

DISEÑO Y FABRICACION DE UN MODULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO
LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES dsPIC33F

KELLY VIVIANA GONZALEZ ROJAS
JOHANNA ANDREA MENDEZ CAVIATIVA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2011

DISEÑO Y FABRICACION DE UN MODULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO
LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES dsPIC33F

KELLY VIVIANA GONZALEZ ROJAS
JOHANNA ANDREA MENDEZ CAVIATIVA

PROYECTO DE GRADO

DIRECTOR DEL PROYECTO
CARLOS GERARDO HERNANDEZ CAPACHO

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA
BUCARAMANGA
2011

Nota de aceptación

Firma del jurado

Firma del jurado

Bucaramanga, 18 de Julio de 2011

DEDICATORIA

A mi mamá Miryam Caviativa, por el apoyo incondicional y el gran amor que me brinda todos los días de su vida.

A mi hermano Carlos Andrés que a pesar de nuestras diferentes personalidades, con su alegría, amor y apoyó me ayudó a ser una persona extrovertida y alegre.

A los dos, gracias por darme fortaleza todos los días para dar siempre un paso adelante, por demostrarme y hacerme saber que la familia siempre va primero y que es incondicional en cada tropiezo que se da en el camino de la vida.

A mi papá, Carlos Méndez, que a pesar de no estar conmigo físicamente, siempre apoyó mis ideales, me demostró que por muy mal que se vea una situación, siempre hay una solución y me enseñó que la sinceridad, la ética y la moral son los valores principales y primordiales que se deben tener para superarse en la vida.

Johanna Andrea Méndez Caviativa

A Pablo Emilio González, por enseñarme a persistir, insistir y nunca desistir, a Raquel Rojas por su amor, su preocupación, sus enseñanzas y sus oraciones, a mis hermanas por ser mis amigas y estar siempre conmigo. A ustedes: **FAMILIA** gracias por apoyarme, por enseñarme tantas cosas y por permanecer unidos siempre; este triunfo es de ustedes también, los quiero mucho.

Kelly Viviana González Rojas

AGRADECIMIENTOS

“Tal vez en el dinero encuentres un poco de felicidad, en las amistades encuentres alegrías, en las medicinas la cura para tu enfermedad, pero el amor solo lo encontrarás en tu familia”. A nuestros padres y hermanos gracias por apoyarnos no solo económicamente sino emocionalmente.

Al docente Carlos Gerardo Hernández Capacho por ser un excelente director de proyecto. Su orientación, dedicación y conocimiento nos guiaron paso a paso en el exitoso desarrollo de la tesis.

Al docente Reynaldo Claros Lamus porque sus consejos complementaron nuestros conocimientos.

A todos los profesores que durante la carrera nos brindaron lo mejor de sí para que esta generación de futuros ingenieros electrónicos sea la mejor.

A Oscar Armando Escobar por ser un gran amigo y parte importante en el inicio del proyecto.

A Vivian Sánchez Quintero por ser una amiga incondicional, por estar en las buenas y en las malas, y por demostrar que las mejores amistades siempre estarán ahí para apoyarnos.

A Vanessa Torres por ser la mejor de las amigas y estar siempre dispuesta a escuchar, ayudar y acompañar en cada nuevo proyecto.

A Angelik, Ro, Juandi, Alex, Juliancito, JuanJo, Pachin, y Yeyo, por su amistad, por nuestras largas tertulias, juegos y sesiones de estudio y por hacer que estos largos años de carrera sean inolvidables.

A Rosa, Viviana, Eliseth, Jessica, David, José, Yair, Omar, Hernando, Jamith y Viyils, por demostrar que siempre habrá un amigo que alegrará nuestras vidas, por las rumbas, traspasadas, paseos, los apodos y chismes que siempre compartimos, gracias.

A todas aquellas personas que directa o indirectamente motivaron y contribuyeron en la culminación y buen término de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

INTRODUCCION	16
OBJETIVOS.....	16
OBJETIVO GENERAL.....	17
OBJETIVOS ESPECIFICOS	17
1. MARCO TEORICO	18
1.1. ESTADO DEL ARTE.....	18
1.2. PEDAGOGIA	20
1.2.1. Desarrollo pedagógico profesional.	20
1.2.1.1. Desarrollo del aprendizaje profesional.	21
1.2.2. Pedagogía profesional.....	21
1.2.3. Métodos de enseñanza para el aprendizaje.	21
1.2.3.1. Aprendizaje basado en proyectos (POL).....	21
1.2.3.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP).....	23
1.3. CONCEPTOS BASICOS	25
1.3.1. Definición de un módulo entrenador de microcontroladores.	25
1.3.2. Módulos entrenadores comerciales.....	25
1.3.2.1. Entrenador PIC TRAINER para micros de 18 pines.....	25
1.3.2.2. KIT EB88.....	25
1.3.2.3. Tarjeta Desarrollo PIC Compatible Programador USB + LCD, PIC.	27
1.3.2.4. Entrenador MiE32U.....	27
1.3.2.5. Entrenador MicroTRAK / ARM-C Complete Microcontroller Training Kit.....	27
1.3.2.6. Entrenador dsPIC30F2010 Development Board.	28
1.3.2.7. ATmega Training & Development Board.....	29
1.3.2.8. Entrenador The EayPIC5 development tool.	30
1.3.2.9. Módulo entrenador en DSP.....	30
1.3.3. Definición de un microcontrolador.	31
1.3.4. Definición de un DSP.	31
1.3.5. Definición de un DSC.	32
1.3.6. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP804.....	32
1.3.7. HERRAMIENTAS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE.....	33
1.3.7.1. MPLAB IDE	33
1.3.7.2. MPLAB C30.....	34
2. METODOLOGIA.....	35
2.1. MATRIZ DEL MARCO LOGICO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804.	35
2.2. PASOS DESARROLLADOS EN EL DISEÑO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804.....	37

2.2.1. Etapa de recopilación de la información y preselección de módulos, periféricos y elementos del sistema.	37
2.2.2. Etapa de estudio del lenguaje de programación C y la inclusión del programador en el módulo entrenador.	38
2.2.3. Etapa de diseño de la tarjeta del módulo entrenador.	39
2.2.4. Etapa de implementación del diseño final.....	43
2.2.5. Validación del Módulo Entrenador dsPIC33FJ128GP804.	45
3. MODULO ENTRENADOR DSPIC33FJ128GP804	50
3.1. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO.....	50
3.1.1. Distribución de los bloques.....	50
3.1.2. Circuito impreso.....	51
3.2. ESTRUCTURA DE LA TARJETA	51
3.2.1. Comunicación serial.	52
3.2.2. LCD.	53
3.2.3. Alimentación.	54
3.2.4. Programador.....	54
3.2.5. Bluetooth.	54
3.2.6. Entradas digitales.	55
3.2.7. dsPIC33FJ128GP804.....	56
3.2.8. Interruptor de encendido.	56
3.2.9. MCLR.	57
3.2.10. Entrada analógica variable.	57
3.2.11. Memoria microSD.....	58
3.2.12. Módulo DAC, ADC y pin libre.	59
3.2.13. LEDs.....	59
3.2.14. Display siete segmentos.....	60
3.3. COSTOS ECONOMICOS DEL MODULO ENTRENADOR.....	61
4. MANUAL DE USO DEL MODULO ENTRENADOR DSPIC33FJ128GP804...63	
4.1. COMPONENTES DEL MODULO ENTRENADOR.....	63
4.2. MANEJO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804.....	64
4.2.1. Instalación de MPLAB IDE y C30.....	65
4.2.2. Creación y manejo de un proyecto en MPLAB IDE.	65
4.2.3. Conexión del módulo entrenador.....	66
4.2.4. Encendido del módulo entrenador.....	66
4.2.5. Conexión y uso del programador.....	66
4.2.6. Uso del dip-switch de LEDs y display siete segmentos.....	68
4.2.7. Conexión del cable serial-USB.....	69
4.3. RECOMENDACIONES GENERALES.....	70
5. MANUAL DE PRACTICAS DEL MODULO ENTRENADOR DSPIC33FJ128GP804.....	72
5.1. PRACTICAS.....	74
5.1.1. Familiarización con el módulo entrenador	74
5.1.2. Entradas y salidas digitales	76
5.1.3. Retardo.....	79
5.1.4. Display siete segmentos.....	81

5.1.5.	Interrupción por timers.....	83
5.1.6.	Interrupciones externas	85
5.1.7.	LCD	87
5.1.8.	Comunicación serial por protocolo RS-232	89
5.1.9.	Puerto serial y LCD	91
5.1.10.	Conversor ADC	93
5.1.11.	Conversor DAC	95
5.1.12.	Comunicación serial por bluetooth	97
5.1.13.	Lectura y escritura de la memoria microSD.....	99
5.1.14.	DSP – Transformada de Fourier.....	101
5.1.15.	DSP – Filtros FIR.....	103
5.2.	EJERCICIOS PROPUESTOS	105
5.2.1.	Ejercicio nº1.	105
5.2.2.	Ejercicio nº2.	105
5.2.3.	Ejercicio nº3.	106
5.2.4.	Ejercicio nº4.	107
5.2.5.	Ejercicio nº5.	107
5.2.6.	Ejercicio nº6	108
5.2.7.	Ejercicio nº7	108
5.2.8.	Ejercicio nº8.	109
	RECOMENDACIONES.....	110
	CONCLUSIONES	111
	BIBLIOGRAFIA.....	113
	ANEXOS.....	115

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Diferencias entre los métodos existentes.....	24
Tabla 2. Resultados de las encuestas realizadas.	48
Tabla 3. Calificación de los materiales didácticos.....	49
Tabla 4. Costos de las tarjetas del módulo entrenador.....	62
Tabla 5. Posiciones del dip-switch del programador.....	68
Tabla 6. Posiciones del dip-switch de LEDs y display.	69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pasos para la planeación de un proyecto	22
Figura 2. Pasos del proceso de aprendizaje basado en problemas.....	23
Figura 3. Entrenador PIC TRAINER	26
Figura 4. Entrenador “KIT EB88”	26
Figura 5. Tarjeta Desarrollo PIC Compatible Programador USB + LCD, PIC	27
Figura 6. Entrenador MiE32U	28
Figura 7. MicroTRAK / ARM-C Complete Microcontroller Training Kit	28
Figura 8. Tarjeta desarrolladora dsPIC30F2010	29
Figura 9. ATmega Training & Development Board.	29
Figura 10. Entrenador “The EayPIC5 development tool”	30
Figura 11. Módulo entrenador en DSP	31
Figura 12. Etapas del procesamiento de señales.	32
Figura 13. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP802	38
Figura 14. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP804	40
Figura 15. Adaptación del microcontrolador dsPIC33FJ128GP804	41
Figura 16. Implementación en protoboard con el dsPIC33FJ128GP804	41
Figura 17. Tarjeta prototipo del módulo entrenador.	42
Figura 18. Tarjeta final del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.....	43
Figura 19. Diagrama de flujo de la metodología del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.....	44
Figura 20. Tarjeta del módulo entrenador sin módulo bluetooth.....	45
Figura 21. Imagen del taller de actualización en dsPIC para la validación del módulo entrenador.....	46
Figura 22. Imagen de uno de los grupos del taller de actualización en dsPIC.....	47
Figura 23. Diseño del circuito impreso del módulo entrenador.	50
Figura 24. Circuito impreso de la tarjeta final del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.....	51
Figura 25. Diagrama de bloques de la tarjeta del módulo entrenador.	52
Figura 26. Ubicación del puerto Serial en la tarjeta del módulo entrenador.....	53
Figura 27. Ubicación del LCD en la tarjeta del módulo entrenador.....	53
Figura 28. Ubicación del bloque de alimentación en la tarjeta del módulo entrenador.	54

Figura 29. Ubicación del bloque del programador en la tarjeta del módulo entrenador.	55
Figura 30. Ubicación del bluetooth en la tarjeta del módulo entrenador.	55
Figura 31. Ubicación de las entradas digitales en la tarjeta del módulo entrenador.	56
Figura 32. Ubicación del microcontrolador dsPIC33FJ128GP804 en la tarjeta del módulo entrenador.	57
Figura 33. Ubicación del interruptor de encendido de la tarjeta del módulo entrenador.	57
Figura 34. Ubicación del pulsador reset en la tarjeta del módulo entrenador.	58
Figura 35. Ubicación del potenciómetro de la entrada analógica en la tarjeta del módulo entrenador.	58
Figura 36. Ubicación del bloque de memoria microSD en la tarjeta del módulo entrenador.	59
Figura 37. Ubicación de las borneras de la tarjeta del módulo entrenador.	60
Figura 38. Ubicación del bloque de LEDs en la tarjeta del módulo entrenador.	60
Figura 39. Ubicación de los display siete segmentos en la tarjeta del módulo entrenador.	61
Figura 40. Componentes del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804	63
Figura 41. Elementos y dispositivos de la tarjeta del módulo entrenador.	64
Figura 42. Conexión de la tarjeta del módulo entrenador	66
Figura 43. Encendido de la tarjeta del módulo entrenador.	67
Figura 44. Conexión del programador.	67
Figura 45. Conexión del cable serial-USB.	70
Figura 46. Puertos de los elementos y dispositivos de la tarjeta del módulo entrenador.	72
Figura 47. Diagrama de flujo de la práctica n° 1	75
Figura 48. Esquema físico de la práctica n°1.....	75
Figura 49. Diagrama de flujo de la práctica n°2.	77
Figura 50. Esquema físico de la práctica n°2.....	78
Figura 51. Diagrama de flujo de la práctica n°3.	80
Figura 52. Esquema físico de la práctica n°3.....	80
Figura 53. Diagrama de flujo de la práctica n°4.	82
Figura 54. Esquema físico de la práctica n°4.....	82
Figura 55. Diagrama de flujo de la práctica n°5.	84
Figura 56. Esquema físico de la práctica n°5.....	84

Figura 57. Diagrama de flujo de la práctica n°6.	86
Figura 58. Esquema físico de la práctica n°5.....	86
Figura 59. Diagrama de flujo de la práctica n°7.	88
Figura 60. Esquema físico de la práctica n°7.....	88
Figura 61. Diagrama de flujo de la práctica n°8.	90
Figura 62. Esquema físico de la práctica n°8.....	90
Figura 63. Diagrama de flujo de la práctica n°9.	92
Figura 64. Esquema físico de la práctica n°9.....	92
Figura 65. Diagrama de flujo de la práctica n°10.	94
Figura 66. Esquema físico de la práctica n°10.....	94
Figura 67. Diagrama de flujo de la práctica n°11.	96
Figura 68. Esquema físico de la práctica n°11.....	96
Figura 69. Diagrama de flujo de la práctica n°12.	98
Figura 70. Esquema físico de la práctica n°12.....	98
Figura 71. Diagrama de flujo de la práctica n°13.	100
Figura 72. Esquema físico de la práctica n°13.....	100
Figura 73. Diagrama de flujo de la práctica n°14.	102
Figura 74. Esquema físico de la práctica n°14.....	102
Figura 75. Diagrama de flujo de la práctica n°15.	104
Figura 76. Esquema físico de la práctica n°15.....	104
Figura 77. Diagrama de flujo del ejercicio n°1.	105
Figura 78. Diagrama de flujo del ejercicio n°2.	106
Figura 79. Diagrama de flujo del ejercicio n°3.	106
Figura 80. Diagrama de flujo del ejercicio n°4.	107
Figura 81. Diagrama de flujo del ejercicio n°5.	107
Figura 82. Diagrama de flujo del ejercicio n°6.	108
Figura 83. Diagrama de flujo del ejercicio n°7.	108
Figura 84. Diagrama de flujo del ejercicio n°8.	109

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO A. Encuesta de diagnóstico inicial	116
ANEXO B. Encuesta de evaluación de resultados.....	117
ANEXO C. Resultados de las encuestas realizadas.....	118
ANEXO D. Asistencia de participantes del taller.....	121
ANEXO E. Listado de componentes del entrenador.	122
ANEXO F. CD del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.	125
ANEXO G. Creación de un proyecto en MPLAB IDE.....	126
ANEXO H. Procedimiento para utilizar el programador con MPLAB IDE.	131

RESUMEN

TITULO: DISEÑO Y FABRICACION DE UN MODULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES DSPIC33F

AUTORES: KELLY VIVIANA GONZALEZ ROJAS
JOHANNA ANDREA MENDEZ CAVIATIVA

FACULTAD: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: CARLOS GERARDO HERNANDEZ CAPACHO

PALABRAS CLAVES: ENTRENADOR, MICROCONTROLADOR, C30, dsPIC33F.

El módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804 es una herramienta de desarrollo, que ayuda al estudiante en el proceso de aprendizaje de la familia de microcontroladores dsPIC33F; está conformado por diferentes componentes necesarios para el funcionamiento del mismo. Estos componentes son: tarjeta del módulo entrenador, adaptador de 9VDC, cable para puerto serial-USB, cable miniUSB, CD del módulo entrenador que contiene ayudas didácticas, hojas técnicas y los manuales de uso y prácticas.

La tarjeta se realizó con el microcontrolador dsPIC33FJ128GP804, y se trabajan los siguientes módulos internos y periféricos: entradas y salidas digitales, SPI, UART, ADC, DAC y DSP, que se implementaron con algunos elementos como: diodos emisores de luz (LEDs), display de cristal líquido (LCD), pulsadores, dip-switch, display siete segmentos, memoria en una microSD, puerto serial, módulo bluetooth, potenciómetro y borneras de entrada y salida para tratar señales analógicas. Además la tarjeta cuenta con un programador para que el usuario tenga la facilidad de comprobar los códigos de programación de cada una de las prácticas.

El módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804 ofrece múltiples opciones al momento de diseñar un ejercicio, ejemplo o aplicación, ya que no limita al usuario solo a realizar los ejercicios propuestos y desarrollados en este libro. Por el contrario, invita al usuario a emplear sus componentes e interfaces en el desarrollo o solución de nuevos proyectos metodológicos que se planteen, usando el dsPIC como cerebro o control del sistema.

ABSTRACT

TITLE: DISEÑO Y FABRICACION DE UN MODULO ENTRENADOR
IMPLEMENTANDO LA FAMILIA DE
MICROCONTROLADORES DSPIC33F

AUTORS: KELLY VIVIANA GONZALEZ ROJAS
JOHANNA ANDREA MENDEZ CAVIATIVA

FACULTY: INGENIERIA ELECTRONICA

DIRECTOR: CARLOS GERARDO HERNANDEZ CAPACHO

KEY WORDS: TRAINING BOARD, MICROCONTROLLER, C30, dsPIC33F.

dsPIC33FJ128GP804 trainer module is a development tool, which helps the student in the learning process of the new family of dsPIC33F microcontrollers; this microcontroller is form for different components necessary for the operation. These components are: card of the trainer module, coach 9VDC adapter, serial-USB cable, miniUSB cable, CD trainer module that contains didactics helps, datasheets and manuals of use and practices.

The card is made implement the dsPIC33FJ128GP804 microcontroller, and work the following internal modules and peripherals: digital inputs and outputs, SPI, UART, ADC, DAC and DSP, these modules and peripherals is implement with some elements such as: light emitting diodes (LEDs), liquid crystal display (LCD), buttons, dip-switch, display seven segment, a microSD memory, serial port, bluetooth module, potentiometer and input and output terminal blocks for signal handling analog. Additionally the card has a programmer for the user has a facility to check the programming codes of each practices.

The DsPIC33FJ128GP804 trainer module offers multiple options when designing an exercise, example or application and these options not limit the user only to make propose and development exercises of this book. On the contrary, invites the user to use its components and interfaces in the development of new projects or solution of new methodology projects that propuse, using the dsPIC as brain or control system.

INTRODUCCION

Este proyecto tiene como finalidad el diseño e implementación de un módulo entrenador para el desarrollo de diferentes aplicaciones con dsPIC fundamentado en el modelo pedagógico de aprendizaje basado en proyectos y está dirigido a las personas que tienen un conocimiento mínimo de microcontroladores y códigos de programación, empleando el lenguaje C.

La implementación de la tarjeta del módulo entrenador se ha realizado sobre placa de fibra de vidrio a doble cara. El dsPIC33FJ128GP804 es la unidad de control utilizada en la tarjeta, por ser un dispositivo de bajo costo y de fácil implementación, además posee diferentes módulos internos y periféricos para la creación de nuevas aplicaciones.

El lenguaje que se empleó en el desarrollo del código de programación fue el lenguaje C, utilizando como compilador el C30. Este lenguaje es de nivel medio y le brinda al usuario del módulo entrenador una facilidad al momento de programar y el compilador C30 le ayudará a tener un conocimiento profundo de la máquina.

Este libro se encuentra dividido en cinco capítulos. En el primer capítulo se dan a conocer conceptos que se deben tener en cuenta en el desarrollo del proyecto, en el segundo capítulo se describe el proceso realizado para el diseño y validación del módulo entrenador, en el tercer capítulo se describe el resultado final del módulo entrenador y se especifica la ubicación de los elementos y dispositivos implementados, en el cuarto capítulo se encuentra el manual de uso, donde se dan las pautas para manejar correctamente el módulo entrenador y en el quinto capítulo se encuentra el manual de prácticas, donde se realizan ejemplos explicados y se proponen ejercicios para que el usuario complemente el proceso de aprendizaje. Este proyecto incluye un CD que contiene ayudas didácticas, instaladores y el código fuente de los programas, que complementan el módulo entrenador. Al final del libro, se exponen las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un módulo entrenador, basado en la familia de microcontroladores dsPIC33F, para el tratamiento digital de señales e implementación de algunos periféricos del dsPIC33FJ128GP802.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Diseñar un módulo entrenador para el dsPIC33FJ128GP802 utilizando algunos periféricos del dispositivo y aplicar el tratamiento digital de señales del módulo DSP, usando el lenguaje C.
- ✓ Implementar un módulo entrenador para el dsPIC33FJ128GP802 con el fin de ser utilizado en las materias que sea requerido.
- ✓ Documentar en un manual guía, los pasos y metodología empleada en el desarrollo de ejemplos, para ponerlo al servicio de la academia.

1. MARCO TEORICO

En este capítulo se dan a conocer conceptos que se deben tener en cuenta a lo largo del desarrollo del libro. Este primer capítulo se divide en tres partes, la primera, es el estudio del estado del arte de los diferentes módulos entrenadores para el aprendizaje de los microcontroladores; la segunda da una definición de la pedagogía profesional y los métodos de aprendizaje y la tercera define algunos conceptos básicos que se deben tener en cuenta para el desarrollo del libro.

1.1. ESTADO DEL ARTE

Esta sección contiene un resumen de las consultas realizadas y tiene como objetivo conocer los diferentes trabajos, publicaciones, tesis y proyectos, que involucran módulos entrenadores de microcontroladores.

Como resultado de estas consultas realizadas en bases de datos (IEEE, Dialnet) e internet, se destacan siete trabajos publicados en los últimos años, cinco de los cuales son nacionales, y dos internacionales, que se presentarán en orden cronológico de su realización.

En Santander, en el año 2005, en la Universidad Industrial de Santander (UIS), se realizó el proyecto de grado llamado “Diseño e implementación de la tarjeta de desarrollo del MC68HC908GP32 para el laboratorio de microcontroladores de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Telecomunicaciones de la UIS” por José Gregorio Ardila Gutiérrez, y es una tarjeta que es capaz de adquirir y procesar señales analógicas y digitales, además permite manejar la comunicación serial, el uso de teclado y una pantalla de cristal líquido, utilizando el microcontrolador MC68HC908GP32.¹

En Santander, en el año 2005, en la Universidad Autónoma de Bucaramanga (UNAB), se realizó un proyecto de grado llamado “Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32” por Ana Milena Hernández Olivares, Diana Stephanie Mantilla González y Johan Mauricio Turizo Durán. En este trabajo se diseñaron dos tarjetas; una, es el sistema de desarrollo en la que se pueden emplear tres tipos diferentes de microcontroladores de la familia HC08 de Motorola (MC68HC908GP32, MC68HC98JL3CP, MC68HC908JK3CP) y la otra, es donde se encuentran los dispositivos necesarios para el desarrollo de las prácticas propuestas. En este entrenador se trabajan motores de paso y DC; sensores de proximidad y un LVDT (linear variable differential transformer); elementos de

¹ ARDILA GUTIERREZ, Jose Gregorio. Diseño e implementación de la tarjeta de desarrollo del MC68HC908GP32 para el laboratorio de microcontroladores de la Escuela de Ingeniería Electrónica, Eléctrica y Telecomunicaciones de la UIS. Trabajo de grado Ingeniería Electrónica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 2005

visualización como display siete segmentos, LCD y LEDs; por último se trabaja con la transmisión de datos serial y paralela.²

En Antioquia, en el año 2006, en la Universidad de Antioquia, se realizó el trabajo llamado “Tarjeta de desarrollo para el laboratorio de microcontroladores” por W. Hernández, L. Reyes, J. Tobón, A. Velásquez, J. Lopez, B. Buitrago y J. Otálora. La tarjeta se desarrolló teniendo en cuenta las necesidades de la materia de programación de la Universidad, por esta razón se implementaron dispositivos como el LCD, motores, comunicación serial, conversor digital análogo y teclado matricial, todos estos comandados por el microcontrolador MC68HC908GP32.³

En Ecuador, en el año 2008, en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), se realizó el proyecto de grado llamado “Diseño de tarjetas para el diseño de aplicaciones con dsPIC” por Orlando Xavier Barcia Rosero y Roger Alfredo Calle Chóez, en el cual se realiza un módulo entrenador que posee dos tarjetas; una, contiene el dsPIC30F4011 y los principales módulos y periféricos a utilizar como UART, SPI, I2C, CAN, módulo encoder de cuadratura, display siete segmentos, bocinas, LCD, teclado matricial y módulo conversor analógico digital. Y la otra es una tarjeta necesaria para el módulo control de motor con PWM. Incluye además prácticas propuestas y ejemplos.⁴

En España, en el año 2008 se publicó el libro “dsPIC diseño práctico de aplicaciones” por Jose María Angulo Usategui, Aritza Etxebarria Ruiz, Ignacio Angulo Martínez e Iván Trueba Parra. Este libro se divide en tres partes, la primera parte da una introducción a los dsPIC, la segunda explica el proceso de hacer programas y simulaciones, y la tercera realiza una especie de laboratorio con el entrenador PIC School, comercializado por “Ingeniería de microsisistemas avanzados S.L.”, cuyo cerebro es el dsPIC30F4013 y se trabajan diferentes elementos como: teclado matricial, LCD, interfaz serial, interfaz bus CAN, entre otros; este libro cuenta con 9 laboratorios donde se explica el uso del entrenador.⁵

En Santander, en el año 2009, en la Universidad Pontificia Bolivariana (UPB) en convenio con el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje), se realizó un proyecto de grado llamado “Creación e implementación de un módulo de formación en dsPIC teniendo como base la pedagogía en competencias desarrollada por el

² HERNANDEZ OLIVARES, Ana Milena; MANTILLA GONZALEZ, Diana Stephanie y TURIZO DURAN, Johan Mauricio. Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32. Trabajo de grado de Ingeniería mecatrónica. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2005.

³ HERNANDEZ W., *et al.* Tarjeta de desarrollo para el laboratorio de microcontroladores. *En:* Revista de la Sociedad Colombiana de Física, Junio 2006. Vol. 38, no. 2., p. 818-821.

⁴ BARCIA ROSERO, Orlando Xavier y CALLE CHOEZ, Roger Alfredo. Diseño de tarjetas para el diseño de aplicaciones con dsPIC. Trabajo de grado Ingeniería eléctrica. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2008.

⁵ ANGULO USETEGUI, José María, *et al.* dsPIC diseño práctico de aplicaciones. Madrid, 2008. Mac Graw Hill homson Learning. ISBN: 8448151569 ISBN-13: 9788448151560

SENA” por German Enrique Beltrán Castillo y Juan Miguel Castillo Acevedo; donde se creó e implementó un módulo didáctico, con base en la pedagogía por competencias laborales usada en el SENA. Este módulo es conformado por doce tarjetas, dentro de ellas se tiene: la tarjeta base donde se trabaja con el dsPIC30F3014, tarjeta de display siete segmentos, tarjeta de pulsadores, tarjeta de LEDs, tarjeta de LCD, tarjeta de potenciómetro lineal, tarjeta oscilador, tarjeta RS-232, tarjeta de servomotores, tarjeta de teclado matricial y tarjeta de dip-switch. Además se creó un prototipo de un robot móvil para la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el curso.⁶

En el año 2010, en la Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI), se realizó el proyecto de grado llamado “Diseño y redacción de un libro de prácticas para la asignatura de Microcontroladores y Microprocesadores de la Universitaria de Investigación y Desarrollo” por Jose Daniel Salcedo Restrepo; donde se realiza la descripción del entrenador OCTOPLUS-3, que permite trabajar con microcontroladores de 32 bits, a su vez describe el sistema de desarrollo utilizado para crear los programas y se realizan una serie de prácticas donde se explican los periféricos de la tarjeta entrenadora. Dentro de los componentes del módulo entrenador se tiene: puerto ICSP, puerto de expansión, interruptores, pulsadores, LEDs, display siete segmentos, teclado matricial, sensor de temperatura para protocolo de comunicación 1WIRE y RTC DS1307 para el protocolo de comunicaciones I2C.⁷

1.2. PEDAGOGIA

Según la Real Academia Española (RAE) la pedagogía es la ciencia que se ocupa de la educación y la enseñanza; en general, lo que enseña y educa por doctrina o ejemplos.

En otras palabras la pedagogía es una herramienta que permite interactuar y dejar una huella, favorecedora o caracterizadora del nuevo conocimiento adquirido de una forma eficiente, que va dirigida a la transmisión de conceptos por medio de un proceso educativo.

1.2.1. Desarrollo pedagógico profesional. La pedagogía profesional como ciencia pedagógica es aquella que estudia la educación técnica y profesional. En otras palabras es el resultado de conocer y comprender las actividades teóricas específicas que van dirigidas a la práctica pedagógica social que se ha convertido en objeto del conocimiento.

⁶ BELTRAN CASTILLO German Enrique y CASTILLO ACEVEDO Juan Miguel. Creación e implementación de un módulo de formación en dsPIC teniendo como base la pedagogía en competencias desarrollada por el SENA. Trabajo de grado de Ingeniería Electrónica. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. 2009.

⁷ SALCEDO RESTREPO Jose Daniel. Diseño y redacción de un libro de prácticas para la asignatura de Microcontroladores y Microprocesadores de la Universitaria de Investigación y Desarrollo. Trabajo de grado de Ingeniería Electrónica. Bucaramanga. Universitaria de Investigación y Desarrollo. 2010.

El proceso pedagógico profesional, es el conjunto de actividades docentes, productivas y de investigación que permiten formar la personalidad de los futuros profesionales logrando así que estos sobresalgan entre los demás trabajadores de la parte de producción y servicios.

La labor más importante en el proceso pedagógico es formar un estudiante como un profesional competente y altamente calificado para asumir retos y tomar decisiones acertadas.

En el caso específico de la formación técnica y profesional universitaria, en los últimos años es evidente el uso de métodos en los cuales se incrementa la autonomía e iniciativa del estudiante, dando paso al desarrollo de la creatividad y dependencia cognoscitiva; por esta razón, es necesario introducir en el sistema de enseñanza profesional, algunos métodos que permitan desarrollar las competencias de los estudiantes.

1.2.1.1. Desarrollo del aprendizaje profesional. “La activación del aprendizaje profesional consiste en hacer más dinámico el proceso pedagógico profesional, asignando al estudiante el papel activo, al considerarlo sujeto y no objeto de la educación, es decir, que la activación se logra cuando el profesor moviliza las fuerzas intelectuales, morales, volitivas y físicas de los alumnos a fin de alcanzar los objetivos concretos de la enseñanza y la educación.”⁸ Según lo anterior la educación se debe ocupar más por despertar las capacidades del estudiante para lograr un profesional integral, es decir, una persona altamente calificada, capaz de adaptarse rápidamente a los cambios que enfrentará en su vida laboral, aplicando los conceptos aprendidos, de forma creativa para la solución de las diferentes situaciones que se le presentan.

1.2.2. Pedagogía profesional. Las Universidades tienen como objetivo principal, formar profesionales íntegros capaces de desempeñarse satisfactoriamente en el campo empresarial y el campo social; es por esto, que las Universidades han creado y aplicado estrategias encaminadas a la formación de estudiantes capacitados en todos los aspectos.

1.2.3. Métodos de enseñanza para el aprendizaje. El método de enseñanza es la reunión de momentos y técnicas, coordinadas de forma didáctica con el fin de llevar al estudiante hacia un objetivo específico; es decir, es un medio para generar un propósito, teniendo especial cuidado en los canales o medios para llegar al estudiante.

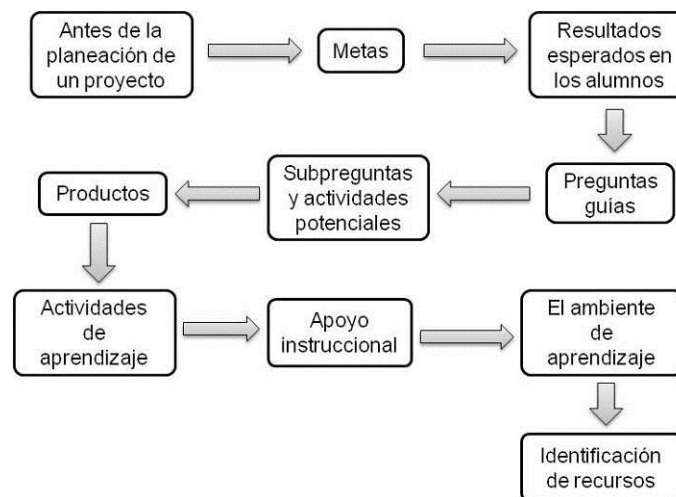
1.2.3.1. Aprendizaje basado en proyectos (POL). “Son experiencias de aprendizaje que involucran a los estudiantes en proyectos complejos o no,

⁸ NASSIF, Ricardo, Pedagogía general. Buenos Aires, Argentina. Editorial Kapeluz. 1978. p. 305 Citado por HERNANDEZ OLIVARES Op. cit., p. 26.

preferiblemente basado en aplicaciones del mundo real, a través de los cuales aplican y desarrollan habilidades y conocimientos. Este aprendizaje requiere del manejo por parte de los estudiantes de muchas fuentes de información y disciplinas que son necesarias para resolver problemas o contestar preguntas que sean realmente relevantes”.⁹ Como se parte del planteamiento de un problema, se espera que los estudiantes realicen investigaciones aprendiendo así nuevos conceptos; interactúen con otros estudiantes, profesores y demás personas que poseen un conocimiento con el fin que éste sea compartido y por último motivar al estudiante a proponer y argumentar soluciones.

Los pasos para la planeación de un proyecto según el “BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION” se muestran en la figura 1.

Figura 1. Pasos para la planeación de un proyecto



Fuente: Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32.

Dentro de los resultados esperados en los alumnos con el método de aprendizaje basado en proyectos se tiene: Identificar los objetivos específicos, adquirir conocimiento y desarrollar competencias.

Para la evaluación de este método y de acuerdo con el “BUCK INSTITUTE FOR EDUCATION” se deben evaluar los resultados y la efectividad del proyecto; para esto se debe tener en cuenta el desempeño y el resultado (qué se hizo).

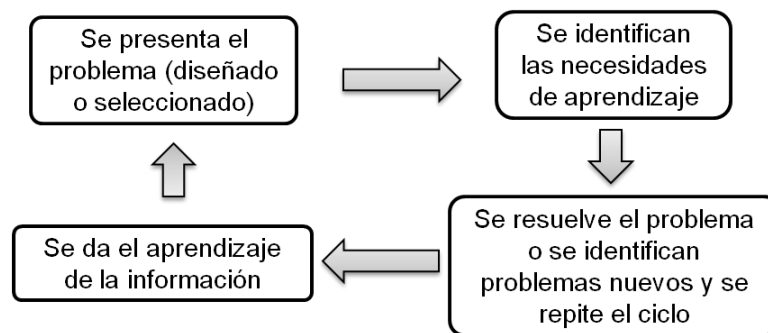
⁹ Material de estudios “Las estrategias y técnicas didácticas en el rediseño Sistema Tecnológico de Monterrey” Citado por HERNANDEZ OLIVARES Op. cit., p. 28.

1.2.3.2. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). “Es una estrategia de enseñanza-aprendizaje en la que tanto la adquisición de conocimiento como el desarrollo de habilidades y actitudes resulta importante, en el ABP un grupo pequeño de alumnos se reúne con la facilitación de un tutor, a analizar y resolver un problema seleccionado o diseñado especialmente para el logro de ciertos objetivos y aprendizaje”.¹⁰

Este método se orienta a la solución de problemas diseñados especialmente para adquirir un conocimiento específico y se caracteriza por ser un método de trabajo activo donde los estudiantes están participando constantemente en la adquisición de su conocimiento y dirigiendo su propio aprendizaje, estimulando el trabajo colectivo e integrando diferentes áreas, en la cual los estudiantes se someten constantemente a la autoevaluación y a la formación evaluativa.

Los pasos para la planeación del proceso de aprendizaje basado en problemas se muestran en la figura 2.

Figura 2. Pasos del proceso de aprendizaje basado en problemas.



Fuente: Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32.

Como resultado se espera unos estudiantes con mayor motivación, un aprendizaje más significativo, desarrollo de habilidades de pensamiento y aprendizaje y por último posibilita una mayor retención de información.

La evaluación de este método, se debe realizar según los resultados del aprendizaje de contenidos, de acuerdo al conocimiento que los estudiantes aportan al proceso de razonamiento grupal, de acuerdo a las interacciones personales del alumno con los demás miembros del grupo. Los estudiantes deben tener la posibilidad de: evaluarse a sí mismos, evaluar a los compañeros, evaluar

¹⁰ AEBLI, Hans. Doce formas básicas de enseñar, Madrid 1988. Citado por HERNANDEZ OLIVARES Op. cit., p. 31.

al tutor, evaluar el proceso de trabajo del grupo y sus resultados. Todo lo anterior con el fin de retroalimentar sus conocimientos, fortalezas y debilidades.

Para tener mayor claridad entre los dos métodos anteriormente expuestos, en la tabla 1, se muestra un cuadro comparativo que se realizó teniendo en cuenta los objetivos, las ventajas, aplicaciones, recomendaciones y los roles de los estudiantes y los profesores.

Tabla 1. Diferencias entre los métodos existentes.

	METODO BASADO EN PROBLEMAS	METODO BASADO EN PROYECTOS
Objetivo	Los estudiantes deben trabajar en grupos pequeños, sintetizar y construir el conocimiento para resolver los problemas.	Acercar una realidad concreta a un ambiente académico por medio de la realización de un proyecto de trabajo.
Ventajas	Favorece el desarrollo de habilidades para el análisis y síntesis de la información. Permite el desarrollo de actitudes positivas frente a problemas.	Se convierte en incentivo. Estimula el desarrollo de habilidades para resolver situaciones reales.
Aplicaciones	Para que los alumnos identifiquen necesidades de aprendizaje. Se aplica para abrir la discusión de un tema.	En materias terminales de carreras profesionales. En cursos donde se integran contenidos de diferentes áreas de conocimiento. Cursos donde se puede hacer trabajos interdisciplinarios.
Recomendaciones	Que el profesor desarrolle habilidades para convertirse en facilitador. Generar en los alumnos disposición para trabajar. Retroalimentación a los alumnos sobre su participación en la solución de problema.	Definir las habilidades, actitudes y valores que se estimularán en el proyecto. Dar asesoría y seguimiento a los estudiantes.
Rol del profesor	Presenta una situación problemática. Ejemplifica, facilita y asesora	Identifica el proyecto, facilita y motiva la participación de los estudiantes. Planea la intervención de los estudiantes.
Rol de los estudiantes	Juzgan y evalúan sus necesidades de aprendizaje Investigan Desarrollan hipótesis	Investigan, discuten, proponen y comprueban hipótesis

Fuente: Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32.

Las exigencias del actual trabajo de grado concebido en la UPB, dieron las condiciones para diseñar las prácticas, hardware, software y ayudas pedagógicas tendientes a aplicarse el método de Aprendizaje Basado en Proyectos (POL) ya cumple con las características mostradas en el análisis de los dos métodos descritos en la tabla 1.

1.3. CONCEPTOS BASICOS

Es esta sección se definirán algunos conceptos básicos necesarios para comprender el desarrollo del proyecto.

1.3.1. Definición de un módulo entrenador de microcontroladores. Un módulo entrenador de microcontroladores es un material didáctico que reúne medios y recursos que facilitan a los estudiantes la adquisición de conceptos, habilidades y destrezas en cuanto a microcontroladores. Este material didáctico es un recurso metodológico de apoyo para que el proceso de aprendizaje se dé adecuadamente, ya que ofrece una gama de posibilidades de interacción, de exploración, de creación y lo que es más importante: integra las experiencias y conceptos previos de los estudiantes en diferentes situaciones para generar nuevos conocimientos.

Los entrenadores de microcontroladores, son diseñados con el objetivo de ayudar a las personas que deseen iniciar un proceso de aprendizaje con este dispositivo electrónico, ya que es un hardware especialmente diseñado (teniendo en cuenta las necesidades del usuario) para que quienes lo empleen se centren en la escritura de códigos de programación sin preocuparse por conexiones entre el microcontrolador y los periféricos que desee utilizar.

1.3.2. Módulos entrenadores comerciales. A continuación se presentan algunos entrenadores de múltiples fabricantes, que se destacan y son comercializados en diferentes páginas de internet, desde los más básicos hasta los más complejos.

1.3.2.1. Entrenador PIC TRAINER para micros de 18 pines. Este entrenador se observa en la figura 3, es muy básico ya que sólo implementa el módulo de entradas y salidas del PIC16F628A de Microchip, por lo tanto está dirigido a las personas que deseen iniciar un proceso de aprendizaje en los microcontroladores. El entrenador posee ICSP para la programación del dispositivo más no incluye el programador. La placa mide 9.5 x 6.7 centímetros y se comercializa listo para funcionar a un costo de 30 dólares sin incluir los gastos de envío.¹¹

1.3.2.2. KIT EB88. Fue diseñado como kit entrenador para el aprendizaje de sistemas de microcontrol, y se realiza con base en el microcontrolador PIC16F88 de Microchip. Dentro de sus componentes incluye: 13 bits de entrada-salida, 8 LEDs, y 4 microswitches, puerto serial asíncrono y síncrono USART con interfaz

¹¹ UControl. Entrenador PIC TRAINER para micros de 18 pines.

Figura 3. Entrenador PIC TRAINER

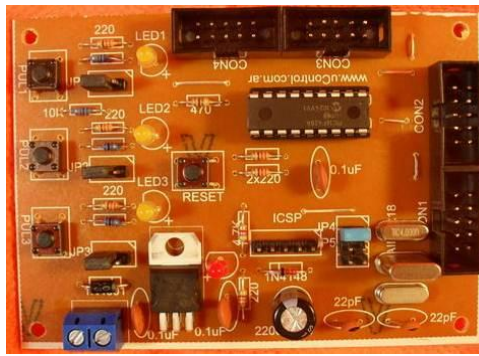


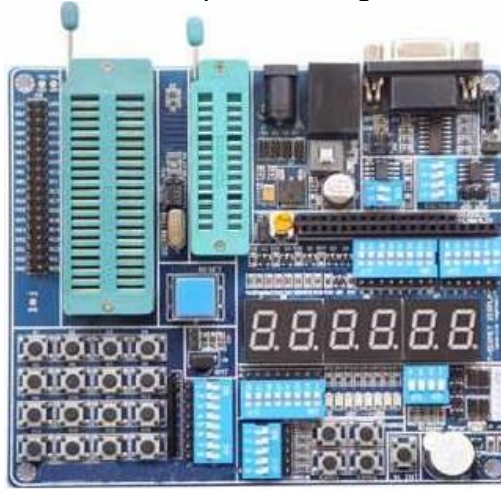
Figura 4. Entrenador “KIT EB88”



¹² Mercado libre. KIT EB88.

1.3.2.3. Tarjeta Desarrollo PIC Compatible Programador USB + LCD, PIC. Es otro entrenador, que puede ser utilizado para todos los PIC's de 28 y 40 pines de la familia PIC16XXX/PIC18XXX de Microchip y cuya tarjeta contiene: 8 LEDs, conector para debugger, LCD, 6 display siete segmentos, puerto de comunicación serial, teclado matricial 4X4, driver para motor a pasos, 4 pulsadores, receptor infrarojo, memoria EEPROM 24CXXX, memoria EEPROM 93CXXX y columnas de pines con las I/O del PIC por si se necesita conectar a un circuito externo. Se observa en la figura 5.¹³

Figura 5. Tarjeta Desarrollo PIC Compatible Programador USB + LCD, PIC



Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-64909860-tarjeta-desarrollo-pic-compatible-programador-usb-lcd-pic- JM>

1.3.2.4. Entrenador MiE32U. Está basado en el microcontrolador PIC32MX440F512H de Microchip y fue diseñado para facilitar la implementación rápida de prototipos de sistemas de control y comunicaciones, dentro de sus características están: 512KB de Flash tipo ROM, 32KB de SRAM, 41 Entradas/Salidas digitales, 16 entradas analógicas, convertidor A/D 10 bits y conector ICSP para conexión con grabador/depurador PICKIT3, y se observa en la figura 6.¹⁴

1.3.2.5. Entrenador MicroTRAK / ARM-C Complete Microcontroller Training Kit. Es un entrenador fabricado por BiPOM; este kit incluye ejemplos en lenguaje C, basic y assembler. Dentro de sus componentes están: LEDs, dip-switch, teclado, interfaz LCD, bus I2C, puerto serial, control de motor, conversión analógica a digital y otros proyectos. Se observa en la figura 7.¹⁵

¹³ Mercado libre. Tarjeta Desarrollo PIC Compatible Programador USB + LCD, PIC.

¹⁴ Microingenia electronics. MiE32U.

¹⁵ BiPOM Electronics, Inc. MicroTRAK / ARM-C Complete Microcontroller Training Kit.

Figura 6. Entrenador MiE32U



Fuente: http://www.microingenia.com/electronics/product.php?id_product=30

Figura 7. MicroTRAK / ARM-C Complete Microcontroller Training Kit

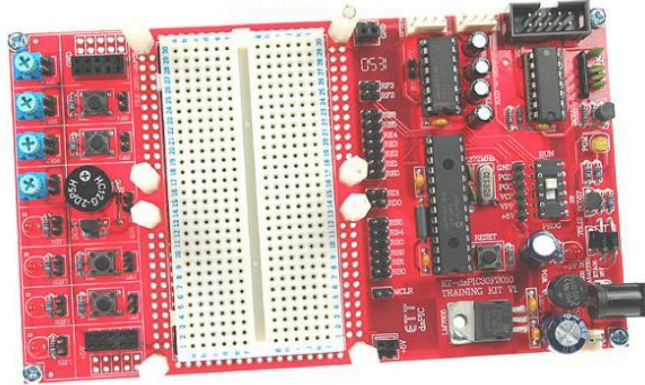


Fuente: <http://www.robotshop.com/ca/bipom-microtrak-arm-c-complete-microcontroller-training-kit-1.html>

1.3.2.6. Entrenador dsPIC30F2010 Development Board. Es una tarjeta desarrolladora con base en el dsPIC30F2010 que incluye el programador; adicionalmente implementa: pulsadores, LEDs, un potenciómetro para entradas

analógicas, un parlante para la salida de audio, un protoboard para realizar pequeños circuitos, se observa en la figura 8.¹⁶

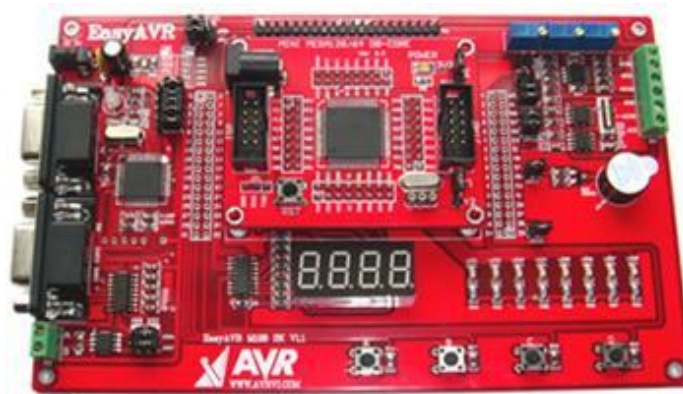
Figura 8. Tarjeta desarrolladora dsPIC30F2010



Fuente: http://www.futurlec.com/Pictures/dsPICBRD1_600.jpg

1.3.2.7. ATmega Training & Development Board. Este entrenador es desarrollado por Atmel AVR microcontrollers. Esta tarjeta funciona con el microcontrolador ATmega128 y se encuentra en una tarjeta removible. Dentro de los componentes de este entrenador se encuentran: JTAG y ISP, puerto RS-232, puerto RS485, LCD, pulsador reset, oscilador, 4 display siete segmentos, 4 pulsadores, 8 LEDs, un chip de tiempo real PCF8563, IIC E2PROM AT24C01, Amplificador dual A/D y un potenciómetro para la señal A/D. Se observa en la figura 9.¹⁷

Figura 9. ATmega Training & Development Board.



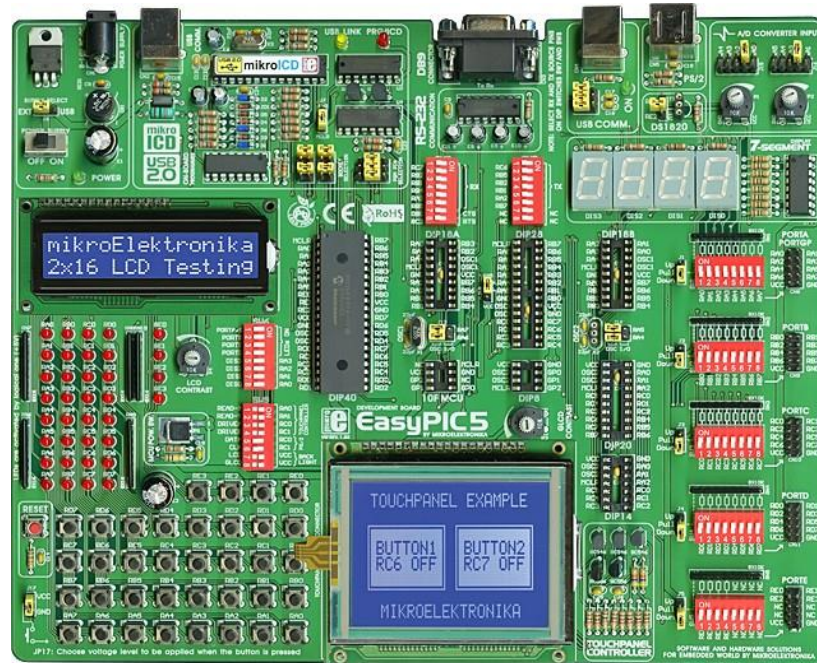
Fuente: http://microcontrollershop.com/product_info.php?products_id=3404

¹⁶ Futurlec. dsPIC30F2010 Development Board. www.futurlec.com/dsPIC30F2010_Board.shtml

¹⁷ MCPPro. Microcontrollers Pros Corporation. ATmega Training & Development Board

1.3.2.8. Entrenador The EayPIC5 development tool. Es un entrenador comercializado por Mikroelektronika que contiene: comunicación serial, sensor de temperatura, 36 LEDs, 36 pulsadores, LCD, 4 display siete segmentos, pantalla touch, conector USB y PS2, un CD con aplicaciones, drivers y ejemplos desarrollados en C, BASIC y PASCAL y una guía rápida para la instalación de los drivers. Se observa en la figura 10.¹⁸

Figura 10. Entrenador “The EayPIC5 development tool”



Fuente: <http://www.mikroe.com/eng/products/view/1/easypic5-development-system/>

1.3.2.9. Módulo entrenador en DSP. Este es un entrenador bastante completo ya que es un sistema de desarrollo de DSP, que combina dos chips del DSP para el procesamiento de señales y el chip FPGA para el control de entradas y salidas, contiene varios ejemplos de aplicación como: teoría de muestreo, pruebas de integración de convolución, transformada de Fourier discreta (DFT) y la transformada de Fourier rápida (FFT), algoritmo rápido de correlación y convolución, respuesta de impulso finito (FIR) de filtro, respuesta de impulso infinito (IIR) de filtro, diseño de Osciladores con procesamiento digital, análisis de espectro de baja frecuencia y aplicación de control de periféricos y se observa en la figura 11.¹⁹

¹⁸ Mikroelektronika. The EayPIC5 development tool.

¹⁹ LABTOP tecnología educación y salud.

Figura 11. Módulo entrenador en DSP



Fuente: <http://www.labtop.pe/inicio/component/virtuemart/details/459/modulo-entrenador-en-dsp.html?pop=0>

Después de estudiar y analizar los diferentes entrenadores o tarjetas y kits de desarrollo que se encuentran en el mercado, se puede observar que son diseñados con el propósito de implementar la mayor cantidad de periféricos posibles aprovechando los recursos más significativos del dispositivo (microcontrolador) utilizado, para brindar al usuario el mayor número de posibilidades en cuanto a la programación de aplicaciones que se desee.

1.3.3. Definición de un microcontrolador. Un microcontrolador es un circuito integrado que posee, unidad central de procesamiento, memoria, entradas y salidas, además posee módulos internos que lo hacen autónomo e independiente y puede ser fácilmente programados para llevar a cabo diversas tareas. Son diseñados para aplicación de control de máquinas, más que para interactuar con humanos. Su nombre se deriva de su tamaño (micro) y su funcionalidad (controlador), es decir es un dispositivo de tamaño reducido que controla diferentes procesos de acuerdo a las necesidades del mismo.²⁰

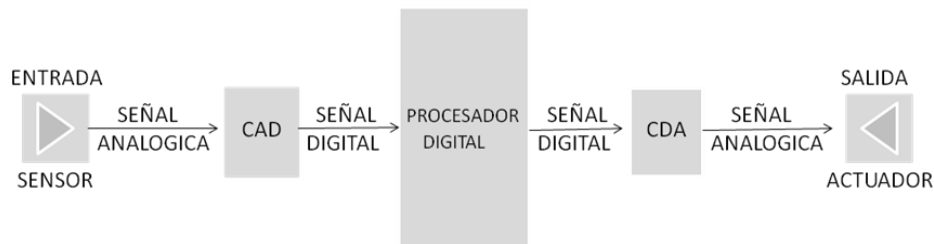
1.3.4. Definición de un DSP. El procesador digital de señales o DSP es un dispositivo con un procesador digital y un conjunto de recursos complementarios capaces de manejar las señales analógicas del mundo real como sonido e imágenes; fue creado para resolver unas operaciones matemáticas en una señal continua o analógica expresada digitalmente.

²⁰ PARALLAX. ¿Qué es un microcontrolador? Guía del estudiante para experimentos. [Documento electrónico] En: http://www.parallax.com/dl/docs/books/edu/wamv1_1spanish.pdf

Los DSP se pueden comparar con los microcontroladores, pero incorporando al microcontrolador algunas arquitecturas y recursos especiales para poder controlar de manera eficiente los requerimientos en el procesamiento digital de señales.

Como se muestra en la figura 12, el procesamiento de señales básicamente se compone en tres etapas: la primera la conversión de la señal analógica en digital (CAD), la segunda el procesamiento de la señal digital, y la tercera, la conversión de la señal procesada a señal analógica (CDA).²¹

Figura 12. Etapas del procesamiento de señales.



Fuente: dsPIC diseño práctico de aplicaciones.

1.3.5. Definición de un DSC. Un dispositivo controlador de señales (DSC) es un nuevo circuito que integra toda la potencia y posibilidades de un microcontrolador de 16 bits (MCU) con las características más destacadas de los DSP.

La primera familia de DSC que se dio a conocer por parte de Microchip, es la familia dsPIC30F que en su momento fue un intento de acercar a los usuarios de MCU a los DSP sin que el cambio fuera tan drástico; teniendo muy buena aceptación entre los usuarios.

La segunda familia de DSC que se lanzó al mercado es la familia dsPIC33F que potencia las capacidades de la primera y cuyas características principales son: su voltaje de alimentación es de 3,3V, memoria Flash 256KB, memoria SRAM que llega a 30KB, rendimiento máximo de 40 MIPS, poseen el doble de interrupciones que los 30F, cuenta con un controlador de acceso directo a memoria (DMA) y trabaja en modo DOZE que es un modo de bajo consumo.²²

1.3.6. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP804. La familia dsPIC33F, tiene 27 modelos disponibles en el mercado; uno de ellos es el dsPIC33FJ128GP804, que es un microcontrolador de encapsulado TQFP de 44 pines con un voltaje de alimentación que va de 3VDC a 3.6VDC, un rendimiento máximo de 40MPIS

²¹ ANGULO USETEGUI, Op. cit., p. 6

²² ANGULO USETEGUI, Op. cit., p. 28

cuando se encuentra energizado a 3.3VDC, se puede trabajar en modo IDLE, SLEEP y DOZE, posee un controlador DMA (8 canales) soportado por la mayoría de sus periféricos, memoria de programa flash de hasta 128 kbytes, memoria SRAM de hasta 16 kbytes, hasta 35 pines de E/S programables, 4 mA de drenaje en todos los pines de E/S, selección de funcionalidad de pin por periférico, 5 temporizadores de 16-bits, algunos pines de entrada tienen tolerancia de 5VDC con pull-ups externas, opciones de reloj flexibles como enganche por Lazo de fase (PLL) totalmente integrado y PLL de baja perturbación, convertidores Analógicos a Digital (ADCs) de 10 bit a 1.1 Msps o de 12 bit a 500 Ksps, hasta cuatro canales de entrada con auto escaneo, puede tomar uno, dos y cuatro muestras simultáneas de los canales (solo ADC de 10 bit), hasta 13 entradas con auto escaneo, la conversión puede ser manual o sincronizada con una de las cuatro fuentes de disparo, convertidor de Audio Digital a Analógico (DAC) de 16 bits de doble canal, cuya máxima tasa de muestreo de 100 ksps, Interface Convertidor de Datos (DCI) que soporta los protocolos I2S y AC'97, dos comparadores analógicos con configuración programable de entrada/salida, SPI de 4 líneas, UART entre otros; este microcontrolador es el cerebro de la tarjeta del módulo entrenador diseñado en este proyecto, algunos de sus módulos internos y periféricos se aplican en el capítulo 5.²³

1.3.7. HERRAMIENTAS PARA DESARROLLO DE SOFTWARE. Microchip ha desarrollado software de desarrollo para los dispositivos que ha sacado al mercado, en su mayoría éstos son gratuitos y lo que pretenden es brindar al programador un entorno de desarrollo de óptimas condiciones para la escritura, simulación, depuración y compilación de los códigos de programación en diferentes lenguajes. A continuación se introducen el software de Microchip usado en el proyecto.

1.3.7.1. MPLAB IDE. Es un programa que se utiliza para desarrollar aplicaciones con los microcontroladores y los controladores digitales de señales de Microchip. Es llamado un ambiente de desarrollo integrado IDE (Integrated Development Environment) ya que cuenta con un editor, un ensamblador, un emulador y un simulador que brindan un ambiente propicio para escribir los códigos de los microcontroladores.

Los pasos que se deben seguir al momento de desarrollar los códigos de programación del microcontrolador son:

- ✓ Crear un alto nivel de diseño: este paso depende del usuario ya que es acá donde se toman decisiones en cuanto al hardware, es decir qué periféricos se van a utilizar, para saber los puertos de entrada, salida y demás dispositivos a implementar.

²³ MICROCHIP, Hoja de especificaciones dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, and dsPIC33FJ128GPX02/X04. p. 3.

Después de tener el diseño se deben declarar los puertos, variables, constantes, funciones y escribir el código del programa.

- ✓ **Compilar:** en este paso MPLAB funciona como una especie de puente entre el código fuente y el microcontrolador, es decir traduce el código fuente en hexadecimal (código de máquina para los microcontroladores) que es el que al final se llevará al dsPIC.
- ✓ **Poner a prueba el código:** generalmente, un programa complejo no trabaja exactamente de la forma en que el usuario lo imagina; ya que puede presentar algunos errores, dichos errores se deben corregir para que el diseño funcione de manera correcta y se obtengan los resultados esperados.

MPLAB IDE ayuda con el proceso de identificación de errores por medio del depurador o debugger que permite al usuario saber dónde se encuentra el error de escritura y su posterior eliminación.

- ✓ **Quemar o programar el código dentro del microcontrolador y verificar que se ejecute correctamente en la aplicación final.**

El usuario debe tener en cuenta que cada uno de los pasos anteriores puede resultar complejo, lo verdaderamente importante es que se concentre en los detalles de su propio diseño, mientras MPLAB IDE le ayuda con otros factores.²⁴

1.3.7.2. MPLAB C30. Es un compilador especial para la programación en lenguaje C, cuya finalidad es reducir considerablemente el código generado en la mayoría de las aplicaciones.

MPLAB C30 compila los archivos fuente de C, produciendo archivos en lenguaje ensamblador. Dichos archivos que genera el compilador en lenguaje ensamblador más otros archivos objeto y librerías se unen para producir la aplicación final en un formato ejecutable como por ejemplo COFF o ELF.

Los archivos COFF o ELF se puede cargar en el IDE de MPLAB, donde puede ser probado y depurado el código, también se puede utilizar para convertir estos archivos (COFF y ELF) en formato hexadecimal (.hex), que se utiliza para la simulación del código y para la programación.²⁵

²⁴MICROCHIP. MPLAB® IDE, USER'S GUIDE WITH MPLAB EDITOR AND MPLAB SIM SIMULATOR.

²⁵MICROCHIP. MPLAB® C30, C COMPILER, USER'S GUIDE.

2. METODOLOGIA

En este capítulo se describirá el proceso realizado en el desarrollo del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804. Este capítulo se divide en dos partes, en la primera se encuentra la matriz del marco lógico del módulo entrenador con el fin de orientar a los lectores del libro en el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación del módulo entrenador y la segunda parte, describe uno a uno los pasos realizados en el proyecto.

2.1. MATRIZ DEL MARCO LOGICO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804.

La matriz de marco lógico es una herramienta dinámica que sirve para facilitar el proceso de conceptualización, planeación, diseño, ejecución y evaluación de proyectos brindando la posibilidad de resaltar los resultados y los componentes que se generarán en beneficio de los usuarios del proyecto.²⁶

Resumen Narrativo	Indicadores	Medios de Verificación	Supuestos
<u>Fin</u> El fin del proyecto es realizar el diseño e implementación del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804 que servirá como herramienta didáctica para el desarrollo de códigos en diferentes lenguajes de programación con el uso de un nuevo dispositivo programable.	<u>Impactos</u> El material diseñado en este proyecto servirá de guía para la implementación de algunos periféricos del dsPIC33FJ128GP804, explicados en los documentos de apoyo, sin necesidad de realizar montajes en protoboard. Actualizar la tecnología utilizada en la Universidad Pontificia Bolivariana con el uso de una nueva familia de microcontroladores dsPIC.	<u>Medios de Verificación</u> Teniendo físicamente este entrenador se logrará una herramienta en hardware que posibilite el manejo de un nuevo dsPIC, brindando a mediano plazo que el microcontrolador se maneje mucho más rápido de lo que se lograría manejar con medios cotidianos como lo son los laboratorios usando hardware discreto; tal es el caso de lo usado actualmente en las clases prácticas.	<u>Sostenibilidad</u> La adquisición de varios entrenadores por parte de la Universidad, garantizará que se logren dictar cursos y talleres en los cuales se puedan implementar las prácticas propuestas con los materiales didácticos de apoyo suministrados en este proyecto.
<u>Propósito</u> El módulo entrenador se ha creado para que los estudiantes se preocupen sólo por la escritura y prueba del código y no por el hardware, teniendo material de apoyo para	<u>Resultados</u> La Universidad Pontificia Bolivariana se ha caracterizado por estar a la vanguardia tecnológica e innovar para la mejor preparación de sus estudiantes, por ello es importante incorporar la	<u>Medios de Verificación</u> Siete estudiantes interesados en aprender a manejar el módulo entrenador y aprender C30 como compilador de programación, sin conocimiento alguno	<u>Propósito a Fin</u> Un importante cambio fue pasar del dsPIC de 28 pines a 44 pines para realizar mayores aplicaciones y tener un amplio conocimiento sin necesidad de tomar un curso, aprendiendo desde

²⁶ Fondo multilateral de inversiones (FOMIN). Guía práctica para elaboración de matriz de marco lógico. Junio de 2008.

poder aprender a utilizar el módulo.	familia dsPIC33F, ya que son microcontroladores de mayor ventaja que los empleados actualmente en la institución, en la materia Arquitectura de Computadores I.	de los dsPIC33F, participaron del taller de actualización en dsPIC usando el material didáctico desarrollado en el presente trabajo.	lo más básico hasta cosas avanzadas. También se realizó un manual de uso para que se pueda utilizar correctamente el módulo, y un manual de prácticas que contienen unos ejemplos para el entendimiento del compilador C30 y los periféricos empleados en el módulo. Este módulo se puede trabajar con cualquier lenguaje de programación.
<u>Componentes/Productos</u> Lo que se proporciona para que el estudiante pueda aprender a programar es: • Tarjeta del módulo entrenador • Cable miniUSB • Adaptador de 9VDC • Manual de uso • Manual de prácticas • CD del módulo entrenador	<u>Productos</u> El producto que se presenta es un módulo que está compuesto por componentes básicos y complejos para que el estudiante pueda aprender desde lo más básico hasta lo más complejo con el lenguaje C. Fue creado con elementos y dispositivos superficiales para dar una mejor distribución a la tarjeta y para que el tamaño sea moderado y fácil de transportar, además trae incorporado su propio programador del dsPIC.	<u>Medios de Verificación</u> Los elementos y dispositivos que se utilizaron son de montaje superficial, materiales prácticos para el ahorro de espacio en la tarjeta. El módulo final se ha trabajado por más de tres meses sin que los componentes presenten problemas.	<u>Componentes/Productos a Propósito</u> Una de las decisiones que se tomaron para tener un buen diseño fue cambiar los materiales de modo normal a materiales de montaje superficial ya que son pequeños y el espacio ocupado sería menor; se cambió el dsPIC33FJ128GP802 al dsPIC33FJ128GP804 ya que posee mayores pines. El sistema de comunicación que se quería implementar inicialmente en el proyecto era x-bee sin embargo, debido a que éste incrementaba el costo del entrenador, se cambio por comunicación bluetooth ya que es más económico y de desempeño similar para efectos académicos.
<u>Actividades</u> Se realizó una investigación teórica para la realización del proyecto y el material didáctico. Se realizó un prototipo de la tarjeta del módulo entrenador en protoboard utilizando el dsPIC33FJ128GP802. Se realizó una tarjeta prototipo del módulo entrenador. Se realizó la tarjeta final del módulo entrenador. Se tiene para consulta el libro o documento del proyecto, especialmente	<u>Investigación teórica:</u> <i>Duración:</i> dos meses Prototipo de la tarjeta del módulo entrenador en protoboard: <i>Duración:</i> cuatro meses <i>Costos:</i> Materiales: \$100.000= Prototipo de la tarjeta del módulo entrenador en circuito impreso: <i>Duración:</i> un mes <i>Costos:</i> Materiales \$342.400= Circuito impreso \$57.000= Módulo entrenador final en circuito impreso: <i>Duración:</i> un mes	<u>Medios de Verificación</u> Se realizaron cotizaciones previas en cuanto los materiales para realizar la compra económica de los mismos. Se realizaron las prácticas con cada uno de los prototipos para verificar la funcionalidad del módulo. Se validó el módulo entrenador con la realización del taller en el cual se aplicaron encuestas a los participantes para	<u>Actividades a Componentes</u> La creación del manual de prácticas con los ejemplos para comprender mejor el funcionamiento del módulo, además se hizo un manual de uso para asegurar un buen manejo del entrenador y una larga vida. Se debe tener para consulta el documento del trabajo de grado ya que en éste se encuentra además de información del módulo, información del compilador C30 para aprender a utilizar este compilador.

el manual de uso y el manual de prácticas para comprender la metodología que se debe emplear al utilizar el módulo entrenador con el lenguaje C y el compilador C30. Se realizó un taller con siete estudiantes para que aprendieran a utilizar el módulo.	Costos: Materiales \$344.650= Circuito impreso \$115.667= Taller para aprender a usar el módulo: <i>Duración:</i> cuatro días. Dos días en realización del segundo módulo y dos días en el taller. Costos: Materiales en el segundo módulo \$254.650= Circuito impreso: \$115.667=	medir los factores de aceptación del módulo en cuanto a hardware, software y ayudas didácticas.	
--	---	---	--

2.2. PASOS DESARROLLADOS EN EL DISEÑO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804.

Esta parte del documento describe el proceso utilizado en el diseño e implementación de la tarjeta del módulo entrenador, desde el inicio hasta el resultado final. Se nombrarán y tendrán en cuenta los dispositivos más importantes utilizados en la tarjeta y cómo fue el proceso de selección de los mismos. El proyecto se dividió en cinco etapas principales que se nombran a continuación.

2.2.1. Etapa de recopilación de la información y preselección de módulos, periféricos y elementos del sistema. Para la recopilación de la información se usaron diferentes medios bibliográficos como: trabajos, publicaciones, tesis y proyectos que trataban del diseño y realización de entrenadores para microcontroladores. También incluyó esta primera etapa la pre-selección de los módulos, periféricos y elementos a usar en el módulo entrenador. Para finalizar la primera etapa se redactó el estado del arte sobre el tema del proyecto, destacando algunos trabajos de los encontrados.

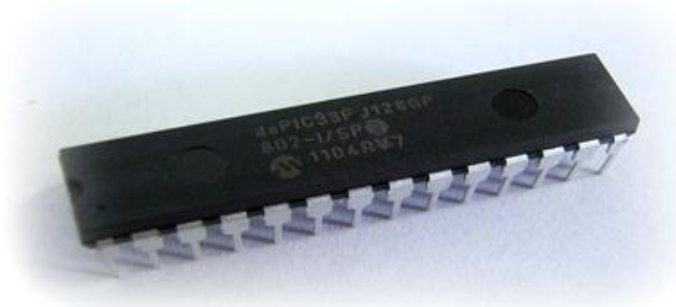
Con base en la investigación realizada de los entrenadores y la definición de un módulo entrenador, se observó que estos son diseñados con el fin de implementar la mayor cantidad de módulos y periféricos destacando las novedades del microcontrolador utilizado, para poder brindar al usuario la posibilidad de programar las aplicaciones que desee. Teniendo en cuenta lo anterior y los requerimientos del contenido de la materia arquitectura de computadores I, en Ingeniería Electrónica de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, se realizó la pre-selección de los módulos y periféricos a implementar tales como puertos digitales, comunicación serial asíncrona, comunicación serial síncrona, conversor analógico a digital, etc. Para la implementación de estos módulos y periféricos se usaron LEDs, pulsadores, dip-switch, LCD, display siete segmentos y potenciómetro los cuales, se conectaron

inicialmente en protoboard con el fin de determinar qué tan prácticos y útiles serían en el entrenador. Estos elementos son de uso tradicional en el manejo de periféricos de sistemas microprocesados como mostró la investigación de los entrenadores existentes en el mercado y se usan como interfaces entre el usuario y el sistema microprocesado por ser elementos fáciles de manejar, de bajo costo, fácilmente replicables, de uso actual en sistemas electrónicos en las áreas de automatización y control, además de ser adecuados para manejar los temas del contenido de la materia de Arquitectura de computadores I y cursos cortos de microcontroladores que tradicionalmente se han dictado en la Facultad de Ingeniería Electrónica.

2.2.2. Etapa de estudio del lenguaje de programación C y la inclusión del programador en el módulo entrenador. En ésta, se manejaron los conceptos básicos del lenguaje C para microcontroladores y comandos de programación propios de MPLAB y C30, lo que permitió escribir los códigos para programar el dsPIC33FJ128GP802.

El dsPIC33FJ128GP802 es un microcontrolador de Microchip de 28 pines y encapsulado DIP que presenta las mismas características del dsPIC33FJ128GP804. Este microcontrolador (dsPIC33FJ128GP802) fue el utilizado inicialmente en el desarrollo del proyecto. En la figura 13, se observa físicamente.

Figura 13. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP802



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

El dsPIC33FJ128GP802 se programaba inicialmente con el PICkit2, ya que es el que se utiliza en la Universidad Pontificia Bolivariana, seccional Bucaramanga y cumple con las tareas requeridas (programador y *debugger*) además de ser un programador moderno y de gran desempeño, su comunicación con el computador es a través del puerto USB que no requiere alimentación externa. Con el paso del tiempo, se observó que el desconectar y conectar el dsPIC de la implementación en el protoboard para llevarlo al programador y transferirle el código que se habría de probar, resultaba tedioso para el usuario y además peligroso para el microcontrolador, ya que es posible que con el paso del tiempo se parta uno de los

pinos; es por esto que nace la idea de incluir el programador en la tarjeta del módulo entrenador. Para llevar a cabo esta idea e implementarla, se inició una búsqueda de diseños de programadores para dsPIC33F. Teniendo como base el diseño original que incluye el fabricante Microchip en la hoja de datos del PICkit2, se realizaron algunas modificaciones al diseño original ya que solo se requería para el uso de un microcontrolador, para ello se quitaron muchos elementos necesarios para programar las diferentes familias de microcontroladores tal como lo hace el PICkit2 original; posteriormente se implementó en protoboard y se realizaron las respectivas pruebas de funcionamiento. Una vez el programador funcionó correctamente es decir, cumplió las tareas de programador y *debugger* se empezó a utilizar de la misma manera que se empleaba el PICkit2 de Microchip, usando el software MPLAB IDE para su manejo desde el computador.

2.2.3. Etapa de diseño de la tarjeta del módulo entrenador. Además de los módulos, periféricos y elementos empleados inicialmente y según la investigación realizada se pensó en implementar otros periféricos con el fin de enriquecer el módulo entrenador y por lo tanto las posibilidades en dispositivos electrónicos de los alumnos de la Universidad Pontificia Bolivariana en el tema de microcontroladores, estos nuevos periféricos comprenden: un módulo para leer una dirección de memoria microSD y un módulo para la comunicación por bluetooth; con los anteriores cambios se presentó una necesidad adicional ya que la cantidad de periféricos que se quería implementar requería una cantidad superior a los pines (28) que brinda el dsPIC33FJ128GP802.

Con el fin de no eliminar ninguno de los periféricos, se pensó en crear el módulo con una tarjeta principal y otras auxiliares; la tarjeta principal comprendería: el dsPIC, LCD, LEDs, pulsadores, dip-switch, una entrada analógica, programador y un conector con los pines que quedaban libres para conectar las tarjetas auxiliares; estas comprenderían los periféricos que se pretendían implementar por ejemplo: display siete segmentos, puerto serial, módulo bluetooth y un módulo para la lectura de memorias microSD.

La anterior idea se descartó por que se pretendía crear un elemento didáctico muy práctico en su manejo y manipulación por parte de estudiantes. Diseñando el entrenador de esta manera se exponía a un manejo tedioso para conectar y desconectar tarjetas, que conllevaría a crear situaciones como daño de los conectores y pérdida de sus respectivas tarjetas.

La solución entonces fue cambiar el dsPIC33FJ128GP802 por otro que brindara mayor cantidad de pines, es así como se inicia la búsqueda de un nuevo dsPIC33F.

La búsqueda del nuevo dsPIC se realizó en la sección de productos de la página de internet de Microchip; lo que se pretendía era encontrar un dsPIC33F de encapsulado DIP de más de 28 pines, que brindara características similares a las

del microcontrolador que se tenía, con el fin de no perder el trabajo realizado con anterioridad. Desafortunadamente los dsPIC33F que ofrece Microchip en encapsulado DIP son de hasta 28 pines; los de mayor cantidad de pines que Microchip ofrece son de montaje superficial, es decir TQFP y QFN. Es así como se tiene la necesidad de utilizar un dsPIC33F de montaje superficial que reúna las características que se buscaban anteriormente.

El dsPIC33FJ128GP804 (Figura 14) fue el elegido porque cumplió con las características que se buscaban ya que además de contar con mayor cantidad de pines (44) comparte la hoja de datos del microcontrolador que se estaba utilizando anteriormente (dsPIC33FJ128GP802), adaptándose así perfectamente a las necesidades del diseño del entrenador.

Figura 14. Microcontrolador dsPIC33FJ128GP804



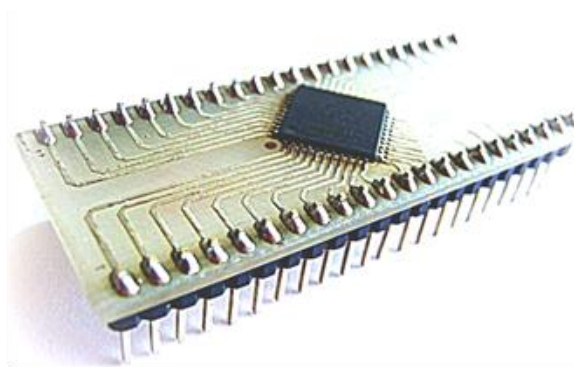
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Como se observa en la figura 14, el dsPIC33FJ128GP804 es un microcontrolador de encapsulado TQFP, este tipo de encapsulado no se puede utilizar en protoboard a menos que se realice una adaptación que lo permita. En la figura 15 se puede observar la adaptación realizada que consistió en diseñar una tarjeta sobre la cual se soldó o dispuso el microcontrolador de tal manera que cada uno de sus terminales tuvieran un respectivo terminal, semejando un nuevo encapsulado tipo DIP el cual pudiera ser insertado en un protoboard.

Con la adaptación, se realizaron los cambios tanto en las conexiones del protoboard (figura 16) como en los códigos de programación, para lograr realizar las respectivas pruebas, obteniendo un resultado satisfactorio.

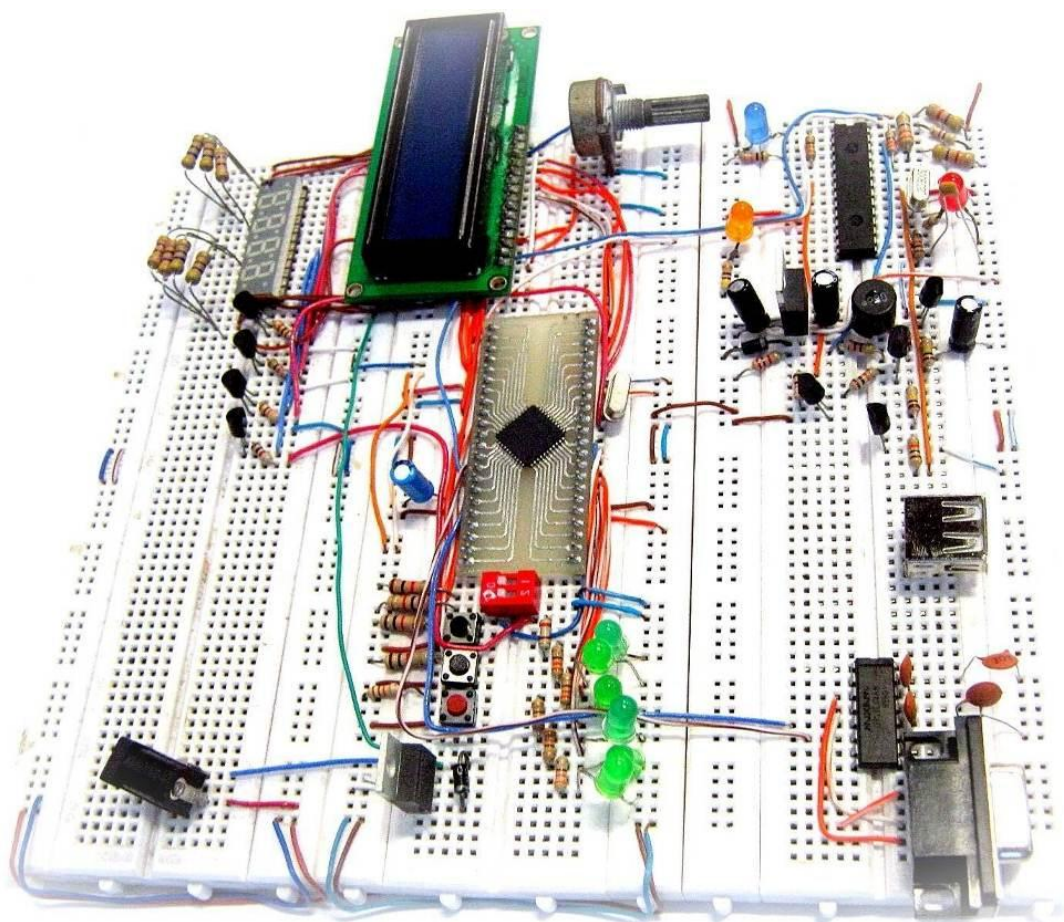
Una vez elegido el microcontrolador a utilizar en la tarjeta del módulo entrenador, se continuó con el diseño de la misma.

Figura 15. Adaptación del microcontrolador dsPIC33FJ128GP804



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Figura 16. Implementación en protoboard con el dsPIC33FJ128GP804



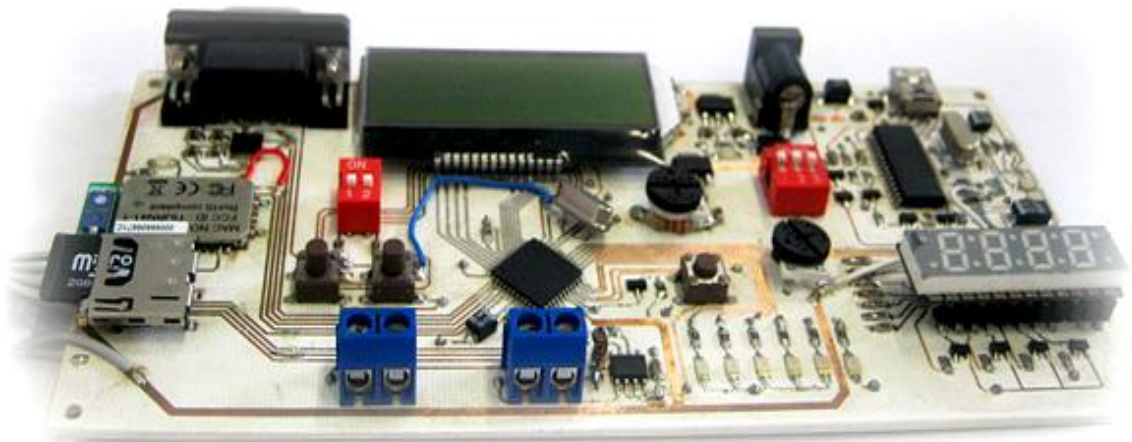
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Estas pruebas en el protoboard comprobaron la funcionalidad del programador, los protocolos seriales, los puertos digitales, el LCD y los display siete segmentos. Sin embargo, para lograr realizar las pruebas con los demás dispositivos se requería avanzar en el proceso de desarrollo del entrenador a una etapa de tarjeta prototipo ya que varios de los demás dispositivos requerían que estuviesen soldados a la tarjeta, además que varios de ellos son de montaje superficial tal como el socket de la memoria microSD y el módulo bluetooth.

Como se mencionó anteriormente el microcontrolador es de encapsulado TQFP (superficial). Con el fin de conservar una armonía en los dispositivos y la presentación de la tarjeta del módulo entrenador, el diseño final se realizó con dispositivos y elementos de montaje superficial y el diseño del circuito impreso se hizo a doble cara. El prototipo de esta tarjeta se puede ver en la figura 17.

Como se observa en la figura 17, los elementos y dispositivos utilizados en la implementación de la tarjeta del módulo entrenador son superficiales; para ello fue necesario cambiar muchos elementos a otros de igual referencia teniendo en cuenta que fuesen de encapsulado superficial, entre ellos el LCD, los circuitos integrados MAX232, el circuito integrado del programador PIC18F2550, resistencias, LEDs y otros.

Figura 17. Tarjeta prototipo del módulo entrenador.



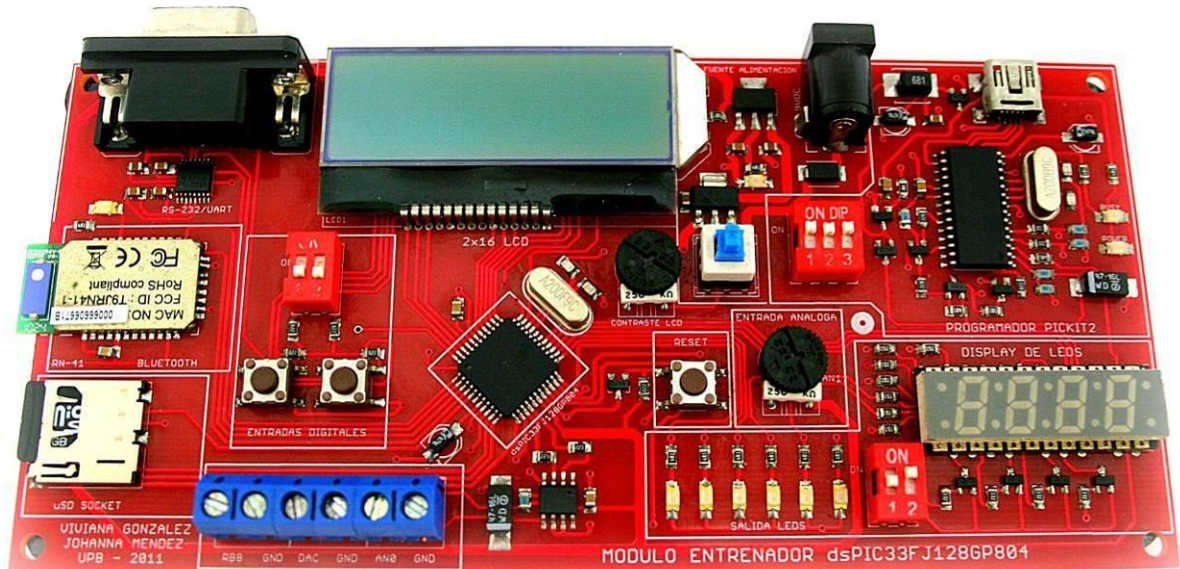
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Con la tarjeta prototipo se probaron los dispositivos faltantes en la etapa de la implementación en el protoboard, como lo son la escritura de la memoria microSD, la prueba del módulo bluetooth, módulo DSP, conversor analógico a digital y digital a analógico.

En esta tarjeta prototipo se detectaron algunas falencias de diseño en cuanto a caminos que quedaron sin incluir, esto se corrigió dando como resultado la tarjeta

final del módulo entrenador que se puede ver en la figura 18. También se observa que se incluyó en el diseño un botón de encendido y apagado y una bornera para conectar una señal externa adicional cualquiera, además de un acabado propio de una tarjeta final.

Figura 18. Tarjeta final del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.



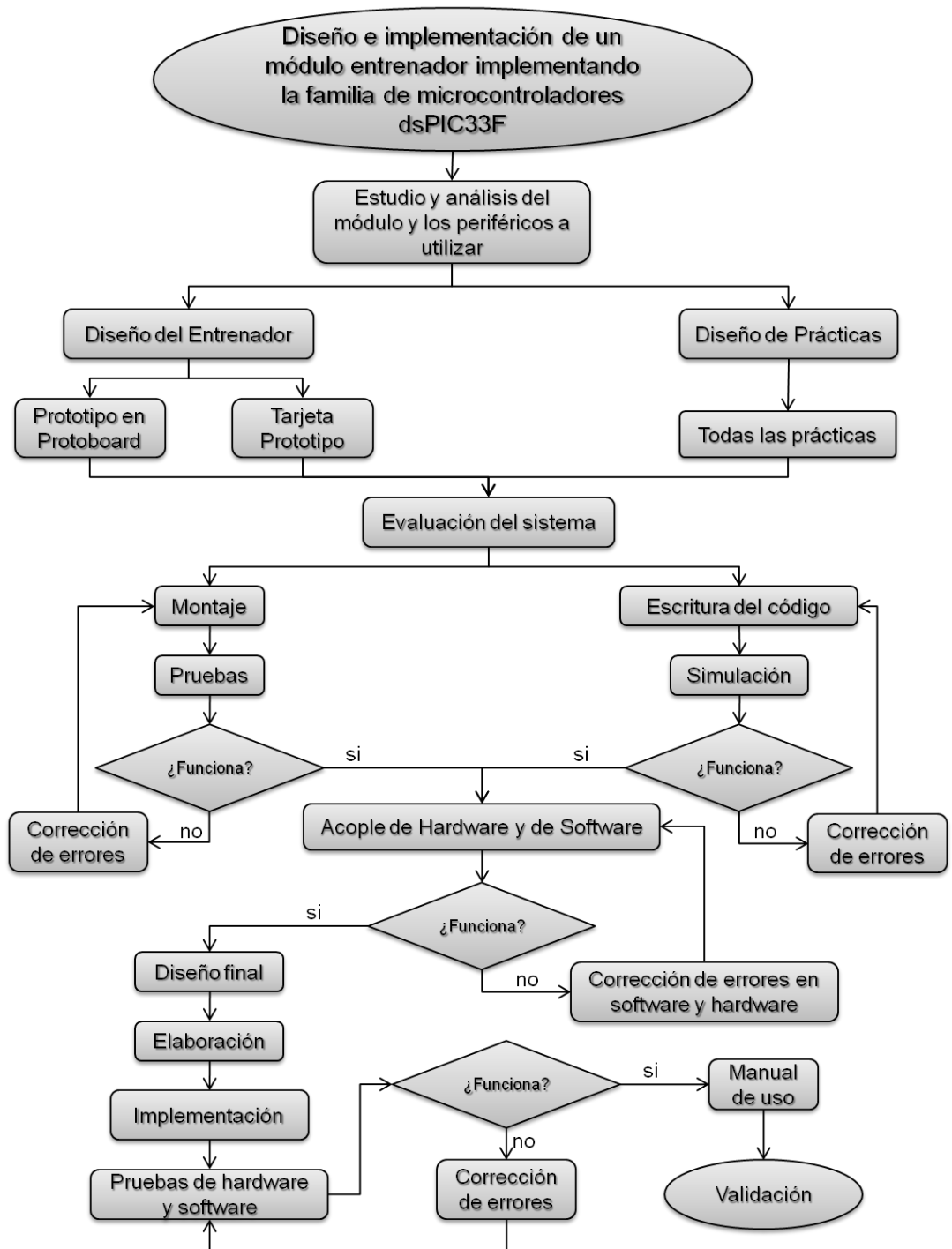
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

2.2.4. Etapa de implementación del diseño final. Consistió esta etapa en la realización de las respectivas pruebas del software usando el hardware definitivo y la recopilación de la información para realizar los manuales (manual de uso y manual de prácticas) y el documento final del proyecto.

Con el fin de brindar un mejor uso del módulo entrenador y un manejo cognitivo del estudiante, se incluyó un CD (anexo F) donde se encontrarán los manuales, instaladores, videos ilustrativos didácticos y otros documentos para que el usuario pueda desarrollar las prácticas exitosamente.

En el diagrama de flujo que se observa en la figura 19 se muestra la metodología utilizada en el diseño del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804. Se observa cómo fue el proceso de prueba de las diferentes prácticas diseñadas y de las implementaciones realizadas a lo largo del desarrollo del proyecto.

Figura 19. Diagrama de flujo de la metodología del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.



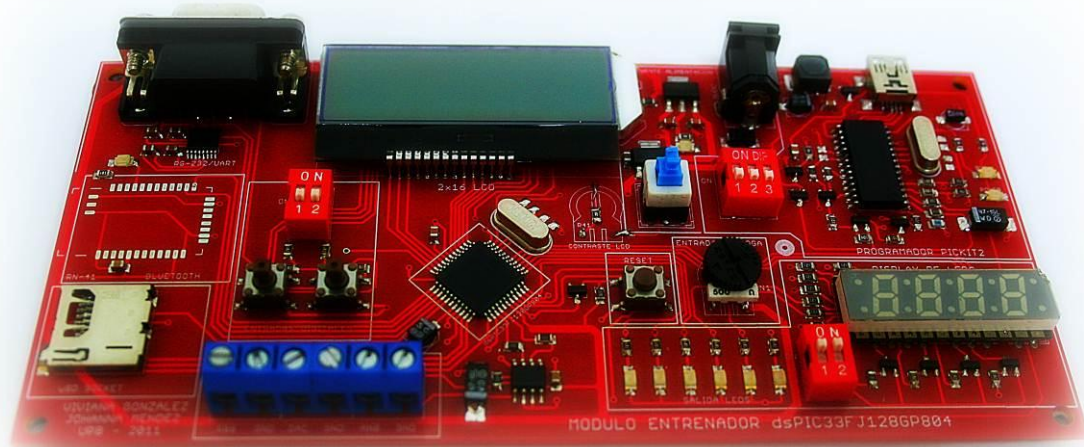
Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Los manuales se realizaron teniendo en cuenta la investigación realizada en la pedagogía. El manual de uso brinda a las personas la información necesaria para aprender a utilizar el módulo sin la necesidad de una asesoría en persona, ya que explica los pasos para conectar, encender, programar, manejar y apagar la tarjeta del módulo entrenador; en este manual también se explica cómo deben ser utilizadas las ayudas que se incluyen en el CD del módulo entrenador (anexo F).

El manual de prácticas se realizó teniendo en cuenta el método de aprendizaje basado en proyectos (POL), ya que en cada una de las prácticas se realiza un ejercicio ejemplo y se propone otro con la finalidad que los estudiantes investiguen, propongan y comprueben que sus códigos de programación cumplen las funciones que se proponen en cada uno de los ejercicios; con esto se logra que los estudiantes desarrollen una habilidad del pensamiento y retengan la información ya que según la investigación previa, el aprendizaje es más significativo al ser realizado el proceso por ellos mismos.

2.2.5. Validación del Módulo Entrenador dsPIC33FJ128GP804. Con el fin de validar el módulo entrenador y los manuales, se realizó un taller por parte de las autoras del proyecto (Kelly Viviana González Rojas y Johanna Andrea Méndez Caviativa), bajo la supervisión del director del proyecto (Carlos Gerardo Hernández Capacho) los días 2 y 3 de Junio del año 2011 de 12 horas en total, en la sala 2 de la biblioteca Juan Pablo II, con 7 estudiantes que cursaron la materia Arquitectura de computadores I. Cada uno de los estudiantes contaba con un computador personal y además tenían un conocimiento básico del lenguaje C. Para este taller fue necesario la implementación de otra tarjeta, como se observa en la figura 20, en esta nueva tarjeta por razones de costos no se implementó el módulo bluetooth (parte central-izquierda de la tarjeta).

Figura 20. Tarjeta del módulo entrenador sin módulo bluetooth.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Los participantes del taller se pueden observar en la figura 21, éste contó con los medios audiovisuales adecuados para este fin. Se inició con una encuesta de diagnóstico a los 7 estudiantes con el fin de determinar el grado de conocimiento que éstos tenían de los dsPIC, de los dsPIC33F, del lenguaje C y otros temas puntuales que pretendía averiguar sobre la importancia de los materiales didácticos y de apoyo en la enseñanza de los microcontroladores. Esta encuesta se puede ver en el anexo A y los resultados individuales para cada estudiante se encuentran tabulados en el anexo C.

Figura 21. Imagen del taller de actualización en dsPIC para la validación del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Una vez realizada la encuesta, se realizó una introducción de los microcontroladores en general, luego de los dsPIC30F que ya eran conocidos por los 7 estudiantes y por último se hizo una introducción a la familia de dsPIC33F, destacando las características del microcontrolador utilizado (dsPIC33FJ128GP804). A cada estudiante se le dio una copia del CD del módulo entrenador; se les explicó cómo utilizar dicho CD (ayudas didácticas, documentos, etc.) y la distribución física de la tarjeta del módulo entrenador.

Con la ayuda del manual de uso y las ayudas didácticas del CD, cada estudiante actualizó la versión de MPLAB IDE, instaló el compilador C30, construyó un nuevo proyecto y programó el primer ejemplo del manual de prácticas.

Como se tenían dos módulos entrenadores, se realizaron dos grupos; uno de cuatro y otro de tres estudiantes, dando inicio a la explicación de cada uno de los

ejercicios del manual de prácticas. En la figura 22 se observa a uno de los grupos del taller interactuando con el módulo entrenador. Durante la explicación de cada una de las prácticas se presentaron por parte de los estudiantes algunas dudas e inquietudes referentes al nuevo microcontrolador, la forma de programar o la estructura del programa; estas dudas se resolvieron de manera satisfactoria por parte de los autores del proyecto, quienes asesoraban de una manera casi personalizada a cada uno de los grupos.

Figura 22. Imagen de uno de los grupos del taller de actualización en dsPIC



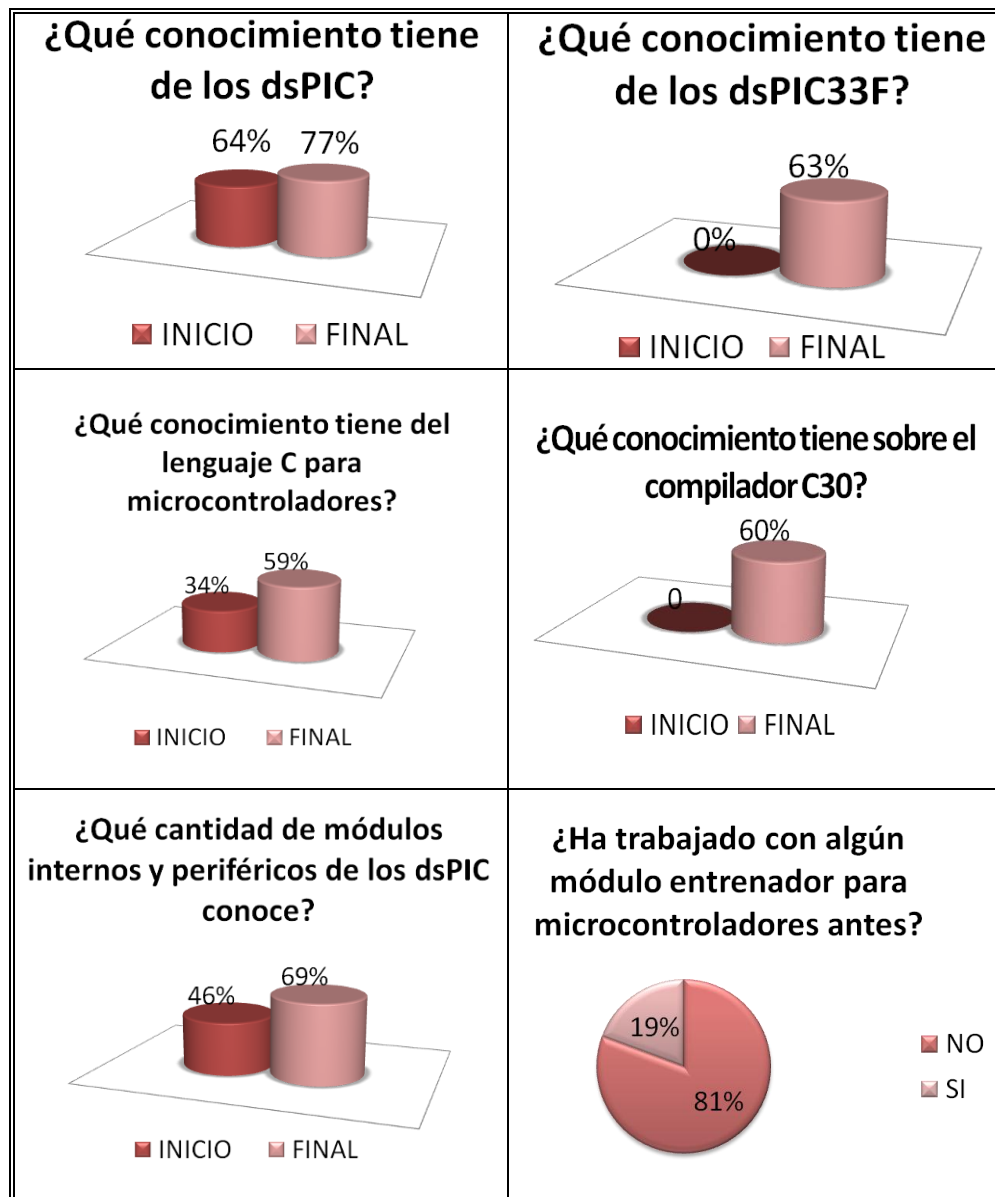
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

Durante la realización del taller se logró observar la respuesta de los estudiantes frente al módulo entrenador, a los manuales y a las ayudas didácticas. Con base en esta observación y algunas sugerencias realizadas por los estudiantes en el desarrollo de cada práctica se adicionaron explicaciones y comentarios en los programas o códigos de las prácticas y algunos videos que mejorarían la introducción del módulo para su uso.

Al final del taller se aplicó una nueva encuesta para evaluar los resultados y el avance de los 7 estudiantes; esta encuesta se puede ver en el anexo B y los resultados individuales tabulados en el anexo C. Las preguntas de las encuestas y el promedio de los resultados se muestran en las tablas 2 y 3.

Como se observa en la tabla 2, en todas las preguntas se aumentó el nivel de conocimiento de los estudiantes, cosa que es satisfactoria ya que con este taller se logra enseñar nuevos conceptos en corto tiempo.

Tabla 2. Resultados de las encuestas realizadas.

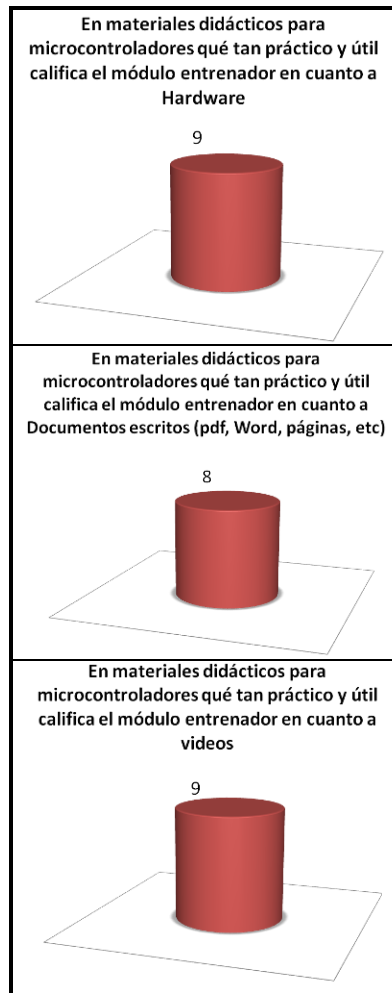


Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

En la tabla 3, se muestra la calificación de los participantes del taller a los materiales didácticos utilizados. Cada uno de los resultados mostrados en la tabla 3, corresponde al promedio de la suma de la calificación individual de los 7 estudiantes. Como se observa la calificación al hardware, documentos y videos es de 9, 8, y 9 respectivamente; teniendo en cuenta que “0” es la calificación más baja y “10” la calificación más alta, se concluye que estos materiales didácticos

cumplen su objetivo y se logra verificar la calidad de las ayudas didácticas y los manuales del módulo entrenador.

Tabla 3. Calificación de los materiales didácticos.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Gracias a las observaciones y sugerencias realizadas por los siete estudiantes, en la última pregunta de la encuesta de evaluación final, se lograron mejorar algunas detalles en cuanto a los manuales y el CD del entrenador; dando así por terminado el proceso metodológico del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804. Esta información de resultados se socializó el día martes siguiente a la fecha del taller es decir, el 7 de junio de 2011 con los participantes del taller. En el anexo D se tiene el listado de participantes del taller, quienes a su vez dieron sus opiniones y recomendaciones adicionales para el desempeño del tema y buen manejo del entrenador, lo cual fue acatado por los autores del proyecto.

3. MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804

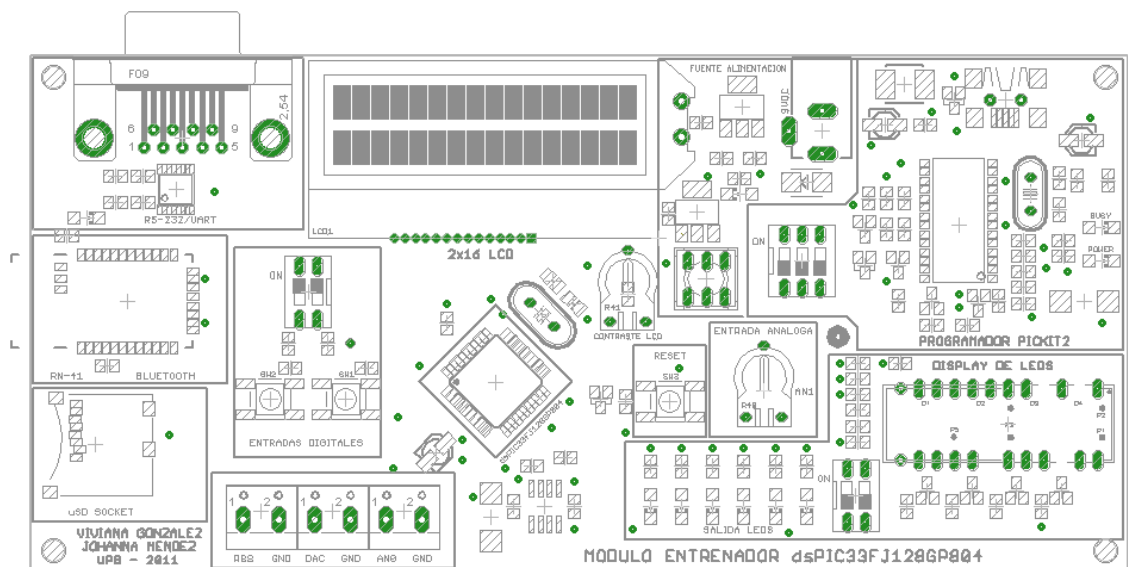
En este capítulo se presenta el resultado final del proyecto es decir, el módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804. Este capítulo se divide en tres partes: en la primera se muestra el diseño de la tarjeta, en el segundo la estructura del diseño con especificaciones del hardware y en la tercera se encontrará un análisis de costos del diseño, implementación y desarrollo del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.

3.1. DISEÑO DEL CIRCUITO IMPRESO

En este capítulo se observa la distribución física de los bloques en el circuito impreso, que componen la tarjeta del módulo entrenador y la imagen de la Board diseñada en Eagle (software para diseño de circuitos impresos).

3.1.1. Distribución de los bloques. En la figura 23 se aprecia la distribución física de los bloques del diseño del circuito impreso con los respectivos dispositivos electrónicos y elementos que cada bloque contiene.

Figura 23. Diseño del circuito impreso del módulo entrenador.



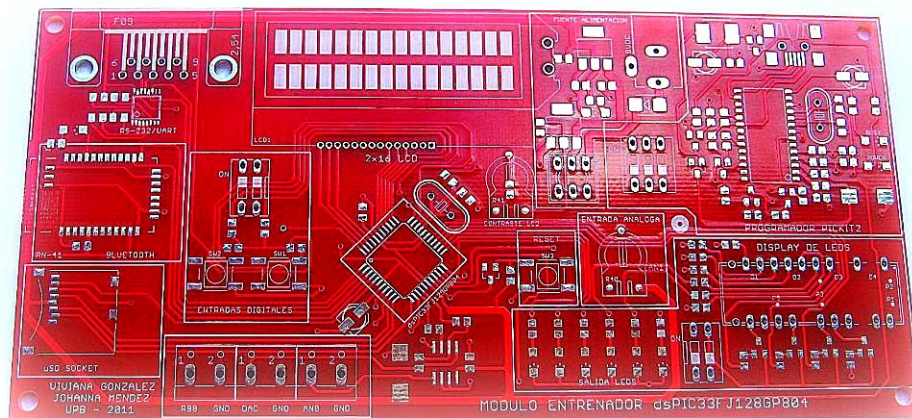
Fuente: Imagen creada por los autores del texto de la Board diseñada en Eagle.

En el anexo E se encuentra el listado de los componentes electrónicos utilizados en la implementación de la tarjeta del módulo entrenador. Estos componentes fueron ubicados estratégicamente según las necesidades que se tenían para su manipulación, es tal el caso del conector serial DB9 del protocolo RS-232 que debía ser ubicado en el borde de la tarjeta al igual que el socket para la memoria

microSD y el conector del bloque de entradas salidas que contiene el ADC, DAC y el pin libre. En el diseño realizado se observó que dividiendo la tarjeta del módulo entrenador en bloques se tenía una mejor organización y distribución del circuito impreso para reducir el tamaño y los costos, además que los bloques se componen de dispositivos claves como en el caso de las entradas digitales, donde están los pulsadores y el dip-switch, otra de las organizaciones importantes fue el bloque del programador que se encuentra en la parte superior derecha y la ubicación de las salidas digitales que a pesar que están divididas en dos bloques diferentes (LEDs y display siete segmentos) se encuentran en la parte inferior derecha, dando como resultado, luego de muchas pruebas realizadas un sistema que integró los requerimientos de funcionalidad y maniobrabilidad a una herramienta de fácil manejo para el usuario.

3.1.2. Circuito impreso. En la figura 24 se observa el circuito impreso final sin los dispositivos y elementos que se requieren para el uso del módulo entrenador. En la figura 18 se logró observar el módulo entrenador con todos los dispositivos.

Figura 24. Circuito impreso de la tarjeta final del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

3.2. ESTRUCTURA DE LA TARJETA

En la figura 25 se muestra el sistema diseñado con sus partes o bloques y la ubicación de éstos en la tarjeta. Los bloques son los siguientes: comunicación serial, comunicación por bluetooth, memoria microSD, entradas digitales (dip-switch y pulsadores), salidas digitales (LCD, LEDs y display siete segmentos), módulo analógico digital y digital analógico, un pin para conexión libre y el programador que se incluye en la tarjeta del módulo. Ésta tarjeta cuenta además con un botón de encendido y apagado, un dip-switch de tres entradas que sirve

para habilitar o deshabilitar el programador, un dip-switch de dos entradas que habilita o deshabilita los display siete segmentos y los LEDs, y un pulsador reset para reiniciar el dsPIC33FJ128GP804.

Figura 25. Diagrama de bloques de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

A continuación se encontrarán las especificaciones de cada bloque que se utilizó en los periféricos de la tarjeta del módulo entrenador, dejando claro los parámetros en los que éste debe trabajar para que funcione exitosamente.

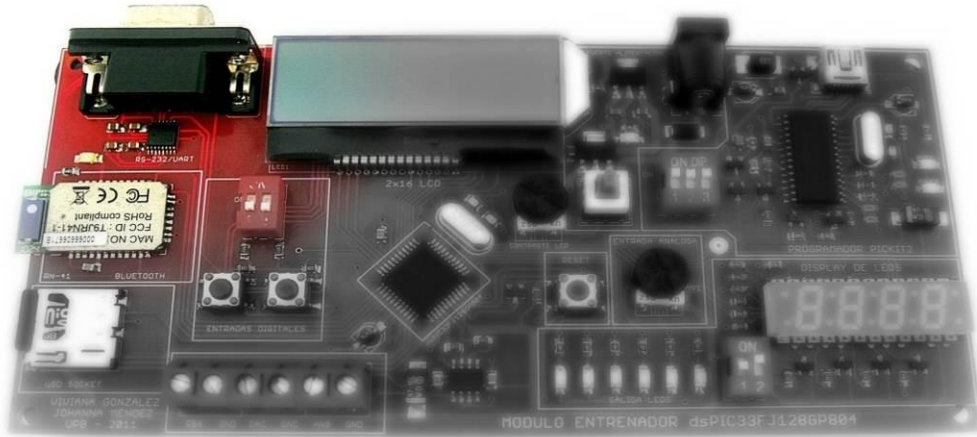
3.2.1. Comunicación serial. Es una interfaz de comunicación de datos digitales la cual envía bit a bit los datos es decir, una comunicación serial asíncrona y es utiliza en computadores y periféricos de microcontroladores.

Para el puerto serial se empleó el protocolo RS-232^{*27} el cual requiere el circuito integrado MAX232 para acondicionar los niveles del voltaje del microcontrolador con esta interface serial. En el módulo entrenador se empleará este protocolo para conocer, probar y confirmar que el dsPIC33FJ128GP804 puede trabajar este tipo de herramientas, que es confiable y rápido a la hora de transmitir y recibir datos dependiendo de la configuración que se realice en el código.

En la figura 26 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del puerto serial en la parte superior izquierda del circuito impreso.

*En la carpeta hoja de datos del CD del módulo entrenador se encuentra la información necesaria del protocolo RS-232 y del circuito integrado MAX232.

Figura 26. Ubicación del puerto Serial en la tarjeta del módulo entrenador.

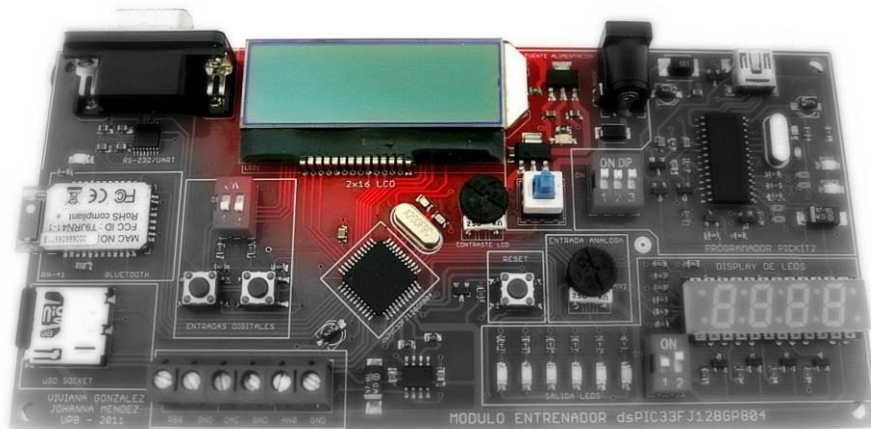


Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.2. LCD. El display de cristal líquido o LCD es una pantalla que sirve para visualizar letras, símbolos y números. En la tarjeta del módulo entrenador se empleó para visualizar texto que se transmite desde el dsPIC33FJ128GP804 hacia el computador y viceversa, para observar que la transferencia de datos está funcionando correctamente.

En la figura 27 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del LCD en la parte superior del circuito impreso.

Figura 27. Ubicación del LCD en la tarjeta del módulo entrenador.

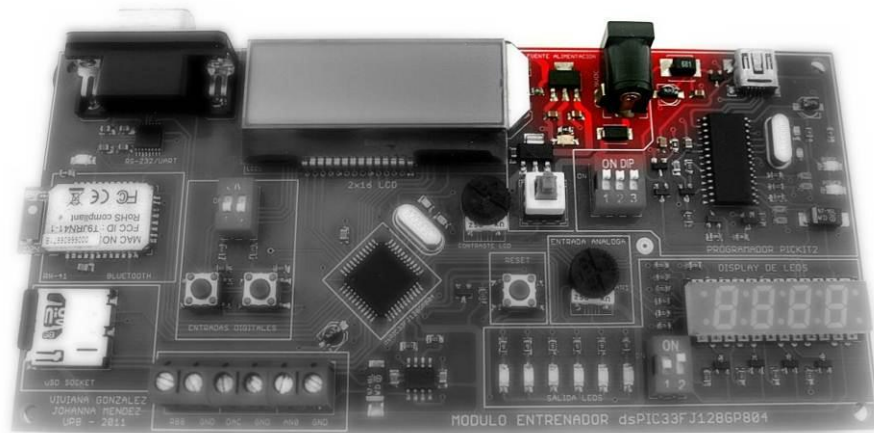


Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.3. Alimentación. La tarjeta del módulo entrenador trabaja con un rango de voltaje de entrada entre 6VDC a 12VDC, sin embargo se utiliza un adaptador externo de 9VDC para energizar la tarjeta. Se seleccionó el adaptador con este voltaje debido a que se emplea un regulador de 5VDC a la entrada para los dispositivos como el LCD que trabajan a este voltaje y otro regulador de 3.3VDC para el voltaje del dsPIC33FJ128GP804.

En la figura 28 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del bloque alimentación en la parte superior derecha del circuito impreso. Se aprecian además, los dos reguladores de voltaje con el respectivo diodo de protección a la entrada y el diodo LED indicador de alimentación.

Figura 28. Ubicación del bloque de alimentación en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.4. Programador. Este bloque permite la transferencia del código o programa desde el computador hacia el microcontrolador. El programador fue tomado del circuito original PICKit2 de Microchip, el cual es una herramienta que permite leer, verificar, borrar o grabar el archivo .hex en el microcontrolador. Además en la tarjeta del módulo entrenador se emplea un dip-switch de tres interruptores para habilitarlo o deshabilitarlo.

En la figura 29 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del programador en la parte superior derecha del circuito impreso.

3.2.5. Bluetooth. El protocolo de comunicación bluetooth sirve para la transmisión y recepción de datos seriales. En el módulo entrenador se trabajará éste protocolo usando el módulo bluetooth de referencia RN-41, con instrucciones básicas para la transferencia de datos entre el dsPIC y otro dispositivo que maneje dicho protocolo de comunicación, por ejemplo un computador.

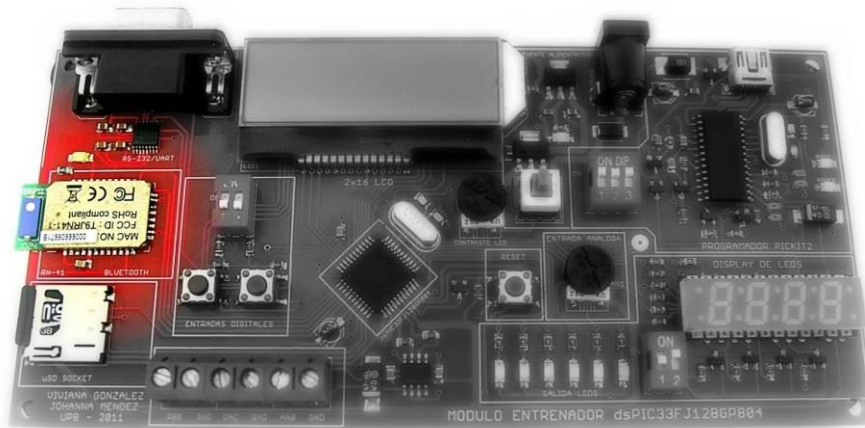
En la figura 30 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del bluetooth en la parte izquierda del circuito impreso.

Figura 29. Ubicación del bloque del programador en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

Figura 30. Ubicación del bluetooth en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.6. Entradas digitales. Como entradas digitales se pueden utilizar los pulsadores y un dip-switch de dos interruptores.

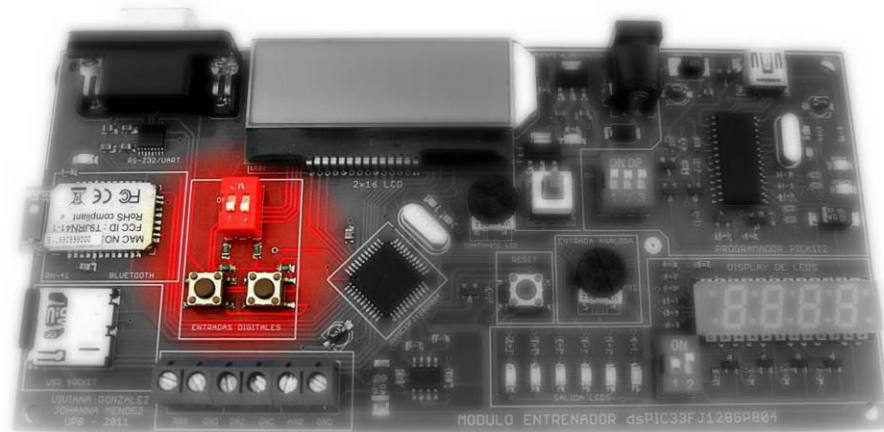
Un pulsador es un dispositivo que sirve para habilitar o deshabilitar algunas funciones, tiene un estado lógico por defecto que depende de la conexión que se realice en el circuito. En la tarjeta del módulo entrenador se manejan dos pulsadores, de los cuales uno se puede utilizar para hacer interrupciones externas

ya que está conectado directamente al pin RB0 del microcontrolador, que corresponde a la interrupción externa 1.

El dip-switch es el conjunto de varios interruptores que se encuentran en un solo encapsulado, cada uno de estos interruptores actúan independientes. En el entrenador se emplea un dip-switch de dos interruptores de entradas digitales.

En la figura 31 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador de las entradas digitales en la parte izquierda del circuito impreso.

Figura 31. Ubicación de las entradas digitales en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

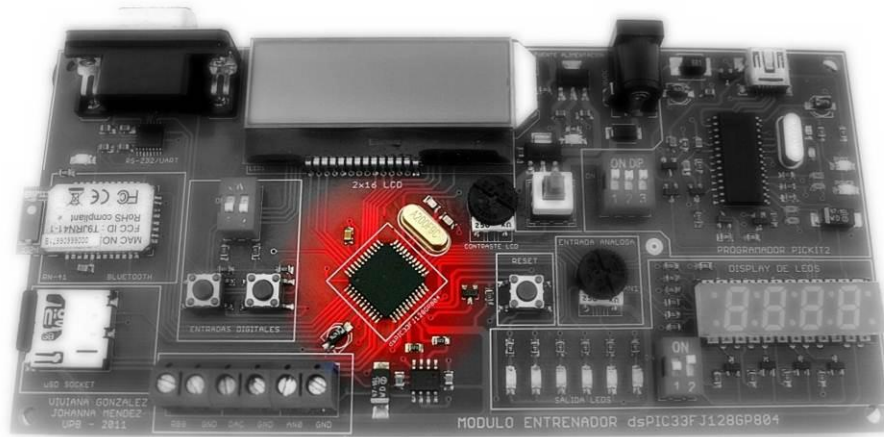
3.2.7. dsPIC33FJ128GP804. El bloque lo conforma fundamentalmente el microcontrolador dsPIC33FJ128GP804 y éste es el cerebro del módulo entrenador diseñado en este proyecto. Algunos de sus módulos y periféricos se aplicarán en el capítulo 5.

En la figura 32 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del dsPIC.

3.2.8. Interruptor de encendido. Este bloque del entrenador lo conforma solo el interruptor que se emplea para encender o apagar la tarjeta del módulo y tener un control del voltaje de alimentación.

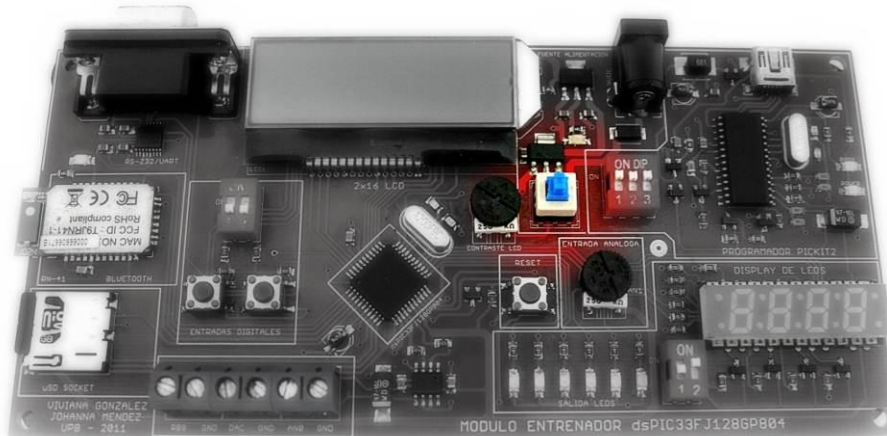
En la figura 33 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del Interruptor de encendido en la parte superior del circuito impreso.

Figura 32. Ubicación del microcontrolador dsPIC33FJ128GP804 en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

Figura 33. Ubicación del interruptor de encendido de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.9. MCLR. Para el empleo de este bloque se utilizó un pulsador de la misma referencia que se empleó en el bloque de las entradas digitales. Con este pulsador se realiza un reset o reinicio en el sistema del dsPIC33FJ128GP804.

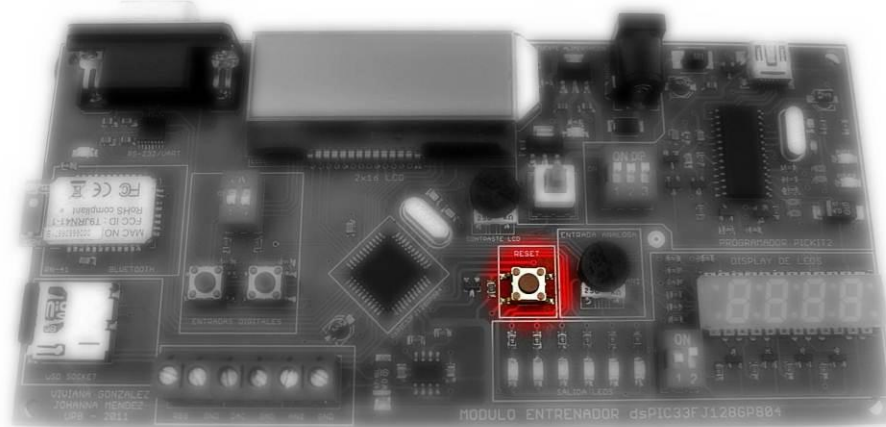
En la figura 34 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del bloque MCLR en la parte central del circuito impreso.

3.2.10. Entrada analógica variable. El potenciómetro es un dispositivo resistivo cuyo valor de resistencia es variable desde cero hasta el valor máximo de la resistencia. En la tarjeta del módulo entrenador se encuentran dos

potenciómetros, uno se utiliza para el contraste del LCD y el otro se empleó en la entrada analógica variable.

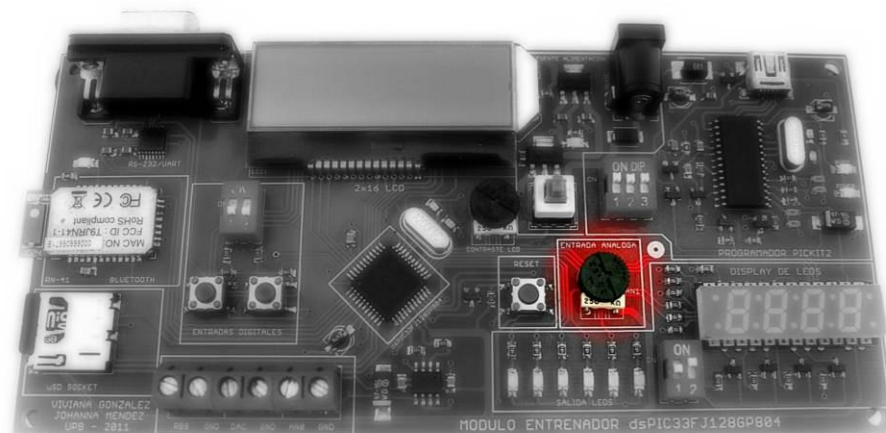
En la figura 35 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del potenciómetro (entrada analógica variable) en la parte derecha del circuito impreso.

Figura 34. Ubicación del pulsador reset en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

Figura 35. Ubicación del potenciómetro de la entrada analógica en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

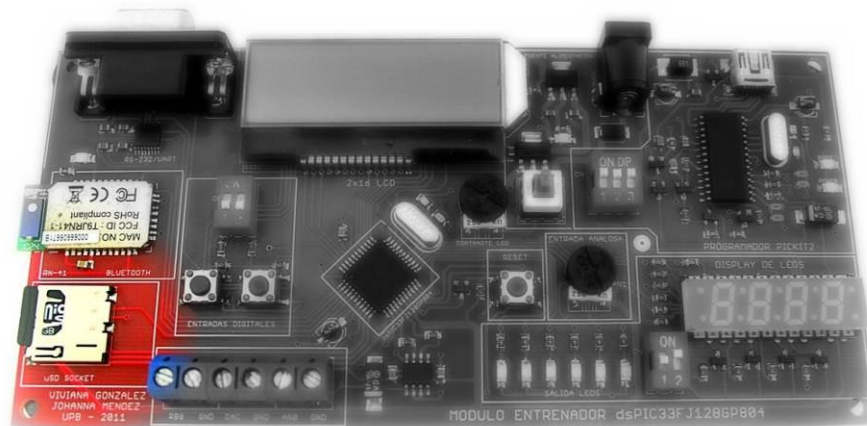
3.2.11. Memoria microSD. Es un tipo de memoria flash de tamaño reducido y práctico para el transporte de información, es empleado en la mayoría de los

casos para celulares y su capacidad de almacenamiento puede variar según el modelo o el fabricante.

En el módulo entrenador se empleará este dispositivo inicialmente para almacenar datos y luego para leerlos visualizándolos en la pantalla del computador; manejando las funciones básicas del periférico SPI del microcontrolador.

En la figura 36 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador de la memoria microSD en la parte inferior izquierda.

Figura 36. Ubicación del bloque de memoria microSD en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.12. Módulo DAC, ADC y pin libre. Este bloque está conformado por tres pares de borneras. La bornera es un dispositivo que sirve para la conexión de cables. En la tarjeta del módulo entrenador las borneras de dos contactos son requeridas para las entradas y salidas analógicas, además se emplean para la conexión de un pin libre. Se debe tener en cuenta que el conector de la derecha de cada par borneras se emplea como tierra o referencia.

En la figura 37 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador de las borneras en la parte inferior izquierda del circuito impreso.

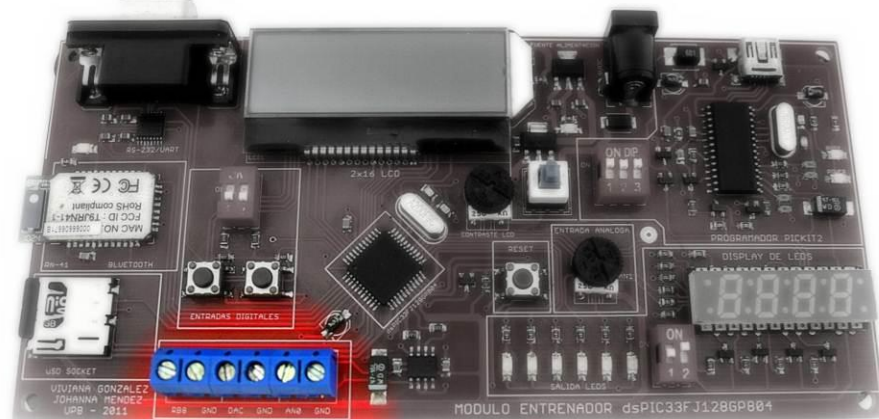
3.2.13. LEDs. El LED es un diodo emisor de luz, semiconductor, que a través de este dispositivo circula una corriente eléctrica, y son empleados para visualizar dos estados (encendido “1” o apagado “0”) en el circuito.

Los LEDs asociados a pines del dsPIC que se manejaron en el módulo entrenador son seis, todos de color amarillo, y se pueden utilizar para observar los valores lógicos según estén encendidos o apagados, en ejercicios que empleen timers o

delays. También se pueden usar para observar los valores lógicos cuando un dato se está transmitiendo o recibiendo por el puerto serial.

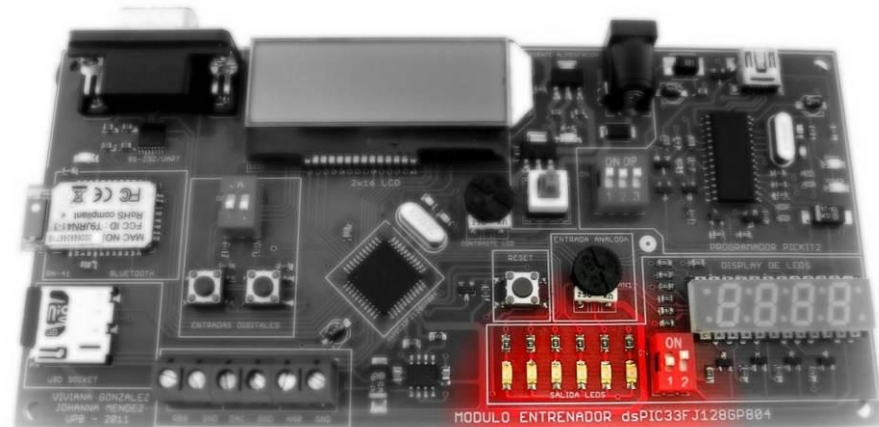
En la figura 38 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador de los LEDs en la parte inferior del circuito impreso.

Figura 37. Ubicación de las borneras de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

Figura 38. Ubicación del bloque de LEDs en la tarjeta del módulo entrenador.



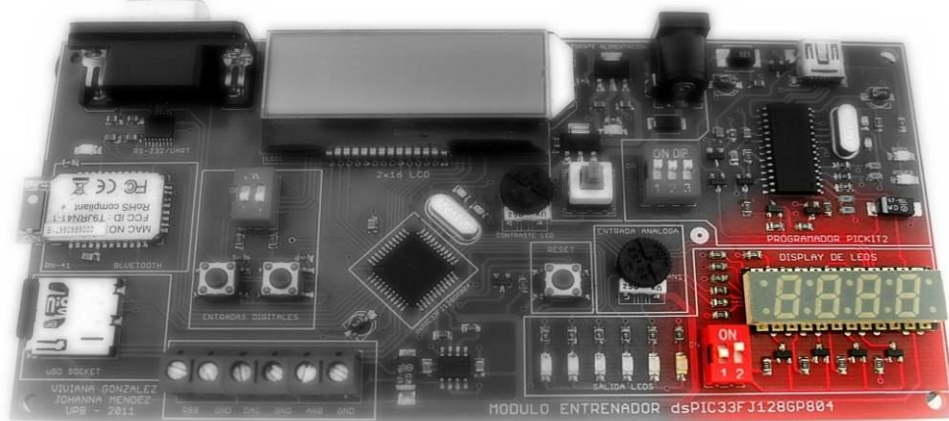
Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.2.14. Display siete segmentos. Es un visualizador o interfaz que posee diodos emisores de luz y son empleados en la mayoría de los casos para observar números. En la tarjeta del módulo entrenador se empleó un encapsulado de cuatro display siete segmentos multiplexados para visualizar conteos numéricos, además

que por medio de éste se puede observar la interrupción externa que se realizó en la práctica número siete del manual de prácticas.

En la figura 39 se observa la ubicación en la tarjeta del módulo entrenador del display siete segmentos en la parte inferior derecha del circuito impreso.

Figura 39. Ubicación de los display siete segmentos en la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

3.3. COSTOS ECONOMICOS DEL MODULO ENTRENADOR

Teniendo como referencia el anexo E donde se encuentra el listado de los componentes utilizados en el módulo entrenador con su valor comercial local, se realiza el siguiente análisis de costos que se tuvieron con los tres circuitos impresos desarrollados en el transcurso del proyecto de la siguiente manera:

La tarjeta prototipo tuvo un costo total de trescientos noventa y nueve mil cuatrocientos pesos (\$399.400), compuesto de la siguiente forma:

- ✓ El circuito impreso de la tarjeta prototipo costó, cincuenta y siete mil pesos (\$57.000)
- ✓ Los materiales empleados para la tarjeta prototipo costaron, trescientos cuarenta y dos mil cuatrocientos pesos (\$342.400).

La tarjeta final tuvo un costo total de cuatrocientos sesenta mil trescientos diecisiete pesos (\$460.317), compuesto de la siguiente forma:

- ✓ El circuito impreso de la tarjeta final costó, ciento quince mil seiscientos sesenta y siete pesos (\$115.667)

- ✓ Los materiales empleados para la tarjeta final costaron, trescientos cuarenta y cuatro mil seiscientos cincuenta pesos (\$344.650)

La segunda tarjeta final tuvo un costo total de trescientos setenta mil trescientos diecisiete pesos (\$370.317), compuesto de la siguiente forma:

- ✓ El circuito impreso de la tarjeta final costó, ciento quince mil seiscientos sesenta y siete pesos (\$115.667)
- ✓ Los materiales empleados para la tarjeta final costaron, doscientos cincuenta y cuatro mil seiscientos cincuenta pesos (\$254.650), ya que en esta tarjeta no se empleó el dispositivo bluetooth.

La diferencia entre el valor de los elementos de la tarjeta prototipo y de la final está en el interruptor de encendido y una bornera adicionales. Sin embargo, la diferencia del valor entre el circuito impreso para la tarjeta prototipo y el de la tarjeta final lo evidencian el terminado o acabados que las tarjetas poseen ya que se trata de un trabajo muy profesional y detallado propio de una tarjeta definitiva.

Los costos locales para los elementos electrónicos de montaje superficial son altos ya que el volumen manejado de los mismos por los proveedores es muy bajo.

Como se observa en los anteriores valores, el costo de una tarjeta entrenadora es elevado, sin embargo este valor puede disminuir notoriamente de acuerdo a la cantidad de tarjetas producidas.

En la tabla 4 se muestran los costos de cada una de las tarjetas que se realizaron a medida que el proyecto se desarrollaba.

Tabla 4. Costos de las tarjetas del módulo entrenador.

	TARJETA PROTOTIPO	TARJETA FINAL Nº1	TARJETA FINAL Nº2
CIRCUITO IMPRESO	\$57.000=	\$115.667=	\$115.667=
MATERIALES	\$342.400=	\$344.650=	\$254.650=
TOTAL	\$399.400=	\$460.317=	\$370.317=

Fuente: Autores del texto

4. MANUAL DE USO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804

En este capítulo se encuentra el manual de uso del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804, donde los usuarios aprenderán la forma correcta de utilizar el entrenador ya que reúne la información necesaria que se debe tener en cuenta antes y durante la utilización del mismo. Este capítulo se divide en tres partes, la primera muestra los elementos que incluye el módulo entrenador; en la segunda subcapítulo se explica por medio de imágenes la forma de conectar, encender, manejar y apagar el módulo y la tercera parte se dan unas recomendaciones generales para tener en cuenta a la hora de utilizar el módulo entrenador.

4.1. COMPONENTES DEL MODULO ENTRENADOR

Al ser una herramienta de desarrollo, el módulo entrenador está conformado por varios elementos necesarios para el funcionamiento del mismo:

- ✓ Tarjeta del módulo entrenador
- ✓ Adaptador de 9VDC (alimentación del módulo)
- ✓ Cable serial-USB
- ✓ Cable miniUSB (conexión computador al programador)
- ✓ CD del módulo entrenador

Figura 40. Componentes del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

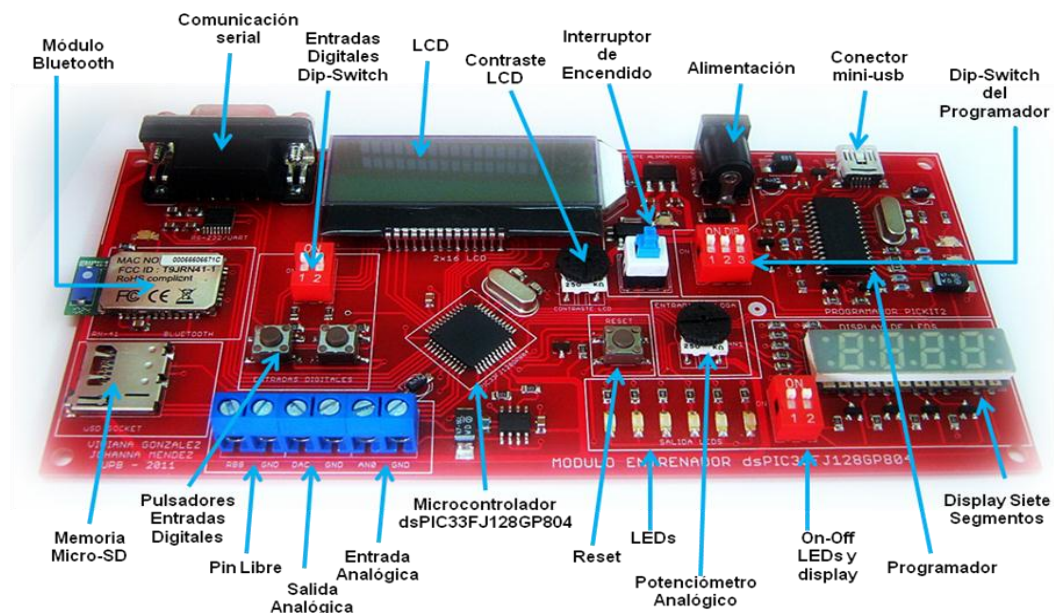
Como se observa en la figura 40 el módulo entrenador cuenta con los dispositivos necesarios para desarrollar cada una de las prácticas y un CD con el objetivo de brindar diferentes ayudas que garanticen un aprendizaje didáctico por parte de los usuarios, ya que contiene información necesaria para el manejo del módulo y el desarrollo de las prácticas, además de brindar información técnica de cada uno de los dispositivos de la tarjeta del módulo entrenador.

4.2. MANEJO DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804

Esta sección tiene como objetivo orientar a los usuarios en el correcto manejo del módulo entrenador. Por medio de gráficos, se ilustrarán algunos pasos que debe realizar el estudiante para utilizar el módulo. El usuario debe recordar que en el CD del módulo entrenador encontrará algunos videos que también lo pueden orientar en el uso del módulo entrenador.

Una vez el usuario desee iniciar el proceso de aprendizaje lo primero que debe hacer es familiarizarse con el módulo entrenador, para esto es preciso conocer cuáles son los elementos de la tarjeta y su ubicación en la misma. En la figura 41, se observa la tarjeta con la ubicación de cada elemento empleado y una flecha que indica el nombre de los mismos.

Figura 41. Elementos y dispositivos de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

En la figura 41 se observa: interruptor de encendido, la alimentación, el conector mini-USB, el dip-switch del programador, los display siete segmentos, el

programador, dip-switch de LEDs y display, potenciómetro analógico, los LEDs, el pulsador de reset, el microcontrolador dsPIC33FJ128GP804, las borneras para las señales analógicas de entrada y salida, el pin libre, el socket de la memoria microSD, el módulo bluetooth, el puerto para la comunicación serial, las entradas digitales (dip-switch, pulsadores), LCD y el potenciómetro para el contraste del LCD. Todos estos elementos y dispositivos conforman la tarjeta del módulo entrenador.

4.2.1. Instalación de MPLAB IDE y C30. Antes de iniciar el uso del módulo entrenador, el usuario se debe asegurar de tener instalado MPLAB IDE versión 8.63 o superior y el compilador C30 versión 3.25. Estas herramientas son de distribución gratuita y el compilador es usado en la versión lite. Debe tenerse en cuenta que primero se instala MPLAB IDE y luego el compilador C30; en la instalación de este último al llegar a la opción del tipo de instalación, se recomienda seleccionar la opción “Lite compiler” ya que esta opción es de libre distribución. Estos programas se encuentran en el CD del módulo entrenador (anexo F) en la carpeta INSTALADORES, subcarpeta MPLAB 8.63. También en el CD se encuentra en la carpeta “AYUDAS DIDACTICAS” un video de la instalación del software antes mencionados.

Una vez instalado MPLAB IDE, se debe abrir el programa, por medio del icono de acceso directo que aparece en el escritorio del computador o haciendo click en la opción inicio, todos los programas, Microchip, MPLAB IDE v8.63.

4.2.2. Creación y manejo de un proyecto en MPLAB IDE. Cuando el usuario se encuentre en el programa MPLAB IDE, se debe crear un proyecto nuevo. Si el usuario no sabe cómo se crea un nuevo proyecto se debe referir al video “crear proyecto nuevo” que se encuentra en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” del CD del módulo entrenador o en el anexo G.

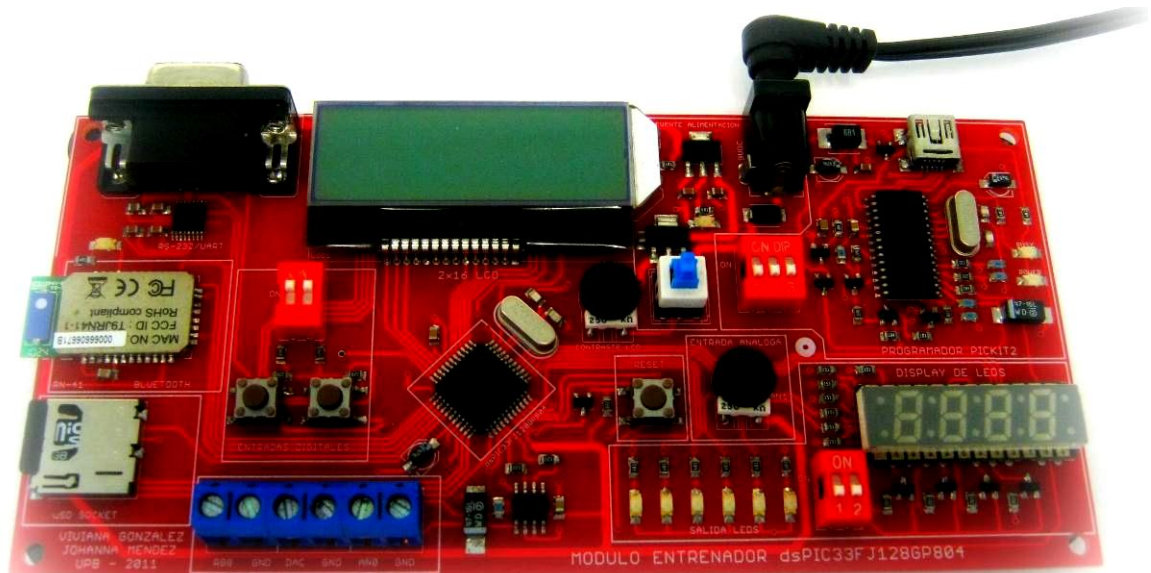
Después de crear el proyecto, se da inicio a la escritura del código fuente o programa. Cuando se finalice el proceso de escritura del programa, el usuario debe construir o compilar el proyecto oprimiendo las teclas “Ctrl F10”, es decir traducir el código fuente en hexadecimal (código de máquina para los microcontroladores) ya que es éste el que al final se va a llevar al dsPIC.

Si aparecen errores en el anterior paso el usuario debe corregirlos, se debe tener en cuenta que estos errores que aparecerán son de sintaxis es decir, de escritura en las sentencias con lo cual no se asegura que el programa este bien o mal diseñado; solo correctamente escritas las instrucciones o sentencias. MPLAB IDE ayuda con el proceso de identificación de errores permitiendo al usuario saber dónde se encuentra el error de escritura para su posterior corrección.

Si la construcción del proyecto es exitosa el usuario puede seguir con el siguiente paso que es programar el código en el microcontrolador. Para realizar este proceso debe conectar y encender la tarjeta del módulo entrenador.

4.2.3. Conexión del módulo entrenador. Lo primero que debe hacer el usuario es conectar el adaptador de 9VDC al tomacorriente, y luego se debe conectar a la alimentación de la tarjeta del módulo entrenador, ubicada en la parte superior al lado derecha del LCD tal como se muestra en la figura 42.

Figura 42. Conexión de la tarjeta del módulo entrenador

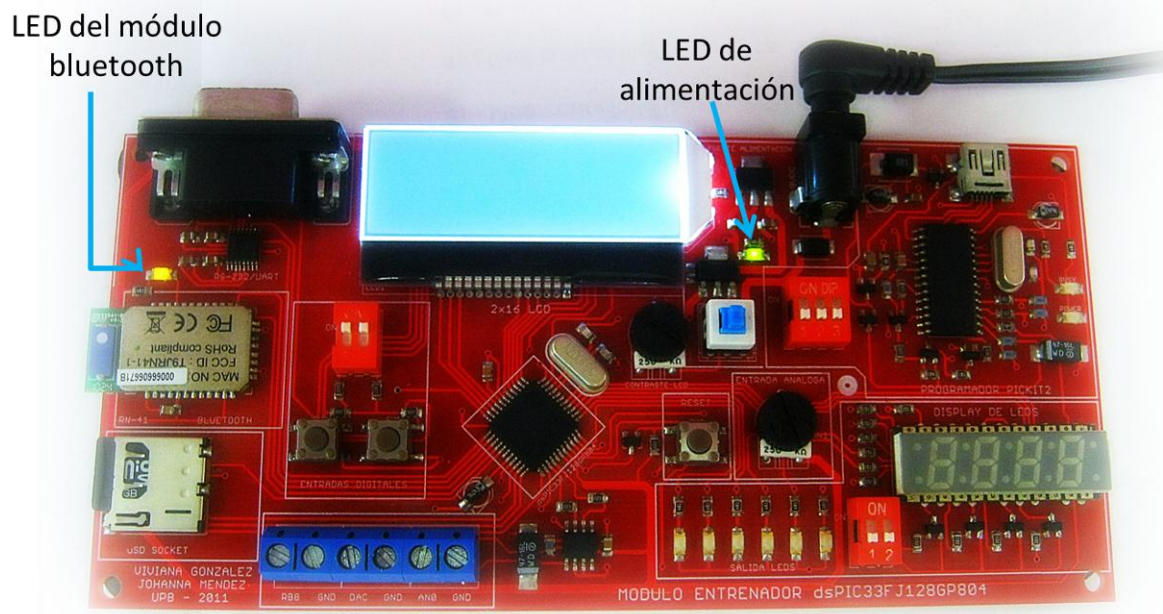


Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

4.2.4. Encendido del módulo entrenador. Una vez conectada la tarjeta del módulo entrenador, se debe encender la tarjeta, para esto se debe oprimir el interruptor de encendido. Una vez la tarjeta es encendida, se debe verificar el encendido del LCD y de dos LEDs: uno color verde (LED de alimentación) y otro color amarillo (LED del módulo bluetooth) ubicado la parte superior izquierda del módulo bluetooth, como se muestra en la figura 43. El LED amarillo debe encender y apagar constantemente.

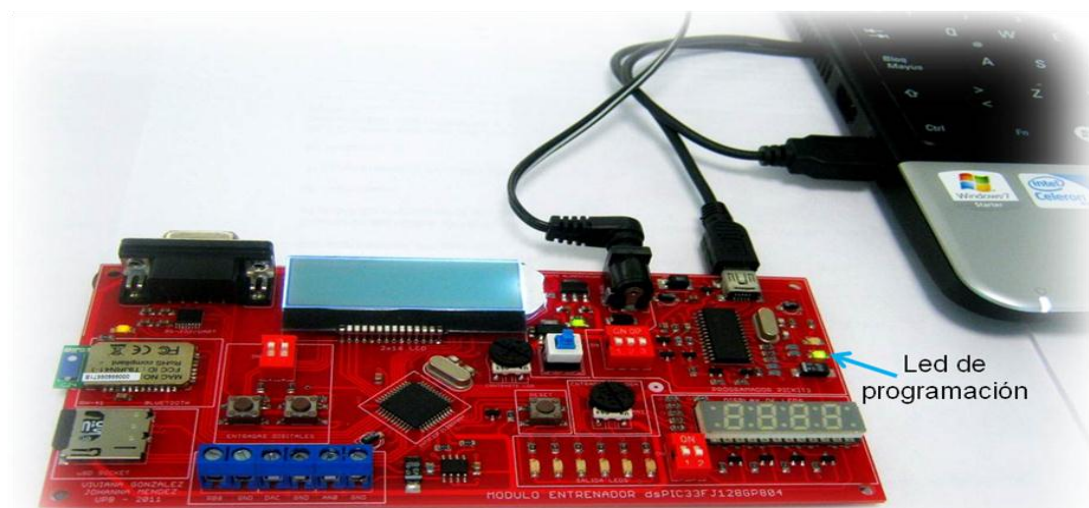
4.2.5. Conexión y uso del programador. Con la tarjeta encendida, se procede a conectar el programador. En este paso se debe conectar el cable miniUSB al computador y a la tarjeta del módulo entrenador; una vez realizada esta conexión se debe encender un LED de color verde (LED de programación) como lo muestra la figura 44 indicando que el programador esta energizado.

Figura 43. Encendido de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

Figura 44. Conexión del programador.

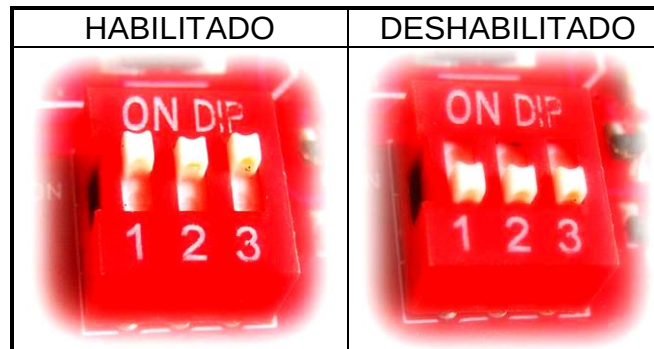


Fuente: Imagen tomada por los autores del texto

El programador posee un dip-switch de tres interruptores; cada uno de éstos interruptores comunica una señal que va desde el microcontrolador hasta el programador y viceversa. El interruptor uno es la señal del master clear o Vpp; el dos es la señal de datos y el tres la señal de reloj. La tabla 5 muestra las

posiciones que debe tener el dip-switch para que el programador se habilite y deshabilite.

Tabla 5. Posiciones del dip-switch del programador



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Para que el usuario pueda programar el microcontrolador se debe habilitar el programador, para esto todos los interruptores del dip-switch del programador se deben ubicar en “ON”, tal como lo muestra la figura de la tabla 5.

Con el programador habilitado se procede a programar el dsPIC33FJ128GP804 tal como se observa en el video “programar” que se encuentra en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” del CD del módulo entrenador o como se explica en el anexo H.

Una vez se ha programado el microcontrolador, el usuario puede deshabilitar el programador para ello lo puede hacer con una de las siguientes posibilidades: una es llevar el dip-switch a su posición “OFF” como se muestra en la figura de la tabla 5 y la otra es seleccionar la opción “Release from Reset” en el menú programmer de MPLAB IDE explicado en el anexo H.

El usuario debe tener en cuenta que cada vez que desee programar el microcontrolador, debe habilitar el programador (llevar interruptores a ON), de lo contrario MPLAB IDE no detectará el programador.

4.2.6. Uso del dip-switch de LEDs y display siete segmentos. Los LEDs y los display siete segmentos comparten los puertos del microcontrolador, por lo tanto cuando se envía una señal por uno de estos puertos, ésta será recibida por dos elementos (LEDs y display), encendiéndolos o apagándolos. Para evitar confusiones se utiliza el dip-switch de LEDs y display que posee dos interruptores; el interruptor uno activa o desactiva los LEDs y el interruptor dos activa o desactiva los display siete segmentos. En la tabla 6 se observan las diferentes posiciones que puede tomar este dip-switch.

Tabla 6. Posiciones del dip-switch de LEDs y display.

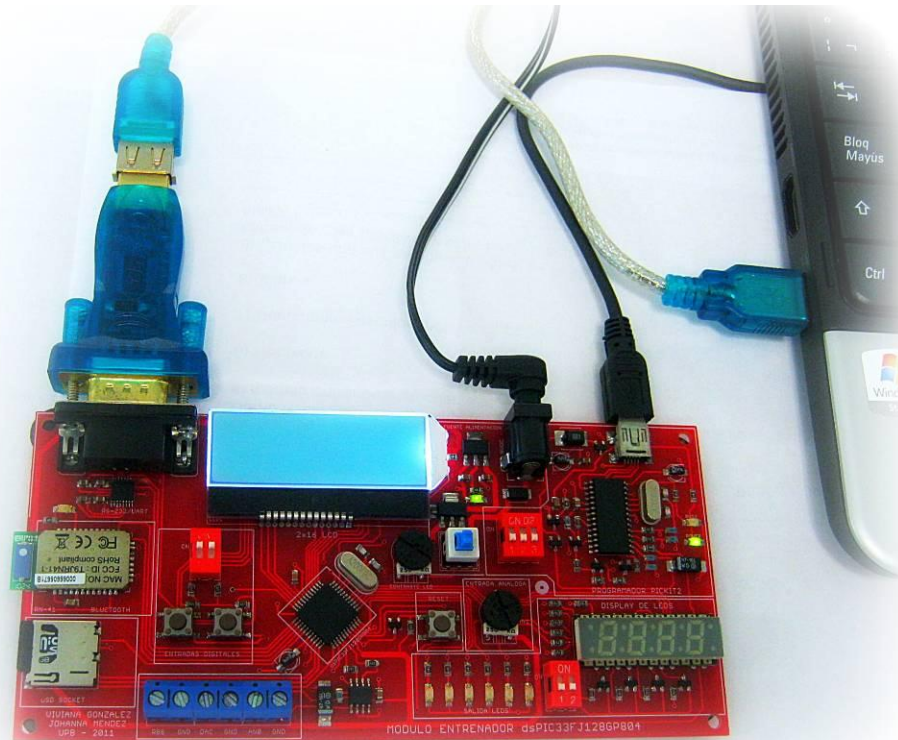
LEDs y display activos	LEDs activos y display inactivos
	
LEDs inactivos y display activos	LEDs y display desactivados
	

Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

4.2.7. Conexión del cable serial-USB. El módulo entrenador dentro de sus componentes incluye el cable serial-USB, éste se incluyó para que el usuario realice las prácticas de comunicación usando el protocolo serial RS-232. La primera vez que se utilice este cable se debe instalar en el computador el driver que se encuentra en la carpeta “INSTALADORES” del CD del módulo entrenador, para que el cable pueda comunicar el puerto serial de la tarjeta del módulo entrenador con el puerto USB del computador. En el CD también se encuentra un video que muestra cómo se debe instalar el driver.

La conexión del cable es muy sencilla, lo primero que se debe hacer es conectar el DB9 macho del cable al DB9 hembra de la tarjeta del módulo entrenador, una vez el cable se conecte, se procede a conectar el cable USB al computador, tal como se observa en la figura 45.

Figura 45. Conexión del cable serial-USB.



Fuente: Imagen tomada por los autores del texto.

4.3. RECOMENDACIONES GENERALES

En esta sección se dan algunas recomendaciones generales del módulo entrenador, que se deben tener en cuenta para garantizar un buen desempeño del mismo con el paso del tiempo:

- ✓ El rango de voltaje de alimentación del módulo entrenador debe estar entre 6VDC y 12VDC.
- ✓ Las señales analógicas de entrada deben trabajar a un máximo de 3.3 Vpp positivos.
- ✓ Leer el archivo "Read me.pdf" del CD del módulo entrenador.
- ✓ Para que el computador reconozca el programador, primero se debe energizar y encender la tarjeta del módulo y luego se debe conectar el programador.

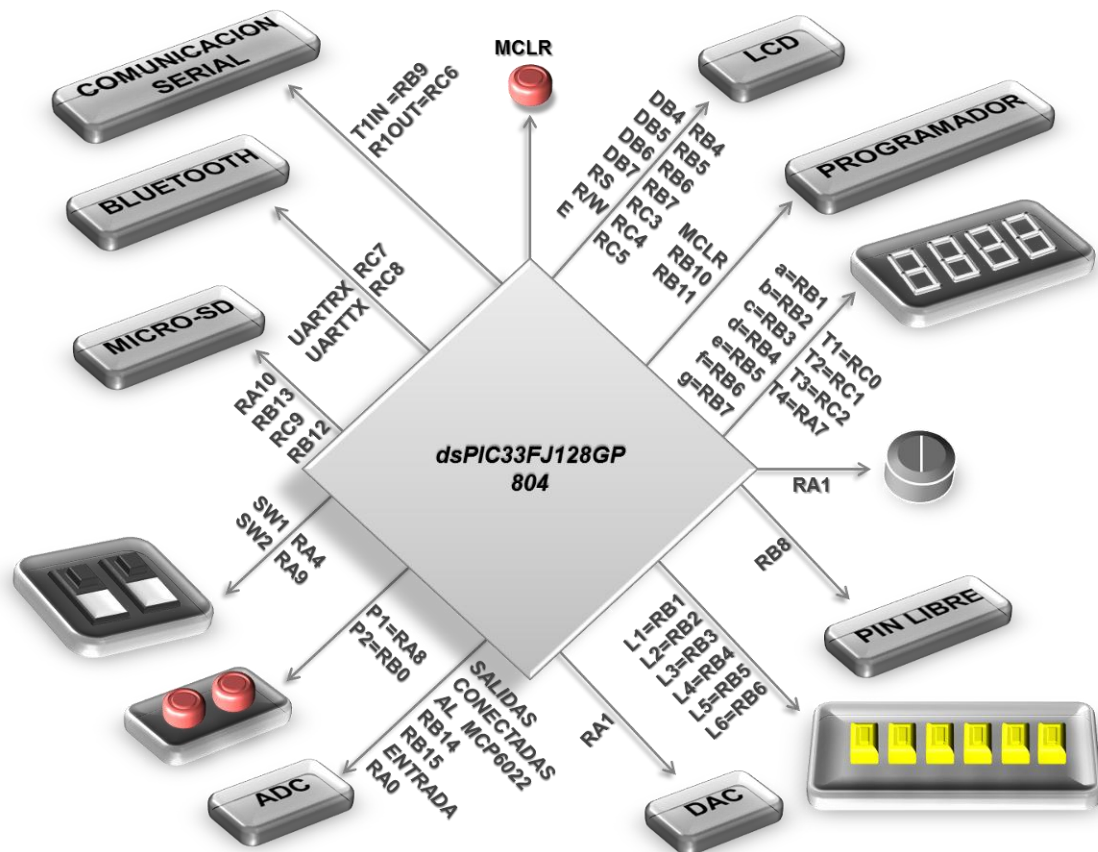
- ✓ Al momento de programar el dsPIC33FJ128GP804, se debe tener en cuenta la posición del dip-switch del programador (los tres interruptores en estado "ON").
- ✓ Si se desea habilitar los LEDs o display siete segmentos, debe pasar a "ON" el interruptor respectivo del dip-switch de LEDs y display. El interruptor número uno para los LEDs y el interruptor número dos para los display siete segmentos.

5.MANUAL DE PRACTICAS DEL MODULO ENTRENADOR dsPIC33FJ128GP804

En este capítulo, en el primer subcapítulo se enuncian 15 prácticas o proyectos, que se proponen para utilizar cada uno de los módulos internos y periféricos implementados en la tarjeta del módulo entrenador y en el segundo subcapítulo se proponen ocho ejercicios para que los usuarios apliquen lo aprendido. Los códigos empleados para el desarrollo de cada una de las prácticas se encuentran explicados paso por paso en el CD del módulo entrenador (ANEXO F), en la carpeta “PRACTICAS”.

Para realizar los códigos de programación es necesario tener en cuenta la figura 46, que muestra los puertos que se implementaron en cada uno de los dispositivos que componen la tarjeta del módulo entrenador.

Figura 46. Puertos de los elementos y dispositivos de la tarjeta del módulo entrenador.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

A continuación se encuentran algunos términos usados en el desarrollo del capítulo que ayudan a la introducción del manejo de los proyectos propuestos:

- ✓ `#include`: Esta sentencia sirve para incluir las librerías que son necesarias para que el compilador reconozca todo el código de programación.
- ✓ `#define`: Asigna las variables que se desean emplear, con nombres definidos por el usuario.
- ✓ `FoscSel`: Es el registro* de selección de fuente del oscilador.
- ✓ `Fosc`: Registro de configuración del oscilador.
- ✓ `FWDT`: Registro de configuración del Watchdog timer.
- ✓ `AD1PCFGL`: Registro que configura los pines ANx (La “x” reemplaza según el caso, a un número o a una letra) es decir, aquellos que pueden ser analógicos o digitales.
- ✓ `PORTx`: Puertos del microcontrolador.
- ✓ `TRISx`: Registros que configuran los pines de los puertos digitales como entrada o como salida.
- ✓ `LATx`: Registros usados para llevar o escribir información en el puerto respectivo, para la lectura contiene la misma información del puerto.
- ✓ `TMRx`: Son registros que contienen el valor actual del respectivo Timer.
- ✓ `TxCON`: Registros que configuran los Timer.
- ✓ `PRx`: Configuración del prescaler del Timer.
- ✓ `TxIF`: Bandera indicadora de interrupción por desbordamiento del Timer respectivo.
- ✓ `TxIE`: Bit habilitador de interrupción por desbordamiento del Timer respectivo.

* Se toma como convención de llamar registro a toda localidad de memoria de datos del microcontrolador, ya sea una localidad de propósito especial o de propósito general.

5.1. PRACTICAS

5.1.1. Familiarización con el módulo entrenador

Objetivos:

- ✓ Manejar las instrucciones básicas del lenguaje C.
- ✓ Configurar y manejar puertos digitales de entradas y salidas, empleando sentencias orientadas a Bits, usando LEDs para visualizar los valores lógicos de las salidas e interruptores y un pulsador para leer las entradas.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Entradas digitales
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio o proyecto propuesto:

Realizar un programa que muestre en L1 el valor lógico presente en RA4 (SW1 de ENTRADAS DIGITALES), en L2 el valor lógico presente en RA9 (SW2 de ENTRADAS DIGITALES) y en L3 el valor lógico presente en RA8 (pulsador P1 de ENTRADAS DIGITALES). Los valores lógicos de las entradas podrán ser cambiados y sus salidas serán actualizadas correspondientemente.

Se debe recordar que:

El dip-switch de LEDs y display "SW1" debe estar en estado "ON" para habilitar el funcionamiento de los LEDs.

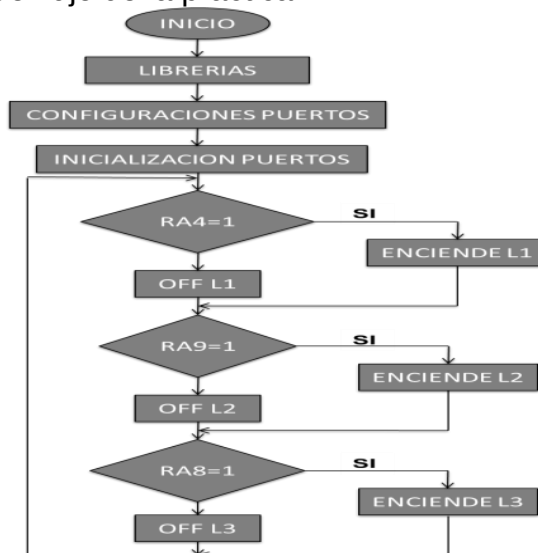
Para configurar como entrada o salida un puerto es necesario escribir la siguiente sentencia "`_TRISx#`", siendo x el puerto y # el bit del puerto, para entradas se iguala la sentencia a uno (1) y para salida se iguala a cero (0). Luego se deben inicializar las salidas, utilizando la sentencia "`_LATx#`" e igualándolo a uno o cero dependiendo de la necesidad del usuario.

En el programa se encontrarán sentencias como "`_Rx#`", siendo x el puerto y # el bit del puerto, se debe tener en cuenta que esta sentencia se utiliza para leer el valor lógico del bit del puerto deseado.

Si se tiene alguna duda en cuanto a los registros de configuración del oscilador en las hojas de datos en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador, se encuentra la información necesaria.

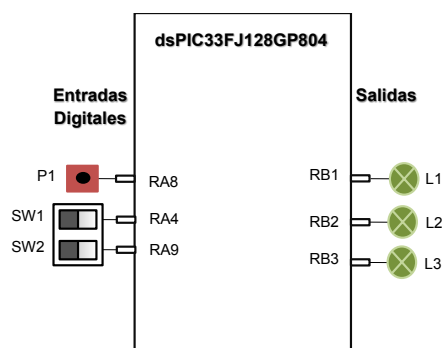
En la figura 47 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 48 se observa el esquema físico de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 47. Diagrama de flujo de la práctica n° 1



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 48. Esquema físico de la práctica n°1.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 1 - FAMILIARIZACION CON EL MODULO ENTRENADOR del CD del módulo entrenador.

5.1.2. Entradas y salidas digitales

Objetivos:

✓ Realizar un retardo empleando LEDs e interruptores y pulsadores.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

✓ dsPIC33FJ128GP804

✓ Alimentación

✓ Programador

✓ MCLR (master clear)

✓ Entradas digitales

✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que cuando RA4 sea “1” encienda y apague L6 y L1 nueve veces, si RA4 es “0” encienda y apague L3 y L4 siete veces. Después al pulsar RA8 encienda y apague L2 y L5 alternadamente cinco veces. Si se deja de pulsar RA8 que encienda y apague L3 y L4 alternadamente dos veces. Para finalizar, después que haya hecho alguno de los procesos anteriores, que todo los LEDs se enciendan y luego se apaguen cuatro veces.

Se debe recordar que:

Una vez creado el proyecto, el usuario debe agregar los archivos “delay.c” y “delay.h” para el retardo; estos archivos se encuentran en la carpeta de la práctica (PRACTICA 2). Para agregar estos archivos vea el video “Agregar archivos” que se encuentra en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” del CD del módulo entrenador.

Si se tiene alguna duda en cuanto a los registros de configuración del oscilador el usuario encontrará las hojas de datos en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del manual.

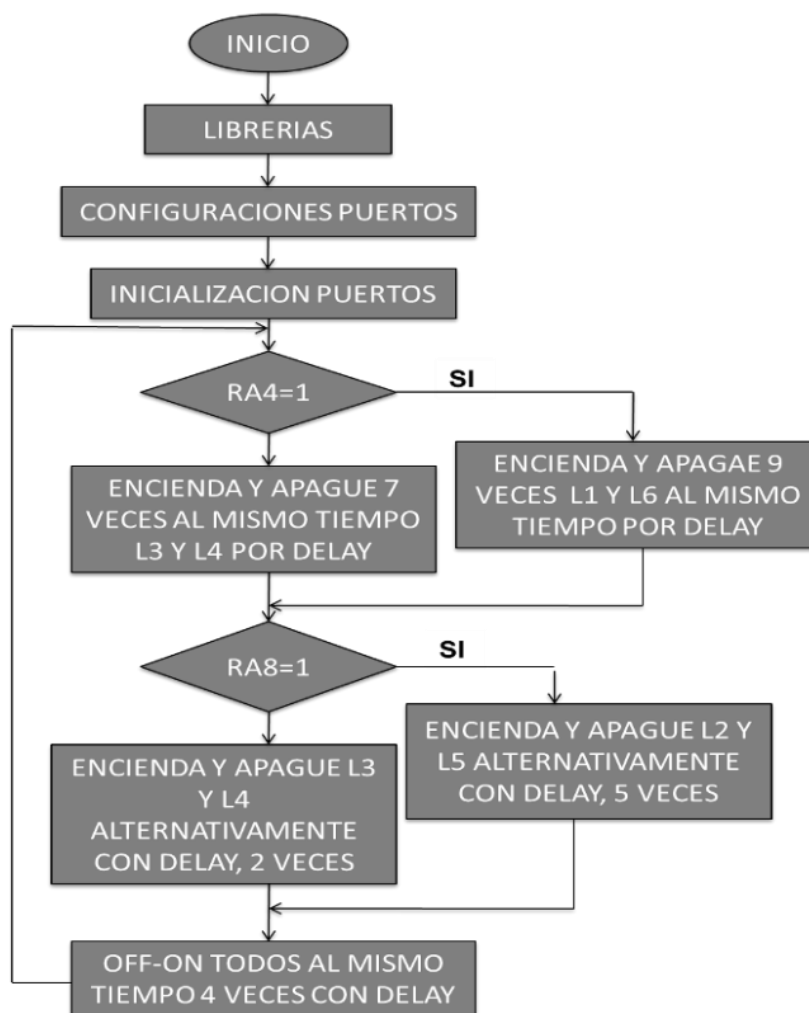
En el módulo entrenador se trabaja con un cristal de 20Mhz, y teniendo en cuenta que la frecuencia de instrucción del ciclo de máquina (en adelante Fcy) tal como lo indica la hoja de datos del oscilador es la frecuencia del oscilador dividida en dos (véase Ecuación 1.), Fcy es de 10Mhz. Este Fcy será utilizado en la librería “delay.h”

$$F_{cy} = \frac{F_{osc}}{2} = \frac{20Mhz}{2} = 10Mhz$$

Ecuación 1. Frecuencia de instrucción del ciclo de máquina.

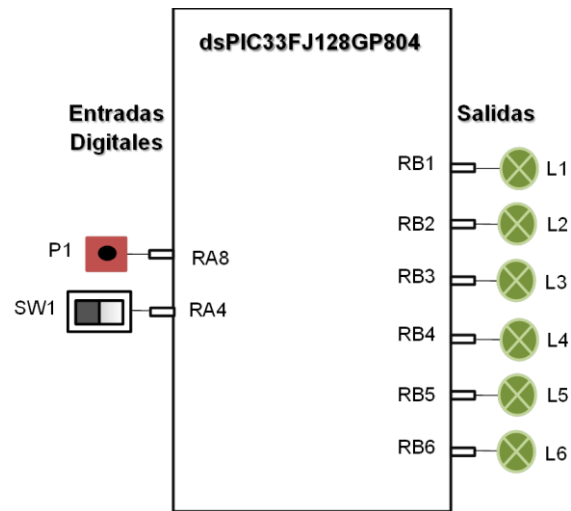
En la figura 49 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 50 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 49. Diagrama de flujo de la práctica n°2.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 50. Esquema físico de la práctica n°2.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 2 - ENTRADAS DE SALIDAS DIGITALES” del CD del módulo entrenador.

5.1.3. Retardo

Objetivos:

✓ Utilizar la librería delay para un realizar diferentes retardos empleando LEDs e interruptores.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Entradas digitales
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que al inicio encienda y apague todos los LEDs con delay uno, diez veces. Luego se debe cumplir que RA9 sea igual a “1” y RA4 sea igual a “0” para que rote un LED encendido de L1 a L6 con los demás LEDs apagados, dos veces, usando delay dos; si no debe cumplir que RA9 y RA4 sean iguales a “0” para que se enciendan L1 y L3, y se apaguen L2 y L4 alternadamente cuatro veces, usando delay uno; si no debe cumplir que RA9 y RA4 sean iguales a “1” para encender todos los LEDs con delay uno y luego apagarlos con delay dos. Si se pulsa RA8 debe encender L3 y L6 con delay uno, y L4 y L5 con delay dos, usando se deje de pulsar RA8 debe volver a el inicio del programa.

Se debe recordar que:

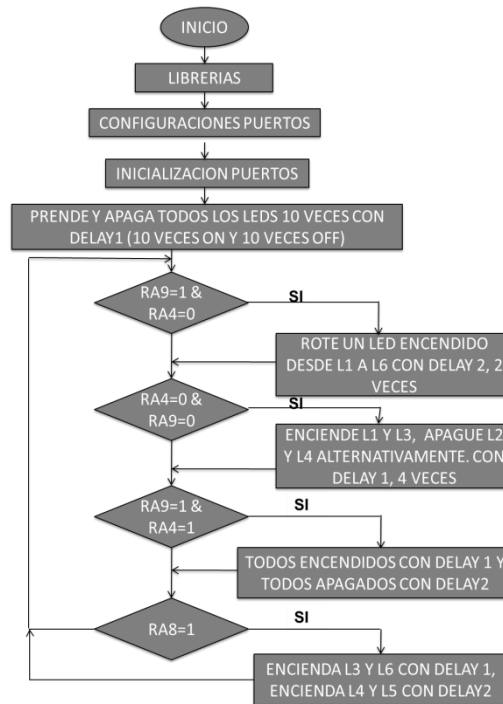
Tenga en cuenta las recomendaciones de la práctica n°2.

En la figura 51 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 52 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Solución del ejercicio propuesto:

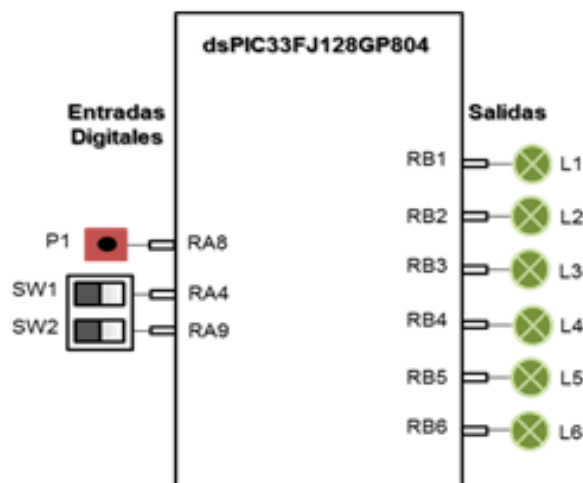
El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 3 – DELAYS.

Figura 51. Diagrama de flujo de la práctica n°3.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 52. Esquema físico de la práctica n°3.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.1.4. Display siete segmentos

Objetivos:

✓ Manejar las instrucciones básicas que se utilizan al emplear un display siete segmentos.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Entradas digitales
- ✓ Display siete segmentos

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que cuando RA9 sea igual a “1” haga un conteo ascendente de 0 a 9 oprimiendo el pulsador P1 y se muestre en el display siete segmentos; cuando RA9 sea “0” haga un conteo descendente de 9 a 0 oprimiendo P1.

Se debe recordar que:

El dip-switch de LEDs y display “SW2” debe estar en estado “ON” para que pueda habilitar el funcionamiento de los display siete segmentos y “SW1” debe estar en estado “OFF” para deshabilitar el funcionamiento de los LEDs.

En este programa se incluye el concepto de timers, por lo tanto debe revisar los registros de configuración del timer en la hoja de datos que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

En la Ecuación 2 “t” es el tiempo que debe demorar el timer, “PR1” es el número a calcular, “Fcy” como se mencionó en la práctica 1 de 10Mhz y “PRE” es el preescaler con el cual se configure el timer.

$$t = PR1 \frac{1}{Fcy} PRE$$

Ecuación 2. Ecuación para el timer.

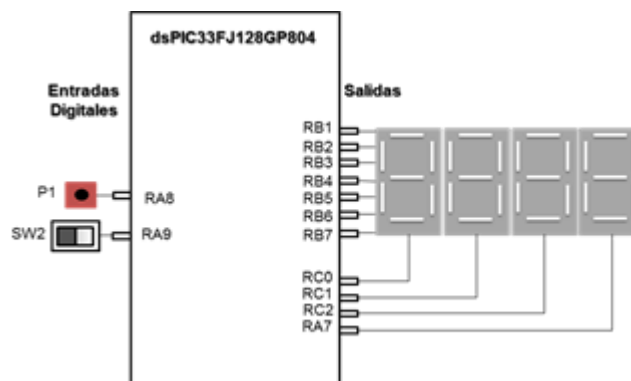
En la figura 53 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 54 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 53. Diagrama de flujo de la práctica n°4.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 54. Esquema físico de la práctica n°4.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 4 - DISPLAY SIETE SEGMENTOS.

5.1.5. Interrupción por timers

Objetivos:

✓ Manejar timers e interrupciones empleando display siete segmentos.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Entradas digitales
- ✓ Display siete segmentos
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Implementar un programa que cuando RA9 sea igual a “1” realice un conteo de 0 a 9999 con incremento cada segundo, usando la interrupción del Timer 2. Este conteo se visualizará en los display siete segmentos. Cuando RA9 sea “0” debe encender L1.

Se debe recordar que:

Tenga en cuenta las recomendaciones de la práctica n°4.

En la figura 55 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 56 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Solución del ejercicio propuesto:

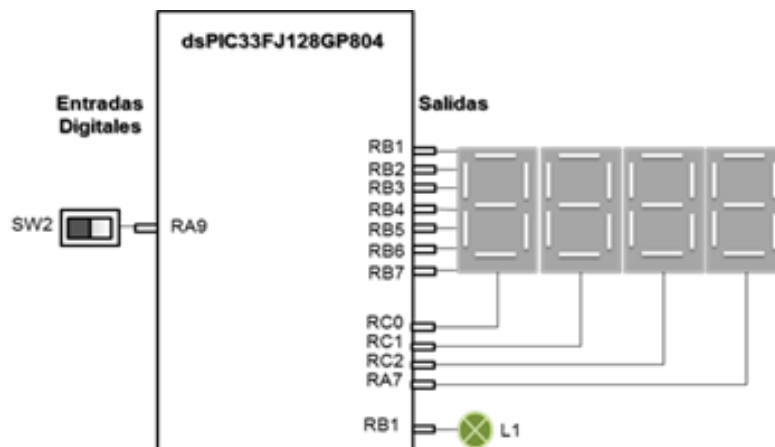
El desarrollo de la practica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 5 - INTERRUPCION POR TIMERS.

Figura 55. Diagrama de flujo de la práctica n°5.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 56. Esquema físico de la práctica n°5.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.1.6. Interrupciones externas

Objetivos:

- ✓ Manejar las interrupciones externas empleando display siete segmentos y pulsadores.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Entradas digitales
- ✓ Display siete segmentos

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que cuando RA4 sea igual a “1”, realice un conteo ascendente de 0 a 9999 pulsando P2. Si RA4 es igual a “0” debe apagar los display siete segmentos.

Se debe recordar que:

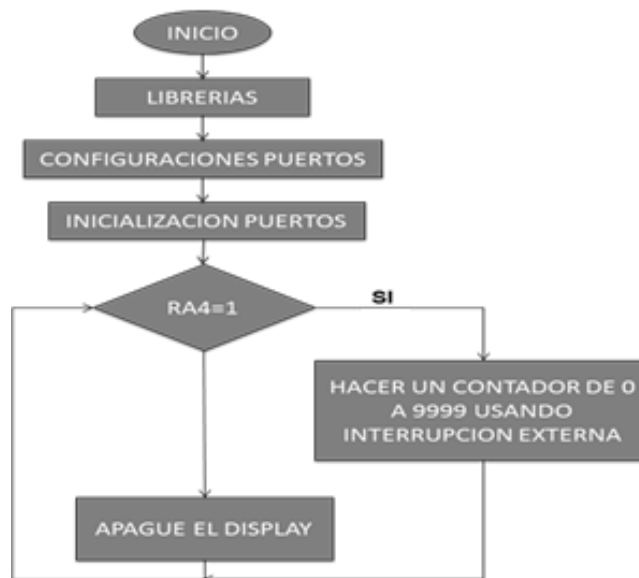
El dip-switch de LEDs y display “SW2” debe estar en estado “ON” para que pueda habilitar el funcionamiento de los display siete segmentos y “SW1” debe estar en estado “OFF” para deshabilitar el funcionamiento de los LEDs.

En este programa se incluye el concepto de interrupciones externas, por lo tanto debe revisar los registros de configuración de las interrupciones en la hoja de datos que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

El remapeo de pines consiste en utilizar ciertos periféricos en otros puertos diferentes a los que se tiene asignados por defecto en el microcontrolador, para saber cuáles son los periféricos remapeables debe revisar la página 162 de la hoja de datos del microcontrolador que encontrará en CD del módulo entrenador, en la carpeta “HOJAS DE DATOS”.

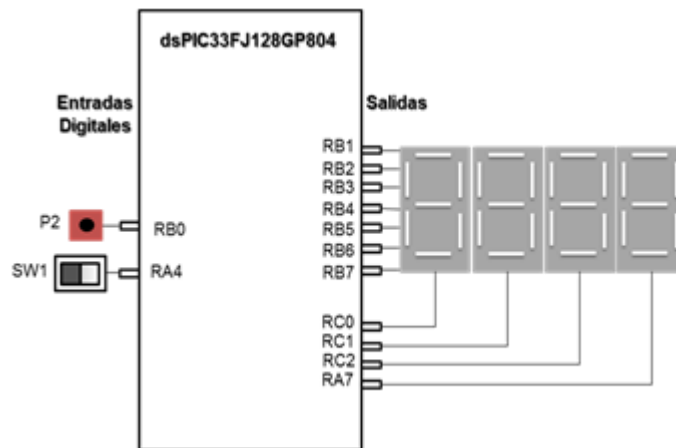
En la figura 57 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 58 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 57. Diagrama de flujo de la práctica n°6.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 58. Esquema físico de la práctica n°5.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 6 - INTERRUPCION EXTERNA.

5.1.7. LCD

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas de la pantalla LCD.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ LCD

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa en el que muestre en la primera línea de la pantalla LCD la palabra “SANTANDER” y en la segunda línea de la pantalla LCD la palabra “BUCARAMANGA”.

Se debe recordar que:

Una vez creado el proyecto, el usuario debe agregar los archivos “lcd.c” y “lcd.h” para el uso de la pantalla LCD; estos archivos se encuentran en la carpeta de la práctica (PRACTICA 7). Para agregar estos archivos vea el video “Agregar archivos” que se encuentra en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” del CD del manual.

En la figura 59 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 60 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Solución del ejercicio propuesto:

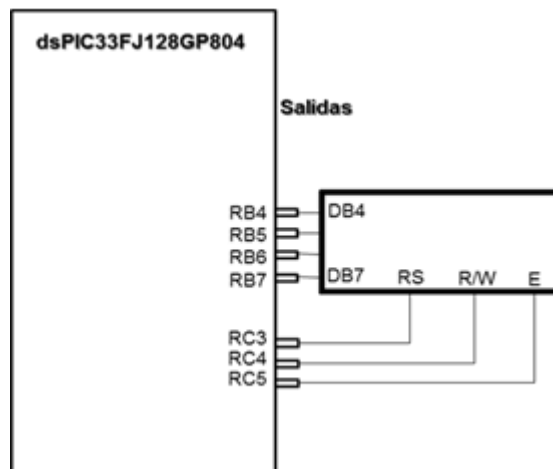
El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\ PRACTICA N° 7 – LCD

Figura 59. Diagrama de flujo de la práctica n°7.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 60. Esquema físico de la práctica n°7.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.1.8. Comunicación serial por protocolo RS-232

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas de la transmisión de datos por el protocolo RS-232.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Comunicación serial
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Dos (2) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa en el que transmita un mensaje que diga “MENSAJE DE PRUEBA, ENTRENADOR dsPIC33F-UPB” desde el dsPIC y aparezca en la pantalla del computador.

Se debe recordar que:

El cable serial debe estar conectado. Verificar en el administrador de dispositivos del computador en qué puerto USB se encuentra conectado el cable serial-USB (COMx).

Ejecutar el archivo “Hercules” que el usuario encontrará en la carpeta “INSTALADORES” del CD del módulo entrenador. El usuario podrá ver cómo se utiliza en el video llamado “Hercules” que encuentra en el CD del módulo entrenador en la carpeta “AYUDA DIDACTICA”.

En las prácticas donde se utiliza la comunicación por puerto serial, los datos de transmisión y recepción se deben ver con el programa “Hercules”.

Las librerías “uart.h” y “studio.h” son propias del compilador C30, por lo tanto no es necesario incluirlas en los archivos header.

Si se tiene alguna duda en cuanto a los registros de configuración del UART se debe recordar que encontrará las hojas de datos en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador o puede consultarse las ayudas del compilador C30, estas se encuentran en el siguiente directorio: C:\Program

Files\Microchip\mplabc30\v3.25\docs\periph_lib\dsPIC30F_dsPIC33F_PIC24H_UA RT_Help”.

Revisar la configuración del oscilador con PLL, se debe consultar en las hojas de datos del oscilador que se encuentra en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

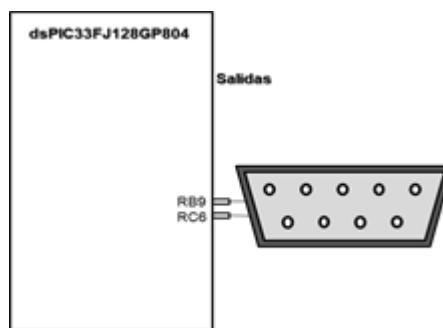
En la figura 61 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 62 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 61. Diagrama de flujo de la práctica n°8.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 62. Esquema físico de la práctica n°8.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\ PRACTICA N° 8 - COMUNICACION SERIAL POR PROTOCOLO RS-232.

5.1.9. Puerto serial y LCD

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas de la transmisión de datos por puerto serial visualizando la información en la pantalla LCD.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Comunicación serial
- ✓ LCD
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que transmita los datos que se escriban en la pantalla del computador (con el programa Hercules) y se visualicen en la LCD. Utilizando para la transmisión de datos el puerto serial.

Se debe recordar que:

Tenga en cuenta las recomendaciones de las prácticas n°7 y n°8.

En la figura 63 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 64 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Solución del ejercicio propuesto:

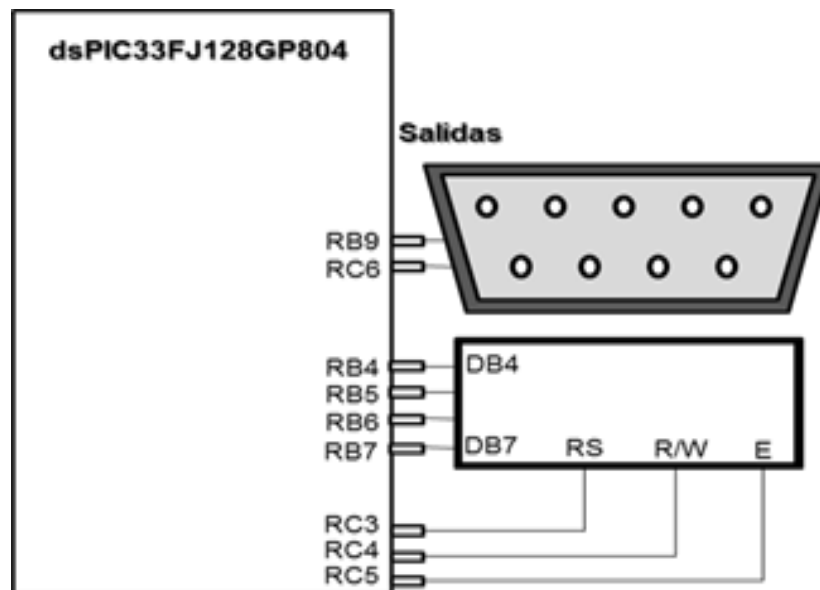
El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 9 - PUERTO SERIAL Y LCD.

Figura 63. Diagrama de flujo de la práctica n°9.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 64. Esquema físico de la práctica n°9.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.1.10. Conversor ADC

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas de la transmisión de datos por puerto serial y las funciones básicas del conversor análogo-digital (ADC).

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Comunicación serial
- ✓ Entrada analógica variable
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que muestre en hexadecimal la posición del potenciómetro analógico en la pantalla del computador, usando el puerto serial.

Se debe recordar que:

El cable serial debe estar conectado. Verificar en el administrador de dispositivos del computador en qué puerto USB se encuentra conectado el cable serial-USB (COMx).

Ejecutar el archivo “Hercules” que el usuario encontrará en la carpeta “INSTALADORES” del CD del manual. El usuario podrá ver cómo se utiliza en el video llamado “Hercules” que encontrará en el CD del módulo entrenador en la carpeta “AYUDA DIDACTICA”.

En las prácticas donde se utiliza la comunicación por puerto serial, los datos de transmisión y recepción se deben ver con el programa “Hercules”.

Las librerías “uart.h” y “studio.h” son propias del compilador C30, por lo tanto no es necesario incluirlas en los archivos header.

En este programa se incluye el periférico analógico digital, por ello se deben revisar los registros de configuración de este periférico en la hoja de datos que se encontrarán en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

Si se tiene alguna duda en cuanto a los registros de configuración del ADC se debe recordar que encontrará las hojas de datos en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador o puede consultar las ayudas del compilador C30, estas se encuentran en el siguiente directorio C:\Program Files\Microchip\mplabc30\v3.25\docs\periph_lib\dsPIC33_PIC24H_ADC_Library_Help”.

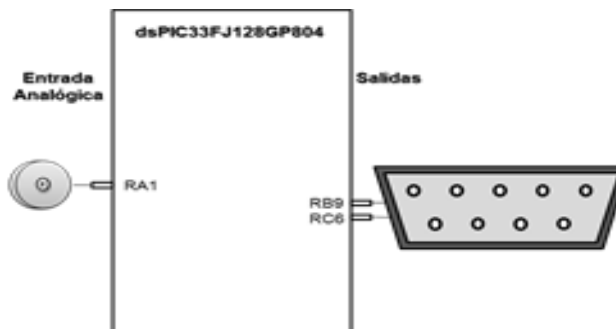
En la figura 65 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 66 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 65. Diagrama de flujo de la práctica n°10.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 66. Esquema físico de la práctica n°10.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS PRACTICA N° 10 - CONVERTOR ADC.

5.1.11. Conversor DAC

Objetivos:

✓ Manejar las funciones básicas del conversor digital análogo (DAC).

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador, osciloscopio y generador de señales.

Bloques del módulo entrenador empleados:

✓ dsPIC33FJ128GP804

✓ Alimentación

✓ Programador

✓ MCLR (master clear)

✓ ADC, DAC y pin libre

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa que convierta una señal analógica en digital y luego esa misma señal la convierta de digital analógica. Visualice las señales de entrada y la de salida con un osciloscopio.

Se debe recordar que:

Conectar las señales de entrada, salida y tierra en la tarjeta entrenadora, teniendo en cuenta que la señal de entrada debe ser máximo de 3.3V.

En este programa se incluye el periférico digital analógico, por lo tanto se deben revisar los registros de configuración de este periférico en la hoja de datos que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

Si se tiene alguna duda en cuanto a los registros de configuración del DAC se debe recordar que se encuentran las hojas de datos en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador o puede consultar las ayudas del compilador C30, estas se encuentran en el siguiente directorio C:\Program Files\Microchip\mplabc30\v3.25\docs\periph_lib\dsPIC33_PIC24H_DAC_Library_Help”.

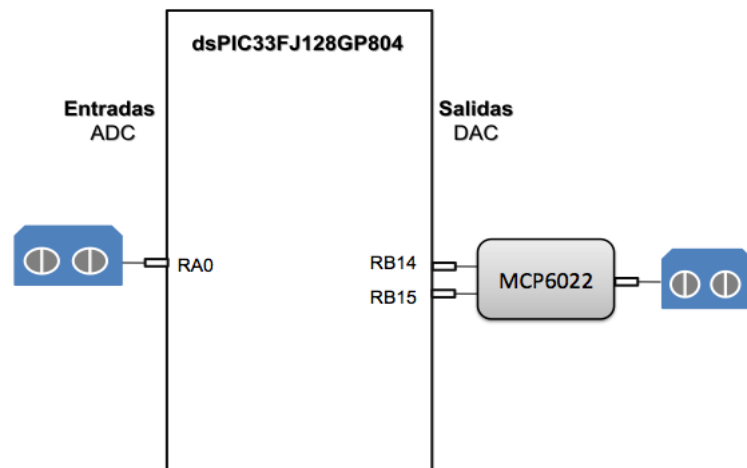
En la figura 67 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 68 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 67. Diagrama de flujo de la práctica n°11.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 68. Esquema físico de la práctica n°11.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 11 - CONVERTOR DAC.

5.1.12. Comunicación serial por bluetooth

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas del módulo bluetooth.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador.

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Comunicación serial
- ✓ Bluetooth
- ✓ LEDs

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa en el que se puedan comunicar un computador que maneje el protocolo serial con el bluetooth del módulo entrenador. Entre el módulo entrenador y el computador se deben enviar mensajes, para verificar que sí está haciendo la transmisión de datos correctamente.

Se debe recordar que:

Los programas están probados con el módulo entrenador y funcionan correctamente; también se debe tener en cuenta que la referencia del bluetooth es "RN41671C".

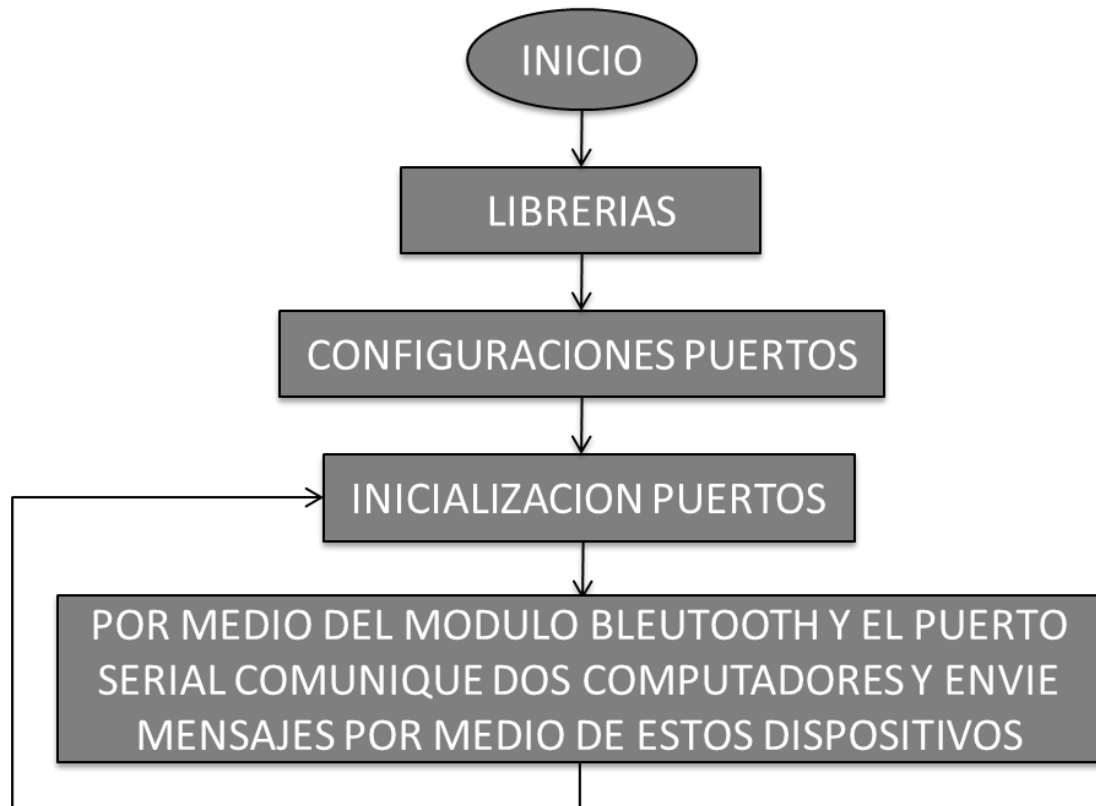
Revisar las hojas de datos del bluetooth que el usuario encontrará en la carpeta "HOJAS DE DATOS" del CD del módulo entrenador.

En la figura 69 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 70 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Solución del ejercicio propuesto:

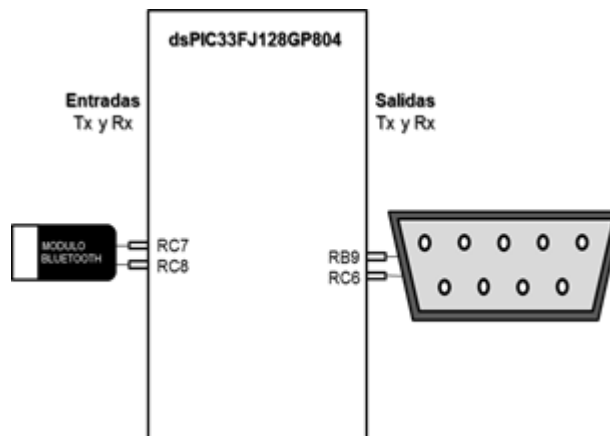
El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 12 - COMUNICACION SERIAL POR BLUETOOTH.

Figura 69. Diagrama de flujo de la práctica n°12.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 70. Esquema físico de la práctica n°12.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.1.13. Lectura y escritura de la memoria microSD

Objetivos:

- ✓ Manejar las funciones básicas de la lectura de bits en una memoria micro SD.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ Comunicación serial
- ✓ LEDs
- ✓ microSD

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa en el que se pueda grabar un mensaje en una dirección de la memoria microSD y luego se pueda leer en la pantalla del computador por medio del puerto serial.

Se debe recordar que:

Para ver el mensaje almacenado en la memoria es necesario instalar un programa llamado “winhex”, el cual encontrará en el CD del módulo entrenador en la carpeta “INSTALADORES”; también encontrará un video en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” donde aprenderá a instalarlo y a utilizarlo.

En este programa se incluye el periférico SPI, por lo tanto debe revisar los registros de configuración de este periférico en la hoja de datos que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

Revisar las hojas de datos de la memoria microSD, que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador.

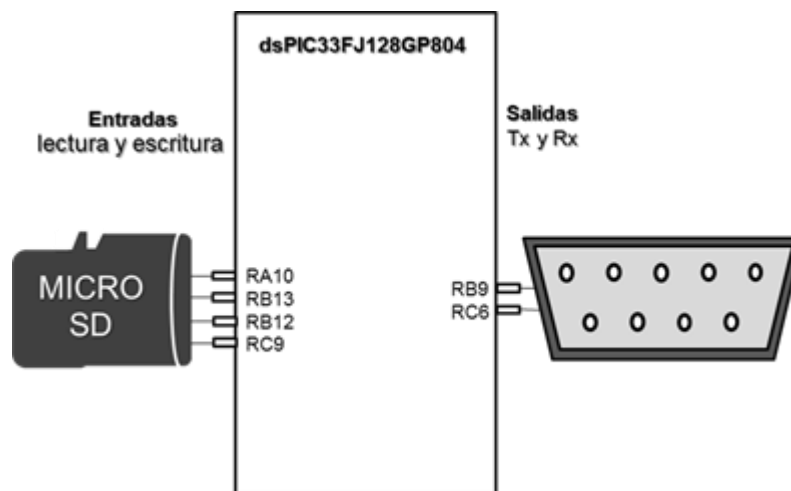
En la figura 71 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 72 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 71. Diagrama de flujo de la práctica n°13.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 72. Esquema físico de la práctica n°13.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la practica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 13 - LECTURA Y ESCRITURA DE UNA MEMORIA MICROSD.

5.1.14. DSP – Transformada de Fourier

Objetivos:

✓ Manejar una aplicación básica con la parte DSP del dsPIC.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

✓ Módulo entrenador, osciloscopio y generador de señales.

Bloques del módulo entrenador empleados:

✓ dsPIC33FJ128GP804

✓ Alimentación

✓ Programador

✓ MCLR (master clear)

✓ Comunicación serial

✓ LEDs

✓ ADC, DAC y pin libre

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Realizar un programa en el que el periférico analógico-digital reciba una señal y esta sea tratada por medio del dsPIC, aplicándole la transformada de Fourier. En la pantalla del computador se debe ver el muestreo que se le hace a la señal, la posición y la frecuencia donde se encuentra la mayor amplitud de la señal, usando el puerto serial.

Se debe recordar que:

Tener un conocimiento en cuanto al proceso matemático de la Transformada de Fourier.

Para simular la respuesta de la señal de entrada se debe instalar el programa dsPICWORDS, el cual encontrará en el CD del módulo entrenador en la carpeta "INSTALADORES"; también se encuentra un video en la carpeta "AYUDA DIDACTICA" donde se muestra cómo instalarlo y a utilizarlo.

En este programa se incluye la parte DSP del dsPIC, por lo tanto debe revisar esta librería en el archivo que encontrará en la carpeta "HOJAS DE DATOS" del CD del módulo entrenador o la ayuda que rinda el compilador y encontrará en la librería

C:\ProgramFiles\Microchip\mplabc30\v3.25\docs\dsp_lib\DSP_Transform_Functions_Help\FFTcomplexIP.

Al ejecutar el programa "hercules" se debe elegir 115200 como velocidad de comunicación.

Incluir en la carpeta “Library Files” del proyecto, la librería “Libdsp-coff-a” que se encontrará en C:\Program Files\Microchip\mplabc30\v3.25\lib\libdsp-coff.a, ya que esta contiene las librerías de la parte dsp del dsPIC.

Incluir los archivos “adc_config.c” y “definiciones.h” que se encontrarán en la carpeta “PRACTICA 14” en CD del módulo entrenador.

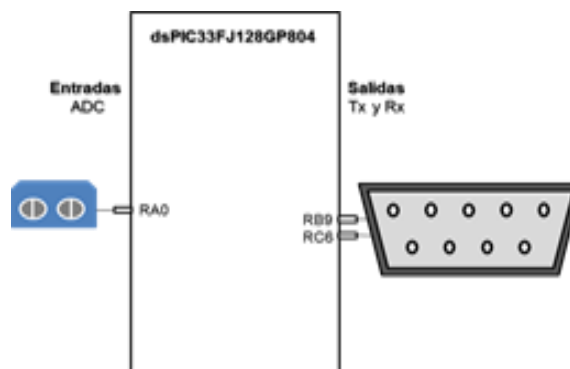
En la figura 73 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 74 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 73. Diagrama de flujo de la práctica n°14.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 74. Esquema físico de la práctica n°14.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección “E: CD\PRACTICAS\PRACTICA N° 14 - DSP.

5.1.15.DSP – Filtros FIR

Objetivos:

- ✓ Manejar una aplicación básica con la parte DSP del dsPIC.

Materiales y dispositivos utilizados en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Módulo entrenador, osciloscopio y generador de señales.

Bloques del módulo entrenador empleados:

- ✓ dsPIC33FJ128GP804
- ✓ Alimentación
- ✓ Programador
- ✓ MCLR (master clear)
- ✓ ADC y pin libre

Tiempo estimado en el desarrollo de la práctica:

- ✓ Tres (3) Horas

Enunciado del ejercicio propuesto:

Con la ayuda del programa dsPICFD calcular los coeficientes de un filtro FIR pasa baja, pasa alta, rechaza banda y pasa banda; realizar un programa en el que el periférico analógico-digital reciba una señal y esta sea tratada por medio del dsPIC, aplicándole un filtro FIR. Visualizar el resultado en un osciloscopio.

Se debe recordar que:

Instalar el programa dsPICFD, el cual encontrará en el CD del módulo entrenador en la carpeta “INSTALADORES”; también se encuentra un video en la carpeta “AYUDA DIDACTICA” donde se muestra cómo instalarlo.

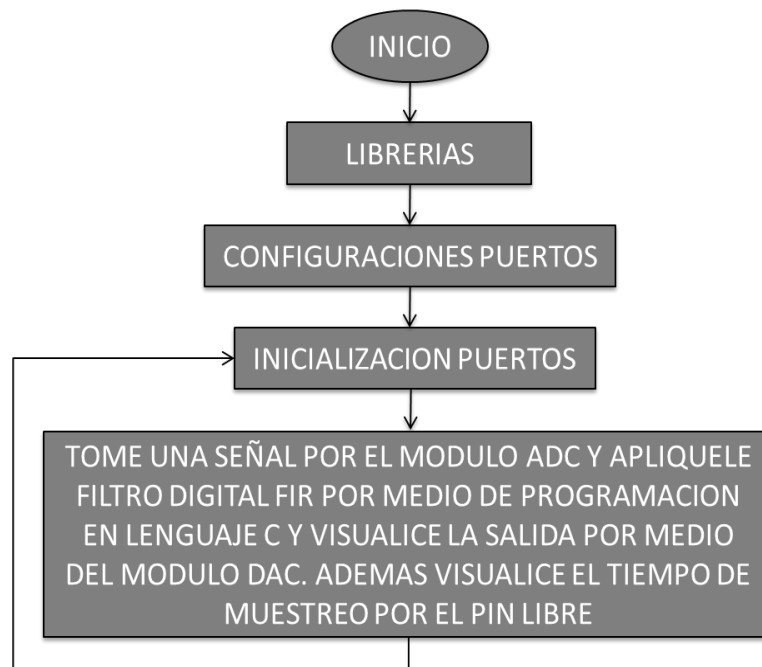
En este programa se incluye la parte DSP del dsPIC, por lo tanto debe revisar esta librería en el archivo que encontrará en la carpeta “HOJAS DE DATOS” del CD del módulo entrenador o la ayuda que rinda el compilador y encontrará en la librería

C:\ProgramFiles\Microchip\mplabc30\v3.30b\docs\dsp_lib\DSP_Filter_Functions_Help_files

Incluir en la carpeta “Library Files” del proyecto, la librería “Libdsp-coff-a” que se encontrará en C:\Program Files\Microchip\mplabc30\v3.25\lib\libdsp-coff.a, ya que esta contiene las librerías de la parte dsp del dsPIC.

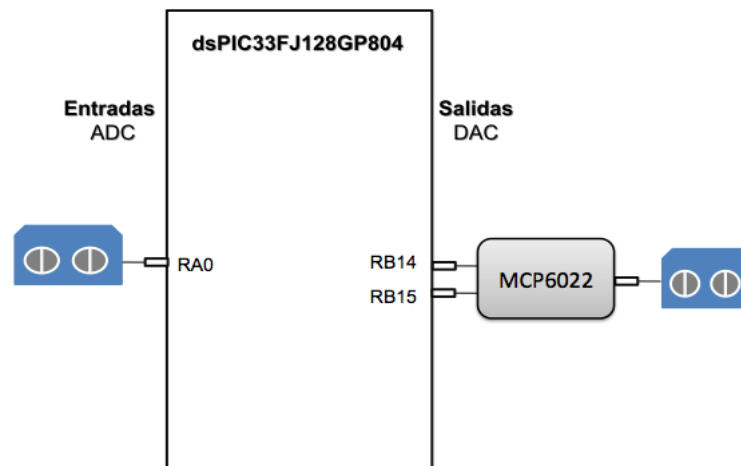
En la figura 75 se observa el diagrama de flujo que se realizó para entender mejor el proceso que se debe realizar en esta práctica y en la figura 76 se observa el esquema de los dispositivos que se emplean de la tarjeta del módulo entrenador en esta práctica.

Figura 75. Diagrama de flujo de la práctica n°15.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

Figura 76. Esquema físico de la práctica n°15.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

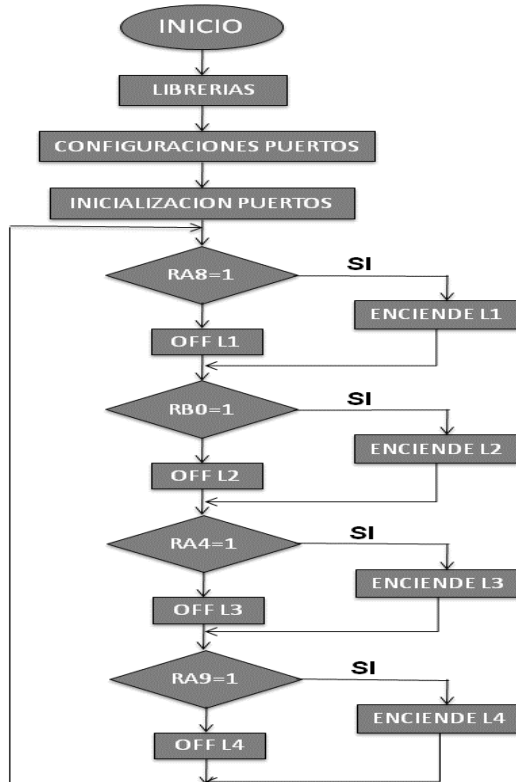
Solución del ejercicio propuesto:

El desarrollo de la práctica con su explicación paso a paso, se encuentra en la dirección "E: CD\PRACTICAS\ PRACTICA N°15 - FILTRO FIR."

5.2. EJERCICIOS PROPUESTOS

5.2.1. Ejercicio n°1. Realice un programa donde el P1 apague o encienda L1, P2 apague o encienda L2, que SW1 apague o encienda L3 y que el SW2 apague o encienda L4.

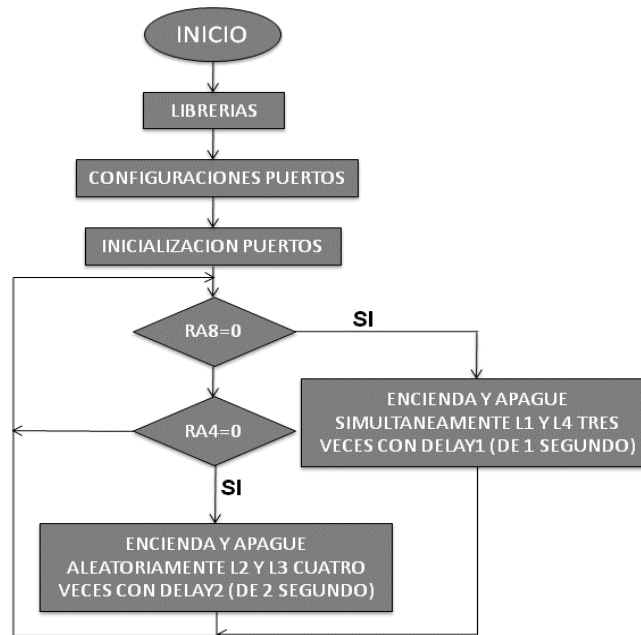
Figura 77. Diagrama de flujo del ejercicio n°1.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.2. Ejercicio n°2. Realice un programa en el que al oprimir P1 se encienda y se apaguen L1 y L4 simultáneamente tres veces con delay1 de 1 segundo, y al estar el P1 en alto que espere hasta que SW1 este ON para que L2 y L3 se encienda aleatoriamente cuatro veces con delay2 de 2 segundos.

Figura 78. Diagrama de flujo del ejercicio n°2.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.3. Ejercicio n°3. Realice un programa que con interrupción externa haga un contador de 00 a 19 cuando este el SW2 en ON y cuando este en OFF que haga un reloj utilizando el display siete segmentos.

Figura 79. Diagrama de flujo del ejercicio n°3.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.4. Ejercicio n°4. Realice un programa con el LCD donde se muestre en la primera línea centrado la palabra “ejercicio” y en la segunda línea escribir el nombre del usuario como mensaje.

Figura 80. Diagrama de flujo del ejercicio n°4.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.5. Ejercicio n°5. Realice un programa donde al mover el potenciómetro del ADC y utilizando el puerto serial muestre en el programa *Hércules* el valor del potenciómetro en decimal.

Figura 81. Diagrama de flujo del ejercicio n°5.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.6. Ejercicio n°6. Realice un programa en la cual se introduzca una señal analógica al módulo entrenador y muestre una señal analógica por el osciloscopio con un rango de frecuencia de 103.16KHz.

Figura 82. Diagrama de flujo del ejercicio n°6.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.7. Ejercicio n°7. Realice un programa en la cual se escriba un mensaje en el código y se envíe por medio del bluetooth a otro PC y se pueda leer en el programa *Hércules*.

Figura 83. Diagrama de flujo del ejercicio n°7.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

5.2.8. Ejercicio n°8. Realice un programa en la cual se le aplique la transformada inversa de Fourier a una señal analógica utilizando la parte DSP del dsPIC33FJ128GP804.

Figura 84. Diagrama de flujo del ejercicio n°8.



Fuente: Imagen creada por los autores del texto.

RECOMENDACIONES

- ✓ Emplear el módulo entrenador en el desarrollo de cursos teórico prácticos tales como futuras materias optativas, cursos dictados a semilleros de investigación, cursos remediales o talleres teóricos-prácticos a los cuales se inviten a los estudiantes de la Facultad de Ing. Electrónica a manejar esta novedosa y didáctica herramienta como son los dsPIC33F usando una pedagogía basada en proyectos.
- ✓ Desarrollar ejercicios diferentes a los del manual de prácticas y utilizar otros tipos de lenguaje de programación, donde el usuario pueda complementar el proceso de diseño y aprendizaje, aprovechando las infinitas posibilidades que brinda el módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.
- ✓ Realizar una comunicación con el protocolo bluetooth entre el módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804 y otro dispositivo (diferente a un computador) que maneje el protocolo bluetooth por ejemplo un celular entre otros.
- ✓ Utilizar la librería DSP del compilador C30 para aplicar otras funciones diferentes a la transformada de Fourier aplicada en la práctica 14 y el filtros FIR aplicado en la práctica 15 del manual de prácticas; ellas pueden ser: la transformada inversa de Fourier, filtros (IR, IIR), etc., para el tratamiento de señales analógicas.
- ✓ Aprovechar la entrada de pin libre para implementar un periférico diferente o nuevas aplicaciones que se quieran realizar al módulo entrenador tal como encoder, lecturas o salida de modulación por ancho de pulso, etc. Además de usar su potencial al ser un pin remapeable lo cual permitiría cambiarlo para la utilización de muchos periféricos adicionales por ejemplo para comunicación asíncrona, contador de pulsos para el incremento de un timer, etc.

CONCLUSIONES

Se diseñó y construyó un módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804, implementando aplicaciones como: comunicación serial síncrona y asíncrona, empleo del módulo bluetooth, memoria SD, entradas digitales (dip-switch y pulsadores), salidas digitales (LCD, LEDs, display), módulo analógico digital y digital analógico, pin para conexión libre y programador; los cuales permiten que el usuario interactúe con el microcontrolador de una forma didáctica sin preocuparse por el hardware y concentrándose totalmente en la programación del dispositivo, desde las aplicaciones más básicas hasta aplicaciones complejas.

El microcontrolador que se utilizó para diseñar y construir el módulo entrenador fue el dsPIC33FJ128GP804. Inicialmente se optó por utilizar el microcontrolador dsPIC33FJ128GP802 gracias a su encapsulado y la facilidad para realizar montajes en el protoboard, pero al momento de implementar el entrenador se presentó un conflicto en cuanto al número de pines y la cantidad de periféricos que se querían utilizar. Al final se decidió trabajar con un microcontrolador de montaje superficial con mayor cantidad de pines pero iguales características a las del dsPIC se tenía planteado inicialmente; por esta razón los programas que se implementan en el módulo entrenador se pueden programar también con un microcontrolador dsPIC33FJ128GP802 sin que se presente algún problema.

El lenguaje que se utilizó para desarrollar las prácticas del manual fue lenguaje C, sin embargo, el dsPIC33FJ128GP804 se puede programar con lenguaje assembler u otro sin que se vea afectado el microcontrolador o el módulo entrenador.

En el desarrollo del módulo entrenador se incluyó el diseño e implementación de un programador donde se pudieran utilizar las opciones de “*debugger*” y “*programer*” del software MPLAB IDE, para facilitar el proceso de aprendizaje de los usuarios.

Dentro de los objetivos planteados estaba la creación de un manual guía (manual de uso y manual de prácticas) que permitiera al estudiante interactuar con el módulo entrenador. Estos manuales fueron diseñado teniendo en cuenta el proceso pedagógico basado en proyectos, en donde el usuario inicia su aprendizaje desde las aplicaciones más básicas (LEDs, display siete segmentos, LCD, pulsadores), hasta llegar a utilizar el DSP del microcontrolador para aplicar la transformada de Fourier a una señal, ofreciendo así una base en los conceptos de programación para que el usuario explore muchas otras aplicaciones.

El diseño de la tarjeta del módulo entrenador se realizó utilizando elementos y dispositivos de montaje superficial y con acabados profesionales. Los costos de éstos elementos, dispositivos y el circuito impreso son elevados, si se implementa

por unidad, sin embargo si se produce en grandes cantidades el módulo entrenador se vuelve una herramienta viable.

Las ayudas didácticas que se incluyen en el CD del módulo entrenador son de gran utilidad para los usuarios a la hora de interactuar con el módulo entrenador, ya que brindan toda la información necesaria para el uso del mismo.

Se desarrolló un curso de actualización en dsPIC dictado a estudiantes que ese semestre terminaban la materia Arquitectura de Computadores I, en el cual se validó esta herramienta pedagógica de enseñanza de los dsPIC33F dando cada estudiantes su opinión sobre la utilidad del módulo entrenador, con sus respectivas recomendaciones las cuales, fueron tenidas en cuenta para un mejor provecho del módulo entrenador.

BIBLIOGRAFIA

AEBLI, Hans. Doce formas básicas de enseñar, Madrid 1988. Citado por HERNANDEZ OLIVARES.

ANGULO USETEGUI, José María, ETXEBARRIA RUIZ, Aritza, ANGULO MARTINEZ, Ignacio y TRUEBA PARRA, Iván. dsPIC diseño práctico de aplicaciones. Madrid, 2008. Mac Graw Hill homson Learning. ISBN: 8448151569 ISBN-13: 9788448151560

ARDILA GUTIERREZ Jose Gregorio. Diseño e implementación de la tarjeta de desarrollo del MC68HC908GP32 para el laboratorio de microcontroladores de la escuela de ingeniería electrónica, eléctrica y telecomunicaciones de la UIS. Trabajo de grado Ingeniería Electrónica. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. 2005.

BARCIA ROSERO, Orlando Xavier y CALLE CHOEZ, Roger Alfredo. Diseño de tarjetas para el diseño de aplicaciones con dsPIC. Trabajo de grado Ingeniería eléctrica. Guayaquil. Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2008.

BELTRAN CASTILLO German Enrique y CASTILLO ACEVEDO Juan Miguel. Creación e implementación de un módulo de formación en dsPIC teniendo como base la pedagogía en competencias desarrollada por el SENA. Trabajo de grado de Ingeniería Electrónica. Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. 2009.

HERNANDEZ OLIVARES, Ana Milena; MANTILLA GONZALEZ, Diana Stephanie y TURIZO DURAN Johan Mauricio. Diseño e implementación de un entrenador para el laboratorio de microcontroladores utilizando el MC68HC908GP32. Trabajo de grado de Ingeniería mecatrónica. Bucaramanaga. Universidad Autónoma de Bucaramanga. 2005.

HERNANDEZ W., *et al.* Tarjeta de desarrollo para el laboratorio de microcontroladores. En: Revista de la Sociedad Colombiana de Física, Junio 2006. Vol. 38, no. 2,. p. 818-821.

LABTOP tecnología educación y salud. En: <http://www.labtop.pe/inicio/component/virtuemart/details/459/modulo-entrenador-en-dsp.html?pop=0>

MICROCHIP, Hoja de especificaciones dsPIC33FJ32GP302/304, dsPIC33FJ64GPX02/X04, and dsPIC33FJ128GPX02/X04. [Documento Electrónico] En: <http://ww1.Microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70292D.pdf>

MICROCHIP. MPLAB® C30, C COMPILER, USER'S GUIDE. [Documento Electrónico] En: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/51284J.pdf>

MICROCHIP. MPLAB® IDE, USER'S GUIDE WITH MPLAB EDITOR AND MPLAB SIM SIMULATOR. [Documento Electrónico] En: ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/MPLAB_User_Guide_51519c.pdf

NASSIF, Ricardo, Pedagogía general. Buenos Aires, Argentina. Editorial Kapeluz. 1978.

PARALLAX. ¿Qué es un microcontrolador? Guía del estudiante para experimentos. [Documento electrónico] En: http://www.parallax.com/dl/docs/books/edu/wamv1_1spanish.pdf

SALCEDO RESTREPO Jose Daniel. Diseño y redacción de un libro de prácticas para la asignatura de Microcontroladores y Microprocesadores de la Universitaria de Investigación y Desarrollo. Trabajo de grado de Ingeniería Electrónica. Bucaramanga. Universitaria de Investigación y Desarrollo. 2010.

ANEXOS

ANEXO A. Encuesta de diagnóstico inicial



Taller de actualización en dsPIC de Microchip, usando el entrenador desarrollado en el trabajo de grado “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MÓDULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES dsPIC33F”.

A continuación encontrará una encuesta que mide algunos puntos valiosos de diagnóstico inicial en el proceso de validación del módulo entrenador.

En una escala de 0 a 10, siendo “0” la más baja y “10” la más alta, responda con sinceridad las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC? ____
 - 2) ¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC33F? ____
 - 3) ¿Qué conocimiento tiene del lenguaje C para microcontroladores? ____
 - 4) ¿Qué conocimiento tiene sobre el compilador C30? ____
 - 5) ¿Qué cantidad de módulos internos y periféricos de los dsPIC conoce? ____
¿Cuáles? _____
 - 6) ¿Ha trabajado con algún módulo entrenador para microcontroladores antes? ____
- En materiales didácticos para microcontroladores qué importancia le da a:
- 7) Hardware ____
 - 8) Documentos escritos (pdf, Word, páginas, etc) ____
 - 9) Videos ____
 - 10) ¿Trabaja otros programas de diseño de software para microcontroladores diferente de MPLAB IDE? ____
¿Cuáles? _____

Encuesta de diagnóstico inicial aplicada a estudiantes que participarán
en el taller de actualización de dsPIC de Microchip.
Campus Universitario, Junio 2 de 2011

ANEXO B. Encuesta de evaluación de resultados.



Taller de actualización en dsPIC de Microchip, usando el entrenador desarrollado en el trabajo de grado “DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MÓDULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES dsPIC33F”.

A continuación encontrará una encuesta que mide algunos puntos valiosos de diagnóstico final en el proceso de validación del módulo entrenador.

En una escala de 0 a 10, siendo “0” la más baja y “10” la más alta, responda con sinceridad las siguientes preguntas:

- 1) ¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC? ____
- 2) ¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC33F? ____
- 3) ¿Qué conocimiento tiene del lenguaje C para microcontroladores? ____
- 4) ¿Qué conocimiento tiene sobre el compilador C30? ____
- 5) ¿Qué cantidad de módulos internos y periféricos de los dsPIC conoce? ____
- ¿Cuáles? _____

Teniendo en cuenta el uso del módulo entrenador dsPIC33FJ128JP804, responda las siguientes preguntas:

Como materiales didácticos para microcontroladores, qué tan práctico y útil califica el módulo entrenador en cuanto a:

- 6) Hardware ____
- 7) Documentos escritos (pdf, Word, páginas, etc) ____
- 8) Videos ____
- 9) ¿Cuáles son sus recomendaciones y aportes para el mejoramiento del módulo entrenador, las prácticas y el material didáctico (documentos y videos) que se le facilitó? _____

Encuesta de evaluación de resultados aplicada a estudiantes que participaron en el taller de actualización de dsPIC de Microchip.
Campus Universitario, Junio 3 de 2011

ANEXO C. Resultados de las encuestas realizadas

Tabla 1. Resultados tabulados de cada estudiante.

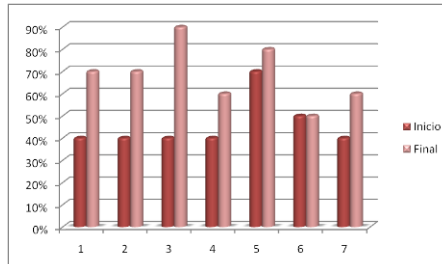
¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC?		
Estudiante	Inicio	Final
1	50%	70%
2	80%	90%
3	70%	80%
4	60%	80%
5	70%	80%
6	70%	80%
7	50%	60%
Promedio	64%	77%

¿Qué conocimiento tiene de los dsPIC33F?		
Estudiante	Inicio	Final
1	0%	60%
2	0%	70%
3	0%	70%
4	0%	70%
5	0%	80%
6	0%	50%
7	0%	40%
Promedio	0%	63%

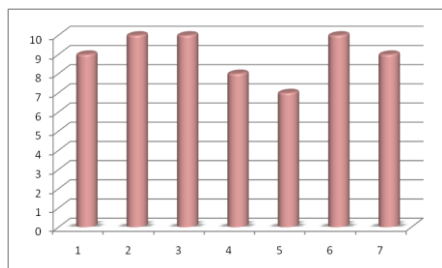
¿Qué conocimiento tiene del lenguaje C para microcontroladores?		
Estudiante	Inicio	Final
1	40%	60%
2	40%	60%
3	30%	50%
4	30%	70%
5	40%	70%
6	30%	50%
7	30%	50%
Promedio	34%	59%

¿Qué conocimiento tiene sobre el compilador C30?		
Estudiante	Inicio	Final
1	0%	60%
2	0%	70%
3	0%	50%
4	0%	60%
5	0%	70%
6	0%	50%
7	0%	60%
Promedio	0%	60%

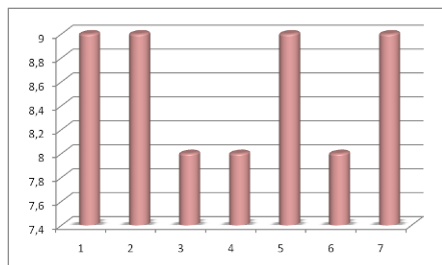
¿Qué cantidad de módulos internos y periféricos de los dsPIC conoce?		
Estudiante	Inicio	Final
1	40%	70%
2	40%	70%
3	40%	90%
4	40%	60%
5	70%	80%
6	50%	50%
7	40%	60%
Promedio	46%	69%



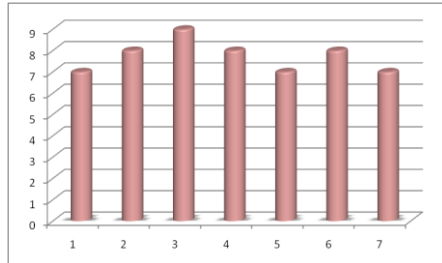
En materiales didácticos para microcontroladores qué importancia le da a Hardware	
Estudiante	Respuesta
1	9
2	10
3	10
4	8
5	7
6	10
7	9
Promedio	9



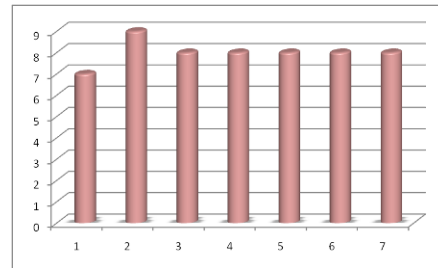
En materiales didácticos para microcontroladores qué tan práctico y útil califica el módulo entrenador en cuanto a Hardware	
Estudiante	Respuesta
1	9
2	9
3	8
4	8
5	9
6	8
7	9
Promedio	9



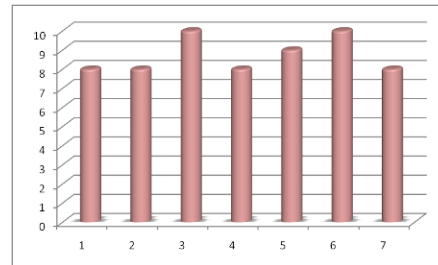
En materiales didácticos para microcontroladores qué importancia le da a documentos escritos (pdf, Word, páginas, etc)	
Estudiante	Respuesta
1	7
2	8
3	9
4	8
5	7
6	8
7	7
Promedio	8



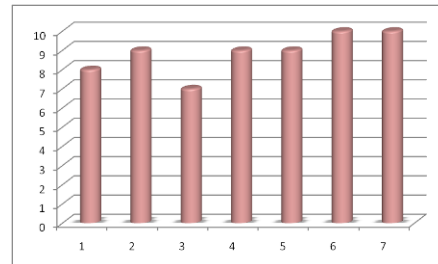
En materiales didácticos para microcontroladores qué tan práctico y útil califica el módulo entrenador en cuanto a documentos escritos	
Estudiante	Respuesta
1	7
2	9
3	8
4	8
5	8
6	8
7	8
<i>Promedio</i>	<i>8</i>



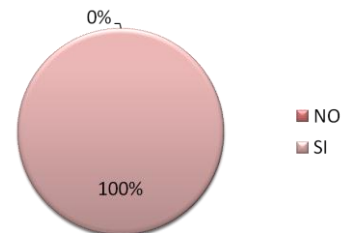
En materiales didácticos para microcontroladores qué importancia le da a videos	
Estudiante	Respuesta
1	8
2	8
3	10
4	8
5	9
6	10
7	8
<i>Promedio</i>	<i>9</i>



En materiales didácticos para microcontroladores qué tan práctico y útil califica el módulo entrenador en cuanto a videos	
Estudiante	Respuesta
1	8
2	9
3	7
4	9
5	9
6	10
7	10
<i>Promedio</i>	<i>9</i>



¿Trabaja otros programas de diseño de software para microcontroladores diferente de MPLAB IDE?	
Estudiante	Respuesta
1	no
2	no
3	no
4	no
5	no
6	no
7	no



ANEXO D. Asistencia de participantes del taller.



Participantes del Taller de actualización en dsPIC de Microchip usando el entrenador desarrollado en el trabajo de grado "DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN MÓDULO ENTRENADOR IMPLEMENTANDO LA FAMILIA DE MICROCONTROLADORES dsPIC33"

Nombre

Firma

1. Nicolás Aconcha Quintero

Nicolás Aconcha

2. AUD SEBASTIAN RUEDA MONTAÑEZ

Aud Sebastian Rueda

3. RENATO ALBERTO ANGELONE Y.

Renato Angelone

4. EDISSON BABILLO GUSLONON

Edi Babillo Guslonon

5. Andrés Ricardo Latorre C.

Andrés Ricardo Latorre

6. Wilmar López Arrieta

Wilmar López Arrieta

7. Andrés Herrera

Andrés Herrera

Junio 7 de 2011

ANEXO E. Listado de componentes del entrenador.



Futurlec Electrónica
www.futurlec-electronica.com
Calle 33 #18-36 Local 310
Tel. 6704445
Bucaramanga-Santander
Colombia

Bucaramanga, 07 de Marzo de 2011

VENDIDO A:
Viviana González
Bucaramanga

FACTURA DE VENTA
No. **1055**

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
MAX3232	1	\$ 9.500,00	\$ 9.500,00
Cond 1u/50v	4	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Conector DB9 H	1	\$ 1.200,00	\$ 1.200,00
Resistencia 330	1	\$ 200,00	\$ 200,00
LED Amarillo	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Cond 0,1u/50v	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Socket uSD	1	\$ 5.500,00	\$ 5.500,00
DIPSwitch 2 Pin	2	\$ 800,00	\$ 1.600,00
Pulsador smd	3	\$ 1.200,00	\$ 3.600,00
DipSwitch 3 Pin	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Resistencia 1k	5	\$ 200,00	\$ 1.000,00
dsPIC33FJ128GP804	1	\$ 27.500,00	\$ 27.500,00
cristal 20M	2	\$ 1.200,00	\$ 2.400,00
Cond 10u 16v	1	\$ 1.800,00	\$ 1.800,00
cond 0,1u/50V	2	\$ 250,00	\$ 500,00
Cond 22p/50V	4	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Resistencia 10K	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Diodo 4148	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Resistencia 100	1	\$ 200,00	\$ 200,00
MCP6022	1	\$ 10.400,00	\$ 10.400,00
Borneras 2 Pin	3	\$ 450,00	\$ 1.350,00
Condensador 47u Tantalio	1	\$ 3.800,00	\$ 3.800,00

www.FUTURLECELECTRONICA.COM
6312738
CALLE 102 N. 22A-85 PROVENZA





Resistencia 330	6	\$ 200,00	\$ 1.200,00
Led verde 1206	6	\$ 450,00	\$ 2.700,00
Trimmer 10k PCB	2	\$ 2.200,00	\$ 4.400,00
Reg 5V	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Reg 3,3V	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Diodo 1ª SOD-41	1	\$ 850,00	\$ 850,00
Cond 0,1u/50V 0805	2	\$ 250,00	\$ 500,00
Resistencia 300 0805	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Led amarillo 1206	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Jack adaptador	1	\$ 900,00	\$ 900,00
Switch ON/OFF	1	\$ 1.000,00	\$ 1.000,00
Soportes caucho	4	\$ 600,00	\$ 2.400,00
Resistencia 300 0805	7	\$ 200,00	\$ 1.400,00
Display 4 Digitos	1	\$ 4.200,00	\$ 4.200,00
Transistor 3904 SOT-23	4	\$ 250,00	\$ 1.000,00
Resistencia 1K 0805	4	\$ 200,00	\$ 800,00
Conector Uusb SDM	1	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
Bobina 680u SMD	1	\$ 3.500,00	\$ 3.500,00
Reg 1700 3.3V SMD	1	\$ 3.200,00	\$ 3.200,00
Cond 10u/16V SMD	1	\$ 600,00	\$ 600,00
Transistor 3904 SOT-23	3	\$ 250,00	\$ 750,00
Transistor 3906 SOT-23	1	\$ 250,00	\$ 250,00
Resistencia 100K 0805	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Resistencia 10K 0805	4	\$ 200,00	\$ 800,00
Resistencia 4,7K 0805	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Resistencia 2,7K 0805	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Resistencia 39 0805	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Resistencia 470 0805	3	\$ 200,00	\$ 600,00
Cond 47u 16V 0805	1	\$ 3.800,00	\$ 3.800,00
Led rojo 1206	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Led verde 1206	1	\$ 450,00	\$ 450,00
Led Amarillo 1206	1	\$ 450,00	\$ 450,00
PIC18F2550 SOIC	1	\$ 18.500,00	\$ 18.500,00

@ www.FUTURLECELECTRONICA.COM

6312738

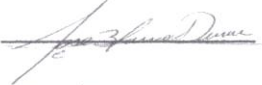
CALLE 102 N. 22A-85 PROVENZA





Diodo 4148 SMD	2	\$ 250,00	\$ 500,00
LCD 16x2 PCB	1	\$ 48.000,00	\$ 48.000,00
Resistencia 47 0805	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Cable Serial-USB	1	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
Adaptador 9VDC	1	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00
Modulo Bluetooth RN41	1	\$ 90.000,00	\$ 90.000,00
Cable Miniusb	1	\$ 6.000,00	\$ 6.000,00
Circuitos Impresos Profesionales Ref: "Entrenador dsPIC" x3unidades	1	\$ 347.000,00	\$ 347.000,00

SON: (EN LETRAS) Seiscientos noventa y un mil seiscientos cincuenta pesos.	TOTAL ➡	\$ 691.650
---	----------------	-------------------

Revisado: (FIRMA Y SELLO)  José Carlos Blanco Durán C.C 9.145.641	 FUTURLECELECTRONICA C.C BUCACENTRO, LOCAL 302 TEL: 6425888 - 3126263167
--	---

 WWW.FUTURLECELECTRONICA.COM
 6312738
 CALLE 102 N. 22A-85 PROVENZA



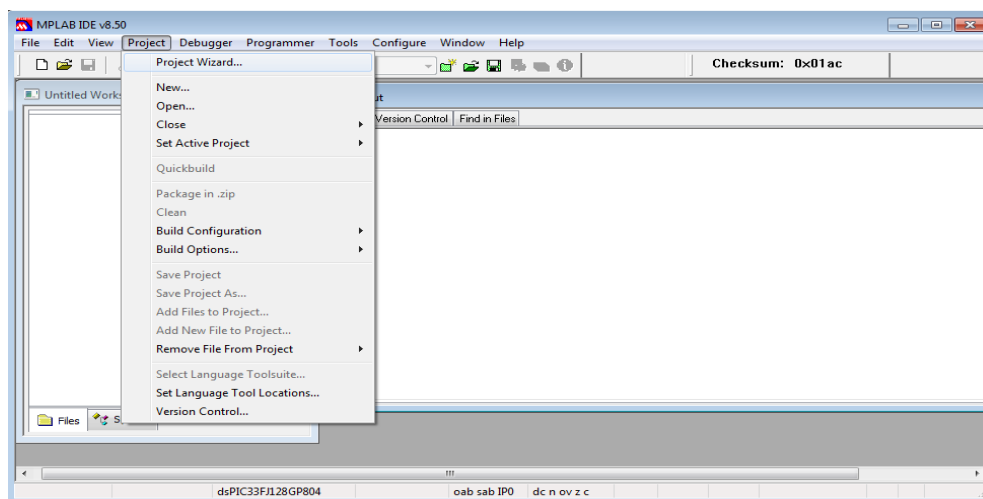
ANEXO F. CD del módulo entrenador dsPIC33FJ128GP804.



ANEXO G. Creación de un proyecto en MPLAB IDE

Se abre el programa MPLAB IDE y se da click en la opción “Project”, “Project Wizard...” para crear un nuevo proyecto, como se observa en la figura 1.

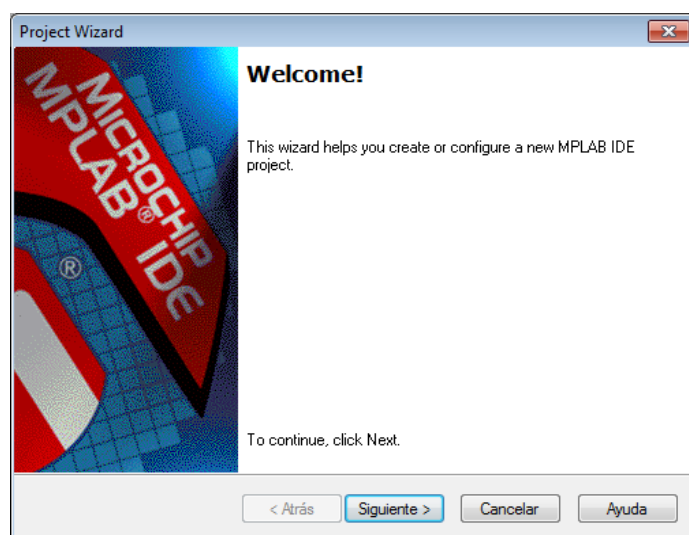
Figura 1. Ventana de creación de un proyecto.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

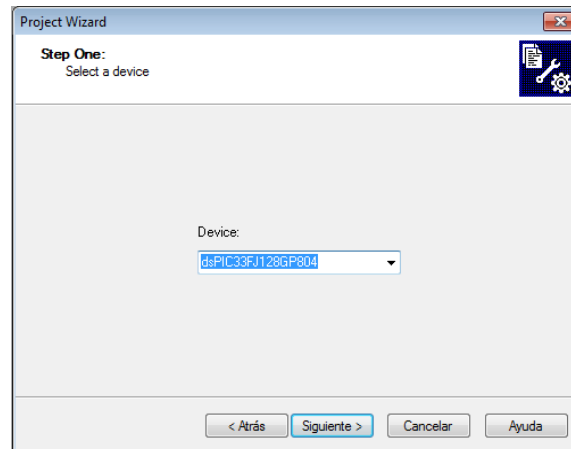
Automáticamente se abre una ventana como se observa en la figura 2, que da la bienvenida a la creación del proyecto y click en siguiente.

Figura 2. Ventana de bienvenida a la creación del proyecto



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.
Aparece una ventana como se observa en la figura 3, donde se selecciona el dispositivo a utilizar; en este caso se selecciona el dsPIC33FJ128GP804 y click en siguiente.

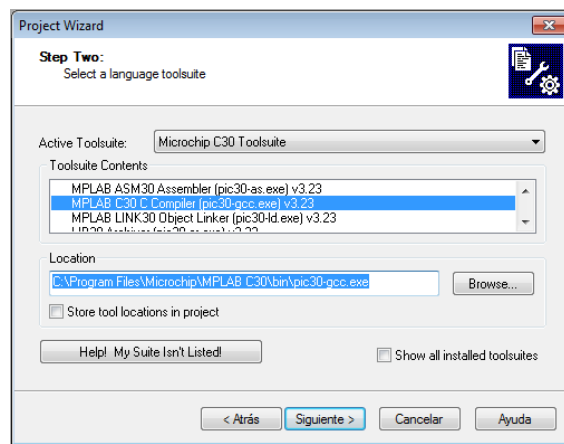
Figura 3. Ventana de selección del dispositivo.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

A continuación se selecciona el lenguaje de programación como se observa en la figura 4, que para este caso es Microchip C30 Toolsuite, de forma que se debe acceder a los directorios de MPLAB ASM30, MPLAB C30, MPLAB LINK30, LIB30 y click en siguiente.

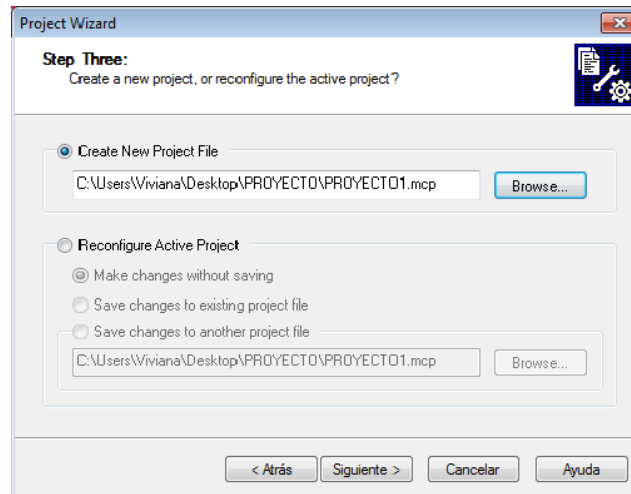
Figura 4. Ventana de selección de lenguaje de programación.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

La ventana que aparece a continuación se observa en la figura 5 y se hace click en “Browse...” para buscar el directorio donde se quiere guardar el proyecto, se puede crear una carpeta para cada proyecto. “PROYECTO” en este caso se llama la carpeta y “PROYECTO1” se llama el proyecto, y click en siguiente.

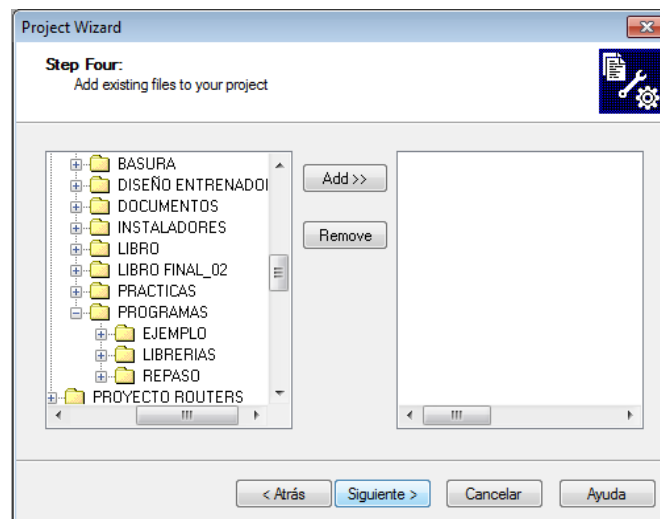
Figura 5. Ventana para ubicar el proyecto.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

En la figura 6, aparece una ventana para agregar librerías. Si se desea las librerías se pueden agregar aquí o como se muestra más adelante.

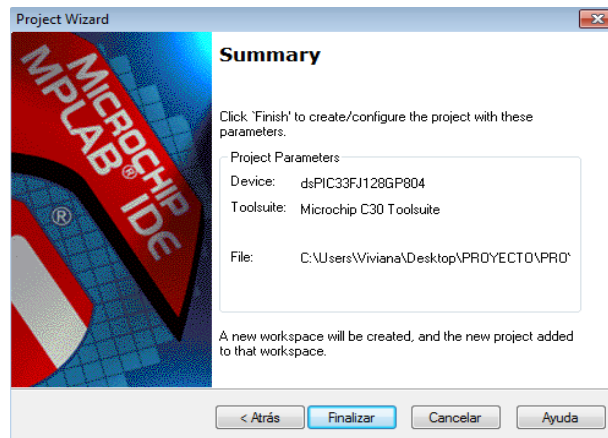
Figura 6. Ventana para agregar librerías.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

En la figura 7, se observa el resumen de la creación del proyecto. En esta ventana se ven los parámetros del proyecto que se quiere construir, como por ejemplo: dispositivo, *toolsite*, y el directorio donde se guardará el proyecto.

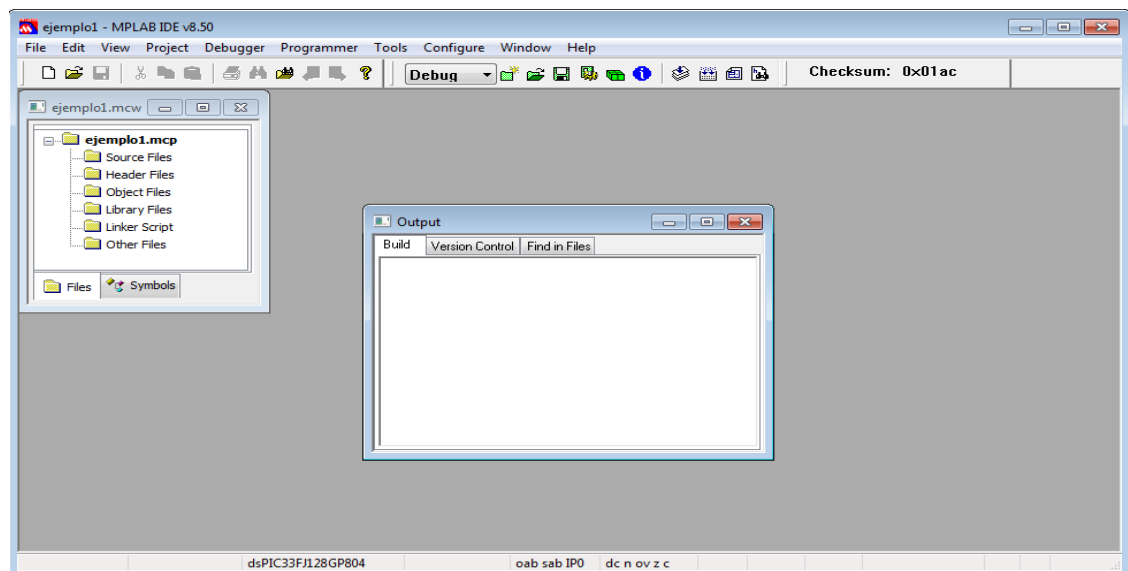
Figura 7. Ventana resumen de la creación del proyecto.



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Al dar click en siguiente automáticamente se crea el proyecto y aparecerá la imagen que se muestra en la figura 8.

Figura 8. Vista del proyecto recién creado.



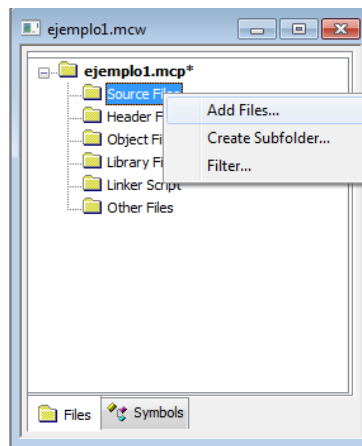
Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Después de crear el proyecto se debe crear un nuevo archivo (*file*), darle un título agregándole la extensión .c para luego agregarlo a las fuentes del proyecto.

En la figura 9 se muestra la ventana de librerías, es aquí donde se deben agregar los archivos necesarios para el desarrollo del proyecto. En el encabezado que dice “*Source Files*” se debe agregar el archivo fuente .c donde se escribe el código principal y las librerías de C30 que se van a utilizar en el proyecto.

En el encabezado que dice “*Header Files*” se deben agregar los archivos de cabecera (.h), que algunas veces son complemento de los archivos fuente y son necesarios para el correcto funcionamiento del proyecto.

Figura 9. Ventana de librerías



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

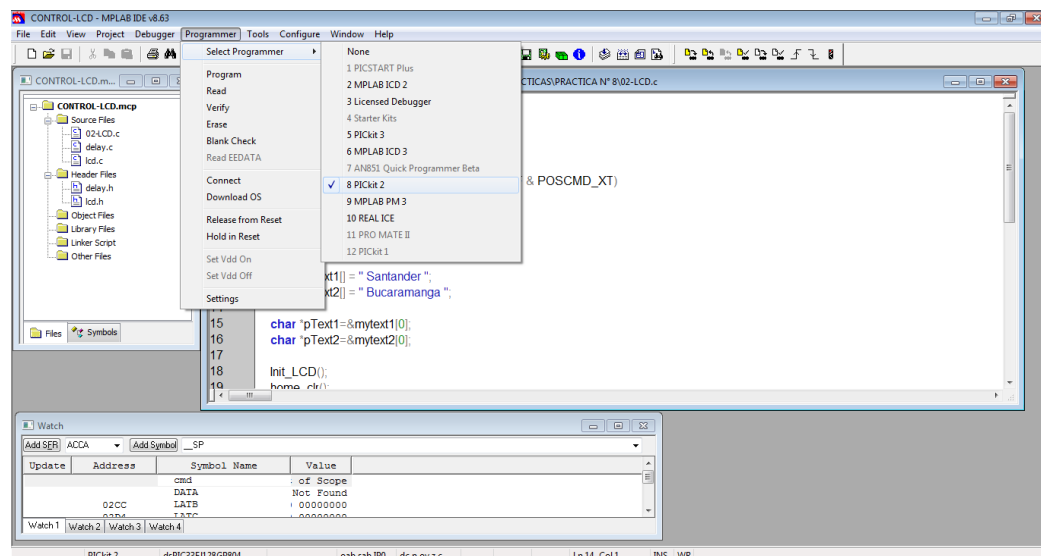
ANEXO H. Procedimiento para utilizar el programador con MPLAB IDE.

Después de tener el programa listo y sin errores se construye el proyecto para crear el archivo .hex que es el que se va programar en el microcontrolador.

El proceso de grabado se puede realizar desde el programa MPLAB IDE o desde la aplicación PICKit2. Para facilidad del usuario se explicará desde el programa MPLAB IDE.

Una vez construido el programa, lo primero que se debe hacer es seleccionar en la barra de herramientas la opción “*Programmer*” y seleccionar el programador que en este caso es “*PICKit2*” como se observa en la figura 1.

Figura 1. Selección del programador.

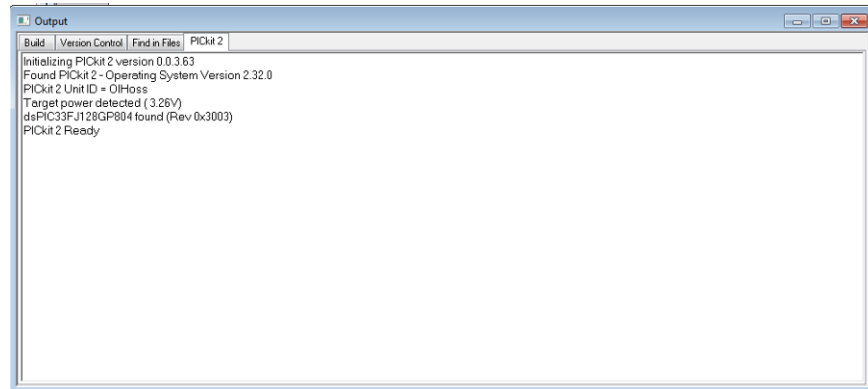


Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Una vez seleccionado el PICKit2, como se muestra en la figura 2, en la ventana de salida o “*Output*” aparece una pestaña que dice “*PICKit2*”, en esta pestaña se ve la inicialización del programador y posteriormente la leyenda “*PICKit2 Ready*” quiere decir que está listo para ser utilizado.

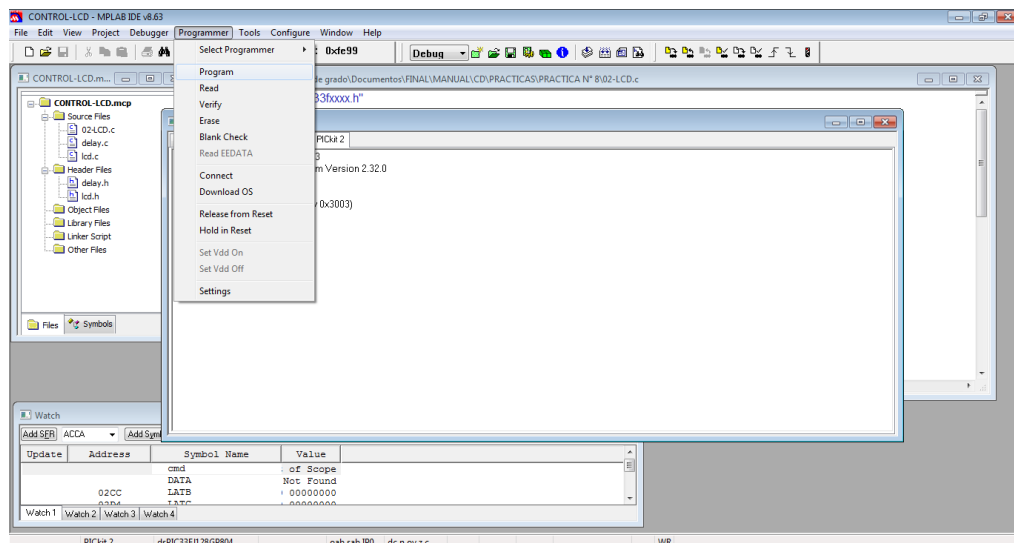
Cuando el PICKit2 está listo para ser utilizado, se seleccione en la barra de herramientas, la opción “*Programmer*” y se da click en la opción “*Program*” para grabar el microcontrolador, como se observa en la figura 3.

Figura 2. Ventana *Output*



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Figura 3. Opción de programar

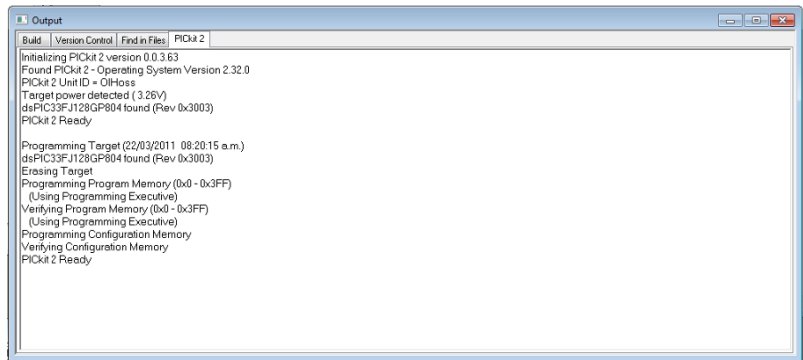


Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

En la figura 4, se observa la ventana de salida o “*Output*” con la leyenda que se muestra en la pestaña de PICkit2, donde dice que el programa ha sido grabado en el microcontrolador.

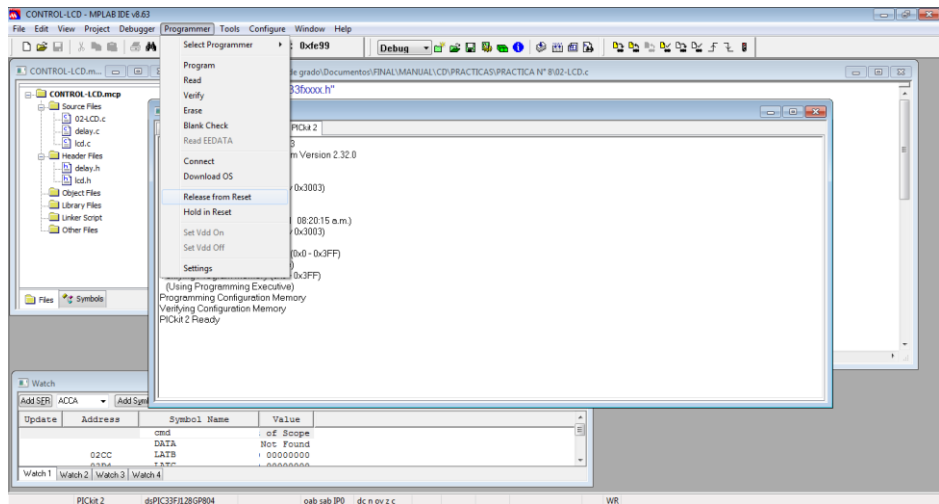
Por último y para poder observar físicamente en el módulo entrenador lo que hace el programa que se ha grabado en el microcontrolador, se debe deshabilitar el *Master Clear*; para esto, en la barra de herramientas en la opción “*Programmer*” se selecciona la opción “*Release from reset*” como se observa en la figura 5.

Figura 4. Verificación del proceso de grabado



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Figura 5. Desactivación del Master Clear



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Cuando se desactiva el Master clear, en la ventana de salida o “*Output*” se notifica como se muestra en la figura 6.

Una forma resumida de hacer los anteriores pasos es utilizando las herramientas que se muestran en la figura 7. Estas opciones se activan al momento de seleccionar el programador y cada una tiene una función diferente, estas funciones se pueden ver en la tabla 1.

Figura 6. Notificación de la desactivación del Master Clear



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Figura 7. Barra de herramientas del PICKit2



Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.

Tabla 1. Funciones de la barra de herramientas del PICKit2

ICONO	DEFINICIÓN
	Programa el dispositivo
	Lee el dispositivo
	lee la memoria EEDATA del dispositivo
	Verifica el contenido en el dispositivo
	Borra la memoria del dispositivo
	Verifica que la memoria del dispositivo se halla borrado
	Desactiva el MCLR
	Activa el MCLR
	Conecta el pickit2 con mplab

Fuente: Imagen tomada de MPLAB IDE por los autores del texto.