

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**LABVIEW İLE ENDÜSTRİYEL SICAKLIK ÖLÇME VE
KONTROL SİSTEMİ**

Elektrik-Elektronik Mühendisi Ali YÜCE

**F.B.E. Elektronik ve Haberleşme Anabilim Dalı Elektronik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN (YTÜ)

İSTANBUL, 2011

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ	1
2. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ ve KONTROLÜ	3
2.1 Sıcaklık Ölçümü	3
2.1.1 Termokupl	4
2.1.2 RTD	4
2.1.3 Termistörler	5
2.1.4 Entegre Devre Sıcaklık Algılayıcıları.....	5
2.1.5 Temassız Sıcaklık Algılayıcıları.....	6
2.2 Kontrol Sistemleri.....	6
2.3 Kontrol Sistemlerinin Türleri	7
2.3.1 Açık Çevrim Kontrol Sistemleri.....	7
2.3.2 Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri	7
2.4 Sıcaklık Kontrol Metotları	8
2.4.1 Aç/Kapa (On-Off) Kontrol.....	8
2.4.1.1 Histerezis.....	9
2.4.2 PID Kontrol	9
2.5 Endüstriyel Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazları.....	11
3. LabVIEW İLE ENDÜSTRİYEL SICAKLIK ÖLÇME VE KONTROL SİSTEMİNİN DONANIMI.....	18
3.1 Giriş	18
3.2 Kişisel Bilgisayar Sistemi	18
3.3 Veri Toplama Sistemi	19
3.3.1 RS-232 Arabirim (MAX-232).....	19
3.3.2 Mikrodenetleyici (PIC 16F877A).....	21
3.3.2.1 PIC RS232 Seri Haberleşmesi.....	22
3.3.2.2 Analog Dijital Dönüştürücü Birimi	24
3.3.2.3 Mikrodenetleyicinin PWM Birimi.....	27
3.4 Isıtıcının Güç Sürücü Devresi	29
3.5 Isıtıcı	30
3.6 Sıcaklık Algılayıcı	30
3.7 Isıtıcının Modellenmesi.....	35

4.	LabVIEW İLE ENDÜSTRİYEL SICAKLIK ÖLÇME VE KONTROL SİSTEMİNİN YAZILIMI	37
4.1	Gerçekleştirilen Sistemin Yazılımının Çalışması.....	38
4.1.1	Kişisel Bilgisayarın Seri İletişim Konfigürasyon Programı.....	39
4.1.2	Mikrodenetleyiciyle Seri İletişim Programı.....	39
4.1.3	LabVIEW ile PID Kontrol	40
4.2	Mikrodenetleyici Yazılımı	42
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	44
KAYNAKLAR		49
EKLER		51
ÖZGEÇMİŞ.....		73

SİMGE LİSTESİ

C	Santigrad
°	Derece
e	Euler sabiti
α	Darbe genişlik modülasyonu ortalama güç çarpanı

KISALTMA LİSTESİ

A/D	Analog/Sayısal (Analog/Digital)
ADC	Analog-Sayısal Dönüştürücü (Analog-Digital Converter)
AGF	Alçak Geçiren Filtre (Low Pass Filter)
AMGK	Anahtarlama Mod Güç Kaynağı
DAQ	Data Acquisition(Veri Toplama)
EPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory
I/O	Input/Output(Giriş/Çıkış)
IR	Infrared
LV	LabVIEW
MOSFET	Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor
NI	National Instruments
NTC	Negative Temperature Coefficient
PC	Personel Computer
PIC	Peripheral Interface Controller
PID	Proportional-Integral-Derivative
PTC	Positive Temperature Coefficient
PWM	Pulse Width Modulation(Darbe Genişlik Modülasyonu)
RAM	Random Access Memory
RISC	Reduced Instruction Set Computer
ROM	Read Only Memory
RS232	Recommended Standard 232
RTD	Resistance Temperature Detectors
TAD	Time Analog to Digital Converter
T/C	Thermocouple(Termokupl)
TTL	Transistor Transistor Logic
TV	Television
USART	Universal Synchronous & Asynchronous Receiver Transmitter
VISA	Virtual Instruments Software Architecture

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1	Basit bir kontrol sistemi blok diyagramı 6
Şekil 2.2	Açık çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı 7
Şekil 2.3	Kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı..... 7
Şekil 2.4	On-Off kontrol sisteminin blok diyagramı 8
Şekil 2.5	On-Off kontrol sisteminin cevabı 9
Şekil 2.6	Açık çevrim kontrol sisteminin ideal birim basamak cevabı..... 10
Şekil 2.7	İndem BM302 12
Şekil 2.8	GFL su banyosu 13
Şekil 2.9	Metronik M6P01TB 14
Şekil 2.10	Omron E5C2 15
Şekil 2.11	Enda EUC 442 15
Şekil 2.12	Libratherm PRC-300 16
Şekil 2.13	SCADA EPRC yazılımı 17
Şekil 2.14	LabVIEW- Pano tipi sıcaklık kontrol cihazları yönetim yazılımı 17
Şekil 3.1	Gerçekleştirilen endüstriyel sıcaklık ölçme ve kontrol sisteminin blok diyagramı 18
Şekil 3.2	LabVIEW 9.0 programının ekran görüntüsü 19
Şekil 3.3	RS232 arabirim devre şeması 20
Şekil 3.4	RS232 kablusunun bağlantı şekli..... 20
Şekil 3.5	USART iletim blok diyagramı..... 23
Şekil 3.6	USART alıcı blok diyagramı 23
Şekil 3.7	PWM dalga şekli 27
Şekil 3.8	CCPR1L ve CCP1CON yazmaçları..... 29
Şekil 3.9	Isıtıcının sürücü devre şeması..... 30
Şekil 3.10	Isıtıcının görünümü 30
Şekil 3.11	LM35DZ sıcaklık algılayıcısının uç ayrıntısı 31
Şekil 3.12	Gerçekleştirilen endüstriyel ölçme ve kontrol sisteminin baskılı devresi 31
Şekil 3.13	Gerçekleştirilen sistemin baskılı devresinin lehim yüzü 32
Şekil 3.14	Gerçekleştirilen sistemin baskılı devresinin eleman yüzü..... 32
Şekil 3.15	Gerçekleştirilen ölçme ve kontrol sisteminin görünümü 33
Şekil 3.16	Gerçekleştirilen endüstriyel ölçme ve kontrol sisteminin açık devre şeması ... 34
Şekil 3.17	Isıtıcı birim basamak deney cevabı 35
Şekil 3.18	Hesaplanan PID kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı 36
Şekil 4.1	Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW ön paneli..... 37
Şekil 4.2	Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW blok diyagramı-1 37
Şekil 4.3	Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW blok diyagramı-2 38
Şekil 4.4	Seri iletişim konfigürasyon programının blok diyagramı 39
Şekil 4.5	Seri iletişim programının blok diyagramı..... 40
Şekil 4.6	PID Kontrol programının blok diyagramı 41
Şekil 4.7	Mikrodenetleyici yazılımının çalışma akış diyagramı 43
Şekil 5.1	20 °C'den 35 °C'ye ısıtma grafiği..... 45
Şekil 5.2	20 °C'den 50 °C'ye ısıtma grafiği..... 45

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Ziegler-Nichols PID parametre tablosu.....	11
Çizelge 3.1 ADC port yapılandırma tablosu	26
Çizelge 5.1 20 °C'den 35 °C'ye ısıtma deneyi verileri	44
Çizelge 5.2 20 °C'den 50 °C'ye ısıtma deneyi verileri	44
Çizelge 5.3 Endüstriyel cihaz karşılaştırması	47

ÖNSÖZ

Tez hazırlama sürecinde takıldığım konularda yapmış olduğu yönlendirmelerden dolayı danışmanım Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN, desteğini esirgemeyen abim Hüseyin YÜCE, arkadaşım Zerrin EDE ve Serkan ESER'e teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Bilgisayarlı otomasyon teknolojileri kullanılarak bir sistemin ya da bir sürecin kontrol edilmesi, son zamanlarda çok yaygın hale gelmiştir. Otomasyon uygulamaları sayesinde endüstrideki birçok süreç, çok düşük hatalar ile gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada, sanal aygıtlar kullanılarak(LabVIEW) bir tank içindeki suyun sıcaklığı, PID kontrol metodu ile kontrol edilmiştir.

Sıcaklık endüstride en yaygın ölçülen ve kontrol edilen olgulardan biridir. Endüstride, cihazların birçoğu, belirli bir sıcaklığın üzerinde karakteristiklerindeki bozulmalar neticesinde kararsız davranışlar göstermektedirler. Bu kararsızlıklar endüstriyel uygulamalarda işleyişin ve sistemlerin bozulmasına neden olarak maddi kayıplara sebep olabilirler. Ayrıca endüstrideki çoğu uygulamalarda sıcaklık kontrolünün kaybedilmesi geri dönüşü olmayan zararlara neden olabilmektedir. Bu nedenle sıcaklık ölçümü ve kontrolü endüstride önemli yer tutmaktadır. Sıcaklık kontrolü endüstride kullanılacağı alana göre farklı modellerde (On-Off, PI, PD, PID) yapılabilir. Bu çalışmada kontrol hassasiyeti için PID modeli tercih edilmiştir.

Sistem, kişisel bilgisayar (PC), sıcaklık algılayıcısı, su ısıtıcı tank, güç kaynağı ve sıcaklık verilerini toplayan kontrol devresinden oluşmaktadır.

Sistemin kontrolü için endüstride yaygın olarak kullanılan kapalı çevrim, geri beslemeli kontrol kullanılmıştır. Sistem, bir tank içerisinde ısıtılan suyun sıcaklığını, grafik tabanlı bir kontrol programı (LabVIEW) ile kontrol etmektedir.

Anahtar Kelimeler: LabVIEW, Sanal aygıtlar, Sıcaklık Kontrolü, PID, Seri Port, Mikrodenetleyici.

ABSTRACT

Recently, control of a system or a process with the use of computerized automation technologies is widely used. Many industrial processes are controlled by automation applications with very small errors. In this work, temperature of water in a tank has been controlled by the PID control method using the virtual instruments created by graphical programming system LabVIEW.

Temperature is one of the common quantities that is measured and controlled in the industry. In the industry, above certain temperatures, many instruments show unpredictable behaviors due to deformations on their characteristics. Not only do these unpredictable behaviors cause system malfunctions, but also they create economical losses in industrial applications. Also the loss of temperature control is the source of unrecoverable losses in many industrial applications. Therefore, temperature measurement and control is very important in industry. Temperature control can be modeled in many different ways (On-Off, PI, PD, and PID) depending on the area of use in the industry. In this work, PID control model is used for the case of high sensitivity.

The system consists of a PC, temperature sensor, water heater tank, 12V power supply, and control circuit acquisitioning temperature value.

Closed loop feedback control system (which is widely used in the industry) is used to control the temperature of the system in hand. The system controls the temperature of the heated water in a tank using graphical control system programming environment LabVIEW.

Keywords: LabVIEW, Virtual Instruments, Temperature Control, PID, Serial Port, Microcontroller.

1. GİRİŞ

Endüstriyel kontrolün tarihi çok eski değildir. İlk organize kontrol sistemi endüstriyel devrimin sonrasında İngiltere’de 18.yüz yılın ikinci yarısının sonlarında olduğu varsayılır.

İkinci Dünya Savaşından sonra ve özellikle son yıllarda kontrol sistemleri, insanlığın ve uygarlığın gelişmesinde çok önemli rol oynayan bir bilim dalı haline gelmiştir. Bugün, modern ev ve bürolardaki ısıtma ve havalandırma sistem ya da düzenleri, otomatik kontrol yöntemleri yardımı ile ısıyı, ya da ortamın nemini ayarlar. Endüstride, modern araç ve gereçlerde, otomatik kontrol sistemlerinin sayısız uygulamaları vardır. Örneğin, üretilen ürünlerin niteliklerinin kontrolü, ilaç endüstrisinde ilaçların kontrolü, uçakların oto-pilot ile kontrolü, gemilerin kontrolü, modern gerilim düzenleyicileri, bilgisayarla kontrol, trafik kontrolü, robotlar ve kontrolleri, kimya endüstrisinde üretilen ürünlerin kontrolü, tank içerisindeki sıvının sıcaklık kontrolü vb.

Sıcaklık kontrolünde 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 pirometre elemanlarından yararlanılmaktadır. Elektriksel bilgi elde edildikten sonra sayısal veya analog kontrol devreleri ile istenilen kontrol yöntemi uygulanır.

Sıcaklık kontrol uygulamalarında sıklıkla kapalı çevrim kontrol modeli ile On-Off, P, PD, PI, PID metotları kullanılmaktadır. Bu metotlar kontrol hassasiyetleri ve tasarım kolaylıkları bakımından birbirlerine karşı avantaj ve dezavantajlara sahiptirler. Örnek olarak mandıralarda, süt depolarındaki sıcaklık kontrollerinde kimyasal açıdan belirli bir sıcaklık bandına müsaade edilmektedir. Bu durum süt depolarındaki sıcaklık kontrolünün On-Off metodu ile düşük maliyetlerle tasarlanmasına olanak tanır. Dolayısıyla sıcaklık kontrolü gerektiren endüstriyel alanlarda amaca uygun olan kontrol modeli seçimi gerekmektedir.

Yapılan literatür taramalarında, endüstride kullanılan sıcaklık kontrol uygulamaları arasında Termo Hipoterm Tıp Cihazı, Seramik Pişirme Fırınları, Sıvı Tankı, Süt Soğutma Tankı v.b. sayabiliriz.

Metin KAPIDERE, Raşit AHISKA, İnan GÜLER 2003 yılında 3. Uluslararası Gelişmiş Teknolojiler Sempozyumunda Dört Sıcaklık Algılayıcılı ve Mikrodenetleyicili

Termohipoterm Sistemi isimli makalelerini sunmuşlardır. Bu makalede kanser tedavisinde kullanılan sıcaklık kontrollü kask cihazı tasarımı ele alınmıştır. Kontrol katmanında PIC16F877 mikrodnetleyicisi ile Darbe genişlik modülasyonu(PWM), sıcaklık algılayıcısı olarak ise T tipi Termokupllar kullanılmıştır.

Sıcaklık Rejimli Seramik Pişirme Fırınının Bilgisayarlı Kontrolü, Murat ÇELİK tarafından 2006 yılında tez olarak sunulmuştur. Bu çalışmasında fırın içerisinde 5 ayrı bölgeye yerleştirdiği S tipi termokupl sıcaklık algılayıcılarından elde ettiği ortalama sıcaklık değerini bilgisayar ortamında gözlemlemiş ve PID kontrol metodu ile üfleme fanını bilgisayar ortamında kontrol etmiştir.

Savaş ŞAHİN, Yalçın İŞLER, Mustafa Berkant SELEK 2007 yılında Sanal Aygıtlarla Sıvı Seviyesi ve Sıcaklık Kontrolü Deney çalışmalarında bir sıvı tankı içinde, sıcaklığı termokupl ile ölçüp sıvının sıcaklığını On-Off kontrol metodu kullanarak PIC Mikrodnetleyicisi ile yapmışlardır.

Saadettin AKSOY ve Aydın MÜHÜRÇÜ Mikrodnetleyici Tabanlı Süt Soğutma Tankının Soğutma Kontrolü çalışmasını yapmışlardır. Bu çalışmada PTC sıcaklık algılayıcı ve On-Off kontrol metodu kullanarak süt sıcaklığının istenilen sıcaklıklarda tutulmasını sağlamışlardır.

Endüstride birçok uygulamada kontrol işlemleri(PID) mikrodnetleyiciler tarafından yaptırılmaktadır(İbrahim, 2002). Buna karşın tasarlanan sistemde kontroller(PID) ve görsel sonuçlar LabVIEW grafik tabanlı kontrol yazılımı(PC) tarafından gerçekleştirilmektedir. Tasarımda, kapalı çevrim geri beslemeli kontrol modeli kullanılarak bir tank içindeki sıvının sıcaklığının belli bir set sıcaklık değerinde tutulması sağlanmıştır. Kontrol işlemlerinin LabVIEW grafik tabanlı kontrol programı ile yaptırılması, programın görselliği, kontrol rahatlığı ve grafik işlemleri avantajları sayesinde kullanıcıya pratiklik kazandırmaktadır.

2. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ ve KONTROLÜ

2.1 Sıcaklık Ölçümü

Bu bölümde sıcaklık ölçüm teknikleri ve sıcaklık ölçümlerinde kullanılan sıcaklık algılayıcıları ele alınacaktır. 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 süreç şartlarına göre en uygun sıcaklık algılayıcılarının seçilmesi gerekmektedir.

Günümüzde sayısal sıcaklık algılayıcılarının yanı sıra NTC, PTC, LM35 gibi analog sıcaklık algılayıcıları da kullanılmaktadır. Analog sıcaklık algılayıcılarının sayısal sistemler ile kullanılabilmesi için Analog/Sayısal dönüştürücü kullanılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, uzak noktalardaki sıcaklık ölçümlerinde, veri modüle edilerek gönderilebildiği gibi, sayısal işarete dönüştürülmüş veri seri haberleşme protokolleri ile de gönderilebilmektedir. Bu şekilde yapılan iletim işlemleri sistemde ek donanımlara gereksinim duyurduğundan maliyeti ve karmaşıklığı arttırmaktadır.

Bir sıcaklık algılayıcısı seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıdaki gibidir.

- 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 edilmiş şekline göre farklılık gösteren maliyet

Sıcaklık algılayıcı elemanlar genellikle sıcaklığı ölçülecek olan yüzeye(maddeye) temas etmek suretiyle çalışırlar. Bunun yanı sıra temassız sıcaklık algılayıcıları da mevcuttur. Bilinen sıcaklık algılayıcıları, Termokupl, RTD, Termistörler, Entegre devre sıcaklık algılayıcıları ve yüzey temassız sıcaklık algılayıcılarıdır[9].

2.1.1 Termokupl

Bir termokupl iki farklı metalin birleştirilmesiyle oluşturulur. Doğru alaşım seçimi ile ölçülebilir ve kestirilebilir bir sıcaklık-gerilim ilişkisi elde edilir. Termokupllarla ilgili en sık yanlış anlaşılan konulardan biri de gerilimin tam olarak nerede oluştuğudur. Çoğu kimse bu gerilimin iki metalin birleşim noktasında var olduğunu düşünür; ancak gerçekte çıkış gerilimi bimetal üzerinde uzunlamasına (sıcaklık değişimi yönünde) oluşur. Termokuplların ürettiği gerilim seçilen metallerin cihaz bağlantı noktasında var olan termoelektrik enerjilerinin farkıdır. Bu kestirilebilir gerilim gerçek işlem (proses) sıcaklığıyla ilişkilendirilebilir. Bu algılayıcıların geniş bir çalışma aralığı vardır ve yüksek sıcaklık uygulamaları için idealdirler. Soy metal alaşımlarından yapılmış olan termokupllar 1700 °C'ye kadar olan sıcaklıkları izleme ve kontrol için kullanılabilirler. Termokupllar özellikle minyatür algılayıcı tasarımları için de idealdir. Basit yapıları olumsuz ortam koşullarına (aşırı şok, vibrasyon gibi) dayanıklı olmalarını sağlar. Termokupllar sıcaklık değişimlerine ani tepki göstermek üzere küçük boyutlarda düzenlenebilirler.

Termokupllar pek çok şekil ve boyutta olabilirler. Yalıtımlı olanı en çok kullanılan tiptir. Bu tip bir termokuplda tel haline getirilmiş metal alaşımlar yalıtım malzemesiyle kaplanır; bu malzeme termokupl alaşımları arasında hem fiziksel hem de elektriksel yalıtım sağlar. Yalıtım malzemeleri 1260 °C'ye kadar olan sıcaklıklarda işlevlerini sürdürebilirler. Termokupllar kısa dönemli ölçümler için ekonomiktir.

2.1.2 RTD

Bunlar hassas sıcaklık algılayıcılar olup, uzun süreli elektriksel direnç kararlılığı, eleman doğrusallığı ve tekrarlanabilirliği gibi özellikler isteyen uygulamalarda kullanılırlar. Çok geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm alabilirler (Bazı platin algılayıcılar -164 °C ; +650 °C arasında çalışabilir.) RTD'lerde bulunan algılama elemanı genellikle bir platin tel sargısı veya seramiğe uygulanmış ince bir metalik tabakadır.

Platin ve bakır elemanlara sahip RTD'ler termokupllara ve pek çok termistöre göre daha doğrusal bir davranış gösterirler. Termokupldan farklı olarak bir RTD cihaz bağlantıları için bakır kullanır ve dolayısıyla "cold junction compensation" gerektirmez. Bu da sistem maliyetinin düşmesini sağlar. RTD'nin dezavantajları ise, daha yavaş tepki, şok ve vibrasyona duyarlılık, sıcaklık değişimlerinde küçük direnç değişimi (düşük duyarlılık), ve düşük taban direncidir. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için 3 veya 4-kablolu devreler kullanılır. Bu

yöntem sıcaklığa bağlı direnç değişimlerini ölçmede bir çeşit köprü devresi etkisi yaratır. Tel uzunluğuna bağlı hatalar da en aza indirilir; çünkü direnç değişimi RTD algılama noktasında oluşur. Ölçümün hassaslığı öncelikle kontrol veya ölçüm cihazındaki sinyal koşullama devresine bağlıdır. Nokta ölçümler genel olarak rağbet görse de hatalara sebep olmaktadır. RTD'ler geniş bir alana yayılarak pek çok noktadan ölçüm alabilirler ve bunların ortalamasını vererek daha az hatalı sonuçlar elde edilmesini sağlarlar. RTD üzerindeki gerilim işareti termokupl çıkışından çok daha kuvvetlidir.

2.1.3 Termistörler

Bu algılayıcılar küçük sıcaklık değişikliklerine karşı duyarlıdırlar. Düşük sıcaklık uygulamaları için (sınırlı sıcaklık aralıklarında) uygundur. Fiziksel boyutları küçüktür. Nokta tipi algılayıcılar için boyutları bir iğne ucu kadar olabilir. Termistörler kullanıldıkça daha kararlı hale gelirler. Termistörün derecesine ve fiyatına bağlı olarak performansı düşük doğruluktan kaliteli RTD'lerle boy ölçüşebilecek yüksek doğruluğa kadar değişebilir. Termistörler bir işlem değişkeninin yarım veya bir dereceye kadar olan sıcaklık aralığındaki kontrolüne olanak tanır. Pek çok termistör RTD'lerden daha ucuzdur; ancak koruyucu kılıflarla bu fiyat aralığı daralır. 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. Termistörlerle çalışırken akıma dikkat edilmelidir çünkü termistörler sıcaklığa RTD'lerden daha duyarlıdırlar. Yeni termistörlerden bazıları bunu engellemek için farklı bazı düzeneklere sahiptirler ancak fiyatları da ona göre yüksektir. Termistörlerin dezavantajları olarak algılayıcının kırılabilir yapısı, sınırlı sıcaklık aralığı ve yüksek sıcaklıklarda dekalibrasyon sayılabilir. Ayrıca termistörler RTD'ler ve termokupllarla aynı seviyede endüstri standartlarına sahip değildirler.

2.1.4 Entegre Devre Sıcaklık Algılayıcıları

Yarı iletken entegre devrelerin gelişmesi ile tüm devre sıcaklık algılayıcıları ortaya çıkmıştır. Germanyum ve silisyum içerisine karıştırılan kristaller ile üretilen sıcaklık algılayıcıları kullanılmaktadır.

Germayum kristal malzemelerin dirençleri sıcaklık ile ters orantılıdır. Silisyum kristal malzemelerin dirençleri ise sıcaklıkla doğru orantılıdır. Germanyum silisyum malzemelerin sıcaklık algılayıcı olarak çalışma mantığı; normal germanyum silisyum PN birleşmeli

diyotlarda oluşan nötr bölgenin sıcaklık artırılarak aşılması sonucu bu bölgeden akım geçmesinin sağlanmasıdır. Sıcaklık arttıkça bu bölgeden geçen akım da artar.

Bu ilkeye göre çalışan yarı iletken sıcaklık algılayıcıları (LMXXX) ; sıcaklığa bağlı gerilim üreten ve sıcaklığa bağlı akım üretenler olmak üzere iki tiptir. Sıcaklığa bağlı gerilim üreten algılayıcılar LM135 - LM235 - LM335 (Kelvin), LM35 - LM45 (Celsius), LM34 (Fahrenheit) gibi algılayıcılardır. Bu algılayıcılar kırılma gerilimi sıcaklıkla orantılı olan bir zener diyot gibi çalışan monolitik sıcaklık sensörleridir. Sıcaklığa bağlı akım üreten algılayıcılar ise LM134, LM234 ve LM334 dür. Bu algılayıcıların akım çıkışları sıcaklık ile orantılıdır. Bu algılayıcıların hassaslıkları bir dış direnç kullanımı ile ayarlanabilir. Hassasiyetleri $1 \mu A / ^\circ C$ ile $3 \mu A / ^\circ C$ arasında değişir.

2.1.5 Temassız Sıcaklık Algılayıcıları

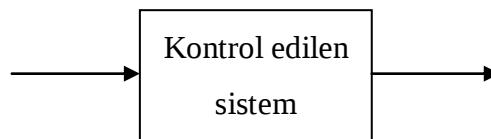
Bir IR cihazı nesne tarafından yayılan enerjinin bir kısmını toplar ve onu nesnenin bilinmeyen sıcaklığı ile ilişkilendirir. IR algılayıcılar birçok avantaja sahiptirler ve temaslı algılayıcıların uygun olmadığı her yerde kullanılabilirler. IR algılayıcısı ısı kaynaklarından uzağa monte edilerek bunların ölçüm değerlerini etkilemesi önlenabilir, kirli veya patlayıcı ortamdaki izole edilmeleri tavsiye edilmektedir. Bazı IR algılayıcıları özel IR sıcaklık kontrolleri ile kullanılabilir. Bu seri veri iletişimi ve kaydı seçenekleri ile kapalı devre temassız bir sıcaklık kontrol sistemi sağlar.

2.2 Kontrol Sistemleri

Giriş: Sistemi, organı ya da kontrol edilecek düzeni, kontrol etme amacı ile uygulanan işarettir.

Çıkış: Belli girişe ya da girişlere ilişkin olan sistemin çıkış işareti ya da çıkış işaretleridir.

Bu tanımlardan sonra en basit kontrol sistemi, blok biçiminde Şekil 2.1 ile gösterilebilir. Eğer sistemin bir girişi ve bir çıkışı varsa, bu kontrol sistemine bir girişli ve bir çıkışlı sistem, eğer bu işaretler çok sayıda ise çok giriş ve çok çıkışlı sistem denir.



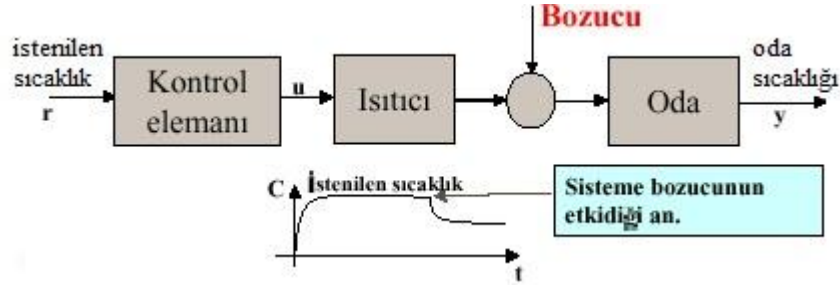
Şekil 2.1 Basit bir kontrol sistemi blok diyagramı

2.3 Kontrol Sistemlerinin Türleri

Kontrol sisteminin türü, burada sadece çıkış işaretinin kontrol ya da yönetilmesi açısından ele alınacaktır. Çıkışın ya da kontrol edilen büyüklüğün kumanda edilmesi bakımından kontrol sistemleri iki türe ayrılır: 1. Açık çevrim kontrol sistemleri; 2. Kapalı çevrim kontrol sistemleri.

2.3.1 Açık Çevrim Kontrol Sistemleri

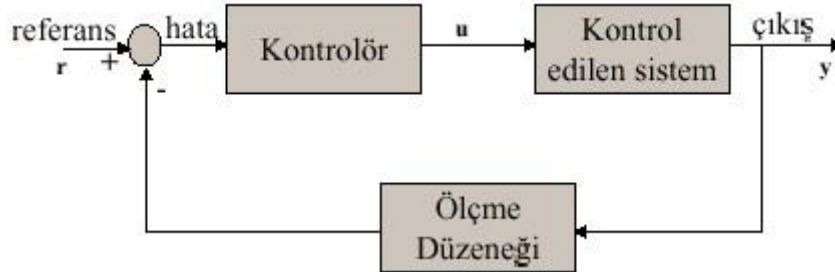
Girişindeki kumanda ya da kontrol işareti, çıkıştan (kontrol edilen büyüklükten) bağımsız olan bir kontrol sistemidir(Şekil 2.2). Fakat açık çevrim kontrol sistemlerinde çıkış, giriş işaretinin bir fonksiyonudur.



Şekil 2.2 Açık çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı

2.3.2 Kapalı Çevrim Kontrol Sistemleri

Girişindeki kumanda ya da kontrol işareti, çıkış işaretine ya da, çıkış işaretinden üretilen bir işaretlerle, bir referans işaret arasındaki farka ya da bunların toplamına bağlı olan bir kontrol sistemidir(Şekil 2.3). Bu sistemlere geri beslemeli kontrol sistemleri de denir.



Şekil 2.3 Kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı

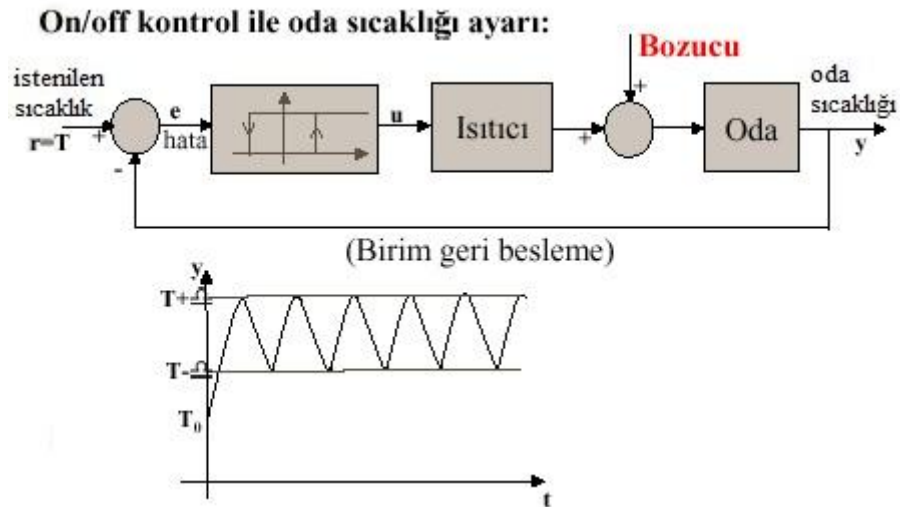
2.4 Sıcaklık Kontrol Metotları

2.4.1 Aç/Kapa (On-Off) Kontrol

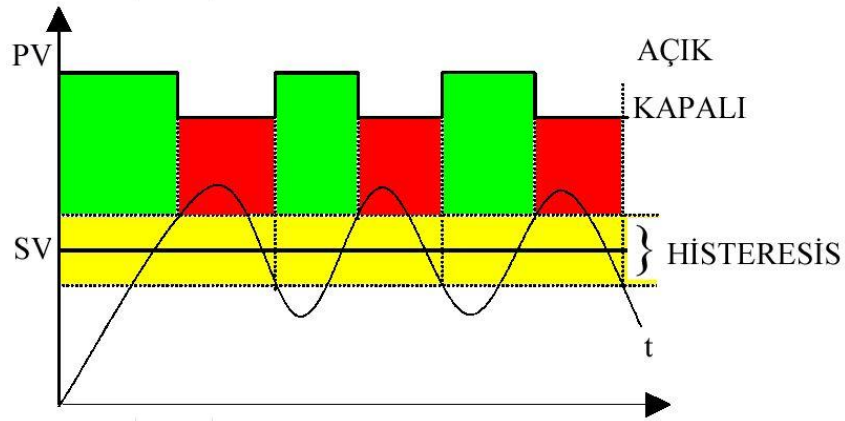
Bu teknik en basit kontrol tekniğidir. Ölçülen değer (PV: Present Value), set değeri (SV: Set Value) ile eşit olana kadar çıkış sinyali açıktır, set değerinin üzerine çıkmasıyla çıkış sinyali kapanır. Sistemlerin ataleti nedeniyle, kontrol gücü (çıkış) kesildiği halde, ölçülen değer yükselmeye devam eder ve set değeri üzerinde sürekli bir dalgalanma oluşur. Dalgalanmanın tepeden tepeye değişim ve sıklığı kontrol edilen sürecin dinamiğine bağlıdır. On-Off kontrol sistemlerinde genellikle anlattığımız sistemin, histerezis eklenmiş tipi kullanılmaktadır. Şöyle ki, set değeri etrafında histerezis bandı oluşturulur, ölçülen değer, set değerini geçer geçmez kontrol cihazı çıkışı “Kapalı” sinyali üretmez, ancak bu band aşıldıktan sonra çıkış kapatılır. Aynı şekilde, ölçülen değer düşerken, set değerinin altına düşünce değil, histerezis bandının dışına çıkınca “Açık” sinyali üretilir. Bu sayede oluşabilecek anahtarlamaı engellemiş olur. Sistemin blok şeması Şekil 2.4 de ve örnek kontrol cevabı ise Şekil 2.5 gösterilmiştir.

Bu sistemin sakıncaları:

- Kesinlikle sağlıklı bir kontrol sistemi değildir. Ölçülen değer, hiçbir zaman set noktasına sabitlenemez, sürekli salınım oluşur.
- Bu sistemle aşırı enerji tüketimi oluşur.
- Kritik ve hızlı süreçlerde tümüyle yetersiz kontrol gerçekleştirir.



Şekil 2.4 On-Off kontrol sisteminin blok diyagramı



Şekil 2.5 On-Off kontrol sisteminin cevabı

2.4.1.1 Histerezis

Aç/Kapa kontrol sistemleri salınımdan ve gürültülerden etkilenmektedir. Bu nedenle aç/kapa kontrol sistemlerinde oluşabilecek anahtarlamaı engellemek için Histerezis'e ihtiyaç duyulmaktadır. Örnek olarak sıcaklık set değeri 100 °C ve histerezis 0.4 °C olarak seçildiğinde, sıcaklık değeri 100.4 °C'a ulaşmıca kadar çıkış açık konumda olacaktır ve sıcaklık 99.6 °C'a düşüncye kadar çıkış kapalı konumda kalacaktır.

2.4.2 PID Kontrol

PID kontrol en çok uygulanan kontrol metotlarından biridir. PID kontrolörler çıkış düzeltme oranını hesaplamak için hata, hatanın integrali ve hatanın türevini işleme tabi tutarlar.

Sürekli zamanda PID algoritması (2.1) denkleminde göre hesaplanır.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.1)$$

Burada $e(t)$ hata sinyali, $u(t)$ kontrol girişi, K_p oransal kazanç, T_i integral zaman sabiti ve T_d türev zaman sabitidir.

Oransal kontrol yükselme zamanının azalmasına etki eder. Artan oransal kazanç yükselme zamanını azaltır fakat bu durumda da istenilen değerde aşım gitme durumu vardır. Integral kontrolü kararlı durum hatasını yok etmeyi sağlar. Fakat bu da geçici cevabı kötüleştirir. Çok fazla integral hareketi büyük aşım ve osilasyon yapmaktadır. Büyük integral hareketi ayrıca yükselme zamanını azaltarak, sistem yerleşme süresini azaltmaktadır. Türevsel kontrol ise aşım durumunu(overshoot) azaltarak ve geçici cevabı düzelterek sistemin kararlılığına

etkimektedir. Türevsel etkinin arttırılması hem aşımı(overshoot) hem de sistem yerleşme süresini azaltmaktadır.

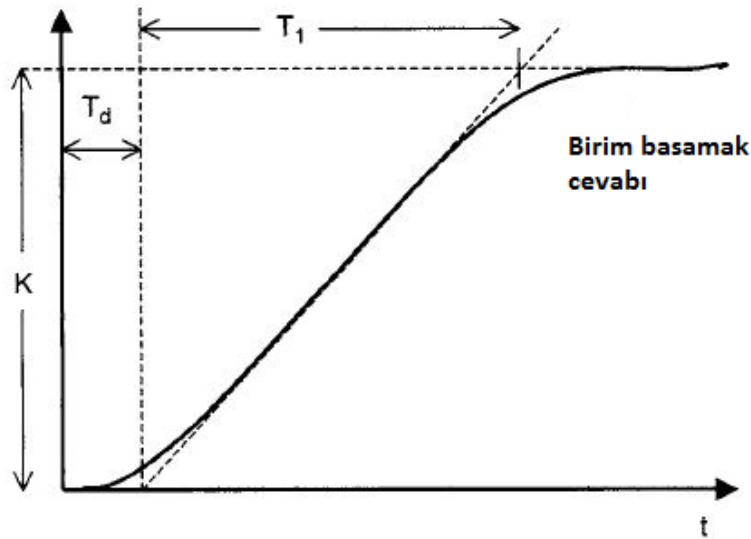
PID kontrol S domeninde (2.2) gibi yazılır.

$$u(s) = K_p \left[1 + \frac{1}{T_i s} + T_D s \right] E(s) \quad (2.2)$$

Bir PID kontrol 3 parametreden oluşur. Bunlar K_p , T_i ve T_d dir. Başarılı bir PID kontrol için birbirine bağımlı olan bu parametrelerin uygun değerlerde seçilmeleri gerekmektedir. Bu değerlerin seçimleri oldukça zordur. Tek bir parametreyle oynamak başarılı sonuçlar vermemektedir. Fakat değerler Ziegler-Nichols metodu ile yaklaşık olarak tespit edilebilmektedir. PID kontrol parametrelerini tespit edebilmek için kontrol etmek istediğimiz ısıtıcının Şekil 2.6'daki gibi açık çevrim kontrol sisteminin birim basamak cevabını deneysel olarak bilgisayar ortamında çizdirip, ısıtıcının transfer fonksiyonunun oluşturulması gerekmektedir. Açık çevrim birim basamak cevabı üzerindeki sayısal veriler kullanarak Ziegler-Nichols metodu yaklaşımı ile bu 3 parametre tespit edilir.

Bir ısıtıcının Transfer Fonksiyonu Açık çevrim birim basamak cevabı üzerinden, (2.3) modeliyle yazılır (İbrahim, D., (2002), "Microcontroller Based Temperature Monitoring and Control", Elsevier Science & Technology Books, Chapter 9, pages 201-219).

$$G(s) = \frac{K e^{-sT_d}}{(1 + sT_1)} \quad (2.3)$$



Şekil 2.6 Açık çevrim kontrol sisteminin ideal birim basamak cevabı

Kontrolör	K_p	T_i	T_D
Oransal	$\frac{T_1}{KT_d}$	∞	0
Oransal+İntegral	$\frac{0.9T_1}{KT_d}$	$3.3T_d$	0
Oransal+İntegral+Türevsel	$\frac{1.2T_1}{KT_d}$	$2T_d$	$0.5T_d$

Çizelge 2.1 Ziegler-Nichols PID parametre tablosu

Çizelge 2.1 de Ziegler-Nichols parametre tablosuna göre ısıtıcının transfer fonksiyonundan elde edilen verilere göre PID parametreleri yaklaşık olarak tespit edilmektedir.

2.5 Endüstriyel Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazları

Birçok endüstriyel uygulamada sıcaklık kontrolünün kaybedilmesi cihazlarda aşırı ısınmaya neden olmaktadır. Bunun sonucunda karakteristiği bozulan cihazlarda geri dönüşü olmayan yanarak bozulmalara ya da cihazlarda kararsız davranışlara rastlanılmaktadır. Bu durumlar endüstriyel işleyişi bozarak işletmelerde büyük maddi zararlara yol açabilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte yukarıda belirtilen tehlikeli durumların önlemini ve kontrolünü yapabilecek dijital göstergeli kontrol cihazların kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Endüstride hassas ve yüksek doğrulukta sıcaklık ölçümü yapabilen, ölçülen gerçek zamanlı sıcaklık değerini LCD ekranda ya da PC ortamında 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 ve kontrol cihazları bulunmaktadır.

Bu bölümde endüstride kullanılan sıcaklık kontrol ve gösterge cihazları üzerinde yapılan araştırmalara yer verilmiştir. Bu cihazlara ait daha detaylı katalog bilgileri Ekler bölümünde [Ek3] yer almaktadır.

- **İndem BM 302 Modeli Su Banyosu Cihazı:** İndem firması tarafından üretilen, kimya ve tıp alanında kullanılan su banyosunun genel teknik özellikleri aşağıda verilmiştir[6].
 - Mikroişlemci tabanlıdır.
 - Sıcaklık ve zaman için dijital göstergelidir.
 - Programlanabilir PID kontrol yapabilmektedir.
 - Sıcaklık çalışma aralığı oda sıcaklığı+ 5 °C-80 °C'dir.
 - Nüvetherm veri kontrol yazılımı ile kullanılmaktadır.
 - Termostatı 0.1 °C hassasiyetle çalışmaktadır.
 - RS 232 seri haberleşme kiti kullanılabilmektedir.
 - Alarm limitleri programlanabilmektedir.
 - 0-100 saat aralığında zaman ayarlaması yapılabilmektedir.
 - 230 V 50 Hz şebeke ile çalışmaktadır.



Şekil 2.7 İndem BM302

- **GFL Su Banyosu:** GFL firmasının ürettiği kimyasal laboratuarlarda kullanılan su banyosu cihazına ait genel teknik özellikler aşağıda listelenmiştir[5].
 - Mikroişlemci tabanlıdır.
 - Dijital sıcaklık göstergesi ve ayarlanabilir 0.1 °C hassasiyetle kontrol edebilme
 - Sıcaklık çalışma aralığı oda sıcaklığı +5 °C-99.9 °C'dir.
 - 230 V 50 Hz şebeke ile çalışmaktadır.
 - Kapalı devre PI sıcaklık kontrolü yapabilmektedir.



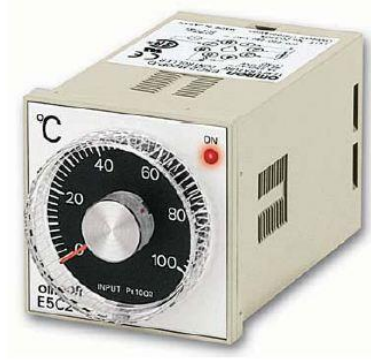
Şekil 2.8 GFL su banyosu

- **Metronik M6P01TB Modeli Sıcaklık Ölçü ve Kontrol Cihazı:** Metronik firmasına ait sıcaklık ölçü cihazının genel özellikleri aşağıda maddeler halinde verilmiştir[2].
 - Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - 2 dijital LCD ekrana sahiptir.
 - Tek kontaklıdır.
 - Dar bandlı aç/kapa kontrol yapabilmektedir.
 - Giriş kopmasında sistem koruma özelliğine sahiptir.
 - Pt100 veya Pt1000 termorezistans ile sıcaklık ölçümü alabilmektedir.
 - -10 ile +50 °C arasında sıcaklık ölçümünü %1 hatayla gerçekleştirebilmektedir.
 - 230VAC 50 Hz besleme ile çalışmaktadır.



Şekil 2.9 Metronik M6P01TB

- **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 sıralanmıştır[3].
 - Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - -10 ile +55 °C arası ortam sıcaklığında çalışır.
 - Aç/kapa ya da PD kontrol özelliğine sahiptir.
 - 100-120 / 200-240VAC besleme ile çalışabilmektedir.
 - Kontrol çıkışı olarak röleye sahiptir.
 - K tipi termokupl ile (0) – (+1200) °C arasında, L tipi termokupl ile (0) – (+400) °C arasında Pt100 ile (-50) – (+200) °C arasında sıcaklık ölçümü yapabilmektedir.
 - Sıcaklık ölçüm doğruluğu $\pm\%2$ kadardır.
 - Histerezis değeri ölçüm değerinin $\%0,5$ 'i kadardır ve sabittir.
 - Oransal band, ölçüm değerinin $\%3$ 'ü kadardır ve sabittir.



Şekil 2.10 Omron E5C2

- **ENDA EUC442 Modeli Üniversal Kontrol Cihazı:** ENDA firmasına ait EUC442 model sıcaklık kontrol cihazının genel teknik özellikleri aşağıdaki gibidir[4].
 - Mikrodenetleyici tabanlıdır.
 - Tuş takımından Pt100 ve Termokupl algılayıcıları seçimi yapılabilir.
 - Aç/Kapa, P, PI, PD, PID kontrol modelleri seçilebilmektedir.
 - En iyi PID parametrelerini sistemi tarayarak yakalayabilir.
 - RS 485 ModBus protokolü ile veri aktarılabilir ve kontrol edilebilir.
 - 220VAC 50Hz besleme ile çalışmaktadır.
 - Doğruluk %0.2dir.(Tam ölçekte)
 - Kontrol çıkışı olarak röleye sahiptir.
 - Çalışma sıcaklığı 0 - 50 °C'dir.



Şekil 2.11 Enda EUC 442

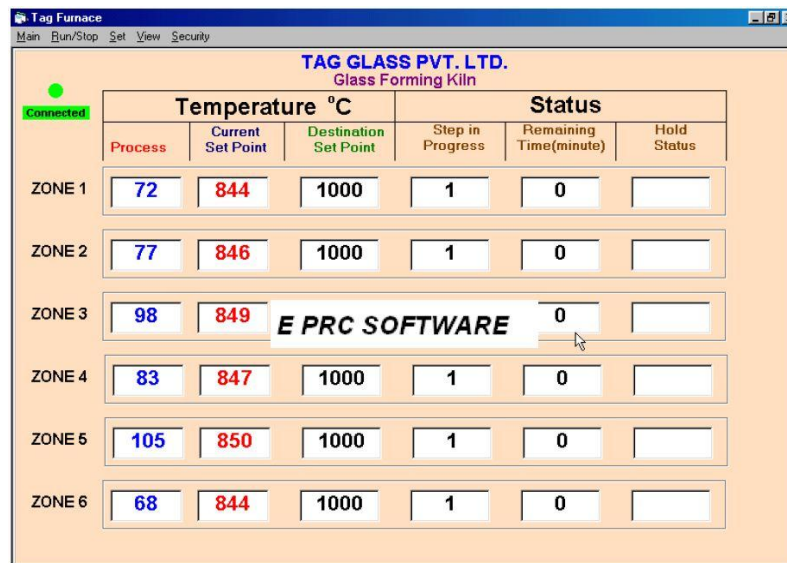
- **Libratherm PRC-300 Modeli PID Sıcaklık Kontrol Cihazı:** Libratherm firmasına ait PRC-300 model sıcaklık kontrol cihazının genel teknik özellikleri aşağıdaki gibidir[10].

- Mikrodenetleyici tabanlıdır.
- Standart tip termokupllar ve PT-100 algılayıcıları kullanabilme
- PID ve Aç/Kapa kontrol seçimi yapabilme
- PID kontrol katsayılarını sistemi tarayarak belirleme
- Doğruluk, tam ölçekte %0.1 dir.
- Ölçülen değer için 4 dijit kırmızı LED gösterge
- Set değer için 4 dijit yeşil LED gösterge
- 230 VAC / 110 VAC 50 Hz besleme ile çalışmaktadır.



Şekil 2.12 Libratherm PRC-300

- SCADA yazılımları ile RS-232 seri portundan haberleşme
- 8 farklı noktadaki sıcaklık kontrol cihazını izleme ve kontrol edebilme
- Klavyeden PID kontrol ve set sıcaklık ayarları girebilme
- Farklı kullanıcılara ait ayarları hafızada saklayarak daha sonra kullanabilme

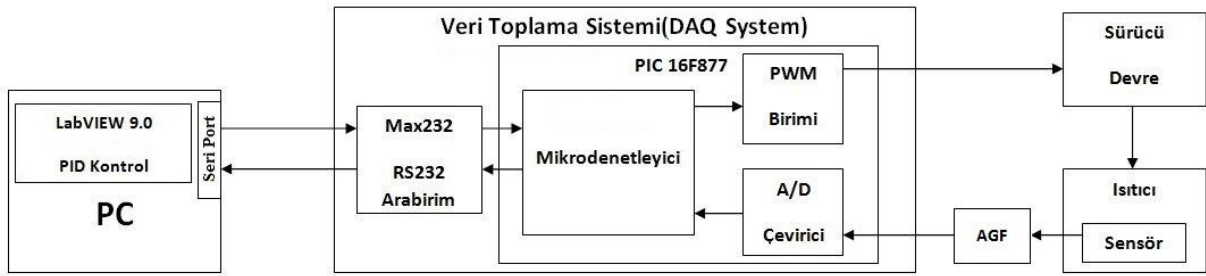


- **LabVIEW Süreç Kontrol Cihazları Yönetim Yazılımı:** Pano tipi endüstriyel sıcaklık kontrol cihaz yönetimi için LabVIEW tabanlı endüstriyel yazılımın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir[11].
 - Kontrolör ve LabVIEW arasında RS-485 seri haberleşme protokolü kullanır.
 - Set ve Ölçülen değerlerin sürekli olarak okunması
 - Çıkış ve alarm durumlarının izlenmesi
 - Kontrol modunun ve ayarlarının seçilebilmesi
 - Veri toplama ve izleme

3. LabVIEW İLE ENDÜSTRİYEL SICAKLIK ÖLÇME VE KONTROL SİSTEMİNİN DONANIMI

3.1 Giriş

Donanım tasarımı, öncelikli olarak kullanılan devre elemanlarının piyasada kolaylıkla bulunabilecek türden olması ayrıca hem kullanım kolaylığı hem de sistemin tasarım maliyetinin de düşük olması amaçlanmıştır. Sistemde veri toplayan ve analizini yapan yazılım olarak NI firmasına ait LabVIEW 9.0 yazılımı tercih edilmiştir. Sıcaklık gibi zamana bağlı olarak ölçülen olguların bu yazılımda işlenmesi için NI firmasından temin edilen DAQ (Data Acquisition) donanımları kullanılmaktadır. Bu donanımlar bu tarz uygulamalar açısından kapsamlı cihazlardır ve fiyatları oldukça yüksektir. Bu projede bu zorunluluktan kurtularak veri toplama işlemi, tasarlanan donanım tarafından gerçekleştirilmiş olup, sıcaklık veri akışı ve kontrol verileri bu devre üzerinden PC ve Mikrodenetleyici arasında yapılmaktadır.



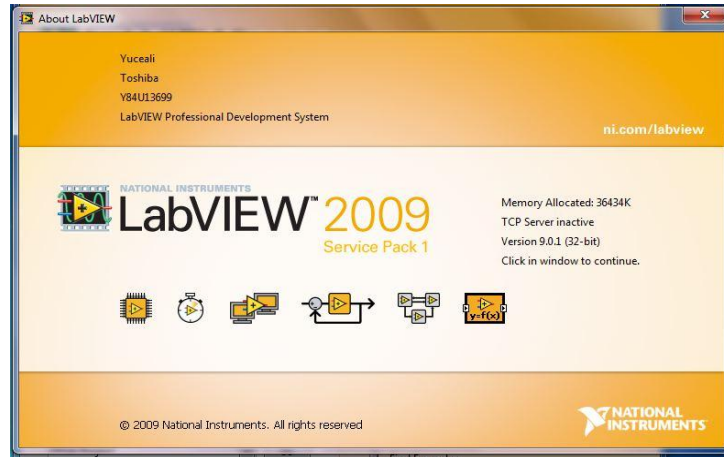
Şekil 3.1 Gerçekleştirilen endüstriyel sıcaklık ölçme ve kontrol sisteminin blok diyagramı

Bu projede tasarımı amaçlanmış olan, bir tank içindeki suyun sıcaklığını kontrol eden sistemin blok diagram şeması Şekil 3.1 de gösterilmiştir.

3.2 Kişisel Bilgisayar Sistemi

LabVIEW 9.0 programı kurulmuş olan Toshiba Satellite U505 Notebook içeren bu katman veri toplama donanımı (DAQ) ile haberleşir. 2,27 GHz hızında Intel i5 işlemci ve 4 GB RAM kapasiteli PC ve üzerine kurulu LabVIEW 9.0 yazılımı (Şekil 3.2) bu katmanda çalışmaktadır. LabVIEW grafiksel programlama yazılımına, uygulamada kullanılmak üzere ilave PID kontrol aracı (PID Control Toolkit) ve Kontrol Dizayn ve Simülasyon modülleri (Control Design and Simulation Module) kurulmuştur. Bu katman LabVIEW grafiksel programlama dilinin sağlamış olduğu görsel devre elemanları sayesinde sisteme veri girişleri

yapılabilmesine ve sonuçların gerçek zamanlı olarak değersel ve grafiksel olarak izlenmesine olanak tanır. Ayrıca süreç kontrolünün beyni olarak görev yapmakta olup, sıcaklık kontrol işlemleri(PID hesaplamaları) bu katmanda gerçekleşmektedir. Programın tasarımında, PC temelli kontrol sayesinde bir bilgisayarın sağladığı, zengin görsellik ve kullanım kolaylığı v.b. gibi özellikler bu katmanda ön plana çıkmaktadır.



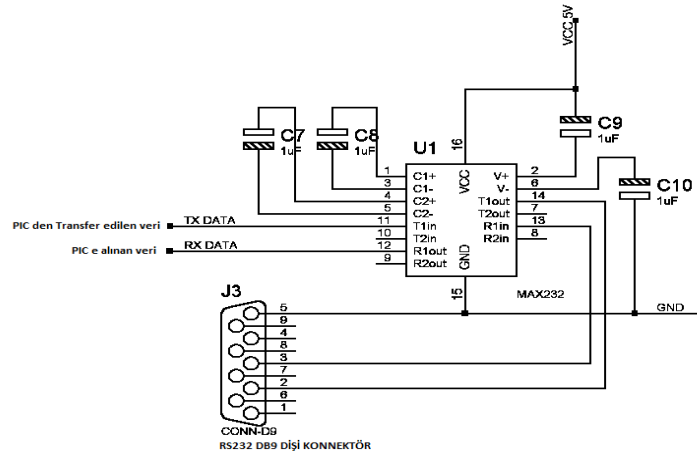
Şekil 3.2 LabVIEW 9.0 programının ekran görüntüsü

3.3 Veri Toplama Sistemi

Bu katman ortamdan sıcaklık verisini toplayan ve PC arasında haberleşme sağlayan bir göreve sahiptir. Bu işlem NI firması tarafından üretilen cihazlar(NI USB-4350, NI PCI-6503, NI PXI 6608 v.b.) ile de yapılabilmekte olup, bu uygulamada bir mikrodenetleyici ile tasarlanmış veri toplama devresi kullanılmıştır. Tasarım Şekil 3.12 de gösterilmiştir. Tüm sistem bileşenleri Şekil 3.13 de görülebilmektedir.

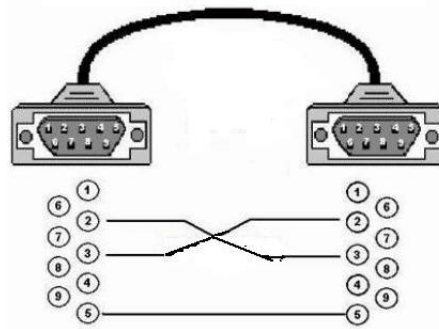
3.3.1 RS-232 Arabirim (MAX-232)

Seri asenkron olarak gönderilen verinin alınması veya iletilmesini gerçekleştiren cihazlar arasında haberleşmenin sağlanması için geliştirilen bir standarttır. Veri toplama devresinin PC ile haberleşmesi, piyasada çok yaygın kullanımı olan ve PC'ye en rahat veri gönderme imkânını veren RS-232 Seri portundan sağlanmıştır[8].



Şekil 3.3 RS232 arabirim devre şeması

Bilgisayarlar 12/24V seviyelerinde voltajlar kullanırken, TTL entegreler yaklaşık 5Volt kullanırlar. Bu nedenle PC ve devreyi haberleştirebilmek için araya seri port uyumluluk entegresi olan MAX-232 ilave edilmesi gerekmektedir. Bu sayede MAX-232 entegresi PC deki seri verileri PIC'in anlayacağı lojik seviyelere dönüştürmektedir. Bu entegrenin devre bağlantı şeması Şekil 3.3 de gösterilmiştir. Devrede 11.(TX) ve 12.(RX) pinler Mikrodenetleyiciye, 13. ve 14. pinler PC'ye bağlanacak olan DB9 Konnektör pinleridir. Konnektör pin bağlantı şeması Şekil 3.4 de gösterilmiş olup, DB9 RS232 Konnektörün 5 nolu pini ise toprağa bağlanır.



Şekil 3.4 RS232 kablosunun bağlantı şekli

RS232 haberleşmesini gerçekleştirmek için Com Port, Baud Rate, Data Bit, Parity, Stop bit, Flow Control gibi değerlerin her iki birimde de(PC ve μ C) aynı ayarlanması gerekmektedir. Bu uygulamada Baud Rate: 9600 Data Bit: 8, Parity: None, Stop bit: 1, Flow Control: None olarak ayarlanmıştır.

3.3.2 Mikrodenetleyici (PIC 16F877A)

Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden RAM, I/O ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimine mikrodenetleyici (Microcontroller) denir. Bilgisayar teknolojisi gerektiren uygulamalarda kullanılmak üzere tasarlanmış olan mikrodenetleyiciler, mikroişlemcilerle göre çok daha basit ve ucuzdur. Günümüz mikrodenetleyicileri otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax-modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV ve bazı oyuncaklar gibi sayılamayacak kadar pek çok alanda kullanılmaktadır.

Günümüz mikrodenetleyicileri birçok chip üreticisi tarafından üretilmektedir. Her firma ürettiği chip'e farklı isimler vermektedir. Örneğin Microchip firması ürettiklerine PIC adını vermektedir.

Mikrodenetleyiciler oldukça farklı özelliklere sahiptirler. Bu nedenle seçim yaparken yapılacak uygulamanın hangi özellikleri kullanacağı tespit edilmelidir. Bu uygulamada, mimari yapısı bakımından aşağıda belirtilen özellikleri barındıran PIC 16F877A mikrodenetleyicisi tercih edilmiştir[7].

- Programlanabilir dijital paralel giriş/çıkış.
- Programlanabilir analog giriş/çıkış.
- Seri giriş/çıkış (senkron, asenkron ve cihaz denetimi gibi).
- PWM birimi
- ADC birimi
- Harici giriş vasıtasıyla kesme.
- Timer vasıtasıyla ile kesme.
- Harici bellek arabirimi.
- Harici bus arabirimi (PC ISA gibi).
- Dâhili bellek tipi seçenekleri(ROM, EPROM, PROM ve EEPROM).
- Dâhili RAM seçeneği.

PIC 16F877 'nin tercih edilmesindeki diğer nedenler ise aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yazılımın Microchip'ten veya internetten parasız olarak elde edilebilmesi.

- Çok geniş bir kullanıcı kitlesinin bulunması.
- PIC'lerin kolaylıkla ve ucuz olarak elde edilebilmesi.
- Elektronik hobi olarak uğraşanların bile basit elektronik elemanlar kullanarak tasarladıkları donanımlarla programlanabilmesi.
- Çok basit reset, clock sinyali ve güç devreleri gerektirmeleri.

Ayrıca sıcaklık v.b. algılayıcılar gibi çevresel üniteleri çok hızlı bir şekilde denetleme yapabilecek özelliklere sahiptir. RISC mimarisine göre tasarlanmış bu mikrodenetleyicinin komutları da oldukça basit ve az sayıdadır. Flash hafızası sayesinde yazılım yüklemesi defalarca yazılıp silinebilir. Bu tür özellikleri sıcaklık kontrolü yapılacak olan bu tezde de başlıca kullanım nedenleridir.

3.3.2.1 PIC RS232 Seri Haberleşmesi

USART Baud Oran Jeneratörü(BRG) ve Konfigürasyonu

Bu cihaz USART' ın Asenkronize ve Senkronize modlarını destekler. Bu 8 bit'lik bir jeneratördür. Cihaz 8 bit'lik serbest zamanlı bir kontrol ile kontrol edilir. Asenkron modunda bit BRGH (TXSTA<2>) olarak kontrol edilir. Senkronize modunda ise bit BRGH istenmez. Verilen ve istenilen Baud rate ve Fosc SPBRG yazmacı isteği ile (3.1) formülü ile ayarlanabilir ve hesaplanabilir.

$$\text{İstenen Baud oranı} = \text{Fosc} / (64 (X + 1)) \quad (3.1)$$

(3.1) formülünden elde edilen değer SPBRG kaydedicisine yüklenerek 9600 Baud oranı ayarlanır.

8 bit mod ve asenkron hızlı iletişim ayarlarını seçmek için ise TXSTA kaydedicisine h'A4' değeri atanmalıdır.

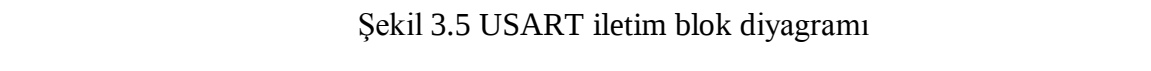
USART Asenkronize İletici

Şekil 3.5 deki blok diyagram akışına göre iletimin kullanılabilir/kullanılamaz hali ve yüklenme/boşalım durumları PIR1 TXIF bitinin kullanımı ile oluşur. Bu şekilde TXIF biti Lojik 1 seviyede olduğunda TXREG yazmacına yazılan veri seri portdan iletilmiş olur.

```

graph LR
    TXIF[TXIF] -- TXIE --> TXIE_out[TXIE]
    TXREG[TXREG register] -- Data Bus --> TXREG_in[Data Bus]
    TXREG -- TXIF --> TXIF_in[TXIF]

```



PIC’de seri veri alma işlemi yapılırken PIR1 kontrol yazmacının RCIF biti kullanılır.

USART Alım Blok Diyagramı



Şekil 3.6'daki blok diyagram akışına göre RCIF biti sürekli olarak kontrol edilir. Bu bit

3.3.2.2 Analog Dijital Dönüştürücü Birimi

ADC kısaltması Analog-Digital Converter'dan gelir. PIC16F876'da 5 kanal PIC16F877'de 8 kanallı ADC birimi bulunmakta olup, bu birimlerden 10 bitlik giriş alınabilir. Bu kanallar PIC16F876'da Port A'da PIC16F877'de ise Port A'da ve Port E'de bulunur. ADC biriminin işlemlerinde 4 önemli yazmaç vardır. Bunlar ADCON0, ADCON1, ADRESH, ADRESL'dir. ADCON'lar A/D çevriminin kontrolünü yönetirler. ADRES'ler ise sonuçların yazıldığı yazmaçlardır. ADCON0 ve ADRESH yazmaçları Bank0'da bulunurken, ADCON1 ve ADRESL yazmaçları Bank1'de bulunur.

ADCON0 Yazmacı

ADCON0 7:6 (ADCS1: ADCS0 (Bit özel isimleri))

Bu yazmacın 7 ve 6. bitleri TAD değerini ayarlamaya yarar. TAD A/D çevrim periyodudur. Bir çevrim için minimum 12TAD süresi gerekir. TAD süresi için dört seçenek vardır.

00 = $F_{osc}/2$

01 = $F_{osc}/8$

10 = $F_{osc}/32$

11 = Frc (Dahili RC osilatöründen elde edilen zaman)

TAD süresi minimum 1.6 mikro saniye olmalıdır. Bunun için 1 Mhz'lik bir PIC'te TOSC 2, 4 Mhz'likte 2 veya 8, 20 MHZ'likte ise hepsi seçilebilir. Bu uygulamada 4MHz'lik kristal kullanılmıştır ve $F_{osc}/8$ seçeneği seçilmiştir.

ADCON0 5:3 (CHS2:CHS0)

ADCON0'ın 5-3 arasındaki bitleri hangi kanalın devrede olacağını belirlemeye yarar. Port E'deki kanallar sadece PIC16F877'de vardır.

000 = Kanal 0 (RA0)

001 = Kanal 1 (RA1)

010 = Kanal 2 (RA2)

011 = Kanal 3 (RA3)

100 = Kanal 4 (RA5)

101 = Kanal 5 (RE0)

110 = Kanal 6 (RE1)

111 = Kanal 7 (RE2)

Bu uygulamada Kanal 0 seçilmiştir. Sıcaklık algılayıcısından elde edilen analog sinyaller PIC 16F877 Mikrodenetleyicisinin RA0 portundan çevrime tabi tutulmaktadır.

ADCON0 <2> (GO/DONE)

ADCON0 yazmacının 2. biti durum bitidir. Bu bitin değeri 1 ise çevirme işlemi başlar ve bu bit durum biti şeklini alır, hem işlemi başlatmaya hem de durumunu öğrenmeye yarar, işlem devam ettiği sürece değeri 1 olarak kalır işlem bittiğinde 0 değerini alır.

ADCON0 <1>

Bu bit boş olup 0 olarak değerlendirilebilir.

ADCON0 <0>

Bu bit, A/D çevrimini açıp kapatmaya yarar. 1 ise işlem yapılabilir, 0 ise kapalı hale geçer çevirme işlemi yapılamaz.

ADCON1 Yazmacı

ADCON1 <7> (ADFM)

Bu bit 10 bitlik sonucun hangi şekilde yazılacağını ayarlamaya yarar. Sonuç için iki adet yazmaç bulunur(ADRESH ve ADRESL).

Bu bit 0 olarak ayarlanırsa sonucun büyük haneleri ADRESH'ta yer alır son iki hanesi ADRESL'nin 7. ve 6. bitine yazılır. 1 olarak ayarlanırsa sonucun en büyük iki hanesi ADRESH'ın 1. ve 0. bitine yazılır. Diğer küçük haneleri ise ADRESL'ye yazılır.

ADCON1 6:4

Bu bitlerin bir etkisi yoktur. 0 olarak değerlendirilebilir.

ADCON1 3:0 (PCGF3:PCGF0)

Bu bitler hangi kanalların A/D çevrimi için açılacağını ve referans voltajlarının ne olacağını belirlemeye yarar. Çizelge 3.1 deki tabloda bu değerler gösterilmiştir.

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

Çizelge 3.1 ADC port yapılandırma tablosu

A harfi Analog giriş anlamına gelir. Vref, referans voltajı anlamındadır, Vref adı geçmeyen kanallarda referans voltajı Vdd ve Vss olur, sadece Vref+ olan kanallarda artı değerini Vref sütununda belirtilen portdan, Vref+ ve Vref- beraber bulunuyorsa ikisi birden harici olarak belirtilen portlardan verilmesi gerekir.

Referans voltajları A/D çevrimi için oldukça önemlidir Vref+ A/D çevrim sonucunun alabileceği en yüksek değere karşılık gelir. Yani referans olarak Vdd seçilirse, 10 bitlik sonuç 1111111111 şeklindeyse bu sonucun 5 volt olduğu anlamına gelir.

Bir A/D çevrimi için aşağıdaki maddeler uygulanır.

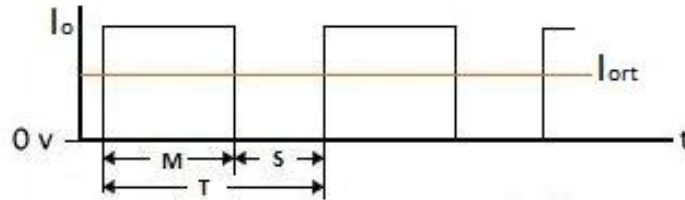
1. Hangi kanalların A/D çevrimine açılacağını ve çevrim sonucunun nasıl yazdırılacağı göz önünde bulundurularak ADCON1 yazmacının değeri ayarlanır.
2. Çevrimi açmak, bu çevrimin hangi kanaldan yapılacağını ve çevrim periyodunu ayarlamak için ADCON0 yazmacına gerekli değer yazılır.
3. ADCON0'ın Go/Done biti 1 yapılarak çevirme işlemi başlatılır.
4. Go/Done biti 0 değeri alana kadar beklenir. Bu değer 0 olması işlemin bittiği, sonucunda ADRESH ve ADRESL'ye yazıldığını belirtir.

Sonuç 10 bit üzerinden hesaba katılır. A/D dönüşüm sonucu elde edilen veri (3.2) formülüne tabi tutularak o anki algılayıcı voltajı hesaplanmış olur.

$$((\text{ADRESH: ADRESL}) \times (\text{Vref+} - \text{Vref-})) / 1024 \quad (3.2)$$

3.3.2.3 Mikrodenetleyicinin PWM Birimi

PWM(Darbe-Genişlik Modülasyonu, Pulse-Width Modulation), yani darbe genişliği modülasyonu, sabit çıkış verebilen entegrelere, görev süresi istenilen değere göre ayarlı bir kare dalga verdirerek analog çıkış elde etme olayıdır. Örneğin mikrodenetleyicilerden 5 volt veya 0 voltluk çıkışlar alabiliyoruz. Fakat 4 voltluk bir çıkışa ihtiyacımız olduğunda, bunu transistör vb. ek devre kullanarak elde edebiliriz ya da mikrodenetleyiciden 4 birimi 5 volt, 1 birimi de 0 volt olan frekansı çok düşük olmayan bir kare dalga verdirirsek bu pratikte 4 volt olarak algılanır ve bizi ek bir donanımdan kurtarmış olur. Bu 4 volt olan kısım dalganın görev süresidir. Kısacası, PWM ile bu görev süresini, yani darbenin genişliğini ayarlayarak çıkışın analog değerini ayarlamış oluruz. Bunu program içerisinde kendi PWM yazılımını yazıp(gecikmeler kullanıp görev süresini ayarlayarak) yapabileceğimiz gibi, hazır PWM birimine sahip mikrodenetleyicilerin bu birimlerinden faydalanarak da yapabiliriz. PIC16F87X serisi mikrodenetleyiciler iki adet PWM birimine sahiptir. Bunlar Port C'nin birinci ve ikinci bacaklarındadır. Bu mikrodenetleyicilerin PWM birimlerini kullanabilmek için bir dizi yapılandırma yapmak gerekir.



Şekil 3.7 PWM dalga şekli

Şekil 3.7 de,

M: Görevdeki süreyi

S: Kapalı süreyi

T: Periyodu göstermektedir.

Isıtıcıya verilecek akımın etkin değeri (3.3) denklemi ile hesaplanır.

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (3.3)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\frac{MI_0^2}{T}} \quad (3.4)$$

Veya

$$I_{rms} = I_0 \sqrt{\frac{M}{T}} \quad (3.5)$$

Devrede kullanılan ısıtıcının saf dirence sahip olduğu farz edilerek, elde edilecek ortalama güç denklemi (3.9)'daki şekilde ifade edilir.

$$P_{AV} = RI_{rms}^2 \quad (3.6)$$

$$P_{AV} = RI_0^2 \frac{M}{T} \quad (3.7)$$

$$\alpha = \frac{RI_0^2}{T} \quad (3.8)$$

Buradan,

$$P_{AV} = \alpha.M \quad (3.9)$$

Şeklinde elde edilir.

Burada anlaşılacağı gibi ortalama güç PWM görev süresinin sabit bir katsayı ile çarpılması sonucu elde edilmektedir.

Bu durumdan yararlanılarak devremizde M süresinin kontrol edilmesi ile ısıtıcıya verilen ortalama güç kontrol edilebilmektedir.

CCP1 ve CCP2 olan 2 adet PWM çıkışı bulunan mikrodenetleyicinin CCP1 çıkışı kullanılmıştır. Bu çıkış Timer1, PR2, T2CON, CCPR1L ve CCP1CON yazmaçları tarafından kontrol edilmektedir.

CCP1 çıkışının PWM periyot süresi PR2 yazmacına yüklenen değerle hesaplanmaktadır. Daha sonra saat çarpanı seçimi yapılmalıdır. PWM periyodu (3.10) denklemi ile hesaplanır.

$$\text{PWM Periyot} = (\text{PR2} + 1) \times 4 \times \text{Tosc} \times (\text{Saat çarpanı}) \quad (3.10)$$

Tosc Mikrodenetleyici saat periyodudur.(4MHz kristal için 0,250 μ s dir.) Bu uygulamada periyot 1 ms olacak şekilde PR2 kaydedicisine desimal 249 değeri yüklenmiştir. Saat çarpanı ise 4 olarak seçilmiştir. Saat çarpanı T2CON kaydedicisinin 0. ve 1. bitleriyle ayarlanır. 00- 1, 01- 4, 11- 16 olarak 3 farklı seçim yapılabilir.

$$\text{PWM Periyot} = (249 + 1) \times 4 \times 0.250 \times 4$$

Veya

$$\text{PWM periyot} = 1000 \mu\text{s} = 1 \text{ ms}$$

Olarak hesaplanır.

PWM görev süresi 10 bit (0 dan 1023) genişliğindedir. Üst 8 bit CCPR1L kaydedicisine yazılır. Alt 2 bit ise CCP1CON kaydedicisinin 4. ve 5. bitleridir.

PWM görev süresi aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\text{PWM duty cycle} = (\text{CCPR1L: CCP1CON}) \times \text{Tosc} \times (\text{Saat çarpanı}) \quad (3.11)$$

Mikrodenetleyicinin PWM modunda çalışması için Şekil 3.8 de gösterildiği gibi CCP1CON kaydedicisinin 2. ve 3. bitleri 1'e set edilmelidir.

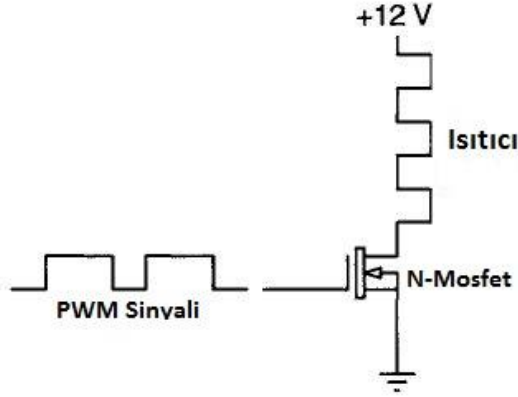
CCPR1L						
8	7	6	5	4	3	2

CCP1CON							
X	X	1	0	1	1	X	X

Şekil 3.8 CCPR1L ve CCP1CON yazmaçları

3.4 Isıtıcının Güç Sürücü Devresi

PWM biriminin CCP1 çıkışı bir güç MOSFET transistörünü Şekil 3.9 da görülen şemadaki gibi sürmektedir. Bu uygulamada ısıtıcı, güç MOSFET'inin drain bacağına bağlanmıştır. Uygulama esnasında MOSFET'in aşırı ısınması sonucu zarar görmemesi için üzerine bir soğutucu tutturulmuştur. Maksimum drain akımı 130A olan IRF 2807 tip bir güç MOSFET'i kullanılmıştır. MOSFET ile Mikrodenetleyici katı Optokuplör vasıtası ile birbirinden izole edilmiştir.



Şekil 3.9 Isıtıcının sürücü devre şeması

3.5 Isıtıcı

Devrede 12V 120W gücünde led göstergeli, plastik dış kılıflı Şekil 3.10 da gösterilen su ısıtıcısı kullanılmıştır. 0,5 litre su haznesi bulunmakta olup, rezistans direnci 1,2 Ohm dur.



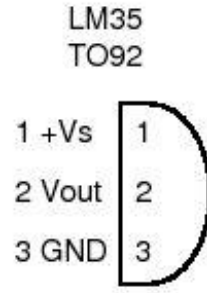
Şekil 3.10 Isıtıcının görünümü

3.6 Sıcaklık Algılayıcı

LM35DZ sıcaklık algılayıcısı çıkışlarından sıcaklıkla doğru orantılı olarak voltaj veren entegre devre sıcaklık algılayıcılarıdır. Şekil 3.11 deki şemada da görüldüğü gibi 3 bacaklı yapıdadır. Sıcaklık ölçme aralıkları - 20 °C den + 120 °C'dir. Özel aygıtlarla negatif sıcaklıklar ölçme yeteneğine de sahiptir. LM35DZ algılayıcısı 4 V – 20 V arasında bir voltajla çalışabilir. Sıcaklığa bağlı olarak voltaj değeri (3.12) denkleminde hesaplanır.

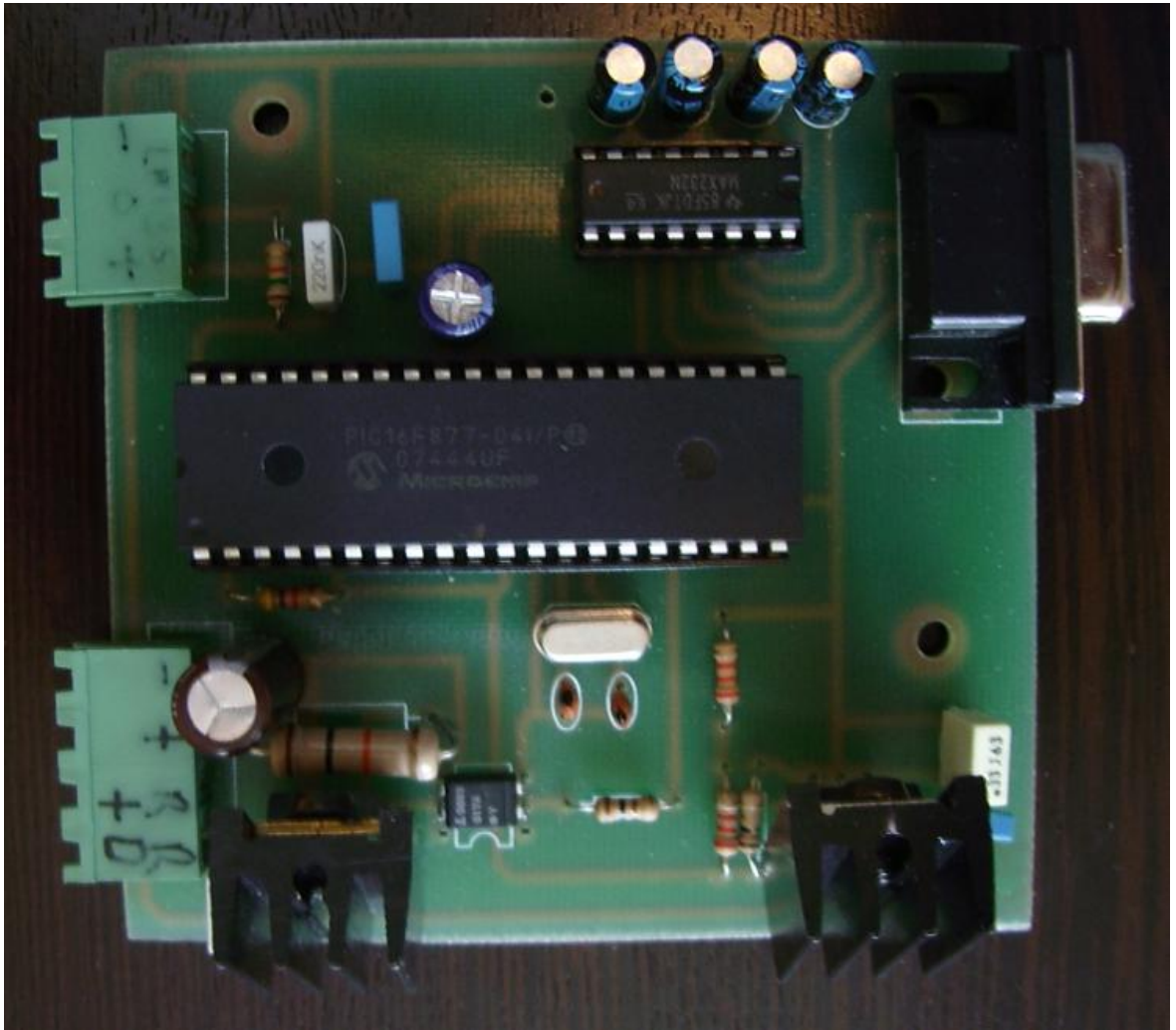
$$V_o = 0.01 \times T \text{ Volt} \quad (3.12)$$

V_o sıcaklık algılayıcı çıkış voltajı, T ise °C derece cinsinden sıcaklıktır.



Şekil 3.11 LM35DZ sıcaklık algılayıcısının uç ayrıntısı

Yukarıda anlatılan konular ışığında veri toplama devresinin kurulumu yapıldığında Şekil 3.12 deki devre meydana gelir. Devrenin baskılı devre olarak dizayn edilmesi için tasarlanan PCB çizimi ve devre eleman yerleşim planı görüntüleri Şekil 3.13 ve Şekil 3.14 de gösterilmiştir. Ayrıca su ısıtıcısını süren MOSFET devresi de veri toplama devresi üzerine ilave edilmiştir.



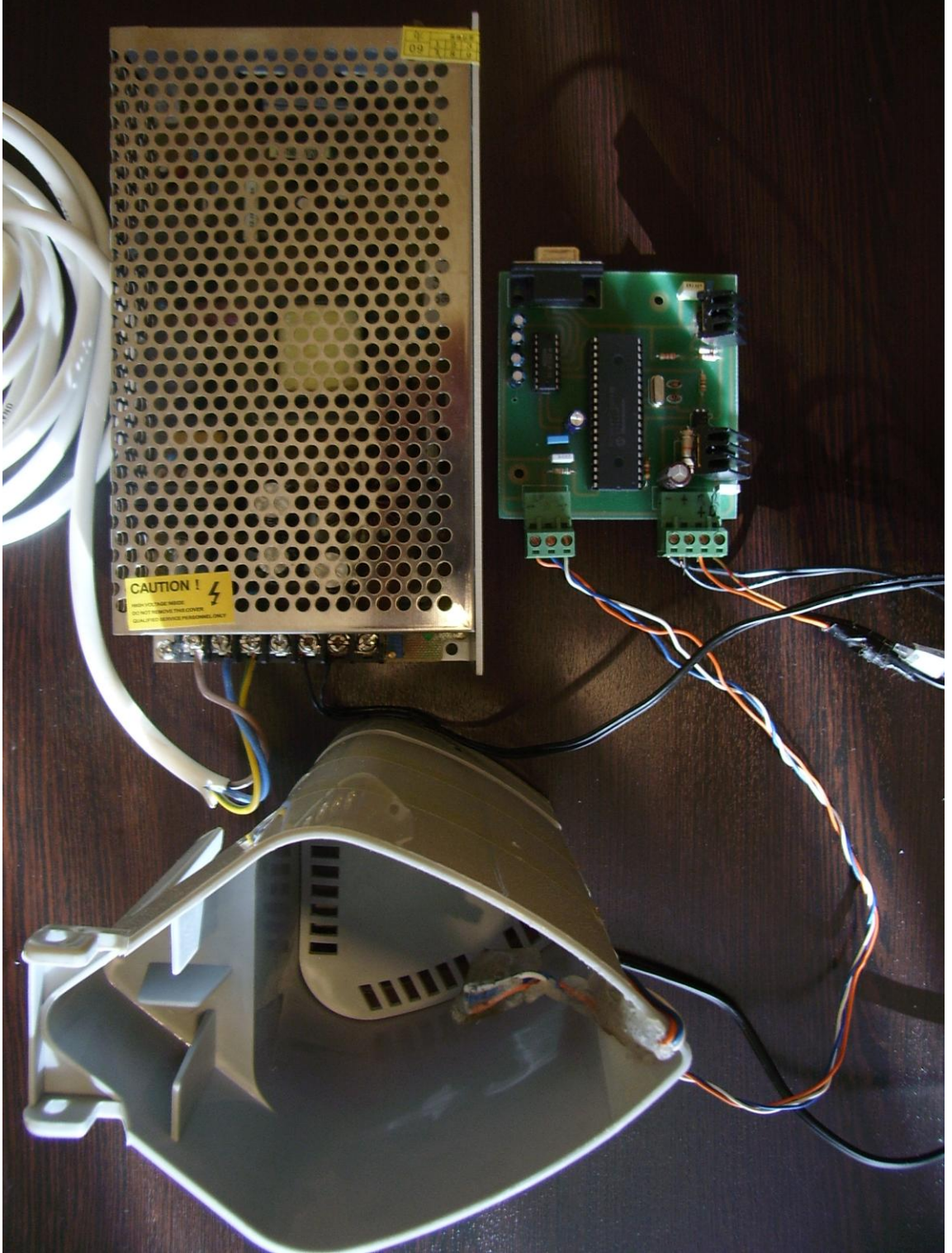
Şekil 3.12 Gerçekleştirilen endüstriyel ölçme ve kontrol sisteminin baskılı devresi

The diagram shows a circuit board layout for a 16F877 microcontroller. The components and their values are as follows:

- Microcontroller:** 16F877/04
- Resistors:**
 - D Res + (12 V -)
 - 2.2 KOHM
 - 1 OHM
 - 4.7 KOHM
 - 1 K 1 MATT
 - 2.2 KOHM
 - 2.2 KOHM
 - 1.5 KOHM
- Capacitors:**
 - 220 NF
 - 470 UF
 - 22 PF
 - 22 PF
 - 100 NF
 - 100 UF
 - 232
 - 330 NF
 - 100 NF
- Other Components:**
 - 812A
 - 4 MHz
 - LM 35 OUT -
 - RS 232

Şekil 3.14 Gerçekleştirilen sistemin baskılı devresinin eleman yüzü

Veri toplama devresinin, 12V güç kaynağına ve su ısıtıcısına bağlı olduğu tüm sistem görünümü Şekil 3.15 de ve sistem açık devre şeması Şekil 3.16 de görülmektedir.



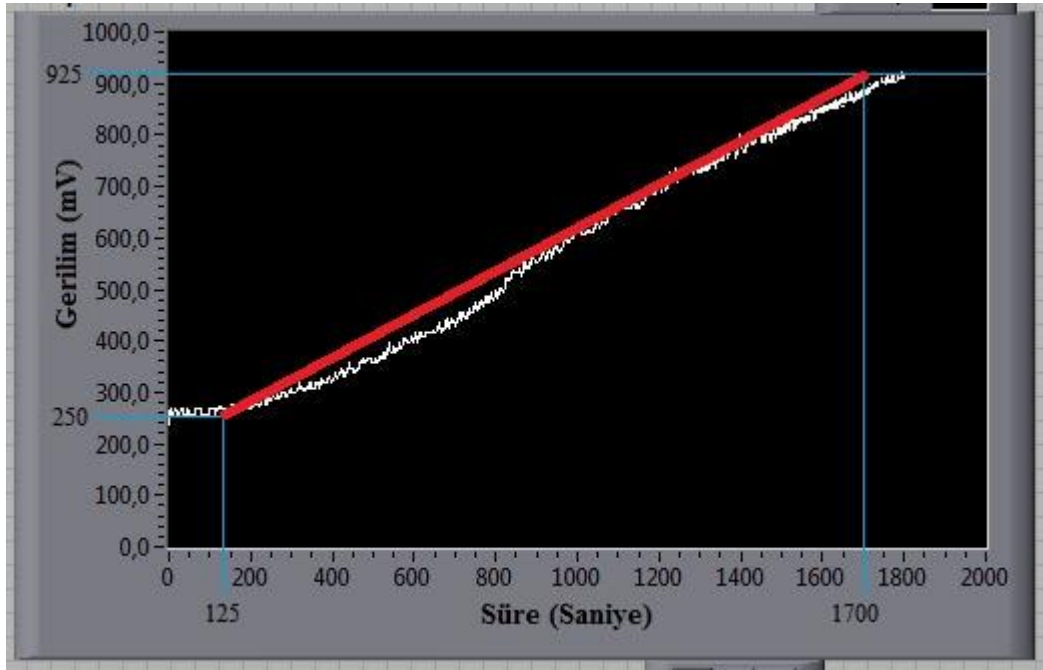
Şekil 3.15 Gerçekleştirilen ölçme ve kontrol sisteminin görünümü

Şekil 3.16 Gerçekleştirilen endüstriyel ölçme ve kontrol sisteminin açık devre şeması

3.7 Isıtıcının Modellenmesi

Isıtıcının açık çevrim birim basamak cevabı için, PWM çıkışına bağlı olan içi su dolu ısıtıcı tankta, her saniye için LM35 algılayıcısından elde edilen değerler kayıt edilmiştir.

Mikrodenetleyicinin PWM görev süresi 0-1023 aralığında seçilebilmektedir. Deneyde başlangıç olarak PWM görev süresine 200 değeri verilmiş ve ısıtıcıdan okunan sıcaklık 25 dereceye ayarlanmıştır. Bu aşamadan sonra PWM görev süresi değeri birer birer arttırılıp, her saniye algılayıcı voltajı kayıt edilmiştir. Bu işlem PWM görev süresi değeri 1000 yapılan kadar devam etmiştir. Yapılan deney sonucu elde edilen süre-voltaj grafiği Şekil 3.17 gibi oluşmuştur.



Şekil 3.17 Isıtıcı birim basamak deney cevabı

Yapılan deney sonucunda Şekil 3.17'deki grafik çizilir. Bu grafik üzerinden (3.13) deki değerler tespit edilir.

$$T_d = 125s \text{ (Eğimin başladığı nokta)}$$

$$T_1 = 1700s \text{ (İkinci nokta)}$$

(3.13)

$$K = (925 - 250) / (1000 - 200) = 0.844 \text{ mV}/\mu s$$

Referans alınan yukarıdaki iki nokta ile kırmızı renkli doğru parçası çizilir.

Bu durumda ısıtıcının transfer fonksiyonu, (3.13) deki değerlerin (2.3) deki modele yerleştirilmesiyle (3.14) deki gibi elde edilir.

$$G(s) = \frac{0.844e^{-125s}}{(1+1700s)} \quad (3.14)$$

Isıtıcı transfer fonksiyonundan(3.14) yola çıkarak Çizelge 2.1 Ziegler-Nichols PID parametre tablosu yardımı ile PID kontrolör tasarımı (3.15) denklemleri gibi olur.

$$K_p = \frac{1.2T_i}{KT_d} \quad T_i = 2T_d \quad T_D = 0.5T_d \quad (3.15)$$

Yukarıdaki denklemlerde (3.13)'deki deney sonuçları yerine koyulursa,

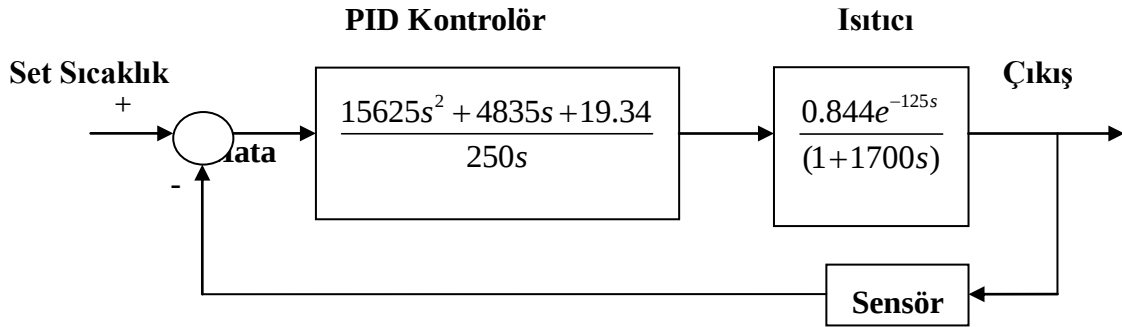
$$K_p = \frac{1.2 \times 1700}{0.844 \times 125} = 19.34 \quad T_i = 2 \times 125 = 250 \quad (3.16)$$

$$T_D = 0.5 \times 125 = 62.5 \quad \text{Olarak elde edilir.}$$

Bu katsayılara göre PID Kontrolör Transfer Fonksiyonu (3.17)'deki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} \frac{U(s)}{E(s)} &= 19.34 \left[1 + \frac{1}{250s} + 62.5s \right] \\ \frac{U(s)}{E(s)} &= \frac{15625s^2 + 4835s + 19.34}{250s} \end{aligned} \quad (3.17)$$

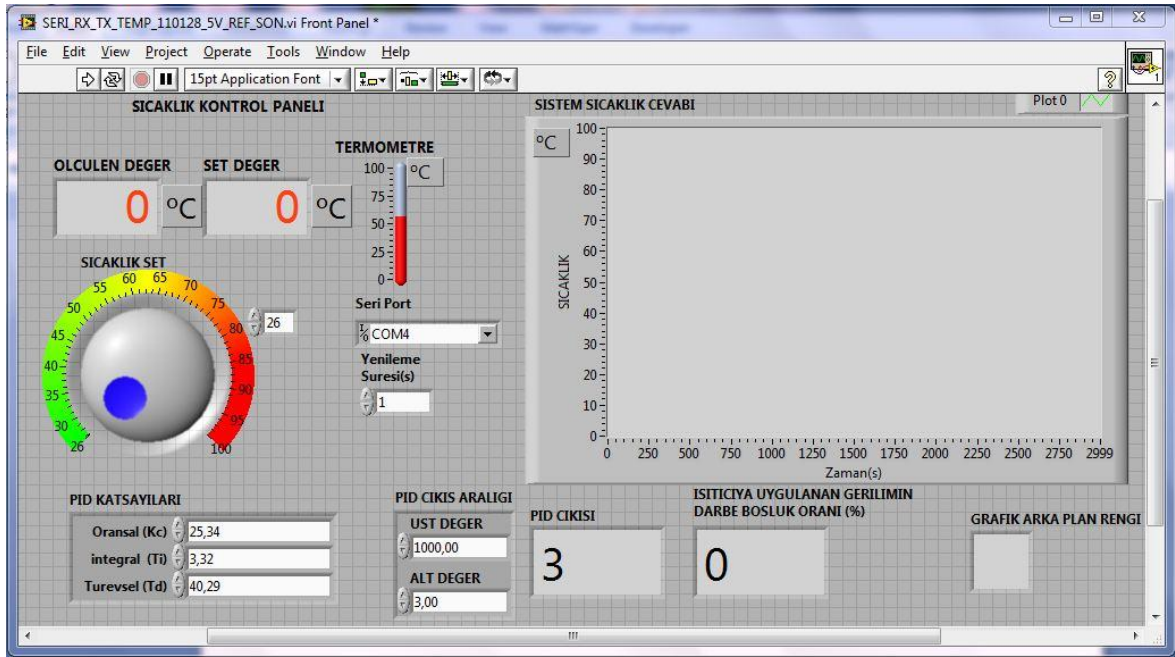
Yukarıda elde edilen veriler ışığında PID kontrol sistemimiz Şekil 3.18 gibi olur.



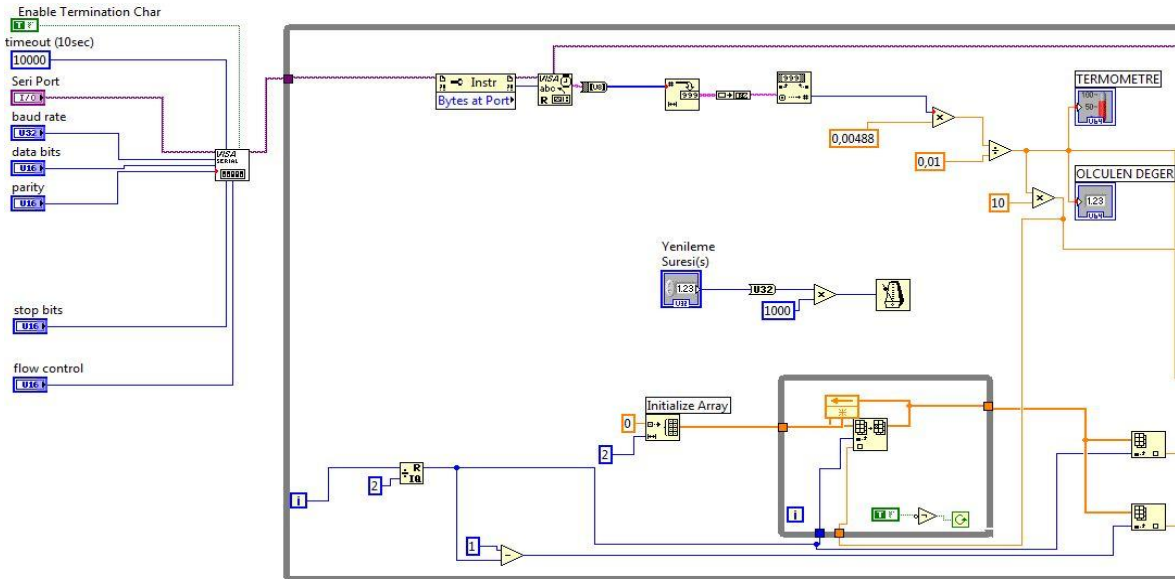
Şekil 3.18 Hesaplanan PID kapalı çevrim kontrol sisteminin blok diyagramı

4. LabVIEW İLE ENDÜSTRİYEL SICAKLIK ÖLÇME VE KONTROL SİSTEMİNİN YAZILIMI

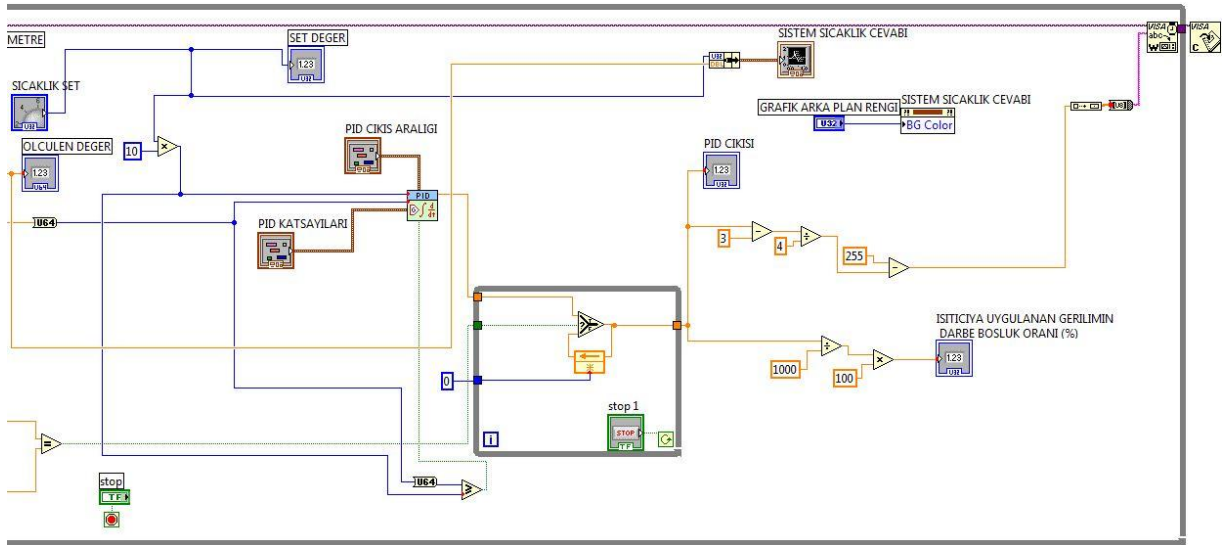
Ölçme ve enstrumantasyon odaklı olarak geliştirilen LabVIEW yazılımı, yapısal ve nesne programlama dillerinin sahip olduğu tüm yeteneklere sahiptir. Hazır fonksiyonlar ile yazılımı oldukça kolaylaştırmaktadır. Bu uygulamada gerçekleştirilen PID kontrol uygulaması LabVIEW PID Toolkit fonksiyonu sayesinde kolayca programlanmıştır. Program ön paneli ve blok diyagramlarına ait görüntüler sırasıyla Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3 de görülmektedir.



Şekil 4.1 Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW ön paneli



Şekil 4.2 Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW blok diyagramı-1



Şekil 4.3 Gerçekleştirilen sistemin yazılımının LabVIEW blok diyagramı-2

4.1 Gerçekleştirilen Sistemin Yazılımının Çalışması

LabVIEW kullanıcı önpaneli, sıcaklık bilgisini hem sayısal gösterge hem de termometre gösterge olmak üzere 2 ayrı şekilde gösterim yapabilecek şekilde tasarlanmıştır. Burada istenilen sıcaklık ayarlaması Sıcaklık Set düğmesi sayesinde yapılmaktadır. Seçilen set sıcaklık, ekranda sayısal gösterge ile gösterilir. Şekil 4.1 de programa ait ön panel ekran çıktısı görünmektedir.

Program PC'deki Com portları otomatik olarak taramakta olup, ilgili Com port Seri Port sekmesinden seçilebilmektedir. Yenileme Süresi(s) seçimi program tarama hızını ayarlamaktadır.

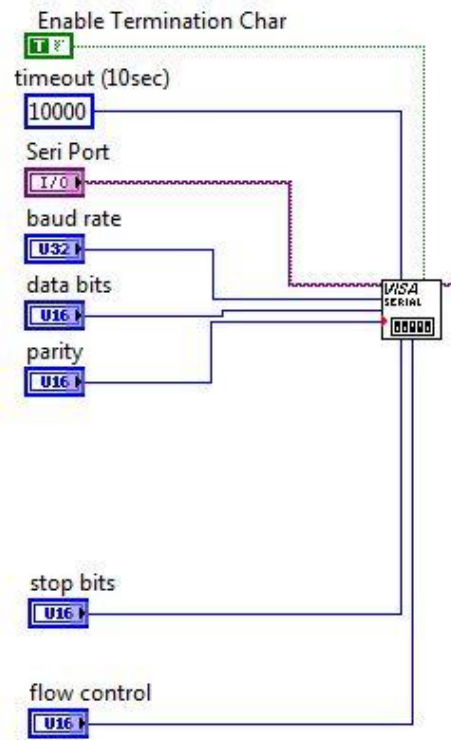
Kontrol bölümünde, PID Kazançları butonlarından PID katsayıları istenildiği gibi ayarlanabilmektedir. Ayrıca PID çıkış aralığı da butonlar sayesinde ayarlanabilir olarak tasarlanmıştır. PID Çıkış göstergesi, hesaplanan o anki düzeltme bilgisini(PWM Görev süresi değeri) göstermektedir. Bu gösterge ile sistemin kontrol düzeltmesi için yaptığı tüm ayarlamalar değersel olarak gözlemlenmiş olur. Isıtıcıya Uygulanan Güç Oranı göstergesi ise anlık olarak ısıtıcıya uygulanan güç değerini yüzdesel olarak vermektedir.

Sistem çalıştırıldığında gerçek zamanlı olarak, set sıcaklık verisi ile su tankından okunan sıcaklık verisi, sistem sıcaklık cevabı grafik panelinden yenileme süresi periyodunda takip edilebilmektedir. Programın çalışma şekli tezin devamında 3 kısımda incelenmiştir.

Grafik arka plan rengi butonu ile sistem cevabı grafiğinin zemini istenilen renge ayarlanabilir.

4.1.1 Kişisel Bilgisayarın Seri İletişim Konfigürasyon Programı

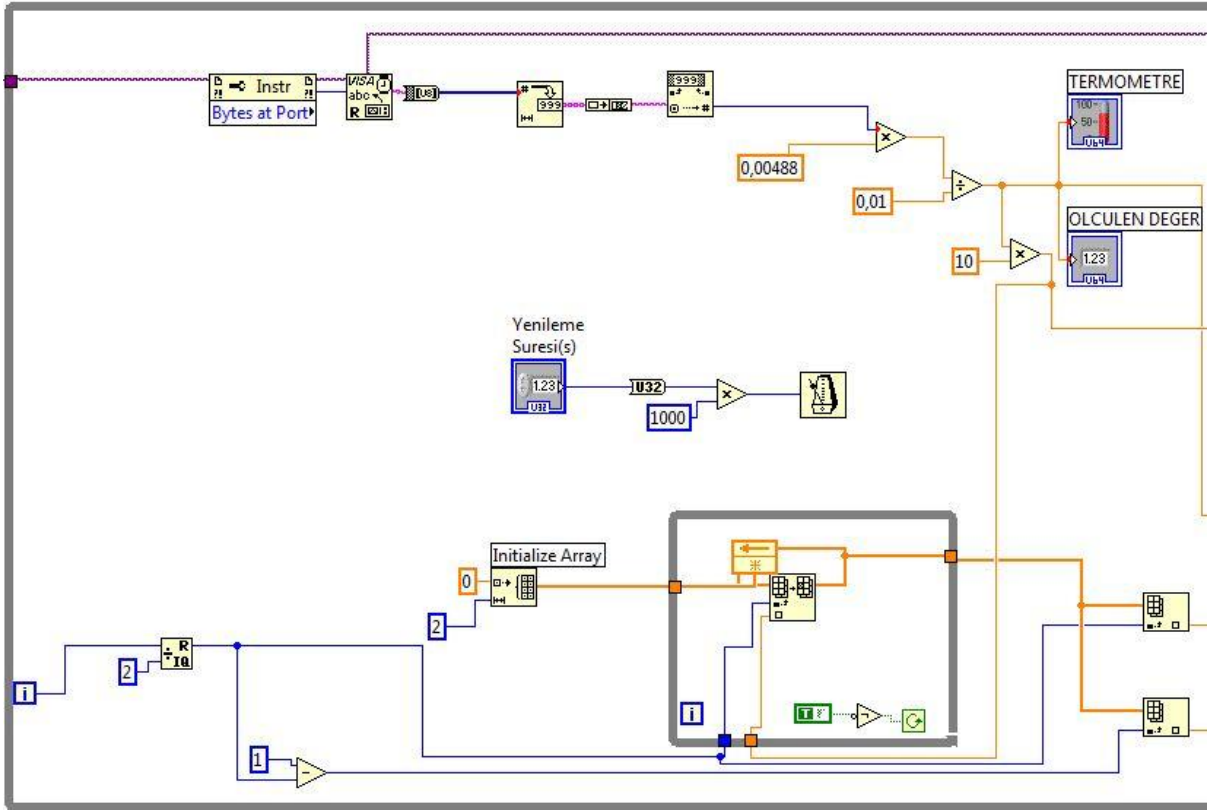
Kontrol sürecinde LabVIEW ve PIC haberleşmesi bu uygulamanın ana omurgası olarak sayılabilir. Bu nedenle ilk olarak LabVIEW 'de VISA uygulaması ile seri port konfigürasyonu ayarları yapılmıştır. PIC yazılımında 9600 Baud Oranı ayarlandığından, uygulamanın LabVIEW tarafında VISA biriminde de bu değer 9600 Baud Oranı olarak ayarlanmalıdır. Seri Port konfigürasyonu için gerekli LabVIEW yazılımı blok diyagramı aşağıda Şekil 4.4 de gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Seri iletişim konfigürasyon programının blok diyagramı

4.1.2 Mikrodenetleyiciyle Seri İletişim Programı

VISA Read ve Bytes at port fonksiyonları kullanılarak seri iletişim için gerekli bağlantılar yapılmıştır. Bu şekilde program PIC 16F877 yazılımı ve donanımı sayesinde veri gönderim ve alımı yapabilmektedir. Bytes at port fonksiyonu ile hattı dinleyen LabVIEW yazılımı, PIC sıcaklık verilerini göndermeye başladığı andan itibaren yakalamaktadır. Fakat elde edilen veri, yazılımın özelliğinden dolayı string ifade olarak alınır. Bu durum string-byte ve hex-decimal dönüşümleri ile anlaşılır sıcaklık verileri haline dönüştürülür.

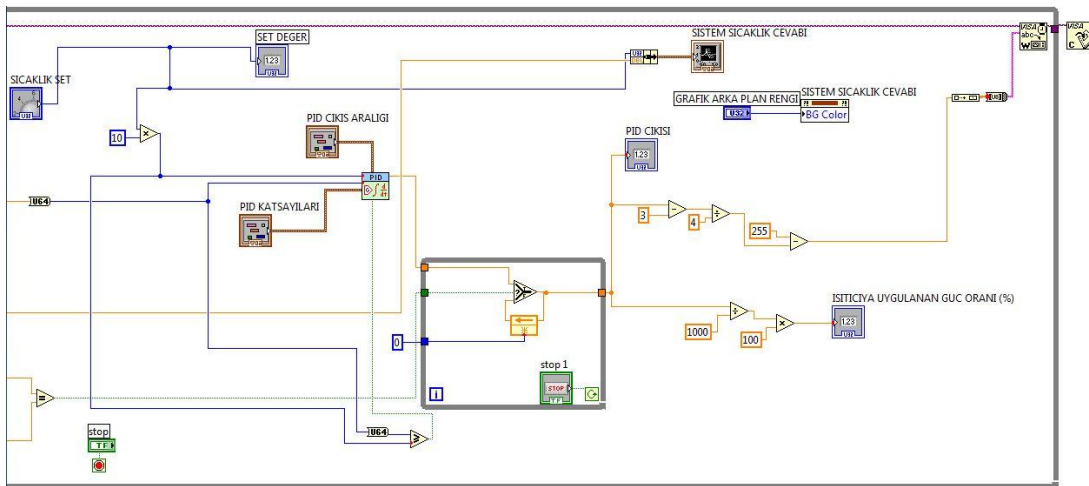


Şekil 4.5 Seri iletişim programının blok diyagramı

PIC ADC biriminde 5V referans gerilimi kullanılmış olup, basamak voltajı 0,00488 V dur. PIC ADC biriminden LabVIEW'a gönderilen sayısal veri matematiksel işlemler yapılarak ADC'den elde edilen adım değeri, 0,00488 ile çarpılıp ardından da derece başına sensör voltaj oranı olan 0,01V'a bölünerek elde edilen gerçek sıcaklık değeri, ÖLÇÜLEN DEĞER ve TERMOMETRE göstergelerinden gerçek zamanlı olarak izlenmektedir. Sıcaklık verilerini alıp işleyen ve ekranda gösteren LabVIEW yazılımının 2.kısım Şekil 4.5 de görülmektedir.

4.1.3 LabVIEW ile PID Kontrol

PIC'den seri port ile gönderilen sıcaklık verilerini sürekli olarak okuyan LabVIEW programı, sistemi kontrol etmek için bu kısımda, PID Toolkit modülü içinde gelen hazır PID fonksiyonunu kullanmaktadır. Sıcaklık kontrolünün yapılacağı set sıcaklık değeri, SICAKLIK SET komütatör kontrolü ile sağlanmaktadır. Bu verinin başlangıç değeri ortam sıcaklığı olarak kabul edilen 26 °C dereceye set edilmiştir. Set edilen sıcaklık değeri, SET DEĞER sayısal göstergesi tarafından izlenebilmektedir.



Şekil 4.6 PID Kontrol programının blok diyagramı

PID çıkış aralığı 0 (güç yok) -1000 (Maksimum güç) olarak ayarlanmıştır. Bu PID girişleri LabVIEW ön panelindeki kontroller sayesinde kolaylıkla değiştirilebilir özelliğe sahiptir. PID fonksiyonu set sıcaklık değeri ile ölçülen sıcaklık değeri arasındaki fark(hata) ile hesaplanmış olan tercih edilen (3 – 1000) çıkış aralığına göre PID çıkışında bir düzeltme verisi üretecek şekilde tasarlanmıştır. Bu işlem programın 3.kısımını oluşturmakta olup, Şekil 4.6 da görülmektedir.

Uygulama yapılırken, türevsel kontrol etkisi nedeniyle set sıcaklık kontrolü ile anlık olarak yapılan artışlarda PID fonksiyonu geçici süre olarak çıkışı 0 gösterip, azaltışlarda ise geçici süre çıkışı 1000 yapmaktadır. Geçici olarak PID çıkışındaki bu hatalı durum LabVIEW ile tasarlanan D-Latch fonksiyonu sayesinde bir önceki doğru çıkışın hafızaya alınması sayesinde sisteme zarar verecek PID çıkış dalgalanmalarını düzeltmiştir.

PIC Mikrodenetleyicisinde PWM kaydedicilerinden CCPR1L üst 8 bit ve CCP1CON'un ise 4 ve 5. bitleri alt 2 biti olmak üzere 10 bit'dir. Bu kontrolde LabVIEW tarafında 1 byte'lık PID çıkış verisi kullanabilmek için PIC tarafındaki yazılımda CCP1CON alt 2 biti set edilerek sabit tutulmuştur. Bu durum neticesinde devredeki güç kontrolü sadece CCPR1L ile 1 byte olarak yapılmaktadır. PID çıkışındaki kontrol verisinin 10 bitlik PWM kaydedicisine yazdırılması için Şekil 4.6 da D-Latch çıkışındaki hesaplama ile 10 bitlik veriden CCP1CON'a set edilen desimal 3 değeri çıkartılıp, 4'de bölünerek 8 bit'e indirgenen değer CCPR1L ye yazdırılır. Bu değer aynı zamanda PWM tarafından oluşturulacak gücü belirlemektedir. Optokuplörün yaptığı 180° faz kayması nedeniyle elde edilen 8 bitlik PWM değeri 255'den çıkartılarak devreye gönderilir.

Isıtıcıya anlık olarak uygulanan güç oranı, PID çıkışından elde edilen PWM değerinin sistemin maksimum güçte çalıştığında PWM'e yüklenen 1000 değerine bölünmesi ile hesaplanır. Bu şekilde anlık olarak ısıtıcıya verilen güç miktarı oransal olarak izlenir.

PWM'in CCPR1L yazmacı için hesapladığı veri VISA Write ile PIC'e sunulur. Bu kısımda veri gönderecek olan VISA Write fonksiyonu string veri kabul ettiğinden decimal-string dönüşümü yapılarak bu işlem sağlanır.

LabVIEW program döngüsü ile yenileme süresi periyodunda PIC den sıcaklık verisi okunur, set sıcaklığı ile karşılaştırılması sonucu PID çıkışı hesaplanır. Oluşturulan PID düzeltme verisi seri port'dan PIC'e alınarak, burada CCPR1L yazmacına yazdırılır. PIC tarafında koşan yazılım ile CCPR1L deki değere göre oluşturulan PWM sinyali PIC'in CCP1 çıkışından güç katına sunulur. Böylece güç katındaki MOSFET'e bağlı olan ısıtıcı PWM sinyalindeki değişimlere göre kontrol edilir.

Kontrolün en önemli parametreleri olan PID kazanç katsayıları güncelleme(döngü) süresine(T_s) göre (4.1) de verilmiş olan denklemlere göre normalize edilir. PID Katsayıları kontrol girişlerine bu değerler girilir.

$$K_p^{T_s} = K_p \quad T_i^{T_s} = \frac{K_p T_s}{T_i} \quad T_D^{T_s} = \frac{K_p T_D}{T_s} \quad (4.1)$$

Bu durumda,

$T_s = 30s$ için,

$$K_p^{30} = 19.34 \quad T_i^{30} = \frac{19.34 \times 30}{250} = 2.32 \quad T_D^{30} = \frac{19.34 \times 62.5}{30} = 40.29 \quad (4.2)$$

Programda sistem başarımını test etmek için 30 saniyelik güncelleme süresine göre (4.2) deki katsayılar hesaplanmış olup, sistem cevapları bu süreye göre alınmıştır.

4.2 Mikrodenetleyici Yazılımı

Mikrodenetleyici yazılımı ile LabVIEW yazılımı paralel çalışmaktadır. Mikrodenetleyici yazılımı LabVIEW yazılımından gönderilen verileri işleme ve sıcaklık algılayıcısından ortam sıcaklığını okuma işlemini gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. Yazılımın çalışma akış diyagramı Şekil 4.7'deki gibidir.



Şekil 4.7 Mikrodenetleyici yazılımının çalışma akış diyagramı

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu projede bir tank içindeki suyun sıcaklığı PID kontrolör kullanılarak LabVIEW grafik tabanlı yazılımı ile yapıldı.

PID kontrolörlerde katsayıların doğru tespit edilmesi başarılı bir kontrol için çok önemlidir. Açık çevrim sistem cevabı deneyleri sonucu oluşturulan transfer fonksiyonundan Ziegler-Nichols metoduyla PID katsayıları tespit edilmiştir. Elde edilen değerler ideal ve yaklaşık değerler olup, kontrolde çok başarılı sonuçlar vermemiştir. Bu çalışmanın özelliklerinden biri olan PID kontrol işleminin LabVIEW ile PC ortamında yapılması ve aynı zamanda sistem cevabının LabVIEW’da gerçek zamanlı izlenebilir olması, gerçek katsayıların tespitinde büyük kolaylık ve başarı sağlamıştır. Deneyler 30s güncelleme süresi temel alınarak hesaplanan PID katsayıları ile yapılmıştır. Sistem sıcaklık cevabı grafiğinden okunan veriler Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2’de gösterilmiştir.

20 °C den 35 °C ye				
PID Toolkit Güncelleme Süresi(s)	Gecikme Zamanı(s)	Yükselme Zamanı(s)	Yerleşme Zamanı(s)	Aşım Oranı(M _p) %
30	305	500	630	0

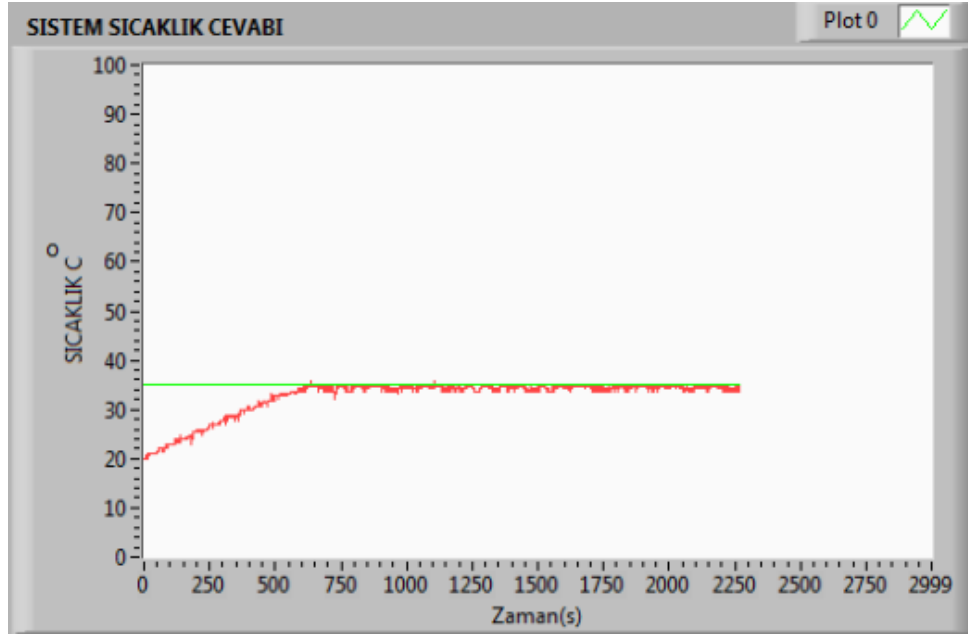
Çizelge 5.1 20 °C’den 35 °C’ye ısıtma deneyi verileri

20 °C den 50 °C ye				
PID Toolkit Güncelleme Süresi(s)	Gecikme Zamanı(s)	Yükselme Zamanı(s)	Yerleşme Zamanı(s)	Aşım Oranı(M _p) %
30	550	982	1275	0

Çizelge 5.2 20 °C’den 50 °C’ye ısıtma deneyi verileri

Set değer 35 °C derece ayarlanarak 30s güncelleme süresinde yapılan deneyde Şekil 5.1 deki cevap elde edilmiştir.

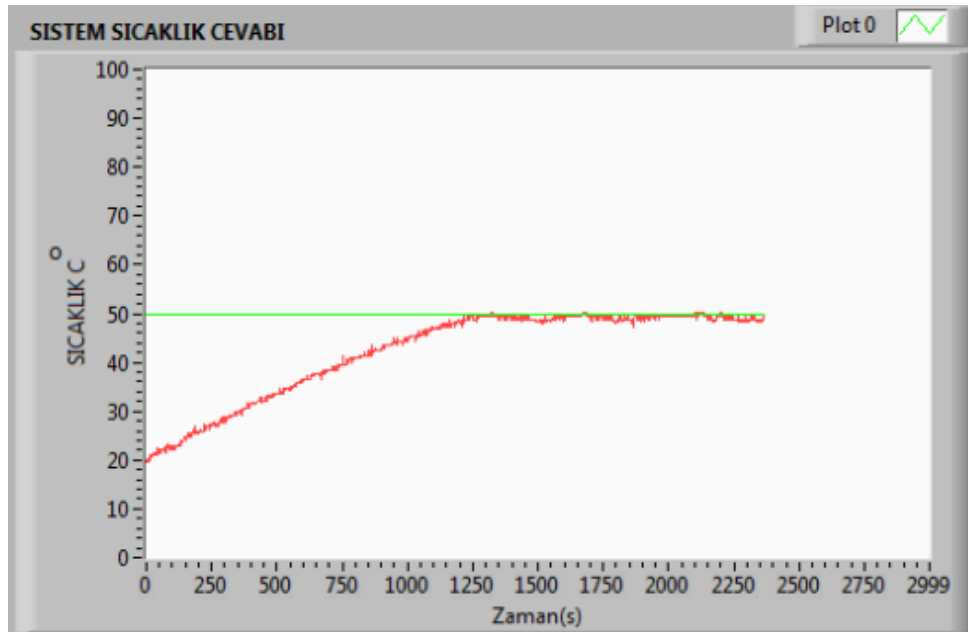
$K_p = 19.34$ $T_i = 2.32$ $T_D = 40.29$ (Güncelleme Süresi:30s)



Şekil 5.1 20 °C'den 35 °C'ye ısıtma grafiği

Set değeri 50 °C derece ayarlanarak 30s güncelleme süresinde yapılan deneyde Şekil 5.2'deki cevap elde edilmiştir.

$K_p = 19.34$ $T_i = 2.32$ $T_D = 40.29$ (Güncelleme Süresi:30s)



Şekil 5.2 20 °C'den 50 °C'ye ısıtma grafiği

Sistemin set değere olan yaklaşım hata miktarı sistem cevap grafiklerinden analiz edildiğinde, 30s güncelleme süresinde Şekil 5.1 ve Şekil 5.2 incelendiğinde 2 veya 3 derece gibi sıcaklık hataları ve aşım ile karşılaşmaktadır. Güncelleme süresi arttırıldığında hata miktarı ve aşım azalacaktır.

LM35DZ sıcaklık algılayıcısı $^{\circ}\text{C}$ başına 10 mV çıkış verdiğinden, 5 V referans gerilimi kullanılan 10 bitlik ADC sistemin hassasiyetini yaklaşık 0.5°C yapmaktadır. Daha yüksek sistem hassasiyeti sağlamak için çözünürlüğü 10 bit üzeri olan harici ADC'ler kullanmak veya ADC referans gerilimini düşürmek gerekir.

ADC'nin her adımı $5\text{V}/1024 = 0,0048 = 4,8\text{mV}$

Her ADC adımında yaklaşık olarak 0.5°C hassasiyet vardır.

Sistem $0 - 100^{\circ}\text{C}$ arasında çalışabilmektedir. Yapılan termometre ölçümlerinde tam ölçekte sistem doğruluğu $\% \pm 1$ olarak tespit edilmiştir. Yani doğruluk tam ölçekte $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'dir.

Şekil 2.5 de görüldüğü gibi aç/kapa (on-off) kontrol uygulamalarında sıcaklık değeri set değeri etrafında belli bir hata bandında dalgalanmalar yaparak çalışır. Bu çalışmada elde edilen PID kontrol cevaplarında, ölçülen sıcaklık değerinin set değerine olan değişimi incelendiğinde, PID kontrol uygulamalarının, aç/kapa yöntemine göre endüstride ne kadar başarılı olduğu kanıtlanmaktadır.

Çizelge 5.3'de görüldüğü gibi endüstriyel cihazlarda sistemler mikrodenetleyici tabanlı tasarlanmıştır. Bu tezde tasarımı yapılan cihaz da kontrol işlemi LabVIEW yazılımı ile PC tabanlı yapılmaktadır. Cihazlar incelendiğinde kontrol modelinin seçimli ve sabit olmak üzere tasarlandıkları görülmekte (PI, PD, PID, Aç/Kapa), PC tabanlı kontrol ve yönetim yazılımları ile haberleşebilen cihazlarda RS-232 veya RS-485 seri haberleşme arabirimleri bulunmaktadır.

İndem BM 302 Su Banyosu	GFL Su Banyosu	Metronik M6P01TB	Omron E5C2	Libratherm PRC-300	LV Süreç Kontrol Yönetim Yazılımı	LV ile Sıcaklık Ölçümü ve Kontrolü
Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici	Mikrodenetleyici
Dijital gösterge	Dijital gösterge	Dijital gösterge	Analog gösterge	Dijital gösterge	Yazılım üzerinde dijital gösterge	Yazılım üzerinde dijital gösterge (Set ve Ölçülen)
PID	PI	Aç/Kapa (on-off)	Aç/Kapa (on-off) - PD	Aç/Kapa (on-off) - PID	Kontrol modu (Aç/Kapa-PID) ve ayarları seçer	PID
RS-232 Seri Haberleşme	YOK	YOK	YOK	RS-232 Seri Haberleşme	RS-485 Seri Haberleşme	RS-232 Seri Haberleşme
230 VAC 50 Hz besleme	230 VAC 50 Hz besleme	230 VAC 50 Hz besleme	230 VAC 50 Hz besleme	230 VAC 50 Hz besleme	YOK	230 VAC 50 Hz besleme
Nüvetherm veri kontrol yazılımı	YOK	YOK	YOK	SCADA	LabVIEW	LabVIEW
Mikrodenetleyici tabanlı kontrol	Mikrodenetleyici tabanlı kontrol	Mikrodenetleyici tabanlı kontrol	Mikrodenetleyici tabanlı kontrol	Mikrodenetleyici tabanlı kontrol	YOK	PC tabanlı kontrol
•	•	%1 doğruluk	%2 doğruluk	%0.1 doğruluk	•	%2 doğruluk

Çizelge 5.3 Endüstriyel cihaz karşılaştırması

LabVIEW ortamında PID kontrolün yapılması, PID kazanç katsayıları, PID çıkış aralıkları gibi değerlerin kolaylıkla ayarlanmasını sağlamaktadır. Mikrodenetleyicilerde bu işlemler ya ek kontrol donanımları ile ya da yazılımsal olarak verilerin her seferinde konfigüre edilmek suretiyle değiştirilmesi gerekmektedir. Ayrıca kontrol hesaplamalarının LabVIEW ile PC ortamında yapılması hayal gücü ile sınırlı ilave uygulama eklentilerine kolaylıkla imkân tanımaktadır.

Yapılan literatür taramalarında, On-Off ve PID uygulamaları sıklıkla görülse de, rastlanılan uygulamalarda PID kontrol denetimi, Mikrodenetleyici kontrollü yapılmaktadır. Bu tezdeki uygulamanın farkı PID kontrolün LabVIEW programı ile PC tabanlı yapılmasıdır. Mikrodenetleyici sadece veri toplama ve güç katını sürmekle görevlidir.

Tasarlanan kontrol sistemi büyük boyutlu tanklara da uygulanabilir. Ayrıca devrede sürücü katı farklı sistemlerin kontrolüne de uygun tasarlandığından, donanım ve yazılım diğer sistemler için tespit edilen PID katsayıları ile kontrol işlemini yapabilir.

KAYNAKLAR

Aksoy, S. ve Mühürücü, A., “Mikrodenetleyici Tabanlı Bir Süt Soğutma Tankının Soğutma Kontrolü”, Sakarya Üniversitesi yayını.

Bodur, A., Dinçer, G. ve Gerçek, C., (2001), “Her Yönüyle Enstrümantasyon ve Ölçme”, Bölüm: 2.

Berber, E., (2008), “Mikrodenetleyicili Endüstriyel Otomatik Sıcaklık Ölçüm ve Kontrol Sistemi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gültekin, S. S., (2007), “Seviye ve Sıcaklık Kontrol Sistemi Tasarımı”, Selçuk Üniversitesi Teknik-Online Dergi, Cilt: 6(3).

İbrahim, D., (2002), “Microcontroller Based Temperature Monitoring and Control”, Elsevier Science & Technology Books, Chapter 9, pages 201-219.

Jian-Xin Xu, Sanjib K. Panda ve Tong Heng Lee, (2008), “ILC for Process Temperature Control”, Chapter 5:65-83.

Kapıdere, M., Ahıska, R. ve Güler, İ., (2003), “Dört Sıcaklık Algılayıcılı ve Mikrodenetleyicili Termohipoterm Sistemi”, 3. International Advanced Technologies Symposium, August 18-20, 2003, Ankara, 90-96.

Prewit, C. and Bachnak, R., (2004), “Implementing PID Temperature Control Using LabVIEW”, Proceedings of the 2004 ASEE Gulf-Southwest Annual Conference, Texas Tech University.

Sunay, A.S., Koçak, O., Kamberli, E. ve Koçum, C., (2007), “Design and Construction of a LabVIEW Based Temperature Controller with using Fuzzy Logic”, Başkent University, Faculty of Engineering, Department of Biomedical Engineering, Journal, Ankara.

Şahin, S., İşler, Y. ve Selek, M. B., (2007), “Sanal Aygıtlarla Sıvı Seviyesi ve Sıcaklık Kontrolü Deneyi”, Celal Bayar Üniversitesi, Teknik Bilimler Dergisi, Cilt: 2(8).

Uzun T., (2009), “Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemleri Ders Notu”, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

Ünsaçar, F. ve Eşme, E. (2007), Grafik Programlama Dili, Seçkin Yayıncılık, Ankara.

Yücelen, T., Kaymakçı, Ö. ve Kurtulan, S., “Bir Isıl Sistemin Modellenmesi ve Siemens Simatic S7-200 PLC ile Kontrolü”, İstanbul Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği yayını.

İnternet Kaynaklar

- [1] <http://www.ni.com/>
- [2] <http://www.metronik.com.tr/?MikroislemciOlcuKontrolCihazlari/>
- [3] http://industrial.omron.com.tr/tr/products/catalogue/control_components/
- [4] <http://www.enda.com.tr/TR/Urunler/>
- [5] <http://www.altanlab.com/>

- [6] <http://www.indem.com.tr/>
- [7] <http://www.microchip.com/>
- [8] <http://www.izoelektronik.com/pic-ve-max-232-ile-seri-porta-veri-gonderme.htm/>
- [9] [http://www.e3tam.com/destek/Algilyicilar_\(Sensors-Transducers\).htm/](http://www.e3tam.com/destek/Algilyicilar_(Sensors-Transducers).htm/)
- [10] [http:// www.libratherm.com/](http://www.libratherm.com/)
- [11] http://integratedpro.com/content/?page_id=41

EKLER

Ek1	PIC16F877A Mikrodenetleyici Assembly Yazılımı
Ek2	Devre Maliyet Tablosu
Ek3	Endüstriyel Sıcaklık Kontrol Cihazlarının Genel Teknik Özellikleri
Ek4	PIC16F877A Mikrodenetleyicisi Katalog Bilgisi
Ek5	Max 232 Entegresi Katalog Bilgisi
Ek6	LM35DZ Entegresi Katalog Bilgisi
Ek7	EL817 Optokuplör Katalog Bilgisi

Ek1 - PIC16F877A Mikrodenetleyici Assembly Yazılımı

```
list p=16f877
```

```
#include "p16f877.inc"
```

```
*****
```

```
;DEĞİŞKENLER
```

```
*****
```

```
SICAKLIK_H      EQU 0X7D
```

```
PID_OUTPUT      EQU 0X7E
```

```
SICAKLIK_L      EQU 0X7F
```

```
TEMP            EQU 0X2E
```

```
*****
```

```
;SERİ PORT VE ADC KONFİGÜRASYONU BAŞLANGICI
```

```
*****
```

```
ORG             0x00
```

```
BSF             STATUS,RP0; Bank 1
```

```
BCF             STATUS,RP1
```

```
CLRF            TRISD
```

```
BSF             TRISA,0
```

```
MOVLW          b'10000000'
```

```
MOVWF           TRISC
```

```
CLRF            TRISB
```

```
MOVLW          0x19; BRG değeri 9600 baud @ 4MHz e göre
```

```
MOVWF           SPBRG
```

```
BCF             PIE1, TXIE
```

```
BCF             PIE1, RCIE
```

```
MOVLW          0xA4; Dâhili clock, 8 bit mode, asenkron iletişim, hızlı seçim
```

```
MOVWF           TXSTA
```

```
MOVLW          b'10001010'
```

```
MOVWF           ADCON1
```

```
BCF             STATUS,RP0; Bank 0
```

```
MOVLW          B'01000001' ; Fosc/8 [7-6], A/D ch0 [5-3], a/d on [0]
```

```
MOVWF           ADCON0
```

```
BSF             RCSTA, SPEN; USART aktif
```

```
CLRF            PORTD
```

```
CLRF            SICAKLIK_H
```

```

CLRF          SICAKLIK_L
CLRF          PID_OUTPUT
;*****
;
;PWM MODÜLÜ KONFIGÜRASYONU
;*****

BANKSEL      CCP1CON
MOVLW        0x3C
MOVWF        CCP1CON
BANKSEL      PR2
MOVLW        d'249'
MOVWF        PR2
BANKSEL      T2CON
BSF          T2CON,0
BCF          T2CON,1
MOVF         T2CON,W
ANDLW        0x07
IORLW        0x00
MOVWF        T2CON
CLRF         CCPR1L
BSF          T2CON,TMR2ON

;*****
;
;ANA PROGRAM BAŞLANGICI
;*****

MAIN
CALL         ADC_START
CALL         SERI_AL_VER
CALL         PWM
GOTO        MAIN

;*****
;
;ADC ALT PROGRAM BAŞLANGICI
;*****

ADC_START
BSF          ADCON0,GO; A/D Dönüşüm başlangıcı
MOVLW        d'250'
```

```

MOVWF      TEMP
ADBEKLE
DECFSZ     TEMP, F
GOTO       ADBEKLE
MOVLW      d'250'
MOVWF      TEMP
ADBEK2
DECFSZ     TEMP, F
GOTO       ADBEK2
BEKLE
BTFSC      ADCON0,GO; Çevrimin tamamlanması için bekle
GOTO       BEKLE
BANKSEL    ADRESL
MOVF       ADRESL, W; Dönüşüm sonucunun son sekiz bitini w yazmacına yaz
BANKSEL    SICAKLIK_L
MOVWF      SICAKLIK_L
MOVF       ADRESH, W
ANDWF      b'00000011'      ; Maskeleme
MOVWF      SICAKLIK_H
BCF        STATUS,RP0
RETURN
;*****
;SERİ PORT RX TX ALT PROGRAMI BAŞLANGICI
;*****
SERI_AL_VER
BCF        STATUS,RP1
BCF        STATUS,RP0; Bank0 a geç
CLRWF
CLRF       RCREG
BSF        RCSTA, CREN; Seri alım aktif
NOP
NOP
NOP
ALIM1
BTFSS      PIR1, RCIF; Seri portdan karakter geldi mi testi
GOTO       ALIM1; Hayır gelmemiş tekrar
MOVF       RCREG, W
MOVWF      PID_OUTPUT
MOVWF      PORTD
NOP

```

```

NOP
NOP
NOP
NOP
NOP
BCF          PIR1, RCIF; Alım kesmesini tekrar temizle.
GON1
BTFS        PIR1, TXIF
GOTO        GON1
BCF          STATUS, RP0
BCF          STATUS, RP1
MOVF        SICAKLIK_L, W
MOVWF       TXREG
BCF          PIR1, TXIF
RETURN

;*****
;
;PWM MODÜLÜ ALT PROGRAMI BAŞLANGICI
;*****
;
PWM
MOVF        PID_OUTPUT, W
MOVWF       PORTB
MOVWF       CCPR1L
RETURN
END

;*****
;
; PROGRAM SONU
;*****
;
```

Ek2 - Devre Maliyet Tablosu

<u>MALZEME LİSTESİ</u>	<u>MALİYET(TL)</u>
PIC 16F877	23,53
MAX232	0,65
4 MHz Kristal	0,50
78L05 Regülatör	0,39
NPN-Optocoupler	0,35
IRF 2807 MOSFET	2,15
Soğutucu x 2 adet	1,80
9 Pin RS-232 DB9 Bağlantı	5,00
12 V 120 W Su Isıtıcısı	12,60
LM35DZ Sıcaklık Algılayıcısı	4,00
1 Ω Direnç	0,06
100 Ω Direnç	0,06
1k (1 Watt) Direnç	0,06
1.5k Direnç	0,06
2.2k Direnç x 2 adet	0,12
4.7k Direnç	0,06
1 μ F Kondansatör x4 adet	0,70
100nF Kondansatör x 2 adet	0,50
100 μ F Kondansatör	0,25
220nF Kondansatör	2,37
330nF Kondansatör	0,25
470 μ F Kondansatör	0,25
22pF Kondansatör x2 adet	1,80
TOPLAM DEVRE MALİYETİ=	57,51 TL

Ek3 - Endüstriyel Sıcaklık Kontrol Cihazlarının Genel Teknik Özellikleri

BM - BS - BD SERİSİ 	SU BANYOLARI Nüve'nin genel amaçlı su banyoları; mikrobiyoloji, araştırma ve sanayi laboratuvarlarında genel ve özel birçok uygulamalarda kullanılmak üzere üretilmiştir. Su Banyoları, homojen ısı dağılımı ve sabit sıcaklık için sıvı sıcaklığı kontrolünü en iyi şekilde sağlar. Uzun ömür ve kolay temizlik açısından, tanklar yekpare, korozyona dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmıştır. Güçlü sirkülasyon pompası sayesinde çok iyi bir sıcaklık dağılımı elde edilmektedir. Sıvı sıcaklığının kontrolü, güvenilir ve hassas mikroişlemcili kontrol sistemi ile yapılmaktadır. Birçok fonksiyonel tuşun yanı sıra, sıcaklık ve zaman için iki ayrı gösterge bulunmaktadır. Soğutmalı modeller, ortam sıcaklığının altında çalışma imkanı sağlar. Yüksek soğutma kapasitesi, düşük sıcaklıklarda dahi hızlı bir soğutma sağlamaktadır. Kullanılan soğutucu ve izolasyon malzemesi CFC içermez. Opsiyonel harici sirkülasyon sistemi (BD 402'de standarttır) yardımı ile, su banyosunun dışında başka bir cihazın sıcaklığı kontrol altında tutulabilir. Geniş aksesuarlar çeşidi, değişik ebatlardaki tüp, flaks ve erlenmeyerlerin kullanılabilmesine imkan sağlar. BD 402 için paslanmaz çelik kapak, diğer modeller için kapak opsiyonel olarak verilmektedir.
ST 402 	ÇALKALAMALI SU BANYOSU  Genel amaçlı su banyolarının özelliklerine (sirkülasyon pompası hariç) ek olarak, ST 402 çalkalamalı su banyosu değişik ebatlardaki tüp, flaks ve erlenmeyerlerin çalkalanmasını sağlar. ST 402, doku kültürü, bakteri inkübasyonu, enzim reaksiyonu ve fermentasyonu gibi uygulamalarda kullanılmaktadır. Optik-elektronik sistemle kontrol edilen çalkalama hızı 50-250 rpm arasında ayarlanabilir. Çalkalayıcı sepet ölçüleri 350x225x130 mm (ExDxY) dir.

TEKNİK ÖZELLİKLER

	BM 302	BM 402	BS 302	BS 402	BD 402	ST 402
Sıcaklık Çalışma Aralığı	Ortam Sıcaklığı +5°C/80°C		0°C / 80°C		-30°C / 40°C	Ortam Sıcaklığı +5°C/80°C
Sıcaklık Sensörü	Fe-Const		Pt-100			Fe-Const
Kontrol Sistemi	Programlanabilir PID Mikroişlemcili Kontrol Sistemi					
Sıcaklık Ayar ve Okuma Hassasiyeti	0.1°C					
Sıcaklık Değişimi 37°C	<± 0.3°C		<± 0.4°C		<± 0.5°C	
Sıcaklık Dalgalanması	± 0.1°C				± 0.2°C	
Zamanlayıcı	100 Saat + Süresiz Çalışma					
Pompa Kapasitesi	5 lt / dk.					-
Harici Sirkülasyon	Opsiyonel	Opsiyonel	Opsiyonel	Opsiyonel	Standart	-
Kullanılabilir Hacim, lt	6	13	3.5	12	10	13
Faydalı Su Yüksekliği, mm	100	100	65	90	-	-
Kurulu Güç	750 W	1500 W	1250 W	2000 W	2000 W	1650 W
Güç Değerleri	230 V, 50 Hz.					
İç Yüzey Yapısı	Paslanmaz Çelik					
Dış Yüzey Yapısı	Elektrostatik toz boyalı paslanmaz çelik					
Tank Ölçüleri (ExDxY) mm	240x300x200	500x300x200	240x300x200	500x300x200	240x300x200	500x300x200
Dış Ölçüler (ExDxY) mm	445x330x320	710x350x330	450x330x590	715x350x590	500x350x560	710x345x330
Paket Ölçüleri (ExDxY) mm	560x410x410	810x410x410	560x410x670	850x400x560	600x400x650	810x410x410

OPSİYONEL İLAVELER

BX XXX S	Harici sirkülasyon pompası
BX XXX Y	BM 302/BM 402/ST 402 için 100°C'lik yüksek sıcaklık ilavesi
BX XXX 9	Dokuz program hafızalı dokuz kademeli kontrol sistemi

AKSESUARLAR

KAPAKLAR

K 04 286	BM/BS 302 için pleksiglas kapak (Sıcaklık dayanımı 60°C)
K 52 007	BM/BS 302 için paslanmaz çelik kapak
K 04 289	BM/BS 402 için pleksiglas kapak (Sıcaklık dayanımı 60°C)
K 52 003	BM/BS 402 için paslanmaz çelik kapak
K 04 197	ST 402 için pleksiglas kapak (Sıcaklık dayanımı 60°C)
K 52 004	ST 402 için paslanmaz çelik kapak
K 52 008	BM/BS 302 için dört delikli kapak (Delik çapı 95 mm)
K 52 005	BM/BS 402 için dört delikli kapak (Delik çapı 95 mm)
K 52 006	BM/BS 402 için altı delikli kapak (Delik çapı 95 mm)
K 52 014	BM/BS 402 için sekiz delikli kapak (Delik çapı 95 mm)



**NÜVE SANAYİ MALZEMELERİ
İMALAT VE TİCARET A.Ş.**

TÜP SPORTLARI VE RAFLAR

A08 051	Tüp sportu	52xØ13 mm
A08 050	Tüp sportu	30xØ16 mm
A08 021	Tüp sportu	27xØ18 mm
A08 049	Tüp sportu	12xØ30 mm
R01 045	BM/BS 302 için	6x100 ml raf
R01 046	BM/BS 302 için	4x250 ml raf
R01 047	BM/BS 302 için	2x500 ml raf
R01 048	BM/BS 302 için	1x1000 ml raf
R01 049	BM/BS 402/ST 402 için	12x100 ml raf
R01 032	BM/BS 402/ST 402 için	6x250 ml raf
R01 051	BM/BS 402/ST 402 için	4x500 ml raf
R01 033	BM/BS 402/ST 402 için	2x1000 ml raf
R01 078	ST 402 için	12x100 ml raf
R01 015	ST 402 için	6x250 ml raf
R01 038	ST 402 için	4x500 ml raf
R01 079	ST 402 için	2x1000 ml raf
R01 036	ST 402 için	6x100 ml raf



ISO 9001

ISO 13485



FABRİKA:
Esenboğa Yolu, 22 km.
Akyurt 06287 ANKARA
Tel : (312) 399 28 30 (3 Hat)
Fax : (312) 399 21 97
http://www.nuve.com.tr
e-mail:satis@nuve.com.tr

İZMİR TANITIM VE SERVİS MERKEZİ:
847. Sok. (Numarızade Çıkamaz)
No: 20/A Korak 35260 İZMİR
Tel : (232) 445 55 39-445 25 70
Fax : (232) 445 57 80

İST. TANITIM VE SERVİS MERKEZİ:
Millet Cad. Karagül İş Merkezi
No: 84/90 Fındıklı 34280 İSTANBUL
Tel : (212) 532 07 47 - 534 64 91
Fax : (212) 531 23 28

Water Baths



- Convincing quality features stand for a practice-proven range of 13 special Water Baths that guarantee reliable temperature examinations, independent of their field of application.

Successfully used

The range of Incubation and Inactivation Baths comprises seven models with five different sizes of 7 to 40 l capacity. Water Bath 1005 is especially suitable for warming medical hot packs. Water Baths 1012 and 1013 are equipped with a circulation system, thus guaranteeing an optimal temperature uniformity.



1005 Water Bath, 40 litres



1003 Water Bath, 14 litres

Specifications and features

- ▶ Short heating-up times.
- ▶ Temperature display and setting digitally via LED display, in 0.1°C increments. Fast and exact setting, exact reproducibility of the set value.
- ▶ Electronic monitoring of the temperature regulator. In case of failure, the cause of the fault is shown on the display.
- ▶ Soft-touch keys with clear symbols. Two-finger operation prevents unintentional alterations of the set value.
- ▶ Interior (bath interior and heating element, cover frame, lid and perforated floor) made of stainless steel. Standard equipment: lid and perforated floor. Water Bath 1005 is supplied without perforated floor if the rack for hot packs 1923 (accessory) is ordered.

Technical data

Model Order No.	Interior dimensions			Exterior dimensions			Capacity approx. litres	Electrical connection *	Weight approx.		Packing volume approx m ³
	Width mm	Depth mm	Working height [♦] mm	Width mm	Depth mm	Height mm			net kg	gross kg	
1002	245	200	145	330	395	255	7	230 Volt / 50...60Hz / 1.0 kW	8	10.5	0.11
1003	400	245	145	485	440	255	14	230 Volt / 50...60Hz / 1.5 kW	12	15	0.13
1004	600	245	145	685	440	255	21	230 Volt / 50...60Hz / 1.5 kW	15	21	0.26
1005	410	296	315	495	490	445	40	230 Volt / 50...60Hz / 1.5 kW	21	26	0.30
1008	400	245	205	485	440	315	20	230 Volt / 50...60Hz / 1.5 kW	13	16	0.13

[♦] perforated floor to upper rim

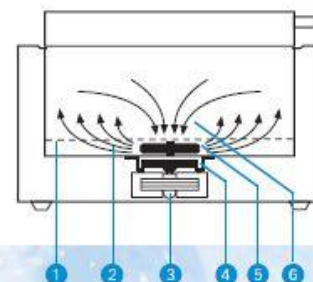
* Special voltages available on request

- Cover frame and lid have mirror finish. Lift-up, insulating lid with inner camber, no dripping back of condensate into the tubes.
- Corrosion-resistant outer housing, made of electrolytically galvanised sheet steel, powder-coated. Drain cock at the back.

Application

All Water Baths models 1002 to 1013 are successfully used for incubations and inactivations of cultures, such as e.g. for warming bacteriological media, carrying out chemical reactions or thawing samples.

The circulation system of Water Baths 1012 and 1013 ensures optimum temperature uniformity throughout the whole bath. An electric motor with rotary magnet is flanged to the bath floor. Its torque is transmitted to a Teflon coated stirring magnet in the bath. The stirring magnet forces the water into the centre of the bath and then evenly back again.



- 1 Perforated floor
- 2 Water circulation
- 3 Motor
- 4 Rotary magnet
- 5 Stirring magnet
- 6 Water circulation

Additional technical data of models 1002-1013

Temperature regulation:	Microprozessor-controlled
Temperature constancy:	$\pm 0,1$ °C temporal
Temperature range:	approx. 5 °C above ambient temperature to +99.9 °C
with water level regulator 1919:	approx. 3 °C above tap water temperature to +99.9 °C
Over-temperature cut-out:	electronic, 4 °C above set temperature and electro-mechanical >130 °C



1013 Water Bath with circulation system, 14 litres

Technical data

Model Order No.	Interior dimensions			Exterior dimensions			Capacity approx. litres	Electrical connection*	Weight approx.		Packing volume approx m ³
	Width mm	Depth mm	Working height [♦] mm	Width mm	Depth mm	Height mm			net kg	gross kg	
1012	245	200	145	330	395	315	7	230 Volt / 50...60Hz / 1.0 kW	8	12	0.11
1013	400	245	145	485	440	315	14	230 Volt / 50...60Hz / 1.5 kW	12	16	0.13

[♦] perforated floor to upper rim

* Special voltages available on request



MİKROİŞLEMCİ DENETİMLİ SETLİ SICAKLIK KONTROL CİHAZI

M48P0XT

GENEL ÖZELLİKLER

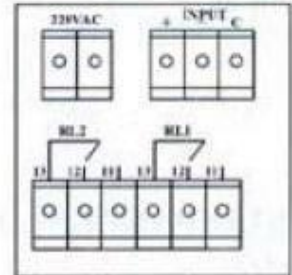
- Mikrokontrolör ile tasarlanmış ON/OFF veya zaman oransal kontrol yapabilen digital sıcaklık kontrol cihazıdır
- 3 digit led display
- T/C ortam kompenzasyonu
- Panelden seçilebilir ON/OFF veya zaman oransal kontrol formu.
- Seçilebilir ısıtma veya soğutma formu.
- Otomatik nokta kaydırma
- Giriş kopmasında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

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)

ENDA EUC442 PID UNIVERSAL CONTROLLER

Thank you for choosing ENDA EUC442 universal controller.

* 48 x 48mm sized.

* Selectable sensor type.

* Selectable 0-20mA or 4-20mA input.

* Automatic calculation of PID parameters (SELF TUNE).



Enter PID parameters of the system if they are known at the beginning. Otherwise, Self-Tune should be activated.

* Soft-Start.

* Communication via RS-485 ModBus protocol (Optional).

* Selectable analog, SSR or relay control output.

* Selectable 0-20mA or 4-20mA analog control output.

* Relay output can be programmable as second alarm or control output.

* AL1 relay output for first alarm out.

* Selectable Heat/Cool control.

* Input offset feature.

* In the case of sensor failure periodical running or relay state can be selected.

* Parameter access protection on 3 levels.

* Programming by using keypad or Modbus.

* CE marked according to European Norms.



TECHNICAL SPECIFICATIONS

Input type		Temperature range		Accuracy
		°C	°F	
Pt 100 Resistance Thermometer	EN 60751	-200...600 °C	-328...+1112°F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
Pt 100 Resistance Thermometer	EN 60751	-99.9...300.0 °C	-99.9...+543.0°F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
J (Fe-CuNi) Thermocouple	EN 60584	0... 600 °C	+32... +1112 °F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
K (NiCr-Ni) Thermocouple	EN 60584	0...1200 °C	+32... +2192 °F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
T (Cu-CuNi) Thermocouple	EN 60584	0... 400 °C	+32... +752 °F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
S (Pt/0Rh-Pt) Thermocouple	EN 60584	0...1600 °C	+32... +2912 °F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
R (Pt13Rh-Pt) Thermocouple	EN 60584	0...1600 °C	+32... +2912 °F	± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
0-20 mA	EN 60584	-999...4000		± 0,2% (of full scale) ± 1 digit
4-20 mA	EN 60584	-999...4000		± 0,2% (of full scale) ± 1 digit

ENVIRONMENTAL CONDITIONS

Ambient/storage temperature	0 ... +50°C/-25... +70°C (with no icing)		
Max. Relative humidity	80% up to 31°C decreasing linearly 50% at 40°C.		
Rated pollution degree	According to EN 60529	Front panel :	IP65
		Rear panel :	IP20
Height	Max. 2000m		
 Do not use the device in locations subject to corrosive and flammable gases.			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Supply	230V AC +10% -20%, 50/60Hz or other power supply (please see page 5, order code)
Power consumption	Max. 5VA
Wiring	2.5mm² screw-terminal connections
Line resistance	For thermocouple max.100Ω, for 3 wired Pt 100 max. 20Ω
Data retention	EEPROM (minimum 10 years)
EMC	EN 61326-1: 1997, A1: 1998, A2: 2001 (Performance criterion B for standard EN 61000-4-3)
Safety requirements	EN 61010-1: 2001 (Pollution degree 2, overvoltage category II)

OUTPUTS

CNT/AL2	Relay : 250V AC, 2A (for resistive load), NO/NC. Selectable as Control or Alarm2 output.
AL1	Relay : 250V AC, 2A (for resistive load), NO/NC selectable. (Alarm1 output).
ANL/SSR	Selectable as 0-20mA, 4-20mA analog output (max. load 400 Ω) or logic control output 12V/20mA
Life expectancy for relay	Mechanical 30.000.000 operation; Electrical 300.000 operation

CONTROL

Control type	Single set-point and alarm control
Control algorithm	On-Off / P, PI, PD, PID (selectable)
A/D converter	15 bits
Sampling time	500ms
Proportional band	Adjustable between 0% and 100%. If Pb=0%, On-Off control is selected.
Integral time	Adjustable between 0.0 and 100.0 minutes
Derivative time	Adjustable between 0.00 and 25.00 minutes
Control period	Adjustable between 1 and 250 seconds
Hysteresis	Adjustable between 1 and 50 °C/F
Output power	The ratio of power at a set point can be adjusted between 0% and 100%

HOUSING

Housing type	Suitable for flush-panel mounting according to DIN 43 700.
Dimensions	W48xH48xD87mm
Weight	Approx. 250g (after packing)



(G2) MICROPROCESSOR BASED SINGLE ZONE RAMP / SOAK SINGLE PROGRAM CONTROLLERS



MODEL WISE DESCRIPTIONS :

SR.NO.	MODEL	DESCRIPTION
8.3	PRC-300	Single input Single program of 16 steps Ramp / Soak Programmable Profile PID Temperature Controller (Basic Model)
8.4	PRC-301	Single input Single program of 16 steps Ramp / Soak Programmable Profile PID mV Controller for oxygen probe (for heat treatment application)

DESCRIPTION :

Libratherm offers Microprocessor based multiple Ramp / Soak programmable PID temperature controller Models **PRC-300 & PRC-301** which are designed to improve reliability, accuracy and control for all processing applications. These controllers features Ramp and Soak functions (the capability to control the temperature and its rate of change over a predetermined time span). One such time v/s temperature cycle of sixteen ramp/soak steps can be programmed into the memory with the user-friendly membrane keyboard. It controls the temperature exactly as per the programmed pattern. PRC-300 accepts temperature sensors to control the temperature cycle of heating system, whereas PRC-301 accepts mV signal from the oxygen probe to control the carburizing and nitriding heat treatment cycle.

Individual 4 digit displays are provided to monitor simultaneously the Process value and Set value. The user can also view the program status. These instruments can also be used as single set point control when the profile control is not desired. The

programmed profile and other parameters are retained in the nonvolatile memory in the event of power failure.

These controllers offers both switching outputs in the form of SSR/Triac or relay to drive external load contactor and continuous control outputs in the form of (4-20)mA or (0-5)volt etc., which can be used to control heater power through Thyristor power pack (for electrical heating system) or to control the position of a modulating motor valve (for oil or gas fired heating systems). The analog outputs can be directly connected to Libratherm make single phase / three phase SCR phase angle fired power controller which is ideally suitable for both resistive and inductive heating load. Additional 2 relays are also provided for time or temperature dependent event outputs as per the system requirement. These models finds its applications in furnace / oven control, food and metal processing, jewelry casting, heat treatment plants etc. They are rugged, reliable and functioning on the field for more than a decade and also economically priced.

FEATURES :

- ▶ Compact ¼ DIN size metal enclosure.
- ▶ Accuracy better than $\pm 0.1\%$ of the full scale.
- ▶ Accepts standard type of thermocouple or RTD(Pt-100)/2 or 3-wire input.
- ▶ Control output of Relay or TRAIAC or DC pulse or (4-20)mA or (0-5)Volt or any other.
- ▶ Servo start from the process temperature.
- ▶ Facility to use as PID and / or ON / Off controller.
- ▶ Hardware security lock for unauthorized tempering of the set values.

APPLICATION :

- Heat Treatment
- Investment casting furnace of Jewellery
- Environmental Chambers
- Furnace / oven control
- Food processing

TECHNICAL SPECIFICATIONS:

Input	Thermocouple type J, K, R, S, B, C, D or RTD(Pt-100)/2 or 3-wire, (4-20)mA, (1000 to 1200)mV, (0-5)V etc. (any one to be specified).
Range	Subject to the full range of the specified input.
Resolution	0.1 / 1°C or 1mV Subject to the specified input and range.
Accuracy	Better than $\pm 0.1\%$ of the specified range.
Display	4 digit 0.5" Red 7-segment LED display for process value 4 digit 0.3" Red 7-segment LED display for set value
Tuning	Manual tuning of PID values.
Control Action	PID or On/Off (for both direct and reverse action).
CJC	Built-in automatic from 0 - 50 °C for thermocouple input.
Open Sensor Indication	Display shows Flt-1 or Flt-2 and all outputs will be turned OFF.
Settings	Using front panel membrane keyboard to set the various values.
No. Of Profile	One (Format1 : SP0 t1 SP1 t2 SP3 t3 SP4 till SP16)
Ramp/Soak Steps	1 to 16 Steps. (no restriction in programming that ramp should be followed by soak or vice versa)
Set Temperature	Programmable for each steps in the full range of the specified input
Time per Step	1 to 540 mins. (9 Hr. per step). Two or more steps can be combined for longer time duration.
Program Hold Facility	Manual Hold or Auto Hold (Hold back feature for guaranteed Ramp/Soak facility).
Memory Backup	Retention of PID and set values in the non-volatile memory in the event of power failure.
Alarm Output	High or Low or Event Alarm Relay (5A @ 230VAC).
Control Output	DC pulses to drive external SSR, Built in Triac (5A @ 230VAC) or (4-20)mA or (0-5)VDC output with soft start and power limit facility for analog output.
Supply	230VAC / 110 VAC $\pm 10\%$ (10VA), 50/60Hz or 24VDC @ 500mA.
Size	96 x 96 x 160 mm.
Panel cut out	92 x 92 mm. +/- 0.5 mm.
Enclosure	Metal Powder coated.



EPRC software - designed to interface with our controller **PRC-8000** to control the temperature of eight heating zones. The software allows user to monitor the on line temp. of all eight zones on the screen, user can program the ramp and soak profile for each zone, feed the PID, Set Point and Program values or start and stop the profile through the computer keyboard, one can also view the real time values in graphical format which can be zoomed or scaled as per the requirement. Database can be searched with date and time or other user defined fields. Software can be customized to monitor more than one PRC-8000 on a single screen, selection options are provided to the user.

Tag Furnace

Man Run/Stop Set View Security

TAG GLASS PVT. LTD.
Glass Forming Kiln

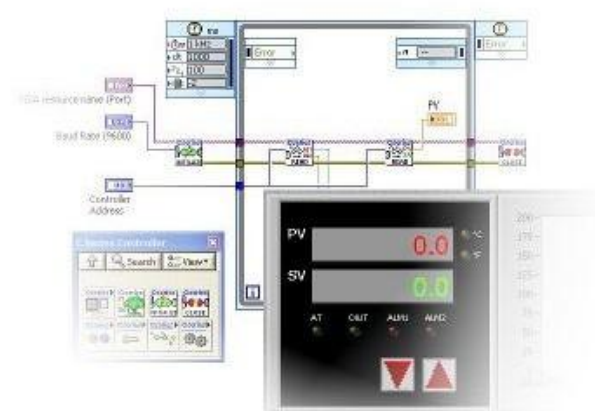
Connected

	Temperature °C			Status		
	Process	Current Set Point	Destination Set Point	Stop in Progress	Remaining Time(minute)	Hold Status
ZONE 1	72	844	1000	1	0	
ZONE 2	77	846	1000	1	0	
ZONE 3	98	849	E PRC SOFTWARE		0	
ZONE 4	83	847	1000	1	0	
ZONE 5	105	850	1000	1	0	
ZONE 6	68	844	1000	1	0	



New Product Announcement

Process Controller Communication Library for LabVIEW™



Overview

Many panel-mounted process or temperature PID controllers have RS-485 serial communication capability. Interfacing with LabVIEW™ from National Instruments is a quick and low-cost way to add supervisory control and data acquisition (SCADA) to one or more loops using a DIN-sized controller in a process control application, or to integrate these controllers into test setups in a laboratory environment.

At about the cost of one controller unit, these libraries provide a suite of subVIs written in a familiar, instrument driver-style approach that you can use to implement RS-485 communication directly between LabVIEW™ and the controller. The libraries turn RS-485 communication into a "drag-n-drop" coding process with worrying about synchronizing timing or remembering register addresses. Labor-saving, device-specific palettes of VIs provide quick access to the features you need. Friendly controls and typedefs save remembering command options and interpreting responses.

Compatible with the following controllers

- Love Controls C Series
- Love Controls B Series
- Omega CN73x, CN71x, CN74x
- Omega CN72xx, CN75xx, CN76xx, CN78xx
- Delta DTA Series
- Delta DTB Series

Includes VIs you need to be up and running fast

- RS-485 port initialization
- Read/write process and setpoint variables
- Monitor alarm and output status
- Configure controller modes and settings

Applications

- Setpoint profiles, recipes
- Manage configurations
- Supervisory control
- Monitoring and data acquisition
- Integration of controllers with more traditional test applications

More Information

- Supports LabVIEW™ 8.0 and later
- Read more about example applications, view user manual, FAQs and other support information at <http://www.integratedpro.com>
- This product has a 30 day money back satisfaction guarantee. It is for use on a single computer. Please contact us if you need volume licensing or a redistributable library.

All trademarks are property of their respective owners. Integrated Pro is not affiliated with Love Controls, a Division of Dwyer Instruments, Inc., Omega Engineering, Inc. or Delta Electronics, Inc. Integrated Pro is a National Instruments Alliance Member.

Ek4 - 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
(V_{REF}) module
 - Programmable input multiplexing from device
inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

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

CMOS Technology:

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

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

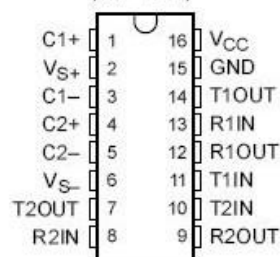
Ek5 - Max 232 Entegresi Katalog Bilgisi

MAX232, MAX232I
DUAL EIA-232 DRIVERS/RECEIVERS

SLLS0471 – FEBRUARY 1989 – REVISED OCTOBER 2002

- Meet or Exceed TIA/EIA-232-F and ITU Recommendation V.28
- Operate With Single 5-V Power Supply
- Operate Up to 120 kbit/s
- Two Drivers and Two Receivers
- ± 30 -V Input Levels
- Low Supply Current . . . 8 mA Typical
- Designed to be Interchangeable With Maxim MAX232
- ESD Protection Exceeds JESD 22 – 2000-V Human-Body Model (A114-A)
- Applications
 - TIA/EIA-232-F
 - Battery-Powered Systems
 - Terminals
 - Modems
 - Computers

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



description/ordering information

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

ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
0°C to 70°C	PDIP (N)	Tube	MAX232N	MAX232N
	SOIC (D)	Tube	MAX232D	MAX232
		Tape and reel	MAX232DR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232DW	MAX232
		Tape and reel	MAX232DWR	
-40°C to 85°C	SOP (NS)	Tape and reel	MAX232NSR	MAX232
	PDIP (N)	Tube	MAX232IN	MAX232IN
	SOIC (D)	Tube	MAX232ID	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDR	
	SOIC (DW)	Tube	MAX232IDW	MAX232I
		Tape and reel	MAX232IDWR	

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



LinASIC is a trademark of Texas Instruments.

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

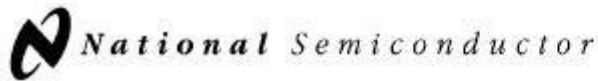
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2002, Texas Instruments Incorporated

Ek6 - LM35DZ Entegresi Katalog Bilgisi



December 1994

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

General Description

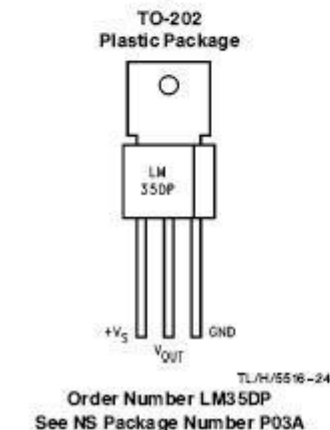
The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant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

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

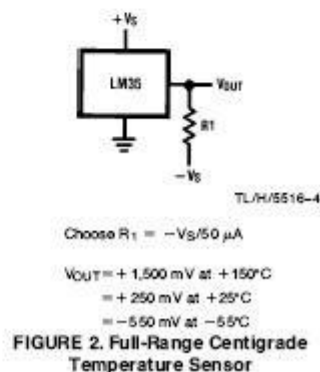
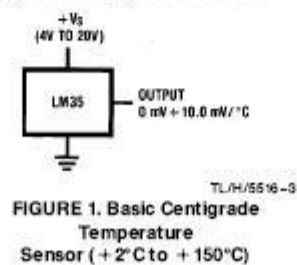
Features

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

Connection Diagrams



Typical Applications



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

Ek7 - EL817 Optokuplör Katalog Bilgisi



EVERLIGHT ELECTRONICS CO., LTD

Technical Data Sheet Photocoupler-RoHS Compliant

EL817 Series

Features:

- Current transfer ratio
(CTR:MIN.50% at IF =5mA ,VCE =5V)
- High isolation voltage between input and output (Viso=5000 V rms)
- Compact dual-in-line package
EL817*:1-channel type
- Pb free
- UL approved (No. E214129)
- VDE approved (No. 132249)
- SEMKO approved (No. 300858,300859,304855, 304827,2022251,0143 133/01-03,0101083/01, 303345,303349)
- NEMKO approved (No. P04203585, P00102385, P02101854)
- DEMKO approved (No. 311822-01/02/03,310352-01, 311822-03A)
- CSA approved (No. 1143601)
- BSI approved (No. 8592, 8593)
- Options available:
 - Leads with 0.4"(10.16mm) spacing (M Type)
 - Leads bends for surface mounting (S and S1 Type)
 - Tape and Reel of Type I for SMD(Add"-TA" Suffix)
 - Tape and Reel of Type II for SMD(Add"-TB" Suffix)
 - The tape is 16mm and is wound on a 33cm reel
- The product itself will remain within RoHS compliant version.



EL817



EL817M



EL817S

Description

The EL817 series contains a infrared emitting diode optically coupled to a phototransistor. It is packaged in a 4-pin DIP package and available in wide-lead spacing and SMD option.

Applications

- Computer terminals
- System appliances, measuring instruments
- Registers, copiers, automatic vending machines
- Electric home appliances, such as fan heaters, etc.
- Signal transmission between circuits of different potentials and impedances

ÖZGEÇMİŞ

Doğum Tarihi 21.09.1980

Doğum Yeri Malatya

Lise 1994-1997 Malatya Kubilay Lisesi

Lisans 1998-2002 İnönü Üniversitesi Mühendislik Fak.
Elektrik-Elektronik Mühendisliği
(Mühendislik Fak. ve Bölüm Birincisi)

Yüksek Lisans 2003-2011 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı,
Elektronik Programı

Çalıştığı Kurumlar

2004-2006 DataSET İletişim Sistemleri Ltd. Şti./İstanbul
2007- D.E Türk Telekom A.Ş. Adıyaman İl Müdürlüğü