

Capítulo 1

Antecedentes

- 1.1 **Introducción**
 - 1.1.1 Marco histórico
 - 1.1.2 Microprocesador y Microcontrolador
 - 1.1.3 Control basado en microcontroladores
 - 1.1.4 Sistemas de comunicación
 - 1.1.5 Sistemas de control a distancia
- 1.2 **Descripción del problema**
- 1.3 **Propuesta de soluciones**



1.1 Introducción

Durante la segunda mitad del siglo XX el mundo fue testigo de una incansable revolución de avances científicos y tecnológicos en diferentes campos. Entre los más importantes se encuentran los avances en los sistemas de comunicaciones basados en redes de comunicación como Ethernet e internet y la automatización de procesos mediante sistemas electrónicos de control.

El desarrollo en estas áreas tuvo un crecimiento acelerado hacia finales del siglo XX, en general de manera aislada una de la otra. La primera encontró auge en la comunicación entre computadoras que requerían intercambiar información y compartir sus recursos, formando redes en oficinas, escuelas e industria, y la segunda entre los sectores industriales mediante la incorporación de sistemas de control y monitoreo a sus procesos de producción en busca de eficiencia, seguridad y dinamismo. Este último sector ha sido el principal impulsor que ha llevado a la vida cotidiana el uso de sistemas electrónicos de control, al sustituir sistemas discretos por sistemas basados en microprocesadores o microcontroladores en todos sus productos como: juguetes, electrodomésticos, teléfonos celulares, agendas electrónicas, equipos médicos, entre muchos otros.

Relacionados a los sistemas de comunicaciones y sistemas electrónicos de monitoreo y control en productos electrónicos, se encuentran los conceptos de: sistema embebido, microcontrolador y Ethernet, mismos que se definen a continuación.

Un *sistema embebido* se define como aquel sistema electrónico de propósito específico que puede estar basado en microcontroladores, microprocesadores, PLDs (*Programmable Logic Device*) o FPGAs (*Field Programmable Gate Array*), los cuales desarrollan una o más funciones en las que se combinan periféricos de entrada, un proceso interno, software de ejecución y periféricos de salida para una función específica [8].

Por su parte un microcontrolador es un circuito integrado programable y de arquitectura cerrada que incluye en su interior un microprocesador (contiene Unidad de Control, Unidad Aritmética Lógica y registros de control), memoria y periféricos de entrada/salida. Los dispositivos periféricos le ayudan a realizar la tarea para la que es programado. Sus principales aplicaciones las podemos encontrar en el monitoreo y control de procesos.

Por otro lado Ethernet es un estándar de comunicación en redes de computadoras de área local, típicamente usado para el intercambio de información y compartir recursos entre computadoras. Si estas redes se conectan a un ruteador (dispositivo para la interconexión de redes), pueden tener acceso a internet (un conjunto descentralizado de redes interconectadas, que utilizan la familia de protocolos TCP/IP).

Durante mucho tiempo los sistemas de control y las redes Ethernet se desarrollaron por separado, pero desde finales del siglo pasado y durante el presente siglo, su unión se ha vuelto inevitable, ya que la conectividad de estos sistemas es necesaria ya sea para la obtención y transferencia de información del estado de un proceso o para acceder al control y la configuración de los dispositivos de manera remota.

Hasta hace dos décadas la interconexión entre dispositivos se realizaba a través de puertos serie, mediante UART's (*Universal Asynchronous Receiver-Transmitter*) y la posibilidad de acceder a ellos en forma remota estaba limitada a transmisores de RF (radiofrecuencia) basados en protocolos de comunicación serie o bien condicionada a la incorporación de módems.

Surgió a inicios de los 70's la idea de implementar la comunicación de los sistemas de control mediante redes obteniendo sistemas conectados entre sí y con otras computadoras a través de Internet, gracias a la implementación de un conjunto de protocolos denominado TCP/IP.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) es el estándar para la comunicación a través de redes de computadoras más utilizado a nivel mundial. Está formado por un grupo de protocolos denominados *pila* o *stack*, llamados así por la estructura apilada entre los protocolos que lo conforman y que permiten llevar a cabo el transporte de los datos a través de Internet. La Figura 1.1 muestra el modelo de la pila de protocolos TCP/IP.

La implementación de esta pila (o al menos de una parte de ella) sobre una plataforma con menos recursos de hardware que una computadora, como es un microcontrolador, es factible hoy en día gracias a que sus

CPU's han llegado a ser más rápidos y poderosos siendo capaces de manipular el funcionamiento de los controladores de red.

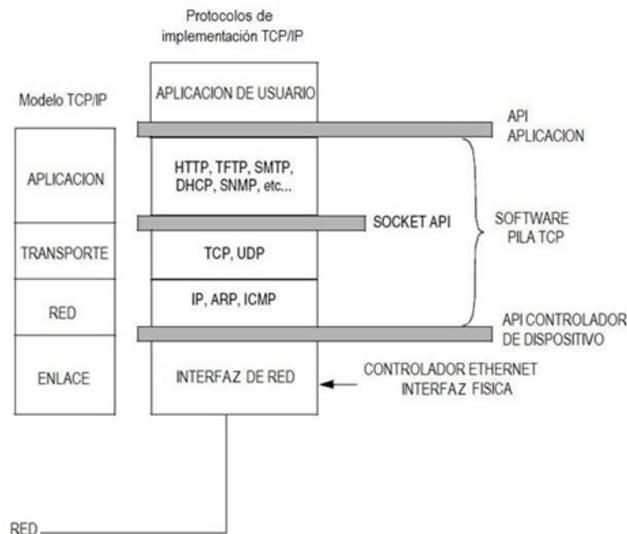


Figura 1.1 Modelo de la pila de protocolos TCP/IP

La estandarización de los protocolos de red, su código libre y disponible para usarse sin licencias ni permisos especiales, ha permitido la implementación de la pila de protocolos TCP/IP en sistemas embebidos.

Cuando se desea incorporar la pila TCP/IP a un sistema de control, se debe adaptar el código original descrito en los RFC's (*Request for Comments*, notas sobre aplicación e implementación de los protocolos de internet), considerando algunas características y limitaciones con las que cuentan los sistemas basados en microcontroladores:

- Memoria limitada: Por esta razón es importante una correcta administración de los buffers de almacenamiento de los paquetes evitando el uso dinámico de memoria, reservando un espacio fijo en RAM para este efecto.
- Uso de temporizadores o *timers*: Son esenciales para la administración de la conexión (tiempo de vida de paquetes, retransmisiones, entre otros). Si no son manejados por un sistema operativo de tiempo real, debe minimizarse el uso de CPU en el manejo de *timers* para evitar problemas de latencia.
- Minimizar la copia de datos: Si cada trama se almacena en un único buffer, se evita que el CPU deba ocuparse en copiar los datos a cada etapa del protocolo.

Mediante la implementación de la pila de protocolos antes mencionada en un sistema basado en un microcontrolador y una tarjeta de control de red, se da la pauta para que un nuevo sistema con acceso a redes locales e internet pueda monitorear y controlar dispositivos a distancia, alojar una página web e incluso enviar y recibir correos electrónicos e intercambiar información con cualquier computadora o dispositivo que implemente el conjunto de protocolos TCP/IP.

OBJETIVOS DEL TRABAJO:

El trabajo que a continuación se muestra constituye el diseño e implementación de un sistema de desarrollo basado en un microcontrolador de 16 bits del fabricante *Freescale*, que incluye un controlador de red en el mismo encapsulado; el objetivo de este sistema es ser de propósito general y permitir la comunicación en redes locales, mediante la implementación de los protocolos de la pila TCP/IP.

1.1.1 Marco Histórico

En la siguiente reseña histórica se enmarcan algunos acontecimientos importantes desde la creación del primer microprocesador hasta llegar a la implementación de una microcomputadora dentro de un circuito integrado o microcontrolador; posteriormente se comenta el uso que se da a estos circuitos en la actualidad, continuando con una breve introducción a las bases de un sistema de comunicación (bases que

fundamentan la comunicación entre dispositivos) y el panorama actual de los sistemas de control a distancia.

En el año 1969 la compañía BUSICOM, una joven empresa japonesa, solicitó a Intel que hiciera un conjunto de doce circuitos integrados para su nueva línea de calculadoras electrónicas de bajo costo [1e].

Marcial Edward Ted Hoff, encargado del proyecto, mostró una solución en la que la función del circuito integrado se determinaba por un programa almacenado en el mismo y apoyado por Stanley Mazor definieron una arquitectura consistente en un CPU de 4 bits (4004), una memoria ROM (4001) para almacenar las instrucciones de los programas, una RAM (4002) para almacenar los datos y algunos puertos de entrada/salida para conectar el teclado, el *display* y otros dispositivos.

Federico Faggin se unió a Intel para transformar la idea en un producto fabricado, lográndolo a principios de 1971 y creando el primer microprocesador al que llamaron 4004, que salió al mercado el 15 de noviembre de 1971. Contaba con tecnología PMOS (Transistores *Mosfets* de Canal Positivo), una velocidad de 6000 operaciones por segundo y memoria direccionable de 4Kb. Poco tiempo después *Computer Terminal Corporation* (CTC) solicita a Intel un microprocesador de 8 bits para usarlo en su terminal programable Datapoint y, a pesar de que nunca se utilizó en dicha terminal, el 1 de abril de 1972 Intel anuncia una versión mejorada de su primer microprocesador, llamado 8008, con bus de 8 bits, memoria de 16 Kb, un set de 45 instrucciones y una velocidad de 300000 operaciones por segundo.

Intel continuó con su desarrollo de microprocesadores y, buscando dar mayor velocidad y facilidad de implementación a sus microprocesadores, crea el 8080 de tecnología NMOS (Transistores *Mosfets* de Canal Negativo), memoria de 64Kb, set de 75 instrucciones y frecuencia máxima de 2Mhz.

Con la puesta en el mercado del 8080 se dispara la fabricación de microprocesadores por otras empresas como Motorola con su 6800, que presentaba algunas mejoras sobre el 8080, como una única alimentación de 5V. Chuck Peddle, principal diseñador del 6800, deja Motorola y se une a MOS Technology, trabajando intensamente en el desarrollo de microprocesadores como el 6501 y el 6502, cuyas patentes serán posteriormente reclamadas por Motorola; también Federico Faggin deja Intel y crea la compañía Zilog, entrando al mercado con el Z-80, una versión mejorada del 8080 [2e].

Es a finales de esta década, con el auge de los microprocesadores como el Z-80 de 8 bits, que se dispara la creación de microcomputadoras de uso domestico, aparecen nuevos lenguajes, sistemas operativos (sin compatibilidad entre ellos por ser de diferentes fabricantes) y se da inicio a la creación de microcomputadoras en un solo chip, a las cuales se conocerá como microcontroladores. Los primeros fueron el 8048 de Intel basado en el MP (microprocesador) 8080 y el 6805 de Motorola basado en su MP 6800; posteriormente Intel desarrolla los microcontroladores de la familia MCS51 (8051, 8050 y otros) y Motorola los 6807, 6808, 68HC11 y 68HC12 [3e].

1.1.2 Microprocesador y Microcontrolador

Al avanzar de la creación de un sistema programable como el microprocesador a la fabricación de microcontroladores en un pequeño circuito integrado, se crearon sistemas con mayor capacidad de procesamiento y control de procesos; a continuación describimos algunas características que distinguen a estos circuitos integrados, para ello se describe la estructura de un sistema programable.

La estructura básica de un sistema programable mediante software es la que se muestra en la Figura 1.2.

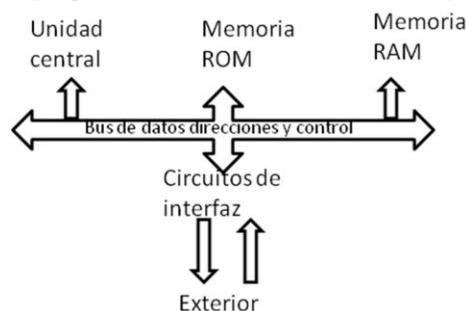


Figura 1.2 Estructura de un sistema básico programable [8]

Cuando se diseña un sistema con un microprocesador se debe completar el sistema programable, para tal efecto debemos añadir componentes externos como: memoria RAM para guardar los datos temporales, memoria ROM para almacenar el programa que se encarga del proceso, dispositivos entrada/salida y un decodificador de direcciones. La disponibilidad de los buses en el exterior permite que los sistemas se configuren a la medida de la aplicación, agregando sólo los elementos que sean necesarios. A este tipo de sistemas se les denomina *sistema abierto*.

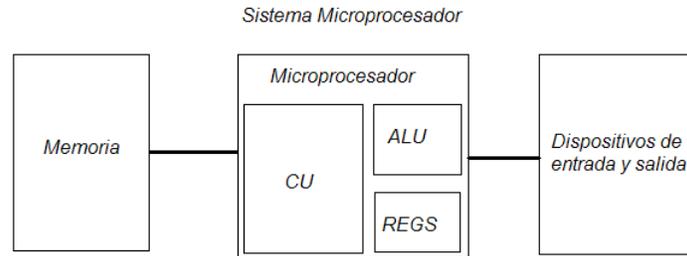


Figura 1.3 Estructura de un sistema abierto basado en un microprocesador

Por su parte, un microcontrolador es un circuito integrado que contiene todos los elementos electrónicos para hacer funcionar un sistema con microprocesador, es decir, el circuito integrado contiene la unidad de proceso, memoria ROM, memoria RAM, puertos de entrada y salida y otros periféricos, colaborando a la reducción de espacio. Por esto se dice que un microcontrolador es un *sistema cerrado*, ya que todas las partes del sistema están contenidas en su interior y sólo salen al exterior las líneas que interactúan con los periféricos [8].

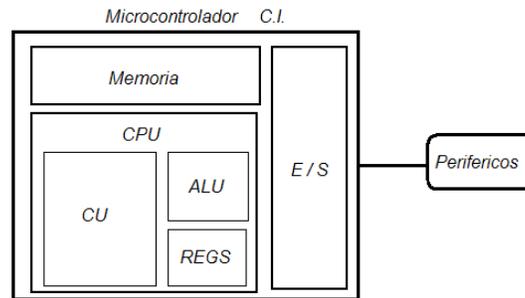


Figura 1.4 Estructura de un sistema cerrado basado en un microcontrolador

A partir de 1976, con la llegada de los primeros microcontroladores, el 8048 de Intel y el 6805R2 de Motorola, se inicia la brecha entre microprocesadores y microcontroladores.

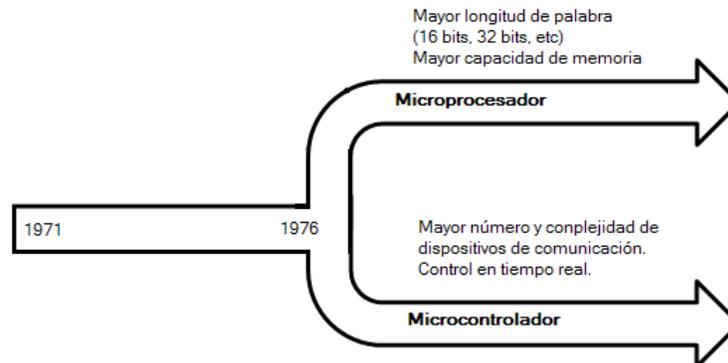


Figura 1.5 División entre las funciones de los microprocesadores y los microcontroladores [8]

La fabricación de microprocesadores se ha enfocado en una mayor longitud de palabra, de 16, 32 ó 64 bits y al manejo de mayor cantidad de memoria, encontrando un amplio campo de aplicación en los sistemas informáticos que manejan grandes volúmenes de datos, mientras que los microcontroladores se enfocan en

aumentar en número y complejidad sus dispositivos de comunicación, control en tiempo real y un mejor desempeño en ambientes industriales.

1.1.3 Control basado en microcontroladores

Durante los últimos 20 años los microcontroladores han aumentado su velocidad de procesamiento, capacidad de memoria y, dependiendo del fabricante y modelo, se han agregado contadores, convertidores analógico–digitales (A/D), digitales–analógicos (D/A), puertos de comunicación, modo de reposo (bajo consumo), tarjetas controladoras de red y más bloques especiales en respuesta a las necesidades de la industria.

1.1.3.1 Componentes frecuente de los microcontroladores

En busca de la reducción de espacio, costo de hardware y software en las aplicaciones con microcontroladores, las distintas empresas fabricantes han agregado nuevos recursos a sus diseños básicos, entre los que podemos mencionar los siguientes:

Temporizadores o Timers. Se emplean para medición de periodos de tiempo y llevar la cuenta de acontecimientos que suceden en el exterior

Perro guardián o *Watch Dog Timer*. Es un contador que provoca un reset automático del sistema si se presenta una falla en la ejecución del programa. Cuenta una cantidad de pulsos de reloj durante un tiempo específico y espera un evento generado por el programa de aplicación, si dicho evento no se presenta, se activa el *watchdog* y genera un reset interno del sistema.

Detección de bajo voltaje de alimentación o *Brownout*. Es un circuito que reinicia el microcontrolador cuando el voltaje de alimentación (VDD) cae por debajo de un voltaje mínimo (*brownout*).

Estado de reposo o de bajo consumo (*Sleep mode*). Es un estado en el cual los requerimientos de potencia son mínimos. En dicho estado se detiene el reloj principal y se congelan sus circuitos asociados. Al activarse una interrupción el microcontrolador se despierta y reanuda su trabajo.

Convertor A/D (Analógico → Digital). Permite procesar señales analógicas provenientes del exterior, aplicadas en terminales específicas del microcontrolador.

Convertor D/A (Digital → Analógico). Convierte datos digitales que procesa el microcontrolador internamente en señales analógicas que envía al exterior mediante terminales específicas.

Comparador analógico. Amplificador operacional integrado en el microcontrolador que permite comparar una señal de referencia con otra señal proveniente del exterior.

Modulación por ancho de pulso o PWM (*PulseWide Modulation*). Son circuitos que proporcionan señales PWM en algunas terminales del microcontrolador.

Puertos de E/S digitales. Puertos configurables como entradas o salidas digitales de propósito general.

Puertos de comunicación. Proporcionan al microcontrolador la capacidad de comunicarse con dispositivos externos mediante normas o protocolos específicos. Entre los tipos de comunicación más usuales podemos encontrar:

- UART adaptador de comunicación serie asíncrona.
- USART adaptador de comunicación serie síncrona y asíncrona.
- USB (*Universal Serial Bus*) es un moderno bus serie para los PC.
- CAN (*Controller Area Network*) permite la comunicación con redes.
- EMAC (*Ethernet Media Access Controller*) para permitir comunicación con redes locales.

1.1.3.2 Campos de aplicación

El aumento en las características de los microcontroladores y su uso como sistema embebido directamente en el sistema a controlar ha permitido que los microcontroladores se incorporen a nuestra vida cotidiana.

Los microcontroladores ya cubren muchos campos de estudio y desarrollo como son:

- Instrumentación
- Control
- Comunicación
- Monitoreo
- Procesamiento de señales
- Entretenimiento
- Señalización

También se utilizan cuando se requiere:

- Codificación o decodificación
- Adquisición de datos
- Control retroalimentado
- Temporización
- Cálculos aritméticos
- Despliegue digital
- Control On / Off

En la vida cotidiana los podemos encontrar en los electrodomésticos, juguetes, teléfonos celulares, equipos médicos e indispensablemente en la actividad industrial como instrumentación electrónica, control de sistemas, etc.

Cada vez existen más productos que incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y costo, mejorar su confiabilidad y disminuir el consumo de energía. Algunos fabricantes de microcontroladores producen más de un millón de unidades de un modelo determinado por semana. Este dato puede dar una idea de la masiva utilización de estos componentes y de las expectativas que se perciben de ellos en los aparatos que se fabriquen a futuro.

Con los datos anteriores se ha ilustrado que muchos de los dispositivos con los que interactuamos en nuestra vida cotidiana están controlados con microcontroladores y por las cifras de ventas que tienen los fabricantes de estos productos se presume el incremento de dispositivos que incluyen microcontroladores.

1.1.4 Sistemas de comunicación

Los sistemas de comunicación simples o avanzados tienen sus fundamentos en un sistema de comunicaciones básico, el cual se debe comprender como preámbulo al estudio de los protocolos TCP/IP, que se implementan en esta tesis.

La comunicación es la transferencia de información con dirección definida desde una fuente, origen o transmisor a otro lugar, destino o receptor y su procesamiento.

La información es un patrón físico al cual se le ha asignado un significado comúnmente acordado y puede englobar conocimiento, sabiduría o conceptos. El patrón debe ser único, capaz de ser enviado por un transmisor y detectado e interpretado por un receptor.

Cuando la comunicación se realiza entre humanos por lo general se transmite en forma de sonido, luz o texturas, de tal manera que los sentidos del oído, vista y tacto puedan percibir la información.

La comunicación electrónica utiliza circuitos electrónicos para dicho propósito. Cualquiera que sea el tipo de información debe convertirse a energía electromagnética antes de que se propague por un sistema de comunicaciones electrónicas.

Cualquier sistema de comunicación cuenta con tres elementos básicos: transmisor, canal o medio de transmisión y receptor.

Los sistemas de comunicaciones pueden transferir información en una dirección o en ambas, es decir, el transmisor de la estación 1 puede transmitir a la estación 2 y ésta puede enviar contestación a la estación 1 o no hacerlo.

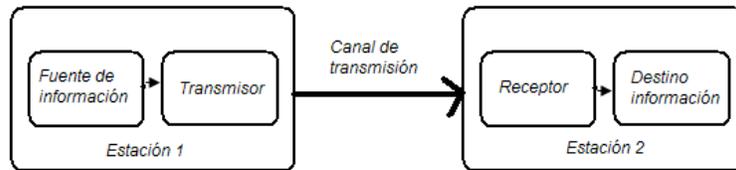


Figura 1.6 Sistema de comunicación en una dirección

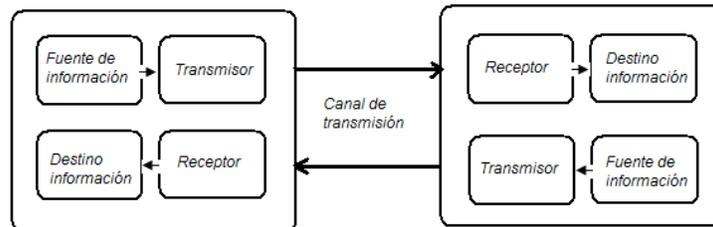


Figura 1.7 Sistema de comunicación en ambas direcciones

Existen dos tipos básicos de sistemas de comunicación electrónica: analógicos y digitales. En el sistema de comunicaciones analógico la señal analógica se transmite y se recibe en forma analógica, es decir con variaciones continuas, como la voz, información sobre imágenes o videos, la música, etc.

En los sistemas de comunicaciones digitales, la señal digital se transmite y se recibe en forma digital o discreta (niveles discretos de voltaje como +5V y tierra), como un código binario, con codificaciones variadas tales como códigos alfanuméricos, símbolos gráficos, códigos operacionales de un microprocesador o microcontrolador, etc.

En los sistemas de comunicación puede ser que la fuente no contenga la información en un formato adecuado para su transmisión, por lo tanto, la información se debe adecuar para transmitirse. Por ejemplo en los sistemas de comunicación digital, la información se convierte a digital antes de su transmisión y en los sistemas analógicos la información se convierte a la forma analógica antes de su transmisión.

Para lograr la conversión de la información a la forma adecuada para su transmisión, se utilizan transductores, sensores o convertidores de señal, los cuales convierten el mensaje o datos a una señal eléctrica la cual podemos transmitir por el canal de transmisión.

La Figura 1.8 muestra el sistema de comunicaciones electrónicas básico.

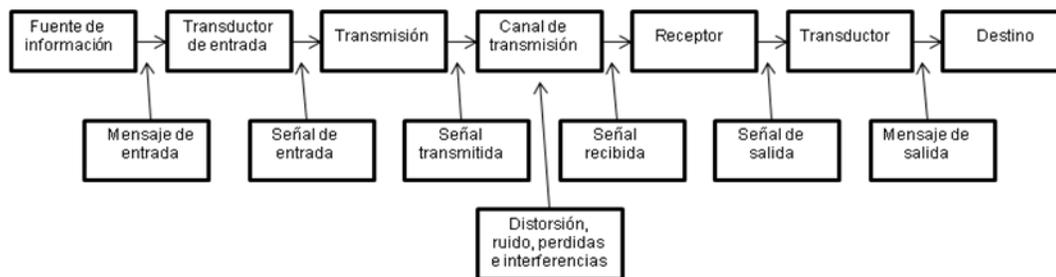


Figura 1.8 Sistema de comunicaciones electrónicas

En el sistema de comunicación electrónico el transductor es un dispositivo que transforma o convierte una señal o variable física de entrada a una distinta de salida, un ejemplo de transductor son los sensores los cuales convierten una variable física o química en una señal eléctrica o voltaje.

El transmisor se encarga de modificar la señal para la transmisión eficiente, es decir, acopla la señal de entrada al canal de transmisión; sus principales funciones son:

- Amplificar

- Modular
- Filtrar
- Codificar
- Encriptar

El canal de transmisión es el medio que permite el enlace entre el transmisor y el receptor para que se lleve a cabo la transferencia de información.

Los sistemas de comunicaciones electrónicas pueden manejar la comunicación en una sola dirección o en ambas direcciones. A esto se le denomina *modo de transmisión*. Considerando dos estaciones interconectadas punto a punto, son posibles los siguientes modos de transmisión:

Simplex. La transmisión ocurre en un solo sentido, una estación puede ser un receptor o un transmisor, pero no ambos. Por ejemplo las radiodifusoras.

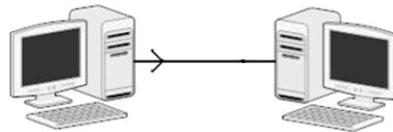


Figura 1.9 Transmisión en modo Simplex

Half-Duplex. La transmisión ocurre en ambas direcciones, pero no al mismo tiempo, una estación puede ser receptor o transmisor pero no los dos a la vez, por ejemplo los radios walkie-talkie .

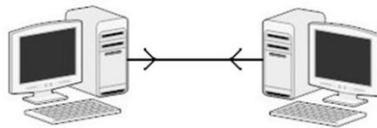


Figura 1.10 Transmisión en modo Half-Duplex

Full-Duplex. Las transmisiones pueden ocurrir en ambas direcciones al mismo tiempo. A este modo de transmisión también se le llama líneas simultáneas de doble sentido, aquí una estación puede transmitir y recibir simultáneamente, el sistema telefónico es un claro ejemplo.

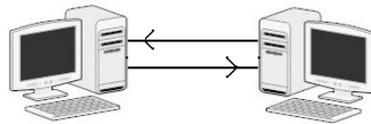


Figura 1.11 Transmisión en modo Full-Duplex

Full/ Full Duplex. Con este modo tripartido es posible transmitir y recibir simultáneamente, pero no necesariamente entre dos estaciones, es decir, una estación puede transmitir a una segunda estación y recibir de una tercera al mismo tiempo. Este modo de transmisión es casi exclusivo de circuitos de comunicación de datos, por ejemplo el sistema postal.



Figura 1.12 Transmisión en modo Full-Full-Duplex

El canal o medio de transmisión en un sistema electrónico se puede dividir en dos grupos:

Cables. El cable es un conductor o conjunto de ellos generalmente recubierto de un material aislante o protector, utilizados para formar redes de comunicación. Al utilizarse se debe considerar la velocidad de transmisión que se requiere, la distancia máxima entre estaciones y los niveles de ruido al que será expuesto. Los cables más utilizados son el par trenzado, el cable coaxial y la fibra óptica.

Medios inalámbricos. Medio de transmisión que utiliza la modulación de ondas electromagnéticas para la transmisión de información. Las ondas electromagnéticas se propagan por el espacio sin un medio físico que las guíe, ya que los dispositivos físicos sólo existen en los emisores y receptores de las señales, como pueden ser antenas, teléfonos móviles, etc. Variando el rango de frecuencia de transmisión se puede transmitir datos a niveles de distintas frecuencias como: microondas, infrarrojo, etc.

1.1.5 Sistemas de control a distancia

Actualmente la conectividad entre dispositivos electrónicos que cuenten con un microcontrolador en comunicación con un controlador de red, es un tema en crecimiento dentro de la industria y las aplicaciones de consumo general.

Ethernet es el medio más popular para la interconexión de dispositivos, ya que cuenta con un vasto campo de aplicación, un bajo costo de implementación, fácil manejo y escalabilidad. Con la conectividad Ethernet los dispositivos pueden conectarse a internet y comunicarse con otros dispositivos alrededor del mundo.

Los dispositivos con conectividad Ethernet pueden implementar aplicaciones como:

- Controlar hardware desde una página de internet.
- Monitoreo remoto (transmisión o visualización) del estado actual de sensores.
- Conexión a base de datos.
- Reprogramación remota de la memoria del microcontrolador o cerebro del dispositivo.
- Envío de mail e intercambio de archivos vía FTP.
- Control de acceso
- Control de edificios
- Video monitoreo

Estas aplicaciones enmarcan gran variedad de ambientes laborales, por ejemplo.

- Aeropuertos
- Hospitales
- Bancos
- Centros comerciales
- Compañías celulares
- Bases militares
- Escuelas
- Oficinas
- Industrias

1.2 Descripción del problema

Como se ha mencionado los sistemas basados en microcontroladores integran múltiples aplicaciones y soluciones a cualquier proceso industrial, comercial, escolar etc. Sin embargo es posible incrementar el alcance de estas soluciones si incorporamos el sistema a una red de comunicación que permita la interacción con otros equipos de manera remota ya que estos sistemas, controlando un proceso de manera aislada, no resultan del todo prácticos ni eficientes, pero si la tarea de comunicación puede ser delegada al microcontrolador sin incrementar significativamente el número de componentes al diseño del sistema se acrecenta el alcance de la solución.

En la actualidad el estudiante de ingeniería eléctrica electrónica o afines, debe tener un acercamiento a los sistemas de control a distancia y comprender su funcionamiento, así durante su formación académica debe interactuar con sistemas de control que operen dentro de redes de comunicación y le permitan conocer los alcances, ventajas y desventajas que estos sistemas presentan.

Y aun cuando de manera comercial ya existen algunos sistemas que pueden proveer al estudiante de este conocimiento, tienen las siguientes desventajas:

- Un elevado costo
- La pila de protocolos no siempre se adquiere con el sistema, lo que añade costo adicional al producto final
- Las pilas difieren unas de otras en funcionalidad
- Algunas pilas no son de libre distribución
- No siempre se cuenta con documentación adecuada sobre el uso de estas pilas

1.3 Propuesta de solución

En respuesta al problema planteado y como un material de apoyo para asignaturas como: microprocesadores y microcontroladores, micro computadoras, sistemas embebidos, controladores e instrumentos basados en microcontroladores, las cuales introducen al estudiante al mundo de los microcontroladores. Se requiere diseñar e implementar un sistema de desarrollo de propósito general que integre medios para monitoreo y control de procesos analógicos y/o digitales, incluidos algunos que operen en tiempo real y se comuniquen de manera local y a distancia con otros dispositivos. Estos dispositivos requieren de comunicación e intercambio de información y actualmente son imprescindibles en procesos industriales, farmacéuticos, de instrumentación y automatización, entre otros. En la actualidad muchos de estos dispositivos utilizan los protocolos TCP/IP para comunicarse, ya que son un estándar en redes locales e Internet.

Con el desarrollo de este sistema se brindará la posibilidad de contar con una tarjeta de bajo costo, con documentación completa y sencilla que permitirá familiarizarse con los protocolos TCP/IP para aplicaciones de control a distancia.

El sistema de desarrollo integra un controlador de red Ethernet que pueda ser conectado directamente a una red local o a módulos semejantes capaces de implementar otros tipos de comunicación.

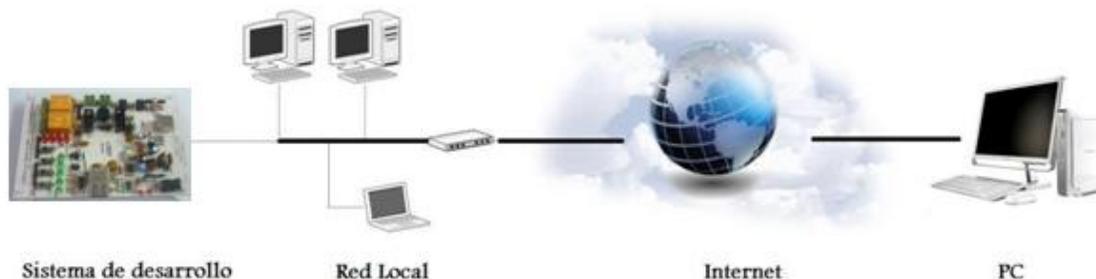


Figura 1.13 Sistema con controlador de red Ethernet

El diseño del sistema es sencillo y económico. La implementación resulta práctica ya que la aplicación no es dependiente de una unidad de cómputo, es decir, una vez programado, el microcontrolador se puede poner a operar en el lugar del proceso. Generalmente no se cuenta con mucha libertad en cuanto al lugar en donde se coloca el sistema, ya que tiene la limitante de necesitar un cable para incorporarse a la red y un suministro de energía. En este caso la comunicación también es tarea del microcontrolador y se debe contar con las funciones o rutinas necesarias para este fin, por tal motivo se implementa la pila de protocolos TCP/IP, que provee a nuestro sistema de desarrollo la posibilidad de comunicación con otros dispositivos dentro de una red.

El diagrama general propuesto del sistema de desarrollo es el que se aprecia en la Figura 1.14. La implementación del sistema físico contará con los siguientes componentes:

- Un microcontrolador con controlador de red integrado
- Enlace de red
- Un dispositivo de despliegue de información

- Medios de entrada de datos y señales al microcontrolador, que puedan provenir de sensores y transductores
- Indicadores visuales del estado del sistema y de propósito general
- Indicador auditivo
- Salidas a dispositivos actuadores
- Interfaz de programación USB y BDM

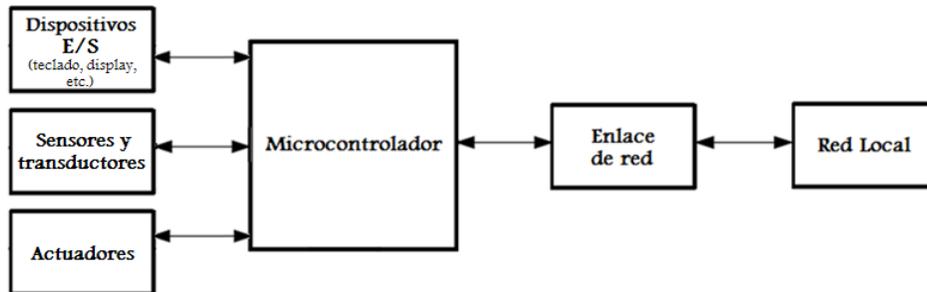


Figura 1.14 Esquema de solución propuesto

Una vez planteada la solución al problema establecido anteriormente se muestra en los siguientes capítulos la implementación de un sistema de desarrollo basado en un microcontrolador que integre un controlador de red Ethernet y pueda ser conectado directamente a una red local.