

K TİPİ BİR ISILÇİFT İÇİN İŞARET ŞARTLANDIRICI DEVRESİNİN TASARIMI, KALİBRASYONU VE BİLGİSAYAR DESTEKLİ SICAKLIK ÖLÇME

Arş. Gör. Hayriye KORKMAZ¹, Prof. Dr. Burhanettin CAN², Arş. Gör. Kenan TOKER³

^{1,2,3}Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Bölümü
81040 Göztepe / İSTANBUL

ÖZET

Bu çalışmada, denek olarak seçilen malzemelerin boyca termal genleşmelerini ölçebilen laboratuvar tipi, sıcaklık ve vakum oranı kontrol edilebilen bir fırın tasarlanmıştır. Fırın içi sıcaklığı ölçme amacıyla endüstriyel K tipi bir ısılıçift kullanılmıştır. Fırın iç haznesinin küçük olmasından dolayı, içerdeki ısı dağılımı homojen varsayılmış ve dolayısıyla da tek ısılıçift kullanmanın uygun olacağı ön görülmüştür. Fırın içi sıcaklığı algılayan ısılıçift geriliminin, bilgisayara aktarılabilmesi için, kuvvetlendirme ve lineerleştirme işlemlerini yapan AD595 entegresi kullanılarak K tipi ısılıçifte uygun bir devre tasarlanmıştır. Devrenin kalibrasyonu yapılmış ve bu durumda devre çıkışında her 1°C'lik sıcaklık artışına karşılık çıkış geriliminin 10mV artması sağlanmıştır. Ayrıca ilerleyen süreçte yapılacak uygulamalarda sıcaklık kontrolünün de yer alacağı düşünülerek, bir ısıtıcı sürücü devresi de tasarlanmış ve sisteme eklenmiştir. Bu sürücü devresi bilgisayardan gelen 0-10 V arası kontrol gerilimi ile çalışmaktadır.

Ayrıca bu çalışmada, tasarımın yanısıra konunun öğrencilere aktarılması da ele alınmış ve laboratuvar uygulamaları yapılabilecek bir deney şekline de getirilmiştir. Uygun bir yazılım seçilerek, bilgisayar destekli sıcaklık ölçme başlığı altında Ölçme ve Enstrümantasyon Dersi Laboratuvar uygulamaları kısmında bu deneyin yapılması ön görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar Destekli Ölçme, Isılıçift İşaret Şartlandırıcı

1. GİRİŞ

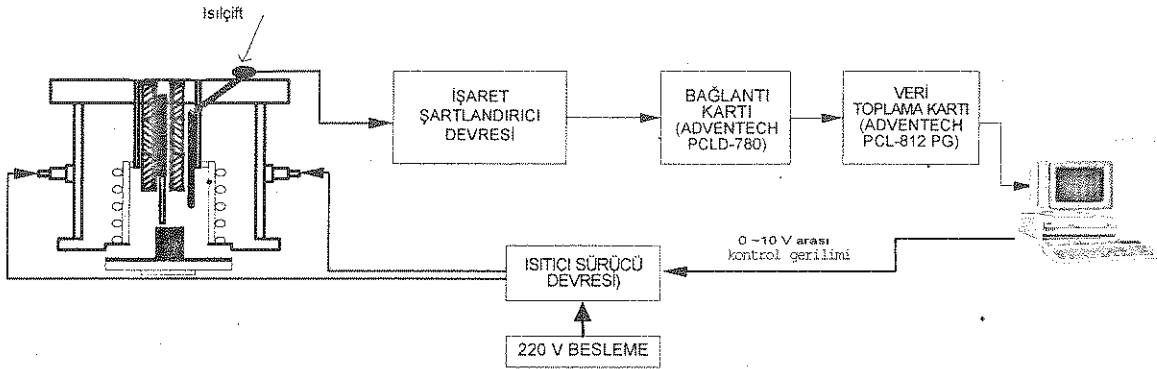
Sıcaklık ölçümünde endüstriyel uygulamalarda ve üniversitelerdeki bilimsel araştırmalarda en çok kullanılan elemanlardan bir tanesi, ısılıçiftlerdir. Isılıçiftler, geniş bir sıcaklık aralığında ölçüm yapabilme ve farklı ortamlarda kullanılabilme avantajına sahiptirler. Bu çalışmada, bir ısılıçift ve kendi içinde soğuk uç kompanzasyon devresi bulunan AD595 entegresinin kullanım kolaylığından faydalanılarak, sıcaklık ölçüm düzeneği hazırlanmış ve daha sonra da VISIDAQ yazılımı ile ölçümler yapılmıştır.

2. ÖLÇME DÜZENEGİNİN TANITILMASI

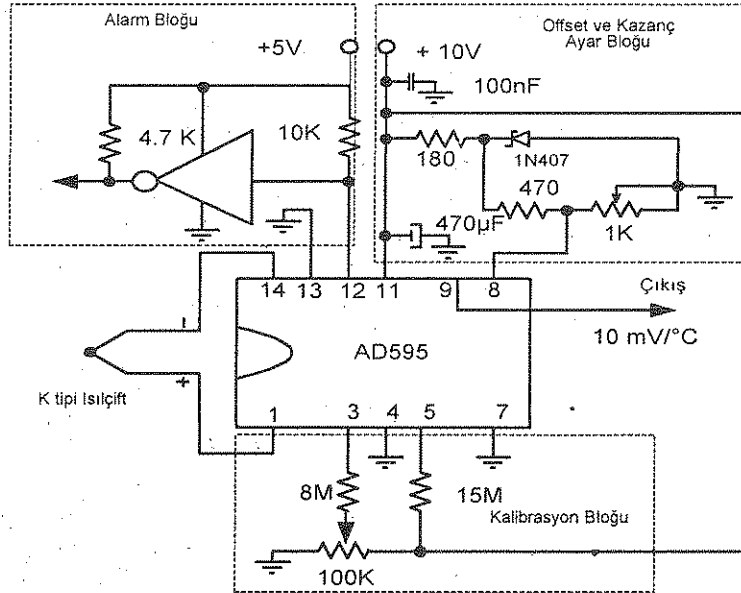
Hazırlanan deney düzeneği, Şekil 1'den de görülebileceği gibi 4 ana bölümden oluşmaktadır: Birincisi K tipi ısılıçiftin içine yerleştirildiği ve iç ortamın vakum oranının 0 ile -1 bar aralığında ayarlanabildiği laboratuvar tipi bir fırın, ikincisi işaret şartlandırıcı devresi, üçüncüsü bilgisayar destekli ölçme amacıyla veri toplama kartını da içine alan bir bilgisayar ve dördüncüsü ısıtıcı sürücü devresi. Fırın içi sıcaklık bilgisi, veri toplama kartı ile bilgisayar tarafından okunur. Girilen referans sıcaklık değerine göre değişen ve kontrolör çıkışında oluşan dc gerilim, sisteme uygun şekilde tasarlanan ısıtıcı sürücü devresinin girişine uygulanır. Böylelikle, fırın-içi sıcaklık, referans değerinde sabit tutulmaya çalışılır.

2.1. İşaret Şartlandırıcı Devresi

Isılçift ile sıcaklık ölçümü, sıklıkla kullanılan bir metoddur. Endüstrideki uygulamalarda veya eğitim kurumlarında bulunan laboratuvarlarda laboratuvar programına dahil edilen önemli deneylerden de biridir. Isılçift ile yapılan sıcaklık ölçümlerinde, en önemli problem (ki hatalara yol açabilen bir problem) soğuk uç kompanzasyonudur. Çünkü ısıılçiftler her iki ucu arasındaki ısı farklılığından yola çıkılarak oluşturulmuştur. Şekil 2'de görülen devrede kullanılan AD595 entegresinin içinde yer alan buz noktası kompanzasyon devresi, yalnızca bu önemli problemin üstesinden gelmekle kalmayıp; kazanç ayar bloğu ile de $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ 'lik lineer bir çıkış sağlamaktadır. Bu kadar güvenilir ve doğru sonuç vermesinin yanı sıra, devrenin başka bir avantajı da, sadece bir kaç harici devre elemanı eklenerek devre tasarımının yapılmış olmasıdır.



Şekil - 1. K Tipi Bir Isılçift Kullanılarak Oluşturulmuş Fırın-İçi Sıcaklık Ölçme Deney Düzenegi



Şekil - 2. AD595 Entegresi Kullanılarak Tasarlanan K tipi Isılçift Kuvvetlendirici ve İşaret Şartlandırıcı Devresi

2.1.1. Kalibrasyon Bloğu

AD595 entegreleri, üretim aşamasında 2 farklı kalibrasyon hata derecesine sahip olarak imal edilmektedir. 1. dereceden üretilen entegrelerde max. kalibre hatası 1°C ; 2. derecedekilerde ise max. kalibre hatası 3°C olarak belirtilmektedir[1-2]. Birçok uygulamada bu hatalar kabul edilebilir sınırlar içinde kalmasına rağmen, opsiyonel olarak Şekil 2'deki kalibrasyon bloğu eklendiğinde, $100\text{K}\Omega$ 'luk trimpot ile ayar yapılarak, hata önlenmektedir.

2.1.2. Offset ve Kazanç Ayar Bloğu

Burada yer alan $1K\Omega$ 'luk trimpot ile ayar yapılarak çıkıştaki işaretin kazancı değiştirilmektedir. Ayrıca $0^{\circ}C$ 'de $0V$ 'luk çıkış gerilimi elde etmek için, entegrenin 8. ucuna bir offset gerilimi uygulamak gerekebilmektedir. Üretim aşamasında belirlenen kazanç, 247.3 olduğundan, Şekil 2'deki devrede bu kriterlere uygun olarak ayarlanmıştır. Başka bir kazanç değeri 8. ve 5. uçlar arasına harici olarak bağlanacak bir geri besleme direnci ile yapılmaktadır.

2.1.3. Alarm Bloğu

AD595'in içinde bir açık devre hissetme katı bulunmaktadır. Entegre içinde ana kuvvetlendirici her iki giriş arasındaki dengeyi korumaya çalışmaktadır. Isılçiftin koptuğu veya girişte oluşan bir açık devre halinde, bu girişler arasında oluşan dengesizlik bir hata meydana getirmektedir. Aşırı yük hissetme devresi, akımı sınırlı olan bir npn transistörü sürer; böylelikle istendiğinde bir alarm ara birimi de oluşturulabilmektedir.

2.1.4 Devre Beslemesinin Seçimi

Şekil 2'de yer alan devrede ısılçift ile yapılacak sıcaklık ölçüm aralığı, devrenin beslemesi için seçilecek değer açısından önemlidir. Çünkü sıcaklık ölçüm aralığına uymayan bir gerilim değeriyle beslenen devrede, ölçme hataları oluşmaktadır. Devrede beslemenin bağlanacağı uçlar V^{-} için 7, V^{+} için ise 11 nolu uçlardır. K tipi bir ısılçift ile $-200^{\circ}C$ 'den $1250^{\circ}C$ 'ye kadar ölçüm yapmak mümkün olduğuna göre, negatif sıcaklık ölçülecek durumlarda çift güç kaynağı kullanmak şarttır. Söz konusu devre ile ölçülebilecek sıcaklık ölçüm aralığı, çift besleme kullanılıyorsa $(-V_S + 2.5)$ ile $(+V_S - 2V)$ arasında; tek besleme kullanılıyorsa 0 ile $(+V_S - 2V)$ arasında olmalıdır. Burada V_S , güç kaynağının değeridir. Şekil 2'deki devrede besleme gerilimi $10V$ seçilerek $800^{\circ}C$ 'ye kadar ölçüm yapılmıştır. Bu beslemenin devreye uygun seçilip seçilmediğini incelersek:

$$(800^{\circ}C) * 10 \text{ mV} = 8 \text{ V}, \quad V_S = 10 \text{ V} \quad 8 \text{ V} \leq (10 - 2) \text{ V}$$
$$8 \text{ V} \leq 8 \text{ V}$$

$10V$ 'luk beslemenin $800^{\circ}C$ 'lik sıcaklığın ölçümü için uygun seçilmiş olduğu görülür.

2.1.5 Devrenin Kalibrasyonu

Tasarlanan devrenin kalibrasyonu sırasında bir miktar buz-su karışımı dolu bir kap ve yine içinde kaynamakta olan su dolu bir kabdan faydalanılmıştır. Isılçift girişine, K tipi kompanzasyon çubuğu bağlanmıştır. Öncelikle bu çubuk buz-su karışımı dolu kaba daldırılarak bir müddet beklenmiş ve daha sonra işaret şartlandırıcı devre şemasında orta ucu 3 nolu pine bağlı olan $100K\Omega$ 'luk trimpot ile ayar yapılarak entegrenin veri tablosunda $0^{\circ}C$ 'ye karşılık gelen ısılçift gerilimi olan 2.7 mV değeri ayarlanmıştır. Aynı işlem kompanzasyon çubuğu kaynar suya daldırılarak tekrar edilmiştir. Bu defa, $100^{\circ}C$ 'ye karşılık gelen 1015 mV değeri ayarlanmıştır [1-2]. Böylelikle devrenin kalibrasyonu tamamlanmıştır. İşaret şartlandırıcı devre ile yapılan ölçümlerden elde edilen verilere uyan bir bağıntı aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

$$V_C = K (V_K + V_O) \quad (1)$$

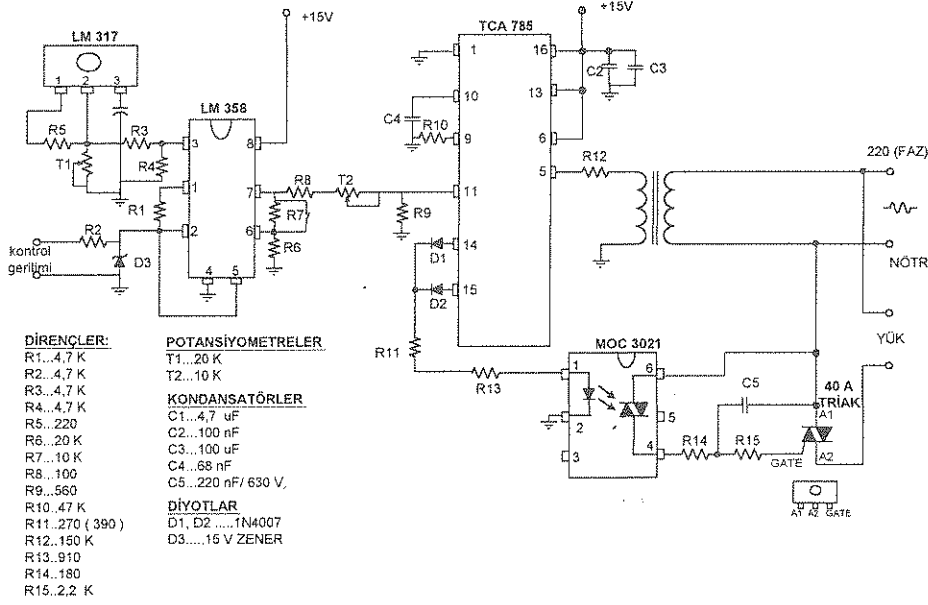
V_C : İşaret şartlandırıcı devre çıkış gerilimi (Volt);

V_K : İşaret şartlandırıcı devre girişine uygulanan K tipi ısılçift gerilimi (mV);

K : İşaret şartlandırıcı devre kazancı ($K=247.3$)

V_O : AD595 entegresindeki çıkış kuvvetlendiriciden dolayı oluşan $11 \mu V$ 'luk offset hata gerilimidir.

2.2. Isıtıcı Sürücü Devresi



Şekil-3. Isıtıcı Sürücü Devresi

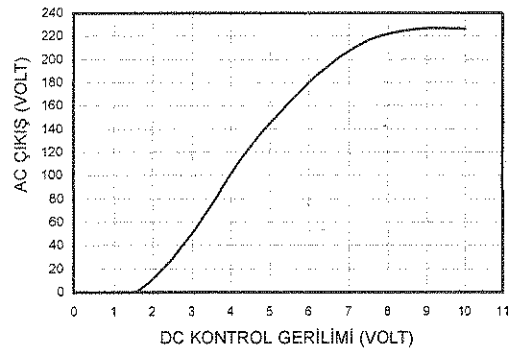
İleriki uygulamalarda, tasarlanan fırının iç-ortam sıcaklığı kontrol edileceğinden, düzeneğe bir ısıtıcı sürücü devre eklenmiştir. Şekil 1'deki ölçme düzeneğinde blok şeklinde yer alan ısıtıcı sürücü devresine ait açık devre şeması Şekil 3'te verilmiştir. Tasarlanan devrede kullanılan TCA785 entegresi bir faz açısı kontrol entegresidir ve tristör, triyak ve transistör gibi elemanları kontrol etme amacıyla kullanılır. Bilgisayardan gelen DC kontrol gerilimi entegrenin 11 nolu ucuna bağlanmıştır. R10 ve C4 elemanlarının oluşturduğu bir rampa üreticinin çıkışı (10 nolu uçtaki gerilim) ile bu kontrol gerilimi karşılaştırılır ve kontrol gerilimi ile orantılı ve 0° ile 180° arasında değişen faz açısı (ϕ) oluşur. Entegrenin 14. ve 15. uçları çıkış uçlarıdır. Q1 ve Q2 olarak adlandırılan çıkış uçlarında, her bir yarı alternansta 30µs'lik süre boyunca pozitif seviyede bir darbe oluşur. Transistör gibi çıkış elemanlarının kullanıldığı durumlarda, 12. uca bağlanan kondansatör ile bu darbe süresi artırılabilir [3].

Kontrol gerilimi 0V iken tam sürümde çalışacak (tani yüke 220 V ac verilecek), diğer taraftan kontrol gerilimi 10 V iken sürücü çıkışında AC bir gerilim oluşmayacak şekilde tasarlanmış olması, devrede bir ters oranı oluşturmuştur. LM 358 ile bu terslik giderilmiş; 0 V'ta AC çıkış yok, 10V'ta ise 220 V AC oluşacak şekilde yeniden düzenlenmiştir.

DC kontrol gerilimine karşı çıkışta oluşan AC gerilime ait giriş-çıkış ilişkisi Şekil 4'te görülmektedir. Devrenin giriş-çıkış ilişkisi, MSeExcel 2000 programında Eğilim/Regresyon analizi yapılarak 4. ve 6. dereceden iki ayrı polinomla ifade edilmiştir. 4. dereceden polinom seçildiğinde bu eğrinin R-kare değeri 0,9998 olurken; 6. dereceden polinom seçildiğinde R-kare değeri 0,9999 olmaktadır. Dolayısıyla iki ifade arasında çok ciddi fark olmadığından eşitlik (2)'de ifade edilen 4. derece polinom seçilmiştir.

$$y = 0,1209x^4 - 3,2154x^3 + 25,928x^2 - 36,385x + 4,2873 \quad (2)$$

x:Bilgisayardan gelen DC kontrol gerilimi (V);
y:Kontrol gerilimine karşı sürücü devre çıkışında oluşan AC gerilim (V)



Şekil-4. Isıtıcı Sürücü Devresinin Giriş-Çıkış İlişkisi (4. dereceden polinom)

3. BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÖLÇME

Bu çalışmada oluşturulan deney düzeneği, deneysel araştırma yapma amacının yanısıra öğrenci öğretiminde de kullanımı hedeflenmiştir. Bilgisayar Destekli Sıcaklık Ölçme başlığı altında öğrencilere yaptırılacak bir deneyin hazırlanması ve bunun laboratuvarında gerçekleştirilmesi bu çalışmanın amaçlarından biridir. Uygulama devresinin montajı tamamlanıp, kalibrasyonu yapıldıktan sonra, bu konuya hazırlık olarak veri toplama kartları hakkında belli bir alt yapıya sahip öğrenciler Şekil 1'de görülen ölçme düzeneğini kurar; veri toplama kartını bilgisayara takar ve gerekli yazılımları yükledikten sonra ölçme yapmaya hazır hale gelirler.

Bilgisayar Destekli Ölçme yapabilmek için farklı metodlar önerilebilir. Fakat laboratuvarında mevcut bulunan bir veri toplama kartı ile uyumlu çalışan ve üretici firmalar tarafından oluşturulmuş hazır yazılımları kullanmak en kolay çözümdür. Laboratuvarında ilk defa uygulama yapacak öğrenciler için kullanımının ve anlaşılmasının kolay olduğundan, düzende kullanılan veri toplama kartı Advantech PCL812-PG ile uyumlu çalışan VISIDAQ yazılımı tercih edilmiştir.

3.1. Veri Toplama Kartının PC'ye Tanıtılması

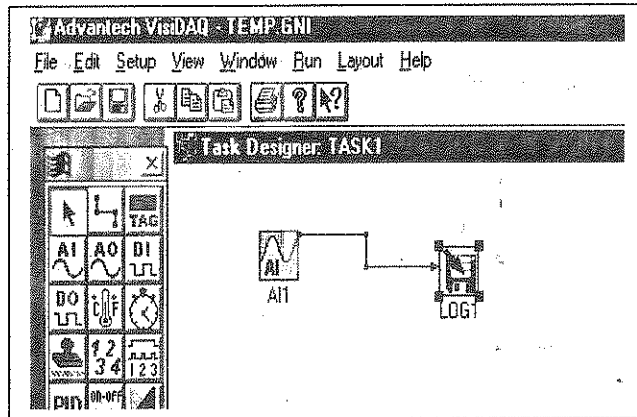
Bu çalışmada kullanılan Advantech PCL-812PG yüksek performansa sahip, yüksek hızlı ve çok fonksiyonlu bir veri toplama kartıdır. IBM PC/XT/AT ve dengi bilgisayarlar için uygundur. Kart satın alındığında, bununla beraber iyi bir yazılım desteğine de sahip olunmaktadır. Bundan dolayı endüstride ve özellikle laboratuvar ortamında kullanıma elverişli ve çok farklı uygulamalar için uygundur [4 -5]. Kart bilgisayara takıldıktan sonra, kartla birlikte gelen CD-ROM'dan karta ait sürücüler yüklenir ve ölçüm yapılabilecek hale gelir.

3.2. VISIDAQ Kullanılarak Ölçüm Yapılması

Visidaq, Advantech veri toplama kartları ile uyumlu çalışan ve başlangıç seviyesinde bilgisayar destekli ölçme konusunda rahatlıkla kullanılacak bir programdır. Günümüzde sıklıkla kullanılan görsel programlama tekniği ile hazırlanmıştır. Program ilk açıldığında Dosya menüsü altından Yeni komutu seçildiğinde 2 adet boş pencere çıkmaktadır: Birincisi *Task Designer*, ikincisi ise *Display Designer* olarak adlandırılmaktadır. İlkinde ölçme düzeneği kurulur. Gerekli bloklar çalışma alanına yerleştirilir. Gerekirse bloklar arasında birleştirmeler yapılarak, ölçüm yapılabilecek alt yapı oluşturulur. Diğerinde ise yapılan ölçüm, dış dünyaya hangi şekilde aktarılacak ise bu belirlenir. Örneğin çıkışımız bir grafik olabilir veya sayısal bir voltmetre ekranından gerilim okuyormuşcasına bir tip de seçilebilir.

3.2.1. Task Designer

Task Designer sayfası üzerine sayfanın sol kenarında yer alan toolbox'dan seçilen bloklar fare ile işaretlenip, sürüklenerek çalışma alanına yerleştirilir. Böylelikle bir ölçme düzeneği hazırlanır. Örneğin Şekil 5'te analog bilgi girişi için AI bloğunun ve verileri bir dosyada saklamak için de LOG bloğunun çalışma alanına yerleştirilmiş olduğu görülmektedir. AI bloğu ile LOG bloğu arasında bir bağlantı gerçekleştirilir. Böylelikle Run komutu seçildiğinde ilk olarak verilerin kaydedileceği dosyanın adının girileceği bir pencere çıkar. Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik-Bilgisayar Eğt. Bölümü öğrencilerinin Electronic Workbench v.b programları daha önceden




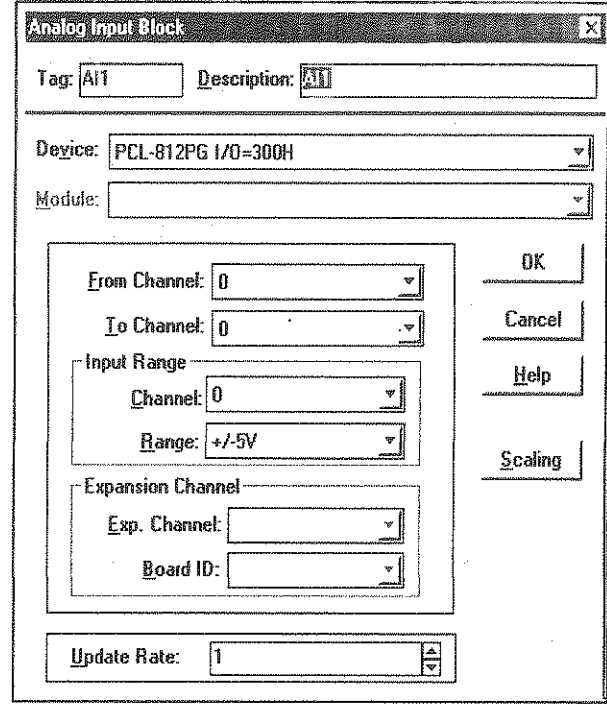
Şekil-5. Task Designer Pencere Görüntüsü

kullanmış olmaları, bu tarz başka bir programı kullanmalarında büyük kolaylık getirmekte ve haftada 3-4 saatlik bir laboratuvar çalışması ile 1. veya 2. haftada kendi kendilerine ölçüm yapabilecek hale gelmektedirler.

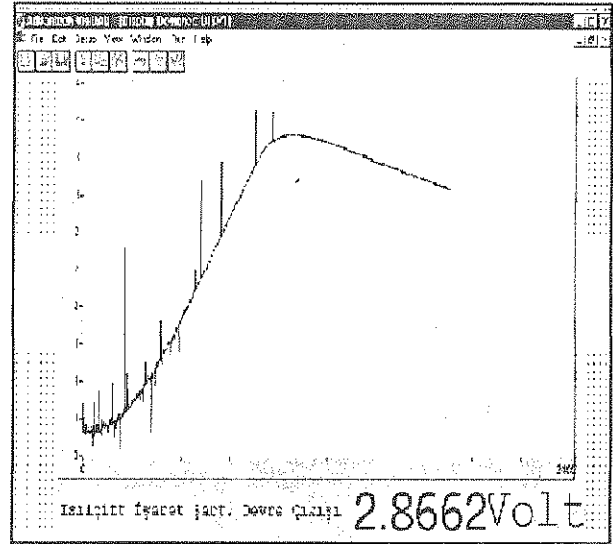
AI bloğu üzerine fare ile çift tıkladığında karşımıza Şekil 6'da görülen iletişim kutusu çıkmaktadır. Bu iletişim kutusunda *Device* kutusu altından, bilgisayara tanıtılan veri toplama kartı ve adresi seçilir. (PCL-812PG I/O=300H) Ayrıca devre çıkışı veya analog bilgi, kart üzerinde hangi kanala bağlanmışsa, o kanala ait numara da belirtilir (Burada 0. kanaldan ölçüm yapılmıştır.) Ayrıca analog bilginin aralığı da belirtilmelidir. Seçilen aralığa uymayan veriler, kart tarafından yanlış algılanmaktadır.

3.2.2. Display Designer

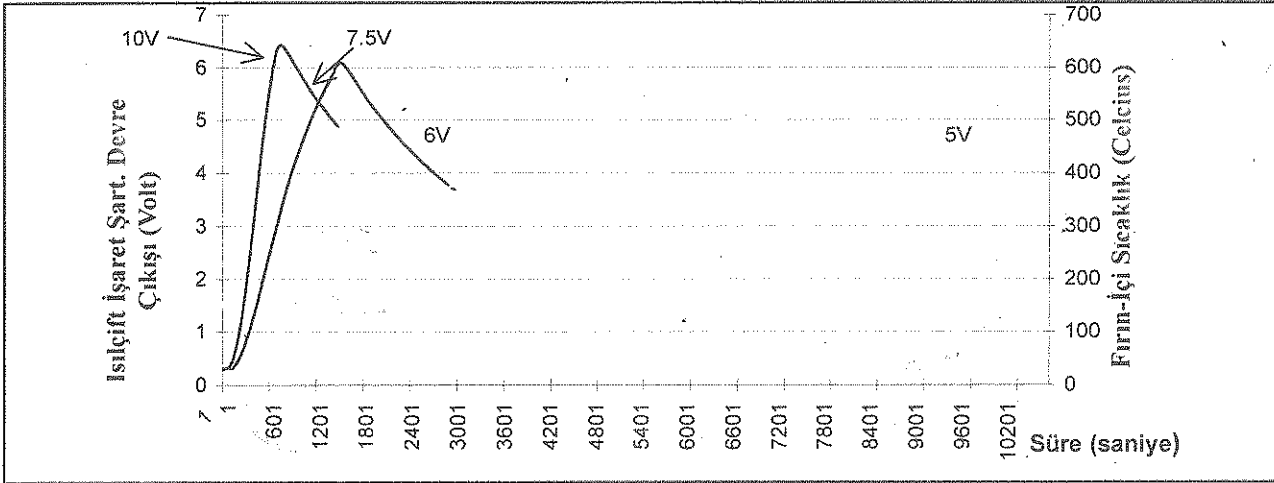
Ölçüm sırasında alınan veriler,  (Trend Graph Display Item) bloğu Display Designer çalışma sayfası üzerine taşınarak, grafik ile görüntülenir. Ayrıca sayfanın altına yerleştirilmiş olan Numeric/-String Display Item bloğu sayesinde anlık ısı/çift gerilim değerleri de okunabilmektedir. Fırın-ıçi sıcaklığın zamanla değişimi, Şekil 7'de görülmektedir. Bu ölçümde fırınıçi sıcaklık 300°C (ölçülen 3V'luk gerilim, 300°C'ye karşılık gelmektedir) olunca ısıtıcı sürücü devresi kapatılmış, fakat grafikten de anlaşıldığı üzere fırınıçi sıcaklık belli bir süre daha yükselmeye devam etmiştir. Toplam 50 dakika boyunca ölçüm yapılmış ve monitörden izlenmiştir. Şekil 7'deki grafikten de görüldüğü gibi, sıcaklık bilgisi üzerinde bazı gürültüler bulunmaktadır. Bu gürültüleri gidermek için LOG bloğu ile kaydedilen veriler, MS EXCEL programında bir filtreleme işleminden geçirilmelidir. Şekil 8'deki grafikte ısıtıcı sürücü devresine farklı kontrol gerilimleri uygulanarak yapılmış ölçümler filtrelenmiş olarak görülmektedir. Burada fırınıçi sıcaklık 600°C'ye geldiğinde, ısıtıcı sürücü kapatılmıştır.



Şekil-6. Analog Bilgi Giriş Bloğu



Şekil-7. Fırın-ıçi sıcaklık değişimi (filtrelenmemiş)



Şekil-8. Farklı Sürücü Kontrol Gerilimleri İle Yapılmış Fırınıçi Sıcaklık Değişimleri (Filtrelenmiş)

3.3. Eğitimde Kullanılması:

Uygulanması planlanan 3 haftalık 3-4 saatlik bir laboratuvar sonrasında tüm bunlar, öğrenciler tarafından kavranmış ve uygulanmış olacaktır.

Tablo-1. 3 Haftalık Bilgisayar Destekli Sıcaklık Ölçme Laboratuvar Programı

	Laboratuvar Programı	Öğrenci Aktiviteleri	Sonuç
1. Hafta	Sıcaklık Ölçme Devresinin Kalibrasyonu	Elemanlar temin edilerek, Şekil 2'deki devre board üzerine kurulur. Daha önceden verilmiş olan bilgilerin ışığında kalibrasyon işlemi yapılır. (Bölüm 2.1)	Bu lab. sonunda her öğrenci kurduğu devrenin çıkışını kalibre eder; 1°C'lik sıcaklık artışına karşılık 10 mV'luk gerilim artımını sağlar. Kalibrasyon bozukluğunun ölçme üzerindeki etkisini gözlemler.
2. Hafta	Veri Toplama Kartı Uygulaması	Advantech PCL 812-PG Lab Kart bilgisayara takılır, karta ait sürücü dosyaları kart ile birlikte gelen CDROM'dan bilgisayara yüklenir ve kart ile ölçüm yapılabilir hale gelir.	Bu lab. sonrasında her öğrenci bir veri toplama kartının PC 'ye nasıl takıldığını öğrenir ve kartla ölçüm yapacak hale gelir.
3. Hafta	VISIDAQ	VISIDAQ yazılımı kısaca anlatılır. Sıcaklık ölçümü yapılır. Zamana bağlı olarak sıcaklık değişimi bilgisayar ekranından izlenir. (Şekil-8)	Bu lab. sonunda her öğrenci bilgisayar destekli sıcaklık ölçme deneyini Visidaq yazılımı ile gerçekleştirmeyi öğrenir.

5. SONUÇ

Tasarlanan ısılçift işaret şartlandırıcı devresi ile ısıtıcı sürücü devresi kullanılarak oluşturulan deney düzeneğinde sıcaklık ölçümleri hatasız olarak yapılmış ve tüm çalışmayı içine alan 3 haftalık bir Bilgisayar Destekli Sıcaklık Ölçme deneyi hazırlanmıştır. Tasarım aşamasında karşılaşılabilecek sorunların giderilmesi ile ilgili kısa bilgiler konu içinde anlatılarak, öğrencilerin uygulama sırasında karşılaşılabilecekleri sorunları aşmaları sağlanmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, tasarım, kalibrasyon ve bilgisayarda veri toplama kartı ile ölçüm yapma başlıklarını içine alan bir düzenek hazırlanmış; öğrencilerin/gerçek hayatta karşılaşılabilecekleri endüstriyel bir ortam, bölüm laboratuvarına kazandırılmıştır.

KAYNAKLAR

- [1] "AD594/595 Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation" Analog Devices Ürün Özellik Sayfası
- [2] Joe Marcin, "AN-39 Thermocouple Signal Conditioning Using the AD594/595" Analog Devices Uygulama Notları
- [3] "TCA785 Faz açısı Kontrol Entegresi" Siemens Ürün Özellik Sayfası
- [4] Advantech PCL-812PG Veri Toplama Kartı Kullanma Kılavuzu
- [5] Advantech Drivers Supporting for Industrial Automation CD-ROM