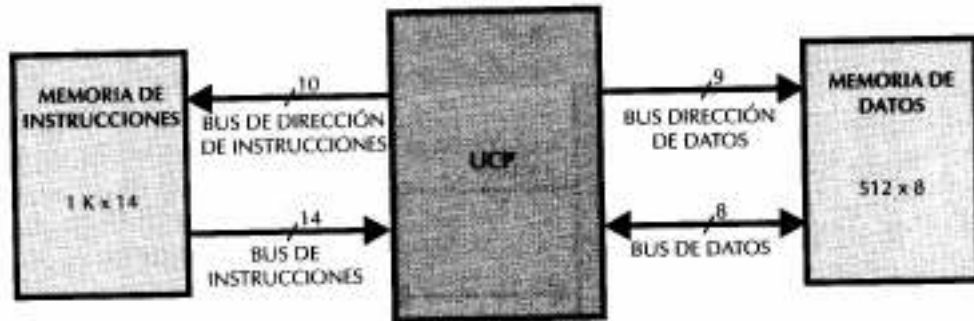
Principalmente existen tres tipos de arquitectura para los microcontroladores: la Von Neuman, la Harvard y la Risc.

En la Von Neuman se dispone una memoria única donde se almacenan los datos y las instrucciones (puede ser híbrida) por lo que solo tiene un bus de direcciones y un bus de datos.

En la arquitectura Harvard son independientes la memoria de instrucciones y la memoria de datos y cada memoria dispone de un bus de datos y un bus de direcciones, permitiendo adecuar el bus al tamaño de las instrucciones y de los datos.

El microcontrolador moderno son de arquitectura Risc (computador de juego de instrucciones reducido) poseen un número reducido de instrucciones simples de manera que la mayor parte de las instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción y algunas instrucciones llevan implícito los valores que servirán en la operación.

Arquitectura Harvard



Arquitectura Von Newman

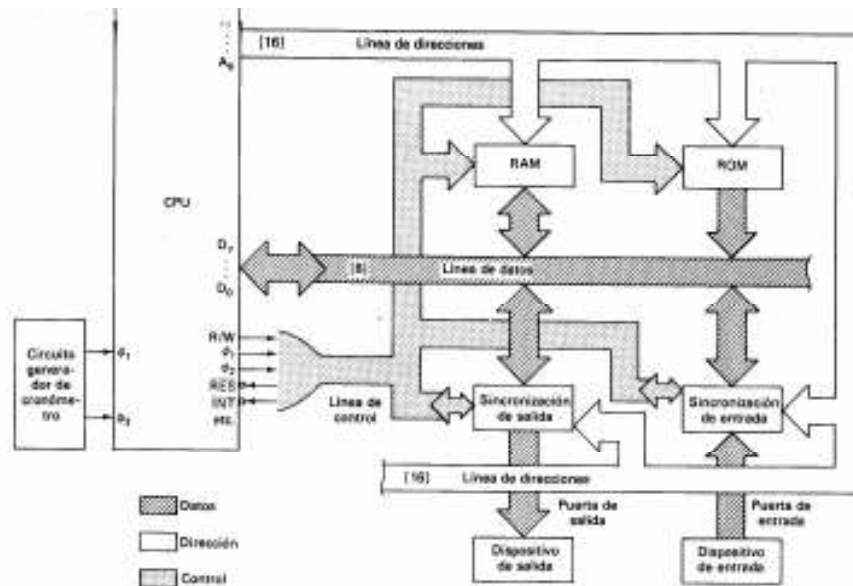


Ilustración 3 Arquitectura Harvard y Von Newman

En algunos microcontroladores podemos encontrar diferencias entre el tamaño de palabra que pueden operar (4, 8 y 16 bits), el más popular y comercial es de 8 bits al cual me referiré por ser del Pic que usaré.

Microcontroladores			
Característica	Texas	Motorola	PIC
ROM (programa)	1K-16K	8K-64K	512K-132K
RAM (Datos)	128-10K	128-14K	25-1K5
Bits (Datos)	8 y 16	8 y 16	8
I/O (Puertos)	14-48	6-91	6-50
Pin (encapsulado)	20-106	8-106	8-68
Observaciones	Reloj externo	Los de menos I/O no tienen ROM	Reloj interno en los de o pines
Arquitectura	Von Neuman	Risc, Von Neuman	Risc Harvard

Tabla 1 Diferencias entre Microcontroladores

El ancho del bus de direcciones depende directamente de la capacidad del CPU para operar la cantidad de memoria o dispositivos de acceso.

Descripción

Un microcontrolador independientemente de la marca debe contener básicamente una unidad de proceso, la unidad de memoria, la unidad de entrada y salida. Se puede observar que el CPU recibe información de la memoria o de la unidad de salida y a su vez también es capaz de enviar información a cualquiera de las dos partes.

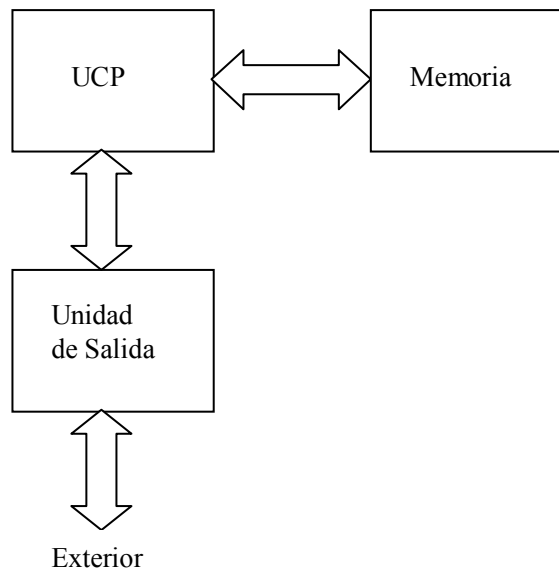


Ilustración 4 Microcontrolador básico

Unidad de Proceso

Está integrada por tres partes principales: la unidad aritmética (ALU), la unidad de control y los circuitos generadores de cronómetros.

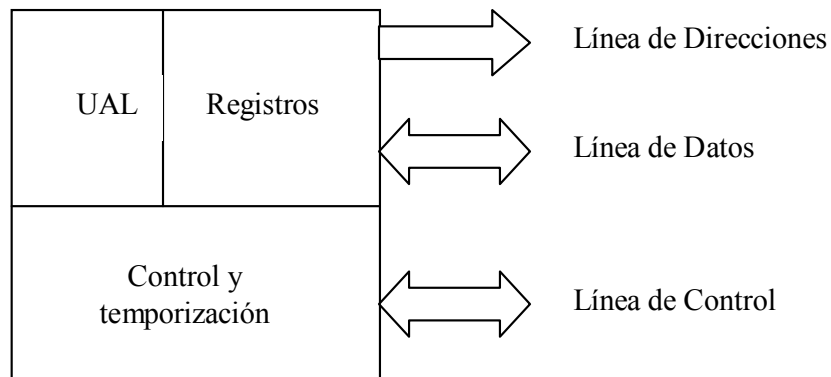
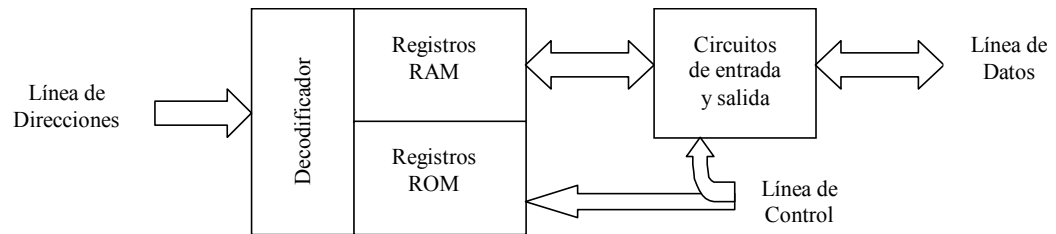


Ilustración 5 Áreas funcionales del CPU

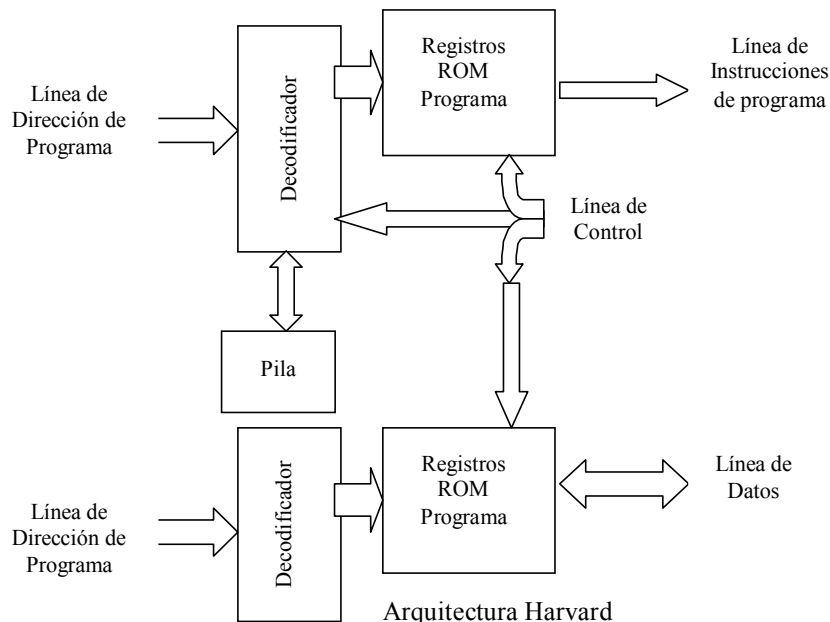
La ALU es el área donde se llevan a cabo las operaciones aritméticas y lógicas con los datos, el tipo de operación que se llevará a cabo le es comunicado por la unidad de control, quien descifra el código de operación y da la instrucción a las diferentes partes del microcontrolador. Los circuitos generadores de cronómetro se encargan de proporcionar las señales de sincronización y temporización para que las instrucciones se ejecuten en orden y tiempo programado. En esta unidad se encuentra el reloj, Timers y en algunos casos el Perro Guardián.

La unidad de memoria

Es el área donde se almacena la información tanto del programa a ejecutar como los datos requeridos por la unidad de proceso. La memoria puede almacenar solo grupos de bits (valores "0" o "1" lógicos) que de acuerdo con el orden y ubicación representan datos o instrucciones que realizará la unidad de proceso.



Arquitectura Von Newman



Arquitectura Harvard

Ilustración 6 Unidad de Memoria

La unidad de memoria se divide en dos secciones: Una sección para el programa, se distingue por ser la más grande ya que de ella dependerá la longitud del programa y por tanto la función que desempeñará el microcontrolador, por lo general esta memoria debe ser permanente para lograr cierta autonomía, puede ser del tipo ROM, ROM de máscara, EPROM, OPT, y PLA. La otra sección es la orientada a almacenar los datos con que opera el programa (valores de entrada, salida, valores de comparación o datos requeridos), todos estos datos se caracterizan por ser variables por lo que requiere que la memoria se pueda escribir continuamente y con un tiempo pequeño de acceso, por lo regular se tiene una memoria RAM estática para esta sección, pero algunos microcontroladores cuentan además con una pequeña cantidad de memoria EEPROM con objeto de almacenar datos indispensables que puedan afectar la operación del microcontrolador en caso de falla de energía eléctrica.

Unidad de entrada/salida

Es la formada por todos los dispositivos necesarios para que el microcontrolador se comunique al exterior, se divide en puertos formados por grupos de bits los cuales pueden ser programados como entradas o salidas. Los datos ingresados mediante los puertos se pueden direccionar a la unidad de control ó a la unidad de memoria, a su vez los datos que se enviarán a los puertos pueden ser tomados de la unidad de control o la unidad de memoria. La unidad de control se encarga de direccionar y controlar el flujo de la información.

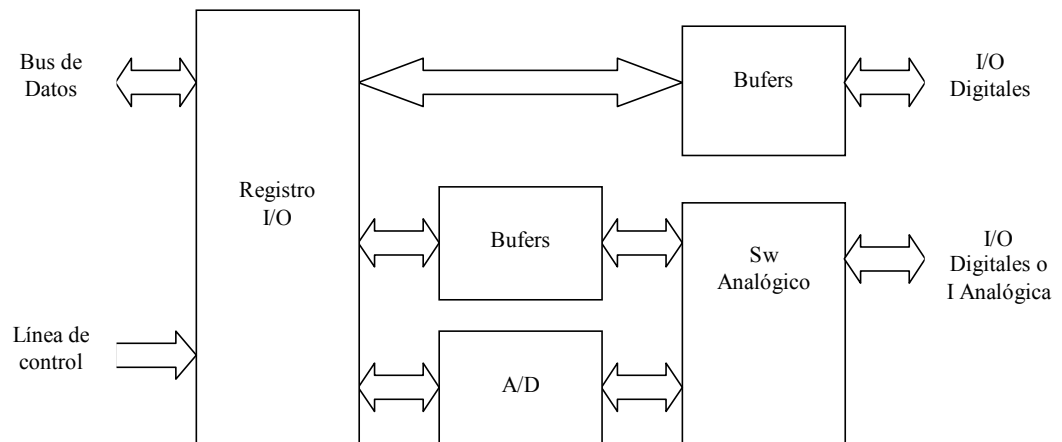


Ilustración 7 Diagrama de la Unidad de Entrada y Salida

La capacidad de los puertos depende directamente de las características técnicas de cada microcontrolador. La capacidad de los dispositivos a los que controlará el microcontrolador deberá tener un elemento acoplador en virtud de los valores bajos de corriente que opera el mismo.

La manipulación de cada bit en el puerto puede ser individual o por grupo (Byte) y dependerá de los códigos y operaciones disponibles para el microcontrolador en cuestión.

Operación básica

Para entender como un microcontrolador ejecuta el programa introducido es necesario mostrar el diagrama de su arquitectura y después analizar paso a paso el proceso que sigue el microcontrolador para ejecutarlo

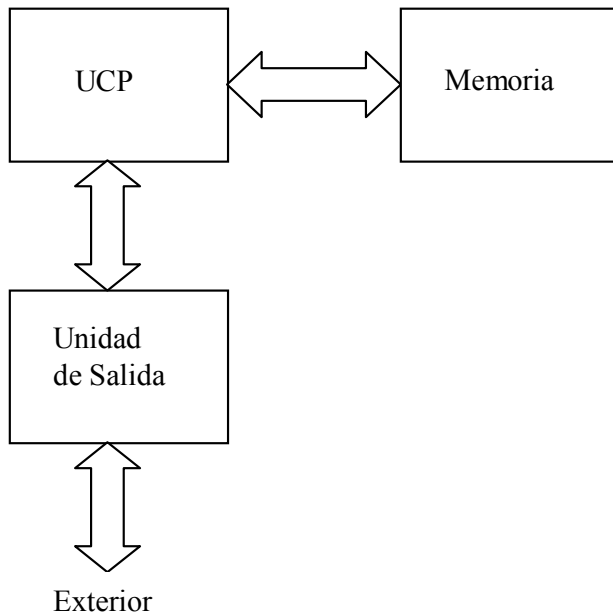


Ilustración 8 Diagrama a bloques de un Microcontrolador

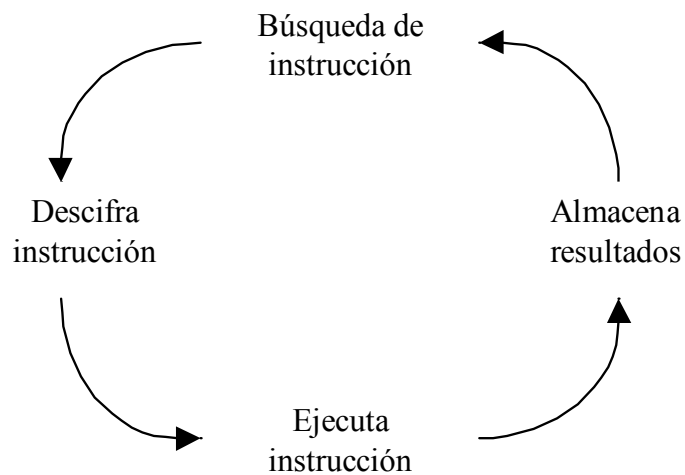


Ilustración 9 Ciclo del proceso de instrucciones

Como se puede observar es un ciclo, es decir el procesador solo lleva este ciclo de instrucción. Comienza con la búsqueda de una instrucción, para esto el

procesador cuenta con un registro especial llamado contador de programa el cual se va incrementando al termino de cada ciclo, de esta manera el ciclo se repite para cada instrucción. Después de localizar la instrucción a realizar la almacena en un registro de instrucción sobre el cual la descifra y define cual función realizará. El siguiente paso es ejecutar la instrucción, para ello el CPU se vale de la ALU (Unidad Aritmética Lógica) para que finalmente se almacenen los resultados en un registro de trabajo o bien en la memoria RAM.

Es necesaria hacer notar que una instrucción no necesariamente es de un byte (8 bits) ya que la longitud de la instrucción puede contener otros datos indispensables para su ejecución como es el valor de un operador, ubicación del operador u ubicación donde se alojará el resultado de la operación.

No. de bit's de la línea de direcciones	No. Máx. de localidades de memoria
N	=2n
2	4
4	16
8	256
16	65,536
32	4294 millones

Tabla 2 Relación ancho de direcciones y máxima capacidad de memoria

De lo anterior se deduce que no será lo mismo ejecutar una instrucción en un procesador con Arquitectura Von Newman, Harvard o Risc. Como se observa en la figura, en una arquitectura Von Newman solo se cuenta con una línea de direcciones para la memoria y una línea de datos.

No. De bit's	Variables	Aplicaciones
4	16	Solo aplicado para operaciones numéricas decimales
8	256	Se aplica para operaciones numéricas y alfabéticas, cuando se utiliza para direcciones solo permite direccionar 256 localidades de memoria
16	65,000	Muy buen o para operar con datos alfanuméricos y direcciones de operaciones
32		Excelente para operar con procesadores duales o que puedan realizar dos operaciones a la vez, ya que puede contener varios datos o direcciones

Tabla 3 Aplicaciones del Microcontrolador de acuerdo al ancho de la línea de datos

El ancho de la línea de direcciones dará el número máximo de localidades de memoria, en la siguiente tabla se ilustra la cantidad máxima de memoria para un determinado ancho de la línea de direcciones.

Ahora bien cuando se ejecuta una instrucción que requiere la ubicación de una localidad de memoria se precisa de un valor para la línea de direcciones.

Otro punto importante es el ancho de la línea de datos. En la siguiente tabla se ilustran los diferentes anchos de la línea de datos y las diferentes variables que pueden almacenar.

La tabla anterior no implica que un procesador con ancho de línea de datos de 8 bits no pueda direccionar una memoria superior a 256 bytes, mas bien requerirá dos o más bytes para acceder a una memoria de mayor capacidad, esto obliga a tener un ciclo más largo al buscar la instrucción.

A continuación se muestra el diagrama a bloques de un microcontrolador con arquitectura Von Newman así como el diagrama de flujo del ciclo para la ejecución de una instrucción en el caso de un microcontrolador de 8 bits, que es el más común para aplicaciones de control.

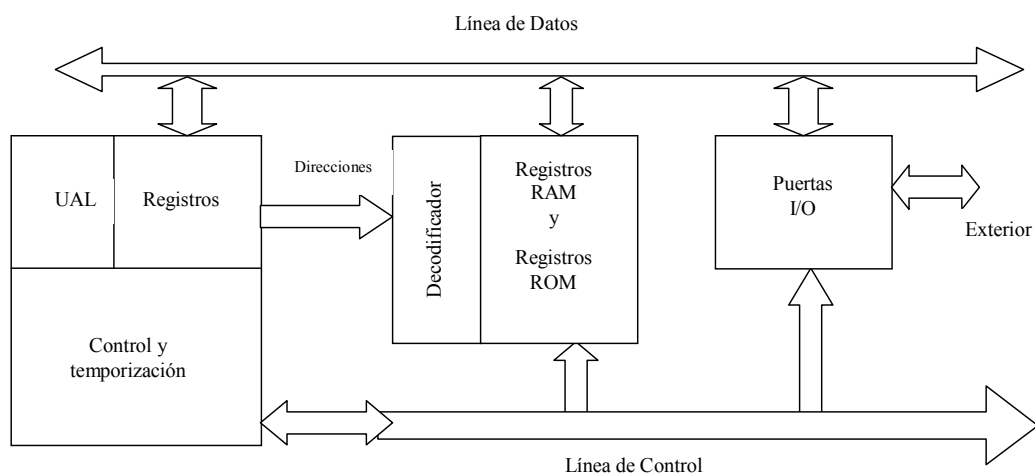


Ilustración 10 Microprocesador con arquitectura Von Newman

Como se puede observar en varias instrucciones se requiere de varios ciclos de búsqueda de datos en memoria y esto repercute en el tiempo de ejecución de la instrucción.

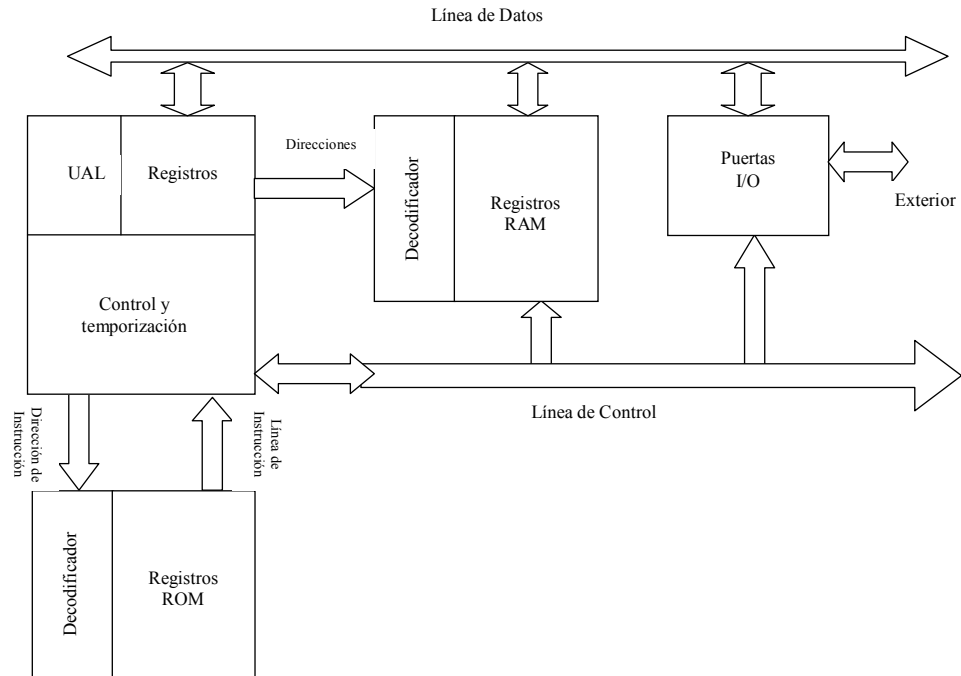
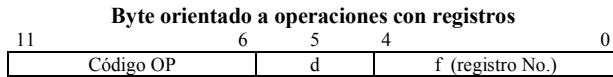


Ilustración 11 Microprocesador con arquitectura Harvard

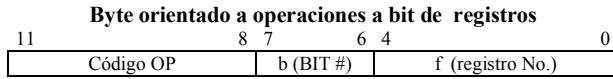
Para el caso de la arquitectura Harvard se requiere un ciclo más corto si consideramos que la búsqueda de la instrucción y operadores puede llevarse a cabo en las diferentes memorias, en la ilustración 11 se muestra el proceso:

Como se observa en esta arquitectura se reduce el ciclo de ejecución ya que puede estar leyendo la instrucción a la vez que tiene la posibilidad de leer o escribir los datos en la memoria RAM.

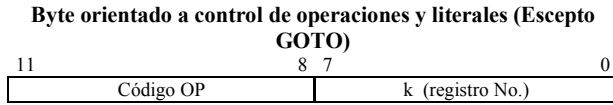
La diferencia a los casos anteriores con la arquitectura Risc se manejan un grupo de instrucciones básicas, es decir solo las necesarias así mismo al obtener el CPU la instrucción también contiene implícito el valor de un operador o la ubicación del mismo o la ubicación donde se localizara el resultado. Esto se debe a que la línea de instrucciones es de mas de 8 bits, en ocasiones 16 o 32 bits, con ello puede direccionar a la memoria de datos y contener datos para la operación que el CPU realizará. Lógicamente el ciclo de ejecución se reduce y en la mayoría de las instrucciones de las instrucciones se lleva a cabo en un ciclo dentro del CPU.



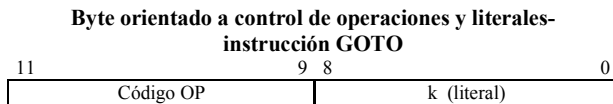
d = 0 para destino W
d = 1 para destino f
f = 5 bit de dirección del No. De Registro



b = 3 bit BIT direccionado
f = 5 bit de dirección del No. De Registro



k = 8 bit valor inmediato



k = 8 bit valor inmediato

Ilustración 12 Códigos de Operación Risc

Esta arquitectura provoca también efectos negativos para funciones complejas o no consideradas en el juego de instrucciones y por tanto se requieren otros ciclos para ejecutarlos, por ello esta arquitectura es optima para procesadores que realizan operaciones sencillas y de control.

Habiendo considerado esto podemos ver que esta arquitectura es compatible con las anteriores.

Arquitectura PIC

En la siguiente figura se observa el diagrama a bloques simplificado de la arquitectura PIC. Se distinguen los tres bloques principales (CPU, memoria y puertos de salida).

El PIC cuenta con una arquitectura Risc, posee dos memorias independientes cada una de ellas con su propia línea de direcciones y un conjunto reducido de códigos de operación. Esto permite tener un ancho mayor en la línea de instrucciones, en los PIC se tiene de 12 a 16 bits.

La memoria de datos es un banco de memoria RAM dividido en páginas la cual se direcciona por medio de un registro especial.

Procesador

En la ilustración 13 se tiene el diagrama básico de la estructura de un microcontrolador PIC. En el se puede observar que el Procesador cuenta con un registro especial llamado contador de Programa, su longitud de salida binaria debe tener la capacidad de manipular la totalidad de la memoria del programa y puede tener de 9 a 14 bits de salida (para 512 instrucciones requerirá 9 bits mientras que para 16,384 instrucciones requerirá 14 bits). Este contador se incrementa en uno cada vez que se ejecuta una instrucción.

Los ocho bits de menos peso de este contador pertenecen a un registro especial en la memoria llamado PCL, con el objeto de poder ejecutar las instrucciones de salto del programa. En los PIC mayores existe otro registro llamado PCLATCH donde se enclavan los otros bits e indican la pagina de la memoria donde se encuentra.

Las instrucciones de salto solo pueden llevarse a cabo dentro de una misma página es decir en un ancho de 256 (es el ancho de cada página), cuando se ejecutan instrucciones para modificar el PC, sin embargo la instrucción de salto GOTO puede aplicarse para saltos mayores.

El contador PC cuenta con registros de pila, memoria de estructura LIFO en la cual el último dato guardado es el primero que sale, pueden ser de 2 a 8 registros dependiendo del PIC.

El registro de instrucciones se encarga de memorizar la instrucción que se encuentra en proceso, se decodifica y se aprovecha la instrucción para direccionar memoria RAM o para introducir un dato a la ALU.

El registro FSR permite almacenar una dirección de memoria RAM por medio de la línea de datos.

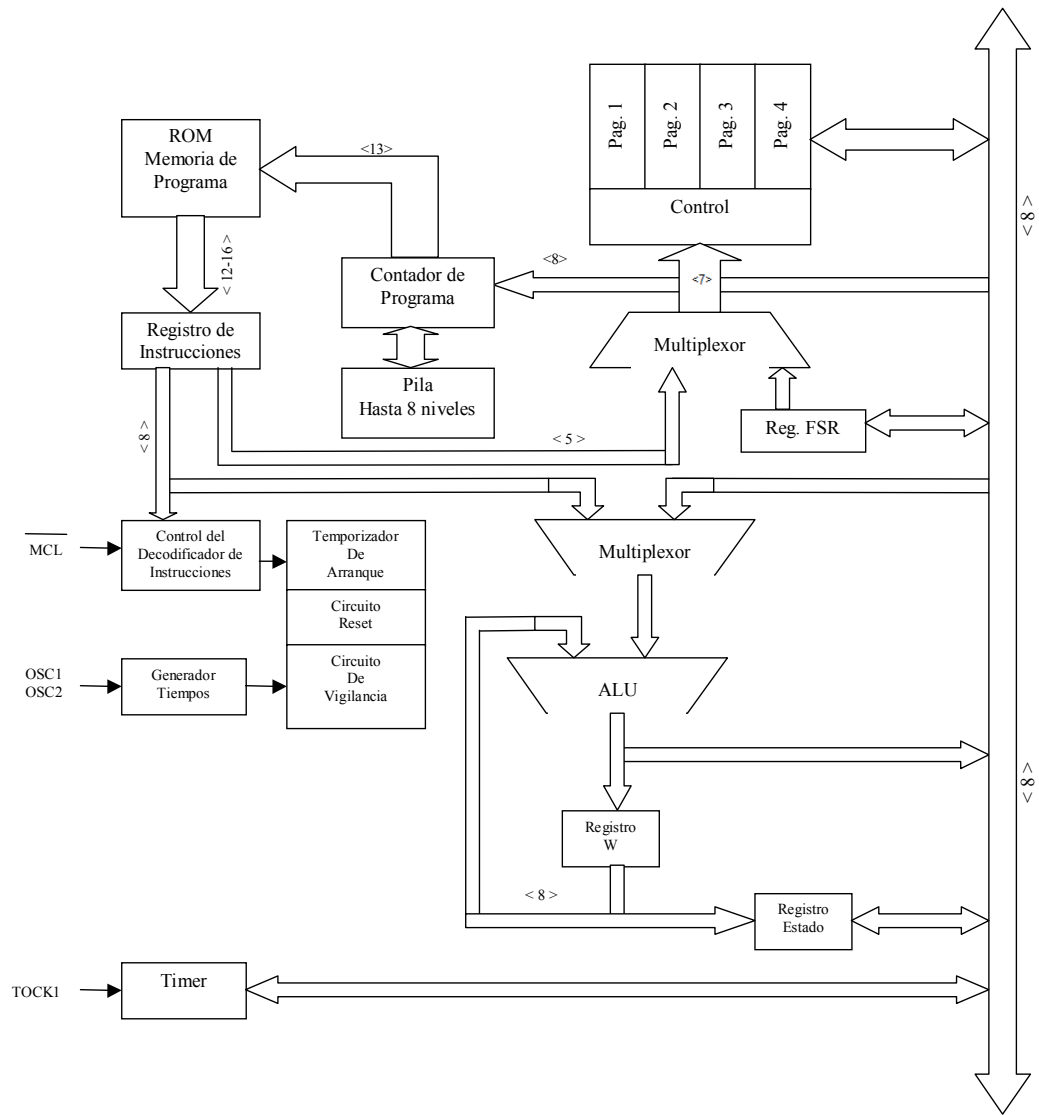


Ilustración 13 Diagrama a bloques del Microcontrolador PIC

La ALU puede llevar a cabo operaciones con datos en la línea de datos con 8 bit's de la línea de instrucciones o con los datos contenidos en el registro de trabajo W.

El registro de estado permite conocer las condiciones en las que termino la operación de la ALU como es el acarreo, indicación de resultado en “0”, ejecución de sleep, indicación de perro guardián.

Los registros de TIMER son contadores de tiempo (ciclos) que pueden ser usados para temporizadores, son incrementados por el oscilador y generador de tiempo o por una señal externa del microcontrolador.

El oscilador interno posee un registro especial para el ajuste de su frecuencia, llamado OSCCAL.

Memoria de Programa

La familia PIC dispone de una memoria de programa en cualquiera de las siguientes 5 formas:

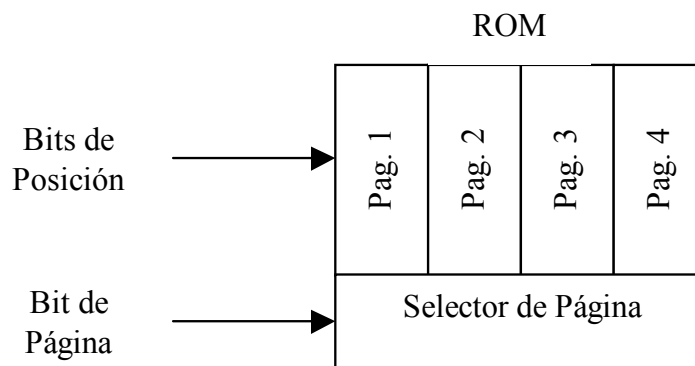


Ilustración 14 Memoria de programa

ROM de mascara.- Esta memoria es programada desde la fábrica bajo pedidos especiales. Su costo es alto cuando el volumen de producción es pequeño. No se puede borrar o modificar.

EPROM.- Se lleva a cabo la programación mediante un grabador, el cual se conecta con una computadora para transferir la información del programa. El borrado se lleva a cabo por medio de luz ultravioleta sobre la ventanilla del chip.

OPT.- Esta memoria se programa una sola vez por el usuario y se programa de igual forma que la EPROM. La mayoría de los PIC de menor costo poseen esta memoria.

EEPROM.- Esta memoria es útil para proyectos donde se requiere realizar pruebas con el prototipo, se programa y se borra eléctricamente mediante el grabador. En los PIC se denota el uso de la memoria EEPROM y OPT mediante las siglas “c” intermedia (PICxxCxxx).

FLASH.- Esta memoria es similar a la EEPROM, la diferencia estriba en ser más económica, no puede ser borrada en solo algunas localidades aisladas, solo en bloques. Poco a poco se vuelve popular para el uso en prototipos, o para uso en productos que se someten desgaste durante su vida o donde se requiere hacer ajustes en su programa.

La memoria del programa en los PIC independientemente del tipo que sea se encuentra dividida en páginas de 256 posiciones, esto significa que si la memoria es de 512 palabras tendrá dos páginas, es importante saber esto ya que las instrucciones de salto CALL pueden realizarse solo dentro de una página, es decir el rango de 256 posiciones, solo la instrucción de GOTO puede saltar entre paginas, para este efecto los bit's necesarios para direccionar son almacenados en un registro llamado PCL en la memoria RAM, el cual contiene los 8 bit's de menos peso del contador de programa, mientras que los bits restantes están en el registro STATUS para los PIC de menos de 1024 palabras de instrucción y para el resto en el registro PCLATH de la RAM.

Hay 3 direcciones de la memoria ROM o de programa importantes durante la programación del PIC:

- La palabra de configuración.- Proporciona la posibilidad de proteger el código (programa) de la lectura, activa el temporizador de encendido, activa el perro guardián y selecciona el tipo de oscilador que se usará.
- Palabra de identificación.- Proporciona un espacio para la identificación personal o de serie del programa que se escribirá.
- OSCCAL.- Un registro del cual se dispone un valor para el ajuste de la frecuencia del oscilador RC interno, cuando se dispone y se decide usarlo.

Memoria de datos

La memoria de datos es del tipo RAM. Es esencial para almacenar los datos que opera el programa, por lo cual es de lectura y escritura, es volátil ya que los datos se mantienen mientras esta alimentada.

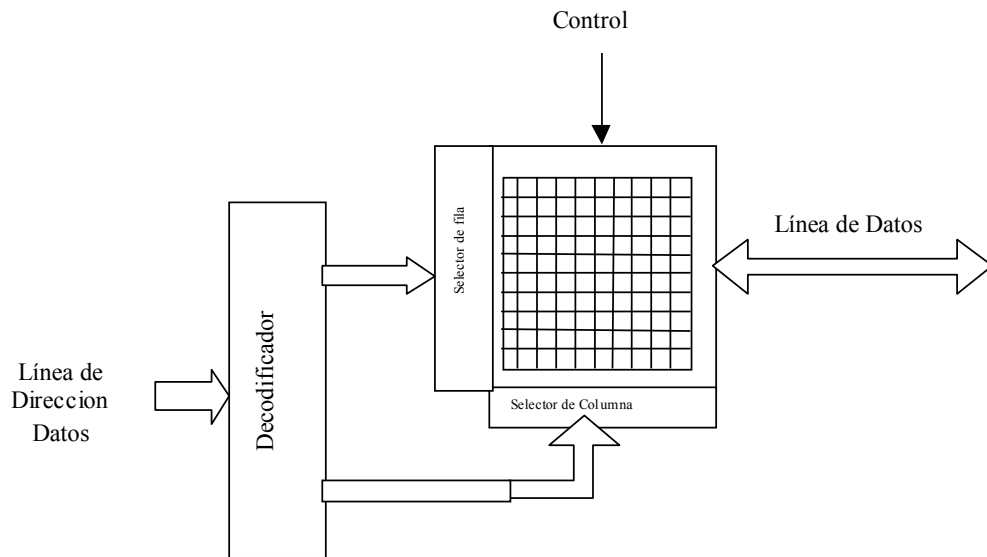


Ilustración 15 Memoria de Datos

Como se observa en la figura anterior la memoria RAM consta de varios registros los cuales almacenan una palabra. Para los PIC's de 8 bit's su capacidad esta entre 25 y 902 palabras de acuerdo al seleccionado.

Con esta cantidad de datos se requieren de 5 hasta 10 bit's en la línea de direcciones con objeto de seleccionar cada celda.

Por la línea de datos se tiene la entrada y salida de datos, es por medio de la línea de control por la cual se selecciona cual es la operación a realizar. Cuando se realiza una operación de escritura, la señal en la línea de control activa los circuitos para que el valor en la línea de datos pase a ocupar el registro seleccionado en la línea de direcciones.

Este tipo de memoria se usa para casi todas las operaciones que el procesador lleva a cabo ya que tiene buena velocidad de lectura y escritura.

La memoria RAM en el PIC se encuentra dividida en páginas de 128 palabras por página. Para los PIC's de la gama baja y media tenemos de 2 a 4 páginas.

La selección de los datos se lleva a cabo por 8 bits del registro de instrucción y 2 bits en el registro de estado (RP0 y RP1), en los de la gama baja se ignora el de mas peso.

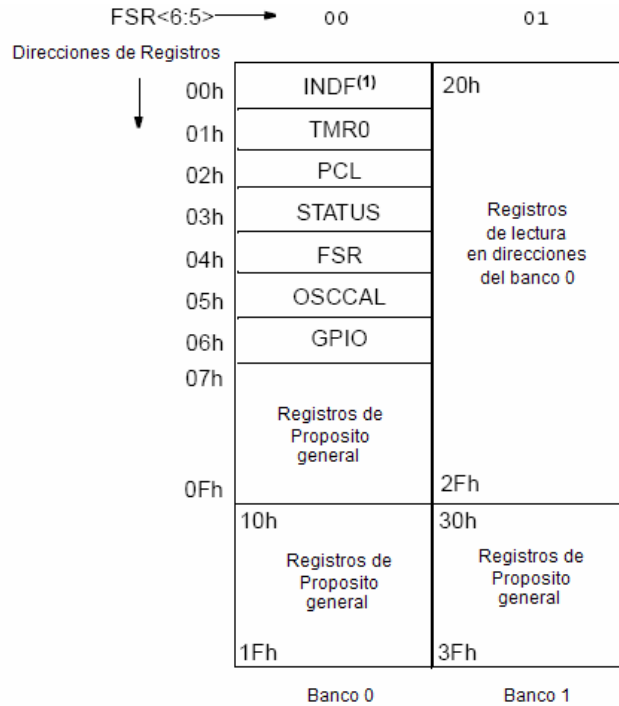


Ilustración 16 Distribución de la memoria de datos

En cuanto al tipo de datos almacenados existen dos grupos en la memoria: Los registros de propósito específico (SFR) quienes pueden ser leídos desde cualquier pagina de la memoria ya que su información concierne a la operación interna del procesador, por ello se puede acceder desde cualquier punto del programa (estado, contador de programa, etc.) y los de propósito general (GPR) los cuales almacenan resultados de datos y operaciones realizadas por el programa.

En la figura anterior se muestra un mapa de memoria de un PIC de la gama media (PIC16F84) con objeto de ilustrar esta duplicidad en la memoria para los registros SFR.

Debido a la importancia que tienen los datos contenidos en los registros FSR de la memoria RAM, a continuación se da una tabla de la función específica de estos registros.

TRM0	Contador TIMER
OPTION	Controlar TRM0 y divisor de frecuencia
PCL	6 bit's de menos peso del contador de Programa
ESTADO	Incidencias ALU, Reset, banco de acceso a la RAM
FSR	Direccionamiento indirecto de la RAM
PUERTA A	Datos de entrada/salida puerta A
TRIS A	Configuración puerta A
PUERTA B	Datos de entrada/salida puerta B
TRIS B	Configuración puerta B
EEDATA	Datos que se escriben o leen de la EEPROM
EECON1	Control de operaciones de la EEPROM
EEADR	Dirección a acceder de la EEPROM
EECON	Control del proceso de la EEPROM, no se puede leer
PCLATH	Registro para direccionamiento de la memoria ROM
INTCON	Señalizador y permisos de interrupción

Tabla 4 Registros de proposito especifico SFR

Algunos de los PIC's como la serie PIC16Fxx poseen un banco de memoria adicional del tipo EEPROM con el objeto de guardar datos o resultados de las operaciones del microcontrolador que puedan ser esenciales para la operación del mismo, y de esta manera no se pierdan por una eventual falla en el suministro de la alimentación del PIC. El proceso de lectura y escritura se ilustra a continuación:

Lectura		Escritura	
Direcciona la posición a leer	EEADR	Direcciona la posición a escribir	EEADR
Permiso para leer	EECON1	Coloca el valor a escribir	EEDATA
Se lee el dato	EEDATA	Se solicita permiso de escritura	EECON1
		Se dan las contraseñas para escritura (55h y Aah)	EECON2
		Se activa la escritura	EEDATA

Tabla 5 Proceso de escritura en la Memoria EEPROM

Puertos de comunicación

La familia de los PIC's posee una o varias puertas de comunicación como las que se detallan a continuación y dependiendo del modelo tratado.

Puerto Serial.- Es un puerto de salida/entrada compatible con el RS232, el cual puede emplearse para la comunicación con una PC, en virtud de que hay una

norma para implementar este tipo de puerto en la PC, su característica principal es tener una entrada, una salida y la referencia de tierra. La transmisión es asincrónica. Los bit's de los datos se transmiten uno a uno bajo un tiempo específico.

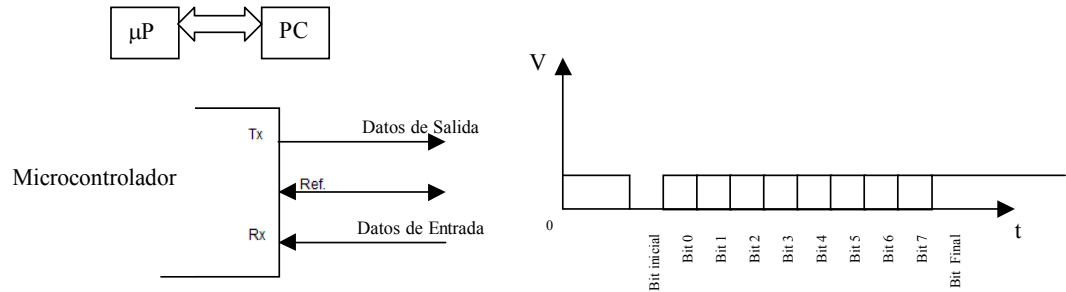


Ilustración 17 Puerto Serial

En la figura anterior se tiene un diagrama eléctrico y de tiempo para este tipo de puerto, se observa que existe un bit inicial con el objeto de indicar el inicio de la transmisión ("0"), así como un bit de parada (estado "1") e indica que ya se terminó de transmitir un byte (es decir 8 bit's).

Puerto I²C.- Este puerto muy característico en microcontroladores dedicados al control en aparatos donde interactúan varios microcontroladores como las videograbadoras, equipos de sonido, etc.

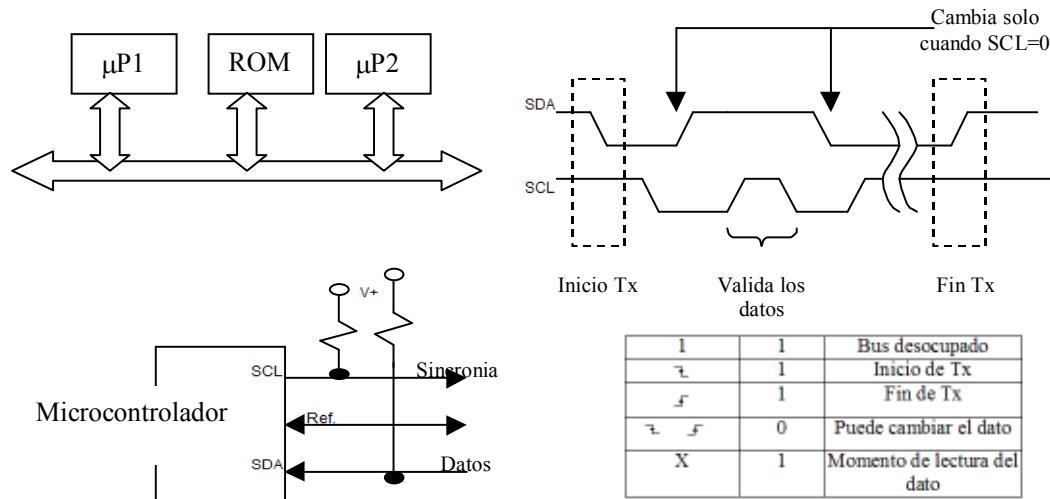


Ilustración 18 Puerto I2C

Consta de dos líneas de comunicación bidireccional (SDA y SCL), las cuales en su exterior se polarizan a V+ mediante una resistencia.

La línea SCL o señal de Reloj proporciona o valida el momento en que pueden leerse los datos, mientras que la línea SDA es donde viajan los datos en forma serial.

Para iniciar la transmisión deben estar en espera las dos líneas (SDA y SCL=0), de esta manera se garantiza la dirección en la transmisión. En la siguiente figura se muestran las condiciones de inicio y parada de la transmisión.

Puerto USB.- Es un puerto de comunicación serial de transmisión isocrónica, esto se lleva a cabo adicionando entre los grupos de bits de datos una serie de pulsos de periodo regular con los cuales se sincroniza los relojes del anfitrión y del servicio. Los datos transmitidos se envían bajo el esquema NRZI (no retorno a cero invertido) con bits de relleno para indicar el relleno para indicar el inicio, paro y final de la transmisión.

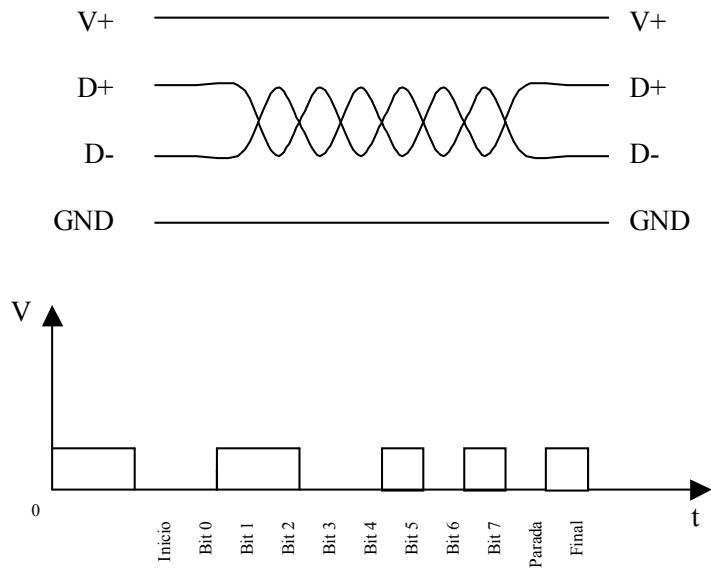


Ilustración 19 Puerto USB

La información se envía mediante un par de alambres trenzados con señales diferenciales (para un "0" D(+) mayor de 0.2v que D(-) y para un "1" D(-) mayor de 0.2v que D(+)).

En la figura podemos observar la conexión eléctrica y el diagrama de tiempos. Se observa que primero se transmite el bit de menos peso.

Para la transmisión se aplica un protocolo de comunicación, es decir se envían o se reciben grupos de información (a los cuales se anteponen unos bytes para indicar el origen y el destino de la información. De igual forma el destinatario se obliga a enviar información indicando la condición en que se recibió la información. Este puerto es muy usado en condiciones en que se requiere enviar grandes cantidades de información en tiempo real como es el vídeo o audio pero con el limitante de la distancia máxima de transmisión (para 12 MBps solo 3 mtrs.).

Puerto paralelo.- Este puerto es el más común y usado por los microcontroladores ya que permite controlar un dispositivo por cada bit de manera independiente. Se encuentran agrupados en máximo 8 bit's, tienen un máximo de corriente entre 25 y 40mAmp. Y pueden ser usados como entrada o salida. A continuación se muestra el diagrama característico de un microcontrolador PIC.

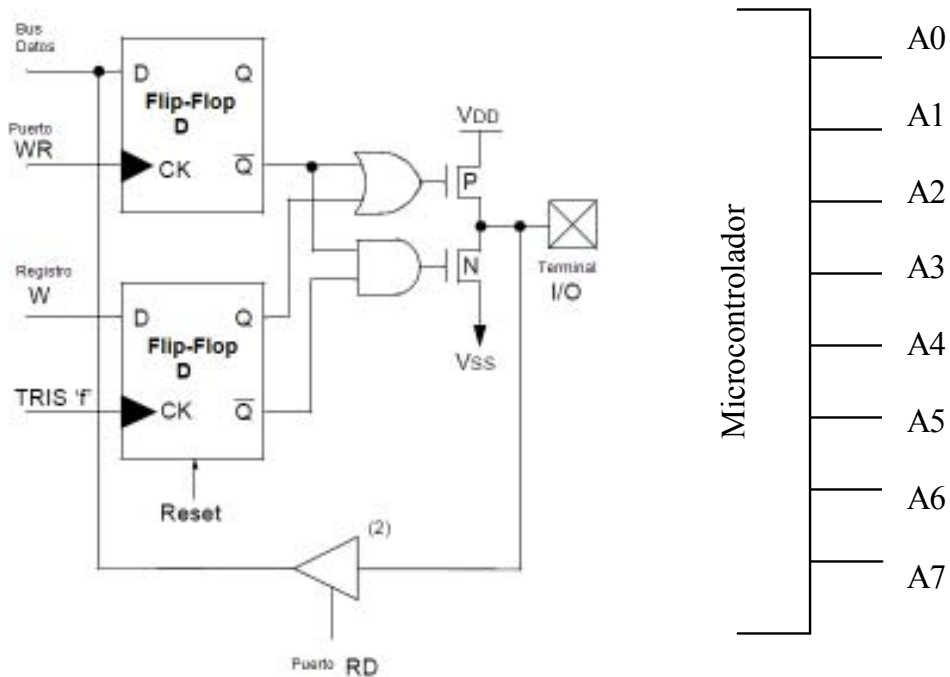


Ilustración 20 Puerto paralelo

Se puede observar que cada salida posee un registro (DATA LATH) para memorizar el valor del dato de salida y un registro (TRIS LATCH) encargado de la configuración de la puerta (entrada/salida). Cada bit (I/O) se encuentra protegido con diodos a V+ y V(-).

Puerto analógico.- Algunos PIC poseen este tipo de puerto, se reserva para manipular entradas de voltaje analógico con valores entre Vss y Vdd. El PIC en su interior contendrá un convertidor analógico de 8 bits, a continuación se ilustra un convertidor A/D típico.

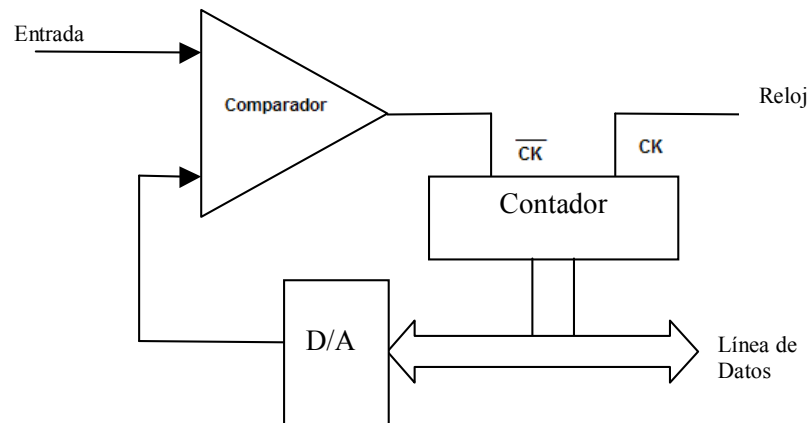


Ilustración 21 Convertidor A/D

Recursos auxiliares

En los PIC se dispone de uno o varios circuitos adicionales que permiten facilitar algunas tareas, entre estos se encuentran los circuitos generadores de reloj, contadores de ciclos y circuitos para bajo consumo de corriente cuando se encuentra en espera.

RELOJ

El oscilador, también llamado reloj del sistema, es un biestable, es decir la salida solo estará dada por dos únicos valores de voltaje (cero o V+) al cual se le puede fijar internamente o externamente la frecuencia de operación. Se encarga de generar un tren de pulsos que sirven de guía para realizar una operación por cada pulso, si el oscilador se detiene también se detendrá la ejecución de cualquier programa o instrucción que el procesador se encuentre ejecutando. De él depende la velocidad, cantidad y calidad de las operaciones que el procesador realiza, puede decirse que es el corazón del microprocesador. Principalmente

existen tres formas de fijar la frecuencia del oscilador, por medio de un circuito RC (Resistivo capacitivo), un circuito sintonizado LC (Inductancia capacitancia) y por medio de un cristal cerámico o de cuarzo.

Los PIC poseen un circuito generador de tiempos el cual proporciona las señales necesarias para que el CPU ejecute todas las instrucciones, en algunos modelos hasta cuenta con un oscilador completo integrado en el mismo chip, en este caso no requiere de conexión externa, obviamente en este último caso la frecuencia no tiene la precisión de un cristal, pero permite llevar a cabo la calibración por programa para un ajuste más preciso.

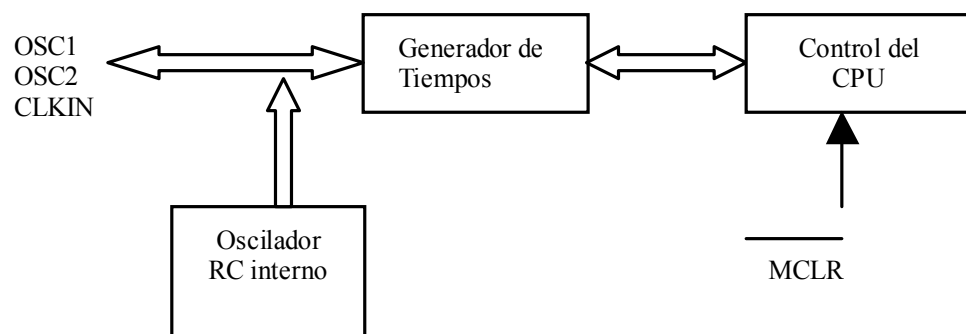


Ilustración 22 Reloj

En la figura anterior observamos que existen tres señales externas en un PIC; OSC1, OSC2 y CLKIN.

Durante el inicio del programa se llevan a cabo los ajustes para seleccionar las entradas y el tiempo de oscilador que el microcontrolador usará. Las cuatro posibilidades son: Oscilador RC externo, Oscilador RC interno, Oscilador de circuito resonante y Oscilador externo,

Oscilador RC externo

El oscilador RC genera una rampa al cargar y/o descargar el capacitor que lo forma, dicha rampa al ser amplificada y saturada da forma a la señal cuadrada de salida.

Este circuito presenta una frecuencia de salida poco estable, se debe a que los valores tanto de la resistencia como del capacitor pueden variar de acuerdo con la temperatura, humedad y materiales con los cuales se fabrican, mas sin

embargo la sencillez como la economía lo hace apto para aplicaciones donde la estabilidad de la frecuencia no perjudica la operación que ejecuta.

Como cualquier otro oscilador disponible para un PIC se requiere la programación mediante la palabra de configuración con los bit's FOSC1 y FOSC2.

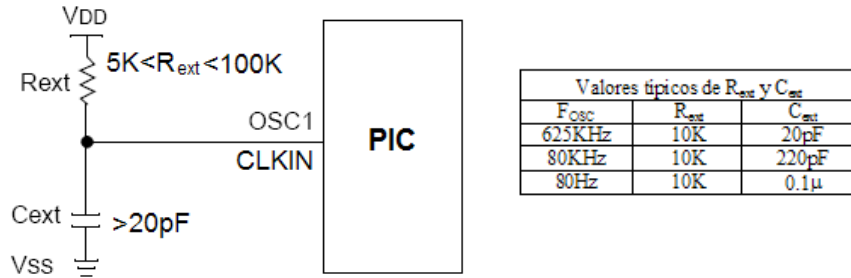


Ilustración 23 Oscilador RC

$$F[KHz] = \frac{R_x[K\Omega]}{C_x[\mu F]}$$

Ecuación 1 Frecuencia en un oscilador RC

En la figura se tiene el circuito típico de un oscilador RC y la ecuación para obtener la frecuencia aproximada de oscilación de acuerdo con el manual Microchips, consta de una resistencia cuyo valor puede ajustarse para variar la frecuencia entre los valores de 5KΩ y 100KΩ para mantener la oscilación, se tiene que tener en cuenta que cercano a estos valores puede ser inestable o bien detenerse completamente. El capacitor externo debe ser superior a 20pF para garantizar la estabilidad, la formula mostrada en la figura puede dar una idea de la frecuencia del oscilador pero en este tipo de circuitos existen varios factores que afectan la frecuencia como son: El voltaje de alimentación (3.5 a 5.5v), temperatura de operación (ambiental y generada por el circuito), capacitancia agregada por las conexiones eléctricas de Rx y Cx, Capacitancia interna de OSC1 (de 15 a 50pF), precisión de Cx y Rx y la humedad ambiental.

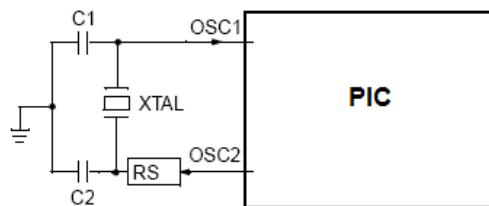
La tabla de frecuencias aproximadas se obtiene de la gráfica de las características eléctricas de cada dispositivo en el manual respectivo del PIC.

Oscilador RC interno

Algunos dispositivos cuentan con los componentes resistivos y capacitivos internamente, de este modo se eliminan las conexiones externas requeridas para habilitar un oscilador RC. Con esta opción el oscilador interno trabajará a una frecuencia de 4 MHz, es necesario cuando se requiere usar todas las terminales del circuito integrado para otras aplicaciones, cuenta con un registro en la memoria RAM de datos llamada OSCALL en la cual se puede calibrar la frecuencia entre 3.5MHz y 4.25MHz, al igual que en el caso anterior la frecuencia puede variar por condiciones externas del circuito integrado.

Oscilador de circuito resonante

El oscilador con circuito resonante puede ser LC (Capacitivo e inductivo), cerámico o por cristal de cuarzo, la señal primaria es senoidal y amplificándola se obtiene la señal cuadrada. En el LC se tiene un circuito sintonizado de capacitor e inductor el cual con ayuda de la retroalimentación del amplificador mantiene la oscilación. En la actualidad este oscilador es desplazado por el cerámico y el de cristal ya que presenta mejor estabilidad en la frecuencia, factor principal para aplicaciones donde el tiempo juega vital importancia. La aplicación de resonantes cerámico y cristales permite simplificar cálculos en a la frecuencia de operación ya que la frecuencia esta dada de fabrica y solo requiere en ocasiones agregar algún capacitor para corrección o ajuste fino de la misma.



Rs Puede ser requerido por algunos cristales en virtud de sus corrientes de operación.

C1 y C2 tienen valores recomendados por el fabricante del PIC, no obstante pueden variar sensiblemente la frecuencia de resonancia del cristal, su valor deberá ser menor a 30pF.

Ilustración 24 Oscilador a Cristal

Por lo general los resonantes cerámicos tienen su aplicación en frecuencia por debajo de 4MHz en cambio los de cristal de cuarzo tienen su aplicación en frecuencias superiores a 1MHz.

Para esta configuración se emplean las terminales OSC1 y OSC2 en las cuales se conecta el cristal de cuarzo o cerámico (resonador) de acuerdo con el diagrama.

Oscilador externo

Cuando se utiliza un oscilador completamente externo la señal se aplica por la terminal CLKIN, por lo regular esta opción permite el uso de un oscilador de mayor precisión que los anteriores. Circuitos típicos se representan en la figura.

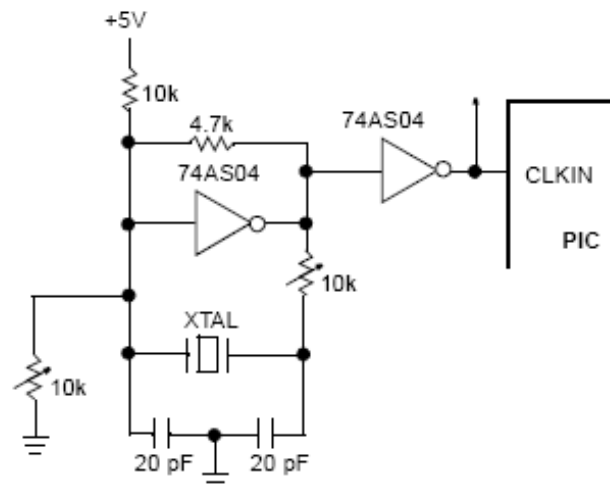
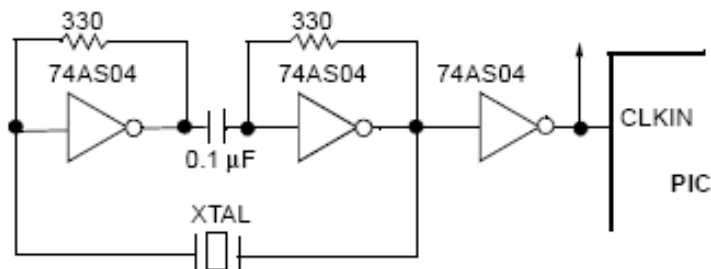


Ilustración 25 Oscilador externo a cristal

Cuando se trabaja con osciladores externos puede seleccionarse en la palabra de configuración la opción LP, XT, HS.

LP.- Bajo consumo de potencia para rangos de 35 a 200Khz, para este caso se puede aplicar a la configuración de Oscilador a cristal o bien para Oscilador externo.

XT.- Para frecuencias estándar entre 100Khz y 4MHz, se aplica para los dos casos que el LP.

HS.- Para aplicarse en velocidades superiores a 4MHz, solo algunos microcontroladores pueden operar a velocidades superiores a 4MHz.

Temporizador

Un temporizador es un contador que puede direccionarse para contar tiempo (Ciclos de operación) del oscilador del microcontrolador o bien eventos externos por medio de una terminal del circuito integrado como TOCK1 que permite llevar la cuenta de eventos sin necesidad de distraer al CPU.

También llamados TIMER, los PIC pueden contar con uno o dos, en comparación con otros microcontroladores son pocos pero son suficientes para casi todas las aplicaciones, cuando el TIMER se desborda (llega a FFh, activa una indicación y/o una interrupción TOIF del Registro INTCON.

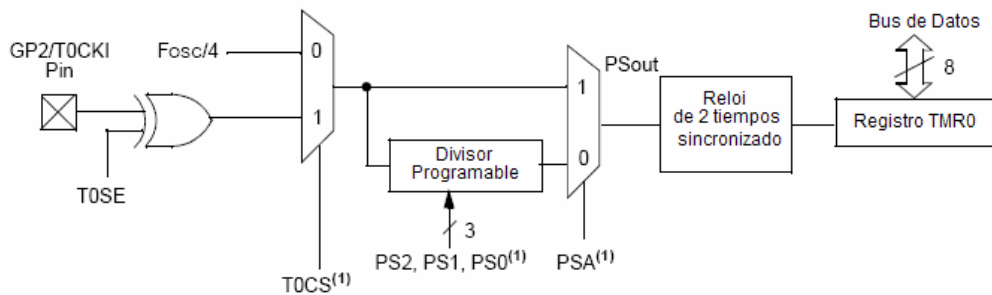


Ilustración 26 Temporizador

Perro Guardián

El perro guardián es un contador con un oscilador RC integrado, cuando se desborda (pasa de FFF a 000), para evitar el reset se debe refrescar a lo largo

del programa mediante la instrucción CLRWDT, con esto el perro guardián limpia e inicia el conteo desde cero.

El objeto de este dispositivo es proteger al programa de que se atore en un punto del programa, si ocurre entonces el perro guardián se desborda y el CI se reinicia.

El tiempo de desborde en los PIC es de aproximadamente 18 mseg. Pero puede ser configurado al utilizar el divisor de frecuencia para un tiempo hasta de 2.3 seg.

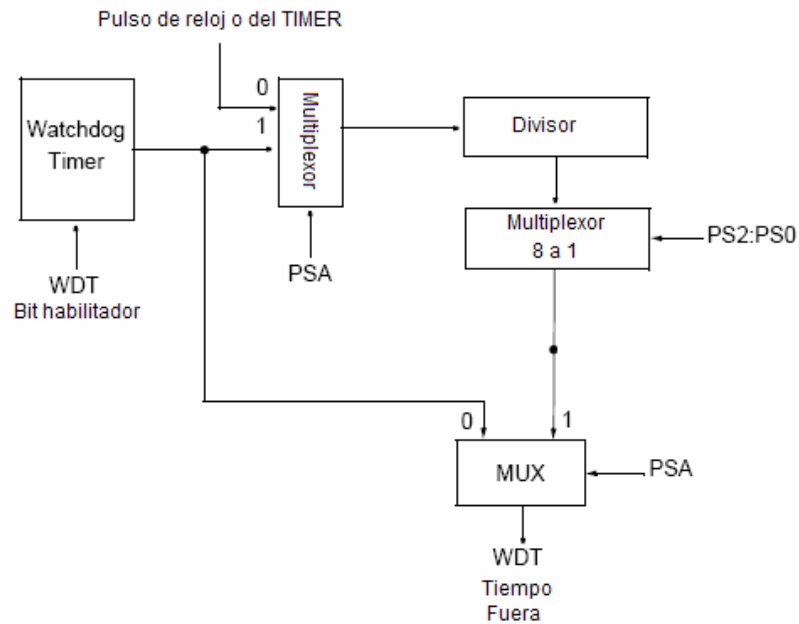


Ilustración 27 Perro Guardian

En la figura se muestra el diagrama del Perro guardián a bloques.

Para activar el perro guardián es por medio de la palabra de configuración en el bit WDTE.

Divisor de Frecuencia

El divisor de frecuencia es un contador programable, el cual puede ser programado para disminuir la frecuencia del oscilador o para ser usado en el Perro guardián, en la figura del Perro guardián se puede observar su localización en el diagrama a bloques. La programación se lleva a cabo por los bit's PS2, PS1 y PS0 en el registro OPTION.

Sleep

Es una función que poseen los PIC en la cual el circuito pasa a un estado de bajo consumo energético esperando la actividad externa en las terminales dispuestas para esta función. Cuando reciben una actividad externa el circuito se reinicia.

Se tiene que considerar que el Perro Guardián debe desactivarse antes de pasar al estado de bajo consumo ya que el perro guardián no se desactiva y puede llevar a su desbordamiento reseteado el PIC.

Esta función es útil en aplicaciones donde estando alimentado por baterías estará sin operación por largo tiempo solo en espera de ciertas funciones.

Power Up

Es un temporizador de aproximadamente 72 mseg, quien resetea al microcontrolador después de alimentar al circuito.

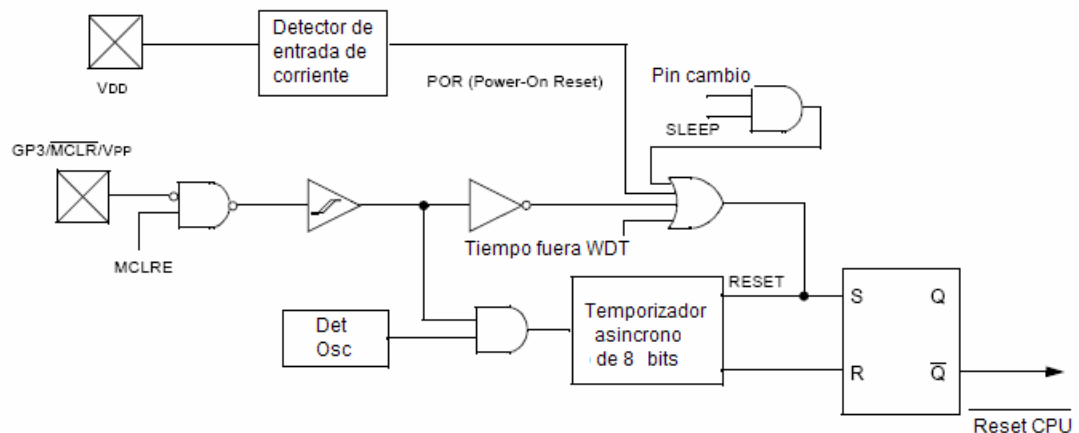


Ilustración 28 Power Up

Su objetivo es para garantizar la estabilidad de la frecuencia del oscilador cuando se inicia la alimentación de voltaje al Circuito.

En la ilustración 28 se tiene el diagrama a bloques de esta sección.

PIC12C508

Características

En este prototipo se usará el microcontrolador PIC12C508A de la empresa Microchips, comercialmente se encuentra en un encapsulado DIP 8.

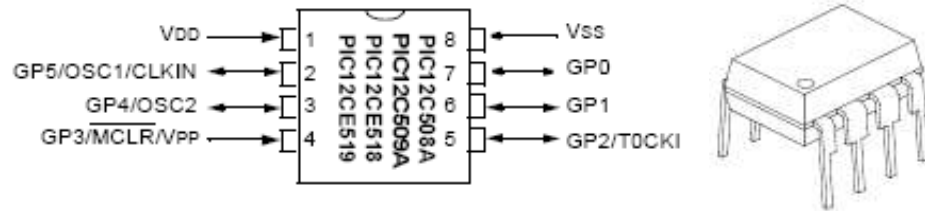


Ilustración 29 Características físicas del PIC12C508

Memoria de Programa

Tipo EPROM de 512 x 12, las instrucciones son de 12 bit's. Como el microcontrolador es de arquitectura RISC posee solo 33 palabras de instrucción diferentes.

La programación se lleva a cabo de manera serial (posee un puerto serial para este fin).

Existen dos direcciones en esta memoria que no son accesibles durante su operación y son:

Selector de oscilador		
FOSC1	FOSC2	Oscilador
1	1	Extemo RC
1	0	Interno RC
0	1	Resonante
0	0	Cristal baja Potencia

Tabla 6 Memoria de Programa del PIC12C508

- La palabra de configuración, un registro en el cual se tiene; FOSC1 y FOSC2.
- La palabra de identificación formado por 4 registros donde se utilizan los 4 bit's de menos peso para identificar al circuito por un número al momento de programarse.

Memoria de Datos

Memoria RAM de 25 x 8 y 5 registros de funciones especiales (FSR). Estos datos pueden ser direccionados directa, indirectamente y relativamente.

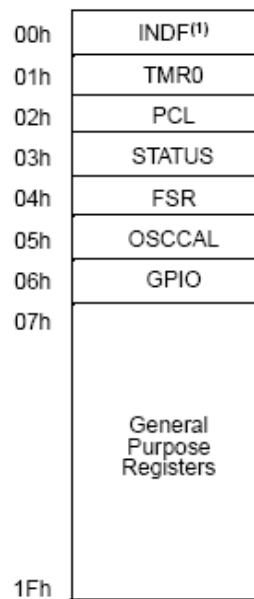


Ilustración 30 Memoria de datos del PIC12C508

Como se observa en este PIC solo se encuentra implementada la página "0" por lo que no puede cambiarse mediante el registro FSR5-7 (cambio de página). En los anexos se tiene la tabla de las funciones de los registros de funciones especiales FSR.

CPU

El CPU opera a 4MHz como frecuencia límite del oscilador y con un tiempo de 1 µseg para la ejecución de una instrucción (excepto para la ejecución de una instrucción de salto como GOTO, CALL, ó RETURN).

Opera con 33 instrucciones (arquitectura RISC) y contiene integrado un oscilador RC completo con posibilidad de ser calibrado de 3.5 y 4.25 MHz por medio del registro OSCALL. Se selecciona el tipo de oscilador usado (INTRC, EXTRC, XT ó LP).

Como características especiales cuenta con la opción de reposo (SLEEP) desactivando todos los dispositivos excepto el Perro guardián, Perro guardián de 18 mseg que puede alargarse por medio del divisor de frecuencia, un contador de tiempo real de 8 bit's al que se le puede asignar el divisor de frecuencia (8 bit's), un temporizador para reset inicial, un temporizador para retrasar el reset.

Código máquina

De las 33 instrucciones con las que cuenta solo 3 son de ciclos de 2 μ seg las demás son de 1 μ seg (en operación de 4 MHz).

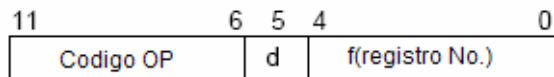
La palabra de instrucción es de 12 bit's en las cuales tenemos el código de operación. A continuación se observan los cuatro formatos de instrucción.

Las instrucciones están divididas en tres grupos: Operación con registros, operaciones con bit's y operaciones de control. El cuadro general de las instrucciones para el PIC12C508 se encuentra en los anexos.

La memoria de programa se encuentra en FFh antes de la programación, y la primera operación en esta memoria es cargar al registro W el valor que de fabrica se asigna para la calibración del oscilador interno, en caso de no usarse este deberá ignorarse y saltar esta instrucción.

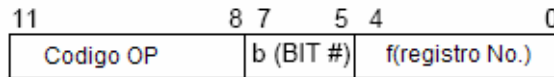
La instrucción TRIS y OPTION son instrucciones directas para la configuración del PIC tomando los datos que contiene el registro W al momento de ejecutarse. La instrucción SLEEP sirve para mandar al microcontrolador al estado de reposo.

Byte orientado a operaciones con registros



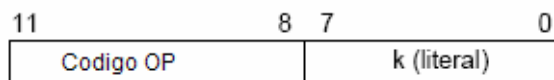
d = 0 para destino W
d = 1 para destino f
f = 5-bit Dirección del No. de Reg.

Orientado a operaciones con bit de registros



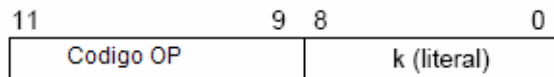
b = 3-bit Bit direccionado
f = 5-bit Registro No.

Control de operaciones y literales (escepto GOTO)



k = 8-bit valor inmediato ;

Operaciones de control y literales- instrucción GOTO



k = 9-bit Valor inmediato

Ilustración 31 Formato de códigos de operación Risc

La instrucción RETLW se encarga de retornar después de una rutina, conviene aclarar que solo tiene 8 bit's para retornar a la instrucción por lo cual solo se puede retornar a la instrucción dentro del primer grupo de 256 instrucciones, en cambio la instrucción GOTO si puede saltar entre las 512 instrucciones, por tal motivo en caso de tener rutinas fuera del rango se requerirá acompañarlas con un GOTO.

Capítulo 2 Descripción del equipo de la Administración Sur del D.F. del SAT

Unidades de Aire Lavado

La administración cuenta con 12 unidades de aire lavado conocidas comúnmente como ULA's. Consta de 5 secciones principales: Lavadora de aire, Ventilador, Unidad motriz y tablero de control.

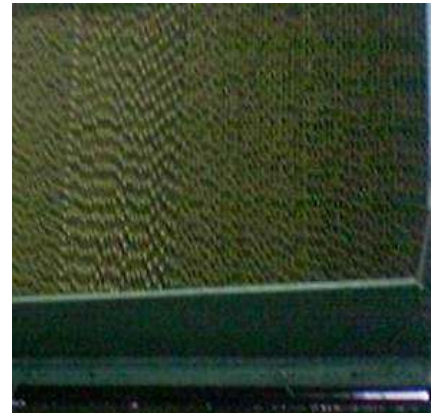


Ilustración 32 Relleno enfriador Celdek

La lavadora cuenta con un relleno enfriador Humi-Kool tipo Celdek fabricado con celulosa impregnada con fenol, debido a las sales que contiene no se pudre ni se corroe, contiene también agentes rigirizantes y humectantes. Cada Pie² de relleno proporciona una superficie de contacto de 123 Pie². Permite operar altas velocidades sin provocar arrastres (800 pie/min max.), tiene alta eficiencia de enfriamiento evaporativo (94% a 200 pie/min). No le afecta el polvo ya que su diseño es autolimpiante.



Ilustración 33 ULA ventilador

El ventilador es centrífugo de doble entrada, el rodete tiene aspas rectas autolimpiantes inclinadas hacia atrás, son ideales para manejar gases con baja concentración de polvo. Al sistema de doble entrada se le conoce como ventilador en paralelo, esto permite aumentar el gasto del volumen de aire, son esencialmente 2 ventiladores.



Ilustración 34 ULA motor

Cuentan con un motor de inducción trifásico alimentados con 440 vca, accionando al ventilador por medio de tres bandas. Debido a la capacidad del

motor (arriba de 15 HP) su arranque debe ser a voltaje reducido en dos pasos, previniendo con esto que la corriente de arranque no sea excesiva.



Ilustración 35 Tablero de arranque

El tablero de control es del tipo gabinete interior localizado en un compartimento en el exterior de la caseta de la lavadora. Contiene un arrancador a voltaje reducido por relevadores Cuter-Hammer a 440 vca.

Extractores e Inyectores de aire

Se cuenta con 6 extractores tipo hongo, 5 extractores centrífugos y 3 extractores centrífugos.

Los extractores tipo hongo son de flujo axial en arreglo 13, la transmisión es por medio de banda y el motor se encuentra adentro del ducto del ventilador.

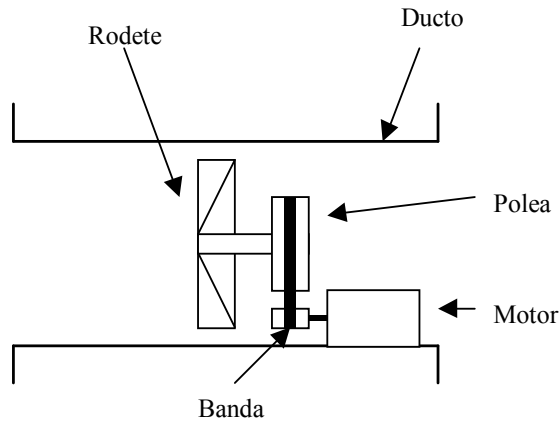


Ilustración 36 Partes del ventilador axial

El motor es del tipo de inducción de 1 HP con alimentación de 110 vca. Este tipo de extractor es ideal para manejar aire y gases contra presiones bajas, por sus ventajas son aplicados en la extracción de aire caliente, permiten acoplarse directamente en el ducto. Su desventaja es que la potencia se eleva mucho si el volumen de gas es estrangulado fuertemente.



Ilustración 37 Ventilador axial tipo hongo

En la administración estos extractores se encuentran montados verticalmente en el ducto, sobre el techo del edificio y requieren una cubierta contra la lluvia como se muestra en la figura (en forma de hongo, por lo cual se le conoce como tipo hongo).

Los extractores e inyectores centrifugos son tipo uso industrial de baja presión. Usados principalmente donde se requieren presiones inferiores a 150 mm c.a. con capacidad aproximada de 400 m³/hr hasta 20,000 m³/hr fabricados en arreglo 3 (transmisión de poleas y bandas). La temperatura del gas es de máximo 100°C.

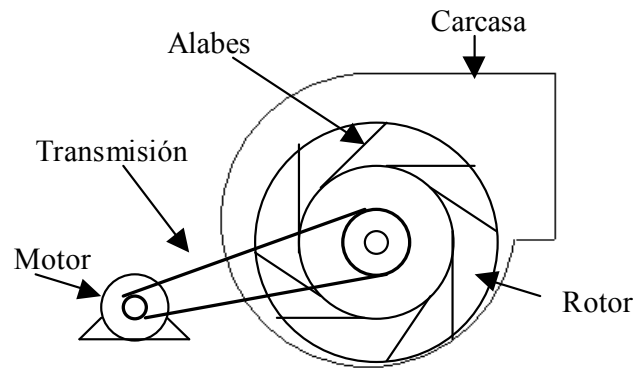


Ilustración 38 Partes del ventilador centrífugo



Ilustración 39 Extractor centrífugo

Hidroneumático

Un equipo hidroneumático consta de tres partes fundamentalmente: Depósito, compresor, y bombas hidráulicas.

El hidroneumático que cuenta la Administración es del tipo horizontal, en la actualidad se ha demostrado una mayor eficiencia en los hidroneumáticos verticales pero la capacidad hidráulica es diferente.

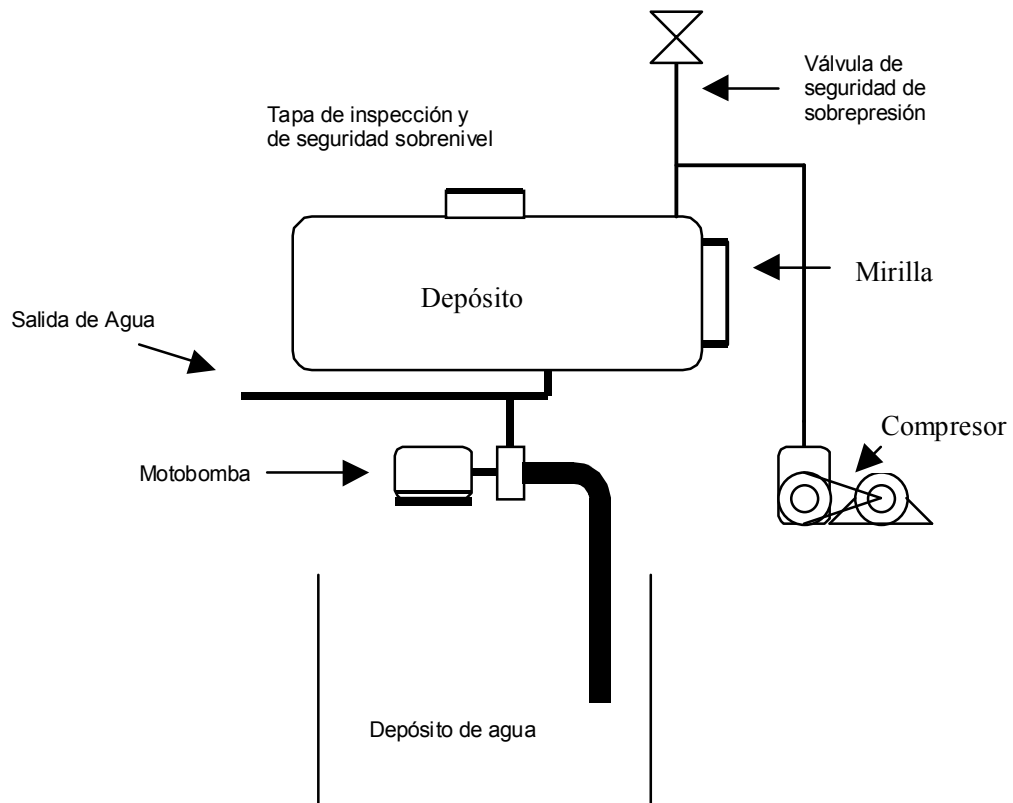


Ilustración 40 Esquema de un hidroneumático

Es necesario monitorear y controlar dos variables importantes en su operación: la presión y el nivel del agua en el depósito. El rango de la presión debe mantenerse entre 2 y 7 Kg/cm², permitiendo la operación correcta en los fluxómetros de los sanitarios, debido a que la administración solo cuenta con dos niveles la máxima altura del edificio es de 9 metros se ha fijado la presión de operación en 3.5 Kg/cm² no siendo necesaria más presión. Para evitar posibles daños al equipo e instalaciones se cuenta con válvulas de seguridad y de alivio calibradas a 7.5 Kg/cm² La cuales operan en caso de existir falla en los sensores de presión.

Como sabemos un gas puede comprimirse (reducir su volumen), sin embargo un líquido prácticamente no se puede comprimir, este efecto dentro del depósito permite inyectar agua y comprimir el aire atrapado en el mismo hasta alcanzar la presión máxima de operación, teniendo un respaldo de agua en para el consumo del edificio. Se recomienda mantener el nivel promedio del agua a la mitad del depósito por tres razones: En la parte central del depósito se almacena la mayor parte del líquido por centímetro de altura, garantizando una menor cantidad de ciclos de bombeo por consumo de agua. Se evita que el líquido baje a niveles donde pueda arrastrar aire por las tuberías provocando perdidas de aire, o en caso extremo llegue a entrar aire al rodete de la bomba teniendo consecuencias de desgaste y/o consumo excesivo de corriente. Por último puede llegar a tenerse un volumen de aire tan pobre e insuficiente para alcanzar la presión de operación, en este caso y para proteger el deposito contra la ausencia de aire se tiene una tapa de inspección atornillada para una ruptura arriba de 10 K/cm².



Ilustración 41 Compresor

El compresor tiene por objeto inyectar el aire requerido por el depósito siendo recomendable su operación durante la presión baja del ciclo del nivel de agua, esto por razones de consumo de energía así como de su vida útil. Cuando se opera el compresor a baja presión del depósito se requiere menor trabajo para comprimir el aire dando como consecuencia mayor duración del equipo.

Las bombas de agua requeridas son de alta presión y en este caso de doble rodete, facilitando el trabajo requerido para inyectar el agua al depósito.



Ilustración 42 hidroneumático bomba

Equipo de Bombeo contra incendio

Se cuenta con tres bombas de agua: Eléctrica de 3 HP, Eléctrica de 40 HP y una Diesel de 150 HP.

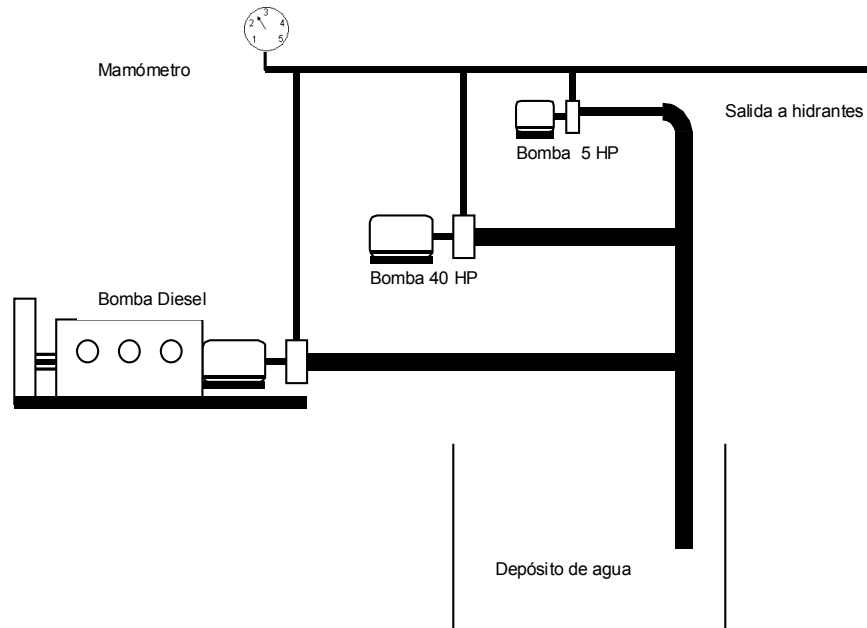


Ilustración 43 Esquema de instalación hidráulica contra incendios

Las bombas eléctricas se encuentran alimentadas con 440 vca. Tienen su tablero de arranque con protecciones térmicas de sobrecorriente.



Ilustración 44 Bomba contra incendios 3HP

La pequeña de 3 HP tiene por objeto mantener presurizada la tubería de salida arriba de 3 Kg/cm² y puede alcanzar de acuerdo con pruebas realizadas presiones superiores a 17 Kg/cm², cuenta con su caja de engranes y es del tipo doble rodete.

La bomba eléctrica de 40 HP puede mantener 4 hidrantes operando con una presión de 6 Kg/cm² sin observar una fluctuación en la presión de salida. Se encuentra calibrada para operar solo si se tiene una descarga en la salida de tal forma que la bomba de 3 HP no pueda mantener la presión arriba de 4 Kg/cm² por más de 15 seg.



Ilustración 45 Bomba contra incendios 40HP

En caso de existir una contingencia en la cual se tenga ausencia de energía eléctrica o bien las bombas eléctricas no puedan operar correctamente la bomba Diesel marca Perkins entrara en operación, para lo cual cuenta con un arrancador automático de primera generación (transistores, relevadores y circuitos digitales TTL básicos).



Ilustración 46 Bomba contra incendios Perkins



Ilustración 47 Tablero de control bomba Perkins

Red de Voz

La administración cuenta con una red de voz compuesta por un par trenzado, en su mayoría aplicados para la comunicación analógica (actualmente se han implementados sistemas de comunicación con señales digitales, pero su desplazo definitivo parece estar ligada a la Red de Area Local (LAN) la cual enlaza las computadoras de todos los edificios de la SHCP por medio de servidores, fibra optica y microondas).

La red cuenta con distribuidor principal donde se ubica el conmutador principal y equipos de enlace con las diferentes empresas de telecomunicaciones (Telmex, Alcatel), con la red de fibra óptica y receptores microondas.

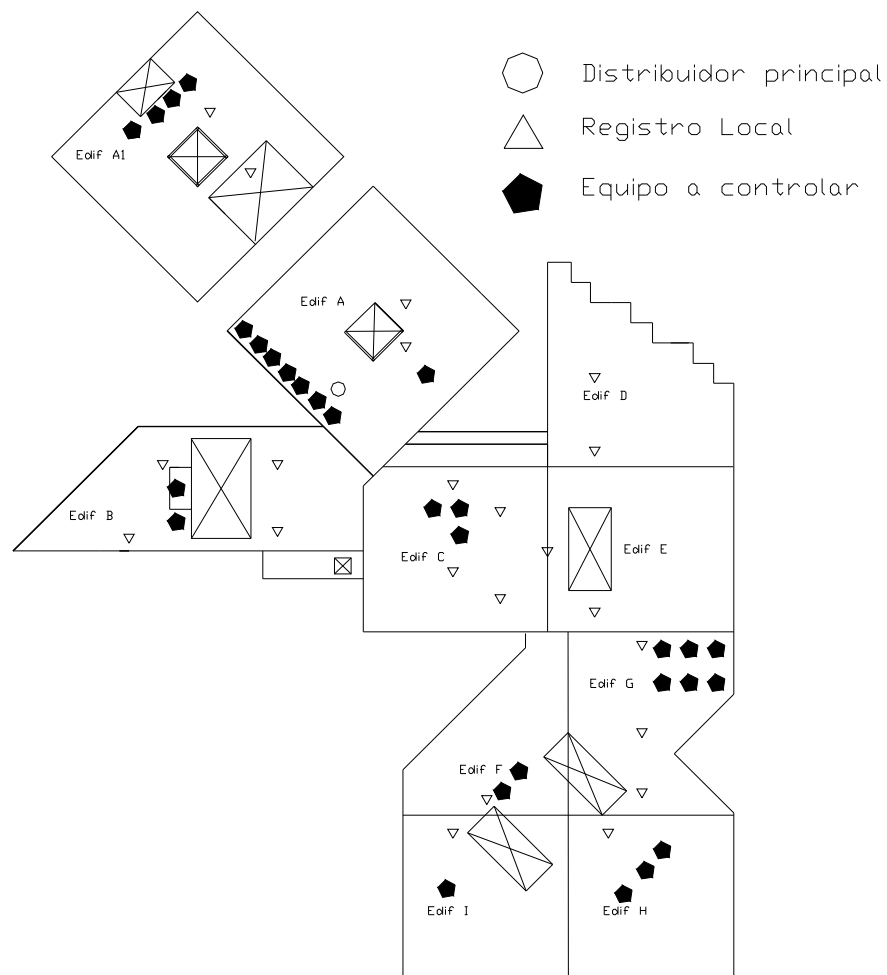


Ilustración 48 Esquema de la red de voz

Capítulo 3 Desarrollo para la aplicación del Microcontrolador

Introducción

En este prototipo la transmisión y recepción de datos será de manera serial por un par de alambres trenzados similares a los usados para la comunicación telefónica.

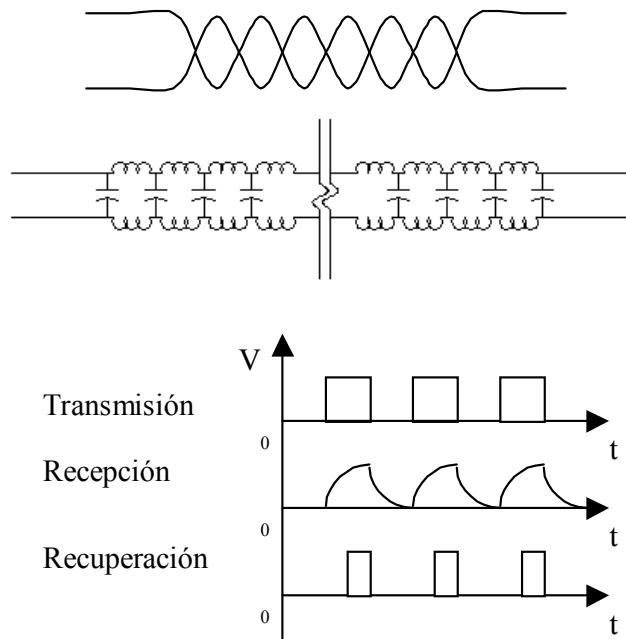


Ilustración 49 Deformación en la señal transmitida

El uso del par trenzado tiene la ventaja de tener una atenuación menor por lo que se pueden emplear cables muy delgados sin afectar la comunicación, en la gráfica se muestra el efecto de la carga de inductancia en el cable trenzado ya que todos los cables actúan como filtros paso bajo (Poseen capacitancia, inductancia y resistencia). Cuando se transmiten señales digitales por estos cables la señal cuadrada se deforma hasta el punto en el cual la señal se vuelve senoidal (límite de la frecuencia de transmisión). La frecuencia máxima de aplicación para estos cables (sin tratamiento especial) son de aproximadamente de 1 MHz. y permiten tener buena aceptación para el objeto de esta tesis, donde la distancia promedio de transmisión es de 200 mts.

La red propuesta será multiconexión o también llamada multidrop (conexión de dos o más dispositivos en un solo medio), se puede observar en la gráfica mostrada, se observa que dicha red puede crecer en cualquier sentido ya que la configuración paralelo lo permite

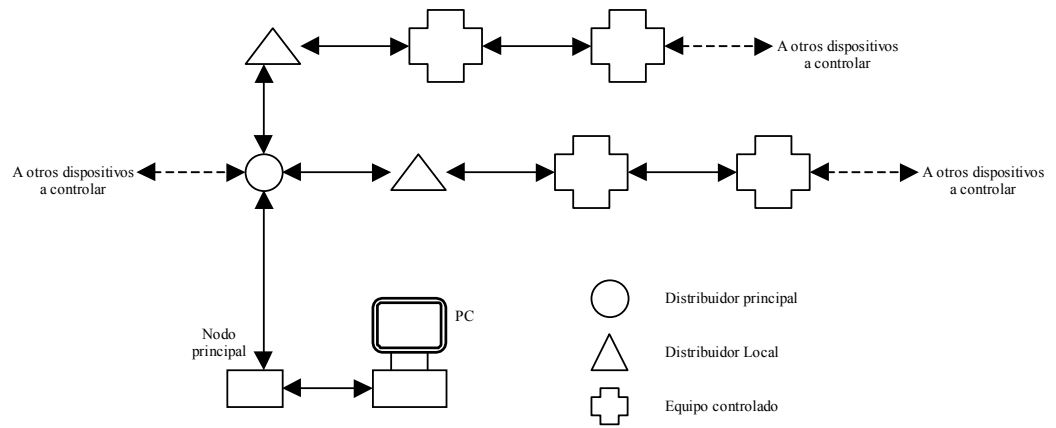
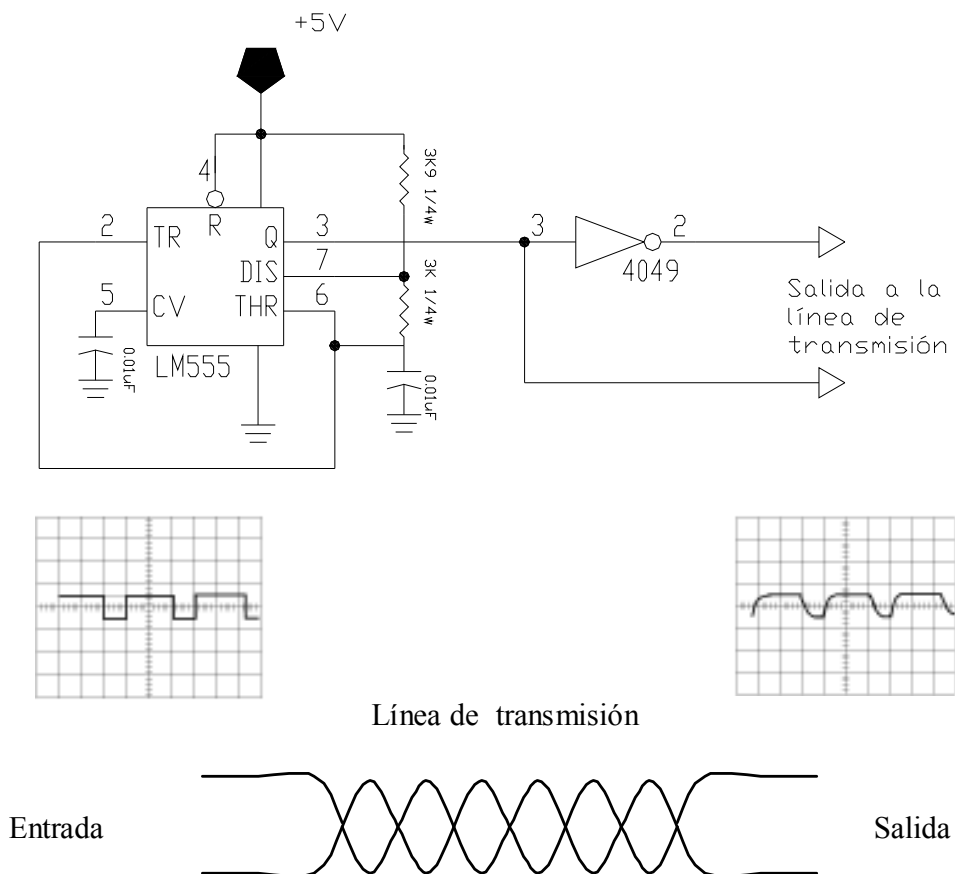


Ilustración 50 Esquema de la red propuesta

Concepción de la Red

Como primer paso práctico verificaré la posibilidad de transmitir datos a una velocidad superior a 5 Kb/seg. Sobre la red de voz de la Administración, para lo cual ubicaré los dispositivos de prueba entre los puntos más distantes de la red, entre el edificio A y el edificio H (ver la figura Red de Voz). Como se observa se tiene la ubicación práctica que tendrán los diferentes dispositivos que conforman la red propuesta ya que en el edificio A se colocará el enlace con la PC y en la azotea del edificio H se tiene las lavadoras de aire #2, #3 y #4 con su respectivo tablero de arranque.



$$f = \frac{1.44}{(R_A + R_B)C} = \frac{1.44}{(3900 + 3000)(0.00000001)} = 14545.45455\text{Hz}$$

Ilustración 51 Circuito de prueba de la línea de comunicación

Habiendo instalado el cable entre los dos puntos descritos y aprovechando la red de voz se procederá a aplicar una señal cuadrada de 10 KHz en un extremo y en el otro se observará la señal mediante un osciloscopio obteniendo los datos expresados en la gráfica anterior (osciloscopio con TIME = 20 μ seg/DIV y trazo de salida a 5 v/DIV).

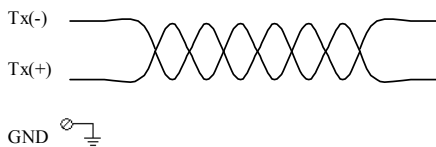
Los resultados de la prueba permiten la transmisión correcta de la señal considerando que la deformación de la señal no perjudica el periodo de la misma, siendo esta la forma en que se decodificará la información.

Voltajes en la línea de comunicación

A continuación se marcan las características de la línea de transmisión que se usarán para obtener una recuperación de información sin errores por la longitud a la que serán transmitidos los datos.

- Codificación con regreso a cero. Llamada RZ por regresar a cero cada vez que se envía un bit de información.
- Transmisión asíncrona. Se incluye un pulso para la sincronización de la lectura.
- Línea de transmisión bipolar. Doble polaridad es decir señales de corriente alterna.

Dadas las características anteriores se establecen los valores de voltaje en la línea de comunicación de acuerdo con la figura siguiente.



Prueba	Valor	Tx(-)	Tx(+)
Referido a tierra	0	+5	12
	1	+5	0
Referido a Tx(-)	0	0	+7
	1	0	-5

Ilustración 52 Voltajes en la línea de comunicación

Como el voltaje fluctuará entre -5 y $+7$ volts se tiene una pequeña carga de corriente directa entre el par trenzado lo cual reduce la máxima velocidad de transmisión, en este caso no lo considero ya que la velocidad a la que operará esta muy por debajo de sus límites (operará a una velocidad de 960 bps mientras que la velocidad del par trenzado es de 1 MHz..

Teniendo una referencia a tierra la línea TX(-) de $+5v$ permitirá tener una alimentación de respaldo para los dispositivos conectados en la red debido a que el PIC12C508A solo cuenta con memoria RAM y se requiere mantener los datos de su configuración respecto a la red.

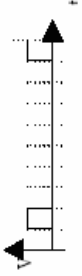
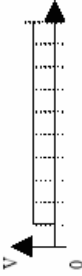

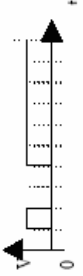
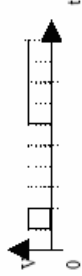
Código	Descripción	Código binario para el RS232	Diagrama de tiempos
R	Señal para indicar el inicio de la secuencia de transmisión	0000 0001 01	
NC	Señal para indicar a los dispositivos el permiso para transmitir de el siguiente dispositivo	1111 1111 FF	
ND	Señal para indicar que se espera respuesta de un dispositivo dado	1111 1101 FD	
0	Bit con valor de "0" lógico	1111 1001 F9	
1	Bit con valor "0" lógico	1110 0001 FE	

Tabla 7 Método de codificación de la información

Método de Codificación de la información

Para la comunicación se usarán cinco códigos con objeto de codificar la información, cada uno de ellos tiene una función como se expresa en la tabla 7.

	Unidades									
Velocidad del puerto serial (bps)	75	110	150	300	600	1200	2400	4800	9600	
Periodo por bit transmitido	13333.33	9090.91	6666.67	3333.33	1666.67	833.33	416.67	208.33	104.17	
Periodo por instrucción PIC	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Factor del Divisor de frecuencia del PIC	128	64	128	128	128	64	32	16	8	
ciclos del Temporizador del PIC	104	142	52	26	13	13	13	13	13	13
Periodo aproximado por bit	13312	9088	6656	3328	1664	832	416	208	104	
Exactitud	99.84	99.968	99.84	99.84	99.84	99.84	99.84	99.84	99.84	99.84
diferencia de tiempo por bit	21.33	2.91	10.67	5.33	2.67	1.33	0.67	0.33	0.17	
mitad del bit	6666.67	4545.45	3333.33	1666.67	833.33	416.67	208.33	104.17	52.08	
Periodo para transmitir un código según la tabla anterior	133.12	90.88	66.56	33.28	16.64	8.32	4.16	2.08	1.04	
Periodo para transmitir un byte	1064.96	727.04	532.48	266.24	133.12	66.56	33.28	16.64	8.32	
Periodo mínimo para un canal de un dispositivo	3194.88	2181.12	1597.44	798.72	399.36	199.68	99.84	49.92	24.96	
Velocidad de transmisión de la línea	0.3	0.5	0.6	1.3	2.5	5.0	10.0	20.0	40.1	

Tabla 8 Comparacion de tiempos para seleccionar la velocidad de transmisión

Para seleccionar la velocidad de operación de la línea de comunicación se considera las posibles velocidades del puerto RS-232, la Norma Pemex NRF-

046-PEMEX-2003 (como protocolo de monitoreo y control para variables no críticas de proceso con una velocidad de actualización de los datos de mas de 250 mseg) y la velocidad de operación del PIC. Se muestran las referidas características en la tabla 8.

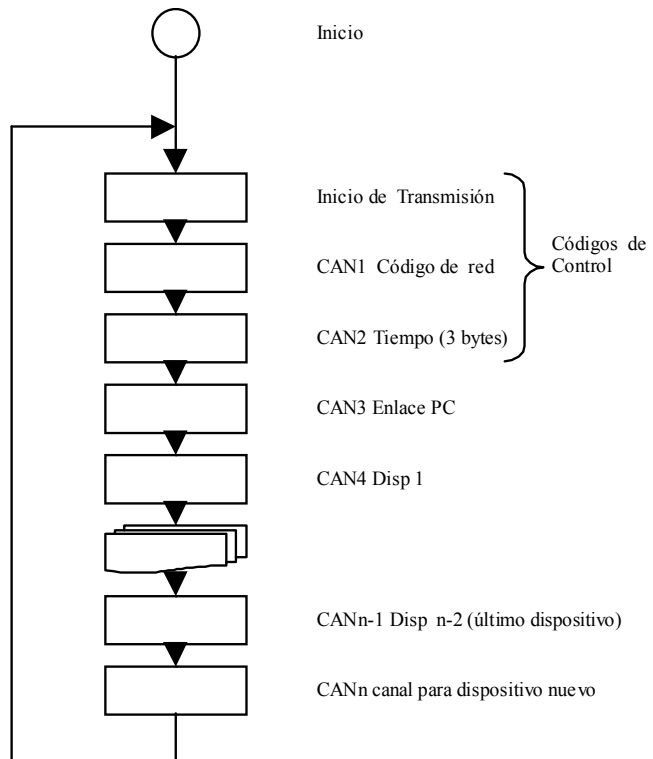
Al usar la multiconexión se requiere considerar que cada dispositivo deberá contar con una dirección única que los identifique, de tal manera que cada dispositivo pueda ser interrogado para la adquisición de datos.

Se contará con dos procedimientos para actualizar los valores de las variables: Interrogación secuencial y reporte por excepción. En la primera se tendrán los datos actualizados de Tiempo real el cual se transmitirá cíclicamente en el orden predefinido, será importante ya que marcará el inicio de cada ciclo de transmisión. En el segundo se llevará a cabo la actualización de un dispositivo específico directamente al identificarlo.

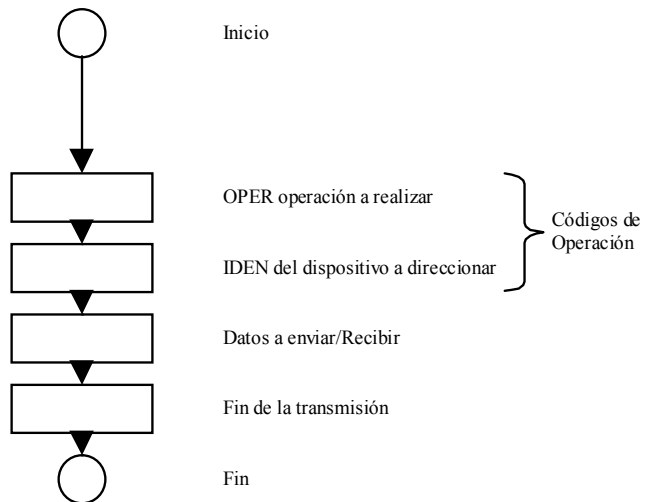
Protocolo de comunicación

Para la línea de comunicación se tendrán tres tipo de datos: Códigos de control, códigos de operación y datos transmitidos.

El ciclo de transmisión se inicia con la generación de un reset para lo cual se transmite la secuencia de "NC-RE" después se transmiten los datos y peticiones de cada uno de los dispositivos registrados de acuerdo con el orden definido por la programación inicial de los mismos, cada dispositivo contará con su espacio personal para hacer uso de la línea de comunicación, más sin embargo si no requiere el espacio deberá dejarlo en blanco a sabiendas que si en el periodo de lectura de 4 bit's perderá su derecho y la fuente designará a otro dispositivo la línea por medio de la transmisión de un "NC".



Secuencia de transmisión de canales



Secuencia de transmisión de un dispositivo

Ilustración 53 Formato de transmisión

- a) Códigos de control.- Serán generados por la fuente al inicio de cada ciclo de transmisión y se formarán por:
- Código inicial.- La Operación de Reset efectuará el reinicio del contador de canales de transmisión, con objeto de sincronizar los contadores de cada dispositivo de la red. La secuencia será de NC-R. El primer canal de transmisión se usara para este fin.
 - Código de sistema.- Esta operación enviara un byte preestablecido por el programa que identifica la red, servirá para validar las transmisiones y evitará la conexión de dispositivos no autorizados en la línea de comunicación. Cada dispositivo validará este dato y de ser erróneo volverá a esperar otro inicio de ciclo. Se usará el segundo canal de transmisión para este fin.
 - Códigos para cambio de usuario.- Existen dos datos básicos para este propósito; “NC” y “ND”, el primero lo generará la fuente al cambiar de usuario de la línea de comunicación mientras que “ND” lo generará el usuario de la línea para indicar si requiere información de otro dispositivo.
 - Tiempo Actual.- Esta operación permitirá a los dispositivos tener una sincronización. El tercer canal de comunicación se asignará para transmitir el tiempo actual no omitiendo para ello los códigos de operación correspondientes. Cabe mencionar que para la sincronización de las funciones de temporización se requiere la uniformidad de la hora exacta, para ello la fuente llevará la única cuenta valida para el tiempo real.
- b) Códigos de Operación.- Cada dispositivo cuenta con su espacio para hacer uso de la línea de comunicación, y para ello cuenta con un tiempo de máximo 20 veces el periodo necesario para la transmisión de un bit (con ello se garantiza no crear conflictos entre los diferentes dispositivos). El primer byte será el código de la operación que requiere realizar el microcontrolador en otras palabras es la función que realizará y el segundo es el identificador a quien estará dirigida.
- c) Datos.- Son datos enviados por/o para un dispositivo especificado por los códigos de operación, al termino de los cuales se termina el canal de comunicación. La cantidad de datos es variable de acuerdo con la operación requerida.

Generador de Línea de comunicación

Este dispositivo conformado por un Microcontrolador tiene la función de generar todos los códigos de control de la línea de comunicación, es el que decide a quien le toca usar la línea de comunicación. A continuación se tienen las características de este dispositivo:

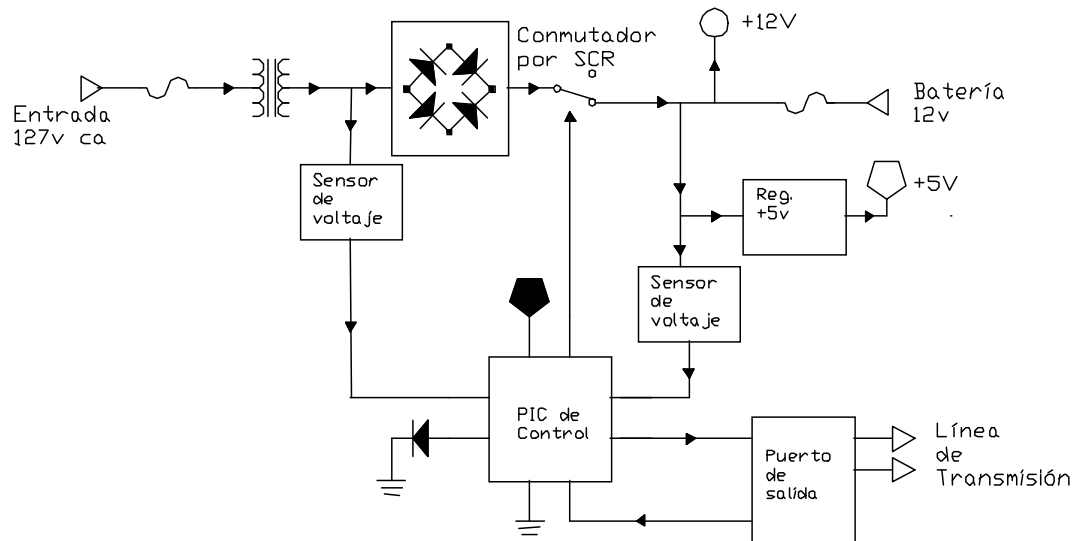


Ilustración 54 Diagrama a bloques de la Fuente de alimentación

- Alimentación 127 vca 60 Hz 1 Amp. Max.
- Salidas +5 v Reg. 0.5 Amp. Max. Ininterrumpidos
 +13.2 vcd 5 Amp. (carga de la batería)
- Control de carga de Batería.- Los tiempos de carga de la batería se programaran por medio de la programación inicial del circuito y serán:

Tiempo de carga después de falla de suministro 6 Hrs

Tiempo de espera antes de nueva carga. 12 Hrs

Tiempo de carga sin falla de suministro.

2 Hrs

- Línea de transmisión

Voltaje Tx(+) (Reposo) +5 vdc

Voltaje Tx(-) (Reposo) +12 vcd

Etapa de entrada

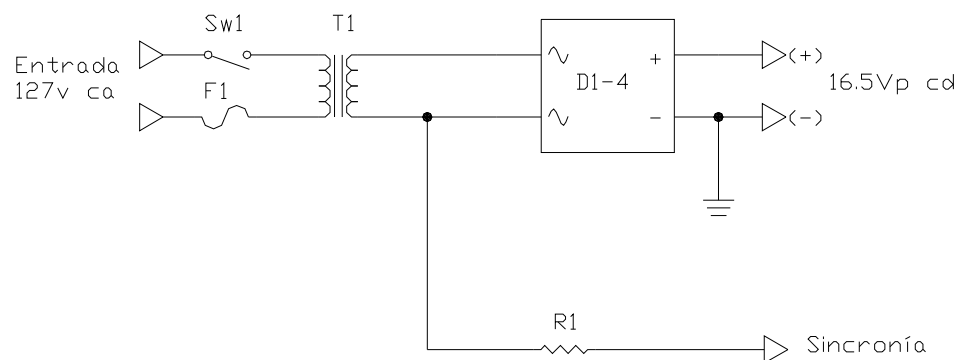


Ilustración 55 Diagrama de la etapa de entrada

La corriente máxima esperada en la entrada es:

$$I = \frac{V_s I_s}{V_i} = \frac{(13.2v)(5A)}{127v} = 0.51Amp.$$

Para margen de seguridad se tendrá F1=1 Amp. De corte retardado.

Sw1 deberá soportar una corriente de 2 Amp con un voltaje máximo de operación de 250 vca, con esto se asegura la operación a largo plazo.

T1 tendrá una relación de 10:1, relación que es comercial, obteniendo un voltaje de salida máximo de 12.7 vca, esto implica que el voltaje pico es:

$$V_p = \frac{V_{rms}}{0.707} = \frac{12.7}{0.707} = 17.9v$$

Debido a las caídas de voltaje en el rectificador de onda completa tenemos

$$V_{ps} = V_{pi} - 2(0.7) = 17.9 - 2(0.7) = 16.5v$$

D1-4 Es un puente rectificador para una máxima corriente de 5 Amp y un voltaje pico inverso de mas de 17.9 v. Con estos datos y el factor de seguridad se elige el dispositivo apropiado del manual de RCA SK3985 con las siguientes características principales:

- $I_o = 8$ Amp.
- $V_{Pinv} = 100$ v
- $I_{fsm} = 300$ Amp

R1 Es una resistencia limitadora para 25 mA por lo que su valor será:

$$I_{max} = 25 \text{ mA}$$

$$V_L = -0.7 \text{ a } 17.2 \text{ v}$$

$$R_1 \frac{V_L}{I_{lim}} = \frac{17.2}{0.025} = 668 \approx 680 \Omega$$

Con un valor comercial de 680Ω tenemos que su disipación máxima será:

$$P \frac{(V_L)^2}{R_1} = \frac{(17.2)^2}{680} = 0.43 \approx 0.5w$$

para protección se elige la resistencia comercial de 680Ω a $\frac{1}{2} w$

Detector de Voltaje

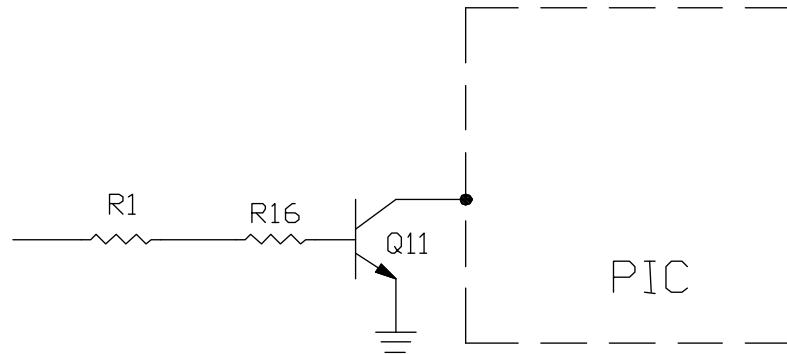


Ilustración 56 Diagrama del detector de voltaje

Q₁₁ Se selecciona de propósito general y de baja señal ya que operará corrientes relativamente bajas con una frecuencia de operación de 60 Hz. Por disponibilidad se elige el BC548 ya que cumple las especificaciones anteriores y tiene las siguientes características principales:

BC548		
VCE = 40 v	hFE = 200	FT = 300 MHz
VBC = 75 v	ICmax = 0.8 A	
VEB = 6 v	PW = 1.2 W	

Tabla 9 BC548

La corriente de colector es:

$$I_{\max} = \frac{V}{R} = \frac{5}{20K} = 0.25mA$$

Como Q₁₁ operará en el punto de saturación tenemos

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{0.25m}{200} = 1.125\mu A$$

$$R_{16} + R_1 \leq \frac{V_i}{I_B} = \frac{17.2}{1.25\mu} = 13.76M\Omega$$

Con objeto de eliminar posibles interferencias se elige un valor para R₁₆ de 10KΩ a ¼ W.

Sensor de Voltaje de Batería

Su objetivo es indicar al PIC cuando el voltaje de carga excede el requerido, de esta manera podemos reducir la carga de la batería, así mismo presenta la posibilidad de monitorear el estado en que se encuentra la batería.

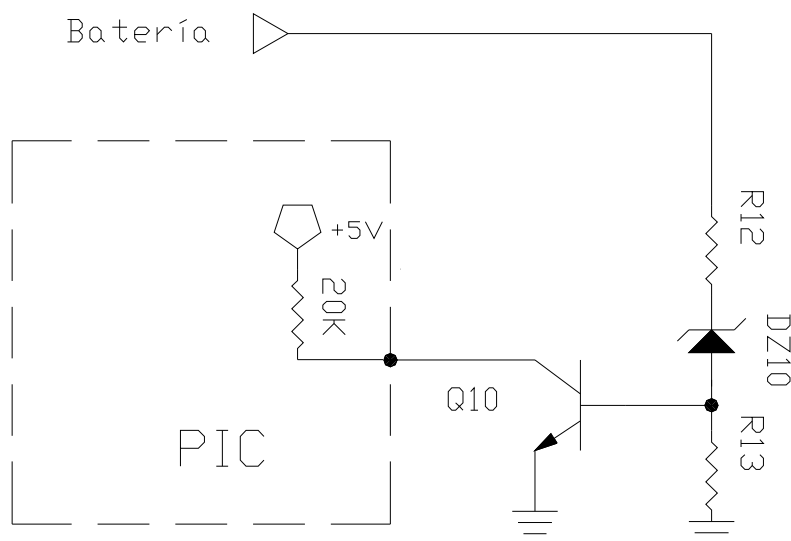


Ilustración 57 Diagrama del sensor de voltaje

Q₁₀ se selecciona según los criterios descritos para el detector de voltaje.

R₁₃ tiene la función de polarizar la base de Q₁₀ para evitar la inestabilidad en la corriente de base y se elige de 47 KΩ por criterios de experiencia.

DZ₁₀ se elige de 12 v ½ W con objeto de tener un voltaje de indicación de 12.7 v (V_{BE} = 0.7 v).

Dada la baja corriente requerida para la base de Q₁₀ (de acuerdo con el cálculo para el detector de voltaje), R₁₂ será de 10KΩ lo que provocará un a corriente a la entrada del detector de

$$I = \frac{V_{Bat} - V_{DZ10} - 0.7}{R_{12}} = \frac{13.2 - 12 - 0.7}{10K} = 0.05mA$$

$$I_B = I - \frac{0.7}{4K7} = 0.035mA$$

$$I_{C_{\max}} = I_B h_{FE} = 0.035(200) = 7.02 \text{ mA}$$

Conmutador por SCR

Este circuito tiene la función de cortar la corriente de carga de la batería de 12 v.

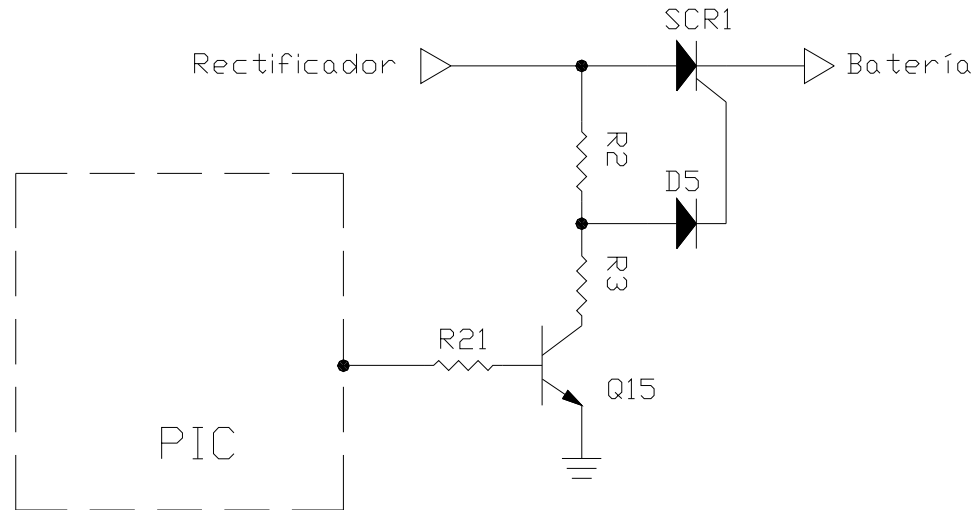


Ilustración 58 Diagrama del conmutador por SCR

La selección del SCR₁ se lleva a cabo considerando:

- Corriente máxima en polarización directa mayor a 5 Amp.
- Voltaje inverso mayor a 25 vp

Se selecciona el SCR SK5236 y se tienen los siguientes datos principales:

SK5236		
$I_{\max} = 10 \text{ A}$	$V_D = 200 \text{ v}$	$P = 0.5 \text{ W}$
$I_{GT} = 0.2 \text{ A}$	$V_{GT} = 1.5 \text{ v}$	

Tabla 10 SK5236

Considerando el estado de conducción:

$$R = \frac{16.5 - 0.7 - 1.5}{0.2} = 71.5$$

Se selecciona R_2 con 51Ω para obtener una conmutación a bajo voltaje de Anodo a Cátodo.

Lo cual implica que el SCR conducirá cuando el voltaje de entrada supere

$$V_{in} = 13.2 + 2.21 = 15.41v$$

Lo anterior cuando la batería se encuentre en su carga máxima (13.2 v), este tiempo de carga se ampliará de acuerdo con el voltaje con que cuente la batería.

Como la corriente de compuerta es de 0.2 Amp. D_5 deberá tener una corriente en polarización directa superior a esta. Se elige el 1N4001 dado que la corriente de este es de 1 Amp. Y su voltaje inverso de 200 v.

Al saturar Q_{15} el voltaje en el divisor de voltaje conformado por R_2 y R_3 se reducirá, de esta manera se invierte el voltaje de compuerta en el SCR y este no conduce.

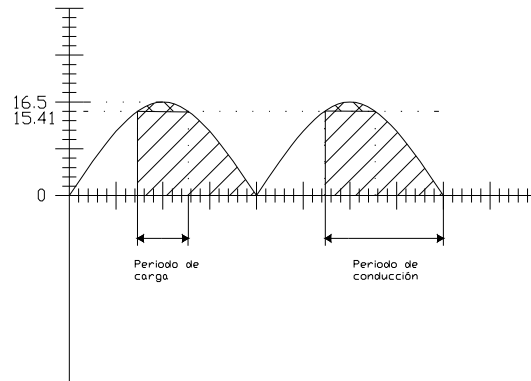


Ilustración 59 Periodo de conducción del SCR

Por divisor de voltaje para R_3 se tiene un voltaje mínimo de

$$V_o = \frac{R_3}{R_2 + R_3} V_i \Rightarrow R_4 \leq \frac{R_3}{\frac{V_i}{V_o} - 1} = \frac{51}{\frac{16.5}{13.2} - 1} = 204\Omega$$

se elige de 33Ω

Para el cálculo de las potencias de R_2 y R_3 tenemos

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{16.5}{51+33} = 0.1964A$$

$$P_2 = RI^2 = (51)(0.1964)^2 = 1.96w \quad \text{Se elige } R_2 \text{ de } 3w$$

$$P_3 = RI^2 = (33)(0.1964)^2 = 1.27w \quad \text{Se elige } R_3 \text{ de } 2w$$

Para Q₁₅ se considera de propósito general, potencia media y baja frecuencia de operación, se elige el SK3178

SK3178		
VCE = 100 v	hFE=100	
	I _{max} = 2 A	
	PT = 10 w	

Tabla 11 SK3178

El cual cubre con buen margen los requerimientos.

Para R₁₁ tenemos

$$I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.1964}{100} = 1.9mA \quad R_{11} \leq \frac{5}{1.9} = 2.54K\Omega$$

$$P = VI = 5(1.9mA) = 9.5mW \quad \text{se elige de } 1 K\Omega \text{ a } 1/8 w.$$

Fuente de 5 v

Para esta fuente se elige aplicar el circuito integrado 7805, es un regulador de tres terminales y de acuerdo con las aplicaciones del manual tenemos el siguiente circuito típico

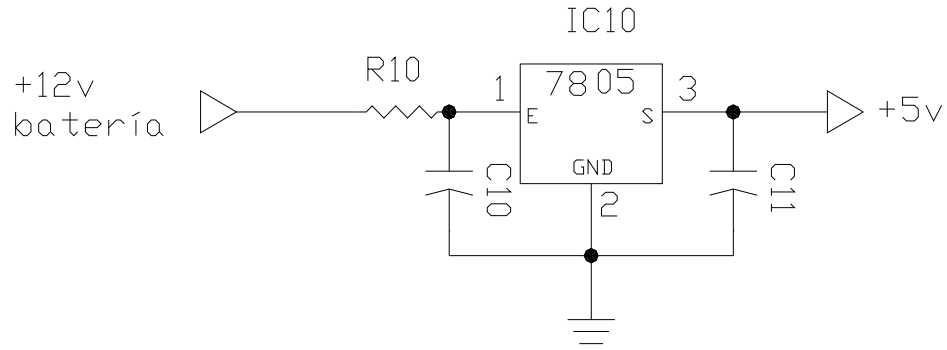


Ilustración 60 Diagrama de la fuente de +5v

La corriente máxima para esta fuente es de 0.5 A por lo que se elige el circuito LM7805C y tiene:

LM7805C		
IOmax = 1 A	Vin = 7.5 - 35 v	

Tabla 12 LM7805C

C_{10} , de acuerdo con el manual National Semiconductor, debe ser superior a $0.33 \mu\text{F}$ y tiene objeto de formar un filtro paso bajas en conjunto de R_{10} para disminuir el rizo en el voltaje de entrada. Se elige de $47 \mu\text{F}$.

C_{11} no debe ser inferior a $1 \mu\text{F}$ pero no mayor a $100 \mu\text{F}$ si no se tiene protegida la fuente contra cortos. Se elige de $47 \mu\text{F}$.

R_{10} tiene por objeto además de filtrar la corriente de entrada, limitar la potencia disipada por el circuito regulador.

Considerando que el circuito deberá tener un voltaje mínimo de 7.5 v para mantener el voltaje regulado a la salida tenemos

$$R_{10} \leq \frac{V}{I} = \frac{13.2 - 7.5}{0.5} = 11.4 \Omega \qquad P = VI = 0.5(13.2 - 7.5) = 2.8 \text{w}$$

se elige la resistencia de 10Ω a 3 w.

Puerto de salida

Este circuito adapta la entrada de la línea de transmisión a los requisitos del PIC ya que la línea de transmisión es bidireccional mientras que la entrada del PIC solo opera en un sentido a la vez

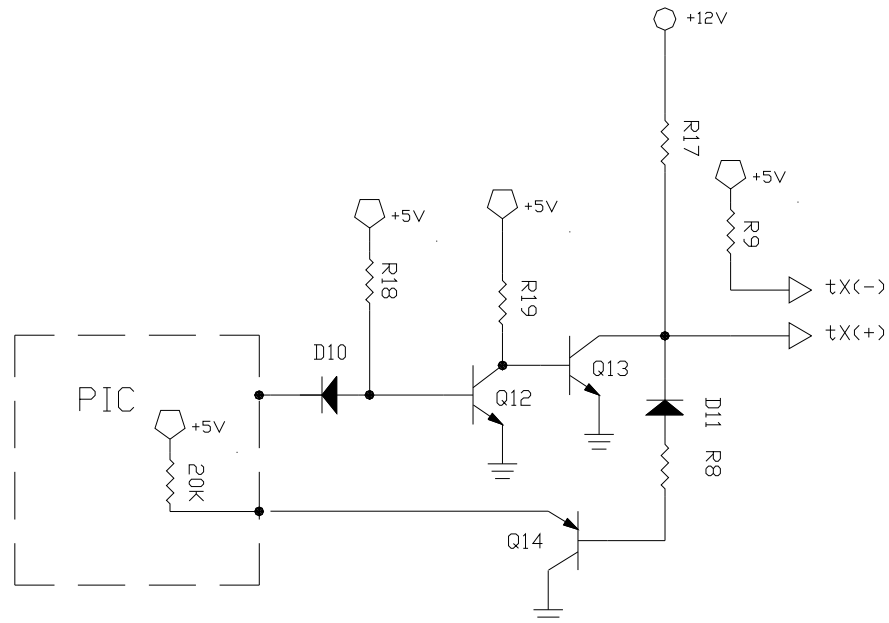


Ilustración 61 Diagrama del puerto de salida de la fuente

Para el cálculo de R_9 se considera una corriente límite en Tx(-) aproximada de 50 mA.

$$R_9 \geq \frac{5}{0.05} = 100\Omega$$

$$P = VI = 5(0.05) = 0.25$$

se elige $R_{11} = 100 \Omega$ a $\frac{1}{4} w$

Para R_{17} se considera una corriente máxima en Tx(+) de 15 mA

$$R_{17} \geq \frac{12}{0.015} = 800\Omega$$

$$P = VI = 12(0.015) = 0.18w$$

se elige $R_{17} = 1 K\Omega$ a $\frac{1}{4} w$

Q₁₂ y Q₁₃ se eligen bajo los criterios de Q₁₁ del detector de corriente

La corriente de base de Q₁₃ con β=200 y en estado de saturación

$$I_C = \frac{12}{1K} = 12mA \quad I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{12}{200} = 0.06mA$$

$$R_{19} \leq \frac{5}{0.06m} = 83.3K\Omega \quad \text{la potencia es despreciable}$$

se elige R₁₉ = 1 KΩ a ¼ w

Para R₁₈ tenemos

$$I_b = \frac{0.06m}{200} = 0.3\mu A$$

Con tal corriente puede aplicarse cualquier resistencia inferior a 100KΩ mantendrá saturado a Q₁₂, ya que la potencia es despreciable se elige R₁₈ = 4.7 KΩ a 1/4w.

Para Q₁₄ se requiere también de pequeña señal pero PNP, se elige por disposición el BC558 complemento del BC548.

$$I_C = \frac{5}{20K} = 0.25mA \quad I_b = \frac{I_C}{\beta} = \frac{0.25m}{200} = 0.00125mA$$

$$R = \frac{5 - 0.7 - 0.7}{1.25\mu} = 2.8M\Omega$$

Para asegurar la saturación y evitar las interferencias magnéticas se elige R₈ = 4.7KΩ a 1/4w.

Dado que las corrientes que manejarán D₁₀ y D₁₁ se puede emplear cualquier diodo rectificador de propósito general y por disponibilidad de elige el 1N4001.

Indicador y Reset

Como en todo microprocesador se requiere de un medio para establecer una operación o bien de conocer el estado de operación, debido a que el PIC12C508A solo cuenta con 6 terminales de entrada/salida desarrolle un circuito sencillo que permite visualizar el estado y a la vez recibir señales externas para su control.

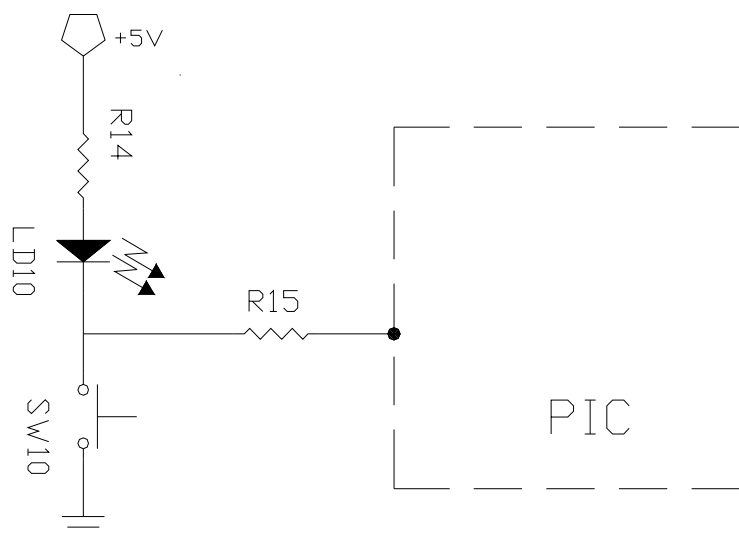


Ilustración 62 Diagrama del indicador y reset

El circuito cuenta con un indicador Led y dependiendo de su estado (encendido o apagado) indicara una función del PIC. El Sw₁₀ permite enviar una señal al PIC cuando este lleve a cabo el monitoreo de la misma terminal.

Sin la operación de Sw₁₀ el Led puede ser controlado libremente por el PIC.

LD₁₀ se selecciona del manual Fairchild como FLB315

FLB315		
VF = 3 v	IK = 20 mA	Intensidad luminosa de 25 mcd

Tabla 13 FLB315

La máxima corriente del Led será cuando se oprima SW₁₀ por lo tanto

$$R_{14} \geq \frac{5-3}{0.02} = 100\Omega \quad P = VI = (5-3)(0.02) = 0.106w$$

se elige $R_{14} = 220 \Omega$ a $1/4w$

Se observa que al mantener oprimido SW_{10} se tiene la máxima corriente del PIC, en caso de mantenerse activada la terminal como salida (estado "1" lógico). De acuerdo con el manual la corriente máxima de salida en la terminal del PIC es de 25 mA, entonces

$$R_{15} \geq \frac{5}{0.025} = 200\Omega \quad P = VI = (5)(0.025) = 0.125w$$

se elige $R_{15} = 470 \Omega$ a $1/4 w$

La corriente en la salida del PIC cuando opere como salida será

$$I = \frac{5}{470} = 10.6mA$$

lo cual asegura un buen margen de seguridad en comparación de los 25 mA que soporta la salida.

Circuito completo

A continuación se tiene el circuito completo y se puede observar que las entradas del PIC se eligen de acuerdo al manual para garantizar el aprovechamiento de las entradas con Pul Up del PIC (GP0, GP1 y GP3), esta característica permite polarizar las entradas por medio de una resistencia interna del PIC que se selecciona al programar el mismo.

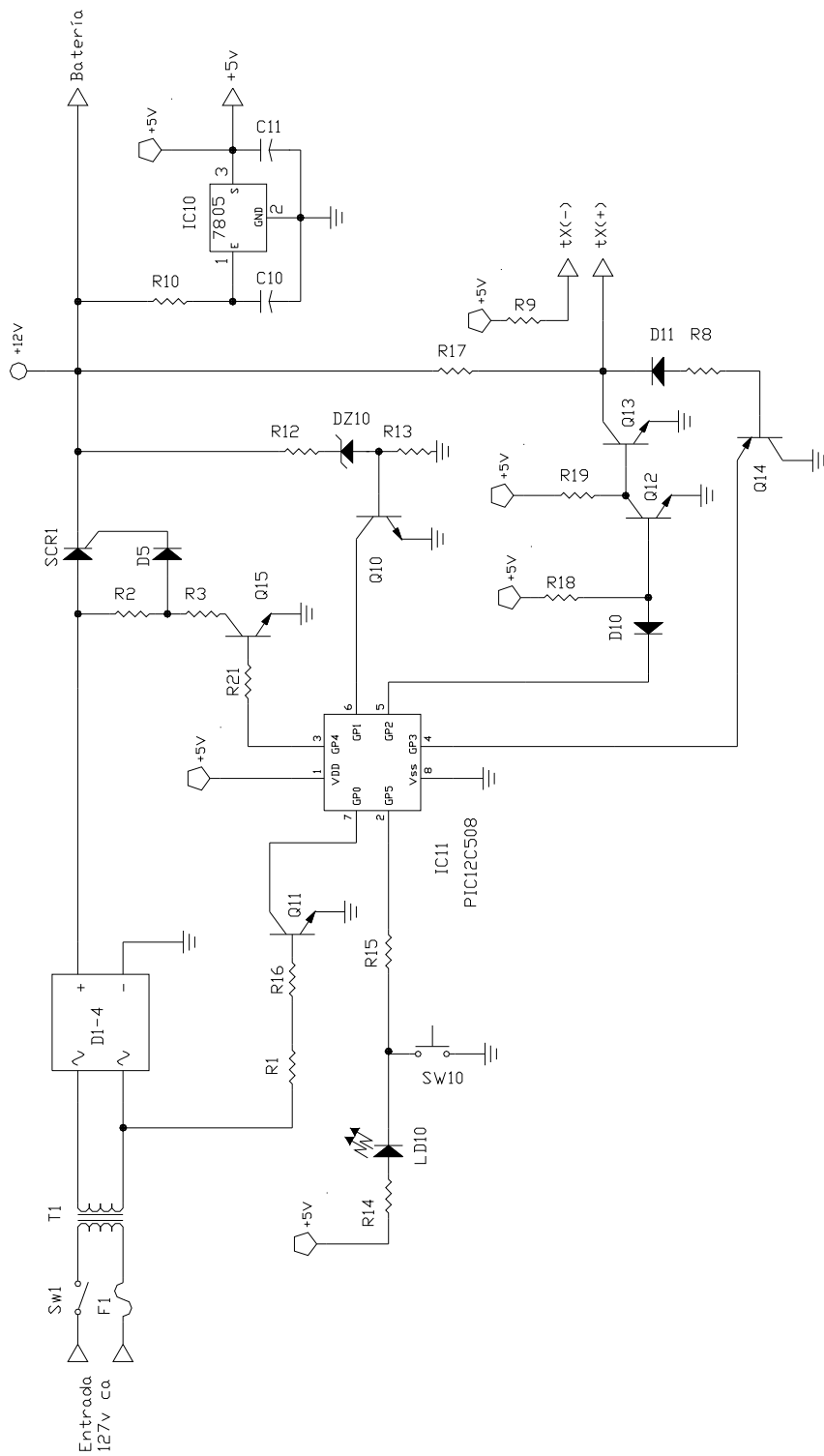


Ilustración 63 Diagrama completo de la fuente de alimentación

Enlace PC

El enlace con la PC se llevará a cabo con el siguiente circuito y sus características:

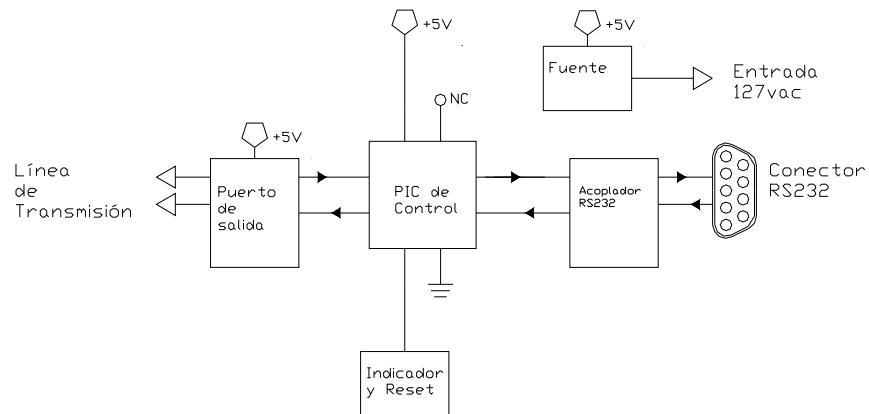


Ilustración 64 Diagrama a bloques del enlace PC

- Alimentación 127v ca 0.1Amp 60Hz
- Salida Serial RS232

Puerto de salida

Idéntico al usado en la Fuente. Los Como podemos observar en el diagrama completo del enlace PC el puerto de salida conformado por R_{24} , R_{25} , R_{26} , D_{22} , D_{23} , Q_{20} , Q_{21} y Q_{22} es similar al encontrado en el diagrama de la Fuente por lo tanto estos componentes tendrán los mismos valores R_{18} , R_{19} , R_8 , D_{10} , D_{11} , Q_{12} , Q_{13} y Q_{14} respectivamente.

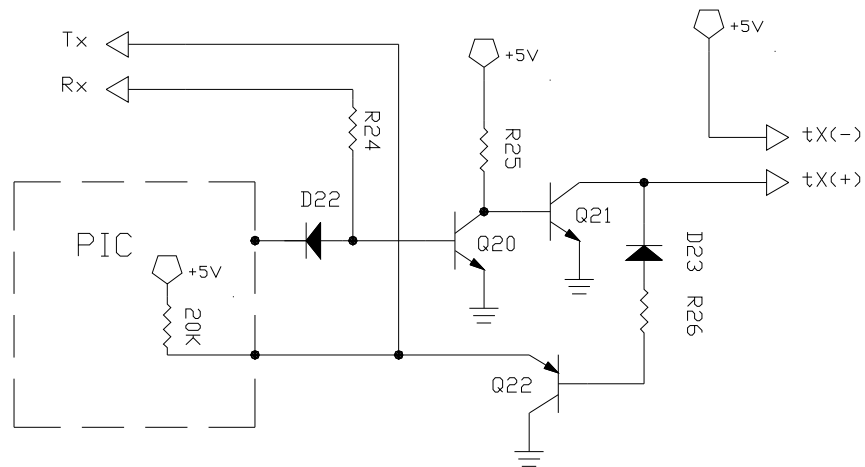


Ilustración 65 Diagrama del puerto de salida del enlace PC

Indicador y Reset

El circuito es similar al usado en el circuito del Generador de línea por lo que sus valores serán los calculados para el mismo.

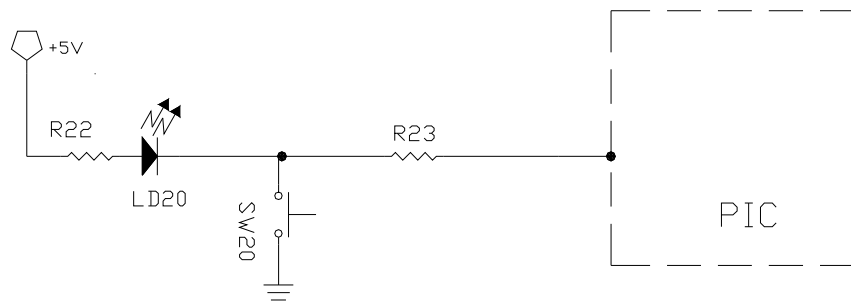


Ilustración 66 Diagrama indicador y reset del enlace PC

Fuente +5v

Es una fuente proporciona una alimentación de 12v para tener la posibilidad de accionar elementos de control como relevadores o SCR's y una alimentación de 5v para alimentar al microcontrolador ambas con una corriente máxima de 100 mA.

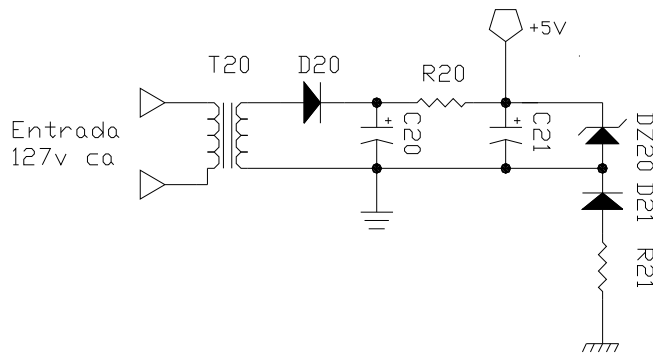


Ilustración 67 Diagrama de la fuente del enlace PC

T_{21} se selecciona para cubrir la necesidad de voltaje de 12v por lo tanto $V_P=127v$ 60 Hz y $V_S=12v$ 300mA.

Debido a que la corriente requerida es pequeña basta con tener un rectificador de $\frac{1}{2}$ onda.

Para el Diodo D_{20} se tiene:

$$I = 100 \text{ mA} \quad V_{PI} = \frac{12}{0.707} = 16.9v$$

El IN4001 soluciona estos requerimientos y por disponibilidad lo elegí

IN4001		
VPI = 200 v	IO = 1 Amp	IR = 10 microAmp.
TJ = -65 a + 175° C	Silicio	Proposito general

Tabla 14 1N4001

Para calcular el mínimo filtro se tiene:

$$(C_{20} + C_{21}) \geq \frac{TV_{\max}}{2\sqrt{2}V_{\text{rizo}} R_{\text{carga}}}$$

Ecuación 2 Calculo del filtro para un rectificador

$$V_{rizo} = V_P - V_O = \frac{12}{0.707} - 5.1 = 11.87v \quad R_{carga} = \frac{V_O}{I_{Omax}} = \frac{12}{0.2} = 60\Omega$$

$$V_{max} = \frac{12}{0.2} = 16.9v$$

$$(C_{20} + C_{21}) \geq \frac{TV_{max}}{2\sqrt{2}V_{rizo}R_{carga}} = \frac{(16.6)(16.9)}{2\sqrt{2}(7.62)(60)} = 217\mu F$$

Se selecciona $C_{20} = 220 \mu F$ a 16v y $C_{21} = 220 \mu F$ a 10 V

DZ₂₀ es un Diodo Zener a 5.1 v con una potencia de $P_{max} = 5.1(0.1) = 0.51w$

Se selecciona el SK5V1 que es a 1w.

Para R₂₀

$$R \leq \frac{16.9 - 5.1}{0.1} = 118\Omega \quad R \geq \frac{16.9 - 5.1}{\left(\frac{1}{5.1}\right)} = 60.2 \quad \text{se elige de } 100\Omega$$

$$\text{entonces } P = \frac{16.9^2}{100} = 2.85w \text{ se elige de } 3 W$$

D₂₁ es de propósito general al igual que D₂₀ por lo que se selecciona también como 1N4001 cubriendo las necesidades requeridas. Con los datos anteriores se tiene:

R₂₁ permite tener una alimentación de reserva para el PIC en caso de existir falla eléctrica podrá mantener los datos necesarios en la memoria RAM. Mientras dure la falla fijaremos esta corriente en 2 mA máximo, que es la corriente de consumo para mantenerlo en operación:

$$R_{21} \leq \frac{5 - 3}{2m} = 1000\Omega \quad P = \frac{V_{max}^2}{R} = \frac{(5.1)^2}{1000} = 0.026w$$

por los cálculos anteriores se elige R₂₂ = 470 Ω a ½ W

Acoplador RS232

El circuito formado por el MAX232 es una aplicación directa del manual el cual se encarga de acoplar el tipo de salidas del PIC a niveles lógicos del RS232.

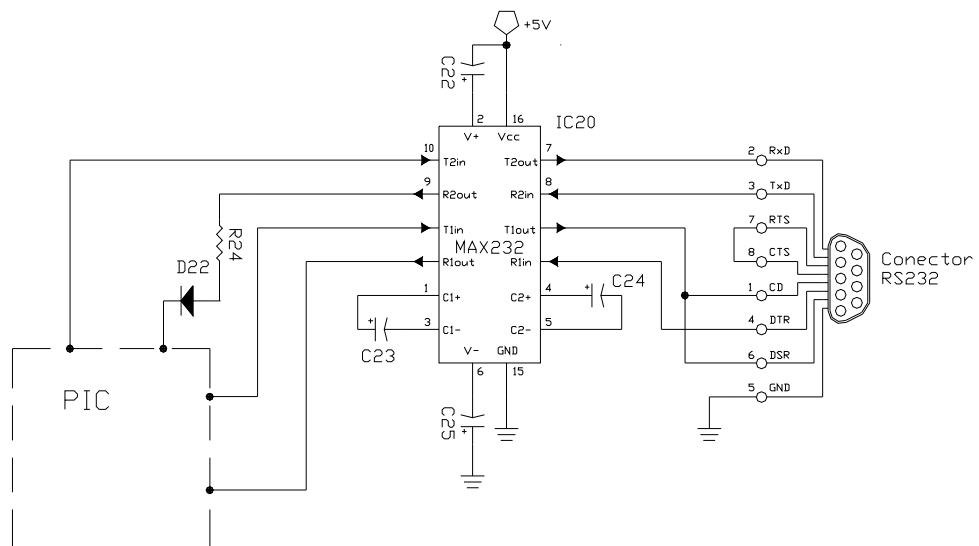


Ilustración 68 Acoplador MAX232

En la figura anterior se observa los voltajes TTL y los del RS232 y el Diagrama a bloques del Circuito Integrado MAX232.

De acuerdo con el manual C_{22} , C_{23} , C_{24} , y C_{25} para el MAX232 deben ser mínimo de $1 \mu\text{F}$ por lo que se eligen de $10 \mu\text{F}$.

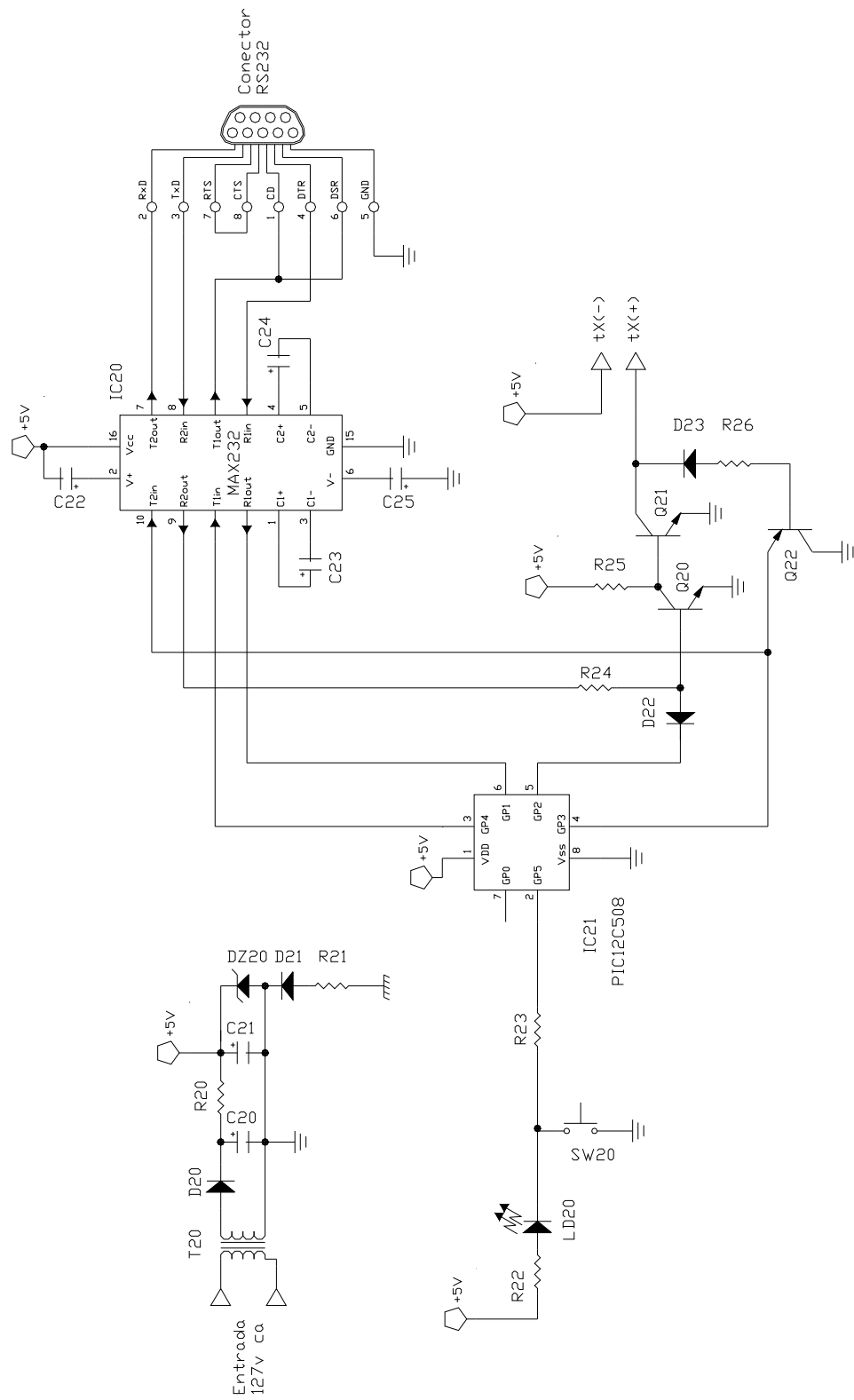


Ilustración 69 Diagrama completo enlace PC

Dispositivo de control

A continuación se tiene el diagrama a bloques del dispositivo de control, en el se puede observar que el Puerto de Salida, Indicador y Reset y la fuente serán etapas iguales a las previamente calculadas en los dispositivos anteriores.

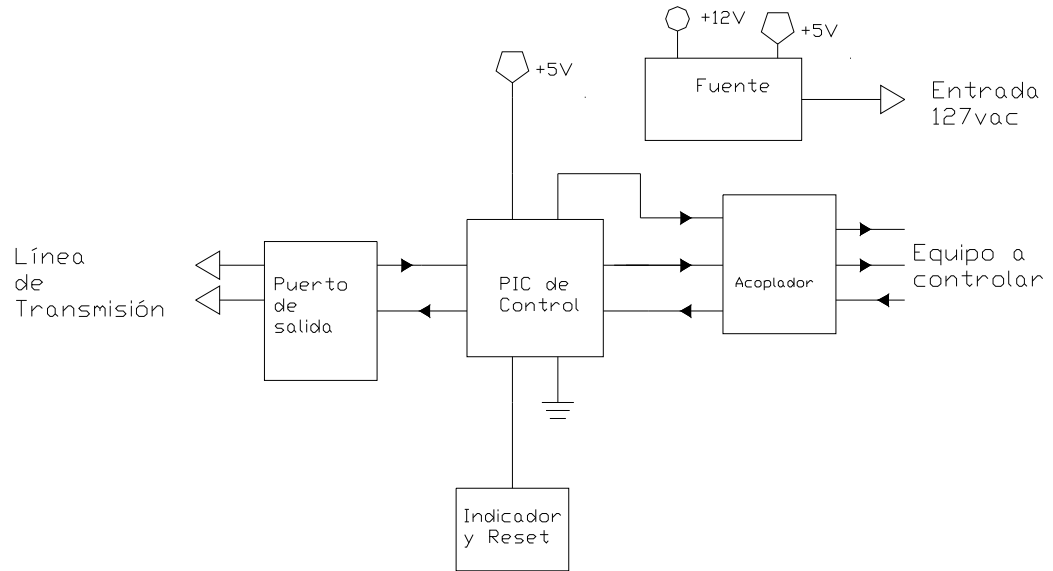


Ilustración 70 Diagrama a bloques de Dispositivo de control

Fuente

La fuente es similar a la empleada en el enlace PC excepto que cuenta con D₃₁ encargado de no permitir regreso de corriente a la salida de 12 volts, dada la corriente y voltajes usados sus características son similares a D₃₀, se elige el 1N4001.

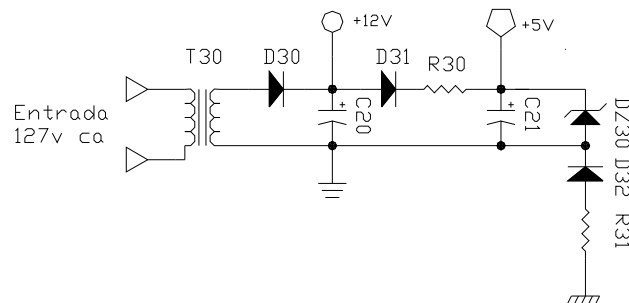


Ilustración 71 Diagrama de la fuente del dispositivo de control

Acoplador

D₅₂ tiene la función de drenar la corriente de descarga de RL₅₀ al quitar la alimentación ya que se puede generar un pico de corriente de hasta 10 veces el voltaje de alimentación de la bobina, para ello se elige el IN4001 cubriendo las necesidades para este fin.

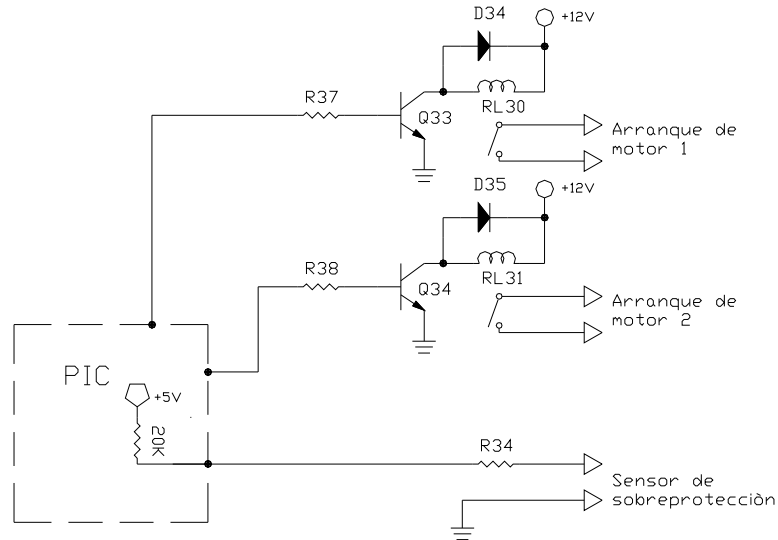


Ilustración 72 Diagrama del acoplador en el Dispositivo de control

Q₃₃ y Q₃₄ es un transistor de mediana señal de propósito general por lo que se elige el SK3178 (ver tabla de datos en conmutador por SCR), como tiene I_{Cmax} = 2A y β = 100

$$I_B = \frac{I_C}{\beta} = \frac{2}{100} = 20mA \quad R \geq \frac{5-0.7}{20mA} = 215\Omega$$

Se elige R37 y 38 = 1000 Ω a ½ W

$$I_{C_{max}} = \frac{5(100)}{1000} = 0.5A \quad P_{R_{max}} = 5 \left(\frac{5}{1000} \right) = 0.025w$$

R₃₄ se elige de 1KΩ a ¼ W como protección a la entrada del PIC, no afectando la sensibilidad a la entrada ya que el PIC cuenta con una resistencia a V+ de 20 KΩ.

Puerto de salida e indicador de reset

El circuito es similar al empleado en el enlace difiere en la eliminación del diodo y la resistencia de la salida del PIC ya que en este caso son innecesarios.

A continuación tenemos el diagrama completo del circuito.

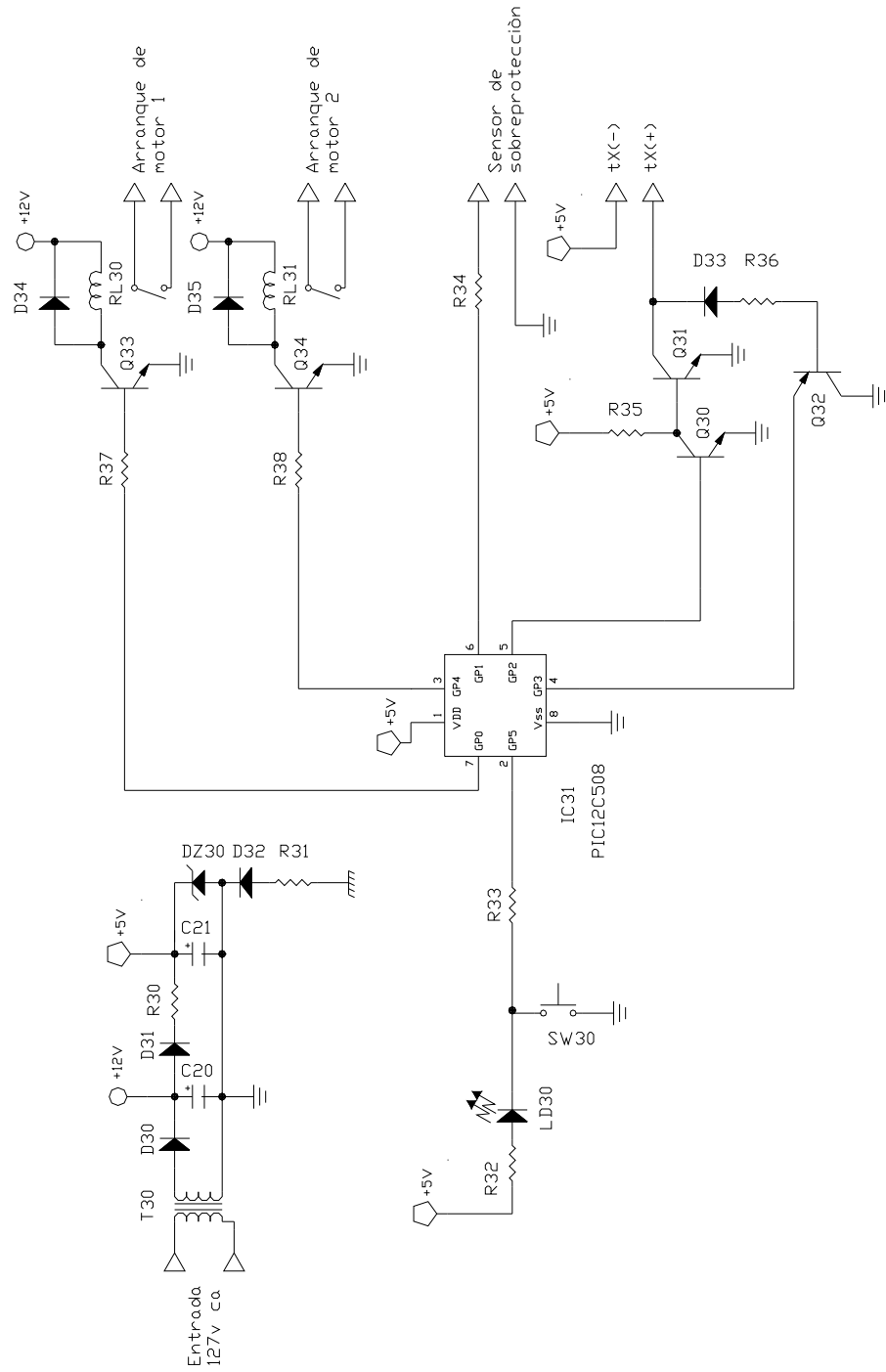


Ilustración 73 Diagrama completo del Dispositivo de control

Dispositivo indicador y/o sensor.

La función de este dispositivo es mantener informado al sistema de algún evento importante para la operación de un dispositivo o bien para alarmar un sistema como un sensor de presencia o bien accionar una chicharra de alarma.

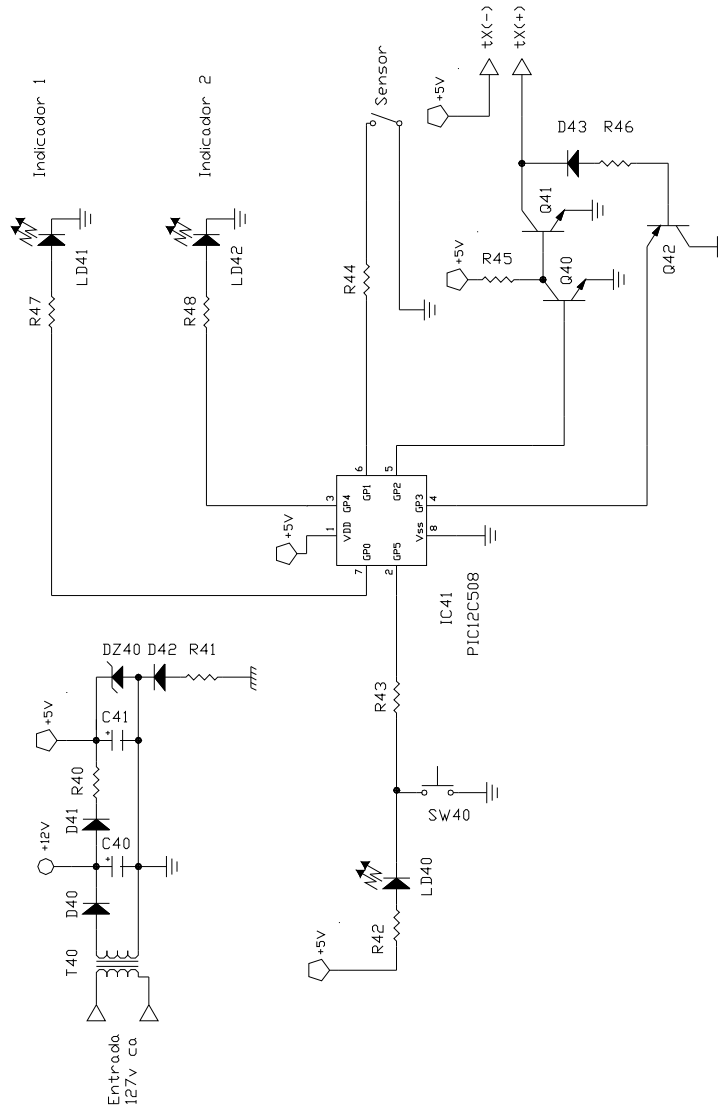


Ilustración 74 Diagrama del Dispositivo indicador y/o sensor

Como podemos observar el circuito es similar al dispositivo de control, la diferencia estriba en que la señal la recibe directamente de un interruptor o bien de un sensor de presencia. Los circuitos son similares a los anteriores por lo que es irrelevante los cálculos.

Capítulo 4 Pruebas evaluación y costos

Pruebas del prototipo

Primera fase

Las pruebas físicas de las diferentes secciones se desglosan en la siguiente tabla donde se anotaron las características eléctricas obtenidas así como las observaciones y detalles que se tuvieron que corregir.

Prueba	Resultados	Observaciones	Recomendaciones
Etapa de entrada. *	Los voltajes y corriente de salida fueron óptimos para la aplicación requerida.	Algunos componentes se sustituyeron por economía ya que se contaba con ellos.	
Detector de voltaje. *	Su operación se encontró satisfactoria, observándose por el osciloscopio	Al probarse se programo un PIC como simple indicador de la recepción de la señal.	
Sensor de voltaje de batería. *	Operó satisfactoriamente el voltaje de corte fue de 13.6v	Se probó con una fuente variable de voltaje directo para verificar el voltaje de corte. Al probarse se programo un PIC como simple indicador de la recepción de la señal.	
Conmutador por SCR. *	La corriente de carga de la batería disminuye de acuerdo con la carga que previamente posee la batería, la mínima corriente de carga se sitúa en 1.1 Amp. Cuando la carga de la batería esta completa.	Para mantener en optimas condiciones la batería se requiere mantener por algunos periodos de tiempo la corriente para evitar la cristalización del ácido con las bajas temperaturas.	Es necesario verificar el estado físico del ácido para hacer correcciones en los tiempos de carga de la batería ya que son variables de acuerdo con la marca de la batería. Es necesario que en la programación inicial del microcontrolador pueda enviarse los tiempos de carga y así ajustarlos.
Fuente de +5 v	El voltaje de salida solo observó pequeña diferencia cuando se		

	incremento la temperatura de operación del circuito regulador (al incrementar la corriente arriba de 0.5 A).		
Puerto de Salida	Se llevó a cabo una modificación de acuerdo con el primer circuito calculado ya que no se consideró la necesidad de tener un circuito que a la vez pudiera transmitir a la línea de comunicación y recibir del PIC sin que perjudicara la operación de este, en el circuito de la figura debajo de esta tabla se tiene el circuito final		
Indicador y Reset	Este circuito funciona adecuadamente		
Fuente	La fuente se modifico debido a la necesidad de que las pruebas se llevaran a cabo por cada una de las partes por lo que el voltaje de +12v se obtuvo a partir del MAX232 (+10 v)		Para efecto de las pruebas se enlazan los dispositivos por medio de 3 hilos (GND, Tx(-) y Tx(+))
Acoplador RS232	De acuerdo con los resultados, presenta pequeña inestabilidad cuando el voltaje de alimentación se reduce debajo de 4.5 v,		De acuerdo con información obtenida de Internet es mas estable aplicar un circuito discreto para acoplar las salidas RS232.
Acoplador	Los resultados fueron óptimos.		

* esta etapa se llevó a cabo directamente en el cargador de la batería de la bomba Perkins contra incendios de la Administración

Segunda Fase

Las pruebas que se llevaron a cabo para los programas del microcontrolador fueron más complejas de lo proyectado y se llevaron a cabo de acuerdo con el diagrama de flujo que se muestra a continuación:

Para llevar a cabo la apertura del puerto se requirió de información adicional para conocer las direcciones de cada uno de los registros involucrados en el puerto RS-232 por ser de vital importancia en el control del flujo de la información al PIC, también me tuve que documentar en la aplicación del MAX232, un circuito para acoplar el puerto RS-232 el cual cumple con la norma correspondiente.

En la prueba de recepción del PIC se generaron las rutinas necesarias para las señales de R, NC, ND, y los bits "0" y "1" lógicos, los cuales son clave importante en la correcta transferencia de datos entre el PIC y la PC, así como entre los PIC's.

La prueba de control de dispositivos requirió la correcta aceptación de los comandos de operación y se llevaron a cabo considerando a la PC como el dispositivo maestro para ordenar y recibir la información de 2 circuitos esclavos de control, uno de ellos fue la fuente y el otro un dispositivo para controlar un compresor del hidroneumático.

Proceso de pruebas del software

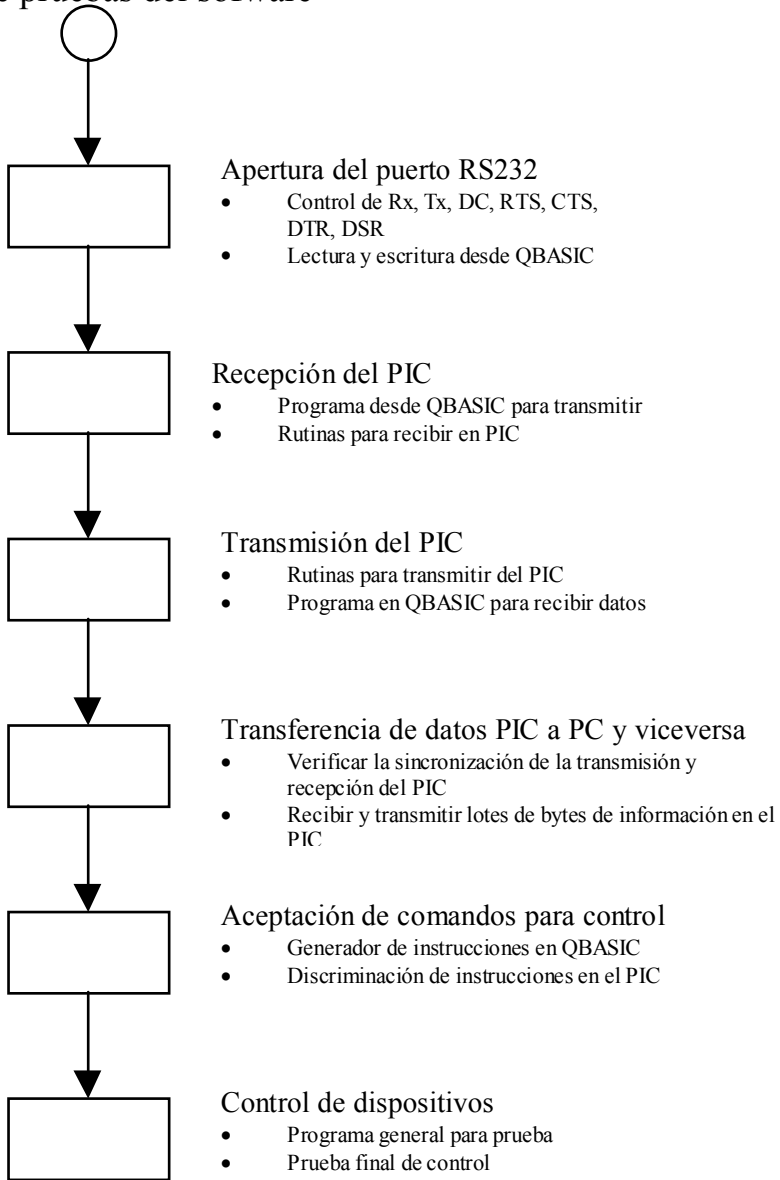


Ilustración 75 Proceso de pruebas del software

Para casi la totalidad los procedimientos se utilizó la prueba de indicación, esto es se agregaron programas al final de cada ciclo con objeto de probar la veracidad de los resultados, por ejemplo para probar la correcta recepción de un byte por parte del PIC se generó una rutina que verificaba el valor de este e indicaba por medio del Led el valor correcto de este, así mismo se aprovechó el interruptor de reset para indicar al PIC cuando continuara la prueba de los datos.

Evaluación Técnica

Las pruebas del prototipo arrojaron una serie de modificaciones al prototipo diseñado originalmente, no tanto del diseño físico de sus circuitos, sin embargo en la forma en que la información se transmite por medio de la línea de comunicación si generé muchos cambios, a continuación se enumeran los resultados obtenidos.

1. El generador de la línea de comunicación se situó en el enlace de la PC. La ventaja es tener un control más directo con la operación de la línea de comunicación, además de que este circuito es esencial para la operación de la red.
2. Al ser el circuito principal de la red el Enlace de la PC es necesario que este cuente con un contador de tiempo real (hora exacta) la cual sea transmitida a cada uno de los dispositivos de control y así puedan llevar a cabo ciclos de trabajo o temporizaciones a tiempo real. (Operaciones programadas de equipos). Este contador deberá ser operado por un oscilador de cristal para evitar en lo posible las variaciones de tiempo.
3. El enlace de la PC es el camino principal para iniciar la programación de todos los dispositivos por lo cual este será el generador de toda la información necesaria para dar acceso a cada dispositivo a la red, esto no implica que sea el único dispositivo para monitorear la red desde una PC ya que puede instalarse otra unidad de enlace para PC en la red pero deberá ser pasiva y no generará ningún código de control.
4. El puerto serial de la PC es esencial (no se logró adaptar en un simulador de puerto serial a los puertos USB) ya que las señales de control no operaban satisfactoriamente de otra manera.
5. Para facilitar y reducir circuitos se aplicaron técnicas para que los datos emitidos y recibidos por la PC fueran semejantes a la forma en que se transmiten los datos en la línea de comunicación.
6. Se asignó un canal en la red solo para los dispositivos que requieren solicitar información (un canal para códigos de control, otro para intercambio de datos con la PC y uno más de reserva para algún dispositivo maestro que se requiera conectar a la red).

7. En la programación inicial de cada dispositivo se agregó un programa para evitar que por alguna falla en la línea provocara algún error en la recepción de los datos esenciales (Identificador y canal asignado), esto se logró al requerir accionar el interruptor de reset antes de que el PIC comience la recepción de los datos de la PC.
8. El Reset, el identificador de red, el tiempo real y el enlace cuentan con los cuatro primeros canales asignados, para cada caso se consideró como una operación, de este modo se reduce el programa que maneja el PIC a diferencia de lo proyectado ya que llegué a tener un programa muy complejo de manejar durante el diseño. Al optar por esta salida el PIC respondió más fácil a los programas que diseñé.
9. Cada dispositivo se programa de manera que sea completamente autónomo y no requiera estar todo el tiempo controlado por una señal de control, recomiendo el uso de comandos para controlar no solo el encendido sino el tiempo en que este requiere estar encendido.

Evaluación económica

A continuación se desglosa el costo material de cada una de las partes del prototipo presupuestados en Enero de 2007.

Costo de Componentes	
Descripción	P/U
PIC12C508A	\$ 29.00
Capacitor 10 uF a 16 V	\$ 2.00
Capacitor 220 uF a 25 V	\$ 4.00
Capacitor 47 uF a 16 V	\$ 2.00
CI Regulador LM7805C	\$ 6.00
Conector DB-9 angulo recto macho	\$ 4.50
Conector telefónico modular p/circuito impreso 4 p	\$ 7.00
Diodo 1 Amp. 200v	\$ 1.00
Diodo 8 Amp. 100 V	\$ 5.00
Diodo Zener 12 V 1 W	\$ 4.00
Diodo Zener 12 V 1/2 W	\$ 3.00
Fusible t/Americano 1 Amp. Acción lenta c/base	\$ 3.00
Interruptor 1P1T 2Amp. 250 V	\$ 6.00
Led tipo FBL316	\$ 2.00
MAX232	\$ 15.00
Microinterruptor p/circuito impreso	\$ 2.50
Relevador mini con bobina 12v y contacto 1A 250v	\$ 12.00
Resistencia 10 ohms 3W	\$ 5.00
Resistencia 33 ohms 2W	\$ 4.00
Resistencia 51 ohms 3W	\$ 5.00
Resistencia 1 Kohms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 10 Kohms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 100 Ohms 1/2W	\$ 0.50
Resistencia 100 Ohms 3W	\$ 5.00
Resistencia 220 Ohms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 47 KOhms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 470 Ohms 1/2W	\$ 0.50
Resistencia 470 Ohms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 4K7 Ohms 1/4W	\$ 0.50
Resistencia 680 Ohms 1/2W	\$ 0.50
SCR de 10 Amp. 200 V	\$ 14.00
Transformador 127 V/12.7 V 300 mAmp.	\$ 39.00
Transformador 127 V/12.7 V 5 Amp.	\$ 240.00
Transistor 2 Amp. 100 v 10W	\$ 10.00
Transistor BC548	\$ 3.00
Transistor BC558	\$ 3.00

Tabla 15 Costos por componentes

Tabla 16 Costo de la instalación total

Presutuesto total							
Circuito Electrónico	Tipo	\$/u Circuito	\$/u Miselaneos	\$/u Instalación	\$/u total	Cant.	Subtotal
ULA	Dispositivo de Control	\$142.00	\$ 50.00	\$ 20.00	\$ 212.00	12	\$2,544.00
Extractor de Aire	Dispositivo de Control	\$142.00	\$ 50.00	\$ 20.00	\$ 212.00	2	\$ 424.00
Inyector de Aire	Dispositivo de Control	\$142.00	\$ 50.00	\$ 20.00	\$ 212.00	5	\$1,060.00
Bomba de Agua Diesel	Fuente	\$384.50	\$ 50.00	\$ 5.00	\$ 439.50	1	\$ 439.50
Bomba de Agua Eléctrica	Dispositivo de Control	\$142.00	\$ 50.00	\$ 5.00	\$ 197.00	4	\$ 788.00
Compresor	Dispositivo de Control	\$142.00	\$ 50.00	\$ 5.00	\$ 197.00	1	\$ 197.00
Enlace PC	Enlace PC	\$140.00	\$ 50.00	\$ 30.00	\$ 220.00	1	\$ 220.00
Alarma contra incendios	Dispositivo Indicador y/o sensor	\$120.00	\$ 50.00	\$ 10.00	\$ 180.00	3	\$ 540.00
Total							\$6,212.50

Conclusiones

Al desarrollar este prototipo encontré la necesidad de desarrollarlo mediante una planificación más larga de lo esperado ya que la mayor parte del tiempo se tiene que aplicar para la elaboración y prueba de programas tanto para el PIC como los programas correspondientes para operarlo.

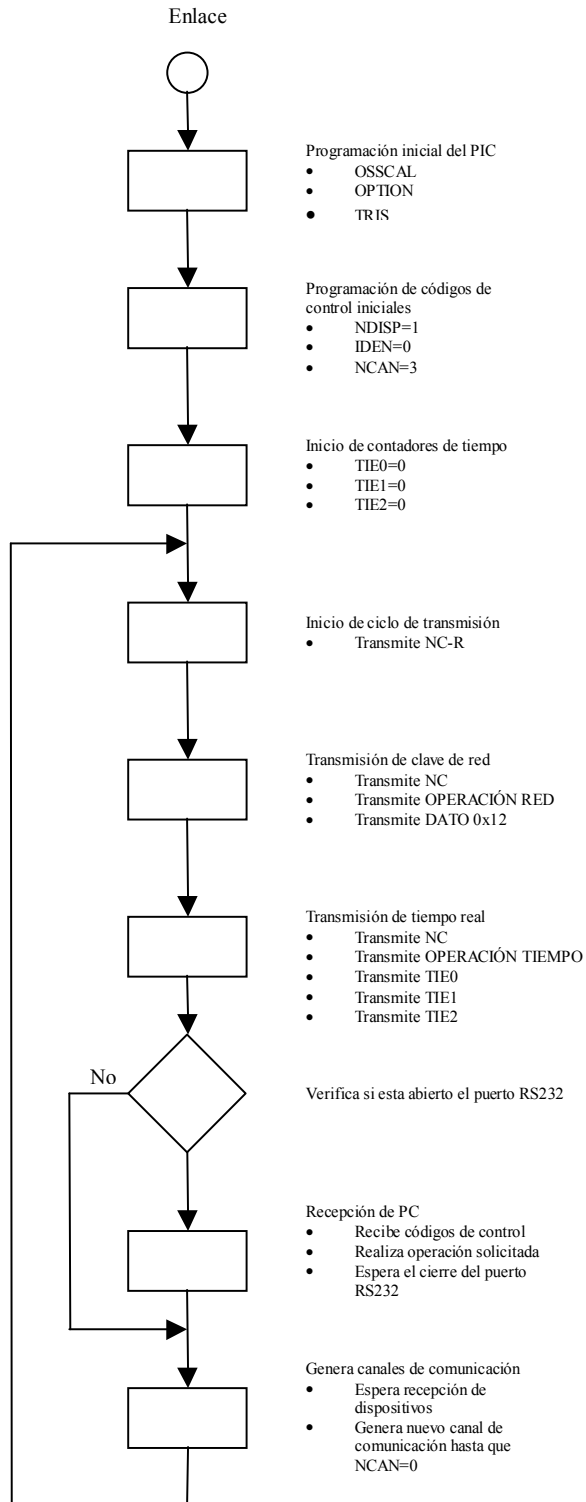
La transmisión de datos por medio de esta línea de transmisión fue posible probarla a una distancia de 100 mtrs. Y se llevo a cabo el control sencillo de un dispositivo por medio del enlace de la PC y un circuito de control.

El costo de cada dispositivo de control es relativamente barato (debajo de \$150.00) y los beneficios por sus posibilidades de programación permiten un ahorro de mano de obra de operación de los equipos.

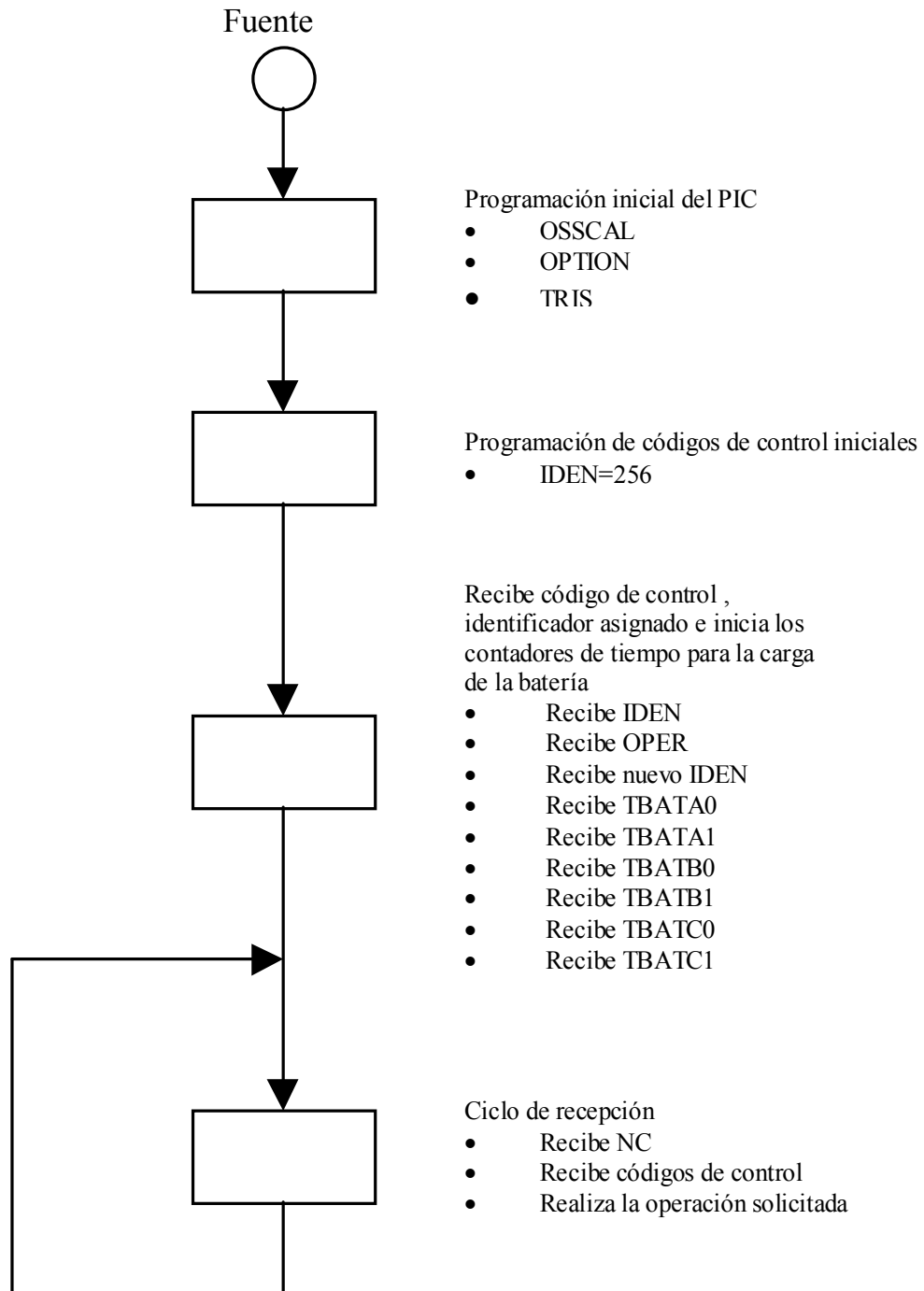
Principalmente en esta tesis se verifico la viabilidad mas sin embargo la red completa implica mayor tiempo de prueba y la elaboración de programas para la PC más completos.

Anexos

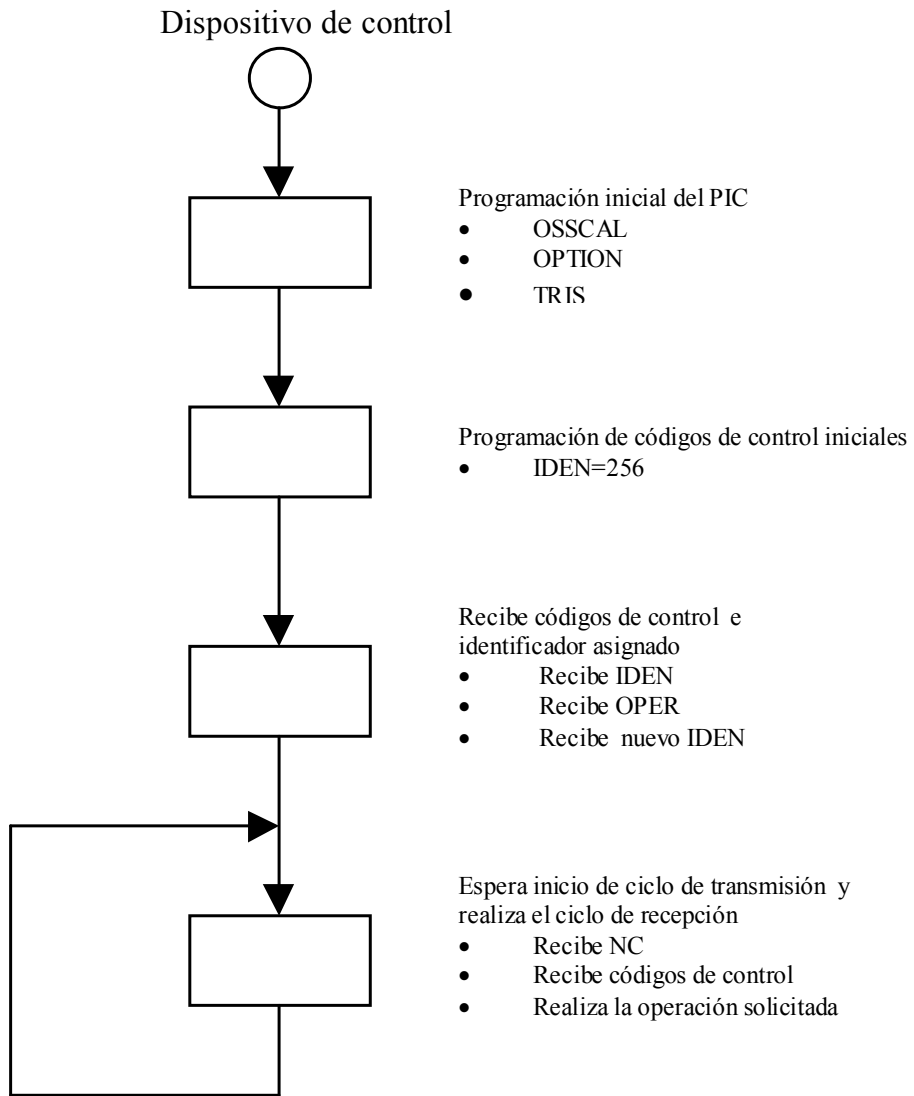
Anexo 1 Programa Enlace



Anexo 2 Programa Fuente

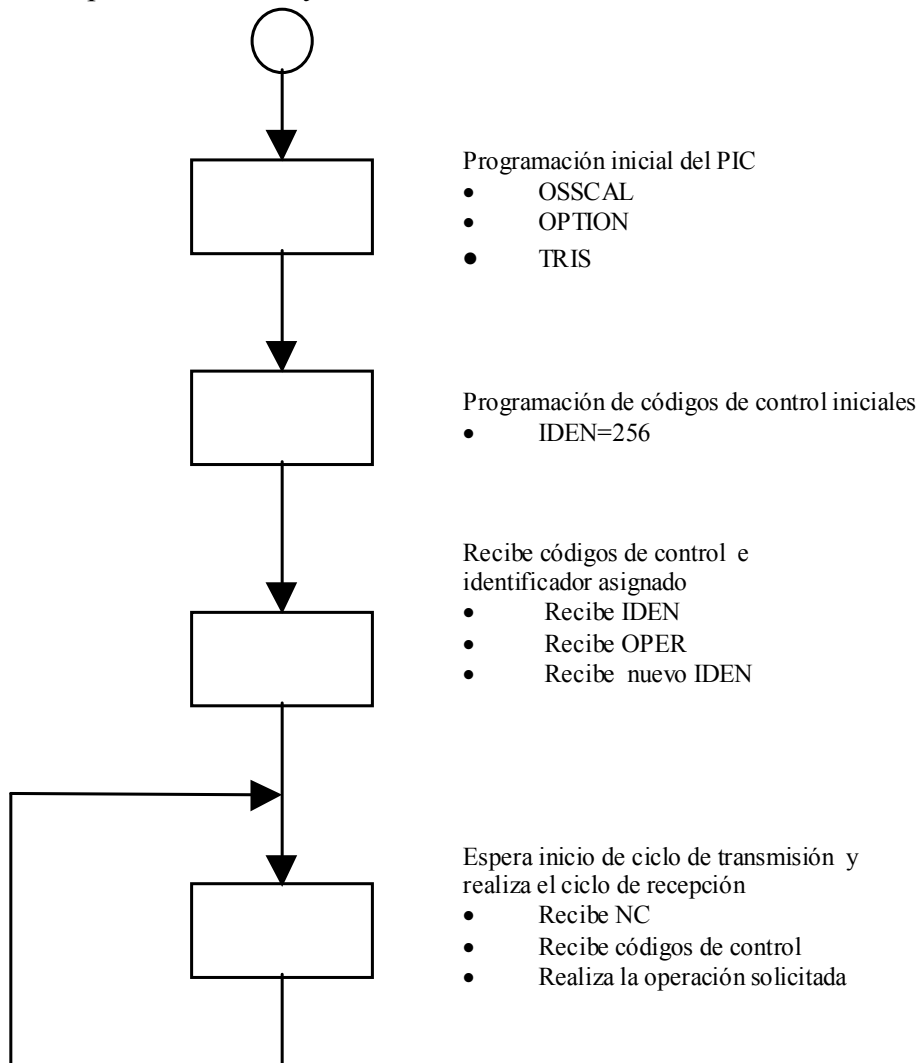


Anexo 3 Programa Dispositivo de control



Anexo 4 Programa dispositivo sensor y/o indicador

Dispositivo Sensor y/o indicador



Anexo 5 Descripción de las terminales del PIC

Name	DIP Pin #	SOIC Pin #	I/O/P Type	Buffer Type	Description
GP0	7	7	I/O	TTL/ST	Bi-directional I/O port/ serial programming data. Can be software programmed for internal weak pull-up and wake-up from SLEEP on pin change. This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
GP1	6	6	I/O	TTL/ST	Bi-directional I/O port/ serial programming clock. Can be software programmed for internal weak pull-up and wake-up from SLEEP on pin change. This buffer is a Schmitt Trigger input when used in serial programming mode.
GP2/T0CKI	5	5	I/O	ST	Bi-directional I/O port. Can be configured as T0CKI.
GP3/MCLR/VPP	4	4	I	TTL/ST	Input port/master clear (reset) input/programming voltage input. When configured as MCLR, this pin is an active low reset to the device. Voltage on MCLR/VPP must not exceed VDD during normal device operation or the device will enter programming mode. Can be software programmed for internal weak pull-up and wake-up from SLEEP on pin change. Weak pull-up always on if configured as MCLR. ST when in MCLR mode.
GP4/OSC2	3	3	I/O	TTL	Bi-directional I/O port/oscillator crystal output. Connections to crystal or resonator in crystal oscillator mode (XT and LP modes only, GPIO in other modes).
GP5/OSC1/CLKIN	2	2	I/O	TTL/ST	Bidirectional IO port/oscillator crystal input/external clock source input (GPIO in Internal RC mode only, OSC1 in all other oscillator modes). TTL input when GPIO, ST input in external RC oscillator mode.
VDD	1	1	P	—	Positive supply for logic and I/O pins
VSS	8	8	P	—	Ground reference for logic and I/O pins

Legend: I = input, O = output, I/O = input/output, P = power, — = not used, TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

Tomado del manual Microchips

Anexo 6 Descripción de registros de funciones especiales del PIC

FIGURE 4-4: STATUS REGISTER (ADDRESS:03h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
GPWUF	RA0	TO	PD	Z	DC	C	
bit 7	6	5	4	3	2	1	bit 0
<p>bit 7: GPWUF: GPIO reset bit 1 = Reset due to wake-up from SLEEP on pin change 0 = After power up or other reset</p> <p>bit 6: Unimplemented</p> <p>bit 5: RA0: Program page preselect bits 1 = Page 1 (200h - 3FFh) - PIC12C500, PIC12C509A, PIC12CR509A and PIC12CE519 0 = Page 0 (000h - 1FFh) - PIC12C5XX Each page is 512 bytes. Using the RA0 bit as a general purpose read/write bit in devices which do not use it for program page preselect is not recommended since this may affect upward compatibility with future products.</p> <p>bit 4: TO: Time-out bit 1 = After power-up, <code>CLAWDT</code> instruction, or <code>SLEEP</code> instruction 0 = A WDT time-out occurred</p> <p>bit 3: PD: Power-down bit 1 = After power-up or by the <code>CLAWDT</code> instruction 0 = By execution of the <code>SLEEP</code> instruction</p> <p>bit 2: Z: Zero bit 1 = The result of an arithmetic or logic operation is zero 0 = The result of an arithmetic or logic operation is not zero</p> <p>bit 1: DC: Digit carry/borrow bit (for <code>ADDWF</code> and <code>SUBWF</code> instructions) ADDWF 1 = A carry from the 4th low order bit of the result occurred 0 = A carry from the 4th low order bit of the result did not occur SUBWF 1 = A borrow from the 4th low order bit of the result did not occur 0 = A borrow from the 4th low order bit of the result occurred</p> <p>bit 0: C: Carry/borrow bit (for <code>ADDWF</code>, <code>SUBWF</code> and <code>SUBWF</code> instructions) ADDWF SUBWF 1 = A carry occurred 1 = A borrow did not occur RRF or RLF 0 = A carry did not occur 0 = A borrow occurred Load bit with LSB or MSB, respectively</p>							

FIGURE 4-5: OPTION REGISTER

W-1	W-1	W-1	W-1	W-1	W-1	W-1	W-1																											
GPWU	GPPU	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0																											
bit 7	6	5	4	3	2	1	bit 0																											
<p>bit 7: GPWU: Enable wake-up on pin change (GP0, GP1, GP3) 1 = Disabled 0 = Enabled</p> <p>bit 6: GPPU: Enable weak pull-ups (GP0, GP1, GP3) 1 = Disabled 0 = Enabled</p> <p>bit 5: TOCS: Timer0 clock source select bit 1 = Transition on TOCKI pin 0 = Transition on internal instruction cycle clock, $F_{osc}/4$</p> <p>bit 4: TOSE: Timer0 source edge select bit 1 = Increment on high to low transition on the TOCKI pin 0 = Increment on low to high transition on the TOCKI pin</p> <p>bit 3: PSA: Prescaler assignment bit 1 = Prescaler assigned to the WDT 0 = Prescaler assigned to Timer0</p> <p>bit 2-0: PS2:PS0: Prescaler rate select bits</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Bit Value</th> <th>Timer0 Rate</th> <th>WDT Rate</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>000</td><td>1:2</td><td>1:1</td></tr> <tr><td>001</td><td>1:4</td><td>1:2</td></tr> <tr><td>010</td><td>1:8</td><td>1:4</td></tr> <tr><td>011</td><td>1:16</td><td>1:8</td></tr> <tr><td>100</td><td>1:32</td><td>1:16</td></tr> <tr><td>101</td><td>1:64</td><td>1:32</td></tr> <tr><td>110</td><td>1:128</td><td>1:64</td></tr> <tr><td>111</td><td>1:256</td><td>1:128</td></tr> </tbody> </table>								Bit Value	Timer0 Rate	WDT Rate	000	1:2	1:1	001	1:4	1:2	010	1:8	1:4	011	1:16	1:8	100	1:32	1:16	101	1:64	1:32	110	1:128	1:64	111	1:256	1:128
Bit Value	Timer0 Rate	WDT Rate																																
000	1:2	1:1																																
001	1:4	1:2																																
010	1:8	1:4																																
011	1:16	1:8																																
100	1:32	1:16																																
101	1:64	1:32																																
110	1:128	1:64																																
111	1:256	1:128																																

Tomado del manual Microchips

Anexo 7 Instrucciones Risc para el PIC12C508

Mnemonic, Operands	Description	Cycles	12-Bit Opcode			Status Affected	Notes
			MSb	LSb			
ADDWF f,d	Add W and f	1	0001	11df	ffff	C,DC,Z	1,2,4
ANDWF f,d	AND W with f	1	0001	01df	ffff	Z	2,4
CLRF f	Clear f	1	0000	011f	ffff	Z	4
CLRWF -	Clear W	1	0000	0100	0000	Z	
COMF f,d	Complement f	1	0010	01df	ffff	Z	
DECF f,d	Decrement f	1	0000	11df	ffff	Z	2,4
DECFSZ f,d	Decrement f, Skip if 0	1(2)	0010	11df	ffff	None	2,4
INCF f,d	Increment f	1	0010	10df	ffff	Z	2,4
INCFSZ f,d	Increment f, Skip if 0	1(2)	0011	11df	ffff	None	2,4
IORWF f,d	Inclusive OR W with f	1	0001	00df	ffff	Z	2,4
MOVF f,d	Move f	1	0010	00df	ffff	Z	2,4
MOVWF f	Move W to f	1	0000	001f	ffff	None	1,4
NOP -	No Operation	1	0000	0000	0000	None	
RLF f,d	Rotate left f through Carry	1	0011	01df	ffff	C	2,4
RRF f,d	Rotate right f through Carry	1	0011	00df	ffff	C	2,4
SUBWF f,d	Subtract W from f	1	0000	10df	ffff	C,DC,Z	1,2,4
SWAPF f,d	Swap f	1	0011	10df	ffff	None	2,4
XORWF f,d	Exclusive OR W with f	1	0001	10df	ffff	Z	2,4
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS							
BCF f,b	Bit Clear f	1	0100	bbbf	ffff	None	2,4
BSF f,b	Bit Set f	1	0101	bbbf	ffff	None	2,4
BTFSC f,b	Bit Test f, Skip if Clear	1(2)	0110	bbbf	ffff	None	
BTFSS f,b	Bit Test f, Skip if Set	1(2)	0111	bbbf	ffff	None	
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS							
ANDLW k	AND literal with W	1	1110	kkkk	kkkk	Z	
CALL k	Call subroutine	2	1001	kkkk	kkkk	None	1
CLRWDT k	Clear Watchdog Timer	1	0000	0000	0100	\overline{TO} , \overline{PD}	
GOTO k	Unconditional branch	2	101k	kkkk	kkkk	None	
IORLW k	Inclusive OR Literal with W	1	1101	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW k	Move Literal to W	1	1100	kkkk	kkkk	None	
OPTION -	Load OPTION register	1	0000	0000	0010	None	
RETLW k	Return, place Literal in W	2	1000	kkkk	kkkk	None	
SLEEP -	Go into standby mode	1	0000	0000	0011	\overline{TO} , \overline{PD}	
TRIS f	Load TRIS register	1	0000	0000	0fff	None	3
XORLW k	Exclusive OR Literal to W	1	1111	kkkk	kkkk	Z	

Note 1: The 9th bit of the program counter will be forced to a '0' by any instruction that writes to the PC except for GOTO. (Section 4.6)

- When an I/O register is modified as a function of itself (e.g. MOVF GPIO, 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'.
- The instruction TRIS f, where f = 6 causes the contents of the W register to be written to the tristate latches of GPIO. A '1' forces the pin to a hi-impedance state and disables the output buffers.
- If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared (if assigned to TMR0).

Tomado del manual Microchips

Glosario

ALU.- Unidad Aritmética Lógica. Parte del procesador donde se desarrollan las operaciones aritméticas.

Aspas.- Brazos del rodete de un ventilador.

Automatización.- Medio por el cual se logra que una máquina tome decisiones para llevar a cabo sus operaciones.

Bit.- Unidad binaria para representar un dato.

Bus de direcciones.- Conjunto de bits que tienen el objeto de indicar la dirección a un dispositivo.

Byte.- Conjunto de 8 bits

CALL.- Código de operación para la llamada de una rutina.

Capacitor.- Dispositivo electrónico que mediante un campo eléctrico almacena una pequeña cantidad de corriente eléctrica.

Centrífugo.- Que aprovecha el movimiento circular para impulsar materia.

Código de operación.- palabra binaria cuyo significado es específico para realizar una actividad.

Compresor.- Maquinaria electromecánica cuyo objetivo es comprimir aire.

Comunicación analógica.- Forma en que la comunicación se lleva a cabo mediante la variación física de señales eléctricas.

CPU.- Unidad Central de Proceso.

Cristal de cuarzo.- Dispositivo electrónico a partir de cuarzo, diseñado para resonar a una frecuencia dada.

Diodo.- Dispositivo electrónico que teóricamente permite el paso de la corriente en un solo sentido.

Diodo Zener.- Diodo diseñado para tener un voltaje inverso de rompimiento dado cuyo objeto es mantener un voltaje estable si se polariza inversamente.

DIP-8.- Encapsulado de 8 terminales en doble línea.

Dispositivo maestro.- Refiérase al dispositivo que tiene la facultad de dar y solicitar instrucciones a otros dispositivos.

EPROM.- Memoria de solo lectura programable y borrable.

Estabilidad en la frecuencia.- Momento en el que la frecuencia no tiene variaciones.

Eventos externos.- Cuando el controlador es utilizado para contar pulsos que provienen de otros dispositivos.

Extractor de aire.- Equipo electromecánico cuya función es desplazar aire de un recinto hacia el exterior.

Fenol.- compuesto orgánico que tiene propiedades de ácido y alcohol. Fenol ordinario es el ácido fénico.

Fibra óptica.- Hilo sintético en el cual pueden viajar señales luminosas con pequeñas pérdidas en intensidad, usados ampliamente para la comunicación electrónica de señales.

Filtro paso bajas.- Circuito electrónico que permite el paso de las frecuencias inferiores a la que se diseña, mientras que las frecuencias superiores las atenúa.

Fluxómetro.- Dispositivo hidráulico empleado en sanitarios para permitir el flujo de una cierta cantidad de agua en WC y Mijitorios. Puede operar por medios hidráulicos o hidráulicos y electrónicos.

Frecuencia.- En electrónica refiere a la cantidad de ciclos por segundo que una señal presenta.

Generadores de cronómetro.- Refiere a todos los circuitos necesarios para generar las señales necesarias para la operación del controlador.

Hardware.- Parte física y eléctrica de un sistema o equipo.

Hidroneumático.- Equipo que contiene bomba hidráulica, compresor y depósito de agua cuyo objeto es mantener una presión hidráulica en un sistema o instalación.

Información digital.- Datos representados en señales binarias (dos estados).

Integración a gran escala.- Microcircuitos en los cuales se tienen miles de componentes discretos

Inversor.- Dispositivo digital cuyo objeto es proporcionar el complemento de la señal digital de entrada.

Isocrónica.- Es una forma de transmisión de datos en la cual los caracteres individuales están solamente separados por un número entero de intervalos, medidos a partir de la duración de los bits.

LAN.- Abreviatura de Local Area Network (Red de Área Local o simplemente Red Local). Una red local es la interconexión de varios ordenadores y periféricos. Su extensión esta limitada físicamente a un edificio o a un entorno de unos pocos kilómetros.

Motor de inducción.- Motor en el que consigue la circulación de corriente en el rotor mediante la variación del campo magnético aplicado por el estator.

Operación con registros.- Operaciones en las que se involucran localidades de una memoria.

Operaciones con bit.- Operaciones en las que se toman en cuenta solo cierto bit de un dato.

Operaciones de control.- Operaciones cuyo objeto es cambiar la dirección del programa.

Oscilador.- Circuito para generar una señal variable de voltaje en ciclo regular.

Oscilador externo.- Oscilador en el cual los componentes se encuentran fuera del controlador.

Par trenzado.- Par de alambres torcidos de tal manera que en toda su longitud no tiene la misma posición respecto a un eje.

PCL.- Bits de menor peso del contador de programa

PCLATCH.- Registro donde se almacenan los bits restantes del Contador de Programa.

Perkins.- Marca de motores de combustión interna de combustible diesel.

Perro guardián.- Circuito encargado de vigilar que un controlador no se enclave en rutinas sin salida.

PLA.- Arreglo Lógico Programable. Similar a la ROM pero para implementar funciones lógicas.

PLC.- Son Controladores Lógicos Programables son dispositivos electrónicos muy usados en Automatización Industrial, donde los procesos cambian continuamente y requieren reprogramar las funciones originales.

Polarización.- Acción de dar una polaridad (positiva o negativa).

Polarizar.- Establecer una polaridad a un punto eléctrico.

Prototipo.- Circuito de prueba hecho manualmente para verificar su correcta operación.

Prueba de indicación.- Proceso mediante el cual se verifica la operación de un programa o proceso mediante el encendido o apagado de un indicador luminoso.

Puertos.- Grupo de salidas o entradas dispuestas de tal manera que puedan comunicar señales digitales.

RAM estática.- Memoria que puede almacenar datos mientras se aplica energía al circuito.

Rectificador.- Arreglo de diodos con objeto de permitir el paso de corriente en una sola dirección.

Refrescar.- Acción en la que se recuerda el valor memorizado en una localidad de memoria.

Reloj.- Circuito oscilador de un controlador.

Reset.- Señal que vuelve a iniciar la operación de un controlador.

Resistencia.- Dispositivo electrónico cuyo objeto es presentar cierta oposición al paso de la corriente eléctrica.

ROM.- Memoria de solo lectura.

ROM de mascara.- Memoria ROM programada por el fabricante de acuerdo con las especificaciones del cliente.

RS-232.- Norma para la transmisión de datos de manera serial, se normaliza en las computadoras hasta la incursión del puerto USB.

Rutinas.- Procedimiento de programa que es repetitivo.

SCR.- Dispositivo semiconductor que permite el paso de la corriente en un solo sentido cuando se activa por medio de la terminal de compuerta.

Senoidal.- Señal analógica en la que su forma es directa a la función algebraica seno.

Sevomecanismo.- Conjunto de partes mecánicas cuyo objeto es llevar a cabo una operación específica.

Silo.- Depósito de agua.

Sincronización.- estado en el que dos señales coinciden su posición respecto al tiempo.

Sistema contra incendio.- conjunto de instalaciones hidráulicas y eléctricas cuyo fin es evitar o eliminar incendios.

Sleep.- Estado en el cual se mantiene un controlador con el mínimo consumo de energía.

STATUS.- Localidad de memoria del PIC en el que se almacenan los datos del estado del CPU.

Tamaño de palabra.- Cantidad de bits con que cuenta un dato binario.

Temporizadores.- Conjunto de contadores y/o divisores de voltaje.

Timer.- Contador de eventos o pulsos.

Trifásico.- Que opera con tres líneas de voltaje desfasadas entre si.

TTL.- (Transistor Transistor Logic) Tecnología de circuitos electrónicos digitales cuyos componentes principales son los transistores.

ULA.- (Unidad Lavadora de Aire) Equipo de aire acondicionado el cual inyecta aire tratado por una cortina de agua.

Válvula de alivio.- Dispositivo hidráulico que permite la salida de agua arriba de su presión nominal, al retornar por debajo de esta vuelve a cerrar.

Válvula de seguridad.- Válvula que abre cuando se excede el valor de la presión de diseño, requiere restablecer su condición inicial después de activarse.

Bibliografía

COMUNICACIONES

J. M. Huidrbo

Editorial Paraninfo, 1992
TK7887 5H85

EL LIBRO DEL RS232

Joe Campbell

Editorial Anaya, 1998
TK7887.5 C3518

INTRODUCCIÓN A LOS MICROPROCESADORES Y MICROCOMPUTADORES

Vern E. Y Javier M

Colección ciencia informática
TK7845 M5 P3518

DATA TRANSMITION

Dogan A Tugal and Osman Tugal

Mc Grawn Hill, 1976

PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN EN SISTEMAS DIGITALES DE MONITOREO Y CONTROL

Comité de Normalización de Petroleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios No. De Documento NRF-046-PEMEX-2003

PEMEX, Mexico 2003

MANUAL MICROCHIP

Microchip

CD-ROM Libro técnico Julio 1999

SISTEMAS DIGITALES

TOCCI

Editorial Prentice Hall, México ,1989

MICROCONTROLADORES PIC

J.Ma. Angulo y I. Amgulo

Editorial Mc Graw Hill, Mexico 1999.

TODO SOBRE PIC'S

Ing Horacio D. Vallejo

Editorial Quark, Uruguay 2001.

ELECTRÓNICA Y COMPUTADORAS

CEKIT Electrónica, Argentina, 2001

Año 1 No. 2, 8, 20 y 79

A FONDO TRANSMISIÓN DE DATOS Y COMUNICACIONES

George E. Friend, JohnL. Fike, H. Charles baker, John C Bellamy

Ediciones Anaya Multimedia, Madrid España 1987.

COMUNICACIONES

J. M. Huidulbro

Editorial Paraninfo, 1992

TK7887.5H85

EL LIBRO DEL RS232

Joe Campbel

Editorial Anaya Multimedia, 1998

TK1787.5C3518

INTRODUCCIÓN A LOS MICROCONTROLADORES Y MICROCOMPUTADORES

Ven Esparsos, Javier Molin

Colección Ciencia Informática

TK7895M5

DATA TRANSMISIÓN

Dogan A. Tugal and Osman Tugal

Editorial Mc. Graum Hill, 1976

TK5105 T83

Índice Temático

A

Acoplador RS232, 87
ALU, 18
ALU, operaciones, 27
Anexos, 103
arquitectura PIC, 26
arquitectura Risc, 24

B

Bibliografía, 116
bits, 18
bus de direcciones, 16
byte, 22

C

CALL, 29
capacitancia agregada, 38
características especiales, PIC, 46
cerámico, 39
ciclo de instrucción, 21
circuito generador de tiempos, 37
circuito típico de un oscilador RC, 38
Circuitos típicos de osciladores externos, 40
CLKIN, 37
CLRWDT, 42
Codificación de la información, 65
código de operación, 18
Código de sistema, 68
Código inicial, 68
Códigos para cambio de usuario, 68
Conclusiones, 102
Conmutador por SCR, 74
contador de Programa, 26
convertidor analógico, 36
cristal, 39
cristal de cuarzo, frecuencias, 40
cuenta de eventos, 41

D

DATA LATH, 36
datos, 18
Datos, 68
Detector de Voltaje, 72
Dispositivo de control, 89
Dispositivo indicador y/o sensor, 93
divisor de frecuencia, 42

E

EEPROM, 29, 32
Enlace PC, 83
EPROM, 28
esquema NRZI, 34
estado de bajo consumo, 43
Evaluación económica, 100
Evaluación Técnica, 98
extractores, 51
extractores e inyectores centrifugos, 52

F

FLASH, 29
FOSC1, 38
FOSC2, 38
Fuente de 5 v, 76

G

Generador de Línea de comunicación, 69
generadores de cronómetro, 18
GPR, 31

H

Harvard, 14
hidroneumático, 53
HS, 41

I

Indicador y Reset, 80
instrucción de salto, 26
instrucciones, 18, 46

INTCON, 41
integración a gran escala, 12

LC, 39
línea de datos, 23
línea de direcciones, 22
LP, 41

memoria de datos, 26
memoria de datos, tipos, 30
memoria de programa, 28, 46
memorias, tipos, 19
microcontrolador, 12
microcontrolador, partes, 17
microcontrolador, puertos, 19
microcontroladores, arquitectura, 14
multiconexión, 60

nivel del agua, 53

OPT, 28
OSC1, 37
OSC2, 37
OSCCAL, 28, 29
OSCCALL, 39
oscilador, 36
Oscilador de circuito resonante, 39
Oscilador externo, 40
Oscilador interno RC, frecuencia, 39
oscilador RC, 37
Oscilador RC externo, 37
Oscilador RC interno, 39

palabra de configuración, 29
Palabra de identificación, 29
par trenzado, 60
PCL, 26
PCLATCH, 26

L

M

N

O

P

perro guardián, 41
PIC 12C508, Características, 44
PIC, voltaje de alimentación, 38
Power Up, 43
presión, 53
Procesador, diagrama básico, 26
programa, 13

Puerto analógico, 36

Puerto de salida, 78

Puerto I²C, 33

Puerto paralelo, 35

Puerto Serial, 32

Puerto USB, 34

puertos, 19
puertos, capacidad, 20

R

RAM, 30
registro de estado, 28
registro de instrucciones, 27
registro FSR, 27
registro STATUS, 29
registros de pila, 26
registros de propósito específico, 31
registros de propósito general, 31
registros de TIMER, 28
relleno enfriador, 48
reloj, 36
resonantes cerámicos, frecuencias, 40
Risc, 15
ROM de máscara, 28

S

SCL, 34
SDA, 34
Sensor de Voltaje de Batería, 73
señales de sincronización, 18
señales diferenciales, 34
SFR, 31
Sleep, 43

tamaño de palabra, 15

temporizador, 41

tiempo de desborde, 42

TIMER, 41

TOIF, 41

Transmisión asíncrona, 63

transmisión bipolar, 63

transmisión es asíncrona, 33

transmisión isocrónica, 34

TRIS LATCH, 36

Unidad Aritmética Lógica, 22

unidad de control, 18

T

U

Unidad de entrada/salida, 19

unidad de memoria, 18

unidad de memoria, secciones, 19

Unidad de Proceso, 17

unidades de aire lavado, 48

velocidad de operación, 65

velocidad del par trenzado, 64

ventilador en paralelo, 49

Voltajes en la línea de comunicación, 63

Von Neuman, 14

XT, 41

V

X

Índice de Ilustraciones

<i>Ilustración 1</i> Microcontrolador	13
<i>Ilustración 2</i> Clasificación de microcontroladores	14
<i>Ilustración 3</i> Arquitectura Harvard y Von Newman	15
<i>Ilustración 4</i> Microcontrolador básico	17
<i>Ilustración 5</i> Áreas funcionales del CPU.....	17
<i>Ilustración 6</i> Unidad de Memoria	18
<i>Ilustración 7</i> Diagrama de la Unidad de Entrada y Salida	19
<i>Ilustración 8</i> Diagrama a bloques de un Microcontrolador.....	21
<i>Ilustración 9</i> Ciclo del proceso de instrucciones.....	21
<i>Ilustración 10</i> Microprocesador con arquitectura Von Newman	23
<i>Ilustración 11</i> Microprocesador con arquitectura Harvard.....	24
<i>Ilustración 12</i> Códigos de Operación Risc	25
<i>Ilustración 13</i> Diagrama a bloques del Microcontrolador PIC.....	27
<i>Ilustración 14</i> Memoria de programa	28
<i>Ilustración 15</i> Memoria de Datos.....	30
<i>Ilustración 16</i> Distribución de la memoria de datos	31
<i>Ilustración 17</i> Puerto Serial.....	33
<i>Ilustración 18</i> Puerto I2C	33
<i>Ilustración 19</i> Puerto USB.....	34
<i>Ilustración 20</i> Puerto paralelo.....	35
<i>Ilustración 21</i> Convertidor A/D.....	36
<i>Ilustración 22</i> Reloj	37
<i>Ilustración 23</i> Oscilador RC.....	38
<i>Ilustración 24</i> Oscilador a Cristal.....	39
<i>Ilustración 25</i> Oscilador externo a cristal	40
<i>Ilustración 26</i> Temporizador	41
<i>Ilustración 27</i> Perro Guardian	42
<i>Ilustración 28</i> Power Up.....	43
<i>Ilustración 29</i> Características físicas del PIC12C508	44
<i>Ilustración 30</i> Memoria de datos del PIC12C508.....	45
<i>Ilustración 31</i> Formato de códigos de operación Risc.....	47
<i>Ilustración 32</i> Relleno enfriador Celdek	48
<i>Ilustración 33</i> ULA ventilador	49
<i>Ilustración 34</i> ULA motor	49
<i>Ilustración 35</i> Tablero de arranque	50
<i>Ilustración 36</i> Partes del ventilador axial.....	51
<i>Ilustración 37</i> Ventilador axial tipo hongo	51
<i>Ilustración 38</i> Partes del ventilador centrífugo	52

<i>Ilustración 39</i>	<i>Extractor centrífugo</i>	<i>52</i>
<i>Ilustración 40</i>	<i>Esquema de un hidroneumático</i>	<i>53</i>
<i>Ilustración 41</i>	<i>Compresor</i>	<i>54</i>
<i>Ilustración 42</i>	<i>hidroneumático bomba</i>	<i>55</i>
<i>Ilustración 43</i>	<i>Esquema de instalación hidráulica contra incendios</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 44</i>	<i>Bomba contra incendios 3HP</i>	<i>56</i>
<i>Ilustración 45</i>	<i>Bomba contra incendios 40HP</i>	<i>57</i>
<i>Ilustración 46</i>	<i>Bomba contra incendios Perkins</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 47</i>	<i>Tablero de control bomba Perkins</i>	<i>58</i>
<i>Ilustración 48</i>	<i>Esquema de la red de voz</i>	<i>59</i>
<i>Ilustración 49</i>	<i>Deformación en la señal transmitida</i>	<i>60</i>
<i>Ilustración 50</i>	<i>Esquema de la red propuesta</i>	<i>61</i>
<i>Ilustración 51</i>	<i>Circuito de prueba de la línea de comunicación</i>	<i>62</i>
<i>Ilustración 52</i>	<i>Voltajes en la línea de comunicación</i>	<i>63</i>
<i>Ilustración 53</i>	<i>Formato de transmisión</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 54</i>	<i>Diagrama a bloques de la Fuente de alimentación</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 55</i>	<i>Diagrama de la etapa de entrada</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 56</i>	<i>Diagrama del detector de voltaje</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 57</i>	<i>Diagrama del sensor de voltaje</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 58</i>	<i>Diacrama del conmutador por SCR</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 59</i>	<i>Periodo de conducción del SCR</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 60</i>	<i>Diagrama de la fuente de +5v</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 61</i>	<i>Diagrama del puerto de salida de la fuente</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 62</i>	<i>Diagrama del indicador y reset</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 63</i>	<i>Diagrama completo de la fuente de alimentación</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 64</i>	<i>Diagrama a bloques del enlace PC</i>	<i>83</i>
<i>Ilustración 65</i>	<i>Diagrama del puerto de salida del enlace PC</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 66</i>	<i>Diagrama indicador y reset del enlace PC</i>	<i>84</i>
<i>Ilustración 67</i>	<i>Diagrama de la fuente del enlace PC</i>	<i>85</i>
<i>Ilustración 68</i>	<i>Acoplador MAX232</i>	<i>87</i>
<i>Ilustración 69</i>	<i>Diagrama completo enlace PC</i>	<i>88</i>
<i>Ilustración 70</i>	<i>Diagrama a bloques de Dispositivo de control</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 71</i>	<i>Diagrama de la fuente del dispositivo de control</i>	<i>89</i>
<i>Ilustración 72</i>	<i>Diagrama del acoplador en el Dispositivo de control</i>	<i>90</i>
<i>Ilustración 73</i>	<i>Diagrama completo del Dispositivo de control</i>	<i>92</i>
<i>Ilustración 74</i>	<i>Diagrama del Dispositivo indicador y/o sensor</i>	<i>93</i>
<i>Ilustración 75</i>	<i>Proceso de pruebas del software</i>	<i>97</i>

Indice de tablas

<i>Tabla 1 Diferencias entre Microcontroladores</i>	16
<i>Tabla 2 Relación ancho de direcciones y máxima capacidad de memoria</i>	22
<i>Tabla 3 Aplicaciones del Microcontrolador de acuerdo al ancho de la línea de datos</i>	22
<i>Tabla 4 Registros de proposito específico SFR</i>	32
<i>Tabla 5 Proceso de escritura en la Memoria EEPROM</i>	32
<i>Tabla 6 Memoria de Programa del PIC12C508</i>	44
<i>Tabla 7 Método de codificación de la información</i>	64
<i>Tabla 8 Comparacion de tiempos para seleccionar la velocidad de transmisión</i>	65
<i>Tabla 9 BC548</i>	72
<i>Tabla 10 SK5236</i>	74
<i>Tabla 11 SK3178</i>	76
<i>Tabla 12 LM7805C</i>	77
<i>Tabla 13FLB315</i>	80
<i>Tabla 14 1N4001</i>	85
<i>Tabla 15 Costos por componentes</i>	100
<i>Tabla 16 Costo de la instalación total</i>	101

Indice de Ecuaciones

<i>Ecuación 1 Frecuencia en un oscilador RC</i>	38
<i>Ecuación 2 Calculo del filtro para un rectificador</i>	85