



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**“CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO
PARAMICROCONTROLADORES ATMEL PARA LA EIE-CRI”**

TESIS DE GRADO

PREVIA OBTENCIÓN TÍTULO DE

INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

PRESENTADO POR:

**LUIS ARMANDO AYOVÍ PLATA
JOHN ROBERTO MERO SOSA**

**RIOBAMBA – ECUADOR
2011**

Al Creador, Dios, por ser dichosos de estar vivos.

A nuestros padres, por otorgarnos la oportunidad de estudiar y confiarnos siempre su apoyo y amor sincero que nos ha permitido llegar a conseguir esta meta.

A nuestros tutores, profesores, amigos y demás familiares, por habernos guiado y ayudado, de una u otra forma a finalizar este trabajo

Dedicado a Dios, por brindarme la oportunidad de formar parte de esta tierra y de mantener una sólida amistad con él a través de su hijo amado Jesús, quién nunca quitó su mirada de todas las actividades de mi vida. A mis padres por su incomparable amor, por su apoyo incondicional, por ser el aliento de impulso para seguir cada día. A mis hermanos por su constante ayuda. A mis sobrinos que con su cariño y amor llenaron de alegría los momentos de flaqueza y a todas aquellas personas que de manera indirecta colaboraron en la consecución de este anhelo tan deseado.

LUIS.

A Dios, por brindarme todos los días el placer de tener vida y disfrutar de su creación; a mi mamá Carlota, por su amor y confianza insuperable, por ser el mayor pilar que inspira todos los actos de mi vida; a mi hermana Marielisa, por nunca vacilar cuando acudía a mi llamado, por ser mi más acertada compañera y confidente; a mi papá Grismaldo por su gran apoyo; a mis hermanos Jean Carlos y Elián, a mis sobrinos José y Brianna, por el entusiasmo que me comunican para hacer las cosas cada vez mejor y tomen mis logros como ejemplo de superación.

JOHN.

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes C.

DECANO DE LA FACULTAD

DE INFORMÁTICA Y

.....

.....

ELECTRÓNICA

Ing. Paul Romero R.

DIRECTOR DE LA

ESCUELA DE INGENIERÍA

.....

ELECTRÓNICA EN CONTROL

Y REDES INDUSTRIALES

Ing. Paul Romero R.

DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Diego Barba M.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez.

DIRECTOR DPTO.

DOCUMENTACIÓN

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“ Nosotros, **LUIS ARMANDO AYOVÍ PLATA** y **JOHN ROBERTO MERO SOSA**, somos los responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis de grado, y el patrimonio intelectual de la misma le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ”

Luis Armando Ayoví Plata

John Roberto Mero Sosa

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABS	Antilock Brake System
AC	Corriente Alterna
ADC	Analog-to-Digital Converter
ALU	Unidad Aritmética Lógica
ANSI/EIA	American National Standards Institute/Alianza de Industrias Electrónicas
ARQ	Solicitud de repetición automática
ASCII	American Standard Code form Information Interchange
CD-ROM	Disco Compacto, de sólo lectura de memoria
CMOS	Complementary metal-óxido-semiconductor
CPU	Unidad Central de Procesamiento
CSMA/CD	Acceso múltiple con detección de colisiones
DSP	Digital Signal Processor
EEPROM	Electrically-Ereaseable Programmable ROM
EIR-CR	Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales
FEC	Corrección de errores
FM	Frecuencia Modulada
GLCD	Graphic Liquid Crystal Display
GPS	Global Positioning System
I2C	Inter-Intergrated Circuit
IBM	International Business Machines
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISA	Industry Standard Architecture
LC	Link Controller
LCD	Liquid Crystal Display
LED	Light-EmittingDiode
NA	Normamente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
OZ-IN	Onzas por pulgada
PAP	Paso a Paso
PCS	Personal Communication System
PPM	Partes por millón
PPS	Pasos por segundo
PWM	Pulse-Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RF	Radiofrecuencia
RF ID's	Sistemas de Identificación RF
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
SRAM	Static RAM

UAR Universal Asynchronous Receiver Transmitter
WLAN Wireless Local Area Network

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.II.01. Esquema de un Microcontrolador	23
Figura.II.02. Primeros Microcontroladores	24
Figura.II.03. Estructura interna del Pulsador	30
Figura.II.04. Leds de color rojo, verde y azul de 5 mm y símbolo eléctrico	30
Figura.II.05. Forma física de un Potenciómetro Rotatorio	32
Figura.II.06. Forma física del sensor DS18B20	33
Figura.II.07. Formas de los Dip Switch	34
Figura.II.08. Forma física y denominación de los segmentos del display	34
Figura.II.09. LCD 2x16	35
Figura.II.10 GLCD 128x64	38
Figura.II.11. Foto de un cristal	38
Figura.II.12. Ejemplos de Actuadores	39
Figura.II.13. Formas constructivas del rotor en servomotores de CC	40
Figura.II.14. Estructura típica de un servomotor DC de rotor bobinado	41
Figura.II.15. Estructura típica de un servomotor DC de bobina móvil	42
Figura.II.16. Servomotor DC sin escobillas	43
Figura.II.17. Sección transversal de un motor paso a paso híbrido	45
Figura.II.18. Aspectos constructivos de un motor de corriente continua	46
Figura.II.19. Posición del conmutador y las escobillas en un diseño de motor DC típico	47
Figura.II.20. Curva características típica de un motor DC serie	48
Figura.II.21. Curva características típica de un motor DC shunt	48
Figura.II.22. Familia típica de curvas características para un motor DC de imán permanente	48
Figura.II.23. Sistema de comunicaciones	49
Figura.II.24. Sistema de comunicaciones RF	50
Figura.II.25. Operación de traslado en frecuencia que realiza el trasmisor	51
Figura.II.26. Diagrama de bloques del emisor	53
Figura.II.27. Diagrama de bloques del receptor	54
Figura.II.28. Conector Db9	55
Figura.II.29. Conexión típica usando XBee	62

Figura.II.30. Coordinación PAN con múltiples nodos	65
Figura.II.31. Ambiente de programación BASCOM-AVR	66
Figura.III.32. Diagrama en bloques del sistema JL AVR TRAINER	69
Figura.III.33. Microcontroladores soportados	71
Figura.III.34. Programador USB 2.0	72
Figura.III.35. Esquema de conexión del oscilador del reloj.....	72
Figura.III.36. Esquema de conexión de la alimentación	73
Figura.III.37. Esquema de conexión de la comunicación serial y USB a RS-232	74
Figura.III.38. Sensor de Temperatura DS18B20	74
Figura.III.39. Esquema de conexión de la MMC/SD Connector	75
Figura.III.40. Esquema de conexión de los leds	75
Figura.III.41. Esquema de conexión de los Buttons. Botones y teclado matricial	76
Figura.III.42. Esquema de conexión del LCD	77
Figura.III.43. Esquema de conexión del GLCD	77
Figura.III.44. Esquema de conexión del display de 7 segmentos.....	78
Figura.III.45. Esquema de conexión de los puertos de E/S	79
Figura.III.46. Esquema de conexión del VDIP-USB	79
Figura.III.47. Esquema de conexión del acelerómetro	80
Figura.III.48. Esquema de conexión del RESET	81
Figura.III.49. Esquema de conexión del reloj de tiempo real.	81
Figura.III.50. Esquema de conexión de las entradas ADC	82
Figura.III.51. Esquema de conexión de los actuadores	83
Figura.III.52. Módulos de Comunicación	85
Figura.III.53. Implementacion parcial sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER	86
Figura.III.54. Vista en 3D sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER	87
Figura.III.55. Circuito Impreso del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, cara superior	88
Figura.III.56. Circuito Impreso del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, cara inferior	89
Figura.III.57. Comunicación de los sistemas de entrenamiento JL AVR TRAINER	90
Figura.III.58. Prototipo del Chasis del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER	91
Figura.III.59. Realización de los cortes del material	92

Figura.III.60. Realización de cortes de adecuación en el material	93
Figura.III.61. Unión de los cortes del material	93
Figura.III.62. Distribución del espacio interior del chasis del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER	94
Figura.III.63. Comprobación de espacios interiores del chasis	94
Figura.III.64. Terminado final del Chasis del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER	95
Figura.IV.65. Ambiente de trabajo de la Guía de Aprendizaje ATMEGA/CRI	107
Figura.IV.66. Visualización del contenido de la práctica en la Guía de Aprendizaje	107
Figura.IV.67. Reproducción del Video Tutorial de la práctica	108
Figura.IV.68. Accediendo al código fuente de la práctica	108
Figura.IV.69. Zona de Descarga de la Guía de Aprendizaje ATMEGA/CRI	109
Figura.V.70. Ambiente de programación de PROGISP	111
Figura.V.71. Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER	111
Figura.V.72. Proyección de una imagen monocromática en el GLCD	112
Figura.V.73. Control de velocidad de un motor PAP Unipolar	113
Figura.V.74. Escribiendo un archivo .txt en una MMC CARD.....	114
Figura.V.75. Prueba del ADC	114
Figura.V.76. Configuración del XBEE	115
Figura.V.77. Comunicación Inalámbrica entre los sistemas de entrenamiento mediante el módulo XBEE.....	116
Figura.V.78. Verificación mediante el LCD del funcionamiento del Teclado Matricial	117
Figura.V.79. Comunicación Bluetooth entre el Sistema de Desarrollo y la PC	118
Figura.V.80. Prueba del Display de 7 Segmentos	118
Figura.V.81. Haciendo ping al microcontrolador desde una PC de la red	119
Figura.V.82. Porcentajes de aceptación y rechazo de la primera pregunta de la encuesta	120
Figura.V.83. Porcentajes de aceptación y rechazo de la segunda pregunta de la encuesta	121
Figura.V.84. Porcentajes de aceptación y rechazo de la tercera pregunta de la encuesta	121
Figura.V.85. Porcentajes de aceptación y rechazo de la cuarta pregunta de la encuesta	122

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES	18
1.2. JUSTIFICACIÓN	19
1.3. OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4. HIPÓTESIS	21

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. MICROCONTROLADORES	22
2.1.1. CARACTRÍSTICAS	22
2.1.2. REGISTROS	23
2.1.3. MICROCONTROLADORES ATMEL	24
2.1.4. GAMAS DE MICROCONTROLADORES ATMEL	26
2.1.5. LA CPU DEL AVR	28
2.1.6. REGISTROS DE PROPOSITO GENERAL	28
2.2. COMPONENTES PERIFÉRICOS	29
2.2.1. PULSADOR	29
2.2.2. DIODO LED	31
2.2.3. POTENCIÓMETRO	32
2.2.4. SENSOR DS18B20	33
2.2.5. DIP SWITCH	34
2.2.6. DISPLAY DE 7 SEGMENTOS	35
2.2.7. LCD	36
2.2.8. GLCD	37

2.2.9. CRISTAL	38
.....	
2.3. ACTUADORES	39
.....	
2.3.1. SERVOMOTOR	40
.....	
2.3.1.1. SERVOMOTOR DC	40
.....	
2.3.2. MOTOR PASO A PASO	43
.....	
2.3.3. MOTOR DC	45
.....	
2.4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	49
.....	
2.4.1. RADIOFRECUENCIA	50
.....	
2.4.1.1. PROPIEDADES DEL EMISOR RF	52
.....	
2.4.1.2. PROPIEDADES DEL RECEPTOR RF	53
.....	
2.4.2. COMUNICACIÓN SERIAL	54
.....	
2.4.3. BLUETOOTH	56
.....	
2.4.3.1. ARQUITECTURA HARDWARE	56
.....	
2.4.3.2. APLICACIONES DE UN ENLACE BLUETOOTH	58
.....	
2.4.4. COMUNICACIÓN RS 232	59
.....	
2.4.5. COMUNICACIÓN XBEE	60
.....	
2.4.5.1. COMPONENTES XBEE	61
.....	
2.4.6. APLICACIONES	63
.....	
2.4.7. ETHERNET	63
.....	
2.4.8. ELEMENTOS DEL SISTEMA	64
.....	
2.4.8.1. APLICACIONES	64
.....	
2.5. BASCOM	65
.....	

CAPITULO III: SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER

3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER	68
.....	
3.1.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	68
.....	
3.1.2. DISEÑO DEL HARDWARE	71
.....	
3.1.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA	85
.....	
3.2. CHASIS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER	91
.....	
3.2.1. CONSTRUCCIÓN	92
.....	
CAPITULO IV: GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI	
4.1. DISEÑO DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI	96
.....	
4.2. DESCRIPCIÓN DE LOS TOPICOS DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI	99
.....	
4.3. GUÍA DE APRENDIZAJE INTERACTIVA ATMEGA/CRI	106
.....	
CAPITULO V: PRUEBAS Y RESULTADOS	
5.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER	110
.....	
5.2. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	120
.....	
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
RESUMEN	
SUMMARY	
ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.II.I. Gama de microcontroladores ATMEL	27
Tabla.II.II. Denominación de las bandas de RF	50
Tabla.II.III. Cuadro resumen de características Bluetooth	57
Tabla.II.IV. Pines más importantes del conector DB9	59
Tabla.II.V. Pines más importantes del conector DB25	60
Tabla.IV.VI. Estructura de la Guía de aprendizaje ATMEGA/CRI	98
Tabla.V.VII. Resultados de la pregunta número 1 de la encuesta	120
Tabla.V.VIII. Resultados de la pregunta número 2 de la encuesta	121
Tabla.V.IX. Resultados de la pregunta número 3 de la encuesta	121
Tabla.V.X. Resultados de la pregunta número 4 de la encuesta	122

INTRODUCCIÓN

Los microcontroladores AVR son las herramientas más actuales y potentes que existen en el mercado industrial y a un bajo costo, además su difusión no ha sido muy profunda y es por eso que se pretende proyectar una idea más clara acerca de las múltiples herramientas de programación que existen para utilizar los microcontroladores AVR.

El paquete computacional BASCOM AVR, permite programar toda clase de microcontroladores AVR, de manera rápida y estructurada en alto nivel (Lenguaje Basic), por lo cual se lo utilizará para realizar todas las prácticas que se encuentran en este documento, el lector podrá encontrar diferentes proyectos que le ayudaran a facilitar el manejo y aprendizaje de los microcontroladores AVR.

El objetivo principal de esta tesis fue la construcción de un sistema de entrenamiento para microcontroladores ATMEL utilizando un lenguaje de alto nivel y de fácil ambiente de programación, dotando de un equipo de aprendizaje didáctico e interactivo para la realización de las prácticas de los alumnos de la EIE-CRI.

La metodología utilizada para el desarrollo de esta tesis inicio con la adquisición de conocimientos necesarios a través de las aulas de clases, la investigación y el autoaprendizaje basados en documentos publicados referentes al tema. Logrando diseñar y construir un sistema que cumpla con todos los requerimientos de esta tesis.

Se obtuvo un equipo de aprendizaje compuesto por un sistema de entrenamiento electrónico, que incluye dos tarjetas de entrenamientos comunicadas entre si y una guía

de aprendizaje escrita e interactiva, que en conjunto permite conocer, manipular explorar y explotar todas las capacidades y beneficios del sistema de entrenamiento de microcontroladores ATMEL.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

La Facultad de Informática y Electrónica de la ESPOCH hace pocos años dio a luz a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales dicha escuela comenzó con algunas limitaciones, en especial en el área de control debido a la falta de docentes especializados y equipos adecuados. La joven escuela sin embargo se encamina hacia un gran futuro y a pesar de los obstáculos existentes ha representado dignamente a la ESPOCH en el ámbito de la robótica, debido al prestigio obtenido a nivel nacional, la escuela cuenta con un total de 600 estudiantes matriculados a la fecha. Debido a que una de las áreas donde la escuela ha incursionado es la robótica y que el elemento principal de ésta es el microcontrolador, de mayor preferencia de la marca

MICROCHIP, los cuales son de gran utilidad para el desarrollo de nuevas tecnologías, pero como la electrónica es una ciencia que no se detiene y avanza día a día, los científicos modernos y los programadores de robots han mostrado un mayor interés en los microcontroladores ATMEL, debido a que los programadores necesitan distintas prestaciones tanto físicas como lógicas, dichas barreras también se hacen evidente en los estudiantes de los últimos cinco niveles de la carrera ya que utilizan dichos dispositivos para la ejecución de sus diversos proyectos, convirtiéndose en una de las necesidades crecientes de la escuela.

Hasta la fecha este tipo de aplicación no se ha implementado en la escuela de control, sin embargo con el desarrollo de las técnicas de programación de robots y otros dispositivos se ha abierto un amplio abanico de posibilidades que hacen bastante previsible que en un futuro próximo la mayoría de las universidades y escuelas politécnicas dispondrán de este sistema.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Se propone realizar la construcción de un sistema de entrenamiento de micro controladores ATMEL, esta herramienta a desarrollarse podrá constituirse en un soporte didáctico como ayuda para el mayor entendimiento y rendimiento de los estudiantes que se orientan al estudio de esta marca de microcontroladores.

El nivel de complejidad del proyecto es elevado porque involucra construcciones de módulos como: tarjeta de memoria, circuito de reset, puertos de comunicación,

dispositivos periféricos, visualizadores, servomotores, motores DC, los cuales, según el caso y la necesidad, estarán conectados entre sí mediante cables.

El usuario podrá familiarizarse con el entrenador por medio de un manual de usuario para que pueda maniobrar el entrenador sin más inconvenientes, además se incluirá un CD-ROM con programas de aplicación que fortalecerán sus conocimientos.

El proyecto pretende mostrar la posible solución al problema construyendo dos tarjetas electrónicas que permitan a los estudiantes realizar prácticas de gran complejidad con el único requerimiento de programar el microcontrolador además de una comunicación serial entre ambas tarjetas.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Construir un sistema de entrenamiento para microcontroladores ATMEL para la EIE-CRI.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar dos tarjetas electrónicas que permitan desarrollar prácticas con microcontroladores ATMEL.

- Diseñar y construir módulos de entradas digitales mediante un conjunto de pulsadores para brindar mayor facilidad en las prácticas.
- Diseñar y construir módulos de salidas digitales mediante LCD, GLCD, DISPLAYS de 7 segmentos para ofrecer una importante comprensión en las prácticas.
- Diseñar y construir un módulo de pruebas de motores DC para brindar mayor facilidad en las prácticas de máquinas eléctricas.
- Reunir todos los módulos en el par de tarjetas electrónicas que brinde todas las características de un sistema de entrenamiento para ofrecer una importante comprensión en las prácticas.
- Realizar una comunicación serial en dos direcciones entre ambas tarjetas electrónicas para realizar prácticas de micro redes industriales.

1.4. HIPÓTESIS

El desarrollo del proyecto abrirá la posibilidad, a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, de emplear los microcontroladores ATMEL.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 MICROCONTROLADORES

Un microcontrolador es un circuito integrado que incluye en su interior las tres unidades funcionales de una computadora: unidad central de procesamiento, memoria y periféricos de entrada y salida.

2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Son diseñados para reducir el costo económico y el consumo de energía de un sistema en particular. Por eso el tamaño de la unidad central de procesamiento, la cantidad de memoria y los periféricos incluidos dependerán de la aplicación. El control de un electrodoméstico sencillo como una batidora, utilizará un procesador muy pequeño (4 u

8 bit) por que sustituirá a un autómata finito. En cambio un reproductor de música y/o vídeo digital (mp3 o mp4) requerirá de un procesador de 32 bit o de 64 bit y de uno o más Códec de señal digital (audio y/o vídeo). El control de un sistema de frenos ABS (Antilock Brake System) se basa normalmente en un microcontrolador de 16 bit, al igual que el sistema de control electrónico del motor en un automóvil.

Los microcontroladores representan la inmensa mayoría de los chips de computadoras vendidos, sobre un 50% son controladores "simples" y el restante corresponde a DSPs más especializados. Pueden encontrarse en casi cualquier dispositivo electrónico como automóviles, lavadoras, hornos microondas, teléfonos, etc.

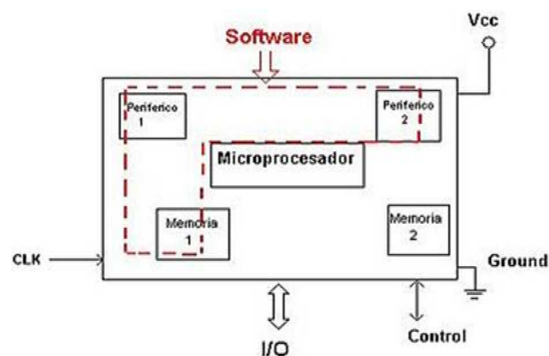


Figura.II.01. Esquema de un Microcontrolador
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores

2.1.2 REGISTROS

Son un espacio de memoria muy reducido pero necesario para cualquier microprocesador, de aquí se toman los datos para varias operaciones que debe realizar el resto de los circuitos del procesador. Los registros sirven para almacenar los resultados de la ejecución de instrucciones, cargar datos desde la memoria externa o

almacenarlos en ella. Aunque la importancia de los registros parezca trivial, no lo es en absoluto. De hecho una parte de los registros, la destinada a los datos, es la que determina uno de los parámetros más importantes de cualquier microprocesador. Cuando se escucha que un procesador es de 4, 8, 16, 32 o 64 bits, se refiere a procesadores que realizan sus operaciones con registros de datos de ese tamaño, y por supuesto, esto determina muchas de las potencialidades de estas máquinas. Mientras mayor sea el número de bits de los registros de datos del procesador, mayores serán sus prestaciones, en cuanto a poder de cómputo y velocidad de ejecución, ya que este parámetro determina la potencia que se puede incorporar al resto de los componentes del sistema, por ejemplo, no tiene sentido tener una ALU de 16 bits en un procesador de 8 bits.

2.1.3 MICROCONTROLADORES ATMEL

Esta familia está basada en una nueva arquitectura RISC que incorpora memoria Flash para el programa y memoria EEPROM para los datos. Además esta arquitectura fue diseñada para ser totalmente compatible con lenguaje C, permitiendo trabajar en alto nivel.

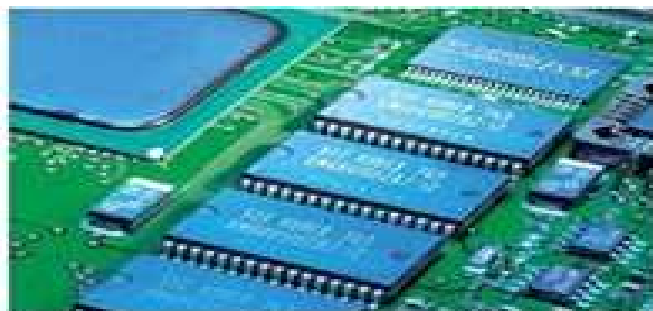


Figura.II.02. Primeros Microcontroladores AVR.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores ATMEL.

El AVR fue diseñado para la ejecución de programas escritos en código C compilado. Por lo tanto, algunas instrucciones no están; por ejemplo, no existe la instrucción 'suma inmediata' ('add immediate'), ya que la instrucción 'resta inmediata' ('subtract immediate') con el complemento a dos puede ser usada como alternativa. La familia de microcontroladores AVR es bastante extensa y todas comparten el mismo núcleo AVR, pero tienen distintos periféricos y cantidades de RAM y ROM: desde el microcontrolador de la familia Tiny AVR ATtiny 11 con 1kB de memoria flash y sin RAM (sólo los 32 registros), con un encapsulado de 8 pines, hasta el microcontrolador de la familia Mega AVR ATMEGA 256 con 256kB de memoria flash, 8kB de memoria RAM, 4kB de memoria EEPROM, conversor análogo digital de 10 bits y 16 canales, temporizadores, comparador analógico, etc. Cada componente de la familia se ha diseñado para que guarde cierta compatibilidad con el resto. Los microcontroladores AVR permiten la ejecución de instrucciones mediante la metodología 'pipeline' con dos etapas (cargar y ejecutar), que les permite ejecutar la mayoría de las instrucciones en un ciclo de reloj, lo que los hace relativamente rápidos entre los microcontroladores de 8 bits. Entre las herramientas que poseen están la comunicación o manejo de interfaces SPI, I2C, UART, USB, 1WIRE, 2WIRE. Además están integrados con conversores análogos digitales, RTC interno, oscilador RC interno, memoria no volátil EEPROM interna, entre otros.

2.1.4 GAMAS DEMICROCONTROLADORES

Las familias AVR rápidamente han crecido en el mercado y se dispone de las siguientes categorías:

- **GAMA BAJA.**

TINY AVR: Son microcontroladores de propósito general con memoria flash hasta 2 Kbytes y 128 bytes de memorias SRAM y EEPROM.

- **GAMA MEDIA.**

LCD AVR: Microcontroladores de propósito general con 8 Kbytes de memoria flash y 512 bytes de memoria SRAM y EEPROM

- **GAMA ALTA.**

Mega AVR: Memoria flash hasta 256 Kbytes, 4 Kbytes de memoria EEPROM y SRAM. Los tipos de encapsulado del microcontrolador del ATmega presenta desde 28 pines hasta 100 pines en la forma de DIP, TQFP y MLF y su voltaje de alimentación está en el rango de 1.8 a 5.5 voltios.

Los Mega AVR serán objeto de nuestro estudio por eso se presenta en la *tabla II.1* los tipos de éstos microcontroladores que se encuentran en el mercado.

Tabla.II.I. Gammas de Microcontroladores ATMEL.

PRODUCTO	FLASH (Kb)	EEPROM (Bytes)	RAM (Bytes)	I/O
MEGA AVR				
Atmega 48	4	256	512	23
Atmega 8	8	512	1K	23
Atmega 88	8	512	1K	23
Atmega 8815	8	512	512	35
Atmega 8535	8	512	512	32
Atmega 16	16	512	1K	32
Atmega 162	16	512	1K	35
Atmega 168	16	512	1K	23
Atmega 32	32	1K	2K	32
Atmega 64	64	2K	4K	53
Atmega 128	128	4K	4K	53
Atmega 256	256	4K	8K	53
LCD AVR				
Atmega 169	16	512	1K	53
Atmega 329	32	1K	2K	53
TINY AVR				
Atmega TINY 178	64	256	256	60
Atmega TINY 198	64	256	256	64

Fuente: Libro Electrónica practica con Microcontroladores ATMEL.

2.1.5 LA CPU DEL AVR

Trataremos la arquitectura del núcleo del AVR en general. La función principal del núcleo de la CPU es asegurar una correcta ejecución del programa. La CPU, por lo tanto, debe acceder a memorias, realizar cálculos, controlar periféricos, y manejar interrupciones. A fin de maximizar el desempeño y el paralelismo, el AVR usa una arquitectura Harvard, con memorias y buses separados para el programa y los datos. Las instrucciones que están en la memoria de programa se ejecutan con un solo nivel de transmisión por conductos. Mientras que se ejecuta una instrucción, se extrae la siguiente instrucción de la memoria de programa. Este concepto permite que las instrucciones se ejecuten en cada ciclo de reloj. La memoria de programa es la memoria flash reprogramable en el sistema. El archivo de registros de acceso rápido contiene 32 registros de trabajo de propósito general de 8 bits con un tiempo de acceso de un solo ciclo de reloj. Esto permite la operación de la Unidad Aritmético Lógica (ALU) en un sólo ciclo. En una típica operación de la ALU, se toman 2 operandos del archivo de registros, se ejecuta la operación, y el resultado se almacena nuevamente en el archivo de registros en un ciclo de reloj.

2.1.6 REGISTROS DE PROPÓSITO GENERAL

El archivo de registros se optimiza para el conjunto de instrucciones RISC mejorado del AVR. A fin de lograr el desempeño y la flexibilidad requerida, el Archivo de Registros soporta los siguientes esquemas de E/S:

- Un operando de salida de 8 bits y una entrada de resultados de 8 bits.
- Dos operandos de salida de 8 bits y una entrada de resultados de 8 bits.
- Dos operandos de salida de 8 bits y una entrada de resultados de 16 bits.
- Un operando de salida de 16 bits y una entrada de resultados de 16 bits.

La mayoría de las instrucciones que operan en el archivo de registros tienen acceso directo a todos los registros, y la mayoría de ellas son instrucciones de un solo ciclo, a cada registro se le asigna una dirección de memoria de datos, las cuales se mapean directamente en las primeras 32 posiciones del espacio de datos del usuario. Aunque no se implementan físicamente como posiciones de memoria de SRAM, esta organización de memoria proporciona una gran flexibilidad en el acceso de los registros, ya que los registros apuntadores X, Y y Z pueden apuntar a cualquier registro del archivo.

2.2 COMPONENTES PERIFÉRICOS

2.2.1 PULSADORES

Elemento que permite el paso o interrupción de la corriente mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo. Puede ser el contacto normalmente cerrado en reposo NC, o con el contacto normalmente abierto NA. Consta del botón pulsador; una lámina conductora que establece contacto con los dos terminales al oprimir el botón y un muelle que hace recobrar a la lámina su posición primitiva al cesar la presión sobre el botón pulsador.



Figura.II.03. Estructura Interna de un Pulsador.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

Aplicaciones

- Puertas y Alarmas.
- Tableros de Control.
- Electrodomésticos.
- Circuitos Electrónicos.

2.2.2 DIODO LED

Es un diodo semiconductor que emite luz. Se usan como indicadores en muchos dispositivos, y cada vez con mucha más frecuencia en iluminación. Presentado como un componente electrónico en 1962, los primeros leds emitían luz roja de baja intensidad, pero los dispositivos actuales emiten luz de alto brillo en el espectro infrarrojo, visible y ultravioleta.



Figura.II.04. Leds de color rojo, verde, azul y Símbolo Eléctrico.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

APLICACIONES

- Electrónica.
- Automovilismo.
- Controles Automáticos.
- Informática.
- Letreros

2.2.3 POTENCIÓMETRO

El potenciómetro es el transductor eléctrico más común. Los potenciómetros pueden ser usados solos, o pueden conectarse a un sensor mecánico para convertir un movimiento mecánico en una variación eléctrica. Un potenciómetro, en teoría, es bastante sencillo. Consiste en un elemento resistivo y un contacto móvil que puede posicionarse en cualquier lugar a lo largo del elemento. Este contacto móvil es llamado de varias maneras, incluyendo derivación, cursor y deslizador. La posición del cursor se ajusta entonces girando el eje al que está sujeto el cursor. El eje puede girarse a mano o por medio de un destornillador, dependiendo de si tiene en su extremo una perilla o una ranura para destornillador.

APLICACIONES

El potenciómetro es una resistencia variable. A diario lo estás usando al darle volumen a tu radio o equipo de música. A este grupo pertenecen aquellas resistencias cuyo valor

puede variar dependiendo de la acción de agentes externos, como por ejemplo: los medios mecánicos, la temperatura, la luz, etc. Los potenciómetros pueden clasificarse en varias formas:

- De acuerdo a la forma de instalación, pueden ser: para chasis o para circuito impreso.
- Dependiendo del material en que están fabricados pueden ser de carbón, de alambre, o de plástico conductor formado por una mezcla de metales preciosos y vidrio o polvo cerámico.



Figura.II.05. Forma física de un Potenciómetro Rotatorio.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

2.2.4 SENSOR DS18B20

Este es el sensor de temperatura más reciente de Maxim. Reporta cambios de temperatura con una precisión de 9 a 12 bits, desde -55°C hasta 125°C ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$).

CARACTERÍSTICAS

1. Interfaz de 1-Wire para comunicación.
2. Cada dispositivo tiene un código serial único de 64-bit guardado en una memoria ROM interna y no requiere componentes externos.
3. Convierte la temperatura a una palabra digital de 12 bits en 750 ms (Max.).

Existen aplicaciones como: alarmas configurables por el usuario en memoria no volátil, aplicaciones de control térmico, sistemas industriales, productos finales, termómetros y cualquier otro sistema que sea sensible térmicamente.



Figura.II.06. Forma física del sensor DS18B20.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

2.2.5 DIPSWITCH

Los dipswitch son una serie de interruptores que se suelen utilizar para establecer un determinado estado lógico para la configuración de un circuito.

CARACTERÍSTICAS

Este tipo de interruptor se diseña para ser utilizado en un tablero de circuito impreso junto con otros componentes electrónicos y se utiliza comúnmente para modificar/personalizar el comportamiento hardware de un dispositivo electrónico en ciertas situaciones específicas. Fueron utilizados considerablemente en las viejas tarjetas ISA.



Figura.II.07. Forma física de los Dip Switch.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

2.2.6 DISPLAY DE 7 SEGMENTOS

Muchos equipos electrónicos proporcionan información al usuario mediante la utilización de señales luminosas, como la emisora sintonizada en un equipo de radio o la lectura de tensión en un voltímetro digital. Para representar las cifras numéricas se agrupan siete diodos en de segmentos. Estos diodos tienen conectados entre sí todos los ánodos.



Figura.II.08. Forma física y denominación de los Display de 7 segmentos.
Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

PROTECCIÓN

Cada segmento (y el punto) es un led como cualquier otro. Debido a esto la corriente media que se debe aplicar es de 15 mA. Dependiendo de la lógica que estemos empleando debemos utilizar una resistencia por cada entrada y así no forzar el dispositivo. Lógica TTL (5V): 220 ohmios. Lógica CMOS (12V): 680 ohmios. Esta resistencia debe ser situada en cada patilla, haciendo de puente entre la señal lógica de excitación y el display.

2.2.7 LCD

Los módulos LCD, son utilizados para mostrar mensajes que indican al operario el estado de la máquina, o para dar instrucciones de manejo, mostrar valores, etc. El LCD permite la comunicación entre las máquinas y los humanos, este puede mostrar cualquier carácter ASCII, y consumen mucho menos que los displays de 7 segmentos, existen de varias presentaciones por ejemplo de 2 líneas por 8 caracteres, 2x16, 2x20, 4x20, 4x40, etc. Sin backlight (14 pines) o con backlight (16 pines, iluminado de pantalla), el LCD más populares el 2x16, 2 líneas de 16 caracteres cada una.

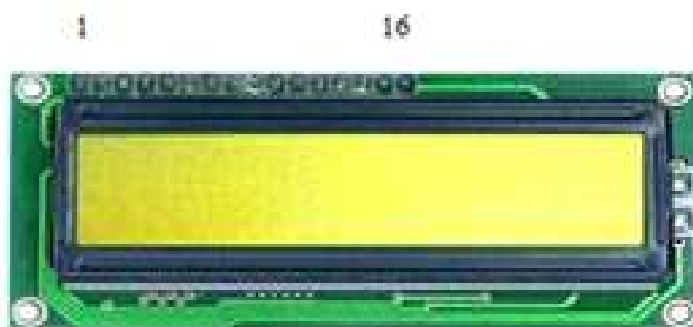


Figura.II.09. Forma física del LCD 2x16.

Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

2.2.8 GLCD

Es una pantalla plana formada por una matriz de píxeles monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica, hay versiones de pantallas con diferentes controladores embebidos, como el Samsung KS0107, Samsung KS0108 o el Toshiba T6963. Ella dispone de una memoria RAM interna del mismo tamaño de la capacidad que dispone la pantalla, por ejemplo si una pantalla tiene un tamaño de 128 píxeles de largo por 64 píxeles de alto (128x64) tiene una memoria RAM interna de la misma capacidad (128x64). Por lo general son manejados por microcontroladores para la configuración y utilización de la misma. Hay varios tamaños y por lo general los expresan por las cantidades de píxeles que ellos disponen:

- 240x128
- 240x64
- 160x128
- 128x128
- 128x66
- 128x64
- 96x65 (Usado por el Teléfono Nokia 7110)

Aún hay de otros tamaños pero estos son los más conocidos y usados.

CARACTERÍSTICAS DE UNA GLCD 128X64

- Conformado por una matriz de puntos de visualización de 128 pixeles de largo por 64 pixeles de alto.
- Su iluminación de fondo está entre verde-amarillo cuando se enciende.
- Fácil manejo con microprocesadores de 8-Bits.
- Bajo poder de consumo.
- Contiene dos controladores internos un KS0108B y KS0107B.
- Descripción de los pines de conexión de una GLCD 128x64
- PIN 1: VSS (Conexión a tierra)
- PIN 2: VDD (Conexión de alimentación - +5V)
- PIN 3: V0 (Voltaje de salida negativa, por lo general es usada con un potenciómetro con el PIN 18 para el ajuste del contraste de los pixeles)
- PIN 4: D/I (Datos de E/S para el cambio de registro)
- PIN 5: R/W (Determinas si los datos se van a leer o escribir)
- PIN 6: E (Habilita la comunicación con la GLCD)
- PIN 7 - 14 (Especifica un dato de 8-Bits de información)
- PIN15: CS1 (Indica si se selecciona la primera mitad de la pantalla, pixeles 0-63)
- PIN16: CS2 (Indica si se selecciona la segunda mitad de la pantalla, pixeles 64-127)
- PIN17: RESETB (Señal de reinicio, funciona de varias forma dependiendo de la ocasión)
- PIN18: VEE (Conexión de ajuste de contraste de los pixeles)

- PIN19: A (Conexión positiva de la luz de fondo, por lo general son +5V)
- PIN20: K (Conexión negativa de la luz de fondo, por lo general es tierra)



Figura.II.10.GLCD 128x64.

Fuente: Libro Electrónica practica con microcontroladores.

2.2.9 CRISTAL

Todos los microcontroladores ATMEGA vienen con un oscilador interno incluido que puede ser utilizado como reloj del sistema. Además si se desea se puede utilizar una fuente externa de sincronismo como por ejemplo un cristal conectado a los pines XTAL1 y XTAL2 del microcontrolador. La configuración del Reloj no se hace dentro del programa sino con los Bits de Configuración y Seguridad (Clock Selection).



Figura.II.11. Foto de un cristal.

Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

2.3 ACTUADORES

Un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.

Existen varios tipos de actuadores, *figura.II.12.*, como son:

- Neumáticos.
- Eléctricos.
- Hidráulicos.
- Electrónicos.



Figura.II.12. Ejemplos de actuadores.

Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

2.3.1 SERVOMOTORES

El término servomotor se aplica, en general, a cualquier motor que en un sistema de lazo cerrado utilice una señal de realimentación para monitorear su velocidad o posición en ambas direcciones, o, en un sistema de lazo abierto, utilice un equipo digital para proporcionar las señales de comando precisas que controlan estas variables. Los servomotores pueden ser DC o AC, operan con bajos niveles de potencia y están especialmente diseñados para proporcionar el gobierno preciso de la posición o la velocidad de objetos en sistemas de control de movimiento.

2.3.1.1 SERVOMOTORES DC:

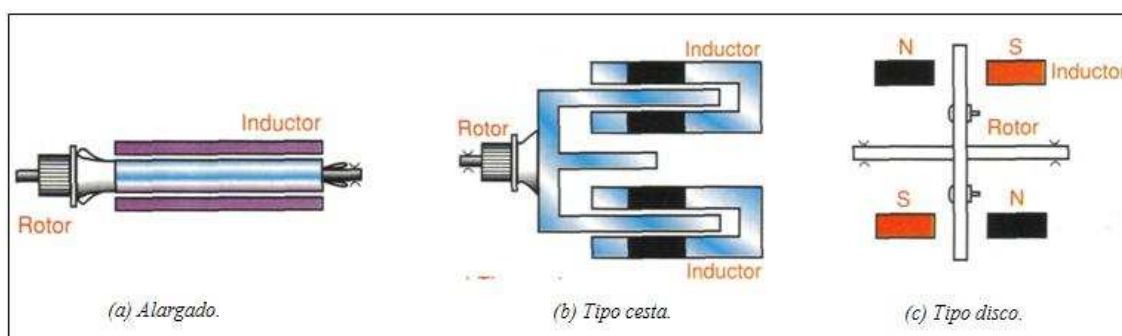


Figura.II.13. Formas constructivas del rotor en servomotores de CC.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cektit S.A.

Operan en forma similar a los motores DC de excitación independientes convencionales, *figura.II.13.*, excepto que sus características constructivas, principalmente la forma del rotor, son ligeramente diferentes con el fin de obtener un comportamiento dinámico rápido y estable, así como un par de arranque importante. Pueden ser de rotor bobinado, de bobina móvil, o sin escobillas.

En estos casos, el movimiento del rotor se origina por el movimiento de los campos magnéticos producidos por unas bobinas o unos conductores con los campos estacionarios creados por un juego de imanes permanentes. En la *figura.II.14.*, se muestra la estructura típica de un servomotor DC de rotor bobinado. En este caso, las bobinas se alojan en las ranuras de un núcleo de hierro y sus extremos se conectan a un conmutador. La corriente de excitación de las mismas se suministra a través de un par de escobillas, como en un motor DC convencional, excepto que las piezas polares del estator son imanes permanentes, en lugar de devanados de campo. Típicamente se utilizan estructuras de dos o cuatro polos, aunque también son comunes servomotores de seis o más polos. La característica velocidad-torque es similar a la de un motor DC tipo *shunt*.

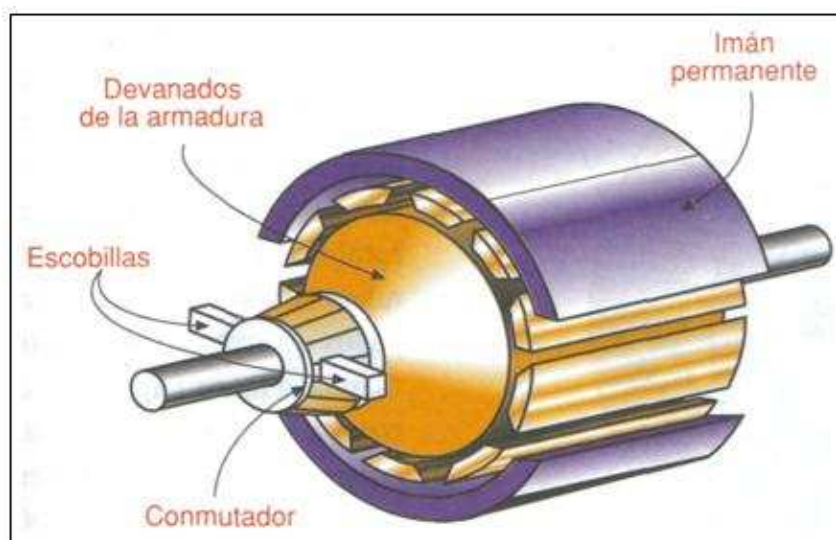


Figura.II.14. Estructura típica de un servomotor DC de rotor bobinado.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

En la *figura II.15*, se muestra la estructura típica de un servomotor DC de bobina móvil. Este caso, el rotor o armadura es básicamente un circuito impreso, formado por un disco delgado de fibra de vidrio con una capa de conductores de cobre dispuestos radialmente

en cada cara. La corriente de excitación de estos últimos se proporciona directamente a través de escobillas. El campo del estator los proveen ocho pares de imanes permanentes, situados a cada lado del disco y paralelos al eje del motor. Este diseño proporciona una muy baja inercia, lo cual permite que el motor pueda acelerar, detenerse y cambiar de dirección muy rápidamente.

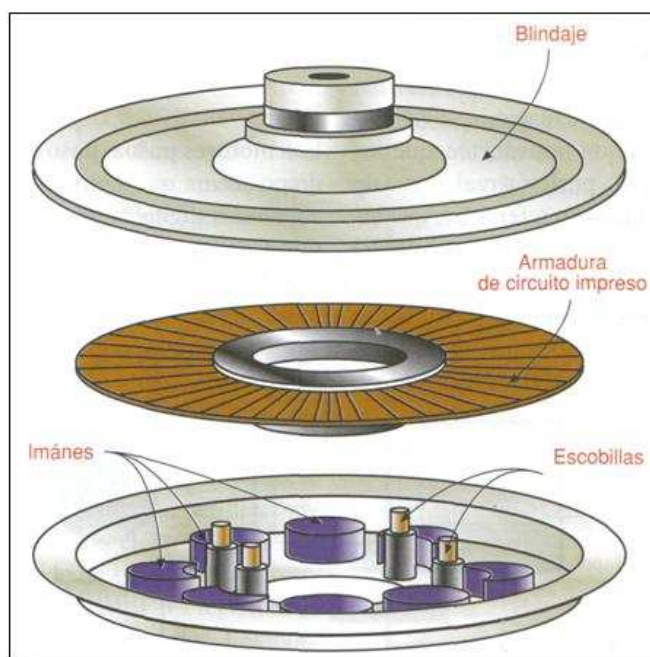


Figura.II.15. Estructura típica de un servomotor DC de bobina móvil o de circuito impreso.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

En la *figura II.16*, se muestra la sección transversal de un servomotor, DC sin escobillas. En este caso, al contrario de lo que sucede en un servomotor DC convencional, el campo magnético es giratorio. Asimismo, el rotor está formado por imanes permanentes y el estator por devanados. La función de conmutación se realiza electrónicamente, conmutando la dirección de la corriente del estator a intervalos precisos en relación con la posición del campo magnético rotatorio.

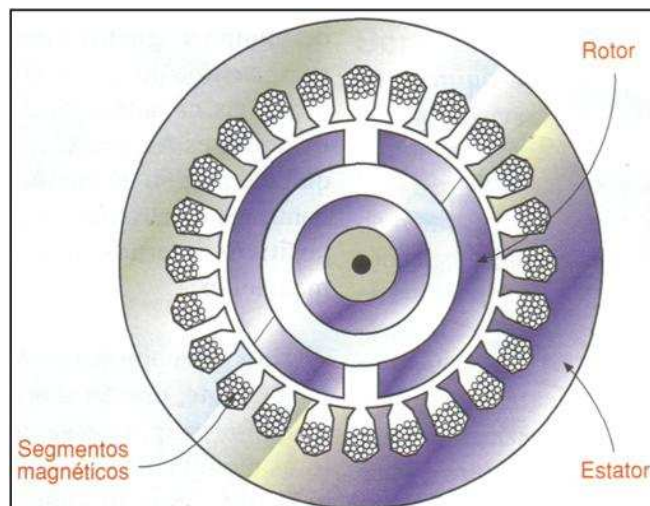


Figura.II.16. Servomotor DC sin escobillas.

Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

2.3.2 MOTORES PASO A PASO (PAP)

Los motores PAP son dispositivos que convierten comandos digitales en movimientos incrementales de exactitud conocida, es decir, se mueven en movimientos discretos. Puesto que la marcha a pasos (*stepping*) ocurre en estricta concordancia con los comandos digitales de entrada proporcionados, la posición final del eje es siempre predecible. Los motores PAP pueden ser de reluctancia variable, de imán permanente o híbridos, cada uno con sus propias características constructivas y funcionales.

Los motores PAP de reluctancia variable son los más económicos. Se caracterizan por poseer un estator devanado y un rotor de hierro dulce de múltiples polos. El ángulo de paso, determinado por el número de dientes de estator y el rotor, varía típicamente desde 5° hasta 15°. Este tipo de motores tienen bajo torque y una baja inercia de carga.

Los motores PAP de imán permanente tienen ángulos de paso entre 5° y 90° . Son más costosos que los de reluctancia variable y operan típicamente a tasas entre 100 pps. (pasos/segundo) y 350 pps. Los mismos emplean usualmente un estator devanado con un rotor de imán permanente y proporcionan un bajo torque. La precisión del paso es mayor de $\pm 10^\circ$. Algunos utilizan un rotor de disco plano, localizado entre dos núcleos electromagnéticos en forma de C, para disminuir su inercia y permitir la operación en altas velocidades. Existen dos tipos de motores PAP de imán permanente:

Bipolar: estos tienen generalmente cuatro cables de salida. Necesitan de ciertos trucos para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

Unipolar: estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno. Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

Los motores PAP híbridos combinan en una sola unidad las características de los motores de imán permanente y de reluctancia variable. En los mismos, el estator es devanado y tanto este último como el rotor son dentados. En la *figura II. 17*, se muestra la sección transversal de un motor de este tipo. El rotor está compuesto de uno o más elementos llamados pilas o *stacks*, cada una provista de laminaciones cóncavas y convexas, unidas entre sí, que constituyen una estructura en forma de copa. En el espacio vacío entre cada par de copas, se inserta un imán permanente. Las pilas de rotor están aseguradas a un eje de acero inoxidable.

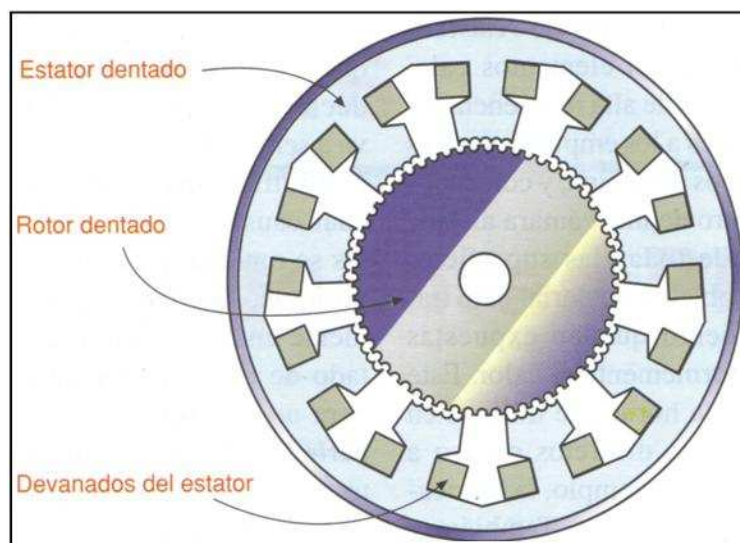


Figura.II.17. Sección transversal de un motor paso a paso híbrido.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

Este tipo de motores tienen capacidades de torque entre 50 y 2000 oz-in (onzas por pulgada) o más, ángulos de paso desde 0.5° hasta 15° , precisiones de paso del orden de $\pm 3\%$ y pueden operar con velocidades superiores a los 1000 pps. La mayoría son de cuatro fases, es decir utilizan cuatro juegos de devanados que forman cuatro polos. Además puesto que el ángulo de paso está definido por la geometría de los dientes, la posición del eje es siempre conocida y pueden ser operados confiablemente en un lazo abierto. Sin embargo tienden a oscilar al detenerse y su capacidad de manejar cargas inerciales muy altas es limitada.

2.3.3 MOTORES DC:

Son máquinas muy versátiles que se utilizan principalmente cuando se requiere el control preciso de la velocidad o la posición de una carga. Además, pueden ser acelerados o desacelerados rápidamente, su dirección de giro puede ser fácilmente

invertida y proporcionan un par de arranque más alto que el de otros motores. Todo esto los hace muy útiles en robótica, maquinas herramientas, vehículos, etc.

El mismo consta de una parte estacionaria o estator. Esta última se denomina también armadura. El estator aloja las piezas polares o polos de campo, que son imanes o electroimanes encargados de producir el campo magnético principal. En la mayoría de los casos se utilizan también unos polos auxiliares, llamados interpolos o polos de conmutación, entre los polos principales, los cuales corrigen la deformación del campo original introducida por la presencia de la armadura. Este efecto se denomina reacción de armadura.

Las cubiertas o *campanas*, colocadas a lado y lado del compartimiento de los polos de campo, soportan los cojinetes o rodamientos. La armadura, que gira dentro de este compartimiento de acero, consiste básicamente de un núcleo cilíndrico hecho de láminas de acero acoplado al eje. Su superficie exterior tiene una serie de ranuras donde se colocan las bobinas del devanado rotórico. Estas últimas están soldadas al conmutador, el cual está bien montado en el eje. Las escobillas presionan contra el conmutador mediante resortes especialmente diseñados.

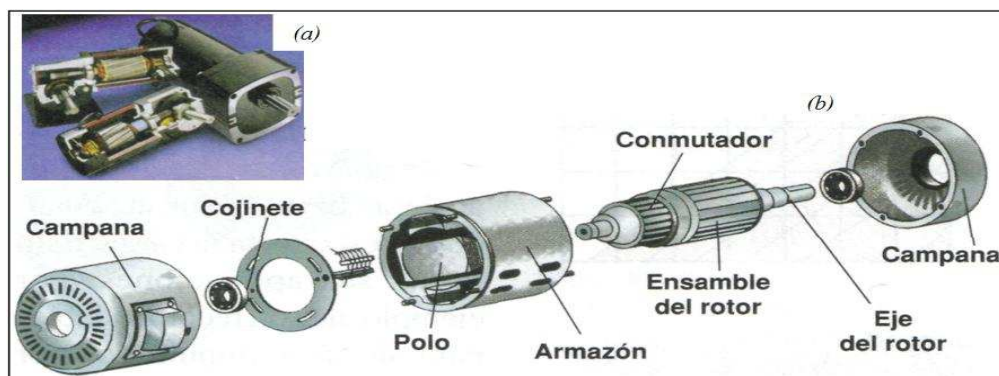


Figura.II.18. Aspectos constructivos de un motor de corriente continua.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

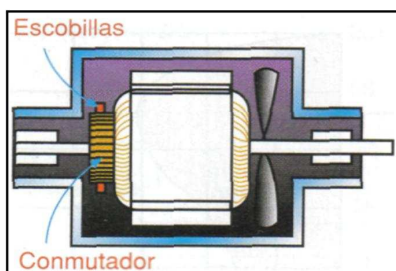


Figura.II.19. Posición del conmutador y las escobillas en un diseño de motor DC típico.
Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

Los motores DC pueden ser de campos devanados o de imán permanente, dependiendo del medio utilizado para producir el campo magnético principal. En los primeros, la fuente de potencia que proporciona la corriente para la armadura alimenta también unas bobinas de campo. Según la forma como se interconecten los devanados de armadura y de campo, se tienen tres configuraciones básicas: serie, shunt y de excitación compuesta.

En un motor DC serie, el devanado de campo está conectado en serie con su armadura. Por tanto, a través de ambas bobinas fluye la misma corriente. Este tipo de motor ofrece el más alto torque de arranque de todas las versiones DC, pero no es capaz de mantener una velocidad constante ante condiciones de carga cambiante. Inclusive, puede llegar a desbocarse, es decir acelerar hasta colapsar, cuando se desconecta la carga. Esto limita sus aplicaciones. Por ejemplo, no son recomendables para sistemas impulsados por correa o cadena.

En un motor *shunt* o en derivación, el devanado de campo está conectado en un paralelo en paralelo con la armadura. Por tanto, la corriente a través de cada bobina es diferente. Este tipo de motor ofrece una velocidad prácticamente constante para cualquier

condición de carga. Por esta razón, son muy utilizados en máquinas de control numérico y otras aplicaciones similares. Su torque, sin embargo, es muy bajo y la corriente de arranque de la armadura es muy alta.

Los motores de excitación compuesta tienen un devanado de campo en serie con la armadura y otro en paralelo con la misma. Combinan el alto torque de arranque del motor serie con la característica de velocidad constante del motor shunt. Pueden ser acumulativos o diferenciales, dependiendo de si el campo serie se suma o resta el campo shunt. Los acumulativos son los más comunes.

Finalmente, los motores de imán permanente, sustituyen el devanado de campo por imanes permanentes. Sus principales ventajas son su reducido tamaño y la ausencia del efecto de reacción de la armadura. Esto último les permite producir una característica de velocidad/torque prácticamente lineal a través de todo su rango de torque.

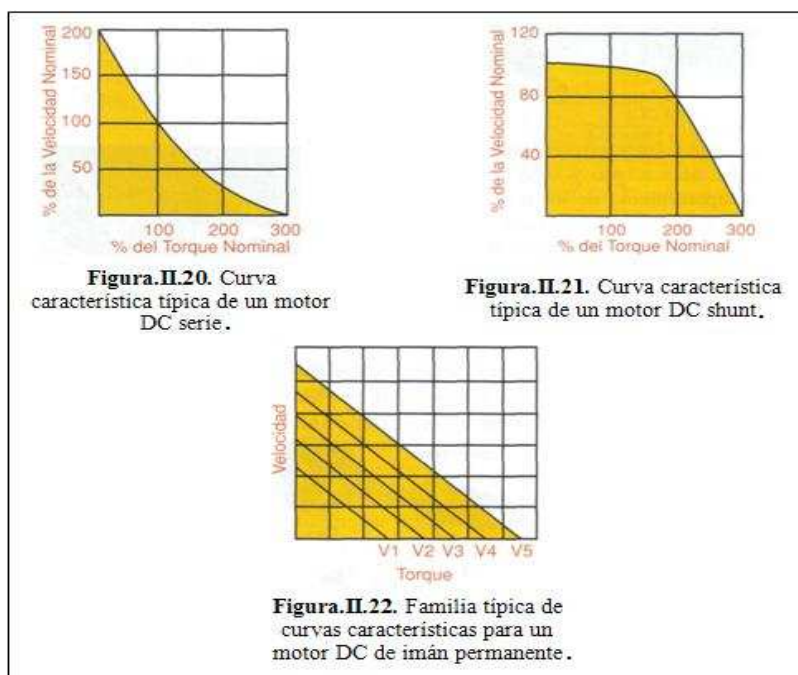


Figura.II.20. Curva característica típica de un motor DC serie.

Figura.II.21. Curva característica típica de un motor DC shunt.

Figura.II.22. Familia típica de curvas características para un motor DC de imán permanente.

Fuente: Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización, Cekit S.A.

2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

El esquema más general de un sistema de comunicaciones es el de la *figura II.23*.



Figura.II.23. Sistema de comunicaciones.

Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

$G(t)$ es una señal, magnitud eléctrica que varía en el tiempo de acuerdo con la información, que se quiere transmitir; por ejemplo la salida de un micrófono o de un puerto de ordenador, se denomina señal en banda base. Canal es el medio físico que debe atravesar la señal para llegar a su destino; por ejemplo cable eléctrico, aire ó fibra óptica.

Cuando se envía $g(t)$ directamente por el canal se habla de transmisión en banda base. En general no es posible porque $g(t)$ no se propaga por el canal, o porque se quiere compartir el canal entre varias señales sin que se interfieran (multiplexado). Así que, lo habitual es poner un emisor que modifica $g(t)$ para adaptarla al canal (mejorar su propagación) y un receptor al otro extremo del canal para volver a recuperar la información contenida en $g(t)$. Cuando el canal es la atmósfera (aire) la propagación se hace en forma de ondas electromagnéticas de radiofrecuencia (RF).

2.4.1 RADIOFRECUENCIA (RF)

Las inició Guillermo Marconi en 1901 con la telegrafía sin hilos. Pero ahora la forma tradicional es la Radiodifusión y la Televisión analógica en una banda de frecuencias que van de al MF a la VHF. Por ejemplo la radiodifusión comercial emite en amplitud modulada (AM) en la banda de MF, entre 545 kHz y 1545 kHz, y en frecuencia modulada (FM) emite en la banda de VHF, entre 88 MHz y 107 MHz. Se habla entonces de sistemas de comunicación RF. En la *Tabla II.II* se indican los nombres que reciben estas ondas en función de su frecuencia.

Tabla.II.II. Denominación de las bandas de RF.

Nombre	Rango
Lowfrequency (LF)	< 300 KHz
Medium Frequency (MF)	< 3 MHz
High Frequency (HF)	< 30 MHz
Veryhighfrequency (VHF)	< 300 GHz
Ultra highfrequency (UHF)	< 3 GHz
Superhighfrequency (SHF)	< 30 GHz


Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

El esquema general de la difusión por radiofrecuencia es el que se muestra en la *figura II.24*.



Figura.II.24. Sistema de comunicaciones RF.

Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

La antena, , es el transductor que convierte la señal eléctrica en ondas electromagnéticas de RF. Pero la señal que llega a la antena tiene que tener la frecuencia apropiada (RF). A menudo la señal a la salida del emisor, la que llega a la antena, es una señal modulada que tiene la forma

$$x(t) = g(t) \cdot \cos(\omega_c t)$$

Donde ω_c es la frecuencia angular (o simplemente frecuencia) portadora en RF. La modulación consiste en trasladar el espectro (componentes frecuenciales) de la señal $g(t)$ desde la componente continua $\omega_c = 0$, hasta ω_c . Sucede además que el espectro se dobla alrededor de ω_c , es decir, aparece una copia especular del espectro además del inicial, pero esto por el momento es accesorio. Esta operación se muestra en la *Fig. II.25*.

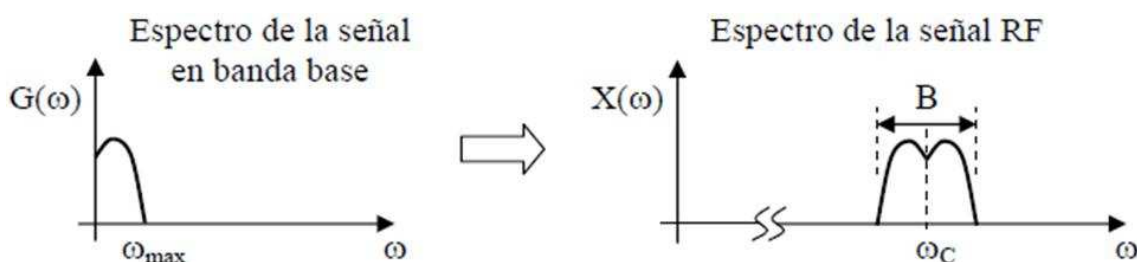


Figura.II.25. Operación de traslado en frecuencia que realiza el transmisor.

Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

La señal $g(t)$ es una señal paso bajo, $\omega < \omega_{max}$, mientras que la señal $x(t)$ es una señal paso banda, $(\omega_c - \frac{B}{2}) < \omega < (\omega_c + \frac{B}{2})$, donde B es el ancho de banda. Naturalmente el receptor debe realizar la operación inversa.

Aplicaciones más recientes de las comunicaciones RF son los teléfonos celulares y PCS (muy usados actualmente) en UHF, entre 900 MHz y 2.4 GHz. Otras aplicaciones recientes son:

- WLAN entre 900 MHz y 2.4 GHz, en UHF
- GPS a 1.5 GHz, en UHF
- RF ID's entre 900 MHz y 2.4 GHz, en UHF
- Home Satellite Network a 10 GHz, en SHF

La mejor propagación en la atmósfera corresponde a la HF, a medida que aumenta la frecuencia empeora. En frecuencias muy elevadas la propagación se parece a la luz, las antenas se tienen que ver entre sí. A cambio, al aumentar la frecuencia, el tamaño de las antenas disminuye.

2.4.1.1 PROPIEDADES DEL EMISOR RF

El diagrama de bloques del emisor es el de la *Fig. II.26*. Los circuitos auxiliares no están todos siempre presentes. Los circuitos de control y protección y el sistema de refrigeración sólo adquieren importancia si la potencia emitida es elevada. El modulador es el encargado de trasladar en frecuencia la señal $g(t)$, hasta la frecuencia portadora de RF, ω_c . Puede ir incorporado en el sintetizador de frecuencia, en el preamplificador o en el amplificador de potencia. En los dos primeros casos se denomina modulación en bajo nivel y en el tercero de alto nivel.

Las características básicas del emisor son las siguientes:

- Frecuencia portadora, ω_c
- Estabilidad de frecuencia portadora, $\Delta\omega_c / \omega_c$, generalmente expresada en partes por millón (p.p.m.).
- Ancho de banda de la señal modulada, B. Centrado alrededor de ω_c .
- Potencia emitida.
- Tipo de modulación empleada.
- Potencia máxima permitida de los armónicos no deseados de la portadora.
- Ruido, distorsión, señales espurias, etc...

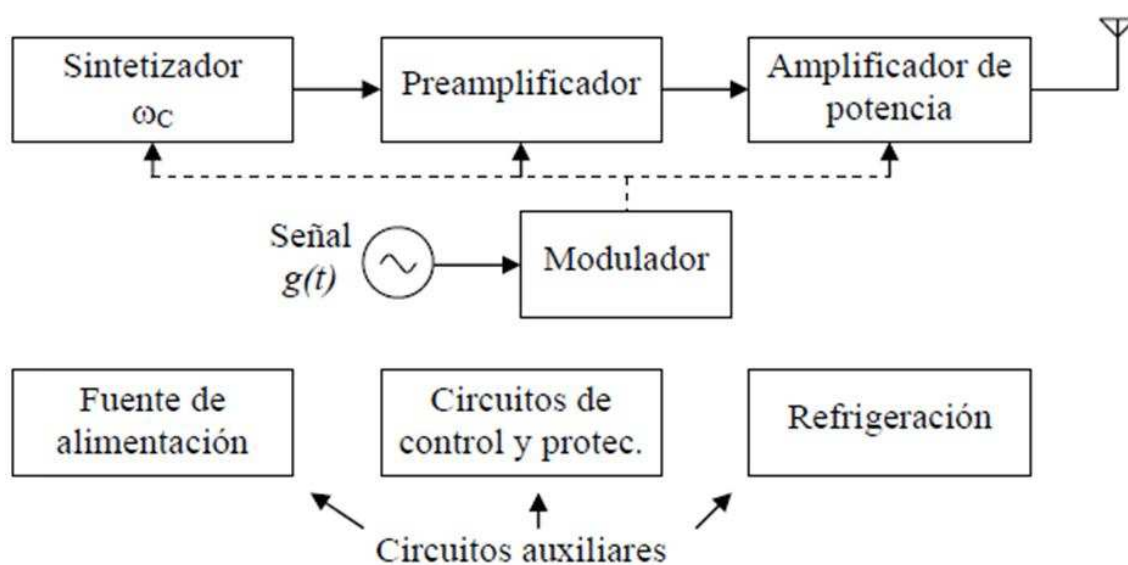


Figura.II.26. Diagrama de bloques del emisor.

Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

2.4.1.2 PROPIEDADES DEL RECEPTOR RF

El diagrama de bloques del receptor se muestra en la Fig. II.27. Los circuitos auxiliares no son ahora tan importantes, se reducen casi siempre a la fuente de alimentación. Las

características requeridas en el receptor son muy diferentes del emisor, entre ellas cabe destacar:

- Sensibilidad: mínima señal a la entrada que permite tener a la salida una relación señal/ruido predeterminada (generalmente > 20 dB).
- Selectividad: capacidad de separar los canales adyacentes.
- Fidelidad: capacidad de reproducir la señal emitida sin distorsión.

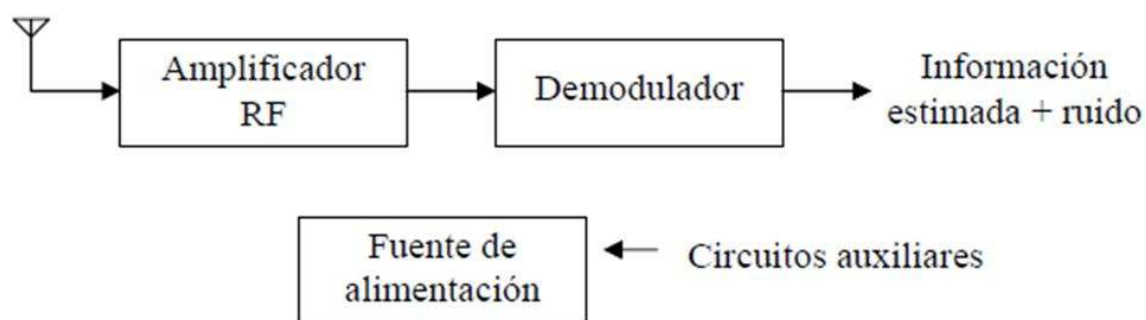


Figura.II.27. Diagrama de bloques del receptor.

Fuente: http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/Apuntes/Capitulo%201.pdf.

2.4.2 COMUNICACIÓN SERIAL

El concepto de comunicación serial es sencillo. El puerto serial envía y recibe bytes de información un bit a la vez. Aun y cuando esto es más lento que la comunicación en paralelo, que permite la transmisión de un byte completo por vez, este método de comunicación es más sencillo y puede alcanzar mayores distancias. Por ejemplo, la especificación *IEEE 488* para la comunicación en paralelo determina que el largo del cable para el equipo no puede ser mayor a 20 metros, con no más de 2 metros entre

cualesquier dos dispositivos; por el otro lado, utilizando comunicación serial el largo del cable puede llegar a los 1200 metros.

Típicamente, la comunicación serial se utiliza para transmitir datos en formato ASCII. Para realizar la comunicación se utilizan 3 líneas de transmisión: (1) Tierra (o referencia), (2) Transmitir, (3) Recibir. Debido a que la transmisión es asincrónica, es posible enviar datos por una línea mientras se reciben datos por otra.

Las características más importantes de la comunicación serial son la velocidad de transmisión, los bits de datos, los bits de parada, y la paridad.

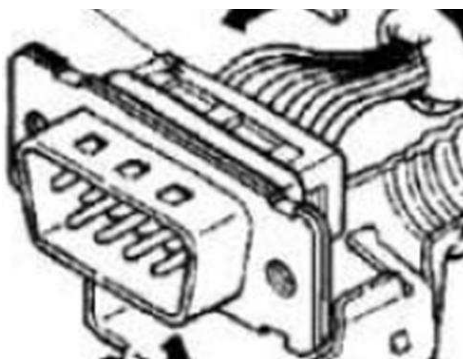


Figura.II.28. Conector Db9.

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/morales_h_oe/capitulo3.pdf.

Velocidad de transmisión (*baudrate*): Indica el número de bits por segundo que se transfieren, y se mide en baudios (*bauds*).

Bits de datos: Se refiere a la cantidad de bits en la transmisión. Cuando la computadora envía un paquete de información, el tamaño de ese paquete no necesariamente será de 8

bits. Las cantidades más comunes de bits por paquete son 5, 7 y 8 bits. El número de bits que se envía depende en el tipo de información que se transfiere.

Bits de parada: Usado para indicar el fin de la comunicación de un solo paquete, y dan un margen de tolerancia para la diferencia de los relojes de los dispositivos que se usen en la comunicación.

Paridad: Es una forma sencilla de verificar si hay errores en la transmisión serial. Existen cuatro tipos de paridad: par, impar, marcada y espaciada. Los más usados son los dos primeros.

2.4.3 BLUETOOTH

Es una tecnología de comunicación para redes inalámbricas de área Personal (WPANs) que posibilita la transmisión inalámbrica de voz y datos a corta y media distancia entre diferentes dispositivos mediante radiofrecuencia, es decir, que los dispositivos no tienen que estar alineados y pueden incluso estar en habitaciones separadas si la potencia de transmisión lo permite. A continuación mostramos algunas características de esta tecnología.

2.4.3.1 ARQUITECTURA HARDWARE

El hardware que compone el dispositivo Bluetooth está compuesto por dos partes un dispositivo de radio, encargado de modular y transmitir la señal, un controlador digital,

compuesto por una CPU, por un DSP (llamado Link Controller o controlador de Enlace) y de las interfaces con el dispositivo anfitrión.

Tabla.II.III. Cuadro resumen de características Bluetooth.

CARACTERÍSTICAS/FUNCIÓN	FUNCIONAMIENTO
Tipo de conexión	Expansión de espectros (saltos de frecuencia).
Espectro	Banda ISM entre 902-928 MHz y 2.4-2.484 GHz, uso libre.
Potencia de transmisión	1 milivatio (mw).
Velocidad de datos total	1 Mbps utilizando saltos de frecuencia.
Alcance	Hasta 100 m
Estaciones soportadas	Hasta 8 dispositivos por picorred.
Canales de voz	Hasta 3.
Seguridad de datos	Para autenticación, una clave de 128 bits; para cifrado el tamaño de la clave es configurable de 8 a 128 bits.
Direccionamiento	Cada dispositivo tiene una dirección (MAC) de 48 bits que se utilizan para establecer uan conexión con otro dispositivo.

Fuente: <http://www.tecnicaindustrial.es/TIAdmin/Numeros/15/06/a06.pdf>.

El LC o Link Controller está encargado de hacer el procesamiento de la banda base y del manejo de los protocolos ARQ y FEC de capa física. Además, se encarga de las funciones de transferencia (tanto asíncrona como síncrona), codificación de Audio y cifrado de datos. El CPU del dispositivo se encarga de atender las instrucciones relacionadas con Bluetooth del dispositivo anfitrión, para así simplificar su operación. Para ello, sobre el CPU corre un software denominado Link Manager que tiene la función de comunicarse con otros dispositivos por medio del protocolo LMP. Entre las tareas realizadas por el LC y el Link Manager, destacan las siguientes:

- Envío y Recepción de Datos.

- Empaginamiento y Peticiones.
- Determinación de Conexiones.
- Autenticación. Ubicación del dispositivo en modo sniff o hold.
- Negociación y determinación de tipos de enlace.
- Determinación del tipo de cuerpo de cada paquete.

2.4.3.2 APLICACIONES DE UN ENLACE BLUETOOTH

Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales:

- Conexión con cables vía OBEX.
- Transferencia de fichas de contactos, citas y recordatorios entre dispositivos vía OBEX.
- Reemplazo de la tradicional comunicación por cable entre equipos GPS y equipamiento médico.
- Controles remotos (tradicionalmente dominado por el infrarrojo).
- Enviar pequeñas publicidades desde anunciantes a dispositivos con Bluetooth.
Un negocio podría enviar publicidad a teléfonos móviles cuyo Bluetooth (los que lo posean) estuviera activado al pasar cerca.
- Las consolas Sony PlayStation 3 y Wii incorporan Bluetooth, lo que les permite utilizar mandos inalámbricos, aunque los mandos originales de la Wii funcionan mezclando la tecnología de infrarrojos y Bluetooth.

2.4.4 COMUNICACIÓN RS-232

RS-232 (Estándar ANSI/EIA-232) es el conector serial hallado en las PCs IBM y compatibles. Es utilizado para una gran variedad de propósitos, como conectar un ratón, impresora o modem, así como instrumentación industrial. Gracias a las mejoras que se han ido desarrollando en las líneas de transmisión y en los cables, existen aplicaciones en las que se aumenta el desempeño de RS-232 en lo que respecta a la distancia y velocidad del estándar. RS-232 está limitado a comunicaciones de punto a punto entre los dispositivos y el puerto serial de la computadora. El hardware de RS-232 se puede utilizar para comunicaciones seriales en distancias de hasta 50 pies. A continuación mostramos la distribución de los conectores DB 9, 25; *Tabla II.IV, Tabla II.V:*

Tabla.II.IV. Pines más importantes del conector DB9.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 9
1			Tierra de Chasis	
2	RXD	E	Recibir Datos	
3	TXD	S	Transmitir Datos	
4	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
5	SG		Tierra de señal	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	RTS	S	Solicitud de Envío	
8	CTS	E	Libre para Envío	
9	RI	S	Timbre Telefónico	

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/morales_h_oe/capitulo3.pdf.

Tabla.II.V. Pines más importantes del conector DB25.

#	Pin	E/S	Función	Conector DB 25
1			Tierra de Chasis	
2	TXD	S	Transmitir Datos	
3	RXD	E	Recibir Datos	
4	RTS	S	Solicitud de Envío	
5	CTS	E	Libre para Envío	
6	DSR	E	Equipo de Datos Listo	
7	SG		Tierra de señal	
8	CD/DCD	E	Detector de Portadora	
15	TxC	S	Transmitir Reloj	
17	RxC	E	Recibir reloj	
20	DTR	S	Terminal de Datos Listo	
22	RI	S	Timbre Telefónico	
24	RTxC	S/E	Transmitir/Recibir Reloj	

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lem/morales_h_oe/capitulo3.pdf.

2.4.5 COMUNICACIÓN XBEE

Zigbee es un protocolo de comunicaciones inalámbrico basado en el estándar de comunicaciones para redes inalámbricas IEEE 802.15.4. Zigbee permite que dispositivos electrónicos de bajo consumo puedan realizar sus comunicaciones inalámbricas. Es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y sobre todo domóticos. Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4 GHz, realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. El alcance depende de la potencia de transmisión del dispositivo así como también del tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, etc). El uso del protocolo Zigbee va desde reemplazar un cable por una comunicación serial inalámbrica, hasta el

desarrollo de configuraciones punto a punto, multipunto, peer-to-peer (todos los nodos conectados entre sí) o redes complejas de sensores. Una conexión típica se muestra en la *Figura II.29*, donde se observa que cada módulo Xbee posee algún tipo de sensor, el cual entrega los datos para ser enviados a través de la red a un centro que administre la información.

2.4.3.1 COMPONENTES XBEE

Una red Zigbee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo Coordinador, dispositivos routers y dispositivos finales (end points).

- **El Coordinador.**

Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos routers y end points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de router, esto es, participar en el enrutado de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

- **Los Routers.**

Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para transmitir un paquete de información. Lógicamente un router debe unirse a una red

Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros routers o de end points.

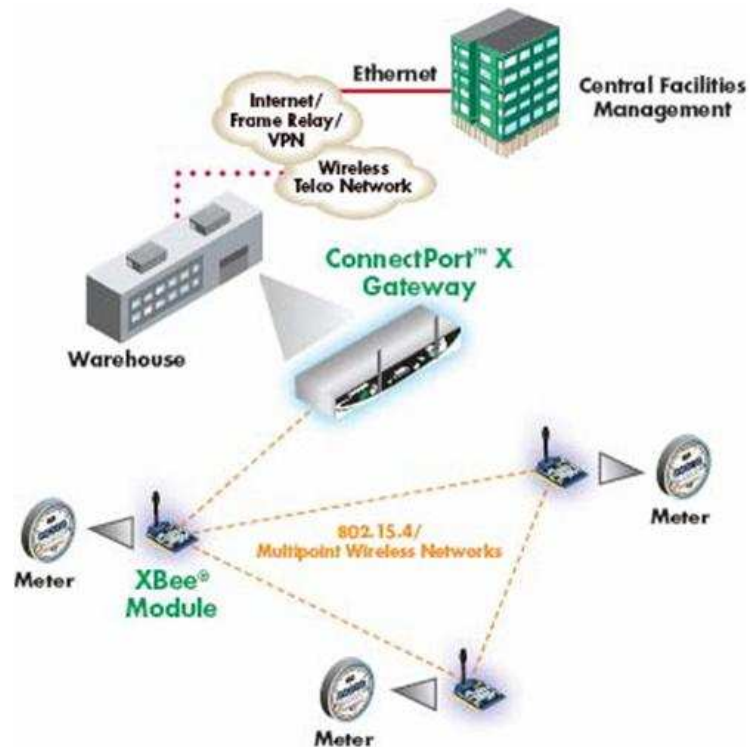


Figura.II.29. Conexión típica usando XBee.
Fuente: [XBee-Guia_Usuario.pdf](#).

- **End Device.**

Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un coordinador o un router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.

2.4.3.2 APLICACIONES

Pueden ser ajustados para usarse en redes de configuración punto-a-punto, punto-a-multipunto o peer-to-peer; en la *figura II.29*, se muestra una conexión multipunto, con un coordinador, conectado a varios nodos. Digi (Digi es la empresa que desarrolla estos módulos) tiene 2 series de módulos disponibles. Los módulos XBEE Serie 2 permite hacer redes mesh (redes de mayor alcance).

2.4.4 ETHERNET

Ethernet es una tecnología de red de área local que transmite información entre dispositivos a velocidades de entre 10 y 100 millones de bits por segundo (Mbps). Cada terminal equipado con Ethernet, también llamado estación, opera independientemente de todas las otras estaciones de la red: no hay un controlador central. Todas las estaciones conectadas a una red Ethernet están conectadas a un medio compartido. En Ethernet las señales se transmiten en serie, un bit cada instante, por el canal compartido, a todas las estaciones conectadas. Para mandar datos una estación lo primero que hace es escuchar el canal, y cuando el canal está vacío, la estación transmite sus datos en forma de trama Ethernet, o paquete.

Después de cada transmisión, todas las estaciones de la red tienen las mismas posibilidades de ser las siguientes en transmitir. Esto asegura que el acceso al medio sea fácil, y que ninguna estación pueda bloquear a las demás. El acceso al medio es determinado por el control de acceso al medio (MAC), que es un mecanismo contenido

en el interfaz Ethernet de cada estación. El mecanismo del MAC se basa en un sistema llamado Acceso Múltiple Sin Portadora con Detección de Colisiones (CSMA/CD).

2.4.4.1 ELEMENTOS DEL SISTEMA.

El sistema Ethernet consta de tres elementos básicos:

- El medio físico usado para transportar las señales Ethernet entre computadores.
- Una serie de reglas de control de acceso al medio incluidas en el interfaz que permite a múltiples computadores regular su acceso al medio de forma equitativa.
- Una trama Ethernet que consiste en una serie estandarizada de bits usados para transportar los datos en el sistema.

2.4.4.2 APLICACIONES

Aparte de ser, este protocolo, conocido a nivel de las telecomunicaciones, las aplicaciones industriales Ethernet constituyen una potente herramienta para la gestión de la producción, aquí unos ejemplos:

- Automatización de fábricas.
- Adquisición de datos en la industria.
- Adquisición remota de temperatura y humedad.

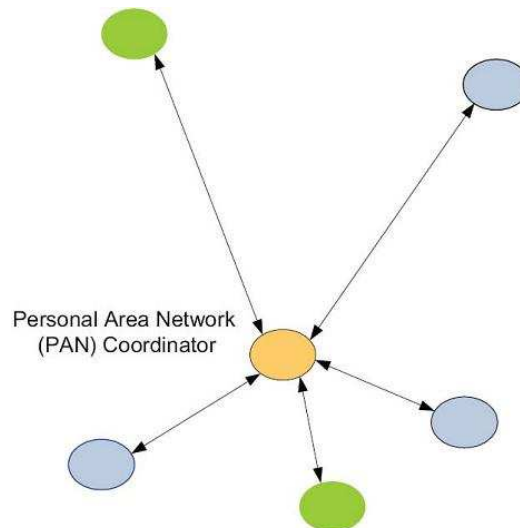


Figura.II.30. Coordinación PAN con múltiples nodos.
Fuente: [XBee-Guia Usuario.pdf](#).

2.5 BASCOM-AVR

El entorno de programación se puede apreciar en la *Figura. II.31*, el compilador Basic es el más indicado para programar microcontroladores de la familia AVR de Atmel ya que con esta herramienta reducirá los tiempos de desarrollo de forma drástica y la programación de microcontroladores adquiere otra dimensión. BASCOM-AVR es un compilador BASIC en Windows para la familia de microcontroladores AVR. Está diseñado para trabajar en W95/W98/NT/XP.

Bascom es una aplicación para PC que le permitirá:

- Escribir programas en Basic
- Traducir estos programas en el PC para código máquina (un formato que el controlador puede ejecutar AVR).
- Simular el código compilado
- El uso de programas externos de flash ("programa"), el código compilado en

microcontrolador de un AVR Atmel.

Bascom permite crear rápidamente prototipos porque se ha incorporado soporte para casi todos los microcontroladores AVR características tales como:

- Contadores / temporizadores
- UART
- ADC
- PWM

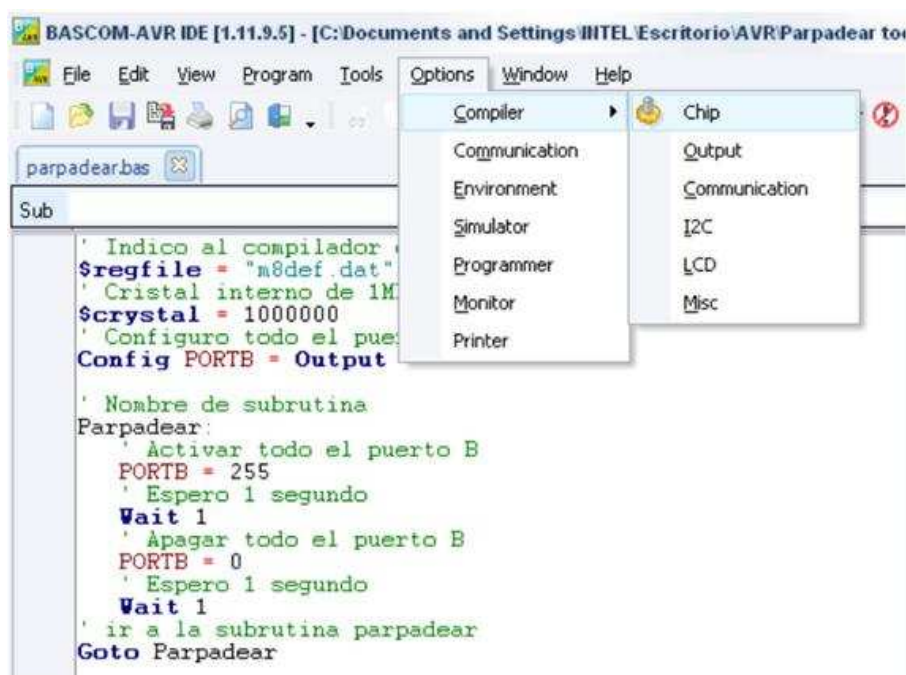


Figura.II.31. Ambiente de programación BASCOM-AVR.
http://www.unrobotica.com/manuales/Tutorial_AVR.pdf

Las comunicaciones I2C y SPI que ya esta implementadas en BASCOM-AVR, permite realizar la configuración mediante comandos o mediante cuadros de dialogo, y sirven primordialmente para realizar un tipo de comunicación serial, en el caso de la I2C

(controlada y sincronizada por un reloj maestro mediante los pines SCL y SDA del microcontrolador) y en el caso de la SPI (de alta velocidad empleando las líneas MOSI, MISO, SCK y CS).

CAPÍTULO III

SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER

3.1. DISEÑO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER

3.1.1. REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

La siguiente *fig.III.32*, muestra el diagrama en bloques del sistema de desarrollo JL AVR TRAINER el cual servirá como una herramienta de aprendizaje para los estudiantes de la EIE-CRI.

El sistema consta de varios módulos, herramientas y utilidades los cuales permitirán al estudiante poner en práctica todos los conocimientos adquiridos en las aulas y poder visualizar los resultados de los mismos en tiempo real.

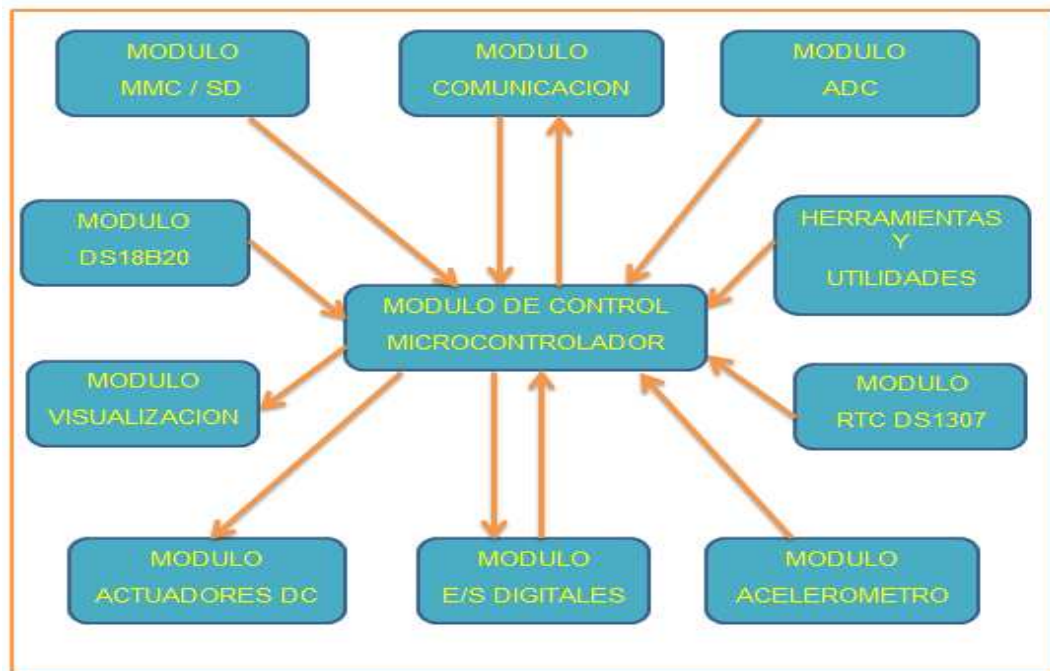


Figura.III.32. Diagrama en bloques del sistema de entrenamiento JLAVR TRAINER.
Fuente: Los Autores.

El sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER será diseñado de una manera que presente un ambiente agradable y de fácil manipulación explotando así las múltiples ventajas que ofrecerá a los usuarios finales.

Los módulos, herramientas y utilidades conforman el sistema son los siguientes:

1. PROGRAMADOR USB.ASP.
2. FUENTE EXTERNA.
3. COMM. SERIAL.
4. ENTRADAS / SALIDAS DIGITALES.
5. DS18B20.
6. VREF.

7. TECLADO MATRICIAL.
8. MMC CARD.
9. MOTOR PAP UNIPOLAR.
10. ADC.
11. BUTTON.
12. XTAL.
13. LEDS.
14. RESET.
15. LCD.
16. TOUCH.
17. DISPLAY 7 SEG.
18. GLCD.
19. ACELEROMETRO.
20. BLUETOOTH.
21. XBEE.
22. USB_RS232.
23. SERVO MOTORES.
24. WIZ811 ETHERNET.
25. RTC DS1307.
26. RF_MOD.
27. MOTOR DC / PAP BIPOLAR.
28. VDIP-USB.

El sistema requiere estar conectado a una PC por vía USB ya sea para alimentar el sistema o para transferir el código de programación al microcontrolador correspondiente.

3.1.2 DISEÑO DEL HARDWARE

El diseño de hardware incluye los circuitos necesarios para poder satisfacer los requerimientos del sistema. El diagrama de bloques del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER se muestra en la *figura.III.32*.

El sistema de entrenamiento JLAVR TRAINER dispone de 5 zócalos separados para inserción de los microcontroladores AVR en los encapsulados DIP8, DIP20A, DIP20B, DIP28 y DIP40.

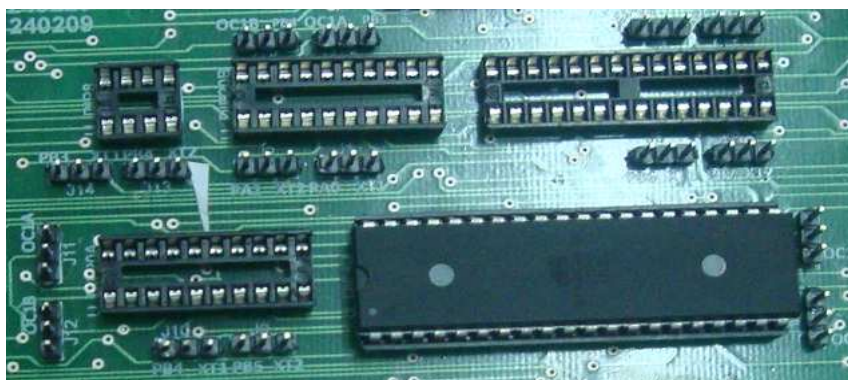


Figura.III.33. Microcontroladores Soportados.

Fuente: Los Autores.

Se utiliza el programador USB.ASP el cual está basado en una librería propia de ATMEL llamada OB-USB o implementación USB por software que en conjunto con el

programa PROGISP le presentaran en la PC una interfaz al programador para cargar un archivo .hex al microcontrolador.

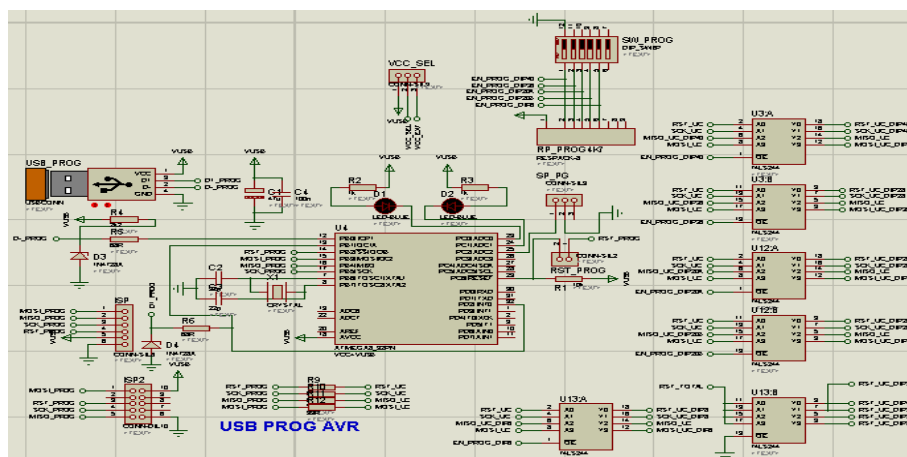


Figura.III.34. Programador USB.ASP.

Fuente: Los Autores.

El programador cuenta con un sistema de buffers que le permitirán mantener un control durante el proceso de programación mediante el selector de microcontroladores.

Existe un oscilador de reloj con cristal de cuarzo proporcionado en la placa y utilizado como una fuente externa de señal de reloj conectado directamente a los pines específicos del microcontrolador seleccionado.



Figura.III.35. Esquema de Conexión del Oscilador Externo.

Fuente: Los Autores.

El sistema puede utilizar una de dos fuentes de alimentación:

1. Fuente de alimentación de +5V desde el PC por el cable USB de programación;
2. Fuente de alimentación externa a través de un conector AC/DC proporcionado en la placa de desarrollo. Para lo cual se utiliza un puente de diodos para realizar la rectificación y un LM7805 para estabilizar el voltaje de alimentación.

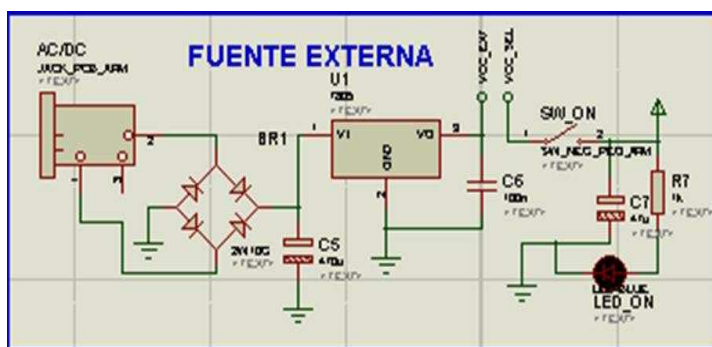


Figura.III.36.Esquema de Conexión de la Alimentación.
Fuente: Los Autores.

La comunicación serial RS-232 se realiza por medio de un conector SUB-D de 9. La velocidad de transmisión de datos es de 115 kbps. Para permitir que el módulo USART del microcontrolador reciba las señales de entrada de acuerdo con el estándar RS-232 es necesario ajustar los niveles de voltaje por medio de un circuito integrado tal como el MAX-232.

También se cuenta con una comunicación USB RS-232 por lo que cualquier información recibida en el sistema de entrenamiento en forma serial podrá ser visualizada en una PC mediante el puerto USB.

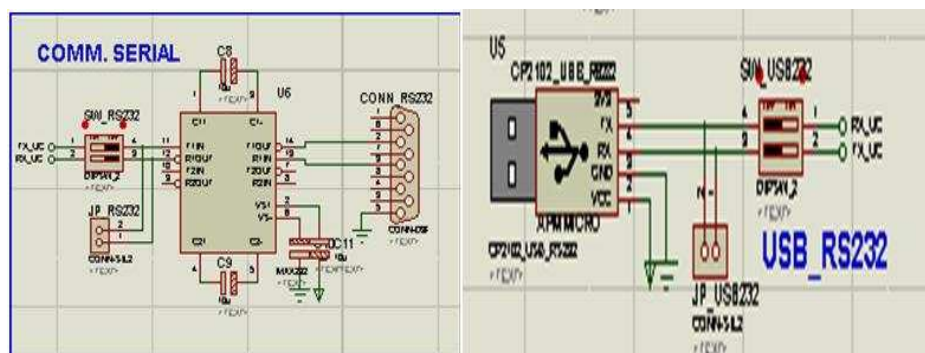


Figura.III.37.Esquema de conexión de la comunicación serial y USB a RS-232.
Fuente: Los Autores.

El DS18B20 es un sensor de temperatura digital que utiliza la transmisión de datos por medio de una sola línea de comunicación, permitiéndole al programador manejar temperaturas entre -55 a 125°C y proporciona una exactitud de medición de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ para las temperaturas dentro del rango de -10 a 85°C .

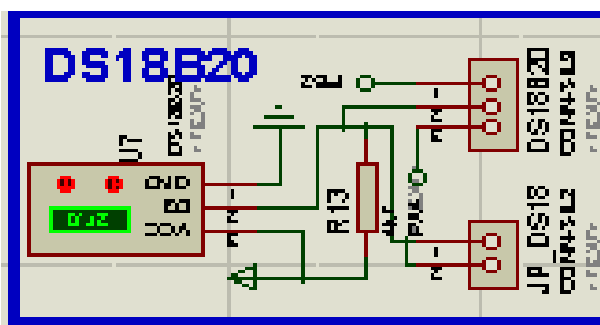


Figura.III.38.Esquema de Conexión del Sensor de temperatura DS18B20.
Fuente: Los Autores.

El conector MMC/SD se utiliza para conectar las tarjetas de memoria al microcontrolador utilizando comunicación SPI, la cual es una comunicación serial de alta velocidad pero con la diferencia que utiliza las líneas MOSI, MISO, SCK, MMC_CS. Se emplea un divisor de voltaje para las líneas SCK, MOSI y CS requieren de un divisor de voltaje debido a que el lector de tarjetas funciona con 3.3V. La línea MISO no requiere del divisor porque la salida MISO del microcontrolador es de 3.3 V.

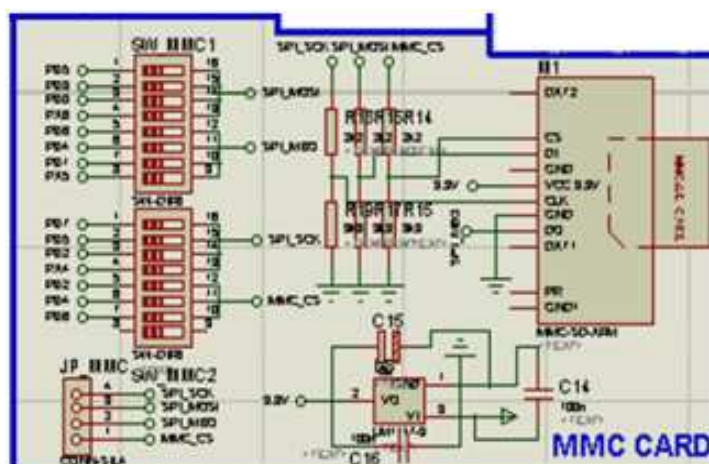


Figura.III.39.Esquema de conexión de la MMC/SD.
Fuente: Los Autores.

Se dispone de una matriz de diodos LEDs de 4x8, un LED activo indica la presencia de un uno lógico en el pin del microcontrolador.

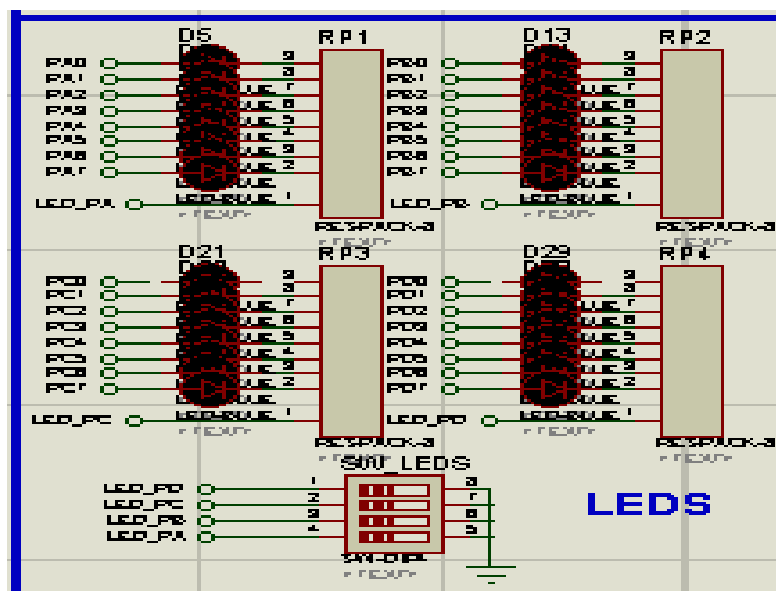


Figura.III.40.Esquema de conexión de losLeds.
Fuente: Los Autores.

El estado lógico de todos los pines de entrada del microcontrolador se puede cambiar al utilizar los botones de presión. Además como un periférico de entrada, para el ingreso

de caracteres alfanuméricos, hay un teclado matricial 4x4 este módulo para su operación presenta todas las columnas en un estado lógico (1) y el cambio de estado lógico le permitirá al microcontrolador identificar la tecla presionada.

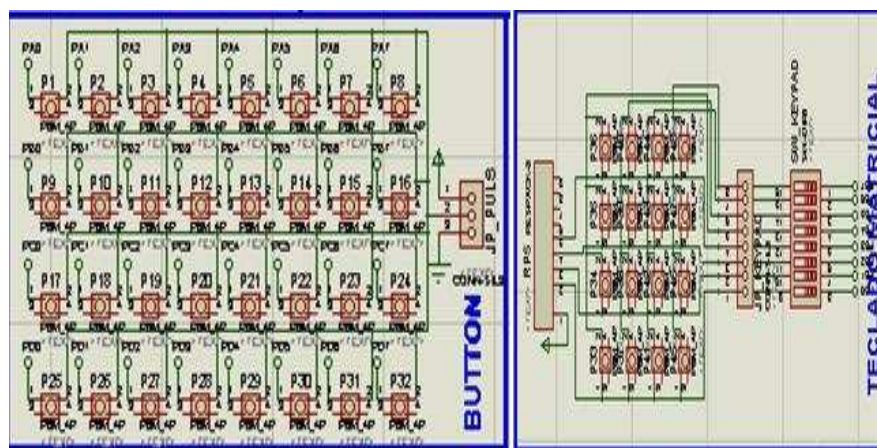


Figura.III.41. Esquema de conexión de los Buttons. Botones y Teclado Matricial.
Fuente: Los Autores.

El sistema proporciona un conector incorporado para un LCD alfanumérico de 2x16 o 4x16 que trabaja en una configuración de 4bits, que se refiere a la velocidad en μs para mostrar los datos.

Los dígitos alfanuméricos se visualizan en dos líneas de las que cada una contiene hasta 16 caracteres de 7x5 píxeles o en cuatro líneas de las que cada una contiene hasta 16 caracteres de 7x5 píxeles.

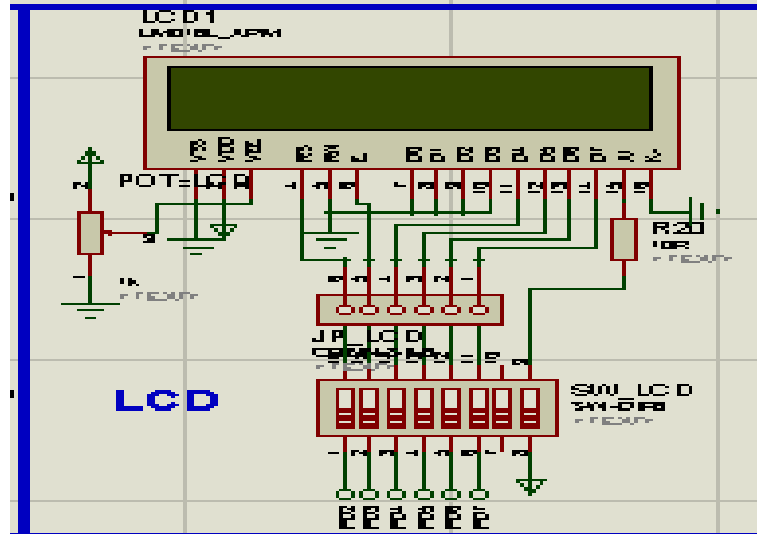


Figura.III.42.Esquema de conexión del LCD.
Fuente: Los Autores.

El GLCD es una pantalla gráfica de 128x64 píxeles de resolución que permite visualizar imágenes monocromáticas. Además se cuenta con un panel táctil que es una pantalla, transparente y de toque sensitivo que se coloca sobre el GLCD, el touch es una malla resistiva que varía su resistencia de acuerdo a la presión a la que se lo somete y envía sus coordenadas en forma de voltaje analógico al microcontrolador.

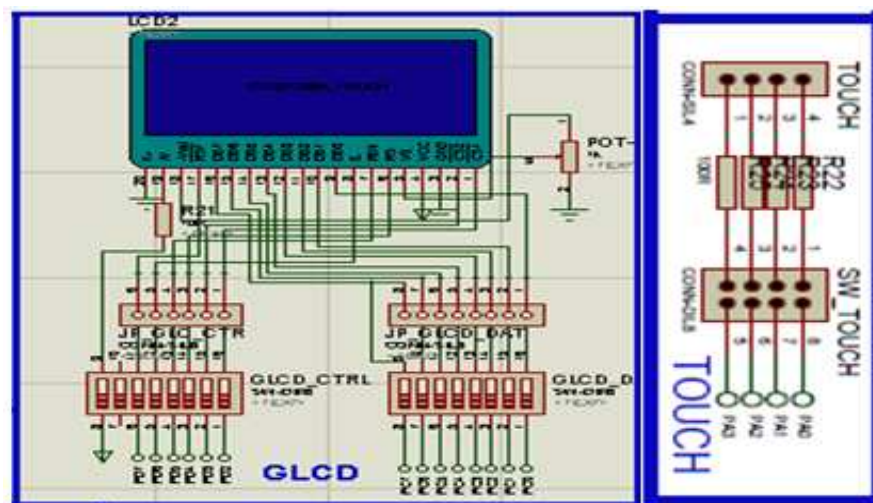


Figura.III.43.Esquema de conexión del GLCD y el TOUCH.
Fuente: Los Autores.

Se cuenta con un visualizadores de 4 dígitos de 7 segmentos, donde se podrá mostrar números del 0 al 9 en cada uno de ellos, para lo que se cuenta con 4 transistores TIP 3904 para que cada uno controle un display en forma independiente y también tiene 8 resistencias de 220Ω para el flujo de datos. El dispositivo se escoge según la programación, y podrá ser Ánodo o Catodo Común.

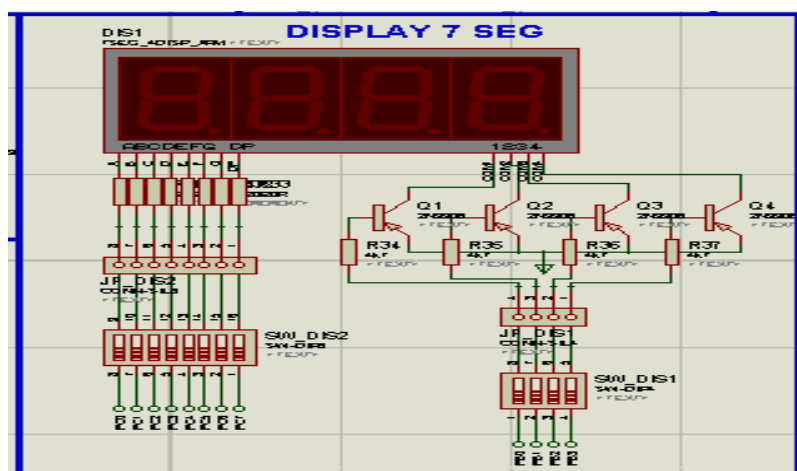


Figura.III.44. Esquema de conexión del display de 7 segmentos.

Fuente: Los Autores.

A lo largo de la parte derecha del sistema de desarrollo están cuatro conectores de 8 pines que están conectados a los puertos de E/S del microcontrolador.

El programador deberá seleccionar utilizando el puente en el jumper específico para seleccionar el estado lógico (1) o (0) de un pin determinado.

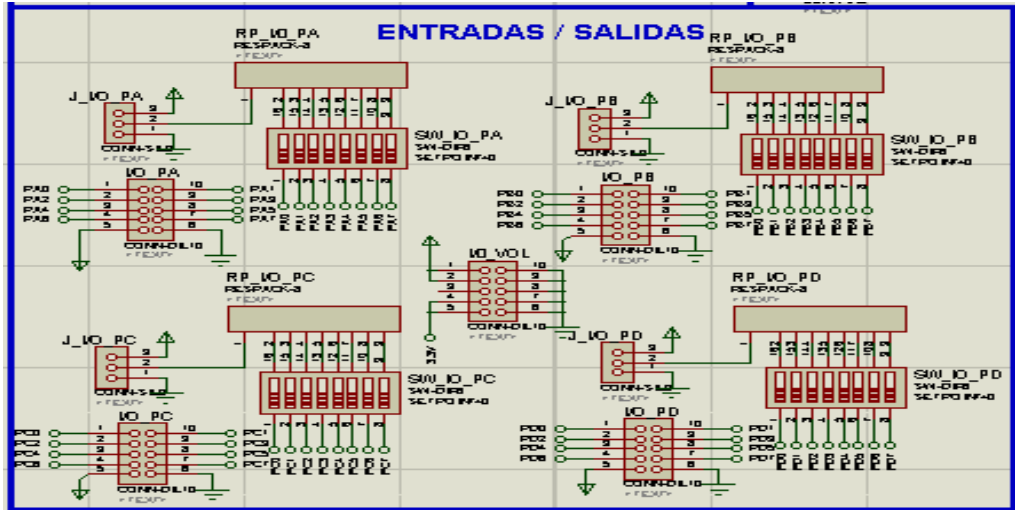


Figura.III.45. Esquema de conexión de los puertos de E/S.
Fuente: Los Autores.

Los microcontroladores ATMEL no poseen un hardware que les permita escribir archivos .FAT (como empaquetar los datos), ya que se requiere tanto un Host (PC) como un Slave (Memoria Flash). El módulo VDIP-USB tiene un sistema embebido que hace esa función y permite escribir archivos .FAT previa configuración de la memoria para que almacene los datos en paquetes de 512 bytes. El módulo recomienda que para agilizar su configuración la memoria flash sea de máximo 2 GB.

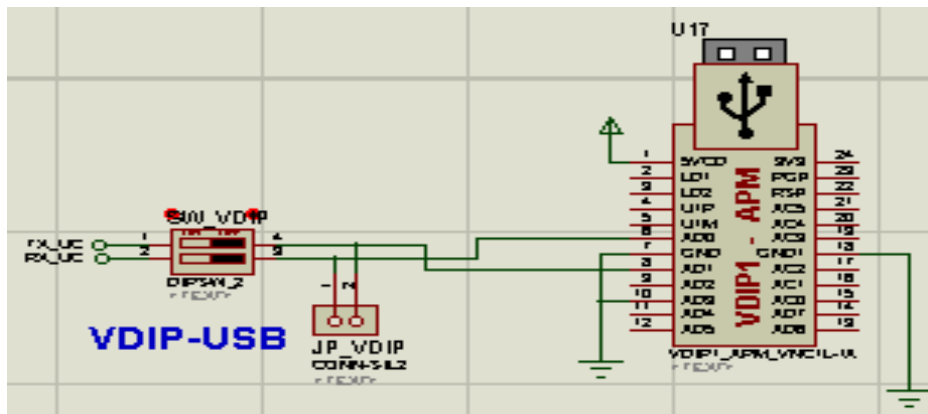


Figura.III.46. Esquema de conexión del VDIP-USB.
Fuente: Los Autores.

Se cuenta con un circuito que mide las vibraciones y oscilaciones de los actuadores, importante en la ejecución de prácticas, llamado acelerómetro. El cual es un sensor que nos permite tener valores de voltaje en referencia a la inclinación o la aceleración a la que se ve sometido el dispositivo. Estos voltajes son en un plano tridimensional (V_x , V_y , V_z), y dichos voltajes dependen de la sensibilidad (Control Gravitatorio) a la que se encuentre el sensor. El modulo funciona con 3V e internamente contiene una placa capacitiva que varia su capacitancia según la inclinación en la que esta y nos da la referencia de la aceleración interna. La principal ventaja de este modulo es la facilidad de variar la sensibilidad (Gravedades) del sensor según sea las necesidades del usuario en el control gravitatorio.

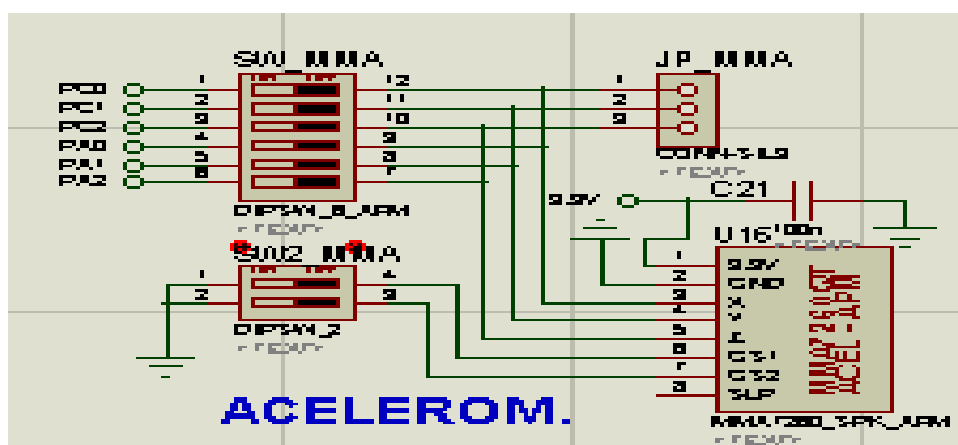


Figura.III.47. Esquema de conexión del acelerómetro.
Fuente: Los Autores.

Existe un circuito de RESET general para llevar a su estado inicial a todos los microcontroladores del sistema de desarrollo.

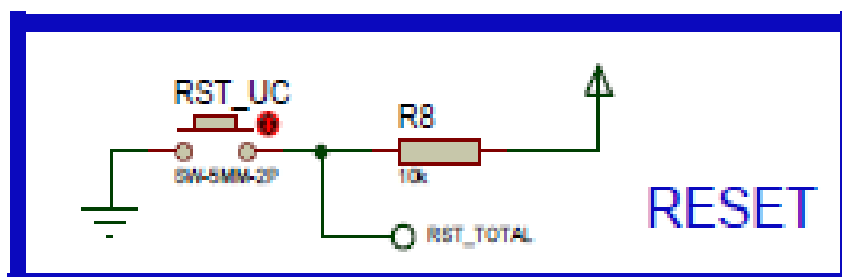


Figura.III.48. Esquema de conexión del RESET.
Fuente: Los Autores.

El sistema cuenta con un Reloj Tipo Calendario, este módulo permite mantener un registro permanente de la fecha y hora actual, para ello cuenta con un cristal que opera a 32768 Hz ya que es la frecuencia exacta para generar 1 segundo, se comunica con el microcontrolador utilizando un protocolo I2C mediante las líneas SCL (Signal Clock) PIN C0 y SDA (Signal Data) PIN C1. Cuenta con una alimentación Independiente para lo cual utiliza una batería de 3 voltios debido a lo cual aunque el Sistema de desarrollo JL AVR TRAINER pierda su alimentación el RTC seguirá operando y manteniendo la hora y fecha actual.

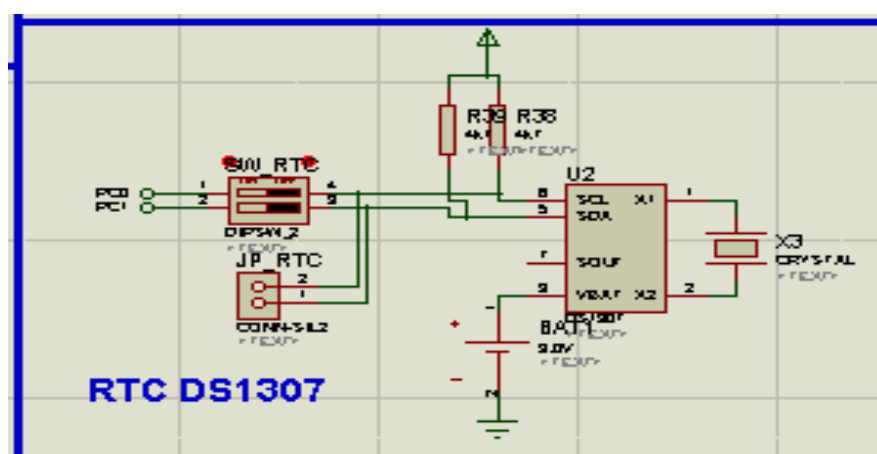


Figura.III.49. Esquema de conexión del reloj de tiempo real.
Fuente: Los Autores.

Algunos microcontroladores cuentan con entradas ADC para el manejo de cantidades analógicas, como las de sensores de voltaje o corriente. El sistema cuenta con 2 ADC y con la ayuda de los potenciómetros el usuario podrá simular el proceso de conversión análoga digital.

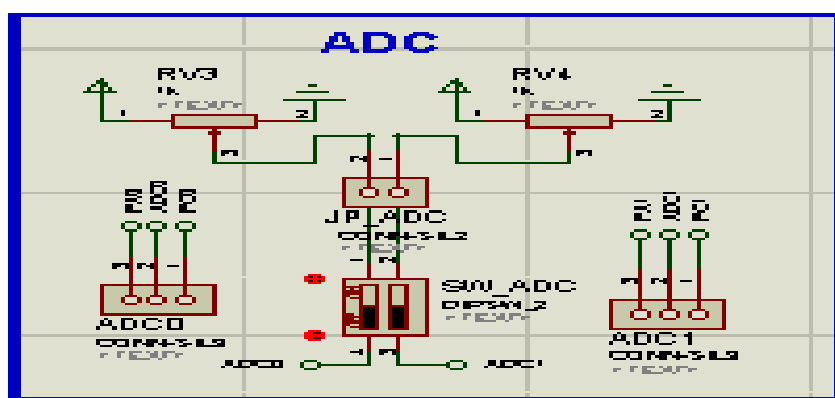


Figura.III.50. Esquema de conexión de las entradas ADC.

Fuente: Los Autores.

Para conseguir el manejo de los actuadores, se realizó un esquema para cada uno y que gestione de buena manera a estos dispositivos.

1. Para el manejo de motores PAP unipolar se cuenta con un ULN 2803 el cual contiene un arreglo de transistores TIP 3904 en configuración Darlington uno a continuación del otro, para las bobinas del motor. El control se lo realiza por fases o pulsos, normalmente están en alto (1) cuando se les da un bajo (0) se da un paso.
2. Para el manejo de motores PAP bipolar y DC se cuenta con un controlador L293D el cual tiene en su interior un puente H para invertir el giro de los motores. Los pines OC1A y OC1B (Salidas PWM) están conectados a los enables del L293D los cuales deben ponerse en alto vía programación.

3. Para el manejo de Servomotores se cuenta con 3 jumpers de conexión directa (Señal, VCC y GND), la señal se maneja mediante trenes de pulsos digitales. En BASCOM AVR el tren de pulsos maneja una frecuencia de 20Hz con periodos del ancho de pulso diferentes, $t = 0.5\text{ms}$ a 0° , $t = 1.5\text{ms}$ a 90° , $t = 2.5\text{ms}$ a 180° que se repiten a un ritmo de entre 10 a 20ms.

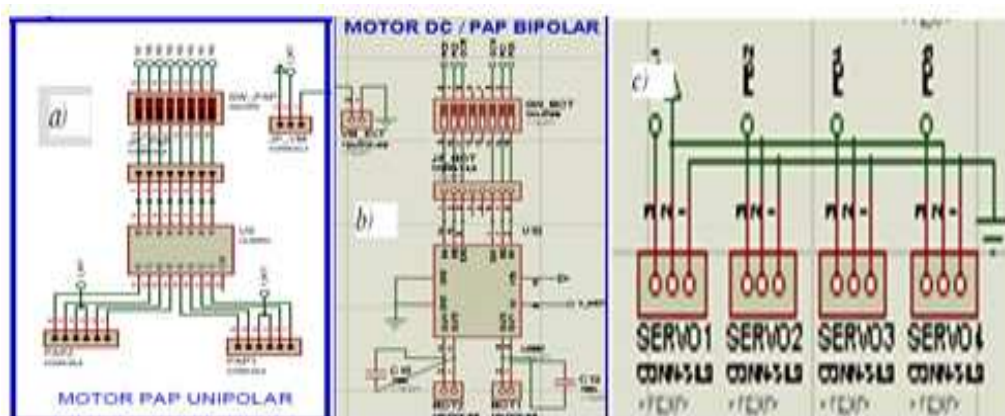


Figura.III.51. Esquema de conexión de los actuadores. a) manejo de motores paso a paso unipolares. b) manejo de motores paso a paso bipolares y motores DC. c) manejo de servomotores.

Fuente: Los Autores.

Por último se muestra el resto de los circuitos para realizar la comunicación inalámbrica entre los entrenadores, ente el entrenador y una PC y entre el entrenador y una red Ethernet.

1. XBEE

Este módulo le permitirá al usuario realizar una comunicación inalámbrica con otro dispositivo XBEE, es especialmente útil para redes de sensores en entornos industriales, médicos y, sobre todo, domóticos, previa configuración.

2. BC417

Es un sistema de comunicación tipo cliente que permite enviar y recibir información vía bluetooth a una frecuencia de 3.3 MHz. El modulo se lo puede utilizar mediante comunicación serial transparente, ya que el sistema microprocesado emite señales hacia el modulo que únicamente sirve como transceiver. El dispositivo requiere del ingreso de una clave (1234) y se recomienda utilizar el programa Blue Soleil si su PC no cuenta con un módulo Bluetooth interno, externo o si presenta incompatibilidades.

3. RF-434

Es un módulo didáctico de radio frecuencia el cual está compuesto por un transmisor y un receptor que funcionan a una frecuencia de 434 MHz y permitirán al estudiante simular una pequeña estación de envío y recepción de pequeños paquetes de información. Los bloques de transmisión y recepción funcionan en forma unidireccional y a pequeñas distancias debido a los problemas frecuentes de la radio frecuencia.

4. WIZ811MJ

Es un módulo ethernet, que permitirá al programador conectarse a una red cualquiera, solo basta con tener la dirección, la máscara, la MAC y el Gateway. Trabaja con comunicación SPI y cuenta con un integrado Wiz 5000 para convertirla a Ethernet, la tarjeta actuará como una PC más de la red.

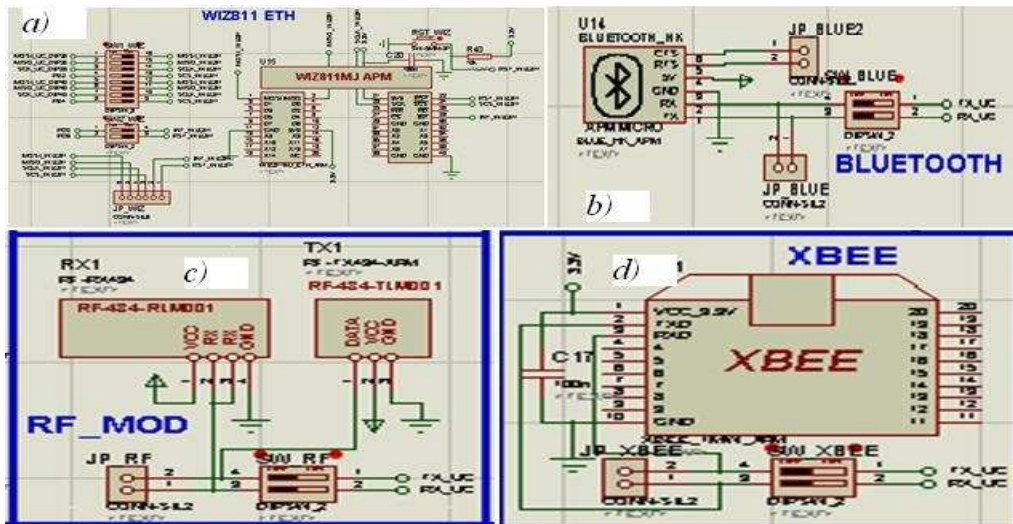


Figura.III.52. Módulos de comunicación. a) manejo del WIZB 11 ETH. b) manejo del BLUETOOTH. c) manejo de RF. d) manejo del XBEE.

Fuente: Los Autores.

3.1.3. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Para la implementación del JL AVR TRAINER se realizaron cada uno de los siguientes pasos que son ilustrados mediante figuras.

Los circuitos descritos en el diseño del hardware fueron implementados usando un protoboard. Esto permitió realizar pruebas de funcionamiento de cada módulo del sistema de desarrollo JL AVR TRAINER.

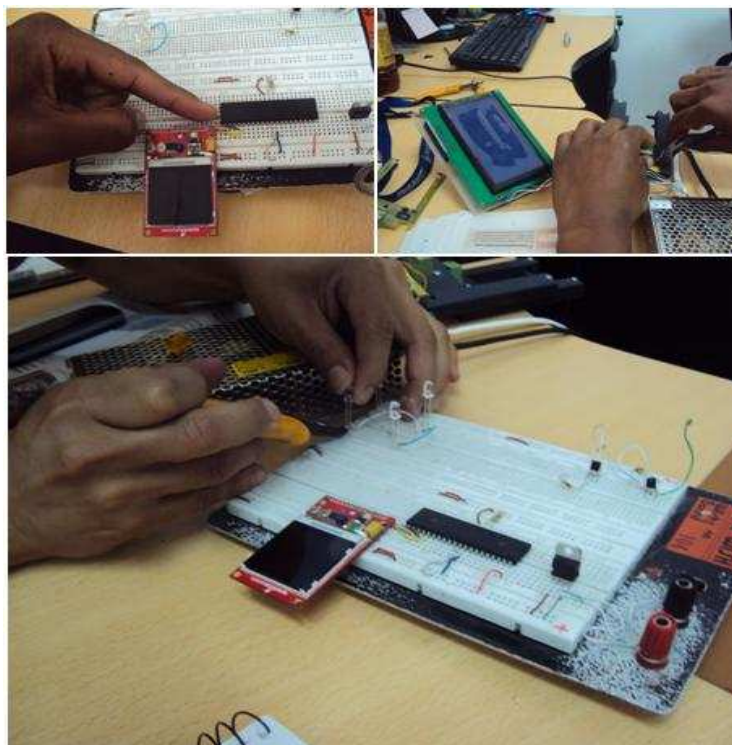


Figura.III.53. Implementación parcial del SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER.
Fuente: Los Autores.

Una vez comprobado el funcionamiento del diseño del hardware se procedió a implementar el circuito impreso. Las pistas fueron diseñadas utilizando la herramienta de Proteus ARES.

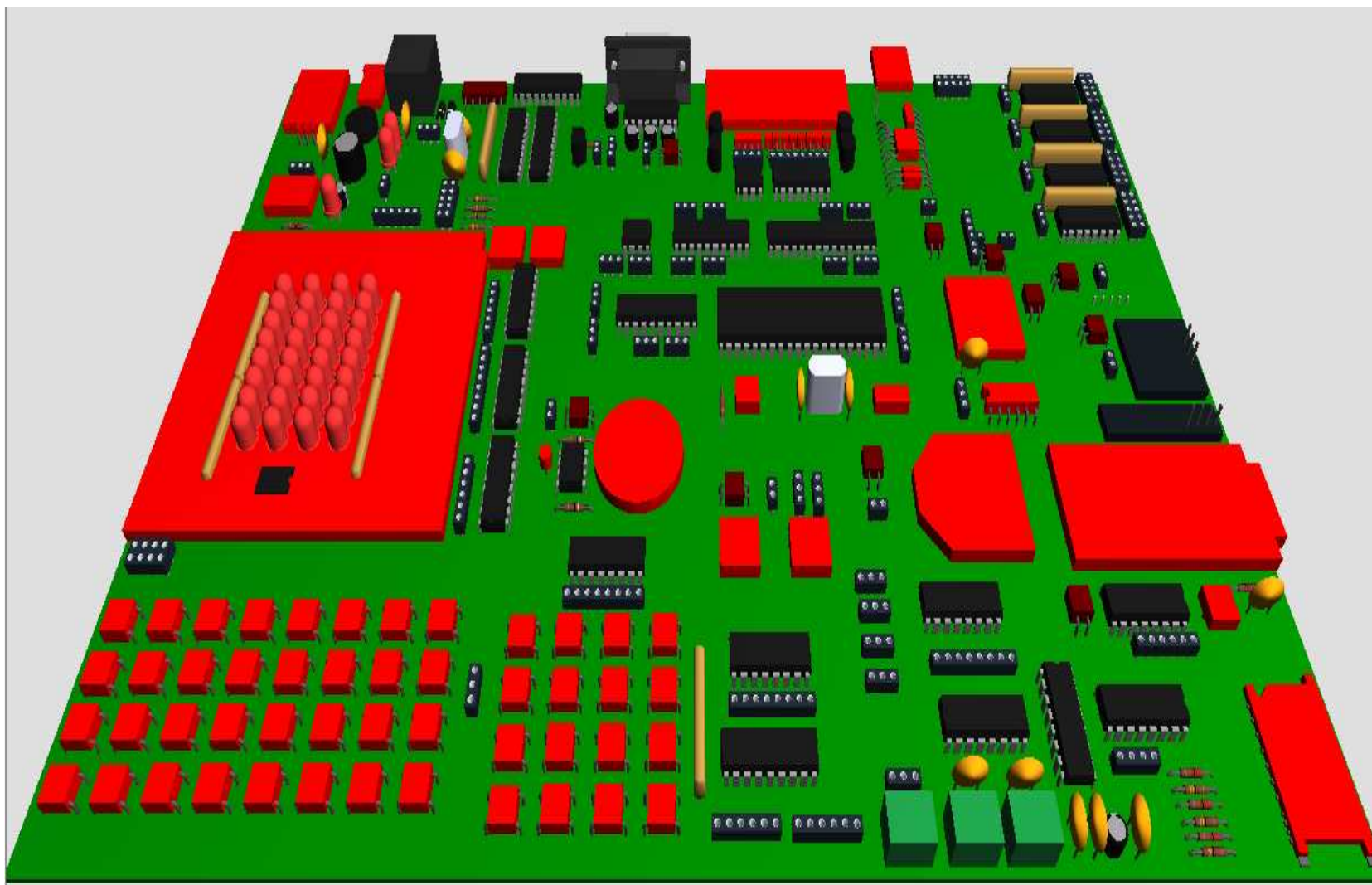


Figura.III.54. Vista en 3D del Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER, cara superior.
Fuente: Los Autores.

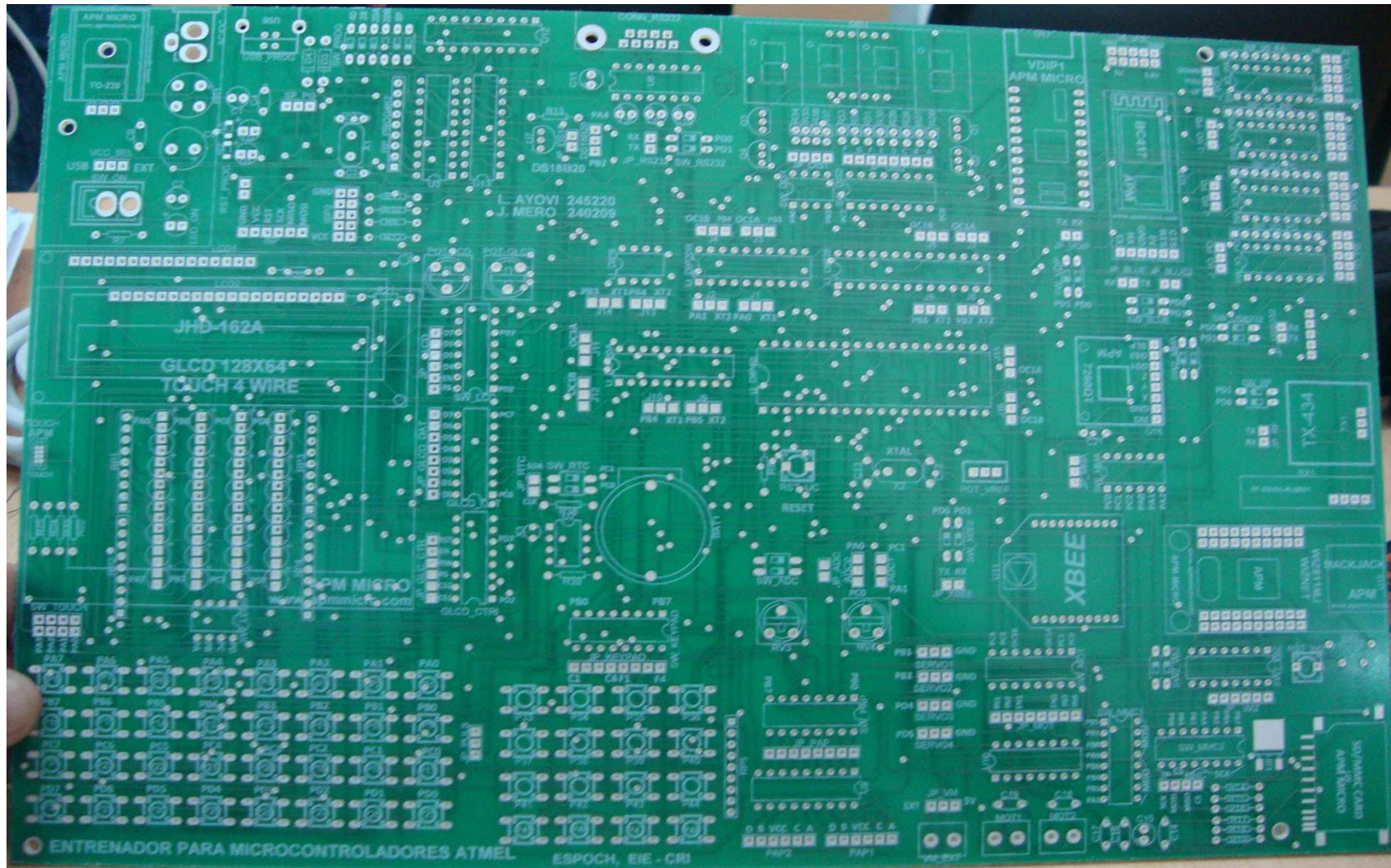


Figura.III.55. Circuito Impreso del Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER, cara superior.

Fuente: Los Autores.

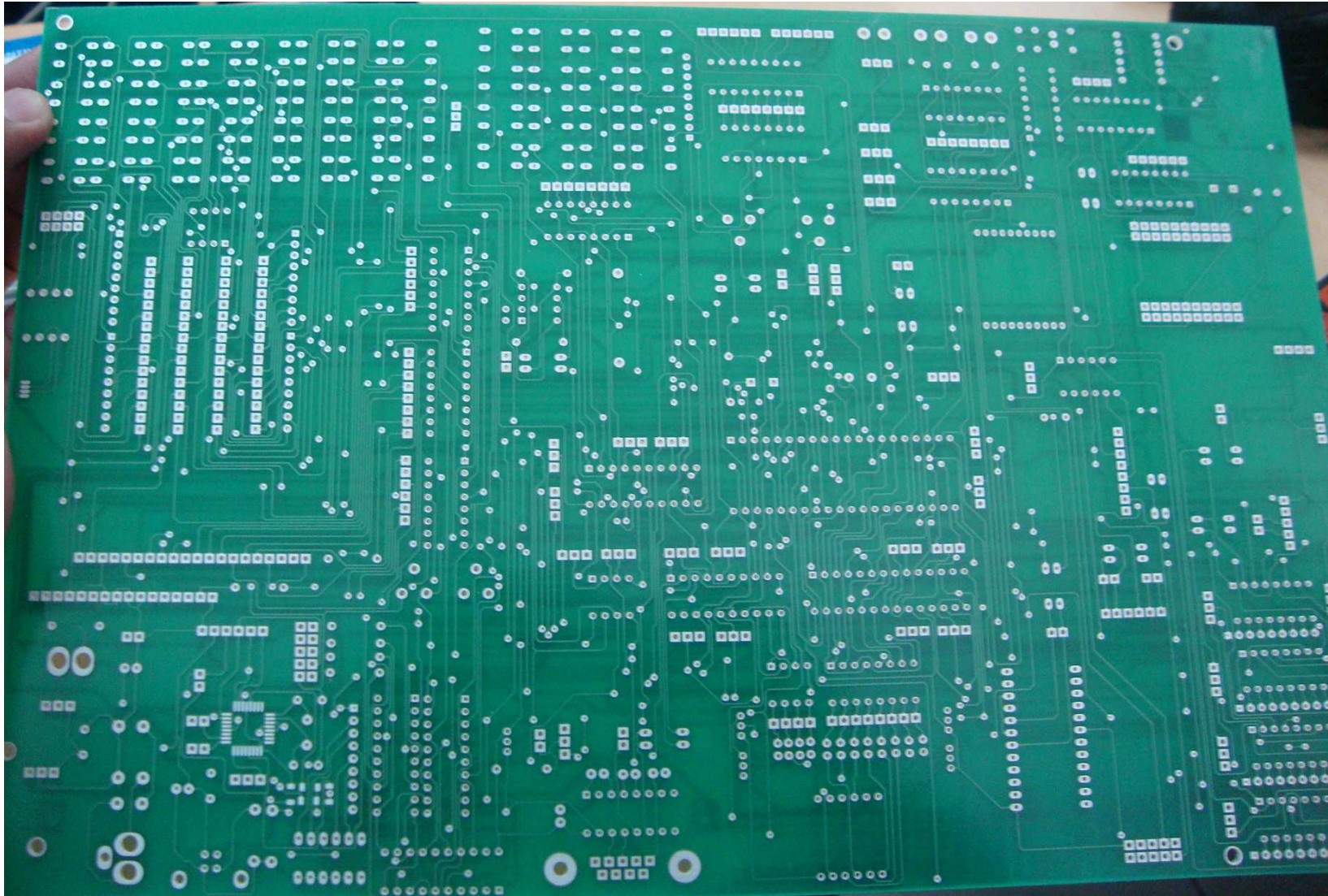


Figura.III.56. Circuito Impreso del Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER, cara inferior.
Fuente: Los Autores.

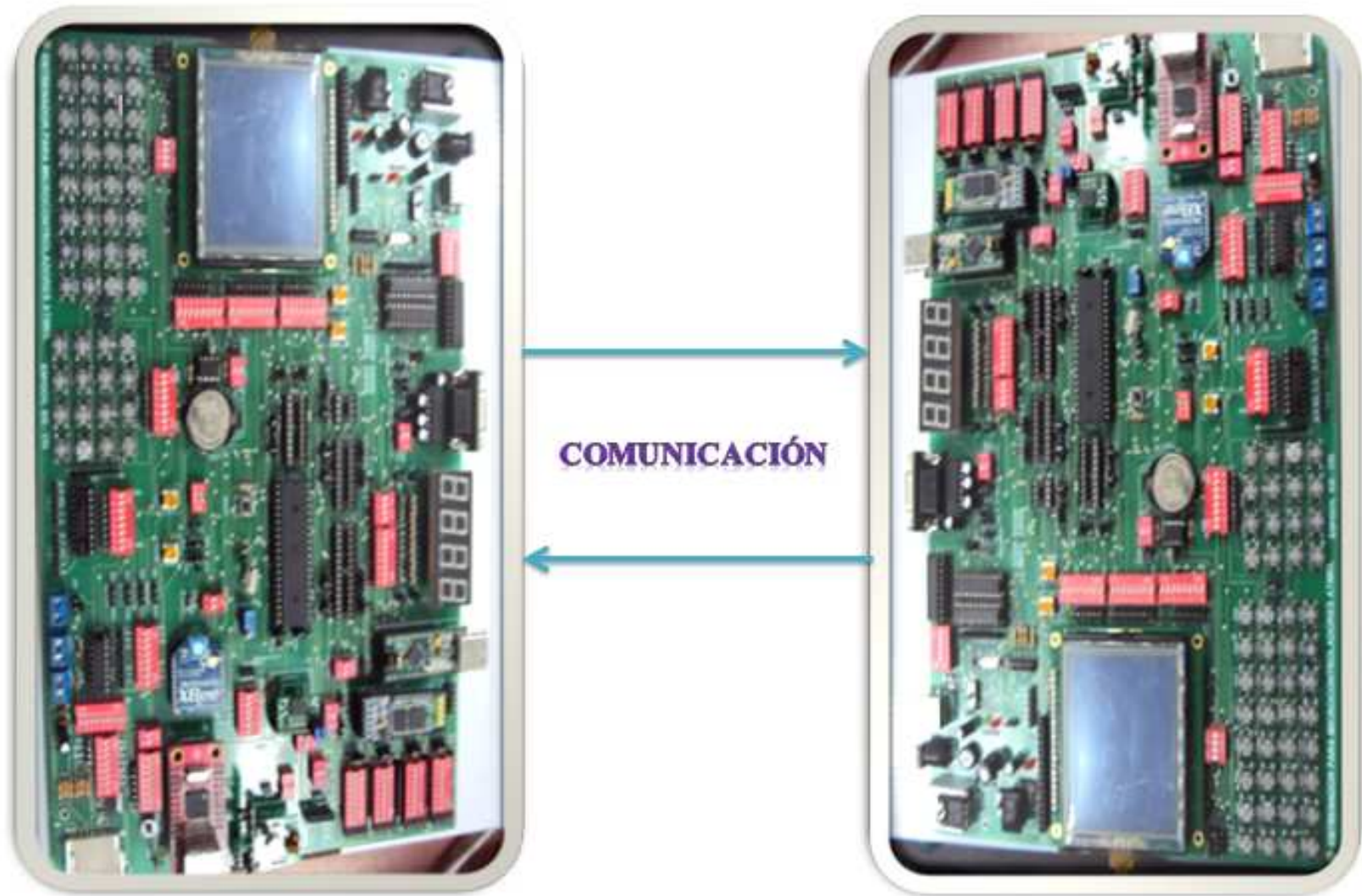


Figura.III.57. Comunicación de los Sistemas de Entrenamiento JL AVR TRAINER.
Fuente: Los Autores.

1.2. CHASIS DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER

Para cumplir con los objetivos de esta tesis, fue necesario proteger la tarjeta de entrenamiento JL AVR TRAINER, de una forma que permita al programador manipular con facilidad todas las características del entrenador.

Para esto se realizó una simulación en Solid Works del prototipo de lo que será la protección del sistema de desarrollo JL AVR TRAINER, previa a su implementación.

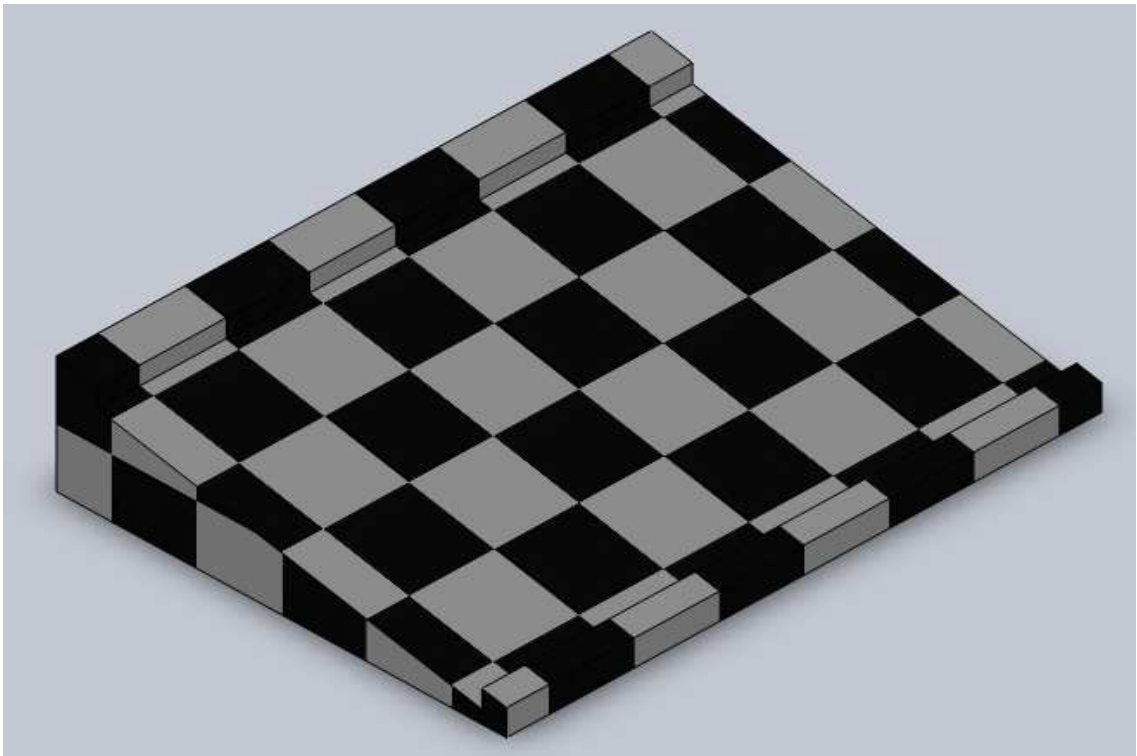


Figura.III.58. Prototipo del Chasis del Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER.
Fuente: Los Autores.

3.2.1. CONSTRUCCIÓN

Debido a la facilidad de manipulación y buena presentación se escogió como material de trabajo la madera prensada. Una vez identificado todos los espacios necesarios para evitar problemas en el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, se realizó las plantillas que permitieron cortar las partes de manera adecuada, como se muestra en las siguientes figuras.



Figura.III.59. Realización de los cortes del material.

Fuente: Los Autores.



Figura.III.60. Realización de cortes de adecuación en el material.
Fuente: Los Autores.



Figura.III.61. Unión de los cortes del material.
Fuente: Los Autores.



Figura.III.62. Distribución del espacio interior del chasis Sistema de Desarrollo JL AVR TRAINER.
Fuente: Los Autores.



Figura.III.63. Comprobación de los espacios interiores del chasis.
Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO IV

GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI

4.1 DISEÑO DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI.

La guía de aprendizaje ATMEGA/CRI es una parte fundamental de esta tesis. Su propósito principal fue, junto con el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, implementar un equipo de aprendizaje didáctico que explore y explique las principales ventajas de los microcontroladores ATMEL de AVR.

La guía de aprendizaje ATMEGA/CRI responde a los mismos requerimientos del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER. Además permite familiarizarse con el manejo, programación y control de módulos embebidos de AVR, administración del sistema mediante el PROGISP y entrega de una gran cantidad de conceptos y prácticas para el aprendizaje del lenguaje de programación BASCOM AVR.

Para cubrir estos requerimientos la guía de aprendizaje fue estructurada en tres partes principales:

- Apartado teórico de los microcontroladores ATMEL y programación en BASCOM AVR.
- Introducción a la configuración básica del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER y de sus módulos embebidos a través del PROGISP.
- Interacción del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER con la PC mediante diferentes formas de comunicación (Serial, Bluetooth, Ethernet).

Para la elaboración de cada una de las prácticas de la guía de aprendizaje se siguió un diseño secuencial. Es decir, cada uno de los conocimientos impartidos en una práctica de la guía es la base fundamental para las siguientes prácticas, logrando integrar la mayor parte de las funciones del Entrenador de microcontroladores ATMEL.

Los tópicos incluidos en la guía de aprendizaje se enlistan en la Tabla.IV.VI.

PRESENTACIÓN.
RECOMENDACIONES PARA EL ESTUDIÁNTE.
TEMA I. INTRODUCCIÓN TEÓRICA.
ATMEL.
BASCOM AVR.
TEMA II. ADMINISTRACIÓN Y CONFIGURACIÓN BÁSICA DE LOS PINES DE LOS MICROCONTROLADORES ATMEL.
Práctica # 1
Controlar el estado de los leds mediante el uso los pulsadores del Entrenador.
Práctica # 2
Visualizar los valores de un teclado matricial en una pantalla LCD.

Práctica # 3
Generar un contador de 4 dígitos manipulable en un display de 7 segmentos.
TEMA III. MANEJO DE UNA PANTALLA GLCD.
Práctica # 4
Proyectar una imagen creada por el programador en una pantalla gráfica GLCD de 128X64.
Práctica # 5
Configurar un panel táctil vía software para que genere un punto al presionar cualquier área del GLCD.
TEMA VI. MANEJO DE MOTORES.
Práctica # 6
Controlar la velocidad de un motor PAP unipolar mediante el uso de pulsadores.
Práctica # 7
Controlar la inversión de giro de un motor DC mediante el uso de pulsadores.
Práctica # 8
Programar el movimiento de un servomotor para controlar su velocidad mediante interrupciones internas.
TEMA V.MANEJO DE MEMORY CARDS.
Práctica # 9
Escribir un archivo .txt en una tarjeta MMC/CD.
TEMA VI.PRUEBAS DE COMUNICACIÓN.
Práctica # 10
Comunicar serial mente el entrenador y la PC para visualizar los datos almacenados en el RTC.
Práctica # 11
Comunicar vía bluetooth el sistema de entrenamiento con la PC.
Práctica # 12
Comunicar inalámbricamente las tarjetas de entrenamiento utilizando dispositivos XBEE.
Práctica # 13
Comunicar alámbricamente las tarjetas de entrenamiento utilizando pines comunes del microcontrolador.
Práctica # 14
Comunicar unidireccionalmente los entrenadores vía radiofrecuencia mediante el envío y recepción de caracteres.
Práctica # 15
Comunicar serial mente al computador los valores de salida del acelerometro del entrenador.
TEMA VI. MANEJO DE MÓDULOS EMBEBIDOS.
Práctica # 16
Escribir un archivo .doc desde el microcontrolador en una flash memory.
Práctica # 17
Hacer ping desde la red de la EIE-CRI al microcontrolador.
Práctica # 18
Conectar serial mente la PC con el microcontrolador por medio del dispositivo USB-RS232.

4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS TÓPICOS DE LA GUÍA DE APRENDIZAJE ATMEGA/CRI.

En los apartados presentación y recomendaciones para el estudiante, se da una pequeña introducción al objetivo y contenidos de la guía de aprendizaje, enmarcándola como una parte de esta tesis y haciendo referencia a la utilización del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER y a los microcontroladores ATMEL.

La guía de aprendizaje ATMEGA/CRI inicia con un amplio capítulo teórico sobre los microcontroladores ATMEL y una introducción a la programación en BASCOM AVR, brindando los conocimientos básicos y necesarios para poder cumplir con los objetivos de cada una de las prácticas.

Práctica # 1.- Controlar el estado de los leds mediante el uso los pulsadores del entrenador.

Se procedió a configurar los pines del microcontrolador ya sea por hardware (módulo de entradas/salidas digitales) o software (PORTB=255), para que inicien en alto, se configuró el módulo de pulsadores a través del jumper (J_PULS), para enviar 0 V (Vcc) al presionar cada pulsador del entrenador.

Práctica # 2.- Visualizar los valores de un teclado matricial en una pantalla LCD.

Se programó los pulsadores del teclado matricial para simular el teclado de una calculadora simple (números del 0 al 9 e incluido '*', A, B, C, D y '#'), se configuraron los pines de una pantalla LCD para visualizar los resultados de la programación.

Práctica # 3.- Generar un contador de 4 dígitos manipulable en un display de 7 segmentos.

Se programó el microcontrolador para que controle vía software e independientemente cada dígito de un display de 7 segmentos 4 en 1, mediante el uso de pulsadores del entrenador, permitiéndole al usuario incrementar los valores de 1 en 1, de 10 en 10, de 100 en 100 y de 1000 en 1000.

Práctica # 4.- Proyectar una imagen creada por el programador en una pantalla gráfica GLCD de 128X64.

Se diseñó una imagen monocromática de 128X64 pixeles en formato BGP y se configuró una pantalla grafica GLCD para proyectar dicha imagen y permitirle al programador manejar los datos con los que va a trabajar el microcontrolador.

Práctica # 5.- Configurar un panel táctil vía software para que genere un punto al presionar cualquier área del GLCD.

Se procedió a configurar vía programación un panel táctil para que funcione en un área de 128X64 pixeles, además se programó el microcontrolador para que escriba un punto sobre el área de la pantalla grafica cuando se presione alguna zona del panel táctil.

Práctica # 6.- Controlar la velocidad de un motor PAP unipolar mediante el uso de pulsadores.

Se programaron los pines del microcontrolador para conectarse a las bobinas de un motor paso a paso unipolar, y generar un movimiento acelerado o retardado según el estado de algún pulsador del entrenador.

Práctica # 7.- Controlar la inversión de giro de un motor DC mediante el uso de pulsadores.

Se empleó la particularidad de los motores DC de invertir su giro mediante el cambio de polaridad de su bobina mediante el uso de pulsadores específicos del entrenador para lo cual se programó al microcontrolador para realizar dicha función mediante el intercambio de estado de sus pines.

Práctica # 8.- Programar el movimiento de un servomotor para controlar su velocidad mediante interrupciones internas.

Se configuró un servo motor para que realice un movimiento entre 0 °, 90° y 180°, para luego establecer un proceso regresivo mediante el cual retornará con pequeños pasos a su posición inicial.

Práctica # 9.- Escribir un archivo .txt en una tarjeta MMC/CD.

Se procedió a programar el microcontrolador para que cree y escriba un archivo .txt en una tarjeta MMC/CD con palabras transmitidas desde el microcontrolador empleando la comunicación SPI.

Práctica # 10.- Comunicar serial mente el entrenador y la PC para visualizar los datos almacenados en el RTC.

Se configuró el DS1307 por medio del microcontrolador para que inicie su operación y la mantenga aun cuando se corte la alimentación del sistema, comunicando serial mente al computador los datos internos del RTC del entrenador.

Práctica # 11.- Comunicar vía bluetooth el sistema de entrenamiento con la PC.

Se procedió a configurar y programar una comunicación vía bluetooth con la PC utilizando el Blue_Solil para configurar los puertos y dispositivos de comunicación y visualizar los datos recibidos y enviados en el terminal serial de MicroCode.

Práctica # 12.- Comunicar inalámbricamente las tarjetas de entrenamiento utilizando dispositivos XBEE.

Se procedió a configurar, programar y direccionar los dispositivos XBEE de cada entrenador para comunicar inalámbricamente las tarjetas mediante el X-CTU y el XBEE Explorer, para lo cual se programó los microcontroladores para que indiquen el resultado de la comunicación mediante el estado de sus leds.

Práctica # 13.- Comunicar alambéricamente las tarjetas de entrenamiento utilizando pines comunes del microcontrolador.

Se procedió a programar el microcontrolador vía software para que convierta cualquiera de sus pines en puertos de comunicación serial (Rx y Tx) empleando las herramientas de programación de BASCOM AVR, logrando una comunicación entre las tarjetas de entrenamiento y visualizar el resultado de la comunicación mediante el estado de sus Leds.

Práctica # 14.- Comunicar unidireccionalmente los entrenadores vía radiofrecuencia mediante el envío y recepción de caracteres.

Se procedió a configurar el microcontroladores en cada tarjeta de entrenamiento para poder enviar caracteres de una tarjeta a otra vía radiofrecuencia para lo cual se reenviará varias veces el mismo paquete para evitar las pérdidas de datos comunes en la radio frecuencia.

Práctica # 15.- Comunicar serial mente al computador los valores de salida del acelerómetro del entrenador.

Se programó el microcontrolador para que sea capaz de tomar los valores de salida del acelerometro de la tarjeta de entrenamiento mediante sus ADCs para transmitir serial mente al programador visualizar esos resultados en una PC.

Práctica # 16.- Escribir un archivo .doc desde el microcontrolador en una flash memory.

Se procedió a configurar una flash memory de máximo 2GB para que guarde los datos en paquetes de 512 bites desde el símbolo del sistema, como se indicó en el archivo de configuración del módulo, luego de lo cual se programó el microcontrolador para que cree y escriba un archivo .doc en la memoria flash previamente configurada.

Práctica # 17.- Hacer ping desde la red de la EIE-CRI al microcontrolador.

Se desarrolló un código de programación que permita al programador tener acceso a una red cualquiera con solo tener su dirección, su máscara, su MAC, y su Gateway, luego de lo cual el entrenador pasara a formar parte de dicha red como una PC más recibiendo información de los demás miembros de la red.

○

Práctica # 18.- Conectar serial mente la PC con el microcontrolador por medio del dispositivo USB-RS232.

Se realizó el envío y recepción de datos desde la PC al microcontrolador y viceversa, enviando datos desde el teclado para mostrarse en un software llamado PUTTY (IP terminal), y desde el teclado de la PC se envían datos al entrenador, visualizándose en un LCD

En esta prácticas se conjugan casi en totalidad todos los conocimientos adquiridos a través de la guía de aprendizaje ATMEGA/CRI y del manual de usuario, ya que se conjugan el uso de múltiples librerías, de redes de acceso a internet, de protocolos de comunicación propios de BASCOM AVR entre otras características de los microcontroladores ATMEL. De esta manera se concluye la guía de aprendizaje dejando las bases y la propuesta de la creación de una aplicación basada en el manejo de los microcontroladores ATMEL, permitiendo el acceso a cada una de las características del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, para acentuar y confirmar los conocimientos adquiridos a través de este equipo de aprendizaje didáctico.

4.3 GUÍA DE APRENDIZAJE INTERACTIVA ATMEGA/CRI.

La guía de aprendizaje interactiva ATMEGA/CRI fue implementada como un complemento a la guía de aprendizaje ATMEGA/CRI y el manual de usuario del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER, que facilita el acceso y la comprensión de cada uno de los contenidos de las prácticas de la guía de aprendizaje del sistema de entrenamiento de los microcontroladores. Mediante una interface de reproducción multimedia, se acceden y se ubican rápidamente los contenidos individuales de la guía, además se integra un video tutorial de los procedimientos más importantes de cada una

de las prácticas y el código fuente. La guía de aprendizaje interactiva ATMEGA/CRI incluye una zona de descargas, en el cual se puede acceder a todo el software necesario para la realización de las prácticas, libros electrónicos, y documentos técnicos a los cuales se hace referencia el manual de usuario y a lo largo de esta tesis. Además se puede acceder a las aplicaciones implementadas (código fuente) de cada una de las prácticas. Mediante las siguientes figuras se describe brevemente la conformación de la guía de aprendizaje interactiva ATMEGA/CRI.



Figura.IV.65. Ambiente de trabajó de la Guía de Aprendizaje ATMEGA/CRI.

Fuente: Los Autores.



Figura.IV.67. Reproducción del Video Tutorial de la práctica.

Fuente: Los Autores.

```
$regfile = "m32def.dat"
$crystal = 8000000
$baud = 9600

$hwstack = 64
$swstack = 64
$sframesize = 64

' default use 32 for the hardware stack
' default use 10 for the SW stack
' default use 40 for the frame space

'Open "comA:0:9600,8,n,1,inverted" For Output As #1
Print "TEST MMC"

Dim I As Word
Dim Btemp1 As Byte
Dim Ff As Byte
Dim Pointer As Long
Dim S As String * 1

Print "TEST DRIVE DOS COMPILADO EN: " & Version()
Print "ESPERAMOS LECTURA DE MMC"

Do
  $include "Config_MMC_M32.bas"
  If Gdriveerror > 0 Then
    Print "Error durante INICIO MMC: " & Gdriveerror
  End If
  Waitas 250
Loop Until Gdriveerror = 0

$include "Config_AVR-DOS.BAS"
Print "INICIAR SISTEMA DE ARCHIVOS ... ";

Do
  Btemp1 = Initfilesystem(1)
  If Btemp1 <> 0 Then
    Print "ERROR: " & Btemp1 & " AL INICIAR ARCHIVOS"
  End If
  Waitas 250
Loop Until Btemp1 = 0
Print "INICIO ARCHIVOS CORRECTO"

Ff = Freefile()
Open "ESPOCH.txt" For Output As #ff
```

Figura.IV.68. Accediendo al código fuente de la práctica.

Fuente: Los Autores.

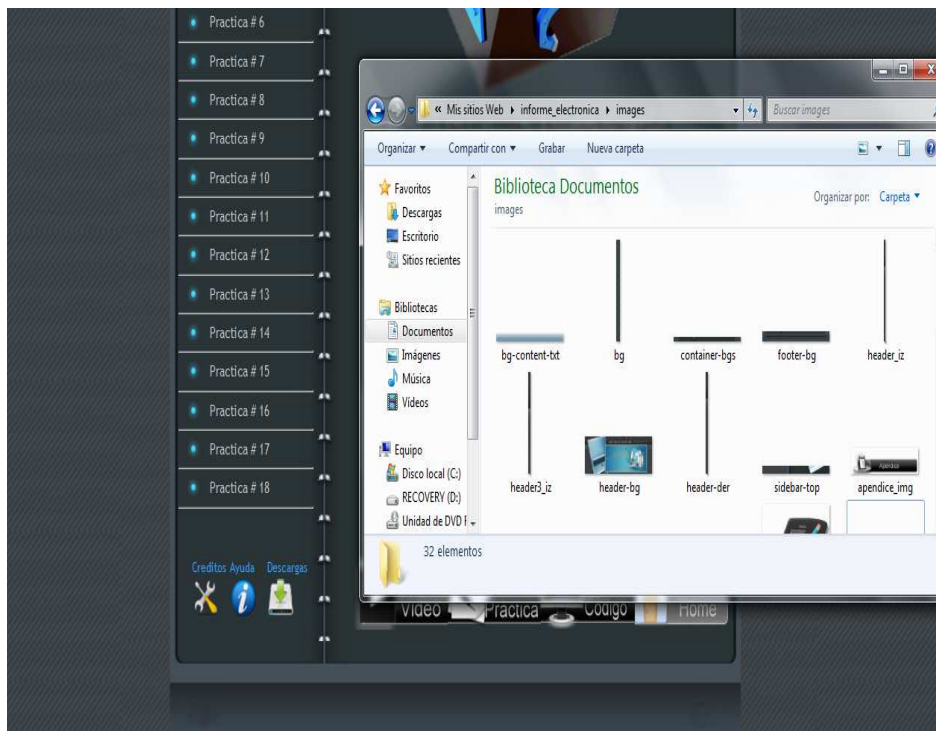


Figura.IV.69. Zona de Descarga de la Guía de Aprendizaje ATMEGA/CRI.

Fuente: Los Autores.

CAPÍTULO V

PRUEBAS Y RESULTADOS

5.1. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE ENTRENAMIENTO JL AVR TRAINER

Una vez finalizada la construcción e implementación del entrenador y la guía de aprendizaje ATMEGA/CRI, se procedió a comprobar los resultados obtenidos del funcionamiento de todos los módulos del sistema.

El PROGISP presenta en la PC una pantalla con un amplio menú de opciones para la configuración y la programación de los microcontroladores.

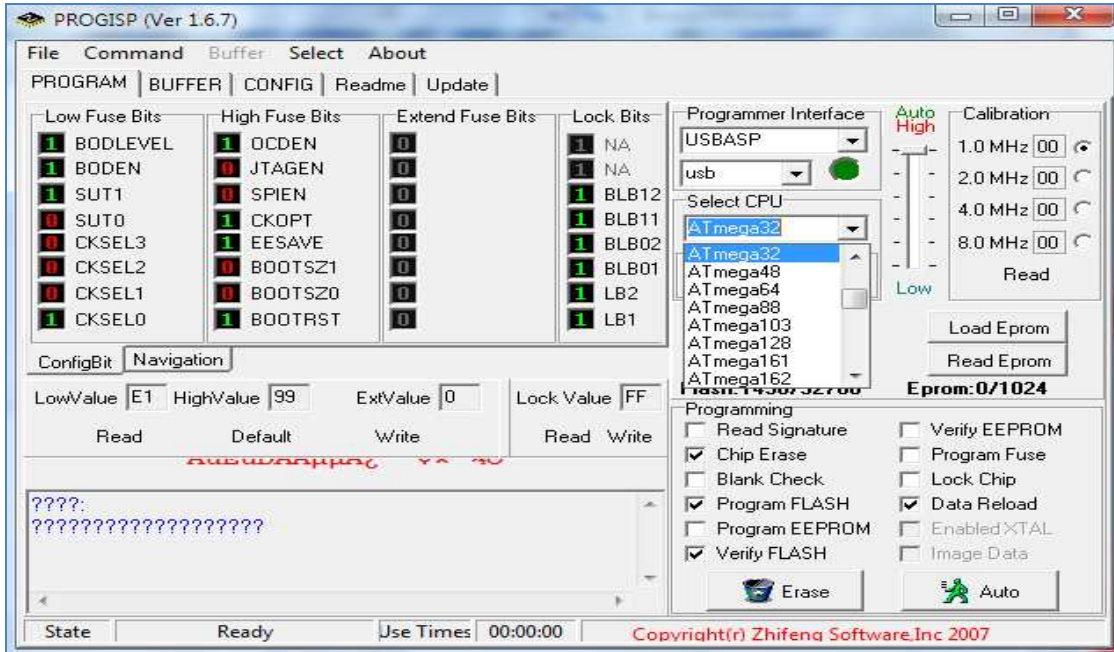


Figura.V.70. Ambiente de programación de PROGISP.

Fuente: Los Autores.

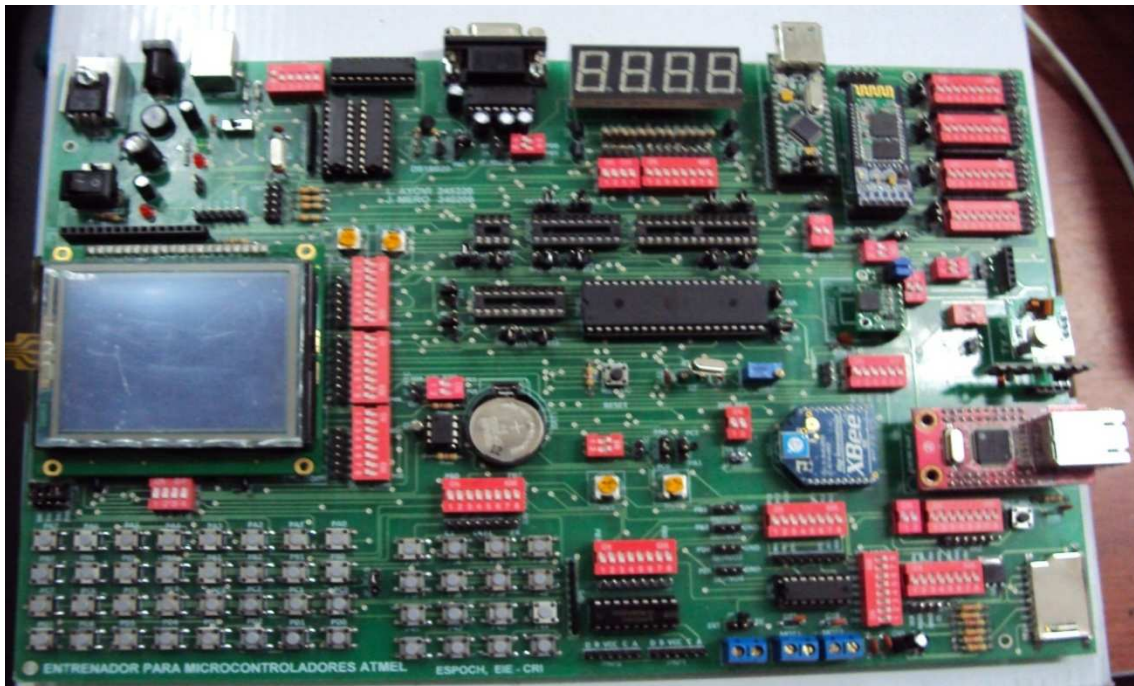


Figura.V.71. Sistema de Entrenamiento JL AVR TRAINER.

Fuente: Los Autores.

Se realizó el diseño, programación y proyección de una imagen monocromática en una pantalla LCD grafica de 128X64 para lo cual se programó un microcontrolador ATMEGA 32.

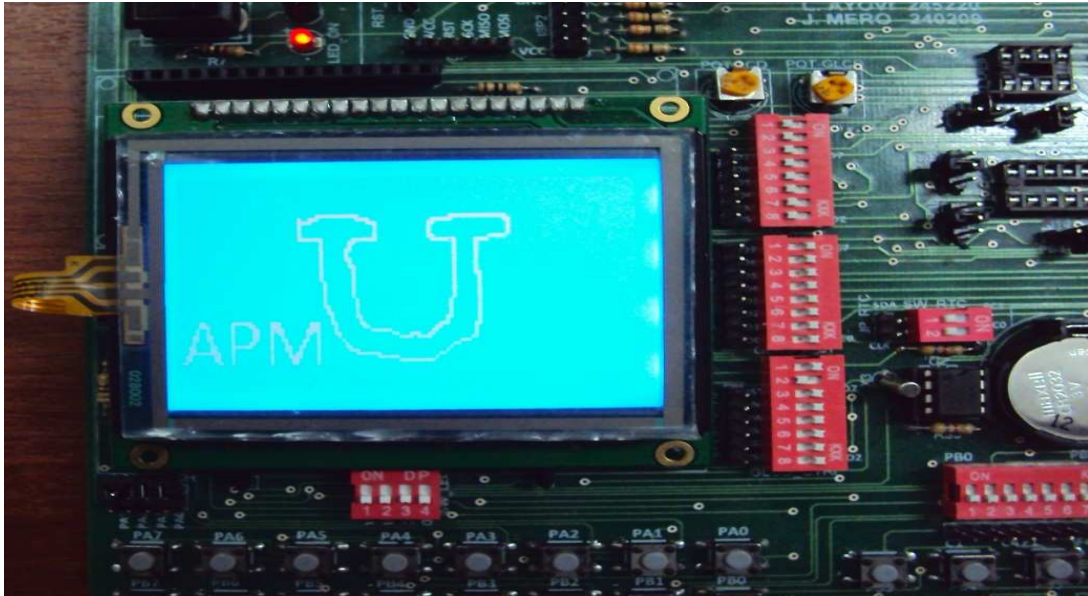


Figura.V.72. Proyección de una imagen monocromática en el GLCD.

Fuente: Los Autores.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 para controlar la velocidad de un motor PAP unipolar mediante cuatro pines del microcontrolador intercambiando sus estados de 1 a 0 y dicho cambio significa un paso en las bobinas del motor. El motor cuenta con 4 bobinas internas A, B, C y D, y el orden que se debe considerar al momento de la programación es A, C, B y D.

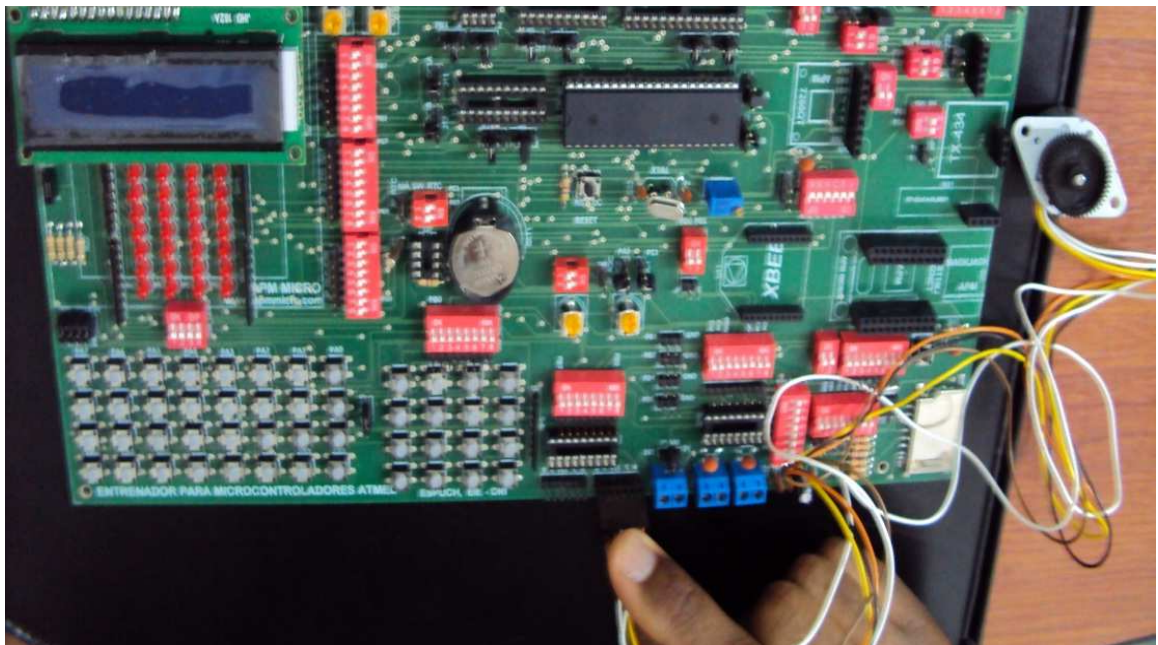


Figura.V.73. Control de velocidad de un motor PAP Unipolar.

Fuente: Los Autores.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 debido a que el módulo exige un microcontrolador con memoria mayor a 4 Kbytes, con el objetivo de crear y escribir un archivo .txt con palabras específicas declaradas en el código vía SPI, *figura.V.74*.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 para manejar en módulo ADC debido a que posee 8 canales ADC de 10 bits y presentar los resultados en una pantalla LCD, dichos resultados varían entre 8 y 1023 debido a la impedancia que generan todas las conexiones a los pines del microcontrolador, el módulo no llega a un valor 0 por lo que se toma el 8 como dicho valor, *figura.V.75*.

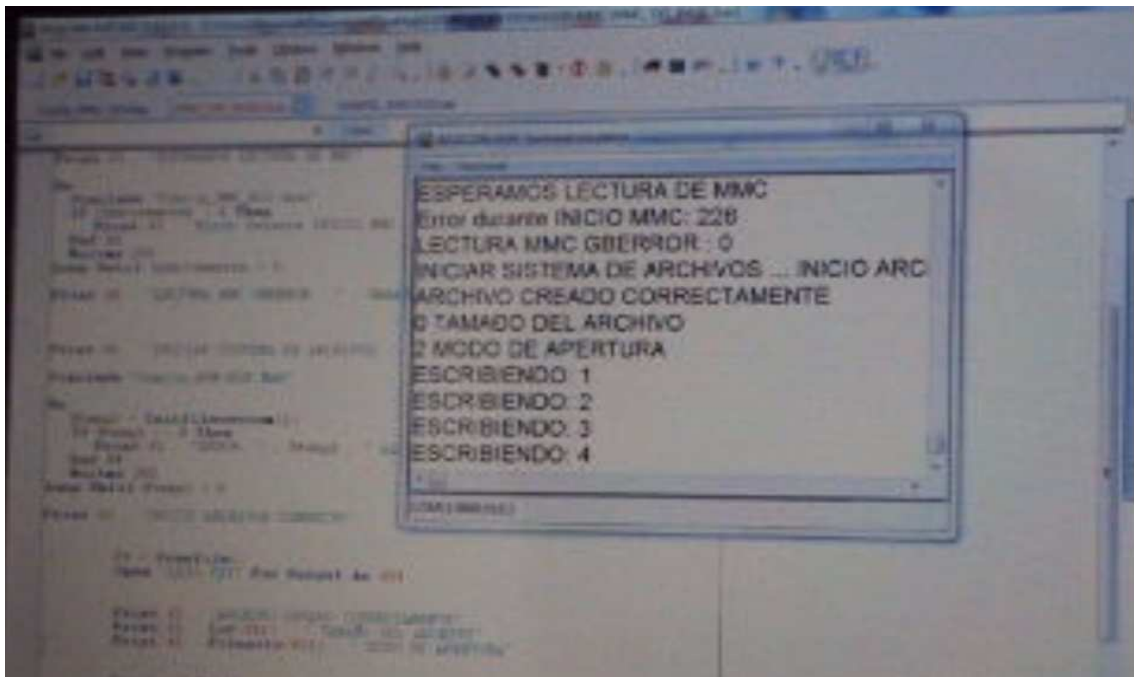


Figura.V.74. Escribiendo un archivo .txt en una MMC CARD.

Fuente: Los Autores.



Figura.V.75. Prueba del ADC.



Figura.V.76. Configuración del XBEE.

Fuente: Los Autores.

Se programaron dos microcontroladores un ATMEGA 32 y un ATMEGA 48 para comunicar inalámbricamente los sistemas de desarrollo utilizando dispositivos XBEE. Los dispositivos XBEE solo se pueden comunicar entre ellos y debieron ser previamente configurados dándoles direcciones únicas con las cuales se les podrá llamar

desde el microcontrolador utilizando el software XCT-U y el hardware XBEE-EXPLORER, *figura.V.76*.



Figura.V.77.Comunicación Inalámbrica entre los sistemas de entrenamiento mediante el módulo XBEE.
Fuente: Los Autores.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 para que visualice en una pantalla LCD el valor y la posición de un teclado matricial de 4X4.



Figura.V.78. Verificación mediante el LCD del funcionamiento del Teclado Matricial.

Fuente: Los Autores.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 para manejar el dispositivo BC 417 y comunicarse vía Bluetooth con una PC, para lo cual se emplea el software Blue_Soleil para administrar el bluetooth de la PC y establecer el enlace ingresando la clave del módulo “1234”, *figura.V.79.*

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 para generar un contador de 4 dígitos utilizando un display de 7 segmentos manipulable mediante el módulo de pulsadores, *figura.V.80.*



Figura.V.79. Comunicación Bluetooth entre el Sistema de Desarrollo y la PC.
Fuente: Los Autores.



Figura.V.80. Prueba del Display de 7 Segmentos.
Fuente: Los Autores.

Se programó un microcontrolador ATMEGA 32 debido a que el módulo exige un microcontrolador con memoria mayor a 4 Kbytes, para que el microcontrolador entre a formar parte de la red ya que posee una dirección, una máscara y una MAC diferente, luego de lo cual se procedió a hacer ping desde una PC conectada a la red. El módulo WIZ811MJ convierte lo que se tiene en el microcontrolador vía SPI a Ethernet, es decir

permite que los demás miembros de la red puedan acceder al microcontrolador y recibir información de este.

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.
Tiempo de espera agotado para esta solicitud.

Estadísticas de ping para 192.168.0.125:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 0, perdidos = 4
  (100% perdidos),

C:\>ping 192.168.0.125

Haciendo ping a 192.168.0.125 con 32 bytes de datos:

Respuesta desde 192.168.0.125: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.125: bytes=32 tiempo=2ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.125: bytes=32 tiempo=50ms TTL=128
Respuesta desde 192.168.0.125: bytes=32 tiempo=3ms TTL=128

Estadísticas de ping para 192.168.0.125:
  Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
  (0% perdidos),
Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
  Mínimo = 2ms, Máximo = 50ms, Media = 14ms

C:\>
```

Figura.V.81. Haciendo ping al microcontrolador desde una PC de la red.

Fuente: Los Autores.

5.2 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.

Para la CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE ENTRENAMIENTO PARA MICROCONTROLADORES PARA LA EIE-CRI, se realizó una encuesta (formato de la encuesta en ANEXO F) a los estudiantes que desarrollaron 5 prácticas básicas mediante el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER.

Con la información recopilada se procedió a realizar la tabulación de los datos que se hizo a 25 estudiantes de la Escuela de Ingeniería de Electrónica.

Primera Pregunta: ¿Considera que la práctica es importante para reforzar la teoría impartida en el aula de clases?

Tabla.V.VII. Resultados de la pregunta número 1 de la encuesta.

PRIMERA PREGUNTA	
SI	NO
25	0

Fuente: los Autores.

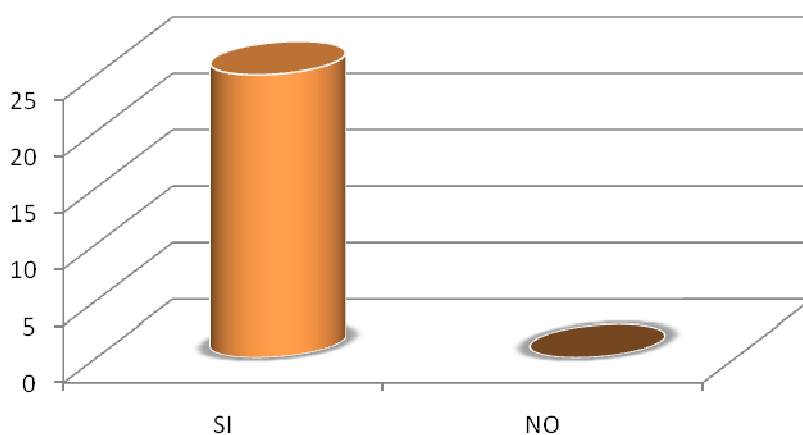


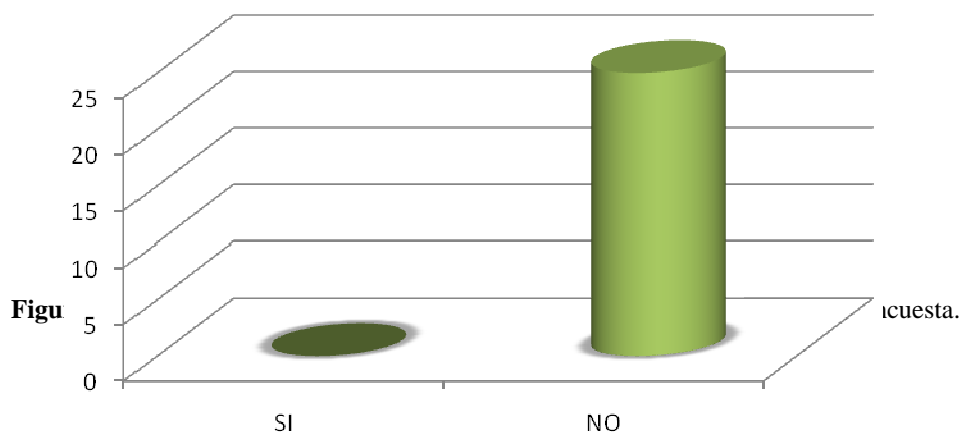
Figura.V.82. Porcentajes de aceptación y rechazo de la primera pregunta de la encuesta.

Segunda Pregunta: ¿Ha realizado anteriormente prácticas utilizando entrenadores para microcontroladores de la marca ATMEL?

Tabla.V.VIII. Resultados de la pregunta número 2 de la encuesta.

SEGUNDA PREGUNTA	
SI	NO
0	25

Fuente: los Autores.

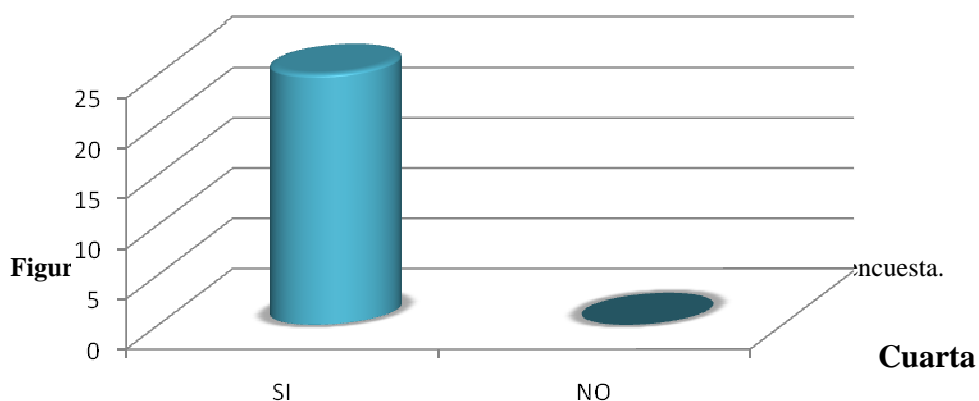


Tercera Pregunta: ¿Considera que el sistema de entrenamiento para microcontroladores ATMEL fortalece los conocimientos de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales?

Tabla.V.IX. Resultados de la pregunta número 3 de la encuesta.

TERCERA PREGUNTA	
SI	NO
25	0

Fuente: los Autores.



Pregunta: ¿Considera que este tipo de entrenadores se debería implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales?

Tabla.V.X. Resultados de la pregunta número 4 de la encuesta.

CUARTA PREGUNTA	
SI	NO
25	0

Fuente: los Autores.

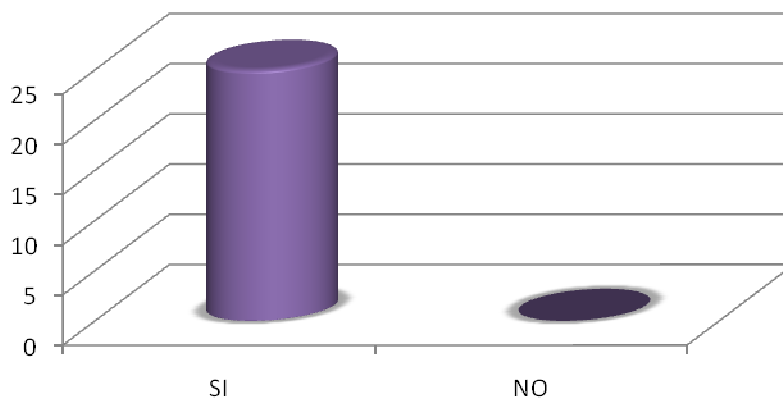


Figura.V.85. Porcentajes de aceptación y rechazo de la cuarta pregunta de la encuesta.

Fuente: Los Autores.

Como se observa en las tablas y gráficos, las preguntas #1, #3 y #4 de la encuesta muestran una necesidad absoluta de este tipo de entrenadores y la pregunta #2 proyecta una carencia rotunda respecto al mismo, por lo tanto se ha comprobado que, el desarrollo del proyecto abrirá la posibilidad, a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, de emplear los microcontroladores ATMEL.

CONCLUSIONES

1. Se realizó una extensa investigación sobre el funcionamiento y operación de los microcontroladores ATMEL que permitió explorar y experimentar el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER.
2. Se diseñó e implementó módulos de salidas digitales mediante un conjunto de pulsadores que brindaron mayor facilidad en la realización de las prácticas.
3. Se diseñó e implementó módulos de salidas digitales mediante LCD, GLCD, Displays de 7 segmentos que nos permitieron tener un mayor nivel de comprensión en la ejecución de las prácticas.
4. Se diseñó e implementó un módulo de prueba de motores DC para brindar mayor facilidad en el estudio de las máquinas eléctricas.
5. Se reunieron todos los módulos en una tarjeta electrónica para brindar así todas las características de un sistema de entrenamiento y ofrecer así una completa comprensión de las prácticas.
6. Se realizó una comunicación serial en dos direcciones entre ambas tarjetas electrónicas para realizar prácticas de micro redes industriales.
7. En base a esta tesis se pudo demostrar la importancia de los microcontroladores para realizar distintas tareas de control en campos tecnológicos, académicos, investigativos e industriales.
8. Se concluye que BASCOM AVR es un lenguaje de programación estructurada de alto nivel, que brinda muchas ventajas con respecto a los otros lenguajes de programación, ya que permite la comunicación o manejo de interfaces SPI, I2C, UART, USB y 1WIRE.

RECOMENDACIONES

1. Los módulos que conforman el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER son sensibles a daños en caso de manipulaciones incorrectas, es por eso que se recomienda que este equipo sea utilizado por estudiantes que posean conocimientos básicos de electrónica, y que ejecuten las instrucciones de la guía de aprendizaje y del manual de usuario.
2. Para las distintas conexiones utilizar los cables provistos en el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER o hacer referencia a los requerimientos y conexión de cada práctica de la guía de aprendizaje para evitar daños.
3. Se recomienda la difusión de BASCOM AVR en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, ya que es un lenguaje que puede ser ocupado para realizar una gran gama de aplicaciones relacionadas con la electrónica, logrando facilitar el entendimiento de los códigos fuente de la guía de aprendizaje, lo cual permitirá que esta tesis sirva como una herramienta de aprendizaje de implementación de aplicaciones de BASCOM AVR para el control de procesos industriales.
4. En caso de existir cualquier duda sobre los temas expuestos en la implementación de esta tesis se recomienda realizar un estudio profundo de los libros y documentos electrónicos provistos en la zona de descarga de la Guía de Aprendizaje Interactiva ATMEGA/CRI.

RESUMEN

Se realizó la construcción de un sistema de entrenamiento de microcontroladores ATMEL para la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales de la ESPOCH.

Los métodos utilizados son deductivo puesto que partimos de la selección de componentes acorde a requerimientos establecidos y disponibilidad en el mercado para el desarrollo del sistema y experimental porque se plantearon prácticas de programación, mismas que permiten probar el funcionamiento del sistema de entrenamiento de microcontroladores ATMEL.

Para la construcción del sistema de entrenamiento se utilizó materiales como, hardware: microcontrolador SMD ATMEGA 8 como la CPU del programador, un LCD, un GLCD, un juego de pulsadores, un teclado matricial, leds, ADC, puesto de prueba de motores PAP y DC, un lector MMC/SD, un puerto serial RS232, módulos embebidos, un XBEE, un cristal externo, un voltaje de referencia y software: Windows 7/64 bits y PROTEUS.

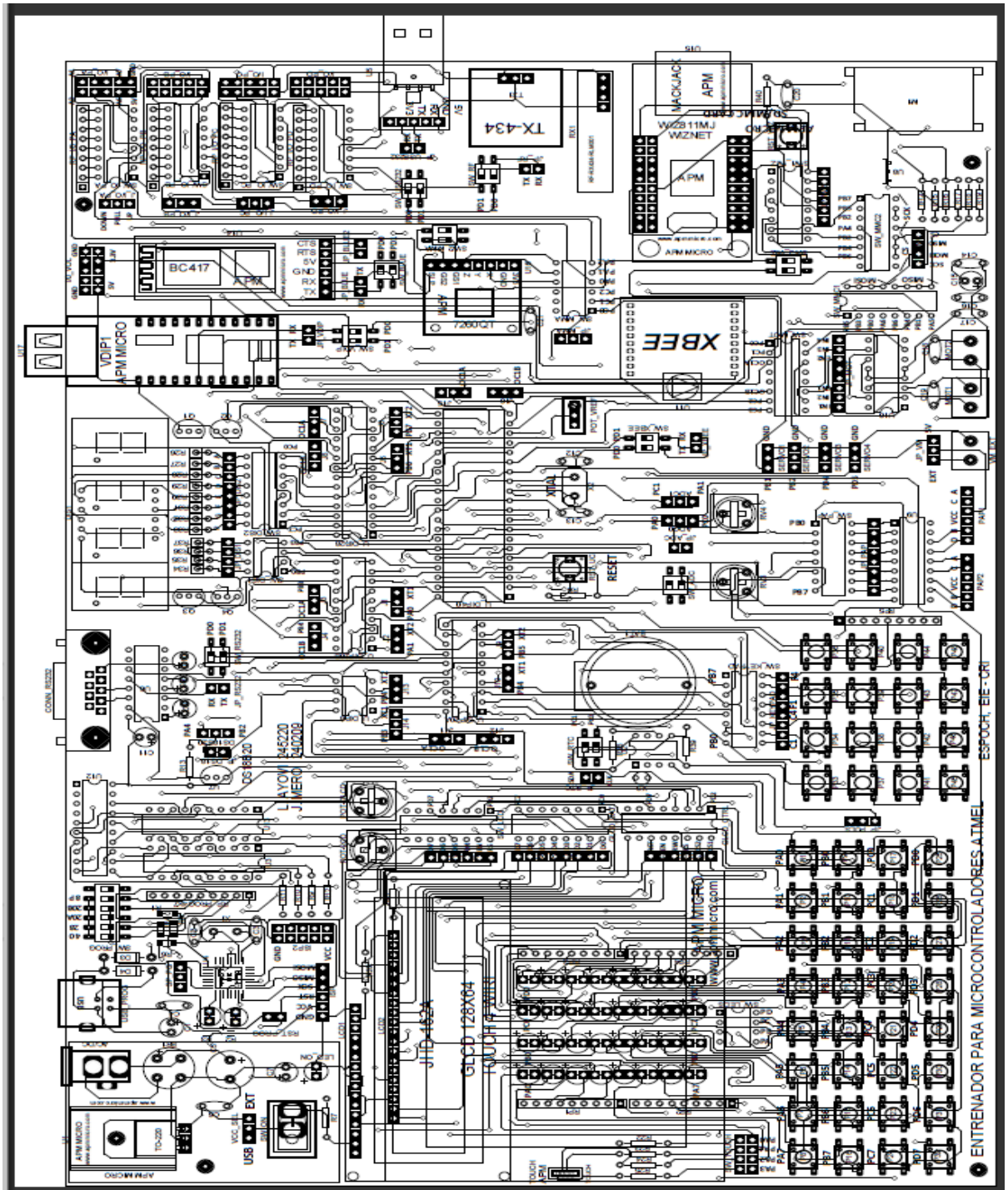
Se obtuvo como resultado un 100% de aceptación al aplicar encuestas a docentes y estudiantes demostrando excelente desempeño del sistema de entrenamiento fortaleciendo el proceso de enseñanza aprendizaje.

El sistema de entrenamiento de microcontroladores ATMEL es una herramienta de aprendizaje didáctica que permitió a los estudiantes de los últimos niveles probar sus códigos de programación obteniendo óptimos resultados y brindando así una mayor comprensión en el estudio de los microcontroladores ATMEL.

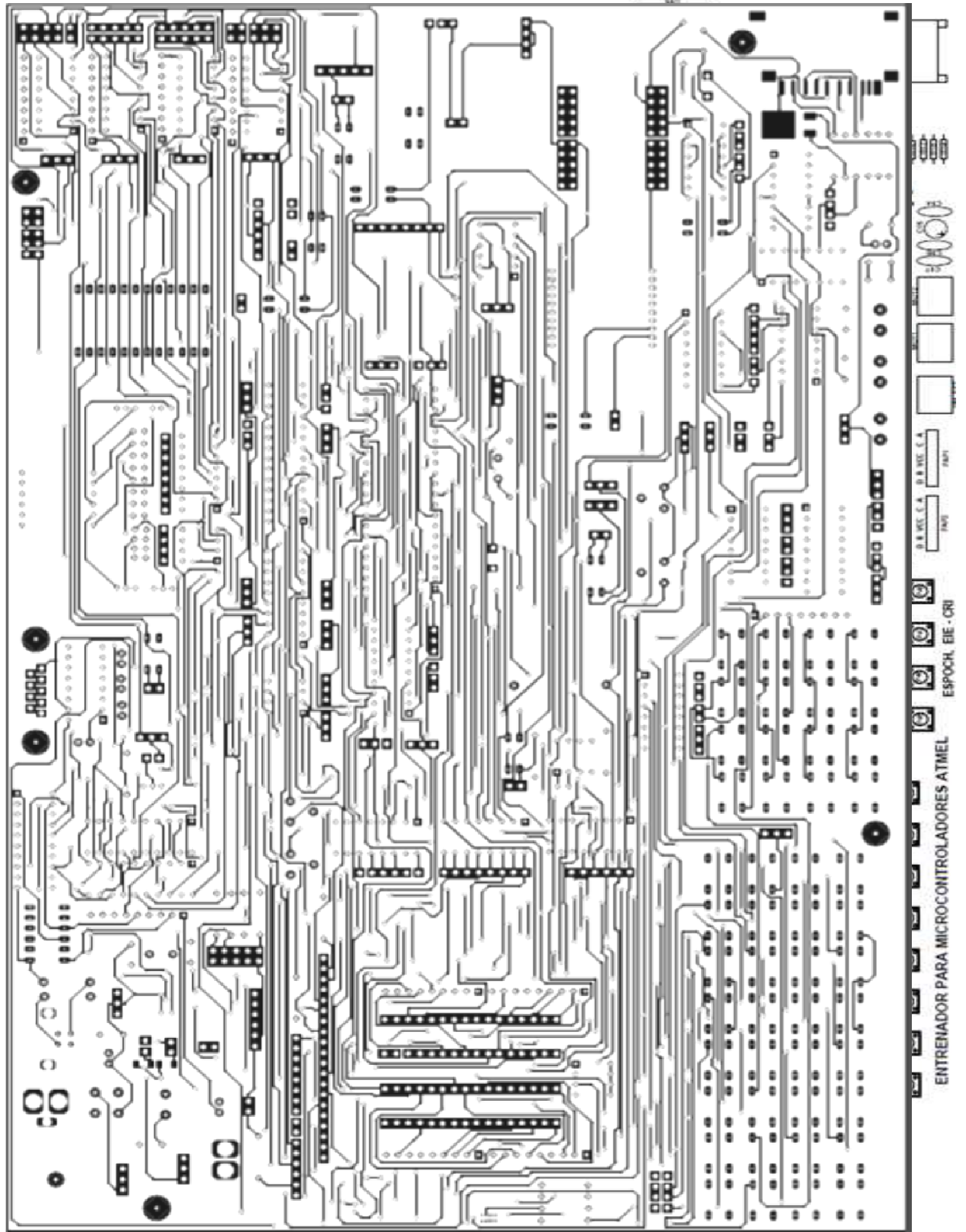
Para preservar el sistema de entrenamiento de microcontroladores ATMEL se recomienda a los asistentes del laboratorio mantenerlo alejado de ambientes húmedos para evitar errores en su operación y preservar su tiempo de vida útil.

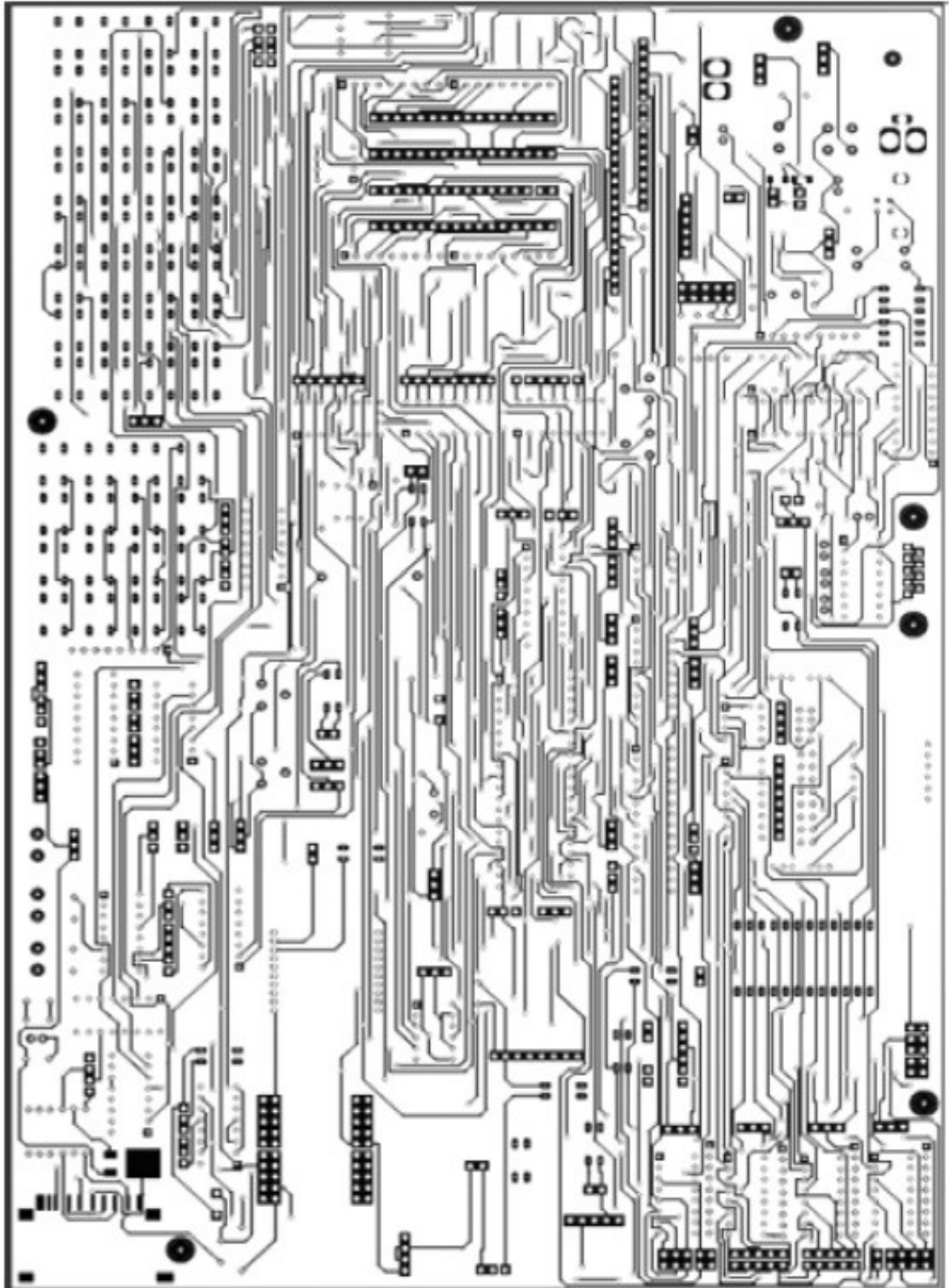
ANEXOS

ANEXO A.- Esquema de conexión del circuito impreso del Sistema de Desarrollo JL
AVR TRAINER.



ANEXO B.- Diseño de pistas del Circuito Impreso JL AVR TRAINER.





ANEXO C.- Diagrama de pines de los microcontroladores ATMEL soportados en el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER.

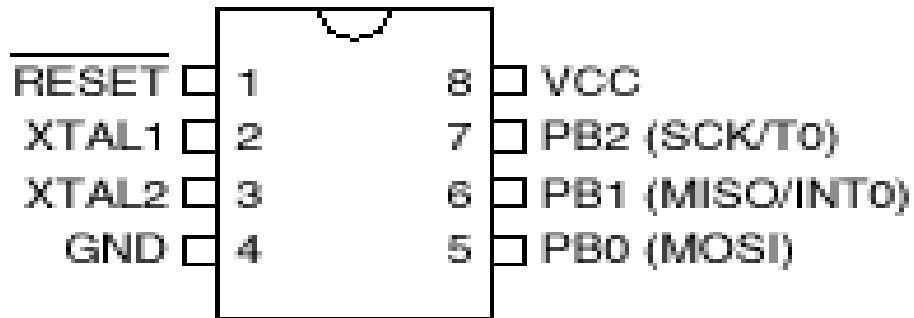


Diagrama de pines del ATtiny13.

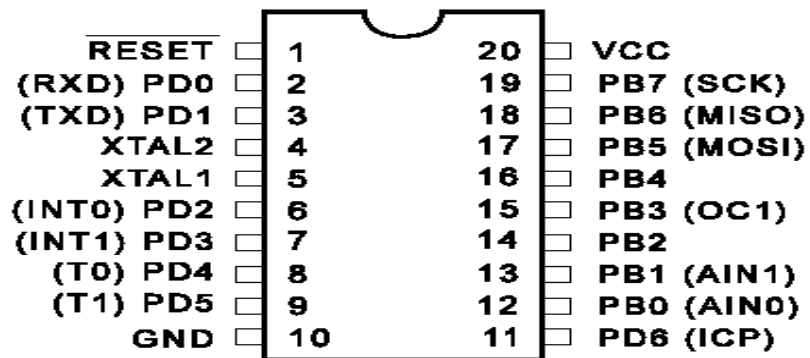


Diagrama de pines del ATtiny1249

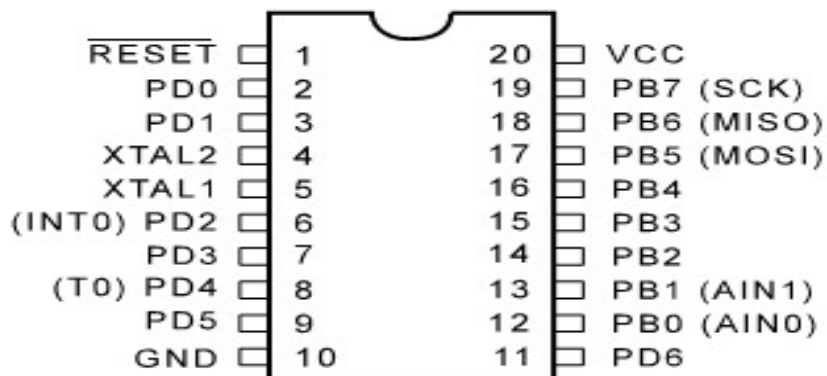


Diagrama de pines del ATtiny26.

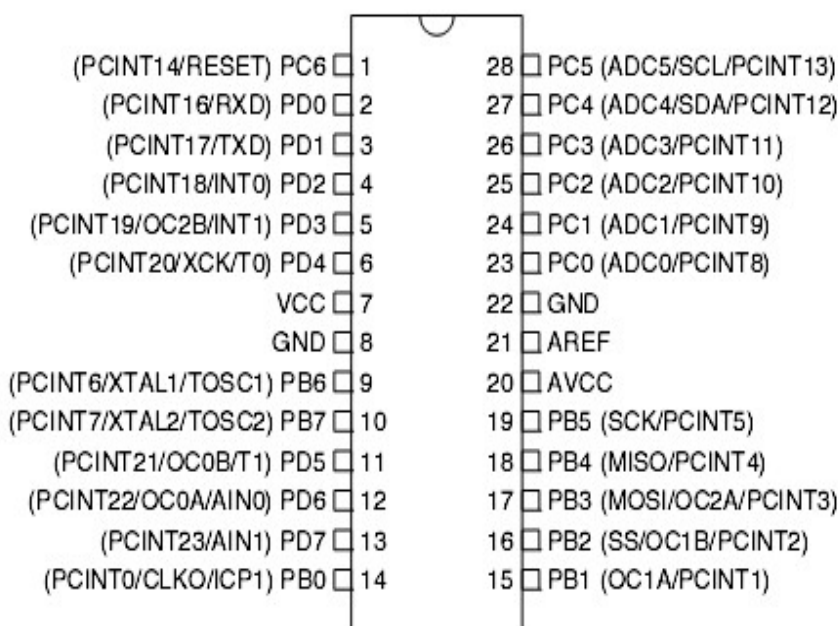


Diagrama de pines del ATMEGA48.

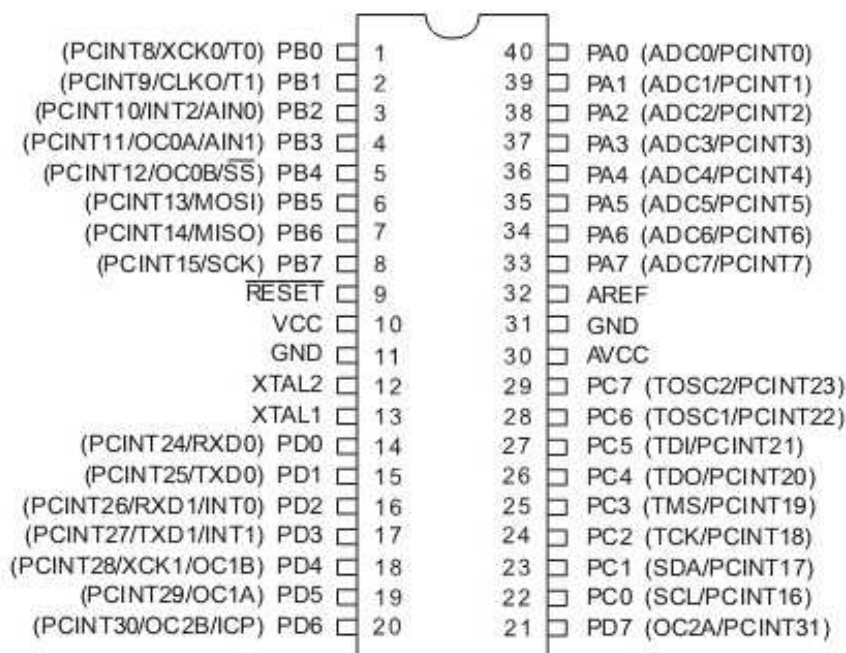


Diagrama de pines del ATMEGA16P4.

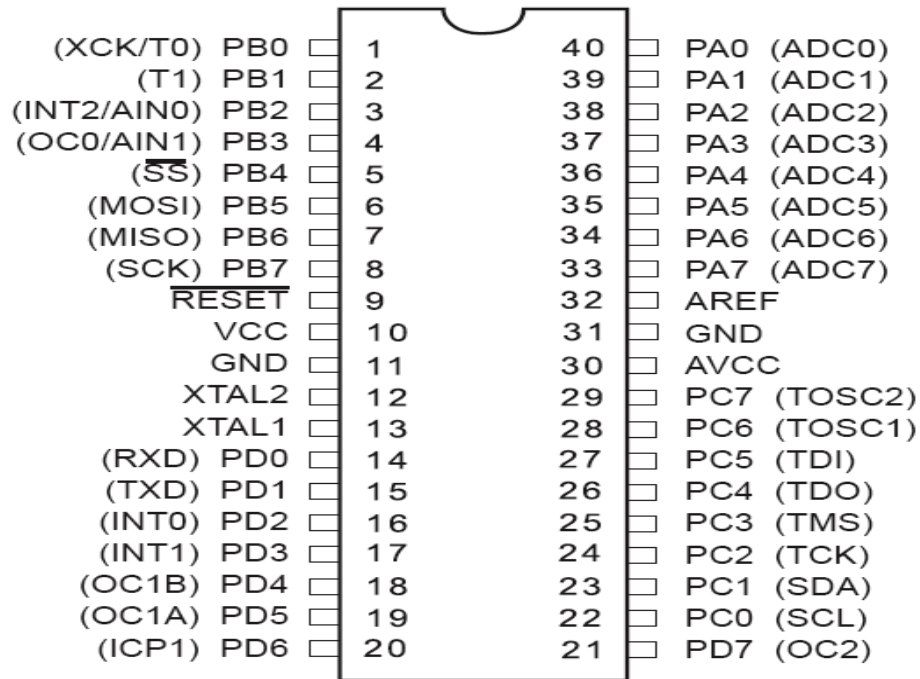
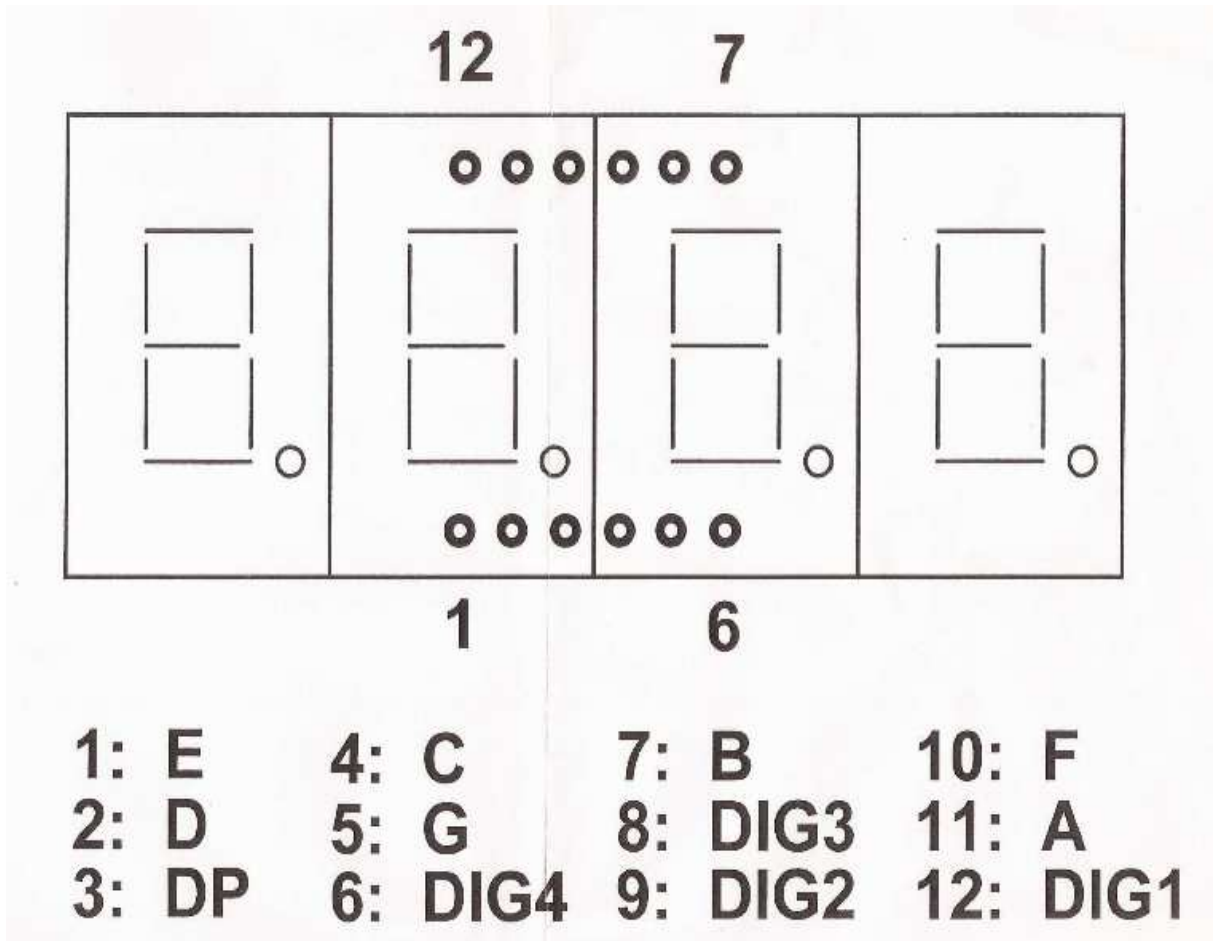


Diagrama de pines del ATMEGA32.
ANEXO D.- Diagrama de pines del display de 7 segmentos soportado en el sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER.



ANEXO E.- Esquema en PROTEUS del sistema de entrenamiento JL AVR TRAINER.

ANEXO F.- Formato de la encuesta realizada a los estudiantes de la Escuela de Ingeniería. Electrónica.



**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

SEMESTRE:

FECHA:

Objetivo:

Determinar si el sistema de entrenadores para microcontroladores ATMEL fortalece los conocimientos de los estudiantes de la escuela de ingeniería electrónica en control y redes industriales de la ESPOCH.

Instrucciones:

- Lea detenidamente cada pregunta y marque con una X la respuesta que UD considere adecuada.
- En la opción "¿Por qué?", conteste con letra legible.

Cuestionario:

1. ¿Considera que la práctica es importante para reforzar la teoría impartida en el aula de clases?

SI

NO

¿Por qué?

2. ¿Ha realizado anteriormente prácticas utilizando entrenadores para microcontroladores de la marca ATMEL?

SI

NO

¿Por qué?

3. ¿Considera que el sistema de entrenamiento para microcontroladores ATMEL fortalece los conocimientos de los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales?

SI

NO

¿Por qué?

4. ¿Considera que este tipo de entrenadores se debería implementar en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y redes Industriales?

SI

NO

¿Por qué?

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **COLLAGUAZO., G.,** Microcontroladores ATMEL AVR Lenguaje Basic (BASCOS AVR)., 4a.ed., Quito – Ecuador., Multicolor., 2009., Pp 22-110.

- [2] **RAMOS., G.,** Curso práctico de Electrónica Industrial y Automatización., 4a.ed., Pereira – Colombia., CEKIT., 2002., Pp 151-155, 231-232.

- [3] **REYES., C.,** Aprenda rápidamente a programar Microcontroladores., 3a.ed., Quito – Ecuador., Ayerve., 2008., Pp 15-115.

- [4] **VALENCIA., R.,** Aplicaciones Electrónicas con Microcontroladores AVR Lenguaje Basic (BASCOS AVR)., 3a.ed., Ibarra – Ecuador., Graficolor., 2008., Pp 72-90.

BIBLIOGRAFÍA INTERNET

- [5] **SENSOR DS18B20 (DATASHEET)**
<http://www.uib.es/depart/>
2009/06/23

- [6] **MMA7361 (DATASHEET)**
<http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/>
2009/09/15

[7] **BC-417 (DATASHEET)**

<http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/>

2009/07/17

[8] **WIZ811MJ (DATASHEET)**

http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/sis_ele_comunicacio/

2009/08/03

[9] **RF-434 (DATASHEET)**

<http://www.uib.es/depart/dfs/GTE/education/telematica/>

2009/09/11