

# ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL



## INSTITUTO DE TECNOLOGÍAS

### Programa de Especialización Tecnológica en Electricidad, Electrónica y Telecomunicaciones

#### PROYECTO DE GRADUACIÓN

*“Diseño de estructuras de soporte y elaboración del controlador electrónico para los semáforos vehiculares y peatonales del parque vial de la Escuela de Conductores Profesionales de la Espol ECPE E.P.”*

Previa a la obtención del Título de:  
**TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA**

Presentado por:

**José Luis Campozano Pin**

**Iván Fernando Bajaña Salazar**

**Guayaquil - Ecuador**

**2013**

## **Agradecimientos**

Agradecemos ante todo a Dios por habernos permitido llegar a la culminación de una etapa más en nuestra vida profesional.

Al apoyo incondicional de nuestros padres, que representa un pilar imprescindible en cada uno de los proyectos que decidimos emprender.

A profesores y amigos, quienes representaron gran esfuerzo y constancia en momentos de cansancio y decline.

A la Escuela Superior Politécnica del Litoral, institución que promueve una educación de excelencia y forma profesionales con alto nivel de responsabilidad.

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a nuestros padres. A Dios porque ha estado con nosotros a cada paso que damos, cuidándonos y dándonos fortaleza para continuar.

A nuestros padres, quienes a lo largo de nuestra vida han velado por nuestro bienestar y educación siendo nuestro apoyo en todo momento. La tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir.

## Tribunal de sustentación



MSc. Eloy Moncayo Triviño  
Presidente



Lcdo. Diego Armando Muso  
Director de proyecto



Lcdo. Camilo Arellano Arroba  
Profesor vocal

## Declaración Expresa

"La responsabilidad del contenido de este Proyecto de graduación, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la Escuela Superior Politécnica del Litoral".

Reglamento de Graduación de ESPOL.



---

Iván Bajaña Salazar  
C.I 0929228310



---

José Campozano Pin  
C.I 1313103283

## Resumen

El controlador electrónico va a ser utilizado para determinar las secuencias de trabajo de los semáforos vehiculares y peatonales cumpliendo con los requerimientos y normas estipuladas en el Reglamento Técnico Ecuatoriano del INEN para la semaforización , usando como herramienta principal el microcontrolador PIC16F887 junto a un teclado matricial 4x4 por el cual se escoge el ciclo de trabajo deseado y los tiempos de las luces: rojo, amarillo y verde proporcionados por el usuario el cual se va a visualizar a través de un Lcd 2x16.

El diseño de las estructuras de los semáforos va a ser realizado con el software de dibujo AutoCAD de acuerdo con todos los requerimientos establecidos, basados en las dimensiones de los circuitos impresos que irán colocados estratégicamente en la dicha estructura. El diseño del soporte del semáforo será de igual manera realizado en base a las distintas condiciones en las que estará operando en el parque vial.

Nuestro objetivo es seguir desarrollando el proyecto de semaforización para la Escuela de Conductores Profesionales de la Espol ECPE E.P., lo que ayudará en una contribución importante en el aprendizaje de los posteriores conductores profesionales de esta escuela.

## Justificación

El uso de componentes electrónicos en el control de secuencias preestablecidas es común hoy en día en la industria de controladores de semáforos viales, ya que éstos reducen costos y son más exactos en las unidades de tiempo.

En países que han realizado un estudio sobre las distintas maneras de determinar tiempos de secuencias, es donde encontramos una gran variedad de modelos de controladores para este tipo de sistemas.

Ecuador es uno de los países importadores de estos dispositivos de control. Debido a los altos costos de importación e instalación, se decidió realizar un estudio de las necesidades que se encuentran hoy en día en las distintas intersecciones viales del país, para lo cual nos propusimos a diseñar un controlador que llene las necesidades en el campo y una de las tantas aplicaciones que se le da, es la requerida en los parques viales.

# Índice

Agradecimientos.....	2
Dedicatoria .....	3
Tribunal de sustentación .....	4
Declaración Expresa .....	5
Resumen .....	7
Justificación .....	8
Introducción .....	11
Capítulo 1.....	12
Características del proyecto .....	12
1.1 Descripción .....	12
1.2 Aplicación.....	14
1.3 Objetivo General.....	14
1.4    Objetivos específicos .....	15
Capítulo 2.....	16
Fundamento teórico.....	16
2.1 Herramientas de software.....	16
2.1.1 MikroC for Pic .....	16
2.1.2 PICKit 2.0.....	16
2.1.3 PCB Wizard .....	17
2.1.4 Autocad.....	19
2.2 Herramientas de hardware .....	20
2.2.1 Microcontralador pic16f887.....	20
2.2.2 Teclado matricial. ....	30
2.2.3 Lcd 2x16.....	31
Capítulo 3.....	33
Diseño de las estructuras. ....	33
3.1 Diseño de estructura de semáforo vehicular. ....	33



3.2 Diseño de estructura de semáforo peatonal.....	38
Capítulo 4.....	41
Parámetros y especificaciones para el controlador de los semáforos.....	41
4.1 Características del controlador. ....	41
4.2 Secuencias de trabajo.....	43
4.3 Diagrama de flujo. ....	44
Capítulo 5.....	45
Implementación del proyecto. ....	45
5.1 Manual del Operador .....	45
5.2 Recetas de operaciones.....	47
Conclusiones.....	49
Recomendaciones.....	51
Referencias y manuales de componentes electrónicos.....	52
Anexos .....	53

# Introducción

El proyecto presente es la continuación de uno anterior en el cual se hicieron las matrices de leds de semáforos vehiculares y peatonales y un acoplador electrónico donde recibe la alimentación de 110 Vac y 5 Vdc, el voltaje continuo es suministrado por el controlador diseñado y construido para los semáforos, este está formado por un microcontrolador, teclado matricial, Lcd y componentes electrónicos como resistencias transistores, diodos leds, se contó con la ayuda de los siguientes software PCB wizard, Isis 7.

Las estructuras de los semáforos solo se diseñaron para esto se usó la herramienta de dibujo AutoCAD, la construcción de estas la gestiona el director de la escuela de conducción.

La programación de las secuencias de trabajo del microcontrolador fueron desarrolladas en el programa MikroC For Pic y compilada con la aplicación Pickit, la persona que opere el controlador cuenta con un manual y con recetas de operación detallado en el informe.

# Capítulo 1

## Características del proyecto

### 1.1 Descripción

El proyecto se divide en dos etapas: la construcción del sistema de control, y la estructura del mismo.

En base al análisis previo a la construcción de las tarjetas y a las estructuras de los semáforos, se procedió a realizar el diseño de los mismos.

Refiriéndonos al diseño de las estructuras, se tomaron medidas tomando como punto de partida las medidas de la tarjeta de la matriz de leds. El software más adecuado para el desarrollo de esta etapa es AutoCAD 2011, debido a la factibilidad de vistas que se puede tomar en los distintos puntos del dibujo.

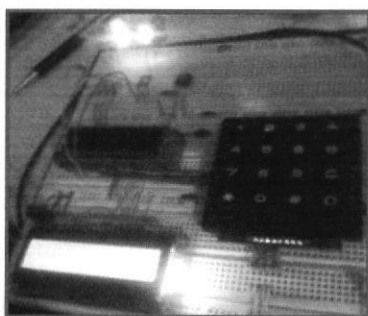
El diseño se lo realizó de tal manera que en el momento de fabricación no se volviera dificultoso para el mecánico al efectuar los dobles y cortes de las láminas de acero inoxidable.

Debido al diseño electrónico, el espacio se redujo en un porcentaje a los semáforos peatonales de hoy en día, ya que éstos no necesitan de componentes de gran dimensión.

Esta parte del proyecto consta de dos diseños: semáforos peatonales, y semáforos vehiculares, para los cuales se tomó la misma metodología de realizar estructuras más delgadas.

Dichas estructuras están conformadas por láminas de acero inoxidable, debido a que es resistente al cambio climático al que estarán expuestas. Ambos diseños serán mostrados posteriormente.

El sistema de control es una tarjeta electrónica que tiene como principal componente el microcontrolador PIC16F887 y como interfaces para interactuar con el usuario el teclado matricial 4X4 y un LCD 16X2 (figura 1), el primero con cada una de sus teclas que cumplen una función específica en la parametrización del tiempo y diferentes secuencias de las luces de los semáforos que el microcontrolador lo entiende y ejecuta a través de la programación que se compiló, el segundo que es un visualizador en el que se puede apreciar las secuencias y los parámetros que se dan a través del teclado.



**Fig. 1.** Circuito de prueba en protoboard.

## **1.2 Aplicación**

El propósito principal del controlador electrónico es automatizar la secuencia de las lámparas led, parametrizando los tiempos de activación mediante una interface y ofrecer un entorno agradable del operador con el controlador.

Debido a que el diseño se lo asemeja a la realidad, este puede ser empleado en ciertos tipos de intersección, tanto en parques viales como es en este caso, como en calles transitadas.

## **1.3 Objetivo General**

Diseñar y construir un controlador de tiempos de activación de semáforos peatonales y vehiculares, al igual que sus propias estructuras para el parque vial de la Escuela de Conductores Profesionales de la ESPOL.

## 1.4 Objetivos específicos

- Diseñar estructuras de semáforos de nuestra autoría que serán de soporte para lámparas led que corresponden al mismo, tomando como referencia las dimensiones de las mismas.
- Diseñar un sistema de parametrización de tiempos basándonos en control digital, mediante la tarjeta de interfaz.
- Realizar una investigación de las principales necesidades requeridas en el controlador de semáforos para el parque vial.
- Analizar el método de activación del actuador electrónico de las lámparas led para realizar el sistema de acoplamiento con el controlador.
- Utilizar los conocimientos obtenidos en el transcurso de nuestra preparación superior para elaborar el algoritmo que contendrá el controlador electrónico.

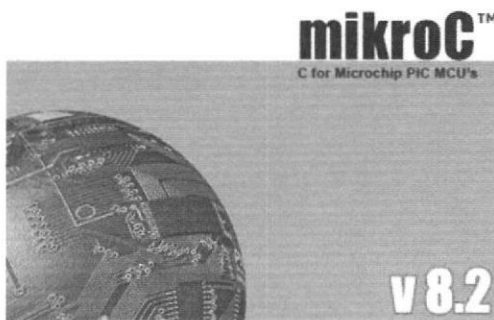


# Capítulo 2

## Fundamento teórico

### 2.1 Herramientas de software

#### 2.1.1 MikroC for Pic

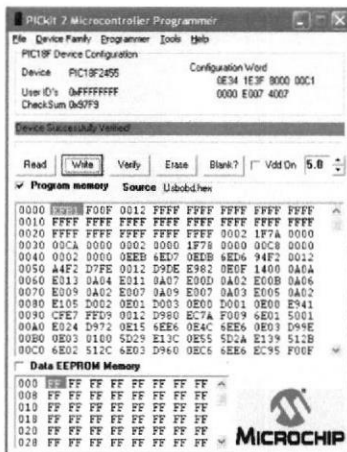


La herramienta para la programación del microcontrolador PIC16F887 fue el software mikroC for Pic el cual está diseñado para el desarrollo, construcción y ejecución de aplicaciones basadas en PIC.

Fig. 2. Software mikroC for Pic

El software tiene una gama de características como IDE fácil de usar, código compacto y eficiente, bibliotecas de software y hardware, documentación completa, simulador de software, soporte al depurador de hardware, numerosos ejemplos listos para usar, actualizaciones gratuitas de las nuevas versiones del compilador, soporte a más de 350 microcontroladores PIC.

#### 2.1.2 PICKIT 2.0



Es una herramienta con una interfaz fácil de usar para programación y depuración de las familias de

Fig. 3. Software PICKIT 2.0

microcontroladores Microchip. Compatible con todas las funciones de Windows además de una interfaz de programación visual para las gamas baja y media, las familias PIC32 de 8 bits, 16 bits y microcontroladores de 32 bits, además de otros productos como memorias EEPROM.

Compatible con el poderoso IDE (Integrated Development Environment) MPLAB de Microchip el cual permite la depuración del circuito en la mayoría de los microcontroladores PIC.

### 2.1.3 PCB Wizard



PCB WIZARD es un programa diseñado para crear esquemas de circuitos electrónicos y a partir de estos, obtener de una manera sencilla el diseño del circuito impreso a una o dos caras.

**Fig. 4.** PCB Wizard.

Si se quiere obtener un circuito impreso, simplemente se debe “arrastrar” los componentes sobre un “tablero o documento” y se los tiene que conectar siguiendo pasos muy simples hasta formar el circuito. Una vez armado el circuito sobre dicho tablero se tiene que ejecutar una instrucción (seleccione la opción del menú “convertir a PCB”).





El circuito impreso aparecerá con los componentes físicos colocados en la misma posición que en el tablero. Se puede diseñar circuitos impresos de una y dos capas; además, se puede interactuar con el programa Livewire para simular el funcionamiento del circuito que se ha dibujado, para saber si el prototipo funciona de la manera adecuada, aún antes de armarlo físicamente. Tiene una amplia gama de herramientas que cubren todos los pasos tradicionales de producción en PCB (diseño de circuitos impresos), incluyendo dibujos esquemáticos, capturas esquemáticas, ubicación de componentes y archivos de generación para producir kits y prototipos.

**Este laboratorio virtual generador de circuitos impresos posee:**

- Símbolos de circuitos y paquetes de componentes.
- Herramientas para el diseño de circuitos inteligentes, que unen su circuito automáticamente mientras trabaja.
- Ruteo automático integrado.
- Generador de reporte de componentes utilizados para que tenga la “lista de materiales” necesaria para su proyecto.
- Herramientas para cubrir con cobre las áreas vacías automáticamente para reducir los costos de producción ya que al tener menos cobre para ser “comido” de la placa, el ácido durará un tiempo mayor.
- Posibilidad de incluir publicaciones integradas con textos, gráficos, soporte para la comprobación de ortografía.

## 2.1.4 Autocad

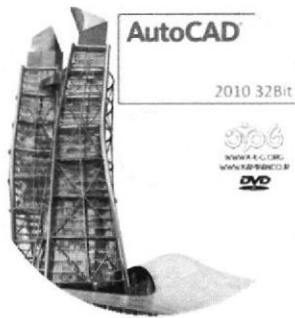


Fig. 5 Autocad 2010

Es un programa de diseño asistido por computadora para dibujo en dos y tres dimensiones. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk. Es un software reconocido a nivel internacional por sus amplias capacidades de edición, que hacen posible el dibujo digital.

La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde la línea de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado. Admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapa de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas (líneas, arcos, rectángulos, textos, etc.), y mediante herramientas de edición se crean gráficos más complejos. El programa permite organizar los objetos por medio de capas o estratos, ordenando el dibujo en partes independientes con diferente color y grafismo. El dibujo de objetos seriados se gestiona mediante el uso de bloques, posibilitando la definición y modificación única de múltiples objetos repetidos.

Parte del programa AutoCAD está orientado a la producción de planos, empleando para ello los recursos tradicionales de grafismo en el dibujo, como color, grosor de líneas y texturas tramadas.

## **2.2 Herramientas de hardware**

### **2.2.1 Microcontralador pic16f887**

#### **Características básicas**

Arquitectura RISC

Cuenta con solo 35 instrucciones diferentes

Todas las instrucciones son uni-ciclo excepto por las de ramificación

Frecuencia de operación hasta 20 MHz

Oscilador interno de alta precisión

Rango de frecuencia de 8MHz a 31KHz seleccionado por software

Voltaje de la fuente de alimentación de 2.0V a 5.5V

Consumo: 220uA (2.0V, 4MHz), 11uA (2.0 V, 32 KHz) 50nA (en modo de espera)

Brown-out Reset (BOR) con opción para controlar por software

35 pines de entrada/salida

Alta corriente de fuente y de drenador para manejo de LED

Interrupción al cambiar el estado del pin

Memoria ROM de 8K con tecnología FLASH

El chip se puede reprogramar hasta 100.000 veces

El chip se puede programar incluso incorporado en el dispositivo destino.

256 bytes de memoria EEPROM

368 bytes de memoria RAM

Convertidor A/D resolución de 10 bits

3 temporizadores/contadores independientes

Temporizador perro guardián

Módulo comparador analógico con 2 comparadores analógicos

Módulo PWM incorporado

Módulo USART mejorado

Soporta las comunicaciones seriales RS-485, RS-232 y LIN2.0

Soporta los modos SPI e I2C

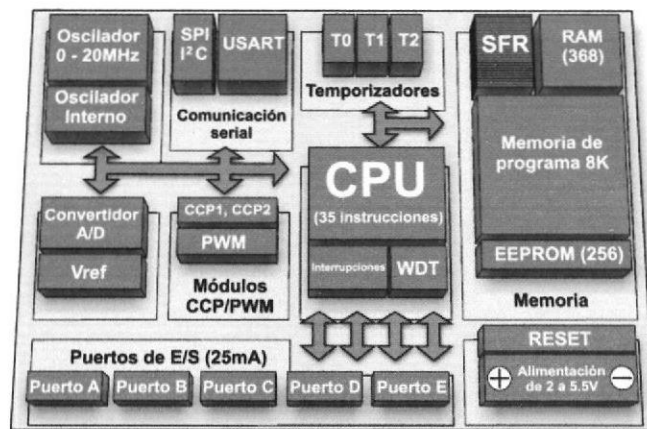
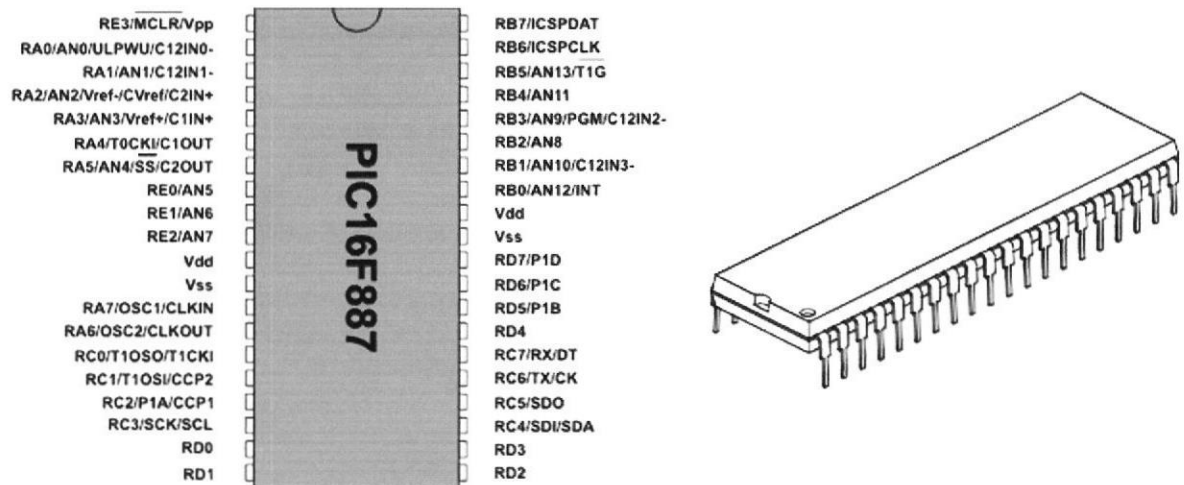


Fig. 6. Microcontrolador 16F887

## Descripción de pines

La mayoría de los pines del microcontrolador PIC16F887 son multipropósito como se muestra en la figura anterior. Por ejemplo, la asignación RA3/AN3/Vref+/C1IN+ para el quinto pin del microcontrolador indica que éste dispone de las siguientes funciones:

- RA3 Tercera entrada/salida digital del puerto A
- AN3 Tercera entrada analógica
- Vref+ Referencia positiva de voltaje
- C1IN+ Entrada positiva del comparador C1

La funcionalidad de los pines presentados anteriormente es muy útil puesto que permite un mejor aprovechamiento de los recursos del microcontrolador sin afectar a su funcionamiento. Estas funciones de los pines no se pueden utilizar simultáneamente, sin embargo se pueden cambiar en cualquier instante durante el funcionamiento.

Las siguientes tablas se refieren al microcontrolador DIP de 40 pines.

Nombre	Número (DIP 40)	Función	Descripción
RE3/MCLR/Vpp	1	RE3	Entrada de propósito general en el puerto PORTE
		MCLR	Pin de reinicio. El nivel lógico bajo en este pin reinicia al microcontrolador
		Vpp	Voltaje de programación
RA0/AN0/ULPWU/C12IN0-	2	RA0	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		AN0	Entrada del canal 0 del convertidor A/D
		ULPWU	Entrada de desactivar el modo de espera
		C12IN0-	Entrada negativa del comparador C1 o C2
RA1/AN1/C12IN1-	3	RA1	E/S de propósito general en el puerto A
		AN1	Canal 1 del convertidor A/D
		C12IN1-	Entrada negativa del comparador C1 o C2
RA2/AN2/Vref-/CVref/C2IN+	4	RA2	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		AN2	Canal 2 del convertidor A/D
		Vref-	Entrada de referencia negativa de voltaje del convertidor A/D
		CVref	Salida de referencia de voltaje del comparador
RA3/AN3/Vref+/C1IN+	5	C2IN+	Entrada positiva del comparador C2
		RA3	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		AN3	Canal 3 del convertidor A/D
		Vref+	Entrada de referencia positiva de voltaje del convertidor A/D
		C1IN+	Entrada positiva del comparador C1
RA4/T0CKI/C1OUT	6	RA4	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		T0CKI	Entrada de reloj del temporizador T0
		C1OUT	Salida del comparador C1
RA5/AN4/SS/C2OUT	7	RA5	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		AN4	Canal 4 del convertidor A/D
		SS	Entrada del módulo SPI ( <i>Selección del esclavo</i> )
		C2OUT	Salida del comparador C2
RE0/AN5	8	RE0	E/S de propósito general en el puerto PORTE
		AN5	Canal 5 del convertidor A/D
RE1/AN6	9	RE1	E/S de propósito general en el puerto PORTE
		AN6	Canal 6 del convertidor A/D
RE2/AN7	10	RE2	E/S de propósito general en el puerto PORTE
		AN7	Canal 7 del convertidor A/D
Vdd	11	+	Suministro de voltaje positivo
Vss	12	-	Tierra (ground - GND)

**Tabla 1** Características de los pines del Microcontrolador

Nombre	Número (DIP 40)	Función	Descripción
RA7/OSC1/CLKIN	13	RA7	E/S de propósito general en el puerto PORTA
		OSC1	Entrada del oscilador de cristal
		CLKIN	Entrada del reloj externo
RA6/OSC2/CLKOUT	14	OSC2	Salida del oscilador del cristal
		CLKO	Salida en la que se presenta la señal $F_{osc}/4$
		RA6	E/S de propósito general en el puerto PORTA
RC0/T1OSO/T1CKI	15	RC0	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		T1OSO	Salida del oscilador del temporizador 1
		T1CKI	Entrada de reloj del temporizador 1
RC1/T1OSO/T1CKI	16	RC1	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		T1OSI	Entrada del oscilador del temporizador 1
		CCP2	E/S de los módulos CCP1 y PWM1
RC2/P1A/CCP1	17	RC2	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		P1A	Salida del módulo PWM
		CCP1	E/S de los módulos CCP1 y PWM1
RC3/SCK/SCL	18	RC3	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		SCK	E/S de reloj del módulo MSSP en el modo SPI
		SCL	E/S de reloj del módulo MSSP en el modo I <sup>2</sup> C
RD0	19	RD0	E/S de propósito general en el puerto PORTD
RD1	20	RD1	E/S de propósito general en el puerto PORTD
RD2	21	RD2	E/S de propósito general en el puerto PORTD
RD3	22	RD3	E/S de propósito general en el puerto PORTD
RC4/SDI/SDA	23	RC4	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		SDI	Entrada <i>Data</i> del módulo MSSP en el modo SPI
		SDA	E/S <i>Data</i> del módulo MSSP en el modo I <sup>2</sup> C
RC5/SDO	24	RC5	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		SDO	Salida <i>Data</i> del módulo MSSP en el modo SPI
RC6/TX/CK	25	RC6	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		TX	Salida asíncrona del módulo USART
		CK	Reloj síncrono del módulo USART
RC7/RX/DT	26	RC7	E/S de propósito general en el puerto PORTC
		RX	Entrada asíncrona del módulo USART
		DT	Datos del módulo USART en modo síncrono

**Tabla 2** Características de los pines del Microcontrolador

Nombre	Número (DIP 40)	Función	Descripción
RD4	27	RD4	E/S de propósito general en el puerto PORTD
RD5/P1B	28	RD5	E/S de propósito general en el puerto PORTD
		P1B	Salida del módulo PWM
RD6/P1C	29	RD6	E/S de propósito general en el puerto PORTD
		P1C	Salida del módulo PWM
RD7/P1D	30	RD7	E/S de propósito general en el puerto PORTD
		P1D	Salida del módulo PWM
Vss	31	-	Tierra (GND)
Vdd	32	+	Suministro de voltaje positivo
RB0/AN12/INT	33	RB0	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN12	Canal 12 del convertidor A/D
		INT	Interrupción externa
RB1/AN10/C12INT3-	34	RB1	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN10	Canal 10 del convertidor A/D
		C12INT3-	Entrada negativa de los comparadores C1 o C2
RB2/AN8	35	RB2	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN8	Canal 8 del convertidor A/D
RB3/AN9/PGM/C12IN2-	36	RB3	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN9	Canal 9 del convertidor A/D
		PGM	Habilita la programación del chip
		C12IN2-	Entrada negativa de los comparadores C1 o C2
RB4/AN11	37	RB4	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN11	Canal 11 del convertidor A/D
RB5/AN13/T1G	38	RB5	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		AN13	Canal 13 del convertidor A/D
		T1G	Entrada externa del temporizador 11
RB6/ICSPCLK	39	RB6	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		ICSPCLK	Entrada de reloj de programación serial
RB7/ICSPDAT	40	RB7	E/S de propósito general en el puerto PORTB
		ICSPDAT	Pin de E/S para introducir los datos durante la programación ICSP™

**Tabla 3.** Características de los pines del Microcontrolador



## Unidad central de procesamiento (cpu)

Con el propósito de explicar en forma clara y concisa, sin describir profundamente el funcionamiento de la CPU, vamos a hacer constar que la CPU está fabricada con la tecnología RISC ya que esto es un factor importante al decidir qué microcontrolador utilizar.

RISC es un acrónimo derivado del inglés Reduced Instruction Set Computer, lo que proporciona al PIC16F887 dos grandes ventajas:

- La CPU cuenta con sólo 35 instrucciones simples. Cabe decir que para poder programar otros microcontroladores en lenguaje ensamblador es necesario saber más de 200 instrucciones
- El tiempo de ejecución es igual para casi todas las instrucciones y tarda 4 ciclos de reloj. La frecuencia del oscilador se estabiliza por un cristal de cuarzo. Las instrucciones de salto y de ramificación tardan ocho ciclos de reloj en ejecutarse. Esto significa que si la velocidad de operación del microcontrolador es 20 MHz, el tiempo de ejecución de cada instrucción será 200ns, o sea, ¡el programa ejecutará 5 millones de instrucciones por segundo!



## **Memoria**

El PIC16F887 tiene tres tipos de memoria: ROM, RAM y EEPROM. Como cada una tiene las funciones, características y organización específicas, vamos a presentarlas por separado.

### **Memoria rom**

La memoria ROM se utiliza para guardar permanente el programa que se está ejecutando. Es la razón por la que es frecuentemente llamada "memoria de programa". El PIC16F887 tiene 8Kb de memoria ROM (en total 8192 localidades). Como la memoria ROM está fabricada con tecnología FLASH, su contenido se puede cambiar al proporcionarle un voltaje de programación especial (13V).

No obstante, no es necesario explicarlo en detalles puesto que se realiza automáticamente por un programa especial en la PC y un simple dispositivo electrónico denominado programador.

### **Memoria eprom**

Similar a la memoria de programa, el contenido de memoria EEPROM está permanentemente guardado al apagar la fuente de alimentación. Sin embargo, a diferencia de la ROM, el contenido de la EEPROM se puede cambiar durante el funcionamiento del microcontrolador. Es la razón por la que esta memoria (256 localidades) es perfecta para guardar permanentemente algunos resultados creados y utilizados durante la ejecución del programa.

## Memoria ram

Es la tercera y la más compleja parte de la memoria del microcontrolador. En este caso consiste en dos partes: en registros de propósito general y en los registros de funciones especiales (SFR). Todos estos registros se dividen en cuatro bancos de memoria de los que vamos a hablar más tarde en este capítulo.

Aunque los dos grupos de registros se ponen a cero al apagar la fuente de alimentación, además están fabricados de la misma forma y se comportan de la manera similar, sus funciones no tienen muchas cosas en común.

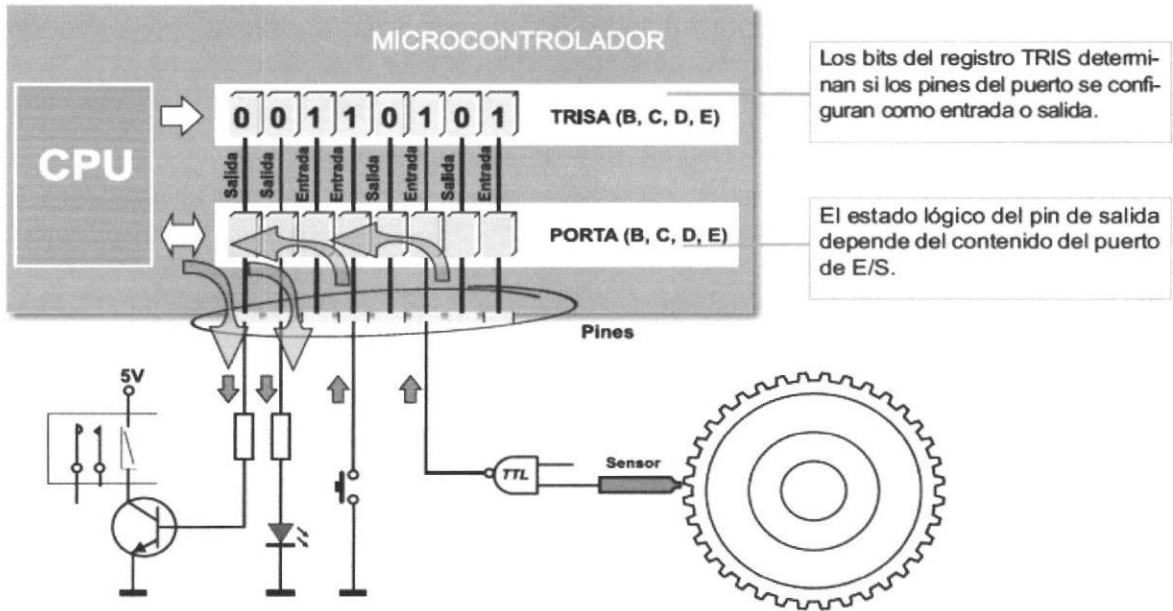
## Puertos de entrada/salida

Con el propósito de sincronizar el funcionamiento de los puertos de E/S con la organización interna del microcontrolador de 8 bits, ellos se agrupan, de manera similar a los registros, en cinco puertos denotados con A, B, C, D y E. Todos ellos tienen las siguientes características en común:

- Por las razones prácticas, muchos pines de E/S son multifuncionales. Si un pin realiza una de estas funciones, puede ser utilizado como pin de E/S de propósito general.
- Cada puerto tiene su propio registro de control de flujo, o sea el registro TRIS correspondiente: TRISA, TRISB, TRISC etc. lo que determina el comportamiento de bits del puerto, pero no determina su contenido.



Al poner a cero un bit del registro TRIS (bit=0), el pin correspondiente del puerto se configurará como una salida. De manera similar, al poner a uno un bit del registro TRIS (bit=1), el pin correspondiente del puerto se configurará como una entrada. Esta regla es fácil de recordar: 1 = Entrada, 0 = Salida (figura 7).



**Fig. 7** Puertos de entrada/salida del Microcontrolador

## 2.2.2 Teclado matricial.

El teclado 4x4 se utiliza para introducir los datos numéricos en el microcontrolador.

Consiste en 16 teclas organizadas en forma de matriz de cuatro filas y cuatro columnas.

Cuatro pines del microcontrolador se deben configurar como salidas, mientras que los otros cuatro pines se deben configurar como entrada (figura 8). Para que el teclado funcione apropiadamente, las resistencias pull-down se deben conectar a los pines de entrada del microcontrolador para fijar un estado lógico cuando no esté presionada alguna tecla.

Luego, los pines de salida están a un lógico (1), mientras que se lee el estado lógico de los pines de entrada. Al pulsar una tecla, un uno lógico (1) aparecerá en un pin de entrada.

Al combinar unos y ceros en los pines de salida, se define cual botón fue pulsado.

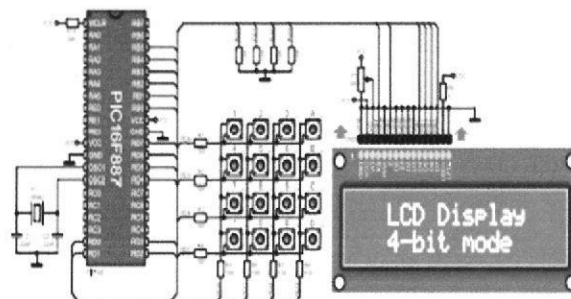


Fig. 8 Teclado Matricial

### 2.2.3 Lcd 2x16.

Descripción:

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo de visualización gráfica para la presentación de caracteres, símbolos o incluso dibujos (en algunos modelos), es este caso dispone de 2 filas de 16 caracteres cada una y cada carácter dispone de una matriz de 5x7 puntos (píxeles).

Este dispositivo está gobernado internamente por un microcontrolador y regula todos los parámetros de presentación, este modelo es el más comúnmente usado y esta información se basará en el manejo de este u otro LCD compatible.

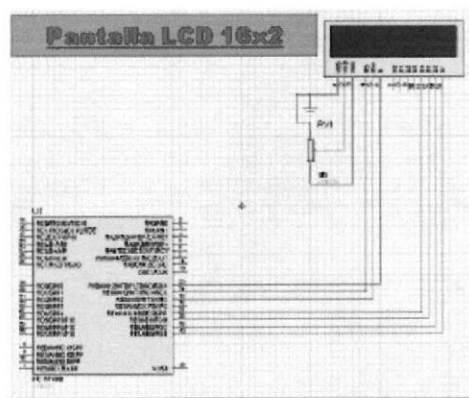
Características principales:

- Pantalla de caracteres ASCII, además de los caracteres Kanji y Griegos.
- Desplazamiento de los caracteres hacia la izquierda o la derecha.
- Proporciona la dirección de la posición absoluta o relativa del carácter.
- Memoria de 40 caracteres por línea de pantalla.
- Movimiento del cursor y cambio de su aspecto.
- Permite que el usuario pueda programar 8 caracteres.
- Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bits

Funcionamiento:

Para comunicarse con la pantalla LCD podemos hacerlo por medio de sus patitas de entrada de dos maneras posibles, con bus de 4 bits o con bus de 8 bits. En la siguiente figura vemos las dos maneras posibles de conectar el LCD con un pic.





**Fig. 9** Simulación de las funciones del LCD en Isis

Como puede apreciarse el control de contraste se realiza al dividir la alimentación de 5V con una resistencia variable de 10K.

Las líneas de datos son triestado, esto indica que cuando el LCD no está habilitado sus entradas y salidas pasan a alta impedancia.

#### Descripción de pines

Vishay

16 x 2 Character LCD



PIN NUMBER	SYMBOL	FUNCTION
1	Vss	GND
2	Vdd	+ 3V or + 5V
3	Vo	Contrast Adjustment
4	RS	H/L Register Select Signal
5	R/W	H/L Read/Write Signal
6	E	H → L Enable Signal
7	DB0	H/L Data Bus Line
8	DB1	H/L Data Bus Line
9	DB2	H/L Data Bus Line
10	DB3	H/L Data Bus Line
11	DB4	H/L Data Bus Line
12	DB5	H/L Data Bus Line
13	DB6	H/L Data Bus Line
14	DB7	H/L Data Bus Line
15	A/Vee	+ 4.2V for LED/Negative Voltage Output
16	K	Power Supply for B/L (OV)

**Tabla 4.** Características del Lcd 16x2 (alfanumérico)

## **Capítulo 3**

### **Diseño de las estructuras.**

El estudio realizado para diseñar las estructuras de semáforos se basó en tanto en las dimensiones de los circuitos impresos como en estructuras delgadas y de fácil construcción.

#### **3.1 Diseño de estructura de semáforo vehicular.**

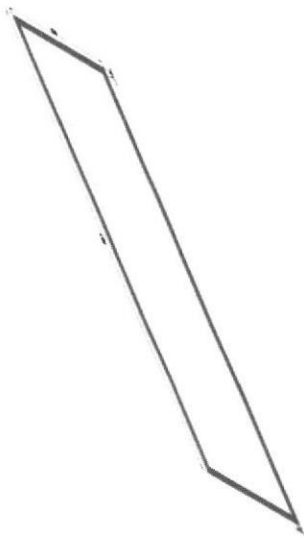
Está compuesto por siete partes que unidas entre sí forman el semáforo vehicular, las dimensiones fueron establecidas de tal manera que sean más delgadas que las de los semáforos convencionales, debido a las mismas medidas de los circuitos impresos, ya que son de bajo espesor (Fig. 10).

En cada parte del semáforo fue considerada las dimensiones de cada componente que incluirá la tarjeta electrónica: leds de 10mm, grosor de la baquelita y un terminal de bornera donde irán incluidos los respectivos cables de alimentación. El diseño es muy apegado a los requerimientos de un semáforo convencional, como lo son las tapas de cada matriz de leds, las viseras, la placa transparente de recubrimiento para cada orificio y una base inferior que será la parte de soporte de toda la estructura.





**Fig. 10.1** Base de la estructura del semáforo vehicular (AutoCAD)



**Fig. 10.2** Base de la estructura del semáforo vehicular (Autocad)





**Fig. 10.3** Base de la estructura del semáforo vehicular (AutoCAD)



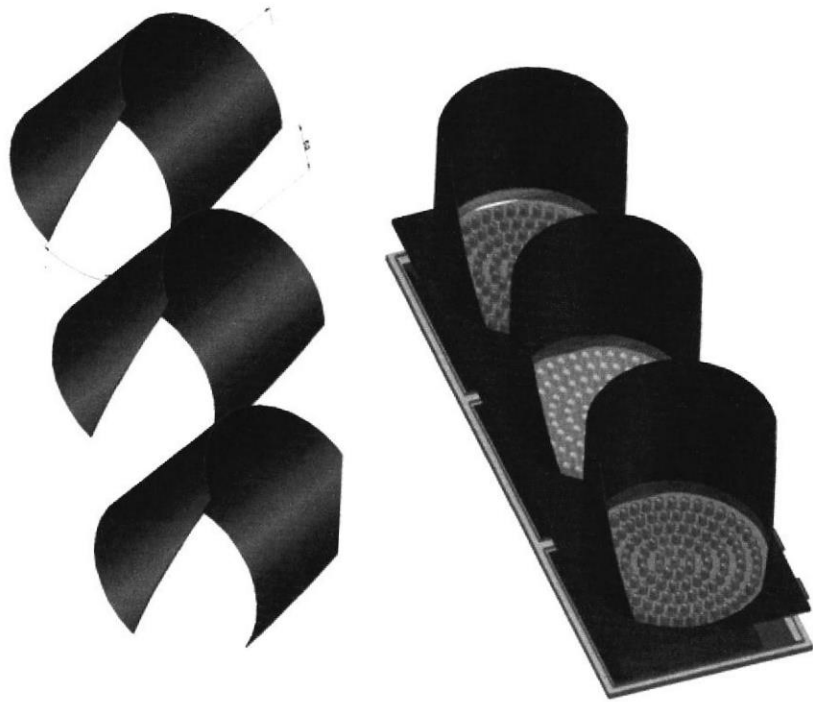
**Fig. 10.4** Base de la estructura del semáforo vehicular (AutoCAD)



**Fig. 10.5** Base de la estructura del semáforo vehicular (Autocad)



**Fig. 10.6** Base de la estructura del semáforo vehicular (Autocad).



**Fig. 10.7** Cuerpo de la estructura del semáforo vehicular (Autocad).

### 3.2 Diseño de estructura de semáforo peatonal.

Estas estructuras fueron diseñadas de igual manera que las del semáforo vehicular. Con los mismos requerimientos.

La diferencia en estas estructuras es que internamente solo llevarán incluidos dos circuitos impresos, los cuales están definidos por la figura de la persona caminando y la persona parada. Una más de las diferencias es que la estructura está compuesta por ocho partes a diferencia de la anterior (Fig.11).

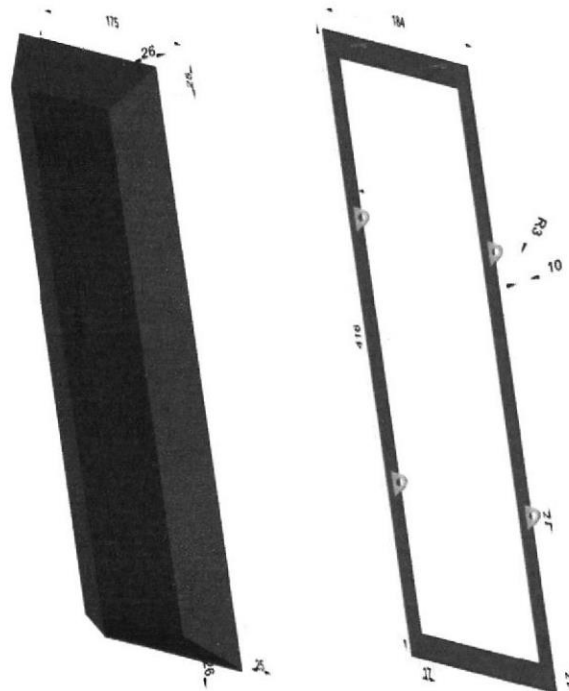
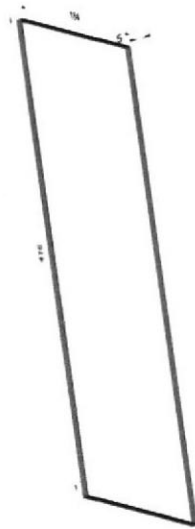
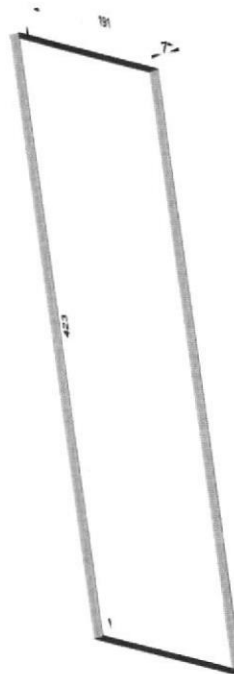
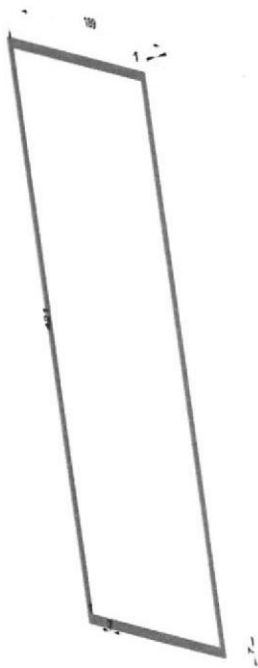


Fig. 11.1 Base de la estructura del semáforo peatonal (Autocad)

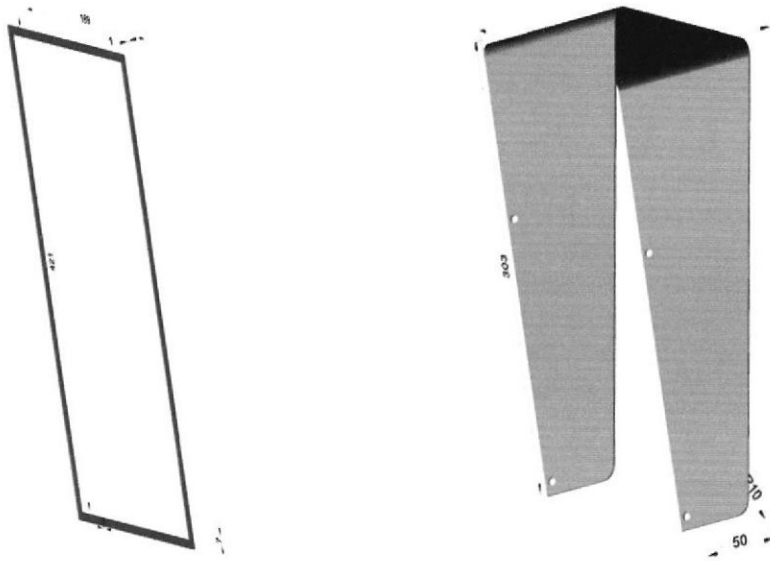


**Fig. 11.2** Base de la estructura del semáforo peatonal (Autocad)

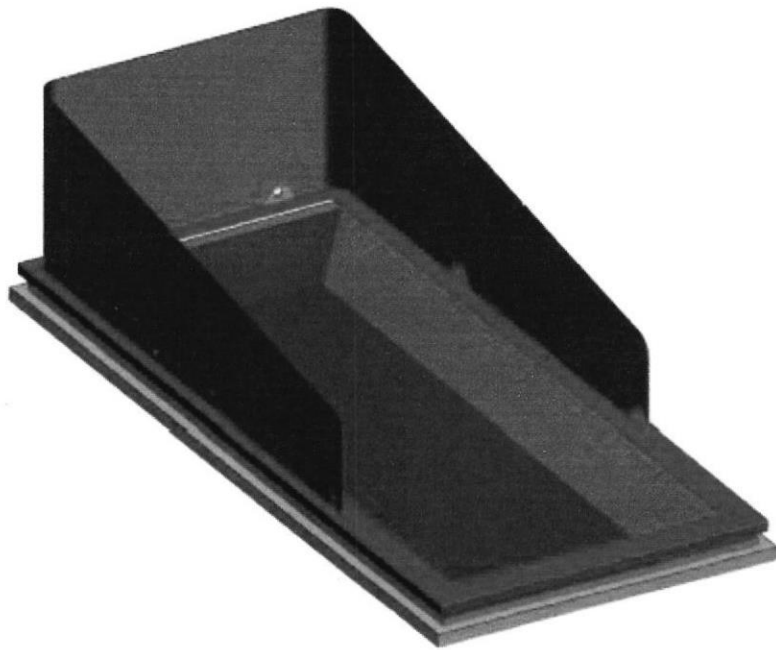


**Fig. 11.3** Base de la estructura del semáforo peatonal (Autocad)





**Fig. 11.4** Base de la estructura del semáforo peatonal (AutoCAD)



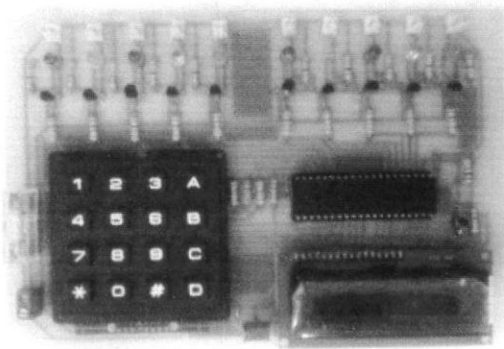
**Fig. 11.5** Cuerpo de la estructura del semáforo peatonal (Autocad).

## Capítulo 4

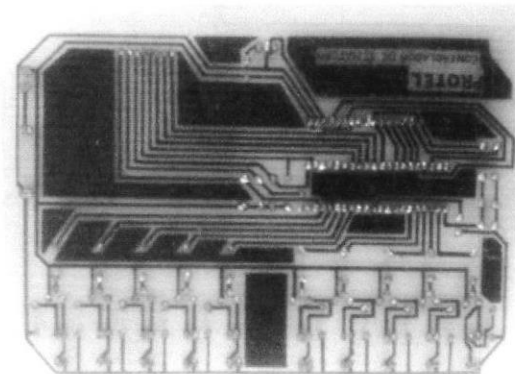
### Parámetros y especificaciones para el controlador de los semáforos.

#### 4.1 Características del controlador.

Se diseñó un sistema de configuración de tiempos, mediante un algoritmo a través de líneas de programación en uno de los software más apropiados, como es el mikroC PRO for PIC. Al igual que en el diseño de la tarjeta, se hizo presente la herramienta informática para circuitos impresos, PCB Wizard, la cual nos facilitó en gran porcentaje la posición más conveniente de los elementos (Fig.12,13,19 y 20).



**Fig.12** Controlador de semáforos.



**Fig.13** Pista controlador de semáforos.





Entre los principales elementos de la tarjeta de control nos encontramos con un teclado matricial, un display lcd e indicadores led, los cuales muestran cual es el color que se encuentra encendido.

Refiriéndonos a la función de cada tecla; los números tendrán su mismo valor numérico, las letras A (Amarillo intermitente), B (Rojo Intermitente) y C (Normal) determinarán la secuencia que se quiere seleccionar, la letra D sirve para borrar un número seleccionado; se activará sólo cuando se seleccione la secuencia donde se tiene que determinar los tiempos de activación de cada color, en este caso la secuencia normal (C).



**Fig.14** Controladora de semáforos.

## 4.2 Secuencias de trabajo.

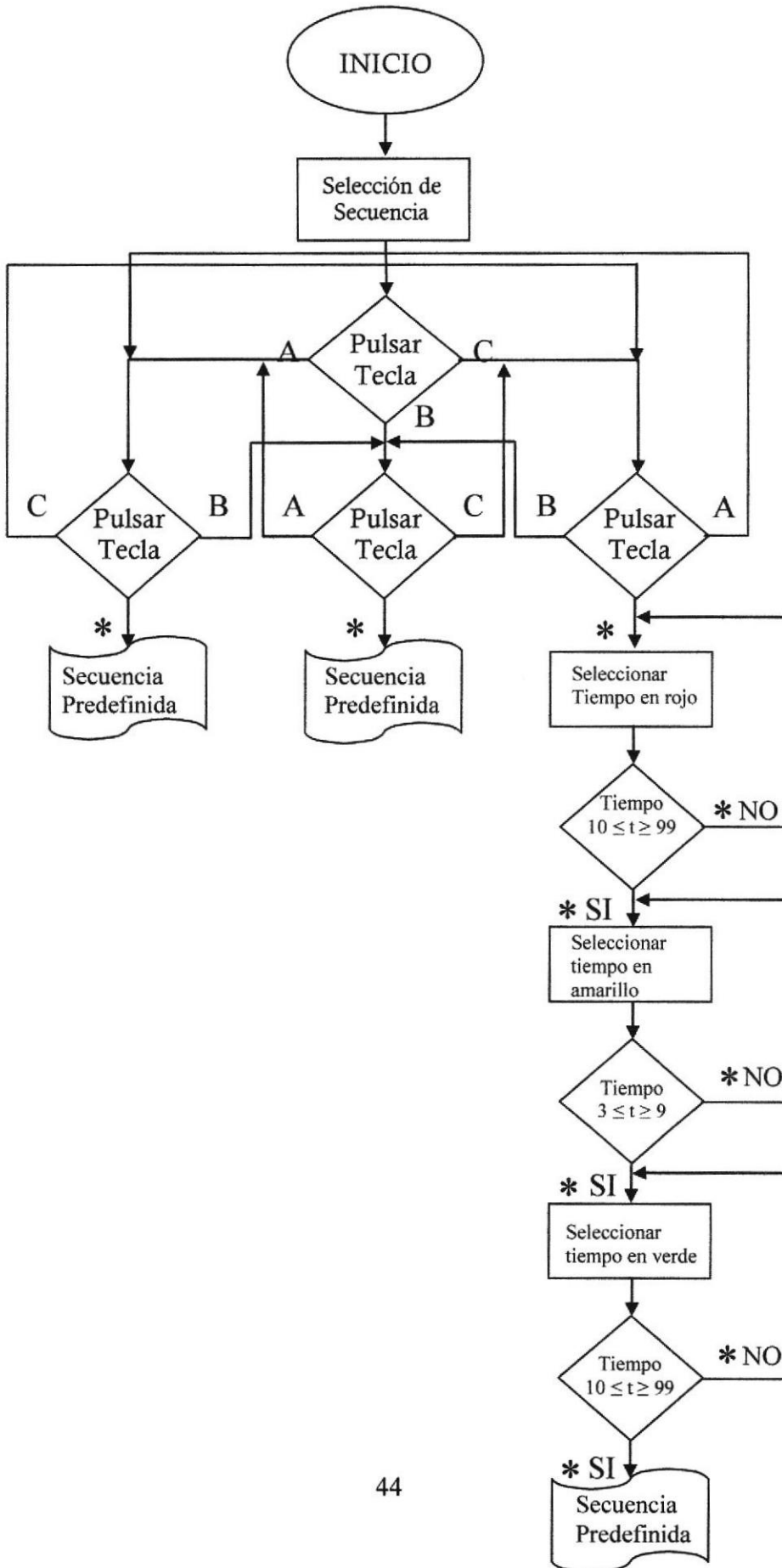
En el programa de configuración de tiempos se incluyó tres tipos de secuencias; la primera, una secuencia que muestra el rojo intermitente en el semáforo vehicular y de igual manera en el peatonal, esta secuencia es usada en calles en altas horas de la noche, donde el flujo vehicular es bajo pero la velocidad es alta.

La segunda, la secuencia de amarillo intermitente en el semáforo vehicular y en el peatonal con el rojo intermitente, de igual manera se usa en las mismas condiciones que en la primera secuencia, con la diferencia que en estas calles no circulan a velocidad alta, más bien es moderada.

La tercera, es la secuencia normal, donde interactúan los tres colores del semáforo (Rojo, amarillo, verde), y en el peatonal, los dos colores, verde y rojo.



### 4.3 Diagrama de flujo.



# Capítulo 5

## Implementación del proyecto.

### 5.1 Manual del Operador

El teclado y el Lcd son los elementos que van a interactuar con el operador para elegir las secuencias requeridas en la cual se va detallar a continuación:

#### 1. Presionando



Se elige la secuencia amarillo intermitente.



Se elige la secuencia rojo intermitente.



Se elige la secuencia Normal.

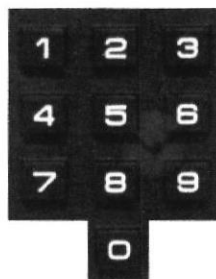
#### 2.-Luego.



2.1 Si se eligió la tecla A o B, se debe pulsar la tecla asterisco y posteriormente la secuencia dará inicio.

2.2 Si se eligió la Tecla C, entonces seguirá el siguiente ítem.

3.- En secuencia normal se debe escoger los tiempos de los colores del semáforo (Verde, Amarillo, Rojo) con las teclas numéricas.





3.1.- Tiempo en verde, debe ser mayor que nueve (9) y solo se acepta dos dígitos.

Esta tecla sirve para borrar en caso que se desee cambiar los dígitos del tiempo.

En el caso de no cumplir con la condición (Tiempo verde mayor a 9), los dígitos se borrarán y el usuario deberá de ingresar de nuevo los números.



3.2.-Esta tecla sirve para pasar a la parametrización del tiempo del color en amarillo.



3.3 Tiempo en amarillo, debe ser mayor a 2 y menor a 7 solo acepta un dígito

Esta tecla sirve para borrar en caso que se desee cambiar los dígitos del tiempo.

En el caso de no cumplir con la condición (Tiempo amarillo mayor a 2 y menor a 7) los dígitos se borrarán y el usuario deberá ingresar de nuevo el dígito.



3.4.-Esta tecla sirve para pasar a la parametrización del tiempo del color en

Rojo.



3.5.- Tiempo en Rojo, debe ser mayor que nueve (9) y solo se acepta dos dígitos.

Esta tecla sirve para borrar en caso que se desee cambiar los dígitos del tiempo.

En el caso de no cumplir con la condición (Tiempo rojo mayor a 9) los dígitos se borrarán y el usuario deberá de ingresar de nuevo los números.



3.6.-Teclar para dar inicio a la secuencia normal.

## 5.2 Recetas de operaciones

Las secuencias que tienen sus tiempos ya definidos son las que emiten la señal intermitente de rojo o amarillo. Las mismas que son muy usadas a altas horas en calles de poco flujo vehicular, en carreteras de baja circulación; la selección de cada una de ellas dependen de la velocidad con la que circulen los vehículos.

En estas secuencias predefinidas no se puede realizar ningún cambio con respecto a los tiempos de intermitencia. En el anterior punto "secuencias de trabajo" se encontrará más explícito esta parte de la receta.

La secuencia más usada en lo que respecta a semaforización es la que contiene la activación de las tres lámparas que conforman al semáforo; por lo que se consta con parámetros que se pueden modificar, en los cuales se pueden determinar los tiempos de activación de cada lámpara.

El tránsito de autos se puede encontrar en muchas circunstancias para lo cual los semáforos se deben de comportar de distinta manera para cada una de ellas. A continuación se darán rangos de tiempos aproximados a los comúnmente usados.

En situaciones donde los autos transitan a baja velocidad y las calles son muy concurridas es donde nos encontramos en horas pico, por lo cual los tiempos de activación de las lámparas roja y verde, deben ser cortos, empezando desde los 9 segundos hasta los 25

segundos; y para el tiempo de activación de la lámpara amarilla entre los 2 segundos a 4 segundos.

En situaciones normales de circulación de tránsito se usan tiempos intermedios establecidos por el controlador, es decir entre los 25 segundos a los 55 segundos aproximados, debido a que los autos circulan a velocidades moderadas y la calle no es tan concurrida, más bien moderada.

La tercera de las recetas es la que ocupa el rango más largo de tiempo; desde los 25 segundos hasta los permitidos por el controlador, en este caso los 99 segundos. Los autos circulan a altas velocidades y el tráfico puede ser moderado o muy concurrido; esta situación se las puede encontrar en carreteras o en autopistas.

## Conclusiones

Se pudo diseñar y construir el controlador de los semáforos peatonales y vehiculares que tiene como componentes principales un microcontrolador, un teclado y un display lcd; con el cual el usuario interactúa para parametrizar los tiempos de activación de las luces de los semáforos, al igual que las estructuras, que son de soportes de las tarjetas electrónicas de leds.

Mediante las normas y reglamento se diseñó las estructuras que serán de soporte de las lámparas led que corresponden al semáforo, mediante la ayuda de un software muy utilizado y reconocido en el medio llamado AUTOCAD.

Para el diseño del controlador se hizo una investigación del ambiente, requerimientos, normas y reglamentos para cumplir con las necesidades que debe satisfacer la controladora de semáforos en el parque vial

Analizamos el actuador electrónico que activa las luces led dejado por el proyecto anterior y así poder realizar un eficiente acoplamiento que se adapte con el controlador.

Con esta parte se concluye con el proyecto para el parque vial de la Escuela de Conductores Profesionales de la ESPOL.



Mediante la aplicación de los conocimientos adquiridos en las materias Microcontroladores y Aplicaciones de los Microcontroladores se elaboró el algoritmo que contiene el controlador electrónico.



## Recomendaciones

Se recomienda tener un constante mantenimiento a las placas electrónicas, unas de las principales causas por la que los sistemas electrónicos llegan a dar fallos es la cantidad de basura o polvo que se acumula en los contactos de cada elemento.

Para tener una buena eficiencia del controlador se requiere que para la parametrización debe ser operado por personal autorizado y capacitado además que esté ubicado en un lugar seco y con ventilación, en donde no se pueda filtrar la humedad debido a que los niveles de voltaje con que trabaja son muy bajos y al haber residuos de agua se puede generar una continuidad en las pistas de cobre o entre pines de los componentes provocando fallas en los elementos del controlador.

## Referencias y manuales de componentes electrónicos.

Mikroelektronica - Microcontrolador 16F887.

<http://www.mikroe.com/chapters/view/81/capitulo-3-microcontrolador-pic16f887/>  
Consultado 14-nov-2012.

PCB WIZARD

[http://rluis.xbot.es/descarga/files/t\\_pcbwiz.pdf](http://rluis.xbot.es/descarga/files/t_pcbwiz.pdf) Consultado 14-nov-2012.

Wikipedia-Autocad.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk\\_AutoCAD](http://es.wikipedia.org/wiki/Autodesk_AutoCAD) Consultado 14-nov-2012.

Wikipedia-Mikroc.

[http://www.mikroe.com/downloads/get/945/es\\_c\\_syntax\\_v102.pdf](http://www.mikroe.com/downloads/get/945/es_c_syntax_v102.pdf) Consultado 14-nov-2012

CursoMicros

<http://www.cursomicros.com/avr/puertos/teclado-matrical.html> Consultado 14-nov-2012

City-Equipment

<file:///C:/Users/Public/Documents/escrit/proyect%20tesis/paginas/ACCity%20Equipment%20-%20Semaforos.htm> Consultado 24-nov-2012

Sontrafic (señalización vial)

[http://www.sontrafic.com/productes.php?id\\_familia=5](http://www.sontrafic.com/productes.php?id_familia=5) Consultado 24-nov-2012

Cruces de Semáforos Inteligentes (Rincón del Vago)

<file:///C:/Users/Public/Documents/escrit/proyect%20tesis/paginas/cruces-de-semaforos-inteligentes.html> Consultado 24-nov-2012

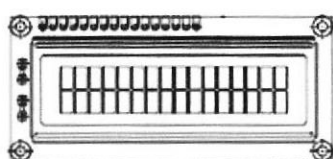
# Anexos



LCD-016M002B

Vishay

## 16 x 2 Character LCD



### FEATURES

- 5 x 8 dots with cursor
- Built-in controller (KS 0066 or Equivalent)
- + 5V power supply (Also available for + 3V)
- 1/16 duty cycle
- BL to be driven by pin 1, pin 2 or pin 15, pin 16 or AK (LED)
- N.V. optional for + 3V power supply

MECHANICAL DATA		
ITEM	STANDARD VALUE	UNIT
Module Dimension	40.0 x 36.0	mm
Viewing Area	36.0 x 16.0	mm
Dot Size	0.56 x 0.66	mm
Character Size	2.96 x 5.56	mm

ABSOLUTE MAXIMUM RATING					
ITEM	SYMBOL	STANDARD VALUE			UNIT
		MIN.	TYP.	MAX.	
Power Supply	VDD, VSS	-0.3	—	7.0	V
Input Voltage	VI	-0.3	—	VDD	V

NOTE: VSS = 0 Volt, VDD = 5.0 Volt

ELECTRICAL SPECIFICATIONS							
ITEM	SYMBOL	CONDITION	STANDARD VALUE			UNIT	
			MIN.	TYP.	MAX.		
Input Voltage	VDD	VDD = + 5V	4.7	5.0	5.3	V	
		VDD = + 3V	2.7	3.0	3.3	V	
Supply Current	IDD	VDD = 5V	—	1.2	3.0	mA	
Recommended LC Driving Voltage for Normal Temp. Version Module	VDD - V0	-20°C	—	—	—	V	
		0°C	4.2	4.6	5.1		
		25°C	3.8	4.2	4.6		
		50°C	3.6	4.0	4.4		
		70°C	—	—	—		
LED Forward Voltage	VF	25°C	—	4.2	4.6	V	
LED Forward Current	IF	25°C	Array	—	190	260	mA
			Edge	—	20	40	
EL Power Supply Current	IEL	Vel = 11.0VAC, 400Hz	—	—	5.0	mA	

DISPLAY CHARACTER ADDRESS CODE:																
Display Position	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
DD RAM Address	00	01														0F
DD RAM Address	40	41														4F

Document Number: 37217  
Revision: 01-Oct-02

For Technical Questions, Contact: [TechSupport@Vishay.com](mailto:TechSupport@Vishay.com)

[www.vishay.com](http://www.vishay.com)  
31

Tabla 5. Datos del LCD 16x2

# PIC16F882/883/884/886/887

## Pin Diagrams – PIC16F884/887, 40-Pin PDIP

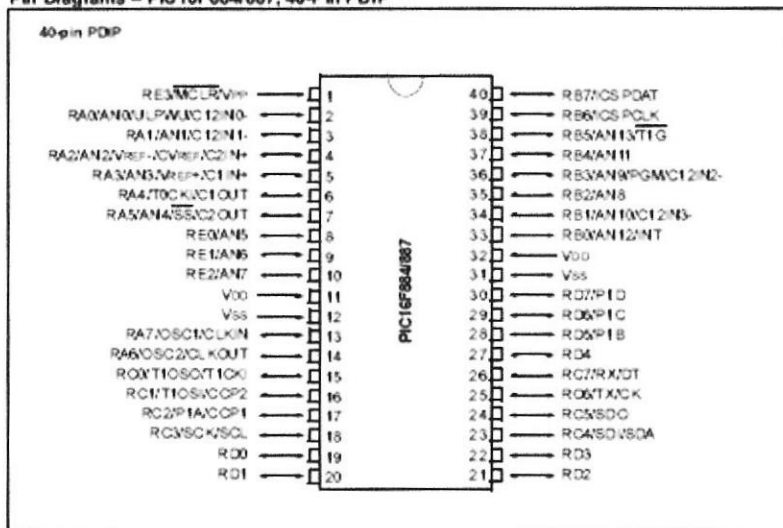


TABLE 3: PIC16F884/887 40-PIN SUMMARY (PDIP)

I/O	Pin	Analog	Comparators	Timers	ECCP	EUSART	MSSP	Interrupt	Pullup	Basic
RA0	2	AN0/ULP/WU	C12IN0	—	—	—	—	—	—	—
RA1	3	AN1	C12IN1	—	—	—	—	—	—	—
RA2	4	AN2	C2IN+	—	—	—	—	—	—	VREF/VREF
RA3	5	AN3	C1IN+	—	—	—	—	—	—	VREF
RA4	6	—	C1OUT	T0CK	—	—	—	—	—	—
RA5	7	AN4	C2OUT	—	—	—	SS	—	—	—
RA6	14	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC2CLKOUT
RA7	13	—	—	—	—	—	—	—	—	OSC1CLKIN
RB0	33	AN12	—	—	—	—	—	IOCAF	Y	—
RB1	34	AN10	C12IN-	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB2	35	AN8	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB3	36	AN9	C12IN2	—	—	—	—	IOC	Y	PGM
RB4	37	AN11	—	—	—	—	—	IOC	Y	—
RB5	38	AN13	—	T1G	—	—	—	IOC	Y	—
RB6	39	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPCLK
RB7	40	—	—	—	—	—	—	IOC	Y	ICSPDAT
RC0	15	—	—	T10SOT1CK	—	—	—	—	—	—
RC1	16	—	—	T10S	COP2	—	—	—	—	—
RC2	17	—	—	—	COP1/PA	—	—	—	—	—
RC3	18	—	—	—	—	—	SCK/SCL	—	—	—
RC4	23	—	—	—	—	—	SDA/SDA	—	—	—
RC5	24	—	—	—	—	—	SDO	—	—	—
RC6	25	—	—	—	—	TXCK	—	—	—	—
RC7	26	—	—	—	—	RXDT	—	—	—	—
RD0	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD1	20	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD2	21	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD3	22	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD4	27	—	—	—	—	—	—	—	—	—
RD5	28	—	—	—	PIB	—	—	—	—	—
RD6	29	—	—	—	PIC	—	—	—	—	—
RD7	30	—	—	—	PID	—	—	—	—	—
RE0	8	AN5	—	—	—	—	—	—	—	—
RE1	9	AN6	—	—	—	—	—	—	—	—
RE2	10	AN7	—	—	—	—	—	—	—	—
RE3	1	—	—	—	—	—	—	—	Y <sup>1)</sup>	MCLR/Vpp
—	11	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	32	—	—	—	—	—	—	—	—	VDD
—	12	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS
—	31	—	—	—	—	—	—	—	—	VSS

Note 1: Pullup activated only with external MCLR configuration

Tabla 6. Datos del Microcontrolador 16F887

## Keypad 4x4

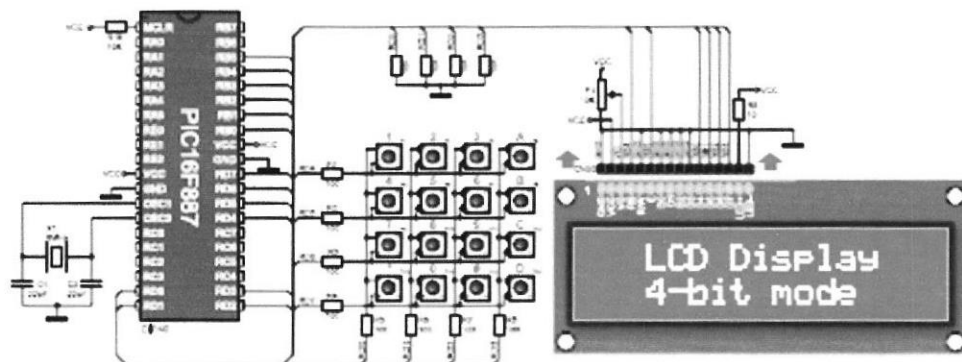


Figure 4: Keypad, LCD and microcontroller connection schematic

Example 1: Program written in mikroC PRO for PIC

```

unsigned char lp, cnt, oldcnt = 0;
char b[16];

char keypad[16] at PORTD; // In keypad module connections
// In keypad module connections

sbit LCD_RS at RB4_bit; // LCD module connections
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;
sbit LCD_D6 at RB1_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISA4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISA5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit; // In LCD module connections

void main() {
    cnt = 0; // Reset counter
    Keypad_Init(); // Initialize keypad
    ANSEL = 0; // Configure AN pins as digital I/O
    ANSELH = 0;
    Lcd_Init(); // Initialize LCD
    Lcd_Cmd(LCD_CURSOR_OFF); // Cursor off
    Lcd_Out(1, "1"); // Write message text on LCD
    Lcd_Out(1, "Key ");
    Lcd_Out(2, "Times");

    do {
        lp = 0; // Reset key code variable

        // Wait for key to be pressed and released
        do
            lp = Keypad_Read_Click(); // Store key code in lp variable
        while (lp);

        // Prepare value for output, transform key to its ASCII value
        switch (lp) {
            // Uncomment this block for keypad0
            //case 10: lp = 42; break; // "
            //case 11: lp = 40; break; // "("
            //case 12: lp = 35; break; // "%"
            //default: lp = 40;

            case 1: lp = 49; break; // 1
            case 2: lp = 50; break; // 2
            case 3: lp = 51; break; // 3
            case 4: lp = 45; break; // A
            case 5: lp = 52; break; // 4
            case 6: lp = 53; break; // 5
            case 7: lp = 54; break; // 6
            case 8: lp = 46; break; // B
            case 9: lp = 55; break; // 7
            case 10: lp = 56; break; // 8
            case 11: lp = 57; break; // 9
            case 12: lp = 67; break; // C
            case 13: lp = 42; break; // "
            case 14: lp = 40; break; // "("
            case 15: lp = 35; break; // "%"
            case 16: lp = 49; break; // 1
        }

        // Uncomment this block for keypad0

        // Pressed key differs from previous
        if (lp != oldcnt) {
            cnt = 1;
            oldcnt = lp;
        }

        // Pressed key is same as previous
        cnt++;

        Lcd_Chart(10, lp); // Print key ASCII value on LCD

        // If counter variable overflow
        if (cnt == 255) {
            cnt = 0;
            Lcd_Out(2, 10 * " ");
        }

        // Transform counter value to string
        // Display counter value on LCD
        WordToStr(cnt);
        Lcd_Out(2, 10 * " ");
        // with (1);
    } while (1);
}

```

MikroElektronika

Fig. 15 Software MikroElektronika

Imágenes y fotos.

### Simulador del circuito electrónico en herramienta de software ISIS 7 Professional

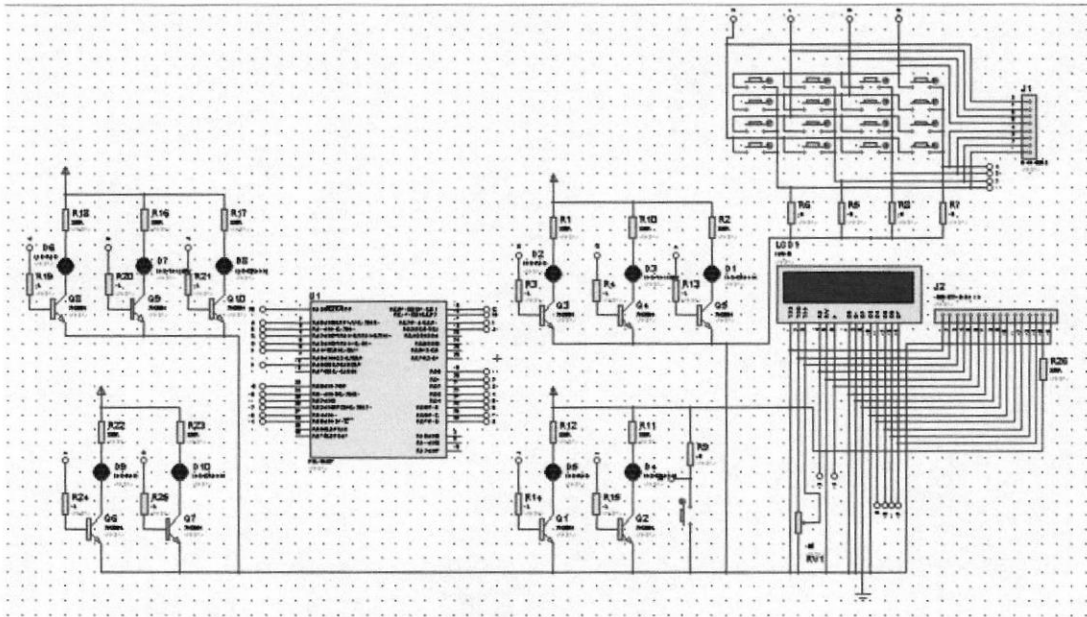


Fig. 16 Simulación de la controladora en el programa Isis 7 Professional.

### Pruebas realizadas en protoboard.

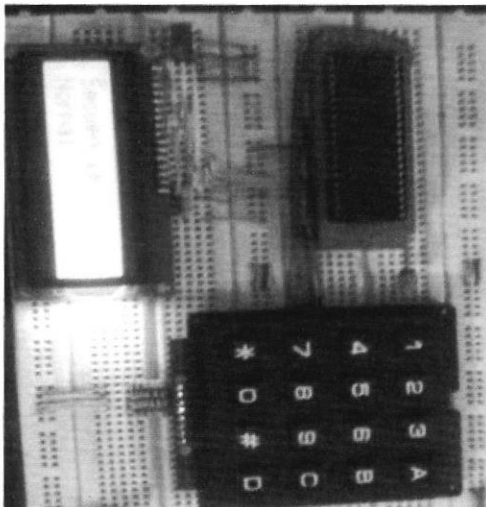


Fig. 17 Pruebas del controlador en Protoboard.

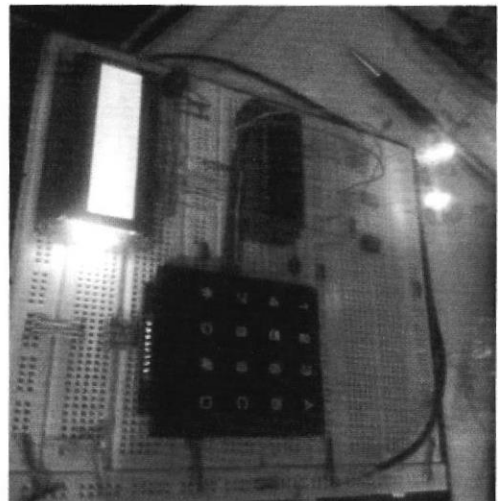


Fig. 18 Pruebas del controlador en Protoboard.

Imágenes sacadas del diseño del circuito impreso en herramienta PCB Wizard.

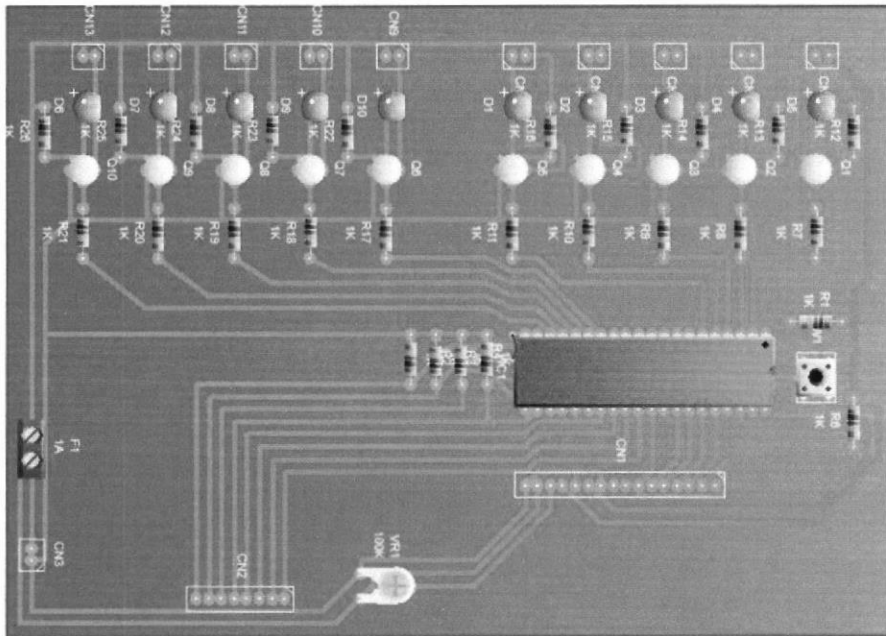


Fig. 19 Circuito impreso en herramienta PCB Wizard.

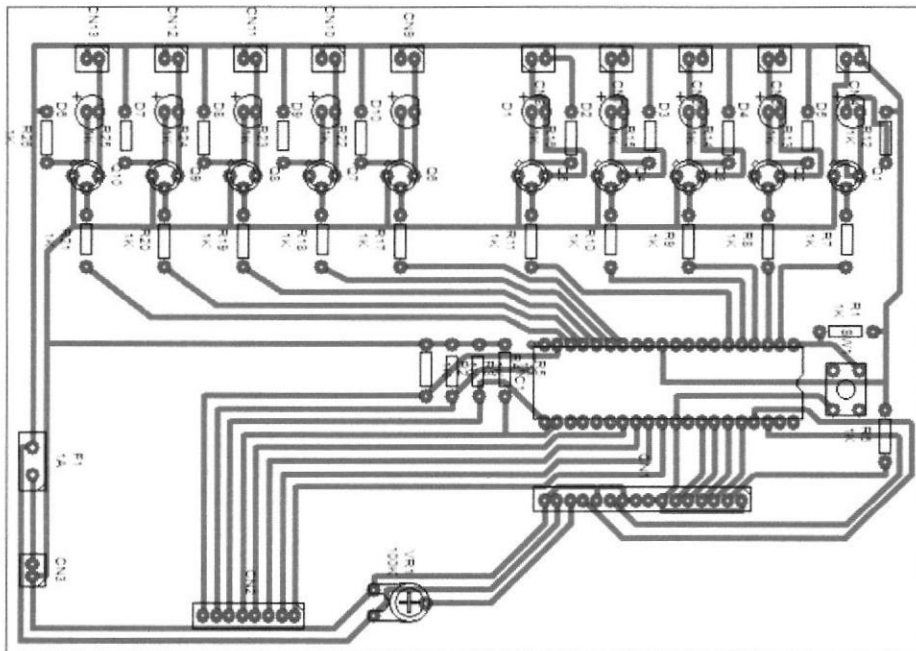
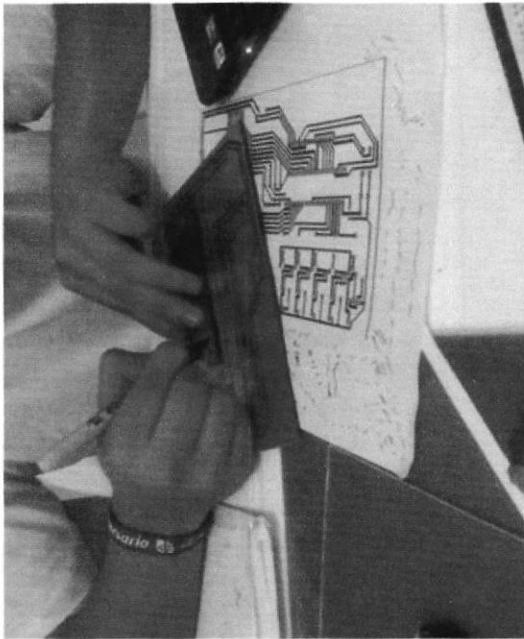


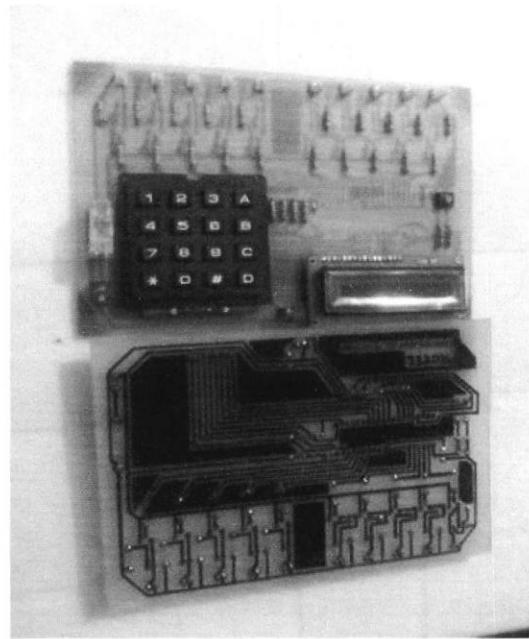
Fig. 20 Circuito impreso en herramienta PCB Wizard.



Diseño de diagrama impreso.



**Fig. 21** Dibujo del circuito impreso

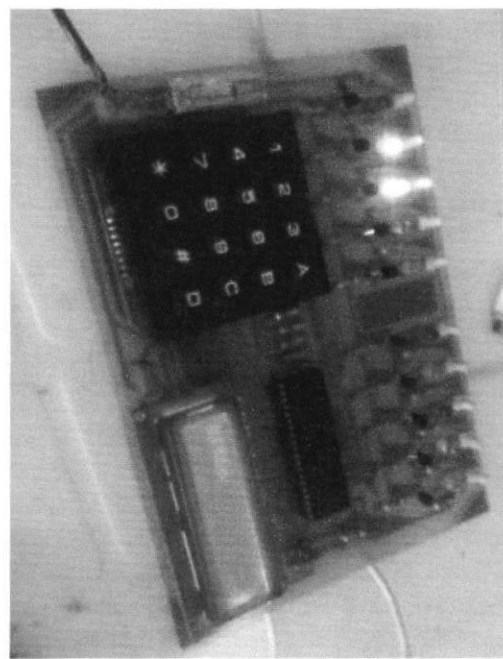


**Fig. 22** Placa electrónica del controlador

Circuito ya terminado y programación verificada para su correcta instalación.



**Fig. 23.1** Pruebas finales de la controladora 1



**Fig. 23.2** Pruebas finales de la controladora 2