

Conclusiones

El desarrollo de esta tesis reunió un conjunto de conocimientos de diversas áreas, los cuales culminaron en la realización de un sistema de desarrollo que permite controlar y monitorear procesos físicos a distancia gracias a un sistema de desarrollo que se comunica con una computadora a través de una red local usando protocolos de comunicación de uso común.

El trabajo realizado involucró una etapa de investigación en la que se conjuntaron temas aprendidos en diferentes asignaturas de la carrera y temas adicionales que permitieron llevar a cabo el proyecto. Entre las áreas de conocimiento que se requirieron para realizar el proyecto se incluyen: sistemas de comunicaciones, redes de computadoras, protocolos de comunicación, pila de protocolos TCP/IP, sistemas digitales, microcontroladores, sistemas de control, sistemas electrónicos, diseño de circuitos impresos y programación.

En la etapa de implementación se abarcó tanto el diseño y manufactura física del sistema como el desarrollo del software. La implementación física se realizó en varias etapas, iniciando con el diseño del sistema según los requerimientos establecidos inicialmente y la elaboración de un circuito impreso para implementarlo.

En la primera etapa se construyó un sistema con los elementos mínimos para su funcionamiento, los cuales se determinaron a partir del microcontrolador (MC9S12NE64). En este sistema se probó el funcionamiento del microcontrolador, la manipulación de sus entradas y salidas, así como la interacción del sistema con otros dispositivos como el convertidor Serie-USB.

Una vez que el sistema mínimo respondió de manera satisfactoria, se elaboró un segundo prototipo que incluía los componentes adicionales que le brindan la posibilidad de monitorear y controlar procesos externos como: conector RJ45, sensores, relevadores, display, teclado matricial e indicadores.

Posteriormente se construyó el prototipo final el cual contenía todos los componentes de los prototipos anteriores y mejoras en la distribución de los puertos y periféricos y en funcionalidad.

Para poder manipular y programar el sistema de desarrollo se realizó un conjunto de funciones para el microcontrolador que permiten configurar módulos del mismo y programar aplicaciones que se comuniquen con otros dispositivos a través de una red que use los protocolos TCP/IP. Las funciones que implementan los protocolos de la pila TCP/IP forman la parte principal de la programación desarrollada para el sistema, el resto le corresponde a las funciones de usuario que facilitan la interacción de los dispositivos conectados al microcontrolador como: ADC, display, timer, teclado y otros dispositivos descritos en el apéndice A.

Así al final del desarrollo de esta tesis se cuenta con un sistema de desarrollo de propósito general basado en un microcontrolador de 16 bits de la familia *Freescal*e y una pila de protocolos TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol), la cual provee al sistema de desarrollo de la capacidad de realizar monitoreo y control a distancia de procesos escolares, comerciales e incluso industriales, interconectándose en redes locales.

El desarrollo del software tuvo la particularidad de estar limitado en cuanto al código que se puede compilar, debido a que el compilador empleado sólo provee la posibilidad de compilar 32 KB de código, por lo que los otros 32 KB de memoria con los que cuenta el microcontrolador no pudieron ser aprovechados.

El sistema de desarrollo implementado cuenta con documentación que describe el hardware (tarjeta de desarrollo) y software (funciones de usuario y pila TCP/IP) que la componen; dando así la posibilidad a cualquier desarrollador de aprender a manejar el sistema de desarrollo, darle mantenimiento e implementar aplicaciones propias. Por lo tanto el sistema desarrollado es una excelente herramienta que, por un lado, puede ayudar al profesor de ingeniería a la enseñanza de los temas relacionados con microcontroladores y sistemas de control y, por otro lado, al estudiante de ingeniería eléctrica electrónica o carreras afines le permite acercarse a los sistemas de control a distancia, comprender su funcionamiento dentro de redes de comunicación, realizar mejoras para aumentar el funcionamiento del sistema o crear su propia tarjeta de desarrollo tomando como punto de partida la información planteada en esta tesis.

Entre las mejoras que se pueden hacer respecto al hardware está el aumento de la memoria de almacenamiento por medio de circuitos externos ya que es un recurso escaso en el sistema desarrollado. En cuanto a software se puede realizar la implementación de protocolos adicionales a los que incluye la pila desarrollada como envío de correo simple (SMTP) o transferencia de archivos (FTP) u otro que se requiera.

Durante el desarrollo de este trabajo se corroboró la importancia de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de ingeniería eléctrica electrónica, principalmente la habilidad de autoaprendizaje, ya que muchos de los temas desarrollados a lo largo de este trabajo no fueron estudiados durante la carrera y sin embargo eran esenciales para llevar a buen término este trabajo. Como ejemplo de lo anterior podemos mencionar el estudio de los RFC's de cada uno de los protocolos que conforman la pila TCP/IP y profundizar en el manejo de redes.

Desde luego los conocimientos de electrónica, diseño electrónico, manipulación de sensores, programación de microcontroladores y páginas web, así como el interés por el desarrollo de proyectos y la automatización de procesos adquiridos durante nuestra carrera, fueron las sólidas bases que nos permitieron iniciar y desarrollar este trabajo de tesis.

Otra experiencia recibida a lo largo de este trabajo es la importancia de los conocimientos y habilidades técnicas que todo ingeniero debe obtener durante su formación, mismos que servirán para emprender cualquier proyecto en su vida profesional.