

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR KONTROLLÜ GERÇEK ZAMANLI
SICAKLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Levent PARALI

Anabilim Dalı : Fizik Bölümü

Programı : Katıhal Fiziği

MANİSA 2008

CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR KONTROLLÜ GERÇEK ZAMANLI
SICAKLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Levent PARALI

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 16 Haziran 2008

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Haziran 2008

Tez Danışmanı : Prof.Dr. Nurdoğan CAN

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd.Doç.Dr. Yüksel KARABULUT

Yrd.Doç.Dr. Adil CANIMOĞLU

MANİSA 2008

Bölüm No	İÇİNDEKİLER	Sayfa No
	İçindekiler	I
	Şekil Listesi	III
	Çizelge Listesi	V
	Kısaltma Listesi	VI
	Teşekkür	VIII
	Özet	IX
	Abstract	XI
1.	GİRİŞ	1
2.	METROLOJİ VE KALİBRASYON	3
2.1	Metroloji ve SI Uluslararası Birim Sistemi	3
2.2	Ölçme Tanımlamaları Ve Temel Değişkenleri	6
2.3	Kalite Standartlarında Ölçme Ve Kalibrasyon	8
2.3.1	İzleme ve Ölçme Cihazlarının Kontrolü (Madde 7.6)	8
2.3.2	Ölçüm Sistemleri Analizi (Madde 4.11.1.2.)	10
2.3.3	Kontrol Prosedürü (Madde 4.11.2.)	10
3.	ÖLÇME SİSTEMLERİ	12
3.1	Sensör İle Algılama	12
3.2	Sensörlerin Sınıflandırılması	13
3.3	Sinyal Koşullama	16
3.4	Sinyal İşleme	16
3.5	Veri İzleme ve Dağıtma	17
4.	SICAKLIK ÖLÇÜMÜ	18
4.1	Sıcaklık Ölçüm Sensörleri ve Termokupl	18
4.2	Termokupl Ölçüm Sensörleri, Kablo Kodları, Milivolt Tabloları	19
4.3	Termokupl İle Sıcaklık Ölçme	22
5.	GERÇEK ZAMANLI ÇALIŞMA	23
5.1	Giriş	23
5.2	Donanım Ve Yazılımda Gerçek Zaman	23
5.3	Gerçek Zaman Performansı ve Kontrol	25
6.	ALANDA PROGRAMLANABİLİR KAPI DİZİSİ (FPGA)	26
6.1	FPGA Hakkında Bilgilendirmeler	26
6.2	FPGA Genel Yapısı	27
6.3	Gömülü Çoğaltıcılar, Ekleyiciler Ve Biriktiriciler	29
6.4	Gömülü Çekirdek Öbeği	30
6.5	Genel Amaçlı Giriş Ve Çıkışlar	31

6.6	Xilinx Ara Bağlantı Yaklaşımı	32
6.7	FPGA Tasarım Ve Programlama	36
6.8	FPGA İle Uygulama Geliştirme	38
6.9	FPGA Üreticileri	40
7.	KONFIGÜRE EDİLEBİLİR GÖMÜLÜ SİSTEMLER	41
7.1	Giriş	41
7.2	National Instruments Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemcisi (NI-9002)	42
7.3	National Instruments Konfigüre Edilebilir Şaseler (NI-9102)	44
7.4	National Instruments Termokupl Giriş Modülü (NI-9211)	46
7.5	DC Güç Besleme Ünitesi (FP-PS-4)	51
7.6	Konfigüre Edilebilir Gerçek Zamanlı Gömülü Sistemler	52
7.7	National Instruments FPGA Tabanlı Kontrol Platform Çeşitleri	56
8.	LABVIEW PROGRAMLAMA DİLİ	58
8.1	Giriş	58
8.2	LabVIEW Tanıtımı	59
8.3	LabVIEW Çalışması	61
8.4	LabVIEW İle Veri Toplama, Transfer, Analiz ve Bağlanabilirlik	63
9.	BİLGİSAYAR KONTROLLU GERÇEK ZAMANLI SICAĞLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ	68
9.1	Giriş	68
9.2	Kullanılan Donanımlar Ve Bağlantıları	69
9.3	LabVIEW Program Kurulumları	75
9.4	VISA Server Ayarları Ve IP Yapılandırmaları	76
9.5	LabVIEW Ortamında FPGA Yazılım Geliştirilmesi	80
9.6	Bilgisayar Ortamında Veri İzleme Ve Kontrol	83
9.7	Gerçek Zamanlı Ölçülen Sıcaklık Verileri	85
10	SONUÇ	86
10.1	Öneriler	86
	KAYNAKLAR	87
	ÖZGEÇMİŞ	89

Şekil	ŞEKİL LİSTESİ	Sayfa
No		No
Şekil 2.1.1	Metroloji Alanları	3
Şekil 2.1.2	SI Temel Birimleri ve İlişkilendirilmeleri	4
Şekil 2.2.1	Ölçme Değişkenleri	7
Şekil 3.2.1	Çeşitli Sensörler	15
Şekil 3.2.2	Transmitter ve Transducer Görüntüleri	15
Şekil 3.5.1	Temel Ölçme Sistemi	17
Şekil 3.5.2	Uzaktan İzlemeli Laboratuvar Sistemi	17
Şekil 4.1.1	Termokupl Devre Sembolü ve Görüntüsü	18
Şekil 4.1.2	Koruyucu Kılıflı Tipik Bir Termokupl	19
Şekil 4.2.1	Termokupl Kompanzasyon Kabloları	20
Şekil 4.3.1	Termokupl Sıcaklık Ölçüm Sistemi	22
Şekil 5.2.1	Donanım ve Yazılım Gerçek Zamanı	24
Şekil 6.1.1	FPGA - Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi	26
Şekil 6.2.1	Tipik FPGA Lojik Blok Yapısı	27
Şekil 6.2.2	Lojik Blok Giriş ve Çıkışları	28
Şekil 6.2.3	FPGA İç Yapısı	28
Şekil 6.3.1	Yongaya Gömülü Çarpıcı ve RAM Öbek Sütunlarının Görünüşü	29
Şekil 6.4.1	FPGA Ana Yapısı Dışındaki Gömülü Çekirdek Görünümü	30
Şekil 6.4.2	FPGA Ana Yapısındaki Bir ve Dört Çekirdekli Mikroişlemci	31
Şekil 6.5.1	Genel Amaçlı Giriş Çıkış Kümeleri	32
Şekil 6.6.1	Yönlendirme Kaynaklarının Yüzeysel Görünümü	33
Şekil 6.6.2	Sıradüzen Yönlendirme	34
Şekil 6.6.3	Virtex Ailesi Yerel Yönlendirme	34
Şekil 6.6.4	Anahtarlama Matrisi İletim Kapıları ve Yazmaç Düzeni	35
Şekil 6.6.5	Anahtar Matrisinin Yapılandırılması	36
Şekil 6.8.1	FPGA Akış Şeması	38
Şekil 7.2.1	NI 9002 Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemci Görünümü	42
Şekil 7.2.2	NI 9002 Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemci Kısımları	43
Şekil 7.3.1	4 ve 8 Slotlu Konfigüre Edilebilir Şase Görünümleri	44
Şekil 7.3.2	8 Slotlu Konfigüre Edilebilir Şase Ölçüleri	45
Şekil 7.3.3	NI FPGA Yapısı	45
Şekil 7.4.1	NI 9211Termokupl Giriş Modül Görüntüsü	46
Şekil 7.4.2	NI 9211 Termokupl Modülü Terminal Sinyal Bağlantı Şeması	47
Şekil 7.4.3	Termokupl'un Bir Kanala Bağlantı Şeması	48
Şekil 7.4.4	Bir Termokupl Kanalı İçin Giriş Devre Şeması	48

Şekil 7.4.5	Autozero Özelliği ile Offset Hatasının Düzeltilmesi	50
Şekil 7.5.1	DC Güç Besleme Ünitesi (FP-PS-4)	51
Şekil 7.5.2	DC Güç Besleme Ünitesinin Modüllere Bağlanması	52
Şekil 7.6.1	NI FPGA ile Konfigüre Edilebilir Gerçek Zaman İşlemcili Gömülü Sistemler	53
Şekil 7.6.2	Gömülü Sistemde FPGA Nüvesinin Giriş Çıkış Ünitesine Bağlantısı	54
Şekil 7.6.3	Gerçek Zaman Kontrollü Gömülü Sistem	55
Şekil 7.7.1	NI-FPGA Tabanlı Kontrol Platformları	56
Şekil 8.2.1	LabVIEW Kullanıcı Ara Yüzü	59
Şekil 8.2.2	LabVIEW Grafik Ara Yüzü	60
Şekil 8.3.1	Ön Panel Örneği	61
Şekil 8.3.2	Bir Blok Diagram Örneği	62
Şekil 8.4.1	Gürültülü Sinyal Analiz Ön Panel Örneği	65
Şekil 8.4.2	Gürültüsü Filtre Edilmiş Sinyal Analiz Ön Panel Örneği	66
Şekil 9.2.1	İşlemci Ünitesinin Şaseye Bağlantı Şekli	70
Şekil 9.2.2	İşlemci Ünitesinin Şaseye Bağlantı Resmi	70
Şekil 9.2.3	Termokupl Modülünün Şaseye Bağlantı Şekli	71
Şekil 9.2.4	Termokupl Modülünün Şaseye Bağlantı Resmi	71
Şekil 9.2.5	Biraraya Getirilmiş Modüler Sistemin Görüntüsü	72
Şekil 9.2.6	Ethernet Konektör Pin Gösterimi	73
Şekil 9.2.7	Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistem Donanım Bağlantıları	74
Şekil 9.3.1	LabVIEW Kurulacak Programlar	75
Şekil 9.4.1	VISA Server 4.3 Aktif İkonu	76
Şekil 9.4.2	Bilgisayara Ait TCP / IP Yapılandırma Ayarları	76
Şekil 9.4.3	MAX Programının Çalıştırılması	77
Şekil 9.4.4	MAX Program Ekranı ve Ayar Görüntüleri	78
Şekil 9.4.5	MAX Ekranındaki My System İçeriğindeki NI-VISA Ayar Sekmesi	79
Şekil 9.5.1	LabVIEW FPGA Programlama İşleyişi	80
Şekil 9.5.2	Ev Sahibi Bilgisayar Üzerinden FPGA Üzerine Program Yükleme Ekranı	81
Şekil 9.5.3	FPGA Grafik Kaynak Kodu	82
Şekil 9.5.4	FPGA Programının Sanal Enstrüman VI Görüntüsü	82
Şekil 9.6.1	Uzaktan İzleme Birimi İçin Yazılan Grafik Kaynak Kodu	83
Şekil 9.6.2	Uzaktan İzleme Birimi İçin Geliştirilen Sanal Enstrüman Paneli	84

Çizelge No	ÇİZELGE LİSTESİ	Sayfa No
Çizelge 2.1.1	Belli Başlı Birimler ve Sembolleri	6
Çizelge 3.1.1	Ölçülen Büyüklükler ve Çıkış Büyüklükleri	13
Çizelge 4.2.1	Termokupl Kablo Kodlamaları	20
Çizelge 4.2.2	J Tipi Termokupl Milivolt Tablosu (FE CU Nİ)	21
Çizelge 4.2.3	K Tipi Termokupl Milivolt Tablosu (NİCR-Nİ)	21
Çizelge 9.2.1	Ethernet Kablo Bağlantısı	72
Çizelge 9.7.1	Gerçek Zamanlı Ölçülen Sıcaklık Verilerinin Dosyaya Kaydedilmesi	85

KISALTMA LİSTESİ

Kısaltma	Açılımı
ADC	A nalog D igital C onvertor (Analog Sinyali Digital sinyale çevirici)
ASIC	A pplication S pecific I ntegrated C ircuit (Ürüne özel üretilen tümleştirilmiş devreler)
CLIENT	Komşu - İstemci
CRIO	C ompact R econfigurable I nput O utput (Kompakt yapıda konfigüre edilebilir giriş çıkışı)
DSP	D igital S ignal P rocessing (Sayısal Sinyal İşleme),
DAC	D igital A nalog C onvertor (Digital Sinyali Analog Sinyale çevirici)
DAQ	Data Acquisition (Veri Toplama)
DRAM	D ynamic R andom A ccess M emory (Dinamik Rastgele Erişimli Hafıza)
FPGA	F ield P rogrammable G ate A rray (Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi)
GPIO	G eneral P urpose I nterfacing B us (Genel amaçlı arabirim veri yolu)
HOST	Sunucu
LabVIEW	L aboratory V irtual I nstrument E ngineering W orkbench (Mühendislik çalışmaları için Sanal Entüman Laboratuvarı)
LUT	L ook U p T able (Doğruluk Tablo Tabanlı Yapı)
MAC	M ultiply A nd A ccumulate (Çoğaltıcı ve Biriktirici)
MUX	Multiplexer-(Çoğullayıcı)
NI	N ational I nstruments
PCI	P eripheral C omponent I nterconnect (Çevresel komponentler arası bağlantı)
RTD	R esistance T emperature D edectors (sıcaklık direnç dönüştürücü)
SERVER	Sunucu
SI	The I nternational S ystem O f U nits (Uluslararası Birim Sistemi)
SİSTOLİK	Paralel Algoritma İşleyişleri için kurulan dizi yapısı
SRAM	S tatic R andom- A ccess M emory (Statik Rastgele Erişimli Hafıza)
TCP/IP	T ransmission C ontrol P rotocol / I nternet P rotocol (İletim Kontrol Protokolü / İnternet Protokolü)
TRANSDUCER	Gerilim Çıkışlı Dönüştürücü (0-10V gibi)
TRANSMITTER	Akım Çıkışlı Dönüştürücü (4-20 mA gibi)
UDP	U ser D ata P rotocol (Kullanıcı Veri Protokolü)
UME	U lusal M etroloji E nstitüsü

VII

VHDL	Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language (Yüksek hızlı tümleştirilmiş devre donanım tasarım dili)
VI	Virtual Instrument (Sanal Enstruman)
XILINX	Xilinx firmasının ürettiği xilinx compile (düzenleme) araçları
WATCHDOG TIMER	Zaman aşımı kesme zamanlayıcısı

TEŞEKKÜR

13 yıllı bulan endüstri alanındaki çalışma tecrübelerimi , yüksek lisans tezim

aracılığıyla bilimsel alandaki deneysel çalışmalara yansıtmamda gösterdiği büyük destek, teşvik

ve yönlendirmelerinden dolayı danışmanım **Prof.Dr.Nurdoğan CAN** 'a,

deneysel çalışmalarına bulunduğu önemli katkılar için **Yrd.Doç.Dr. Sezai TAŞKIN** 'a

ve her türlü özverili desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmayı FEF-2007-087 proje numarası ile destekleyen Celal Bayar Üniversitesi

Bilimsel Araştırma Komisyonu'na da ayrıca teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

BİLGİSAYAR KONTROLLU GERÇEK ZAMANLI SICAKLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ**Levent PARALI**

Ölçme yöntemlerinin güvenilirliği, doğru ölçme metodlarının kullanılmasıyla beraber ürün, gözlemci, cihaz ve çevre gibi etkileşimlerden ortaya çıkabilecek ölçüm okuma hatalarının en aza indirgenmesiyle sağlanmaktadır.

Gerek endüstriyel alanlardaki, gerekse bilimsel çalışmalardaki ölçme sistemleri içerisinde birçok ölçme elemanı ile sıcaklık, basınç, titreşim, frekans, kuvvet, darbe, kuvvet, ağırlık, gerginlik gerilim-akım-direnç, ses, ışık ve sayısal sinyaller gibi ölçümler yapılabilmektedir.

Bunlar içerisinde termokupl ölçme elemanı ile yapılan sıcaklık ölçümleri, önemli bir yer tutmaktadır.

Özellikle endüstriyel alanlardaki uygulamalarda sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve istenen değerlerde kontrol altında tutulması, üretilen ürünün kalitesiyle doğrudan ilgilidir.

Müşteri memnuniyetinin en üst seviyede tutulması, ürün kalite faktörünün yükseltilmesi ile sağlanacaktır.

Bilimsel alanlardaki deneysel çalışmalarda yapılan sıcaklık ölçümlerinin etkinliği ise teorik çalışmalar ile pratik uygulamaların örtüştürülerek karşılaştırılmasında ve doğru saptamaların yapılmasında çok büyük önem taşımaktadır.

Bundan dolayıdır ki ölçme sistemlerinin son teknolojik gelişmelere paralel olarak geliştirilmesi, büyük bir ivmeyle artmaya devam edecektir.

Bu çalışmada ilk olarak; Metroloji bilimi-Kalite Standartları, ölçme sistemleri hakkında genel bilgilendirmelere yer verildikten sonra ölçme sistemlerinin uygulama alt yapısına inilmiş, Bilgisayar Kontrollu Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçme metodları üzerinde araştırma yapılmıştır.

Sıcaklık ölçümlerinde kullanılan gerçek zamanlı ölçme metoduyla, ölçüm noktasındaki sıcaklık değişimlerinin, nanosaniye seviyesindeki bir tepkime hızıyla bilgisayar destekli olarak ölçülmesi, teknolojik gelişmelerin geldiği boyut hakkında bize fikir vermektedir.

Konuyla ilgili olarak, National Instruments firmasının geliştirmiş olduğu konfigüre edilebilir gömülü sistem donanımlarından ve LabVIEW adındaki sanal enstrumantasyon program geliştirme araçlarından faydalanılarak, **Bilgisayar Kontrollu Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi** adında bir uygulama yapılmıştır.

Bilgisayar Kontrollu Gerçek Zamanlı Ölçüm Sistemi ile bilgisayar tabanlı sıcaklık değerleri izleme ve kontrol ekranı oluşturulmuş, verilerin bilgisayar ortamında kayıt altına alınması sağlanmıştır.

Uygulamanın modüler bir sistem olarak tasarlanan alt yapısıyla, ileriye dönük olarak düşünülen Tümlleştirilmiş Ölçme Sistemleri ve ISO Kalite Sistemlerinde yer alan Metroloji-Kalibrasyon uygulamalarının da gerçekleştirilmesi olanaklı hale getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gerçek Zamanlı Ölçme, FPGA (Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi), Gömülü Sistem, Konfigüre Edilebilir Giriş Çıkış, Termokupl, Sıcaklık Ölçme

ABSTRACT**Computer Controlled Real Time Temperature Measurement System****Levent PARALI**

The reliability of measurement techniques is ensured by taking advantage of accurate measurement methods and in addition to this by minimizing the measurement errors which would occur due to the external effects such as the interaction of product, observer, device or environment.

Most of the measurement elements which are involved in the measurement systems used both in industrial and scientific area makes us measure the temperature, pressure, vibration, frequency, force, shock, weight, tension, strain, stress, voltage-current-resistance, sound, noise, light, digital signals and so on.

Among these, the temperature measurements done by thermocouple are really important.

Especially in the industrial field implementations, the temperature measurement and the accurate control of the temperature is directly related with the quality of the product. The satisfaction of customer will be provided by increasing the quality of the product.

Accurate temperature measurement in scientific area researches is also very significant to combine and compare the theoretical works and practical implementation results and finally to reach a correct inference. According to this reason as the technological improvements increase, the development in the measurement systems will also continue to increase.

In this working field, after giving some general information about Metrology Science - Quality Standards, measurement systems, the implementation of these measurement systems are explored and it is started to be worked on computer controlled real time measurement systems.

By the help of the real time measurement method which is used to measure temperature, the temperature change in the measuring point can be detected and taken into account in a very short time, to say in nanoseconds, by using computers. This gives us an idea about to what point the technological improvements come.

Related to this topic, an application named “**Computer Controlled Real Time Temperature Measurement System**” is developed by the help of configurable embedded system hardware which is produced by National Instruments and the virtual instrumentation program development platform, named LabVIEW.

By using “Computer Controlled Real Time Temperature Measurement System” computer based measurement monitoring and control user interface is designed. Moreover, by this feature it is provided that all temperature measurements are recorded in the computer environment.

Integrating Measuring Systems which are considered for future use and Metrology-Calibration applications which are involved in ISO Quality Systems will be realized by the help of infrastructure of the application, which is designed as a modular system.

Key Words : Real time measurement, FPGA (Field Programmable Gate Array), Embedded system, Reconfigurable Input Output, Data recording, Thermocouple, Temperature Measurement.

1.GİRİŞ

Ölçme sistemleri, değeri bilinmeyen birçok fiziksel büyüklüğün, değeri bilinen bir büyüklük ile karşılaştırarak değerler belirleme sistemidir. Ölçülebilen değerlerin kontrol altında tutulabilmesi ve istenilen düzeyde ayarlanması, karakteristik özelliklerin belirlenmesinde büyük etkindir.

Teknolojinin gelişimine göre zaman içinde bir çok ölçme metodları kullanılmıştır. Kullanılan ölçme metodlarının hedefi, sifıra yakın hatayla fiziksel büyüklere değer atama olarak ifade edilebilir.

Ölçme hatalarının tespit edilmesi ve en aza indirgenerek kontrol altına alınması yönündeki çalışmalar günümüzde de devam etmektedir. Kullanıcının kontrol altına alamadığı hataları bir ölçüm belirsizliği şeklinde ifade etme gereksinimi, istatistiki çalışmaların ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Doğru ölçüm metodu kullanılarak, doğru ölçüm yapan bir cihaz ile ölçüm yapan kişinin yaptığı ölçmeyi değerlendirme kabiliyeti çok önemli bir sıralama olarak karşımıza çıkmaktadır.

Günümüzde bilgisayar kontrollu ölçüm sistemleri üzerinde yapılan çalışmalar ve bu çalışmaların gerçek değerleri en doğru şekilde yakalama hassasiyeti sürekli gelişim göstermektedir.

Gerçek zamanlı ölçüm sistemleriyle, ölçüm noktasındaki fiziksel değişimin nanosaniye'lik gecikme tepkimesiyle alınması, ölçme ve kontrol sistemlerinin sağlıklı gelişmesine katkı sağlamıştır.

2000'li yıllarda FPGA (**F**ield **P**rogrammable **G**ate **A**rray -Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi) üzerinde yapılan çalışmalar, beraberinde embedded olarak tanımlanan gömülü sistemlerin gelişmesini de sağlamıştır.

Klasik ölçü cihazlarının yerine gerçek zamanlı ölçme yapabilen ve kullanıcı bilgisayar mikroişlemcisinden bağımsız kendine özgü ayrı bir mikroişlemciyle oluşturulan gömülü kontrol sistemleri, geline son çalışmaların boyutu hakkında fikir sahibi olmamızı sağlayabilir.

Özellikle kullanıcı odaklı olarak hazırlanan ve kullanıcı dostu diye adlandırılan kontrol yazılımları ile ölçme işlemleri için geliştirilen gömülü sistemlerin kontrol altında tutulması, sürekli değişen ihtiyaçlara cevap verebilecek esnek bir çalışma ortamının ortaya çıkmasına olanak sağlamıştır.

Ölçüm sistemlerinin, evrensel bazda oluşturulan birim sistemleriyle ifade edilmesi ve ortak ölçme standartlarının kabul edilerek kullanılması Metroloji bilimini ortaya çıkarmıştır. Özellikle ürünlerin kalite faktörlerinin belirlenmesinde, ölçme sistemlerinin ortak bir dilde ifade edilmesinin önemi büyüktür.

1990'lı yıllardan günümüze kadar uzanan zaman diliminde çeşitli standartlarla desteklenen Kalite Sistemleri oluşturulmuştur. Özellikle üretilen bir ürünün yurt dışı pazarlarda rekabet edebilecek seviyede olabilmesi için Kalite Sistem Sertifikasyon gerekliliği zorunlu hale gelmiştir.

Ölçüm sistemlerinin, kalite sistem çalışmalarıyla bir üst düzey laboratuvarlardaki ölçüm cihazlarıyla izlenebilir alt yapıya kavuşması, standart tabanlı bir ölçüm sisteminin oluşmasına büyük katkı sağlamıştır.

Sadece endüstri alanla sınırlı kalmaması gereken ve özellikle bilimsel laboratuvar çalışmalarında da ölçüm sistemlerinin kalite standartları çerçevesine oturtulması, bilimsel çalışmaların izlenebilir literatürlerde yer almasına yol açacaktır.

2. METROLOJİ VE KALİBRASYON

2.1 Metroloji ve SI Uluslararası Birim Sistemi

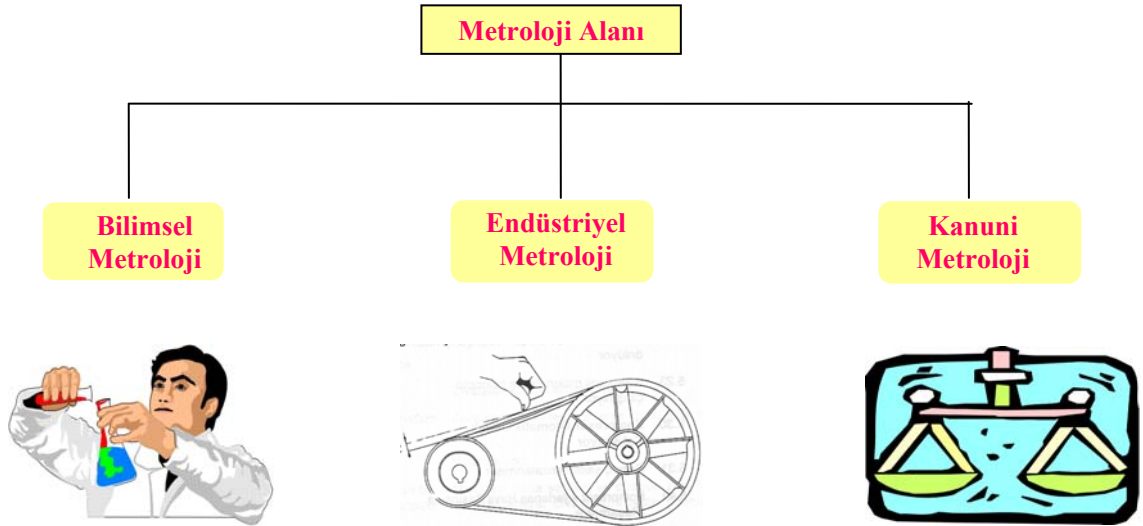
Metroloji, genel olarak ölçme etkinliği ve bu etkinlikte kullanılan ekipman ve birimler üzerinde çalışma yürüten bilim alanı (ölçüm bilimi) olarak tanımlanabilir.

Metroloji adıyla anılan ölçüm biliminin temel amacı, evrensel anlamda ölçme sistemlerini kabul edilebilir standartlar çerçevesine oturtup, pazara uygun kaliteli ürünlerin çıkarılmasını sağlamaktır.

Bu da ölçme sistemlerinin izlenebilirlik hiyerarşisinde primer laboratuvara zincirleme olarak ilişkili duruma getirilmesiyle sağlanabilir. Bu ilişkilendirme izlenebilirlik faaliyetlerine de kalibrasyon adı verilmektedir.

İzlenebilir ölçme sistemleri sayesinde, aynı ürünün farklı iş gücü ve farklı ortamlarda ortak kalitede üretilmesi olanaklı duruma gelmektedir.[1]

Metroloji Sisteminin yapılanması üç ana gruba ayrılır ;



Şekil 2.1.1 Metroloji Alanları

Bilimsel Metroloji, uluslararası geçerliliği olan primer standartların ülke düzeyinde oluşturulması ilgili faaliyetleri içermektedir. Ülkemizde bu konuda, TÜBİTAK bünyesinde yer alan Ulusal Metroloji Enstitüsü (UME) görevlendirilmiştir.

Endüstriyel Metroloji, endüstride kullanılan ölçme ve kontrol cihazlarının kalibrasyonlarının yapıldığı hizmet alanlarını kapsar.132 sayılı kanunla TSE endüstriyel alandaki hizmetlerin yürütülmesinde görevlendirilmiştir.

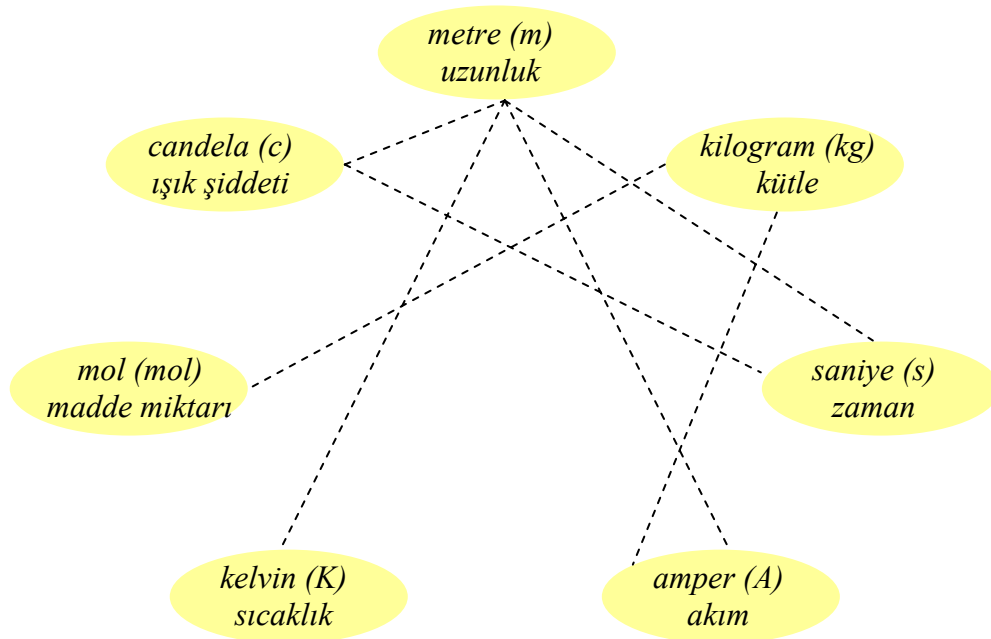
Kanuni Metroloji, ticarete esas teşkil eden ölçü ve kontrol aletlerinin kalibrasyonlarıyla ilgilenir. Bu kategoriye giren cihazların tümü mecburen kalibre ettirmek durumundadır. Ülkemizde 3516 sayılı kanunla T.C Sanayi Bakanlığı bu konuda görevlendirilmiştir.

Ölçme sistemlerinin uluslararası düzeyde ortak bir dilde ifade edilebilmesi için, SI (The International System Of Units) Uluslararası Birim sistemleri oluşturulmuştur.

Uluslararası birim sistemine göre tüm büyüklüklerin ölçümünde yedi temel birim ve bu temel birimlerden türetilen birimler kullanılır.[1]

Metrik sistem olarak da anılan bu sistemin birimleri ve birimler arası ilişkiler Şekil 2.1.2' de gösterilmiştir.

SI TEMEL BİRİMLERİ



Şekil 2.1.2 SI Temel Birimleri ve İlişkilendirilmeleri

Temel SI birimlerini kısaca tanımlamak gerekirse;

Metre: Metre (M), uzunluğa ait temel ölçü birimidir.

Bir metre, ışığın boşlukta saniyenin 299.792.458 'de biri kadar sürede aldığı yolun uzunluğudur. UME ve bir çok metroloji enstitüsünde metre standartını oluşturmak için he-ne laser cihazları kullanılır.

Kilogram: Kilogram (Kg), kütleye ait temel ölçü birimidir.

Bir kilogram, uluslararası kilogram prototipinin kütlesidir. Kilogram prototipi Paris'te bulunan Ölçü ve Ağırlıkla Bürosunda (BPIM) bulunmaktadır.

Türkiye' ye ait kilogram prototipinin numarası 54' dür ve UME de korunmaktadır.

Saniye: Saniye (s), zaman ait temel ölçü birimidir.

Bir saniye, sezyum 133 cs atomunun, temel enerji durumunda iki süper ince düzeyi arasındaki geçişe karşılık gelen ışımanın 9.192.631.770 periyotluk süresidir.

Amper: Amper (A), elektriksel akım şiddetine ait temel ölçüm birimidir.

Bir amper boşlukta birbirlerinden bir metre uzaklıkta bulunan, kesitleri ihmal edilebilecek kadar küçük silindirik iki paralel iletkenin geçirildiğinde, bu iletkenler arasında metre başına 2×10^{-7} newtonluk bir kuvvet oluşturan, zamana bağlı olarak değişmeyen bir elektrik akım şiddetidir.

Kelvin: Kelvin ($^{\circ}\text{K}$), termodinamik sıcaklığa ait temel ölçü birimidir. Bir Kelvin, suyun üçlü noktasının termodinamik sıcaklığının 273.16' da biridir.

Candela: Kandela (cd), ışık şiddetine ait temel ölçü birimidir.

Bir Kandela 540×10^{-12} hertzlik bir titreşime sahip monokromik bir ışık kaynağının bir steradyanlık katı açıda sağladığı aydınlatma şiddetinin 683 'de biridir.

Mol: Mol madde miktarına ait temel birimdir.

Bir mol, 0.012 gram karbon-12 içersindeki atom sayısıdır.[1]

Yedi temel birimden türetilen belli başlı birimler aşağıdaki çizelgede gösterilmektedir.

BÜYÜKLÜK	SI BİRİM ADI	SEMBOL
ALAN	METREKARE	M ²
HACİM	METREKÜP	M ³
HIZ	METRE/SANİYE	M/S
İVME	METRE/SANİYE KARE	M/S ²
YOĞUNLUK	KİLOGRAM/METRE ³	KG/M ³
AKIM YOĞUNLUĞU	AMPER/METRE ²	A/M ²
AYDINLATMA	KANDELA/METRE ²	CD/M ²
FREKANS	HERTZ	HZ
KUVVET	NEWTON	N
BASINÇ GERİLME	PASCAL	PA
ENERJİ İŞ	JOULE	J
GÜÇ	WATT	W
ELEKTRİK YÜKÜ	COULOMB	Q
POTANS FARKI	VOLT	V
ELEKTRİK DİRENCİ	OHM	Ω
KAPASİTANS	FARAD	F
MAGNETİK AKI	WEBER	WB
MAG.AKI YOĞ.	TESLA	T
İNDÜKTANS	HENRY	H
IŞIK AKISI	LÜMEN	LM
DİN. VISKOSİTE	PASCAL.SANİYE	PA.s
MOMENT	NEWTON.METRE	N.m
ISIL İLETKENLİK	WATT/M0K	W/(m K)
PERMİTİVE	FARAD/İMETRE	F/m

Çizelge 2.1.1 Belli Başlı Birimler ve Sembolleri [1]

2.2. Ölçme Tanımlamaları Ve Temel Değişkenleri

Ölçme işlevselliğinden bahsedilmek için ilk etapta ölçme alanında çok sık kullanılan tanımlamaları açıklamamız yararlı olacaktır.

Ölçme: Bilinmeyen bir büyüklüğün değerini öğrenmek için, bilinmeyen büyüklüğün bilinen bir büyüklükle ile karşılaştırarak bir değer belirleme işlemidir.

Kalibrasyon: Bir ölçüm ekipmanının aynı veya bir üst seviyede bulunan ekipman ile uygun bir ortamda karşılaştırılması ve sonuçlarının dökümanite edilmesidir.

İzlenebilirlik: Yapılan her bir ölçümün sonuçlarını, ulusal standartlara veya ulusallığı kabul edilmiş ölçüm sistemlerine, kesintisiz karşılaştırmalar zinciri üzerinden bağlanabilme yeteneğidir.

Doğrulama: Bir ölçüm ekipmanının belirli bir amaca uygunluğunun tanımlanmış bir yöntem kullanılarak ortaya konmasıdır.

Çözünürlük: Skala üzerinden okunabilen (fark edilebilen) en küçük bölmedir.

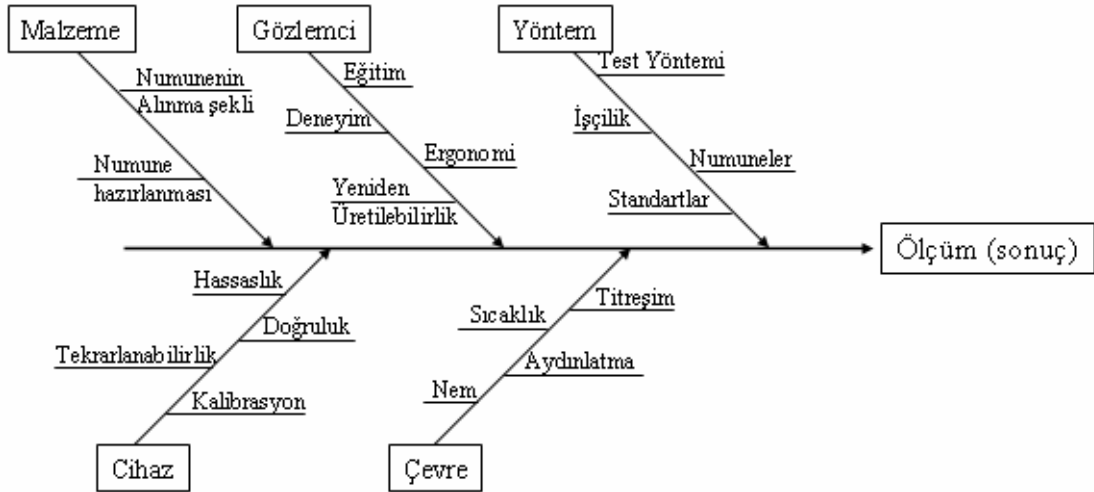
Kararlılık: Aynı ölçüm sistemi ile aynı master ve parçalar üzerindeki bir karakteristiğin zaman içinde yeniden ölçüldüğünde, ölçümlerin toplam varyasyonudur.

Doğruluk (Bias): Ölçümlerin ortalaması ile aynı parçanın daha hassas ölçümlerde elde edilen değeri arasındaki farktır.

Tutarlılık: Bir ölçüm cihazının beklenen çalışma aralığı içerisindeki doğruluk değerleri arasındaki farktır. Bu fark değeri ne kadar sıfıra yakın olursa o cihaz o derece tutarlı ölçüm yapan bir cihazdır.

Tekrarlanabilirlik: Bir ölçüm cihazı kullanılarak aynı parça üzerinde aynı değişkenin aynı gözlemci tarafından bir çok kez ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların varyasyonudur. Tekrar edilen ölçümler arasındaki farkın hassaslık olarak tespit edildiği de bilinmektedir.[1]

Ölçme sistemlerini etkileyen temel değişkenler Şekil 2.2.1 de gösterilmiştir;



Şekil 2.2.1 Ölçme Değişkenleri [1]

Ölçüm sonuçları; malzeme, gözlemci, yöntem, cihaz ve çevre gibi değişkenlerin etkileşmesiyle ortaya çıkmaktadır.

2.3 Kalite Standartlarında Ölçme Ve Kalibrasyon

Ülkemizde izleme ve ölçme cihazlarının kontrolü için TS EN ISO 9001-2000 Kalite Standartı referans alınmaktadır.

Bu standartın 7.6. maddesi İzleme ve Ölçme Cihazlarının Kontrolünü, 4.11. maddesi Muayene, Ölçme ve Deney Ekipmanlarının Kontrolünü içermektedir.

2.3.1 İzleme ve Ölçme Cihazlarının Kontrolü (Madde 7.6)

Kuruluş, taahhüt edilen izleme ve ölçmeyi ve ürünün belirlenen şartlara uygunluğunu kanıtlamak için gereken izleme ve ölçme cihazlarını belirlemelidir. (Madde 7.2.1)

Kuruluş, izleme ve ölçmelerin yapılabilmesini ve bunların izleme ve ölçme şartları ile tutarlı olmasını sağlayacak prosesleri oluşturmalıdır.

Gerekli olduğunda, geçerli sonuçların sağlanması için ölçme teçhizatı:

- a) Belirlenmiş aralıklarla veya kullanımdan önce uluslararası veya ulusal ölçme standartlarına kesintisiz bir zincirle izlenebilir ölçme standartları ile kalibre edilmeli veya doğrulanmalıdır. Bu tipte standartların bulunmadığı yerlerde kalibrasyon ve doğrulamada esas alınan hususlar kaydedilmelidir.
- b) Ayarlanmalı veya gerekli olduğunda tekrar ayarlanmalıdır.
- c) Kalibrasyon durumunu tespit etmeye imkan verecek şekilde tanımlanmış olmalıdır.
- d) Ölçme sonuçlarını geçersiz kılacak biçimde ayarlanmamalı ve bundan kaçınılmalıdır.
- e) Taşıma, bakım ve depolanma sırasında hasar ve bozulmalara karşı korunmalıdır.

Ek olarak, kuruluş, teçhizatın şartlara uygunluğu bulunmadığında, daha önceden yapılmış ölçme sonuçlarının geçerliliğini değerlendirmeli ve bu sonuçların geçerliliğini kaydetmelidir. Kuruluş, bu durumdan etkilenen teçhizat ve ürün hakkında uygun tedbiri almalıdır. Kalibrasyon ve doğrulama sonuçlarının kayıtları muhafaza edilmelidir (Madde 4.2.4).

Belirlenmiş şartların izlenmesinde ve ölçülmesinde kullanıldığında bilgisayar yazılımının, amaçlanan uygulamayı yerine getirme yeteneği teyit edilmelidir. Bu işlem, ilk kullanımdan önce yapılmalı ve gerektiğinde yeniden teyit edilmelidir.

Kılavuzluk için ISO 10012-1 ve ISO 10012-2 standartlarını izlemek faydalı olur.

Madde 4.11.1.1. Genel;

- Tedarikçi, ürünün belirlenen şartlara uygunluğunu göstermek amacıyla, kullandığı ölçme, muayene ve deney teçhizatının (deney yazılımları da dahil) kontrolü, kalibrasyonu ve bakımı için dokümanite edilmiş prosedürleri oluşturmalı ve sürekliliğini sağlamalıdır. Muayene, ölçme ve deney teçhizatı, ölçüm belirsizliğinin bilindiğinden ve bu belirsizliğin istenilen ölçüm yeteneği ile tutarlılığından emin olunacak şekilde kullanılmalıdır.
- Deney yazılımları ve deney donanımları gibi kıyaslama referansları, muayenenin uygun şekli olarak kullanıldığında, bunların üretim, tesis ve servis sırasında ürünün kullanımından önce kabul edilebilirliğini doğrulayabilecek yeterlilikte olduğunu sağlamak için kontrol edilmeli ve bu kontrol belirli aralıklarla tekrarlanmalıdır. Tedarikçi, bu kontrollerin kapsam ve sıklığını belirlemeli ve kontrollerin yapıldığını gösteren kayıtları delil olarak muhafaza etmelidir (Madde 4.16).
- Muayene, ölçme ve deney cihazlarına ait teknik verilerin hazır bulundurulması belirtilmiş bir şart ise, müşteri veya temsilcisi tarafından istendiğinde bu veriler, cihazların fonksiyonel yeterliliğinin doğrulanması için hazır bulundurulmalıdır.
- Bu standardın amacı bakımından “ölçme ekipmanı” terimi ölçme cihazlarını da kapsar.

2.3.2 Ölçüm Sistemleri Analizi (Madde 4.11.1.2.)

Her tip ölçüm ve deney ekipman sistemlerinin sonuçlarında var olan değişkenliğin analiz edilmesi amacıyla uygun istatistiksel çalışmalar yürütülecektir.

Bu şart kontrol planında referans verilen tüm ölçüm sistemlerine uygulanacaktır.

Bu çalışmalarda kullanılan analitik teknikler ve kabul kriterleri, **sapma, doğrusalılık, kararlılık, tekrarlanabilirlik** ve **yeniden üretilebilirlik** çalışmalarını da içerecek şekilde mümkün olduğu kadar ölçüm sistemleri analizine dair müşteri referans kılavuzlarına uygun olacaktır. Şayet müşteri tarafından onaylanmış ise, diğer analitik teknikler ve kabul kriterleri kullanılabilir.

Kullanılacak spesifik yöntemin seçimi, ölçüm sisteminin tekniğine, yöntemin içinde çalışacağı koşullara ve üretilen verinin kullanım amacına dayandırılmalıdır.

2.3.2 Kontrol Prosedürü (Madde 4.11.2.)

Tedarikçi:

Yapılacak ölçümleri ve istenilen doğruluğu tanımlamalı ve gereken doğruluk ve hassasiyeti sağlayacak uygun muayene, ölçme ve deney teçhizatını seçmelidir.

Ürün kalitesini etkileyebilecek tüm muayene, ölçme ve deney cihazlarını tanımlamalı ve bunları belirlenmiş zaman aralıklarında veya kullanımdan önce kabul edilen uluslararası veya ulusal standartlar ile bağlantılı olduğu bilinen, sertifikalı teçhizatı esas alarak kalibre etmeli, ayarlamalı ve bu standartların yokluğunda kalibrasyonda esas alınan hususları doküman haline getirmelidir.

Teçhizat tipinin detaylarını, tanıtım numarasını, konumunu, kontrol sıklıklarını, kontrol yöntemini, kabul kriterlerini ve sonuçların yetersizliği durumunda alınacak önlemleri de kapsayan muayene, ölçme ve deney teçhizatının kalibrasyonları için kullanılacak yöntemleri belirlemelidir.

Muayene, ölçme ve deney teçhizatını, kalibrasyon durumunu gösterecek şekilde uygun bir işaret veya onaylanmış bir tanıtım kaydı ile tanımlanmalıdır.

Muayene, ölçme ve deney teçhizatına ait kalibrasyon kayıtlarını muhafaza etmelidir.

(Madde 4.16),

Muayene, ölçme ve deney teçhizatının kalibrasyonunun sağlanamadığının tespit edilmesi durumunda daha önce yapılmış olan muayene ve deney sonuçlarının geçerliliğini değerlendirmeli ve dokümente etmelidir.

Kalibrasyon, muayene, ölçme ve deneylerin yerine getirilebilmesi için uygun çevre şartlarını sağlamalıdır.

Muayene, ölçme ve deney teçhizatının, taşınma, muhafaza ve depolanmasının kullanım için doğruluğunu ve uygunluğunu sağlamalıdır.

Deney donanımları ve deney yazılımlarını da kapsayan muayene, ölçme ve deney olanaklarını, kalibrasyonu geçersiz kılacak ayar işlemlerinden korumalıdır.

Bu kalite standartları tarafınan desteklenen ölçme sistemleri ile ortaya konan üretim, mal ve hizmetler, uluslararası pazarda yerini alabilmektedir.

3. ÖLÇME SİSTEMLERİ

3.1 Sensör İle Algılama

Fiziksel ortamdaki değişimler ile ölçme cihazları arasında iletişim kurulmasını sağlayan algılayıcılara sensör denir.

Endüstriyel sistemlerde kontrol, koruma ve izleme gibi alanlarda çok sık sensörlerden faydalanılır. Sensörlere duyurga denildiği de görülmektedir.

Mikroelektronik alanındaki gelişmelerden dolayı yüzlerce tip sensörden bahsetmek olanaklı duruma gelmiştir.

Teknik literatürde sensör ile transducer kelimesi birbirleri yerine çok sık kullanılmaktadır.

Transducer genel olarak gerilim dönüştürücü olarak tanımlanabilir. Sensör ise çeşitli enerji biçimlerini elektriksel enerjisine çeviren cihazdır.

1969 yılında ISA (Instruments Society of America) bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul edip “ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulların kullanılabilir elektriksel miktara dönüştüren bir araç” [21] olarak tanımlasa da; sensörler, harekete, sıcaklığa, ışığa, basınca, elektriksel, manyetik, ve farklı çeşitlerde enerjilere duyarlı bir eleman olarak, transducerler bir tür enerjiyi algılayıp diğer tür enerjiye çevrilebilen elemanlar olarak tanımlanabilir.

Bu özelliklerden dolayı örneğin bir transducer basıncın büyüklüğünü algılamak için sensöre ve algılanan bu büyüklüğü elektriksel bir sinyale dönüştürmek içinse devreye sahip olmalıdır. [2-3]

Algılama sonucu sensörden alınan çok küçük elektriksel sinyaller filtreleme ve doğrusal yükseltme işlevinden sonra yükseltilecek ya 0-10 V gibi gerilimsel büyüklüğe ya da 4-20 mA gibi akım türüne dönüştürülür.

Küçük gerilim değişimlerini, yükseltme işlemi sonucunda gerilime dönüştürme işlemini transducer, akıma çevirme işlemini ise transmitter adında devreler yapmaktadır.[21]

Endüstride çok sık kullanılan sensörler için ölçülen büyüklükler ve çıkış büyüklükleri ait bilgiler Çizelge 3.1.1 verilmiştir.

Ölçülen Büyüklükler		Çıkış Büyüklüğü
1. İvme	22. Açı	1. AC Çıkış
2. Hava Hızı	23. Fark	2. DC çıkış
3. Akış hızı	24. Kızıl ötesi	3. Kapsül
4. Akım	25. Yoğunluk	4. Diyafram
5. Öteleme	26. Doğruluk	5. Frekans çıkış
6. Akış hızı	27. Kütle	6. Sayısal çıkış
7. Kuvvet	28. Parlaklık	7. Yarı iletken
8. Isı akısı	29. Nispi	8. Servo
9. Nem	30. Yüzey	9. Anahtar
10. Ani sararım	31. Toplam	10. Ultrasonik
11. Işık	32. Miktar	11. Titeşen element
12. Sıvı seviyesi	33. Kapasitif	
13. Nükleer Radyasyon	34. Elektromanyetik	
14. Basınç	35. Endüktif	
15. Hız	36. Fotokondaktif	
16. Ses basıncı	37. Fotovoltik	
17. Gerilme	38. Piezoelektrik	
18. Sıcaklık	39. Potansiyometrik	
19. Tork	40. Resistif	
20. Hız	41. Gerilme kuvveti	
21. Mutlak değer	42. Termoelektrik	

Çizelge 3.1.1 Ölçülen Büyüklükler ve Çıkış Büyüklükleri [21]

3.2 Sensörlerin Sınıflandırılması

Sensörleri temel olarak giriş büyüklüklerine ve çıkış büyüklüklerine göre olmak üzere iki sınıfa ayırabiliriz.

Giriş büyüklüklerine göre sensörler altı gruba ayrılır;

Mekanik: Uzunluk, alan, miktar, kütleli akış, kuvvet, tork (moment), basınç, hız, ivme, pozisyon, ses dalga boyu ve yoğunluğu.

Termal: Sıcaklık ve ısı akısı.

Elektriksel: Voltaj, akım, direnç, endüktans, kapasitans, dielektrik katsayısı, polarizasyon, elektrik alanı, frekans.

Manyetik: Alan yoğunluğu, akı yoğunluğu, manyetik moment, geçirgenlik.

Işıma: Yoğunluk, dalga boyu, polarizasyon, faz, yansıtma, gönderme.

Kimyasal: Yoğunlaşma, içerik, oksidasyon / redaksiyon, reaksiyon hızı, PH miktarı.

Çıkış büyüklüklerine göre sensörler, analog ve digital çıkış olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Analog çıkışlı sensörler, algılama etkileşimine göre çıkışında analog olarak oluşan gerilim veya direnç değişimleridir.

Çıkışı gerilim olarak veren sensörlere termokuplları, direnç olarak veren sensörlere RTD direnç termometrelerini örnek olarak verebiliriz.

Digital çıkışlı sensörler, algılama etkileşimine göre çıkışında lojik 0 ile lojik 1 den oluşan sayısal bilgi değişimleridir. Sayısal tanım olarak oluşan sensör çıkışındaki bilgiler, bilgisayarlarla doğrudan iletişim kurabilirler.

Digital çıkışlı sensörler, bilgisayarlarla iletişim kurabilmeleri için RS232, RS422, RS485 gibi seri iletişim protokollerinden faydalanırlar.

Sensörler besleme ihtiyacına göre iki sınıfa ayrılabilir.

Pasif sensörler, hiçbir şekilde dışardan harici enerji almadan (besleme gerilimine ihtiyaç duymadan) fiziksel ya da kimyasal değerleri bir başka büyüklüğe çevirirler.

Bu algılayıcı tipine örnek olarak Termokupl (T/C) gösterilebilir.

Aktif sensörler, çalışmaları için harici bir enerji beslenmesine ihtiyaç duyarlar.

Bu sensörler tipik olarak zayıf sinyalleri ölçmek için kullanılırlar. Aktif algılayıcılarda dikkat edilmesi gereken nokta giriş ve çıkışlardır. Bu tip algılayıcılar dijital ya da analog formatta elektriksel çıkış sinyali üretirler.

Analog çıkışlılarda, çıkış büyüklüğü gerilim ya da akımdır. Gerilim çıkışı genellikle 0-5V aralığında oldukça yaygın kullanılmaktadır.

Ancak 4-20mA akım çıkışı da artık endüstride standart haline gelmiştir. [21]



Şekil 3.2.1 Çeşitli Sensörler

Bazı durumlarda 0-20mA akım çevrimi kullanılmaktadır. Ancak endüstride çoğu zaman hatlarda meydana gelen bozulma kopma gibi durumlarda sistemin bu durumu kolay algılaması ve veri iletişiminin sağlıklı yapılabilmesi için 4-20mA daha yaygın kullanılır. [21]



Şekil 3.2.2 Transmitter ve Transducer Görüntüleri

Endüstride en yaygın kullanılan 4-20 mA çevrim tipinin kullanımı bazı özel durumlar gerektirmektedir ;

- Algılayıcıların yerleştirildiği uzak noktalarda elektrik besleme geriliminin olmaması gereklidir.
- Algılayıcılar gerilim sinyalinin sınırlı olabileceği durumlarda tehlikeli uygulamalarda kullanılmalıdır.
- Algılayıcıya giden kablolar iki ile sınırlanmalıdır.
- Akım çevrim sinyali göreceli olarak gürültü geriliminin ani sıçramalarına karşı korumalıdır. Ancak bunu uzun mesafe veri aktarımında yapamaz.
- Algılayıcılar, ölçüm sisteminden elektriksel olarak izole edilmelidir.[21]

3.3 Sinyal Koşullama

Sensörlerden alınan elektriksel işaretlerin, osiloskop, analizör, kayıt edici, bilgisayar gibi cihazlar tarafından okunabilmesi için elektrik işaret sinyaline aşağıdaki koşullama işlemleri uygulanır.

Elektrik sinyali taşınabilir ve ölçülebilir düşük empedanslı voltaj sinyaline çevrilir.Sinyal güçlendirilmesi ve zayıflatılması yapılır.

Filtreleme elemanları ile elektrik sinyali üzerindeki istenmeyen parazitik osilasyonlar süzülür.

Sinyal koşullama işlemi sonucunda sensörlerden elde edilen elektrik sinyali, istenilen seviyede ve parazitik osilasyonlardan arındırılmış temiz bir sinyal karakteristiğine dönüştürülmüş olur.

3.4 Sinyal İşleme

Sinyal koşullandırıcıdan gelen analog formatlı elektrik sinyalinin bilgisayar tarafından kullanılması için digital (sayısal) sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir.

Analog sinyallerin digital sinyallere dönüştürülmesinde ADC (Analog Digital Convertor) 'ler kullanılır.Digital sinyallere işlem DSP adındaki sayısal sinyal işlemcileri ile yapılmaktadır.Dijital sinyal işleme için DSP yongaları, analog-dijital çeviriciler, bellekler ve arabirimler kullanır.

Ayrıca özel amaçlı mikroişlemciler (DSP yongaları) ve dilim işlemciler (tek bir amacı gerçekleştirirler) dijital sinyal işlemede bulunmaktadır.

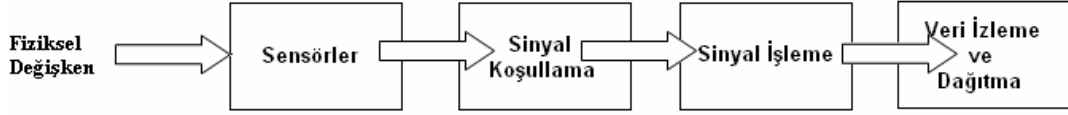
3.5 Veri İzleme ve Dağıtma

Veri izleme ve dağıtma, genel olarak deneysel sistemlerin ürettiği veriyi izleyen, denetleyen, olası hata durumlarını ve bu hataların giderilmesini sağlayacak bilgilerle beraber derleyen ve çoğunlukla veri toplama sistemini oluşturan ağ düğümleri üzerinde çalışan bilgisayar yazılımlarıdır.

Sensörlerden alınarak kaydedilen bir verinin saklanma birimlerine, veri toplama sistemi denir.

Veri toplama sisteminin bir görevinde sensör ölçüm elemanlarının hangi durumda olduğunu belirlemek ve ölçülecek fiziki değişkenliği denetlemektir.

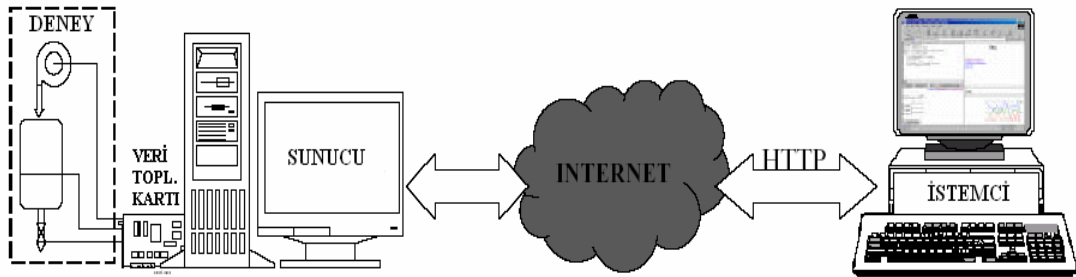
Verinin gerek izleme ekranı üzerine taşınması gerekse ağ üzerinde yapılandırılmış bir başka bilgisayar ekranı üzerinden izlenebilmesi için yapılan işlemlere Veri dağıtma işlemi denir.[2-3]



Şekil 3.5.1 Temel Ölçme Sistemi

Son teknolojik gelişmelerde, sensörlerden alınan ölçüm verilerinin bilgisayar ortamlarında izlenebilmesi, kayıt altına alınabilmesi ve ağ topolojisi bağlamında network sistemleri üzerinden dağıtılması olanaklı duruma gelmiştir.

Bunun yanında ağ yapısının statik IP yapılandırılmalarıyla ve bir ADSL Modem aracılığıyla internet ortamına açılması, uzaktan erişimli internet tabanlı izleme sistemlerini ortaya çıkarmıştır. Özellikle uzaktan izlemeli laboratuvarların alt yapısı bu ilkeye dayandırılarak oluşturulmuştur.[4, 18-20]



Şekil 3.5.2 Uzaktan İzlemeli Laboratuvar Sistemi

4. SICAKLIK ÖLÇÜMÜ

4.1 Sıcaklık Ölçüm Sensörleri Ve Termokupl

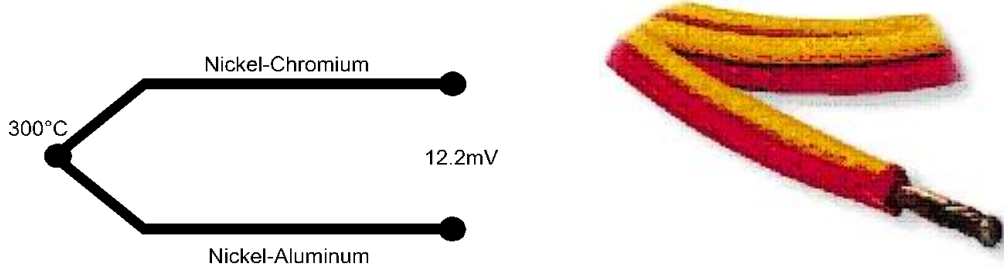
Sıcaklık ölçümleri, endüstriyel uygulamalarda büyük önem arzeden bir fiziksel değişkendir.

Özellikle üretim sahalarında sıcaklık değişkenliği, üretilen ürünün direkt kalitesi ile orantılı bir etkindir. Bu nedenle proseslerdeki sıcaklık ölçümlerinin hem doğru yöntemlerle yapılması hem de kontrol altında tutulması için çalışmalar yapılmaktadır.

Sıcaklık ölçüm sensörleri olarak; RTD (Resistance Temperature Detectors: Sıcaklık Direnç tipi dönüştürücüler), termistörler, yarı iletken sıcaklık algılayıcılar ve termokupllar kullanılmaktadır.

Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi adlı uygulamamızda, sıcaklık algılayıcısı olarak K tipi termokupl kullanıldığından bu kısımda termokupl tanıtımı üzerinde durulacaktır.

Termokupl, demir ve konstant gibi farklı iki metalin birleşim yüzeylerinin ısıtılarak gerilim elde edilmesinde kullanılan sıcaklık sensörüdür.



Şekil 4.1.1 Termokupl Devre Sembolü ve Görüntüsü

Birleştirilen nokta **Sıcak Nokta**, diğer açıkta kalan uç ise **Soğuk Nokta** olarak adlandırılır.

Termokuplda meydana gelen elektrik gerilimi, birleşim noktasının sıcaklığına bağlı olup, metallerin farklı elektriksel ve termik özelliklerine göre değişim gösterir.

Başka bir ifadeyle yüksek sıcaklık bölgesindeki elektronlar yüksek termik enerji içermekte ve bu elektronlar soğuk bölgeye doğru hareket etmektedirler. Bu işlem sonucunda soğuk nokta uçları arasında milivolt seviyesinde elektrik gerilimi oluşur.

Termokupllar, -200C ile 2320 C'ye kadar olan sıcaklık ölçümlelerinde rahatlıkla kullanılabilirler.

Proses şartlarında kullanılacak termokupllar, mekanik darbeler, fiziksel ve kimyasal etkilenmelerden korunmak amacıyla özel koruyucu kılıflar içersinde yerleştirilerek üretilirler.



Şekil 4.1.2 Koruyucu Kılıflı Tipik Bir Termokupl

Eleman telleri iki farklı kutupta olduğundan dolayı birbirlerinden seramik yalıtıcılar ile ayrılırlar.

Bazı termokupl çeşitleri;

- Bakır-konstantan birleşimi termokupl
- Demir-konstantan birleşimi termokupl
- Nikel krom-nikel birleşimi termokupl
- Platin radyum-platin birleşimi termokupl
- Kromel-konstantan birleşimi termokupl
- Kromel-alumel birleşimi termokupl

olarak sıralanabilir.

4.2 Termokupl Ölçüm Sensörleri, Kablo Kodları ve Milivolt Tabloları

Termokupl sensörü ile diğer cihaz ekipmanları arasındaki bağlantılar termokupl kompanzasyon kabloları ile yapılır. Kompanzasyon kablolarının iletken telleri termokupl eleman tellerine uygun eleman özelliğindeki alaşımlardır.

Bu nedenle Fe - Konst termokupl için Fe - Konst kompanzasyon kablosu, NiCr- Ni termokupl için NiCr- Ni kompanzasyon kablosu kullanılması gerekir.



Şekil 4.2.1 Termokupl Kompanzasyon Kabloları [22]

Kompanzasyon kabloları aynı termokupl elemanının mV-sıcaklık özelliklerini 200'C'ye kadar sağlar. Kompanzasyon kablolarının üreteceği mV değeri 200'C ile sınırlı olduğundan çalışma ortam sıcaklıkları 200'C'yi geçmemelidir. 200'C'yi geçtiğinde, geçtiği oran kadar hatalı ölçüm yapılmış olur.

Kompanzasyon kabloları değişik izolasyonlarda üretilir. Siparişte ortam şartlarına göre kablo izolasyonları belirtilmelidir. Kompanzasyon kablolarında eleman tellerinde olduğu gibi (+) ve (-) uçları vardır. Bağlantı bu uçlar dikkate alınarak yapılmalıdır.[22]

KOD	İLETKEN (+)	CİNSİ (-)	ÖLÇÜM ARALIĞI		RENK KODLARI		
			DEVAMLILIK	KISA SÜRE	IEC 584.3	ANSI/MS 96.1	DIN 43714
K	NIKEL-KROM (Chromel)	NIKEL ALAŞIM (Alumel)	0+1100 °C	-180+1350 °C			
T	BAKIR	KONSTANTAN	-185+300 °C	-250+400 °C			
J	DEMİR	KONSTANTAN	+20+700 °C	-180+750 °C			
N	NIKEL-KROM SİLİKON (Nicrosil)	NIKEL-SİLİKON MAGNESIUM (Nisil)	+0+1100 °C	-270+1300 °C			
E	NIKEL-KROM (Chromel)	KONSTANTAN (Bakır-Nikel)	0+800 °C	-40+900 °C			
R	PLATİN 13 % RODİYUM	PLATİN	0+1600 °C	-50+1700 °C			
S	PLATİN 10 % RODİYUM	PLATİN	0+1550 °C	-50+1750 °C			
B	PLATİN 30 % RODİYUM	PLATİN 6 % RODİYUM	+100+1600 °C	+100+1820 °C			

Çizelge 4.2.1 Termokupl Kablo Kodlamaları [22]

FE CUNİ (TİP J)												
°C	0	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100	mV/°C
-100	-4.75	-5.15	-5.53	-5.9	-6.26	-6.6	-6.93	-7.25	-7.56	-7.86	-8.15	0.034
0	0	-0.51	-1.02	-1.53	-2.03	-2.51	-2.98	-3.44	-3.89	-4.33	-4.75	0.048
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	mV/°C
0	0	0.52	1.05	1.58	2.11	2.65	3.19	3.73	4.27	4.82	5.37	0.054
100	5.37	5.92	6.47	7.03	7.59	8.15	8.71	9.27	9.83	10.39	10.95	0.056
200	10.95	11.51	12.07	12.63	13.19	13.75	14.31	14.88	15.44	16	16.56	0.056
300	16.56	17.12	17.68	18.24	18.8	19.36	19.92	20.48	21.04	21.6	22.16	0.056
400	22.16	22.72	23.29	23.86	24.43	25	25.57	26.14	26.71	27.28	27.85	0.057
500	27.85	28.43	29.01	29.59	30.17	30.75	31.33	31.91	32.49	33.08	33.67	0.058
600	33.67	34.26	34.85	35.44	36.04	36.64	37.25	37.85	38.47	39.09	39.72	0.061
700	39.72	40.35	40.98	41.62	42.27	42.92	43.57	44.23	44.89	45.55	46.22	0.065
800	46.22	46.89	47.57	48.25	48.94	49.63	50.32	51.02	51.72	52.43	53.14	0.069

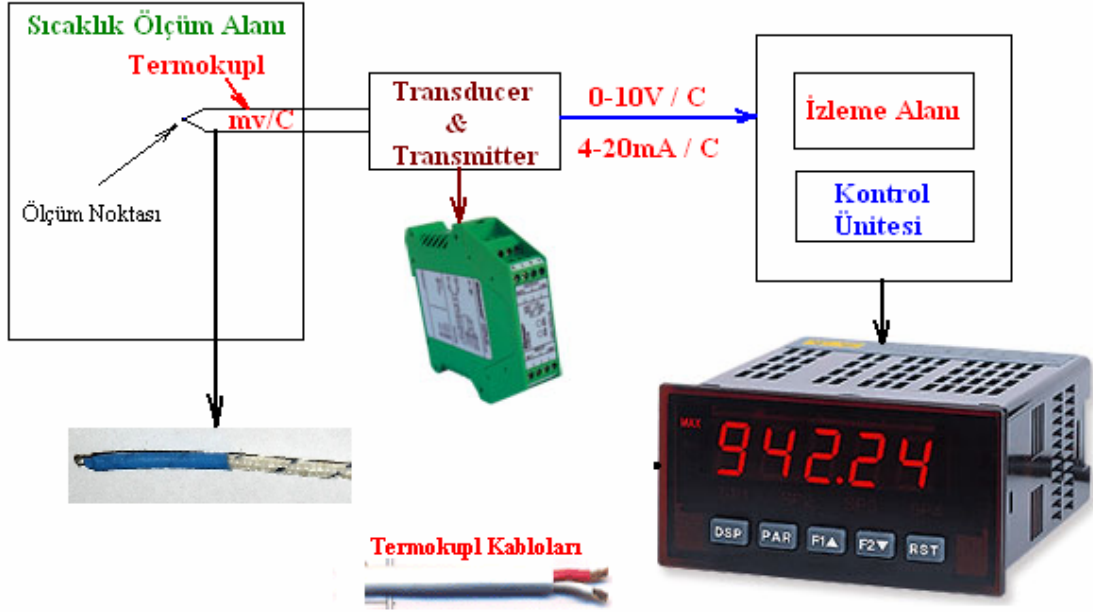
Çizelge 4.2.2 J Tipi Termokupl Milivolt Tablosu (FE CU Nİ)

NİCR-Nİ (TİP K)												
°C	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	mV/°C
0	0	0.40	0.80	1.20	1.61	2.02	2.44	2.85	3.27	3.68	4.10	0.041
100	4.10	4.51	4.92	5.33	5.73	6.14	6.54	6.94	7.34	7.74	8.14	0.040
200	8.14	8.54	8.94	9.34	9.75	10.15	10.56	10.97	11.38	11.79	12.21	0.041
300	12.21	12.62	13.04	13.46	13.87	14.29	14.71	15.13	15.55	15.97	16.40	0.042
400	16.40	16.82	17.24	17.66	18.09	18.51	18.94	19.36	19.79	20.21	20.64	0.042
500	20.64	21.07	21.49	21.92	22.35	22.77	23.20	23.62	24.05	24.48	24.90	0.043
600	24.90	25.33	25.75	26.18	26.60	27.02	27.45	27.87	28.29	28.71	29.13	0.042
700	29.13	29.55	29.97	30.38	30.80	31.21	31.63	32.04	32.46	32.87	33.28	0.042
800	33.28	33.69	34.10	34.50	34.91	35.31	35.72	36.12	36.52	36.93	37.33	0.041
900	37.33	37.72	38.12	38.52	38.92	39.31	39.70	40.10	40.49	40.88	41.27	0.039
1000	41.27	41.66	42.05	42.43	42.82	43.20	43.59	43.97	44.35	44.73	45.11	0.038
1100	45.11	45.49	45.86	46.24	46.61	46.99	47.36	47.73	48.10	48.46	48.83	0.037
1200	48.83	49.19	49.56	49.92	50.28	50.63	50.99	51.34	51.70	52.05	52.40	0.036

Çizelge 4.2.3 K tipi Termokupl Milivolt Tablosu (NİCR-Nİ) [22]

4.3 Termokupl ile Sıcaklık Ölçme

Termokupl sensör özelliğinden yola çıkarak genel bir sıcaklık ölçme sistemi Şekil 4.3.1' de görüldüğü gibi kurulabilir.



Şekil 4.3.1 Termokupl Sıcaklık Ölçüm Sistemi

Termokupl sensörünün soğuk noktasından alınan milivolt seviyesindeki gerilimler, transducer elemanına uygulanarak sinyal koşullama işlemi yapılmaktadır.

Bazı ölçüm sistemlerinde kullanılan göstergeler, transducer elemanını içinde barındırdığı için termokupl uçları doğrudan göstergelerin termokupl girişlerine bağlanabilmektedir.

Transducer elemanından alınan belli büyüklükteki elektriksel işaretler, kontrol sistemleri ile işlenmesi ve görsel olarak ekran ünitelerine yansıtılmasıyla sıcaklık ölçme işlevi gerçekleştirilmektedir.

5. GERÇEK ZAMANLI ÇALIŞMA

5.1 Giriş

Birçok karmaşık test, kontrol ve dizayn uygulamaları gerçek zaman (real time) performansına ihtiyaç duyarlar. Bu kısımda gerçek zaman sistemlerinin temel kavramlarından bahsedeceğiz.

Gerçek zamanlı uygulama sistemleri, olay tepkimesi ve kapalı döngü kontrolü adıyla iki ana uygulama içerirler.

Olay tepkimeli uygulamaların, örneğin otomobil air bag sistemlerinde olduğu gibi zamanın belirli bir değerinde uyarıcı bir tepkiye ihtiyaçları vardır.

Kapalı döngü kontrol sistemleri, örneğin otomobilleri belli bir hızda sabit tutan ve sürücülerin ayağını gaz pedalından çekmesine olanak tanıyan sistemler gibi bir çıkışı, geri besleme sistemiyle ayarlayarak işlemin sabit hızda devamlılığını sağlarlar.

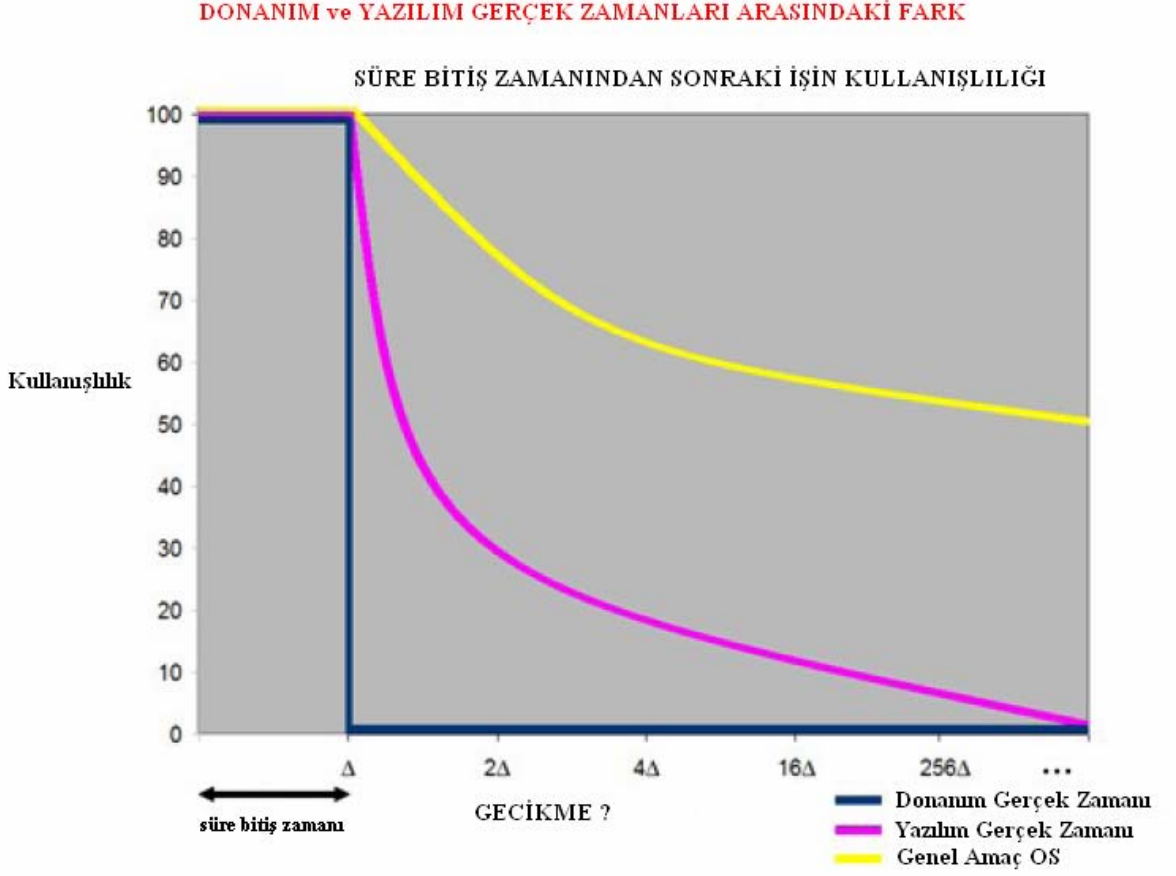
Olay tepkimesi ile kapalı döngü kontrol sistemlerinin spesifik bir bitiş zamanında işlemlerini tamamlama performansına optimizasyon gibi bakılabilir.

Gerçek zaman, makinaya bağımlı olan bir zamanı değil, insan için geçerli olan bir zamanı tanımlamaktadır.[5]

5.2 Donanım ve Yazılımda Gerçek Zaman

Gerçek Zaman sistemleri bazen yazılım bazende donanım olarak sınıflandırılabilirler.

Kritik olmayan ölçümler ve kontroller için Microsoft Windows ve Mac OS (Apple firması tarafından Macintosh bilgisayarları için tasarlanmış işletim sistemi) gibi mükemmel işletim sistemleri geliştirilmiştir. Buna rağmen bu işletim sistemleri genel kullanım amaçları için dizayn edildiklerinden, uzatılmış çalışma sistemlerinin performans gereksinimleri karşılayacak yeterlilikte değildirler.[5]



Şekil 5.2.1 Donanım ve Yazılım Gerçek Zamanı [5]

Genel kullanım amaçlı işletim sistemleri, farklı olan tüm uygulamalar için gerekli olan eş zamanı temin etmek için bazı işlem hızlarını mikroişlemci entegrelerden referans alarak sağlarlar.

Aynı zamanda bu işletim sistemleri, klavye ve mouse gibi bilgisayar çevre donanımlarından gelen kesme isteklerine de cevap vermektedir. Kullanıcının, mikroişlemci entegresinin bu çoklu işleyişinden dolayı sistem kontrol olanakları sınırlıdır.

Sonuçta yüksek seviyeli kontrol sistemlerinin, alçak seviyede kalan bu işletim sistemlerinin sınırlı olanaklarından dolayı kullanımları engellendiğinden, kritik uygulamalar için garantili bir tepkime zamanı temin edilemez.

Buna karşılık gerçek zamanlı olarak geliştirilen uygulama sistemleri, kullanıcılara gerekli görüldüğü zaman mikroişlemcinin kontrolünü ele almasına olanak sağlar.[5]

Özellikle kapalı döngü kontrol ve kritik zamanı kararlı yapmak gibi karmaşık uygulama işlemleri için gerçek zamanlı uygulamalara gereksinim vardır.[5]

5.3 Gerçek Zaman Performansı ve Kontrol

Microsoft Windows ve Macintosh OS işletim sistemlerinin kullandığı bilgisayar mikroişlemci entegresi haricinde gerçek zamanlı uygulamalar için harici mikroişlemci entegresi bulunan kontrol donanımları kullanılır.

Gerçek zaman performansı hakkında en çok karşılaşılan yanlış algılama, program hızını arttırdığı yönündeki görüşlerdir. Gerçekte gerçek zamanlı sistemler, uygulamalarımız için kesin ve tatmin edilebilir zamanlama karakteristikleri sağlar.[5]

Gerçek Zamanlı kontrol uygulamaları, belirlenmiş zaman aralıklarını ayırma işlemini sürekli kullanıcı tanımlı olarak gerçekleştirir. [5]

Bir çok gerçek zamanlı kontrol sistemleri, fiziksel sistemleri izler, istenen durum ile gerçekleşen durumu karşılaştırır ve fiziksel sistem tabanlı karşılaştırma ile döngü zamanı dikkate alınarak benzeştirme yapar.[5]

Döngü olarak yapılan bu işlemler sonucunda gerçek zamanlı kontrol sağlanmış olur.

Gerçek zamanlı kontrol uygulamalarında tepkime hızı çok yüksek olmakta ve ölçüm sistemlerindeki fiziki değişimler nanosaniye seviyesinde bir gecikmeyle kullanıcıya sunulmaktadır.

6. ALANDA PROGRAMLANABİLİR KAPI DİZİSİ (FPGA)

FPGA - Field Programmable Gate Array

6.1 FPGA Hakkında Bilgilendirmeler:

FPGA (Alan Programlanabilir Kapı Dizileri), programlanabilir lojik bloklar ve ara bağlantılarını içeren yarı iletken cihazlardır. Lojik bloklar AND ve XOR gibi basit lojik kapıların işlemlerini yerine getirmek için programlanabildikleri gibi, şifre çözücüler-decoders ve matematiksel fonksiyonlar gibi daha karmaşık fonksiyonların işlemlerini yerine getirebilirler.[6]



Şekil 6.1.1 FPGA - Alanda Programlanabilir Kapı Dizisi

Kullanıma ilk başlandığı 1984 yılında FPGA yongalardan, çoğunlukla ara yapıştırmacı mantık ve kısıtlı veri işleme işlemleri için faydanılmıştır.

FPGA'lere ait lojik bloklar ve ara bağlantıları imalat aşamasından sonra kullanıcı tarafından programlanabilmesi sebebiyle, alanda (sahada) programlanabilir adını taşımaktadır.

Tasarımcının ihtiyaçlarına cevap verebilmek adına sahada programlanabilir olarak üretilmişlerdir.

Kullanıcının tasarladığı lojik devreye göre, FPGA üretici tarafından sağlanan bir yazılım aracılığıyla lojik blokların aralarındaki bağlantılar düzenlenir.

FPGA tabanlı devre tasarımlarında VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) adında çok yüksek hızlı donanım tasarım dili kullanılabildiği gibi Verilog, iHDL gibi farklı program dilleri ile C++ programlama dili de kullanılabilmektedir.[4]

Tasarım sırasında kullanıcıya sağladığı esneklik, düşük maliyet ve hızlı üretme özellikleri ile FPGA'ler sayısal tasarım ortamlarının vazgeçilmez yapıları haline gelmiştir.

FPGA programlanabilir tüm devreler, özel üretilen ASIC adlı tüm devrelere göre daha yavaş olmasına rağmen 500Mhz'i bulan saat frekansı ile yüksek hıza ihtiyaç duyan telekomünikasyon alanındaki her türlü cihazın tasarımında rahatlıkla kullanılabilir. [4]

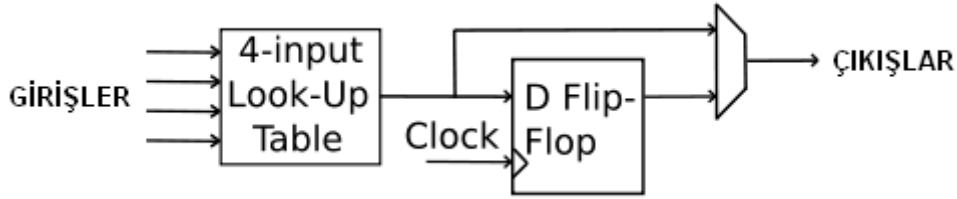
FPGA programlanabilir tüm devrelerde 300.000'den fazla sayısal devre ve her bir sayısal hücre içersinde de 1.000'den fazla transistör bulunmaktadır. ASIC olarak adlandırılan özel üretilen tüm devrelerde ise transistör sayıları milyarlara kadar ulaşmaktadır. [4]

6.2 FPGA Genel Yapısı

Genel anlamıyla FPGA' lar üç ana birimden oluşur:

- Birleşimsel Mantık
- Ara Bağlantı
- Giriş Çıkış Bacakları

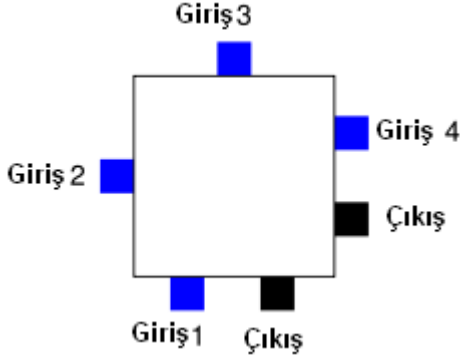
Tipik FPGA lojik bloğu, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi dört girişli LUT (Look Up Table) ve bir D tipi (delay) Flip Floptan oluşur.



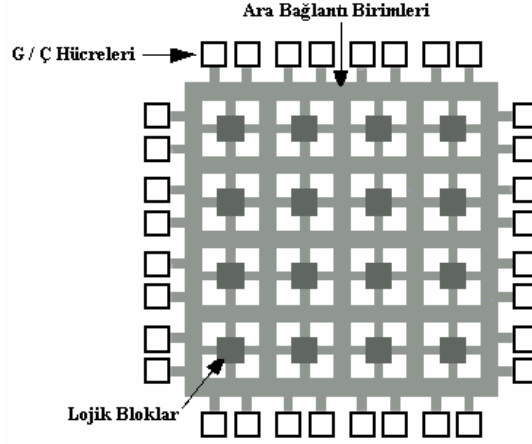
Şekil 6.2.1 Tipik FPGA Lojik Blok Yapısı

FPGA, düzenlenebilir lojik bloklar, giriş çıkış blokları ve ara bağlantılar olmak üzere düzenleme elemanlarına sahiptir.

FPGA'lerin programlanması, ara bağlantılarının nasıl olacağının belirlenmesi anlamına gelmektedir. Bu programlama işlemi bellek hücreleri şeklinde yapılmaktadır. [7]



Şekil 6.2.2 Lojik Blok Giriş ve Çıkışları



Şekil 6.2.3 FPGA İç Yapısı

FPGA'larda çoğunlukla SRAM (**S**tatic **R**andom-**A**ccess **M**emory -Statik Rastgele Erişimli Hafıza) temelli yapılandırma hücreleri kullanılır. Bu tekniğin ana üstünlüğü yeni tasarım fikirlerinin hızlı bir şekilde geliştirilebilir ve denenebilir olmasıdır. Bu sayede standartlar ve protokoller geliştirilirken bir önceki yapıya daha kolay uyum sağlayabilirler.

Ayrıca düzeneğe ilk güç verildiğinde başlangıçtaki öz sına testi gibi işlevler için daha sonra ana görev işlevleri için programlanabilir.

SRAM temelli yaklaşımın bir diğer üstünlüğü, SRAM hücre yongalarının CMOS teknolojisi ile üretildiklerinden özel işlem basamaklarına gereksinim duymamalarıdır.

SRAM temelli yapılandırmanın dezavantajı ise sistemin her açılışında tekrar yapılandırılmak zorunda olmasıdır. Bu durum harici bellek gibi üniteleri de gerektirir. Ayrıca yönlendirme aktivasyonundan kaynaklanan gecikmede diğer bir olumsuzluk olarak ortaya çıkmaktadır.

FPGA'ları diğer aygıtlardan ayıran ana özelliklerinin başında ağırlıklı olarak programlanabilir ara bağlantılar içerisinde gömülü (emmedded) olan çok sayıda programlanabilir mantık öbekleri içermiş olmasıdır.

İnce taneli yapıda, her mantık öbeği sadece basit işlevler gerçekleştirmek için kullanılır. Bu ögeler, temel mantık kapılarından VE, VEYA, VE DEĞİL gibi veya depolama ögelerinden D tipi flip flop, D tipi latch gibi herhangi bir üç girişli işlevler için yapılandırılır.

Birleştirici mantık ve durum makinaları gibi düzensiz yapılara ek olarak ince taneli yapı, paralel uygulamalardan faydalanan sistolik algoritmaları yürütmeye verimli olurlar.[7]

İri taneli yapıda, her mantık öbeği ince taneli yaklaşıma göre daha fazla mantık birimi içerir. Örneğin bir mantık öbeği dört tane dört girişli LUT, dört adet MUX, dört adet D tipi flip flop ve bazı hızlı taşıma mantıkları içerebilir.

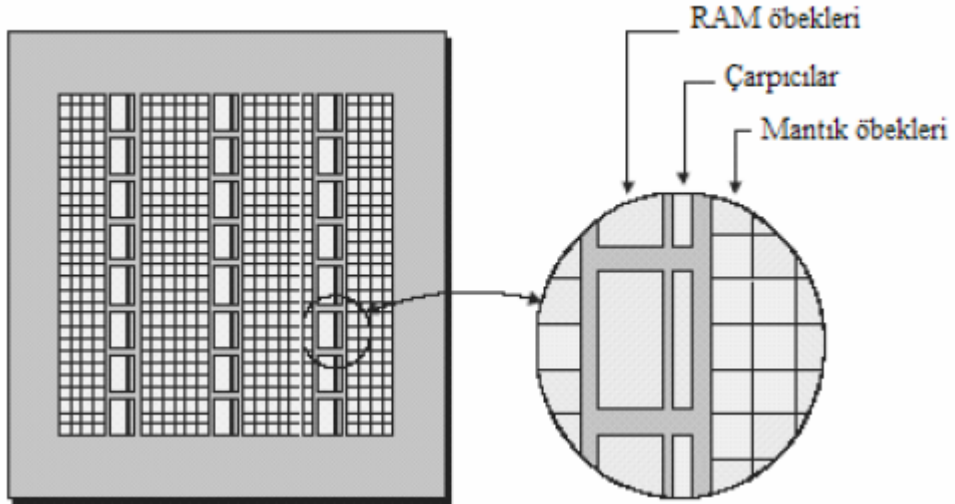
İnce taneli gerçekleştirmede bu öbeklerce desteklenen işlevselliğe nazaran öbek içi ve dışında daha fazla sayıda bağlantı gerekir. Öbek boyutu arttıkça, öbek içersindeki bağlantı sayısı desteklediği işlevselliğe kıyasla azalacaktır.

Günümüzde FPGA'lı sistemlere duyulan ihtiyacın artmasına paralel olarak RAM bellek ünitelerine sahip büyük yığınlar halinde gömülü sistemlerin üretilmesine ağırlık verilmiştir. Bunlar e-RAM veya block-RAM olarak isimlendirilir. Yapıya göre bu öbekler yonganın dış kenarlarına ve yüzeyine dağıtılmış şekilde veya sütunlar halinde olabilir.[7]

6.3 Gömülü Çoğaltıcılar, Ekleyiciler ve Biriktiriciler

Çarpma gibi matematiksel işlevler, programlanabilir öbekler ile yapılacak olursa işlem hızı kendiliğinden yavaş olacaktır. Birçok uygulama bu tarz işlevleri içerdiğinden çoğu FPGA sistemleri özel dahili çarpma öbekleri içerir.

Bunlar özellikle gömülü RAM öbeklerine yakın yerleştirilir.[7]



Şekil 6.3.1 Yongaya Gömülü Çarpıcı ve RAM Öbek Sütunlarının Görünüşü

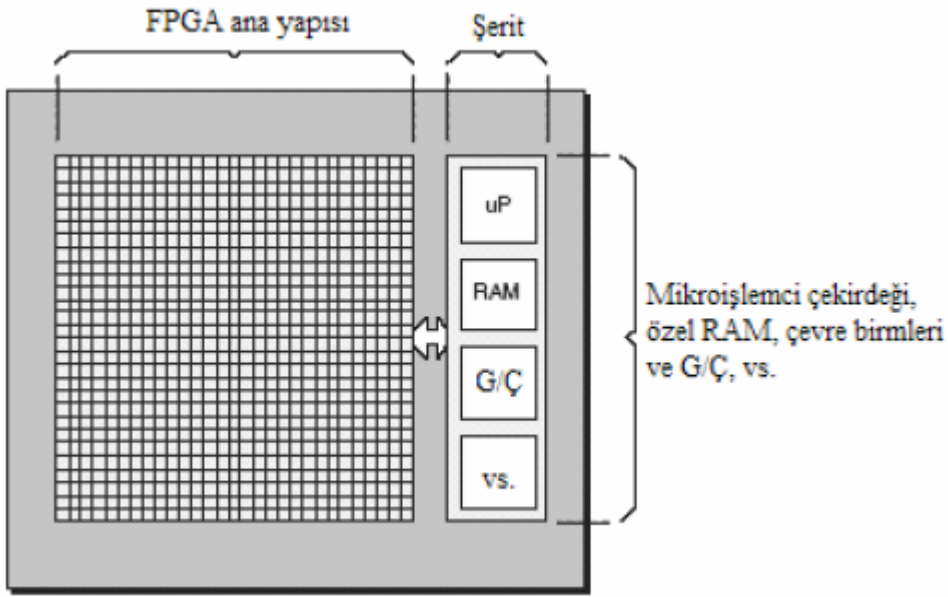
Benzer olarak bazı FPGA'ler özel toplayıcı öbekleri içermektedir.

Bunun yanından FPGA'lerde DSP (Digital signal processing -Sayısal Sinyal İşleme) tarzı uygulamalar içinde MAC (multiply and accumulate) çoğaltıcı ve biriktirici olarak isimlendirilen işlemlerin yapılması olanaklıdır.[7]

6.4 Gömülü Çekirdek Öbeği

Çoğu FPGA tasarımı değişik amaçlarla mikroişlemci kullanır.Son teknolojik yapılandırmalarda FPGA'ler, "microprocessor core" olarak isimlendirilen gömülü mikroşlemciler içermeye başlamıştır.Bu sayede FPGA tasarım maliyeti, boyutu ve karmaşık yapısı azaltılmıştır.

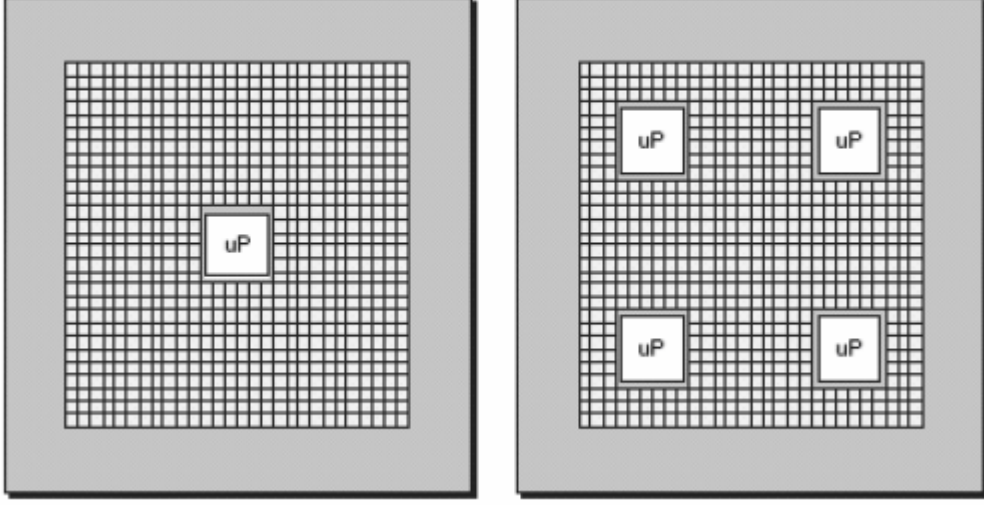
Mikroşlemcili öbek önceden tanımlanmış dahili bir öbektir.Bu tarz çekirdekler iki ana yaklaşımla gerçekleşir.İlki çekirdeğin kenarda şerit üzerinde yerleştirme şeklidir.



Şekil 6.4.1 FPGA Ana Yapısı Dışındaki Gömülü Çekirdek Görünümü

Bu gerçekleştirmenin üstün yanı, FPGA ile mikroşlemci üretim sürecinin aynı anda olmasıdır. Diğer bir üstünlük ise bu şerit üzerine mikroşlemci çekirdeğine ait tamamlayıcı birimlerinin eklenebilmesidir.

Diğer bir açıklamayla bu yapılanmada, mikroşlemci çekirdeği FPGA yerleşimi içersine gömülmektedir. Günümüzde yapılan teknolojik çalışmalarda mikroşlemci çekirdek sayısının iki, dört çekirdekli olarak FPGA sistemlerine gömülmesi olanaklı duruma gelmiştir.[7]



Şekil 6.4.2 FPGA Ana Yapısındaki Bir ve Dört Çekirdekli Mikroişlemci

Tasarım araçlarında bu çekirdeklerin varlığı hesaba katılmalıdır.

Çevresel işlevler, kullanılacak olan bellek gömülü RAM öbeklerince genel amaçlı programlanabilir birimler tarafından gerçekleştirilir. Bu yaklaşım yan şerit yaklaşımına göre biraz daha hız üstünlüğü sağlar.

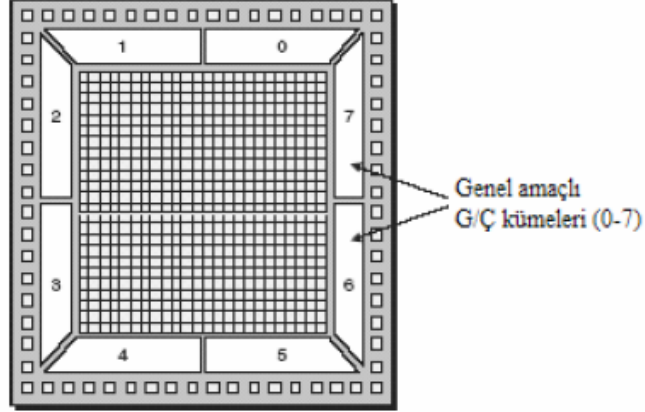
Programlanabilir mantık öbekleri fiziksel gerçekleştirme yerine, yazılım aracılığıyla mikroişlemci çekirdeğinin davranışı gibi yapılandırılabilir. Bu tip programlanabilir mantık öbeklerine ise “Soft microprocessor core” adı verilir.

Yapılandırılan çekirdekler sabit olarak üretilen çekirdeklere göre daha basit ve yavaştır. Ancak kullanıcı tabanlı olarak istendiğinde düzenlenebilmesi ve programlanabilir öbek sayıları kadar çoğaltılabilmesi sağladığı üstünlükler bakımından tercih edilebilmektedir.[7]

6.5 Genel Amaçlı Giriş ve Çıkışlar:

Günümüzdeki FPGA paketleri 1000 veya daha fazla pine sahip olabilirler. Bunlar paket tabanı boyunca sıralı şekilde düzenlenirler.

FPGA’lerin giriş ve çıkış birimleri gereken standartlara uyacak şekilde sinyal alma ve üretme için yapılandırılabilirler. Bu genel amaçlı giriş çıkış sinyalleri belli kümelerle bölünerek gruplar halinde yapılandırılırlar.



Şekil 6.5.1 Genel Amaçlı Giriş Çıkış Kümeleri

Her küme, özel giriş çıkış standardını desteklemek için ayrı ayrı yapılandırılır. Bu özellik, FPGA'lerin çoklu standart ile çalışmaya olanaklı duruma getirir.

FPGA'lerde programlanabilir mantık öbekleri arasındaki iletişim ve bu programlanabilir öbeklerin istenilen işlev doğrultusunda yapılandırılması ara bağlantılar sayesinde gerçekleşir.

Bir FPGA aygıtı içerisinde ara bağlantıların kapladığı alan, toplam alanın % 80'i kadar bir yerdir. Dolayısıyla üreticiler, bu büyük kütle için en verimli şekilde kullanımı için büyük çaba harcanmaktadır.

Xilinx ve Altera gibi üreticilerin bağlantı yaklaşımları birbirlerinden farklıdır.[7]

Bizim uygulama olarak yaptığımız Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sisteminin alt yapısında kullanılan FPGA donanımı, Xilinx ara bağlantısını içerdiğinden burada Xilinx ara bağlantısı hakkında bilgilendirmelere yer verilmiştir.

6.6 Xilinx Ara Bağlantı Yaklaşımı:

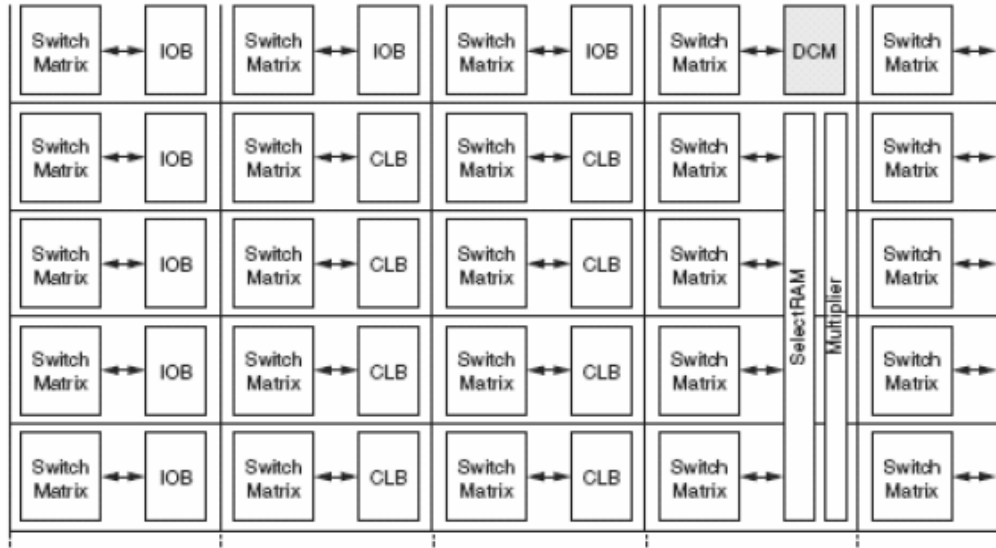
Konfigüre edilebilir lojik blok (CLB) öbekleri arasında dikey ve yatay yönlendirme kanallarından oluşan genel yönlendirmeli matris kaynakları kullanılır. Kullanılan bu matris teknoloji "Active Interconnect" olarak isimlendirilir.

Yerel ve genel yönlendirme kaynakları hız ve zamanlama gereksinimlerini karşılayacak şekilde ayarlanmıştır.

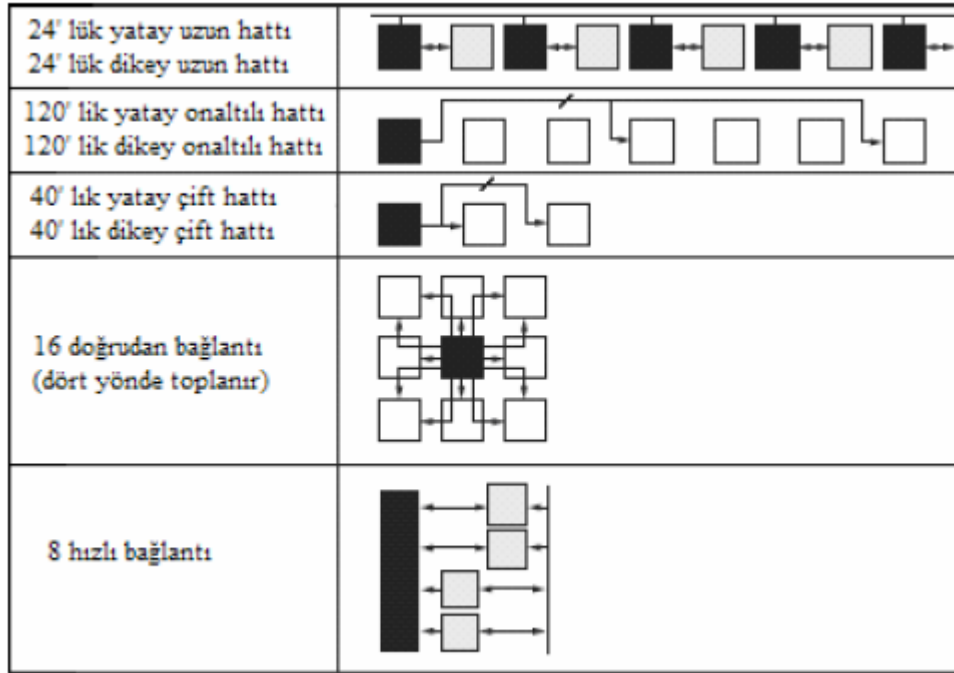
Bu teknolojiye tamamiyla tamponlanmış programların yönlendirme matrisleri kullanılır ve şu bileşenleri içerir;

- General Routing Matris öbeği (GRM), yatay ve dikey yönlendirme kaynaklarının bağlandığı anahtar matrisler,
- Yatay ve dikey olarak çift yönlü uzun hatlar,
- Dört yöne, üçüncü veya altıncı öbeklere yönlendirme yapabilen onaltı sayı tabanlı hat,
- Dört yöne, ilk veya ikinci öbeklere erişilecek şekilde yönlendirme yapabilen çift hat,
- Dikey, yatay ve köşegen öbek komşularına sinyal yönlendirmeyi sağlayan doğrudan bağlantı hattı,
- LUT çıkışından LUT girişine konfigüre edilen lojik blok içi yerel ara bağlantısı olan hızlı hat,

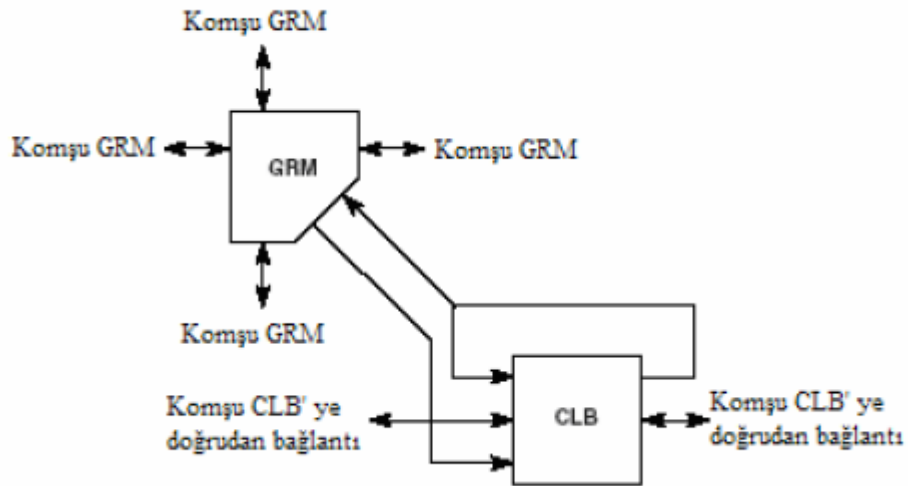
Şekil 6.6.1' de bazı yönlendirme kaynaklarının yapılarına yer verilmiştir.



Şekil 6.6.1 Yönlendirme Kaynaklarının Yüzeysel Görünümü [7]



Şekil 6.6.2 Sıradüzen Yönlendirme [7]



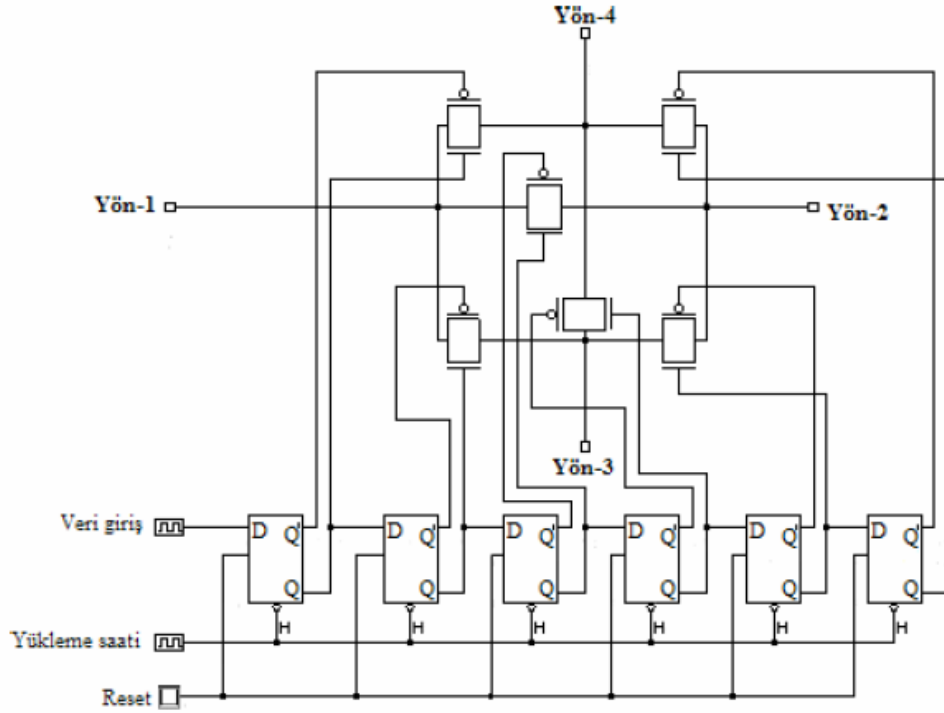
Şekil 6.6.3 Virtex Ailesi Yerel Yönlendirme [7]

Genel ve yerel bağlantılara ek olarak iç bağlantılar ise,

- Dikey komşulara bağlanan elde zinciri
- Yatay komşulara bağlanan çarpımların toplamı zinciri
- Dikey komşulara bağlanan kaydırmalı yazmaç zinciri
- Üç durumlu tampon yollar için yatay yönlendirme kaynaklarını süren üç durumlu tamponlar

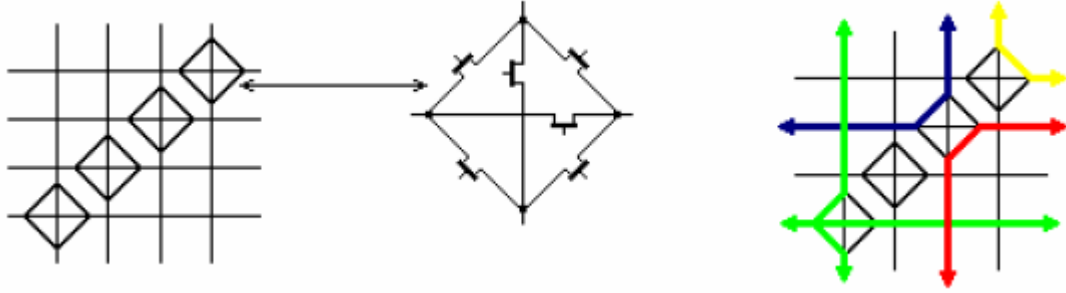
şeklinde yapılandırılmışlardır.

Yönlendirme işlemi temelde anahtarlama matrisleri ile gerçekleşir. Her anahtarlama matrisine ait bağlantı noktası altı adet geçiş transistorü içerir. Her geçiş kapısı D tipi yazmaç ile kontrol edilir. Bu yazmaçlar birbirlerine bağlı olduğu için tek giriş ve tek saat girişinin olması yeterlidir.



Şekil 6.6.4 Anahtarlama Matrisi İletim Kapıları ve Yazmaç Düzeni [7]

İstenen bağlantı için adresi bilinen yazmaç mantıksal 1' e çekilir. Bunun sonucunda bağlantı hattı içersindeki bir bitlik tel yönlendirilir. Bağlantı ağının çok bitli olduğu düşünülürse anahtarlama matrislerinin büyük yer kapladığı daha iyi anlaşılacaktır.[7]



Şekil 6.6.5 Anahtar Matrisinin Yapılandırılması [7]

6.7 FPGA Tasarım ve Programlama

Her FPGA üreten firma, ürettikleri FPGA' lere özel terminoloji, teknik ve iletişim protokolleri tasarlarlar.

Temelde FPGA iki durumda çalışır;

- Kullanıcı kipi: Normal çalışma durumu
- Yapılandırma kipi: İlgili pinlerle programlama durumu

FPGA yapılandırma, programlama hücreleri ile gerçekleştirilir.Yapılandırma için gerekli temel basamaklar vardır. Bunlar;

- Yapılandırma dosyalarının oluşturulması
- Kullanılacak yapılanma kipinin seçimi
- Yapılandırma için tercih edilen donanım hazırlanması

şeklinde sıralanabilir.

Yapılandırma için üç temel yöntem kullanılır;

- Bilgisayar ile programlama kartı arasına bağlanan kablo ile arayüz programını kullanarak
- Kart üzerindeki FPGA'ya bağlı özel bellek yardımıyla her enerji verildiğinde
- Kart üzerine uyarlanmış mikrodenetleyici programlanmasıyla

Bütün bu işlemlerden sonra “configuration file” veya “bit file” olarak isimlendirilen ve işlevi gerçekleştirmek için hazırlanan veriyi FPGA' ya yüklenir.

Yapılandırma dosyası üretici firmaların sunduğu ürün geliştirme programları tarafından üretilir.

SRAM tabanlı FPGA'lardaki yapılandırma dosyası, yapılandırma verisi ve yapılandırma komutlarını içerir.Yapılandırma verisi, doğrudan programlanır mantık öğelerinin durumunu belirlemek için kullanılır.Yapılandırma komutları ise aygıtta yapılandırma verileri ile ne yapacağını söyler.

E² ve FLASH tabanlı aygıtlar, SRAM tabanlı yaklaşıma benzer şekilde programlanır.

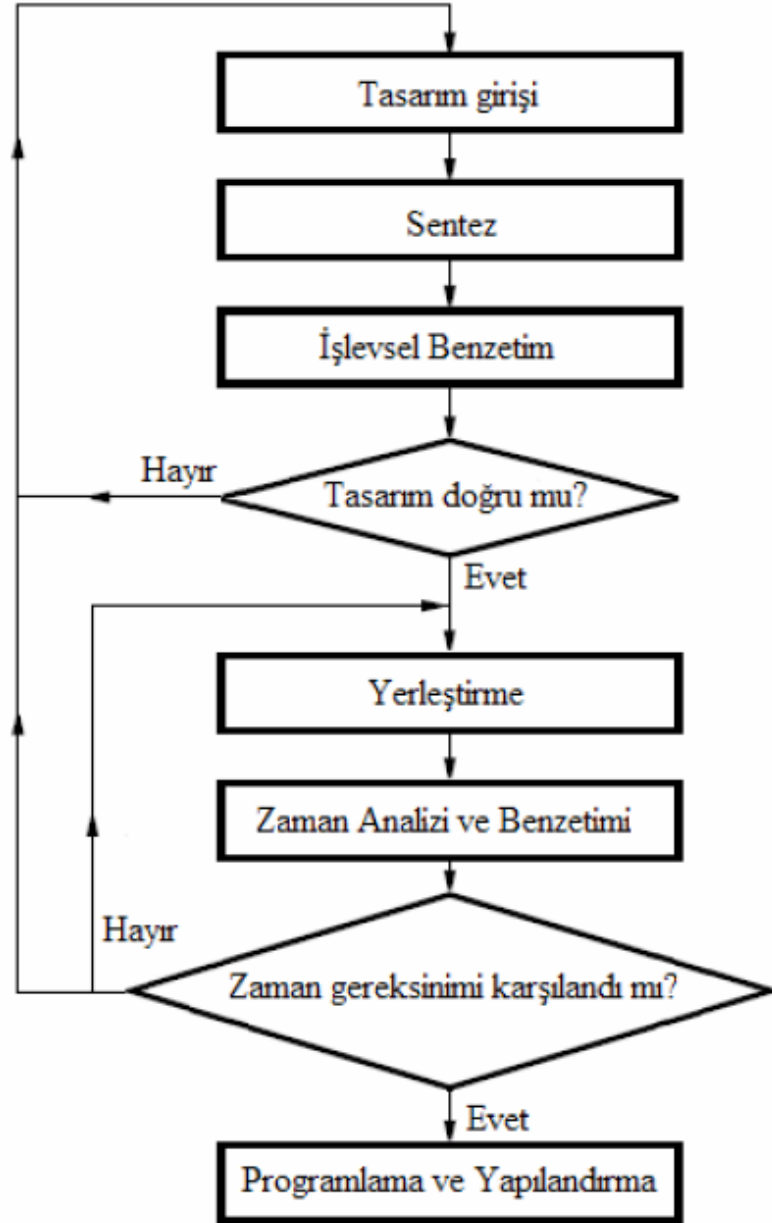
Antifuse tabanlı FPGA' larda ise yapılandırma dosyası ağırlıklı olarak antifuse öğelerinin işleneceği yapılandırma verisinin gösterimini içerir. Bu yongalar özel programlayıcı aygıtlar içerisinde programlanır.Yapılandırma verisi ana bilgisayarlardan programlayıcıya aktarılır.Bu özel programlayıcılar, yapılandırma verisi kılavuzluğunda, seçilen bacaklara yüksek gerilim ve akım uygulayarak ilgili antifuse öğesini gerçekleştirir.

Bellek kullanımı ve zaman tasarrufu için yapılandırma verileri sıkıştırılarak aktarılır. Sıkıştırılan veriler ilgili yonga içerisinde gerçek zamanlı olarak açılır. Bu sayede veri akışında % 50 oranından bir azalma olur.

Tasarım güvenliği için (bit stream) bit katarı şifreleme yöntemi kullanılır. Bu amaçla kullanılan yonga üzerinde şifre çözücü birim vardır. Şifrelenmiş yapılandırma verisi bu birime kayıtlı şifre anahtarı ile örtüşüyorsa veri çözülür ve yapılandırma gerçekleşir. Aksi durumda harici olarak kopyalama gerçekleştirilemez. Yonga üzerindeki çözücü birim farklı amaçlar için kullanılamaz. Şifre anahtarı Xilinx Virtex-4 için 256-bit, Altera StratixII için 128-bit olmaktadır ve AES (Advanced Encryption Standard) algoritması kullanılırlar. 256 bit için 1.1×10^{77} farklı anahtar birleşimi mümkündür.[7]

6.8 FPGA ile Uygulama Geliştirme

FPGA yongasında istediğimiz programı gerçekleştirmek için aşağıda verilen akış şeması takip edilir. CAD (Computer Aided Design) olarak bilinen bilgisayar destekli tasarım yazılımları sayesinde günümüzde tasarımcılar üzerinden büyük yük kalkmıştır. Tasarım aşamasında büyük zaman alabilecek basamaklar ortadan kaldırılıp tasarımcının özel yeteneği ile fark yaratılmaktadır.



Şekil 6.8.1 FPGA Akış Şeması [7]

- Tasarım girişi

İstenen devre şematik veya öbek çizimler ile yapılabilir. Artan kapı kullanımı sonucunda Verilog veya VHDL gibi HDL (Hardware Description Language) donanım tanımlama dillerinden herhangi birini kullanmak kaçınılmaz olmuştur. Bu diller, mantıksal gerçekteştirmeler için özelleşmiştir. Bu sayede elektronik bileşenlerin davranışsal ve yapısal tanımlaması kolayca yapılarak esnek ve hızlı tasarım ortaya çıkartılabilir. Aksi takdirde milyonlarca kapıyı tanımlamak mümkün olmazdı.

- Sentez

CAD sentez araçları ile devremiz için gerekli olan mantıksal öğeler ve bu öğeler arasındaki bağlantılar oluşturulur.

- İşlevsel benzetim

Sentezlenen devre bu aşamada işlevsel doğruluğu açısından sınanır. Hata durumunda tasarımda değişiklik yaparak sentez ve benzetim basamakları tekrarlanır.

- Yerleştirme

İlgili yerleştirme araçları, bağlantı listesinde tanımlanmış mantıksal öğelerin FPGA yongası içerisindeki gerçekte mantıksal öğelere yerleşimini yapar. Mantıksal öğeler arasındaki gerekli bağlantılar için yönlendirme hatları belirlenir.

- Zaman analizi ve benzetimi

Yerleşmiş devrenin çeşitli yolları arasındaki yayılım gecikmeleri analiz edilir. Bu sayede devre beklenen başarı için sınanır ve sonucundaki gerekli bağlantılar arasındaki zaman gecikmeleri gösterilir.

Zaman benzetiminde ise yerleştirilmiş devre zamanlama ve doğruluk açılarından sınanır. İstenen zaman gereksinimleri sağlanmaz ise tasarım sürecinde en başa dönölür ve tasarım belirlenen hata ile ilgili gerekli geliştirme yapılır. İşlemler benzetim sonuçları yeterli oluncaya kadar tekrarlanır.

- Programlama ve yapılandırma

Son aşamada belirli donanımlar üzerinden, gerçek FPGA yongası arzu edilen devreyi gerçekleştirmek için programlanır. Yapılandırma ile mantıksal öğeler istenen şekilde yapılandırılır ve içerikleri belirlenir.

Sonuç olarak istenilen bir görevi örneğin Altera üretimi olan Cyclone II EP2C35F672C6 gibi FPGA yongası, Altera Quartus II v5.0 Web Edition gibi program geliştirme ortamı ve Verilog HDL gibi kodlayıcı yardımıyla yapılabilir.[7]

6.9 FPGA Üreticileri

2005 yıllarının sonlarına doğru FPGA üreticileri pazara hakim çalışma stratejileri geliştirmişlerdir.

- Xilinx ve Altera firmaları FPGA pazarında lider şirketlerin başında gelmektedir. Xilinx firması ücretsiz Linux tasarım yazılımı dağıtmaktadır.
- Lattice Semiconductor firması SRAM ve Flash tabanlı FPGA üretmektedir.
- Atmel firması, ince tanecikli tasarımlar üzerine yoğunlaşmıştır.(Örnek: Xilinx XC62xx) Ayrıca Atmel firması FPGA ile aynı ömre sahip Atmel AVR mikrodenetleyiciler üzerinde çalışmalar yapmaktadır.
- QuickLogic firması, sadece bir kez programlanabilir antifuse ürünleriyle askeri cihazların geliştirilmesi üzerinde çalışmalar yapmaktadır.
- Achronix Semiconductor firması, hızları 2 Ghz'e kadar olan ve çok hızlı çalışan FPGA üretimi üzerinde çalışmalar yapmaktadır.
- MathStar firması ise FPGA yapısına benzer olan FPOA (Field Programmable Object Array) isimli üretilere ağırlık vermektedir.

7. KONFIGÜRE EDİLEBİLİR GÖMÜLÜ SİSTEMLER

7.1 Giriş

National Instruments firmasının geliştirdiği konfigüre edilebilir giriş çıkış sistemleri (Compact Reconfigurable Input Output), kısaca CRIO olarak adlandırılmıştır. Tüm dış kaynaklı araştırmalarda CRIO ailesi olarak tanımlanmıştır.

NI (National Instruments) Reconfigurable I/O (RIO) teknolojisi kullanıcılarına FPGA çipleri ve LabVIEW yazılım araçlarıyla kendi istedikleri gibi donanım oluşturabilme olanağı sunar. Kullanıcılar RIO teknolojisini kullanarak çok hızlı bir şekilde, yüksek performanslı donanım ve geniş esnekli sistem zamanlama kontrolü oluştururlar.

National Instruments ürün yelpazesinde yer alan RIO teknolojisi, PCI ve PXI R serisi DAQ: Data Acquisition (Veri Toplama) cihazlar, Compact Vision (görüş) sistemler ve CRIO içermektedir.

RIO' nun özünde bir FPGA çipi ve onu tamamlayan donanım sentezini gerçekleştiren bir devre mekanizması vardır.

NI CRIO Gömülü Sistemler ile;

Gürültü, Titreşim ve Sertlik Testleri,
Endüstriyel Proses ve Hareket Kontrolü,
Araçların gövde ve şase dinamikleri için bilgi toplama,
Otomatik Test Sistemleri,
Ağır Makinaların Kontrolü,
Elektrik Motor Sürücü analizleri,

gibi uygulamaların geliştirilmesi olanaklı duruma gelmiştir.

RIO teknolojisi giriş çıkış haberleşme ve kontrol uygulamalarında idealdir. LabVIEW yazılım araçları kullanılarak FPGA çip üzerindeki mantık döngüsü, kullanıcının ihtiyacı olan bir çok haberleşme protokolleri ile haberleştirilir.

Buna ek olarak LabVIEW yazılım araçları içersinde bulunan sinyal işleme, tam lineer ya da lineer olmayan fonksiyonlar kullanılarak 20 Mhz'e kadar digital, 150 Khz'e kadar analog kontrol sistemleri oluşturulabilir.

Kullanıcılar, RIO özelliğinde FPGA içerikli donanımlar kullanarak, donanım tasarlama veya donanım tanımlama yazılımları konusunda derin bilgilere gerek duymaksızın kendi sistemlerini kurabilirler.

RIO teknolojisi ile haberleşme protokolleri veya kontrol sinyalleri için analog, digital veya karmaşık giriş çıkış içerikli sistemlerin sinyallerine doğrudan bağlanılabilmek olanaklıdır.

Uygulama gereksinimleri değiştiğinde donanım değişikliği yapmak yerine LabVIEW kodunu yenileyip derlemek ve FPGA cihazlarına aktararak yüklemek yeterli olacaktır.

Bu özelliğinden dolayı da CRIO sistemler, konfigüre edilebilir tanımlamasıyla anılırlar. Ayrıca kullanıcılar konfigüre edilebilir bu sistemler ile zamandan ve maliyet açısından büyük tasarruf sağlamış olurlar.

7.2 National Instruments Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemcisi (NI 9002)

NI cRIO-9002

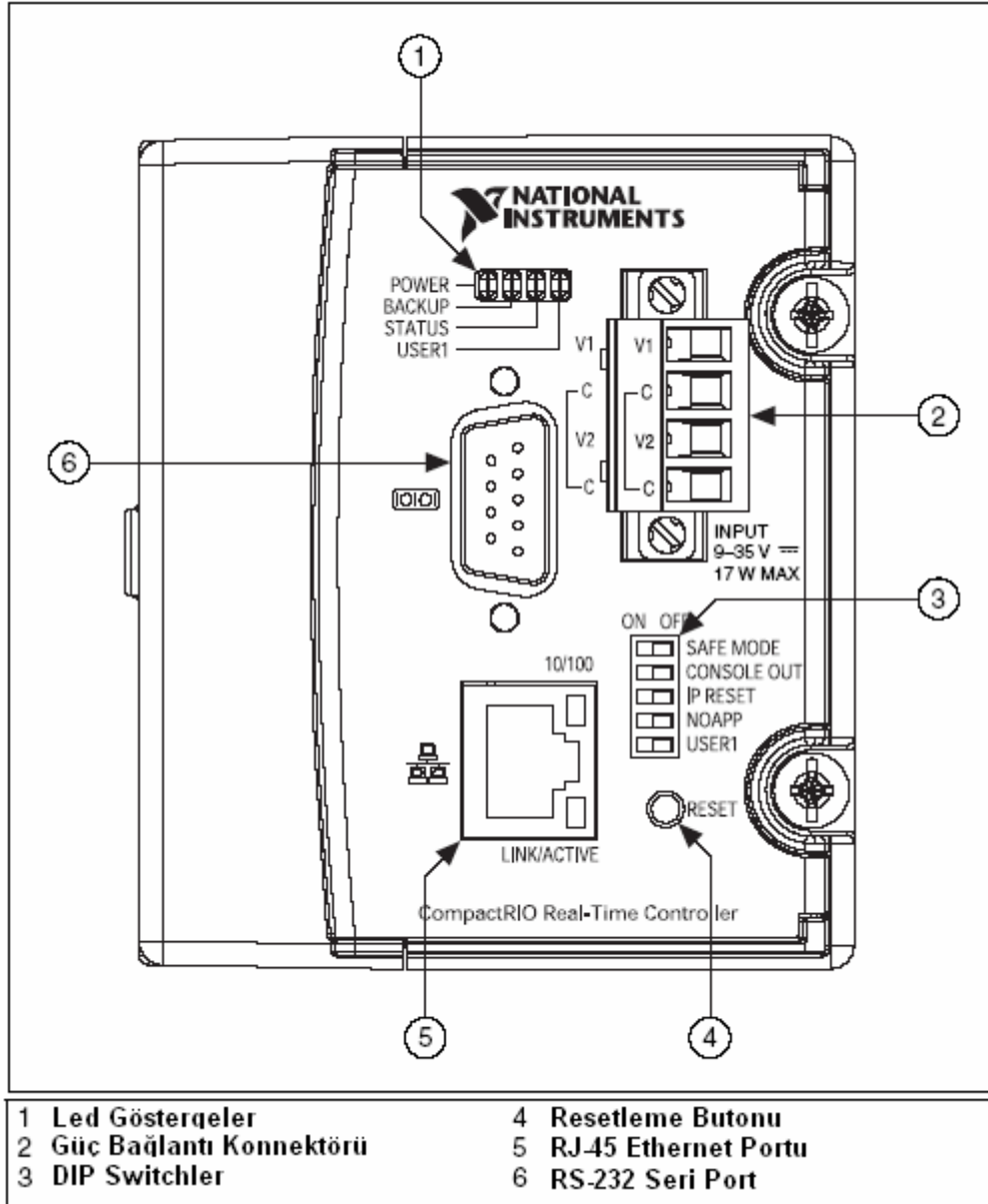


Şekil 7.2.1 NI 9002 Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemci Görünümü

CompactRIO-9002 olarak tanımlı gömülü sistemi, 195 Mhz'lik Pentium sınıfı endüstriyel işlemciye sahiptir. Bu sistem ile gerçek zamanlı deterministik kontrol, analiz, veri toplama ve iletişim için binlerce LabVIEW fonksiyonları oluşturmak mümkündür.

32 MB DRAM bellek yapısında olup istendiği zaman 64 MB DRAM bellek yapısına yükseltilebilir.

Ayrıca bu kontrol sisteminde bulunan 10/100 Mb/s hızındaki Ethernet portuylada LabVIEW yazılım platformundan hem FPGA sistemine program gönderimi yapılır hemde Web (http) ve file servers (FTP) gibi uygulamalar geliştirilebilir. Max. network kablo uzunluğu 100 metre kadardır.



Şekil 7.2.2 NI 9002 Gerçek Zamanlı Kontrol İşlemci Kısımları

Gerçek zamanlı işlemci; çift girişli 11-30 Volt DC beslemeye, kullanıcı DIP Switch ayarlama özelliğine, led durum göstergelerine, bir gerçek zamanlı saate, watchdog zamanlayıcıya ve diğer yüksek güvenilirlikli özelliklere sahiptir.

Watchdog zamanlayıcı, mikroişlemci üzerinde serbest çalışan ve hiçbir eleman gerektirmeyen bir RC osilatördür. Watchdog zamanlayıcının kullanım amacı mikroişlemcinin bir döngü esnasından kilitlenmesini engellemek içindir. Döngü durumunda meydana gelen kilitlenme olumsuzluğu, yazılımdaki bir hatadan veya harici elektriksel kıvılcımlar nedeniyle ortaya çıkabilir. Bu durumda Watchdog zamanlayıcılar mikroişlemciye harici sinyaller göndererek, kilitlenmesini önlemeye çalışır.

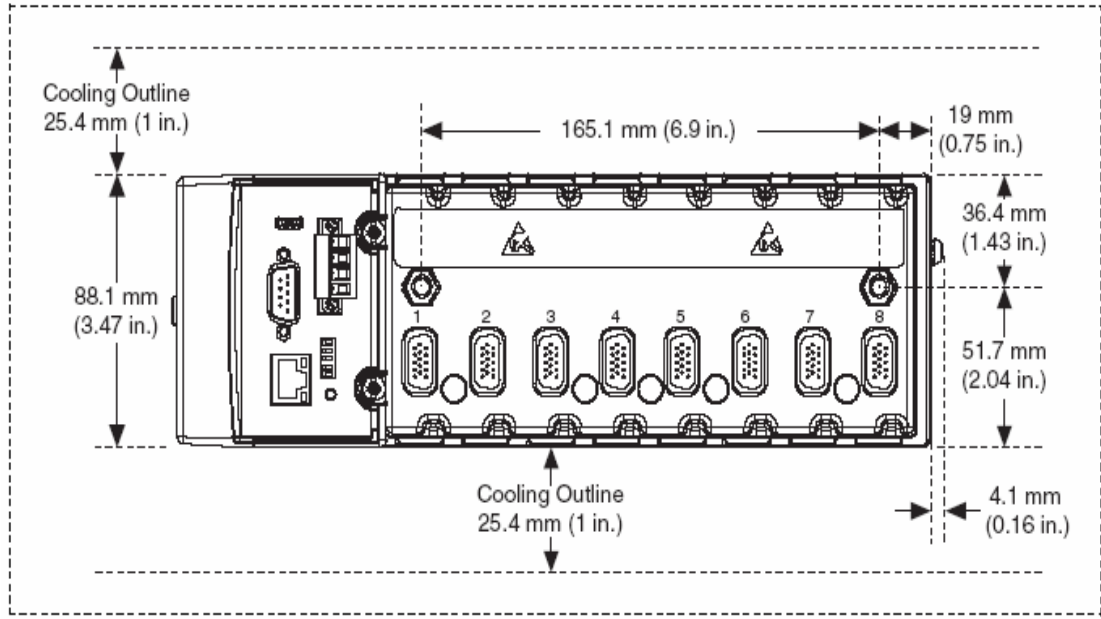
Gerçek zamanlı işlemcinin max güç harcaması 7 watt civarındadır.[8]

7.3 National Instruments Konfigüre Edilebilir Şaseler (NI 9102)



Şekil 7.3.1 4 ve 8 Slotlu Konfigüre Edilebilir Şase Görünümleri

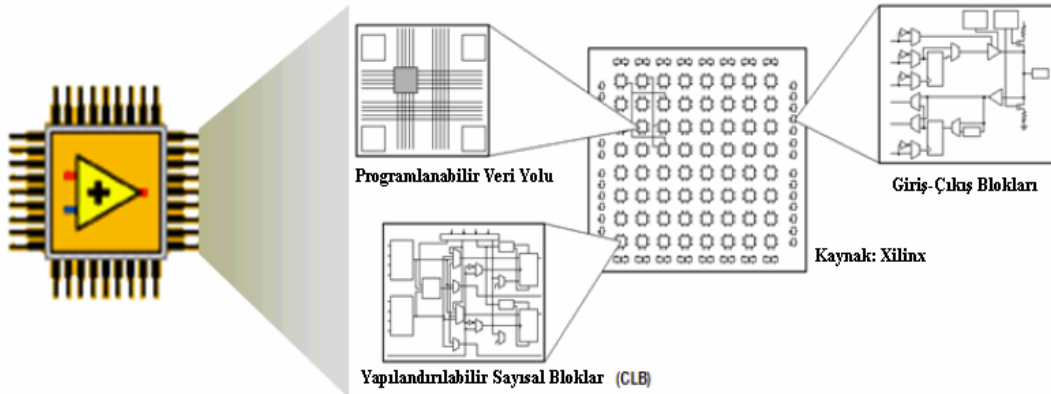
Konfigüre edilebilir şaseler, CRIO sistemlerinin kalbidir. Çünkü şase aksamı, konfigüre edilebilir giriş çıkış donanımlarını içinde barındırır.



Şekil 7.3.2 8 Slotlu Konfigüre Edilebilir Şase Ölçüleri

Konfigüre edilebilir şase içersine FPGA nüvesi entegre edilmiştir.

Her bir giriş ve çıkışa ayrı olarak yıldız topolojisiyle bağlanabilen RIO FPGA nüvesi ile giriş portundaki sinyaller okunabilir, FPGA'nin programlanması sonucunda ortaya çıkan fonksiyonlar çıkış portuna yazılabilir.[11]



Şekil 7.3.3 NI FPGA Yapısı

Her bir modüldeki giriş çıkış uygulamaları, 25 nanosaniyelik çözünürlük ile tam senkronizasyonlu olarak yapılabilmektedir.

RIO nüvesi, CRIO gerçek zamanlı kontrol işlemcisine lokal PCI (peripheral component interconnect: çevresel komponentler arası bağlantı) geçiş arabirimiyle bağlıdır.

Giriş ve çıkış modülleri için 4 veya 8 slottan oluşan şaseler kullanılmaktadır. Şaseler, normal giriş çıkış işleme gücü için 1 milyon veya ek giriş çıkış işleme gücü için 3 milyon adet kapı kapasiteli FPGA nüveye sahiptir.

Şase aksamı, 62-196 KB'lık RAM bellek kapasitesine, 40 Mhz'lik varsayılan zamanlayıcı tabanına sahiptir. Şase en fazla 2,3 ile 3 watt'lık arasında değişim gösteren güç harcaması yapar.

RIO FPGA, kendisi ile gerçek zamanlı yazılım uygulamalarının senkronize çalışmaları için kesme istekleri üretir.

Konfigüre edilebilir şaselerin amacı, otomatik olarak giriş çıkışları algılayarak programlamaya uygun RIO FPGA uygulamaları geliştirmektir.[9-11]

7.4 National Instruments Termokupl Giriş Modülü (NI-9211)

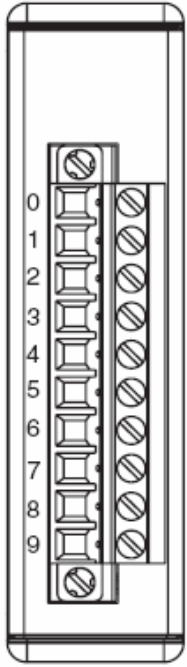
NI 9211 termokupl modülü, 4 kanallı termokupl girişi veya +/- 80 mV'lık analog girişli sinyaller için kullanılan bir modüldür.



Şekil 7.4.1 NI 9211Termokupl Giriş Modül Görüntüsü

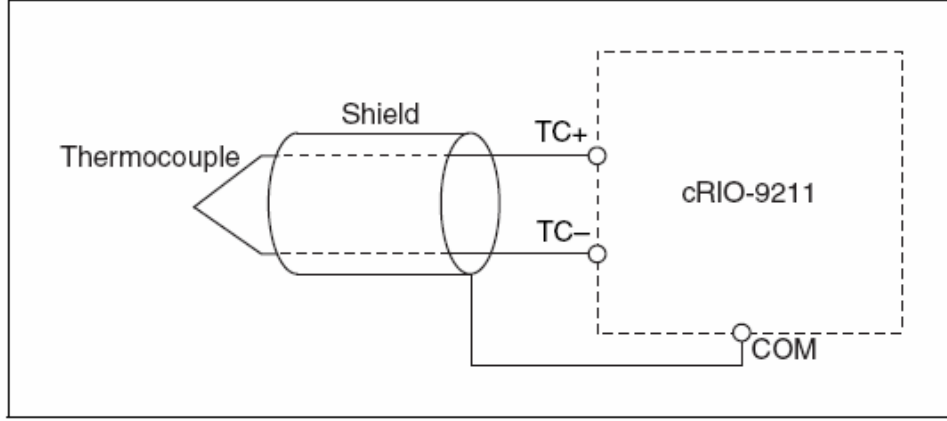
-40 C ile 70 C çalışma sıcaklığına sahip olan bu modülle termokupldan alınan analog sinyalleri 24 bitlik çözünürlükteki digital sinyallere çevrilir.

Bu modül 10 adet terminal bağlantısı içermektedir. Bu bağlantı terminalinde TC0+ ile TC0- uçları arasına termokupl bağlanmalıdır. Bağlantı terminalindeki COM ucu, NI 9211 modülü için ortak bağlantı ucudur.COM ucuna kabloların koruyucu kılıfındaki örgülü saç şeklindeki kablo bağlanmalıdır.[10]

Module	Terminal	Signal
	0	TC0+
	1	TC0-
	2	TC1+
	3	TC1-
	4	TC2+
	5	TC2-
	6	TC3+
	7	TC3-
	8	No connection
	9	Common (COM)

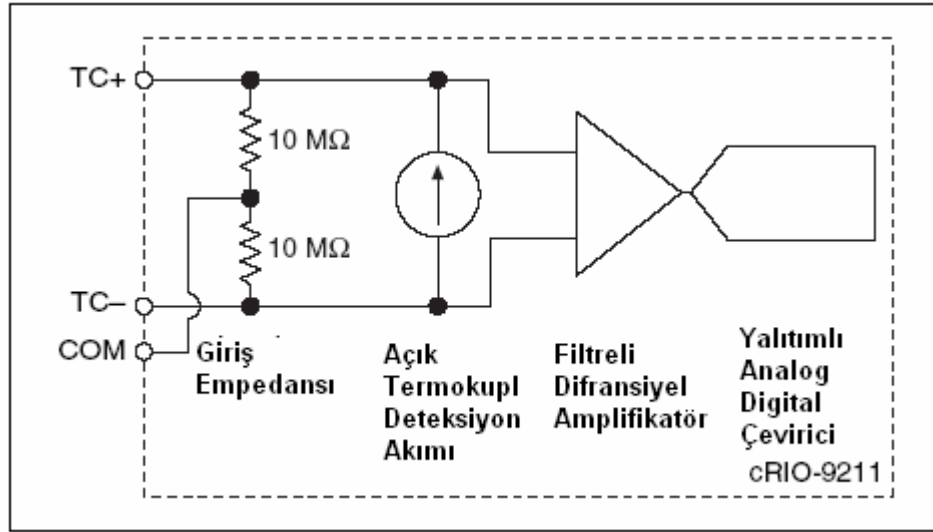
Şekil 7.4.2 NI 9211 Termokupl Modülü Terminal Sinyal Bağlantı Şeması

TERMOKUPL BAĞLANTI ŞEMASI



Şekil 7.4.3 Termokupl'un Bir Kanala Bağlantı Şeması

Shield diye adlandırılan kablo dış kılıf koruyucusu modülün COM ucuna bağlanmalıdır.



Şekil 7.4.4 Bir Termokupl Kanalı İçin Giriş Devre Şeması

Termokupl modülün içindeki bir kanala ait giriş devre şemasında bulunan 10M değerindeki dirençler, giriş empedans dirençleridir.

Sıcaklık değişimlerini algılayan ve bu değişimleri termokupl modül kanalına veren termokupl sensörü aracılığıyla alınan sıcaklığa bağlı değişen milivolt (mv) seviyesindeki gerilim değeri, filtreli diferansiyel amplifikatör katına iletilir. [10]

Diferansiyel amplifikatör katında sıcaklığa bağımlı olarak değişim gösteren milivolt (mv) sinyalinin üzerindeki istenmeyen parazitik osilasyonlardan temizlenir ve bu milivolt sinyali belli bir kazançta yükseltme işlemine tabi tutularak **SİNYAL KOŞULLAMA** işlevi gerçekleştirilmiş olur.

Temizlenmiş ve yükseltilmiş analog sıcaklık sinyali, yalıtımlı analog digital çevirici aracılığıyla digital sinyale çevrilerek **SİNYAL İŞLEME** işlevi gerçekleştirilmiş olur.

Sinyal işleme kısmından sonra sıcaklığa bağlı değişim gösteren digital sinyal değerlendirilmek üzere FPGA kısmına gönderilir.

Termokupl sensörü, NI 9211 olarak tanımlı termokupl modülüne bağlandığında, bir çok uygulamada önemsiz olmayan, termokupl kaynak empedanslarından dolayı kazanç ve offset hataları ortaya çıkar. Bu hataları kompanze edebilen NI 9211 termokupl modülünün belirli özellikleri vardır.

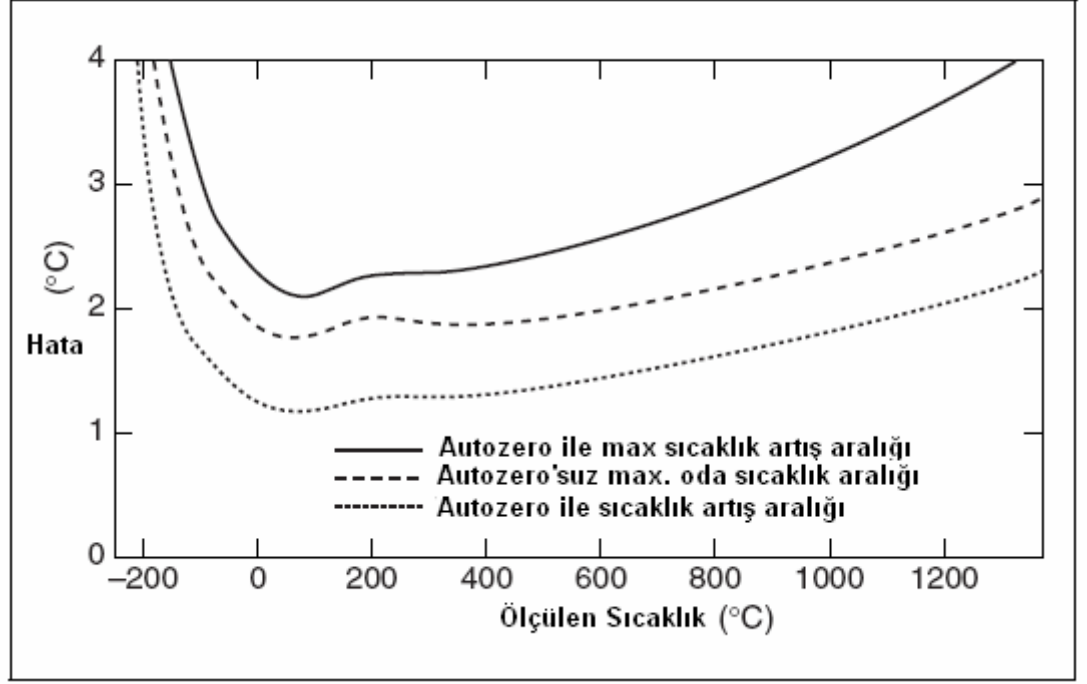
Bunları şöyle açıklayabiliriz;

- Autozero özelliği:

Ölçmelerdeki offset hatalarını kompanze ederek gidermek için dahili autozero (otomatik sıfırlama) özelliği bulunmaktadır.

NI 9211 tanımlı termokupl modülünün bulunduğu ortam, 15 C'den az 35 C'den fazla ise ölçüm kanallarında offset hataları meydana gelir.

Autozero özelliğine sahip NI 9211 tanımlı termokupl modül kanalından okunan sıcaklık bilgisinden, meydana gelen bu offset hatası çıkarılarak kompanze işlevi gerçekleştirilir.[10]



Şekil 7.4.5 Autozero Özelliği İle Offset Hatasının Düzeltilmesi

- Cold-Junction (Soğuk Nokta) özelliği:

Birbirlerine yakın olarak monte edilmiş modüllerden veya diğer ısıtma kaynaklarından saçılan sıcaklık, terminale bağlı termokupl uçlarına etki edeceğinden sıcaklık ölçümlerinde hatalar ortaya çıkarır. Bu hatalara Cold Junction okuma hataları denir.

Bu hatanın giderilmesi için NI 9211 termokupl modülünün Cold junction (soğuk nokta) özelliğine sahip olması gereklidir. Cold junction özelliği farklı sıcaklıklarda bu hataları kompanze eden bir özelliktir. Doğru sıcaklık ölçümleri için cold junction özelliği çok önemli bir kullanım gereksinimidir.[10]

Açıklamaya çalıştığımız autozero ve cold junction özelliklerinin, ölçüm sistemlerinde kullanılan modüller için çok önemli bir yer tuttuğu bilinmelidir. Özellikle çevresel kaynak ve çalışma ortamı gibi etkileşimlerin yarattığı sıcaklık farklılıkları, gerçek sıcaklık ölçüm değerlerinin tespit edilmesinde büyük engel olarak kullanıcının karşısına çıkmaktadır. Bu da yapılan ölçüm hatalarına sebebiyet vermektedir. Bu tür özelliklerin ölçüm modüllerine eklenmesiyle hataların kompanze edilerek azaltılması ve gerçek ölçüm değerlerinin tespit edilmesi olanaklı duruma gelecektir.

7.5 DC Güç Besleme Ünitesi (FP-PS-4)

CRIO sistemlerinin ihtiyaç duyduğu DC çalışma gerilimini, NI firmasının FP-PS-4 olarak tanımlı güç besleme ünitesi sağlar.

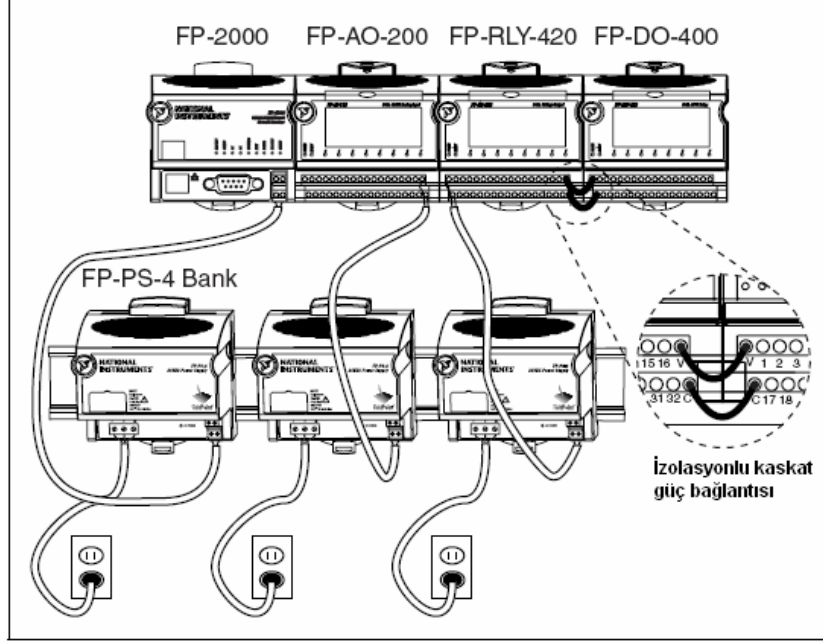


Şekil 7.5.1 DC Güç Besleme Ünitesi (FP-PS-4)

FP-PS-4 DC besleme ünitesi, 90-264 Volt 47-63 Hz.AC aralığındaki gerilim girişiyle, çıkışında 24 Volt DC gerilimi 15 Watt gücünde sağlar.

National Instruments firmasının geliştirdiği FP-PS-4 DC besleme ünitesi, hem field point tanımlı modüllerin beslemesinde hem de CRIO modüllerinin beslemesinde kullanılır.

FP-PS-4 DC güç besleme ünitesinin V olarak tanımlı terminalinden pozitif (+), C olarak tanımlı terminalinden negatif (-) değerlikli gerilimleri bir bağlantı kablosuyla modüllerin DC besleme uçlarına irtibatlandırmak yeterli olacaktır.



Şekil 7.5.2 DC Güç Besleme Ünitesinin Modüllere Bağlanması

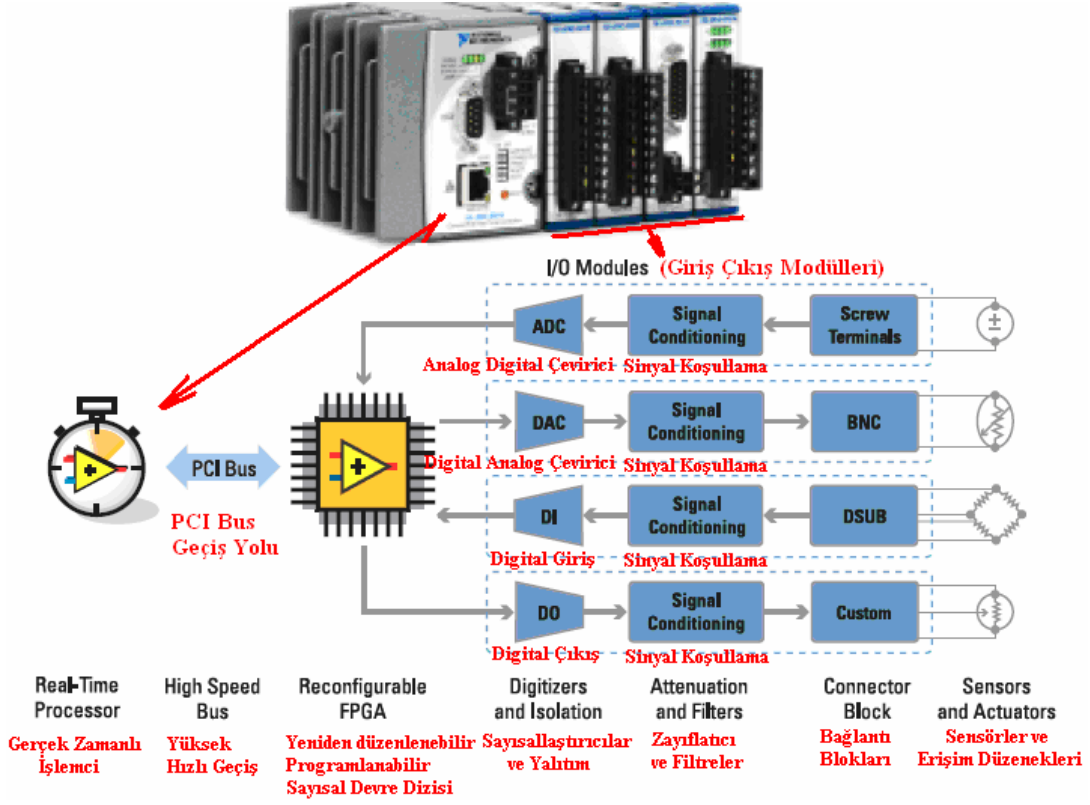
7.6 Konfigüre Edilebilir Gerçek Zamanlı Gömülü Sistemler

Konfigüre edilebilir şase, gerçek zaman işlemcisi ve giriş çıkış modülleri komple bağımsız bir gömülü sistemi meydana getirirler.

National Instruments firması, gerek gerçek zamanlı mikroişlemcisi gerekse FPGA içerikli şase bağlantısı ile giriş-çıkış modüllerini LabVIEW tabanlı yazılım araçlarıyla kontrol edebilen, gömülü sistemler geliştirmiştir.

Özellikle ölçüm sistemlerinde meydana gelebilecek hataları kompanze eden ve birbirleriyle yüksek uyumlu çalışması sağlanan bu gömülü sistem donanımlarla, gerçek zamanlı sistemlerin ortaya çıkması sağlanmıştır.

Gömülü sistemlerin, kullanıcının isteğine paralel yapılandırılması ve değişik uygulamaları bir çok donanımsal gereksinimlere ihtiyaç duymadan yazılım değişiklikleriyle gerçekleştirmek, yadsınamayacak bir üstünlük olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 7.6.1 NI FPGA ile Konfigüre Edilebilir Gerçek Zaman İşlemcili Gömülü Sistemler

Şekil 7.6.1’ de FPGA ile konfigüre edilebilir gerçek zamanlı gömülü bir sistemin blok diagramı verilmiştir. Burada sensör ve erişim düzeneklerinden alınan elektriksel sinyaller, bağlantı blokları aracılığıyla sisteme iletilirler.

Sinyal koşullama katlarında, bu sinyaller filtre edilerek parazitik osilasyonlardan arındırılarak temizlenirler. Sinyal koşullama işleminde faydalı sinyalin güçlendirilmesi, parazitik sinyalin zayıflatılması işlemi gerçekleştirilir. Sonuçta **Sinyal / Gürültü** (S/N) faktörü yükseltilmiş olur.

Bağlantı bloklarından gelen sinyal analog sinyal ise sinyal koşullama işleminden sonra ADC adındaki Analog-Digital çevirici katlar aracılığıyla analog sinyal digital sinyale dönüştürülerek sinyal işlemeyle FPGA nüvesinin girişine aktarılır.

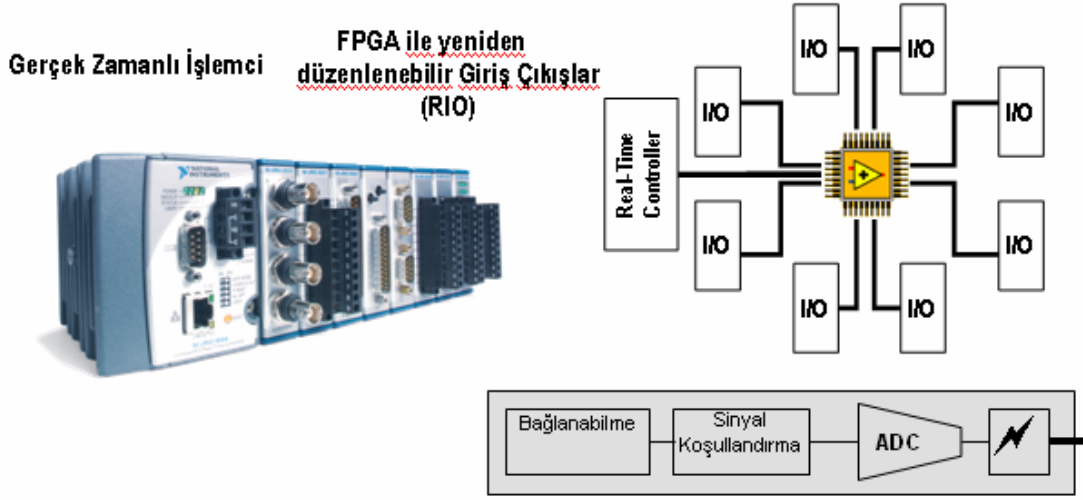
Bağlantı bloklarından gelen sinyal digital bir sinyal ise sinyal koşullama işleminden sonra digital giriş katları aracılığıyla digital sinyal formu FPGA nüvesinin girişine aktarılır.

Şase aksamına gömülü olarak üretilen FPGA nüvesi ise, kullanıcının yazdığı program komutlarına göre hareket edecek, giriş pinlerine gelen sinyalleri değerlendirecektir.[12]

Bu değerlendirmelerde program isteklerine göre gerçekleştirilen sonuçlar, dışarı ortamda çevresel üniteleri kontrol etmek amacıyla kullanılacaksa çıkış modüllerine gönderilecektir.

Çevresel nitelerin kontrolu için analog formda bir sinyale gereksinim varsa, FPGA ıkış pinlerindeki digital sinyaller DAC adındaki Digital-Analog evirici katlar aracılığıyla analog formdaki sinyale dönüştürülür.

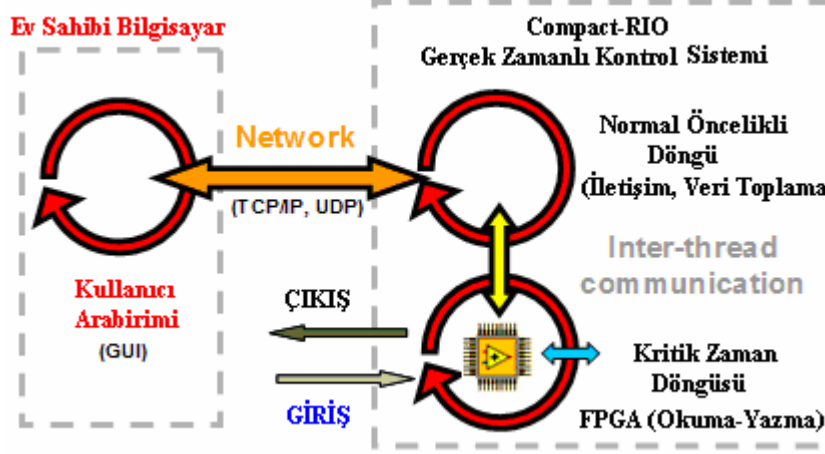
Çevresel nitelerin kontrolu için digital formdaki bir sinyale gereksinim varsa, FPGA ıkış pinlerindeki digital sinyaller, digital çıkış adındaki katlar aracılığıyla çıkışa aktarılır.



şekil 7.6.2 Gömülü Sistemde FPGA Nüvesinin Giriş ıkış nitesine Bağlantısı

FPGA nüvesi giriş çıkış birimlerine yıldız topoloji mantığıyla bağlıdır.

Gömülü sistemlerin bir başka özelliği de gerçek zamanlı kontrol (real time control) uygulamalarını da içermesidir.



Şekil 7.6.3 Gerçek Zaman Kontrollü Gömülü Sistem

Gerçek zamanlı kontrol sisteminde, iletişim ve veri toplaması için Normal öncelikli döngü, FPGA üzerine bilgi yazma ve yazılan bilginin okunması içinde Kritik zaman döngüsü kullanılmaktadır.[12]

Böylelikle programlama çerçevesinde ortaya çıkan giriş çıkış etkileşimleri, CRIO sisteminin bağlı olduğu sunucu (host) olarak adlandırılan bilgisayara gerçek zamanlı olarak nanosaniye süreli gecikmelerle network üzerinden aktarılır.

Ayrıca network sistemleri üzerinden uzaktan kullanıcı (client) bilgisayarların, grafik arabirimli olarak yapılandırılmış arayüzleri ile(IP adres yapılandırma aracılığıyla) ev sahibi bilgisayarlara bağlanabilmesi, uzaktan deneysel çalışmaların izlenebilmesine de olanak sağlar.

Bu bağlamda gerek network sistemleri gerekse internet tabanlı erişim sistemlerinin aktif olduğu uzaktan erişimli laboratuvar çalışmaları da gerçekleştirilebilir.[4]

Gerçek zamanlı kontrol sistemlerinin en büyük avantajı, giriş ve çıkış bağlantılarının çok kısa sürede okunması ve yazılmasıdır. Böylelikle DSP (Digital Signal Process) adındaki sinyal işleme aktivitelerine uyumlu gerçek zamanlı çalışmalar elde edilir.

7.7 National Instruments FPGA Tabanlı Kontrol Platform Çeşitleri

Aşağıda NI firmasının FPGA tabanlı olarak sunduğu kontrol platform çeşitleri bulunmaktadır.[13]



PXI R Series Intelligent DAQ System



CompactRIO Reconfigurable Embedded System



Compact Vision System



PCI R Series Intelligent DAQ System

Şekil 7.7.1 NI-FPGA Tabanlı Kontrol Platformları

PXI R Serisi DAQ Sistemi;

NI PXI-6653 ve NI PXI-6652 zamanlama ve senkronizasyon kontrol modülleri trigger bus , star trigger ve PXI 'ın sistem referans blok özelliklerini kullanarak çoklu cihaz yada çoklu şase senkronizasyonunu sağlar. LabVIEW FPGA Modülü ile FPGA PXI-6653/2 modülleri kullanıcının istediği tipte uygulamalar geliştirmek için kullanılır. Bu uygulamalar zamanlama ve tetikleme teknikleri ve yüksek hızlı analog sayıcılar içerir.

PCI R Serisi DAQ Sistemi;

National Instruments firmasının PCI veya PXI bus tipli R Serisi veri toplama (DAQ) kartları yüksek performans , manuel zamanlama ve senkronizasyon gerektiren analog veya dijital veri toplama ve kontrol uygulamalarında kullanılabilir.

R Serisi RIO kartlar ve LabVIEW FPGA ile , PXI veya PCI tabanlı ölçüm ve kontrol sistemlerini özellikleri kullanıcı tarafından belirlenen bir donanım haline getirmek mümkündür.

CompactRIO Konfigüre Edilebilir Sistem;

NI CompactRIO kullanıcıya Sistem zamanlaması açısından bir esneklik ve sinyal girişi konusunda yüksek performans sağlayan küçük ebatlarda oldukça sağlam yapıda endüstriyel bir ölçme ve kontrol platformudur. CompactRIO bir R serisi cihazın sinyal koşullayıcısı olarak kullanılabileceği gibi veri toplamada , portatif NVH testlerinde ve makine kontrol sistemlerinde gömülü tek başına alan kontrollü bir sistem olarak konfigüre edilebilir. CompactRIO i -40 ile 70 C sıcaklık aralığında sorunsuz çalışacak şekilde tasarlanmıştır.

Compact Vision (Görüntü) Sistemi;

National Instruments firmasının geliştirdiği Compact Görüntü Sistem i robotik, otomatize edilmiş görsel denetim sistemleri ve endüstriyel denetim sistemleri gibi zorlu fabrika ortamlarında çalışmak üzere tasarlanmış tek başına çalışabilen bir görüntü toplama cihazıdır.

NI CVS-145x ürünleri yapay görme uygulamaları için eşi benzeri olmayan bir I/O ve network bağlantı özelliğine sahiptir.CVS-145x sistemleri IEEE 1394 (FireWire) teknolojisini kullanır, fiyat, performans ve fonksiyonellik açısından 40 tan fazla çeşitte kamera ile uyumludur.

CVS-1455 ve CVS-1456 cihazlar, sayıcılar, zamanlayıcılar ve motor kontrollerini yapay görme uygulamalarına adapte etmek için FPGA teknolojisini kullanırlar. [12-13]

8. LabVIEW PROGRAMLAMA DİLİ

LABVIEW: **L**aboratory **V**irtual Instrument **E**ngineering **W**orkbench

(Mühendislik Çalışmaları için Sanal Enstruman Laboratuvarı)

8.1 Giriş

Hem geleneksel hem de sanal ölçüm aletleri aynı işlevleri yerine getirirler. Veri toplarlar, bu veriyi analiz ederler ve sonuçları gösterirler.

İkisi arasındaki en önemli fark ise esnekliktir. Sanal enstrumanlar kullanıcı tarafından tanımlanabilirler. Gerçekleştirilmesi düşünülen uygulamalar için gerekli olan donanım, yazılım ve aksesuarlar kullanıcı tarafından bir araya getirilir.

Bu yaklaşımın kullanıcıya verdiği esnekliği bütün özellikleri üretici tarafından belirlenmiş sabit olan voltmetre, osilaskop, sıcaklık ve basınç ölçer gibi cihazlar sağlayamazlar.

Bu ölçü aletleri bir kez, çoğu zaman da büyük paralar ödenerek satın alınır ve ekonomik olabilmesi içinde belirli bir süre kullanmak zorunda kalınır.

Bu süre içinde ölçü aletinin performansında bir artış, yeni bir işlevi yerine getirebilme becerisi gibi beklentilerin olması olanaklı değildir.

Bunun yanında bilgisayar tabanlı sanal enstrumanlar, bilgisayarlar için geliştirilen her türlü teknolojiye anında yararlanabilmektedir. Sanal enstrumantasyonlar sürekli gelişen bilgisayar teknolojisi tarafından desteklenmekte ve performansı sürekli olarak artmaktadır.

Bu teknolojinin yararları ve gelişme potansiyeli kullanıcıların gün geçtikçe artan bir hızla geleneksel yaklaşımlar yerine sanal enstrumantasyonu tercih etmelerine yol açar.

Özellikle günümüz bilgisayarların sürekli gelişen fiyat/performans oranları pahalı ve esnek olmayan geleneksel ölçüm ve test sistemleri yerine sanal enstrumanların ekonomik olarak daha uygun olmalarını sağlar.

Sanal enstrumantasyon çözümlerini seçen kullanıcılar kuruluş, sistem geliştirme, bakım masraflarını azaltırken, ürün kalitelerini ve pazar paylarını arttırma fırsatına sahip olurlar.

[14-17]

8.2 LabVIEW Tanıtımı

LabVIEW, **L**aboratory **V**irtual Instrument **E**ngineering **W**orkbench'in kısaltılmışıdır.

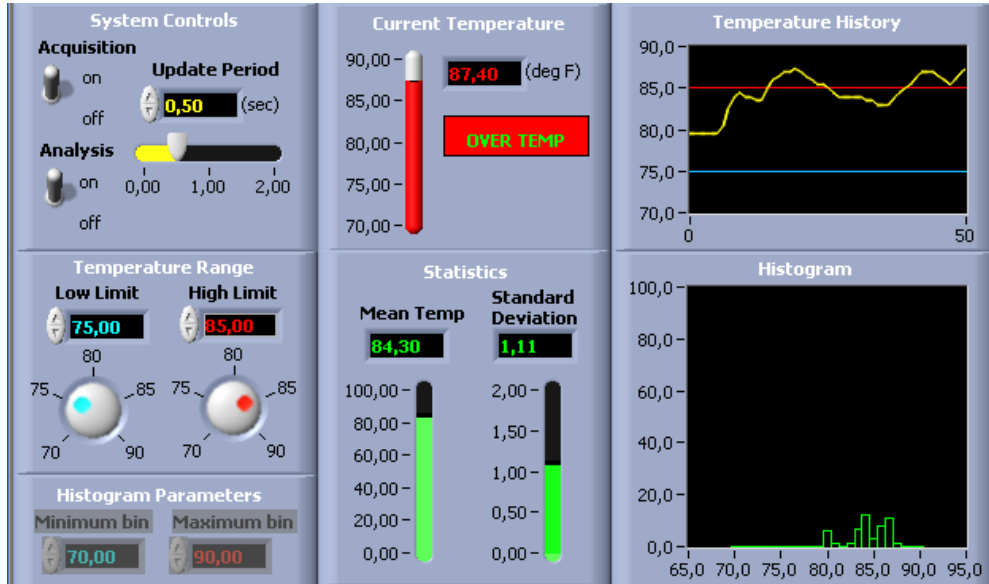
Güçlü ve esnek enstrümantasyon ve yazılım analiz sistemidir. Microsoft Windows, Apple Macintoshes, Sun SPARCstations, HP 9000 / 700 serisi iş istasyonlarında ve HP-UX'de çalışır. LabVIEW'ın Student Edition serisi ise sadece Macintoshes ve Windows platformlarında çalışır.

LabVIEW bir program geliştirme uygulamasıdır, birçok ticari C veya BASIC'e benzer bir geliştirme sistemidir.

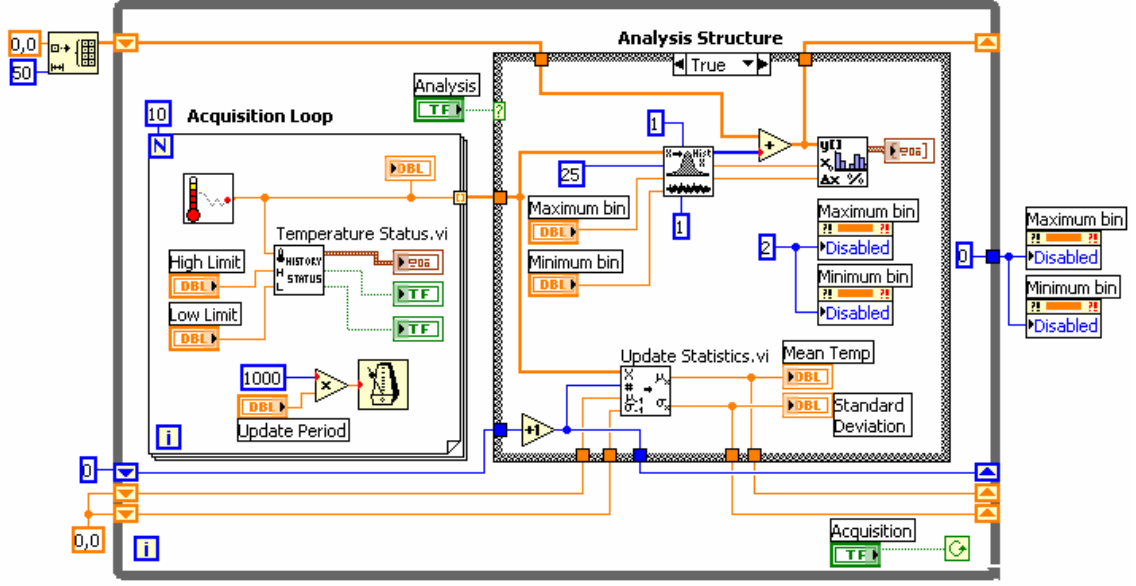
Diğer programlama dilleri kodun hatlarını yaratmada metin tabanlı bir yapı kullanırken, LabVIEW blok diyagram olarak adlandırılan bir akış diyagram formunda birçok sözdizimsel detayı eleyen programları yaratırken G grafiksel programlama dilini kullanır.

LabVIEW terminolojiyi, ikonları ve bilim adamları ile mühendislerin kullanmayı düşündüğü fikirleri değerlendirir. LabVIEW programlama hareketlerini tanımlamada, metin diline göre daha çok grafik sembollerine güvenir.

Kullanıcı az veya hiç programlama tecrübesi olmasa da LabVIEW' i kullanabilir. Ancak programlamanın önemli bazı bilgilerinin bilinmesi gereklidir. [14-17]



Şekil 8.2.1 LabVIEW Kullanıcı Ara Yüzü



Şekil 8.2.2 LabVIEW Grafik Ara Yüzü

LabVIEW çalışmaları, çok farklı uygulama çalışmalarına yanıt verebilmek için geniş fonksiyon ve alt rutin kütüphanelerine sahiptir. LabVIEW veri toplama için de uygulamaya özgü kütüphaneler, GPIB (**G**eneral **P**urpose **I**nterfacing **B**us) ve seri enstrüman kontrolü, veri analizi, veri tanıtımı ve veri depolamayı içerir. [14-17]

LabVIEW'ın öğrenci kullanım tabanlı sürümü, sinyal üretimi için gerekli fonksiyonları, sinyal işlenmesini, filtreleri, pencereleri, istatistikleri, lineer cebiri ve matris hesaplamalarını içerir. LabVIEW geleneksel program geliştirme araçlarıyla, kırıma noktalarını ayarlayabilmeyi, program içinde tek adımda çalışma ve veri akışını gözleyebilme gibi uygulamaların yapılabilmesine olanak sağlar.

LabVIEW'ın grafiksel yapısından dolayı aynı zamanda bir veri gösterme paketidir. Çıkış bilgileri, kullanıcının istediği herhangi bir formda görülür. Haritalar, grafikler ve kullanıcı tanımlı grafikler çıkış seçeneklerinin sadece bir bölümünü kapsar.

Analiz ve sunum araçları, LabVIEW'de fonksiyonel olarak tamamlanır. Geleneksel bir programlama dilinde herhangi bir problemin çözümü için hesaplama yapılırken, LabVIEW sanal enstrüman yaklaşımını kullanarak bunu basitleştirerek gerçekleştirir. [14-17]

8.3 LabVIEW Çalışması

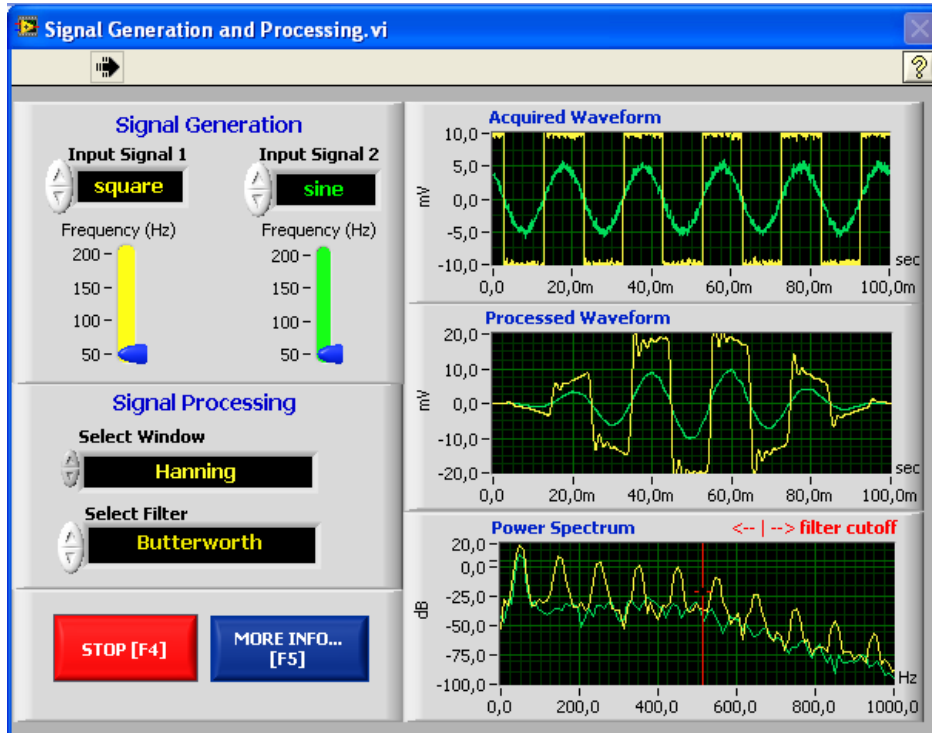
LabVIEW programları Sanal Enstrüman (VI: Virtual Instrument) olarak adlandırılır. Görünüşü gerçek araçların görüntüsünde olduğundan dolayı bu şekilde adlandırılmıştır.

Sanal Enstrüman (VI)'lar, perde arkasında C veya BASIC gibi popüler programlama dillerinin alt rutinleri, fonksiyonları ve ana programları tarafından kontrol edilirler. VI'lar interaktif bir kullanıcı ara yüzüne ve kaynak kod eşitliğine sahiptir.

Sanal Enstrüman (VI)'ları önemli iki ana parçaya sahiptir

- Ön panel:
Bir Sanal Enstrüman (VI)'nın interaktif kullanıcı arabirimidir. Ön panel adıyla anılmasının sebebi fiziksel bir enstrüman panelini simüle etmesindendir.
Ön panel hareket edilebilir düğmeleri, push butonları, grafikleri ve bazı diğer kontrolleri (kullanıcı girişlerini) ve göstergeleri (program çıktıları) kapsayabilir.

Ön panele veri girişi için klavye ve mouse kullanılır ve sonra ekranda programınızın meydana getirdiği sonuçlar görüntülenir.

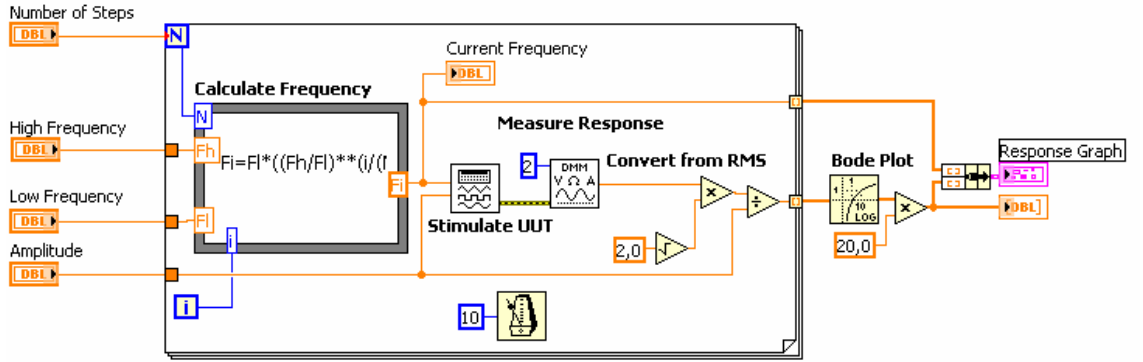


Şekil 8.3.1 Ön Panel Örneği

- Blok diyagram:

LabVIEW'in grafiksel G programlama dilinde kurulmuş Sanal Enstrüman (VI)'a ait kaynak kodunu içerir. Blok diyagram, resimli görünmesine rağmen gerçek uygulanabilir bir programdır. Bir blok diyagramın bileşenleri, ikonlar, gömülü fonksiyonlar ve program kontrol yapılarından meydana gelmektedir.

İkonları birbirine bağlamak için teller çizilir. Bu çizilen iletim çizgileri ise blok diyagramdaki verinin akışını gösterir. [14-17]



Şekil 8.3.2 Bir Blok Diagram Örneği

Bu özelliklerle LabVIEW, modüler programcılığın kavramlarını ilerleten bir yapıyla çalışır.

İlk olarak, temel bir alt görevin serileri içerisindeki uygulamalar bölünür.

Sonra, her alt görevi başarıyla sonuçlandırmak için bir Sanal Enstrüman (VI) yapılır ve sonra bu VI' lar, daha geniş bir görevi gerçekleştirmek için üst seviye bir blok diyagramla birleştirilir.

Modüler programlama mantığı programcılığın gelişimi için önemli katkı sağlar. Çünkü her alt Sanal Enstrüman (VI) kendisiyle uygulanabilir, kolayca hata ayıklama işlevine olanak sağlar. Ayrıca, birçok alt seviye Sanal Enstrüman (VI)'ları, çok sık yapılan çeşitli uygulamalarla ortak görevleri yerine getirir ve her bir özel uygulama ile bağımsız olarak kullanılabilir. [14-17]

8.4 LabVIEW ile Veri Toplama, Transfer, Analiz ve Bağlanabilirlik

LabVIEW kullanılarak dış dünyadaki fiziksel değişimler ile iletişim kurulabilir.

LabVIEW, analog ve dijital sinyalleri elde etmek ve veri toplamak için DAQ (Data Acquisition: Veri Toplama) kartlarının bağlantılarını kontrol edebilir.

Örneğin, DAQ (Data Acquisition: Veri Toplama) kartları kullanarak LabVIEW 'de sıcaklık değerleri görüntülenebilir, harici bir sisteme TTL (Transistor Transistor Lojik) sinyaller gönderebilir veya bilinmeyen bir sinyalin frekansı hesaplanabilir.

LabVIEW ' de GPIB (General Purpose Interface Bus - Genel amaçlı arabirim veri yolu) ile seri portla veri transferi de kolaylaştırılmıştır.

GPIB yolu sık sık osilaskoplarla, tarayıcılarla ve film kaydedicileriyle, kumanda konumlarına enstrümanları sürmek için iletişim kurmada kullanılır.

Alınan ve toplanan veriler, LabVIEW' in birçok analiz Sanal Enstrüman (VI)'larını kullanarak işlenebilir ve yönlendirebilir.

Toplayarak elde edilen bir veri (örneğin bir gerilim verisi gibi), bilgisayarlardaki işlemlerden geçirilerek, analiz, depolama yada diğer verilere etki etmek için kullanılır.

Fiziksel olaylar ölçmeye çalıştığımız gerçek dünya sinyallerini temsil eder. Hız, sıcaklık, nem oranı, basınç, akış, PH, titreşim, frekans, gerginlik, ağırlık, başlama ve duruş vb. gibi.

Fiziksel olaylar, sensörler aracılığıyla hissedilir ve sensörler tarafından hissedilen değişimler elektriksel sinyal formuna dönüştürülür.

Örneğin, termokupl hissettiği sıcaklık değişimini bir gerilime çevirir. Bir ADC (Analog Digital Convertor: Analog Digital Çevirici) işleminden sonra digital forma dönüşen bu gerilim ölçülebilir.

Kullanılabilecek farklı sensörler ile gerilme, akış (flowmeter), basınç ve güç gibi değişkenler de ölçülebilir. Her farklı fiziksel değişim durumunda, sensörler tarafından hissedilen büyüklüğe göre bir elektrik sinyali üretilmesi ve denetlemesi ortaya çıkar.

LabVIEW, analog giriş sinyallerini okumak için ADC (Analog Digital Convertor: Analog Sinyali Digital Sinyale Çevirici)'yi, analog çıkış sinyallerini meydana getirmek için DAC (Digital Analog Convertor: Digital Sinyali Analog Sinyale çevirici)'yi ve dijital sinyalleri okumak/yazmak, frekans ölçümünde on-board sayıcılarını işlemek ve pals generatör uygulamaları için uygun özellikte seçilmiş DAQ (Data Acquisition: Veri Toplama) kartlarını kontrol edebilir.

Sensörde elde edilen gerilim verisi bilgisayarda DAQ kartının ilgili bağlantılarına gider. Veri depolanması, bilgisayar hafızasına veri göndermesi ve işlenmesi için DAQ kartının bağlantılarına veri gönderilir.

Sinyal durum modülleri, sensörlerden elde edilen elektrik sinyallerini, DAQ kartının kabul edebildiği bir forma çevirerek işler.

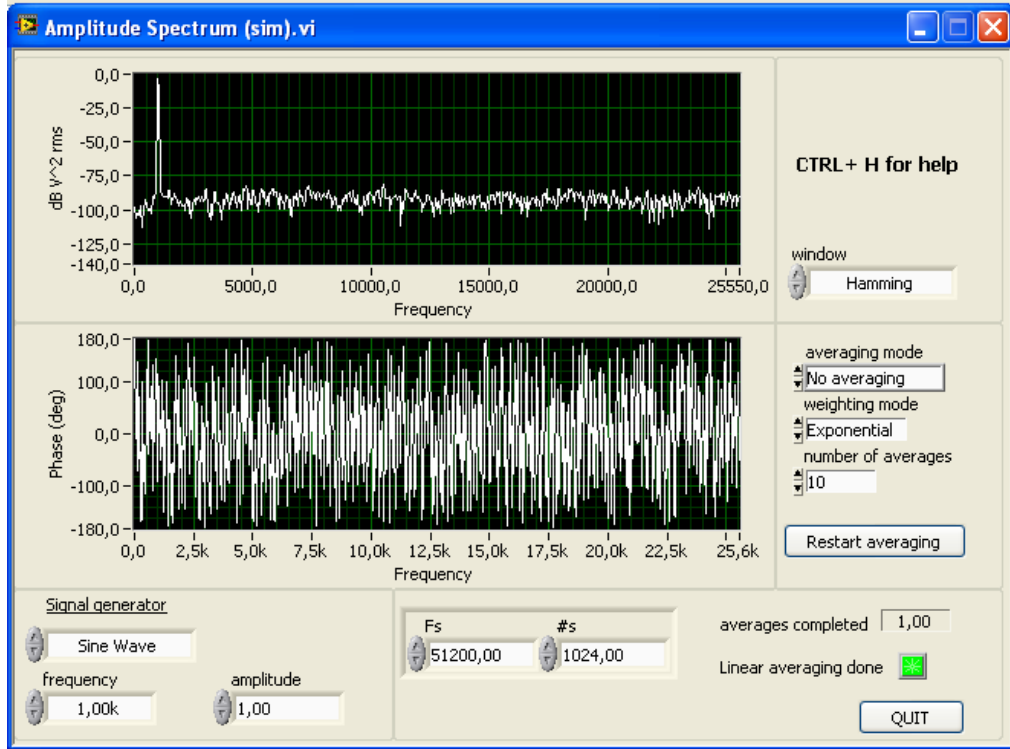
Ayrıca işlenen bilgi yüksek gerilim gibi bir bilgi ise bu yüksek gerilimin, çevresel elektronik sistemlere ısınma gibi zararlı etki yaratmaması için de yalıtılması gerekir. Sinyal durum modülleri, birçok farklı veri tipini, yükseltmeyi, doğrusallaştırmayı, süzmeyi, yalıtımı gibi işlemleri de uygulayabilir.

Bilgisayar ortamına alınan bir veri, alındığı andan itibaren uygun bir şekilde işlenecektir. Modern, yüksek hızlı, kayan noktalı nümerik ve dijital sinyal işlemciler, önemli olan gerçek zaman ve analiz sistemlerine sahiptir. Bu önemli özelliklerle biyomedikal bir veri işlemeyi, konuşma sentezlerini ve onayını, dijital ses ve bilgi işlemeyi gerçekleştirmek olanaklı duruma gelmektedir. [14-17]

Mühendislik istasyonlarındaki analiz kütüphanelerinin önemi şudur;

DAQ kartınızdan veya GPIB enstrümanınızdan toplanmış işlenmemiş veri aşağıda gösterildiği gibi her zaman yararlı bilgi taşımaz. Sinyali sık sık dönüştürmek gerekir.

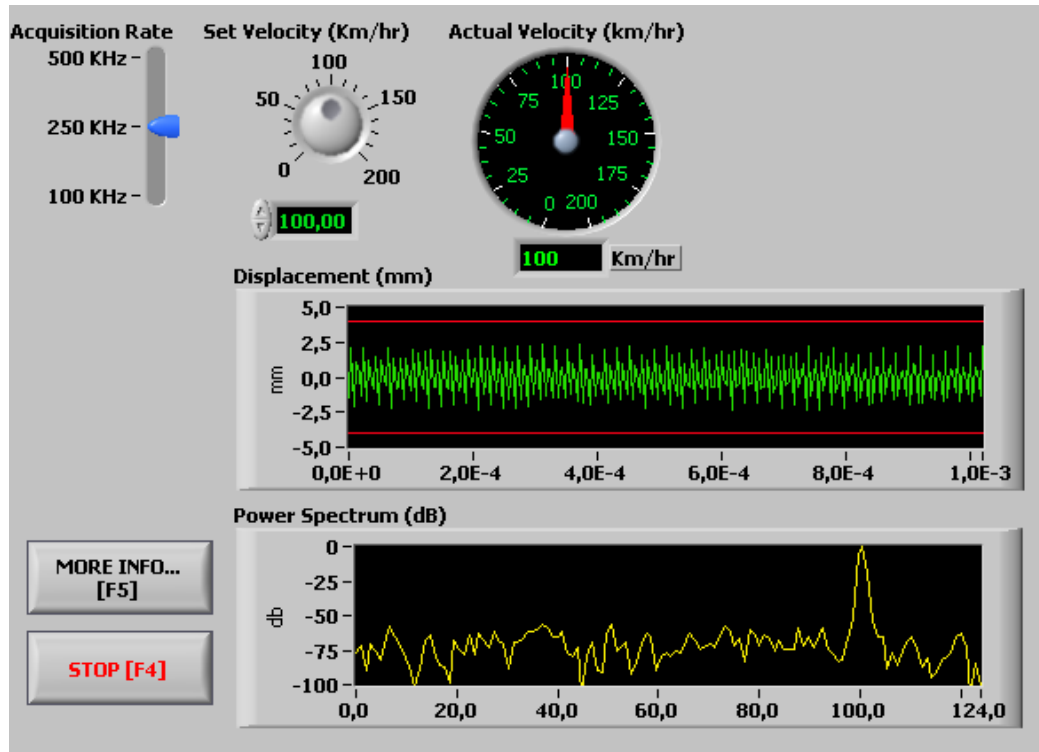
Veriler üzerindeki gürültü faktörü azaltılmalı, hata ekipmanlarıyla bozulan veri düzeltilmeli veya sıcaklık ve nem gibi çevresel etkilerden kaynaklanan hataları kompanze edilmelidir.



Şekil 8.4.1 Gürültülü Sinyal Analiz Ön Panel Örneği

Dijital bir veriyi analiz etmek ve işlemek için, yararlı veri üzerine binmiş gürültülü veriyi ayırmak ve faydalı veriyi daha anlaşılabilir bir forma getirmek gerekir. Gürültüden temizlenmiş bir veriyi analiz etmek daha gerçekçi ve izlenebilir analizlerin yapılmasına olanak sağlar.

[14-17]



Şekil 8.4.2 Gürültüsü Filtre Edilmiş Sinyal Analiz Ön Panel Örneği

Sonuç olarak LabVIEW programlama dili ile blok diyagram programlama metodları ve yoğunlaştırılmış LabVIEW analiz Sanal Enstrüman (VI)'ları, analiz uygulamalarının geliştirilmesi basitleştirilmektedir.

Çünkü LabVIEW analiz Sanal Enstrüman (VI)'ları, popüler veri analiz tekniklerini içerir. Ayrıca LabVIEW, etkili ve geniş analiz kütüphanelerine sahip olduğundan istatistikler, değerlendirmeler, regresyonlar, lineer cebir, sinyal oluşturma algoritmaları, zaman ve frekans aralığı algoritmaları, pencereleme yöntemi ve dijital filtreler ile tam bir hizmet aracı olarak işlevselliğini yerine getirmektedir.

Bağlanabilirlik kapsamında LabVIEW, diğer uygulamalarla bağlantı kurmak için çok sayıda Sanal Enstrüman (VI) kütüphanesine sahiptir. Herhangi bir DLL'yi veya paylaşılan kütüphane, LabVIEW' den çağırabilir.

CodeLink' i kullanılarak LabWindows/CVI içinde geliştirilen C kütüphanelerine kolaylıkla ulaşılabilir. ActiveX kontrolü veya dökümanlarının LabVIEW içinde programlanabilmesi olanaklı duruma getirilmiş olacaktır. [14-17]

TCP/IP ve UDP networkleme Sanal Enstrüman (VI)'ları, uzak uygulamalarla bağlantı kurmada

kullanılır. Internet Developers Toolkit, LabVIEW işlemlerine e-mail, ftp ve web yeteneklerini ekler.

Uzak otomasyon Sanal Enstrüman (VI)'ları ile, diğer bilgisayarlara dağıtılmış Sanal Enstrüman (VI)'lar kontrol edilebilir.

ActiveX otomasyonu veya dinamik veri değişimi (DDE:Dynamic Data Exchange) ile gerçekleştirilen uygulamalar diğer Windows tabanlı uygulamalarla birleştirilebilir.

Mac Os kullanıcıları diğer uygulamalarla haberleşmek için Apple Events Sanal Enstrüman (VI)'larını kullanabilirler. [14-17]

9. BİLGİSAYAR KONTROLLU GERÇEK ZAMANLI SICAKLIK ÖLÇÜM SİSTEMİ

9.1 Giriş

Bilimsel alanda yapılan teoriksel çalışmaların uygulama sahasına aktarılarak desteklenmesi, beraberinde teknolojik gelişmelerin daha iyi algılanmasını ve üretilebilirlik bağlamında proseslere yapacağı katkı yadsınamayacak kadar fazla olacaktır.

Bu ilkeden yola çıkarak yapılan tez çalışmasının uygulama içerikli projeye desteklenmesini ve elde edilen öğrenimlerin uygulama yoluyla aktarılması düşünülmüştür.

Bu kısımda, son teknolojik gelişmeler ölçüsünde yapılandırılan Bilgisayar Kontrollu Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi adında gerçekleştirilen bir uygulama tanıtılacaktır.

Yapılan uygulamada, konfigüre edilebilir gömülü sistemlere en iyi örnek olabilecek National Instruments firmasının geliştirdiği Compact RIO adlı donanımlardan faydalanılmıştır.

BAP (Bilimsel Araştırma Projeleri) kapsamında gerçekleştirilen destekle, ilgili donanımlar temin edilmiş, konfigüre edilebilen gömülü bir sistem kurulmuştur.

Sistem modüler içerikli gelişmeye açık bir alt yapı içermektedir. Burada yapılmaya çalışılan Bilgisayar Kontrollu Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemidir.

Ancak bu sistemin devamında, genişlemeye olanaklı şase alt yapısıyla; ağırlık, titreşim, frekans, sayıcı, gerilim, akım, gerilme, hız, basınç, nem, akışkanlık gibi fiziksel büyüklüklerin tümleşik duruma getirilerek bilgisayar destekli ve gerçek zamanlı olarak ölçülmesi olanaklı duruma gelecektir.

9.2 Kullanılan Donanımlar ve Bağlantıları

Uygulama çalışmamızda aşağıdaki donanımlar kullanılmıştır:

- Gerçek Zamanlı CRIO İşlemci Ünitesi (NI CRIO 9002 Serisi)
- Konfigüre edilebilir CRIO Şasesi (NI CRIO 9102)
- 4 Kanallı CRIO Termokupl Giriş Modülü (NI CRIO 9211)
- DC Güç Besleme Ünitesi (FP-PS-4)
- K tipi Termokupl Probu
- UTP Cat 5 Network Kablosu
- Sıcaklık Ölçümü alınacak metal plate
- DC Güç beslemesinin modüler sisteme bağlanması için çeşitli kablolar
- NI LabVIEW Program CD'leri

LabVIEW 8.5 Professional Development

LabVIEW 8.5 Real Time Module

LabVIEW 8.5 FPGA Module

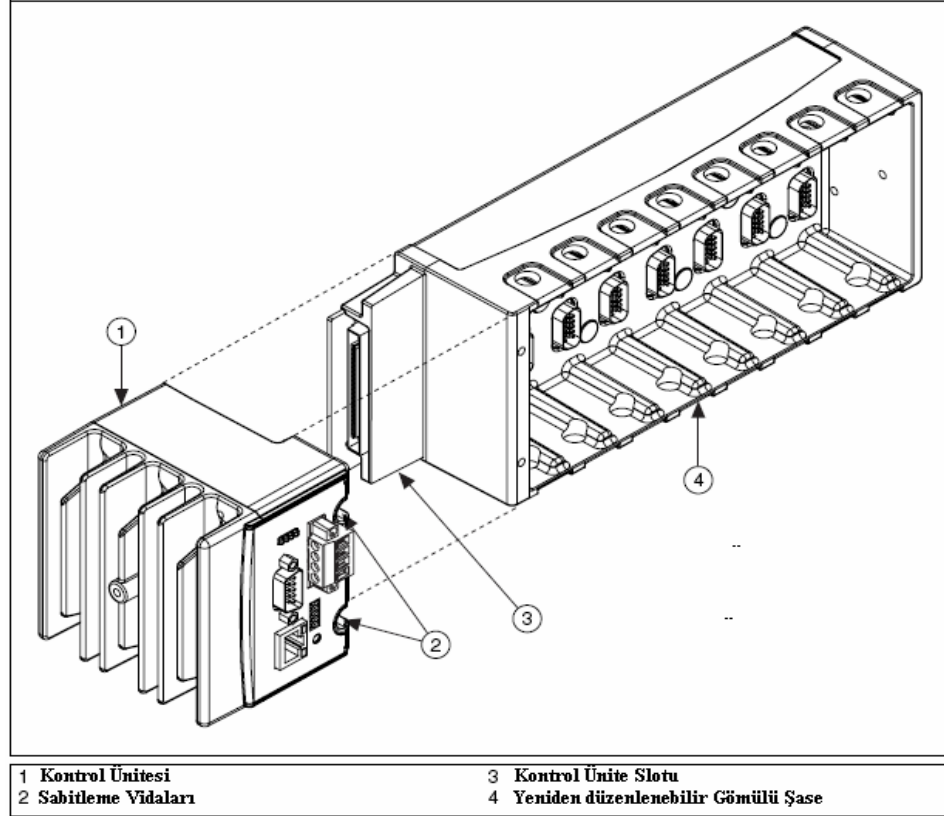
NI-RIO Driver

VISA Server 4.3 Programı

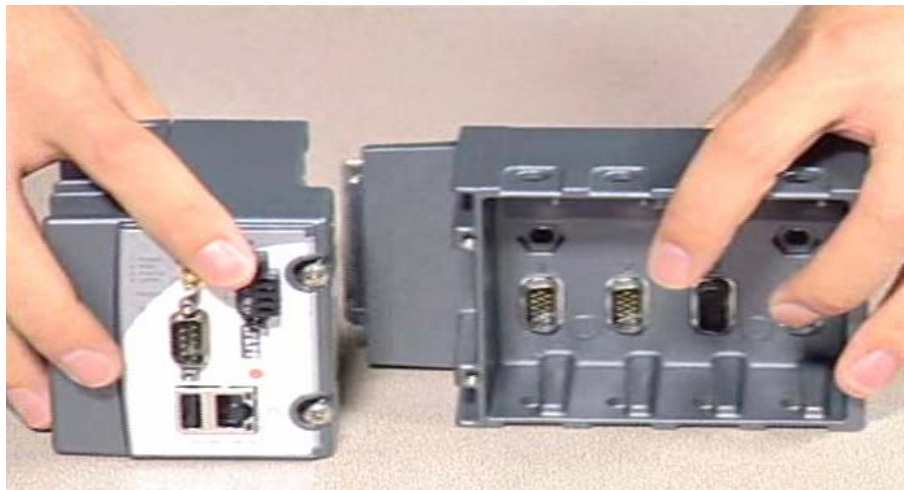
Bu donanımlar, Celal Bayar Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonunun FEF 2007-087 nolu projeye yaptığı destekle temin edilmiştir.

Donanım Bağlantı İşlem basamakları;

- Gerçek Zamanlı CRIO İşlemci Ünitesi (NI CRIO 9002 Serisi), FPGA içeren konfigüre edilebilir CRIO Şasesi (NI CRIO 9102)' ne aşağıda görüldüğü gibi dahili veri yolu üzerinden bağlanır.

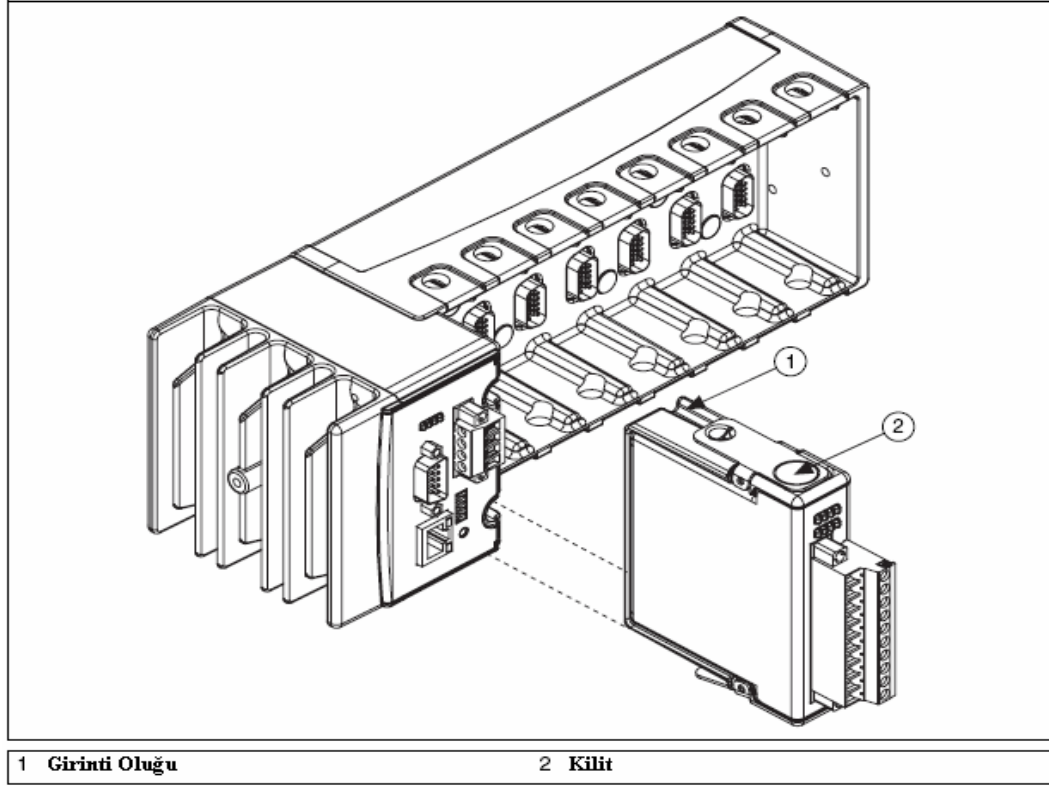


Şekil 9.2.1 İşlemci Ünitesinin Şaseye Bağlantı Şekli

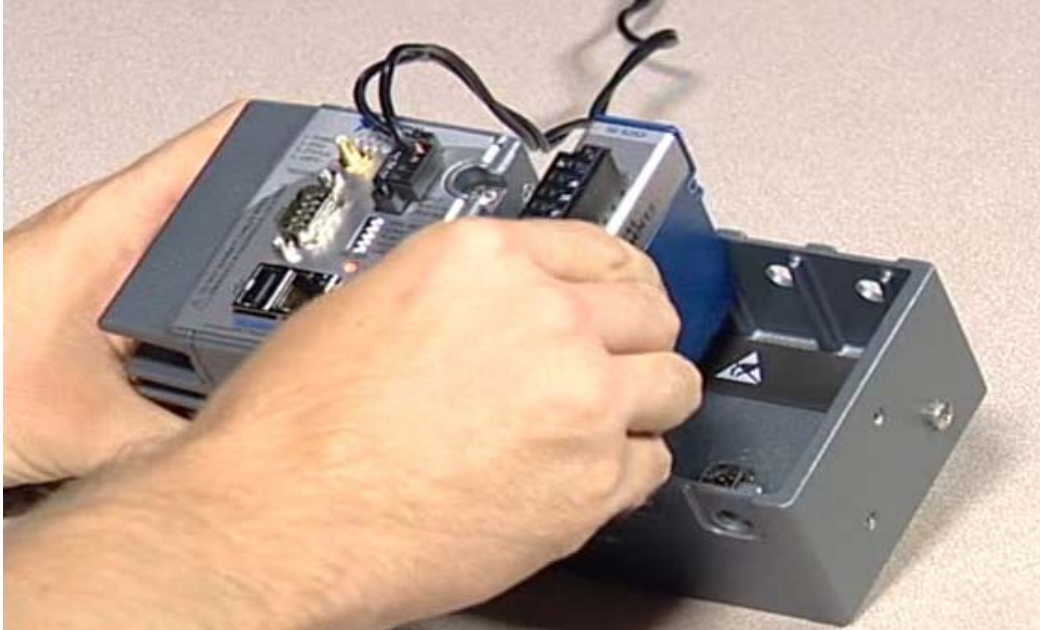


Şekil 9.2.2 İşlemci Ünitesinin Şaseye Bağlantı Resmi

- FPGA içerikli şasenin boş slotlardan birine 4 Kanallı CRIO Termokupl Giriş Modülü (NI CRIO 9211) Şekil 9.2.3'de görüldüğü gibi bağlanır.



Şekil 9.2.3 Termokupl Modülünün Şaseye Bağlantı Şekli



Şekil 9.2.4 Termokupl Modülünün Şaseye Bağlantı Resmi



Şekil 9.2.5 Biraraya Getirilmiş Modüler Sistemin Görüntüsü

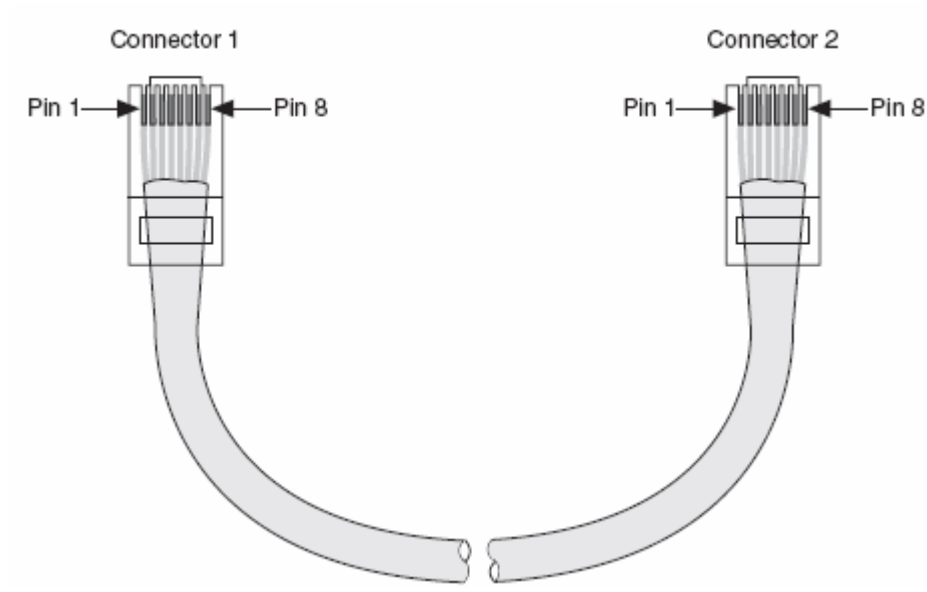
- Termokupl modül girişlerine termokupl sensörü bağlanır.
- Bir Hub Switch donanımı aracılığıyla, Utp Cat 5 kablo (RJ-45 konnektörlü) kullanılarak Gerçek Zamanlı İşlemci üzerindeki Ethernet portu aracılığıyla oluşturduğumuz donanım ile yine ethernet kartlı bilgisayar birbirlerine network sistemi üzerinden bağlanır.

Network bağlantısı yapmadan, kurduğumuz NI konfigüre edilebilir gömülü sistemimizi direkt olarak hub switch kullanmadan bilgisayarın Ethernet kartına bağlayabilmek için Utp cat 5 kablosu, Crossover bağlantı şeklinde yapılmalıdır.

Ethernet Kablo Renk Bağlantıları

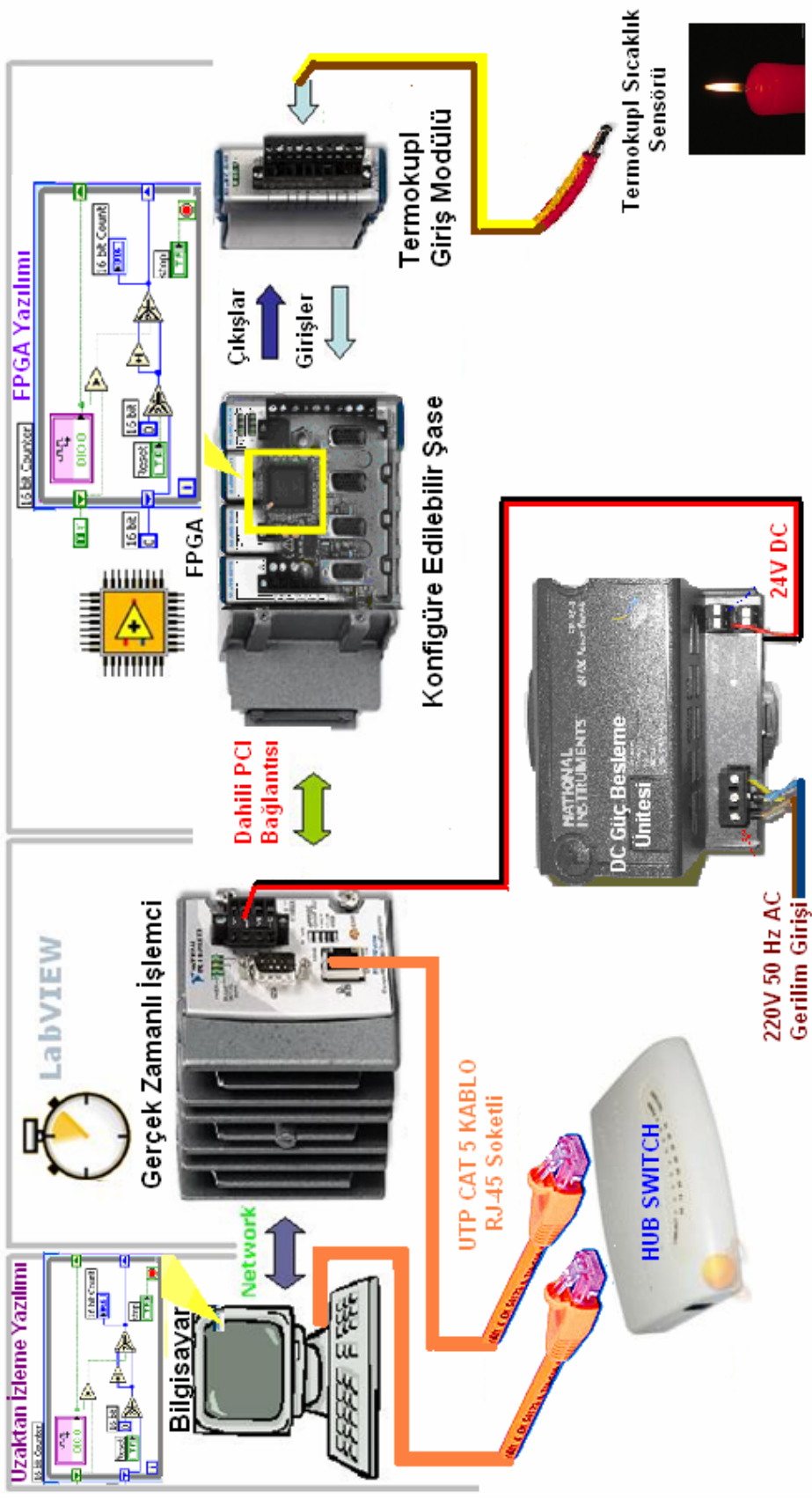
Pin	Connector 1	Connector 2 (Normal)	Connector 2 (Crossover)
6	yeşil	yeşil	turuncu
7	kahverengi-beyaz	kahverengi-beyaz	kahverengi-beyaz
8	kahverengi	kahverengi	kahverengi

Çizelge 9.2.1 Ethernet Kablo Bağlantısı



Şekil 9.2.6 Ethernet Konektör Pin Gösterimi

- Sistemin DC Güç besleme ünite bağlantısı yapılır.



Şekil 9.2.7 Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistem Donanım Bağlantıları

9.3 LabVIEW Program Kurulumları

Donanım ve kablo bağlantıları tamamlandıktan sonra bilgisayara kurulması gereken National Instruments firması tarafından geliştirilen LabVIEW ile ilgili yazılımların kurulma sıralaması hakkındaki bilgiler aşağıda verilmiştir.

LabVIEW ortamında yazılım geliştirme çalışmalarımız için aşağıdaki programlar kurulmuştur.



Şekil 9.3.1 LabVIEW Kurulacak Programlar

- LabVIEW 8.5 Professional Development
- LabVIEW 8.5 Real Time
- LabVIEW 8.5 FPGA Module
- NI-RIO Driver
- VISA Server 4.3

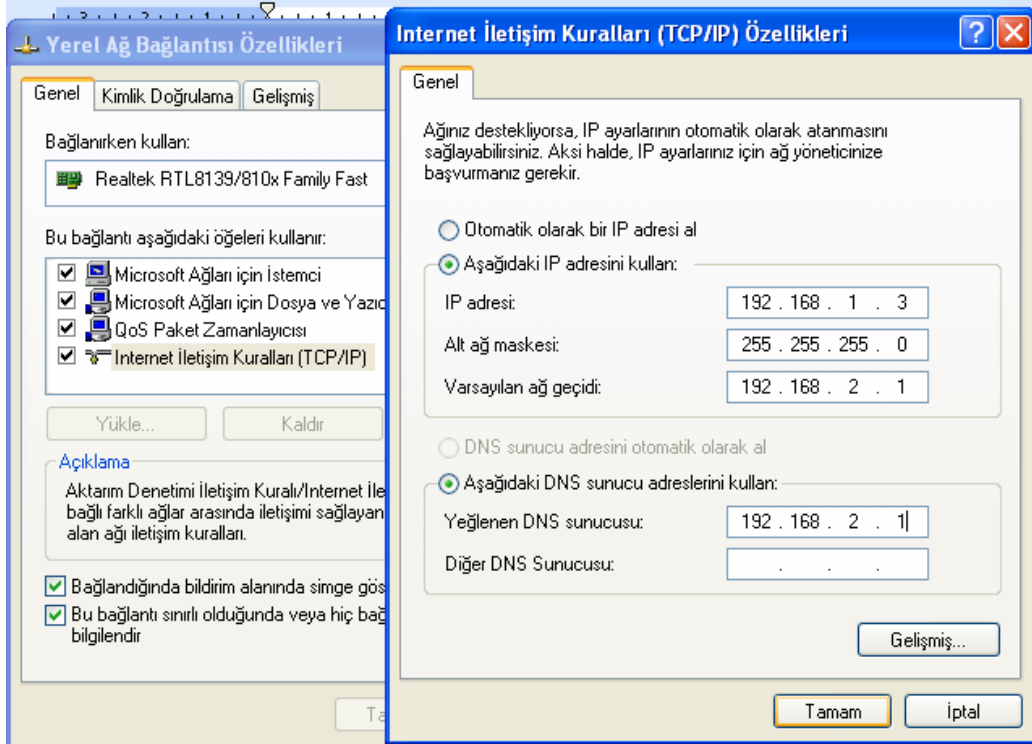
9.4 VISA Server Ayarları ve IP Yapılandırmaları

Visa server programı kurulduktan sonra server bağlantısının bilgisayarın saat göstergesinin yanında aktif olduğu görülmelidir.



Şekil 9.4.1 VISA Server 4.3 Aktif İkonu

İlk adımda bilgisayarın Yerel Ağ Bağlantı kısmından TCP/IP protokolüne ait IP yapılandırma ayarları yapılır.



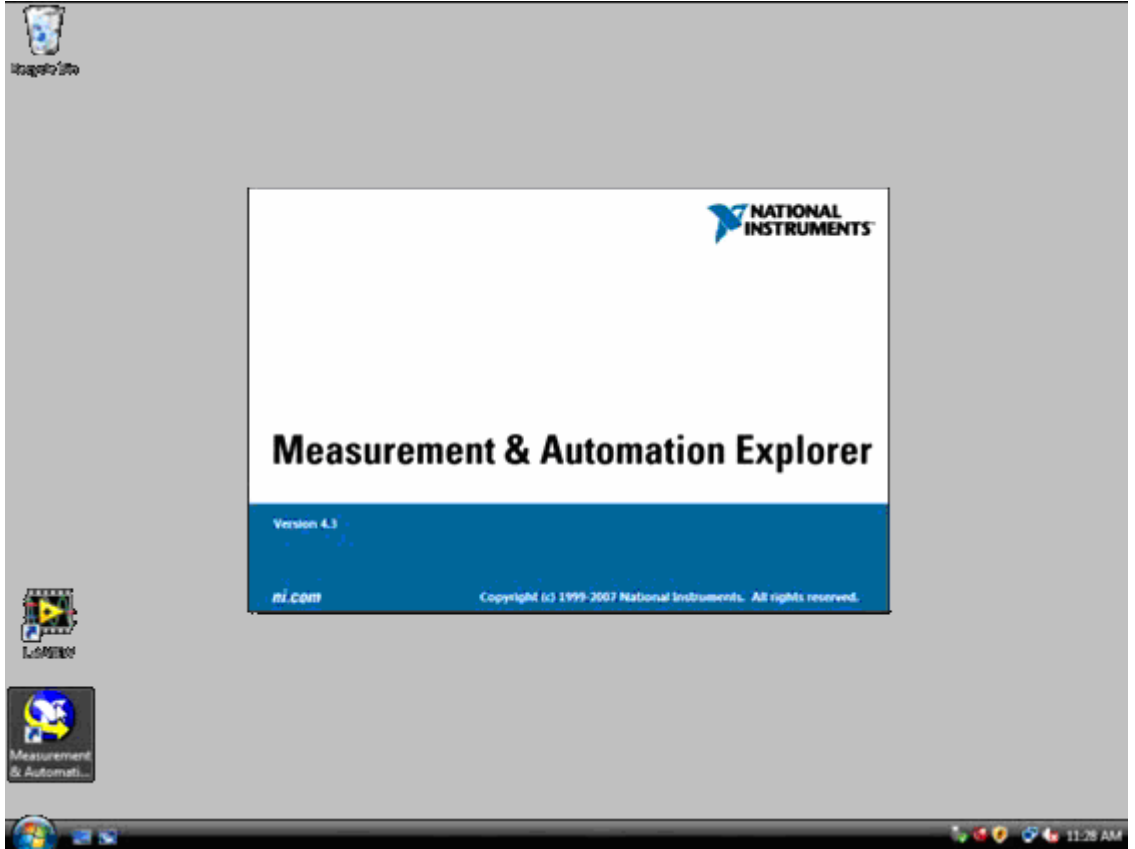
Şekil 9.4.2 Bilgisayara Ait TCP / IP Yapılandırma Ayarları

IP yapılandırmalarında;

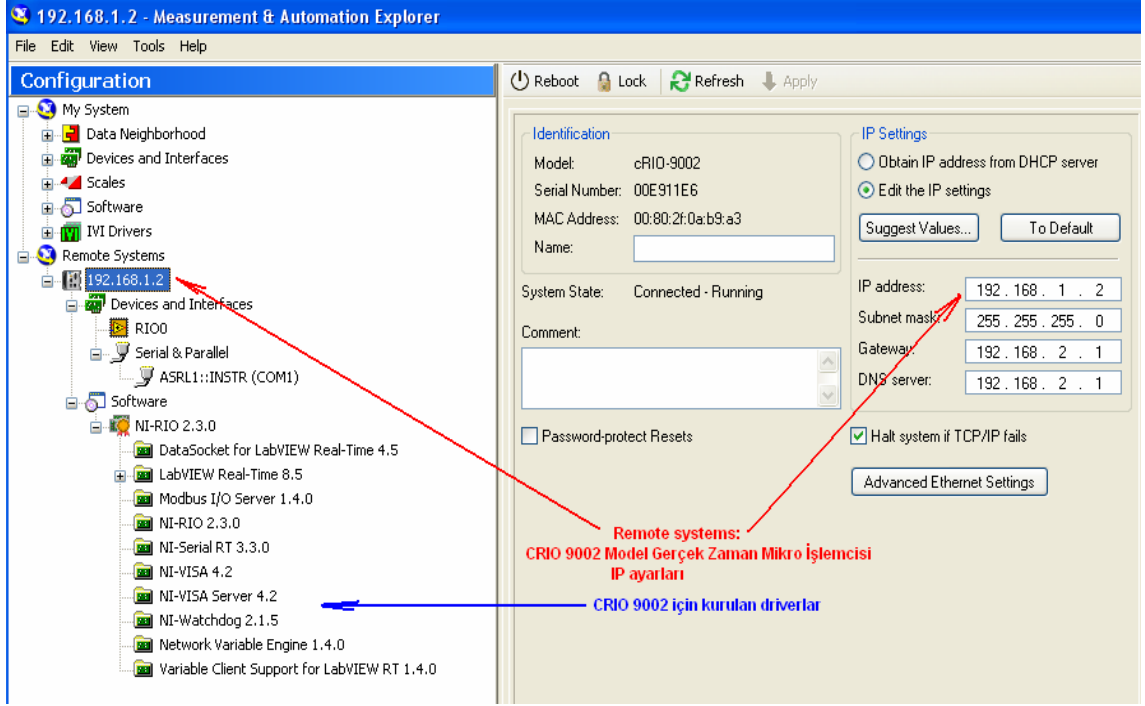
Bilgisayar (Host)IP adresi	: 192.168.1.3
Alt ağ maskesi	: 255.255.255.0
Varsayılan ağ geçidi	: 192.168.2.1
Yerel DNS sunucusu	: 192.168.2.1

olarak belirlenir.

İkinci adımda Visa serverın kurulmasıyla masaüstünde kısa yol olarak oluşan Measurement & Automation Explorer adlı MAX programı çalıştırılır.



Şekil 9.4.3 MAX Programının Çalıştırılması



Şekil 9.4.4 MAX Program Ekranı ve Ayar Görüntüleri

Burada Remote Systems kısmında CRIO 9002 Mikroişlemci gömülü sistemimiz bulunmaktadır.

Bu sistemin IP ayarları aşağıdaki gibi yapılır.

Remote system IP adresi	: 192.168.1.2
Alt ağ maskesi	: 255.255.255.0
Varsayılan ağ geçidi	: 192.168.2.1
Yerel DNS sunucusu	: 192.168.2.1

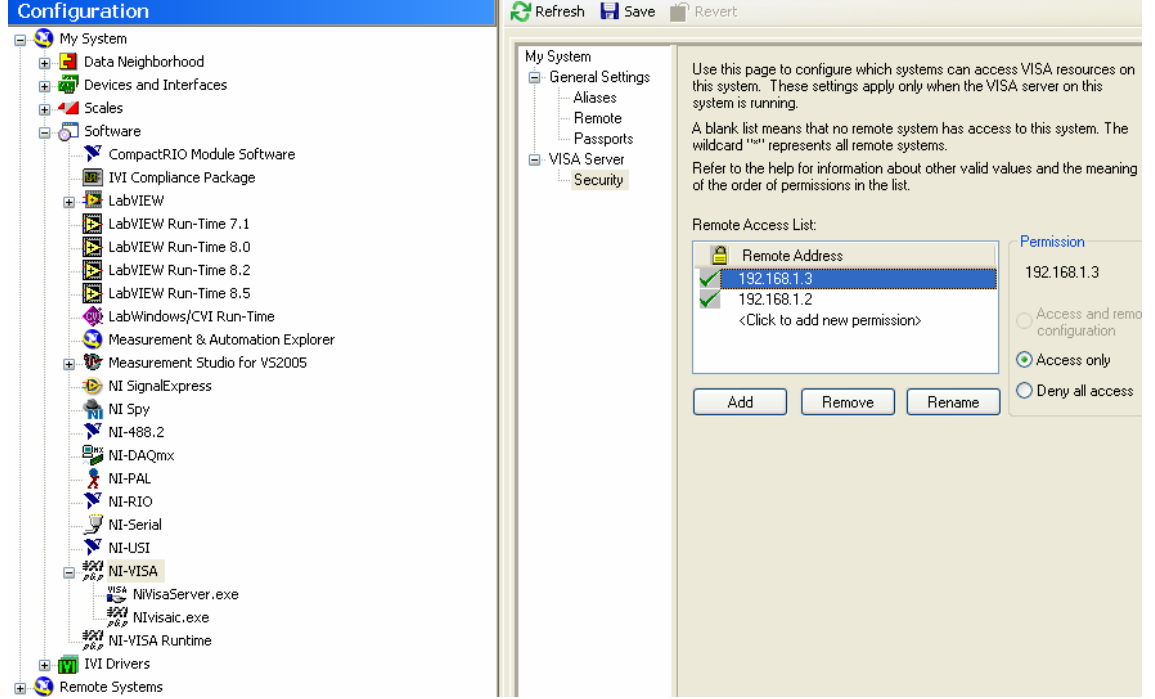
olarak belirlenir.

Dikkat edilecek olunursa, bilgisayar için IP adresi 192.168.1.3 , CRIO 9002 mikroişlemci gömülü sistemi için IP adresi 192.168.1.2 olarak belirlendi.

Yine Max program ekranı üzerindeki Remote Systems kısmında bulunan software kısmından CRIO 9002 ye uygun donanım driverları yüklenir.

Böylelikle network ağı üzerinde hem CRIO gömülü sisteminin hemde bilgisayarın birbirlerini görmesi sağlanır.

Üçüncü adımda, açılan MAX program ekranından My System kısmından NI-VISA sekmesi üzerindeki Security (güvenlik) ayarlarına gelinir.



Şekil 9.4.5 MAX Ekranındaki My System İçeriğindeki NI-VISA Ayar Sekmesi

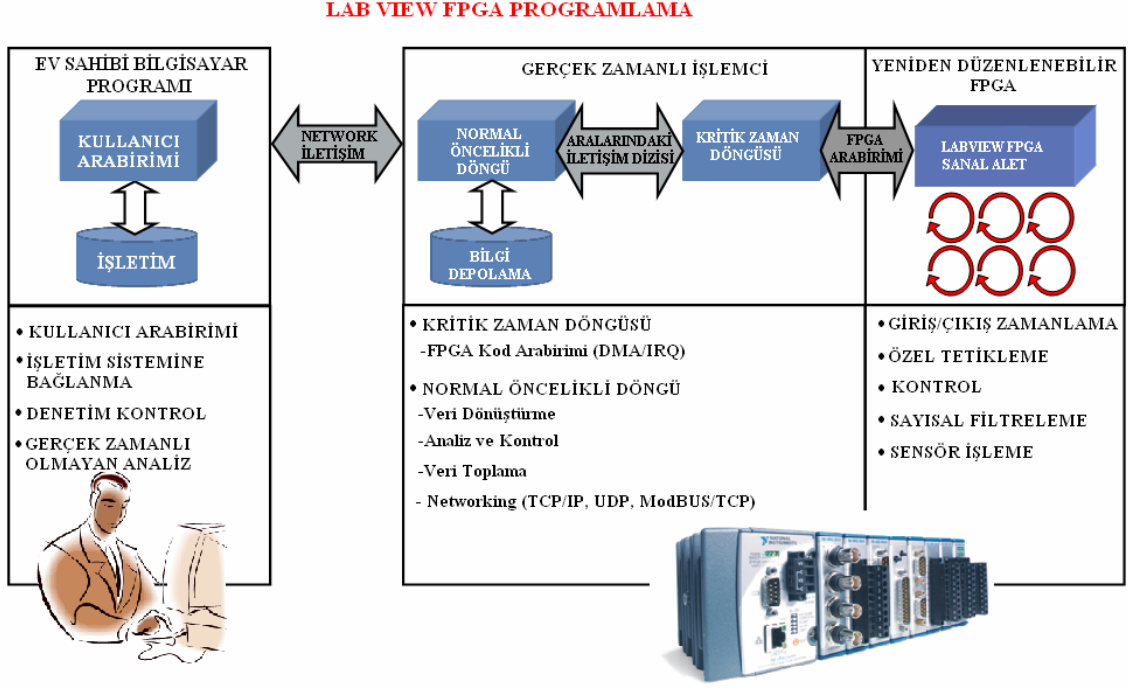
ADD tuşuna basılarak ve host bilgisayarın IP no: 192.168.1.3 ile CRIO 9002 mikroişlemcili gömülü sistemin IP no:192.168.1.2, Remote Address kısmına eklenir.

NI-VISA Server üzerinden yapılan bu ayarlamalarla, network ağında bilgisayar ile CRIO 9002 mikroişlemcili gömülü sistemi iletişimi sağlanmış olur.

Bu bağlamda bilgisayardaki LabVIEW ortamında uygulamaya özel geliştirilen programların network üzerinden CRIO 9002 mikroişlemcili gömülü sistemimize gönderilmesi olanaklı duruma gelir.

9.5 LabVIEW Ortamında FPGA Yazılım Geliştirilmesi

LabVIEW ortamında FPGA kontrolü için yazılım programları ve işleyişindeki döngü mekanizmasını gösteren şekil aşağıda verilmiştir.



Şekil 9.5.1 LabVIEW FPGA Programlama İşleyişi

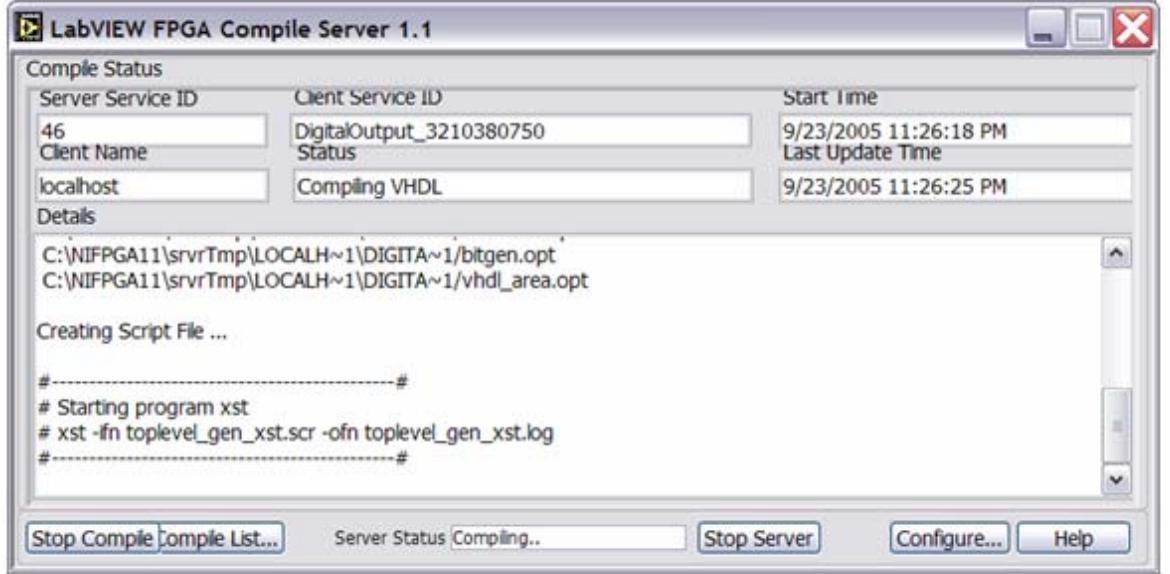
Gerçek Zamanlı işlemcide, kritik zaman döngüsü FPGA kod arabirimi için ve normal öncelikli döngü ise veri toplama, dönüştürme, analiz-kontrol ve network işlemleri için çalışmaları gerçekleştirilir.

FPGA nüvesinde ise giriş çıkış zamanlamaları, özel tetiklemeler, sensör işleme ve sayısal filtreleme işlemleri gerçekleştirilir.

Ev sahibi bilgisayarda ise, network ağı üzerinden kullanıcı arabirimi ile gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm sistemine uzaktan bağlanabilme sağlanabilmektedir. Bu kısımda denetim kontrolü sağlanmakta ve gerçek zamanlı olmayan analizlerin yapılması gibi çalışmalar gerçekleştirebilmektedir.

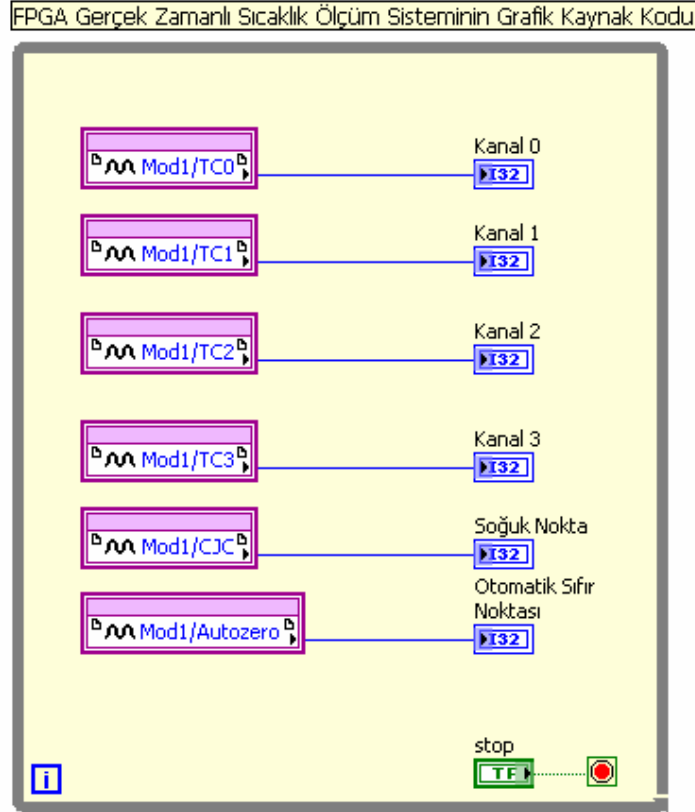
Ev sahibi bilgisayar üzerinden FPGA için geliştirilen bir programın, FPGA üzerine yüklenebilmesi için;

- NI Lab view' in programlama alanında gerçekleştirilen FPGA kodları, VHDL programlama koduna dönüştürülür.
- Xilinx firmasının ürettiği Xilinx Compile (düzenleme) araçlarıyla VHDL kodları etkinleştirilerek derlenir ve sayısal değerlere dönüştürülür.
- Derleme sonucu elde edilen sayısal değerler, FPGA sayısal bloklar üzerine yüklenerek çalıştırılırlar.



Şekil 9.5.2 Ev Sahibi Bilgisayar Üzerinden FPGA Üzerine Program Yükleme Ekranı

Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi adlı uygulamada FPGA için geliştirilen grafik kaynak kod yazılımı ve sanal enstrüman görüntüsü şekil 9.5.3 'de verilmiştir.



Şekil 9.5.3 FPGA Grafik Kaynak Kodu



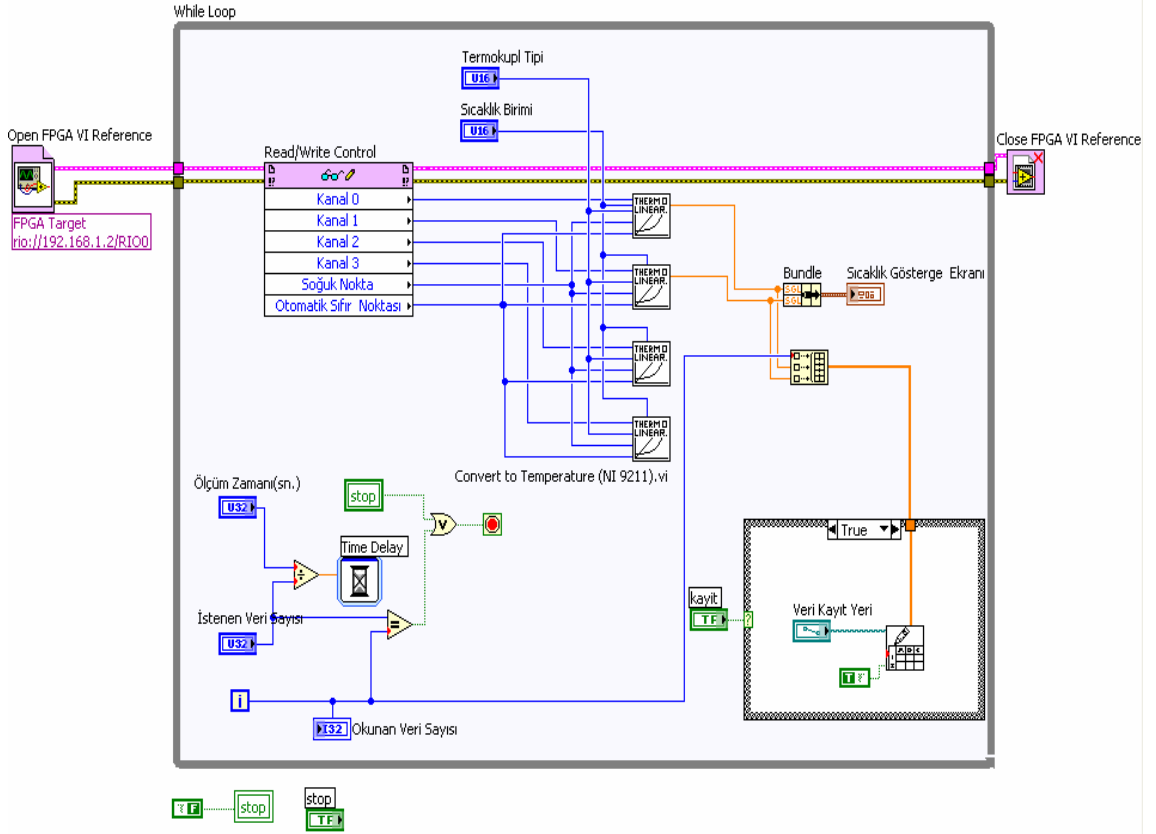
Şekil 9.5.4 FPGA Programının Sanal Enstrüman VI Görüntüsü

Kanal 2 ve Kanal 3 'e termokupl bağlı değildir. Bu değerler işlenmemiş ham verileri göstermektedir.

FPGA Programının Sanal Enstrüman görüntüsü incelendiğinde FPGA üzerindeki gerçek zamanlı ölçülen değerlerin digital değerler olarak değişim gösterdiği görülür.

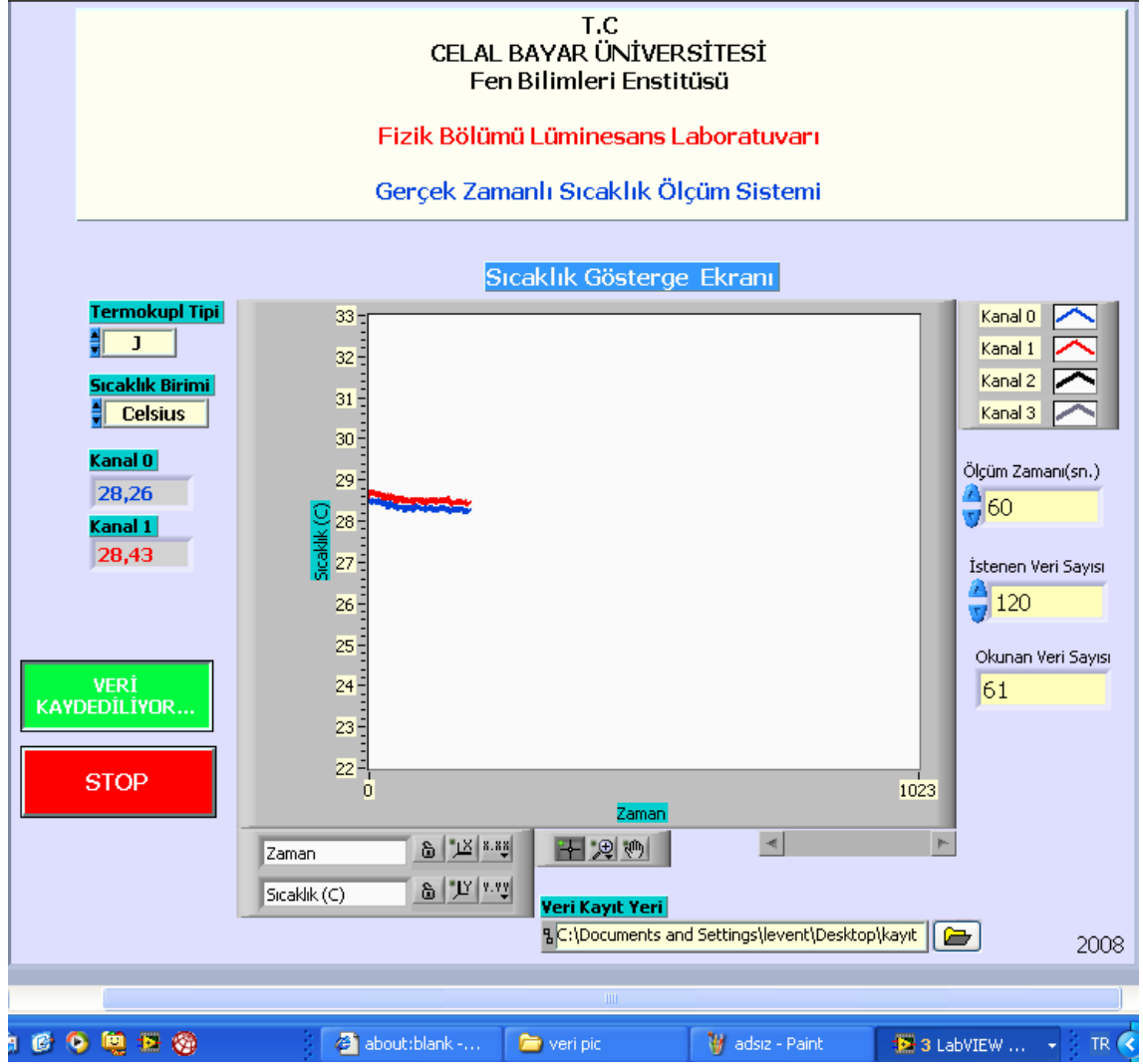
9.6 Bilgisayar Ortamında Veri İzleme ve Kontrol

Sistemin bağlı olduğu bilgisayar ekranından, network ağımızda çalışan gerçek zamanlı mikroişlemcili FPGA gömülü sistemimizi uzaktan izlemek için aşağıda verilen program yazılmıştır.



Şekil 9.6.1 Uzaktan İzleme Birimi İçin Yazılan Grafik Kaynak Kodu

Sıcaklık verilerinin izlenmesi, okunması ve kayıt edilmesi için tasarlanan kullanıcı arayüzünün görüntüsü Şekil 9.6.2' de verilmiştir.



Şekil 9.6.2 Uzaktan İzleme Birimi İçin Geliştirilen Sanal Enstrüman Paneli

Kullanıcı tarafından bu ekran üzerinde şu ayarlar yapılabilir;

- Termokupl Tipi (J, K vb.)
- Sıcaklık Birimi (C, F)
- Ölçüm Zamanı (sn)
- Ölçüm zamanında istenen veri okuma sayısı (Adet)

Uygulaması gerçekleştirilen Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm sistemi aynı zamanda Celal Bayar Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Lüminesans laboratuvarındaki deneysel çalışmalarada katkı sağlayacaktır.

Bu nedenle uzaktan izleme birimi için yapılan Sanal Enstrüman VI paneli, Fizik Lüminesans laboratuvarındaki ihtiyaca cevap verebilecek şekilde tasarlanmıştır.

9.7 Gerçek Zamanlı Ölçülen Sıcaklık Verileri

Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm sisteminin çalıştırılmasıyla deneysel olarak iki kanaldan alınan sıcaklık verileri bilgisayar ortamına kayıt edilmiştir. İki kanala bağlanmış olan termokupl sensörü, ortam sıcaklıklarını ölçmek için konumlandırılmıştır.

sicaklik_verileri - Not Defteri					sicaklik_verileri - Not Defteri				
Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım	Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
Ölçüm	Kanal1	Kanal2			43,000	28,098	28,280		
1,000	27,995	28,204			44,000	28,059	28,222		
2,000	27,980	28,223			45,000	28,083	28,247		
3,000	28,022	28,213			46,000	28,070	28,247		
4,000	28,015	28,210			47,000	28,082	28,272		
5,000	28,032	28,216			48,000	28,056	28,264		
6,000	27,997	28,174			49,000	28,102	28,278		
7,000	28,029	28,188			50,000	28,120	28,283		
8,000	28,001	28,193			51,000	28,083	28,300		
9,000	28,000	28,194			52,000	28,100	28,269		
10,000	28,022	28,197			53,000	28,100	28,320		
11,000	28,024	28,229			54,000	28,124	28,286		
12,000	28,015	28,188			55,000	28,083	28,333		
13,000	28,011	28,204			56,000	28,111	28,307		
14,000	28,051	28,212			57,000	28,146	28,321		
15,000	28,015	28,205			58,000	28,138	28,323		
16,000	28,023	28,228			59,000	28,150	28,319		
17,000	28,006	28,226			60,000	28,155	28,323		
18,000	27,994	28,173			61,000	28,139	28,308		
19,000	28,040	28,208			62,000	28,135	28,285		
20,000	28,035	28,198			63,000	28,151	28,327		
21,000	27,992	28,222			64,000	28,161	28,357		
22,000	28,031	28,224			65,000	28,094	28,294		
23,000	28,038	28,231			66,000	28,166	28,355		
24,000	28,069	28,246			67,000	28,160	28,320		
25,000	28,052	28,251			68,000	28,138	28,323		
26,000	28,056	28,289			69,000	28,144	28,334		
27,000	28,049	28,245			70,000	28,156	28,352		
28,000	28,053	28,240			71,000	28,149	28,351		
29,000	28,065	28,235			72,000	28,154	28,307		
30,000	28,042	28,202			73,000	28,166	28,336		
31,000	28,087	28,252			74,000	28,184	28,366		
32,000	28,050	28,245			75,000	28,162	28,346		
33,000	28,045	28,243			76,000	28,108	28,339		
34,000	28,080	28,250			77,000	28,151	28,328		
35,000	28,060	28,261			78,000	28,217	28,369		
36,000	28,059	28,237			79,000	28,116	28,346		
37,000	28,089	28,262			80,000	28,207	28,354		
38,000	28,111	28,276			81,000	28,130	28,327		
39,000	28,093	28,246			82,000	28,236	28,404		
40,000	28,084	28,274			83,000	28,199	28,330		
41,000	28,039	28,233			84,000	28,143	28,312		
42,000	28,044	28,241			85,000	28,175	28,384		

Çizelge 9.7.1 Gerçek Zamanlı Ölçülen Sıcaklık Verilerinin Dosyaya Kaydedilmesi

10. SONUÇ

Bu çalışmada, Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi için bir uygulama gerçekleştirilmiş ve ölçüm sistemlerindeki son teknolojik gelişmelerin alt yapısı hakkında bilgilendirmelere yer verilmiştir.

Bunun yanında üretici firmaların gömülü sistem adı altında geliştirdikleri gerçek zamanlı çalışan donanımlarda, ölçme hatalarını kompanze eden özelliklerin yer aldığı gözlenmiştir. Bu da ölçüm sistemlerindeki hataların en aza indirgenmesi adı altında yapılan çalışmalara bir örnek olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ayrıca üretilen bir ürünün kalitesine etki eden ve karakteristik yapısını oluşturan ölçüm aktivitelerinin, metroloji bilimi adı altında yer aldığı ve ölçüm aktivitelerinin ISO Kalite standartları çerçevesinde yer alan Kalibrasyon uygulamalarında izlenebilir olmasının önemine vurgu yapılmıştır.

Aynı zamanda uygulaması gerçekleştirilen Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi ile Fizik Bölümü-Lüminesans Laboratuvarındaki Radyo Lüminesans (RL) cihazındaki deneysel çalışmalar için sıcaklık değişimleri ölçülebilecektir. Dalga Boyu ile Şiddet arasındaki değişimlere sıcaklık değişimlerinin de eklenmesiyle üç boyutlu Radyo Lüminesans eğrilerinin elde edilmesi sağlanacaktır.

10.1 Öneriler

Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sisteminin uygulaması genişletilebilir şase aksamı üzerinde gerçekleştirilmiştir. İleriki çalışmalarda sisteme yapılacak modül eklentileriyle sıcaklık değişimlerinin yanında basınç, nem, titreşim, ağırlık, sürtünme, gerilim, akım, frekans gibi fiziksel değişimlerinde ölçülmesi olanaklı olacaktır. Böylelikle Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Tümlşik Ölçüm Sistemi adı altında yeni bir çalışma sahasına zemin hazırlanmıştır.

Gerçek Zamanlı Tümlşik Ölçüm Sistemiyle, üniversitenin laboratuvar ekipmanları zenginleştirilmiş olacaktır. Bu gelişmeye paralel olarak üniversite laboratuvar alt yapısında ISO Kalite Standartları çerçevesinde Kalibrasyon uygulamalarının gerçekleştirilmesi tavsiye edilir.

KAYNAKLAR

1. Paralı Levent, "Metroloji ve Kalibrasyon", Elginkan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi, Manisa, Kasım-2007
2. Parr, E.A., "Endüstriyel Kontrol El Kitabı, Cilt 1: Transducerler", MEBYayınları, Ankara, (1994) 1-20, 163-184
3. Pastacı, H., "Elektrik ve Elektronik Ölçmeleri", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, (2000) 1-27
4. Paralı Levent, "Programlanabilir Tüm Devreler ve Gerçek Zamanlı Uzaktan Erişimli Laboratuvarlar", 3e Electrotech Enerji, Elektrik, Elektronik Teknolojileri Dergisi, Mayıs-2008, 111-112-113
5. Introduction to Real Time Systems
(<http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3938#toc2>) İzleme tarihi: Nisan 2008
6. Field-programmable gate array (<http://en.wikipedia.org/wiki/FPGA>)
İzleme tarihi: Nisan 2008
7. Aydın Atilla, FPGA Yonga Mimarisi ve Kullanımı, Haziran 2005
8. NI CRIO Real Time Controller with 32MB DRAM, 64 MB Compact Flash
(<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14160>) İzleme tarihi: Nisan 2008
9. NI CRIO 8-slot 1 M Gate reconfigurable Embedded Chassis
(<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14157>) İzleme tarihi: Nisan 2008
10. NI CRIO 4-channel, 14 S/s, 24 bit, +/- 80 mV Thermocouple,
(<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/14165>) İzleme tarihi: Nisan 2008
11. David M.Levis, David R.Galloway, Marcus van Iersel, Jonathan Rose and Paul Chow
1 Million Gate Rapid Prototyping System, Departman of Electrical and Computer Engineering University Toronto
12. NI Technical Symposium for Measurement and Automation - 2005

13. NI LabVIEW : 20 years of innovation (<http://www.ni.com/LabVIEW/>)
İzleme tarihi: Nisan 2008
14. National Instruments Corp., Getting Started with LabVIEW, Temmuz-2000
15. National Instruments ve Sanal Enstrumantasyon
(<http://www.main-board.com/bilim-ve-insan>) İzleme tarihi: Nisan 2008
16. LabVIEW Basic I-II Course Manual 6.0 (National Instruments)
17. LabVIEW Data Acquisition Basics Manual (National Instruments)
18. Gustavsson, I.: "A Remote Laboratory for Electrical Experiments",
Proceedings of the 2002 American Society for Engineering Education Annual Conference &
Exposition, (2002)
19. User Manual: "Remote Laboratory Measurement via Internet (e-Lab)", (2004)
20. Lee, H., Park, S., Yuk, K.: "Remote Control Laboratory for Physics Experiments
Via the Internet", (2002)
21. <http://www.elektrobilisim.com/konular/sensorler-algilayicilar.html>
İzlenme Tarihi: Nisan 2008
22. <http://www.tetcis.com/> İzlenme Tarihi: Nisan 2008

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Levent PARALI
 Doğum Yeri : İzmir
 Doğum Yılı : 1968
 Medeni Hali : Evli

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	1982 -1985	İzmir Çınarlı Endüstri Meslek Lisesi Elektronik Bölümü
Lisans	1985 – 1989	Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik – Elektronik Bölümü Elektronik Anabilimdalı
Y.Lisans	2006 – Halen	Celal Bayar Üniversitesi – Fen Bilimleri Enstitüsü
Yabancı Dili		İngilizce

İş Tecrübesi

1991 – 1995	Vestel Beyaz Eşya A.Ş – MANİSA
1995 – 1997	Polinas Plastik A.Ş – MANİSA
1997 – 2004	Vestel Elektronik A.Ş – MANİSA
2004 – Halen	Celal Bayar Üniversitesi - Turgutlu Meslek Yüksekokulu Öğretim Görevlisi