

LabVIEW ile Mikrodenetleyicili Bir Endüstriyel Otomatik Sıcaklık Kontrol Sistemi

N. Tuğrul Artuğ¹, Tuncay Uzun²

¹İstanbul Arel Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık
Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
tugrulartug@gmail.com

²Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik
Fakültesi
Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
uzun@yildiz.edu.tr

ÖZET

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

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

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

Çalışmada kullanılan dil, mikrodenetleyici dilidir. Derleyici olarak da Microchip firmasının ücretsiz sağladığı MPLAB geliştirme ortamından yararlanılmıştır.

Son olarak kontrol sisteminin PC ile bağlantısı sağlanmış ve National Instruments firmasının geliştirdiği LabVIEW yazılımı ile sıcaklık sayısal ve grafiksel olarak izlenebilmiştir.

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

1. GİRİŞ

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

2. SICAKLIK ALGILAMA

Fiziksel ortam değişikliklerini (ısı, ışık, basınç, ses, vb.) bizim yerimize algılayan cihazlara algılayıcı (sensör), algıladığı bilgiyi elektrik enerjisine çeviren cihazlara dönüştürücü (transdüser) denir. Algılayıcılardan alınan veriler elektrik işaretine dönüştürüldükten sonra elektronik devreler tarafından yorumlanarak mekanik aletler kumanda edilebilir.

Bu sayede hem günlük hayatımızı hem de endüstriyel üretim süreçlerini çok daha basitleştirmiş oluruz.

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

2.1. Termokupl

Bu çalışmada algılayıcı olarak termokupl kullanılmıştır. Farklı iki metal çiftin bir araya getirilmesi ile elde edilir. Temas noktaları ısıtıldığında diğer uçlarından sıcaklıkla orantılı bir gerilim elde edilir. Orantı katsayıları, kullanılan metallere bağlıdır. Bağlantı uçlarının sıcaklığının sabit kalması gerekir. Bu ekleme soğuk eklem adı verilir.

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.

Piyasada en çok kullanılan termokupl telleri; Cu-Konstantan, Fe-konstantan, Alumel-Kromel, Pt-Pt (radyum)'dur. Bunlar derece başına 40-50 mikrovoltluk gerilim oluştururlar.

2.1.1. Termokupl Gerilim / Sıcaklık Dönüşümü

J tipi termokuplda ölçülen gerilimin sıcaklık değeri aşağıda verilen polinom ile kolayca hesaplanabilmektedir.

$$T = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3 + a_4x^4 + a_5x^5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

Burada x ölçülen gerilimdir. Polinomun $a_0, a_1, a_2, a_3, a_4, a_5$ katsayıları J tipi termokupl için Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1: J tipi termokupl için polinom katsayıları tablosu

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

2.1.2. Termokuplun Gerilim Seviyesini Yükseltmek

Termokupl oldukça düşük gerilimler üreten bir algılayıcıdır. Algılanan sıcaklık gerilime dönüştürüldüğünde, elde edilen gerilimin mikrodnetleyici tarafından değerlendirilebilmesi için, belli bir seviyeye kadar yükseltilmesi gerekmektedir. Hazır üretilmiş tümleşik devreler dışında uygulanabilecek bir diğer yöntem de, bir kuvvetlendirici devresi tasarlamaktır. Bunun için kullanılması gereken devre işlemsel kuvvetlendiricili bir fark kuvvetlendiricisidir.

Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise termokuplun °C başına çok küçük gerilimler üretmesi nedeniyle seçilecek işlemsel kuvvetlendiricinin sıfır ofset gerilimine sahip olması gerektiğidir. Piyasada kolayca elde edilebilecek olan LM741 gibi işlemsel kuvvetlendiriciler V2 – V1 gerilim farkı 0 V olarak verilse bile V0 çıkışından mV' lar mertebesinde bir gerilim üretmektedir ki bu ölçümlere etki edebilecek seviyede bir gerilimdir.

Bu problemi önlemek için ofset gerilim değeri sıfır veya çok küçük olan daha özel işlemsel kuvvetlendiricilere ihtiyaç vardır. Burr Brown firmasının üretmiş olduğu işlemsel kuvvetlendiriciler bu işlem için uygundur.

3. LabVIEW

LabVIEW PC üzerinde çalışabilen güçlü ve esnek bir enstrümantasyon ve analiz yazılımıdır; LabVIEW C veya Basic gibi bir program geliştirme uygulamasıdır. LabVIEW bir özelliği ile bu diğer yazılımlardan ayrılır. Diğer programlama dilleri, kod satırları oluşturmak için metin tabanlı bir dil kullanırken LabVIEW grafiksel bir programlama dili olan G kullanır. G ile akış şemasına benzer bir formda program yazılır ve bu forma blok diyagram adı verilir.

LabVIEW, C programlama dillerinin esnekliğini ve kapsamlı işlevselliğini sağlarken, kullanıcılara, C' ye göre 5 ile 10 kat daha fazla verimlilik de sunar. LabVIEW' da oluşturulan yazılımlara VI (Virtual Instrument) sanal enstrüman denir. Bunun nedeni gerçekte kullandığımız multimetre, osiloskop veya göstergeler gibi birçok cihazı taklit etmesidir.

4. OTOMATİK SICAKLIK KONTROL SİSTEMİ

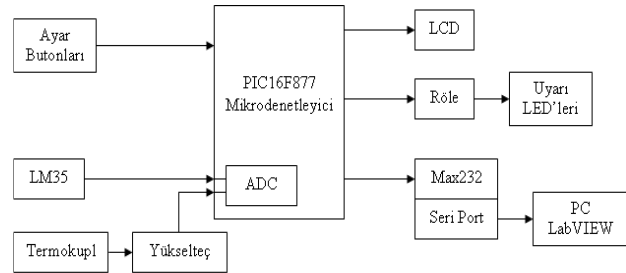
Gerçeklenen sistem üç kısımdan oluşmaktadır:

- Mikrodnetleyicili donanım kısmı,
- Mikrodnetleyicinin assember dilindeki yazılımı,
- LabVIEW ortamında hazırlanmış VI.

En temel olarak sistem ele alınırsa öncelikle mikrodnetleyici kullanan devreye bir programlayıcı aracılığıyla assember kaynak kodu yüklenir ve daha sonra ise devre RS-232 kablosu aracılığıyla PC üzerinden LabVIEW programına erişir. Kontrol devresinin algılayıcısı bir termokupldur ve ölçüm değerleri kontrol devresi üzerindeki göstergeden ve PC üzerinde çalışan LabVIEW için hazırlanmış olan VI ile gözlenebilmektedir.

4.1 Sistem Donanımı

Sistemin blok diyagramı Şekil 1'de görüldüğü gibidir. Sistemde kullanılan algılayıcı J tipi bir termokupldur ve soğuk eklem kompanzasyonu için LM35 tümleşik devresi kullanılmıştır. Alınan ölçümler mikrodnetleyicinin dahili ADC'si ile sayısal değere dönüştürülür. Üst ve alt limit değerleri ayar butonları ile ayarlanabilir. Ölçüm sonucu ve ayar değerleri LCD üzerinden gözlenebilmektedir. Limit değerler aşıldığında uyarı LED' leri yanar. Sistemin seri port aracılığıyla PC üzerinde çalışan LabVIEW programı ile bağlantısı vardır.



Şekil 1: Sistemin blok diyagramı

Termokupl oldukça küçük gerilimler üreten bir algılayıcıdır. Ölçülen sıcaklık karşılığında üretilen gerilim mikrodnetleyici tarafından algılanamaz. Bu ölçülen gerilimin değerlendirilebilmesi için, bu ölçü büyüklüğünün belli bir seviyeye kadar yükseltilmesi gerekmektedir.

Bu proje için en uygun olan işlemsel kuvvetlendirici daha önce anlatıldığı gibi OPA177GP' dir. Tablo 2'de J tipi termokupl için 0-100 °C arası oluşacak gerilim değerleri verilmiştir. Bu gerilim değerleri soğuk eklem 0 °C referans noktasında iken ölçülmüş olan referans değerleridir.

Tablo 2: J tipi termokupl için 0–100 °C arası gerilim değerleri [9]

°C	mV
0	0
10	0.507
20	1.019
25	1.277
30	1.536
40	2.058
50	2.585
60	3.115
70	3.649
80	4.186
90	4.725
100	5.268

Fark kuvvetlendiricinin kazancı uygun direnç değerleri ile 190 olarak ayarlandığında oluşan gerilimler ve LM35 için değerlendirilecek olan sıcaklık karşılıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: İşaret uygunlaştırma devresi çıkışında oluşan termokupl gerilim değerleri

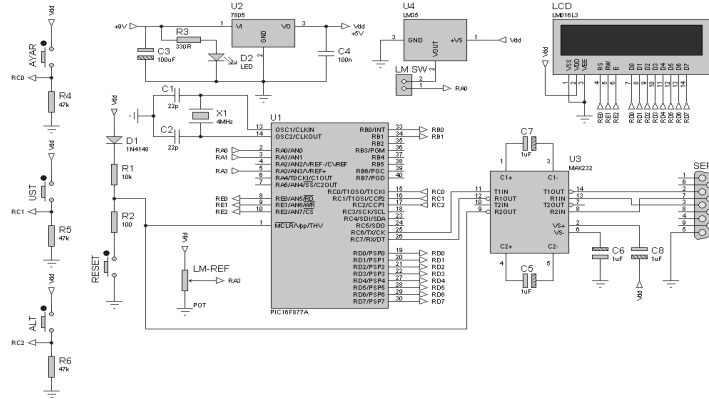
°C	mV	LM35 °C karşılığı
0	0	0 °C
10	96.33	10 °C
20	193.61	19 °C
25	242.63	24 °C
30	291.84	29 °C
40	391.02	39 °C
50	491.15	49 °C
60	591.85	59 °C
70	693.31	69 °C
80	795.34	80 °C
90	897.75	90 °C
100	1000.92	100 °C

Termokuplun kaynak noktasına sıcak nokta, diğer açık iki ucuna da soğuk nokta (CJC) denir. Sıcaklık bu soğuk nokta ile sıcak nokta arasında ölçülmektedir. Tablo 2' de verilen değerler soğuk nokta kompanzasyonu yapıldıktan sonra, yani soğuk noktanın 0 °C referansına getirildikten sonra alınan değerlerdir. Bu çalışmada soğuk noktanın kompanzasyonu için 0 °C' lik bir ortam oluşturulamayacağından, LM35 analog

sıcaklık algılayıcısından faydalanılmıştır. LM35 derece başına 10mV gerilim üretir ve çıkışı doğrusaldır. Termokuplun çıkış geriliminin LM35 ile örtüşmesi için kuvvetlendirici kazancı 190 olarak ayarlanmıştır. LM35 derece başına 10mV gerilim ürettiğinden termokuplun gerilim seviyesini de bu değere çekmek gerekir.

Algılayıcı kısmında bu iki eleman kullanılmaktadır. Algılayıcılardan elde edilen gerilim, işaret uygunlaştırma işleminden geçtikten sonra, kontrol işlemi yapacak olan mikrodenetleyiciye uygulanır. Mikrodenetleyici olarak Microchip firmasının ürettiği PIC 16F877 kullanılmıştır. Bu PIC' in seçilme nedeni ise içinde dahili olarak ADC bulundurmasıdır. Böylece ek bir eleman ihtiyacı gerekmemektedir.

Kompanzasyon için PIC' in ADC' sinin iki kanalından yararlanılmıştır. Termokuplun soğuk noktası 0 °C ile izole edilemediğinden soğuk noktanın bulunduğu noktanın sıcaklığı LM35 ile ölçülmektedir. LM35 ile 2. kanaldan ölçülen değer, termokupl ile 1. kanaldan ölçülen değer ile toplanır. Böylece kuvvetlendirici kazancının 190 olarak seçilmesi sayesinde, termokuplun ürettiği değeri LM35 ile örtüşmektedir. İki kanaldan alınan değerlerin toplanması sonucu termokuplun ölçmüş olduğu değeri ortaya çıkarmaktadır. Kontrol sisteminin devre şeması Şekil 2' de görülmektedir.

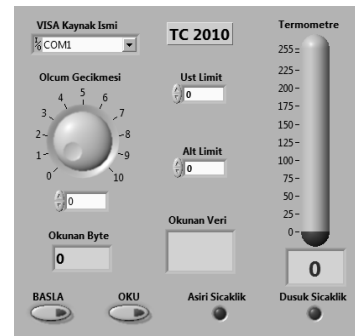


Şekil 2: Devre şeması

4.2 LabVIEW Yazılımı

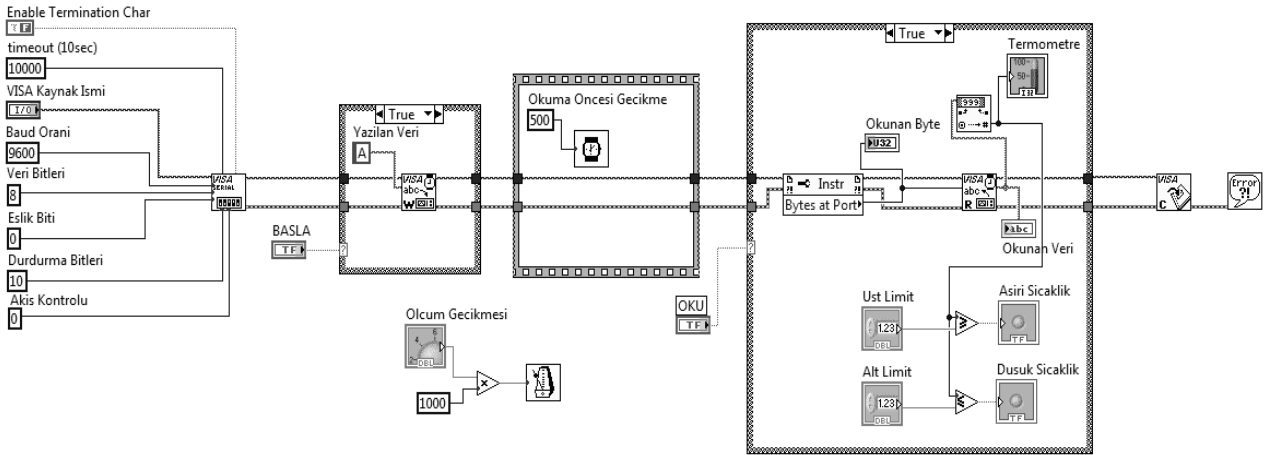
LabVIEW da hazırlanan kullanıcı ön paneli mümkün olduğunca, piyasada bulunan sıcaklık kontrol cihazlarına benzetilmeye çalışılmıştır. Şekil 3'teki kullanıcı arayüzü incelendiğinde ilk olarak devrenin bağlandığı seri portu seçmeye yarayan "VISA Kaynak İsmi" adlı seçim parametresi görülür. Hemen altında ise alınan ölçümü yavaşlatmaya yarayan çevrilebilir bir düğme bulunmaktadır. "Başla" butonuna basıldığında seri porttan veri alınmaya başlar. Daha sonra "Oku" butonuna basıldığında gelen veri değerlendirilmeye üzere işleme sokulur. Seri porttan gelen sıcaklık bilgisi hem termometrede grafiksel olarak, hem de orta alt kısımdaki göstergede gözlemlenebilir. Gelen sıcaklık verisi ayrıca panelde bulunan üst limit ve alt limit değerleri ayarlanarak, bir karar aşamasından geçtikten sonra alınan sonuca göre aşırı sıcak anlamına gelen kırmızı LED' in veya düşük sıcaklık anlamına gelen yeşil LED' in yanmasını

sağlamaktadır. Kontrol devresi üzerinde ayarlanan üst ve alt limitler ön panelde de aynen ayarlanırsa, PC üzerinde de aynı şekilde çalışabilmektedir.



Şekil 3: LabVIEW yazılımı ön paneli

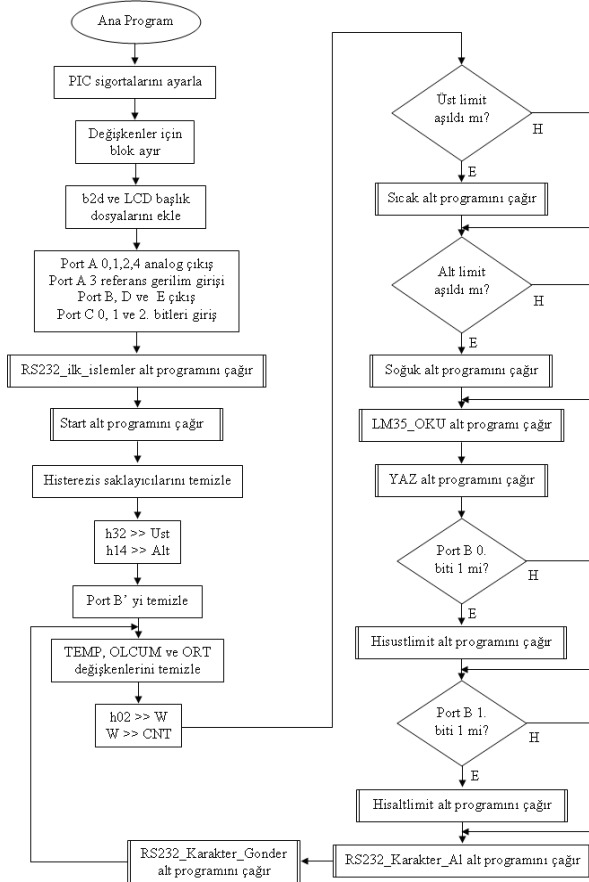
LabVIEW yazılımı blok diyagramı Şekil 4' tedir.



Şekil 4: LabVIEW yazılımı blok diyagramı

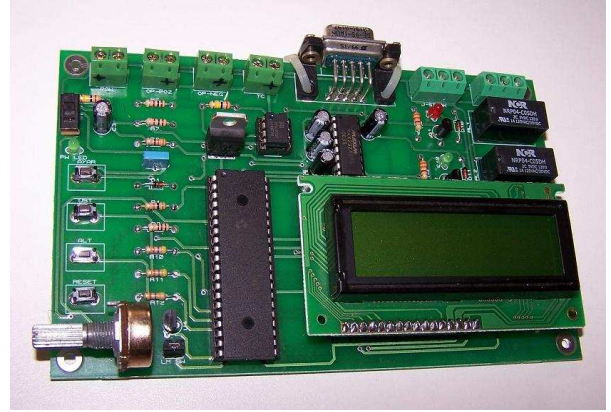
4.3 Mikrodnetleyici Yazılımı

Sistem yazılımında assembler dili kullanılmıştır. Derleyici olarak ise Microchip' in MPLAB geliştirme ortamından yararlanılmıştır. Sistemin donanımında bulunan PIC 16F877 mikrodnetleyicisinde yazılan programın algoritması Şekil 5'teki gibidir.



Şekil 5: Ana program algoritması

Yapılan çalışma sonucu gerçekleştirilen kontrol sistemi devresi Şekil 6' da görülmektedir.



Şekil 6: Gerçeklenen kontrol sistemi devresi

5. SONUÇ

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

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

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

6. KAYNAKLAR

[1] Şahin H., Dayanık A. ve Altınbaşak C., (2006), "PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A", Atlas Yayıncılık, İstanbul

- [2] Koçyiğit S. ve İşçi C., (2000), "Termoçift Kalibrasyonu ve Sıcaklık Ölçme", Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi Cilt: 2 Sayı: 1, İzmir
- [3] Uzun T., (2009), "Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemleri Ders Notu", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [4] Ogata K., (1997), "Modern Control Engineering 3rd Ed.", Prentice Hall, New Jersey
- [5] Ünsaçar F ve Eşme E., (2009), "Grafik Programlama Dili LabVIEW", Seçkin Yayıncılık, Ankara
- [6] <http://www.ni.com>
- [7] <http://www.ti.com>
- [8] <http://www.microchip.com>
- [9] <http://www.elimko.com.tr>
- [10] <http://www.astm.org/index.shtml>