

# Tarjeta Multipropósito Bluetooth

**Javier Enrique Arévalo Peña<sup>1</sup>, Juan Carlos Prieto Prieto<sup>2</sup>, William Manuel Reina Daza<sup>4</sup>, Jimmy Santana Paipilla<sup>5</sup>**  
**Fecha de recepción: Noviembre 1 de 2006 Fecha de aceptación: Junio 29 de 2007**

<sup>1</sup> J. E. Arévalo, Ingeniero Electrónico, Especialista en Telecomunicaciones Móviles, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Miembro del Grupo de Investigación en Sistemas de Telecomunicaciones de la Universidad Manuela Beltrán, Reconocido en Categoría B por Colciencias.

<sup>2</sup> J. C. Prieto, Ingeniero Electrónico de la Universidad Manuela Beltrán Graduated Student Member IEEE.

<sup>3</sup> W. M. Reina, Ingeniero Electrónico de la Universidad Manuela Beltrán Graduated Student Member IEEE.

<sup>4</sup> J. Santana, Ingeniero Electrónico de la Universidad Manuela Beltrán Graduated Student Member IEEE.

## RESUMEN

*Dentro del campo de las telecomunicaciones inalámbricas actuales, Bluetooth surge como una tecnología que permite el establecimiento de comunicación entre diferentes tipos de equipos en el ámbito del hogar o la oficina pretendiendo reemplazar las conexiones de cable entre computadoras, periféricos y otros dispositivos electrónicos por medio de enlaces de radio de una cobertura limitada. El desarrollo de una tarjeta multipropósito posibilita disponer de diferentes aplicaciones y ser una herramienta para el control sobre variables como señales analógicas, digitales, de potencia y control de motores DC. En la tarjeta como principales componentes se utilizan el dispositivo Bluetooth marca Initium de la serie Promi ESD-01 y el microcontrolador de ocho bits MC68HC908GP32 marca Motorola de la serie GP32.*

*Palabras clave: comunicaciones inalámbricas, microcontrolador MC68HC908GP32, Promi ESD-01, tecnología Bluetooth*

## ABSTRACT

*Inside the field of the current wireless telecommunications, Bluetooth arises like a technology that allows the communication establishment among different types of teams in the environment of the home or the office seeking to replace the cable connections among computers, outlying and other electronic devices by means of connections of radio of a limited covering. The development of a multiintention card facilitates to have different applications and being a tool for the control on variables as analogical signals, digital signals, power signals and direct current motors control. In the card like main components are used the device Bluetooth Initium series it marks Promi ESD-01 and the eight bits microcontroller MC68HC908GP32 Motorola series it marks GP32.*

*Keywords: wireless communications, MC68HC908GP32 microcontroller, Promi ESD-01, Bluetooth technology.*

## INTRODUCCIÓN

EN el mundo moderno la movilidad es una necesidad en constante aumento y el acceso a la información no puede tener límites. En aras de satisfacer estas necesidades, han surgido nuevas tecnologías, cada una enfocada en un campo de acción específico. Teléfonos móviles (acceso a WAN), WLAN IEEE 802.11 (acceso a LAN) y Bluetooth (acceso a PAN), son ejemplos de tecnologías inalámbricas, cada una con un campo de acción diferente, pero que en conjunto conforman una completa solución a los problemas de movilidad.

Colombia está en una época de transición tecnológica, modernizando su infraestructura de telecomunicaciones y masificando poco a poco el acceso a la misma. Casos como el de la telefonía móvil de segunda y tercera generación, implican más y mejores servicios (transmisión de audio y video con buena definición), que promueven e incentivan el uso

de tecnologías como Bluetooth.

Existen muchos protocolos de comunicación que han resuelto satisfactoriamente el problema de las comunicaciones entre los dispositivos, tanto a nivel doméstico como industrial; sin embargo, a medida que las estaciones de trabajo son más complejas, el número de cables aumenta, y la operación y el mantenimiento pueden llegar a ser un problema serio; es allí donde la tecnología Bluetooth aparece como la solución más eficiente para interconectar cualquier equipo electrónico de forma inalámbrica. Además, éste es un estándar libre lo que simplifica su uso para diseñar y presentar al mercado nuevos productos innovadores que se beneficien de la conectividad inalámbrica.

En la Universidad Manuela Beltrán se desarrolló una Tarjeta Multipropósito con la que se establece una interacción tangible entre la tecnología inalámbrica Bluetooth y el mundo real debido a las diferentes aplicaciones que se pueden implementar con ella (PRIETO, REINA, PAIPILLA, 2007). Adicionalmente, el proyecto busca servir de punto de partida a otros proyectos que estén implementado aplicaciones con esta tecnología.

#### **GENERALIDADES BLUETOOTH**

Bluetooth esta enmarcada dentro de las redes WPAN (Wireless Personal Area Network). Las WPAN utilizan tecnologías tales como IEEE 802.15, HomeRF, e IEEE 802.11 para conectividad a través de espectro disperso o infrarrojo (Muller, 2002). Una de las empresas pioneras de Bluetooth, en 1994, fue Ericsson Mobile Communications. Esta compañía de telecomunicaciones, con base en Suecia, comenzó su estudio al investigar la viabilidad de una interfase de bajo costo y baja potencia entre teléfonos móviles y sus accesorios. La conclusión fue disponer de un enlace de radio de corto alcance donde las aplicaciones serian ilimitadas. Este trabajo de Ericsson atrajo la atención de IBM, Intel, Nokia y Toshiba formando el SIG Bluetooth en mayo de 1.998 y desarrollando conjuntamente la especificación Bluetooth 1.0 consistente de dos documentos, el núcleo fundamental, que proporciona especificaciones de diseño, y el perfil fundamental, que proporciona las directrices para interoperabilidad.

La topología Bluetooth se compone en su forma más básica por lo que se denomina una Piconet y de una estructura un poco más compleja a la que se le llama Scatternet (HALSALL, 1998). La Piconet la conforman varios dispositivos (entre dos y ocho) que se encuentran en el mismo radio de cobertura y comparten un mismo canal. Cada dispositivo tiene una dirección única de 48 bits, basada en el estándar IEEE 802.11 para WLAN. La Scatternet esta formada por la conexión de una Piconet a otra con un máximo de interconexiones de diez Piconets.

Los datos transmitidos poseen una velocidad de 1 Msimb/s. Se usa una modulación GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying), en donde un 1 binario representa una desviación de frecuencia positiva, y un 0 binario representa una desviación de frecuencia negativa. La desviación máxima de frecuencia está entre 140 KHz y 175 KHz (THE OFFICIAL BLUETOOTH MEMBERSHIP SITE, 2006).

La tecnología inalámbrica Bluetooth usa la técnica de codificación digital de expansión de espectro; este método toma una señal de banda estrecha

y la expande en una porción más amplia del espectro de radio disponible (THE OFFICIAL BLUETOOTH MEMBERSHIP SITE, 2006). La expansión de espectro aumenta el número de bits transmitidos y expande el ancho de banda utilizado. Usando el mismo código de expansión en el transmisor, el receptor correlaciona y devuelve la señal expandida a su forma original.

En cuanto a los protocolos que utiliza Bluetooth, son comunes a nivel físico y de enlace de datos independientemente de la aplicación específica. Los protocolos fundamentales han sido desarrollados por el SIG Bluetooth y son requeridos por la mayoría de los dispositivos (SPECIFICATION OF THE BLUETOOTH SYSTEM, 2003).

#### COMPONENTES DE LA TARJETA MULTIPROPÓSITO

La tarjeta multipropósito se compone fundamentalmente de dos partes, la primera de un dispositivo Bluetooth marca Initium de la serie Promi ESD-01 y la segunda de un microcontrolador de ocho bits MC68HC908GP32 marca Motorola de la serie GP32.

Básicamente, el dispositivo Bluetooth se conecta a través de su puerto serie RS232 con la USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) y esta con el microcontrolador, para que este último pueda configurar al dispositivo Bluetooth a través de comandos AT y a su vez sea la interfase a los diferentes periféricos que están habilitados en la tarjeta multipropósito como lo son puertos I/O digitales y analógicos.

##### A. Módulo Bluetooth Promi ESD-01

Es fabricado por la firma coreana Initium (INITIUM PROMI ESD, MANUAL DE USUARIO, 2006). La serie Promi ESD son dispositivos que convierten la información proveniente de un medio físico (señales eléctricas), a un medio inalámbrico (señales electromagnéticas); funcionan como interfases Serie-Bluetooth, ya que integran un Transmisor Receptor Asíncrono Universal (UART: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) y el estándar Bluetooth.



Figura 1. Módulo Bluetooth Promi ESD-01

La serie Promi ESD permite la comunicación inalámbrica entre aparatos que operen con la norma RS232 y dispositivos Bluetooth que posean entre otros el perfil de puerto serial, con un rango de cobertura de hasta 30m para el ESD-02 o entre 100m y 1000m para el ESD-01 (dependiendo de la antena que se utilice).

Para la tarjeta se optó por el Promi ESD-01 mostrado en la Figura 1, configurable y controlable muy fácilmente mediante comandos AT, muy utilizados para la configuración de módems. Los comandos AT básicamente consisten en cadenas simples de caracteres que se pueden generar desde un programa como el Hiperterminal de Windows o sencillamente desde cualquier dispositivo programable que tenga comunicación serial.

**1) Características Promi ESD-01.** Entre las principales se encuentran (INITIUM PROMI ESD, MANUAL DE USUARIO, 2006):

- Compatible con la especificación Bluetooth 1.1.
- Frecuencia de operación: 2.4 ~ 2.4738 GHz.
- Potencia de transmisión: Clase 1 (+18dBm).
- Sensibilidad de recepción: -84 ~ -20dBm.
- 79 canales de frecuencia.
- Método de transmisión: FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum), Espectro Ensanchado por Salto de Frecuencia.
- Método de modulación: GFSK (Gaussian-filtered Frequency Shift Keying), Modulación por Desplazamiento de Frecuencia Gausiana.
- Velocidad de transmisión: 380 Kbps máx.
- Protocolos del stack Bluetooth implementados: RFCOMM, L2CAP y SDP.
- Perfiles Bluetooth que soporta: Perfil de Acceso Genérico (GAP) y Perfil de puerto Serie (SPP).

**2) Antena:** El Promi ESD-01 es suministrado por el fabricante con una antena helicoidal mostrada en la Figura 2, que debido a su alta directividad, polarización circular, ancho de banda amplio y dimensiones no críticas la hace perfecta para este tipo de aplicaciones. Entre sus características técnicas están (INITIUM PROMI ESD, MANUAL DE USUARIO, 2006):

- Frecuencia de operación: 2,400 ~ 2,485GHz.
- Ganancia: 1dBi  $\pm$  1
- Impedancia: 50  $\Omega$ .
- Dimensiones: 30mm (altura) x 9mm (diámetro).
- Cable para extensión de la antena de 150mm.



**Figura. 2. Antena Helicoidal de Módulo Bluetooth Prom. ESD-01**

**3) Interfase UART:** El módulo Promi ESD-01 viene provisto de una interfase serial que permite la implementación de comunicaciones de manera sencilla. Sus características se mencionan a continuación (INITIUM PROMI ESD, MANUAL DE USUARIO, 2006):

- Conector: 2.54mm Header 2x6 (ESD01).
- Velocidad de transmisión: 1,200 ~ 230,400 bps.
- Control de flujo por hardware (CTS/RTS): On/Off.
- DTR/DSR for loop-back & full transfer.

**4) Configuración:** Para configurar el Promi ESD-01, se requiere de una aplicación denominada Promiwin que trabaja bajo Windows o simplemente desde el Hiperterminal a través de comandos AT (INITIUM PROMI ESD, MANUAL DE USUARIO, 2006).

Además de la configuración del puerto serial, los dispositivos Bluetooth necesitan ser parametrizados de acuerdo al rol que tienen (maestro o esclavo), es decir el Modo que define la forma en que se va a realizar la conexión.

- Modo 0. Se utiliza para configuración del módulo (comandos AT), y no

hay ninguna respuesta cuando se realiza un reset.

- Modo 1. En este modo el Promi ESD-01, funciona como maestro y tratará de conectarse con el último dispositivo al que estuvo conectado.
- Modo 2. El módulo funciona como esclavo y espera ser conectado por el último dispositivo con el que estableció una conexión.
- Modo 3. Aquí el Promi ESD-01 puede establecer una conexión con cualquier otro dispositivo que quiera descubrirlo o conectarse con él.

5) **Starter Kit:** El Promi ESD-01 como la mayoría de dispositivos para desarrollo de aplicaciones viene acompañado de una tarjeta de desarrollo

mostrada en la Figura 3, que implementa la circuitería que sirve de interfaz con la conexión (DB9) RS232 además de proveer la alimentación del módulo. De igual forma cuenta con LEDs de estado y botón para reset.

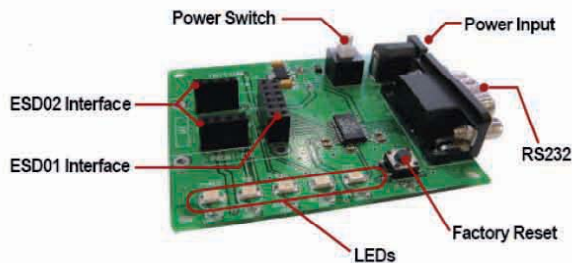


Figura 3. Tarjeta de desarrollo para el módulo Promi ESD-01

### B. Microcontrolador MC68HC908GP32

Para el desarrollo de la tarjeta se optó por el microcontrolador de 8-bit MC68HC908GP32 de Motorola (MOTOROLA, MC68HC908GP32 TECHNICAL DATA, 2002), que por ser un miembro de bajo costo, fácil programación y alto desempeño de la familia M68HC08, se adaptaba a los requerimientos técnicos. Entre sus características están:

- Alto desempeño de la arquitectura optimizada M68HC08 para compiladores-C.
- Código completamente compatible con familias como M6805, M146805 y M68HC05.
- Frecuencia de bus interno de 8 MHz.
- Programa seguro de memoria FLASH.

### C. Circuito Integrado MAX232

El MAX232 adecua los niveles de TTL a los del estándar RS232 cuando hay una transmisión y los niveles de RS232 a TTL cuando se tiene una recepción. Este circuito integrado se escogió por sus características de operación debido a que entre algunas de ellas necesita solamente una fuente de +5V para operar (TEXAS INSTRUMENT. MAX232 DATASHEETS, 2002),( MAXIM DALLAS SEMICONDUCTOR, 2006).

El MAX232 soluciona la conexión necesaria para lograr comunicación entre el puerto serie de un PC y cualquier otro circuito con funcionamiento en base a señales de nivel TTL/CMOS que para este caso es el módulo Bluetooth por un lado y el microcontrolador por el otro lado.

El circuito integrado posee dos convertidores de nivel TTL a RS232 y otros dos que, a la inversa, convierten de RS232 a TTL. Estos convertidores son suficientes para manejar las cuatro señales más utilizadas del puerto serie del PC, que son TX, RX, RTS y CTS. TX es la señal de transmisión de datos, RX es la de recepción, y RTS y CTS se utilizan para establecer el protocolo para el envío y recepción de los datos.

### D. Módulo Display LCD2X16

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un

dispositivo controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos). En este caso el que se escogió dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (pixels), aunque los hay de otro número de filas y caracteres. Este dispositivo esta gobernado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 que regula todos los parámetros de presentación (HITACHI SEMICONDUCTOR, HD 44780 DATASHEET, 2006).

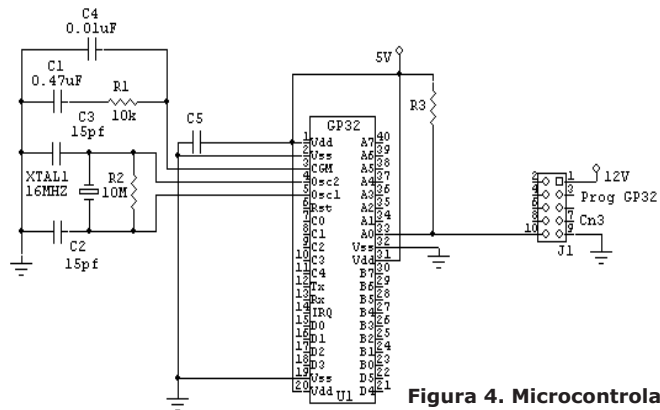
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TARJETA MULTIPROPÓSITO**

La implementación del circuito diseñado se basó en las recomendaciones de cada uno de los fabricantes de los componentes electrónicos utilizados y de la experiencia de los integrantes del grupo en el desarrollo de este tipo de equipos. A continuación se describe cada uno de los módulos que integran la tarjeta multipropósito.

**A. Módulo frecuencia de trabajo microcontrolador MC68HC908GP32**

El microcontrolador utiliza cuatro fases de reloj interno en cada ciclo de ejecución de la CPU. Si esta gobernado por un cristal, el ciclo de ejecución es un cuarto de la frecuencia del cristal. A este ciclo se le llama ciclo del bus o ciclo de instrucción.

El circuito de la Figura 4 muestra el microcontrolador MC68HC908GP32 y el circuito del oscilador externo con un cristal de frecuencia de 16Mhz con el cual queda establecida la frecuencia interna del bus del microcontrolador (4Mhz) que corresponde a la frecuencia del cristal dividida en 4.



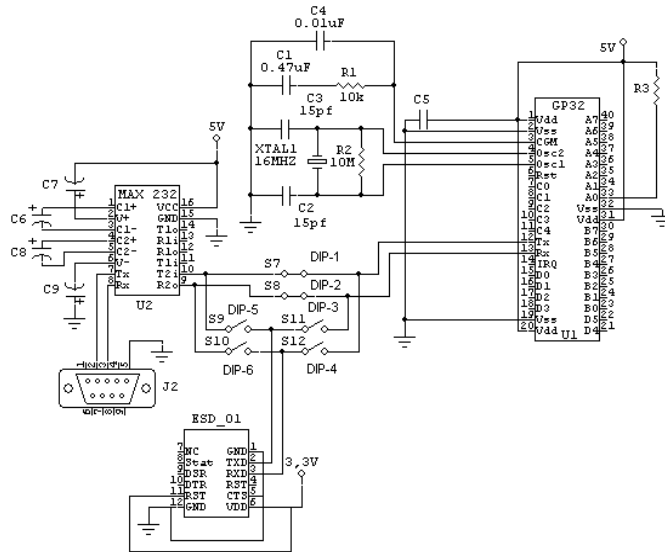
**Figura 4. Microcontrolador MC68HC908GP32 y circuito del oscilador con cristal de frecuencia de 16Mhz.**

**B. Módulo de comunicación**

Para la implementación de la comunicación de la tarjeta multipropósito, se conecta el módulo Promi-ESD01 al microcontrolador utilizando los pines del modulo SCI de ambos dispositivos. En esta parte se dio la posibilidad de tener flexibilidad a la manera en la que se puede tener comunicación desde el microcontrolador o del modulo Promi ESD01 con otros dispositivos, utilizando una interfase RS232 por medio del circuito integrado MAX232 gracias a la implementación de un conjunto de dipswitchs los cuales permiten conmutar las líneas de comunicación como se desee como se observa en la Figura 5.

Es aquí donde la tarjeta de desarrollo multipropósito permite la posibilidad de tener diferentes aplicaciones y ser una herramienta para el control sobre diferentes variables como señales analógicas, digitales, de potencia y control de motores DC por medio de Bluetooth y en el caso de que la aplicación no permita este tipo de comunicación o no sea necesaria

o viable, se cuenta con la posibilidad de hacerla por un medio físico con la utilización de la interfase UART del microcontrolador a través del circuito integrado MAX232.



CONEXIÓN ENTRE DISPOSITIVOS	POSICIÓN DE LOS DIPSWITCH							
	1	2	3	4	5	6	7	8
PROMI ESD01 - MC68HC08	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PC - PROMI ESD01	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF	OFF	OFF
PC - MC68HC08	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON	OFF	OFF

**Figura 5.**  
**Módulo de comunicación.**

de datos que no cuente con la tecnología comunicarse de forma inalámbrica para acceder a este servicio. La conexión PC – MC68HC08 es una de las más tradicionales en control ya que se tiene una aplicación monitoreada por un PC a través del microcontrolador el cual ejecuta las tareas que se le han programado y su comunicación se realiza por medio de la UART. Este tipo de conexión es física y permite un mayor alcance en cuanto a distancia se refiere comparado con el módulo Promi – ESD-01.

### C. Módulo de visualización de estado

La versatilidad de la tarjeta permite tener conectado un LCD al puerto A del microcontrolador o usar el mismo puerto como entradas o salidas digitales y/o analógicas. Para esto, están las resistencias R27 a R32 que actúan como impedancias para proteger los pines del puerto cuando se utiliza como entrada o salida de variables. Para el uso con el LCD estas resistencias se remplazan por cables conductores de cobre ya que el LCD cuenta con protección propia.

Un LCD es muy útil ya que su habilidad para visualizar números, letras, palabras y símbolos los hace más versátiles que los familiares display de 7 segmentos. Adicional a esto son de bajo costo y fácil manejo, estos usan un chip controlador que se encarga de hacer posibles las funciones

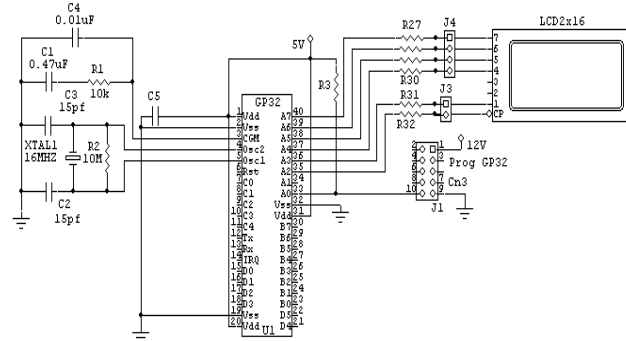
La conexión Promi ESD-01 - MC68HC08 posibilita la conexión inalámbrica con dispositivos Bluetooth y el control de procesos remotamente. Este tipo de comunicación tiene una limitante referente al área de cobertura debido a que el dispositivo tiene un alcance máximo comprobado de hasta 100 metros, sin embargo, existe la posibilidad de crear una pequeña red en caso que la aplicación lo requiera. En esta forma de conexión el microcontrolador realiza las tareas de control según como sea programado por el desarrollador y se comunica con otros dispositivos por medio del modulo Promi ESD-01.

La conexión PC – Promi ESD-01

del LCD y de simplificar la interfase con el microcontrolador.

Para esta aplicación solo se utilizan 10 de los 14 pines que posee un LCD. Esto se debe al aplicativo de programación del microcontrolador ya que este envía 2 nibbles de datos (en dos tiempos) por el nibble alto de datos (D4 a D7), en lugar de un byte completo (D0 a D7) (en un solo instante) ahorrando 4 pines del puerto, como se muestra en la Figura 6.

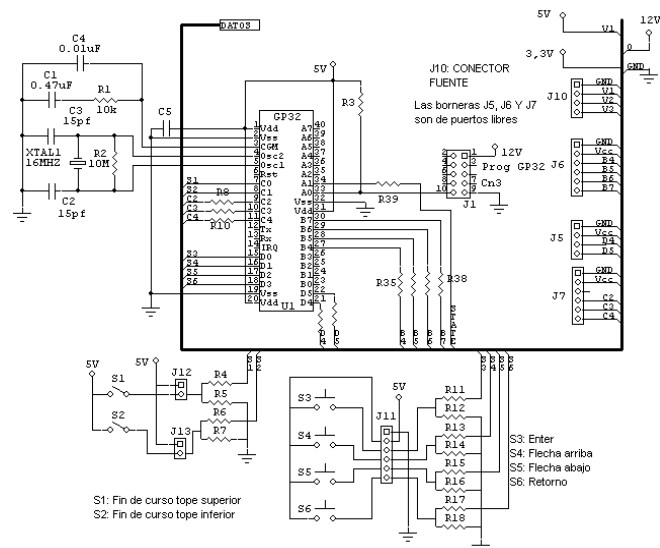
**Figura 6. Módulo de visualización de estado.**



**D. Módulo de señales digitales**

En aplicaciones de automatización y control se tienen señales digitales que trabajan por nivel o por flanco para indicar eventos, como puede ser el fin de un recorrido, el llenado de un tanque, o para la activación de un proceso, encender una lámpara. Dado esto se ha provisto la tarjeta con varios conectores los cuales son de propósito general, entrada o salida, cableados a algunos pines del microcontrolador provistos con resistencias en serie como impedancias de entrada para proteger la integridad del puerto.

Como se observa en la Figura 7 la tarjeta cuenta con conectores para entradas digitales por nivel como son los interruptores S1 y S2 y entradas digitales por flanco como son los interruptores S4 a S6, los cuales son utilizados para el teclado en el panel de control de la barrera. Para la protección de cada uno los puertos de microcontrolador se disponen de un par de resistencias.



**Figura 7. Módulo de señales digitales.**

**E. Módulo de control para Motor DC**

En la Figura 8 se observa un circuito puente H de transistores, esta configuración es una de las más usadas en el control de motores de CC cuando se requiere controlar el cambio en el sentido de giro del motor. Para este desarrollo, el puente H se implemento con transistores tipo TIP 31C con protección a los puertos del microcontrolador utilizando optoacoples para evitar el retorno de corrientes parasitas.

Un optoacople combina un dispositivo semiconductor formado por un fotoemisor, un fotoreceptor y entre ambos hay un camino por donde se transmite la luz. Todos estos elementos se encuentran dentro de un encapsulado que por lo general es del tipo DIP.



Cada optocople es controlado por el microcontrolador con la implementación de una resistencia de 100 ohms que permite disminución de la intensidad de corriente en el puerto del microcontrolador.

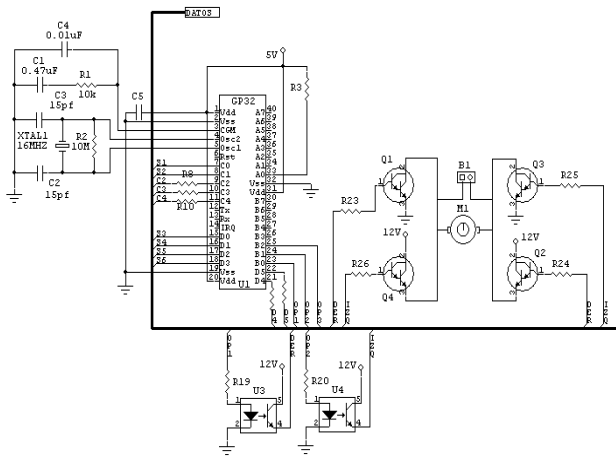


Figura 8. Módulo de control para motor DC.

La señal de salida del puerto es aplicada al fotoemisor y la salida es tomada del fotoreceptor. Los opto acopladores son capaces de convertir una señal eléctrica en una señal luminosa modulada y volver a convertirla en una señal eléctrica. La gran ventaja de un opto acoplador reside en el aislamiento eléctrico que puede establecerse entre los circuitos de entrada y salida, esto es lo que garantiza que los puertos del microcontrolador no recibirán cualquier tipo de corriente parasita que pueda causar daño.

Al poner en 1 (uno) lógico el Bit 0 y 0 (cero) lógico el Bit 1 del puerto B del microcontrolador el optocople U4 queda inactivo y se conmuta el optocople U3, este pone una señal positiva en las bases, de Q1 y Q2, haciendo que el terminal "a" del motor reciba un positivo (12V) y el terminal "b" el negativo (tierra).

Si en cambio se pone en 0 (cero) lógico el Bit 0 y 1 (uno) lógico el Bit 1 de puerto B del microcontrolador el optocople U3 queda inactivo y se conmuta el optocople U4, este pone una señal positiva en las bases, de Q3 y Q4. En este caso se aplica el positivo (12V) al terminal "b" del motor y el negativo (tierra) al terminal "a" del motor.

El circuito Puente H sólo permite un funcionamiento Si-No del motor, a plena potencia en un sentido o en el otro (además del estado de detención, por supuesto), pero no ofrece un modo de controlar la velocidad.

### F. Módulo de potencia

La tarjeta desarrollada cuenta con un módulo para el manejo de líneas de potencia las cuales son muy útiles en aplicaciones que implican altas cargas de corriente.

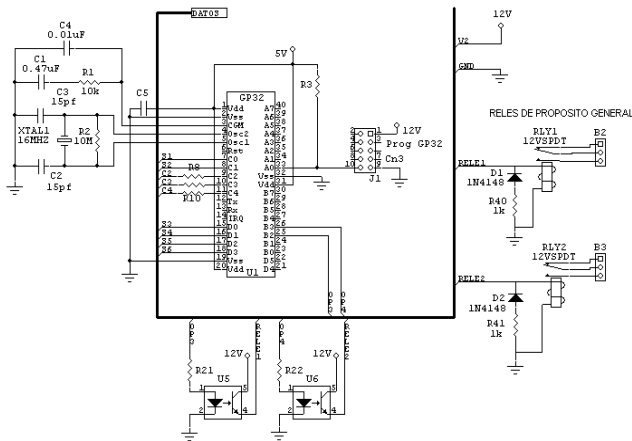


Figura 9. Módulo de potencia.

Para esta implementación se dispone de dos relés, los cuales son conmutados por los Bit 2 y 3 del puerto B del microcontrolador por medio de dos optocouplers que protegen la integridad física de los puertos del 68HC908 como se observa en la Figura 9.

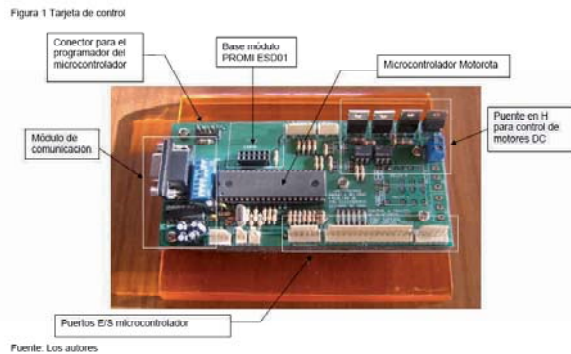
Un relé es un sistema mediante el cuál se puede controlar una potencia mucho mayor con un consumo en potencia muy reducido. Los relés tipo electromecánico convencional están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o

bien corriente alterna.

Para evitar la circulación de corrientes parasitas que quedan en los inductores se dispone de una combinación de diodo y resistencia polarizados de forma en que circule la corriente parasita por estos hasta que se disipa. La polarización del diodo en forma inversa permite energizar la bobina sin que se produzca un corto circuito.

**G. Integración de Módulos**

Finalmente, los módulos expuestos anteriormente se integran y se ensamblan en un solo circuito como se observa en la Figura 10.



**Figura 10. Ensamble de circuitos electrónicos en tarjeta de circuito impreso.**

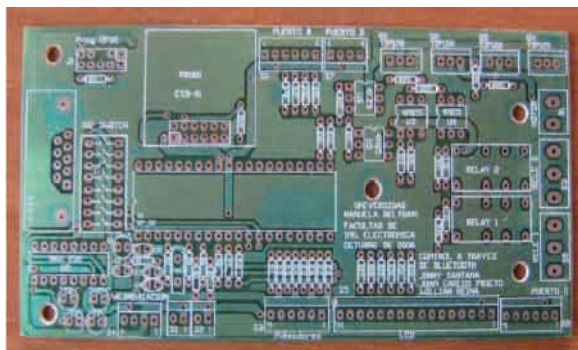
**HERRAMIENTAS DE SOFTWARE UTILIZADAS**

**A. Microgrades**

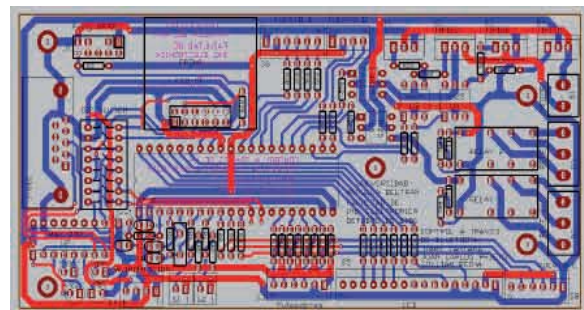
Este software se utilizó en la programación del microcontrolador (MICROGRADES, MGDSTART, 2006). Es un aplicativo robusto, de fácil entendimiento y simplicidad en circuitos. Entre sus principios de operación se encuentra la programación estructurada, programación por capas, muestreo y retención, tiempo real, dominio en frecuencia.

**B. TraxMaker**

Es un software de Protel International Limited, desarrolladores de CircuitMaker 2000, utilizado en el diseño y elaboración del circuito impreso (CICUITMAKER 2000, TRAXMAKER USER MANUAL, 2006). En la Figuras 11 y 12 se muestra la tarjeta elaborada en fibra de vidrio de dimensiones 14 cm de largo, 7 cm de ancho y 3mm de espesor.



**Figura12. Tarjeta fabricada en fibra de vidrio.**



**Figura 11. Diseño del circuito impreso en TraxMaker**

**C. BtSerial Pro 2.1**

La PDA (Personal Digital Assistant) contó con este software para las pruebas realizadas. Es de libre distribución y se encuentra en forma gratuita en la página del fabricante (WHIZOO, BTSERIAL AND BTSERIAL PRO DESCRIPTION, 2006).

### **PRUEBAS REALIZADAS**

La aplicación específica para realizar pruebas a la tarjeta fue la de un control de una barrera de acceso a través de una PDA (Personal Digital Assistant) utilizando el programa BTSERIAL. Además permitir el intercambio de datos por medio del protocolo Bluetooth en forma serial el programa valida el código de seguridad para acceder a la aplicación.

Básicamente, hay dos formas de uso: Control Remoto, donde su funcionamiento es autónomo a través de Bluetooth y Control Local, donde la barrera puede maniobrase manualmente si llegase a fallar la comunicación. La vista general del sistema de control de acceso puede observarse en la Figura 13.

#### **A. Función Control Remoto**

El microcontrolador debe recibir un carácter "D" o "U" por el puerto serial, el cual proviene desde un dispositivo externo por medio de una comunicación Bluetooth, en este caso una PDA. El modulo Bluetooth ESD01, lo procesa y debe consultar el estado de los interruptores fines de carrera (S1 y S2) para no forzar el motor ya que la barrera tiene topes físicos para evitar que la barrera se pase de los limites. S1 en 1 indica que la barrera esta arriba y S2 en 1 indica que la barrera esta abajo. Durante el giro del motor se debe visualizar en la LCD "SUBIENDO" o "BAJANDO" según corresponda.

#### **B. Función Control local**

Para esta opción el microcontrolador no debe tener comunicación con el dispositivo Bluetooth y se debe poder activar la barrera con los pulsadores del panel de control  para subir y  para bajar, igualmente durante el giro del motor se debe visualizar en la LCD "SUBIENDO" o "BAJANDO" según corresponda.

#### **C. Configuración de la Tarjeta**

Este menú de configuración envía desde el microcontrolador hasta el dispositivo Bluetooth Promi ESD-01 de una cadena de caracteres que corresponden a los comandos AT:

```
PANTALLA DE INICIO
CONTROL DE ACCESO
BLUETOOTH "UMB"
OPCIONES:
REMOTO
LOCAL
CONFIGURACION DE COMANDOS
ATZ
AT&F
AT
AT+BTINFO?
AT+BTINQ?
AT+BTCANCEL
AT+BTSCAN
VISUALIZACION DE ESTADO EN LA LCD
```

```
*****Subiendo*****  
*****Bajando*****
```

### CONCLUSIONES

La tarjeta multipropósito desarrollada además de permitir la comunicación inalámbrica Bluetooth entre dispositivos, posibilita su utilización en diversas aplicaciones que requieran control a través del microcontrolador, ya que tiene dispuestas entre otras facilidades entradas y salidas tanto digitales como analógicas con sus debidas consideraciones para manejo de cargas.

El módulo Bluetooth utilizado (Promi ESD-01), resultó ser un dispositivo sencillo de configurar, y perfecto para comunicaciones inalámbricas, puesto que emula el puerto serial físico. De gran desempeño y tamaño reducido, puede ser embebido en cualquier proyecto que requiera seguridad de la información de manera sencilla.

Tanto el hardware como el software utilizado en la tarjeta se pueden adquirir en el país, lo que asegura que se siga innovando en este campo de investigación de las comunicaciones de última generación no solo en la Universidad Manuela Beltrán UMB sino en



**Figura 13. Vista general barrera control de acceso.**

otras instituciones y empresas que interesadas en el estudio y desarrollo de la tecnología Bluetooth.

### **BIBLIOGRAFÍA**

Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Core : Specification of the Bluetooth System, Versión 1.1, 22 de Febrero de 2003. Disponible en: <http://www.bluetooth.com/dev/specifications.asp>. Consultado en mayo de 2006.

Bluetooth Special Interest Group, Bluetooth Profiles: Specification of the Bluetooth System, Versión 1.1, 22 de Febrero de 2003. Disponible en <http://www.bluetooth.com/dev/specifications.asp>. Consultado en mayo de 2006.

CircuitMaker 2000, TraxMaker User Manual. Disponible en: [http://www.circuitmaker.com/pdfs/tm\\_usermanual.pdf](http://www.circuitmaker.com/pdfs/tm_usermanual.pdf). Consultado en: Septiembre de 2006.

F. Halsall., Comunicación de datos y redes de computadores y sistemas abiertos.4ª ed., Wilmington: Delaware, Addison-Wesley Iberoamericana, 1998.

Hitachi Semiconductor, HD 44780 datasheet. Disponible en: [http://www.datasheetcatalog.com/datasheets\\_pdf/4/4/7/8/44780.shtml](http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/4/4/7/8/44780.shtml). Consultado en agosto de 2006.

Initium Promi ESD, Manual de Usuario. Disponible en: [http://www.sena.com/products/industrial\\_bluetooth/oem\\_bluetooth\\_serial/](http://www.sena.com/products/industrial_bluetooth/oem_bluetooth_serial/). Consultado en marzo de 2006.

J.C. Prieto, W. M. Reina y J. Paipilla, Prototipo controlado a través de la tecnología inalámbrica Bluetooth, proyecto de grado, Programa Ingeniería Electrónica, Universidad Manuela Beltrán, Bogotá D. C., 2007.

Maxim Dallas Semiconductor. MAX232 datasheets. Disponible en: [http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets\\_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml). Consultado en agosto de 2006.

Microgrades, MGDSTART. Disponible en: <http://microgrades.net>. Consultado en septiembre de 2006.

Motorola, MC68HC908GP32 Technical Data, Revisión Febrero 2002. Disponible en: <http://www.motorola.com/datasheet.mc68hc908gp32>. Consultado en agosto de 2006.

N. J. Muller, Tecnología Bluetooth.,:operaciones, protocolos, arquitecturas, manejo de enlaces, perfiles, seguridad, A. Garcia (ed.), Madrid, Mc Graw Hill, 2002

Texas Instrument. MAX232 datasheets. Rev. Oct. 2002. Disponible en: [http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets\\_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml](http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml). Consultado en agosto de 2006.

The Official Bluetooth Membership Site. Disponible en: <http://www.bluetooth.org>. Consultado en septiembre de 2006.

Whizoo, BtSerial and BtSerial Pro description. Disponible en: <http://www.whizoo.com/apps/btserial.php>. Consultado en: Septiembre de 2006.