YENİDOĞAN ÜNİTELERİNE ÖZGÜ KUVÖZ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Şerif ÇALIŞKAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ekim 2013
ANKARA

Şerif ÇALIŞKAN tarafından hazırlanan "YENİDOĞAN ÜNİTELERİNE ÖZGÜ KUVÖZ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ" adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İrfan KARAGÖZ ……...
Tez Danışmanı, Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Erkan AFACAN ……..
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Prof. Dr. İrfan KARAGÖZ ……...
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Hasan Şakir BİLGE ……..
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, G.Ü.

Tez Savunma Tarihi : 31 / 10 / 2013

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU ……...
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Şerif ÇALIŞKAN

YENİDOĞAN ÜNİTELERİNE ÖZGÜ KUVÖZ TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Şerif ÇALIŞKAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Ekim 2013

ÖZET

Bu çalışmada, yenidoğanların belirli bir süre uygun ve steril koşullarda tedavi ve bakımının gerçekleştirildiği, gelişmiş bir kuvöz tasarımının yapılması ve gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.

Yenidoğanlar kuvöz ile dış ortamdan ayrı tutulmakta ve özel filtrelerden geçirilmiş hava verilmek suretiyle de daha steril bir ortam sağlanmaktadır. Kuvöz içerisine, bebeğe gereksinim duyacağı miktarda oksijen verilebilir. Ayrıca bebek için gürültünün en aza indirildiği izole bir ortam sağlanmış olur. Ortamın ısı, ışık ve nem değerleri de bebek için en ideal değere ayarlanmaktadır.

Gerektiğinde kuvöz üzeri kapatılarak karanlık bir ortam sağlanır. Böylece bebek iyileşene kadar anne rahmine benzeyen bu ortamda tüm bakımları ve tedavileri bebeğe en az zarar verecek şekilde sağlanmış olur.

Zamanında doğan bebekler kısa sürede ortama uyum sağlamakta ancak zamanından önce doğan bebekler doğar doğmaz birtakım girişimlere maruz kalmaktadırlar.

Prematüre bebekler erken doğuma bağlı birtakım sistemleri iyi gelişmemiş olduğu için yeni ortama uyum sağlamakta güçlük çekerler. Bu çalışmada tasarlanan kuvöz ile bebekler için ideal bir ortam oluşturulmuştur.

Bilim Kodu : **905.1.021**
Anahtar Kelimeler : **Bebek Kuvözü, Kuvöz denetleci, çoklu parametre ölçümü, biyomedikal cihaz tasarımı**
Sayfa Adedi : **96**
Tez Yöneticisi : **Prof. Dr. İrfan KARAGÖZ**

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF AN INCUBATOR FOR NEWBORN UNITS

(M. Sc. Thesis)

Şerif ÇALIŞKAN

GAZİ UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
October 2013

ABSTRACT

In this thesis, the aim is to design and realize an advanced incubator which neonates are cured and treated under the convenient and sterile conditions for a certain period of time.

Neonates are kept separate from the external environment with the incubator and a more sterile environment is achieved by giving air passed through Special filters. The amount of oxygen required by a baby may be given into the incubator. In addition to this, an isolated environment for the baby which the noise is minimized can be ensured. The temperature, light and humidity values of the environment are also adjusted the ideal value for the baby.

If necessary, a dark environment can be provided by covering the surface of the incubator. So all the treatments and cures are implemented at the minimum risk level to the baby in this environment similar to the mother's uterus until the baby is recovered.

The babies born at the expected due time adapt to the environment as soon as possible, but prematurely born babies are exposed to a number of initiatives at birth. The premature babies have difficulty in adapting to the new environment,

since some systems of them are not well developed due to preterm birth. An ideal environment for the baby is created with the incubator designed in this study.

Science Code : 905.1.021
Key Words : Infant incubator, Incubator controller, multi parameter measurement, biomedical device design
Page Number : 96
Adviser : Prof. Dr. Irfan KARAGOZ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Prof.Dr. İrfan KARAGÖZ'e, projeme katkıları olan, destekleriyle beni yalnız bırakmayan değerli arkadaşlarım öğretmen Yüksel GÜL'e "Balgat Endüstri Meslek Lisesi", öğretmen Hasan ŞANLIDAĞ'a "Balgat Endüstri Meslek Lisesi", ve eşim Özlem ÇALIŞKAN ile kızım Eylül ÇALIŞKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT vi

TEŞEKKÜR viii

İÇİNDEKİLER ix

ÇİZELGELERİN LİSTESİ xii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ xiii

RESİMLERİN LİSTESİ xv

SİMGELER VE KISALTMALAR xvi

1. GİRİŞ 1

2. SİSTEMİN GENEL YAPISI 3

2.1. Kuvöz Tanımı 3

2.2. Genel Bilgiler 3

3. MİKROİŞLEMCİLER VE MİKRODENETLEYİCİLER 7

3.1. Mikroişlemciler 7

3.2. Mikrodenetleyiciler 7

3.3. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi Hakkında Bilgiler 8

3.3.1. PIC16F877 genel özellikleri 8

3.3.2. PIC 16F877 ile PIC 16F84'ün karşılaştırılması 8

3.3.3. PIC 16F877 pin numaraları ve pin isimleri 9

3.3.4. PIC 16F877'nin blok diyagram ile gösterilmesi 10

Sayfa

3.3.5. Program belleği 10

3.3.6. Veri bellek seçimi 11

3.3.7. Özel fonksiyon kaydedicileri 12

4. KUVÖZ PARAMETRELERİNİN ÖLÇÜMÜ 17

4.1. Sıcaklık 17

4.1.1. Giriş 17

4.1.2. Sıcaklık sensörleri 17

4.1.3. Sıcaklık sensör devresi 21

4.2. Nem 22

4.2.1. Giriş 22

4.2.2. Nem değişkeninin yenidoğan açısından önemi 22

4.2.3. Nem sensörü tipleri ve teknolojileri 23

4.2.4. Nem sensörlerinin belirlenmesi 24

4.2.5. Arabirimleme ve tasarım bilgisi 25

4.2.6. SHT11 sıcaklık ve nem sensörü 26

4.3. Pulse Oksimetre 31

4.3.1. Giriş 31

4.3.2. Puls oksimetrenin çalışma prensibi 32

4.4. Işık 35

4.4.1. LX1972 ile yapılan devre 37

4.5. Nabız 39

4.5.1. Nabız ölçümü için yapılan devrenin besleme katı 40

4.5.2. Nabız ölçümü için tasarlanan devre 40

Sayfa

5. SİSTEM İÇİN HAZIRLANMIŞ BASKI DEVRE 42

6. MİKRODENETLEYİCİ İÇİN YAZILMIŞ PROGRAM 43

7. SONUÇ VE ÖNERİLER 57

KAYNAKLAR 58

EKLER 60

Ek-1. LX1972 ışık sensörü datasheet 61
Ek-2. SHT11 datasheet 65
Ek-3. LM358-N datasheet 76
Ek-4. AD620 datasheet 81
Ek-5. PIC16F877A datasheet 84

ÖZGEÇMİŞ ..... .96

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.1. Pic16F877 ile pic16F84' ün karşılaştırılması 8

Çizelge 3.2. Bank (küme) seçimi 11

Çizelge 3.3. PIC16f877'de özel fonksiyon kaydedicileri ve adresleri..... 12

Çizelge 3.4. PCFG3: PCFG0 bitlerinin aldığı değere göre yaptığı işlemler..... 16

Çizelge 4.1. LX1972 elektriksel karakteristiği 36

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Sistemin blok diyagramı 5

Şekil 3.1. PIC 16F877' nin uç isimleri 9

Şekil 3.2. PIC 16F877 blok diyagramı 10

Şekil 3.3. PIC16F877 hafıza adresleri 11

Şekil 3.4. Status(Durum) kaydedicisinin bit yerleşimi 13

Şekil 3.5. Option register bit yerleşim durumu 13

Şekil 3.6. Intcon kaydedicisi bit durumu 13

Şekil 3.7. PIE1 kaydedicisi bit durumu 13

Şekil 3.8. PIR1 kaydedicisi bit durumu 14

Şekil 3.9. PIR2 kaydedicisi bit durumu 14

Şekil 3.10. Timer1 kontrol register bit durumu 14

Şekil 3.11. Timer2 kontrol register bit durumu 15

Şekil 3.12. ADCON0 register bit durumu 15

Şekil 3.13. ADCON1 kaydedicisi bit durumu 16

Şekil 4.1. Termistör ile sıcaklığın ölçülmesi..... 21

Şekil 4.2. SHT11 ile yapılan ısı ve nem ölçüm devresinin baskı devresi 22

Şekil 4.3. SHT11 sensörünün dış görünüşü 26

Şekil 4.4. SHT11 sensörünün blok diyagramı 28

Şekil 4.5. SHT11 sensörünün ara birimlendiği tipik bir uygulama devresi 28

Şekil 4.6 "iletim başla" dizisi 30

Şekil 4.7. SHT11' in PCB üzerine monte edilmesi 30

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.8. Hb ve Hbo2 dalga boyu eğrisi ve sensör yerleşimi 33

Şekil 4.9. Parmak probu ile spo2 ölçüm devresi 34

Şekil 4.10. SPO2 baskı devresi 34

Şekil 4.11. LX1972 karakteristik eğrileri 35

Şekil 4.12. Sensör pinleri 36

Şekil 4.13. Sensör örnek bağlantı şeması, karakteristik eğrisi ve üstten görünüşü ... 36

Şekil 4.14. Besleme devresi 37

Şekil 4.15. Display bağlantısı 37

Şekil 4.16. Mikrodenetleyici ve osilatör kısmı 38

Şekil 4.17. Yükselteç ve kalibrasyon devresi 38

Şekil 4.18. Besleme katı devresi 40

Şekil 4.19. Nabız ölçüm devresi 40

Şekil 4.20. Prob pin numaraları 41

Şekil 5.1. Sistemin baskı devresi 42

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 2.1. Standart bir kuvöz 3

Resim 2.2. Gözlem penceresi kullanılarak yeni doğanın izlenmesi 4

Resim 3.3. Gelişmiş izleme ve tedavi üniteleri ile donatılmış modern bir kuvöz 5

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
Mohm	Megaohm, direnç birimi
nF	Nanofarad, kapasite birimi
F	Farad, kapasite birimi
dB	Kazanç birimi, desibel
R	Direnç
C	Kondansatör
KB	Kilobyte, bellek birimi
B	Byte, bellek birimi
Hz	Frekans birimi, hertz
MHz	Frekans birimi, megahertz
MΩ	Direnç birimi, megaohm
ms	Zaman birimi, milisaniye
mW	Güç birimi, miliwatt
nm	Uzunluk birimi, nanometre
V	Gerilim birimi, volt
μs	Zaman birimi, mikrosaniye
Ω	Direnç birimi, ohm
ROM	Read only memory
EPROM	Erasable programmable read only memory
DC	Direct current
COMP	Comparator
PWM	Pulse width modulation
ADRESL	Düşük sonuç kaydedicisi
ADRESH	Yüksek sonuç kaydedicisi

Kısaltmalar	Açıklama
ADC	Analog dijital konvertör
MİB	Merkezi işlem birimi
PIC	Peripheral interface controller
CPU	Central processing unit
SPO2	Kandaki oksijen oranı
A/D	Analog dijital çevrim
Fosc	Osilatör frekansı
PTC	Pozitif sıcaklık katsayılı direnç
NTC	Negatif sıcaklık katsayılı direnç
LCC	Uçsuz yonga taşıyıcı
GND	Ground, toprak
D/A	Dijital analog çevrim
PCB	Printed circuit board
Hb	Hemoglobin
HbO2	Oksijenli hemoglobin
IR	İnfrared diyot
I/O	Giriş-çıkış birimi
JFET	Birleşimli alan etkili transistör
Rms	Etkin değer
Log	Logaritma
T	Temperature, sıcaklık
MUX	Multiplexer
PC	Kişisel bilgisayar
Lux	Işık ölçüm birimi
Min	Minimum
Max	Maksimum
RTD	Direnç ısı detektörü

1. GİRİŞ

Günümüzde medikal teknolojisi birçok alandan çok daha fazla hızlı bir şekilde ilerlemektedir. Yenidoğan bebeklerden bazıları, çeşitli nedenlerden dolayı, yeni ortama alışmakta zorluk çekmektedirler. Bu durumda gelişen teknolojiden yararlanarak bu bebeklerin büyük çoğunluğunun hayatta kalmaları sağlanabilmektedir. Yenidoğan, premature bebeklerin hayatta kalmalarını sağlayacak cihazlar, her geçen gün daha da geliştirilmektedir.

37 haftalık ve ya daha erken doğan bebekler premature olarak değerlendirilir. 38 hafta ile 42 hafta aralığında olan doğumlar normal olarak değerlendirilir. 32 haftalık ve ya daha erken dünyaya gelen bebekler ise ileri derece premature olarak değerlendirilir [1].

Bebek için anne karnı özel bir ortamdır. Bebek doğduğunda önceki ortamından çok farklı bir ortam ile karşılaşır. Zamanında doğan bebekler bu yeni ortama daha kolay adapte olurlar. Ancak, erken doğan bebekler, erken doğuma bağlı, bazı sistemleri iyi gelişemediğinden dolayı, ortama uyum sağlamada zorluk çekerler.

Yoğun bakım odalarında kaldıkları zaman içinde, bu bebeklerde, ısının dengelenmesinde kansızlık, enfeksiyonlar, sarılık, solunum problemleri gibi farklı sorunlar meydana gelebilir. Bu gibi problemlere yönelik tedbirler alınarak bebeklerin tedavileri yapılır [2].

Yenidoğan, premature bebeklerin hayata tutunmalarını sağlamak, onların bu farklı ortama karşı direncini artıracak şekilde gelişimlerini desteklemek amacıyla farklı çeşitlerde kuvözler dizayn edilmiştir.
Kuvözlerin kullanım amaçları şu şekilde sıralanabilir [3].

- Bebeklerin yeterli seviyede oksijen almalarını sağlamak.
- Solunum güçlüğü olan bebeklerin tedavi edilmeleri

- Enfeksiyon olan bebeklerin tedavilerinin yapılması
- Vücut sıcaklık değerinin kararlı bir şekilde tutulması
- Sarılık olan bebeklerin ışık kullanılarak tedavi edilmesi
- Nem, nabız, ve kandaki oksijen oranının belirli aralıklarla kontrolü ve alınan değerlerin kayıt edilmesi

Yenidoğan bebeklerin vücut ısılarını yükseltmek ya da sabit tutmak için ve yoğun bakım uygulamak için yenidoğan bakım yatakları diye adlandırılan alttan ya da lambalarla yanlardan ısıtılan üzeri açık bebek yatakları yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu kuvözlerde bebeğin ağırlığını ölçmek için bir tartı, bebeği rahatsız etmeden film çekmek için yatağın altında film tepsisi, ortam için uygun nem oranını sağlamak amacıyla nemlendirme birimi mevcuttur.

2. SİSTEMİN GENEL YAPISI

2.1. Kuvöz Tanımı

Kuvöz, kabin, gövde ve kuvöz denetlecinden oluşan bebekler için ideal olan sıcaklık, nem, oksijen değerlerini sağlayan, dış ortamdan gelen havayı filtre ederek temiz bir hava sağlayan elektronik bir cihazdır.

2.2. Genel Bilgiler

Kuvözler sabit ya da hareketli olma durumuna göre Sabit kuvözler ve Transport kuvözler olmak üzere iki grupta incelenebilir. Kuvözlerin yerlerinin sık sık değiştirilmesi gerekiyorsa bu durumda transport kuvözler kullanılır. Kuvözlerde bebeklerin bakımı yapılabildiği gibi aynı zamanda izleme, tedavi ve koruma amaçları için de kuvözler kullanılmaktadır.

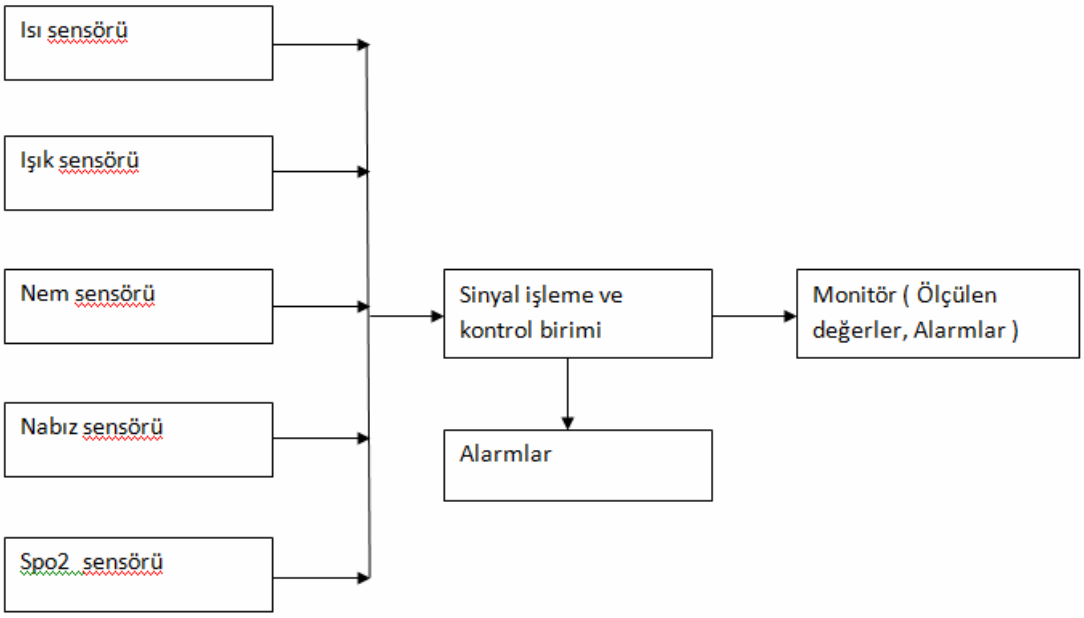
Resim 2.1. Standart bir kuvöz [4].

Resim 2.2. Gözlem penceresi kullanılarak yeni doğanın izlenmesi [4].

Kuvöz üzerinde bulunan pencereden yenidoğan rahatlıkla izlenebilmektedir.

Resim 2.3. Gelişmiş izleme ve tedavi üniteleri ile donatılmış modern bir kuvöz [4].

Şekilde görüldüğü gibi kuvöz, EKG ve solunum cihazları gibi cihazlar ile desteklenerek bebek için daha güvenli bir ortam ve kontrol sağlanmaktadır.



Şekil 2.1. Sistemin blok diyagramı

Blok diyagram üzerinde sistemin temel bileşenleri görülmektedir. Blok diyagramda gösterildiği gibi ortamdaki bilgiler sensörler tarafından algılanmakta ve bu değerler yükselteç ile kuvvetlendirilmektedir. Bebeğe ait bilgiler LCD ekranda görüntülenmekte ve değerler normal aralığın dışına çıktığında sistem sesli ve görüntülü olarak uyarı vermektedir.

Bu çalışmada, sistemde, PIC16F877A mikrodenetleyicisi kulanıldı. Sensörlerden alınan bilgiler mikrodenetleyici tarafından işlendi. Kuvöz içerisindeki sıcaklık, nem, ışık ile bebeğin Spo2 ve nabız bilgileri ekranda görüntülendi ve belirlenen değer aralığının dışına çıkılması durumunda sesli ve görüntülü uyarı verilecek şekilde mikrodenetleyici için program yazıldı.

3. MİKROİŞLEMCİLER VE MİKRODENETLEYİCİLER

3.1. Mikroişlemciler

Mikroişlemci, sistemin beyni olarak değerlendirilen kısmıdır. CPU (Central Processing Unit) veya MİB (Merkezi işlem birimi) olarak isimlendirilmiştir. Aritmetiksel ve mantıksal işlemleri yapar. Aynı zamanda kontrol sinyalleri ile sistemin çalışmasını kontrol eder.

Mikroişlemciler, merkezi işlem birimi, bellek ve giriş-çıkış birimlerinden oluşmaktadır.

Mikroişlemci devre için uygun yazılmış bir yazılım da gereklidir. Yazılım aracılığı ile istenilen işlemler işlemciye yaptırılabilir. Örneğin bir ısı sensöründen alınan analog bilgi, mikrodenetleyici tarafından sayısal bilgiye dönüştürülerek, işlenerek ortamın sıcaklığı ekranda gösterilebilir. Mikroişlemcilerin çalışma hızları da değiştirilebilir.

3.2. Mikrodenetleyiciler

Mikrodenetleyiciler, çok yaygın olarak kullanılan elemanlardır. Farklı yazılımlar yüklenerek mikrodenetleyiciye değişik amaçlı işler yaptırılabilir. Mikrodenetleyici CPU, Ram, Rom, input- output, değişik sayıda zamanlayıcılar' dan oluşmaktadır. Bilgisayar birçok programı aynı anda çalıştırabilir. Mikrodenetleyiciler ise bellek büyüklüğüne bağlı olarak daha az sayıda programı çalıştırabilir. Mikrodenetleyiciler mW cinsinden az bir güç harcarlar.

3.3. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi Hakkında Bilgiler

3.3.1. PIC16F877 Genel özellikleri

- 35 tane komut ile programlar yazılır.
- 5 voltluk gerilim verilerek çalıştırılabilir.
- 256x8 bayt Elektrikle silinebilir programlanabilir Rom' a sahiptir.
- İşlemci hızı 20 MHz değerine kadar artırılabilir.
- Çok az bir güç harcar.

3.3.2. PIC 16F877 ile PIC 16F84'ün karşılaştırılması

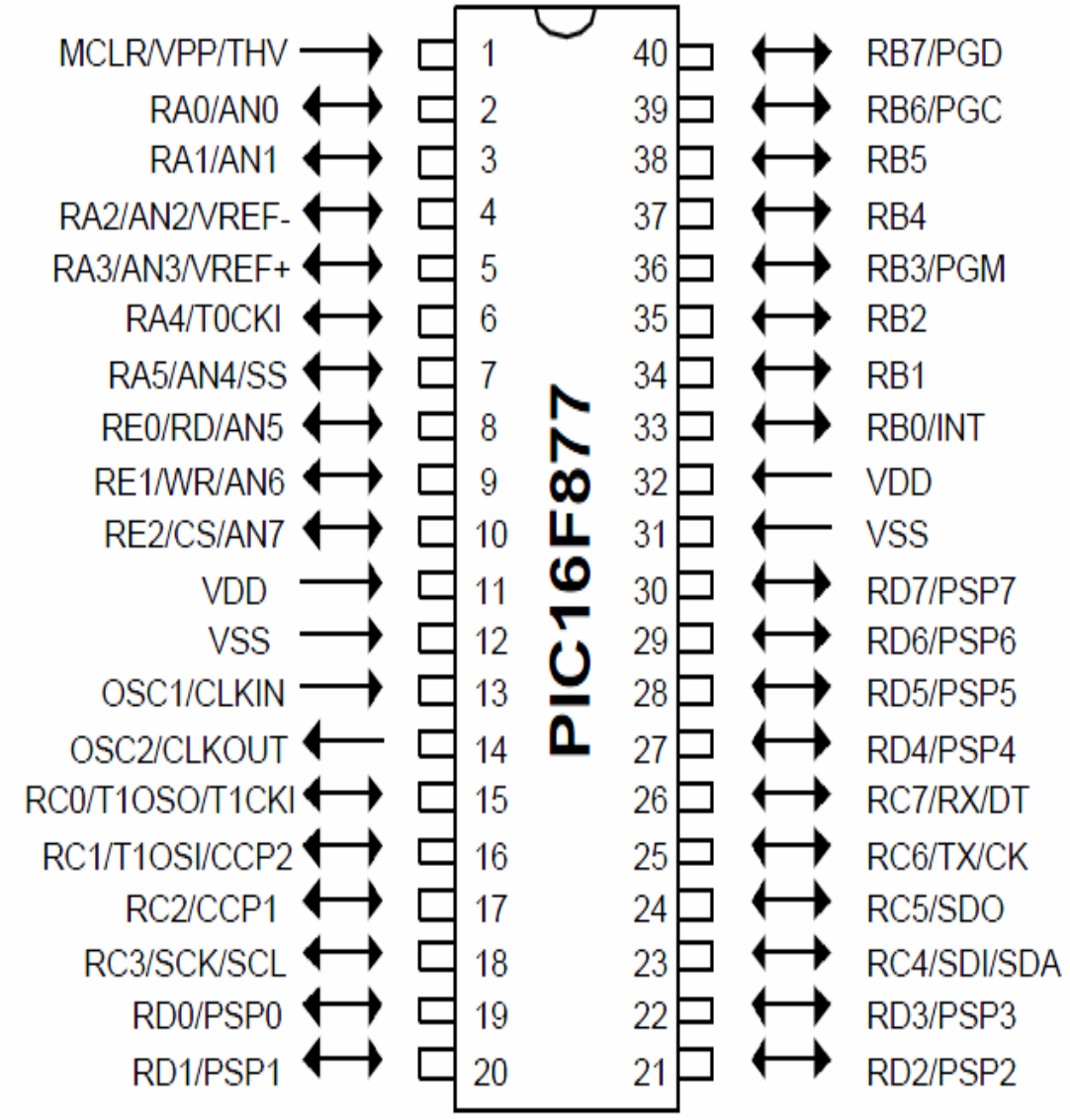
Verilen çizelgede Pic16F877 ile Pic16F84 mikrodenetleyicilerinin bazı özellikleri karşılaştırılmıştır. Yapılan bu çalışma için Pic16F877 mikrodenetleyicisinin belleği yeterli olduğundan dolayı bu entegre kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Pic16F877 ile pic16F84' ün karşılaştırılması [5]

ÖZELLİKLER	**PIC 16F877**	**PIC 16F84**
Çalışma hızı	DC-20 Mhz	DC-10 Mhz
Program belleği	8Kx14 word Flash ROM	1Kx14 word Flash ROM
Eeprom belleği	256 byte	64 byte
Kullanıcı RAM	368x8 byte	68 x 8 byte
Giriş/Çıkış port sayısı	33	13
Timer	Timer0,Timer1,Timer2	Timer0
A/D Çevirici	8 kanal 10 bit	YOK
Capture/Comp/PWM	16 bit Capture 16 bit compare 10 bit PWM çözünürlük	YOK
Seri çevresel arayüz	SPI ve I^2C modunda SPI portu (senkron seri port)	YOK
Parelel slave port	8 bit, harici RD,WR ve CS kontrollu	YOK
USART/SCI	9 bit adresli	YOK

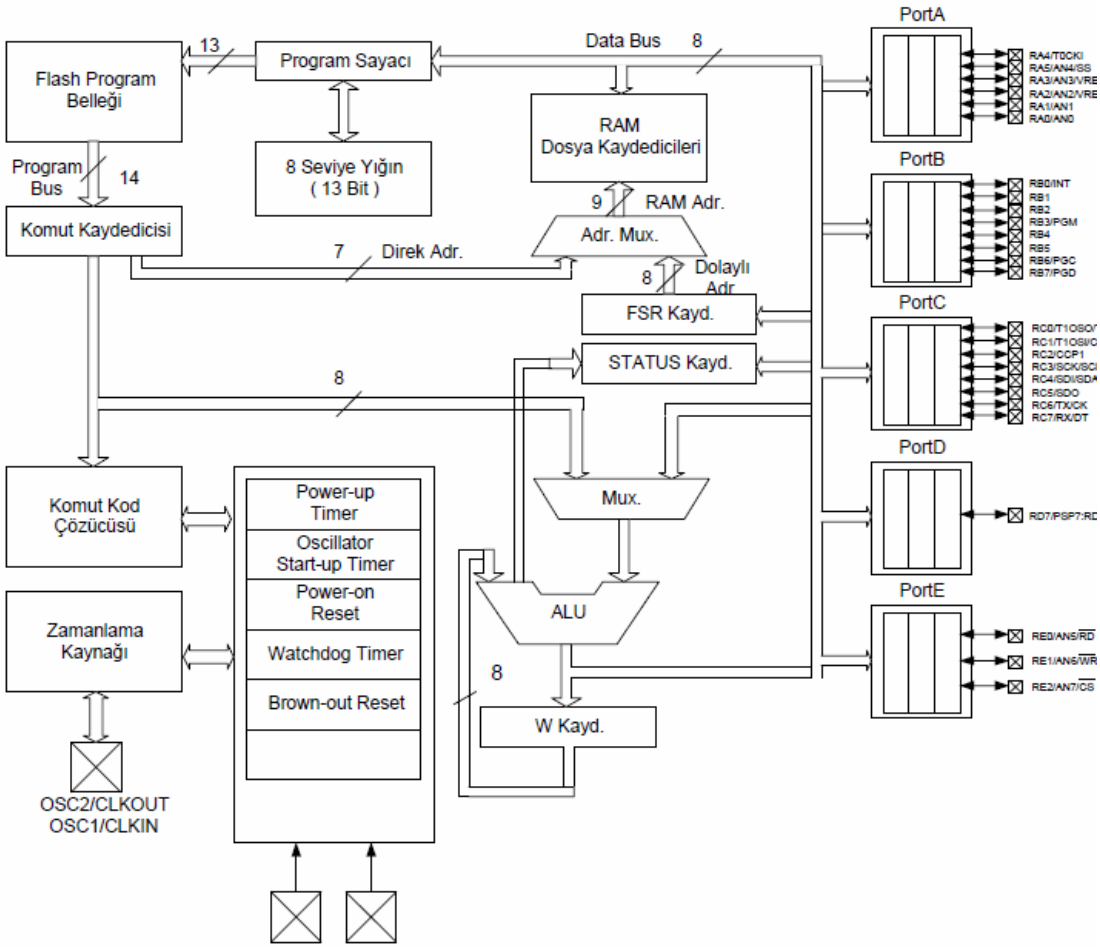
3.3.3. PIC 16F877 pin numaraları ve pin isimleri

Pic16F877, 40 pinli bir mikrodenetleyici olup pin numaraları ve pin isimleri şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. PIC 16F877' nin uç isimleri [5]

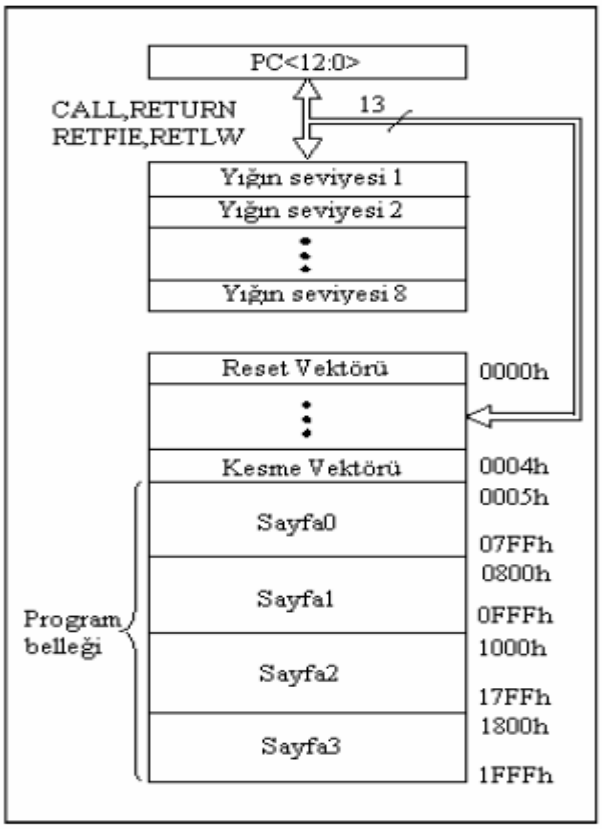
3.3.4. PIC 16F877'nin blok diyagram ile gösterilmesi



Şekil 3.2. PIC 16F877 blok diyagramı [5]

3.3.5. Program belleği

PIC16F877 işlemcisinde program counter vardır. Program sayıcısı 13 bitliktir. 14x 8KB' lık bir belleği vardır. Reset ile kesme vektörlerinin adresleri de aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.3. PIC16F877 hafıza adresleri [5]

3.3.6. Veri bellek seçimi

Özel amaçlı ve genel amaçlı kaydedicilerden oluşmaktadır. Bank seçimini RP1 ile RP0 bitleri belirlemektedir. Dört durum mevcuttur. Bank0 ile Bank3 aralığında seçim yapılabilir.

Çizelge 3.2. Bank (Küme) seçimi

RP1	RP0	Bank (Küme)
0	0	Küme0
0	1	Küme1
1	0	Küme2
1	1	Küme3

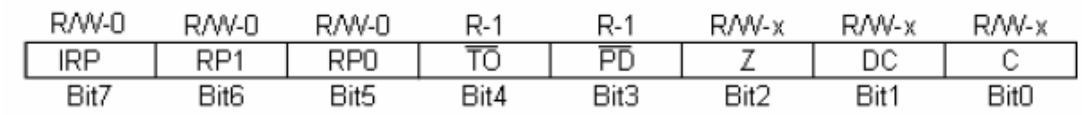
3.3.7. Özel fonksiyon kaydedicileri

Çizelge 3.3. Özel register isimleri ve bu register' ların adresleri [5]

BANK 0		BANK 1		BANK 2	
00	INDF	80	INDF	100	INDF
01	TMR0	81	OPTION_REG	101	TMR0
02	PCL	82	PCL	102	PCL
03	STATUS	83	STATUS	103	STATUS
04	FSR	84	FSR	104	FSR
05	PORTA	85	TRISA	105	—
06	PORTB	86	TRISB	106	PORTB
07	PORTC	87	TRISC	107	—
08	PORTD	88	TRISD	108	—
09	PORTE	89	TRISE	109	—
0A	PCLATH	8A	PCLATH	10A	PCLATH
0B	INTCON	8B	INTCON	10B	INTCON
0C	PIR1	8C	PIE1	10C	EEDATA
0D	PIR2	8D	PIE2	10D	EEADR
0E	TMR1L	8E	PCON	10E	EEDATH
0F	TMR1H	8F	—	10F	EEADRH
				BANK 3	
10	T1CON	90	—	180	INDF
11	TMR2	91	SSPCON2	181	OPTION_REG
12	T2CON	92	PR2	182	PCL
13	SSPBUF	93	SSPADD	183	STATUS
14	SSPCON	94	SSPSTAT	184	FSR
15	CCPR1L	95	—	185	—
16	CCPR1H	96	—	186	TRISB
17	CCP1CON	97	—	187	—
18	RCSTA	98	TXSTA	188	—
19	TXREG	99	SPBRG	189	—
1A	RCREG	9A	—	18A	PCLATH
1B	CCPR2L	9B	—	18B	INTCON
1C	CCPR2H	9C	—	18C	EECON1
1D	CCP2CON	9D	—	18D	EECON2
1E	ADRESH	9E	ADRESL	18E	—
1F	ADCON0	9F	ADCON1	18F	—

STATUS (Durum) kaydedicisi

Bank seçim işlemi bu kaydedici ile yapılmaktadır. Aynı zamanda matematiksel işlemler de bu kaydedici kullanılarak yapılmaktadır.



Şekil 3.4. Status(Durum) kaydedicisinin bit yerleşimi

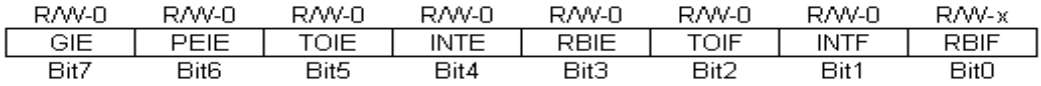
OPTION kaydedicisi

B portunu düzenleme, Timer0 ve kesmeler ile ilgili işlemlerden bazıları bu kaydedici ile yapılmaktadır.

Şekil 3.5. Option register bit yerleşim durumu

INTCON Kaydedicisi

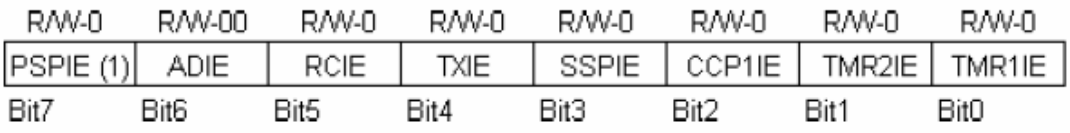
Bu kaydedicide bulunan bitler kullanılarak, bütün interrupt (kesme) kontrol işlemleri yapılabilir.



Şekil 3.6. Intcon kaydedicisi bit durumu

PIE1 Kaydedicisi

Bu kaydedici, çevresel kesme oluştuğunda yapılacak olan işlemler için kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. PIE1 kaydedicisi bit durumu

PIR1 kaydedicisi

Kesme sonucunda yapılan işin devam edip etmediği bu kaydedici kullanılarak denetlenebilir.

R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
PSPIF (1)	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2If	TMR1If
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Şekil 3.8. PIR1 kaydedicisi bit durumu

PIR2 kaydedicisi

EEPROM, CCP2 ve SSP kesmeleri ile ilgili bilgiler sunan kaydedicidir.

U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	U-0	R/W-0
—	(1)	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Şekil 3.9. PIR2 kaydedicisi bit durumu

T1CON (TIMER1 kontrol) kaydedicisi

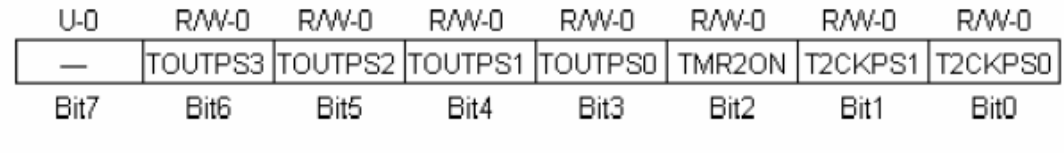
TIMER1 kontrol kaydedicisi, timer1' de yapılan işlerin denetlendiği ve bu işlerin yapılması sırasında bazı bilgilendirmelerin yapıldığı kaydedicidir.

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Şekil 3.10. Timer1 kontrol register bit durumu

T2CON (TIMER2 kontrol) kaydedicisi

TIMER2 kontrol kaydedicisi, timer2' de yapılan işlerin denetlendiği ve bu işlerin yapılması sırasında bazı bilgilendirmelerin yapıldığı kaydedicidir.



Şekil 3.11. Timer2 kontrol register bit durumu

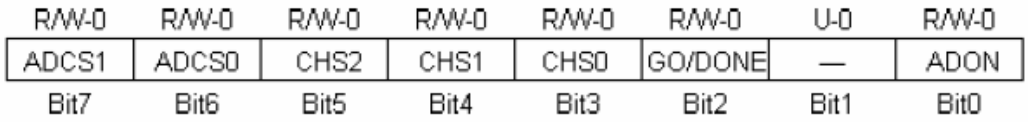
Analog dijital konvertör

PIC16F877 içerisinde analog bilgileri dijital bilgilere dönüştüren ve kısaca ADC olarak adlandırılan modül dahili olarak mevcuttur. Bu modül kullanılarak maksimum 10 bitlik dönüştürme yapılabilmektedir.

Bu analog dijital modül içerisinde dört adet register bulunmaktadır.

Analog-Dijital (A/D) yüksek sonuç kaydedicisi (ADRESH), Analog-Dijital (A/D) düşük sonuç kaydedicisi (ADRESL), Analog-Dijital (A/D) kontrol kaydedicisi (ADCON0) ve Analog-dijital Kontrol kaydedicisi-1 (ADCON1) kaydedicileri bu modül içerisinde kullanılmaktadır.

ADCON0 kaydedicisi



Şekil 3.12. ADCON0 register bit durumu

ADON: Analog bilgiyi dijitale dönüştürme işlemini aktif hale getiren bittir. Bu bit 1 yapılırsa dönüştürücü açık demektir.

CHS0-CHS2: Dönüştürme işleminin hangi kanalda yapılacağını belirleyen bitlerdir. A/D çevirici için kanal seçim bitlerini oluşturur. Üç bit ile sekiz kanaldan biri seçilir.

ADCS0-ADCS1: Analog-dijital dönüştürücü saat frekansı bu iki bit ile belirlenir. Clock frekansı seçim bitleridir.

ADCON1 Kaydedicisi

U-0	U-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	—	—	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
Bit7	Bit6	Bit5	Bit4	Bit3	Bit2	Bit1	Bit0

Şekil 3.13. ADCON1 kaydedicisi bit durumu

PCFG0:PCFG3: Analog dijital dönüştürücü için kullanılan pinlerin ne olarak kullanılacağını belirleyen bitlerdir. 4 bitin durumuna göre oluşan 16 durum aşağıdaki Çizelgede gösterilmiştir.

Çizelge 3.4. PCFG3-PCFG0 bit değerlerine göre kullanılan pinlerin durumu [5]

PCFG3: PCFG0	AN7 RE2	AN6 RE1	AN5 RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	KANAL/ REF
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	8/0
0001	A	A	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	7/1
0010	D	D	D	A	A	A	A	A	VDD	VSS	5/0
0111	D	D	D	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	4/1
0100	D	D	D	D	A	D	A	A	VDD	VSS	3/0
0101	D	D	D	D	VREF+	D	A	A	RA3	VSS	2/1
011x	D	D	D	D	D	D	D	D	VDD	VSS	0/0
1000	A	A	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	6/2
1001	D	D	A	A	A	A	A	A	VDD	VSS	6/0
1010	D	D	A	A	VREF+	A	A	A	RA3	VSS	5/1
1011	D	D	A	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	4/2
1100	D	D	D	A	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	3/2
1101	D	D	D	D	VREF+	VREF-	A	A	RA3	RA2	2/2
1110	D	D	D	D	D	D	D	A	VDD	VSS	1/0
1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	RA3	RA2	1/2

A: Analog giriş D: Dijital giriş/çıkış

4. KUVÖZ PARAMETRELERİNİN ÖLÇÜMÜ

4.1. Sıcaklık

4.1.1. Giriş

Sıcaklık, yenidoğanlar için en önemli değişkenlerden biridir. Bu nedenle kuvöz içi sıcaklığın belirli bir aralıkta tutulması gerekmektedir. Kuvöz içerisindeki sıcaklık belirli bir değerin altına düştüğünde bir rezistans ile ortam ısıtılmalıdır. Vücut sıcaklığı yaklaşık olarak 36.5 derecedir. Fakat enfeksiyon, hastalık durumunda 39-40 derecelere çıkabilmekte ve ya 36.5 derece altına da düşebilmektedir. Premature bebeklerde vücut sıcaklığı daha büyük önem arz etmektedir. Sıcaklıktaki değişimler çeşitli hastalıkların habercisi olmaktadır.

4.1.2. Sıcaklık sensörleri

Sıcaklık, belirli bir skalaya göre, referanslanmış sıcaklık veya soğukluk derecesi olarak tanımlanır. Sıcaklık aynı zamanda bir nesne veya sistemin ısı enerjisi olarak da tanımlanabilir. Isı enerjisi doğrudan moleküler enerji (bir molekül içerisindeki parçacıkların titreşim, sürtünme ve salınma hareketleri) ile ilişkilidir. Isı enerjisi yüksek ise moleküler enerji de yüksektir. Sıcaklık medikal endüstrisinde onlarca yıldır en önemli işlem değişkenlerinden biri olarak görülmektedir. Dirençli termometreler ve thermokupullarla sıcaklığın ölçümü, gerçekte 100 yıldan daha eskidir. İşlemlerin sürekli optimizasyonu termometrelerden daha yüksek beklentilerin gerçekleşmesine yol açtılar. Bu beklentileri sıcaklığın daha hızlı, daha kesin ve bir süre boyunca tekrarlanabilirliği daha iyi olan termometrelerin gerekliliğidir. Sıcaklık sensörleri bir sıcaklık değişimine karşılık gelen direnç veya çıkış voltajı gibi bir fiziksel parametrenin değişimini algılarlar. Temelde iki tip sıcaklık algılayıcı eleman vardır.

Dokunma yoluyla sıcaklığın ölçülmesi

Dokunma yoluyla sıcaklık algılayıcılarda sensör sıcaklığı algılanacak ortam veya nesne ile doğrudan fiziksel olarak temas halindedir. Bu metotla katıların, sıvıların ve gazların oldukça geniş bir genlikte sıcaklıklarını ölçebiliriz. Kuvözde kullanılan vücut sıcaklık sensörüde dokunma yoluyla sıcaklığın ölçülmesinin bir yoludur. Dirençli termometreler bir elektriksel iletkenin sıcaklıkla elektriksel direncinin değişimi ilkesi ile çalışırlar. Pozitif sıcaklık katsayılı (PTC) ve Negatif sıcaklık katsayılı (NTC) sensörler arasındaki fark, pozitif sıcaklık katsayılı sensörlerde direnç değeri artan sıcaklıkla artarken, negatif sıcaklık katsayılı sensörlerde direnç değeri artan sıcaklıkla azalır. PTC sensörleri metalik iletkenlerdir. Yaygın olarak kullanılan metaller platinyum, iridyum, nikel ve bakırdır. NTC sensörler ise uygun metal oksitlerinden yapılır. NTC' ler bazen sıcak iletkenler olarak da isimlendirilir. Çünkü bunlar yalnızca çok yüksek sıcaklıklarda iyi bir elektriksel iletkenlik sergilerler. Genellikle sıcaklıkla elektriksel direncin değişimi doğrusal olmayıp, yüksek dereceli bir polinom ile verilir.

Thermokupl' un çalışması bir tel boyunca sıcaklık gradienti var ise telin iletkenliğine bağlı olarak yüklerin yer değişimi prensibine dayanır. Eğer farklı iletkenliklerdeki iki iletken bir noktada birleştirilmiş iseler, sıcaklık gradientinin büyüklüğüne bağlı olarak, farklı yük yer değişiminden dolayı bir termoelektrik emf ölçülebilir. Dirençli termometrelerle karşılaştırdığımızda, birkaç bin derece santigrata kadar çıkan çok yüksek sıcaklıklarda açık bir avantaja sahiptirler. Bunlar genellikle fırınlarda, erimiş metallerin ve sıcaklığı 250 santigratın üzerindeki değerlerin ölçülmesinde kullanılır.

Dokunmaksızın sıcaklığın ölçülmesi

Dokunmaksızın sıcaklık ölçen algılayıcılar ısı kaynağından yayılan ısı enerjisini ölçerler. Bu metotla yansımanın olmadığı katı ve sıvıların sıcaklıklarını ölçebiliriz, fakat doğal olarak transparant olan gazlarda sıcaklık ölçümü için uygun değildir. Bu kategoride hareketli nesnelerin ve ulaşılamayan nesnelerin sıcaklığı ölçülür.

Örneğin fırındaki bir nesnenin sıcaklığının uzak bir yerden ölçümü, bu durumda ölçülen nesnedeki ısıl radyasyon ölçülen değer olarak kullanılır. Pirometre olarak adlandırılan dokunmasız sıcaklık ölçüm aletlerinin temel prensibi, sıcak bir cisimden yayılan ısıl radyasyonun bir optik sistemle termokupl'a ulaşması prensibine dayanır.

Sensör tipleri ve teknolojileri

Sıcaklık sensörleri başlıca üç guruba ayrılır, bunlar elektromekanik, elektronik ve dirençli sensörlerdir. Aşağıdaki bölümde her bir sensör tipinin nasıl oluşturulduğu ve sıcaklığı ölçmek için nasıl kullanıldığından söz edilmiştir.

Elektromekanik sensörler, bi - metal termostatlar

Bi-metal termostatlar isimlerinin ifade ettiği gibi iki farklı metalin sıcaklık ve basınç altında tek bir materyal parçası olacak şekilde bağlanmalarıyla oluşturulur. İki materyalin farklı uzama oranlarından dolayı, ısı enerjisi elektromekanik harekete dönüştürülür.

Elektronik silikon sensörler

Silikon sensörler yarıiletken materyallerin elektriksel direnç özelliklerini kullanırlar. Silikon sensörler, özellikle çok alçak sıcaklık değerlerinde, sıcaklığa karşı oldukça lineer bir direnç artışı sağlarlar. IC tipi elemanlar, doğrudan dijital bir sıcaklık değeri verebilirler, bu durumda bir A/D dönüştürücüye gereksinim olmaz.

Thermokupıllar

Thermokupıllar farklı metal veya alaşımlardan yapılmış iki elektriksel iletkenin bir devrede bir uçlarını birleştirilmeleri ile oluşturulurlar. Thermokupıllar çok yüksek sıcaklıkların ölçümünde kullanılabilir. Tipik olarak çıplak iletkenlerle oluşturulmalarına rağmen seramik ile izole edilmişlerdir. Bütün thermokupıllar bir sıcak bağlantıya (ölçme bağlantısı) ve bir de soğuk bağlantıya (referans bağlantısı)

sahiptirler. Thermokupılların uçları farklı sıcaklıkların altında olduğunda, sıcaklık farkıyla orantılı olan bir akım akacaktır. Ölçme noktasındaki sıcaklık, kullanılan thermokupılın tipinin, milivolt olarak üretilen potansiyelin değeri ve referans bağlantısının sıcaklığının bilinmesi ile belirlenebilir.

Direnç Elemanları

Termistörler

Termistörler veya ısıya duyarlı dirençler, elektriksel dirençleri sıcaklıkla değişen elemanlardır. Tipik olarak iki veya üç metal oksidin seramik bir materyal ile karışımı ile oluşturulmuş ve iki uç lehimlenmiştir. Termistörler iki farklı tipte yapılmışlardır. Bunlar Pozitif sıcaklık katsayılı (PTC) ve Negatif sıcaklık katsayılı (NTC) termistörlerdir. Pozitif sıcaklık katsayılı termistörlerde direnç değeri artan sıcaklıkla artarken, negatif sıcaklık katsayılı termistörlerde direnç değeri artan sıcaklıkla azalır. RTD' lere benzer şekilde belirli bir sıcaklık değeri için termistörün direnci ± 1 tolerans değeri ile belirtilir.

RTD' ler:

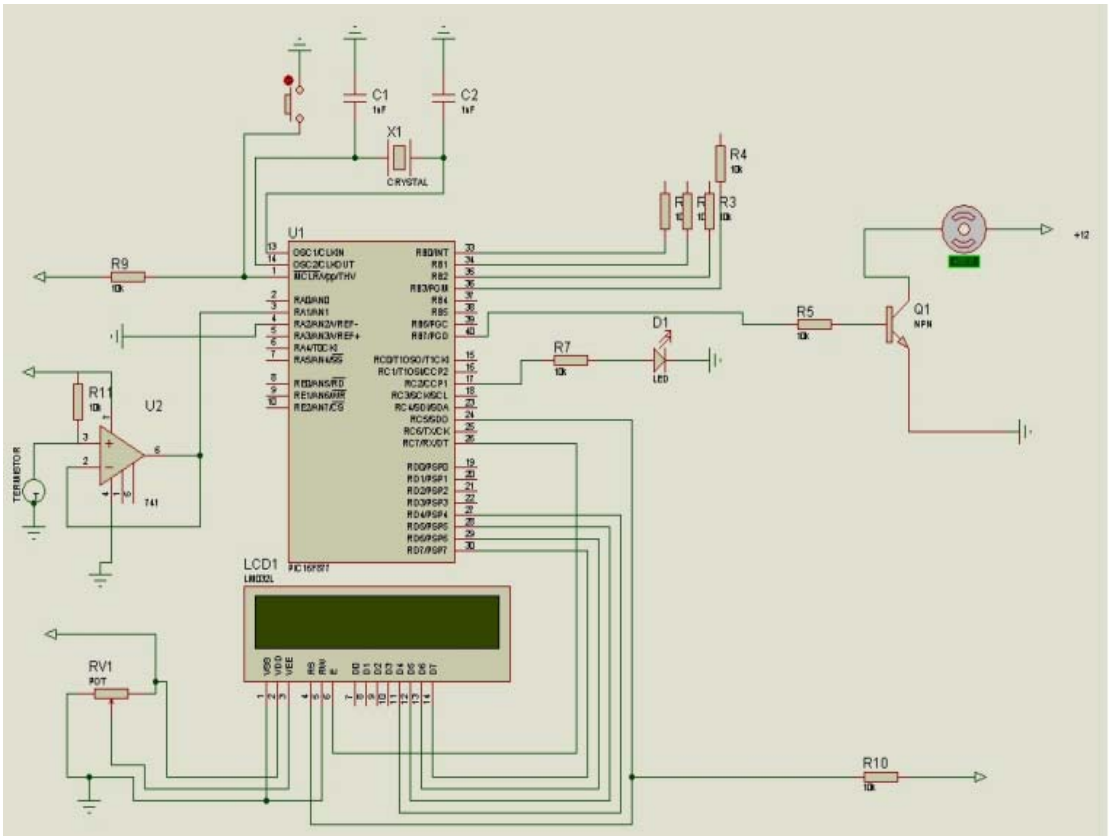
RTD' ler, termistörler gibi sıcaklığı ölçmek veya kontrol etmek için elektriksel direncin değişimini kullanırlar. RTD' ler bir algılayıcı eleman, eleman ve ölçme cihazı arasında bağlantıyı sağlayan teller ve elemanı işlemde monte etmek için gerekli bir destek kısmına sahiptirler. Metal algılayıcı eleman direnci sıcaklıkla değişen bir elektriksel dirençtir.

Arabirimleme ve tasarım bilgisi

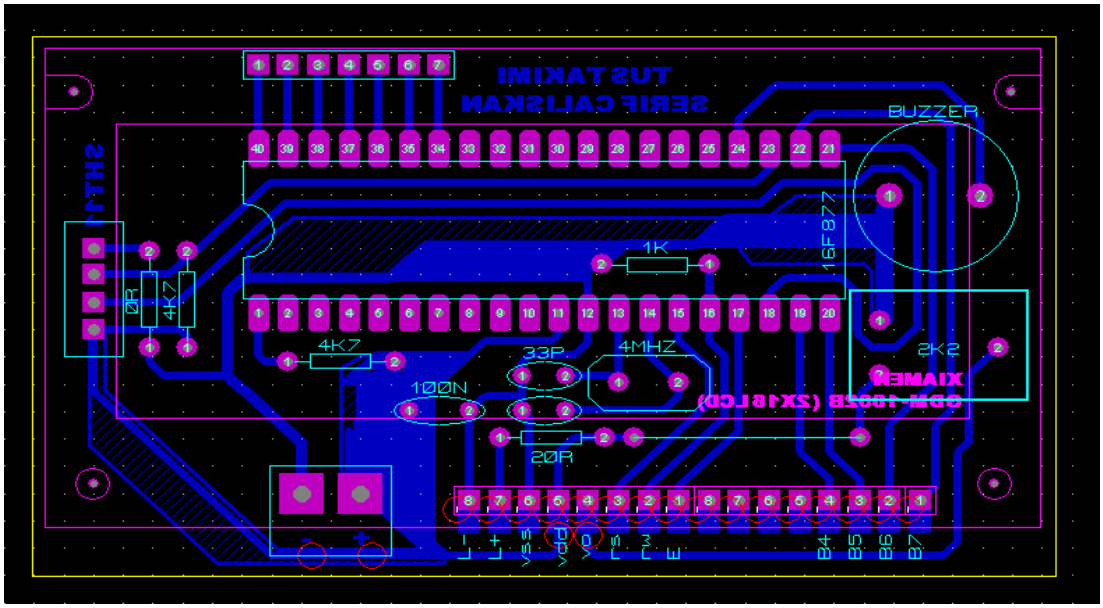
Herhangi bir algılama tipi teknolojisi ile ilgili en önemli göz önünde bulundurulması gereken nokta algılayıcının yerinin tespit edilmesidir. Kontrol uygulamalarında sıcaklıktaki değişim oranı oldukça küçük ise algılayıcı mümkün olduğu kadar ısı kaynağına yakın yerleştirilmelidir. Bu şekilde ısıl geri kalma minimum olacaktır.

4.1.3. Sıcaklık sensör devresi

Bir sıcaklık kontrol uygulamasında doğru algılayıcının seçimi her zaman kolay değildir. Bu işlem; sıcaklık aralığı, gerekli doğruluk, ortam, tepki hızı, kullanım kolaylığı, maliyet ve değiştirilebilirlik gibi parametrelere bağlıdır. Sıcaklık ölçümü için çeşitli tipte algılayıcılar mevcuttur. Isılçift (thermocouple), termistör ve RTD'ler gibi klasik algılayıcılar geniş biçimde kullanım alanı bulmaktadır. Entegre devre biçimindeki algılayıcılar ve uzaktan sıcaklık ölçüm (radiationthermometry) aygıtları gibi yeni nesil algılayıcılar sadece sınırlı uygulamalar için kullanım alanı bulsalar da popüler olmaktadır. Bu çalışmada sıcaklık sensörü olarak SHT11 kullanılmaktadır. SHT11 sensörü ile aynı zamanda kuvöz içerisindeki nem bilgisi de ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Termistör ile sıcaklığın ölçülmesi



Şekil 4.2. SHT11 ile yapılan ısı ve nem ölçüm devresinin baskı devresi

4.2. Nem

4.2.1. Giriş

Nem, havada bulunan su buharı miktarıdır. Bağıl nem ve mutlak nem olarak ölçülmektedir. Mutlak nem ölçüm değeri daha fazla kullanılmaktadır. Su buharının kütlesinin hava ve ya gazın hacmine oranı mutlak nem olarak tanımlanır. Yoğuşma noktası bir gazın yoğunlaşarak sıvı hale geçmeye başladığı sıcaklık ve basınç değeri olarak tanımlanır.

4.2.2. Nem değişkeninin yenidoğan açısından önemi

% 35 ile % 55 arasındaki bağıl nem oranı normal olarak değerlendirilir. Nem değerinin % 35' den az olduğunda ortamda bulunan hava kuru olarak değerlendirilir. Kuvöz ortamındaki toz, bakteri, virüs gibi istenilmeyen durumların engellenmesi açısından nem, yenidoğanlar için çok önemli bir değişkendir.

4.2.3. Nem sensörü tipleri ve teknolojileri

Yarıiletken teknolojisindeki son gelişmeler nem sensörlerini oldukça doğru bir şekilde ölçen, dayanıklı ve maliyet olarak da uygun duruma getirdi. Yaygın olarak kullanılan nem sensörleri kapasitif, direnç ve ısıl iletkenliğe bağlı olarak ölçüm yaparlar.

Kapasitif RH sensörler

Kapasitif RH sensörler endüstride ve ticari amaçlı olarak sıkça kullanılır. Sıcaklığın bu sensörlerin çalışmasına etkisi çok az olduğundan, oldukça büyük bir sıcaklık genliğinde sıcaklık kompanzasyonu yapılmadan kullanılabilir. Kapasitif bir RH sensörde dielektrik sabitindeki değişme ortamın bağıl nemi ile doğru orantılıdır.

Rezistif nem sensörleri

Rezistif nem sensörleri empedanstaki değişimi ölçerler, bu değişim genellikle nem ile üstel bir şekilde ters orantılıdır. Empedansı değişen ortam ise iletken polymer veya tuzdur.

Isıl iletkenlikle nem sensörleri

Isıl iletkenlikle nem sensörleri (Mutlak nem sensörleri olarak da bilinirler) kuru hava ve su buharı içeren havanın ısıl iletkenliği arasındaki farkı hesaplayarak mutlak nemi ölçerler. Bu sensörler iki negatif sıcaklık katsayılı termistör elemanının bir dc köprü devresinde kullanılması ile oluşturulur. Elemanlardan biri kuru nitrojen içerisinde olurken, diğeri nemi ölçülecek ortamda bulunur. Bu iki termistörün dirençleri arasındaki fark mutlak nem ile doğru orantılıdır.

4.2.4. Nem sensörlerinin belirlenmesi

Aşağıdaki kısımda bir sensörü diğerinden farklı kılan sıcaklık, doğruluk ve değiştirilebilirlik gibi özellikler üzerinde durulmuş ve her bir sensörün avantaj ve dezavantajları da belirtilmiştir.

Nem sensörlerinin seçiminde dikkate alınması gereken hususlar şunlardır.

a) Doğruluk
b) Değiştirilebilirlik
c) Tekrarlanabilirlik
d) Kararlılık
e) Büyüklüğü ve paket tipi
f) Fiyatının uygunluğu
g) Kalibrasyonu
h) Sensörün değiştirilme maliyeti

Kapasitif RH sensörlerin seçilmesi

Kapasitif RH sensörlerin uygulaması geniş bir alanda yer almaktadır. Bunlar arasında,
a) Yazıcılar
b) Mikrodalga fırın, soğutucular ve elbise kurutucuları
c) HVAC
d) Meteoroloji istasyonları
e) Endüstri ve gıda işleme cihazları sayılabilir.

Yarıiletken tasarımındaki son gelişmelerin sağladığı avantajlar dolayısı ile birçok kapasitif sensörün uzun bir süre için histerisizi minimum değerdedir.

Dirençli nem sensörlerinin seçilmesi

Dirençli sensörler küçük, düşük maliyetli nem sensörleri olup, uzun bir zaman aralığında kararlı ve kolaylıkla değiştirilebilir olma gibi özelliklere sahiptirler. Birçok endüstriyel, ticari ve konutla ilgili kontrol ve gösterge ürünleri uygulamaları için uygundurlar.

Dirençli sensörler nem değişikliklerine lineer olmayan bir cevap vermelerine karşılık, bu cevaplar analog ve dijital metotlarla lineer yapılabilir. Tipik olarak direnç değerleri birkaç kiloohm' dan 100 Mohm' a kadar değişir. Dirençli sensörlerin çalışma sıcaklığı –40°C ile 100°C arasındadır.

4.2.5. Arabirimleme ve tasarım bilgisi

Sıcaklık ve nemin etkisi

Absorbsiyon tabanlı bütün nem sensörlerinin (kapasitif, rezistif) çıkışı hem sıcaklık hem de % RH' den etkilenir. Bu nedenle daha yüksek bir doğruluk veya daha geniş bir sıcaklık genliği için sıcaklık kompanzasyonu kullanmak gerekir. Nem sensörlerini sıcaklığı kompanze edecek şekilde kalibrasyon ederken, en iyi yol sıcaklık ölçümünü, nem sensörünün aktif alanına oldukça yakın değerlerinde gerçekleştirmektir. Örneğin, aynı nem derecesi içerisindeki mikro ortamlarda.

Yoğuşma ve ıslaklık

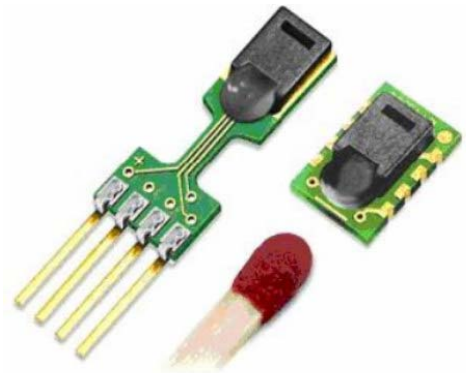
Sensörün aktif alanının yüzey sıcaklığı onu çevreleyen ortamdaki gazın çiy noktasının altına düştüğü zaman yoğuşma başlar. Yüzey sıcaklığı anlık olarak da ortamın çiy noktasının altına düştüğü zaman sensör üzerinde (veya herhangi bir yüzeyde) yoğuşma oluşur. Nem seviyesinin % 95' in üzerinde olduğu çalışma ortamlarında sensörün yakınlarındaki küçük sıcaklık değişimleri sebebi bilinmeyen bir şekilde yoğuşmaya sebep olur. Yoğuşmanın hızlı bir şekilde olacağı yüksek nemli ortamlarda, suyun buharlaşması yavaş olur (öyle ki sensörün yüzey sıcaklığı ortamın

çiy noktasından biraz büyük değerdedir).

4.2.6. SHT11 sıcaklık ve nem sensörü

Bağıl nem ve sıcaklık sensörü olan SHT11 aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- Çiy noktası
- Tamamen kalibre edilmiş sayısal çıkış vermesi
- Oldukça uzun bir süre kararlı olması
- Harici dış eleman gerektirmemesi
- Son derece az güç tüketmesi
- Yüzeye monte edilebilir olması
- Küçük hacimli olması
- Güç azalımının otomatik olması



Şekil 4.3. SHT11 sensörünün dış görünüşü [6]

SHT11 ürün özeti

SHT11 tek bir yongalık bağıl nem ve sıcaklık sensörü olup, kalibre edilmiş dijital çıkıs vermektedir. Patentli mikro-makinalamalı (CMOSens teknolojisi) endüstriyel CMOS işleminin uygulanması, yüksek güvenilirlik ve mükemmel uzun süreli karalılık sağlar. Cihaz bağıl nem için kapasitif polimer algılayıcı eleman ve sıcaklık

sensörü olarak da band geçişi içermektedir. Her ikisi de aynı yonga üzerinde 14 bitlik analog sayısal dönüştürücü ve seri bir ara birim devresi ile birleştirilmiştir. Bu işlemin sonucu oldukça üstün bir sinyal kalitesi, hızlı bir cevap zamanı ve dıştaki bozucu etkilere karşı (EMC) duyarsızlığının çok rekabet edebilir bir fiyatla sunulmasıdır.

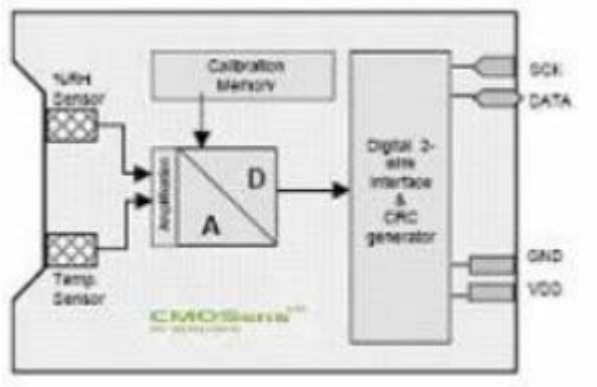
Her bir SHT11 entegresi kesin doğruluklu bir nem ortamında tek tek kalibre edilir. Kalibrasyon katsayıları OTP bellek içerisine programlanır. Bu katsayılar ölçüm süresince, sensörden gelen sinyalleri kalibre etmek için iç kısımda kullanılır. İki hatlı seri arabirim ve içteki voltaj regülasyonu kolay ve hızlı bir şekilde sistem entegrasyonuna izin verir. Oldukça küçük bir hacimde oluşu ve çok az güç tüketimi onun birçok uygulamada tek seçenek olmasını sağlar. Eleman yüzeye monte edilebilir LCC (Uçsuz yonga taşıyıcı) veya takılabilir tek hatlı 4 pinli paket olarak kullanıcılara sunulmuştur. İstek halinde müşterilerin belirleyeceği paketleme opsiyonu da olabilir.

Uygulamalar

- HVAC
- Otomobil
- Tüketici ürünleri
- Meteoroloji istasyonları
- Nemlendiriciler
- Nem alıcılar
- Test ve Ölçüm
- Data Yükleme
- Otomasyon
- Beyaz eşya

Sht11 sensör blok diyagramı

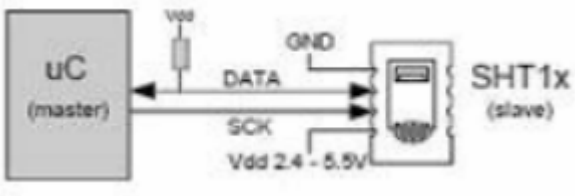
SHT11 sensörü blok diyagramında görüldüğü gibi bu sensör ile hem sıcaklık hem de nem değerleri ölçülebilmektedir.



Şekil 4.4. SHT11 sensörünün blok diyagramı [7]

Ara birimlemenin belirlenmesi

Şekil 4.5’ de SHT11 sensörünün mikrodenetleyici ile ara birimlendiği tipik bir uygulama devresi görülmektedir .



Şekil 4.5. SHT11 sensörünün ara birimlendiği tipik bir uygulama devresi [7]

Güç uçları

SHT11 2.4 ile 5.5 V arasında bir kaynak voltajına gereksinim duyar. Eleman güç uygulandıktan sonra “uyku” durumuna ulaşması için 11 ms’ ye ihtiyaç duyar. Bu

zamandan önce hiçbir komut gönderilmeyecektir. Güç kaynağı uçları olan Vdd ve GND 100 nF' lık bir kondansatör ile dekuplaj edilebilir.

Seri ara birimleme

SHT11' in seri arabirimlemesi sensörün okuması ve güç tüketimi için en iyi duruma getirilmiştir. Sensör I2C ara birimleme ile uyumlu değildir.

Seri saat sinyali girişi, SCK

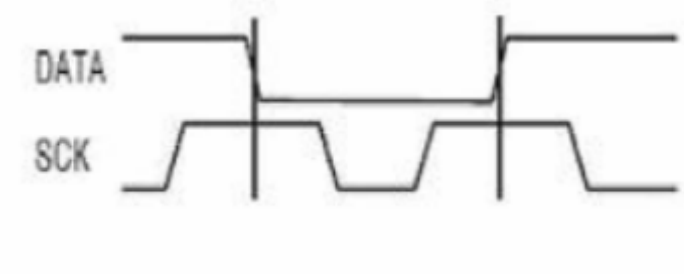
Seri saat girişi olan SCK mikrodenetleyici ile SHT11 arasındaki haberleşmeyi senkronize etmek için kullanılır. Ara birimleme tamamen statik mantık içerdiğinden, SCK frekansı için minimum bir değer yoktur.

Seri veri

Üç durumlu veri ucu, veriyi elemandan içeri veya elemandan dışarı transfer etmede kullanılır. Veri seri saat sinyalinin, SCK, azalan kenardan sonra değişir ve yükselen kenarında geçerli olur. İletim süresince SCK yüksek değerde iken veri hattı kararlı kalmalıdır. Sinyalin memnuniyetsizliğini önlemek için mikrodenetleyici yalnızca alçak veri değerlerini sürecektir. Sinyali yüksek değere çekmek için dışardan bir pull-up direnci (10K) gereklidir. Pull-up dirençleri mikrodenetleyicilerin I/O devrelerine çoğunlukla dahil edilir.

Bir komutun gönderilmesi

Bir iletimin başlatılabilmesi için, bir "iletim başla" dizisinin verilmesi gerekir. Bu dizi SCK' nın yüksek değerinde data hattının alçak değerde olması ve onu takip eden alçak bir SCK değeri ve tekrar SCK' nın yüksek değerinde datanın yükselen değer alması. Şekil 2.4' de "iletim başla" dizisi görülmektedir.



Şekil 4.6 “iletim başla” dizisi [7]

Sıcaklığın etkisi

Bir gazın bağıl nemi onun sıcaklığına bağlıdır. Bu nedenle nem sensörlerini bağıl nemi ölçülen havanın sıcaklığı ile aynı sıcaklık değerinde tutmak gerekir. Eger SHT11 elektronik elemanların ısı verdiği bir PCB üzerinde olması gerekiyorsa elemanlardan oldukça uzakta ve ısı kaynağının altında olmalı, bulunduğu bölüm oldukça iyi havalandırılmalıdır. SHT11 ile PCB’ nin geri kalan kısımlarındaki bakır tabakalardaki ısı iletimini azaltmak için bu alanlar minimize edilmelidir. Şekil 4.7 SHT11’ in PCB üzerine monte edilmesini göstermektedir.

Şekil 4.7. SHT11’ in PCB üzerine monte edilmesi [7]

Zar

Sensörü korumak ve kirlerin sensörün bulunduğu yuvaya girmesini önlemek için

bir zar kullanılabilir. Bu zar aynı zamanda kimyasal buhar konsantrasyonlarının da tepe değerlerine ulaşmasını önleyecektir. Sensörün cevap zamanının optimum olabilmesi için zarın arkasında tutulan hava hacminin minimumda tutulması gerekir.

Işık

SHT11 ışığa duyarlı değildir. Uzun süreli doğrudan güneş ışığı altında kalması veya kuvvetli ultraviyole radyasyon altında kalması bulunduğu kabı yıpratır.

4.3. Pulse Oksimetre

4.3.1. Giriş

Geleneksel yaşam bulguları vücut ısısı, nabız, solunum ve kan basıncından oluşmaktadır. Son zamanlarda bu dört parametreye oksijen saturasyonu da eklenmiştir. Son on yıldır acil tıbbi ortamlarda pulse oksimetrelerin kullanımı artmış ve sfingmomanometre kadar yaygın hale gelmiştir. Pulse oksimetre, ilk olarak 1970' lerin ortalarında Takuo Aoyagi tarafından geliştirilmiştir. Pulse oksimetre kullanılarak sürekli oksijen saturasyonunun izlenmesi ameliyathanelerde, anestezi sonrası bakım ünitelerinde, acil birimlerde, yoğun bakım ünitelerinde ve ev ortamlarında kullanılan standart bir uygulama olarak yer almaktadır. Modern tıbbın ayrılmaz bir parçası olan pulse oksimetre, kandaki oksijen saturasyonunun noninvaziv bir şekilde ölçülmesine yarayan, kalibrasyon gerektirmeyen bir araçtır.

Literatürde, pals oksimetre ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bunlar arasında, Reddy ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada pals oksimetrenin temellerinden, fotoelektrik pletismografi ile olan ilişkisinden bahsedilmiştir [8]. Reddy ve arkadaşlarının diğer bir çalışmasında ise ilk çalışmada kullanılan kalibrasyon eğrisi bırakılarak emilim katsayıları ile hesaplama yapılmıştır [9]. Shafique ve arkadaşlarının çalışmasında 20 hasta insanla deney yapılmış ve bütün pulse oksimetre çeşitleri için sonuçlar karşılaştırılmıştır [10].

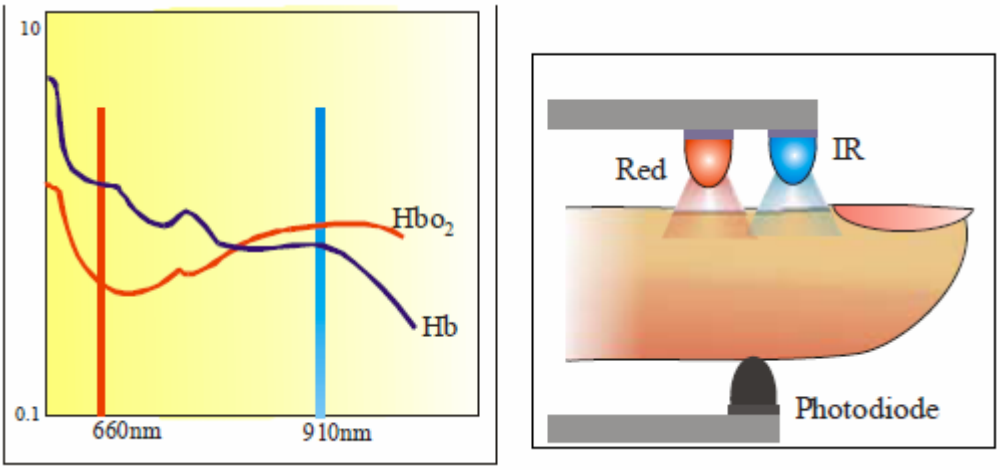
Hemoglobinin oksijen ile bağ oluşturmuş biçimine oksihemoglobin adı verilmektedir. Hemoglobine ilk oksijen molekülünün bağlanmasıyla, diğer oksijen moleküllerinin bağlanmaları da kolaylaşmaktadır. Oksijen bağlanmasıyla hemoglobinin oksijene olan eğilimi artar. Böylece oksijen bağlanması ile doğru orantılı olarak hemoglobin doyuma yaklaşır. Kan dokularda dolaşırken bulunduğu bölge ile çeşitli madde alışverişleri gerçekleştirmektedir. Hemoglobin molekülleri ile taşınan oksijenin dokulara iletilmesi ile dokuların oksijen ihtiyaçları karşılanmaktadır. Hemoglobin ve oksijen molekülleri arasındaki bağların kopmasıyla oksijenler serbest kalır ve dokuya geçişleri gerçekleşir. Oksijeni bulunmayan hemoglobine ise deoksihemoglobin adı verilir [11].

4.3.2. Puls oksimetrenin çalışma prensibi

Pulse oksimetre, arteriyel kanda oksijenlenmiş hemoglobin yüzdesini belirlemekte olup bu yolla elde edilen bulgu fonksiyonel oksijen saturasyonu olarak bilinmektedir. Pulse oksimetre ışık kaynağı ve mikroişlemci olmak üzere iki fonksiyonel bölümden oluşmaktadır ve nonpulsatil (venöz kan ve doku) ve pulsatil spektrumu (arteriyel kan) ayırma ve yaşayan dokular tarafından ışık absorbsiyonunun ölçülmesi yoluyla fonksiyon görür. Mikroişlemci, absorbe edilen dalgaların nonpulsatil komponentinde pulsatilin oranını temel alarak saturasyonu hesaplar. Pulse oksimetreler teknik olarak 660 nm ve 940 nm olarak ışığın iki dalga boyunu kullanmaktadır ve ayrı ayrı iki dalga boyunda ışık absorbansının değişken komponentini ölçerek sonra bunu sabit komponente bölmektedir. Pulse oksimetre, bu değerlerden bir saturasyon yüzdesinin hesaplanmasını ve bu farklı ölçümlerin izlenmesini sağlamaktadır. Oksijenize ve indirgenmiş hemoglobinin kızıl ve kızıl ötesi ışıkları absorbe etme prensibi Lambert-Beer kanunu olarak bilinir. Bu kanun; transparan bir maddeden geçen monokromatik ışığın ifade eden Beer ve Lambert kanunlarının bileşimidir [12].

Lambert kanunu: (Johann Lambert, Alman fizikçi 1728-1777) ; içinden geçen maddenin uzunluğu arttıkça maddeden geçen ışığın gücü azalır [13].

Beer kanunu : (August Beer, Alman fizikçi 1825-1863) ; maddenin konsantrasyonu arttıkça maddeden geçen ışığın gücü azalır [13].

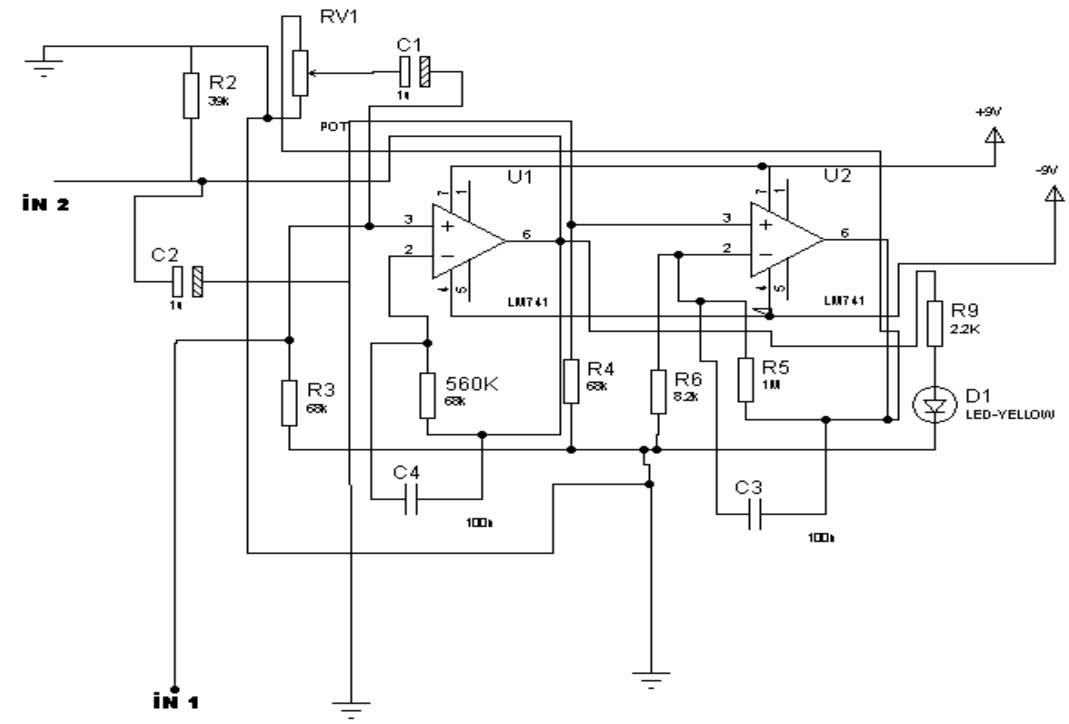


Şekil 4.8. Hb ve Hbo2 dalga boyu eğrisi ve sensör yerleşimi [13]

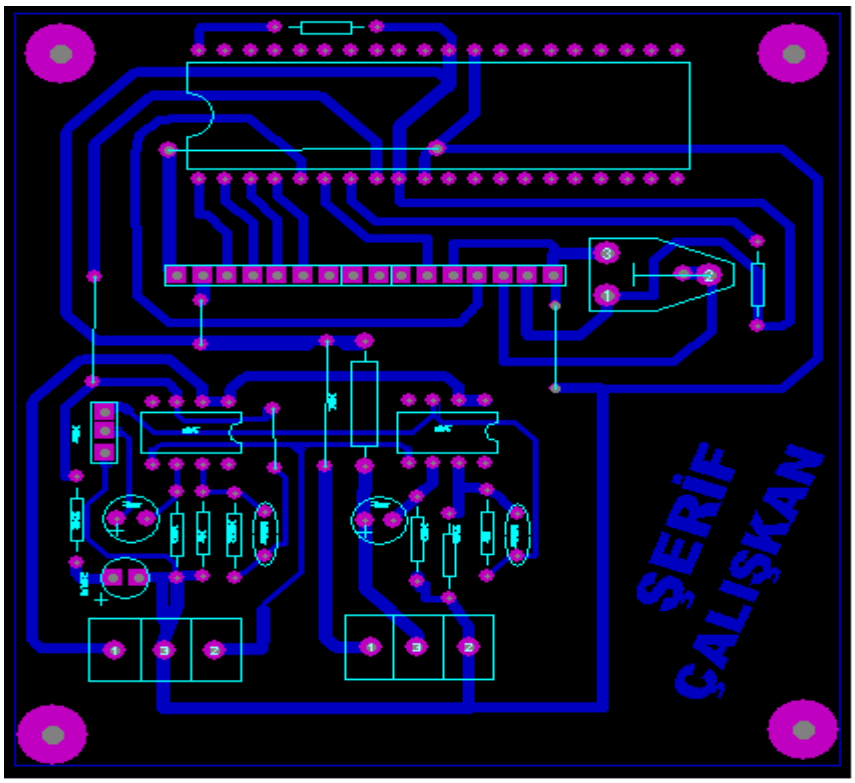
Sonuç olarak oksihemoglobin daha fazla kızıl ötesi ışık absorbe ederken, deoksihemoglobin daha çok kızıl ışık absorbe eder. Sabit bir hemoglobin konsantrasyonu ve ışık yoğunluğunda , puls oksimetre probunun görüş alanındaki kanda bulunan hemoglobinin oksijen ile saturasyonu ışık absorbsiyonunun logaritmik bir fonksiyonu haline gelir.

$$R = \frac{\log\left(\frac{R_{rms}}{R_{DC}}\right)}{\log\left(\frac{IR_{rms}}{IR_{DC}}\right)} \quad [10].$$

$$SpO_2 = 10.0002R^3 - 52.887R^2 + 26.817R + 98.293 \ [10]$$



Şekil 4.9. Parmak probu ile spo2 ölçüm devresi



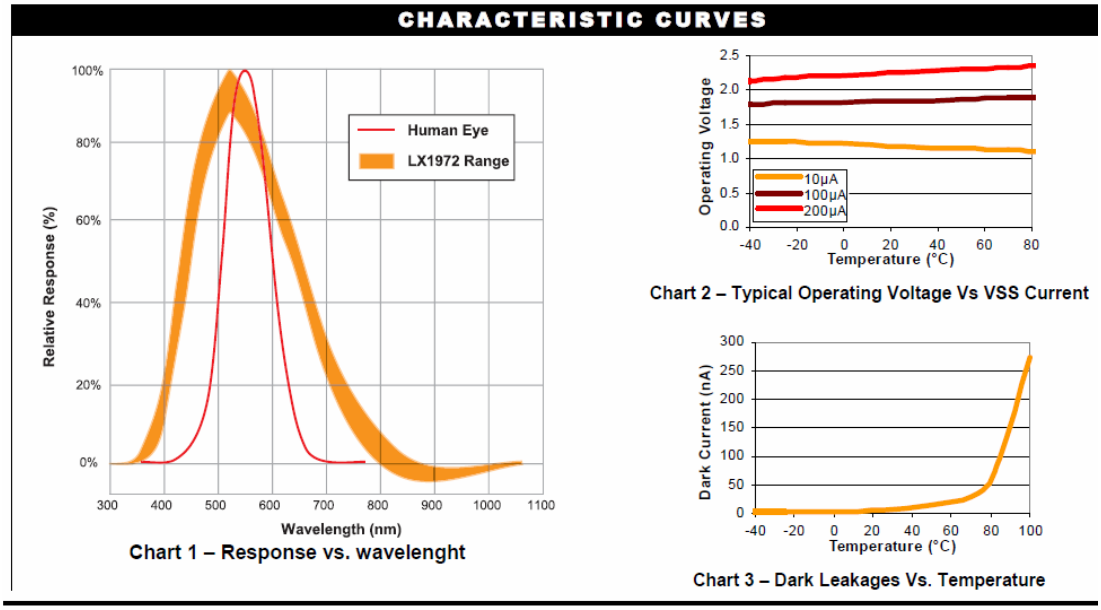
Şekil 4.10. SPO2 baskı devresi

4.4. Işık

Işık, renkleri ayırt etmemizi sağlayan ve etrafımızdaki cisimleri görebilmemizi sağlayan bir enerji çeşididir. Birçok renk birleşerek beyaz ışığı oluşturur. Cismin rengi, beyaz ışık içindeki renklerden geçirdiği veya yansıttığı renktir.

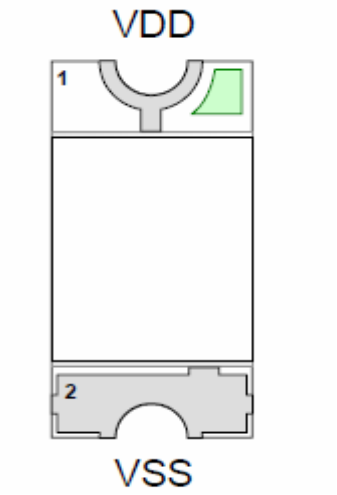
Kuvöz içerisindeki ışığın, bebeği rahatsız etmeyecek seviyede olması gerekir. Işık miktarı fazla olduğunda, sistem, ışığın yüksek olduğu uyarısını verecektir.

Bu çalışmada LX1972 ışık sensörü kullanıldı. 1-5000 Lux ışık şiddeti aralığında çok uygun bir sensördür. LX1972 sensörünün ışığa verdiği tepki, insan gözünün spektral cevabı ile çok benzerlik göstermektedir [14].

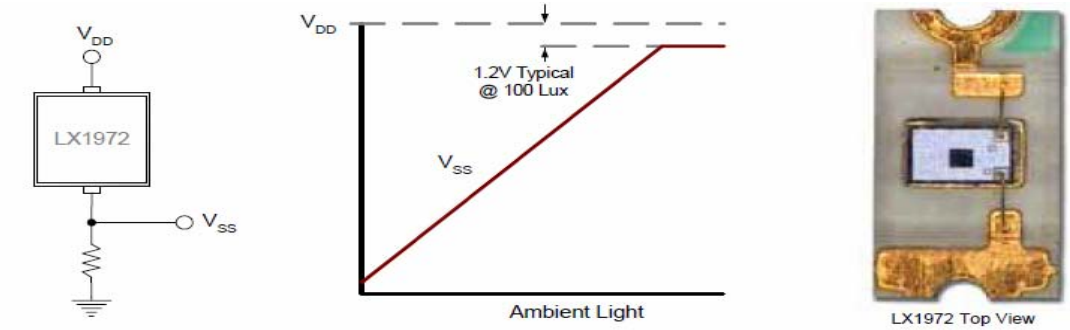


Şekil 4.11. LX1972 karakteristik eğrileri [15].

Sensör, Vdd ve Vss olmak üzere iki uçludur. Işık şiddeti ile direnci ters orantılı olarak değişmektedir. Devrede Vdd gerilimi 5 volt olarak kullanılmıştır.



Şekil 4.12. Sensör pinleri [15].



Şekil 4.13. Sensör örnek bağlantı şeması, karakteristik eğrisi ve üstten görünüşü. [15].

Çizelge 4.1. LX1972 elektriksel karakteristiği [15].

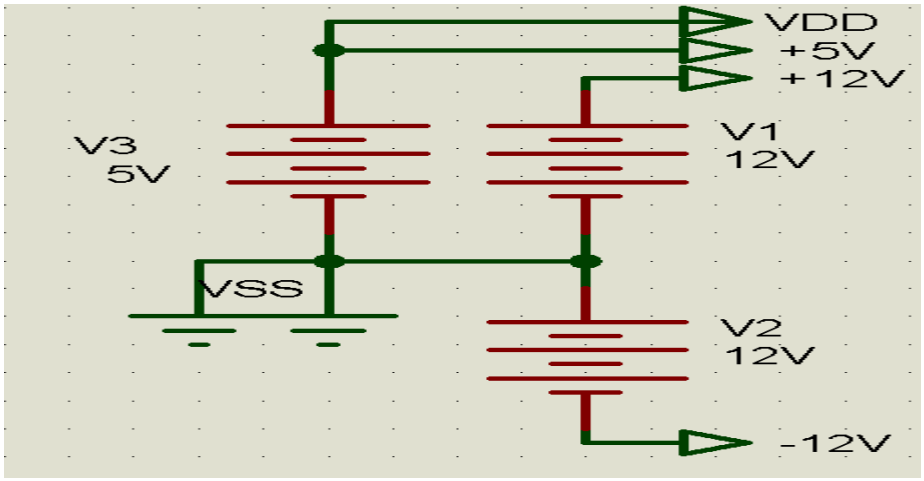
ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise specified, the following specifications apply over the operating ambient temperature -40°C ≤ T_A ≤ 85°C except where otherwise noted and the following test conditions: See Note 1, V_{DD} =5V, R_{SS} = 10K

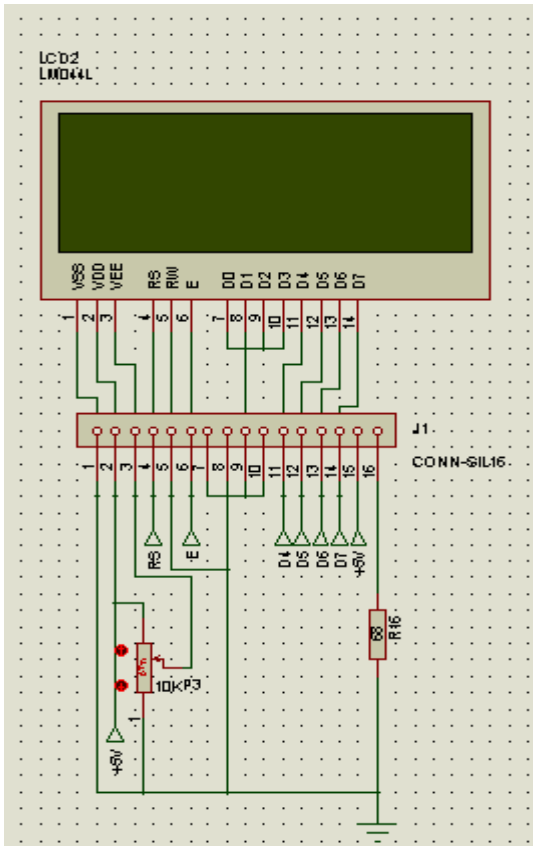
Parameter	Symbol	Test Conditions	LX1972 Min	LX1972 Typ	LX1972 Max	Units
RESPONSE						
Peak Spectral Response	λ_{PR}			520		nm
Infrared Response	$\frac{I_{DD}(\lambda)}{I_{DD}(\lambda_{PR})}$	$E_{V(550nm)}$ = 292µW/cm², Current responsivity change with additional direct light input of 292µW/cm² at 910nm, Note 3	5	1	5	%
Minimum Operational Voltage	V_{DD}-V_{SS}	E_V = 14.6µW/cm², I_{SS} = 10µA		1.2	1.4	V
		E_V = 146µW/cm², I_{SS} = 100µA		1.8	2.1	
		E_V = 292µW/cm², I_{SS} = 200µA		2.2	2.6	
Light Current	I_{SS}	E_V = 14.6µW/cm², Note 2	7.5	10	12.5	µA
		E_V = 146µW/cm², Note 2	75	100	125	
		E_V = 292µW/cm², Note 2;	150	200	250	
Gain Linearity		14.6µW/cm² ≤ E_V ≤ 146µW/cm² @ 25°C	-15		15	%
Dark Current	$I_{DD(DARK)}$	E_V = 0µW/cm², T_A = 25°C		0.010	50	nA
		E_V = 0µW/cm²			200	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_{RIPPLE} = 10mV_{P-P}, f = 10kHz		-25		dB
Radiant Sensitive Area				0.04		mm²

Notes:
1. The input irradiance (E_V) is supplied from a white light-emitting diode (LED) optical source adjusted to impose the specified E_V at a peak λ = 550nm.
2. See Figure 1.
3. See Figure 2.

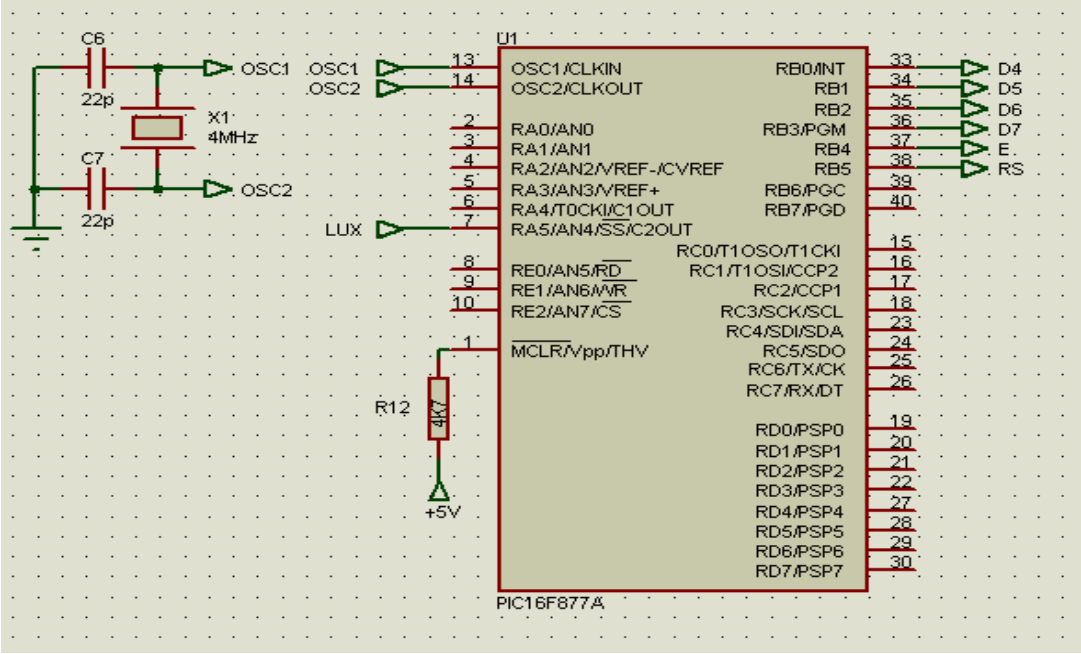
4.4.1. LX1972 ile yapılan devre



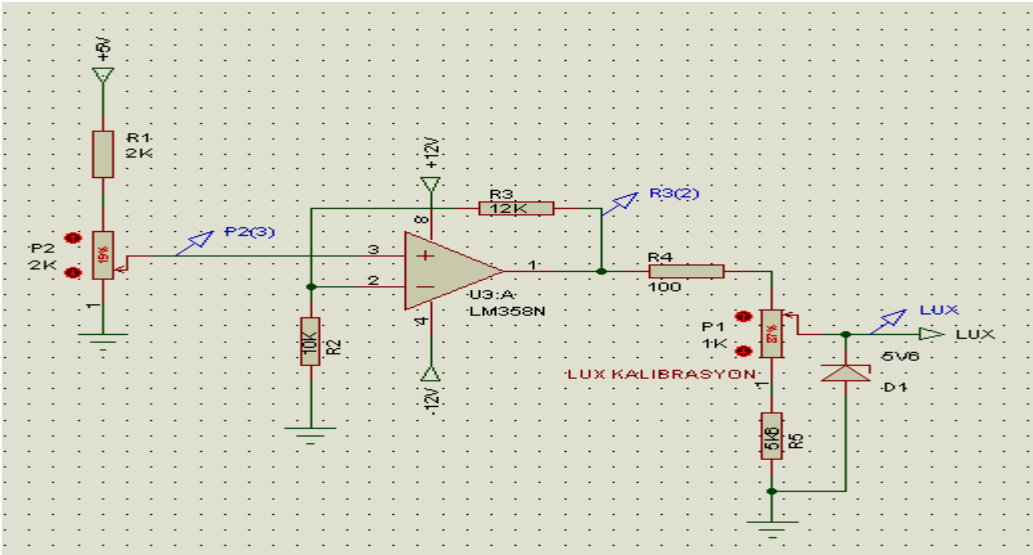
Şekil 4.14. Besleme devresi



Şekil 4.15. Display bağlantısı



Şekil 4.16. Mikrodenetleyici ve osilatör kısmı



Şekil 4.17. Yükselteç ve kalibrasyon devresi

Yükselteç devresinde LM358N işlemsel yükselteç entegresi kullanılmıştır. Bu entegre için simetrik besleme ihtiyacı yoktur. Devre evirmeyen yükselteç devresidir. Bu devrenin kazancı,

K=1+(R3/R2)

K= 1+(12/10)

K= 2.2 olmaktadır.

İsis programında simülasyon için LX1972 sensörü yerine 2K'lık bir potansiyometre kullanılmıştır. Sensörden alınan sinyal 2.2 katına yükseltilmiş ve kalibrasyon yapılarak mikrodenetleyiciye sinyal gönderilmiştir. Zener diyot işlemciye 5.6 volttan fazla gerilim gitmemesi için kullanılmıştır. LX1972 sensöründe ışık şiddeti ile direnç ters orantılı olduğundan, R1 direnci yerine sensör ve potansiyometre yerine ise 10K'lık bir direnç bağlanmalıdır.

4.5. Nabız

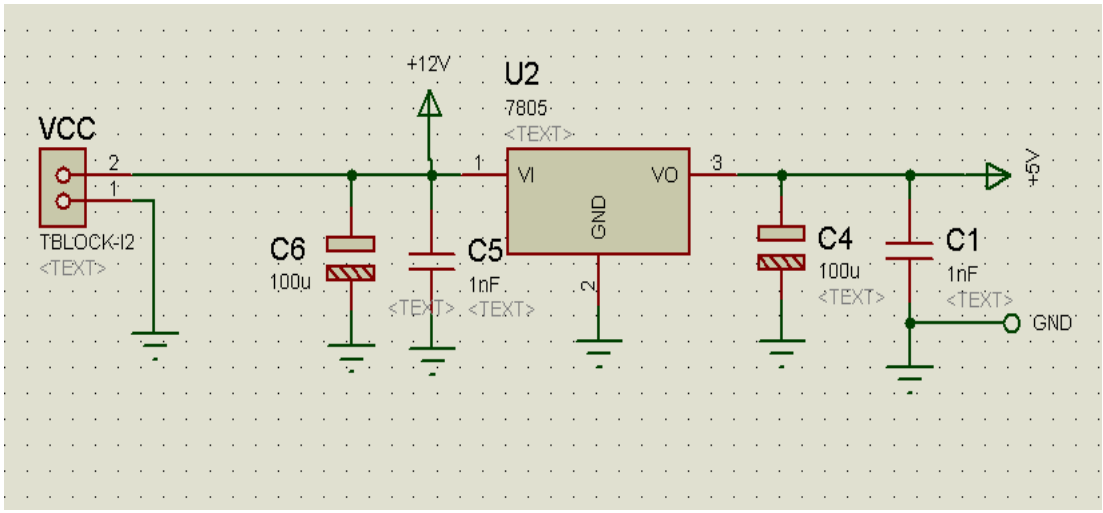
Kalp belirli aralıklarla kasılma ve gevşeme şeklinde hareketler yapar. Kasılma anında kanın damarlara uyguladığı basınçta değişimler meydana gelir. Elimizi damar üzerine bastırdığımızda bu basıncı hissedebiliriz. Kanın damarlarda oluşturduğu bu basınç nabız denilen değişkenin ortaya çıkmasını sağlar.

Kalbin bir dakikada pompaladığı kan miktarı kardiyak çıkış olarak adlandırılır. Dolayısıyla kalbin bir atımda pompaladığı kan miktarı ile atım sayısı çarpılırsa kardiyak çıkış değerine ulaşılır. Bu değer kalbin verimliliği ile ilgili parametrelerden biridir [17].

Nabız değeri kişinin yaşına, cinsine, o andaki bulunduğu ortama, hareket durumuna vb. bağlı olarak değişim gösterir. Hastalık durumlarında da nabız değişiminde bozulmalar meydana gelmektedir. Yetişkinlerde nabız değeri 60-100 aralığında iken bebeklerde bu değer 140-150 aralığında olmaktadır. Heyecan, panik gibi durumlarda nabız değeri yüksek çıkmaktadır. Nabız dalga şekli ve nabız değerlerinden kalp rahatsızlığı gibi hastalıklar tespit edilebilmektedir.

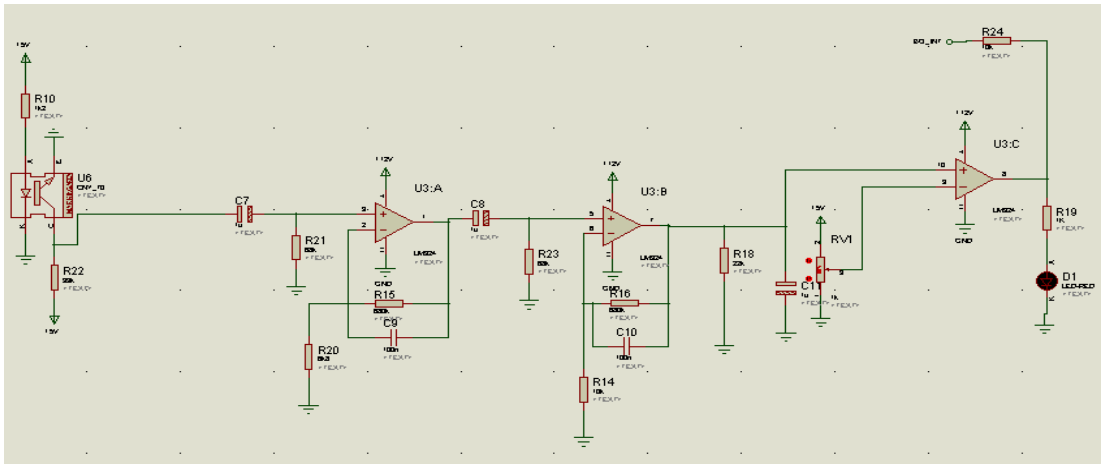
Sfignometre aleti ile nabız eğrisinin kağıda çıktısı alınabilmektedir. Büyük tansiyon ile küçük tansiyon arasındaki fark, nabız basınç değerini vermektedir.

4.5.1. Nabız ölçümü için yapılan devrenin besleme katı



Şekil 4.18. Besleme katı devresi

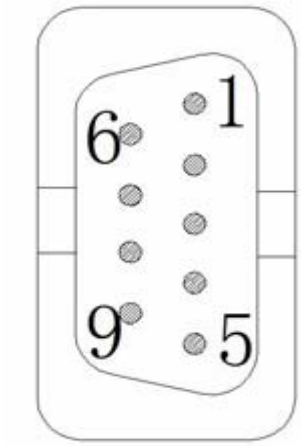
4.5.2. Nabız ölçümü için tasarlanan devre



Şekil 4.19. Nabız ölçüm devresi

Şekildeki devrede ilk olarak Cny70 kullanılmıştır. Cny70 içerisinde infrared led ve fototransistör vardır. Kanın yoğunluğuna bağlı olarak fototransistör'den geçen akım değeri de değişir. Yükseltme ve filtre işlemleri gerçekleştirilir. Kalibrasyon ayarı bir potansiyometre aracılığı ile yapılır. R24 direncinden alınan sinyal mikrodenetleyicinin RB0 girişine uygulanır. Yazılım ile 15 saniye boyunca nabız

değeri ölçülür. Bu değer dört ile çarpılarak nabız değeri hesaplanmış olur. Benzer şekilde 10 saniye süresince bir ölçüm yapılıp çıkan değer altı ile çarpılarak nabız değeri hesaplanabilir. Cny70 yerine daha sağlıklı ölçüm yapabilmek için Nellcor-D100 probu kullanıldı.

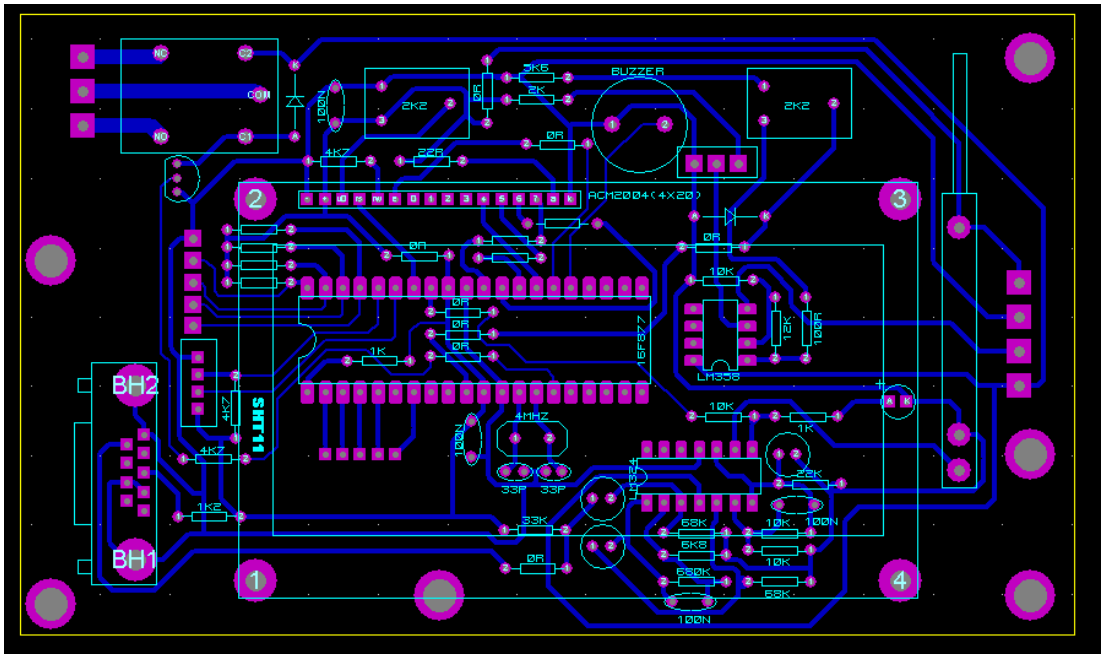


Şekil 4.20. Prob pin numaraları

Pin açıklaması şu şekildedir:

2: IR. Led'in anodu, kırmızı led'in katodu
3: IR. Led'in katodu, kırmızı led'in anodu
5: Fotodiyot anot ucu
7: Şase
9: Fotodiyot katot ucu

5. SİSTEM İÇİN HAZIRLANMIŞ BASKI DEVRE



Şekil 5.1. Sistemin baskı devresi

Sistem tasarımı yapılırken ilk olarak ısı ve nem ölçüm devresi tasarlandı ve ayrı bir kart üzerine baskı devresi çıkarıldı. Isı ve nem değerleri sht11 sensörü ile ölçüldü. İkinci aşamada ışık ölçümü için ayrı bir devre tasarlandı. Nabız içinde farklı bir kart üzerinde tasarım yapıldı. Isı, nem, ışık ve nabız devreleri şekil 5.1 de verilen baskı devre ile tek bir karta aktarıldı.

6. MİKRODENETLEYİCİ İÇİN YAZILMIŞ PROGRAM

```
@ DEVICE pic16F877A
@ DEVICE pic16F877A, WDT_OFF
@ DEVICE pic16F877A, PWRT_OFF
@ DEVICE pic16F877A, PROTECT_OFF
@ DEVICE pic16F877A, XT_OSC
DEFINE OSC 4
ADCON1=%10000000            'REF:VDD, AN0,AN1,AN3 ANALOG DIGERLERI
DIJITAL, SONUCU SAGA YASLA 10 BIT

DEFINE ADC_BITS 10 'A/D çevirim sonucu 10 bit
DEFINE ADC_CLOCK 3 'Clock kaynağı (3=rc)
DEFINE ADC_SAMPLEUS 100 'Örnekleme zamanı 100 mikro saniye cinsinden.

DEFINE LCD_DREG PORTD 'LCD data port
DEFINE LCD_DBIT 4 'LCD data starting bit 0 or 4
DEFINE LCD_RSREG PORTB 'LCD register select port
DEFINE LCD_RSBIT 1 'LCD register select bit
DEFINE LCD_EREG PORTC 'LCD enable port
DEFINE LCD_EBIT 7 'LCD enable bit
;DEFINE LCD_RWREG PORTC 'LCD read/write port
;DEFINE LCD_RWBIT 1 'LCD read/write bit
DEFINE LCD_BITS 4 'LCD bus size 4 or 8
DEFINE LCD_LINES 4 'Number lines on LCD
   ;   Low PORTC.1     ' LCD R/W line low (W)
    ;  Pause 100       ' Wait for LCD to start up

   LCDOUT $FE,$40,$6,$9,$9,$6,$0,$0,$0,$0        'derece işareti dataları
   LCDOUT $FE,$48,$04,$0e,$0e,$0e,$1f,$04,$04,$0
   LCDOUT $FE,$50,10,0,14,17,17,17,14,0
```

```
LCDOUT $FE,$58, 15, 16, 16, 14, 1, 13, 30, 0  'Ş KARAKTERI BILGISI (SIRA NO:3)
TRISC.6=0
;OPTION_REG.7=0
trisB= %11110001
;portB=0
;trisa=%00000000
PORTA=0
SES VAR PORTC.6

ISIB var byte
ISION var byte
NEMB VAR BYTE
NEMON VAR BYTE
AA var byte
BB var byte
CC var byte
DD var byte

'----------------------------değişkenler-------------------------------
   Y      VAR    BIT
   KONTROL VAR    BYTE
   ISI1   VAR    BYTE
   ISI2   VAR    BYTE
   U1     VAR    BYTE
   U2     VAR    BYTE
   C0     VAR    BYTE
   Z      VAR    BYTE
   H0     VAR    HAM.BYTE0
   H1     VAR    HAM.BYTE1
   HAM                VAR      WORD
   RAW    var    word
```

```
   ISI    VAR    WORD
   RUT    VAR    WORD
   P1     VAR    WORD
   P2     VAR    WORD
   P3     VAR    WORD
   C      VAR    WORD
   B      VAR    WORD
   W      VAR    WORD
   CLKK   VAR    PORTB.2
   DTAA   VAR    PORTB.3
   ISARET VAR    BIT   'sensor değeri 0 ise artı, 1 ise eksi
   SIGN   VAR    BIT   'ısı isareti 0 ise artı 1 ise eksi
   HATA   var    BIT
LCDOUT $FE,1,  "GAZi UNiVERSiTESi  "
LCDOUT $FE,$C0,"BiYOKAM      "
LCDOUT $FE,$D4,3,"ERiF CALI",3,"KAN   "
LCDOUT $FE,$94,"KUV",2,"Z KONTROL  "
PAUSE 4000
SETSA VAR BYTE
SETSU VAR BYTE
EEPROM 0,[20,25]
ROLE VAR PORTC.0
ROLE=0
TRISC.0=0
TRISE.2=1
X VAR WORD
X1 VAR WORD

 '----------------------------B A Ş L A N G I Ç ---------------------------
TUS VAR BYTE
TUS=50
        CLEAR
```

```
READ 0,SETSA
READ 1,SETSU
   PAUSE 500:ISARET=0

   gosub reset :GOSUB T_START
'-------------------------------------------------------------------------
'-------------------------------------------------------------------------
INTCON=%10110000   'BO VE TMR0 AÇIK
OPTION_REG=%10000100     'PRE=1/32 YÜKSELEN KENAR - PULLUP YOK
ON INTERRUPT GOTO KESME
SAYAC VAR BYTE
SURE VAR WORD[10]
ATIS VAR WORD
TMR0=5
I var byte
II VAR BYTE
II=0
I=0
NAB VAR WORD[10]
NAB=0
NABIZ VAR WORD

S VAR WORD

'-----------------------------------------
BASLA:
      KONTROL=%00000011:HAM=0   'SICAKLIK ÖLÇME
      GOSUB OLCUMAL
      Gosub ISIHESAP:GOSUB EKRAN1
FOR S=0 TO 250
      PAUSE 1
NEXT S
```

```
      KONTROL=%00000101:HAM=0 'RUTUBET ÖLÇME
      GOSUB OLCUMAL
      GOSUB RUTHESAP:GOSUB EKRAN2
FOR S=0 TO 300
      pause 1
NEXT S

     ; LCDOUT $FE,$94,"NABIZ=",DEC3 NABIZ
GOSUB TUSAL
IF TUS=1 THEN SETSA=SETSA+1
IF TUS=2 THEN SETSA=SETSA-1
IF TUS=3 THEN SETSU=SETSU+1
IF TUS=4 THEN SETSU=SETSU-1
IF SETSA<19 THEN SETSA=19
IF SETSU<25 THEN SETSU=25
IF ISI1<=SETSA THEN ROLE=1:LCDOUT $FE,$E0,"ISI.ACIK"
IF ISI1>=SETSU THEN ROLE=0:LCDOUT $FE,$E0,"        "
'------------------IŞIK OKUMA ----------------------------
 FOR S=0 TO 100
 PAUSE 1
 NEXT S

 ADCIN 7,X          '7 nolu kanaldan ISIK oku ve X değişkenine aktar.
 FOR S=0 TO 500
 PAUSE 1
 NEXT S

 BEKLE:
 IF ADCON0.2=1 THEN BEKLE   'AKTARMA BITMEDIYSE BEKLE
 IF X=X1 THEN BASLA    'OKUNAN DEGER ONCEKIYLE ESITSE TEKRAR
OKU
DISPLAY:
```

```
X1=X
IF X<=5 THEN
LCDOUT $FE,$D4,    "DU",3,"UK I",3,"IK"
GOTO BASLA
ENDIF

IF X>1000 THEN
LCDOUT $FE,$D4,    "YUKSEK I",3,"IK"
GOTO BASLA
ENDIF

LCDOUT $FE,$D4,   "ISIK=", #X," LUX"

; GOTO OKU

goto basla

TUSAL:
TUS=50
S1:IF PORTB.7=0 THEN TUS=1:GOTO S1
S2:IF PORTB.6=0 THEN TUS=2:GOTO S2
S3:IF PORTB.5=0 THEN TUS=3:GOTO S3
S4:IF PORTB.4=0 THEN TUS=4:GOTO S4
IF TUS<>50 THEN SOUND SES,[120,10,127,10]
RETURN

;BASLA:
      '****************** SICAKLIK GÖSTERME **********
;       KONTROL=%00000011:HAM=0   'SICAKLIK ÖLÇME
;       GOSUB OLCUMAL
;       Gosub ISIHESAP
;       if ISARET=1 THEN
```

```
;LCDOUT $FE,1,"SICAKLIK = -",DEC1 ISION,DEC1 ISIB
;LCDOut "SICAKLIK :-",DEC3 ISI1 , "," , DEC1 ISI2," ",0,"C "
          ;GOSUB DISPLAY1
;          ELSE
          ;GOSUB DISPLAY2
;LCDOUT $FE,1,"SICAKLIK =",DEC1 ISION,DEC1 ISIB,"    "

;       ENDIF
;       PAUSE 2000
      '****************** NEM GÖSTERME ****************
;      KONTROL=%00000101:HAM=0 'RUTUBET ÖLÇME
;      GOSUB OLCUMAL
;      GOSUB RUTHESAP
      ;GOSUB DISPLAY3
;LCDOUT $FE,$C0,"NEM = %",DEC1 NEMON,DEC1 NEMB
;       pause 2000
;       goto basla
'****************** NEM GÖRÜNTÜLENİYOR***************

'--------------------------------------EKRANA YAZ ----------------------------------------
-----
EKRAN1:      LCDOut $FE,2
      if ISARET=1 THEN
       LCDOut  "ISI:-",DEC  ISI1  ,  ","  ,  DEC1  ISI2,0,"C  ","T  ALT=",DEC2
SETSA:RETURN
      endIF
      LCDOut  "ISI:  ",DEC  ISI1  ,  ","  ,  DEC1  ISI2,0,"C  ","T  ALT=",DEC2
SETSA:RETURN
EKRAN2:      LCDOut $FE,$C0:
         LCDOut "NEM: ",DEC U1 , "," , DEC1 U2," % ","T UST=",DEC2 SETSU
                  RETURN
```

```
'------------------------------ İŞLEM START ------------------------------------------------
----
T_START:
      OUTPUT DTAA:OUTPUT CLKK
      HIGH DTAA
      LOW CLKK
      PAUSE 1
      HIGH CLKK
      LOW DTAA
      PAUSE 1
      LOW CLKK
      PAUSE 1
      HIGH CLKK
      PAUSE 1
      HIGH DTAA
      LOW CLKK
      RETURN

'-----------------------------R E S E T ---------------------------------------------------
RESET:  OUTPUT DTAA:OUTPUT CLKK':TRISA.0=0:TRISA.1=0'
      high DTAA=1
      FOR W=0 TO 9
      HIGH CLKK
      pause 1
      LOW CLKK
      Next W
      Return
'-----------------------SENSORE KOMUT GÖNDER ----------------------------------
OLCUMAL: GOSUB T_Start
      SHIFTOUT DTAA,CLKK,1,[KONTROL]
      INPUT DTAA
      PULSOUT CLKK,10
```

```
        HATA=0
        FOR W=0 to 65500
          IF DTAA=0 then EXIT
        NEXT W
        HATA=1
EXIT:  IF HATA=1 then
         gosub SENSORYOK
       endif
       SHIFTIN DTAA,CLKK,0,[H1]
       OUTPUT DTAA
       LOW DTAA
       PULSOUT CLKK,10
       INPUT DTAA
       SHIFTIN DTAA,CLKK,0,[H0]
       PULSOUT CLKK,10
       RETURN
'----------------------ISI HESAP ALT PROGRAMI----------------------------------
ISIHESAP:
          if ham<4000 then
            ISARET=1 'sıcaklık eksi değerde demek
            ISI1=(4000-HAM)/100
            ISI2=((4000-ham)//100)/10
            goto ISISON
          endif
          ISI1=(HAM-4000)/100
          ISI2=((HAM-4000)//100)/10
ISISON:    if HAM>16384 then
            ISI1=0:ISI2=0
          endif
ISIB=ISI1 MOD 10
ISION=ISI1/10
```

```
   RETURN

'-------------------------RUTUBET HESAP ALT PROGRAMI-----------------------------
------------------
 RUTHESAP:
        ISI=ISI1*10+ISI2
        p1=(26542-(54722**ham+ham))**ham-40
        P2=655+(HAM*5)+(HAM**15917)
        P3=(P2**(ISI/10+2480))-(P2**2730)+P1   ' kompanse edilmiş değer
        U1=p3/10:U2=p3//10
        IF ham>3710 THEN
          u1=0:U2=0
          GOTO SENSORYOK
        ENDIF
NEMB=U1 MOD 10
NEMON=U1/10
        return
'-------------------------------------------------------------------------------


SENSORYOK: LCDOUT $FE,$02,"   SENSOR YOK   "
        LCDOUT $FE,$C0," LUTFEN TAKINIZ "
        PAUSE 1500
        RETURN
'--------------------------------------
DISABLE
KESME:
IF INTCON.2=1 THEN 'TMR0 GELDİYSE
   TMR0=5
   SAYAC=SAYAC+1    '8 MSN GEÇTİYSE sayacı 1 artır
   INTCON.2=0
ENDIF
IF INTCON.1=1 THEN 'B0 INT GELDİYSE
```

```
   IF SAYAC<50 OR SAYAC>100 THEN SAYAC=0:GOTO ALA
   SURE[I]=SAYAC
   I=I+1
   IF I=10 THEN I=0
  ; SURE=SAYAC
   SAYAC=0
ATIS=(SURE[0]+SURE[1]+SURE[2]+SURE[3]+SURE[4]+SURE[5]+SURE[6]+S
URE[7]+SURE[8]+SURE[9])/10
   NAB[I]=60000/(ATIS*8)
NABIZ=(NAB[0]+NAB[1]+NAB[2]+NAB[3]+NAB[4]+NAB[5]+NAB[6]+NAB[7]
+NAB[8]+NAB[9])/10
 LCDOUT $FE,$94,"NABIZ=",DEC3 NABIZ
 ALA:
   INTCON.1=0
  ;pause 200
ENDIF
RESUME
ENABLE
         END
```

NABIZ VE SPO2 İÇİN YAZILIM

```
BAS:
Symbol BU = PORTB.0
Symbol SW = PORTB.1
Symbol LED = PORTA.0
Dim Sayac As Byte
Dim SPO As Byte
Dim j As Byte
Dim B As Byte
j=0
B=0
SPO=0
```

```
Sayac=0
DelayMS 100
TRISB = %00000011
Cls
Print At 1,1, "      NABIZ     "
Print At 2,1, "      SPO2      "
Sayac=0
DelayMS 100
AA:
   IF SW =1 THEN GOTO AA
j=1
      If Sayac =0 Then
  EndIf
While 1=1
Sayac=0
DelayMS 100
Sayac = Counter PORTB.0,900
Sayac= 50 * Sayac
DelayMS 100
Cls
     If  SPO < 60  Then
     ElseIf  SPO > 100 Then
     Else
     EndIf
Print At 1,1, "    NABIZ=", Dec Sayac,
  Sayac=0
  DelayMS 1000
GH3:
  GOTO GH3
Wend
ERR1:
Print At 1,1, "    ERR "
```

```
Print At 2,1, "        "
SS2:
  GOTO SS2
GH2:
Cls
Print At 2,1, "      SPO2      "
DelayMS 200
Cls
B=1
   If SPO =0 Then
  EndIf
While 1=1
SPO=0
DelayMS 500
SPO = Counter PORTB.0,3000
DelayMS 500
SPO= 2 * SPO
asm
   ADDWF PCL,F
   RETLW 0x80
   RETLW 0xE6
   RETLW 0x12
   RETLW 0x42
   RETLW 0x64
   RETLW 0x48
   RETLW 0x08
   RETLW 0xE2
   RETLW 0x00
   RETLW 0x40
   RETLW 0x18
   RETLW 0x3E
   RETLW 0x70
```

```
    RETLW 0x7E
    RETLW 0x24
    RETLW 0xBE
    RETLW 0xFE
    RETLW 0x1C
endasm
Cls
Print At 2,1, "    SPO2=","%", Dec SPO,
B=B+1
SS1:
  GOTO SS1
Wend

End
```

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yenidoğan bebeklerden bazıları, çeşitli nedenlerden dolayı, yeni ortama alışmakta zorluk çekmektedirler. Bu durumda gelişen teknolojiden yararlanarak bu bebeklerin büyük çoğunluğunun hayatta kalmaları sağlanabilir. Yeni doğan, premature bebeklerin hayatta kalmalarını sağlayacak cihazlar, her geçen gün daha da gelişmektedir. Bu tezde yeni doğan ünitelerine özgü bir kuvöz tasarımı gerçekleştirildi.

Sıcaklık ve nem değerleri, bebekler için çok önemli iki parametredir. Kuvöz içerisindeki bu değerlerin ölçülmesi sağlandı. Bu ölçümler için Sht11 sensörü kullanıldı. Mikrodenetleyici sıcaklığa bağlı olarak bir röle vasıtası ile rezistansı devreye sokmakta veya devreden çıkarmaktadır. Tuş takımı ile belirli bir sıcaklık değeri girilmekte ve sistem ortam sıcaklığını bu değerde tutulur.

Ortam ışığının ölçülmesi için Lx1972 sensörü kullanıldı. Gerekli yükselteç ve filtre devreleri tasarlanarak ortam ışığı hassas bir şekilde ölçüldü. Ortamdaki ışık miktarı istenilen aralığın dışına çıktığında sistem sesli ve görüntülü uyarı vermektedir.

Bebeklerde bir diğer önemli parametre ise nabızdır. Tasarlanan devre ile parmaktan nabız ve spo2 ölçümleri başarılı bir şekilde gerçekleştirildi.

Piyasada, kullanılan bu sensörlerden çok daha hassas olarak ölçüm yapan sensörler bulunmaktadır. Sensör kalitesi arttıkça sistemin maliyeti de çok artar. Daha hassas ölçüm gereken durumlarda bu sensörler kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Pickering LK, Baker CJ, Long SS, Mc Millan J,"American Academy of Pediatrics, Adenovirus enfeksiyonları. İcinde: (eds) Redbook enfeksiyon hastalıkları komite raporu". ***Elk Grove Village: IL American Academy of Pediatrics***,: 27 (2): 211 (2006).

2. Hacımustafaoğlu M., "Pediatride hastane kaynaklı enfeksiyonlardan korunma", ***Güncel Pediatri,*** 4: 95-9 (2005).

3. Peterson, LH., "Current Trends in Cardiovascular Physiology.",***The Physiologist*** 6(2): 115 (1963).

4. Mark G. R.," Introduction: The Functioional Anatomy of The Cardiovascular System", ***Quantitative Physiology***, (2004).

5. "Pulse Oximeter Laboratory" Internet: http://www.ece.arizona.edu/~bme517 /supporting%20documents/PulseOximeter/Pulse%20Oxi%20Meter%20Laboratory.htm, 2002 [Feb 2009].

6. Dave H., Roy Z., Tad S., Mike C., "Pulse Oximetry", ***Undergraduate Thesis, University of North Carolina***, (2003).

7. Hınçal A. E., **"**Yaşam Destek Ünitelerinde Kurulum, Bakım,Kalibrasyon ve Arıza Giderme Ders ***Notları''Elektrik Öğretmeni''***

8. MEGEP, Biyomedikal Cihaz Teknolojileri Kuvözler Modülü, (2008).

9. Yapar İ., Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, ***Bitirme tezi***, 9 (2010).

10. K. A., Reddy, George B., Mohan N. M., Kumar V. J., "A Novel Method for The Measurement of Oxygen Saturation in Arterial Blood", ***Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, IEEE,*** (2008).

11. Reddy K. A., George B., Mohan N. M., Kumar V. J., "A Novel Calibration-Free Method of Measurement of Oxygen Saturation in Arterial Blood", ***IEEE Transactıons On Instrumentatıon And Measurement***, 58(5): 1699-1705 (2009).

12. Shafique M., Kyriacou P. A., PalS. K., "Investigation Of Pulse Oximeter Failure Rates During Artificial Hypoperfusion Utilising A Custom Made Multimode Pulse Oximetry Sensor", ***33rd Annual International Conference of the IEEE MEMBS***, 3 (2011).

EKLER

EK-1. Lx1972 ışık sensörü datasheet

Microsemi

LX1972

Ambient Light Detector

PRODUCTION SPECIFICATION

DESCRIPTION

The LX1972 is a low cost silicon light sensor with spectral response that closely emulates the human eye.

Patented circuitry produces peak spectral response at 520nm, with IR response less than ±5%, of the peak response, above 900nm.

The photo sensor is a PIN diode array with a linear, accurate, and very repeatable current transfer function. High gain current mirrors on the chip multiply the PIN diode photo-current to a sensitivity level that can be voltage scaled with a standard value external resistor. Output current from this simple to use two-pin device can be used directly or converted to a voltage by placing it in series with a single resistor at either of its two pins.

Dynamic range is determined by the resistors (typically in the range of 10K to 100K) and power supply values. Typically the LX1972 needs only 1.8V of headroom to operate at 1000 Lux illumination.

Internal temperature compensation allows dark current to be kept below 200nA over the full specification temperature range (-40 to +85°C), providing high accuracy at low light levels. Usable ambient light conditions range is from 1 to more than 5000 Lux.

The LX1972 is optimized for controlling back lighting systems in low cost consumer products such as LCD TV, portable computers, and digital cameras.

IMPORTANT: For the most current data, consult *MICROSEMI*'s website: http://www.microsemi.com

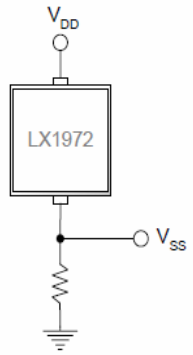
KEY FEATURES

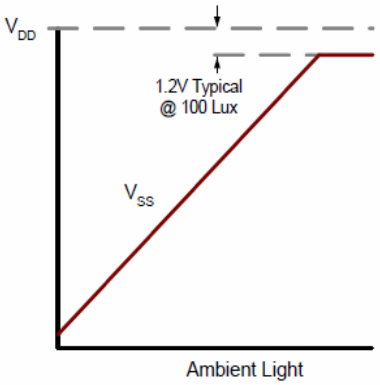
- Near Human Eye Spectral Response
- Very Low IR Sensitivity
- Highly Accurate & Repeatable Output Current vs. Light
- Scalable Output Voltage
- Temperature Stable
- Integrated High Gain Photo Current Amplifiers
- No Optical Filters Needed

APPLICATIONS

- Portable Electronic Displays
- LCD TV Backlight Systems
- Digital Still Cameras (DSC)
- Desk top Monitors
- Notebook Computers

PRODUCT HIGHLIGHT





LX1972 Top View

PACKAGE ORDER INFO

T_A (°C)	BC Plastic 1206 2-Pin
-40 to 85	LX1972IBC Pb-free

Note: Available in Tape & Reel. Append the letters "TR" to the part number. (i.e. LX1972IBC-TR)

Ek-1. (Devam) Lx1972 ışık sensörü datasheet

Microsemi

LX1972

Ambient Light Detector

PRODUCTION SPECIFICATION

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Input Voltage ..... -0.3V to 6V
Ground Current ..... Internally Limited
Operating Temperature Range ..... -40°C to 85°C
Maximum Operating Junction Temperature ..... 150°C
Storage Temperature Range ..... -65°C to 150°C
Peak Package Solder Reflow Temp. (40 second max. exposure) ... 255°C (+5, -0)

Note: Exceeding these ratings could cause damage to the device. All voltages are with respect to Ground. Currents are positive into, negative out of specified terminal.

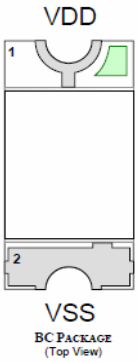
THERMAL DATA

BC Plastic 1206 2-Pin

THERMAL RESISTANCE-JUNCTION TO AMBIENT, θ_{JA}	850°C/W

Junction Temperature Calculation: $T_J = T_A + (P_D \times \theta_{JA})$.
The θ_{JA} numbers are guidelines for the thermal performance of the device/pc-board system. All of the above assume no ambient airflow.

PACKAGE PIN OUT



BC PACKAGE
(Top View)

Pb-free Gold Lead Finish

FUNCTIONAL PIN DESCRIPTION

Name	Description
VDD	Positive Terminal
VSS	Negative Terminal

CHARACTERISTIC CURVES

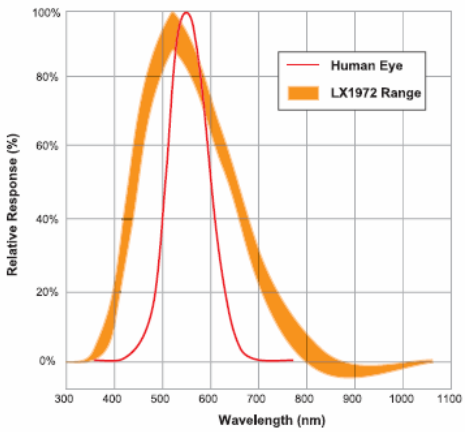


Chart 1 – Response vs. wavelenght

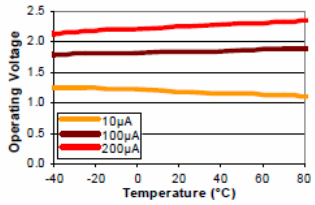


Chart 2 – Typical Operating Voltage Vs VSS Current

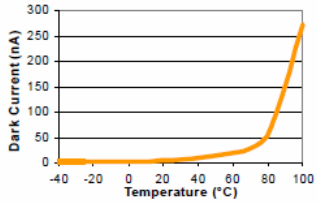


Chart 3 – Dark Leakages Vs. Temperature

Ek-1. (Devam) Lx1972 ışık sensörü datasheet

Microsemi

LX1972

Ambient Light Detector

PRODUCTION SPECIFICATION

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Unless otherwise specified, the following specifications apply over the operating ambient temperature -40°C ≤ T_A ≤ 85°C except where otherwise noted and the following test conditions: See Note 1, V_{DD} =5V, R_{SS} = 10K

Parameter	Symbol	Test Conditions	LX1972 Min	LX1972 Typ	LX1972 Max	Units
RESPONSE						
Peak Spectral Response	λ_{PR}			520		nm
Infrared Response	$\frac{I_{DD}(\lambda)}{I_{DD}(\lambda_{PR})}$	$E_{V(550nm)}$ = 292µW/cm², Current responsivity change with additional direct light input of 292µW/cm² at 910nm, Note 3	5	1	5	%
Minimum Operational Voltage	V_{DD}-V_{SS}	E_V = 14.6µW/cm², I_{SS} = 10µA		1.2	1.4	V
		E_V = 146µW/cm², I_{SS} = 100µA		1.8	2.1	
		E_V = 292µW/cm², I_{SS} = 200µA		2.2	2.6	
Light Current	I_{SS}	E_V = 14.6µW/cm², Note 2	7.5	10	12.5	µA
		E_V = 146µW/cm², Note 2	75	100	125	
		E_V = 292µW/cm², Note 2;	150	200	250	
Gain Linearity		14.6µW/cm² ≤ E_V ≤ 146µW/cm² @ 25°C	-15		15	%
Dark Current	$I_{DD(DARK)}$	E_V = 0µW/cm², T_A = 25°C		0.010	50	nA
		E_V = 0µW/cm²			200	
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	V_{RIPPLE} = 10mV_{P-P}, f = 10kHz		-25		dB
Radiant Sensitive Area				0.04		mm²

Notes:
1. The input irradiance (E_V) is supplied from a white light-emitting diode (LED) optical source adjusted to impose the specified E_V at a peak λ = 550nm.
2. See Figure 1.
3. See Figure 2.

TEST CIRCUITS

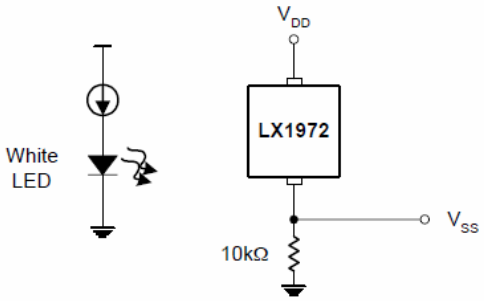


Figure 1 – Operational Voltage Measurement Circuit

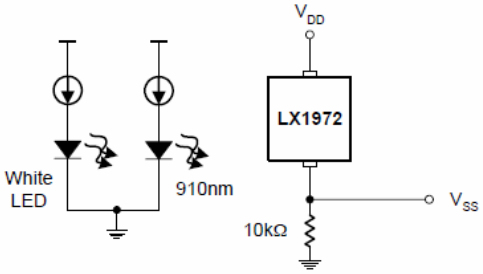


Figure 2 – IR Sensitivity Measurement Circuit

Ek-1. (Devam) Lx1972 ışık sensörü datasheet

Microsemi

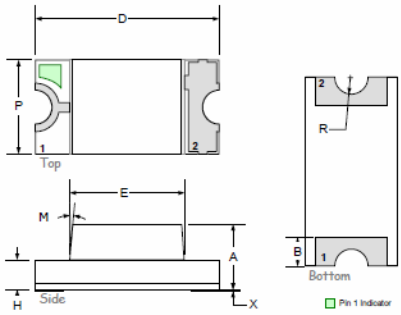
LX1972

Ambient Light Detector

PRODUCTION SPECIFICATION

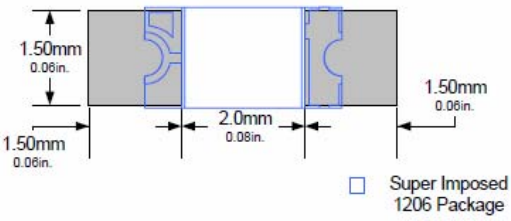
PACKAGE DIMENSIONS

BC 2-Pin 1206 Standard Carrier



Dim	MILLIMETERS		INCHES	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.95	1.25	0.037	0.049
B	.40	.70	0.016	0.028
D	3.05	3.35	0.120	0.132
E	1.85	2.15	0.073	0.085
H	0.35	0.65	0.014	0.026
M	3° nom		3° nom	
P	1.45	1.75	0.057	0.069
R	0.25 nom		0.010 nom	
X	0.02	0.04	0.0008	0.0016

Note:
Dimensions do not include protrusions; these shall not excee 0.155mm (.006") on any side.



Recommended Soldering Pattern for reflow soldering of the BC (1206) package.

Basic specification is < 5 seconds @ 260°C when applying solder.

Ek-2. Sht11 datasheet

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15)

Humidity and Temperature Sensor

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable

Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

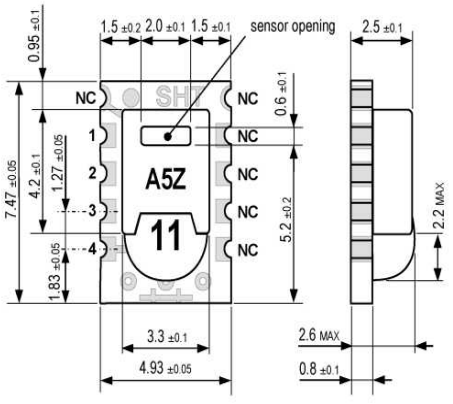


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:SCK, 4:VDD.

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit *EK-H4* available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check www.sensirion.com/humidity.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution [1]		0.4	0.05	0.05	%RH
		8	12	12	bit
Accuracy [2] SHT10	typical		±4.5		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy [2] SHT11	typical		±3.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Accuracy [2] SHT15	typical		±2.0		%RH
	maximal	see Figure 2			
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time [3]	τ (63%)		8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift [4]	normal		< 0.5		%RH/yr

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution [1]		0.04	0.01	0.01	°C
		12	14	14	bit
Accuracy [2] SHT10	typical		±0.5		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy [2] SHT11	typical		±0.4		°C
	maximal	see Figure 3			
Accuracy [2] SHT15	typical		±0.3		°C
	maximal	see Figure 3			
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40		123.8	°C
		-40		254.9	°F
Response Time [6]	τ (63%)	5		30	s
Long term drift			< 0.04		°C/yr

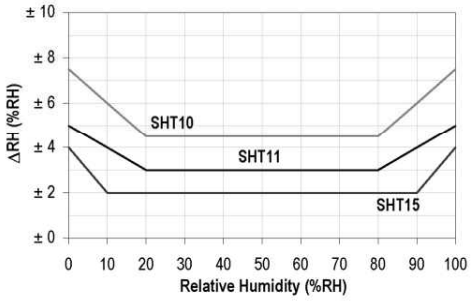


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

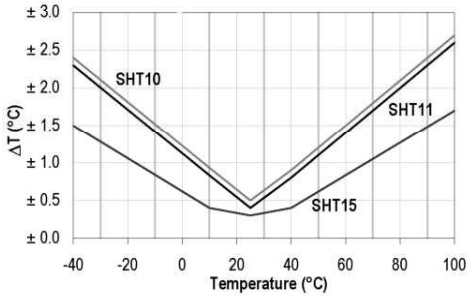


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption [5]	sleep		2	5	µW
	measuring		3		mW
	average		90		µW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 60%RH				

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

[1] The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12/8bit by command to status register.

[2] Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (77°F) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

[3] Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

[4] Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

[5] Values for VDD=3.3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

[6] Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Users Guide SHT1x

1 Application Information

1.1 Operating Conditions

Sensor works stable within recommended normal range – see Figure 4. Long term exposures to conditions outside normal range, especially at humidity >80%RH, may temporarily offset the RH signal (+3 %RH after 60h). After return to normal range it will slowly return towards calibration state by itself. See Section 1.4 "Reconditioning Procedure" to accelerate eliminating the offset. Prolonged exposure to extreme conditions may accelerate ageing.

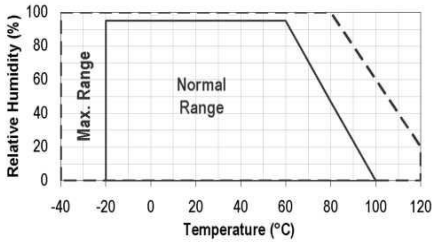


Figure 4: Operating Conditions

1.2 Soldering instructions

For soldering SHT1x standard reflow soldering ovens may be used. The sensor is qualified to withstand soldering profile according to IPC/JEDEC J-STD-020D with peak temperatures at 260°C during up to 40sec including Pb-free assembly in IR/Convection reflow ovens.

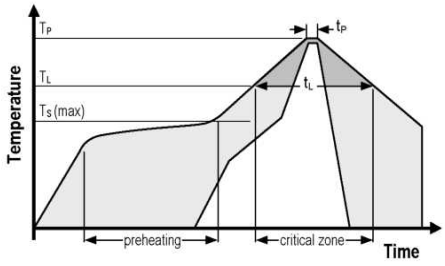


Figure 5: Soldering profile according to JEDEC standard. T_P <= 260°C and t_P < 40sec for Pb-free assembly. T_L < 220°C and t_L < 150sec. Ramp-up/down speeds shall be < 5°C/sec.

For soldering in Vapor Phase Reflow (VPR) ovens the peak conditions are limited to T_P < 233°C during t_P < 60sec and ramp-up/down speeds shall be limited to 10°C/sec. For manual soldering contact time must be limited to 5 seconds at up to 350°C[7].

[7] 233°C = 451°F, 260°C = 500°F, 350°C = 662°F

IMPORTANT: After soldering the devices should be stored at >75%RH for at least 12h to allow the polymer to re-hydrate. Otherwise the sensor may read an offset that slowly disappears if exposed to ambient conditions. Alternatively the re-hydration process may be performed at ambient conditions (>40%RH) during more than 5 days.

In no case, neither after manual nor reflow soldering, a board wash shall be applied. Therefore it is strongly recommended to use "no-clean" solder paste. In case of application with exposure of the sensor to corrosive gases or condensed water (i.e. environments with high relative humidity) the soldering pads shall be sealed (e.g. conformal coating) to prevent loose contacts or short cuts.

For the design of the SHT1x footprint it is recommended to use dimensions according to Figure 7. Sensor pads are coated with 35µm Cu, 5µm Ni and 0.1µm Au.

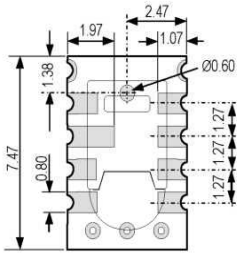


Figure 6: Rear side electrodes of sensor, view from top side.

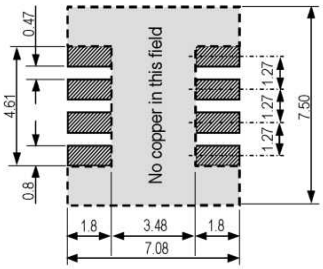


Figure 7: Recommended footprint for SHT1x. Values in mm.

1.3 Storage Conditions and Handling Instructions

It is of great importance to understand that a humidity sensor is not a normal electronic component and needs to be handled with care. Chemical vapors at high concentration in combination with long exposure times may offset the sensor reading.

For these reasons it is recommended to store the sensors in original packaging including the sealed ESD bag at

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

following conditions: Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C (0 – 125°C for limited time) and humidity at 20 – 60%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of metal-in PE-HD[8].

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document *"Handling Instructions"* or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h [9].

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).

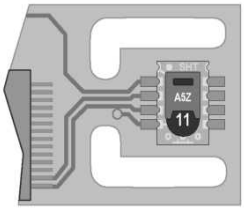


Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slits milled into PCB to minimize heat transfer.

[8] For example, 3M antistatic bag, product "1910" with zipper .

[9] 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 - SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

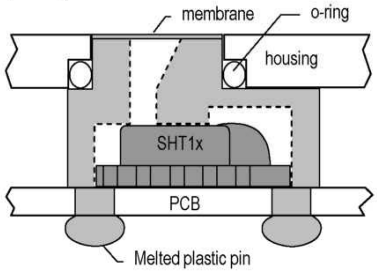


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): Use high filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill), and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used. Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note "ESD, Latch-up and EMC" for more information.

1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ±100mA with T_{amb} = 80°C according to JEDEC78A. See Application Note "ESD, Latch-up and EMC" for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

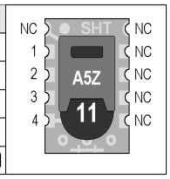


Table 1: SHT1x pin assignment, NC remain floating.

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I²C protocol; however, the sensor can be connected to an I²C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

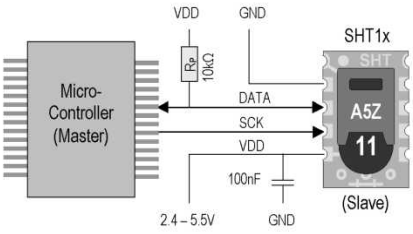


Figure 10: Typical application circuit, including pull up resistor R_P and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK the DATA value may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{SU} and T_{HO} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T_V after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10kΩ) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristic of the sensor.

2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage if not stated otherwise.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
Power supply DC[10]		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring		0.55	1	mA
	average[11]	2	28		µA
	sleep		0.3	1.5	µA
Low level output voltage	I_{OL} < 4 mA	0		250	mV
High level output voltage	R_P < 25 kΩ	90%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	µA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	µA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_P stands for pull up resistor, while I_{OL} is low level output current.

[10] Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

[11] Minimum value with one measurement of 8bit resolution without OTP reload per second. Typical value with one measurement of 12bit resolution per second.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

Absolute maximum ratings for VDD versus GND are +7V and -0.3V. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown). For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

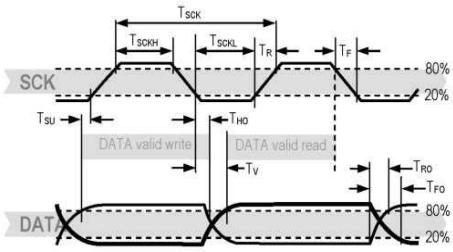


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Note that DATA valid read time is triggered by falling edge of anterior toggle.

	Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
F_{SCK}	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5	MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1	MHz
T_{SCKx}	SCK hi/low time		100			ns
T_R/T_F	SCK rise/fall time		1	200	*	ns
T_{FO}	DATA fall time	OL = 5pF	3.5	10	20	ns
		OL = 100pF	30	40	200	ns
T_{RO}	DATA rise time		**	**	**	ns
T_V	DATA valid time		200	250	***	ns
T_{SU}	DATA setup time		100	150	***	ns
T_{HO}	DATA hold time		10	15	****	ns

* $T_{R_max} + T_{F_max} = (F_{SCK})^{-1} - T_{SCKH} - T_{SCKL}$

** T_{R0} is determined by the R_P*C_{bus} time-constant at DATA line

*** T_{V_max} and T_{SU_max} depend on external pull-up resistor (R_P) and total bus line capacitance (Cbus) at DATA line

**** $T_{H0_max} < T_V - \max(T_{R0}, T_{F0})$

Table 3: SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entities are displayed in Figure 11.

3 Communication with Sensor

3.1 Start up Sensor

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slew rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 11ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

3.2 Sending a Command

To initiate a transmission, a Transmission Start sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high – see Figure 12.

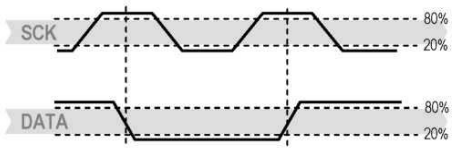


Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	**00011**
Measure Relative Humidity	**00101**
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	**11110**

Table 4: SHT1x list of commands

3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('00000101' for relative humidity, '00000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used).

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ACK high. The device automatically returns to Sleep Mode after measurement and communication are completed.

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

3.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. This must be followed by a Transmission Start sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

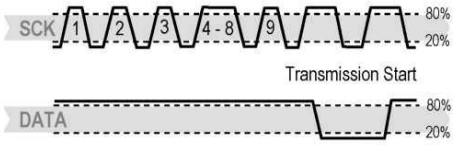


Figure 13: Connection Reset Sequence

3.5 CRC Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned. Please consult Application Note "CRC Checksum" for information on how to calculate the CRC.

3.6 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end-of-battery notice, use of OTP reload or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figure 14 and Figure 15 – the assignation of the bits is displayed in Table 5.

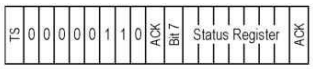


Figure 14: Status Register Write

Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figure 16 and Figure 17.

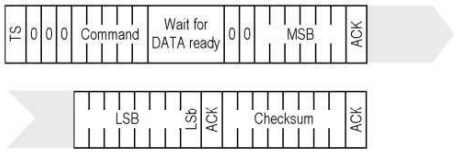


Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, LSb = Last Significant Bit.

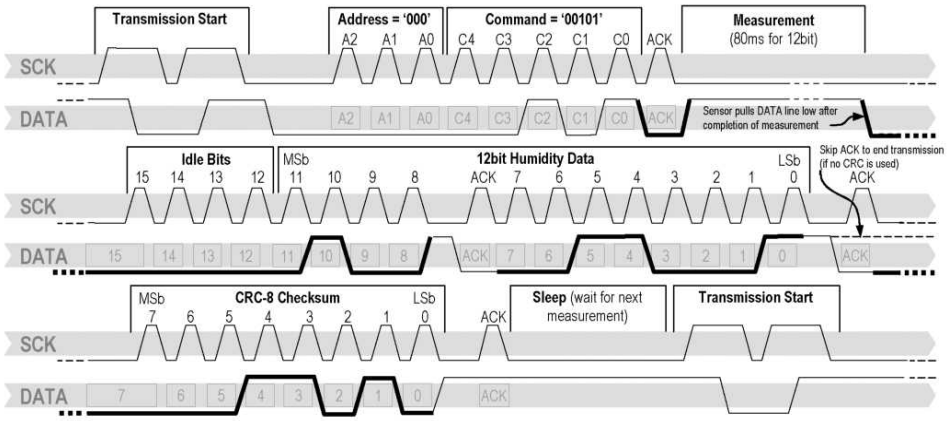


Figure 17: Example RH measurement sequence for value "0000'0100"0011'0001" = 1073 = 35.50%RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

Bit	Type	Description	Default	
7		reserved	0	
6	R	End of Battery (low voltage detection) '0' for VDD > 2.47 '1' for VDD < 2.47	X	No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0	
4		reserved	0	
3		For Testing only, do not use	0	
2	R/W	Heater	0	off
1	R/W	no reload from OTP	0	reload
0	R/W	'1' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution '0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0	12bit RH 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

Measurement resolution: The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

End of Battery function detects and notifies VDD voltages below 2.47V. Accuracy is ±0.05V.

Heater: An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by 5 – 10°C[12] beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases at the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

OTP reload: With this operation the calibration data is uploaded to the register before each measurement. This may be deactivated for reducing measurement time by about 10ms.

4 Conversion of Signal Output

4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout (SO_{RH}) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{linear} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^{\ 2} \quad (\%RH)$$

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-2.0468	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0468	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: V4 humidity conversion coefficients

The values given in Table 6 are optimized coefficients for V4 sensors. The parameter set for V3 sensors, which has been proposed in earlier datasheets, still applies and is provided by Sensirion upon request.

Values higher than 99% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH[13]. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

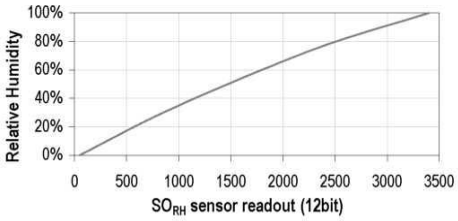


Figure 18: Conversion from SO_{RH} to relative humidity

4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from 25°C (~77°F) the humidity signal requires temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to 0.12%RH/°C @ 50%RH. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 7.

$$RH_{true} = (T_{°C} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{linear}$$

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7: Temperature compensation coefficients[14]

4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design.

[12] Corresponds to 9 – 18°F

[13] If wetted excessively (strong condensation of water on sensor surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.

[14] Coefficients apply both to V3 as well as to V4 sensors.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

Use the following formula to convert digital readout (SO_T) to temperature value, with coefficients given in Table 8:

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

VDD	d_1 (°C)	d_1 (°F)
5V	-40.1	-40.2
4V	-39.8	-39.6
3.5V	-39.7	-39.5
3V	-39.6	-39.3
2.5V	-39.4	-38.9

SO_T	d_2 (°C)	d_2 (°F)
14bit	0.01	0.018
12bit	0.04	0.072

Table 8: Temperature conversion coefficients[15].

4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

For dew point (T_d) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 – 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 9:

$$T_d(RH,T) = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}}$$

Temperature Range	Tn (°C)	m
Above water, 0 – 50°C	243.12	17.62
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

Table 9: Parameters for dew point (T_d) calculation.

Please note that "ln(…)" denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For more information on dew point calculation see Application Note "Introduction to Humidity".

5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. G qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100 temperature grade 2 test conditions listed in Table 10[16]. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results[17]
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C - 125°C, 1000 cycles Acc. JESD22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH / ≈2.3bar, 96h	Within specifications
THU	85°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD immunity	MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with T_{amb} = 80°C, acc. JEDEC 17	Qualified

Table 10: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime, TC = Temperature Cycles, UHST = Unbiased Highly accelerated Stress Test, THB = Temperature Humidity Unbiased

6 Packaging

6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Device size is 7.47 x 4.93 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch), see Figure 1, weight is 100 mg.

6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap (for reference: V3 sensors were labeled with numeric codes) – see "A5Z" on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production,

[15] Temperature coefficients have slightly been adjusted compared to datasheet SHTxx version 3.01. Coefficients apply to V3 as well as V4 sensors.

[16] Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

[17] According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

calibration and testing. No information can be derived from the code directly; respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

Labels on the reels are displayed in Figures 19 and 20, they both give traceability information.

Lot No.: XXO-NN-YRRRTTTTT
Quantity: RRRR
RoHS: Compliant

Lot No.

Figure 19: First label on reel: XX = Sensor Type (11 for SHT11), NN = Chip Version (04 for V4), Y = last digit of year, RRR = number of sensors on reel divided by 10 (200 for 2000 units), TTTTT = Traceability Code.

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Device Type:	1-100PPP-NN
Description:	Humidity & Temperature Sensor SHTxx
Part Order No.	1-100PPP-NN or Customer Number
Date of Delivery:	DD.MM.YYYY
Order Code:	46CCCC / 0

Figure 20: Second label on reel: For Device Type and Part Order Number please refer to Table 12, Delivery Date (also Date Code) is date of packaging of sensors (DD = day, MM = month, YYYY = year), CCCC = Sensirion order number.

6.3 Shipping Package

SHT1x are shipped in 12mm tape at 100pcs, 400pcs and 2000pcs – for details see Figure 21 and Table 11. Reels are individually labeled with barcode and human readable labels.

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100218-04
SHT11	Tape & Reel	100	1-100051-04
	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

Table 11: Packaging types per sensor type.

Dimensions of packaging tape are given in Figure 21. All tapes have a minimum of 480mm empty leader tape (first pockets of the tape) and a minimum of 300mm empty trailer tape (last pockets of the tape).

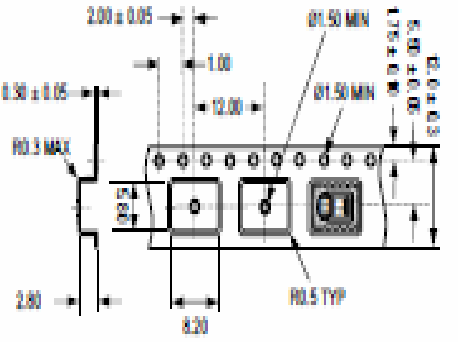


Figure 21: Tape configuration and unit orientation within tape, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). The leader tape is at the right side of the figure while the trailer tape is to the left (direction of unreeling).

Ek-2. (Devam) Sht11 datasheet

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Revision History

Date	Version	Page(s)	Changes
July 2008	4.0	1 – 11	New release, rework of datasheet
September 2008	4.1	3, 4	Adjustment of normal operating range and recommendation for antistatic bag
April 2009	4.2	2, 7	Amended foot note 2, communication diagram updated (Figure 17).
May 2010	4.3	1 – 11	Various errors corrected and additional information given (ask for change protocol).

Important Notices

Warning, Personal Injury

Do not use this product as safety or emergency stop devices or in any other application where failure of the product could result in personal injury. Do not use this product for applications other than its intended and authorized use. Before installing, handling, using or servicing this product, please consult the data sheet and application notes. Failure to comply with these instructions could result in death or serious injury.

If the Buyer shall purchase or use SENSIRION products for any unintended or unauthorized application, Buyer shall defend, indemnify and hold harmless SENSIRION and its officers, employees, subsidiaries, affiliates and distributors against all claims, costs, damages and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if SENSIRION shall be allegedly negligent with respect to the design or the manufacture of the product.

ESD Precautions

The inherent design of this component causes it to be sensitive to electrostatic discharge (ESD). To prevent ESD-induced damage and/or degradation, take customary and statutory ESD precautions when handling this product.
See application note "ESD, Latchup and EMC" for more information.

Warranty

SENSIRION warrants solely to the original purchaser of this product for a period of 12 months (one year) from the date of delivery that this product shall be of the quality, material and workmanship defined in SENSIRION's published specifications of the product. Within such period, if proven to be defective, SENSIRION shall repair and/or replace this product, in SENSIRION's discretion, free of charge to the Buyer, provided that:

- notice in writing describing the defects shall be given to SENSIRION within fourteen (14) days after their appearance;
- such defects shall be found, to SENSIRION's reasonable satisfaction, to have arisen from SENSIRION's faulty design, material, or workmanship;
- the defective product shall be returned to SENSIRION's factory at the Buyer's expense; and
- the warranty period for any repaired or replaced product shall be limited to the unexpired portion of the original period.

This warranty does not apply to any equipment which has not been installed and used within the specifications recommended by SENSIRION for the intended and proper use of the equipment. EXCEPT FOR THE WARRANTIES EXPRESSLY SET FORTH HEREIN, SENSIRION MAKES NO WARRANTIES, EITHER EXPRESS OR IMPLIED, WITH RESPECT TO THE PRODUCT. ANY AND ALL WARRANTIES, INCLUDING WITHOUT LIMITATION, WARRANTIES OF MERCHANTABILITY OR FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, ARE EXPRESSLY EXCLUDED AND DECLINED.
SENSIRION is only liable for defects of this product arising under the conditions of operation provided for in the data sheet and proper use of the goods. SENSIRION explicitly disclaims all warranties, express or implied, for any period during which the goods are operated or stored not in accordance with the technical specifications.
SENSIRION does not assume any liability arising out of any application or use of any product or circuit and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. All operating parameters, including without limitation recommended parameters, must be validated for each customer's applications by customer's technical experts. Recommended parameters can and do vary in different applications.
SENSIRION reserves the right, without further notice, (i) to change the product specifications and/or the information in this document and (ii) to improve reliability, functions and design of this product.

Copyright© 2009, SENSIRION.
CMOSens® is a trademark of Sensirion
All rights reserved

Headquarter and Sales Offices

Headquarter
SENSIRION AG
Laubisruetistr. 50
CH-8712 Staefa ZH
Switzerland
Phone: +41 44 306 40 00
Fax: +41 44 306 40 30
info@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

Sales Office USA:
SENSIRION Inc.
2801 Townsgate Rd., Suite 204
Westlake Village, CA 91361
USA
Phone: +1 805 409 4900
Fax: +1 805 435 0467
michael.karst@sensirion.com
http://www.sensirion.com/

Sales Office Japan:
SENSIRION JAPAN Co. Ltd.
Postal Code: 108-0074
Shinagawa Station Bldg. 7F,
4-23-5, Takanawa, Minato-ku
Tokyo, Japan
Phone: +81 3 3444 4940
Fax: +81 3 3444 4939
info@sensirion.co.jp
http://www.sensirion.co.jp

Sales Office Korea:
SENSIRION KOREA Co. Ltd.
#1414, Anyang Construction Tower B/D,
1112-1, Bisan-dong, Anyang-city
Gyeonggi-Province
South Korea
Phone: +82 31 440 9925~27
Fax: +82 31 440 9927
info@sensirion.co.kr
http://www.sensirion.co.kr

Sales Office China:
Sensirion China Co. Ltd.
Room 2411, Main Tower
Jin Zhong Huan Business Building,
Futian District, Shenzhen,
Postal Code 518048
PR China
phone: +86 755 8252 1501
fax: +86 755 8252 1580
info@sensirion.com.cn
www.sensirion.com.cn

Find your local representative at: http://www.sensirion.com/reps

Ek-3. LM358-N Datasheet

LM158/LM258/LM358/LM2904 Low Power Dual Operational Amplifiers

Check for Samples: LM158-N, LM258-N, LM2904-N, LM358-N

FEATURES

- Available in 8-Bump DSBGA Chip-Sized Package, (See AN-1112 (SNVA009))
- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100 dB
- Wide Bandwidth (Unity Gain): 1 MHz (Temperature Compensated)
- Wide Power Supply Range:
  - Single Supply: 3V to 32V
  - Or Dual Supplies: ±1.5V to ±16V
- Very Low Supply Current Drain (500 µA)—Essentially Independent of Supply Voltage
- Low Input Offset Voltage: 2 mV
- Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground
- Differential Input Voltage Range Equal to the Power Supply Voltage
- Large Output Voltage Swing

UNIQUE CHARACTERISTICS

- In the Llinear Mode the Input Common-Mode Voltage Range Includes Ground and the Output Voltage Can Also Swing to Ground, even though Operated from Only a Single Power Supply Voltage.
- The Unity Gain Cross Frequency is Temperature Compensated.
- The Input Bias Current is also Temperature Compensated.

ADVANTAGES

- Two Internally Compensated Op Amps
- Eliminates Need for Dual Supplies
- Allows Direct Sensing Near GND and V_{OUT} Also Goes to GND
- Compatible with All Forms of Logic
- Power Drain Suitable for Battery Operation

DESCRIPTION

The LM158 series consists of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, the LM158 series can be directly operated off of the standard +5V power supply voltage which is used in digital systems and will easily provide the required interface electronics without requiring the additional ±15V power supplies.

The LM358 and LM2904 are available in a chip sized package (8-Bump DSBGA) using TI's DSBGA package technology.

Please be aware that an important notice concerning availability, standard warranty, and use in critical applications of Texas Instruments semiconductor products and disclaimers thereto appears at the end of this data sheet.

All trademarks are the property of their respective owners.

PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of the Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

Ek-3. (Devam) LM358-N Datasheet

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)(2)

		LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^+		32V	26V
Differential Input Voltage		32V	26V
Input Voltage		−0.3V to +32V	−0.3V to +26V
Power Dissipation(3)			
PDIP (P)		830 mW	830 mW
TO-99 (LMC)		550 mW	
SOIC (D)		530 mW	530 mW
DSBGA (YPB)		435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier)(4)	$V^+ \le 15V$ and $T_A = 25°C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$)(5)		50 mA	50 mA
Operating Temperature Range			
LM358		0°C to +70°C	−40°C to +85°C
LM258		−25°C to +85°C	
LM158		−55°C to +125°C	
Storage Temperature Range		−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temperature, PDIP (P)			
(Soldering, 10 seconds)		260°C	260°C
Lead Temperature, TO-99 (LMC)			
(Soldering, 10 seconds)		300°C	300°C
Soldering Information			
PDIP Package (P)			
Soldering (10 seconds)		260°C	260°C
SOIC Package (D)			
Vapor Phase (60 seconds)		215°C	215°C
Infrared (15 seconds)		220°C	220°C
ESD Tolerance(6)		250V	250V

(1) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(3) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
(4) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
(5) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than −0.3V (at 25°C).
(6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

Ek-3. (Devam) LM358-N Datasheet

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)(2)

		LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^+		32V	26V
Differential Input Voltage		32V	26V
Input Voltage		−0.3V to +32V	−0.3V to +26V
Power Dissipation(3)			
PDIP (P)		830 mW	830 mW
TO-99 (LMC)		550 mW	
SOIC (D)		530 mW	530 mW
DSBGA (YPB)		435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier)(4)	$V^+ \le 15V$ and $T_A = 25°C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$)(5)		50 mA	50 mA
Operating Temperature Range			
LM358		0°C to +70°C	−40°C to +85°C
LM258		−25°C to +85°C	
LM158		−55°C to +125°C	
Storage Temperature Range		−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temperature, PDIP (P)			
(Soldering, 10 seconds)		260°C	260°C
Lead Temperature, TO-99 (LMC)			
(Soldering, 10 seconds)		300°C	300°C
Soldering Information			
PDIP Package (P)			
Soldering (10 seconds)		260°C	260°C
SOIC Package (D)			
Vapor Phase (60 seconds)		215°C	215°C
Infrared (15 seconds)		220°C	220°C
ESD Tolerance(6)		250V	250V

(1) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(3) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
(4) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
(5) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than −0.3V (at 25°C).
(6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

Ek-3. (Devam) LM358-N Datasheet

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)(2)

		LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^+		32V	26V
Differential Input Voltage		32V	26V
Input Voltage		−0.3V to +32V	−0.3V to +26V
Power Dissipation(3)			
PDIP (P)		830 mW	830 mW
TO-99 (LMC)		550 mW	
SOIC (D)		530 mW	530 mW
DSBGA (YPB)		435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier)(4)	$V^+ \le 15V$ and $T_A = 25°C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$)(5)		50 mA	50 mA
Operating Temperature Range			
LM358		0°C to +70°C	−40°C to +85°C
LM258		−25°C to +85°C	
LM158		−55°C to +125°C	
Storage Temperature Range		−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temperature, PDIP (P)			
(Soldering, 10 seconds)		260°C	260°C
Lead Temperature, TO-99 (LMC)			
(Soldering, 10 seconds)		300°C	300°C
Soldering Information			
PDIP Package (P)			
Soldering (10 seconds)		260°C	260°C
SOIC Package (D)			
Vapor Phase (60 seconds)		215°C	215°C
Infrared (15 seconds)		220°C	220°C
ESD Tolerance(6)		250V	250V

(1) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(3) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
(4) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
(5) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than −0.3V (at 25°C).
(6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

Ek-3. (Devam) LM358-N Datasheet

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS(1)(2)

		LM158/LM258/LM358 LM158A/LM258A/LM358A	LM2904
Supply Voltage, V^+		32V	26V
Differential Input Voltage		32V	26V
Input Voltage		−0.3V to +32V	−0.3V to +26V
Power Dissipation(3)			
PDIP (P)		830 mW	830 mW
TO-99 (LMC)		550 mW	
SOIC (D)		530 mW	530 mW
DSBGA (YPB)		435mW	
Output Short-Circuit to GND (One Amplifier)(4)	$V^+ \le 15V$ and $T_A = 25°C$	Continuous	Continuous
Input Current ($V_{IN} < -0.3V$)(5)		50 mA	50 mA
Operating Temperature Range			
LM358		0°C to +70°C	−40°C to +85°C
LM258		−25°C to +85°C	
LM158		−55°C to +125°C	
Storage Temperature Range		−65°C to +150°C	−65°C to +150°C
Lead Temperature, PDIP (P)			
(Soldering, 10 seconds)		260°C	260°C
Lead Temperature, TO-99 (LMC)			
(Soldering, 10 seconds)		300°C	300°C
Soldering Information			
PDIP Package (P)			
Soldering (10 seconds)		260°C	260°C
SOIC Package (D)			
Vapor Phase (60 seconds)		215°C	215°C
Infrared (15 seconds)		220°C	220°C
ESD Tolerance(6)		250V	250V

(1) Refer to RETS158AX for LM158A military specifications and to RETS158X for LM158 military specifications.
(2) If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the TI Sales Office/Distributors for availability and specifications.
(3) For operating at high temperatures, the LM358/LM358A, LM2904 must be derated based on a +125°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 120°C/W for PDIP, 182°C/W for TO-99, 189°C/W for SOIC package, and 230°C/W for DSBGA, which applies for the device soldered in a printed circuit board, operating in a still air ambient. The LM258/LM258A and LM158/LM158A can be derated based on a +150°C maximum junction temperature. The dissipation is the total of both amplifiers—use external resistors, where possible, to allow the amplifier to saturate or to reduce the power which is dissipated in the integrated circuit.
(4) Short circuits from the output to V^+ can cause excessive heating and eventual destruction. When considering short circuits to ground, the maximum output current is approximately 40 mA independent of the magnitude of V^+. At values of supply voltage in excess of +15V, continuous short-circuits can exceed the power dissipation ratings and cause eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.
(5) This input current will only exist when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistors becoming forward biased and thereby acting as input diode clamps. In addition to this diode action, there is also lateral NPN parasitic transistor action on the IC chip. This transistor action can cause the output voltages of the op amps to go to the V^+voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output states will re-establish when the input voltage, which was negative, again returns to a value greater than −0.3V (at 25°C).
(6) Human body model, 1.5 kΩ in series with 100 pF.

Copyright © 2000–2013, Texas Instruments Incorporated

Ek-4. AD620 Datasheet

ANALOG DEVICES

Low Cost Low Power Instrumentation Amplifier

AD620

FEATURES

Easy to use
- **Gain set with one external resistor (Gain range 1 to 10,000)**
- **Wide power supply range (±2.3 V to ±18 V)**
- **Higher performance than 3 op amp IA designs**
- **Available in 8-lead DIP and SOIC packaging**
- **Low power, 1.3 mA max supply current**

Excellent dc performance (B grade)
- **50 µV max, input offset voltage**
- **0.6 µV/°C max, input offset drift**
- **1.0 nA max, input bias current**
- **100 dB min common-mode rejection ratio (G = 10)**

Low noise
- **9 nV/√Hz @ 1 kHz, input voltage noise**
- **0.28 µV p-p noise (0.1 Hz to 10 Hz)**

Excellent ac specifications
- **120 kHz bandwidth (G = 100)**
- **15 µs settling time to 0.01%**

APPLICATIONS

Weigh scales
ECG and medical instrumentation
Transducer interface
Data acquisition systems
Industrial process controls
Battery-powered and portable equipment

CONNECTION DIAGRAM

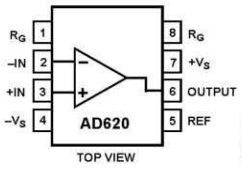


Figure 1. 8-Lead PDIP (N), CERDIP (Q), and SOIC (R) Packages

PRODUCT DESCRIPTION

The AD620 is a low cost, high accuracy instrumentation amplifier that requires only one external resistor to set gains of 1 to 10,000. Furthermore, the AD620 features 8-lead SOIC and DIP packaging that is smaller than discrete designs and offers lower power (only 1.3 mA max supply current), making it a good fit for battery-powered, portable (or remote) applications.

The AD620, with its high accuracy of 40 ppm maximum nonlinearity, low offset voltage of 50 µV max, and offset drift of 0.6 µV/°C max, is ideal for use in precision data acquisition systems, such as weigh scales and transducer interfaces. Furthermore, the low noise, low input bias current, and low power of the AD620 make it well suited for medical applications, such as ECG and noninvasive blood pressure monitors.

The low input bias current of 1.0 nA max is made possible with the use of Superβeta processing in the input stage. The AD620 works well as a preamplifier due to its low input voltage noise of 9 nV/√Hz at 1 kHz, 0.28 µV p-p in the 0.1 Hz to 10 Hz band, and 0.1 pA/√Hz input current noise. Also, the AD620 is well suited for multiplexed applications with its settling time of 15 µs to 0.01%, and its cost is low enough to enable designs with one in-amp per channel.

Table 1. Next Generation Upgrades for AD620

Part	Comment
AD8221	Better specs at lower price
AD8222	Dual channel or differential out
AD8226	Low power, wide input range
AD8220	JFET input
AD8228	Best gain accuracy
AD8295	+2 precision op amps or differential out
AD8429	Ultra low noise

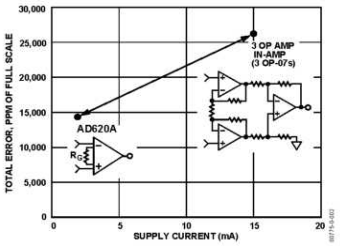


Figure 2. Three Op Amp IA Designs vs. AD620

Rev. H
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties that may result from its use. Specifications subject to change without notice. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices. Trademarks and registered trademarks are the property of their respective owners.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781.329.4700 www.analog.com
Fax: 781.326.8703© 2003–2011 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Ek-4. (Devam) AD620 Datasheet

SPECIFICATIONS

Typical @ 25°C, V_S = ±15 V, and R_L = 2 kΩ, unless otherwise noted.

Table 2.

		AD620A			AD620B			AD620S[1]			
Parameter	**Conditions**	**Min**	**Typ**	**Max**	**Min**	**Typ**	**Max**	**Min**	**Typ**	**Max**	**Unit**
GAIN	G = 1 + (49.4 kΩ/R_G)										
Gain Range		1		10,000	1		10,000	1		10,000	
Gain Error[2]	V_{OUT} = ±10 V										
G = 1			0.03	0.10		0.01	0.02		0.03	0.10	%
G = 10			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 100			0.15	0.30		0.10	0.15		0.15	0.30	%
G = 1000			0.40	0.70		0.35	0.50		0.40	0.70	%
Nonlinearity	V_{OUT} = −10 V to +10 V										
G = 1–1000	R_L = 10 kΩ		10	40		10	40		10	40	ppm
G = 1–100	R_L = 2 kΩ		10	95		10	95		10	95	ppm
Gain vs. Temperature											
	G = 1			10			10			10	ppm/°C
	Gain >1[2]			−50			−50			−50	ppm/°C
VOLTAGE OFFSET	(Total RTI Error = V_{OSI} + V_{OSO}/G)										
Input Offset, V_{OSI}	V_S = ±5 V to ± 15 V		30	125		15	50		30	125	µV
Overtemperature	V_S = ±5 V to ± 15 V			185			85			225	µV
Average TC	V_S = ±5 V to ± 15 V		0.3	1.0		0.1	0.6		0.3	1.0	µV/°C
Output Offset, V_{OSO}	V_S = ±15 V		400	1000		200	500		400	1000	µV
	V_S = ± 5 V			1500			750			1500	µV
Overtemperature	V_S = ±5 V to ± 15 V			2000			1000			2000	µV
Average TC	V_S = ±5 V to ± 15 V		5.0	15		2.5	7.0		5.0	15	µV/°C
Offset Referred to the Input vs. Supply (PSR)	V_S = ±2.3 V to ±18 V										
G = 1		80	100		80	100		80	100		dB
G = 10		95	120		100	120		95	120		dB
G = 100		110	140		120	140		110	140		dB
G = 1000		110	140		120	140		110	140		dB
INPUT CURRENT											
Input Bias Current			0.5	2.0		0.5	1.0		0.5	2	nA
Overtemperature				2.5			1.5			4	nA
Average TC			3.0			3.0			8.0		pA/°C
Input Offset Current			0.3	1.0		0.3	0.5		0.3	1.0	nA
Overtemperature				1.5			0.75			2.0	nA
Average TC			1.5			1.5			8.0		pA/°C
INPUT											
Input Impedance											
Differential			10||2			10||2			10||2		GΩ_pF
Common-Mode			10||2			10||2			10||2		GΩ_pF
Input Voltage Range[3]	V_S = ±2.3 V to ±5 V	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.2	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.2	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.2	V
Overtemperature		$-V_S$ + 2.1		$+V_S$ − 1.3	$-V_S$ + 2.1		$+V_S$ − 1.3	$-V_S$ + 2.1		$+V_S$ − 1.3	V
	V_S = ± 5 V to ±18 V	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.4	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.4	$-V_S$ + 1.9		$+V_S$ − 1.4	V
Overtemperature		$-V_S$ + 2.1		$+V_S$ − 1.4	$-V_S$ + 2.1		$+V_S$ + 2.1	$-V_S$ + 2.3		$+V_S$ − 1.4	V

Ek-4. (Devam) AD620 Datasheet

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

(@ 25°C, V_S = ±15 V, R_L = 2 kΩ, unless otherwise noted.)

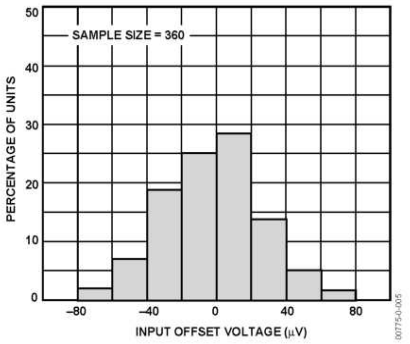


Figure 3. Typical Distribution of Input Offset Voltage

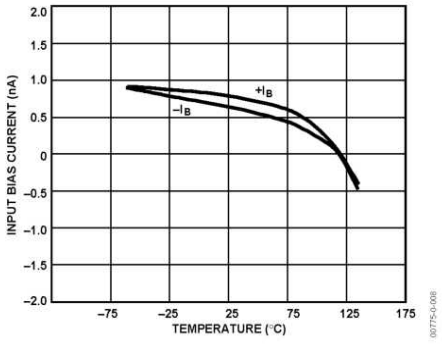


Figure 6. Input Bias Current vs. Temperature

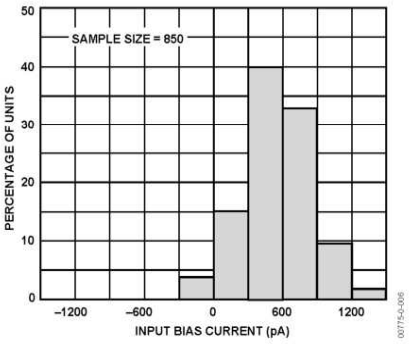


Figure 4. Typical Distribution of Input Bias Current

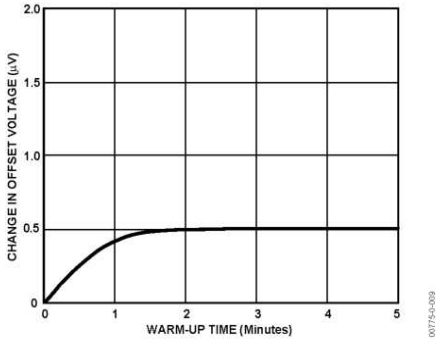


Figure 7. Change in Input Offset Voltage vs. Warm-Up Time

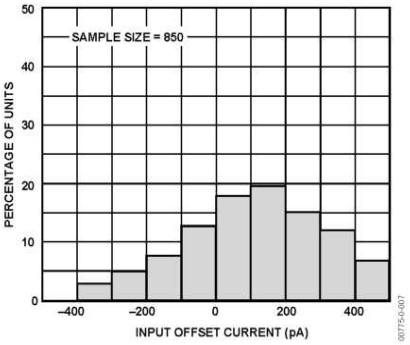


Figure 5. Typical Distribution of Input Offset Current

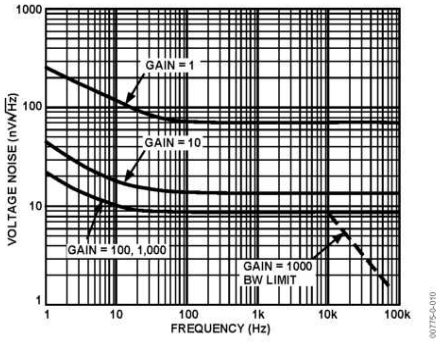


Figure 8. Voltage Noise Spectral Density vs. Frequency (G = 1–1000)

Input Voltage Range[2]	V_S = ±2.3 V to ±5 V	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.2	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.2	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.2	V
Overtemperature		$-V_S$ + 2.1	$+V_S$ – 1.3	$-V_S$ + 2.1	$+V_S$ – 1.3	$-V_S$ + 2.1	$+V_S$ – 1.3	V
	V_S = ± 5 V to ±18 V	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.4	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.4	$-V_S$ + 1.9	$+V_S$ – 1.4	V
Overtemperature		$-V_S$ + 2.1	$+V_S$ – 1.4	$-V_S$ + 2.1	$+V_S$ + 2.1	$-V_S$ + 2.3	$+V_S$ – 1.4	V

Ek-5. Pic16F874A datasheet

MICROCHIP

PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

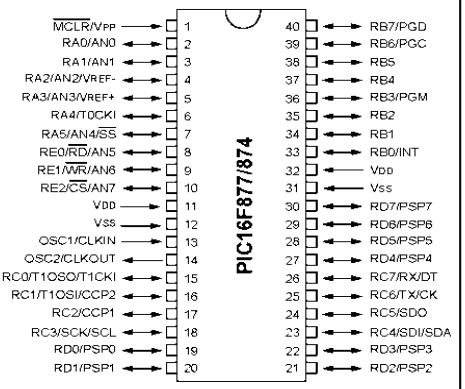
- PIC16F873
- PIC16F874
- PIC16F876
- PIC16F877

Microcontroller Core Features:

- 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 the PIC16C73B/74B/76/77
- Interrupt capability (up to 14 sources)
- Eight level deep hardware stack
- Direct, indirect and relative addressing modes
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and
  Oscillator Start-up Timer (OST)
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving SLEEP mode
- Selectable oscillator options
- Low power, high speed CMOS FLASH/EEPROM technology
- Fully static design
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP) via two pins
- Single 5V In-Circuit Serial Programming capability
- In-Circuit Debugging via two pins
- Processor read/write access to program memory
- Wide operating voltage range: 2.0V to 5.5V
- High Sink/Source Current: 25 mA
- Commercial, Industrial and Extended temperature ranges
- Low-power consumption:
  - < 0.6 mA typical @ 3V, 4 MHz
  - 20 µA typical @ 3V, 32 kHz
  - < 1 µA typical standby current

Pin Diagram

PDIP



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
- 10-bit multi-channel Analog-to-Digital converter
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™ (Master mode) and I²C™ (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)

© 2001 Microchip Technology Inc.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

Key Features PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023)	PIC16F873	PIC16F874	PIC16F876	PIC16F877
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	128	128	256	256
Interrupts	13	14	13	14
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
Instruction Set	35 instructions	35 instructions	35 instructions	35 instructions

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

1.0 DEVICE OVERVIEW

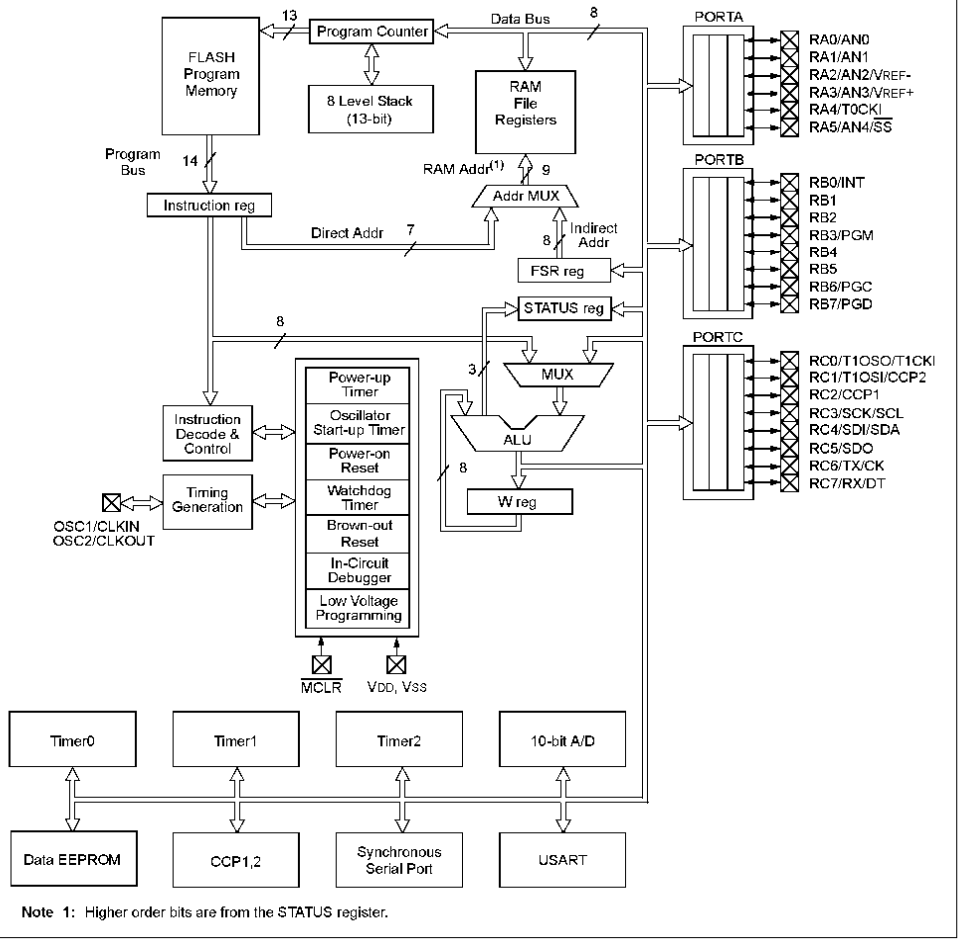
This document contains device specific information. Additional information may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual (DS33023), which may be obtained from your local Microchip Sales Representative or downloaded from the Microchip website. The Reference Manual should be considered a complementary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

There are four devices (PIC16F873, PIC16F874, PIC16F876 and PIC16F877) covered by this data sheet. The PIC16F876/873 devices come in 28-pin packages and the PIC16F877/874 devices come in 40-pin packages. The Parallel Slave Port is not implemented on the 28-pin devices.

The following device block diagrams are sorted by pin number; 28-pin for Figure 1-1 and 40-pin for Figure 1-2. The 28-pin and 40-pin pinouts are listed in Table 1-1 and Table 1-2, respectively.

FIGURE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F873	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F876	8K	368 Bytes	256 Bytes

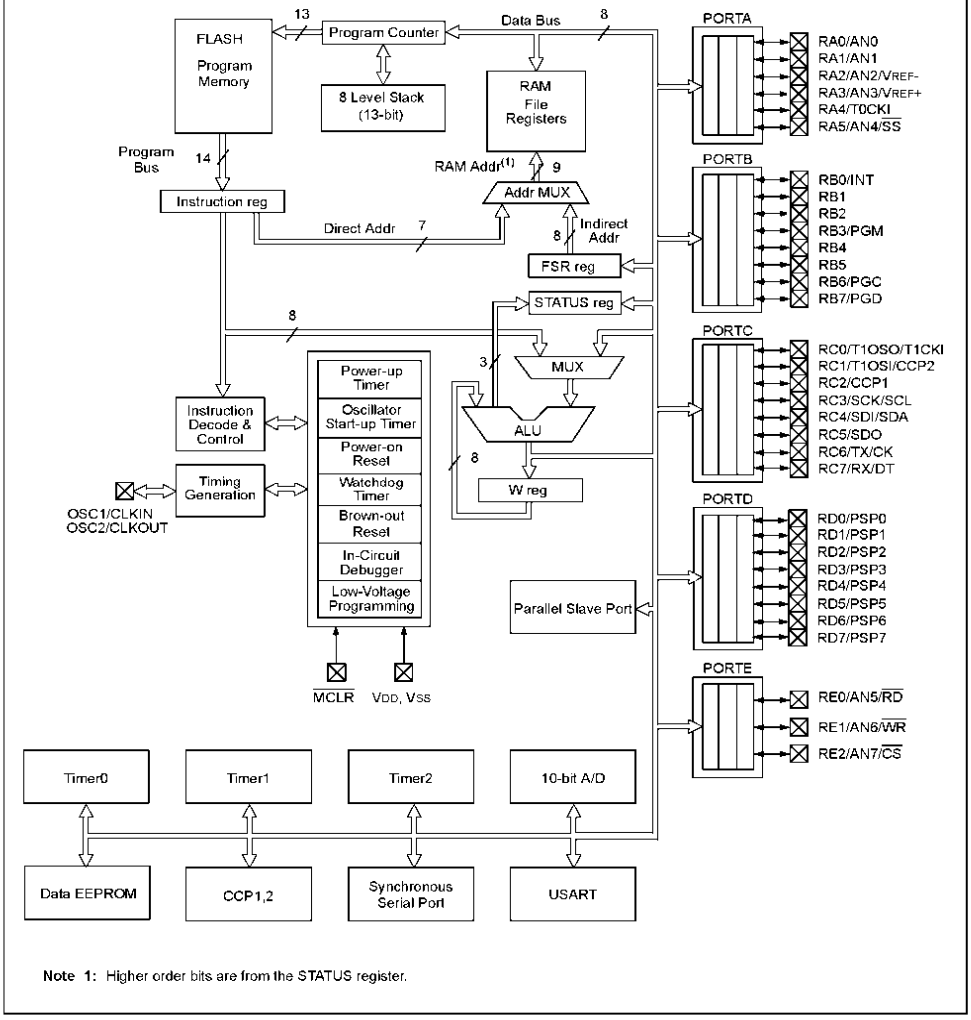


Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

FIGURE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 BLOCK DIAGRAM

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	368 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

© 2001 Microchip Technology Inc.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

TABLE 1-1: PIC16F873 AND PIC16F876 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	SOIC Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	9	9	I	ST/CMOS(3)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	10	10	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, the OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP	1	1	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
					PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	2	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0.
RA1/AN1	3	3	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1.
RA2/AN2/VREF-	4	4	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.
RA3/AN3/VREF+	5	5	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	6	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 module. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	7	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
					PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	21	21	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	22	22	I/O	TTL	
RB2	23	23	I/O	TTL	
RB3/PGM	24	24	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	25	25	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	26	26	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	27	27	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	28	28	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
					PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	11	11	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	12	12	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	13	13	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/ PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	14	14	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	15	15	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	16	16	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	17	17	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	18	18	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
VSS	8, 19	8, 19	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	20	20	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.
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.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
OSC1/CLKIN	13	14	30	I	ST/CMOS(4)	Oscillator crystal input/external clock source input.
OSC2/CLKOUT	14	15	31	O	—	Oscillator crystal output. Connects to crystal or resonator in crystal oscillator mode. In RC mode, OSC2 pin outputs CLKOUT which has 1/4 the frequency of OSC1, and denotes the instruction cycle rate.
$\overline{MCLR}$/VPP	1	2	18	I/P	ST	Master Clear (Reset) input or programming voltage input. This pin is an active low RESET to the device.
						PORTA is a bi-directional I/O port.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	RA0 can also be analog input0.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	RA1 can also be analog input1.
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage.
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage.
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/ counter. Output is open drain type.
RA5/$\overline{SS}$/AN4	7	8	24	I/O	TTL	RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
						PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be soft-ware programmed for internal weak pull-up on all inputs.
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST(1)	RB0 can also be the external interrupt pin.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	RB3 can also be the low voltage programming input.
RB4	37	41	14	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB5	38	42	15	I/O	TTL	Interrupt-on-change pin.
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock.
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST(2)	Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial 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 an 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 as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

© 2001 Microchip Technology Inc.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
						PORTC is a bi-directional I/O port.
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output.
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	RC3 can also be the synchronous serial clock input/ output for both SPI and I^2C modes.
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I^2C mode).
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode).
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
						PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL(3)	
RD1/PSP1	20	22	39	I/O	ST/TTL(3)	
RD2/PSP2	21	23	40	I/O	ST/TTL(3)	
RD3/PSP3	22	24	41	I/O	ST/TTL(3)	
RD4/PSP4	27	30	2	I/O	ST/TTL(3)	
RD5/PSP5	28	31	3	I/O	ST/TTL(3)	
RD6/PSP6	29	32	4	I/O	ST/TTL(3)	
RD7/PSP7	30	33	5	I/O	ST/TTL(3)	
						PORTE is a bi-directional I/O port.
RE0/$\overline{RD}$/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL(3)	RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5.
RE1/$\overline{WR}$/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL(3)	RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6.
RE2/$\overline{CS}$/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL(3)	RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
VSS	12,31	13,34	6,29	P	—	Ground reference for logic and I/O pins.
VDD	11,32	12,35	7,28	P	—	Positive supply for logic and I/O pins.
NC	—	1,17,28, 40	12,13, 33,34		—	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 an 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 as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87X MCUs. The Program Memory and Data Memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in Section 4.0.

Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16F87X devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. The PIC16F877/876 devices have 8K x 14 words of FLASH program memory, and the PIC16F873/874 devices have 4K x 14. Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound.

The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PIC16F877/876 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK

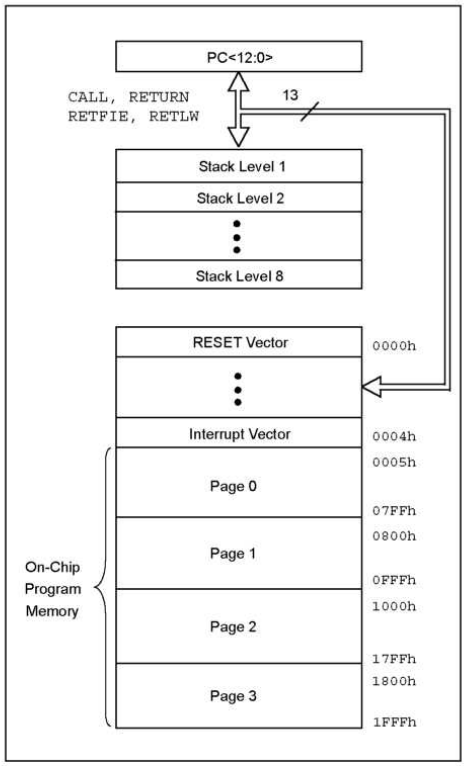
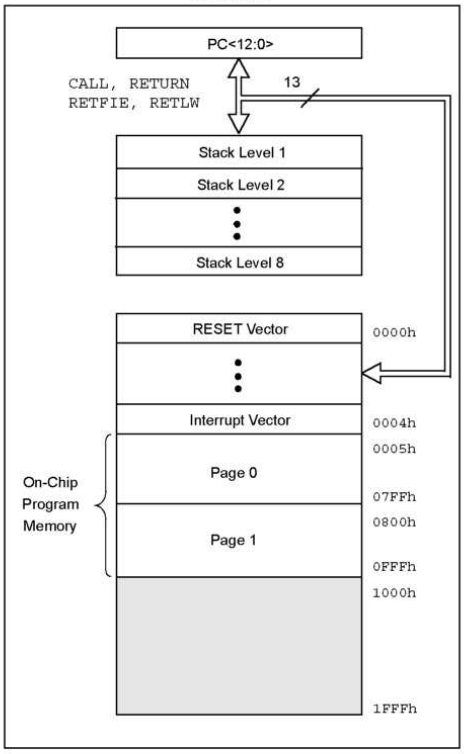


FIGURE 2-2: PIC16F874/873 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

2.0 MEMORY ORGANIZATION

There are three memory blocks in each of the PIC16F87X MCUs. The Program Memory and Data Memory have separate buses so that concurrent access can occur and is detailed in this section. The EEPROM data memory block is detailed in Section 4.0.

Additional information on device memory may be found in the PICmicro™ Mid-Range Reference Manual, (DS33023).

2.1 Program Memory Organization

The PIC16F87X devices have a 13-bit program counter capable of addressing an 8K x 14 program memory space. The PIC16F877/876 devices have 8K x 14 words of FLASH program memory, and the PIC16F873/874 devices have 4K x 14. Accessing a location above the physically implemented address will cause a wraparound.

The RESET vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h.

FIGURE 2-1: PIC16F877/876 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK

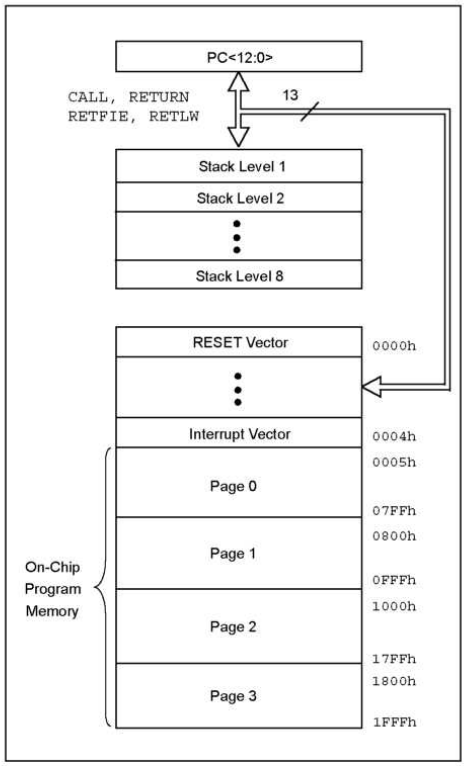
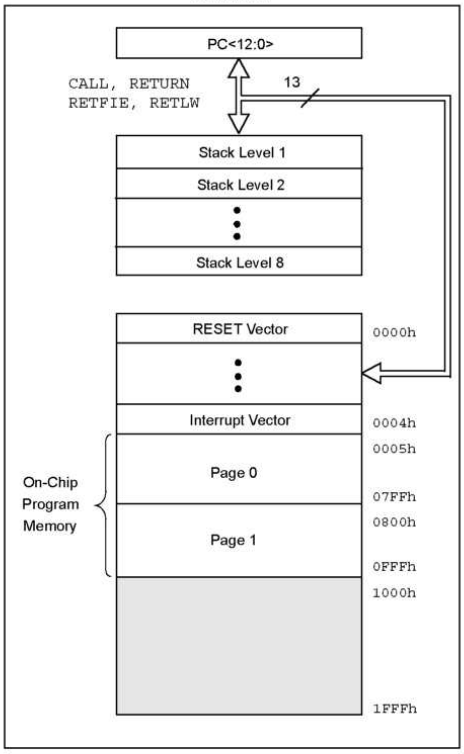


FIGURE 2-2: PIC16F874/873 PROGRAM MEMORY MAP AND STACK



Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

FIGURE 2-3: PIC16F877/876 REGISTER FILE MAP

File Address	Bank 0	File Address	Bank 1	File Address	Bank 2	File Address	Bank 3
00h	Indirect addr.(*)	80h	Indirect addr.(*)	100h	Indirect addr.(*)	180h	Indirect addr.(*)
01h	TMR0	81h	OPTION_REG	101h	TMR0	181h	OPTION_REG
02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h	PCL
03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h	STATUS
04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h	FSR
05h	PORTA	85h	TRISA	105h		185h	
06h	PORTB	86h	TRISB	106h	PORTB	186h	TRISB
07h	PORTC	87h	TRISC	107h		187h	
08h	PORTD(1)	88h	TRISD(1)	108h		188h	
09h	PORTE(1)	89h	TRISE(1)	109h		189h	
0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah	PCLATH
0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh	INTCON
0Ch	PIR1	8Ch	PIE1	10Ch	EEDATA	18Ch	EECON1
0Dh	PIR2	8Dh	PIE2	10Dh	EEADR	18Dh	EECON2
0Eh	TMR1L	8Eh	PCON	10Eh	EEDATH	18Eh	Reserved(2)
0Fh	TMR1H	8Fh		10Fh	EEADRH	18Fh	Reserved(2)
10h	T1CON	90h		110h	General Purpose Register 16 Bytes	190h	General Purpose Register 16 Bytes
11h	TMR2	91h	SSPCON2	111h		191h	
12h	T2CON	92h	PR2	112h		192h	
13h	SSPBUF	93h	SSPADD	113h		193h	
14h	SSPCON	94h	SSPSTAT	114h		194h	
15h	CCPR1L	95h		115h		195h	
16h	CCPR1H	96h		116h		196h	
17h	CCP1CON	97h		117h		197h	
18h	RCSTA	98h	TXSTA	118h		198h	
19h	TXREG	99h	SPBRG	119h		199h	
1Ah	RCREG	9Ah		11Ah		19Ah	
1Bh	CCPR2L	9Bh		11Bh		19Bh	
1Ch	CCPR2H	9Ch		11Ch		19Ch	
1Dh	CCP2CON	9Dh		11Dh		19Dh	
1Eh	ADRESH	9Eh	ADRESL	11Eh		19Eh	
1Fh	ADCON0	9Fh	ADCON1	11Fh		19Fh	
20h	General Purpose Register 96 Bytes	A0h	General Purpose Register 80 Bytes	120h	General Purpose Register 80 Bytes	1A0h	General Purpose Register 80 Bytes
7Fh		EFh		16Fh		1EFh	
		F0h	accesses 70h-7Fh	170h	accesses 70h-7Fh	1F0h	accesses 70h - 7Fh
		FFh		17Fh		1FFh	

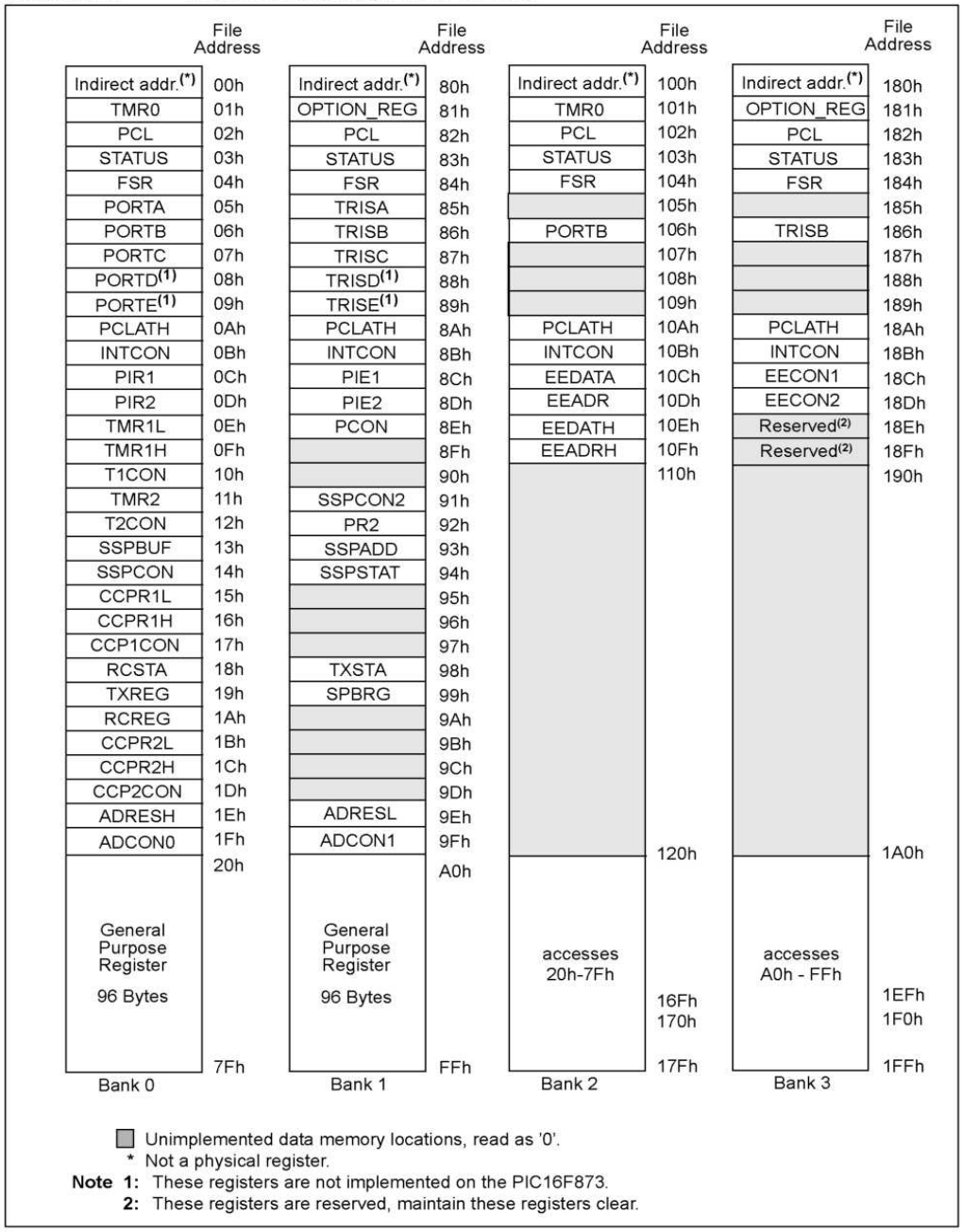
Unimplemented data memory locations, read as '0'.
* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F876.
2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

PIC16F87X

FIGURE 2-4: PIC16F874/873 REGISTER FILE MAP



Unimplemented data memory locations, read as '0'.
* Not a physical register.

Note 1: These registers are not implemented on the PIC16F873.
2: These registers are reserved, maintain these registers clear.

© 2001 Microchip Technology Inc.

Ek-5. (Devam) Pic16F874A datasheet

2.2.2 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

The Special Function Registers are registers used by the CPU and peripheral modules for controlling the desired operation of the device. These registers are implemented as static RAM. A list of these registers is given in Table 2-1.

The Special Function Registers can be classified into two sets: core (CPU) and peripheral. Those registers associated with the core functions are described in detail in this section. Those related to the operation of the peripheral features are described in detail in the peripheral features section.

TABLE 2-1: SPECIAL FUNCTION REGISTER SUMMARY

Address	Name	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0	Value on: POR, BOR	Details on page:
Bank 0											
00h(3)	INDF	Addressing this location uses contents of FSR to address data memory (not a physical register)								0000 0000	27
01h	TMR0	Timer0 Module Register								xxxx xxxx	47
02h(3)	PCL	Program Counter (PC) Least Significant Byte								0000 0000	26
03h(3)	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C	0001 1xxx	18
04h(3)	FSR	Indirect Data Memory Address Pointer								xxxx xxxx	27
05h	PORTA	—	—	PORTA Data Latch when written: PORTA pins when read						--0x 0000	29
06h	PORTB	PORTB Data Latch when written: PORTB pins when read								xxxx xxxx	31
07h	PORTC	PORTC Data Latch when written: PORTC pins when read								xxxx xxxx	33
08h(4)	PORTD	PORTD Data Latch when written: PORTD pins when read								xxxx xxxx	35
09h(4)	PORTE	—	—	—	—	—	RE2	RE1	RE0	---- -xxx	36
0Ah(1,3)	PCLATH	—	—	—	Write Buffer for the upper 5 bits of the Program Counter					---0 0000	26
0Bh(3)	INTCON	GIE	PEIE	T0IE	INTE	RBIE	T0IF	INTF	RBIF	0000 000x	20
0Ch	PIR1	PSPIF(3)	ADIF	RCIF	TXIF	SSPIF	CCP1IF	TMR2IF	TMR1IF	0000 0000	22
0Dh	PIR2	—	(5)	—	EEIF	BCLIF	—	—	CCP2IF	-r-0 0--0	24
0Eh	TMR1L	Holding register for the Least Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	52
0Fh	TMR1H	Holding register for the Most Significant Byte of the 16-bit TMR1 Register								xxxx xxxx	52
10h	T1CON	—	—	T1CKPS1	T1CKPS0	T1OSCEN	T1SYNC	TMR1CS	TMR1ON	--00 0000	51
11h	TMR2	Timer2 Module Register								0000 0000	55
12h	T2CON	—	TOUTPS3	TOUTPS2	TOUTPS1	TOUTPS0	TMR2ON	T2CKPS1	T2CKPS0	-000 0000	55
13h	SSPBUF	Synchronous Serial Port Receive Buffer/Transmit Register								xxxx xxxx	70, 73
14h	SSPCON	WCOL	SSPOV	SSPEN	CKP	SSPM3	SSPM2	SSPM1	SSPM0	0000 0000	67
15h	CCPR1L	Capture/Compare/PWM Register1 (LSB)								xxxx xxxx	57
16h	CCPR1H	Capture/Compare/PWM Register1 (MSB)								xxxx xxxx	57
17h	CCP1CON	—	—	CCP1X	CCP1Y	CCP1M3	CCP1M2	CCP1M1	CCP1M0	--00 0000	58
18h	RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D	0000 000x	96
19h	TXREG	USART Transmit Data Register								0000 0000	99
1Ah	RCREG	USART Receive Data Register								0000 0000	101
1Bh	CCPR2L	Capture/Compare/PWM Register2 (LSB)								xxxx xxxx	57
1Ch	CCPR2H	Capture/Compare/PWM Register2 (MSB)								xxxx xxxx	57
1Dh	CCP2CON	—	—	CCP2X	CCP2Y	CCP2M3	CCP2M2	CCP2M1	CCP2M0	--00 0000	58
1Eh	ADRESH	A/D Result Register High Byte								xxxx xxxx	116
1Fh	ADCON0	ADCS1	ADCS0	CHS2	CHS1	CHS0	GO/$\overline{DONE}$	—	ADON	0000 00-0	111

Legend: x = unknown, u = unchanged, q = value depends on condition, - = unimplemented, read as '0', r = reserved. Shaded locations are unimplemented, read as '0'.

Note 1: The upper byte of the program counter is not directly accessible. PCLATH is a holding register for the PC<12:8> whose contents are transferred to the upper byte of the program counter.
2: Bits PSPIE and PSPIF are reserved on PIC16F873/876 devices; always maintain these bits clear.
3: These registers can be addressed from any bank.
4: PORTD, PORTE, TRISD, and TRISE are not physically implemented on PIC16F873/876 devices; read as '0'.
5: PIR2<6> and PIE2<6> are reserved on these devices; always maintain these bits clear.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı	: ÇALIŞKAN, Şerif
Uyruğu	: T.C.
Doğum tarihi ve yeri	: 15.07.1974 Çorum
Medeni hali	: Evli
Telefon	: 5054305855
e-mail	: c_serif@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Gazi Üniversitesi / Elektrik Elektronik Mühendisliği	2013
Lisans	Gazi Üniversitesi / Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi	1999
Lise	Uluğbey Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2000	Fettah Güngör Endüstri Meslek Lisesi	Teknik Öğretmen
2000-2004	Nevzat Ayaz Anadolu Kız Meslek Lisesi	Teknik Öğretmen
2004-	Balgat Teknik ve Endüstri Meslek Lisesi	Teknik Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Tenis, Futbol, Bilgisayar teknolojileri