



*FRVM de la Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Electrónica
Cátedra Trabajo Final de Grado*

Sistema De Seguridad Para Restringir Acceso A Cabina De Pilotos.

Trabajo Final de Grado para obtener el título de Ingeniero en Electrónica.

Autor:

Zemo, Matías Ezequiel.

2018

Acreditación:

Fecha: 19 de Diciembre del 2018.

Comité Evaluador:

Presidente: Msc. Ing. Danizio, Pedro.

1º Vocal: Esp. Ing. Cejas, Marcelo.

2º Vocal: Ing. Fabián Sensini.



Dedicatorias

El presente trabajo se lo dedico a toda mi familia y en especial a mis padres, Marcelo y Gabriela, por su apoyo incondicional durante toda la carrera y por la confianza que depositaron en mí manteniéndola incluso cuando yo la había perdido.

A mi hermana y nona, por su comprensión y especial apoyo, ya que su paciencia y estímulo fueron muy importantes para el desarrollo de toda la carrera y de este proyecto en particular. A mis sobrinos, que forman una parte importante en mi vida, y un especial agradecimiento a Julieta que ha sido mi fortaleza cuando mi determinación ha flaqueado.

También es dedicado a las verdaderas amistades y seres queridos, que sin importar las barreras y distancias siempre me apoyaron al logro de éste objetivo que sin dudas es uno de los más importantes que me ha tocado vivir.



Agradecimientos

Quiero agradecer en primer lugar, al Msc. Ing. Danizio Pedro, al Ing. Sensini Fabián, y a todo el departamento de Electrónica de la UTNFRVM, docentes y colaboradores, por su ayuda y apoyo incondicional para la realización y culminación no solo de este trabajo, sino también el de toda la carrera, brindando sus conocimientos y recursos incansablemente.

Agradecerles también a todos los no docentes y directivos de esta casa de altos estudios, la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Villa María, que han formado mi personalidad y colaborado de manera constante en el proceso de aprendizaje, como así también a todos los compañeros y colegas con lo que he compartido varios años de esta carrera.

Por supuesto, quiero agradecer muy especialmente a toda mi familia, amistades y compañeros de trabajo por su apoyo y motivación incondicional.

Gracias a Dios, a mis padres muy especialmente, y a todos aquellos que aportaron su granito de arena para que pudiera obtener este logro que requirió de mucho esfuerzo y dedicación. Gracias por no dejarme solo en ningún momento, esto es un trabajo de todos nosotros y no solamente del autor.



Memoria Descriptiva

En el presente trabajo, se realizó un sistema capaz de permitir o no el ingreso físico de personas a un lugar específico, la cabina de pilotos de un avión. Se esquematizó en una maqueta fuera de escala que contiene la puerta y pared que separa este compartimiento del resto del avión y su cerradura eléctrica correspondiente.

En la cabina de mandos del avión, el control del sistema de seguridad cuenta con pulsadores para habilitar la apertura de la puerta o desbloquear el sistema como así también luces y buzzer indicadores de estado. El bloqueo de dicho sistema, consiste en una cerradura eléctrica normalmente cerrada y que solo se abre al detectar coincidencia entre los datos ingresados por el usuario y aquellos que se encuentran cargados en la base de datos, o si así lo quisiera el piloto desde la cabina. También es posible el control desde el exterior de la cabina, consiste en un display LCD, luces indicadoras de estado, buzzer, teclado matricial y sensor de huella digital, con quienes el individuo que desea ingresar debe interactuar.

El hardware del sistema está compuesto por los elementos recién mencionados y se le suma un Microcontrolador, una fuente de alimentación y componentes electrónicos como capacitores, resistencias, reguladores de tensión, entre otros. Estos componentes son los que permiten que el prototipo logre los objetivos planteados de manera segura.

El software que gestiona el sistema, se carga en la propia memoria del Microcontrolador y permite gestionar los distintos procesos para comandar los periféricos utilizados. Se almacena la base de datos en una memoria EEPROM ajena a la del Microcontrolador la cual cuenta con capacidad de sobra para los propósitos de este proyecto.

El sistema permite el agregado o eliminación de personal a la base de datos en cualquier momento, la cual contiene la información necesaria de aquellos individuos autorizados para entrar. Para que el ingreso sea efectivo, se deberá encontrar coincidencia entre los datos almacenados y aquellos datos ingresados por el usuario que desea acceder a la cabina de mandos.

Debido a la confiabilidad y niveles de seguridad de los componentes utilizados en este proyecto es que se considera que las tecnologías aquí utilizadas son las más adecuadas para el fin que se persigue.



Índice

| Página | Contenido |
|---------------|---|
| 1 | Dedicatorias |
| 2 | Agradecimientos |
| 3 | Memoria Descriptiva |
| 4 | Índice |
| 5 | Introducción |
| 6 | Objetivos Generales y Específicos |
| 7 | Posibles Aplicaciones |
| 8 | Limitaciones y Recursos Utilizados |
| 9 | Desarrollo Del Sistema Por Etapas – Diagrama En Bloques |
| 11 | Diseño Del Sistema a Nivel Software |
| 11 | a) Diagrama De Flujo Del Programa |
| 12 | b) Características Del Programa |
| 13 | c) Software Utilizado – Programación Del PIC |
| 15 | d) Protocolos de Comunicación |
| 17 | Diseño Del Sistema a Nivel Hardware |
| 17 | a) Instrumentación y Componentes Utilizados |
| 17 | PIC18F4550 - Cristal 20Mhz |
| 19 | Fingerprint Module R305 (Sensor de Huella Digital) |
| 20 | LCD 20x4 |
| 21 | KA7805A |
| 21 | 25LC256 EEPROM |
| 22 | DS1307 |
| 23 | SRD-12VDC-SL-C-Rele |
| 23 | BC337 |
| 24 | Matriz Alfanumérica 4x4 |
| 24 | Cerradura Eléctrica |
| 25 | Led's y Buzzer's |
| 26 | b) Circuito Impreso |
| 28 | c) Etapa de Alimentación y Filtrado |
| 29 | d) Consumo Eléctrico Del Sistema |
| 30 | Simulación, Implementación y Resultados Experimentales |
| 31 | PCB Layout Del Sistema |
| 32 | Análisis De Resultados |
| 33 | Conclusiones |
| 34 | Bibliografía |
| 35 | Anexo A: Programación De PIC 18F4550 |
| 36 | Anexo B: Hoja De Dato De Los CI Utilizados |
| 53 | Anexo C: Imágenes Del Montaje Final Del Proyecto – Maqueta Representativa |
| 56 | Anexo D: Gastos |
| 57 | Anexo E: Guía De Usuario |



Introducción

Si analizamos la evolución de los sistemas de seguridad desde sus inicios, podemos darnos cuenta que cada vez son más sofisticados y difíciles de burlar. Sin embargo, el hombre siempre encuentra la forma de salirse con la suya e ingresar incluso a sitios en los que no es bienvenido. En base a esto surge la idea que da origen a este proyecto, buscando obtener un sistema aún más confiable en cuestiones de seguridad.

Las huellas dactilares o digitales, tecnología utilizada en este proyecto, son un ID único para cada ser humano, nunca coinciden dos huellas, ni en los gemelos idénticos. Estas huellas se adquieren durante el desarrollo del feto entre los 6 o 7 meses, y no cambia durante la vida de una persona excepto por raspaduras, cortadas o quemaduras en las yemas de los dedos. Tienen muchos fines como proteger derechos de autor o en sistemas de seguridad de alta tecnología (este último es el fin del proyecto).

Como ya lo sabemos, las contraseñas y las tarjetas ID han sido utilizadas para guardar cosas personales o bien para controlar el acceso a ciertos lugares, pero estas no son totalmente confiables ya que pueden ser alteradas fácilmente con el hecho de divulgar tu contraseña o al extravíar la tarjeta, por eso este método de las huellas dactilares es muy seguro y confiable.

Con el deseo de complementar y reforzar la seguridad brindada por el lector de huella digital, se utiliza una clave numérica de 4 dígitos propia de cada individuo para el ingreso a la cabina. Para que la puerta de la cabina sea abierta, tanto la clave numérica como la huella tomada deberán corresponder a la misma persona y encontrarse en la base de datos.

Este proceso es solo para el ingreso al sitio, ya que para salir del mismo no es necesario lo detallado anteriormente debido a que la puerta desde adentro se abre de manera convencional (esto último es así debido a cuestiones de seguridad por emergencias).

El personal cargado en el sistema se divide en dos grupos, por un lado, aquellos que tienen ingreso directo (piloto, copiloto y jefe técnico), y por el otro, aquellos que necesitan autorización desde el interior (azafatas, personal de mantenimiento o limpieza, entre otros).

La puerta se abrirá para piloto, copiloto y jefe técnico, solo si la clave numérica y la huella digital ingresadas coinciden con alguna de aquellas cargadas en el sistema con anterioridad (tarea a cargo del jefe técnico, quien con una clave numérica particular y su huella digital podrá gestionar en el sistema a aquellas personas que él desee que ingresen al sitio).

El sistema podrá ser bloqueado por personal autorizado (la puerta no se abre, el sistema queda inutilizable y se enciende una luz de emergencia dentro y fuera de la cabina) cuando desde el exterior de la cabina se ingrese una clave numérica particular para casos extremos. El desbloqueo del sistema podrá ser realizado por el piloto, copiloto o jefe técnico, ya sea desde adentro de la cabina o desde afuera pulsando el botón de “Desbloqueo De Sistema”.

Cuando la puerta se encuentre abierta, una luz se encenderá de manera intermitente tanto en el interior como en el exterior de la cabina y de la misma forma sonaran buzzer's para dar una señal auditiva informando el estado de la puerta. Éstas se apagarán cuando la puerta se cierre.

Aclarada la idea del proyecto, en el siguiente trabajo se encuentra el desarrollo del mismo donde en una primer parte se describen los objetivos del proyecto y posibles aplicaciones de estos sistemas de seguridad como así también los bloques que componen el sistema y sus características fundamentales. A continuación, se brinda información referida a la programación y diagrama de flujo, medios de comunicación, componentes que se utilizaron y el diseño a nivel hardware.

Por último, se detallan las conclusiones pertinentes y se brinda información extra referida al sistema e imágenes ilustrativas del proyecto.



Objetivos Generales y Específicos

A nivel general, este proyecto busca:

- Implementar un prototipo con desarrollo de software y hardware con componentes que brinden un prestigio y nivel de seguridad mayor que los sistemas tradicionales utilizados.
- Que el sistema desarrollado sea confiable y atractivo, no solo para potenciales clientes que quisieran adquirir el producto, sino también a todos aquellos que harán uso de él.
- Se desea que el futuro cliente sienta satisfacción del producto y que su funcionamiento sea óptimo, ya que estamos hablando de un sistema de seguridad y es un área en el que el error debe ser totalmente reducido.

Más específicamente, se desea que:

- El sistema permita crear una base de datos que contenga información necesaria de aquellos individuos que tienen habilitado el ingreso a la cabina de pilotos de un avión.
- Que las personas sean reconocidas a través de su huella digital y clave numérica.
- Proveer una interfaz operativa sencilla y segura.
- Que el sistema sea de máxima confiabilidad y brinde a pilotos y copilotos una tranquilidad aun mayor para desarrollar sus labores correctamente.
- Brindar no solo información clara de los datos de los usuarios que van a ingresar sino también fecha y hora correctamente.
- Que el prototipo responda de forma rápida y eficiente.
- Que el sistema indique a cada momento el estado en el que se encuentra.
- Utilizar no solo señales visibles para determinar el estado del sistema a todo momento, sino también señales auditivas.
- Almacenar eficazmente una cantidad de datos considerable que serán utilizados a todo momento por el sistema.



Posibles Aplicaciones

Si bien el objetivo de dicho trabajo es claro y específico, podemos encontrar sistemas que utilizan partes de éste y persiguen objetivos similares.

En este caso, el sistema es aplicado a un avión, donde lo que se busca es mantener de forma segura la separación de la cabina de pilotos de dicho avión con el resto de él, facilitando que solo personal autorizado ingrese al sitio y de esta forma evitar manipulaciones erróneas por parte de aquellas personas que se desea mantener fuera.

Por las características de los componentes utilizados, como Microcontroladores, sensores de huella digital, LCD, RTC, entre otros, podría aplicarse a cualquiera de los siguientes sistemas, realizando obviamente las modificaciones necesarias en cuanto a programación y adaptación de señales, alimentaciones y tiempo:

- Marcado de INGRESO/SALIDA de personal a su sitio de trabajo, informando fecha, hora y los datos de la persona.
- Cajas de seguridad mediante huella digital, con posibilidad de agregar clave numérica.
- Sistema de arranque de motores o vehículos mediante huella digital.
- Desbloques de sistemas, como por ejemplo, una cerradura de:
 - Un depósito bancario.
 - Celda de la cárcel.
 - Laboratorios.
 - Una casa.
 - Entre otros.
- Para el control de asistencia a un colegio o universidad.
- Para utilizar la huella como confirmación de un proceso específico.

Podríamos encontrar muchas aplicaciones más, pero esto depende fuertemente de la creatividad del desarrollador y la necesidad que pueda llegar a surgir.



Limitaciones y Recursos Utilizados

La gran limitación que se encontró durante el desarrollo del proyecto, fue que al momento de realizar pruebas no pudo aplicarse físicamente a un avión como se hubiese deseado, debido a cuestiones de seguridad las empresas no permiten pruebas salvo bajo deseos de ellos de adquirir el producto.

A demás, algunos componentes como el sensor de huella digital, el LCD y el RTC no se obtuvieron rápidamente, ya que debieron ser solicitados a otras localidades e incluso desde el exterior. Esto trajo demoras a la hora de realizar ensayos y el montaje final.

No obstante, esto no impidió el desarrollo del mismo, ya que se creó una maqueta que simula las partes del avión y en ella se colocó el sistema de seguridad.

A demás de utilizar como recursos los conocimientos adquiridos durante el cursado de la carrera, se acudió a libros y sitios web que facilitaron el desarrollo del mismo (en la bibliografía se detallan). Estos recursos permitieron utilizar de manera eficiente los distintos componentes, y los recursos propios de cada uno de ellos.

Fue fundamental contar también con el apoyo y conocimiento de docentes y colegas que colaboraron en la evacuación de dudas y brindaron de manera desinteresada sus experiencias para el avance de este trabajo.

Con respecto a los recursos utilizados referido a los componentes seleccionados, se contó con la eficacia, abundancia de prestaciones y velocidad del PIC 18F4550, la definición y precisión del sensor de huellas digitales, la capacidad de almacenamiento de la memoria EEPROM y su rápido proceso de lectura/escritura y con la practicidad del módulo RTC como así también su exactitud y fidelidad al momento de indicar fecha y hora.

A demás, se utilizó un módulo LCD de 20 caracteres por 4 filas, que brinda suficiente espacio para indicar de forma clara mensajes a los usuarios, buzzer y led de bajo consumo que permiten tener no solo señales visuales sino también auditivas en cada proceso, y un módulo matricial 4x4 con el cual se hace ingresos de datos al sistema no solo numéricos sino también alfabéticos. La fuente de alimentación es de reducido tamaño y peso y brinda energía prácticamente libre de impurezas o ruido, y la cerradura eléctrica utilizada le entrega la robustez necesaria al sistema que es un factor para nada menos importante. El sensor magnético que indica el estado de la puerta y los pulsadores utilizados le da al proyecto un extra que le permiten a las funciones del programa saber cuándo deben ejecutarse.



Desarrollo Del Sistema Por Etapas – Diagrama En Bloques

Se mencionan a continuación las etapas en las que se dividió el desarrollo del sistema y al finalizar se ejemplificara en un esquema los componentes utilizados y cómo interactúan entre ellos. Se explica también las funciones de cada bloque del diagrama y apartados más adelante, en el diseño a nivel hardware, se encuentra la información técnica importante de cada uno de estos componentes.

- I) Estudio en profundidad de la problemática y posibles soluciones de la misma, considerando beneficios y desventajas en cada caso en conjunto con el costo, complejidad y capacidad de realización.
- II) Estudio completo y adquisición de los instrumentos y componentes a ser utilizados en el sistema.
- III) Programación en MPLAB y simulación en Proteus del sistema completo.
- IV) Programación del Microcontrolador PIC 18F4550 y pruebas en placa experimental junto a todos los componentes del sistema.
- V) Pruebas de funcionamiento y correcciones necesarias.
- VI) Desarrollo del PCB y fijación de los componentes a la placa final.
- VII) Montaje del prototipo y verificación de funcionalidades.

En el siguiente esquema compuesto por bloques se mencionan algunos de los componentes utilizados y el modo en el que interactúan entre ellos:

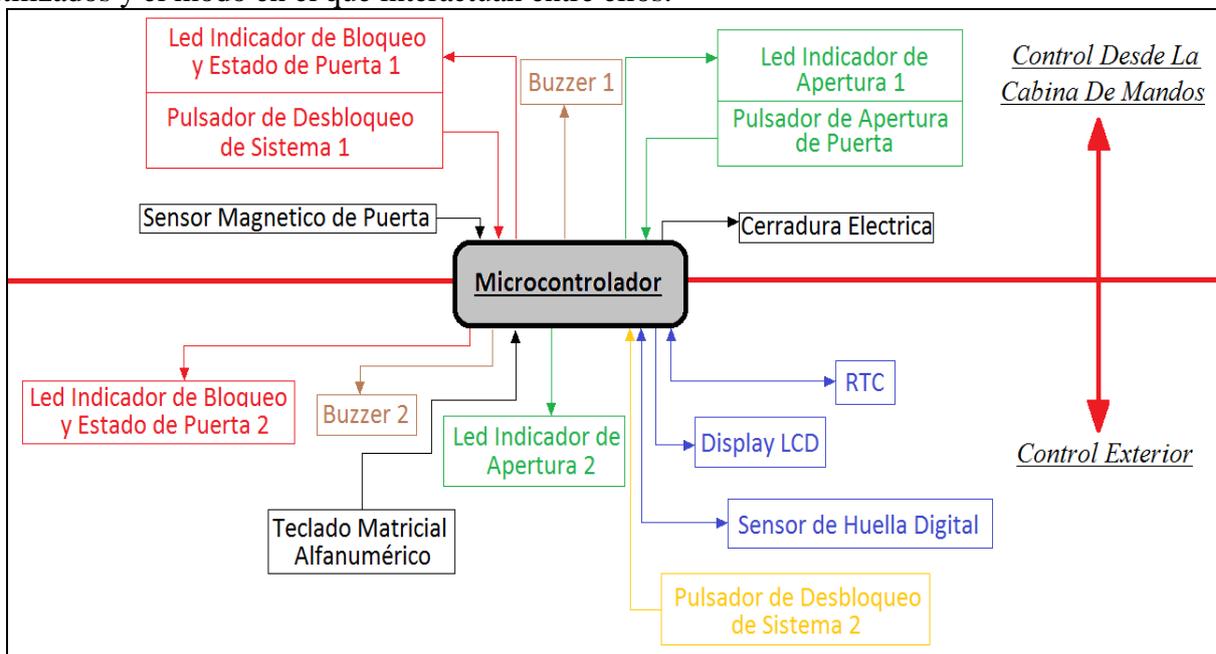


Fig. N° 1 "Diagrama En Bloques Del Sistema"

Descripción funcional de los bloques del diagrama.

| Bloque | Característica | Control |
|---|---|-----------------|
| <i>Led Indicador del Bloqueo y Estado de Puerta 2</i> | Led de alto brillo (5mm) de color rojo, cuya finalidad es la indicación visual de los estados de la puerta y del sistema: encendido intermitente bajo sistema bloqueado o puerta abierta. | <i>Exterior</i> |



| | | |
|---|--|-----------------|
| <i>Buzzer 2</i> | Transductor electroacústica cuya finalidad es sonar cuando la puerta se encuentra abierta, cuando se presiona una tecla, cuando se confirma o rechaza una acción, entre otros. | <i>Exterior</i> |
| <i>Teclado Matricial Alfanumérico</i> | Arreglo de 4 filas y 4 columnas que permite ingresar datos tales como clave numérica, nombre y apellido de los usuarios, y también sirve para que el técnico acceda a los diferentes menús. | <i>Exterior</i> |
| <i>Led Indicador de Apertura 2</i> | Led de alto brillo (5mm) de color verde, cuya finalidad es la de indicar visualmente a quienes se encuentren en el exterior de la cabina, que la puerta fue habilitada para el ingreso. | <i>Exterior</i> |
| <i>Pulsador de Desbloqueo del Sistema 2</i> | Botón normalmente abierto de color amarillo, que al presionarlo le permite al usuario <i>reiniciar</i> el sistema y lo reestablece luego de un bloqueo de emergencia. | <i>Exterior</i> |
| <i>Sensor de Huella Digital</i> | Modulo encargado de escanear la huella digital del usuario que desea ingresar al sitio y compararla con aquellas ya almacenadas en su memoria. | <i>Exterior</i> |
| <i>Display LCD</i> | Indicador visual que permite saber a todo momento la información necesaria del sistema de manera clara y precisa. Indica como proseguir en todas las funciones del sistema. | <i>Exterior</i> |
| <i>RTC</i> | Modulo encargado de brindar fecha y hora al sistema. Elevada precisión, bajo consumo y fácilmente adaptable. Posee una pila de back up para mantener su información incluso cuando no exista alimentación externa. | <i>Exterior</i> |
| <i>Micro-controlador</i> | Gestiona a todo momento las funciones programadas en él por el desarrollador. Manipula los dispositivos de entrada y salida conectadas a él para que el funcionamiento sea satisfactorio. | <i>Exterior</i> |
| <i>Cerradura Eléctrica</i> | Bloqueo electrónico que permite mantener cerrada la puerta que separa la cabina de pilotos del resto del avión. Es robusta y solo será liberada cuando se encuentre coincidencia huella/clave. | <i>Interior</i> |
| <i>Led Indicador del Bloqueo y Estado de Puerta 1</i> | Led de alto brillo (5mm) de color rojo, cuya finalidad es la indicación visual de los estados de la puerta y del sistema: encendido intermitente bajo sistema bloqueado o puerta abierta. | <i>Interior</i> |
| <i>Pulsador de Desbloqueo del Sistema 1</i> | Botón normalmente abierto de color rojo, que al presionarlo le permite al usuario <i>reiniciar</i> el sistema y lo reestablece luego de un bloqueo de emergencia. | <i>Interior</i> |
| <i>Sensor Magnético de Puerta</i> | Es un interruptor que se abre cuando sus partes son alejadas (consta de dos partes, imán y switch). Permite indicarle al Microprocesador cuando la puerta se encuentra abierta. | <i>Interior</i> |
| <i>Buzzer 1</i> | Transductor electroacústica cuya finalidad es sonar cuando la puerta se encuentra abierta, cuando se presiona una tecla, cuando se confirma o rechaza una acción, entre otros. | <i>Interior</i> |
| <i>Led Indicador de Apertura 1</i> | Led de alto brillo (5mm) de color verde, cuya finalidad es la indicación visual para pilotos o copilotos, de que existe alguien en el exterior de la cabina autorizado para ingresar. | <i>Interior</i> |
| <i>Pulsador de Apertura de Puerta</i> | Botón normalmente abierto de color verde, que al presionarlo la cerradura eléctrica es liberada y se indica al Microprocesador que la puerta se encuentra lista para ser abierta. | <i>Interior</i> |

Tabla N° 1 "Funciones De Cada Bloque Del Sistema"



Diseño Del Sistema a Nivel Software

a) Diagrama De Flujo Del Programa

Por motivos de extensión y complejidad del programa desarrollado, se elaboró un diagrama de flujo con las funciones fundamentales que contiene el mismo y cómo interactúan entre ellas. En el siguiente apartado se harán algunas aclaraciones importantes.

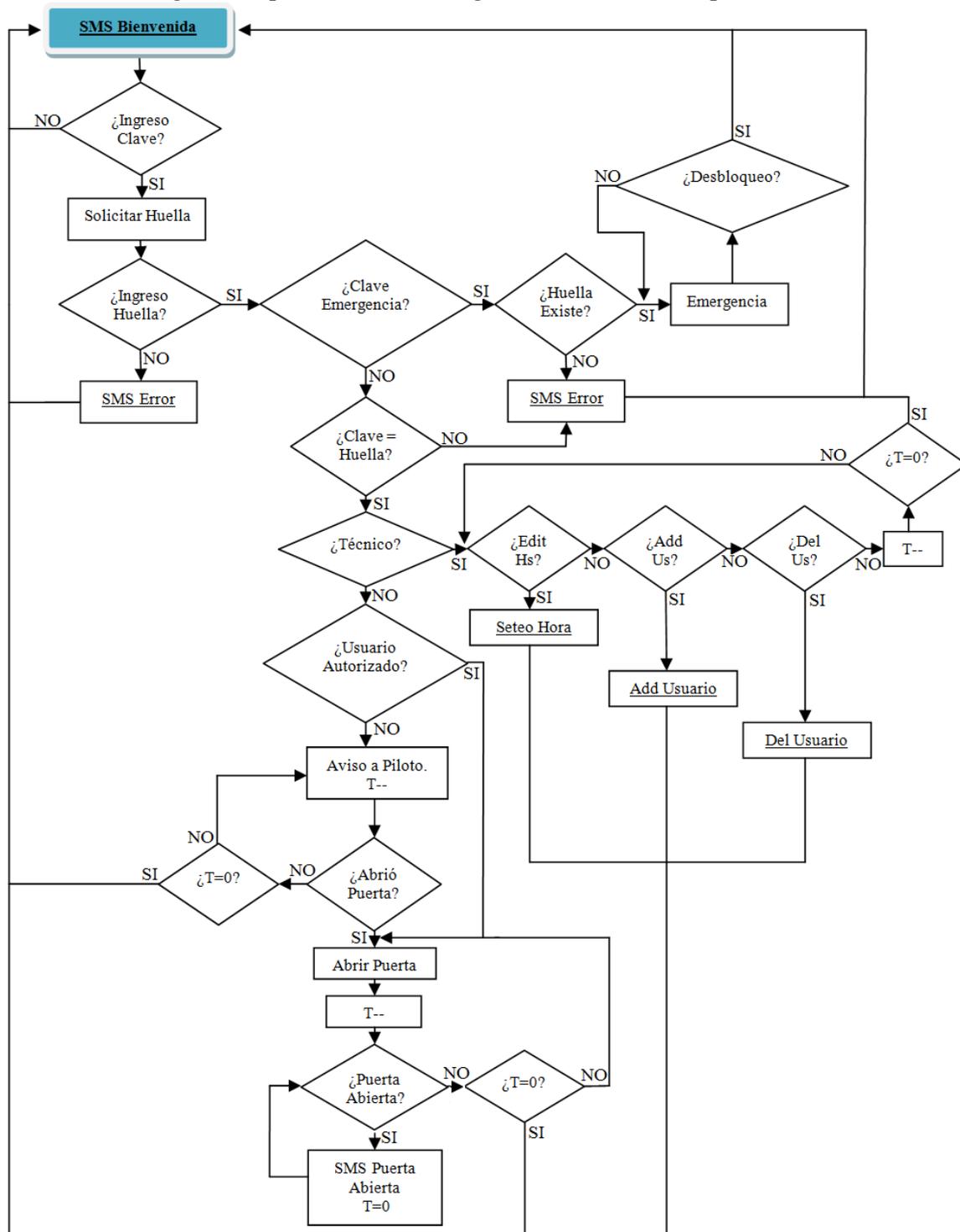


Fig. N° 2 "Diagrama De Flujo Simplificado Del Programa"



b) Características Del Programa

El programa fue desarrollado en la plataforma MPLAB y conto con más de 2500 líneas de programación, ocupando el 80,1% de la memoria de programa del Microcontrolador PIC 18F4550, el 15% de su memoria de datos, y el 100% de sus bits de configuración.

El diseño del programa fue dividido en funciones, de esta forma se facilitó el llamado a rutinas y subrutinas aprovechando mejor la ocupación de memoria y haciendo un programa menos extenso. No obstante, debido a los amplios recursos que el Microcontrolador presenta y las diversidades en cuestión de características de los componente utilizados, el programa completo ocupo un gran porcentaje de la memoria del PIC como ya se mencionó.

La función "main" contiene el programa principal, desde allí se hace el llamado a las diferentes funciones. Se incluyeron en las primeras líneas solo las librerías necesarias y características del PIC en cuestión y se generó un archivo de cabecera denominado "ConfiguracionesBits.h" el cual cuenta con todas las configuraciones a nivel bits que son necesarias.

Se trabajó con un oscilador externo de 20Mhz, se definieron las variables a utilizar y se generó una función llamada "ConfigPuertos()", la cual contiene la configuración de todos los puertos del PIC definiéndolos como entradas o salidas según corresponda.

Se crearon y agregaron funciones al programa para:

- Inicio y escritura del LCD.
- Lectura y escritura de la EEPROM, con sus respectivas rutinas de iniciación y fin (utilización de protocolo de comunicación SPI).
- Lecturas del RTC, con sus respectivas rutinas de iniciación, fin y conversiones de los datos recibidos (utilización de protocolo de comunicación I2C).
- Para la creación de caracteres representados en el display LCD.
- Para la codificación de la matriz alfanumérica 4x4 y generación de códigos numéricos y alfabéticos.
- Para el armado, lectura y escritura de paquetes de datos transferibles al sensor de huellas digitales mediante RS232 (UART).
- Sonido de los buzzer's e iluminación de los LED'S.
- Interrupciones, ya sea por entrada de dato en RS232 o por cambio de estado en PORTB.
- Funciones de temporización.
- Para el bloqueo del sistema.
- El desbloqueo del sistema y la rutina de bienvenida con la solicitud del ingreso de la clave.
- Para el agregado y eliminación de usuarios a la base de datos del sistema.
- Para el escaneo de huellas digitales y funciones a fin con ellas.
- Y muchos más.

Esta estructura de programa facilito el desarrollo y permitió hacer pruebas con los distintos componentes de manera independiente, para luego dar paso al funcionamiento conjunto y la adaptación de las partes, ya que ciertos recursos del Microcontrolador eran compartidos.



c) Software Utilizado – Programación Del PIC

MPLAB-IDE es un software gratuito que se ejecuta sobre un PC para desarrollar aplicaciones para Microcontroladores de Microchip, el PIC 18F4550 es de la firma Microchip y gracias a las prestaciones que MPLAB presenta se pudo realizar la programación sin mayores inconvenientes.

Es fundamental contar con conocimiento básicos de programación y la ayuda de apuntes que faciliten el aprendizaje y desarrollo en dicho entorno. En la bibliografía se encuentran los nombres de aquellos libros que resultaron útiles para ampliar el conocimiento en programación bajo MPLAB.

MPLAB, Permite el desarrollo del programa hasta completar el proceso de probar y grabar dicho programa en la memoria del Microcontrolador y realizar sus pruebas de funcionamiento.

Para el grabado del PIC, se utilizó PICKit3, que permite la depuración y la programación de Microcontroladores PIC y dsPIC utilizando el entorno de desarrollo integrado MPLAB. El PICKit3 se conecta al PC mediante una interfaz USB full-speed y en él se inserta el Microcontrolador a ser grabado.

En las siguientes imágenes se muestran a modo de ilustración los entornos de estos software y la programación del PIC 18F4550.



Fig. N° 3 "MPLAB X, Software De Microchip Para Programación De Microcontroladores PIC"

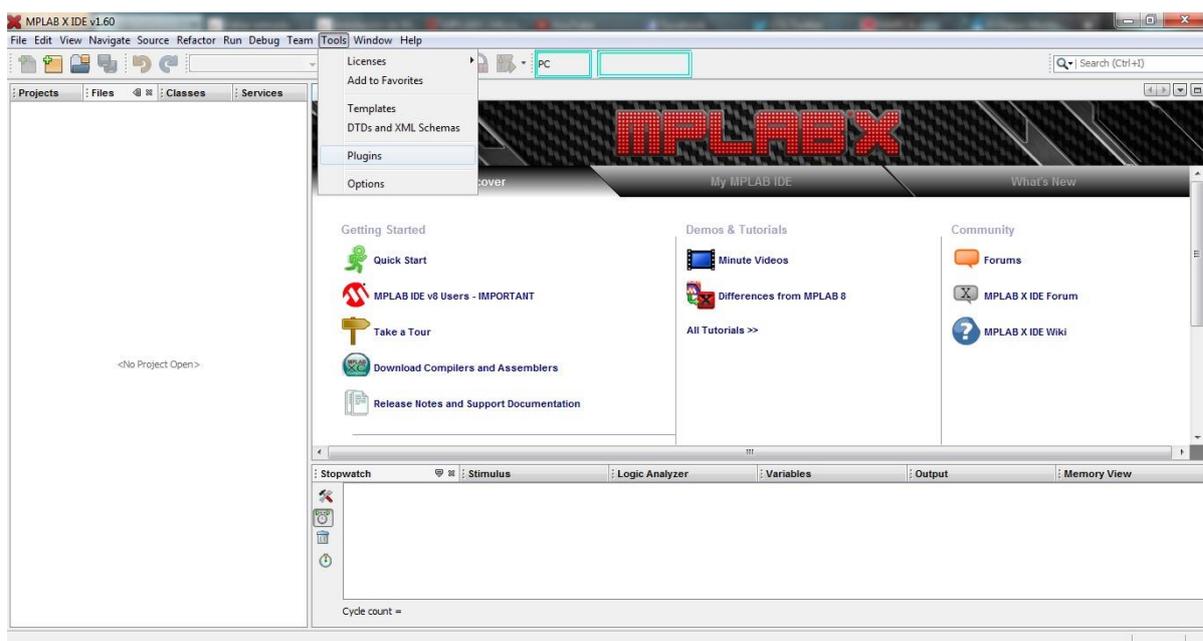


Fig. N° 4 "Plataforma De Desarrollo De MPLAB X"

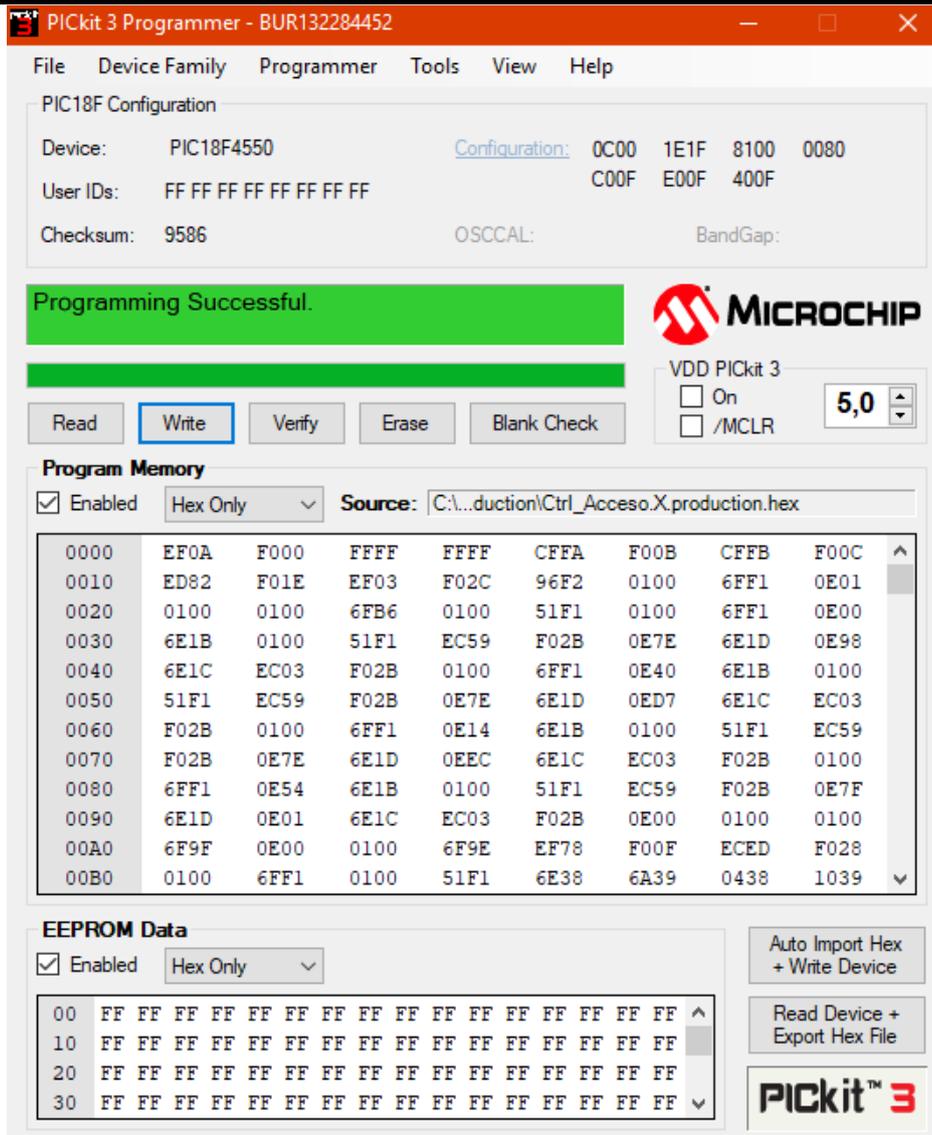


Fig. N° 5 "Grabado de Microcontrolador Mediante Software PICkit3"



Fig. N° 6 "PICkit3 y PIC18F4550 En Proceso De Grabado"



d) Protocolos De Comunicación Utilizados

El Microcontrolador PIC 18F4550, soporta diferentes protocolos de comunicación serie para la transferencia de datos entre él y otros dispositivos, los cuales fueron notablemente aprovechados. Aquí hablaremos brevemente de ellos:

a) Comunicación Serie SPI:

La memoria EEPROM instalada en el sistema para almacenar la base datos, utiliza este tipo de comunicación, y debido a que el PIC18F4550 tiene multiplexado en su puerto B (puerto de comunicación serie síncrona) tanto el protocolo SPI como el I2C se realizó un arreglo a nivel programación para que en cierto momento funcione como tal y para otro instante como I2C.

Esto se logra a través de la configuración de sus registros SFR (registros de funciones especiales), los cuales por motivos de extensión no se detallan aquí pero visitando la bibliografía se puede obtener información útil al respecto.

Solo diremos que el protocolo SPI (Serial Protocol Interface) es un tipo de comunicaciones serie síncrona, que cuenta con solo un registro serie accesible desde el buffer SSPBUF, y en una comunicación tanto el maestro como el esclavo comparten el reloj. La única asimetría entre ambos dispositivos es que uno de ellos debe generar los pulsos de reloj que hacen “avanzar” el registro de desplazamiento. Dicho dispositivo es el maestro y será quien controle la transmisión.

En el protocolo SPI no hay realmente transmisiones ni recepciones, solo intercambios de datos A y B, ya que por cada dato enviado debe haber siempre uno recibido.

En SPI, el usuario no puede acceder al verdadero registro de desplazamiento SSPSR, sino que trabaja en su lugar con un buffer SSPBUF que es quien almacena el dato recibido.

Además de las dos líneas de datos (MOSI y MISO) y el reloj (SCK), SPI utiliza una cuarta línea (CS, Chip Select, o SS, Slave Select) que se usa para indicar al esclavo que se va a iniciar una comunicación. También permite la comunicación de un maestro con varios esclavos, pero para ello necesitamos más líneas de CS disponibles en el Microcontrolador. Si empieza a haber muchos esclavos el número de líneas dedicadas a la selección de dispositivos crece.

Por otro lado, el maestro tiene que estar continuamente preguntando a los esclavos si desean algo, ya que un esclavo no tiene ninguna forma de iniciar la conversación. Esta es la razón por la cual SPI es el protocolo preferido por su simplicidad cuando sólo tenemos una única conexión maestro-esclavo.

Como todo periférico del PIC, su configuración y manejo están controlados por una serie de registros SFR. Para el puerto SPI dichos registros SFR's son: **SSPCON1**, **SSPSTAT** y **SSPBUF**.

Los dos primeros son registros de configuración, mientras que el segundo es donde se ponen los datos a transmitir.

Obviamente la primera elección es decidir si el PIC será el maestro o un dispositivo esclavo en la comunicación. Los contenidos de los 4 bits más bajos de SSPCON1 determinan esta elección y la frecuencia de reloj utilizada, y luego de esto debemos realizar las configuraciones restantes para el correcto funcionamiento del dispositivo con respecto a: modo de funcionamiento SPI, polaridad de la señal, la fase de datos de salida, el momento de muestreo, entre otros.

Toda esta información se puede obtener visitando los sitios sugeridos en la bibliografía, donde incluso tenemos ejemplos explicativos que nos permite una mayor comprensión respecto a este protocolo de comunicación cuyo uso es muy frecuente en los microcontroladores.



b) Comunicación Serie I2C:

El RTC (Reloj de Tiempo Real) utiliza este protocolo, el cual es muy útil cuando hay que manejar varios esclavos. Este protocolo también es de tipo serie y síncrono (en la familia PIC18, SPI e I2C comparten el mismo puerto de comunicaciones serie síncronas SSP), pero implementa un sistema de direcciones, por lo que no es necesario añadir líneas adicionales para los nuevos dispositivos. El protocolo I2C toma e integra lo mejor de los protocolos SPI y UART. Con él podemos tener a varios maestros controlando uno o múltiples esclavos. Esto puede ser de gran ayuda cuando se van a utilizar varios Microcontroladores para almacenar un registro de datos hacia una sola memoria o cuando se va a mostrar información en una sola pantalla.

El protocolo I2C utiliza sólo dos vías de comunicación, al igual que el protocolo UART:

- *SDA – Serial Data:* Es la vía de comunicación entre el maestro y el esclavo para enviarse información.
- *SCL – Serial Clock:* Es la vía por donde viaja la señal de reloj.

Como podemos observar, el protocolo I2C envía información a través de una sola vía de comunicación bit por bit de forma coordinada. Como el protocolo es síncrono, el envío de bits por la vía de comunicación SDA está sincronizado por una señal de reloj que comparten tanto el maestro como el esclavo a través de la vía SCL.

Para programar la comunicación serial I2C en el PIC se debe leer la hoja de datos del PIC utilizado ya que cada uno posee registros diferentes. En este caso, alguno de los registros utilizados y configurados son los siguientes: el registro **SSPSTAT**, el registro **SSPCON1**, el registro **SSPCON2**, el registro **SSPBUF**, el registro **SSPADD**, entre otros registros e interrupciones. Cada uno de ellos configura un aspecto específico que determinara las características de la transmisión y recepción de datos.

Al igual que en SPI, en el registro SSPBUF se pondrá el dato que se quiera transmitir hacia el esclavo, y también donde se encontrará el dato recibido desde él.

c) Comunicación Serie USART:

USART (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) es un protocolo de hardware que nos permite transmitir datos de manera serial. Puede ser síncrona o asíncrona, es decir, se puede utilizar una señal de reloj para leer los bits transmitidos o no. En este proyecto configuraremos la USART como asíncrona, es decir, no se necesita la señal de reloj (UART) ya que el lector de huellas digitales maneja este tipo de interfaz y con niveles lógicos TTL.

Comúnmente la USART es un protocolo que utiliza 5V y se usa para comunicar dispositivos. Tenemos que tener en cuenta, que en todo hardware de conexión serial, los pines de Rx y Tx van cruzados, es decir (para nuestro caso), el Rx del Microcontrolador va al Tx del R305, y el Tx del Microcontrolador va al Rx del R305. Únicamente se necesitan los pines de Rx y Tx del PIC para realizar la comunicación con el sensor, y debido a que los niveles lógicos de salida de ambos son compatibles no es necesaria la adaptación de dicha señal.

El concepto de velocidad de transmisión se mide en Baudios, la cual indica el número de símbolos o bits que se pueden transmitir en un segundo.

Las tasas estándar de baud rate son: 110, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 14400, 19200, 38400, 57600, 115200, 128000 y 256000 bits por segundo. En nuestro caso utilizaremos 57600 bits por segundo.

Para el correcto funcionamiento, debemos configurar algunos registros del EUSART (protocolo USART extendido, con el que cuenta el PIC 18F4550), los cuales se mencionan a modo de ejemplo:



```
//EUSART
TXSTAbits.SYNC = 0;    //Modo Asíncrono (UART).
TXSTAbits.TXEN = 1;    //Habilita la transmisión (Tx habilitado).
RCSTAbits.SPEN = 1;    //Habilita los pines Rx y Tx.
RCSTAbits.CREN = 1;    //Recepción continua (Rx habilitado continuamente).
BAUDCONbits.BRG16 = 0; //8 bits de transmisión.
TXSTAbits.BRGH = 1;    //Baud Rate - alta velocidad de transmisión.
SPBRG = 21;           //Equivale a 57600bps velocidad de la transmisión.
```

Todos estos registros, como así también la habilitación de las interrupciones externas y globales, la velocidad de funcionamiento del sensor utilizado y demás características pueden observarse en el datasheet del Microcontrolador y del sensor de huella digital R305, cuyos archivos se encuentran en la bibliografía.

Diseño Del Sistema a Nivel Hardware

a) Instrumentación y Componentes Utilizados

En esta sección explicaremos las características técnicas más relevantes de los componentes utilizados para el desarrollo del sistema.

➤ PIC18F4550 - Cristal 20Mhz:

Los datos provenientes de los sensores son procesados por un Microcontrolador, que es un circuito integrado programable de arquitectura fija, capaz de ejecutar órdenes grabadas en su memoria interna. El mismo es el encargado de interpretar y decodificar las señales y presentarlas a través de una pantalla LCD para que se visualicen en tiempo real, permitiendo también guardar la información necesaria en una memoria EEPROM.

Para este proyecto se utilizó un Microcontrolador PIC 18F4550, de la firma Microchip. Se seleccionó este modelo por sus altas prestaciones, tales como: su capacidad de transmisión de datos, su buen tamaño de memoria de datos y gran capacidad con respecto a memoria de programa, bajo costo, disponibilidad del producto y robustez entre otras características.

Características más relevantes del Microcontrolador PIC18F4550:

- Tensión de alimentación de 5V.
- Protocolos de comunicación serie SPI, I2C y UART (las 3 fueron utilizadas).
- 35 entradas y salidas digitales (todas ellas utilizadas en el proyecto).
- Memoria de programa flash de 32 Kbyte.
- 2Kbyte de memoria SRAM.
- EEPROM de datos de 256 bytes.
- Manejo de interrupciones de diferentes tipos.
- Posee 4 Timer (desde Timer0 a Timer3). Uno de 8 bits y 3 de 16 bits.
- Resistencias de Pull Up programables.
- Reset vía hardware y software.
- Encapsulado DIP de 40 pines
- Posee modulo USB 2.0.

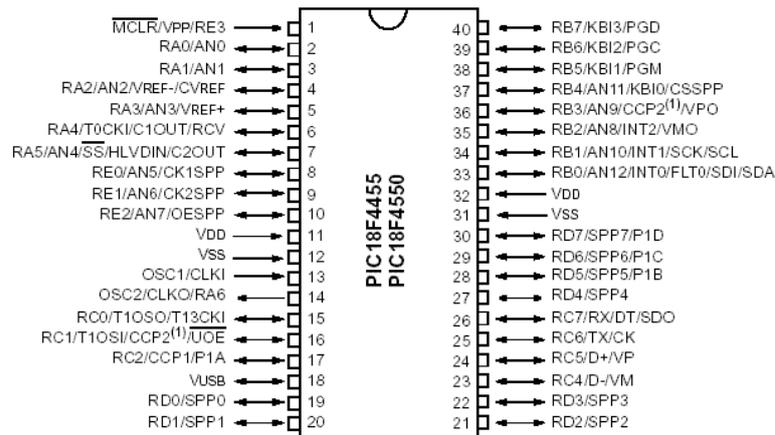


Fig. N° 7 "Disposición De Pines PIC 18F4550"

El PIC 18F4550 posee una arquitectura tipo Harvard, ya que dispone de diferentes buses para acceder a la memoria de programa o a la memoria de datos. Esto nos da la opción de acceder a la memoria de datos para ejecutar una instrucción, mientras se lee de la memoria de programa la siguiente instrucción. Es decir, podemos acceder de forma simultánea a ambas memorias y lograr una importante optimización del tiempo en la ejecución de las instrucciones.

La memoria del PIC se divide en: Memoria RAM de datos, memoria de programa, memoria EEPROM de datos, la pila y memoria de configuración. Estas memorias son totalmente diferentes y tienen capacidades distintas.

Descripción de los pines utilizados:

- **Vdd:** Alimentación 5V, proveniente del LM7805.
- **Vss:** Conexión a GND.
- **MCLR:** Pin de entrada, pulsador para poder reiniciar el sistema en caso de ser necesario.
- **RA0-RA1-RA2-RA3:** Pines de salida, para el bus de datos del LCD.
- **RA4-RA5:** Salidas que alimenta a los led rojo y verde de la cabina de pilotos.
- **RA6/OSC2-OSC1:** Conexión del circuito oscilador.
- **RB0-RB1:** Conectados al RTC y a la EEPROM, pines para comunicación SPI e I2C.
- **RB2-RB3:** Salidas que alimenta a los led rojo y verde del control exterior.
- **RB4-RB5-RB6:** Entradas del sensor magnético de la puerta y los pulsadores de "Apertura De Puerta" y "Desbloqueo De Sistema". Funcionan como interrupciones.
- **RB7:** Conectada al transistor que permite la excitación de la bobina del relé que alimenta el pestillo eléctrico. Está configurado como pin de salida.
- **RC0:** Chip Selection (CS) de la EEPROM, configurada como pin de salida.
- **RC1-RC2:** Pines de salida para la alimentación de los buzzer.
- **RC6-RC7:** Pines para la transmisión y recepción de datos del sensor de huellas digitales y entrada de datos de la EEPROM.
- **RD0- RD1- RD2- RD3- RD4- RD5- RD6- RD7:** Conexión de la matriz alfanumérica.
- **RE0-RE1-RE2:** Salida de control del display LCD.

Por su parte, el oscilador utilizado es de 20Mhz y cuenta en su conexión con dos capacitores de aterrizado de 15pF. Esto lo recomienda la misma hoja de datos del Microcontrolador, la cual se encuentra en la bibliografía y se recomienda revisar para conocer más en detalles este versátil Microcontrolador de Microchip, el PIC18F4550.



➤ Firgenprint Module R305 (Sensor de Huella Digital):

Este módulo consiste en un scanner de huellas digitales que puede servir para dibujar una huella o también para buscar coincidencias entre huellas escaneadas y almacenadas. Es un sensor óptico que cuenta con las siguientes características:

- Vcc: 5V, proveniente del LM7805.
- Interface: UART, con niveles lógicos TTL.
- Corriente Máxima: 150 mA.
- Tamaño del archivo de caracter: 256 byte.
- Velocidad de escaneo: Menor a 500ms.
- Capacidad de almacenamiento: 256 huellas (150 para esta aplicación).
- Nivel de seguridad: 5 (El máximo posible).
- Tasa de Fallo: Menor a 0,001%.

El modulo cuenta con 4 pines que se conectan como describimos a continuación:

- **Vcc**: A la salida del regulador de tensión LM7805.
- **GND**: A tierras de dicho regulador.
- **RD**: Al pin RC7 del PIC 18F4550. Pin de recepción de datos serie.
- **TD**: Al pin RC6 del PIC 18F4550. Pin de transmisión de datos serie.

El puerto C del PIC mencionado contiene el puerto UART y es allí donde debemos conectar estos pines. El modulo también tiene la posibilidad de conectarse mediante puerto USB a un Microcontrolador o incluso a una PC, pero para el proyecto en cuestión se optó pero el uso del puerto UART con una velocidad de 57.600 bps.

Este módulo cuenta con un set de instrucciones bastante amplio, el cual se puede encontrar en la bibliografía. Gracias a esto es posible con dicho modulo no solo escanear huellas digitales sino también generar archivos, buscar coincidencias, agregar huellas a una base de datos, eliminarlas, e incluso cuenta con un espacio de memoria dedicado para que el programador o usuario pueda almacenar datos necesarios incluso ante ocasiones de apagado. Esta es una memoria Flash encargada de almacenar también allí las huellas digitales escaneadas que el usuario así lo dese. El lugar en donde se almacenara esa huella es decidido por el programador mediante una instrucción la cual incluye la posición de almacenamiento. Lo mismo ocurre para el borrado, se puede hacer mediante "Numero De Huella" o mediante "Coincidencia De Huella". También existe la posibilidad de, mediante instrucción, eliminar directamente todas las huellas almacenadas en la memoria.



Fig. N° 8 "Sensor De Huella Digital, R305"

Estas instrucciones son enviadas en Paquetes de una longitud máxima de 256 Byte que contiene diferentes partes:



- Encabezado: Incluye la dirección del módulo, contraseña, registro de estado, etc.
- Sumador: Suma de comprobación del Encabezado.
- Identificador de Paquete: Que tipo de Paquete es.
- Longitud del Paquete: Cantidad de byte que son enviados.
- Contenido del Paquete: Pueden ser datos, ordenes de mando, reconocimientos, etc.
- Suma de Comprobación: Esta suma es la del Paquete completo.

El modulo es muy completo y confiable, con nivel de seguridad elevado que permite lecturas rápidas y es de fácil instalación.

➤ LCD 20x4:

Consta de una pantalla LCD de 4 filas por 20 columnas dibujables, retro iluminada de color azul con caracteres de color blanco. La alimentación es de 5 Volts, proveniente del regulador de tensión LM7805, y las dimensiones del display son 75mm por 26mm.

Allí se pueden observar en tiempo real todos los procesos que el programa va ejecutando y es donde los usuarios interactúan de forma más directa.

Para conocer mayores detalles de las características de esta pantalla LCD se puede observar su hoja de especificaciones en el Anexo B, aquí solo haremos una breve descripción de sus pines y aspecto físico.

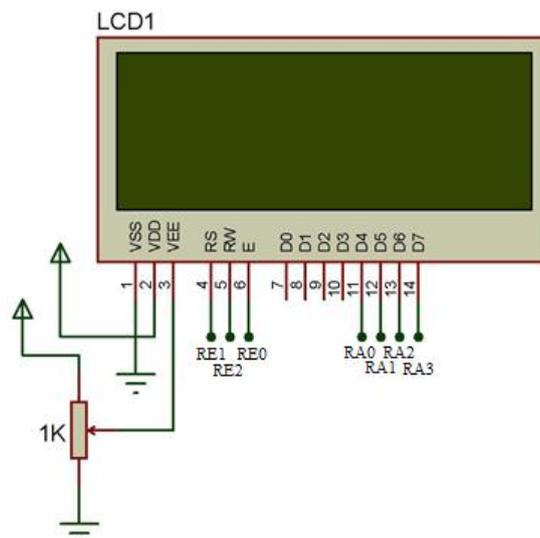


Fig. N° 9 "Conexión De Pines LCD, 20x4 Caracteres"

Se utilizan los siguientes pines:

- **VSS**: Tierra de la plaqueta.
- **VDD**: Tensión de alimentación (5 Volts).
- **VEE**: Tensión para regular el contraste, conectada a un preset de 1KΩ.
- **RS**: Bit de instrucción, conectada al pin RE1 del PIC 18F4550.
- **R/W**: Bit de lectura/escritura, conectada al pin RE2 del PIC 18F4550.
- **E**: Bit de habilitación del LCD, conectada al pin RE0 del PIC 18F4550.
- **D4**: Bit de datos, conectada al pin RA0 del PIC 18F4550.
- **D5**: Bit de datos, conectada al pin RA1 del PIC 18F4550.
- **D6**: Bit de datos, conectada al pin RA2 del PIC 18F4550.
- **D7**: Bit de datos, conectada al pin RA3 del PIC 18F4550.
- **A**: Ánodo de led de luz de fondo de pantalla, conectada a 5Vcc.
- **K**: Cátodo de led de luz de fondo de pantalla, conectada a GND.



Debido a que los niveles de tensión que utiliza el LCD y el PIC18F4550 son similares, no es necesario adaptarlos para la conexión entre ambos, es decir, su conexión es directa. El Puerto E de dicho PIC funciona puramente como controlador, mientras que el Puerto A lo hace como bus de datos y es por donde se envían los datos a ser leídos. Este tipo de conexión se caracteriza por utilizar solo 4 líneas de datos, las restantes 4 son puestas a GND para evitar ruidos.

Gracias al manejo de librerías con las que dispone Microchip, previa adaptación al Microcontrolador utilizado, fue posible realizar rutinas y subrutinas de iniciación, borrado y escritura en dicho dispositivo que fueron utilizadas a lo largo de todo el programa.

➤ KA7805A:

Es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular voltaje positivo de 5V y 1A de corriente, garantizando una fuente de tensión constante disminuyendo la posibilidad de dañar nuestro circuito debido a oscilaciones en los niveles de tensión. Básicamente es un dispositivo que cuenta con 3 pines:

- 1 – Tensión de entrada.
- 2 – Masa (GND).
- 3 – Tensión de salida (Vcc).

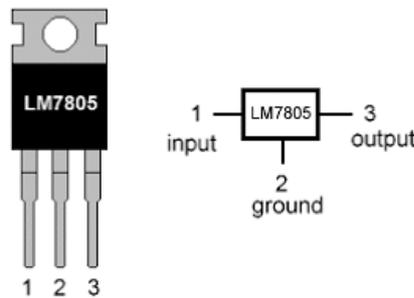


Fig. N° 10 "Disposición De Pines LM7805"

Para esta aplicación, el LM7805 toma los 12V de la fuente Switching y convierte esa tensión en 5V disponibles en su pin número 3, soportando corriente de hasta 1A a su salida. Esto nos permite alimentar no solo el PIC sino también el LCD, la memoria EEPROM, el RTC, entre otros dispositivos.

Más adelante veremos la adaptación de este dispositivo en conjunto con capacitores a una red de filtrado que permite aún mejores resultados en la tensión de salida. En la Fig. N°10 podemos apreciar la disposición de pines y el encapsulado de dicho regulador.

En el Anexo B y bibliografía se puede encontrar información útil ya que allí se encuentra la hoja de datos del dispositivo.

➤ 25LC256 EEPROM:

Esta memoria, que también es de la empresa Microchip, permite almacenar de forma eficaz los datos de los usuarios, como clave numérica, tipo de acceso, nombre y apellido. Utiliza para el envío y recepción de datos el protocolo SPI, trabaja a una velocidad máxima de 10Mhz y está compuesta por páginas de 64 Byte. Soporta hasta un millón de ciclos de escritura o lectura y consta de un set de instrucciones reducidos que nos permiten la lectura y escritura de la memoria, la lectura y escritura del registro de estado, habilitar o no la operación de escritura y hasta el reinicio de la memoria.

Posee una capacidad de almacenamiento total de 256Kbyte y cuenta con 8 pines para su conexión, los cuales describimos a continuación de forma resumida:



- **CS:** Entrada que selecciona la memoria en la cual se escribirá o leerá (pin negado).
- **SO:** Pin de salida de datos en serie.
- **WP:** Protección contra escritura. Si esta entrada es puesta en alto, la escritura no será posible (pin negado).
- **Vss:** Conexión de puesta a tierra.
- **SI:** Entrada de datos en serie.
- **SCK:** Entrada serie de los pulsos de reloj.
- **HOLD:** Es una entrada disponible para pausar el dispositivo (pin negado).
- **Vcc:** Fuente de voltaje, se alimenta con 5Vcc y consume un máximo de 6mA en procesos de escritura.



Fig. N° 11 "Memoria EEPROM 25LC256, Microchip"

Los pines Vcc, HOLD y WP son conectados directamente a la salida del regulador de tensión LM7805, el pin CS de la memoria va conectada al pin RC0 del PIC 18F4550, SO al pin RB0, Vss a tierra de la plaqueta, SI al pin RC7 y el pin SCK al pin RB1 de dicho PIC. Estas conexiones son directas sin necesidad de adaptar niveles de tensión ya que tanto el PIC como la memoria EEPROM utilizan niveles de tensión similares. Esto facilita notablemente su conexión.

En la imagen anterior podemos apreciar dicha memoria y su encapsulado. Para conocer más características de este componente se puede acceder a los anexos de este trabajo donde se encontraran detalles no descriptos en este apartado.

➤ DS1307:

El DS1307, es un reloj de tiempo real (RTC) serie de baja potencia. Su dirección y datos son transferidos en serie a través del bus I2C de manera bidireccional, proporcionando segundos, minutos, horas, información del día, fecha, mes y año. El reloj funciona ya sea en formato de 24 o 12 horas con indicador AM y PM. El DS1307 tiene un circuito de detección de potencia incorporado que detecta fallas de energía y cambia automáticamente a la fuente de respaldo, que en este caso es una pila. Esta pila mantiene la información de fecha y hora aun cuando el DS1307 carece de alimentación.

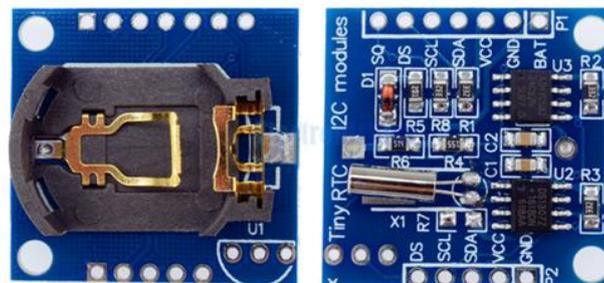


Fig. N° 12 "Modulo RTC -DS1307"

Características:

- Consume menos de 500 nA en la batería o pila de respaldo, siendo esta de 3Vcc.
- Para su alimentación utiliza 5Vcc y consume 1,5mA.



- Conexiones de sus pines:
 - **SCL**: Conectada al pin RB1 del PIC 18F4550.
 - **SDA**: Conectada al pin RB0 del PIC 18F4550.
 - **Vcc**: Conectado a la salida del regulador de tensión LM7805.
 - **GND**: Conectada a tierra de la plaqueta, junto con los pines no utilizados.

Este módulo posee incorporado el oscilador que da los pulsos de reloj junto con una memoria para el almacenamiento de datos en caso de ser necesarios. Para conocer más características de este módulo, acudir a su hoja de datos la cual se puede encontrar en la bibliografía o en el Anexo B. Allí se encontrará desde la descripción y funcionamiento del módulo hasta los modos de conexiones de sus pines.

➤ SRD-12VDC-SL-C-Rele:

Soporta hasta 10A en la conmutación y 28Vdc, aunque aquí la carga es de 1,5A y 12Vdc. Para su conmutación, la bobina del relé es excitada con 12Vdc y consume 30mA. Esos 12V son suministrados por la fuente Switching y para su correcto funcionamiento y protección al PIC se utilizó un circuito auxiliar en base a un transistor el cual se muestra en la siguiente imagen junto con el relé.

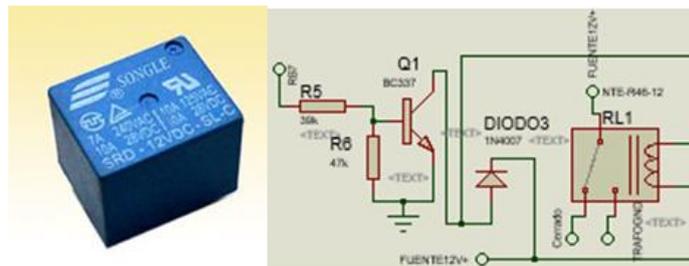


Fig. N° 13 "Relé y Circuito De Excitación De La Bobina"

El transistor es un BC337 que se describe a continuación, cuenta con 2 resistencias para la polarización del mismo y un diodo supresor de picos de tensión. Este dispositivo nos permite que el PIC18F4550 gobierne la alimentación del pestillo o cerradura eléctrica sin sufrir posibles alteraciones debido a su consumo. Para conocer más información sobre este componente, visitar su hoja de dato en la web cuya dirección se detalla en la bibliografía.

➤ BC337:

Es un transistor de silicio tipo NPN de propósito general, encapsulado en formato TO-92 y sus características más importantes son:

- Soporta tensión emisor-colector hasta 45V.
- Soporta una corriente de colector máxima de 800mA.
- Disipación máxima de 625mW.
- Trabaja en frecuencias de hasta 100 MHz.
- Hfe = 260 (medido físicamente).

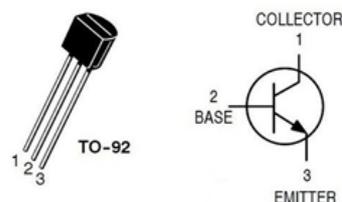


Fig. N° 14 "Encapsulado y Distribución De Pines BC337"



Como ya se mencionó, el transistor en este caso fue utilizado para separar al PIC de la cerradura eléctrica, es decir, su funcionamiento fue puramente de interruptor. Con 2 resistencias en la entrada de su base, alimentadas desde en pin RB7 del PIC, una de 30k Ω y otra de 47k Ω , logramos polarizar correctamente la base del transistor y permitir el cierre que excita la bobina del relé para que este “pegue” correctamente y el pestillo eléctrico quede alimentado.

➤ Matriz Alfanumérica 4x4:

Consiste en un arreglo de pulsadores de 4 filas por 4 columnas que permiten el ingreso de datos al sistema, tanto numérico como alfabético. Esto fue posible gracias a la adaptación mediante programación y la conexión de este teclado al puerto D del Microcontrolador, la cual cuenta con resistencias de PULL-UP que permiten una lectura más precisa ante cambios de estados en sus pines.

De esta forma se logró mediante la programación que al presionar los números de este teclado no solo se visualicen datos numéricos en el LCD sino también letras, incluido la separación entre palabras (espacio).

Para el ingreso de la clave el teclado funciona numéricamente y para el ingreso de datos, como por ejemplo nombre y apellido, el mismo teclado funciona alfabéticamente, mientras que las letras A, B y C de los costados son para “Aceptar”, “Borrar” o “Cancelar” respectivamente, los procesos realizados. En este caso, las teclas *, # y D no fueron utilizadas, por lo cual, si se presiona alguna de ellas, el PIC 18F4550 la reconocerá como carácter nulo o inexistente.



Fig. N° 15 "Teclado Alfanumérico 4x4"

➤ Cerradura Eléctrica:

Consta de una bobina que al ser excitada funciona como un electroimán, el cual desbloquea la cerradura, permitiendo la apertura de la puerta. Su alimentación es de 12Vdc y tiene un consumo de 1,5A en corriente continua. Existen muchos modelos con diferentes características, pero para la aplicación en cuestión y las pruebas desarrolladas con el modelo elegido fue suficiente.

Este tipo de cerradura permite mantener el cierre de la puerta de manera constante, y la apertura de la misma sin la necesidad de utilizar llave. Es robusta y puede funcionar tanto con tensión alterna como continua, de 8 a 12V, y para esta aplicación su alimentación proviene de la fuente Switching previo paso por el relé como se describió anteriormente.



Fig. N° 16 "Pestillo o Cerradura Eléctrica"



En conjunto con la manija o pomo de apertura, permite que la puerta se mantenga cerrada siempre salvo que se abra convencionalmente desde el interior o que las condiciones del sistema se cumplan previamente.



Fig. N° 17 "Pomo o Manija Utilizado"

➤ Led's y Buzzer's:

Para la interacción audiovisual de los usuarios con el sistema, se utilizó además led de colores rojo y verde, y buzzer. Por cuestiones de simplicidad, aquí solo mencionaremos sus características eléctricas y mostraremos una ilustración de ellos, para más información en caso de ser necesaria se puede consultar a los anexos de dicho trabajo.

- **Led:**
 - a) Rojo: $V_{dc} = 2V$ - $I_{dc} = 20 \text{ mA}$.
 - b) Verde: $V_{dc} = 3,1V$ - $I_{dc} = 20 \text{ mA}$.
- **Buzzer:** $V_{dc} = 5V$ - $I_{dc} = 30\text{mA}$.

Vale aclarar que los led utilizados son de 5mm de diámetro y alto brillo. Tanto los buzzer como los led se localizan dentro y fuera de la cabina de pilotos. Estos indican los estados del sistema y cada vez que se presione una tecla suenan de manera diferente para indicar un acierto o error en el proceso. Sirven fundamentalmente también para dar aviso cuando la puerta se encuentra abierta. Una vez que el sensor magnético detecto el cierre de la puerta entonces allí el buzzer dejara de sonar y los led volverán a su condición inicial.

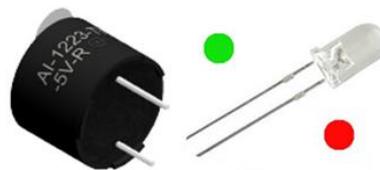


Fig. N° 18 "Buzzer y Led Utilizados"

Aunque no se dispuso un apartado especial, el sensor magnético que detecta el estado de la puerta también cumple su rol en el sistema. Por su sencillez, solo diremos que el mismo va conectado al pin RB4 del PIC18F4550, y cada vez que éste se abre entra en una interrupción de máxima prioridad anunciando no solo en los led y buzzer lo acontecido sino también al LCD.



Fig. N° 19 "Sensor Magnético De La Puerta"



b) Circuito Impreso

Teniendo ya los dispositivos a utilizar en propia mano y considerando sus aspectos físicos, se realizó un análisis evaluando variables como tamaño, consumo y temperatura de disipación para localizar los mismos en cada parte del esquema final.

Una vez localizados y minimizando al máximo posible el tamaño del gabinete de control, donde físicamente se encuentra el “cerebro” del sistema, se realizó la maqueta representativa para ubicar físicamente cada parte de la misma.

Como no todos los componentes se encuentran adheridos directamente a la plaqueta, sino que algunos se hallan a centímetros de distancia (como el pestillo eléctrico, botoneras, el LCD y demás) fue necesaria la utilización de cables de datos para transmitir estas señales eficazmente.

Aprovechando la distribución de pines del Microcontrolador y considerando las características que presenta cada puerto con respecto a protocolos de comunicación que soporta, cantidad de pines, tipo (si son de entrada o salida) y si contenían o no resistencias de Pull Up, fue el motivo por el cual cada componente se localizó en el lugar elegido.

La practicidad de Proteus y las características físicas del Microcontrolador permitieron acomodar cada componente en el lugar que mejor se aprovechaba el espacio, objetivo no menos importante a la hora de optimizar las dimensiones del prototipo.

Esto permitió que todos los recursos y principalmente los del Microcontrolador, fueran efectivamente aprovechados.

En este apartado, se muestran imágenes correspondientes al proceso de simulación en Proteus, el PCB Layout junto a la imagen 2D con la ubicación de los componentes en el circuito impreso y la plaqueta final, con sus dispositivos ya localizados.

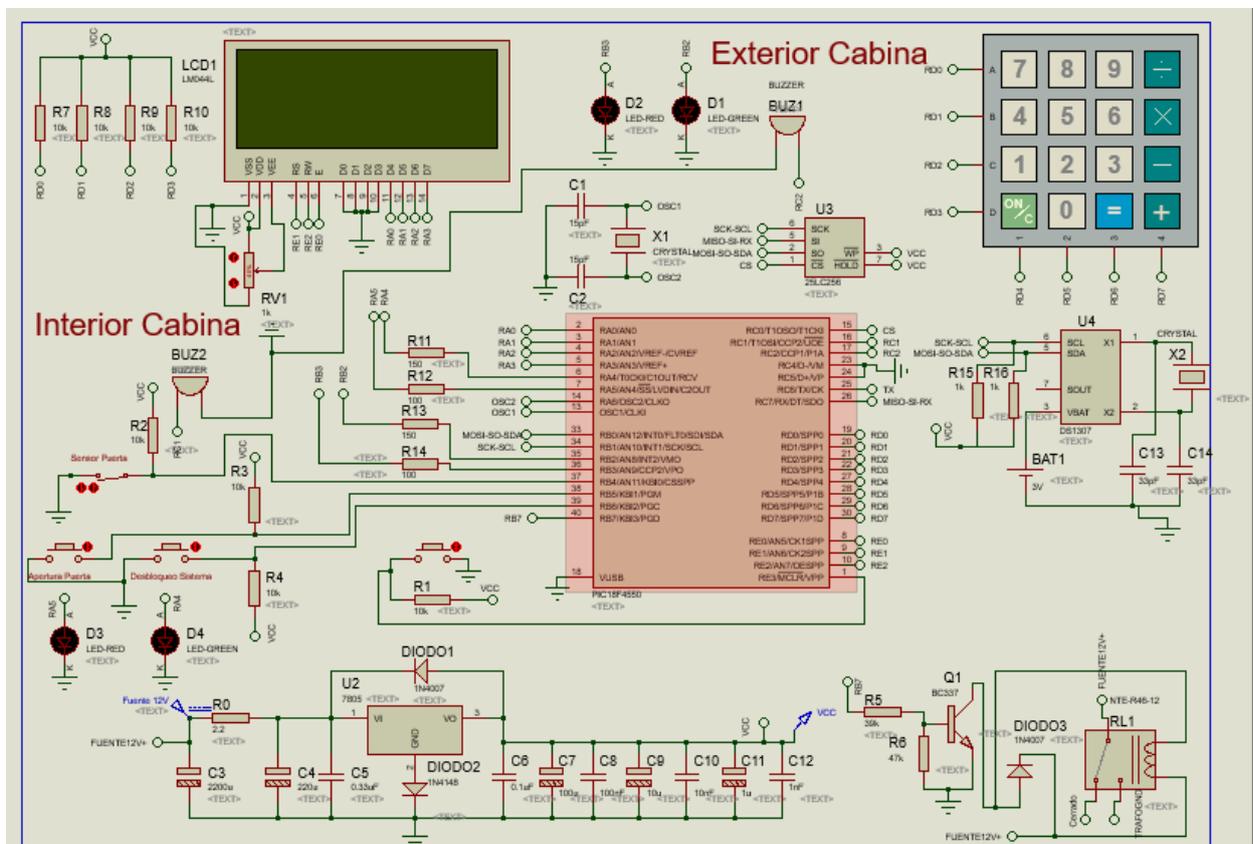


Fig. N° 20 "Circuito De Simulación Del Sistema En Proteus"

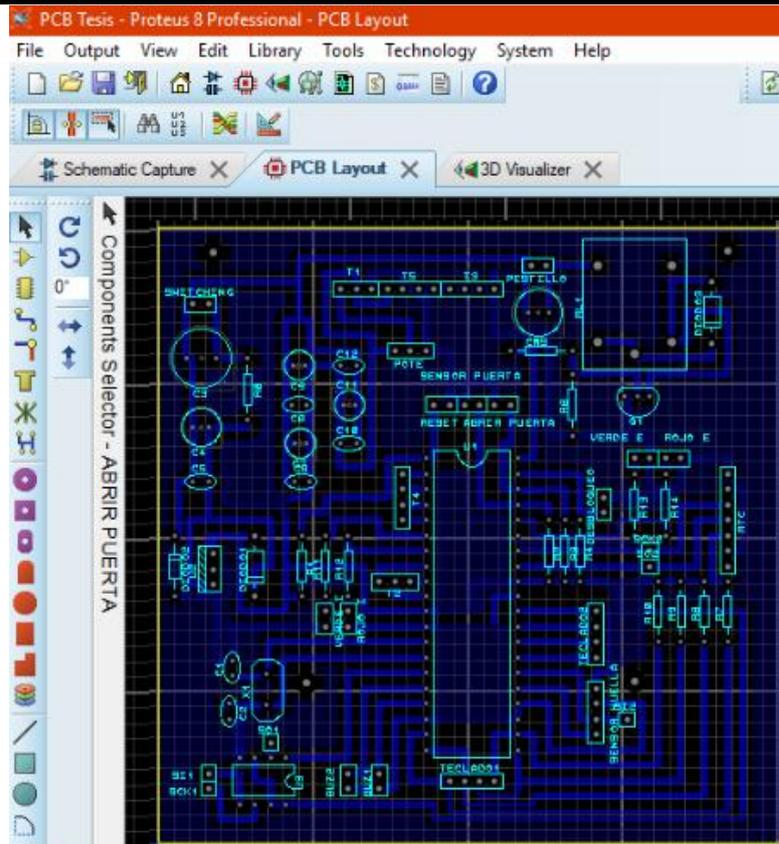


Fig. N° 21 "Ares, Diseño del PCB"

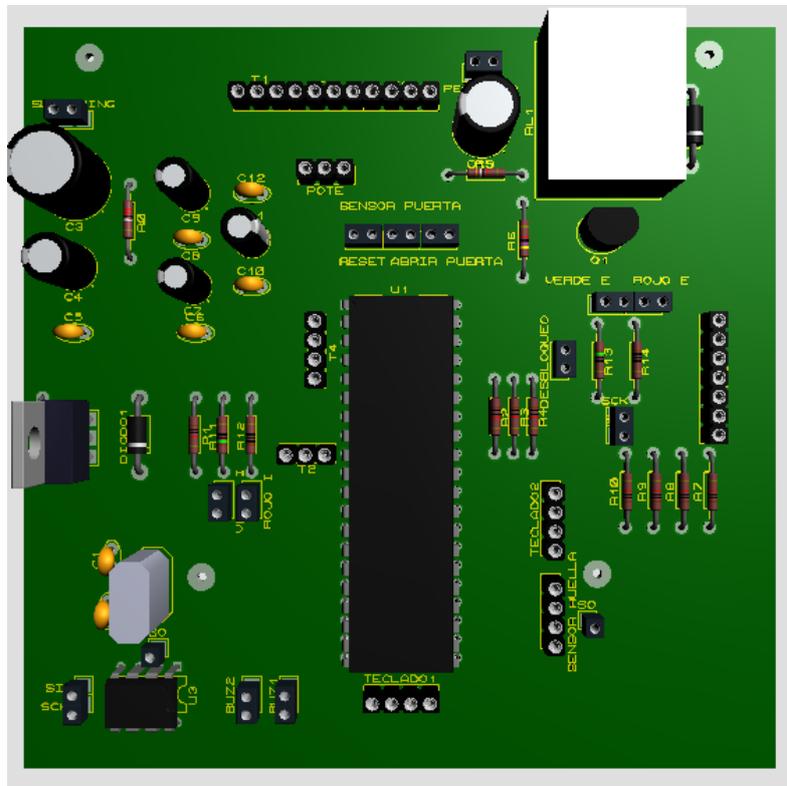


Fig. N° 22 "Ares, Imagen 2D De Disposición Final De Componentes En Plaqueta"

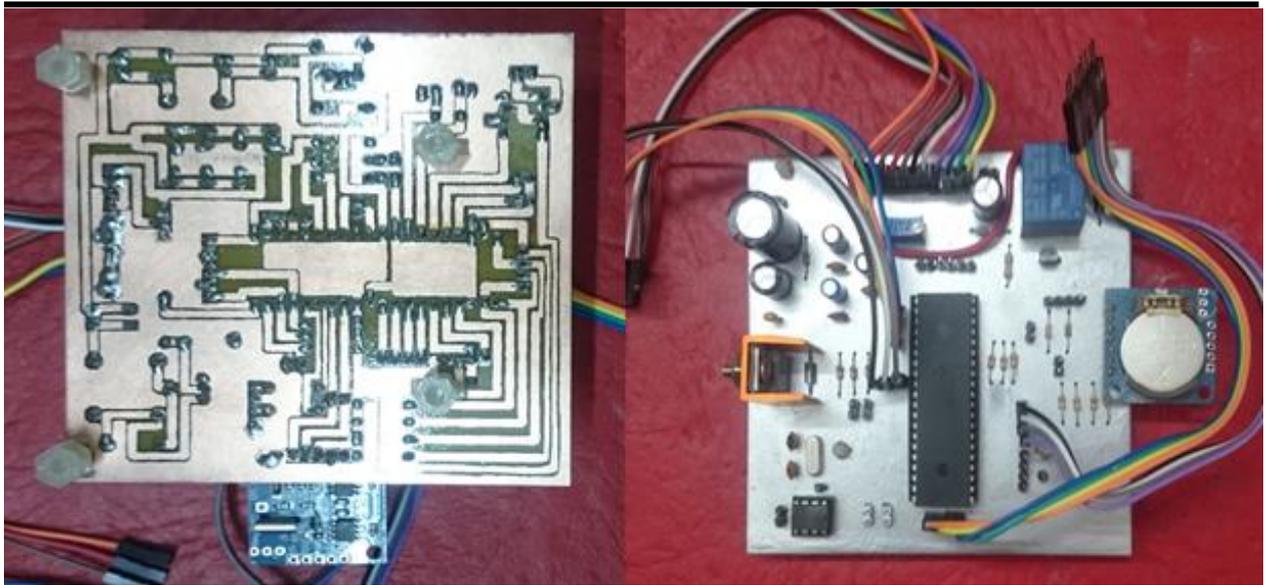


Fig. N° 23 "Plaqueta Final Del Sistema"

c) Etapa De Alimentación y Filtrado

Para abastecer de energía al circuito, fue necesario utilizar una fuente Switching de 12V y 3A. Es aconsejable utilizar este tipo de fuente para alimentar Microcontroladores debido a su buena respuesta ante ruidos eléctricos. Se realizó además una etapa de filtrado previa en base a capacitores junto con un regulador lineal de tensión, el LM7805.

Esto se dispuso así para evitar el reinicio del Microcontrolador, ya que la mayor carga que presenta el circuito es la cerradura eléctrica, puramente inductiva, la cual consume 1,5A de los 3A que brinda la fuente y 12V.

Debido a que el Microcontrolador funciona en este caso para abastecer señales de control y no contiene componentes que consuman demasiada corriente, un arreglo en base a capacitores es suficiente para lograr un filtrado correcto.

A demás de esto, se llevaron adelante algunas prácticas para evitar que diversos ruidos puedan afectar el funcionamiento del PIC, como pueden ser:

- I) Se utilizó un condensador de Bypass, (0.1uF) entre los pines de alimentación.
- II) No se dejaron pines sin conexión, todos los pines no utilizados fueron programados como salidas, otorgándoles un valor 0 y poniéndolos a GND.
- III) Se utilizaron condensadores de aterrizado del cristal de 15 pF según recomendación de hoja de datos del Microcontrolador.
- IV) Se utilizó un Reset por hardware mediante resistencia.
- V) Se diseñó un circuito impreso con una buena área para GND (plano de masa), con conexiones cortas entre componentes y líneas de tierra que partan de un solo punto. Esto atenúa en gran medida cualquier efecto de inducción que ocurra entre pistas lindantes. Las pistas fueron lo más cortas y ancha posibles a demás para que soporten eficazmente la corriente circulante por ellas.

Los capacitores, como todos sabemos, son elementos encargados de “almacenar” energía, y como tales si por una línea les llegara un pico o baja de tensión generado por una interferencia estos tratarán de contrarrestar ese efecto oponiéndose al cambio.

Las bobinas, en este caso representadas por las líneas de cobre de la placa, debido a su principio de funcionamiento presentan una alta impedancia a las altas frecuencias de las cuales está formada una interferencia, por lo tanto deja pasar libremente las señales de baja frecuencia mientras que a las interferencias les presenta una gran impedancia a su paso.

Los diodos supresores de transitorios están diseñado y construido de tal manera que son muy rápidos y permiten corrientes muy altas por periodos pequeños tiempos.

Teniendo presente estas definiciones y características, se optó por realizar el siguiente esquema de filtrado con los componentes mencionados:

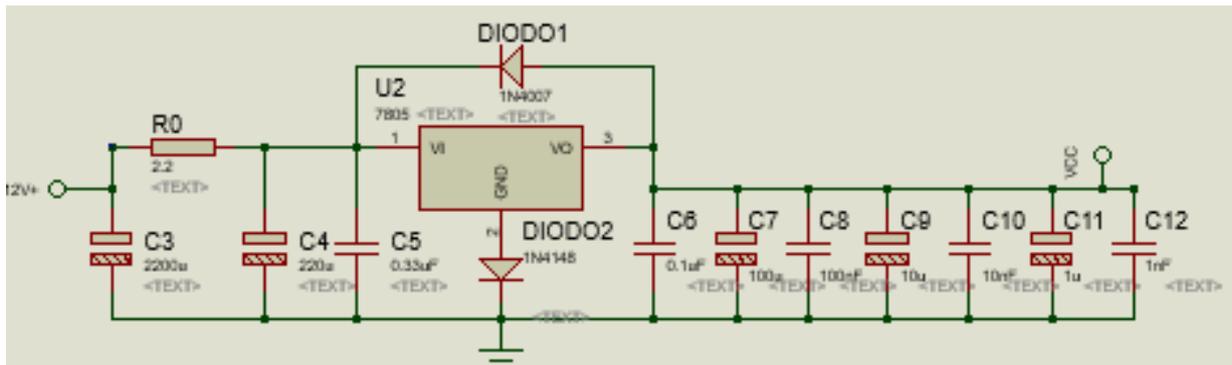


Fig. N° 24 "Circuito De Filtrado Para Alimentación De 5 Vcc"

En la entrada del circuito, tenemos a C3 de 2200uF, el cual filtra el voltaje DC proveniente de la fuente Switching. Luego encontramos un filtro pasabajos RC, formado por R0 (2.2 Ohmios) y C4 de 220uF. Considerando la ecuación del filtro pasabajos RC, dada por:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Ec. N° 1 "Ecuación Del Filtro Pasabajo RC"

Reemplazando los valores en la ecuación determinamos que este filtro RC esta sintonizado a una frecuencia de 328hz, y todas las frecuencias por encima de esta serán eliminadas.

El regulador de voltaje 7805 es el componente activo del circuito de filtrado, el diodo DIODO1 (1N4007) protege al circuito contra inversiones de corriente, provocadas por cargas inductivas, mientras que el diodo DIODO2 (1N4148) provee 0,5 Vdc adicionales, en caso de que una caída súbita de voltaje, pueda hacer descender el voltaje de alimentación del Microcontrolador, al punto de hacerlo reiniciar.

Finalmente, tenemos una red de filtrado formada por C6 a C12, los cuales forman filtros LC con las pistas del circuito impreso, para asegurar un filtrado mejor y eliminar oscilaciones parasitas. Esta disposición de capacitores cada una década permiten el filtrado de interferencias que posean diferentes frecuencias.

d) Consumo Eléctrico Del Sistema

En la siguiente tabla encontraremos el consumo de los componentes utilizados según sus hojas de datos y mediciones realizadas.



| COMPONENTE | Tensión de Alimentación Vcc [V] | Corriente Icc [mA] |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------|
| PIC 18F4550 | 5 | 250 |
| RELE | 12 | 30 |
| LCD 20x4 | 5 | 1,5 |
| R305 (Sensor de Huella) | 5 | 150 |
| 25LC256 (EEPROM) | 5 | 6 |
| DS1307 (RTC) | 5 | 1,5 |
| CERRADURA ELECTRICA | 12 | 1500 |
| LED 5mm | 3,1 | 20 |
| Buzzer | 5 | 30 |
| KA7805 (Entrega:) | 5 | 1000 |

Tabla 2 "Consumo Eléctrico De Dispositivos"

Vale destacar que para los led y los buzzer, como así también para polarizar el transistor, se utilizó al mismo Microcontrolador PIC 18F4550 como fuente para energizarlos debido a las características que presentan sus pines de salidas. El resto de los componentes, a excepción de la cerradura eléctrica, fueron alimentados desde el regulador de tensión LM7805 sin mayores inconvenientes, ya que la suma de sus corrientes no supera 1A que es lo que soporta dicho regulador (picos de hasta 1,5A).

Al tomarse el consumo de la cerradura eléctrica, siendo alimentada por una Vcc de 12V, se verifico que su corriente era de 1500mA.

Por estos motivos fue que se decidió utilizar como alimentación una fuente Switching con las características ya mencionadas, y cumplir satisfactoriamente los requisitos de energía que necesita el sistema para funcionar adecuadamente.

Simulación, Implementación y Resultados Experimentales

Para comprobar que lo que se estaba realizando funcionaba correctamente, MPLAB y Proteus nos brinda la posibilidad de cargar el programa creado en el Microcontrolador y simular su funcionamiento junto con los demás componentes De esta forma se obtuvo un resultado aproximado de lo realizado y sobre dichos resultados la posibilidad de realizar modificaciones.

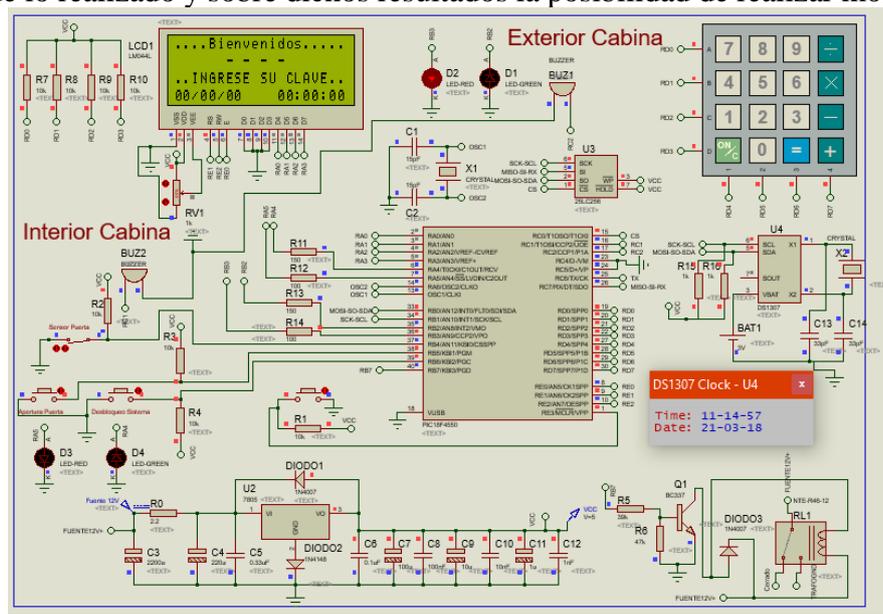


Fig. N° 2 "Simulación En Proteus, Conexión De Componentes"



En la Fig. N° 25, se puede apreciar la simulación realizada y las conexiones de los componentes. Concluida la simulación, y antes del armado de la plaqueta final, se decidió hacer las pruebas de grabado del PIC y funcionamiento del conjunto en una protoboard. Allí fue posible hacer las pruebas de funcionamiento del sensor de huellas digitales y la adaptación de tiempos de manera más eficiente.

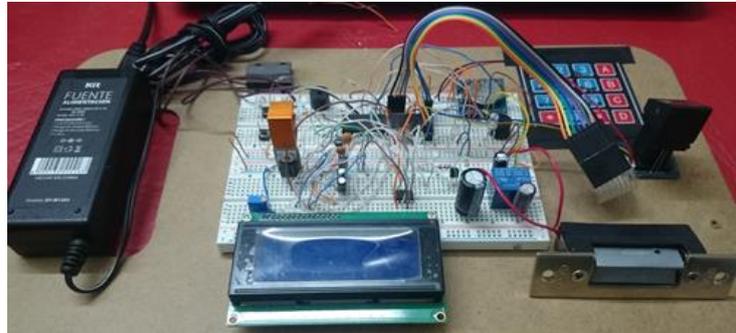


Fig. N° 3 "Pruebas De Funcionamiento En Protoboard"

Aunque en un primer intento no todo funciono como se esperaba, no llevo demasiadas complicaciones realizar mejoras para que el sistema se desempeñe como se deseaba.

PCB Layout Del Sistema

Para la creación del PCB que luego sería impreso en la plaqueta final, se utilizó la herramienta ARES de Proteus, la cual permitió colocar los componentes del sistema de manera conveniente y el trazado de las pistas.

La plaqueta es simple faz, y solo fueron necesarios 3 puentes para que funcionen todos los elementos que ella reunía de manera correcta.

En las siguientes imágenes se puede apreciar el PCB final del sistema que luego sería aplicado a la plaqueta.

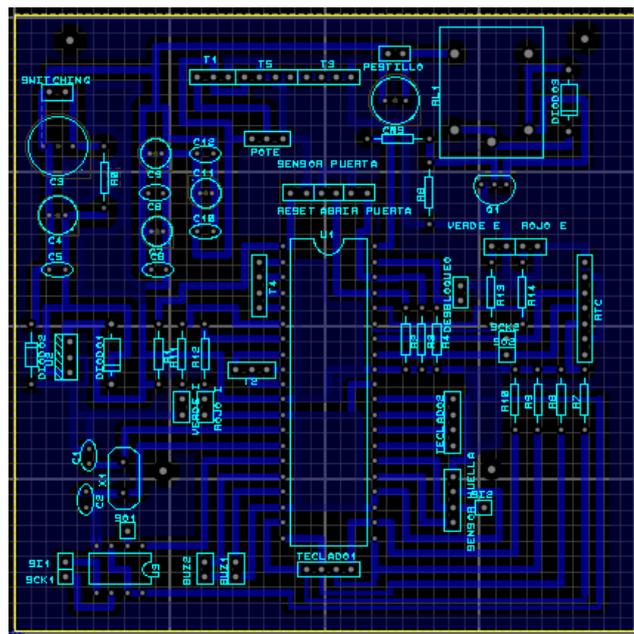


Fig. N° 4 "PCB Desarrollado En ARES De Proteus"

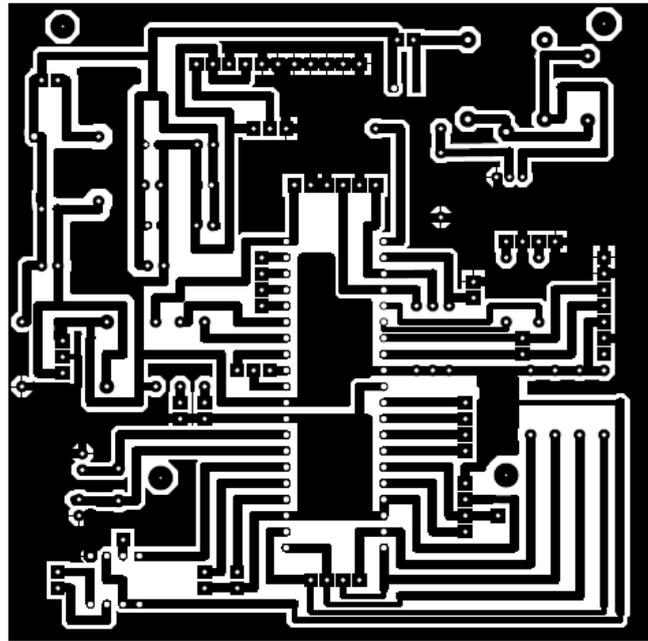


Fig. N° 5 "PCB Final"

Análisis De Resultados

A pesar de la demora en la culminación del proyecto, los resultados obtenidos cumplieron satisfactoriamente las expectativas previas al desarrollo.

La mayor demora y complejidad estuvo en la programación y adaptación del R305 al Microcontrolador PIC, ya que se encontró poca información de dicho modulo aplicado a Microcontroladores y el proceso de adaptación fue algo extenso.

Aunque el PIC utilizado no es de los más costosos y modernos, para la aplicación aquí desarrollada fue ampliamente suficiente, su capacidad de memoria de programación no fue totalmente ocupada y los módulos de comunicación serie funcionaron perfectamente.

Tanto el RTC como el R305 son muy precisos y confiables, y la memoria EEPROM utilizada permitió almacenar de forma eficiente la información de los usuarios cargados en la base de datos.

Gracias a la utilización de un Cristal de 20Mhz, los procesos de lectura y escritura como así también los tiempos de respuesta, fueron reducidos notablemente permitiendo un sistema aún más ágil que si utilizáramos el oscilador propio del Microcontrolador.



Conclusiones

El sistema desarrollado nos permitió satisfacer las necesidades que se plantearon en un principio brindando un conjunto confiable que permita el ingreso a la cabina de pilotos de un avión de aquellas personas que solo fueron cargadas en la base de datos y autorizadas. Vale aclarar que aunque el objetivo perseguido para este proyecto es el mencionado, con pequeñas modificaciones pueden ser aplicados a otras necesidades similares.

Gracias a la utilización de un sensor de huella digital, se logró que el sistema sea prácticamente inviolable. A demás, el prototipo completo puede utilizarse incluso en lugares pocos iluminados, ya que tanto el sensor de huellas como el display LCD tienen iluminación propia, donde el usuario obtiene lecturas rápidas y concretas.

Considerando que la alimentación y los tiempos de funcionamiento de cada dispositivo de entrada salida son diferentes, y todos ellos gestionados por un Microcontrolador, debieron tomarse medidas correctivas para su correcto funcionamiento en conjunto, brindando un medio rápido y confiable. Debido a las dimensiones que se lograron obtener, hace factible que el sistema pueda ser utilizado incluso en lugares con poca capacidad de espacio.

Las señales auditivas y visuales utilizadas, hacen posible saber a todo momento el estado en el que se encuentra el sistema. A demás, se logró indicar un mensaje codificado que indica el tipo de error para aquellos usuarios que no logran ingresar al sitio asegurado.

La utilización de Microcontroladores, permite que mediante la programación del mismo sus funciones sean modificadas acorde a las necesidades sin mayores complejidades, convirtiéndolo en una herramienta muy versátil para este tipo de aplicaciones aunque no sea la única. De esta forma pueden obtenerse mejoras continuas o adaptaciones a sistemas ya creados. A demás, utilizar programadores, compiladores y Microcontroladores de la misma compañía o firma (Microchip en este caso), permite aprovechar al máximo los recursos que cada uno de ellos tiene.



Bibliografía

Libros:

Alejandro Airoidi , Andrés Bruno Saravia , Fernando Tagliaferri; Diseño e Implementación de Sistemas Embebidos con PIC; MC Electronics. Tomo I y II. Edición 2013.

Thomas L. Floyd; Fundamentos De Sistemas Digitales; Prentice Hall. 7ª Edición. 2000.

Ramón Pallás Areny; Sensores y Acondicionadores de Señal; Marcombo. 4ª Edición. 2005.

Sitios Web:

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/39632c.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<http://www.rhydolabz.com/documents/finger-print-module.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<http://embedded.ifmo.ru/sdk/sdk61/components/lcd/WH1602B-YGK-CP.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<https://www.jameco.com/Jameco/Products/ProdDS/51414.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21822G.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<http://ee-classes.usc.edu/ee459/library/datasheets/DS1307.pdf>

Última consulta: 12/04/18.

<http://picfernalía.blogspot.com.ar/2013/04/comunicaciones-serie-spi.html>

Última Consulta: 12/04/18.

<http://picfernalía.blogspot.com.ar/2012/06/comunicaciones-puerto-serie-uart.html>

Última Consulta: 12/04/18.

<http://www.kitelectronica.com/2016/03/eliminar-ruidos-electricos-pic.html>

Última Consulta: 12/04/18.

<http://microcontroladores-mrelberni.com/i2c-pic-comunicacion-serial/>

Última Consulta: 20/04/18.



Anexos

Anexo A: Programación De PIC 18F4550

Por motivos de extensión en el presente trabajo y por derechos de autor, solo se facilitaran imágenes ilustrativas de la programación del Microcontrolador. Como ya se mencionó, se utilizó MPLAB para la creación del código y PICKit para el grabado del mismo, más precisamente la versión PICKit3. También se muestran los recursos utilizados del PIC y una parte del programa “main”.

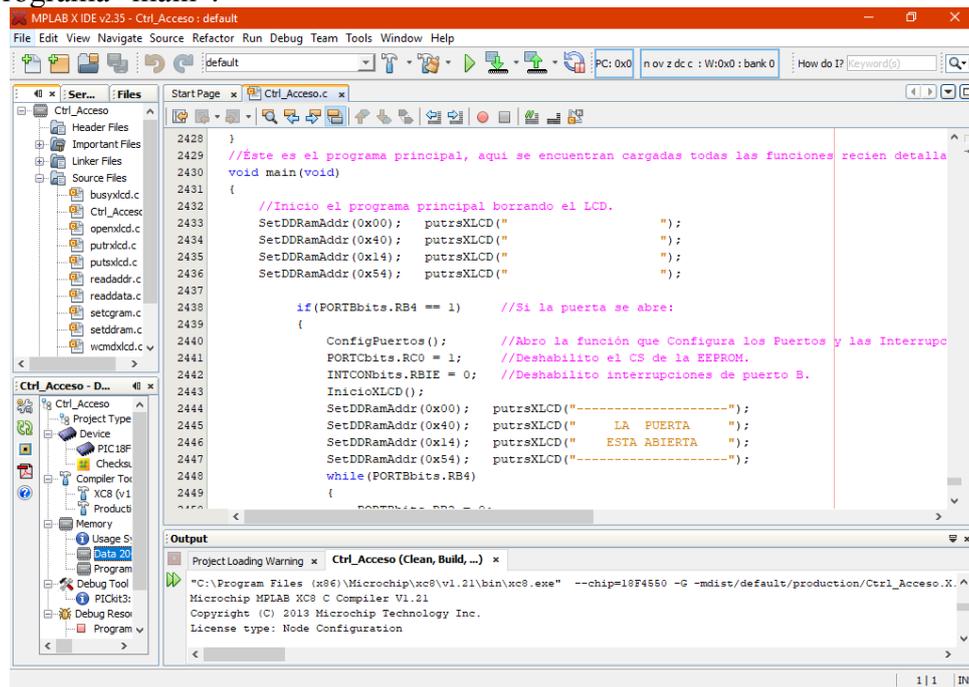


Fig. N° 6 "Entorno De Desarrollo De MPLAB, Programación PIC18F4550, Código Main"

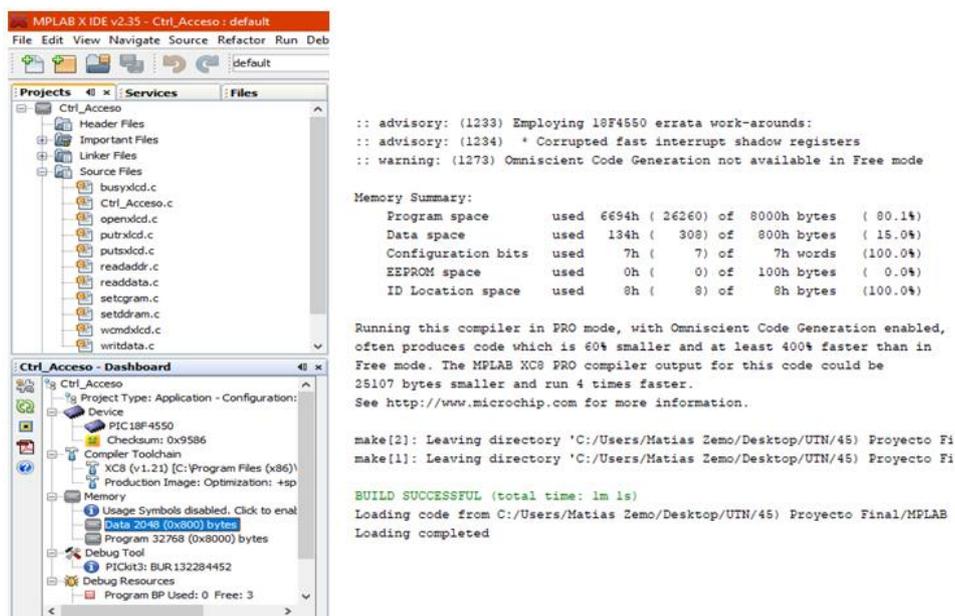


Fig. N° 7 "Recursos Utilizados Del PIC 18F4550 En Su Programación"



Anexo B: Hoja De Dato De Los CI Utilizados

En este apartado solo daremos la información más relevante de los CI utilizados. Para más información, recurrir a los sitios web mencionados en la bibliografía, donde allí se puede obtener información más completa sobre estos componentes e incluso ejemplos prácticos.

- PIC 18F4550:



PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet

28/40/44-Pin, High-Performance,
Enhanced Flash, USB Microcontrollers
with nanoWatt Technology

28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology

Universal Serial Bus Features:

- USB V2.0 Compliant
- Low Speed (1.5 Mb/s) and Full Speed (12 Mb/s)
- Supports Control, Interrupt, Isochronous and Bulk Transfers
- Supports up to 32 Endpoints (16 bidirectional)
- 1-Kbyte Dual Access RAM for USB
- On-Chip USB Transceiver with On-Chip Voltage Regulator
- Interface for Off-Chip USB Transceiver
- Streaming Parallel Port (SPP) for USB streaming transfers (40/44-pin devices only)

Power-Managed Modes:

- Run: CPU on, peripherals on
- Idle: CPU off, peripherals on
- Sleep: CPU off, peripherals off
- Idle mode currents down to 5.8 μ A typical
- Sleep mode currents down to 0.1 μ A typical
- Timer1 Oscillator: 1.1 μ A typical, 32 kHz, 2V
- Watchdog Timer: 2.1 μ A typical
- Two-Speed Oscillator Start-up

Flexible Oscillator Structure:

- Four Crystal modes, including High Precision PLL for USB
- Two External Clock modes, up to 48 MHz
- Internal Oscillator Block:
 - 8 user-selectable frequencies, from 31 kHz to 8 MHz
 - User-tunable to compensate for frequency drift
- Secondary Oscillator using Timer1 @ 32 kHz
- Dual Oscillator options allow microcontroller and USB module to run at different clock speeds
- Fail-Safe Clock Monitor:
 - Allows for safe shutdown if any clock stops

Peripheral Highlights:

- High-Current Sink/Source: 25 mA/25 mA
- Three External Interrupts
- Four Timer modules (Timer0 to Timer3)
- Up to 2 Capture/Compare/PWM (CCP) modules:
 - Capture is 16-bit, max. resolution 5.2 ns (TCY/16)
 - Compare is 16-bit, max. resolution 83.3 ns (TCY)
 - PWM output: PWM resolution is 1 to 10-bit
- Enhanced Capture/Compare/PWM (ECCP) module:
 - Multiple output modes
 - Selectable polarity
 - Programmable dead time
 - Auto-shutdown and auto-restart
- Enhanced USART module:
 - LIN bus support
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I²C™ Master and Slave modes
- 10-bit, up to 13-channel Analog-to-Digital Converter module (A/D) with Programmable Acquisition Time
- Dual Analog Comparators with Input Multiplexing

Special Microcontroller Features:

- C Compiler Optimized Architecture with optional Extended Instruction Set
- 100,000 Erase/Write Cycle Enhanced Flash Program Memory typical
- 1,000,000 Erase/Write Cycle Data EEPROM Memory typical
- Flash/Data EEPROM Retention: > 40 years
- Self-Programmable under Software Control
- Priority Levels for Interrupts
- 8 x 8 Single-Cycle Hardware Multiplier
- Extended Watchdog Timer (WDT):
 - Programmable period from 41 ms to 131s
- Programmable Code Protection
- Single-Supply 5V In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins
- Optional dedicated ICD/ICSP port (44-pin devices only)
- Wide Operating Voltage Range (2.0V to 5.5V)

Fig. N° 8 "PIC 18F4550, Microcontrolador, Datasheet"



| Device | Program Memory | | Data Memory | | I/O | 10-Bit A/D (ch) | CCP/ECCP (PWM) | SPP | MSSP | | EUSART | Comparators | Timers 8/16-Bit |
|------------|----------------|----------------------------|--------------|----------------|-----|-----------------|----------------|-----|------|--------------------------|--------|-------------|-----------------|
| | Flash (bytes) | # Single-Word Instructions | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) | | | | | SPI | Master I ² C™ | | | |
| PIC18F2455 | 24K | 12288 | 2048 | 256 | 24 | 10 | 2/0 | No | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F2550 | 32K | 16384 | 2048 | 256 | 24 | 10 | 2/0 | No | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F4455 | 24K | 12288 | 2048 | 256 | 35 | 13 | 1/1 | Yes | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |
| PIC18F4550 | 32K | 16384 | 2048 | 256 | 35 | 13 | 1/1 | Yes | Y | Y | 1 | 2 | 1/3 |

PIC18F2455/2550/4455/4550

1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device-specific information for the following devices:

- PIC18F2455
- PIC18F2550
- PIC18F4455
- PIC18F4550
- PIC18LF2455
- PIC18LF2550
- PIC18LF4455
- PIC18LF4550

This family of devices offers the advantages of all PIC18 microcontrollers – namely, high computational performance at an economical price – with the addition of high endurance, Enhanced Flash program memory. In addition to these features, the PIC18F2455/2550/4455/4550 family introduces design enhancements that make these microcontrollers a logical choice for many high-performance, power sensitive applications.

1.1 New Core Features

1.1.1 nanoWatt TECHNOLOGY

All of the devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family incorporate a range of features that can significantly reduce power consumption during operation. Key items include:

- **Alternate Run Modes:** By clocking the controller from the Timer1 source or the internal oscillator block, power consumption during code execution can be reduced by as much as 90%.
- **Multiple Idle Modes:** The controller can also run with its CPU core disabled but the peripherals still active. In these states, power consumption can be reduced even further, to as little as 4% of normal operation requirements.
- **On-the-Fly Mode Switching:** The power-managed modes are invoked by user code during operation, allowing the user to incorporate power-saving ideas into their application's software design.
- **Low Consumption in Key Modules:** The power requirements for both Timer1 and the Watchdog Timer are minimized. See **Section 28.0 "Electrical Characteristics"** for values.

1.1.2 UNIVERSAL SERIAL BUS (USB)

Devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family incorporate a fully featured Universal Serial Bus communications module that is compliant with the USB Specification Revision 2.0. The module supports both low-speed and full-speed communication for all supported data transfer types. It also incorporates its own on-chip transceiver and 3.3V regulator and supports the use of external transceivers and voltage regulators.

1.1.3 MULTIPLE OSCILLATOR OPTIONS AND FEATURES

All of the devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family offer twelve different oscillator options, allowing users a wide range of choices in developing application hardware. These include:

- Four Crystal modes using crystals or ceramic resonators.
 - Four External Clock modes, offering the option of using two pins (oscillator input and a divide-by-4 clock output) or one pin (oscillator input, with the second pin reassigned as general I/O).
 - An internal oscillator block which provides an 8 MHz clock ($\pm 2\%$ accuracy) and an INTRC source (approximately 31 kHz, stable over temperature and V_{DD}), as well as a range of 6 user-selectable clock frequencies, between 125 kHz to 4 MHz, for a total of 8 clock frequencies. This option frees an oscillator pin for use as an additional general purpose I/O.
 - A Phase Lock Loop (PLL) frequency multiplier, available to both the High-Speed Crystal and External Oscillator modes, which allows a wide range of clock speeds from 4 MHz to 48 MHz.
 - Asynchronous dual clock operation, allowing the USB module to run from a high-frequency oscillator while the rest of the microcontroller is clocked from an internal low-power oscillator.
- Besides its availability as a clock source, the internal oscillator block provides a stable reference source that gives the family additional features for robust operation:
- **Fail-Safe Clock Monitor:** This option constantly monitors the main clock source against a reference signal provided by the internal oscillator. If a clock failure occurs, the controller is switched to the internal oscillator block, allowing for continued low-speed operation or a safe application shutdown.
 - **Two-Speed Start-up:** This option allows the internal oscillator to serve as the clock source from Power-on Reset, or wake-up from Sleep mode, until the primary clock source is available.

Fig. N° 9 "PIC 18F4550, Microcontrolador, Datasheet"



PIC18F2455/2550/4455/4550

1.2 Other Special Features

- **Memory Endurance:** The Enhanced Flash cells for both program memory and data EEPROM are rated to last for many thousands of erase/write cycles – up to 100,000 for program memory and 1,000,000 for EEPROM. Data retention without refresh is conservatively estimated to be greater than 40 years.
- **Self-Programmability:** These devices can write to their own program memory spaces under internal software control. By using a bootloader routine, located in the protected Boot Block at the top of program memory, it becomes possible to create an application that can update itself in the field.
- **Extended Instruction Set:** The PIC18F2455/2550/4455/4550 family introduces an optional extension to the PIC18 instruction set, which adds 8 new instructions and an Indexed Literal Offset Addressing mode. This extension, enabled as a device configuration option, has been specifically designed to optimize re-entrant application code originally developed in high-level languages such as C.
- **Enhanced CCP Module:** In PWM mode, this module provides 1, 2 or 4 modulated outputs for controlling half-bridge and full-bridge drivers. Other features include auto-shutdown for disabling PWM outputs on interrupt or other select conditions and auto-restart to reactivate outputs once the condition has cleared.
- **Enhanced Addressable USART:** This serial communication module is capable of standard RS-232 operation and provides support for the LIN bus protocol. Other enhancements include Automatic Baud Rate Detection and a 16-bit Baud Rate Generator for improved resolution. When the microcontroller is using the internal oscillator block, the EUSART provides stable operation for applications that talk to the outside world without using an external crystal (or its accompanying power requirement).
- **10-Bit A/D Converter:** This module incorporates programmable acquisition time, allowing for a channel to be selected and a conversion to be initiated, without waiting for a sampling period and thus, reducing code overhead.
- **Dedicated ICD/ICSP Port:** These devices introduce the use of debugger and programming pins that are not multiplexed with other microcontroller features. Offered as an option in select packages, this feature allows users to develop I/O intensive applications while retaining the ability to program and debug in the circuit.

1.3 Details on Individual Family Members

Devices in the PIC18F2455/2550/4455/4550 family are available in 28-pin and 40/44-pin packages. Block diagrams for the two groups are shown in Figure 1-1 and Figure 1-2.

The devices are differentiated from each other in six ways:

1. Flash program memory (24 Kbytes for PIC18FX455 devices, 32 Kbytes for PIC18FX550).
2. A/D channels (10 for 28-pin devices, 13 for 40/44-pin devices).
3. I/O ports (3 bidirectional ports and 1 input only port on 28-pin devices, 5 bidirectional ports on 40/44-pin devices).
4. CCP and Enhanced CCP implementation (28-pin devices have two standard CCP modules, 40/44-pin devices have one standard CCP module and one ECCP module).
5. Streaming Parallel Port (present only on 40/44-pin devices).

All other features for devices in this family are identical. These are summarized in Table 1-1.

The pinouts for all devices are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

Like all Microchip PIC18 devices, members of the PIC18F2455/2550/4455/4550 family are available as both standard and low-voltage devices. Standard devices with Enhanced Flash memory, designated with an "F" in the part number (such as PIC18F2550), accommodate an operating V_{DD} range of 4.2V to 5.5V. Low-voltage parts, designated by "LF" (such as PIC18LF2550), function over an extended V_{DD} range of 2.0V to 5.5V.

Fig. N° 10 "PIC 18F4550, Microcontrolador, Datasheet"



TABLE 1-1: DEVICE FEATURES

| Features | PIC18F2455 | PIC18F2550 | PIC18F4455 | PIC18F4550 |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| Operating Frequency | DC – 48 MHz |
| Program Memory (Bytes) | 24576 | 32768 | 24576 | 32768 |
| Program Memory (Instructions) | 12288 | 16384 | 12288 | 16384 |
| Data Memory (Bytes) | 2048 | 2048 | 2048 | 2048 |
| Data EEPROM Memory (Bytes) | 256 | 256 | 256 | 256 |
| Interrupt Sources | 19 | 19 | 20 | 20 |
| I/O Ports | Ports A, B, C, (E) | Ports A, B, C, (E) | Ports A, B, C, D, E | Ports A, B, C, D, E |
| Timers | 4 | 4 | 4 | 4 |
| Capture/Compare/PWM Modules | 2 | 2 | 1 | 1 |
| Enhanced Capture/Compare/PWM Modules | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Serial Communications | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART | MSSP, Enhanced USART |
| Universal Serial Bus (USB) Module | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Streaming Parallel Port (SPP) | No | No | Yes | Yes |
| 10-Bit Analog-to-Digital Module | 10 Input Channels | 10 Input Channels | 13 Input Channels | 13 Input Channels |
| Comparators | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Resets (and Delays) | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT | POR, BOR, RESET Instruction, Stack Full, Stack Underflow (PWRT, OST), MCLR (optional), WDT |
| Programmable Low-Voltage Detect | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Programmable Brown-out Reset | Yes | Yes | Yes | Yes |
| Instruction Set | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled | 75 Instructions; 83 with Extended Instruction Set enabled |
| Packages | 28-pin PDIP 28-pin SOIC | 28-pin PDIP 28-pin SOIC | 40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP | 40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP |



Fig. N° 11 "PIC 18F4550, Microcontrolador, Datasheet"



PIC18F2455/2550/4455/4550

FIGURE 1-2: PIC18F4455/4550 (40/44-PIN) BLOCK DIAGRAM

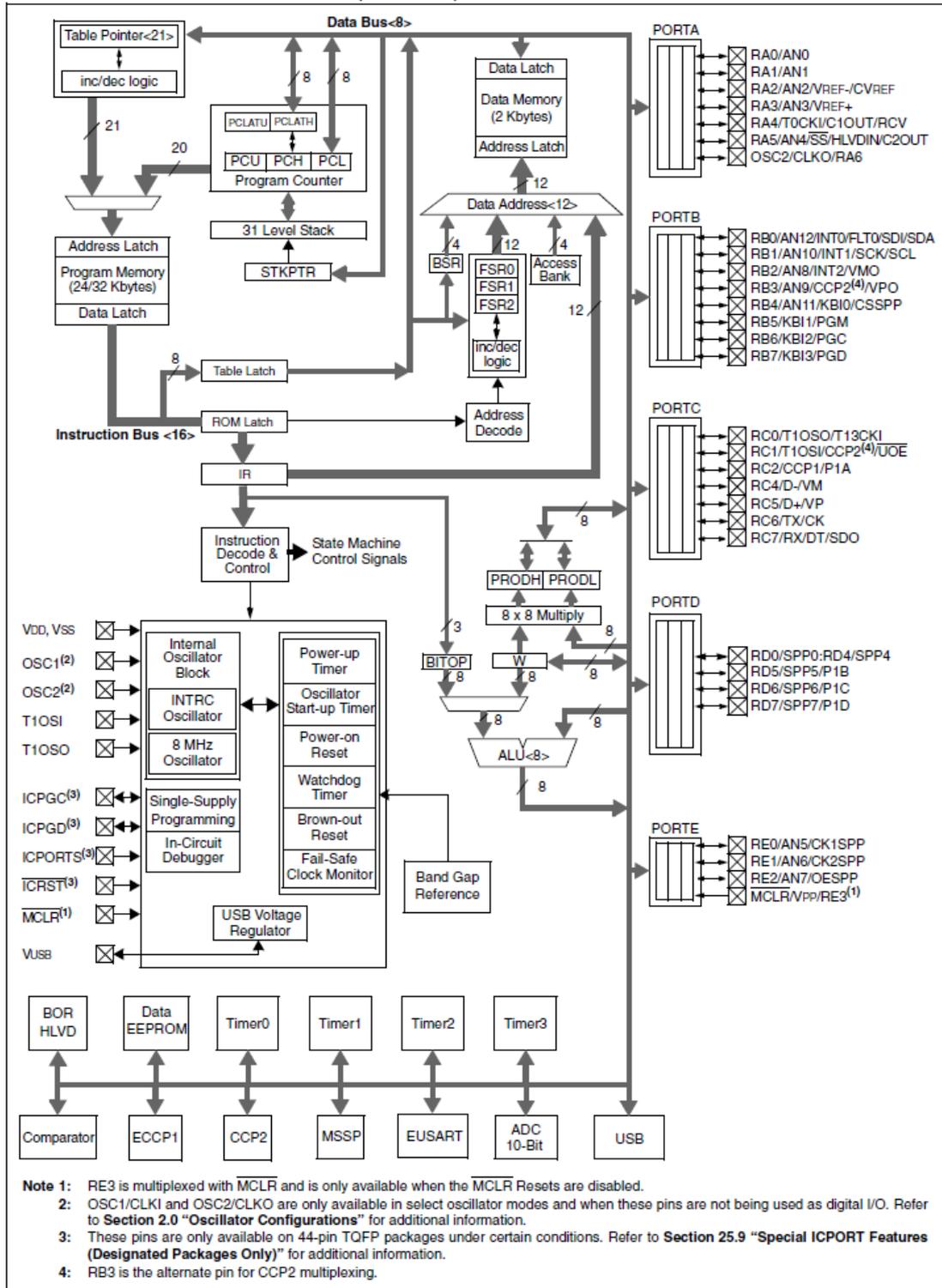


Fig. N° 12 "PIC 18F4550, Microcontrolador, Datasheet"



- **SENSOR DE HUELLAS DIGITALES:**

R30X Series Fingerprint Identification Module

User Manual

| | | | |
|-------------------------------|--------------------------------------|--|----------------------------------|
| Power | DC 3.6V-6.0V | Interface | UART(TTL logical level)/ USB 1.1 |
| Working current | Typical: 100mA Peak: 150mA | Matching Mode | 1:1 and 1:N |
| Baud rate | (9600*N)bps, N=1~12 (default N=6) | Character file size | 256 bytes |
| Image acquiring time | <0.5s | Template size | 512 bytes |
| Storage capacity | 256 | Security level | 5 (1, 2, 3, 4, 5(highest)) |
| FAR | <0.001% | FRR | <0.1% |
| Average searching time | < 1s (1:1000) | Window dimension | 18mm*22mm |
| Working environment | Temp: -10℃- +40℃ | Storage environment | Temp: -40℃- +85℃ |
| | RH: 40%-85% | | RH: <85% |
| Outline Dimention | Split type | Module: 32*23*7mm Sensor:56*20*21.5mm | |
| | Integral type | 54.5*20.6*23.8mm | |

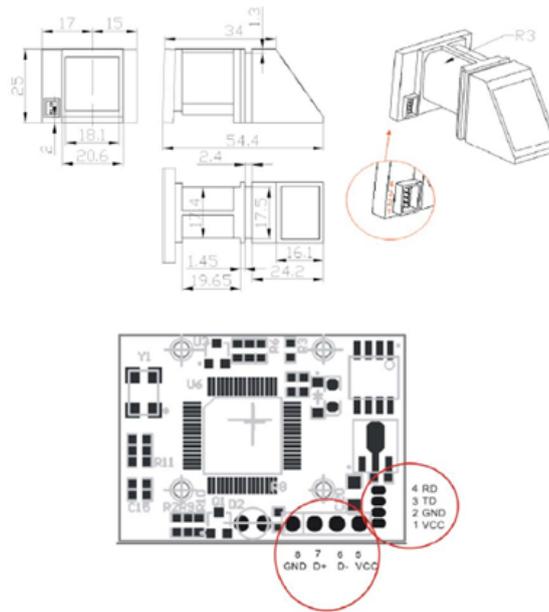
Operation Principle

Fingerprint processing includes two parts: fingerprint enrollment and fingerprint matching (the matching can be 1:1 or 1:N).

When enrolling, user needs to enter the finger two times. The system will process the two time finger images, generate a template of the finger based on processing results and store the template.

When matching, user enters the finger through optical sensor and system will generate a template of the finger and compare it with templates of the finger library. For 1:1 matching, system will compare the live finger with specific template designated in the Module; for 1:N matching, or searching, system will search the whole finger library for the matching finger. In both circumstances, system will return the matching result, success or failure.

Fig. N° 13 "R305, Sensor De Huella Digital, Datasheet"



Serial Communication(P1)

When the FP module communicates with user device, definition of J1 is as follows:

| Pin Number | Name | Type | Function Description |
|------------|------|------|---|
| 1 | Vin | in | Power input |
| 2 | GND | — | Signal ground. Connected to power ground (color: black) |
| 3 | TD | in | Data output. TTL logical level |
| 4 | RD | out | Data input. TTL logical level |

Reset time

At power on, it takes about 500ms for initialization. During this period, the Module can't accept commands for upper computer.

Electrical parameter (All electrical level takes GND as reference)

Power supply

| Item | Parameter | | | Unit | Note |
|---------------------------------------|-----------|-----|-----|------|--|
| | Min | Typ | Max | | |
| Power Voltage (Vin) | 3.6 | | 6.0 | V | Normal working value. |
| Maximum Voltage (Vin _{max}) | -0.3 | | 7.0 | V | Exceeding the Maximum rating may cause permant harm to the Module. |
| Operation Current (I _{cc}) | 90 | 100 | 110 | mA | |
| Peak Current (I _{peak}) | | | 150 | mA | |

TD (output, TTL logic level)

| Item | Condition | Parameter | | | Unit | Note |
|-----------------|-----------------------|-----------|-----|-----|------|---------|
| | | Min | Typ | Max | | |
| V _{OL} | I _{OL} =-4mA | | | 0.4 | V | Logic 0 |
| V _{OH} | I _{OH} = 4mA | 2.4 | | 3.3 | V | Logic 1 |

RD (input, TTL logic level)

| Item | Condition | Parameter | | | Unit | Note |
|-----------------|-----------|-----------|-----|-----|------|---------|
| | | Min | Typ | Max | | |
| V _{IL} | | | | 0.6 | V | Logic 0 |



Fig. N° 14 "R305, Sensor De Huella Digital, Datasheet"



- DISPLAY LCD 20x4 CARACTERES:



Winstar Display Co., LTD

SPECIFICATION



CUSTOMER : _____

MODULE NO.: WH2004A-TMI-CT#

3.General Specification

| Item | Dimension | Unit |
|----------------------|---|------|
| Number of Characters | 20 characters x 4Lines | — |
| Module dimension | 98.0 x 60.0 x 13.6(MAX) | mm |
| View area | 77.0 x 25.2 | mm |
| Active area | 70.4 x 20.8 | mm |
| Dot size | 0.55 x 0.55 | mm |
| Dot pitch | 0.60 x 0.60 | mm |
| Character size | 2.95 x 4.75 | mm |
| Character pitch | 3.55 x 5.35 | mm |
| LCD type | STN Negative, Blue Transmissive, (In LCD production, It will occur slightly color difference. We can only guarantee the same color in the same batch.) | |
| Duty | 1/16 | |
| View direction | 6 o'clock | |
| Backlight Type | LED White | |

4.Absolute Maximum Ratings

| Item | Symbol | Min | Typ | Max | Unit |
|--------------------------|-----------------|----------|-----|----------|------|
| Operating Temperature | T_{OP} | -20 | — | +70 | °C |
| Storage Temperature | T_{ST} | -30 | — | +80 | °C |
| Input Voltage | V_I | V_{SS} | — | V_{DD} | V |
| Supply Voltage For Logic | $V_{DD}-V_{SS}$ | -0.3 | — | 7 | V |
| Supply Voltage For LCD | $V_{DD}-V_0$ | -0.3 | — | 13 | V |

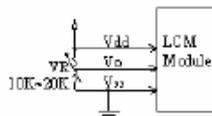
Fig. N° 15 "LCD 20x4, Datasheet"



5. Electrical Characteristics

| Item | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------|----------|----------|--------|
| Supply Voltage For Logic | $V_{DD}-V_{SS}$ | — | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Supply Voltage For LCD | $V_{DD}-V_0$ | Ta=-20°C Ta=25°C | — — | — 4.5 | 5.3 — | V V |
| *Note | | Ta=70°C | 3.8 | — | — | V |
| Input High Volt. | V_{IH} | — | $0.7 V_{DD}$ | — | V_{DD} | V |
| Input Low Volt. | V_{IL} | — | V_{SS} | — | 0.6 | V |
| Output High Volt. | V_{OH} | — | 3.9 | — | — | V |
| Output Low Volt. | V_{OL} | — | — | — | 0.4 | V |
| Supply Current | I_{DD} | $V_{DD}=5.0V$ | 1.0 | 1.2 | 1.5 | mA |

* Note: Please design the VOP adjustment circuit on customer's main board

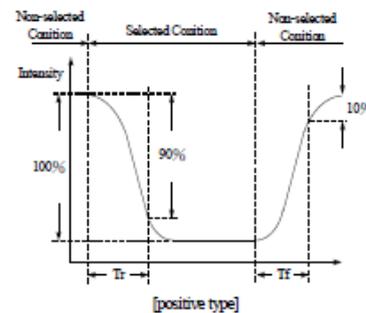
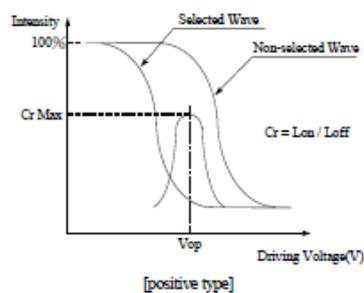


6. Optical Characteristics

| Item | Symbol | Condition | Min | Typ | Max | Unit |
|----------------|---------------|-------------|-----|-----|-----|------|
| View Angle | (V) θ | CR ≥ 2 | 20 | — | 40 | deg |
| | (H) φ | CR ≥ 2 | -30 | — | 30 | deg |
| Contrast Ratio | CR | — | — | 3 | — | — |
| Response Time | T rise | — | — | 150 | 200 | ms |
| | T fall | — | — | 150 | 200 | ms |

Definition of Operation Voltage (Vop)

Definition of Response Time (Tr, Tf)



Conditions :

Operating Voltage : Vop Viewing Angle(θ , φ) : 0° , 0°
Frame Frequency : 64 HZ Driving Waveform : 1/N duty , 1/a bias

Fig. N° 16 "LCD 20x4, Datasheet"



7.Interface Pin Function

| Pin No. | Symbol | Level | Description |
|---------|-----------------|------------|--|
| 1 | V _{SS} | 0V | Ground |
| 2 | V _{DD} | 5.0V | Supply Voltage for logic |
| 3 | VO | (Variable) | Operating voltage for LCD |
| 4 | RS | H/L | H: DATA, L: Instruction code |
| 5 | R/W | H/L | H: Read(MPU→Module) L: Write(MPU→Module) |
| 6 | E | H,H→L | Chip enable signal |
| 7 | DB0 | H/L | Data bit 0 |
| 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 | — | LED + |
| 16 | K | — | LED - |

Fig. N° 17 "LCD 20x4, Datasheet"



- REGULADOR DE TENSION 7805 (5V):



www.fairchildsemi.com

KA78XX/KA78XXA

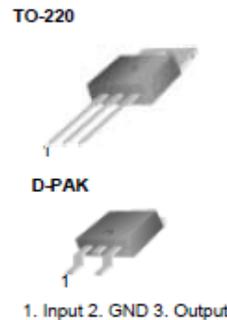
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Absolute Maximum Ratings

| Parameter | Symbol | Value | Unit |
|--|-----------------|-----------------|---------------|
| Input Voltage (for $V_O = 5V$ to $18V$) | V_I | 35 | V |
| (for $V_O = 24V$) | V_I | 40 | V |
| Thermal Resistance Junction-Cases (TO-220) | $R_{\theta JC}$ | 5 | $^{\circ}C/W$ |
| Thermal Resistance Junction-Air (TO-220) | $R_{\theta JA}$ | 65 | $^{\circ}C/W$ |
| Operating Temperature Range (KA78XX/A/R) | T_{OPR} | $0 \sim +125$ | $^{\circ}C$ |
| Storage Temperature Range | T_{STG} | $-65 \sim +150$ | $^{\circ}C$ |

Electrical Characteristics (KA7805/KA7805R)

(Refer to test circuit, $0^{\circ}C < T_J < 125^{\circ}C$, $I_O = 500mA$, $V_I = 10V$, $C_I = 0.33\mu F$, $C_O = 0.1\mu F$, unless otherwise specified)

| Parameter | Symbol | Conditions | KA7805 | | | Unit | |
|--------------------------|-------------------------|--|--------------------------|------|------|-----------------|----|
| | | | Min. | Typ. | Max. | | |
| Output Voltage | V_O | $T_J = +25^{\circ}C$ | 4.8 | 5.0 | 5.2 | V | |
| | | $5.0mA \leq I_O \leq 1.0A$, $P_O \leq 15W$ $V_I = 7V$ to $20V$ | 4.75 | 5.0 | 5.25 | | |
| Line Regulation (Note1) | Regline | $T_J = +25^{\circ}C$ | $V_O = 7V$ to $25V$ | - | 4.0 | 100 | mV |
| | | | $V_I = 8V$ to $12V$ | - | 1.6 | 50 | |
| Load Regulation (Note1) | Regload | $T_J = +25^{\circ}C$ | $I_O = 5.0mA$ to $1.5A$ | - | 9 | 100 | mV |
| | | | $I_O = 250mA$ to $750mA$ | - | 4 | 50 | |
| Quiescent Current | I_Q | $T_J = +25^{\circ}C$ | - | 5.0 | 8.0 | mA | |
| Quiescent Current Change | ΔI_Q | $I_O = 5mA$ to $1.0A$ | - | 0.03 | 0.5 | mA | |
| | | $V_I = 7V$ to $25V$ | - | 0.3 | 1.3 | | |
| Output Voltage Drift | $\Delta V_O / \Delta T$ | $I_O = 5mA$ | - | -0.8 | - | mV/ $^{\circ}C$ | |
| Output Noise Voltage | V_N | $f = 10Hz$ to $100KHz$, $T_A = +25^{\circ}C$ | - | 42 | - | $\mu V / V_O$ | |
| Ripple Rejection | RR | $f = 120Hz$ $V_O = 8V$ to $18V$ | 62 | 73 | - | dB | |
| Dropout Voltage | V_{Drop} | $I_O = 1A$, $T_J = +25^{\circ}C$ | - | 2 | - | V | |
| Output Resistance | r_O | $f = 1KHz$ | - | 15 | - | m Ω | |
| Short Circuit Current | I_{SC} | $V_I = 35V$, $T_A = +25^{\circ}C$ | - | 230 | - | mA | |
| Peak Current | I_{PK} | $T_J = +25^{\circ}C$ | - | 2.2 | - | A | |

Fig. N° 18 "LM7805, Regulador De Tensión, Datasheet"



Electrical Characteristics (KA7805A)

(Refer to the test circuits. $0^{\circ}\text{C} < T_J < +125^{\circ}\text{C}$, $I_O = 1\text{A}$, $V_I = 10\text{V}$, $C_I = 0.33\mu\text{F}$, $C_O = 0.1\mu\text{F}$, unless otherwise specified)

| Parameter | Symbol | Conditions | Min. | Typ. | Max. | Unit |
|--------------------------|---------------------|--|--|------|----------|------------------------|
| Output Voltage | V_O | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | 4.9 | 5 | 5.1 | V |
| | | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$, $P_O \leq 15\text{W}$ $V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$ | 4.8 | 5 | 5.2 | |
| Line Regulation (Note1) | Regline | $V_I = 7.5\text{V to } 25\text{V}$ $I_O = 500\text{mA}$ | - | 5 | 50 | mV |
| | | $V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$ | - | 3 | 50 | |
| | | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | $V_I = 7.3\text{V to } 20\text{V}$ $V_I = 8\text{V to } 12\text{V}$ | - | 5 1.5 | |
| Load Regulation (Note1) | Regload | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ $I_O = 5\text{mA to } 1.5\text{A}$ | - | 9 | 100 | mV |
| | | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ | - | 9 | 100 | |
| | | $I_O = 250\text{mA to } 750\text{mA}$ | - | 4 | 50 | |
| Quiescent Current | I_Q | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | - | 5.0 | 6.0 | mA |
| Quiescent Current Change | ΔI_Q | $I_O = 5\text{mA to } 1\text{A}$ | - | - | 0.5 | mA |
| | | $V_I = 8\text{V to } 25\text{V}$, $I_O = 500\text{mA}$ | - | - | 0.8 | |
| | | $V_I = 7.5\text{V to } 20\text{V}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | - | - | 0.8 | |
| Output Voltage Drift | $\Delta V/\Delta T$ | $I_O = 5\text{mA}$ | - | -0.8 | - | mV/ $^{\circ}\text{C}$ |
| Output Noise Voltage | V_N | $f = 10\text{Hz to } 100\text{kHz}$ $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | - | 10 | - | $\mu\text{V}/V_O$ |
| Ripple Rejection | RR | $f = 120\text{Hz}$, $I_O = 500\text{mA}$ $V_I = 8\text{V to } 18\text{V}$ | - | 68 | - | dB |
| Dropout Voltage | V_{Drop} | $I_O = 1\text{A}$, $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | - | 2 | - | V |
| Output Resistance | r_O | $f = 1\text{kHz}$ | - | 17 | - | $\text{m}\Omega$ |
| Short Circuit Current | I_{SC} | $V_I = 35\text{V}$, $T_A = +25^{\circ}\text{C}$ | - | 250 | - | mA |
| Peak Current | I_{PK} | $T_J = +25^{\circ}\text{C}$ | - | 2.2 | - | A |

Note:

1. Load and line regulation are specified at constant junction temperature. Change in V_O due to heating effects must be taken into account separately. Pulse testing with low duty is used.

Fig. N° 19 "LM7805, Regulador De Tensión, Datasheet"

- **MEMORIA EEPROM 256K:**

25AA256/25LC256

1.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Absolute Maximum Ratings (†)

| | |
|--|--|
| V_{CC} | 6.5V |
| All inputs and outputs w.r.t. V_{SS} | -0.6V to $V_{CC} + 1.0\text{V}$ |
| Storage temperature..... | -65 $^{\circ}\text{C}$ to 150 $^{\circ}\text{C}$ |
| Ambient temperature under bias..... | -40 $^{\circ}\text{C}$ to 125 $^{\circ}\text{C}$ |
| ESD protection on all pins..... | 4 kV |

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operational listings of this specification is not implied. Exposure to maximum rating conditions for an extended period of time may affect device reliability.

Fig. N° 20 "25LC256, Memoria EEPROM SPI, Datasheet"



25AA256/25LC256

256K SPI Bus Serial EEPROM

Device Selection Table

| Part Number | Vcc Range | Page Size | Temp. Ranges | Packages |
|-------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|
| 25LC256 | 2.5-5.5V | 64 Byte | I, E | P, SN, SM, ST, MF |
| 25AA256 | 1.8-5.5V | 64 Byte | I, E | P, SN, SM, ST, MF |

Features:

- Max. Clock 10 MHz
- Low-Power CMOS Technology:
 - Max. Write Current: 5 mA at 5.5V, 10 MHz
 - Read Current: 6 mA at 5.5V, 10 MHz
 - Standby Current: 1 µA at 5.5V
- 32,768 x 8-bit Organization
- 64-Byte Page
- Self-Timed Erase and Write Cycles (5 ms max.)
- Block Write Protection:
 - Protect none, 1/4, 1/2 or all of array
- Built-In Write Protection:
 - Power-on/off data protection circuitry
 - Write enable latch
 - Write-protect pin
- Sequential Read
- High Reliability:
 - Endurance: 1,000,000 erase/write cycles
 - Data retention: > 200 years
 - ESD protection: > 4000V
- Temperature Ranges Supported:
 - Industrial (I): -40°C to +85°C
 - Automotive (E): -40°C to +125°C
- Pb-Free and RoHS Compliant

Pin Function Table

| Name | Function |
|-----------------|--------------------|
| \overline{CS} | Chip Select Input |
| SO | Serial Data Output |
| \overline{WP} | Write-Protect |
| Vss | Ground |
| SI | Serial Data Input |
| SCK | Serial Clock Input |
| HOLD | Hold Input |
| Vcc | Supply Voltage |

* 25XX256 is used in this document as a generic part number for the 25AA256/25LC256 devices.

Description:

The Microchip Technology Inc. 25AA256/25LC256 (25XX256*) are 256 Kbit Serial Electrically Erasable PROMs. The memory is accessed via a simple Serial Peripheral Interface (SPI) compatible serial bus. The bus signals required are a clock input (SCK) plus separate data in (SI) and data out (SO) lines. Access to the device is controlled through a Chip Select (\overline{CS}) input.

Communication to the device can be paused via the hold pin (HOLD). While the device is paused, transitions on its inputs will be ignored, with the exception of Chip Select, allowing the host to service higher priority interrupts.

The 25XX256 is available in standard packages including 8-lead PDIP and SOIC, and advanced packaging including 8-lead DFN and 8-lead TSSOP.

Package Types (not to scale)

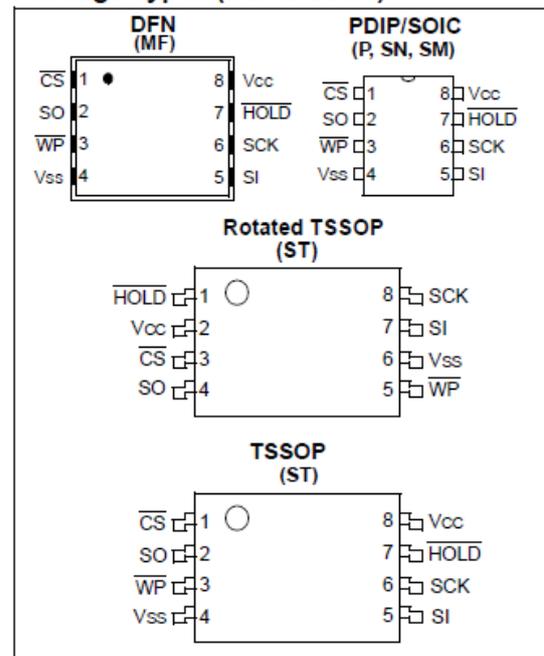


Fig. N° 21 "25LC256, Memoria EEPROM SPI, Datasheet"



TABLE 1-1: DC CHARACTERISTICS

| DC CHARACTERISTICS | | | Industrial (I): | TA = -40°C to +85°C | | VCC = 1.8V to 5.5V | |
|--------------------|-----------|---|-----------------|----------------------|---------|--------------------|--|
| | | | Automotive (E): | TA = -40°C to +125°C | | VCC = 1.8V to 5.5V | |
| Param. No. | Sym. | Characteristic | Min. | Typ. ⁽²⁾ | Max. | Units | Test Conditions |
| D001 | VIH | High-level input voltage | 0.7 VCC | — | VCC +1 | V | |
| D002 | VIL | Low-level input voltage | -0.3 | — | 0.3 VCC | V | VCC ≥ 2.5V |
| D003 | VIL | | -0.3 | — | 0.2 VCC | V | VCC < 2.5V |
| D004 | VoL | Low-level output voltage | — | — | 0.4 | V | IOL = 2.1 mA, VCC = 4.5V |
| D005 | VoL | | — | — | 0.2 | V | IOL = 1.0 mA, VCC = 2.5V |
| D006 | VOH | High-level output voltage | VCC -0.5 | — | — | V | IOH = -400 µA |
| D007 | ILI | Input leakage current | — | — | ±1 | µA | $\overline{CS} = VCC, VIN = VSS \text{ OR } VCC$ |
| D008 | ILO | Output leakage current | — | — | ±1 | µA | $\overline{CS} = VCC, VOUT = VSS \text{ OR } VCC$ |
| D009 | CINT | Internal Capacitance (all inputs and outputs) | — | — | 7 | pF | TA = 25°C, FCLK = 1.0 MHz, VCC = 5.0V (Note 1) |
| D010 | ICC Read | Operating Current | — | 2.5 | 6 | mA | VCC = 5.5V; FCLK = 10.0 MHz; SO = Open |
| D011 | ICC Write | | — | 0.5 | 2.5 | mA | VCC = 2.5V; FCLK = 5.0 MHz; SO = Open |
| D012 | ICCS | Standby Current | — | 0.8 | 5 | mA | VCC = 5.5V |
| | | | — | 0.15 | 3 | mA | VCC = 2.5V |
| | | | — | 0.1 | 5 | µA | $\overline{CS} = VCC = 5.5V, \text{ Inputs tied to } VCC \text{ or } VSS, 125^\circ C$ |
| | | | — | — | 1 | µA | $\overline{CS} = VCC = 5.5V, \text{ Inputs tied to } VCC \text{ or } VSS, 85^\circ C$ |

BLOCK DIAGRAM

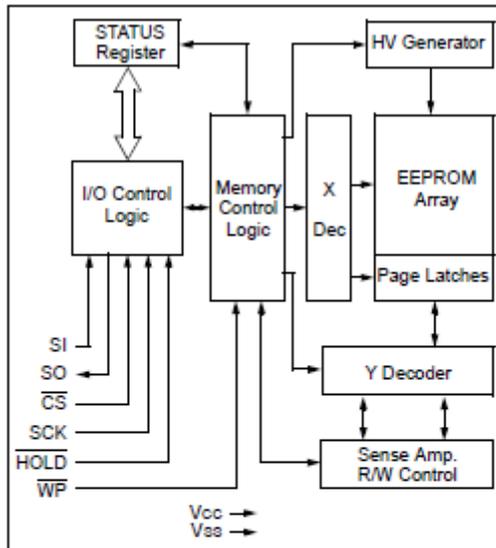


TABLE 2-1: INSTRUCTION SET

| Instruction Name | Instruction Format | Description |
|------------------|--------------------|---|
| READ | 0000 0011 | Read data from memory array beginning at selected address |
| WRITE | 0000 0010 | Write data to memory array beginning at selected address |
| WRDI | 0000 0100 | Reset the write enable latch (disable write operations) |
| WREN | 0000 0110 | Set the write enable latch (enable write operations) |
| RDSR | 0000 0101 | Read STATUS register |
| WRSR | 0000 0001 | Write STATUS register |

Fig. N° 22 "25LC256, Memoria EEPROM SPI, Datasheet"



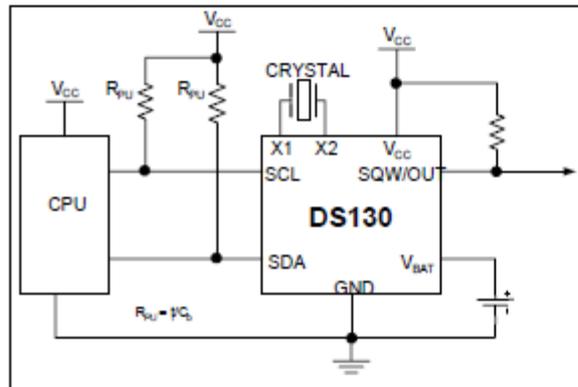
- RELOJ DE TIEMPO REAL (RTC DS1307):

DALLAS SEMICONDUCTOR MAXIM DS1307
64 x 8, Serial, I²C Real-Time Clock

GENERAL DESCRIPTION

The DS1307 serial real-time clock (RTC) is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially through an I²C, bidirectional bus. The clock/calendar provides seconds, minutes, hours, day, date, month, and year information. The end of the month date is automatically adjusted for months with fewer than 31 days, including corrections for leap year. The clock operates in either the 24-hour or 12-hour format with AM/PM indicator. The DS1307 has a built-in power-sense circuit that detects power failures and automatically switches to the backup supply. Timekeeping operation continues while the part operates from the backup supply.

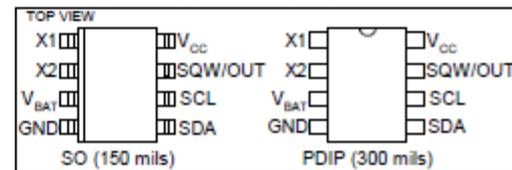
TYPICAL OPERATING CIRCUIT



FEATURES

- Real-Time Clock (RTC) Counts Seconds, Minutes, Hours, Date of the Month, Month, Day of the week, and Year with Leap-Year Compensation Valid Up to 2100
- 56-Byte, Battery-Backed, General-Purpose RAM with Unlimited Writes
- I²C Serial Interface
- Programmable Square-Wave Output Signal
- Automatic Power-Fail Detect and Switch Circuitry
- Consumes Less than 500nA in Battery-Backup Mode with Oscillator Running
- Optional Industrial Temperature Range: -40°C to +85°C
- Available in 8-Pin Plastic DIP or SO
- Underwriters Laboratories (UL) Recognized

PIN CONFIGURATIONS



ORDERING INFORMATION

| PART | TEMP RANGE | VOLTAGE (V) | PIN-PACKAGE | TOP MARK* |
|--------------|----------------|-------------|-------------------------------|-----------|
| DS1307+ | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307 |
| DS1307N+ | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 PDIP (300 mils) | DS1307N |
| DS1307Z+ | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307 |
| DS1307ZN+ | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) | DS1307N |
| DS1307Z+T&R | 0°C to +70°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307 |
| DS1307ZN+T&R | -40°C to +85°C | 5.0 | 8 SO (150 mils) Tape and Reel | DS1307N |

+Denotes a lead-free/RoHS-compliant package.
*A "+" anywhere on the top mark indicates a lead-free package. An "N" anywhere on the top mark indicates an industrial temperature range device.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| | |
|---|---|
| Voltage Range on Any Pin Relative to Ground | -0.5V to +7.0V |
| Operating Temperature Range (Noncondensing) | |
| Commercial | 0°C to +70°C |
| Industrial | -40°C to +85°C |
| Storage Temperature Range | -55°C to +125°C |
| Soldering Temperature (DIP, leads) | +260°C for 10 seconds |
| Soldering Temperature (surface mount) | Refer to the JPC/JEDEC J-STD-020 Specification. |

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to the absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Fig. N° 23 "DS1307, RTC, Datasheet"



RECOMMENDED DC OPERATING CONDITIONS

($T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---------------------------|-----------|------------|------|-----|----------------|-------|
| Supply Voltage | V_{CC} | | 4.5 | 5.0 | 5.5 | V |
| Logic 1 Input | V_{IH} | | 2.2 | | $V_{CC} + 0.3$ | V |
| Logic 0 Input | V_{IL} | | -0.3 | | +0.8 | V |
| V_{BAT} Battery Voltage | V_{BAT} | | 2.0 | 3 | 3.5 | V |

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{CC} = 4.5\text{V}$ to 5.5V ; $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+70^\circ\text{C}$, $T_A = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$.) (Notes 1, 2)

| PARAMETER | SYMBOL | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|---|--------------|------------|------------------------|-----------------------|------------------------|---------------|
| Input Leakage (SCL) | I_{LI} | | -1 | | 1 | μA |
| I/O Leakage (SDA, SQW/OUT) | I_{LO} | | -1 | | 1 | μA |
| Logic 0 Output ($I_{OL} = 5\text{mA}$) | V_{OL} | | | | 0.4 | V |
| Active Supply Current ($f_{SCL} = 100\text{kHz}$) | I_{CCA} | | | | 1.5 | mA |
| Standby Current | I_{CCS} | (Note 3) | | | 200 | μA |
| V_{BAT} Leakage Current | I_{BATLKG} | | | 5 | 50 | nA |
| Power-Fail Voltage ($V_{BAT} = 3.0\text{V}$) | V_{PF} | | $1.216 \times V_{BAT}$ | $1.25 \times V_{BAT}$ | $1.284 \times V_{BAT}$ | V |

Table 2. Timekeeper Registers

| ADDRESS | BIT 7 | BIT 6 | BIT 5 | BIT 4 | BIT 3 | BIT 2 | BIT 1 | BIT 0 | FUNCTION | RANGE |
|---------|---------|------------|---------|----------|---------|-------|-------|---------|---------------|-------------------------|
| 00h | CH | 10 Seconds | | | Seconds | | | Seconds | Seconds | 00–59 |
| 01h | 0 | 10 Minutes | | | Minutes | | | Minutes | Minutes | 00–59 |
| 02h | 0 | 12 1 | 10 Hour | 10 Hour | Hours | | | Hours | Hours | 1–12 +AM/PM 00–23 |
| | | 24 0 | PM/AM | | | | | | | |
| 03h | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | DAY | | Day | Day | 01–07 |
| 04h | 0 | 0 | 10 Date | | Date | | Date | Date | Date | 01–31 |
| 05h | 0 | 0 | 0 | 10 Month | Month | | | Month | Month | 01–12 |
| 06h | 10 Year | | | Year | | | Year | Year | Year | 00–99 |
| 07h | OUT | 0 | 0 | SQWE | 0 | 0 | RS1 | RS0 | Control | — |
| 08h–3Fh | | | | | | | | | RAM 56 x 8 | 00h–FFh |

CLOCK AND CALENDAR

The time and calendar information is obtained by reading the appropriate register bytes. Table 2 shows the RTC registers. The time and calendar are set or initialized by writing the appropriate register bytes. The contents of the time and calendar registers are in the BCD format. The day-of-week register increments at midnight. Values that correspond to the day of week are user-defined but must be sequential (i.e., if 1 equals Sunday, then 2 equals Monday, and so on.) Illogical time and date entries result in undefined operation. Bit 7 of Register 0 is the clock halt (CH) bit. When this bit is set to 1, the oscillator is disabled. When cleared to 0, the oscillator is enabled. On first application of power to the device the time and date registers are typically reset to 01/01/00 01 00:00:00 (MM/DD/YY DOW HH:MM:SS). The CH bit in the seconds register will be set to a 1. The clock can be halted whenever the timekeeping functions are not required, which minimizes current (I_{BATDR}).

The DS1307 can be run in either 12-hour or 24-hour mode. Bit 6 of the hours register is defined as the 12-hour or 24-hour mode-select bit. When high, the 12-hour mode is selected. In the 12-hour mode, bit 5 is the AM/PM bit with logic high being PM. In the 24-hour mode, bit 5 is the second 10-hour bit (20 to 23 hours). The hours value must be re-entered whenever the 12/24-hour mode bit is changed.

Fig. N° 24 "DS1307, RTC, Datasheet"



- RELÉ 12V:

SONGLE RELAY

| | | |
|---|---------------|------------|
|  | RELAY ISO9002 | SRD |
|---|---------------|------------|



1. MAIN FEATURES

- Switching capacity available by 10A in spite of small size design for highdensity P.C. board mounting technique.
- UL, CUL, TUV recognized.
- Selection of plastic material for high temperature and better chemical solution performance.
- Sealed types available.
- Simple relay magnetic circuit to meet low cost of mass production.

2. APPLICATIONS

- Domestic appliance, office machine, audio, equipment, automobile, etc.
(Remote control TV receiver, monitor display, audio equipment high rushing current use application.)

3. ORDERING INFORMATION

| SRD | XX VDC | S | L | C |
|----------------|-------------------------------|------------------|------------------|--------------------------|
| Model of relay | Nominal coil voltage | Structure | Coil sensitivity | Contact form |
| SRD | 03, 05, 06, 09, 12, 24, 48VDC | S:Sealed type | L:0.36W | A:1 form A |
| | | F:Flux free type | D:0.45W | B:1 form B C:1 form C |

4. RATING

| | | |
|--------|----------------------------|------------------|
| CCC | FILE NUMBER:CH0052885-2000 | 7A/240VDC |
| CCC | FILE NUMBER:CH0036746-99 | 10A/250VDC |
| UL/CUL | FILE NUMBER: E167996 | 10A/125VAC 28VDC |
| TUV | FILE NUMBER: R9933789 | 10A/240VAC 28VDC |

5. DIMENSION(unit:mm) DRILLING(unit:mm) WIRING DIAGRAM

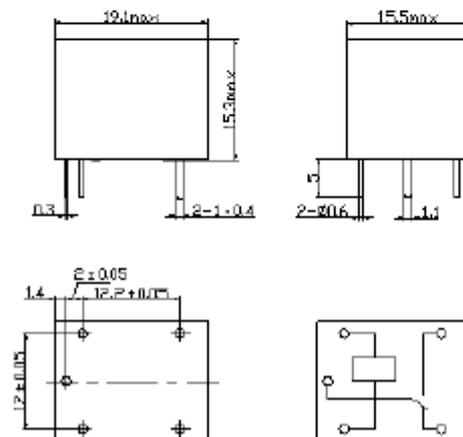


Fig. N° 25 "Relé 12V, Datasheet"



Anexo C: Imágenes Del Montaje Final Del Proyecto – Maqueta Representativa

Para comprobar el correcto funcionamiento de este sistema, se creó una maqueta fuera de escala que contiene no solo el gabinete de control sino también una puerta que divide la cabina de pilotos del avión del resto. Esto solo es a modo esquemático ya que las dimensiones en la realidad son bastante diferentes, no obstante, permite verificar el correcto funcionamiento y visualizar no solo los distintos espacios que podemos tener sino también aquellos dispositivos utilizados para que el prototipo cumpla los objetivos perseguidos.



Fig. N° 26 "Maqueta Representativa, Vista Frontal"



Fig. N° 27 "Maqueta Representativa, Vista Lateral"



Fig. N° 28 "Maqueta Representativa, Vista Trasera"



Fig. N° 29 "Maqueta Representativa, Control Exterior"



Fig. N° 30 "Maqueta Representativa, Control Exterior, Diferentes Estados Del Sistema"

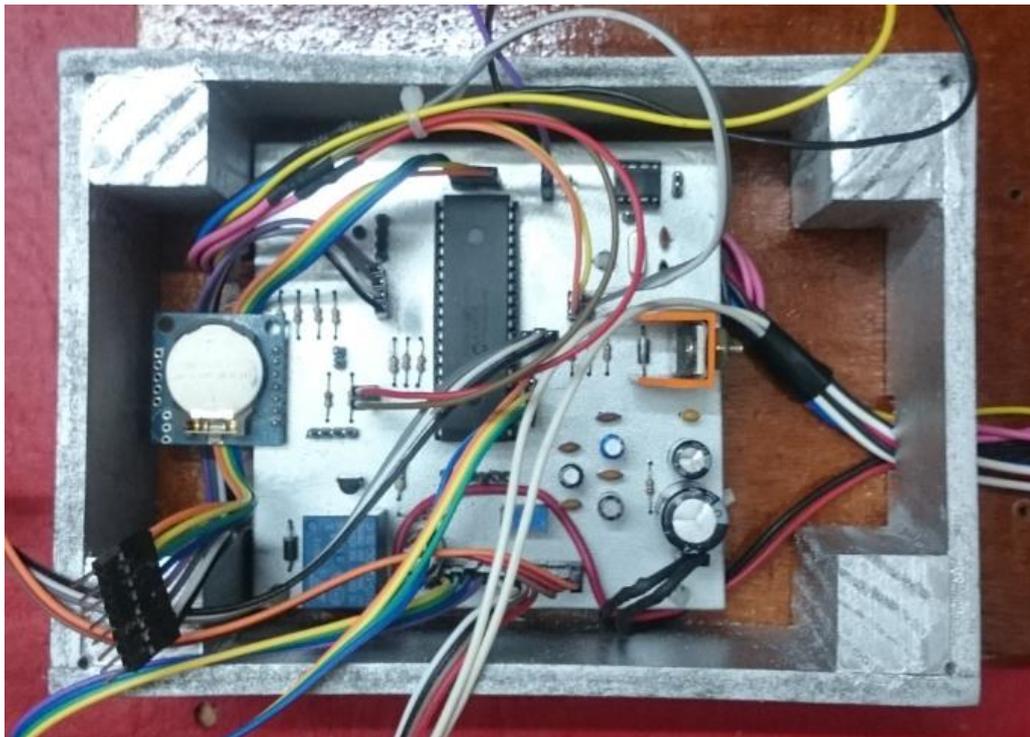


Fig. N° 31 "Maqueta Representativa, Control Exterior, Vista Interna"



Anexo D: Gastos

En el siguiente cuadro, se elaboró una tabla de Excel con los gastos que se realizaron para la elaboración de dicho proyecto. El valor en ciertos puntos es aproximado y no es parámetro de comparación con lo que podría costar hacerlo en la actualidad. El valor total esta expresado en pesos argentinos y los centavos se encuentran redondeados.

| Componente | Cantidad | Precio Unidad | Precio total | Gastos Para Proyecto Final | |
|--------------------------------------|----------|---------------|--------------|----------------------------|----------------|
| Sensor Huella Dactilar R305 | 1 | \$1.325 | \$1.325 | | |
| Reloj De Tiempo Real Para PIC | 1 | \$55 | \$55 | | |
| Conectores | 75 | \$2,00 | \$150 | | |
| PIC18F4550 | 1 | \$152,52 | \$153 | | |
| Teclado Matricial 4x4 | 1 | \$55 | \$55 | | |
| Buzzer | 2 | \$30 | \$60 | | |
| Cables | 34 | \$3,00 | \$102 | | |
| Diodos | 2 | \$5,00 | \$10 | | |
| EEPROM 256K Serie | 1 | \$55,70 | \$56 | | |
| LCD 20X4 | 1 | \$240 | \$240 | | |
| Resistencia | 15 | \$3 | \$45 | | |
| Capacitores | 13 | \$5 | \$65 | | |
| Cristal 20Mhz | 1 | \$20 | \$20 | | |
| Pomo y Cerradura | 1 | \$230 | \$230 | | |
| Placa Epoxi 10x10cm | 1 | \$50 | \$50 | | |
| Fuente Switching 12V 3A | 1 | 300 | \$300 | | |
| Pestillo Eléctrico | 1 | 210 | \$210 | | |
| Maqueta Completa | 1 | 680 | \$680 | | |
| Reguladores de Tension y Disipadores | 2 | 45 | \$90 | | |
| Rele 12V | 1 | 30 | \$30 | | |
| Extras (Pinturas, Vinilos y demas) | 1 | 275 | \$275 | | |
| | | | | TOTAL | \$4.170 |

Tabla 3 "Gastos De Elaboración"



Anexo E: Guía De Usuario

Lo primero que debemos realizar es el cierre de la puerta de la cabina de pilotos y verificar, por motivos de seguridad, que nadie se encuentre adentro. Conectar el cable de alimentación del sistema, el cual es un transformador de 220V a 12V, por lo cual, conectándolo a cualquier toma corriente de 220V funcionara correctamente.

Una vez realizado lo anterior, en el sector de “*Control Desde La Cabina De Mandos*”, observaremos que los led permanecen apagados, mientras que en “*Control Exterior*” se visualizara en nuestra LCD un mensaje de bienvenida junto con la fecha y hora y la solicitud del ingreso de la clave numérica. Se encenderá un led rojo de manera permanente indicando que el sistema está activo y que la puerta se encuentra cerrada.

Hecho esto, el sistema está listo para ser utilizado y la Guía de Usuario se divide en 2:

1) **Guía de Usuario para el Técnico en Mantenimiento:**

El técnico en mantenimiento será el encargado de agregar o quitar usuarios y aquella información de ellos, que él crea necesaria, en la base de datos del sistema. Solo aquellos que él agregue tendrán la posibilidad de ingresar al sitio. Para ello:

a) Ingresar su clave numérica personal y luego presione “A” (ACEPTAR). En caso de cometer un error en el ingreso de la clave, puede presionar la letra “B” (BORRAR) para borrar la clave ingresada y volver a ingresarla nuevamente, o la letra “C” (CANCELAR) que vuelve al sistema a la condición inicial.

b) Luego de ingresar su clave numérica, el LCD solicitará que ingrese su huella en el sensor (se recomienda utilizar el dedo pulgar ya que es el que ocupa mayor superficie en la ventana de escaneo del sensor).

c) Una vez ingresada la clave numérica y escaneado el dedo, el sistema buscará en su base de datos coincidencia entre ambas y, en caso de coincidencia, brindará en el LCD un menú con las siguientes opciones:

I) Configurar Reloj: En este punto se permite setear correctamente los segundos, minutos, horas, día de la semana, día del mes, mes y año, donde presionando “A” aceptamos, “B” borramos y volvemos a ingresar el valor o “C” y volvemos a la condición inicial del sistema.

II) Agregar Personal: En este punto podremos agregar al sistema a aquellos usuarios que creamos necesarios. En primer lugar, solicita el tipo de acceso que se desea para la persona que se va a agregar (ACCESO DIRECTO: Para aquellos usuarios que no necesitan autorización para el ingreso, como por ejemplo pilotos y copilotos. ACCESO INDIRECTO: Para aquellos usuarios que necesitan si o si autorización para el ingreso, como por ejemplo azafatas o personal de limpieza). Luego del tipo de acceso, el sistema solicita el ingreso de la clave numérica de la persona a cargar y por ultimo su huella digital (lo solicitará 2 veces para crear correctamente la imagen de la huella). Luego de eso podremos utilizar el teclado alfanumérico para ingresar datos como por ejemplo nombre y apellido del usuario. Luego de presionar “A” en todos los puntos y finalizada la operación, en el LCD nos indicara que el personal fue agregado correctamente y nos brindara información de en qué posición de la memoria (de 1 a 150) fueron almacenados esos datos. Esto nos sirve para tener presente que capacidad de memoria tenemos disponible a todo momento.

III) Eliminar Personal: En este punto podremos eliminar al usuario que el Técnico en Mantenimiento crea necesario. Se solicita en primer instancia la clave numérica de la persona a eliminar y posteriormente su huella digital. El sistema verificara coincidencia y si es así mostrara un mensaje en el LCD indicando “*El Usuario Fue Eliminado Correctamente*”.



NOTA:

La clave numérica y la huella digital del Técnico en Mantenimiento es cargada en el sistema por el desarrollador a la hora de adquirir el producto.

En caso de necesitar eliminar un usuario y no se cuente con la presencia de él, contactarse con el desarrollador para hacer efectiva la operación. Si la memoria se encontrase llena, al momento de agregar el nuevo usuario se dará aviso que la memoria no tiene más capacidad y que es necesario borrar personal para agregar a uno nuevo.

2) **Guía de Usuario para habituales tripulantes:**

Para aquellos tripulantes que deseen ingresar al sitio asegurado, una vez que el Técnico en Mantenimiento agregó sus datos al sistema, simplemente deberán ingresar su clave numérica personal, presionar la tecla “A” (Aceptar) y posteriormente se solicitará su huella digital (en caso de cometer un error en el ingreso de la clave numérica, puede presionarse la letra “B” para borrar dicha clave y volver a ingresarla, o presionar la letra “C” para cancelar y el sistema volverá a la condición inicial). El sistema verificará que la clave numérica corresponda a la huella digital escaneada y que ambas se encuentren almacenadas en la base de datos. Si la coincidencia es correcta y el usuario tiene acceso directo a la cabina de pilotos, entonces una luz verde en el exterior de la cabina se encenderá y el LCD indicará que la puerta se encuentra abierta, simplemente deberá jalar la puerta para ingresar.

En caso de que el personal no tenga acceso directo a la cabina pero se haya verificado coincidencia, entonces el LCD indicará un mensaje solicitando que aguarde y en el sector de “Control Desde La Cabina De Mandos”, se encenderá un led verde indicando que alguien autorizado desea ingresar. Luego de que el piloto o copiloto presionen el botón verde (botón que permite la apertura de la puerta) según lo crea necesario, el LCD mostrará un mensaje indicando que la puerta está abierta y solo deberá jalar para acceder al sitio.

En caso de que la clave numérica no sea correcta (una clave numérica no almacenada en la base de datos), o la huella digital no sea correcta (la huella no fue correctamente escaneada o simplemente no se encontraba en la base de datos) o simplemente la clave numérica no corresponde a la huella digital escaneada, un mensaje codificado se mostrará en el LCD y dicho código le permitirá al Técnico en Mantenimiento o al Desarrollador saber cuál es el motivo por el cual la puerta no logra abrirse.

IMPORTANTE: Ante una eventual emergencia, por ejemplo un pasajero se encuentra en estado de ebriedad y se muestra insistente ante el deseo de ingresar a la cabina de pilotos, personal cargado en el sistema que se encuentre fuera del sitio asegurado podrá bloquear el sistema ingresando una clave numérica particular, la cual solo es válida para estos casos (1973, en símbolo de una X) y su huella digital. Luego de esto, el sistema mostrará un mensaje en el LCD informando que “El Sistema Fue Bloqueado Por El Piloto” y tanto dentro como afuera de la cabina un led rojo se encenderá de manera permanente para avisar que el sistema fue bloqueado externamente por algún motivo de seguridad. De esta forma, la puerta no se abrirá nuevamente salvo que desde el interior de la cabina el piloto o copiloto desbloquee el sistema presionando el botón rojo (botón de desbloqueo de sistema) o reiniciándolo desde el exterior presionando el botón amarillo, el cual por motivos obvios no estará a simple vista.

Siempre que la puerta esté abierta, los led rojos encenderán de manera intermitente y los buzzer’s sonarán de igual forma informando que la puerta se encuentra abierta. Esto es así por cuestiones de seguridad, ya que la prioridad es que la puerta se encuentre el mayor tiempo posible cerrada.