

DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ENTRENADOR PARA LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES MOTOROLA HC908JK/JL

Richard Alexander Rodríguez Martínez Correo: engineer.rarm123@yahoo.es

Asesor: Ing. Hans Igor López Chávez

Julio de 2008

Resumen – Este documento describe de manera sencilla y concisa el desarrollo del proyecto de grado titulado “Desarrollo e implementación de un sistema entrenador para la familia de microcontroladores Motorola HC908JK/JL”

Palabras Claves – MCU, Motorola, SCI, In-Circuit, LCD, MC68HC908JL8, Lead-Acid.

I. INTRODUCCIÓN

El proyecto consiste en un sistema de desarrollo basado en dispositivos Motorola HC908JK/JL, para prácticas de laboratorio, este debe integrar varias funciones para la implementación de múltiples proyectos.

El sistema entrenador integra en un solo dispositivo las herramientas necesarias para el desarrollo de proyectos de laboratorio, todo esto es posible a partir del diseño de módulos que son los siguientes:

- 1. Módulo de Alimentación:** A partir de este módulo se le brindará al usuario en el mismo entrenador una fuente dual de alimentación, además de una fuente independiente para el MCU, ambas con protección contra corto circuito. El sistema posee también una batería en el caso que no se tenga la disponibilidad de un tomacorriente.
- 2. Módulo de Visualización:** Este módulo le brinda la posibilidad al usuario de múltiples formas para visualizar los datos de un proyecto específico tales como Diodos LED, Display 7 segmentos y LCD “Liquid Crystal Display”.
- 3. Módulo de Programación:** Este módulo contiene un programador para los MCU’s, esto con el fin de facilitarle al usuario el proceso de programación y evitar daños en los microcontroladores por mala manipulación.
- 4. Módulo de Puertos de I/O:** Este módulo le permite al usuario manipular libremente todos los pines del MCU, esto con el fin de expandir el entrenador a múltiples aplicaciones que tienen los microcontroladores en el caso que se requiera

- 5. Módulo de Comunicación:** Con este módulo lo que se le permite al usuario es poder manipular los pines de comunicación del MCU, esto con el fin de comunicarse con un computador ó con otro entrenador.

II. CONTENIDO

A. Resumen

En este proyecto de grado se desarrolló e implementó un sistema entrenador para la familia de microcontroladores Motorola HC908JK/JL, el cuál es una herramienta muy importante y necesaria para todas las personas que trabajan con este tipo de dispositivos ya que existen muchas limitantes de hardware a la hora del desarrollo de proyectos, teniendo en cuenta estos aspectos se propuso un entrenador digital que integrara las herramientas necesarias para el desarrollo de proyectos, este diseñado a partir de módulos.

B. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar e implementar un sistema de entrenamiento para la familia de microcontroladores Motorola HC908JK/JL, con el fin de hacer un uso más eficiente y experimental de estos dispositivos para el desarrollo de proyectos.

Objetivos Específicos

- Desarrollar un entrenador que permita implementar el funcionamiento de los módulos de alimentación, fuente, visualización, programación, comunicación y puertos de I/O.
- Desarrollar un módulo de alimentación que contenga batería con cargador que le permita autonomía y portabilidad, además implementar fuentes de voltaje variables para polarizar circuitos adicionales, para de este modo no recurrir a una fuente externa.
- Construir un módulo de visualización que permita ver los datos por medio de Leds, LCD y Display, también un sistema de programación para poder desarrollar sus proyectos In-Circuit de este modo, evitar daños físicos en el microcontrolador.

- Desarrollar un módulo de Comunicación en el entrenador que contenga el programador de los MCU y que le permita al usuario comunicarse con otros dispositivos por medio de un circuito de expansión ó hacia otro entrenador por medio de SCI ó SPI.

- Implementar para el entrenador un sistema de protección contra corto circuito y proporcionar una alimentación con rangos de voltaje estable para el funcionamiento de sus módulos, que le permita al usuario poder trabajar de manera segura y sin riesgo a dañar el dispositivo.

- Crear un manual de operación que le permita al usuario interpretar el funcionamiento detallado de cada módulo.

C. Marco teórico

FAMILIA MOTOROLA 68HC908

“La familia HC908 FLASH actual deriva, al igual que la muy conocida HC705, del primer microprocesador de 8 bits de fama mundial “MC6800”. La evolución natural de este microprocesador, dio origen a dos familias de lo que hoy se conoce como “Microcontroladores”, ellas son”: [DOCHC908].

- MC68HC705, conocida como “HC05”.
- MC68HC11, conocida como “HC11”.

“Ambas familias son de 8 bits, pero la HC11 puede trabajar internamente con muchas operaciones en pseudo 16 bits, otorgándole gran potencia de cálculo, lo que la hace ideal para procesos industriales complejos”. [DOCHC908].

“En tanto la familia HC05 es un “best seller” de los MCUs OTP, la clave de éxito es la insuperable relación Costo/Beneficio que presentan los distintos derivados de la familia, siendo usados en toda aplicación en donde el “costo” es un factor importante a tener en cuenta. Para la Familia. HC05 la evolución “FLASH” es la HC908, mientras que para la HC11 la evolución “FLASH” es la HC912”. [DOCHC908].

“Cuando se hace referencia a “evolución Flash” se quiere decir que la tendencia natural del mercado mundial de microcontroladores, es precisamente el uso de tecnología Flash para la memoria de almacenamiento de programa.

“Los grandes fabricantes de microcontroladores están haciendo significativos esfuerzos para lanzar productos con esta tecnología”. [DOCHC908]. A continuación se muestra en la figura 1 la representación por serie de los microcontroladores a través de la historia

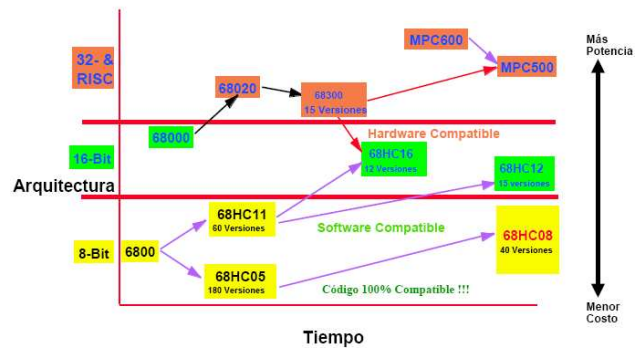


FIGURA 1. Representación por Serie MCU's de Motorola. [DOCHC908]

MICROCONTROLADOR MC68HC908JL8

Este microcontrolador es uno de los que se puede usar en el entrenador ya que posee múltiples características integradas aparte de ser uno de los más completos de la familia HC908, a continuación se menciona las características principales de este MCU para comprender su funcionamiento. [MOTO2006a].

- Arquitectura M68HC908 de alto rendimiento con eficiente desempeño para aplicaciones en C.
- Frecuencia de bus interna de 8MHz a 5v y 4MHz a 3V
- Programación de seguridad para la memoria Flash
- Registro Stack pointer de 16 bits
- Transferencia de datos de memoria a memoria
- Instrucción rápida de división 16/8, y de multiplicación de 8x 8
- 16 modos de direccionamiento
- Interfaz de módulo serial de comunicaciones SCI
- Conversor análogo digital de 8 canales
- 26 pines de entrada y salida I/O, de propósito general.
- Selección de resistencias de Pull Up
- Modo de bajo consumo LVI
- 8192 bytes de memoria flash con programación In-Circuit
- 256 Bytes de memoria de acceso aleatorio RAM
- Memoria ROM de 307 Bytes
- Espacio de memoria FLASH para el usuario de 36 Bytes
- Optimización para aplicaciones de control
- Instrucciones BCD (Binario codificado en decimal)
- Voltaje de operación entre 3 a 5V

Diagrama de Bloques del MC68HC908JL8 [MOTO2006a]

El “JL8” es uno de los MCU's más representativos de la familia, ya que dispone de la mayoría de los módulos contenidos en los distintos derivados y por es un MCU de muy bajo costo a pesar su gran funcionalidad. La estructura de “módulos” otorga al usuario la facilidad de aprendizaje de uso de los distintos periféricos que dispone la familia, ya que los mismos están presentes en los distintos derivados (desde el “pequeño” 908JK1, hasta el 908AZ60A) como el TIMER MODULE, sin cambios de funcionamiento.

La estructura de módulos permite el uso flexible de rutinas comunes para cualquiera de los derivados en uso.

De esta manera, solo basta aprender el funcionamiento de un “Bloque” en particular para usarlo a lo largo de los distintos dispositivos (derivativos) de la familia HC908.

Puertos de Entrada y Salida [MOTO2006a]

Este microcontrolador posee 26 puertos bidireccionales subdivididos en 4 grupos A,B,D,E programables como entrada y salida que se da a partir del registro DDRXN donde X es el grupo del puerto y N es cada uno de los bits del puerto, además de esto, el puerto A posee resistencias de Pull Up que son configuradas por medio de software.

Convertor Análogo Digital [MOTO2006a]

El convertor análogo digital posee 13 pines de muestra “8 bits” para fuentes externas correspondientes a los pines PTB0/AD0 al PTB7/AD7, un multiplexor análogo permite seleccionar 1 de los 13 canales del convertor como voltaje ADC por medio del registro (ADVIN) posteriormente este es convertido por aproximaciones sucesivas basados en un registro de conversión análoga digital, el ADC pone el resultado en el registro de los datos del ADC y fija una bandera ó genera una interrupción.

Módulo de Interfaz Serial de comunicaciones (SCI) [MOTO2006a]

Este es un módulo que trabaja con comunicaciones de forma asíncrona de alta velocidad con otros dispositivos periféricos e incluso otros microcontroladores.

- Full duplex, Alta Velocidad, asincrónico programable, caracteres de 8 o 9 bits
- Dos métodos de “receiver wakeup”.
- Pedidos de Interrupción separados para Rx y Tx.
- Habilitación separada del Transmisor y el Receptor.
- Polaridad programable de la salida del Transmisor
- Operación dirigida por 8 banderas de interrupción
- Modo de operación “bajo consumo”
- Framing Error Detection en el receptor
- Chequeo de Paridad por Hardware

D. Descripción del problema

Un dispositivo microcontrolador es aquel que se puede comparar con un computador pequeño, esto significa que este circuito integrado posee internamente características tales como unidad central de procesamiento (CPU), memoria, unidades de entrada y salida, lo que permite que este dispositivo en general trabaje en una aplicación específica.

Existen muchos fabricantes de microcontroladores agrupados como familias tales como Atmel, Freescale, Microchip, Nec, National Semiconductor, Zilog, Intel entre otras, que permiten trabajar de muchas formas y con diferentes lenguajes de programación, debido a esto son muy utilizados y son muy comunes en muchos campos empresariales para el desarrollo de productos, además los microcontroladores ofrecen varios

recursos, entre los que están dispositivos de entrada y salida, comunicaciones “UART”, timers, ethernet, memoria EEPROM ó FLASH, convertor análogo-digital, buses de interfaz serie ó USB entre muchas más.

Debido a la falta de un sistema de desarrollo basado en dispositivos Motorola HC08JK/JL en muchas universidades e institutos que trabajan con este tipo de microcontroladores para prácticas de laboratorio, es necesario pensar en el desarrollo de un entrenador que integre varias funciones, para la implementación de proyectos.

E. Estrategia de solución de cada subproblema

Como el proyecto de grado se diseñó a base de módulos algunos de ellos contenidos en otro módulo con una función específica, a continuación se explica de manera breve como se desarrollo el entrenador para que funcionara de manera adecuada.

Módulo de Polarización

El Módulo de polarización está compuesto por tres fuentes de alimentación, una de ellas se encargará de alimentar el módulo de visualización, el módulo de Puertos de I/O, programación y comunicación, la otras dos fuentes son de propósito general ya que brinda un voltaje dual, los reguladores utilizados para esta función son LM317 y el LM337 con circuito de protección para corto esto a partir de diodos para evitar posibles daños debido a retornos de corriente durante el proceso de descarga de los condensadores de salida, las características de este módulo son las siguientes.

- Voltaje variable de 1.25V a 5V para la alimentación del MCU, se diseño variable en el caso que el microcontrolador se necesite trabajar en modo de baja alimentación.
- Voltaje variable positivo de 1.25V a 20V para uso multipropósito
- Voltaje variable negativo de -1.25V a -20V para uso multipropósito
- Fuente de corriente que permita cargar de manera adecuada la batería de tipo “Lead Acid” a partir de un LM317.
- Protección contra corto circuito en sus fuentes de alimentación y de este modo evitar daños en los demás módulos, además el sistema contiene un sencillo sistema UPS en el caso de no poseer un tomacorriente.

Cargador de Baterías Lead Acid y sistema UPS

Este dispositivo hace parte del módulo de Alimentación y tiene como objetivo darle libertad de operación al sistema en caso de que el entrenador se necesite desplazar. El Circuito está conformado por una batería recargable “Lead Acid” con una capacidad de 800mAh a 12V con su respectivo cargador, el cual se encarga de suplir la energía que el dispositivo requiera, además el circuito posee un regulador del voltaje ya que para el caso que el sistema requiera trabajar con batería necesita solo 5V en el MCU para su operación, a su vez este diseño lo conforma un sistema que detecta la falta de alimentación a partir de “3” 1N4001, lo que hacen estos

diodos es realizar la función de sistema UPS para el entrenador.

Módulo de visualización

Este módulo está conformado por todos aquellos componentes que sirven de interfaz visual para el usuario, este contiene un display de siete segmentos, LEDS en todas las líneas disponibles de puerto según el MCU y una pantalla LCD de 16x2 caracteres con back Light, además en este módulo esta contenido el de I/O en el caso de que se necesite realizar una expansión de algún circuito en particular.

Lo primero que se debió tomar como referencia para el diseño de este módulo es cómo se iba a realizar la distribución de pines teniendo en cuenta que este entrenador no solo programa un MCU sino varios de la familia HC908JK/JL entonces por esta razón el diseño del circuito impreso era un poco complejo porque el orden de distribución de los pines de cada uno de los MCU's es muy desorganizada y varía demasiado según sea su referencia, entonces para solucionar este problema la distribución de los LEDS se tomó en orden consecutivo pero no de acuerdo con el orden de los puertos sino de acuerdo a la distribución de pines de los microcontroladores para facilitar el diseño del circuito impreso.

Módulo de programación

La idea a la hora de diseñar este programador es que no solo funcionara para microcontroladores JK ó JL sino para ambos, entonces para poder hacer esto posible se debió integrar 2 circuitos contenidos en las especificaciones del fabricante y por medio de jumpers elegir cual microcontrolador se va a programar, además algo que se destaca del programador es que el zócalo donde se introduce los MCU's para programarlo es de tipo ZIP "inserción de fuerza cero" lo que evita daño en los pines

F. Resultados

Prueba del Cargador y la Batería

La primera prueba que se realizó fue la de medir el voltaje y la corriente de la batería para determinar primero que el cargador cumpliera la labor de carga satisfactoriamente, lo segundo realizar una comparación entre la recta de carga que proporciona el fabricante y valores medidos, esto con el fin de determinar que los valores que brindan, en verdad se acoplan a una medida real.

Software utilizado para el entrenador

A continuación se mostrará uno de los múltiples diagramas que se encargó de enunciar la forma del funcionamiento del programa que fue utilizado durante las pruebas del entrenador.

Programa Manejo LCD

Este programa tiene como objetivo ver el funcionamiento del módulo de visualización del entrenador, a continuación se muestra en la figura 2 la forma en la que se desarrolló este software con la herramienta Winide, la función del programa es poder visualizar en la LCD un mensaje cualquiera.

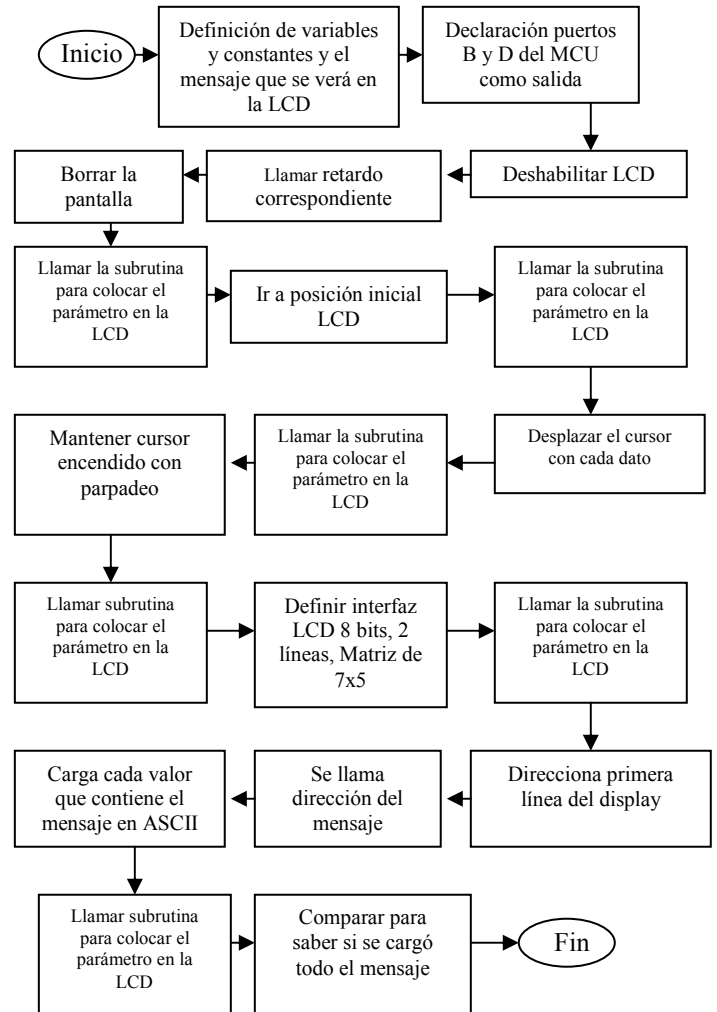


FIGURA 2. Diagrama programa manejo LCD

G. Conclusiones

- A partir del diseño e implementación de este entrenador se colocó en práctica conceptos aprendidos de los MCU's Motorola, análisis de circuitos, diseño con transistores, diodos, reguladores de voltaje y protocolos de comunicación todo esto es primordial para el correcto funcionamiento del sistema.

- Cuando se realizó la medición del voltaje y corriente de la batería durante el proceso de carga se estableció, que los valores de la curva de carga dados por el fabricante son muy similares con los de la prueba, haciendo de estos parámetros algo confiable para establecer el correcto funcionamiento del componente.

- Debido al costo que implicaba realizar el circuito impreso en una sola placa en material de fibra de vidrio y con True-Hole por el tamaño, se tuvo que realizar cambios en el diseño final del circuito impreso para realizar todos los circuitos de manera independiente y posteriormente unirlos para implementar el entrenador.

- A la hora de diseñar el entrenador se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas dadas por el fabricante de los elementos que se utilizaron en el entrenador, para de este modo garantizar el correcto funcionamiento de los circuitos, lo que permite un tiempo de vida útil mayor.

- El entrenador para la familia de microcontroladores motorola HC908JK/JL genera muchos beneficios al usuario entre los que esta, el ahorro de tiempo para implementar los circuitos, evitar errores por el mal montaje en protoboard y brindar al usuario múltiples herramientas para el desarrollo de proyectos, además la relación costo/beneficio es bastante favorable si se considera este dispositivo entrenador como algo esencial para la formación académica.

- Una de las ventajas de los MCU's de Motorola es que tienen la posibilidad de poseer programación In-Circuit lo que permitió a la hora de diseñar los programas de prueba del entrenador, realizar pruebas sin tener la necesidad que retirar el MCU del programador.

- Algo que generó problemas en el módulo de visualización es que no se puede tener conectado al tiempo algunos dispositivos, ya que van a existir problemas de visualización en los datos, entonces para solucionar esto se deshabilitaron los pines de la LCD y así evitar problemas de visualización en los leds.

H. Trabajo futuro:

A partir de este proyecto se pueden implementar sistemas de entrenamiento en microcontroladores Motorola de una gama más alta ya sea los de 16 ó 32 bits como los de la serie 68000 ó 68020 respectivamente, además es posible a partir de este entrenador implementar sistemas de este tipo basados en dispositivos DSP (Digital Signal Processor), acoplado el dispositivo de desarrollo al encapsulado normal "TQFP Package" de estos DSP.

Además sería conveniente diseñar una aplicación de tipo autodiagnóstico del dispositivo, la cual se encargue de manejar un software para comprobar que todos los periféricos del entrenador estén funcionando correctamente, además se podrían diseñar módulos que sean compatibles con las características del entrenador y que permita hacer mucho más completo y funcional el dispositivo, a continuación se muestra unas posibilidades de expansión.

- Módulo para sensor de temperatura.
- Módulo para conexión de teclados externos.
- Módulo de conversión Digital-Análoga.
- Módulo de LCD gráfica.
- Módulo con circuito de puente H para control de motores DC.

- Módulo de ultrasonido.
- Módulo de infrarrojo
- Módulo de interfaz USB "Universal Serial Bus"

Por último sería muy útil el desarrollo de un Software que permita simular los MCU de Motorola así como la herramienta Proteus ISIS simula los PIC de Microchip y de este modo poder cargar los programas diseñados en la herramienta y simularlos para estimar su comportamiento a la hora de ser implementado en circuito.

III AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a todas las personas que me colaboraron con sus conocimientos para que este proyecto se llevara a cabo, especialmente al Ingeniero Hans Igor López Chávez, que me brindó las bases fundamentales para comenzar a desarrollar el proyecto de grado y culminarlo satisfactoriamente.

IV REFERENCIAS

[ALEGSA] Diccionario de informática. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/bcd.php> (Navegada el 25 de Agosto de 2007).

[ALEGSA-a] Diccionario de informática. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/irq.php> (Navegada el 25 de Agosto de 2007).

[ALEGSA-b] Diccionario de informática. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/firmware.php> (Navegada el 22 de Agosto de 2007).

[ALEGSA-c] Diccionario de informática. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/dip.php> (Navegada el 25 de Agosto de 2007).

[ALEGSA-d] Diccionario de informática. <http://www.alegsa.com.ar/Dic/dsp.php> (Navegada el 14 de Agosto de 2007).

[ARDUINO] Open-Source electronics prototyping platform based on flexible, easy-to-use hardware and software. <http://www.arduino.cc/es/AnalogWrite/PWM> (Navegada el 17 de Septiembre de 2007).

[BATLEAD] Venezuela RC, tecnologías existentes en las baterías usadas en Radio Control http://www.venezuelarc.com/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=34 (Navegada el 17 de abril de 2008).

[DOHC908] Motorola "freescale semiconductor", Documentación 68HC908, archivo en formato PDF con la información técnica de la familia de microcontroladores descargado en Agosto 12 de 2007. http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Microcontroladores/Curso%20HC908/Parte_2_Capitulo%201.pdf

[DOC2HC908] Motorola “freescale semiconductor”, Documentación 68HC908, archivo en formato PDF con la información técnica de la familia de microcontroladores descargado en Agosto 12 de 2007.

http://www.electrocomponentes.com/Ingenieria/Microcontroladores/Curso%20HC908/Parte_2_Capitulo%202.pdf

[FUSM] Miguel César García Lozano. SDPIC40P. Diseño e Implementación de un Sistema de Desarrollo y Entrenamiento Digital Basado en el Microcontrolador PIC16F877A. Manual Técnico de Operación. Comité de investigación Facultad de Ingeniería F.U.S.M. 2006

[LEXI1999] Equipo redacción Bibliograf. Lexis 22. Printer Latinoamericana. Colombia. 1999.

[MC68HC] Motorola “freescale semiconductor”, Datasheet 68HC908JL3 68HC908Jk3, 68HC908JK1, archivo en formato PDF con la información técnica del microcontrolador descargado en Marzo de 2007.

www.freescale.com

[MAX232] “Texas Instruments”, Datasheet MAX232, archivo en formato PDF con la información técnica del componente descargado en Marzo de 2007.

www.datasheetcatalog.com

[MOTO2006a] Motorola “Freescale semiconductor”, Datasheet MC68HC908JL8, archivo en formato PDF con la información técnica del microcontrolador descargado en Febrero 10 de 2008.

www.freescale.com

[TROBOTICA] Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Configuración de pines LCD

http://serverdie.alc.upv.es/asignaturas/LSED/200203/Pantallas_LCD/4interface.htm

(Navegada el 22 de abril de 2008).

[PIC16F877A] Microchip®. Datasheet PIC16F87XA. Archivo de datos del microcontrolador PIC16F87XA en formato PDF. Descargado en agosto de 2007.

<http://www.microchip.com>

[UDEA] Universidad De Antioquia. Board de Desarrollo MC68HC908GP32, archivo en formato PDF con la información técnica de un entrenador, descargado en Junio de 2007.

<http://microe.udea.edu.co/>

[UNIOVI] Universidad De Oviedo. Conceptos previos sobre los Microcontroladores, archivo en formato PDF con la información técnica de los MCU, descargado en Junio de 2008.

<http://www.ate.uniovi.es/8693/documentos/LECC3ce.pdf>

[XROBOTICS] periféricos usados en robótica: sensores, motores, mecánica, rutinas, microcontroladores, software y hardware, <http://www.x-robotics.com/>

(Navegada el 25 de abril de 2008).

[ZONABOT] is Free Software released under the GNU/GPL License, comandos LCD

<http://www.zonabot.com/display-de-cristal-liquido/comandos-lcd.html>

(Navegada el 22 de abril de 2008).

V BIBLIOGRAFÍA



Nombre: Richard Alexander Rodríguez Martínez
Código: 031088

Fecha de nacimiento: Enero 23 de 1986.

Lugar de Nacimiento: Bogotá D.C.

Estudios Realizados:

Bachillerato

Colegio El Libertador

Ciudad: Bogotá

Universitarios

Ingeniería Electrónica y de Telecomunicaciones en la Fundación Universitaria San Martín

Ciudad: Bogotá D.C