



Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

**Unitat autònoma remota, d'adquisició de mesures  
meteorològiques de propòsit general i de baix cost per  
aplicacions domèstiques**

**Autor: Albert Augé Alomà  
P. Ponent: Vicenç Delos Cot**

PRIMAVERA 2009



## Resum

El projecte explica l'estudi del disseny d'una unitat d'adquisició de mesures meteorològiques de propòsit general i de baix cost per aplicacions domèstiques. El sistema dissenyat és una unitat compacta i simple amb alimentació autònoma mitjançant panells fotovoltaics i bateries reforçades amb unes piles de reserva per tal d'assegurar una alimentació elèctrica continua i que utilitza una connexió wireless estàndard per comunicar-se amb un PC que recollirà les dades.

En total té capacitat per a capturar la mesura de 7 sensors meteorològics, 4 d'analògics i 3 de digitals, que són els següents:

- Termòmetre
- Baròmetre
- Higròmetre
- Insolació
- Anemòmetre
- Penell
- Pluviòmetre



## Resumen

El proyecto explica el estudio del diseño de una unidad de adquisición de variables meteorológicas de propósito general y de bajo coste para aplicaciones domesticas. El sistema que se ha diseñado es una unidad compacta y simple con alimentación autónoma mediante paneles fotovoltaicos y baterías apoyadas por unas pilas de reserva para asegurar una alimentación eléctrica continua y que utiliza una conexión wireless estándar para comunicar-se con un PC que recoja los datos.

En total tiene capacidad para medir las variables de 7 sensores meteorológicos, 4 analógicos y 3 digitales, que son los siguientes:

- Termómetro
- Barómetro
- Higrómetro
- Insolación
- Anemómetro
- Veleta
- Pluviómetro



## **Abstract**

The project explains the study design of a unit for acquiring meteorological variables of general purpose and low cost for domestic applications. The system has been designed is a compact and simple self-powered by photovoltaic panels and batteries supported by a battery backup to ensure a continuous power supply that uses a wireless standard to communicate with a PC is to collect data.

In total it has the capacity to measure the variables of weather sensors 7, 4 analog and 3 digital, which are:

- Thermometer
- Barometer
- Hygrometer
- Heat
- Anemometer
- Vane
- Rain gauge





# SUMARI

## MEMORIA TÈCNICA

1. Objectiu del projecte
2. Especificacions inicials
3. Estat del l'art
4. Descripció i justificació de l'opció adoptada
5. Descripció del hardware
6. Estudi de la fon d'alimentació
7. Descripció del software
8. Conclusió
9. Bibliografia

## PLANOLS

1. Placa principal
2. Sensors
3. Llista de components

## MEMÒRIA ECONÒMICA

1. Cost dels materials
2. Cost de disseny

## ANEXES

1. Busos de comunicació utilitzats
2. Norma IEEE 802.15.4
3. Manual d'instal·lació
4. Catàlegs





Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

**MEMÒRIA**

**Unitat autònoma remota, d'adquisició de mesures meteorològiques de propòsit general i de baix cost per aplicacions domèstiques**

**Autor: Albert Augé Alomà  
P. Ponent: Vicenç Delos Cot**



# **Índex**

1.- OBJECTIU DEL PROJECTE.....	5
2.- ESPECIFICACIONS INICIALS .....	7
3.- ESTAT DE L'ART.....	9
4.- ESTUDI DEL DISSENY.....	11
4.1.- Mecànica de funcionament.....	11
4.2.- Sistema d'alimentació: .....	11
4.3.- Components electrònics: .....	12
4.4.- Protocol de transmissió: .....	12
4.5.- Format dels "paquets" d'informació: .....	14
4.6.- Comunicació amb el PC:.....	15
4.7.- Diagrama de blocs.....	15
5.- DESCRIPCIÓ DEL HARDWARE.....	17
5.1.- Llistat de components.....	17
5.2.- El microcontrolador.....	17
5.2.1.- Característiques generals.....	17
5.2.2.- Característiques dels perifèrics.....	18
5.2.3.- Esquema d'encapsulat.....	18
5.2.4.- Arquitectura del microcontrolador.....	19
5.2.5.- Mapa de memòria.....	20
5.2.6.- Memòria de dades (RAM).....	21
5.2.7.- Ports del microcontrolador.....	22
5.3.- El bus I2C.....	23
5.4.- Memòria EEPROM I2C.....	23
5.5.- Rellotge en temps real I2C.....	25
5.6.- El bus SPI.....	27
5.7.- MRF24J40MA (transmissor ZigBee).....	27
5.8.- Sensors meteorològics.....	30
5.8.1.- El sensor de temperatura LM35.....	30
5.8.2.- El sensor d'humitat HIH-4000.....	31
5.8.3.- El sensor de pressió atmosfèrica MPX4115.....	32
5.8.4.- Sensor d'insolació.....	34
5.8.5.- Sensor de direcció del vent.....	35

## *Índex*

5.8.6.- Sensor de direcció del vent.....	37
5.8.7.- El sensor de pluja. ....	37
5.9.- Distribució dels ports del microcontrolador.....	39
6.- ESTUDI DE LA FONT D'ALIMENTACIÓ. ....	41
7.- DESCRIPCIÓ DEL SOFTWARE. ....	45
7.1.- El software del microcontrolador.....	45
7.2.- El software del PC.....	50
8.- CONCLUSIONS.....	51
9.- BIBLIOGRAFIA.....	53

## **Índex d'il·lustracions**

IMATGE 1. ESTACIÓ WS9160.....	9
IMATGE 2. ESTACIÓ WMR-928NX.....	10
IMATGE 3. PROTOCOL DE TRANSMISSIÓ.....	14
IMATGE 4. ESQUEMA BÀSIC DE L'ESTACIÓ.....	15
IMATGE 5. ESQUEMA DEL MICROCONTROLADOR .....	18
IMATGE 6. DIAGRAMA DE BLOCS DEL MICROCONTROLADOR.....	19
IMATGE 7. MAPA DE MEMÒRIA DEL MICROCONTROLADOR.....	20
IMATGE 8. REGISTRES DE CONTROL DEL MICROCONTROLADOR .....	21
IMATGE 9. PORTS DEL MICROCONTROLADOR .....	22
IMATGE 10. ESQUEMA DE LA MEMÒRIA I ESQUEMA FUNCIONAL DE LA MEMÒRIA .....	23
IMATGE 11. DIRECCIÓ D'ACCÉS I2C DE LA MEMÒRIA .....	24
IMATGE 12. ESQUEMA FUNCIONAL DEL RELLOTGE EN TEMPS REAL.....	25
IMATGE 13. MAPA DE MEMÒRIA DEL RELLOTGE EN TEMPS REAL.....	26
IMATGE 14. MAPA DE MEMÒRIA DETALLAT DEL RELLOTGE EN TEMPS REAL .....	26
IMATGE 15. DIAGRAMA DE BLOCS DE L'ANTENA MRF24J40MA .....	28
IMATGE 16. ESQUEMA DE L'ANTENA MRF24J40MA.....	28
IMATGE 17. ESQUEMA D'INTERCONNEXIÓ ENTRE EL PC I L'ANTENA MRF24J40MA.....	29
IMATGE 18. ESQUEMA DEL LM35.....	30
IMATGE 19. GRÀFIC DEL LM35 .....	31
IMATGE 20. GRÀFIC DEL HIH-4000.....	32
IMATGE 21. ESQUEMA DE FUNCIONAMENT DEL MPX4115A.....	33
IMATGE 22. GRÀFIC DEL MPX4115A.....	33
IMATGE 23. GRÀFICA DE L'LDR.....	34
IMATGE 24. ESQUEMA ELÈCTRIC DE LA CONNEXIÓ DE L'LDR.....	35
IMATGE 25. REPRESENTACIÓ DEL ANEMÒMETRE.....	36
IMATGE 26. ESQUEMA ELÈCTRIC DE L'ANEMÒMETRE .....	36
IMATGE 27. ESQUEMA ELÈCTRIC DEL PENELL.....	37
IMATGE 28. ESQUEMA ELÈCTRIC DEL PLUVIÒMETRE.....	38
IMATGE 29. US DELS PORTS DEL MICROCONTROLADOR .....	39
IMATGE 30. ORDINOGRAMA DEL PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR .....	45
IMATGE 31. ORDINOGRAMA DE LA SUBROUTINA DE COMPROVACIÓ DE L'ALIMENTACIÓ.....	46
IMATGE 32. ORDINOGRAMA DE LA SUBROUTINA DE LECTURA .....	48
IMATGE 33. ORDINOGRAMA SUBROUTINA DE SERVEI D'INTERRUPCIÓ.....	49





## **1.- Objectiu del projecte.**

L'objectiu del projecte és dissenyar i desenvolupar una central d'adquisició de dades meteorològiques que permeti captar-les i enviar-les utilitzant un estàndard wireless de comunicació amb el PC, permetent un tractament a posteriori com la generació de gràfiques, sempre pensant en un entorn no professional.

A nivell operatiu ha de ser autònom energèticament, és a dir, no ha de requerir d'alimentació elèctrica externa, per això s'estudiarà la possibilitat d'alimentar-la amb plaques fotovoltaïques i bateries. També es vol començar a experimentar amb la tecnologia ZigBee, una tecnologia de comunicació molt nova que entra dins de la banda lliure (2,4GHz). A més, ha de ser un dispositiu simple i fàcil d'utilitzar per tal de que qualsevol persona aficionada a la meteorologia, però sense coneixements electrònics o informàtics, sigui capaç de manipular-lo sense problemes.

Ha de permetre la connexió dels principals elements que componen una estació meteorològica com sensors de temperatura, o de pressió atmosfèrica intentant sempre respectar els estàndards pel que fa a senyals analògics i/o digitals.

*Objectiu del projecte*

## **2.- Especificacions inicials**

- Capacitat d'enregistrar les dades recollides pels sensors bàsics de la meteorologia com ara els de:
  - Temperatura
  - Pressió atmosfèrica
  - Humitat
  - Insolació
  - Direcció del vent
  - Velocitat del vent
  - Precipitació
  
- Capacitat per connectar-se a un PC amb un sistema wireless amb un abast mínim de 50 metres.
- Sistema de monitorització en el PC simple i que permeti l'extracció de dades i/o gràfiques.
- Una alta simplicitat en vers l'usuari tant pel hardware com pel software donat que no seran professionals sinó aficionats.
- Autosuficiència energètica amb sistemes com plaques fotovoltaïques més una bateria, o piles.
- Ha de ser un dispositiu de baix cost pensat per persones aficionades i també per tal d'obrir-lo a un mercat més ampli.



### **3.- Estat de l'art.**

Actualment al mercat podem trobar una gran quantitat d'estacions meteorològiques, però no totes ens ofereixen la possibilitat de connexió amb el PC, i en cap cas via radiofreqüència.

Així podem trobar estacions molt bàsiques com la "CROSSE TECHNOLOGY" Termòmetre interior/exterior WS9160. En aquest cas disposem d'un sensor exterior alimentat amb piles, que es comunica per radiofreqüència a 433MHz, i d'un receptor interior amb un display de visualització on ens indica el temps actual. Aquesta estació només ens proporciona dades com temperatura, humitat relativa i pressió atmosfèrica.



**Imatge 1.** Estació WS9160

També podem trobar estacions més complertes com la "ESTACIÓN METEOROLÓGICA WMR-928NX". Aquest model disposa de totes les dades que ens pot donar una estació meteorològica com velocitat del vent, direcció, nivell d'insolació, etc. A més d'això, tots aquest sensors són remots i van connectats via radiofreqüència i alimentats per uns petits panells fotovoltaics. El display del receptor interior inclou totes les dades però l'aparell no disposa de connexió a PC.



**Imatge 2.** Estació WMR-928NX

Totes aquestes estacions tenen uns preus que oscil·len des dels 20 € fins a uns 500 € més possibles accessoris d'ampliació com podrien ser més sensors.

## **4.- Estudi del disseny.**

### **4.1.- Mecànica de funcionament.**

Tota l'estació es centra en el microcontrolador. Aquest permet l'activació dels sensors durant uns 10 segons per cada mesura aproximadament i mitjançant el convertidor analògic digital i les entrades digitals, fa la captura de les dades. Gestiona la font d'alimentació, la captura de dades, la memòria EEPROM i la comunicació amb el PC.

Per desar les dades es genera un "paquet" d'informació que conté les dades temporals complertes al inici (any, mes, dia, hora, minut i segon) i tot seguit la mesura del sensor que conté el codi que identifica el mateix, la mesura meteorològica i el segon en que es fa per poder-la sincronitzar estalviant espai de la memòria.

Totes aquestes dades sempre passen per la memòria per assegurar que no hi haurà cap pèrdua, es a dir, abans de ser enviades es desen a la memòria EEPROM.

Quan s'inicia el bucle i es confirma que hi ha comunicació, les dades que hi ha pendents a la memòria (dades que s'han desat quan no hi havia comunicació) s'envien al PC mitjançant l'antena ZigBee. El software del PC és el que fa el tractament de les dades.

### **4.2.- Sistema d'alimentació:**

Pel que fa a la font d'alimentació, la idea inicial és que l'estació sigui autònoma energèticament i per això es va estudiar la possibilitat de que funcionés a piles però ràpidament, es va observar que donarien poca autonomia i que obligarien a l'usuari a substituir-les contínuament. Per aquest motiu es farà us de panells fotovoltaics. El sistema durà incorporada una bateria que es carregarà amb l'energia que li aportin els panells fotovoltaics i a més unes piles per casos d'emergència, casos en els que després d'alguns dies de condicions climatològiques adverses la bateria no hagi pogut mantenir el subministrament energètic mínim.

### **4.3.- Components electrònics:**

El primer aspecte a tenir en compte és el nucli del sistema. Inicialment ja es va optar per un microcontrolador, ja que inclou totes les funcions necessàries per al projecte tot i a més és econòmic, d'ús general i fàcil de programar. S'ha optat per un PIC16LF877A de la marca Microchip que inclou mòduls com el convertidor analògic digital o el de comunicació I2C a més d'un gran nombre d'entrades i sortides. Aquesta versió del microcontrolador és la de baix consum que es troba entre els 20 i els 35 $\mu$ A de consum en repòs. Per construir el prototipus s'ha utilitzat el PIC16F877A que és el model estàndard tot i que el seu consum en repòs no supera els 15mA.

Pel que fa a la memòria s'ha triat un chip EEPROM econòmic i de suficient capacitat com per complir les necessitats i que a més es comuniqués per el bus I2C. El mateix ha passat amb el rellotge en temps real el qual ens permetrà fixar les dades en el temps amb una precisió de segons.

El bus I2C s'utilitza per interconnectar tres dels components de la placa que són el microcontrolador, la memòria i el rellotge. És un bus que només necessita dos cables i la massa per tal de comunicar aquests dispositius i a més, com que cadascun té la seva direcció dintre del bus, se n'hi poden connectar els necessaris fins a arribar als 400pF de capacitat total entre les línies. La avantatge d'aquest bus és que actualment hi ha molts dispositius que compleixen aquest estàndard de comunicació.

### **4.4.- Protocol de transmissió:**

Les dades que es recullen dels sensors s'han de preparar per enviar al PC. Cada dada ha d'indicar de quin sensor es tracta, el valor de la mesura i a quina hora s'ha realitzat. Cada dada que surti del convertidor analògic digital serà una paraula de 8 bits que és desada en format byte. Les dades temporals del rellotge es troben en 6 registres de 8 bits. Pel tipus de sensor s'utilitzarà 1 byte addicional. Per a cada paquet d'informació s'enviarà l'hora completa (any, mes, dia, hora, minut i segon) i les següents dades per a cadascun dels sensors: nombre de sensor, mesura i segon de la mesura. Així enviant la data i l'hora només una vegada i adjuntant el segon en que es fa la mesura en cada mesura reduïm el



nombre de bytes a enviar. D'aquesta manera tenim que en total hi ha 6 bytes inicials i 3 bytes d'informació per a cada mesura, 7 mesures en total. Així obtenim un total de 27 bytes. Tenint en compte la mida de la memòria, que són 64kbytes, es podran realitzar fins a 303 mesures.

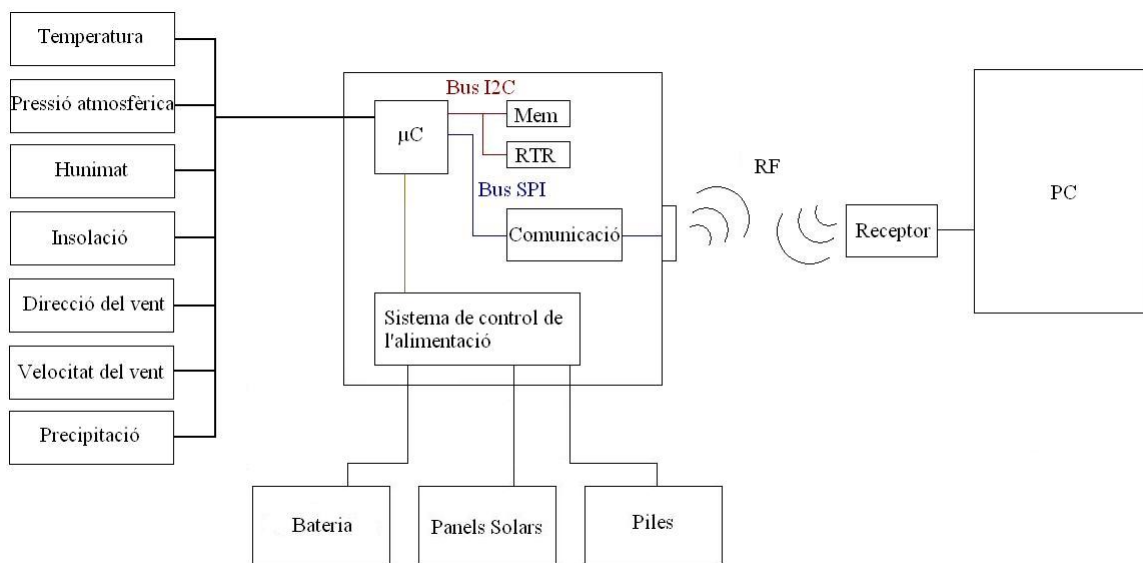
- Si es realitza una mesura per minut la memòria permetrà enregistrar 303 minuts.
- Si la mostra es pren cada quart d'hora podem emmagatzemar 3 dies i 15 hores
- Si es realitza una mesura per hora la memòria permetrà enregistrar 303 hores, és a dir, 12 dies i 15 hores.



#### 4.6.- Comunicació amb el PC:

Per a la comunicació s'ha optat per el sistema ZigBee. S'ha de tenir en compte que aquest ha de ser un dispositiu autònom i que el consum ha de ser molt reduït. Tenint en compte aquest aspecte s'han estudiat diferents propostes com el Wifi, el Bluetooth o la radiofreqüència a 433MHz. El Wifi va quedar descartat per el cost dels transmissors i per el consum tot i que l'abast del senyal era suficient segons les especificacions inicials. El Bluetooth, tot i per estar pensat per dispositius mòbils te un consum elevat i un abast molt reduït (menys de 10 metres) així que es va optar per un altre sistema semblant però que fos més conservador amb les bateries. La radiofreqüència a 433MHz es va descartar per el consum i per que tampoc seria res innovador, de fet, la majoria d'estacions existents ja treballen amb aquest sistema donant bons resultats.

#### 4.7.- Diagrama de blocs



**Imatge 4.** Esquema bàsic de l'estació

Aquí podem veure els sensors (a l'esquerra), el sistema de control de l'alimentació format pels panells solars, la bateria i les piles de reserva (al centre), la comunicació i el PC (a la dreta) i l'estació meteorològica amb tots els seus components interns inclosos els busos interns de comunicació.

Pel que fa a la caixa on finalment s'ubicarà l'estació meteorològica ha de ser d'un material resistent a la corrosió, a la llum i a canvis bruscos de temperatura. Un possible material seria el PVC per les seves característiques pel que fa a la resistència mecànica i al cost entre altres.

## **5.- Descripció del hardware.**

### **5.1.- Llistat de components.**

En conjunt tots els components que s'utilitzaran són els següents:

- Microcontrolador PIC16F877A
- Memòria M24C64
- Un rellotge en temps real DS1307
- Un mòdul transmissor de radio freqüència Zigbee MRF24J40MA
- Un sensor de temperatura LM35
- Un sensor d'humitat HIH-4000
- Un sensor de pressió atmosfèrica MPX4115A
- Un sensor d'insolació del tipus LDR
- Un sensor de direcció del vent de construcció pròpia
- Un sensor de velocitat del vent de construcció pròpia
- Un sensor de pluja de construcció pròpia

A continuació es farà la descripció d'aquests components.

### **5.2.- El microcontrolador.**

El microcontrolador que s'ha escollit per aquest projecte es un PIC16LF877A. S'ha escollit aquest per que ens ofereix totes les funcions que es requereixen pel projecte i entrades i sortides de sobra, tot per un cost raonable. Amés és un chip fàcil d'utilitzar i programar.

#### **5.2.1.- Característiques generals.**

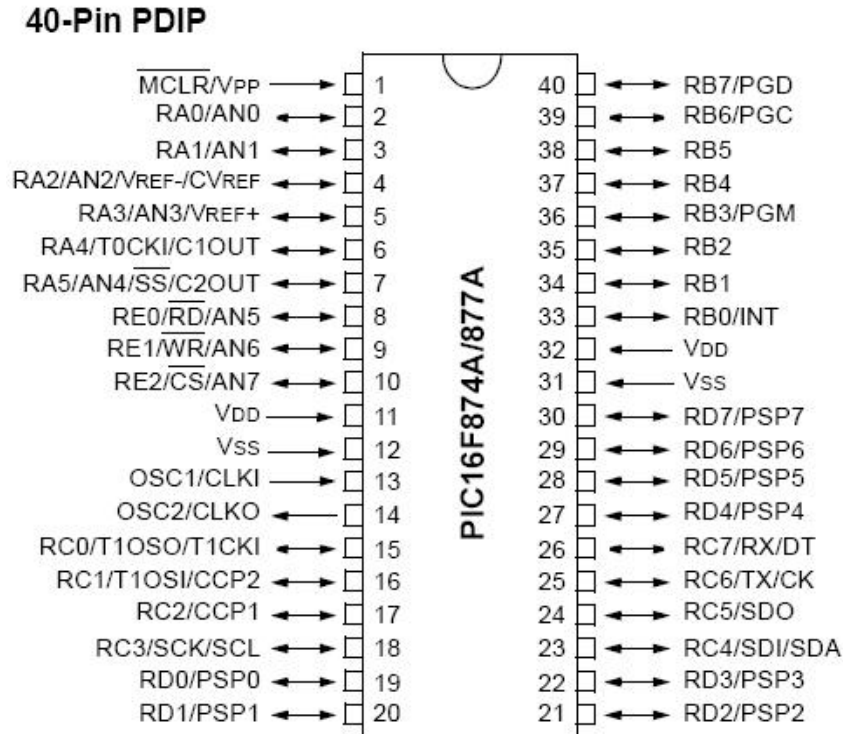
- Memòria de programa tipus flash de 8Kx14
- Memòria de dades de 368 bytes (RAM)
- EEPROM de 256 bytes
- 33 pines d'entrada/sortida
- Encapsulat: 40 pins DIP, 44 pins PLCC y 44 pins TQFP

- Suporta un cristall de fins a 20MHz
- Voltatge d'operació: des de 2.0 fins a 5,5VDC

### 5.2.2.- Característiques dels perifèrics.

- 1 Conversor A/D de 10-bits (8 canals)
- 2 Mòduls CCP (Captura, Comparador, PWM)
- 1 Mòdul I2C
- 1 USART (Port Sèrie)
- 2 Timers de 8 bits
- 1 Timer 16 bits

### 5.2.3.- Esquema d'encapsulat.

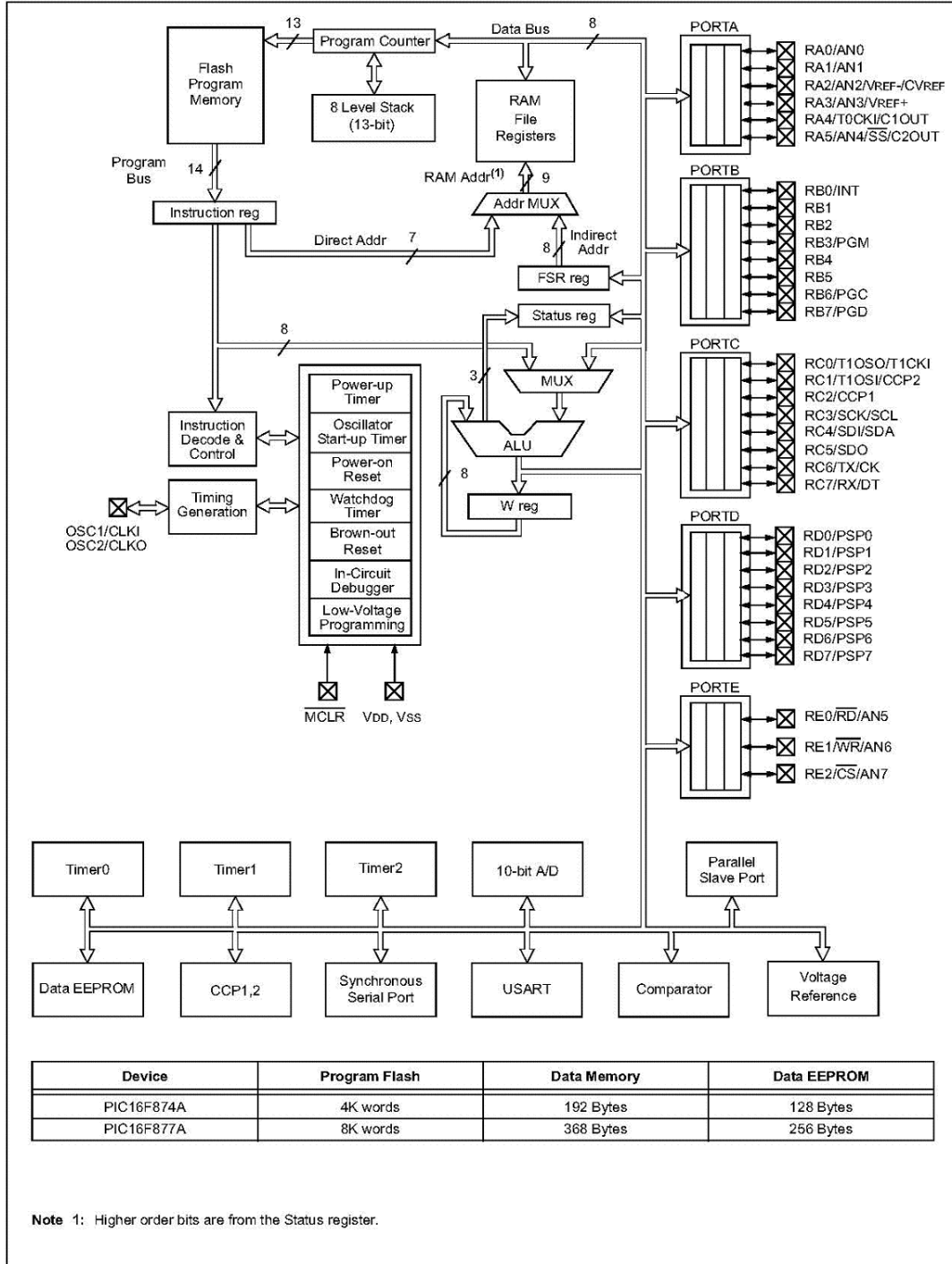


Imatge 5. Esquema del microcontrolador

### 5.2.4.- Arquitectura del microcontrolador.

# PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



Imatge 6. Diagrama de blocs del microcontrolador

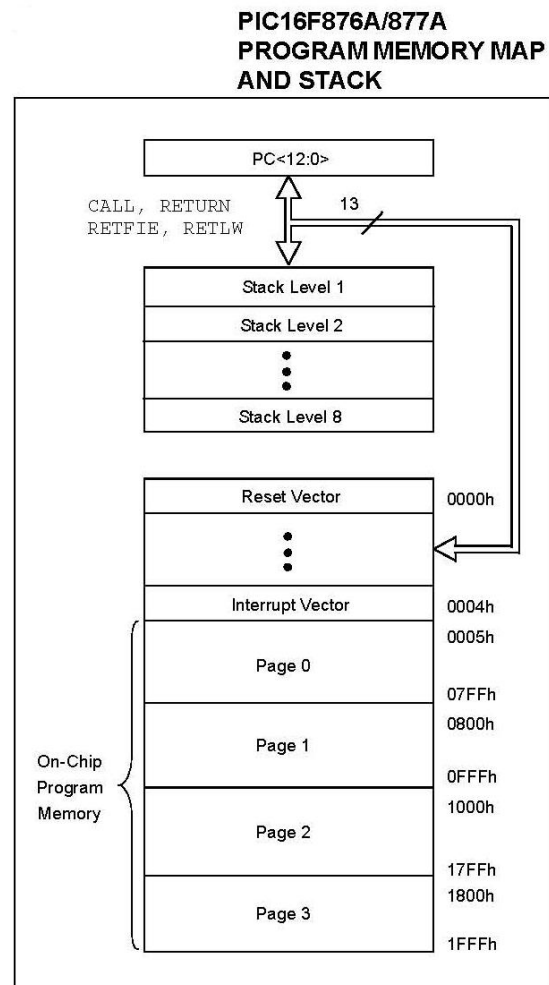
### 5.2.5.- Mapa de memòria

Tal i com s'indica en les característiques del microcontrolador aquest disposa de memòria de programa tipus flash de 8Kx14 bytes, memòria de dades de 368 bytes i una memòria EEPROM de 256 bytes.

Memòria de programa.

En les 8192 posicions (8Kwords) conté el programa amb les instruccions que governen l'aplicació. És del tipus no volàtil.

Els 8K de memòria de programa disponible estan dividits en 4 pàgines de 2K cadascuna (0h-7FFh, 800h-FFFh, 1000h-17FFh y 1800h-1FFFh). Això es degut a que les instruccions de salt i crida a subprograma permeten carregar només 11 bits en el Comptador de Programa (PC).



**Imatge 7.** Mapa de memòria del microcontrolador

Si s'estan executant instruccions successivament, el comptador de programa passarà d'una pàgina a l'altre sense necessitat d'intervenció per part de l'usuari o programador. Per a saltar entre pàgines de la memòria de programa els 2 bits més alts del PC s'han de modificar. Això s'aconsegueix escrivint en el registre PCLATH (és un registre situat en la memòria de dades).

Memòria EEPROM de dades

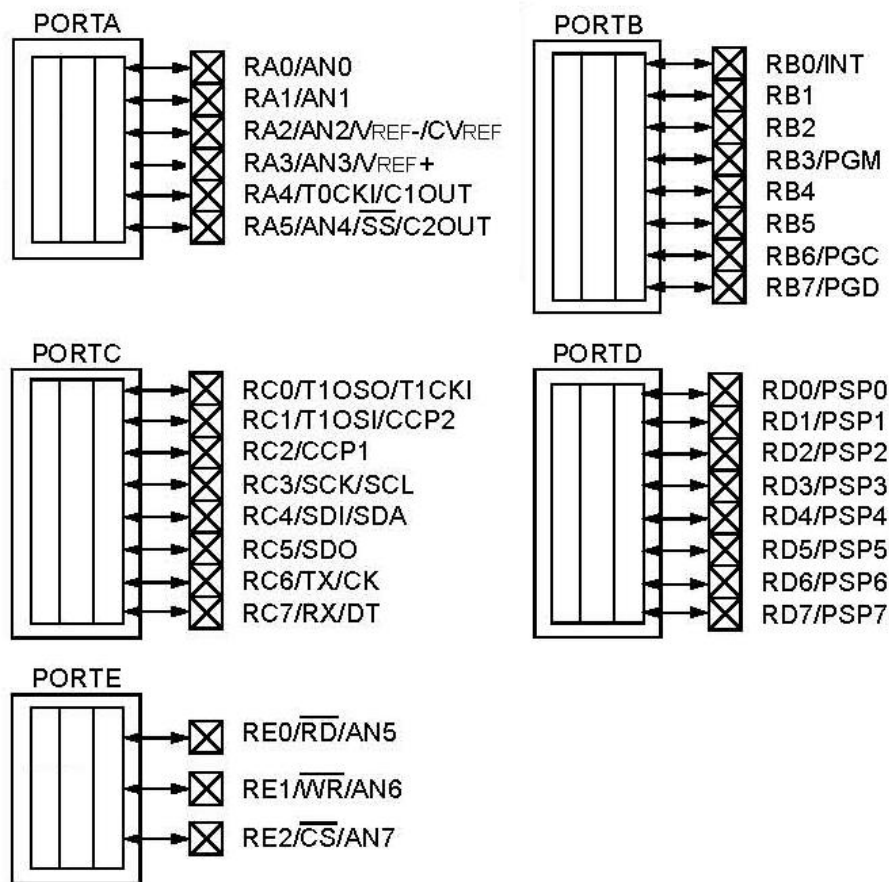
És una petita area de memòria de dades de lectura i escriptura no volàtil que garanteix que una determinada informació estarà sempre disponible al reinicialitzar-se el programa.





### 5.2.7.- Ports del microcontrolador.

El PIC16F877A té un total de 5 ports d'entrades i sortides que aconseguen un total de 33 entrades i sortides (si contem el reset). Aquestes entrades o sortides poden ser des de senyals d'estat (alt o baix tan com a entrada com a sortida), busos de comunicació sèrie com el I2C, del qual parlarem mes endavant, o canals del conversor analògic digital. Tots aquests van identificats de diferents maneres tal i com es pot veure en la imatge següent:



Imatge 9. Ports del microcontrolador

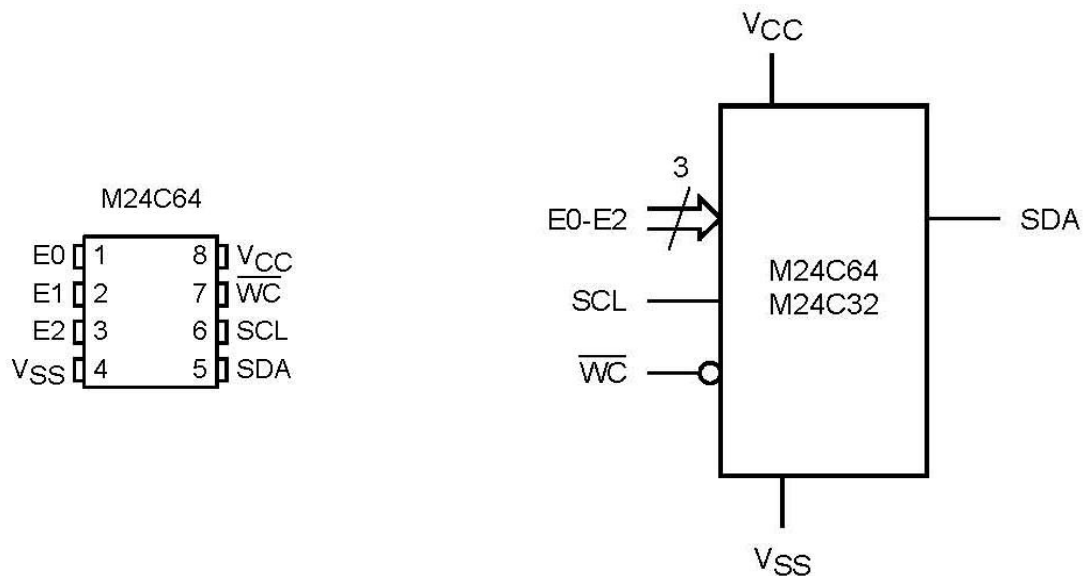
Aquí podem veure les entrades i sortides identificades amb RA0 (entrada/sortida 0 del port A) o RC4 (entrada/sortida 4 del port C), els ports de comunicació del bus I2C (SDA, SCL) i els canals del conversor analògic digital com el AN2 (canal 2 del conversor analògic digital).

### 5.3.- El bus I2C

El bus I2C és un bus de comunicacions en sèrie dissenyat per Philips. El seu nom ve d'Inter-Integrated Circuit (Circuits Inter-Integrats). La velocitat de transmissió és de 100Kbits per segon en el mode estàndard, podent arribar a velocitats de fins a 3,4Mbits/s. És un bus molt utilitzat en la indústria, principalment per a comunicar microcontroladors i els seus perifèrics en sistemes integrats (Embedded Systems) i generalitzant-ho més, per a comunicar circuits integrats entre si que normalment es troben en un mateix circuit imprès. (Per més informació consultar l'annex 1).

### 5.4.- Memòria EEPROM I2C.

És un chip de memòria EEPROM de 64 kbytes de capacitat (8192 posicions de 8 bits) que es connecta al microcontrolador mitjançant el bus I2C. A continuació es mostra l'esquema lògic i el de connexions.



**Imatge 10.** Esquema de la memòria i esquema funcional de la memòria.

Tal i com es mostra a la figura, les potes 4 i 8 serveixen per la alimentació, la 7, el  $\overline{WC}$ , és el que permet o no l'escriptura del chip. Les potes 5 i 6, SCL i SDA, són les que es fan servir per la comunicació a través del bus I2C i les potes 1, 2 i 3 són les que ens permeten

seleccionar l'integrat si n'hi hagués més d'un. Pel que fa a la seva connexió al bus I2C necessitem indicar la direcció que tal i com mostra el datasheet és la següent:

**Table 3. Device Select Code**

	Device Type Identifier <sup>1</sup>				Chip Enable Address <sup>2</sup>			$\overline{RW}$
	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
Device Select Code	1	0	1	0	E2	E1	E0	$\overline{RW}$

Note: 1. The most significant bit, b7, is sent first.

2. E0, E1 and E2 are compared against the respective external pins on the memory device.

**Imatge 11.** Direcció d'accés I2C de la memòria

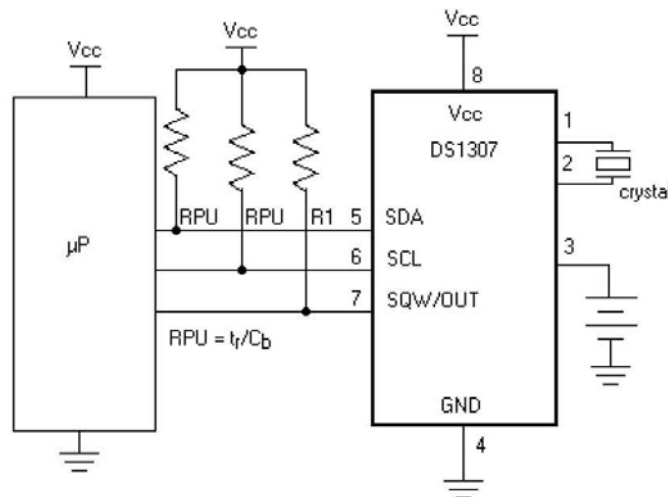
Això s'ha d'interpretar de manera que la direcció és 1010XXX0 en codi binari o \$A0 en codi hexadecimal.

## 5.5.- Relloatge en temps real I2C.

Aquest dispositiu és un rellotge en temps real amb capacitat per ser connectat a través del bus I2C. Les seves característiques principals són les següents:

- Capacitat per comptar segons, minuts, hores, dia, dia de la setmana i any.
- Té 56 bytes de memòria RAM no volàtil protegida per una bateria amb una capacitat total de 64 bytes si es compten els registres de les dades temporals.
- Interface per bus I2C.
- Menys de 500nA de consum amb la bateria.

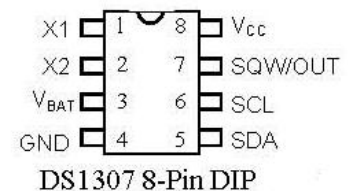
A continuació es mostra el circuit típic de funcionament.



**Imatge 12.** Esquema funcional del rellotge en temps real

L'esquema dels pins de l'integrat és el següent:

Segons s'observa els pins 4 i 8 són per la massa i l'alimentació. Entre els pins 1 i 2 hi ha el cristall per el funcionament de l'integrat el valor del qual és de 32768kHz. En el pin 3 hi va connectada la bateria per la memòria RAM que es recomana que sigui de 3V. Els pins 5 i 6 s'utilitzen per la comunicació pel bus I2C. El pin 7, SQW és un senyal de sortida.



El mapa de memòria de l'integrat és el següent:

00H	SECONDS
	MINUTES
	HOURS
	DAY
	DATE
	MONTH
	YEAR
07H	CONTROL
08H	RAM 56 x 8
3FH	

**Imatge 13.** Mapa de memòria del rellotge en temps real

A continuació es mostren en detall les posicions de memòria que representen les dades de data i hora.

	BIT7							BIT0	
00H	CH	10 SECONDS			SECONDS				00-59
	0	10 MINUTES			MINUTES				00-59
	0	12 24	10 HR A/P	10 HR	HOURS				01-12 00-23
	0	0	0	0	0	DAY			1-7
	0	0	10 DATE		DATE				01-28/29 01-30 01-31
	0	0	0	10 MONTH	MONTH				01-12
	10 YEAR				YEAR				00-99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	

**Imatge 14.** Mapa de memòria detallat del rellotge en temps real

Tal i com es pot veure en aquesta imatge, configurant aquests registres de manera adequada aconseguim posar en hora el rellotge intern del chip.

Pel que fa a la direcció del bus I2C és la següent: %1101000. Indicant aquesta direcció al microcontrolador accedeix al rellotge.

## **5.6.- El bus SPI**

El bus SPI (Serial Peripheral Interface Bus o bus serial d'interfase de perifèrics) és un estàndard d'enllaç de dades sèrie sincronitzades per un rellotge que operen en mode full duplex. Els dispositius es comuniquen en mode mestre/esclau on el dispositiu mestre inicia el data frame (marc de dades). Es permeten múltiples dispositius esclaus connectats a un mateix bus. En altres paraules, el bus SPI permet la comunicació entre circuits integrats d'equips electrònics. Per més informació veure l'annex 1.

## **5.7.- MRF24J40MA (transmissor ZigBee)**

Aquest mòdul és un transmissor que treballa en la coneguda com a banda lliure (2,4GHz) amb el protocol IEEE Std 802.15.4<sup>TM</sup> (veure l'annex 2 per conèixer la norma).

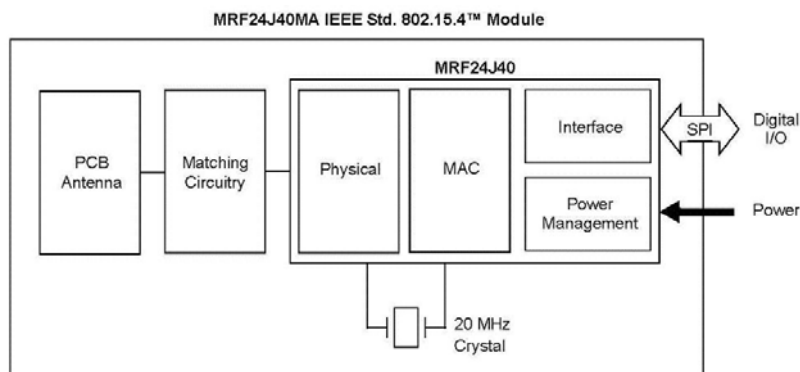
Característiques principals:

- Suporta ZigBee®, MiWi™, MiWi™ P2P i protocols de xarxes sense fils privades.
- Dimensions reduïdes (17.8 mm x 27.9 mm)
- Cristall, regulador de voltatge i antena integrats.
- Fàcil integració en el producte final minimitzant el temps de disseny.
- Certificat de radio regulació per Estats Units (FCC), Canada (IC) i Europa (ETSI)
- Compatible amb les famílies de microcontroladors Microchip (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC33 i PIC32)
- Fins a 121,92 m. de rang.

Característiques operacionals:

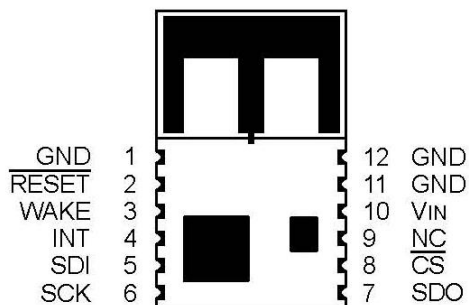
- Voltatge d'operació: 2.4-3.6V (3.3V típicament)
- Rang de temperatura: -40°C to +85°C
- Bus SPI Interface simple de quatre nuclis
- Baix consum de corrent:
  - RX mode: 19 mA (típicament)
  - TX mode: 23 mA (típicament)
  - Sleep: 2 µA (típicament)

Diagrama de blocs del dispositiu:



**Imatge 15.** Diagrama de blocs de l'antena MRF24J40MA

Diagrama de pins:



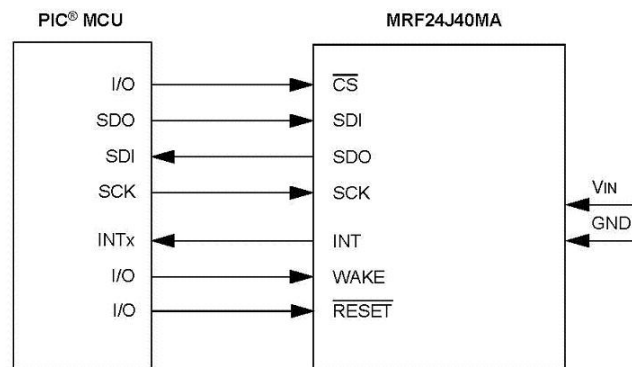
**Imatge 16.** Esquema de l'antena MRF24J40MA

Descripció dels pins:

1	<u>GND</u>	Massa
2	RESET	Reset general del sistema
3	WAKE	Wake-up trigger extern
4	INT	Pin d'interrupció cap a el microcontrolador
5	SDI	Entrada de dades
6	SCK	Clock de transferència
7	<u>SDO</u>	Sortida de dades
8	CS	Enable
9	NC	No s'utilitza
10	Vin	Alimentació
11	GND	Massa
12	GND	Massa



Esquema de connexionat amb el microcontrolador:



**Imatge 17.** Esquema d'interconnexió entre el PIC i l'antena MRF24J40MA

Tal i com es mostra a la imatge anterior el protocol que s'utilitza per comunicar el microcontrolador i l'antena ZigBee és el bus SPI (Serial Peripheral Interface)(veure annex 1).

## 5.8.- Sensors meteorològics.

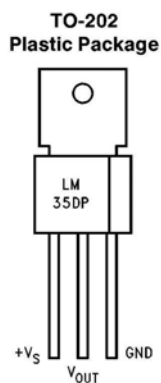
### 5.8.1.- El sensor de temperatura LM35.

El LM35 és un sensor de temperatura amb una precisió calibrada d' "1°C" i un rang de treball que va des de -55°C fins a +150°C.

Característiques:

- Calibrat directament en graus centígrads
- Escala lineal de +10mV/°C
- Una precisió de 0,5°C a 25°C
- Rang de treball que va des de -55°C fins a +150°C
- S'aconsella per aplicacions remotes
- Baix preu
- Capaç d'operar amb una alimentació de entre 4 i 30V
- Baix consum

El sensor es presenta en diferents encapsulats però el que s'utilitza en aquest cas és el TO-202.



**Imatge 18.** Esquema del LM35

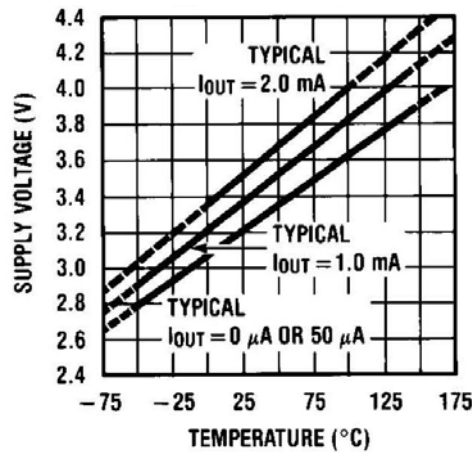
La sortida del dispositiu és lineal i equival a 10mV/°C per tant:

$$+1500\text{mV} = 150^\circ\text{C}$$

$$+250\text{mV} = 25^\circ\text{C}$$

$$-550\text{mV} = -55^\circ\text{C}$$

Aquesta és la gràfica de comportament del sensor:



Imatge 19. Gràfic del LM35

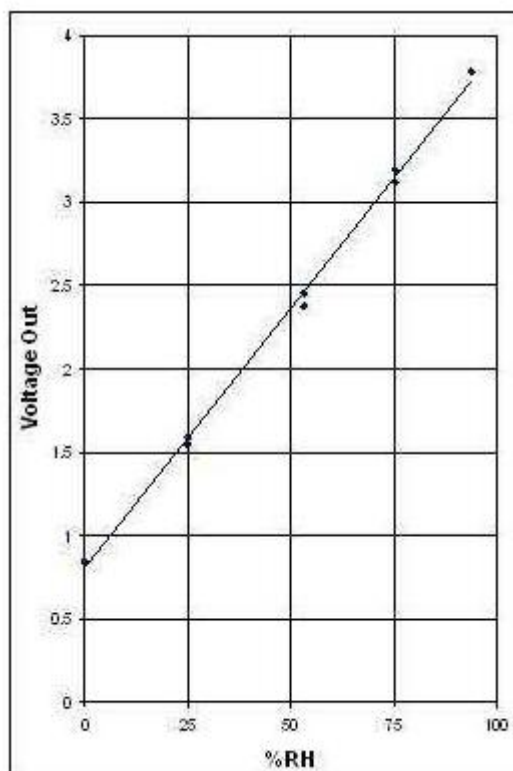
### 5.8.2.- El sensor d'humitat HIH-4000.

Els sensors d'humitat de la sèrie HIH-4000 estan dissenyats expressament per a fabricants d'equipaments de gran volum. La sortida lineal del sensor fa possible que es connecti directament a un regulador o a un altre dispositiu de control. Amb un consum de només  $200 \text{ } \mu\text{A}$  el HIH-4000 és perfecte per a sistemes que utilitzen una bateria com a font d'alimentació.

Característiques:

- Sortida de voltatge lineal
- Baix consum
- Tensió d'alimentació de 4 a 5,8V
- Ràpida resposta
- Opera entre 0 i 100% d'humitat

El comportament del sensor respon a la següent gràfica:



Imatge 20. Gràfic del HIH-4000

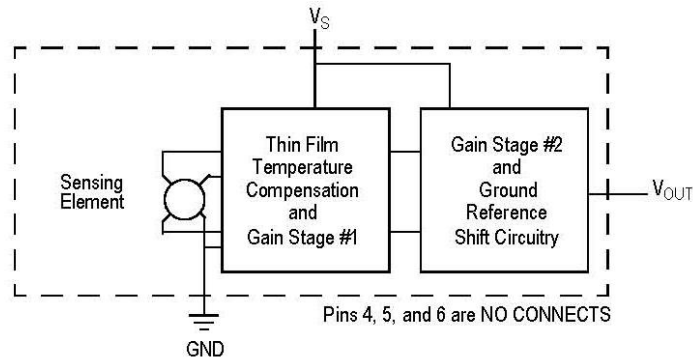
### 5.8.3.- El sensor de pressió atmosfèrica MPX4115.

La sèrie MPX4115 esta dissenyada per a mesurar la pressió atmosfèrica enfocant el seu us com un baròmetre o altímetre. El senyal de sortida del sensor es dona en forma analògica amb un valor de entre 0,2 i 4,8V.

Característiques principals:

- Alimentació entre 4,85 i 5,35V
- Sortida analògica apte per microprocessadors o microcontroladors
- 1,5% d'error màxim
- Consum màxim de 10 mA
- Mesura des de 15 fins a 115 kPa

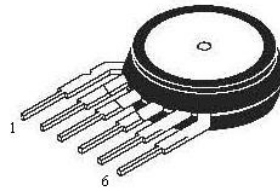
L'esquema del sensor és el següent:



Imatge 21. Esquema de funcionament del MPX4115A

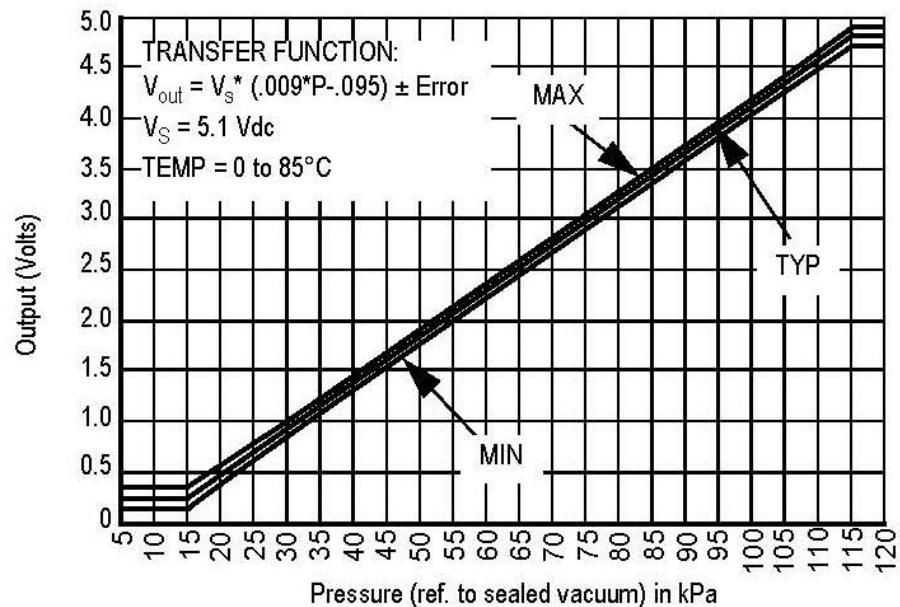
A continuació es mostren els pins i l'encapsulat:

- 1 – Vout – Senyal analògic de sortida
- 2 – Massa
- 3 – Vss – Alimentació
- 4 – N/C – No s'utilitza
- 5 – N/C – No s'utilitza
- 6 – N/C – No s'utilitza



MPX4115A  
CASE 867-08

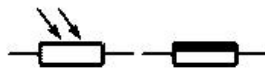
Gràfic de funcionament del sensor:



Imatge 22. Gràfic del MPX4115A

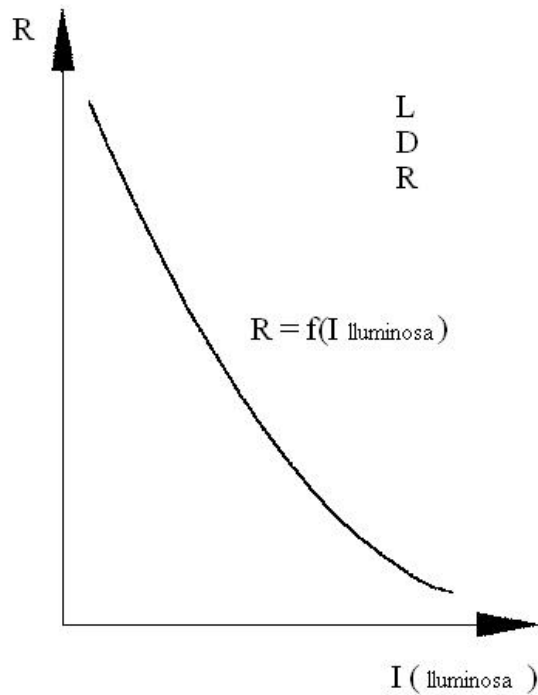
### 5.8.4.- Sensor d'insolació

Aquest sensor no és res més que una resistència LDR que mesura la quantitat de llum ambiental. Les resistències d'aquest tipus varien el seu valor depenent de la quantitat de llum que reben a la seva superfície. Quan estan a les fosques la seva resistència és alta i quan són a plena llum baixa.



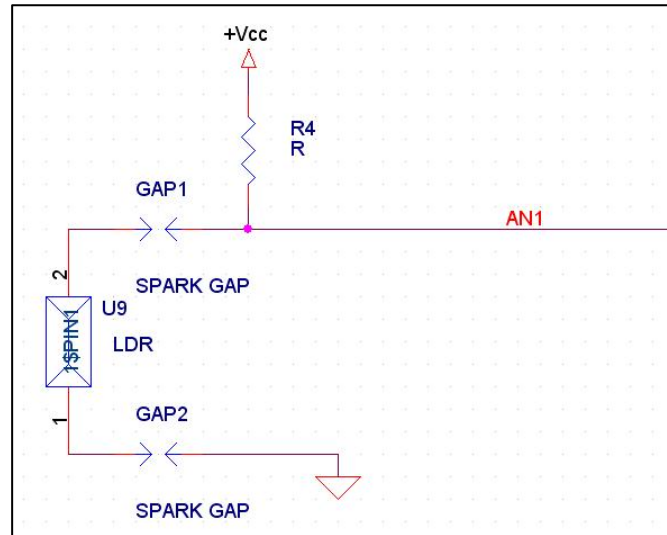
Símbols de LDR

Aquesta és la corba característica de LDR:



**Imatge 23.** Gràfica de l'LDR

La lectura d'aquest component també es fa de manera analògica seguint l'esquema següent:



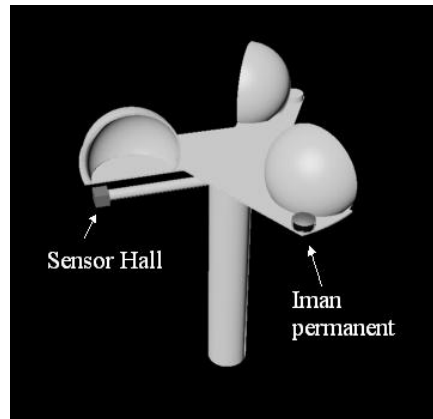
**Imatge 24.** Esquema elèctric de la connexió de l'LDR

Aquí mesurem la tensió que hi ha entre les dues resistències, R4 de 10k $\Omega$  i LDR de resistència variable. AN1 és el canal 1 del conversor analògic a digital del microcontrolador que és el que farà la mesura.

#### 5.8.5.- Sensor de direcció del vent.

Aquest sensor no és un dispositiu concret sinó que es dissenyarà des de zero. La idea és que s'ha de mesurar la velocitat del vent i per fer això es pot fer comptant les revolucions a que gira un dispositiu. El sistema proposat és el següent:

Això que es mostra en la imatge següent no és res més que una base composta de CD's reciclats units a una barra rígida mitjançant un coixinet i a la part superior tres pilotes de ping-pong retallades degudament.



**Imatge 25.** Representació del anemòmetre

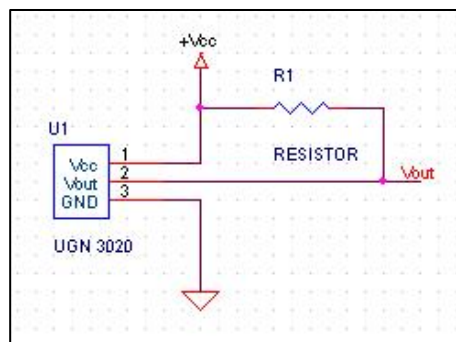
Per fer la mesura coneixem el diàmetre del CD i amb això podem fer el següent càlcul:

$$L = \pi * d \quad \text{llavors} \quad L = \pi * 13 = 40,8 \text{ cm} \quad \text{on el 13 és el diàmetre del CD i}$$

$$40,8 \text{ cm la seva longitud total i d'aquí traiem la formula} \quad V = \frac{\text{voltes}}{s} * 0,408 \text{ m}$$

Simplement introduint el nombre de voltes ja ens dona els m/s a que bufa el vent.

D'aquesta manera la mesura es realitza per freqüència, i durant un segon. Una altre opció seria el mesurar el temps que hi ha entre una passada i una altre i aplicant la mateixa formula també ens donaria el mateix resultat. El sensor com a tal només el compona un sensor d'efecte Hall i un iman permanent. D'aquesta manera, com que no hi ha contacte directe, no hi ha interferències. L'esquema és el següent:

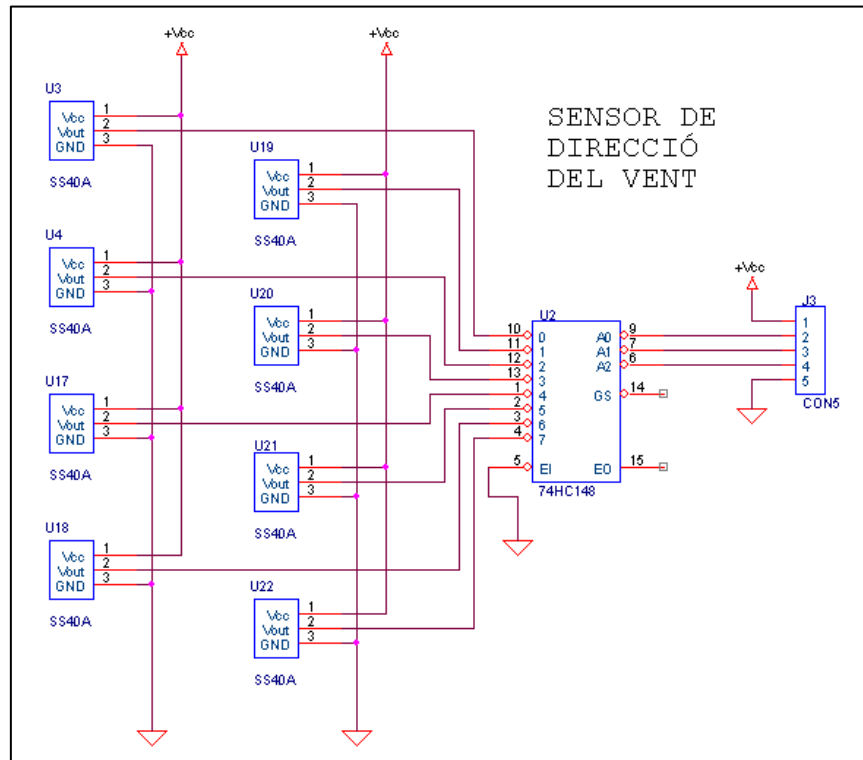


**Imatge 26.** Esquema elèctric de l'anemòmetre



### 5.8.6.- Sensor de direcció del vent.

De la mateixa manera que el sensor explicat anteriorment, el sensor de velocitat del vent, aquest sensor també està dissenyat pel projecte. En aquest cas el sistema és una mica més complex. Els sensors utilitzats són els mateixos que en el cas anterior però en major nombre. En aquest cas n'hi ha 8. L'esquema és el següent:



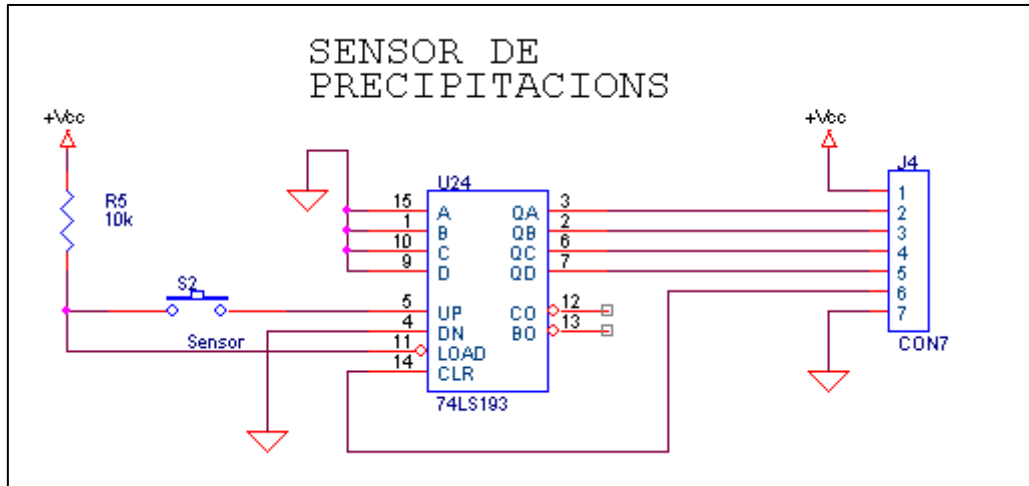
Imatge 27. Esquema elèctric del penell

Els 8 sensors es reparteixen sobre una circumferència i a sobre s'hi uneix amb un coixinet el penell i un iman permanent que va passant per sobre de cada sensor. D'aquesta manera el iman permanent se situarà en la direcció en que bufi el vent. Per tal de minimitzar els cables que van cap a el sensor, es codifiquen els 8 senyals amb un 74HC148 i així es redueixen a 3 de comunicació i 2 per l'alimentació. Aquest podria quedar així:

### 5.8.7.- El sensor de pluja.

Aquest sensor és el que s'encarrega de mesurar la quantitat de precipitació que ha caigut per metre quadrat. Per fer això el que es fa és crear una superfície d'un decímetre quadrat en el que es recull l'aigua. Aquesta aigua passa per un balanci amb un contrapès que fa que

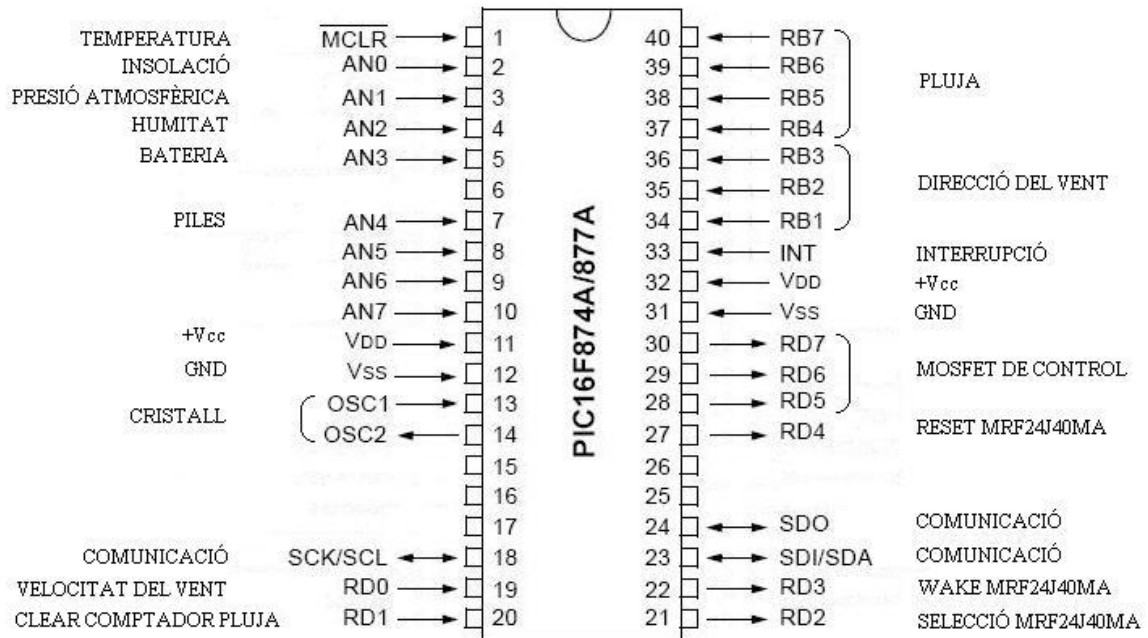
només es puguin acumular 10 cm<sup>3</sup> de líquid i que es buidi automàticament. Quan aquest es buida prem un polsador que esta connectat a un comptador binari. Llegint el comptador sabrem aproximadament quants cm<sup>3</sup> han caigut entre mostra i mostra. A continuació podem veure l'esquema elèctric del sensor.



**Imatge 28.** Esquema elèctric del pluviòmetre

## 5.9.- Distribució dels ports del microcontrolador.

Finalment la distribució dels ports del microcontrolador és la següent:



**Imatge 29.** Us dels ports del microcontrolador

En aquest esquema es pot observar l'aprofitament dels recursos del microcontrolador i alguns dels ports lliures que queden a disposició d'ampliacions posteriors.



## 6.- Estudi de la font d'alimentació.

En aquest projecte és molt important intentar minimitzar el consum energètic de tot el sistema en conjunt per així allargar la vida de la bateria i poder dimensionar les plaques fotovoltaïques i la mateixa bateria.

El primer que cal fer és un estudi del consum total del sistema. A continuació es mostra una taula amb el consum màxim de tots els components per separat:

Dispositiu	Consum màx.	Unitats
Microcontrolador	15	mA
Memòria	2	mA
RTC	1,5	mA
ZigBee	21	mA
LM35	10	mA
LDR	0,5	mA
MPX4115	10	mA
HIH-4000	0,2	mA
Penell	64	mA
Anemòmetre	8	mA
Pluviòmetre	0,5	mA
Varis	50	mA
<b>Consum total</b>	<b>182,7</b>	<b>mA</b>

S'ha de tenir en compte que no tots els dispositius funcionaran al mateix temps ja que de ser així el consum de tot el sistema seria molt elevat. El que es farà és mantenir alimentat només el microcontrolador, la memòria, el rellotge i l'antena. Tots aquests dispositius en conjunt no arriben a consumir ni 1 mA. Pel que fa als sensors, només s'alimentaran quan sigui necessari fer una captura. Per fer això possible s'utilitzarà un MOSFET controlat per el microcontrolador.

Per calcular la duració de les bateries s'ha de suposar una situació concreta. A continuació hi ha una taula que mostra els consums permanents i els puntuals.

Consum permanent		
Dispositiu	Consum màx.	Unitats
Microcontrolador	0,035	mA
Memòria	0,002	mA
RTC	0,0005	mA
ZigBee	0,002	mA
<b>Consum total</b>	<b>0,0395</b>	<b>mA</b>

Consum puntual		
Dispositiu	Consum màx.	Unitats
Microcontrolador	15	mA
Memòria	2	mA
RTC	1,5	mA
ZigBee	21	mA
LM35	10	mA
LDR	0,5	mA
MPX4115	10	mA
HIH-4000	0,2	mA
Penell	64	mA
Anemòmetre	8	mA
Pluviòmetre	0,5	mA
Varis	50	mA
<b>Consum total</b>	<b>182,7</b>	<b>mA</b>

Si es fa un càlcul del consum mitjà durant una hora fent una mostra cada 15 minuts es pot fer de la següent manera: una hora té 3600 segons i la mesura es fa durant com a màxim 10 segons per mesura. Això fa un total de 40 segons per hora de consum màxim. Fent la mitjana, segons el temps de funcionament en cada mode, obtenim un consum mitjà de només 2,1 mA. A continuació hi ha les formules que s'han utilitzat per fer el càlcul:

$$1 \text{ hora} = 3600 \text{ segons}$$

$$182,7 \text{ mA} * 40 \text{ segons} = 7308 \text{ (mA * segon)}$$

$$0,0395 \text{ mA} * 3560 \text{ segons} = 140,62 \text{ (mA * segon)}$$

$$7308 + 140,62 = 7448,62 \text{ (mA * segon)}$$

$$\frac{7448,62 \text{ (mA * segon)}}{3600 \text{ segons}} = 2,069 \text{ mA} \approx 2,1 \text{ mA}$$

En conseqüència, col·locant un sol panell fotovoltaic de 5v i 30 mA ja és suficient per carregar les bateries i poder alimentar el sistema. Aquesta bateria estarà composta per quatre piles recarregables que subministraran 4,8V i 2400mAh. i es recarreguen mitjançant els panells fotovoltaics ja mencionats.

Per controlar la carrega de les bateries i l'estat en que es troben s'utilitzarà un dels canals del convertidor analògic digital del microcontrolador. Quan aquestes trobin carregades el microcontrolador desconnectarà els panells fotovoltaics fins que la carrega de les bateries disminueixi lo suficient com per que es puguin tornar a carregar sense danyar-les. Així mateix, si la carrega de les bateries no es mante, el microcontrolador activarà les piles de reserva per que el sistema pugui continuar funcionant de manera normal fins que les bateries tornin a tenir la càrrega optima.





## 7.- Descripció del software.

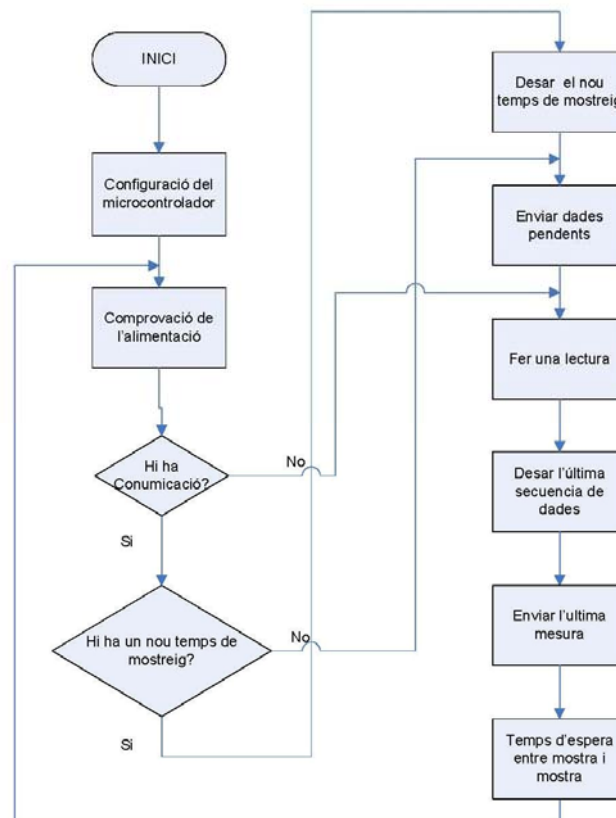
### 7.1.- El software del microcontrolador

El software que gestiona els processos del microcontrolador ha de ser capaç de realitzar les següents aplicacions:

- Ha de gestionar la configuració que l'usuari desitgi.
- Ha de poder llegir les dades dels diferents sensor i o be desar-les en memòria o be enviar-les a l'antena per que es transmetin al PC.
- També ha de ser capaç de supervisar la font d'alimentació.

S'ha de tenir en comte que per evitar la incorporació de més components electrònics complexos i de consum s'ha optat per realitzar un control de la font d'alimentació per software, aprofitant els recursos que ens dona el propi microcontrolador.

A continuació es mostra l'ordinograma del programa principal del microcontrolador:

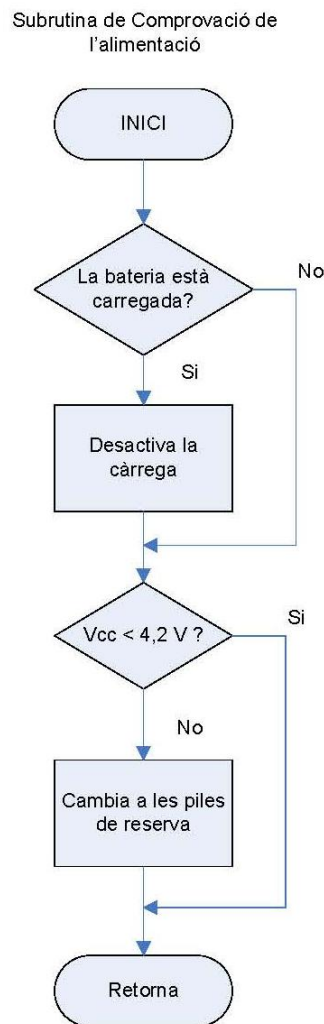


Imatge 30. Ordinograma del programa del microcontrolador

Explicació del funcionament del programa:

El primer que fa el programa és configurar els registres de control del microcontrolador i el temps de mostra inicial, que per defecte, és de una mostra cada hora inicialment. Tal i com es pot veure això només es fa una vegada, només quan s'iniciï el microcontrolador després d'estar una estona sense alimentació.

El pas següent ja és part del bucle principal del programa. Aquí es crida una petita subrutina que s'encarrega de controlar la font d'alimentació. Aquest pas és el primer ja que és important assegurar que els passos següents no es facin en va o que el sistema es quedarà sense alimentació abans d'acabar la seva tasca. Aquest és l'ordinograma de la subrutina:



**Imatge 31.** Ordinograma de la subrutina de comprovació de l'alimentació

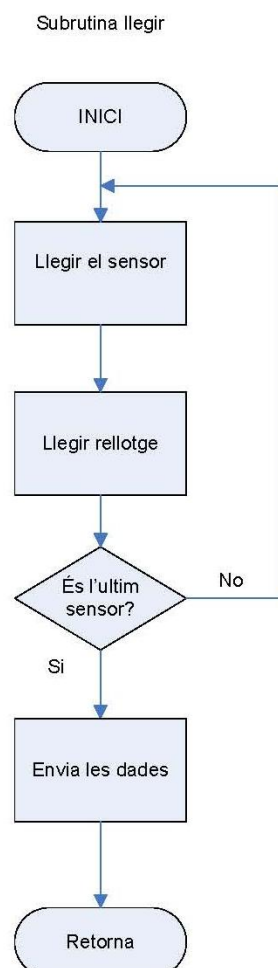
El primer que es comprova és si la bateria ja es troba a plena carrega. Si això és així, el microcontrolador donarà un senyal a un MOSFET que farà que les plaques fotovoltaiques quedin aïllades del sistema per tal de protegir la bateria i no sobrecarregar-la.

Tot seguit, es testeja la carrega de la bateria. Si la bateria no compleix un mínim de 4,2V el microcontrolador canviarà a les piles de reserva per assegurar la continuïtat del funcionament fins que la bateria torni a superar els 4,6 V. En aquest punt també s'aprofita per testejar que les piles no es trobin descarregades, i si fos el cas, avisar per que es substituïxin quan abans millor.

Un cop ja s'ha assegurat l'alimentació del sistema es comprova si hi ha comunicació amb el PC. Cal remarcar que aquesta no és necessària pel correcte funcionament de l'estació ja que disposa d'una memòria EEPROM per emmagatzemar les dades que recull però si que s'ha de realitzar com a mínim un cop cada 5 dies per assegurar que no es perdrà cap dada. Per saber si hi ha comunicació s'enviarà una dada concreta al PC obligant-lo a respondre amb una altre dada concreta. Si aquesta és correcte significa que hi ha comunicació i que es pot procedir a l'enviament de dades.

La primera dada que s'espera és la configuració (el temps de mostreig). Si s'ha modificat, no es farà efectiu el canvi fins a la següent mostra ja que entre mostres no hi ha comunicació. Després ja es passa directament a l'enviament de les mostres pendents d'enviar que hi hagi en la memòria EEPROM. Per norma sempre hi haurà la l'última dada que s'ha mostrejat tal i com s'explica tot seguit. Un cop s'han enviat totes les mostres de la memòria es passa a fer una lectura.

Per fer les lectures s'utilitza una subrutina estàndard per simplificar el procés. A continuació es mostra l'ordinograma:



**Imatge 32.** Ordinograma de la subrutina de lectura

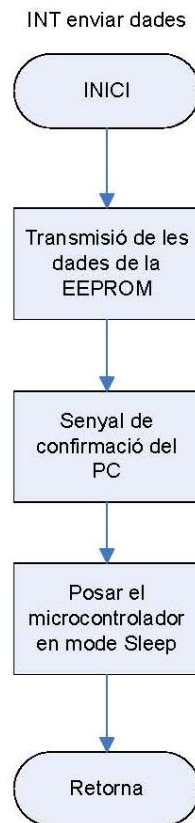
Primer de tot es fa la lectura dels sensors i s'emmagatzema en una variable temporal. Tot seguit es llegeix el rellotge en temps real i també es desa. Per últim es tenen en compte totes aquestes dades com un "paquet" d'informació i s'envien a la memòria EEPROM.

Un cop fet això es fa la lectura del següent sensor fins a fer-los tots. Per evitar confusions cada sensor anirà numerat amb un nombre de l' "1" al "7" i aquesta informació també s'incorporarà al "paquet". Quan ja s'han pres les mostres de tots els sensors es retorna al programa principal.

Un cop es torna al programa principal el primer que aquest fa és enviar l'última mesura dels sensors al PC o bé, si no hi ha connexió, desar les dades a la memòria EEPROM. Aquest procés es fa aquí per que només es farà una vegada per cada bucle.

Després d'això l'última cosa a fer és esperar el temps que s'ha configurat per fer la següent presa de dades atmosfèriques.

Una millora considerable consistiria en utilitzar la senyal INT (interrupció) de l'antena MRF24J40MA per tal de despertar momentàniament el microcontrolador i executar la següent subrutina de servei d'interrupció:



**Imatge 33.** Ordinograma Subrutina de servei d'interrupció

Després de cada bucle, el microcontrolador entra en mode “sleep” (baix consum). Amb aquesta subrutina accediríem al microcontrolador quan el PC estigues encès per permetre l'enviament de les dades pendents de la memòria EEPROM i un cop fet això tornar el microcontrolador a l'estat de “sleep”.

## **7.2.- El software del PC.**

Aquest software ha de ser capaç de rebre i traduir les dades que s'envien des de l'estació meteorològica a través de l'antena ZigBee USB. Les dades arriben en format byte, i mitjançant factors de conversió s'han de convertir en valors quantitius, assimilables per l'usuari, com són la temperatura, pressió, etc. També ha de donar a l'usuari la possibilitat de generar gràfiques amb les dades recollides, per exemple, en un full d'Excel.

## **8.- Conclusions.**

Ha estat un projecte interessant des del principi no només per l'afició personal a la meteorologia sinó també per la possibilitat que es dona a la creació i a la innovació. Ha estat molt útil per que al tenir una part física, que és el prototipus, permet veure el que és la creació d'un dispositiu nou des del començament fins al final i no només la clàssica cerca d'informació del que seria un treball proposat sobre un tema complert.

En aquest projecte s'ha intentat crear un dispositiu funcional però també simple que fos capaç d'oferir a qualsevol persona aficionada a la meteorologia la possibilitat d'enregistrar els fenòmens meteorològics del seu entorn, i s'ha aconseguit en gran part.

S'han utilitzat components d'ús general com la memòria EEPROM i busos interns de comunicació com l'I2C. S'ha treballat amb els conversors analògic digitals del microcontrolador. També s'ha fet un petit estudi de consum energètic, un punt important a l'estació ja que ha de ser autònoma energèticament i s'han proposat components que ofereixin un baix consum energètic.

La única part negativa ha estat la comunicació amb el PC. Es va optar per un sistema relativament nou que es presenta perfecte per les necessitats del projecte en qüestió però que a l'hora de la veritat es troba en un estat molt inicial i amb pocs recursos o amb recursos poc treballats. Un exemple és l'antena USB ZigBee que permet la comunicació amb el PC que tot i el seu cost no disposa d'un software en condicions per a les necessitats del sistema. S'ha de dir que aconseguir fer funcionar aquest sistema al 100 % podria ven bé ser un projecte en si per la seva complexitat i interès.

A part d'aquest contratemps la valoració del projecte és positiva ja que l'estació funciona perfectament encara que no es pot comunicar.

## *Conclusions*



## **9.- Bibliografia.**

- <http://www.microchip.com>
- <http://www.alldatasheet.com>
- <http://es.farnell.com>
- Revista Elektor n° 348
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>
- Compilador PicBasic Pro
  - Manual de resum recopilat i traduït per Luis Frino.





Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

## **PLÀNOLS**

**Unitat autònoma remota, d'adquisició de mesures meteorològiques de propòsit general i de baix cost per aplicacions domèstiques**

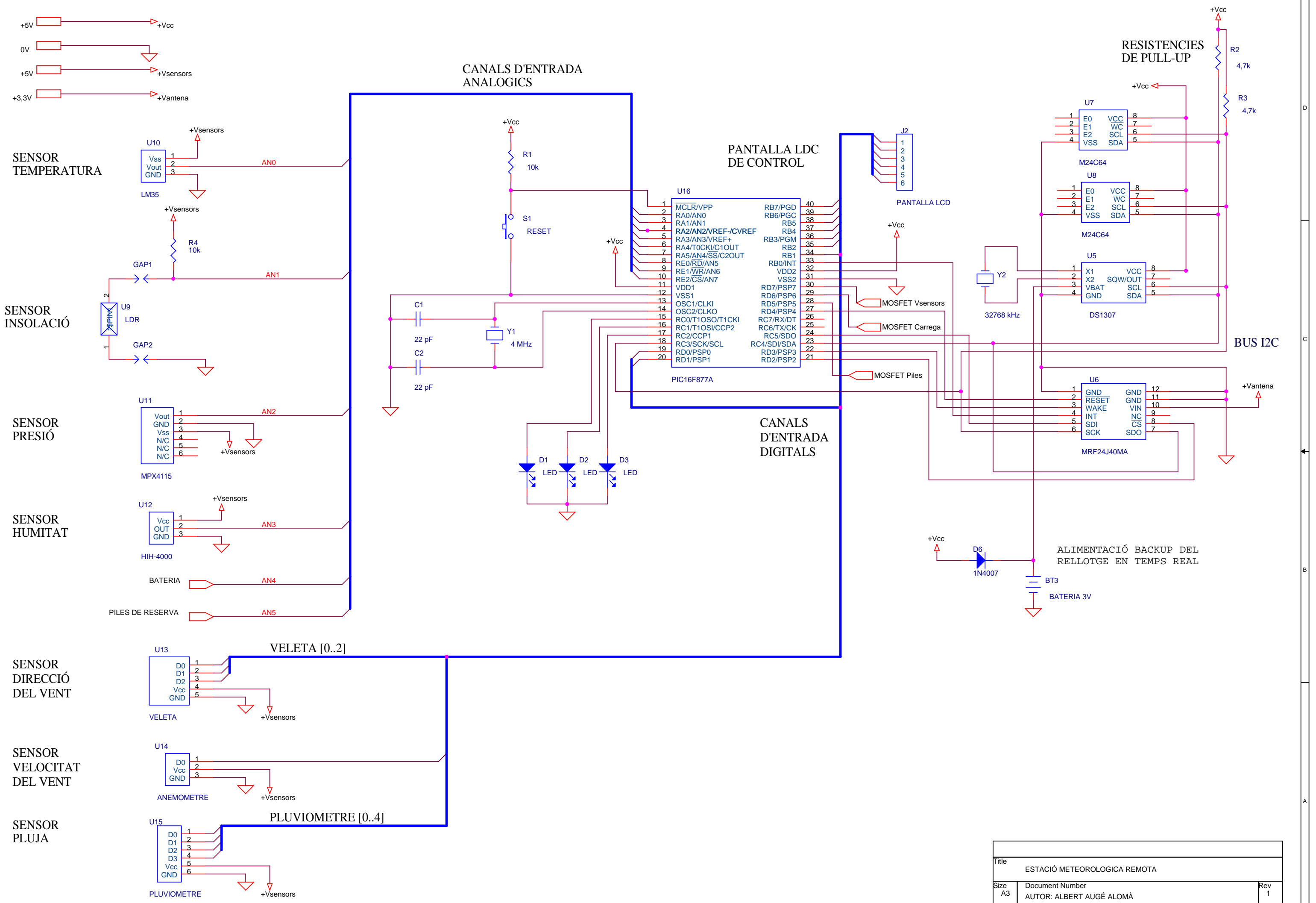
**Autor: Albert Augé Alomà  
P. Ponent: Vicenç Delos Cot**



## Continguts:

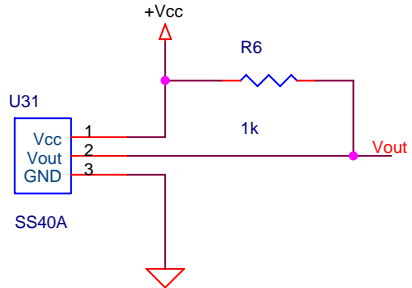
1. Plànol principal
2. Plànol dels sensors
3. Llista de components



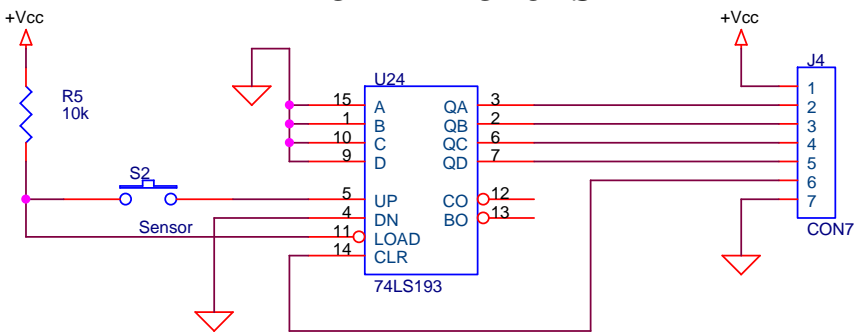


Title		
ESTACIÓ METEOROLOGICA REMOTA		
Size	Document Number	Rev
A3	AUTOR: ALBERT AUGÉ ALOMÀ	1
Date:	Tuesday, June 23, 2009	Sheet 1 of 1

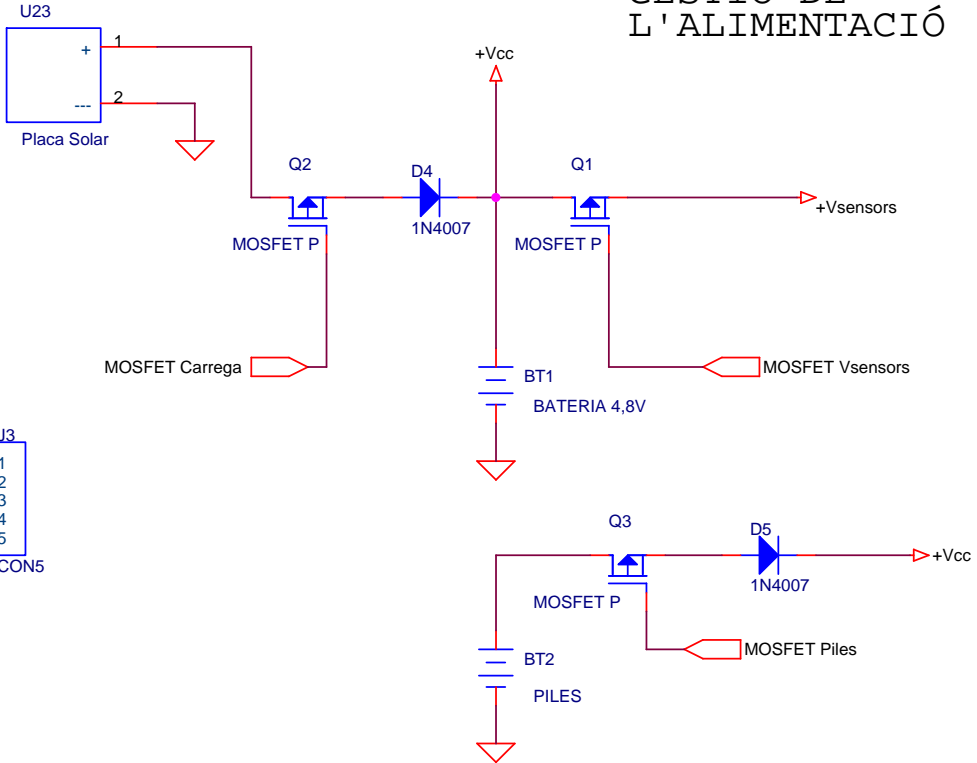
# SENSOR DE VELOCITAT DEL VENT



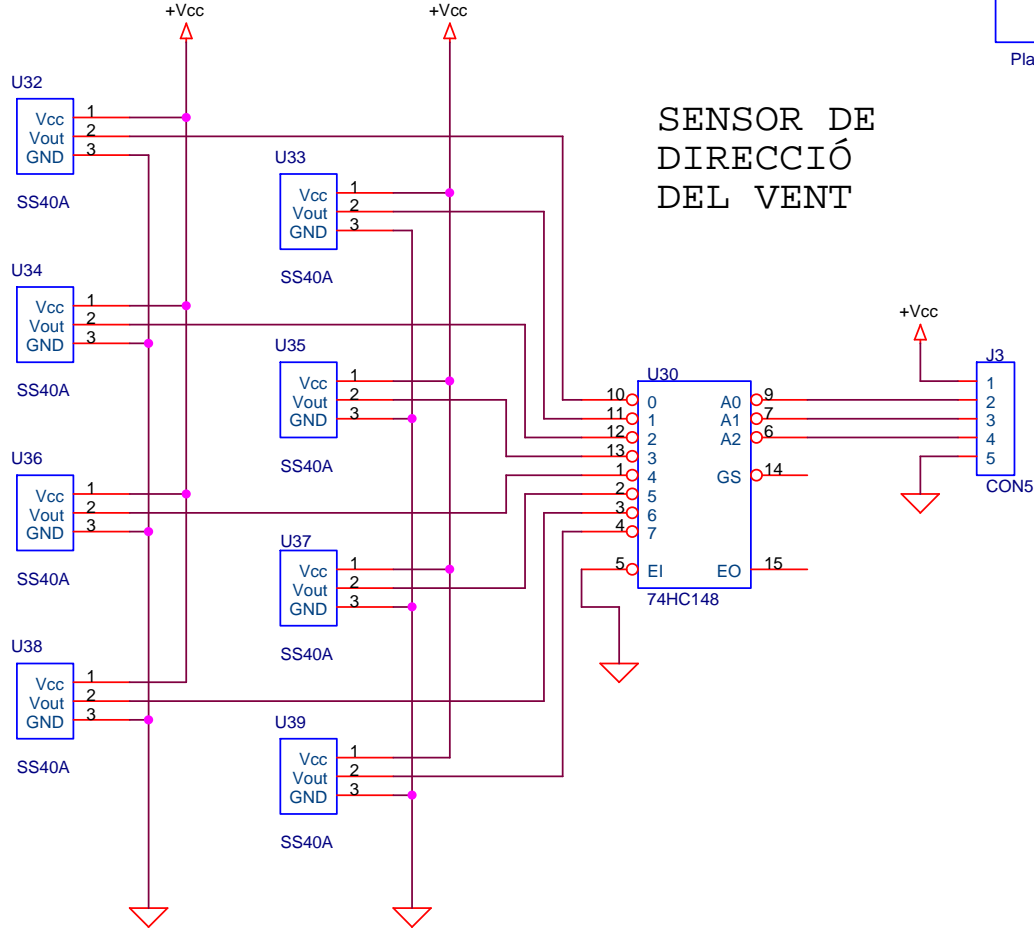
# SENSOR DE PRECIPITACIONS



# GESTIÓ DE L'ALIMENTACIÓ



# SENSOR DE DIRECCIÓ DEL VENT



Title		
SENSORS		
Size	Document Number	Rev
A4	AUTOR: ALBERT AUGÉ ALOMÀ	2
Date:	Tuesday, June 23, 2009	Sheet 1 of 1



### 3. LLISTA DE COMPONENTS.

Referència	Valor	Descripció	Esquema
R1	10k	Resistència 1/4 w	1
R2, R3	4,7k	Resistència 1/4 w	1
R4	10k	Resistència 1/4 w	1
R5	10k	Resistència 1/4 w	2
R6	1k	Resistència 1/4 w	2
C1, C2	22 pF	Condensador ceràmic	1
D1, D2, D3		LED's de control	1
D4, D5		1N4007	2
D6		1N4007	1
Q1, Q2, Q3		MOSFET P	2
Y1	4MHz	Cristall de quars	1
Y2	32768 kHz	Cristall de quars	1
S1		Polsador	1
S2		Polsador	2
BT1	4,8V	Piles recarregables	2
BT2	6V	Piles de reserva	2
BT3	3V	Pila del rellotge	1
J2		Connector LCD de 6	1
J3		Connector Sensor dir. de vent de 5	2
J4		Connector de Sensor de pluja de 7	2
U5	DS1307	Rellotge en temps real	1
U6	MRF24J40MA	Antena ZigBee	1
U7	M24C64	Memòria 64k	1
U8	M24C64	Memòria 64k	1
U9	LDR	Sensor de il·luminació	1
U10	LM35	Sensor de temperatura	1
U11	MPX4115	Sensor de pressió atmosfèrica	1
U12	HIH-4000	Sensor d'humitat	1
U16	PIC16LF877A	Microcontrolador	1
U24	74LS193	Comptador del sensor de pluja Codificador del sensor de dir.	2
U30	74HC148	Vent	2
U31 a U39	SS40A	Sensor Hall	2





Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

**MEMÒRIA ECONÒMICA**

**Unitat autònoma remota, d'adquisició de mesures meteorològiques de propòsit general i de baix cost per aplicacions domèstiques**

**Autor: Albert Augé Alomà  
P. Ponent: Vicenç Delos Cot**



Continguts:

1. Cost dels materials.
2. Cost d'enginyeria.



## 1. COST DELS MATERIALS.

Aquí es mostren els preus de cada component electrònic per separat i una previsió per diverses tirades de 1 unitat, 10 unitats i 100 unitats.

Component	(22/06/2009)	Preu (€)		Preu tirada		Preu (€)		Preu tirada		
	Codi Farnell	x1	Unitats	x10	Unitats	x100	Unitats	x100	Unitats	
PIC16LF877A	9761845	6,100 €	1	6,100 €	5,170 €	1	51,700 €	4,240 €	1	424,000 €
M24C64	1362657	0,720 €	1	0,720 €	0,590 €	1	5,900 €	0,480 €	1	48,000 €
MRF24J40MA	1630202	8,570 €	1	8,570 €	8,570 €	1	85,700 €	8,570 €	1	857,000 €
DS1307	1188042	3,910 €	1	3,910 €	2,750 €	1	27,500 €	1,870 €	1	187,000 €
Cristall 4MHz	1652550	0,430 €	1	0,430 €	0,430 €	1	4,300 €	0,300 €	1	30,000 €
Cristall 32768kHz	7939772	0,390 €	1	0,390 €	0,390 €	1	3,900 €	0,390 €	1	39,000 €
Resistors		0,050 €	5	0,250 €	0,050 €	5	2,500 €	0,050 €	5	25,000 €
Porta Piles CR2032	1650672	1,340 €	1	1,340 €	1,340 €	1	13,400 €	0,950 €	1	95,000 €
Pila 3V CR2032	4199157	1,400 €	1	1,400 €	1,190 €	1	11,900 €	1,050 €	1	105,000 €
MOSFET P	1704027	0,370 €	3	1,110 €	0,370 €	3	11,100 €	0,280 €	3	84,000 €
Condensador 0,1uF	1606109	0,065 €	1	0,065 €	0,065 €	1	0,650 €	0,065 €	1	6,500 €
Condensador 22pF	1141760	0,100 €	2	0,200 €	0,100 €	2	2,000 €	0,100 €	2	20,000 €
Zener 3V	1097228	0,160 €	1	0,160 €	0,160 €	1	1,600 €	0,053 €	1	5,300 €
1N4007	1651091	0,100 €	2	0,200 €	0,100 €	2	2,000 €	0,077 €	2	15,400 €
Polsador	1217775	0,290 €	1	0,290 €	0,290 €	1	2,900 €	0,193 €	1	19,300 €
LDR	1652638	0,360 €	1	0,360 €	0,360 €	1	3,600 €	0,250 €	1	25,000 €
LM35	1469235	2,100 €	1	2,100 €	1,580 €	1	15,800 €	1,440 €	1	144,000 €
Sensor Hall SS40A	1082268	1,280 €	9	11,520 €	0,780 €	9	70,200 €	0,680 €	9	612,000 €
SN74HC148N	1470811	0,430 €	1	0,430 €	0,320 €	1	3,200 €	0,280 €	1	28,000 €
SN74LS193N	2377147	0,870 €	1	0,870 €	0,870 €	1	8,700 €	0,870 €	1	87,000 €

Panells fotovoltaics	1679080	17,310 €	1	17,310 €	13,470 €	1	134,700 €	10,450 €	1	1.045,000 €
Piles recarregables AA	1312474	4,590 €	4	18,360 €	3,640 €	4	145,600 €	3,320 €	4	1.328,000 €
PCB final	Empresa externa	20,000 €	1	20,000 €	15,000 €	1	150,000 €	10,000 €	1	1.000,000 €
Piles AA	3785750	6,370 €	1	6,370 €	6,200 €	1	62,000 €	5,770 €	1	577,000 €
Porta Piles AA	1650685	1,500 €	2	3,000 €	1,500 €	2	30,000 €	1,070 €	2	214,000 €
<b>Preu total</b>				105,455 €			850,850 €			7.020,500 €
<b>Preu unitat de producte</b>				105,455 €			85,085 €			70,205 €

	Unitats 1			Unitats 10			Unitats 100		
<b>Muntatge i verificació per la tirada d'unitats</b>	Hores	Cost hora	Total	Hores	Cost hora	Total	Hores	Cost hora	Total
	2	30,000 €	60,000 €	1	30,000 €	300,000 €	0,5	30,000 €	1.500,000 €
<b>per a cada unitat.</b>	Cost per unitat de producte		60,000 €			30,000 €			15,000 €

<b>Preu final per unitat de producte amb el muntatge inclòs</b>	Cost materials	105,455 €		85,085 €		70,205 €
	Cost ma d'obra	60,000 €		30,000 €		15,000 €
	<b>Cost total</b>	<b>165,455 €</b>		<b>115,085 €</b>		<b>85,205 €</b>

S'ha de tenir en compte que tots aquests preus (excepte els preus de cada material) només són una previsió suposada de tirades de 1 unitat, 10 unitats i 100 unitats.



## **2. COST D'ENGINYERIA.**

A continuació es mostren desglossats els costos d'enginyeria i producció del prototipus.

Concepte	Hores	Preu hora	Preu total
Disseny	100	60 €	6.000 €
Construcció, mecanització i ajustat	50	30 €	1.500 €
Programació	150	60 €	9.000 €
Realització de la documentació	80	50 €	4.000 €
		TOTAL (€)	20.500 €





Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Enginyeria Tècnica Industrial: Especialitat Electrònica Industrial**

**ANNEXES**

**Unitat autònoma remota, d'adquisició de mesures meteorològiques de propòsit general i de baix cost per aplicacions domèstiques**

**Autor: Albert Augé Alomà  
P. Ponent: Vicenç Delos Cot**



## Continguts:

1. Busos de comunicació utilitzats
2. Norma IEEE 802.15.4
3. Manual d'instal·lació
4. Catàlegs
5. Programa en basic del microcontrolador



# **1. BUSOS DE COMUNICACIÓ UTILITZATS**





## Busos de comunicació utilitzats

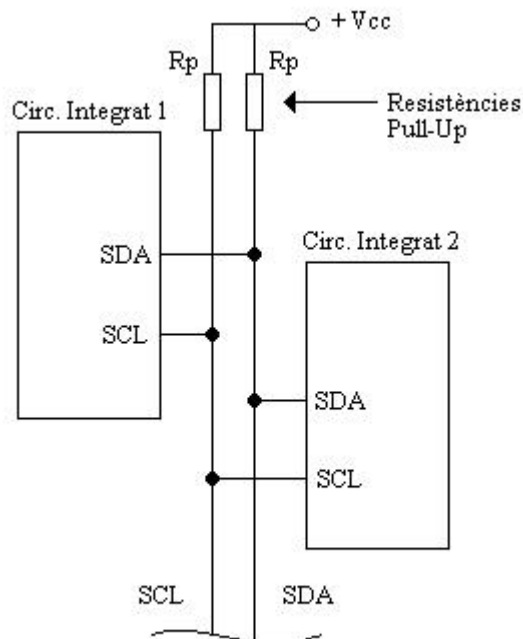
### Bus i2c

Dissenyat per Philips, aquest sistema d'intercanvi d'informació a través de tan sols dos cables permet a circuits integrats i mòduls OEM interactuar entre sí a velocitats relativament lentes. Utilitza comunicació sèrie, utilitzant un conductor per controlar el timing (polsos de rellotge) i un altre per intercanviar dades.

Aquest bus es basa en tres senyals:

- **SDA (System Data)** per la qual viatgen les dades entre els dispositius.
- **SCL (System Clock)** per la qual es transmeten els polsos de rellotge que sincronitzen el sistema.
- **GND (Massa)** Interconnectada entre tots els dispositius "lligats" al bus.

Les línies SDA i SCL són del tipus drenador obert, similars a les de col·lector obert però associades a un transistor d'efecte de camp (ó FET). S'ha de posar en estat alt (connectar l'alimentació per mitja de resistors Pull-Up) per a construir una estructura de bus permeti connectar en paral·lel múltiples entrades i sortides.



En el diagrama s'observa la configuració elèctrica bàsica del bus. Les dues línies de comunicació disposen de nivells lògics alts quan estan inactives. Inicialment el nombre de dispositius que es pot connectar al bus és il·limitat, però observem que les línies tenen una especificació màxima de 400pF pel que fa a capacitat de carrega. La màxima velocitat de transmissió de dades que és pot obtenir és d'aproximadament 100Kbits per segon.

Les definicions o termes utilitzats en relació amb les funcions del bus I2C son les següents:

- **Mestre (Master):** Dispositiu que determina la temporització i la direcció del transit de dades en el bus. És l'únic que aplica els polsos de rellotge a la línia SCL. Quan es connecten varis dispositius mestres a un mateix bus la configuració obtinguda es denomina "multimestre".

- **Esclau (Slave):** Qualsevol dispositiu connectat al bus incapaç de generar polsos de rellotge. Reben senyals de comandament i de rellotge provinents del dispositiu mestre.

- **Bus Lliure (Bus Free):** Estat en el qual les dues línies (SDA i SCL) estan inactives, presentant un estat lògic alt. Únicament en aquest moment és quan un dispositiu mestre pot començar a fer us del bus.

- **Inici (Start):** És dona quan un dispositiu mestre ocupa el bus, generant aquesta condició. La línia de dades (SDA) pren un estat baix mentre que la línia de rellotge (SCL) es manté en estat alt.

- **Parada (Stop):** Un dispositiu mestre pot generar aquesta condició deixant lliure el bus. La línia de dades pren un estat lògic alt mentre que la de rellotge es manté també en aquest estat.

- **Dada Vàlida (Valid Data):** Es dona quan una dada present a la línia SDA és estable mentre la línia SCL està a nivell lògic alt.

- **Formato de Dades (Data Format):** La transmissió de dades a través d'aquest bus es fa amb 8 bits de dades (ó 1 byte). A cada byte el segueix un novè pols de rellotge durant

el qual el dispositiu receptor del byte ha de generar un pols de reconeixement, conegut com ACK (de l'anglès Acknowledge). Això s'aconsegueix situant la línia de dades a un nivell lògic baix mentre transcorre el novè pols de rellotge.

- **Direcció (Address):** Cada dispositiu dissenyat per a funcionar en aquest bus disposa de la seva pròpia i única direcció d'accés, que ve preestablerta per el fabricant. Hi ha dispositius que permeten establir externament part de la direcció d'accés. Això permet que una sèrie del mateix tipus de dispositius es puguin connectar en un mateix bus sense problemes d'identificació. La direcció 00 és la denominada "d'accés general", pel qual responen tots les dispositius connectats al bus.

- **Lectura/Escriptura (Bit R/W):** Cada dispositiu disposa d'una direcció de 7 bits. El vuitè bit (el menys significatiu o LSB) enviat durant l'operació de direccionament correspon al bit que indica el tipus d'operació a realitzar. Si aquest bit es "1" el dispositiu mestre llegeix informació provinent d'un dispositiu esclau. En canvi, si aquest bit fos "0" el dispositiu mestre escriu informació en un dispositiu esclau.

### **Protocol del Bus**

Como es lògic, per a iniciar una comunicació entre dispositius connectats al bus I2C s'ha de respectar un protocol. Tan bon punt com el bus estigui lliure, un dispositiu mestre pot ocupar-lo generant una condició d'inici. El primer byte transmès després de la condició d'inici conté els set bits que componen la direcció del dispositiu de destí seleccionat i un vuitè bit corresponent a l'operació desitjada (lectura o escriptura). Si el dispositiu, la direcció del qual, s'apunta en els set bits que hi ha presents en el aquest respon enviant el pols de reconeixement o ACK. Seguidament pot començar el intercanvi d'informació entre els dispositius. Quan el senyal R/W està prèviament a nivell lògic baix, el dispositiu mestre envia dades al dispositiu esclau fins que deixa de rebre els polsos de reconeixement, o fins que s'hagin transmès totes els dades. En el cas contrari, és a dir, quan el senyal R/W estava a nivell lògic alt, el dispositiu mestre genera polsos de rellotge durant els quals el dispositiu esclau pot enviar dades. Llavors de cada byte rebut, el dispositiu mestre (que en aquest moment està rebent dades) genera un pols de reconeixement. El dispositiu mestre pot deixar lliure el bus generant una condició de parada (Stop). Si es desitja seguir transmetent, el dispositiu mestre pot generar una altre condició d'inici en comptes d'una condició de parada. Aquesta nova

condició d'inici es denomina "inici repetitiu" i es pot utilitzar per a direccionar un dispositiu esclau diferent o per a alterar l'estat del bit de lectura/escriptura (R/W).

## **Bus SPI**

SPI és un bus de tres línees, sobre el qual es transmeten paquets d'informació de 8 bits. Cadascuna d'aquestes tres línees porta la informació entre els diferents dispositius connectats al bus. Cada dispositiu connectat al bus pot actuar com a transmissor i com a receptor al mateix temps, pel que aquest tipus de comunicació serial és full dúplex. Dues d'aquestes línees transfereixen les dades (una en cada direcció) i la tercera línea és la del rellotge. Alguns dispositius només poden ser transmissors i altres només receptors, però generalment un dispositiu que transmet dades també pot rebre'n.

Un exemple podria ser una memòria EEPROM, el qual és un dispositiu que pot transmetre i rebre informació.

Els dispositius connectats al bus són identificats com a mestres y esclaus. Un mestre és aquell que inicia la transferència d'informació sobre el bus i genera els senyals de rellotge i control. Un esclau és un dispositiu controlat per el mestre. Cada esclau és controlat sobre el bus a través d'una línea anomenada Chip Select o Select Slave, per tant aquest esclau s'activa només quan aquesta línea es seleccionada. Generalment una línea de selecció es dedica únicament a un esclau.

En un temps determinat T1, només podrà existir un mestre sobre el bus. Qualsevol dispositiu esclau que no estigui seleccionat, ha de deshabilitar-se (posar-lo en alta impedància) a través de la línea Chip Select.

El bus SPI utilitza un simple registre de desplaçament per a transmetre la informació.

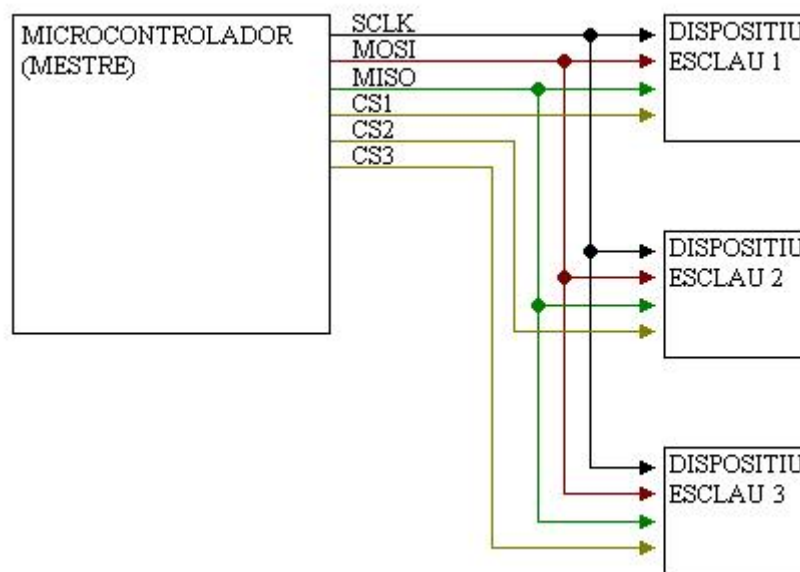
Totes les línees del bus transmeten la informació sobre una sola direcció.

- El senyal sobre la línea de rellotge (SCLK) és generada per el mestre i sincronitza la transferència de dades.
- La línea MOSI (Master Out Slave In) transporta les dades del mestre fins a l'esclau.

- La línia MISO (Master In Slave Out) transporta les dades de l'esclau fins a el mestre.

Cada esclau és seleccionat per un nivell lògic baix ('0') a través de la línia (CS = Chip Select o SS Slave Select ). Les dades sobre aquest bus poden ser transmesos a una velocitat de gairebé zero bits/segon fins a 1 Mbits/segon. Les dades són transferides en blocs de 8 bits, a on el bit més significatiu (MSB) es transmet primer.

Esquema del bus SPI



Existeixen quatre modes de rellotge definits per el protocol SPI, aquests són:

- Mode A
- Mode B
- Mode C
- Mode D

Aquests determinen el valor de la polaritat del rellotge (CPOL = Clock Polarity) i el bit de fase de rellotge (CPHA = Clock Phase). La majoria dels dispositius SPI poden suportar al menys 2 modes dels 4 que s'han mencionat abans.



## **2. NORMA IEEE 802.15.4**





## **IEEE 802.15.4**

**IEEE 802.15.4** es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). En 2007, la actual revisión del estándar se aprobó en 2006. El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

### **Visión general**

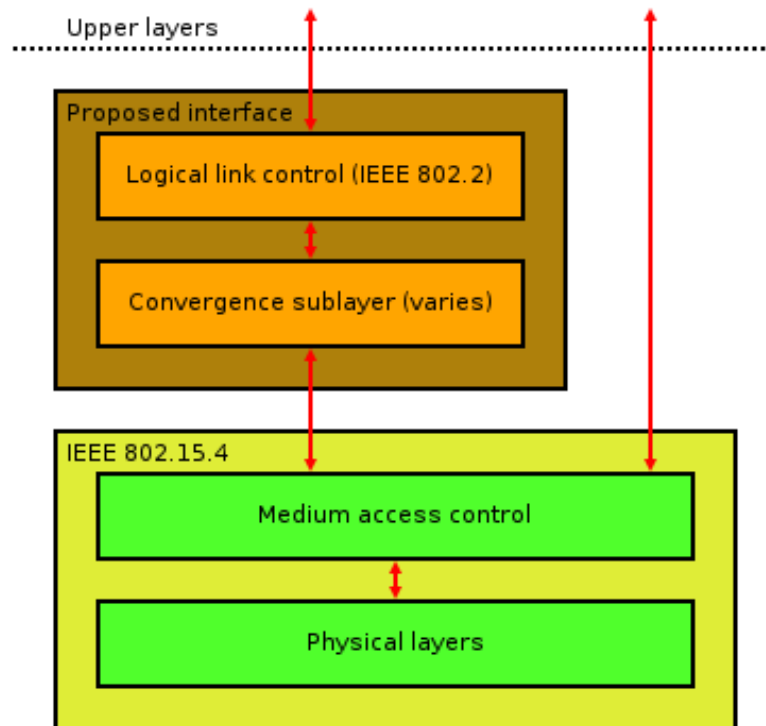
El propósito del estándar es definir los niveles de red básicos para dar servicio a un tipo específico de red inalámbrica de área personal (WPAN) centrada en la habilitación de comunicación entre dispositivos ubicuos con bajo coste y velocidad (en contraste con esfuerzos más orientados directamente a los usuarios medios, como WiFi). Se enfatiza el bajo coste de comunicación con nodos cercanos y sin infraestructura o con muy poca, para favorecer aún más el bajo consumo.

En su forma básica se concibe un área de comunicación de 10 metros con una tasa de transferencia de 250 kbps. Se pueden realizar compromisos que favorezcan aproximaciones más radicales a los sistemas empotrados con requerimientos de consumo aún menores. Para ello se definen no uno, sino varios niveles físicos. Se definieron inicialmente tasas alternativas de 20 y 40 kbps; la versión actual añade una tasa adicional de 100 kbps. Se pueden lograr tasas aún menores con la consiguiente reducción de consumo de energía. Como se ha indicado, la característica fundamental de 802.15.4 entre las WPAN's es la obtención de costes de fabricación excepcionalmente bajos por medio de la sencillez tecnológica, sin perjuicio de la generalidad o la adaptabilidad.

Entre los aspectos más importantes se encuentra la adecuación de su uso para tiempo real por medio de slots de tiempo garantizados, evitación de colisiones por CSMA/CA y soporte integrado a las comunicaciones seguras. También se incluyen funciones de control del consumo de energía como calidad del enlace y detección de energía.

Un dispositivo que implementa el 802.15.4 puede transmitir en una de tres posibles bandas de frecuencia.

## Arquitectura de los protocolos



Pila de protocolos IEEE 802.15.4

Los dispositivos se relacionan entre sí a través de una red inalámbrica sencilla. La definición de los niveles se basa en el modelo OSI. Aunque los niveles inferiores se definen en el estándar, se prevé la interacción con el resto de niveles, posiblemente por medio de un subnivel de control de enlace lógico basado en IEEE 802.2, que acceda a MAC a través de un subnivel de convergencia. La implementación puede basarse en dispositivos externos o integrarlo todo en dispositivos autónomos.

El nivel físico (PHY) provee el servicio de transmisión de datos sobre el medio físico propiamente dicho, así como la interfaz con la entidad de gestión del nivel físico, por medio de la cual se puede acceder a todos los servicios de gestión del nivel y que mantiene una base de datos con información de redes de área personal relacionadas. De esta forma, PHY controla el transceptor de radiofrecuencia y realiza la selección de

canales junto con el control de consumo y de la señal. Opera en una de tres posibles bandas de frecuencia de uso no regulado.

- 868-868,8 MHz: Europa, permite un canal de comunicación (versión de 2003), extendido a tres en la revisión de 2006.
- 902-928 MHz: Norte América, hasta diez canales (2003) extendidos a treinta (2006).
- 2400-2483,5 MHz: uso en todo el mundo, hasta dieciséis canales (2003, 2006).

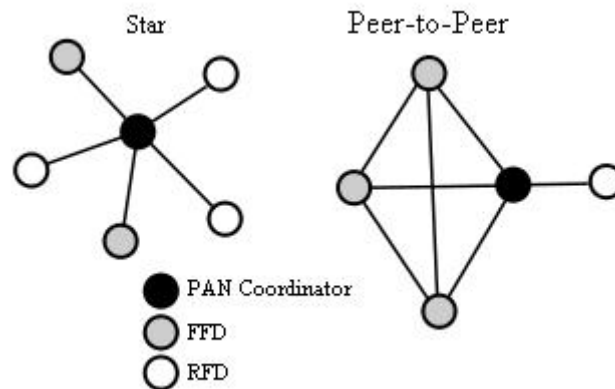
La versión original del estándar, de 2003, especifica dos niveles físicos basados en espectro ensanchado por secuencia directa (direct sequence spread spectrum, DSSS): uno en las bandas de 868/915 MHz con tasas de 20 y 40 kbps; y otra en la banda de 2450 MHz con hasta 250 kbps.

La revisión de 2006 incrementa las tasas de datos máximas de las bandas de 868/915 MHz, que permiten hasta 100 y 250 kbps. Aún más, define cuatro niveles físicos en base al método de modulación usado. Tres de ellas preservan el mecanismo por DSSS: las bandas de 868/915 MHz, que usan modulación en fase binaria o por cuadratura en offset (offset quadrature phase shift keying, ésta segunda opcional). En la banda de 2450 MHz se usa esta segunda técnica. Adicionalmente, se define una combinación opcional de modulación binaria y en amplitud para las bandas de menor frecuencia, basadas por lo tanto en una difusión de espectro paralela, no secuencial (PSSS). Si se usan éstas bandas de menor frecuencia, se puede cambiar dinámicamente el nivel físico usado de entre los soportados.

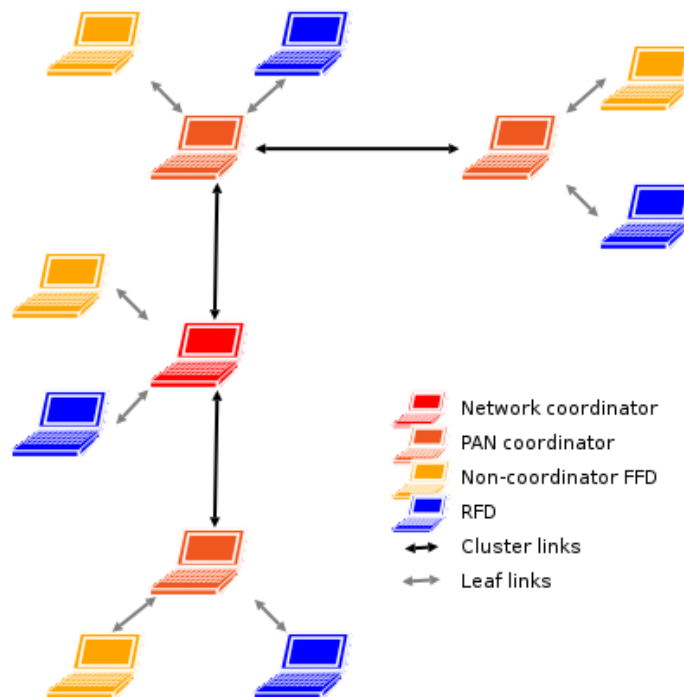
El control de acceso al medio (MAC) transmite tramas MAC usando para ello el canal físico. Además del servicio de datos, ofrece un interfaz de control y regula el acceso al canal físico y al balizado de la red. También controla la validación de las tramas y las asociaciones entre nodos, y garantiza slots de tiempo. Por último, ofrece puntos de enganche para servicios seguros.

El estándar no define niveles superiores ni subcapas de interoperabilidad. Existen extensiones, como la especificación de ZigBee, que complementan al estándar en la propuesta de soluciones completas.

## Modelo de red



Estrella y punto a punto IEEE 802.15.4



Árbol de clusters IEEE 802.15.4

El estándar define dos tipos de nodo en la red. El primero es el *dispositivo de funcionalidad completa* (*full-function device*, FFD). Puede funcionar como coordinador de una red de área personal (PAN) o como un nodo normal. Implementa un modelo general de comunicación que le permite establecer un intercambio con cualquier otro dispositivo. Puede, además, encaminar mensajes, en cuyo caso se le denomina coordinador (coordinador de la PAN si es el responsable de toda la red y no sólo de su entorno).

Contrapuestos a éstos están los *dispositivos de funcionalidad reducida* (*reduced-function device*, RFD). Se plantean como dispositivos muy sencillos con recursos y necesidades de comunicación muy limitadas. Por ello, sólo pueden comunicarse con FFD's y nunca pueden ser coordinadores.

Las redes de nodos pueden construirse como redes punto a punto o en estrella. En cualquier caso, toda red necesita al menos un FFD que actúe como su coordinador. Las redes están compuestas por grupos de dispositivos separados por distancias suficientemente reducidas; cada dispositivo posee un identificador único de 64 bits, aunque si se dan ciertas condiciones de entorno en éste pueden utilizarse identificadores cortos de 16 bits. Probablemente éstos se utilizarán dentro del dominio de cada PAN separada.

Las redes punto a punto pueden formar patrones arbitrarios de conexionado, y su extensión está limitada únicamente por la distancia existente entre cada par de nodos. Forman la base de redes ad hoc autoorganizativas. El estándar no define un nivel de red, por lo que no se soportan funciones de ruteo de forma directa, aunque si dicho nivel se añade pueden realizarse comunicaciones en varios saltos. Pueden imponerse otras restricciones topológicas; en concreto, el estándar menciona el árbol de clusters como una estructura que aprovecha que los RFD's sólo pueden conectarse con un FFD al tiempo para formar redes en las que los RFD's son siempre hojas del árbol, y donde la mayoría de los nodos son FFD's. Puede relajarse la estructura para formar redes en malla genéricas, cuyos nodos sean árboles de clusters con un coordinador local para cada cluster, junto con un coordinador global.

También pueden formarse redes en estrella, en las que el coordinador va a ser siempre el nodo central. Una red así se forma cuando un FFD decide crear su PAN y se nombra a sí mismo coordinador, tras elegir un identificador de PAN único. Tras ello, otros dispositivos pueden unirse a una red totalmente independiente del resto de redes en estrella.

## Arquitectura de transporte de datos

Las tramas son la unidad básica de transporte. Hay cuatro tipos distintos (de datos, de sincronización, balizas y de control MAC), que constituyen un compromiso razonable entre sencillez y robustez. Puede usarse, además, una estructura de supertramas definida por el coordinador, en cuyo caso éstas están comprendidas entre dos balizas y proveen sincronización e información de configuración a otros dispositivos. Una supertrama está formada por dieciséis slots de igual capacidad, que pueden dividirse en una parte activa y otra pasiva, en la que el coordinador puede ahorrar energía ya que no tendrá que realizar labores de control.

La contención se da entre los límites de la supertrama y se resuelve por medio de CSMA/CA. Toda transmisión debe finalizar antes de la llegada de la segunda baliza. Como ya se ha indicado, una aplicación que tenga unas necesidades de ancho de banda bien definidas puede utilizar hasta siete dominios de uno o más slots garantizados, sin contención, en la parte final de la supertrama. La primera parte debe ser suficiente para dar servicio a la estructura de red y sus dispositivos. Las supertramas suelen usarse cuando hay dispositivos de baja latencia, que deben mantener sus asociaciones incluso ante periodos extendidos de inactividad.

La transferencia de datos requiere una fase de sincronización por balizas, si están en uso, seguida por una transmisión con CSMA/CA (utilizando slots si se usan supertramas) con confirmación. Las transferencias iniciadas por el coordinador suelen atender a peticiones de los dispositivos. Éstas se producen utilizando las balizas, si se utilizan. El coordinador confirma la petición y manda la información en paquetes, que los dispositivos confirman. Si no se utilizan supertramas el proceso es el mismo, sólo que no hay balizas que puedan mantener listas de mensajes pendientes.

Las redes punto a punto pueden usar CSMA/CA sin slots o mecanismos de sincronización; en este último caso, dos dispositivos cualesquiera pueden comunicarse, mientras que si la red es más estructurada uno de los dispositivos debe ser el coordinador.

En general, el modelo sigue un patrón de clasificación de las primitivas en petición-confirmación/indicación-respuesta.

## Fiabilidad y seguridad

El medio físico es un recurso al que se accede utilizando CSMA/CA. Las redes que no utilizan métodos balizado hacen uso de una variación del mismo basada en la escucha del medio, balanceada por un algoritmo de backoff exponencial aleatorio, salvo en el caso de las confirmaciones. Las transmisiones de datos típicas utilizan slots no reservados cuando se utilizan balizas; de nuevo, la excepción son las confirmaciones.

Estos mensajes de confirmación pueden ser opcionales en algunos casos; en ellos, se realiza un supuesto de éxito. En cualquier caso, si un dispositivo es incapaz de procesar una trama en un momento dados, no confirma su recepción. Pueden realizarse reintentos basados en timeout un cierto número de veces, tras lo cual se decide si seguir intentándolo o dar error de transmisión.

El entorno de funcionamiento previsto para este tipo de redes exige que se maximice la vida de la fuente de energía (baterías, posiblemente), por lo que se favorecen los protocolos que conducen a estos fines. Para ello, se programan comprobaciones periódicas de mensajes pendientes, más o menos frecuentes según la aplicación concreta.

En lo que respecta a seguridad en las comunicaciones, el subnivel MAC ofrece funcionalidades que los niveles superiores pueden utilizar para lograr alcanzar el nivel de seguridad deseado. Estos niveles pueden especificar claves simétricas para proteger los datos y restringir éstos a un grupo de dispositivos o a un enlace punto a punto. Estos grupos se especifican en listas de control de acceso. Además, MAC realiza comprobaciones de frescura (freshness check) entre recepciones sucesivas para asegurar que las tramas viejas, cuyo contenido no se considera útil o válido ya, no trascienden a los niveles superiores.

Adicionalmente, existe un modo MAC inseguro que permite el uso de listas de control de acceso únicamente como mecanismo de decisión de aceptación de tramas en base a su (supuesto) origen.





### **3. MANUAL D'INSTAL·LACIÓ**



# **Manual d'instal·lació.**

## **Lloc d'instal·lació de l'estació meteorològica.**

És necessari que el lloc on s'instal·li l'estació meteorològica no afecti a les mesures que prendrà o que no exposi l'aparell a condicions meteorològiques extremes com podrien ser precipitacions abundants o la llum solar directa durant masses hores al dia. Les úniques parts de l'estació que es trobaran exposades al sol totalment són les plaques fotovoltaïques que proporcionen energia a l'estació i els sensors, excepte el de temperatura. A continuació s'explica amb detall el lloc d'instal·lació recomanat de cada component:

### **L'estació meteorològica.**

Ha d'estar situada en un lloc cobert i a poder ser amb una temperatura constant més ho menys tot l'any. Col·locant-la a cobert s'aconsegueix protegir-la dels rajos del sol directes i de les precipitacions. Ha de ser un lloc proper al lloc on posteriorment s'instal·laran els sensors.

### **Els panells fotovoltaïcs.**

Aquests ja venen protegits contra les precipitacions i és necessari que es situïn en un lloc on els toqui la llum solar quantes mes hores al dia millor per tal de poder assegurar una correcta alimentació de l'estació.

### **Els sensors.**

El sensor de temperatura. Aquest sensor s'ha de col·locar en un lloc on hi hagi corrent d'aire però no hi toqui la llum del sol directe. El que mes es fa servir són les pantalles Stevenson. Aquestes fan exactament el que s'ha descrit permetent una mesura fiable de la temperatura.

El sensor de presión atmosfèrica. Aquest sensor es pot col·locar el qualsevol espai obert o fins hi tot integrar-lo a la part superior de l'estación ja que aix  no afectar  al valor de la seva mesura.

El sensor d'humitat.  s un sensor semblant al sensor de presión atmosfèrica amb la única diferència de que necessita una mica de corrent d'aire per poder fer la mesura ja que sin  sempre donaria el mateix valor.

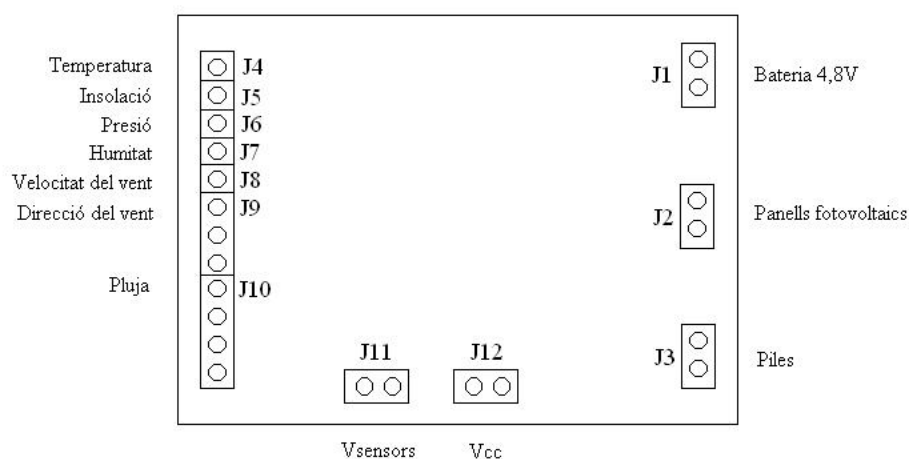
El sensor d'iluminación. Pot anar perfectament col·locat juntament amb els panells fotovoltaics permetent que estigui il·luminat en tot moment i aix , indirectament també ens informar  de la quantitat de llum que reben els panells.

El sensor de velocitat del vent i el sensor de dirección del vent. Tots dos sensors poden estar situats en el mateix lloc per tal d'oferir una mesura més acurada. Han d'estar instal·lats en un espai obert on la circulación de l'aire es faci de manera natural.

Els sensor de pluja. Ha d'estar col·locat a cel obert, elevat i sense obstacles pròxims que puguin fer que la mesura no sigui acurada. Si esta prop del terra o d'altres objectes les "esquitxades" poden fer variar la mesura.

Per posar en marxa el sistema simplement s'han de col·locar les piles de reserva i prémer el reset.

### Esquema de connexionat.



**Imatge 1.** Esquema de connexionat

En la imatge 1 podem veure l'esquema de connexionat dels sensors i de les fonts d'alimentació a l'estació meteorològica.

### **Instal·lació del software del PC.**

El primer que s'ha de fer és instal·lar l'antena ZigBee. En el CD que s'inclou amb l'estació hi ha els drivers i el programa de seguiment. Un cop instal·lada l'antena USB simplement s'ha d'executar el software de seguiment i cada vegada que l'estació hagi de fer una prenda una nova mostra es sincronitzarà amb el PC.



## **4. CATÀLEGS**







# PIC16F87XA

## 28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

### Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input  
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,  
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),  
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

### Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler, can be incremented during Sleep via external crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
  - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
  - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
  - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I<sup>2</sup>C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for Brown-out Reset (BOR)

### Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (VREF) module
  - Programmable input multiplexing from device inputs and internal voltage reference
  - Comparator outputs are externally accessible

### Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

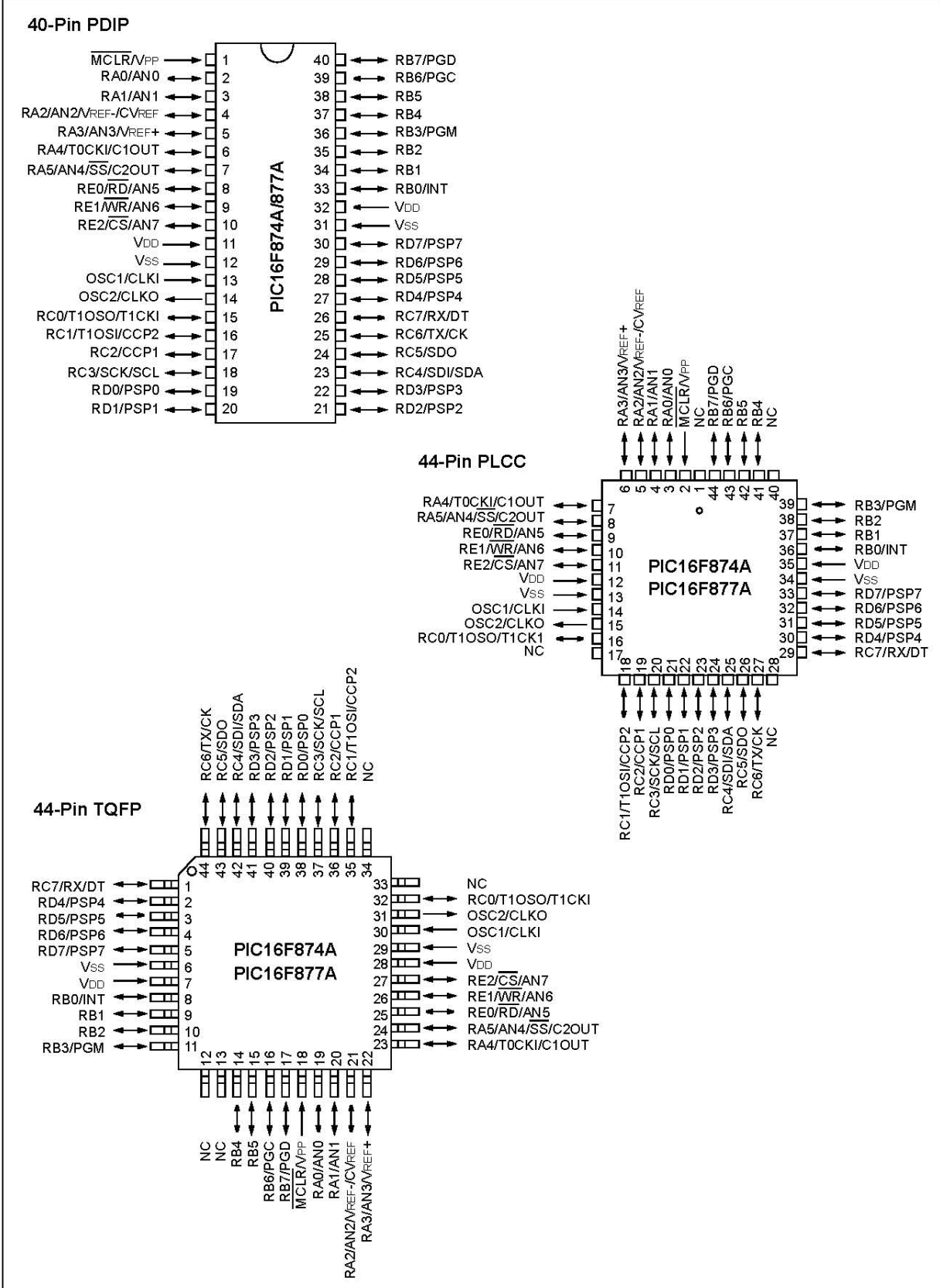
### CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I <sup>2</sup> C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

# PIC16F87XA

## Pin Diagrams (Continued)



# PIC16F87XA

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

This document contains device specific information about the following devices:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

PIC16F873A/876A devices are available only in 28-pin packages, while PIC16F874A/877A devices are available in 40-pin and 44-pin packages. All devices in the PIC16F87XA family share common architecture with the following differences:

- The PIC16F873A and PIC16F874A have one-half of the total on-chip memory of the PIC16F876A and PIC16F877A
- The 28-pin devices have three I/O ports, while the 40/44-pin devices have five
- The 28-pin devices have fourteen interrupts, while the 40/44-pin devices have fifteen
- The 28-pin devices have five A/D input channels, while the 40/44-pin devices have eight
- The Parallel Slave Port is implemented only on the 40/44-pin devices

The available features are summarized in Table 1-1. Block diagrams of the PIC16F873A/876A and PIC16F874A/877A devices are provided in Figure 1-1 and Figure 1-2, respectively. The pinouts for these device families are listed in Table 1-2 and Table 1-3.

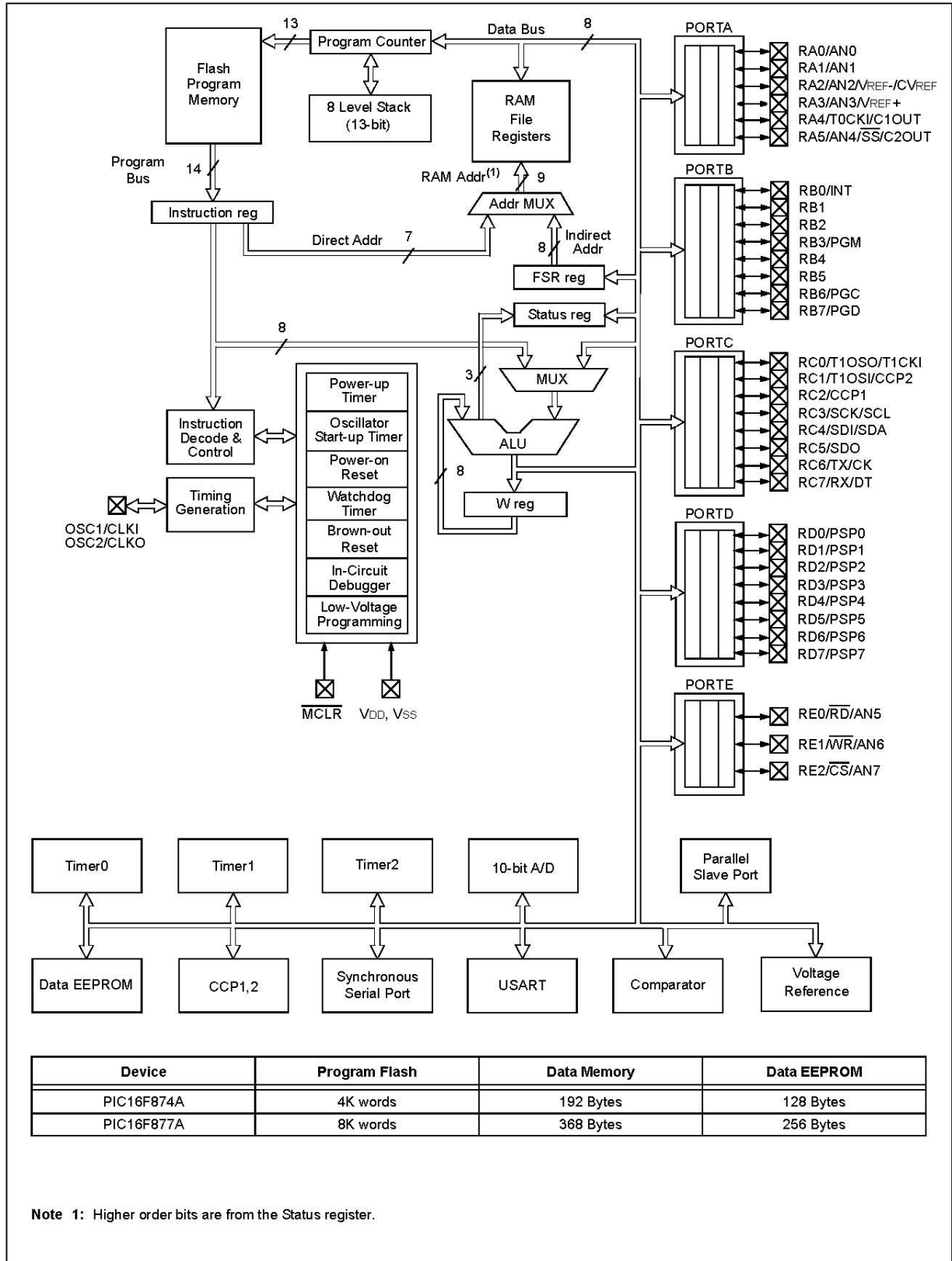
Additional information may be found in the PICmicro® Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip web site. The Reference Manual should be considered a complementary document to this data sheet and is highly recommended reading for a better understanding of the device architecture and operation of the peripheral modules.

**TABLE 1-1: PIC16F87XA DEVICE FEATURES**

Key Features	PIC16F873A	PIC16F874A	PIC16F876A	PIC16F877A
Operating Frequency	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz	DC – 20 MHz
Resets (and Delays)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)	POR, BOR (PWRT, OST)
Flash Program Memory (14-bit words)	4K	4K	8K	8K
Data Memory (bytes)	192	192	368	368
EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	256
Interrupts	14	15	14	15
I/O Ports	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E	Ports A, B, C	Ports A, B, C, D, E
Timers	3	3	3	3
Capture/Compare/PWM modules	2	2	2	2
Serial Communications	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART	MSSP, USART
Parallel Communications	—	PSP	—	PSP
10-bit Analog-to-Digital Module	5 input channels	8 input channels	5 input channels	8 input channels
Analog Comparators	2	2	2	2
Instruction Set	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions	35 Instructions
Packages	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN	28-pin PDIP 28-pin SOIC 28-pin SSOP 28-pin QFN	40-pin PDIP 44-pin PLCC 44-pin TQFP 44-pin QFN

# PIC16F87XA

FIGURE 1-2: PIC16F874A/877A BLOCK DIAGRAM



# PIC16F87XA

**TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION**

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1  CLKI	9	6	I  I	ST/CMOS <sup>(3)</sup>	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2  CLKO	10	7	O  O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR  VPP	1	26	I  P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	27	I/O I	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Analog input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	28	I/O I	TTL	
RA2/AN2/VREF-/ CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	1	I/O I I O	TTL	
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	2	I/O I I	TTL	
RA4/T0CKI/C1OUT RA4 T0CKI C1OUT	6	3	I/O I O	ST	
RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	7	4	I/O I I O	TTL	

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
— = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F87XA

**TABLE 1-2: PIC16F873A/876A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP, SOIC, SSOP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	21	18	I/O I	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-ups on all inputs. Digital I/O. External interrupt.
RB1	22	19	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	23	20	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	24	21	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage (single-supply) ICSP programming enable pin.
RB4	25	22	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	26	23	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	27	24	I/O I	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	28	25	I/O I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	11	8	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port. Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	12	9	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	13	10	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK SCL	14	11	I/O I/O I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	15	12	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I <sup>2</sup> C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	16	13	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	17	14	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	18	15	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.
Vss	8, 19	5, 6	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	17	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F87XA

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKI OSC1  CLKI	13	14	30	32	I  I	ST/CMOS <sup>(4)</sup>	Oscillator crystal or external clock input. Oscillator crystal input or external clock source input. ST buffer when configured in RC mode; otherwise CMOS. External clock source input. Always associated with pin function OSC1 (see OSC1/CLKI, OSC2/CLKO pins).
OSC2/CLKO OSC2  CLKO	14	15	31	33	O  O	—	Oscillator crystal or clock output. Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in Crystal Oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKO, which has 1/4 the frequency of OSC1 and denotes the instruction cycle rate.
MCLR/VPP MCLR  VPP	1	2	18	18	I  P	ST	Master Clear (input) or programming voltage (output). Master Clear (Reset) input. This pin is an active low Reset to the device. Programming voltage input.
RA0/AN0 RA0 AN0	2	3	19	19	I/O I	TTL	PORTA is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Analog input 0.
RA1/AN1 RA1 AN1	3	4	20	20	I/O I	TTL	
RA2/AN2/VREF-/CVREF RA2 AN2 VREF- CVREF	4	5	21	21	I/O I I O	TTL	
RA3/AN3/VREF+ RA3 AN3 VREF+	5	6	22	22	I/O I I	TTL	
RA4/T0CKI/C1OUT RA4  T0CKI C1OUT	6	7	23	23	I/O  I O	ST	
RA5/AN4/SS/C2OUT RA5 AN4 SS C2OUT	7	8	24	24	I/O I I O	TTL	

**Legend:** I = input    O = output    I/O = input/output    P = power  
 — = Not used    TTL = TTL input    ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F87XA

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RB0/INT RB0 INT	33	36	8	9	I/O I	TTL/ST <sup>(1)</sup>	PORTB is a bidirectional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.  Digital I/O. External interrupt.
RB1	34	37	9	10	I/O	TTL	Digital I/O.
RB2	35	38	10	11	I/O	TTL	Digital I/O.
RB3/PGM RB3 PGM	36	39	11	12	I/O I	TTL	Digital I/O. Low-voltage ICSP programming enable pin.
RB4	37	41	14	14	I/O	TTL	Digital I/O.
RB5	38	42	15	15	I/O	TTL	Digital I/O.
RB6/PGC RB6 PGC	39	43	16	16	I/O I	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming clock.
RB7/PGD RB7 PGD	40	44	17	17	I/O I/O	TTL/ST <sup>(2)</sup>	Digital I/O. In-circuit debugger and ICSP programming data.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.



# PIC16F87XA

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI RC0 T1OSO T1CKI	15	16	32	34	I/O O I	ST	PORTC is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Timer1 oscillator output. Timer1 external clock input.
RC1/T1OSI/CCP2 RC1 T1OSI CCP2	16	18	35	35	I/O I I/O	ST	Digital I/O. Timer1 oscillator input. Capture2 input, Compare2 output, PWM2 output.
RC2/CCP1 RC2 CCP1	17	19	36	36	I/O I/O	ST	Digital I/O. Capture1 input, Compare1 output, PWM1 output.
RC3/SCK/SCL RC3 SCK  SCL	18	20	37	37	I/O I/O  I/O	ST	Digital I/O. Synchronous serial clock input/output for SPI mode. Synchronous serial clock input/output for I <sup>2</sup> C mode.
RC4/SDI/SDA RC4 SDI SDA	23	25	42	42	I/O I I/O	ST	Digital I/O. SPI data in. I <sup>2</sup> C data I/O.
RC5/SDO RC5 SDO	24	26	43	43	I/O O	ST	Digital I/O. SPI data out.
RC6/TX/CK RC6 TX CK	25	27	44	44	I/O O I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous transmit. USART1 synchronous clock.
RC7/RX/DT RC7 RX DT	26	29	1	1	I/O I I/O	ST	Digital I/O. USART asynchronous receive. USART synchronous data.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

- Note** 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.

# PIC16F87XA

**TABLE 1-3: PIC16F874A/877A PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)**

Pin Name	PDIP Pin#	PLCC Pin#	TQFP Pin#	QFN Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RD0/PSP0 RD0 PSP0	19	21	38	38	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTD is a bidirectional I/O port or Parallel Slave Port when interfacing to a microprocessor bus.  Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD1/PSP1 RD1 PSP1	20	22	39	39	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD2/PSP2 RD2 PSP2	21	23	40	40	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD3/PSP3 RD3 PSP3	22	24	41	41	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD4/PSP4 RD4 PSP4	27	30	2	2	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD5/PSP5 RD5 PSP5	28	31	3	3	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD6/PSP6 RD6 PSP6	29	32	4	4	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RD7/PSP7 RD7 PSP7	30	33	5	5	I/O I/O	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Parallel Slave Port data.
RE0/RD/AN5 RE0 RD AN5	8	9	25	25	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	PORTE is a bidirectional I/O port.  Digital I/O. Read control for Parallel Slave Port. Analog input 5.
RE1/WR/AN6 RE1 WR AN6	9	10	26	26	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Write control for Parallel Slave Port. Analog input 6.
RE2/CS/AN7 RE2 CS AN7	10	11	27	27	I/O I I	ST/TTL <sup>(3)</sup>	Digital I/O. Chip select control for Parallel Slave Port. Analog input 7.
Vss	12, 31	13, 34	6, 29	6, 30, 31	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11, 32	12, 35	7, 28	7, 8, 28, 29	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1, 17, 28, 40	12, 13, 33, 34	13	—	—	These pins are not internally connected. These pins should be left unconnected.

**Legend:** I = input      O = output      I/O = input/output      P = power  
 — = Not used      TTL = TTL input      ST = Schmitt Trigger input

**Note 1:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.  
**Note 2:** This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.  
**Note 3:** This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC Oscillator mode and a CMOS input otherwise.



# M24C64 M24C32

## 64Kbit and 32Kbit Serial I<sup>2</sup>C Bus EEPROM

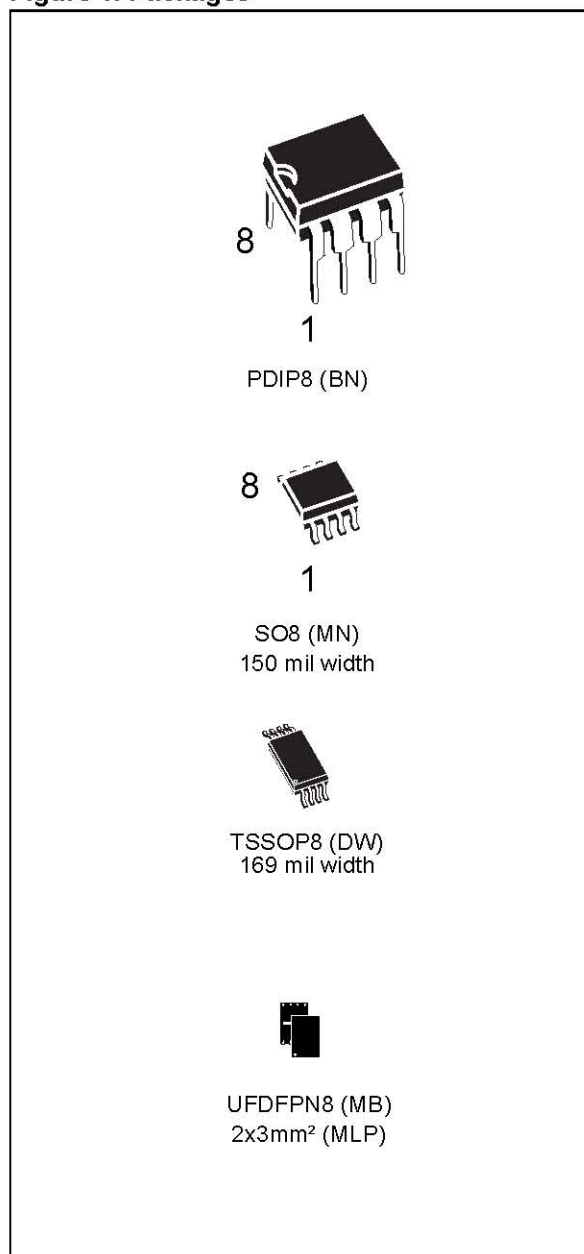
### FEATURES SUMMARY

- Two-Wire I<sup>2</sup>C Serial Interface  
Supports 400kHz Protocol
- Single Supply Voltage:
  - 4.5 to 5.5V for M24Cxx
  - 2.5 to 5.5V for M24Cxx-W
  - 1.8 to 5.5V for M24Cxx-R
- Write Control Input
- BYTE and PAGE WRITE (up to 32 Bytes)
- RANDOM and SEQUENTIAL READ Modes
- Self-Timed Programming Cycle
- Automatic Address Incrementing
- Enhanced ESD/Latch-Up Protection
- More than 1 Million Erase/Write Cycles
- More than 40-Year Data Retention

**Table 1. Product List**

Reference	Part Number
M24C64	M24C64
	M24C64-W
	M24C64-R
M24C32	M24C32
	M24C32-W
	M24C32-R

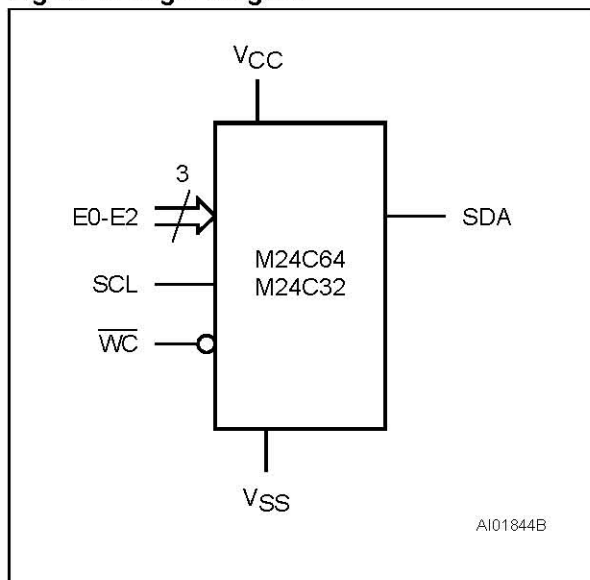
**Figure 1. Packages**



### SUMMARY DESCRIPTION

These I<sup>2</sup>C-compatible electrically erasable programmable memory (EEPROM) devices are organized as 8192 x 8 bits (M24C64) and 4096 x 8 bits (M24C32).

Figure 2. Logic Diagram



I<sup>2</sup>C uses a two-wire serial interface, comprising a bi-directional data line and a clock line. The devices carry a built-in 4-bit Device Type Identifier code (1010) in accordance with the I<sup>2</sup>C bus definition.

The device behaves as a slave in the I<sup>2</sup>C protocol, with all memory operations synchronized by the serial clock. Read and Write operations are initiated by a Start condition, generated by the bus master. The Start condition is followed by a Device Select Code and Read/Write bit (RW) (as described in Table 3.), terminated by an acknowledge bit.

When writing data to the memory, the device inserts an acknowledge bit during the 9<sup>th</sup> bit time, following the bus master's 8-bit transmission. When data is read by the bus master, the bus master acknowledges the receipt of the data byte in the same way. Data transfers are terminated by a Stop condition after an Ack for Write, and after a NoAck for Read.

Table 2. Signal Names

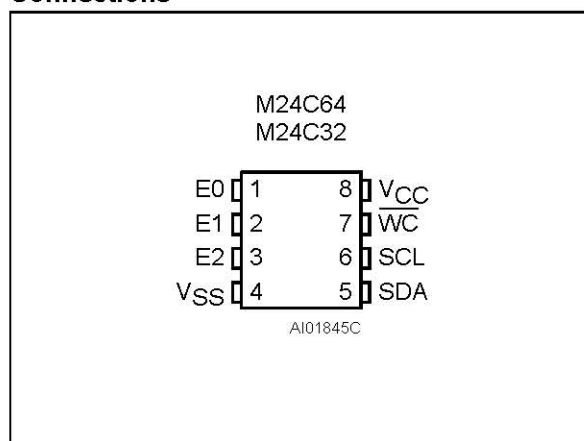
E0, E1, E2	Chip Enable
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock
$\overline{WC}$	Write Control
VCC	Supply Voltage
VSS	Ground

#### Power On Reset: VCC Lock-Out Write Protect

In order to prevent data corruption and inadvertent Write operations during Power-up, a Power On Reset (POR) circuit is included. At Power-up, the internal reset is held active until VCC has reached the Power On Reset (POR) threshold voltage, and all operations are disabled – the device will not respond to any command. In the same way, when VCC drops from the operating voltage, below the Power On Reset (POR) threshold voltage, all operations are disabled and the device will not respond to any command.

A stable and valid VCC (as defined in Table 9. and Table 10.) must be applied before applying any logic signal.

Figure 3. DIP, SO, TSSOP and UDFPN Connections



Note: See PACKAGE MECHANICAL section for package dimensions, and how to identify pin-1.

## 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, nonvolatile (NV) RAM for data storage
- Two-wire serial interface
- Programmable squarewave 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 DIP or SOIC
- Underwriters Laboratory (UL) recognized

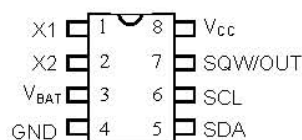
## ORDERING INFORMATION

DS1307	8-Pin DIP (300-mil)
DS1307Z	8-Pin SOIC (150-mil)
DS1307N	8-Pin DIP (Industrial)
DS1307ZN	8-Pin SOIC (Industrial)

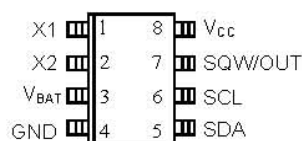
## DESCRIPTION

The DS1307 Serial Real-Time Clock is a low-power, full binary-coded decimal (BCD) clock/calendar plus 56 bytes of NV SRAM. Address and data are transferred serially via a 2-wire, bi-directional 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 battery supply.

## PIN ASSIGNMENT



DS1307 8-Pin DIP (300-mil)

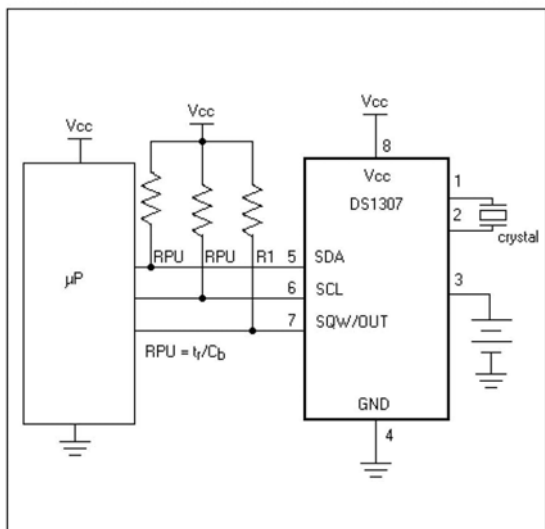


DS1307 8-Pin SOIC (150-mil)

## PIN DESCRIPTION

$V_{CC}$	- Primary Power Supply
X1, X2	- 32.768kHz Crystal Connection
$V_{BAT}$	- +3V Battery Input
GND	- Ground
SDA	- Serial Data
SCL	- Serial Clock
SQW/OUT	- Square Wave/Output Driver

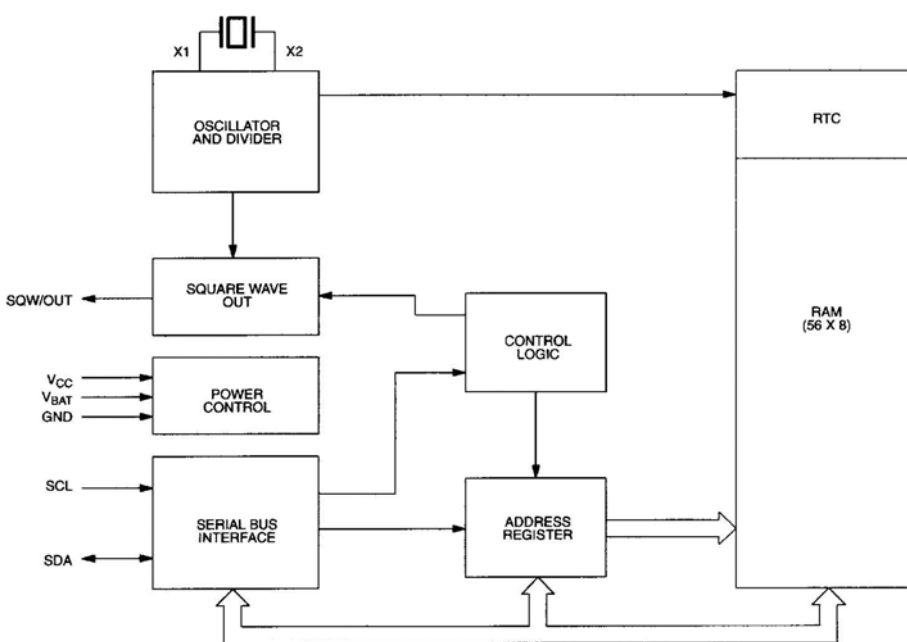
### TYPICAL OPERATING CIRCUIT



### OPERATION

The DS1307 operates as a slave device on the serial bus. Access is obtained by implementing a START condition and providing a device identification code followed by a register address. Subsequent registers can be accessed sequentially until a STOP condition is executed. When  $V_{CC}$  falls below  $1.25 \times V_{BAT}$  the device terminates an access in progress and resets the device address counter. Inputs to the device will not be recognized at this time to prevent erroneous data from being written to the device from an out of tolerance system. When  $V_{CC}$  falls below  $V_{BAT}$  the device switches into a low-current battery backup mode. Upon power-up, the device switches from battery to  $V_{CC}$  when  $V_{CC}$  is greater than  $V_{BAT} + 0.2V$  and recognizes inputs when  $V_{CC}$  is greater than  $1.25 \times V_{BAT}$ . The block diagram in Figure 1 shows the main elements of the serial RTC.

### DS1307 BLOCK DIAGRAM Figure 1



## 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ RF Transceiver Module

### Features:

- IEEE Std. 802.15.4™ Compliant RF Transceiver
- Supports ZigBee®, MiWi™, MiWi™ P2P and Proprietary Wireless Networking Protocols
- Small Size: 0.7" x 1.1" (17.8 mm x 27.9 mm), Surface Mountable
- Integrated Crystal, Internal Voltage Regulator, Matching Circuitry and PCB Antenna
- Easy Integration into Final Product – Minimize Product Development, Quicker Time to Market
- Radio Regulation Certification for United States (FCC), Canada (IC) and Europe (ETSI)
- Compatible with Microchip Microcontroller Families (PIC16F, PIC18F, PIC24F/H, dsPIC33 and PIC32)
- Up to 400 ft. Range

### Operational:

- Operating Voltage: 2.4-3.6V (3.3V typical)
- Temperature Range: -40°C to +85°C Industrial
- Simple, Four-Wire SPI Interface
- Low-Current Consumption:
  - RX mode: 19 mA (typical)
  - TX mode: 23 mA (typical)
  - Sleep: 2 µA (typical)

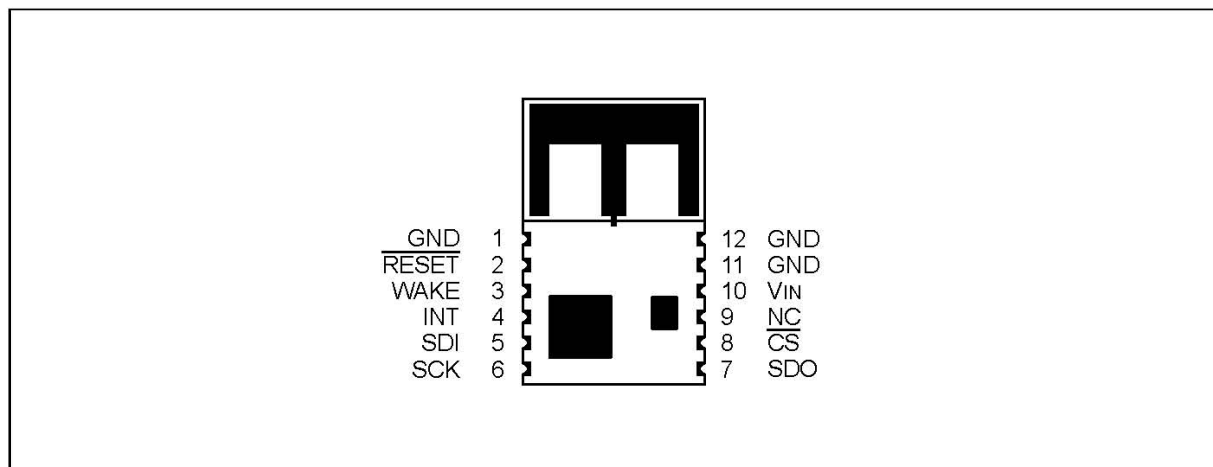
### RF/Analog Features:

- ISM Band 2.405-2.48 GHz Operation
- Data Rate: 250 kbps
- -94 dBm Typical Sensitivity with +5 dBm Maximum Input Level
- +0 dBm Typical Output Power with 36 dB TX Power Control Range
- Integrated Low Phase Noise VCO, Frequency Synthesizer and PLL Loop Filter
- Digital VCO and Filter Calibration
- Integrated RSSI ADC and I/Q DACs
- Integrated LDO
- High Receiver and RSSI Dynamic Range

### MAC/Baseband Features:

- Hardware CSMA-CA Mechanism, Automatic ACK Response and FCS Check
- Independent Beacon, Transmit and GTS FIFO
- Supports all CCA modes and RSS/LQI
- Automatic Packet Retransmit Capable
- Hardware Security Engine (AES-128) with CTR, CCM and CBC-MAC modes
- Supports Encryption and Decryption for MAC Sublayer and Upper Layer

**FIGURE 1: PIN DIAGRAM**



# MRF24J40MA

## 1.0 DEVICE OVERVIEW

The MRF24J40MA is a 2.4 GHz IEEE Std. 802.15.4™ compliant, surface mount module with integrated crystal, internal voltage regulator, matching circuitry and PCB antenna. The MRF24J40MA module operates in the non-licensed 2.4 GHz frequency band and is FCC, IC and ETSI compliant. The integrated module design frees the integrator from extensive RF and antenna design, and regulatory compliance testing, allowing quicker time to market.

The MRF24J40MA module is compatible with Microchip's ZigBee®, MiWi™ and MiWi P2P software stacks. Each software stack is available as a free download, including source code, from the Microchip web site <http://www.microchip.com/wireless>.

The MRF24J40MA module has received regulatory approvals for modular devices in the United States (FCC), Canada (IC) and Europe (ETSI). Modular approval removes the need for expensive RF and antenna design and allows the end user to place the

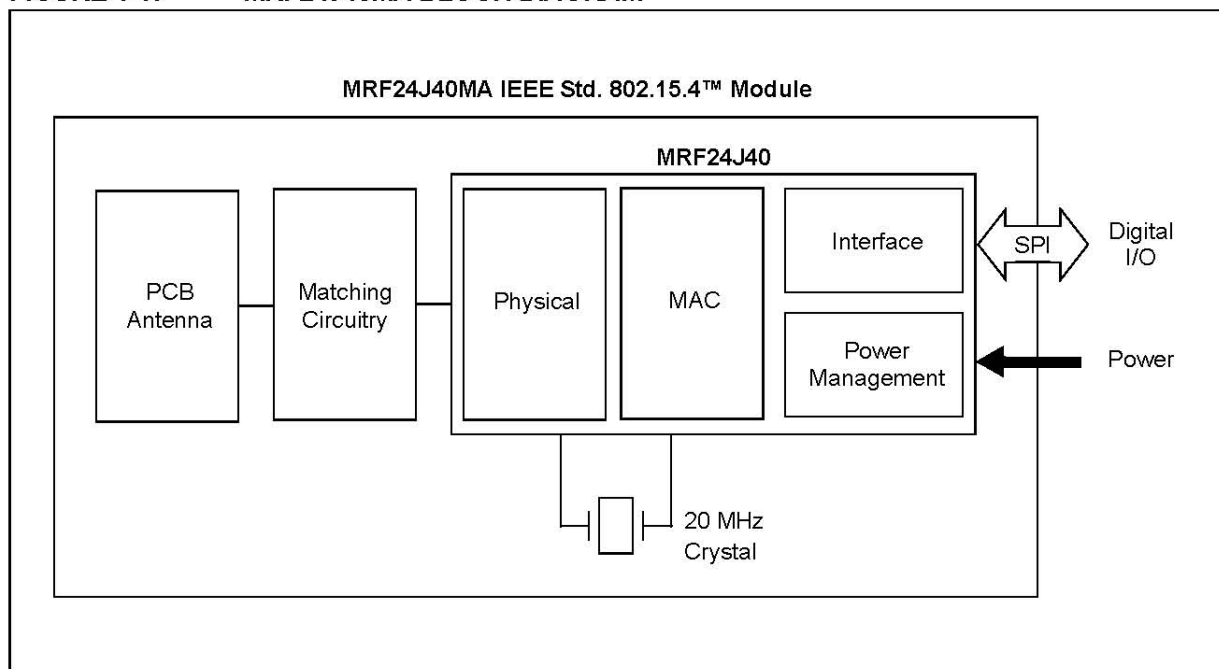
MRF24J40MA module inside a finished product and not require regulatory testing for an intentional radiator (RF transmitter). See **Section 3.0 “Regulatory Approval”** for specific requirements to be followed by the integrator.

## 1.1 Interface Description

Figure 1-1 shows a simplified block diagram of the MRF24J40MA module. The module is based on the Microchip Technology MRF24J40 IEEE 802.15.4™ 2.4 GHz RF Transceiver IC. The module interfaces to many popular Microchip PIC® microcontrollers via a 4-wire serial SPI interface, interrupt, wake, Reset, power and ground, as shown in Figure 1-2. Table 1-1 provides the pin descriptions.

Data communications with the MRF24J40MA module are documented in the “*MRF24J40 IEEE 802.15.4™ 2.4 GHz RF Transceiver Data Sheet*” (DS39776). Refer to the MRF24J40 Data Sheet for specific serial interface protocol and register definitions.

**FIGURE 1-1: MRF24J40MA BLOCK DIAGRAM**





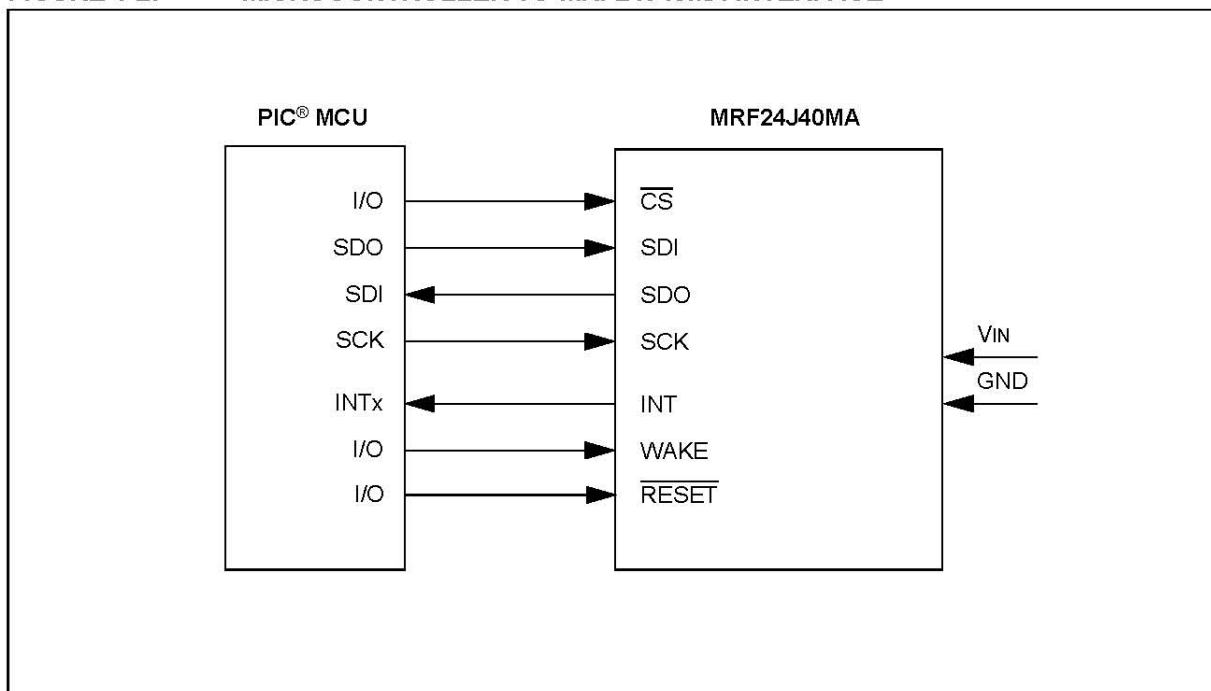
# MRF24J40MA

**TABLE 1-1: PIN DESCRIPTION**

Pin	Symbol	Type	Description
1	GND	Power	Ground
2	$\overline{\text{RESET}}$	DI	Global hardware Reset pin
3	WAKE	DI	External wake-up trigger
4	INT	DO	Interrupt pin to microcontroller
5	SDI	DI	Serial interface data input
6	SCK	DI	Serial interface clock
7	SDO	DO	Serial interface data output from MRF24J40
8	$\overline{\text{CS}}$	DI	Serial interface enable
9	NC	—	No connection (allow pin to float; do not connect signal)
10	VIN	Power	Power supply
11	GND	Ground	Ground
12	GND	Ground	Ground

Legend: Pin type abbreviation: D = Digital, I = Input, O = Output

**FIGURE 1-2: MICROCONTROLLER TO MRF24J40MA INTERFACE**



# Integrated Silicon Pressure Sensor Altimeter/Barometer Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX4115 series is designed to sense absolute air pressure in an altimeter or barometer (BAP) applications. Freescale's BAP sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high level analog output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration makes the Freescale BAP sensor a logical and economical choice for application designers.

## Features

- 1.5% Maximum Error over 0° to 85°
- Ideally suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Durable Epoxy Unibody Element
- Easy-to-Use Chip Carrier Option

## Typical Applications

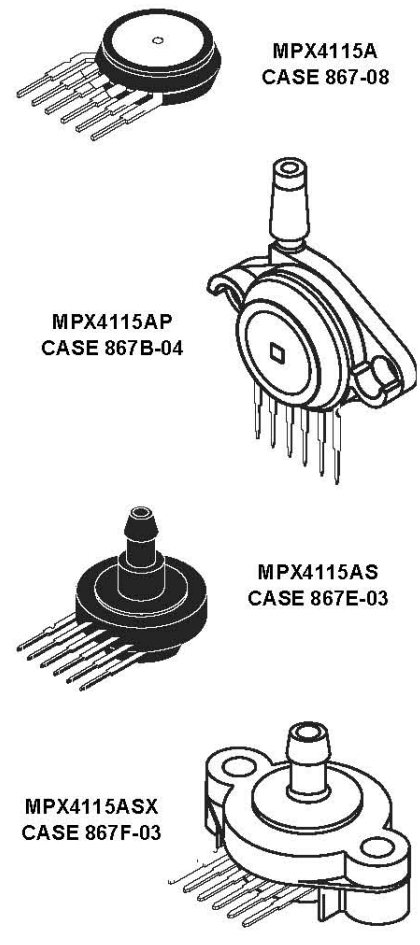
- Altimeter
- Baromete

ORDERING INFORMATION <sup>(1)</sup>				
Device	Options	Case No.	MPX Series Order No.	Marking
Basic Element	Absolute, Element Only	Case 867-08	MPX4115A	MPX4115A
Ported Elements	Absolute, Ported	Case 867B-04	MPX4115AP	MPX4115AP
	Absolute, Stove Pipe Port	Case 867E-03	MPX4115AS	MPX4115A
	Absolute, Axial Port	Case 867F-03	MPX4115ASX	MPX4115A

1. The MPX4115A BAP Sensor is available in the Basic Element package or with pressure port fittings that provide mounting ease and barbed hose connections.

## MPX4115 SERIES

**OPERATING OVERVIEW  
 INTEGRATED  
 PRESSURE SENSOR**  
 15 to 115kPa  
 (2.18 to 16.7 psi)  
 0.2 to 4.8 Volts Output



## PIN NUMBERS

1	V <sub>OUT</sub> <sup>(1)</sup>	4	N/C <sup>(2)</sup>
2	GND	5	N/C <sup>(2)</sup>
3	V <sub>S</sub>	6	N/C <sup>(2)</sup>

1. Pin 1 is noted by the notch in the lead.
2. Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Pin 1 is noted by the notch in the Lead. Do not connect to external circuitry or ground.

**Table 2. Operating Characteristics**

( $V_S = 5.1$  Vdc,  $T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted, P1 > P2 Decoupling circuit shown in Figure 3 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range <sup>(1)</sup>	$P_{OP}$	15	-	115	kPa
Supply Voltage <sup>(2)</sup>	$V_S$	4.85	5.1	5.35	Vdc
Supply Current	$I_o$	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset <sup>(3)</sup> @ $V_S = 5.1$ Volts	$V_{off}$	0.135	0.204	0.273	Vdc
Full Scale Output <sup>(4)</sup> @ $V_S = 5.1$ Volts	$V_{FSO}$	4.725	4.794	4.863	Vdc
Full Scale Span <sup>(5)</sup> @ $V_S = 5.1$ Volts	$V_{FSS}$	—	4.59	—	Vdc
Accuracy <sup>(6)</sup> (0 to 85°C)	—	—	—	±1.5	% $V_{FSS}$
Sensitivity	V/P	—	46	—	mV/kPa
Response Time <sup>(7)</sup>	$t_R$	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	$I_{o+}$	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time <sup>(8)</sup>	—	—	20	—	mSec
Offset Stability <sup>(9)</sup>	—	—	±0.5	—	% $V_{FSS}$

1. 1.0kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
2. Device is ratiometric within this specified excitation range.
3. Offset ( $V_{off}$ ) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
4. Full Scale Output ( $V_{FSO}$ ) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
5. Full Scale Span ( $V_{FSS}$ ) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
6. Accuracy (error budget) consists of the following:
  - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure, using end point method, over the specified pressure range.
  - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
  - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure at 25°C.
  - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
  - TcOffset: Output deviation with minimum pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
  - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of  $V_{FSS}$  at 25°C.
7. Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
8. Warm-up is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.
9. Offset stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

**Table 3. Mechanical Characteristics**

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Weight, Basic Element (Case 867)	—	—	4.0	—	Grams
Common Mode Line Pressure <sup>(1)</sup>	—	—	—	690	kPa

1. Common mode pressures beyond what is specified may result in leakage at the case-to-lead interface.

# Honeywell

---



*Representative photograph, actual product appearance may vary.*

*Due to regional agency approval requirements, some products may not be available in your area. Please contact your regional Honeywell office regarding your product of choice.*

## HIH-4000-001

**HIH-4000 Series Integrated Circuitry Humidity Sensor, 2,54 mm (0.100 in) Lead Pitch SIP**

### Features

- Molded thermoset plastic housing with cover
- Linear voltage output vs %RH
- Laser trimmed interchangeability
- Low power design
- High accuracy
- Fast response time
- Stable, low drift performance
- Chemically resistant

### Typical Applications

- Refrigeration
- Drying
- Meteorology
- Battery-powered systems
- OEM assemblies

### Description

The HIH-4000 Series Humidity Sensors are designed specifically for high volume OEM (Original Equipment Manufacturer) users. Direct input to a controller or other device is made possible by this sensor's linear voltage output. With a typical current draw of only 200  $\mu$ A, the HIH-4000 Series is ideally suited for low drain, battery operated systems. Tight sensor interchangeability reduces or eliminates OEM production calibration costs. Individual sensor calibration data is available.

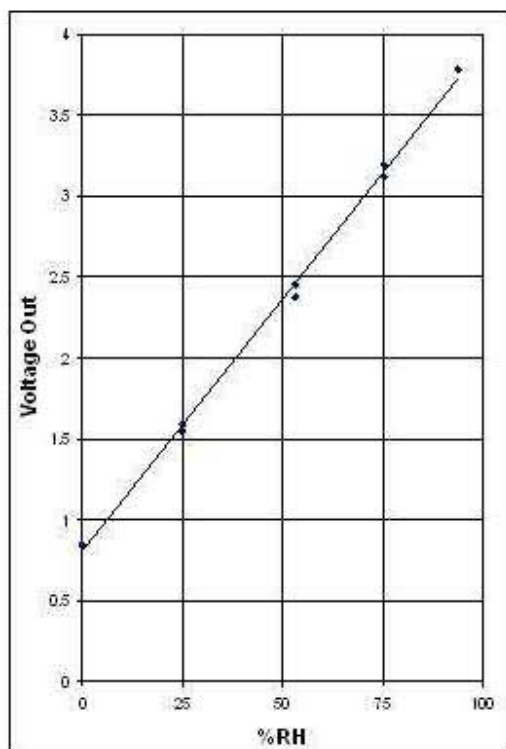
The HIH-4000 Series delivers instrumentation-quality RH (Relative Humidity) sensing performance in a low cost, solderable SIP (Single In-line Package). Available in two lead spacing configurations, the RH sensor is a laser trimmed, thermoset polymer capacitive sensing element with on-chip integrated signal conditioning. The sensing element's multilayer construction provides excellent resistance to most application hazards such as wetting, dust, dirt, oils and common environmental chemicals.



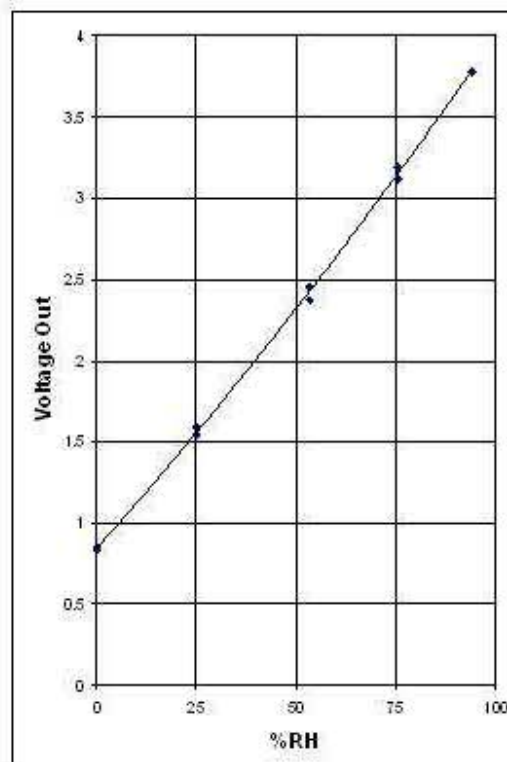
## HIH-4000-001

**HIH-4000 Series Integrated Circuitry Humidity Sensor, 2,54 mm (0.100 in) Lead Pitch SIP**

TYPICAL BEST FIT STRAIGHT LINE



TYPICAL 2nd ORDER CURVE FIT



## Magnetic Position Sensors Low-Cost, Bipolar, Hall-effect Sensors

### SS40A/SS50AT Series

#### FEATURES

- Small size
- Low cost
- Reverse polarity protection
- Sensitive - bipolar magnetics respond to alternating north and south poles
- Thermally balanced, integrated circuit over a full temperature range
- Stable operation

#### TYPICAL APPLICATIONS

- Cooling fan control in computers and appliances
- RPM (revolutions per minute) sensing, speed control
- Brushless dc motor commutation
- Position sensing and motor control
- Simple magnetic encoder
- Flow-rate sensor



The SS40A/SS50AT Series sensors are low-cost, bipolar, Hall-effect sensors. These sensitive magnetic sensors offer reverse polarity protection and deliver stable output over a -40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F] temperature range. Operation from any dc supply voltage from 4.5 Vdc to 24.0 Vdc is acceptable.

The SS40A/SS50AT Series sensors build upon Honeywell's popular magnetic position sensors and offer several competitive advantages. These sensors have been designed with the latest technologies to provide reliable, cost-effective solutions to commercial, computer, medical, and/or consumer applications requiring motor control and RPM sensing.

These products are available in a variety of package styles to suit a number of applications. Ammopack versions, along with tape-and-reel, are standard. The surface mount version is mounted directly on the electrical traces on a PC (printed circuit) board. It is attached by an automatic solder reflow operation which requires no hole, so it reduces the cost of the PC board.

#### ⚠ WARNING

##### PERSONAL INJURY

DO NOT USE these products as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**



#### ⚠ WARNING

##### MISUSE OF DOCUMENTATION

- The information presented in this product sheet is for reference only. Do not use this document as a product installation guide.
- Complete installation, operation, and maintenance information is provided in the instructions supplied with each product.

**Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.**

# Magnetic Position Sensors

## Low-Cost, Bipolar, Hall-effect Sensors

# SS40A/SS50AT Series

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS\*

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage	-28	-	28	V
Applied output voltage	-0.5	-	28	V
Output current	-	-	20	mA
Magnetic flux	-	-	No limit	Gauss

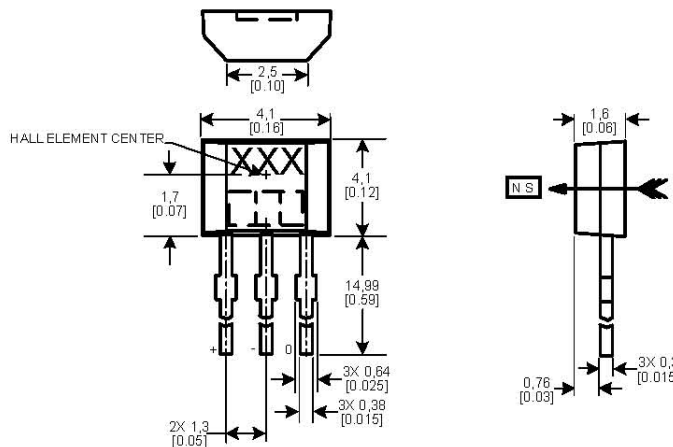
\*Absolute maximum ratings are the extreme limits the device will withstand without damage to the device. However, the electrical and mechanical characteristics are not guaranteed as the maximum limits (above recommended operating conditions) are approached, nor will the device necessarily operate at absolute maximum ratings.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

At  $V_S = 4.5\text{ V}$  to  $24\text{ V}$  with  $20\text{ mA}$  load with  $T_a = -40\text{ }^\circ\text{C}$  to  $125\text{ }^\circ\text{C}$  [ $-40\text{ }^\circ\text{F}$  to  $257\text{ }^\circ\text{F}$ ] unless otherwise noted.

Parameter	Cond.	Min.	Typ.	Max.	Unit
Supply voltage	-	4.5	-	24.0	V
Supply current	25 °C [77 °F]	-	6.8	10.0	mA
Supply current	-	-	-	11.3	mA
Output current	-	-	-	20.0	mA
Vsat @ 15 mA	Gauss >170	-	-	0.4	V
Output leakage	Gauss <-170	-	-	10.0	μA
Rise time	25 °C [77 °F]	-	0.5	1.5	μs
Fall time	25 °C [77 °F]	-	0.2	1.5	μs
Response time	25 °C [77 °F]	-	4.0	5.0	μs
Operate	25 °C [77 °F]	-	45	110	Gauss
Operate	0 °C to 85 °C [32 °F to 185 °F]	-	50	130	Gauss
Operate	-	-	55	170	Gauss
Release	25 °C [77 °F]	-110	-45	-	Gauss
Release	-40 °C to 85 °C [-40 °F to 185 °F]	-130	-50	-	Gauss
Release	-	-170	-55	-	Gauss
Differential	-	50	-	-	Gauss
Operating temperature	-40 °C to 125 °C [-40 °F to 257 °F]				
Storage temperature	-55 °C to 165 °C [-67 °F to 329 °F]				

### SS40A SERIES MOUNTING DIMENSIONS (for reference only) mm/[in]



AC Electrical Characteristics								
Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limits	Units			
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Maximum Propagation Delay, Any Input to Any Output		14		ns			
AC Electrical Characteristics								
$V_{CC} = 2.0V$ to $6.0V$ , $C_L = 50$ pF, $t_r = t_f = 6$ ns (unless otherwise specified)								
Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$	$T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$	$T_A = -55^\circ C$ to $+125^\circ C$	Units	
				Typ	Guaranteed Limits			
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Inputs 0-7 to Outputs A0, A1, A2		2.0V	140	175	210	ns	
			4.5V	14	28	35	42	ns
			6.0V		24	30	36	ns
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Inputs 0-7 to Output EO		2.0V	140	175	210	ns	
			4.5V	15	28	35	42	ns
			6.0V		24	30	36	ns
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Inputs 0-7 to Output GS		2.0V	160	200	240	ns	
			4.5V	17	32	40	48	ns
			6.0V		27	34	41	ns
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Input EI to Outputs A0, A1, A2		2.0V	160	200	240	ns	
			4.5V	17	32	40	48	ns
			6.0V		27	34	41	ns
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Input EI to Output GS		2.0V	100	125	150	ns	
			4.5V	12	20	25	30	ns
			6.0V		17	21	26	ns
$t_{PHL}, t_{PLH}$	Input EI to Output EO		2.0V	100	125	150	ns	
			4.5V	12	20	25	30	ns
			6.0V		17	21	26	ns
$t_r, t_f$	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	75	95	110	ns	
			4.5V	7	15	19	22	ns
			6.0V		13	16	19	ns
$C_{pd}$	Power Dissipation Capacitance (Note 5)		52				pF	
$C_{in}$	Maximum Input Capacitance		5	10	10	10	pF	
<b>Note 5:</b> $C_{pd}$ determines the no load dynamic power consumption, and the no load dynamic current consumption.								



## MM74HC148

### 8-3 Line Priority Encoder

#### General Description

The MM74HC148 priority encoder utilizes advanced silicon-gate CMOS technology. It has the high noise immunity and low power consumption typical of CMOS circuits, as well as the speeds and output drive similar to LB-TTL.

This priority encoder accepts 8 input request lines 0–7 and outputs 3 lines A0–A2. The priority encoding ensures that only the highest order data line is encoded. Cascading circuitry (enable input EI and enable output EO) has been provided to allow octal expansion without the need for

external circuitry. All data inputs and outputs are active at the low logic level.

All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to  $V_{CC}$  and ground.

#### Features

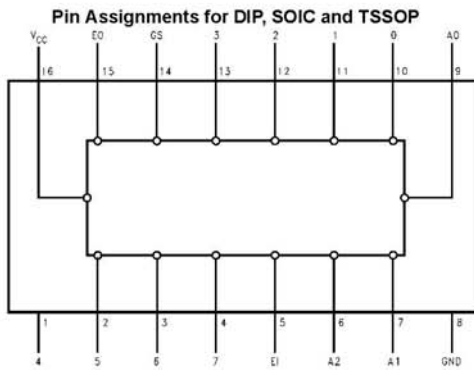
- Typical propagation delay: 13 ns
- Wide supply voltage range: 2V–6V

#### Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
MM74HC148M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150" Narrow
MM74HC148MTC	MTC16	16-Lead Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP), JEDEC MO-153, 4.4mm Wide
MM74HC148N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300" Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

#### Connection Diagram



#### Truth Table

EI	Inputs							Outputs					
	0	1	2	3	4	5	6	7	A2	A1	A0	GS	EO
H	X	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	X	L	H	L	L	H	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	H	L	H	L	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H = HIGH  
L = LOW  
X = Irrelevant

Absolute Maximum Ratings (Note 1)		Recommended Operation Conditions						
Supply Voltage ( $V_{CC}$ )	-0.5 to +7.0V	Min	Max					
DC Input Voltage ( $V_{IN}$ )	-1.5 to $V_{CC}$ +1.5V	2	6					
DC Output Voltage ( $V_{OUT}$ )	-0.5 to $V_{CC}$ +0.5V							
Clamp Diode Current ( $I_{IK}, I_{OK}$ )	$\pm 20$ mA	0	$V_{CC}$					
DC Output Current, per pin ( $I_{OUT}$ )	$\pm 25$ mA	-40	+85					
DC $V_{CC}$ or GND Current, per pin ( $I_{CC}$ )	$\pm 50$ mA							
Storage Temperature Range ( $T_{STG}$ )	-65°C to +150°C							
Power Dissipation ( $P_D$ )								
(Note 3)	600 mW							
S.O. Package only	500 mW							
Lead Temperature ( $T_L$ )								
(Soldering 10 seconds)	260°C							
		Supply Voltage ( $V_{CC}$ )						
		DC Input or Output Voltage						
		( $V_{IN}, V_{OUT}$ )						
		Operating Temperature Range ( $T_A$ )						
		Input Rise or Fall Times						
		( $t_r, t_f$ ) $V_{CC} = 2.0V$	1000 ns					
		$V_{CC} = 4.5V$	500 ns					
		$V_{CC} = 6.0V$	400 ns					
		<b>Note 1:</b> Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.						
		<b>Note 2:</b> Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.						
		<b>Note 3:</b> Power Dissipation temperature derating—plastic "N" package: -12 mW/°C from 65°C to 85°C.						
DC Electrical Characteristics (Note 4)								
Symbol	Parameter	Conditions	$V_{CC}$	$T_A = 25^\circ C$			Units	
				Typ	Guaranteed Limits			
$V_{IH}$	Minimum HIGH Level Input Voltage		2.0V		1.5	1.5	V	
			4.5V		3.15	3.15	V	
			6.0V		4.2	4.2	V	
$V_{IL}$	Maximum LOW Level Input Voltage		2.0V		0.5	0.5	V	
			4.5V		1.35	1.35	V	
			6.0V		1.8	1.8	V	
$V_{OH}$	Minimum HIGH Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	2.0	1.9	1.9	V	
			4.5V	4.5	4.4	4.4	V	
			6.0V	6.0	5.9	5.9	V	
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0$ mA $ I_{OUT}  \leq 5.2$ mA	4.5V	4.7	3.96	3.84	3.7	V
			6.0V	5.2	5.48	5.34	5.2	V
$V_{OL}$	Maximum LOW Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 20 \mu A$	2.0V	0	0.1	0.1	V	
			4.5V	0	0.1	0.1	V	
			6.0V	0	0.1	0.1	V	
		$V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$ $ I_{OUT}  \leq 4.0$ mA $ I_{OUT}  \leq 5.2$ mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
			6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
$I_{IN}$	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		$\pm 0.1$	$\pm 1.0$	$\pm 1.0$	$\mu A$
$I_{CC}$	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND $I_{OUT} = 0 \mu A$	6.0V		8.0	80	160	$\mu A$
<p><b>Note 4:</b> For a power supply of 5V <math>\pm 10\%</math> the worst case output voltages (<math>V_{OH}</math>, and <math>V_{OL}</math>) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case <math>V_{IH}</math> and <math>V_{IL}</math> occur at <math>V_{CC} = 5.5V</math> and 4.5V respectively. (The <math>V_{IH}</math> value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current (<math>I_{IN}</math>, <math>I_{CC}</math>, and <math>I_{OZ}</math>) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.</p>								



# PRESETTABLE BCD/DECADE UP/DOWN COUNTER

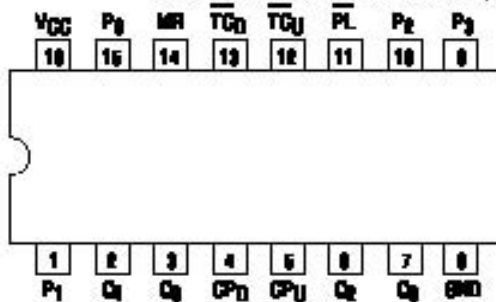
## PRESETTABLE 4-BIT BINARY UP/DOWN COUNTER

The SN54/74LS192 is an UP/DOWN BCD Decade (8421) Counter and the SN54/74LS193 is an UP/DOWN MODULO-16 Binary Counter. Separate Count Up and Count Down Clocks are used and in either counting mode the circuits operate synchronously. The outputs change state synchronous with the LOW-to-HIGH transitions on the clock inputs.

Separate Terminal Count Up and Terminal Count Down outputs are provided which are used as the clocks for a subsequent stages without extra logic, thus simplifying multistage counter designs. Individual preset inputs allow the circuits to be used as programmable counters. Both the Parallel Load (PL) and the Master Reset (MR) inputs asynchronously override the clocks.

- Low Power . . . 95 mW Typical Dissipation
- High Speed . . . 40 MHz Typical Count Frequency
- Synchronous Counting
- Asynchronous Master Reset and Parallel Load
- Individual Preset Inputs
- Cascading Circuitry Internally Provided
- Input Clamp Diodes Limit High Speed Termination Effects

CONNECTION DIAGRAM DIP (TOP VIEW)



NOTE:  
The Flatpak version  
has the same pinout  
Connective Diagram as  
the Dual In-Line Package.

PIN NAMES

CPU	Count Up Clock Pulse Input
CPD	Count Down Clock Pulse Input
MR	Asynchronous Master Reset (Clear) Input
PL	Asynchronous Parallel Load (Active LOW) Input
P <sub>n</sub>	Parallel Data Inputs
Q <sub>n</sub>	Flip-Flop Outputs (Note b)
TC <sub>D</sub>	Terminal Count Down (Borrow) Output (Note b)
TC <sub>U</sub>	Terminal Count Up (Carry) Output (Note b)

LOADING (Note a)

	HIGH	LOW
CPU	0.5 U.L.	0.25 U.L.
CPD	0.5 U.L.	0.25 U.L.
MR	0.5 U.L.	0.25 U.L.
PL	0.5 U.L.	0.25 U.L.
P <sub>n</sub>	0.5 U.L.	0.25 U.L.
Q <sub>n</sub>	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
TC <sub>D</sub>	10 U.L.	5 (2.5) U.L.
TC <sub>U</sub>	10 U.L.	5 (2.5) U.L.

NOTES:

- a. 1 TTL Unit Load (U.L.) = 40 μA HIGH/1.6 mA LOW.  
b. The Output LOW drive factor is 2.5 U.L. for Military (6) and 5 U.L. for Commercial (7) Temperature Ranges.

**SN54/74LS192**  
**SN54/74LS193**

**PRESETTABLE BCD/DECADE  
UP/DOWN COUNTER**  
**PRESETTABLE 4-BIT BINARY  
UP/DOWN COUNTER**

LOW POWER SCHOTTKY



J SUFFIX  
CERAMIC  
CASE 620-09



N SUFFIX  
PLASTIC  
CASE 648-08

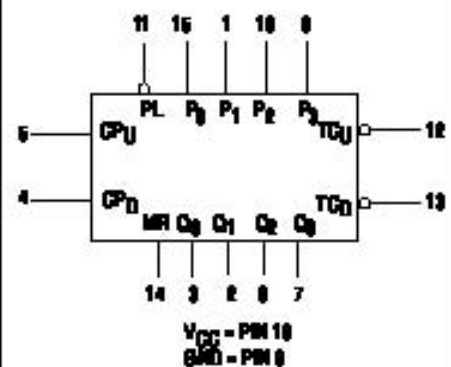


D SUFFIX  
SOIC  
CASE 751B-03

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXXJ	Ceramic
SN74LSXXXN	Plastic
SN74LSXXXD	SOIC

LOGIC SYMBOL



## SN54/74LS192 • SN54/74LS193

### GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.0	5.5 5.25	V
T <sub>A</sub>	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25 25	125 70	°C
I <sub>OH</sub>	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I <sub>OL</sub>	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

### DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V <sub>IH</sub>	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V <sub>IL</sub>	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V <sub>IK</sub>	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>IN</sub> = -18 mA
V <sub>OH</sub>	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>OH</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V <sub>OL</sub>	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I <sub>OL</sub> = 4.0 mA
		74	0.35	0.5	V	I <sub>OL</sub> = 8.0 mA
I <sub>IH</sub>	Input HIGH Current			20	μA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 2.7 V
				0.1	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 7.0 V
I <sub>IL</sub>	Input LOW Current			-0.4	mA	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>IN</sub> = 0.4 V
I <sub>OS</sub>	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V <sub>CC</sub> = MAX
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current			34	mA	V <sub>CC</sub> = MAX

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

### AC CHARACTERISTICS (T<sub>A</sub> = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
f <sub>MAX</sub>	Maximum Clock Frequency	25	32		MHz	V <sub>CC</sub> = 5.0 V C <sub>L</sub> = 15 pF
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	$\overline{CP_U}$ Input to TC <sub>U</sub> Output		17 18	26 24	ns	
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	$\overline{CP_D}$ Input to TC <sub>D</sub> Output		16 15	24 24	ns	
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	Clock to Q		27 30	38 47	ns	
t <sub>PLH</sub> t <sub>PHL</sub>	$\overline{PL}$ to Q		24 25	40 40	ns	
t <sub>PHL</sub>	MR Input to Any Output		23	35	ns	

## SN54/74LS192 • SN54/74LS193

### AC SETUP REQUIREMENTS ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ )

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
$t_W$	Any Pulse Width	20			ns	$V_{CC} = 5.0\text{ V}$
$t_S$	Data Setup Time	20			ns	
$t_H$	Data Hold Time	5.0			ns	
$t_{rec}$	Recovery Time	40			ns	

### DEFINITIONS OF TERMS

**SETUP TIME ( $t_S$ )** is defined as the minimum time required for the correct logic level to be present at the logic input prior to the PL transition from LOW-to-HIGH in order to be recognized and transferred to the outputs.

**HOLD TIME ( $t_H$ )** is defined as the minimum time following the PL transition from LOW-to-HIGH that the logic level must be maintained at the input in order to ensure continued recogni-

tion. A negative HOLD TIME indicates that the correct logic level may be released prior to the PL transition from LOW-to-HIGH and still be recognized.

**RECOVERY TIME ( $t_{rec}$ )** is defined as the minimum time required between the end of the reset pulse and the clock transition from LOW-to-HIGH in order to recognize and transfer HIGH data to the Q outputs.

# LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

## Precision Centigrade Temperature Sensors

### General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  at room temperature and  $\pm 3/4^\circ\text{C}$  over a full  $-55$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only  $60\ \mu\text{A}$  from its supply, it has very low self-heating, less than  $0.1^\circ\text{C}$  in still air. The LM35 is rated to operate over a  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  temperature range, while the LM35C is rated for a  $-40^\circ$  to  $+110^\circ\text{C}$  range ( $-10^\circ$  with improved accuracy). The LM35 series is

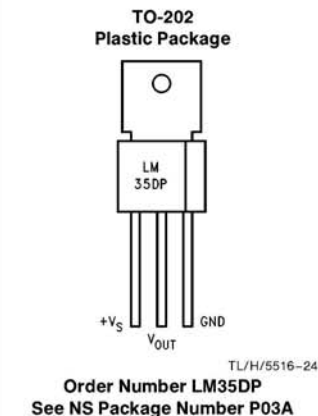
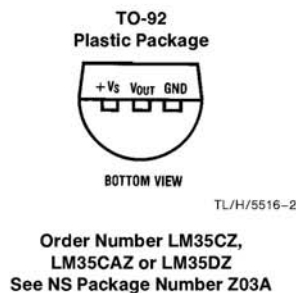
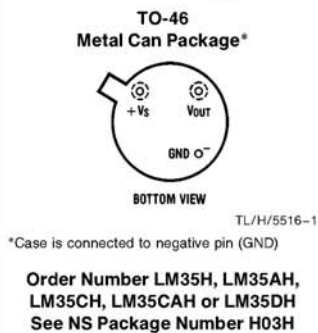
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

### Features

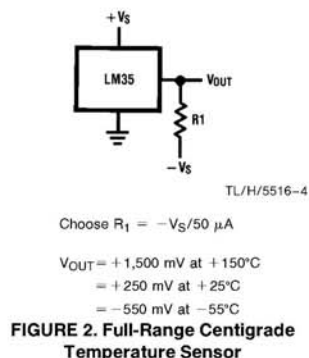
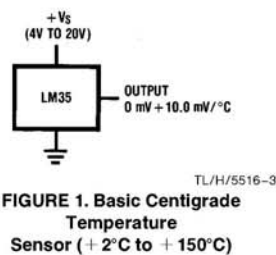
- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear  $+ 10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$  scale factor
- $0.5^\circ\text{C}$  accuracy guaranteeable (at  $+25^\circ\text{C}$ )
- Rated for full  $-55^\circ$  to  $+150^\circ\text{C}$  range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than  $60\ \mu\text{A}$  current drain
- Low self-heating,  $0.08^\circ\text{C}$  in still air
- Nonlinearity only  $\pm 1/4^\circ\text{C}$  typical
- Low impedance output,  $0.1\ \Omega$  for 1 mA load

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D  
Precision Centigrade Temperature Sensors

### Connection Diagrams



### Typical Applications



TRI-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

## Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp., TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-202 Package,	-65°C to +150°C

Lead Temp.:

TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C
TO-92 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
TO-202 Package, (Soldering, 10 seconds)	+230°C

SO Package (Note 12):

Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

## Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$		$\pm 1.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$	$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.18$		$\pm 0.35$	$\pm 0.15$		$\pm 0.3$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	$\pm 0.5$		$\pm 3.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	$\pm 0.02$		$\pm 0.1$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5V$	<b>105</b>		<b>131</b>	<b>91</b>		<b>114</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30V$	<b>105.5</b>		<b>133</b>	<b>91.5</b>		<b>116</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		$\mu\text{A}$
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

**Note 1:** Unless otherwise noted, these specifications apply:  $55^\circ\text{C} < T_J < +150^\circ\text{C}$  for the LM35 and LM35A;  $40^\circ\text{C} < T_J < +110^\circ\text{C}$  for the LM35C and LM35CA; and  $0^\circ\text{C} < T_J < +100^\circ\text{C}$  for the LM35D.  $V_S = +5Vdc$  and  $I_{LOAD} = 50 \mu\text{A}$ , in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from  $+2^\circ\text{C}$  to  $T_{MAX}$  in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 2:** Thermal resistance of the TO-46 package is  $40^\circ\text{C}/\text{W}$ , junction to ambient, and  $24^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is  $180^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is  $220^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. Thermal resistance of the TO-202 package is  $85^\circ\text{C}/\text{W}$  junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

## Electrical Characteristics (Note 1) (Note 6) (Continued)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.5$			$\pm 0.5$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.8$	$\pm 1.5$		$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	$\pm 0.8$		$\pm 1.5$	$\pm 0.8$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				$\pm 0.6$	$\pm 1.5$		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				$\pm 0.9$		$\pm 2.0$	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.3$		$\pm 0.5$			$\pm 0.5$	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	<b>+ 10.0</b>	<b>+ 9.8,</b> <b>+ 10.2</b>		<b>+ 10.0</b>		<b>+ 9.8,</b> <b>+ 10.2</b>	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		$\pm 0.4$	$\pm 2.0$		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	$\pm 0.5$		$\pm 5.0$	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		$\pm 0.01$	$\pm 0.1$		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	$\pm 0.02$		$\pm 0.2$	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		$\mu\text{A}$
	$V_S = +5\text{V}$	<b>105</b>		<b>158</b>	<b>91</b>		<b>138</b>	$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		$\mu\text{A}$
	$V_S = +30\text{V}$	<b>105.5</b>		<b>161</b>	<b>91.5</b>		<b>141</b>	$\mu\text{A}$
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		$\mu\text{A}$
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	<b>0.5</b>		<b>3.0</b>	$\mu\text{A}$
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+ 0.39</b>		<b>+ 0.7</b>	<b>+ 0.39</b>		<b>+ 0.7</b>	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+ 1.5		+ 2.0	+ 1.5		+ 2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$ for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			$^\circ\text{C}$

**Note 3:** Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

**Note 4:** Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

**Note 5:** Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

**Note 6:** Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

**Note 7:** Accuracy is defined as the error between the output voltage and  $10\text{mV}/^\circ\text{C}$  times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in  $^\circ\text{C}$ ).

**Note 8:** Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

**Note 9:** Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

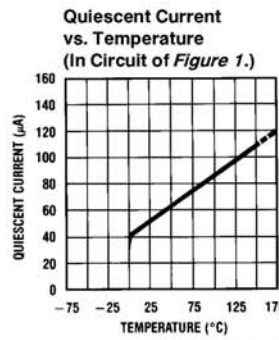
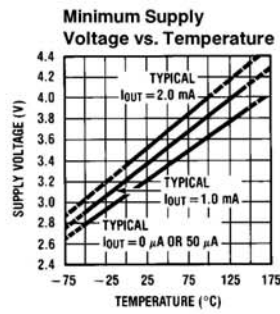
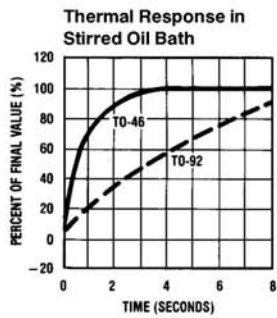
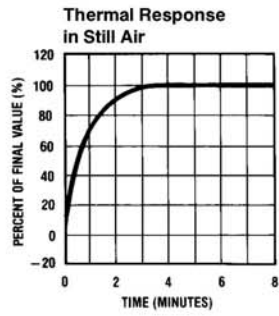
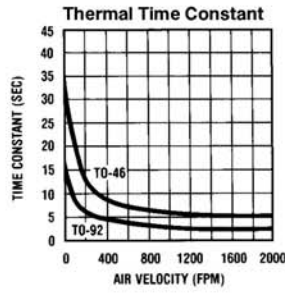
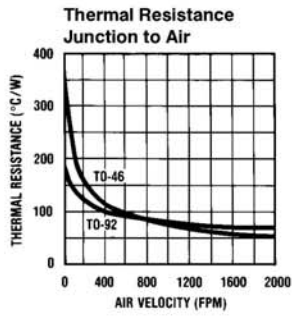
**Note 10:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

**Note 11:** Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k $\Omega$  resistor.

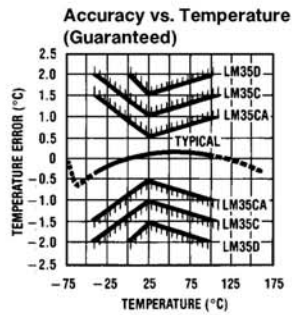
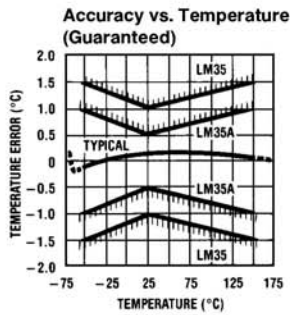
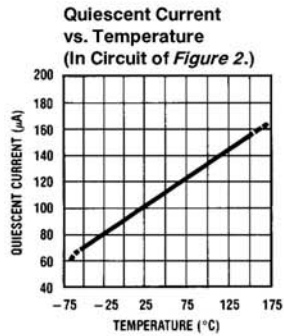
**Note 12:** See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.



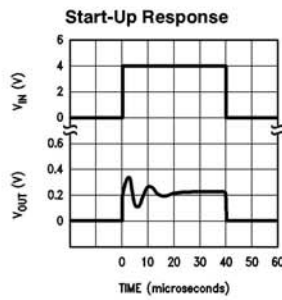
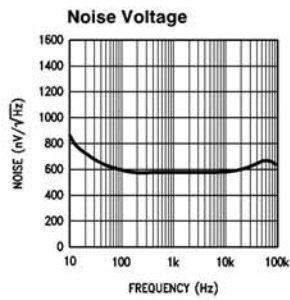
# Typical Performance Characteristics



TL/H/5516-17



TL/H/5516-18



TL/H/5516-22



## **5. PROGRAMA EN BASIC DEL MICROCONTROLADOR**



```

;*****
;Nom de l'autor: Albert Augé Alomà
;Nom del ficher: Projecte Estació Meteorològica
;Data de verificació:
;Descripció: Aquest programa realitza la funció de controlar una estació
; meteorològica remota controlant totes les dades des de la
; captura amb els sensors fins a l'enviament al PC.
;Informació dels paràmetres d'entrada i sortida:
; Els paràmetres d'entrada són les mesures dels sensors en
; format byte (8 bits) i les dades temporals també en format
; byte. Els paràmetres de sortida seran les mateixes dades però
; organitzades en grups.
;*****

```

```

;-----
; CONFIGURACIÓ DELS REGISTRES DE CONTROL
;-----

```

**include** "modedefs.bas"

**DEFINE** I2C\_HOLD 1

**DEFINE** OSC 4

**DEFINE** LCD\_DREG PORTB ;Configuració de la pantalla LCD de control

**DEFINE** LCD\_DBIT 4

**DEFINE** LCD\_RSREG PORTB

**DEFINE** LCD\_RSBIT 3

**DEFINE** LCD\_EREG PORTB

**DEFINE** LCD\_EBIT 2

**DEFINE** LCD\_LINES 4

**DEFINE** ADC\_BITS 8 ;Es configura el convertor analogic digital

**DEFINE** ADC\_CLOCK 3 ;amb una resolució de 8 bits i un temps

**DEFINE** ADC\_SAMPLEUS 50 ;entre mostres de 50us

TRISA = %11111111

TRISB = %00000000

TRISC = %00000000

ADCON1 = %10000000

```

;-----
; CONFIGURACIÓ DE LES VARIABLES
;-----

```

```

adval  var word
b0     var byte
b1     var byte
b2     var byte
b3     var byte
comu   var byte ;Variables per la comunicació
comuok var byte
config var byte
DPIN   var Portc.4 ;Ports del bus I2C
CPIN   var Portc.3
adrdada var byte ;Ultima adreça de la memòria EEPROM usada
adrrello var byte ;Adreces del rellotge en temps real
inici  var byte ;Contador d'adreces enviades
dada   var byte
sensor var byte ;Codi de sensor
pluja  var byte
bat    var byte ;Tensió de la bateria
piles  var byte ;Tensió de les piles de reserva
nopiles var bit ;Indicació de plies esgotades

```

;Conjunt de dades que formen una mostra

```

sensor var byte
mesura var byte
Tsegons var byte
Tminuts var byte
Thores var byte
Tdia   var byte
Tmes   var byte
Tany   var byte

```

```

pause 250                                ;Aquesta pausa es per assegurar la configuració
;-----
;  PROGRAMA PRINCIPAL
;-----

inici:

    nopiles = 0                               ;Piles ok
    gosub alimentacio                         ;Comprovació de la font
                                                ;d'alimentació

;COMPROVACIÓ DE LA COMUNICACIÓ
;-----

comu:  lcdout $FE,1,"Conunicant...."

    b0 = 0                                    ;Inicialització de variables
    b1 = 0
    comu = 50

    for b0 = 0 to 20
        SEROUT portc.5,N2400,[comu]         ;Aquí s'envia una dada de
        SERIN portc.4,N2400,[comuok]       ;control i s'espera que una
        if comuok = 35 then                ;altre de control retorni.
            goto comuok                     ;Si és bona ja continua el
        endif                               ;programa i sinò, es repeteix
    next b0

    lcdout $FE,$C0,"comunicació fallida"
    goto comu

comuok: lcdout $FE,$C0,"comunicació ok!"

    if nopiles then                        ;Senyal que s'han de canviar
        SEROUT portc.5,N2400,[nopiles]     ;les piles de reserva
    endif

;CANVI DEL TEMPS DE MOSTREIG
;-----

    SERIN portc.4,N2400,[config]           ;Es llegeix i s'aplica la
    tmostra = config                         ;nova configuració

;ENVIAMENT DE DADES AL PC
;-----

enviardades:
    I2CREAD portc.4,portc.3,$A0,inici,[dada];Sabent que hi ha comunicació
    SEROUT portc.5,N2400,[comu]           ;es llegeix la dada de la
    for b1 = 0 to 10                       ;EEPROM
        SERIN portc.4,N2400,[b0]
    next b1
    if b0 = 22 then                        ;i es confirma que s'ha rebut
        inici = inici + 1                   ;Si la dada ha arribat bé,
        if inici > adrdada then           ;s'actualitza el punter i es
            goto dadesenviades             ;continua fins a la ultima
        endif                               ;adreça que s'hagi escrit.
    else
        goto enviardades
    endif

dadesenviades:
    adrdada = 0                              ;Permet sobreescriure les dades
                                                ;que ja s'han enviat

    lcdout $FE,1,"Dades enviades al PC"

;CRIDA DE LA SUBROUTINA DE LECTURA DELS SENSORS
;-----

    lcdout $FE,1,"Legint els sensors"
    gosub llegir

```

```
lcdout $FE,1,"Sensors llegits"
```

```
;TEMPS D'ESPERA ENTRE MOSTRES
```

```
-----
SLEEP config                ;Temps d'espera en mode de baix
                                ;rendiment en segons.

goto inici                    ;Torna a l'inici del programa
                                ;principal.
```

```
;SUBROUTINA DE LECTURA DELS SENSORS
```

```
llegir:
```

```
high portd.7                ;S'activa l'alimentació dels
                                ;sensors
pause 100                    ;Temps per que s'estabilitzin
                                ;els sensors
goto temps
```

```
;Sensor de temperatura
```

```
-----
sensor = 1                    ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
                                ;sensor, el de temperatura

adrdada = adrdada + 1          ;S'incrementa la posició de
                                ;memòria

mesura = 0
adcin 0,mesura                ;Es llegeix el sensor i es
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
                                ;desa a la memòria

adrdada = adrdada + 1

gosub tempsmesura            ;Crida a la subrutina que
                                ;desa la hora de la mostra
```

```
;Sensor d'insolació
```

```
-----
sensor = 2                    ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
                                ;sensor, el d'insolació

adrdada = adrdada + 1          ;S'incrementa la posició de
                                ;memòria

mesura = 0
adcin 1,mesura                ;Es llegeix el sensor i es
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
                                ;desa a la memòria

adrdada = adrdada + 1

gosub tempsmesura            ;Crida a la subrutina que
                                ;desa la hora de la mostra
```

```
;Sensor de presió atmosfèrica
```

```
-----
sensor = 3                    ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
                                ;sensor, el de presió atm.

adrdada = adrdada + 1          ;S'incrementa la posició de
                                ;memòria

mesura = 0
```

```

adcin 2,mesura ;Es llegeix el sensor i es
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
;desa a la memòria

```

```
adrdada = adrdada + 1
```

```

gosub tempsmesura ;Crida a la subrutina que
;desa la hora de la mostra

```

```
;Sensor d'humitat
```

```
;
```

```

sensor = 4 ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
;sensor, el de presió atm.

```

```
adrdada = adrdada + 1 ;S'incrementa la posició de
;memòria
```

```
mesura = 0
```

```

adcin 3,mesura ;Es llegeix el sensor i es
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
;desa a la memòria

```

```
adrdada = adrdada + 1
```

```

gosub tempsmesura ;Crida a la subrutina que
;desa la hora de la mostra

```

```
;Sensor de direcció del vent
```

```
;
```

```

sensor = 5 ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
;sensor, el de presió atm.

```

```
adrdada = adrdada + 1 ;S'incrementa la posició de
;memòria
```

```
mesura = 0
```

```

mesura = portb ;Es llegeix el sensor i es
mesura = mesura * %
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
;desa a la memòria

```

```
adrdada = adrdada + 1
```

```

gosub tempsmesura ;Crida a la subrutina que
;desa la hora de la mostra

```

```
;Sensor velocitat del vent
```

```
;
```

```

sensor = 6 ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor]
;sensor, el de presió atm.

```

```
adrdada = adrdada + 1 ;S'incrementa la posició de
;memòria
```

```
mesura = 0
```

```
b2 = 0
```

```
torna:
```

```

while portd.1 = 0 ;S'espera un flanc de pujada
goto torna
wend

```

```

while portd.1 = 1 ;S'espera a pque es posi a zero
goto torna
wend

```

```

while portd.1 = 0 ;Va sumant milisegons mentre
mesura = mesura + 1 ;espera un altre flanc de
pause 10 ;pujada
wend

```



```

I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura]
;Es desa a la memòria

adrdada = adrdada + 1

gosub tempsmesura ;Crida a la subrutina que
;desa la hora de la mostra

;Sensor de pluja
;-----

sensor = 7 ;Es desa el codi del primer
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[sensor] ;sensor, el de presió atm.

adrdada = adrdada + 1 ;S'incrementa la posició de
;memòria

mesura = 0
mesura = portb ;Es llegeix el sensor i es
mesura = mesura * %
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[mesura] ;desa a la memòria

low portd.X ;Reset del comptador

adrdada = adrdada + 1

gosub tempsmesura ;Crida a la subrutina que
;desa la hora de la mostra

low portd.7 ;Desactivació de l'alimentació
;dels sensors

RETURN

;-----
; SUBROUTINA DE LECTURA DEL RELLOTGE (temps)
;-----

temps:
;Segons
Tsegons = 0
adrrello = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tsegons] ;Lectura del rellotge
Tsegons = Tsegons * %01111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[Tsegons] ;Desar segons

adrrello = adrrello + 1 ;Actualització dels
adrdada = adrdada + 1 ;punters

;Minuts
Tminuts = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tminuts] ;Lectura del rellotge
Tminuts = Tminuts * %01111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[Tminuts] ;Desar minuts

adrrello = adrrello + 1 ;Actualització dels
adrdada = adrdada + 1 ;punters

;Hores
Thores = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Thores] ;Lectura del rellotge
Thores = Thores * %01111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdada,[Thores] ;Desar minuts

adrrello = adrrello + 2 ;Actualització dels
adrdada = adrdada + 1 ;punters

;Dies

```

```
Tdies = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tdies] ;Lectura del rellotge
Tdies = Tdies * %00111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdata,[Tdies] ;Desar minuts

adrrello = adrrello + 1 ;Actualització dels
adrdata = adrdata + 1 ;punters
```

;Mes

```
Tmes = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tmes] ;Lectura del rellotge
Tmes = Tmes * %00011111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdata,[Tmes] ;Desar minuts

adrrello = adrrello + 1 ;Actualització dels
adrdata = adrdata + 1 ;punters
```

;Any

```
Tany = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tany] ;Lectura del rellotge
Tany = Tany * %11111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdata,[Tany] ;Desar minuts

adrrello = adrrello + 1 ;Actualització dels
adrdata = adrdata + 1 ;punters
```

**RETURN**

```
;-----
; SUBROUTINA DE LECTURA DEL RELLOTGE PER A CADA MESURA(tempsmesura)
;-----
```

tempsmesura:

;Segons

```
Tsegons = 0
adrrello = 0
I2CREAD portc.4,portc.3,$D0,adrrello,[Tsegons] ;Lectura del rellotge
Tsegons = Tsegons * %01111111 ;Mascara de dades
I2CWRITE portc.4,portc.3,$A0,adrdata,[Tsegons] ;Desar segons

adrdata = adrdata + 1 ;Actualització del
;punter
```

**RETURN**

```
;-----
; SUBROUTINA DE CONTROL DE L'ALIMENTACIÓ
;-----
```

alimentacio:

```
adcin 4,bat ;Lectura de la carrega de la bateria
if bat > 240 then ;Si la tensió es troba al voltant dels
    low portd.6 ;4,8V es deixa de carregar
endif

if bat < 215 then ;Si la tensió esta per sota dels 4,2V
    high portd.5 ;s'activen les piles de reserva
endif

adcin 5,piles ;Si les piles de reserva s'estàn
if piles < 240 then ;esgotan s'activa un flanc per avisar
    noplies = 1 ;de la seva substitució
endif
```

**RETURN**

```
;-----
```