

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LABVIEW İLE MİKRODENETLEYİCİLİ BİR
ENDÜSTRİYEL OTOMATİK SICAKLIK KONTROL
SİSTEMİ**

Elektronik ve Haberleşme Müh. N. Tuğrul ARTUĞ

**FBE Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı
Elektronik Programında Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Algılayıcılar ve Dönüştürücüler	2
1.1.1 Algılayıcı seçiminde kullanılan ölçütler	2
1.1.2 Dönüştürücülerin fiziksel karakteristikleri.....	6
1.1.3 Beslenme ihtiyacına göre algılayıcılar	8
1.1.4 Sıcaklık algılama	9
1.1.5 Sıcaklık dönüştürücüleri	9
1.2 Sıcaklık Ölçüm/Dönüştürücü Uygulaması.....	16
1.2.1 Soğuk eklem kompanzasyonlu (CJC) termokupl yükselteci AD594 / AD595	17
1.2.2 Sıcaklık dönüştürücü uygulamaları	22
1.3 Aç/Kapa (On/Off) Kontrol.....	26
1.3.1 Histerezis.....	28
1.4 Sıcaklık Kontrol Cihazları.....	29
1.5 Sıcaklık Kontrol Cihazlarının Karşılaştırması	35
2. PIC MİKRODENETLEYİCİLERİ.....	37
2.1 PIC 16F84 Mikrodenetleyicisi	38
2.2 PIC 16F877 Mikrodenetleyicisi	47
2.2.1 Giriş/Çıkış portlarının fonksiyonları.....	50
2.2.2 Özel fonksiyonlar	51
2.2.2.1 Genel amaçlı Asenkron/Senkron Alıcı/Verici (USART)	51
2.2.3 Analog Dijital Çevirici modülü (Analog Digital Converter) (ADC)	52
2.2.4 Zamanlama, denetim ve iletişim birimleri	53
2.2.5 Yakalama/Karşılaştırma/PWM modülü (Capture/Compare/PWM) (CCP)	54
2.2.6 Darbe Genişlik Modülasyonu modülü (Pulse Width Modulation) (PWM).....	54
2.2.7 Zamanlayıcı modülü TMR0	57
2.2.8 Watchdog zamanlayıcısı (Watchdog Timer) (WDT)	58
2.2.9 PIC 14-Bit mikrodenetleyici komut seti	59
3. LabVIEW	61

3.1	LabVIEW Ortamı Pencereleeri	63
3.2	LabVIEW Araç Çubukları	64
3.3	LabVIEW Paletleri	66
3.4	LabVIEW ile Seri Haberleşme Uygulaması	70
4.	LABVIEW İLE MİKRODENETLEYİCİLİ BİR ENDÜSTRİYEL OTOMATİK SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ	75
4.1	Sistem Donanımı	75
4.2	Mikrodenetleyici Yazılımı	83
4.3	LabVIEW Yazılımı	114
5.	SONUÇ	117
KAYNAKLAR		119
EKLER		121
Ek 1 J tipi termokupl sıcaklık-gerilim tablosu		122
Ek 2 PIC 16F877 mikrodenetleyicisi katalog bilgisi		123
Ek 3 LM35 analog sıcaklık algılayıcı tümleşik devresi		126
Ek 4 Max232 tümleşik devresi		127
Ek 5 OPA177GP işlemsel yükselteç		128
ÖZGEÇMİŞ		129

SİMGE LİSTESİ

°C	Derece santigrat
°K	Derece kelvin
Ω	Ohm
mV	milivolt
μ V	mikrovolt
V	Volt
mA	miliamper
μ A	mikroamper
mW	miliwatt
ms	milisaniye
μ sn	mikrosaniye
sn	saniye
mm	milimetre
H	Heksadesimal
T _{osc}	Osilatör periyodu

KISALTMA LİSTESİ

A/D	Analog/Sayısal (Analog/Digital)
AC	Alternatif Akım (Alternating Current)
ADC	Analog-Sayısal Dönüştürücü (Analog-Digital Converter)
ALU	Aritmetik Mantık Ünitesi (Arithmetic Logic Unit)
ASTM	Test ve Ölçüm için Amerikan Kurumu (American Society for Testing and Materials)
CCP	Yakalama/Karşılaştırma/PWM (Capture/Compare/PWM)
CJC	Soğuk Eklem Kompanzasyonu (Cold Junction Compensation)
CMOS	Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken (Complementary Metal Oxide Semiconductor)
CMRR	Ortak Mod Bastırma Oranı (Common-Mode Rejection Ratio)
CPU	Merkezi İşlem Ünitesi (Central Processing Unit)
D/A	Sayısal/Analog (Digital/Analog)
DC	Doğru Akım (Direct Current)
DVM	Sayısal Voltmetre (Digital Voltmeter)
EEPROM	Elektrikle Silinebilen Programlanabilen Sadece Okunabilir Bellek (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory)
EMI	Elektromanyetik Girişim (Electromagnetic Interference)
EMK	Elektro Motor Kuvvet
FSR	Dosya Seçme Saklayıcısı (File Select Register)
GPR	Genel Amaçlı Saklayıcı (General Purpose Register)
Hz	Hertz
IEC-584	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission)
ITS-90	1990 Uluslararası Sıcaklık Skalası (International Temperature Scale)
LabVIEW	Laboratuvar Sanal Enstrümantasyon Mühendislik Çalışma Ortamı (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench)
LCD	Likit Kristal Gösterge (Liquid Crystal Display)
LED	Işık Yayan Diyot (Light Emitting Diode)
LSB	En Az Anlamli Bit (Least Significant Bit)
MSB	En Anlamli Bit (Most Significant Bit)
NMRR	Normal Mod Bastırma Oranı (Normal-Mode Rejection Ratio)
OPAMP	İşlemsel Yükselteç (Operational Amplifier)

OSC	Osilatör (Oscillator)
OTP	Tek Sefer Programlanabilir (One Time Programmable)
PIC	Çevresel Arayüz Denetleyicisi (Peripheral Interface Controller)
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation)
RAM	Rastgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)
RF	Radyo Frekansı (Radio Frequency)
RFI	Radyo Frekansı Girişimi (Radio Frequency Interference)
RISC	İndirgenmiş Komut Seti Bilgisayarı (Reduced Instruction Set Computer)
RTC	Gerçek Zamanlı Saat (Real Time Clock)
RTD	Dirençsel Sıcaklık Cihazı (Resistance Temperature Device)
SCI	Seri Haberleşme Arayüzü (Serial Communication Interface)
SSR	Kalıcı Durumlu Röle (Solid State Relay)
T/C	Termokupl (Thermocouple)
TTL	Transistör Transistör Mantığı (Transistor Transistor Logic)
USART	Evrensel Senkron Asenkron Alıcı Verici (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter)
VI	Sanal Enstrüman (Virtual Instrument)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Doğrusallık (IDC,2004).....	3
Şekil 1.2 Kademeli girişli bir sistem için tipik zaman tepkisi (IDC,2004).....	4
Şekil 1.3 Tekrarlanabilirlik (IDC,2004).....	5
Şekil 1.4 Kesinlik ve doğruluk için hedef vurma örneği	5
Şekil 1.5 Termokupl.....	12
Şekil 1.6 Termokupl türleri için sıcaklık gerilim grafiği [10]	13
Şekil 1.7 Bir termokupl düzeneği; A konstantan tel, B bakır tel (Koçyiğit ve İşçi,2000)	13
Şekil 1.8 Sıcaklık algılayıcıları akım gerilim grafikleri.....	14
Şekil 1.9 Termorezistif dönüştürücülü bir sıcaklık ölçme düzeni (Dokur,2002)	16
Şekil 1.10 AD594/AD595 bağlantı şeması [2].....	17
Şekil 1.11 Temel bağlantı, tek kaynaklı çalışma [2].....	19
Şekil 1.12 AD594/AD595 blok diyagramı [2]	19
Şekil 1.13 Fark yükselteci	21
Şekil 1.14 OPA177GP tümleşik devresi ve bağlantı şeması [3]	21
Şekil 1.15 LM335 iç yapısı [1].....	23
Şekil 1.16 LM335 bağlantı şeması [1]	23
Şekil 1.17 LM335 uygulama devresi [15].....	23
Şekil 1.18 LM35 tümleşik devresi [1]	24
Şekil 1.19 LM35 uygulama devresi	24
Şekil 1.20 DS1820 tümleşik devresi [4]	25
Şekil 1.21 DS1820 iç yapısı [4].....	25
Şekil 1.22 DS1820 uygulama devresi.....	26
Şekil 1.23a ve b Aç/Kapa kontrolü blok diyagramı (Ogata,1997)	27
Şekil 1.24 Sıvı seviyesi kontrol sistemi (Ogata,1997).....	27
Şekil 1.25 Sıvı seviyesi kontrol sistemi çıkış eğrisi (Ogata,1997)	28
Şekil 1.26 Denetleyici çıkışındaki aç/kapa durumu.....	28
Şekil 1.27 Histerezisli aç/kapa sistem çıkışı	29
Şekil 1.28 Altec AL810 cihazı [6]	29
Şekil 1.29 Cole-Parmer Love cihazı [7].....	30
Şekil 1.30 Autonics TD4 cihazı [8]	31
Şekil 1.31 Auber Instruments SYL-2362 cihazı [9]	32
Şekil 1.32 Omega CN77000 cihazı [10]	33
Şekil 1.33 Tstat 5 cihazı [11].....	34

Şekil 1.34 Tstat 5 bağlantı örneği [11].....	35
Şekil 2.1 PIC 16F84' ün pin bağlantıları [5]	38
Şekil 2.2 Temel PIC blok diyagramı.....	39
Şekil 2.3 PIC 16F84'ün basitleştirilmiş iç yapısı [5].....	41
Şekil 2.4 PIC 16F84 bellek organizasyonu [5].....	43
Şekil 2.5 PIC 16F877 pin bağlantıları [5]	47
Şekil 2.6 PIC 16F877 iç yapısı [5].....	48
Şekil 2.7 PIC 16F877 bellek organizasyonu [5].....	49
Şekil 2.8 ADCON1 saklayıcısı [5]	52
Şekil 2.9 CCP1CON saklayıcısı [5].....	54
Şekil 2.10 CCP modülü blok diyagramı [5].....	55
Şekil 2.11 PWM periyodu [5]	55
Şekil 3.1 Genlik ölçümü için kullanıcı arayüzü	61
Şekil 3.2 Genlik ölçümü için blok diyagram.....	61
Şekil 3.3 Boş LabVIEW ön paneli.....	63
Şekil 3.4 Boş LabVIEW blok diyagramı	64
Şekil 3.5 Ön panel araç çubuğu	64
Şekil 3.6 Blok diyagram araç çubuğu	65
Şekil 3.7 Araç paleti.....	67
Şekil 3.8 Kontrol paleti	68
Şekil 3.9 Fonksiyon paleti.....	69
Şekil 3.10 PIC 16F877A bağlantı devresi.....	70
Şekil 3.11 Temel seri okuma ve yazma VI' ı.....	70
Şekil 3.12 Seri okuma yazma uygulaması test verisi girişi.....	73
Şekil 3.13 Seri okuma yazma uygulaması veri okunması.....	74
Şekil 3.14 Seri okuma yazma uygulaması veri eklenmesi.....	74
Şekil 4.1 LabVIEW ile mikrodenetleyicili bir endüstriyel otomatik sıcaklık kontrol sistemi. 75	
Şekil 4.2 Sistemin blok diyagramı.....	76
Şekil 4.3 J tipi termokupl sıcaklık gerilim grafiği [10].....	77
Şekil 4.4 İşaret uygunlaştırma devresi şeması.....	78
Şekil 4.5a Devre şeması	80
Şekil 4.5b Devre şeması.....	81
Şekil 4.6 Gerçeklenen kontrol sistemi devresi	82
Şekil 4.7 Gerçeklenen kontrol sistemi baskılı devresi	82

Şekil 4.8 Ana program algoritması	84
Şekil 4.9 LM35 okuma, sıcak ve soğuk uyarı altprogramı algoritmaları.....	86
Şekil 4.10 Alt veya üst limit ayarı seçmeye yarayan limitler altprogramı algoritması.....	87
Şekil 4.11 Üst limit ayarı ve histerezis üst limit değerini sorgulama algoritmaları	88
Şekil 4.12 Alt limit ayarı ve histerezis alt limit değerini sorgulama algoritmaları	89
Şekil 4.13 Histerezis üst limit ayarı altprogramı algoritması.....	90
Şekil 4.14 Histerezis alt limit ayarı altprogramı algoritması.....	91
Şekil 4.15 LCD başlık dosyası, darbe, gönder, sıfırla altprogram algoritmaları.....	92
Şekil 4.16 İkili - onluk sisteme çevirme, LCD' ye veri yazma ve seri port algoritmaları.....	94
Şekil 4.17 LCD' ler için karakter seti	95
Şekil 4.18 LabVIEW yazılımı ön paneli	114
Şekil 4.19 LabVIEW yazılımı blok diyagramı.....	115

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 1.1 Arabirimler.....	8
Çizelge 1.2 Bazı metal çiftlerinin k katsayıları (Koçyiğit ve İşçi,2000).....	12
Çizelge 1.3 Farklı tip termokupllar ve oluşan elektromotor kuvvetler [13].....	12
Çizelge 1.4 J tipi termokupl için polinom katsayıları tablosu.....	15
Çizelge 1.5 IEC-584 standardı için termokupl uç renkleri.....	16
Çizelge 1.6 AL810 özellikleri	30
Çizelge 1.7 Cole-Parmer Love özellikleri.....	31
Çizelge 1.8 Autonics TD4 özellikleri	31
Çizelge 1.9 Auber Instruments SYL-2362 özellikleri	32
Çizelge 1.10 Omega CN77000 özellikleri	33
Çizelge 1.11 Tstat 5 özellikleri.....	34
Çizelge 1.12 Sıcaklık kontrol cihazları karşılaştırma tablosu	35
Çizelge 2.1 Saklayıcı dosyaları (PIC 16F84)	44
Çizelge 2.2 INTCON saklayıcısı	44
Çizelge 2.3 Status (durum) saklayıcısı.....	45
Çizelge 2.4 ADCON1 kontrol bitleri.....	53
Çizelge 2.5 PWM frekansları	56
Çizelge 2.6 PIC 16F877A komut seti	60
Çizelge 4.1 J tipi termokupl için 0–100 °C arası gerilim tablosu [13]	76
Çizelge 4.2 İşaret uygunlaştırma devresi çıkışında oluşan termokupl gerilim değerleri.....	77
Çizelge 5.1 Sistemin sıcaklık ölçüm karşılaştırması ve hatalar tablosu	118
Çizelge 5.2 Tasarlanan kontrol sistemi karşılaştırma tablosu	118

ÖNSÖZ

Günümüzde kullanımı oldukça artan sıcaklık ölçüm ve kontrol sistemlerine yönelik bu yüksek lisans tez çalışmasında bana önderlik eden sayın hocam Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans dersleriyle ufkumuzu açmamızı sağlayan Yıldız Teknik Üniversitesi Öğretim Üyelerine de tek tek teşekkür ederim.

Ayrıca bana çalışacak zaman bulmam konusunda gerekli kolaylığı sağlayan değerli hocam İstanbul Arel Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Uğur ÇELTEKLİGİL' e ve bir diğer değerli hocam İstanbul Arel Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölüm Başkanı Yrd. Doç. Dr. Serhat ÖZEKES' e teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak gergin ve stresli anlarımda beni anlayışla karşılayan sevgili aileme sonsuz teşekkürler.

Haziran 2010,

Tuğrul Artuğ

ÖZET

Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber hayatımızı kolaylaştıran neredeyse tüm elektronik aletlerde bir ölçüm ve kontrol sistemi bulunmaktadır. Bu çalışmada sıkça kullanılmakta olan kontrol sistemlerinden biri olan sıcaklık ölçümü ve kontrolü yapılmıştır.

Sıcaklık algılayıcı olarak J tipi termokupl kullanılmıştır ve termokuplun soğuk eklem kompanzasyonu için LM35 analog sıcaklık algılayıcısından yararlanılmıştır.

Kontrol için ise Microchip firmasının PIC 16F877 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyicinin içinde ADC bulunduğundan ek bir donanım ihtiyacı ortadan kalkmıştır. Algılayıcılardan elde edilen sıcaklıkla orantılı gerilim, ADC ile dijital veriye dönüştürülmüştür. Dönüştürülen bu değerin, bir göstergede gözlemlenebilmesi sağlanmıştır.

Tez kapsamında kullanılan dil, mikrodenetleyici dilidir. Derleyici olarak da Microchip firmasının ücretsiz sağlamış olduğu MPLAB geliştirme ortamı kullanılmıştır.

Son olarak kontrol sisteminin PC ile bağlantısı sağlanmış ve National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu LabVIEW yazılımı ile doğrusallaştırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, kişisel bilgisayarda bulunan program ile sıcaklık sayısal ve grafiksel olarak izlenebilir.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık ölçme ve kontrol, Mikrodenetleyici, Termokupl, LabVIEW

MICROCONTROLLER BASED INDUSTRIAL AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM WITH LABVIEW

ABSTRACT

Nowadays, with the advancing technology in almost every electronic device, that makes our lives easier, there is a measurement and control system. In this project a control system of temperature measurement and its control that frequently used were designed.

J-type thermocouple is used as a temperature sensor and LM35 analog temperature sensor is used for cold junction compensation of thermocouple.

Microchip's PIC 16F877 microcontroller is used for the control. This microcontroller has an internal ADC so there is no need for additional hardware. The voltage that proportional to temperature obtained by the temperature sensors is converted into digital data with ADC. This converted value can be observed with a display.

Assembly language is used in the thesis. Microchip's MPLAB development environment, that has been provided for free, is used as the compiler.

Finally, linearization process is realized by connecting the control system to the PC and using the LabVIEW software developed by National Instruments Company. In addition, temperatures can be monitored with PC software in numerically and graphically.

Keywords: Temperature measurement and control, Microcontroller, Thermocouple, LabVIEW

1. GİRİŞ

Günümüzde, endüstride otomatik ölçme ve kontrol sistemleri, gelişen teknolojiyle beraber yaygın olarak kullanılmaktadır. Kontrol, kullandığımız cihazları istenilen belirli bir duruma yönlendirme, işleyişine müdahale etmektir. Otomatik kontrol sistemi ise insan faktörünü ortadan kaldırarak bu kontrol işlemini denetleyici bir birime yaptırmaktadır. Bu tezde, günümüzde yaygın olarak kullanılan ölçme ve kontrol sistemlerinden biri olan sıcaklık ölçümü ve kontrolü yapılmıştır.

Tezin birinci kısmında algılayıcı seçiminde bilinmesi gereken temel unsurlar ele alınmış, dönüştürücüler incelenmiş, sıcaklık algılayıcılar incelenip uygulama devreleri sunulmuştur. Ayrıca birçok firmanın üretmiş olduğu sıcaklık kontrol cihazları incelenmiş olup karşılaştırma tablosu da sunulmuştur. İkinci kısımda ise gerçekleştirilen devrede kullanılmış olan PIC mikrodnetleyicisi genel olarak bahsedilmiş ve sıcaklık kontrolü için doğrudan gerekli olan ADC gibi bazı önemli fonksiyonlarına değinilmiştir. Üçüncü kısımda National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu grafiksel bir programlama dili olan LabVIEW yazılımı tanıtılmıştır. LabVIEW yazılımı, programlama dilleri mantığını çok bilmeden grafikler ile hazırlanabilen sanal enstrümanlara imkan veren, grafik tabanlı bir dildir. Kodlar yerine grafik parçalarıyla program yazıldığından grafiksel programlama dili olarak bilinir. Ayrıca PIC' ten seri port ile iki yönlü haberleşme uygulama olarak sunulmuştur.

Dördüncü kısımda tez konusunda gerçekleştirilen donanım ve yazılım anlatılmıştır. Kontrol sisteminde kullanılmakta olan algılayıcı bir termokupl' dur. Farklı türleri olmakla beraber bu çalışmada kullanılan J tipidir ve $0^{\circ}\text{C} + 700^{\circ}\text{C}$ [10]' lik bir ölçüm aralığı bulunmaktadır. Kontrol sistemin merkezinde bir mikrodnetleyici bulunmaktadır. Bu çalışmada kullanılan mikrodnetleyici hem bulması hem de öğrenmesi kolay olan en popüler mikrodnetleyicilerden biri olan PIC 16F877A' dır. Kullanılan mikrodnetleyici Microchip firmasına aittir ve sadece 35 komut ile her fonksiyonuna hakim olunabilmektedir. Termokupl oldukça düşük bir gerilim ürettiğinden kontrol sistemine değerlendirilmek üzere verilmeden önce bir yükseltme işlemine tabi tutulmaktadır. Termokupl çıkış gerilimleri doğrusal olmadığından doğru ayarlanması oldukça zor bir elemandır. Bunun için ya hazır doğrusallaştırma devreleri yada yazılım kullanmak gerekmektedir. Daha sonra termokupldan alınan gerilim mikrodnetleyici içerisinde bulunan ADC ile sayısal bir değere dönüştürülüp göstergeye gönderilmektedir. Mikrodnetleyicide çalışan program, MPLAB geliştirme ortamı kullanılarak doğrudan mikrodnetleyici yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Tezin son aşamasında bu donanım, LabVIEW yazılımı kullanılarak PC' ye seri iletişim ile bağlanarak, ölçüm,

denetim ve doğrusallaştırma işlemleri gibi bazı fonksiyonlara sahip bir kullanıcı ara yüzü gerçekleştirilmiştir.

Son bölümde elde edilen sonuçlar ve yorumlar bulunmaktadır.

1.1 Algılayıcılar ve Dönüştürücüler

Algılayıcılar ve dönüştürücüler bir ölçüm sisteminin temelini oluşturur. Algılayıcılar fiziksel bir büyüklüğü ölçmede kullanılırlar. Algılama işlemi fiziksel büyüklüğün değişmesi sonucu algılayıcının elektriksel bir işaret üretmesi ile sonuçlanır. Dönüştürücüler ise bir enerji türünü başka bir türe çeviren elemanlardır. Algılayıcı seçiminde bilinmesi gereken bazı temel kavramlar bulunmaktadır. Bunlar; Duyarlılık, doğrusallık, çalışma aralığı, tepki süresi, doğruluk, tekrarlanabilirlik, kesinlik (hassasiyet) ve çözünürlüktür.

1.1.1 Algılayıcı seçiminde kullanılan ölçütler

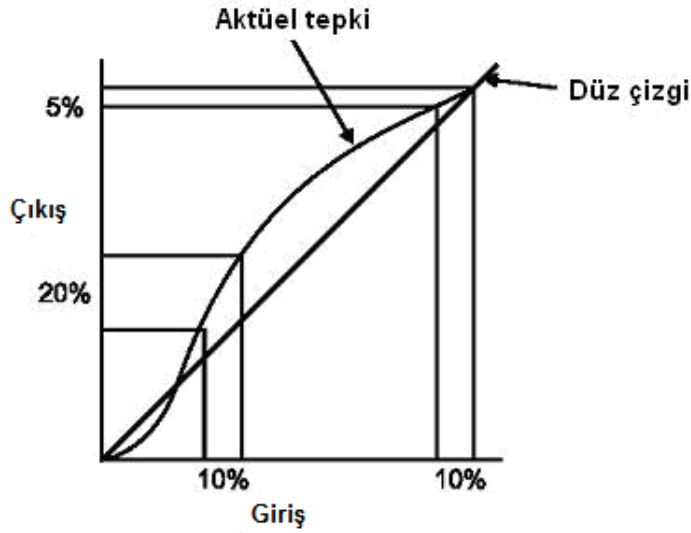
Duyarlılık

Cihaza girişte belirlenen girdide belirlenmiş bir değişim sonucunda çıktının ne ölçüde değiştiğini tanımlamaktadır.

Doğrusallık

Doğrusallık, bir eğrinin bir doğru çizgiye ne kadar yakın olduğunun ölçüsüdür. Bir enstrümanın ölçülen ortamdaki değişimlere tepkisinin, bir tepki eğrisi vermek üzere grafiği çıkartılabilir. Tepkinin doğrusal olmaması durumunda sorunlar ortaya çıkabilir. Ölçülmekte olan değere bağlı olarak çözünürlük değişiyorsa yine sorunlar ortaya çıkar.

Doğrusallık, gerçek okumanın bir doğru çizgiden sapmasını dile getirmektedir. Sürekli kontrol uygulamalarında, çıktının enstrümandan farklı olma hızı sonucunda sorunlar ortaya çıkar. Girdiye bağlı çıktıda değişiklikler ortaya çıktıkça, doğrusal olmayan bir cihazın kazancı değişir. Bir kapalı devrede, kazançtaki değişiklikler devre dinamiklerini etkilemektedir. Böyle bir uygulamada doğrusallığın değerlendirilmesi gereklidir. Bir sorun ortaya çıkmıyorsa, bu durumda sinyalin doğrusallaştırılması gereklidir. Şekil 1.1' de girişe karşılık çıkışın doğrusallık grafiği görülmektedir.



Şekil 1.1 Doğrusallık (IDC,2004)

Çalışma Aralığı

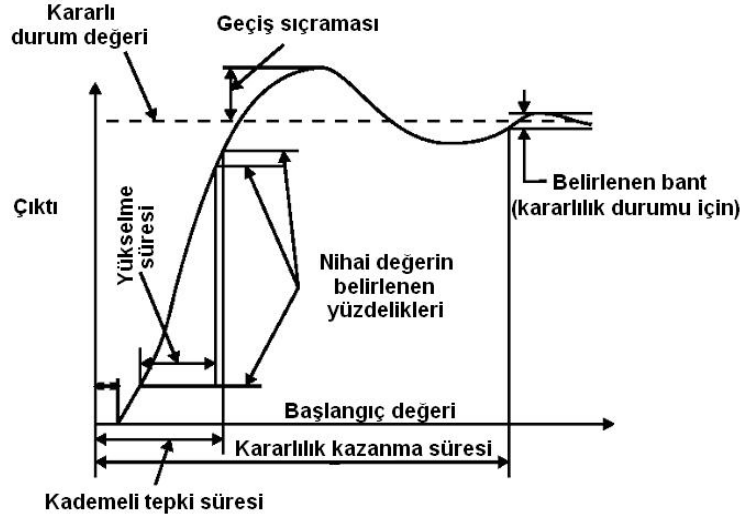
Çalışma aralığı, cihazın doğru şekilde çalışacağı ve diğer spesifikasyonların garanti edilebileceği çalışma sınırlarını tanımlamaktadır. Bu aralığın dışında çalışma ciddi hatalara, ekipmanın hatalı çalışmasına ve hatta sürekli hatalara veya arızalara neden olabilir.

Tepki Süresi

Bir cihazın çıktısı (uygulanan bir girdi nedeniyle) zamanın fonksiyonu olarak ifade edildiğinde tepki göstermek için gerekli zaman, cihazın uygunluğu hakkında kritik bilgiler sağlayabilir. Yavaş tepki veren bir cihaz, bir uygulama için uygun olmayabilir. Bu tipik olarak, cihazın tepkisinin bütün dinamik kontrol devresinin tepki özellikleri durumuna geldiği sürekli kontrol uygulamaları için geçerlidir. Ancak, cihazın nokta ölçümleri için kullanıldığı kritik alarm uygulamalarında tepki de bu ölçüde önemli duruma gelebilir.

Şekil 1.2 için kullanılan terimlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir.

- **Belirlenen bant:** Kalıcı durum değerinin tutulmak istediği aralık.
- **Geçiş sıçraması:** Üst aşım değeridir. Kalıcı durum değerinin üzerine ne kadar çıktığını gösterir.
- **Yükselme süresi:** Kalıcı durum değerinin %10'undan %90'ına ulaşana kadar geçen süre.
- **Kararlılık kazanma süresi:** Yerleşme zamanı da denir. İşaretin istenilen bant aralığına oturana kadar geçen zamandır.



Şekil 1.2 Kademeli girişli bir sistem için tipik zaman tepkisi (IDC,2004)

Doğruluk

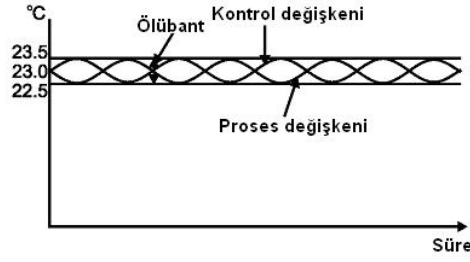
Bir cihaz tarafından belirlenen doğruluk, ölçümlerin alınmasında ortaya çıkabilecek hata miktarıdır. Doğruluk, ölçümlerin gerçek değere göre ne kadar yakın olduğunu belirler. Ölçüm cihazının uygunluğunu belirlemek amacıyla kullanılır.

Tekrarlanabilirlik

Yinelenebilirlik, aynı çalışma koşulları altında ve aynı girdi için ikinci bir enstrümanın birinciye ne kadar yakın olduğunu tanımlamaktadır. Yinelenebilirlik genellikle bir cihazın doğruluk sınırları içindedir ve çalışma yönünün ve çalışma koşullarının aynı olmasını gerektirir.

Sürekli kontrol uygulamaları, yinelenebilirlik açısından farklı şekilde etkilenebilir. Bir kontrol sistemi kontrol etmekte olduğu parametrede bir değişme algıladığında çıktısını da buna göre ayarlayacaktır. Ancak, değişiklik ölçüm cihazının yinelenebilirliğinden kaynaklanıyorsa, bu durumda kontrolör aşırı kontrole yol açacaktır. Kontrolördeki ölü banttan yararlanılarak bu sorunun üstesinden gelinebilir; ancak örneğin %0.1 gerektiğinde ve %0.5 yinelenebilirlik mevcut olduğunda yinelenebilirlik bir soruna dönüşebilir.

Aşırı kontrole bağlı olarak dalgalanmalar ve küçük salınımlar ortaya çıkabilir. Başlangıçta izin verilebilir değerlerin belirlenmesi sırasında bunun değerlendirilmesi gereklidir. Tekrarlanabilirlik ile ilgili grafik şekil 1.3'tedir.



Şekil 1.3 Tekrarlanabilirlik (IDC,2004)

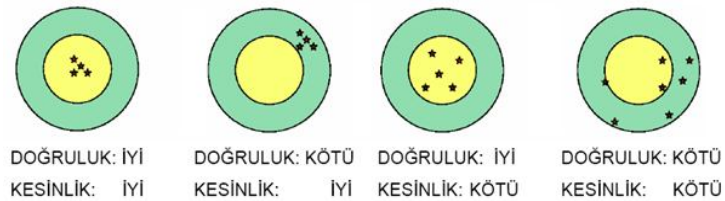
Kesinlik (Hassasiyet)

Kesinlik, ardışık ölçümlerin tamlığı hakkında bir ifadedir. Aynı zamanda ölçümün ne derecede rafine olduğunu gösteren bir ölçüttür. Doğruluk ve kesinlik sıklıkla birbirleriyle karıştırılırlar ve yanlışlıkla bu ifadelerin biri diğerinin yerine kullanılır.

Aralarındaki farkı şu şekilde izah edebiliriz; hassas bir ölçmede art arda yapılan ölçümler sonucunda standart sapma ve varyans küçük değerlerdir, doğru bir ölçümde ise normal dağılım eğrisinden elde edilen ortalama değer gerçek değere yakındır.

Kesinlik ve doğruluk arasındaki ilişki Şekil 1.4'deki hedef vurma örneğinde görülmektedir. Bu şekildeki, Doğruluk ve kesinliği göstermek için 4 farklı hedef tahtası söz konusudur. incelersek;

1. Şekilde iyi doğruluk ve kesinlik özelliğini görmekteyiz, çünkü bütün atışlar az bir dağılım göstermiştir (birbirlerine yakın).
2. Şekilde yine iyi kesinlik özelliklerine sahiptir, (atışlar birbirine yakın) fakat doğruluk kötüdür (atışlar isabet kaydetmemiştir).
3. Şekilde iyi doğruluk özellikleri vardır. Çünkü atışlar isabet noktası etrafındadır, fakat kurşun delikleri hedef tahtası üzerinde rastgele dağılmışlardır. Dolayısıyla, kesinlik kötüdür.
4. Şekilde hem kesinliğin hem de doğruluğun kötü olduğunu görmekteyiz.



Şekil 1.4 Kesinlik ve doğruluk için hedef vurma örneği

Standart sapma (varyansın kareköküne eşittir) ölçmede, kesinliğin iyi bir ölçüsünü verir. Aynı zamanda ölçmedeki doğal hatayı da ifade eder.

Örnek:

- Bilinen değer: 100 Volt
- Ölçülen değerler: 104 Volt, 103 Volt, 105 Volt, 103 Volt, 105 Volt
- Doğruluk : %5
- Kesinlik : ± 1 Volt

Ölçüm aleti kalibre edilerek doğruluğu %1 olacak şekilde iyileştirme yapılabilir. Bir aletin doğruluğu kalibrasyonla iyileştirilebilir. Ancak bu iyileştirme aletin kesinlik miktarı ile sınırlıdır.

Cözünürlük

Bir algılayıcı için çözünürlük birbiri ardına yapılan iki ölçüm arasındaki ölçülebilir en küçük farkı tanımlamaktadır. Bir sıcaklık algılayıcı 8 bit ise ve maksimum 5V çıkış verebiliyorsa alabileceği değer $2^8 = 256$ 'dır. Çıkışta alınacak gerilim derece başına $5/256 = 0,0195$ voltur.

1.1.2 Dönüştürücülerin fiziksel karakteristikleri

Boyut

Bu terim, esas olarak, özel olarak boyutlandırılmış cihazlar gerektiren ve maliyet üzerinde etkisi olan uygulamalar için geçerlidir.

Küçük cihazlar aşağıdaki avantajları taşımaktadır:

- Küçük yerlere yerleştirilebilirler
- Proses üzerinde sınırlı engeller oluşturmaktadırlar
- Gerekli ölçüm için son derece doğru konumlar gerektirmektedirler

Büyük cihazların ek olarak aşağıdaki avantajları bulunmaktadır:

- Alan ölçümleri

Diğer taraftan ise:

Genellikle ekipmanın büyüklüğü bir sınırlamadır. Alan veya ortalama ölçümler gerektiren uygulamalarda, çok küçük boyutlu bir algılama cihazının tam proses değerlerini "görememesi" nedeniyle bu türden bir cihazın kullanılması bir dezavantaj olabilir.

Güvenilebilirlik

Bir cihazın, belirlenen sayıdaki işlem veya zaman periyodu için spesifikasyonları içinde çalışmayı gerçekleştirebilme ihtimali.

Herhangi bir cihaz için açık bir avantaj sağlamasına rağmen genel olarak bunu çok güvenilir ve performansı kanıtlanmış ekipmanlar için yapılacak harcamalar karşılığında gerçekleştirebilmektedir. Daha pahalı ve güvenilir cihazların bakım ve değiştirme maliyetlerine ve aynı zamanda cihazın arıza yapması durumunda neden olacağı üretim kayıpları maliyetine karşı değerlendirilmesi gereklidir. Cihazın arıza yapması durumunda maruz kalınacak maliyetler (uygulanabilir olması durumunda) yalnızca üretim kayıpları değil aynı zamanda ekipmanın değiştirilmesi için gerekli emektir.

Arabirim

Bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurulurken belli bazı protokoller kullanılır. Bunlardan seri iletişim protokolleri olan RS232C, RS422A ve RS485'e aşağıda birkaç konuda değinilmiştir. Son olarak bir karşılaştırma tablosu verilmiştir.

RS232C

Bu protokol başlangıçta telefon veri iletişimi için tasarlanmıştır. Daha sonra birçok bilgisayar sistemi bunu sıkça kullanmaya başlamış ve sonuçta RS232 standart bir iletişim protokolü haline gelmiştir. RS232C'nin çalışması tek sonlamalıdır (single ended). Lojik 1 = -15,-3 arasında ve lojik 0 = +3,+15 arasındadır. Algılayıcılar verileri bitler halinde ve seri iletişim protokolüne uygun olarak bilgisayara gönderir. RS232C bir single ended arayüz olduğundan alıcı ve gönderici arasındaki uzaklık dış çevreden gelen olumsuz faktörlerin (EMI, RFI girişim) azaltılması açısından kısa tutulmalıdır.

RS422A

Bu protokol faksal sonlu (Differential ended) bir arayüze sahiptir. Alıcı verici arasındaki uzaklık yeterince en uzak seviyededir. Hatlarda bu mesafe sebebiyle olabilecek zayıflama 200mV seviyesine kadar azalsa da sistem iletişime devam eder. Diferansiyel ara birim sayesinde sinyaldeki zayıflama ihmal edilebilir düzeye çekilir ve oldukça yüksek bir veri hızıyla haberleşme sağlanabilir. Algılayıcı ve bilgisayar arasındaki iletişimde bükülmüş kablo (Twisted Pair) kullanıldığından dış etkilere etkileşim azdır.

RS485

Standart 422A protokolü genişletilerek oluşturulmuş bir protokoldür. Bu protokol ile birlikte çalışabilen 32 adet alıcı vericinin tek bir kabloyla veri iletişimi sağlanabilir. RS485 protokolü kablodaki iletişim problemlerini ortadan kaldırmaktadır. Arabirimlere göre seçilebilecek maksimum kablo uzunluğu, veri hızları ve iletişim tipine ait çizelge 1.1 aşağıdadır.

Çizelge 1.1 Arabirimler

Çıkış Arabirim Tipi	Maksimum Kablo Uzunluğu	Maksimum Veri hızı	İletişim Tipi
RS232C Single Ended Voltage	15 mt	20Kbps	Point to point
RS422A Differantial Voltage	1,2 Km	10Mbps	Point to point
RS485A Differantial Voltage	1,2 Km	10Mbps	MultiDrop (32 Node)

1.1.3 Beslenme ihtiyacına göre algılayıcılar

Algılayıcılar besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir. Bunlar;

Pasif Algılayıcılar

Hiçbir şekilde dışarıdan harici enerji almadan (besleme gerilimine ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler. Bu algılayıcı tipine örnek olarak Termokupl (T/C) ya da anahtar gösterilebilir. Anahtar mekanik bir hareketi elektriksel bir kontağa dönüştüren bir elemandır.

Aktif Algılayıcılar

Çalışmaları için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar. Bu algılayıcılar tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Bu tip algılayıcılar sayısal ya da analog formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler. Analog çıkışlılarda, çıkış büyüklüğü gerilim ya da akımdır. Gerilim çıkışı genellikle 0-5V aralığında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Ancak 4-20mA akım çıkışı da artık endüstride standart haline gelmiştir. Bazı durumlarda 0-20mA akım çevrimi kullanılmaktadır. Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesi için 4-20 mA daha yaygın kullanılır. Çok eski algılayıcılar 10-50 mA akım çıkışlarına sahiptirler. Endüstride en yaygın kullanılan 4-20 mA çevrim tipinin kullanımı bazı özel durumlar gerektirmektedir. Bu noktalar;

- Algılayıcıların yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir.
- Algılayıcılar gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda, tehlikeli uygulamalarda kullanılmamalıdır.
- Algılayıcıya giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır.
- Akım çevrim sinyali göreceli olarak gürültü geriliminin ani sıçramalarına karşı korumalıdır. Ancak bunu uzun mesafe veri aktarımında yapamaz.
- Algılayıcılar, ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir.

1.1.4 Sıcaklık algılama

İnsanlar çevrelerindeki değişiklikleri duyu organları vasıtası ile algırlar ve buna bağlı olarak da hareket ederler. Buna örnekler verecek olursak üşüdüğümüzde ısıtıcıyı açarız veya ortam karanlık olduğunda ışığı açarız.

İşte tüm bu fiziksel ortam değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses, vb.) bizim yerimize algılayan cihazlara algılayıcı (sensör), algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara "transdüser" denir. Algılayıcılardan alınan veriler elektrik sinyaline dönüştürüldükten sonra elektronik devreler tarafından yorumlanarak mekanik aletlere kumanda edilebilir. Bu sayede hem günlük hayatımızı hem de endüstriyel üretim süreçlerini çok daha kolaylaştırmış oluruz.

Ortamdaki ısı değişimini algılamamıza yarayan cihazlara ısı algılayıcıları veya sıcaklık algılayıcıları diyoruz. Birçok maddenin elektriksel direnci sıcaklıkla değişmektedir. Sıcaklığa karşı hassas olan maddeler kullanılarak sıcaklık kontrolü ve sıcaklık ölçümü yapılır.

1.1.5 Sıcaklık dönüştürücüleri

Anahtar olarak kullanılan çeşitli dönüştürücü tip algılayıcılar vardır. Sıcaklık dönüştürücüleri anahtar olarak kullanılmaktansa yapıma amaçları olan dönüştürücü olarak kullanılırlar. İncelenecek olan dört sıcaklık dönüştürücüsü şunlardır;

- RTD Algılayıcı
- Termistör
- Tümlşik Devre
- Termokupl

RTD

Bunlar hassas sıcaklık algılayıcılarıdır. Hassaslık, uzun süreli elektriksel direnç kararlılığı, eleman doğrusallığı ve tekrarlanabilirliği gibi özellikler isteyen uygulamalarda kullanılırlar. Çok geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm alabilirler (Bazı platin algılayıcılar -164 °C ; +650 °C arasında çalışabilir)

RTD' lerde bulunan algılama elemanı genellikle bir platin tel sargısı veya seramiğe uygulanmış ince bir metalik tabakadır.

Bu gün 0.0025 °C kararlılığa sahip hassas termometre üretilebilmektedir. Endüstriyel modeller yılda (<0.1 °C) civarında kayma gösterebilirler. Platin ve bakır elemanlara sahip RTD' ler T/C' lara ve pek çok termistöre göre daha doğrusal bir davranış gösterirler. T/C' dan farklı olarak bir RTD cihaz bağlantıları için bakır kullanır ve dolayısıyla "soğuk eklem kompanzasyonu" gerektirmez. Bu da sistem maliyetinin düşmesini sağlar. RTD' nin dezavantajları ise, daha yavaş tepki, şok ve vibrasyona duyarlılık, sıcaklık değişimlerinde küçük direnç değişimi (düşük duyarlılık), ve düşük taban direncidir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için 3 veya 4 kablolu devreler kullanılır. Bu yöntem sıcaklığa bağlı direnç değişimlerini ölçmede bir çeşit köprü devresi etkisi yaratır. Tel uzunluğuna bağlı hatalar da en aza indirilir; çünkü direnç değişimi RTD algılama noktasında oluşur. Ölçümün hassaslığı öncelikle kontrol veya ölçüm cihazındaki sinyal koşullama devresine bağlıdır. Nokta ölçümler genel olarak rağbet görse de hatalara sebep olmaktadır. RTD' ler geniş bir alana yayılarak pek çok noktadan ölçüm alabilirler ve bunların ortalamasını vererek daha az hatalı sonuçlar elde edilmesini sağlarlar. T/C' larla bunun uygulanması pek mümkün değildir. RTD üzerindeki gerilim düşüşü T/C çıktısından çok daha kuvvetli bir işaret üretir.

Termistörler

Bu algılayıcılar küçük sıcaklık değişikliklerine karşı duyarlıdırlar. Düşük sıcaklık uygulamaları için (sınırlı sıcaklık aralıklarında) uygundur. Fiziksel boyutları küçüktür. Nokta tipi algılayıcılar için boyutları bir iğne ucu kadar olabilir. Termistörler kullanıldıkça daha kararlı hale gelirler. Termistörün derecesine ve fiyatına bağlı olarak performansı düşük doğruluktan kaliteli RTD' lerle boy ölçülebilecek yüksek doğruluğa kadar değişebilir. Termistörler bir işlem değişkeninin yarım veya bir dereceye kadar olan sıcaklık aralığındaki kontrolüne olanak tanırırlar. Pek çok termistör RTD' lardan daha ucudur; ancak koruyucu kılıflarla bu fiyat aralığı daralır. Termistörlerin ana direnci binlerce ohm olabilir. Bu da aynı ölçüm akımı ile RTD' lardan daha büyük bir gerilim değişikliği sağlar; ve kablo direnci problemlerini ortadan kaldırır. Termistörlerle çalışırken akıma dikkat edilmelidir çünkü termistörler sıcaklığa RTD' lardan daha duyarlıdırlar. Yeni termistörlerden bazıları bunu engellemek için farklı bazı düzeneklere sahiptirler ancak fiyatları da ona göre yüksektir. Termistörlerin dezavantajlarına gelince bunlar algılayıcının kırılğan yapısı, sınırlı sıcaklık aralığı, yüksek sıcaklıklarda dekalibrasyondur. Termistörler birbirleriyle değiştirilebilirler ve ek bir devre eklenmediği sürece devre açmalarına karşı bir güvenlik sağlayamazlar. Ayrıca

termistörler RTD' ler ve termokupllarla aynı seviyede endüstri standartlarına sahip değildirler.

Tümleşik devre

Yarıiletken tümleşik devre sıcaklık algılayıcıları sıcaklığın artmasına PN eklemlerinden geçen ters-bayas akımını arttırarak cevap vererek, sıcaklıkla orantılı küçük fakat tespit edilebilir bir voltaj veya akım üretirler. Tümleşik devre kendi yükselticisini içerebilir.

Termokupl

Termokupllar (ısı çifti) çeşitli araştırma alanlarında ve sanayide sıcaklık ölçüm amaçlı olarak çok sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı iki metal çiftin bir araya getirilmesi ile elde edilir. Temas noktaları ısıtıldığında diğer uçlarından sıcaklıkla orantılı bir gerilim elde edilir. Orantı katsayıları, kullanılan metallere bağlıdır. Bağlantı uçlarının sıcaklığının sabit kalması gerekir, bu ekleme soğuk eklem adı verilir

Elektron kaybetme özellikleri (iş fonksiyonları, work function) birbirinden farklı iki metal tel birleştirilirse diğer iki ucunda bir elektro motor kuvvet (emk) oluşur. Bu olaya *termoelektrik olay* denir. Bundan yararlanarak termokupl yapılır. Bu emk, duyarlılığı yüksek bir analog veya dijital voltmetre (DVM) ile ölçülerek sıcaklık bulunabilir. Bu olayın tersi de mümkündür. Uygun bir termokuplun iki ucuna bir D.C. gerilim uygulanırsa, akımın yönüne bağlı olarak, uçta ısınma veya soğuma olabilir. Bu olaya da *Peltier Olayı* denir. Yalnız bunun için klasik termokuplların yerine metal oksit yarıiletkenler kullanılır. Termokupl yapımında seçilen metal çiftinin elektropozitiflik sıralamasında birbirinden uzak olmaları, birim sıcaklık farkı başına ortaya çıkan elektro motor kuvvetin (k, mikro volt/C) büyük olmasını sağlar. Oda sıcaklığı civarında, dar bir bölge için bu değerler Çizelge 1'de verilmiştir. Metallerin elektropozitiflik sırası şöyledir: Bi, Ni, Co, Pd, Pt, Cu, Mn, Ti, Hg, Pb, Sn, Cr, Mo, Rh, Ir, Au, Ag, Zn, W, Cd, Fe, Sb. Düğüm noktasında akımın yönü, elektropozitifliği küçük metalden büyük metale doğrudur. Saf metaller yerine alaşımlar kullanılabilir.

Bu algılayıcıların geniş bir çalışma aralığı vardır ve yüksek sıcaklık uygulamaları için idealdirler. Soy metal alaşımlarından yapılmış olan termokupllar 1700°C'ye kadar olan sıcaklıkları izleme ve kontrol için kullanılabilirler. T/C' lar özellikle minyatür algılayıcı tasarımları için de idealdir. Basit yapıları olumsuz ortam koşullarına (aşırı şok, vibrasyon gibi) dayanıklı olmalarını sağlar. Termokupllar sıcaklık değişimlerine ani değişiklik göstermek üzere küçük boyutlarda düzenlenebilirler. Termokupl temsili resmi şekil 1.5'tedir.



Şekil 1.5 Termokupl

T/C' lar pek çok şekil ve boyutta olabilirler. Yalıtımlı en çok kullanılan tiptir. Bu tip bir T/C de tel haline getirilmiş metal alaşımlar yalıtım malzemesiyle kaplanır; bu malzeme termokupl alaşımları arasında hem fiziksel hem de elektriksel yalıtım sağlar. Yalıtım malzemeleri 1260°C'ye kadar olan sıcaklıklarda işlevlerini sürdürebilirler. Termokupllar kısa dönemli ölçümler için ekonomiktir.

Bazı termokupl türleri için derece başına μV mertebesinde gerilimi belirleyen k katsayıları çizelge 1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Bazı metal çiftlerinin k katsayıları (Koçyiğit ve İşçi,2000)

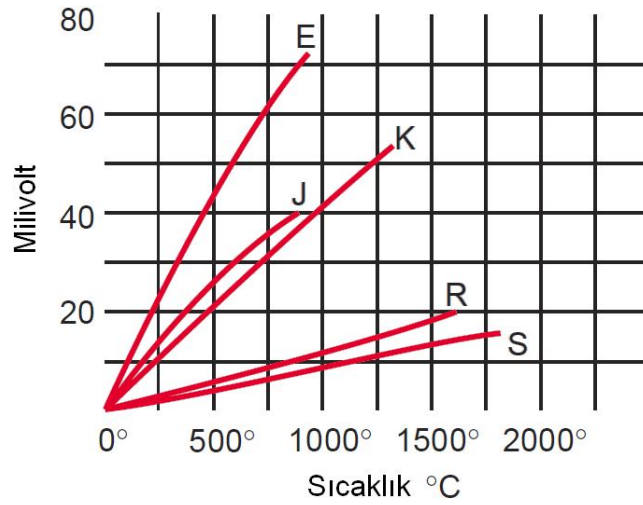
Metal Çifti	k ($\mu V/^{\circ}C$)
Bi-Sb	100
Fe-Konstantan	53
Platin-Platinli radyum	6.4
Fe-Cu	11
Demir-Pirinç	7
Demir-Nikel	32
Bakır-Konstantan	43
Kromel-Alumel	41

Bazı termokupl türleri için 100°C'deki gerilim ve ölçüm aralığı çizelge 1.3'te verilmiştir.

Çizelge 1.3 Farklı tip termokupllar ve oluşan elektromotor kuvvetler [13]

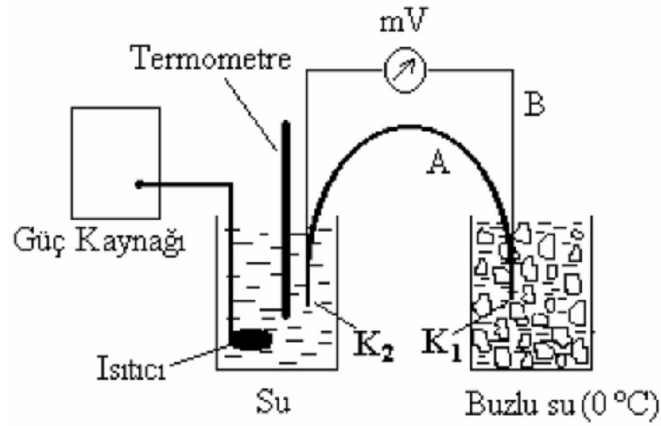
Kullanılan İletkenler	Kodu	0°C referansta 100°C uçlarda oluşan voltaj (mV)	Ölçme bölgesi	Standart
Kromel/Alumel	K	4.096	-200°C +1250°C	ITS-90
Bakır/Konstantan	T	4.279	-200°C- +350°C	ITS-90
Demir/Konstantan	J	5.269	0°C +700°C	ITS-90
Kromel/Konstantan	E	6.319	-200°C +900°C	ITS-90

Termokupl türleri için sıcaklık gerilim grafiği şekil 1.6'daki gibidir.



Şekil 1.6 Termokupl türleri için sıcaklık gerilim grafiği [10]

Piyasada en çok kullanılan termokupl telleri; Cu- Kostantan, Fe-konstantan, Alemel- Kromel, Pt-Pt (radyum)'dur. Bunlar derece başına 40-50 mikrovoltluk emk oluştururlar. Bu değer oldukça küçük olduğu için bazen daha duyarlı bir ölçü aleti kullanılarak doğrudan ölçüm yapılır. Bazen de, bu emk (voltaj) bir yükselteç devresi ile 100-500 kat yükseltilerek daha rahat ölçülebilecek seviyeye ulaştırılır. Tipik bir termokupl devresi Şekil 1.7'de verilmiştir.

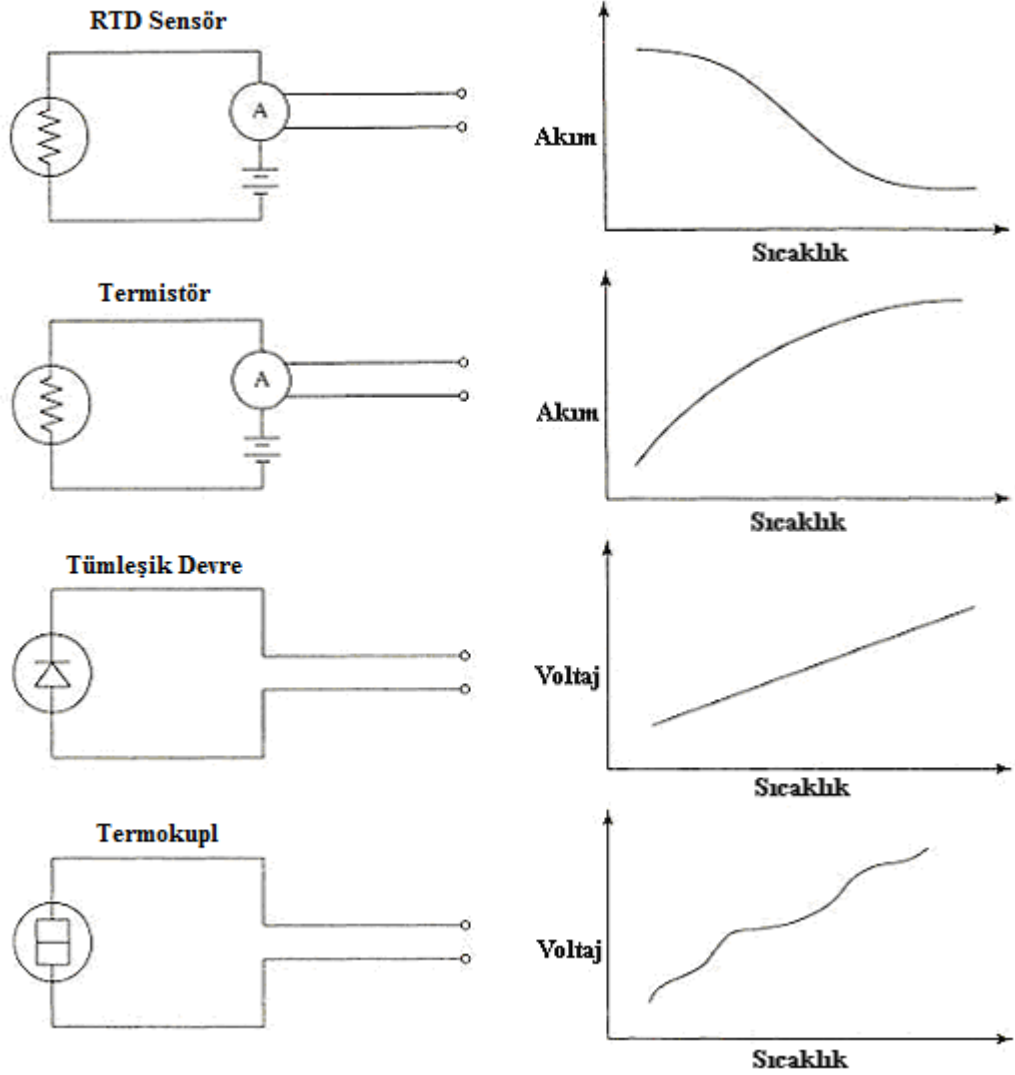


Şekil 1.7 Bir termokupl düzeneği; A konstantan tel, B bakır tel (Koçyiğit ve İşçi,2000)

Bazı sistemlerde tek uç vardır ve referans oda sıcaklığıdır. Yukarıdaki sistemde ise 0°C (su+buz karışım) referans noktasıdır. Birinci uç buraya konur. Diğer uç, sıcaklığı ölçülecek yere konur. Dijital ve ticari sıcaklık ölçme cihazlarında tek uçlu termokupl kullanılır. Cihaz içindeki bir elektronik devre, oda sıcaklığını 0 °C ye indiren bir kompanzasyon sistemine

sahiptir. Bu nedenle gerçek sıcaklık okunur. Sadece voltaj (potansiyel farkı- emk) ölçen bir cihazla, tek uçlu bir termokupla ölçüm yapılırsa, bulunan değere, oda sıcaklığının eklenmesi gerekir.

İncelenen sıcaklık algılayıcıların sıcaklık değişimine göre gerilim veya akım grafikleri şekil 1.8'deki gibidir.



Şekil 1.8 Sıcaklık algılayıcıları akım gerilim grafikleri

Termokupl gerilim sıcaklık dönüşümü

J tipi termokupl'da ölçülen gerilimin sıcaklık değeri aşağıda verilen polinom ile kolayca hesaplanabilmektedir.

$$T = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1.1)$$

Burada x ölçülen gerilimdir. Polinomun $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ katsayıları J tipi termokupl için çizelge 1.4’te verilmiştir.

Çizelge 1.4 J tipi termokupl için polinom katsayıları tablosu.

a_0	-0.048868252
a_1	19873.14503
a_2	-218614.5353
a_3	11569199.78
a_4	-264917531.4
a_5	2018441314

Termokupl standartları

Test ve Ölçüm için Amerikan Kurumu (American Society for Testing and Materials) – ASTM

Bu standart endüstriyel veya yüksek güvenilirlikli uygulamalar için mineral izolasyonlu, metal kılıflı termokupl gereksinimlerini kapsar. izolasyon, kaplama materyalleri ve ölçme eklem yapılandırmaları için termoelement seçimini, termokupl birleşme uzunluğunu ve sonlandırma tipini belirler.

1990 Uluslararası Sıcaklık Skalası (International Temperature Scale) – ITS-90

1990’ ın uluslararası sıcaklık skalası Kelvin ve Celcius skalalarında ölçüm yapmak için ekipman kalibrasyon standardıdır. ITS-90 termodinamik sıcaklık yaklaşımıdır ve uluslararası olarak sıcaklık ölçümlerinin uyumluluğunu ve karşılaştırılabilirliğini kolaylaştırır. ITS-90 0.65 K’ den 1358 K’e (–272.5 °C to 1085 °C) tanımlı kalibrasyon noktaları sunar ve bunları çoklu sıcaklık bölgelerine bölmüştür.

ITS-90 mümkün olabildiğince termodinamik sıcaklık skalasını (mutlak sıfır referansı) temsil etmek için dizayn edilmiştir. Tüm menzili kapsamak için birçok farklı termometre dizaynı gereklidir. Bunlar helyum gazı basınç termometreleri, standart platin dirençli termometreler (SPRT, PRT veya platin RTD) ve monokrom radyasyon termometreleridir.

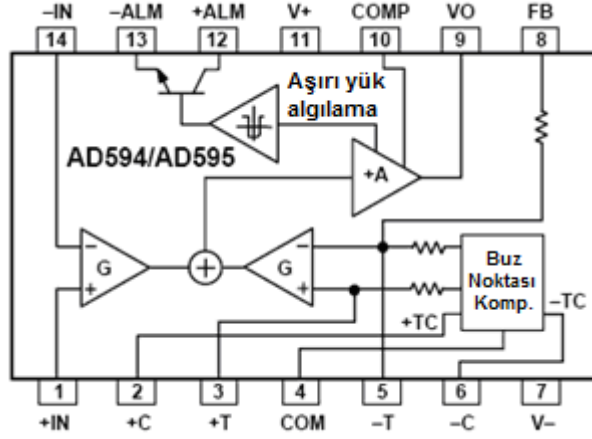
Kelvin ve Celcius skalaları ve suyun üçlü noktası (273.16 K ve 0.01 °C), mutlak sıfır (0 K) kullanılarak tanımlanmış olmasına rağmen, suyun üçlü noktasından çok farklı sıcaklıklarda bu tanımlamayı kullanmak pratik değildir. Bu nedenle ITS-90 on dört saf kimyasal elementin ve bileşimin (su) çeşitli termodinamik denge durumlarında olan sayısız tanımlı noktalarını

Ortak İşaret Bastırma Oranı (“CMRR”, common-mode rejection ratio) yüksek olan bir enstrümantasyon kuvvetlendirici kullanılabilir.

Ofset ayarı veya başka bir deyişle sıfır ayarı, ölçme aralığının başında, örneğin 0 °C' de, ofset ayar potansiyometresi ile çıkış sıfırlanarak veya olması gereken minimum bir değere getirilerek yapılır. Daha sonra, kuvvetlendiricinin kazancıyla oynanarak kuvvetlendirici çıkışının istenen sıcaklıkta istenen değeri alması sağlanır. Bu iki ayar yardımıyla köprü kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiş olur.

1.2.1 Soğuk eklem kompanzasyonlu (CJC) termokupl yükselteci AD594 / AD595

Soğuk eklem kompanzasyon işlemini gerçekleştiren AD594/AD595 termokupl yükseltecinin bağlantı şeması şekil 1.10'daki gibidir.



Şekil 1.10 AD594/AD595 bağlantı şeması [2]

Özellikleri

- AD594 J tipi AD595 K tipi termokupllar için önceden ayarlanmıştır.
- T tipi termokupl girişleriyle kullanılabilir.
- Düşük empedanslı gerilim çıkışı 10 mV/°C
- Geniş besleme aralığı +5V' den +15V' ye
- Düşük güç <1 mW
- Termokupl arıza alarmı
- Yüksek empedans fark girişi

Tümleşik Devre Tanımı

AD594/AD595 tek çip üzerinde bulunan bir enstrümantasyon yükselteci ve termokupl soğuk eklem kompanzatorüdür. Termokupl sinyalinden doğrudan yüksek seviyeli bir çıkış üretmek

için buz noktası referansını önceden kalibre edilmiş bir yükselteç ile birleştirir. Pin-bağlama (pin strapping) seçenekleri lineer yükselteç kompanzatörü veya ayarlı ya da uzaktan ayar noktası kontrolü kullanan anahtarlanmış çıkış ayar noktası denetleyicisi kullanabilme imkanı sağlar. Kompanzasyon gerilimini doğrudan yükseltmek için kullanılabilir, böylece onu düşük empedanslı gerilim çıkışlı Celcius dönüştürücüsüne çevirir.

AD594/AD595 eğer bir veya iki uç açılırsa termokupl bozulma alarmı içerir. Alarm çıkışı TTL sürüş kabiliyeti olan esnek bir yapıdadır.

AD594/AD595 tek kaynak ile enerjilendirilebilir (+5V) ve negatif kaynak ile beslenerek 0°C altı da ölçülebilir. Kendi kendine ısınmayı önlemek için yüksüz AD594/AD595 160µA ile çalışır, ayrıca yüke ± 5 mA verebilme imkânına sahiptir.

AD594 J tipi (demir-konstantan) termokupllarının karakteristikleri ile uyumlu olabilmek için önceden kalibre edilmiştir ve AD595 ise K tipi (kromel-alumel) termokupl girişleri için ayarlanmıştır. Sıcaklık dönüştürücü gerilimleri ve kazanç kontrol dirençleri tümleşik devre paketinde bulunmaktadır, böylece devre iki veya üç direnç eklentisi ile diğer termokupl türleri için kalibre edilebilir. Bu terminaller termokupl ve termometre uygulamaları için daha hassas kalibreyi mümkün kılar.

AD594/AD595 iki performans derecesine sahiptir. C ve A versiyonlarının sırasıyla $\pm 1^\circ\text{C}$ ve $\pm 3^\circ\text{C}$ kalibrasyon hassasiyeti vardır. Her ikisi de 0°C den +50°C kullanmak için dizayn edilmiştir.

AD594/AD595 Cıkış Gerilimlerini Değerlendirmek

10 mV/°C' lik sıcaklık oranlı çıkış ve devrenin belirtilen çalışma aralığının üzerinde referans eklemi için hassas kompanzasyon elde etmek için, AD594/AD595 25°C' de J ve K tipi termokuplların transfer karakteristikleriyle uyumlu olabilmek için kazanç ayarlıdır. Bu sıcaklık aralığında J tipi çıkış için termokupl 51.70 µV/°C, K tipi için ise 40.44 µV/°C' dir. Sonuç olarak kazanç AD594 için 193.4 (10 mV/°C bölü 51.7 µV/°C) ve AD595 için 247.3 (10 mV/°C bölü 40.44 µV/°C). Buna ilave olarak mutlak hassas ayar AD594 için 16 µV ve AD595 için 11 µV' luk giriş ofsetini çıkış yükselteci karakteristiğine indükler. Bu ofset ortaya çıkar çünkü AD594/AD595 25°C termokupl girişi uygularken 250 mV çıkış için ayarlanmıştır. Çünkü termokupl çıkış gerilimi sıcaklık ile alakalı olarak doğrusal değildir ve AD594/AD595 kompanze edilmiş sinyali doğrusal olarak yükseltir, aşağıdaki transfer fonksiyonları çıkış gerilimini belirlemede kullanılabilir:

$$AD594 \text{ çıkışı} = (J \text{ Tipi Gerilimi} + 16 \mu V) \times 193.4 \quad (1.2)$$

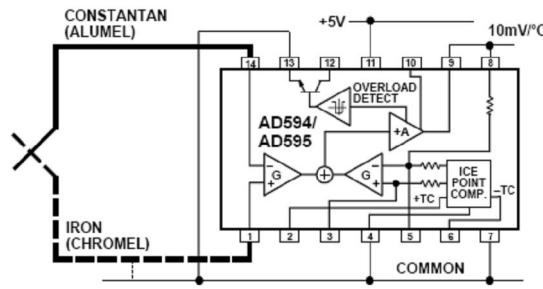
$$AD595 \text{ çıkışı} = (K \text{ Tipi Gerilimi} + 11 \mu V) \times 247.3$$

veya diğer taraftan

$$J \text{ Tipi Gerilim} = (AD594 \text{ çıkışı} / 193.4) - 16 \mu V \quad (1.3)$$

$$K \text{ Tipi Gerilim} = (AD595 \text{ çıkışı} / 247.3) - 11 \mu V$$

AD594'e J tipi termokupl bağlantısı şekil 1.11'de görüldüğü gibidir.



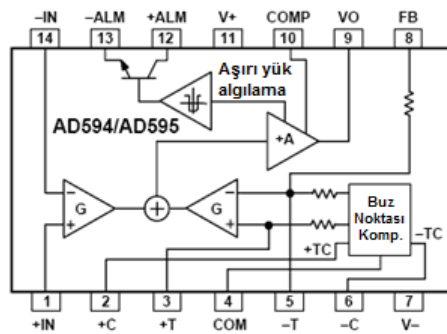
Şekil 1.11 Temel bağlantı, tek kaynaklı çalışma [2]

Termokupl Bağlantıları

Termokupl uçları çiftinin izotermal sonlandırma bağlantıları etkili bir referans eklemi oluşturur. Bu eklem dahili soğuk eklem konpanzasyonunun etkili olması için AD594/AD595 ile aynı sıcaklıkta tutulmalıdır

İşlevsel Tanımlama

AD594 iki fark yükselteci gibi davranır. Çıkışlar toplanır ve şekilde gösterildiği gibi yüksek kazançlı yükselteci kontrol etmek için kullanılır.



Şekil 1.12 AD594/AD595 blok diyagramı [2]

Şekil 1.12'ye bakıldığında normal çalışmada 9. pindeki ana yükselteç çıkışı, 8. pindeki geribesleme ağına bağlanır. Termokupl sinyalleri pin 1 ve 14' teki değişen giriş evresine uygulanır, fark yükseltecinin G kazancı ile yükseltilir ve daha sonra ana yükselteçte A kazancı ile yükseltilir. Ana yükseltecin çıkışı eviren bağlantıda ikinci bir fark evresine geri beslenir. Geri besleme sinyali bu evre tarafından yükseltilir ve ana yükseltece bir toplama devresi üzerinden uygulanır. Çünkü evirmeden dolayı yükselteç geribeslemenin fark sinyalini küçük bir değere düşürmesine sebep olur. İki fark yükselteci özdeş kazançlar olan G' ye sahip olmak ve elde etmek için yapılmıştır. Sonuç olarak sağdaki fark yükseltecine uygulanması gereken geribesleme sinyali fark sinyali sıfıra düştüğü zaman termokupl giriş sinyali ile tam olarak uyum gösterecektir. Geri besleme ağı ayarlanabilir bunun sonucunda pin 8 ve 9' daki efektif kazanç çıkışa termokupl uyarımında $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ 'lik gerilim ile sonuç verir.

Geribesleme sinyaline ilave olarak, soğuk eklem kompanzasyon gerilimi sağdaki fark yükseltecine uygulanır. Kompanzasyon AD594/AD595' in Celcius sıcaklığına farksal bir gerilim oranıdır. Bu sinyal fark girişini bozar bunun sonucunda yükselteç çıkışı, uygulanmış termokupl gerilimine eşitlemek için girişi ilk haline getirmek amacıyla ayarlanmalıdır.

Kompanzasyon doğrudan kazanç ölçekleme dirençlerine uygulanır bunun sonucunda ana çıkıştaki etkisi $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ ' dir. Sonuç olarak, kompanzasyon gerilimi termokupl geriliminin etkisine 0°C ve AD594/AD595 sıcaklığı arasındaki fark ile doğru orantılı bir sinyal ekler. Eğer termokupl referans eklemi AD594/AD595 sıcaklığında korunursa, AD594/AD595' in çıkışı buz banyosuna referanslı termokupldan bir sinyalin yükseltilmesinden elde edilen bir okumaya tekabül edecektir.

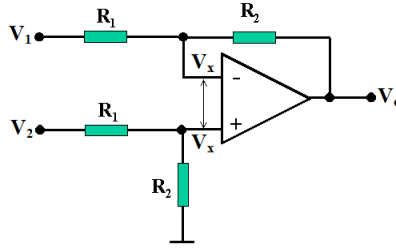
AD594/AD595 ayrıca alarm transistörünü anahtarlayan giriş açık devre algılayıcısına sahiptir. Bu transistör aslında akım sınırlı çıkış tamponudur, fakat anahtarlama transistörü olarak harici alarmların pull-up veya pull-down işlemleri için kullanılabilir.

Buz noktası kompanzasyon ağı pozitif ve negatif sıcaklık katsayılarıyla gerilimlere sahiptir. Bu gerilimler buz noktası kompanzasyonunu modifiye etmek için harici dirençler ile ve AD594/AD595 tekrar kalibre etmek için kullanılabilir.

Geri besleme direnci ayrı pinlerden dışarı verilmiştir böylece değeri seri bir direnç ile takviye edilebilir veya pin 5 ve 9 arasında koyulacak bir harici direnç ile değiştirebilir. Geri besleme direncinin harici olarak kullanılabilmesi kazancın ayarlanabilmesini mümkün kılar ve AD594/AD595' in ayar noktası işlemi için anahtarlama modda çalışabilmesine izin verir.

Termokuplun Gerilim Seviyesini Yükseltmek

Termokupl oldukça düşük gerilimler üreten bir algılayıcıdır. Algılanan sıcaklık gerilime dönüştürüldüğünde mikrodenetleyici tarafından değerlendirilebilmesi için belli bir seviyeye kadar yükseltilmesi gerekmektedir. Hazır üretilmiş tümleşik devreler dışında uygulanabilecek bir diğer yöntem de bir yükselteç devresi tasarlamaktır. Bunun için kullanılması gereken şekil 1.13'deki işlemsel yükselteçli bir fark yükseltecidir.



Şekil 1.13 Fark yükselteci

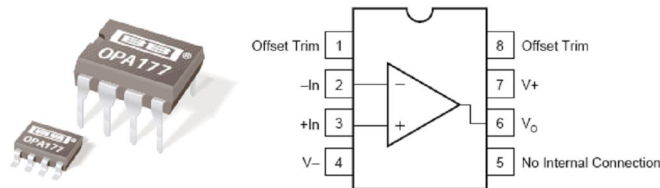
$$V_0 = (V_2 - V_1) \left(\frac{R_2}{R_1} \right) \quad (1.4)$$

Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise termokuplun °C başına çok düşük gerilimler üretmesi sebebiyle seçilecek işlemsel yükseltecin sıfır ofsete sahip olması gerektiğidir. Piyasada kolayca elde edilebilecek olan LM741 gibi işlemsel yükselteçler $V_2 - V_1$ gerilim farkı 0V olarak verilse bile V_0 çıkışından mV' lar mertebesinde bir gerilim üretmektedir ki bu ölçümlere etki edebilecek seviyede bir gerilimdir.

Bu problemi önlemek için ofset değeri sıfır veya çok düşük olan daha özel işlemsel yükselteçlere ihtiyaç vardır. Texas Instruments firması tarafından alınan Burr Brown firmasının üretmiş olduğu işlemsel yükselteçler bu işlem için uygundur.

İşlemsel Yükselteç (OPA177GP)

OPA177GP işlemsel yükseltecinin bağlantı şeması ve temsili resmi şekil 1.14'teki gibidir.



Şekil 1.14 OPA177GP tümleşik devresi ve bağlantı şeması [3]

Genel özellikleri

- Düşük ofset gerilimi: maksimum $25\mu V$
- Düşük kayma: $0.3\mu V/^{\circ}C$
- Yüksek açık çevrim kazancı: 130dB
- Düşük sükûnet akımı: 1.5mA

Uygulama alanları

- Hassas enstrümantasyon
- Veri yakalama
- Test ekipmanları
- Köprü yükselteci
- Termokupl yükselteci

OPA177 hassas bipolar işlemsel yükselteç düşük ofset gerilimi ve kayma sunar. Lazer ayarlı ofset, kayma ve giriş bayaş akımı harici ayarlama gerekliliğini ortadan kaldırır. Yüksek performansı ve düşük maliyeti hassas enstrümantasyonlara geniş bir yelpazede uygun olmaktadır.

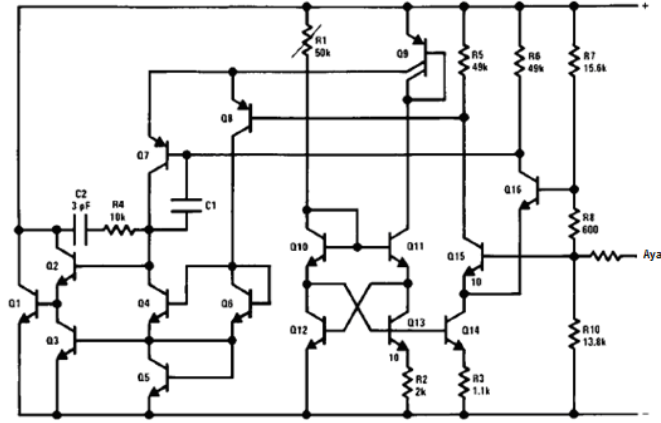
1.2.2 Sıcaklık dönüştürücü uygulamaları

Analog Sıcaklık Algılayıcı Tümlleşik Devresi (LM335)

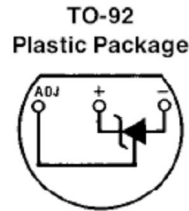
LM335 serisi hassas, kolay kalibre edilebilen, tümlleşik devre sıcaklık algılayıcısıdır. 2 terminalli zener gibi çalışır, LM335 $+10\text{ mV}/^{\circ}K$ de doğrudan oransal olan bir kırılma gerilimine sahiptir. 1Ω ' dan daha az dinamik empedans ile performansında bir değişikliğe uğramadan $400\mu A$ ' den 5 mA ' e kadar bir akım aralığında çalışır. $25^{\circ}C$ ' de kalibre edildiğinde $100^{\circ}C$ ' lik bir sıcaklık aralığında $1^{\circ}C$ ' den daha az hatası vardır. Diğer algılayıcıların aksine LM335 lineer çıkışlıdır. Düşük empedans ve lineer çıkış okuma ve kontrol devrelerinin arayüzünü tasarlamayı kolay kılar. LM335 $-40^{\circ}C$ ile $+100^{\circ}C$ arasında çalışır. TO-92 veya tümlleşik devre kılıfında temin edilebilir. Şekil 1.15 ve şekil 1.16'da sırasıyla iç yapısı ve bağlantı şeması görülmektedir.

Genel özellikleri

- $^{\circ}Kelvin$ olarak doğrudan kalibre edilmiştir.
- $1^{\circ}C$ hassasiyet
- $400\mu A$ ile 5 mA arasında çalışır
- 1Ω ' dan daha düşük dinamik empedans
- Kolay kalibre edilebilir
- Geniş sıcaklık aralığında çalışabilme
- Düşük maliyet



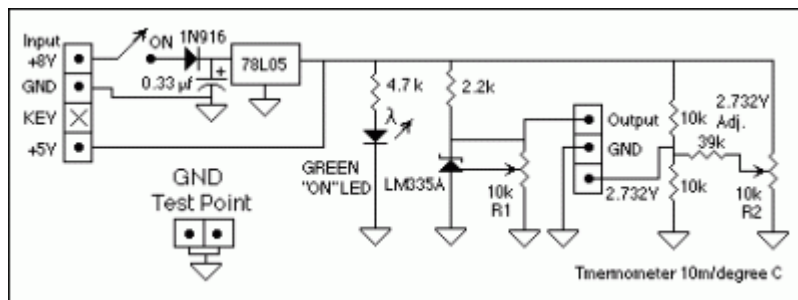
Şekil 1.15 LM335 iç yapısı [1]



Şekil 1.16 LM335 bağlantı şeması [1]

Uygulama devresi

Şekil 1.17'deki uygulamada sıcaklık algılayıcısı olarak LM335 kullanılmıştır. Devre iki kısımdan oluşmaktadır. LM335 ve onun ayarlama kısmı. LM335' in çıkışı 10mV/°C' lik artımlarla 2.982V DC gerilime kadar ulaşabilir. Referans devre 0 referans gerilimi sağlar. LM335' ten sıcaklığı doğrudan °C olarak okumak için + ucu yüksek empedanslı dijital voltmetreden çıkış pinine ve dijital voltmetrenin – ucunu da 2.732V pinine bağlamak gerekir. Bu devre aynı zamanda °K ölçmek içinde kullanılabilir. Kelvin ile Celcius arasında şu basit bağıntı vardır. $^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$ Devrenin basitçe ofset değerini değiştirmek yeterlidir.

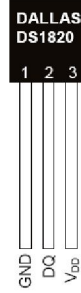


Şekil 1.17 LM335 uygulama devresi [15]

ayarlanmak için Analog 0 girişı olan A Portunun 0. bitine çıkışı bağlanmalıdır. C3 kondansatörü ise çıkıştaki dalgalanmayı biraz olsun azaltmak içindir.

Sayısal Sıcaklık Algılayıcı Tümlleşik Devresi (DS1820)

Şekil 1.20’de DS1820 tümlleşik devresi ve bağlantı şeması görölmektedir.

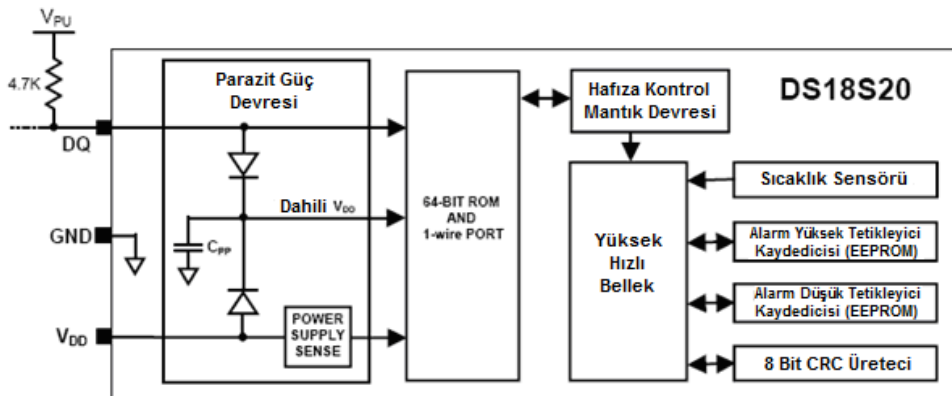


Şekil 1.20 DS1820 tümlleşik devresi [4]

Genel özellikleri

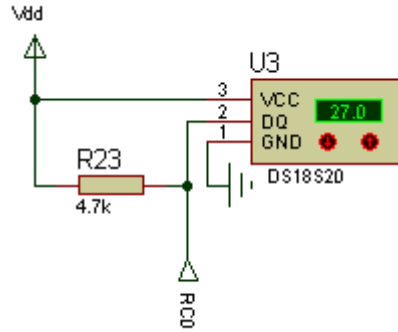
- Tek hat (One Wire) ara yüzünü kullanır tek pinden haberleşir.
- Dışarıdan bir bileşen gerektirmez.
- Veri hattından beslenebilir.
- 3V - 5.5V arası çalışabilir.
- -55°C ile +125°C arasını ölçebilir.
- -10°C ile +85°C arasında +-0.5 derelik hassasiyet ile ölçebilir.
- 9 bit termometre çözünürlüğü vardır.
- 750ms’ de sıcaklığı çevirir.
- Kullanıcı tarafından ayarlanabilen alarm
- Termostat kontrolünde, endüstriyel sistemlerde, termometrelerde ve herhangi hassas termal sistemlerde kullanılabilir.

DS1820 iç yapısı şekil 1.21’de görölmektedir.



Şekil 1.21 DS1820 iç yapısı [4]

DS1820 uygulaması



Şekil 1.22 DS1820 uygulama devresi

Şekil 1.22’de PIC ile yapılan bir sıcaklık denetimi uygulaması görülmektedir. DS1820 sayısal bir sıcaklık tümleşik devresidir. Bu yüzden herhangi bir çevrime ihtiyaç yoktur. PIC’in C Portunun 0. bitine bağlıdır. Tek hat (One Wire) haberleşme sistemini kullanır.

1.3 Aç/Kapa (On/Off) Kontrol

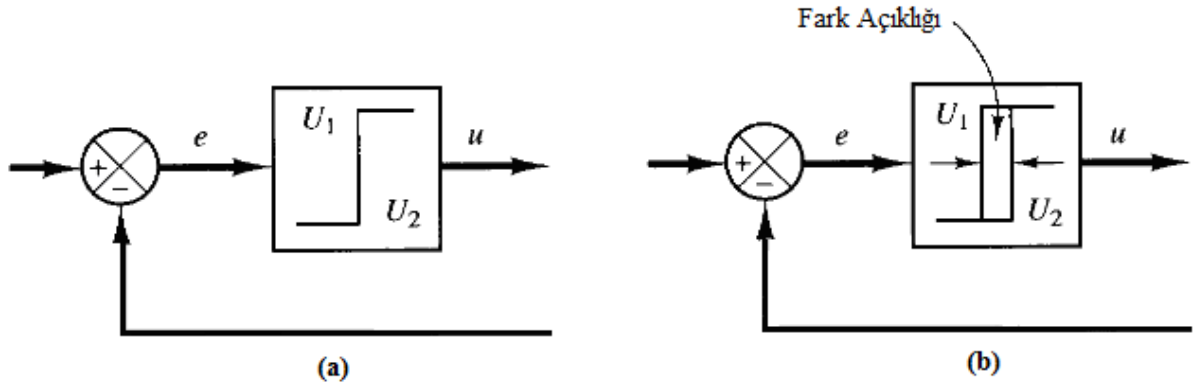
İki konumlu kontrol sistemlerinde işleticinin sadece iki sabit konumu vardır. Bunlar basitçe açık ve kapalıdır. Aç/Kapa kontrol basit ve ucuzdur bu sebepten endüstriyel alanda ve ev tipi kontrol sistemlerinde yaygın olarak kullanılır.

Denetleyicinin çıkış sinyaline $u(t)$ ve işletici hata sinyaline ise $e(t)$ diyelim. İki konumlu kontrolde, $u(t)$ sinyali işletici hata sinyalinin pozitif veya negatif olmasına göre maksimum veya minimum değerde kalır. U_1 ve U_2 sabitlerdir. U_2 ’nin minimum değeri sıfır veya $-U_1$ ’dir.

$$\begin{aligned} u(t) &= U_1, e(t) > 0 \\ u(t) &= U_2, e(t) < 0 \end{aligned} \quad (1.5)$$

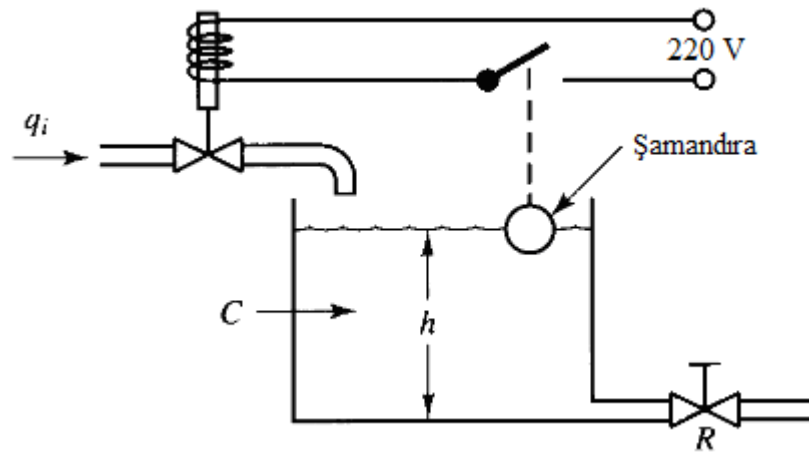
İki konumlu denetleyiciler genellikle elektriksel cihazlardır. Yüksek kazançlı pnömatisal denetleyiciler iki konumlu denetleyiciler gibi çalışır.

Şekil 1.23’a ve b’de iki konumlu denetleyicilerin blok diyagramı görülmektedir. Anahtarlama meydana gelmeden önce işletici hata sinyalinin hareket etmesi gereken bölgeye fark açıklığı denir. Fark açıklığı Şekil 1.23b’de görülmektedir. Fark açıklığı işletici hata sinyalinin sıfır değerinin altına inme kadar denetleyici çıkışı $u(t)$ ’nin anlık değerini muhafaza etmesine sebep olur. Bazı durumlarda fark açıklığı aç/kapa mekanizmasının sık çalışmasını önlemek amacıyla kasıtlı olarak sağlanır.



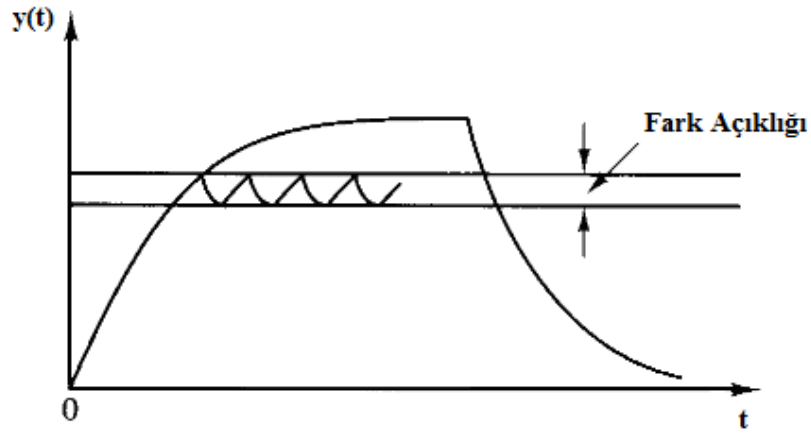
Şekil 1.23a ve b Aç/Kapa kontrolü blok diyagramı (Ogata,1997)

Şekil 1.24'teki sıvı seviyesi kontrol sisteminde şamandıra ile su seviyesi kontrolü yapılmaktadır. Su seviyesi yükselince anahtar açılır ve valf kapanır. Su seviyesi düşerse anahtar kapanır ve valf açılır, su akmaya devam eder. Yani valf ya açık ya da kapalıdır.



Şekil 1.24 Sıvı seviyesi kontrol sistemi (Ogata,1997)

Şekil 1.25'te görüldüğü gibi çıkış sinyali devamlı olarak iki limit arasında hareket etmektedir. Bu iki limit işleticinin bir sabit konumdan diğerine hareket etmesi için gereklidir. Çıkış eğrisinin iki üstel eğriden birini takip ettiği görülmektedir. Bunlardan biri dolduran diğeri ise boşaltan eğrileridir. Bu iki limit arasındaki çıkış osilasyonu iki konumlu kontrol altındaki sistemin karakteristiğinin tipik cevabıdır.

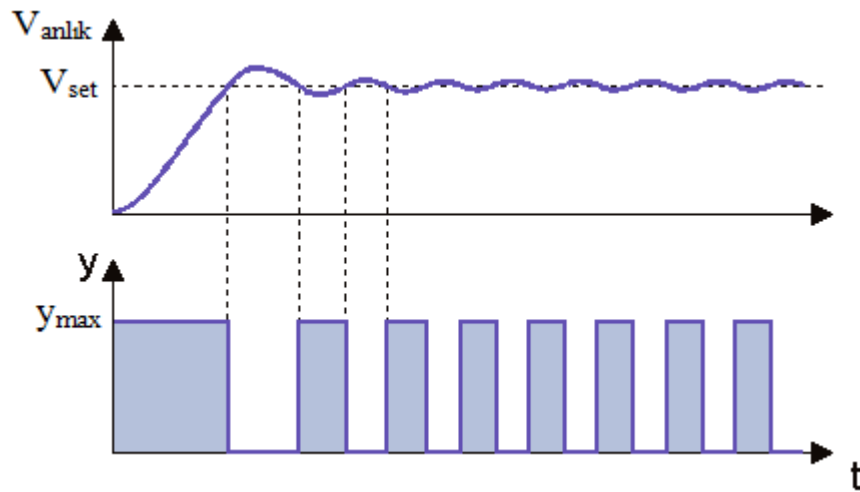


Şekil 1.25 Sıvı seviyesi kontrol sistemi çıkış eğrisi (Ogata,1997)

Şekil 1.25'ten çıkış osilasyonunun genliğinin fark açıklığını azaltarak düşürülebileceği görülmektedir. Fark açıklığını azaltmak ise aç/kapa anahtarlamalarını artırır ve parçanın ömrünü azaltır. Fark açıklığının genliği gereken kesinlik değeri ve parçanın ömrü açısından değerlendirilip belirlenmelidir.

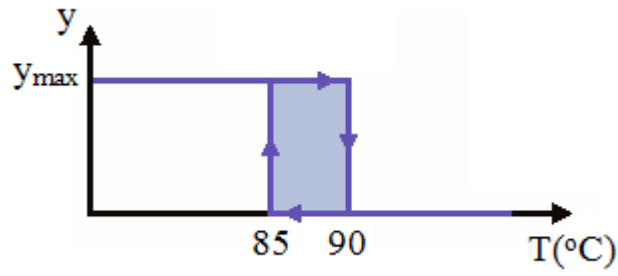
1.3.1 Histerezis

Sistem limit değerini aşıp referans değere ulaştıktan sonra limit değeri etrafında sürekli bir salınım gösterir. Bu durum şekil 1.26'da görülebilir. Bunun devamlı olası ise kontrol mekanizmasının mekanik kısmına zarar verir ve ömrünün kılmasına sebep olur. İki konumlu kontrolde bu probleminin etkisini azaltmak için fark açıklığı kullanılır, buna histerezis denir.



Şekil 1.26 Denetleyici çıkışındaki aç/kapa durumu

Histerezis referans değeri aşılar aşılmaz OFF durumu hemen gerçekleşmez ancak limit değerini aşarsa OFF durumu gerçekleşir. Aynı şekilde sistem çıkışı limit değerinin altına düşer düşmez ON konumu geçilmez ve histerezis değerin de altına inmesi gerekir. Dolayısı ile ON ve OFF durumları geciktirilmiş ve mekanik sistemin çok sık açılıp kapanması engellenmiştir. Şekil 1.27'deki örneğe bakarsak sistem 90°C 'yi aştığında kapalı konuma geçecek ve 85°C 'nin altına inene kadar da açılmayacaktır. Böylece ayar noktası etrafında sıcaklığın yaptığı salınımlardan kontaktörler korunmuş olur.



Şekil 1.27 Histerezisli aç/kapa sistem çıkışı

1.4 Sıcaklık Kontrol Cihazları

Altec AL810

Şekil 1.28'de Altec'in sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.28 Altec AL810 cihazı [6]

Genel özellikleri

Çizelge 1.6'da Altec'in sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.6 AL810 özellikleri

Giriş	Termokupl türleri: J, K, E, R, S, T, B, N RTD türleri: Pt100, Cu50
Analog giriş	0-20 mA 4-20 mA -10.0-50 mV 0-10 V
Çıkış	Faz kaydırmalı darbe
Doğruluk	± 0.1 °C
Çözünürlük	± 0.2 (+) 1 dijit
Örnekleme zamanı	125ms
Program kontrol	1 profil, 1-200 program döngü çevrimi veya devamlı döngü çevrimi
Kontrol tipi	PID
Haberleşme	RS-232 ve RS-485
Göstergeler	Üst 4 dijit yeşil, alt 4 dijit kırmızı, uyarı LED' leri
Ölçüler	96*96*100mm
Çevresel	Çevre Sıcaklığı 0-50°C Nem $\leq$ %85
Güç Beslemesi	85-264 VAC, 45/60Hz 24V AC/DC, 50/60Hz

Cole-Parmer Love On/Off Temperature Controllers

Şekil 1.29'da Cole-Parmer'in sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.29 Cole-Parmer Love cihazı [7]

Genel özellikleri

Çizelge 1.7'de Cole-Parmer'in sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.7 Cole-Parmer Love özellikleri

Çıkış	SPST Röle, 16A 250VAC
Doğruluk	± 1 °C
Çözünürlük	1 dijit
Prob	1.5m kablo ile 4cm'lik termistör (25°C' de 100 Ω)
Kontrol Tipi	On/Off
Göstergeler	3 dijit LED
Ölçüler	75*34*28mm
Çevresel	Çevre Sıcaklığı 0-70°C

Autonics TD4

Şekil 1.30'da Autonics'in sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.30 Autonics TD4 cihazı [8]

Genel özellikleri

Çizelge 1.8'de Autonics'in sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.8 Autonics TD4 özellikleri

Giriş	Termokupl Türleri: J, K RTD Türleri: Pt100
Çıkış	Röle 250VAC 3A SSR 24VDC $\pm$ 3V 20mA DC 4-20mA
Doğruluk	± 2 °C
Örnekleme Zamanı	100ms
Kontrol Tipi	On/Off, P, PI, PD, PID
Göstergeler	4 dijitli 7 segment gösterge, uyarı LED' leri
Ölçüler	96*96mm
Çevresel	Çevre Sıcaklığı 10-50°C Nem %35-85
Güç Tüketimi	5VA
Güç Beslemesi	100-240VAC 50-60Hz

Auber Instruments SYL-2362

Şekil 1.31’de Auber Instruments’ın sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.31 Auber Instruments SYL-2362 cihazı [9]

Genel özellikleri

Çizelge 1.9’da Auber Instruments’ın sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir

Çizelge 1.9 Auber Instruments SYL-2362 özellikleri

Giriş	Termokupl: K, E, S, R, J, T, B, WRe3-WRe25 RTD: Pt100, Cu50
Giriş Aralığı	K (-200~+1300°C), S (-50~+1600°C), WRe3-WRe25 (0~2300°C), R (50~+1600°C), T(200~400°C), E (-200~900°C), J (-200~1200°C), B (350~1800°C), Pt100 (-99.9~600.0°C) veya (-200~+600°C), Cu50 (-50~150°C)
Gösterge	2 satır, 4 dijit °F veya °C
Çözünürlük	1°C, 1°F veya Pt100 ile 0.1°C, 0. 1°F
Doğruluk	±%0.2
Kontrol Tipi	On/Off, PID
Çıkış	Röle 3A 240VAC SSR 8VDC 40mA
Güç Tüketimi	<2W
Güç Beslemesi	85-260 VAC, 50/60 Hz 85-360V VDC
Ölçüler	48*48*75mm

Omega CN77000

Şekil 1.32’de Omega’nın sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.32 Omega CN77000 cihazı [10]

Genel özellikleri

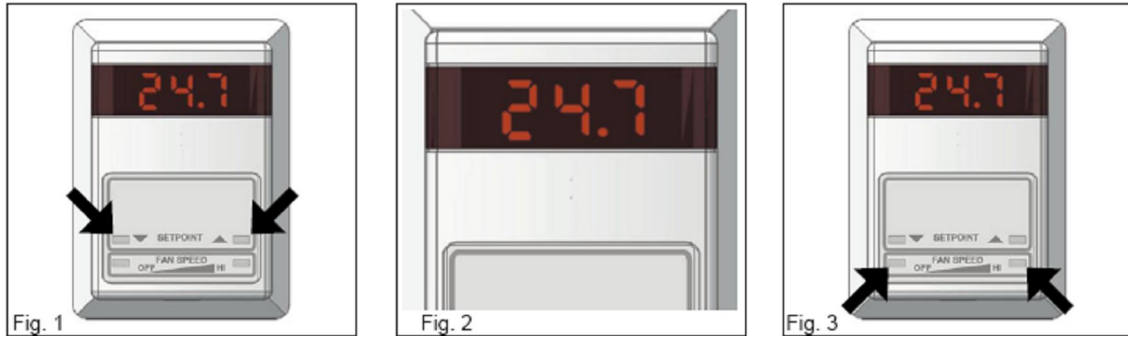
Çizelge 1.10’da Omerga’nın sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.10 Omega CN77000 özellikleri

Doğruluk	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0.9°F)
Çözünürlük	$1^{\circ}\text{C}/0.1^{\circ}\text{C}$; $10\ \mu\text{V}$ işlemde
Sıcaklık Stabilitesi	$0.08^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$; $50\ \text{ppm}/^{\circ}\text{C}$ işlemde
Nmrr	60 dB
Cmrr	120 dB
Okuma Oranı	3 örnek/s
Gösterge	İkili 4 dijit, 7-segment LED
Giriş	Termokupl: J, K, T, E, R, S, B, C, N, L RTD: Pt, 0.00385, 0.00392, 100Ω , 500Ω , 1000Ω Analog akım: 0-20 mA, 4-20 mA Analog gerilim: 0-100 mV, 0-1 V, 0-10 VDC
Kontrol Tipi	On/Off, P, PD, PI, PID
Çıkış	Röle 5A 120VAC, 3A 240VAC SSR 0.5A 120/240VAC DC Darbe 20mA 10VDC Analog Çıkış 0-10VDC veya 0-20mA, 500Ω maksimum
Haberleşme	RS-232 ve RS-485
Güç Beslemesi	90-250 VAC/DC 50-400Hz
Çevresel	Çevre Sıcaklığı $0-55^{\circ}\text{C}$ Nem %90
Güç Tüketimi	120 VAC’ de 6 VA
Ölçüler	48*48*135 mm

Tstat 5 Serisi Mikroislemci Tabanlı Termostat

Şekil 1.33'te Tstat 5 serisi sıcaklık kontrol cihazı görülmektedir.



Şekil 1.33 Tstat 5 cihazı [11]

Tstat oturma alanları ve ticari bölgeleri de soğutma ve ısıtma sistemleri için dizayn edilmiş CPU tabanlı bir termostattır. Birçok modeli vardır ve herhangi bir mekanik ekipmana veya uygulamaya uyarlanabilir.

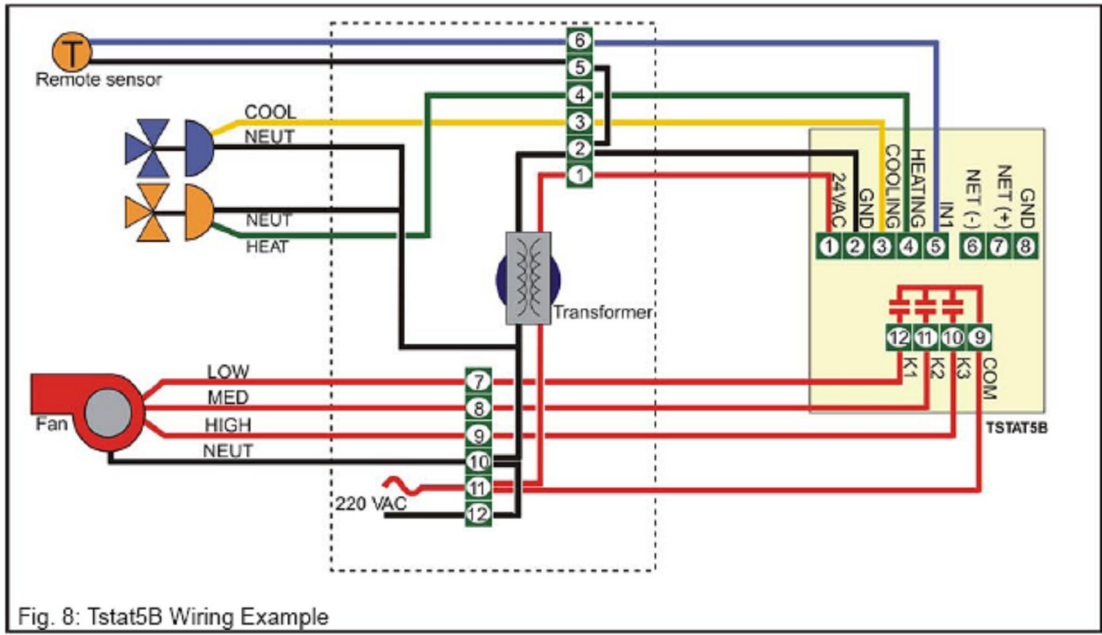
Genel özellikleri

Çizelge 1.11'de Tstat 5 serisi sıcaklık kontrol cihazının genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1.11 Tstat 5 özellikleri

Giriş	3 röle x 10 amper 220V 2 röle 1 amper 24V veya 220V 1 analog giriş
Sıcaklık aralığı	10-50°C (50-99°F)
Besleme Gerilimi	24VAC ±20%, 50-60Hz
Haberleşme	RS485
Güç Çekme	100mA 12VDC
Röle kontakları	Maksimum 6A
Kontrol Tipi	PI
Çevresel	İşlemde: 10-50°C (50-99°F) Beklemede: 2-50°C (35-120°F) Nem: 10-90 %Rh
Materyal Duvarı	Alev geçirmez plastik
Sıcaklık algılayıcı	10K termistör ±0.5°C
Renk	Beyaz
Ağırlık	200g

Tstat 5'in bağlantı örneği şekil 1.34'te görülmektedir.



Şekil 1.34 Tstat 5 bağlantı örneği [11]

1.5 Sıcaklık Kontrol Cihazlarının Karşılaştırması

Çizelge 1.12’de, incelenmiş olan sıcaklık kontrol cihazlarının belli kategorilere göre karşılaştırmaları bulunmaktadır. Giriş türleri, çıkış türleri, doğruluk, kontrol tipi, haberleşme vb. gibi başlıklar altında incelenmiştir. Giriş/Çıkış birimleri açısından zenginliğiyle Omega’nın ürünü göze çarpmaktadır. Doğruluk konusunda ise Altec’in ürünü öne çıkmaktadır.

Çizelge 1.12 Sıcaklık kontrol cihazları karşılaştırma tablosu

	Altec AL810	Autonics TD4	Auber Instruments SYL-2362	Omega CN77000	Tstat 5
Giriş	Termokupl türleri: J, K, E, R, S, T, B, N	Termokupl Türleri: J, K	Termokupl: K, E, S, R, J, T, B, WRe3-WRe25	Termokupl: J, K, T, E, R, S, B, C, N, L	3 röle x 10 amper 220V
	RTD türleri: Pt100, Cu50	RTD Türleri: Pt100	RTD Türleri: Pt100, Cu50	RTD: Pt, 0.00385, 0.00392, 100Ω, 500Ω, 1000Ω	2 röle 1 amper 24V veya 220V
	Analog akım: 0-20 mA, 4-20 mA			Analog akım: 0-20 mA, 4-20 mA	1 analog giriş
	Analog gerilim: 10-50mV, 0-10V			Analog gerilim: 0-100 mV, 0-1 V, 0-10 VDC	
Çıkış	Faz kaydırmalı darbe	Röle 250VAC 3A	Röle 3A 240VAC	Röle 5A 120VAC, 3A 240VAC	Soğutma için: 0-10V

		SSR 24VDC $\pm$ 3V 20mA	SSR 8VDC 40mA	SSR 0.5A 120/240VAC	Isıtma İçin: 0-10V
		DC 4-20mA		DC Darbe 20mA 10VDC	3x 220V AC
				Analog Çıkış 0- 10VDC veya 0- 20mA, 500 Ω maksimum	
Doğruluk	± 0.1 °C	± 2 °C	± 0.2	± 0.5 °C (0.9°F)	± 0.5 °C
Kontrol Tipi	PID	On/Off, P, PI, PD, PID	On/Off, PID	On/Off, P, PD, PI, PID	PI
Haberleşme	RS-232 ve RS-485	RS-232		RS-232 ve RS-485	RS-485
Güç Beslemesi	85-264 VAC, 45/60Hz	100-240VAC 50- 60Hz	85-260 VAC, 50/60 Hz	90-250 VAC/DC 50-400Hz	24VAC $\pm$ 20%, 50- 60Hz
	24V AC/DC, 50/60Hz		85-360V VDC		
Güç Tüketimi		5VA	<2W	120 VAC' de 6 VA	100mA 12VDC
Çevresel	Çevre Sıcaklığı 0- 50°C	Çevre Sıcaklığı 10-50°C		Çevre Sıcaklığı 0- 55°C	İşlemde: 10-50°C (50-99°F)
	Nem $\leq$ %85	Nem %35-85		Nem %90	Beklemede: 2- 50°C (35-120°F)
					Nem: 10-90 %Rh

2. PIC MİKRODENETLEYİCİLERİ

PIC, adını İngilizce'deki Peripheral Interface Controller cümlesindeki kelimelerin baş harflerinden almış olan bir mikrodeneleyicidir. Türkçesi çevresel arayüz denetleyicisi olan PIC gerçekten de çevresel üniteler adı verilen lamba, motor, role, ısı ve ışık algılayıcı gibi 1/0 elemanların denetimini çok hızlı olarak yapabilecek şekilde dizayn edilmiş bir çiptir.

RISC mimarisi adı verilen bir yöntem kullanılarak üretildiklerinden bir PIC' i programlamak için kullanılacak olan komutlar oldukça basit ve sayı olarak da azdır. 1980' lerin başından itibaren uygulanan bir tasarım yöntemi olan RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisindeki temel düşünce, daha basit ve daha az komut kullanılmasıdır.

PIC mikrodeneleyicileri lojik uygulamalarının hızlı olması, 8 bitlik veri yolu olan mikrodeneleyiciler olması, veri ve programı taşıyan bir tek yolu bulunması, herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 kondansatör ve bir direnç ile çalışabilmeleri, yüksek frekanslarda çalışabilme özelliği, hazır (Stand-by) durumunda çok düşük akım çekmesi, kesme özelliği bulunması ve kod sıkıştırma özelliği ile çokça tercih edilirler.

PIC Mikrodeneleyicilerinin Özellikleri

PIC oldukça hızlı bir mikrodeneleyicidir. Her bir komut döngüsü $1\mu s$ n' dir. Örneğin 5 milyon komutluk bir programın 20Mhz' lik bir kristale işletilmesi yalnız 1sn sürer. Ayrıca RISC mimarisi işlemcisi olmasının hız etkisi oldukça büyüktür.

PIC' in 16C5X ailesinde bir yazılım yapmak için 33 komuta ihtiyaç duyarken 16CXX araçları için bu sayı 35' tir. PIC tarafından kullanılan komutların hepsi kaydedici temellidir. Komutlar 16C5X ailesinde 12 bit, 16F87X ailesinde ise 14 bit uzunluğundadır. PIC' te CALL, GOTO ve bit test eden BTFSS ve INCFSZ gibi komutlar dışında diğer komutlar 1 çevrim sürer. Belirtilen komutlar ise 2 çevrim sürer.

PIC tamamıyla statik bir işlemcidir. Yani saat durdurulduğunda da tüm kaydedici içeriği korunur. PIC mikrodeneleyicisi programı işletilmediği zaman uyuma (uyku) moduna geçilerek mikrodeneleyicinin çok düşük akım çekmesi sağlanır. PIC uyuma moduna geçirildiğinde, saat durur ve PIC uyuma işleminden önce hangi işleminden önce hangi durumda olduğunu çeşitli bayraklarla ifade eder (elde bayrağı, sıfır bayrağı vs.) PIC uyuma modunda $1\mu A$ ' den küçük değerlerde akım.

PIC mikrodnetleyicisinden bir bacadan 40mA akım çekilebilmekte ve tümleşik devre toplamı olarak 150mA akım akıtma kapasitesine sahiptir. Tümleşik devrenin 4MHz osilatör frekansında çektiği akım çalışırken 2mA, hazır durumunda ise 2µA kadardır.

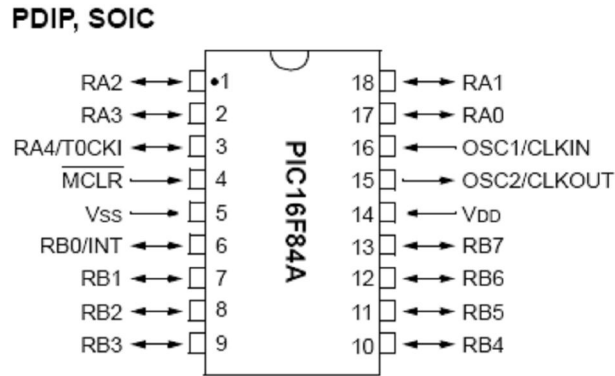
PIC ailesinde her türlü ihtiyaçların karşılanacağı çeşitli hız, sıcaklık, kılıf, Giriş/Çıkış hatları, zamanlama (timer) fonksiyonları, seri iletişim portları, A/D ve bellek kapasite seçenekleri bulunur.

PIC endüstride en üstünler arasında yer alan bir kod koruma özelliğine sahiptir. Koruma bitinin programlanmasından itibaren, program belleğinin içeriği, program kodunun yeniden yapılandırılmasına olanak verecek şekilde okunmaz.

PIC program geliştirme amacıyla programlanabilip tekrar silinebilme özelliğine sahiptir (EPROM, EEPROM). Aynı zamanda seri üretim amacıyla bir kere programlanabilir (OTP) özelliğine sahiptir.

2.1 PIC 16F84 Mikrodenetleyicisi

Şekil 2.1’de PIC 16F84 mikrodnetleyicisinin pin bağlantıları görülmektedir.



Şekil 2.1 PIC 16F84’ ün pin bağlantıları [5]

- DC 10 MHz çalışma hızı
- 8 bit genişliğinde veri yolu
- 8 seviye yığın derinliği
- Doğrudan, dolaylı ve göreceli adresleme yöntemleri
- EEPROM’ da 40 yıl veri tutma, EEPROM veri belleğine 1.000.000 kez veri yazma/silme
- 13 adet tek tek kontrol edilebilen giriş – çıkış pini
- 4 kesme (interrupt) kaynağı
- 8 bit zamanlayıcı (timer) / sayıcı (counter) programlanabilir ön frekans bölücü (prescaler)
- Düşük güçlü, yüksek hızlı CMOS Flash / EEPROM teknolojisi
- Geniş besleme gerilimi aralığı (Ticari = 2.0 V - 5.5 V)

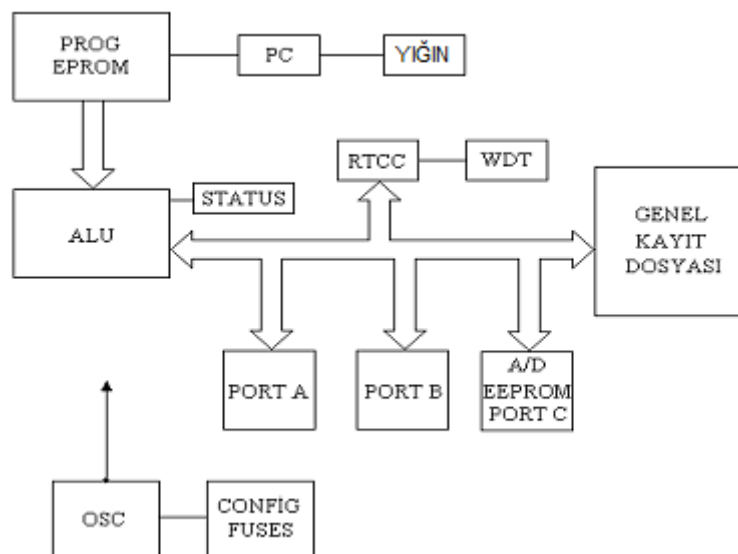
- Düşük güç tüketimi (5V - 4 Mhz' de tipik 2 mA' den düşük, 2V – 32 KHz' de tipik 15µA, 2V' ta sükûnet akımı 1 µA' den düşük)
- Kod koruma
- Uyku modunda güç tasarrufu
- 1024 kelime program hafızası
- 68 bayt Rastgele Erişimli Bellek (RAM)
- 64 bayt Elektrikle Silinebilir Programlanabilir Yalnız Okunabilir Bellek (EEPROM)
- Yalnızca 35 adet tek kelime komut öğrenme
- Çalışma sıcaklığı (Ticari = 0 °C ile +70 °C arasında, Endüstriyel = -40 °C ile +85°C arasında)

PIC 16F84 Mikrodenetlevicilerinin İç Yapısı

CPU bölgesinin kalbi ALU' dur (Aritmetic Logic Unit - Aritmetik Mantık Birimi). ALU, W (Working – Çalışan) adında bir saklayıcı (register) içerir. PIC, diğer mikroişlemcilerden, aritmetik ve mantık işlemleri için bir tek ana saklayıcıya sahip oluşuyla farklılaşır. W saklayıcısı 8 bit genişliğindedir ve CPU'daki herhangi bir veriyi transfer etmek üzere kullanılır. Şekil 2.2' de temel PIC blok diyagramı bulunmaktadır.

CPU alanında ayrıca iki kategoriye ayırabileceğimiz veri saklayıcı dosyaları (Data Register Files) bulunur. Bu veri saklayıcı dosyalarından biri, Giriş / Çıkış ve kontrol işlemlerinde kullanılırken, diğeri RAM olarak kullanılır.

PIC' lerde Harward mimarisi kullanılır. Harward mimarisi mikrodenetleyicilerde veri akış miktarını hızlandırmak ve yazılım güvenliğini arttırmak amacıyla kullanılır. Ayrı yolların kullanımıyla veri ve program belleğine hızlı bir şekilde erişim sağlanır.



Şekil 2.2 Temel PIC blok diyagramı

PIC mikrodenetleyicilerini donanımsal olarak incelerken, PIC 16F84 üzerinde durarak, bu PIC' i temel alıp donanım incelenecektir. Bellek ve bazı küçük farklılıklar dışında, burada anlatılanlar bütün PIC' ler için geçerlidir.

Genel Tanımlama

PIC 16F84 veya ...F84, düşük maliyetli, yüksek performanslı, CMOS, tamamen statik, 8 bit mikrodenetleyicilerdir.

Tüm PIC 16/17 mikrodenetleyiciler RISC mimarisini kullanmaktadır. PIC 16CXX mikrodenetleyicileri birçok esas özelliğe sahiptir. 8 seviyeli, çoklu iç ve dış kesme kaynaklarına sahiptir. Harvard mimarisinin ayrı komut ve veri taşıyıcısıyla ayrı 8 bitlik geniş veri taşıyıcılı, 14 bitlik geniş komut kelimesine imkân vermektedir. 2 aşamalı komut hattı tüm komutların tek bir çevrimle işlenmesini sağlamaktadır. Yalnızca bazı özel komutlarda 2 çevrim gerektirir. Bu komutlar dallanma komutlarıdır.

PIC 16CXX mikrodenetleyicileri tipik olarak 2:1 oranında kod sıkıştırmasına erişmektedir ve sınıflarındaki 8 bit mikrodenetleyicilerden 2:1 oranında hız artırılmasına olanak sağlanmaktadır (10MHz).

PIC 16F84 mikrodenetleyicisi 36 bitlik RAM belleğine, 64 bayt EEPROM belleğine ve 13 Giriş / Çıkış pinine sahiptir. Bunun yanı sıra, zamanlayıcı ve sayıcı da mevcuttur.

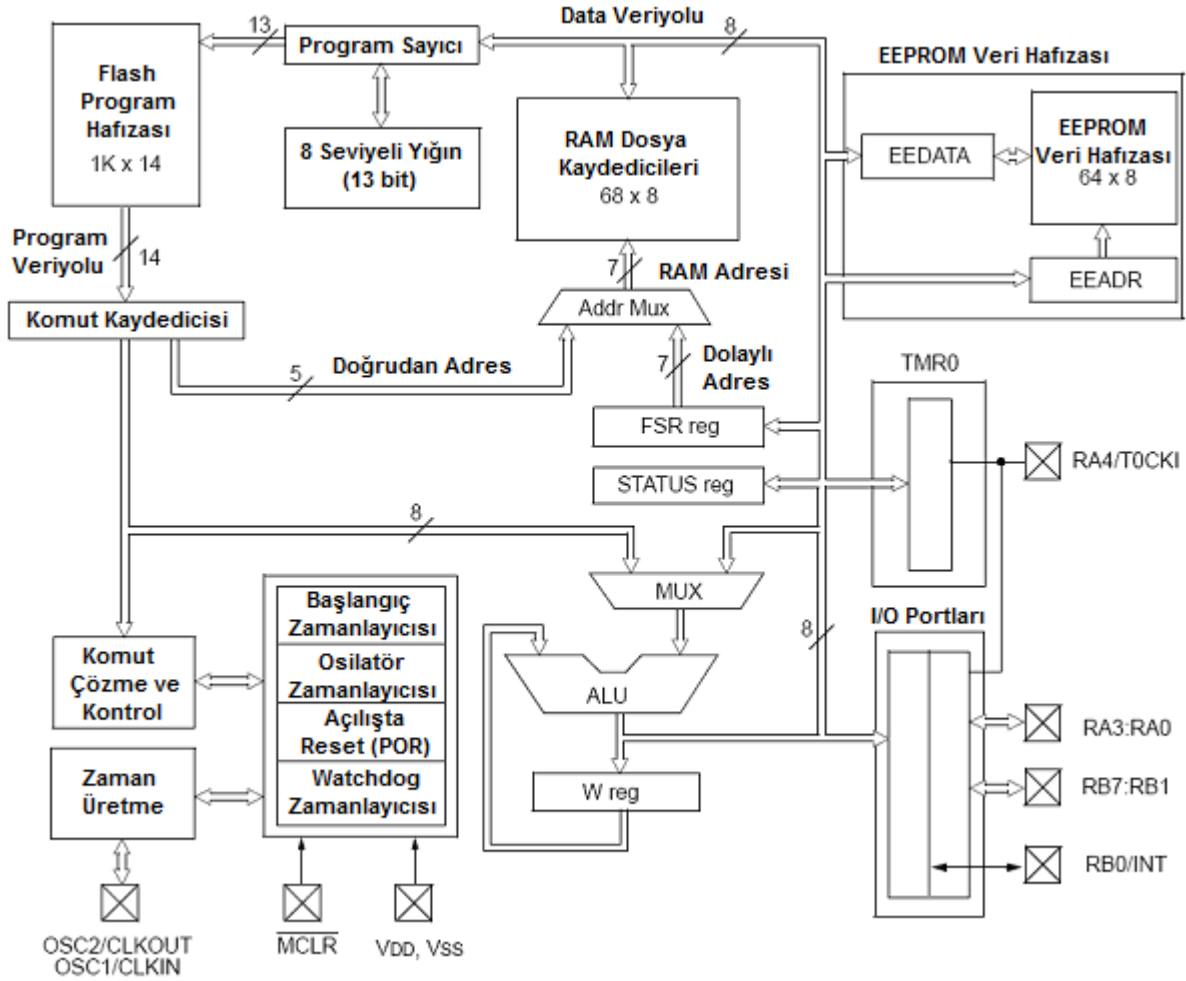
PIC 16CXX ailesi dış elemanları azaltacak spesifik özelliklere sahiptir ve böylece maliyet minimuma inmekte, sistemin güvenilirliği artmakta, enerji sarfıyatı azalmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC' lerde 4 adet osilatör seçeneği mevcuttur. Bunlardan tek pinli RC osilatör, düşük maliyet çözümünü sağlamakta (4MHz), LP osilatör (kristal veya seramik rezonatör), enerji sarfıyatını minimize etmekte (asgari akım) (40 KHz), XT kristal veya seramik rezonatör osilatörü standart hızlı ve HS kristal veya seramik rezonatörlü osilatör çok yüksek hıza sahiptir (20 MHz).

PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliği uyku modu özelliğidir. Bu mod ile PIC, işlem yapılmadığı durumlarda uyku moduna geçerek çok düşük akım çeker (5mA). Kullanıcı birkaç iç ve dış kesmeyle PIC' i uyku modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog zamanlayıcı kendi bünyesindeki yonga üstü (on-chip) RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır.

PIC 16F84 EEPROM program belleği, aynı aygıt paketinin orijinali ve üretimi için

kullanılmasına olanak vermektedir. Yeniden programlanabilirliği, mikrodenetleyiciyi uygulamanın sonunda bir kenara kaldırmadan kodu güncelleştirmeye izin vermektedir.

Bu aygıtın kolayca erişilemediği, fakat prototipin kod güncelleştirmesi gerekli olduğu durumlarda, birçok uygulamanın geliştirilmesinde yararlıdır. Bunun yanı sıra bu kodun güncelleştirilmesi açısından diğer uygulamalarda da yararlıdır. Şekil 2.3 de PIC 16F84'ün basitleştirilmiş iç yapısı görülmektedir.



Şekil 2.3 PIC 16F84'ün basitleştirilmiş iç yapısı [5]

PIC' ler özellikle de PIC 16F84 yüksek hızlı otomobillerden, motor kontrolü uygulamaları, düşük enerji sarfiyatlı uzaktan çalışan algılayıcılar, elektronik kilitler, güvenlik aygıtları ve akıllı kartlara kadar birçok uygulamada kullanılırlar. EEPROM teknolojisi uygulama programlarının (transmitter kodları, motor hızları, alıcı frekansları, güvenlik kodları vb.) kullanılmasını son derece hızlı ve uygun hale getirmektedir. Küçük boyutlarıyla bu mikrodenetleyiciler alan sınırlaması bulunan uygulamalarda kusursuzdur. Düşük maliyet,

düşük enerji sarfıyatı, yüksek performans, kullanım kolaylığı ve Giriş / Çıkış esnekliği özellikle de PIC 16F84 mikrodenetleyicisinin daha önce kullanılması hiç düşünülmeyen alanlarda kullanılmasını sağlamaktadır (bunlar; zamanlayıcı fonksiyonları, seri haberleşme, PWM fonksiyonları ve işlemci uygulamaları...).

Bellek organizasyonu

PIC içerisinde iki bellek bloğu bulunur. Bunlar program belleği ve veri belleğidir. Her bir bloğa geçişin kendi pinleri vardır. Veri belleği genel amaçlı RAM ve özel fonksiyon saklayıcılarını içerir. Veri bellek alanı ayrıca EEPROM belleğini içermektedir. Veri EEPROM belleğinin yazılması ve okunması için adresi tayin eden, dolaylı adres işaretçisidir. Veri EEPROM belleğinin 64 bayt'ının adresi 00-3FH arasındadır.

Program bellek organizasyonu

PIC 16F84 8K×14 program bellek alanını adresleme yeteneğine sahip olan 13-bitlik bir program sayıcısına sahiptir. Bunun sadece 1K×14 (0000-03FH) fiziksel olarak gerçekleştirilir. Reset vektörü 0000H'de ve kesme vektörü 0004H'dedir.

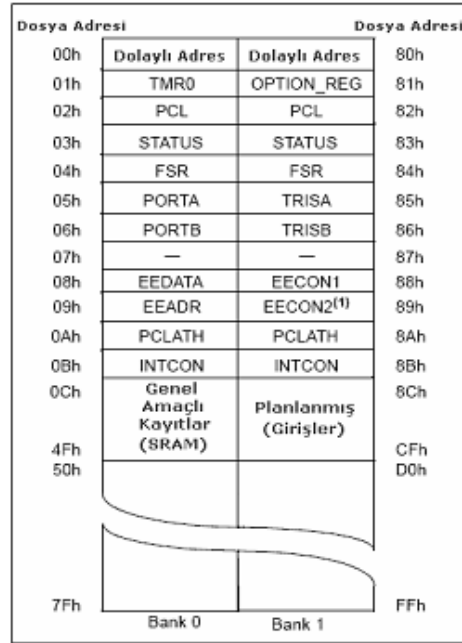
Veri bellek organizasyonu

Veri belleği iki alana bölünmüştür. Birincisi **Özel Fonksiyon Saklayıcı (SFR – Special Function Register)** alanı; ikincisi **Genel Amaçlı Saklayıcı (GPR – General Purpose Register)** alanıdır. SFR' ler PIC' in işlemini kontrol eder.

Veri belleğinin parçaları banka konulur. Bu hem SFR hem de GPR alanı içindir. GPR alanı genel amaçlı RAM' in 96 bayt' tan büyük olması nedeniyle banka konulur. SFR' nin bankta tutulan çevresel fonksiyonları kontrol eden saklayıcıları içindir. Bank seçim bitleri, bank değiştirmek için kontrol imkânı sağlar. Bu kontrol bitleri STATUS saklayıcılarına yerleştirilmiştir. Şekil 2.4' te PIC 16F84 bellek organizasyonu görülmektedir.

Dolaylı adreslemede veri belleğinin banklarına geçiş için RPO:RP1 bitleri kullanılır. Bu bitlere 0 ve 1 değerleri verilmesi yoluyla bir banktan diğerine geçiş yapılır.

MOVWF komutu ile W saklayıcısından F'e veri aktarılır. MOVF komutu ile bir saklayıcıdan diğer bir saklayıcıya veri aktarımı gerçekleşir. Komutlara ileride daha detaylı olarak değinilecektir.



Şekil 2.4 PIC 16F84 bellek organizasyonu [5]

Genel amaçlı saklayıcı (GPR)

GPR 8 bit genişliğinde olup, bütün devrelerde belirli miktarda GPR bölgesine sahiptir. PIC 16F84 devresinde kümelenmiş bellek bölgesi GPR içinde yoktur. Bazıları Bank1' e giriş yapacak, bazıları da hedef olarak Bank 0 gidecek, bu ise MSB'nin bir öneminin olmadığını gösterir.

Özel fonksiyon saklayıcıları(SFR)

SFR' ler PIC işlemini kontrol etmek amacıyla CPU ve çevresel fonksiyonlar tarafından kontrol edilir. Bu saklayıcılar statik RAM' lerdir.

Özel saklayıcılar iki grupta sınıflandırılır. Çekirdek fonksiyon ile birleştirilmiş olanlar bu bölümde tanımlanmaktadır. Çevresel özelliklerin işlemleri ile bağlantılı olanlar spesifik özellik bölümünde tanımlanmaktadır.

W saklayıcısı

PIC 16F84' ün RAM bellek alanında görülmeyen bir de W saklayıcısı vardır. W saklayıcısı bir akümülatör veya geçici depolama alanı olarak düşünülebilir. W saklayıcıya direkt olarak ulaşmak mümkün değildir. Ancak diğer saklayıcıların içerisindeki verileri aktarırken erişmek mümkündür. Bir PIC' te gerçekleşen tüm aritmetik işlemler ve atama işlemleri için W saklayıcısını kullanma zorunluluğu vardır. Örneğin iki saklayıcı içindeki veriler toplanmak

istendiğinde, ilk olarak saklayıcılardan birinin içeriği W saklayıcısına aktarılır. Daha sonra da diğer saklayıcının içerisindeki veri W saklayıcısı içerisindekiyle toplanır. Çizelge 2.1’de PIC 16F84’te bulunan saklayıcılar görülmektedir.

Çizelge 2.1 Saklayıcı dosyaları (PIC 16F84)

Adresler	Dosya Adı	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Bank 0									
00h	INDF	FSR Kaydedicisi tarafından kullanılır. Fiziksel bir kaydedici değildir.							
01h	TMR0	8-bit gerçek zamanlı darbe sayacı							
02h	PCL	PC' nin düşük seviyeli bitleri							
03h	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
04h	FSR	Dolaylı hafıza adres göstericisi							
05h	PORTA	-	-	-	RA4/TOCKI	RA3	RA2	RA1	RA0
06h	PORTB	RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0/INT
07h	-	Tanımlanmamış konum							
08h	EEDATA	EEPROM veri kaydedicisi							
09h	EEADR	EEPROM adres kaydedicisi							
0Ah	PCLATH	-	-	-	PC' nin yüksek byte' larını bulunduran kaydedici				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF
Bank 1									
80h	INDF	FSR kaydedicisi tarafından kullanılır. Fiziksel bir kaydedici değildir.							
81h	OPTION REG	RBPU	INTEDG	T0CS	T0SE	PSA	PS2	PS1	PS0
82h	PCL	PC' nin düşük seviyeli bitleri							
83h	STATUS	IRP	RP1	RP0	$\overline{TO}$	$\overline{PD}$	Z	DC	C
84h	FSR	Dolaylı hafıza adres göstericisi							
85h	TRISA	-	-	-	PORT A' nın veri yönetim kaydedicisi				
86h	TRISB	PORT B' nin veri yönetim kaydedicisi							
87h	-	Tanımlanmamış konum							
88h	EECON1	-	-	-	EEIF	WRERR	WREN	WR	RD
89h	EECON2	EEPROM kontrol kaydedicisi 2 - Fiziksel bir kaydedici değildir.							
0Ah	PCLATH	-	-	-	PC' nin yüksek byte' larını bulunduran kaydedici				
0Bh	INTCON	GIE	EEIE	TOIE	INTE	RBIE	TOIF	INTF	RBIF

INTCON saklayıcısı

INTCON saklayıcısı tüm kesme kaynaklarının çeşitli bitlerini aktif yapan, okunabilir ve yazılabilir bir saklayıcıdır.

Gelen kesmeye izin veren bit, yani GIE biti temizlense bile TOIF, INTF veya RBIF bitleri varsayılan durum tarafından yerleştirilecektir.

INTCON saklayıcısının bitlerinin görevleri çizelge 2.2’deki gibidir.

Çizelge 2.2 INTCON saklayıcısı

Bit No	Kaydedici Bitler	Açıklama
Bit 0 R/W	RBIF	RB port değişim kesmesi RB <7;4> girişleri değiştiği zaman set edilir.
Bit 1 R/W	INTF	INT kesme bayrağı. INT kesmesi meydana geldiğinde set edilir.

Bit 2 R/W	RTIF	RTCC taşma bayrağı. RTCC de taşma olduğunda set edilir.
Bit 3 R/W	RBIE	RBIF kesme aktif biti. RBIE=0 ise pasif, RBIE=1 ise aktif
Bit 4 R/W	INTE	INTF kesme aktif biti. INTE=0 ise pasif, INTE=1 ise aktif
Bit 5 R/W	RTIE	RTCC kesme aktif biti. RTIE=0 ise pasif, RTIE=1 ise aktif
Bit 6 R/W	ADIE	A/D kesme aktif biti. ADIE=0 ise pasif, ADIE=1 ise aktif
Bit 7 R/W	GIE	Global kesme aktif biti. IGIE=0 ise pasif, IGIE=1 ise aktif

STATUS (durum) saklayıcısı

STATUS saklayıcısı, veri belleği için ALU, RESET durumları ve bank seçimlerinin aritmetik durumlarını içerir. STATUS saklayıcısı Z, DC veya C bitlerini etkileyen komut için gidilecek yer ise bu üç bite yazım engellenir. Ayrıca TO ve PD bitlerine yazılamaz. Sadece BCF, BSF, SWAPF ve MOVWF komutları STATUS saklayıcısını değiştirmek için kullanılmaktadır.

IRP ve RPI bitleri (STATUS<7;6>) PIC 16F84 tarafından kullanılmaz ve temizlenmiş olarak programlanır. Genel olarak R/W bitleri olan bu bitlerin kullanımı tavsiye edilmez. C ve DC bitleri borç alma olarak işler ve dijital sırasıyla çıkartmada bir borç alır. STATUS saklayıcısının bitlerinin görevleri çizelge 2.3'te gruplanmıştır.

Çizelge 2.3 Status (durum) saklayıcısı

Bit 0	C	Elde/Borç Biti: ADDWF, SUBWF, ADDLW ve SUBLW komutlarıyla en ağırlıklı bit bir elde bitine sebep oluyorsa, bu bit set edilebilir. Çıkartma işlemi ikilinin tümleyenine göre yapılır. Döndürme komutlarından (RRF, RLF) komutlarında bu bit kaynak kaydedicisinin ya en yüksek ağırlıklı ya da en düşük ağırlıklı biti buraya yüklenir.
Bit 1	DC	Dijital Elde/Borç Biti: ADDWF, SUBWF, ADDLW ve SUBLW komutları için döndürücü seviyedeki bitin sonucunda elde biti oluşuyorsa, bu bit set edilir.
Bit 2	Z	Sıfır Biti: Aritmetik veya lojik işlemlerinin sonucu sıfıra eşit ise set edilir. Diğer durumlarda reset edilir.
Bit 3	PD	CLRWDT komutu ile veya güç verme işlemi sonucunda set edilir. Uyku komutu sonucunda reset edilir.
Bit 4	TO	CLRWDT, uyku komutu ile veya güç verme işlemi sonucunda set edilir. Watchdog timer, zamanlayıcı bitimi sonucunda reset edilir.
Bit 5	RP0	Doğrudan Adresleme İçin Kaydedici Sayfa Seçimi RP1,0: 00: sayfa 0 01: sayfa 1 10: sayfa 2 11: sayfa 3 Her sayfa 128 byte' tan oluşur PIC 16F84 sadece RP0' ı kullanır. RP1 biti genel maksatlı oku/yaz biti olarak kullanılabilir.
Bit 6	RP1	
Bit 7	IRP	Bu bit PIC 16F84' te 0 olarak korunur.

PCL ve PCLATH

Program sayıcı (PC) 13 bit genişliğindedir. Düşük byte PCL, okunabilir ve yazılabilir PC'nin yüksek byte'ı ise direkt olup, okunup yazılamaz.

Kesmeler

PIC 16F84 ailesi 4 adet kaynak kesmesine sahiptir:

- Harici kesme pini RB0/INT
- TMR0 taşma kesmesi
- PORTB de değişim durumunda kesme
- EEPROM' a yazma işlemi tamamlanması durumunda kesme işlemi

Genel kesme biti GIE (INTCON < 7 >) (eğer set ise). Bütün kesme maskeleri düşmekte veya bütün kesmeler engellenmektedir. GIE reset için sıfırlanır.

RB0/INT pini kesmesi, RB portunda meydana gelen değişiklik ve TMR0 da taşma (overflow) kesmesinin bayraklarını INTCON saklayıcısı içinde tutmaktadır.

Eğer kesmeye yanıt verilirse; GIE biti resetlendiğinden başka kesmeleri engellemek için, geri dönüş adresi boyunca yöneldiğinde PC' ye 0004h adresi yüklenir.

Harici kesme durumu için RB0/INT pininde veya PORTB de değişiklik olması gereklidir.

INT kesmesi

Harici kesme olan RB0/INT ucu tetiklendiğinde, eğer INTEDG biti (OPTION<5>) set ise yükselir, INTEDG biti clear olduğunda düşer. INTF biti (INTCON<4>) lojik 0 yapıldığında bu kesme o zaman engellenebilir. Bu kesme tamamlanmadan önce INTF biti yazılımla kesme hizmet rutini lojik 0 yapılmaktadır.

INTE bitinin set yapılmasıyla getirilen uyku modu sadece INT kesmesi vasıtasıyla uyku modundan çıkartılabilir.

TMR0 Kesmesi

Genel olarak timer / counter FFh-00h taşıdığı anda TMR0 kesmeyle engellenir. Bu taşma TOIF bitini lojik 1 yapar (INTCON <2>). Bu kesmeye imkan sağlamadan önce TMR0 kesme seviyesinde TOIF biti lojik 0'a yazılımla getirilmelidir. Uyku modunda zamanlayıcı kapanması sırasında TMR0 kesmesi bu işlemciyi uyandırmaz.

Yığın (Stack)

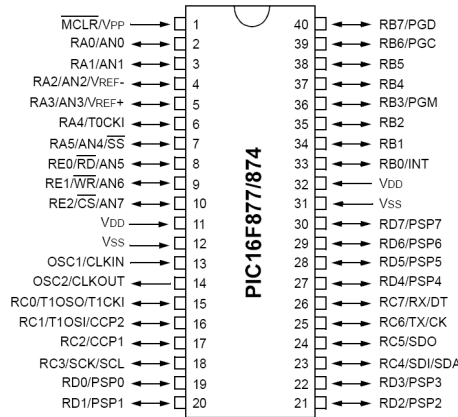
PIC 16F84 8 adet 13 bit genişliğinde donanım yığına sahiptir. Yığın alanı, ne veri alanının ne de programın parçası değildir. Yığın işaretçisi okunamaz ve yazılamaz.

Yığın dairesel tampon olarak işlem yapar. Yani yığın sekizinci kez itilmeden sonra, onuncu itme ilk itmeden stok edilmiş değeri fazladan yazar. Onuncu itme ilk itmeyi yeniden yazar ve bu şekilde devam eder. Eğer yığın on kez itilirse, PC değeri ilk patlamadan sonraki değeri ile aynıdır. Yığın üst ve alt akış durumlarını göstermek için hiçbir durum biti yoktur. İtme veya patlama denen hiçbir hatırlatıcı ipucu komutu yoktur. CALL, RETURN, RETLW ve RETFIE komutlarının gerçekleşmesinden veya kesme vektörlerinden meydana gelen işlemler vardır.

2.2 PIC 16F877 Mikrodenetleyicisi

PIC 16F877, belki en popüler PIC işlemcisi olan PIC 16F84' ten sonra kullanıcılarına yeni ve gelişmiş olanaklar sunmasıyla hemen göze çarpmaktadır. Program belleği FLASH ROM olan PIC 16F877' de, yüklenen program PIC 16F84' te olduğu gibi elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir.

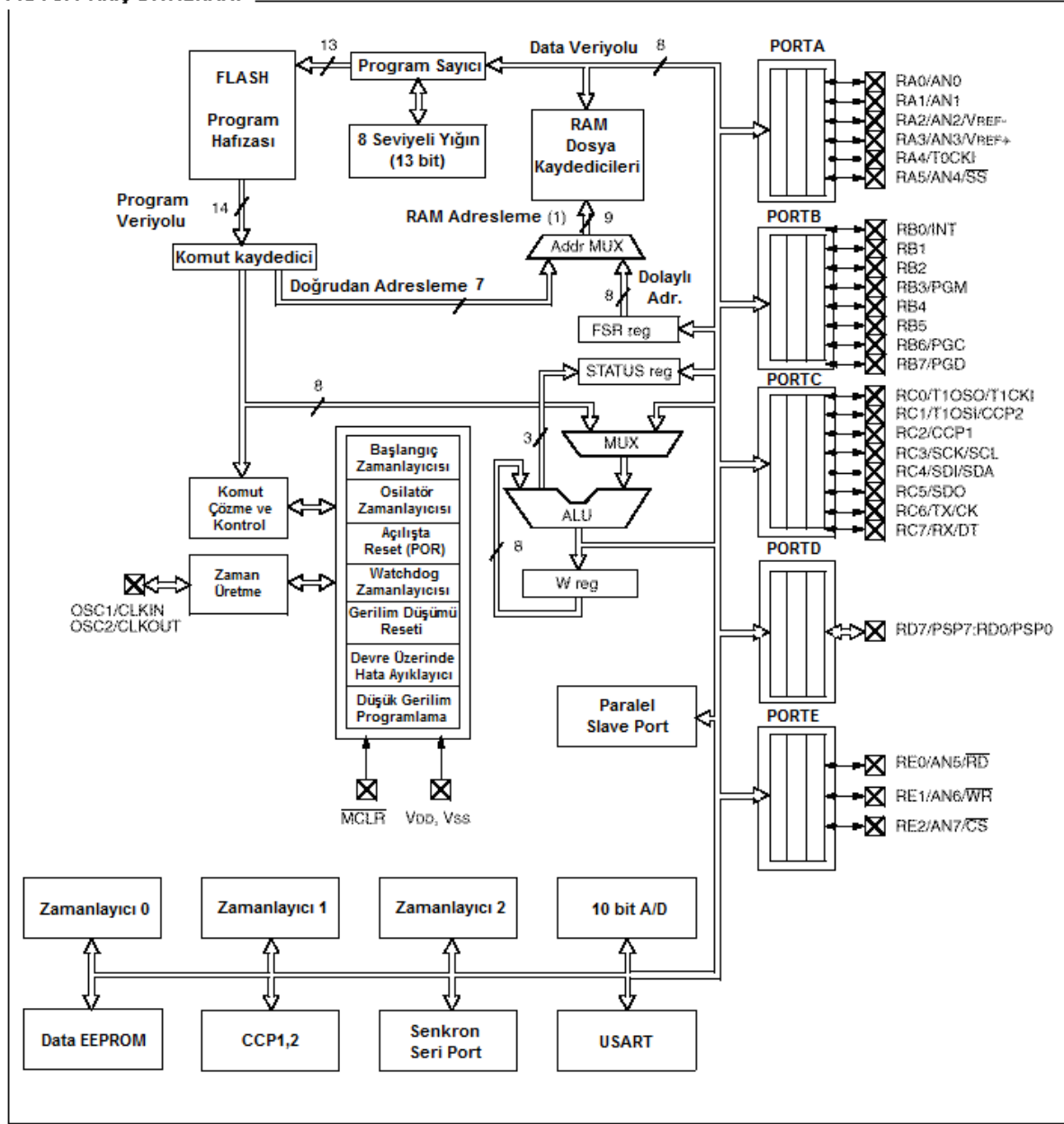
Özellikle PIC 16C6X ve PIC 16C7X ailesinin tüm özelliklerini barındırması, PIC 16F877' yi kod geliştirmede de ideal bir çözüm olarak gündeme getirmektedir. Yapılandırma (configuration) bitlerine dikkat etmek şartıyla C6X veya C7X ailesinden herhangi bir işlemci için geliştirilen kod hemen hiçbir değişikliğe tabi tutmadan F877' e yüklenebilir ve çalışmalarda denenebilir. Bunun yanı sıra PIC 16F877, PIC 16C74 ve PIC 16C77 işlemcileriyle de bire bir pin uyumludur. Şekil 2.5' te PIC 16F877' nin pin bağlantıları görülmektedir.



Şekil 2.5 PIC 16F877 pin bağlantıları [5]

PIC 16F877' nin iç yapısı bloklar halinde şekil 2.6'daki gibidir.

PIC F877 AKIŞ DİYAGRAMI



Şekil 2.6 PIC 16F877 iç yapısı [5]

2.2.1 Giriş/Çıkış portlarının fonksiyonları

PORT A

Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 6 bit genişliğindedir (PIC F84'de 5 bittir). RA0, RA1, RA2, RA3, RA4 ve RA5 bitleri analog / sayısal çevirici olarak yapılandırılabilir. Buna ek olarak RA2 ve RA3 gerilim referansı olarak da yapılandırılabilir. (bu durumda bu bitler aynı anda A/D çevirici olarak kullanılamamaktadır) . İlgili saklayıcılar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTA 0x05
- TRISA 0x85; giriş / çıkış belirleme saklayıcısı

ADCON1 0x9F; RA portlarının A / D, referans gerilimi veya sayısal giriş / çıkış olarak seçiminde kullanılmaktadır. İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında RA4 hariç diğer beş PORTA biti A / D çeviricidir. Eğer RA portunun bazı bitlerini sayısal giriş / çıkış olarak kullanmak istersek ADCON1 saklayıcısında değişiklik yapmamız gerekmektedir.

PORT B

Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. B portunun her pini dahili bir dirençle VDD' ye bağlıdır. (weak pull-up). Bu özellik varsayılan olarak etkin değildir. Ancak OPTION saklayıcısının 7.bitini 0 yaparak B portunun bu özelliği etkinleştirilebilir.

RB4-RB7 pinleri aynı zamanda pinlerin sayısal durumlarında bir değişiklik olduğunda INTCON saklayıcısının 0. biti olan RBIF bayrağını 1 yaparak kesme oluşturmaktadır. Bu özelliği, işlemci SLEEP konumundayken, devreye bağlı tuş takımının her hangi bir tuşa basıldığında işlemcinin yeniden etkinleşmesi için kullanılabilir. Bütün bunların yanı sıra RB6 ve RB7 yüksek gerilim programlama, RB3 ise düşük gerilim programlama modlarında da kullanılmaktadır. İlgili saklayıcılar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTB 0x06
- TRISB 0x86; giriş / çıkış belirleme saklayıcısı
- OPTION_REG 0x81, 0x181

PORT C

Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. Tüm port pinleri schmitt trigger girişlidir. TRISE saklayıcısının 4. biti olan PSPMODE bitini 1 yaparak "parallel slave mode" da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla

8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci yoluna bağlanabilir. İlgili saklayıcılar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTC 0x07
- TRISC 0x087; giriş / çıkış belirleme saklayıcısı
- TRISE 0x89

PORT D

Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 8 bit genişliğindedir. Tüm port pinleri schmitt trigger girişlidir. TRISE saklayıcısının 4.biti olan PSPMODE bitini 1 yaparak "parallel slave mode"da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci yoluna bağlanabilir.

- PORTD 0x08
- TRISD 0x88 ; giriş / çıkış belirleme saklayıcısı
- TRISE 0x89

PORT E

Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. 3 bit genişliğindedir. RE0, RE1 ve RE2 pinlerinde schmitt trigger giriş tamponları vardır. Her bir pin analog / sayısal çevirici olarak yapılandırılabilir. Eğer PORTD paralel slave port olarak yapılandırılırsa, RE0, RE1 ve RE2 pinleri PORTD' nin bağlandığı mikroişlemci yoluna sırasıyla READ, WRITE ve CHIP SELECT kontrol girişleri olarak kullanılabilir. Bunun için TRISE uygun biçimde ayarlanmalıdır. İlgili saklayıcılar ve adresleri aşağıdaki gibidir.

- PORTE 0x09
- TRISE 0x89; giriş / çıkış belirleme saklayıcısı

ADCON1 0x9F; RE portlarının A / D veya sayısal giriş / çıkış olarak seçiminde kullanılmaktadır.

İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında üç PORTE biti de A / D çeviricidir. Eğer RE portunun bazı bitlerini sayısal giriş / çıkış olarak kullanmak istenirse ADCON1 saklayıcısında değişiklik yapılması gerekecektir.

2.2.2 Özel fonksiyonlar

2.2.2.1 Genel amaçlı Asenkron/Senkron Alıcı/Verici (USART)

USART, yani senkron / asenkron alıcı verici PIC 16F877'deki iki seri giriş / çıkış

modülünden biridir. Seri Haberleşme Arayüzü (SCI: Serial Communication. Interface) olarak da bilinen USART, monitör veya PC gibi aygıtlara tam çift yönlü asenkron bağlantıda kullanılmak üzere yapılandırılmıştır. A / D veya D / A arayüzlerine, seri kullanılmak üzere yapılandırılabilir. USART aşağıdaki gibi kullanılabilir.

- Asenkron: Tam çift yönlü (full duplex)
- Senkron: Master, yarım çift yönlü (half duplex)
- Senkron: Slave, yarım çift yönlü RC6 verici, RC7 ise alıcı port olarak kullanılmaktadır.

RCSTA (0x18) ve TXSTA (0x98) saklayıcıları da yapılandırmada kullanılmaktadır.

2.2.3 Analog Dijital Çevirici modülü (Analog Digital Converter) (ADC)

Analog-Dijital Çevirici (ADC – Analog-Digital Converter) modülü 28 pinli cihazlar için 5 giriş ve diğer cihazlar için 8 girişi vardır.

Analog giriş örnekle ve tut kondansatörünü doldurur. Örnekle ve tut kondansatörünün çıkışı çeviriciye girer. Çevirici daha sonra yaklaşım yoluyla bu analog seviyenin sayısal sonucunu üretir. Analog giriş işaret sonuçlarının A/D çevrimi 10 bitlik sayısal formdadır. A/D modül yazılımla seçilebilen yüksek ve düşük gerilim referans girişlerine sahiptir. Bunlar VDD, VSS, RA2 veya RA3' ün kombinasyonlarıdır.

A/D çeviricinin eşsiz bir özelliği de uyku modunda da çalışabilmesidir. Uyku modunda çalışabilmesi için A/D saati, A/D' nin dâhili RC osilatöründen üretilmelidir.

A/D modül 4 saklayıcıya sahiptir. Bunlar:

- A/D Sonuç Yüksek Saklayıcısı (ADRESH)
- A/D Sonuç Düşük Saklayıcısı (ADRESL)
- A/D Kontrol Saklayıcısı0 (ADCON0)
- A/D Kontrol Saklayıcısı1 (ADCON1)

ADCON1 saklayıcısı port pinlerinin görevini ayarlar. Port pinleri analog olarak ayarlanabilir veya dijital giriş/çıkış olarak ayarlanabilir.

ADCON1 saklayıcısı (Adresi 9Fh)

Şekil 2.8' de ADCON1 saklayıcısının kontrol bitleri görülmektedir.

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
bit 7							bit 0

Şekil 2.8 ADCON1 saklayıcısı [5]

bit 7 **ADFM**: A/D Sonuç Formatı Seçim Biti

1 = Sağa dayalı. ADRESH'in 6 en anlamlı biti 0 olarak okunur

0 = Sola dayalı. ADRESL'nin 6 en düşük anlamlı biti 0 olarak okunur

bit 6-4 **Değiştirilemez**: 0 olarak okunur.

bit 3-0 **PCFG3:PCFG0**: A/D Port Ayar Kontrol Bitleri

Çizelge 2.4'te ADCON1 saklayıcısının kontrol bitlerinin alacağı değere göre portların durumu görülmektedir.

Çizelge 2.4 ADCON1 kontrol bitleri

PCFG3: PCFG0	AN7 RE2	AN6 RE1	AN5 RE0	AN4 RA5	AN3 RA3	AN2 RA2	AN1 RA1	AN0 RA0	VREF+	VREF-	CHAN/ Refs
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
0011	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

2.2.4 Zamanlama, denetim ve iletişim birimleri

Mikroişlemciler içerisindeki programı yürütmek için beslemenin yanında bir saat sinyaline ihtiyaç duyarlar. Bu ünitenin bir kısmı işlemcinin içerisinde iken bir parçası dışarıdadır. Osilatör olarak isimlendirilen bu kısmın tamamı chip üzerine konulmaz; çünkü sistemin hızını bu bölüm belirler. Kullanıcıya esneklik sağlaması açısından, osilatörün frekans belirleyen parçaları dışarıdan eklenecek şekilde tasarım yapılır. Ayrıca standart zamanlama problemlerinin çözümü için, programlanabilen standart zamanlama saklayıcı ya da sayıcıları da bu bölümde bulunur.

Denetleme birimi tüm işlemcilerde bulunur ve işlem doğruluğu, işlem akışı ve öncelikli işlemler konusunda karar verip sistemde program ve iş akışını kontrol eder.

İletişim birimi ise, mikroişlemcilerde bir dış ünite olmasına rağmen mikrodenetleyicilerde yine bir iç ünedir. Bu birim ise portlar ve portları kontrol eden yönlendirme

saklayıcılarından oluşur. Bu bölüm sayesinde mikrodenetleyiciler dış dünya ile haberleşme imkanına sahip olurlar.

2.2.5 Yakalama/Karşılaştırma/PWM modülü (Capture/Compare/PWM) (CCP)

CCP modülü 16 bitlik bir saklayıcıya sahiptir. Bu saklayıcı Capture saklayıcısı, Compare saklayıcısı veya PWM master / slave darbe / periyot oranı saklayıcısı olarak kullanılır. Bu 16 bitlik saklayıcı iki adet 8 bitlik saklayıcıdan oluşur (CCPR1L ve CCPR1H). CCP1CON saklayıcısı CCP modülünün kontrol edilmesinde kullanılır. Şekil 2.9’ da CCP1CON saklayıcısının bitleri görülmektedir.

CCP1CON/CCP2CON Kaydedicileri (Adres 17h/1Dh)

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CCPxX	CCPxY	CCPxM3	CCPxM2	CCPxM1	CCPxM0
bit 7							bit 0

Şekil 2.9 CCP1CON saklayıcısı [5]

Bit 5,4 CCP1X:CCP1Y = PWM’ in en düşük bitleri

- Capture modunda kullanılmaz,
- Compare modunda kullanılmaz,
- PWM Modda PWM darbe / periyot oranı için en düşük 2 biti ayarlamak üzere kullanılır.

Diğer 8 bit CCPRxL’ dir.

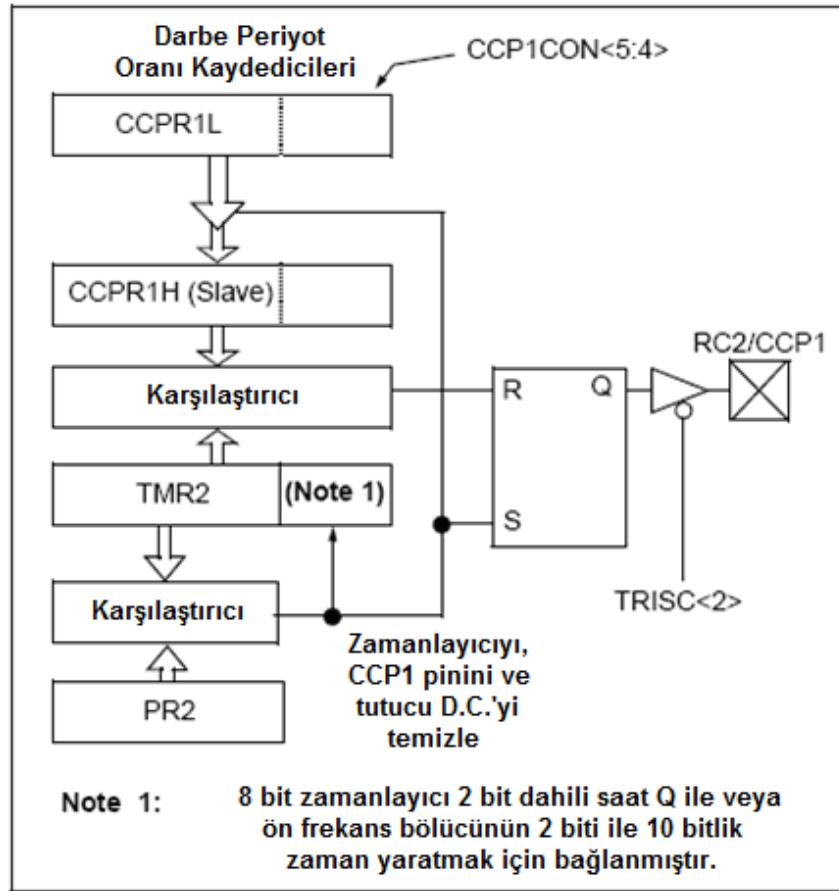
Bit 3..0 CCP1M3:CCP1M0 = CCPx mod seçim bitleri

- 0000 = Capture/Compare/PWM kapalı
- 0100 = Capture mod, her düşen kenarda
- 0101 = Capture mod, her yükselen kenarda
- 0110 = Capture mod, her yükselen 4. kenarda
- 0111 = Capture mod, her yükselen 16. kenarda
- 1000 = Compare mod, eşleşmede çıkışı ayarlama
- 1001 = Compare mod, eşleşmede çıkışı temizleme
- 1010 = Compare mod, eşleşmede yazılım kesmesi yaratma
- 1011 = Compare mod, tetikleme özel durumu
- 11xx = PWM modu

2.2.6 Darbe Genişlik Modülasyonu modülü (Pulse Width Modulation) (PWM)

PWM modunda CCP1 pini en çok 10 bite kadar çözünürlükte PWM çıkışı üretebilir. CCP1 pini mikrodenetleyicide PORT B’ nin 3. pinine ait işlevleri yerine getirmek üzere ayarlanmıştır. PWM modunda çıkışın sağlanabilmesi için CCP1 çıkış olarak ayarlanmalıdır

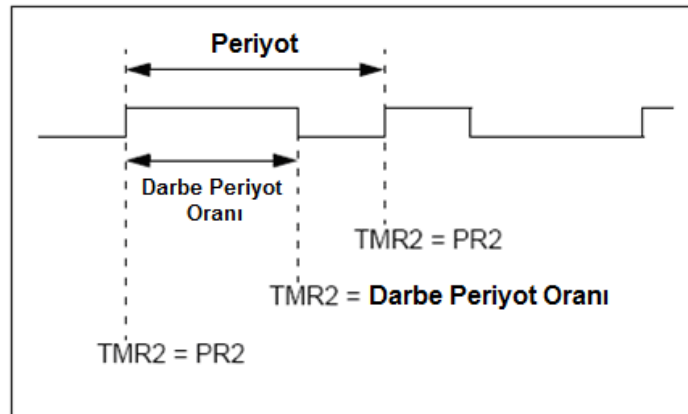
Şekil 2.10'da CCP modülünün blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 2.10 CCP modülü blok diyagramı [5]

Bir PWM çıkışı, belirli bir periyotta gerçekleşen, mantıksal “1” ve mantıksal “0”lardan oluşur. PWM çıkışında frekans periyodun tersidir ($f=1/\text{periyot}$).

Şekil 2.11’de PWM periyodu görülmektedir.



Şekil 2.11 PWM periyodu [5]

PWM periyodu

PWM’ de periyot, PR2 saklayıcısı tarafından belirlenir. PWM periyodu aşağıda verilen bağıntıyla hesaplanabilir.

$$\text{PWM periyodu} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{osc} \cdot (\text{TMR2 ön frekans bölücü değeri}) \quad (2.1)$$

PWM’ in frekansı $1/[\text{PWM Period}]$ ile hesaplanır.

PWM darbe periyot oranı (duty cycle)

PWM’ in D değeri CCP1L saklayıcısına ve CCP1CON saklayıcısının 5. ve 4. bitlerine girilen toplam 10 bitlik değer ile belirlenir.

PWM’ in D değeri aşağıda verilen bağıntıyla hesaplanır.

$$\text{PWM D} = (CCPR1L : CCPCON < 5 : 4 >) \cdot T_{osc} \cdot (\text{TMR2 ön frekans bölücü değeri}) \quad (2.2)$$

CCP1L ve CCP1CON saklayıcılarının 5. ve 4. bitlerine çalışma sırasında istenildiği zaman yazılabilir. PWM modunda CCPR1H saklayıcısı sadece okunabilir.

Maksimum PWM çözünürlüğü aşağıda verilen bağıntıyla hesaplanabilir.

$$\text{PWM Çözünürlüğü} = \frac{\log\left(\frac{F_{osc}}{F_{pwm} \times \text{TMR2 Ön frekans bölücü}}\right)}{\log(2)} \text{ bit} \quad (2.3)$$

Not: Eğer PWM D değeri PWM periyodundan daha büyük olursa, CCP1 pini temizlenmeyecektir.

Aşağıda 20 MHz’ lik bir kristal ile çalışan PIC mikrodenetleyicisi için örnek PWM frekansları ve çözünürlüklerine ait çizelge 2.5 aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.5 PWM frekansları

PWM Frekansı	1.22 KHz	4.88 KHz	19.53 KHz	78.12 KHz	156.3 KHz	208.3 KHz
Ön Frekans Bölücü (1, 4, 16)	16	4	1	1	1	1
PR2 Değeri	0xFFh	0xFFh	0xFFh	0x3Fh	0x1Fh	0x17h
Maksimum Çözünürlük (bit)	10	10	10	8	7	5.5

PWM çözünürlüğü

PIC ile PWM üretiliyorsa saklayıcıya program yardımıyla erişilir ve donanım bu değere uygun PWM üretir. Bu yazılan değer detayı çözünürlüğü verir. Örneğin PWM 10 bit saklayıcı ile kontrol ediliyorsa $2^{10} = 1024$ kadar seçme hakkı vardır. (Saklayıcılara 2' lik sistemde yani 1 – 0 olarak bilgi girildiği için tüm girebilecek sayı 2^n ile sınırlıdır.) $V_{cc} = 5V$ $V_{ss} = 0V$ olduğundan $5/1024 = 0.0048828125V$ hassasiyetli bir dalga üretilir. Yani yaklaşık 5mV hassasiyete sahip bir dalga oluşur. Mesela en hassas şekilde 0 - 5mV - 10 mV değerleri elde edebilir. Örneğin 6-7 mV elde edilemez. Bunun için PWM çözünürlüğünü yani PWM' yi ayarlayan bit sayısı arttırılmalıdır. Mesela PWM çözünürlüğü daha çok olan bir PIC seçilmeli ya da PWM için tümleşik devreler kullanılmalıdır.

2.2.7 Zamanlayıcı modülü TMR0

TMR0 modu zamanlayıcı / sayıcı aşağıdaki niteliklere sahiptir.

- 8 bit zamanlayıcı / sayıcı
- Okunabilir ve yazılabilir
- Ön frekans bölücü (prescaler) 8 bit yazılımla programlanabilir
- Harici ve dahili saat seçmek
- FF-00h taşma olduğunda kesme devreye girer
- Harici saat için uç seçme.

TOCS biti sıfırlandığında (seçenek <5>) timer modu seçilir. Timer modu her komut darbesinde bir artar (ön frekans bölücü hariç). TMR0 yazılabilir modda ise iki darbe de artış için pasiftir. TMR0'ı yazma moduna getirmek kullanıcı tarafından mümkündür.

TOCS biti (seçenek <5>) lojik 1 yapıldığında, counter modu seçilmiş olur . Bu modda RA4 / TOCK1 pin ucunda yükselme veya düşme gibi her iki durumda TMR0 da bir artış söz konusudur. T0 kaynak ucu (TOSE) kontrol biti (seçenek <4>) artış ucunda kararlıdır. TOSE biti (seçenek <4>) lojik 0 olduğunda o zaman yükselen ucu seçer.

Ön frekans bölücü TMR0 ve WDT arasında paylaştırılır, ön frekans bölücü görevi yazılımda kontrol biti PSA (seçenek <3>) kontrol etmektedir. PSA lojik 0 olduğunda ön frekans bölücü TMR0'a ayrılır. Ön frekans bölücü hem okunamaz, hem de yazılamaz. Eğer ön frekans bölücü TMR0 modu için görevlendirilirse bu durumda ön frekans bölücü durumu (1:2, 1:4,....1:256) yazılımla işaretlenir.

Harici saat ile TMR0' ın kullanılması

Harici saat girişi TMR0 için kullanıldığında kesin olarak ihtiyacı karşılamalıdır. Harici saat ihtiyacı tam olarak dahili saat fazına (TOCS) senkronizedir, dolayısıyla senkronizasyondan sonra TMR0 da gerçek artışta bir gecikme söz konusudur.

Harici saat senkronizasyonu

Ön frekans bölücü kullanılmadıysa, girişi ön frekans bölücü çıkışı ile aynıdır. TOCK1 ile harici faz saati doğru bir örnekleme ile ön frekans bölücü çıkışı, harici saatin Q2 ve Q4 evrimi ile senkronizedir. Bu yüzden TOCK1 en az iki TOCS düşüktür (Bunlar küçük RC gecikmesindendir).

TMR0 artışındaki gecikme

Harici saat ucunda meydana gelen küçük bir gecikme zamanı TMR0 modunda bir artma meydana getirir. Bu olaydaki ön frekans bölücü çıkışı ile harici saat senkron olduğu zaman görülür.

Ön frekans bölücü (prescaler)

8 bitlik bir sayıcı TMR0 için ön frekans bölücü olarak uygundur yada WDT için son skala olarak uygundur. Kolaylık olarak bu sayıcı, bu bilgi tabakası boyunca ön frekans bölücü olarak tercih edilir. TMR0 ve WDT arasında yalnız karşılıklı olarak paylaştırılan uygun sadece bir tane ön frekans bölücü vardır. Bu yüzden TMR0 için ayrılan ön frekans bölücü payı WDT ile karşılıklı olarak hiçbir ön frekans bölücü olmadığı anlamına gelir.

OPTION saklayıcısındaki PSA ve PS0-PS2 bitleri ön frekans bölücü payını ve ön frekans bölücü oranını belirtir.

Ön frekans bölücü anahtarlama görevi

Ön frekans bölücü tamamen yazılımla kontrol edilebilir. Program sırasında hızını değiştirmek mümkündür. Resete engel olmak istendiğinde ön frekans bölücü görevi TMR0'dan WDT değiştirildiği zamandır.

2.2.8 Watchdog zamanlayıcısı (Watchdog Timer) (WDT)

WDT, yonga üzerinde herhangi bir harici elemana gerek duymadan serbest alışan RC osilatörüdür.

Bu WDT' nin devrenin OSC1 / OSC2 bacaklarındaki Saat dursa da çalışacağı anlamına gelir. Mesela uyku komutu işlemini WDT zaman aşımı durumu devresi üretir. WDT sürekli olarak normal program hafızası olmayan özel bir EEPROM sigortasını sıfıra programlayarak engellenir.

WDT periyodu

WDT 18 ms' lik bir nominal zaman aşımı periyoduna sahiptir. Zaman aşımı periyotları sıcaklıkla Vdd' yle ve işlem versiyonları ile bölümden bölüme değişir. Eğer daha uzun zaman aşımı periyotları isteniyorsa yazılım kontrolü altında OPTION saklayıcısına yazarak 1:128'e kadar bölüm oranında bir ön skala uygulanır. Böylece 2.5 sn' ye kadar zaman aşımı periyotları gerçekleştirilir.

“CLEWDT” ve “UYKU” komutları WDT' ye uygulanmışsa ön skala sayıcısını temizler (sıfırlar). Zaman aşımı, durumundan korur ve devrenin reset durumunu meydana getirmesini engeller.

Dosya saklayıcısındaki “TO” durum biti bir WDT zaman aşımı durumuna kadar sıfırlanır.

WDT periyodu sıcaklığı işleyen kaynak voltajının bir fonksiyonudur ve aynı zamanda işlemin yapılmasındaki varyasyonlara bağlı olarak birimden birime değişir.

2.2.9 PIC 14-Bit mikrodnetleyici komut seti

Microchip PIC 14-bit mikrodnetleyici ailesinin en güzel özelliklerinden birisi de aynı komut setini kullanıyor olmalarıdır. Sadece 35 adet komut öğrenilmesi yeterlidir. Bu komutlar ile aynı ailede bulunan tüm mikrodnetleyicilere kolayca hakim olunabilmektedir. Komutlar üç ana kategoride toplanmıştır.

- Byte' a yönelik saklayıcı işlemleri
- Bite yönelik saklayıcı işlemleri
- Literal ve kontrol işlemleri

Komut çevrimi süreleri kullanılan komuta göre değişiklik göstermektedir. Komutların bazıları bayrakları etkiler.

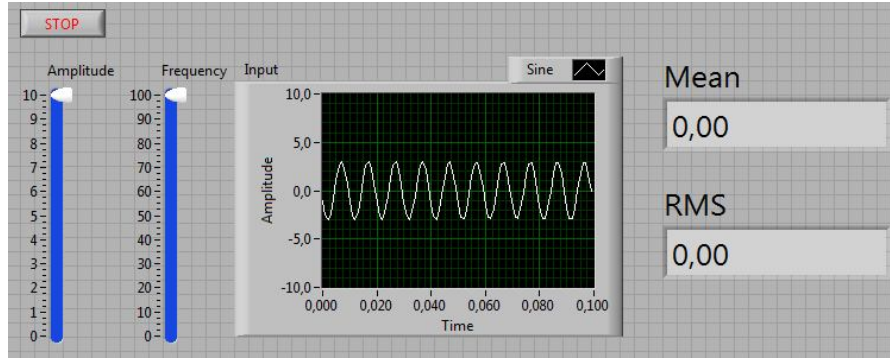
Çizelge 2.6’da gruplanmış şekilde PIC 16F877A’ nın komut seti verilmiştir.

Çizelge 2.6 PIC 16F877A komut seti

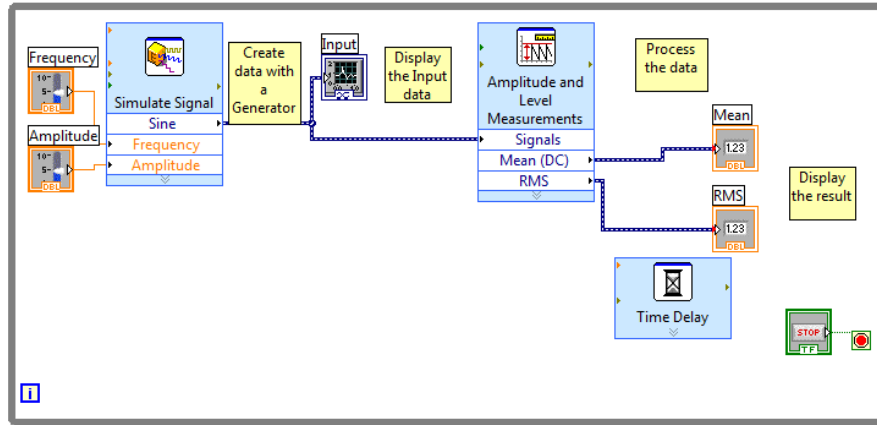
Operandlar	Tanımlama	Komut Çevrimi	Etkilenen Bayraklar
Byte’ a Yönelik Saklayıcı İşlemleri			
ADDWF f, d	$W + f > d$	1	C,DC,Z
ANDWF f, d	$W \& f > d$	1	Z
CLRF f	$0 > f$	1	Z
CLRW -	$0 > W$	1	Z
COMF f, d	$\bar{f} > d$	1	Z
DECF f, d	$f - 1 > d$	1	Z
DECFSZ f, d	f’i azalt 0’ sa atla	1(2)	
INCF f, d	$f + 1 > d$	1	Z
INCFSZ f, d	f’i arttır 0’ sa atla	1(2)	
IORWF f, d	$W \text{ Ior } f > d$	1	Z
MOVF f, d	$f > d$	1	Z
MOVWF f	$W > f$	1	
NOP -	İşlem yok	1	
RLF f, d	Elde üzerinden f’i sola döndür $> d$	1	C
RRF f, d	Elde üzerinden f’i sağa döndür $> f$	1	C
SUBWF f, d	$f - W > d$	1	C,DC,Z
SWAPF f, d	İlk ve son 4 bit yer değiştirir	1	
XORWF f, d	$W \text{ Exor } f > d$	1	Z
Bite Yönelik Saklayıcı İşlemleri			
BCF f, b	Bit temizler	1	
BSF f, b	Bit set eder	1	
BTFSC f, b	Bit testi yap 0’ sa atla	1 (2)	
BTFSS f, b	Bit testi yap 1’ se atla	1 (2)	
Literal ve Kontrol İşlemleri			
ADDLW k	$\text{Literal} + W > W$	1	C,DC,Z
ANDLW k	$\text{Literal} \& W > W$	1	Z
CALL k	Çağırma komutu	2	
CLRWDT -	$0 > \text{WDT}$	1	TO,PD
GOTO k	Adrese git	2	
IORLW k	$\text{Literal Ior } W > W$	1	Z
MOVLW k	$\text{Literal} > W$	1	
RETFIE -	Kesmeden dön	2	
RETLW k	Literali W içinde döndür	2	
RETURN -	Alt programdan dön	2	
SLEEP -	Yku moduna geç	1	TO,PD
SUBLW k	$\text{Literal} - W > W$	1	C,DC,Z
XORLW k	$\text{Literal Exor } W > W$	1	Z

3. LabVIEW

Ürettiği donanımlar, komponentler ve geliştirdikleri yazılımlarla elektronik dünyasının önce gelen firmalarından biri olan National Instrument firmasına ait olan LabVIEW yazılımı Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench cümlesinin kısaltmasıdır. LabVIEW PC üzerinde çalışabilen güçlü ve esnek bir enstrümantasyon ve analiz yazılımıdır. LabVIEW C veya Basic gibi bir program geliştirme uygulamasıdır. LabVIEW bir özelliği ile bu diğer yazılımlardan ayrılır. Diğer programlama dilleri kod satırları oluşturmak için metin tabanlı bir dil kullanırken LabVIEW grafiksel bir programlama dili olan G kullanır. G ile akış şemasına benzer bir formda program yazılır ve bu forma blok diyagram adı verilir. Şekil 3.1’de örnek bir kullanıcı arayüzü ve şekil 3.2’de blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.1 Genlik ölçümü için kullanıcı arayüzü



Şekil 3.2 Genlik ölçümü için blok diyagram

LabVIEW, 1980’ lerin başında ilk ortaya çıkışından bu yana, çok sayıda mühendis, bilim adamı ve teknisyen tarafından kullanılmıştır. LabVIEW, karmaşıklıktan, zorluktan uzak güçlü bir programlama dilinin esnekliğini sağlar. LabVIEW, C programlama dillerinin esnekliğini

ve kapsamlı işlevselliğini sağlarken, kullanıcılara C' ye göre 5 ile 10 kat daha fazla verimlilik de sunar. NI, üçüncü partilerin LabVIEW ile bağlanılabilirliğini de sağlayan açık bir platform sunmakta ve yüzlerce kamera, hareket tablaları, algılayıcılar ve 4000' in üzerinde ölçüm aygıtı için sürücü desteği sağlamaktadır.

LabVIEW mühendislerin ve bilim adamlarının aşına olduğu terminolojiyi ve ikonları kullanır. Grafiksel semboller ile yazılacak programları destekler. Elektronik bilgisini sahip olan fakat programlama dilleri konusunda fazla tecrübesi olmayan bir kişi bu grafikler yardımıyla istediği yazılımı geliştirebilir. Ayrıca LabVIEW yazılımı yanında birçok projede kullanılabilecek hazır enstrüman örnekleri ile gelmektedir.

LabVIEW birçok programlama işini yapabilmek için hazır fonksiyon kütüphaneleriyle ve alt rutinlerle gelmektedir. LabVIEW ayrıca veri yakalama, seri enstrüman kontrolü, veri analizi, veri sunumu ve veri saklama için özel kütüphaneleri vardır. Buna ilave olarak işaret üretimi, işaret işleme, filtreler, istatistik, lineer cebir ve dizi aritmetiği gibi konularda da kütüphaneler mevcuttur.

LabVIEW' da da diğer programlama dilleri gibi bir durma noktası koyulabilmektedir. Böylece programın akışı bir animasyon halinde incelenebilir, işaretlerin izlediği yollar gözlenebilir ve programın hataları rahatça görülüp gerekli düzeltmeler yapılabilir.

LabVIEW' da oluşturulan yazılımlara VI (Virtual Instrument) sanal enstrüman denir. Bunun sebebi gerçekte kullandığımız multimetre, osiloskop veya göstergeler gibi birçok cihazı taklit etmesidir.

Labview' da editör, direkt kullanıma yönelik detaylı kullanıcı arabirimleri oluşturabilmek için zengin işlem kümelerine sahiptir. Her bir modülün veya başka bir deyişle her bir VI' ın kullanıcı arabirimine sahip olması demek herhangi bir kod yazmadan her bir adımda test yapabilmenin oldukça basit olması demektir.

Veri toplama, analiz etme ve sonuçları gösterme işlemleri, yapılması gereken standart prosedürlerdir. Tüm bu işlemler fiziksel ortamda gerçekleştirilerek veya PC üzerinde sanal enstrümanlar yardımıyla yapılabilmektedir. Bu iki sistem arasındaki en önemli fark esnekliktir. Sanal enstrümanlar kullanıcı tarafından tanımlanırlar. Bu yaklaşımın kullanıcıya verdiği esnekliğin bütün özellikleri üretici tarafından belirlenmiştir. Dolayısıyla da sabit olan cihazlar (voltmetre, osiloskop, sıcaklık ve basınçölçerler...) bu esnekliği asla sağlayamazlar. Bu cihazlar bir kez, çoğu zaman da büyük paralar ödenerek satın alınır ve ekonomik

olabilmesi için belirli bir süre kullanılmak zorundadır. Bu süre içinde performansta bir artış, yeni bir işlevi yerine getirebilme gibi beklentiler de olamaz. Oysa sanal enstrümantasyon PC tabanlı olduğundan PC' ler için geliştirilen her türlü teknolojiye anında yararlanabilmektedir. Sanal enstrümantasyon durmaksızın gelişen bilgisayar teknolojisi tarafından desteklenmekte ve performansı sürekli olarak artmaktadır. Bu teknolojinin yararları ve gelişme potansiyeli kullanıcıların gün geçtikçe artan bir hızla geleneksel yaklaşımlar yerine sanal enstrümantasyonu tercih etmelerine yol açmaktadır. Sanal enstrümantasyon çözümlerini seçen kullanıcılar kuruluş, sistem geliştirme ve bakım masraflarını azaltırken, ürün kalitelerini ve pazar paylarını artırmaktadırlar.

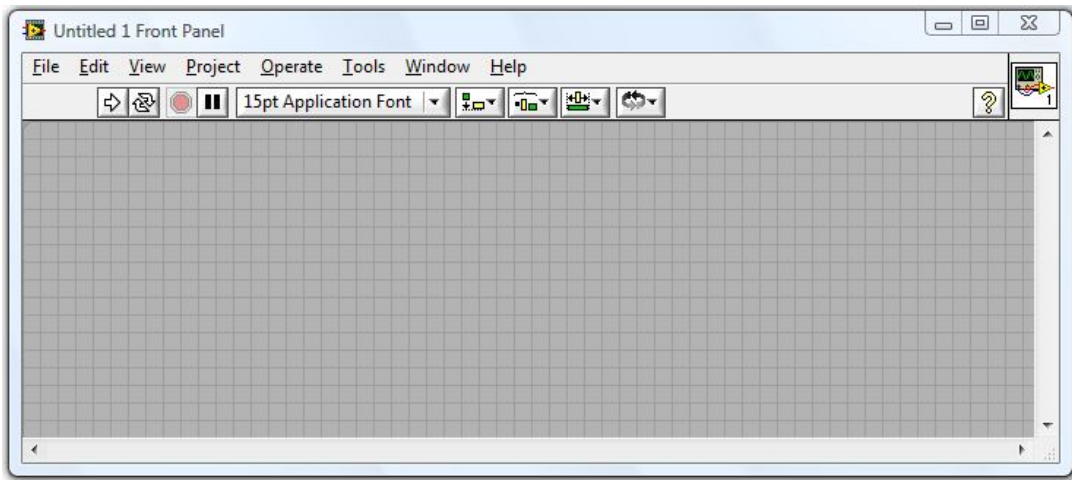
3.1 LabVIEW Ortamı Pencereleeri

Bir VI aşağıdaki 3 birleşeni içerir.

- Ön panel - Tuşların, anahtarların, göstergelerin vb. bulunduğu kullanıcı arayüzüdür.
- Blok diyagramı - VI fonksiyonlarının tanımlanmasından oluşan kodların grafik kaynaklarını oluşturur.
- Simge ve bağlantı penceresi - Bir VI' yi başka bir VI içerisinde kullanabilir. Diğer VI içinde kullanılan VI' a, altprogram (subVI) denir. Bu subVI' larda metin tabanlı programlama dillerindeki alt rutinlere benzer.

Ön panel

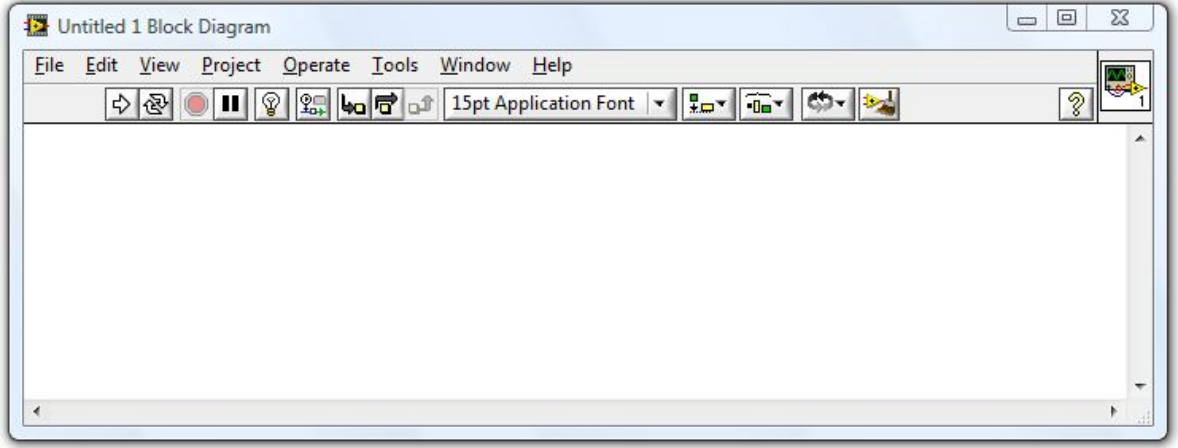
Ön paneli VI' ların etkileşimi giriş ve çıkış terminallerini, kumanda cihazlarını ve göstergeleri içerir ve bu cihazları taklit eder. Kullanıcı bilgisayardaki tuş takımı ve fare yardımıyla bilgileri girmekte ve sonuçları ekranda izleyebilmektedir. Şekil 3.3'te boş LabVIEW ön paneli görülmektedir.



Şekil 3.3 Boş LabVIEW ön paneli

Blok diyagram

Ön paneli oluşturduktan sonra ön panel nesnelerini kontrol etmek için fonksiyonların grafiksel ifadelerini kullanarak kodlar ekleyebilirsiniz. Blok diyagramlar LabVIEW' ın grafiksel programlama dili G ile oluşturulmuş VI' ların kodlarını içerir. Şekil 3.4'te boş LabVIEW blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.4 Boş LabVIEW blok diyagramı

Terminaller

Terminaller kontrol cihazı ve göstergelerin veri tiplerini simgeler. Ön panel kumanda cihazlarını ve göstergelerini blok diyagramlarındaki terminallerin veri tipi veya simgeleri gibi görerek tasarlanabilir. Terminaller ön panel ve blok diyagramı arasındaki bilginin değiştirilmesi ile oluşan giriş ve çıkış portlarıdır.

3.2 LabVIEW Araç Çubukları

Temel araç çubukları ön panel ve blok diyagram pencerelerinin üst kısmında bulunan araç çubuklarıdır. Sırasıyla bu çubukların işlevlerini el alırsak;

Ön panel araç çubuğu

Şekil 3.5'te ön panel araç çubuğu görülmektedir. Bu araç çubuğunun üzerindeki simgelerin görevleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 3.5 Ön panel araç çubuğu



Vurgulama düğmesi, bu düğmeye basıldıktan sonra VI çalıştırılırsa bilgi akışı izlenebilir. Düğmeye tekrar basıldığında vurgulama iptal edilir.



İçine gir düğmesi, bu düğmeye basıldığında düğüm açılır ve çalışma durur. Düğmeye tekrar basıldığında altprogram veya yapı bir kez çalışır sonra çalışma durur. Bu düğme ile VI çalışması adım adım yürütülebilir.



Üzerinden atla düğmesi, bu düğmeye basıldığında bir düğüm için çalışma olur, sonraki çalışma durdurulur. Bu düğmeye basarak döngü veya altprogram çalışması atlanarak sonraki düğümden çalışma sağlanabilir.



Dışarı çık düğmesi, geçerli düğüm işlenir, sonraki düğümden çalışma durmaktadır. Çalışma durduğunda düğme soluktur.



Uyarı düğmesi, eğer VI potansiyel bir problem içeriyorsa uyarı görülür ancak çalışma durdurulmaz.



Tüm nesneleri bir sütun halinde dizmeye yarar.

3.3 LabVIEW Paletleri

LabVIEW’ da sanal enstrümanlar oluşturmak için kullanabileceğimiz paletler bulunmaktadır. Bu paletler;

- Araç paleti
- Kontrol paleti
- Fonksiyon paletidir.

Bu paletler altında birçok kategori bulunmaktadır. LabVIEW sadece bu özelliklere bağlı kalmayan ayrıca yüklenebilir ek paketlere de imkan tanıyan bir yazılımdır. Bu paketler ile LabVIEW’ a kazandırılacak özellikler arasında uyarlanabilir filtreler, işaret işleyiciler, FPGA, mikodenetleyiciler vb. ek özellikler mevcuttur. Bu paketler yüklendikçe paletler üzerinde yerini alacaklardır. Programın normal yüklenmiş halinde paletlerde bulunan bazı alt başlıklar boştur.

Araç paleti

Buradaki araçlar blok diyagramdaki ve ön paneldeki nesnelerin düzenlenmesinde ve işletilmesinde kullanılır. Araç paletinin en üstündeki “Automatic Tool Selection” butonu eğer seçili ise gösterge yeşil yanmaktadır. Böylece LabVIEW ihtiyaç duyulan aracı seçemez ise, araç paletinden istenilen fonksiyonu kullanıcı tarafından seçilebilir.



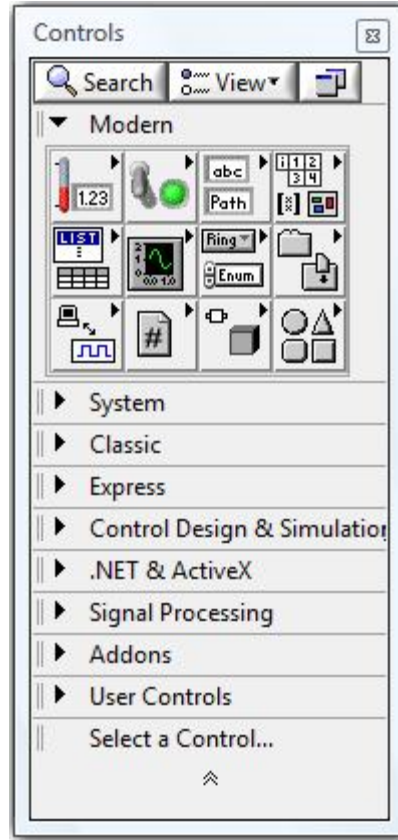
Şekil 3.7 Araç paleti

Şekil 3.7’ de görülen simgelerin görevleri aşağıdaki gibidir.

-  İşletim tuşu, bir kontrolün değerini ve kontrolün içindeki yazıyı değiştirmek için kullanılmaktadır.
-  Konumlandırma aracı ile seçim, taşıma, nesnelerin boyutlandırması işlemi yapılabilir.
-  Etiket aracı, yazıları düzenlemek için yeni etiketler oluşturmak için kullanılmaktadır.
-  Bağlantı aracı, blok diyagramdaki nesneleri birbirine bağlamak için kullanılmaktadır.
-  Nesne kısa yol menüsü, bir nesnenin araçlarına erişmek için bu menü kullanılmaktadır.
-  Kaydırma araçları, üzerinde çalışılan pencereyi kaydırmak için kullanılmaktadır.
-  VI lara durma noktası eklemek veya kaldırmak için kullanılmaktadır.
-  Prob ile blok diyagramdaki bağlantı kabloları üzerinde bir ölçüm noktası oluşturabilmektedir. Prob bu noktadaki ara değerleri incelememizi sağlamaktadır.
-  Renk kopyalama aracı, penceredeki herhangi bir yerdeki rengi kopyalamaya yarar.
-  Boyama aracı, nesneleri boyamak ve arka plan rengini değiştirmek için kullanılmaktadır.

Kontrol paleti

Sadece ön panelden erişilebilmektedir. Birçok alt kategoriye ayrılmıştır. Seçilen kategoriye göre farklı işlevler ve simgeler ortaya çıkar. VI oluştururken kullandığımız nesne alt paletlerini içermektedir. Paletlerdeki bir nesne kullanılmak istendiğinde nesne tıklanıp ön panele yerleştirilebilir. Kontrol paleti, ön paneli oluşturmak için kullanılan kontroller ve göstergeleri içermektedir.



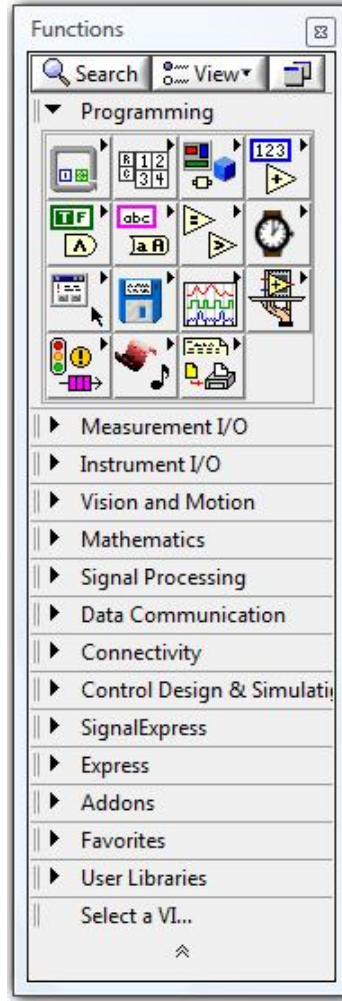
Şekil 3.8 Kontrol paleti

Şekilde 3.8’ de görülen kontrol paletinde bulunan bazı nesneler şunlardır;

- Nümerik nesneler
- Mantıksal nesneler
- Dizgi (String) nesneler
- Dizi, matris, küme (Array, matrix, cluster) nesneler
- Listeler ve tablolar (Lists & tables)
- Grafikselsel çizimler
- Giriş/Çıkış birimleri
- Geometrik şekiller

Fonksiyon paleti

Sadece blok diyagramdan erişilebilmektedir. Bu palet, blok diyagramı yaparken kullanacağımız fonksiyon ve VI’ ları içermektedir. Birçok alt kategorisi bulunmaktadır. Seçilen nesneler blok diyagrama yerleştirilir ve araç paleti ile bağlantıları gerçekleştirilebilir.



Şekil 3.9 Fonksiyon paleti

Şekil 3.9’ da görülen fonksiyon paletinde açık olan alt paletin içindeki simgelerin görevleri sırası ile aşağıdaki gibidir.

- Döngüler ve yapılar
- Dizi işlemleri
- Küme ve sınıflandırma işlemleri
- Sayısal veri işlemleri
- Mantıksal ifadeler
- Dizgi ifadeleri
- Karşılaştırma ifadeleri
- Zamanlama
- Kullanıcı arayüzü
- Dosya işlemleri
- Dalga şekilleri
- Uygulama kontrol
- Senkronizasyon işlemleri
- Grafik ve ses
- Rapor üretici

3.4 LabVIEW ile Seri Haberleşme Uygulaması

Uygulama yazılımı

```
list p=16F877A
```

```
include "p16F877A.inc"
```

```
__config H'3F3A' ;Tüm program sigortaları kapalı, Osilatör HS
;ve 20 Mhz.
```

```
;-----
; Değişken tanımları
```

```
;-----
RS232_Data equ 0x20
```

```
org      0
clrf     PCLATH
goto     Ana_program
org      4
```

```
;-----
; RS232 portunda 1 byte veri yazar. Yazılacak veri RS232_Data değişkenine yüklenmelidir.
```

```
;-----
RS232_Karakter_Gonder
```

```
    btfss    PIR1, TXIF
    goto     $ - 1 ;Daha önceden bir veri gönderilmiş
                    ;ise aktarılanaya kadar bekle.

    bcf      PIR1, TXIF ;Veri gönderme kesme bayrağını sil.
    movf     RS232_Data, W
    movwf    TXREG      ;RS232_Data değişkenindeki veriyi
                        ;TXREG kaydedicisine yükle. Böylece
                        ;veri çıkış buffer'ına yazılmış olur.

    return          ;Alt programdan çıkış.
```

```
;-----
; RS232 portundan 1 byte veri alır.
```

```
;-----
RS232_Karakter_Al
```

```
    btfss    PIR1, RCIF ;Bilgi alındı ise bir komut atla.
```

```

goto    $ - 1                ;Bir komut geriye gel.
bcf      PIR1, RCIF           ;Alma gerçekleştirdi kesme bayrağını sil.
movf     RCREG, W             ;RCREG seri bilgi alışı buffer'ındaki
                                ;veriyi W'ye yükle.

movwf    PORTD                ;alınan veriyi LED' lerde göster.
return                                       ;RS232_Karakter_Al alt programından çıkış.

```

; Usart modülünün asenkron iletişimi için ilk ayarları gerçekleştirir.

RS232_ilk_islemler

```

bsf      STATUS,5
bcf      TRISC, 6             ;TX çıkışa
bsf      TRISC, 7             ;RX girişe yönlendirildi
clrf     TRISD
movlw    0x81                 ;SPBRG = 129 Fosc = 20 MHz'de 9600 baud
                                ;hız için.

movwf    SPBRG
movlw    0x26
movwf    TXSTA                ;USART mod: asenkron, high speed, 8 bit
                                ;iletişim, TXEN set edildi.

bsf      PIE1, TXIE           ;TXIE set edildi.
bsf      PIE1, RCIE           ;RCIE set edildi.
bsf      INTCON, PEIE         ;Çevresel kesmelere izin verildi.
bcf      STATUS,5             ;BANK0 seçildi RCSTA için.
movlw    0x90
movwf    RCSTA                ;Seri port etkin, 8 bit veri alışı, CREN
                                ;set: sürekli alışı.

return                                       ;RS232_ilk_islemler alt programından çıkış

```

; Ana program: RS232 seri porttan aldığı verileri tekrar seri porta gönderir.

Ana_program

```
call    RS232_ilk_islemler    ;RS232 iletisimi için ilk işlemler.
bcf     INTCON, GIE           ;Kesme alt programı kullanılmadığı
                                ;için GIE = 0 yap.
```

Ana_j1

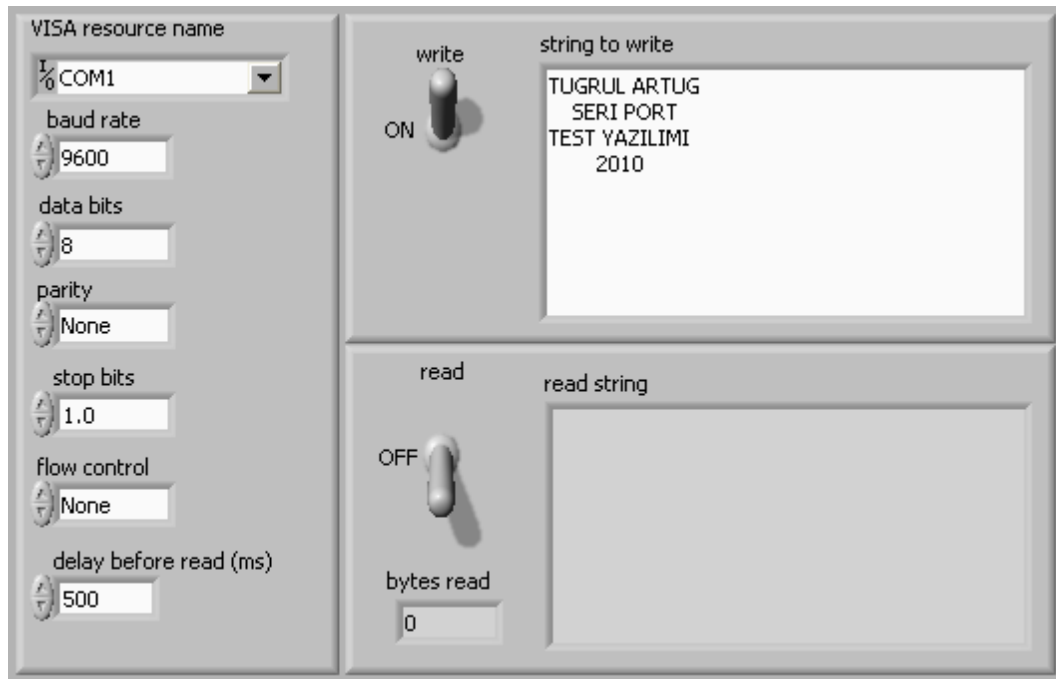
```
call    RS232_Karakter_Al     ;RS232 portundan 1 byte veri al.
movwf   RS232_Data            ;Alınan veriyi RS232_Data
                                ;değişkenine aktar.

call    RS232_Karakter_Gonder ;RS232'deki veriyi RS232
                                ;portuna gönder.

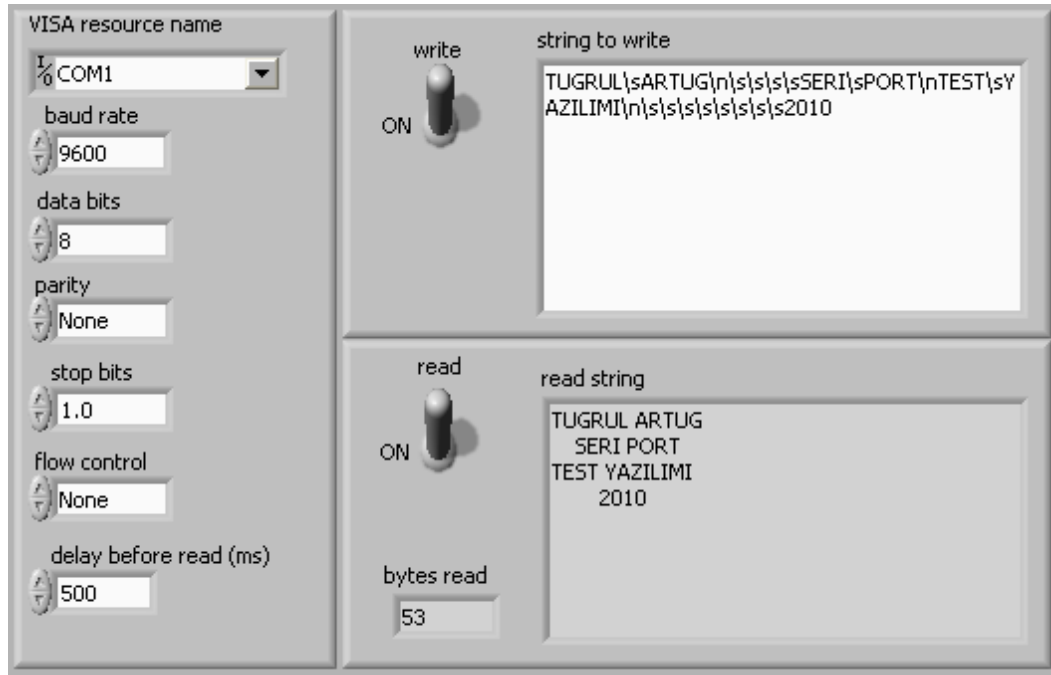
goto    Ana_j1                ;Aynı işlemleri tekrarla.
```

END

Yapılan uygulamada yukarıda da bahsedildiği gibi iki yönlü haberleşme sağlanmıştır. Şekil 3.12’ de görüldüğü gibi PIC’ e yazılacak veri okuma (read) modu kapalı (off) olarak girilmiştir. Okuma modu açıldığında (on) öncelikle veriler PIC’ e yazılacak ardından da Şekil 3.13’ de görüldüğü gibi okunabilecektir. Boşluklar ve satır başı karakterleri de dahil 53 byte veri başarı ile gönderilip alınmıştır.

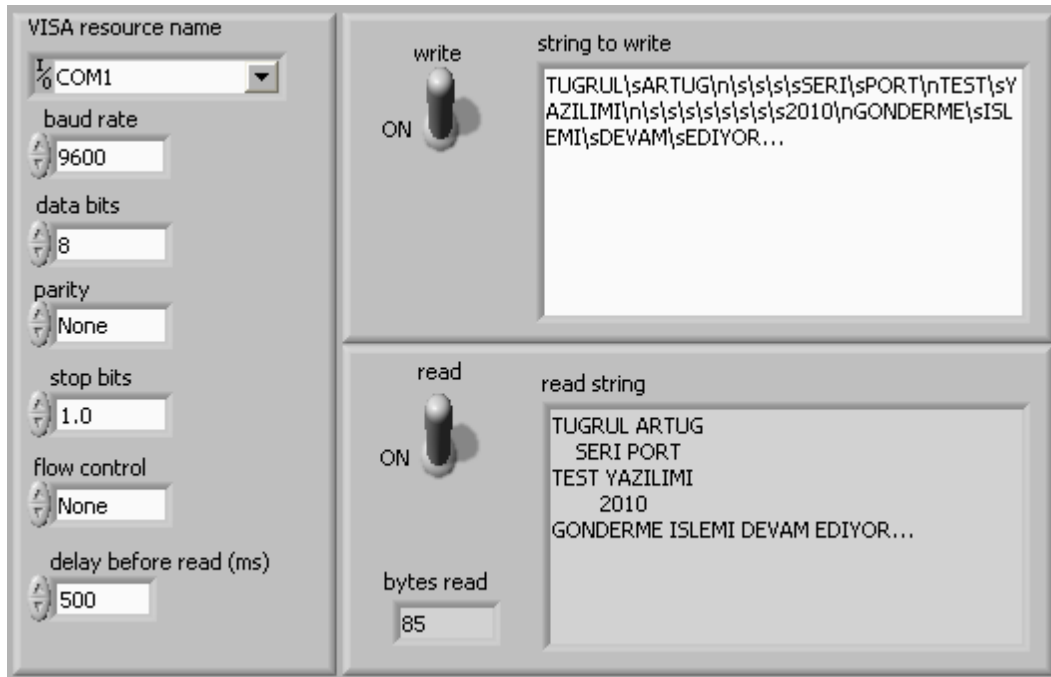


Şekil 3.12 Seri okuma yazma uygulaması test verisi girişi



Şekil 3.13 Seri okuma yazma uygulaması veri okunması

İstenirse veri girişine devam edilebilir. Yazılacak veri, yazılmış olan verinin arkasına eklenecektir. Yani seri olarak gönderip alma işlemi devam eder. Şekil 3.14’ te eklenmiş olan yeni veri görülmektedir.



Şekil 3.14 Seri okuma yazma uygulaması veri eklenmesi

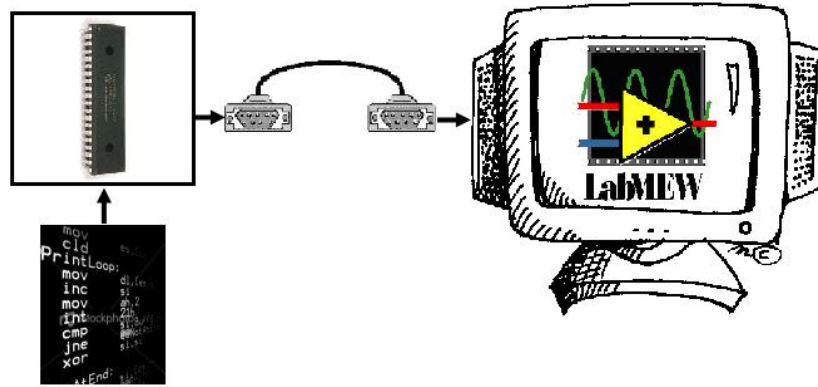
4. LABVIEW İLE MİKRODENETLEYİCİLİ BİR ENDÜSTRİYEL OTOMATİK SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ

Mikrodenetleyici kullanarak endüstriyel otomatik sıcaklık kontrol sistemi ile endüstride önemli yere sahip olan sıcaklık ölçme/kontrol işleminin gerçekleştirilmesi ve kullanılan ölçüm tekniklerinin öğrenilmesi amaçlanmıştır.

Gerçeklenen sistem üç kısımdan oluşmaktadır.

- Mikrodenetleyicili donanım kısmı
- Mikrodenetleyicinin assembler dilindeki yazılımı
- LabVIEW ortamında hazırlanmış VI

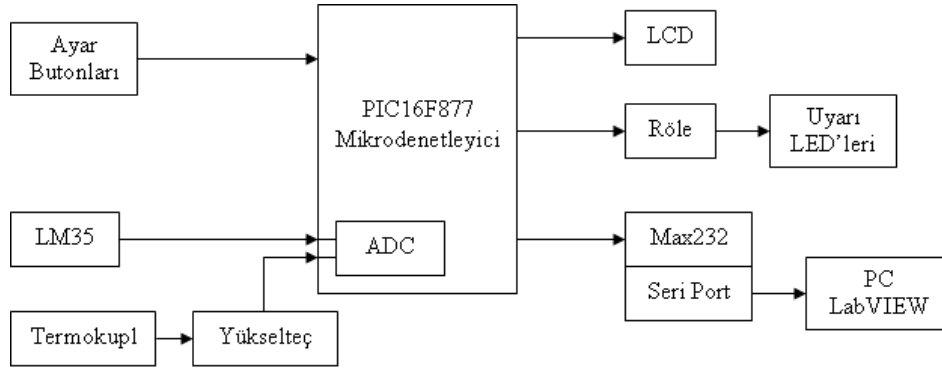
En temel olarak sistemi ele alırsak öncelikle mikrodenetleyici kullanan devreye bir programlayıcı aracılığıyla assembler kaynak kodu yüklenir ve daha sonra ise devre RS-232 kablosu aracılığıyla PC üzerinden LabVIEW programına erişir. Kontrol devresinin algılayıcısı bir termokupldur ve ölçüm değerleri kontrol devresi üzerindeki göstergeden ve PC üzerinde çalışan LabVIEW için hazırlanmış olan VI ile gözlenmektedir. Şekil 4.1’ de sistemin temsili şekli bulunmaktadır.



Şekil 4.1 LabVIEW ile mikrodenetleyicili bir endüstriyel otomatik sıcaklık kontrol sistemi

4.1 Sistem Donanımı

Sistemin blok diyagramı şekil 4.2’de görüldüğü gibidir. Sistemde kullanılan algılayıcı J tipi bir termokupldur ve soğuk eklem kompanzasyonu için LM35 tümleşik devresi kullanılmıştır. Alınan ölçümler mikrodenetleyicinin dahili ADC’si ile sayısal değere dönüştürülür. Üst ve alt limit değerleri ayar butonları ile ayarlanabilir. Ölçüm sonucu ve ayar değerleri LCD üzerinden gözlenebilmektedir. Limit değerler aşıldığında uyarı LED’leri yanar. Sistemin seri port ile PC üzerinde çalışan LabVIEW programı ile bağlantısı vardır.



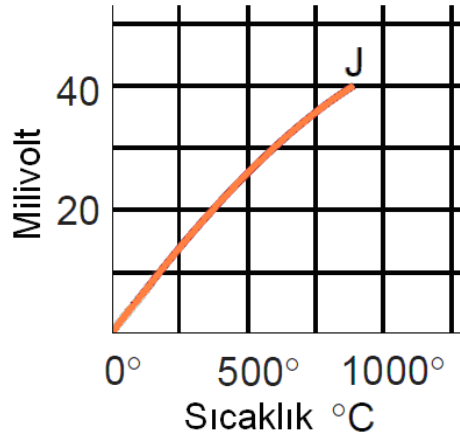
Şekil 4.2 Sistemin blok diyagramı

Daha önce kısaca giriş kısmında bahsedildiği gibi termokupl oldukça düşük gerilimler üreten bir algılayıcıdır. Ölçülen sıcaklığın karşılığından üretilen gerilim mikrodnetleyici tarafından algılanamaz. Bu ölçülen gerilimin değerlendirilebilmesi için belli bir seviyeye kadar yükseltilmesi gerekmektedir. Termokuplun + ve – olmak üzere sadece iki ucu bulunmaktadır. İki ucu arasındaki gerilim, ölçülen sıcaklığın gerilim karşılığıdır. O halde iki gerilim arası farkı yükseltmek için en uygun yükselteç yapısı bir fark yükseltecidir.

Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise kullanılacak olan işlemsel yükseltecin seçilmesidir. Termokuplun $^{\circ}\text{C}$ başına çok düşük gerilimler üretmesi sebebiyle işlemsel yükseltecin ofset gerilimi sıfır olması gerekmektedir. Eğer buna dikkat edilmezse girişteki gerilimin üzerine ofset gerilimi de eklenip olması gerektiğinden daha farklı sonuçlar ortaya çıkacaktır. Bu proje için en uygun olan işlemsel yükselteç 1. bölümde anlatıldığı gibi OPA177GP' dir. Çizelge 4.1' de J tipi termokupl için $0-100^{\circ}\text{C}$ arası oluşacak gerilim değerleri verilmiştir. Bu gerilim değerleri soğuk eklemnin 0°C referans noktasında iken ölçülmüş olan referans değerleridir.

Çizelge 4.1 J tipi termokupl için $0-100^{\circ}\text{C}$ arası gerilim tablosu [13]

$^{\circ}\text{C}$	mV
0	0
10	0.507
20	1.019
25	1.277
30	1.536
40	2.058
50	2.585
60	3.115
70	3.649
80	4.186
90	4.725
100	5.268



Şekil 4.3 J tipi termokupl sıcaklık gerilim grafiği [10]

Şekil 4.3'te J tipi termokupl sıcaklık gerilim grafiği görülmektedir. J tipi termokupl diğer tür termokupllara göre en doğrusal çıkış veren tiptir. Örneğin S tipi en fazla kayma gösteren termokupl türüdür. Termokupllar daha yüksek sıcaklıklarda daha iyi çalışırlar düşük sıcaklıklar için pek uygun değildir.

Fark yükseltecinin kazancı dirençler ile 190 olarak ayarlanmıştır. Bu kazanç sonucu oluşacak gerilimler ve LM35 için değerlendirilecek olan sıcaklık karşılıkları aşağıdaki çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 İşaret uygunlaştırma devresi çıkışında oluşan termokupl gerilim değerleri

°C	mV	LM35 °C Karşılığı
0	0	0
10	96.33	10
20	193.61	19
25	242.63	24
30	291.84	29
40	391.02	39
50	491.15	49
60	591.85	59
70	693.31	69
80	795.34	80
90	897.75	90
100	1000.92	100

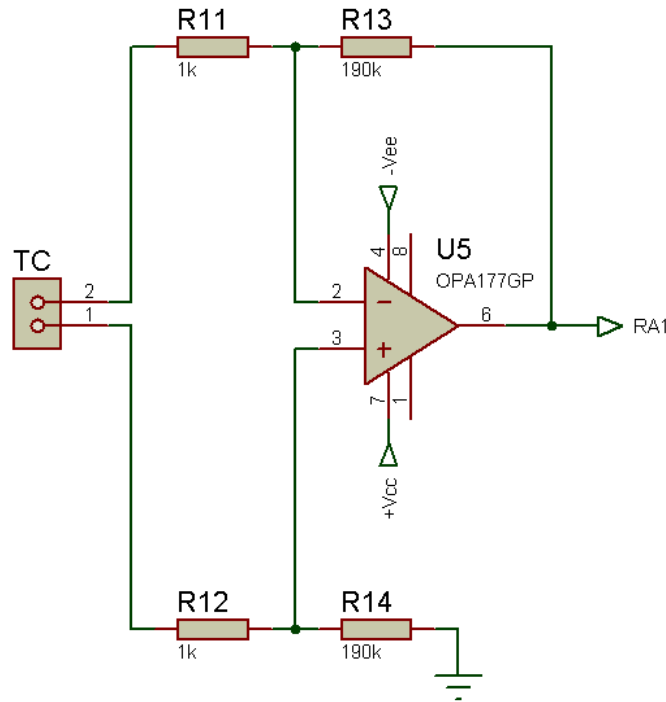
Termokupl iki farklı malzeme ucunun kaynaklanması ile oluşturulan bir sıcaklık algılayıcısıdır. Kaynak noktasına sıcak nokta, diğer açık iki ucuna da soğuk nokta (CJC)

denir. Sıcaklık bu soğuk nokta ile sıcak nokta arasında ölçülmektedir. Çizelge 4.1’ de verilen değerler soğuk nokta kompanzasyonu yapıldıktan sonra yani soğuk noktanın 0°C referansına getirildikten sonra alınan değerlerdir. Bu çalışmada soğuk noktanın kompanzasyonu için 0°C’lik bir ortam oluşturulamayacağından LM35 analog sıcaklık algılayıcısından faydalanılmıştır. LM35 derece başına 10mV gerilim üretir ve çıkışı doğrusaldır. Termokuplun çıkış geriliminin LM35 ile örtüşmesi için yükselteç kazancı 190 olarak ayarlanmıştır.

LM35 derece başına 10mV gerilim ürettiğinden termokuplun gerilim seviyesini de bu değere çekmek gerekir. Bunun için çizelge 1.2’de verilen J tipi termokupl k katsayısını kullanmamız gerekir. Kazanç aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$10mV / 53\mu V = 188.68 \quad (4.1)$$

Böylece kazanç 190 olarak belirlenir. Şekil 4.4’te işaret uygunlaştırma devresinin şeması görülmektedir.



Şekil 4.4 İşaret uygunlaştırma devresi şeması

Algılayıcı kısmında bu iki eleman kullanılmaktadır. Algılayıcılardan elde edilen gerilim işaret uygunlaştırma işleminden geçtikten sonra, kontrol işlemini yapacak olan mikrodeneleyiciye uygulanır. Mikrodeneleyici olarak Microchip firmasının üretmiş olduğu PIC 16F877 kullanılmıştır. Bu PIC’ in seçilme sebebi ise içerisinde dahili olarak ADC bulundurmasıdır.

Böylece ek bir eleman ihtiyacı gerekmemektedir. PIC içerisinde bulunan ADC 10 bittir ve 8 kanalıdır. Bu sayede yazılım ile gerekli ayarlamaları yaparak 8 farklı noktadan alınan gerilimleri dijital değerlere dönüştürebilmektedir.

Kompanzasyon için PIC' in ADC' sinin iki kanalından yararlanılmıştır. Termokuplun soğuk noktası 0°C ile izole edilemediğinden soğuk noktanın bulunduğu noktanın sıcaklığı LM35 ile ölçülmektedir. LM35 ile 2. kanaldan ölçülen değer, termokupl ile 1. kanaldan ölçülen değer ile toplanır. Böylece yükselteç kazancının 190 olarak seçilmesi sayesinde termokuplun üretmiş olduğu değer LM35 ile örtüşmektedir. İki kanaldan alınan değerlerin toplanması sonucu termokuplun ölçmüş olduğu değer ortaya çıkmaktadır.

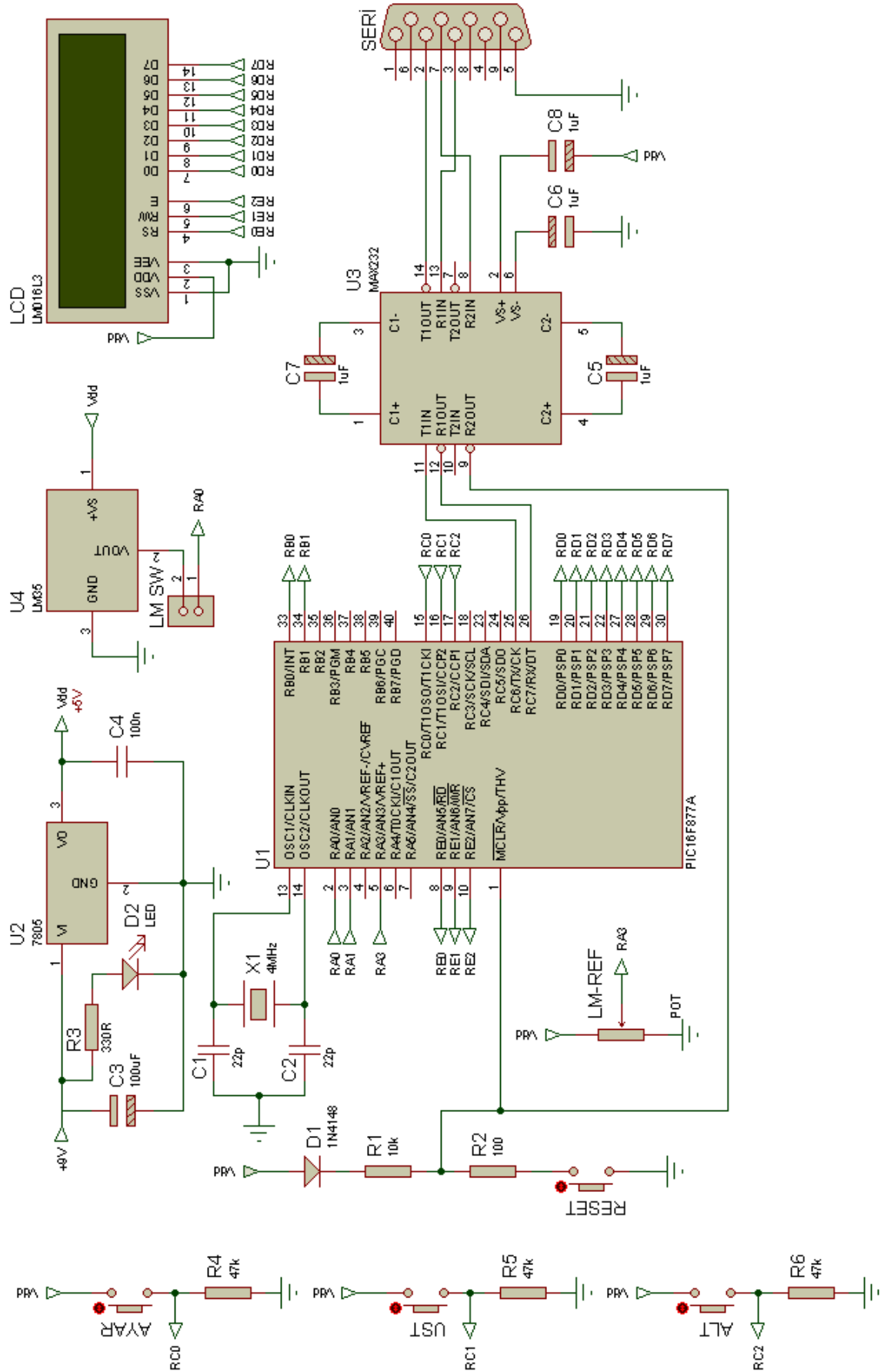
Devre şeması ve baskı devre

Şekil 4.5a'daki devre şeması incelendiğinde sol üst köşede devrenin güç katı gözükmemektedir. Devre elemanları için gerekli 5V' lik gerilim 7805 tümlşik devresi ile sağlanmaktadır. 7805 girişindeki ve çıkışındaki kondansatörler gerilim dalgalanmalarını önlemek amacıyla kullanılmışlardır.

PIC' i resetlemek için MCLR bacağına bağlı bir reset devresi kurulmuştur. Programı yeniden başlatmak için ilgili butona basmak vasıtasıyla kullanılabilir.

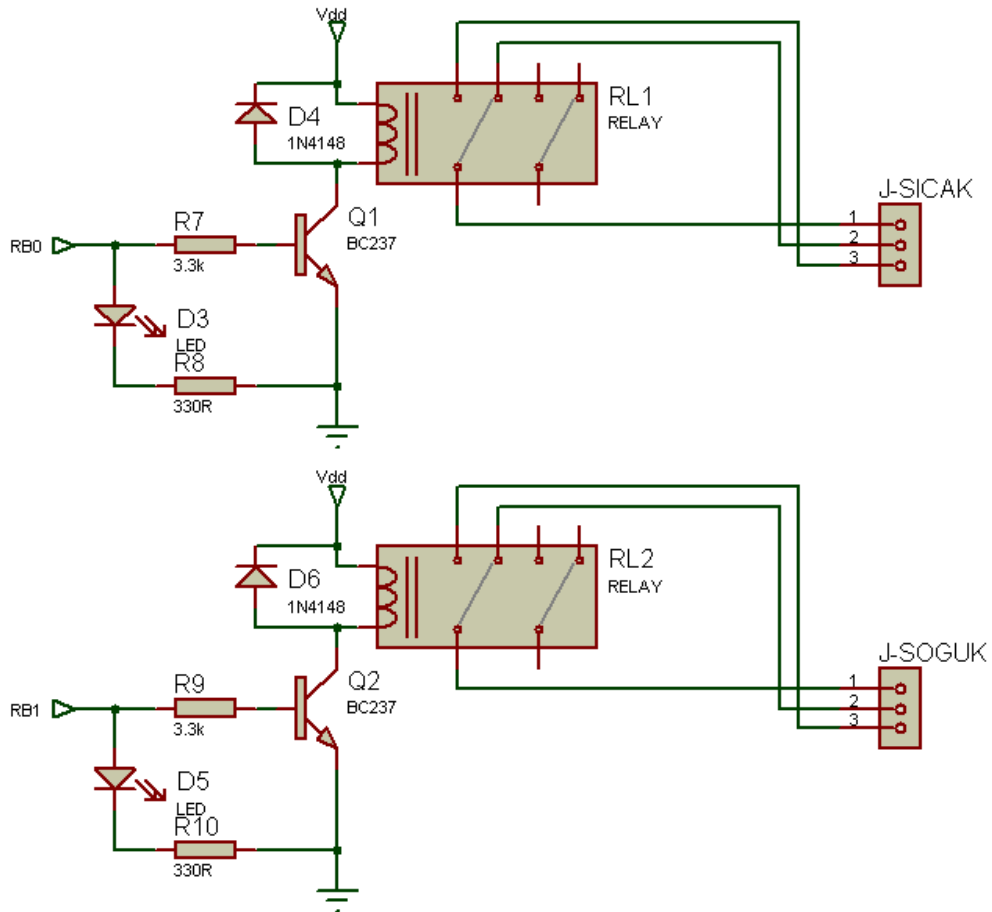
Devrede kullanılan 2x16' lık LCD, PIC' in D ve E portlarına bağlıdır. Devrenin PC ile haberleşmesi için ise Max232 tümlşik devresi ile kurulmuş seri port devresi de bulunmaktadır.

LM35 analog sıcaklık tümlşik devresi ise Port A' nın 0. bitine yani ilk analog kanala bağlanmıştır. Devre şeması incelendiğinde Port A' nın 3. bitine bir potansiyometre bağlandığı görülür. Bu potansiyometre PIC' in ADCON saklayıcıları doğru şekilde koşullandırıldığında ADC için referans gerilim olarak kullanılır. ADC için pozitif referans gerilimi Port A' nın her zaman 3. bitine bağlanır. Bu referans gerilimin ayarlanması ile 1°C' lik çözünürlük ile ölçüm alınabilmektedir. Çizelge 4.2 incelenirse LM35' in karakteristiğine çok yakın değerler elde edildiği görülmektedir. Yapılan denemelerde maksimum 2°C' lik bir kayma görülmüştür. 0-255°C' lik aralıkta sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.



Şekil 4.5a Devre şeması

Devrede 3 buton vardır. Bunlar sırası ile ayar, üst ve alt isimli butonlardır. Ayar butonuna basıldığında devre ölçüm işlemini bırakıp bir seçim yapılması için bekler. Eğer üst butonuna basılırsa üst limitlerin ayarlanması için gerekli program kısmına dallanır. Üst limit ayarlandıktan sonra tekrar ayar butonuna basılırsa program üst limit için histerezis değerinin ayarlanacağı kısma geçer. O değer de ayarlandıktan sonra ayar butonuna basılırsa devre tekrar ölçüm almaya devam eder. Alt limit ayarlarını yapmak için ise yine ayar butonuna basıp bu sefer alt isimli butona basmak gerekir. Alt ve üst limit butonları iki görevlidir. Hangi limit değeri ayarlanıyorsa ona göre diğer buton değer azaltma görevi yapacaktır. Örneğin alt limit ayarlanırken alt butonuna basarak alt limit değeri arttırılırken üst butonuna basarak bu değer azaltılabilmektedir. İlk başta alt limit 20°C, üst limit ise 50°C olarak belirlenmiştir. Histerezis alt ve üst limit değerleri ise başta 0°C' dir.

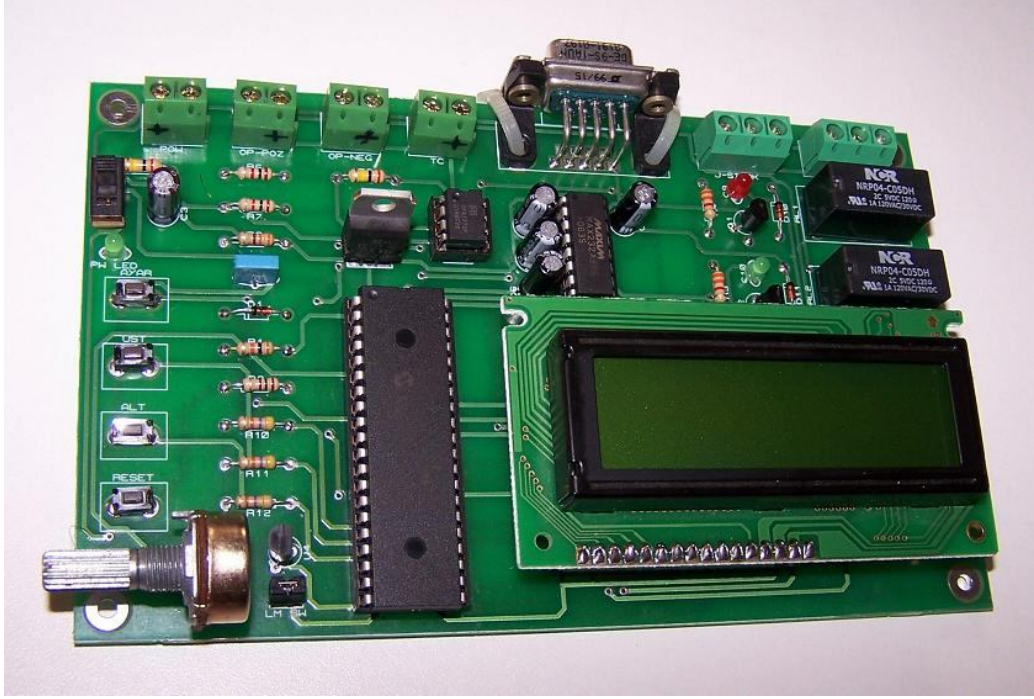


Şekil 4.5b Devre şeması

Şekil 4.5b' deki röleli devre incelenirse Port B' den lojik "1" değeri geldiğinde, transistör doyuma girecek ve rölenin bobininin enerjilenerek kontağının çekmesine, konum değiştirmesine neden olacaktır. Sıcaklık üst limiti aşıldığında kırmızı bir LED, sıcaklık üst

limiti aşıldığında ise yeşil bir LED uyarı ışığı verecektir. Değişik kontrol uygulamaları için normalde açık ve normalde kapalı kontaklar klemensler ile dışarıya verilmiştir. Buralardan ısıtıcı ve soğutucu bağlayarak bir sıcaklık kontrol devresi gerçekleştirilebilir.

Gerçeklenen kontrol sistemi devresi ve baskılı devre sırayla şekil 4.6 ve 4.7’de görülmektedir.

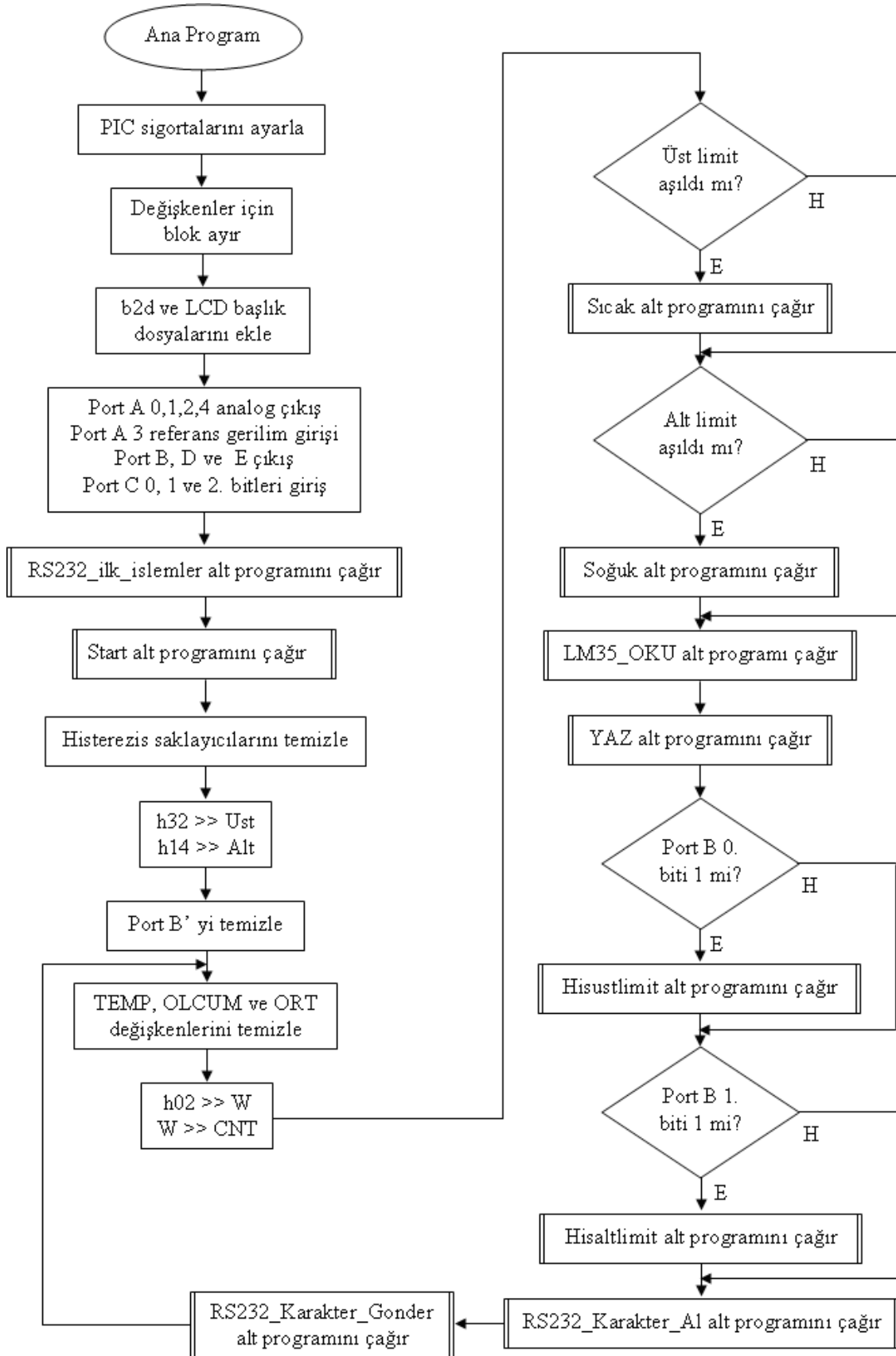


4.2 Mikrodenetleyici Yazılımı

Sistem yazılımında assembler dili kullanılmıştır. Derleyici olarak ise Microchip' in MPLAB geliştirme ortamından yararlanılmıştır. Sistemin donanımda bulunan PIC 16F877 mikrodenetleyicisinde yazılan program 3 kısımdan oluşmaktadır;

- Ana program
- LCD başlık dosyası
- İkili sistemdeki sayıyı onlu sisteme çeviren başlık dosyası

Şekil 4.8'deki ana programda öncelikle kullanılacak olan PIC seçilir ve saklayıcılarının kullanılabilmesi için gerekli olan başlık dosyası çağırılır. PIC sigortaları doğru çalışması için ayarlandıktan sonra kullanılacak değişkenler için bellek adresi tanımlaması yapılır. Programda kullanılacak olan sonradan yazılmış başlık dosyaları ana programa eklenir. Bu dosyalar LCD'yi hazırlamak ve kullanmak için gerekli altprogramları ve LCD'ye veri göndermek için yapılan ölçüm sonucunu basamaklarına ayıran alt programları içerir. Gerekli başlık dosyaları eklendikten sonra port koşullamaları yapılır ve portların hangilerinin giriş hangilerinin çıkış olacağı belirtilir.. Seri port için gerekli alt program ve LCD'nin hazırlanması için gerekli alt program çağırılır. Daha sonra histerezis saklayıcıları temizlenir. Sıcaklık alt ve üst limitlerinin ilk değerleri yüklenir. Başlangıç için üst limit 50°C, alt limit ise 20°C seçilmiştir. Ölçüm işlemi için ise PIC' in ADC' sinden yararlanılmıştır. 1. kanaldan LM35 ölçülmektedir. 2. kanaldan ise termokupl ölçülmektedir. Ortam sıcaklığı hızlı bir şekilde ölçülmediğinden LM35' in bağlı olduğu 1. kanaldan tek bir ölçüm alınmaktadır. Sıcaklığın değişken olacağı termokupldan ise yarım saniye aralıkla dört ölçüm alınıp bu ölçümlerin ortalaması alınmaktadır. Daha sonra LM35' ten alınan bir ölçüm ile termokupldan alınan 4 ölçümün ortalaması toplanır ve sonuç LCD' ye gönderilmek için YAZ alt programı çağırılır. Üst ve alt limit değerleri aşıldı mı kontrol edilir, sonuca göre uyarı lambaları yanar. Uyarı lambaları açıksa, histerezis değerlerine göre bir kontrol yapılarak uyarı lambaları kapatılır. En son olarak ölçülen değerler LabVIEW'da gösterilmek üzere seri port ile gönderilir.

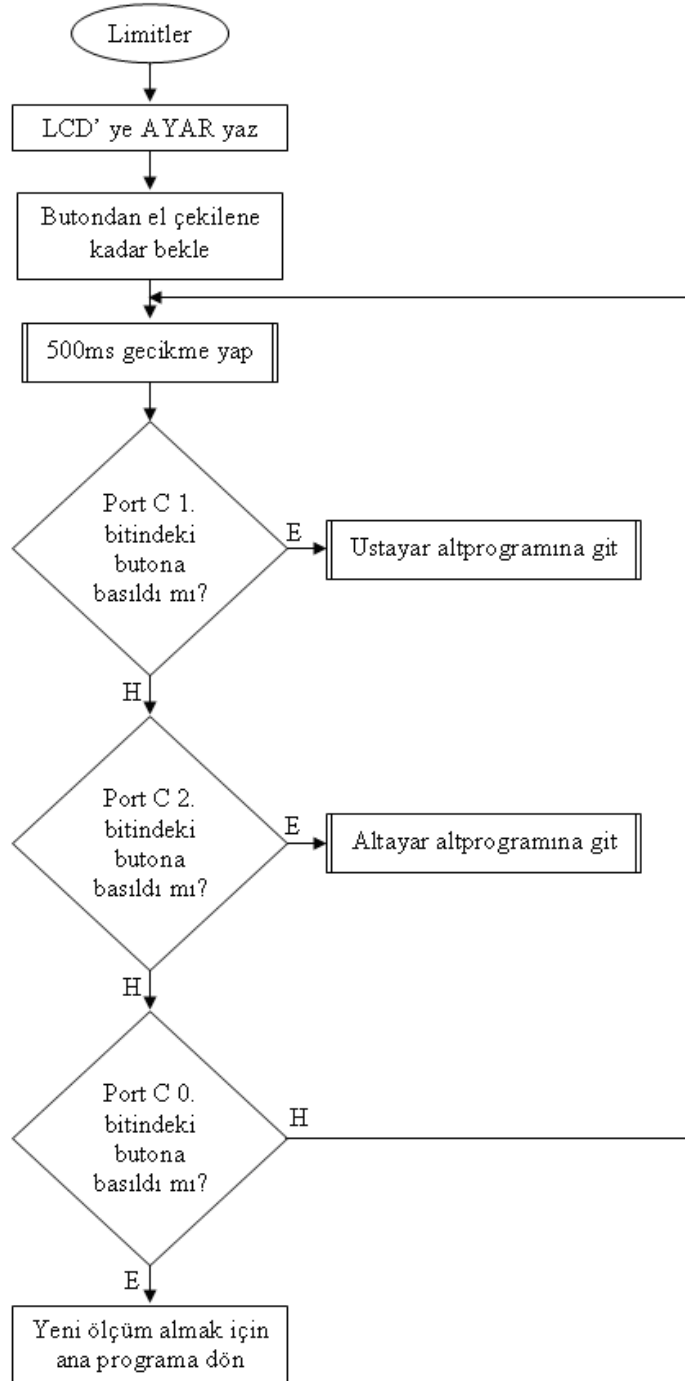


Şekil 4.8 Ana program algoritması

Şekil 4.9'daki LM35 Oku isimli alt programda PIC' in dahili osilatörü seçildikten sonra LM35'in bağlı olduğu ilk analog kanal seçilir. ADC açılır ve çevrimin bitmesi için beklenir. Elde edilen değer TEMP adındaki geçici bir saklayıcıya alınır. Daha sonra termokuplun bağlı olduğu ikinci analog kanal seçilir ve ADC açılır. Çevrimin bitmesi beklenir ve sonuç dörde bölünerek geçici bir değişkene alınır. Ölçüm sayısını tutan değişken bir azaltılır ve dört ölçüm bitene kadar ikinci kanaldan çevrim işlemi devam eder. Dört ölçüm alındıktan ortalamalarının toplamı ve TEMP saklayıcısı içindeki LM35 ölçüm değeri toplanarak termokuplun yapmış olduğu gerçek ölçüm değeri elde edilmiş olur. Daha sonra Port C'ye bağlı olan ayar butonuna basılıp basılmadığı sorgulanır. Eğer basılmışsa sistem ölçüm işlemini bırakıp ayar moduna geçer.

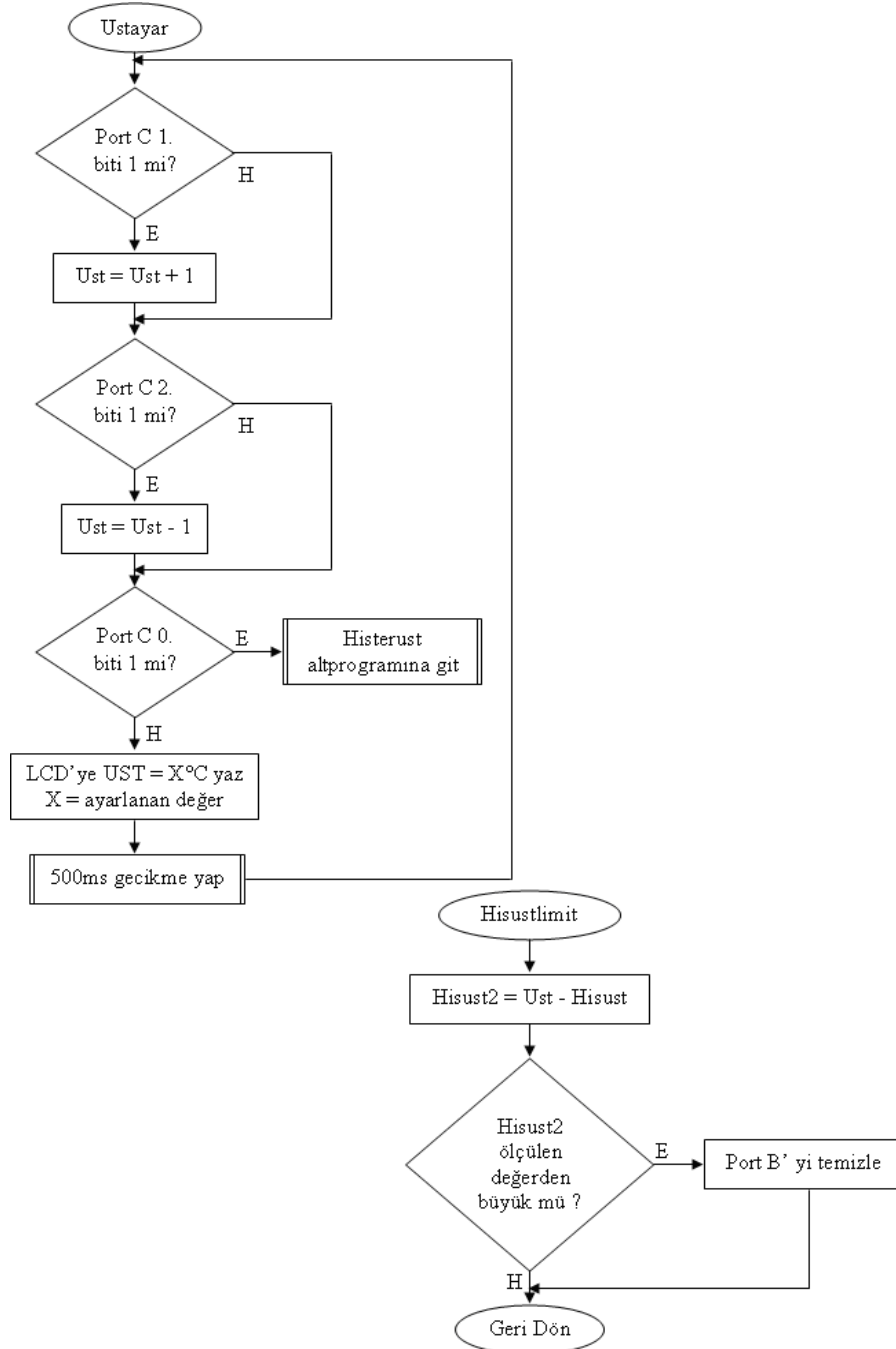
İlk ölçüm değeri alındıktan sonra bir karşılaştırma işlemi yürütülür. Üst limit aşıldıysa Port B'ye olan kırmızı LED uyarı vererek rölenin konumunu değiştirecektir. Sisteme bir soğutucu ekleyerek sistemin soğutulması sağlanabilir. Benzer biçimde alt limit aşıldıysa Port B'ye olan yeşil LED uyarı verecek ve rölenin konumunu değiştirecektir. Bu da sistemin gereğinden fazla soğuduğunu gösterir. Sisteme eklenecek bir ısıtıcı ile sistemin ısıtılması sağlanabilir.

Şekil 4.10'daki Limitler alt programında LCD'ye AYAR sözcüğü yazdıktan sonra, Port C'ye bağlı olan butonların hangisine basıldığına bağlı olarak üst limit değerlerini veya alt limit değerlerini ayarlamak için ilgili alt programa gider. Eğer Port C'nin 1. bitine bağlı butona basılırsa üst, 2. bitine bağlı butona basılırsa alt limit değerleri ayarlanabilir. Eğer Port C'nin 0. bitine bağlı butona basılırsa bu alt programdan çıkılarak tekrar ölçüm almak için gerekli program kısmına gidilir.



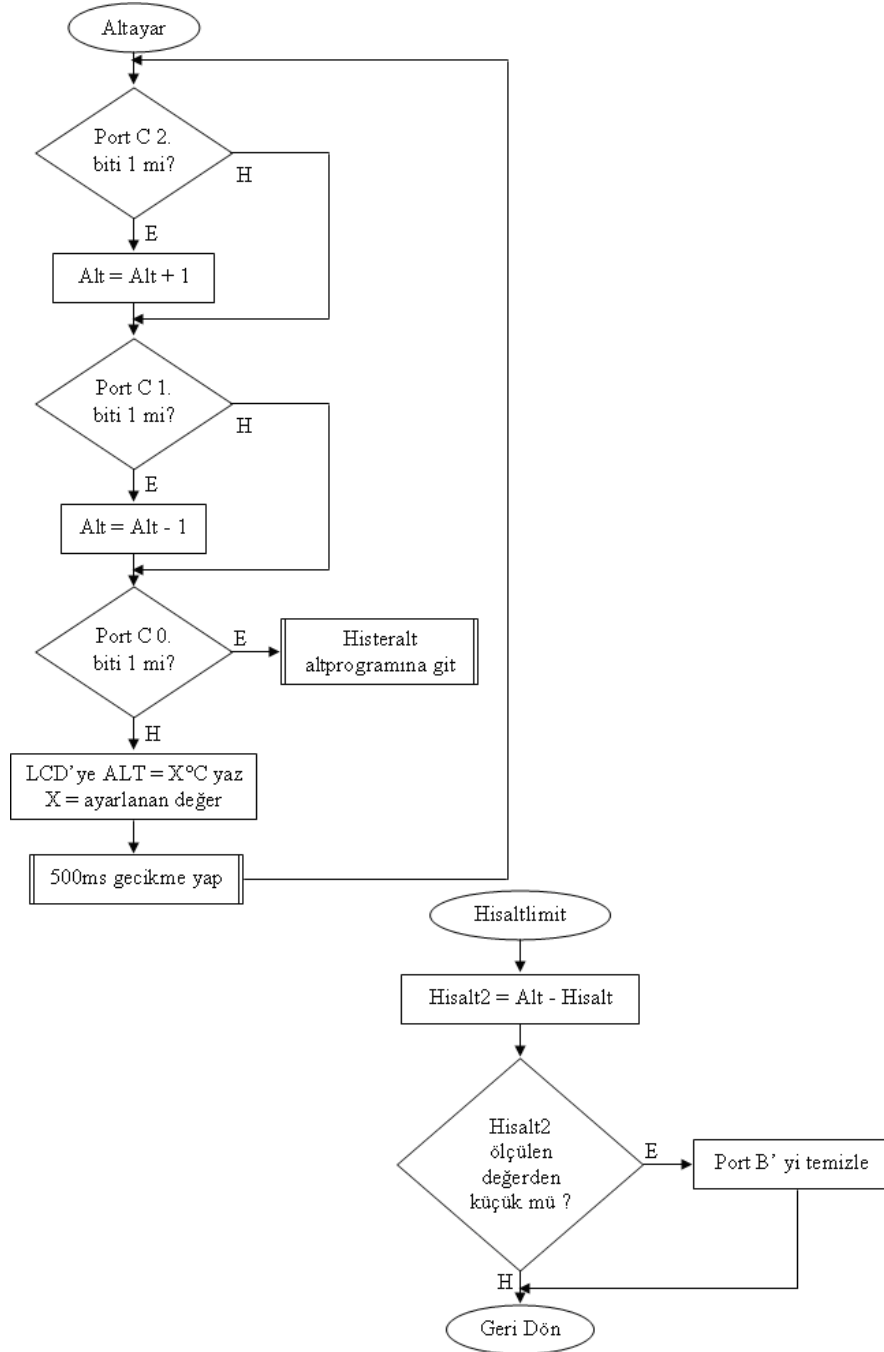
Şekil 4.10 Alt veya üst limit ayarı seçmeye yarayan limitler altprogramı algoritması

Şekil 4.11'deki Üstayar alt programında, sistemin üst limit değeri Port C'nin 1. bitine bağlı buton ile arttırılabilir, 2. bitine bağlı buton ile de azaltılabilir. Daha sonra Port C'nin 0. bitindeki buton sorgulanır. Eğer basılmış ise histerezis üst limit değerini girmek için ilgili alt programa atlanır, basılmamışsa ayarlanan değer LCD' de gösterilir. Hisüstlimit isimli alt program ise üst limit aşıldıktan sonra yanan uyarı LED'inin kapanıp kapanmayacağını sorgusu yapan program parçasıdır. Aşırı sıcak uyarı LED' i yanıyorsa, histerezis üst limit değerinin altına inilmedikçe uyarı lambası kapanmayacaktır.



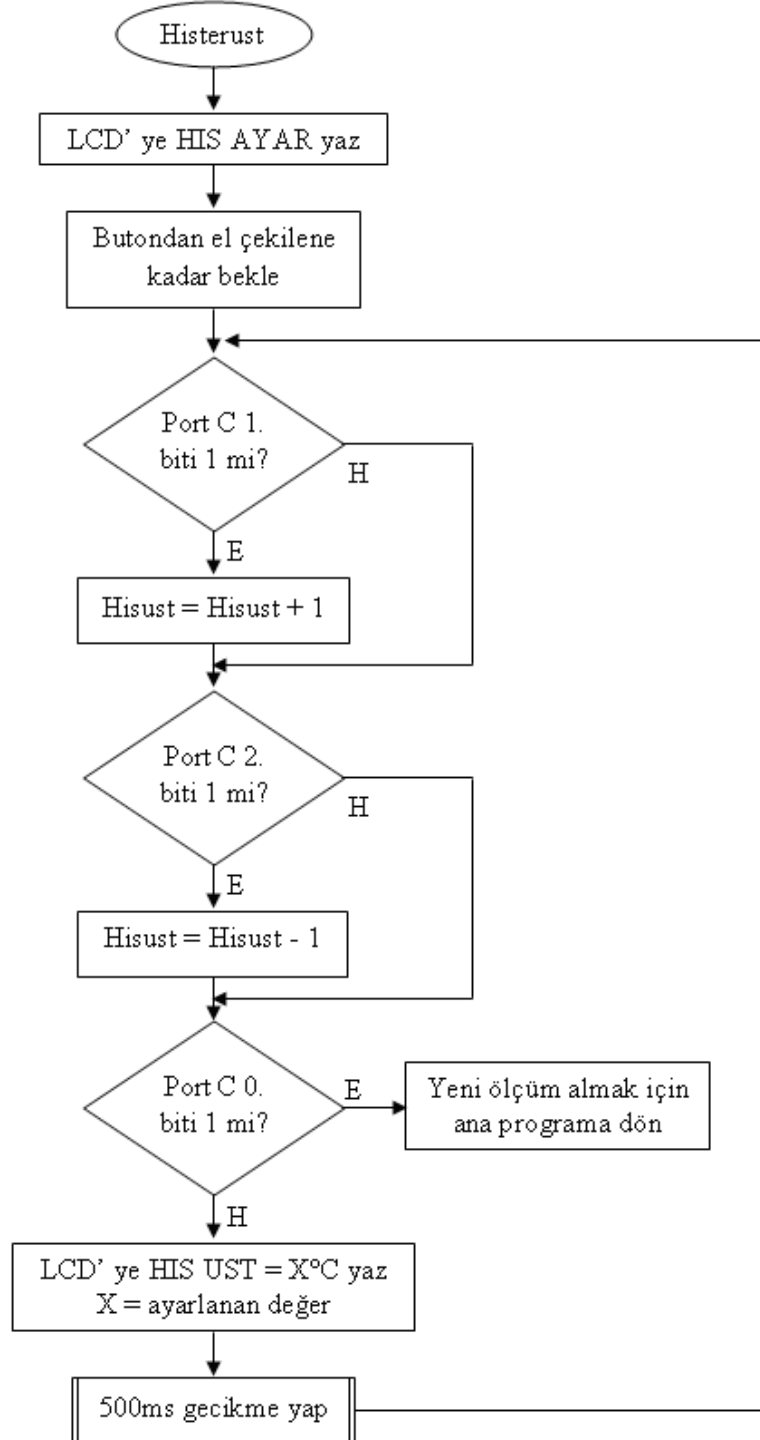
Şekil 4.11 Üst limit uyarı ve histerezis üst limit değerini sorgulama algoritmaları

Şekil 4.12'deki Altayar alt programında, sistemin alt limit değeri Port C'nin 2. bitine bağlı buton ile arttırılabilir, 1. bitine bağlı buton ile de azaltılabilir. Daha sonra Port C'nin 0. bitindeki buton sorgulanır. Eğer basılmış ise histerezis alt limit değerini girmek için ilgili alt programa atlanır, basılmamışsa ayarlanan değer LCD' de gösterilir. Hisaltlimit isimli alt program ise alt limit aşıldıktan sonra yanan uyarı LED'inin kapanıp kapanmayacağını sorgusu yapan program parçasıdır. Düşük sıcaklık uyarı LED' i yanıyor, histerezis alt limit değerinin üstüne çıkılmadıkça uyarı lambası kapanmayacaktır.



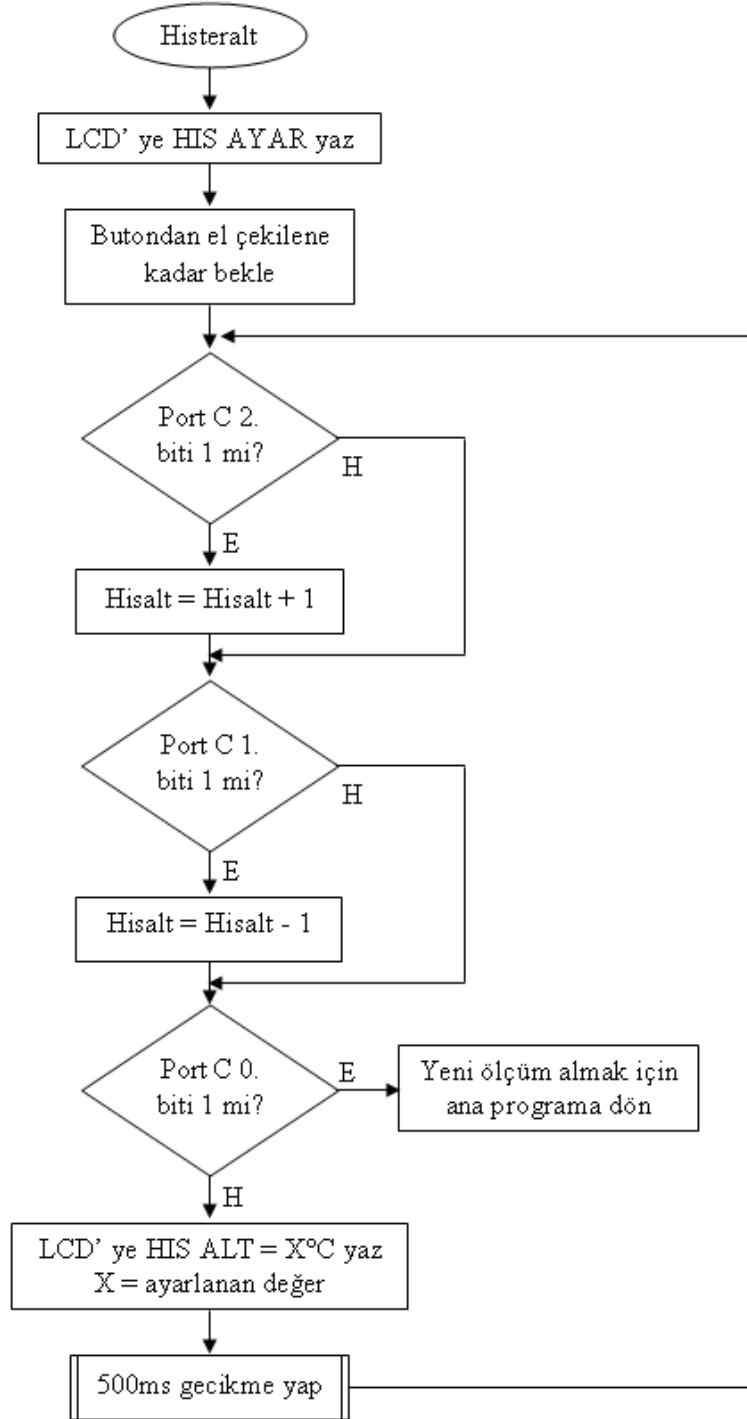
Şekil 4.12 Alt limit uyarı ve histerezis alt limit değerini sorgulama algoritmaları

Şekil 4.13'teki Histerüst alt programında LCD'ye HIS AYAR sözcüğü yazdıktan sonra sistemin histerezis üst limit değeri Port C'nin 1. bitine bağlı buton ile arttırılabilir, 2. bitine bağlı buton ile de azaltılabilir. Daha sonra Port C'nin 0. bitindeki buton sorgulanır. Eğer basılmış ise bu alt programdan çıkılarak tekrar ölçüm almak için gerekli program kısmına gidilir, basılmamışsa ayarlanan değer LCD' de gösterilir.



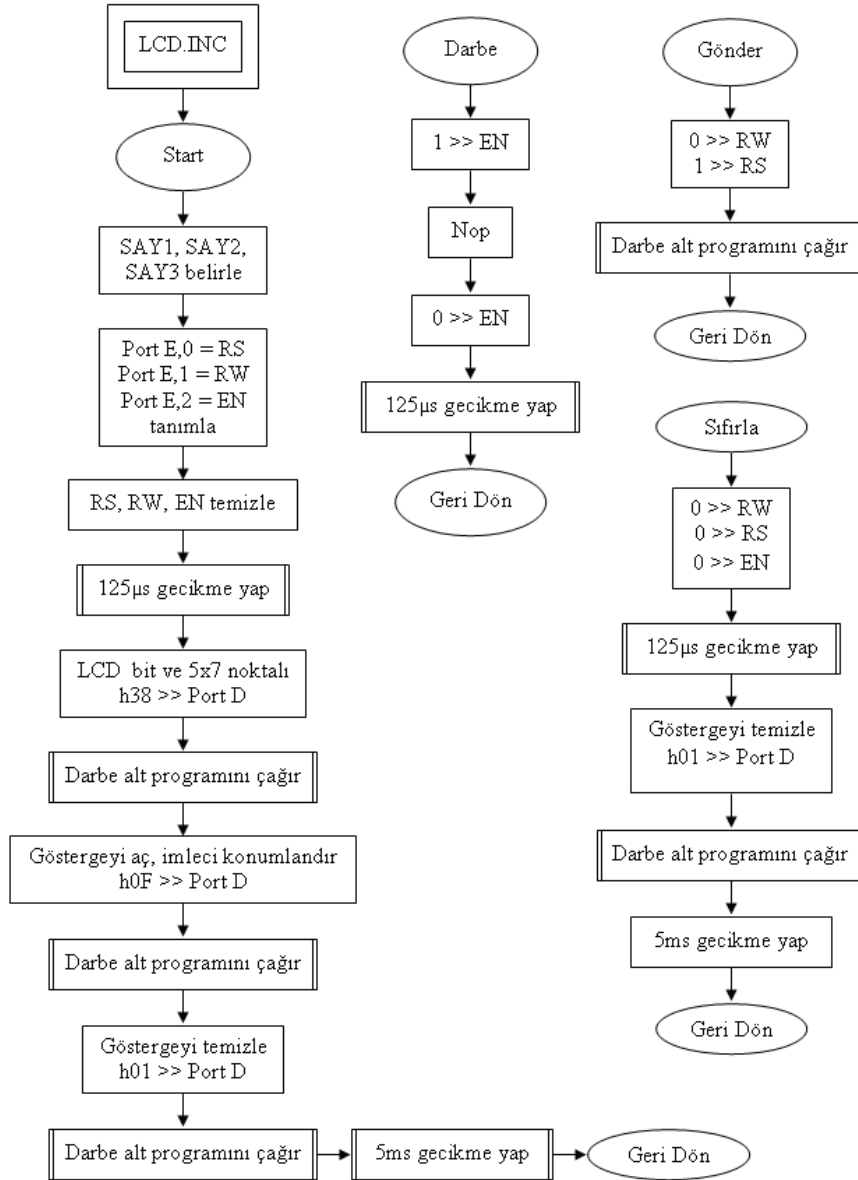
Şekil 4.13 Histerezis üst limit ayarı altprogramı algoritması

Şekil 4.14'teki Histeralt alt programında LCD'ye HIS AYAR sözcüğü yazdıktan sonra sistemin histerezis alt limit değeri Port C'nin 2. bitine bağlı buton ile arttırılabilir, 1. bitine bağlı buton ile de azaltılabilir. Daha sonra Port C'nin 0. bitindeki buton sorgulanır. Eğer basılmış ise bu alt programdan çıkılarak tekrar ölçüm almak için gerekli program kısmına gidilir, basılmamışsa ayarlanan değer LCD' de gösterilir.



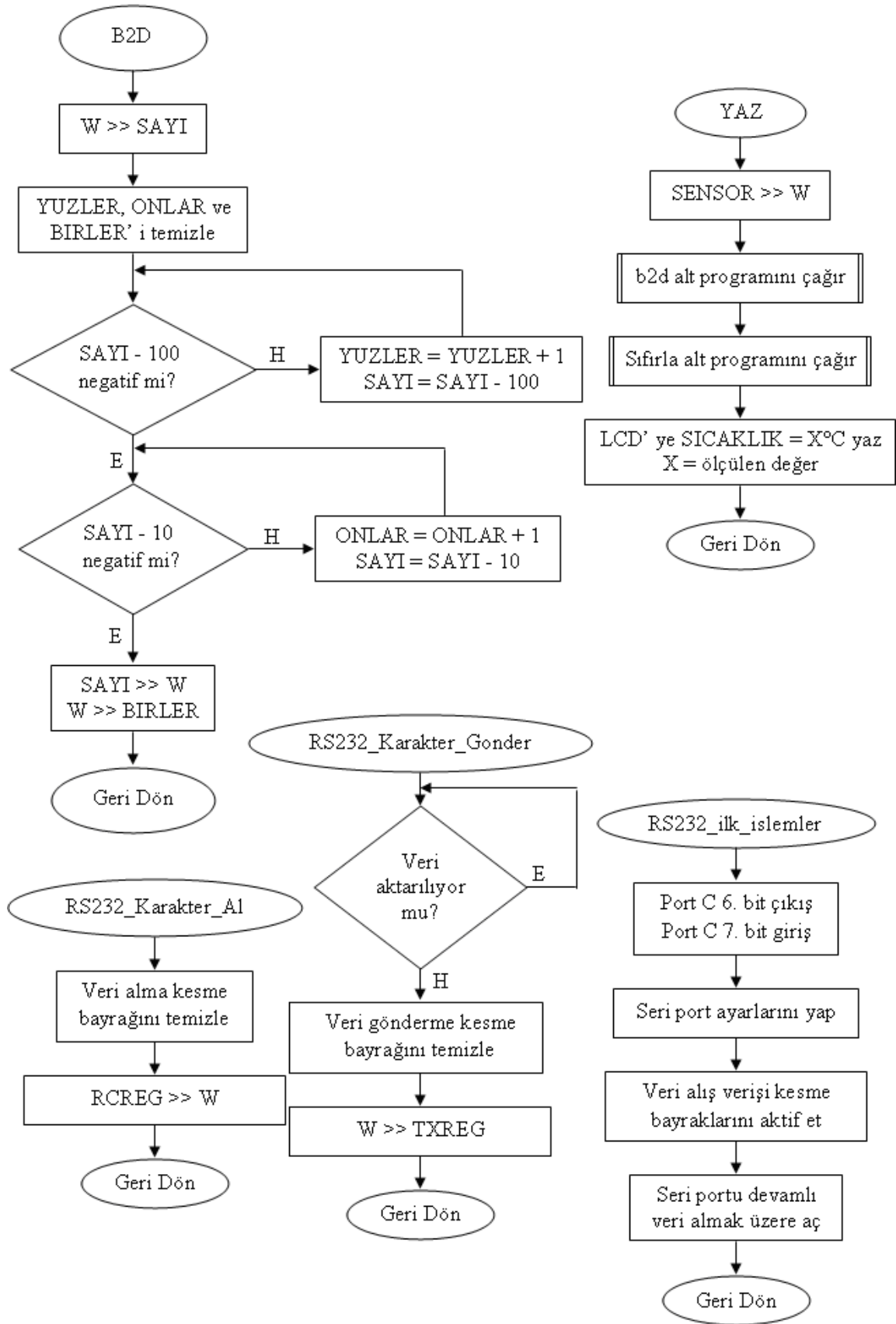
Şekil 4.14 Histerezis alt limit ayarı altprogramı algoritması

Şekil 4.15'teki LCD başlık dosyasında birçok alt program bulunur. Bunlardan Start altprogramı LCD'yi ilk kullanıma hazırlayan, LCD'nin tipini seçmeye yarayan ve imlecini konumlandırmaya yarayan bir alt programdır. Darbe alt programı LCD'ye veri geleceği zaman kullanılır. LCD'ye veri yazılacağı zaman önce bir yükselen kenar darbesi ardından ise bir düşen kenar darbesi gönderilmesi gerekir. Veriler ancak bu şekilde LCD'ye yazılır. Veriler toplu halde değil sıra ile gönderilip arada enable ayağına bu darbe altprogramı ile yukarıda bahsedilen işlemin uygulanması gereklidir. Sıfırla isimli alt program ise LCD ekranını temizlemeye yarayan bir alt programdır. Gönder alt programı ise LCD'ye veri yazılacağı zaman kullanılır. Ayrıca içerisinde zaman zaman ihtiyaç duyulacak olan çeşitli gecikme alt programları bulunur.



Şekil 4.15 LCD başlık dosyası, darbe, gönder, sıfırla altprogram algoritmaları

Şekil 4.16'daki B2D başlık dosyası içerisinde ikili sistemdeki sayıyı onlu sisteme çeviren bir alt program içerir. Bunun için öncelikle ADC çıkışında elde edilen gerilimin ikili sistemdeki karşılığı W saklayıcısına yüklenmelidir. Buraya gelen maksimumum üç basamaklı sayı dijitaline ayrılmak üzere işleme konur. Bunu yapabilmek için gelen sayıdan önce negatif değer elde edene kadar 100 sayısı çıkarılır ve her bulunan sayı için YUZLER saklayıcısı bir arttırılır. Daha sonra kalan sayıdan 10 sayısı çıkartılır ve negatif değer elde edene kadar ONLAR saklayıcısı bir arttırılır. En son olarak ise kalan sayı BIRLER saklayıcısına yüklenir. Sayıların bu şekilde dijitaline ayrılmasının sebebi ölçülen değer LCD' ye gönderilmesi gereğidir. LCD' ye veriler tek tek yollanacağından sayılar da bu şekilde dijitaline ayrılmıştır. Şekil 4.16'daki diğer alt programlardan biri ise YAZ alt programıdır. Bu alt programda önce gelen değer onluk sisteme çevrilip dijitali ayrılmak için b2d alt programına yollanır. Burada gelen sayı dijitalere ayrılarak çıkan değerler ilgili saklayıcılara kaydedilir ve YAZ alt programına geri dönlür. Burada son olarak elde edilen dijitalere 30 değeri eklenir ve LCD' nin karakter setindeki doğru sayı karşılıklarına ulaşılır. LCD karakter seti Şekil 4.17' deki gibidir. Bu işlemlerden sonra değerler LCD' ye yazılmaya hazırdır. Öncelikle LCD' nin ekranı Sıfırla alt programı ile temizlenir daha sonra ise SICAKLIK = xxx°C biçiminde sonuç göstergeden görülebilmektedir. Şekil 4.16'daki son alt program grubu seri port ile ilgili programları kapsar. RS232 İlk İşlemler alt programı gerekli port koşullamalarını ve seri port için gerekli olan ayarları yapar. RS232 Karakter Al alt programı ise PIC'e seri porttan veri alınmasını sağlar. RS232 Karakter Gönder alt programı ise PIC'ten seri porta veri göndermek için kullanılır. Bu değer LabVIEW ile hazırlanmış olan VI' da gözlemlenebilmek amacıyla kullanılır.



Şekil 4.16 İkili - onluk sisteme çevirme, LCD' ye veri yazma ve seri port algoritmaları

Karakter Kodu

xxxx0000		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
xxxx0001	!	1	A	Q	a	q	°	7	ç	4	ä	q	
xxxx0010	"	2	B	R	b	r	°	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0011	#	3	C	S	c	s	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0100	\$	4	D	T	d	t	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0101	%	5	E	U	e	u	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0110	&	6	F	V	f	v	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx0111	'	7	G	W	g	w	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1000	(	8	H	X	h	x	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1001	)	9	I	Y	i	y	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1010	*	:	J	Z	j	z	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1011	+	;	K	[	k	{	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1100	,	<	L	¥	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1101	-	=	M	]	m	}	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1110	.	>	N	^	n	~	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı
xxxx1111	/	?	0	_	o	+	ı	ı	ı	ı	ı	ı	ı

Şekil 4.17 LCD' ler için karakter seti

Sistem kaynak kodları

```

;-----ANA PROGRAM-----
LIST          P=16F877
INCLUDE       P16F877.INC

_CONFIG _CP_OFF & _WDT_OFF & _BODEN_ON & _PWRTE_ON & _XT_OSC &
_WRT_ENABLE_OFF & _LVP_OFF & _DEBUG_OFF & _CPD_OFF

;-----
org          0                                ;Reset vektörü

;-----
; Değişken atama

;-----
cblock      h'20'                                ;Bank 0' da 20 adresinden itibaren yer açılır.
count1
count2
count3

```

SENSOR	;Ölçüm sonucunu tutan değişken
SAYI	;B2D alt programı değişkeni
YUZLER	;Yüzler basamağındaki değeri tutan değişken
ONLAR	;Onlar basamağındaki değeri tutan değişken
BIRLER	;Birler basamağındaki değeri tutan değişken
TEMP	;LM35 ölçüm sonucunu tutan değişken
OLCUM	;Termokupl ölçü sonucunu tutan değişken
ORT	;Termokupl ölçüm ortalamalarını tutan değişken
CNT	;Termokupl ölçüm sayısını tutan değişken
RS232_Data	;Seri porttan gelen veriyi tutan değişken
Ust	;Üst limit değerini tutan değişken
Alt	;Alt limit değerini tutan değişken
Hisust	;Histerezis üst limit değerini tutan değişken
Hisust2	;Histerezis üst kapanma değerini tutan değişken
Hisalt	;Histerezis alt limit değerini tutan değişken
Hisalt2	;Histerezis üst kapanma değerini tutan değişken
endc	;Açılan bölgenin sonu.

;-----

goto	Basla	;Basla etiketine git
#include	<b2d.INC>	;b2d.inc başlık dosyasını ekle
#include	<lcd.INC>	;lcd.inc başlık dosyasını ekle
Basla		
bsf	STATUS,RP0	
movlw	B'00000011'	;Port A 0, 1, 2, 4 analog giriş ve Port A.3 referans
movwf	ADCON1	
movlw	B'00000000'	
movwf	TRISB	;PORTB'yi dijital çıkış seç
movwf	TRISD	;PORTD'yi dijital çıkış seç
movwf	TRISE	;PORTE'yi dijital çıkış seç
bsf	TRISC,0	;PORTC 0. bit giriş
bsf	TRISC,1	;PORTC 1. bit giriş
bsf	TRISC,2	;PORTC 2. bit giriş
bcf	STATUS,RP0	

```

call    RS232_ilk_islemler    ;RS232 iletişimi için ilk işlemler.
bcf     INTCON, GIE           ;Kesme alt programı yok GIE = 0 yap.
call    start                 ;LCD'yi hazırla (start etiketine dallan)
clrf    Hisust                ;Kullanılan değişkenleri temizle
clrf    Hisalt
clrf    Hisust2
clrf    Hisalt2
movlw   h'32'                 ;50 derece üst limit
movwf   Ust
movlw   h'14'                 ;20 derece alt limit
movwf   Alt
clrf    PORTB                 ;PORTB' yi temizle

```

tekraroku

```

clrf    TEMP                 ;Saklayıcıları temizle
clrf    OLCUM
clrf    ORT
movlw   h'04'                 ;İki ölçüm ortalaması için CNT' ye 4 yükle.
movwf   CNT

```

Limittest

```

movf    SENSOR,W
subwf   Ust,W
btfss   STATUS,C              ;Üst limit aşıldı mı?
call    Sicak                 ;Evet. Sicak altprogramını çağır.
movf    SENSOR,W
subwf   Alt,W
btfsc   STATUS,C              ;Alt limit aşıldı mı?
call    Soguk                 ;Evet. Soguk altprogramını çağır.
bcf     STATUS,C
call    LM35_OKU              ;Algılayıcıları oku
call    YAZ                   ;Dönen değeri LCD' ye yaz.
btfsc   PORTB,0               ;Sıcak uyarısı yanıyor mu?
call    Hisustlimit           ;Evet. Hisustlimit altprogramını çağır

```

```

    btfsc    PORTB,1                ;Soğuk uyarısı yanıyor mu?
    call     Hisaltlimit            ;Evet. Hisaltlimit altprogramını çağır
Ana_j1
    call     RS232_Karakter_Al      ;RS232 portundan 1 byte veri al.
    movwf   RS232_Data             ;Alınan veriyi RS232_Data değişkenine aktar.
    movlw   H'41'                  ;Aküye A harfini yükle
    xorwf   RS232_Data             ;RS232_Data registerinin içeriği ile karşılaştır
;-----
    btfss   STATUS,Z              ;Gelen veri A harfine eşitse 1 satır atla
    goto    tekraroku              ;tekraroku etiketine git
    clrf    RCREG
    movf    YUZLER,0               ;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
    call    RS232_Karakter_Gonder
    movf    ONLAR,0                ;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
    call    RS232_Karakter_Gonder
    movf    BIRLER,0               ;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
    call    RS232_Karakter_Gonder  ;Seri porta karakter yolla
    goto    tekraroku
;-----
LM35_OKU
    call    gecikme2
    call    gecikme2
    movlw   b'11000001'           ;Frc dahili osilatörü seç, RA0 analog kanalını
    movwf   ADCON0                ;seç, ADC' yi aç
    call    Gecikme
    bsf     ADCON0,GO              ;Analog çevrimi başlat
TEST
    btfsc   ADCON0,GO              ;Analog çevrim bittimi?
    goto    TEST                  ;Hayır ise teste devam
    movf    ADRESH,W               ;ADRESH' taki çevrim değerini W' ya yaz.
    movwf   TEMP                  ;Sonucu geçici değişken olan TEMP' e al.
    movlw   b'11000000'           ;ADC' yi kapat.
    movwf   ADCON0

```

TERMOKUPL_OKU

call	gecikme2	
call	gecikme2	
movlw	b'11001001'	;Frc dahili osilatörü seç, RA1 analog kanalını
movwf	ADCON0	;seç, ADC' yi aç
call	Gecikme	
bsf	ADCON0,GO	;Analog çevrimi başlat

TEST2

btfsc	ADCON0,GO	;Analog çevrim bittimi?
goto	TEST2	;Hayır ise teste devam
movf	ADRESH,W	;ADRESH' taki çevrim değerini W' ya yaz.

ORTALAMA

movwf	OLCUM	;Elde edilen değeri OLCUM değişkenine al.
rrf	OLCUM,F	;Ölçülen değeri 2' ye böl.
bcf	STATUS,C	;Elde bayrağını temizle
rrf	OLCUM,F	;Ölçülen değeri 2' ye böl.
bcf	STATUS,C	;Elde bayrağını temizle
movf	OLCUM,W	
addwf	ORT,F	;Bu değeri ORT saklayıcısına ekle.
movlw	b'11001000'	;ADC' yi kapat.
movwf	ADCON0	
clrf	ADRESH	;ADRESH' ı temizle
call	_500ms_gecikme	;500 milisaniyelik gecikme yap.
decfsz	CNT,F	;4 ölçüm alındı mı?
goto	TERMOKUPL_OKU	;Hayır termokupl okumaya devam et.
movf	ORT,W	;Evet ORT saklayıcısındaki değeri LM35' teki
addwf	TEMP,W	;değeri tutan TEMP saklayıcısı ile topla
addlw	h'02'	;2 derece düzeltme değeri ekle
movwf	SENSOR	;LCD' ye basmak için SENSOR' e yükle
btfsc	PORTC,0	;Ayar butonuna basıldı mı?
goto	Limitler	;Evet. Limitler altprogramını çağır

Cevrimyaz

return		;Hayır. Geri dön.
--------	--	-------------------

YAZ

movf	SENSOR,W	
call	b2d	
movlw	0x30	;LCD karakter karşılıkları h'30' eklenerek bulunur
addwf	BIRLER,f	
addwf	ONLAR,f	
addwf	YUZLER,f	
call	sifirla	;LCD ekranı temizlenir
movlw	'S'	;S karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'I'	;I karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'C'	;C karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'A'	;A karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'K'	;K karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'L'	;L karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'I'	;I karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'K'	;K karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	' '	;Boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'='	;= karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	' '	;Boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movf	YUZLER,0	;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call	gonder	
movf	ONLAR,0	;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.

```

call    gonder
movf    BIRLER,0           ;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movlw   H'DF'             ;Derece karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'C'               ;C karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
return

```

; RS232 portunda 1 byte veri yazar. Yazılacak veri RS232_Data değişkenine yüklenmelidir.

RS232_Karakter_Gonder

```

btfss   PIR1, TXIF
goto    $ - 1             ;Veri gönderilmiş ise aktarılan kadar bekle.
bcf     PIR1, TXIF        ;Veri gönderme kesme bayrağını sil.
movwf   TXREG             ;RS232_Data'yı TXREG kaydedicisine yükle.
return                                     ;Alt programdan çıkış.

```

; RS232 portundan 1 byte veri alır.

RS232_Karakter_Al

```

bcf     PIR1, RCIF        ;Alma gerçekleşti kesme bayrağını sil.
movf    RCREG, W          ;RCREG'teki veriyi W'ya yükle.
return                                     ;RS232_Karakter_Al alt programından çıkış.

```

; Usart modülünün asenkron iletişimi için ilk ayarları gerçekleştirir.

RS232_ilk_islemler

```

bsf     STATUS,5
bcf     TRISC, 6           ;TX çıkışa
bsf     TRISC, 7           ;RX girişe yönlendirildi
movlw   0x19              ;SPBRG = 25 Fosc = 4 MHz'de 9600 baud hız için.
movwf   SPBRG

```

```

movlw    0x26
movwf    TXSTA                ;USART mod: asenkron, high speed, 8 bit iletişim
bsf      PIE1, TXIE           ;TXIE set edildi.
bsf      PIE1, RCIE           ;RCIE set edildi.
bsf      INTCON, PEIE         ;Çevresel kesmelere izin verildi.
bcf      STATUS,5             ;BANK0 seçildi RCSTA için.
movlw    0x90
movwf    RCSTA                ;Seri port etkin, 8 bit veri alışı, sürekli veri alışı.
return                                       ;RS232_ilk_islemler alt programından çıkış

```

Limitler

```

call     sifirla              ;LCD ekranı temizlenir
movlw    'A'                  ;A karakteri LCD'ye gönderilir
call     gonder
movlw    'Y'                  ;Y karakteri LCD'ye gönderilir
call     gonder
movlw    'A'                  ;A karakteri LCD'ye gönderilir
call     gonder
movlw    'R'                  ;R karakteri LCD'ye gönderilir
call     gonder

```

Limitler2

```

btfsc    PORTC,0              ;El çekilene kadar bekle
goto     Limitler2

```

Ayar

```

call     _500ms_gecikme
btfsc    PORTC,1              ;PORTC 1. bitindeki butona basıldı mı?
goto     Ustayar              ;Evet. Ustayar alt programına git
btfsc    PORTC,2              ;PORTC 2. bitindeki butona basıldı mı?
goto     Altayar              ;Evet. Altayar alt programına git
btfsc    PORTC,0              ;PORTC 0. bitindeki butona basıldı mı?
goto     Cevrimyaz            ;Evet. Yeni ölçüm almak için geri dön.
goto     Ayar                 ;Hayır. Buton sorgusuna devam.

```

Ustayar

btfsc	PORTC,1	;PORTC 1. bitindeki butona basıldı mı?
incf	Ust,F	;Evet. Üst limit değerini arttır.
btfsc	PORTC,2	;PORTC 2. bitindeki butona basıldı mı?
decf	Ust,F	;Evet. Üst limit değerini azalt.
btfsc	PORTC,0	;PORTC 0. bitindeki butona basıldı mı?
goto	Histerust	;Evet. Histerust altprogramına git.

Lcdyaz

		;Hayır. Değeri LCD' ye yaz.
movf	Ust,W	
call	b2d	
movlw	0x30	;LCD karakter karşılıkları h'30' eklenerek bulunur
addwf	BIRLER,f	
addwf	ONLAR,f	
addwf	YUZLER,f	
call	sifirla	;LCD ekranı temizlenir
movlw	'U'	;U karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'S'	;S karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'T'	;T karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	' '	;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'='	;= karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	' '	;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movf	YUZLER,0	;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call	gonder	
movf	ONLAR,0	;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call	gonder	
movf	BIRLER,0	;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.

```

call    gonder
movlw   H'DF'                ;derece karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'C'                  ;C karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
call    _500ms_gecikme
goto    Ustayar              ;Ustayar altprogramına git

Histerust
call    sifirla              ;LCD ekranı temizlenir
movlw   'H'                  ;H karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'I'                  ;I karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'S'                  ;S karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   ' '                  ;boşluk karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'A'                  ;A karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'Y'                  ;Y karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'A'                  ;A karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'R'                  ;R karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder

Histerust2
btfsc   PORTC,0              ;El çekilene kadar bekle
goto    Histerust2

Histerustayar
btfsc   PORTC,1              ;PORTC 1. bitindeki butona basıldı mı?
incf    Hisust,F             ;Evet Histerezis üst değerini arttır
btfsc   PORTC,2              ;PORTC 2. bitindeki butona basıldı mı?
decf    Hisust,F             ;Evet Histerezis üst değerini azalt

```

btfsc	PORTC,0	;PORTC 0. bitindeki butona basıldı mı?
goto	Ayar	;Evet. Ayar alt programına git
lcdyaz3		;Hayır. Değeri LCD' ye yaz.
movf	Hisust,W	
call	b2d	
movlw	0x30	;LCD karakter karşılıkları h'30' eklenerek bulunur
addwf	BIRLER,f	
addwf	ONLAR,f	
addwf	YUZLER,f	
call	sifirla	;LCD ekranı temizlenir
movlw	'H'	;H karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'I'	;I karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'S'	;S karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	' '	;boşluk karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'U'	;U karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'S'	;S karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'T'	;T karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	'='	;= karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movlw	' '	;boşluk karakteri LCD'ye gönderilir
call	gonder	
movf	YUZLER,0	;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call	gonder	
movf	ONLAR,0	;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call	gonder	

```

movf    BIRLER,0           ;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movlw   H'DF'              ;Derece Karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'C'                ;C Karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
call    _500ms_gecikme
goto    Histerustayar      ;Histerustayar altprogramına git

```

Altayar

```

btfsc   PORTC,2            ;PORTC 2. bitindeki butona basıldı mı?
incf    Alt,F              ;Evet. Alt limit değerini artır.
btfsc   PORTC,1            ;PORTC 1. bitindeki butona basıldı mı?
decf    Alt,F              ;Evet. Alt limit değerini azalt.
btfsc   PORTC,0            ;PORTC 0. bitindeki butona basıldı mı?
goto    Histeralt          ;Evet. Histeralt altprogramına git.

```

lcdyaz2

```

movf    Alt,W
call    b2d
movlw   0x30               ;LCD karakter karşılıkları h'30' eklenerek bulunur
addwf   BIRLER,f
addwf   ONLAR,f
addwf   YUZLER,f
call    sifirla            ;LCD ekranı temizlenir.
movlw   'A'                ;A karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'L'                ;L karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'T'                ;T karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   ' '                ;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   '='                ;= karakteri LCD' ye gönderilir.

```

```

call    gonder
movlw   ''                                ;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movf    YUZLER,0                          ;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movf    ONLAR,0                            ;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movf    BIRLER,0                          ;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movlw   'H'DF'                            ;Derece Karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
movlw   'C'                               ;C Karakteri LCD'ye gönderilir
call    gonder
call    _500ms_gecikme
goto    Altayar                          ;Altayar altprogramına git

```

Histeralt

```

call    sifirla                          ;LCD ekranı temizlenir
movlw   'H'                              ;H karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'I'                              ;I karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'S'                              ;S karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   ''                                ;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'A'                              ;A karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'Y'                              ;Y karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'A'                              ;A karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'R'                              ;R karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder

```

Histeralt2

btfsc	PORTC,0	;El çekilene kadar bekle
goto	Histeralt2	

Histeraltayar

btfsc	PORTC,2	;PORTC 2. bitindeki butona basıldı mı?
incf	Hisalt,F	;Evet Histerezis alt değerini arttır
btfsc	PORTC,1	;PORTC 1. bitindeki butona basıldı mı?
decf	Hisalt,F	;Evet Histerezis alt değerini azalt
btfsc	PORTC,0	;PORTC 0. bitindeki butona basıldı mı?
goto	Ayar	;Evet. Ayar alt programına git

lcdyaz4

		;Hayır. Değeri LCD' ye yaz.
movf	Hisalt,W	
call	b2d	
movlw	0x30	; LCD karakter karşılıkları h'30' eklenerek bulunur
addwf	BIRLER,f	
addwf	ONLAR,f	
addwf	YUZLER,f	
call	sifirla	;LCD ekranı temizlenir
movlw	'H'	;H karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'I'	;I karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'S'	;S karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	' '	;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'A'	;A karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'L'	;L karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'T'	;T karakteri LCD' ye gönderilir.
call	gonder	
movlw	'='	;= karakteri LCD' ye gönderilir.

```

call    gonder
movlw   ''                                ;boşluk karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movf    YUZLER,0                          ;Yüzler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movf    ONLAR,0                           ;Onlar basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movf    BIRLER,0                           ;Birler basamağındaki karakteri LCD'ye gönderir.
call    gonder
movlw   H'DF'                             ;Derece karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
movlw   'C'                               ;C karakteri LCD' ye gönderilir.
call    gonder
call    _500ms_gecikme
goto    Histeraltayar                     ;Histeraltayar altprogramına git

```

Sicak

```

bsf     PORTB,0                          ;PORTB 0. bitindeki LED' i yak
return

```

Hisustlimit

```

movf    Hisust,W                          ;Histerezis üst limit değeriyle
subwf   Ust,W                             ;Üst limit değerinin farkını al
movwf   Hisust2                           ;Hisust2 saklayıcısına yükle
movf    SENSOR,W                         ;Ölçülen değer, Hisust 2' den küçük mü?
subwf   Hisust2,W                         ;Evet. PORTB' yi temizle
btfsc   STATUS,C                          ;Hayır. Bir değişiklik yapma ve geri dön.
clrf    PORTB
return

```

Soguk

```

bsf     PORTB,1                          ;PORTB 1. bitindeki LED' i yak
return

```

Hisaltlimit

```

movf    Hisalt,W           ;Histerezis alt limit değeriyle
addwf   Alt,W              ;Alt limit değeri topla
movwf   Hisalt2            ;Hisalt2 saklayıcısına yükle
movf    SENSOR,W
subwf   Hisalt2,W
btfss   STATUS,C           ;Ölçülen değer, Hisalt 2' den küçük mü?
clrf    PORTB              ;Hayır. PORTB' yi temizle (neg)
return  ;Evet. Bir değişiklik yapma ve geri dön.

```

Gecikme ;250 ms' lik gecikme alt programı

```

movlw   .2
movwf   count1
movlw   .70
movwf   count2
movlw   .167
movwf   count3
dloop1  decfsz count3,f
        goto    dloop1
        decfsz   count2,f
        goto    dloop1
        decfsz   count1,f
        goto    dloop1
return

```

gecikme2

```

movlw   d'255'
movwf   SAY2

```

Gec22

```

decfsz   SAY2,f
goto     Gec22
return
end

```

```

;-----LCD.INC-----
SAY1      EQU    H'20'
SAY2      EQU    H'21'
SAY3      EQU    H'22'

;-----
; Değişkenler
#define RS    PORTE,0
#define RW    PORTE,1
#define EN    PORTE,2

;-----
Start                                           ;LCD' yi hazırlama kısmı

    bcf      RW
    bcf      EN
    bcf      RS
    call     _125us_gecikme                    ;125 mikrosaniyelik gecikme
    movlw    0x38                             ;LCD 8-bit ve 5X7 noktalık
    movwf    PORTD
    call     Darbe
    movlw    0x0f                             ;Gösterge açık ve imleç yanıp sönüyor.
    movwf    PORTD
    call     Darbe
    movlw    0x01                             ;Gösterge temizlenir.
    movwf    PORTD
    call     Darbe
    call     _5ms_gecikme                     ;Başlangıç işlemi sonu 5milisaniyelik gecikme
    return

;-----
gonder

    movwf    PORTD                           ;LCD'ye veri gönderilir.
    bcf      RW
    bsf      RS
    call     Darbe
    return

```

```

Sifirla                                ;Gösterge sıfırlama alt programı

    bcf      RW
    bcf      EN
    bcf      RS
    call     _125us_gecikme            ;125 mikrosaniyelik gecikme
    movlw    0x01                      ;Gösterge temizlenir.
    movwf    PORTD
    call     Darbe
    call     _5ms_gecikme              ;Sıfırlama işlemi sonu 5 milisaniyelik gecikme
    return

;-----
_125us_gecikme                          ;125 us' lik gecikme alt programı
    movlw    0x2A
    movwf    SAY1
Gec1
    decfsz   SAY1,f
    goto     Gec1
    return

;-----
_5ms_gecikme
    movlw    0x29                      ;40 (ondalık) sayısı
    movwf    SAY2
Gec2
    call     _125us_gecikme            ;125 us' lik gecikme alt programı 40 kez
    decfsz   SAY2,f                    ;çağrılarak 5ms' lik gecikme elde ediliyor.
    goto     Gec2                      ;40 x 125 usn = 5 msn.
    return

;-----
_500ms_gecikme
    movlw    0x64                      ;100 sayısı
    movwf    SAY3                      ;SAY3 yazmacına yüklenir.
Gec3
    call     _5ms_gecikme              ;5 milisaniyelik gecikme

```

```

decfsz    SAY3,f           ;100 defa işleme konur.
goto      Gec3             ;100 x 5 msn = 500 msn.
return

```

```

;-----
Darbe                                           ;LCD'ye komut veya karakter verisi yüklerken EN
                                              ;bitine darbe uygulanması gerekmektedir.

bsf        EN              ;EN biti "1".
nop        ;1 mikrosaniye gecikme.
bcf        EN              ;EN biti yeniden "0".
call       _125us_gecikme ;125 mikrosaniyelik gecikme çağrılıyor.
return

```

```

;-----B2D.INC-----

```

```

b2d
    movwf   SAYI           ;Gelen değer SAYI' ya yüklenir.
    clrf    YUZLER        ;Saklayıcılar temizlenir.
    clrf    ONLAR
    clrf    BIRLER

```

```

YuzB
    movlw   .100           ;Sayının yüzler basamağı ayrılır.
    subwf   SAYI,W
    btfsc   STATUS,C
    goto    YuzlerBasamagi

```

```

OnB
    movlw   .10            ;Sayının onlar basamağı ayrılır.
    subwf   SAYI,W
    btfsc   STATUS,C
    goto    OnlarBasamagi
    movf    SAYI,W         ;Kalan değer birler basamağıdır.
    movwf   BIRLER
    return

```

```

YuzlerBasamagi
    incf    YUZLER,1       ;Çıkartma sonucu pozitif ise yüzleri 1 arttır.

```

movwf SAYI

goto YuzB

OnlarBasamağı

incf ONLAR,1

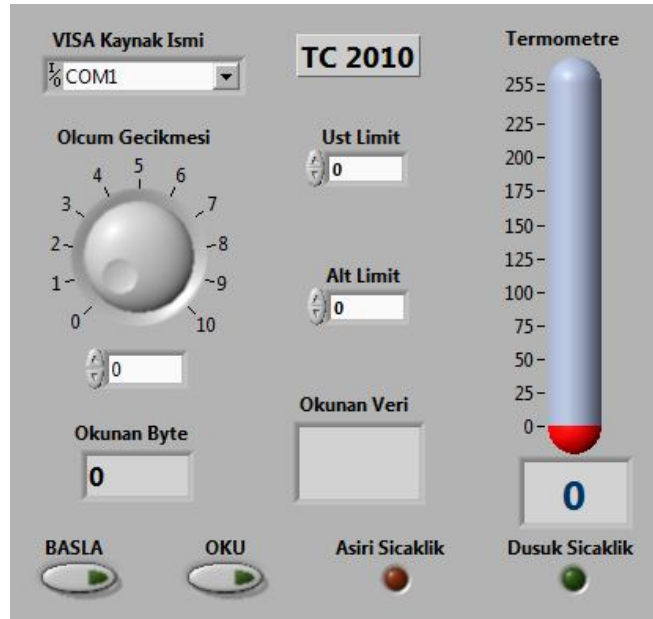
;Çıkartma sonucu pozitif ise onları 1 arttır.

movwf SAYI

goto OnB

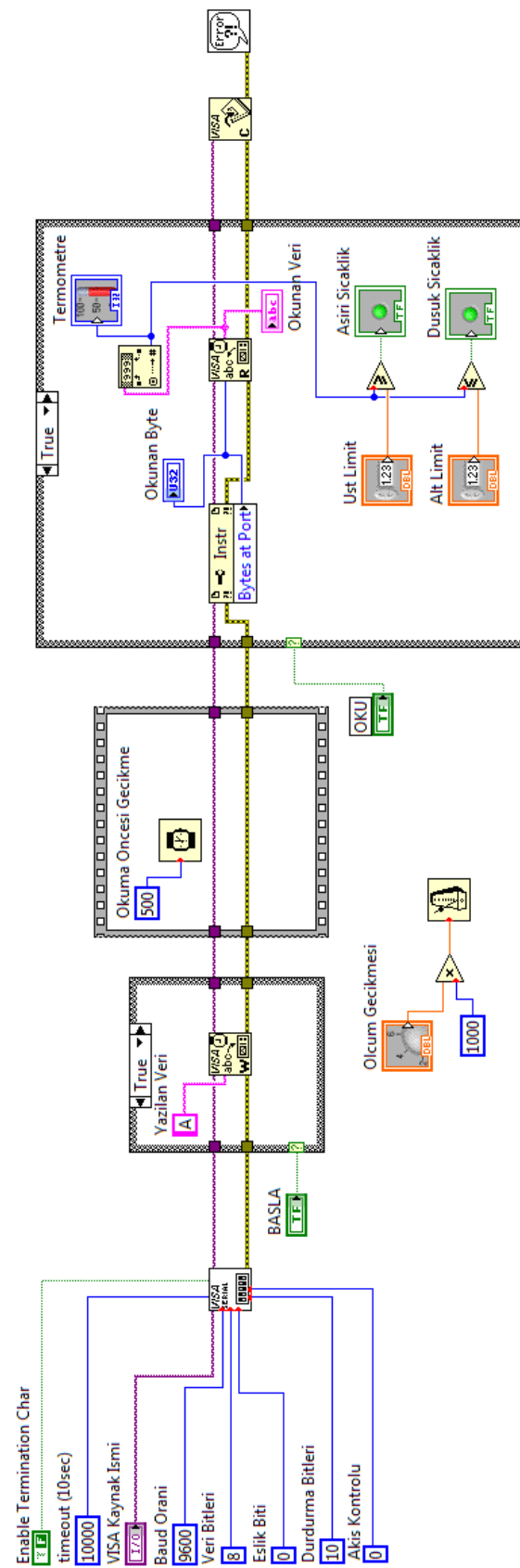
4.3 LabVIEW Yazılımı

LabVIEW da hazırlanan kullanıcı ön paneli mümkün olduğunca, piyasada bulunan sıcaklık kontrol cihazlarına benzetilmeye çalışılmıştır. Şekil 4.18 deki kullanıcı arayüzü incelendiğinde ilk olarak devrenin bağlandığı seri portu seçmeye yarayan “VISA Kaynak İsmi” adlı seçim parametresi görülür. Hemen altında ise alına ölçümü yavaşlatmaya yarayan çevrilebilir bir düğme bulunmaktadır. “Başla” butonuna basıldığında seri porttan veri alımına başlar. Daha sonra “Oku” butonuna basınca ise gelen veri değerlendirilmek üzere işleme sokulur. Seri porttan gelen sıcaklık bilgisi hem termometrede grafiksel olarak hem de orta alt kısımdaki göstergede gözlemlenebilir. Gelen sıcaklık verisi ayrıca panelde bulunan üst limit ve alt limit değerleri ayarlanılarak, bir karar aşamasından geçtikten sonra alınan sonuca göre aşırı sıcak anlamına gelen kırmızı LED’ i veya düşük sıcaklık anlamına gelen yeşil LED’ in yanmasını sağlamaktadır. Kontrol devresi üzerinde ayarlanan üst ve alt limitler ön panelde de aynen ayarlanırsa PC üzerinde de aynı şekilde çalışabilmektedir.



Şekil 4.18 LabVIEW yazılımı ön paneli

LabVIEW yazılımı blok diyagramı şekil 4.19’dadır.



Şekil 4.19 LabVIEW yazılımı blok diyagramı

Şekil 4.19'daki LabVIEW blok diyagramı incelendiğinde en sol kısımda seri port ile ilgili ayarlar bulunmaktadır. Bu ayarlar ön panelden çıkartılıp sabit değerler olarak verilerek, ön panelin endüstrideki kontrol cihazlarına benzerliği arttırılmıştır. Yapılan ayarlar arasında gelen verinin 8 bitlik olacağı, baud oranının 9600 olacağı, eşlik biti kullanılmayacağı ve akış kontrolünün olmayacağı gibi seri haberleşme ayarları önceden yapılmıştır. Blok diyagramda görülen ilk kutu bir karar kutusudur. İki durum vardır, birincisi doğru ikincisi yanlış olan durumdur. Başla tuşuna basılması doğru olarak algılanacak ve bu kutu içindeki işlemler yapılacaktır. Başla butonuna basılınca seri porttan PIC'e 'A' karakteri yollanır. PIC 'A' karakterini alınca yazılan program gereği seri porta veri yollar. Gelen veri üç karakterlik sıcaklık verisidir. Sıradaki kutu seri porta gelen veride kayıp olmaması için bir gecikme imkanı sağlayan ölçüm öncesi gecikme isimli alt programdır. Son kutu da yine bir karar kutusudur. Oku tuşuna basılmasıyla durum doğru olarak değerlendirilecek ve kutu içindeki işlemler yapılacaktır. Seri porttan gelen veri bir karakter dizisi olduğundan direk olarak göstergeye yollanabilir. Gelen sıcaklık verisini ön paneldeki grafik termometreye yollamak için ise öncelikle nümerik forma dönüştürmek gerekir. Bu işlemten geçtikten sonra grafik olarak da sıcaklık verisi gözlemlenebilir. Nümerik forma dönüşen veri alt ve üst limitler ile sorgulanarak, uyarı lambalarının yanıp sönmesine neden olmaktadır. Sıcaklık üst limitin üzerindeyse kırmızı, alt limitin altındaysa ise yeşil uyarı ışığı yanacaktır. En son olarak bu işlemler sonunda seri port kapatılır.

5. SONUÇ

Mikrodenetleyici kullanarak kişisel bilgisayar ile denetlenebilen ve izlenebilen bir endüstriyel otomatik sıcaklık ölçme ve kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistemde algılayıcı olarak termokupl kullanılmıştır. Ölçülen sıcaklık, mikrodenetleyici sistemde bulunan LCD yazısal gösterge üzerinden ve kişisel bilgisayarda çalışan LabVIEW yazılımı ile hazırlanmış olan ön panelden görülebilmektedir. Sistem yazılımda yapılacak değişiklikler ile geliştirilmeye açıktır.

Sistemin sıcaklık ölçüm hassasiyeti 1°C 'dir. Mikrodenetleyicinin A portuna bağlı referans gerilim potansiyometresi kullanılarak ölçümün doğruluğu ayarlanabilir. Ayrıca gerçekleştirilen sistemin sıcaklık ölçüm aralığı $0-255^{\circ}\text{C}$ 'dir. Hızlı ölçümlerde, sık güncelleme olacağından göstergede görünen değerde değişme meydana gelmektedir. Bunun önüne geçebilmek için 4 ölçüm alınıp ortalaması göstergeye yazılmaktadır.

Sistemde, sıcaklık kontrol yöntemi olarak Aç/Kapa (ON/OFF) kontrol yöntemi kullanılmaktadır. Sıcaklık üst ve alt limitleri aşıldığında mikrodenetleyicinin B portuna bağlı olan rölelerin kontakları konum değiştirmekte ve uyarı LED'lerinin yanmasına sebep olmaktadır. Rölelerin normalde açık ve kapalı kontaklarına ısıtıcı ve soğutucular bağlanabilir. Ayrıca Aç/Kapa (ON/OFF) kontrol yönteminde histerezis kullanımı bulunmaktadır. Kontrol sistemine bağlı olan butonlar ile bu histerezis değerleri ayarlanabilmektedir. Bu sıcaklık kontrolünün daha iyi yapılmasını sağlar. Aynı zamanda, sıcaklık üst ve alt limit dolaylarında hızlı değiştiğinde kontaktörlerin devamlı açılıp kapanması nedeniyle bozulmasını önler ve röle ömrünün uzamasını sağlar.

Sistemin kişisel bilgisayar ile izlenmesini ve denetlenmesini sağlamak üzere LabVIEW yazılımı ile grafik temelli giriş çıkış yapılabilen bir program gerçekleştirilmiştir. Yazılımın ekran görüntüsü endüstride bulunan sıcaklık kontrol cihazlarında kullanılan yazılımlara benzetilmeye çalışılmıştır. Seri port ile PC bağlantısı sağlanmıştır ve gelen sıcaklık bilgisi göstergede ve grafiksel olarak bir termometrede gözlemlenebilmektedir. Ayrıca kontrol sistemi devresindeki gibi sıcaklık üst ve alt limitleri ayarlanabilmektedir. Bu limitler geçildiğinde ekranda ilgili renkte lamba ışığı ile uyarı verilmektedir.

Çizelge 5.1'de dijital termometre ile ölçülen gerçek değer ile tasarlanan kontrol sisteminin yapmış olduğu ölçümler tablosu bulunmaktadır. Tablo incelendiğinde sistemin en fazla 2°C hata yapıldığı görülür.

Çizelge 5.1 Sistemin sıcaklık ölçüm karşılaştırması ve hatalar tablosu

Gerçek Değer (°C)	Ölçülen Değer (°C)	Mutlak Hata (°C)	Bağıl Hata
33	32	1	%3.03
36	36	0	%0.00
38	36	2	%5.26
40	40	0	%0.00
42	41	1	%2.38
44	44	0	%0.00

Çizelge 5.2’de endüstride bulunan bir sıcaklık kontrol cihazı ile tasarlanan sistemin karşılaştırması bulunmaktadır.

Çizelge 5.2 Tasarlanan kontrol sistemi karşılaştırma tablosu

	Autonics TD4	Tasarlanan Kontrol Sistemi
Giriş	Termokupl Türleri: J, K RTD Türleri: Pt100	Termokupl: J tipi
Çıkış	Röle 250VAC 3A SSR 24VDC $\pm$ 3V 20mA DC 4-20mA	Röle 5VDC Röle 1A 120VAC/30VDC
Doğruluk	± 2 °C	± 2 °C
Kontrol Tipi	On/Off, P, PI, PD, PID	On/Off
Haberleşme	RS-232	RS-232
Güç Beslemesi	100-240VAC 50-60Hz	7.5-9VDC
Güç Tüketimi	5VA	<5VA

KAYNAKLAR

- Şahin H., Dayanık A. ve Altınbaşak C., (2006), “PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A”, Atlas Yayıncılık, İstanbul
- Wells L., (1995), “The LabVIEW Student Edition User’ s Guide”, Prentice Hall, New Jersey
- Koçyiğit S. ve İşçi C., (2000), “Termoçift Kalibrasyonu ve Sıcaklık Ölçme”, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 2 Sayı: 1, İzmir
- Paiva M., (2002), “Voltage-to-Frequency/Frequency-to-Voltage Converter”, Microchip
- Uzun T., (2009), “Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemleri Ders Notu”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- Dokur Z., (2002), ”Elektronik Mühendisliğine Giriş Ders Notu”, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- IDC Technologies, (2004), “Practical Instrumentation for Automation and Process Control for Engineers and Technicians”
- Ogata K., (1997), “Modern Control Engineering 3rd Ed.”, Prentice Hall, New Jersey
- Travis J., Kring J., (2006), “LabVIEW for Everyone: Graphical Programming Made Easy and Fun, 3rd Ed”, Prentice Hall, Indiana
- Ünsaçar F ve Eşme E., (2009), “Grafik Programlama Dili LabVIEW”, Seçkin Yayıncılık, Ankara

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1] <http://www.ni.com>
- [2] <http://www.analog.com/en/index.html>
- [3] <http://www.ti.com/>
- [4] <http://www.maxim-ic.com/>
- [5] <http://www.microchip.com/>
- [6] <http://www.altec.cc/english/products.htm>
- [7] <http://www.coleparmer.com/index.asp>
- [8] <http://www.autonics.com/index.php>
- [9] <http://www.auberins.com/>
- [10] <http://www.omega.com/>
- [11] <http://www.temcocontrols.com/>
- [12] <http://www.fairchildsemi.com/>
- [13] <http://www.elimko.com.tr/v1.5/>
- [14] <http://www.astm.org/index.shtml>
- [15] <http://www.cappels.org/dproj/lm335th/LM335thermometer.html>

EKLER

- Ek 1 J tipi termokupl sıcaklık-gerilim tablosu
- Ek 2 PIC 16F877 mikrodnetleyicisi katalog bilgisi
- Ek 3 LM35 analog sıcaklık algılayıcı tümleşik devresi
- Ek 4 Max232 tümleşik devresi
- Ek 5 OPA177GP işlemsel yükselteç

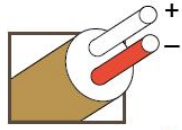
Ek 1 J tipi termokupl sıcaklık-gerilim tablosu

Revised Thermocouple
Reference Tables

TYPE

Reference
Tables
N.I.S.T.
Monograph 175
Revised to
ITS-90

J

Iron
vs.
Copper-NickelExtension
GradeThermocouple
Grade

MAXIMUM TEMPERATURE RANGE

Thermocouple Grade
32 to 1382°F
0 to 750°C

Extension Grade

32 to 392°F
0 to 200°C

LIMITS OF ERROR

(whichever is greater)

Standard: 2.2°C or 0.75%

Special: 1.1°C or 0.4%

COMMENTS, BARE WIRE ENVIRONMENT:

Reducing, Vacuum, Inert; Limited Use in

Oxidizing at High Temperatures;

Not Recommended for Low Temperatures

TEMPERATURE IN DEGREES °C

REFERENCE JUNCTION AT 0°C

Thermoelectric Voltage in Millivolts																										
°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	°C	
-200	-8.095	-8.076	-8.057	-8.037	-8.017	-7.996	-7.976	-7.955	-7.934	-7.912	-7.890	-200	500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500	
-190	-7.890	-7.868	-7.846	-7.824	-7.801	-7.778	-7.755	-7.731	-7.707	-7.683	-7.659	-190	510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.291	28.347	28.403	28.460	28.516	510	
-180	-7.659	-7.634	-7.610	-7.585	-7.559	-7.534	-7.508	-7.482	-7.456	-7.429	-7.403	-180	520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520	
-170	-7.403	-7.376	-7.348	-7.321	-7.293	-7.265	-7.237	-7.209	-7.181	-7.152	-7.123	-170	530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530	
-160	-7.123	-7.094	-7.064	-7.035	-7.005	-6.975	-6.944	-6.914	-6.883	-6.853	-6.821	-160	540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	29.988	30.045	30.102	30.159	30.216	540	
-150	-6.821	-6.790	-6.759	-6.727	-6.695	-6.663	-6.631	-6.598	-6.566	-6.533	-6.500	-150	550	30.216	30.273	30.330	30.387	30.444	30.502	30.559	30.616	30.673	30.730	30.788	550	
-140	-6.500	-6.467	-6.433	-6.400	-6.366	-6.332	-6.298	-6.263	-6.229	-6.194	-6.159	-140	560	30.788	30.845	30.902	30.960	31.017	31.074	31.132	31.189	31.247	31.304	31.362	560	
-130	-6.159	-6.124	-6.089	-6.054	-6.018	-5.982	-5.946	-5.910	-5.874	-5.838	-5.801	-130	570	31.362	31.419	31.477	31.535	31.592	31.650	31.708	31.766	31.823	31.881	31.939	570	
-120	-5.801	-5.764	-5.727	-5.690	-5.653	-5.616	-5.578	-5.541	-5.503	-5.465	-5.426	-120	580	31.939	31.997	32.055	32.113	32.171	32.229	32.287	32.345	32.403	32.461	32.519	580	
-110	-5.426	-5.388	-5.350	-5.311	-5.272	-5.233	-5.194	-5.155	-5.116	-5.076	-5.037	-110	590	32.519	32.577	32.636	32.694	32.752	32.810	32.868	32.927	32.985	33.044	33.102	590	
-100	-5.037	-4.997	-4.957	-4.917	-4.877	-4.836	-4.796	-4.755	-4.714	-4.674	-4.633	-100	600	33.102	33.161	33.219	33.278	33.337	33.395	33.454	33.513	33.571	33.630	33.689	600	
-90	-4.633	-4.591	-4.550	-4.509	-4.467	-4.425	-4.384	-4.342	-4.300	-4.257	-4.215	-90	610	33.689	33.748	33.807	33.866	33.925	33.984	34.043	34.102	34.161	34.220	34.279	610	
-80	-4.215	-4.173	-4.130	-4.088	-4.045	-4.002	-3.959	-3.916	-3.872	-3.829	-3.786	-80	620	34.279	34.338	34.397	34.457	34.516	34.575	34.635	34.694	34.754	34.813	34.873	620	
-70	-3.786	-3.742	-3.698	-3.654	-3.610	-3.566	-3.522	-3.478	-3.434	-3.389	-3.344	-70	630	34.873	34.932	34.992	35.051	35.111	35.171	35.230	35.290	35.350	35.410	35.470	630	
-60	-3.344	-3.300	-3.255	-3.210	-3.165	-3.120	-3.075	-3.029	-2.984	-2.938	-2.893	-60	640	35.470	35.530	35.590	35.650	35.710	35.770	35.830	35.890	35.950	36.010	36.071	640	
-50	-2.893	-2.847	-2.801	-2.755	-2.709	-2.663	-2.617	-2.571	-2.524	-2.478	-2.431	-50	650	36.071	36.131	36.191	36.252	36.312	36.373	36.433	36.494	36.554	36.615	36.675	650	
-40	-2.431	-2.385	-2.338	-2.291	-2.244	-2.197	-2.150	-2.103	-2.055	-2.008	-1.961	-40	660	36.675	36.736	36.797	36.858	36.919	36.979	37.040	37.101	37.162	37.223	37.284	660	
-30	-1.961	-1.913	-1.865	-1.818	-1.770	-1.722	-1.674	-1.626	-1.578	-1.530	-1.482	-30	670	37.284	37.345	37.406	37.467	37.528	37.589	37.650	37.712	37.773	37.835	37.896	670	
-20	-1.482	-1.433	-1.385	-1.336	-1.288	-1.239	-1.190	-1.142	-1.093	-1.044	-0.995	-20	680	37.896	37.958	38.019	38.081	38.142	38.204	38.265	38.327	38.389	38.450	38.512	680	
-10	-0.995	-0.946	-0.896	-0.847	-0.798	-0.749	-0.699	-0.650	-0.600	-0.550	-0.501	-10	690	38.512	38.574	38.636	38.698	38.760	38.822	38.884	38.946	39.008	39.070	39.132	690	
0	-0.501	-0.451	-0.401	-0.351	-0.301	-0.251	-0.201	-0.151	-0.101	-0.050	0.000	0	700	39.132	39.194	39.256	39.318	39.381	39.443	39.505	39.568	39.630	39.693	39.755	700	
10	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	10	710	39.755	39.818	39.880	39.943	40.005	40.068	40.131	40.193	40.256	40.319	40.382	710	
20	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	20	720	40.382	40.445	40.508	40.570	40.633	40.696	40.759	40.822	40.886	40.949	41.012	720	
30	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	30	730	41.012	41.075	41.138	41.201	41.263	41.326	41.389	41.452	41.515	41.578	41.641	730	
40	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	40	740	41.641	41.704	41.767	41.830	41.893	41.956	42.019	42.082	42.145	42.208	42.271	740	
50	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	50	750	42.271	42.334	42.397	42.460	42.523	42.586	42.649	42.712	42.775	42.838	42.901	750	
60	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	60	760	42.901	42.964	43.027	43.090	43.153	43.216	43.279	43.342	43.405	43.468	43.531	760	
70	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	70	770	43.531	43.594	43.657	43.720	43.783	43.846	43.909	43.972	44.035	44.098	44.161	770	
80	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	80	780	44.161	44.224	44.287	44.350	44.413	44.476	44.539	44.602	44.665	44.728	44.791	780	
90	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	90	790	44.728	44.791	44.854	44.917	44.980	45.043	45.106	45.169	45.232	45.295	45.358	790	
100	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	100	800	45.358	45.421	45.484	45.547	45.610	45.673	45.736	45.799	45.862	45.925	45.988	800	
110	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	110	810	45.988	46.051	46.114	46.177	46.240	46.303	46.366	46.429	46.492	46.555	46.618	810	
120	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	120	820	46.618	46.681	46.744	46.807	46.870	46.933	46.996	47.059	47.122	47.185	47.248	820	
130	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	130	830	47.248	47.311	47.374	47.437	47.500	47.563	47.626	47.689	47.752	47.815	47.878	830	
140	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	140	840	47.878	47.941	48.004	48.067	48.130	48.193	48.256	48.319	48.382	48.445	48.508	840	
150	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	150	850	48.508	48.571	48.634	48.697	48.760	48.823	48.886	48.949	49.012	49.075	49.138	850	
160	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	160	860	49.138	49.201	49.264	49.327	49.390	49.453	49.516	49.579	49.642	49.705	49.768	860	
170	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	170	870	49.768	49.831	49.894	49.957	50.020	50.083	50.146	50.209	50.272	50.335	50.398	870	
180	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	180	880	50.398	50.461	50.524	50.587	50.650	50.713	50.776	50.839	50.902	50.965	51.028	880	
190	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	190	890	51.028	51.091	51.154	51.217	51.280	51.343	51.406	51.469	51.532	51.595	51.658	890	
200	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	200	900	51.658	51.721	51.784	51.847	51.910	51.973	52.036	52.099	52.162	52.225	52.288	900	
210	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	210	910	52.288	52.351	52.414	52.477	52.540	52.603	52.666	52.729	52.792	52.855	52.918	910	
220	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.889	220	920	52.918	52.981	53.044	53.107	53.170	53.233	53.296	53.359	53.422	53.485	53.548	920	
230	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	230	930	53.548	53.611	53.674	53.737	53								

Ek 2 PIC 16F877 mikrodenetleyicisi katalog bilgisi



PIC16F87X

28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers

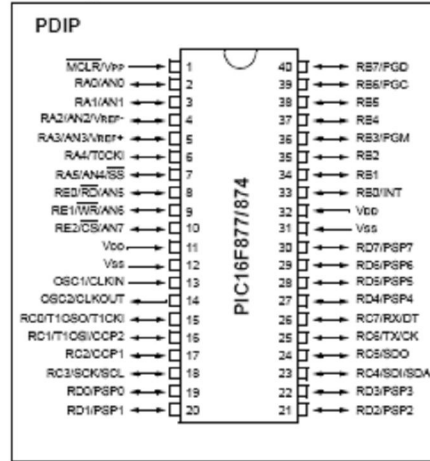
Devices Included in this Data Sheet:

- 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



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)

Şekil Ek 1.2a PIC 16F877 özellikleri

PIC16F87X

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.
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.
RA0/AN0	2	3	19	I/O	TTL	PORTA is a bi-directional I/O port. RA0 can also be analog input0. RA1 can also be analog input1. RA2 can also be analog input2 or negative analog reference voltage. RA3 can also be analog input3 or positive analog reference voltage. RA4 can also be the clock input to the Timer0 timer/counter. Output is open drain type. RA5 can also be analog input4 or the slave select for the synchronous serial port.
RA1/AN1	3	4	20	I/O	TTL	
RA2/AN2/VREF-	4	5	21	I/O	TTL	
RA3/AN3/VREF+	5	6	22	I/O	TTL	
RA4/T0CKI	6	7	23	I/O	ST	
RA5/SS/AN4	7	8	24	I/O	TTL	
RB0/INT	33	36	8	I/O	TTL/ST ⁽¹⁾	PORTB is a bi-directional I/O port. PORTB can be software programmed for internal weak pull-up on all inputs. RB0 can also be the external interrupt pin. RB3 can also be the low voltage programming input. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming clock. Interrupt-on-change pin or In-Circuit Debugger pin. Serial programming data.
RB1	34	37	9	I/O	TTL	
RB2	35	38	10	I/O	TTL	
RB3/PGM	36	39	11	I/O	TTL	
RB4	37	41	14	I/O	TTL	
RB5	38	42	15	I/O	TTL	
RB6/PGC	39	43	16	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	
RB7/PGD	40	44	17	I/O	TTL/ST ⁽²⁾	

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.

PIC16F87X

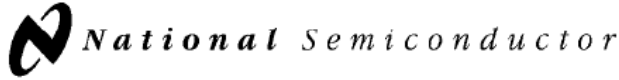
TABLE 1-2: PIC16F874 AND PIC16F877 PINOUT DESCRIPTION (CONTINUED)

Pin Name	DIP Pin#	PLCC Pin#	QFP Pin#	I/O/P Type	Buffer Type	Description
RC0/T1OSO/T1CKI	15	16	32	I/O	ST	PORTC is a bi-directional I/O port. RC0 can also be the Timer1 oscillator output or a Timer1 clock input. RC1 can also be the Timer1 oscillator input or Capture2 input/Compare2 output/PWM2 output. RC2 can also be the Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output. RC3 can also be the synchronous serial clock input/output for both SPI and I ² C modes. RC4 can also be the SPI Data In (SPI mode) or data I/O (I ² C mode). RC5 can also be the SPI Data Out (SPI mode). RC6 can also be the USART Asynchronous Transmit or Synchronous Clock. RC7 can also be the USART Asynchronous Receive or Synchronous Data.
RC1/T1OSI/CCP2	16	18	35	I/O	ST	
RC2/CCP1	17	19	36	I/O	ST	
RC3/SCK/SCL	18	20	37	I/O	ST	
RC4/SDI/SDA	23	25	42	I/O	ST	
RC5/SDO	24	26	43	I/O	ST	
RC6/TX/CK	25	27	44	I/O	ST	
RC7/RX/DT	26	29	1	I/O	ST	
RD0/PSP0	19	21	38	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTD is a bi-directional I/O port or parallel slave port when interfacing to a microprocessor bus.
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⁾	
RE0/RD/AN5	8	9	25	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	PORTE is a bi-directional I/O port. RE0 can also be read control for the parallel slave port, or analog input5. RE1 can also be write control for the parallel slave port, or analog input6. RE2 can also be select control for the parallel slave port, or analog input7.
RE1/WR/AN6	9	10	26	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
RE2/CS/AN7	10	11	27	I/O	ST/TTL ⁽³⁾	
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	—	1,17,26,40	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.
Note 2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.
Note 3: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as general purpose I/O and a TTL input when used in the Parallel Slave Port mode (for interfacing to a microprocessor bus).
Note 4: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured in RC oscillator mode and a CMOS input otherwise.

Ek 3 LM35 analog sıcaklık algılayıcı tümleşik devresi



December 1994

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

General Description

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

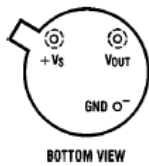
available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

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

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*

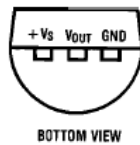


TL/H/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

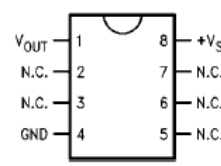
TO-92
Plastic Package



TL/H/5516-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package



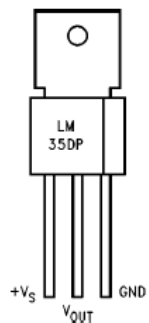
TL/H/5516-21

Top View

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

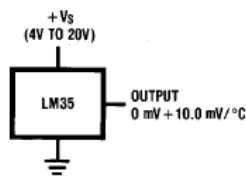
TO-202
Plastic Package



TL/H/5516-24

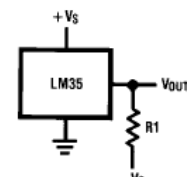
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/5516-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



TL/H/5516-4

Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$

$V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

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

Şekil Ek 1.3 LM35 Analog Sıcaklık Algılayıcı Tümleşik Devresi

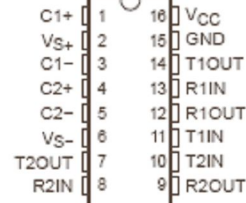
Ek 4 Max232 tümleşik devresi

MAX232, MAX232I DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS047L – FEBRUARY 1989 – REVISED MARCH 2004

- Meets or Exceeds TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operates From a Single 5-V Power Supply With 1.0- μ F Charge-Pump Capacitors
- Operates Up To 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Upgrade With Improved ESD (15-kV HBM) and 0.1- μ F Charge-Pump Capacitors is Available With the MAX202
- Applications
 - TIA/EIA-232-F, Battery-Powered Systems, Terminals, Modems, and Computers

MAX232 . . . D, DW, N, OR NS PACKAGE
MAX232I . . . D, DW, OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



description/ordering information

The MAX232 is a dual driver/receiver that includes a capacitive voltage generator to supply TIA/EIA-232-F voltage levels from a single 5-V supply. Each receiver converts TIA/EIA-232-F inputs to 5-V TTL/CMOS levels. These receivers have a typical threshold of 1.3 V, a typical hysteresis of 0.5 V, and can accept ± 30 -V inputs. Each driver converts TTL/CMOS input levels into TIA/EIA-232-F levels. The driver, receiver, and voltage-generator functions are available as cells in the Texas Instruments LinASIC™ library.

ORDERING INFORMATION

TA	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232D	MAX232
		Reel of 2500	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232DW	MAX232
		Reel of 2000	MAX232DWR	
-40°C to 85°C	SOP (NS)	Reel of 2000	MAX232NSR	MAX232
	PDIP (N)	Tube of 25	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube of 40	MAX232ID	MAX232I
		Reel of 2500	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube of 40	MAX232IDW	MAX232I
		Reel of 2000	MAX232IDWR	

† Package drawings, standard packing quantities, thermal data, symbolization, and PCB design guidelines are available at www.ti.com/sc/package.



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.

LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

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



TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2004, Texas Instruments Incorporated

1

Şekil Ek 1.4 Max232 tümleşik devresi

Ek 5 OPA177GP işlemsel yükselteç





OPA177

Precision OPERATIONAL AMPLIFIER

FEATURES

- LOW OFFSET VOLTAGE: 25 μ V max
- LOW DRIFT: 0.3 μ V/ $^{\circ}$ C
- HIGH OPEN-LOOP GAIN: 130dB min
- LOW QUIESCENT CURRENT: 1.5mA typ
- REPLACES INDUSTRY-STANDARD OP AMPS: OP-07, OP-77, OP-177, AD707, ETC.

APPLICATIONS

- PRECISION INSTRUMENTATION
- DATA ACQUISITION
- TEST EQUIPMENT
- BRIDGE AMPLIFIER
- THERMOCOUPLE AMPLIFIER

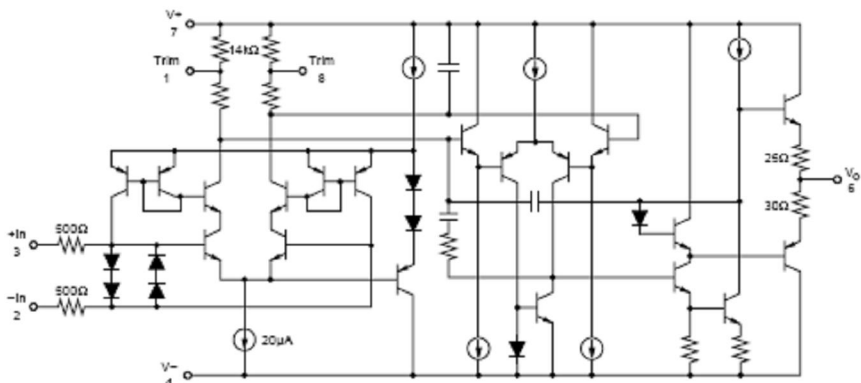
DESCRIPTION

The OPA177 precision bipolar op amp feature very low offset voltage and drift. Laser-trimmed offset, drift and input bias current virtually eliminate the need for costly external trimming. The high performance and low cost make them ideally suited to a wide range of precision instrumentation.

The low quiescent current of the OPA177 dramatically reduce warm-up drift and errors due to thermo-

electric effects in input interconnections. It provides an effective alternative to chopper-stabilized amplifiers. The low noise of the OPA177 maintains accuracy.

OPA177 performance gradeouts are available. Packaging options include 8-pin plastic DIP and SO-8 surface-mount packages.



International Airport Industrial Park • Mailing Address: PO Box 11410, Tucson, AZ 85734 • Street Address: 6730 S. Tucson Blvd., Tucson, AZ 85706 • Tel: (520) 748-1111 • Tlx: 910-855-1111
 Internet: <http://www.burr-brown.com> • FAXLine: (800) 548-8133 (US/Canada Only) • Cable: BURRCORP • Telex: 095-8491 • FAX: (520) 885-1510 • Immediate Product Info: (800) 548-8132

Şekil Ek 1.5 OPA177GP işlemsel yükselteç

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 07.09.1985

Doğum yeri İstanbul

Lise 2000-2002 Batı Koleji
2002-2003 Özel Dragos Okulları

Lisans 2003-2007 Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2008-2010 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı
Elektronik Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2008-2009 Haliç Üniversitesi Araştırma Görevlisi
2009-Devam ediyor İstanbul Arel Üniversitesi Araştırma Görevlisi