aas8469

Universidad Católica
ANDRÉS BELLO
Facultad de Ingeniería – Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería

Guía de ejercicios propuestos para la materia de Electrónica Digital

Trabajo de Ascenso

Presentado ante la

Universidad Católica Andrés Bello

Como requisito para optar a la categoría de: **Profesor Asistente**

Realizado por: **Ing. Carlos Emilio Porras, C.I. 19.400.276**

Profesor a tiempo completo del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería

Fecha: Caracas, Octubre de 2014.

TESIS
ITC2014
P6

Resumen

En este trabajo se presenta el desarrollo de una guía de ejercicios propuestos para el estudio de los microcontroladores en el curso de Electrónica Digital de la Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones de la UCAB. Se utiliza el microcontrolador PIC16F84A de la casa Microchip® por su facilidad de uso en fines académicos.

Se presenta la recopilación de ejercicios diseñados y planteados a los estudiantes de ingeniería que tomaron el curso, entre los periodos de 2010 a 2014. Incluye sugerencias básicas y herramientas de código generales para la interpretación y resolución de los problemas en general y sugerencias para su comprobación.

Este trabajo se presenta a la Universidad como trabajo de ascenso para subir en el escalafón académico a Profesor Asistente.

Palabras claves: Electrónica, Microcontroladores, Lenguaje Assembler, MPLAB, PROTEUS.

Introducción

La electrónica digital es un área del conocimiento de mucho interés e importancia para los estudiantes de ingeniería en general, debido a que como ingenieros sus herramientas de trabajo, maquinarias a supervisar, equipos y tecnología en general funciona con componentes electrónicos casi en su totalidad, y esto se hace aún más cierto a medida que avanza nuestra cultura tecnológica en la que los aparatos electrónicos se hacen cada vez más fuertemente parte inseparable de nuestras vidas cotidianas. Tiene sin embargo especial interés para los estudiantes de ingeniería electrónica, de telecomunicaciones, informática, industrial y afines, comprendiendo uno de los pilares fundamentales del saber de las principales actividades humanas de la actualidad: las telecomunicaciones.

Así bien, estudiar Electrónica permite no solo entender el funcionamiento de nuestra tecnología, permite comprender que sin el avance, mejora y perfeccionamiento de los componentes electrónicos las aplicaciones tecnológicas quedarías todas expresadas en el papel, como muchas ideas que conocemos hace años y la ciencia ficción sueña y conceptualiza, pero están en la impaciente espera de la tecnología que permita aplicarlas, como hace varios años lo fueran las pantallas táctiles y los telecomunicadores (teléfonos celulares) cuyos atisbos se vieron en series futurísticas como Viaje a las estrellas (*Star Trek*) y años después, cuando la tecnología maduro lo suficiente, se hicieron no solo realidad, si no que revolucionaron nuestra sociedad.

La enseñanza de la electrónica digital consiste fundamentalmente en entender el comportamiento de los componentes electrónicos o electromecánicos, la arquitectura básica y las aplicaciones, las operaciones lógicas, el desarrollo de algoritmos y su programación, y el diseño de los circuitos. Cada uno de ellos puede profundizarse a un nivel muy minucioso y específico, algoritmos complejos, o composición química de los componentes y el origen de su comportamiento a nivel de las reacciones moleculares, pero es el deber de quien estudia la electrónica integrar los suficientes conocimientos de cada parte para su saber y comprensión general. Es por ello que se requiere una metodología adecuada para enseñar electrónica digital y herramientas que persigan objetivos claros bien definidos para abordar cada una de las sub áreas del saber general.

Se propone como parte de las herramientas de la enseñanza y estudio de la electrónica digital, el siguiente problemario, cuidadosamente elaborado y estructurado para plantear situaciones que permitan comprender y ejercitar el uso de la teoría, desde un punto de vista completamente práctico, proponiendo aplicaciones que den solución a problemas que pueden encontrarse fácilmente en la vida cotidiana, tanto profesional como personal.

Cabe destacar que este librillo de ejercicios planteados forma parte de las herramientas diseñadas y utilizadas por el autor en el curso de Electrónica Digital orientado al desarrollo de competencias.

Acerca del Autor

El Ing. en Telecomunicaciones Carlos Emilio Porras Pacheco inició la enseñanza de la Electrónica Digital como preparador (asistente del profesor) en el año 2010. Luego de obtener el grado de ingeniero en el 2012, siguió trabajando en el ámbito académico, desempeñándose como profesor a tiempo completo en la UCAB e investigador del Centro de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de la misma universidad. Continuó dictando la cátedra de Electrónica Digital y especializándose en Docencia Universitaria orientada al desarrollo de Competencias.

Agradecimientos

Quiero agradecer a las Br. **Adriana Pía Aymerich** y Br. **Altair Adelina Cáceres Castro** por su colaboración en la revisión conjunta de los ejercicios, sus propuestas y el apoyo dado durante la realización de este trabajo.

Nota para el Estudiante

Los ejercicios planteados en esta guía tienen como objetivo proponerle a quienes toman cursos de Electrónica Digital, problemas que además de requerir los conocimientos teóricos de la materia presentan situaciones que con seguridad se podrán encontrar en lo cotidiano, tanto personal como profesionalmente, y que le permitan desarrollar habilidad en el uso y manejo de los microcontroladores.

"El estudio de la electrónica digital puede ser una muy grata experiencia si se permite disfrutarla, se revela a sí misma y se muestra a quienes la ven con la mirada de quien ve un libro que no ha leído, con sed de conocimiento."

CEPP

Contenido

Tabla de contenido

Capítulo I: Planteamiento del Problema 11
I.1 Antecedentes del Problema 11
I.2 Planteamiento del Problema 12
I.3 Objetivos del Proyecto 12
I.3.1 Objetivo General 12
I.3.2 Objetivos Específicos 12
I.4 Alcances y limitaciones del Proyecto 13
I.4.1 Alcances 13
I.4.2 Limitaciones 13
I.5 Justificación del Proyecto 13
Capítulo II: Marco Teórico 15
II.1 Introducción 15
II.2 Fundamentos teóricos 15
II.2.1 Electricidad 15
II.2.2 Carga Eléctrica 15
II.2.3 Voltaje 15
II.2.4 Corriente eléctrica 15
II.2.5 Resistencia eléctrica 16
II.2.6 Ley de Ohm 16
II.2.7 Campo eléctrico 16
II.2.8 Campo Magnético 16
II.2.9 Conductores y aislantes 16
II.2.10 Semiconductores 16
II.2.11 Superconductores 17
II.2.12 Diagramas de flujo 17
II.2.13 Diagramas de sistema 17
II.2.14 Algoritmo 18

II.2.15 Componente electrónico 18
II.2.16 Diodo LED 18
II.2.17 Interruptores y Pulsadores 18
II.2.18 Relés 19
II.2.19 Display de siete segmentos 19
II.2.20 Zumbador 20
II.2.21 Transistores 20
II.2.22 Microprocesadores 20
II.2.23 Microcontroladores 21
II.2.24 Arquitectura Interna 21
II.2.25 Protoboard 21
II.2.26 Grabadores 22
II.2.27 Instrucciones 22
II.2.28 TMR0 22
II.2.29 Interrupciones 22
II.2.30 Nemónicos 23
II.3 Herramientas de software 23
II.3.1 Lenguaje de programación Assembler 23
II.3.2 Programa WinPic 23
II.3.3 Entorno de programación MPLAB 23
II.3.4 Proteus Profesional 24
Capítulo III: Metodología y Desarrollo 25
III.1 Metodología 25
III.2 Desarrollo 25
Capítulo IV: Resultados 27
IV.1 Referente al primer objetivo específico: Identificación de los contenidos teóricos a abarcar con la guía de ejercicios propuestos 27
IV.2 Referente al segundo objetivo específico: Recopilar los ejercicios que se han desarrollado en clase en los periodos académicos entre Octubre 2011 y Febrero 2014 28
IV.3 Referente al tercer y cuarto objetivo específico: Revisar e incluir estos ejercicios en la guía de ejercicios propuestos. Diseñar nuevos ejercicios 28
IV.4 Referente al quinto objetivo específico: Desarrollar ejercicios tipo de las diferentes secciones propuestas comprobando que abarque efectivamente los contenidos teóricos a ser estudiados 28

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones 29
V.1 Conclusiones 29
V.2 Recomendaciones 30
Anexos 31
1- Selección de la hoja de especificaciones del PIC16F84A de su fabricante Microchip 31
Apéndices 39
1- Recomendaciones para resolver los ejercicios 40
Simulación y grabación del PIC16F84A - Tutorial 42
2- Ejemplos de resolución de ejercicios 49
Manejo Básico del PIC 49
Registros 52
Con retardos de tiempo (TMR0) 54
Tablas 56
Interrupciones 58
Tipo examen / proyecto 60
3- Ejercicios propuestos 61
Manejo Básico del PIC 62
Registros 68
Con retardos de tiempo (TMR0) 69
Tablas 70
Interrupciones 71
Ejercicios con más de un Pic (Tipo Examen) 74
Ejercicios con más de un Pic (Tipo proyectos) 75
4- Resumen de herramientas para manejo del PIC16F84A 77
5- Bibliografía recomendada para el estudiante 78
Referencias 79

Índice de Figuas

Figura 1 – Esquema de bloques para representar sistemas 17

Figura 2 – LED 18

Figura 3 – Relé 19

Figura 4 – Display 7 segmentos 19

Figura 5 – Zumbador 20

Figura 6 – Transistor 20

Figura 7 – Microcontrolador PIC16F84A 21

Figura 8 – Grabador 22

Figura 9 – Interfaz de MPLAB 24

Figura 10 – Interfaz de PROTEUS 24

Figura T-1. Pasos 1 y 2 de programación. Icono de MPLAB y pestaña de configuración del dispositivo 42

Figura T-2. Paso 5: Seleccionar construir 42

Figura T-3. Paso 6. Archivos generados 43

Figura T-4. Paso 7. Interfaz de Proteus 43

Figura T-5. Paso 8. Menú de Componentes en Proteus 43

Figura T-6. Paso 9. Ejemplo del montaje de un circuito 44

Figura T-7. Paso 12. Ruta del programa 44

Figura T-8. Paso 13. Simulación del circuito 45

Figura T-9. Alimentación del pic 45

Figura T-10. Captura (1) del WinPic800 46

Figura T-11. Captura (2) del WinPic800 46

Figura T-12. Placa grabadora de microcontroladores 47

Figura T-13. Captura (3) del WinPic800.....47

Figura T-14. Captura (4) del WinPic800.....48

Figura T-15. Captura (5) del WinPic800.....48

Figura 11 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Manejo básico del PIC...49

Figura 12 – Diagrama de flujo del ejercicio planteado de la sección: Manejo básico del PIC 50

Figura 13 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Registro 52

Figura 14 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: TMR0.....54

Figura 15 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Tablas 56

Figura 16 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Interrupciones 58

Figura EP-1 – Plataforma con sistema de balanceo 64

Figura EP-2 – Esquema de pista de "Desafío extremo" 64

Figura EP-3 – Esquema de flujos en canales de agua 65

Figura EP-4 – Tabla de personal de la empresa 70

Figura TE-1 - Diagrama conceptual del brazo robótico 74

Figura TP-1 – Esquema de la fábrica de galletas. 76

Figura R-1 - Diagramas de los tipos de Display s7 segmentos 77

Capítulo I – Planteamiento del Problema

I.1 Antecedentes al proyecto

Diseñar guías de ejercicios para resolverlos con los conocimientos teóricos no es algo que sea novedoso, pero tratándose de un curso que a diferencia de otros como Cálculo cuyos contenidos son clásicos e invariantes, trata de temas que aun cuando su contenido pudiese catalogarse también como clásico, son sus aplicaciones las que varían continuamente, de esta manera, aun cuando aparezcan nuevos lenguajes de programación, nuevos componentes electrónicos, arquitecturas más complicadas, su funcionamiento seguirá basándose en lo mismo y son esos temas los que aborda la Electrónica, permitiendo entender la tecnología que conocemos desde sus pasos embrionarios, hasta las aplicaciones actuales que parecen sacadas (y muchas veces lo son) de un buen libro de ciencia ficción al estilo de H.G.Wellls y Julio Verne.

En la universidad hay sin duda muchos trabajos similares al realizado en estas páginas, pero cada uno aporta en sus áreas de conocimiento respectivas. En el área de electrónica es importante mencionar un trabajo similar del Ing. Luis Uribe, realizado en el años 2004 y titulado Transformaciones entre flip-flops, en el que aborda un importante tema de la electrónica, que explica el funcionamiento de los biestables, tecnología que actualmente está a efectos prácticos obsoleta, pero que consta de suma importancia en el estudio de la evolución de la tecnología. Otro trabajo que no se puede dejar de mencionar es el trabajo de la Ing. Ma. Gabriela Rodríguez, titulado: y realizado en el 2012. Ambos trabajos fueron desarrollados como herramientas para los estudiantes de los respectivos cursos.

Cada generación debe aprender a utilizar la tecnología desde cero, desde el fuego hasta los reactores nucleares [1], por ello, es importante que se actualicen los contenidos prácticos, para que lo aprendido encuentre cabida en lo práctico, lo laboral y lo cotidiano, y sin dejar de entender de dónde venimos, para intentar descifrar hacia dónde vamos, al paso de nuestra tecnología, educación y cultura.

I.2 Planteamiento del problema

Al estudiar la teoría de un área de conocimiento como la electrónica digital es difícil para los estudiantes comprender en que aplicaciones prácticas se encuentran cuales conceptos, definiciones, etc. aun dando ejemplos concretos en clase, solo a través de las vivencias prácticas puede lograrse un adecuado aprendizaje. El aspecto social del avance de la tecnología a nivel de consumo nos ha hecho entenderla como "cajas negras" que funcionan para lo que necesitamos, pero el público en general no necesita saber que hay detrás de eso. Se plantea, para el caso especifico de Electrónica Digital, una guía de ejercicios propuestos que ejemplifique con aplicaciones prácticas, comunes en la vida diaria, y de fácil entendimiento, los contenidos de la materia referentes a los microcontroladores PIC, empezando por el manejo más básico de este componente programable, y agregando gradualmente las herramientas y características más avanzadas que permitan aplicaciones más complejas pero igual de comprensibles por los estudiantes, facilitando la comprensión de la materia y su estudio.

I.3 Objetivos del proyecto

A continuación se presentan los objetivos definidos para el desarrollo de este trabajo.

I.3.1 Objetivo General

- Diseño de una guía de ejercicios propuestos para el estudio de los microcontroladores PIC en la asignatura Electrónica Digital de la UCAB.

I.3.2 Objetivos Específicos

- Identificación de los contenidos teóricos a abarcar con la guía de ejercicios propuestos
- Recopilar los ejercicios que se han desarrollado en clase en los periodos académicos entre Octubre 2011 y Febrero 2014.
- Revisar e incluir estos ejercicios en la guía de ejercicios propuestos
- Diseñar nuevos ejercicios.
- Desarrollar ejercicios tipo de las diferentes secciones propuestas comprobando que abarque efectivamente los contenidos teóricos a ser estudiados.

I.4 Alcance y limitaciones del proyecto

A continuación se declaran el alcance a obtener con el proyecto y las limitaciones que se encontraron para su realización.

I.4.1 Alcance

- Este proyecto incluirá el diseño y la redacción de una guía de ejercicios que sirva a los estudiantes que cursan Electrónica Digital para el estudio del contenido teórico definido previamente sobre los microcontroladores.

- Incluirá una guía de cómo abordar y resolver los problemas en general, con herramientas de código (algoritmos) genéricos.

- Incluirá ejercicios resueltos tipo de cada sección de la guía, ya que se pretende que los estudiantes deben encontrar la solución a los problemas con las herramientas que estudia en clases, pero su lógica personal será un factor precisamente personal.

I.4.2 Limitaciones

- Este proyecto no incluirá la realización ni simulación de todos los ejercicios planteados.

I.5 Justificación del proyecto

La Electrónica Digital es sin duda alguna de suma importancia para los estudiantes de ingeniería de cualquier ámbito laboral, incluso como usuarios de la tecnología para su comprensión, el entendimiento de su funcionamiento y su evolución. El estudiar un curso de Electrónica abre las puertas al entendimiento de que hay detrás del funcionamiento interno de aparatos que utilizamos a diario, que van desde cafeteras con componentes digitales, hasta nuestros imprescindibles teléfonos celulares inteligentes.

La realización de este trabajo presume que como resultado se obtenga una poderosa herramienta didáctica que apoye a los estudiantes del curso de Electrónica Digital en el estudio de los contenidos teóricos definidos en esta guía. Es un esfuerzo académico que toma la experiencia en el planteamiento de problemas modernizados durante varias cohortes de este curso de Electrónica Digital, así como la evolución, maduración y revisión de los ejercicios propuestos, con la finalidad de brindar una herramienta de apoyo a los estudiantes que tomen las futuras ediciones de este curso.

Capítulo II: Marco Teórico

II.1 Introducción

En este capítulo se presenta el contenido teórico requerido para respaldar el desarrollo del proyecto. Su inclusión no pretende sustituir de ninguna manera a los libros de texto, sino presentar de una manera muy general el contenido teórico que se aborda en el curso y para el cual, se utiliza la guía desarrollada como apoyo académico.

II.2 Fundamentos teóricos

Las siguientes definiciones son importantes de entenderlas para el estudio de los microcontroladores.

II.2.1 ***Electricidad:*** La electricidad es un fenómeno físico natural que ocurre por la interacción de cargas eléctricas. La electricidad puede ser estática, cuando el exceso de carga eléctrica se acumula en ciertos materiales como consecuencia de un roce, o dinámica cuando existe flujo de cargas eléctricas en circulación a través de un material conductor. [2]

II.2.2 ***Carga eléctrica:*** Es una propiedad eléctrica de las partículas atómicas de las que se compone la materia, medida en Coulomb (C). [2]

II.2.3 ***Voltaje:*** tensión o diferencia de potencial, es la energía requerida para mover una carga unitaria a través de un elemento, medida en voltios (V). [3] Es decir, una magnitud física que impulsa a los electrones a lo largo de un conductor de un circuito eléctrico cerrado, provocando una corriente eléctrica [2].

II.2.4 ***Corriente eléctrica:*** Es la velocidad de cambio de la carga respecto al tiempo, medida en amperes (A). La corriente puede ser alterna (ca) cuando varia senoidalmente con el tiempo, y directa (cd) cuando permanece constante en el tiempo. [3]

II.2.5 ***Resistencia eléctrica:*** Se trata de la oposición que presentan los materiales al paso de la corriente eléctrica a través de ellos en corriente continua. En el caso de la corriente alterna, tratándose de elementos resistivos puros, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia. La unidad utilizada para medición es el ohmio (Ω). La propiedad inversa a la resistencia eléctrica, es decir, la capacidad de transportar las cargas eléctricas sin oponerse a ellas se denomina Conductancia eléctrica (G) y su unidad de medida es el Siemens (S). [2][3]

II.2.6 ***Ley de Ohm:*** Establecida por George Ohm, establece que la intensidad de corriente eléctrica que circula por un circuito cerrado es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada (tensión), e inversamente proporcional a la resistencia total del circuito, esto es V=I.R [2]

II.2.7 ***Campo eléctrico*****:** Es un campo de fuerza creado por la atracción y repulsión de cargas erétricas [2]

II.2.8 ***Campo magnético*****:** Es un campo de fuerza creado como consecuencia del movimiento de cargas eléctricas (flujo de la electricidad) [2]

II.2.9 ***Conductores y Aislantes:*** Los elementos de la naturaleza se dividen en dos grupos según su composición y su comportamiento frente al movimiento de electrones. Cuando su composición facilita el transporte de las cargas eléctricas, se denominan conductores. Pero cuando su composición se opone a la circulación de las cargas eléctricas, se denomina aislante. [2]

II.2.10 ***Semiconductores:*** Son materiales que pueden actuar como conductores o aislantes dependiendo de diversos factores como la temperatura a la que se encuentre. El material semiconductor más utilizado y conocido es el silicio, del cual están hechos los circuitos integrados.

II.2.11 ***Superconductores***: Son materiales conductores cuya resistividad tiende a cero cuando se encuentran a una temperatura por debajo de lo que se conoce como su temperatura crítica, la cual puede ser cercana o por debajo de cero grados Celsius. Una corriente eléctrica podrá fluir por estos materiales sin perdidas ni fuentes de alimentación, lo que revolucionaria las aplicaciones de la electricidad, pero lamentablemente hasta los momentos, es sumamente costoso el montaje requerido e inviable el mantener un material en cero grados Celsius fuera de un laboratorio. El "Santo Grial" de la electrónica de potencia es encontrar materiales superconductores a temperatura ambiente.

II.2.12 ***Diagramas de Flujo***: Se trata de un esquema que representa el algoritmo lógico que resolverá la situación planteada. Utiliza una nomenclatura de figuras geométricas, líneas y flechas para indicar los pasos a seguir en la resolución de la situación planteada, así, el inicio o fin se representan con una elipse, los procesos (acciones) se describen dentro de rectángulos, las decisiones (preguntas con dos o más resultados posibles) se representan con rombos, las subrutinas con rectángulos enmarcados con rectángulos en blanco a cada lado de la misma altura. Todos los procesos se interconectan con flechas o líneas. [4]

II.2.13 ***Diagrama de sistema***: Es muy efectivo visualizar el problema de la manera más simple posible. Con un diagrama de estradas y salidas, entendiendo como entradas toda información que se pueda obtener del ambiente (a través de sensores) o el usuario (a través de botones), y las salidas acciones sobre el ambiente (a través de motores o relés) o el usuario (LED, Display, Pantallas LCD).

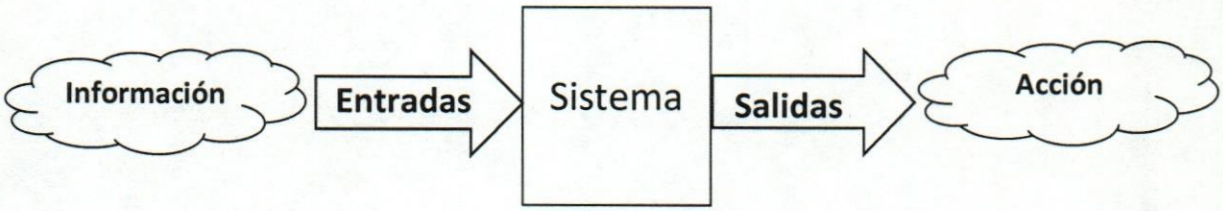


Figura 1 – Esquema de bloques para representar sistemas.
Fuente: Elaboración propia

II.2.14 ***Algoritmo***: Serie de pasos a seguir para realizar una tarea. Los algoritmos varían de acuerdo a la Lógica que se aplique, las que pueden ser más eficientes o menos eficientes según la persona o procedimiento aplicado.

II.2.15 ***Componente electrónico:*** Son elementos que responden a estímulos de corriente eléctrica y tienen una respuesta en particular al paso de los electrones, entre los diferentes componentes electrónicos podemos observar resistencias, condensadores, transistores, LED, relés, etc.

II.2.16 ***Diodo LED:*** *Light Emissor Diode* o diodo emisor de luz. Se trata de un componente de uso común en el mundo de la electrónica, su capacidad de emitir luz es utilizada como indicadores en la gran mayoría de todos los equipos electrónicos. [4]

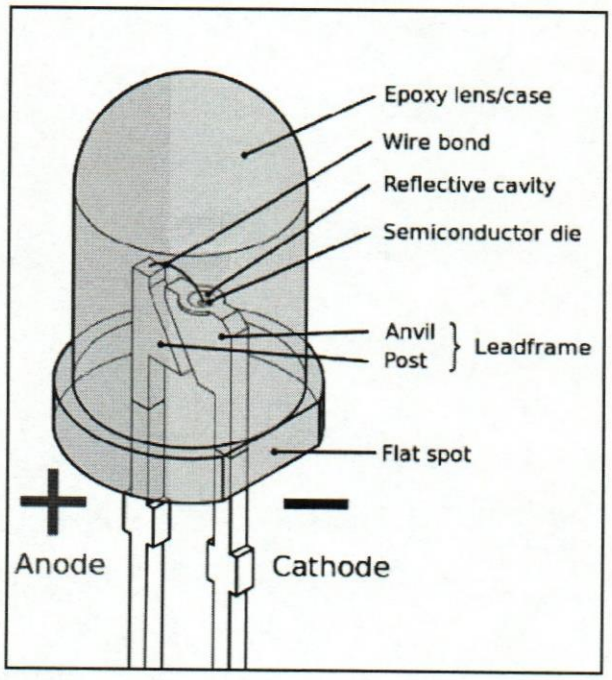


Figura 2 – LED.
Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:LED,_5mm,_green_(en).svg

II.2.17 ***Interruptores y pulsadores:*** Son dispositivos mecánicos que permiten introducir un cero o uno lógicos si están abiertos o cerrados sus contactos. Por excelencia son las entradas a los sistemas electrónicos. [4]

II.2.18 ***Relés:*** Son componentes electromecánicos que a través de un campo electromagnético inducido permite cerrar un contacto, permitiendo o no el paso de corriente a través de él. Se utiliza para separar circuitos que funcionen en rangos de voltajes diferente, manteniéndolos aislados. Existen también relés de estado sólido. [4]

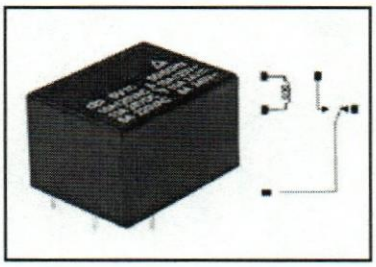


Figura 3 – Relé.
Fuente: http://www.online-electronica.com/catalog/rele5vx1x10-rele-mini-p-3596.html

II.2.19 ***Display de siete segmentos:*** Se trata de un periférico digital de salida utilizado para representar números o letras a través de un arreglo de diodos LEDs. La configuración de estos diodos puede ser por ánodo común o cátodo común, según si tienen el pin de alimentación o el pin de "tierra" en común para todos respectivamente. [4]

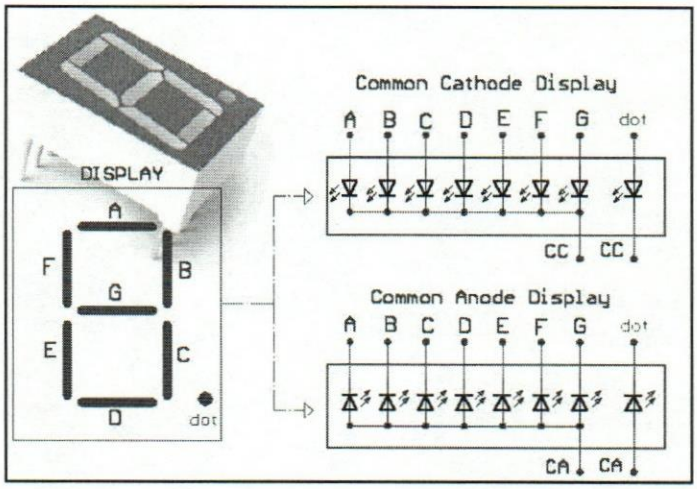


Figura 4 – Display 7 segmentos.
Fuente: http://www.ucontrol.com.ar/mis-primeros-programas-con-pic16f84a-y-pic16f628a-5/

II.2.20 ***Zumbador:*** Es un componente capaz de generar una señal audible, muy útil para indicar la ocurrencia de un evento. [4]

Figura 5 – Zumbador
Fuente: http://es.opitec.com/opitec-web/articleNumber/215011

II.2.21 ***Transistores:*** Es un dispositivo que puede amplificar señales de entrada y actuar también como interruptor en circuitos digitales, especialmente el conocido como transistor bipolar. Está conformado por una configuración *npn* o *pnp* y dispone de un colector, una base y un emisor, siendo estos los pines del transistor. [5]

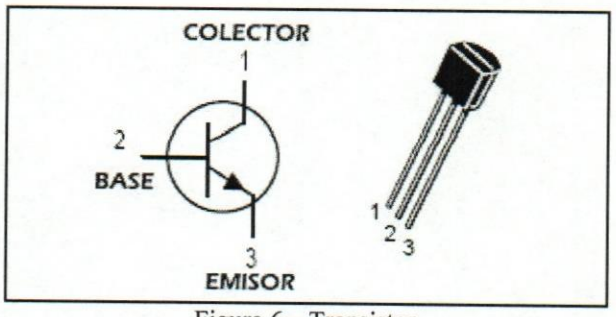


Figura 6 – Transistor
Fuente: http://www.electronicamagnabit.com/tienda/transistores/1162-transistor-npn-bc547.html

II.2.22 ***Microprocesadores***: Es un chip que contiene la Unidad central de proceso (CPU), encargada de controlar todo el sistema. A un microprocesador se pueden acomplar los modulos que sean necesarios para configurarlo a las características que se deseen. [4]

II.2.23 ***Microcontroladores:*** Un microcontrolador es un circuito integrado programable, con el que se puede controlar el funcionamiento de una tarea determinada. Es también un sistema cerrado, incluyendo todo el sistema completo destinado a gobernar una tarea. Los microcontroladores incluyen internamente un microprocesador con los módulos necesarios ya definidos para llevar a cabo la tarea para la cual fueron diseñados. Unos de los más utilizados en el desarrollo de proyectos son los microcontroladores PIC fabricados por Microchip Technology. Su gran aceptación se debe a las características, bajos costos, consumo y reducido tamaño, calidad, fiabilidad y disponibilidad en el mercado [4].

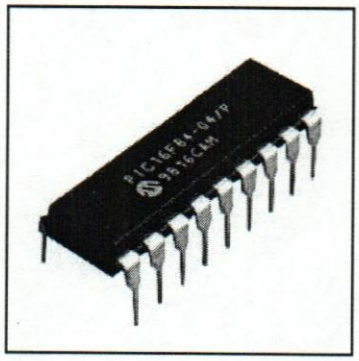


Figura 7 – Microcontrolador PIC16F84A
Fuente: http://cosasdeingenieria.com/esp/index/item/23/51/microcontrolador-pic16f84a-04p

II.2.24 ***Arquitectura interna***: La arquitectura se refiere a las componentes internos de un sistema que define sus características, capacidades e incluso aplicaciones. De forma tradicional los sistemas digitales utilizan una arquitectura basada en el esquema de Von Neumann, en el que la unidad central de proceso (CPU) está conectada a una memoria que contiene los datos e instrucciones del programa. Los micrcontroladores PIC utilizan una arquitectura Harvard en la que el CPU está conectado a dos memorias independientes, una RAM para datos y una ROM para el programa. [4]

II.2.25 ***Protoboard***: es un tablero perforado utilizado para montar circuitos eléctricos y/o electrónicos. Los orificios están conectados eléctricamente siguiendo patrones de líneas horizontales o verticales y permiten conectar los componentes para probar los diseños sin necesidad de soldar o hacer placas de circuitos impresos.

II.2.26 ***Grabadores***: Es el equipo físico con el cual se puede grabar un programa a la memoria de un microcontrolador. Actualmente existen modelos modernizados muy sencillos de utilizar con cualquier computadora a través del puerto USB, pero pueden construirse también los grabadores clásicos que funcionan con puerto serial. [4]

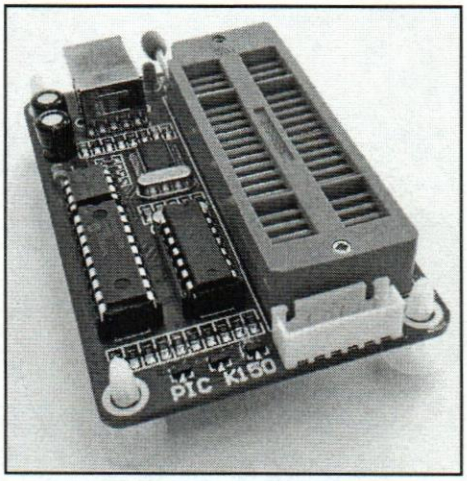


Figura 8 – Grabador
Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-405830151-programador-grabador-quemador-usb-zif40-pic-microchip-_JM#redirectedFromParent

II.2.27 ***Instrucciones***: Ver Nemónicos.

II.2.28 ***TMR0:*** Es el *timer* principal del PIC16F84A. Un *timer* es un contador que determina un tiempo preciso entre el valor cargado y la condición de desbordamiento, es decir, cuando el registro destinado como contador del *timer* se desborda. Con el TMR0 del PIC se pueden contar hasta 65ms aproximadamente, por lo que para contar tiempos mayores, es requerido el uso de ciclos iterativos. [4]

II.2.29 ***Interrupciones:*** Consiste en un mecanismo de la arquitectura por el cual un evento (interno o externo) provoca la interrupción de la ejecución normal del programa y ejecuta una subrutina preparada únicamente para atender a estos eventos en particular. En el PIC16F84A existen interrupciones por cuatro fuentes: Cambio de estado en el pin RB0, Cambio de estado en los pines RB4-RB7, Desborde del TMR0 y finalización de escritura de la EEPROM de datos. [4]

II.2.30 ***Nemónicos***: Es un grupo de instrucciones predefinidas para la programación de los microcontroladores, vienen en forma de palabras o comandos que ejecutan una acción en el microcontrolador. La extensión de los nemónicos viene asociada a la complejidad de la arquitectura del integrado. En el PIC16F84A existen instrucciones de carga, aritméticas, lógicas, de bit, de salto, para manejo de subrutinas e instrucciones especiales. [4]

II.3 Herramientas de software

En el proyecto se utilizaron o mencionan algunas herramientas de software, que constituyen los pasos a seguir para la programación e implementación de los ejercicios propuestos en circuitos físicos una vez son resueltos de forma teórica, haciendo necesaria la inclusión de la información referente a estas.

II.3.1 ***Lenguaje de programación Assembler:*** El lenguaje Ensamblador (de Assembler en inglés) es un lenguaje de programación que permite escribir códigos de programas con una serie de instrucciones que resultan naturales al idioma del hombre y que, sin embargo, corresponde a instrucciones en lenguaje máquina, es decir, en unos y ceros (binario), y que es capaz de interpretarlo por ejemplo, un microcontrolador. [6]

II.3.2 ***Programador WinPic***: Una vez escrito un programa en Ensamblador es necesario grabarlo en el microcontrolador, a través de un proceso conocido como "quemar" el PIC, y que es llevado a cabo con un software como WinPic. [6] (Ver Simulación y grabación del PIC16F84A Tutorial)

II.3.3 ***Entorno de programación MPLAB***: Es un entorno de desarrollo integrado (o IDE de Integrated Development Environment en inglés) gratuito, desarrollado por la empresa Microchip para la programación de toda la familia de sus microcontroladores. Con este software se pueden escribir en lenguaje Ensamblador los programas para los microcontroladores y utilizar varias herramientas para comprobar el funcionamiento del programa, medición de tiempos de ejecución, depuración de errores, entre otros. [6]

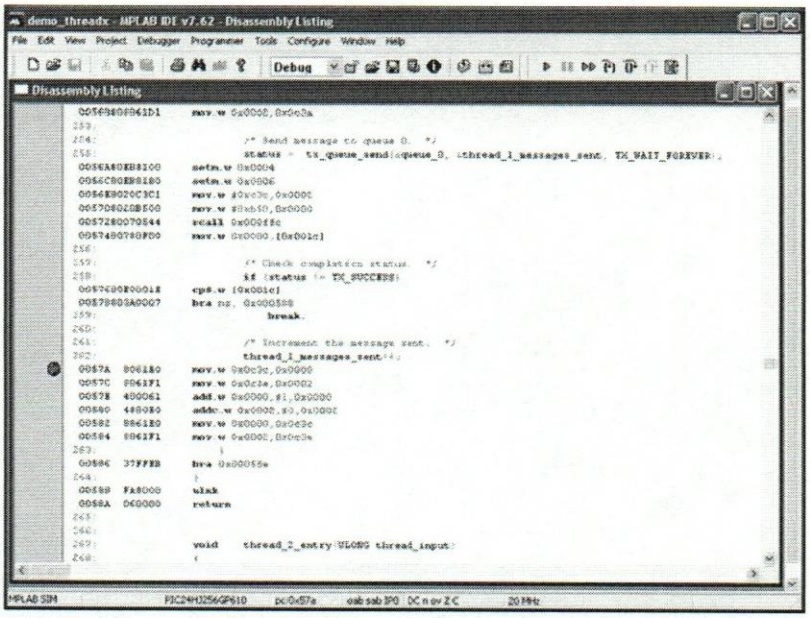


Figura 9 – Interfaz de MPLAB
Fuente: http://rtos.com/products/threadx/Microchips_MPLAB

II.3.4 ***Proteus Professional***: Es un programa creado por Labcenter Electronics que permite el diseño y la simulación de circuitos para probarlos antes de montarlos, permitiendo incluso cargar el programa de control dentro de los microcontroladores y probar su funcionamiento en la computadora. [6]

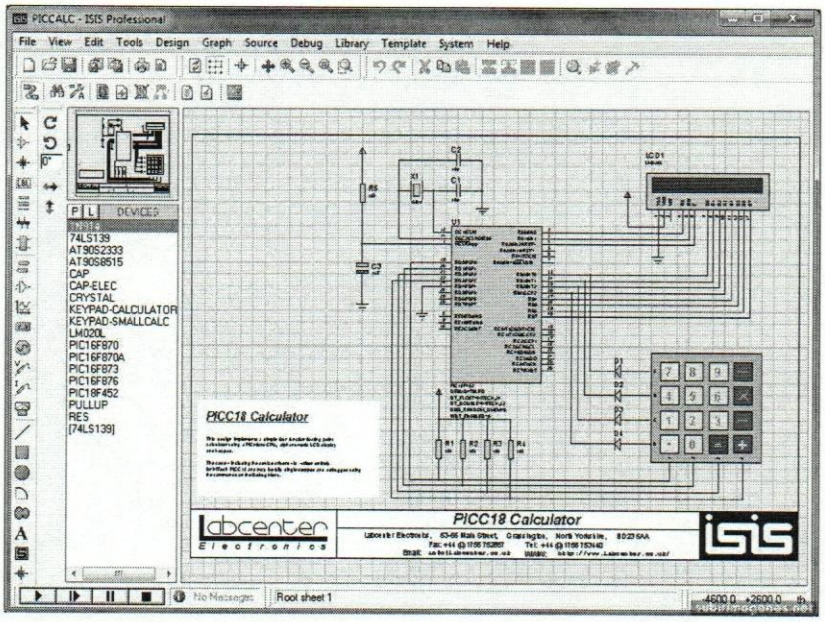


Figura 10 – Interfaz de PROTEUS
Fuente: http://www.identi.li/index.php?topic=102287

Capítulo III: Metodología y Desarrollo

III.1 Metodología

La metodología utilizada para este trabajo es enteramente de tipo documental, sirviéndose para su desarrollo la recopilación de contenido teórico y del material utilizado para la guía propuesta, es decir, los enunciados de los problemas planteados en clase.

III.2 Desarrollo

Para el desarrollo del trabajo se realizo una lista de los contenidos teóricos a abordar en el estudio de los microcontroladores y paralelamente se procedió a la recopilación de los enunciados de los ejercicios planteados durante los semestres Octubre 2011 y Febrero 2014, periodo en el cual el autor fue preparador de la asignatura hasta Febrero 2012 y posteriormente profesor de la asignatura hasta la actualidad (fecha del presente trabajo).

Los enunciados fueron revisados en redacción para evitar problemas de interpretación y de inclusión de datos necesarios para su realización. En este proceso participaron una estudiante que tomo el curso, y una preparadora de la materia.

Se agruparon los enunciados según los contenidos teóricos que abordan y según su nivel de complejidad, para que el avance en dificultad sea progresivo con cada ejercicio.

Se tomo la lista de contenidos teóricos realizado y se corroboro que hubiese ejercicios planteados para cada uno de ellos. Está parte se realizo de esta manera debido a que varios de los ejercicios estaban catalogados ya por contenidos.

Se procedió a realizar la guía de sugerencias para la resolución general de los ejercicios planteados, proponiendo una metodología de pasos a seguir para abordar los problemas de forma efectiva. Siguiendo la metodología planteada, se permite corroborar la correcta resolución de los ejercicios, de esta manera se revisaron los ejercicios resueltos de cada tipo.

Finalmente, se redacto la guía de ejercicios en el formato listo para hacérsela llegar a los estudiantes.

Capítulo IV: Resultados

- **IV.1 Referente al primer objetivo específico: Identificación de los contenidos teóricos a abarcar con la guía de ejercicios propuestos.**

El estudio de los microcontroladores abarcado en el curso de Electrónica Digital es de carácter introductorio, con el cual, el estudiante tendrá las ideas generales de cómo manejar, analizar, que información buscar, y que algoritmos seguir al entender la arquitectura y su funcionamiento del PIC16F84A que se utiliza con carácter académico. El contenido básico de los PIC se agrupa en cinco principales ítems de estudio:

- ✓ **Manejo básico del PIC**: Que incluye la información básica de funcionamiento de la arquitectura del microcontrolador y cómo utilizarlo. En esta parte solo se aborda la configuración inicial y el manejo de entradas y salidas con lógicas lineales, es decir, causa y efecto: Botón (entrada 1) encendido, entonces LED (salida 1) encendido, sino, LED (salida 1) apagado.
- ✓ **Registros**: Incluye el manejo de variables, permitiendo almacenar información dentro del microcontrolador y utilizar lógicas comparativas.
- ✓ **Con retardos de tiempos (TMR0)**: Incluye el manejo de la herramienta TMR0 del microcontrolador, una variable interna que se utiliza para contar tiempo.
- ✓ **Tablas**: Incluye el manejo de estas estructuras para consultar y manejar una lista de variables predefinidas con informacion que puede ser utilizada para comparar, o para obtener datos de salida de la lógica. Un ejemplo es el uso de tablas para manejo de Displays que se utilizan para mostrar información al usuario con números o letras.
- ✓ **Interrupciones**: Incluye el uso de esta herramienta del microcontrolador, que permite interrumpir el funcionamiento secuencial del programa y atender eventos asociados a cuatro fuentes de interrupción. Esta poderosa

característica de la arquitectura del PIC permite el desarrollo de problemas mucho más complejos y resolver los problemas sencillos con códigos más cortos y efectivos.

- **IV.2 Referente al segundo objetivo específico: Recopilar los ejercicios que se han desarrollado en clase en los periodos académicos entre Octubre 2011 y Febrero 2014.**

Se realizó la recopilación de los ejercicios planteados durante los periodos académicos entre Octubre 2011 y Febrero 2014.

- **IV.3 Referente al tercer y cuarto objetivo específico: Revisar e incluir estos ejercicios en la guía de ejercicios propuestos. Diseñar nuevos ejercicios.**

Se realizó la revisión y correcciones pertinentes de los ejercicios recopilados y se procedió a plantear nuevos ejercicios. Los ejercicios revisados y los nuevos planteados pueden observarse en la guía de ejercicios propuesta (Ver en Apéndices).

- **IV.4 Referente al quinto objetivo específico: Desarrollar ejercicios tipo de las diferentes secciones propuestas comprobando que abarque efectivamente los contenidos teóricos a ser estudiados.**

Se realizó la selección de un ejercicio tipo de cada sección y se procedió a su resolución (Ver en Apéndices). Adicionalmente se incluye una hoja resumen de herramientas para el PIC, así como una lista de bibliografía recomendada para los estudiantes que cursan esta materia y una selección de las hojas de especificaciones del PIC16F84A de su fabricante Microchip.

Capítulo V: Conclusiones y Recomendaciones

V.1 Conclusiones

La tecnología avanza continuamente y cada vez con mayor rapidez, en cuestión de horas pueden actualizarse versiones de software, en cuestión de días las aplicaciones y en cuestiones de meses sistemas operativos, y referente al hardware, en el mismo año pueden tener de dos a tres versiones nuevas de un modelo de teléfono celular inteligente. Si bien cada bebe debe aprender siglos de historia humana, que van desde la comprensión del fuego hasta lo último en la tecnología de su propia época, mucho de este contenido queda obsoleto y con el tiempo se omite, pero su entendimiento es importante para la comprensión de la tecnología y la perspectiva de la evolución que podrá tener en los próximos, años, o incluso, días.

Seleccionar el conocimiento adecuado para dictar en un curso no es sencillo, se tardan años en armar un pensum de estudio, y solo meses en que su contenido pudiese quedar obsoleto por un cambio de tecnología, sin embargo, el estudio de una materia en su aspecto clásico sirve como introducción al tema y la adquisición de las herramientas y estructuras mentales requeridas para la profundización en estos temas. Si bien el contenido puede mantenerse clásico, la clave del éxito académico está en la modernización de la metodología de enseñanza, el involucrar a los estudiantes en su propia educación, el incentivarlos a la auto mejora y una educación autodidacta, y el uso de la facilidad que las herramientas tecnológicas actuales, protagonistas de la era de la información para su formación.

Los tiempos modernos son una amenaza a la vieja escuela, clásica y de tradición, en contraste al mundo violentamente cambiante y dinámico que conocemos. Citando a Charles Darwin en su obra *El origen de las especies*: la supervivencia es lograda por el más apto, así pues, es necesario adaptarse a este mundo cambiante y actualizarse constantemente, preservando por supuesto, el contenido clásico que nos indica la evolución de nuestra tecnología y nuestra propia historia.

V.2 Recomendaciones

Se recomienda que en las asignaturas que así lo permitan, actualizar constantemente los ejercicios propuestos haciendo la conexión entre lo que se ve en los libros, con lo que se encuentra en la vida cotidiana tanto a nivel personal como profesional.

Anexos

1- Selección de la hoja de especificaciones del PIC16F84A de su fabricante Microchip. [7]

PIC16F84A
Data Sheet

18-pin Enhanced FLASH/EEPROM
8-bit Microcontroller

© 2001 Microchip Technology Inc.

PIC16F84A

18-pin *Enhanced* FLASH/EEPROM 8-Bit Microcontroller

High Performance RISC CPU Features:

- Only 35 single word instructions to learn
- All instructions single-cycle except for program branches which are two-cycle
- Operating speed: DC - 20 MHz clock input
  DC - 200 ns instruction cycle
- 1024 words of program memory
- 68 bytes of Data RAM
- 64 bytes of Data EEPROM
- 14-bit wide instruction words
- 8-bit wide data bytes
- 15 Special Function Hardware registers
- Eight-level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Four interrupt sources:
  - External RB0/INT pin
  - TMR0 timer overflow
  - PORTB<7:4> interrupt-on-change
  - Data EEPROM write complete

Peripheral Features:

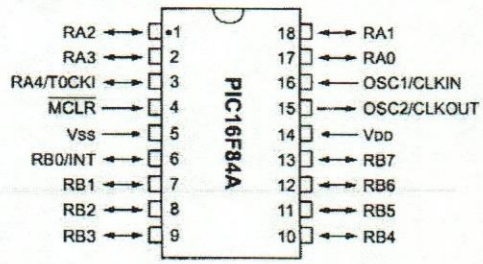
- 13 I/O pins with individual direction control
- High current sink/source for direct LED drive
  - 25 mA sink max. per pin
  - 25 mA source max. per pin
- TMR0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler

Special Microcontroller Features:

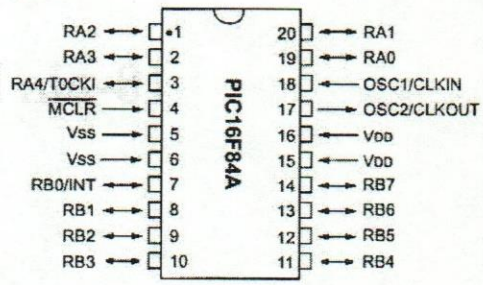
- 10,000 erase/write cycles *Enhanced* FLASH Program memory typical
- 10,000,000 typical erase/write cycles EEPROM Data memory typical
- EEPROM Data Retention > 40 years
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) - via two pins
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own On-Chip RC Oscillator for reliable operation
- Code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options

Pin Diagrams

PDIP, SOIC



SSOP



CMOS Enhanced FLASH/EEPROM Technology:

- Low power, high speed technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range:
  - Commercial: 2.0V to 5.5V
  - Industrial: 2.0V to 5.5V
- Low power consumption:
  - < 2 mA typical @ 5V, 4 MHz
  - 15 μA typical @ 2V, 32 kHz
  - < 0.5 μA typical standby current @ 2V

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.3 Special Function Registers

The Special Function Registers (Figure 2-2 and Table 2-1) are used by the CPU and Peripheral functions to control the device operation. These registers are static RAM.

The special function registers can be classified into two sets, core and peripheral. Those associated with the core functions are described in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in the section for that specific feature.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER FILE SUMMARY

Addr	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on Power-on RESET	Details on page
Bank 0											
00h	INDF	Uses contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
01h	TMR0	8-bit Real-Time Clock/Counter								xxxx xxxx	20
02h	PCL	Low Order 8 bits of the Program Counter (PC)								0000 0000	11
03h	STATUS(2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
04h	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer 0								xxxx xxxx	11
05h	PORTA(4)	—	—	—	RA4/T0CKI	RA3	RA2	RA1	RA0	---x xxxx	16
06h	PORTB(5)	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT	xxxx xxxx	18
07h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
08h	EEDATA	EEPROM Data Register								xxxx xxxx	13,14
09h	EEADR	EEPROM Address Register								xxxx xxxx	13,14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10
Bank 1											
80h	INDF	Uses Contents of FSR to address Data Memory (not a physical register)								---- ----	11
81h	OPTION_REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0	1111 1111	9
82h	PCL	Low order 8 bits of Program Counter (PC)								0000 0000	11
83h	STATUS (2)	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	8
84h	FSR	Indirect data memory address pointer 0								xxxx xxxx	11
85h	TRISA	—	—	—	PORTA Data Direction Register					---1 1111	16
86h	TRISB	PORTB Data Direction Register								1111 1111	18
87h	—	Unimplemented location, read as '0'								—	—
88h	EECON1	—	—	—	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD	---0 x000	13
89h	EECON2	EEPROM Control Register 2 (not a physical register)								---- ----	14
0Ah	PCLATH	—	—	—	Write buffer for upper 5 bits of the PC(1)					---0 0000	11
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	10

Legend: x = unknown, u = unchanged, - = unimplemented, read as '0', q = value depends on condition

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a slave register for PC<12:8>. The contents of PCLATH can be transferred to the upper byte of the program counter, but the contents of PC<12:8> are never transferred to PCLATH.

2: The $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ status bits in the STATUS register are not affected by a $\overline{MCLR}$ Reset.

3: Other (non power-up) RESETS include: external RESET through $\overline{MCLR}$ and the Watchdog Timer Reset.

4: On any device RESET, these pins are configured as inputs.

5: This is the value that will be in the port output latch.

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.3.1 STATUS REGISTER

The STATUS register contains the arithmetic status of the ALU, the RESET status and the bank select bit for data memory.

As with any register, the STATUS register can be the destination for any instruction. If the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. These bits are set or cleared according to device logic. Furthermore, the $\overline{TO}$ and $\overline{PD}$ bits are not writable. Therefore, the result of an instruction with the STATUS register as destination may be different than intended.

For example, `CLRF STATUS` will clear the upper three bits and set the Z bit. This leaves the STATUS register as `000u u1uu` (where u = unchanged).

Only the `BCF`, `BSF`, `SWAPF` and `MOVWF` instructions should be used to alter the STATUS register (Table 7-2), because these instructions do not affect any status bit.

> **Note 1:** The IRP and RP1 bits (STATUS<7:6>) are not used by the PIC16F84A and should be programmed as cleared. Use of these bits as general purpose R/W bits is NOT recommended, since this may affect upward compatibility with future products.
>
> **2:** The C and DC bits operate as a $\overline{\text{borrow}}$ and digit borrow out bit, respectively, in subtraction. See the `SUBLW` and `SUBWF` instructions for examples.
>
> **3:** When the STATUS register is the destination for an instruction that affects the Z, DC or C bits, then the write to these three bits is disabled. The specified bit(s) will be updated according to device logic.

REGISTER 2-1: STATUS REGISTER (ADDRESS 03h, 83h)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R-1	R/W-x	R/W-x	R/W-x
IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
bit 7							bit 0

bit 7-6 **Unimplemented:** Maintain as '0'

bit 5 **RP0:** Register Bank Select bits (used for direct addressing)
`01` = Bank 1 (80h - FFh)
`00` = Bank 0 (00h - 7Fh)

bit 4 **$\overline{TO}$:** Time-out bit
`1` = After power-up, `CLRWDT` instruction, or `SLEEP` instruction
`0` = A WDT time-out occurred

bit 3 **$\overline{PD}$:** Power-down bit
`1` = After power-up or by the `CLRWDT` instruction
`0` = By execution of the `SLEEP` instruction

bit 2 **Z:** Zero bit
`1` = The result of an arithmetic or logic operation is zero
`0` = The result of an arithmetic or logic operation is not zero

bit 1 **DC:** Digit carry/$\overline{\text{borrow}}$ bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions) (for $\overline{\text{borrow}}$, the polarity is reversed)
`1` = A carry-out from the 4th low order bit of the result occurred
`0` = No carry-out from the 4th low order bit of the result

bit 0 **C:** Carry/$\overline{\text{borrow}}$ bit (`ADDWF`, `ADDLW`, `SUBLW`, `SUBWF` instructions) (for $\overline{\text{borrow}}$, the polarity is reversed)
`1` = A carry-out from the Most Significant bit of the result occurred
`0` = No carry-out from the Most Significant bit of the result occurred

Note: A subtraction is executed by adding the two's complement of the second operand. For rotate (`RRF`, `RLF`) instructions, this bit is loaded with either the high or low order bit of the source register.

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.3.2 OPTION REGISTER

The OPTION register is a readable and writable register which contains various control bits to configure the TMR0/WDT prescaler, the external INT interrupt, TMR0, and the weak pull-ups on PORTB.

> **Note:** When the prescaler is assigned to the WDT (PSA = '1'), TMR0 has a 1:1 prescaler assignment.

REGISTER 2-2: OPTION REGISTER (ADDRESS 81h)

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
bit 7							bit 0

bit 7 **$\overline{\text{RBPU}}$**: PORTB Pull-up Enable bit
1 = PORTB pull-ups are disabled
0 = PORTB pull-ups are enabled by individual port latch values

bit 6 **INTEDG**: Interrupt Edge Select bit
1 = Interrupt on rising edge of RB0/INT pin
0 = Interrupt on falling edge of RB0/INT pin

bit 5 **T0CS**: TMR0 Clock Source Select bit
1 = Transition on RA4/T0CKI pin
0 = Internal instruction cycle clock (CLKOUT)

bit 4 **T0SE**: TMR0 Source Edge Select bit
1 = Increment on high-to-low transition on RA4/T0CKI pin
0 = Increment on low-to-high transition on RA4/T0CKI pin

bit 3 **PSA**: Prescaler Assignment bit
1 = Prescaler is assigned to the WDT
0 = Prescaler is assigned to the Timer0 module

bit 2-0 **PS2:PS0**: Prescaler Rate Select bits

Bit Value	TMR0 Rate	WDT Rate
000	1 : 2	1 : 1
001	1 : 4	1 : 2
010	1 : 8	1 : 4
011	1 : 16	1 : 8
100	1 : 32	1 : 16
101	1 : 64	1 : 32
110	1 : 128	1 : 64
111	1 : 256	1 : 128

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

© 2001 Microchip Technology Inc.

2.3.3 INTCON REGISTER

The INTCON register is a readable and writable register that contains the various enable bits for all interrupt sources.

> **Note:** Interrupt flag bits are set when an interrupt condition occurs, regardless of the state of its corresponding enable bit or the global enable bit, GIE (INTCON<7>).

REGISTER 2-3: INTCON REGISTER (ADDRESS 0Bh, 8Bh)

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-x
GIE	EEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF
bit 7							bit 0

bit 7 **GIE:** Global Interrupt Enable bit
1 = Enables all unmasked interrupts
0 = Disables all interrupts

bit 6 **EEIE:** EE Write Complete Interrupt Enable bit
1 = Enables the EE Write Complete interrupts
0 = Disables the EE Write Complete interrupt

bit 5 **T0IE:** TMR0 Overflow Interrupt Enable bit
1 = Enables the TMR0 interrupt
0 = Disables the TMR0 interrupt

bit 4 **INTE:** RB0/INT External Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB0/INT external interrupt
0 = Disables the RB0/INT external interrupt

bit 3 **RBIE:** RB Port Change Interrupt Enable bit
1 = Enables the RB port change interrupt
0 = Disables the RB port change interrupt

bit 2 **T0IF:** TMR0 Overflow Interrupt Flag bit
1 = TMR0 register has overflowed (must be cleared in software)
0 = TMR0 register did not overflow

bit 1 **INTF:** RB0/INT External Interrupt Flag bit
1 = The RB0/INT external interrupt occurred (must be cleared in software)
0 = The RB0/INT external interrupt did not occur

bit 0 **RBIF:** RB Port Change Interrupt Flag bit
1 = At least one of the RB7:RB4 pins changed state (must be cleared in software)
0 = None of the RB7:RB4 pins have changed state

Legend:			
R = Readable bit	W = Writable bit	U = Unimplemented bit, read as '0'	
- n = Value at POR	'1' = Bit is set	'0' = Bit is cleared	x = Bit is unknown

© 2001 Microchip Technology Inc.

TABLE 7-2: PIC16CXXX INSTRUCTION SET

Mnemonic, Operands		Description	Cycles	14-Bit Opcode MSb			LSb	Status Affected	Notes
BYTE-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
ADDWF	f, d	Add W and f	1	00	0111	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
ANDWF	f, d	AND W with f	1	00	0101	dfff	ffff	Z	1,2
CLRF	f	Clear f	1	00	0001	1fff	ffff	Z	2
CLRW	-	Clear W	1	00	0001	0xxx	xxxx	Z	
COMF	f, d	Complement f	1	00	1001	dfff	ffff	Z	1,2
DECF	f, d	Decrement f	1	00	0011	dfff	ffff	Z	1,2
DECFSZ	f, d	Decrement f, Skip if 0	1 (2)	00	1011	dfff	ffff		1,2,3
INCF	f, d	Increment f	1	00	1010	dfff	ffff	Z	1,2
INCFSZ	f, d	Increment f, Skip if 0	1 (2)	00	1111	dfff	ffff		1,2,3
IORWF	f, d	Inclusive OR W with f	1	00	0100	dfff	ffff	Z	1,2
MOVF	f, d	Move f	1	00	1000	dfff	ffff	Z	1,2
MOVWF	f	Move W to f	1	00	0000	1fff	ffff		
NOP	-	No Operation	1	00	0000	0xx0	0000		
RLF	f, d	Rotate Left f through Carry	1	00	1101	dfff	ffff	C	1,2
RRF	f, d	Rotate Right f through Carry	1	00	1100	dfff	ffff	C	1,2
SUBWF	f, d	Subtract W from f	1	00	0010	dfff	ffff	C,DC,Z	1,2
SWAPF	f, d	Swap nibbles in f	1	00	1110	dfff	ffff		1,2
XORWF	f, d	Exclusive OR W with f	1	00	0110	dfff	ffff	Z	1,2
BIT-ORIENTED FILE REGISTER OPERATIONS									
BCF	f, b	Bit Clear f	1	01	00bb	bfff	ffff		1,2
BSF	f, b	Bit Set f	1	01	01bb	bfff	ffff		1,2
BTFSC	f, b	Bit Test f, Skip if Clear	1 (2)	01	10bb	bfff	ffff		3
BTFSS	f, b	Bit Test f, Skip if Set	1 (2)	01	11bb	bfff	ffff		3
LITERAL AND CONTROL OPERATIONS									
ADDLW	k	Add literal and W	1	11	111x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
ANDLW	k	AND literal with W	1	11	1001	kkkk	kkkk	Z	
CALL	k	Call subroutine	2	10	0kkk	kkkk	kkkk		
CLRWDT	-	Clear Watchdog Timer	1	00	0000	0110	0100	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
GOTO	k	Go to address	2	10	1kkk	kkkk	kkkk		
IORLW	k	Inclusive OR literal with W	1	11	1000	kkkk	kkkk	Z	
MOVLW	k	Move literal to W	1	11	00xx	kkkk	kkkk		
RETFIE	-	Return from interrupt	2	00	0000	0000	1001		
RETLW	k	Return with literal in W	2	11	01xx	kkkk	kkkk		
RETURN	-	Return from Subroutine	2	00	0000	0000	1000		
SLEEP	-	Go into standby mode	1	00	0000	0110	0011	$\overline{TO}$,$\overline{PD}$	
SUBLW	k	Subtract W from literal	1	11	110x	kkkk	kkkk	C,DC,Z	
XORLW	k	Exclusive OR literal with W	1	11	1010	kkkk	kkkk	Z	

Note 1: When an I/O register is modified as a function of itself (e.g., `MOVF PORTB, 1`), the value used will be that value present on the pins themselves. For example, if the data latch is '1' for a pin configured as input and is driven low by an external device, the data will be written back with a '0'.

2: If this instruction is executed on the TMR0 register (and, where applicable, d = 1), the prescaler will be cleared if assigned to the Timer0 Module.

3: If Program Counter (PC) is modified or a conditional test is true, the instruction requires two cycles. The second cycle is executed as a `NOP`.

Note: Additional information on the mid-range instruction set is available in the PICmicro™ Mid-Range MCU Family Reference Manual (DS33023).

© 2000 Microchip Technology Inc.

Apéndices

1- Recomendaciones para resolver los ejercicios

- Simulación y grabación del PIC16F84A - Tutorial

2- Ejemplos de resolución de ejercicios

3- Ejercicios propuestos:

- Manejo básico del Pic
- Registros
- Con retardos de tiempos (TMR0)
- Tablas
- Interrupciones
- Ejercicios con más de un Pic (Tipo Examen)
- Ejercicios con más de un Pic (Tipo proyectos)

4- Resumen de herramientas para manejo del PIC16F84A

5- Bibliografía recomendada para el estudiante

1 – Recomendaciones para resolver los ejercicios

- ✓ **Hacer un Diagrama de flujo** que represente los suficientes detalles del programa a fin de visualizar su funcionamiento. Pueden no detallarse todos los procesos a fondo, y pueden hacerse diagramas de flujos adicionales para determinados procesos que presenten especial dificultad.
- ✓ **Definir entradas y salidas (E/S)** en el programa, indicando que elementos entregan información al sistema, que acciones se requieren (elementos a activar) y distribuirlos según los pines de E/S que dispone el microcontrolador y asignar a cada uno los requerimientos del problema tales como botones, LEDs y demás. Es conveniente listar también las condiciones y eventos particulares que definen las estados particulares del sistema y sus respuestas.
- ✓ **Diagrama del circuito** que represente detalladamente el montaje de componentes para ese problema, es importante utilizar los símbolos de circuito adecuados, y apoyarse también en el uso de texto, escribiendo los nombres que permitan asociarlo a su papel dentro del programa, por ejemplo: LED1 "Acceso permitido".
- ✓ **Configuración** del microcontrolador: sus puertos de E/S, variables y constantes, y las características a usar del controlador, por ejemplo la configuración de las interrupciones.
- ✓ **Escribir el código del programa** definiendo las etiquetas necesarias que identifiquen claramente los distintos bloques y sub-rutinas. Es de vital importancia comentar el código, especialmente las lógicas utilizadas y las secciones del programa.
- ✓ **Hacer la corrida en frio (Corrección de errores):** Consiste en leer el programa y seguir paso a paso la ejecución de las acciones del código, tomando nota de los valores de variables y registros para comprobar el funcionamiento del programa y depurar errores, pudiendo corregir las fallas que tenga y observando que efectivamente se comporte en la secuencia lógica esperada.

- ✓ **Plantear las variaciones** a los ejercicios con condiciones diferentes o adicionales a las planteadas originalmente.
- ✓ **Visualización:** Al utilizar varios *displays* 7 segmentos, use una estructura de reloj digital, es decir, utilice un circuito integrado convertidor LM7447(8) y transistores N2222 para conmutar. Esto le ahorrara muchos pines y su circuito será eficiente y elegante. Recuerde que si necesita mostrar caracteres especiales o letras, deberá prescindir del CIC LM7447(8). Algunas veces un valor no cambia en todo el programa, por lo que puede mostrarse con un *dislay* conectado directamente a la fuente de poder (con sus respectivas resistencias). Puede utilizar también una pantalla LCD.
- ✓ **Implementación:** El siguiente paso de la resolución de los ejercicios es montarlos en físico. Para ello es necesario realizar la simulación en Proteus, y luego pasar al montaje en físico en un protoboard. (Ver Simulación y grabación del PIC16F84 - Tutorial).

Simulación y grabación del PIC16F84A
Tutorial [8]

Software de programación y simulación.

1- Abra MPLAB

2- Ubique la pestaña de configuración -> Seleccionar dispositivo, escriba PIC16F84A

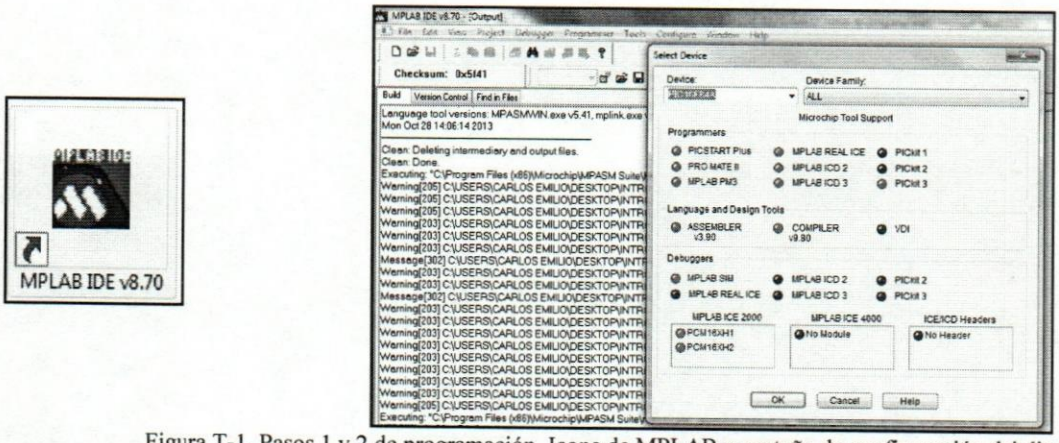


Figura T-1. Pasos 1 y 2 de programación. Icono de MPLAB y pestaña de configuración del dispositivo.

3- Escriba su programa en un nuevo documento.

4- Guárdelo con la opción "Guardar como" y coloque el formato .asm, por ejemplo: Guardar como: Programa.asm

5- Vaya a la pestaña Proyecto, y seleccione construir programa

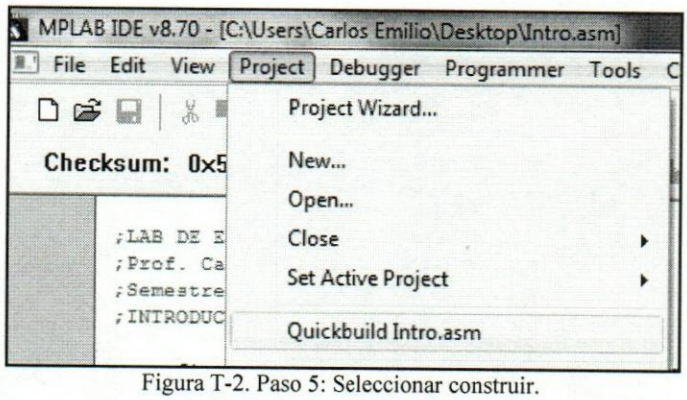


Figura T-2. Paso 5: Seleccionar construir.

6- Observe como en la carpeta en que haya guardado el archivo aparecieron varios documentos, con el mismo nombre, y diferentes formatos.

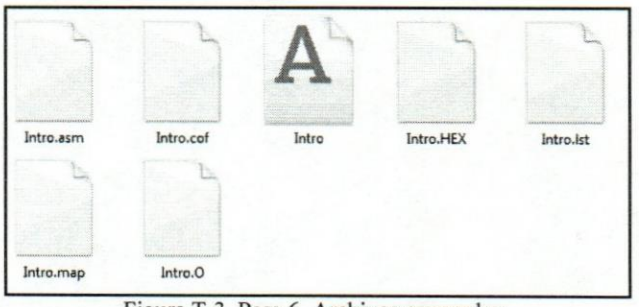


Figura T-3. Paso 6. Archivos generados.

7- Abra el software de simulación Proteus.

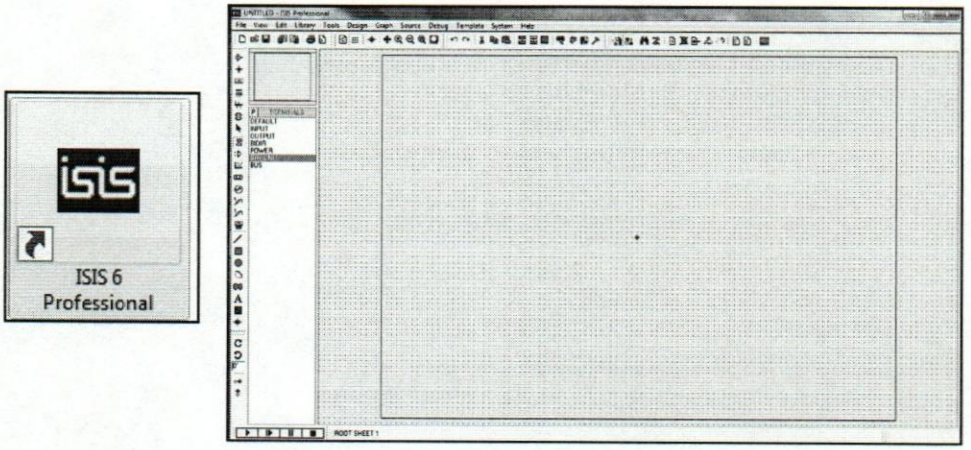


Figura T-4. Paso 7. Interfaz de Proteus

8- En los iconos del lado izquierdo seleccione el símbolo de los dispositivos. Seleccione la "P" y ubique los dispositivos que se muestran en la figura 5.

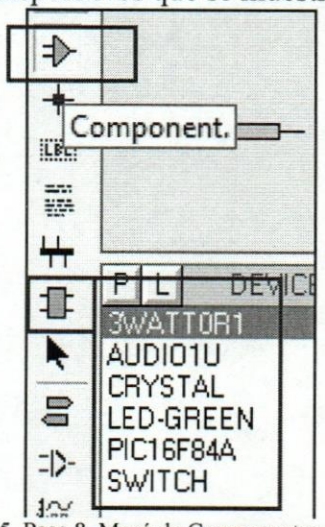


Figura T-5. Paso 8. Menú de Componentes en Proteus.

9- Realice el montaje de su circuito.

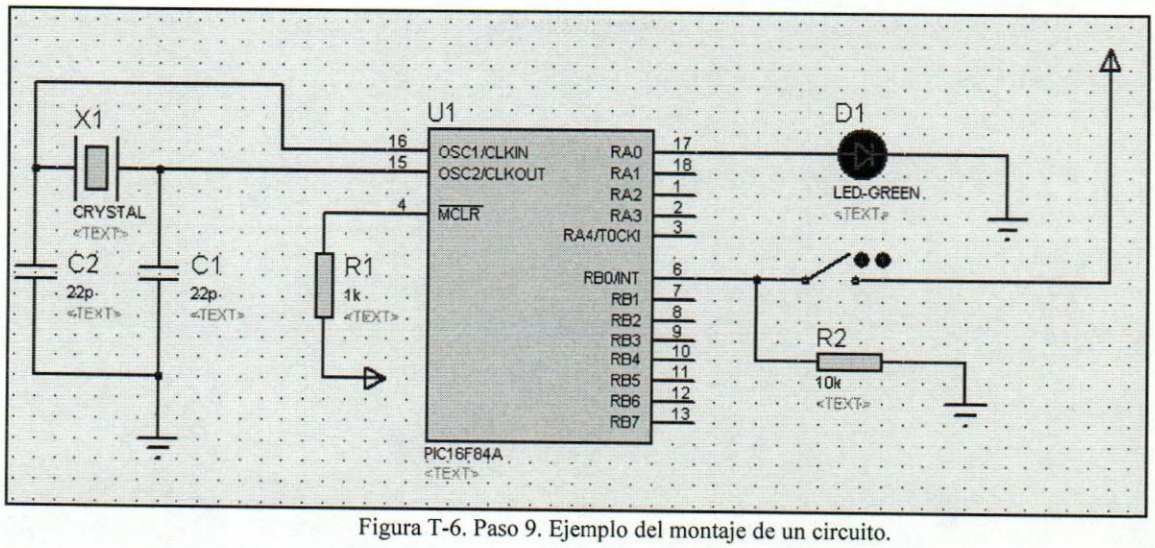


Figura T-6. Paso 9. Ejemplo del montaje de un circuito.

10- Verifique que los componentes estén conectados.

11- Verifique los valores. Para ingresar a las opciones de un componente, dele click derecho, y cuando este iluminado en color rojo, dele click izquierdo. El cristal y la frecuencia del PIC deben estar configurados en 4MHz. R1 1KOhm, R2 10KOhm. Los condensadores de 22picofaradios.

12- Abra el menú del micro y cargue la ruta al archivo .HEX

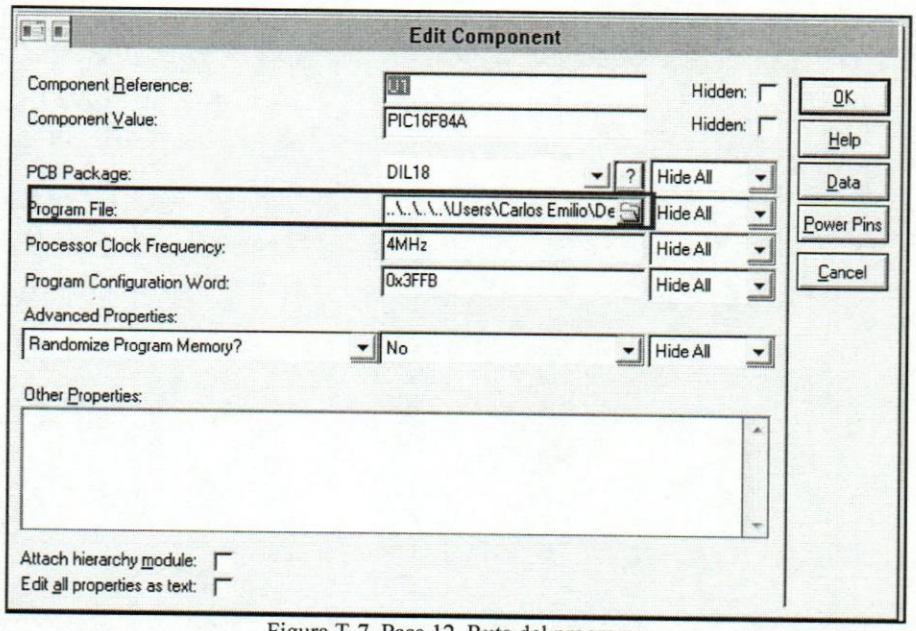


Figura T-7. Paso 12. Ruta del programa

13- Corra la simulación y pruébelo, cerrando el switch.

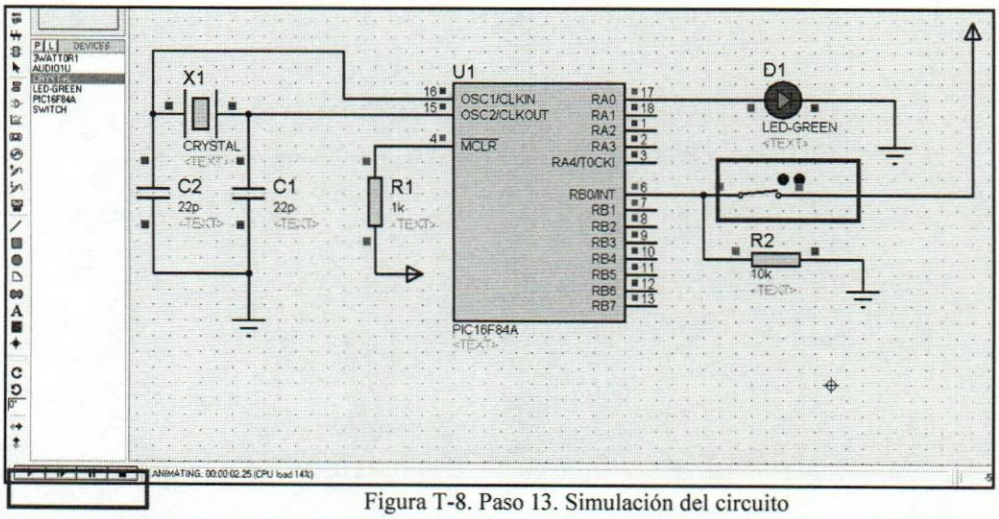


Figura T-8. Paso 13. Simulación del circuito

Montaje y procedimiento de grabación

1- Ahora realice el montaje en el protoboard y siga las instrucciones para grabar el PIC y probarlo en físico. Utilice las figuras a continuación para verificar el montaje del PIC. Revise que el pin VSS esté conectado a tierra y VDD y MCLR estén conectados a la alimentación y verifique el montaje del cristal de 4MHz a los pines OSC1 y OSC2 del micro. Utilice de referencia la siguiente imagen para la conexión del micro en el circuito.

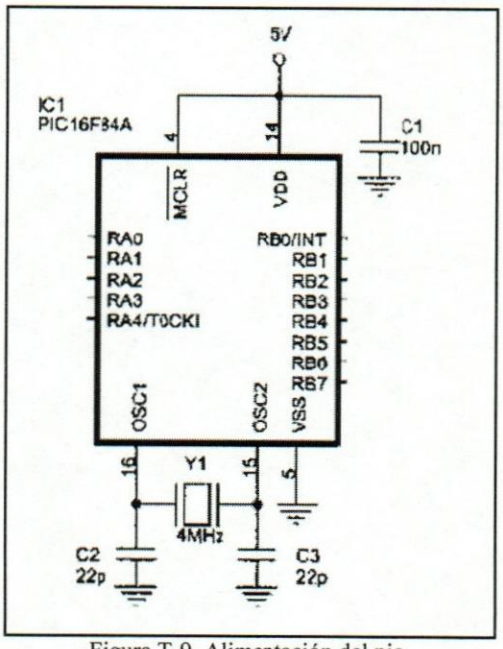


Figura T-9. Alimentación del pic.

Fuentes: Libro de texto Microcontrolador PIC16F84A Desarrollo de proyectos.

2- Verifique que la fuente de alimentación utilizada entregue 5V. antes de conectarla al circuito.

3- Una vez esté revisado el circuito, se procede a grabar el programa en el microcontrolador. Para ello se utilizara uno de los muchos software que existen para grabar: WinPic800. En la siguiente imagen se obtiene una captura de la ventana del programa.

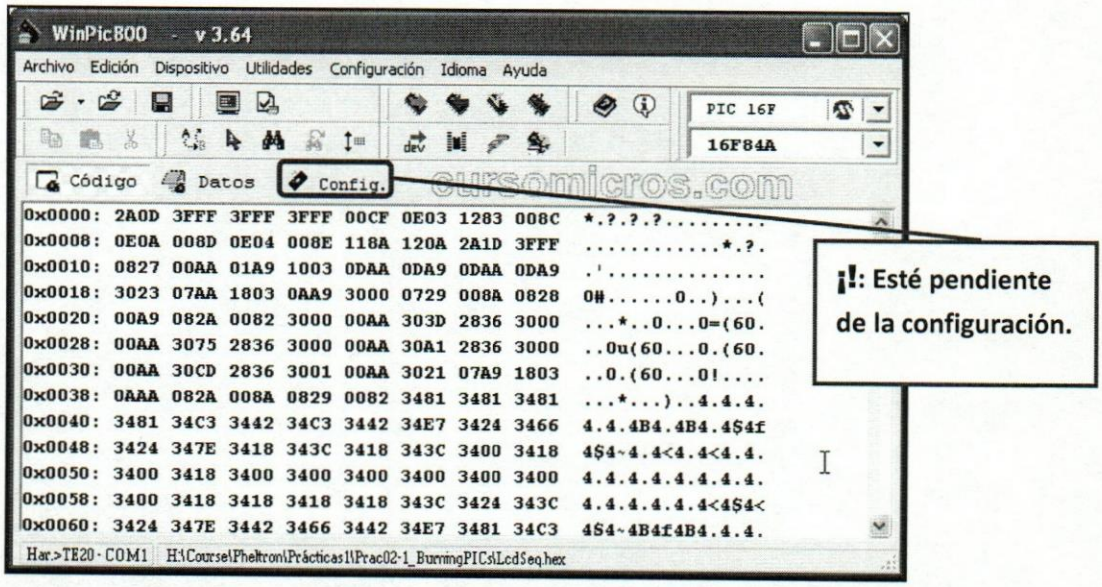


Figura T-10. Captura (1) del WinPic800

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

4- Se debe verificar que este seleccionado el microcontrolador adecuado.

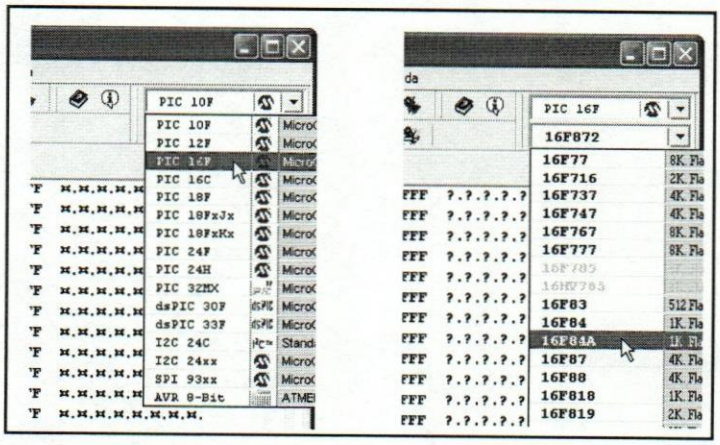


Figura T-11. Captura (2) del WinPic800

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

5- Debe estar configurado un grabador tipo TE-20 que son los disponibles en el laboratorio. Se debe colocar el micro en el sócalo adecuado según la dirección indicada por la mueca.

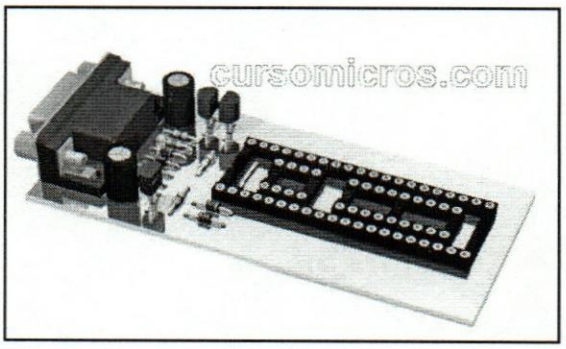


Figura T-12. Placa gramadora de microcontroladores

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

6- Luego de revisar la configuración, se pueden utilizar Detectar Dispositivo o Leer-ID-REV Con estas opciones se puede verificar que esté conectado y respondiendo el grabador.

Figura T-13. Captura (3) del WinPic800

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

7- Se abre el archivo .HEX que se desea grabar en el micro.

8- Para grabar se utiliza la opción Dispositivos > Programar todo o bien el botón o Ctrl+P desde el teclado.

Figura T-14. Captura (4) del WinPic800

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

9- Se verifica que no hayan ocurrido errores con el botón o Ctrl+V desde el teclado.

Figura T-15. Captura (5) del WinPic800

Fuente:http://www.cursomicros.com/pic/programador/practica-grabacion-de-pics.html

2 — Ejemplos de resolución de ejercicios

Nota: Estos ejercicios corresponden al primer ejercicio de cada sección.

Sección: Manejo Básico del PIC

Enunciado: En una fábrica se tiene un sistema automático de parada en caso de emergencia. Si este sistema detiene el proceso de producción de la planta, hay un tanque de alta presión cuyo nivel debe verificar el técnico en los medidores de aguja. El técnico cuenta con una botonera de transmisión inalámbrica (que no depende de Ud.) que le indicara al sistema los *LED*s que encenderá de la siguiente manera: Si el interruptor de estado presión NORMAL es activado solo se enciende un *LED* de color Verde, si se activa el interruptor de ALTA, se encienden simultáneamente el *LED* de color Verde y de color Amarillo, si se activa el interruptor CRÍTICO, se encienden los *LED*s anteriores más uno de color Rojo. (Simule este sistema utilizando un Pic16F84A).

Entradas y salidas

Entradas: Tres receptores, para cada interruptor en la botonera inalámbrica.

Salidas: Tres LEDs de colores verde, amarillo y rojo.

Esquema de circuito

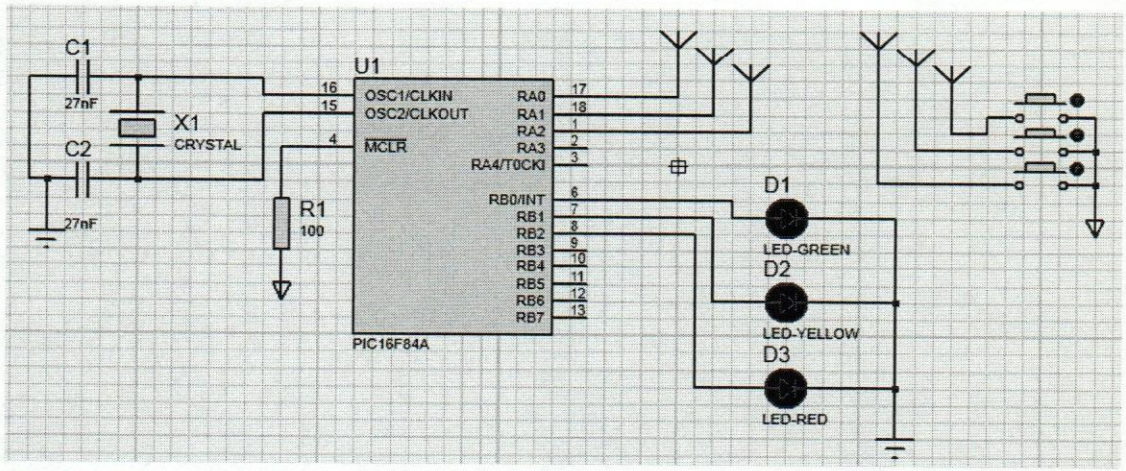


Figura 11 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Manejo básico del PIC

Fuente: Elaboración propia

Diagrama de flujo

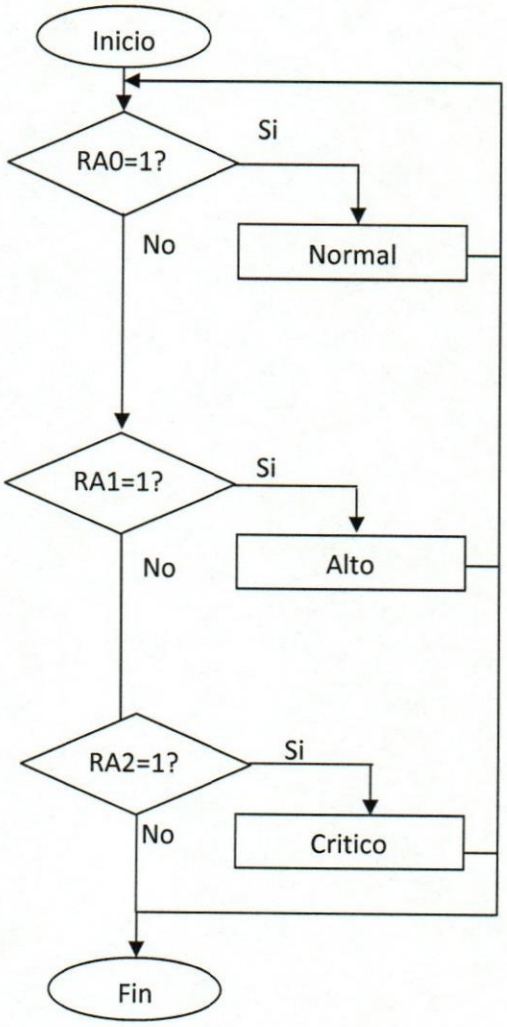


Figura 12 – Diagrama de flujo del ejercicio planteado de la sección: Manejo básico del PIC

Fuente: Elaboración propia

En cada rombo se interroga por si el estado del pin mencionado es igual a uno, en el caso de ser no, prosigue con el siguiente hasta comenzar nuevamente por el primero. En caso de ser igual a uno alguno de los pines, entra en el estado correspondiente. En cada estado se borran los valores en cada *LED* para reiniciar el programa.

;Código:

```
__CONFIG _CP_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC ;
Configuracion para el grabador
LIST P=16F84A ;Procesador utilizado
INCLUDE <P16F84A.INC> ;Definicion de
algunos operandos utilizados

org 0
goto Inicio
Inicio:
bsf status, RP0
clrf trisB; puerto B como salidas
movlw b'00000111'; pines del puerto A
;que serán entradas. ( _ _ _A4A3A2A1A0)
movwf trisA; puerto A como entradas
bcf status, RP0


Principal:
BTFSC PORTA, 0; pregunta por el puerto A
;pin0, salta si 1
Goto preguntar2:
Goto estado1

preguntar2:
btfsc PORTA, 1; pregunta por el puerto A
;pin1 , salta si 1
 Goto preguntar3:
 Goto estado2

preguntar3:
btfsc PORTA, 2; pregunta por el puerto A
;pin2, salta si 1
 Goto Inicio
 Goto estado3

encender_LED_verde:
 call limpiar;  Se apagan los LEDs del estado
anterior.
;Se hace aquí porque es común a todos,
siempre se enciende el
;LED verde
 bsf PORTB, 0; pone a 1 el puerto B pin0
return

encender_LED_amarillo:
bsf PORTB, 1; pone a 1 el puerto B pin1
return

encender_LED_rojo:
bsf PORTB, 2; pone a 1 el puerto B pin2
return


limpiar:
bcf PORTB, 0; pone a 0 el puerto B pin0
bcf PORTB, 1; pone a 0 el puerto B pin1
bcf PORTB, 2; pone a 0 el puerto B pin2
return

estado1:
call encender_LED_verde
goto Inicio

estado2:
call encender_LED_verde
call encender_LED_amarillo
goto Inicio

estado3:
call encender_LED_verde
call encender_LED_amarillo
call encender_LED_rojo
goto Inicio

END ;FIN
```

Sección: Registros

Enunciado: Simule un sistema que toma el valor de cuatro interruptores, lo guarda como una variable y lo muestra a través de cuatro LEDs.

En esta sección de ejercicios el objetivo es utilizar variables para almacenar y manipular datos. Para las variables se utilizan las estructuras DEF para definir una etiqueta que sustituirá por otra cadena de texto (#DEFINE SALIDA PORTA,0), EQU para sustituir una etiqueta por un valor constante (Dato1 EQU d'3'), CBLOCK para definir un grupo de variables (CBLOCLK 0x0C Variable1 Variable 2 Variable 3 ENDC).

Planteamiento: Tomaremos un registro y le asignamos un nombre, para crear así una variable, luego tomaremos directamente el valor de los pines del puerto en que estén conectados los interruptores y guardarlo en dicha variable. Entonces, pasaremos el valor de la variable al puerto en que estén conectados los LEDs. Es conveniente situar tanto los interruptores como los LEDs en los pines de menor peso (pines del 0 al 3) de cada puerto.

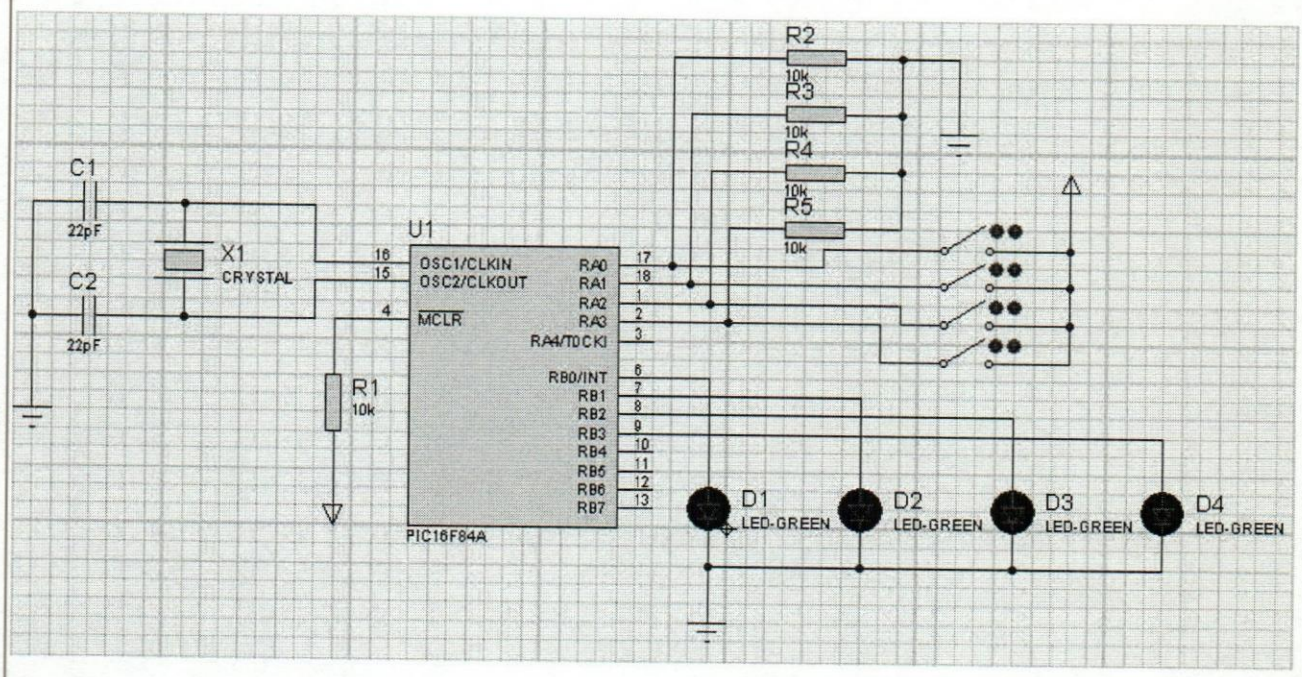


Figura 13 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Registros

Fuente: Elaboración propia

Código:

```
__CONFIG _CP_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC
LIST P=16F84A
INCLUDE <P16F84A.INC>

CBLOCK 0x0C
VAR
ENDC

org 0
goto Inicio
Inicio:
bsf status, RP0
movlw b'00001111'
movwf trisA
movlw b'00000000'
movwf trisB
bcf status, RP0

Principal:

LeeValor:
movf PORTA,W
;La etiqueta es innecesaria, ya que el código
;entrará en esta sección sin necesidad de
;manejar saltos, y solo se coloca para
;identificar las fases con fines académicos

GuardaValor:
movwf VAR
;aquí se guarda el valor

MuestraValor:
movf VAR,PORTB

goto Principal ;ciclo infinito

END
```

Sección: Con retardos de tiempos (TMR0)

Enunciado: Simule con el Pic una luz intermitente con lapsos de tiempo de 3m encendida, y de 1m y 50s apagada. Incluya un bit de inicio.

En esta sección de ejercicios el objetivo es utilizar el contador del TMR0 para contar tiempos, para ello se deben realizar varios ciclos para contar el tiempo total, haciendo que la sumatoria del conjunto de ciclos y sus iteraciones sumen los valores de tiempo necesarios. En este ejercicio se construirá un retardo de 50ms que es la base para alcanzar otros valores, utilizándose este valor en lugar del os 65ms máximos que alcanza a contar el TMR0 a toda su capacidad, para que los cálculos sean con números lo más completos posible. También se construirá un retardo de un segundo, y un minuto.

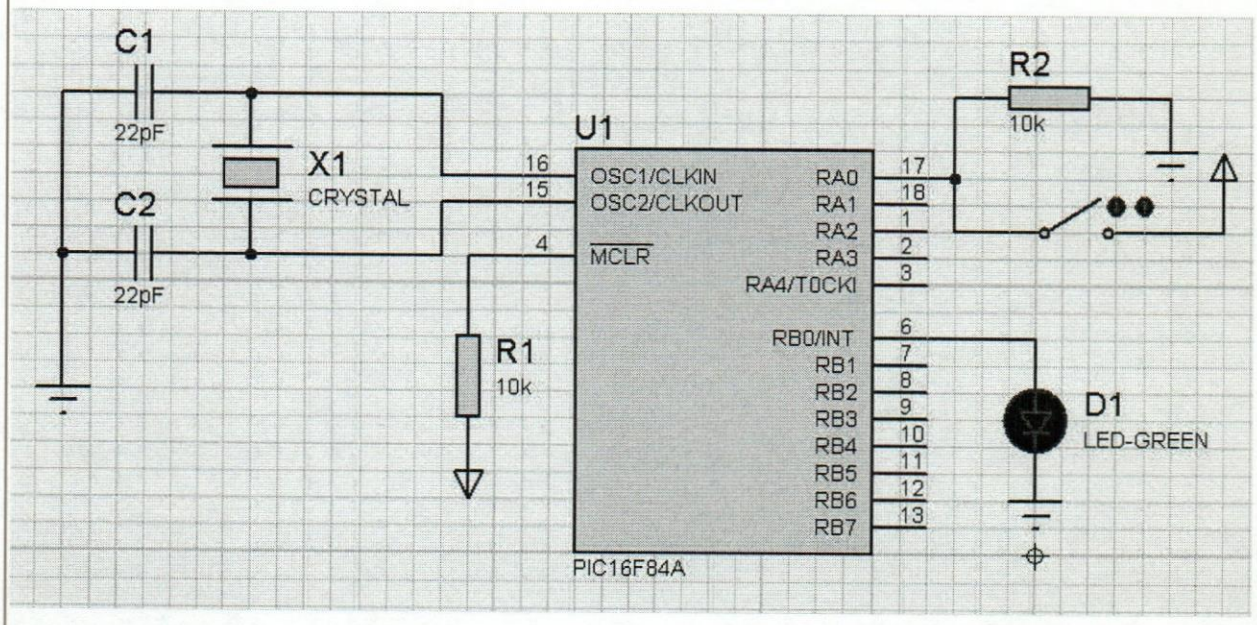


Figura 14 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: TMR0

Fuente: Elaboración propia

```
__CONFIG _CP_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC
LIST P=16F84A
INCLUDE <P16F84A.INC>

CBLOCK 0x0C
cont10, cont2, cont50, cont60
ENDC

org 0
goto Inicio
Inicio:
bsf status, RP0
movlw b'00000001'
movwf trisA
movlw b'00000000'
movwf trisB
movlw b'11000111'
movwf OPTION_REG
bcf status, RP0

Principal:
btfss PORTA,0
goto Principal
goto EnciendeLed
; con esta estructura estamos
;preguntando por el estado del
;pin 0 del puerto A, donde está conectado
;el botón de inicio y se mantiene en un bucle
;infinito hasta que el botón está activo y sale
;del ciclo saltando con goto

EnciendeLed:
bsf PORTB,0
call retardo3m

ApagaLed:
bcf PORTB,0
call retardo1m50s
goto EnciendeLed

retardo3m:
call retardo1m
call retardo1m
call retardo1m
return

retardo1m50s:
call retardo1m
call retardo50s
return

retardo1m:
movlw d'60'
movwf cont60
ciclo60:
call retardo1s
decfsz cont60
goto ciclo60
return

retardo50s
movlw d'50'
movwf cont60
ciclo50:
call retardo1s
decfsz cont50
goto ciclo50
return

retardo1s:
movlw d'2'
movwf cont2
ciclo_externo:
movlw d'10'
movwf cont10
ciclo_interno:
call retardo_50ms
decfsz cont10
goto ciclo_interno
decfsz cont2
goto ciclo externo
return

Retardo_50ms:
movlw d'61'
movwf TMR0
bcf INTCON, T0IF
pregunta:
btfss INTCON, T0IF
goto pregunta
return

END
```

Sección: Tablas

Enunciado: Simule un contador descendente de 0 a 10 (A en hexadecimal), con un bit de inicio, que muestre el número actual en un display 7segmentos. El tiempo entre un número y otro debe ser de 60.000ms. Una vez el contador llegue a cero, deberá esperar por un periodo de 1.5s y mostrar a continuación la palabra "FIN" en el display, con un lapso de 2s entre letras

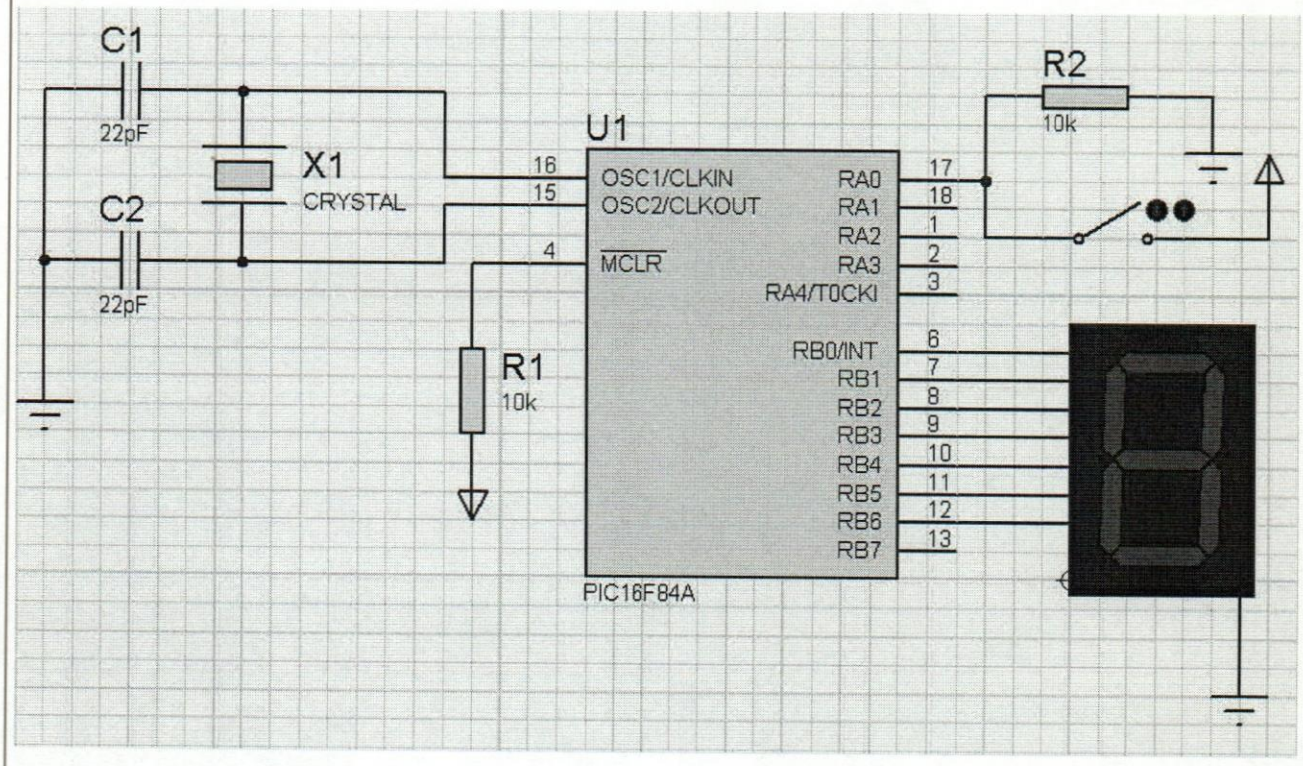


Figura 15 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Tablas
Fuente: Elaboración propia

```
__CONFIG _CP_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC
LIST P=16F84A
INCLUDE <P16F84A.INC>

CBLOCK 0x0C
cont10, cont2, cont50, cont60,contador
ENDC

org 0
goto Inicio
Inicio:
bsf status, RP0
movlw b'00000001'
movwf trisA
clrf trisB
movlw b'11000111'
movwf OPTION_REG
bcf status, RP0

Principal:
movlw d`9`
movwf contador
inicia contador en 9
Contar:
movf contador,w
call tabla
movwf PORTB
call retardo1m
decfsc contador
goto Contar
call retardo1.5s
goto MostrarPalabra

MostrarPalabra:
movlw b``;F en D7segAC
call retardo2s
movlw b``;I en D7segAC
call retardo2s
movlw b``;N en D7segAC
call retardo2s
goto FIN

retardo2s:
call retardo1s
call retardo1s
return

retardo1.5s:
call retardo1s
movlw d'10'
movwf cont10
ciclo_interno1.5:
call retardo_50ms
decfsz cont10
goto ciclo_interno1.5
return

retardo1m:
movlw d'60'
movwf cont60
ciclo60:
call retardo1s
decfsz cont60
goto ciclo60
return

retardo50s
movlw d'50'
movwf cont60
ciclo50:
call retardo1s
decfsz cont50
goto ciclo50
return

retardo1s:
movlw d'2'
movwf cont2
ciclo_externo:
movlw d'10'
movwf cont10
ciclo_interno:
call retardo_50ms
decfsz cont10
goto ciclo_interno
decfsz cont2
goto ciclo externo
return

Retardo_50ms:
movlw d'61'
movwf TMR0
bcf INTCON, T0IF
pregunta:
btfss INTCON, T0IF
goto pregunta
return

tabla:
addcpl
retlw b`11111100`;0
retlw b`01100000`;1
retlw b`11011010`;2
retlw b`11110010`;3
retlw b`01100110`;4
retlw b`10110110`;5
retlw b`00111110`;6
retlw b`11100000`;7
retlw b`11111110`;8
retlw b`11100110`;9
retlw b`11101110`;A

FIN:
END
```

Sección: Interrupciones

Enunciado: Simule un sistema que cuenta con cinco botones, uno conectado al RB0/INT y los demás a los RB4-RB7, y dos LEDs, uno rojo y uno verde. El programa mantiene encendido el LED verde hasta que algún botón es presionado, que hace apagarse al verde y encender el LED rojo. Al terminarse la interrupción se reinicia el sistema.

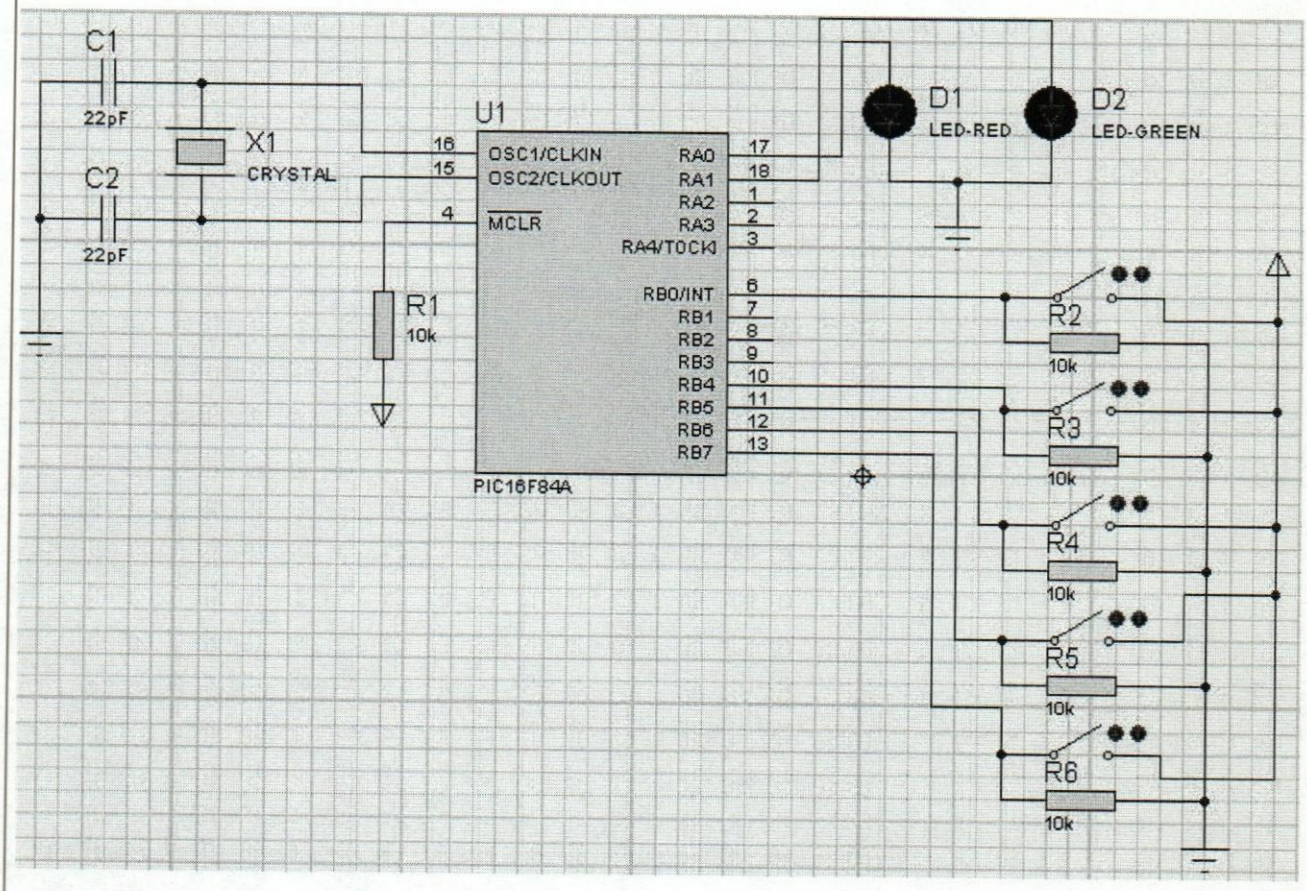


Figura 16 – Montaje del circuito del ejercicio planteado de la sección: Interrupciones
Fuente: Elaboración propia

```
__CONFIG _CP_OFF & _PWRTE_ON & _XT_OSC
LIST P=16F84A
INCLUDE <P16F84A.INC>

CBLOCK 0x0C
cont10, cont2, cont50, cont60,contador
ENDC

#DEFINE LEDROJO PORTA,0
#DEFINE LEDVERDE PORTA,1

org 0
goto Inicio
org 4
goto Interrupciones

Inicio:
bsf status, RP0
movlw b'00000011'
movwf trisa
movlw b'11110001'
movwf trisB
movlw b'11000111'
movwf OPTION_REG
movlw b'10011000'
movwf INTCON
bcf status, RP0

Principal:
bcf LEDROJO
bsf LEDVERDE
goto Principal

Interrupciones:
;En este caso no hay ninguna importancia por
;cual pin genero la interrupción. En caso de
;que sí, se debe preguntar por el estado de
;cada pin, y atender cada fuente de
;interrupción por separado.

bcf LEDVERDE
bsf LEDROJO
retfie

Fin:
END
```

Sección: Tipo Examen / Proyecto

Nota: Para estas secciones, se espera que el estudiante este en la capacidad de enfrentarse a estos ejercicios por sí solo, con ayuda de lo que ha desarrollado en las secciones anteriores, sin embargo se explica a continuación una herramienta más que necesitara para abordar estos problemas: el manejo de varios PIC interconectados.

Para trabajar con más de un Pic, de forma que estén interconectados es importante tener en cuenta:

- ✓ Obviamente habrá un código completo para cada uno de los Pic
- ✓ El ejercicio debe separarse en etapas
- ✓ Cada PIC, según su ubicación en las etapas del ejercicio, tendrá salidas que serán entradas para otros PIC, y tendrá entradas provenientes de otros PIC. Es decir, existirán pines de comunicación entre ellos, y un protocolo de comunicación; Por ejemplo que un PIC puede estar esperando un uno lógico en una entrada para iniciar su propio programa, o puede leer el estado de dos pines que están conectados a otro PIC, si este le envía 00_2, tendrá un significado como por ejemplo: la instrucción de esperar. Si le envía 01_2 o 10_2 pueden ser dos tareas diferentes, pero si le envía 11_2, puede ser empieza tu programa, y así para 3 o más pines y los diferentes estados que podamos representar con el numero de bits de comunicaciones entre los microcontroladores.

Ejercicios Propuestos

Manejo Básico del Pic

1. En una fábrica se tiene un sistema automático de parada en caso de emergencia. Si este sistema detiene el proceso de producción de la planta, hay un tanque de alta presión cuyo nivel debe verificar el técnico en los medidores de aguja. El técnico cuenta con una botonera de transmisión inalámbrica (que no depende de Ud.) que le indicara al sistema los *LED*s que encenderá de la siguiente manera: Si el interruptor de estado presión NORMAL es activado solo se enciende un *LED* de color Verde, si se activa el interruptor de ALTA, se encienden simultáneamente el *LED* de color Verde y de color Amarillo, si se activa el interruptor CRÍTICO, se encienden los *LED*s anteriores más uno de color Rojo. (Simule este sistema utilizando un Pic16F84A).

2. Simule un sistema que cuenta con dos botones B1 y B2. Al presionar cada botón se encienden un *LED* L1 y un *LED* L2 respectivamente. Considere: a) Los *LED* pueden encenderse ambos simultáneamente. b) Los *LED* son mutuamente excluyentes.

3. Se requiere un sistema que tenga cuatro botones B1-B4 y cinco *LEDs* L1-L5. Al presionar cada botón se enciende un *LED* respectivo; cuando los cuatro *LED* correspondientes a los botones B1-B4 están encendidos todos, se enciende el *LED* L5.

4. Se requiere hacer un sistema que permita encender tres lámparas (Simule las lámparas con *LEDs*), en el que cada lámpara requiere de la activación de dos interruptores. El sistema solo permite el encendido de una lámpara a la vez.

5. En un partido de fútbol se dispusieron sensores que cubren las cuatro zonas de fuera en la cancha y dos para las porterías. Se dispuso además un chip en el núcleo del balón que activa los sensores si llega a atravesar la línea de visión de alguno. Existen tres *LED*s que reciben la señal de los sensores y muestran si fue gol del equipo A o B y cuando hay fuera del balón por cualquiera de los dos equipos.

6. Simule la bóveda de seguridad de un banco, en el que la puerta se abre presionando un interruptor, que funciona solamente si primero se introducen y giran tres llaves que tienen el gerente, el subgerente y el cliente. Las cerraduras electromecánicas cuentan con una salida que genera un voltaje de 5V cuando la llave es introducida y girada, para darle la señal al micro. El circuito de la puerta requiere activar simultáneamente seis pines del microcontrolador para abrirla.

7. Simule un sistema anti-incendio que funciona con cinco sensores S1-S5 y cinco regadores de agua para control de incendios R1-R5. Al activarse un sensor, se activan los regadores numerados a partir de ese sensor. Por ejemplo, si se detecta fuego en el sensor S2, se activaran los regadores del R2 al R5. El sistema cuenta con un interruptor I1 para permitirle a los bomberos apagar el sistema, una vez que se han encendido los regadores en alguna configuración.

8. Se tienen cuatro sensores que detectan el movimiento en una bóveda de un banco, ubicados uno en cada esquina de la habitación reforzada que es de forma cuadrada. La puerta de la bóveda permanece abierta todo el tiempo mientras que los sensores no detecten ninguna señal. En el caso de que un sensor se active, se activará una cámara que hace una grabación de video del cuarto. Si se activan dos sensores cualesquiera simultáneamente, se activa la cámara y además una señal sonora, representada con una corneta. En caso de activarse tres sensores cualesquiera, se activa solo la señal sonora. Si se activan los cuatro sensores, se dispara una llamada telefónica a la estación de policía (se emite una señal TTL que la central telefónica del banco interpreta y ejecuta la llamada). En cualquier caso en que se activen dos o más sensores simultáneamente, se emite una señal que cerrará automáticamente la puerta de la bóveda.

9. En un acuario de cuatrocientos cincuenta galones de agua conviven ciento cuarenta y tres especies de peces. Debido al tamaño y lo delicado del hábitat se dispusieron de cuatro sensores que monitorean cuatro parámetros vitales para los peces e indican un aviso si alguno de ellos cambia. Los sensores miden la temperatura del agua, la salinidad, el nivel de pureza del agua y el estado de los filtros. Para cada parámetro se tiene un *LED* indicador de

advertencia respectivo. Considérese que si se activa la señal de los filtros se encienden simultáneamente los cuatro bombillos porque la falla de los filtros afectamente inmediatamente los demás parámetros.

10. Se tiene un sistema de balanceo en una plataforma como indica la figura. Cada vértice de la superficie rectangular tiene un sensor de inclinación y un dispositivo de nivelación que consiste en un brazo mecánico. Si un sensor está nivelado permanece encendido, si está apagado indica que está desnivelado y debe encenderse el dispositivo de nivelación hasta que el sensor correspondiente se encienda nuevamente. El sistema cuenta con un botón de encendido general.

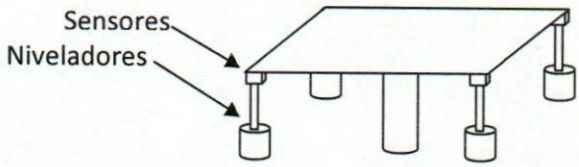


Figura EP-1 – Plataforma con sistema de balanceo Fuente: Elaboración propia

11. En el programa de concursos en televisión "Desafío extremo" se ha colocado una prueba en la que los concursantes tienen que atravesar un pasillo de tres puertas. Se tiene un botón para iniciar la aventura. Para abrir la primera puerta, deben ingresar mediante tres interruptores una clave de tres dígitos que el sistema debe verificar contra la clave precargada Interruptor1=1, Interruptor2=0, Interruptor3=1. Si ingresa una clave incorrecta, el juego termina y se encienden dos (02) *LED*s de color rojo. Si la contraseña fue correcta y se abre la primera puerta, deben entrar y presionar un botón, que cierra la puerta 1 y abre la puerta 2. Al pasar por esta, se encuentran con dos botones, uno para cerrar la puerta dos y otra para abrir la puerta tres, el participante no sabe cuál es cual y por lo tanto puede presionar cualquiera. El que abre la última puerta solo funciona si, y solo si, la puerta dos está cerrada. Al abrir la puerta 3, se enciende un *LED* de color verde que indica que gana el desafío.

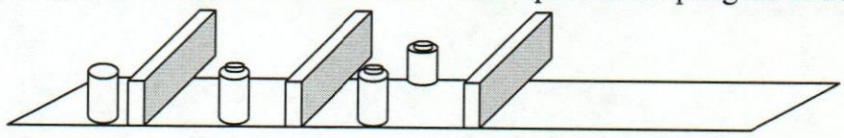


Figura EP-2 – Esquema de pista de "Desafío extremo" Fuente: Elaboración propia

12. Se quiere un sistema que represente el funcionamiento de un nuevo juguete: Un perro-robot, llamado Perrobot®. Se tienen cuatro motores que impulsan las patas, un dispositivo que detecta los comandos de voz y activa una de tres entradas en el Pic: "Ven" que lo hace

caminar, "Ladra" que activa una corneta y "Alto" que detiene cualquiera de las acciones anteriores. Al caminar, activa un motor de las patas delanteras y la pata trasera contraria a esa, luego las apaga, y hace lo mismo con las otras dos patas, repite el ciclo infinitamente.

13. Venecia. Se tiene un problema con el flujo de agua en los canales de una de las principales vías de navegación. El cambio de una corriente marina, y el flujo de varios desagües de otros canales han hecho que el transito en dicho canal sea imposible, debido a que las góndolas quedan atrapadas en corrientes de agua no deseadas. Los canales de interés se muestran en el diagrama de la figura 1. Las flechas indican los dos posibles flujos del canal principal (flechas continuas) y de los canales secundarios que es igual en los tres canales a la vez (flechas discontinuas).

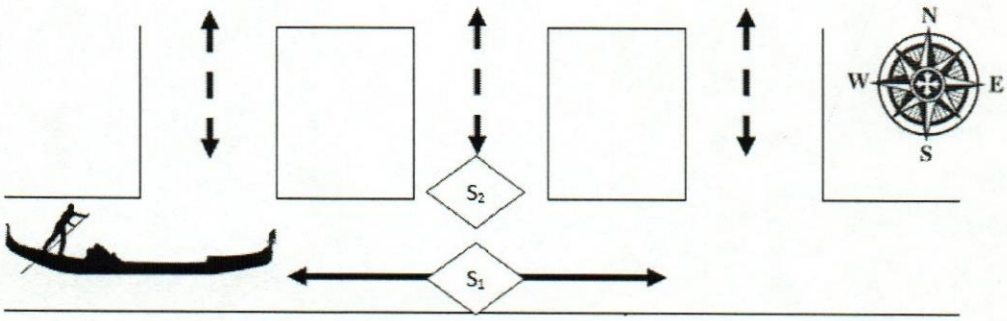


Figura EP-3 – Esquema de flujos en canales de agua. Fuente: Elaboración propia

Se dispusieron de sensores que detectan el sentido de la corriente de agua, indicados como S_i en el diagrama, y aspas submarinas para ayudar a corregir el sentido de la corriente. Las aspas están interconectadas y se encienden/apagan todas a la vez a través de dos entradas TTL. Si la corriente de agua es en sentido E-O, S1 se activa. Si el sentido del agua es N-S, S2 permanece apagado. Si el sentido de agua es O-E y S-N, con las aspas apagadas, se puede transitar de subida. Si es de E-O, y N-S, con las aspas encendidas, se puede transitar de bajada. Si no se cumplen estas condiciones, el transito es imposible. El sistema cuenta con tres indicadores luminosos que señalan si en el canal puede: Circularse de subida, de bajada, o si no puede circularse por el canal. Incluya el diagrama de flujo.

14. Se tienen cinco sensores de presión en el piso (dispuestos como se disponen los puntos del número cinco en un dado de seis caras) en una fuente de agua interactiva en un parque

acuático. Para cada sensor hay también una electroválvula que alimenta una boquilla de agua. Si alguien pisa uno de los sensores, se activan todas las demás boquillas de agua. Considere: a) En la fuente solo puede haber una persona a la vez. **Variación**: Considere que en la fuente pueden haber hasta dos personas a la vez y resuélvalo con registros, utilizando máscaras y operaciones lógicas.

15. Se tiene un tobogán en un parque acuático. El tobogán dispone de cuatro tramos de tubería de 2m de largo por 1m de diámetro cada uno. Cada tramo dispone un sensor a la entrada que detecta el paso del invitado por el tubo. Cuando un sensor es activado, se activa una electroválvula que deja pasar agua hacia el tubo para hacer posible el deslizamiento en su interior. A la salida del último tubo hay un sensor que indica que el invitado ha salido del tobogán y desactiva todas las electroválvulas.

16. Se tiene un dado de gran tamaño para un juego de televisión con un sensor en cada cara del mismo. Cuando se lanza y cae al piso, el sensor de la cara contra el piso indica cual es el número de la cara contraria, que es el que se encuentra expuesto por el dado. El número mostrado sale a través de tres pines. Esta información la recibe otro Pic que toma este valor en binario y lo muestra en un display7seg.

17. Simulador espacial - Misión: Atmosfera de Saturno. Ud. está en el programa de entrenamiento en conjunto de la NASA y de la Agencia Espacial Latinoamericana. En un ejercicio, una de las computadoras de a bordo falla y Ud. cuenta únicamente con un PIC16F84A para solventar el problema, junto a todos los componentes que pudiera necesitar. La computadora dañada maneja el proceso de aterrizaje, y Ud. debe reemplazarla con el microcontrolador y programar la lógica de descenso. En el manual técnico se caracteriza este procedimiento como sigue:

> Sensor de inicio de aterrizaje?
    > Activado
        >Enviar señal para cierre de las compuertas A y B
    >Desactivado
        > Esperar y seguir preguntando
> Sensor cierre de compuertas activado?
    > Activado
        > Enviar señal de encendido al sensor para telemetría

>Desactivado

> Esperar y seguir preguntando

> Botón de piloto automático?

>Activado

> Inicio de secuencia de aterrizaje automático

> Desactivado

> Inicio de secuencia de aterrizaje manual

>Secuencia de aterrizaje automático:

> Encender motor 1, tiempo t=30s

> Apagar motor 1, encender motor 2, tiempo t=33s

> Apagar motor 2, encender motor 3, tiempo t=15s

>Secuencia de aterrizaje manual

> Ciclo:

> Palanca 1?

>Activada: Encender motor 1, tiempo t=30s, apagar motor 1.

> Palanca 2?

>Activada: Encender motor 2, tiempo t=33s, apagar motor 2.

> Palanca 3?

>Activada: Encender motor 3, tiempo t=15s, apagar motor 3.

> Finalizar secuencia de aterrizaje.

>Activar secuencia de rescate (Enviar señal de inicio para la siguiente computadora)

Registros

1- Simule un sistema que toma el valor de cuatro interruptores, lo guarda como una variable y lo muestra a través de cuatro LEDs.

2- El PIC toma el valor de los primeros cuatro pines de c/puerto y los guarda como variables.

3- Simule un sistema de comparación de dos registros binarios de cuatro dígitos cada uno. El sistema tiene tres LEDs, uno para indicar que los registros son iguales, uno para indicar que el primer registro es mayor que el segundo y otro para indicar que el primero es menor que el segundo. Suponga que el sistema al encenderse con un botón de inicio, los números ya están seleccionados en los puertos a través de interruptores.

4- Se requiere un sistema que tenga tres botones identificados como B1, B2 y B3. El botón B1 enciende los LEDs L1 y L3 de un arreglo de tres LEDs. El botón B2 enciende el LED L1 y L2. El B3 enciende los LED L2 y L3. Se tiene un cuarto botón, en el pin A3 que sirve para apagar todos los LEDs. El sistema cuenta con un botón de inicio y un LED que indica el sistema en funcionamiento. Variación: Este ejercicio puede hacerse con ***tablas***.

5- Implemente un sistema de seguridad simple para un cuarto de pánico con una puerta electrónica. El usuario dentro de la sala coloca una contraseña de cuatro dígitos en binario por medio de interruptores. Del lado de afuera hay también cuatro interruptores, para que aquellos que vayan a entrar coloquen el código. Si el código es correcto, el Pic activará el pin que controla la cerradura y un LED de color verde. Si el código es incorrecto se activará un LED de color amarillo indicándolo, que no se desactivará hasta que se introduzca la contraseña correcta. Si se introduce tres veces una contraseña incorrecta, se encenderá un LED de color rojo indicando que el sistema está bloqueado. Se tiene un botón para reiniciar todo el sistema, solo funciona si no se ha bloqueado.

6- Simule el monitor que indica la cantidad de puestos de un edificio de estacionamientos de dos niveles. Dispone para ello sensores y displays 7 segmentos. En cada piso tiene cincuenta puestos.

Con retardos de tiempos (TMR0)

1. Simule con el Pic una luz intermitente con lapsos de tiempo de 3m encendida, y de 1m y 50s apagada. Incluya un bit de inicio.

2. Se desea colocar dos sensores de movimiento en el pasillo de una casa, con la finalidad de controlar las tres lámparas que iluminan esta zona. Al encenderse el sistema, si se detecta movimiento en cualquiera de los sensores, se encienden todas las lámparas por un periodo de tiempo de t=1 minuto, luego de este tiempo se apagan las luces y se reinicia el programa.

3. Simule un contador descendente de 10 (A en hexadecimal) a 0, con un botón de inicio, que muestre el número actual en un Display 7segmentos. El tiempo entre un número y otro debe ser de 60.000 milisegundos. Una vez el contador llegue a cero, deberá esperar por un periodo de 1.5s y mostrar a continuación la palabra "Fin" en el Display, con un lapso de 2s entre una letra y otra.

4. Simule con el Pic una luz intermitente con lapsos de tiempo programables por el usuario, quien introducirá con uno de tres botones cuanto será el tiempo de conteo. Considere tiempos de 1s, 2,5s y 5s.

5. Utilice el TMR0 como contador para que cada vez que se presione un botón conectado a VCC (utilizando el flanco de subida) se incremente el contador y se muestre su valor en binario por medio de ocho LEDs.

6. Simule un contador de tiempo por escalas en el que el Pic enciende un LED verde para indicar que está esperando para contar (ciclo de espera). El usuario introducirá con un selector uno de cinco tiempos posibles (1m, 5m, 17m, 31m y 60m). Cuando el tiempo sea introducido, el Pic lo indicará apagando el LED del ciclo de espera y encendiendo el LED correspondiente al valor seleccionado y comenzara a contar, una vez finalizado el conteo, se apaga ese LED y se enciende el LED inicial. Se usa un bit de inicio para indicarle que se ha introducido el valor de la escala de tiempo deseada.

1. Simule un contador descendente de 0 a 10 (A en hexadecimal), con un bit de inicio, que muestre el número actual en un display 7segmentos. El tiempo entre un número y otro debe ser de 60.000ms. Una vez el contador llegue a cero, deberá esperar por un periodo de 1.5s y mostrar a continuación la palabra "FIN" en el display, con un lapso de 2s entre letras.

2. Simule el siguiente sistema de verificación de identidad de una sala de archivos de una importante empresa. Para ingresar a la misma se debe colocar su clave personal de cinco dígitos binarios en una botonera dispuesta sobre un panel a la entrada. El sistema revisara si esta es una de las claves registradas como permitidas para el acceso a la sala. En caso de tener permitido el acceso encenderá un LED de color verde ubicado en el marco de la puerta, y activa la puerta encendiendo un pin del Pic. En caso de no tener el acceso permitido encenderá un bombillo de color rojo ubicado debajo del LED verde. El sistema se bloquea hasta que se presione un botón de desbloqueo oculto detrás del panel y se introduzca el código de desbloqueo 00000. Una vez ingrese una persona a la sala de archivos el sistema cerrará la puerta con la persona adentro, para salir debe presionarse un botón que se encuentra dentro de la sala. Al salir, debe presionar otro botón ubicado en otro panel para reiniciar el sistema. Las personas que tienen acceso a este sistema son las siguientes:

Cargo	Nombre y Apellidos	Clave única personal
Presidente	Juan Martínez	10101
Vice-presidente	Gabriel Pérez	01010
Gerente de ventas	Mariana Rodríguez	11001
Sub-gerente de ventas	Raúl Hernández	00110
Contador principal	Omar Pietri	00100
Contador ayudante #1	Laura Solórzano	00011
Contador ayudante #2	Irene Zambrano	00010

Figura EP-4 – Tabla de personal de la empresa Fuente: Elaboración propia

Cuenta con la siguiente información para la elaboración del sistema:

Instrucciones en caso de bloqueo: Si el sistema se bloquea, debe introducir la contraseña de desbloqueo y solo después de eso, presionar el botón de desbloqueo. **Especificaciones técnicas**: El puerto RA0 está reservado para el bombillo de color rojo verde. El puerto RB0 está reservado para el bombillo de color rojo. El puerto RA4 y RB7 no pueden utilizarse.

Interrupciones

1. Simule un sistema que cuenta con cinco botones, uno conectado al RB0/INT y los demás a los RB4-RB7, y dos LEDs, uno rojo y uno verde. El programa mantiene encendido el LED verde hasta que algún botón es presionado, que hace apagarse al verde y encender el LED rojo. Al terminarse la interrupción se reinicia el sistema. Variación: Se encenderá un LED rojo dependiendo del pin por el que ocurrió la interrupción

2. Simule la barra de carga de un dispositivo electrónico. (Una serie de LEDs que encenderán secuencialmente por un cierto tiempo igual al que le tome al TMR0 contar desde 200 a 256). La barra constara de cinco LEDs. Utilice como interrupción el Desborde del TMR0 y como acción de interrupción el cambiar de un LED a otro.

3. Simule con el Pic, un sistema de alarma manual para la parada de un proceso químico en una planta, que funciona como sigue: El sistema dispone de tres LEDs, de colores rojo, amarillo y verde. Se tiene un bit se inicio, cuando comienza el Pic enciende el LED de color verde indicando que el proceso está actuando con normalidad. Si se activa el botón B1, debe activarse el LED amarillo que indica una pausa en el proceso y si se activa el botón B2, se activa el LED rojo indicando la parada total del proceso. Si alguno de estos LEDs, el rojo o el amarillo, se encienden deberá preguntar por un tercer botón B3, que indicará al sistema que debe volver a arrancar, es decir, encender el LED verde y estar esperando de nuevo por si se vuelve a detener el proceso.

4. Simule el sistema de seguridad de una sala especial en un museo donde se encuentre exhibiéndose una famosa pintura. El Pic controla directamente las luces de esa sala. Se tienen cuatro sensores laser de movimiento conectado al Pic, si se enciende el sensor S1: se deberán activar la pantalla blindada de resguardo que se despliega delante de la pintura y encender una cámara. Si es el sensor S2 o S3, se deben apagar las luces, resguardar la pintura con la pantalla blindada y cerrar la puerta, si es el sensor S4, se deben encender la cámara y una alarma sonora. Además hay un botón de desactivación de la alarma cuya

posición solo conoce el director del museo, es decir, que de ser activado, debe suponerse que se trata de él y desactivar la alarma.

5. Simule con el Pic cinco luces indicadoras de operación de un sistema de transmisión de datos. El sistema cuenta con un bit de inicio. Si el sistema funciona normalmente, se encenderá el primer LED, permanecerá encendido por dos segundos, se apagará por otros dos segundo y se encenderá el siguiente, así sucesivamente y repitiéndose siempre de forma cíclica. Si el sistema se llega a detener, presionando un botón de parada, se debe encender inmediatamente una LED de color rojo. Cuando se suelte el botón de parada, el programa deberá seguir donde estaba.

6. Simule el sistema de conteo de puntos de un juego. Se tiene un botón para incrementar cada contador. Y deberá mostrarlos simultáneamente en dos displays 7segmentos. Los contadores empiezan en cero y la máxima puntuación es 9.

7. Debe simular con el Pic el funcionamiento de una maquina de refrescos. Esta despacha cuatro productos distintos: Agua mineral $1.5; Refresco $3.0; jugo en lata a $2.5 y soda a $2.0. Si se presiona uno de los botones se muestran en dos displays 7segmentos el precio del producto por 10 segundos. Si se presiona el botón de "COMPRAR". Se espera un tiempo de 30segundos que es lo que tarda la maquina en despachar y se reinicia el programa.

8. Simulara con el Pic las luces de un vehículo que funcionan de la siguiente manera: Una palanca indica la activación de una de las luces amarillas de cruce, que estarán intermitente con tiempos de 2s. Un botón indica ambas luces amarillas (de emergencia) intermitentes con tiempos de 1,5s. Un botón simula al freno, encendiendo las tres luces rojas. Otro LED, de color verde, indica que el carro está en marcha. Si el vehículo frena o entra en modo de emergencia, debe apagarse este LED. Si va a cruzar no es necesario.

9. Se requiere un sistema de luces con dos pares de bombillos. Se puede seleccionar entre un par y el otro en cualquier momento. El par de bombillos seleccionados encenderán de forma alternada e intermitente con un tiempo de 0.5 segundos. Se requiere que el sistema pueda ser pausado en cualquier momento (par de luces seleccionadas permanecen ambas encendidas).

El sistema permite también que el tiempo de intermitencia pueda variarse de 0,5s a 1s o viceversa, comenzando a contar el nuevo tiempo desde cero.

10. Se quiere un sistema con una señal sonora intermitente a tiempos de 65ms. Utilice la interrupción del TMR0.

11. Se quiere un sistema de seguridad que tenga un botón de encendido, y este constantemente monitoreando cuatro sensores de movimiento. En caso de activarse alguno, compare una clave de cuatro dígitos binarios introducida con interruptores con la clave almacenada previamente (defínala Ud.) y encienda una señal sonora mientras la clave no sea ingresada o sea incorrecta. Al ser ingresada la clave correcta, el sistema se reinicia. Los sensores están conectados y el código configurado para producir una interrupción al pic16f84a.

12. Año 2039. Cada persona en el planeta tiene asignado un robot de compañía como el que muestra la figura. Este pequeño robot funciona con cuatro motores para el movimiento de los brazos y piernas. Usted, temiendo que las maquinas se rebelen y ataquen a los humanos quiere sustituir el chip del robot por un pic16f84a e incluirle una rutina de parada en caso de emergencia. El procesador pasaría a controlar las funciones básicas de movimiento a través de las señales recibidas desde la unidad lógica de movimiento (Mover pierna izquierda, Mover pierna derecha, Mover brazo izquierdo, Mover brazo derecho) y emite la señal de control a los motores respectivos. Su sistema de interrupción cuenta con un receptor que emite una señal al Pic si recibe un pulso que usted emite desde un anillo. Si el sistema recibe este pulso, detiene todos los motores del robot y lo reinicia. Este receptor está conectado por el pin 0 del puerto B. Adicionalmente cuenta con dos receptores más que se activan uno con la voz y otro si el robot está guardado en su celda de carga. Cualquiera de los dos que suceda, emite una señal al Pic para detener completamente al robot.

BRAZO ROBOT

EJERCICIO DEL EXAMEN PARCIAL - TERM: 201421

1. El departamento de ciencias aplicadas a la medicina ha diseñado un cañón laser súper preciso destinado a ser utilizado en cirugías no invasivas. Por desgracia la computadora que lo controla ha fallado y urge continuar con las pruebas. Se le ha contratado a usted para implementar el prototipo del sistema de control sustituto para el cañón laser. Para esto, usted cuenta con microcontroladores pic16f84a, LEDs, displays 7segmentos, integrados 7447, cables, botones, interruptores y cualquier otro componente que requiera (Debe especificarlo en el diagrama). El laser está instalado en un brazo robótico que puede realizar seis diferentes acciones: 1: Arriba, 2: Abajo, 3: Rotación izquierda, 4: Rotación derecha, 5: Parar, 6: Encendido del laser; El brazo cuenta con una unidad decodificadora de BCD que permite controlar las seis funciones de acuerdo al número que reciba dicha unidad a través de sus tres entradas. Al encender cualquier de las primeras cuatro funciones, el brazo no detiene el movimiento hasta que se indique la función "Parar".

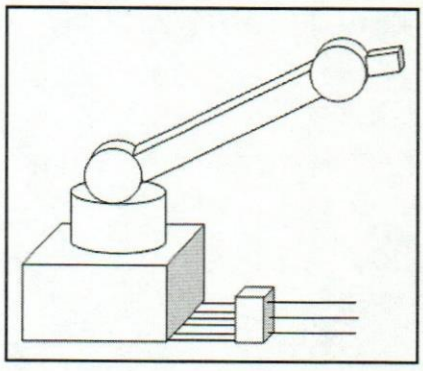


Figura TE-1 - Diagrama conceptual del brazo robótico.

Requerimientos: El sistema debe contar con lo siguiente: Un botón de encendido general; Un indicador de carga desde el nivel de potencia cero (0) que indica descarga del sistema hasta el nivel de potencia máxima: nueve (9); Botones para controlar los movimientos del brazo robótico; Un juego de LEDs que indiquen los siguientes estados: "Encendido del sistema", "Brazo en movimiento", "Laser encendido". Condiciones: Al encenderse el laser, se observa en los displays el nivel de carga de potencia del laser que va de 0 a 9 en un tiempo total tc aproximadamente igual a quince segundos. Solamente después del tiempo de carga, se puede activar el laser. Al encenderse el laser, lo hace por un tiempo te de 33milisegundos. Cada vez que se va a disparar el laser, hay que esperar el tiempo de carga. Resolución: Dibuje el diagrama del circuito y escriba el(los) código(s) necesario(s). Realice los comentarios que considere necesarios para la documentación del código.

Ejercicios con más de un PIC (Tipo Proyecto)

ASCENSORES

PROYECTO DE TEORIA - TERM: 201421

Instrucciones: Deben entregar un informe con la descripción del funcionamiento detallado de cada parte del sistema, los diagramas de flujo que consideren necesarios para representar en su totalidad las lógicas utilizadas, el diagrama de circuito, resultados de la simulación, el código comentado y cualquier otra información que usted considere necesaria para el proyecto. Este proyecto es completamente teórico, pero debe plantear teóricamente la construcción del modelo a escala en una maqueta para pruebas. El sistema requiere más de un microcontrolador, por lo que deberá establecer un protocolo de comunicación entre ellos.

Enunciado: Su equipo ha sido contratado para el desarrollo del sistema electrónico del ascensor de un edificio que cuenta con tres pisos más la planta baja.

Condiciones:

- ✓ Cada piso tiene un botón para llamar al ascensor.
- ✓ En el ascensor hay botones para marcar los pisos.
- ✓ En el interior del ascensor hay un indicador numérico para mostrar el piso en el que se encuentra
- ✓ Hay dos bombillos con forma de flechas, para indicar si sube o baja.
- ✓ El ascensor al estar abierto en un piso por más de un minuto, regresa a PB.
- ✓ El PIC controla el motor del ascensor. Tenga en cuenta que este motor funciona con 220V.
- ✓ El ascensor cuenta con un extractor de aire que se activa cada vez que el ascensor esta en movimiento.
- ✓ El ascensor cuenta con un sistema para abrir o cerrar las puertas, las cuales controla también el PIC y operan a 110V. Hay un botón de alarma conectado a una sirena. Considere que las puertas siempre permanecen cerradas a menos que se pida el ascensor y el llegue al piso correspondiente, abriendo las puertas.
- ✓ Hay un sistema aparte que monitorea si el ascensor esta averiado e indica en dos displays si se encuentra en un piso en particular (mostrando el numero del piso + '.0', o si está entre dos pisos, mostrando el piso inferior + '.5'.

FÁBRICA DE GALLETAS
PROYECTO DE TEORIA - TERM: 201422

Instrucciones: Deben entregar un informe con la descripción del funcionamiento detallado de cada parte del sistema, los diagramas de flujo que consideren necesarios para representar en su totalidad las lógicas utilizadas, el diagrama de circuito, resultados de la simulación en el programa Proteus, el código comentado y cualquier otra información que usted considere necesaria para el proyecto. Este proyecto es completamente teórico, pero debe plantear teóricamente la construcción del modelo a escala en una maqueta para pruebas. El sistema requiere más de un microcontrolador, por lo que deberá establecer un protocolo de comunicación entre ellos. Se realizará en grupos de cuatro (04) personas.

Enunciado: La empresa de galletas Horeo desea instalar una nueva fábrica automatizada y les ha contratado para diseñar los circuitos de control. El proceso de producción de las galletas consta de cuatro fases: Vertido de ingredientes, mezcla de la masa, horneado y empaquetado, y una banda transportadora comunica todas las fases como muestra la figura a continuación.

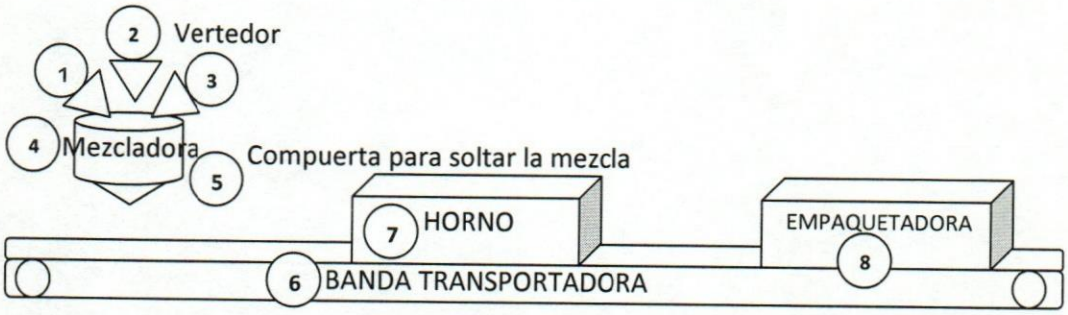


Figura TP-1 – Esquema de la fábrica de galletas

Condiciones:

- ✓ Cada ítem numerado debe contar con un pin para su control de encendido/apagado
- ✓ El horno cuenta con un indicador de temperatura de tres dígitos, y mostrar también la unidad de los grados, en este caso se trabajara con grados Celsius.
- ✓ La mezcladora tiene un indicador de porcentaje de llenado, con 00 para vacio y 99 para lleno.
- ✓ Cuando el vertedor este funcionando, cada una de las tres boquillas llenan 33% del tanque de la mezcladora en t=15s. La mezcla se prepara en t=2minutos.
- ✓ Cuando la compuerta de la mezcladora se abre, será por un tiempo t=1s. Cada vez que se abre la compuerta, vierte 1% de la mezcla.
- ✓ El sistema cuenta con un botón de arranque y otro de parado general.
- ✓ El horno funciona a 375°C, llega a esta temperatura en tres t=1minutos, para cada t, muestra la temperatura alcanzada. Cuando el horno está a la temperatura máxima, la banda transportadora comienza a funcionar.

Resumen de herramientas para manejo del PIC16F84A

Tablas

Tabla 7segCaCm:

```
; Tabla para representar números
; en un display 7 segmentos Cátodo común
addwf PCL,F
retlw b'00111111';0
 retlw b'00000110';1
retlw b'01011011';2
retlw b'01001111';3
retlw b'01100110';4
retlw b'01101101';5
retlw b'01111100';6
retlw b'00000111';7
retlw b'01111111';8
retlw b'01100111';9
```

Tabla7segAnCm:

```
; Tabla para representar números
; en un display 7 segmentos Ánodo común
addwf PCL,F
retlw b'11000000';0
 retlw b'11111001';1
retlw b'10100100';2
retlw b'10110000';3
retlw b'10011001';4
retlw b'10010010';5
retlw b'10000011';6
retlw b'11111000';7
retlw b'10000000';8
retlw b'10011000';9
```

BCD:

```
; Tabla con los números del 0 al 15(F en hexadecimal)
; representadas en BCD (Binary-coded Decimal).
addwf PCL,F
retlw b'00000000';0
 retlw b'00000001';1
retlw b'00000010';2
retlw b'00000011';3
retlw b'00000100';4
retlw b'00000101';5
retlw b'00000110';6
retlw b'00000111';7
retlw b'00001000';8
retlw b'00001001';9
retlw b'00001010';A
retlw b'00001011';B
retlw b'00001100';C
retlw b'00001101';D
retlw b'00001110';E
retlw b'00001111';F
```

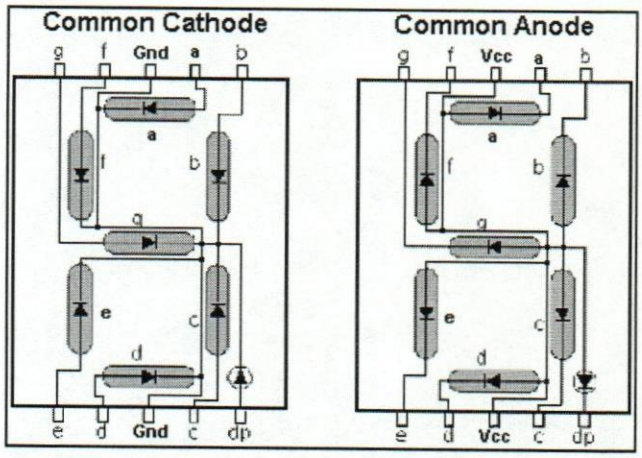


Figura R-1 - Diagramas de los tipos de Display s7 segmentos.

Fuente: http://4.bp.blogspot.com/-hKGRafyfVE8/UM_fZgnPR8I/ AAAAAAAAC9s/fL7c595T6w8/s1600/7segLED.gif

TMR0

Ecuación

t= ti x prescaler x (256 - carga)

t=tiempo

ti=tiempo de instrucción

Ejemplos de retardos

Retardo_50ms:

```
movlw d'61'
movwf TMR0
bcf INTCON, T0IF
pregunta:
btfss INTCON, T0IF
goto pregunta
return
```

Retardo_1s:

```
movlw d'2'
movwf cont2
ciclo_externo:
movlw d'10'
movwf cont10
ciclo_interno:
    call Retardo_50ms
    decfsz cont10
    goto ciclo_interno
decfsz cont2
goto ciclo externo
return
```

Bibliografia Recomendada para el Estudiante

Fundamentos teóricos

- C. Alexander y M. Sadiku, Fundamentos de Circuitos Eléctricos. 3 ed. México: McGraw-Hill, 2006.
- D. Alciatore y M. Histand, Introducción a la Mecatrónica y los sistemas de medición. 3 ed. México: McGraw-Hill, 2008.
- J. Wakerly, Digital Design: Principles and Practices and Xilinx 4.2i Student Package. Prentice all
- M. Morris, Principles of Digital Design. Prentice Hall
- R. Tokheim, Principios digitales. McGraw-Hill

Microcontroladores; PIC16F84A. Teoría y proyectos

- E. Palacios, F. Remiro y L. López, Microcontrolador PIC16F84A: Desarrollo de Proyectos. Ra-Ma [*]
- J. Ángulo, I. Ángulo y A. Etxebarría, Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones Pic12f508 y Pic16f84a. Lenguajes Ensamblador, C y Basic. 1era parte. 4 ed. McGraw-Hill, 2003.
- J. Ángulo, S. Romero y I. Ángulo, Microcontroladores PIC: Diseño práctico de aplicaciones Pic16f87x. 2da parte. McGraw-Hill, 2003.
- Barrientos, L. Peñin, C. Balaguer y R. Aracil, Fundamentos de Robótica. McGraw-Hill

[*] Libro de texto de la materia

Referencias Bibliográficas

[1] E. Bachrach, Ágil mente, Sudamericana. 2013

[2] L. Pedrón, Electrónica Analógica, USERS. 2010

[3] Ch. Alexander y M. Sadiku, Fundamentos de circuitos eléctricos, Mc Graw Hill, 2007

[4] E. Palacios et al., Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de proyectos, Alfaomega Ra Ma, 2004

[5] A. Hambley, Electrónica, Pearson Prentice Hall, 2001

[6] C. Porras, Estudio y diseño de un sistema inmótico para su aplicación en el edificio de laboratorios de la Universidad Católica Andrés Bello, UCAB, 2012

[7] Datasheet PIC16F8XA, Microchip

[8] C. Porras, Instructivo para el Laboratorio de Electrónica Digital - Prof. Carlos Porras, UCAB, 2013