

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİKRODENETLEYİCİLİ ENDÜSTRİYEL OTOMATİK
SICAKLIK ÖLÇÜM ve KONTROL SİSTEMİ**

Elektronik ve Haberleşme Müh. Erdal BERBER

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÇİZELGE LİSTESİ	x
ÖNSÖZ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ	1
2. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ ve KONTROLÜ	4
2.1 Sıcaklık Ölçümü	4
2.1.1 Termokupl	7
2.1.1.1 Standart Metal Tabanlı Termokupllar	7
2.1.1.2 Kıymetli Metal Tabanlı Termokupllar	8
2.1.1.3 Termokupl ile Sıcaklık Ölçümü	8
2.1.1.4 Soğuk Birleşim Kompanzasyonu	9
2.1.2 RTD	9
2.1.3 Termistörler	10
2.1.4 Yarı İletken Sıcaklık Algılayıcıları	11
2.1.5 Yüzey Temassız Sıcaklık Algılayıcıları	11
2.2 Sıcaklık Kontrolü	12
2.2.1 Aç/Kapa (On/Off) Kontrol	12
2.2.1.1 Histerezis	14
2.2.2 Oransal (P) Kontrol	14
2.2.2.1 Ofset	15
2.2.3 Oransal İntegral (PI) Kontrol	15
2.2.4 Oransal Türevsel (PD) Kontrol	16
2.2.5 Oransal İntegral Türevsel (PID) Kontrol	16
2.3 Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazları	17
3. MİKRODENETLEYİCİ BİRİMİ (PIC16F877A)	28
3.1 Mikrodenetleyicinin Mimari Özellikleri	28
3.2 PIC16F877A Özellikleri ve Yapısı	29
3.3 PIC16F877A Portlarının Fonksiyonları	32
3.3.1 Port A	32
3.3.2 Port B	33
3.3.3 Port C	34
3.3.4 Port D	36
3.3.5 Port E	36
3.4 Özel Fonksiyonlar	37
3.4.1 Paralel Slave Port	37
3.4.2 USART	38
3.4.3 MSSP (Master Synchronous Serial Port)	39
3.4.4 Analog / Sayısal Çevirici Birimi	40
3.4.5 Yakalama/Karşılaştırma ve PWM Birimi (Capture/Compare and PWM)	41
3.5 Zamanlayıcılar	43
3.6 PIC16F877A Bellek Organizasyonu	45

3.6.1	Flash Program Belleği	45
3.6.2	RAM Veri Belleği	46
3.7	PIC16F877A'nın Besleme Uçları ve Beslenmesi	47
3.8	PIC16F877A'nın Reset Uçları	48
3.9	PIC16F877A'nın Saat Uçları ve Osilatör Tipleri	48
3.9.1	Kristal Osilatör / Seramik Rezonatör	48
3.9.2	RC Osilatör	49
4.	GÖSTERGE BİRİMİ (LCD)	50
4.1	LCD'nin Temel Özellikleri	50
4.2	HD44780 LCD Sürücü Özellikleri	51
4.3	LCD Bacak Bağlantıları	52
4.4	LCD Kontrol İşlemleri	53
4.4.1	Başlatma Komutları	54
4.4.2	İmleç Komutları	56
4.4.3	Gösterge Komutları	57
4.4.4	CGRAM Komutları	57
4.4.5	Durum Sorgulama	57
4.5	LCD RAM Bölgeleri	58
4.5.1	DDRAM (Display Data RAM)	58
4.5.2	CGRAM (Character Generator RAM)	58
4.6	LCD'nin Kullanıma Hazırlanması	58
5.	HAT SÜRÜCÜ (MAX232)	59
6.	SICAKLIK ALGILAYICI (DS18B20)	63
6.1	DS18B20 ROM Kodu	65
6.2	DS18B20 Tek Hat (1-Wire) Haberleşmesi	65
6.3	DS18B20 ile Haberleşme	66
6.3.1	Bit Okuma ve Yazma İşlemleri	66
6.3.2	DS18B20 Reset Darbesi	67
6.3.3	ROM Komutları	67
6.3.4	İşlem Komutları	68
6.4	DS18B20 ile Sıcaklık Ölçümü	68
7.	LabVIEW	72
7.1	Niçin LabVIEW Kullanılmalı	73
7.2	LabVIEW'in Yapısı	74
7.3	LabVIEW Programlama Yaklaşımı	76
7.3.1	LabVIEW Kullanıcı Arayüzünün Tanıtılması	76
7.3.2	LabVIEW'da Kullanılan Nesneler	79
7.3.2.1	Nümerik Nesneler	81
7.3.2.2	Boole (Boolean) Nesneler	81
7.3.2.3	Dizgi (String) Nesneler	82
7.3.2.4	Dizi, Matris, Küme (Array, Matrix, Cluster) Nesneler	82
7.3.2.5	Diziler (Arrays)	83
7.3.2.6	Matrisler (Matrix)	83
7.3.2.7	Kümeler (Clusters)	84
7.3.3	Karar Yapıları (Structures)	84
7.3.4	Döngüler	85
7.3.4.1	For Döngüsü	85
7.3.4.2	While Döngüsü	86

7.3.4.3	Döngülerde Kaydırmalı Kaydecilerin Kullanımı	86
7.3.5	Dizgi (String) Fonksiyonlar	87
7.3.6	Listeler ve Tablolar (Lists&Tables)	88
7.3.6.1	Liste Tablo (List Box)	88
7.3.6.2	Çok Kolonlu Liste Tablo (MultiColumn ListBox).....	89
7.3.6.3	Tablo (Table).....	89
7.3.6.4	Ağaç Yapısı Tablo (Tree).....	90
7.3.6.5	Ekspres Tablo (Express Table).....	90
7.3.7	Grafiksel Çizimler	91
7.3.7.1	Dalga Biçimi Çizelge ve Grafik (Waveform Chart & Graph).....	91
7.3.7.2	XY Grafik (XY Graph).....	92
7.3.7.3	Yoğunluk Çizelgesi ve Grafiği (Intensity Chart & Graph)	92
7.3.7.4	Sayısal Dalga Biçimi Grafiği (Digital Waveform Graph).....	93
7.3.7.5	3D Grafik (3D Graphs).....	93
7.3.8	Dosyalar.....	94
7.3.8.1	Text Dosyalarının Kullanılması	94
7.3.8.2	İkili (Binary) Dosyalarının Kullanılması.....	94
7.3.8.3	Datalog Dosyalarının Kullanılması	94
7.3.9	Alt_VI (SubVI) Hazırlama	95
7.3.10	Veri Toplama.....	95
7.3.10.1	Genel Amaçlı DAQ Aygıtları.....	96
7.3.10.2	Ölçme ve Otomasyon Gezgini (MAX).....	97
7.3.10.3	DAQ ve DAQ Asistanı	97
7.3.10.4	DAQ ile Bilgisayar Haberleşmesi	98
7.3.10.5	Seri Port Kullanarak İletişim	99
7.3.11	VI'ın Çalıştırılması ve Hata Ayıklama.....	100
7.3.11.1	VI'ın Çalıştırılması	100
7.3.11.2	Hata Ayıklama.....	100
8.	MİKRODENETLEYİCİLİ ENDÜSTRİYEL OTOMATİK SICAKLIK ÖLÇÜM ve KONTROL SİSTEMİ.....	102
8.1	Sistem Donanımı	104
8.1.1	PCB Tasarımında Göz Önünde Bulundurulmuş Hususlar	109
8.2	Sistem Yazılımı	111
8.2.1	Mikrodenetleyici Yazılımı.....	111
8.2.1.1	Sıcaklık Ölçümü	111
8.2.1.2	Sıcaklığa Duyarlı Alarm.....	114
8.2.1.3	Buton İşlevleri	114
8.2.1.4	Aç/Kapa Kontrol İşlemi	115
8.2.1.5	LCD'ye Veri Yazma.....	116
8.2.1.6	Seri Porttan Veri Gönderme	117
8.2.2	LabVIEW Yazılımı	119
9.	SONUÇ.....	130
	KAYNAKLAR.....	132
	EKLER	133
	ÖZGEÇMİŞ.....	151

SİMGE LİSTESİ

$^{\circ}C$	Derece Santigrat
$^{\circ}F$	Derece Fahrenheit
$^{\circ}K$	Derece Kelvin
$^{\circ}R$	Derece Reomur
ms	Milisaniye
μs	Mikrosaniye
Ω	Ohm
pF	Pikofarad
μF	Mikrofarad
T	Anlık Sıcaklık Değeri
$T_{üst-limit}$	Sıcaklık Üst Limit Değeri
$T_{alt-limit}$	Sıcaklık Alt Limit Değeri
$T_{Röle1-ü}$	Sıcaklık Alt Limit Değeri ile Histerezis Değerinin Toplamı
$T_{Röle2-ü}$	Sıcaklık Üst Limit Değeri ile Histerezis Değerinin Toplamı
$T_{Röle1-a}$	Sıcaklık Alt Limit Değeri ile Histerezis Değerinin Farkı
$T_{Röle2-a}$	Sıcaklık Üst Limit Değeri ile Histerezis Değerinin Farkı

KISALTIMA LİSTESİ

AC	Adress-Counter
A/D	Analogue to Digital
A/S	Aanalog/Sayisal
ADC	Analogue to Digital Converter
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
BF	Busy-Flag
CCP	Capture/Compare/PWM
CGRAM	Character Generator RAM
CIN	Code Interface Nodes
CISC	Complex Instruction Set Computer
CMOS	Complementary Metal-Oxide Semiconductor
CRC	Cyclic Redundancy Check
CS	Chip Select
CTS	Clear to Send
D/A	Digital to Analogue Converter
DAQ	Data Acquisition
DCD	Data Carrier Detect
DDRAM	Display Data RAM
DL	Data Length
DLL	Dynamically-Linked Library
DQ	Data Acquisition
DSP	Digital Signal Processor
DSR	Data Set Ready
DTR	Data Terminal Ready
E	Enable
EEPROM	Electrically Erasable PROM
EIA	Electronic Industries Association
EMK	Elektrik Motor Kuvveti
GND	Ground
GPIO	General Purpose Interface Bus
GPL	Grafiksel Programlama Dili
I/O	Digital Input/Output
I2C	Inter Integrated Circuit
IP	Internet Protocol
IR	Infrared
LabVIEW	Laboratuary Virtual Instruments For Engineering Workbench
LCD	Liquid Crystal Display
LSB	Least Significant Bit
MCLR	Master Clear Reset
MHz	Mega Hertz
MSB	Most Significant Bit
MSSP	Master Synchronous Serial Port
NC	Network Computer
NTC	Negative Temperature Coefficient
OTP	One-Time Programmable
PC	Personal Computer
PIC	Programmable Interface Controller
POR	Power-on Reset
PTC	Positive Temperature Coefficient
PXI	PCI extension for Instrumentation

PWM	Pulse Width Modulation
PWRT	Power-up Timer
RAM	Random Access Memory
R/W	Read/Write
RI	Ring Indicator
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
RS232	Recommended Standard 232
RTS	Request to Send
RXD	Received Data
SCI	Serial Communication Interface
SCK	Serial Clock
SDI	Serial Data In
SDO	Serial Data Out
SG	Signal Ground
SPI	Serial Peripheral Interface
SS	Slave Select
ST	Start Signal
subVI	Sub Virtual Instrument
T/C	Termokupl
TCP	Transmission Control Protocol
TTL	Transistor-Transistor Logic
TXD	Transmit Data
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter
VDD	Positive Supply Voltage
VI	Virtual Instrument
VXI	Virtual Machine Engine Extension for Instrumentation
WDT	Watchdog Timer

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Sıcaklık algılayıcılarının doğrusallık karşılaştırması	6
Şekil 2.2 Aç/kapa kontrol eğrisi	13
Şekil 2.3 Histerezis eğrisi	14
Şekil 2.4 Oransal kontrol eğrisi	14
Şekil 2.5 Ofset eğrisi	15
Şekil 2.6 Oransal integral kontrol eğrisi	15
Şekil 2.7 Oransal türevsel kontrol eğrisi	16
Şekil 2.8 Oransal integral türevsel kontrol eğrisi	17
Şekil 2.9 Metronik M6P01TB	18
Şekil 2.10 Metronik M48P0XT	19
Şekil 2.11 Omron E5C2	20
Şekil 2.12 Omron E5CSV	21
Şekil 2.13 Omega DPi-32, DPi-16 ve DPi-8 sıcaklık göstergeleri.....	22
Şekil 2.14 Omega DPi sıcaklık göstergesi yazılım programı.....	23
Şekil 2.15 Omega DP41-TC	24
Şekil 2.16 Omega ILD24-UTP	25
Şekil 2.17 Omega CN616TC1	26
Şekil 2.18 CN616 sıcaklık ölçü ve kontrol cihazı Visual Basic yazılım programı	27
Şekil 3.1 PIC16F877A bacak tanımlamaları	29
Şekil 3.2 16F877A blok diyagramı	31
Şekil 3.3 A/S blok diyagramı	40
Şekil 3.4 A/S modülü analog giriş modeli.....	41
Şekil 3.5 PIC16F877A'nın kullanıcı RAM bellek haritası	47
Şekil 4.1 LCD'de standart olarak bulunan karakter kümesi.....	51
Şekil 4.2 HD44780 sürücülü LCD'nin bacak bağlantıları	52
Şekil 5.1 MAX232 entegresinin üstten görünüşü.....	59
Şekil 5.2 MAX232 pin bağlantıları	59
Şekil 5.3 Bilgisayar seri portu ile PIC'in MAX232 ile birbirine bağlanması	60
Şekil 5.4 Seri haberleşme devresi.....	61
Şekil 5.5 DB9 konnektör	61
Şekil 5.6 DB9 konnektör bacak tanımları	61
Şekil 6.1 DS18B20 görünüşü	63
Şekil 6.2 DS18B20 blok diyagram.....	64
Şekil 6.3 DS18B20 ile mikroişlemci bağlantısı	65
Şekil 6.4 Donanım konfigürasyonu	66
Şekil 6.5 DS18B20 okuma ve yazma zamanları	66
Şekil 6.6 DS18B20 reset darbesi	67
Şekil 6.7 ScratchPad saklayıcısı ve sıcaklık bitleri	70
Şekil 6.8 Konfigürasyon saklayıcısı	70
Şekil 7.1 LabVIEW ön paneli	77
Şekil 7.2 LabVIEW blok diyagramı	78
Şekil 7.3 LabVIEW fonksiyon paleti kontrol paleti ve araç paleti.....	79
Şekil 7.4 Terminaller	80
Şekil 7.5 Nümerik nesneler	81
Şekil 7.6 Boole nesneler	82
Şekil 7.7 Dizgi kontrol ve göstergeler	82
Şekil 7.8 Matris ve küme görünümü	82
Şekil 7.9 Karar yapıları paleti.....	84
Şekil 7.10 Karar yapıları.....	85
Şekil 7.11 For döngüsü.....	85

Şekil 7.12 While döngüsü.....	86
Şekil 7.13 Kaydırmalı kaydedici	86
Şekil 7.14 Dizgi fonksiyonları paleti.....	87
Şekil 7.15 Liste ve tablo kontrol paleti.....	88
Şekil 7.16 Liste şeklinde tablo.....	89
Şekil 7.17 Çok kolonlu liste tablo tipi tablo	89
Şekil 7.18 Tablo.....	89
Şekil 7.19 Ağaç yapısı şeklinde tablo.....	90
Şekil 7.20 Expres tipi tablo	90
Şekil 7.21 Dalga biçimi çizelge ve grafik	91
Şekil 7.22 XY grafik.....	92
Şekil 7.23 Yoğunluk çizelgesi ve grafiği	93
Şekil 7.24 Sayısal dalga biçimi grafiği.....	93
Şekil 7.25 DAQ sistemi	96
Şekil 7.26 Seri haberleşme sistemi	99
Şekil 8.1 Gerçeklenen sistemin blok diyagramı	102
Şekil 8.2 Gerçeklenen devrenin blok diyagramı	105
Şekil 8.3 Devre şeması	106
Şekil 8.4 Sıcaklık algılayıcı birimi bağlantı şekli.....	107
Şekil 8.5 Tuş takımı birimi bağlantı şekli	108
Şekil 8.6 Kontrol biriminin bağlantı şekli	109
Şekil 8.7 Gerçeklenen devrenin üstten görünümü.....	110
Şekil 8.8 Konfigürasyon saklayıcısı	111
Şekil 8.9 Termokupl mV cinsinden çıkış gerilimine karşılık sıcaklık değerinin ve uydurulan eğrinin üst üste çizimi.....	113
Şekil 8.10 Mikrodenetleyici programı algoritması.....	118
Şekil 8.11 LabVIEW programı ön paneli.....	121
Şekil 8.12 LabVIEW programı blok diyagramı	122
Şekil 8.13 LabVIEW programında seri port ayarlarının gerçekleştirilmesi.....	123
Şekil 8.14 LabVIEW programında seri porta yazma	123
Şekil 8.15 LabVIEW programı ile seri porttan okunan sıcaklık bilgilerinin işlenmesi	124
Şekil 8.16 Minimum maksimum ortalama sıcaklık değerlerini ön panelde gösterme ve datalogger	125
Şekil 8.17 Visa Close	125
Şekil 8.18 LabVIEW programı akış şeması	126
Şekil 8.19 Bir çevrim süresince seri porttan veri okuyan LabVIEW programının ön panel görünüşü	127

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Sıcaklık algılayıcılarının karşılaştırılması	5
Çizelge 2.2 Sıcaklık kontrol işlem tipleri	12
Çizelge 3.1 16F877A'nın A portunun pinleri ve pin işlevleri	32
Çizelge 3.2 16F877A'nın B portunun pinleri ve pin işlevleri	34
Çizelge 3.3 16F877A'nın C portunun pinleri ve pin işlevleri	35
Çizelge 3.4 16F877A'nın D portunun pinleri ve pin işlevleri	36
Çizelge 3.5 16F877A'nın E portunun pinleri ve pin işlevleri	37
Çizelge 3.6 CCP-Timer ilişkisi	42
Çizelge 3.7 Osilatör çeşitleri	48
Çizelge 3.8 Frekansa göre kondansatör seçimi	49
Çizelge 4.1 LCD bacak tanımları	52
Çizelge 4.2 LCD komut tablosu	54
Çizelge 4.3 Fonksiyon belirleme komutu	55
Çizelge 4.4 Giriş modu komutu	55
Çizelge 4.5 İmleci başa alma komutu	56
Çizelge 4.6 İmleç taşıma komutları	56
Çizelge 4.7 İmleç gizle/göster/yak-söndür komutu	56
Çizelge 4.8 LCD ekranını silme	57
Çizelge 4.9 CGRAM komutu	57
Çizelge 4.10 Durum sorgulama komutu	58
Çizelge 5.1 Max232 durum tablosu	60
Çizelge 5.2 DB9 konnektör pin açıklamaları	62
Çizelge 6.1 DS18B20 sıcaklık algılayıcısı pin açıklamaları	64
Çizelge 6.2 DS18B20 64 bit ROM kodu	65
Çizelge 6.3 DS18B20'nin ölçtüğü sıcaklığın sayısal veri karşılıkları	69
Çizelge 6.4 Sıcaklık kaydedicisi formatı	69
Çizelge 6.5 Çözünürlük değişimleri	71
Çizelge 8.1 Sıcaklık kaydedicisi formatı	112
Çizelge 8.2 Buton tanımlamaları	115
Çizelge 8.3 Röle tanımlamaları	115
Çizelge 8.4 Led tanımlamaları	116

ÖNSÖZ

Günümüzde gerekliliği ve kullanım alanı daha da artan sıcaklık ölçme ve kontrol sistemleri uygulamalarına dönük olarak hazırladığım “Mikrodenetleyicili Endüstriyel Otomatik Sıcaklık Ölçme ve Kontrol” projesinin yapımında karşılaştığım zorlukların üstesinden gelmemde bana yardımcı olan aileme ve tez çalışması süresince benden desteğini esirgemeyen çok değerli hocamız Y.Doc.Dr Tuncay UZUN’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Mikrodenetleyicili endüstriyel otomatik sıcaklık ölçüm ve kontrol sistemi ile endüstride önemli yere sahip olan sıcaklık ölçme ve kontrol işlemlerini gerçekleştiren sayısal termometre tasarlanmıştır. Sıcaklık ölçme işlemi DS18B20 ve J tipi termokupl sıcaklık algılayıcıları kullanılarak yapılmaktadır. Sıcaklık kontrolü kısmında ise aç/kapa kontrol işlemini gerçekleştirmek amacıyla iki adet röle çıkışı bulunmaktadır. Tasarlanan devrenin ölçme ve enstrümantasyon odaklı bir program olan ve grafiksel programlama dili kullanan LabVIEW ile integrasyonu gerçekleştirilmiştir.

Sıcaklık algılayıcıları ile ölçülen ortam sıcaklığının kullanıcı tarafından ilgili butonlar kullanılarak ayarlanan sıcaklık alt ve üst limit aralığının dışında olması durumunda sistemin alarm vermesi sağlanmıştır, alarm durumunu belirten uyarı mesajı devre üzerindeki LCD’de ve bilgisayar üzerindeki LabVIEW programında gösterilmektedir.

Gerçeklenen devreyle bilgisayar arasındaki haberleşme RS-232 haberleşme arabirimiyle sağlanmıştır ve böylece elektronik devreyle yapılan gerçek zamanlı sıcaklık ölçümleri bilgisayar üzerinde koşan LabVIEW programına aktarılmıştır. LabVIEW programı sadece seri porttan okunan anlık sıcaklık bilgisini değil, buna ek olarak sıcaklık bilgisi üzerinde yapılan analizleri de gösterecek şekilde tasarlanmıştır. Analizler, belirli bir süre boyunca ölçülen sıcaklık değerleri arasında minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini bulmayı, belirli bir süre boyunca ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamasını hesaplamayı, sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişim istatistiğini tutmayı ve tutulan istatistiğin grafiksel olarak incelenmesini kapsamaktadır..

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık ölçme ve kontrol, PIC16F877A, DS18B20, Termokupl, LabVIEW

ABSTRACT

In this project, temperature measurement and control process, which has a wide usage in industry, is done with a microcontroller-based digital thermometer. Temperature is measured by DS18B20 and type-J thermocouple. There are two relay outputs integrated to the circuit which are used for on/off control purposes around upper and lower boundaries of temperature. Microcontroller-based temperature measurement and control system is integrated with LabVIEW which is used for measurement and instrumentation purposes.

The system is designed to generate an alarm, in case the instant temperature measured by either DS18B20 or type-J thermocouple is not within the upper and lower boundaries, which could be set manually. Either over temperature or under temperature notification alarms are displayed on both LCD and LabVIEW program.

The communication between the computer and the electronic circuit is established via RS-232. Real-time temperature measurements are transmitted to computer to display the temperature information on the LabVIEW program. It is designed to show not only the instant temperature, but it also displays results of analysis. The analysis consists of picking maximum and minimum temperature values and calculating mean value within all the temperature measurements for a time interval. It also displays them on the related indicators, stores statistics of the temperature measurements and plots the variation.

Keywords: Temperature measurement and control process, PIC16F877A, DS18B20, Thermocouple, LabVIEW

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile birlikte sıcaklık kontrol sistemlerinin kullanım alanları artmıştır ve dijital göstergeli sıcaklık kontrol cihazları son yıllarda gelişen sıcaklık kontrol sistemlerinden birisidir. Uygulama alanına göre (sıcaklık seviyesi, ortamın fiziksel ve kimyasal yapısı, hassasiyet, okuma doğruluğu ve hızı, güvenlik ve kontrol çıkışının tipi) uygulanan teknikler ve donanımlar değişmektedir. Sıcaklık bilgisinin elektriksel işaretlere dönüştürülmesinde günümüzde sıklıkla termokupl, RTD, termistör, yarı iletken tabanlı sıcaklık algılayıcıları ve piroetre elemanlarından yararlanılmaktadır. Elektriksel bilgi elde edildikten sonra sayısal veya analog kontrol devreleri ile istenilen kontrol yöntemi uygulanır.

Bitirme tezi çalışmasında endüstride önemli yer tutan mikrodnetleyicili endüstriyel otomatik sıcaklık ölçme ve kontrol devresi tasarlanmıştır. Mikrodnetleyicili endüstriyel otomatik sıcaklık ölçme ve kontrol projesi ile endüstride önemli yere sahip olan sıcaklık kontrol işleminin gerçekleştirilmesi ve kullanılan ölçüm tekniklerinin öğrenilmesi amaçlanmıştır. Projenin çalışması iki ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım ortamın anlık sıcaklığını gerçek zamanlı olarak ölçmeyi, ölçülen ortam sıcaklığını RS-232 üzerinden bilgisayarın seri portuna göndermeyi kapsarken, ikinci kısım seri portun tasarlanan LabVIEW programıyla okunmasını ve elde edilen ham verinin işlenmesiyle çeşitli analizlerin yapılmasını kapsamaktadır. Analizler, belirli bir süre boyunca ölçülen sıcaklık değerleri arasında minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini bulmayı, belirli bir süre boyunca ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamasını hesaplamayı, sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişim istatistiğini tutmayı ve tutulan istatistiğin grafiksel olarak incelenmesini kapsamaktadır.

Bitirme tezi kitabının ileriki bölümlerinde sıcaklık kontrol sistemlerinin özelliklerinden ve yaygınca kullanılan sıcaklık algılayıcılarından, tasarlanan devre üzerinde kullanılan komponentlerin temel özelliklerinden ve çalışma prensiplerinden, LabVIEW programından ve sanal enstrümantasyonların günümüz endüstrisindeki yerinden, tasarlanan sistemin çalışmasından ve yapılan analizlerden bahsedilecektir.

Mikrodnetleyicili kontrol proseslerinden biri olan sıcaklık ölçme ve kontrol işlemi üzerinde durmadan önce sıcaklık birimleri/ölçeklendirmeleri ve mikrodnetleyicilerin tarihsel gelişimine bakmakta fayda vardır.

İlk sıcaklık ölçümü Galileo'nun 1592'de içine renkli alkol doldurulmuş henüz ölçeklendirilmemiş cam bir tüpü ısıtıp soğuttuğunda sıvı seviyesinin yükselip alçalması ile yapılmıştır. Düzgün ölçeklendirilmiş Florentin termometresinin bulunmasıyla hassas sıcaklık ölçümü konusundaki çalışmalar hızlanmıştır ve geçen yıllar içerisinde pek çok termometrik

skala geliştirilmiştir. Bunlardan birisi 1700'lere kadar uluslararası olarak tanınmayan ve civalı termometreyi geliştiren Alman bilim adamı Gabriel Fahrenheit tarafından öne sürülen Fahrenheit skalasıydı. Fahrenheit üretebildiği en düşük sıcaklık olan buzlu su ve tuz karışımıyla skalanın alt sınırını belirledi ve bunu 0 olarak kabul etti. Skalanın üst sınırı olarak ise insan kanının sıcaklığı olan 96'yı kabul etti. Diğer skalalarla uyumlu olması ve çözünürlüğü arttırmak için kendi skalasını 96'ya ayırdı. Hassasiyeti ve gerçekleştirilebilirliği ile bu skala popülarite kazandı.

1742 yılında Andeer Celcius buzun erime noktasının ve suyun kaynama noktasının skalanın alt ve üst sınırı olarak alınmasını önerdi. Alt sınırı 0, üst sınırı ise 100 olarak benimsedi. Böylece Santigrat skalası oluşmuş oldu ve 1948'de bu skala resmi olarak Celcius Skalası olarak değiştirildi.

1800'lü yılların başında William Thomson (Lord Kelvin) gazların genleşme katsayılarına dayanan genel bir skala geliştirdi. Kelvin "mutlak sıfır" kavramını buldu ve bu skala tüm modern termometreler için bir standart oldu.

Bir diğer skala ise termodinamik alanda bir öncü olan W.J.M Rankine'nin anısına Rankine skalası adı verilen ve Kelvin skalasının Fahrenheit eşdeğeri olan skaladır.

Bu skalalar arasındaki bağıntı aşağıda şekildedir.

$$^{\circ}F = 1.8^{\circ}C + 32$$

$$^{\circ}K = ^{\circ}C + 273.15$$

$$^{\circ}R = ^{\circ}F + 459.67$$

Sıcaklık ölçü ve birimlerinin tarihine değindikten sonra mikrodnetleyicilerin tarihsel gelişiminden bahsetmekte fayda var. Mikrodnetleyiciler, elektronik bir sistemdeki bütün işi üstlenerek sistemin kontrolünü sağlamakla beraber birçok elektronik malzemenin yaptığı işi tek başına yapabilmesiyle tasarlanan sistemlerin çok daha basit, ucuz ve daha esnek olmasına imkan tanımaktadır. Bu nedenle artık elektronik denilince, mikrodnetleyiciler ve mikrodnetleyici tabanlı kullanılabilen ürünler akla gelmektedir.

Günümüzde farklı özelliklere sahip değişik firmalar tarafından üretilmiş mikrodnetleyiciler bulunmaktadır. Bu nedenle elektronik bir sistemin tasarımında kullanılacak bir mikrodnetleyicinin seçiminde bazı kriterler esas alınmalıdır. Mikrodnetleyicinin tasarlanacak sistemde en az çevre birimine ihtiyaç duyulacak şekilde olması, güvenli olması, kolayca programlanabilmesi, yazılım geliştirme ortamlarının ve örnek uygulama devrelerinin kolayca elde edilebilmesi, ucuz ve piyasada rahatlıkla bulunabilmesi vb. gibi kriterler

mikrodenetleyici seçiminde etkin rol oynamaktadır. Bu kriterlerin bir çoğunu “Microchip” şirketinin üretmiş olduğu PIC mikrodenetleyicileri taşımaktadır. PIC mikrodenetleyicileri geniş bir ürün yelpazesine sahip olup, her geçen gün çok daha farklı ve gelişmiş özelliklere sahip yeni PIC’ler bu aileye katılmaktadır.

Günümüzde elektronik sistem tasarımında yalnızca mikroişlemciler kullanılmayıp, uygulamaya göre aynı tüm devre üzerinde değişik donanımlar bulunduran mikrodenetleyiciler, sayısal işaret işlemcileri (DSP) gibi değişik işlemciler de kullanılmaktadır. Mikroişlemciler kendi başlarına kullanılamadıkları için harici bellek, ROM, giriş-çıkış portları, zamanlama devreleri gibi destekleyici elektronik devrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Mikroişlemcilerin yukarıda belirtilen dezavantajları göz önüne alınarak, bir mikroişlemci etrafındaki tüm çevre birimlerinin hepsi bir yonga içerisinde toplanmış ve mikrodenetleyiciler ortaya çıkmıştır. İlk mikrodenetleyiciler, 1976’da Intel firmasında üretilen MCS-51 ailesinin ilk üyeleridir. Daha sonra bunu başka firmalar izlemeye başlamıştır. Bunlardan Microchip firmasının ürettiği PIC (Peripheral Interface Controller) adlı programlanabilen entegre devreler, Intel’de kullanılan CISC mimarisinden farklı olarak RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisiyle günümüzün oldukça popüler mikrodenetleyicilerden biridir. Örneğin, bunlardan en yaygın kullanılan PIC16F84 mikrodenetleyicisi 18 bacaklı olup üzerinde 13 giriş/çıkış pini, zamanlayıcı ve sayıcı birimi, 1024x14 bitlik programlanabilir Flash bellek, 68 byte RAM ve 64 byte EEPROM belleği barındırmaktadır. Yine PIC ailesinden PIC16F877A, belki en popüler PIC işlemcisi olan PIC16F84’den sonra kullanıcılarına yeni ve gelişmiş olanaklar sunmasıyla hemen göze çarpmaktadır. Program belleği FLASH ROM olan PIC16F877A’da, yüklenen program PIC16F84’de olduğu gibi elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir. Özellikle PIC16C6X ve PIC16C7X ailesinin tüm özelliklerini barındırması PIC16F877A’yı kod geliştirmede de ideal bir çözüm olarak gündeme getirmektedir. Konfigürasyon bitlerine dikkat etmek şartıyla C6X veya C7X ailesinden herhangi bir işlemci için geliştirilen kod hemen hiçbir değişikliğe tabi tutulmadan PIC16F877A’ya yüklenebilir ve çalışmalarda denenebilir. Bunun yanı sıra PIC16F877A, PIC16C74 ve PIC16C77 işlemcileriyle de bire bir bacak uyumludur.

Mikrodenetleyicilerin programlanmasında kullanılan yazılım, genel olarak assembler yani makine dilidir. Farklı firmaların çıkardığı her mikroişlemci veya mikrodenetleyici için farklı makine kodları ve bunları destekleyen editör ve derleme yazılımları geliştirilmiştir. Makine dili kullanılarak geliştirilen bir sistem, yüksek seviyeli dillere göre geliştirilen sistemlerden daha hızlıdır. Hız, çoğu sistem için önemli bir faktördür.

2. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ ve KONTROLÜ

2.1 Sıcaklık Ölçümü

Bu bölümde sıcaklık ölçüm tekniklerinden ve sıcaklık ölçümünde kullanılan sıcaklık algılayıcılarından bahsedilecektir. Sıcaklık algılayıcıları, basit anlamda ortam sıcaklığını ölçmek için kullanılan cihazlar olarak adlandırılmaktadır. Endüstriyel ortamlarda sıcaklık ölçümünün öneminin giderek artmasıyla farklı ortamlarda birbirinden ayrı özelliklere sahip sıcaklık ölçüm teknikleri ortaya çıkmıştır. Kullanım ortamına, sıcaklık ölçme aralığına ve proses şartlarına göre doğru sıcaklık algılayıcılarının seçilmesi gerekmektedir. Sıcaklık algılayıcıları, sıcaklık ölçüm aralığına göre çeşitli yarı iletken malzemeler olabileceği gibi termistörler de (PTC-NTC vb.) daha düşük sıcaklık uygulamalarında maliyet açısından ön plana çıkmaktadır.

Sayısal sıcaklık algılayıcıların yanı sıra NTC, PTC, LM35 gibi analog sıcaklık algılayıcıları da günümüzde kullanılmaktadır. Analog sıcaklık algılayıcılarının sayısal sistemler ile kullanılabilmesi için Analog/Sayısal dönüştürücü kullanılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, uzak noktalardan yapılan sıcaklık ölçümlerinde sıcaklık verisinin etkin bir biçimde merkezi birimlere iletilmesi gerekmektedir. Bu amaçla analog algılayıcı çıkışındaki veri doğrudan modüle edilerek yollanabileceği gibi, sayısala dönüştürüldükten sonra da seri haberleşme ile iletim yapılabilir. Bu yollarla iletimin yapılabilmesi için harici donanımlar gerekmektedir ve bu da maliyeti arttırmaktadır.

Algılayıcı seçimi gerektiğinde aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gereklidir (Bodur vd., 2001):

- Sıcaklık okuma hassasiyeti
- Ölçüm yapılacak sıcaklık aralığı
- Maksimum sıcaklık seviyesine karşı duyarlılık sınırı
- Sıcaklık değişikliğine karşı verilen tepki hızı ve algılama doğruluğu
- Kararlılık ve doğruluğun devam etme süresi
- Ortam sınırlamalarının düzeyi
- Uygulamanın doğruluk derecesine ve cihazın monte ediliş şekline göre farklılık gösteren maliyet

Yukarıda belirtildiği gibi fiziksel büyüklüklerdeki değişimler herbiri farklı yapıya sahip

algılayıcılar tarafından algılanırlar. Algılanan bu değişimler gerektiğinde uygun bir sinyal koşullama cihazı tarafından bilgisayarın algılayabileceği seviyeye getirilmek üzere bir dizi işlemden geçirilir. Bilgisayardaki veri toplama kartı tarafından algılanan bu tür büyüklükler uygun analiz yazılımı tarafından işlenerek amaca uygun analizler yapılır.

Sıcaklık algılayıcı elemanlar genellikle sıcaklığı ölçülecek olan yüzeye temas etmek suretiyle çalışırlar. Bunun yanı sıra temassız sıcaklık transdüserleri de mevcuttur. Sıcaklık algılayıcıları aşağıdaki şekilde iki ana başlık altında gruplandırılabilir.

- **Termoelektrik Sıcaklık Algılayıcıları:** Seeback Etkisi olarak adlandırılan “Farklı iki iletken bir devre oluşturuyorsa ve devrenin iki noktası arasında bir sıcaklık farkı var ise bu devreden akım geçer” prensibini kullanır. Bu algılayıcılar, termik çift (termokupl) olarak da adlandırılır.
- **Rezistif Sıcaklık Algılayıcıları:** İletkenlerin iletkenliği sıcaklık ile değişir. RTD olarak da bilinen bu transdüserler bu prensibi kullanmaktadır. Yarı iletkenlerin kullanıldığı tiplerine genellikle termistör denir. Pirometreler temassız olarak sıcaklık ölçen cihazlardır. Cisimlerin sıcaklıklarını yaydıkları ısıdan ölçer. Ölçme aralıkları 3000°C ’a kadar çıkabilmektedir.

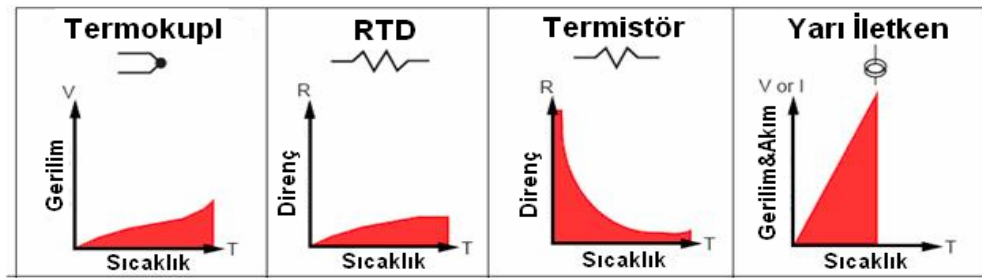
Çizelge 2.1’de sıcaklık algılayıcıları arasında yapılan karşılaştırma verilmiştir.

Çizelge 2.1 Sıcaklık algılayıcılarının karşılaştırılması

	Termokupl	RTD	Termistör	Yarı iletken
Ölçme aralığı	$-270/1800^{\circ}\text{C}$	$-250/900^{\circ}\text{C}$	$-100/450^{\circ}\text{C}$	$-55/150^{\circ}\text{C}$
Hassasiyet	$7-62\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$	$0.00385 \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$	$X \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$	$2/10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
Hata	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.01^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$	$\pm 1^{\circ}\text{C}$
Doğrusallık	4. dereceden polinom veya tablo gerektirir	2. dereceden polinom veya tablo gerektirir	3. dereceden polinom veya tablo gerektirir	Doğrusallaştırma gerektirmez
Yanıt Verme Zamanı	1 saniyeden az	1-10 saniye arası	1-5 saniye arası	0.5-60 saniye arası

Uyarım	Gerektirmez	Akım kaynağı	Gerilim kaynağı	Besleme gerilimi
Çıkış Türü	Gerilim	Direnç	Direnç	Gerilim akım veya sayısal
Tipik Boyut	0.35/2mm yarıçap	0.25x0.25 inç	0.1x0.1 inç	Transistör veya DIP kılıf
Kullanım Alanı	Yüksek sıcaklık ölçümü, biyofizik, metal işleme, içten yanmalı motorlar	T/C soğuk birleşim kompanzasyonunu kalibrasyonu ve proses kontrolü	T/C soğuk birleşim kompanzasyonunu ve pirometre kalibrasyonu, vakum manometreleri	T/C soğuk birleşim kompanzasyonunu kalibrasyon, ofis elektroniği, mobil telefonlar, kişisel bilgisayarlar

Yarı iletken sıcaklık algılayıcıları hariç diğer tüm algılayıcıların çıkışları doğrusal olmayan formdadır ve çıkış büyüklükleri küçüktür. Bu nedenle çıkışlarının doğrusallaştırılmasına ve yükseltilmesine gereksinim duyarlar. Çıkışı doğrusallaştırmak analog olarak bir hayli kompleks olmasına karşın, termokuplun doğrusal olmayan modeli matematiksel olarak modellendiğinden mikrodenetleyicili sistemlerde bu sorun kolaylıkla çözülebilir. Çıkış gerilimleri mV seviyesinde olduğu için ofset hatası minimize edilmiş, gürültüye bağımsız, yüksek giriş dirençli ve ısıl sürüklenmesi düşük olan özel kuvvetlendiriciler kullanılmalıdır. Sıcaklık algılayıcısından beklenen bir diğer özellik de çıkış değişkeninin doğrusala yakın olmasıdır. Şekil 2.1 çeşitli sıcaklık algılayıcılarının çıkış değişkenlerinin sıcaklıkla değişimini göstermektedir. Bu şekilden de görüleceği üzere ek doğrusallaştırma devreleri içeren yarı iletken sıcaklık algılayıcıları dışında diğer sıcaklık algılayıcıları doğrusal olmayan davranış göstermektedirler [4].



Şekil 2.1 Sıcaklık algılayıcılarının doğrusallık karşılaştırması

2.1.1 Termokupl

İlk termokupl 1822 yılında Estonya’lı bir bilim adamı olan Thomas Seeback tarafından galvanik düzen üzerine ısı etkiyi araştırırken raslantısal bir şekilde bulunmuştur. Seeback, bizmut ve bakırdan yapılmış iki yarım halkayı birleştirmiş ve bunun yanındaki bir pusulanın saptığını tespit etmiştir. Seeback, bu deneyi farklı metallerle farklı sıcaklıklarda yinelemiş ve hep aynı sonuca ulaşmıştır. Seeback, başlangıçta bir akımın aktığına inanmayıp bu etkiyi “termomagnetizm” olarak tanımlamıştır. Sonraki araştırmalar Seeback etkisinin tamamen elektriksel bir olay olduğunu göstermiştir.

Bir elektrik devresi tamamen metal iletkenlerden meydana gelmişse ve devrenin tüm kısımları aynı sıcaklıkta ve devrede EMK yoksa bu durumda devreden hiçbir akım akmaz. Bununla beraber devre birden fazla metalden meydana gelmiş ise ve bu iki telin eklemleri farklı sıcaklıklarda ise devrede bir EMK oluşur ve akım akar; ısıtılan ekleme termokupl denir.

Bir termokupl iki farklı metalin birleştirilmesiyle oluşturulur. Doğru alaşım seçimi ile ölçülebilir ve kestirilebilir bir sıcaklık-gerilim ilişkisi elde edilir. Termokupllarda çıkış gerilimi iki metalin birleşim noktasında değil, bimetal üzerinde uzunlamasına sıcaklık değişim yönünde oluşur. Termokuplların ürettiği gerilim, seçilen metallerin cihaz bağlantı noktasında var olan termoelektrik enerjilerin farkıdır. Bu kestirilebilir gerilim, gerçek işlem sıcaklığıyla ilişkilendirilebilir.

Termokupl sıcaklık algılayıcılarının geniş bir çalışma aralığı vardır ve yüksek sıcaklık uygulamaları için idealdirler. Soy metal alaşımlarından yapılmış olan termokupllar 1700°C ’a kadar olan sıcaklıkları ölçmek ve kontrol etmek için kullanılabilirler. Basit yapıları olumsuz ortam koşullarına (aşırı şok, vibrasyon gibi) dayanıklı olmalarını sağlar. Termokupllar sıcaklık değişimlerine ani değişiklik göstermek üzere küçük boyutlarda düzenlenebilirler. Termokupllar sisteme direk bağlanamazlar. Termokupl ile sistem arasına dengeleme kablosu adı verilen özel metal ve standart renkli özel kablolar kullanılır. Ayrıca sistem etkilerine ve yerine göre çeşitli kılıf tipleri de mevcuttur. T/C’lar pekçok şekil ve boyutta olabilirler. Yalıtımlı olanı en çok kullanılan tiptir. Bu tip bir T/C’da tel haline getirilmiş metal alaşımlar yalıtım malzemesiyle kaplanır; bu malzeme termokupl alaşımları arasında hem fiziksel hem de elektriksel yalıtım sağlar. Yalıtım malzemeleri 1260°C ’a kadar olan sıcaklıklarda işlevlerini sürdürebilirler.

2.1.1.1 Standart Metal Tabanlı Termokupllar

- **E Tipi Termokupl:** $0-800^{\circ}\text{C}$ arasındaki sıcaklık ölçümleri için idealdir. Seebeck katsayısı 100°C ’da $68\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ gibi yüksek bir değerdedir ve bu değer standart metaller

kullanılarak yapılan termokupllar içerisinde en yüksek olanıdır. Isıl iletkenliği düşük değerde olmakla beraber aşınmaya karşı dayanıklıdır. E tipi termokuplda “+” uç krom-nikel, “-” uç bakır-nikel kullanılarak imal edilir.

- **J Tipi Termokupl:** Ölçüm aralığı $0-700^{\circ}\text{C}$ ’dır. Pozitif eleman olarak demirin kullanılmasından itibaren en ucuz termokupl olmuştur. 100°C ’da Seebeck katsayısı $46\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır. J tipi termokuplda “+” uç demir, “-” uç ise bakır-nikel kullanılarak imal edilir.
- **K Tipi Termokupl:** Ölçüm aralığı $-200/1350^{\circ}\text{C}$ olmasına rağmen tipik kullanım aralığı 0 ile 1100°C arasındadır. 1006°C ’da Seebeck katsayısı $41\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır. K tipi termokuplda “+” uç nikel-krom, “-”uç ise nikel-alüminyum kullanılarak imal edilir.
- **T Tipi Termokupl:** 600°C ’a kadar EMK üreten bu termokupl 0°C ile 300°C arasında kullanılır. T tipi termokuplda “+” uç bakır, “-” uç ise bakır-nikel kullanılarak imal edilir. 100°C ’da Seebeck katsayısı $40\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır.

2.1.1.2 Kıymetli Metal Tabanlı Termokupllar

- **R Tipi Termokupl:** İletken olarak alaşım kullanılmıştır. “+” uç %12 Rodyum içeren Platin, “-” uç saf Platin’dir. 100°C ’da Seebeck katsayısı $8\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, 1100°C ’de Seebeck katsayısı $9\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır. Kullanım aralığı 0°C ile 1600°C arasında olmasına karşın -50°C ile 1700°C arasında ölçüm yapabilmektedir.
- **S Tipi Termokupl:** . “+” uçta %10 Rodyum içeren Platin, “-” uçta saf Platin kullanılarak imal edilir. 100°C ’da Seebeck katsayısı $8\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, 1100°C ’da Seebeck katsayısı $11\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır. Kullanım aralığı 100°C ile 1550°C olmasına karşın -50°C ile 1700°C arasında ölçüm yapabilmektedir.
- **B Tipi Termokupl:** “+” uçta %30 Rodyum içeren Platin, “-” uçta %6 Rodyum içeren Platin kullanılarak imal edilir. 100°C ’da Seebeck katsayısı $1\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$, 1100°C ’da Seebeck katsayısı $9\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ ’dır. Kullanım aralığı 100°C ile 1600°C olmasına karşın 50°C ile 1700°C arasında ölçüm yapabilmektedir.

2.1.1.3 Termokupl ile Sıcaklık Ölçümü

Termokuplun çıkış gerilimi, birleşim noktası ile diğer iki ucu arasındaki sıcaklık farkı ile orantılıdır. Oysa termokupl için geliştirilen matematiksel model ve hazırlanan tablolar

referans sıcaklığının 0°C olduğu durumlar için geçerlidir. Bunun için uygulamalarda soğuk birleşim kompanzasyonu denilen yöntemler kullanılır.

2.1.1.4 Soğuk Birleşim Kompanzasyonu

Termokuplun referans sıcaklığının 0°C olmayışından kaynaklanan hatayı gidermek için kullanılan yöntemdir. İlk uygulamalarda referans noktasının buz banyosuna tutulmasından ve genelde referans noktasının ölçüm noktasına göre soğuk olmasından dolayı bu adı almıştır.

Bilindiği üzere termokuplun çıkış gerilimi Seebeck katsayısı ve ölçülen sıcaklık ile sıcaklık farkının fonksiyonudur. Eğer referans sıcaklığı 0°C değil ise termokuplun çıkış gerilimi olması gerekenden referans sıcaklığının gerilim eşdeğeri kadar küçüktür. Soğuk birleşim kompanzasyonu için şu tanım yapılabilir: “Bir termokuplun çıkış gerilimine bir termokupl için referans noktasının sıcaklığının gerilim karşılığının eklenmesiyle referans sıcaklığı 0°C olan bir termokupl elde edilmesi işlemidir.” Günümüzde bu işlem elektronik olarak gerçekleştirilmektedir. Genelde yarı iletken sıcaklık algılayıcıları kullanılmakla beraber RTD, termistör veya kompanzasyon için özel üretilmiş tümdevreler kullanılmaktadır. Bunların yaygın olarak kullanılan bir kaçı Analog Devices firmasının soğuk birleşim kompanzasyonu, amplifikatör ve kontrol devresi içeren AD594/595/596/597 tümdevreleri, yalnızca kompanzasyon yapan Linear Technologies firmasına ait LT1025 tümdevresi, Ectron ve Omega firmalarının kompanzasyon modülleri vb. Referans sıcaklığına ait gerilim, donanım yoluyla çıkış gerilimine eklenebileceği gibi sayısal sistemlerde yazılım ile de kompanzasyon yapılabilir.

Yarı iletken sıcaklık algılayıcısı soğuk birleşim kompanzasyonu uygulamalarında en çok kullanılan yöntemdir. Sıcaklık ile orantılı analog gerilim, akım ve frekans üreten tüm devrelerin yanı sıra 12 bite varan sayısal çıkış veren tüm devreler de mevcuttur. Sayısal sistemlerde ikinci bir sıcaklık algılayıcısı (yarı iletken algılayıcı) kullanılarak yazılım yoluyla kompanzasyon yapılabilir. Bu yöntemle esneklik kazanıldığından herhangi bir giriş değişkeni ile tasarlanan sistem farklı tip termokupllar için de kullanışlı hale gelir.

2.1.2 RTD

Metallerin çoğunda sıcaklık ile metallerin elektriksel dirençleri doğrusala yakın bir şekilde artmaktadır. Bu esastan faydalanılarak RTD’ler üretilmiştir. Üç çeşit RTD vardır; platin dirençli, nikel dirençli ve bakır dirençli. RTD’ler hassas sıcaklık algılayıcılarıdır ve çok geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm alabilirler. Hassaslık, uzun süreli elektriksel direnç kararlılığı, eleman doğrusallığı ve tekrarlanabilirliği gibi özellikler isteyen uygulamalarda kullanılır.

RTD’lerde bulunan algılama elemanı genellikle bir platin tel sargısı veya seramiğe uygulanmış ince bir metalik tabakadır. Günümüzde 0.0025°C kararlılığa sahip hassas termometre üretilebilmektedir. Platin ve bakır elemanlara sahip RTD’ler T/C’lara ve pekçok termistöre göre daha doğrusal bir davranış gösterirler. T/C’den farklı olarak bir RTD cihaz bağlantıları için bakır kullanılır ve dolayısıyla “soğuk birleşim kompanzasyonu” gerektirmez. Bu da sistem maliyetinin düşmesini sağlar. RTD’nin dezavantajları ise daha yavaş tepki vermesi, şok ve vibrasyona duyarlı olması, sıcaklık değişimlerinde küçük direnç değişimi göstermesi ve düşük taban direncine sahip olmasıdır. Bu sorunların üstesinden gelebilmek için 3 veya 4 kablolu devreler kullanılır. Bu yöntem sıcaklığa bağlı direnç değişimlerini ölçmede bir çeşit köprü devresi özelliği 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 pekçok noktadan ölçüm alabilirler ve bunların ortalamasını vererek daha az hatalı sonuçların elde edilmesini sağlarlar. T/C’larla bunun uygulanması pek mümkün değildir. RTD’ler kullanım alanlarına göre özel kılıf sistemi ile korunur ve monte edilirler. Bu kılıflar kullanılacak yerin özelliğine göre standart tablolardan seçilir. Kılıflar ortamın kimyasal, mekanik ve yıpranma şartlarına göre belirlenir.

2.1.3 Termistörler

Termistörler ısınınca direnci değişen elemanlardır ve küçük sıcaklık değişimlerine karşı duyarlıdırlar. Düşük sıcaklık uygulamaları için ve sınırlı sıcaklık aralıkları için uygundurlar. Fiziksel boyutları küçüktür. Nokta tipi algılayıcılar için boyutları bir iğne ucu kadar bile olabilir. Termistörler kullanıldıkça daha kararlı hale gelirler. Termistörün derecesine ve fiyatına bağlı olarak performansı düşük doğruluktan kaliteli RTD’lerle yarışabilecek yüksek doğruluğa kadar değişebilir. Termistörler bir işlem değişkeninin yarım veya bir dereceye kadar olan sıcaklık aralığındaki kontrolüne olanak tanırırlar. Termistörlerin ana direnci binlerce ohm olabilir, bu da aynı ölçüm akımı ile RTD’lerden daha büyük bir gerilim değişikliği sağlar; ve kablo direnci problemlerini ortadan kaldırır. Termistörler RTD’lere nazaran sıcaklığa daha fazla duyarlı olduğundan termistörlerle çalışırken akıma dikkat edilmelidir. Yeni termistörlerden bazıları bunu engellemek için farklı bazı düzeneklere sahiptir ancak fiyatları pahalıdır. Algılayıcının kırılkan yapısı, sınırlı sıcaklık aralığı, yüksek sıcaklıklarda dekalibrasyon termistörlerin dezavantajlarıdır. Termistörler NTC ve PTC olmak üzere iki çeşittir.

- **NTC:** Negatif sıcaklık katsayılı termistörler olarak bilinirler. Metal oksitlerin karışımından ibaret olan bir yarı iletkenidir. Germanyum, Silikon, ve metal oksitler gibi maddelerden üretilir. Bu tip termistörler, RTD'lerin aksine negatif direnç sabitine sahiptirler. Sıcaklık arttıkça direnci düşmektedir. Düşük sıcaklık aralığında yüksek çözünürlüğe sahiptir, fakat aynı şeyi doğruluk için söylemek mümkün değildir. Sıcaklık aralığı 100°C ile 300°C arasındadır ve geniş bir kullanım alanına sahiptir.
- **PTC:** Pozitif sıcaklık katsayılı termistörler olarak da bilinirler. Pozitif sıcaklık sabitine sahip dirençler ısındığı zaman direnç değeri büyür. Metaller, özellikle de Baryum Titamat ve Fungsten bu özelliğe sahiptir. Çok değişik kullanım alanları vardır. PTC termistörleri genellikle sargılı tip cihazların korumasında kullanılırlar.

2.1.4 Yarı İletken Sıcaklık Algılayıcıları

- **Silisyum Diyot:** Yarı iletken diyotlarda iletimin sağlanması için gerekli gerilim 700mV civarındadır. Diyodu iletme geçirebilmek için elektronların iletim bandına sokulması gerekir ve bu ancak enerji ile mümkündür. Eğer iletim enerjisinin bir kısmı sıcaklık ile sağlanırsa silisyum diyodun iletim için gerekli gerilimi düşer. Bu gerilim değeri $^{\circ}\text{C}$ başına 2mV kadardır. Diyodun bu özelliğinden faydalanılarak sıcaklık ölçmede bir yöntem geliştirilebilir. Ancak diyodun sıcaklık ölçümünde kullanılabilmesi için sıcaklık aralığının düşük olması gerekir. Çünkü 200°C 'ın üzerindeki sıcaklıklar diyot eklemeni bozmaktadır. Yine de diyot -50°C ile 150°C arasında doğrusal olarak sıcaklık ölçmede kullanılabilir.
- **Sıcaklık Duyarlı Entegreler:** Temel yarı iletken mantığının yongalar içine sokulması şeklinde elde edilir. Sıcaklık duyarlı bu elemanlar genellikle $^{\circ}\text{C}$ başına 10mV gerilim üretecek şekilde üretilmişlerdir. Bu elemanlar, piyasada kolayca bulunabilir ve geniş bir kullanım alanına sahiptir. Genellikle düşük sıcaklıkların algılanmasında ve kompanzasyon işlerinde kullanılır. Gerçeklenen sistemde kompanzasyon elemanı olarak ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerindeki her 1°C 'lık artışta/azalışta çıkışındaki gerilim 10mV kadar artan/azalan LM35 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. Gerçeklenen sistemde kullanılan bir diğer yarı iletken sıcaklık algılayıcısı DS18B20'dir. DS18B20 sıcaklık algılayıcısına ait detaylı bilgiler Bölüm 6'da verilecektir.

2.1.5 Yüzey Temassız Sıcaklık Algılayıcıları

Pirometre, hareket halinde bulunan bir cismin sıcaklığının ölçülmesinde veya sensörün tahribi söz konusu olduğunda kullanılır.

Işınım pirometreleri termal olarak dengeli hale getirilmiş radyasyonu yayan yüzeylerin ısısını uzaktan görerek ölçer. Avantajları aşağıda sıralanmıştır.

- Yüzey ile doğrudan temas olmadığı için paslı bölgelerden ve yüksek ısıdan korumak amacı ile pirometreyi koruyucu kılıf içine alma gerekliliğinin olmaması.
- Özellikle hareketli cisimler için önemli olan kısa sürede okuma özelliği.
- Hareketli cisimler ölçüm konusu olduğunda ek bir sürtünme ısısının gerekmemesi.
- Bulunan ortamın sıcaklığının ölçümü yapılacak cismi etkilememesi.

Bir IR (infrared) cihazı nesne tarafından yayılan enerjinin bir kısmını toplar ve onu nesnenin bilinmeyen sıcaklığı ile ilişkilendirir. IR algılayıcılar birçok avantaja sahiptirler ve temaslı algılayıcıların uygun olmadığı her yerde kullanılabilirler.

2.2 Sıcaklık Kontrolü

Çizelge 2.2’de sıcaklık kontrol işlem tipleri, bu tiplere ait olumlu ve olumsuz özellikler verilmiştir [5].

Çizelge 2.2 Sıcaklık kontrol işlem tipleri

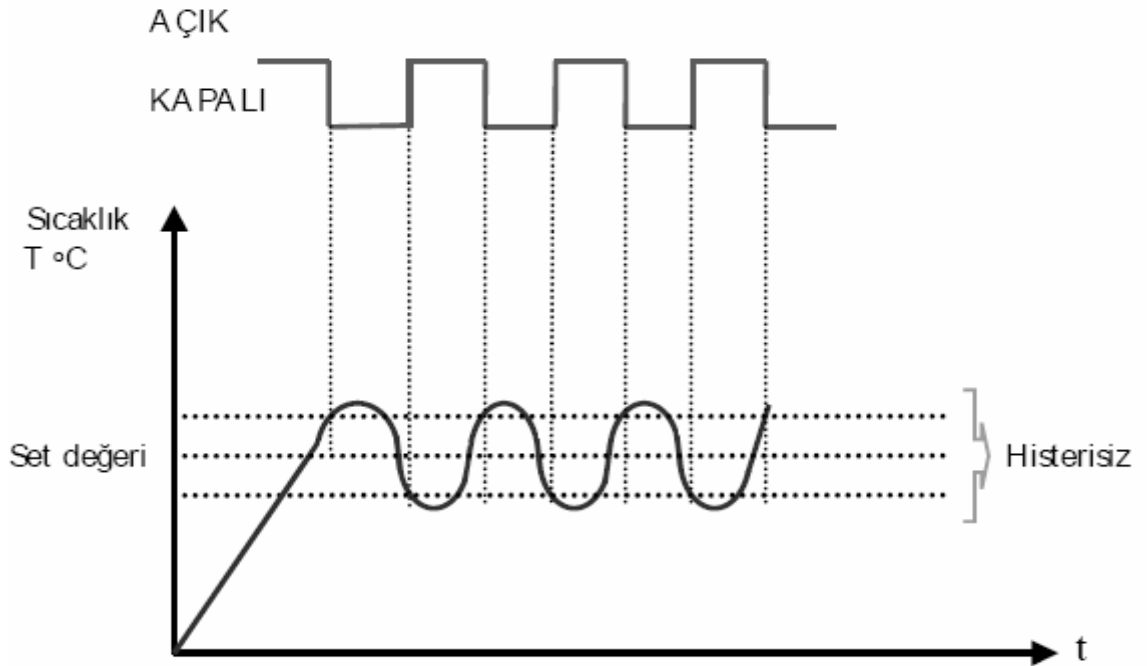
İşlem Tipi	Pozitif Etkiler	Negatif Etkiler
Aç-Kapa (On-Off)	Basit işlem Ofset değeri elde edilmez.	Üst aşım (Overshoot) Salınım elde edilir (hunting)
Oransal (Proportional: P)	Üst aşım ve salınım azdır.	Güvenli bir kontrol için daha uzun zaman gereklidir.
Oransal-İntegral (Proportional-Integral: PI)	Ofset değeri yoktur.	Güvenli bir kontrol için daha uzun zaman gereklidir.
Oransal-Türevsel (Proportional-Derivative: PD)	Sistem yanıtı hızlıdır.	Tek başına kullanılamaz. Oransal işlemiyle birlikte kullanılır.
Oransal- İntegral-Türevsel (Proportional-Integral- Derivative: PID)	Ofset değeri yoktur. Üst aşım ve salınım azdır. Sistem yanıtı hızlıdır.	Set parametrelerine ihtiyaç duyulmaz.

2.2.1 Aç/Kapa (On/Off) Kontrol

Bu kontrol sisteminde, sıcaklık belirli bir set değerinin altında iken çıkış “Açık” (On), sıcaklık

değeri set değerini yakaladıktan sonra çıkış “Kapalı” (Off) durumuna gelmektedir. Bu işlem basit “aç/kapa” (on/off) işlemidir. Fakat, üst aşım ve salınım birçok uygulamada dezavantaj oluşturur. Şekil 2.2’de de görüldüğü gibi set değerine karşı bir salınım oluşmaktadır ve sistem ilk açıldığında bir üst aşım oluşmaktadır. Aç/kapa kontrol cihazı, set değeri üstünde veya altında ayar değişkenini açar ya da kapar. Kontrol cihazının çıkışı iki konumludur; ya tamamen açık ya da tamamen kapalıdır. Örneğin ayar değişkeni elektrik enerjisi olan bir sistemde kontrol cihazı, set değerinin altında elektrik enerjisini sisteme tamamen verir, set değerinin üstünde ise tamamen keser, veya tam tersi düşünülebilir. Aç/kapa kontrolde kontrol altında tutulan değişken, örneğin sıcaklık, sürekli olarak set değerinin etrafında salınım halindedir. Bu salınım tepeden tepeye değişim, salınım sıklığı ve proses karakteristiklerine bağlıdır. Şekil 2.2’de aç/kapa kontrol cihazıyla kontrol edilen bir sistemin, sıcaklık-zaman eğrisi görülmektedir.

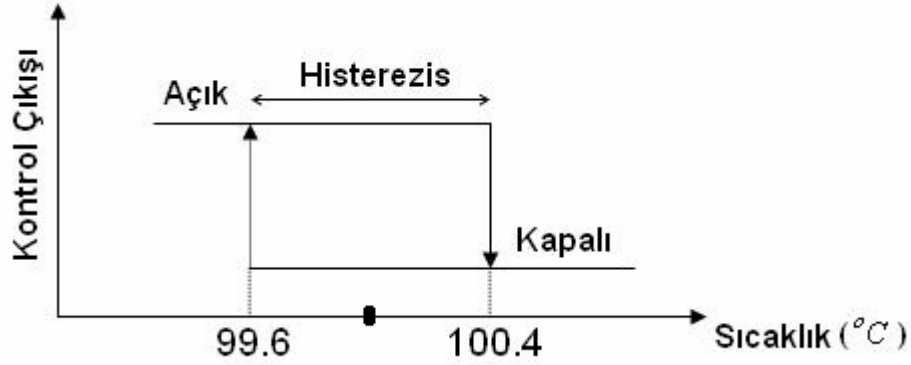
Pratikte, endüstriyel sistemlerde bu tip ideal bir aç/kapa kontrol sistemi pek kullanılmaz. Prosesteki bozucu faktörler ve elektriksel gürültü nedeniyle, set değeri geçişleri bu şekilde tek noktada olacak olursa sistem osilasyona geçer ve devamlı set değeri etrafında sık aralıklı aç/kapa yapar. Özellikle bu durum son kontrol elemanlarının çok kısa sürede tahrip olmasına sebep olur. Bu durumu önlemek için set değeri geçişlerinde “histerezis” ya da “sabit bant” oluşturulur. Şekil 2.2’deki histerezisli aç/kapa kontrol eğrisinde sıcaklık değeri set değerinin histerezis kadar üzerine çıktığında çıkış kapalı; set değerinin histerezis kadar altına düştüğü durumda çıkış açık konumda olacaktır.



Şekil 2.2 Aç/kapa kontrol eğrisi

2.2.1.1 Histerezis

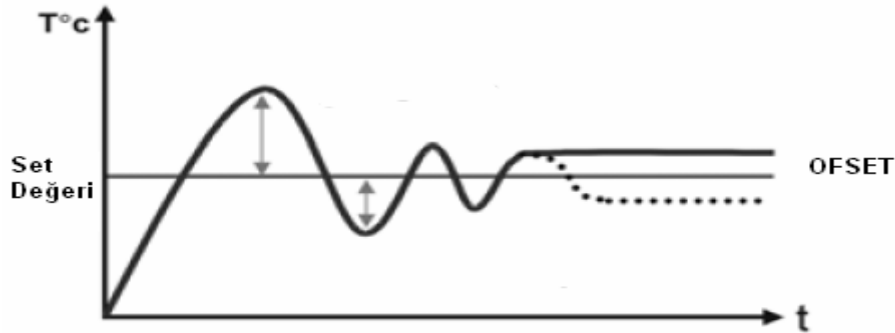
Aç/kapa kontrol sistemleri salınımdan ve gürültülerden etkilenmektedir. Bu nedenle aç/kapa kontrol sistemlerinde oluşabilecek anahtarlamaı engellemek için Histerezis'e ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 2.3'de örnek bir histerezis eğrisi verilmiştir. Sıcaklık set değeri 100°C , histerezis 0.4°C olarak seçilidir. Bu durumda sıcaklık değeri 100.4°C 'a ulaşınca kadar çıkış açık konumda olacaktır ve sıcaklık 99.6°C 'a düşüncye kadar çıkış kapalı konumda kalacaktır.



Şekil 2.3 Histerezis eğrisi

2.2.2 Oransal (P) Kontrol

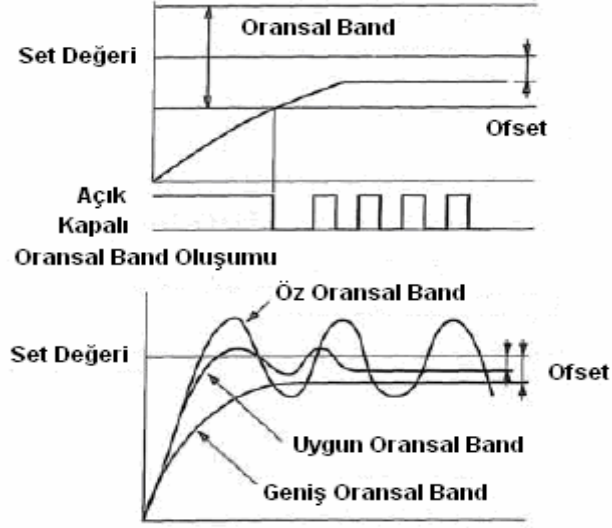
Oransal kontrol işlemi, değişen sıcaklık değerinin set değeri ile arasında oluşan sapmayı kontrol eden işlemdir. Sıcaklığın ayarlanan set değerinden sapma oranına göre çıkış açık ya da kapalıdır. Sapmayı (offset) azaltmak için oransal band küçültülebilir. Ancak, oransal band küçüldükçe aç/kapa kontrole yaklaşıldığı için set değeri etrafında salınımlar artabilir. Geniş oransal bantta da ofsetin büyük olacağı düşünülerek prosese en uygun oransal bandın seçilmesi gerekir. Kontrol cihazı, oransal kontrolde prosesin talep ettiği enerjiyi ayar değişkenini sürekli olarak ayarlayarak verir. Gereksinim duyulan enerji ile sunulan enerji arasında bir denge vardır.



Şekil 2.4 Oransal kontrol eğrisi

2.2.2.1 Ofset

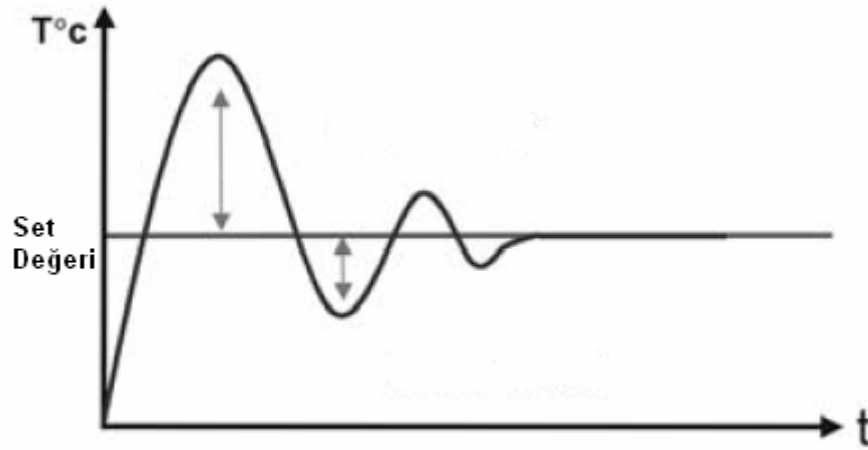
Kontrollü sistem kalıcı duruma ulaştıktan sonra ayarlanan set değeri ile sıcaklık ölçüm değeri arasında bir sapma elde edilir. Bu değer ofset değeridir.



Şekil 2.5 Ofset eğrisi

2.2.3 Oransal İntegral (PI) Kontrol

Oransal kontrol işlemi yapıldığında bir ofset değeri elde edilmektedir. Bu nedenle eğer oransal kontrol işlemi integral işlemi ile birleştirilirse zaman geçişi ile ofset değeri ortadan kalkacak ve kontrollü sıcaklık değeri set değerine ulaşabilecektir.

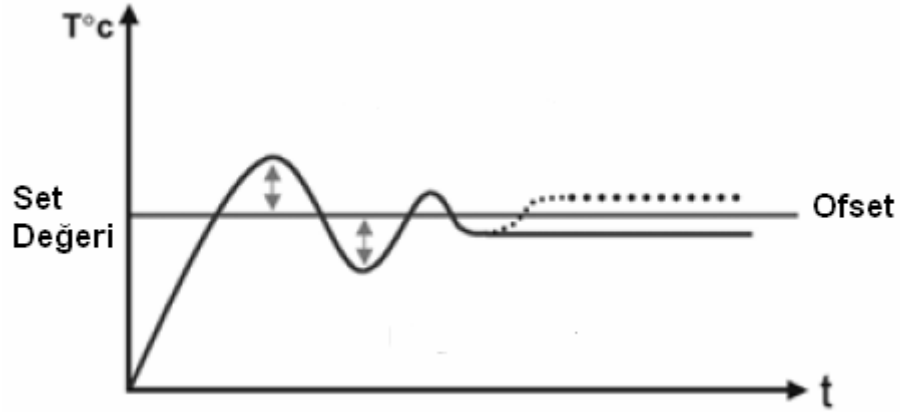


Şekil 2.6 Oransal integral kontrol eğrisi

2.2.4 Oransal Türevsel (PD) Kontrol

Oransal kontrolün çıkışı, set değerinde oluşan sıcaklık sapması ile açık ya da kapalı olmaktadır. Türev işleminde “oran” fonksiyonu, zamanı (cevap zamanı) kısaltarak sıcaklığın set değeri civarında sabit kalmasını sağlar. Bunu orantısal kontrolün çevrim zamanını azaltarak ya da arttırarak gerçekleştirir ve üst aşımı azaltır.

Oransal kontrolde oluşan ofset, oransal+türevsel kontrol ile de kaldırılabilir. Sıcaklık değişimlerinin hızlı olduğu proseslerde oransal bandı aşağı veya yukarı kaydırmak için türevsel etkiden yararlanılabilir. Kaydırma hızı sıcaklığın değişim hızıyla orantılıdır. Oransal+Türevsel kontrolde set değeri ile ölçülen değer arasındaki fark sinyali elektronik türev devresine gider. Türevi alınan fark sinyali tekrar fark sinyali ile toplanır ve oransal devreden geçer. Bu şekilde düzeltme yapılmış olur. Türevsel etki oransal band içine girmeden başladığı için düzeltici etkisi hemen başlar. Bu yüzden sistemde ilk başlatma aşamasında aşırı üst aşım olması önlenir. Diğer bir ifadeyle türevsel etki üst aşımları azaltır.

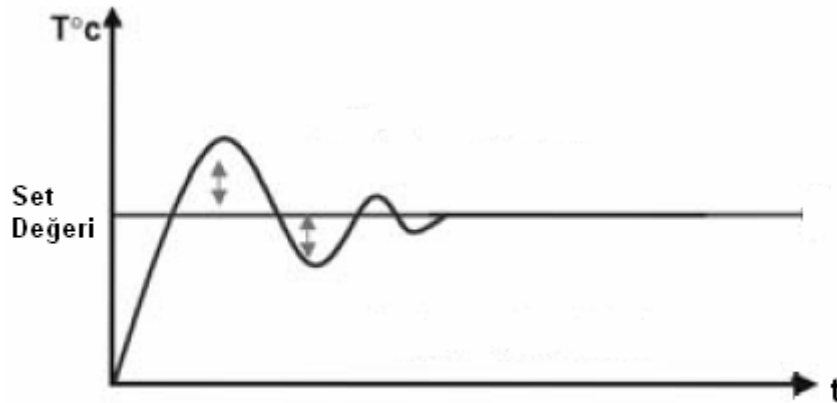


Şekil 2.7 Oransal türevsel kontrol eğrisi

2.2.5 Oransal İntegral Türevsel (PID) Kontrol

PID işlemi oransal, integral ve türev işlemini birleştirmektedir ve sıcaklık kontrol uygulamalarında kullanılmaktadır. Oransal kontrolde set değerindeki sıcaklık sapmasına göre çıkış açık ya da kapalı yapılmaktadır. Türev işlemi zamanı kısaltarak, sıcaklığı set değeri civarında sabitlemektedir. İntegral işlemi sıcaklığın set değeri ile arasındaki ofset hatasını ortadan kaldırmaktadır. Kontrolü zor, karmaşık sistemlerde oransal kontrol veya oransal+türevsel, oransal+integral kontrolün yeterli olmadığı proseslerde oransal+integral+türevsel kontrol tercih edilmelidir. Kısaca bu kontrolü tanımlayacak olursak;

oransal kontrolde oluşan ofset, oransal+integral kontrolle giderilir. Meydana gelen üst aşımalar bu kontrole türevsel etkinin de eklenmesi ile minimum seviye indirilir veya tamamen kaldırılır.



Şekil 2.8 Oransal integral türevsel kontrol eğrisi

2.3 Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazları

Gelişen teknoloji ile birlikte sıcaklık kontrol sistemlerinin kullanım alanları artmıştır ve dijital göstergeli sıcaklık kontrol cihazları son yıllarda gelişen sıcaklık kontrol sistemlerinden birisidir. Endüstride hassas ve yüksek doğrulukta sıcaklık ölçümü yapabilen, ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerini LCD ekranda gösterebilen, alarm üretebilen ve set değerleri ilgili butonlar ve potansiyometreler aracılığıyla ayarlanabilen, üzerinde seri haberleşme birimi bulunan veya bulunmayan, kendi yazılımıyla beraber temin edilebilen pek çok firmaya ait dijital sıcaklık göstergeleri bulunmaktadır.

Bu bölümde endüstride kullanılan sıcaklık kontrol ve gösterge cihazları üzerinde yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Bu cihazlara ait daha detaylı katalog bilgileri Ekler bölümünde [Ek 1] yer almaktadır.

- **Metronik M6P01TB Modeli Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Mekatronik firmasına ait sıcaklık ölçü cihazının genel özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir [18]:
 - o Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - o 2 dijital LCD ekrana sahiptir.
 - o Tek kontaklıdır.

- o Dar bantlı aç/kapa kontrol yapabilmektedir.
- o Giriş kopmasında sistem koruma özelliğine sahiptir(Rölenin enerjisi kesilir).
- o Pt100 veya Pt1000 termorezistans ile sıcaklık ölçümü alabilmektedir.
- o -10 ile +50 °C arasında sıcaklık ölçümünü %1 hatayla gerçekleştirebilmektedir.
- o 220VAC besleme ile çalışmaktadır.



Şekil 2.9 Metronik M6P01TB

- **Metronik M48P0XT Modeli Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Mekatronik firmasına ait sıcaklık ölçü cihazının genel özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir [18]:
 - o Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - o Aç/kapa veya zaman oransal kontrol yapabilmektedir. Aç/kapa veya zaman oransal kontrol formu panelden seçilebilir.
 - o Aç/kapa kontrol için Histerezis 1 °C ile 25 °C arasında ayarlanabilir.
 - o Zaman oransal kontrolde Pb.Oransal bant maksimum skalanın 0 ile %20 arası arasındadır.
 - o 3 dijital LCD ekrana sahiptir.
 - o Doğruluk sınıfı %0.5'dir.
 - o İsteğe bağlı bir veya iki röle çıkışına sahiptir.
 - o Panelden seçilebilir ısıtma ve soğutma formuna sahiptir.
 - o Giriş kopmasında sistem koruma özelliğine sahiptir (Rölenin enerjisi kesilir).
 - o 220VAC besleme ile çalışmaktadır.



Şekil 2.10 Metronik M48P0XT

- **Omron E5C2 Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Omron E5C2, Omron firmasının basit analog ayarlı aç/kapa ya da PD kontrolörüdür. Bu cihaza ait temel özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir [19]:
 - o Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - o -10°C ile 55°C arası ortam sıcaklığında çalışır.
 - o Aç/kapa ya da PD kontrol özelliğine sahiptir.
 - o 100-120 / 200-240VAC besleme ile çalışmaktadır.
 - o Kontrol çıkışı olarak röleye sahiptir.
 - o K tipi termokupl ile 0°C - 1200°C arasında, L tipi termokupl ile 0 - 400°C arasında Pt100 ile -50°C - 200°C arasında sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.
 - o Sıcaklık ölçüm doğruluğu $\pm\%2$ kadardır.
 - o Histerezis değeri ölçüm değerinin $\%0.5$ 'i kadardır ve sabittir.
 - o Oransal bant ölçüm değerinin $\%3$ 'ü kadardır ve sabittir.



Şekil 2.11 Omron E5C2

- **Omron E5CSV Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Omron firmasına ait kullanımı geniş bir alana yayılmış, alarm fonksiyonlu 1/16 DIN kontrolör, aç/kapa ya da PID kontrol sağlar. Geniş, tek satırlı ekranı proses değerini, set noktası ile olan sapma durumunu , çıkışları ve alarm durumlarını gösterir [19].
 - o Tüm ayarlar butonlar ile set edilebilir.
 - o 7-segment ekrana sahiptir.
 - o Çoklu giriş özelliğine sahiptir; termokupl(K, J, L, T, U, N, R) ve Pt100
 - o Kontrol çıkışları röle ve SSR sürmek için gerilimdir.
 - o Aç/kapa ya da autotuning/self tuning özelliği ile iki PID kontrole sahiptir
 - o 100-240VAC veya 24VAC/VDC besleme ile çalışmaktadır.
 - o 500ms'lik periyotlarla sıcaklık ölçümü alabilmektedir.
 - o -10°C ile 55°C arası ortam sıcaklığında çalışır.
 - o 1000°C 'a kadar sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.
 - o $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ okuma hassasiyetine sahiptir.

- o Aç/kapa kontrol için histerezis ölçülen sıcaklığın %0.2 değerindedir.



Şekil 2.12 Omron E5CSV

- **Omega i-Serisi Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Bu sıcaklık ölçü/kontrol cihazı tamamen mikroişlemci tabanlı olup yüksek derecede doğruluğa sahip olması ve fonksiyonel PID kontrolünü de barındırmasıyla endüstriyel enstrumantasyon sektöründe yerini almaktadır. Bu cihaza ait genel özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir [4]:
 - o Santigrat ve Fahrenheit cinsinden sıcaklık ölçümü yapabilir.
 - o Tek girişlidir.
 - o LCD ekran 4 dijittir. LCD ekran büyüklüğü olarak iki seçenek vardır, 0.4inç veya 0.83inç. DPI-8 modeli ekran büyüklüğü 0.83inç iken DPI-16 ve DPI-32 modellerinin ekran büyüklüğü 0.4inç kadardır.
 - o $\pm 0.5^{\circ}C$ ($0.9^{\circ}F$) ölçüm doğruluğuna sahiptir.
 - o 0.03% okuma hassasiyetine sahiptir. Analog/Sayısal dönüşümde Omega firmasının çözümü olan patentli algoritmalar ve akıllı filtreler kullanılmaktadır (20-bit ASIC-Application Specific integrated circuit).

- o 10-24Vdc arası besleme gerilimiyle çalışabilir.
- o Seri haberleşme birimi opsiyoneldir. RS-232 ve/veya RS-445 olabilir veya olmayabilir.
- o Programlanabilir renkli ekrana sahiptir. LCD ekranı, herhangi bir sıcaklık değerinde veya bir alarm sıcaklığına ulaşıldığında rengini değiştirecek şekilde programlanabilir. Mevcut renkler koyu sarı, yeşil ve kırmızıdır.
- o 25°C (77°F)’da $\pm 0.04^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$ RTD ve $\pm 0.05^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$ TC kararlılığına sahiptir.
- o DPI-8 ve DPI-32 modellerinde 10-tip termokupl (K, J, T, E, R, S, B, C, N ve L) kullanabilmektedir. DPI-16 modeli sadece K, J, T tipi kullanmaktadır. DPI-8 ve DPI-32’de 2,3 veya 4-telli (100Ω 500Ω 1000Ω) DPI-16 2-tel (100Ω) RTD bağlantı seçeneği vardır.
- o Ölçülen proses gerilimi 0-100mV, 0-1V ve 0-10V kadarken proses akımı 0-20mA kadardır.

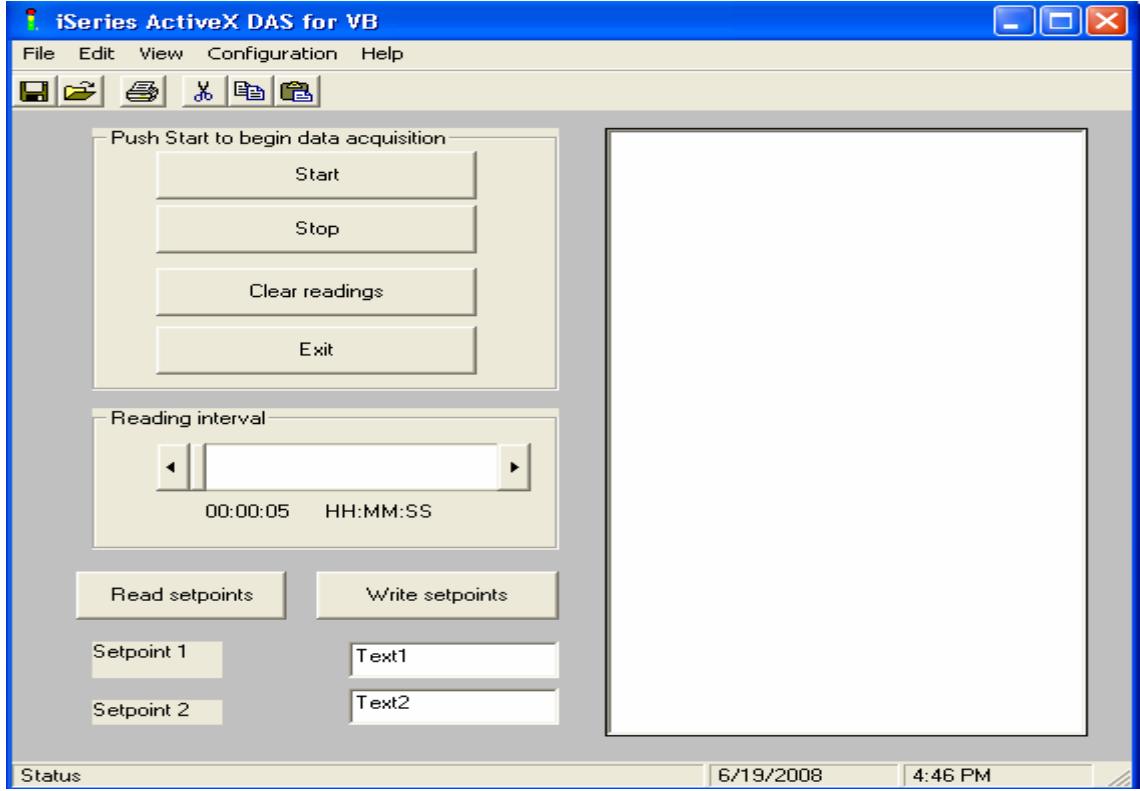
Yukarıda bahsedilen Omega i-serisi cihazların özelliklerini birebir barındıran, bu özelliklere ek olarak kontrol çıkışları bulunan CNi serisi ürünler (CNi-8 CNi-16 ve CN-i32) de mevcuttur. CNi serisinde kontrol, alarm veya proses değişkenin tekrar iletimi olmak üzere 2 adet kontrol çıkışı vardır. Aç/kapa ve PID kontrolü CNi serisi ürünlerle yapılabilmektedir.

Şekil 2.13’de DPi serisi üç farklı modelin görünüşleri verilmiştir.



Şekil 2.13 Omega DPi-32, DPi-16 ve DPi-8 sıcaklık göstergeleri

Şekil 2.14’de bir DPi sıcaklık göstergesi ile beraber verilen yazılım programının görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.14 Omega DPi sıcaklık göstergesi yazılım programı

- **Omega DP41 Serisi Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** DP41 serisi sıcaklık göstergelerine ait temel özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir [4]:
 - o Santigrat ve Fahrenheit cinsinden sıcaklık ölçümü yapabilir.
 - o Tek girişlidir.
 - o LCD ekran 6 dijittlidir. LCD ekran büyüklüğü 0.56inç kadardır.
 - o Alarm ve kontrol yeteneğine sahiptir.
 - o Min/Max değerleri depolayabilmektedir.
 - o BCD çıkış, analog çıkış (0-20mA, 4-20mA, 0-5Vdc ve 0-10Vdc konfigüre edilebilir), seri haberleşme birimi (RS-232/RS-445) ve mekanik röleler opsiyoneldir.
 - o 115 veya 230Vac 49-400Hz veya 10-32V arası bir gerilimle çalışabilmektedir.
 - o 17-bit çözünürlüğe sahiptir.
 - o 9 termokupl tipi (J, K, T, E, R, S, B, N, JDIN) kullanır. 0.2°C (3.6°F) doğrulukta 0.01°C çözünürlükte ölçüm alır.

- o 2,3 veya 4-tel RTD (6Ω - $6K\Omega$) bağlantı yapılabilir. Doğruluk $0.2^{\circ}C$, çözünürlük $0.01^{\circ}C$ kadardır.
- o Daha ileri modelleri sıcaklığın yanı sıra DC gerilim ve akım da ölçebilmektedir.
- o 0.005% okuma hassasiyetine sahiptir.
- o Programlanabilir renkli ekrana sahiptir. LCD ekranı, herhangi bir sıcaklık değerinde veya bir alarm sıcaklığına ulaşıldığında rengini değiştirecek şekilde programlanabilir. Mevcut renkler yeşil ve kırmızıdır.
- o 4 adet izole “open collector” çıkışa sahiptir.
- o Saniyede 12 okuma yapabilmektedir.

Şekil 2.15’de DP41-TC sıcaklık göstergesi görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.15 Omega DP41-TC

- **Omega ILD Serisi Sıcaklık Ölçü Cihazı:** ILD serisinin bir üyesi olan ILD24-UTP’ye ait genel özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir [4]:
 - o Santigrat ve Fahrenheit cinsinden sıcaklık ölçümü yapılabilir.
 - o Tek girişlidir.
 - o 4 ve 6 dijital ekran seçeneği vardır. LCD ekran büyüklüğü olarak iki seçenek vardır, 2.25inç veya 4inç.
 - o $\pm 0.5^{\circ}C$ ($0.9^{\circ}F$) ölçüm doğruluğuna sahiptir. 0.03% okuma hassasiyetine sahiptir.
 - o Saniyede 3 okuma yapabilmektedir.
 - o Alarm özelliğine, PID kontrol için opsiyonel röleye sahiptir.

- o Ethernet (TCP/IP ve ARP protokollerini destekler), RS-232 ve RS-485 haberleşmelerini desteklemektedir.
- o Programlanabilir renkli ekrana sahiptir. LCD ekranı, herhangi bir sıcaklık değerinde veya bir alarm sıcaklığına ulaşıldığında rengini değiştirecek şekilde programlanabilir. Mevcut renkler koyu sarı, yeşil ve kırmızıdır.
- o 25°C (77°F)’da $\pm 0.04^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$ RTD ve $\pm 0.05^{\circ}\text{C} / ^{\circ}\text{C}$ TC kararlılığına sahiptir.
- o 10-tip termokupl (K, J, T, E, R, S, B, C, N ve L) kullanabilmektedir. 2,3 veya 4-telli (100Ω 500Ω 1000Ω) RTD bağlantı seçeneği vardır.

Şekil 2.16’da ILD24-UTP sıcaklık göstergesi görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.16 Omega ILD24-UTP

- **Omega CN Serisi Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** CN616 sıcaklık göstergesine ait temel özellikler aşağıda maddeler halinde verilmiştir [4]:
 - o CN616 serisi, sıcaklık gösterge ve alarm sistemi olan CN100 sisteminin geliştirilmesiyle elde edilmiştir.
 - o CN616 mikroişlemci tabanlı bir sıcaklık kontrol cihazıdır ve termokupl (J, K, T, R, S, E, B veya C) ile çalışır. Santigrat ve Fahrenheit cinsinden sıcaklık ölçümü yapabilir.
 - o $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ doğrulukta $\pm 1^{\circ}\text{C}$ çözünürlükte ölçüm alabilmektedir.
 - o 6 zone’u kontrol edebilme yeteneğine sahiptir. Her zone PID parametreleri ve çıkış çevrim zamanı hariç birbirinden bağımsız kontrol cihazları olarak davranırlar. Her zone ilgili fonksiyonların aktif edilmesiyle standart kontrol olarak veya PID kontrol olarak çalışır.
 - o Aç/kapa ve PID kontrolü yapabilmektedir. Aç/kapa kontrol, PID kontrolün aktif olmadığı alanlarda kullanılır durumdadır. Aç/kapa kontrol altındaki tüm zone’lar için aynı histerezis değeri kullanılır. Tüm zone’lar autotunning veya manuel olarak set edilen aynı PID parametrelerini kullanmaktadır. En iyi kontrolü sağlamak için en yavaş zone autotunning olarak seçilmelidir. Buna rağmen kontrol optimum seviyede değilse manuel olarak

ayarlar yapılmalıdır. PID sabitleri bir daha autotuning veya manuel ayarlama yapıncaya kadar hafızada tutulmaktadır.

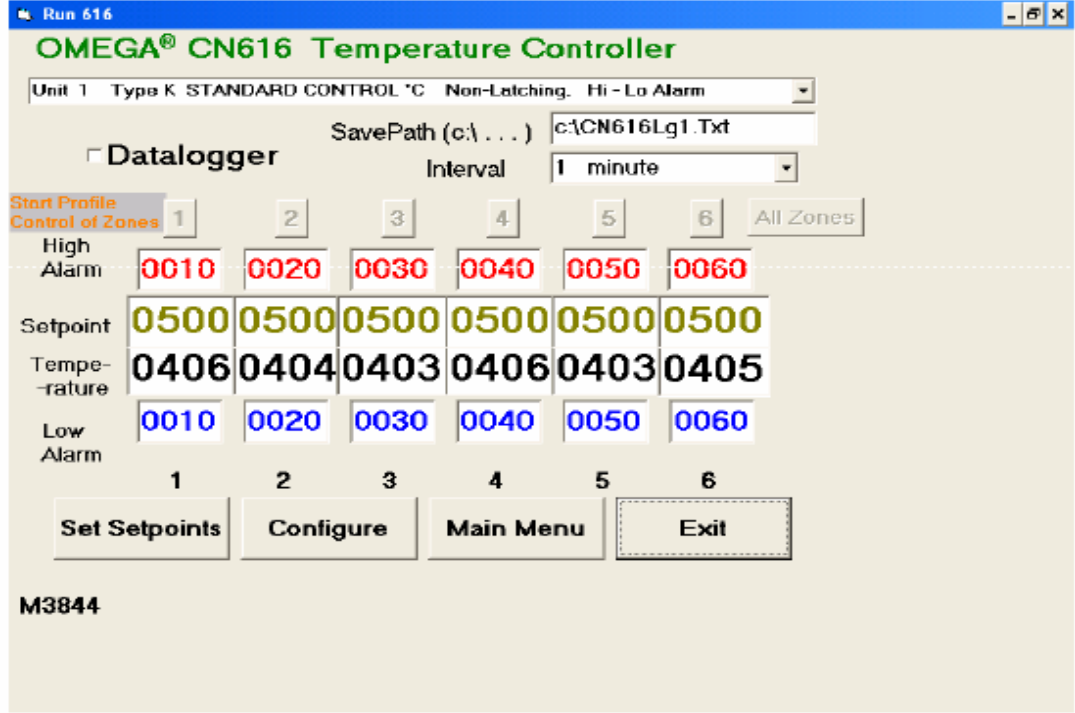
- o 4 adet alarm seçeneği vardır, aşırı sıcak alarmı, aşırı soğuk alarmı, yüksek sıcaklık alarmı, düşük sıcaklık alarmı ve alarm olmama durumu.
- o Saniyede 15 okuma yapabilmektedir.
- o Herhangi bir alandaki alarm durumu için röle çıkışına sahiptir.
- o Sıcaklık değerini gösteren 4 dijit, kontrol edilen zone'u gösteren 1 dijit ön panelde mevcuttur.
- o RS-232 haberleşmesini (Baud Rate:4800, Data Bits:8, Parity:N, Stop:1) desteklemektedir. Bir bilgisayar üzerindeki tek bir RS-232 haberleşme portuna 10'a kadar herhangi bir sayıda kontrol cihazı paralel olarak bağlanabilir. Her kontrol cihazına RS-232 ID kodu olarak bilinen 0-9 arası herhangi bir seri numarası atanır. Bilgisayar hangi kontrol cihazıyla haberleşeceğine bu seri numaralarını kullanarak karar verir. Bu nedenle her kontrol cihazı farklı bir ID'ye sahip olmalıdır.
- o Sıcaklık kontrol cihazıyla bilgisayar arasındaki haberleşmeyi sağlayan yazılım programı Visual Basic ile geliştirilmiştir. Tüm haberleşme ASCII formatta yapılmaktadır. Haberleşmenin ilk adımı olarak sıcaklık kontrol cihazına bilgisayar üzerinden hazır ol emri gönderilir (ASCII:L hex:4C). Hazır ol emrini alan sıcaklık kontrol cihazı seri portu dinlemeye geçer ve RS-232 ID kodunu bekler (ASCII[0-9] hex[30-39]).

Şekil 2.17'de CN616 serisi bir sıcaklık göstergesinin görünüşü verilmiştir.



Şekil 2.17 Omega CN616TC1

Şekil 2.18’de CN616 kontrol cihazı için geliştirilmiş yazılım programının ana menüsü verilmiştir.



Şekil 2.18 CN616 sıcaklık ölçü ve kontrol cihazı Visual Basic yazılım programı

3. MİKRODENETLEYİCİ BİRİMİ (PIC16F877A)

Mikrodenetleyici, bir bilgisayarın temel özelliklerini içeren ve tek bir silikon kılıf içerisinde toplanmış bir tümdevre olarak düşünülebilir (Dinçer ve Gerçek, 2006; Şahin vd., 2007). Genel olarak bir mikrodenetleyici, bir mikroişlemci çekirdeği, program ve veri belleği, giriş/çıkış birimleri, saat darbesi üreteçleri, zamanlayıcı/sayıcı birimleri, kesme kontrol birimi, analog/sayısal ve sayısal/analog çeviriciler, darbe genişlik üretici, seri haberleşme birimi ve daha özel uygulamalar için kullanılan diğer çevresel birimlerden meydana gelmektedir. PIC'lerin rakiplerinden bir adım önde olmasının ve çok tercih edilen bir yonga olmasının nedenleri şu şekilde sıralanabilir:

- Herhangi bir bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 kondansatör ve bir direnç ile çalışabilmeleri
- Mantıksal uygulamalarının hızlı olması ve yüksek frekanslarda çalışabilme özellikleri
- Bekleme durumunda çok düşük akım çekmesi (2 μ A)
- Kod sıkıştırma özeliği ile aynı anda birçok işlem gerçekleştirebilmesi
- Fiyatının ucuz olması ve çok geniş bir kullanıcı kitlesi olması nedeniyle PIC'i programlamak için üretilen yazılım ve donanımın çok fazla olması ve kolay elde edilir olması
- Çok basit elektronik elemanlar kullanılarak yapılan donanımlarla programlanabilmesi

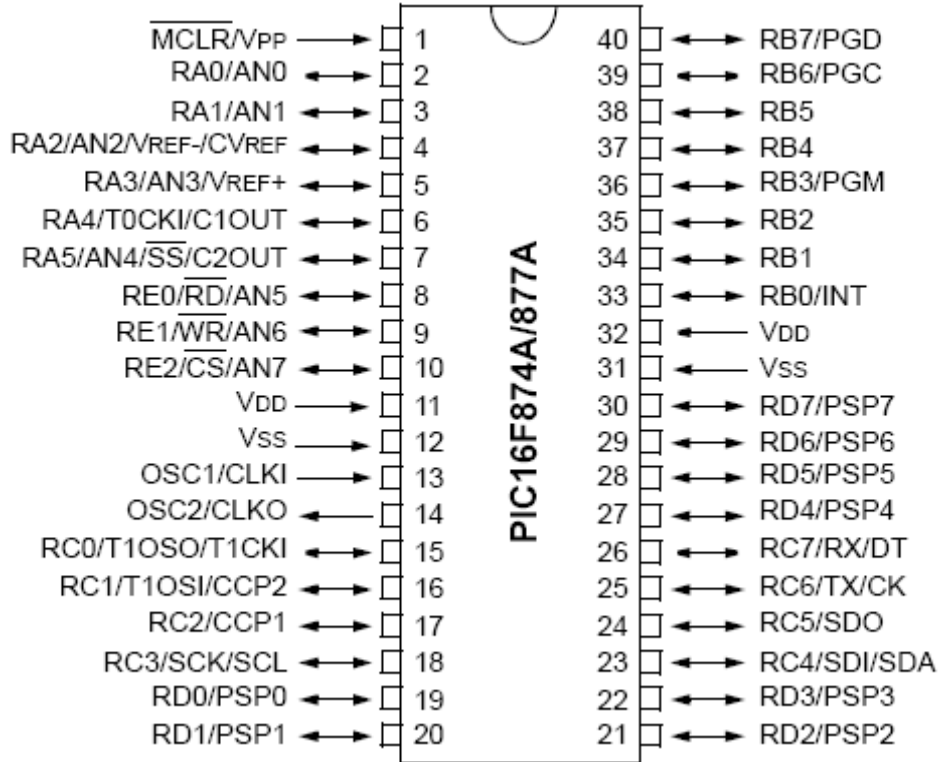
3.1 Mikrodenetleyicinin Mimari Özellikleri

Mikroişlemci ve mikrodenetleyiciler bellek kullanımı açısından Von Neuman ve Harvard; komut işleme açısından ise RISC ve CISC olarak adlandırılan mimariler baz alınarak tasarlanırlar. Program belleği, program çalışırken kullanılacak kodun saklı tutulduğu hafıza alanıdır. Veri belleği, çalışma esnasında saklanması gereken verilerin tutulduğu bellek alanıdır. Von Neuman mimaride, program ve veri bellekleri aynı yapının içindedir. Harvard mimarisinde ise program ve veri bellekleri ayrı yapılar olarak tasarlanmıştır. Başlangıçta Von Neuman mimari yapısı kullanılmasına rağmen, günümüzde Harvard mimarisi yaygınlık kazanmıştır. Karmaşık komut kümeli bilgisayar anlamına gelen CISC (Complex Instruction Set Computer) mimaride donanımın yazılımdan her zaman daha hızlı çalıştığı gerçeği temel alınmıştır. CISC mimarisinde her işlem için farklı bir komut oluşturulmuştur. Bu, programlayıcı açısından daha kısa programlar yazarak sonuca ulaşmak anlamı taşısa da karmaşık donanımsal yapısı mimarinin dezavantajı olmaktadır. Azaltılmış komut kümeli

bilgisayar anlamına gelen RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimaride ise daha basit ve az sayıda komut kullanılmasıyla tümdevre karmaşıklığı azalmıştır. RISC mimaride kullanılan daha az, basit ve hızlı komutlar, uzun, karmaşık ve daha yavaş CISC komutlarından daha verimlidir.

3.2 PIC16F877A Özellikleri ve Yapısı

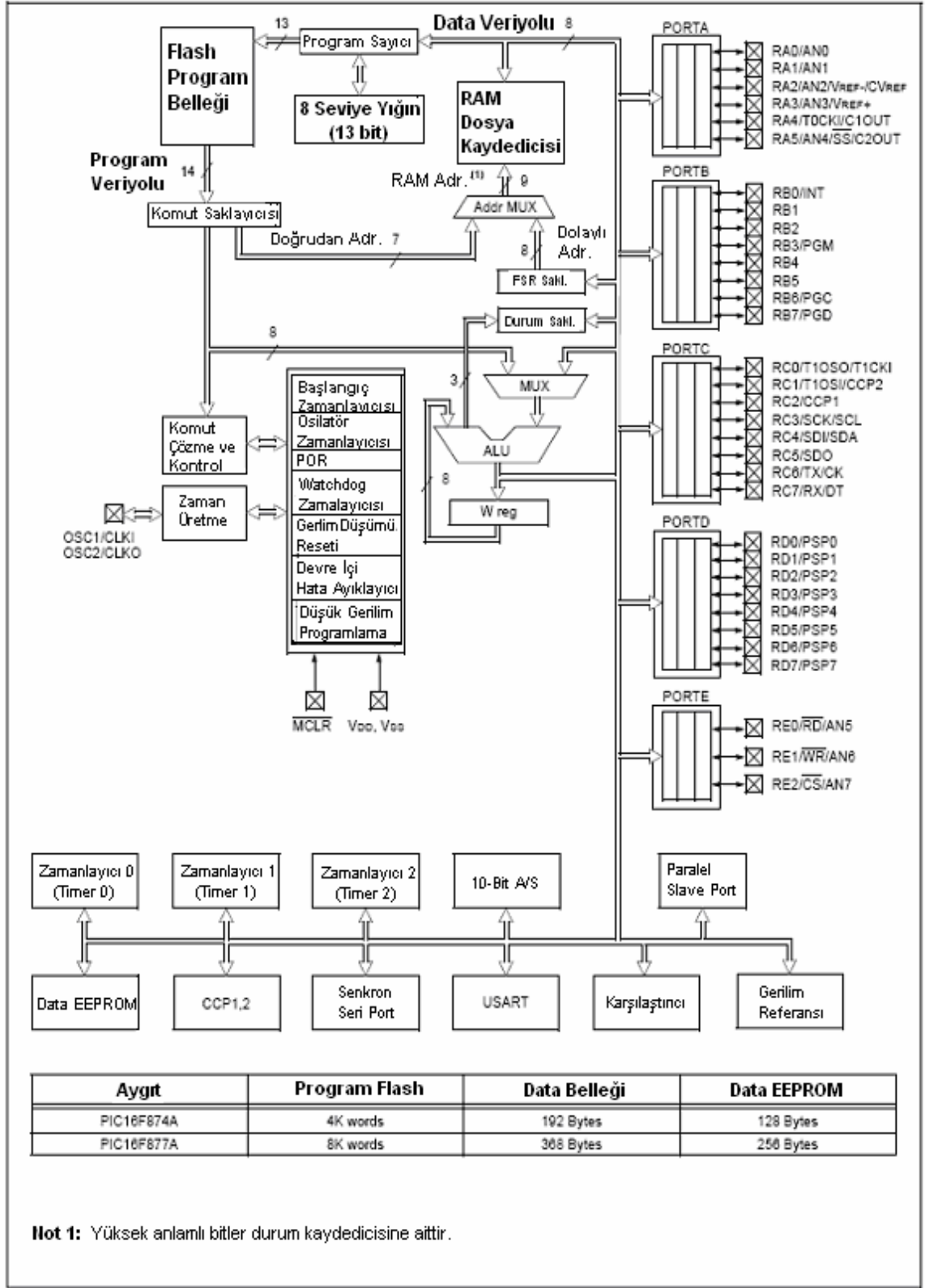
PIC16F877A, belki en popüler PIC işlemcisi olan PIC16F84'den sonra kullanıcılarına yeni ve gelişmiş olanaklar sunmasıyla hemen göze çarpmaktadır. Program belleği FLASH ROM olan PIC16F877A'da, yüklenen program PIC16F84'de olduğu gibi elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir. Özellikle PIC16C6X ve PIC16C7X ailesinin tüm özelliklerini barındırması, PIC16F877A'yı kod geliştirmede de ideal bir çözüm olarak gündeme getirmektedir. Konfigürasyon bitlerine dikkat etmek şartıyla C6X veya C7X ailesinden herhangi bir işlemci için geliştirilen kod hemen hiçbir değişikliğe tabi tutulmadan PIC16F877A'ya yüklenebilir ve çalışmalarda denenebilir. Bunun yanı sıra PIC16F877, PIC16C74 ve PIC16C77 işlemcileriyle de uyumludur [15].



Şekil 3.1 PIC16F877A bacak tanımlamaları

PIC16F877A'ya ait genel özellikler aşağıda listelenmiştir:

- Yüksek hızlı RISC işlemciye sahiptir.
- 35 adet komut mevcuttur.
- 20 MHz'e kadar işlem hızına sahiptir.
- 8Kx14 Word'lük flash program belleği, 368x8 byte'lık data belleği, 256x8 byte'lık EEPROM data belleği mevcuttur.
- Doğrudan ve dolaylı adresleme modu mevcuttur.
- Power-on Reset (POR), Power-up Timer (PWRT), üzerinde bulunan RC osilatör ile çalışan Watchdog Timer (WDT) mevcuttur.
- Programlanabilen kod koruma özelliği vardır.
- Düşük güç harcama özelliğine sahiptir ve enerji tasarrufu için uyku (SLEEP) modu vardır.
- Düşük güçlü, yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisiyle üretilmiştir.
- Devre üzerinde seri programlama özelliği vardır.
- 2 V ile 5,5 V arasında işlem yapabilme özelliğine sahiptir.
- Zamanlayıcı0 (Timer0): 8 bit prescaler'e(frekans bölücü) sahip 8bit zamanlayıcı/sayıcı
- Zamanlayıcı1 (Timer1): Uyku modunda artış gösterebilen ve harici saat darbesiyle arttırılabilen prescaler'li 16 bit zamanlayıcı/sayıcı.
- Zamanlayıcı2 (Timer2): 8bit periyot kaydedicili, prescaler ve postscalerli 16bit zamanlayıcı/sayıcı.
- İki adet tutma, karşılaştırma, PWM modülüne sahiptir.
- 200ns çözünürlükte 16 bitlik karşılaştırma olanağına sahiptir.
- 10 bit çözünürlükte PWM
- 10 bit çok kanallı Analog/Sayısal çeviriciye sahiptir.
- 2 adet karşılaştırıcı mevcuttur.
- Seri port ve I2C modülleri mevcuttur.
- 9 bit adres saptamaya sahip USART/SCI mevcuttur.
- 8 bit genişliğinde paralel slave porta sahiptir.



Şekil 3.2 16F877A blok diyagramı

3.3 PIC16F877A Portlarının Fonksiyonları

3.3.1 Port A

PortA 6 bitlik hem giriş hem de çıkış özelliğine sahip bir porttur. Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. Hangi bitin giriş, hangi bitin çıkış olacağı TRISA kaydedicisi tarafından belirlenir. Örneğin TRISA 00H değerinde olursa tüm PortA pinleri çıkış olarak atanır. TRISA yazmacının hangi biti sıfır ise PortA'nın o biti çıkış olur. TRISA yazmacının hangi biti 1 ise PoartA'nın o biti giriş olarak atanır. RA5...RA0 PortA pinleri sırasıyla 7...2 pinlerine karşılık gelir. RA0, RA1, RA2, RA3, RA4 ve RA5 bitleri analog/sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Buna ek olarak RA2 ve RA3 gerilim referansı olarak da konfigüre edilebilmektedir. Bu durumda bu bitler aynı anda A/S çevirici olarak kullanılamamaktadır. İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında RA4 hariç diğer beş PortA biti A/S çeviricidir. Eğer RA portunun bazı bitleri sayısal giriş/çıkış olarak kullanılmak istenirse ADCON1 yazmacında değişiklik yapılması gerekmektedir. Yazmaçlardaki değişikliklerin nasıl yapılacağı, tüm devrenin kataloğunda bulunmaktadır.

PortA çıkış olarak seçildiğinde dışarıya 20mA akım verebilmekte veya 25mA akımın içeriye akmasına olanak sağlamaktadır. Giriş durumunda Schmitt trigger olan RA4 dışındaki TTL girişlerde 0.8-2V arasında olan bölge kararsızdır. Yani 0.8-0V arasının mikrodenetleyici tarafından "0" olarak okunacağı garanti edilmiştir. 2-5V arasındaki değerler "1" olarak okunacaktır. 0.8-2V arasında ise herhangi bir değerde "0" dan "1"e geçiş olabilir. TTL'e göre çok daha hızlı ve kararlı olan Schmitt-trigger yapıdaki RA4'de ise kararsız durum söz konusu değildir. RA4, 1V'dan düşük gerilimleri "0", 1V'dan yüksek gerilimleri ise "1" olarak kabul eder. PortA'nın pinleri giriş olarak yönlendirildiğinde her bir pin 1µA akım çekerken, RA4 5µA akım çeker. Bu değerler giriş geriliminin 5V olması durumu için geçerlidir. Giriş geriliminin daha düşük olması durumunda bu değerler değişecektir.

Her pin başka bir görev için de seçilebilir. RA4 pini, TOCK1 için de kullanılır. Yani TIMER0 sayıcısı için harici bir saat (clock) işlevi de görebilir. RA3 ve RA2 pinleri analog giriş referans voltajı için kullanılırken diğer PortA pinleri analog giriş için kullanılır.

Çizelge 3.1 16F877A'nın A portunun pinleri ve pin işlevleri

Pin Numarası	Pin Adı	Buffer Tipi	Açıklama
2	RA0/AN0	TTL	Dijital I/O portu veya Analog giriş

3	RA1/AN1	TTL	Dijital I/O portu veya Analog giriş
4	RA2/AN2/VREF-/CVREF+	TTL	Dijital I/O portu veya Analog giriş veya VREF- veya CVREF
5	RA3/AN3/VREF+	TTL	Dijital I/O portu veya Analog giriş veya VREF+
6	RA4/TOCK1/C1OUT	ST	Dijital I/O portu veya TMR0 harici saat girişi veya karşılaştırıcı çıkışı-1
7	RA5/AN4/SS/C2OUT	TTL	Dijital I/O portu veya Senkron seri iletişim Slave seçme girişi veya karşılaştırıcı çıkışı-2

3.3.2 Port B

PortB çift yönlü giriş/çıkış özellikli 8 pinden oluşan bir porttur. TRISB kullanımı PortA ile aynıdır. Bu portun 3 pini aynı zamanda pic programlama için kullanılır. RB3/PGM, RB6/PGC ve RB7/PGD pinleri programlayıcı veya devre üzerinde hata ayıklayıcı (In Circuit Debugger) uçları olarak da seçilebilmektedir. B portunun her bacağı dahili bir dirençle Vdd'ye bağlıdır. Ancak OPTION yazmacının 7. bitini 0 yaparak B portunun bu özelliğini etkinleştirilebilir. RB4 - RB7 bacakları aynı zamanda bacakların sayısal durumlarında bir değişiklik olduğunda INTCON yazmacının 0. biti olan RBIF bayrağını 1 yaparak kesme oluşturmaktadır. Bu özellik, işlemci SLEEP konumundayken, devreye bağlı tuş takımının her hangi bir tuşuna basıldığında işlemcinin yeniden etkinleşmesi için kullanılabilir. Bütün bunların yanı sıra RB6 ve RB7 yüksek gerilim programlama, RB3 ise düşük gerilim programlama modlarında da kullanılmaktadır.

PortB'nin en göze çarpan özelliği RB0 kesme girişi ve RB4-RB7 arasında pinlerin değişikliğinde oluşan kesme durumudur. RB0 kesme girişi olarak kurulduğunda isteğe göre, yükselen kenarda veya düşen kenarda bir kesme üretebilmektedir. RB4-RB7 arasındaki pinlerden girilen değerlerden biri değiştiğinde de kesme oluşabilmektedir. PortB'nin diğer bir özelliği ise giriş sırasında seçeneğe bağlı olarak entegre içerisinden pull-up direnci kullanabilmesidir.

Çizelge 3.2 16F877A'nın B portunun pinleri ve pin işlevleri

Pin Numarası	Pin Adı	Buffer Tipi	Açıklama
33	RB0/INT	TTL/ST	Dijital I/O portu veya harici kesme girişi. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
34	RB1	TTL	Dijital I/O portu. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
35	RB2	TTL	Dijital I/O portu. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
36	RB3/PGM	TTL	Dijital I/O portu veya LVP (düşük gerilimle programlama) modunda programlama girişi. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
37	RB4	TTL	Dijital I/O portu. Pindeki seviye değişikliğinde kesme oluşturur. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
38	RB5	TTL	Dijital I/O portu. Pindeki seviye değişikliğinde kesme oluşturur. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir.
39	RB6/PGC	TTL/ST	Dijital I/O portu. Pindeki seviye değişikliğinde kesme oluşturur. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir. Seri programlama saat pini. Hata Ayıklayıcı (In-Circuit-Debugger) pini.
40	RB7/PGD	TTL/ST	Dijital I/O portu. Pindeki seviye değişikliğinde kesme oluşturur. Yazılımla zayıf pull-up yapılabilir. Seri programlama saat pini. Hata Ayıklayıcı (In-Circuit-Debugger) pini.

3.3.3 Port C

PortC 8 bit uzunluğunda ve çift yönlü iletişim sağlayabilen bir porttur. TRISC yazmacı TRISA ve TRISB yazmacı gibi kullanılır. PortC de çoğullayıcı ile çoklu özelliğe sahip olabilir. Her pin giriş/çıkış işlemlerinden başka işlemlerde de kullanılabilir. TRISE yazmacının 4. biti olan PSPMODE bitini 1 yaparak “parallel slave mode” da kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci veri yoluna bağlanabilir. PortC, PIC16F877A'nın en çok özelliğe sahip olan portudur. Tüm girişler Schmitt-trigger

tampona sahiptir. Bunun sebebi tüm pinlerin değişik seri haberleşme fonksiyonlarına sahip olmasıdır. Seri haberleşme eğer TTL devrelerle yapılırsa kararsız bölge oldukça geniş bir bölgeyi işgal ettiği için yanlış veri aktarımı daha olasıdır. Mikrodenetleyicinin PortC çevresel birim özelliklerini kullanırken en çok dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de TRISC kaydedicisinde doğru değişiklikleri yapmış olmaktır. Bu özelliklerin her birini kullanabilmek için TRISC kaydedicisinde farklı ayarlar yapmak gerekmektedir. Bunların bir çoğu çevresel özellik açıldığında kendiliğinden yapılsa bile sonradan TRISC üzerinde yapılabilecek yanlış bir değişiklik karışıklığa yol açabilir.

Çizelge 3.3 16F877A'nın C portunun pinleri ve pin işlevleri

Pin Numarası	Pin Adı	Buffer Tipi	Açıklama
15	RC0/T1OSO/T1CKI	ST	Dijital I/O portu veya TMR1 osilatör çıkışı/TMR1 saat girişi
16	RC1/T1OSI/CCP2	ST	Dijital I/O portu veya TMR1 osilatör girişi veya yakalama-2 girişi/ Karşılaştırıcı -2 çıkışı/PWM2 çıkışı
17	RC2/CCP1	ST	Dijital I/O portu. Yakalama-1 girişi/ Karşılaştırıcı -1 çıkışı/PWM1 çıkışı
18	RC3/SCK/SCL	ST	Dijital I/O portu. SPI ve I2C modunda senkron seri saat girişi
23	RC4/SDI/SDA	ST	Dijital I/O portu. SPI modunda SPI data girişi veya I2C modunda data I/O pini olarak kullanılabilir.
24	RC5/SDO	ST	Dijital I/O portu. Senkron seri iletişimde data çıkışı.
25	RC6TX/CK	ST	Dijital I/O portu. USART asenkron seri iletişimde data çıkışı/USART senkron seri iletişimde saat pini
26	RC7/RX/DT	ST	Dijital I/O portu. USART asenkron seri iletişimde data girişi/USART senkron seri iletişimde data pini.

3.3.4 Port D

PortD 8 bit genişliğinde, çift yönlü veri akışı sağlayabilen paralel slave port olarak ayarlanabilen bir porttur. TRISE'nin dördüncü biti PSPMODE biti içindir. Bu kontrol biti PORTD'nin paralel slave port olup olmayacağını ayarlar. Her bir biti bağımsız olarak sayısal giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. Tüm port bacakları Schmitt Trigger girişlidir. TRISE yazmacının 4.biti olan PSPMODE bitini 1 yaparak paralel slave modda kullanılabilir. Bu fonksiyon aracılığıyla 8 bit genişliğindeki herhangi bir mikroişlemci veri yoluna bağlanabilir.

Çizelge 3.4 16F877A'nın D portunun pinleri ve pin işlevleri

Pin Numarası	Pin Adı	Buffer Tipi	Açıklama
19	RD0/PSP0	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 0)
20	RD1/PSP1	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 1)
21	RD2/PSP2	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 2)
22	RD3/PSP3	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 3)
27	RD4/PSP4	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 4)
28	RD5/PSP5	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 5)
29	RD6/PSP6	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 6)
30	RD7/PSP7	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu (bit 7)

3.3.5 Port E

PortE 3 bit genişliğinde, her pine farklı veri akış yönü atanabilen, Schmitt Trigger giriş tamponlarına sahip bir porttur. Aynı zamanda PortA gibi analog giriş olarak da seçilebilir.

Her bir biti bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak tanımlanabilmektedir. RE0, RE1 ve RE2 bacaklarında Schmitt Trigger giriş tamponları vardır. Her bir bacak analog/sayısal çevirici olarak konfigüre edilebilmektedir. Eğer PORTD, paralel slave port olarak konfigüre edilirse, RE0, RE1 ve RE2 bacakları PORTD'nin bağlandığı mikroişlemci veri yoluna sırasıyla READ, WRITE ve CHIP SELECT kontrol girişleri olarak kullanılabilmektedir. Bunun için TRISE uygun biçimde ayarlanmalıdır. İlgili yazmaçlar ve adresleri Çizelge 3.5'deki gibidir. İşlemciye ilk defa gerilim uygulandığında üç PortE biti de A/S çeviricidir. Eğer RE portunun bazı bitleri sayısal giriş/çıkış olarak kullanılmak istenirse ADCON1 yazmacında değişiklik yapılması gerekecektir.

Çizelge 3.5 16F877A'nın E portunun pinleri ve pin işlevleri

Pin Numarası	Pin Adı	Buffer Tipi	Açıklama
8	RE0/RD/AN5	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu modunda okuma (RD) kontrol pini girişi veya analog giriş pini
9	RE1/WR/AN6	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu modunda yazma (WR) kontrol pini girişi veya analog giriş pini
10	RE2/CS/AN7	ST/TTL	Dijital I/O portu veya Paralel Slave portu modunda chip seçme (CS) kontrol pini girişi veya analog giriş pini

3.4 Özel Fonksiyonlar

3.4.1 Paralel Slave Port

PIC16F877A mikrodnetleyicisinin D ve E portları “PSP” yani “Paralel Slave Port” adı verilen donanımsal paralel iletişimi desteklemektedir. Bu iletişim metodunda RD’(Read), WR’(write) ve CS’(Chip Select) sinyalleri slave olarak kullanılan mikrodnetleyici tarafından donanımsal olarak algılanmaktadır. PSP modunda, mikrodnetleyici donanımsal olarak master çalışmayı desteklemez. Yani RD’, WR’, CS’ sinyalleri mikrodnetleyici tarafından donanımsal olarak üretilemez, fakat donanımsal olarak okunabilir.

PortD, kontrol biti PSPMODE (TRISE<4>) set edildiğinde, 8 bit genişliğinde paralel slave portu (PSP) olarak çalışır. Slave modunda, iletişim kurulan cihaz ile, RD’ kontrol giriş pini olarak RE0/AN5/RD’ ve WR kontrol giriş pini olarak da RE1/AN6/WR’ kullanılır ve bu pinler aracılığıyla okuma ya da yazma yapılabilir.

PSP modu kullanılarak başka bir 8 bitlik mikrodnetleyici PIC16F877A’nın veri yoluna, yani PortD’ye direk olarak bağlanabilir. Bu 8 bitlik mikrodnetleyici PIC16F877A’nın D portuna yazma yapabilir ya da ondan okuyabilir. PSPMODE bitini set etmek RE0/AN5/RD’ pinini RD’ giriş olarak ; RE1/AN6/WR’ pinini WR’ olarak ve RE2/AN7/CS’ pinini de CS’ girişi olarak aktif eder. Ayrıca, TRISE kaydedicisinin ilgili veri yön bitleri (TRISE<2 :0>) giriş olarak ayarlanmalı, RE2:RE0 pinlerini giriş/çıkış olarak ayarlayacak olan A/S konfigürasyon bitleri PCFG3 :PCFG0 (ADCON1<2 :0>) set edilmelidir.

TRISE yazmacının PSPMODE biti 1 yapıldığında PortD 8 bit genişliğinde mikroişlemci portu olarak kullanılabilir. Bu arada RE0, RE1 ve RE2'yi, TRISE ve ADCON1 yazmaçlarında ilgili ayarları yaparak sayısal giriş olarak da tanımlamak gerekmektedir. Böylece harici bir mikroişlemci, RE0, RE1 ve RE2'yi kontrol olarak kullanarak 8 bitlik veri yoluna bağlı PIC16F877A'nın PortD kısmına hem veri yazabilmekte, hem de okuyabilmektedir.

3.4.2 USART

Usart modül, verilerin senkron veya asenkron iletişimi için kullanılan ve belirli bir protokol dahilinde işlem yapan bir birimdir. Bu modül, iki adet seri I/O modülünden oluşmaktadır. Aynı zamanda seri iletişim arabirimi veya SCI olarak da bilinir. USART çift yönlü (full duplex), eş zamanlı olmayan sistem olarak konfigüre edilebilir. Böylece çevresel cihazlar ile örneğin; CRT terminalleri, kişisel bilgisayarlar vb. gibi sistemler ile bağlantı kurulabilmesine olanak sağlanır. Ayrıca tek yönlü (half duplex) sistem olarak konfigüre edilebilir. Bu sayede de A/S veya S/A entegre devreleri ve seri E2PROM'larla iletişim kurabilir.

USART modülü ile;

- Verinin seriden paralele ve paralelden seriye dönüştürülmesi,
- Eşlik bitlerini eklemek ve bu bitleri kontrol etmek suretiyle hata bulmak,
- Başlatma, durdurma bitlerini eklemek ve bulmak

gibi işlemler yapılabilir.

İşlevsel açıdan, USART alıcı ve verici olarak iki kısma ayrılır. Her iki yönde de veri aktarmadan önce USART denetim kaydedicisine, verinin niteliğini gösterecek bir denetim sözcüğü (iletişim protokolü de denilebilir) programlanmalıdır. Örneğin; veri bitlerinin sayısı, eşlik kullanılıp kullanılmadığı, eğer eşlik kullanılmış ise, bunun tek eşlik mi yoksa çift eşlik mi olduğu ve durdurma bitlerinin sayısı gibi. Temel olarak, başlatma biti isteğe bağlı olmayan tek bittir ve her zaman yalnızca bir başlatma biti vardır. Bir başlatma durumu için bu bitin lojik "0" seviyesinde olması gerekmektedir.

USART, yani senkron/asenkron alıcı verici PICF877A'daki iki seri giriş/çıkış biriminden biridir. Seri iletişim arayüzü (SCI) olarak da bilinen USART, monitör veya PC gibi aygıtlara tam çift yönlü asenkron bağlantıda kullanılmak üzere konfigüre edilmiştir. A/S veya S/A arayüzlerine, seri kullanılmak üzere konfigüre edilebilmektedir.

USART aşağıdaki gibi konfigüre edilebilmektedir.

- Asenkron: Tam çift yönlü
- Senkron Master: Master, yarım çift yönlü
- Senkron Slave: Slave, yarım çift yönlü RC6 verici, RC7 ise alıcı port olarak kullanılmaktadır. RCSTA (0x18) ve TXSTA (0x98) yazmaçları da konfigürasyonda kullanılmaktadır.

3.4.3 MSSP (Master Synchronous Serial Port)

MSSP birimi, diğer çevre birimleri veya mikroişlemcilerle seri iletişimde kullanılmaktadır. Bu çevre birimleri seri EEPROM, kaydırmalı yazmaçlar, gösterge sürücüler, A/S çeviriciler vb. olabilir. MSSP modülü aynı anda aşağıdaki iki moddan birine konfigüre edilebilir:

- SPI (Serial Peripheral Interface)
- I2C (Inter Integrated Circuit)

Bu modlardan birine göre konfigüre etmek içinse SSPSTAT (senkron seri port durum yazmacı, 0x94), SSPCON (senkron seri port kontrol yazmacı, 0x14) ve SSPCON2 (senkron seri port kontrol yazmacı 2, 0x91) yazmaçları ayarlanmalıdır.

SPI modu 8 bit uzunluğundaki verinin aynı anda senkronize olarak alınmasına ve gönderilmesine imkan tanır. SPI modunda haberleşme temel olarak üç pin ile sağlanmaktadır:

- RC5: Seri veri çıkışı (SDO: Serial data out)
- RC4: Seri veri girişi (SDI: Serial data in)
- RC3: Seri saat (SCK: Serial clock)

Bu üç pine ek olarak slave modunda işlem yapmak üzere bir dördüncü pin olarak

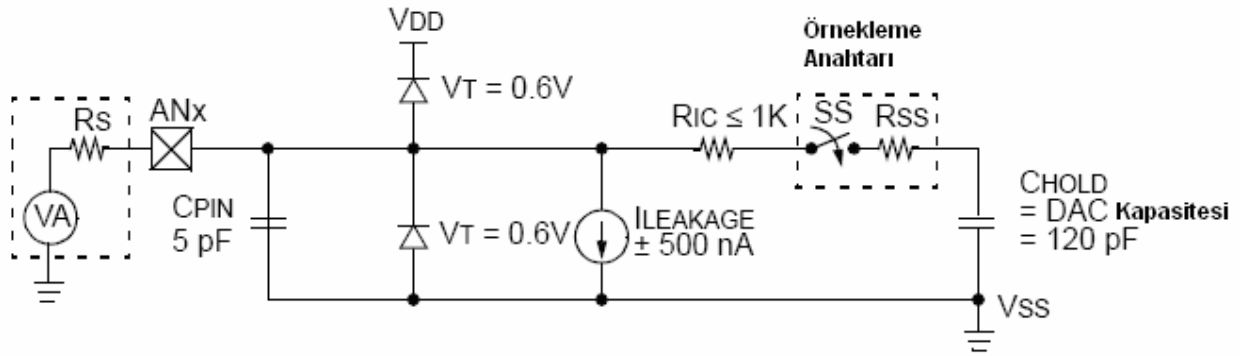
- RA5: Slave seçme (SS': Slave Select) pini bulunmaktadır.

I2C arabiriminde güvenli olarak veri bilgi alış-verişini temin etmek amacıyla geniş bir protokol kullanılır. Bilgi göndermede saat sinyalinin üretilmesi sağlanarak bilgi aktarımı başlatılır. Bu iletişim metodunda, veri iletişimi için iki adet hat kullanılmaktadır ve bu hatlar iki yönlüdür:

- RC4: Seri Data (SDA: Serial Data)
- RC3: Seri Saat (SCL: Serial Clock)

Bu hatların devre üzerinde bağlantısı yapılırken, veri iletişiminin problemsiz olarak yapılabilmesi için mutlaka harici pull-up dirençleri bağlanmalıdır. I2C protokolünü kullanan

PIC16F877A'da 8 kanallı 10 bite kadar çevirme işlemi yapabilen bir analog/sayısal dönüştürücü modülü bulunmaktadır. PIC16F877A üzerindeki A/S modülünün çalışması şu şekildedir: Analog giriş, tutma kondansatörünü (C_{HOLD}) şarj eder. Tutma kondansatörünün çıkışı dönüştürücünün girişine uygulanır. Dönüştürücü, ardışıl yaklaşım yoluyla bu analog sinyali sayısal sinyale çevirir. Bu A/S çevirme işlemi sonucunda, analog giriş sinyali 10 bitlik sayısal bilgi haline gelir. A/S modülünün en önemli özelliklerinden birisi de; işlem yapmazken uyku moduna geçmesidir. Uyku modunda iken A/S modülü için saat sinyali dahili RC osilatöründen sağlanır.



Şekil 3.4 A/S modülü analog giriş modeli

A/S çevirici birimi 16C7X ailesinden farklı olarak 10 bittir. Toplam 8 A/S kanal bulunmaktadır. 16F877A'nın güzel bir özelliği de işlemci uyku modunda iken bile A/S çeviricinin geri planda çalışmasıdır. A/S kanalları için RA4 hariç diğer RA portları ve RE portları kullanılabilir. Aşağıda ilgili yazmaçlar ve adresleri gösterilmiştir.

- ADRESH 0x1E ; A/S sonuç yazmacı (high register)
- ADRESL 0x9E ; A/S sonuç yazmacı (low register)
- ADCON0 0x1F ; A/S kontrol yazmacı 0
- ADON1 0x9F ; A/S kontrol yazmacı 1

A/S modülünün dönüştürme işleminin kontrolünü ADCON0 ve ADCON1 kaydedicileri sağlamaktadır.

3.4.5 Yakalama/Karşılaştırma ve PWM Birimi (Capture/Compare and PWM)

Capture, Compare, PWM modülleri yakalama, karşılaştırma, darbe genişliği modülasyonu gibi işlemleri gerçekleştirmek üzere bazı özelliklerle donatılmıştır. Bu modüle kısaca CCP (Capture/Compare/PWM) denilmektedir. Her bir CCP modülü; 16 bitlik yakalama

kaydedicisi, 16 bitlik karşılaştırma kaydedicisi veya PWM kaydedicisine sahiptir. Çizelge 3.6’da CCP modülünün ilişkili bulunduğu zamanlama kaynakları yani hangi çalışma modunda hangi zamanlayıcının kullanılacağı verilmiştir.

Çizelge 3.6 CCP-Timer ilişkisi

CCP Modu	Zamanlayıcı Kaynağı
Yakalama	Zamanlayıcı1
Karşılaştırma	Zamanlayıcı2
PWM	Zamanlayıcı3

RC2/CCP1 pininden uygulanan sinyalin önceden belirlenen bir kenar işareti geldiğinde, TMR1 kaydedici değerinin CCPR1 kaydedicisi içerisine yazılması işlemine yakalama denilir. Yakalama modu kullanılarak RC2 pininden girilen bir saat işaretinin sıklığının bulunması gibi uygulamalar yapılabilir. Yakalama modunda, TMR1 yazmacının değeri, RC2/CCP1 bacağının durumunda bir gelişme olduğunda CCPR1H:CCPR1L yazmaçlarına yazılmakta ve PIR1 yazmacının 2. biti olan CCP1IF kesme bayrağı 1 olmaktadır. RC2 bacağının durumu, her düşen kenarda, her yükselen kenarda, her yükselen 4. veya 16. kenarda kontrol edilecek şekilde CCP1CON yazmacı aracılığıyla ayarlanarak konfigüre edilebilmektedir.

TMR1 kaydedicisi içerisindeki değerle CCPR1 kaydedicisi içerisindeki değerin devamlı olarak karşılaştırılması işlemine karşılaştırma denilir. Yapılan karşılaştırmanın eşitliği durumunda RC2 pininde istenilen bir lojik değişiklik yapılır. CCP modülü karşılaştırma modunda çalıştırılarak TMR1 ve CCPR1 kaydedicileri değerine bağlı olarak periyodik kesmeler üretebilir. Karşılaştırma modunda ise CCPR1 yazmacındaki 16 bitlik değeri düzenli olarak TMR1 yazmaç değeriyle karşılaştırılır ve bir eşitlik olduğunda RC2/CCP1 bacağı CCP1CON yazmacında yapılan ayara göre 1, 0 olur veya durumunu korur.

RC2/CCP1 pininden dış devrelere gönderilecek olan kare dalganın darbe genişliğini değiştirme işlemine PWM denilir. PWM yöntemiyle RC2 pininden gönderilen gerilim etkin değeri değiştirilebildiğinden bir tür ayarlanabilen gerilim üretilmiş olunur. Böylece gerilim kontrollü devre uygulamaları yapılabilir. PWM modunda RC2/CCP1 bacağı 10 bit çözünürlükte darbe genişlik modülasyonlu bir işaret üretecek şekilde konfigüre edilebilir. PR2 yazmacı darbe genişlik periyodunun tayininde kullanılmaktadır.

PIC16F877A’nın CCP modülü içerisinde CCP1 ve CCP2 adı verilen iki ayrı modül vardır. CCP1 ve CCP2 modüllerinin çalışmaları, özel tetikleyici dışında hemen hemen aynıdır. Yani

CCP2 modülü, CCP1 modülü gibi çalışmaktadır.

3.5 Zamanlayıcılar

PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliklerinden biri, dahili donanım zamanlayıcı/sayıcı modüllerinin bulunmasıdır. Zamanlayıcı/sayıcı modüllerine genellikle timer modülü denmektedir. Bu timer modülü zamanlayıcı olarak kullanılacağı gibi, sayıcı olarak da kullanılabilir. Önemli olan timer modülünün hangi amaçla kullanılacağını belirlemenmesi ve ona göre programlanmasıdır.

PIC16F877 ve PIC16F877A'nın her ikisi de üç adet zamanlayıcı/sayıcıya sahiptir. Her bir zamanlayıcı/sayıcı modül, ortaya çıkan durumlara karşın kesme üretebilir. Bu zamanlayıcılar;

- Zamanlayıcı0 Modülü (Timer0)
- Zamanlayıcı1 Modülü (Timer1)
- Zamanlayıcı2 Modülü (Timer2)

olarak adlandırılmaktadır. Bu zamanlayıcılardan Zamanlayıcı0 ve Zamanlayıcı2, 8'er bitlik; Zamanlayıcı1 ise 16 bitliktir.

Zamanlayıcı0, basit 8 bit taşmalı sayıcıdır. Saat kaynağı, dahili sistem saati ($F_{osc}/4$) veya harici saat (RT4/T0CKI) sinyali olabilir. Saat kaynağı harici saat sinyali kullanılırsa, Timer0 kaydedici içeriğini bir arttırmak için yükselen veya düşen darbe kenarı kullanılır. Bu durumda Timer0 sayıcı olarak çalışır. Timer0 modülü, programlanabilir prescaler (programlanabilen frekans bölme değeri) özelliğine sahiptir. Prescaler, Watchdog Timer veya Timer0 modülü olarak tahsis edilebilir. PSA biti ile (OPTION<3>) prescaler değerinin WDT mi yoksa Timer0 için mi geçerli olacağı; PS0, PS1 ve PS2 bitleri ile de prescaler'ın değeri belirlenir. Timer0 şu oranlarda arttırılabilir: prescaler değeri Timer0 için tahsis edildiğinde; 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128 ve 1:256 oranlarında, prescaler değeri Watchdog Timer için tahsis edildiğinde ise; 1:1, 1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64 ve 1:128 oranlarında frekans bölme işlemi gerçekleştirilir. Timer0 modülü için harici saat darbesi kullanılırsa, bu saat sinyali, prescaler değeri atandıktan sonra işleme alınmaya başlar. Bu sayede, harici saat sinyali frekansı, PIC16F877A'nın frekansından yüksek olabilir.

Zamanlayıcı0 zamanlayıcı/sayıcı modülü şu özelliklere sahiptir:

- 8 bit zamanlayıcı/sayıcı
- Okunabilir ve yazılabilir

- 8 bit yazılımla programlanabilir prescaler
- Dahili ve harici saat seçimi
- FFh'ten 00h'e dönünce kesme oluşturma
- Harici saat sinyali için kenar seçimi

Zamanlayıcı1, 16 bit zamanlayıcı/sayıcı modüldür. Saat kaynağı dahili sistem saati olabileceği gibi ($F_{osc}/4$), harici saat (RC0/T1OSO/T1CKI ve RC1/T1OSI/CCP2) kaynağı da olabilir. Ancak harici saat kaynağı olarak kristal osilatör kullanılırsa bu iki pin birlikte kullanılır. Şayet tek bir pinden saat sinyali girilecekse RC0/T1OSO/T1CKI pininden uygulanır. Zamanlayıcı1 zamanlama veya sayıcı işlemlerinden herhangi birisi için programlanabilir. Sayma işleminde harici saat sinyali ile $F_{osc}/4$ saat fazı senkronize edilir veya senkronize edilmeden sayma işlemi yapılabilir. Senkronize edilip edilmeyeceği T1SYNC' (T1CON<2>) biti ile ayarlanır. Eğer uyku modunda Zamanlayıcı1 kullanılacaksa asenkronize mod seçilmelidir. Bu durumda işlemci uykuda olduğu halde Zamanlayıcı1 çalışmasına devam eder ve enerji tasarrufu sağlanır. Prescaler (frekans bölücü) özelliğiyle Zamanlayıcı1'in artma oranları düzenlenir. Bu oranlar; 1:1, 1:2, 1:4, 1:8 olarak ayarlanabilir. Timer1 modülünün en önemli özelliklerinden birisi de Yakalama/ Karşılaştırma/PWM modülleriyle birlikte kullanılabilmesidir.

Timer1 zamanlayıcı/sayıcı modülü şu özelliklere sahiptir:

- 16 bit zamanlayıcı/sayıcı
- Okunabilir ve yazılabilir
- Dahili ve harici saat kaynağı seçimi
- FFFFh'ten 0000h'e taşma durumunda kesme üretme
- CCP modülünden resetleme

Zamanlayıcı2 modülü, artış değeri prescaler veya postcaler olarak ayarlanabilen 8 bitlik bir zamanlayıcıdır. Zamanlayıcı2, CCP1 modülü ile kullanıldığında (PWM modunda iken) Senkron Seri Port (SSP) için Baud Rate jeneratörü olabilir. Prescaler olarak ayarlandığında Zamanlayıcı2'nin artma oranının şu şekilde olmasına izin verir: 1:1, 1:4, 1:16. Postcaler ise 1:1, 1:2,...,1:16 değerlerine ayarlanabilir. Zamanlayıcı2 modülü, 8 bit PR2 (Period Register2) kaydedicisine sahiptir. Timer2 modülü her prescaler veya postcaler olarak ayarlanan tetikleme palsi ile 00h'den itibaren artarak, PR2 kaydedicisi değerine ulaştığında, bir sonraki tetikleme palsinde 00h'e döner.

Timer2 zamanlayıcı/sayıcı modülü şu özelliklere sahiptir:

- 8 bit zamanlayıcı (TMR2 kaydedici)
- 8 bit periyot kaydedici (PR2)
- Okunabilir ve yazılabilir
- Yazılımla programlanabilir prescaler
- TMR2, PR2 eşlemesinde kesme
- PWM sinyali üretebilir

3.6 PIC16F877A Bellek Organizasyonu

PIC16F877A'nın belleği üç bloktan oluşmaktadır. Bu üç bloğun her birinin işlevi diğerinden ayrıdır. Uzun ömürlü olan fakat içerisine veri girilmesi için 13V gibi yüksek bir gerilime ve uzun bir süreye ihtiyacı olan Flash Bellek, programın kayıt edileceği bölümdür. Programların kullandığı değişkenler Flash belleğe göre çok daha hızlı bir bellek olan Static RAM'i kullanır. Böylece sık sık tekrarlanan yazma ve okumalar oldukça hızlı gerçekleştirilir. Elektrik kesintilerinde silinmesi istenmeyen veriler ise Flash belleğe oldukça benzeyen fakat daha düşük gerilimle çalışabilen ve daha uzun ömürlü olan E2PROM belleğine yazılır. Bunların dışında herhangi bir şekilde veri depolama amacıyla değil sadece işlemlerde ara eleman olarak kullanılan bir de W kaydedicisi bulunmaktadır. Bu bölümde yazılması ayrıca programlama tekniği gerektiren EEPROM'dan ziyade Flash program belleği ve RAM veri belleği ele alınacaktır.

3.6.1 Flash Program Belleği

Seksenli yılların başından beri gelişim gösteren mikrodenetleyici endüstrisinde çok popüler olan ucuz ve tek sefer programlanabilen OTP (EPROM) bellekli entegreler kullanılmıştır. Şimdilerde ise tüm bilgisayar ve mikrodenetleyici endüstrisinde Flash Bellekler bütün diğer depolama birimlerinin yerini almaktadır. Hareketli parçasının olmaması hem enerji tüketimini hem de hızını arttırmaktadır.

PIC16 serisi mikrodenetleyiciler 14 bit kelime uzunluğuna sahip komutları kullanmaktadır. Hepsi birleşerek programları oluşturacak bu komutları depo etmek için her bir bellek adresindeki bölmenin 14 bit uzunluğunda olması gerekir. Her biri bir komutu ifade eden bu bellek kutucuklarını adresleyen birim ise Program Sayacıdır. PIC 16FXXX serisi PIC'ler 13 bitlik program sayacına sahip olduğu için en fazla $2^{13} = 8192$ program belleği

adreslenebilmektedir. PIC16F877A’da bu adresleme kapasitesinin tamamı kullanılmıştır. Yani PIC16F877A, 8192 adet 14 bitlik program verisi alabilecek Flash belleğe sahiptir.

3.6.2 RAM Veri Belleği

PIC16F877A’nın 0x00~7Fh adres aralığına ayrılmış olan RAM belleği vardır. Bu bellek içerisindeki dosya yazmaçları içerisine yerleştirilen veriler PIC işlemcisinin çalışmasını kontrol etmektedir. “File register” adı verilen özel veri alanlarının dışında kalan diğer bellek alanları, normal RAM bellek olarak kullanılmaktadırlar. Şekil 3.5’de PIC16F877A’nın kullanıcı RAM bellek haritası görülmektedir.

PIC16F877A veri belleği, özel amaçlı kaydediciler ve genel amaçlı kaydedicileri kapsar. Microchip bunların hepsini Dosya Kaydedicisi (File Register) olarak tanımlamıştır. Özel amaçlı kaydediciler, mikrodenetleyicinin çalışmasını kontrol etmek amacıyla kullanılır. Hangi portun giriş hangi portun çıkış olacağı, hangi porttan ne çıkış verileceği, E2PROM’a yazılacak veriler, zamanlayıcılar ve birçok başka özellik bu kaydeciler ile kontrol edilir. Genel amaçlı kaydediciler ise programcı tarafından yazılım amacıyla kullanılan geçici belleklerdir.

Şekil 3.5’de de görüldüğü gibi RAM belleği 4 parçadan oluşmaktadır. İlk bakışta 0x00’dan 0xFF’e kadar tam 512 adet kaydedici bulunduğu görülür. Haritadan da görüldüğü gibi bazı özel amaçlı kaydecilerin kopyaları diğer bankalarda da bulunmaktadır. Bu özellik çok kullanılan kaydecilere ulaşmak için bank değiştirme işlemini ortadan kaldırmak amacıyla kullanılmıştır. Bu sayede hem bir kaç satır fazla yazmaktan, hata yapma olasılığından ve mikrodenetleyicinin işlem hızından kazanç elde edilir. Kaydedicilerin kopyaları sadece özel amaçlı olanlarda değil, genel amaçlı olanlarda da mevcuttur. Bir bankın son 16 byte’ına yazılan veri diğer bankların son 16 byte’ında da görülür. Bu 0x070 ile 0x07F arasında herhangi bir bellek adresine yazılan bir verinin 0x0F0, 0x0FF, 0x170 ile 0x17F, 0x1F0 ile 0x1FF arasına kopyalanacağı anlamına gelir. Bu özellik, genel amaçlı kaydedicilere de bank değiştirmeden erişebilmeyi sağlar.

Özel amaçlı kaydedicilerin bazılarının arasında gri renkli olarak işaretlenmiş, boş adresler gözükmektedir. Bunlar her ne kadar kullanıma uygun gözüксе de aslında mikrodenetleyici tarafından algılanamaz, kullanıma uygun değildir. Sonuç olarak bu 512 kaydediciden sadece 368 tanesi aktif olarak genel amaçlı kaydedici olarak kullanılabilir.

oluşabilecek istenmeyen arızaları önlemek amacıyla 100nF'lık dekaplaj kondansatörünün devreye bağlanması gerekmektedir. PIC'ler CMOS teknolojisi ile üretildiklerinden 2 ile 6 Volt arasında çalışabilmektedirler. +5 V'luk bir gerilim ise ideal bir değer olmaktadır.

3.8 PIC16F877A'nın Reset Uçları

Kullanıcının programı kasti olarak kesip başlangıca döndürebilmesi için PIC'in 1 numaralı ucu MCLR olarak kullanılmaktadır. MCLR ucuna 0 Volt uygulandığında programın çalışması başlangıç adresine döner. Programın ilk başlangıç adresinden itibaren tekrar çalışabilmesi için, aynı uca +5 Volt gerilim uygulanmalıdır.

3.9 PIC16F877A'nın Saat Uçları ve Osilatör Tipleri

PIC16CXX mikrodnetleyicilerinde 4 çeşit osilatör bulunmaktadır. Kullanıcı bu 4 çeşitten birini seçerek iki konfigürasyon bitini (FOSC1 ve FOSC2) programlayabilir. Bu osilatör çeşitleri ve özellikleri Çizelge 3.7'de verilmiştir. PIC16F877A'da saat uçları 13. ve 14. bacaklardır. Hazırlanacak olan PIC programlarında kullanılan osilatör tipi PIC programının çalışma hızını ve hassasiyetini etkileyeceğinden dolayı amaca uygun bir osilatör devresi kullanılmalıdır. Osilatör tipinin seçiminde dikkat edilecek bir başka nokta ise, seçilecek olan osilatörün kullanılan PIC'in özelliğine uygun olmasıdır. Örneğin; en fazla 10 MHz çalışma frekansına sahip bir mikrodnetleyici için 20 MHz'lik bir osilatör kullanmak doğru olmaz.

Çizelge 3.7 Osilatör çeşitleri

Osilatör Tipi	Tanımı	Özelliği	Frekansı
LP	Kristal osilatör veya seramik resonatör	Asgari akım	40KHz
XT	Kristal osilatör veya seramik resonatör	Genel amaçlı	4MHz
HS	Kristal osilatör veya seramik resonatör	Yüksek hız	20MHz
RC	Direnç/Kapasitör zaman sabitli	Düşük maliyet	4MHz

3.9.1 Kristal Osilatör / Seramik Rezonatör

XT, LP ve HS modları, RC osilatörlere nazaran çok daha hassastırlar. Bu modlar, kristal osilatör veya rezonatörlerin, OSC1/CLKIN ve OSC2/CLKOUT uçlarına bağlanmalarıyla kurulmaktadır. Çizelge 3.8'de hangi frekansta kaç pF'lık kondansatör kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Çizelge 3.8 Frekansa göre kondansatör seçimi

Osilatör Tipi	Frekans	Kondansatör
LP	32KHz	33-68 pF
	200KHz	15-47 pF
	100KHz	47-100 pF
XT	500KHz	20-68 pF
	1MHz	15-68 pF
	2MHz	15-47 pF
	4MHz	15-33 pF
HS	8MHz	15-47 pF
	20MHz	15-47 pF

3.9.2 RC Osilatör

Zamanlamanın çok hassas olmadığı durumlarda RC ikilisi osilatör kaynağı olarak kullanılmaktadır. RC osilatör, maliyetin azaltılmasını sağlamaktadır. Kullanıcı, dış R ve C elemanlarının toleransı nedeniyle meydana gelen değişiklikleri de dikkate almalıdır. Direncin değeri 3 K Ω ila 100K Ω arasında seçilmelidir. 1M Ω gibi yüksek direnç değerleri osilatörü gürültü ve nem gibi çevresel etkilere karşı duyarlı hale getirir. Direnç 2K Ω değerinin altında ise, osilatör kararsız hale gelebilmektedir, hatta tamamıyla durabilmektedir.

4. GÖSTERGE BİRİMİ (LCD)

Projenin tasarımında 2 satır 16 haneli LCD kullanılmıştır. Bu bölümde LCD göstergenin yapısından ve çalışma şeklinden bahsedilecektir (Zengin vd., 2006; Şahin vd., 2007).

4.1 LCD'nin Temel Özellikleri

İngilizce Liquid Crystal Display kelimelerinin baş harflerinin birleşmesiyle oluşturulmuş LCD göstergeler aslında çok geniş bir çerçeveye yayılmaktadır. Günümüzde bu projede kullanılan LCD gibi ufak modellerin dışında bir çok LCD modeli mevcuttur. LCD, cep telefonu göstergelerinde, beyaz eşyalarda, güvenlik sistemlerinde ve birçok elektronik sistemde kullanılan ve kendi karakter hafızası bulunan bir birimdir.

LCD'lerin özelliği ekrana yalnızca sayı yazmakla sınırlı olmayıp harfler ve simgeler dahil bir çok karakterin gösterilmesine imkan sağlamasıdır. Bu karakterlerin seçiminde ASCII tablosu kullanılır.

7 parçalı LED gösterge gibi göstergelerle, sayıların dışında diğer karakterleri, harfleri ve işaretleri göstermemiz oldukça zordur. Bu nedenle, 7 parçalı göstergeler bir çok uygulamada yetersiz kalmaktadır. Bunun yerine, gösterge olarak LCD kullanmak geçerli bir çözüm olmaktadır. LCD'ler grafik tabanlı ve karakter tabanlı LCD'ler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Grafik tabanlı LCD'ler daha geniş işlem yapabilmemize olanak sağlarken, karakter tabanlı LCD'lerin ise kullanım kolaylığı vardır. Bu uygulamada karakter tabanlı (dot-matrix) bir LCD kullanılmıştır. Karakter tabanlı LCD'ler genellikle HD44780 tabanlı olarak anılırlar. Bu tip LCD'ler satır ve sütun sayısına göre isimlendirilirler. En çok kullanılanı 2 satır 16 sütun olanıdır ve 2x16 HD44780 tabanlı LCD ekran olarak isimlendirilir. Ayrıca 1, 2 ve 4 satır ile 8, 16, 20, 24, 32, 40 sütun olanları da mevcuttur. Satır ve sütun sayısı her ne olursa olsun karakter tabanlı LCD'lerin kullanımı hemen hemen aynıdır. Işıksız olanları 14, ışıklı olanları ise 16 pinlidir. Bu pinlerin sekizi veri, üçü kontrol, ikisi besleme ve biri kontrast için kullanılır. Işıklı LCD'lerdeki 2 pin de arka plan aydınlatması içindir. Karakter tabanlı LCD'de her bir karakter için 5x7'lik veya 5x10'luk noktadan oluşan bir alan kullanılmaktadır. Şekil 4.1'de HD44780 tabanlı standart LCD'ler için önceden tanımlanmış karakter kümesi verilmektedir. Standart karakter kümesinde İngilizce karakterlerin yanı sıra, Uzakdoğu ülkelerinde kullanılan alfabelerdeki karakterler de bulunmaktadır. Ayrıca kullanıcı da özel karakterler tanımlayarak, bu karakterlerin de LCD'de görüntülenmesini sağlayabilmektedir.

Lower 4 Bits \ Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000				0	1	A	P	`	P				-	9	≡	α
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	9					▯	7	7	4
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r					「	イ	ツ	×
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s					」	ウ	テ	ε
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t					、	エ	ト	μ
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u					・	オ	ナ	1
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v					ヲ	カ	ニ	ヨ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w					フ	キ	ヌ	ラ
xxxx1000	(1)		(	8	H	X	h	x					イ	ク	ネ	リ
xxxx1001	(2)		)	9	I	Y	i	y					ウ	ケ	ル	ル
xxxx1010	(3)		*	:	J	Z	j	z					エ	コ	ハ	レ
xxxx1011	(4)		+	:	K	C	k	c					オ	サ	ヒ	ロ
xxxx1100	(5)		,	<	L	¥	l	l					ハ	シ	フ	ワ
xxxx1101	(6)		-	=	M	J	m	}					ユ	ズ	ヘ	ン
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	→					ヨ	セ	ホ	°
xxxx1111	(8)		/	?	O	_	o	€					ッ	ソ	マ	°

Şekil 4.1 LCD’de standart olarak bulunan karakter kümesi

4.2 HD44780 LCD Sürücü Özellikleri

HD44780 LCD sürücüsünün temel özellikleri aşağıda listelenmektedir:

- **4 bit veya 8 bit veri yolu bağlantısı:** LCD’ye yazılacak ya da LCD’den okunacak verilerin kaç bitlik veri yolu (4/8 bit) kullanılarak iletileceği belirlenebilir.
- **80x8 bit DDRAM (Display Data RAM-Gösterge Veri Hafızası):** LCD’nin hafızasında tutabileceği karakter sayısını (80 karakter) göstermektedir.
- **64x8 CGRAM (Character Generator RAM-Karakter Üretme Hafızası):** Kullanıcı tarafından üretilmek istenen karakterler bu bellek bölgesi ile oluşturulur. En fazla sekiz

farklı karakter tanımlanabilir.

- LCD’de yazılan veriler DDRAM bölgesinde bulunmaktadır ve bu bellek bölgesi istenildiğinde dışarıdan okunabilmektedir. CGRAM bölgesindeki verilere de yine aynı şekilde erişilebilmektedir.

4.3 LCD Bacak Bağlantıları

Şekil 4.2’de HD44780 sürücülü LCD’nin görünüşü, Çizelge 4.1’de ise HD44780 sürücülü LCD’nin bacak bağlantıları ve açıklamaları verilmiştir.



Şekil 4.2 HD44780 sürücülü LCD’nin bacak bağlantıları

Çizelge 4.1 LCD bacak tanımları

Bacak No	Bacak İsmi	Harici Bağlantı	İşlev
1	VSS	Güç Kaynağı	Toprak
2	VDD		+5V
3	VO		Parlaklık Ayarı
4	RS	Mikrodenetleyici	Saklayıcı Seçme
5	R/W		Okuma/Yazma Seçme
6	E		Komutu/Veriyi İşle Bildirimi
7-14	DB0-DB7		Veri Yolu
15-16	BL+,BL-	Güç Kaynağı / Mikrodenetleyici	Arka Plan Aydınlatma

- **VSS:** Bu uç LCD'nin topraklanması için kullanılır.
- **VDD:** LCD'nin besleme gerilimi bu uçtan verilir. Besleme gerilimi DC +5V'dur.
- **VO:** Bu uca uygulanan gerilim ile LCD'nin kontrast ayarı yapılır. Gerilim değeri düştükçe kontrast artar. Aydınlık ortamlarda LCD'nin görünürlüğünü arttırmak için kontrastın artırılması gerekir. Bu amaçla besleme gerilimi bir ayarlı direnç ile bölünerek bu uca uygulanır.
- **RS:** Bu uç, LCD'ye gönderilen veri yolundaki bilginin komut ya da veri olduğunu LCD'ye bildirmek için kullanılır. LCD'ye gönderilen bilgi RS=1 ise veri, RS=0 ise komut olarak algılanır.
- **R/W:** Bu uç, LCD'ye yazma ya da LCD'den okuma işlemlerinden hangisinin yapılacağını LCD'ye bildirmek için kullanılır. R/W=1 ise LCD'den okuma, R/W=0 ise LCD'ye yazma işlemi yapılacaktır.
- **E:** LCD ile yapılan her işlemde sürekli değeri değişen yegane uç enable ucudur. Bir veri ya da komutun yazılması ya da okunması esnasında her seferinde bu uçtan 1-0-1 darbe serisi uygulanır. Bu darbe serisi ile LCD aktif edilmiş olur. Bu ucun düşen kenarında veri yolundaki komut ya da veri LCD'ye akatarılır.
- **DB0-DB7:** Bu pinler veri pinleridir. Veri, LCD'ye 8 bitlik tek bir byte olarak ya da 4 bitlik bloklar olarak aktarılır veya LCD'den okunur. 4 bitlik kullanımda sadece üst dört veri hattı (DB0-DB4) kullanılır. Bu 4 bit kullanım modu, mikrodenetleyicinin daha az pininin kullanımı açısından oldukça kullanışlıdır.
- **BL+ BL-:** LCD'nin kendi içinde küçük bir aydınlatma sistemi vardır. Bu uçlar paneli aydınlatmak için kullanılırlar ve bazı LCD'lerde yoktur. Anot ve katot uçlarıyla LCD ekran ışığı yakılır. Anot +5V'u, katot ise toprak bağlantısını temsil eder.

4.4 LCD Kontrol İşlemleri

LCD kontrol işlemleri; başlatma komutları, imleç komutları, gösterge komutları, CGRAM komutları, durum sorgulama olmak üzere beş gruba ayrılabilir. HD44780 sürücülü LCD'ler için kullanılacak bazı önemli komutlar Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 LCD komut tablosu

Komut	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
Ekranı Temizle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
İmleç Başa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	X
Giriş Modu	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S
Gösterge Aç/Kapa	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B
İmleç/Gösterge Kaydır	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	X	X
Fonksiyon Belirle	0	0	0	0	1	DL	N	F	X	X
CGRAM Adresi Seçme	0	0	0	1	CGRAM Adresi					
DDRAM Adresi Seçme	0	0	1	DDRAM Adresi						
BF/AC Okuma	0	1	BF	DD&CGRAM için Adres Sayıcı (AC)						
Veri Yaz	1	0	Yazılacak Veri							
Veri Oku	1	1	Okunan Veri							

4.4.1 Başlatma Komutları

- **Güç Verildiğinde Sıfırlama (Power On Reset):** Besleme ilk verildiğinde LCD modülü kendi kendini başlatır. Bu güç verildiği esnadaki donanım olarak yapılan başlatma işleminin tekrarı, yazılım ile arka arkaya 3 defa 0x03 komutunun LCD'ye gönderilmesi ile gerçekleşir.
- **Fonksiyon Belirle:** LCD'nin çalışma fonksiyonunun seçimi bu komutla gerçekleştirilir. Bu komutta bulunan DL biti Data Length kelimesinin kısaltılmışı olup veri yolunun kaç bitinin kullanılacağını belirler. Veri yolu 8 bit ya da 4 bit olarak kullanılabilir. N biti ile de LCD satır sayısı ayarlanır. Zaten 2 satırlı olan LCD'yi tek satır olarak kullanma imkanı verilmiştir. Son olarak F biti karakter fontunu temsil eder ki, 5x8 veya 5x10 olarak ayarlama yapılabilir. Fonksiyon seçim işlemi programın başında bir defaya mahsus olacak şekilde yapılır, fonksiyonda değişiklik olmadığı sürece yeniden girilmesine gerek yoktur. Özetlemek gerekirse, bu komut ile veri yolunun uzunluğu (4/8 bit), göstergedeki satır

sayısı ve font büyüklüğü belirlenir. Bu işlem için gönderilecek komut aşağıdaki şekilde belirlenir.

Çizelge 4.3 Fonksiyon belirleme komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7-6	-	"0" olarak kullanılır.
5	-	"1" olarak kullanılır.
4	DL	DL=0 ise 4 bit veri yolu DL=1 ise 8 bit veri yolu
3	N	N=0 ise 1 satır kullanılacak N=1 ise 2 satır kullanılacak
2	F	F=0 ise her bir karakter 5x7 noktadan oluşur. F=1 ise her bir karakter 5x10 noktadan oluşur.
1-0	X	Bu bitlerin değeri önemsizdir. "1" ve "0" seçilebilir.

- **Giriş Modu:** Giriş modu imlecin ve göstergenin hareketini belirlemek için kullanılır. Giriş modu artmalı ya da azalmalı olabilir, veya görüntünün kayması sağlanabilir. I/D bitinin "1" olması artmalı modu ifade eder, bu modda girilen her bir karakter için DDRAM adresi 1 artırılır, yani 1 sağa yazılır. Azalmalı modda ise her seferinde 1 azaltma yapılır, yani kursor 1 birim sola kayar. S bitinin "1" olması ise görüntünün ekrana sığmaması durumunda göstergenin kaymasını sağlar.

Çizelge 4.4 Giriş modu komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7-3	-	"0" olarak kullanılır.
2	-	"1" olarak kullanılır.
1	I/D	I/D=0 ise imleç girilen her karakterden sonra otomatik olarak sola kayar. I/D=1 ise imleç girilen her karakterden sonra otomatik olarak sağa kayar.
0	S	S=0 ise gösterge 2x16'lık kısmı gösterir. S=1 ise gösterge girilen her karakter ile kayar.

4.4.2 İmleç Komutları

- **İmleç Başa:** İmleci en sol ve en üst satıra konumlandırır. Bu komutun ikili şekli Çizelge 4.5’de verilmiştir.

Çizelge 4.5 İmleci başa alma komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7-2	-	”0” olarak kullanılır.
1	-	”1” olarak kullanılır.
0	X	Bu bitlerin değeri önemsizdir. ”1” veya ”0” seçilebilir.

- **İmleç Taşı:** HD44780 sürücülü 2x16 bir LCD’de ilgili satır ve sütuna erişmek için gönderilmesi gereken komut Çizelge 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 İmleç taşıma komutları

Sütun	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1.Satır	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F
2.Satır	C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF

- **İmleci Gizle/Göster/Yakıp-Söndür:** İmleç bir sonraki veri transferinin olduğu yere işaret etmesine rağmen, bazen görünen alanın dışında olabilir. Alternatif olarak, imlecin bulunduğu yerdeki karakter yakılıp söndürülebilir.

Çizelge 4.7 İmleç gizle/göster/yak-söndür komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7-4	-	”0” olarak kullanılır.
3	-	”1” olarak kullanılır.
2	D	D=0 ise gösterge kapanır. D=1 ise gösterge açılır.
1	C	C=0 ise imleç gizlenir. C=1 ise imleç gösterilir.
0	B	B=0 ise imleç yanıp sönmez. B=1 ise imleç yanıp söner.

4.4.3 Gösterge Komutları

- **Göstergeyi Kapat/Aç:** Gösterge kapalı iken veriler DDRAM içine yazılır, gösterge açıldığında ekrana basılır. Gerekli açıklama, imleci gizle/göster/yak-söndür komutu anlatılırken yapılmıştır.
- **Göstergeyi Temizle:** Komutun çalıştırılması ile bütün DDRAM adreslerine boşluğu ifade eden 20h verisi basılır. Böylelikle, göstergedeki bütün karakterler temizlenmiş olur. Bu komutun ikili şekli aşağıda verilmiştir.

Çizelge 4.8 LCD ekranını silme

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7-1	-	"0" olarak kullanılır.
0	-	"1" olarak kullanılır.

4.4.4 CGRAM Komutları

- **CGRAM Adresini Belirle:** LCD'de özel karakterlerin tanımlandığı CGRAM'ın hangi adresine veri yazılacağıının belirlenmesinde kullanılır. CGRAM'e her veri yazımında öncelikle adresin girilmesi gerekmektedir. Yani DDRAM'deki gibi, her veri girişinden sonra adres otomatik olarak değişmez.

Çizelge 4.9 CGRAM komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7	-	"0" olarak kullanılır.
6	-	"1" olarak kullanılır.
5-0	A5-A0	A5-A0: CGRAM adreslerini gösterir.

4.4.5 Durum Sorgulama

LCD'nin o anki durumu yani meşgul olup olmadığı ve erişilen son bellek gözünün adresi bir durum saklayıcısında tutulur. Durum saklayıcısında Meşgul Bayrağı (Busy-Flag:BF) ve Adres Saklayıcısı (Adress-Counter:AC) bulunur.

Çizelge 4.10 Durum sorgulama komutu

Bit No	Kısaltma	Açıklama
7	BF	BF=0 ise LCD meşgul değil BF=1 ise LCD meşgul
6-0	AC6-AC0	AC6-AC0: Son erişilen bellek gözünün adresini verir.

4.5 LCD RAM Bölgeleri

LCD'nin kendi içinde DDRAM ve CGRAM olmak üzere 2 adet RAM bölgesi bulunmaktadır. Bu bölümde bu RAM'lerin yapı ve özelliklerinden bahsedilecektir.

4.5.1 DDRAM (Display Data RAM)

DDRAM, adından da anlaşılacağı gibi LCD'ye gönderilen 8 bit karakter kodlarını saklayan RAM'dir. Çalışma modu ve DDRAM adresi ayarlandıktan sonra LCD'ye gönderilen veriler ilgili DDRAM adreslerinde saklanır. DDRAM, 80 karakter kapasiteye sahiptir. Ancak ekranda bunların yalnızca 32'si görünür. Ekranı sağa ya da sola kaydırarak diğer adresler de görülebilir.

4.5.2 CGRAM (Character Generator RAM)

Bu bölgenin özelliği ASCII karakter setinde tanımlanmamış, kullanıcının tanımlamak istediği herhangi bir karakteri (bir şekil ya da yabancı bir alfabeye ait bir karakter olabilir) tanımlama imkanı vermesidir.

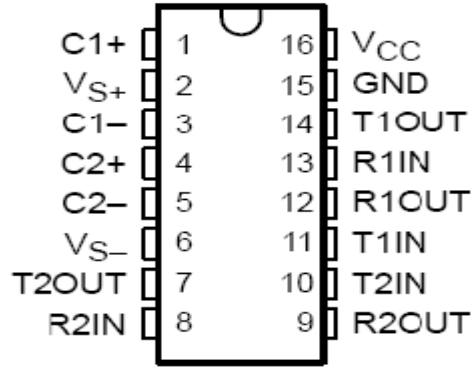
4.6 LCD'nin Kullanıma Hazırlanması

LCD'ye ilk besleme gerilimi verildiğinde öncelikle bazı koşullama işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Bu işlemler yapılmadan LCD'ye veri yazılamaz. Bu işlemler aşağıda sırasıyla belirtilmiştir:

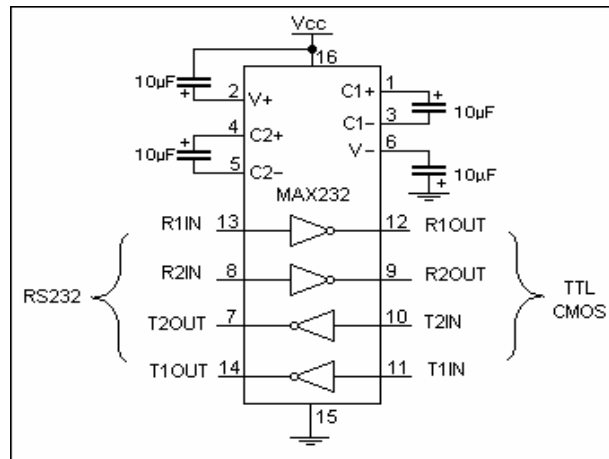
- 03h 3 kez gönderilerek LCD resetlenir.
- Veri yolu uzunluğu ve satır sayısı belirlenir.
- Gösterge aç/kapa işlemi yapılır.
- İmleç ayarları yapılır.
- Göstergenin kayma yönü belirlenir.

5. HAT SÜRÜCÜ (MAX232)

MAX232 entegresi, EIA-232 protokolü ile TTL/CMOS uyumlu entegrelerin gerilim seviyelerinin uyumlu çalışabilmesi için üretilmiştir. Aslında RS-232, Elektronik Endüstri Birliği (Electronic Industries Association (EIA)) tarafından tanımlanmış elektriksel iletişim için seri bağlantı standartıdır. Bu standarda göre 0-5V yerine $\pm 3V$ ile $\pm 12V$ arasında değişen gerilim seviyeleri kabul edilmiştir. Mesela lojik “1” ler -12V, lojik “0”lar +12V ile temsil edilmektedir. Yani TTL uyumlu giriş ve çıkışlardan ters bir mantıkla çalışmaktadır. İşte bu yüzden TTL ve RS-232 arasındaki gerilim seviyelerinde istenilen dönüşümün yapılması gereklidir. MAX232 entegresi bu dönüşüm için kullanılan bir entegredir. Bu entegre sürücü/alıcı devresinden oluşmaktadır. MAX232 entegresinin pin numaraları ve pin isimleri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2’de görülmektedir.



Şekil 5.1 MAX232 entegresinin üstten görünüşü



Şekil 5.2 MAX232 pin bağlantıları

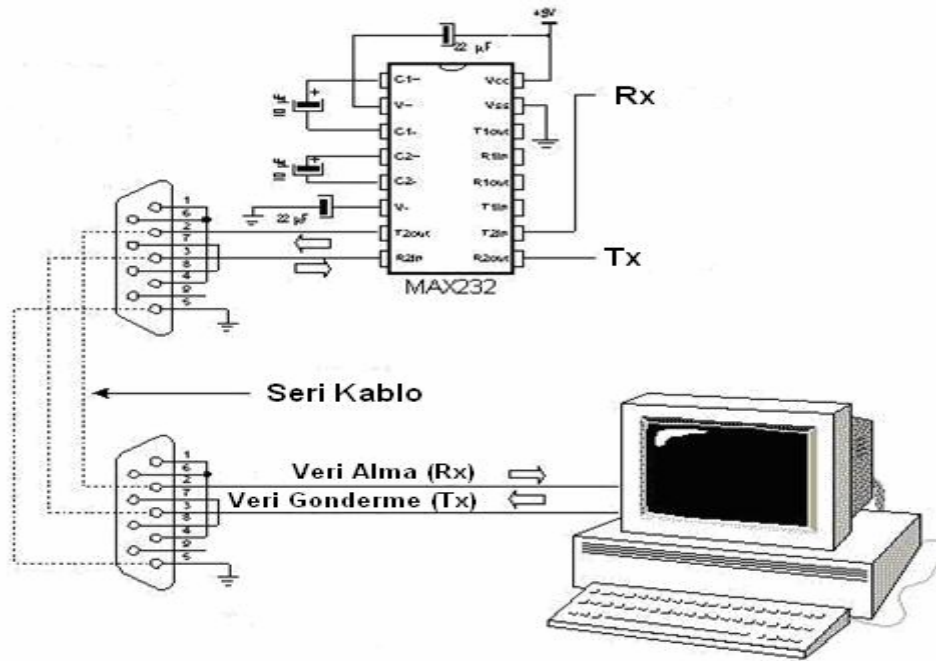
MAX232’nin içerisinde dört tane gerilim dönüştürücü vardır. Bunlardan ikisi verici, diğer ikisi de alıcı olarak adlandırılmaktadır. Bu dönüştürücüler, gerilim seviyesi dönüştürmesinin

yanında Çizelge 5.1'den de görüleceği üzere tersleyici (inverter) görevi de yapmaktadırlar. Her bir verici, girişlerine bağlanan EIA-232 pinlerinin gerilim seviyelerini 5V TTL/CMOS gerilim seviyelerine dönüştürerek çıkışlarından vermektedir. Her bir alıcı, girişlerine bağlanan 5V TTL/CMOS gerilim seviyelerini EIA-232 gerilim seviyelerine dönüştürerek çıkışlarından vermektedir.

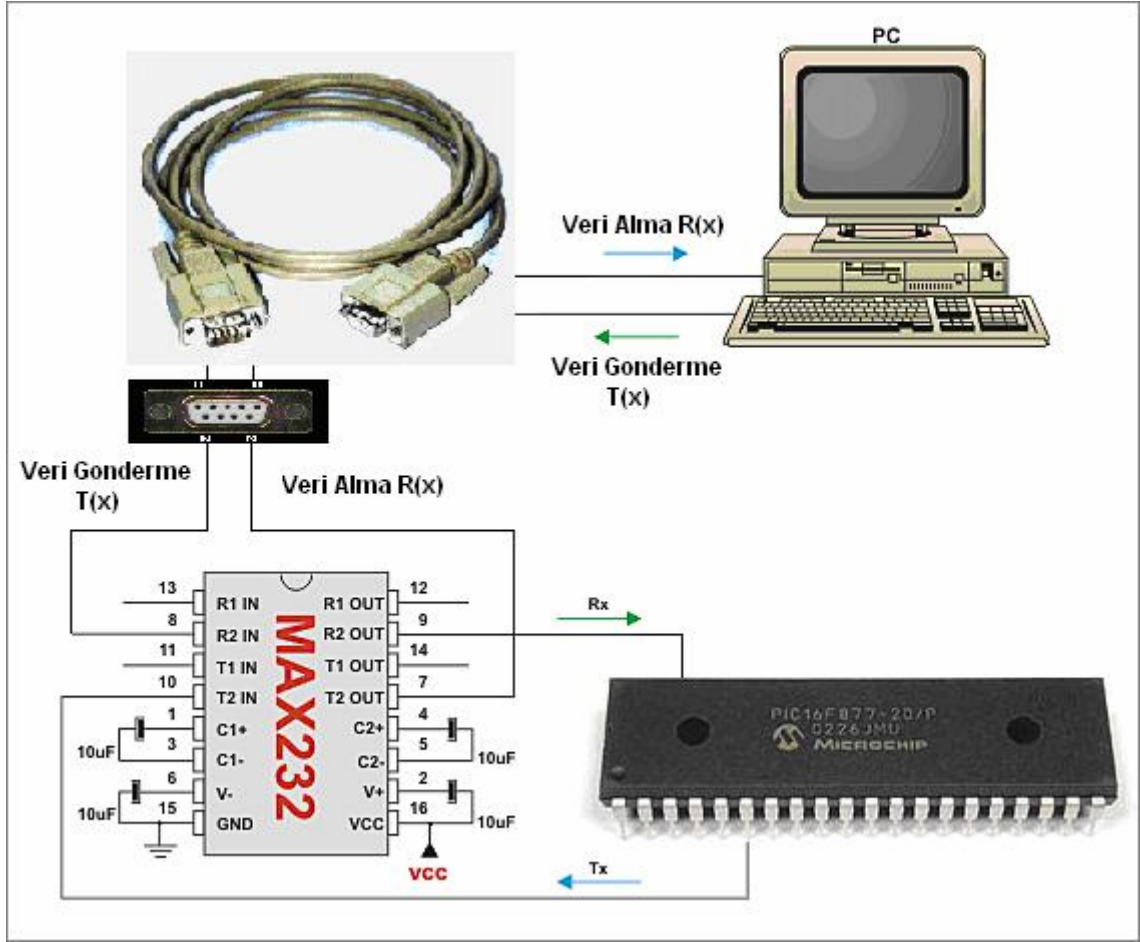
Çizelge 5.1 Max232 durum tablosu

Sürücü(Driver)		Alıcı(Receiver)	
Giriş Tin	Çıkış Tout	Giriş Rin	Çıkış Rout
Düşük(Low)	Yüksek(High)	Düşük(Low)	Yüksek(High)
Yüksek(High)	Düşük(Low)	Yüksek(High)	Düşük(Low)

PIC mikrodenetleyicinin bacaklarını seri portun Rx ve Tx girişlerine doğrudan bağlamak yerine arada MAX232 entegresini kullanmak verilerin hatasız iletimi açısından gereklidir. MAX232 entegresi -12, +12 V seviyesindeki seri port sinyallerini TTL (+5, 0 V) seviyesine veya TTL seviyesini -12 V, +12 V sinyallerine çevirir.



Şekil 5.3 Bilgisayar seri portu ile PIC'in MAX232 ile birbirine bağlanması

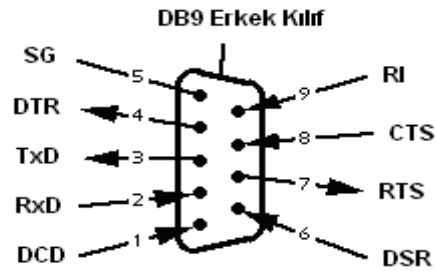


Şekil 5.4 Seri haberleşme devresi

RS-232 standartlı pin bağlantısında toplam 9 adet pin vardır. DB9 konnektör olarak bilinen bu bağlantıda sadece 2 pin üzerinden veri iletişimi sağlanır. Şekil 5.5’de DB9 konnektörün önden görünüşü verilmiştir.



Şekil 5.5 DB9 konnektör



Şekil 5.6 DB9 konnektör bacak tanımları

Çizelge 5.2 DB9 konnektör pin açıklamaları

Pin Numaraları	Açıklama
1	DCD: Data Carrier Detect (Karşı Cihaz Hazır mı)
2	RxD: Received Data (Alınan Veri)
3	TxD: Transmit Data (Gönderilen Veri)
4	DTR: Data Terminal Ready (Veri Terminali Hazırlansın)
5	SG: Signal Ground (Toprak)
6	DSR: Data Set Ready (Veri Seti Hazır Sinyali)
7	RTS: Request to Send (Gönderme İsteği Sinyali)
8	CTS: Clear to Send (Gönderilen Bellekten Sil)
9	RI: Ring Indicator (Zil Kontrolü)

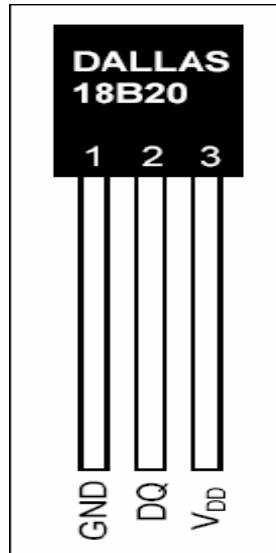
RxD ve TxD pinleri data alım ve gönderim pinleri olarak tanımlanmıştır. Bilgisayara seri porttan bağlı olan aygıt tarafından gönderilen seri datanın alındığı pin, RxD olarak tanımlanmıştır. TxD pini ise bilgisayardan karşı aygıtta seri verinin gönderilmesi için kullanılmaktadır. DTR pininden, gönderilecek datanın hazır olduğunu karşı aygıtta bildiren sinyal gönderilir. DSR pini ise aygıt tarafından gönderilecek olan datanın hazır olduğunu bilgisayara bildiren sinyal gönderir. SG pini, mantıksal toprak pinidir. Diğer sinyallerin lojik gerilim seviyeleri bu pinin referansına bağlı olarak belirlenir. RTS pini, bilgisayardan aygıtta data gönderme isteği olduğunu belirtir. CTS pini ise seri portun veriyi göndermek için hazır olup olmadığını belirler.

6. SICAKLIK ALGILAYICI (DS18B20)

NTC, PTC, LM35 gibi analog sıcaklık algılayıcılarının sayısal sistemler ile kullanılabilmesi için Analog/Sayısal dönüştürücü kullanılması gerekmektedir. Uzak noktalardan yapılan sıcaklık ölçümlerinde sıcaklık verisinin etkin bir biçimde merkezi birimlere iletilmesi gerektiğinde analog algılayıcı çıkışındaki veri doğrudan modüle edilerek yollanabileceği gibi sayısala dönüştürüldükten sonra da seri haberleşme ile iletim yapılabilir. Bu yollarla iletimin yapılabilmesi için harici donanımlar gerekmektedir ve bu da maliyeti arttırmaktadır. Aynı zamanda, tasarımcı tarafından bir haberleşme protokolünün de oluşturulması gerekmektedir. Maxim/Dallas firmasının piyasada bulunan DS18B20 sıcaklık algılayıcısı, yukarıda bahsedilen etkenler göz önünde bulundurularak üretilmiş olup tek kablo üzerinden 1-hat (1-Wire) haberleşme protokolünü kullanarak sayısal iletim yapmaktadır (Zengin vd., 2006).

Dallas firmasının üretmiş olduğu DS18B20 sıcaklık algılayıcısı en fazla 0.5°C 'lık hata ile -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arasında ölçüm yapabilmektedir ve sıcaklık bilgisini sayısal olarak vermektedir. DS18B20 gibi sayısal çıkış veren sıcaklık algılayıcılarının kullanımı ile analog/sayısal dönüştürücü kullanımına gerek kalmamaktadır.

Şekil 6.1'de DS18B20 sıcaklık algılayıcısının görünüşü verilmiştir.



Şekil 6.1 DS18B20 görünüşü

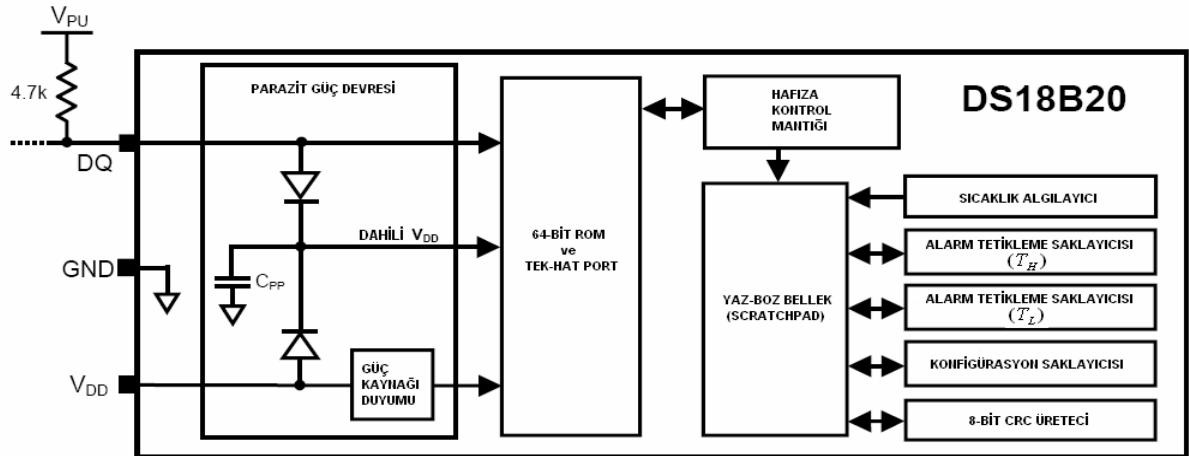
Çizelge 6.1 DS18B20 sıcaklık algılayıcısı pin açıklamaları

Pin Adı	Pin Açıklaması
GND	Toprak
DQ	Veri giriş çıkışı
VDD	Besleme

DS18B20 sıcaklık algılayıcısının özellikleri aşağıdaki gibidir:

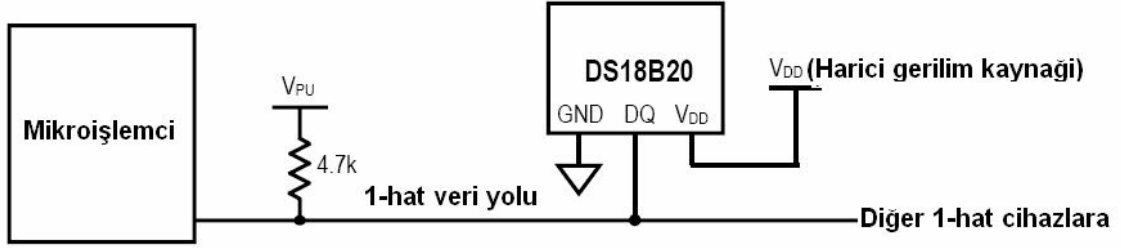
- Mikrodenetleyici ile tek hat üzerinden iletişim kurabilmektedir.
- 64 bitlik devre üzeri ROM kodu mevcuttur.
- Harici hiçbir eleman gerektirmez.
- 3-5.5V arası besleme ile çalışabilmektedir.
- -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arası ölçüm yapabilmektedir.
- Minimum 0.5°C hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir.
- 9-12 bit sayısal çözünürlük sağlayabilmektedir.
- Maksimum 750ms içerisinde sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.
- Kullanıcı tarafından tanımlanabilen kalıcı alarm ayarlayabilmeyi sağlar.

DS18B20 sıcaklık algılayıcısı blok diyagramı Şekil 6.2'deki gibidir [7].



Şekil 6.2 DS18B20 blok diyagram

DS18B20 sıcaklık algılayıcısı ile mikroişlemci arasındaki bağlantı Şekil 6.3'deki gibidir. DQ ucu $4.7\text{K}\Omega$ 'luk bir pull-up direnci ile mutlaka $+5\text{V}$ 'a bağlanmalıdır. Eğer bu nokta atlanırsa devre 0°C 'ı gösterecektir [14].



Şekil 6.3 DS18B20 ile mikroişlemci bağlantısı

DS18B20, mikrodnetleyici ile 1-hat adı verilen özel bir protokol çerçevesinde haberleşen bir sıcaklık algılayıcısıdır. DS18B20, çalışması için harici bir eleman kullanımı gerektirmemekle beraber isteğe bağlı olarak dışarıdan ya da veri yolu üzerinden olmak üzere iki şekilde beslenebilir.

6.1 DS18B20 ROM Kodu

Her DS18B20 kendine ait eşsiz bir 64 bit ROM kodu içerir. DS28B20'nin 64 bit ROM kodunun düşük anlamlı 8 biti aile kodunu vermektedir. Bu seri için bu değer 28h'dir. Yüksek anlamlı 8 bit ise CRC (Cyclic Redundancy Check: Çevrimsel Artıklık Kontrolü) kodunu içerir. Geri kalan 48 bit ise entegrenin seri numarasını içerir. Her bir DS18B20, üretim esnasında belirlenen 48 bitlik kendisine özgü bir seri numarasına sahiptir. Bu seri numarası sayesinde aynı hatta kendi sınıfından sınırsız sayıda eleman bağlanabilir. Bu sayede, tek hat üzerinden çok noktadan sıcaklık ölçümü mümkün olmaktadır.

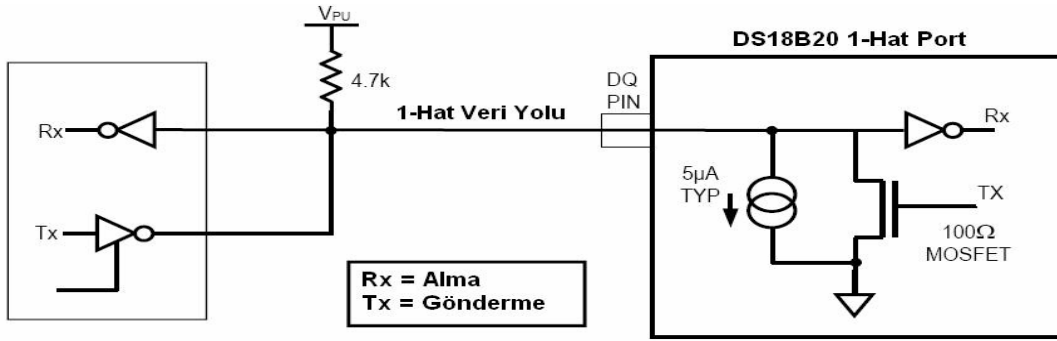
Çizelge 6.2 DS18B20 64 bit ROM kodu

8-bit CRC Kodu		48-bit Seri Numarası		8-bit aile kodu	
MSB	LSB	MSB	LSB	MSB	LSB

6.2 DS18B20 Tek Hat (1-Wire) Haberleşmesi

1-hat haberleşme sisteminde bir tane ana (master), bir veya daha fazla bağımlı (slave) uç birim olabilmektedir ve veri iletişimi için arada bir hat bulunmaktadır. Tüm veriler ve komutlar haberleşme hattına en düşük anlamlı bittten başlanarak verilir. Boş haldeki iletim hattı, pull-up direncinden dolayı bir V_{PU} gerilimi ile "1" konumundadır.

1-hat haberleşme sistemi için gerekli donanım konfigürasyonu Şekil 6.4'de verilmiştir.

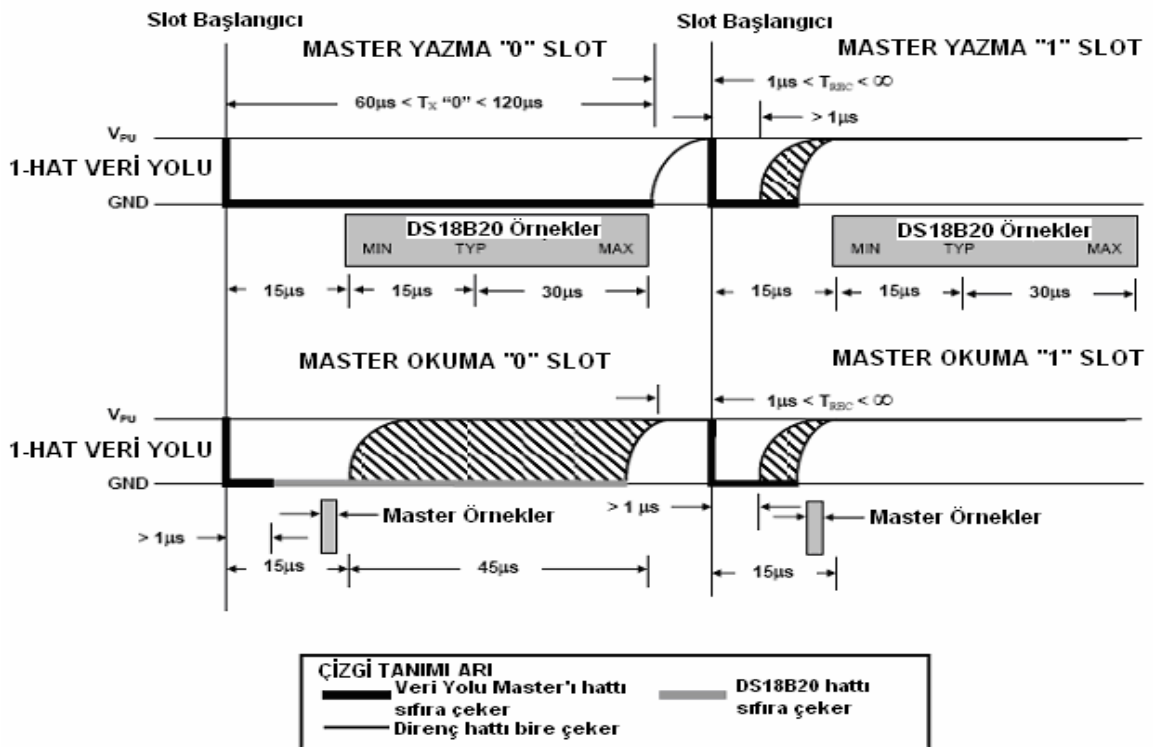


Şekil 6.4 Donanım konfigürasyonu

6.3 DS18B20 ile Haberleşme

6.3.1 Bit Okuma ve Yazma İşlemleri

Bit okuma işlemi için yaklaşık 1-15µs arası hat "0" konumuna çekilir. Daha sonra hat dinlenir. Eğer DS18B20 hattı "0" tutuyorsa "0" okunur, hattı serbest bırakıp hattın V_{PU} seviyesine çıkmasına izin veriyorsa "1" okunur [14]. Yazma işlemi için eğer "0" yazılmak isteniyorsa hat 60-120µs arası "0" konumuna çekilir. Eğer "1" yazılmak isteniyorsa yaklaşık 1-15µs "0" konumuna çekilir. Daha sonra hat serbest bırakılarak hattın V_{PU} seviyesine çekilmesi sağlanır.



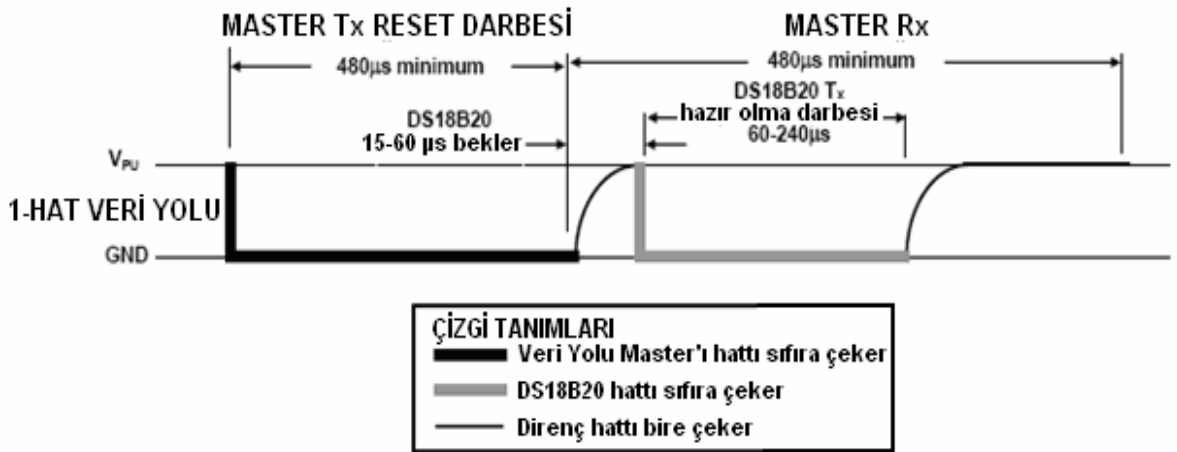
Şekil 6.5 DS18B20 okuma ve yazma zamanları

DS18B20 ile haberleşmeyi 3 bölümde inceleyebiliriz:

- Reset Darbesi
- ROM Komutu
- İşlem Komutu

6.3.2 DS18B20 Reset Darbesi

Reset darbesi, DS18B20 ile haberleşmeye başlamadan önce gönderilmesi gereken ilk işarettir. Şekil 6.6’da da görüldüğü gibi reset darbesi için hat yaklaşık 500 μ s ”0” konumuna çekilir. Hat serbest bırakıldıktan 60 μ s sonra eğer hat DS18B20 tarafından ”0” da tutuluyorsa reset darbesi algılanmış demektir. Bu durumda haberleşmeye devam edilebilir. Reset darbesi sonrasında hat V_{PU} değerinde ise DS18B20 meşguldür veya hatta değildir.



Şekil 6.6 DS18B20 reset darbesi

6.3.3 ROM Komutları

- **ROM Arama (Search ROM) [F0h]:** Master, sisteme anlık olarak enerji verildiğinde hat üzerindeki tüm slave'lere ait ROM kodlarını öğrenmelidir. Böylece master, hatta kaç adet slave olduğunu ve aygıt türlerini öğrenir.
- **ROM Oku (Read ROM) [33h]:** Hatta tek DS18B20 varken kullanılabilir. 64 bit ROM kodunu ” ROM Arama” prosedürüne gerek kalmadan okumaya yarar. Hat üzerinde birden fazla slave varken bu komut kullanılırsa, slave'lerin aynı anda cevap verme girişimlerinde veri çakışması oluşacaktır.

- **ROM Kontrol (Match ROM) [55h]:** Hatta birden fazla DS18B20 varken gönderilen ROM'un ait olduğu uç birimi aktif etmek için kullanılır.
- **ROM Atla (Skip ROM) [CCh]:** Hatta birden fazla DS18B20 varken ROM kod bilgisini göndermeden yani ROM kontrol işlemini geçerek tüm slave'leri öğrenmek için kullanılır.
- **Alarm Durumuna Bak (Alarm Search) [BEh]:** Bu komutun çalışma şekli "ROM Arama" çalışma mantığıyla aynıdır. Master, herhangi bir DS18B20'nin en yakın sıcaklık dönüşümlerinde herhangi bir alarm durumuna sahip olup olmadığını bu komutla anlar.

6.3.4 İşlem Komutları

- **Sıcaklık Çevir (Convert T) [44h]:** Bu komut girildiği anda DS18B20 ortamın sıcaklığını analog olarak alıp sayısalı çevirir ve ScratchPad(Yaz-Boz Bellek) hafızasındaki 2 byte'lık sıcaklık saklayıcısı alanına yazar.
- **Yaz-Boz Bellek'e Yaz (Write ScratchPad) [4Eh]:** Bu komut ile Yaz-Boz Bellek'e 3 byte'lık veri girişi yapılır.
- **Yaz-Boz Bellek'i Oku (Read ScratchPad) [BEh]:** Bu komut ile Yaz-Boz Bellek okunur. Veri transferi en anlamsız bittten başlanarak yapılır.
- **Yaz-Boz Bellek'i Kopyala (Copy ScratchPad) [48h]:** Bu komut Yaz-Boz Bellek'deki TH, TL ve konfigürasyon saklayıcı verisini(byte 2,3,4) kopyalarak EEPROM'a yazar.
- **EEPROM Oku (Recall E2) [B8h]:** Bu komut alarm tetikleme değerlerini(TH, TL) ve konfigürasyon verisini EEPROM'dan okuyarak, Yaz-Boz Bellek hafızadaki 2,3 ve 4 byte'larına yerleştirir.
- **Besleme Gerilimini Oku (Read Power Supply) [B4h]:** DS18B20, kaynak kullanım durumunu master'a bildirir.

6.4 DS18B20 ile Sıcaklık Ölçümü

DS18B20 sıcaklık algılayıcısının temel özelliklerini özetlemek gerekirse, DS18B20, -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arasında minimum 0.5°C hassasiyetle ölçüm yapabilen ve elde ettiği sıcaklık bilgisini 9-12 bitlik sayısal veri halinde sunan, sıcaklık değerini 200ms gibi kısa bir sürede sayısal veri haline dönüştürebilen ve kullanıcı tarafından belirlenen maksimum ve minimum kalıcı alarm değerlerine sahip olan bir algılayıcıdır.

Çizelge 6.3 DS18B20'nin ölçtüğü sıcaklığın sayısal veri karşılıkları

SICAKLIK (°C)	SAYISAL ÇIKIŞ (BINARY)	SAYISAL ÇIKIŞ (HEX)
+125	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008h
0	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55	1111 1100 1001 0000	FC90h

DS18B20, sıcaklığı ölçerek 2 byte'lık sayısal değer haline dönüştürür. Çizelge 6.3'de hangi sıcaklık değerine hangi sayısal karşılığın geldiği birkaç değerle gösterilmiştir. Ölçülen sıcaklığın sayısal karşılığının ondalık olarak anlaşılabilmesi için Çizelge 6.4 incelenmelidir. 16 bitlik sayısal değerın LSB 12 bitlik kısmı, bu değeri ondalık sisteme dönüştürmek için yeterli olacaktır. Bit-11 sıcaklık değerinin işaretini, yani sıcaklığın pozitif değerde mi yoksa negatif değerde mi olduğunu göstermektedir. Bit-10~bit-14 sayısal değeri sıcaklık değerini, diğer bitler ise sıcaklığın kesirli kısmını vermektedir. 0°C'ın altında kalan sıcaklık değerlerinin elde edilmesinde ise; bit-11 negatif işareti, bit-10~bit-14 arası sayısal değerinin komplementi alınarak sıcaklığın ondalık karşılığı, diğer bitler de yine kesirli kısmı vermektedir.

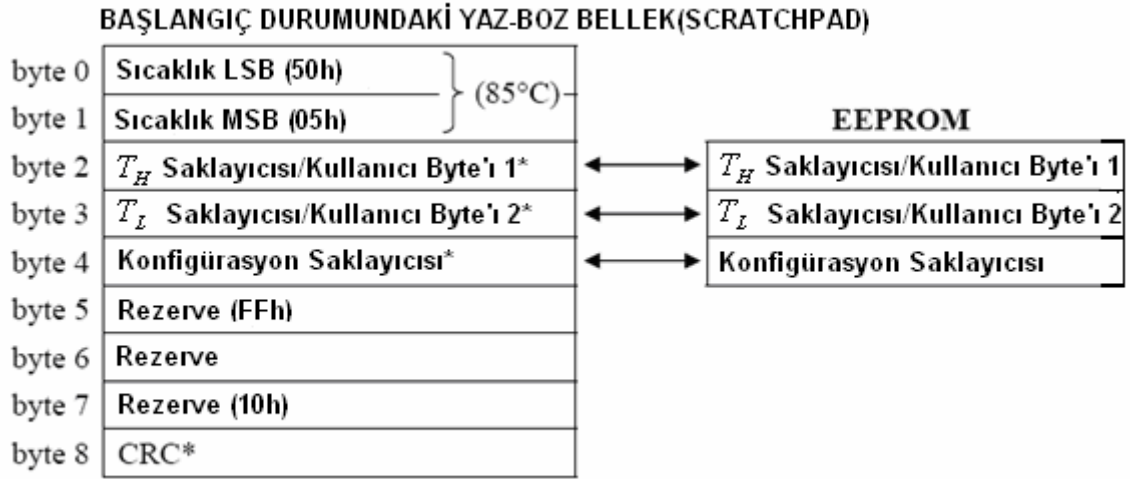
Çizelge 6.4 Sıcaklık kaydedicisi formatı

MS Byte								LS Byte							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴

1-hat adı verilen iletişim yönteminde, hazır olma hariç bütün haberleşmeyi mikrodnetleyici başlatır. DS18B20 sadece hazır olma sinyalinı alıcı tarafa göndererek işlemi başlatır. DS18B20 ile mikrodnetleyici arasındaki haberleşme sırasında alınan bilgi veya yollanan komutlar en anlamsız bitten (LSB) başlanılarak tek hat üzerine yazılıp, bit bit yollanır veya alınır. DS18B20'ye herhangi bir işlem yaptırdıktan sonra tekrardan RESET darbesi yollayıp hazır olmanın okunması, ROM ve hafıza komutlarının sıra ile yollanması gerekmektedir.

DS18B20'nin en önemli özelliklerinden biri de sıcaklığı doğrudan sayısal veriye çevirmesidir. Sıcaklık çevrim çözünürlüğü kullanıcı tarafından DS18B20'nin Konfigürasyon Saklayıcısı

(Configuration Register) değiştirilerek seçilebilmektedir. Çevrim çözünürlüğü 9-12 bit arasında seçilebilmektedir, fakat çevrim çözünürlüğü arttıkça sıcaklık ölçüm süresinin artacağı unutulmamalıdır. İlk güç verildiğinde çevrim çözünürlüğünün değeri 12 bittir. Sıcaklık ölçümü mikrodenetleyiciden gönderilen “Sıcaklık Çevir (44h)” komutu ile başlar. Bu andan itibaren DS18B20 sıcaklık değerini analogtan sayısalı çevirir. DS18B20 çevrim süresinde hattı “0”da tutar. Çevrim bittikten sonra hat “1”e çekilir. Çevrilen değer DS18B20’de bulunan geçici belleğe (ScratchPad) yazılır. Çevrim bittikten sonra mikrodenetleyiciden gönderilen “Yaz-Boz Bellek’i Oku (BEh)” komutu ile sıcaklık okunur. Okunan bu sıcaklık bilgisi Santigrat cinsinden verilmektedir. Bunun yanı sıra okunan bitlerde işaret biti de bulunur. Sıcaklık pozitif ise gelen bit ”0”, negatif ise gelen bit ”1”dir. Şekil 6.7’de Yaz-Boz Bellek Saklayıcısı ve sıcaklık bitleri verilmiştir.



* Başlangıç Durumu EEPROM’daki Değerlere Göre Değişmektedir.

	bit 7	bit 6	bit 5	bit 4	bit 3	bit 2	bit 1	bit 0
LS Byte	2 ³	2 ²	2 ¹	2 ⁰	2 ⁻¹	2 ⁻²	2 ⁻³	2 ⁻⁴
	bit 15	bit 14	bit 13	bit 12	bit 11	bit 10	bit 9	bit 8
MS Byte	S	S	S	S	S	2 ⁶	2 ⁵	2 ⁴

Şekil 6.7 ScratchPad saklayıcısı ve sıcaklık bitleri

ScrathchPad’in 4. byte’ının içerdiği Konfigürasyon Saklayıcısı Şekil 6.8’deki gibidir.

bit7	bit6	bit5	bit4	bit3	bit2	bit1	bit0
0	R1	R0	1	1	1	1	1

Şekil 6.8 Konfigürasyon saklayıcısı

R0 ve R1 bitleri ile çevrim çözünürlüğü değiştirilebilir. Bu bitlerin varsayılan ilk değerleri “1”dir. R0 ve R1 bitlerine göre çözünürlüğün değişimi Çizelge 6.5’deki gibidir.

Çizelge 6.5 Çözünürlük değişimleri

R1	R0	Çözünürlük	Max Çözünürlük Zamanı	
0	0	9 bit	93.75ms	$t_{CONV} / 8$
0	1	10 bit	187.5ms	$t_{CONV} / 4$
1	0	11 bit	375ms	$t_{CONV} / 2$
1	1	12 bit	750ms	t_{CONV}

7. LabVIEW

National Instruments 1977 yılından beri mühendis ve bilim adamlarının test ve ölçüm ihtiyaçlarına en çağdaş çözümleri sunmaktadır. National Instruments, ürettiği donanım, yazılım ve diğer teknolojileri, hızla gelişen bilgisayar teknolojisi ile birleştirerek, güçlü, esnek ve etkili bilgisayar tabanlı ölçüm ve otomasyon sistemlerine çevirmektedir. National Instruments bir test sisteminin yaratılması için gerekli tüm donanım ve yazılım bileşenlerini piyasaya sunmakta ve güçlü bir destek ağı ile karşılaşılan test, ölçüm ve otomasyon sorunlarının en hızlı, en kolay ve en etkili şekilde çözülmesini sağlamaktadır. National Instruments, 30 yıldan uzun bir süredir endüstri standartlarında bir bilgisayarı test, ölçüm ve endüstriyel otomasyon uygulamalarına hazır hale getirecek donanım, yazılım ve aksesuarları üretmektedir. Bütün dünyada her geçen gün daha fazla mühendis, teknisyen, akademisyen ve öğrenci elektrik sinyallerini ölçmek ve bir takım fiziksel değişkenleri kontrol etmek için “Sanal Enstrümanlar”ı kullanmaktadır (Bodur vd., 2001; Unsaçar ve Eşme, 2007).

Hem geleneksel hem de sanal ölçüm aletleri aynı işlevleri yerine getirirler; veri toplarlar, bu veriyi analiz ederler ve sonuçları gösterirler [2]. İki arasındaki en önemli fark esnekliktir. Sanal enstrümanlar kullanıcı tarafından tanımlanırlar; uygulamalar için gerekli olan donanım, yazılım ve aksesuarlar kullanıcı tarafından bir araya getirilir. Bu yaklaşımın kullanıcılara verdiği esnekliği, bütün özellikleri üretici tarafından belirlenmiş ve dolayısıyla özellikleri sabit olan voltmetre, osiloskop, sıcaklık ve basınç ölçer gibi cihazlar sağlayamazlar. Oysa, bilgisayar tabanlı olduğu için sanal enstrümantasyon, bilgisayarlar 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. Özellikle günümüz bilgisayarlarının sürekli gelişen fiyat/performans oranları pahalı ve esnek olmayan geleneksel ölçüm ve test sistemleri yerine sanal enstrümanların ekonomik olarak daha uygun olmalarını sağlamaktadır. Sanal enstrümantasyon çözümlerini seçen kullanıcılar kuruluş, sistem geliştirme ve bakım masraflarını azaltırken, ürün kalitelerini ve pazar paylarını artırma fırsatına sahip olmaktadır. Sanal enstrümantasyon bir anlayış veya akımdan daha fazlasıdır; gerçekte endüstride gözle görülür sonuçları olan bir paradigma değişikliğidir. Bu yeni yaklaşımda sınırlı, esneklikten uzak, çoğu zaman da pahalı olan tek veya belirli sayıda işleve sahip cihazlarla çalışmalarını yürütme zorunda kalmak yerine kullanıcılar tamamen kendi uygulamalarına özel, bütün ihtiyaçlarını karşılayabilen, gerektiğinde bambaşka işlevleri yüklenmek üzere yeniden programlanabilen enstrümantasyon

çözümleri üretebilmektedir.

Programlama dilleri, çalışma mantığı, kodlama yapısı, görselliği gibi farklı özelliklere göre gruplanabilmektedir. National Instruments firmasının LabVIEW (Laboratory Virtual Instruments For Engineering Workbench) programını geliştirmesi ile veri akışının animasyon şeklinde canlandırılabilmesi ile ve grafiksel olarak tasarlanmış, ikon haline getirilmiş birçok hazır fonksiyon sayesinde klasik programlama dillerindeki birçok zorluk aşılmıştır. LabVIEW, C tabanlı olarak ölçme amaçlı geliştirilmiştir. Böylece, kod ya da komut ezberleme ve metin tabanlı komutlarda çalışma ortadan kalkmıştır. LabVIEW'deki kaynak kodları ise akış şemasına benzemektedir. Bu nedenle buna tamamen grafiksel bir programlama dili denilebilir.

LabVIEW, 20 yılı aşkın bir süredir gelişmekte olmasına rağmen dünyada ve ülkemizde beklenen hızda yaygınlaşamamıştır. 90'lı yılların sonuna doğru teknolojik gelişmeler LabVIEW'ı gerek grafiksel programlama dili olarak gerekse ölçme ve enstrümantasyon alanında yeterli seviyeye getirmiştir. Programlamaya getirdiği kolaylıklarla birlikte veri toplama için sağladığı tümleşik devreler sayesinde, çok hassas ölçmeler pratik bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir (Bitter vd., 2001; Unsaçar ve Eşme, 2007)

7.1 Niçin LabVIEW Kullanılmalı

LabVIEW, yetenekli bir programlama dili kullandığından performans ve esnekliğini ön plana çıkararak zor ve karışık problemlere çözüm getirmekle beraber bilimsel ve mühendislik kontrol sistemleri için yapılacak uygulamalar için de uygun bir çözümdür. Ölçme ve enstrümantasyon odaklı olarak geliştirilen LabVIEW bugün bir yazılım üretme platformu olarak diğer yapısal ve nesne tabanlı programlama dillerinin hemen hemen her yeteneğine sahiptir. Halihazırda sunulmuş modüler yapıdaki birçok fonksiyonu ve Express VI'ları ile programlama sürecini şaşırtıcı derecede basitleştirir ve hızlandırır. National Instrument Firması tarafından üretilmiş ve LabVIEW ile entegre çalışabilen çeşitli donanımlar bir çok mühendislik uygulamalarında veri toplama, veri analizi ve elde edilen sonuçların sunumu aşamalarında çok hassas ölçümler yapmayı sağlamaktadır.

LabVIEW, grafiksel programlama dili (GPL) teknolojisi ile programlamada yeni bir dönemi başlatmıştır. GPL metin tabanlı kodlama yerine tamamen sembolleştirilmiş komut setine sahiptir. Dolayısı ile komut ezberleme zorluğunu ortadan kaldırmıştır. Programcı, paletlerden ihtiyacı olan fonksiyonları alarak bir akış şeması oluşturur gibi yazılım üretebilmektedir; hatta Express VI'lar ile sadece girişleri ve çıkışları bağlamak suretiyle, onlarca programı dakikalar

içerisinde üretebilmektedir. Böyle bir işlem, diğer programlama dilleri ile günlerce sürebilir.

LabVIEW kullanıcıları LabVIEW'ın faydalarını beş kategoride gruplamaktadır [13].

- Üretkenliği 4-10 kat arttırarak geliştirmeye harcanan zamanı azaltır.
- Bilgisayar ve enstrümantasyon donanımına yapılan parasal yatırımı korur.
- Kendi çözümlerini geliştirebilmeleri için daha geniş kullanıcı kitlesini yetkilendirir.
- Daha karmaşık geliştirme araçlarına gerek kalmadan bütün işlemlerinizi tamamlayabilme esnekliğine sahiptir.
- Eklenen güçlü program araç geliştirme takımıyla (tool) karmaşık geliştirme işlemlerini basitleştirir.

7.2 LabVIEW'ın Yapısı

LabVIEW grafik tabanlı programlama diliyle bilgisayar uygulamaları oluştururken, metin tabanlı komutlar yerine ikon görünümündeki terminalleri ve diğer düğümleri (node-girişleri ve çıkışları olan, girişindeki veriyi işleyerek çıkışa aktaran fonksiyonlar) kullanmaktadır. Terminaller, ön panelde bulunan nesnelerin blok diyagramdaki karşılıklarıdır. Düğümler ise diğer programlama dillerindeki fonksiyonlara karşılık gelmektedir.

LabVIEW'da araç seti ve nesneler yardımıyla kullanıcı arabirimi oluşturulmaktadır. Kullanıcı arabirimi ön panel olarak isimlendirilmektedir. Ön paneldeki nesnelerin fonksiyonlarını kontrol edebilmek için kod yazma grafiksel blok diyagram ile sağlanmaktadır. Başka bir ifadeyle blok diyagram akış şemalarına benzemektedir ve programlama veri akışı yapısına dayanmaktadır.

LabVIEW programları görünüş ve çalışma şekli ile laboratuarlarda kullanılan osiloskop, sinyal jeneratörü gibi fiziksel enstrümanlara benzediği için sanal enstrüman veya VI (virtual instruments-VIs) olarak adlandırılır. Her VI, kullanıcı arabiriminden veya başka kaynaklardan gelen bilgileri kullanabilir ve bu bilgileri görüntüleyebilir veya başka dosyalara ve bilgisayarlara taşıyabilir. En basit haliyle bir VI, ön panel, blok diyagram, ikon ve bağlantı pencereleri olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır.

LabVIEW'da araçların ve nesnelerin ayarlanması yardımı ile bir kullanıcı arayüzü oluşturulmaktadır. Kullanıcı ara yüzü ön panel olarak isimlendirilmektedir. Ön panel nesnelerini kontrol etmek için fonksiyonların grafiksel karşılıklarını kullanarak kod eklenir. Uygun şekilde düzenlemeler yapılarak blok diyagram üzerinde bir akış diyagramı oluşturulmaktadır. Blok diyagram, VI'n fonksiyonunu tanımlayan grafiksel kaynak kodunu

içermektedir. İkon ve bağlantı pencereleri ise bir VI içinde kullanılabilen diğer VI'ları tanımlamaktadır. Bir VI içinde bulunan diğer VI'lar Alt_VI (subVI) olarak adlandırılmaktadır. Alt_VI'lar metin tabanlı programlama dillerindeki çağırılan fonksiyonlara/alt programlara karşılık gelmektedir.

LabVIEW, uygulama oluşturmak için text hatlarının yerine ikonların kullanıldığı grafiksel bir programlama dilidir. Text temelli programlama dillerindeki bilgi tespit yöntemlerine karşın, LabVIEW veri tespit yöntemi olarak veri akış yöntemini kullanmaktadır. Kolay kullanılan güçlü bir grafik program geliştirme ortamıdır. Kaynak kodu problemleri çözmek için şematik ve akış diyagramına benzeyen sezgisel bir blok diyagramı yaklaşımı kullanılır. Maksimum yürütme performansı elde etmek için LabVIEW 32 bit derleyici içermektedir. LabVIEW kullanarak müşteri veri akışı, test, ölçüm ve kontrol uygulamaları için gerekli hızı sağlayan 32 bit derlenmiş uygulamalar oluşturulabilmektedir. Ayrıca DLL'lere benzer yapıda bölünmüş kütüphaneler ve yalnız çalışan uygulamalar da oluşturulabilmektedir. Çünkü LabVIEW gerçek bir 32 bit derleyicidir. Böylece LabVIEW sanal enstrümanları C veya C++ ile oluşturulan programlar kadar hızlı çalışmaktadır. LabVIEW ile kendi başına çalışan programlar da oluşturabilmektedir. LabVIEW programının yazıldığı dil "G" olarak anılmaktadır. Dünya çapında yapılan bağımsız araştırmalarda görülmüştür ki, PC tabanlı ölçüm sistemleri için en popüler üç programlama ortamı LabVIEW, C ve C++'dır. LabVIEW varolan standart C programlama dillerinin esnekliğini ve kapsamlı işlevselliğini sağlarken bir yandan da kullanıcılara C'ye göre beş ile on kat daha fazla verimlilik sunmaktadır.

LabVIEW ile genişletilmiş özel uygulamalar yapabilmek için kullanıcının kişisel olarak ekleyebileceği yazılım araç kutuları mevcuttur. Tüm araç kutuları LabVIEW'a kolayca entegre edilebilmektedir. LabVIEW GPIB, VXI, RS232, RS485 ve diğer veri akış sürücülerini gibi donanımlar ile haberleşme için uygun şekilde oluşturulmuştur. LabVIEW aynı zamanda uygulamaların Web Server'ı kullanarak internete bağlanması için TCP/IP ağı ve ActiveX gibi yazılım standartlarını kullanacak şekilde tasarlanmıştır. LabVIEW aynı zamanda analiz, kontrol ve saklama uygulamaları için kapsamlı bir veri koleksiyonuna sahiptir. LabVIEW, geleneksel program geliştirme araçları da içermektedir. Daha kolay gelişim göstermek için, uygulamalarda kırılma noktası, animasyonlar veya tek adımlık programlar oluşturulabilmektedir. LabVIEW harici kod ya da DLL'ler ile, veri tabanları ile, ActiveX ve daha fazlası ile iletim sağlanabilmesi için çok sayıda mekanizma içermektedir. Ayrıca eklenebilecek çok sayıda araç, uygulamanın ihtiyaç duyacağı çeşitliliği sağlayacak yetenektedir.

7.3 LabVIEW Programlama Yaklaşımı

LabVIEW programları sanal enstrümanlar olarak adlandırılmaktadır. Bunun nedeni, LabVIEW programlarının görünüşünün ve çalışma şeklinin osiloskop ve multimetre gibi fiziksel cihazlara benzemesidir. LabVIEW analiz etme, ekranda görüntüleme ve data kaydetme işlemleri için bir çok araç içermesinin yanı sıra, yazılan kodların üzerinde çalışılabilmesi ve düzeltilebilmesi için gerekli araçları da içermektedir. LabVIEW programıyla ön panel olarak adlandırılan ve içerisinde kontrol ve göstergeler barındıran kullanıcı arayüzü yaratılabilmektedir. Kontroller; düğme, butonlar, LED'ler, kadranlar ve diğer giriş mekanizmalarını kapsamaktadır. Kullanıcı arayüzünün yaratılmasından sonra VI'lar ve ön paneldeki nesneleri kontrol etmek amacıyla kullanılan yapılar yardımıyla kod eklenebilmektedir. Bu kodlar blok diyagram tarafından içeriilmektedir.

LabVIEW programı veri toplama ve görüntülemeye ek olarak hareket kontrol cihazlarıyla haberleşebileceği gibi GPIB, PXI, VXI, RS232, RS485 ile de kullanılabilir.

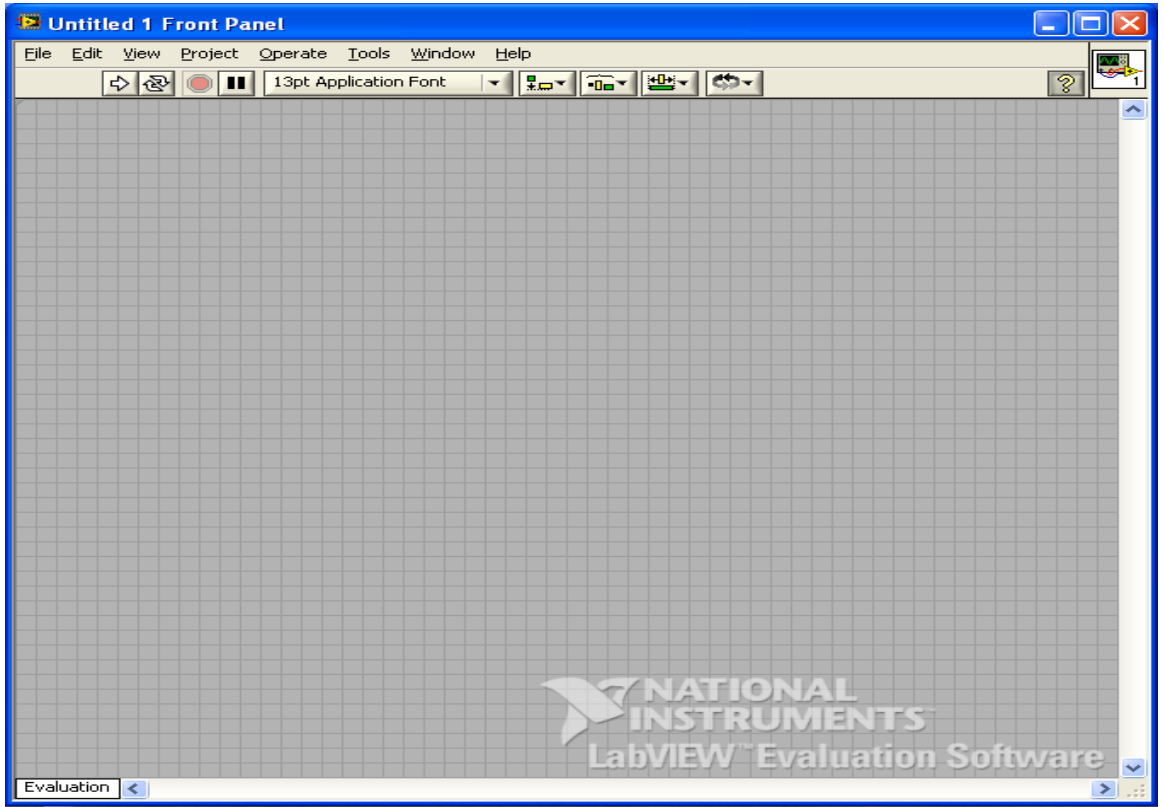
7.3.1 LabVIEW Kullanıcı Arayüzünün Tanıtılması

LabVIEW ekranı "Block Diagram" ve "Front Panel" olmak üzere iki ana kısımdan oluşur. Sırası ile bu iki kısım blok diyagram ve ön panel olarak adlandırılmaktadır. Blok diyagram görsel programlama dillerinde kod yazma bölümüne, ön panel ise kullanıcı ara yüzünün hazırlandığı formlara karşılık gelmektedir.

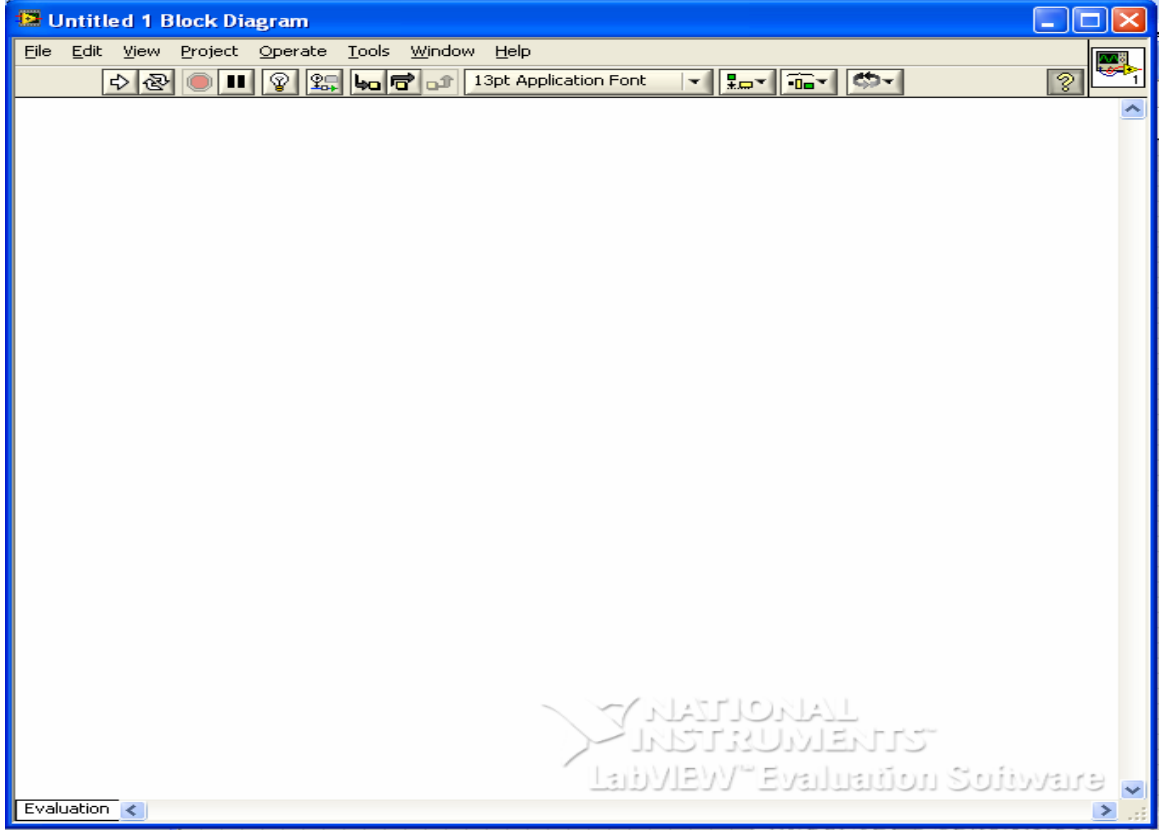
Ön panel gri bir zemin rengi ile gösterilen, kontrolleri ve göstergeleri kapsayan bir VI için kullanıcı arayüzüdür. Ön panel, birbiriyle etkileşimli VI giriş ve çıkış terminalleri olan kontrollerle ve göstergelerle oluşturulur. Bu kontrollerin her biri temelde ya kaynak ya da çıkış kontrolleridir. Kullanıcı arayüzündeki her bir giriş çıkış elemanı mutlaka blok diyagram üzerinde de temsil edilmektedir. Programın çalışması esnasında bu kontroller yardımı ile süreç değişkenlerinin değerleri değiştirilebilir veya izlenebilir. Ön panel başlık çubuğu, şablonun adını gösterir. Eğer ön panel bilgisayar ekranında görünmüyorsa "Window" menüsünden "Show Front Panel" seçeneği kullanılabilir.

Blok diagram beyaz bir zemin rengi ile gösterilmektedir. Sanal enstrümanları ve ön panel nesnelerini kontrol etmek için tasarlanmış yapılar içermektedir. Ön panelde olduğu gibi şablonun adı da blok diyagram penceresinin başlık çubuğunda yazmaktadır. Eğer blok diyagram ekranda görünmüyorsa "Window" menüsünden "Show Block Diagram" seçeneği kullanılabilir. Blok diagram, G kodu veya blok diyagram kodu olarak bilinen ve bir VI'ın nasıl çalıştığını gösteren grafiksel kaynak kodu içermektedir. Blok diyagram kodu, ön panel

nesnelerini kontrol etmek amacıyla fonksiyonların grafiksel betimlemelerini kullanmaktadır. Ön panelde yer alan nesneler blok diyagramda ikonlar olarak görülür. Tel bağlantılarıyla kontrol ve gösterge terminalleri Express VI'lara, VI'lara ve fonksiyonlara bağlanır. Veri, kontrollerden VI'lara ve fonksiyonlara, VI'lardan ve fonksiyonlardan diğer VI ve fonksiyonlara ve göstergelere tel bağlantılar üzerinden iletilir. Blok diagram üzerindeki düğümlerden veri akışı VI'ların ve fonksiyonların yürütülme sırasını belirler. Verinin hareketi veri akışı programlama olarak bilinir.



Şekil 7.1 LabVIEW ön paneli

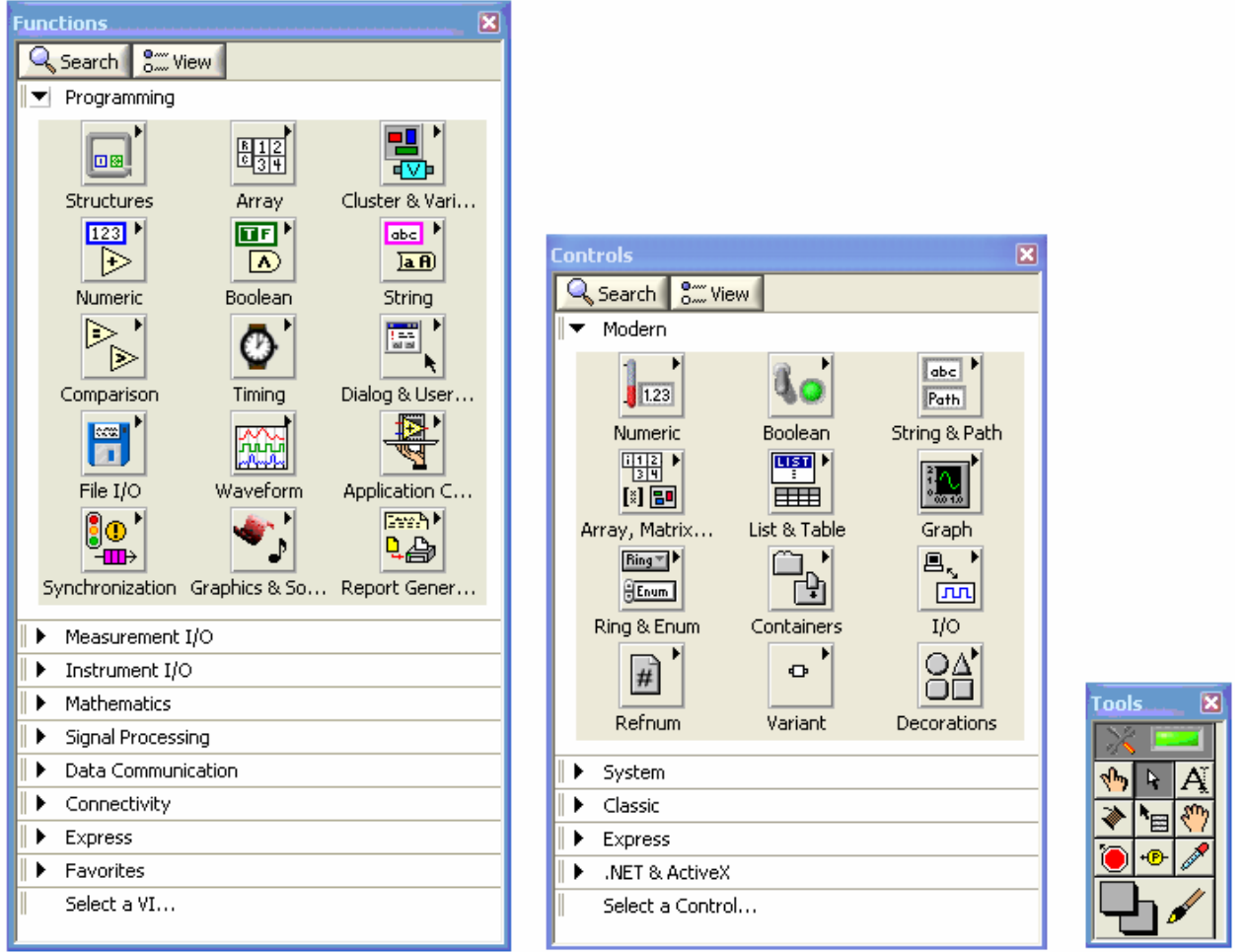


Şekil 7.2 LabVIEW blok diyagramı

Ön panelde ve blok diyagramda kullanılan iki önemli araç paleti vardır. Ön panelde kullanılan palete “Kontrol Paleti (Control Palette)”, blok diyagramda kullanılan palete ise “Fonksiyon Paleti (Function Palette)” adı verilmiştir.

Ön panel ve blok diyagramda ortak kullanılan bir başka palet ise “Araç Paletidir (Tool Palette)”. Buradaki araçlar fare işaretçisinin özel işlem biçimleridir. Fare işaretçisi araç paletinden seçilen ikona dönüşür. Buradaki araçlar blok diyagramdaki ve ön paneldeki nesnelerin düzenlenmesinde ve işletilmesinde kullanılır. Araç paletinin en üstündeki “Automatic Tool Selection” butonu eğer seçili ise yeşil led yanmaktadır. Böylece LabVIEW ihtiyaç duyulan aracı seçemez ise, araç paletinden istenilen işaretçi fonksiyonu kullanıcı tarafından seçilebilir.

LabVIEW fonksiyon paletinin, kontrol paletinin ve araç paletinin görünümü Şekil 7.3’deki gibidir.



Şekil 7.3 LabVIEW fonksiyon paleti kontrol paleti ve araç paleti

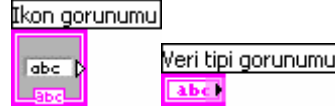
7.3.2 LabVIEW’da Kullanılan Nesneler

- **Kontroller (Controls):** Blok diyagrama veri girişi sağlayan nesnelerdir. Kontroller düğmeleri, butonları, LED’leri, kadranlı ve diğer giriş mekanizmalarını kapsamaktadır. Kontroller cihaz giriş mekanizmasını analiz eder ve veriyi VI’nın blok diyagramına sağlar.
- **Göstergeler (Indicators):** Blok diyagramda üretilen sonuçları görüntüleyen nesnelerdir. Göstergeler grafikleri, LED’leri ve diğer görüntüleme mekanizmalarını kapsamaktadır. Göstergeler, cihaz çıkış mekanizmasını analiz eder ve blok diagramın gerektirdiği veya ürettiği veriyi gösterir.
- **Fonksiyonlar (Functions):** Fonksiyonlar LabVIEW’in temel işlem elemanlarıdır.

Ön panelde kullanılan kontrol ve göstergelerin blok diyagramdaki karşılıkları “terminaler” olarak adlandırılmıştır. Her bir terminalin rengi ve sembolü o terminalin veri tipini gösterir. Kontrol elemanları, göstergelere göre daha kalın bir çerçeveye sahiptir. Bununla birlikte

sembollerde terminalin kontrol veya gösterge olduğunu işaret eden bir ok vardır. Eğer ok sağ tarafta ise terminal kontrol, sol tarafta ise terminal göstergedir.

Ön paneldeki kontroller ve göstergeler blok diyagramda ikon terminalleri şeklinde veya veri tipi terminalleri şeklinde görünmektedir. Örneğin ön panel nesneleri blok diyagramda ikon görünümündedir. Veri tipi görünümüne geçmek için kısayol menüsünden “view as icon” iptal edilir. Veri tipi görünümü ikon görünümüne göre daha az yer kaplamaktadır.



Şekil 7.4 Terminaller

Ön panelde kullanılan kontrol ve göstergelerin blok diyagramdaki karşılığı olan terminallerden başka giriş ve/veya çıkışlara sahip olan ve belli bir işlemi yerine getiren yapılar bulunmaktadır.

Terminallerden başka blok diyagramda kullanılan nesneler şu başlıklar altında toplanabilir.

- **Alt_VI (SubVIs):** Diğer VI'ların blok diyagramında kullanılan VI'lardır.
- **Karar Yapıları (Structures):** İşlem sırasını yöneten mantık elemanlarıdır.
- **Matematiksel Formül Elemanları (Formula Nodes):** Blok diyagrama doğrudan formül girilebilmesi için kullanılan boyutlanabilen elemanlardır.
- **Deyim Elemanları (Expression Nodes):** Tek değişkenli deyimlerin hesaplanmasında kullanılan yapılardır.
- **Özellik Elemanları (Property Nodes):** Bir türün özelliklerinin ayarlanması veya bulunması için kullanılan yapılardır.
- **Çağırma Elemanları (Invoke Node):** Bir türün metodlarının hesaplanması için kullanılan yapılardır.
- **Komut Arayüz Elemanları (Code Interface Nodes):** Metin tabanlı programlama dillerinden kod çağırma için kullanılan yapılardır.
- **Referansa Göre Çağırma Elemanları (Call by Reference Nodes):** Dinamik olarak yüklenen VI'ları çağırma için kullanılan yapılardır.
- **Kütüphane Çağırma Düğümleri (Call Library Nodes):** Standart kütüphaneleri veya

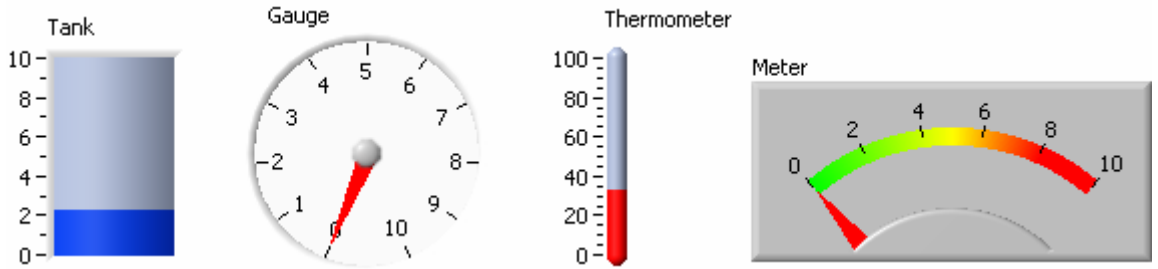
DLL'leri çağırmak için kullanılan yapılardır.

Kontrol ve göstergelerin görünüş, veri aralığı, veri tipi vb. özelliklerinin amacına uygun olarak düzenlenmesi gerekir. Kontrol ve göstergelerin bir takım özelliklerine kısayol menüsündeki “properties” seçeneği ile erişilebilir. Böylece özellikler iletişim penceresine erişmeye gerek kalmadan pratik bir şekilde sık kullanılan ayarlar kısayol menüsünden gerçekleştirilebilir.

Genel olarak birçok kontrol ve göstergede ayarlanabilen benzer özellikler olabileceği gibi farklı özellikler de olabilir. En genel haliyle “Appearance” ayarları kartı bütün kontrol ve göstergelerde ortaktır. Veri aralığı, gösterge skala ayarları, sayı format ve ondalık basamak ayarları sayısal kontrol ve göstergelere ait özelliklerin başında gelir. LabVIEW, bir kontrole veya göstergeye ait özelliklerin birçoğunu kısayol menüsünde bulundurur. Böylece özellikler iletişim penceresine erişmeye gerek kalmadan pratik bir şekilde sık kullanılan ayarlar kısayol menüsünden gerekli işlemler gerçekleştirilebilir. Etiket ismi değiştirme, skala değerlerini değiştirme, boyutları değiştirme veya sayısal veri girme gibi işlemler ilgili özelliğin ayarlarına ulaşmadan da fare tıklaması ile daha pratik şekilde gerçekleştirilebilir.

7.3.2.1 Nümerik Nesneler

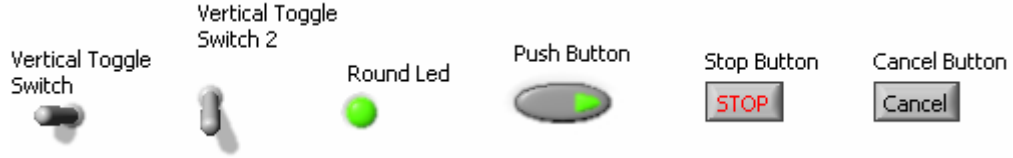
Sayısal verilerin VI'a girilmesi veya blok diyagramda üretilen sayısal verilerin kullanıcıya sunulması için kullanılan hız göstergesi, tank, termometre vb. araçlar görünüş ve kullanım açısından gerçeklerine benzer şekilde tasarlanmıştır. Şekil 7.5'de örnek nümerik nesneler gösterilmiştir.



Şekil 7.5 Nümerik nesneler

7.3.2.2 Boole (Boolean) Nesneler

İki değer alabilen (True/False) buton, anahtar (switch) ve led'leri simüle etmek için “Boole kontrol ve göstergeler” kullanılır. Şekil 7.6'da örnek boole nesneler gösterilmiştir.



Şekil 7.6 Boole nesneler

7.3.2.3 Dizgi (String) Nesneler

Blok diyagrama alfasayısal (matematiksel ağırlığı olmayan sayı, harf ve diğer özel karakterler) veri girmek için kullanılan kontrollere dizgi kontrol ve yine aynı tipte verileri görüntülemek için kullanılan göstergelere de dizgi göstergeler denir. Dizgi kontrol ve göstergelerin LabVIEW'deki görünümü Şekil 7.7'deki gibidir.

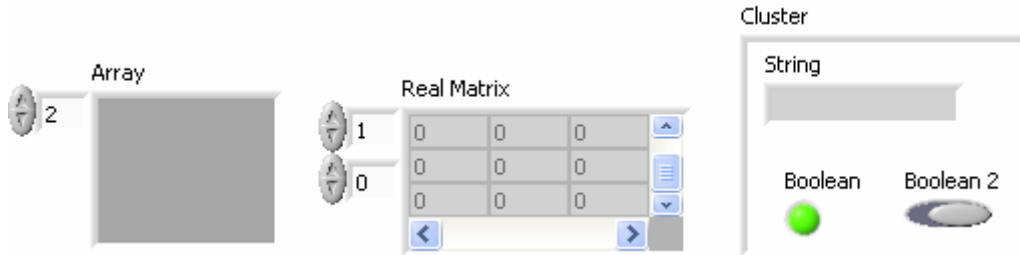


Şekil 7.7 Dizgi kontrol ve göstergeler

7.3.2.4 Dizi, Matris, Küme (Array, Matrix, Cluster) Nesneler

Çok miktarda veri ile çalışırken verilerin organizasyonu sağlanmalıdır. Veriler bir düzen içerisinde işlenmez ise işlemler karmaşıklaşır. Çok miktarda veri, veri tabanları sayesinde sorunsuzca yönetilebilir. Diziler ise veri tabanına ihtiyaç olacak kadar veri yığınının olmadığı durumlarda tercih edilir.

LabVIEW'deki matris ve küme yapısı Şekil 7.8'deki gibidir.



Şekil 7.8 Matris ve küme görünümü

7.3.2.5 Diziler (Arrays)

Diziler, aynı tipteki veri elemanlarını gruplayan nesnelerdir. Bir dizi, eleman ve boyut bilgilerini tutmaktadır. Elemanlar diziyi oluşturan verilerdir. Boyutlar ise bir dizinin uzunluğu, genişliği veya derinliğidir. Bir dizi bir veya daha fazla boyutlu olabilir. Diziler aynı tipteki veri elemanlarını gruplayan ve bu elemanlara birer indis numarası atayan nesnelerdir.

Dizi oluşturmak için kontrol paletindeki “array” nesnesi ön panele yerleştirilir. Bu haliyle dizinin veri tipi belli değildir. Oluşturulan dizide hangi tür veri tipi kullanılmak isteniyorsa ona ait kontrol veya gösterge kontrol paletinden alınarak doğrudan dizi nesnesinin içerisine bırakılır. Diğer programlama dillerindeki gibi önceden dizinin eleman sayısı bildirilmez ve dizilerin boyutları sınırlandırılmaz. Diziye veri girilmesi bir kontrole veri girilmesinden farksızdır. Dizinin eleman sayısı girilen son elemanla biter. LabVIEW dizinin girilen son elemanına kadar hafızada yer tahsis eder.

Dizinin sol tarafında “index display” olarak adlandırılan dijital gösterge dizi elemanlarının indislerini gösterir. “index display” elemanlar arasında gezerek görüntülenmeyen elemanlara ulaşmak için kullanılır ve her zaman en üst satırdaki dizi elemanının indisini gösterir. İndis numaraları LabVIEW’de sıfırdan başlamaktadır. “index display”ın alt sınırından fare ile tutulup sürüklenmesiyle diziye yeni boyutlar eklenir.

Dizi elemanlarının bir kısmı seçilerek başka bir diziye kopyalanmak istenebilir. Dizi elemanlarını seçmek için, önce kısayol menüsünden “Advanced-> show selection” seçeneği seçilir. Bu işlem seçilecek olan dizi elemanlarını gösterir. Hangi elemandan itibaren seçim başlatılmak isteniyorsa, “index display”de o elemanın indisi gösterilir. “Advanced->Start Selection” seçeneği seçildikten sonra, seçilecek olan son elemanın indisi “index display”de gösterilir ve “Advanced->End Selection” seçeneği seçilerek seçim işlemi sonlandırılır. Seçilen elemanlar mavi çerçeve ile gösterilir ve kes, kopyala, yapıştır gibi işlemler gerçekleştirilebilir.

7.3.2.6 Matrisler (Matrix)

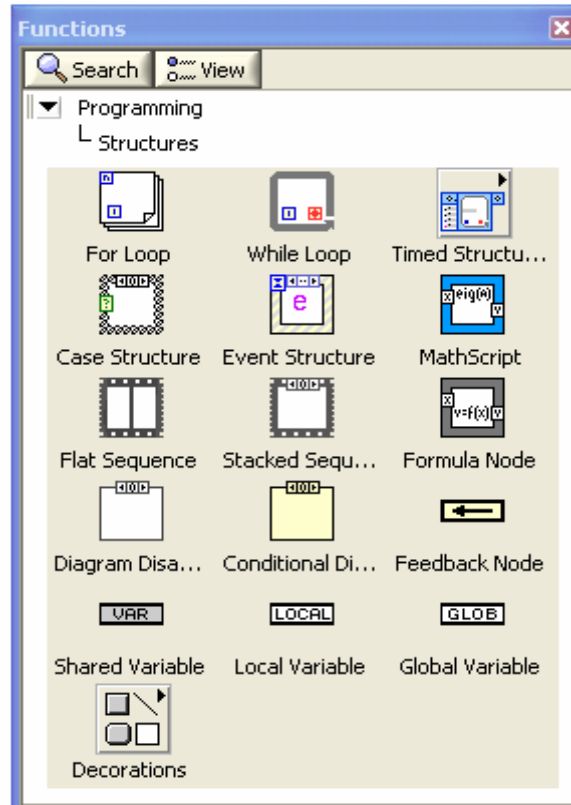
Matrisler, gerçek veya kompleks skaler büyüklükleri satır ve sütun yapısında depolayan iki boyutlu dizilerdir. Özellikle matematikteki cebirsel işlemler için hazırlanmış nesnelerdir. “Array” nesnesi ile oluşturulabilen iki boyutlu dizilerden farksızdır. Özellikle matematikteki cebirsel işlemler için hazır olarak sunulmaktadır.

7.3.2.7 Kümeler (Clusters)

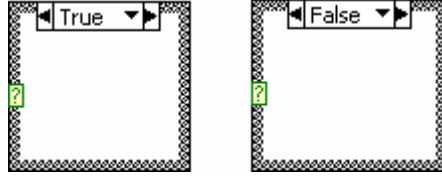
Küme yapıları farklı veri tipinde elemanları gruplayabilir. Örneğin telefon hatlarında kullanılan kablo demeti gibi her hat farklı veri tipinden kontrol ve göstergeyi taşıyabilir. Diğer bir ifadeyle, kümeler farklı tipteki kontrol ve göstergeleri gruplayabilen nesnelerdir. Bir kümede dizgi(string), nümerik, boole(boolean) dizi gibi farklı tipte veri taşıyabilen kontroller ve göstergeler aynı anda bulunabilir. Bir küme bir başka kümeyi de içerebilmektedir. Küme nesnesi ön panele yerleştirildikten sonra sürükle/bırak yöntemi ile gruplanacak kontrol ve göstergeler küme içerisine bırakılır. Kümeye eklenen değişik tipteki kontrol ve göstergelerin sıra numaraları vardır. Sıralar kontrol ve göstergelerin konumlarına bağlı değildir. Kontrol ve göstergeler küme içerisine eklendikleri sıra ile numaralandırılır; ilk eklenen nesne sıfırıncı sırada ikinci eklenen nesne birinci sırada gibi. Sıralama kısayol menüsündeki “reorder controls in cluster” komutu ile değiştirilebilir.

7.3.3 Karar Yapıları (Structures)

Programlama dillerinde karar yapıları kodlanan programa zeka katan unsurların başında gelir. Karar yapıları olası şartlar gerçekleştiğinde önceden tanımlanmış sonuçlardan hangisinin üretilceğine karar verir. LabVIEW’de “IF-THEN-ELSE” ve “Switch-Case”e karşılık “Case Structure” kullanılmaktadır.



Şekil 7.9 Karar yapıları paleti



Şekil 7.10 Karar yapıları

Şekil 7.9’da görüldüğü gibi “Case Structure” blok diyagramda fonksiyon paletinin “Structures” grubunda bulunur. Fonksiyonlar ön panellere veya blok diyagramlara sahip olmamakla birlikte bağlantı noktalarına sahiptir. “Case Structure” çerçevesinin sol kenarında veri tipine göre renk alan bir soru işareti (?) sembolü bulunur. Çerçevenin üst kenarında ise şartların girilebileceği bir liste kutusu bulunur. Liste kutusundaki oklar aracılığı ile tanımlanan şartlar arasında geçiş yapılır. “Case Structure”, çerçeve (frame) yapısına sahiptir. Her bir durum için farklı çerçeveler düzenlenebilir. Çerçeveye ait durum ise çerçevenin üzerinde bulunan liste kutusunda tanımlanır.

7.3.4 Döngüler

Döngüler tekrar eden işlem adımlarını gerçekleştirmek için kullanılan yapılardır. Bilgisayar programlama dillerinin tümünde bulunan döngüler kullanım açısından farklılıklar dışında aynıdır. LabVIEW’de “for” ve “while” olmak üzere iki tür döngü kullanılır. “For” döngüsü özel olarak birkaç defa, “while” döngüsü özel şartın sağlanacağı ana kadar yerine getirilir. Bu döngüler “Functions” paleti altındaki “Structure” sekmesinde bulunmaktadır.

7.3.4.1 For Döngüsü

Belirtilen adım sayısı kadar alt-diyagramı işleten döngü yapısıdır. Blok diyagramda fonksiyon paletinde “structures” grubunda bulunur. LabVIEW programında blok diyagrama yerleştirilen “for” döngüsünün görünümü Şekil 7.11’deki gibidir.



Şekil 7.11 For döngüsü

Tekrar eden işlem adımları “for” döngüsünün çerçevesi içerisinde kodlanır. Döngü çerçeve

üzerindeki “N” kadar döner. “i”, o andaki iterasyon adımını gösterir. “i” nin ilk değeri sıfırdır ve her iterasyonda otomatik olarak bir artar.

7.3.4.2 While Döngüsü

Tanımlanan şarta bağlı olarak alt-diyagramı tekrar tekrar işleten döngü yapılarıdır. Blok diyagramda fonksiyon paletinde “structures” grubunda bulunur. LabVIEW programında blok diyagrama yerleştirilen while döngüsünün görünümü Şekil 7.12’deki gibidir.



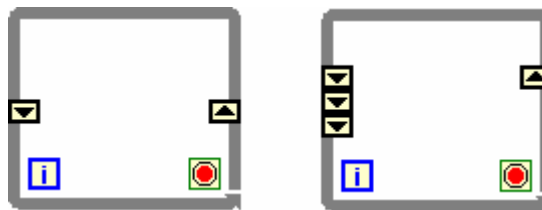
Şekil 7.12 While döngüsü

Şekil 7.12’de “i” iterasyon sayısını göstermektedir. Iterasyon sayısı “i” nin ilk değeri sıfırdır ve her iterasyonda otomatik olarak bir artar. Sağ alt köşedeki kırmızı renkli şart terminali örneğin “Boolean true” değerinde döngüyü durdurur. While döngüsünde şart terminali ön plana çıkmaktadır. Şart terminaline bağlanan kaynak kodun aldığı değere göre döngünün dönüp dönmeyeceğine karar verilir. Örneğin “true” değerinde durmaya ayarlanan şart terminali kısayol menüsünden değiştirilebilir.

7.3.4.3 Döngülerde Kaydırmalı Kaydedicilerin Kullanımı

“While” döngüsünün çerçevesi üzerinde iken kısayol menüsünden “add shift register” komutu ile kaydırmalı kaydedici eklenebilir. Önceki iterasyonlara ait birden fazla veri kullanmak istenirse kaydedici terminal sayısı artırılabilir. Terminal sayısını arttırmak için kaydedicinin kısayol menüsünden “add element” komutu kullanılmalıdır.

LabVIEW programında blok diyagrama yerleştirilen kaydırmalı kaydedicinin görünümü Şekil 7.13’deki gibidir.



Şekil 7.13 Kaydırmalı kaydedici

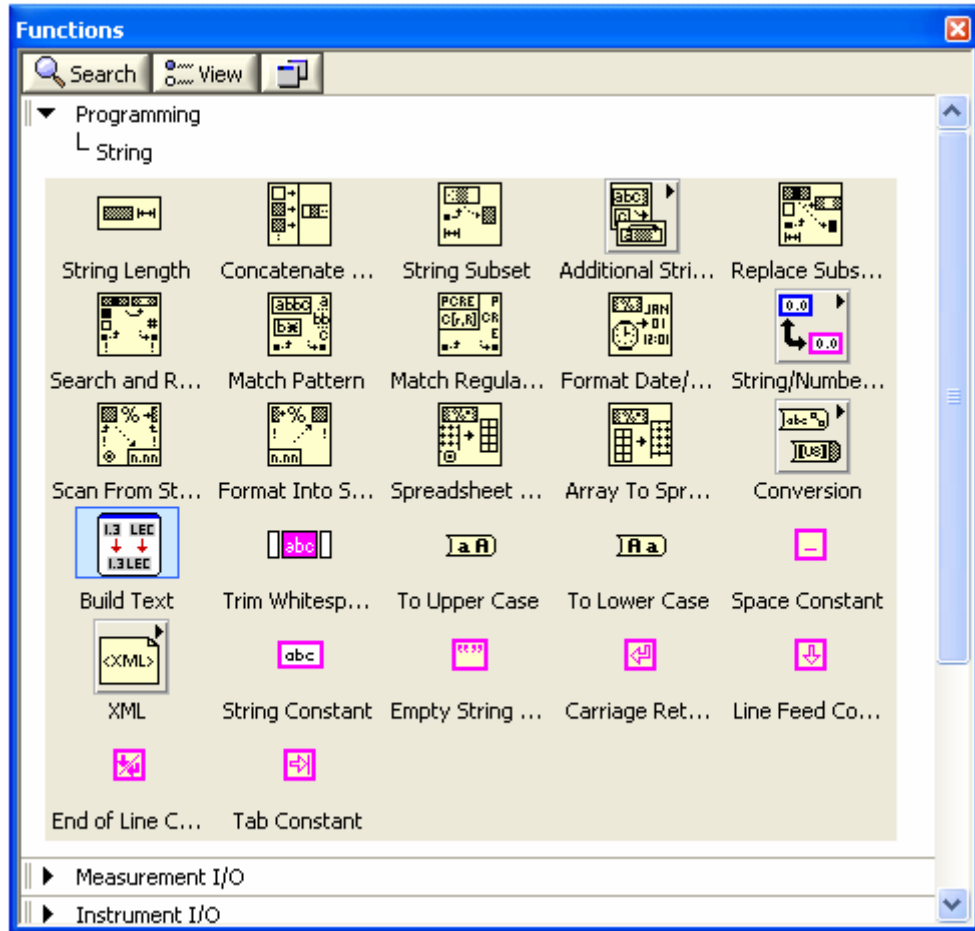
7.3.5 Dizgi (String) Fonksiyonlar

Bilgisayar programlarında matematiksel ağırlığı olmayan karakterlere ait işlemler nümerik işlemler kadar sık kullanılmaktadır. Diğer programlama dillerinde uzun kodlar yazarak yapılabilecek birçok işlemi LabVIEW modüler bir yapıda sunmaktadır.

Blok diyagramda “string” paletinde yer alan fonksiyonlar ile şu işlemler gerçekleştirilebilir:

- İki veya daha fazla string birleştirilebilir.
- Bir string içerisinde başka bir string çıkartılabilir.
- String içerisinde karakter aratılıp değiştirilebilir.
- Nümerik veriye çevirilebilir.
- Bir kelime işlemcide kullanılmak üzere formatlanabilir.

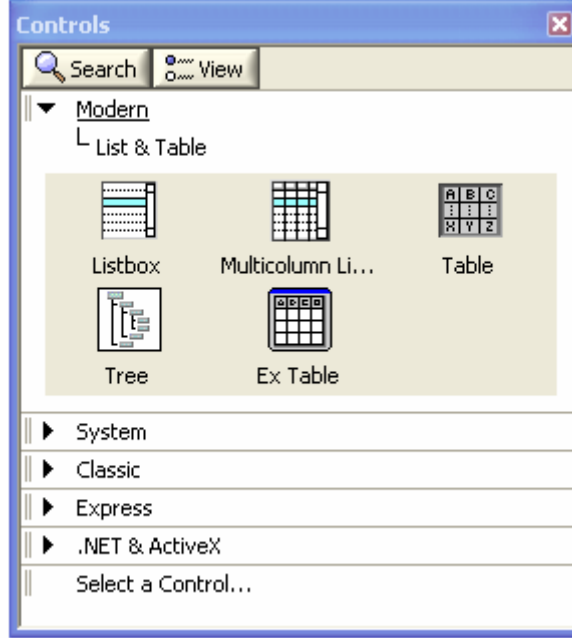
String fonksiyon paletinin görünümü Şekil 7.14’de verildiği gibidir.



Şekil 7.14 Dizgi fonksiyonları paleti

7.3.6 Listeler ve Tablolar (Lists&Tables)

Tekli veya çoklu seçimler yapabilmek için seçenek listesi oluşturulmak istenirse, liste veya tablolar kullanılabilir. Bu gruptaki nesneler ile ilgili işlemler dizilere ait fonksiyonlar ile gerçekleştirilmektedir.



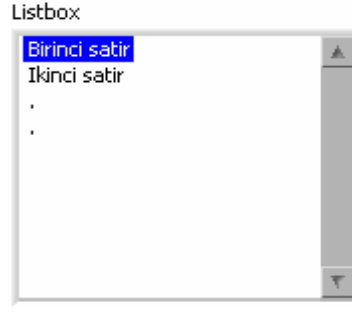
Şekil 7.15 Liste ve tablo kontrol paleti

“List&Table” paleti Şekil 8.15’de verilmiştir. “List&Table” paletinde bulunan nesneler şu şekildedir:

- Liste Tablo (List Box)
- Çok Kolonlu Liste Tablo (MultiColumn ListBox)
- Tablo (Table)
- Ağaç Yapısı Tablo (Tree)
- Ekspres Tablo (Express Table)

7.3.6.1 Liste Tablo (List Box)

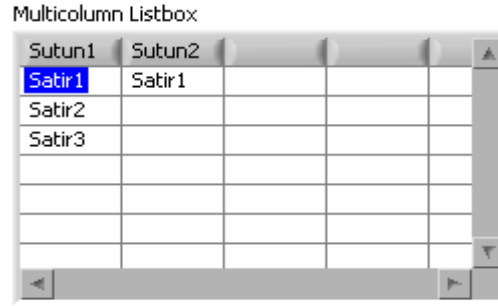
Seçenekleri kullanıcıya liste şeklinde sunar. Nesneyi oluşturmak için nesneye tıklayarak her bir satırına seçenekler yazılmalıdır. Şekil 7.16’da liste şeklinde tablo oluşturma örneği verilmiştir.



Şekil 7.16 Liste şeklinde tablo

7.3.6.2 Çok Kolonlu Liste Tablo (MultiColumn ListBox)

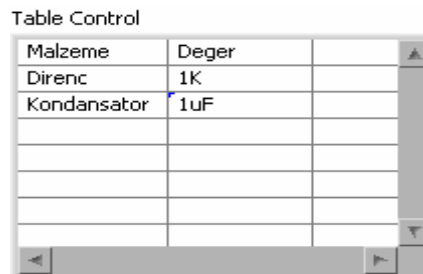
Yapı olarak “List Box” nesne kutusuna benzemektedir. Farkı çok sütuna sahip olmasıdır. “MultiColumn ListBox” nesnesinin birçok ayarlanabilir özelliği kısayol menüsüne yerleştirilmiştir. Şekil 7.17’de liste şeklinde birden fazla kolon içeren tablo oluşturma örneği verilmiştir.



Şekil 7.17 Çok kolonlu liste tablo tipi tablo

7.3.6.3 Tablo (Table)

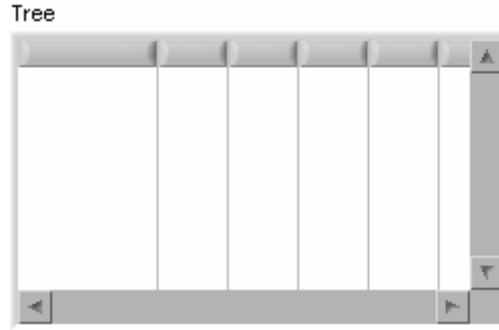
Tablolar, dizgi veri tipindeki iki boyutlu dizilerdir. Tablo hücrelerine veriler listelerde olduğu gibi fare ile tıklanarak doğrudan girilebilir. “Table” nesnesinin birçok ayarlanabilir özelliği kısayol menüsüne yerleştirilmiştir. LabVIEW programının ön paneline yerleştirilen tablo örneği Şekil 7.18’deki gibidir.



Şekil 7.18 Tablo

7.3.6.4 Ağaç Yapısı Tablo (Tree)

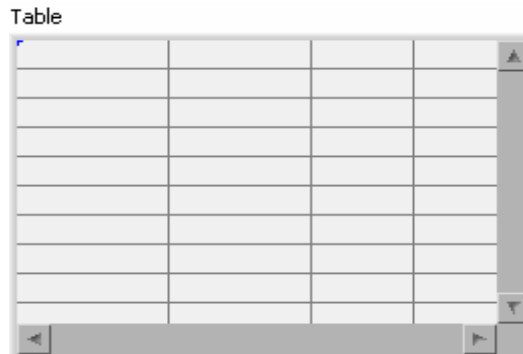
Liste seçeneklerini bir düzen içinde veren nesnedir. Seçenekler gruplanabildiği için ana başlıklar ve alt seçenekler oluşturmak mümkündür. Ağaç yapıda bir liste oluşturmak oldukça basittir. Nesne ön panele eklendikten sonra fare ile tıklayarak ilk sütuna liste seçenekleri girilir. Kısayol menüsündeki “Indent” ve “Outdent” seçenekleri ile ana başlıklar ve alt seçenekler oluşturulur. LabVIEW her seçeneği diğerlerinden ayırmak için her seçeneğe otomatik olarak eşsiz bir takı verir. Takı olarak öncelikle ilk hücredeki text’i kullanır. Eğer aynı text listede tekrarlanıyorsa takıya rakamlar ekler. Bu takılar programlama kısmında kullanılabilir. Şekil 7.19’da LabVIEW programının ön paneline yerleştirilebilen ağaç yapısı tablo örneği verilmiştir.



Şekil 7.19 Ağaç yapısı şeklinde tablo

7.3.6.5 Ekspres Tablo (Express Table)

Nesne ön panele eklendiğinde “build table” isimli expres VI blok diyagrama eklenir. Fonksiyon paleti aracılığı ile bu VI’a erişilemez. Yapı olarak tablo nesnesi ile aynıdır. “Express Table” nesnesinin amacı, bir sinyalin/sinyallerin genliğini ve ilgili noktaların zaman bilgisini tablo şeklinde sunmaktır. Şekil 7.20’de LabVIEW programının ön paneline yerleştirilebilen ekspres tablo örneği verilmiştir.



Şekil 7.20 Ekspres tipi tablo

7.3.7 Grafiksel Çizimler

Verilerin grafiksel formda gösterilmesi için kullanılan göstergelerdir. Grafik (Graph) ve çizelge (Chart) olmak üzere LabVIEW’de iki tür gösterge mevcuttur. Grafik gösterge ve çizelge gösterge veriyi gösterme ve güncelleme şekli olarak birbirlerinden farklılık gösterir. Grafik göstergeler veriyi bir dizide biriktirir ve daha sonra grafiksel formda çizimi gerçekleştirir. Çizelge göstergeler ise elde edilen yeni veriyi ekranda hemen gösterir.

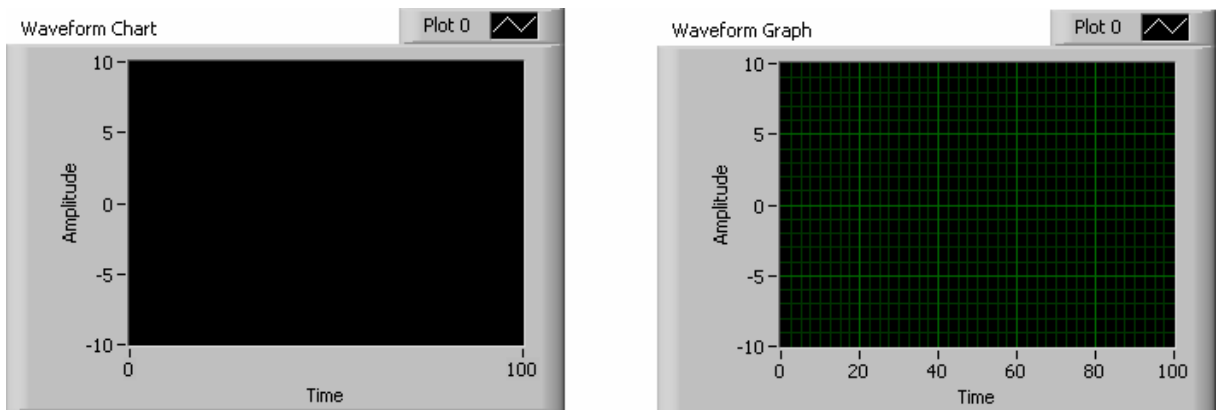
Çizelge göstergeler, grafik göstergelerden farklı olarak, çizilen veri üzerine yazarak yeni gelen sayısal veriyi görüntüler. Görüntüyü periyodik olarak günceller ve önceki verileri saklar. Grafik ve çizelge göstergelerin görünümlerini ayarlamak için kısayol menüsünden “Visible Items” seçeneği ile göstergelere ait bazı özellikler açılıp kapatılabilir.

Grafik ve çizelge gösterge çeşitleri aşağıdaki gibidir:

- Dalga Biçimi Çizelge ve Grafik (Waveform Chart & Graph)
- XY Grafik (XY Graph)
- Yoğunluk Çizelge ve Grafik (Intensity Chart & Graph)
- Sayısal Dalga Biçimi Grafiği (Digital Waveform Graph)
- 3D Grafik (3D Graph)

7.3.7.1 Dalga Biçimi Çizelge ve Grafik (Waveform Chart & Graph)

Elde edilen veriyi sabit bir oranda/hızda görüntüleyen “waveform chart & waveform graph” Şekil 7.21’de verilmiştir.

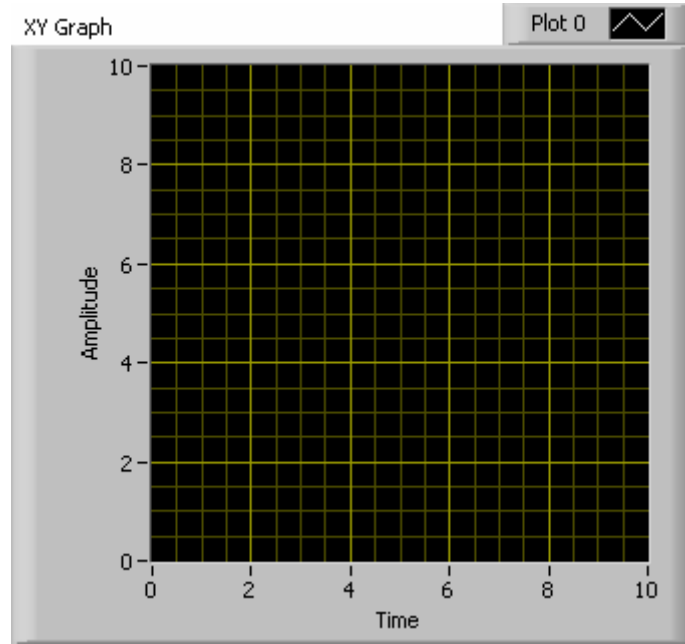


Şekil 7.21 Dalga biçimi çizelge ve grafik

7.3.7.2 XY Grafik (XY Graph)

Bir tetiklemeye bağılı olarak elde edilen veri gibi sabit bir orana/hıza bağılı olmadan elde edilen veriyi görüntüler. “Waveform graph” nesnesi $y = f(x)$ şeklindeki tek değerli fonksiyonları, zamana bağılı olarak elde edilen noktalar gibi x eksenini boyunca çizer. “XY graph” göstergesinin amacı ise dairesel şekiller gibi çok değerli fonksiyonları çizmektir.

Şekil 7.22’de LabVIEW programının ön paneline yerleştirilebilen XY grafik örneği verilmiştir.

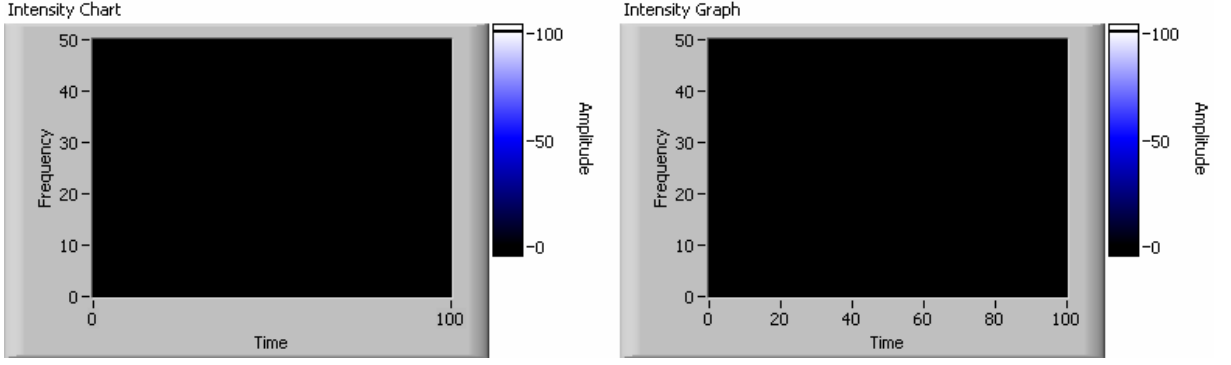


Şekil 7.22 XY grafik

7.3.7.3 Yoğunluk Çizelgesi ve Grafiği (Intensity Chart & Graph)

İki boyutlu çizim alanında renkleri de kullanarak üç boyutlu değerleri gösterir. Dizideki her sayı belirli bir rengi gösterir. Üç boyutlu değerleri göstermek için kullanılan “Intensity Graph” ve “Intensity Chart” nesneleri, üç boyutlu verileri, kartezyen düzlem üzerine renk bloklarını yerleştirerek iki boyutlu çizim alanında gösterir. Örneğin sıcaklık bilgisi ya da bir arazinin denizden yüksekliği gibi verileri görüntülemek için kullanılır.

Şekil 7.23’de LabVIEW programının ön paneline yerleştirilebilen yoğunluk çizelge ve grafik örneği verilmiştir.

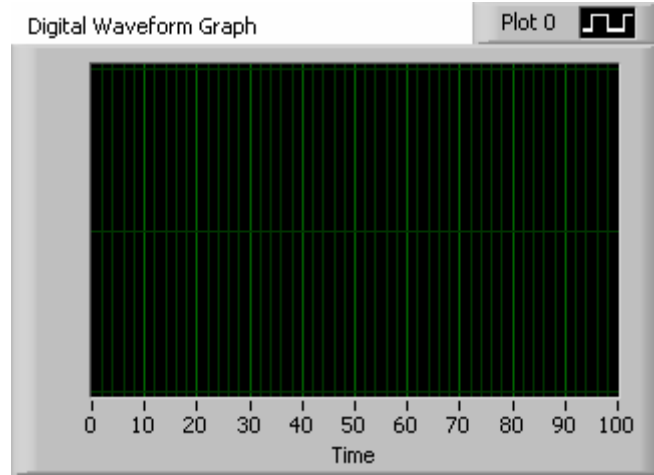


Şekil 7.23 Yoğunluk çizelgesi ve grafiği

7.3.7.4 Sayısal Dalga Biçimi Grafiği (Digital Waveform Graph)

Veriyi darbe ya da bir grup dijital çizgi olarak gösterir. Dijital verilerin gösterilmesi için kullanılan göstergelerdir. Özellikle zamanlama diyagramları veya lojik analiz edici ile çalışırken kullanılır. Bu tip göstergeler “digital waveform data”, “digital data” ve bu tiplerden oluşan dizileri giriş olarak kabul eder.

Şekil 7.24’de LabVIEW programının ön paneline yerleştirilebilen sayısal dalga biçimi grafik örneği verilmiştir.



Şekil 7.24 Sayısal dalga biçimi grafiği

7.3.7.5 3D Grafik (3D Graphs)

3D grafikler, yalnızca Windows sisteminde LabVIEW’in tam ve profesyonel geliştirme sürümlerinde kullanılır. Gerçek dünyada bir yüzeyin sıcaklık dağılımı, zaman frekans analizi,

bir uçağın hareketi gibi datalar üç boyutludur. Bu tür datalar 3D grafikler ile görüntülenebilir. Ön panelde bulunan “ActiveX” nesnesinde üç boyutlu çizim alanını kullanarak üç boyutlu verileri gösterir.

7.3.8 Dosyalar

Dosya giriş çıkış fonksiyonları dosyalara veri yazma ve veri okuma işlemleri için kullanılır. Dosya giriş çıkış fonksiyonları ile şu işlemler yapılabilir.

- Veri dosyalarını açıp kapama
- Verileri dosyaya yazma veya dosyadan okuma
- “Spreadsheet” formatlanmış dosyalardan okuma ve yazma
- Dosyaları ve klasörleri taşıma ve yeniden isimlendirme
- Dosya karakteristiklerini değiştirme
- Bir konfigürasyon dosyası oluşturma, düzenleme veya okuma

Dosya giriş/çıkış VI’ları kullanılacak olan dosyanın formatına bağlıdır. Dosyaya veri yazmak veya okumak için “text”, “binary” ve “datalog” olmak üzere üç dosya formatı kullanılabilir. Format elde edilen veya yaratılan veriye ve veriye ulaşacak uygulamalara bağlıdır.

7.3.8.1 Text Dosyalarının Kullanılması

Eğer disk alanı ve hız çok önemli değilse, rasgele erişimli dosya şekline ihtiyaç yoksa ve sayısal ondalık önemli değilse “text” tipi dosyalar kullanışlıdır. “Text” tipi dosyalar paylaşımı ve kullanımı en kolay dosyalardır. Metin tabanlı programlar ile bu tip dosyalar okunabilir. “Text” dosyalar “binary” ve “datalog” dosyalara göre daha fazla hafızaya ihtiyaç duyar. Eğer veri orjinal text formda değilse (grafik verisi gibi) ASCII formatından dolayı veri aslından daha fazla yer kaplar.

7.3.8.2 İkili (Binary) Dosyalarının Kullanılması

Eğer rasgele dosyaların okunması/yazılması veya hız ve disk alanı önemli ise “binary” dosya tipi kullanılmalıdır. Çünkü “binary” dosya tipi disk alanı ve hız için daha başarılıdır.

7.3.8.3 Datalog Dosyalarının Kullanılması

Eğer veri kayıtları daha karmaşıksa veya LabVIEW’de farklı veri tipleri kullanılıyorsa “datalog” dosyalar tercih edilmelidir. Yalnızca LabVIEW içerisinde erişilecek olan ve

karmaşık yapıdaki verilere daha kolay ve hızlı erişilmesini sağlayan dosyalar için kullanışlıdır. “Spreadsheet” dosyalara benzer şekilde her satır bir kaydı ifade eder. “Datalog” dosyasındaki her kayıt kendisine benzer veri tipi ile birleştirilmelidir. LabVIEW, her kaydı veri içeren bir küme (cluster) gibi depolar. “Datalog” kayıtları herhangi bir veri tipinde olabilir ve dosyanın veri tipi dosya oluşturulurken belirlenir.

7.3.9 Alt_VI (SubVI) Hazırlama

Bir VI düzenlendikten sonra diğer VI'lar içerisinde çağırılarak kullanılabilir. VI'ların blok diyagramlarından çağırılan diğer VI'lar Alt_VI (SubVI) olarak adlandırılır. Alt_VI başka programlama dillerindeki alt proramlara karşılık gelir. Bilindiği gibi tekrar eden bazı kaynak kod bir sefere mahsus yazılarak ihtiyaç duyulduğunda çağırılmaktadır. Böylece kaynak kod daha da kısalarak sade bir görünüme sahip olur ve hataları ayıklamak kolaylaşır.

Bir alt_VI basitçe başka bir programla kullanılabilen bir programdır. Bir VI yaratıldıktan sonra yüksek seviye bir VI'nın blok diyagramında bir alt_VI gibi kullanılabilir. Bir LabVIEW alt_VI'ı C'deki bir alt rutine benzetilebilir. C programında kullanılan alt rutinler için sayı sınırı olmadığı gibi benzer şekilde LabVIEW programında da alt_VI'ların bir sayı sınırı yoktur. Bir alt_VI başka bir alt_VI içerisine de çağırabilir. Eğer blok diyagram, kendi içinde fazla sayıda ikona sahipse, blok diyagramın sadeliğini koruyabilmek için düşük seviye bir VI içinde gruplandırılabilir. Bu modüler yaklaşım; hata ayıklama, anlama ve değişiklik yapmak için gerekli uygulamaları daha kolay hale getirebilmektedir.

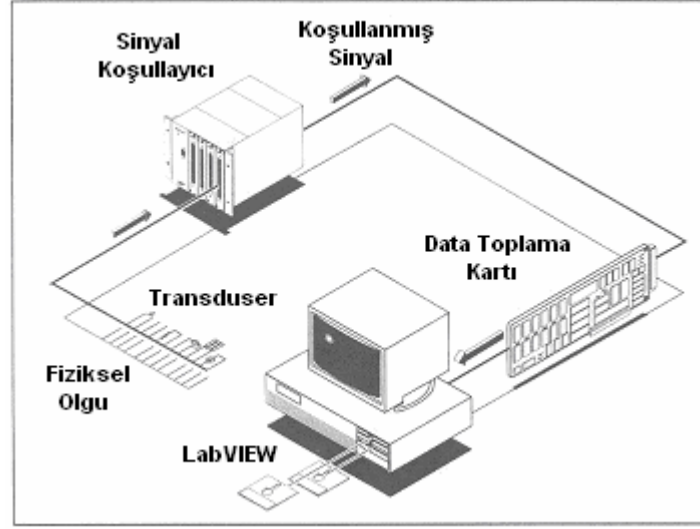
Alt_VI, kontrollerden oluşan girişleri ile blok diyagramdan verileri alır, işler ve göstergelerden oluşan çıkışları ile blok diyagrama sonuçları geri döndürür. Bir alt_VI çağırıldığında ön paneli ekrana gelmeksizin fonksiyonunu icra eder. Eğer ön panelin de görünmesi isteniyorsa bu değişiklik kısayol menüsündeki “subVI node setup” ile ayarlanmalıdır.

7.3.10 Veri Toplama

Bu bölümde, LabVIEW kullanılarak dış dünya ile nasıl iletişim kurulduğu açıklanmaktadır.

Bütün ölçü sistemlerinin temel görevi gerçek dünyadaki fiziksel büyüklükleri ölçmek veya üretmektir. Ölçme aygıtları ölçülmek istenen verileri elde ederken, analiz ederken veya görüntülerken yardımcı olmaktadır. LabVIEW, analog ve sayısal sinyalleri elde etmek veya veri toplamak için DAQ (Data Acquisition) kartlarının bağlantılarını komutlandırabilir. Örneğin, DAQ kartlarını kullanarak LabVIEW'de sıcaklık görüntülenebilir, harici bir sisteme

TTL sinyaller gönderilebilir veya bilinmeyen bir sinyalin frekansı hesaplanabilir. Şekil 7.25 bir DAQ sisteminin bileşenlerini göstermektedir. Fiziksel olaylar, ölçmeye çalıştığımız gerçek dünya sinyallerini temsil eder; hız, sıcaklık, nem oranı, basınç, akış, PH, vb. gibi.



Şekil 7.25 DAQ sistemi

LabVIEW analog giriş sinyallerini okumak için A/S dönüştürücüsü, analog çıkış sinyallerini meydana getirmek için S/A dönüştürücüsü, sayısal sinyalleri okumak ve yazmak için, frekans ölçümünde dahili (on-board) sayıcılarını işlemek için, pals jeneratörü vb. için DAQ kartlarını kullanabilir. Sinyal durum modülleri transduserler ile durum elektrik sinyallerini üretirler, bu sinyaller DAQ kartının kabul edebildiği bir formdadır. Sinyal durum modülleri durumun birçok farklı tipini, yükseltmeyi, doğrusallaştırmayı, süzmeyi, izolasyonu vb. uygulayabilir.

Veri elde ederken, ölçülen fiziksel büyüklükler dijital formatta voltaj akım, basınç, sıcaklık gibi büyüklüklere çevirilerek bilgisayara aktarılır. DAQ, GPIB (General Purpose Interface Bus), PXI (PCI extension for Instrumentation) ve RS-232 aygıtları veri elde etmede en çok kullanılan metotlardır. Veri analizi sürecinde ham veri anlamlı bilgiye dönüştürülürken sinyal işleme, istatistiksel analiz, frekans cevabı ve diğer sayısal işlemler yapılmaktadır. Verilerin sunulmasında ise grafik tablo, termometre veya diğer görsel araçlar kullanılabilir.

7.3.10.1 Genel Amaçlı DAQ Aygıtları

DAQ aygıtları verileri birçok kanaldan elde eden veya üreten aygıtlardır. Bu aygıtlarla doğrudan bilgisayarın dahili veri yolları ile bağlantı kurulabilir.

Genel amaçlı DAQ ölçme sistemlerinin diğer ölçme sistemlerinden en önemli farkı bilgisayara kurulan yazılım ile çalışmasıdır. DAQ aygıtı gelen sinyalleri bilgisayarın kullanabileceği dijital sinyallere çevirir. Çok miktarda veri okumak istendiğinde veri işlerken ve sonuçları görüntülerken yazılım önemli rol oynar. Bu esneklik bir donanım aygıtı ile birçok farklı tipteki sinyalin ölçülmesine olanak sağlar.

7.3.10.2 Ölçme ve Otomasyon Gezini (MAX)

MAX, NI sürücülerini ile yüklenen windows tabanlı bir uygulamadır. MAX, NI yazılım ve donanım konfigürasyonu, sistem tanımlamaları (diagnostic), yeni kanal, arayüz, aygıt ve enstrümanların sisteme eklenmesi için kullanılır. Geleneksel NI-DAQ ile programlama yapılırken MAX kullanılmak zorundadır. MAX, “Measurement and Automation” ikonuna tıklanarak çalıştırılabilir.

7.3.10.3 DAQ ve DAQ Asistanı

NI-DAQ 7.0 “Geleneksel NI-DAQ” ve “NI-DAQmx” olmak üzere iki adet NI-DAQ sürücüsü içerir. Her iki sürücünün de kendine ait program arayüzü (API) ile donanım ve yazılım konfigürasyonu vardır.

Geleneksel NI-DAQ, NI_DAQ 6.9x’in bir güncellemesidir ve NI_DAQ 6.9x’in çalışma şekli ile aynı yapıda olup aynı VI ve fonksiyonlara sahiptir. Geleneksel NI-DAQ, NI-DAQmx ile aynı bilgisayarda çalışabilmektedir; ancak NI_DAQ6.9x çalışmamaktadır.

Ni-DAQmx, yeni VI’lar, fonksiyonlar ve ölçme aygıtının kontrolü için geliştirme araçları ile birlikte NI_DAQ sürücülerinin son sürümüdür. NI-DAQmx’in önceki sürücülerden avantajı DAQ kanallarının konfigürasyonu ve ölçme görevleri için asistan içermesidir. Geleneksel NI-DAQ ve NI-DAQmx farklı aygıtları desteklemektedir.

DAQ asistanı LabVIEW 7.0 ve sonraki NI-DAQmx’in ölçme görevleri, kanalları ve skalaları için konfigürasyonu sağlayan grafiksel bir arayüzdür. DAQ asistanı, NI-DAQmx’in kanallarının çalışabilmesi ve başka DAQ sistemleri ile haberleşebilmesi için kod üretir. LabVIEW veya MAX çalıştırılarak DAQ asistanına ulaşılabilir.

DAQ uygulamaları geliştirmek için NI “Measurements” paletindeki VI’lar kullanılır. Aşağıda DAQ uygulaması oluşturulurken izlenecek adımlar görülmektedir:

- Ölçme aygıtının konfigürasyonu
- Görevlerin ve kanalların oluşturulması

- Zamanlayıcının kurulması (isteğe bağlı)
- Tetikleyicinin kurulması (isteğe bağlı)
- Veriyi okuma ve yazma
- Temizleme

Zamanlama adımı, yazılım zamanlaması yerine donanım zamanlaması kullanılırsa gerekir. Tetikleme adımı ise sadece kesin koşullarda örnek elde ederken kullanılır. Eğer DAQmax kullanılırsa DAQ asistanında zamanlama ve tetikleme için ayarlamalar yapılabilir. Birçok NI-DAQmx uygulaması başla, dur ve görevi temizle adımlarına sahiptir. Geleneksel NI-DAQ ve NI-DAQmx, zamanlama, tetikleme, örnekleri okuma ve yazma VI'ları içerir. DAQ aygıtlarından veriyi elde etmek için veri toplama VI'ları ve fonksiyonları kullanılır. Bu VI'ları kullanmak için NI-DAQ sürücü yazılımının kurulu olması ve DAQ donanımına sahip olmak gerekmektedir. Veri elde edildikten sonra sinyal işleme, matematiksel işlemler ve rapor üretme, VI'lar ve fonksiyonlar kullanılarak analiz, raporlama ve değişik matematiksel işlemler veri üzerinde gerçekleştirilebilir.

7.3.10.4 DAQ ile Bilgisayar Haberleşmesi

Farklı donanım ve yazılım sistemlerinin kullanılması ile sanal ölçüm sistemleri oluşturulabilir. Bir süreci denetlemek ya da gözlemlemek için kullanılabilecek çeşitli donanım bileşenleri mevcuttur. Genel amaçlı veri kazanım cihazları, kısaca DAQ, verinin toplanması, analiz edilmesi ve ölçümlerin kullanıcıya sunulması için kullanılırlar. Kazanım; gerilim, akım, basınç ve sıcaklık gibi fiziksel işaretlerin sayısal biçimlere dönüştürülerek bilgisayar ortamında sunulması ile gerçekleşir. Veri kazanımındaki popüler yöntemler; tak-çalıştır veri toplama kartları, ölçüm cihazları, GPIB ve VXI uyumlu cihazlar olarak sayılabilir. Veri analizi ham veriyi anlamlı bilgiye dönüştüren adımdır. Verinin sunulması adımı ise mevcut sistemle anlamlı bir biçimde etkileşimin sağlanması anlamına gelir.

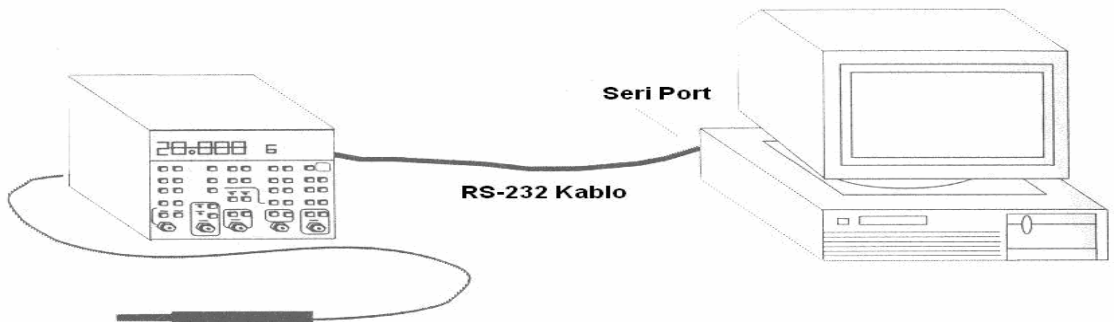
Tüm ölçüm sistemlerinin ortak amacı, fiziksel dünya işaretlerinin ölçümleri ve değişik formlarda üretilmeleridir. Çeşitli donanım seçenekleri arasındaki temel fark, ölçüm donanımının bilgisayar ile olan haberleşme yöntemlerinden kaynaklanır. Genel amaçlı veri kazanım donanımları genellikle bilgisayar sisteminin dahili veri yoluna doğrudan bağlanabilirler. Ancak bazı donanımlar seri, GPIB, Ethernet gibi haberleşme protokolleri ile de bilgisayar sistemi ile etkileşimde bulunabilirler. DAQ cihazlarında bulunan donanımın asıl işlevi, kendisine uygulanan analog sinyali sayısala çevirerek bilgisayar sistemine göndermesidir. DAQ cihazı sonuç ölçümlerini hiçbir zaman hesaplamaz. Bu görev yazılım ile

gerçeklenmelidir. Bunun anlamı LABVIEW ile geliştirilen yazılımın, genel amaçlı veri kazanım kartları kullanıldığı zaman, özel amaçlı ölçüm cihazlarının gerçekleştirdiği veri işleme ve sonucunu hesaplama gibi işlevleri de yerine getirmesi gerekliliğidir. Bu esnek yapı ile kullanıcının tek bir veri kazanım donanımı ile çok farklı tipteki testleri ve ölçümleri gerçekleştirmesi kolaylaşır. LABVIEW yazılımlarda kullanıcının detaylar ile zaman kaybetmemesi için veri işleme ve sunumu amacına yönelik bir çok kütüphane işlevini kullanıma sunmuştur. Bazı ölçüm aletlerinde ölçüm yöntemleri sabitlenmiştir. Örneğin bir sayısal multimetre ile bir osiloskop ile yapıldığı gibi genel amaçlı ölçümler yapılamaz. Bilgisayar tabanlı bir ölçüm sisteminin fiziksel bir işareti ölçmeden önce bir algılayıcı tarafından elektriksel işarete dönüştürülmesi gerekir. Yalnız başına çalışabilen cihazların aksine, çoğu veri kazanım kartlarının girişleri ile algılayıcıların çıkışları arasında adaptör devreler kullanılması gerekir.

Bilgisayar tabanlı ölçüm sistemlerinde yazılımın rolü, ham verinin kullanıcının anlayabileceği biçimde sunulması ve kazanım sistemi donanımının kontrol edilmesidir. Örneğin bir DAQ cihazının hangi kanalı kullanacağı sürücü yazılımı tarafından donanım cihazına bildirilir. LABVIEW veri kazanım kartlarının yönetilmesi için çeşitli sanal cihazlara sahiptir.

7.3.10.5 Seri Port Kullanarak İletişim

Seri iletişim yaygın anlamıyla bir bilgisayar ile başka bir bilgisayar arasında veya bir çevresel cihaz mesela programlanabilen bir enstrüman arasında veri transferi anlamına gelir. Seri iletişim, bilgisayarda bulunan seri portun kullanılmasıyla sağlanır. Seri iletişim bir verici kullanarak tek iletim hattı ile alıcıya bir çevrimde bir bit veri gönderir. Bu metod, veri transfer oranı düşükken kullanılabilir veya uzun mesafede veri transfer ederken kullanılmalıdır. Seri iletişim, GPIB'den daha yavaş ve daha az güvenlidir, ama bunu gerçekleştirmek için bilgisayarda ekstra bir karta ihtiyaç duyulmaz ve cihazın GPIB standartlarına uymasına gerek yoktur. Şekil 7.26'da tipik bir seri iletişim sistemi görülmektedir.



Şekil 7.26 Seri haberleşme sistemi

Birçok GPIB enstrümanı da seri porta sahiptir. Fakat, seri portun GPIB'den farkı seri portun bazı uygulamalar için sınırlayıcı olan sadece tek bir cihazla çalışması ve bir miktar daha yavaş olmasıdır.

7.3.11 VI'nın Çalıştırılması ve Hata Ayıklama

7.3.11.1 VI'nın Çalıştırılması

VI, "Edit" veya "Run" modunda "Operating" menüsünden "Run" emri seçilerek veya "Run"  butonuna tıklanarak çalıştırılabilir. Eğer "Edit" modunda çalışılıyorsa VI derlenir, Run moduna geçilir ve VI çalıştırılır. VI uygulaması bittiği zaman LabVIEW, kullanıcıyı "Edit" moduna döndürür. VI uygulanırken Run butonu görünümü değişir.

- Eğer Run butonu  gibi görünüyorsa, VI onun üst seviyesinde çalışıyordur.
- Eğer Run butonu  gibi görünüyorsa, VI alt VI gibi uygulanır, diğer bir VI ile çağrılır.

7.3.11.2 Hata Ayıklama

LabVIEW sahip olduğu bazı gömülü hata ayıklama özellikleriyle oluşturulan sanal enstrümanların geliştirilmesine yardım eder. Bir kırık VI, derlenemeyen veya çalıştırılmayan bir VI'dır. "Run" butonu göstergede kırık bir ok gibi ortaya çıkar, bu VI  şeklinde kırıktır. Bir VI oluşturulurken ya da düzenlenirken genellikle kırıktır, diyagramdaki bütün bağlantılar bitirilinceye kadar da öyle kalır. Eğer bağlantılar tamamlandıktan sonra hala kırıkta, "Edit" menüsünden "Remove Bad Wires"ı seçmek denenebilir. Bu komut küçük bağlantı parçalarını temizleyerek kırık VI'ı onarır.

Bir VI'nın neden çalışmadığını öğrenmek için kırık ok butonuna tıklanmalı veya "Windows" menüsünden "Show Error List" seçilmelidir. "Error List" başlıklı bir bilgi kutusu VI için bütün hata listesini göstermektedir. Açılan diğer VI'ların hata listesini görmek için pencerenin üstündeki menü halkası seçilebilir. Belirli hatalar hakkında daha fazla bilgi almak için hatalara tıklanmalıdır. Hata listesi penceresi daha derin bilgileri göstermektedir. VI'da bir parçanın hatasını gidermek için, listedeki hata üzerine çift tıklanır veya "FIND" butonuna tıklanarak ışıktandırılmalıdır. LabVIEW, konu ile ilgili pencereyi öne getirir ve nesnenin hata nedenini belirtir.

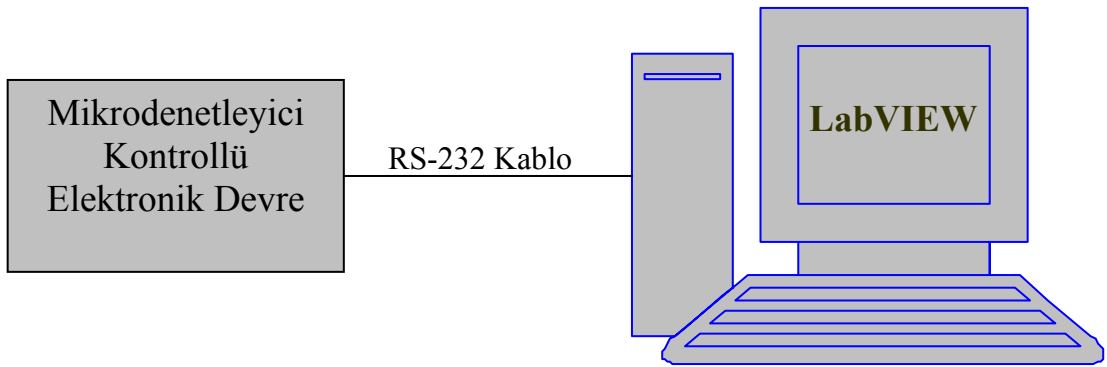
Eğer daha ayrıntılı hata ayıklamaya ihtiyaç duyulursa "Error List" penceresinde "Show Warnings" seçilmelidir. Bir uyarı legal ve kırık okun nedeni olmayacak bir şeydir, fakat hiçbir şeye bağlanmayan bir kontrol terminali gibi LabVIEW'e bir anlayış kazandırmaz. Eğer

“Show Warnings” işaretlenirse ve bazı düzeltilmemiş uyarılar oluşmuşsa, “Edit modu” paletinde uyarı butonu belirecektir. Uyarıların açıklamasını gösteren “Error List” penceresini görmek için uyarı butonuna tıklanabilir.

8. MİKRODENETLEYİCİLİ ENDÜSTRİYEL OTOMATİK SICAKLIK ÖLÇÜM ve KONTROL SİSTEMİ

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

Gerçeklenen sistem, mikrodenetleyici kontrollü elektronik devre ve bu devreyle RS-232 kablo üzerinden haberleşen LabVIEW programı olmak üzere iki ana kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 8.1 Gerçeklenen sistemin blok diyagramı

Devre üzerinde mikrodenetleyici olarak PIC16F877A kullanılmıştır. Bu mikrodenetleyici, yüksek hızlarda iyi bir çalışma yapısına sahip olması, ADC modülüne sahip olması ve C programlama diliyle çok esnek bir şekilde programlanabildiği için seçilmiştir.

Projede iki farklı yöntemle sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. Birinci yöntemde, DS18B20 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı kullanılarak sıcaklık ölçümü yapılmaktadır. DS18B20, mikrodenetleyici ile 1-hat adı verilen özel bir protokol çerçevesinde haberleşen, -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arasında en fazla 0.5°C hatayla ölçüm yapabilen bir sıcaklık algılayıcısıdır. DS18B20 sıcaklık algılayıcısı kullanılarak yapılan sıcaklık ölçümleri için 9-12 bit arası çözünürlük seçilebilmektedir. Bu projede 12-bit çözünürlük kullanılmıştır. Bu sayede sıcaklık ölçümü 0.0625°C 'lık adımlarla 750ms'lik periyotlarla gerçekleştirilmektedir. Sıcaklık ölçme işleminde kullanılan diğer yöntem ise termokupl kullanarak ortam sıcaklığını ölçmektir. Projede kullanılan J tipi termokupl ile $0-450^{\circ}\text{C}$ arasında $\pm 2^{\circ}\text{C}$ doğrulukla sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. Projede J tipi termokupl kullanılmasının nedeni diğer termokupl çeşitlerine nazaran daha doğrusal bir çıkış vermesidir.

Devre üzerinde bulunan 6 buton, kullanıcıya sıcaklık alt/üst limit ve histerezis değerlerini manuel olarak ayarlama olanağı vermektedir. Butonlardan iki tanesi sıcaklık alt limit değerini arttırmak ve azaltmak, iki tanesi sıcaklık üst limit değerini arttırmak ve azaltmak, diğer iki tanesi de histerezis değerini arttırmak ve azaltmak amacıyla kullanılmaktadır. Devre üzerinde bulunan bir diğer buton ise sıcaklık ölçümünde kullanılacak sıcaklık algılayıcısı (DS18B20 veya termokupl) seçiminde kullanılır. Ölçülen anlık sıcaklık bilgisi, kullanıcı tarafından ayarlanan sıcaklık alt limit ve üst limit değerleri, kullanıcı tarafından ayarlanan histerezis değeri, ölçülen ortam sıcaklığının set edilen aralık dışında olduğu durumda sıcaklık bilgisinin yanı sıra alarm mesajı LCD ekranda gösterilmektedir.

Devre üzerinde bulunan iki adet röle ile butonlar kullanılarak set edilen sıcaklık değerlerinde aç/kapa kontrolü yapılabilmektedir. Devre ile ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değeri, set edilen sıcaklık üst limit değerini histerezis değeri kadar aştığında röle sürülecektir. Sıcaklık, sıcaklık üst limit değerinin histerezis değeri kadar altına düştüğü durumda röle başlangıç konumuna geri dönecektir. Sıcaklık alt limit değerinde devre üzerinde bulunan diğer röleyle de benzer işlem yapılmaktadır. Devre ile ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değeri set edilen sıcaklık alt limit değerinin histerezis kadar altına indiğinde röle sürülecektir. Sıcaklık, sıcaklık alt limit değerinin histerezis değeri kadar üstüne çıktığı durumda röle başlangıç konumuna geri dönecektir.

Devre ile ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık bilgileri RS-232 haberleşme ara birimi üzerinden bilgisayara aktarılmaktadır ve böylece geliştirilen LabVIEW programı aracılığıyla gerçek zamanlı sıcaklık değerleri bilgisayar ekranında da görülebilmektedir ve bu değerlerle LabVIEW programında bir takım analizler yapılmaktadır.

DS18B20 veya J-tipi termokupl sıcaklık algılayıcıları ile ölçülen ortam sıcaklığının kullanıcı tarafından set edilen sıcaklık alt ve üst limitlerinin dışında olması durumunda sistem alarm vermekte, alarm durumu devre üzerindeki LCD ekranda ve bilgisayar üzerindeki LabVIEW programında gösterilerek kullanıcı uyarılmaktadır.

Tasarlanan LabVIEW programının çalışması ve LabVIEW programıyla yapılan analizler, LabVIEW programının çalışması konusunda detaylı olarak anlatılacaktır.

Gerçeklenen sistemin genel özellikleri aşağıdaki şekilde maddeler halinde özetlenebilir:

- J-tipi termokupl veya DS18B20 ile ortam sıcaklığını ölçme. Hangi sıcaklık algılayıcısının kullanılacağı kullanıcı tarafından seçilebilmektedir. DS18B20 ile -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ aralığında en fazla 0.5°C doğrulukta 0.0625°C okuma hassasiyetiyle 750ms'lik periyotla

sıcaklık ölçümü. J tipi termokupl ile 450°C 'a kadar 2°C doğrulukta 500ms'lik periyotla sıcaklık ölçümü.

- RS-232 protokolü seri haberleşme arabirimi üzerinden bilgisayar ile haberleşme.
- Devre tarafından ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerlerini devre üzerindeki LCD ekranda ve bilgisayar üzerindeki LabVIEW programında takip edebilme: Devrede kullanılan sıcaklık algılayıcılarıyla Celcius cinsinden ölçüm yapılmaktadır. Fakat, LabVIEW programıyla anlık sıcaklık değerleri diğer sıcaklık birimleri ($^{\circ}F$, $^{\circ}K$, $^{\circ}R$) cinsinden de gözlenebilmektedir.
- LabVIEW programıyla tüm sıcaklık değerlerini bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyalara kaydedebilme.
- Sıcaklık alt limit ve üst limit değerlerini devre üzerinde ve LabVIEW programı üzerinde ayrı ayrı ayarlayabilme.
- Sıcaklık alt limit ve üst limit değerlerinin dışına taşıldığında, gerek ölçülen anlık sıcaklığın sıcaklık alt limit değerinin altında olması durumunda, gerekse ölçülen anlık sıcaklığın sıcaklık üst limit değerinin üstünde olması durumunda alarm üretme, kullanıcıyı LCD ekranda ve bilgisayar ekranında uyarma.
- Devre üzerinde iki adet röle çıkışı bulunmaktadır. Set edilen sıcaklıklarda rölelerle aç/kapa kontrol yapılmaktadır. Birinci röle sıcaklık alt limit değerinde aç/kapa kontrol yaparken ikinci röle sıcaklık üst limit değerinde aç/kapa kontrol yapmaktadır. Rölelerin durumları (açık/kapalı) devre üzerinde bulunan ilgili led'ler ile takip edilebilmektedir.

8.1 Sistem Donanımı

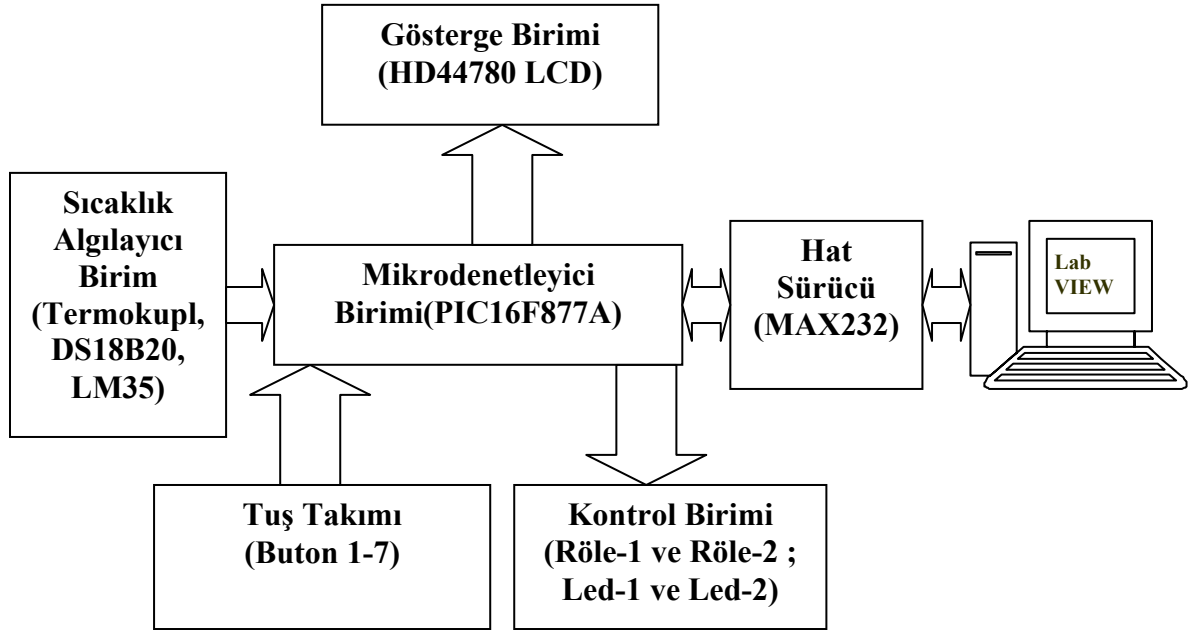
Devre üzerinde kullanılan komponentlerin bir kısmına ait detaylı bilgiler daha önceki bölümlerde verildiğinden, bu bölümde gerçekleştirilen sistemin donanımı tanıtılacaktır.

Devre üzerinde kullanılan elemanların listesi aşağıdaki gibidir.

- PIC16F877A mikrodnetleyici
- HD44780 LCD
- J tipi termokupl, LM35, DS18B20 sıcaklık algılayıcıları
- MAX232 entegre
- OP07 opamp

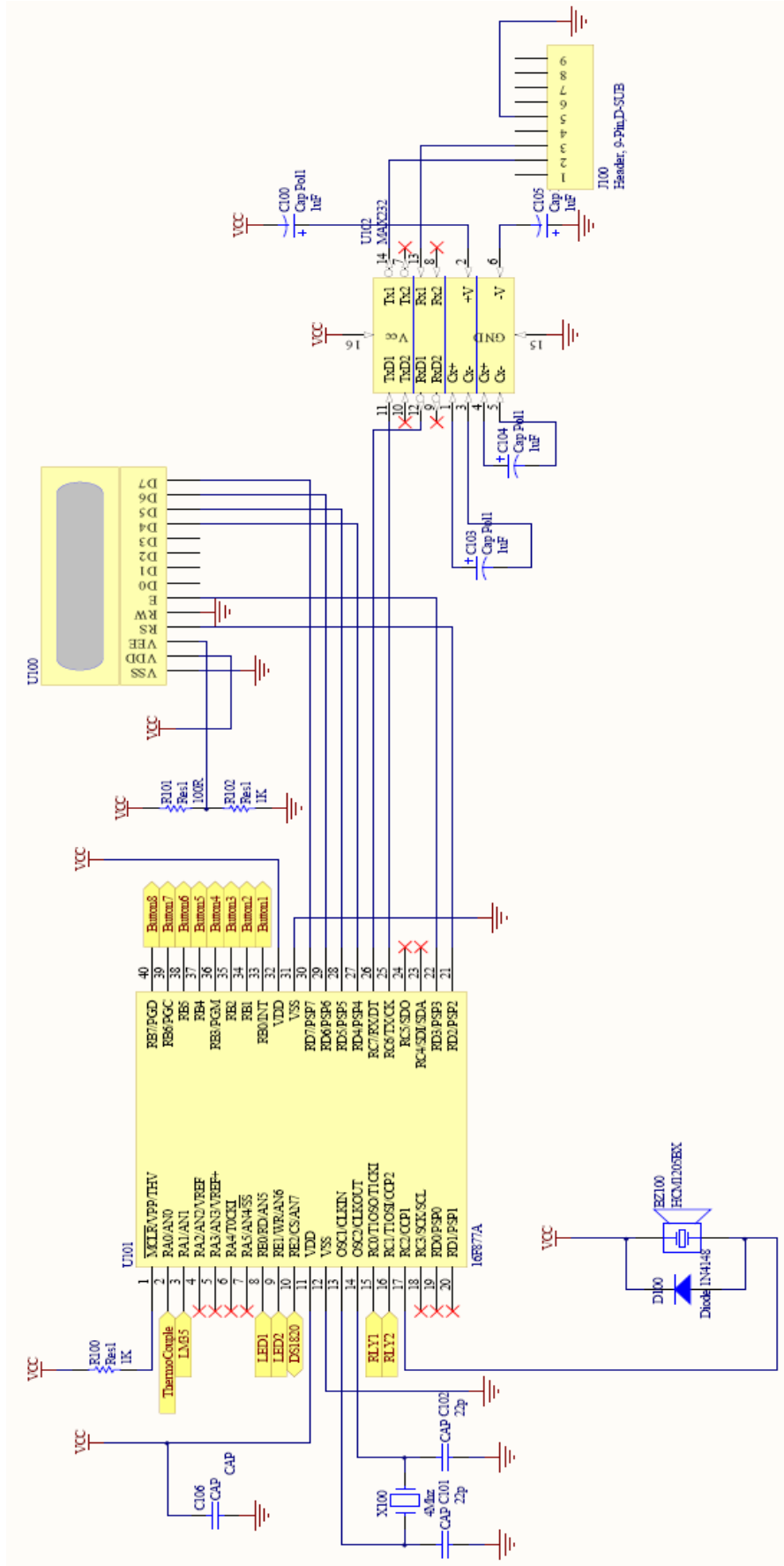
- LM7805, LM7905 gerilim düzenleyici
- 4MHz kristal
- 7 adet buton
- 1 adet 10Kohm, 9 adet 1Kohm, 1 adet 100ohm direnç
- 1Mohm potansiyometre
- 4 adet 1µF, 2 adet 100µF, 2 adet 22pF, 1 adet 100nF kondansatör
- 1 adet buzzer
- 1 adet 9 pin dişi konnektör
- 2 adet röle
- 2 adet led

Şekil 8.2’de sistemin blok diyagramı verilmiştir.



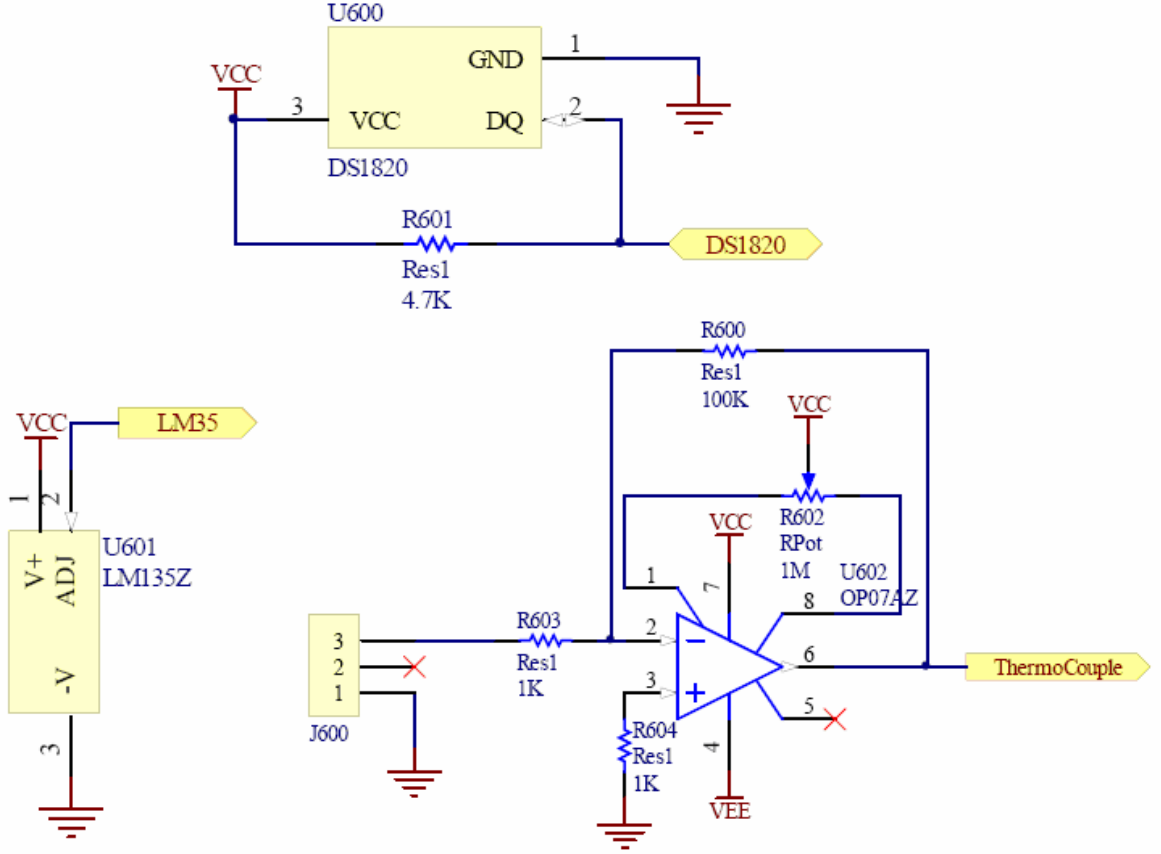
Şekil 8.2 Gerçeklenen devrenin blok diyagramı

Projenin Altium programında hazırlanan devre çizimi ise Şekil 8.3’deki gibidir. Gerçekleştirilen elektronik devrenin baskı devre şeması Ekler bölümünde [Ek 9] mevcuttur.



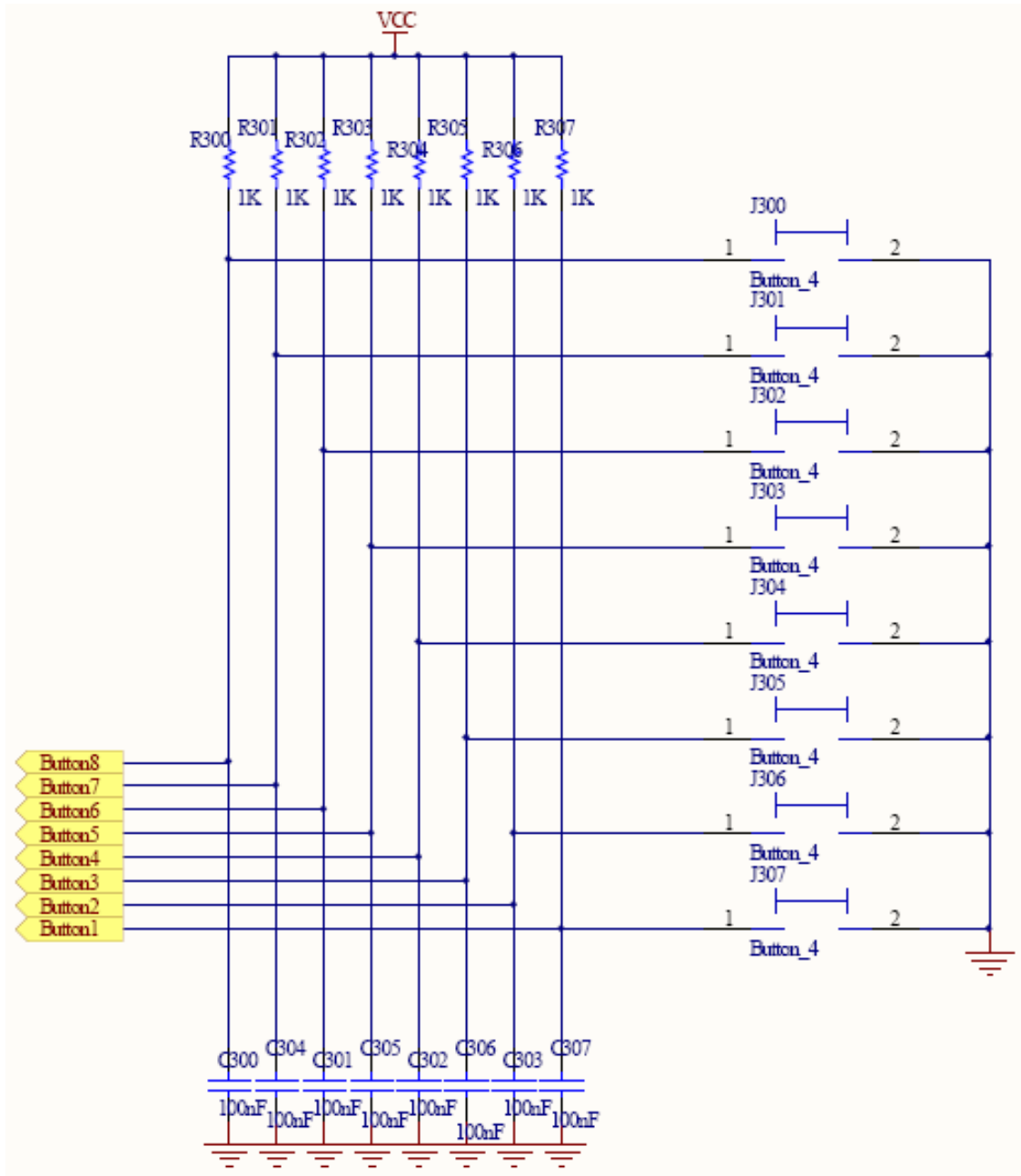
Şekil 8.3 Devre şeması

Şekil 8.4’de sistem blok diyagramında gösterilen sıcaklık algılayıcı birimdeki sıcaklık algılayıcılarının bağlantı şekilleri verilmiştir.



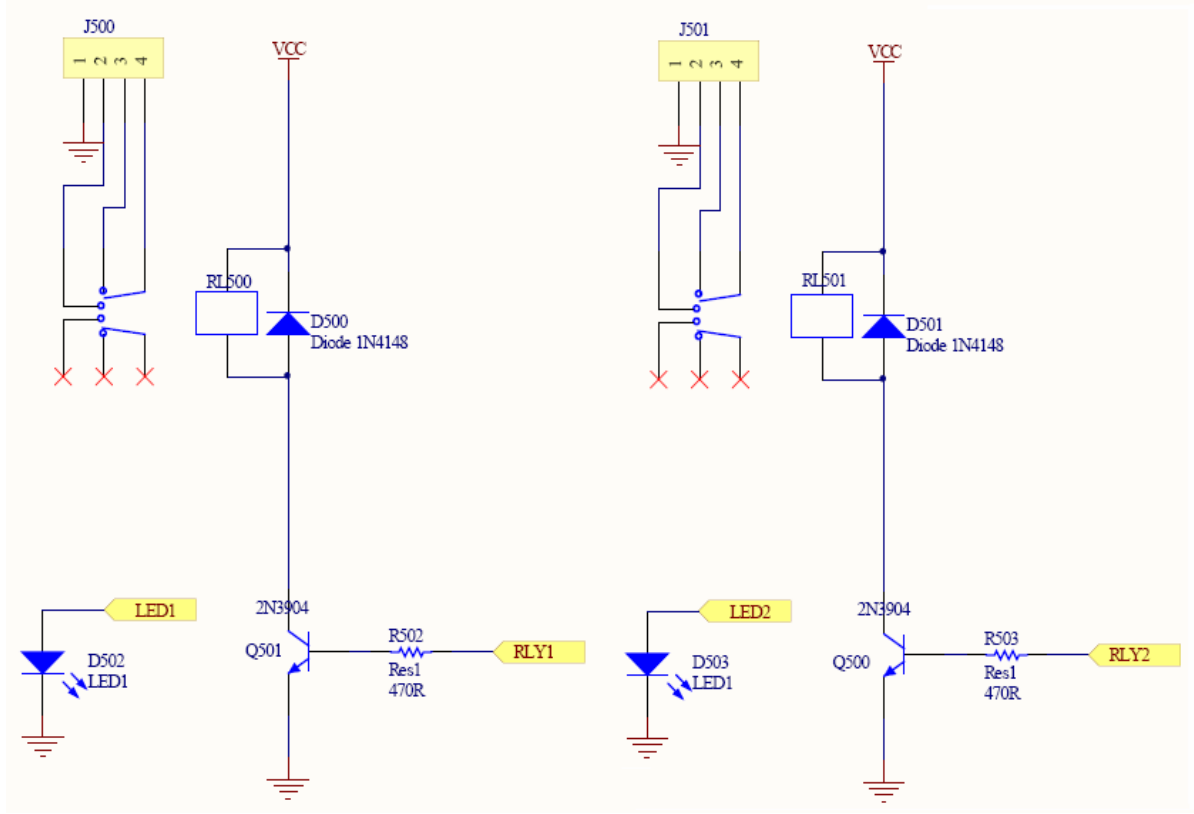
Şekil 8.4 Sıcaklık algılayıcı birimi bağlantı şekli

Şekil 8.5’de sistem blok diyagramında gösterilen tuş takımı biriminin bağlantı şekli verilmiştir.



Şekil 8.5 Tuş takımı birimi bağlantı şekli

Şekil 8.6’da sistem blok diyagramında gösterilen kontrol biriminin bağlantı şekli verilmiştir.



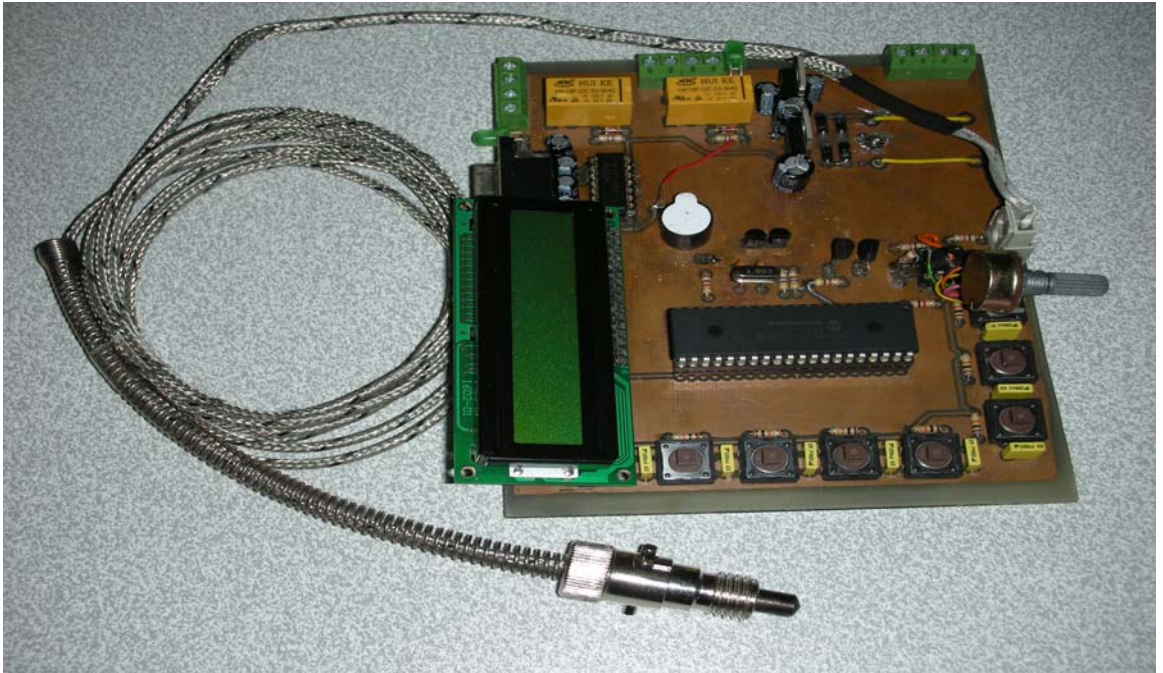
Şekil 8.6 Kontrol biriminin bağlantı şekli

8.1.1 PCB Tasarımında Göz Önünde Bulundurululan Hususlar

- Devre endüstriyel bir kart olacağından ve yüksek sıcaklık ölçümlerinde kullanılacağından dolayı PCB 2mm'lik epoxy kart seçilerek tasarlanmıştır.
- Tasarlanan devrenin daha sonra kutulanabilmesi için gösterge amaçlı koyulan LCD ve LED'ler, bilgisayarla haberleşmeyi sağlayan seri port konnektörü (DB-9 konnektörü), butonlar, röle çıkışları ve besleme girişleri kutuya rahat monte edilecek şekilde PCB'nin kenarlarına yerleştirilmiştir.
- İki taraflı PCB tasarlanarak atlama kabloları kullanımından sakınılmıştır.
- Devre istendiğinde DC besleme (+/-7.5V-15V) istendiğinde şebeke (200V-220V) gerilimi ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır.
- Mikrodenetleyicinin PCB üzerindeki besleme hatlarından etkilenmemesi (çalışma sırasındaki anlık akım çekimlerinden etkilenmemesi) için by-pass kapasitesi eklenmiştir. Besleme hatlarının geçen akımdan dolayı yıpranmaması ve aynı zamanda yolun uzunluğu ve kalınlığı ile orantılı olarak oluşacak endüktif etkilerin oluşmaması için (anlık olarak

çekilen yüksek akımların olduğu durumlarda) yol kalınlığı 20mil ve olabildiğince kısa tutulmuştur.

- Devrenin ısınmasını engellemek ve aynı zamanda EMI etkilerinden dolayı mikrodnetleyicinin çalışmasının etkilenmemesi için PCB’de boşta kalan tüm kısımlar plane olarak toprağa bağlanmıştır.
- Termokupl’un soğuk birleşim kompanzasyonunu sağlamak için kullanılan LM35 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı mümkün olduğunca ölçüm alınan noktaya yakın bir yere yerleştirilmiştir.
- Mikrodnetleyici, devrenin şebeke gerilimi ile beslenmesi durumunda koyulacak trafoya uzak bir yere yerleştirilmiştir.
- Pull-up ve pull-down dirençleri küçük tutularak devrenin EMI’a karşı olan duyarlılığı azaltılmıştır. (EMI susceptibility)
- Devre içersinde bulunan sayısal işaretler ile analog işaretler (termokupl ve analog filitrelemeler ve yükselteç için) birbirinden ayrılarak sayısal işaretlerde gürültünün etkisi azaltılmıştır.
- Mikrodnetleyici için gerekli olan saat işaretleri mikrodnetleyicinin saat pinine en yakın olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 8.7 Gerçeklenen devrenin üstten görünümü

8.2 Sistem Yazılımı

Bu bölümde mikrodnetleyici ve LabVIEW yazılımıyla sistem çalışmasının nasıl sağlandığından ve gerek mikrodnetleyici gerekse LabVIEW programı algoritmalarından bahsedilecektir.

8.2.1 Mikrodnetleyici Yazılımı

8.2.1.1 Sıcaklık Ölçümü

Daha önceki bölümlerde de belirtildiği gibi devre üzerinde DS18B20 ve J tipi termokupl sıcaklık algılayıcıları kullanılmıştır.

DS18B20 ile gerçek zamanlı sıcaklık ölçme işlemini maksimum hassasiyette gerçekleştirmek amacıyla 12-bit çözünürlük seçilmiştir. 12-bitlik çözünürlük kullanılması ile virgülden sonra 4 haneye kadar ölçüm yapabilmenin yanı sıra sıcaklık artımları/azalışlarının 0.0625°C 'lık adımlarla gerçekleşmesi sağlanmıştır. 12-bit çözünürlük seçme işlemi Şekil 8.8'de verilen konfigürasyon saklayıcısının R1 ve R0 bitlerinin 1 yapılması ile sağlanmaktadır.

0	R1	R0	1	1	1	1	1
---	----	----	---	---	---	---	---

Şekil 8.8 Konfigürasyon saklayıcısı

Gerçek zamanlı sıcaklık ölçümünün sayısal değerinin hesaplanmasında kullanılan işlem ise şu şekildedir: DS18B20 sıcaklık algılayıcısı, ortam sıcaklığını ölçerek sıcaklık bilgisini 2 byte'lık sayısal değer haline dönüştürür. 16 bitlik sayısal değer LSB 12 bitlik kısmı, bu değeri ondalık sisteme dönüştürmek için yeterli olmaktadır.

Öncelikli olarak yapılan işlem sıcaklık değerinin pozitif mi yoksa negatif mi olduğunu bulmaktır. Bit-11 sıcaklık değerinin işaretini yani ölçülen sıcaklık değerinin pozitif mi yoksa negatif mi olduğunu göstermektedir. Bit-11'in "1" olması sıcaklık değerinin negatif olduğunu, bit-11'in "0" olması ise sıcaklık değerinin pozitif olduğunu belirtir. Bu nedenle mikrodnetleyici yazılımında basit bir karşılaştırma işlemi yaparak –MS byte'ının 7'den büyük olup olmadığını test ederek- sıcaklığın negatif mi yoksa pozitif mi olduğu anlaşılmaktadır. MSB byte'ının sayısal değerinin 7'den büyük olması durumunda işaret negatif, 7'den küçük olması durumunda ise işaret pozitif olacaktır. Bundan sonraki işlem ölçülen sıcaklık değerinin tam sayı kısmının hesaplanmasıdır. Sıcaklığın tam sayı kısmının hesaplanmasında kullanılması gereken bitler, bit-10, bit-9, bit-8, bit-7, bit-6, bit-5, bit-4'dür. Bu hesaplama işlemi için LS byte'ı 4 kere sağa, MS byte'ı 4 kere sola ötelendikten sonra LSB

0Fh ile MSB ise 70h ile maskelenmiştir ve sonrasında MSB ile LSB "veya" işlemine sokulmuştur. Böylece sıcaklık değerinin tam sayı kısmını oluşturan bit-10, bit-9, bit-8, bit-7, bit-6, bit-5, bit-4 bir araya getirilerek bir byte'lık veri oluşturulmuş olur. Sıcaklık değerinin tam sayı kısmı, basit matematik işlemleriyle (basamaklarına ayırma metodu) kullanılarak basamaklarına ayrılmıştır.

Sıradaki işlem sıcaklık değerinin ondalıklı kısmını bulmak yani virgülden sonraki basamakları hesaplamaktır. Ölçülen sıcaklık değerinin ondalıklı kısmının hesaplanmasında kullanılan bitler bit-3, bit-2, bit-1 ve bit-0'dır. Bu hesaplamada bit test işlemi yapılmıştır ve ardından basit matematiksel işlemlerle ondalıklı kısım basamaklarına ayrılmıştır.

Çizelge 8.1, DS18B20 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı ile ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerini hesaplamada referans olarak kullanılan sıcaklık kaydedicisi formatını göstermektedir.

Çizelge 8.1 Sıcaklık kaydedicisi formatı

MS Byte								LS Byte							
15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
S	S	S	S	S	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	2^{-1}	2^{-2}	2^{-3}	2^{-4}

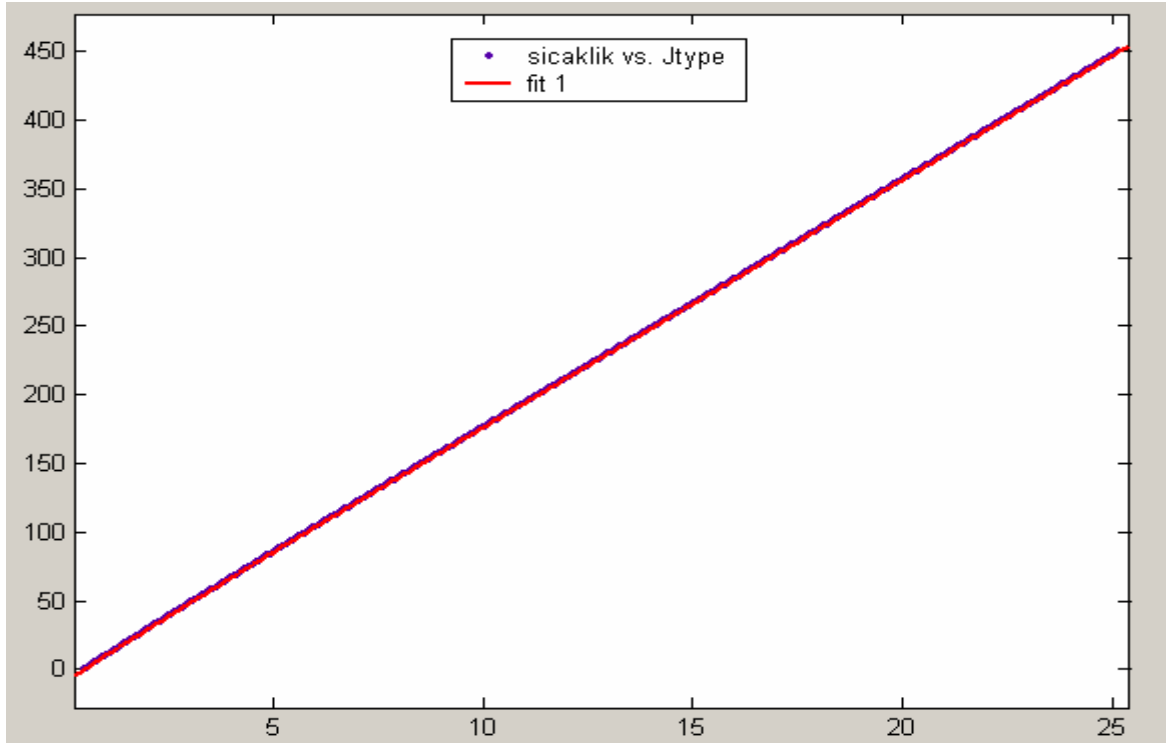
Gerçeklenen sistemde sıcaklık ölçümünde kullanılan diğer yöntem ise J-tipi termokupl ile sıcaklık ölçümüdür. Böylece, sistemin endüstriyel şartlara uygun hale getirilmesi ve daha yüksek sıcaklık değerlerinin ölçülmesi sağlanmıştır. Termokupl ile sıcaklık ölçümünün gerçekleşmesinde soğuk birleşim kompanzasyonu kullanılmıştır. Bunun nedeni, termokuplun çıkış geriliminin, birleşim noktası ile diğer iki ucu arasındaki sıcaklık farkı ile orantılı olmasına karşın termokupl için geliştirilen matematiksel model ve hazırlanan tabloların referans sıcaklığının 0°C olduğu durumlar için geçerli olmasıdır. Bu projede soğuk birleşim kompanzasyonu amacıyla -55°C ile $+150^{\circ}\text{C}$ arasında en fazla $\pm 1^{\circ}\text{C}$ hata ile sıcaklık ölçümü yapabilen LM35 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. National firması tarafından üretilen ve analog çıkış veren LM35 sıcaklık algılayıcısı ile herhangi bir harici kalibrasyona gerek duyulmadan ölçüm alınabilmektedir. Her 1°C 'lık artışta/azalışa LM35 sıcaklık algılayıcısı çıkışındaki gerilim 10mV kadar artmaktadır/azalmaktadır. Daha önceden de bahsedildiği üzere PIC16F877A mikrodnetleyicisinde 10-bit çözünürlükte toplam 8 adet analog kanal vardır ve ölçülen analog gerilim değeri, 0...1023 arasında değişen 1024 farklı sayısal değere dönüştürülmektedir. PIC16F877A mikrodnetleyicisinin bu özelliğinden yararlanılarak analog/sayısal çevirici portları ile LM35 ve termokupldan sıcaklık ölçümleri alınmaktadır. Termokuplun çıkış gerilimi $^{\circ}\text{C}$ başına mikrovoltlar seviyesinde olduğundan bu

çıkış işaretini yükseltmek amacıyla ofset geriliminin sıcaklık ile sürüklenmesi çok düşük olan ve yüksek gürültüye bağışıklık gösteren Analog Devices firmasının OP07 işlemsel yükseltici kullanılmıştır.

J-tipi termokupl kullanılarak sıcaklık ölçümünün gerçekleştirilmesinde J-tipi termokupla ait referans tablosu [Ek 10] kullanılmıştır. Termokupla ait referans tablosu incelendiğinde her bir sıcaklık değerine mV'lar mertebesinde gerilim değerinin denk düştüğü görülmektedir. Burdan yola çıkılarak Matlab “curve fitting tool box (eğri uydurma)” kullanılarak termokupl referans tablosundaki gerilim değerlerinin tek tek girilmesiyle termokupl çıkış fonksiyonun matematiksel ifadesi 4. dereceden bir polinom olarak elde edilmiştir. mV cinsinden gerilim değerlerinin fonksiyona girilmesiyle matematiksel ifadenin doğruluğu ispatlanmıştır. Yukarıda sözü edilen 4. dereceden polinom denklemi aşağıdaki gibidir:

$$y = p_1 * x^4 + p_2 * x^3 + p_3 * x^2 + p_4 * x + p_5 \quad (8.1)$$

$$p_1 = -0.0001142; p_2 = 0.007473; p_3 = -0.1707; p_4 = 19.66; p_5 = 0.1680$$



Şekil 8.9 Termokupl mV cinsinden çıkış gerilimine karşılık sıcaklık değerinin ve uydurulan eğrinin üst üste çizimi

İşlemsel yükselteç çıkışındaki gerilimin mikrodenetleyici tarafından okunup basit matematiksel işlemlere sokulmasıyla termokupl çıkışındaki gerilim değeri elde edilmektedir. Bu gerilim değerinin 4. dereceden polinom fonksiyonuna sokulmasıyla termokupl çıkışındaki

gerilime denk düşen sıcaklık değeri elde edilmektedir. Fakat, sözü edilen şekilde hesaplanan termokupl çıkışındaki gerilime denk düşen sıcaklık değeri, termokupl referans nokta sıcaklığının 0°C olarak kabul edildiği durumdaki sıcaklıktır. Pratikte referans nokta sıcaklığının 0°C olmayışından ötürü kullanılan soğuk eklem kompanzasyon elemanı (LM35 yarı iletken sıcaklık algılayıcısı) ile ölçülen sıcaklık değerinin termokupl çıkışındaki gerilime denk düşen sıcaklık değeriyle toplanmasıyla termokupl ile yapılan gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm değeri elde edilmektedir.

8.2.1.2 Sıcaklığa Duyarlı Alarm

Gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm değerinin devre üzerinde bulunan butonlar kullanılarak ayarlanan sıcaklık alt limit ve sıcaklık üst limit değerlerinin dışında olması durumunda devre alarm verecektir. Ortam sıcaklığının artmasıyla veya azalmasıyla ölçülen sıcaklık değerinin sıcaklık alt limit değeriyle sıcaklık üst limit değeri arasında olması durumunda alarm kesilecektir. Benzer şekilde ölçülen sıcaklık değeri sabit kalsa bile butonlar yardımıyla sıcaklık alt limit ve sıcaklık üst limit değerleriyle oynayarak alarm durumu yaratılabilir veya ortadan kaldırılabilir. Yukarıda bahsi geçen koşullarda sistemin sesli olarak alarm vermesi için devre üzerinde buzzer kullanılmıştır. Buton işlevleriyle ilgili daha detaylı bilgiler Bölüm 8.2.1.3’de verilecektir.

8.2.1.3 Buton İşlevleri

Devre üzerinde sıcaklık alt limit değeriyle üst limit değerini set etmek amacıyla kullanılan dört adet buton bulunmaktadır. Buton-1 ve buton-2 sıcaklık alt limit değerini kontrol ederken, buton-3 ve buton-4 sıcaklık üst limit değerini kontrol etmektedir. Buton-1 sıcaklık alt limit değerini azaltmak, buton-2 sıcaklık alt limit değerini arttırmak, buton-3 sıcaklık üst limit değerini azaltmak, buton-4 ise sıcaklık üst limit değerini arttırmak amacıyla kullanılmaktadır. Sıcaklık alt limitinin başlangıç değeri olarak 20°C , sıcaklık üst limit değerinin başlangıç değeri olarak ise 30°C seçilmiştir. Sıcaklık alt limit değerinin sıcaklık üst limit değerinin üzerine çıkarılmasına, benzer şekilde de sıcaklık üst limit değerinin sıcaklık alt limit değerinin altına indirilmesine izin verilmemektedir. Buton yardımıyla yapılan sıcaklık alt limitiyle sıcaklık üst limitini değiştirme işlemi 1°C ’lık adımlarla yapılmaktadır. Diğer bir ifadeyle sıcaklık alt limiti ve sıcaklık üst limiti birer birer arttırılabilir veya azaltılabilir. Devre üzerinde bulunan diğer iki buton (buton5 ve buton-6) ise aç/kapa kontrolde kullanılan histerezis değerini ayarlamak için kullanılmaktadır; bir tanesi histerezisi arttırmak diğeri ise azaltmak amacıyla kullanılır. Buton yardımıyla yapılan histerezis değiştirme işlemi de

1 °C 'lık adımlarla yapılmaktadır. Buton-7 ise sıcaklık ölçümünde kullanılacak sıcaklık algılayıcısı (DS18B20 veya J-tipi termokupl) seçiminde kullanılır.

Çizelge 8.2'de sistem blok diyagramında gösterilen tuş takımındaki butonların tanımlamaları verilmiştir. Butonların işlevleriyle LCD arasındaki ilişki Bölüm 8.2.1.5'de verilecektir.

Çizelge 8.2 Buton tanımlamaları

Buton-1	Sıcaklık alt limit değerini azalt
Buton-2	Sıcaklık alt limit değerini arttır
Buton-3	Sıcaklık üst limit değerini azalt
Buton-4	Sıcaklık üst limit değerini arttır
Buton-5	Histerezis değerini azalt
Buton-6	Histerezis değerini arttır
Buton-7	Sıcaklık algılayıcı seçimi

8.2.1.4 Aç/Kapa Kontrol İşlemi

Devre üzerinde set edilen sıcaklıklarda aç/kapa kontrol yapmak amacıyla iki adet röle çıkışı bulunmaktadır. Röleler, kullanıcı tarafından ayarlanan histerezis değerine bağlı olarak aç/kapa kontrol yapmaktadır. Ayarlanan histerezis değeri her iki röle çıkışı için de aynıdır; röle-1 ve röle-2 için ayrı ayrı histerezis ayarlama işlemi yapılmamaktadır. Birinci röle, sıcaklık alt limit değerinde aç/kapa kontrol yaparken; ikinci röle, sıcaklık üst limit değerinde aç/kapa kontrol yapmaktadır. Rölelerin durumları (açık/kapalı) devre üzerinde bulunan ilgili led'ler ile takip edilebilmektedir. Bu yapı, sıcaklık alt ve üst limit değerlerinin birbirine yakın tutulmasıyla sistem sıcaklığını belirli bir değer etrafında tutan ısıtıcı/soğutucu düzenek olarak da düşünülebilir.

Çizelge 8.3 Röle tanımlamaları

Röle-1	Röle-2
Sıcaklık alt limit değerinde aç/kapa kontrol	Sıcaklık üst limit değerinde aç/kapa kontrol

Çizelge 8.4 Led tanımlamaları

Led-1	Led-2
Röle-1'nin durumunu gösterir	Röle-2'nin durumunu gösterir

8.2.1.5 LCD'ye Veri Yazma

Devreyle ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değeri 2x16 LCD ekrana yazılmaktadır. LCD'ye yazılacak ya da LCD'den okunacak verilerin kaç bitlik veri yolu (4/8) kullanılarak iletileceği mikrodenetleyici programının LCD'ye komut yollama ve LCD'ye veri yollama döngülerinde belirlenmiştir. Mikrodenetleyicinin daha az pininin kullanılması amacıyla 4-bitlik mod seçilmiştir.

Sıcaklık alt limit veya sıcaklık üst limit değerini değiştirmek amacıyla devre üzerindeki butonlardan herhangi bir tanesine basılması durumunda LCD ekranda anlık sıcaklık değeri artık gözükmeyecek, set edilen sıcaklık alt limit değeriyle sıcaklık üst limit değerleri gözükecektir. Kullanıcı, butonlar ile sıcaklık alt limit değeriyle sıcaklık üst limit değerini değiştirirken yeni değerleri LCD ekranda takip edebilecektir. Ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerinin set edilen sıcaklık alt limit ve sıcaklık üst limit değerleri arasında olmadığı koşulda sistem alarm durumunda olacağından, LCD ekran anlık sıcaklık değerini göstermenin yanı sıra alarm mesajı da vererek yanıp sönecektir. Alarm durumu ortadan kalktığında, yani ortamın sıcaklık değeri set edilen değerlerin arasında olduğunda, LCD ekran ilk konumuna geri dönecektir ve anlık sıcaklık değerlerini göstermeye devam edecektir. Benzer durum histerezis değerini ayarlama da geçerlidir. Histerezis değerini değiştirmek amacıyla devre üzerindeki ilgili iki butondan herhangi bir tanesine basılması durumunda LCD ekranda anlık sıcaklık değeri yerine set edilen histerezis değeri gözükecektir. Kullanıcı, butonlar ile histerezis değerini değiştirirken yeni değerleri LCD ekranda takip edebilecektir. Butonlardan herhangi bir tanesine bir kere basıldıktan sonra 2.5 saniye süresince herhangi bir butona basılmazsa LCD ekran temizlenecek ve anlık sıcaklık değerlerini göstermeye devam edecektir.

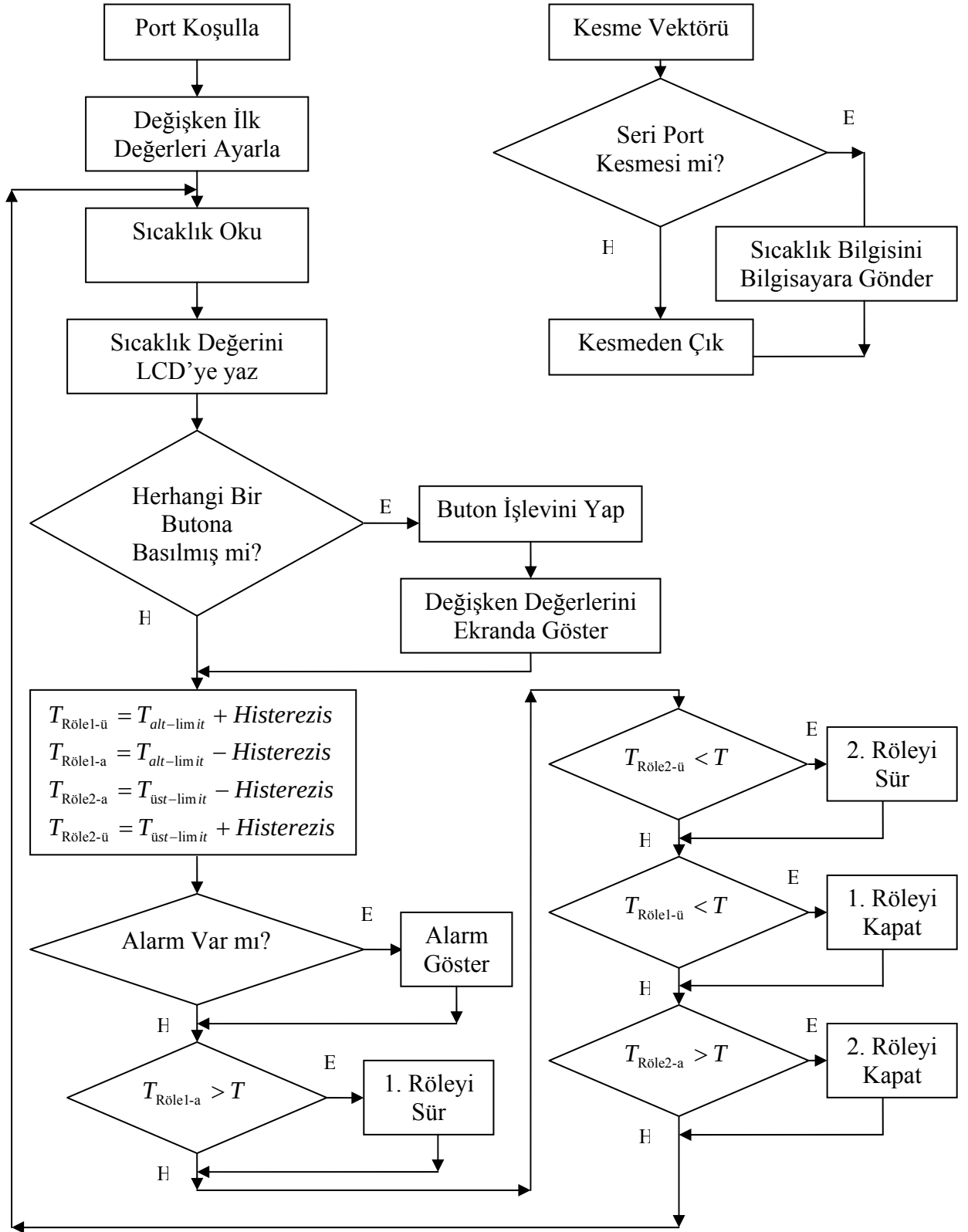
Daha önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi sistem iki farklı sıcaklık algılayıcı (DS18B20 ve J-tipi termokupl) ile sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. Sisteme ilk enerji verildiği durumda DS18B20 kullanılarak sıcaklık ölçümü yapılacaktır ve LCD ekranda gösterilen sıcaklık değerleri DS18B20 tarafından ölçülen sıcaklık değerleri olacaktır. Buton-7'ye bir kere basıldığında artık DS18B20 ile sıcaklık ölçümü yapılmayacak ve sıcaklık ölçümünde J-tipi

termokupl kullanılacaktır. Bu durumda ise LCD ekranda gözlenecek sıcaklık degerleri J-tipi termokupl tarafından ölçülen sıcaklık değerleri olacaktır.

8.2.1.6 Seri Porttan Veri Gönderme

Bilgisayarın seri portuna herhangi bir karakter gönderilmesi durumunda ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık bilgisi mikrodnetleyici tarafından seri porta gönderilmektedir. Diğer bir ifadeyle, devre üzerindeki mikrodnetleyici, bilgisayar tarafından herhangi bir istek gelmedikçe ölçülen sıcaklık değerini seri porta göndermeyecektir, bilgisayar üzerinden herhangi bir karakterin gönderilmesi sıcaklık bilgisinin seri porta yazılması için yeterli olacaktır. Sıcaklık bilgisi gönderilirken sıcaklık değerinin virgülden sonraki kısmı da tam sayıymış gibi gönderilmektedir. Bilgisayar üzerinde koşan LabVIEW programında yapılan matematiksel işlemle sıcaklık bilgisi doğru bir şekilde geri elde edilmektedir.

Mikrodenetleyici programına ait algoritma Şekil 8.10'daki gibidir



Şekil 8.10 Mikrodenetleyici programı algoritması

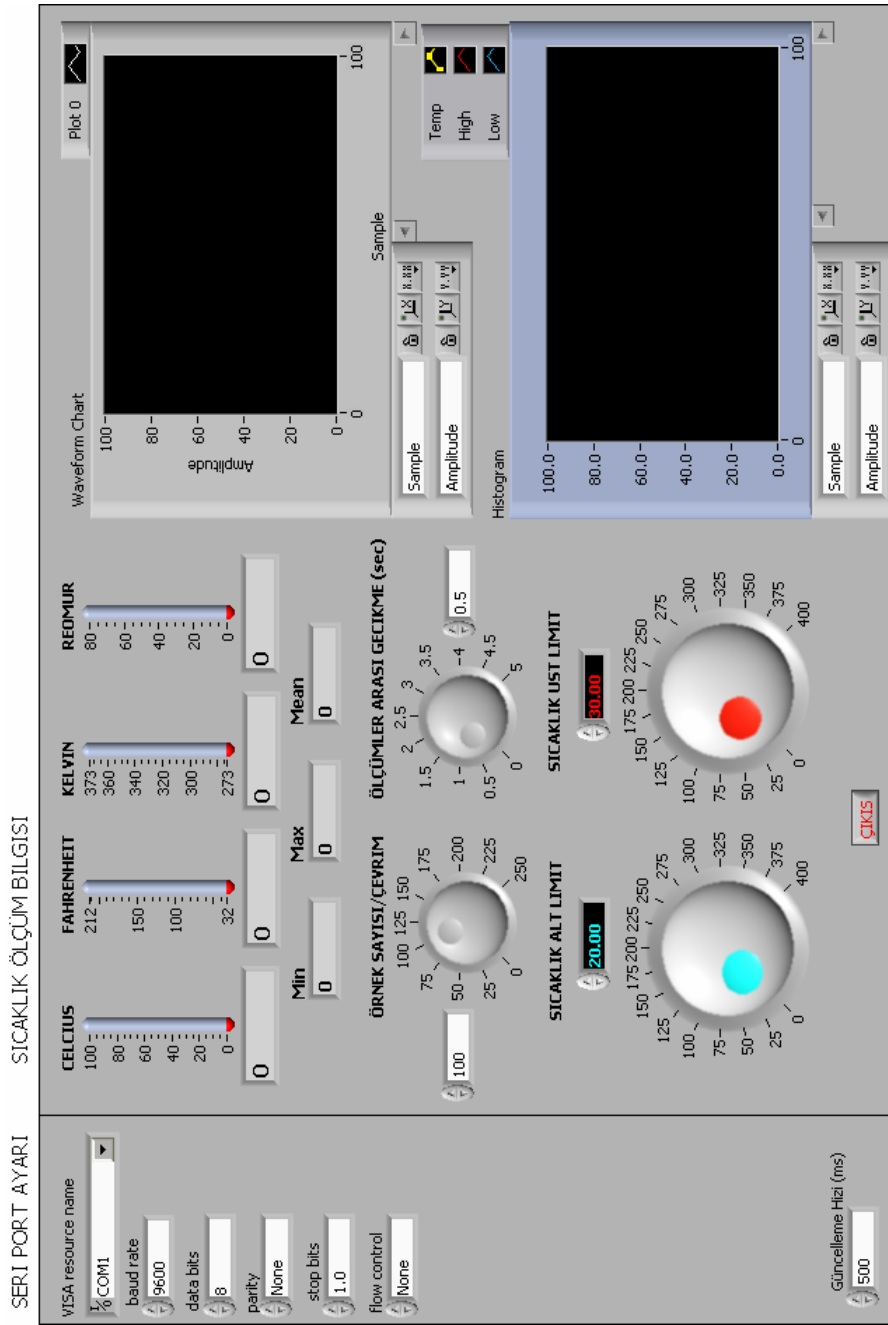
8.2.2 LabVIEW Yazılımı

Geliştirilen LabVIEW programının özellikleri aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

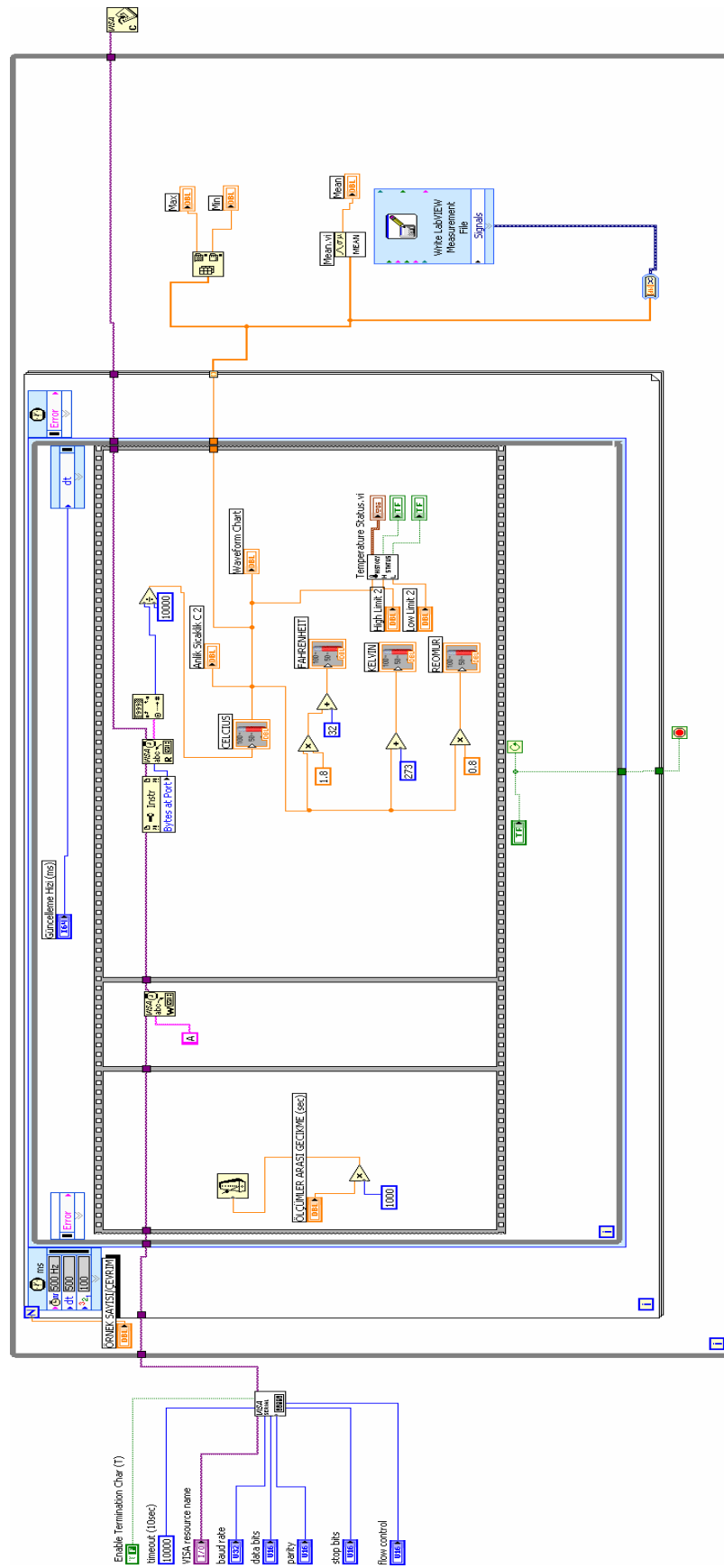
- Donanım devresiyle bilgisayarın seri portu RS-232 kablo üzerinden birbirine bağlı olduğu durumda LabVIEW programında “başla” butonuna basılmasıyla birlikte LabVIEW programı seri porta A karakterini göndermektedir. Bağlantı yokken LabVIEW programı çalıştırılırsa program hata mesajı verecektir.
- Donanım devresi seri porttan A karakterini okuduğu zaman seri porta ortamın anlık sıcaklık bilgisini göndermektedir. Devre tarafından seri porta gönderilen sıcaklık bilgisi LabVIEW programı tarafından seri porttan okunur. Kullanıcı ne kadar sıklıkta örnek almak istiyorsa bunu LabVIEW programının ön panelinden ayarlayabilmektedir. Başlangıç değeri olarak 500ms atanmıştır. Bu değer kullanıcı tarafından 5sn’ye kadar arttırılabilir. Diğer bir ifadeyle, seri porttan sıcaklık bilgisinin okunabilmesi için LabVIEW programı tarafından gönderilmesi gereken A karakterinin gönderilme periyodu kullanıcı tarafından LabVIEW programının ön paneli üzerinden değiştirilebilir.
- Okunan sıcaklık bilgisi Celcius cinsindedir. Sıcaklık bilgisi LabVIEW programıyla Fahrenheit, Reomur ve Kelvin cinsinden de ilgili göstergelerde gösterilir.
- Seri porttan okunan Celcius cinsinden ölçülmüş sıcaklık bilgisi LabVIEW programındaki grafik üzerinde ve histogram grafik üzerinde gösterilir. Grafikler yatay ve dikey ekseninde 0-100 arası ölçeklendirilmiştir. Yatay eksen, seri porttan okunan sıcaklık bilgisi sayısını gösterirken, dikey eksen sıcaklık değerini göstermektedir. Histogram grafikte seri porttan okunan anlık sıcaklık bilgisinin yanı sıra LabVIEW programı üzerinden ayarlanabilen sıcaklık alt ve üst limit değerleri de çizdirilmektedir. Diğer bir ifadeyle, anlık sıcaklık ölçümlerinin sıcaklık alt ve üst limit değerlerine göre değişimi histogram grafikten takip edilebilir. Yatay eksenin 100 parçaya bölünüp, grafik üzerinde 100 değer gösterilmesi seri porttan 100 değer okunduktan sonra programın sonlanması anlamına gelmemektedir. LabVIEW programı sonlandırılmadıkça, program seri porttan sıcaklık bilgisini okumaya devam edecektir. Yatay eksenin 100 parçaya bölünmesi grafikler üzerinde 100 sıcaklık değerinin aynı anda gösterilebilmesi içindir.
- LabVIEW programı, seri porttan okunan sıcaklık bilgisinin LabVIEW programı ön paneli üzerinde ayarlanan sıcaklık alt limit değerinin altında olması durumunda “Under Temp”, sıcaklık üst limit değerinin üstünde olması durumunda “Over Temp” uyarı mesajı verecek şekilde tasarlanmıştır.

- Tasarlanan LabVIEW programı, seri porttan okunan sıcaklık bilgileri için belirli periyotlarla ortalama sıcaklık değerini hesaplamaktadır ve yine bu periyotlar için sıcaklık değerleri arasındaki minimum ve maksimum sıcaklık değerlerini de bulmaktadır. Her periyot için hesaplanan ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri LabVIEW programının ön panelindeki ilgili göstergelerde her periyodun sonunda gösterilmektedir. Bu değerler bir sonraki periyot tamamlanıncaya kadar göstergelerde tutulmaktadır. Sözü edilen periyot değeri, LabVIEW programının ön paneli üzerinde kullanıcı tarafından 1-250 arasında herhangi bir değere set edilebilir. Başlangıç değeri olarak 100 seçilmiştir. Böylece, başlangıç durumunda seri porttan Celsius cinsinden okunan her 100 sıcaklık değeri için LabVIEW programının ön panelindeki göstergelerde 100 değer arasındaki minimum ve maksimum sıcaklık değerleri gösterileceği gibi, her 100 değer için ortalama alınıp hesaplanan ortalama değer yine ön panel üzerindeki göstergede gösterilecektir.
- Gerçek zamanlı sıcaklık bilgisi, bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyaya istenilen bir dosya ismiyle kaydedilecektir. LabVIEW programındaki bu özellik “data logger” olarak geçmektedir.
- LabVIEW programı sonlandırılıncaya kadar seri port okuma işlemi devam edecektir.

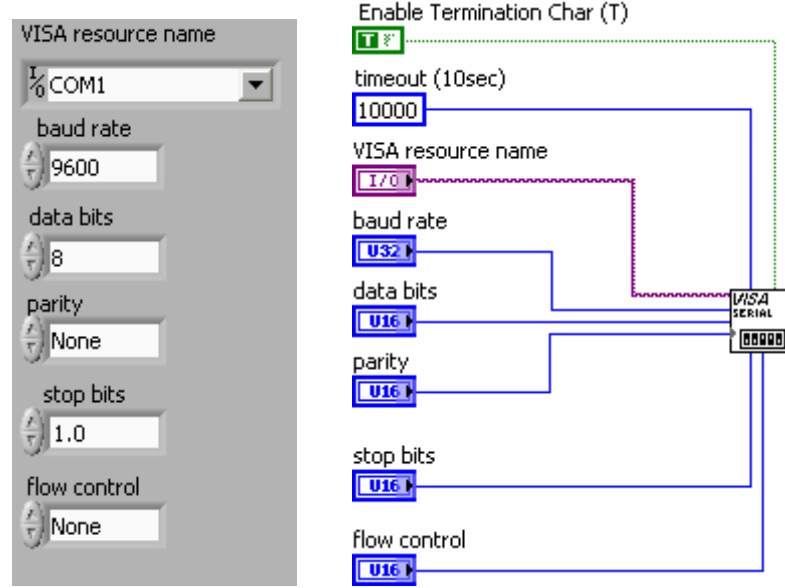
Şekil 8.11’de geliştirilen LabVIEW programının ön paneli Şekil 8.12’de ise geliştirilen LabVIEW programının blok diyagramı verilmiştir.



Şekil 8.11 LabVIEW programı ön paneli

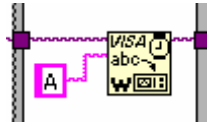


Şekil 8.13 seri portun blok diyagram üzerinde yapılandırılmasını ve bu yapının ön paneldeki görüntüsünü göstermektedir. Burada önemli olan husus haberleşecek olan cihazların yapılandırılmasının eş olmasıdır. PIC16F877A için yazılan mikrodenetleyici programı 9600 baud rate değerine sahip, 8N1 formatında, parity kullanmayan ve akış denetimi olmayan bir bağlantıdır.



Şekil 8.13 LabVIEW programında seri port ayarlarının gerçekleştirilmesi

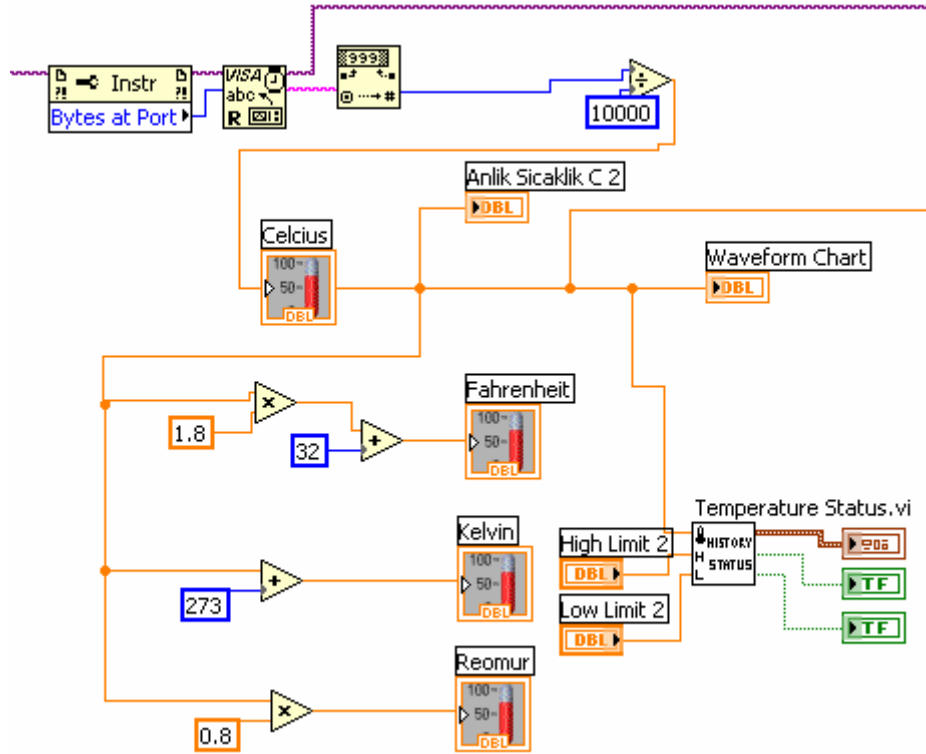
PIC16F877A'ya yazılmış olan program seri porta bilgi göndermeden önce “A” karakterini bekler. “A” karakteri geldiğinde gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm bilgisini seri porta gönderir. Diğer bir ifadeyle, LabVIEW programı sıcaklık bilgisini almak için elektronik devreye “A” karakterini gönderir. Porta veri yazmak için “Visa Write” fonksiyonu kullanılır.



Şekil 8.14 LabVIEW programında seri porta yazma

“A” karakterini alan mikrodenetleyici sıcaklık bilgisini seri porta gönderir. LabVIEW programı seri portu okur ve okuduğu veriden gerçek sıcaklık bilgisini elde etmek amacıyla seri porttan okunan sayısal değeri 10000'e böler. Bunun sebebi, elektronik devre tarafından yapılan sıcaklık ölçümünün virgülden sonra dört hane hassasiyete sahip olması ve bu sıcaklık değerini tam sayıymış gibi seri porta göndermesidir. Şekil 8.15'de gösterilen LabVIEW blok

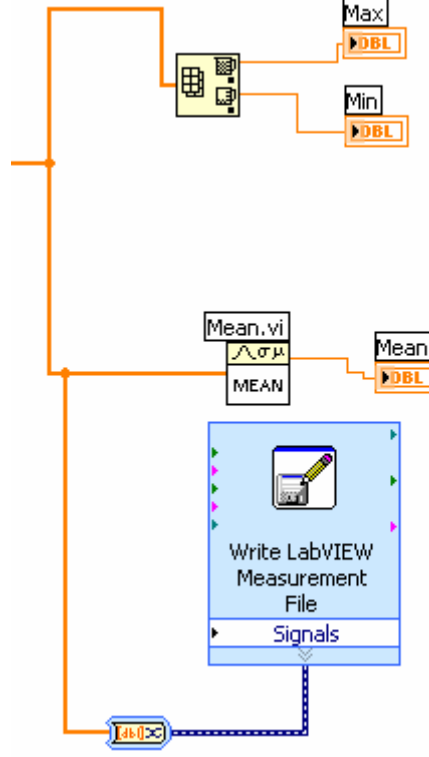
diyagramına ait kod, seri portun okunarak verinin göstergeye aktarılmasını, sıcaklık birimleri arasında dönüşüm yaparak sıcaklık bilgisinin diğer birimler için de ilgili göstergelere aktarılmasını sağlar. Bunun yanı sıra Celcius olarak ölçülen sıcaklık bilgisini x eksenini seri porttan okunan sıcaklık sayısını, y eksenini ise sıcaklık değerini gösterecek şekilde grafik üzerinde gösterir. “Temperature Status.vi” ile sıcaklık alt ve üst limitinin belirlenebilmesi, seri porttan okunan sıcaklık değrinin alt ve üst limit değerleriyle karşılaştırılarak sıcaklık değrinin set edilen aralığın dışında olması durumunda alarm mesajı üretilmesi sağlanır. Burada okunan veri “string” tipindedir. Kullanılan gösterge termometre olduğu için string/nümerik dönüşüm de yapılmıştır. Okuma işlemi “Visa Read” fonksiyonu ile yapılır. “Visa Bytes at Serial Port” fonksiyonu ise seri portun giriş tamponundaki verinin byte cinsinden miktarını gösterir.



Şekil 8.15 LabVIEW programı ile seri porttan okunan sıcaklık bilgilerinin işlenmesi

LabVIEW blok diyagramının Şekil 8.16’da gösterilen kodu ise seri porttan okunan her yüz sıcaklık değeri için bu yüz adet ölçüm arasındaki en yüksek ve en düşük değeri, yüz değer için hesaplanan ortalamayı ön paneldeki “max”, “min” ve “mean” göstergeleri üzerinde gösterir. Bunun yanı sıra “datalogger” ile seri porttan okunan her yüz değerin bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyaya yazılması sağlanır. Diğer bir ifadeyle gerçek zamanlı sıcaklık bilgileri yüzerli bloklar halinde bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyaya yazılmaktadır.

Unutulmamalıdır ki, yukarıda bahsedilen örnek sadece başlangıç durumu için geçerlidir; hesaplama işlemi kullanıcı tarafından ön panel üzerinde set edilebilen 1-250 arasındaki herhangi bir değer için yapılabilmektedir.



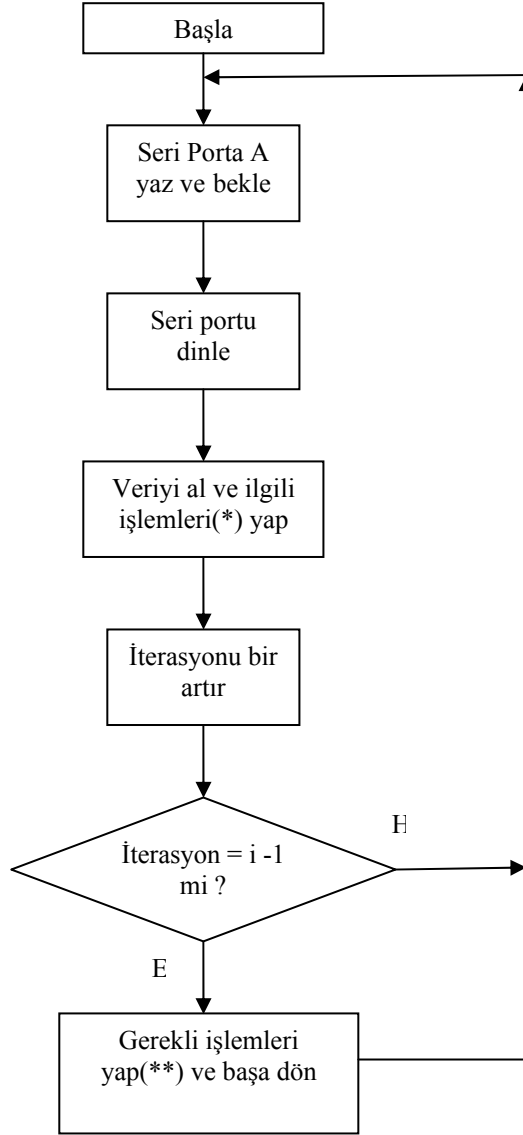
Şekil 8.16 Minimum maksimum ortalama sıcaklık değerlerini ön panelde gösterme ve datalogger

LabVIEW ile yapılan tüm okuma ve yazma işlemleri “Timed Loop” zamanlı döngü içine alınmıştır. Böylece mikrodnetleyici ile olan iletişim periyodik olarak tekrarlanır. Seri port ile iletişim sonlandığında seri port kapatılmalıdır. Bu aygıtın kapatılmasını Şekil 8.17’de verilen “Visa Close” fonksiyonu gerçekleştirir.



Şekil 8.17 Visa Close

LabVIEW programının akış şeması Şekil 8.18'deki gibidir.

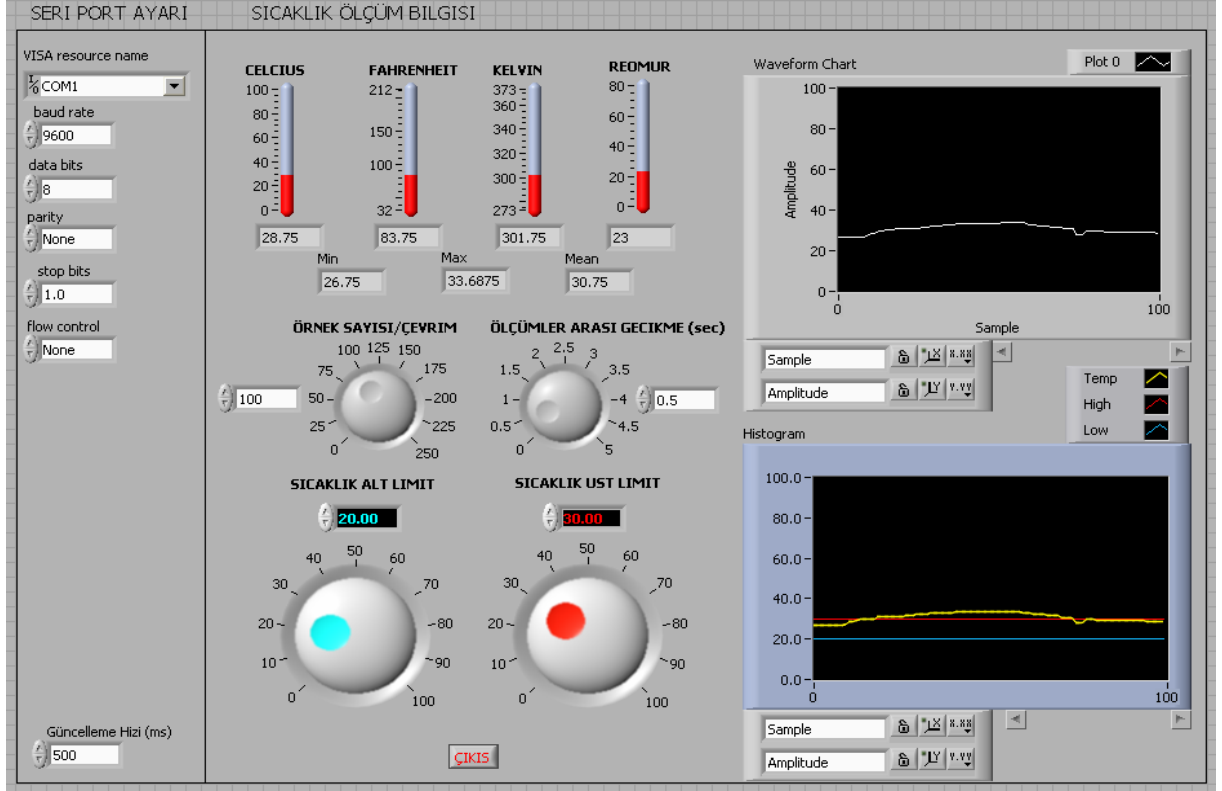


Şekil 8.18 LabVIEW programı akış şeması

(*): Seri porttan okunan 6 haneli sayıyı 10000'e bölerek Celcius cinsinden gerçek sıcaklık değerini bul, bu değeri ilgili göstergede göster ve “waveform chart” ve “histogram chart” üzerinde çiz, sıcaklık değeri sıcaklık alt limit/üst limit aralığının dışındaysa uyarı mesajı ver (alt limitin altındaysa “undertemp”, üst limitin üzerindeyse “overtemp”), Celcius cinsinden olan sıcaklık değerini diğer sıcaklık birimlerine dönüştür ve ilgili göstergelerde göster.

(**): Her bir çevrimdeki Celcius cinsinden sıcaklık değeri arasından en düşük ve en yüksek sıcaklık değerlerini ilgili göstergelere (“min” ; “max”) yaz, her bir çevrim için ortalama sıcaklık değerini hesapla ve ilgili göstergeye (“mean”) yaz, her bir çevrimde ölçülen sıcaklık değerlerini bilgisayarda hedef gösterilen dosyaya iki kolon şeklinde (birinci kolon örnek sayısı, ikinci kolon sıcaklık bilgisi) yaz.

Şekil 8.19'da geliştirilmiş LabVIEW programının bir çevrim süresince çalıştırılmış hali verilmiştir.



Şekil 8.19 Bir çevrim süresince seri porttan veri okuyan LabVIEW programının ön panel görünüşü

Bir çevrim süresince seri porttan okunan sıcaklık bilgisi aşağıdaki şekilde bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyaya kaydedilmiştir. Birinci kolon seri porttan okunan örnek sayısını gösterirken, ikinci kolon sıcaklık değerini vermektedir.

////////////////////////////////////

LabVIEW Measurement

Writer_Version 0.92

Reader_Version 1

Separator Tab

Multi_Headings Yes

X_Columns Multi

Time_Pref Relative

Operator erdal berber

Date 2008/06/16

Time 15:11:30.977999

End_of_Header

Channels 1

Samples 100

Date 2008/06/16

Time 15:11:30.977999

X_Dimension Time

X0 0.0000000000000000E+0

Delta_X 1.000000

End_of_Header

X_Value	Untitled	Comment
0.000000	26.937500	
1.000000	26.750000	
2.000000	26.750000	
3.000000	26.750000	
4.000000	26.750000	
5.000000	26.750000	
6.000000	26.750000	
7.000000	26.812500	
8.000000	26.812500	
9.000000	27.437500	
10.000000	28.375000	
11.000000	28.375000	
12.000000	29.062500	
13.000000	29.687500	
14.000000	29.687500	
15.000000	30.125000	
16.000000	30.125000	
17.000000	30.125000	
18.000000	31.062500	
19.000000	31.062500	
20.000000	31.062500	
21.000000	31.062500	
22.000000	31.125000	
23.000000	31.125000	
24.000000	31.125000	
25.000000	31.125000	
26.000000	31.500000	
27.000000	31.500000	
28.000000	31.500000	
29.000000	32.187500	
30.000000	32.187500	
31.000000	32.187500	
32.000000	32.187500	
33.000000	32.687500	
34.000000	32.687500	
35.000000	32.687500	
36.000000	32.687500	
37.000000	33.062500	
38.000000	33.062500	
39.000000	33.062500	
40.000000	33.312500	
41.000000	33.312500	
42.000000	33.312500	
43.000000	33.312500	
44.000000	33.437500	
45.000000	33.437500	
46.000000	33.437500	
47.000000	33.437500	
48.000000	33.562500	
49.000000	33.562500	

50.000000	33.562500
51.000000	33.687500
52.000000	33.687500
53.000000	33.687500
54.000000	33.687500
55.000000	33.687500
56.000000	33.687500
57.000000	33.687500
58.000000	33.687500
59.000000	32.875000
60.000000	32.875000
61.000000	32.875000
62.000000	32.187500
63.000000	32.187500
64.000000	32.187500
65.000000	32.187500
66.000000	31.437500
67.000000	31.437500
68.000000	31.437500
69.000000	31.437500
70.000000	30.750000
71.000000	30.750000
72.000000	30.750000
73.000000	30.750000
74.000000	27.937500
75.000000	27.937500
76.000000	27.937500
77.000000	29.812500
78.000000	29.812500
79.000000	29.687500
80.000000	29.562500
81.000000	29.500000
82.000000	29.500000
83.000000	29.375000
84.000000	29.312500
85.000000	29.312500
86.000000	29.250000
87.000000	29.187500
88.000000	29.187500
89.000000	29.125000
90.000000	29.062500
91.000000	29.062500
92.000000	29.000000
93.000000	29.000000
94.000000	28.937500
95.000000	28.937500
96.000000	28.875000
97.000000	28.812500
98.000000	28.812500
99.000000	28.750000

////////////////////////////////////

9. SONUÇ

Endüstride önemli yere sahip olan kişisel bilgisayar destekli mikrodnetleyicili endüstriyel otomatik sıcaklık ölçüm ve kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan devrenin yazılımı, mikrodnetleyici yazılımıyla birlikte ölçme ve enstrümantasyon odaklı bir otomasyon yazılımı olan ve grafik programlama dili kullanan LabVIEW ile gerçekleştirilmiştir. Devre ile ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık bilgisi RS-232 seri haberleşme arabirimi üzerinden bilgisayara aktararak gerek sıcaklık ölçümlerinin bilgisayar üzerinde koşan LabVIEW programında sayısal ve grafik olarak izlenmesi sağlanmış, gerekse LabVIEW programıyla sıcaklık bilgileri üzerinde çeşitli analizler yapılmıştır. Analizler, belirli bir süre boyunca ölçülen sıcaklık değerleri arasında minimum ve maksimum sıcaklık değerlerinin bulunmasını, bu süre boyunca ölçülen sıcaklık değerlerinin ortalamasının hesaplanmasını, sıcaklık değerlerinin zamana bağlı değişim istatistiğinin tutulmasını ve tutulan istatistiğin grafiksel olarak incelenmesini kapsamaktadır.

Sistem tasarımıyla elde edilen kazanımlar ve sistem performans değerlendirmesi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir.

- İki farklı sıcaklık algılayıcısıyla ölçüm yapabilen, aç/kapa kontrol gerçekleştirebilen mikrodnetleyici kontrollü sayısal termometre devresi tasarlanmıştır.
- Devrenin termometre kısmında iki farklı sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. Yarı iletken sıcaklık algılayıcısı olarak mikrodnetleyici ile 1-hat adı verilen özel bir protokol ile haberleşen DS18B20 sayısal sıcaklık algılayıcısı kullanılmıştır. DS18B20 kullanımı ile -55°C ile $+125^{\circ}\text{C}$ arasında $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ doğrulukla sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. 12-bit çözünürlük kullanılarak sıcaklık ölçüm hassasiyetinin 0.0625°C olması sağlanmıştır. Devre, 750ms'de bir sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. J tipi termokupl ile 450°C 'a kadar 2°C doğrulukta 500ms'lik periyotla sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir.
- Kullanıcı, anlık sıcaklık değerlerini devre üzerindeki LCD ekranda ve bilgisayar üzerindeki LabVIEW programında takip edebilmektedir.
- Tasarlanan devre RS-232 seri haberleşme arabirimi üzerinden bilgisayar ile haberleşebilmektedir.
- Tasarlanan devre sıcaklığa duyarlı olarak alarm üretebilmektedir. Gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm değeri, devre üzerinde yer alan butonlarla ayarlanan sıcaklık alt limit ve sıcaklık üst limit değerlerinin arasında değilse, yani gerek ölçülen anlık sıcaklığın sıcaklık alt limit değerinin altında olması durumunda gerekse ölçülen anlık sıcaklığın sıcaklık üst limit

değerinin üstünde olması durumunda sistem alarm vermektedir ve kullanıcı hem LCD ekran üzerinde hem de tasarlanan LabVIEW programı üzerinde alarm mesajı ile uyarılmaktadır. Kullanıcı sıcaklık alt limit ve üst limit değerlerini devre üzerinde ve LabVIEW programı üzerinde ayrı ayrı ayarlayabilmektedir.

- Kullanıcı, Celcius cinsinden ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık bilgisinin RS-232 üzerinden bilgisayara aktarılmasından sonra anlık sıcaklık değerini diğer sıcaklık birimleri ($^{\circ}F$, $^{\circ}K$, $^{\circ}R$) cinsinden LabVIEW programıyla gözleyebilmektedir. Bunun yanı sıra LabVIEW programının tüm sıcaklık değerlerini bilgisayar üzerinde hedef gösterilen dosyaya kaydedebilme yeteneğinden ötürü geçmişe yönelik sıcaklık bilgilerine de ulaşılabilir. Seri portu dinleme aralığı (örnekleme periyodu) LabVIEW programının ön panelinden ayarlanabilmektedir. Başlangıç değeri olarak 500ms atanmıştır ve bu değer 5sn'ye kadar arttırılabilir. Seri porttan okunan sıcaklık bilgileri için belirli periyotlarla (örnek sayısı kadar) ortalama sıcaklık değerini hesaplanmaktadır ve yine bu periyotlar için sıcaklık değerleri arasındaki minimum ve maksimum sıcaklık değerleri de bulunmaktadır. Her periyot için hesaplanan ortalama, maksimum ve minimum sıcaklık değerleri LabVIEW programının ön panelindeki ilgili göstergelerde her periyodun sonunda gösterilmektedir. Bu değerler bir sonraki periyot tamamlanıncaya kadar göstergelerde tutulmaktadır. Sözü edilen periyodun başlangıç değeri 100'dür, LabVIEW programının ön paneli üzerinden 1-250 arasında herhangi bir değere ayarlanabilir.
- Devre üzerinde iki adet röle çıkışı bulunmaktadır. Set edilen sıcaklıklarda histerezis değerine bağlı olarak rölelerle aç/kapa kontrol yapılmaktadır. Birinci röle sıcaklık alt limit değerinde aç/kapa kontrolü yaparken, ikinci röle sıcaklık üst limit değerinde aç/kapa kontrol yapmaktadır. Rölelerin durumları (açık/kapalı) devre üzerinde bulunan ilgili led'ler ile takip edilebilmektedir.

Gerçekleştirilen proje geliştirilmeye açıktır. LabVIEW programı yazılımı üzerindeki değişikliklerle sıcaklık alt/üst limit değerleri ve histerezis değeri bilgisayar üzerinden mikrodnetleyiciye aktarılabilir. Mikrodnetleyici yazılımı üzerindeki değişikliklerle sistemin diğer termokupl tipleri ile de sıcaklık ölçümü yapması sağlanabilir. Sisteme PID kontrol eklenerek geri beslemeli sıcaklık kontrol sistemi gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Bitter, R., Mohuiddin, T. ve Navrocki, M., (2001), LabVIEW Advanced Programming Techniques, CRC Press, New York.
- Bodur, A., Dinçer, G. ve Gerçek, C., (2001), Her Yönüyle Enstrümantasyon ve Ölçme, Bileşim Yayıncılık, İstanbul
- Cory, L.C., (2005), LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications, McGraw Hill, New York.
- Dinçer, G. ve Gerçek, C., (2006) PIC Mikrokontrolör Uygulama Devreleri, Era Bilgi Sistemleri Yayıncılık, İstanbul.
- Şahin, H., Dayanık, A. ve Altınbasak, C., (2007), PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Unsaçar, F. ve Eşme, E., (2007), Grafik Programlama Dili, Seçkin Yayıncılık, Ankara.
- Zengin, F., Şanlı, M., Urhan, O. ve Güllü M., (2006), C Dili ile PIC Uygulamaları, Altas Yayıncılık, İstanbul.

İNTERNET KAYNAKLARI

- [1]<http://www.fbe.yildiz.edu.tr>
- [2]<http://www.ni.com>
- [3]<http://www.ectron.com/tcmate.html>
- [4]<http://www.omega.com>
- [5]http://www.emo.org.tr/resimler/ekler/c0592c2f4067cf9_ek.pdf
- [6]<http://www.elektrotekno.com>
- [7]http://antrak.org.tr/index.php?option=com_content&task=view&id=461
- [8]<http://www.best-microcontroller-projects.com>
- [9]<http://ccspic.com/>
- [10]<http://snipp1r.com/view/2189/picbasic-interfacing-18f-pic-with-temperature-sensor-maxim-ds18b20/>
- [11]http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/an_pk/2420
- [12]http://www.mekatronikkulubu.org/dosya/labview_bulundu
- [13]<http://www.e3tam.com/temsilcilikler/ni/labview.htm>
- [14]<http://www.maxim-ic.com.cn/pdfserv/en/ds/DS18B20.pdf>
- [15]<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en010242>
- [16]http://www.emks.com.tr/urun_temperature_tr.htm
- [17]<http://www.ordel.com.tr/page.php?id=30>
- [18]<http://www.metronik.com.tr/?MikroislemciOlcuKontrolCihazlari>

EKLER

Ek 1	Endüstriyel Sıcaklık Kontrol/Göstergelerinin Kısa Teknik Özellikleri
Ek 2	PIC16F877A Mikrodenetleyicisi Katalog Bilgisi
Ek 3	DS18B20 Sıcaklık Algılayıcısı Katalog Bilgisi
Ek 4	HD44780 LCD Katalog Bilgisi
Ek 5	Max-232 Katalog Bilgisi
Ek 6	LM7805 Entegresi Katalog Bilgisi
Ek 7	LM7905 Entegresi Katalog Bilgisi
Ek 8	OP07 Entegresi Katalog Bilgisi
Ek 9	Baskı Devre
Ek 10	J Tipi Termokupl Referans Tablosu

Ek 1 Endüstriyel Sıcaklık Kontrol/Göstergelerinin Kısa Teknik Özellikleri

E5_N SERİSİ SICAKLIK KONTROLÖRLER



Kompakt ve akıllı genel amaçlı kontrolörler

Genel amaçlı E5_N ailesinin DIN formatında standart 4 farklı boyutu mevcuttur. Hepsi yüksek yoğunluklu LCD ekrana ve geniş görüş açısında sahiptir. E5GN hariç diğer modellerde kolay izleme için PV rengi değişebilir.

- Kontrol modu: ON/OFF veya 2-PID
- Kontrol çıkışı: röle , hibrit röle, gerilim (SSR) ya da lineer akım
- Güç kaynağı: 100/240VAC ya da 24VDC/VAC
- Parametre kopyalama , ayar ve programlama için PC bağlantısı
- Kolay kurulum ve çalışma

- 1- LCD ekran.
- 2- ON/OFF, PID (2-PID) kontrollü.
- 3- Autotuning özelliği.
- 4- Fuzzy Selftuning özelliği.
- 5- 4 farklı ölçüde boyut.
- 6- Alarm çıkışları.
- 7- RS485, RS232C haberleşme.
- 8- Event input. (*)
- 9- 24AC/DC, 100/240AC beslemeli modeller.
- 10- Ön yüzü IP66 koruma sınıfına sahip.
- 11- Thermo Tools software'i ile programlayabilme imkanı
- 12- 0-50 mV analog giriş imkanı (E5CN'lerde T girişli modellerde)



MİKROİŞLEMCİ DENETİMLİ TEK SETLİ SICAKLIK KONTROL CİHAZI

M6P01TB

GENEL ÖZELLİKLER

- Mikrokontrolör ile tasarlanmış ON/OFF kontrol yapabilen, tek kontaklı digital sıcaklık kontrol cihazıdır
- Giriş kopmasında sistem koruması
- İki digit 7mm led display

TEKNİK ÖZELLİKLER

Giriş	: Pt 100 veya Pt 1000 Termorezistans T/R
Çıkış	: 1 Röle, 1NA + 1 NK kontak 220 V AC .5 A
Kontrol şekli	: Dar bantlı ON/OFF kontrol
Giriş koruması	: Rölenin enerjisi kesilir.
Doğruluk sınıfı	: % 1
Güç sarfiyatı	: 2VA
Ortam sıcaklığı	: -10,+50°C
Giriş direnci	: Min. 1M Ohm
Besleme	: 220 V AC,50 Hz.
Cihaz ebatları	: Ön panel 35 x 77 mm. : Pano kesiti 29 x 71 mm. : Derinlik bağlantı bacakları dahil 62 mm.



Cihaz Bağlantı Şeması



STANDART KALİBRASYONLAR

ÖLÇÜ BÜYÜKLÜĞÜ	Pt 100	Pt 1000
°C	-99 + 99	-50 + 99

KULLANIM ALANLARI

Gıda,selafon makinesi,etüvler mum eritme potaları,sera havalandırmaları,oda termostati,soğuk hava depoları gibi alanlarda yaygınca kullanılmaktadır.

SİPARİŞ KODLAMASI

M 6 0 1 T B - X - X

220V AC

Pt 100 / Pt 1000



MİKROİŞLEMCİ DENETİMLİ SETLİ SICAKLIK KONTROL CİHAZI

M48P0XT

GENEL ÖZELLİKLER

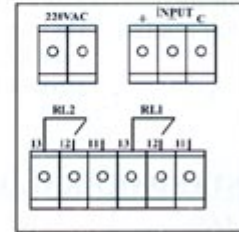
- Mikrokontrolör ile tasarlanmış ON/OFF veya zaman oransal kontrol yapabilen digital sıcaklık kontrol cihazıdır
- 3 digit led display
- T/C ortam kompenzasyonu
- Panelden seçilebilir ON/OFF veya zaman oransal kontrol formu.
- Seçilebilir ısıtma veya soğutma formu.
- Otomatik nokta kaydırma
- Giriş kopmasında sistem koruması
- İsteğe bağlı bir veya iki kontrol çıkışı



TEKNİK ÖZELLİKLER

- Giriş** : Termoeleman / Termorezistans
Çıkış : İsteğe bağlı 1 veya 2 röle(NA+NK 5A)
Kontrol şekli : Set 1:on/off kontrol Hysteresis
 0,1 derece ile 25.0 derece arası ayarlanabilir
 Zaman oransal kontrol Pb.Oransal bant
 max.skalanın 0 ile % 20 arası
 Ct. kontrol zamanı 0.0-200sn.arası ayarlanabilir
 Set 2:on/off kontrol Hysteresis
 0,1 derece ile 25.0 derece arası ayarlanabilir
Gösterim : 3 digit 7 segment Led display 7mm (yeşil)
Doğruluk sınıfı : % 0,5
Besleme : 220V AC 50Hz.
Cihaz ebatları : Ön panel 48 x 48 mm.
 : Pano kesiti 45 x 45 mm.
 : Derinlik:Pano bağlantı bacakları dahil 114 mm.

Cihaz Bağlantı Şeması



KULLANIM ALANLARI

Hassas ölçü ve kontrol gereken yerlerde plastik,gıda,ambalaj,mobilya gibi sanayi dallarında, plastik enjeksiyon makinaları,bodonez makinaları,ekmek fırınları,sunta ve melamin presleri gibi alanlarda kullanılmaktadır.

SİPARİŞ KODLAMASI

M 4 8 P 0 X T - X - X

220V

Giriş:Pt 100,Fe const,Ni Cr-Ni

0 =Gösterge 1 =Tek setli 2 =Çift setli

1/4 DIN Economical 6-Zone PID Temperature Controllers with RS232C

CN616 Series

\$620

All Models



- ✓ 6-Loop PID Controller
- ✓ Autotune or Manual Tuning
- ✓ Heat or Cool Control
- ✓ 20-Segment Ramp/Soak Profile Per Zone
- ✓ Password Protected
- ✓ User Programmable
- ✓ RS232 Digital Communications Standard
- ✓ Front Panel Calibration
- ✓ High, Low or High/Low Alarm, Latching or Non-Latching
- ✓ Programmable Thermocouple Types J, K, T, R, S, E, B, or C
- ✓ 1/4 DIN Aluminum Case

The CN616 Series is a highly versatile 6-loop microprocessor-based controller designed for easy front panel or remote setup and operation. Each of 6 zones is sequentially scanned, and active zones are displayed. Individual zones can be locked for monitoring. Each instrument is programmable to meet operator needs for: thermocouple type, temperature units; high, low or high/low alarm configured as latching or non-latching; and autotune with manual trim or manual PID setting. The zone display scan time and ramp/soak can be set by the operator. Parameters and setpoints are retained when power is turned off. Password protection is provided to prevent accidental changes to



CN616TC1, \$620, shown actual size.

calibration, PID setting and ramp/soak profile. If power loss occurs, the controller retains all the latest parameters and returns to "RUN" mode.

All CN616 controllers have RS232 3-wire serial communications. The RS232 program is capable of monitoring up to 10 daisy-chained units.

Line voltage is 120 Vac or 240 Vac selectable by external jumper assembly. Connections are made to the back of the instrument through easy-to-use screw terminal plugs.

The CN616 Series implements a security password to protect settings. The password can be enabled or disabled on the front panel and changed via RS232. Calibration is performed via the front panel and is separately password protected. Higher level

passwords are available.

The instrument is housed in a 1/4 DIN aluminum box which does not have to be removed for mounting. The unit mounts in a 1/4 DIN panel cutout and is secured by slide brackets. The device is controlled via 6 DC pulse outputs (1 for each zone).

A single output relay is provided to indicate an alarm condition on any zone. The instrument shows an alarm condition by flashing the main temperature display while indicating the zone in alarm with a flashing zone number display. When set to non-latching, the alarm automatically resets when the condition changes. The alarm must be manually reset in the latching setting.

The controller functions in 2 modes—"RUN", the basic operating mode, and "FUNCTION SELECT", the password protected settings selection and control mode.

1/8 DIN High-Performance Meters

Alarm/Control Capabilities Temperature, Process Voltage and Current, Strain Gage

Ω MONOGRAM[™] SERIES

DP41
Starts at
\$545



All Units Feature

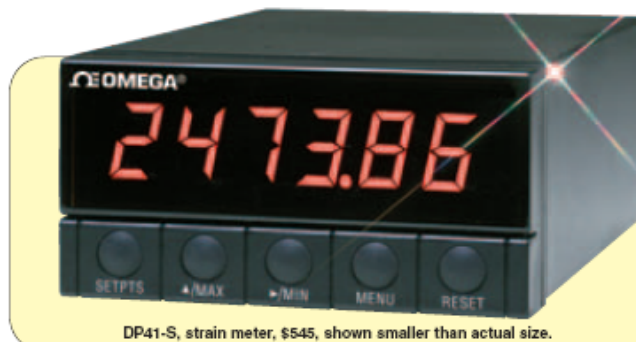
- ✓ 5-Year Warranty
- ✓ 6-Digit Display
- ✓ Min/Max Storage
- ✓ 4 Isolated Open-Collector Outputs
- ✓ NEMA 4 (IP65) Front Panel
- ✓ 12 Readings per Second
- ✓ Alarm/Control Capabilities
- ✓ Smart Filtering Detects the Difference Between a Spike or Process Change (Patent Applied for)
- ✓ Peak and Valley Detection
- ✓ Digital Tare
- ✓ Easy Front-Panel Programming
- ✓ Optional BCD Output
- ✓ Optional Analog Output
- ✓ Optional RS232/RS485 Communications
- ✓ Optional Mechanical Relays

Thermocouple Input

- ✓ 0.01° Resolution
- ✓ 0.2°C Accuracy
- ✓ 9 Thermocouple Types
- ✓ °C/°F/K Units
- ✓ Uses Complete NIST Calibration Tables

RTD Input

- ✓ 0.01° Resolution
- ✓ 0.2°C Accuracy
- ✓ 2-, 3-, or 4-Wire
- ✓ 385 and 392 Pt Curves



DP41-S, strain meter, \$545, shown smaller than actual size.

Voltage/Current Inputs

- ✓ ±0.005% Rdg Accuracy
- ✓ 10 User-Selectable Voltage or 4 to 20/0 to 20 mA Input Ranges
- ✓ Fully Scalable Display Up to 500,000 Counts
- ✓ 1.5 to 11 Vdc or 24 Vdc Sensor Excitation
- ✓ Adjustable Decimal Point

The OMEGA[®] DP41 Series of digital panel meter/controllers has set the world standard for accuracy and quality in industrial instrumentation. These meters can measure a broad spectrum of DC voltage and current ranges as well as inputs from 9 thermocouple types and from most RTDs, pressure transducers, load cells, strain gages, and potentiometers. Models include the

DP41-W, a legal-for-trade, NTEP-certified strain meter with enhanced features, and the DP41-U, which covers all the input types.

Standard features include 6-digit display; 5 front-panel pushbutton keys; 4 open-collector outputs; and alarm/control, BCD, and analog outputs. Configurable analog output ranges are 0 to 20 mA, 4 to 20 mA, 0 to 5 Vdc, and 0 to 10 Vdc.

On-board excitation allows these meters to power virtually any sensor or transmitter, and 4 setpoints give the user numerous control/alarm possibilities. Setpoint configurations include active above or below; latching or non-latching; and high deviation, low deviation, or band deviation.

With the RS232/485 serial communications option, the user can set the display parameters and read the current, max, and min values remotely. The DP41-R board option provides dual 7 A mechanical relays, activated by the selected setpoint.

The DP41 displays feature 14-segment LED characters, which greatly improves alphanumeric representations. The 7-segment LED characters found on most instruments are adequate for presenting numbers, but not

letters. Words are easier to read with the 14-segment LED characters on the DP41, which, in turn, simplifies operating and programming.

RESET2

14-segment LED

AESE72

7-segment display



iSeries Temperature, Process and Strain Meters



DPI32, \$150, shown smaller than actual size.

DPI16, \$180, shown smaller than actual size.

DPI8, \$240, shown smaller than actual size.

DPISeries
Starts at
\$150



- ✓ User Friendly, Simple to Configure
- ✓ High Quality
- ✓ Extended 5-Year Warranty
- ✓ Powerful Features
- ✓ Free Software, Active X Controls
- ✓ Full Autotune PID Control
- ✓ Totally Programmable Color Displays, Standard
- ✓ High Accuracy $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ (0.9°F), 0.03% Reading
- ✓ Temperature Stability $\pm 0.04^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ RTD and $\pm 0.05^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ TC @ 25°C (77°F)
- ✓ Both RS232 and RS485 MODBUS on 1 Instrument Selectable from Menu (Optional)
- ✓ Universal Inputs: RTD Thermocouple, Process, Voltage/Current, Strain
- ✓ Built-In Excitation (Standard)
- ✓ Embedded Internet Connectivity

The innovative OMEGA® iSeries devices feature state-of-the-art technology, uncompromising accuracy, and quality backed by an extended 5-year warranty.

The iSeries family includes extremely accurate digital panel meters and single loop PID controllers that are simple to configure and use, while providing tremendous versatility and a wealth of powerful features.

Embedded Internet and Serial Communications

Featuring optional "embedded Internet" (specify EI option) the iSeries are the first instruments of their kind that connect directly to an Ethernet network and transmit data in standard TCP/IP packets, or even serve Web pages over a LAN or the Internet. The iSeries are also available with serial communications. With the C24 option, the user can select from the push-button menu between RS232, RS422, and RS485, with straightforward ASCII commands or MODBUS.

iSeries Family

The OMEGA® iSeries is a family of microprocessor-based instruments offered in 3, true DIN sizes with NEMA 4 (IP65) rated front bezels. All of the instruments share a similar set-up and configuration menu and method of operation, which is a tremendous time saver for integration of a large system.

Programmable Color Display

The OMEGA® iSeries are the first complete series of $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{4}$ and $\frac{1}{2}$ DIN

process control instruments with totally programmable color displays. The display can be programmed to change color at any set point or alarm point.

For example, the instrument can be programmed to display the process value in **GREEN** during warm-up, switching to **AMBER** to signal the normal operating range, and in **RED** to signal an alarm condition. The changes in color are quickly seen from a distance, and machine operators can intuitively react to changing conditions. The colors can be programmed to change back when the value drops back below the alarm point or to "latch" on until being reset by the operator.

The instrument can also be programmed to display only 1 unchanging color: **GREEN**, **AMBER**, or **RED**. This is a useful way to let an operator identify, at a glance, process values in 3 separate locations, or to display 3 different measurements such as temperature, pressure, and flow.

Quality and Technology

Designed and manufactured in the USA, the innovative OMEGA® iSeries of meters and controllers features an extended 5-year warranty at no extra charge. The iSeries packs a wealth of power and features into the smallest of packages, utilizing COB and SMT assembly techniques and automation. Every iSeries instrument is thoroughly calibrated and tested at several stages throughout production. The iSeries offers the highest

iSeries BiG Display

MONOGRAM

57 mm (2.25") and 101 mm (4")
Displays Available!



iLD Series
Starts at
\$795



- ✓ BIG, Bright 57 mm (2.25") or 101 mm (4") LED Digits
- ✓ Program to Change Colors: **RED, AMBER, GREEN**
- ✓ Many Input Choices
- ✓ Optional Relays for Alarm and Full PID Control
- ✓ Communications Via Ethernet, RS232, RS485, and MODBUS
- ✓ Embedded Web Server
- ✓ Free Software, Active X Controls

The award-winning iSeries meters and controllers now features a new **BIG** display.

Like all iSeries meters, the new **BIG** display can be programmed to change colors between **RED**, **AMBER**, and **GREEN** at any set point or alarm point. For example, the instrument can be programmed to display the process value in **GREEN** during warm-up, switching to **AMBER** to signal the normal operating range, and in **RED** to signal an alarm condition.

The **BIG** display can be mounted flush in a panel or surface mounted with the included brackets. The entire **RED** Display enclosure provides NEMA 4 (IP65) protection. Whether panel-mounted or surface-mounted, the **BIG** display does not need to go inside a bulky and expensive NEMA enclosure.

Ek 2 PIC16F877A Mikrodenetleyicisi Katalog Bilgisi



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F874A
- PIC16F876A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

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

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during Sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™
(Master mode) and 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)

Analog Features:

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

Special Microcontroller Features:

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

CMOS Technology:

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

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I²C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

Ek 3 DS18B20 Sıcaklık Algılayıcısı Katalog Bilgisi



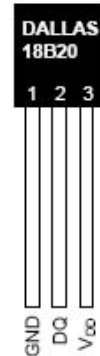
www.maxim-ic.com

DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer

FEATURES

- Unique 1-Wire® interface requires only one port pin for communication
- Each device has a unique 64-bit serial code stored in an onboard ROM
- Multidrop capability simplifies distributed temperature sensing applications
- Requires no external components
- Can be powered from data line. Power supply range is 3.0V to 5.5V
- Measures temperatures from -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ (-67°F to $+257^{\circ}\text{F}$)
- $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ accuracy from -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$
- Thermometer resolution is user-selectable from 9 to 12 bits
- Converts temperature to 12-bit digital word in 750ms (max.)
- User-definable nonvolatile (NV) alarm settings
- Alarm search command identifies and addresses devices whose temperature is outside of programmed limits (temperature alarm condition)
- Available in 8-pin SO (150mil), 8-pin μSOP , and 3-pin TO-92 packages
- Software compatible with the DS1822
- Applications include thermostatic controls, industrial systems, consumer products, thermometers, or any thermally sensitive system

PIN ASSIGNMENT



(BOTTOM VIEW)

TO-92
(DS18B20)



8-Pin 150mil SO
(DS18B20Z)



8-Pin μSOP
(DS18B20U)

PIN DESCRIPTION

- GND - Ground
DQ - Data In/Out
VDD - Power Supply Voltage
NC - No Connect

DESCRIPTION

The DS18B20 Digital Thermometer provides 9 to 12-bit centigrade temperature measurements and has an alarm function with nonvolatile user-programmable upper and lower trigger points. The DS18B20 communicates over a 1-Wire bus that by definition requires only one data line (and ground) for communication with a central microprocessor. It has an operating temperature range of -55°C to $+125^{\circ}\text{C}$ and is accurate to $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ over the range of -10°C to $+85^{\circ}\text{C}$. In addition, the DS18B20 can derive power directly from the data line ("parasite power"), eliminating the need for an external power supply.

Each DS18B20 has a unique 64-bit serial code, which allows multiple DS18B20s to function on the same 1-wire bus; thus, it is simple to use one microprocessor to control many DS18B20s distributed over a large area. Applications that can benefit from this feature include HVAC environmental controls, temperature monitoring systems inside buildings, equipment or machinery, and process monitoring and control systems.

1-Wire is a registered trademark of Dallas Semiconductor.

Ek 4 HD44780 LCD Katalog Bilgisi

HD44780U (LCD-II)

(Dot Matrix Liquid Crystal Display Controller/Driver)

HITACHI

ADE-207-272(Z)

'99.9

Rev. 0.0

Description

The HD44780U dot-matrix liquid crystal display controller and driver LSI displays alphanumerics, Japanese kana characters, and symbols. It can be configured to drive a dot-matrix liquid crystal display under the control of a 4- or 8-bit microprocessor. Since all the functions such as display RAM, character generator, and liquid crystal driver, required for driving a dot-matrix liquid crystal display are internally provided on one chip, a minimal system can be interfaced with this controller/driver.

A single HD44780U can display up to one 8-character line or two 8-character lines.

The HD44780U has pin function compatibility with the HD44780S which allows the user to easily replace an LCD-II with an HD44780U. The HD44780U character generator ROM is extended to generate 208 5×8 dot character fonts and 32 5×10 dot character fonts for a total of 240 different character fonts.

The low power supply (2.7V to 5.5V) of the HD44780U is suitable for any portable battery-driven product requiring low power dissipation.

Features

- 5×8 and 5×10 dot matrix possible
- Low power operation support:
 - 2.7 to 5.5V
- Wide range of liquid crystal display driver power
 - 3.0 to 11V
- Liquid crystal drive waveform
 - A (One line frequency AC waveform)
- Correspond to high speed MPU bus interface
 - 2 MHz (when $V_{CC} = 5V$)
- 4-bit or 8-bit MPU interface enabled
- 80 $\times$ 8-bit display RAM (80 characters max.)
- 9,920-bit character generator ROM for a total of 240 character fonts
 - 208 character fonts (5×8 dot)
 - 32 character fonts (5×10 dot)

HITACHI

Ek 5 MAX-232 Katalog Bilgisi

19-4323; Rev 11; 2003

MAXIM

+5V-Powered, Multichannel RS-232 Drivers/Receivers

General Description

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, particularly applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are especially useful in battery-powered systems, since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than 5 μ W. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245/MAX246/MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multidrop RS-232 Networks

Features

Superior to Bipolar

- ♦ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231/MAX239)
- ♦ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ♦ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ♦ Multiple Drivers and Receivers
- ♦ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ♦ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.
*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μ F)	SHDN & Three-State	Rx Active In SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	0.1	No	—	120	Ultra-low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes	—	200	Low-power shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 and receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	—	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No	—	120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	—	No	—	120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	—	No	—	200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	—	Yes	—	120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Shutdown, three state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No	—	120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No	—	120	Standard +5/+12V or battery supplies; single-package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes	—	120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	—	120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No	—	200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No	—	120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	—	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAXIM

Maxim Integrated Products 1

For pricing, delivery, and ordering information, please contact Maxim/Dallas Direct! at 1-888-629-4642, or visit Maxim's website at www.maxim-ic.com.

MAX220-MAX249

Ek 6 LM7805 Entegresi Katalog Bilgisi



www.fairchildsemi.com

MC78XX/LM78XX/MC78XXA

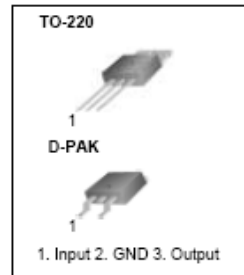
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

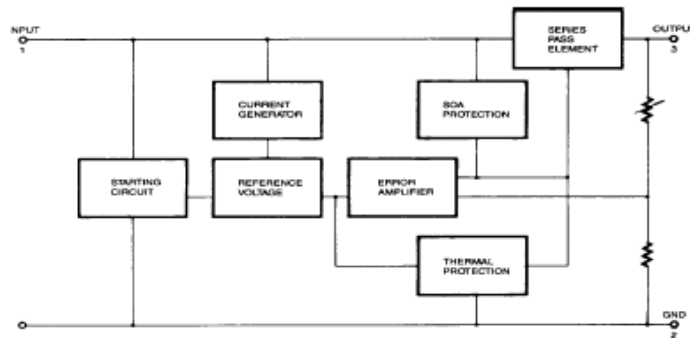
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The MC78XX/LM78XX/MC78XXA series of three terminal positive regulators are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.1

Ek 7 LM7905 Entegresi Katalog Bilgisi


www.fairchildsemi.com

MC79XX/MC79XXA/LM79XX

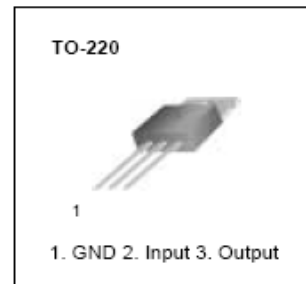
3-Terminal 1A Negative Voltage Regulator

Features

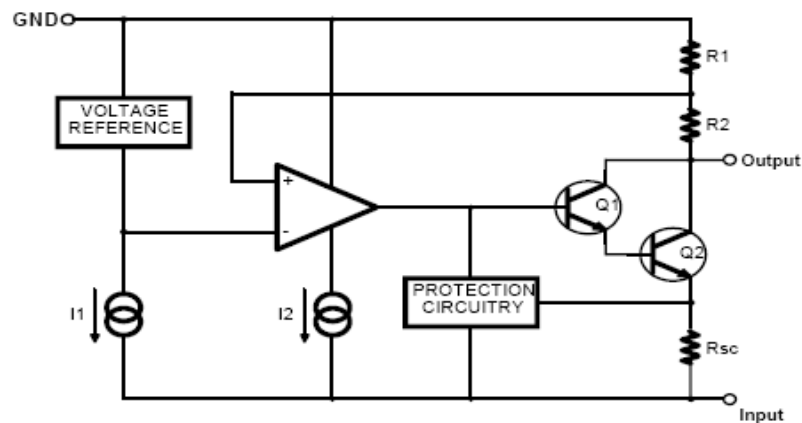
- Output Current in Excess of 1A
- Output Voltages of -5, -6, -8, -9, -10, -12, -15, -18 and -24V
- Internal Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Compensation

Description

The MC79XX / MC79XXA / LM79XX series of three terminal negative regulators are available in TO-220 package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible.



Internal Block Diagram



Rev. 1.0.0

Ek 8 OP07 Entegresi Katalog Bilgisi

19-0418; Rev 1; 8/95

MAXIM

Low Offset Voltage Operational Amplifier

General Description

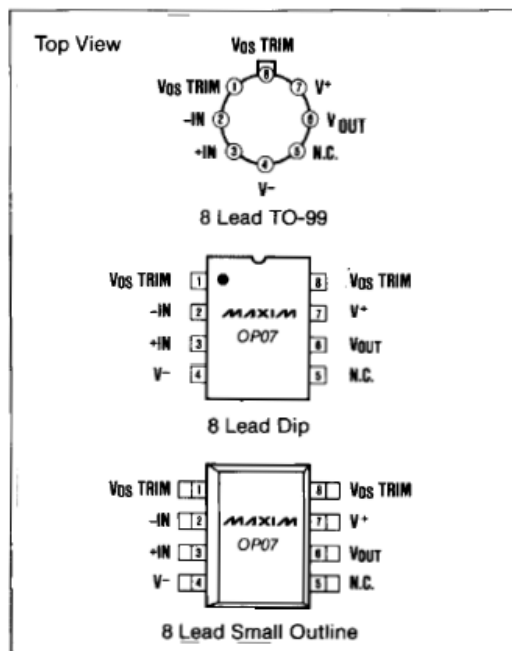
The OP07 is a precision operational amplifier with very low input offset voltage ($10\mu\text{V}$ typ., $25\mu\text{V}$ max. for the OP07A), input offset drift of $0.2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ and low input bias current of 0.7nA . The wide input common mode range of $\pm 14\text{V}$ combined with high CMRR of 110dB minimum (OP07A), plus high input impedance and high open-loop gain make these devices particularly useful for high-gain instrumentation applications.

The excellent linearity and gain accuracy are maintained at high open-loop gains, over both time and temperature. The OP07 has become an industry standard and Maxim's reliability and quality are added advantages.

Applications

Precision Amplifiers
Thermocouple Amplifiers
Low Level Signal Processing
Medical Instrumentation
Strain Gauge Amplifiers
High Accuracy Data Acquisition

Pin Configuration



Features

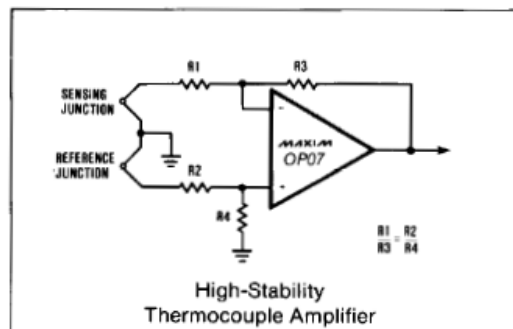
- ◆ Ultra Low Offset Voltage: $10\mu\text{V}$
- ◆ Ultra Low Offset Voltage Drift: $0.2\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- ◆ Ultra Stable vs. Time: $0.2\mu\text{V}/\text{Month}$
- ◆ Ultra Low Noise: $0.35\mu\text{V}_{\text{p-p}}$
- ◆ Wide Supply Voltage: $\pm 3\text{V}$ to $\pm 18\text{V}$
- ◆ High Common Mode Input: $\pm 14\text{V}$
- ◆ No External Components Required
- ◆ Fits AD510, 725, 108A/308A, 741 Sockets

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PACKAGE
OP07AJ	-55°C to $+125^\circ\text{C}$	TO-99
OP07J	-55°C to $+125^\circ\text{C}$	TO-99
OP07EJ	0°C to $+70^\circ\text{C}$	TO-99
OP07CJ	0°C to $+70^\circ\text{C}$	TO-99
OP07DJ	0°C to $+70^\circ\text{C}$	TO-99
OP07EP	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Plastic Dip
OP07CP	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Plastic Dip
OP07DP	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Plastic Dip
OP07AZ	-55°C to $+125^\circ\text{C}$	8 Lead Hermetic Dip
OP07Z	-55°C to $+125^\circ\text{C}$	8 Lead Hermetic Dip
OP07EZ	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Hermetic Dip
OP07CZ	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Hermetic Dip
OP07ECSA	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Small Outline
OP07CCSA	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Small Outline
OP07DCSA	0°C to $+70^\circ\text{C}$	8 Lead Small Outline
OP07D/D	0°C to $+70^\circ\text{C}$	Dice

* Contact factory for dice specifications.

Typical Operating Circuit

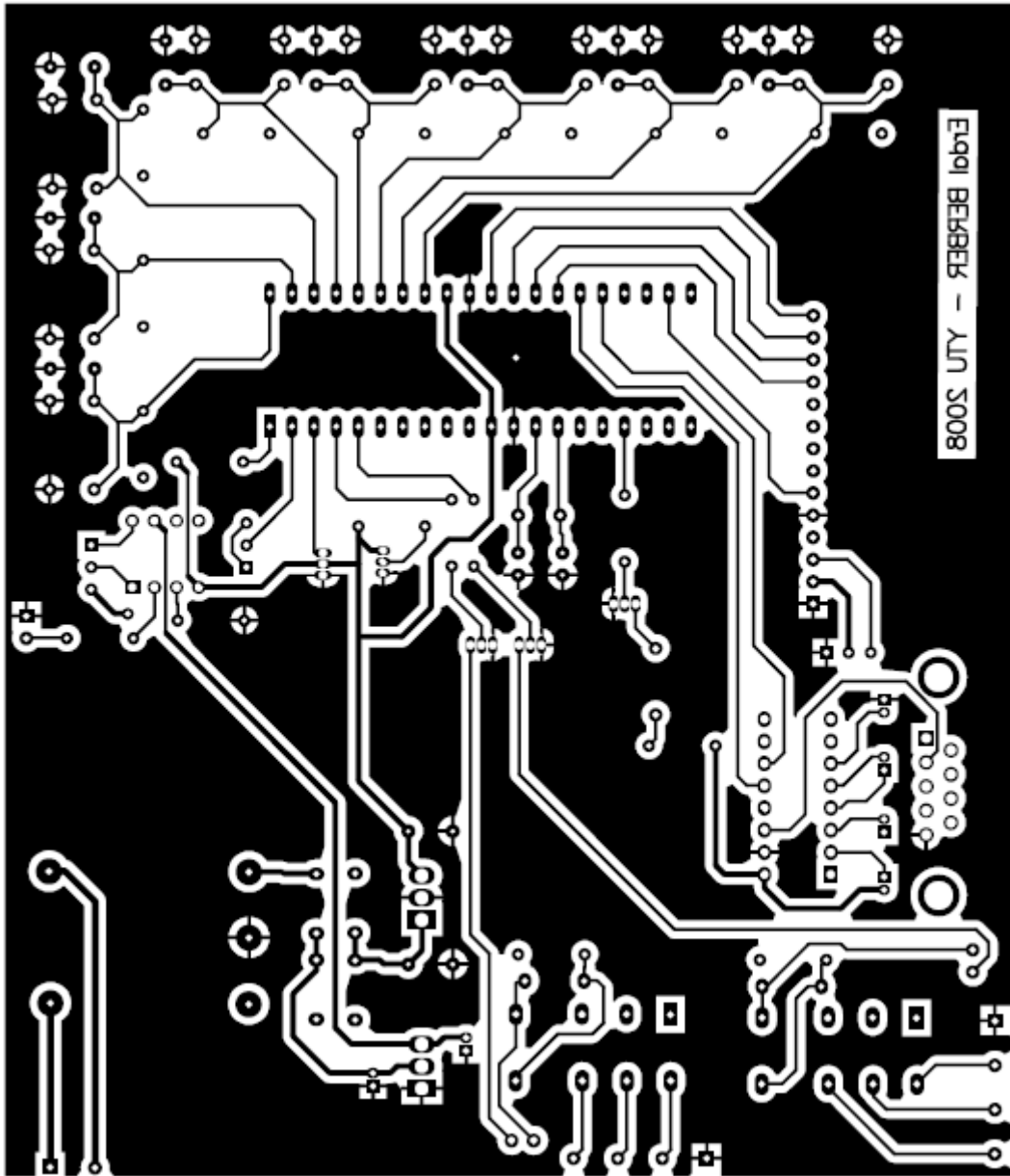


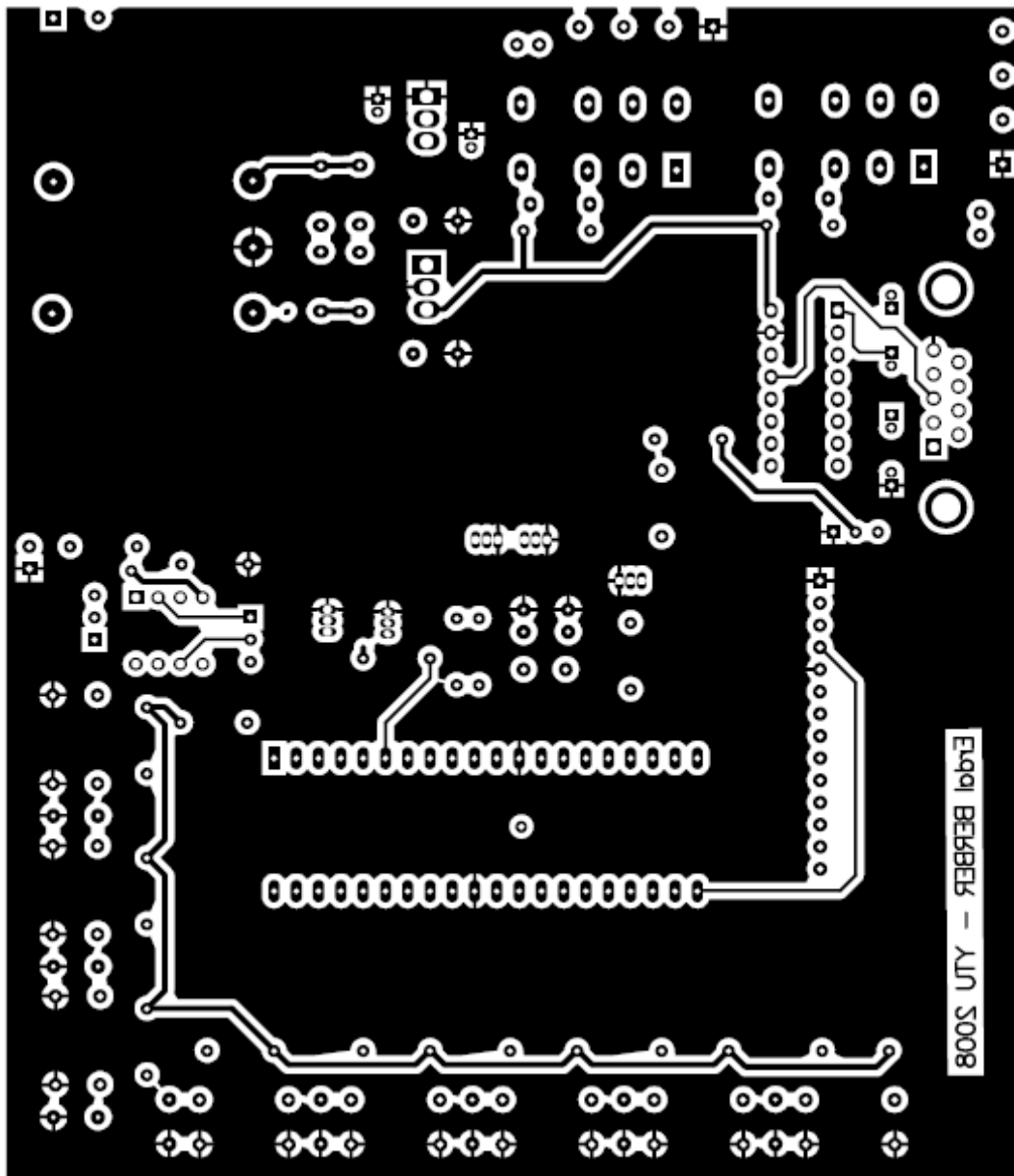
MAXIM

Maxim Integrated Products 1

Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

Ek 9 Baskı Devre





Ek 10 J Tipi Termokupl Referans Tablosu

Thermoelectric Voltage in Millivolts																									
°C	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1	0	°C	0	1	2	3	4	5	6	7					
-200	-8.095	-8.076	-8.057	-8.037	-8.017	-7.996	-7.976	-7.955	-7.934	-7.912	-7.890	-200	°C	0	1	2	3	4	5	6	7				
-190	-7.890	-7.868	-7.846	-7.824	-7.801	-7.778	-7.755	-7.731	-7.707	-7.683	-7.659	-190	500	27.393	27.449	27.505	27.561	27.617	27.673	27.729	27.785	27.841	27.897	27.953	500
-180	-7.659	-7.634	-7.610	-7.585	-7.559	-7.534	-7.508	-7.482	-7.456	-7.429	-7.403	-180	510	27.953	28.010	28.066	28.122	28.178	28.234	28.291	28.347	28.403	28.460	28.516	510
-170	-7.403	-7.376	-7.348	-7.321	-7.293	-7.265	-7.237	-7.209	-7.181	-7.152	-7.123	-170	520	28.516	28.572	28.629	28.685	28.741	28.798	28.854	28.911	28.967	29.024	29.080	520
-160	-7.123	-7.094	-7.064	-7.035	-7.005	-6.975	-6.944	-6.914	-6.883	-6.853	-6.821	-160	530	29.080	29.137	29.194	29.250	29.307	29.363	29.420	29.477	29.534	29.590	29.647	530
-150	-6.821	-6.790	-6.759	-6.727	-6.695	-6.663	-6.631	-6.598	-6.566	-6.533	-6.500	-150	540	29.647	29.704	29.761	29.818	29.874	29.931	29.988	30.045	30.102	30.159	30.216	540
-140	-6.500	-6.467	-6.433	-6.400	-6.366	-6.332	-6.298	-6.263	-6.229	-6.194	-6.159	-140	550	30.216	30.273	30.330	30.387	30.444	30.502	30.559	30.616	30.673	30.730	30.788	550
-130	-6.159	-6.124	-6.089	-6.054	-6.018	-5.982	-5.946	-5.910	-5.874	-5.838	-5.801	-130	560	30.788	30.845	30.902	30.960	31.017	31.074	31.132	31.189	31.247	31.304	31.362	560
-120	-5.801	-5.764	-5.727	-5.690	-5.653	-5.616	-5.578	-5.541	-5.503	-5.465	-5.426	-120	570	31.362	31.419	31.477	31.535	31.592	31.650	31.708	31.766	31.823	31.881	31.939	570
-110	-5.426	-5.388	-5.350	-5.311	-5.272	-5.233	-5.194	-5.155	-5.116	-5.076	-5.037	-110	580	31.939	31.997	32.055	32.113	32.171	32.229	32.287	32.345	32.403	32.461	32.519	580
-100	-5.037	-4.997	-4.957	-4.917	-4.877	-4.836	-4.796	-4.755	-4.714	-4.674	-4.633	-100	590	32.519	32.577	32.636	32.694	32.752	32.810	32.869	32.927	32.985	33.044	33.102	590
-90	-4.633	-4.591	-4.550	-4.509	-4.467	-4.425	-4.384	-4.342	-4.300	-4.257	-4.215	-90	600	33.102	33.161	33.219	33.278	33.337	33.395	33.454	33.513	33.571	33.630	33.689	600
-80	-4.215	-4.173	-4.130	-4.088	-4.045	-4.002	-3.959	-3.916	-3.872	-3.829	-3.786	-80	610	33.689	33.748	33.807	33.866	33.925	33.984	34.043	34.102	34.161	34.220	34.279	610
-70	-3.786	-3.742	-3.698	-3.654	-3.610	-3.566	-3.522	-3.478	-3.434	-3.389	-3.344	-70	620	34.279	34.338	34.397	34.457	34.516	34.575	34.635	34.694	34.754	34.813	34.873	620
-60	-3.344	-3.300	-3.255	-3.210	-3.165	-3.120	-3.075	-3.029	-2.984	-2.938	-2.893	-60	630	34.873	34.932	34.992	35.051	35.111	35.171	35.230	35.290	35.350	35.410	35.470	630
-50	-2.893	-2.847	-2.801	-2.755	-2.709	-2.663	-2.617	-2.571	-2.524	-2.478	-2.431	-50	640	35.470	35.530	35.590	35.650	35.710	35.770	35.830	35.890	35.950	36.010	36.071	640
-40	-2.431	-2.385	-2.338	-2.291	-2.244	-2.197	-2.150	-2.103	-2.055	-2.008	-1.961	-40	650	36.071	36.131	36.191	36.252	36.312	36.373	36.433	36.494	36.554	36.615	36.675	650
-30	-1.961	-1.913	-1.865	-1.818	-1.770	-1.722	-1.674	-1.626	-1.578	-1.530	-1.482	-30	660	36.675	36.736	36.797	36.858	36.919	36.979	37.040	37.101	37.162	37.223	37.284	660
-20	-1.482	-1.433	-1.385	-1.336	-1.288	-1.239	-1.190	-1.142	-1.093	-1.044	-0.995	-20	670	37.284	37.345	37.406	37.467	37.528	37.589	37.651	37.712	37.773	37.835	37.896	670
-10	-0.995	-0.946	-0.896	-0.847	-0.798	-0.749	-0.699	-0.650	-0.600	-0.550	-0.501	-10	680	37.896	37.958	38.019	38.081	38.142	38.204	38.265	38.327	38.389	38.450	38.512	680
0	-0.501	-0.451	-0.401	-0.351	-0.301	-0.251	-0.201	-0.151	-0.101	-0.050	0.000	0	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	0.000	0.050	0.101	0.151	0.202	0.253	0.303	0.354	0.405	0.456	0.507	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	0.507	0.558	0.609	0.660	0.711	0.762	0.814	0.865	0.916	0.968	1.019	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	1.019	1.071	1.122	1.174	1.226	1.277	1.329	1.381	1.433	1.485	1.537	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	1.537	1.589	1.641	1.693	1.745	1.797	1.849	1.902	1.954	2.006	2.059	30	730	41.012	41.075	41.138	41.201	41.265	41.328	41.391	41.455	41.518	41.581	41.645	730
40	2.059	2.111	2.164	2.216	2.269	2.322	2.374	2.427	2.480	2.532	2.585	40	740	41.645	41.708	41.772	41.835	41.899	41.962	42.026	42.090	42.153	42.217	42.281	740
50	2.585	2.638	2.691	2.744	2.797	2.850	2.903	2.956	3.009	3.062	3.116	50	750	42.281	42.344	42.408	42.472	42.536	42.599	42.663	42.727	42.791	42.855	42.919	750
60	3.116	3.169	3.222	3.275	3.329	3.382	3.436	3.489	3.543	3.596	3.650	60	760	42.919	42.983	43.047	43.111	43.175	43.239	43.303	43.367	43.431	43.495	43.559	760
70	3.650	3.703	3.757	3.810	3.864	3.918	3.971	4.025	4.079	4.133	4.187	70	770	43.559	43.624	43.688	43.752	43.817	43.881	43.945	44.010	44.074	44.139	44.203	770
80	4.187	4.240	4.294	4.348	4.402	4.456	4.510	4.564	4.618	4.672	4.726	80	780	44.203	44.267	44.332	44.396	44.461	44.525	44.590	44.655	44.719	44.784	44.848	780
90	4.726	4.781	4.835	4.889	4.943	4.997	5.052	5.106	5.160	5.215	5.269	90	790	44.848	44.913	44.977	45.042	45.107	45.171	45.236	45.301	45.365	45.430	45.494	790
100	5.269	5.323	5.378	5.432	5.487	5.541	5.595	5.650	5.705	5.759	5.814	100	800	45.494	45.559	45.624	45.689	45.753	45.818	45.882	45.947	46.011	46.076	46.141	800
110	5.814	5.868	5.923	5.977	6.032	6.087	6.141	6.196	6.251	6.306	6.360	110	810	46.141	46.205	46.270	46.334	46.399	46.464	46.528	46.593	46.657	46.722	46.786	810
120	6.360	6.415	6.470	6.525	6.579	6.634	6.689	6.744	6.799	6.854	6.909	120	820	46.786	46.851	46.915	46.980	47.044	47.109	47.173	47.238	47.302	47.367	47.431	820
130	6.909	6.964	7.019	7.074	7.129	7.184	7.239	7.294	7.349	7.404	7.459	130	830	47.431	47.495	47.560	47.624	47.688	47.753	47.817	47.881	47.946	48.010	48.074	830
140	7.459	7.514	7.569	7.624	7.679	7.734	7.789	7.844	7.900	7.955	8.010	140	840	48.074	48.138	48.202	48.267	48.331	48.395	48.459	48.523	48.587	48.651	48.715	840
150	8.010	8.065	8.120	8.175	8.231	8.286	8.341	8.396	8.452	8.507	8.562	150	850	48.715	48.779	48.843	48.907	48.971	49.035	49.098	49.162	49.226	49.290	49.353	850
160	8.562	8.618	8.673	8.728	8.783	8.839	8.894	8.949	9.005	9.060	9.115	160	860	49.353	49.417	49.481	49.544	49.608	49.672	49.735	49.799	49.862	49.926	49.989	860
170	9.115	9.171	9.226	9.282	9.337	9.392	9.448	9.503	9.559	9.614	9.669	170	870	49.989	50.052	50.116	50.179	50.243	50.306	50.369	50.432	50.495	50.559	50.622	870
180	9.669	9.725	9.780	9.836	9.891	9.947	10.002	10.057	10.113	10.168	10.224	180	880	50.622	50.685	50.748	50.811	50.874	50.937	51.000	51.063	51.126	51.188	51.251	880
190	10.224	10.279	10.335	10.390	10.446	10.501	10.557	10.612	10.668	10.723	10.779	190	890	51.251	51.314	51.377	51.439	51.502	51.565	51.627	51.690	51.752	51.815	51.877	890
200	10.779	10.834	10.890	10.945	11.001	11.056	11.112	11.167	11.223	11.278	11.334	200	900	51.877	51.940	52.002	52.064	52.127	52.189	52.251	52.314	52.376	52.438	52.500	900
210	11.334	11.389	11.445	11.501	11.556	11.612	11.667	11.723	11.778	11.834	11.889	210	910	52.500	52.562	52.624	52.686	52.748	52.810	52.872	52.934	52.996	53.057	53.119	910
220	11.889	11.945	12.000	12.056	12.111	12.167	12.222	12.278	12.334	12.389	12.445	220	920	53.119	53.181	53.243	53.304	53.366	53.427	53.489	53.550	53.612	53.673	53.735	920
230	12.445	12.500	12.556	12.611	12.667	12.722	12.778	12.833	12.889	12.944	13.000	230	930	53.735	53.796	53.857	53.919	53.980	54.041	54.102	54.163	54.225	54.286	54.347	930

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 16.11.1983

Doğum yeri İzmit

Lise 1997-1999 Gölcük İhsaniye Süper Lisesi
1999-2000 Kabataş Erkek Lisesi
2000-2001 Gölcük İhsaniye Süper Lisesi

Lisans 2001-2005 Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fak.
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2005-2008 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı
Elektronik Programı

Çalıştığı kurum(lar)

2006-Devam ediyor Nortel Netaş Ltd Şti.