



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología

Escuela de Ingeniería Electrónica

Equipo Meteorológico Portable

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de
Ingeniero Electrónico

Autor

Andrés Roberto Andrade Jaramillo

Director

Francisco Eugenio Vásquez Calero

Cuenca, Ecuador
2014

DEDICATORIA

Dedico esta tesis en primera instancia a Dios, ya que gracias a él, he podido mediante esfuerzo, dedicación y sobretodo perseverancia culminar mi carrera y finalizar la realización de la presente tesis.

Dedico también a mi familia ya que siempre me ha inspirado para esforzarme y luchar hasta alcanzar mis metas.

A mis tutores, profesores y compañeros ya que gracias a su apoyo he podido superar ciertos problemas que se presentaron en el transcurso de este proyecto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la institución puesto que me brindo los conocimientos que me ayudo para el desarrollo de la tesis y a elaboración final de la misma. Agradezco a mi familia por todo su apoyo y paciencia durante todo este proceso de formación de mi carrera y las demás etapas de mi vida.

También agradezco a mis amigos y compañeros que siempre estuvieron acompañándome y ayudándome en los momentos que requería ayuda, por compartir conocimientos conmigo, vivencias y darme sentimientos de alegría, amor, cariño que me dejaran muchas enseñanzas y experiencias.

Francisco Vázquez
25/03/14

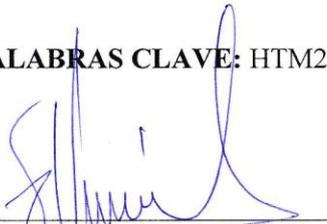
RESUMEN:

EQUIPO METEREOLÓGICO PORTABLE

El equipo evitar errores o fracasos en diferentes actividades, ya que proporciona un método, para monitorear, analizar y estudiar las condiciones climáticas, como también controlar diferentes sistemas e instrumentos según los cambios meteorológicos. Para desarrollar una interface amigable y fácil de configurar para el usuario, y diseñar el hardware del sistema. Se han planteado cinco pantallas para el usuario, todas estas pantallas son fácilmente configurables, por su característica touch, también se investigó los Datasheet de todos los periféricos utilizados, y de esta manera, realizar parte del hardware, como es en el caso de los sensores, se siguió lo sugerido por el fabricante, y también para la realización del programa de ejecución para el PIC32MX.

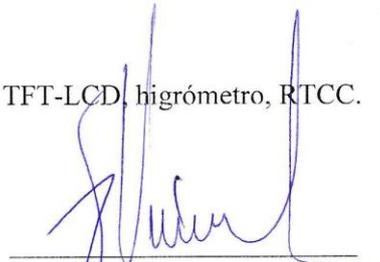
Y así, obtener un equipo de gran flexibilidad o adaptabilidad, fácil de manejar, y absolutamente e indiscutiblemente necesario en la actualidad para la realización correcta y profesional de diferentes campos de la actividad humana.

PALABRAS CLAVE: HTM2500LF, MPX4115A, TFT-LCD, higrómetro, RTCC.



Ing. Francisco Vázquez

Director de Escuela



Ing. Francisco Vázquez

Director de Tesis



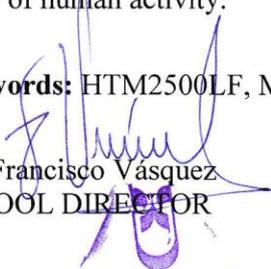
Andrés Andrade J.

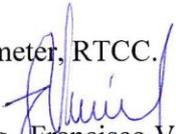
ABSTRACT

PORTABLE WEATHER EQUIPMENT

The use of portable weather equipment prevents mistakes and failures in different activities as it provides a method to monitor, analyze and study the weather conditions, as well as control different systems and instruments as the weather changes. In order to develop an interface that is friendly and easy to configure for the user, and design the hardware of the system, five screens have been proposed to the user. All these screens are easily configurable because of its touch feature. We also investigated the Datasheet of all the peripherals used, so that we could build part of the hardware. This is the case of the sensors and the implementation program for the PIC32MX, where the manufacturer's suggestions were followed. In this way, we were able to obtain an equipment of great flexibility or adaptability, easy to handle, which is absolute and unquestionably necessary today for a proper and professional practice in the different fields of human activity.

Keywords: HTM2500LF, MPX4115A, TFL-LCD, hygrometer, RTCC.


Ing. Francisco Vásquez
SCHOOL DIRECTOR


Ing. Francisco Vásquez
THESIS DIRECTOR


Andrés Andrade J.
AUTHOR


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
ESCUELA
Ingeniería Electrónica


UNIVERSIDAD DEL
AZUAY
DPTO. IDIOMAS


Translated by,
Lic. Lourdes Crespo

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1: DISEÑO DEL HARDWARE INICIAL	2
1.1 Introducción	2
1.2 Marco Conceptual	2
1.2.1 PicKit3.....	2
1.2.2 Pic32mx	4
1.2.3 Características del PIC32MX695F512L	7
1.2.4 Montaje Superficial	7
1.3 Características De Las Tarjetas	8
1.3.1 Tarjeta A.....	8
1.3.2 Tarjeta B	10

CAPITULO 2: DESARROLLO DEL INTERFAZ	15
2.1 Introducción.....	15
2.2 Marco Conceptual	15
2.2.1 Pantallas TFT	15
2.2.2 Píxeles muertos	16
2.2.3 Tiempos de Respuesta.....	17
2.2.4 Características de la pantalla utilizada.	17
2.2.5 Descripción del integrado ADS7843.....	19
2.3 Diseño De La Interfaz Y Configuración Del Equipo.....	19
CAPITULO 3: PROGRAMACIÓN DEL PIC.....	22
3.1 Introducción	22
3.2 Marco Conceptual	22
3.2.1 Mikroelectrónica	22
3.2.2 MikroC Pro for PIC 32.....	22
3.2.3 Lenguaje C	23
3.3 Subrutinas del Programa	23
3.2.4 Subrutina Principal.....	23
3.2.5 Diagrama de flujo simplificado de la lectura o detección de actividad en la pantalla QTouch.....	25
3.2.6 Diagrama de flujo simplificado de la visualización de cada pantalla seleccionada en el LCD	26
3.2.7 Diagrama de flujo simplificado del accionamiento de los relés.....	27
3.2.8 Diagrama de flujo simplificado de la subrutina de almacenamiento de datos	28
3.2.9 Subrutina de Lectura de Temperatura	28

3.2.10	Subrutina de Lectura de la Humedad Relativa	29
3.2.11	Subrutina de Lectura de la Presión Atmosférica	29
3.2.12	Subrutina de Lectura de la Velocidad del viento	29
3.2.13	Subrutina de Lectura de la Dirección del viento	29

CAPITULO 4: SOFTWARE 31

4.1	Introducción	31
4.2	Datos.....	31
4.3	Utilizando Microsoft Excel	31

CAPITULO 5: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PCBs 32

5.1	Introducción.....	32
5.2	Marco Conceptual	32
5.2.1	Sensor de Temperatura y Humedad. (Termómetro e higrómetro)	32
5.2.2	Sensor de Presión Atmosférica (Barómetro)	40
5.2.3	Sensor para medir la dirección del viento (VELETA)	43
5.2.4	Sensor para medir la velocidad del viento (ANEMOMETRO).....	44
5.3	PCBs.....	45
5.3.1	PCB para el sensor de Temperatura, Humedad Relativa y Presión Atmosférica.....	45
5.3.2	PCB para el sensor de Dirección del viento	46
5.3.3	PCB para el sensor de Velocidad del viento.....	46

CAPITULO 6: CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO	48
6.1 Introducción.....	48
6.2 Selección de Armazón.....	48
6.3 Materiales Extras	48
CAPITULO 7: CORRECCIÓN DE ERRORES.....	49
7.1 Introducción.....	49
7.2 LCD.....	49
7.3 Pantalla Touch.....	49
7.4 SD card	50
7.5 Sensor HTM2500LF.....	50
7.6 Sensor de Presión atmosférica.....	50
7.7 Sensor: Veleta.....	51
7.8 Sensor: Anemómetro	51
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES:	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. PICKIT 3	3
Figura 1.2. Circuito para conectar el PICKIT3	3
Figura 1.3 Diagrama de bloques del PIC32	5
Figura 1.4. Mínima conexión recomendada.....	9
Figura 1.5. Circuito para MCLR	9
Figura 1.6. Tarjeta A	10
Figura 1.7. Circuito de la Fuente de Poder.....	11
Figura 1.8. Circuito para comunicación RS232	12
Figura 1.9. Circuito Complementario	13
Figura 1.10. Tarjeta B	14
Figura 2.1. Interacción de la luz con las partículas de cristal líquido en una pantalla TFT.....	16
Figura 2.2. LCD TFT 3,2” Arduino	18
Figura 2.3. Configuración de los pines del LCD TFT 3,2” Arduino.	18
Figura 2.4. Conexión del Integrado ADS7843.....	19
Figura 3.1. Diagrama de flujo de la subrutina principal	24
Figura 3.2. Diagrama de flujo de la Lectura del Qtouch.....	25
Figura 3.3. Diagrama de flujo de la visualización del LCD.....	26
Figura 3.4. Diagrama de flujo del accionamiento de reales.....	27
Figura 3.5. Diagrama de flujo del almacenamiento de datos.....	28
Figura 5.1 Rango de operación de HTM2500LF	33
Figura 5.2 Linealidad del sensor de Humedad Relativa	35
Figura 5.3. Obtención del valor de resistencia.....	36

Figura 5.4. Circuito recomendado por el fabricante para la conexión del sensor de temperatura.....	36
Figura 5.5. Forma y Tamaño de HTM2500LF	39
Figura 5.6. Esquema del MPX4115A	41
Figura 5.7. Tipos de encapsulado del MPX4115A	41
Figura 5.8. Circuito recomendado por el fabricante para la conexión del MPX4115A	42
Figura 5.9. Linealidad del MPX4115A.....	43
Figura 5.10. Veleta.....	44
Figura 5.11. Anemómetro	45
Figura 5.12. Circuito para reducción de cables de la veleta.....	46
Figura 5.13. Circuito de acople del anemómetro	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Pines de conexión del PicKit3.	4
Tabla 2. Características del PIC32	7
Tabla 3. Características del HTM2500LF.....	33
Tabla 4 Características del HTM2500LF con respecto a la Humedad	34
Tabla 5. Valores de voltaje de salida según la RH del HTM2500LF	34
Tabla 6. Valores de voltaje de salida según la Temperatura del HTM2500LF	35
Tabla 7. Valores de voltaje resultantes	37
Tabla 8. Valores de voltaje de salida según la Temperatura del HTM2500LF con resistencia de 100k en vez de la de 10K	38
Tabla 9. Dimensiones del HTM2500LF	39
Tabla 10. Identificación de los cables del HTM2500LF.....	39

Andrade Jaramillo Andrés Roberto
Trabajo de Grado
Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero
Marzo 2014

EQUIPO METEREOLÓGICO PORTABLE

INTRODUCCIÓN

La meteorología estudia los fenómenos físicos de la atmósfera con el objetivo de determinar las condiciones climáticas de un sistema, al hablar de condiciones climáticas nos referimos a variables como temperatura, presión atmosférica, humedad relativa, velocidad del viento, dirección del viento, radiación, etc.

El conocimiento de estas variables climáticas tiene gran importancia en actividades como navegación, construcción, agricultura, aviación etc. Por lo cual un equipo que pueda leer y almacenar estas variables para su estudio es imprescindible para la correcta realización de dichas actividades y para evitar inconvenientes que puedan llegar a estropear lo relacionado con dicha actividad.

Es por ello, que este proyecto propone un Equipo Meteorológico Portable, lo cual no es nada más que un dispositivo que permita al hombre realizar las siguientes funciones: medir la velocidad y dirección del viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica.

Equipo que podrá ser utilizado en cualquier lugar, configurable dependiendo de su aplicación y económico en comparación a las estaciones meteorológicas comunes, posee relés para el accionamiento de diferentes dispositivos según las condiciones del clima, una pantalla táctil touch lo que permite la visualización de las variables en tiempo real y la configuración del equipo, un puerto para insertar una SD card con el fin de almacenar los datos, un sensor HTM2500LF y un MPX4115A.

CAPITULO 1

DISEÑO DEL HARDWARE INICIAL

1.1 Introducción

Se diseñará y construirá un hardware el cual nos permita acceder y conectar de manera directa a cualquier pin del micro controlador, con el fin de facilitar cambios en el programa y las conexiones de los periféricos externos de una manera fácil y cómoda, es decir, si se empieza a utilizar un puerto para el control del LCD, y después se necesita utilizar ese mismo puerto para otra función por las características que nos presenta, se puede cambiar las conexiones rápidamente en el hardware y realizar las modificaciones necesarias en el programa. Este hardware será básicamente tarjetas de pruebas que nos servirán para conectar cualquier periférico en donde nosotros queramos y probar todas las características del PIC según avance su programación y se lo maneje con más asertividad.

1.2 Marco Conceptual

El esta sección se describirán brevemente algunos conceptos.

1.2.1 PicKit3

Es un programador construido por Microchip Technology, estos son utilizados para programar y depurara código para micro controladores de MICROCHIP. A continuación se muestra la imagen que dicho dispositivo.



Figura 1.1. PICKIT 3

EL pickit3 se conecta al micro controlador el cual se desea programar a través de la siguiente conexión:

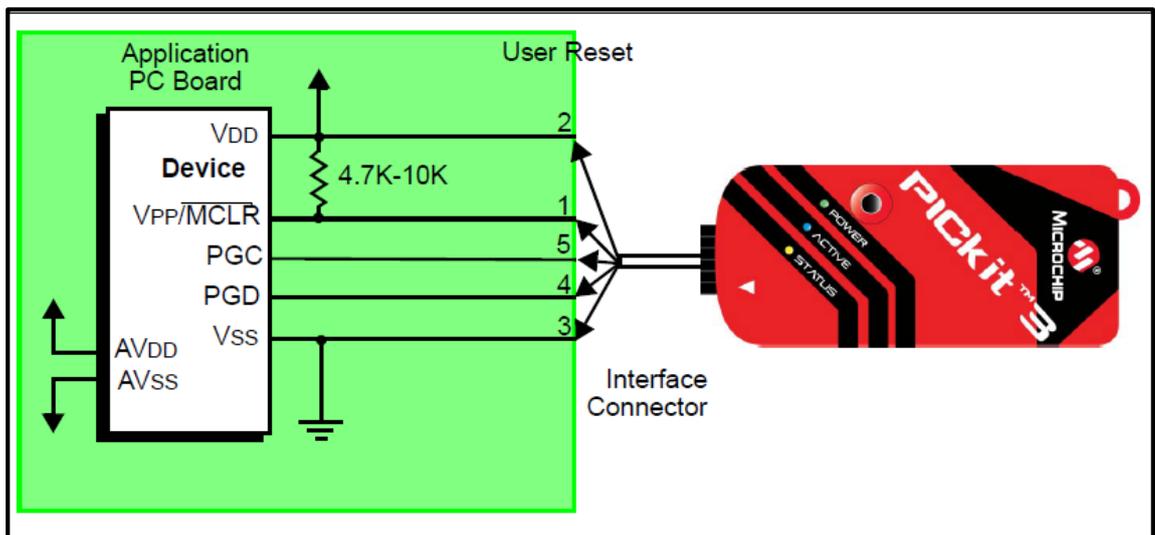


Figura 1.2. Circuito para conectar el PICKIT3
Fuente: PICKIT™ 3 Programmer/Debugger User's Guide.

Pin	Name	Function
1	MCLR/VPP	Power
2	VDD_TGT	Power on target
3	GND	Ground
4	PGD (ICSPDAT)	Standard Com Data
5	PGC (ICSPCLK)	Standard Com Clock
6	PGM (LVP)	Low Voltage Programming

Tabla 1. Pines de conexión del PicKit3.

Fuente: PICkit™ 3 Programmer/Debugger User's Guide.

En la tabla 1 se muestran los pines del PiCkit3y que función tiene cada uno, para la conexión con cualquier micro controlador le la microchip.

1.2.2 Pic32mx

“Los PIC32 son una familia de micro controladores de 32 bits de propósito general del fabricante Microchip Technology. La Figura 3 muestra un diagrama a bloques del PIC32. Los PIC32 contienen un núcleo de 32 bits MIPS M4K desarrollado por MIPS Technologies. Este núcleo está basado en arquitectura Harvard, ya que posee buses separados de datos y de instrucción conectados al Bus Matrix.”¹

“El núcleo conecta a todos los módulos a través de este Bus Matrix, el cual es un switch de alta velocidad que proporciona conexiones punto a punto entre módulos como se muestra en la figura. El Bus Matrix corre a la misma velocidad que el CPU. Los módulos conectados directamente a este bus son llamados SYSCLK Peripherals y pueden correr a la misma velocidad que el CPU, por lo tanto todos los accesos a los SYSCLK Peripherals se pueden completar en 1 sólo ciclo de reloj.”²

¹⁻²Terven, Ing. Juan Ramón. s.f. *Curso de PIC32MX en Lenguaje C32*

<http://www.tervenet.com/itmaz/micros2/PIC32_01_Introduccion.pdf>

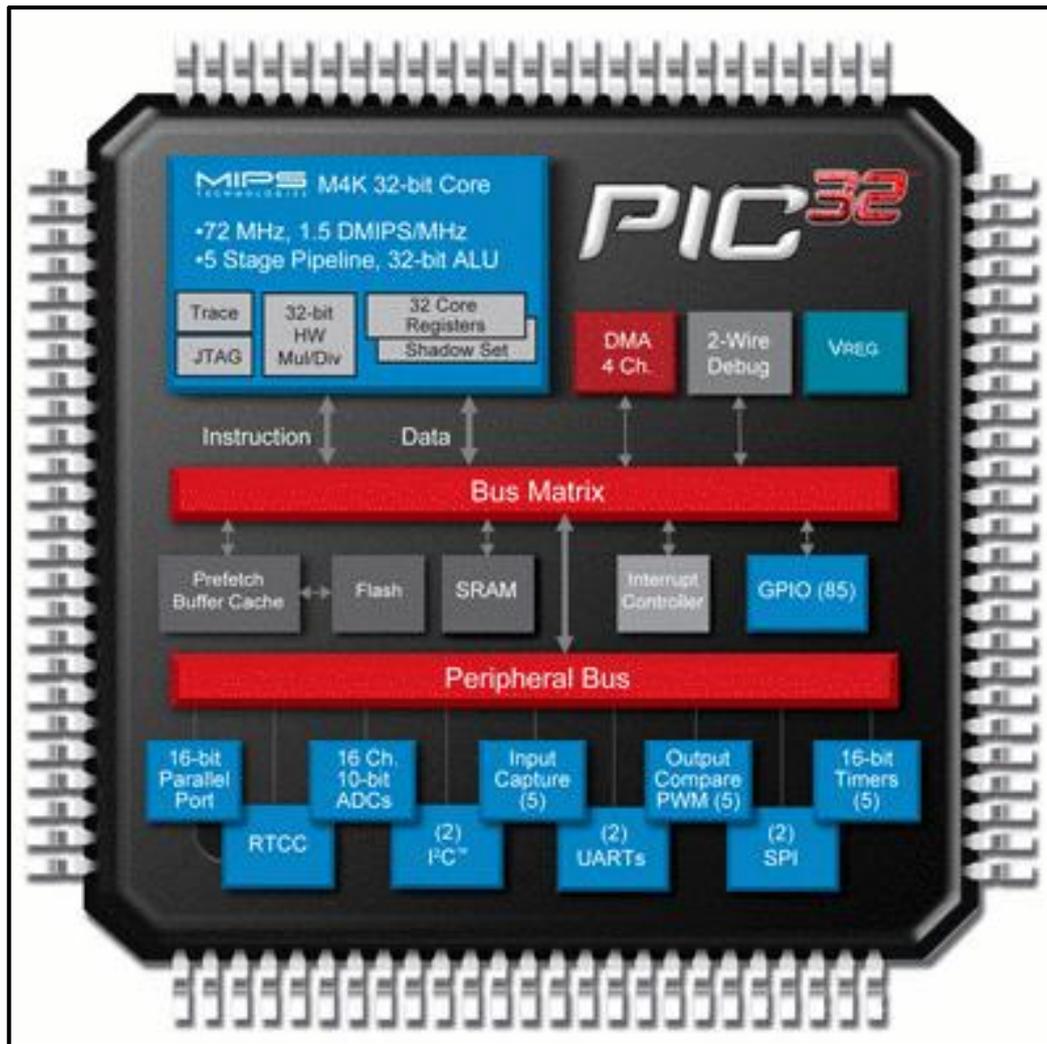


Figura 1.3 Diagrama de bloques del PIC32

Fuente: PIC32MX – Microchip Meets MIPS <<http://www.microsockets.com/blog/?p=7.>> [Consulta: 10 de marzo Del 2014].

“Además de todas las fantásticas características de la arquitectura del PIC32, su verdadero poder, radica en su núcleo. Toda la familia PIC32 posee como corazón un procesador MIPS M4K de 32 bits capaz de funcionar a una frecuencia máxima de 80 MHz y proporcionando un rendimiento cercano a 1 instrucción por cada ciclo de reloj!”³

³ Terven, Ing. Juan Ramón. s.f. *Curso de PIC32MX en Lenguaje C32* <http://www.tervenet.com/itmaz/micros2/PIC32_01_Introduccion.pdf>

“A diferencia de las familias anteriores de PICs como PIC24, PIC18, PIC16, etc. El rendimiento del PIC32 no se puede medir simplemente con la velocidad del oscilador, ya que debido a la compleja arquitectura interna de su núcleo y a los módulos que ayudan a mejorar el rendimiento (Prefetch cache, cache, DMA), la duración de cada instrucción varía por diversos factores como son, la aplicación, el compilador, la estructura del código, etc.”⁴

“Sin embargo con todos los módulos de rendimiento activados y con una optimización de código, el PIC32 puede llegar a funcionar a 80 MIPS1 (Millones de Instrucciones por Segundo) con un reloj de 80 MHz. A continuación de listan las características principales del procesador MIPS M4K que poseen los PIC32:”⁵

- *“Hasta 1.5DMIPS/MHz de rendimiento.*
- *Memoria caché programable para mejorar la ejecución desde memoria Flash.*
- *Modo de instrucciones de 16-bit (MIPS16e) para generar código más compacto.*
- *Controlador de interrupciones sectorizado con 63 niveles de prioridad.*
- *Modos de operación de Usuario y Kernel (para optimizar el uso de sistema operativo).*
- *Manipulaciones de bit atómicas (en un solo ciclo) en registros de periféricos.*
- *Unidad de multiplicación y división capaz de multiplicar 32 x 16 bits en un ciclo de reloj.*
- *Soporte para depuradores y programadores por JTAG e ICD.*
- *Modos de alimentación programables para reducir el consumo de potencia.*
- *Pipeline de 5 niveles.*
- *Protección de código interna para proveer propiedad intelectual.”⁶*

⁴⁻⁵⁻⁶ Terven, Ing. Juan Ramón. s.f. *Curso de PIC32MX en Lenguaje C32*
 <http://www.tervenet.com/itmaz/micros2/PIC32_01_Introduccion.pdf>

1.2.3 Características del PIC32MX695F512L

Nombre de los Parámetros	Valor
Familia	PIC32MXxx
Velocidad Máxima MHz	80
Memoria de Programa (KB)	512
RAM (KB)	128
Rango de Temperatura (C)	-40 a 105
Voltaje de funcionamiento (V)	2,3 a 3,6
Canales DMA	38
SPI™	4
I ² C™ Compatible	5
USB	FS Host/OTG
USB (Channels, Speed, Compliance)	1,FS Host/OTG,USB 2.0 OTG
Canales A/D	16
Resolución Máxima de A/D	10
Maestras por seg. (KSPS)	1000
Input Capture	5
Output Compare/Std. PWM	5
16-bit Digital Timers	5
Puerto Paralelo	PMP16
Comparadores	2
Oscilador Interno	8 MHz, 32 kHz
RTCC	1
Pines de I/O	85
Pines	100

Tabla 2. Características del PIC32

1.2.4 Montaje Superficial

“La tecnología de montaje superficial (SMT - inglés - Surface Mount Technology) es el proceso de construir circuitos electrónicos, en que los componentes están soldados directamente sobre la superficie de una placa de circuito impreso (PCB). Dentro de la tecnológica, el montaje superficial ha substituido a la técnica de la tecnología de agujero pasante (through hole); el método utilizado en el proceso de instalar

componentes con cables alámbricos en agujeros de la tarjeta del PCB, atravesando la placa de un lado a otro.”⁷

“La tecnología SMD es diferente, las conexiones se realizan mediante contactos en la superficie inferior de la placa- terminaciones metálicas alrededor de la placa. Las dos tecnologías pueden ser usadas en el mismo circuito impreso para componentes que no están hechos para el SMD tales como los transformadores y semiconductores de alta potencia en disipadores de energía térmica.”⁸

1.3 Características De Las Tarjetas

El hardware del sistema consiste en 2 tarjetas que se requieren para interconectar todos los elementos del equipo meteorológico, a estas dos tarjetas las llamaremos tarjeta A y tarjeta B.

1.3.1 Tarjeta A

En la tarjeta A, es en la cual estará el PIC 32MX695F512L, en esta tarjeta estarán los componentes básicos para que pueda funcionar el PIC y para que se lo pueda grabar a través del PICKIT3. Lo que quiere decir que posee peinetas para conectar el PicKit3, el circuito del master clear que se muestra en la fig. 4, jumpers para seleccionar los pines de contacto con el pic, el circuito del cristal y condensadores que recomienda el fabricante como la mínima conexión para el correcto funcionamiento del PIC que se muestran en la fig. 5.

⁷⁻⁸ *ladelec*. s.f. <<http://www.ladelec.com/teoria/informacion-tecnica/1220-que-es-la-tecnologia-de-montaje-superficial-smt>>.

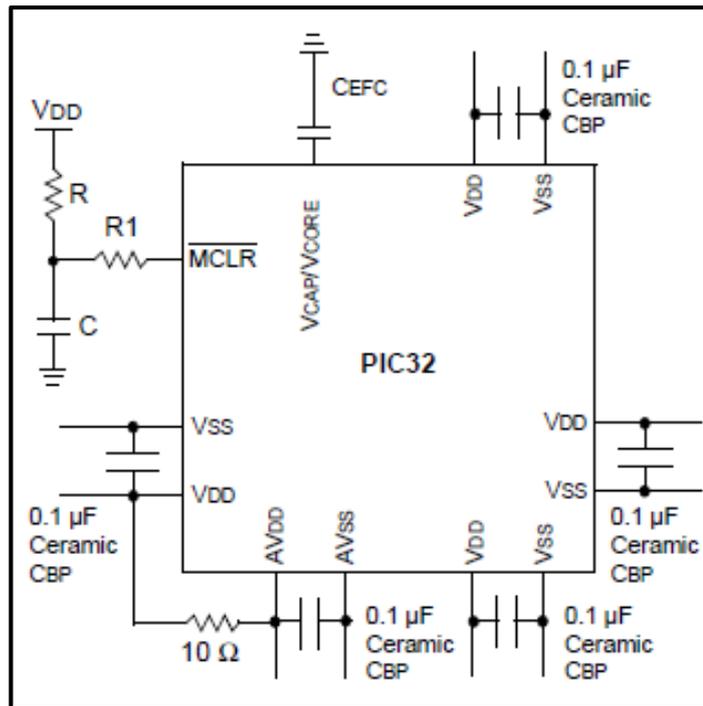


Figura 1.4. Mínima conexión recomendada.

Fuente: MICROCHIP PIC32MX5XX/6XX/7XX Family Data Sheet

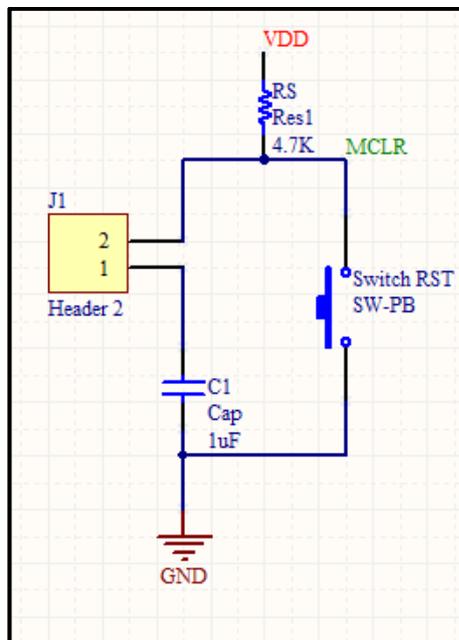


Figura 1.5. Circuito para MCLR

También posee peinetas para conectarse a la tarjeta B. En la figura 6 se muestra el PCB de la tarjeta A.

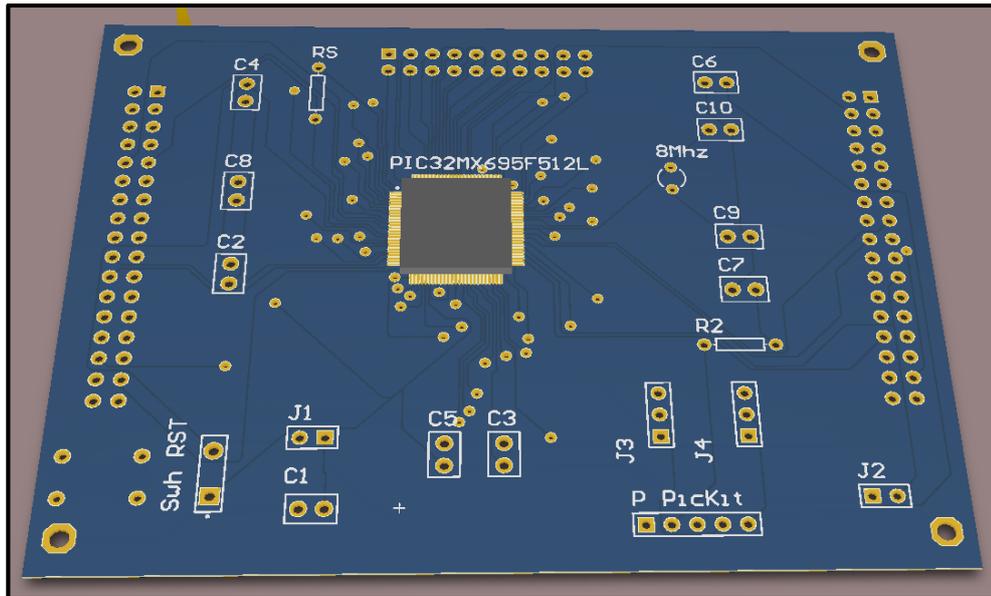


Figura 1.6. Tarjeta A

1.3.2 Tarjeta B

La tarjeta B es en la cual contendrá borneras para todos los pines del pic, con lo cual podremos conectar a cualquier circuito externo, debido que esta placa será utilizada para un sin número de pruebas y entrenar un poco con el pic32mx, también tendrá el circuito con max232, uno de fuente con la cual obtendremos las tensiones de 3V, 5V y 12V que necesitamos, leds, peinetas para otras conexiones, pulsantes, etc.

La tarjeta B ha sido diseñada con el fin de que pueda servir para gran cantidad de pruebas con diferentes periféricos ya que mientras se desarrolla el equipo meteorológico, se presentan un sin número de inconvenientes que nos hacen tomar cambios con respecto a las condiciones iniciales de lo que se planeó, y si se realizaba un PCB a la primera tomando en cuenta únicamente lo que se necesita, probablemente hubiera quedado obsoleto con los primeros cambios del programa.

A continuación se muestra algunos de los circuitos que se encuentran en la tarjeta B.

1.3.2.1 Circuito de la fuente de poder: con este circuito podemos obtener las tensiones más comunes, como son 12V, 5V y 3V que son necesarias para los diferentes periféricos y tarjetas que utilizaremos. A continuación se muestra la imagen del circuito:

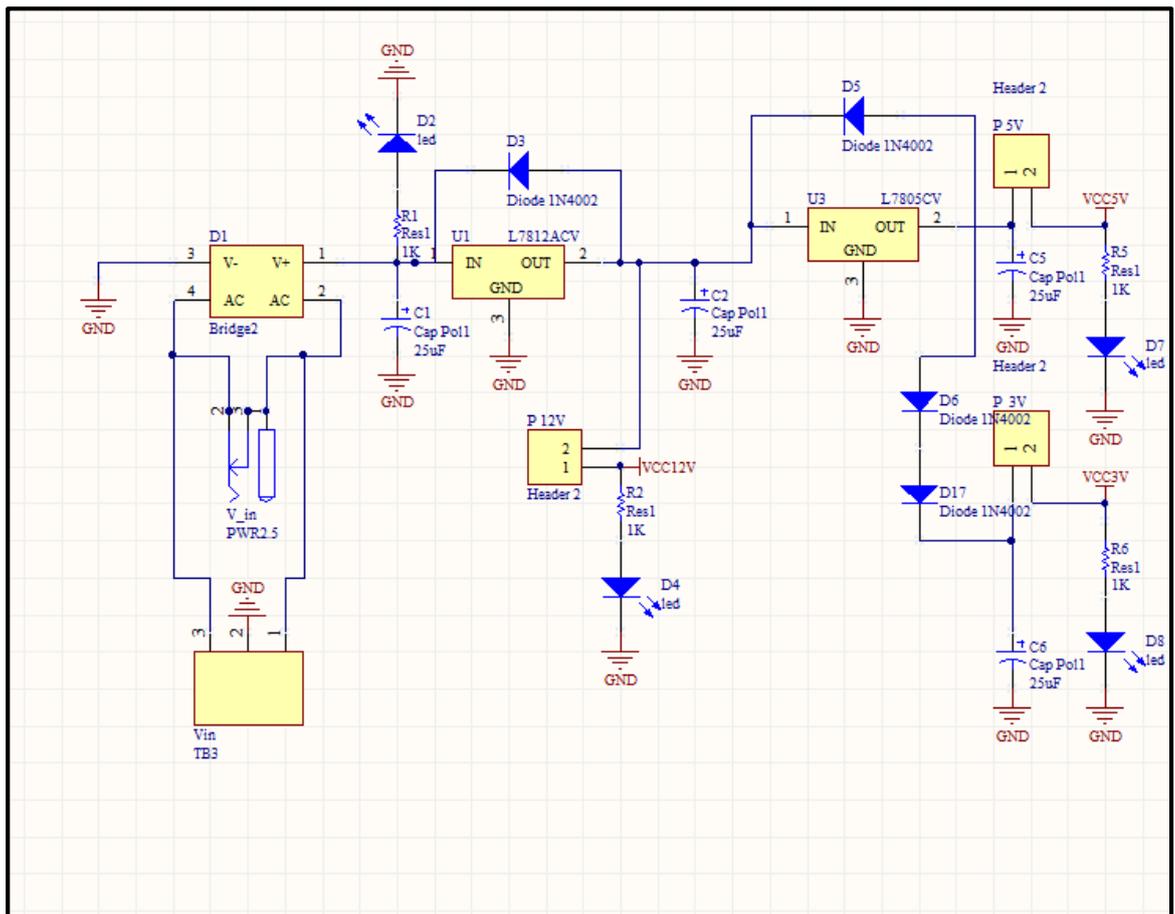


Figura 1.7. Circuito de la Fuente de Poder

El circuito de la fuente de Alimentación o de Poder posee reguladores de 12V y de 5V como es el LM7812 y el LM7805 respectivamente, diodos de protección para corrientes inversas, diodos led, estos se utilizan como indicadores, de tal manera que podamos ver si la tarjeta esta energizada, y que tensiones están activas, posee un led para indicar si está conectada, un led para indicar la tensión de 12V, otro para indicar la tensión de 5V y el cuarto para indicar la tensión de 3V. También posee Jumper para utilizar las tensiones de la fuente o también se pueden anular para utilizar una fuente externa, como puede ser una fuente switchable de computadora. Para obtener la tensión de 3V se han colocado 2 diodos en serie, con lo cual la tensión se reduce 1,4V, obteniendo así 3,6V, que en el momento que ya se pone un funcionamiento se estabiliza en 3,3V aproximadamente dependiendo de la carga.

1.3.2.2 Circuito para comunicación Serial RS232: este es el circuito común que se utiliza para el max232, el cual nos permite obtener las tensiones necesarias para una comunicación rs232, a continuación se muestra el circuito.

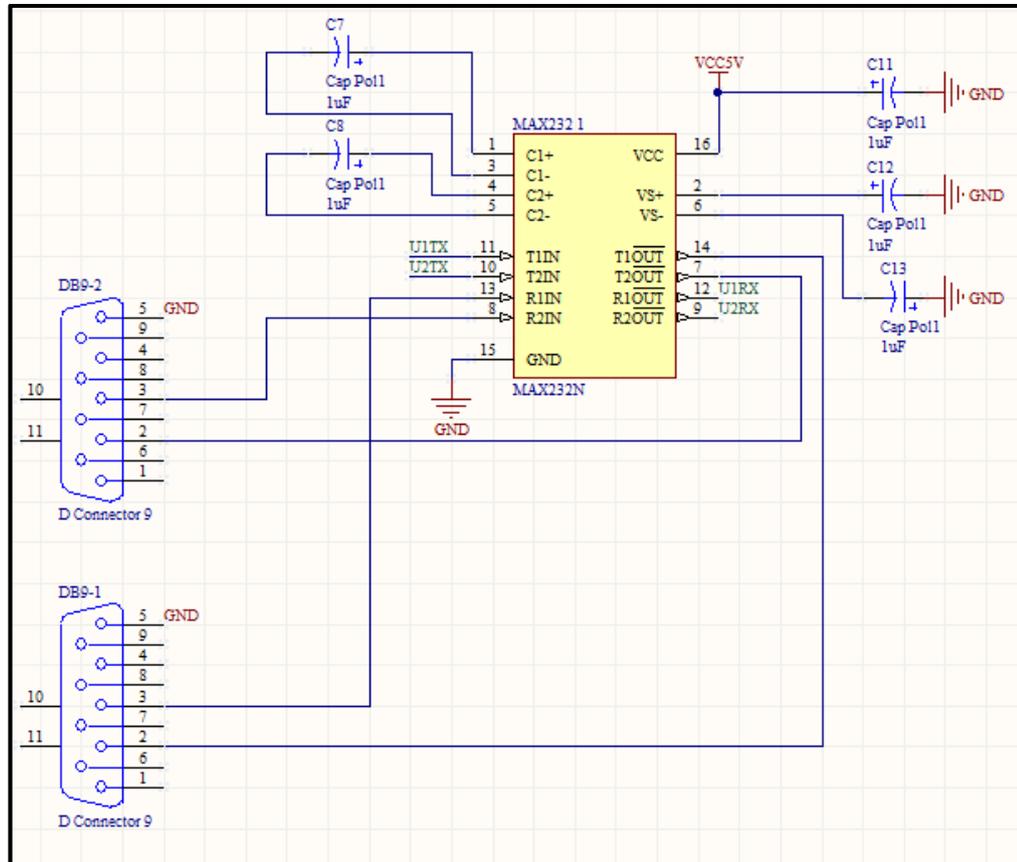


Figura 1.8. Circuito para comunicación RS232

1.3.2.3 Circuitos Complementarios: son circuitos que contienen componentes que usualmente son necesarios en la programación y para el control del programa. En este caso se considera circuitos útiles el utilizar leds, los cuales hemos decidido comandar con el puerto E del microcontrolador, también hemos utilizados pulsantes, los cuales están conectados a los pines de interrupción directa configurables por flanco se subida o de bajada, y un dip switch. A continuación se muestra estos circuitos:

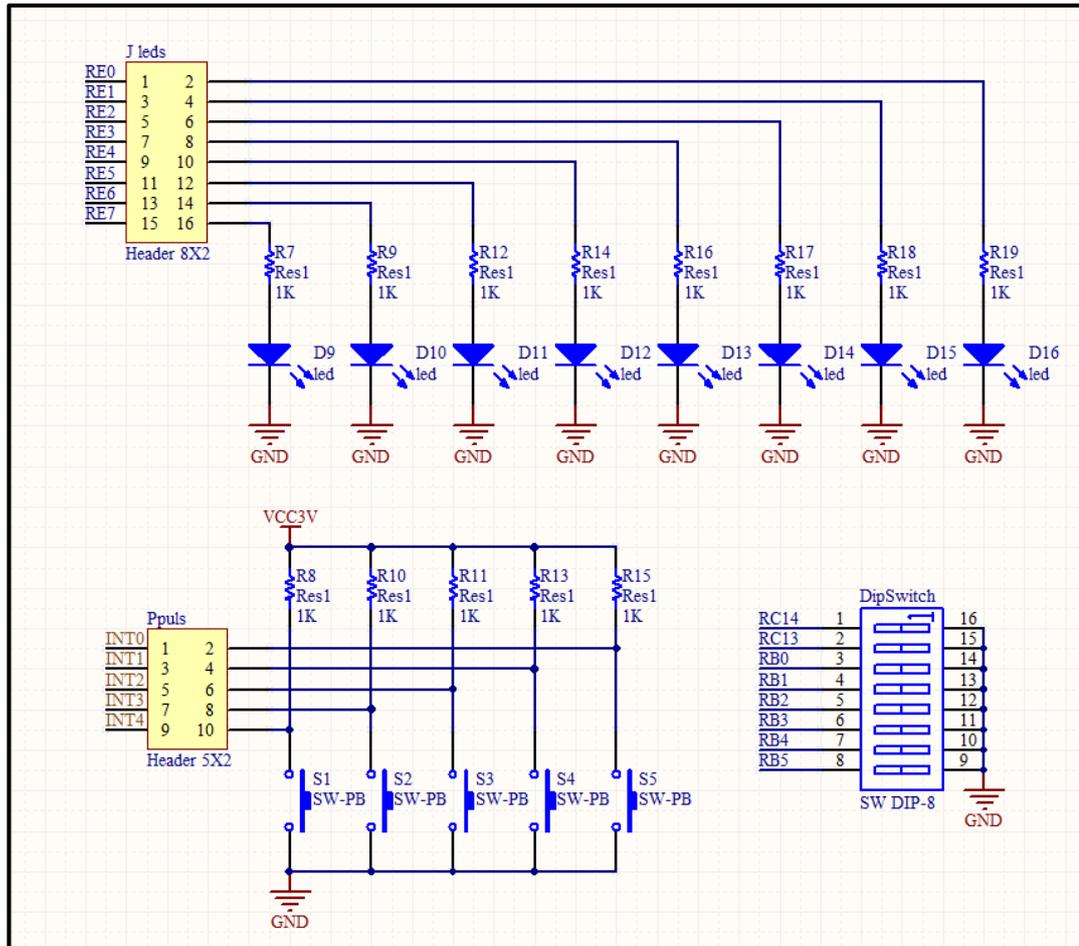


Figura 1.9. Circuito Complementario

El dip switch está conectado directamente a pines del microcontrolador que no nos ofrecen características especiales. Como pueden ser pines ADC, o pines para comunicación SPI, entre otros.

También posee conectores u el circuito para conexión USB, una peineta en el caso que se utilizan los pines de Ethernet, y más. La tarjeta B nos permite tener acceso a cualquier pin del pic ya que posee borneras para esto, también posee peinetas para conectar directamente con los pines que se utilizan para alguna comunicación SPI, I2C y serial. Y otras para conectar los pines del pic con circuitos internos o no. A continuación se muestra la tarjeta B.

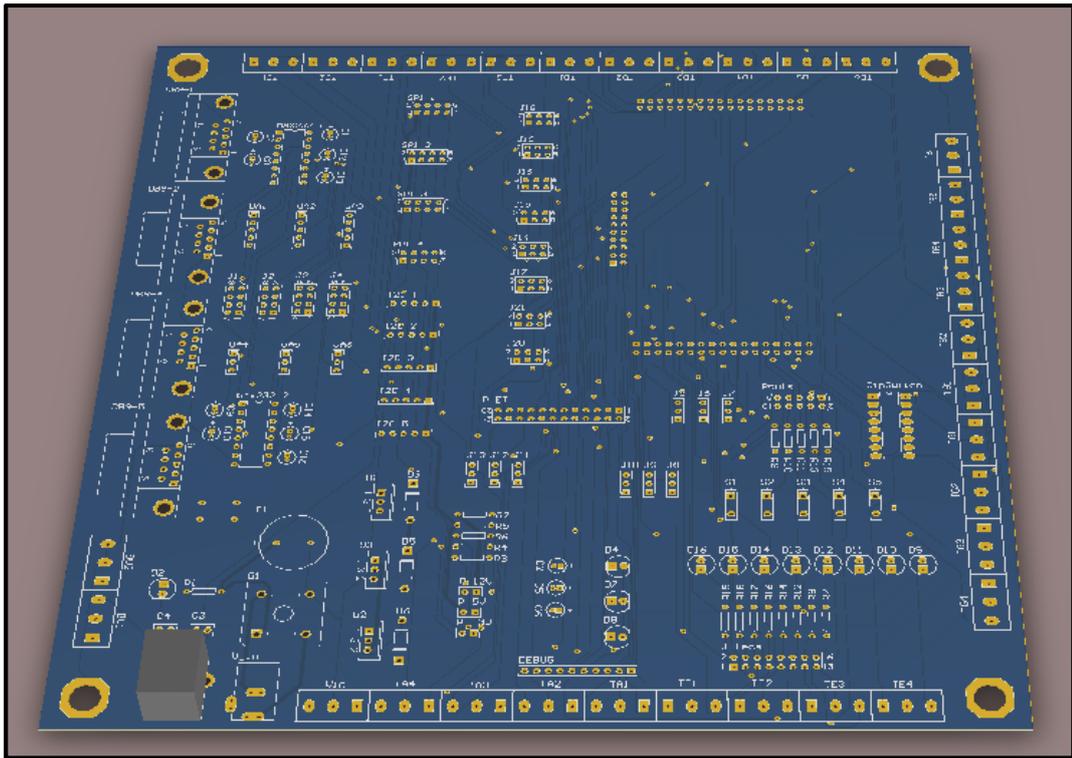


Figura 1.10. Tarjeta B

CAPITULO 2

DESARROLLO DEL INTERFAZ

2.1 Introducción

Al hablar de interfaz del usuario, nos referimos al medio con el cual el usuario puede comunicarse con el equipo, es decir son los puntos de contacto entre el usuario y el equipo. Nosotros deberemos escoger una interfaz en la cual se fácil para el usuario realizar cualquier configuración y observar el estado del equipo. Los equipos normalmente poseen leds indicadores, displays, lcd, teclados y botones para esto. En nuestro caso hemos decidido utilizar un LCD a color y táctil, con la finalidad de ofrecer al usuario la manera más sencilla, y cómoda para dicha acción.

2.2 Marco Conceptual

El esta sección se describirán brevemente algunos conceptos.

2.2.1 Pantallas TFT

“Las pantallas TFT están formadas por uno o más tubos de neón que conforman la luz trasera que ilumina la totalidad de la pantalla. La pantalla está constituida por pequeñas celdas que, a su vez, forman los píxeles de la misma. Cada una de estas celdas tiene dos polarizadores orientados de tal forma que su dirección de polarización es perpendicular. Entre los dos polarizadores se sitúan dos capas de vidrio, llamadas substrato, entre las que se encuentra el cristal líquido propiamente dicho. En función del voltaje aplicado, los cristales se orientan en el espacio y modifican el plano de oscilación de la luz. De esta forma, cada celda puede dejar

pasar la luz o bien bloquearla, y el conjunto de todas ellas es el que genera la imagen visible.”⁹

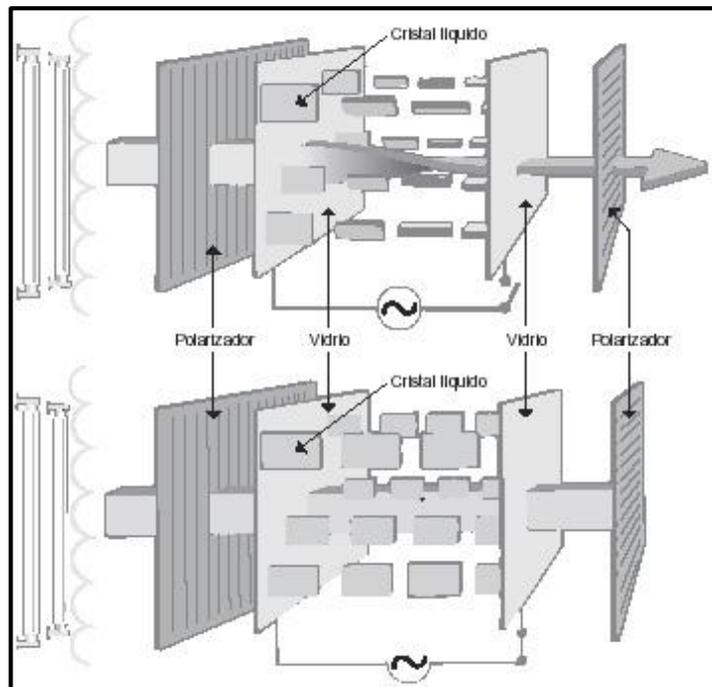


Figura 2.1. Interacción de la luz con las partículas de cristal líquido en una pantalla TFT.

“Cuando no hay diferencia de potencial (figura de arriba) el cristal líquido gira el plano de oscilación de la luz y ésta pasa a través del polarizador frontal. Al aplicar una tensión (figura de abajo) las partículas de cristal se ordenan de forma que el plano de oscilación no se ve alterado y la luz es bloqueada por el polarizador frontal.”¹⁰

2.2.2 Píxeles muertos

“Debido a la complejidad de la tecnología empleada en la fabricación de las pantallas TFT es posible que alguno de los píxeles que componen la pantalla pueda estar defectuoso. Aunque lo deseable es que todos los píxeles funcionen correctamente, esto no es viable desde un punto de vista económico. Por ello, se ha llegado a un consenso que establece como aceptable un número determinado de píxeles defectuosos.”¹¹

⁹⁻¹⁰⁻¹¹ INSHT. . 17 de 03 de 2013.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_678.pdf>.

2.2.3 Tiempos de Respuesta

“Las pantallas TFT carecen de parpadeo ya que los pixeles se crean nuevamente sólo cuando cambia la imagen; en caso contrario, la imagen queda fija y libre de parpadeo. Las TFT pueden considerarse como una fuente de luz sin variación temporal (es decir, frecuencia de refresco de 0 Hz). Por lo tanto la frecuencia de refresco no es un parámetro importante para las pantallas TFT. En su lugar, se suele hablar del tiempo de respuesta que, además, es uno de los parámetros característicos de las pantallas TFT. Se entiende por tiempo de respuesta aquel tiempo necesario para que un píxel se encienda y se apague.”¹²

“La mayoría de pantallas TFT tienen tiempos de respuesta de entre 25 y 20 milisegundos. Estos valores limitan, en cierta medida, el número de imágenes por segundo que la pantalla puede mostrar. Por ejemplo, para un tiempo de respuesta de 25 ms podría pensarse que el número máximo de imágenes por segundo que pueden mostrarse son 40 (que es el valor inverso de 25 ms). Sin embargo, la anterior afirmación no es del todo cierta. Sí que es cierto que una pantalla de esas características sólo podría mostrar 40 veces por segundo la transición de pantalla negra-blanca-negra.

No obstante, ésta no es la situación más común que se da en el trabajo con pantallas de visualización de datos porque las transiciones no suelen ser entre los extremos (blanco-negro) y, en todo caso, no son a pantalla completa.”¹³

2.2.4 Características de la pantalla utilizada.

Para la interface de usuario se ha escogido una pantalla TFT LCD, la cual es touch. Tiene una resolución de 320x240 pixeles, y maneja más de 65 mil colores, su tamaño es 3.2 pulgadas, este LCD incluye un SSD1289 el cual es el controlados del LCD, este soporta varios tipos de comunicación, pero nos comunicamos con el mediante una

¹²⁻¹³ INSHT. . 17 de 03 de 2013.

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_678.pdf>.

comunicación paralelo de 16 bits, ya que de esta manera se tiene mayor control, posibilidades y rapidez. La pantalla posee otras características que como no serán utilizadas no la mencionaremos. A continuación se muestra una imagen del LCD.

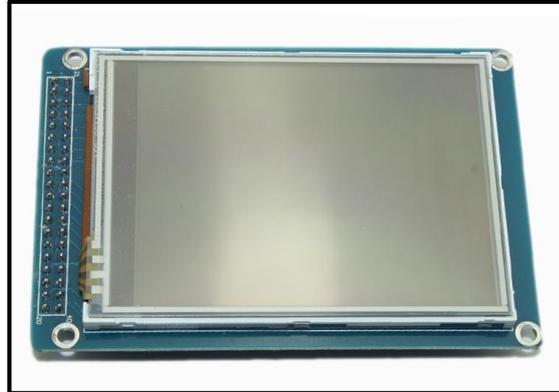


Figura 2.2. LCD TFT 3,2” Arduino

El LCD posee 40 pines, a continuación se muestra un imagen en la cual se indica la función de cada uno de ellos.

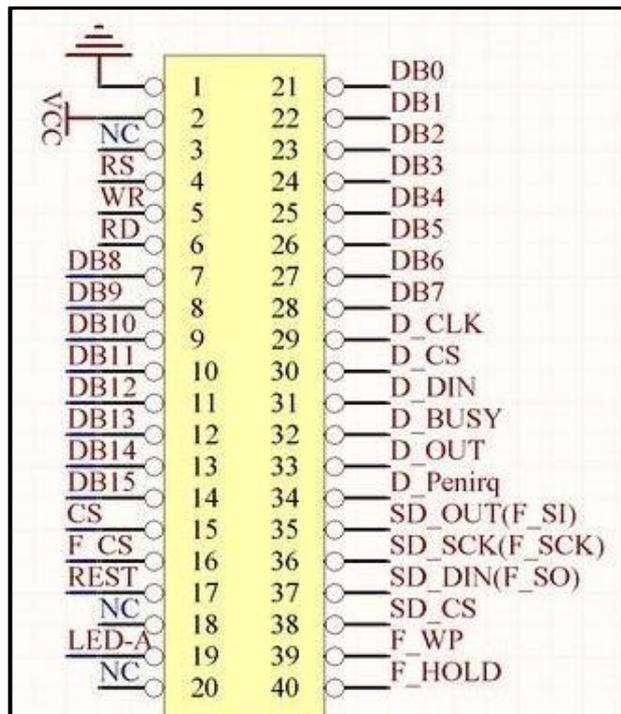


Figura 2.3. Configuración de los pines del LCD TFT 3,2” Arduino.

Fuente: GEEETECH. 3.2TFT LCD < http://www.geeetech.com/wiki/index.php/File:3.2TFT_pin.jpg > [Consulta:

2.2.5 Descripción del integrado ADS7843.

La pantalla posee un ADS7843, el cual se utiliza para controlar la parte táctil de la pantalla, de esta manera ya no se utilizaran teclado. Este integrado se lo maneja a través de SPI. De la misma manera que se controlara la SD card.

Describiendo la manera en que se controla este integrado se podría decir que es básicamente un ADC, el cual me da dos valores, uno que consiste la posición en “Y” y otro en “X”, ya que la pantalla touch es básicamente un partidor, el cual cambia su valor según la posición en la que toquemos la pantalla. A continuación se muestra una figura en la cual se facilita la comprensión de lo mencionado.

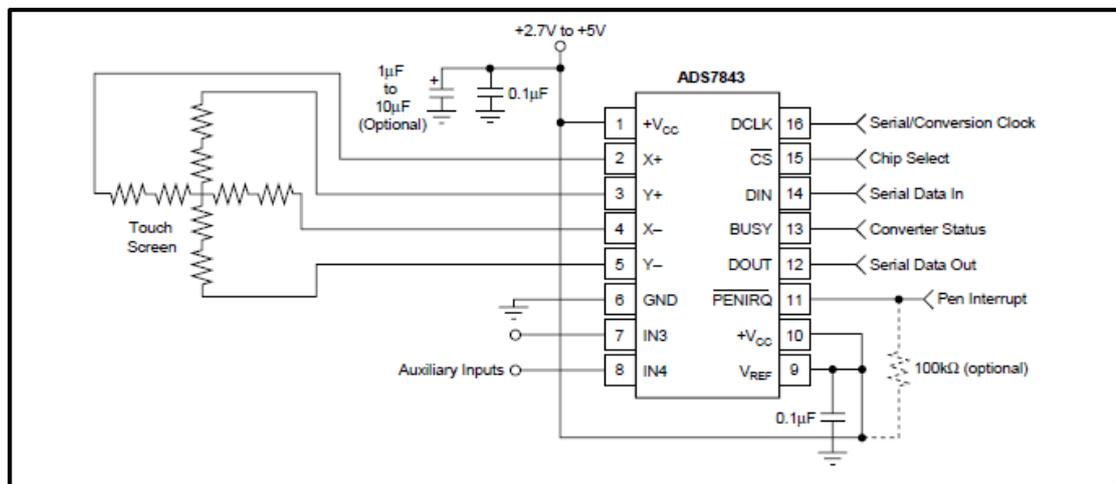


Figura 2.4. Conexión del Integrado ADS7843.

Fuente: Datasheet ADS7843.

2.3 Diseño De La Interfaz Y Configuración Del Equipo

Para la interfaz de usuario se ha escogido un LCD del tipo TFT de 3,2 pulgadas, este lcd es también Qtouch, con lo cual se anula la necesidad de teclados a algún otro tipo de botones, y nos da una interfaz elegante para el usuario.

En el LCD se han programado 5 páginas o pantallas, las cuales se describen a continuación:

Pantalla 1: en esta se encuentra el nombre del equipo, el nombre del autor, el logotipo

de la universidad y los botones para cambiar de página, que también se encuentran en todas las pantallas. Es prácticamente la pantalla de presentación del equipo.

Pantalla 2: en esta pantalla se muestran las lecturas de las diferentes variables que estamos midiendo, como son la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad del viento y la dirección del viento.

Pantalla 3: en esta pantalla podemos observar la hora y fecha actual, como el día de la semana, también permitirá al usuario modificar la hora y fecha que tendrá el RTCC del microcontrolador. Ya que nos ofrece botones programados para modificar de una manera fácil y sin errores, todos estos datos. Los botones que se encuentran en esta pantalla son los siguientes:

- 10 botones que contienen los números del 0 al 9.
- Botón Enter
- Botón Day
- Botón Borrar (cuadro amarillo).

El proceso para cambiar la hora y la fecha se explica a continuación: En la pantalla se muestran los campos de la hora, minutos, segundos, día, mes, año y el día de la semana. El usuario debe tocar el campo que desea modificar y automáticamente se escribirá ese campo en un recuadro amarillo. Una vez seleccionado este campo escribimos dos número los cuales serán los nuevos valores que tomara dicho campo, en el caso se cometer un error, basta con tocar el recuadro amarillo en el cual se escribe el campo seleccionado y los números presionados y se borrarán para repetir el proceso. Una vez que ya se han presionado dichos números presionamos el botón de ENTER eso es todo, los valores han sido cambiados, se repite el proceso para todos los campos excepto el día de la semana y los segundos. Para cambiar el día de la semana, basta con presionar el botón de DAY y los días irán rotando hasta que se selecciones el día que sea el correcto. Los segundos no permite cambio ya que su valor es casi irrelevante en este tipo de equipos.

Pantalla 4: en la pantalla número 4 se pueden configurar la acción de los relés según

los cambios en las variables meteorológicas medidas. Nos permite escoger el máximo y el mínimo de cierto valor en el cual el relé permanezca activado, esta posibilidad nos permitirá configurar el equipo para que maneje diferentes sistemas, maquinas, etc. Según sea requerido, por ejemplo, en un lugar en el cual no se deba elevar la temperatura demasiado, el equipo se podría configurar para que encendiera un sistema de refrigeración cuando sobrepase cierto límite. El procedimiento para la configuración es el siguiente:

En la pantalla se observan cuatro variables, temperatura, Humedad Relativa, Presión Atmosférica y Velocidad del viento. El usuario debe seleccionar la que desea configurara tocándola en la pantalla, en ese momento el nombre de dicha variable se escribe en la parte de abajo para indicar al usuario que esa variable esta seleccionada y es la que van a configurar. Una vez seleccionada, ajustamos los valores del máximo y el mínimo mediante 4 botones que se encuentran en la parte más debajo de la pantalla, en esto botones se observan los siguientes signos: + - + - lo cual no permite incrementar y disminuir los valores de cada una. Una vez ya ajustados los valores deseados, el usuario activa esta función tocando en la última casilla de cada variable, en la cual su valor cambia de on a off y viceversa.

Pantalla 5: en esta última pantalla, podremos configurara la frecuencia con la cual nosotros deseamos almacenar los datos y también accionar esta característica. Contiene únicamente 3 botones, el circular es para accionar o desactivar esta función de guardar las variables en archivos, y los otros dos botones rectangulares para cambiar la frecuencia en la cual se guardaran los datos, que van desde 1 minuto hasta 1 mes.

CAPITULO 3

PROGRAMACIÓN DEL PIC

3.1 Introducción

Se realizara la programación para el control de todos los periféricos del proyecto, los cuales son, los sensores; Termómetro, Higrómetro, barómetro, anemómetro y veleta. También el control del LCD-touch, los relés, comunicación con la memoria sd-card y el control del RTCC.

3.2 Marco Conceptual

El esta sección se describirán brevemente algunos conceptos.

3.2.1 Mikroelectrónica

Mikroelectrónica es una empresa con sede en Belgrado, Serbia, que fabrica y comercializa tarjetas electrónicas para el desarrollo con micro controlador, accesorio para tarjetas electrónicas, compiladores y libros.

3.2.2 MikroC Pro for PIC 32

MikroC PRO para PIC32 es una herramienta completa ANSI C de la empresa Mikroelectrónica, un compilador para dispositivos PIC32 de Microchip. Facilita el desarrollo de código para dispositivos PIC32. Cuenta con IDE intuitivo, un compilador con optimizaciones avanzadas de la SSA, variedad en hardware y software, bibliotecas y algunas herramientas adicionales que ayudarán en diferentes trabajos. El Compilador viene con amplio archivo de ayuda y unas listas para usar ejemplos.

3.2.3 Lenguaje C

“El lenguaje de programación C fue creado por Dennis M. Ritchie entre 1969 y 1973 cuando trabajaba en Bell Laboratories de AT&T junto con Ken Thompson en el diseño del sistema operativo UNIX. Fue creado con la finalidad de escribir dicho sistema operativo en lenguaje de alto nivel, independientemente del hardware en donde se ejecutara.”¹⁴

“Contar con un lenguaje de alto nivel permitió el avance de los sistemas operativos, ya que el mismo código podía ser utilizado en distintas plataformas, propiciando la reutilización del código y reduciendo los tiempos de desarrollo.”¹⁵

“Así que los sistemas operativos basados en UNIX, el sistema BSD, el sistema GNU/Linux, y muchos otros fueron desarrollados en C.”¹⁶

“Con el paso del tiempo se han desarrollado un sin número de bibliotecas que han permitidos a los programadores utilizar el código desarrollados por otros para la realización de tareas comunes, Esto a su vez, ha propiciado aún más el desarrollo de aplicaciones en lenguaje de programación C.”¹⁷

3.3 Subrutinas del Programa

En la siguiente sección se explican e indican brevemente las subrutinas más relevantes.

3.3.1 Subrutina Principal

En la figura 16 se muestra la subrutina principal del programa (MAIN), no es más que la llamada de la siguiente subrutina: al inicial el programa llama a la subrutina de inicialización, la cual realiza las configuraciones previas de los periféricos necesarias para que el equipo funcione. Después se llama a la subrutina para leer la pantalla touch, se coloca la imagen adecuada en la pantalla, se verifica que relés hay que activar, se

^{14_15-16-17} *Iscaesenandoc.wordpress*. s.f. <<http://Iscaesenandoc.wordpress.com/historia/>>.

apaga o enciende la luz de backlight según la actividad del usuario y finalmente se verifica si se almacena ya los datos.

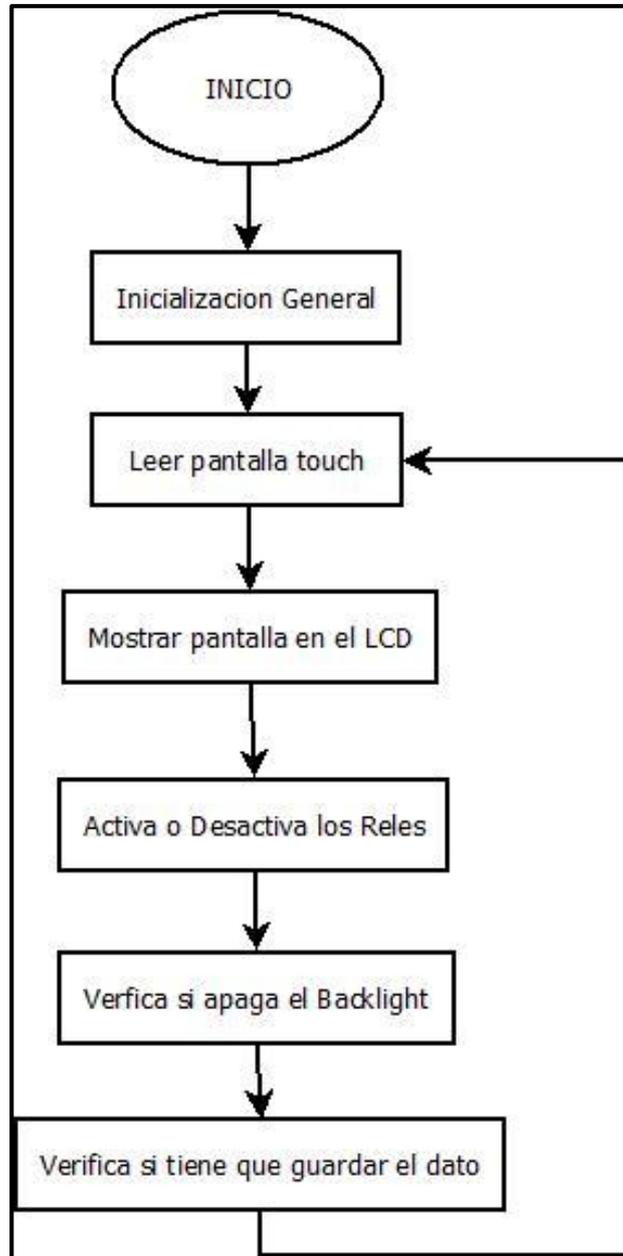


Figura 3.1. Diagrama de flujo de la subrutina principal

Diagrama de flujo simplificado de la lectura o detección de actividad en la pantalla QTouch

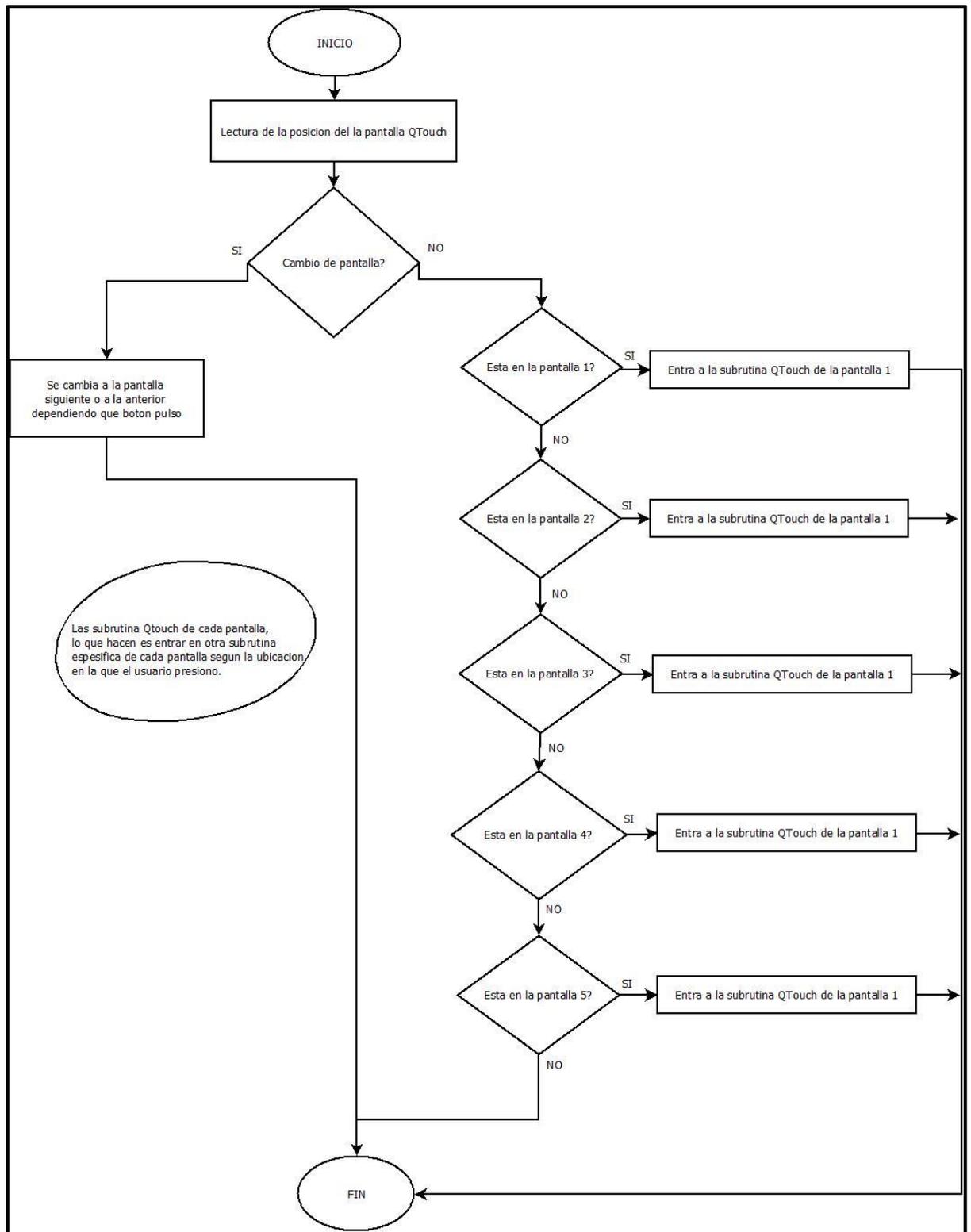


Figura 3.2. Diagrama de flujo de la Lectura del Qtouch.

3.3.2 Diagrama de flujo simplificado de la visualización de cada pantalla seleccionada en el LCD

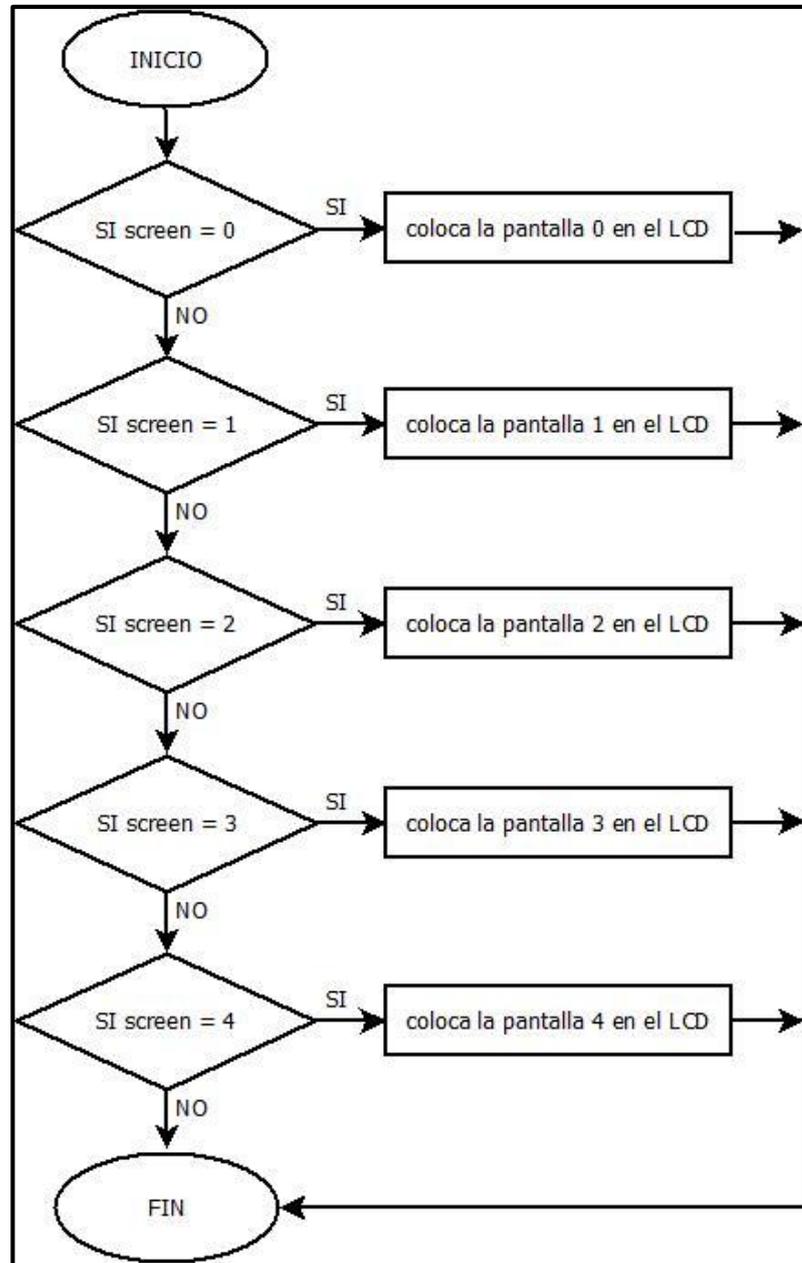


Figura 3.3. Diagrama de flujo de la visualización del LCD

3.3.3 Diagrama de flujo simplificado del accionamiento de los relés

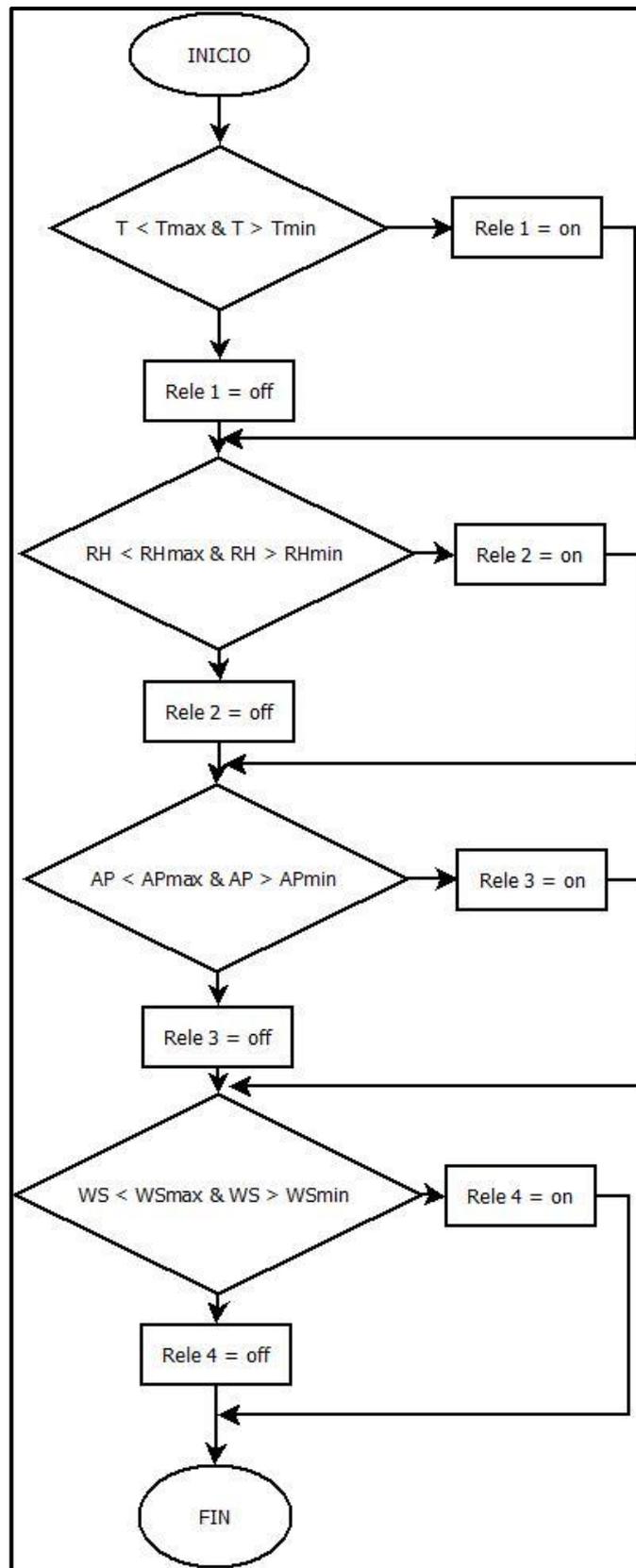


Figura 3.4. Diagrama de flujo del accionamiento de reales

Diagrama de flujo simplificado de la subrutina de almacenamiento de datos

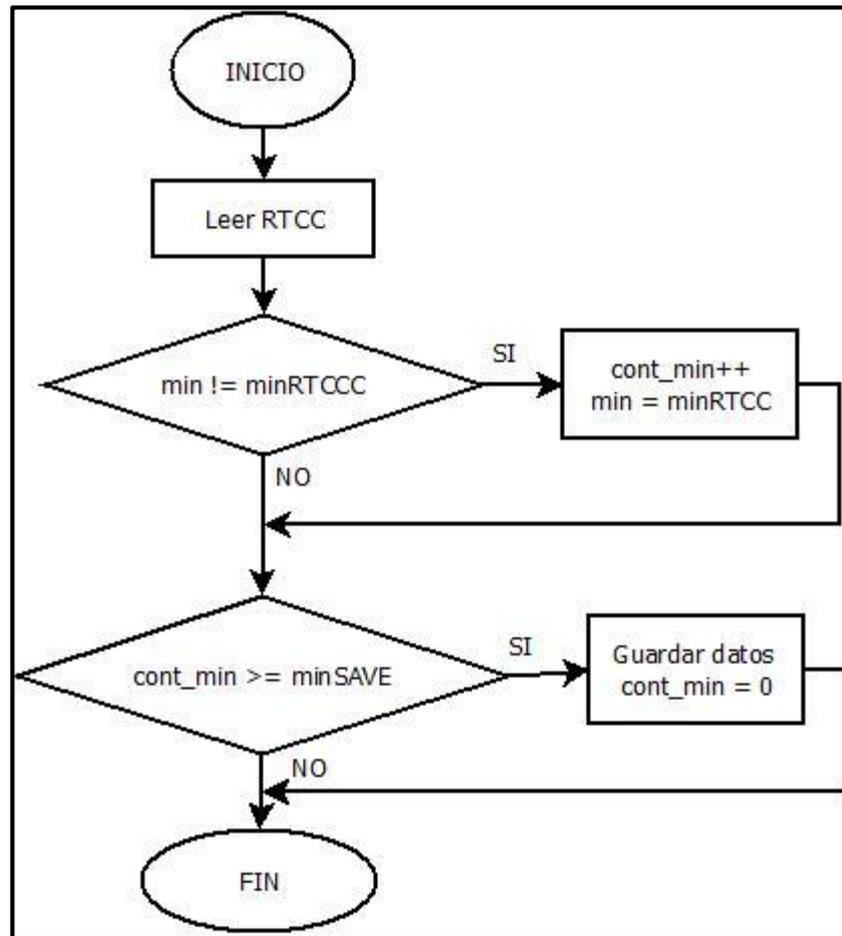


Figura 3.5. Diagrama de flujo del almacenamiento de datos

3.3.4 Subrutina de Lectura de Temperatura

```

void test_Temp()
{
    a = 8.54942e-4;
    b = 2.57305e-4;
    c = 1.65368e-7;
    adc = ADC1_Read(2);
    r = 344000*adc/(5115-3.44*adc);
    lne = log(r);
    tk = 1 / ( a + b * lne + c * lne * lne * lne);
    //tc = tk - 273.15;
  
```

```
tc = floor((tk - 273.15) * 100) / 100; }
```

3.3.5 Subrutina de Lectura de la Humedad Relativa

```
void test_RH()
{
  adc = ADC1_Read(3);
  r = adc/1023*3440;
  lne = r * 710/560;
  RH = 0.0375*lne-37.7;
  RHf = (floor((RH) * 100) / 100)+3;
  if (RHf > 100) {RHf = 100;}
  if (RHf < 0) {RHf = 0;} }
```

3.3.6 Subrutina de Lectura de la Presión Atmosférica

```
void test_Presion()
{
  adc = ADC1_Read(4);
  Pre = ((adc*37*3440/(22*1023*5000))+0.095)/0.009;
  Pref = Pre*0.95; }
```

3.3.7 Subrutina de Lectura de la Velocidad del viento

```
void test_ws()
{
  adc = ADC1_Read(5);
  ws = (adc - 79)/3;
  if (ws > 200 || ws < 0) {ws = 0;} }
```

3.3.8 Subrutina de Lectura de la Dirección del viento

```
void test_wd()
```

```
{  
  adc = ADC1_Read(6);  
  if (adc > 510 && adc < 520){ wd = 0;}  
  if (adc > 555 && adc < 565){ wd = 1;}  
  if (adc > 612 && adc < 622){ wd = 2;}  
  if (adc > 748 && adc < 758){ wd = 3;}  
  if (adc > 803 && adc < 813){ wd = 4;}  
  if (adc > 820 && adc < 830){ wd = 5;}  
  if (adc > 849 && adc < 859){ wd = 6;}  
  if (adc > 900 && adc < 910){ wd = 7;} }  
}
```

CAPITULO 4

SOFTWARE

4.1 Introducción

En esta sección se explica el software que se utiliza para poder leer la información del equipo.

4.2 Datos

El equipo almacena los datos en una SD card, estos datos tienen que ser leídos a través de un computador, con el fin de mejorar el sistema, se procedió a crear archivos directamente en la tarjeta SD, en los cuales se encuentra la información de todas las mediciones, de esta manera, de esta manera dicha información es de fácil acceso, ya que se podrá leer desde cualquier computador (que disponga de un puerto para una SD card) y ser visualizados en cualquier programa, como es el caso de Microsoft Excel o simplemente desde el block de notas.

4.3 Utilizando Microsoft Excel

En este caso se debe proceder a extraer la memoria SD card del equipo e ingresarla en el computador, una vez ya abierta la memoria se debe hacer clic derecho y seleccionar “Abrir como” en este momento se debe elegir “escoger un software ya instalado” y se debe seleccionar en Microsoft Excel, y hacemos clic en abrir, y ya se pueden visualizar todos los datos en forma de tablas, la fecha y la hora en la cual se tomó estas lecturas.

CAPITULO 5

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE LOS PCBS

5.1 Introducción

En este capítulo se detallarán los PCBs del equipo, es decir, los circuitos que se diseñaron para el acople de los sensores, control de relés, entre otros.

5.2 Marco Conceptual.

En esta sección se describirán brevemente algunos conceptos.

5.2.1 Sensor de Temperatura y Humedad. (Termómetro e higrómetro)

Para medir la temperatura y humedad se ha escogido un sensor de gran calidad que nos ofrece la posibilidad de obtener las dos variables en un mismo dispositivo, a continuación se describen las características del sensor.

El HTM2500LF es un sensor que nos permite medir temperatura en el rango de -40 a 85°C y la humedad relativa del ambiente. Posee una carcasa metálica, lo cual lo hace ideal para cualquier tipo de ambiente, nos brinda una alta fiabilidad y estabilidad a largo plazo, solo puede alimentar al sensor con tensiones desde 3V hasta 10V dc. EL sensor está diseñado para un gran número de aplicaciones con son industriales, para procesos de control, adquisición de datos, etc.

VALORES MAXIMOS

Valoraciones	símbolo	valor	unidad
Temperatura de almacenamiento	Tstg	-40 a 85	C
Humedad de almacenamiento	RHstg	0 a 100	% RH
Tensión de alimentación	Vs	12	Vdc
Tolerancia a la humedad	RH	-40 a 85	C
Tolerancia a la temperatura	Ta	0 a 100	% RH

Tabla 3. Características del HTM2500LF

En la siguiente figura se muestra el rango de operación del sensor:

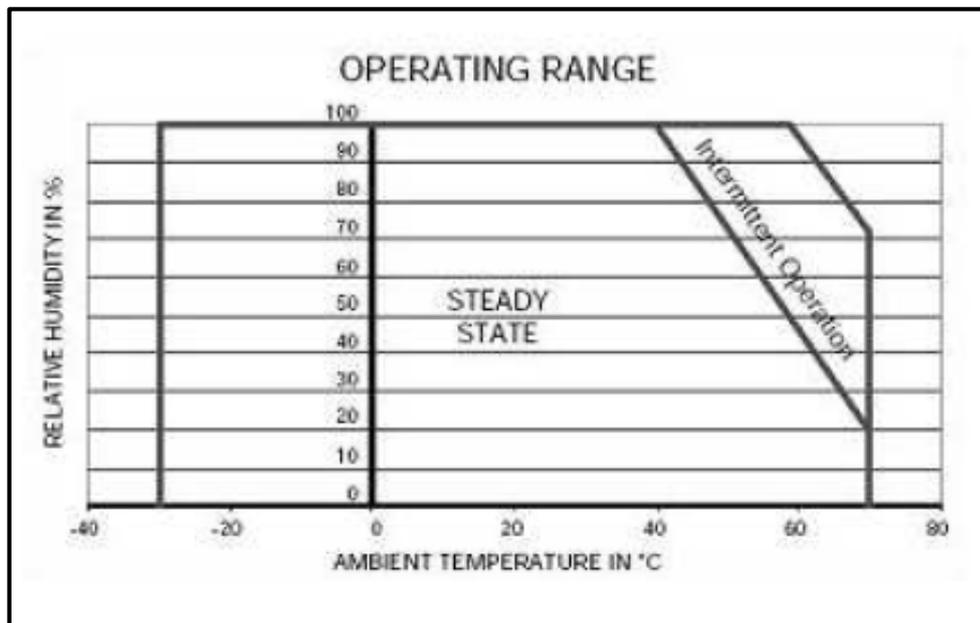


Figura 5.1 Rango de operación de HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

(Ta=23°C, Vs=5Vdc +/-5%, RL>1MΩ unless otherwise stated)					
Humidity Characteristics	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Humidity Measuring Range	RH	1		99	%RH
Relative Humidity Accuracy (10 to 95% RH)	RH		+/-3	+/-5	%RH
Supply Voltage	Vs	4.75	5.00	5.25	Vdc
Nominal Output @55%RH (at 5Vdc)	Vout	2.42	2.48	2.54	V
Current consumption	Ic		1.0	1.2	mA
Temperature Coefficient (10 to 50°C)	Tcc		+0.1		%RH/°C
Average Sensitivity from 33% to 75%RH	$\Delta V_{out}/\Delta RH$		+26		mV/%RH
Sink Current Capability (RL=15kΩ)	Is			300	μA
Recovery time after 150 hours of condensation	tr		10		s
Humidity Hysteresis			+/-1.5		%RH
Long term stability	T		+/-0.5		%RH/yr
Time Constant (at 63% of signal, static) 33% to 76%RH ⁽¹⁾	τ		5		s
Output Impedance	Z		70		Ω

(1) At 1m/s air flow

Tabla 4 Características del HTM2500LF con respecto a la Humedad

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

SENSOR DE HUNMEDAD

El sensor de humedad nos da una variación de tensión, a continuación de muestra una tabla en la que se pueden observar las diferentes tensiones que se obtienen con respecto a los valores de humedad relativa medidos, con una alimentación de 5V.

RH (%)	Vout (mV)	RH (%)	Vout (mV)
10	1235	55	2480
15	1390	60	2605
20	1540	65	2730
25	1685	70	2860
30	1825	75	2990
35	1960	80	3125
40	2090	85	3260
45	2220	90	3405
50	2350	95	3555

Tabla 5. Valores de voltaje de salida según la RH del HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

Este sensor no facilita la lectura de la RH ya que no solo nos da valores de tensión directa, sino también por el hecho de que es lineal, lo cual facilita la conversión de tensión a RH. A continuación se muestra un gráfico de su linealidad.

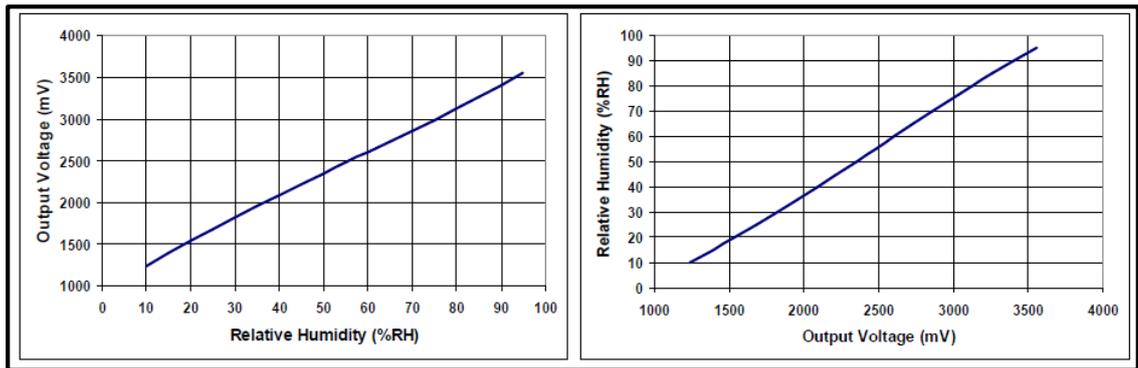


Figura 5.2 Linealidad del sensor de Humedad Relativa

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

La ecuación lineal que necesitamos para obtener los valores de RH es:

$$RH = 0,0375 * V_{out} - 37,7$$

En esta fórmula tenemos que aclarar que el voltaje está en mV y la temperatura está en %.

SENSOR DE TEMPERATURA

El sensor de temperatura es básicamente un termistor del tipo NTC. A continuación se muestra una tabla en la cual están sus valores de resistencia según la temperatura.

Temp (°C)	R (Ω)	Temp (°C)	R (Ω)
-40	195652	25	10000
-35	148171	30	8315
-30	113347	35	6948
-25	87559	40	5834
-20	68237	45	4917
-15	53650	50	4161
-10	42506	55	3535
-5	33892	60	3014
0	27219	65	2586
5	22021	70	2228
10	17926	75	1925
15	14674	80	1669
20	12081	85	1452

Tabla 6. Valores de voltaje de salida según la Temperatura del HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

A continuación se muestra la ecuación que nos facilitara la obtención del valor de la resistencia en base a la temperatura.

$$\frac{1}{T} = a + b * \ln(R) + C * \ln(R) * \ln(R) * \ln(R)$$

R	NTC resistance in Ω at temperature T in K
T	Temperature in K
a	Constant value (a = 8.54942E-04)
b	Constant value (b = 2.57305E-04)
c	Constant value (c = 1.65368E-07)

Figura 5.3. Obtención del valor de resistencia

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

Debido a que este sensor lo que me da es una variación de resistencia según la temperatura, se ha seguido la sugerencia del fabricante, el cual nos indica hacer un partidor de tensión, con lo cual se puede cambiar de una variación de resistencia a una variación de voltaje. De esta manera, el PIC podrá leer dicho valor y así determinar la temperatura.

A continuación se muestra el circuito recomendado por el fabricante.

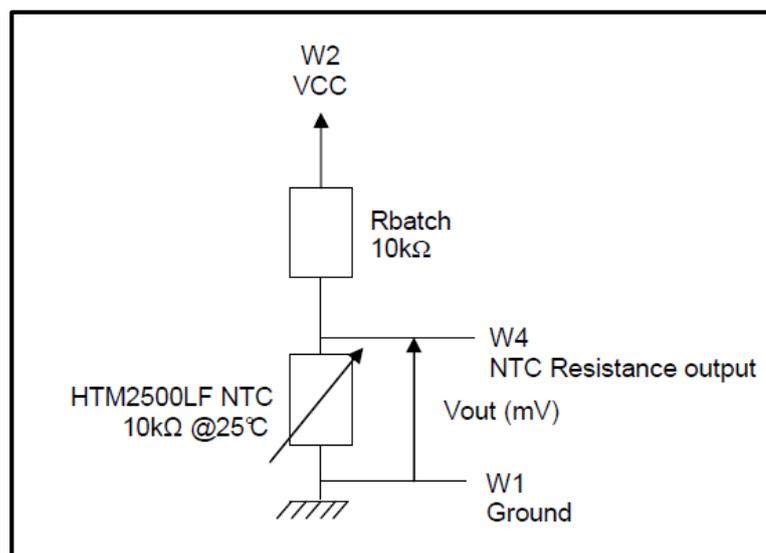


Figura 5.4. Circuito recomendado por el fabricante para la conexión del sensor de temperatura

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

A continuación se muestra la tabla obtenida con este circuito:

Temp (°C)	R (Ω)	Pull-up Configuration Vout (mV)
-40	195652	4757
-30	113347	4595
-20	68237	4361
-10	42506	4048
0	27219	3657
10	17926	3210
20	12081	2736
25	10000	2500
30	8315	2270
40	5834	1842
50	4161	1469
60	3014	1158
70	2228	911
80	1669	715

Tabla 7. Valores de voltaje resultantes

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

Nosotros hemos realizado el mismo circuito, pero hemos sustituido la resistencia de 10K por una de 100K.

Con lo cual se reducen los valores de tensión, con el fin de que el máximo valor no exceda los 3V, ya que podría quemar el pin ADC del PIC.

A continuación de muestra la tabla resultante:

T	R OMS	Vout r=100k
-40	195652	3,309
-35	148171	2,985
-30	113347	2,656
-25	87559	2,334
-20	68237	2,028
-15	53650	1,746
-10	42506	1,491
-5	33892	1,266
0	27219	1,070
5	22021	0,902
10	17926	0,760
15	14674	0,640
20	12081	0,539
25	10000	0,455
30	8315	0,384
35	6948	0,325
40	5834	0,276
45	4917	0,234
50	4161	0,200
55	3535	0,171
60	3014	0,146
65	2586	0,126
70	2228	0,109
75	1925	0,094
80	1669	0,082
85	1452	0,072

Tabla 8. Valores de voltaje de salida según la Temperatura del HTM2500LF con resistencia de 100k en vez de la de 10K

ESTRUCTURA DEL HTM2500LF

A continuación se muestra un gráfico de la forma y medidas del dispositivo de medición de temperatura y humedad relativa y una tabla de sus dimensiones:

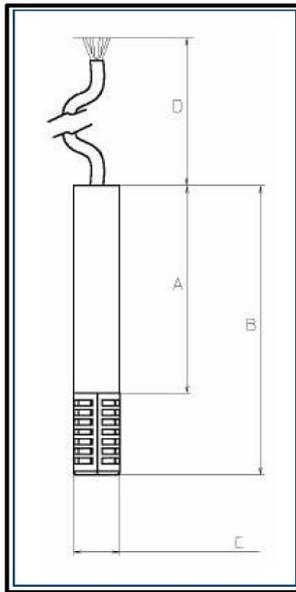


Figura 5.5. Forma y Tamaño de HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

Dim	Min (mm)	Max (mm)
A	53	55
B	74.3	76.3
C	11.2	11.6
D* (HTM2500LF)	200	250
D* (HTM2500LFL)	1450	1550

Tabla 9. Dimensiones del HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

Wire	Cable Color HTM2500LF	Cable Color HTM2500LFL	Function
W1	Brown	Black	Ground
W2	White	Orange	Supply Voltage
W3	Yellow	Yellow	Humidity Voltage Output
W4	Green	Purple	Temperature Output (NTC Direct)
W5	Black (thick)	Black (thick)	Shield

Tabla 10. Identificación de los cables del HTM2500LF

Fuente: Datasheet HTM2500LF – Temperature and Relative Humidity Module

5.2.2 Sensor de Presión Atmosférica (Barómetro)

Para medir la presión atmosférica hemos optado por utilizar el sensor MPX4115A, el cual es un sensor integrado de silicio de la marca Motorola. Este sensor posee un circuito con amplificadores operacionales y una red de resistencias de película delgada con lo cual provee una alta salida de la señal y compensación de la temperatura. Su pequeño tamaño y bajo costo a comparación de otros sistemas de medición de la presión atmosférica lo hacen conveniente para casi cualquier aplicación.

CARACTERISTICAS

- 1,5% máximo de error de 0 a 85C
- Conveniente en sistemas basados con microcontrolador o microprocesador.
- Compensación de temperatura de -40C a 125C
- Echo de durable material termoplástico, de montaje superficial.

EJEMPLO DE APLICACIONES

- Altímetro de aviación
- Industrias de control
- Control de motor
- Estaciones meteorológicas y climáticas.

A continuación se muestra un esquema del sensor:

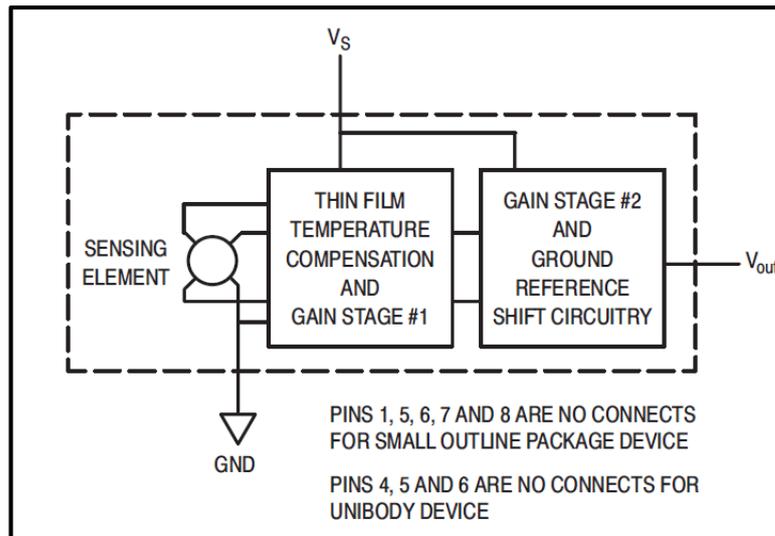


Figura 5.6. Esquema del MPX4115A

Fuente: Motorola Semiconductor Technical Data MPX4115A

A continuación se muestra los tipos de encapsulados que se encuentran disponibles para este sensor.

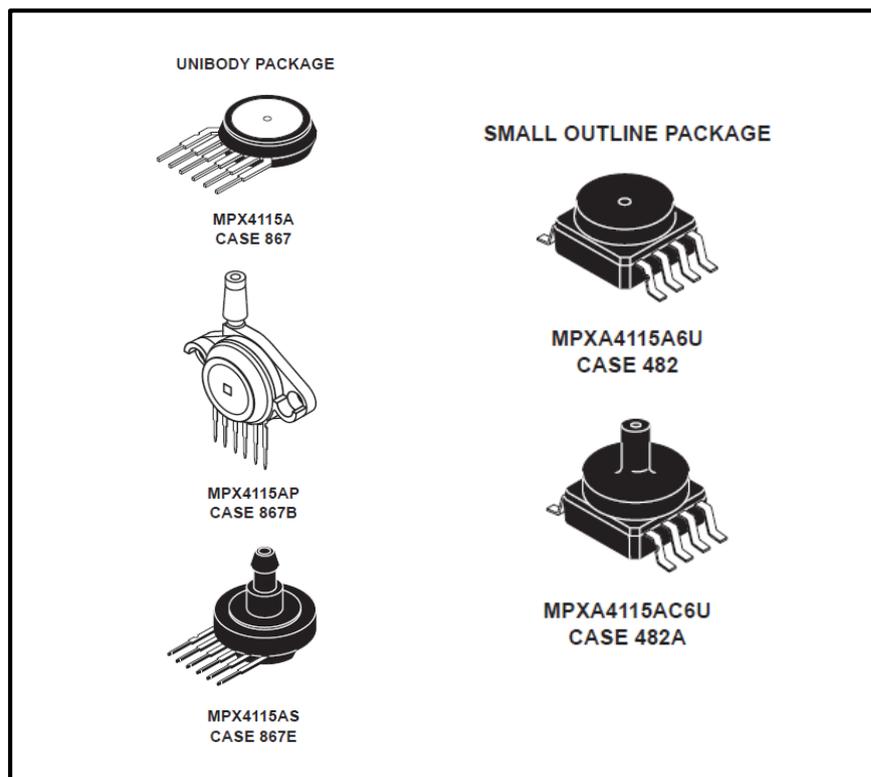


Figura 5.7. Tipos de encapsulado del MPX4115A

Fuente: Motorola Semiconductor Technical Data MPX4115A

El encapsulado de nuestro sensor es el case 867.

Como vemos en este sensor tenemos 6 pines, pero solo se necesitan conectar tres pines 2 para alimentación que son Vdd y GND y en el tercer pin obtendremos un valor de tensión el cual nos indicara la presión atmosférica.

A continuación se muestra el circuito utilizado por el sensor que recomienda el fabricante:

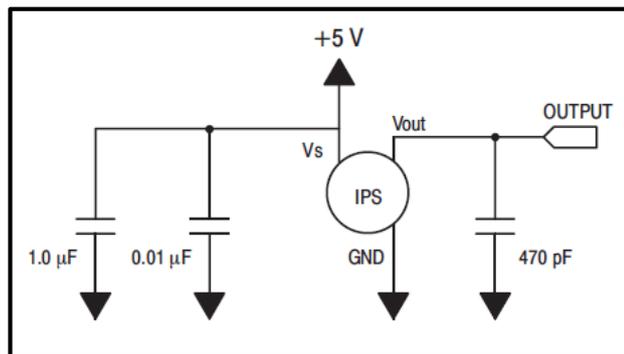


Figura 5.8. Circuito recomendado por el fabricante para la conexión del MPX4115A

Fuente: Motorola Semiconductor Technical Data MPX4115A

Con la única diferencia que la señal, antes de que llegue al pin del PIC pasa por un partidor de tensión el cual evita que exceda valores de 3V, como ya se explicó anteriormente para evitar que el pin ADC del pic sufra danos.

Este sensor es lineal, lo que facilita el cálculo del mismo y también la corrección de error en la medición. A continuación se muestra una gráfica en la cual se muestra claramente su linealidad y su fórmula para el cálculo de la A.P.

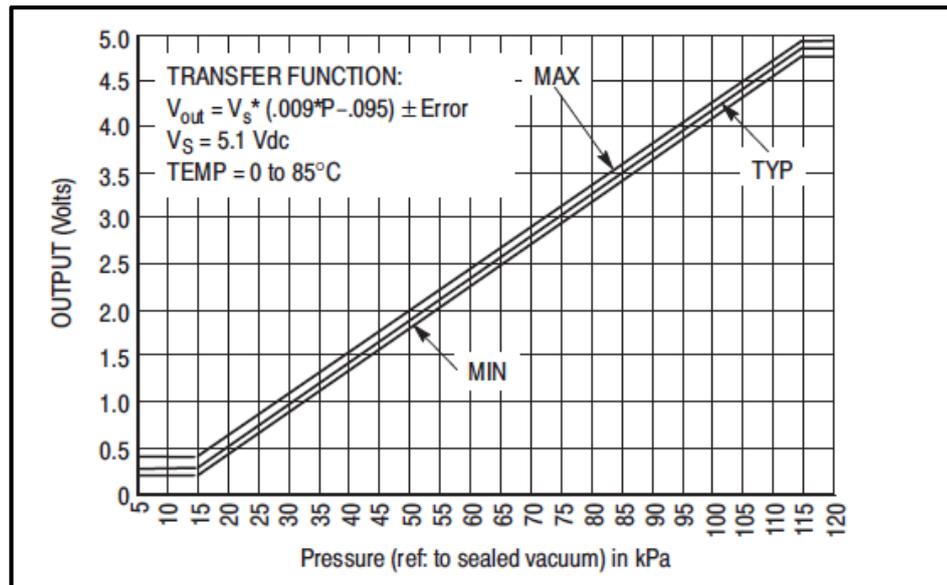


Figura 5.9. Linealidad del MPX4115A

Fuente: Motorola Semiconductor Technical Data MPX4115A

5.2.3 Sensor para medir la dirección del viento (VELETA)

Para medir la velocidad del viento se ha construido una estructura de hierro básicamente, la cual tiene un veleta que se encuentra en su eje un rodamiento el cual la une a un tubo de mayor espesor, para poder obtener la dirección del viento se ha colocado sensores magnéticos cada 45 grados, en la parte móvil de la veleta, se ha colocado un imán el cual ira activando cualquier de los sensores magnéticos según su posición con lo cual sabremos con una ubicación correcta del equipo en qué dirección sopla el viento.

Debido a que la veleta se debe colocar dependiendo de la aplicación un poco alejada del equipo, se realizó un circuito con lo cual se obtiene un valor analógico (tensión) en vez de un valor binario, con lo cual el equipo se podrá conectar a la veleta con tan solo 3 cables.

Facilitando en gran medida su conexión, es circuito es básicamente un partidor el cual cambio la segunda resistencia de valor dependiendo que sensor magnético se active, de esta manera el pic podrá leer fácilmente y calcular el punto cardinal correcto en el cual sopla en viento.

De esta manera se puede decir que la veleta está diseñada y construida para indicar la velocidad del viento hacia el Norte, Sur, este, oeste, sur oeste, sur este, noroeste, y noroeste. Solo necesita tres cables para su conexión y se ha corroborado su alta efectividad en las pruebas de campo.

A continuación se muestra la veleta construida:



Figura 5.10. Veleta

5.2.4 Sensor para medir la velocidad del viento (ANEMOMETRO)

Este sensor también es construido, ya que la compra de uno profesional representa un elevado costo, para la construcción de este sensor se ha construido una estructura muy similar a la de un anemómetro que se encuentra en el mercado, con diferentes materiales eje de acero, semiesferas de plástico, resina líquida, endurecedor de resina líquida, madera, etc. En el eje, se ha colocado un pequeño motor de DC, el cual en el momento que gira, genera una pequeña tensión en el rango de los mili voltios dependiendo de su velocidad, con lo cual nosotros mediante cálculos estimamos la velocidad del viento.

El circuito para adaptar la señal consiste básicamente en un amp op para amplificación de la señal, y unos diodos zener para reducir y acoplar a las tensiones que soporta el microcontrolador, evitando también cualquier tensión inversa. A continuación se muestra el anemómetro construido:



Figura 5.11. Anemómetro

5.3 PCBs

En esta sección se describirán los PCBs adicionales.

5.3.1 PCB para el sensor de Temperatura, Humedad Relativa y Presión Atmosférica

Debido a que la mayoría de estos sensores funcionan a 5V, y nuestro microcontrolador funciona en niveles de 3V, lo que se procedió a hacer es, reducir la tensión de la señal, que el microcontrolador debe procesar, con el fin de determinar el valor de la variable correspondiente.

En el caso del sensor de temperatura y de humedad HTM2500LF, para medir la humedad relativa este sensor nos da directamente niveles de voltaje, y debido a que en ciertos valores de humedad nos da niveles superiores de 3V aplicamos un partidor de tensión.

Para medir la temperatura, el sensor lo hace a través de transductor termo resistivo, con lo cual para obtener niveles de tensión se tiene que colocar una resistencia en serie, en nuestro caso se colocó una de 100K con lo cual la tensión no supera los 3V.

En el sensor de presión atmosférica se realizó el circuito que recomienda el fabricante

y se añadió un partidor de tensión al final.

5.3.2 PCB para el sensor de Dirección del viento

Para poder medir la dirección del viento se realizó una veleta a base de hierro y rodamiento, y se le colocó cada 45 grados, sensores magnéticos en la parte fija y en la parte móvil se le colocó el imán, con lo cual nos indicaría si se encuentra el viento apuntando al Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Noreste, Sureste y Suroeste. Para disminuir la cantidad de cables se realizó el siguiente circuito.

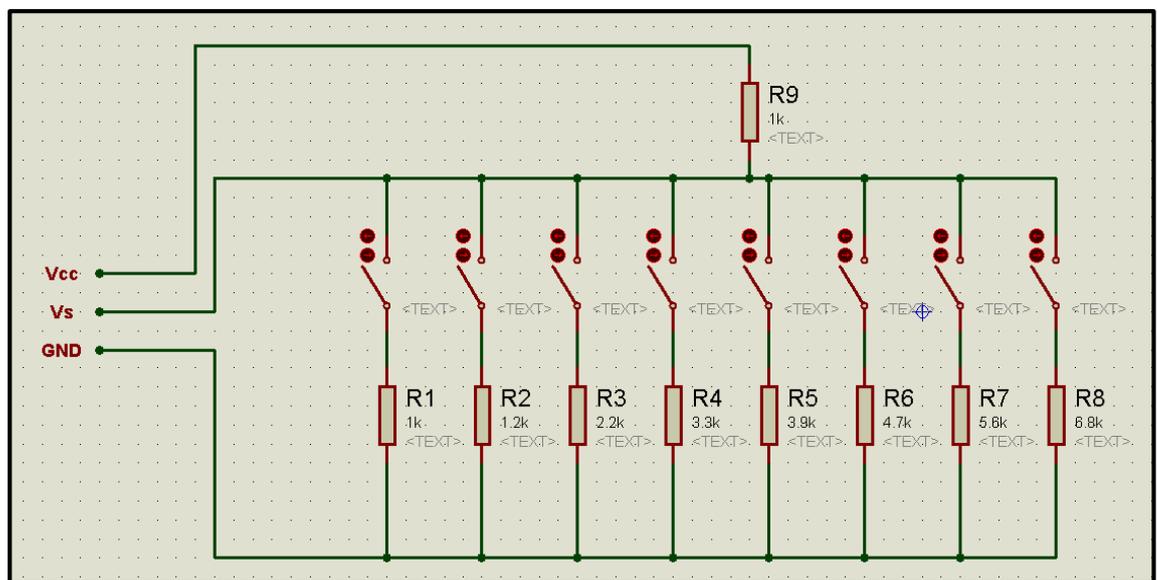


Figura 5.12. Circuito para reducción de cables de la veleta

Con lo cual, se puede leer el valor de la tensión de Vs y saber en qué dirección está apuntando el viento, el circuito es básicamente partidores de tensión en paralelo, cada uno se activa dependiendo que sensor magnético se active, si no se activa ninguno el valor de la tensión será el de Vcc. Con esta configuración de un valor en binario, se puede obtener un valor analógico, y suprimir gran cantidad de cables.

5.3.3 PCB para el sensor de Velocidad del viento

Para el sensor de velocidad del viento se utilizó un pequeño motor de DC al cual se le adaptaron las palas semiesféricas las cuales giraban por fuerza del viento, debido a que la señal del motor está en el rango de los mili voltios, se utiliza un circuito compuesto

por un AMP OP el cual amplifica el valor de tensión del motor a también acondiciona la señal para que pueda ser medida por el microcontrolador. A continuación se muestra su circuito.

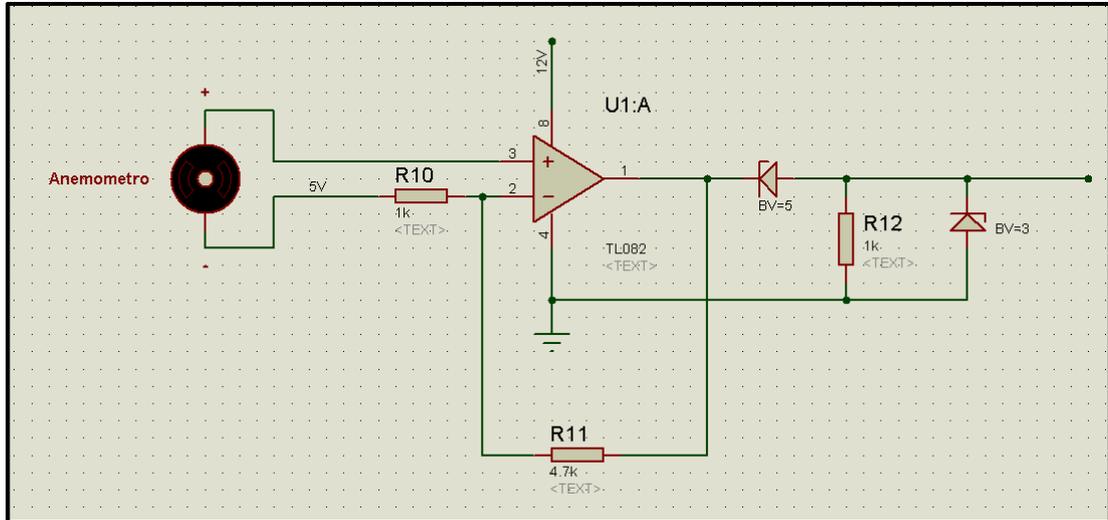


Figura 5.13. Circuito de acople del anemómetro

CAPITULO 6

CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

6.1 Introducción

Este capítulo se escogerá la estructura del equipo, es decir, la caja en la cual estarán las tarjetas electrónicas y también el LCD, en cuanto los sensores, estarán afuera de la misma, solo el de Presión Atmosférica permanecerá adentro de la caja.

6.2 Selección de Armazón

En cuanto al armazón nos referimos a la caja en la cual estará el equipo, hemos optado por una caja metálica en la cual se ha colocado el LCD en la parte superior de la misma. El LCD va sujeta a un pedazo de madera, y con tornillos se la pudo dejar firmemente. El pedazo de madera se lo fijo a la caja metálica de la misma manera. Se ha utilizado la madera MDF ya que nos permite colocar el LCD de tal manera que coincida de manera firme sin que el mismo sufra algún daño. En la parte posterior de la caja salen los cables con los conectores para la veleta y el anemómetro.

6.3 Materiales Extras

Los materiales extras que se necesitarían es un tubo con Us para la sujeción firme de la veleta y el anemómetro, en el caso del HTM2500LF, soporta ambientes bruscos así que no se necesita de definir especificaciones ya que de la manera que sea colocado no sufrirá daños.

CAPITULO 7

CORRECCIÓN DE ERRORES

7.1 Introducción

En este capítulo se analizaran los errores que se corrigieron a medida que se realizaba el diseño y construcción del equipo.

7.2 LCD.

En cuanto al LCD, la programación no nos ha dado mayor problema, ya que una vez que se logró inicializarlo, poco a poco se fueron creando las diferentes subrutinas para cada pantalla de configuración y presentación de información del equipo. Para la creación de las subrutinas de control principal del lcd, debido a que la información de los datasheet no estaba muy clara y no se lograba ponerlo en funcionamiento de opto por investigar diferentes fuentes en la red. Principalmente foros de electrónica, y mediante pruebas se fueron creando y modificando hasta que su funcionamiento fuera el correcto.

7.3 Pantalla Touch

En el LCD como se mencionó anteriormente era touch, lo cual nos brinda una manera de comunicarnos con el equipo (darle ordenes) sin la necesidad de utilizar algún tipo de teclado, potenciómetro, pulsantes o cualquier otro medio, ya que teníamos la ventaja de crear los botones que creíamos necesarios según la pantalla de configuración en la que nos encontrábamos. Y crear cada botón de una manera llamativa y de manejo por simple intuición.

Para el control de esta pantalla touch, se programaron subrutinas para leer la información mediante comunicación SPI al controlador de la misma. El problema fue que la trama que se enviaba inicialmente al controlador nos dio un poco de problemas y no respondía, después de varias pruebas se logró que nos respondiera con la

información correcta acerca de la posición en la cual está tocando el usuario en la pantalla.

7.4 SD card

Para la programación de la SD card, no se encontraron problemas inicialmente, ya que este se le programo al inicio, y todavía el firmware del micro controlador estaba casi vacío, en este momento se creaban los archivos sin ningún problema, pero en el momento que se procedió a probarlo después de haber programado ya las demás subrutinas de control para los diferentes periféricos del equipo, estas no funcionaban correctamente, y se procedió después de varias pruebas y fallos, a programarlo en un pic aparte el cual no nos prestara tantos inconvenientes, al cual se le envía la información por RS232, utilizando el módulo USART del pic y este crea y graba los archivos en la SD card para posteriormente ser leídos en la PC.

7.5 Sensor HTM2500LF

Este sensor se lo programo y se realizó su circuito de acople sin mayor dificultad, se comprobó su correcto funcionamiento y se obtuvo la información de las variables que necesitamos medir como son la temperatura y la humedad mediante las funciones de transferencia.

7.6 Sensor de Presión atmosférica

Este sensor no dio problemas, se realizó su circuito de acople, según las recomendaciones que nos daba el fabricante. El problema es que la presión atmosférica que nos daba no podía ser comprobada ya que no poseíamos un sensor de referencia. Así que se procedía a comprobar mediante cálculos, se averigua la presión atmosférica a nivel del mar, cuanto decrece según la altura y se realizaron los calculo, con lo cual se pudo comprobar que la medición era bastante aproximada, en realidad no se puede saber mediante cálculos cual es la presión atmosférica exacta según la altura ya que realmente la presión atmosférica depende de varios factores climáticos, por esta razón no es constante.

7.7 Sensor: Veleta

Para medir la dirección del viento, inicialmente se pensó en un tipo de sensor el cual nos diera un valor analógico, el traductor recomendado para esto fue un reóstato, pero no se encontró uno que tuviera bajo rozamiento, y que fuera sin fin. Así que el segundo transductor que ya se programó y se pensó utilizar fue un encoder de pulso resistivo, el cual era prácticamente un encoder en cuadratura, y nos daba los pulsos cada 15 grados Celsius, pero después de realizar varias pruebas, se comprobó que nos daba errores en la medición, ya que cuando se lo giraba demasiado rápido, durante un lapso de tiempo, se descuadraba, es decir, no indicaba correctamente en donde estaban los 0 grados Celsius. Finalmente, analizando e investigando algunos tipos de veletas, se optó por construir una veleta común, y añadirle sensores magnéticos, de tal manera que no importe que tan rápido gire, y cuantas inversiones se hagan, siempre estará indicando correctamente la dirección. Se procedió a construirlo y a comprobar su correcto funcionamiento, el sensor marca los cuatro puntos principales (norte, sur, este y oeste) y sus intermedios (noroeste, noreste, suroeste, sureste).

7.8 Sensor: Anemómetro

En la construcción del anemómetro se encontraron varios problemas, ya que tanto la construcción del mismo como el traductor que se pensaba utilizar, nos dio un sinnúmero de problemas, finalmente después de varias pruebas e intentos fallidos se optó por utilizar un motor de DC como transductor y la estructura de la veleta a construirla. Una vez ya construida, se procedió a obtener su valor, se puede obtener su función de transferencia más exacta, pero se utilizó una función de transferencia simple y poco aproximada.

CONCLUSIONES

La presente tesis tuvo como objetivo el diseño y construcción del hardware y software necesario para un equipo meteorológico, con el cual se leen y almacenan cinco variables climáticas y se lo puede configurar para controlar diferentes actuadores. Con lo cual se puede respaldar la realización correcta de una actividad y prevenir errores en las mismas.

RECOMENDACIONES:

Se recomienda monitorizar el anemómetro, que su medición se encuentre en los rangos correctos ya que por ser un sensor de construcción personal puede presentar inconvenientes en cuanto a sus mediciones, tiempo de vida y más. En el equipo se pueden fácilmente, sustituir dicho sensor por una que ofrezca mejor precisión y garantías.

En aplicación en las cuales se necesite una mayor precisión en cuanto a la dirección del viento, se debería sustituir por uno de mayor precisión, debido a que el que se ha construido solo nos indicara la dirección del viento cada 45 grados, o sea: hacia al Norte, Sur, Este, Oeste, Noreste, Sureste, Noroeste o Suroeste.

Se sugiere mejorar la carcasa o estructura del equipo ya que esta debe ser aislado para proteger de mejor manera las tarjetas electrónicas, debido a que por las condiciones climáticas pueden producir su deterioro acelerado.

Se sugiere en caso de producción, mejorar rediseñar el hardware ya que por ser un proyecto de desarrollo, se utilizaron parámetros generales para prevenir cualquier cambio en el mismo, permaneciendo así gran parte del mismo sin utilizarse.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas

- BOYLESTAD. *Teoría de Circuitos Y Dispositivos electrónicos*. 2003.
- BURR BROWN. *ADS7843 TOUCH SCREEN CONTROLLER Datasheet*. 2000 - 2002 - 2008 - 2009.
- DONATE, ANTONIO HERMOSA. *Electrónica digital fundamental y programable: curso profesional teoría-práctica*. 2010.
- IBRAHIM, DOGAN. *Designing Embedded Systems with 32-Bit PIC Microcontrollers and MikroC*. 2013.
- JASIO, LUCIO DI. *Programming 32-bit Microcontrollers in C: Exploring the PIC32*. 2011.
- JUAN CARLOS ÁLVAREZ ANTÓN, LUCÍA MARCOS PASCUAL, FRANCISCO JAVIER FERRERO MARTÍN. *Introducción al análisis de circuitos eléctricos*. 2007.
- MANN, MIK. *Programación en C*. 2009.
- MEASUREMENT, SPECIALTIES. *HTM2500LF HPC169*. October 2012.
- MICROCHIP TECHNOLOGY . *DS61156G. PIC32MX5XX/6XX/7XX Family Data Sheet*. 2009-2011.
- MOTOROLA. *MPX4115A/D Semiconductor Technical Data*. 2001.
- WILMSHURST, TIM. *Designing Embedded Systems with PIC Microcontrollers*. 2009.

Referencia Electrónica

- INSHT. . 17 de 03 de 2013.
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/601a700/ntp_678.pdf>.
- ladelec. s.f. 17 de 03 de 2013.<<http://www.ladelec.com/teoria/informacion-tecnica/1220-que-es-la-tecnologia-de-montaje-superficial-smt>>.
- Iscaesenandoc.wordpress. s.f. 17 de 03 de 2013.
<<http://Iscaesenandoc.wordpress.com/historia/>>.
- TERVENET. *TERVENET*. 17 de 03 de 2013.
<http://www.tervenet.com/itmaz/micros2/PIC32_01_Introduccion.pdf>.

