

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL REMOTO MEDIANTE LA RED ETHERNET

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DARWIN CALIXTO ARMIJOS TORRES

dcat-10-29@hotmail.com

LUIS ÁNGELO TOPÓN QUILAGO

luchin2top@hotmail.com

DIRECTOR: ING. PABLO LÓPEZ

pwlopezm@hotmail.com

Quito, Marzo de 2009

DECLARACIÓN

Nosotros, Darwin Armijos Torres y Luis Ángel Topón, declaramos que el trabajo aquí escrito es de nuestra auditoria; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación personal; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley, Reglamento de Propiedad Intelectual por la normatividad institucional vigente

Darwin Armijos Torres

Luis Ángel Topón

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Darwin Armijos Torres y Luis Ángel Topón Quilago, bajo mi supervisión

Ing. Pablo López
DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

CONTENIDO

ÍNDICE	1
RESUMEN	4
INTRODUCCIÓN	5
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO Y DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS	6
1.1 REDES DE COMPUTADORAS	6
1.1.1 MODELO DE REFERENCIA OSI	7
1.1.1.1 Descripción De Las Capas Del Modelo De Referencia OSI.	9
1.1.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	13
1.1.2.1 Protocolo TCP/IP.	15
1.1.2.1.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP	15
1.1.2.1.2 Descomposición en niveles de TCP/IP	16
1.1.2.1.3 Direcciones IP y máscaras de red.	20
1.1.2.1.4 Clases de red	21
1.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN	24
1.1.3.1 TIPOS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN.	24
1.1.3.1.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS	25
1.1.4 El Cable Y Los Conectores Según La Norma Ethernet 802.3	34
1.2 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS.	36
1.2.1 ENC28J60 (TRANSCEIVER ETHERNET-SPI)	36
1.2.1.1 Descripción Del Hardware Asociado.	38
1.2.1.1.1 Señal de reloj	38
1.2.1.1.2 Interface con ENC28j60.	39
1.2.1.2 Organización De La Memoria.	41
2.1.3 Tipos de Integrados Ethernet	41
1.2.1.3.1 Intel LXT971A Transceiver para Ethernet	41
1.2.1.3.1.1 Aplicaciones	42
1.2.1.3.1.2 Características	42
1.2.1.3.1.3 Beneficios	43
1.2.1.3.2 Ethernet (SH7619)	43

1.2.1.3.3 Microcontrolador de Freescale ColdFire MCF5223x	44
1.2.2 MICRO-CONTROLADOR PIC16F877A	45
1.2.2.1 Puerto SPI.	46
1.2.2.1.1 Registro Módulo SPI.	47
1.2.2.1.2 Registro de control SSPCON	48
1.2.2.1.1 Buffer de recepción/transmisión SSPBUF	49

CAPÍTULO II.

CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DEL CONTROL ETHERNET.	50
2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.	51
2.2 CIRCUITO PASABAJOS	52
2.3 INTERFAZ MICRO-CONTROLADOR.	53
2.4 INTERFAZ ETHERNET-SPI (TRANSCEIVER ENC28J60).	54
2.5 CIRCUITO DE POTENCIA.	55
2.6. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO.	56

CAPÍTULO III.

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DISEÑADO.	60
3.1 COMPILADOR.	60
3.1.1 LIBRERÍAS ETHERNET-SPI.	60
3.1.1.1 Inicialización Del Puerto SPI (SPI_Ethernet_Init).	61
3.1.1.2 Procesamiento De Datos (SPI_Ethernet_Dopacket).	62
3.1.1.3 Escritura Por Byte (SPI_Ethernet_Putbyte)	62
3.1.1.4 Lectura Por Byte (SPI_Ethernet_Getbyte)	62
3.1.1.5 Escritura Por Medio De TCP (SPI_Ethernet_Usertcp)	62
3.1.1.6 Escritura Por Medio De UDP (SPI_Ethernet_Userudp)	63
3.2. DIAGRAMAS DE FLUJO.	63
3.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO PRINCIPAL	63
3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE RECEPCIÓN DE DATOS.	65
3.2.2.1 Temporización Del Relé Con Retardo.	66
3.2.2.2 Encendido – Apagado Del Relé Sin Retardo	66
3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE RESPUESTA DE DATOS.	66
3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE TEMPORIZACIÓN.	66

CAPÍTULO IV.

PRUEBAS Y RESULTADOS. 69

4.1 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO 73

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES 75

5.2 RECOMENDACIONES 76

5.3 BIBLIOGRAFÍA 78

ANEXOS 79

RESUMEN

En el presente proyecto se ha desarrollado la construcción de un sistema de control remoto mediante red ethernet. El proyecto tiene el objeto de viabilizar un sistema que transmita acciones remotas (host) a un sitio local (Server), para ello se ha utilizado un integrado que transforme las señales enviadas (ethernet controler), para que un microcontrolador las pueda leer y ejecutar dicha acción.

El microcontrolador maneja el hardware requerido por la aplicación según los datos obtenidos del integrado ethernet mediante una interfase microcontrolador. El integrado ethernet transforma las señales de red enviadas desde un lugar remoto (cable ethernet).

Los datos permiten cambiar el estado (encender o apagar) actual de los relés, se puede enviar desde cualquier programa que permita transmitir datos mediante red, para lo cual es necesario apuntar a la dirección IP (192.168.20.60) asignada en el programa desarrollado, y seguir una secuencia de comandos. Los datos son válidos si siguen esa secuencia, caso contrario los datos recibidos son ignorados debido a que la comunicación es mediante TCP, el micro-controlador devuelve datos hacia la fuente, en formato de texto HTML , con lo cual se elimina la necesidad de desarrollar un software adicional, en cada máquina remota, por el contrario para acceder remotamente a la tarjeta sólo es necesario poseer un navegador de internet como por ejemplo **Internet Explorer**, **Mozilla FireFox**, en los cuales se puede visualizar el estado de los relés.

Para realizar el proyecto se utilizará el método del diseño experimental, previamente simulado por computadora

INTRODUCCIÓN

La evolución tecnológica en la actualidad es uno de los aspectos más importantes, que facilita la vida cotidiana y la necesidad de controlar o supervisar un objeto desde cualquier lugar del planeta mediante red Ethernet de una manera sencilla.

Con estos antecedentes nace la idea de viabilizar un sistema que transmita acciones remotas a un sitio local a través de vía red Ethernet, para ello se hace necesario la utilización de un circuito que transforme dichas señales de tal manera que un microcontrolador local las pueda leer y ejecutar la acción solicitada, es decir un dispositivo que permita encender y apagar un equipo eléctrico desde cualquier parte del mundo mediante una red Ethernet.

Para conseguir el objetivo, se debe analizar el dispositivo en construcción, para poner en marcha el funcionamiento de conexión remota mediante red.

Realizar una aplicación práctica y específica de este dispositivo para observar las ventajas de este sistema de mando remoto, en este caso, como ejemplo el encendido y apagado de luces.

La necesidad de un mundo globalizado de controlar o supervisar los objetos remotamente desde cualquier lugar, hace necesario construir un dispositivo de bajo costo y de tamaño moderado para realizar dicha acción.

La aplicación puede ser encender o apagar artefactos eléctricos, medir y controlar la temperatura, etc. El microcontrolador maneja el hardware requerido por la aplicación según los datos obtenidos del integrado Ethernet.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO Y DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS.

El presente capítulo describe el marco teórico necesario para desarrollar un sistema de comunicación mediante red.

1.1 REDES DE COMPUTADORAS.

Una red es un sistema de comunicaciones¹ que conecta a varias unidades y que les permite intercambiar información (compartir recursos). Se entiende por red al conjunto interconectado de ordenadores autónomos.

Se dice que dos ordenadores están interconectados, si éstos son capaces de intercambiar información. La conexión no necesita hacerse a través de un hilo de cobre, también puede hacerse mediante el uso de láser, microondas y satélites de comunicación. La Figura 1.1, muestra un sistema típico de conexión de una red.

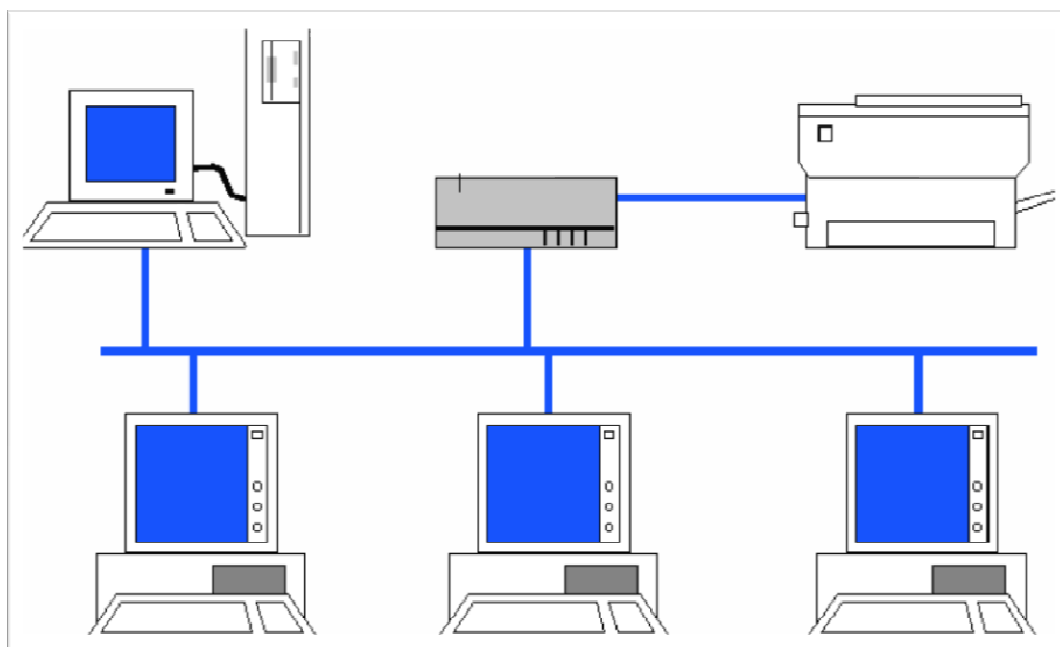


Figura 1 Sistema de Conexión de una red².

¹ <http://www.monografias.com/trabajos5/redes/redes.shtml>

² <http://www.monografias.com/trabajos5/redes/redes.shtml>

Una red se puede clasificar de acuerdo al área que pueda cubrir y estas son local LAN (red de área local), y extendida WAN (red de área extendida), a la que también se conoce como red de gran alcance.

Con una red es posible hacer que todos los programas, datos y equipo estén disponibles para cualquiera de los usuarios que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso, en otras palabras, el hecho de que el usuario se encuentre a kilómetros de distancia de los datos, no debe evitar que este los pueda utilizar como si fueran originados localmente.

Una red puede ser un **sistema cerrado** que utiliza sus propios métodos de comunicación, lo que significa que otros fabricantes no pueden colaborar al desarrollo del sistema creando software complementario.

Una red puede ser un **sistema abierto** que ofrece a otros fabricantes sus especificaciones e incluye ligaduras de programación que permiten que los fabricantes puedan crear con facilidad aplicaciones complementarias.

1.1.1 MODELO DE REFERENCIA OSI³

A fines de los ´70, ISO (International Standards Organization), que es la entidad que reglamenta los estándares de todo el mundo, realizó un modelo de referencia para la comunicación entre computadoras. Este modelo serviría de base para la creación de protocolos que permitan la comunicación entre computadoras independientemente del fabricante, en forma similar a lo logrado con el servicio telefónico o eléctrico. Luego de varios años (1984) se creó el modelo de referencia OSI, este modelo se dividió en 7 capas, cada una con funciones específicas. Utilizar un modelo dividido en capas, proporciona la posibilidad de poder desarrollar las funciones de cada capa por separado, y así poder formar grupos de ingenieros dedicados a cada función, acelerando la evolución, simplificando el aprendizaje y lo que es más importante, asegurando una tecnología ínter operable. En la tabla 1.1 se puede ver las capas del Modelo OSI.

³ <http://www.monografias.com/trabajos5/redes/redes.shtml>

7	Aplicación
6	Presentación
5	Sesión
4	Transporte
3	Red
2	Enlace de Datos
1	Física

Tabla 1.1 Capas Modelo OSI.

La Tabla 1.2, se presenta una breve descripción de cada capa del modelo OSI, y además se presenta varios ejemplos de dispositivos y protocolos.

Capa	Función	Dispositivos y Protocolos
Físico	Se ocupa de la transmisión del flujo de bits a través del medio.	Cables, tarjetas y repetidores (hub). RS-232, X.21.
Enlace	Divide el flujo de bits en unidades con formato (tramas) intercambiando estas unidades mediante el empleo de protocolos.	Puentes (bridges). HDLC y LLC.
Red	Establece las comunicaciones y determina el camino que tomarán los datos en la red.	Encaminador (router). IP, IPX.
Transporte	La función de este nivel es asegurar que el receptor reciba exactamente la misma información que ha querido enviar el emisor, y a veces asegura al emisor que el receptor ha recibido la información	Pasarela (gateway). UDP, TCP, SPX.

	que le ha sido enviada. Envía de nuevo lo que no haya llegado correctamente.	
Sesión	Establece la comunicación entre las aplicaciones, la mantiene y la finaliza en el momento adecuado. Proporciona los pasos necesarios para entrar en un sistema utilizando otro. Permite a un mismo usuario, realizar y mantener diferentes conexiones a la vez (sesiones).	Pasarela.
Presentación	Conversión entre distintas representaciones de datos y entre terminales y organizaciones de sistemas de ficheros con características diferentes.	Pasarela. Compresión, encriptado, VT100.
Aplicación	Este nivel proporciona unos servicios estandarizados para poder realizar unas funciones específicas en la red. Las personas que utilizan las aplicaciones hacen una petición de un servicio (por ejemplo un envío de un fichero). Esta aplicación utiliza un servicio que le ofrece el nivel de aplicación para poder realizar el trabajo que se le ha encomendado (enviar el fichero).	X.400

Tabla 1.2. Descripción del Modelo de Referencia OSI⁴.

1.1.1.1 Descripción De Las Capas Del Modelo De Referencia OSI⁵.

a) Física.

⁴ <http://www.microsoft.com/colombia/comunidadacademica/comunidad/documentos/tips/tips2.asp>

⁵ <http://www.monografias.com/trabajos29/modelo-osi/modelo-osi.shtml>

Esta capa define las especificaciones eléctricas, mecánicas, de procedimiento y funcionales para la activación, mantención y desactivación de la capa física entre sistemas finales. Se encarga de la transmisión binaria de la información. Todas las características, como niveles de tensión, sincronización de cambios de tensión, velocidad de datos físicos, conectores, tipos de medios, y otros están especificados en esta capa.

b) Enlace de Datos.

Esta capa brinda un tránsito confiable de datos a través del enlace físico. Está relacionada con el direccionamiento físico, la topología de red, notificación de errores, entrega de frames y control de flujo de transmisión. En pocas palabras y resumidamente: "Acceso al medio". Esta capa está dividida a su vez en dos subcapas, la subcapa MAC y LLC. El direccionamiento físico y el encapsulado de los frames se produce en esta capa.

c) Red.

Es una capa que proporciona conectividad y selección de rutas entre dos sistemas finales, que pueden estar en dos redes distintas. En esta capa se produce el enrutamiento, otra función que se cumple en esta capa es la asignación de direcciones IP, y por ende el direccionamiento IP también se produce en esta capa. Los dispositivos de red como routers trabajan en Layer 3, es decir capa de red. En esta capa se encapsulan los segmentos en paquetes.

d) Transporte.

Suministra un servicio de transporte de datos que proteja las capas superiores de los detalles de implementación de transporte. Específicamente, la capa de transporte se ocupa de temas tales como la confiabilidad del transporte a través de una red. Al suministrar un servicio confiable, esta capa proporciona mecanismos para establecer, mantener y terminar circuitos virtuales; la detección y recuperación de errores de transporte y el control de flujo de la información, evitando de esta forma que un sistema desborde a otro con demasiados datos. En esta capa trabaja el protocolo TCP y los datos se encapsulan en segmentos.

e) Sesión.

La capa de sesión establece, administra y termina las sesiones entre las aplicaciones. Esto incluye iniciar, terminar y re sincronizar dos computadoras que están manteniendo una "sesión". La capa de sesión coordina las aplicaciones mientras interactúan en dos hosts que se comunican entre sí. Las comunicaciones de datos viajan a través de redes conmutadas por paquetes, al contrario de lo que ocurre con las llamadas telefónicas que viajan a través de redes conmutadas por circuitos. La comunicación entre dos PC involucra una gran cantidad de mini conversaciones, permitiendo de esta manera que los dos computadores se comuniquen de forma efectiva. Un requisito de estas mini conversaciones es que cada host tenga un doble rol: el de solicitar el servicio, como si fuera un cliente y el de contestar con servicio, como lo hace un servidor. La determinación del rol que están desempeñando en un preciso momento se denomina control de diálogo.

f) Presentación.

La capa de presentación está a cargo de la presentación de los datos en una forma que el dispositivo receptor pueda comprender. Las tres funciones principales de esta capa son: formateo de datos (presentación); Cifrado de datos y Compresión de datos. Los estándares de la Capa 6 también determinan la presentación de las imágenes gráficas (PICT, TIFF, JPEG, etc.). Otros estándares de la Capa 6 regulan la presentación de sonido y películas (MIDI, MPEG, QuickTime, etc.). ASCII y EBCDIC se utilizan para formatear texto en esta capa. En esta capa también se produce el cifrado de datos, el cifrado de los datos protege la información durante la transmisión.

g) Aplicación.

La capa de aplicación es la capa más cercana a usted en su carácter de usuario final: es la que funciona cuando interactúa con aplicaciones de software como, por ejemplo, enviar y recibir correo electrónico a través de una red. En este capítulo, podrá observar cómo la capa de aplicación maneja los paquetes de datos de las aplicaciones cliente-servidor, servicios de denominación de dominio y aplicaciones de red. Además, para lograr una mejor comprensión de las funciones de la capa de aplicación, podrá ver lo que sucede con los paquetes de datos

examinando ejemplos de las siguientes aplicaciones de red: Cliente-servidor, Redirectores, Sistema de denominación de dominio, Correo electrónico, Telnet, FTP, HTTP, etc. En el contexto del modelo de referencia OSI, la capa de aplicación (Capa 7) soporta el componente de comunicación de una aplicación. La capa de aplicación es responsable por lo siguiente: identificar y establecer la disponibilidad de los socios de la comunicación deseada, sincronizar las aplicaciones de cooperación, establecer acuerdos con respecto a los procedimientos para la recuperación de errores y controlar la integridad de los datos. La capa de aplicación es la capa OSI más cercana al sistema final y determina si existen suficientes recursos para establecer la comunicación entre los sistemas.

La comunicación según el modelo OSI siempre se realizará entre dos sistemas. Si por ejemplo la información se genera en el nivel 7 de uno de ellos, y desciende por el resto de los niveles hasta llegar al nivel 1, que es el correspondiente al medio de transmisión (por ejemplo el cable de red) y llega hasta el nivel 1 del otro sistema, donde va ascendiendo hasta alcanzar el nivel 7. En este proceso, cada uno de los niveles va añadiendo a los datos a transmitir la información de control relativa a su nivel, de forma que los datos originales son recubiertos por capas de control.

De forma análoga, al ser recibido dicho paquete en el otro sistema, según asciende del nivel 1 al 7, va dejando en cada nivel los datos añadidos por el nivel equivalente del otro sistema, hasta quedar únicamente los datos a transmitir. La forma, pues de enviar información en el modelo OSI tiene una cierta similitud con enviar un paquete de regalo a una persona, donde se ponen una serie de papeles de envoltorio, una o más cajas, hasta llegar al regalo en sí. La Tabla 1.3, resume los paquetes de datos de control entre capas emisoras y transmisoras.

Dónde: C7-C2 Datos de control específicos de cada nivel.

Emisor	Paquete	Receptor
Aplicación	C7 datos	Aplicación
Presentación	C6 c7 datos	Presentación

Sesión	C5 c6 c7 datos	Sesión
Transporte	C4 c5 c6 c7 datos	Transporte
Red	C3 c4 c5 c6 c7 datos	Red
Enlace	C2 c3 c4 c5 c6 c7 datos	Enlace
Físico	C2 c3 c4 c5 c6 c7 datos	Físico

Tabla 1.3. Datos de Control según el modelo OSI⁶.

Los niveles OSI se entienden entre ellos, es decir, el nivel 5 enviará información al nivel 5 del otro sistema (lógicamente, para alcanzar el nivel 5 del otro sistema debe recorrer los niveles 4 al 1 de su propio sistema y el 1 al 4 del otro), de manera que la comunicación siempre se establece entre niveles iguales, a las normas de comunicación entre niveles iguales es a lo que llamaremos protocolos. Este mecanismo asegura la modularidad del conjunto, ya que cada nivel es independiente de las funciones del resto, lo cual garantiza que a la hora de modificar las funciones de un determinado nivel no sea necesario reescribir todo el conjunto.

En las familias de protocolos más utilizadas en redes de ordenadores (TCP/IP, IPX/SPX, etc.) a menudo funciones de diferentes niveles se encuentran en un solo nivel, debido a que la mayoría de ellos fueron desarrollados antes que el modelo OSI.

1.1.2 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN⁷.

Los protocolos de comunicación son una o más normas estándares que especifican el método para transmitir y recibir datos entre varios ordenadores. Su instalación está en correspondencia con el tipo de red y el sistema operativo que la computadora tenga instalado.

⁶ <http://www.microsoft.com/colombia/comunidadacademica/comunidad/documentos/tips/tips2.asp>

⁷ http://es.wikipedia.org/wiki/Protocolo_de_red

No existe un único protocolo de red, y es posible que en un mismo ordenador coexistan instalados varios de ellos, pues cabe la posibilidad que un mismo ordenador pertenezca a redes distintas. La variedad de protocolos puede suponer un riesgo de seguridad: cada protocolo de red que se instala en un sistema queda disponible para todos los adaptadores de red existentes en dicho sistema, físicos (tarjetas de red o módem) o lógicos (adaptadores VPN). Si los dispositivos de red o protocolos no están correctamente configurados, se puede dar acceso no deseado a los recursos de la red. En estos casos, la regla de seguridad más sencilla es tener instalados el número de protocolos indispensable; en la actualidad y en la mayoría de los casos debería bastar con sólo TCP/IP.

Entre los protocolos de comunicación se pueden distinguir:

Protocolos de transporte:

ATP (Apple Talk Transaction Protocol)

NetBios/NetBEUI

TCP (Transmission Control Protocol)

Protocolos de red:

DDP (Delivery Datagram Protocol)

IP (Internet Protocol)

IPX (Internet Packed Exchange)

NetBEUI Desarrollado por IBM y Microsoft.

Protocolos de aplicación:

AFP (Appletalk File Protocol)

FTP (File Transfer Protocol)

Http (Hyper Text transfer Protocol)

Dentro de los protocolos mencionados, los más utilizados son:

IPX/SPX, protocolos desarrollados por Novell a principios de los años 80 los cuales sirven de interfaz entre el sistema operativo de red Netware y las distintas

arquitecturas de red. El protocolo IPX es similar a IP, SPX es similar a TCP por lo tanto juntos proporcionan servicios de conexión similares a TCP/IP.

NETBEUI/NETBIOS (Network Basic Extended User Interface / Network Basic Input/Output System), NETBIOS es un protocolo de comunicación entre ordenadores que comprende tres servicios (servicio de nombres, servicio de paquetes y servicio de sesión, Inicialmente trabajaba sobre el protocolo NETBEUI, responsable del transporte de datos. Actualmente con la difusión de Internet, los sistemas operativos de Microsoft más recientes permiten ejecutar NETBIOS sobre el protocolo TCP/IP, prescindiendo entonces de NETBEUI.

APPLE TALK, es un protocolo propietario que se utiliza para conectar computadoras Macintosh de Apple en redes locales.

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol); este protocolo fue diseñado a finales de los años 60, permite enlazar computadoras con diferentes sistemas operativos. Es el protocolo que utiliza la red de redes Internet; y dado que para el presente proyecto éste es el protocolo utilizado, la siguiente sección se describe con detalle las características del protocolo TCP/IP.

1.1.2.1 Protocolo TCP/IP.

TCP/IP, en realidad es un conjunto de protocolos sobre el cual funciona la red. Este nombre viene dado por los dos protocolos principales de éste conjunto:

El protocolo TCP, funciona en el nivel de transporte del modelo de referencia OSI, proporcionando un transporte fiable de datos. El protocolo IP, funciona en el nivel de red del modelo OSI, que nos permite encaminar nuestros datos hacia otras máquinas.

Pero un protocolo de comunicaciones debe solucionar una serie de problemas relacionados con la comunicación entre computadoras, además de los que proporciona los protocolos TCP e IP.

1.1.2.1.1 Arquitectura del protocolo TCP/IP⁸

⁸ http://web.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/tcp_ip.html

Para solucionar los problemas que van ligados a la comunicación de computadoras dentro de la red, se debe tener en cuenta una serie de particularidades sobre las que ha sido diseñado TCP/IP:

Los programas de aplicación no tienen conocimiento del hardware que se utilizara para realizar la comunicación (módem, tarjeta de red...).

La comunicación no está orientada a la conexión de dos máquinas, eso quiere decir que cada paquete de información es independiente, y puede viajar por caminos diferentes entre dos máquinas.

La interfaz de usuario debe ser independiente del sistema, así los programas no necesitan saber sobre qué tipo de red trabajan.

El uso de la red no impone ninguna topología en especial (distribución de las distintas computadoras).

De esta forma, se dice, que dos redes están interconectadas, si hay una máquina común que pase información de una red a otra. Además, una red Internet virtual realizara conexiones entre redes, que ha cambio de pertenecer a la gran red, colaboraran en el trafico de información procedente de una red cualquiera, que necesite de ella para acceder a una red remota. Todo esto independiente de las máquinas que implementen estas funciones, y de los sistemas operativos que estas utilicen.

1.1.2.1.2 Descomposición en niveles de TCP/IP⁹.

Toda arquitectura de protocolos se descompone en una serie de niveles, usando como referencia el modelo OSI. Esto se hace para poder dividir el problema global en sub-problemas de menor complejidad.

A diferencia de OSI, formado por una torre de siete niveles, TCP/IP se descompone en los siguientes niveles.

Nivel de aplicación.- Constituye el nivel mas alto de la torre tcp/ip. A diferencia del modelo OSI, se trata de un nivel simple en el que se encuentran las aplicaciones que acceden a servicios disponibles a través de la red. Estos servicios están sustentados por una serie de protocolos que los proporcionan. Por

⁹ http://www.sindominio.net/metabolik/alephandria/txt/RSC-0_6_0.pdf

ejemplo, protocolo FTP (File Transfer Protocol), que proporciona los servicios necesarios para la transferencia de ficheros entre dos computadoras. Otro servicio, sin el cual no se concibe Internet, es el de correo electrónico, sustentado por el protocolo SMTP (Simple Mail Transfer Protocol).

Nivel de transporte.- Este nivel proporciona una comunicación extremo a extremo entre programas de aplicación. La máquina remota recibe exactamente lo mismo que le envió la máquina origen. En este nivel el emisor divide la información que recibe del nivel de aplicación en paquetes, le añade los datos necesarios para el control de flujo y control de errores, y se los pasa al nivel de red junto con la dirección de destino.

En el receptor este nivel se encarga de ordenar y unir las tramas para generar de nuevo la información original.

Para implementar el nivel de transporte se utilizan dos protocolos:

UDP: proporciona un nivel de transporte no fiable de datagramas, ya que apenas añade información al paquete que envía al nivel inferior, solo la necesaria para la comunicación extremo a extremo. Lo utilizan aplicaciones como NFS y RPC, pero sobre todo se emplea en tareas de control.

TCP (Transport Control Protocolo): es el protocolo que proporciona un transporte fiable de flujo de bits entre aplicaciones. Este puede enviar grandes cantidades de información de forma fiable, liberando al programador de aplicaciones de la dificultad de gestionar la fiabilidad de la conexión (retransmisiones, pérdidas de paquete, orden en que llegan los paquetes, duplicados de paquetes) que gestiona el propio protocolo. Pero la complejidad de la gestión de la fiabilidad tiene un coste en eficiencia, ya que para llevar a cabo las gestiones anteriores se tiene que añadir bastante información a los paquetes a enviar. Debido a que los paquetes a enviar tienen un tamaño máximo, como mas información añade el protocolo para su gestión, menos información que proviene de la aplicación podrá contener ese paquete. Por eso, cuando es más importante la velocidad que la fiabilidad, se utiliza UDP, en cambio TCP asegura la recepción en destino de la información a transmitir.

Nivel de red.- También recibe el nombre de nivel Internet. Coloca la información que le pasa el nivel de transporte en datagramas IP, le añade cabeceras necesaria para su nivel y lo envía al nivel inferior. Es en este nivel donde se emplea el algoritmo de encaminamiento, al recibir un datagrama del nivel inferior decide, en función de su dirección, si debe procesarlo y pasarlo al nivel superior, o bien encaminarlo hacia otra máquina. Para implementar este nivel se utilizan los siguientes protocolos:

IP (Internet Protocol): es un protocolo no orientado a la conexión, con mensajes de un tamaño máximo. Cada datagrama se gestiona de forma independiente, por lo que dos datagramas pueden utilizar diferentes caminos para llegar al mismo destino, provocando que lleguen en diferente orden o bien duplicados. Es un protocolo no fiable, eso quiere decir que no corrige los anteriores problemas, ni tampoco informa de ellos. Este protocolo recibe información del nivel superior y le añade la información necesaria para su gestión (direcciones IP, checksum).

ICMP (Internet Control Message Protocol): proporciona un mecanismo de comunicación de información de control y de errores entre máquinas intermedias por las que viajaran los paquetes de datos. Esto datagramas los suelen emplear las máquinas (gateways, host,) para informarse de condiciones especiales en la red, como la existencia de una congestión, la existencia de errores y las posibles peticiones de cambios de ruta. Los mensajes de ICMP están encapsulados en datagramas IP.

IGMP (Internet Group Management Protocol): este protocolo está íntimamente ligado a IP. Se emplea en máquinas que emplean IP multicast. El IP multicast es una variante de la IP que permite emplear datagramas con múltiples destinatarios. También en este nivel tiene una serie de protocolos que se encargan de la resolución de direcciones:

ARP (Address Resolution Protocol): cuando una máquina desea ponerse en contacto con otra que conoce su dirección IP, entonces necesita un mecanismo dinámico que permita conocer su dirección física. Entonces envía una petición ARP por broadcast (o sea a todas las máquinas). El protocolo establece que solo

Contestara a la petición, si esta lleva su dirección IP. Por lo tanto solo contestara la maquina que corresponde a la dirección IP buscada, con un mensaje que incluya la dirección física. El software de comunicaciones debe mantener una cache con los pares IP-dirección física. De este modo la siguiente vez que hay que hacer una transmisión a esa dirección IP, ya se conoce la dirección física.

RARP (Reverse Address Resolution Protocol): a veces una máquina solo conoce su dirección física, y desea conocer su dirección lógica. Esto ocurre, por ejemplo, cuando se accede a Internet con una dirección diferente, en el caso de una PC que acceden por módem a Internet, y se le asigna una dirección diferente de las que tiene el proveedor sin utilizar. Para solucionar esto se envía por broadcast una petición RARP con su dirección física, para que un servidor pueda darle su correspondiente IP.

BOOTP (Bootstrap Protocol): el protocolo RARP resuelve el problema de la resolución inversa de direcciones, pero para que pueda ser más eficiente, enviando más información que meramente la dirección IP, se ha creado el protocolo BOOTP. Este además de la dirección IP del solicitante, proporciona información adicional, facilitando la movilidad y el mantenimiento de las máquinas.

Nivel de enlace.- Este nivel se limita a recibir datagramas del nivel superior (nivel de red) y transmitirlo al hardware de la red. Pueden usarse diversos protocolos: DLC (IEEE 802.2), Frame Relay, X.25, etc.

La interconexión de diferentes redes genera una red virtual en la que las máquinas se identifican mediante una dirección de red lógica. Sin embargo a la hora de transmitir información por un medio físico se envía y se recibe información de direcciones físicas. Un diseño eficiente implica que una dirección lógica sea independiente de una dirección física, por lo tanto es necesario un mecanismo que relacione las direcciones lógicas con las direcciones físicas. De esta forma se puede cambiar nuestra dirección lógica IP conservando el mismo hardware, del mismo modo se puede cambiar una tarjeta de red, la cual contiene una dirección física, sin tener que cambiar la dirección lógica IP.

1.1.2.1.3 Direcciones IP y máscaras de red¹⁰.

En una red TCP/IP las computadoras se identifican mediante un número que se denomina dirección IP. Esta dirección ha de estar dentro del rango de direcciones asignadas al organismo o empresa a la que pertenece, estos rangos son concedidos por un organismo central de Internet, el NIC (Network Information Center).

Una dirección IP está formada por 32 bits, que se agrupan en octetos:

01000001 00001010 00000010 00000011

Para un mejor entendimiento se utiliza las direcciones IP en formato decimal, representando el valor decimal de cada octeto y separado con puntos:

129.10.2.3

La dirección de una máquina se compone de dos partes cuya longitud puede variar:

Bits de red: son los bits que definen la red a la que pertenece el equipo.

Bits de host: son los bits que distinguen a un equipo de otro dentro de una red.

Los bits de red siempre se encuentran a la izquierda y los de host a la derecha, como lo muestra la Tabla 1.4

Bits de Red	Bits de Host
11000000 10101000 00010100	00111100
192.168.20	60

Tabla 1.4 Bits de red y de host

Además, esta máquina pertenece a la red 192.168.20.0 y que su máscara de red es 255.255.255.0. En la Tabla 1.5 se ha considerado el formato binario de la dirección.

11000000	10101000	00010100	00111100
11111111	11111111	11111111	00000000

Tabla 1.5. Formato binario de la dirección

¹⁰ <http://www.fortunecity.es/imaginapoder/artes/579/resumenyejercicios/masred.htm>

La máscara de red es un número con el formato de una dirección IP que sirve para distinguir cuando una máquina determinada pertenece a una subred dada, con lo que se puede averiguar si dos máquinas están o no en la misma subred IP. En el formato binario todas las máscaras de red tienen los "1" agrupados a la izquierda y los "0" a la derecha.

1.1.2.1.4 Clases de red.

Para una mejor organización en el reparto de rangos las redes se han agrupado en cuatro clases, de manera que según el tamaño de la red se optará por un tipo u otro.

Las direcciones de clase A

La clase A comprende redes desde 1.0.0.0 hasta 127.0.0.0. El número de red está en el primer octeto, con lo que sólo hay 127 redes de este tipo, pero cada una tiene 24 bits disponibles para identificar a los nodos, lo que se corresponde con poder distinguir en la red unos 1.6 millones de nodos distintos

Corresponden a redes que pueden direccionar hasta 16.777.214 máquinas cada una.

Las direcciones de red de clase A tienen siempre el primer bit a 0.

0 + Red (7 bits) + Máquina (24 bits).

Solo existen 124 direcciones de red de clase A. En la Tabla 1.6 se ilustra lo mencionado

	Red	Máquina		
Binario	0 0001010	00001111	00010000	00001011
Decimal	10	15	16	11

Tabla 1.6. Direcciones Clase A¹¹

Rangos (notación decimal):

1.xxx.xxx.xxx - 126.xxx.xxx.xxx.

Las direcciones de clase B

¹¹http://alumno.ucol.mx/al964186/public_html/Clases%20de%20red.htm

La clase B comprende redes desde 128.0.0.0 hasta 191.255.0.0; siendo el número de red de 16 bits (los dos primeros octetos. Esto permite 16320 redes de 65024 nodos cada una.

Las direcciones de red de clase B permiten direccionar 65.534 máquinas cada una.

Los dos primeros bits de una dirección de red de clase B son siempre 01.

01 + Red (14 bits) + Máquina (16 bits)

Existen 16.382 direcciones de red de clase B. En la Tabla 1.7 se ilustra lo mencionado

	Red		Máquina	
Binario	10 000001	00001010	00000010	00000011
Decimal	129	10	2	3

Tabla 1.7. Direcciones Clase B¹²

Rangos (notación decimal):

128.001.xxx.xxx - 191.254.xxx.xxx.

Las direcciones de clase C

Las redes de clase C tienen el rango de direcciones desde 192.0.0.0 hasta 223.255.255.0, contando con tres octetos para identificar la red. Por lo tanto, hay cerca de 2 millones de redes de este tipo con un máximo de 254 nodos cada una.

Las direcciones de clase C permiten direccionar 254 máquinas.

Las direcciones de clase C empiezan con los bits 110

110 + Red (21 bits) + Máquina (8 bits)

Existen 2.097.152 direcciones de red de clase C. En la Tabla 1.8 se ilustra lo mencionado

¹²http://alumno.ucol.mx/al964186/public_html/Clases%20de%20red.htm

	Red		Máquina	
Binario	110 01010	00001111	00010111	00001011
Decimal	202	15	23	11

Tabla 1.8. Direcciones Clase C¹³

Rangos (notación decimal):

192.000.001.xxx - 223.255.254..xxx.

Las direcciones de clase D

Las direcciones de clase D son un grupo especial que se utiliza para dirigirse a grupos de máquinas. Estas direcciones son muy poco utilizadas. Los cuatro primeros bits de una dirección de clase D son 1110.

Direcciones de red reservadas:

Existen una serie de direcciones IP con significados especiales.

Direcciones de subredes reservadas:

000.xxx.xxx.xxx (1)

127.xxx.xxx.xxx (reservada como la propia máquina)

128.000.xxx.xxx (1)

191.255.xxx.xxx (2)

192.168.xxx.xxx (reservada para intranets)

223.255.255.xxx (2)

Direcciones de máquinas reservadas:

xxx.000.000.000 (1)

xxx.255.255.255 (2)

xxx.xxx.000.000 (1)

xxx.xxx.255.255 (2)

¹³http://alumno.ucol.mx/al964186/public_html/Clases%20de%20red.htm

xxx.xxx.xxx.000 (1)

xxx.xxx.xxx.255 (2)

(1) Se utilizan para identificar a la red.

(2) Se usa para enmascarar.

1.1.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN.

Se entiende el material físico¹⁴ cuyas propiedades de tipo electrónico, mecánico, óptico, o de cualquier otro tipo se emplea para facilitar el transporte de información entre terminales distante geográficamente.

El medio de transmisión consiste en el elemento que conecta físicamente las estaciones de trabajo al servidor y los recursos de la red. Entre los diferentes medios utilizados en las LANs se puede mencionar: el cable de par trenzado, el cable coaxial, la fibra óptica y el espectro electromagnético (en transmisiones inalámbricas).

Su uso depende del tipo de aplicación particular ya que cada medio tiene sus propias características de costo, facilidad de instalación, ancho de banda soportado y velocidades de transmisión máxima permitidas.

1.1.3.1 Tipos de medios de transmisión.

Los medios de transmisión¹⁵ pueden ser guiados y no guiados. En ambos la transmisión se realiza por medio de ondas electromagnéticas.

En un medio guiado las ondas son conducidas a través de un camino físico, mientras que en uno no guiado el medio solo proporciona un soporte para que las ondas se transmitan, pero no las guía.

Como ejemplo de medios guiados tenemos el cable coaxial, la fibra óptica y los cables de pares.

Entre los no guiados tenemos el aire y el vacío.

Dependiendo de la naturaleza del medio, las características y la calidad de transmisión se verán limitadas de forma distinta. Así en un medio guiado será de éste del que dependerán, principalmente, la velocidad de transmisión, el ancho de

¹⁴<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml>

¹⁵http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

banda y el espaciado entre repetidores. Sin embargo, en el caso de un medio no guiado resulta más determinante el espectro de frecuencias de la señal transmitida que el propio medio de transmisión en sí mismo

1.1.3.1.1 Medios de transmisión guiados

Entre los medios de transmisión guiados tenemos:

a) Líneas de par trenzado

b) Cable coaxial

a) Líneas de par Trenzado.

Consiste en dos cables¹⁶ de cobre aislados y trenzados para reducir la interferencia eléctrica externa y de pares adyacentes. Dos cables paralelos forman una antena. Si se trenzan se reduce la diafonía

El ancho de banda depende del grosor y de la distancia, se logra velocidades del orden de 10-100 Mbps.



Figura 1.2. Líneas de Par Trenzado¹⁷

Categorías de cable par trenzado:

STP shielded twisted pair (apantallado): 2 pares de hilo, recubierto por malla.

Línea de transmisión formada por cables aislados trenzados rodeados de un forro metálico (blindaje) que lo aísla de los campos externos y confina dentro del cable los campos internamente generados.



Figura 1.3. STP¹⁸

¹⁶<http://www.richardcrebeck.com/cclca/redes/cap1/index.html>

¹⁷<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml#caracter>

¹⁸<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml#caracter>

UTP Unshielded Twisted Pair (no apantallado): 4 pares de hilos.

Consiste en cuatro pares de hilos de dos cables de cobre aislados, típicamente de 1 mm de diámetro, trenzados para reducir la interferencia eléctrica de pares adyacentes similares.

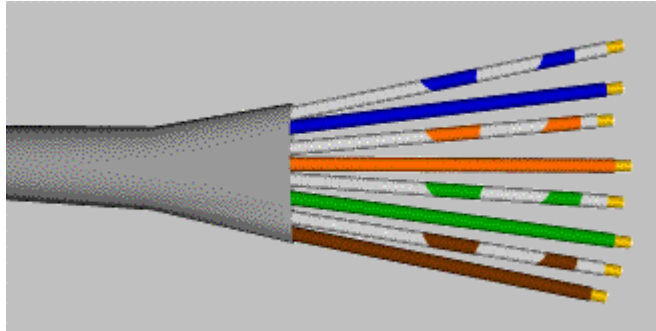


Figura 1.4. STP¹⁹

Presentación

Vienen en cables de 4 pares trenzados con colores estándares.

- Par 1 Blanco/azul Blanco
- Par 2 Blanco/Naranja Naranja
- Par 3 Blanco/Verde Verde
- Par 4 Blanco/marrón Marrón

Categorías

Existen 5 categorías del cable

Categoría 1 y Categoría 2:

- No son convenientes para el tráfico de 10 Mbps
- No son reconocidas en el estándar de ANSI/EIA/TIA 568-1991.

Categoría 3

Cobre sólido, características especificadas hasta 16 MHz

Usados típicamente para la transmisión de voz y de datos hasta 10 Mbps.

Categoría 4

¹⁹<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml#caracter>

Cobre sólido, características especificadas hasta 20 MHz

Previsto para LANs de velocidades medias hasta 16Mbps.

Categoría 5

Cobre sólido, características especificadas hasta 100 MHz.

Previsto para las redes de alta velocidad (100 Mb/s).

b) Cable coaxial

Cable formado por un conductor central rodeado por un material aislante y forrado por un conductor externo concéntrico.



Figura 1.5. Cable Coaxial²⁰

Existen en dos clases:

De 50 Ohmios de impedancia (RG-58).

De 75 Ohmios de impedancia (RG-8).

Tiene mejor blindaje que el par trenzado y puede alcanzar tramos más largos y velocidades mayores.

El conductor exterior (blindaje) aísla al conductor central de las señales de interferencia externas

Las pérdidas por radiación electromagnética y por la conducción superficial son mínimas gracias al blindaje

Se puede utilizar con señales de varios tipos

Alcanzan los 10 Mbps y distancias hasta 180 metros

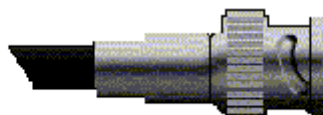


Figura 1.6. Conector RG-58²¹

²⁰http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

El tipo de conector para el RG-58 es el llamado BNC

Existen diferentes adaptadores para este tipo de conector:

Conector tipo Barril

Conector tipo T

Terminadores

Los conectores constituyen la parte más débil de una red de este tipo.



Figura 1.7. Tipos de conectores tipo T²²

Permiten la interconexión de las diferentes máquinas que forman la red.



Figura 1.8. Conectores tipo barril y Terminadores²³

Los barriles permiten alargar un cable coaxial.

Los terminadores son resistencias de 50 Ohmios con los cuales deben terminar el principio y el fin del cable red coaxial para evitar la imbalances de impedancias.

²¹<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml#caracter>

²²http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

²³http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

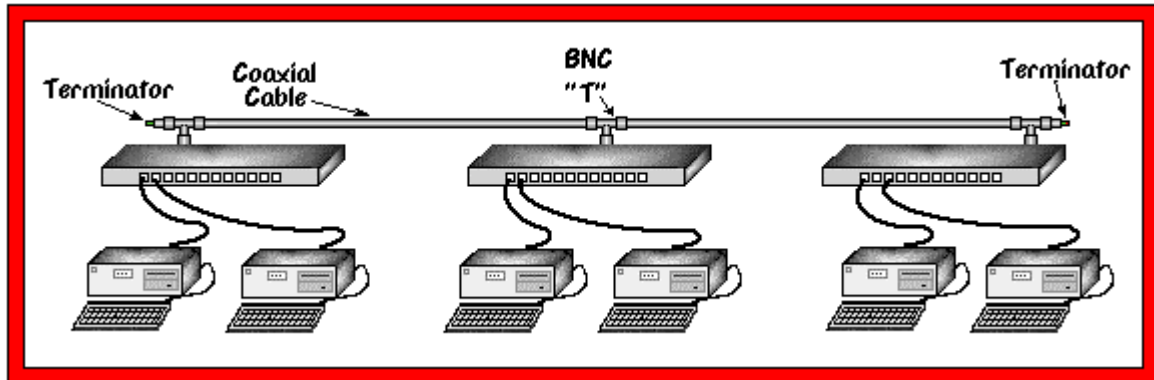


Figura 1.9. Red con par trenzado y cable coaxial²⁴

a) Fibra óptica

Está formada por un núcleo central de vidrio rodeado por varias capas de protección



Figura 1.10. Fibra Óptica²⁵

El modo de transmisión es óptico en vez de eléctrico eliminándose así el problema de interferencia eléctrica.

Puede transmitir señales a distancias mucho más largas que con el par trenzado y el cable coaxial.

Puede alcanzar velocidades muy grandes (miles de MHz)

La fibra consta de dos partes:

El núcleo de vidrio o plástico

Revestimiento de vidrio o plástico con índice de refracción menor.

La luz se propaga a lo largo del núcleo de una de tres maneras, según el tipo y la anchura del material empleado por el núcleo.

Multimodo de índice escalonado

²⁴<http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml#caracter>

²⁵http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

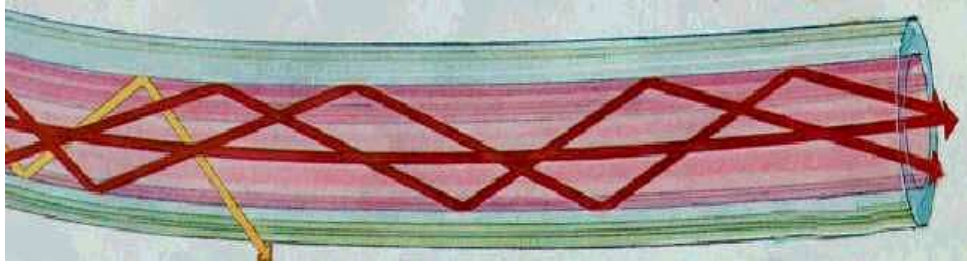


Figura 1.11. Multimodo de índice escalonado²⁶

Los materiales del núcleo y el revestimiento tienen diferente índice de refracción pero uniforme en cada material.

Multimodo de índice gradual

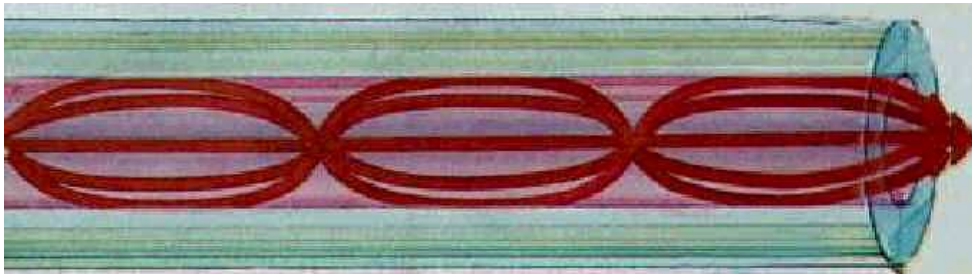


Figura 1.12. Multimodo de índice gradual²⁷

El índice de refracción disminuye gradualmente desde el centro del núcleo hasta el revestimiento

Monomodo de índice escalonado

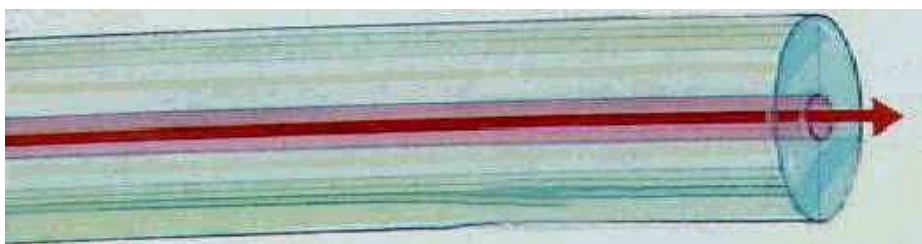


Figura 1.13. Monomodo de índice escalonado²⁸

El diámetro del núcleo se reduce al tamaño de una sola longitud de onda (3 a 10 μm) a fin de que toda la luz se propague sin dispersarse.

²⁶http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

²⁷http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

²⁸http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

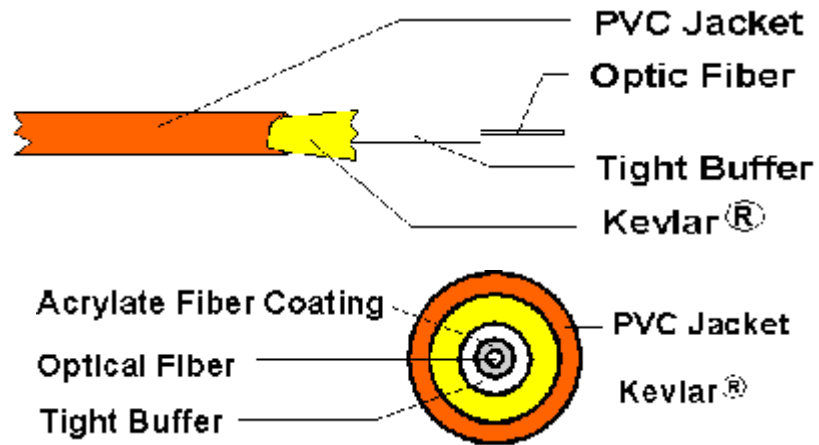


Figura 1.14. Estructura Fibra Óptica²⁹

El núcleo es de unos 8 m m de diámetro

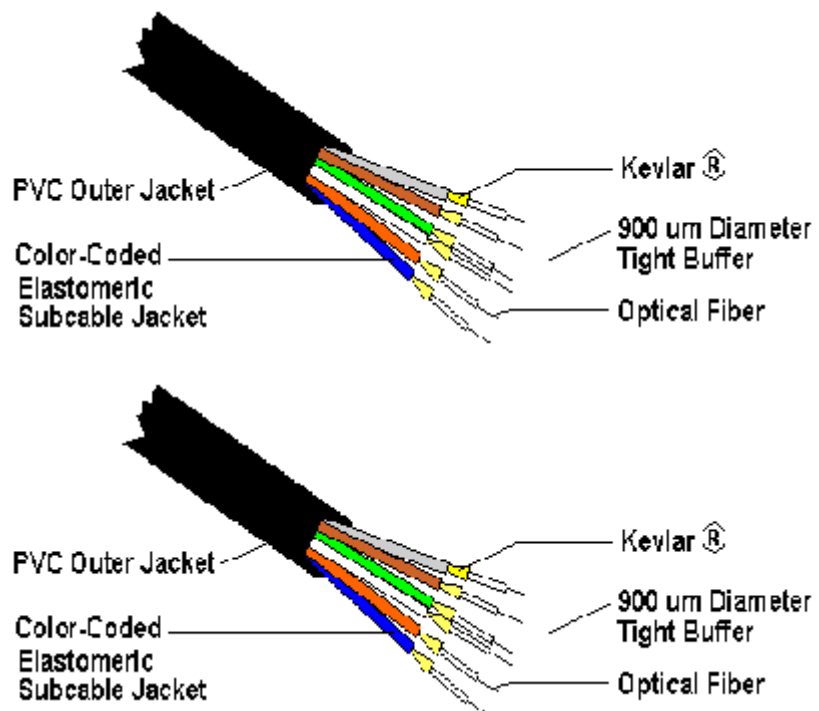
El revestimiento es de unos 125 m m

Envoltura plástica fijadora

Hilos de kevlar (Aramida) que soportan tracción mecánica

Recubrimiento de PVC con un diámetro que está entre los 150 y 900 m m.

Cable de 6 fibras ópticas



²⁹http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

Figura 1.15. Cable de 6 fibras ópticas³⁰

Cables monofibra y extensores



Figura 1.15. Cable monofibra y extensores³¹

Entre los medios de transmisión guiados tenemos:

- a) Satélites - Microondas
- b) Radio
- c) Rayos Infrarrojos
- d) Laser
- a) Satélites - Microondas**

³⁰http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

³¹http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

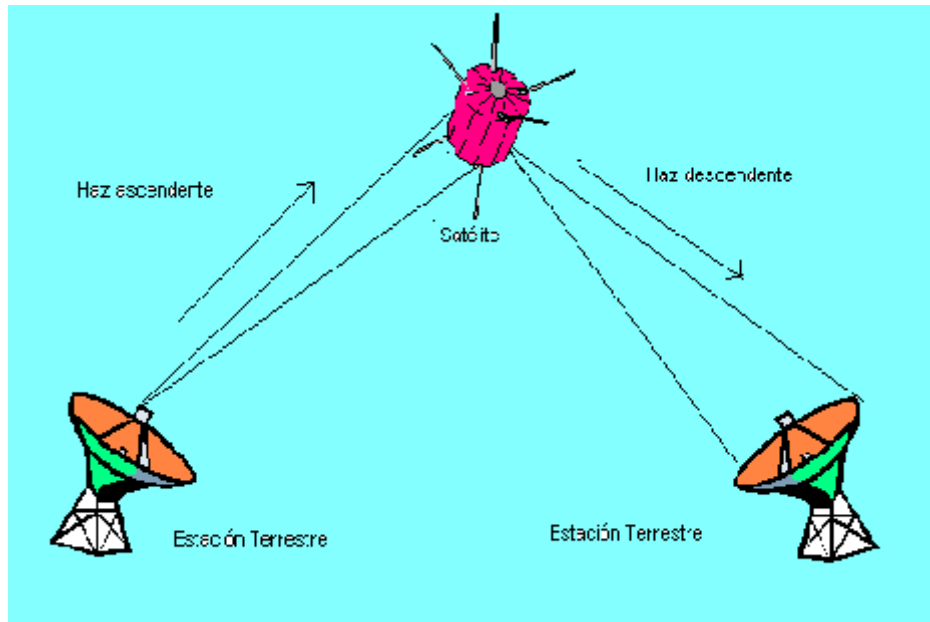


Figura 1.16. Satélites - Microondas³²

Un haz de microondas, el cual es modulado por los datos, se transmite al satélite desde la superficie terrestre.

Este haz es recibido por el transponder del satélite el cual lo retransmite a la estación destino.

Cada satélite tiene muchos transponders.

Cada transponder cubre una banda de frecuencia determinada.

Un satélite tiene un ancho de banda elevado (500 MHz).

Utiliza la técnica de multiplexaje para enviar centenas de datos con una alta velocidad.

Los satélites son geoestacionarios

El haz de la señal emitida por el satélite puede ser:

Ancho para que pueda ser captado en un área extensa

Fino para que solo pueda captarse en un área limitada.

Con el haz fino la potencia es más elevada por lo que se pueden usar antenas parabólicas de diámetro más pequeño (VSAT, very small aperture terminals)

³²http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

En una forma típica, la comunicación es dúplex y la frecuencia de ascenso y descenso a cada estación terrena es diferente.

En la forma VSAT existe una estación central que se comunica con varias estaciones terrestres de VSAT distribuidas por todo el país.

Un computador conectado a cada VSAT puede comunicarse el computador conectado a la estación central.

La estación central, comúnmente transmite a todas las estaciones VSAT en la misma frecuencia.

Cada estación VSAT transmite en la dirección opuesta en una frecuencia distinta.

INALÁMBRICAS

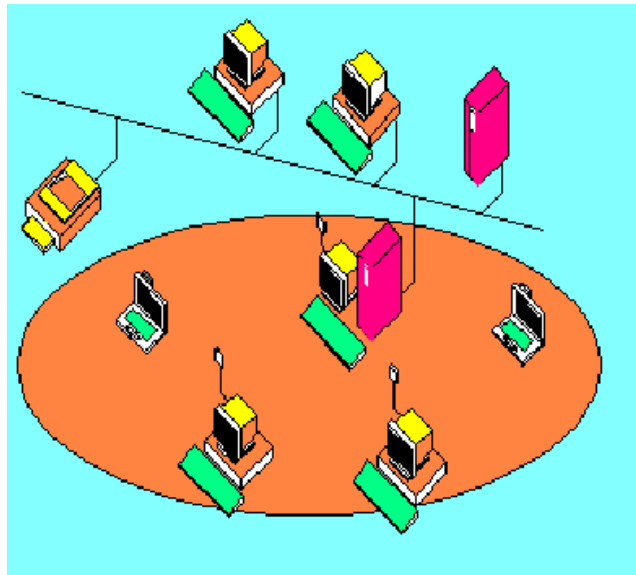


Figura 1.16. Redes Inalámbricas³³

En una estación fija conectada a la Internet, se conecta un transmisor/receptor de radio (gateway) el cual establece un enlace inalámbrico entre cada uno de los computadores y el sitio central. Se logran velocidades desde 1200 bps hasta 2 Mbps a diversas frecuencias.

1.1.4 EL CABLE Y LOS CONECTORES SEGÚN LA NORMA ETHERNET 802.3

La tabla 1.8, presenta un resumen de las características y limitaciones para los diferentes tipos de cable.

³³http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n

Tecnologías Ethernet				
Tecnología	Velocidad de transmisión	Tipo de cable	Distancia máxima	Topología
10Base2	10 Mbps	Coaxial	185 m	Bus (Conector T)
10BaseT	10 Mbps	Par Trenzado	100 m	Estrella (Hub o Switch)
10BaseF	10 Mbps	Fibra óptica	2000 m	Estrella (Hub o Switch)
100BaseT4	100Mbps	Par Trenzado (categoría 3UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100BaseTX	100Mbps	Par Trenzado (categoría 5UTP)	100 m	Estrella. Half Duplex(hub) y Full Duplex(switch)
100BaseFX	100Mbps	Fibra óptica	2000 m	No permite el uso de hubs
1000BaseT	1000Mbps	4 pares trenzado (categoría 5e ó 6UTP)	100 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseSX	1000Mbps	Fibra óptica (multimodo)	550 m	Estrella. Full Duplex (switch)
1000BaseLX	1000Mbps	Fibra óptica (monomodo)	5000 m	Estrella. Full Duplex (switch)

Tabla 1.8. Propiedades de los diferentes tipos de Cable³⁴.

Conectores: La Figura 1.9. muestra los diferentes conectores y su distribución.

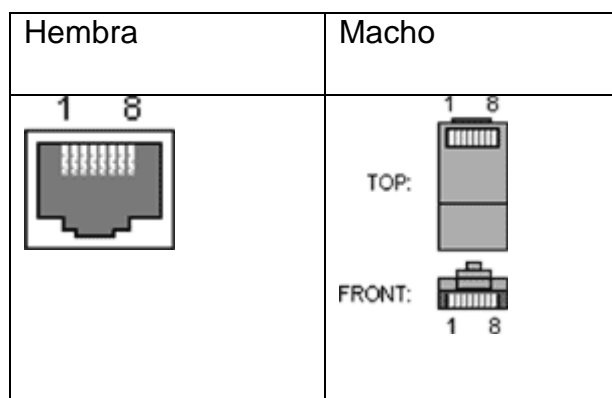


Figura 1.9. Conector RJ45

³⁴<http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>

1.2 DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS UTILIZADOS.

Esta sección describe los circuitos integrados utilizados, los cuales se detallan a continuación.

1.2.1 ENC28J60 (TRANSCEIVER ETHERNET-SPI)³⁵.

Este circuito integrado posee las siguientes características principales:

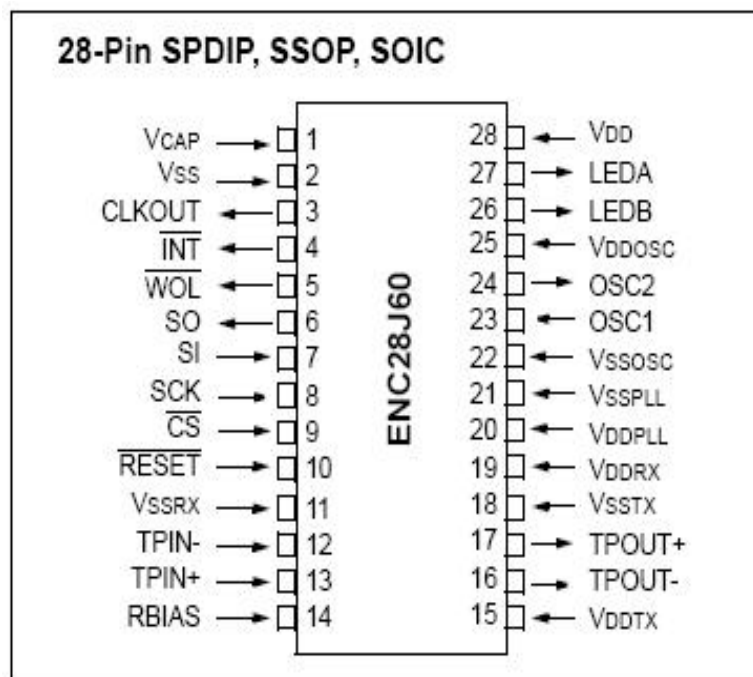
Convierte señales de red a señales sincrónicas SPI.

Velocidad máxima 10BaseT.

Memoria RAM de 8Kbytes

DMA para transmisión rápida con la memoria de datos.

Compatible con la norma Ethernet IEEE 802.3.



La Figura 1.10, muestra la distribución de pines del ENC28J60³⁶

³⁵ ENC28J60 DATASHEET

³⁶ ENC28J60 DATASHEET

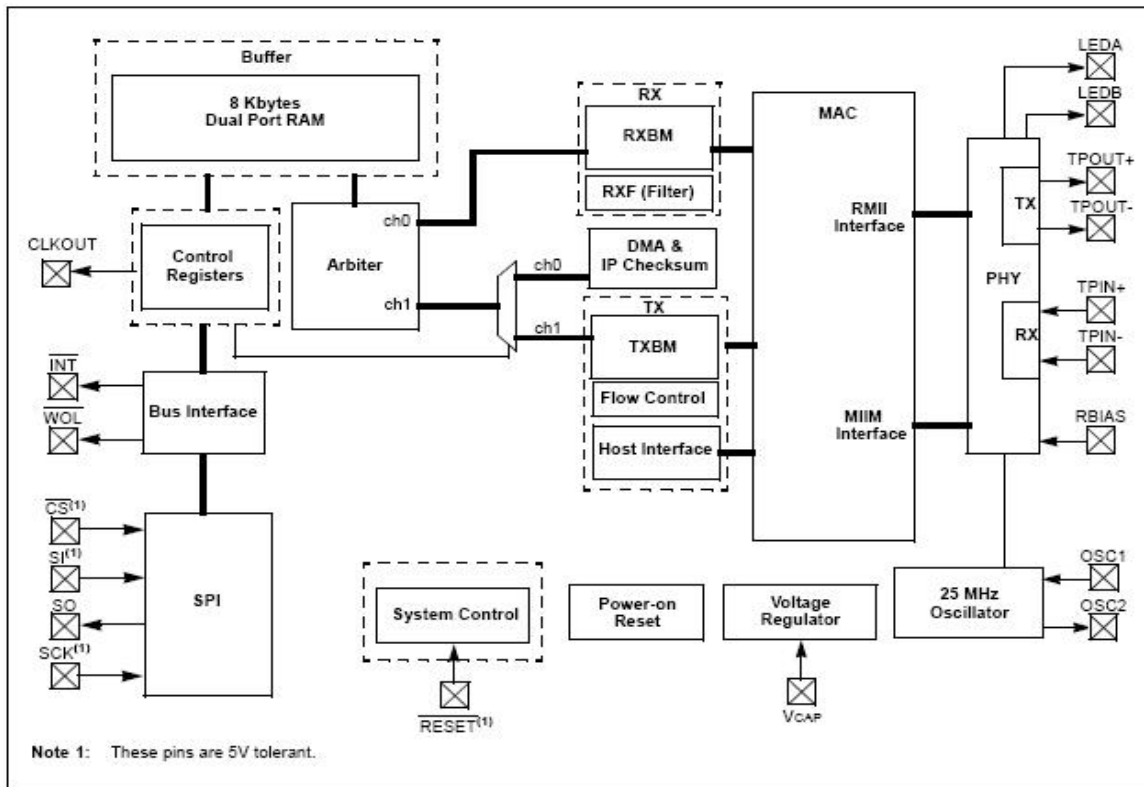


Figura 1.11. Circuito integrado ENC28J60³⁷.

Mientras la mayoría de los controladores de Ethernet vienen en encapsulados de más de 80 pines, el ENC28J60, que cumple con la norma IEEE 802.3, ofrece características comparables, en encapsulados de 28 pines. El controlador de Ethernet ENC28J60 utiliza la interfaz serial sincrónica estándar SPI™, que requiere solo cuatro líneas (chip select, tx data, rx data y clock) para conectarse con un micro-controlador. Estas características combinadas con el software gratuito TCP/IP de Microchip para micro-controladores PIC18, proveen la solución Ethernet completa más pequeña en la actualidad para aplicaciones integradas, en donde se las puede añadir conectividad de Ethernet.

Los micro-controladores pueden distribuir datos sobre una red y se pueden controlar remotamente. La infraestructura, el rendimiento, la interoperabilidad, la adaptabilidad y la facilidad del desarrollo de Ethernet lo hace una opción estándar para comunicaciones de aplicaciones integradas, como el creciente mercado voz sobre IP (VoIP).

³⁷ ENC28J60 DATASHEET

Pese a su reducido tamaño el ENC28J60 presenta características similares a los demás integrados que poseen mayor número de pines (en el orden de 80 pines), como es el caso de compatibilidad con la norma IEEE 802.3; Filtros programables (Supresión de ruido); Interfaz SPI de 10Mbps (intercambio de datos ENC28j60 – micro controlador); Buffer de 8 Kbyte de memoria SRAM de doble puerto.

1.2.1.1 Descripción Del Hardware Asociado.

1.2.1.1.1 Señal de reloj.

El ENC28j60 está diseñado para operar con un oscilador de 25 MHz, conectado a los pines OSC1 y OSC2, y también la puede operar con una señal de reloj externa conectado al pin OSC1. La Figura 1.12a, y b muestran la forma de conexión respectivamente.

En las figuras siguientes se encuentra la señal de Reloj, (a) Mediante Oscilador, (b) Mediante una señal externa.

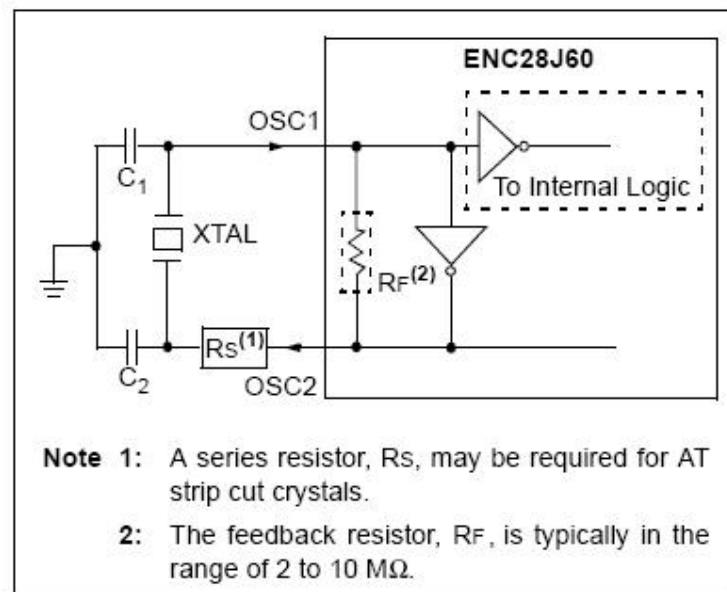


Figura 1.12a Mediante Oscilador³⁸

³⁸ ENC28J60 DATASHEET

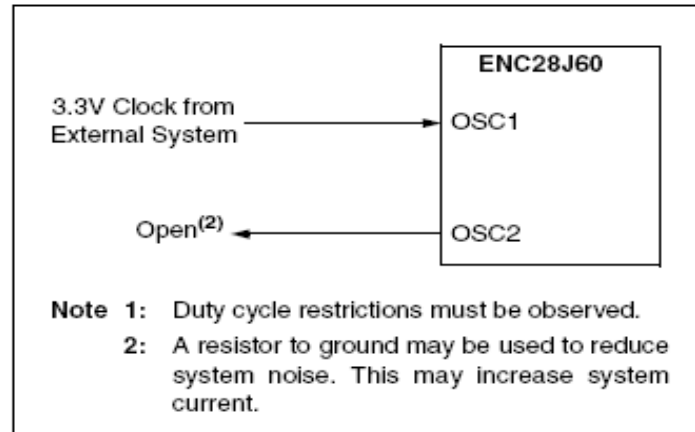


Figura 1.12b Mediante una señal externa³⁹.

1.2.1.1.2 Interface con ENC28j60.

La interface con un micro-controlador se lo hace mediante SPI, según se muestra en la Figura 1.13.

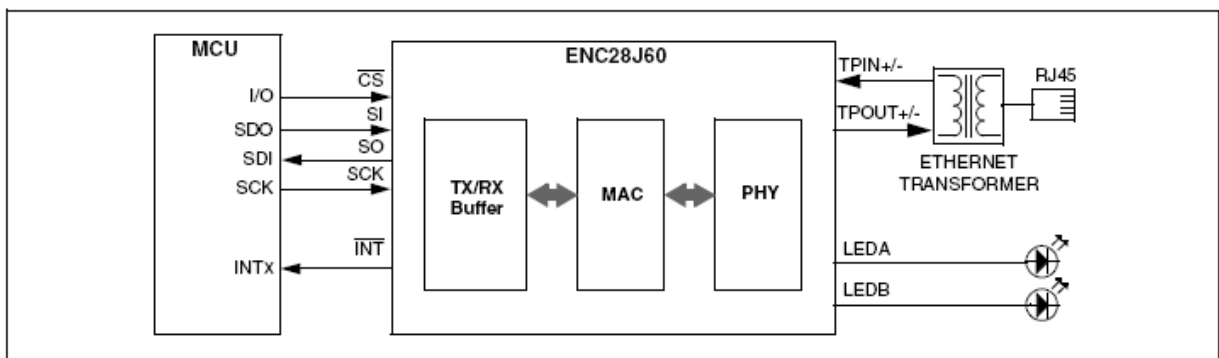


Figura 1.13. Conexión con un micro-controlador⁴⁰.

La Figura 1.14, muestra un esquema más detallado que interactúa con un micro-controlador, en la cual se agrega un convertidor de voltaje de niveles de voltaje 5 voltios a 3.3 voltios, y viceversa, además muestra los valores las resistencias que se deben utilizar para la interfaz Ethernet.

³⁹ ENC28J60 DATASHEET

⁴⁰ ENC28J60 DATASHEET

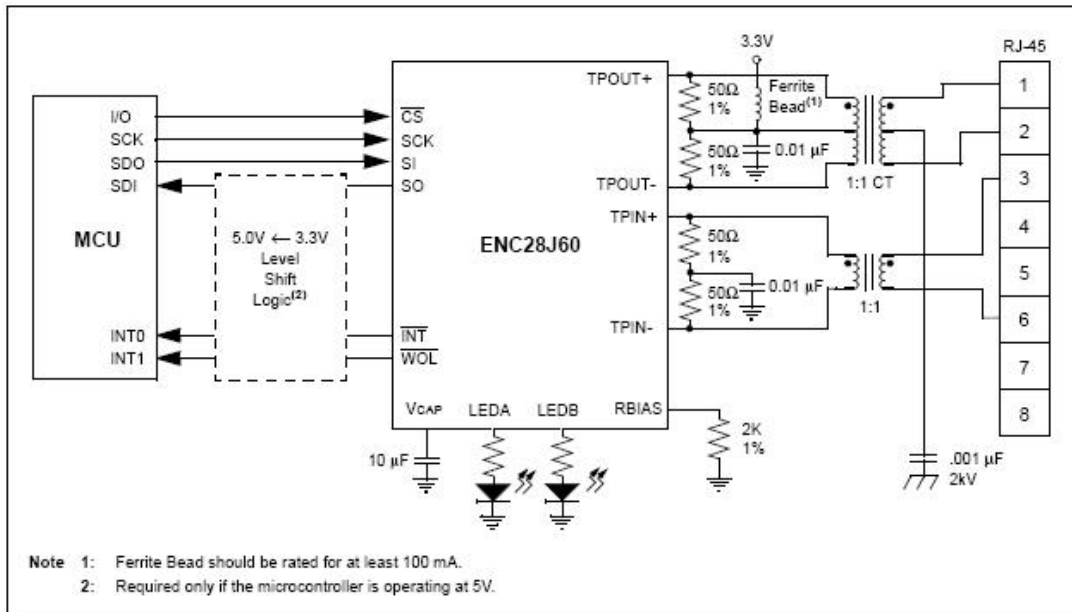


Figura 1.14. Circuito detallado de la conexión del ENC28j60⁴¹.

El convertidor de niveles de voltaje TTL a 3.3 voltios se muestra en la Figura 1.7, para lo cual se utiliza compuertas AND.

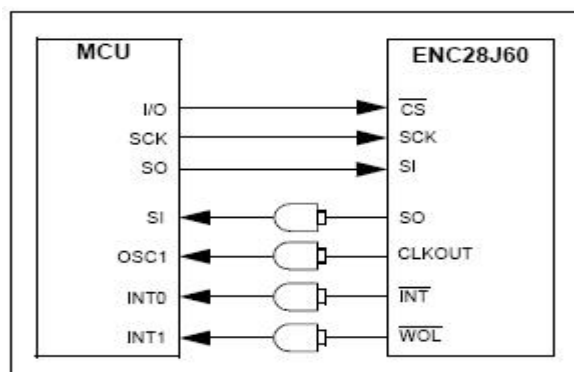


Figura 1.15. Convertidor de voltaje mediante compuertas AND⁴².

Los pines LEDA Y LEDB, pueden conectarse en modo fuente o drenaje; el tipo de conexión será detectado automáticamente después de un reset, la Figura 1.16, muestra las dos posibles formas conexión.

⁴¹ ENC28J60 DATASHEET

⁴² ENC28J60 DATASHEET

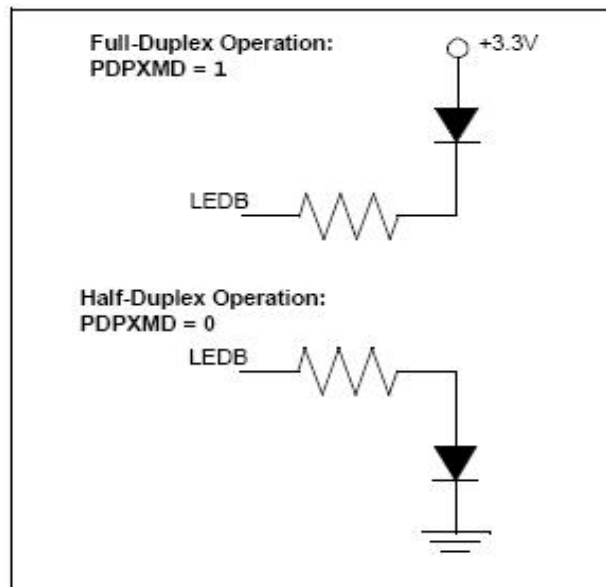


Figura 1.16. Forma de conexión de los leds⁴³.

1.2.1.2 Organización De La Memoria.

La memoria RAM implementada es del tipo estático, y se divide en tres tipos.

Registros de control

Buffer para conexión Ethernet

Registros para la capa física (PHY).

La memoria para los registros de control, son utilizados para la configuración del ENC28j60, los registros para Ethernet, contiene la memoria para transmisión y recepción que utiliza el controlador Ethernet. Los registros PHY, se utilizan para configuración, control y estado del módulo PHY. Para mayor información véase Anexo 1.

1.2.1.3 Tipos de Integrados Ethernet

Entre los diferentes tipos de Integrados Ethernet podemos describir los siguientes:

1.2.1.3.1 Intel LXT971A Transceiver para Ethernet con doble-velocidad (10/100 Mbps) a 3.3V⁴⁴

⁴³ ENC28J60 DATASHEET

⁴⁴ http://www.arrowiberia.com/ad/ad21/pag5_7.pdf

Intel, líder en soluciones Ethernet, ha puesto de relieve su compromiso con su último transceiver para Ethernet a doble velocidad (10/100 Mbps). El Intel LXT971A es una nueva generación PHY(physical layer) de bajo consumo y único puerto con una protección CDE (Cable Discharge Event) mejorada.

Técnicas de diseño revolucionarias incorporan la arquitectura de Intel para procesamiento óptimo de señal (OSP), una combinación ideal de procesamiento digital de señales y técnicas de diseño analógicas ideadas para el tamaño del chip, consumo de potencia, rendimiento, fiabilidad, y testeabilidad.

1.2.1.3.1.1 Aplicaciones

Entre las aplicaciones del transceiver LXT971A para redes a doble velocidad y bajo consumo podemos incluir: Tarjetas para interfase de red(NICS), tarjetas PCMCIA, modems por cable, set-top boxes, y teléfonos IP.

El LXT971A incluye un MII con capacidad de registro ampliada y una alimentación opcional de 2.5V para ahorros adicionales de potencia.

Para redes con fibra 100BASE-FX, el LXT971A se diseña con una pseudo-ECL (PECL) interfase para una integración directa con módulos industriales de fibra estándar.

1.2.1.3.1.2 Características

- Alimentación 3.3V
- Encapsulado PBGA 7mm x 7mm de 64 pines
- Temperatura de testing de -40°C a $+85^{\circ}\text{C}$
- Modo Sleep
- Interfaze MII
- Procesamiento óptimo de señal
- Baseline Wander Correction
- Next Page Exchange
- Interfaze PECL
- Drivers programables para LEDs

- Transmisión full-duplex a 10/100Mbps
- Puerto JTAG

1.2.1.3.1.3 Beneficios

- Ayuda a minimizar el consumo
- Proporciona un encapsulado de perfil reducido
- Permite aplicaciones industriales
- Cumple con los estándares industriales
- Ahorros adicionales de potencia
- Ayuda a mejorar la recuperación de datos y el rendimiento EMI
- Proporciona un rendimiento consistente, libre de error
- Permite la transferencia de información adicional durante la auto-negociación
- Proporciona capacidad para cables de fibra óptica 100BASE-FX
- Permite un control flexible de la red
- Permite transmisión y recepción simultánea.

1.2.1.3.2 Ethernet (SH7619)⁴⁵

El SH7619 ofrece un controlador incorporado de acceso a medios (Media Access Controller o MAC) para Ethernet y un transceptor de la capa física (physical layer transceiver o PHY).

El SH7619 es el primer chip de Renesas que ofrece conexión para Ethernet MAC y PHY en el mismo chip. Como cumple totalmente las especificaciones del estándar IEEE802.3, el SH7619 puede reducir la complejidad y el número de piezas, y por tanto el espacio físico de cualquier producto que tenga que funcionar en red.

El núcleo SH2 que lleva el SH7619 tiene una frecuencia operativa máxima de 125 MHz y una velocidad de proceso de 163 MIPS, lo que le permite ejecutar a gran velocidad aplicaciones para protocolos TCP/ IP y otros similares, así como crear sistemas que funcionen a gran velocidad.

⁴⁵ http://www.arrowiberia.com/arrow/arrowd/ad39/pags_renesas.pdf

Una función de interfaz con un ordenador (Host Interface Function o HIF) permite desarrollar en paralelo las funciones básicas de un sistema y todas sus posibilidades de conexión, reduciendo el tiempo de desarrollo de nuevos sistemas. La HIF incorpora un “modo de carga” que permite descargarse programas desde el ordenador, evitando así el uso de una memoria flash externa para los programas del SH7619.

1.2.1.3.3 Microcontrolador de Freescale ColdFire MCF5223x con 10/100 periférico de Ethernet⁴⁶

Fijado en RTOS, Ethernet encajada, herramientas de desarrollo, favorito, Coldfire.

La familia de Freescale ColdFire **MCF5223x** provee de control de 32 bits un regulador 10/100 rápido de Ethernet (FEC), incluyendo la capa física de Ethernet (EPHY). El regulador encajado de MCF5223x provee del diseñador el sistema correcto de periférico y el tamaño de la memoria para una plataforma Ethernet-permitida compacta. Este procesador integra los periférico estándar 68K/ColdFire, incluyendo tres receptores/transmisores asincrónicos universales (UARTs) para las conexiones medias e interurbanas, un circuito inter-integrado (I2C) y el interfaz periférico serial hecho cola (QSPI) para las comunicaciones del en-sistema a los periférico conectados.

El miembro de familia de MCF5223x es: **MCF52230, MCF52231, MCF52233, MCF52234, y MCF52235**

Especificación y características dominantes de **MCF52230**:

- Hasta 57 Dhrystone 2.1 MIPS @ 60 megaciclos
- módulo del eMAC y divisoria de HW
- 32K octetos SRAM
- flash de los octetos 128K
 - ciclos de 100K W/E, 10 años de retención de los datos
- Periférico integrados

⁴⁶ <http://embedded-system.net/lang/es/coldfire-mcf5223x-microcontroller-with-10100-ethernet-peripheral.htm>

- 10/100 MAC de Ethernet con PHY
- 3 UARTs
- Interfaz periférico serial hecho cola (QSPI)
- Interfaz de autobús de I2C
- 4 ch. contadores de tiempo de 32 bits con la ayuda del acceso directo de memoria
- 4 ch. contadores de tiempo de 16 bits de la captura Compare/PWM
- 2 ch. Contador de tiempo periódico de la interrupción
- 8ch. /de 8 bits o 4ch. /contador de tiempo de 16 bits de PWM
- Reloj en tiempo real
- 2 x 4 ch. pedacito 12 Uno--d al convertidor
- 4 ch. Controlador dma
- Entrada-salida de fines generales hasta 73
- Integración de sistema (perro guardián de PLL, del interruptor)
- Sola fuente 3.3V
- Gama de temperaturas: -40C a 85C

1.2.2 MICRO-CONTROLADOR PIC16F877A⁴⁷.

El micro-controlador PIC16F877A posee las siguientes características:

Memoria de programa de 8Kwords.

Memoria estática RAM de 368 bytes.

Memoria EEprom de 256 bytes.

Tres temporizadores con fuente de interrupción.

Modulo comparador, PWM y capturador.

Ocho canales analógicos de 10 bits.

Puerto Seria Sincrónico y Asincrónico.

⁴⁷ PIC16F87XA DATASHEET

La Figura 1.17, muestra la distribución de pines del micro-controlador.

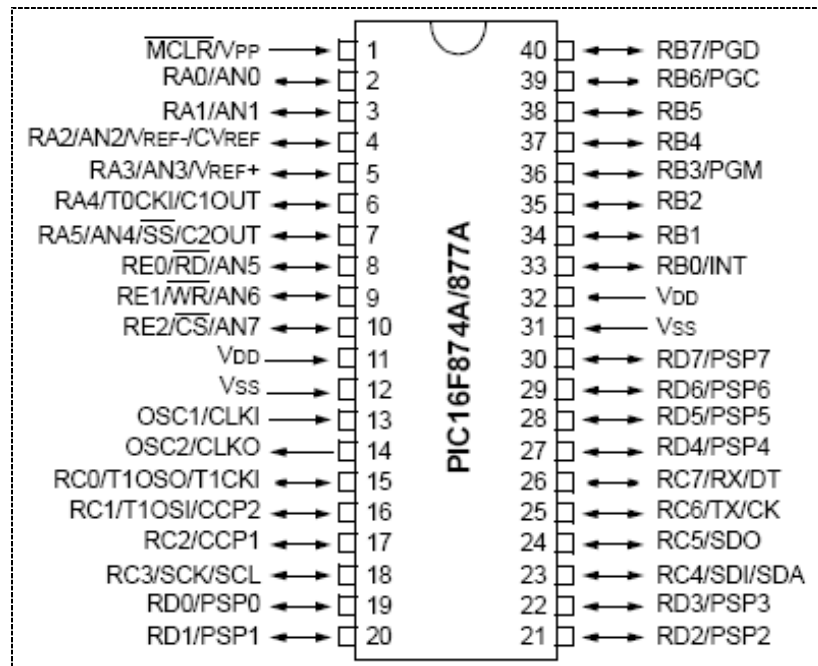


Figura 1.17. Distribución de pines del PIC16F877A⁴⁸.

El PIC16F877A, es diseñado con la tecnología HARVARD, en la que la memoria de programa y datos poseen buses diferentes, para intercambiar datos con la ALU (unidad aritmética lógica), razón por la cual es posible que la memoria de programa sea de 13 bits y la memoria de datos sea de ocho bits.

El micro-controlador, tiene un conjunto reducido de instrucciones (RISC), en total 35 con lo cual se puede realizar las líneas de programación de acuerdo a los requerimientos de cada aplicación.

Dado que para intercambiar datos entre el ENC28J60 y el micro-controlador se utiliza el puerto sincrónico SPI, en los siguientes párrafos se detalla los modos de operación y configuración en el micro-controlador.

1.2.2.1 Puerto SPI.

El puerto SPI, permite transmitir y recibir simultáneamente 8 bits de datos en forma sincrónica y soporta cuatro modos, la Figura 1.18 muestra los pines que se utilizan:

⁴⁸ PIC16F87XA DATASHEET

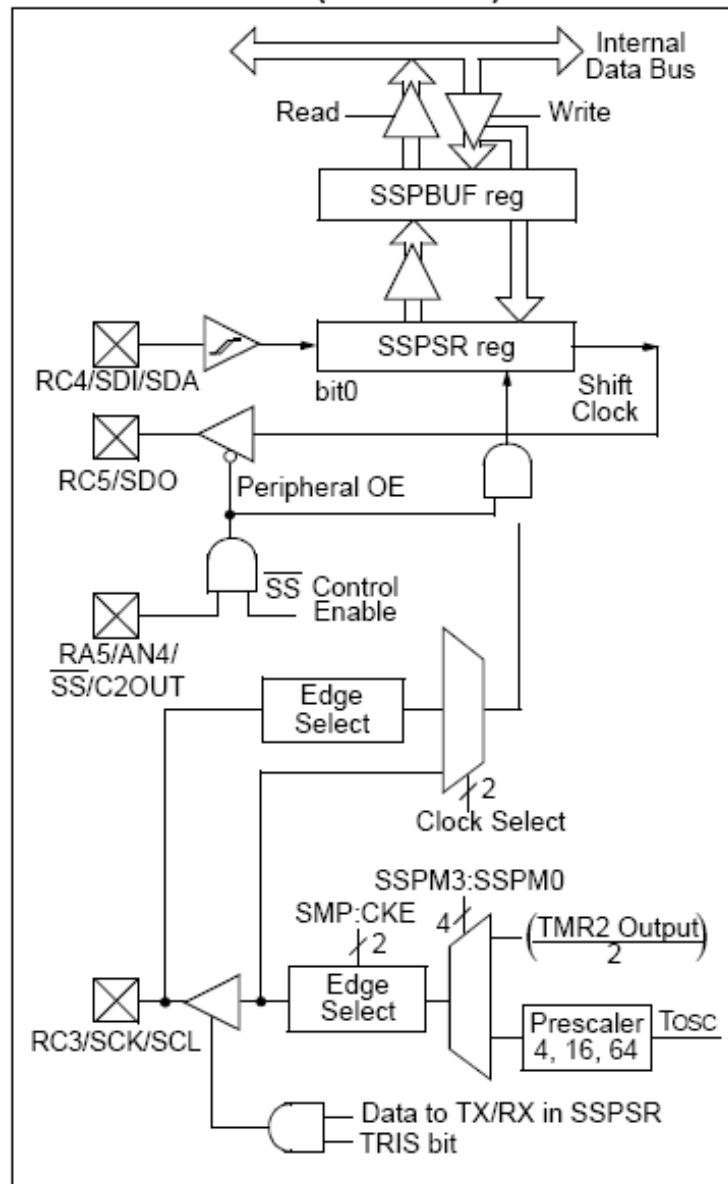


Figura 1.18. Puerto SPI⁴⁹.

1.2.2.1.1 Registro Módulo SPI.

Los registros de configuración del módulo SPI, se detallan a continuación.

Registro de estado SSPSTAT

La Tabla 1.9, describe la función de cada bit del registro SSPSTAT.

⁴⁹ PIC16F87XA DATASHEET

SMP	CKE	D/A	P	S	R/W	UA	BF
<p>SMP (Bit de muestreo). Este sirve para configurar el tiempo en dónde se muestrea ya sea en medio o al final de la señal de reloj.</p> <p>1=Muestrea al inicio</p> <p>0=Muestrea al final.</p>							
<p>CKE (selección de reloj): Con este bit se configura el modo de transmisión con la señal de reloj, si el dato se transmite al pasar al modo activo o inactivo de la señal de reloj (estado definido en el bit CKP del registro SSPCON).</p> <p>1=transmite el dato si la señal de reloj pasa de activo a inactivo</p> <p>0=transmite el dato si la señal de reloj pasa de activo e inactivo.</p>							
<p>BF (Buffer lleno): Sirve para detectar si la recepción de un dato esta completa.</p> <p>1= recepción completa</p> <p>0= recepción no completada.</p>							
<p>D/A, P, S, UA, bits de configuración si el puerto opera en i2c.</p>							

Tabla 1.9. Registro SSPSTAT.

1.2.2.1.2 Registro de control SSPCON

La tabla 1.10, describe la función que desempeña cada bit del registro SSPCON.

WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0
<p>WCOL (detección de colisión de escritura). Detecta si se escribe un nuevo dato si aún no se ha terminado de enviar otro dato.</p> <p>1=Detección de colisión.</p> <p>0=No existe colisión.</p>							
<p>SSPOV (desbordamiento en la recepción): detecta si se recibe un nuevo dato, si aún no se ha procesado el dato anterior.</p> <p>1= recepción nuevo dato, con data anterior no procesado.</p> <p>0= sin desbordamiento.</p>							

<p>SSPEN (Habilitación del puerto serial): Habilita el puerto serial.</p> <p>1= puerto serial habilitado.</p> <p>0= puerto serial no habilitado.</p>
<p>CKP (Polaridad señal de reloj): Estado de la señal de reposo en alto o en bajo</p> <p>1= Estado de reposo en nivel alto</p> <p>0=Estado de reposo en nivel bajo.</p>
<p>SSPM3-SSPM0 (Modo de funcionamiento puerto sincrónico): Define el modo en que opera el puerto sincrónico:</p> <p>0101=SPI ESCLAVO, RELOJ=SCK. PIN SS COMO E/S.</p> <p>0100= SPI ESCLAVO, RELOJ=SCK. PIN SS HABILITADO.</p> <p>0011=SPI MASTER, CLOCK=TIMER 2/2</p> <p>0010=SPI MASTER, CLOCK=Fosc/64</p> <p>0001= SPI MASTER, CLOCK=Fosc/16</p> <p>0000 =SPI MASTER, CLOCK=Fosc/4</p>

Tabla 1.10. Registro de control SSPCON⁵⁰.

1.2.2.1.1 Buffer de recepción/transmisión SSPBUF

El modulo sincrónico consiste de un buffer de Tx/Rx (SSPBUF), en donde para transmitir un dato se debe escribir en el registro SSPBUF, y esperar que la bandera SSPIF se active; mientras que al recibir un dato, se activa el bit BF, y se procede a leer el registro SSPBUF. Para mayor información refiérase al ANEXO 2.

⁵⁰ PIC16F87XA DATASHEET

CAPÍTULO 2

CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE.

En base a la información y características proporcionadas en el capítulo anterior, se procede a detallar los dispositivos electrónicos principales utilizados para la implementación de un Sistema de Control Remoto Mediante la Red Ethernet..

Este capítulo describe el hardware desarrollado, para la comunicación mediante el puerto Ethernet.

La Figura 2.1 muestra el diagrama de bloques del circuito implementado, en dónde, se observa los bloques y la manera que interactúan entre sí. Se detallan en varios bloques a continuación las figuras siguientes muestran los diagrama esquemáticos, en donde se encuentran todos los dispositivos electrónicos, (la tarjeta realizada consta en el ANEXO 3).

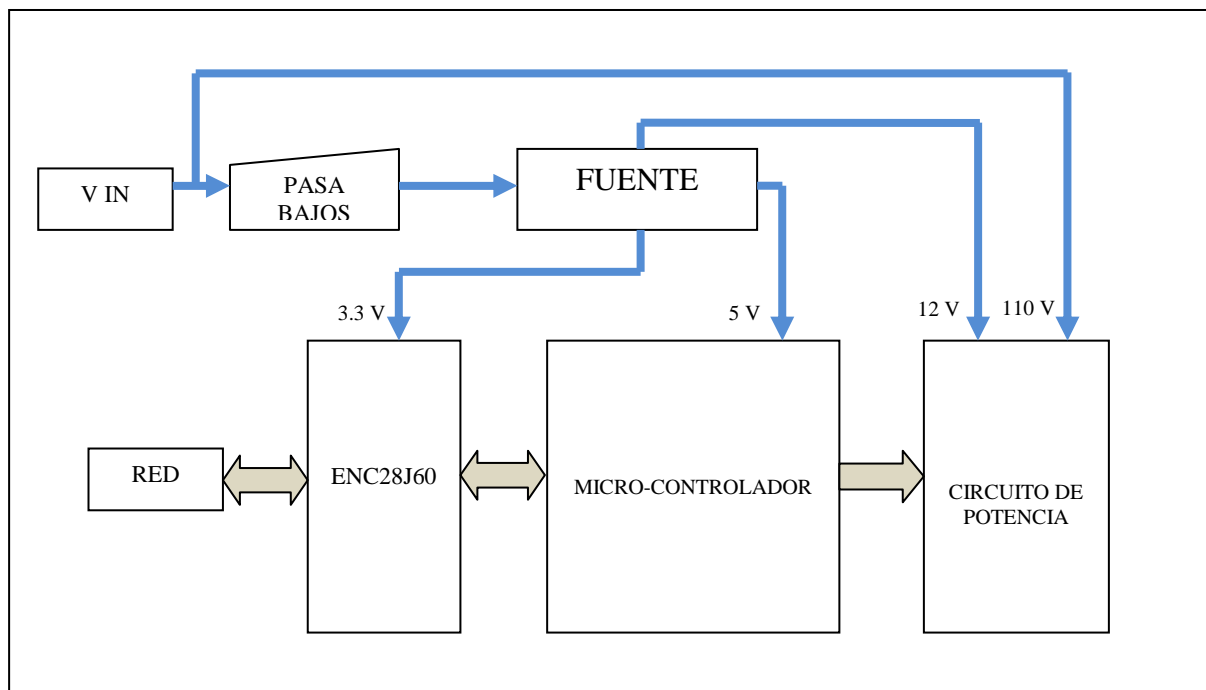


Figura 2.1. Diagrama de bloques de circuito implementado.

Como se puede observar el diagrama de flujo y en el esquemático el circuito se encuentra definido por cinco bloques:

- Fuente de Alimentación.
- Pasa Bajos.
- Micro-controlador.
- Convertidor Ethernet – SPI.
- Circuito de Potencia.

A continuación se procede a detallar cada bloque del diagrama de la Figura 2.1.

2.1 FUENTE DE ALIMENTACIÓN.

La Figura 2.2 presenta los elementos utilizados en la fuente de alimentación, la cual tiene tres voltajes de salida, 12 voltios (V12), 5 voltios (VCC) y 3.3 voltios (VCC1), que alimentan a los demás bloques de la Figura 2.1.

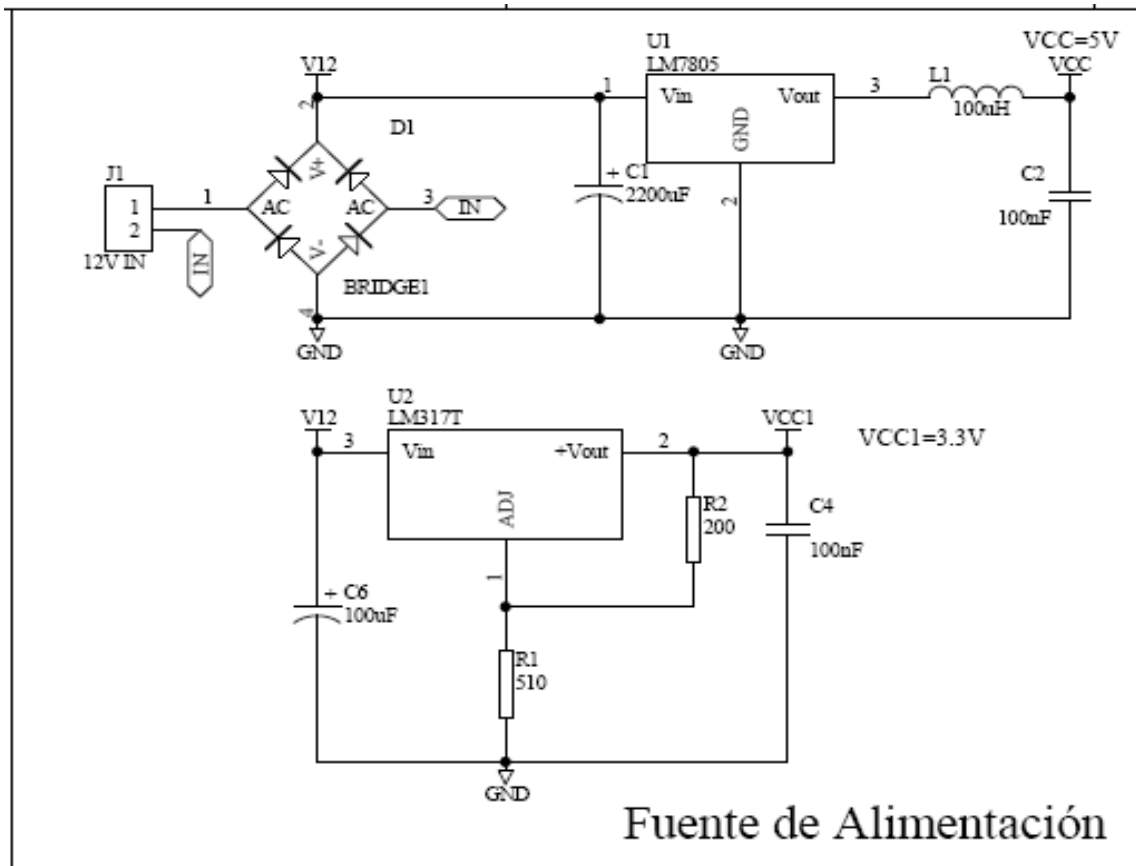


Figura 2.2. Fuente a alimentación.

Los 12 voltios AC sin rectificar que proceden directamente a alimentar al circuito de potencia (circuito a rele). esto se obtiene de la salida del puente de diodos D1, alimenta directamente a las bobinas de los relees del circuito de potencia.

Los 5 voltios AC proceden de la salida del regulador LM7805, que alimenta al micro-controlador, se utiliza este regulador de voltaje fijo de cinco voltios (LM7805) el cual proporciona un voltaje estable, y con una corriente máxima de 1 amperio.

El voltaje de 3.3 voltios es generado mediante un regulador variable (LM317T), y alimenta al transceiver ENC28J60 (convertidor ETHERNET – SPI).

2.2 CIRCUITO PASA BAJOS

En la figura 2.3 se encuentra el circuito pasa bajos, implementado como protección, que está caracterizado por permitir el paso de las frecuencias más bajas y atenuar las frecuencias más altas. De la teoría se obtiene que los filtros están caracterizados por sus funciones de transferencia, así cualquier configuración de elementos activos o pasivos que consigan cierta función de transferencia serán considerados un filtro de cierto tipo. Esta clase de tipo de filtros deja pasar todas las frecuencias desde 0Hz hasta la frecuencia de corte (f_c) y bloquea todas las frecuencias por encima de f_c . Este filtro no produce desfase en todas las frecuencias de la banda pasante, la ausencia del desfase es importante cuando la señal no es sinusoidal.

Las características del circuito pasa bajos se especifican en el anexo 4.

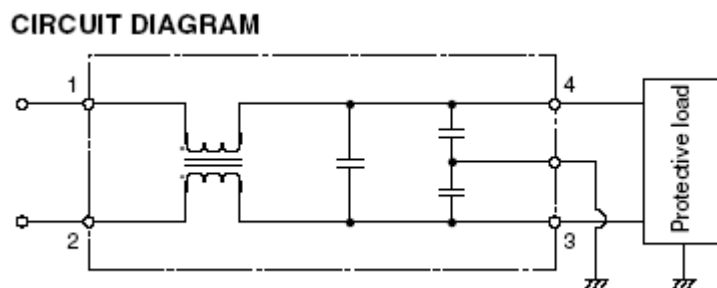


Figura 2.3 Diagrama Circuito Pasa Bajos

2.3 INTERFAZ MICRO-CONTROLADOR.

El micro-controlador es el encargado de procesar los datos recibidos por el puerto serial SPI, proveniente del ENC28j60, la Figura 2.4 muestra el diagrama del micro-controlador, el cual de acuerdo a los datos activa o desactiva los relés.

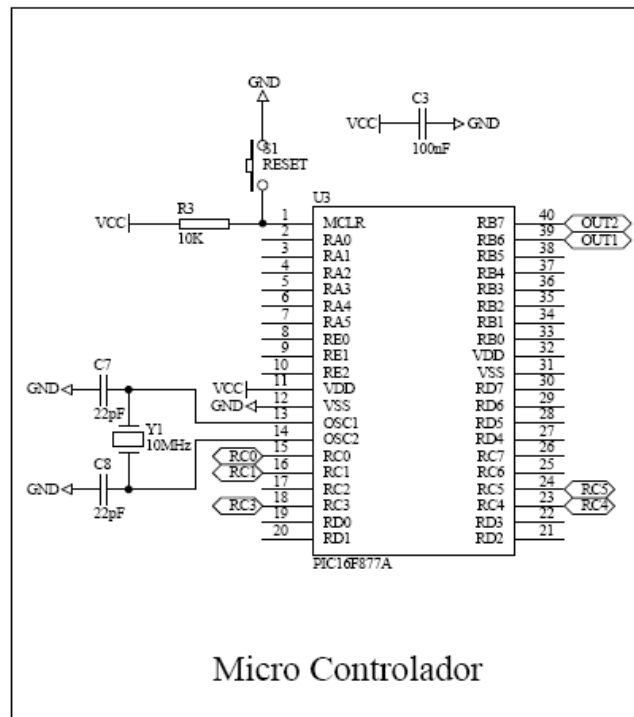


Figura 2.4 Micro-controlador

Los pines del puerto SPI del micro-controlador son:

- SI (Serial Input): Portc.4.
- SO (Serial Output): Portc.5.
- SCK (Clock): Portc.3.
- CS (Chip Select): Portc.1.

El Puerto SPI del micro-controlador se encuentra configurado con las siguientes características:

Frecuencia de la señal SCK: 10MHz.

Operación Modo 0, señal de reloj activa en alto, 8 bits de transmisión.

La Figura 2.5 muestra los niveles de voltaje del puerto SPI en modo 0.

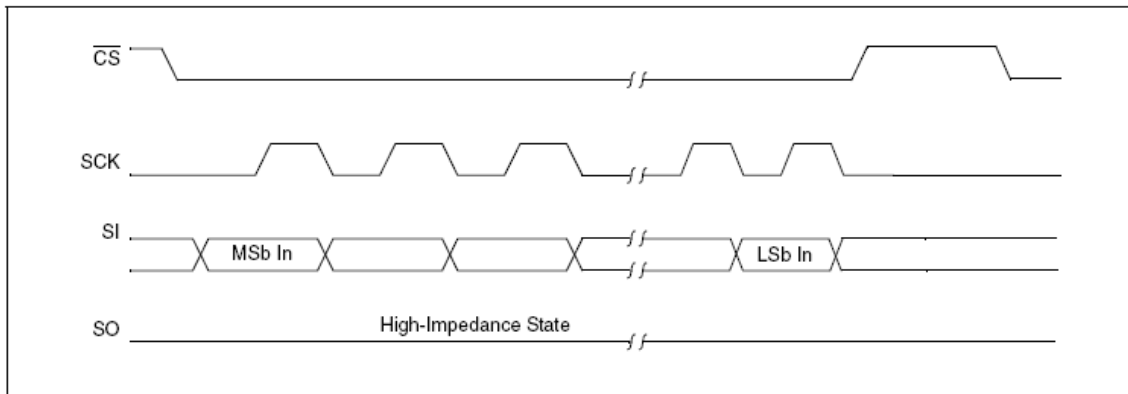


Figura 2.5. Puerto SPI en modo 0.

2.4 INTERFAZ ETHERNET-SPI (TRANSCEIVER ENC28J60).

El transceiver convierte los datos Ethernet a SPI, es decir a niveles lógicos 0 y 3.3 voltios, el ENC28j60 es capaz de soportar niveles de voltaje TTL, por lo que se puede conectar datos que provienen del micro-controlador directamente; mientras los datos que salen del ENC28j60 hacia el micro-controlador es necesario convertirlos a niveles TTL, para lo cual se utiliza una compuerta lógica OR.

Los datos provenientes del puerto Ethernet, se acondicionan de acuerdo a la hoja de datos del ENC28j60, (Anexo 1), para que cumpla con la norma estándar de transmisión a 10Mbps, para lo que se utilizan resistencias e inductancias de ferrita para eliminar el ruido proveniente de la red, la Figura 2.6 muestra el circuito relacionado con el transceiver.

La inductancia L2 de la Figura 2.6, elimina el ruido, la cual debe tener un núcleo de ferrita y soportar una corriente de 80mA.

La resistencia R8 de la Figura 2.6 se conecta a la circuitería interna analógica (RBIAS) a tierra, como parte de la circuitería externa estándar que se necesita el modulo PHY, que influye directamente a la amplitud de las señales TPOUT+ y TPOUT-, evitando ruido de acoplamiento para completar la interfaz y esta debe ser de un valor de 2.3KΩ, mayor información anexo 1.

El capacitor C9, de la figura 2.6 sirve para estabilizar el voltaje de 2.5 V del regulador interno del ENC28J60, y este debe ser un valor entre 1uF a 10uF como

parte de la circuitería externa estándar que necesita el módulo PHY, mayor información anexo 1.

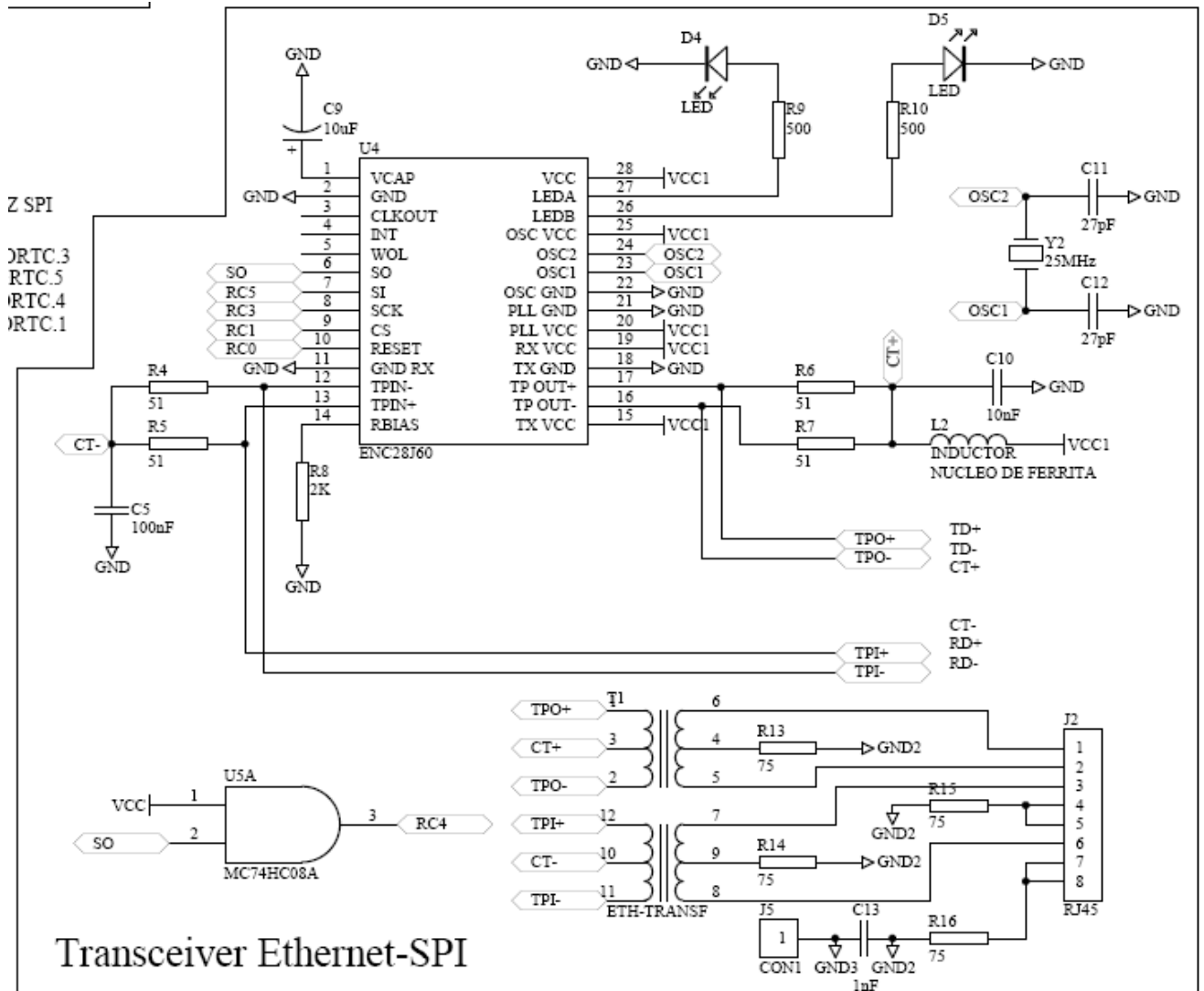


Figura 2.6. Circuito relacionado con el ENC28J60.

2.5 CIRCUITO DE POTENCIA.

El circuito de potencia se encuentra conformado por dos relés que poseen las siguientes características.

- Bobina: 12 Voltios.
- Contactos: Corriente máxima 10 amperios a 120 voltios.

Dado que la corriente al momento de activar la bobina del relé se encuentra alrededor de los 200 mA y su voltaje de alimentación es de 12 voltios, es

necesario utilizar una interfaz entre el micro-controlador y el relé, dicha interfaz se lo realiza mediante transistores NPN (2N3904). Para mantener activado el relé, el micro-controlador debe enviar un 1 lógico, y por el contrario para mantener desactivado el relé se debe enviar un 0 lógico, la Figura 2.7 muestra el diagrama de potencia.

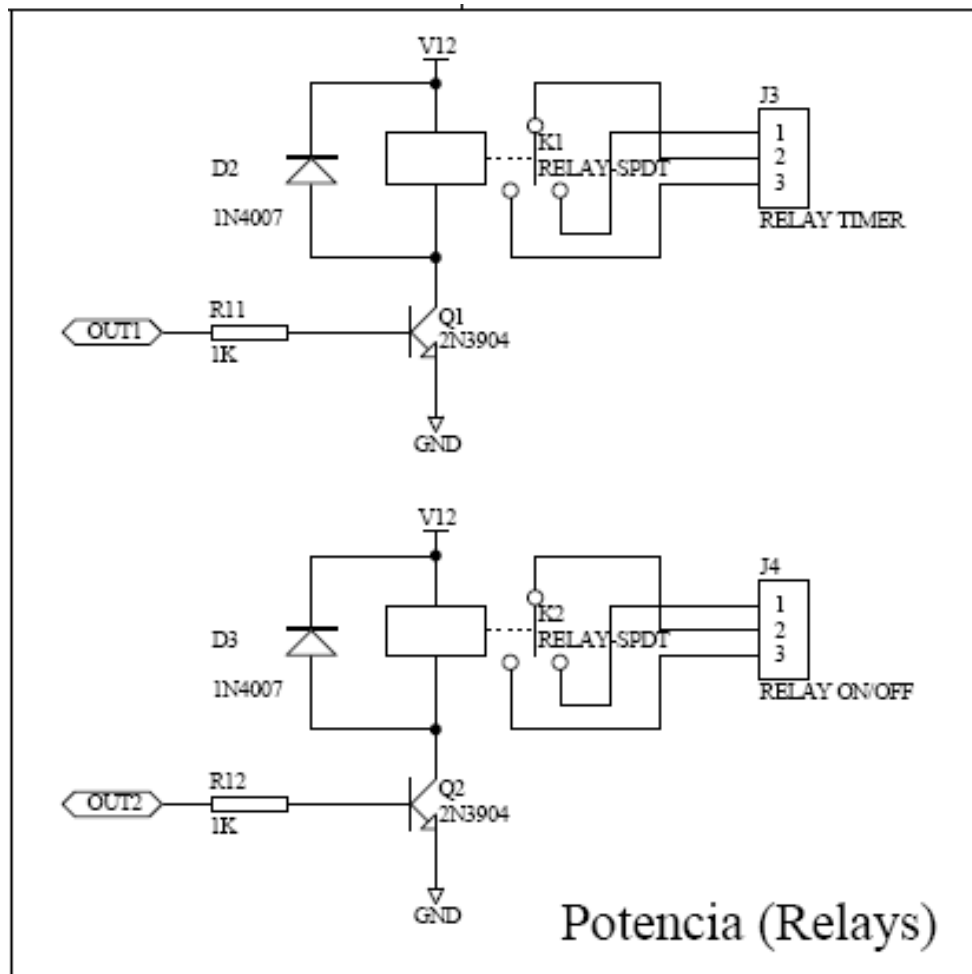


Figura 2.7. Circuito de Potencia.

2.6. DIAGRAMA CIRCUITAL DEL EQUIPO.

La Figura 2.8 muestra el diagrama esquemático por bloques, en donde constan todos los dispositivos electrónicos, en la Figura 2.9 muestra el diagrama circuital, en donde consta toda la interconexión de todos los bloques del diagrama esquemático, donde se observa todas las conexiones anteriormente descritas en cada uno de los bloques, las pruebas de los resultados de detallan en el capítulo 4 (la tarjeta realizada consta en el ANEXO 3).

El diseño de la placa y la posición de los elementos de la misma se muestran en la Figura 2.10(a) y 2.10 (b), respectivamente.

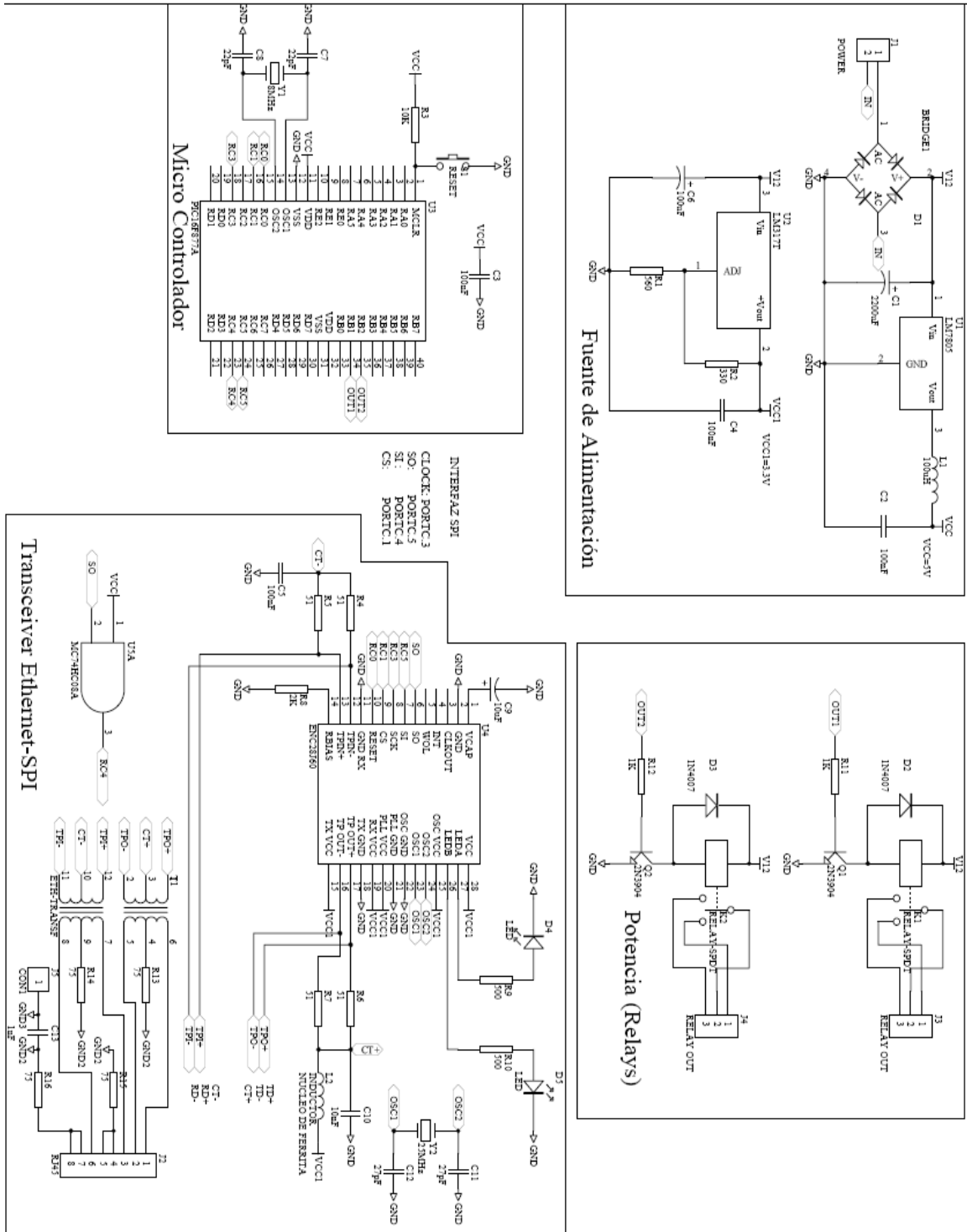
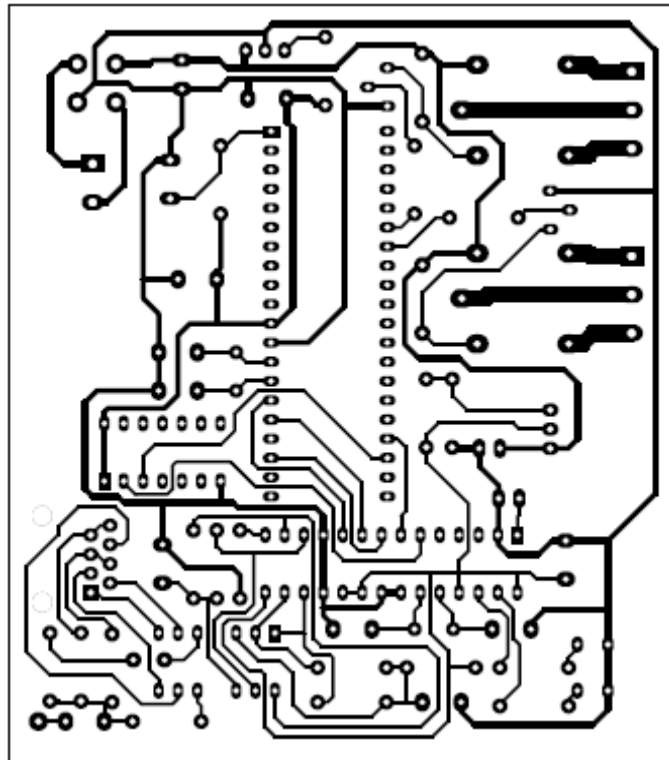


Figura 2.8. Diagrama esquemático en bloques.

Figura 2.9. Diagrama esquemático



(a)

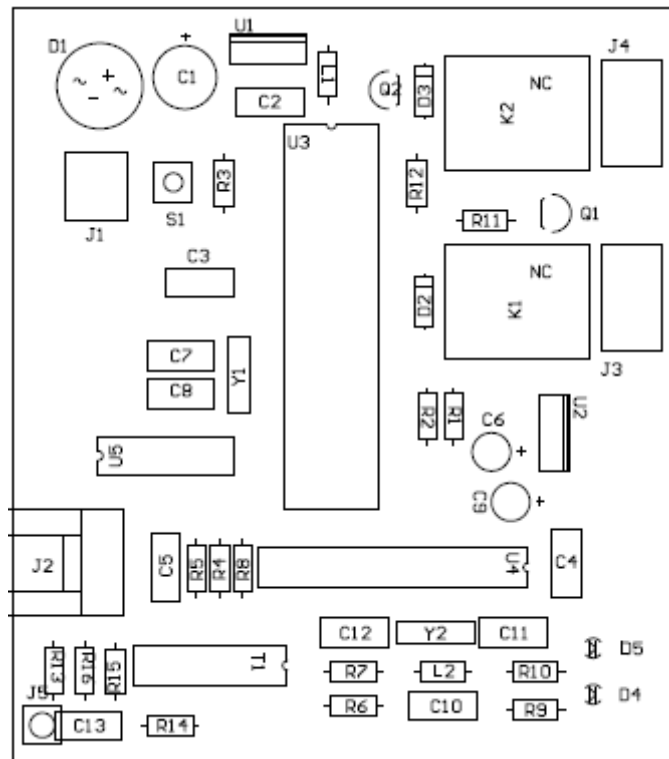


Figura 2.10. (a) Circuito impreso, (b) Posición elementos.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE

Esta sección describe el diseño del software de acuerdo a los requerimientos necesarios para la implementación del Sistema de Control Remoto Mediante la Red Ethernet, dada en el capítulo 1 y por medio del hardware diseñado mencionado en el presente capítulo, para lo cual es necesario diseñar un software específico para el microcontrolador ENC28j60. En el Anexo 5, se encuentra el programa realizado en assembler del microcontrolador.

3.1 COMPILADOR.

El software utilizado para crear el programa del micro-controlador el Mikrobasic, que utiliza lenguaje de programación similar al BASIC. Una vez creado el código, este se compila y es generado el código hexadecimal, que es descargado al micro-controlador.

El MikroBasic además de las instrucciones similares al BASIC, contiene librerías que son específicas para ser utilizadas para los micro-controladores de microchip, como por ejemplo utilización del puerto SPI, serial, I2c, Pwm, convertidores Análogos digitales, etc.

Además de las librerías específicas para estos micro-controladores, posee librerías para comunicarse con otros dispositivos; como por ejemplo, teclados, memorias flash, pantallas de cristal líquido alfanuméricas, puerto Ethernet-SPI utilizando el ENC28j60, que el integrado utilizado en la aplicación, razón por la cual se procede describir las librerías inherentes a este punto.

3.1.1 LIBRERÍAS ETHERNET-SPI.

Estás librerías sirven para inicializar el puerto SPI del micro-controlador e inicializar el modo de operación del convertidor (velocidad, modo de transmisión, dirección IP y MAC).

3.1.1.1 Inicialización Del Puerto SPI (SPI_Ethernet_Init).

Esta librería inicializa la forma como se encuentra conectado entre el PIC y ENC28j60, además la forma cómo interactúan entre sí. Los parámetros de esta librería son:

SPI_Ethernet_Init(resetPort, resetBit, CSportPtr , CSbit, mac as byte[6], ip as byte[4],fullDuplex)

Dónde:

- ResetPort: Puerto al que se encuentra conectado el pin reset del ENC.
- Resetbit: Número de pin del puerto conectado el reset.
- CSportPtr: puerto al que se encuentra conectado el pin CS del ENC.
- CSbit: número de pin del puerto conectado al CS.
- MAC: dirección MAC asignada.
- IP: dirección ip asignada.
- FullDuplex: Modo de transmisión, también puede ser HalfDuplex.

El siguiente ejemplo muestra la utilización de la librería.

‘Definición de la dirección física MAC

myMacAddr[0] = 0x00

myMacAddr[1] = 0x14

myMacAddr[2] = 0xA5

myMacAddr[3] = 0x76

myMacAddr[4] = 0x19

myMacAddr[5] = 0x3F

Definición de la dirección IP

myIpAddr[0] = 192

myIpAddr[1] = 168

myIpAddr[2] = 20

myIpAddr[3] = 60

Considerando éstos parámetros la librería sería:

`SPI_Ethernet_Init(PORTC, 0, PORTC, 1, myMacAddr, myIpAddr, SPI_Ethernet_FULLLDUPLEX).`

3.1.1.2 Procesamiento De Datos (SPI_Ethernet_Dopacket).

Esta subrutina procesa los datos recibidos de la red ya utilizando los protocolos TCP o UDP. El siguiente ejemplo muestra la utilización de la librería.

SPI_Ethernet_doPacket()

3.1.1.3 Escritura Por Byte (SPI_Ethernet_Putbyte).

Esta subrutina transmite un byte desde el micro-controlador hacia la red. El siguiente ejemplo muestra su utilización y un valor x a transmitirse.

SPI_Ethernet_putByte(0xa0)

3.1.1.4 Lectura Por Byte (SPI_Ethernet_Getbyte).

Para leer un dato tipo byte del ENC se utiliza esta librería. Su instrucción es la siguiente:

b = SPI_Ethernet_getByte

3.1.1.5 Escritura Por Medio De TCP (SPI_Ethernet_Usertcp).

Esta librería retorna la longitud en bytes en respuesta de una petición HTTP, si no existe ningún valor esta devuelve el valor cero. Para utilizar esta librería es necesario especificar la dirección IP del equipo remoto al cual se envía el dato, su formato es.

`SPI_Ethernet_UserTCP(remoteHost as byte[4], remotePort, localPort, reqLength)`

Dónde:

RemoteHost: Dirección IP del Equipo Remoto

RemotePort: Valor del puerto de enlace del equipo remoto.

LocalPort: Valor del puerto del convertidor.

ReqLength: Longitud.

3.1.1.6 Escritura Por Medio De UDP (SPI_Ethernet_Userudp)

Retorna la longitud en bytes en respuesta de una petición UDP, si no existe nada para transmitir devuelve cero. Su formato es el siguiente:

SPI_Ethernet_UserUDP(remoteHost as byte[4], remotePort, destPort, reqLength).

Dónde:

RemoteHost: Dirección del Equipo Remoto

RemotePort: Valor del puerto de enlace del equipo remoto.

DestPort: Valor del puerto del convertidor.

ReqLength: Longitud.

3.2. DIAGRAMAS DE FLUJO.

De acuerdo al programa desarrollado (Ver Anexo 5), este se encuentra dividido en las siguientes partes.

3.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO PRINCIPAL.

El diagrama de flujo principal es la parte en donde se declaran los nombres de las variables y su tipo (byte, word, integer, etc), la configuración del micro-controlador (entradas-salidas digitales, configuración de interrupciones de los temporizadores, modo de operación del timer 0), inicialización de las variables e inicialización del puerto SPI (modo 0). La Figura 3.1 muestra el diagrama del flujo del código principal.

Una vez realizada inicialización del puerto SPI, el programa ingresa en un lazo principal el cual lee y transmite datos entre el convertidor y micro-controlador.

Una vez obtenido los datos provenientes de la red se procede a activar los relés según sea el caso (Temporizada, sin temporización).

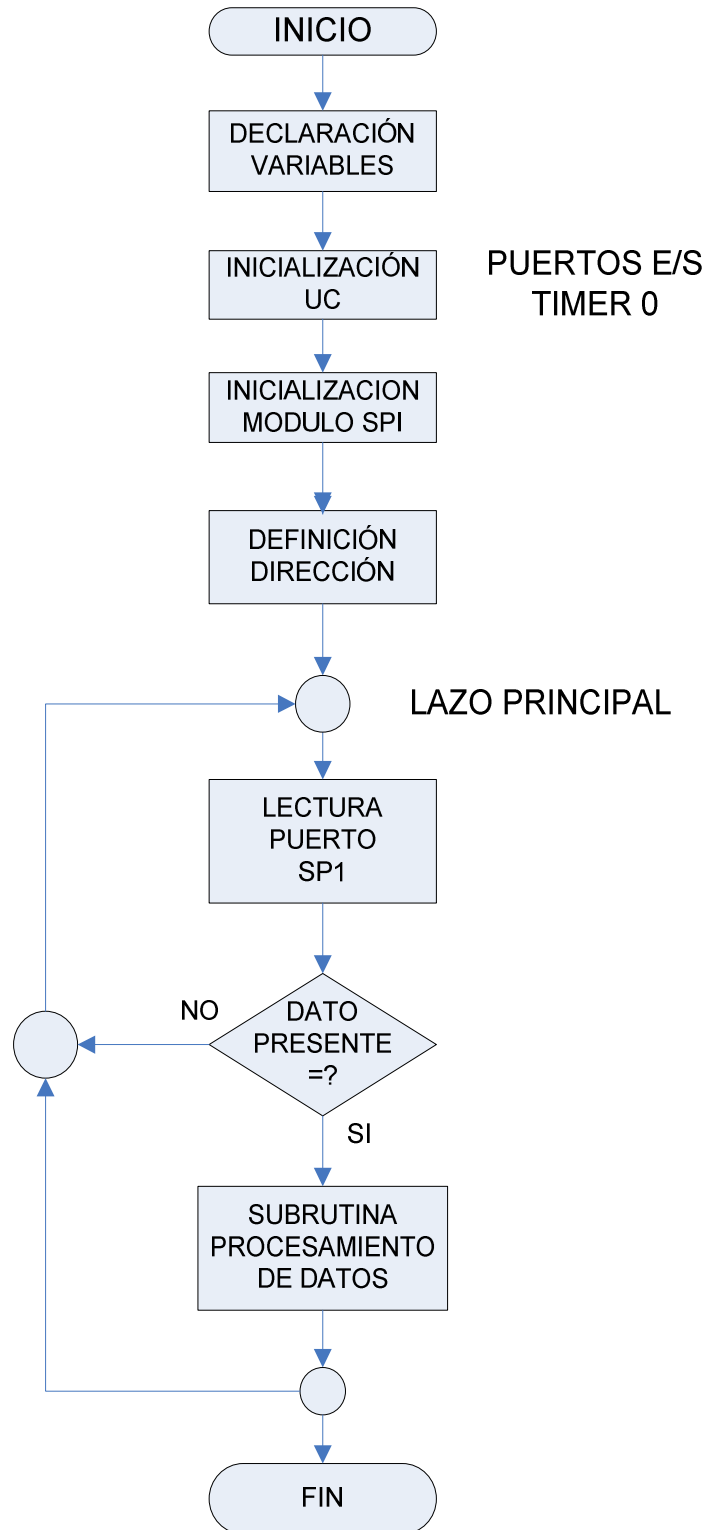


Figura 3.1. Diagrama de flujo principal.

3.2.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE RECEPCIÓN DE DATOS.

Este diagrama muestra el procesamiento de los datos recibidos mediante la utilización de las librerías descritas en la sección 3.1.1. La Figura 3.2 muestra el diagrama de flujo correspondiente.

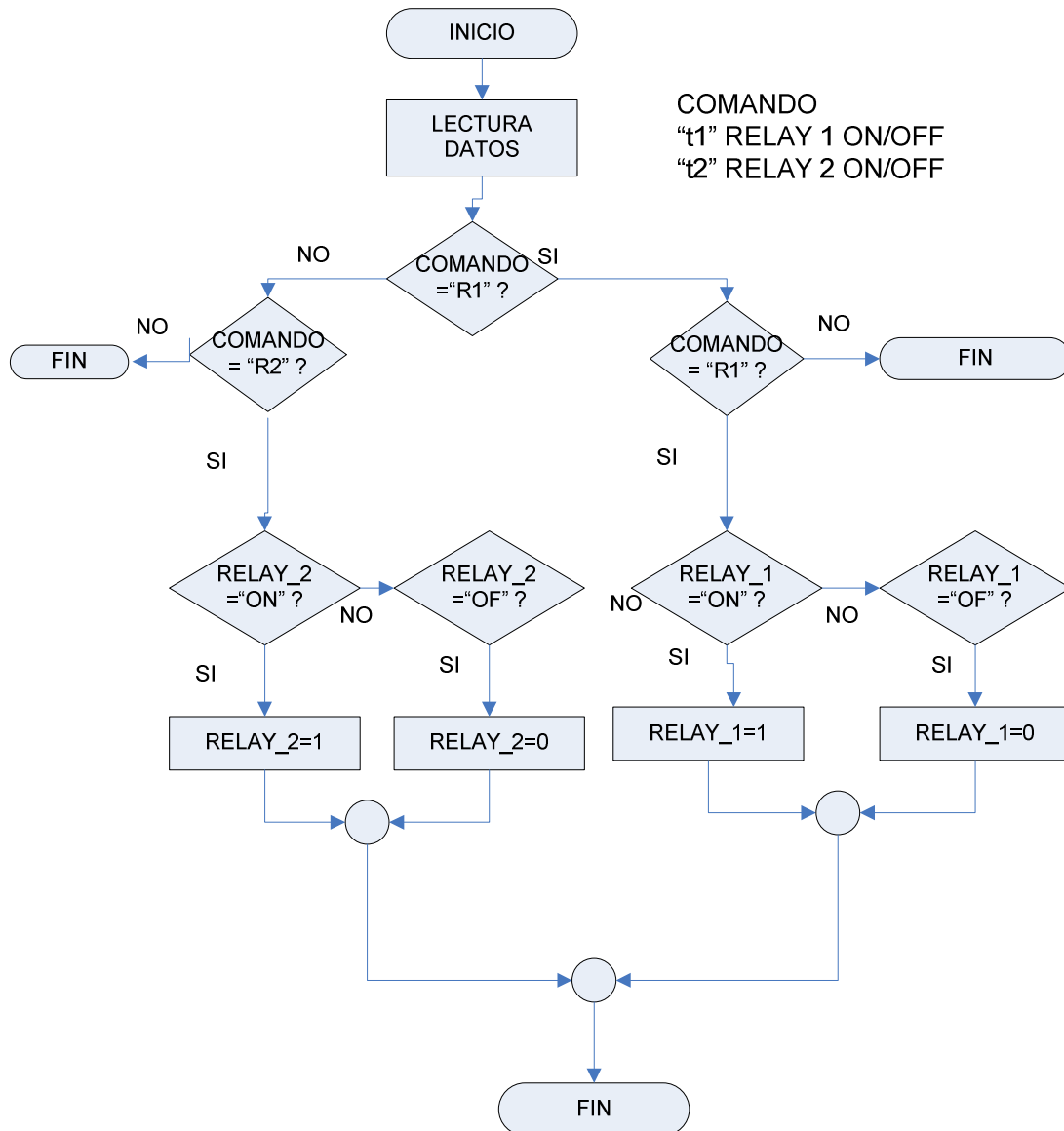


Figura 3.2. Diagrama de flujo para el procesamiento de comandos.

La lectura de los datos se lo realiza mediante la subrutina `SPI_Ethernet_Getbyte()`, en lazo repetitivo según sea la longitud del comando, con lo cual se procede a compararlo con los comandos implementados en el micro-

controlador (prendido y apagado de los relés) mediante la utilización de estructuras IF THEN ELSE.

Los datos permiten cambiar el estado (encender o apagar) actual de los relés, se puede enviar desde cualquier programa que permita transmitir datos mediante red, para lo cual es necesario apuntar a la dirección IP (192.168.20.60) de clase C asignada en el programa desarrollado, y seguir una secuencia de comandos. Los datos son válidos si siguen la siguiente secuencia, caso contrario los datos recibidos son ignorados.

3.2.2.1 Temporización Del Relé Con Retardo.

El formato de los datos es mediante valores ASCII y es:

“R1”+”Tiempo de retardo (3 byte) en minutos”

El siguiente ejemplo muestra la activación del relay por 90 minutos.

“R1090”.

Dado que el tiempo de retardo posee tres bytes, el tiempo máximo es de 999 minutos.

3.2.2.2 Encendido – Apagado Del Relé Sin Retardo.

El formato de los datos es mediante valores ASCII y es válido si se tiene la siguiente estructura:

“rx”+”on” encendido

“rx”+”of” apagado

El siguiente ejemplo muestra la activación del relay.

“rx on”.

Dónde: x puede ser 1,2. Cabe indicar que el comando sólo reconoce letras minúsculas.

3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE RESPUESTA DE DATOS.

La Figura 3.3 muestra el diagrama de flujo de interrupción del timer 0.

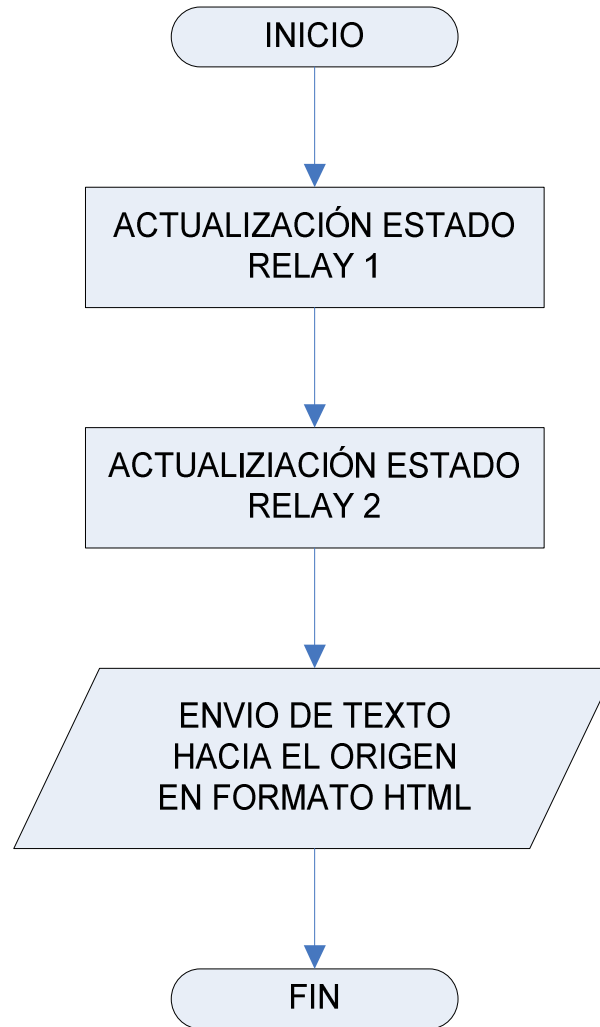


Figura 3.3 Diagrama de flujo de reenvío de datos.

Dado que la comunicación es mediante TCP, el micro-controlador devuelve datos hacia la fuente, en formato de texto HTML (ANEXO 6), con lo cual se elimina la necesidad de desarrollar un software adicional, en cada máquina remota, sino por el contrario para acceder remotamente a la tarjeta sólo es necesario poseer un navegador de internet como por ejemplo **Internet Explorer**, **Mozilla FireFox**, entre otros, en los cuales se puede visualizar el estado de los relés.

3.2.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE TEMPORIZACIÓN.

La Figura 3.3 muestra el diagrama de flujo de interrupción del timer 0.

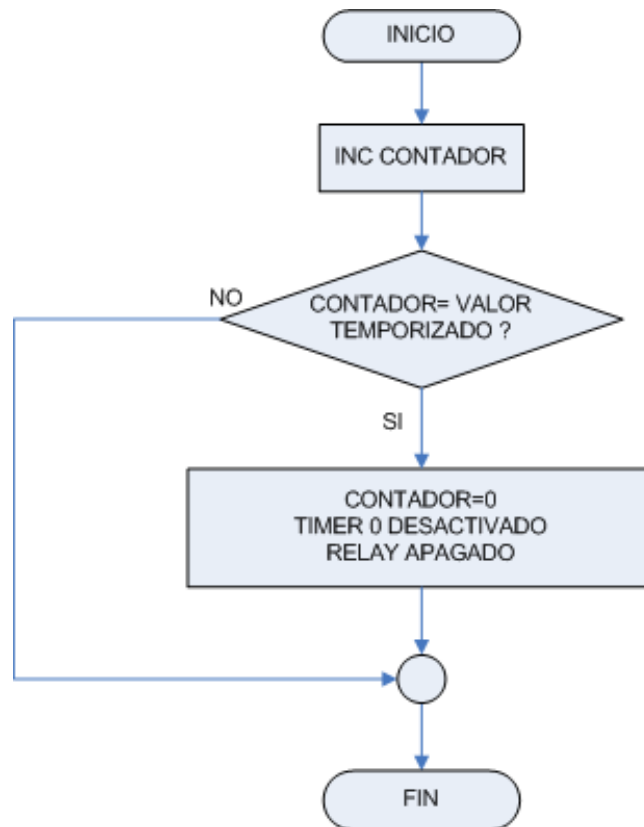


Figura 3.3 muestra el diagrama de flujo de interrupción del timer 0

Para generar el retardo del relay con temporización se hace mediante el timer 0, el cual está configurado con un pre-escaler de 256, es decir una multiplicación del tiempo por 256 veces, el cálculo de la interrupción por desbordamiento del mismo se procede de la siguiente manera:

Tiempo máximo Timer 0 = $4 \cdot 256 \cdot 256 / 10 \text{ Mhz} = 2.66 \text{ ms}$.

Dado que el tiempo máximo es alrededor de 2.66 ms, es necesario, generar un contador auxiliar para que la cuenta se realice en minutos. La Figura 3.3 muestra el diagrama flujo para el código creado para la interrupción.

Una vez que el contador auxiliar es igual a cero el rele es apagado nuevamente en espera de recibir un comando de activación por medio de red.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Las pruebas realizadas se muestran en los siguientes gráficos, los cuales se detallan a continuación.

La Figura 4.1, muestra las formas de onda generadas con la interfaz SPI, entre el micro-controlador y en ENC28J60.

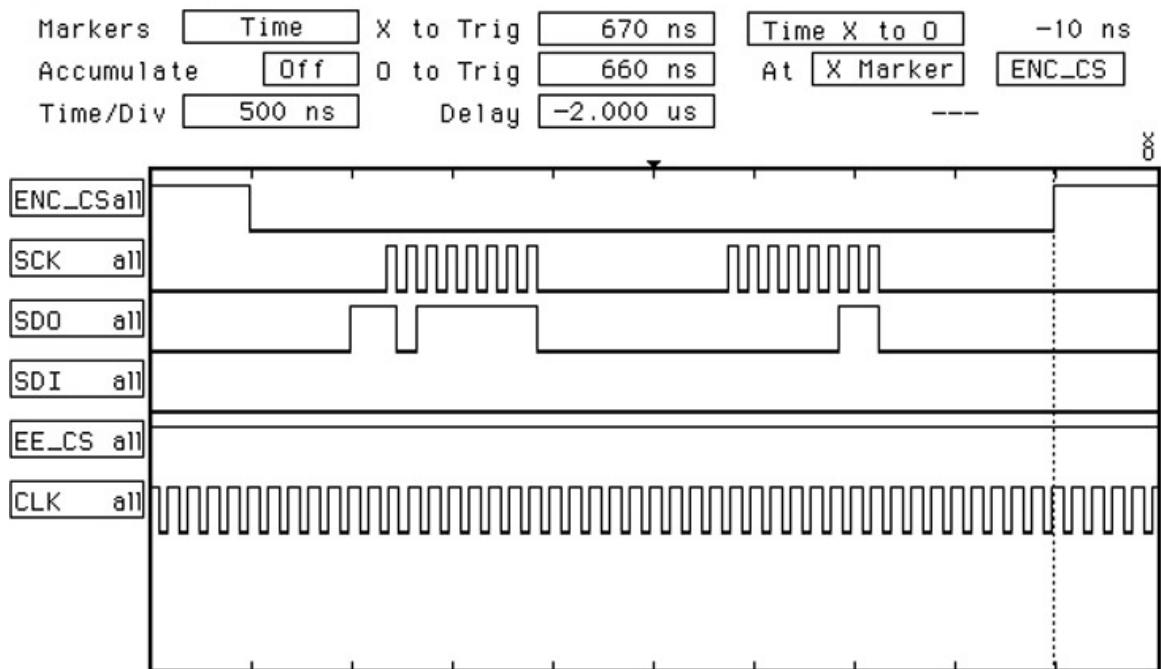
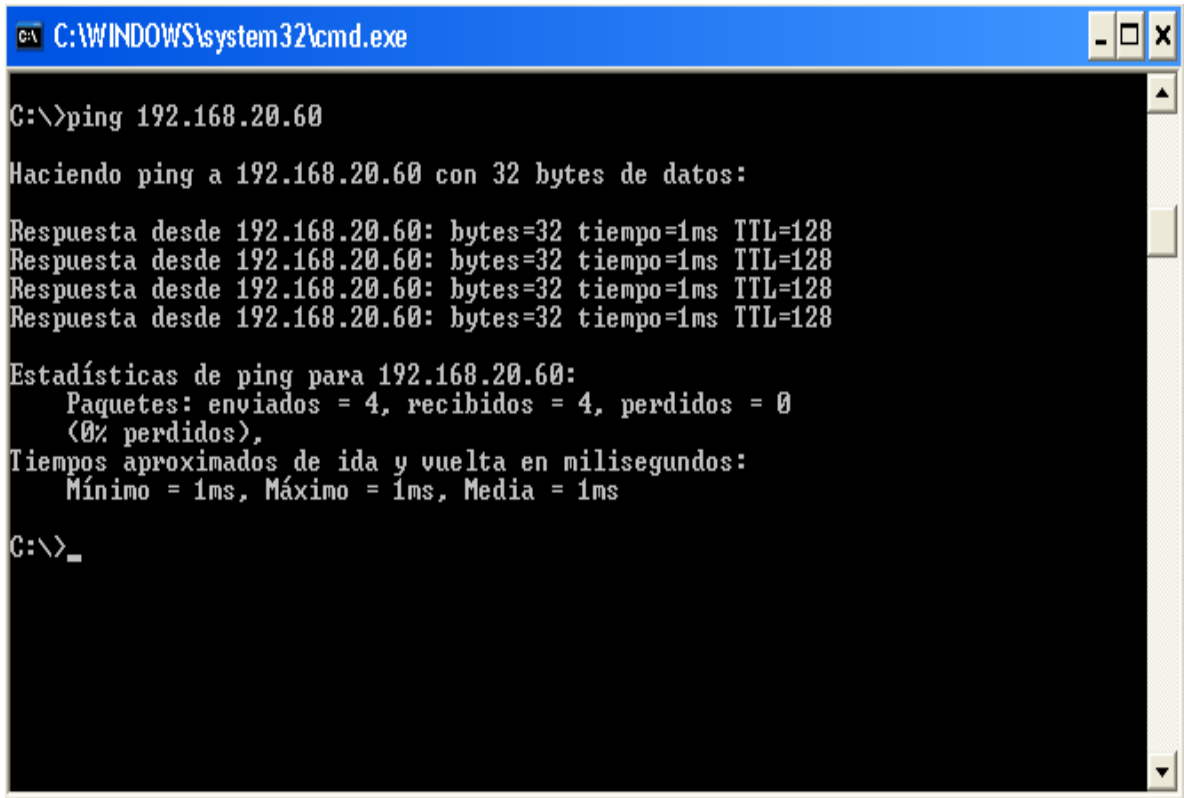


Figura 4.1. Señales protocolo SPI.

La señal de habilitación CS del ENC28J60, debe estar en un nivel lógico bajo, para que la interfaz se encuentre habilitada, y generar los datos seriales de entrada y salida, los cuales son sincronizados mediante la señal de reloj.

Para verificar el tiempo de respuesta de la tarjeta se puede utilizar la ventana de D.O.S. que se lo puede visualizar accediendo de la siguiente forma:

Inicio- ejecutar- escribimos el comando CMD y aceptar, en esta ventana que se a desplegado utilizaremos el comando llamado PING, el cual es necesario especificar la dirección de IP de la tarjeta a probar, la Figura 4.2, muestra el valor devuelto al realizar el comando "PING 192.168.20.60".



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\>ping 192.168.20.60

Haciendo ping a 192.168.20.60 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.20.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.20.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.20.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.20.60: bytes=32 tiempo=1ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.20.60:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
    Mínimo = 1ms, Máximo = 1ms, Media = 1ms

C:\>_
```

Figura 4.2. Tiempo de respuesta de la tarjeta.

Dado que la tarjeta diseñada opera en una red LAN privada con un servidor 192.168.20.1 que solo permite la salida de los terminales hacia el exterior (salida a internet), para este caso en la red LAN privada 192.168.20.0 de clase C en la cual se realizo las pruebas conectados a través de un switch, para acceder a él solo es necesario tener a disposición un navegador para internet como por ejemplo el Mozilla FireFox, Internet Explorer y poner la dirección <http://192.168.20.60/t>, dentro de los terminales que conforman la red privada, la tarjeta frente a esta petición devuelve el valor de los relees el cual se muestra en la Figura 4.3.



Figura 4.3. Respuesta HTTP de la tarjeta.

Para realizar el estado de los relees se debe presionar en **“Toggle”**, comando al cual devuelve la tarjeta el estado de los relees mediante el indicador **“ON”** u **“OFF”**, y además devuelve un contador que representa en número de peticiones realizadas.

En la figura 4.4 se muestra el estado del Relee 1 desde el Terminal 192.168.20.4 en estado encendido en donde el indicador se encuentra en **“ON”** y el foco conectado a este relee se activa, y el relee 2 en estado apagado y su indicador en **“OFF”** y el foco conectado al relee esta desactivado.

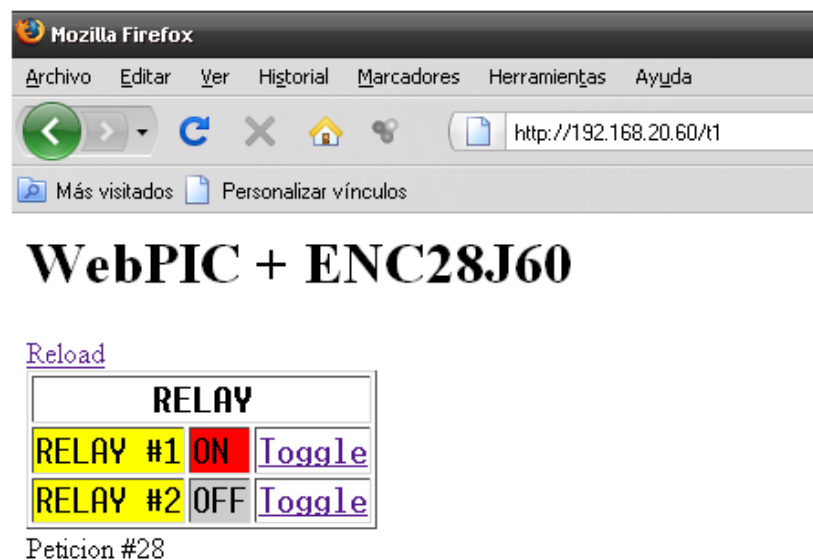


Figura 4.4. Respuesta HTTP de la tarjeta Relé 1 Encendido máquina 4.

En la figura 4.5 se muestra el estado del Relé 1 desde la Terminal 192.168.20.5 en estado apagado en donde el indicador se encuentra en “OFF” y el foco conectado al relee se encuentra desactivado y el relee 2 en estado encendido y su indicador en “ON” y el foco conectado en el relee se activa.

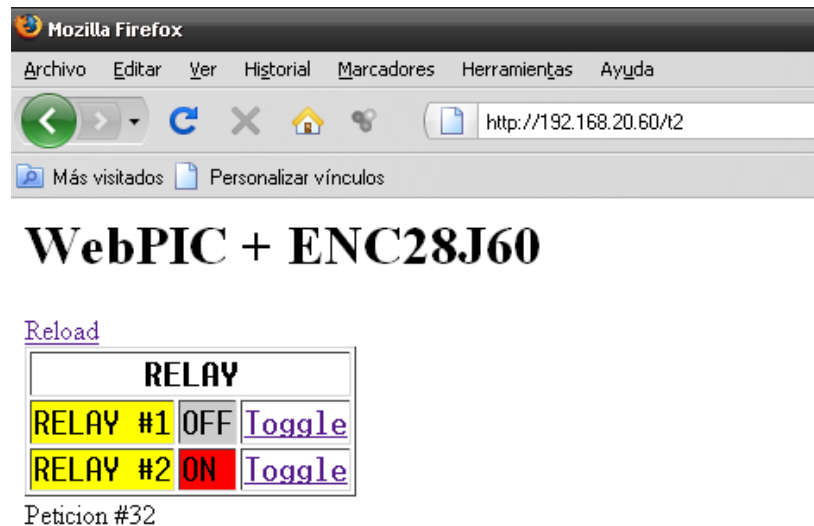


Figura 4.5. Respuesta HTTP de la tarjeta Relé 2 Encendido máquina 5

En la figura 4.6 se muestra el estado del Relee 1 desde el Terminal 192.168.20.6 en estado encendido en donde el indicador se encuentra en “ON” y el foco conectado al relee se activa y el rele 2 en estado encendido y su indicador en “ON” y el foco conectado en el relee se activa.

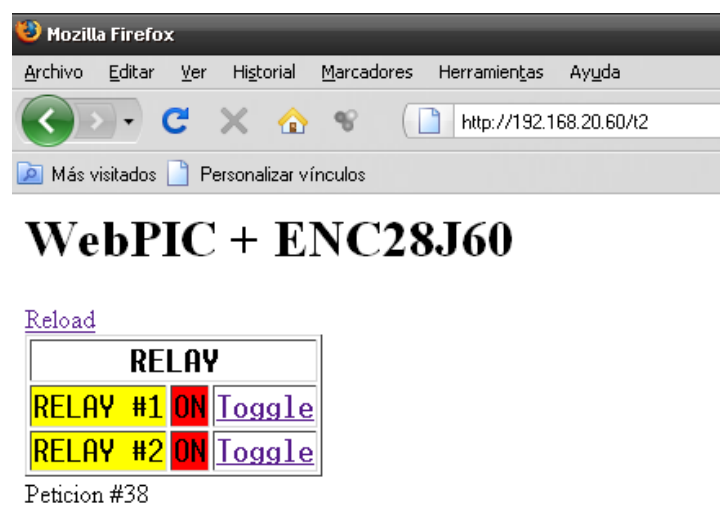


Figura 4.6. Respuesta HTTP de la tarjeta los 2 Relés Encendidos máquina 6

En el Anexo 3 se encuentran fotografías en las cuales se visualiza su funcionamiento con las maquinas que están en la red.

4.1 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Económicos:

Los recursos económicos necesarios para la elaboración de este proyecto serán financiados por los autores.

Tarjeta de desarrollo	\$ 85.00
Gastos generales	\$ 45.00
Total	\$ 125.00

Para la elaboración del presente proyecto contamos con la ayuda y la supervisión del tutor a cargo, contribuyendo con los conocimientos, opiniones, comentarios y aprobaciones acerca del tema de elaboración.

DESCRIPCIÓN	VALOR
Placa de baquelita	\$ 14.00
Microcontrolador ENC28J60	\$ 15.00
Regulador de voltaje	\$ 6.00
PIC16F877A	\$ 13.00
Circuito de potencia	\$ 14.00
Fuente de voltaje	\$ 14.50
Disipadores	\$ 3.50
Otros	\$ 15.00
Construcción y armado proyecto	\$ 30.00
Total	\$110.00

- **Recursos Humanos.**

Para la construcción del proyecto se ha requerido de la participación de:

- Personal para la construcción del Proyecto
- Personal para el ensamblaje de nuevo diseño dinámico (Metalmecánica Armijos)
- Centro de Computo "SERVINET"

- Información del personal de Biblioteca.
- Información y guía de profesor tutor experto en Electrónica de Control.

- **Recursos financieros.**

Se ha cuantificado los costos determinando un presupuesto estimado de \$ 110, con el aporte participativo de cada uno de los integrantes del proyecto.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 CONCLUSIONES

- La velocidad de conexión con la red es a 10 Mbps, Tecnología 10BaseT, el tipo de cable es Par Trenzado a una distancia máxima de 100m, topología Estrella (Hub o Switch)
- Se ha construido un dispositivo que permita encender y apagar un equipo eléctrico en una red LAN, en el Ceyber Servinet donde se realizaron las pruebas ubicada en la Parroquia de Conocoto cantón Quito provincia de Pichincha.
- Mediante la consulta sé ha estudiado diferentes tipos de integrados ethernet (ENC28J60, Intel LXT971A, Ethernet (SH7619), Freescale ColdFire MCF5223x); sus características, ventajas y desventajas que presentan, y el rendimiento necesario para que el dispositivo sea utilizado como un sistema estándar.
- Se determinó que el puerto serial SPI del microcontrolador se utiliza para enviar y recibir datos con el integrado Ethernet ya que este integrado utiliza la interfaz sincrónica estándar que requiere solo cuatro líneas (chip select, tx data, rx data y clock) para conectarse.
- Como todos los dispositivos de red, la tarjeta diseñada interactúa automáticamente al ser conectada, para lo cual se dispone de leds indicadores en donde se observa dicha interacción.
- Dado que el software diseñado, responde en una red LAN privada con un servidor que solo permite la salida de los terminales al internet, para enviar información o pedir datos, solo basta acceder a un navegador de internet

(Internet Explorer, Mozilla, etc.), y direccionar a la dirección de la tarjeta (192.168.20.60), por lo cual no es necesario diseñar un software especial.

- El nivel conectividad es correcto, ya que a todas las peticiones de datos no existe ningún problema con referente a la perdida y respuesta de datos.
- Al utilizar el comando ping (detección y respuesta de la tarjeta en el sistema operativo D.O.S.) a la tarjeta se observó que el tiempo de respuesta de petición corresponde al de las tarjetas estándares.
- No existe ninguna clase de problema al encender o apagar los relees mediante red ya que para la interconexión se utilizó un transformador que desacopla problemas de alimentación y referencia.

5.2 RECOMENDACIONES.

- El circuito diseñado su funcionamiento y tiempo de respuesta es normal, pero además de estas pruebas se debería verificar que cumpla las normas de emisión EMI (Los equipos pueden verse afectados por interferencias externas), para que este dispositivo sea utilizado en cualquier parte, como es el caso de hospitales, es donde es muy importante cumplir con estas normas.
- Se recomienda para una mayor amplitud de funcionamiento que se puede hacer mediante la red Internet, contratando un enlace a un proveedor de servicios, ya que el proyecto funciona en un servidor.
- Con este dispositivo se lo puede ampliar en varios controles electrónicos ya sean de temperatura, control de puertas, control de luces, etc. también se puede programar al microcontrolador con un temporizador de control de tiempos.

- La conexión de red cumple con la norma estándar 10baseT, es decir que para conectar a una computadora se debe realizar un cable UTP cruzado, o para conectar con un switch se debe realizar un cable UTP directo.
- El voltaje de alimentación debe estar dentro del rango de 9 voltios como mínimo, o 15 voltios como máximo para que el sistema opere correctamente, y además no importa la polaridad, ya que para ello se utilizó un puente rectificador, que evita el problema de conexión indebida de la fuente de alimentación.
- Dado que esta tarjeta es un sistema abierto, se puede realizar otra aplicación, como el control de motores de una fabrica que se lo realizaría desde cualquier Terminal que este conectado en red, con solo intercambiar el programa que reside en micro controlador.
- Una mejora de la tarjeta seria agregar en el programa del micro controlador la posibilidad de configuración remota con una dirección IP pública, para que trabaje como servidor y así poder acceder desde cualquier computador que tenga acceso a Internet mediante cualquier navegador de Internet.

BIBLIOGRAFÍA

1. Principios de Electrónica, Malvino J., Cuarta edición, Tercera edición en español, McGraw Hill.
2. Roberto, Boylestad Electrónica Básica
3. <http://www.monografias.com/trabajos5/redes/redes.shtml>
4. <http://www.monografias.com/trabajos5/redes/redes.shtml>
5. <http://www.microsoft.com/colombia/comunidadacademica/comunidad/documentos/tips/tips2.asp>
6. ENC28J60 DATASHEET
7. PIC16F87XA DATASTE
8. <http://www.monografias.com/trabajos17/medios-de-transmision/medios-de-transmision.shtml>
9. http://es.wikipedia.org/wiki/Medio_de_transmisi%C3%B3n
10. <http://www.richardcrebeck.com/cclca/redes/cap1/index.html>
11. <http://es.wikipedia.org/wiki/Ethernet>
12. http://alumno.ucol.mx/al964186/public_html/Clases%20de%20red.htm

ANEXOS