REPORTE FINAL DE RESIDENCIA PROFESIONAL

CONTROL AUTOMATIZADO DE LUMINARIAS DE LA CANCHA DE BÁSQUETBOL CON FINES DE AHORRO DE ENERGÍA BASADO EN UN PLC

Residente: Ángel Gabriel Valdez Aguirre
No. de control 08430230

Especialidad: Ing. Electrónica

Asesor: MC. Marco Antonio Zúñiga Reyes

1. Introducción

El control de la iluminación para escuelas y universidades es muy importante para el ahorro de energía eléctrica. En los establecimientos educativos es muy común que todas las luminarias se encuentren en funcionamiento durante gran parte del día aun cuando no son necesarias. Mediante la automatización de la iluminación por horarios, días de la semana, aporte de luz solar y rutas especiales (como puede ser rutas de limpieza) se puede lograr un uso eficiente de la energía eléctrica sin interferir por ello en la operatividad de la escuela.

Mediante sensores de presencia se pueden automatizar las luminarias de los sectores comunes como baños, pasillos o canchas deportivas. Mediante la programación de horarios en los momentos que la escuela permanezca cerrada se puede automatizar la iluminación para que quede una luz vigía para la seguridad.

Por medio de las fotocélulas crepusculares se puede inhibir el encendido de las luminarias que estén en un sector con mucho aporte solar y encenderlas automáticamente cuando dicho aporte sea bajo. Con todos estos sistemas se logra reducir el costo de la factura de luz.

2. Justificación

El uso del alumbrado en la cancha de básquetbol del instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, no es de uso diario o de largos periodos. En ocasiones las personas que hacen uso de las instalaciones se olvidan de apagar las luminarias lo cual crea un gasto innecesario en el consumo de energía. Al automatizar el encendido y apagado del sistema este error humano desaparece y por lo tanto el consumo de energía solo es el necesario.

Dado que solo se encienden las luminarias en presencia de movimiento durante un horario preestablecido, se logran importantes ahorros en el consumo eléctrico.

Las luminarias funcionarán de manera autónoma, por lo que se evita depender de intervenciones adicionales para operarlas.

3. Objetivo

Implementar un sistema de control automatizado del encendido de las luminarias de la cancha de básquetbol del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez con fines de optimizar el consumo de energía eléctrica, el sistema está basado en un PLC.

4. Características del área de participación

El área de investigación se encuentra en las instalaciones de laboratorio de electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

En esta área se desarrollan proyectos para empresas externas, los cuales se enfocan a la automatización de sistemas así como actualizaciones de tecnologías. Los proyectos realizados se enfocan al uso de nuevas tecnologías como plataformas móviles, transmisión inalámbrica o por internet.

5. Planteamiento del problema

El encendido de las luminarias de la cancha de basquetbol del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez es completamente manual.

Las luminarias se encuentran divididas en grupos de tres lámparas, para una correcta iluminación se debe esperar unos minutos después de ser activadas, ya que debido al tipo de lámparas que se emplean necesitan calentarse para funcionar plenamente. El encendido se realiza por grupos de tres lámparas, pero siempre deben encenderse los tres grupos de lámparas.

Ya que el sistema eléctrico se encuentra balanceado, si solo un grupo de luminarias es encendido el sistema quedará desbalanceado, esto se refleja en un alto consumo de energía eléctrica.

No se cuenta con personal para el encendido o apagado de las luminarias, tampoco existe un horario de servicio. Cada vez que la cancha será usada, las personas que harán uso de la instalación tienen que encender las luminarias. En ocasiones el lapso de tiempo de su permanencia es corto, por lo tanto una vez que se retiran apagan las luminarias.

Una vez que las luminarias son apagadas estas requieren de un corto lapso de tiempo antes de ser encendidas nuevamente, ya que es necesario que las lámparas se enfríen antes de volver a encenderlas.

Por este motivo no siempre se apagan las luminarias, para evitar que el siguiente grupo que hará uso de las canchas vuelva a repetir el proceso de encendido, pero algunos grupos que realizan sus actividades antes de la hora límite de servicio no apagan las luminarias, esperando que alguien más llegue ya sea a usar la cancha o solamente a apagar las luminarias.

Al no contar con personal destinado para esta tarea, las luminarias permanecen encendidas, en ocasiones nadie se percata de ello y las luminarias siguen activas durante toda la noche y parte de la mañana, esto representa un gasto de energía eléctrica innecesario ya que nadie hace uso de la cancha.

El personal de seguridad con el que cuenta el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, realiza recorridos durante las noches, si ellos se percatan de que las luminarias aún siguen encendidas las apagan, pero para que esto suceda tiene que pasar un tiempo considerable.

Esta no es una actividad que el personal de seguridad deba de realizar o alguien más ya que nadie está destinado exclusivamente a dicha tarea.

6. Alcances y limitaciones

Al final del periodo de residencia, se deberá contar un producto completamente funcional para el control de las luminarias con las que cuenta la cancha techada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

Con este sistema se podrán encender y apagar las luminarias de la cancha de forma automática durante el horario de servicio, previamente establecido, así como con un lapso de tiempo de funcionamiento después de que los sensores detecten el último movimiento para posteriormente ser apagadas.

Deberá contar con comunicación inalámbrica entre los datos de detección de los sensores de movimiento y el PLC.

Se limitara solo a la automatización de la cancha techada, el área de sensado es solo dentro del domo ya que para las canchas que se encuentran cerca de esta las luminarias no serán controladas con el PLC.

Los sensores solo deberán detectar el movimiento desde el andador que se dirige a la cancha hasta el extremo contrario donde termina el domo.

El horario de servicio de las luminarias de la cancha es de 6:00 pm a 10:30 pm, fuera de este rango ninguna luminaria deberá encender, y solo se permitirá el uso de las instalación de lunes a viernes, los fines de semana las luminarias no deberán encenderse aun dentro del horario de servicio establecido.

7. Fundamento teórico

7.1 Breve historia de la automatización

La automatización como una disciplina de la ingeniería que es más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar, controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

La parte más visible de la automatización actual puede ser la robótica industrial. Algunas ventajas son repetitividad, control de calidad más estrecho, mayor eficiencia, integración con sistemas empresariales, incremento de productividad y reducción de trabajo. Para mediados del siglo XX, la automatización había existido por muchos años en una escala pequeña, utilizando mecanismos simples para automatizar tareas sencillas de manufactura.

Sin embargo el concepto solamente llegó a ser realmente práctico con la adición (y evolución) de las computadoras digitales, cuya flexibilidad permitió manejar cualquier clase de tarea. Las computadoras digitales con la combinación requerida de velocidad, poder de cómputo, precio y tamaño empezaron a aparecer en la década de 1960s.

Antes de ese tiempo, las computadoras industriales eran exclusivamente computadoras analógicas y computadoras híbridas. Desde entonces las computadoras digitales tomaron el control de la mayoría de las tareas simples, repetitivas, tareas semiespecializadas y especializadas, con algunas excepciones notables en la producción e inspección de alimentos.

Las interfaces Hombre-Máquina (HMI) o interfaces Hombre-Computadora (CHI), formalmente conocidas como interfaces Hombre-Máquina, son comúnmente empleadas para comunicarse con los PLC's y otras computadoras, para labores tales como introducir y monitorear temperaturas o presiones para controles automáticos o respuesta a mensajes de alarma. El personal de servicio que monitorea y controla estas interfaces es conocido como ingenieros de estación y el personal que opera directamente en la HMI o SCADA (Sistema de Control y Adquisición de Datos) es conocido como personal de operación.

7.2 Definición de microcontrolador

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

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

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

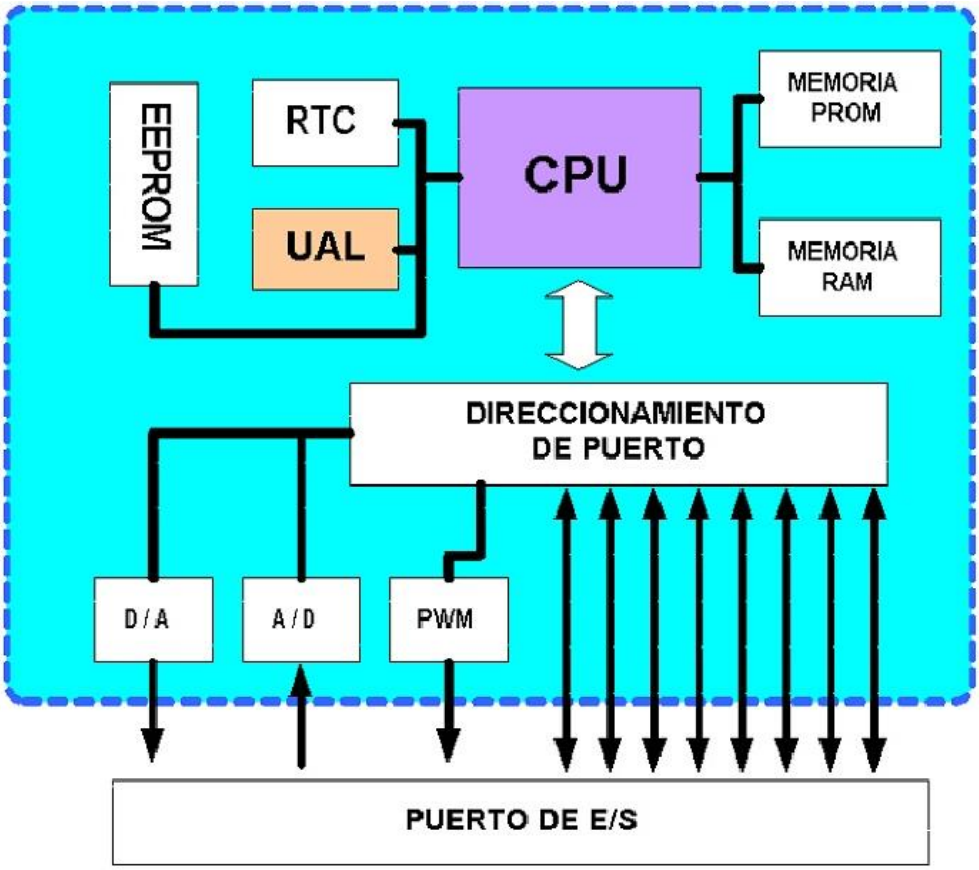


Fig.1 Partes de un micro controlador

7.2.1 Diferencia entre microprocesador y un microcontrolador

El microprocesador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (*UCP*), también llamada procesador, de un computador. La *UCP* está formada por la Unidad de Control, que interpreta las instrucciones, y el camino de datos, que las ejecuta.

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

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

*Un micro controlador es un **sistema cerrado** que contiene un computador completo y de prestaciones limitadas que no se pueden modificar.*

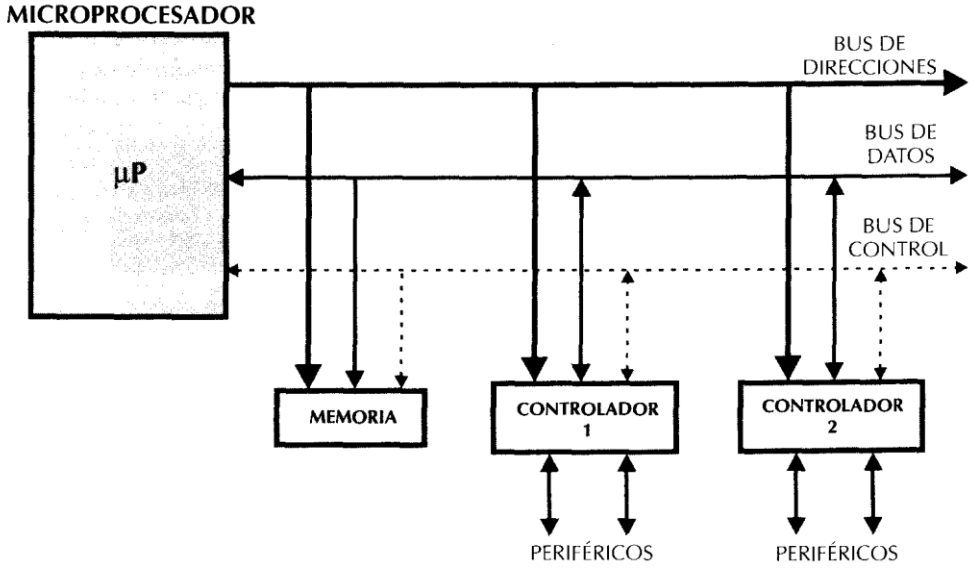


Fig.2 Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador.

7.2.2 Arquitectura interna

Un microcontrolador posee todos los componentes de un computador, pero con unas características fijas que no pueden alterarse. Las partes principales de un micro controlador son:

1. Procesador
2. Memoria no volátil para contener el programa
3. Memoria de lectura y escritura para guardar los datos
4. Líneas E/S para los controladores de periféricos:
   4.1 Comunicación paralelo
   4.2 Comunicación serie
   4.3 Diversas puertas de comunicación (*bus I^2C, USB, etc.*)
5. Recursos auxiliares
   5.1 Circuito de reloj
   5.2 Temporizadores
   5.3 Perro guardián (*watchdog*)

5.4 Conversores AD y DA
5.5 Comparadores analógicos
5.6 Protección ante fallos de alimentación
5.7 Estado de reposos o de bajo consumo

7.2.3 El procesador

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

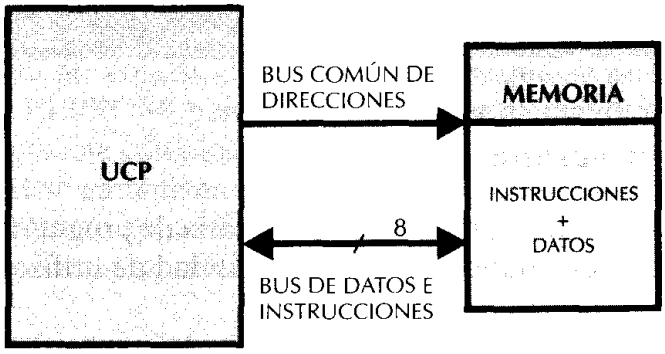


Fig.3 Arquitectura Von Neumann

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

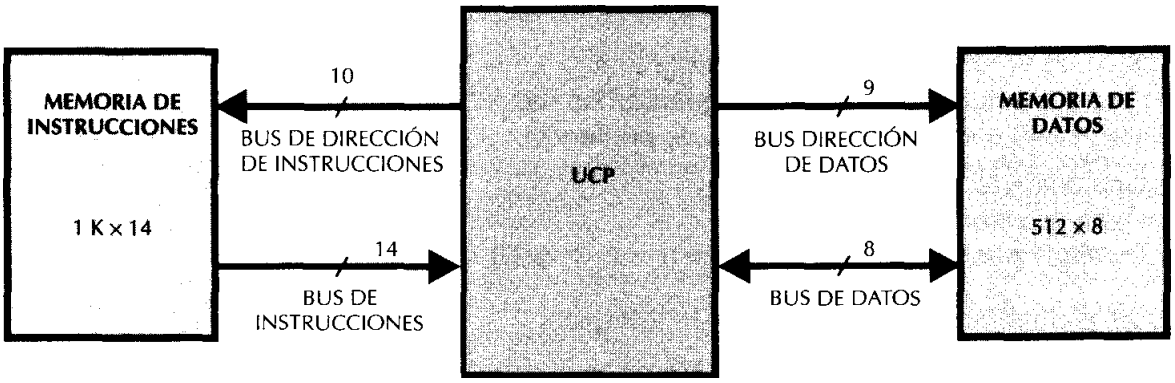


Fig.4 En la arquitectura Harvard la memoria de datos y la de instrucciones son independientes.

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

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

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

1. Arquitectura ***Harvard***
2. Computador tipo ***RISC***
3. Segmentación

7.2.4 Memoria de programa

El micro controlador está diseñado para que en su memoria de programa se almacenen todas las instrucciones del programa de control. No hay posibilidad de utilizar memorias externas de ampliación. Como el programa a ejecutar siempre es el mismo, debe estar grabado de forma permanente.

7.2.5 Memoria de datos

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

Hay micro controladores que también disponen como memoria de datos una de lectura y escritura no volátil, del tipo EEPROM. De esta forma, un corte en el suministro de la alimentación no ocasiona la pérdida de la información, que está disponible al reiniciarse el programa.

7.2.6 Líneas de e/s para los controladores periféricos

A excepción de dos pines destinados a recibir alimentación, otras dos para el cristal de cuarzo, que regula la frecuencia de trabajo, y una más para provocar el Reset, los pines restantes de un micro controlador sirven para soportar su comunicación con los periféricos externos que controla.

Las líneas de *E/S* que se adaptan con los periféricos manejan información en paralelo y se agrupan en conjuntos de ocho, que reciben el nombre de ***Puertas***. Hay modelos con líneas que soportan la comunicación serie, otros disponen de conjuntos de líneas que implementan puertas de comunicación para diversos protocolos, como el I^2C, el *USB*, etc.

7.2.7 Recursos auxiliares

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

1. Circuito de reloj, encargado de generar los impulsos que sincronizan en funcionamiento de todo el sistema.
2. Temporizadores, orientados a controlar tiempos.
3. Perro Guardián (Watchdog), destinado a provocar una re inicialización cuando el programa queda bloqueado.
4. Conversores AD y DA, para poder recibir y enviar señales analógicas.
5. Comparadores analógicos, para verificar el valor de una señal analógica.
6. Sistema de protección ante fallos de la alimentación.
7. Estado de reposo, en el que el sistema queda “congelado” y el consumo de energía se reduce al mínimo.

7.3 Definición y tareas de un PLC

7.3.1 Características del PLC

Se entiende por Controlador Lógico Programable (PLC), o Autómata Programable (AP), a toda máquina electrónica, diseñada para controlar en tiempo real y en medio industrial procesos de control.

Su manejo y programación puede ser realizada por personal con conocimientos de eléctrica o electrónica aunque desconozcan de informática. Realiza funciones lógicas: series, paralelos, temporizaciones, conteo y otras más potentes como cálculos, regularizaciones, etc.

También se le puede definir como una *caja negra* en la que existen terminales de entrada en donde se conectaran pulsadores, finales de carrera, fotocélulas, detectores, etc., y terminales de salida a los que se conectaran bobinas de contactores, electro válvulas, lámparas, etc., de tal forma que la actuación de estos últimos estén en función de las señales de entrada según el programa almacenado.

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución de hardware y software amplía continuamente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de poder almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

1. Espacios reducidos.
2. Procesos de producción periódicamente cambiantes.
3. Procesos secuénciales.
4. Maquinaria de procesos variables.
5. Instalaciones de procesos complejos y amplios.
6. Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

7.3.1.1 Ventajas

- Menor tiempo empleado en la elaboración de proyectos debido a que:

    1. No es necesario dibujar el esquema de contactos.
    2. No es necesario simplificar las ecuaciones lógicas, ya que, por lo general, la capacidad de almacenamiento del módulo de memoria es lo suficientemente grande.
    3. La lista de materiales queda sensiblemente reducida, y al elaborar el presupuesto correspondiente eliminaremos parte del problema que supone el contar con diferentes proveedores, distintos plazos de entrega, etc.

- Posibilidad de introducir modificaciones sin cambiar el cableado ni añadir equipos.

- Mínimo espacio de ocupación.

- Menor costo de mano de obra de la instalación.

- Economía de mantenimiento. Además de aumentar la fiabilidad del sistema, al eliminar contactos móviles, los mismos PLC's pueden detectar e indicar averías.

- Posibilidad de gobernar varias máquinas con un mismo PLC.

- Menor tiempo para la puesta en funcionamiento del proceso al quedar reducido el cableado.

- Si por alguna razón la maquina queda fuera de servicio, el PLC sigue siendo útil para otra máquina o sistema de producción.

7.3.2 Componentes de un PLC

El concepto de hardware estándar que venimos indicando para el PLC se complementa con el de modularidad, entendiendo como tal, el hecho de que este hardware está fragmentado en partes interconectables que permiten configurar un sistema a la medida de las necesidades del usuario, que pueda ofrecer el fabricante.

La estructura de un controlador lógico programable comprende:

Su estructura externa y su estructura interna, el estudio de la primera estructura mencionada permite comprender el funcionamiento de éste, mientras que la estructura interna nos ayuda a comprender su diseño.

7.3.2.1 Estructura externa de un PLC

Este término se refiere al aspecto físico exterior del mismo, bloques o elementos en que está dividido. Las estructuras y configuraciones han sido variadas, y han salido al mercado condicionadas no sólo por el fabricante del mismo, sino por la tendencia existente en el área al que pertenece. Actualmente son dos las estructuras más significativas que existen en el mercado:

1. Estructura compacta
2. Estructura modular

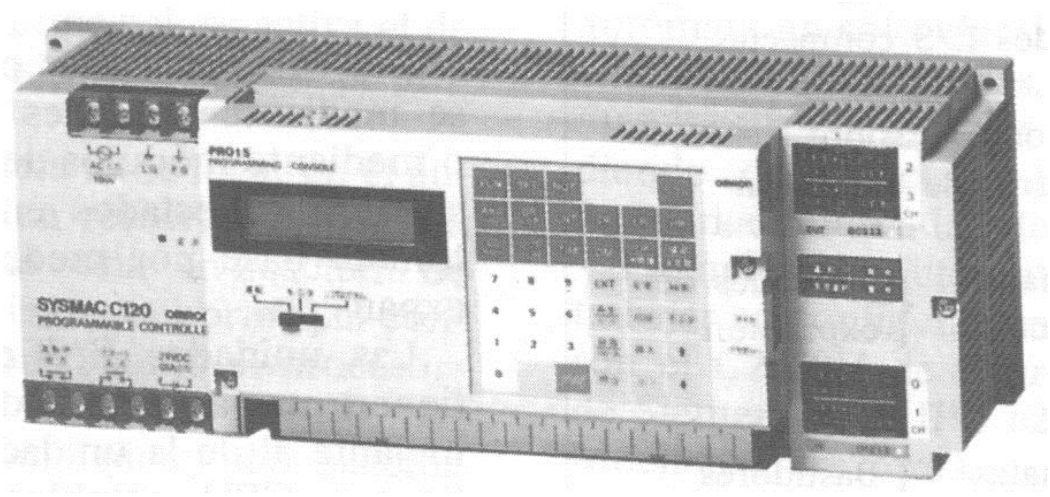


Fig.5 Visualización externa de PLC compacto

7.3.2.1.1 Estructura compacta

Este tipo de PLC se distingue por presentar en un solo bloque todos sus elementos, esto es, fuente de alimentación, CPU, memorias, entradas/salidas, etc. En cuanto a su unidad de programación, existen tres versiones: unidad fija o conectada externamente al PLC; conectado externamente mediante cable y conector, o la posibilidad de ambas conexiones.

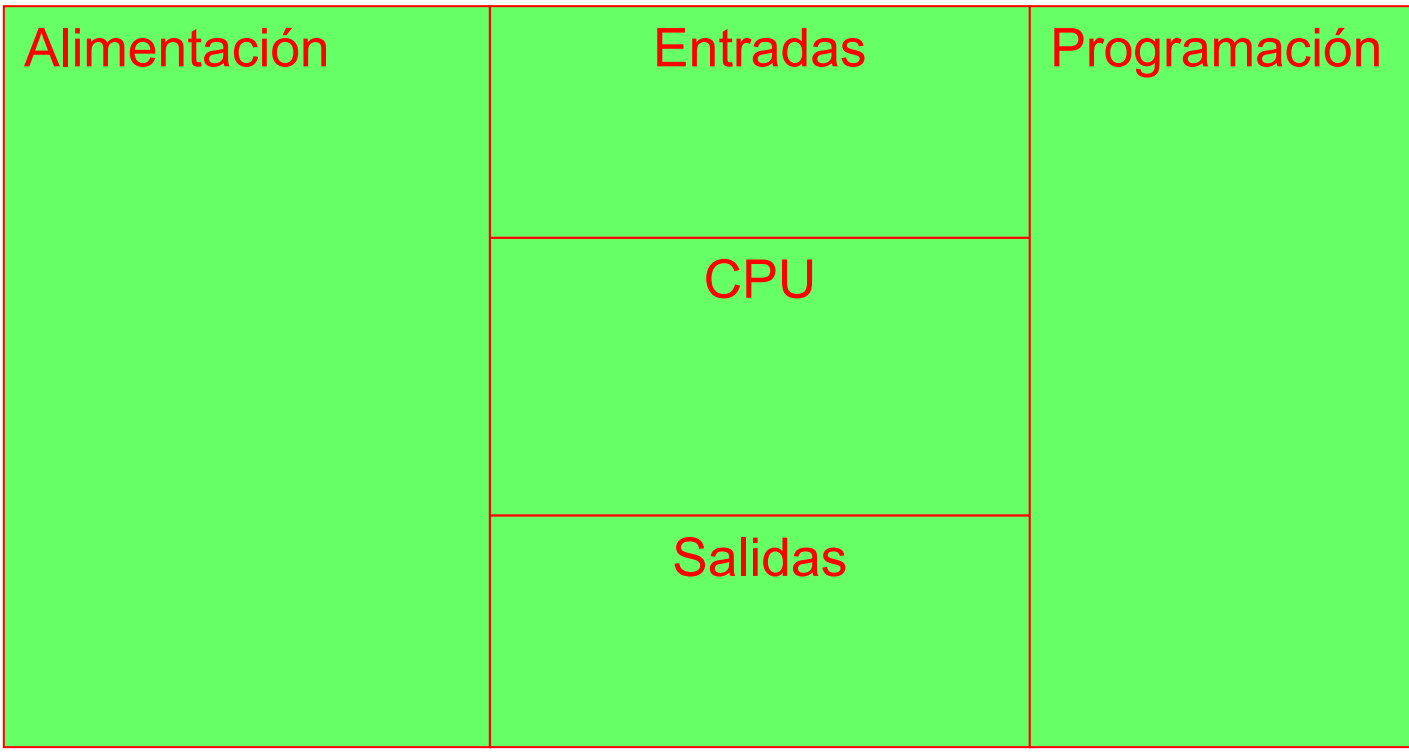


Fig.6 Diagrama de Estructura interna de PLC compacto

7.3.2.1.2 Estructura modular

La estructura de este tipo de PLC's se divide en módulos o partes del mismo que realizan funciones específicas. Aquí cabe hacer dos divisiones para distinguir entre las que denominaremos:

1. Estructura americana.
2. Estructura europea.

***Estructura americana*.**

Se caracteriza por separar las E/S del resto del PLC, de tal forma que en un bloque compacto están reunidas las CPU, memorias de usuario o de programa y fuente de alimentación, y separadamente las unidades de E/S en los bloque o tarjetas necesarias.

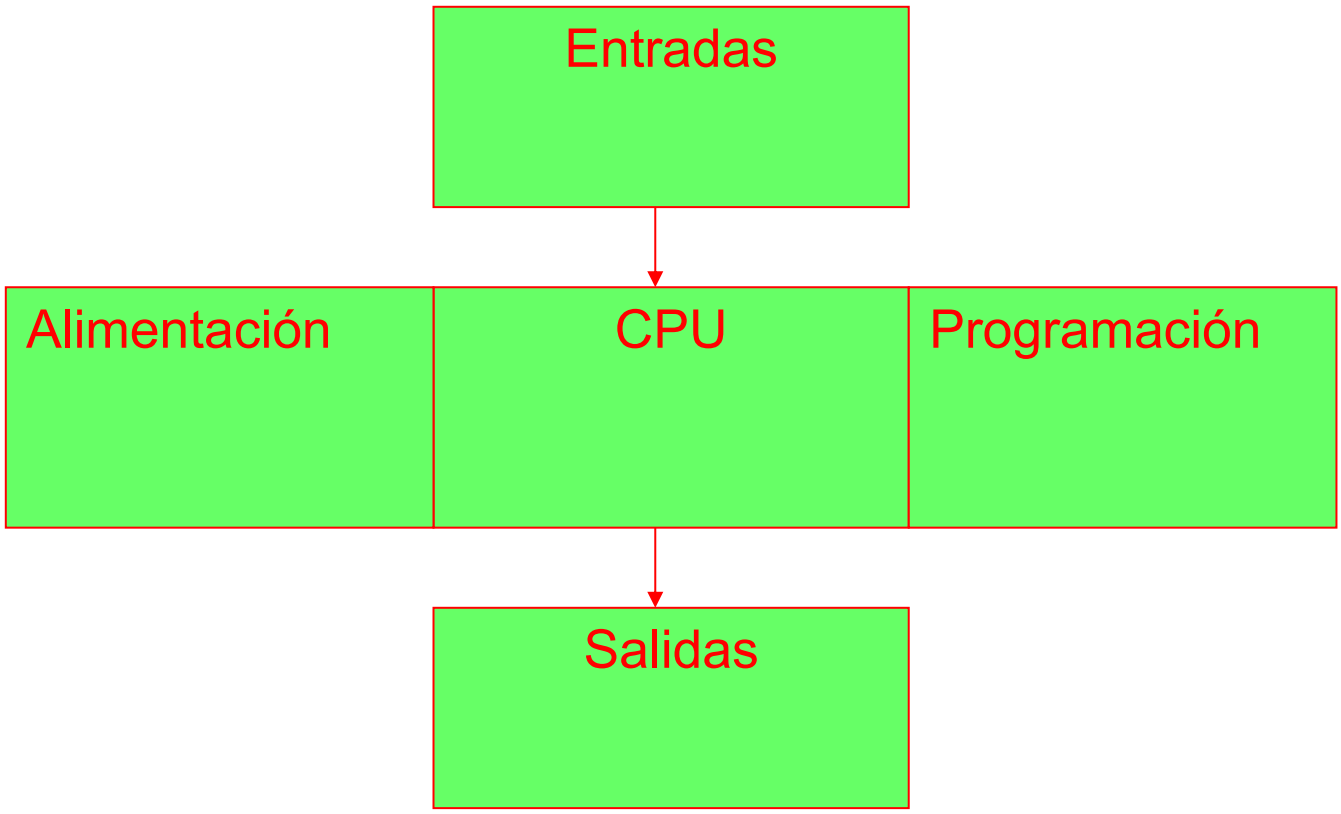


Fig.7 Diagrama de la estructura americana

***Estructura europea*.**

Su característica principal es la existencia de un módulo para cada función: fuente de alimentación, CPU, entradas/salidas, etc. La unidad de programación se une mediante cable y conector.

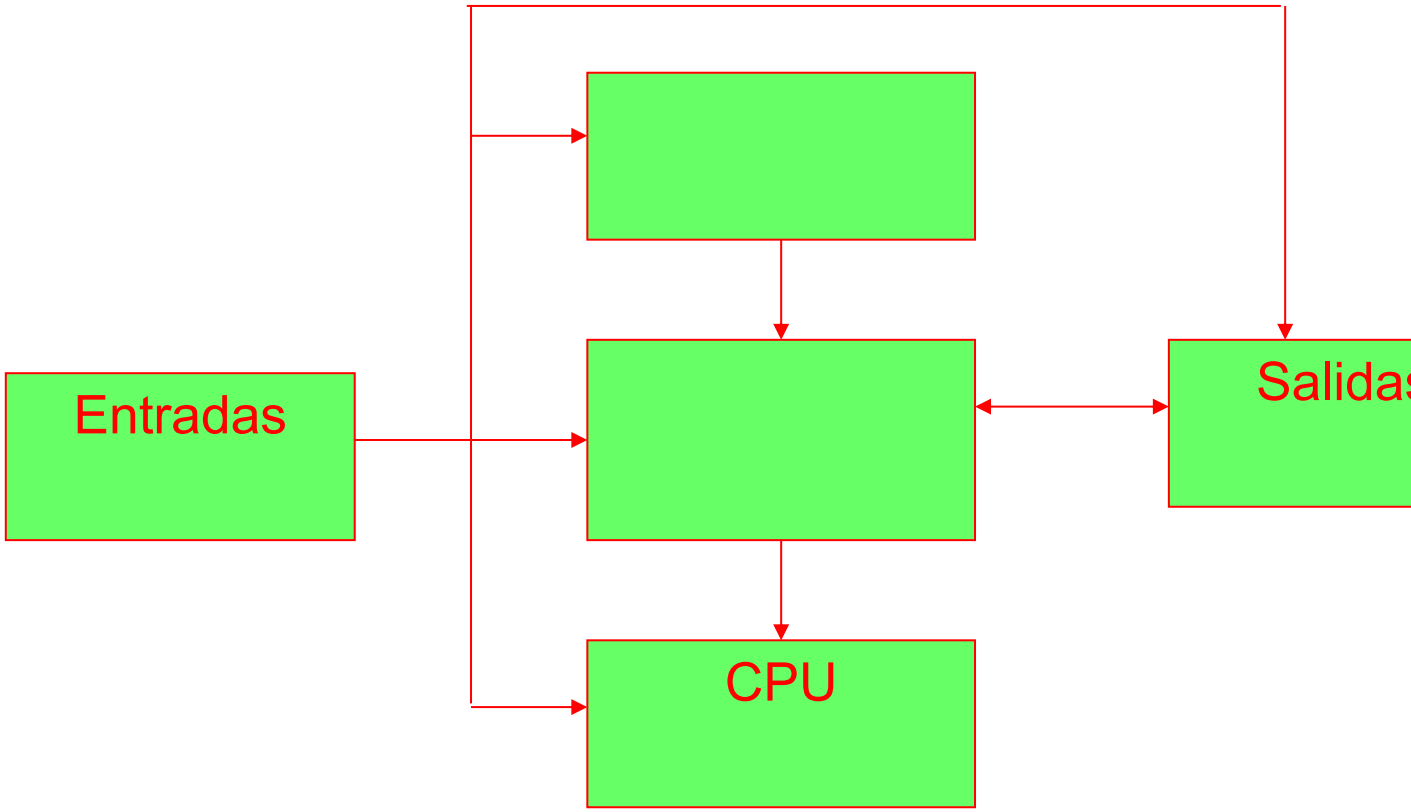


Fig.8 Diagrama de la estructura europea

7.3.2.2 Estructura interna de un PLC

El PLC se configura alrededor de una unidad central o de control, que, unida por medio de buses internos a las interfaces de entrada y salida y a las memorias, define lo que se conoce como arquitectura interna del PLC.

Un controlador lógico programable se compone esencialmente de los siguientes bloques:

1. Unidad central de proceso o de control, CPU.
2. Memorias internas.
3. Memoria de programa.
4. Entradas y/o salidas
5. Módulos o Interfaces de entrada y salidas.
6. Fuente de alimentación.

Fig.9 Diagrama a bloques de un PLC

7.3.2.2.1 Unidad central de procesamiento

La CPU (Central Processing Unit), construida alrededor de un sistema mínimo diseñado a partir de un microprocesador o un micro controlador; es el “cerebro” del controlador lógico programable. Consulta el estado de las entradas y recoge de la memoria de programa la secuencia de instrucciones a ejecutar, elaborando a partir de ella las señales de salida u órdenes que enviará al proceso. Durante la ejecución del programa, las instrucciones son procesadas en serie, una tras otra.

La unidad de control es también la responsable de actualizar continuamente los temporizadores y contadores internos que hayan sido programados. Adicionalmente, puede también establecer comunicación con periféricos externos, como son la unidad de programación, monitores LED/LCD o TRC, otros PLC’s o CPU’s, etc.

Para ejecutar el programa, la CPU adquiere sucesivamente las instrucciones una a una desde memoria, y realiza las operaciones específicas en la misma.

Bloques fundamentales de una CPU:

- ALU, “Aritmetic Logic Unit”, encargada de realizar las operaciones aritméticas y lógicas (combinacionales Y, O, sumas, comparaciones, etc.)
- Acumulador, que almacena el resultado de la última operación realizada por la ALU.
- Flags, o indicadores de resultado de operación.
- Contador de programa, PC (“Program Counter”), encargado de la lectura de las instrucciones de usuario y, por tanto, de la secuencia de ejecución.
- *Decodificador de instrucciones y secuenciador*, cableado y/o programado, donde se decodifican las instrucciones leídas en la memoria y se generan las señales de control.
- *Programa ROM,* monitor del sistema, donde se almacena la secuencia de puesta en marcha, las rutinas de test y de error en la ejecución, etc.
- Opcionalmente, en cartucho de memoria ROM externa, que contendría una ampliación del intérprete incorporado, a fin de que la CPU

pudiera decodificar y ejecutar instrucciones complejas o escritas en lenguajes de programación más potentes.

7.3.2.2.2 Memoria

La ***memoria*** del PLC o memoria de trabajo contiene todos los datos e instrucciones que necesita para ejecutar la tarea de control:

- ***Datos del proceso***
  Señales de planta, entradas y salidas.
  Variables internas, de bit y de palabra.
  Datos alfanuméricos y constantes.

- ***Datos de control***
  Instrucciones de usuario (programa).
  Configuración del PLC (modo de funcionamiento, número de entradas/ salidas conectadas, etc.).

La memoria ideal para el PLC debería ser simultáneamente rápida, pequeña, barata y de bajo consumo de energía. Como ninguna de las memorias del mercado reúne todas estas condiciones, los PLC's combinan distintos tipos de ellas.

MEMORIA	VOLATIL	NO VOLÁTIL				
Lectura/ Escritura	RAM				RAM + BAT RAM + EEPROM	EEPROM
SOLO LECTURA		ROM	PROM	EPROM		EEPROM
APLICACIONES	Datos internos memoria imagen E/S	Monitor Intérprete	Programa usuario	Programa usuario	Programa usuario (Ram + Bat) Datos internos mantenidos Parámetros	Programa usuario Parámetros

Fig.10 Clasificación de las memorias utilizas en un PLC

7.3.2.2.2.1 Memorias internas

La memoria interna es la encargada de almacenar datos intermedios de cálculo y variables internas (contadores, relés internos), que no aparecen directamente sobre las salidas, así como un reflejo o imagen de los últimos estados leídos sobre las señales de entrada o enviados a las señales de salida.

La clasificación de la memoria interna no se realiza atendiendo a sus características de lectura y escritura, sino por el tipo de variables que almacena el número de bits que ocupa la variable. Así, la memoria interna del PLC queda clasificada en las siguientes áreas:

- *Posiciones de 1 bit (bits internos)*
  Memoria imagen de entradas/salidas.
  Relés internos.
  Relés especiales/auxiliares.

- *Posiciones de 8, 16 o más bits (registros internos).*
  Temporizadores.
  Contadores.
  Otros registros de uso general.

El área de memoria de imagen almacena las últimas señales en la entrada y actualiza las salidas conforme se evalúa el programa, estas actualizaciones se realizan tras cada ejecución completa del ciclo del PLC.

Después de ejecutar el programa, la CPU ordena el intercambio de señales entre los módulos E/S y la memoria imagen, de manera que, mientras dura la ejecución, los estados de las señales de entrada considerados para el cálculo no son los actuales de planta, sino los presentes en la memoria imagen leídos en el ciclo anterior.

De la misma manera, los resultados obtenidos en el cálculo no van directamente a los módulos de salidas sino a la memoria imagen, realizándose la transferencia global de todas las señales (lectura de entradas y escritura de salidas) cuando finaliza cada ejecución del programa.

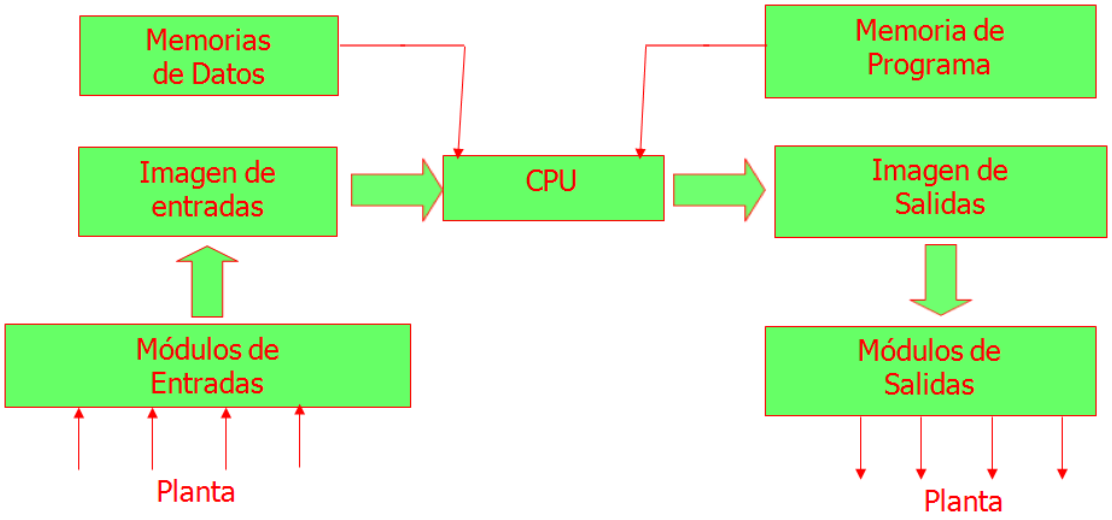


Fig.11 Consulta de entradas y carga en memorias de imagen

Las posiciones de la memoria imagen son denominadas puntos E/S («I/O points»), y su número es variable dependiendo del modelo de PLC y de la configuración del sistema. Precisamente, una clasificación frecuente de PLC's hace referencia al número de puntos E/S que la CPU puede manejar. Así, se habla de PLC's de gama:

- Baja, con E/S < 256
- Mediana, con 256 ≤ E/S < 1024
- Alta, con 1024 ≤ E/S

El resto de la memoria interna, excluyendo estas memorias imagen, se utiliza, en general, como memoria de datos, relés internos y registros internos. Entre estos últimos se encuentran algunos de tipo singular como los temporizadores y contadores.

7.3.2.2.2.2 Memoria de programa

La memoria de programa normalmente externa y conectada a la CPU, almacena el programa escrito por el usuario para su aplicación, es decir, contiene la secuencia de operaciones que deben realizarse sobre las señales de entrada para obtener las señales de salida, así como los parámetros de configuración del PLC. Por ello, si hay que introducir alguna variación sobre el sistema de control, basta generalmente con modificar el contenido de esta memoria.

El conjunto de direcciones correspondientes a todas las posiciones de memoria que puede direccionar la CPU, es decir, de toda la memoria de trabajo, se denomina en el PLC mapa de memoria.

La longitud de este mapa de memoria depende de tres factores:

- La capacidad de direccionamiento de la CPU, que determina el número de direcciones asignadas a los dispositivos internos.
- El número de entradas/salidas conectadas, que determina la longitud de la memoria imagen E/S.
- La longitud de la memoria de usuario utilizada.

7.3.2.2.3 Entradas y/o salidas

Las señales de entradas van desde el simple pulsador o finales de carrera, hasta la medición de cualquier magnitud física que intervenga en el proceso. Por otro lado, las salidas pueden consistir, en señales todo-nada, generalmente actuando sobre relés, electroválvulas u otros elementos electromecánicos, o señales analógicas o digitales para señalización en instrumentos de medida,

visualizadores, impresión de mensajes de alarma, mostrar el estado de los sensores y accionamientos, etcétera.

Tanto las señales de mando como las de proceso, en entornos industriales, podemos clasificarlas en dos grandes grupos siguientes:

- Señales todo-nada: codificación digital binaria (un solo bit).
- Señales continuas, con dos tipos posibles de codificación:
    - Codificación analógica
    - Codificación digital en palabras de una determinada longitud
    - (8 bits, 16 bits, etc.)

7.3.2.2.3.1 Entradas

De corriente continua (CC)

Los valores de tensión más frecuentes son, 12, 24, 48 o 110 VCC; aunque algunos tienen un amplio margen de tensión de 12 a 48VCC o 48 a 110VCC.

Para las entradas de CC y según la polaridad de la fuente de alimentación conectada al común, podemos distinguir dos tipos:

- PNP: común de alimentación a negativo (lógica positiva).
- NPN: común de alimentación a positivo (lógica negativa).

De corriente alterna (CA)

Generalmente suelen cubrir la gama de tensiones normalizadas de 24, 48, 110-125, 220-250 VCA.

En algunos PLC's se dispone también de módulos de entrada que aceptan márgenes muy amplios de tensión, que van desde 100 a 200 VCA.

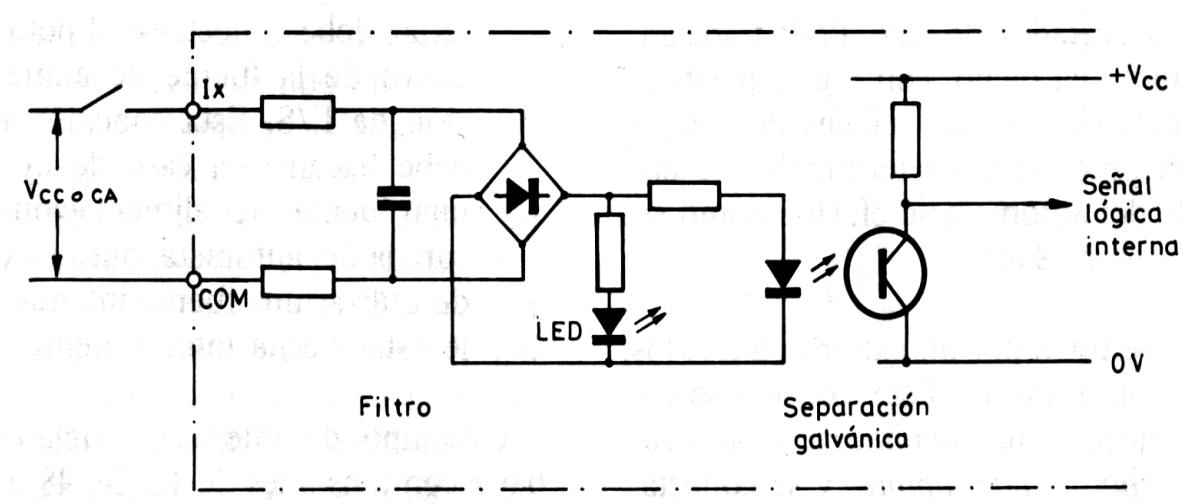


Fig.12 Modulo de entrada lógico

7.3.2.2.3.2 Salidas

De corriente continua (CC)

El conmutador de salida es un transistor o colector abierto con dos variantes posibles, según la polaridad:

- Salida PNP o lógica positiva, de 15 a 30VCC o de 5 a 30VCC.
- Salida NPN o lógica negativa, de 15 a 30VCC o de 5 a 30VCC.

De corriente alterna (CA)

El conmutador de salida suele ser un triac o un par de tiristores en anti paralelo, salidas de hasta 250VCA o hasta 380VCA.

Salidas por relé

Por lo general, cada salida consta de un solo contacto normalmente abierto, o a lo sumo de un contacto conmutado. Es frecuente que varios contactos compartan un terminal común (COM).

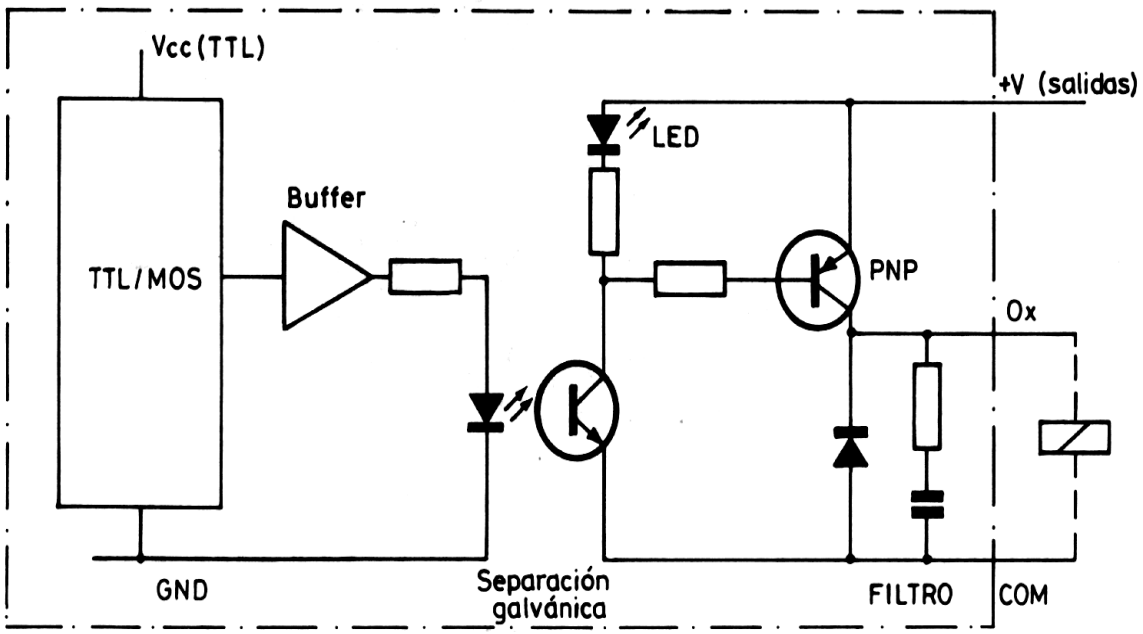


Fig.13 Modulo de salida lógico

7.3.2.2.3.3 Entradas y/o salidas analógicas

No todos los PLC's son capaces de manipular señales analógicas, pero es frecuente que existan módulos de ampliación para los tipos compactos o tarjetas analógicas en los tipos de rack, que si son capaces de manipular dichas señales.

El procesamiento de datos dentro del PLC es enteramente digital, como corresponde a todo sistema basado en un micro procesador y, por tanto, las señales de tipo analógico deben ser previamente digitalizadas para que puedan ser procesadas. Recíprocamente, si el PLC debe suministrar al proceso, deberá previamente convertir los datos internos a magnitudes de tipo analógico.

Las señales que se manejan tanto para entrada como salida deben ser del tipo normalizado que suele ser de uno de los siguientes tipos:

- Señales de 0 a 10 V.
- Señales de 0 a 5 V.
- Señales de 0 a 20 mA.
- Señales de 4 a 20 mA

7.3.2.2.4 Programadores

El equipo de programación de un autómata tiene por misión configurar, estructurar, programar, almacenar y aprobar las diferentes funciones del automatismo, tanto las contenidas en la CPU básica, como las que aparecen en las CPU auxiliares y módulos periféricos. Se define entonces el equipo de programación como el conjunto de medio hardware y software mediante los cuales el programador introduce y depura las memorias del autómata las secuencias de instrucciones (en uno u otro lenguaje) que constituyen el programa a ejecutar.

Son funciones específicas de los tipos de programación las siguientes:

- Escritura del programa de usuario, directamente en la memoria del autómata, o en la memoria auxiliar del mismo equipo.
- Verificación sintáctica y formal del programa escrito.
- Edición y documentación del programa o aplicación.
- Almacenamiento y gestión del programa o bloques del programa.
- Transferencias de programas de y hacia el autómata.
- Gestión de errores del autómata, con identificación de los mismos, ayudas para su localización y corrección, y re inicialización del sistema.

Además de las funciones anteriores, es muy frecuente encontrar otras adicionales:

- Puesta en marcha y detención del autómata (RUN / STOP).
- Monitorización del funcionamiento, sobre variables seleccionadas o sobre las propias líneas del programa.

Forzado de variables binarias o numéricas y preselección de contadores, temporizadores y registros de datos.

7.3.2.2.5 Fuentes de alimentación

La fuente de alimentación proporciona, a partir de una tensión exterior, las tensiones necesarias para el buen funcionamiento de los distintos circuitos electrónicos del sistema. En ocasiones, el PLC puede disponer de una batería conectada a esta fuente de alimentación, lo que asegura el mantenimiento del programa y algunos datos en las memorias en caso de interrupción de la tensión exterior.

Un PLC está formado por bloques que requieren niveles de tensión y de potencia diferentes y que, además, están sometidos a condiciones ambientales de ruido electromagnético también distintas. Por todo ello es frecuente que la alimentación se obtenga de varias fuentes separadas, procurando independizar las siguientes partes del circuito:

- Alimentación de la CPU e Interfaces E/S (alimentación PLC).
- Alimentación de Entradas.
- Alimentación de Salidas (cargas) de tipo electromagnético.

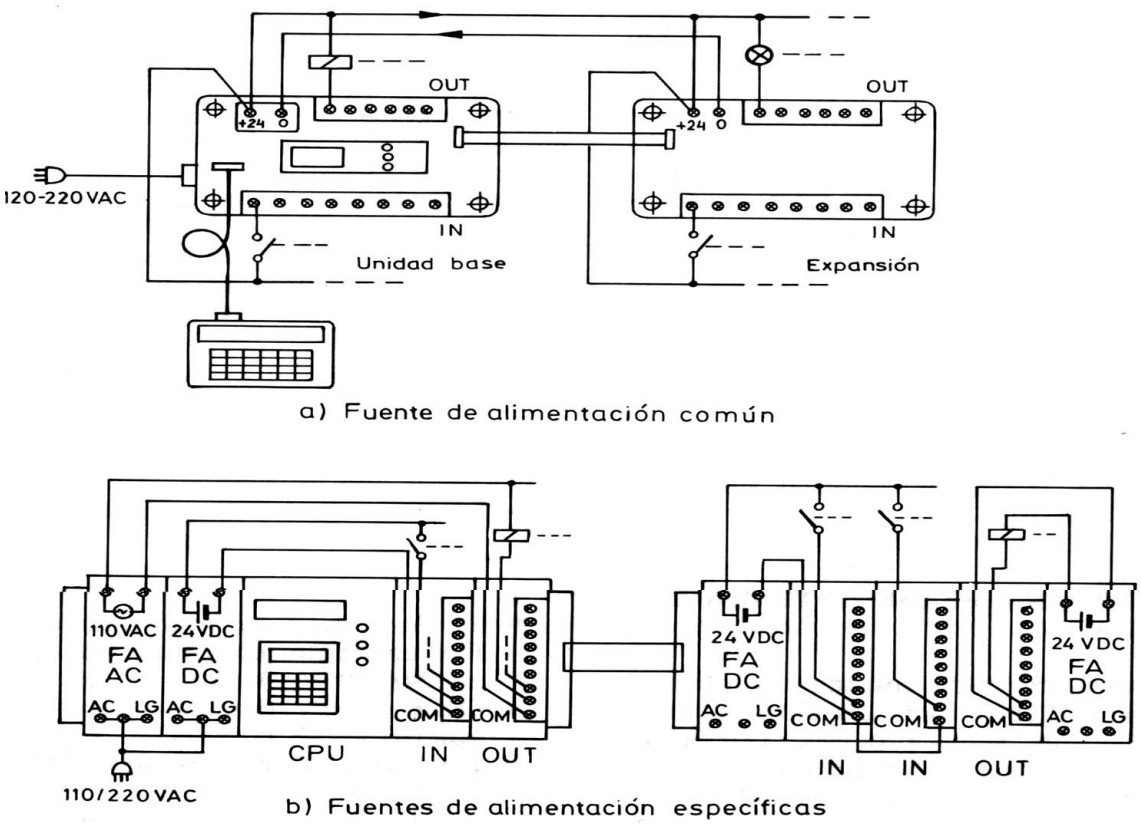


Fig.14 Fuentes de alimentación para PLC

7.4 Sensores

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc.

Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo.

Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

Áreas de aplicación de los sensores: Industria automotriz, robótica, industria aeroespacial, medicina, industria de manufactura, etc.

Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, etc.

7.4.1 Características de un sensor

- Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

- Precisión: es el error de medida máximo esperado.

- Offset o desviación de cero: valor de la variable de salida cuando la variable de entrada es nula. Si el rango de medida no llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

- Linealidad o correlación lineal.

- Sensibilidad de un sensor: suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.

- Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

- Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir. Depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

- Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida. Por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste, etc.) del sensor.

- Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida.

Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida. Pueden ser de indicación directa (un termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico a digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesado, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, como por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos.

7.4.1.1 Resolución y precisión

La resolución de un sensor es el menor cambio en la magnitud de entrada que se aprecia en la magnitud de salida. Sin embargo, la precisión es el máximo error esperado en la medida.

La resolución puede ser de menor valor que la precisión. Por ejemplo, si al medir una distancia la resolución es de 0,01 mm, pero la precisión es de 1 mm, entonces pueden apreciarse variaciones en la distancia medida de 0,01 mm, pero no puede asegurarse que haya un error de medición menor a 1 mm. En la mayoría de los casos este exceso de resolución conlleva a un exceso innecesario en el costo del sistema.

No obstante, en estos sistemas, si el error en la medida sigue una distribución normal o similar, lo cual es frecuente en errores accidentales, es decir, no sistemáticos, la repetitividad podría ser de un valor inferior a la precisión.

Sin embargo, la precisión no puede ser de un valor inferior a la resolución, pues no puede asegurarse que el error en la medida sea menor a la mínima variación en la magnitud de entrada que puede observarse en la magnitud de salida.

7.4.2 Sensor de movimiento

Los sensores de movimiento son dispositivos basados en la tecnología de los **rayos infrarrojos** o las **ondas ultrasónicas** para poder “mapear” o captar en tiempo real los movimientos que se generan en un espacio determinado. Estos sensores de movimiento, adscritos sobre todo a cámaras de seguridad, puertas en almacenes y centros comerciales, etc.

Son uno de los dispositivos más reconocidos e importantes dentro de la seguridad electrónica, que tanto ha apostado por, sobre todo, dos aspectos fundamentales, el tamaño y la funcionalidad de cada uno de los equipos que usan durante el proceso. Y es que los sensores de movimiento que podemos ver, por ejemplo, encima de las entradas y salidas de establecimientos públicos que se activan con sólo la movilidad específica de los sujetos.

Pero los sensores también están siendo adaptados a todo tipo de electrodomésticos, haciendo mucho más eficaz los niveles de protección o de vigilancia a los que un recinto puede llegar. Se ven sensores de movimiento ya instalados en algunas lámparas corrientes, por ejemplo, o hasta en relojes despertadores, siendo esta la última generación de sensores de movimiento que funcionan por intermedio de ondas ultrasónicas.

Porque aquellos que operan mediante rayos infrarrojos resultan ser mucho más sofisticados, y se usan sobre todo en lugares que necesitan de un alto nivel de protección como por ejemplo la reserva federal de un banco. Esta clase de sensores tienen la capacidad, así mismo, de poder dibujar a escala una representación del movimiento que puede darse por distintos puntos de unión, como si se tratara del mapa de una constelación. Por eso, los sensores de rayos infrarrojos dependiendo del caso, también vienen programados con algún auxiliar gráfico con los que complementan, gráficamente, sus acciones principales.

7.5 Comunicación inalámbrica

La **comunicación inalámbrica** o sin cables es aquella en la que extremos de la comunicación (emisor/receptor) no se encuentran unidos por un medio de propagación físico, sino que se utiliza la modulación de ondas electromagnéticas a través del espacio. En este sentido, los dispositivos físicos sólo están presentes en los emisores y receptores de la señal, entre los cuales encontramos: antenas, computadoras portátiles, PDA, teléfonos, etc.

En general, la tecnología inalámbrica utiliza ondas de radiofrecuencia de baja potencia y una banda específica, de uso libre o privada, para transmitir entre dispositivos.

Estas condiciones de libertad de utilización sin necesidad de licencia, ha propiciado que el número de equipos, especialmente computadoras, que utilizan las ondas para conectarse, a través de redes inalámbricas haya crecido notablemente.

7.5.1 Bluetooth

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz, los principales objetivos que se pretenden conseguir con esta norma son:

- Facilitar las comunicaciones entre equipos móviles y fijos.
- Eliminar los cables y conectores entre éstos.
- Ofrecer la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales.

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.

7.5.2 Wifi

Wi-Fi es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con Wi-Fi, tales como: un ordenador personal, una consola de videojuegos, un Smartphone o un reproductor de audio digital, pueden conectarse a Internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso (hotspot) tiene un alcance de unos 20 metros en interiores y al aire libre una distancia mayor. Pueden cubrir grandes áreas la superposición de múltiples puntos de acceso.

7.5.2.1 Seguridad y fiabilidad

Uno de los problemas a los cuales se enfrenta actualmente la tecnología Wi-Fi es la progresiva saturación del espectro radioeléctrico, debido a la masificación de usuarios, esto afecta especialmente en las conexiones de larga distancia (mayor de 100 metros). En realidad Wi-Fi está diseñado para conectar ordenadores a la red a distancias reducidas, cualquier uso de mayor alcance está expuesto a un excesivo riesgo de interferencias.

Un muy elevado porcentaje de redes son instalados sin tener en consideración la seguridad convirtiendo así sus redes en redes abiertas (o completamente vulnerables ante el intento de acceder a ellas por terceras personas), sin proteger la información que por ellas circulan. De hecho, la configuración por defecto de muchos dispositivos Wi-Fi es muy insegura (routers, por ejemplo) dado que a partir del identificador del dispositivo se puede conocer la clave de éste; y por tanto acceder y controlar el dispositivo se puede conseguir en sólo unos segundos.

El acceso no autorizado a un dispositivo Wi-Fi es muy peligroso para el propietario por varios motivos, el más obvio es que pueden utilizar la conexión. Pero además, accediendo al Wi-Fi se puede monitorizar y registrar toda la información que se transmite a través de él (incluyendo información personal, contraseñas, etc.). La forma de hacerlo seguro es seguir algunos consejos:

- Cambios frecuentes de la contraseña de acceso, utilizando diversos caracteres, minúsculas, mayúsculas y números.
- Se debe modificar el SSID que viene predeterminado.
- Realizar la desactivación del broadcasting SSID y DHCP.
- Configurar los dispositivos conectados con su IP (indicar específicamente qué dispositivos están autorizados para conectarse).
  Utilización de cifrado: WPA2.

7.5.3 Xbee

Los módulos Xbee son dispositivos que integran un transmisor ZigBee y un procesador en un mismo módulo, lo que permite a los usuarios desarrollar aplicaciones de manera rápida y sencilla.

ZigBee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE.802.15.4. Creado por ZigBee Alliance, una organización de más de 200 grandes empresas (destacan Mitsubishi, Honeywell, Phillips, Motorola, Invensys,…) muchas de ellas fabricantes de semiconductores.

Los módulos Xbee son económicos, potentes, y fáciles de utilizar. Algunas de sus principales características son:

- Buen alcance: hasta 100 metros en línea vista para los módulos Xbee y hasta 1 milla (1.6 Km) para los módulos Xbee Pro.
- 9 pines de entradas/salidas con entradas analógicas y digitales.
- Bajo consumo <50mA cuando están en funcionamiento y <10uA cuando están en modo sleep.
- Interfaz serial.
- 65,000 direcciones para cada uno de los 16 canales disponibles. Se pueden tener muchos de estos dispositivos en una misma red.
- Fáciles de integrar.

7.5.4 Radiofrecuencia

El término **radiofrecuencia**, también denominado **espectro de radiofrecuencia** o **RF**, se aplica a la porción menos energética del espectro electromagnético, situada entre unos 3 kHz y unos 300 GHz. El hercio es la unidad de medida de la frecuencia de las ondas, y corresponde a un ciclo por segundo. Las ondas electromagnéticas de esta región del espectro, se pueden transmitir aplicando la corriente alterna originada en un generador a una antena.

La radiocomunicación es una forma de telecomunicación que se realiza a través de ondas de radio u ondas hertzianas, la que a su vez está caracterizada por el movimiento de los campos eléctricos y campos magnéticos. La comunicación vía radio se realiza a través del espectro radioeléctrico cuyas propiedades son diversas dependiendo de su bandas de frecuencia. Así tenemos bandas conocidas como baja frecuencia, media frecuencia, alta frecuencia, muy alta frecuencia, ultra alta frecuencia, etc.

En cada una de ellas, el comportamiento de las ondas es diferente. Aunque se emplea la palabra radio, las transmisiones de televisión, radio, radar y telefonía móvil están incluidos en esta clase de emisiones de radiofrecuencia.

7.5.4.1 Transmisión y recepción

Una onda de radio se origina cuando una partícula cargada (por ejemplo, un electrón) se excita a una frecuencia situada en la zona de radiofrecuencia (RF) del espectro electromagnético. Otros tipos de emisiones que caen fuera de la gama de RF son los rayos gamma, los rayos X, los rayos infrarrojos, los rayos ultravioleta y la luz.

Cuando la onda de radio actúa sobre un conductor eléctrico (la antena), induce en él un movimiento de la carga eléctrica (corriente eléctrica) que puede ser transformado en señales de audio u otro tipo de señales portadoras de información.

El emisor tiene como función producir una onda portadora, cuyas características son modificadas en función de las señales (audio o video) a transmitir. Propaga la onda portadora así modulada. El receptor capta la onda y la «de modula» para hacer llegar al espectador auditor tan solo la señal transmitida.

Amplitud modulada

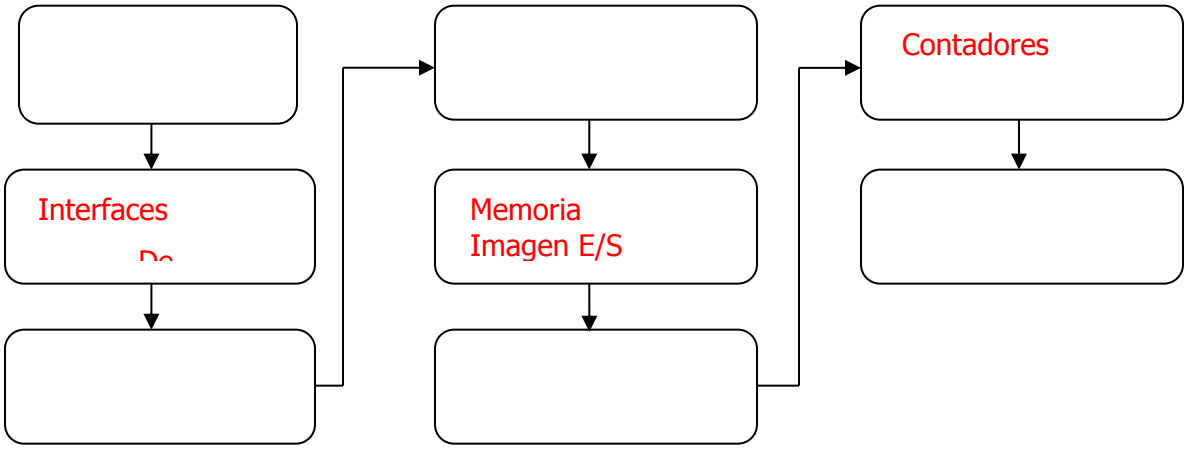
En el sistema de modulación de amplitud (AM), la señal (de baja frecuencia) se superpone a la amplitud de ondas hertzianas portadora (de alta frecuencia), esto se logra multiplicando las señales.

Frecuencia modulada

En el sistema de frecuencia modulada (FM), la amplitud de la onda portadora se mantiene constante, pero la frecuencia varía según la cadencia de las señales moduladoras. Este sistema permite eliminar parásitos e interferencias, y reproduce el sonido con mayor fidelidad.

8. Procedimiento

Para realizar un control correcto en el uso de las luminarias de la cancha de basquetbol del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se debe tomar en cuenta que este control solo estará activo en un horario determinado, además de que eliminará el requerimiento de personal para el encendido o apagado del sistema, en la programación se deberá incluir el tiempo de espera para desactivar todo el sistema así como el horario preestablecido.



8.1 Selección de sensores

Ya que el sistema debe ser completamente autónomo, se debe tener en cuenta el tipo de sensores que se requieren, no todos los sensores son aptos para esta tarea, un sensor ultrasónico sería muy ineficiente ya que este solo detecta a distancias muy cortas.

Si se realiza por medio de sensores infrarrojos, el campo de detección es muy limitado, para poder hacerlo más grande se tendría que colocar un láser, con esto se lograría un alcance mayor pero el campo de detección se reduce a un solo punto y el margen de error se incrementa considerablemente. Con estos datos se llegó a la conclusión de usar sensores de movimiento.

El sensor de movimiento que se eligió es el modelo DE8A de la empresa CEISA. Cuenta con 3 sensores de movimiento infrarrojo de alta estabilidad. Posee alta sensibilidad al cruce de su campo de visión desde 3 metros hasta 10 metros de alcance ajustable y 360° de cobertura.

Sensibilidad a niveles de luz ajustable de 20 a 2000 lux. Apagado por inactividad ajustable de 10 segundos a 12 minutos, alimentación de 127 VCA 10A, puede manejar lámparas de 127 VCA 0 de 220VCA o 240VCA.

Con estos sensores se tienen un buen alcance radial, con ello permitirá detectar a las personas que harán uso de la cancha a una distancia adecuada y elimina en gran medida el margen de error de detección.

Estos sensores que pueden ser configurados en el tiempo de respuesta y sensibilidad de detección, se asegura la detección correcta.

8.2 Delimitación del área de sensado

Para cubrir toda la cancha de basquetbol y poder determinar si se encuentra en uso o no, un solo sensor no puede realizar esta tarea. Por ello se determinó que una mejor solución es incrementar el uso de sensores, se decidió emplear 4 sensores distribuidos entre las columnas de soporte del domo.

Un sensor será el encargado de la detección de las personas que se dirigen a la cancha, los otros tres se encargaran de sensar si aún hay personas haciendo uso de las instalaciones. Como los sensores pueden cubrir un área radial de 10m, colocados a una altura de 3m, se colocaran los tres de tal forma que una pequeña parte del campo de detección de cada uno se conecte con los que se encuentran a los lados, evitando espacios fuera de estos rangos.

8.3 Fuentes de alimentación

Una vez establecido el tipo de sensores a utilizar, se debe realizar el acoplamiento de señales para la lectura de las mismas. Los sensores trabajan con corriente alterna (AC) pero el PLC solo reconoce señales de CD, debido a esto se construye una pequeña fuente para acople de estas magnitudes, permitiendo así las lecturas.

Estas fuentes de acoplamiento son realizadas sin un transformador reductor ya que ello implicaría un aumento en el tamaño de la fuente además de un costo elevado, la reducción del voltaje se realiza mediante un circuito tanque (formado por un capacitor y una resistencia), seguido por la etapa de rectificación y filtrado.

Cada uno de los sensores tendrá conectada una fuente de este tipo a su vez las fuentes serán conectada en las entradas correspondientes para su procesamiento.

8.4 Comunicación inalámbrica

Uno de los problemas a resolver es la distancia que hay entre cada uno de los sensores y el PLC, para realizar el cableado de cada uno de ellos a la entrada respectiva, se tendría que rodear todo el domo para evitar que los cables queden atravesando toda la cancha, otra opción era enterrar los cables pero ya que es una gran distancia a cubrir de este modo tampoco es eficiente.

Por lo tanto se decidió que la comunicación de los sensores con el PLC, se realizara en forma inalámbrica mediante módulos de radiofrecuencia. Con esto se disminuye los costos de automatización del sistema.

Una vez que alguno de los sensores detecte movimiento, su relevador interno es activado permitiendo el funcionamiento de las fuentes de acoplamiento que les han sido instaladas.

Un micro controlador recibirá la señal de las fuentes identificando que sensor ha enviado la señal, una vez establecido el número de sensor activado, este dato es enviado al circuito receptor, este circuito una vez que ha recibido el dato lo recreara en sus salidas.

Las salidas del circuito receptor están en el mismo orden que los sensores, esto para identificar con mayor facilidad cuál de ellos ha detectado el movimiento. Las salidas del circuito receptor son conectadas a las entradas de señal del PLC para el encendido de las luminarias.

8.5 Programación del microcontrolador

Para la comunicación inalámbrica entre los sensores y el PLC, se ha incorporado el uso de módulos de radiofrecuencia, estos reciben la señal a enviar en forma codificada.

Para facilitar la codificación, se ha creado un programa en MikroC Pro For Pic para el PIC16F84A, con ayuda de la librería del código Manchester, esta librería facilita el uso de los módulos de RF.

El código Manchester consiste en enviar por la misma línea el bit de clock y los datos, este envío se realiza con intervalos de tiempos en niveles lógicos altos o bajos según corresponda al dato a enviar.

Con ayuda de esta librería solo es necesario inicializar el bit de un puerto ya sea como emisor o receptor.

Cuando los sensores detecten movimiento las fuentes son activadas, las señales de las fuentes son enviadas a los opto-acopladores que a su vez envían la señal correspondiente al puerto B del Pic, previamente configurado como entrada. Una vez recibida una señal es enviado el número de sensor que realizo la detección.

El módulo receptor recibe la señal en código Manchester y realiza las conversión para recrear el dato enviado, una vez hecho esto la señal es enviada al puerto B del Pic configurado como salida, estas salidas activan a los opto acopladores para poder enviar el voltaje requerido a las entradas del PLC.

8.6 Selección de PLC

Para realizar el control de horario y tiempos de funcionamiento de acuerdo a los sensores, se debe contar con un dispositivo capaz de realizar el conteo de los temporizadores para mantener encendida todas las luminarias, así como el de los días de la semana para evitar que el sistema se encienda los fines de semana ya que estos días no se realiza ninguna actividad en la institución.

Para realizar esta tarea, además de manejar la potencia requerida se tomó la decisión de realizar todo el sistema de control mediante un PLC de la empresa Crouzet, el modelo específico es el MILLENIUM 3, con el fácilmente se puede realizar la conexión de hasta 16 sensores y 10 salidas para el control.

Con este PLC se programa los tiempos de funcionamiento, el control de horario preestablecido y el control de los días de la semana para permitir el encendido del sistema si está dentro de los días laborables.

8.6.1 Características del PLC MILLENIUM 3

1. Número de entradas
   10 entradas digitales, 6 entradas analógicas.

2. Número de salidas
   10 salidas a relevador de 8A o 5A/250VAC

3. Tipos de señales de entrada para proceso
   Señales AC, DC, frecuencia, rangos de voltaje analógico, corriente.

4. Tipos de señales de salidas necesarias
   Digital DC, AC, voltaje, corriente, frecuencia, PWM, rangos de voltaje analógico.

5. Fuente de alimentación
   Fuente de CD a 24V 6.2W máximo.

6. Características visuales
   Cuenta con display para visualización, botones de control programables

8.7 Programación del PLC

La programación del PLC se realiza en el software MILLENIUM 3, el lenguaje de programación es BDF, este entorno de programación es gráfico.

La programación se realiza visualizando compuertas lógicas, los timers entre otras funciones son bloques, los cuales se pueden configurar según sean requeridos en el programa.

El software cuenta con simulador, no es necesario de otros programas para comprobar el funcionamiento del PLC, incluye la opción de monitoreo, con esta opción se puede cargar el programa en el PLC y observar en tiempo real la reacción de las salidas, si en las entradas se tiene las señales deseadas y el funcionamiento interno.

El programa funciona de tal manera que con cualquiera de los sensores que detecte movimiento las luminarias son encendidas. Un temporizador comienza a funcionar, este temporizador será reiniciado cada vez que se detecte movimiento en la cancha.

Si no se detecta ningún movimiento el temporizador funciona continuamente hasta cumplirse el tiempo establecido de funcionamiento de las luminarias, el cual es de 25 minutos, una vez cumplido este lapso de tiempo las luminarias son apagadas y el temporizador reiniciado, de esta manera se evita que las luminarias se enciendan y apaguen continuamente.

Una vez que las luminarias son apagadas no pueden ser encendidas inmediatamente, las lámparas que se utilizan necesitan de un tiempo mínimo de enfriamiento. Un segundo temporizador comienza a trabajar después de ser apagadas las luminarias, así aunque se detecte movimiento no serán activadas hasta cumplirse el tiempo requerido de 5 minutos.

Una vez alcanzado el tiempo de 5 minutos del segundo temporizador este es reiniciado y se permite de nuevo la activación de las luminarias mediante los sensores de movimiento.

Con un programador de horarios semanal se selecciona que días de la semana el sistema estará en funcionamiento, seleccionando solo de lunes a viernes y el horario de servicio que comprende de 6:00 pm a 10:30 pm. En el display del PLC se despliega un texto para indicar que el sistema está funcionando además del horario en el que se ha configurado y si se encuentra en horario de servicio.

8.8 Diseño de placas

Una vez determinadas todas las partes que conforma el circuito se procede a la realización de los circuitos impresos (PCB) con ayuda del software PCBWizard.

Ya que las fuentes requeridas no implementan muchos componentes o componentes de gran tamaño, los circuitos son realizados en placas de 5cmx2.5cm con terminales de conexión para la entrada proveniente del sensor y una para la salida.

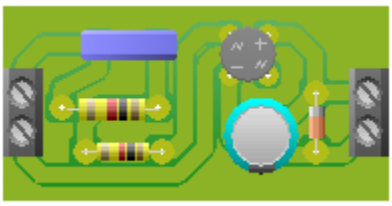


Fig.15 Fuente de alimentación para sensores

Las placas necesarias para el emisor y receptor de los módulos RF son de 5cmx7.5cm en ellas son colocados los opto acopladores y las terminales de entradas y salidas de las señales.

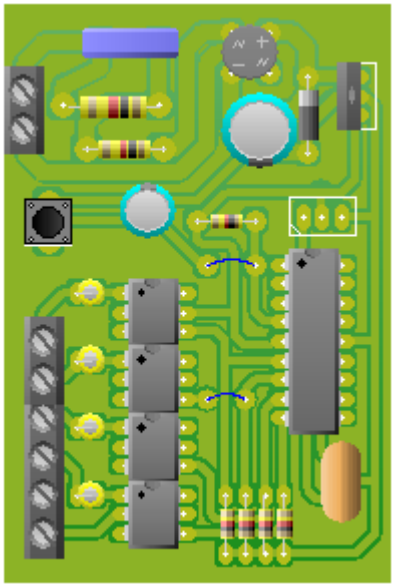


Fig.16 Placa del circuito emisor

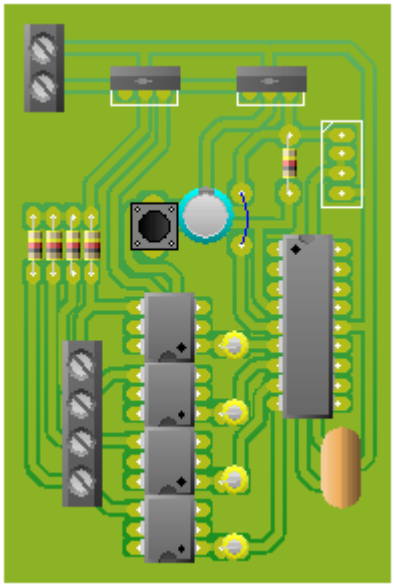


Fig.17 Placa del circuito receptor

8.9 Pruebas de prototipo

Una vez terminadas las placas se procede al cableado, para realizar las pruebas preliminares del prototipo así como la comprobación del alcance real de los módulos de radiofrecuencia.

En esta prueba la distancia inicial a la que el prototipo es puesto a prueba es de aproximadamente 2 metros de distancia entre las antenas del circuito emisor y receptor. Los resultados son satisfactorios, el programa funciona correctamente de acuerdo lo esperado.

Para comprobar que las salidas del PLC funcionan correctamente se conectó una lámpara ahorradora durante las pruebas. Los tiempos de funcionamiento fueron reducidos para efecto de las pruebas.

Para la última prueba del prototipo se incrementó la distancia de los circuitos emisor y receptor, en esta ocasión el circuito no alcanzaba más de 12 metros de separación, esto debido a la calidad de las antenas de transmisión y recepción, para obtener un mayor alcance, las antenas de aluminio que tenia de aproximadamente 15 centímetros de largo, se cambiaron por alambre de cobre de un calibre más grueso que las antenas anteriores con esto se logró obtener el alcance deseado para la transmisión de los datos sin problema alguno.

8.10 Instalación del sistema

Una vez terminadas las pruebas del prototipo, se procedió con la instalación del sistema completo en la cancha techada de basquetbol, ya con anterioridad se había establecido el área de sensado.

Con este dato preestablecido, las bases para los sensores son colocadas en las vigas de acero con las que cuenta el domo de la cancha, no se coloca en todas la vigas, la colocación se realiza en forma alternada.

El rango de alcance de los sensores permite que esto sea fácil ya que en la abertura del ángulo de detección se produce un acoplamiento entre las áreas de cada sensor, con esto se evita espacios “muertos” o fuera del área de sensado.

Una vez colocadas las bases a 4.5 metros de altura, se continuó con el cableado de los sensores hacia el modulo emisor, se colocaron los cables de alimentación para cada uno de los sensores así como los cables para la transmisión de los datos de cada uno.

Los cables no debían quedar atravesando de ninguna manera el domo o las vigas esto por seguridad, entonces los cables se colocan en la parte más alta de las vigas que son la base del domo y son asegurados.

Terminada las conexiones de los sensores con el circuito emisor, se procede a realizar las conexiones en el otro extremo donde se coloca el PLC y el modulo receptor.

El modulo receptor es colocado en la base del domo, es asegurado a la viga de acero, se le conectan los cables a cada una de las salidas, estos cables serán conectados en cada una de las entradas de señal del PLC.

El PLC y su fuente de alimentación son instalados en un registro, el cual se colocó en una de las vigas, una vez instalado el PLC se le conecta los cables de las señales de los sensores. Debió a que la potencia real de las luminarias es mucho mayor en comparación a la que puede manejar cada salida del PLC, es necesario colocar contactores capaces de manejar este tipo de luminarias.

El contactor está formado por un transformador y una bobina encargada de cerrar el circuito. La bobina es conectada a las salidas del transformador, una de las entradas de alimentación del transformador es conectada directamente al neutro de la alimentación de CA.

La otra entrada es conectada en uno de los bornes de salida del PLC, en el otro borne que forma parte del interruptor de salida del PLC es conectado a la fase de la alimentación de CA.

Ya que un solo contactor no puede encender los tres grupos de luminarias es necesario que se instalen tres, uno por cada grupo de luminarias, la forma de conectarlos es la misma.

9. Resultados

Basado en la investigación de la necesidad del control de la iluminación de la cancha techada del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se demostró que existe un gasto innecesario de energía eléctrica, con estos datos se desarrolló un sistema para el control automático de las luminarias.

El sistema cuenta con módulos de radiofrecuencia emisor y receptor, con este método se evita el cableado excesivo. Los datos de detección de los sensores son enviados a un PLC, en el mismo se realiza el control de tiempos de encendido así como el horario de servicio.

El alcance real de los módulos de radiofrecuencia excede a los 15 metros de distancia entre el emisor y el receptor. Al contar con antenas de alambre de cobre la señal de transmisión mejoró así como el alcance.

Ya que las lámparas que se utilizan necesitan un tiempo de enfriamiento después de ser usadas, se ha programado un tiempo de retardo de 5 minutos antes de poder ser accionadas nuevamente.

Con este sistema ya no es necesaria la intervención de ninguna persona para el apagado o encendido, con esto se evita que las luminarias queden encendidas toda la noche como sucedía antes.

Además el sistema no es cerrado es fácilmente modificable para aumentar el número de sensores o de luminarias a controlar, con esto el área de sensado sería mayor así como el espacio de iluminación podría aumentar sin problema alguno.

10. Conclusiones y recomendaciones.

10.1 Conclusiones

El control automatizado de luminarias permite un ahorro de energía eléctrica, esta forma de uso de las luminarias permite que solo sean encendidos los días en los cuales la cancha está disponible para su uso y en horario en cual sean necesarias.

Existen algunas formas de aumentar el ahorro en consumo energético, pero no todas son aplicables en todas las áreas que se desean controlar, por ello los sistemas se diseñan de acuerdo al lugar a automatizar.

10.2 Recomendaciones

Una recomendación es aumentar el número de sensores del sistema, actualmente cuenta con cuatro sensores de movimiento, pero al incrementar el número de los mismos aumenta el área sensada con lo cual se podrá tener un control incluso en las áreas alejadas al centro de la cancha.

11. Referencias bibliográficas

Angulo Usategui, José M. e Ignacio Angulo Usategui – Micro controladores PIC diseño practico de aplicaciones primera parte – Tercera edición - Mc Graw Hill – Aravaca, Madrid – 2003 372pp

Enrique Mandado, Jorge Marcos Acevedo, Serafín Alfonso Pérez López – Controladores lógicos y autómatas programable – Alfaomega – 01/03/2006 – 393 paginas

http://albendaswiki.s3.amazonaws.com/product/Zennio/Manual_Sensor_Movimiento_ESP_Ed2.pdf

http://www.mes-sigma.net/Cursos/images/Sensores%20PIR%20y%20Radar.pdf

http://www.unet.edu.ve/~ielectro/sensores.pdf

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/nocedal_d_jm/capitulo1.pdf

http://een.iust.ac.ir/profs/Shahri/Computer%20Buses_84/bluetooth_tutorial.pdf

http://www.dip-badajoz.es/agenda/tablon/jornadaWIFI/doc/tecnologias_wifi_wmax.pdf

http://www.olimex.cl/pdf/Wireless/ZigBee/XBee-Guia_Usuario.pdf

http://www.dte.uvigo.es/recursos/proximidad/Sensores_Proximidad.swf

http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/587-sensor-de-presencia

http://materias.fi.uba.ar/7566/Automatizacion.pdf

http://www.sisman.utm.edu.ec/libros/FACULTAD%20DE%20CIENCIAS%20ZOOT%C3%89CNICAS/CARRERA%20DE%20INGENIER%C3%8DA%20EN%20INDUSTRIAS%20AGROPECUARIAS/09/Automatizaci%C3%B3n%20y%20Electricidad%20Industrial/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20Sistemas%20de%20Automatizaci%C3%B3n%20Industrial.pdf

http://www.vidadigitalradio.com/sensores-movimiento/

http://www.epsevg.upc.edu/hcd/material/lecturas/interfaz.pdf

12. Anexos

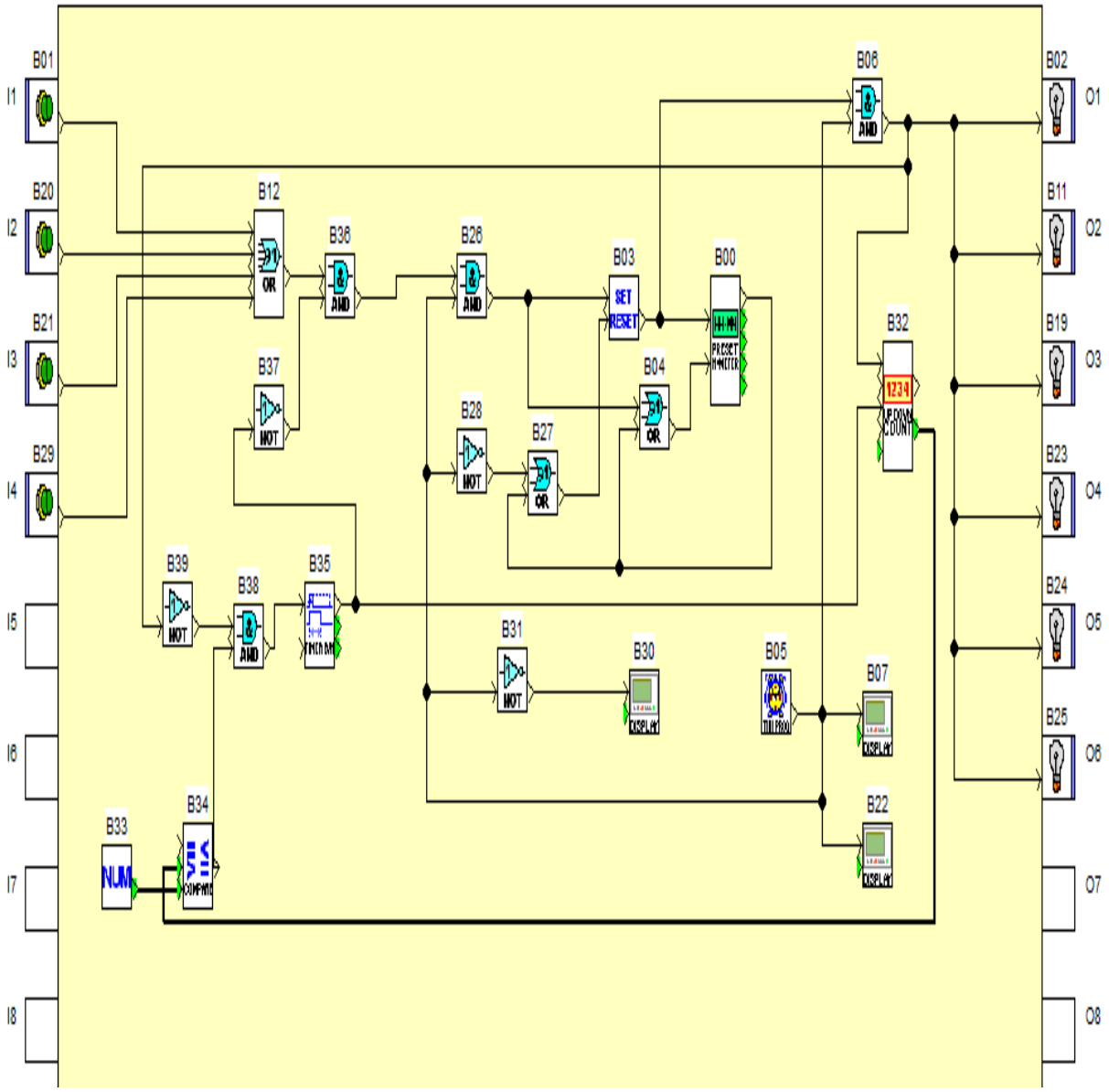
12.1 Programación del microcontrolador emisor

```
Sbit MANRXPIN at RA0_bits

Bit MANRXPIN_Direction at TRISA0_bit;

Sbit MANTXPIN at RA1_bit

Sbit MANTXPIN_Direction at TRISA1_bit;

Int val;

Void main () {

  TRISB=0b00001111;

  PORTB=0b00001111;

  while(1)

  {

    if (PORTB==0)

     {

        Man Send (0x01);

        delay_ms (50);

     }

     else

     {

        val=PORTB+1;

        Man_Send (val);

        delay_ms (50);

    }

  }

}
```

12.2 Programación del microcontrolador receptor

```
sbit MANRXPIN at RA0_bit;
sbit MANRXPIN_Direction at TRISA0_bit;
sbit MANTXPIN at RA1_bit;
sbit MANTXPIN_Direction at TRISA1_bit;
char temp, error, cont;
void main ()
{   TRISB=0x00; PORTB=0x00;
   while (1)
   {
      temp=Man_Receive(&error);
       if (error)
       {
          cont++;
          if(cont>4)
          {
             temp=Man_Synchro();
             cont=0;
          }
       }
      else
      { PORTB=temp-1;
      }  delay_ms(25);
   }
}
```

12.3 Programación de PLC



12.4 Datasheet del sensor de movimiento DE8A

CONTROL DE LUZ CON SENSOR DE MOVIMIENTO DE TECHO

CEISA®

MANUAL DE USO E INSTALACION

Felicidades, ha adquirido usted un producto de alta calidad, fabricado cuidadosamente bajo las mas estrictas normas y cuyo diseño y fabricación han sido posibles gracias a la utilización de la tecnología mas avanzada de la actualidad.

Descripción y ventajas:
Este es un control de luz de techo, con 3 sensores de movimiento infrarrojo de alta estabilidad que automatizan el encendido de sus lámparas durante la noche, apagándolas poco después de que no detectan actividad dentro de su campo de visión.
Alta sensibilidad al cruce de su campo de visión desde 3 hasta 10 metros de alcance ajustable, y 360º de cobertura.
Logra un gran ahorro de energía.
Evita que las lámparas enciendan cuando hay cierto nivel de luz ajustable de 20 a 2000 lux.
Su instalación es sumamente sencilla, es de alta capacidad y controla todo tipo de lámparas.
Aunque su alimentación es de 127 V~, puede controlar lámparas de 127 V~ o de 220 o 240 V~.
El tiempo de apagado por inactividad es ajustable de 10 segundos a 12 minutos.

DE8A

127 V~ 10A 1 200W
Tiempo inactividad 10 seg a 12 min
Inhibe encendido de 20 a 2000 lux
Detecta 10m 360º
Triple Sensor 3X1

GUARDE ESTAS INSTRUCCIONES

12.5 Datasheet del PIC16F84A

MICROCHIP

PIC16F84A

18-pin *Enhanced* FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

Peripheral Features:

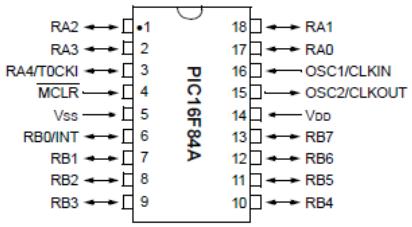
- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

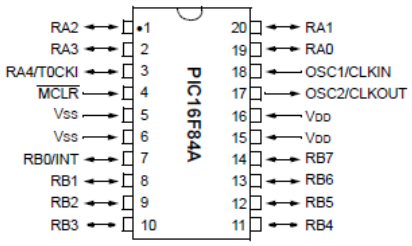
- 10,000 erase/write cycles *Enhanced* FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams

PDIP, SOIC



SSOP



CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 µA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 µA typical standby current @ 2V

© 2001 Microchip Technology Inc.

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information for the operation of the PIC16F84A device. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023), which may be downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet, and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

The PIC16F84A belongs to the mid-range family of the PICmicro® microcontroller devices. A block diagram of the device is shown in Figure 1-1.

The program memory contains 1K words, which translates to 1024 instructions, since each 14-bit program memory word is the same width as each device instruction. The data memory (RAM) contains 68 bytes. Data EEPROM is 64 bytes.

There are also 13 I/O pins that are user-configured on a pin-to-pin basis. Some pins are multiplexed with other device functions. These functions include:

- External interrupt
- Change on PORTB interrupt
- Timer0 clock input

Table 1-1 details the pinout of the device with descriptions and details for each pin.

FIGURE 1-1: PIC16F84A BLOCK DIAGRAM

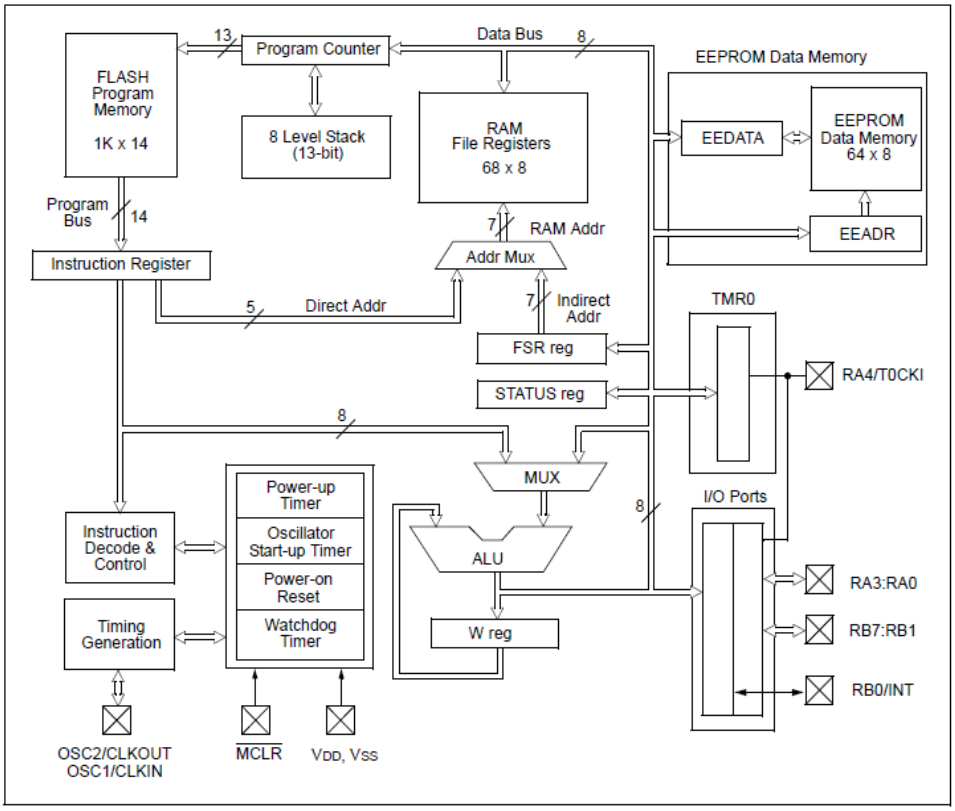


TABLE 1-1: PIC16F84A PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	PDIP No.	SOIC No.	SSOP No.	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	16	16	18	I	ST/CMOS(3)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	15	15	19	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{\text{MCLR}}$	4	4	4	I/P	ST	Master Clear (Reset) input/programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0	17	17	19	I/O	TTL	
RA1	18	18	20	I/O	TTL	
RA2	1	1	1	I/O	TTL	
RA3	2	2	2	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	3	3	3	I/O	ST	Can also be selected to be the clock input to the TMR0 timer/counter. Output is open drain type.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	6	6	7	I/O	TTL/ST(1)	RB0/INT can also be selected as an external interrupt pin.
RB1	7	7	8	I/O	TTL	
RB2	8	8	9	I/O	TTL	
RB3	9	9	10	I/O	TTL	
RB4	10	10	11	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	11	11	12	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6	12	12	13	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin. Serial programming clock.
RB7	13	13	14	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin. Serial programming data.
VSS	5	5	5,6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	14	14	15,16	P	—	Positive supply 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

Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are two memory blocks in the PIC16F84A. These are the program memory and the data memory. Each block has its own bus, so that access to each block can occur during the same oscillator cycle.

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

The data memory area also contains the data EEPROM memory. This memory is not directly mapped into the data memory, but is indirectly mapped. That is, an indirect address pointer specifies the address of the data EEPROM memory to read/write. The 64 bytes of data EEPROM memory have the address range 0h-3Fh. More details on the EEPROM memory can be found in Section 3.0.

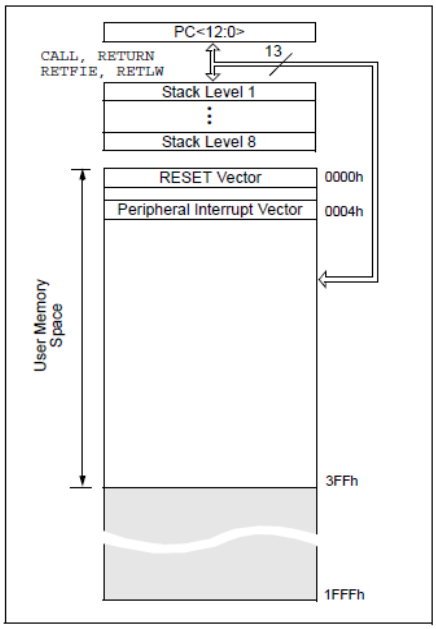
Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16FXX has a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. For the PIC16F84A, the first 1K x 14 (0000h-03FFh) are physically implemented (Figure 2-1). Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound. For example, for locations 20h, 420h, 820h, C20h, 1020h, 1420h, 1820h, and 1C20h, the instruction will be the same.

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

FIGURE 2-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK - PIC16F84A



2.3 Special Function Registers

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

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

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER FILE SUMMARY

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on RESET	Details on page
Bank 0											
00h	INDF	Uses contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
01h	TMR0	8-bit Real-Time Clock/Counter								xxxx xxxx	20
02h	PCL	Low Order 8 bits of the Program Counter (PC)								0000 0000	11
03h	STATUS(2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer 0								xxxx xxxx	11
05h	PORTA(4)	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	16
06h	PORTB(5)	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT	xxxx xxxx	18
07h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
08h	EEDATA	EEPROM Data Register								xxxx xxxx	13,14
09h	EEADR	EEPROM Address Register								xxxx xxxx	13,14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10
Bank 1											
80h	INDF	Uses Contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	9
82h	PCL	Low order 8 bits of Program Counter (PC)								0000 0000	11
83h	STATUS (2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
84h	FSR	Indirect data memory address pointer 0								xxxx xxxx	11
85h	TRISA	—	—	—	PORTA Data Direction Register					---1 1111	16
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	18
87h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
88h	EECON1	—	—	—	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD	---0 x000	13
89h	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10

Legend: x = unknown, u = unchanged. - = unimplemented, read as '0', q = value depends on condition

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a slave register for PC<12:8>. The contents of PCLATH can be transferred to the upper byte of the program counter, but the contents of PC<12:8> are never transferred to PCLATH.

2: The $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ status bits in the STATUS register are not affected by a $\overline{MCLR}$ Reset.

3: Other (non power-up) RESETS include: external RESET through $\overline{MCLR}$ and the Watchdog Timer Reset.

4: On any device RESET, these pins are configured as inputs.

5: This is the value that will be in the port output latch.

© 2001 Microchip Technology Inc.