

Universidad Nacional Experimental del Táchira

Vicerrectorado Académico

Decanato de Docencia

Departamento de Ingeniería Electrónica

Núcleo de Electrónica y Sistemas y Digitales

Laboratorio de Sistemas Digitales II

Pre Informe Nro. 3

Autor:

Daniel Useche, CIV.-26.686.443

San Cristóbal, julio, 2021.

Introducción

A pesar de la digitalización de la vida cotidiana a través de los dispositivos y tendencias en tecnología, la realidad es que vivimos en un mundo analógico, con variables que pueden variar en un rango infinito de valores y diferentes tipos de rangos, por ejemplo, la cantidad de colores posibles dentro del espectro electromagnético, la cantidad de fuerza que ejerce un objeto sobre otro, la temperatura que se encuentre un ambiente, todas ellas medibles, cuantificables y más importante, automatizables.

La herramienta que nos permite tomar medidas sobre las variables del mundo real son los sistemas de adquisición y conversión de datos, estos son utilizados para adquirir señales analógicas de una o más fuentes y convertir estas señales en forma digital para análisis o transmisión por los dispositivos finales como computadoras, grabadores, o redes de telecomunicaciones. La señal analógica que hace de entrada a los sistemas de adquisición de datos viene comúnmente de sensores y transductores que convierten parámetros de la vida real como presión, temperatura estrés, tensión, flujo, en señales eléctricas equivalentes.

Existe una variedad de sensores o transductores disponibles para cada tipo de variable que se pueda imaginar, empresas completas están enfocadas en el desarrollo de sensores cada vez más y más precisos, existen sensores de temperatura (RTC, RTD, termopares, integrados como el lm35), de deformación como las galgas extensiométricas, de humedad relativa (higrómetros), de presión atmosférica utilizados en barómetros, sensores de flujo, táctiles, de movimiento, ópticos, ultrasónicos, de posicionamiento, entre otros, que tienen salidas analógicas o digitales que son fácilmente medibles por sistemas basados en microcontroladores, permitiendo capturar, analizar y automatizar un sinnúmero de procesos.

Uno de los problemas de la adquisición de datos, es la ubicación donde debe hacerse la medición, normalmente se encuentran sensores en lugares remotos como los sensores utilizados en agricultura, lugares de alto riesgo como los sensores en plantas industriales, o lugares inaccesibles como los sensores en la órbita (cube-sat y sistemas a bordo), debido a estas situaciones y muchas otras como la centralización de los datos, es necesario recurrir a los protocolos de transmisión de datos aplicables a los microcontroladores como protocolos de uno a uno como rs232 y USB para comunicación entre PC y dispositivos, CAN para la interconexión de sensores y actuadores automotrices, y protocolos más complejos como WIFI y ZIGBEE, ampliamente utilizados en el internet de las cosas.

Marco teórico

Sensor LM35

El sensor LM35 es un circuito integrado de precisión con una salida linealmente proporcional a la temperatura en centígrados. Tiene ventajas sobre los sensores calibrados en kelvin, ya que no se requiere restar un gran voltaje constante de la salida para obtener la escala centígrada. Este sensor no requiere ninguna calibración para proveer exactitudes de un cuarto de grado Celsius a temperatura ambiente y tres cuartos sobre el rango completo de temperatura (55°C a 150°C).

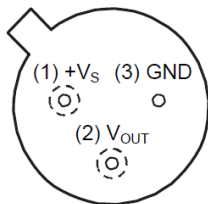
Su baja impedancia de salida, comportamiento lineal, y calibración precisa inherente al LM35 hace que las interfaces de lectura o circuitería de control sean especialmente sencillas.

Puede ser utilizado con fuente simple o dual y como solo necesita 60µA de la fuente tiene un muy bajo índice de auto-calentamiento menor a los 0.1°C en aire quieto.

La relación de temperatura en relación al número digital es $\approx 0.5^{\circ}\text{C}/\text{N}^{\circ}\text{digital}$.

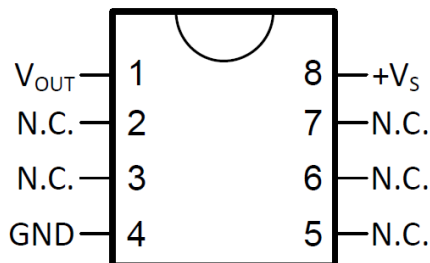
- Configuración de los pines:

**NDV Package
3-Pin TO-CAN
(Top View)**



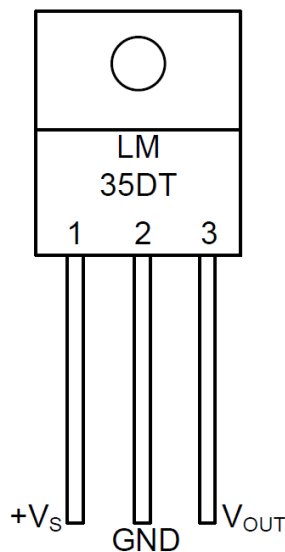
Case is connected to negative pin (GND)
Refer the second NDV0003H page for reference

**D Package
8-PIN SOIC
(Top View)**



N.C. = No connection

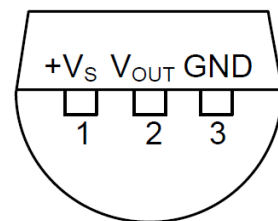
**NEB Package
3-Pin TO-220
(Top View)**



Tab is connected to the negative pin (GND).

NOTE: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP

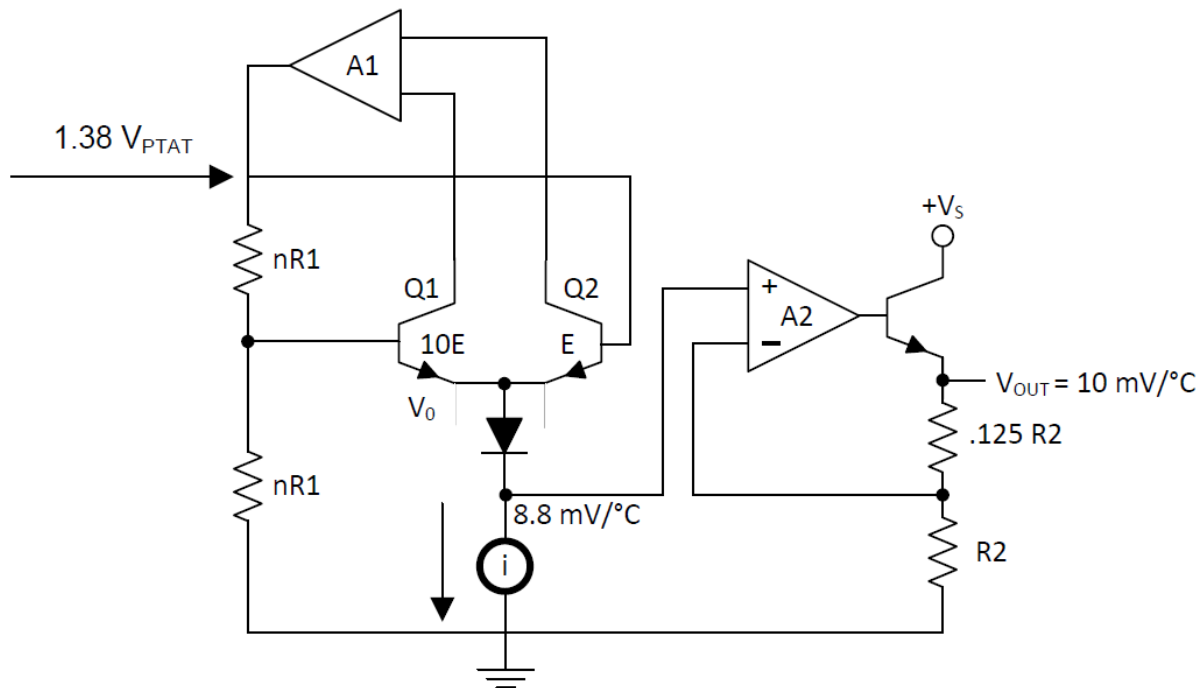
**LP Package
3-Pin TO-92
(Bottom View)**



- **Características**

- Calibrado directamente en Celsius.
- Comportamiento lineal de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.
- Exactitud asegurada de 0.5°C a 25°C .
- Diseñado para un rango de -55°C a 150°C .
- Adecuado para aplicaciones remotas.
- Bajo costo.
- Voltaje de operación de 4V a 30V .
- Funciona a menos de $60\mu\text{A}$.
- Bajo índice de auto-calentamiento.
- No linealidad de solo un cuarto de Celsius.
- Baja impedancia de salida, 0.1Ω para una carga de 1mA .

- **Diagrama de bloques**



Sensor MPXA6115A

El sensor MPXA6115A integra en el chip una circuitería basada en amplificadores operacionales y una red de delgadas resistencias para proveer una alta señal de salida y compensación de temperatura. Su pequeño factor de forma y su confiabilidad hacen de este sensor una opción lógica y económica para el diseñador de sistemas.

La ecuación que rige el sensor es:

$$V_{out} = 5 * (0.009 * P - 0.095)$$

Despejando:

$$P = \frac{\frac{V_{out}}{5} + 0.095}{0.009}$$

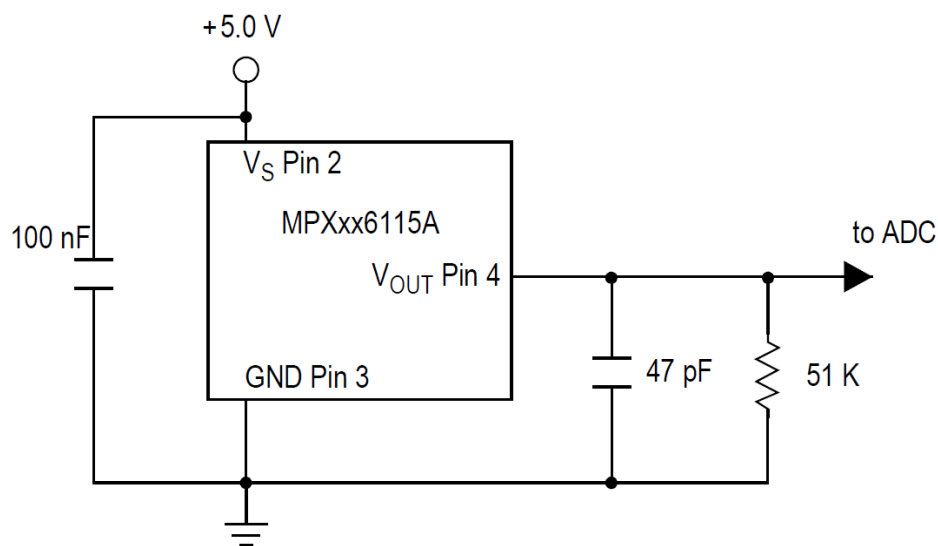
Por lo que la relación de presión/Nº digital es 0.111111111111Kpa/ Nº digital.

Para motivos prácticos 0.11Kpa/ Nº digital.

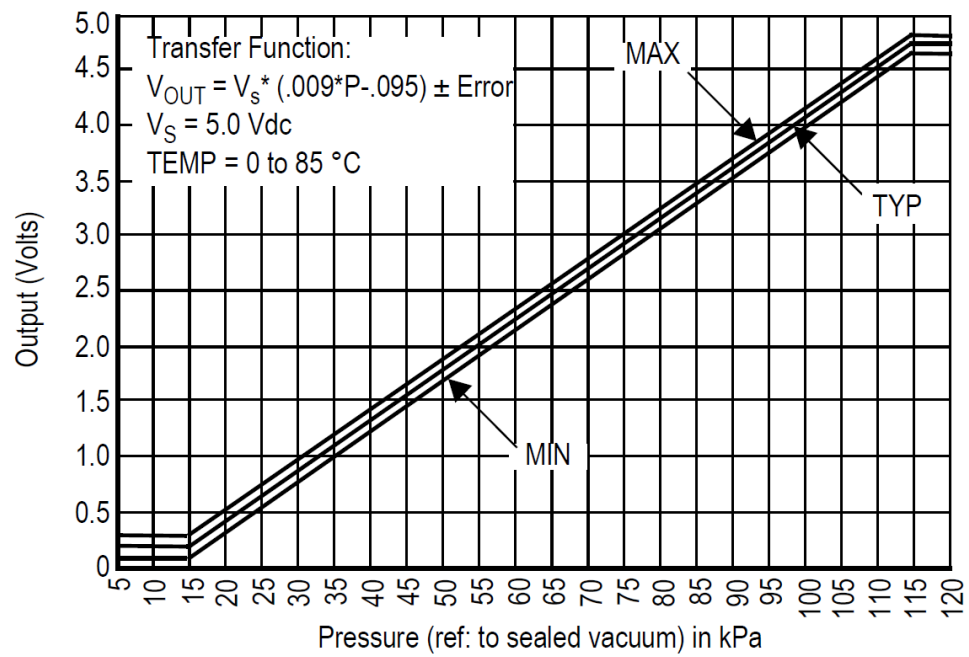
Características:

- Resistencia a humedades altas
- Exactitud mejorada a altas temperaturas
- Disponible en paquetes muy pequeños
- 1.5% de error máximo de 0°C a 85°C
- Idealmente adecuado para microcontroladores
- Compensado en temperatura

Diagrama de conexión:



Función de transferencia:



HIH5030

El sensor HIH5030 es perteneciente a una serie de sensores de humedad capaces de funcionar a voltajes tan bajos como 2.7Vdc ofreciendo la capacidad de funcionar en sistemas a base de baterías donde el voltaje nominal es de 3Vdc.

El acople directo del sensor a un controlador u otros dispositivos es posible debido a la linealidad del sensor en su salida de voltaje, con un consumo de corriente de solo 200μA.

Extrayendo de la hoja de datos la ecuación de voltaje de salida:

$$V_{out} = V_{cc} * (0.00636(\%RH) + 0.1515)$$

Despejando:

$$\%RH = \frac{\frac{V_{out}}{V_{cc}} - 0.1515}{0.00636}$$

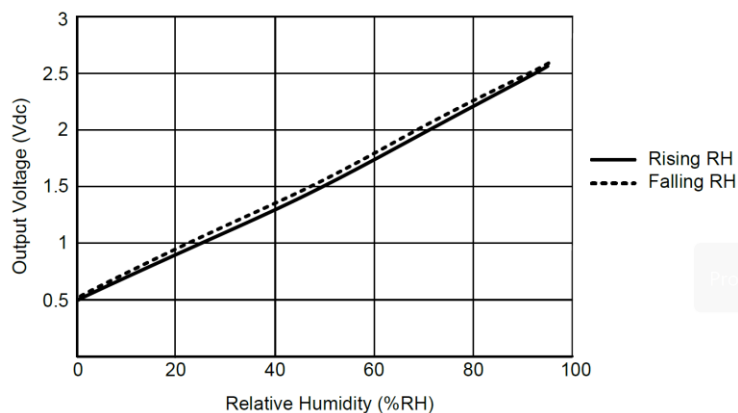
Por lo que la relación de RH/Nºdigital es 0.15723270440251585 %RH/ Nºdigital.

Por motivos prácticos la relación la tomaremos de 0.16 %RH/Nºdigital

Características:

- Opera a voltajes ideales para baterías
- Carcasa moldeada en termoplásticos
- Comportamiento lineal entre la salida de voltaje y la humedad relativa
- Diseño de baja potencia
- Exactitud mejorada
- Alto tiempo de respuesta
- Estable, poco error de desviación
- Resistencia química.

Función de transferencia (a 25°C y 3.3Vdc):



Convertor analógico digital del PIC18F4550

El PIC18F4550 tiene un convertor analógico digital con 13 entradas que permite la conversión de una señal analógica a un número digital de 10bits

Este módulo tiene 5 registros asociados:

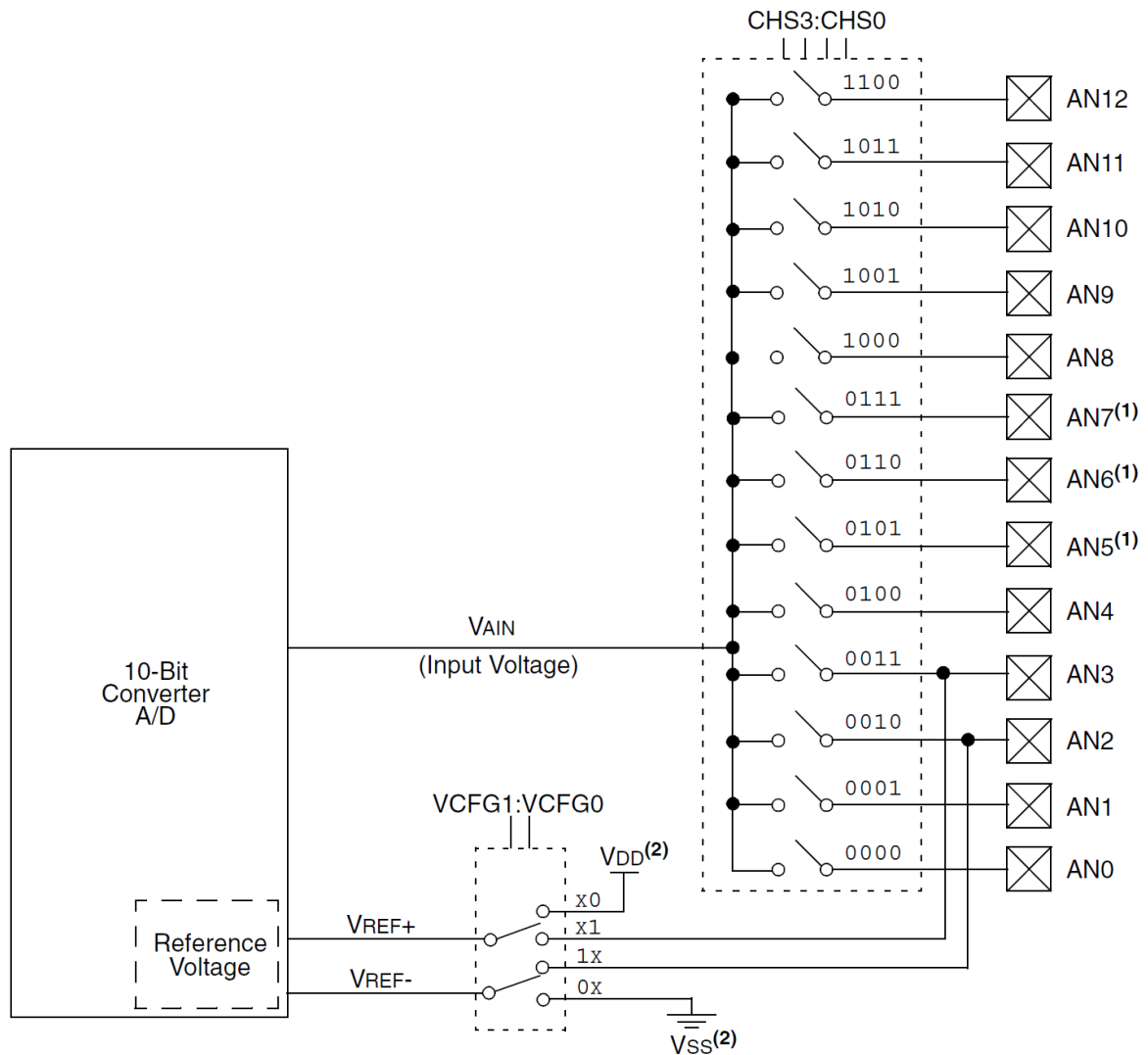
- A/D Registro de resultado alto (ADRESH)
- A/D Registro de resultado bajo (ADRESL)
- A/D Registro de Control 0 (ADCON0) – Controla la operación del módulo.
- A/D Registro de Control 1 (ADCON1) – Configura las funciones de los pines.
- A/D Registro de Control 2 (ADCON2) – Configura el reloj del ADC y programa los tiempos de adquisición.

El convertor analógico digital tiene la característica única de poder operar cuando el dispositivo está en el modo Sleep, para hacerlos el reloj del ADC debe estar derivado de su propio oscilador interno.

Tiene referencias de voltaje programadas por software, pudiendo elegir entre los voltajes de alimentación o las referencias externas de los pines RA3 y RA2.

Es un convertor del tipo SAR (aproximaciones sucesivas), lo que quiere decir que la salida del retensor-muestreador es de nuevo puesta en el convertidor, hasta conseguir el valor más cercano.

Diagrama de bloques:



Note 1: Channels AN5 through AN7 are not available on 28-pin devices.

2: I/O pins have diode protection to VDD and VSS.

Después de configurar el módulo como se desee, el canal seleccionado debe ser adquirido antes de que comience la conversión. Los registros TRIS deben ser seleccionados como entradas.

Pasos para la conversión analógico- digital:

1. Configurar el módulo A/D:
 - Configurar los pines analógicos (ADCON1<3:0>) y voltajes de referencia (ADCON1<5:4>).
 - Seleccionar el canal de entrada (ADCON0<5:2>).

- Seleccionar el tiempo de adquisición (ADCON2<5:3>)
 - Seleccionar el reloj de conversión (ADCON2<2:0>)
 - Encender el módulo ADC (ADCON0<0>)
2. Configurar la interrupción del ADC:
 - Limpiar el bit ADIF (PIR1<6>)
 - Asignar 1 al bit ADIE (PIE<6>)
 - Asignar 1 al bit GIE (INTCON<7>)
 3. Esperar el tiempo de adquisición.
 4. Comenzar la conversión:
 - Asignar 1 al bit GO/DONE (ADCON0<1>)

El módulo ADC requiere 12 T_{AD} para una completa conversión. Para escoger los tiempos de adquisición (T_{AD}) adecuados:

ADC Clock Period (T_{AD})		Device Frequency (F_{OSC})					
ADC Clock Source	ADCS<2:0>	32 MHz	20 MHz	16 MHz	8 MHz	4 MHz	1 MHz
$F_{OSC}/2$	000	62.5ns ⁽²⁾	100 ns ⁽²⁾	125 ns ⁽²⁾	250 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	2.0 μ s
$F_{OSC}/4$	100	125 ns ⁽²⁾	200 ns ⁽²⁾	250 ns ⁽²⁾	500 ns ⁽²⁾	1.0 μ s	4.0 μ s
$F_{OSC}/8$	001	0.5 μ s ⁽²⁾	400 ns ⁽²⁾	0.5 μ s ⁽²⁾	1.0 μ s	2.0 μ s	8.0 μ s ⁽³⁾
$F_{OSC}/16$	101	800 ns	800 ns	1.0 μ s	2.0 μ s	4.0 μ s	16.0 μ s ⁽³⁾
$F_{OSC}/32$	010	1.0 μ s	1.6 μ s	2.0 μ s	4.0 μ s	8.0 μ s ⁽³⁾	32.0 μ s ⁽³⁾
$F_{OSC}/64$	110	2.0 μ s	3.2 μ s	4.0 μ s	8.0 μ s ⁽³⁾	16.0 μ s ⁽³⁾	64.0 μ s ⁽³⁾
FRC	x11	1.0-6.0 μ s ^(1,4)	1.0-6.0 μ s ^(1,4)	1.0-6.0 μ s ^(1,4)	1.0-6.0 μ s ^(1,4)	1.0-6.0 μ s ^(1,4)	1.0-6.0 μ s ^(1,4)

Legend: Shaded cells are outside of recommended range.

Note 1: The FRC source has a typical T_{AD} time of 1.6 μ s for V_{DD} .

2: These values violate the minimum required T_{AD} time.

3: For faster conversion times, the selection of another clock source is recommended.

4: The ADC clock period (T_{AD}) and total ADC conversion time can be minimized when the ADC clock is derived from the system clock F_{OSC} . However, the FRC clock source must be used when conversions are to be performed with the device in Sleep mode.

Directivas de compilador CCS para el manejo del CAD

- `#DEVICE ADC=XX` – Configura el tamaño de la lectura, por ejemplo, puede utilizarse 8 o 10 como xx, 8 retornará el byte más significativo y 10 retorna la lectura completa.

Funciones en C para el manejo del CAD

Estas funciones permiten al usuario configurar y usar el módulo conversor analógico digital:

- **setup_adc(mode)** – Configura el conversor AD (apagado, reloj, etc).
- **setup_adc_ports(value)** – Configura los pines que serán analógicos o digitales y la referencia de voltaje que se usará para computar el valor.
- **set_adc_channel(channel)** – Especifica el canal a usar para la próxima llamada a `read_adc()` debe esperarse un tiempo corto al cambiar de canal para obtener una lectura adecuada.

- **read_adc(mode)** – Empieza la conversión y lee el valor. Modo es un parámetro que controla el comportamiento de la función y puede tomar los siguientes valores:
 - `adc_start_and_read` – parámetro por defecto, continuamente toma las lecturas.
 - `adc_start_only` – Empieza la conversión y termina la ejecución.
 - `adc_read_only` – Lee el valor de la última conversión.
- **adc_done()** - Retorna 1 si la conversión ha terminado.

Periférico de comunicación EUSART del PIC18F4550

EL pic18f4550 posee un receptor-transmisor universal mejorado síncrono asíncrono (EUSART por sus siglas en inglés) que es una interfaz de comunicación serial. Este módulo puede ser configurado como un sistema asíncrono full-duplex que pueda comunicarse con dispositivos periféricos, como terminales y computadores, puede ser configurado como un sistema síncrono half-duplex.

El módulo EUSART implementa capacidades adicionales como detección automática de tasa de baudios, y sistemas de autoencendido, lo que lo hace ideal para redes locales interconectadas (LIN).

El módulo tiene la entrada de recepción en el pin RC7 y la salida de transmisión en el RC6 por lo que requiere la siguiente configuración:

- SPEN = 1 (RCSTA<7>)
- TRISC<7> = 1
- TRISC<6> = 1

La operación del módulo EUSART está controlada por los siguientes registros:

- (TXSTA) Estatus y control de transmisión.
- (RCSTA) Estatus y control de recepción.
- (BAUDCON) control de la tasa de baudios.

Diagrama de bloques del transmisor:

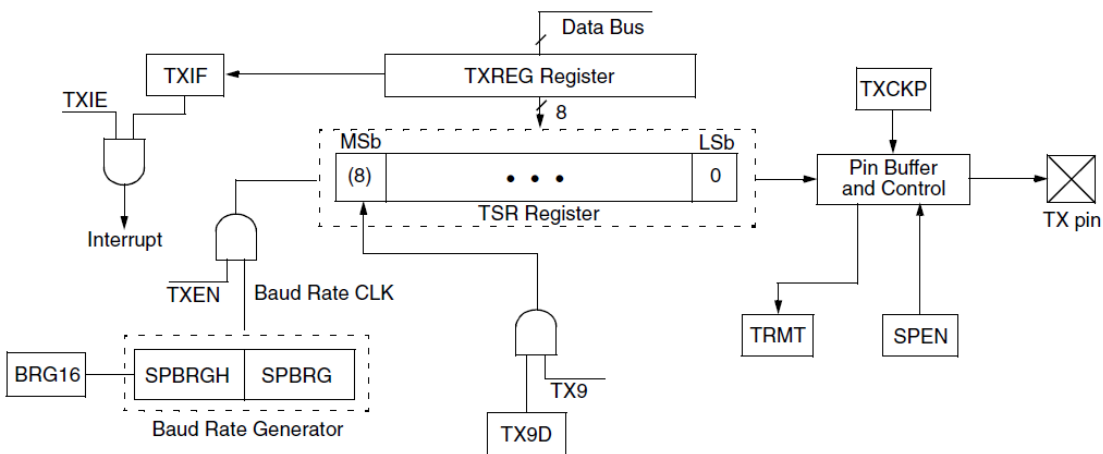
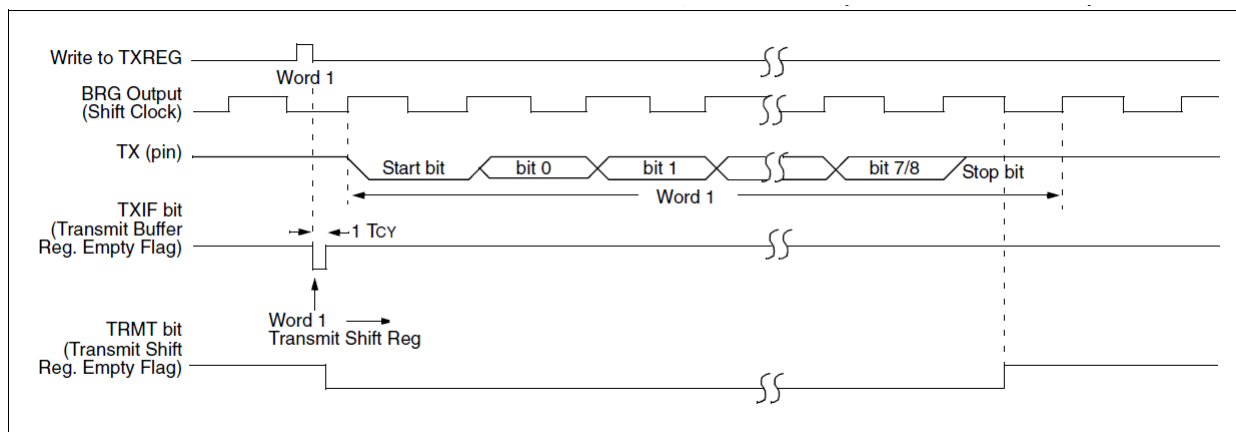


Diagrama de tiempos de la transmisión:



Registros asociados con la transmisión:

[illegible]

Diagrama de bloques del receptor:

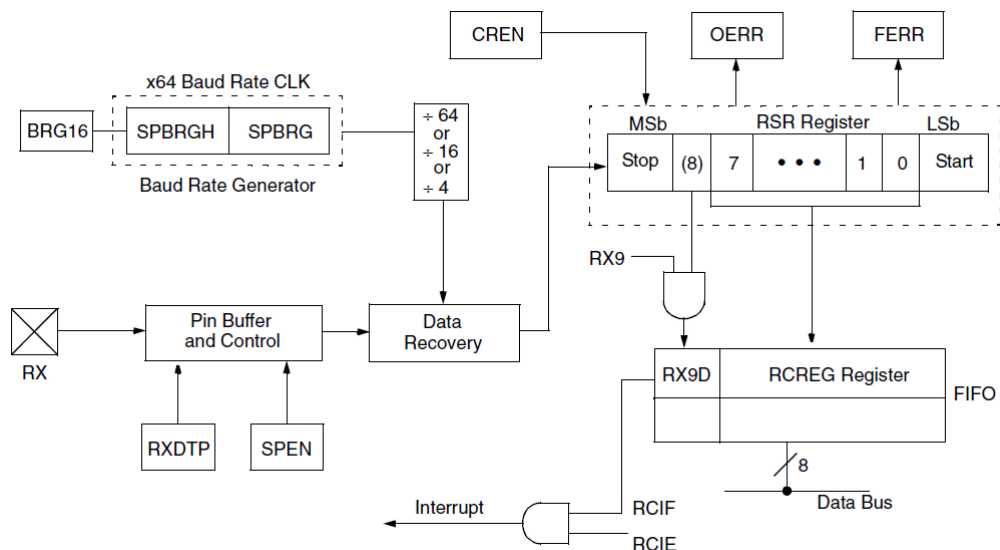
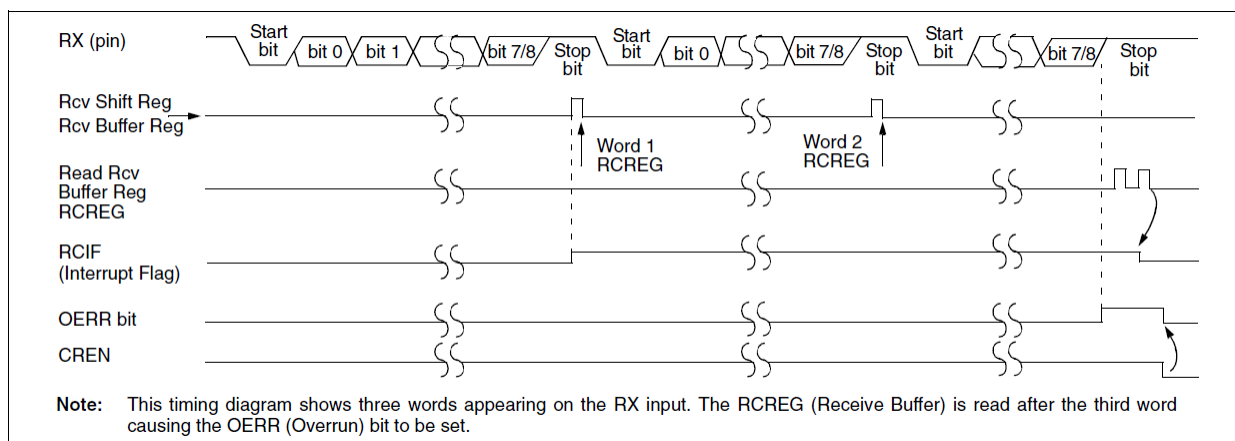


Diagrama de tiempos de la transmisión:



Registros asociados con la recepción:

[illegible]

Directivas de compilador CCS para el manejo del USART

- **#use rs232** – Esta directiva le dice al compilador la tasa de transmisión y los pines a utilizar para la interfaz comunicación serial, debe estar después de la directiva **#USE DELAY**. Esta directiva habilita el uso de funciones como **GETC**, **PUTC** Y **PRINTF**

Funciones en C para el manejo del USART

- **getc() or getch() / getchar() or fgetc()** – Obtiene un caracter del pin de recepción, Úsese **KBHIT** para chequear si hay un carácter disponible.
- **gets() or fgets()** - Obtiene una cadena del pin de recepción. Úsese **getc** para recibir carácter por carácter hasta el final de la cadena.
- **putc() or putchar() or fputc()** – Transmite un caracter.
- **puts() or fputs()** – transmite una cadena. Úsese **putc** para enviar cada caracter.
- **printf() or fprintf()** – Imprime una cadena con formato.
- **kbhit()** - Retorna 1 cuando un carácter es recibido en el buffer de entrada. Útil para polling sin revisar caracteres.
- **setup_uart(baud,[stream]) or setup_uart_speed(baud,[stream])** – Utilizado para cambiar la tasa de transmisión durante la ejecución.
- **assert(condition)** – Chequea la condición y si es falsa imprime el nombre del archivo a **STDERR**. No generará código si se utiliza **#DEFINE NODEBUG**.
- **perror(message)** – Imprime el mensaje y el último error del sistema.
- **putc_send() or fputc_send()** – Se usa para transmitir información desde el buffer.
- **rcv_buffer_bytes()** – Cuando se usa el buffer de recepción retorna la cantidad de bytes que hay por leer.
- **tx_buffer_bytes()** – Cuando se usa el buffer de transmisión retorna cuantos bytes quedan por enviar.
- **tx_buffer_full()** – Cuando se usa el buffer de transmisión retorna **TRUE** si el buffer está lleno.
- **receive_buffer_full()** – Cuando se usa el buffer de recepción retorna **TRUE** si el buffer está lleno.
- **tx_buffer_available()** – Cuando se usa el buffer de transmisión retorna el número de los caracteres que pueden ponerse en el buffer sin sobrecargarlo.

Diseño conceptual

Diagrama de flujo:

A la izquierda se encuentra el dispositivo de campo y a la derecha el de cuarto de control

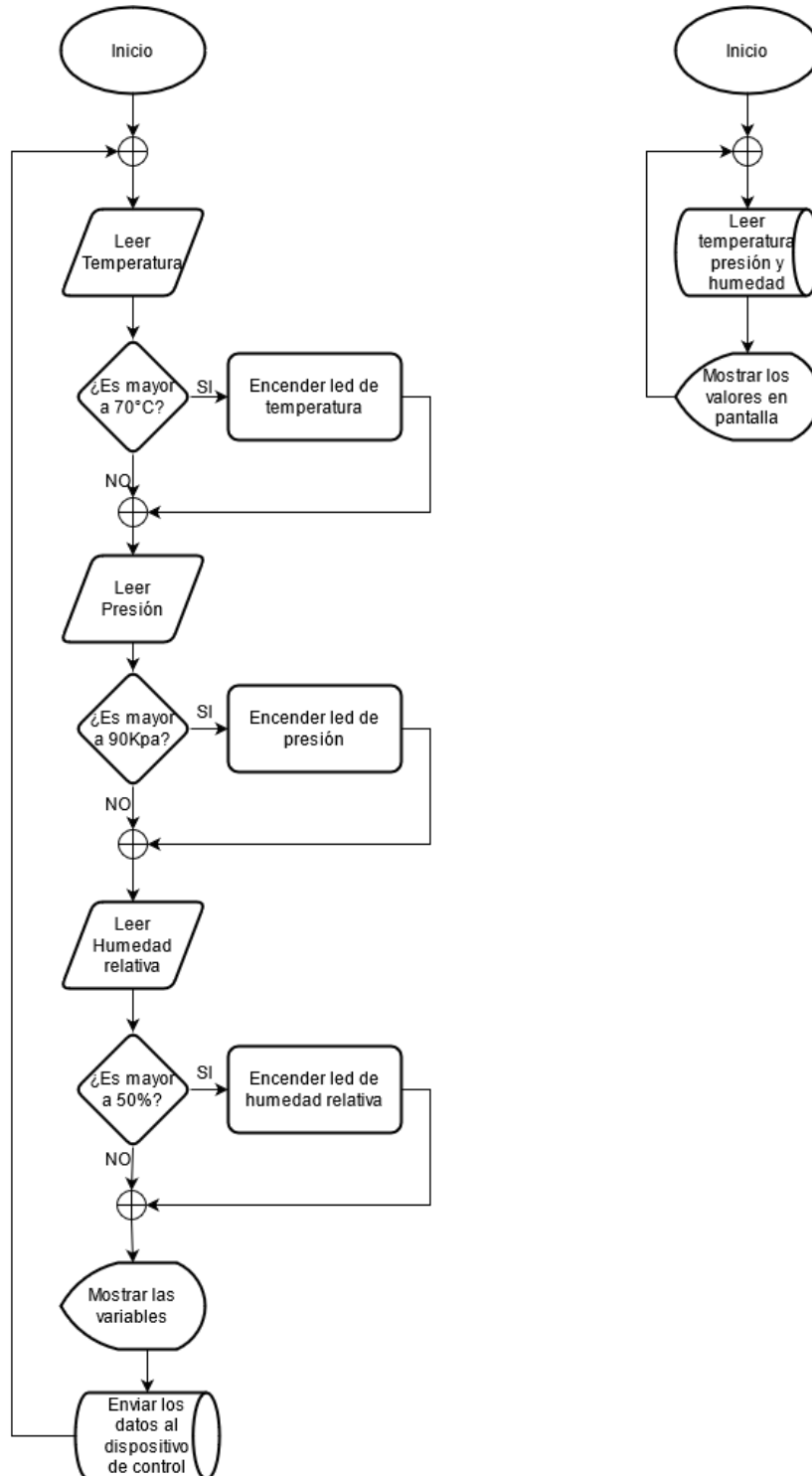
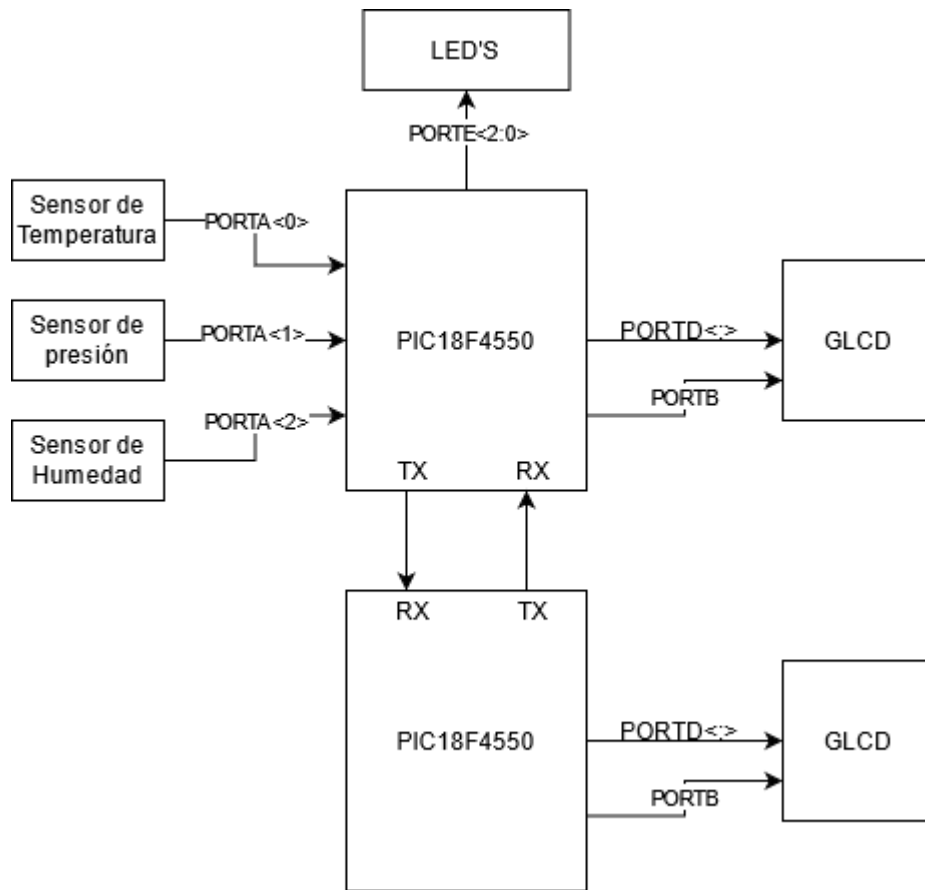


Diagrama de bloques:



Bibliografia

- Custom Computer Services, Inc. *CCS C Compiler Manual*, pp 80.
- Microchip. *PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet 28/40/44-Pin, High-Performance, Enhanced Flash, USB Microcontrollers with nanoWatt Technology*, pp 259-268, 109.
- Texas Instruments. LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors, 2017.
- Freescale Semiconductor, Inc. MPXxx6115A, 15 to 115 kPa, Absolute, Integrated Pressure Sensor, 2015.
- Honeywell. HIH-5030/5031 Series, Low Voltages Humidity Sensors, 2010.