

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Mikrodenetleyicili, Genel Amaçlı Bir Endüstriyel
Otomatik Ölçüm Sisteminin Gerçekleştirilmesi
Ve Giriş Birimlerinin Uygulaması**

Elektronik ve Haberleşme Müh. Fatih GERENLİ

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

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı:Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN

İstanbul, 2009

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZ SINAV SONUÇ TUTANAĞI

Yıldız Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Aşağıda tez adı belirtilen **06504004** no'lu yüksek lisans öğrencisi **Fatih GERENLİ**'nin , **11 / 11 / 2009** tarihinde yapılan tez sınavında oybirliğiyle/oyçokluğuyla, başarılı/başarısız bulunmuştur.

Bilgilerinize saygılarımızla arz ederiz.

ANABİLİMDALI/PROGRAMI : *Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği / Elektronik*

TEZİN BAŞLIĞI* : *Mikrodenetleyicili Genel Amaçlı Bir Endüstriyel Otomatik Ölçüm Sisteminin Gerçekleştirilmesi Ve Giriş Birimlerinin Uygulaması*

TEZ SINAV JÜRÜSÜ

ÖĞRETİM ÜYESİ

İmza

Danışman	:	Yrd. Doç. Dr. Tuncay UZUN	
Üye	:	Prof. Dr. Herman SEDEF	
Üye	:	Prof. Dr. Coşkun SÖNMEZ	

* İleride doğabilecek aksaklıkların engellenebilmesi için tezin başlığının yazılması gerekmektedir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ.....	v
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖNSÖZ	xiii
ÖZET	xiv
ABSTRACT.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. ÖLÇME KAVRAMI, ALGILAYICILAR, YÜKSELTEÇLER, DÖNÜŞTÜRÜCÜLER VE SAYICILAR	3
2.1 Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemlerinin Tarihçesi	3
2.2 Ölçme Kavramı	4
2.3 Ölçme Tanımlamaları ve Temel Değişkenleri	4
2.4 Algılayıcılar	6
2.4.1 Algılayıcıların Sınıflandırılması	8
2.4.1.1 Temaslı Algılayıcılar	9
2.4.1.2 Temassız Algılayıcılar	12
2.4.2 Algılayıcı Seçimi	13
2.5 Yükselteçler	13
2.5.1 İşlemsel Yükseltecin Çalışma Prensipleri ve Temel Özellikleri	14
2.5.2 İşlemsel Yükselteç Devrelerinin Sınıflandırılması	17
2.5.3 Endüstriyel Sistemlerde Kullanılan Genel İşlemsel Yükselteç Devreleri	17
2.6 Dönüştürücüler.....	18
2.6.1 İşaret Dönüştürücü Tipleri	19
2.6.1.1 Sayısal-Örneksel Dönüştürücüler (DAC)	19
2.6.1.2 Örneksel-Sayısal Dönüştürücüler (ADC)	21
2.6.1.3 Gerilim-Frekans Dönüştürücüler (V/F Dönüştürücü).....	24
2.6.1.4 Frekans-Gerilim Dönüştürücüler (F/V Dönüştürücü).....	25
2.7 Sayıcılar	25
3. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ VE ENDÜSTRİYEL GİRİŞ-ÇIKIŞ BİRİMLERİ	27
3.1 Mikroişlemcili / Mikrodenetleyicili Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri	27
3.1.1 Belirli Bir Proses İçin Tasarlanmış Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri	28
3.1.2 Kullanıcı Tarafından Programlanabilir Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri	28
3.2 Mikroişlemcili / Mikrodenetleyicili Bilgisayar Destekli Ölçüm Sistemleri	29

3.2.1	Bilgisayarlı Ölçüm Sistemlerinin Yapısı	29
3.2.1.1	Bilgisayar Mimarisi	31
3.2.1.2	Kişisel Bilgisayarda Veri Yolu ve Arabirim	34
3.2.1.3	ISA Veri Yolu	35
3.2.1.4	PCI Veri Yolu	36
3.2.1.5	PCIe Veri Yolu	36
3.2.1.6	Seri Arabirim (RS-232).....	39
3.2.1.7	Paralel Arabirim.....	39
3.2.1.8	USB Arabirimi	39
3.2.1.9	Ethernet Arabirimi	46
3.2.1.10	Endüstriyel Alanda Kullanılan Veri Yolu ve Arabirimlerin Karşılaştırılması	46
3.2.2	Belirli Bir Proses İçin Tasarlanmış Bilgisayarlı Ölçüm Sistemleri	47
3.2.3	Bilgisayar Temelli Programlanabilir Giriş-Çıkış Birimleri	48
3.2.3.1	SuperLogic 232M200/ADC-1R2-AOT	48
3.2.3.2	National Instruments PCI-6220	49
3.2.3.3	Korenix JetI/O 6150.....	49
3.2.3.4	Adam Electronics ADAM-5000/TCP	50
3.2.3.5	National Instruments PCIe-6251.....	50
3.2.3.6	Starting Point Systems uChameleon.....	51
3.2.3.7	LabJack U3-HV DAQ.....	51
3.2.3.8	Hytek iUSBDAQ-U120816	52
3.2.3.9	SuperLogic USB-9817A	52
3.2.3.10	National Instruments USB-6501	53
3.2.3.11	Advantech USB-4750	53
3.2.3.12	National Instruments USB-6008/USB-6009.....	54
4.	LABVIEW VE GÖRSEL PROGRAMLAMA.....	56
4.1	LabVIEW İçin Temel Esaslar	57
4.1.1	Veri Akışı (Dataflow) Programlaması	57
4.1.2	Grafiksel Derleyici (Compiler).....	57
4.1.3	Ön Panel Oluşturma	58
4.1.4	Grafiksel Blok Diyagram Oluşturma	58
4.1.5	Modülerite ve Hiyerarşi	58
4.1.6	Enstrüman Kontrolü.....	58
4.2	LabVIEW Programlama Ortamına Genel Bir Bakış.....	59
5.	MİKRODENETLEYİCİLİ GENEL AMAÇLI ENDÜSTRİYEL OTOMATİK ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ	63
5.1	Donanım Birimleri	64
5.1.1	Freescale MC9S08JM60 Mikrodenetleyicisi.....	64
5.1.2	Besleme Katı	66
5.1.3	Harici Bellek	68
5.1.4	USB Arabirim	69
5.1.5	BDM Arabirim.....	70
5.1.6	Giriş ve Çıkış Birimleri.....	71
5.1.6.1	Giriş Birimleri	71
5.1.6.2	Çıkış Birimleri	79
5.2	Yazılım Özellikleri.....	87
5.2.1	MC9S08JM60 Mikrodenetleyici Yazılımı	89

5.2.2	LabVIEW Arayüzü ve Yazılımı	90
5.3	Baskı Devre Üretimi ve Cihazın Kutulanması.....	93
5.4	Mikrodenetleyicili Genel Amaçlı Endüstriyel Otomatik Ölçüm Sistemi Performans Analizi	94
6.	SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR	101
KAYNAKLAR		102
INTERNET KAYNAKLARI		104
EKLER.....		105
Ek 1	Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi devre şeması	106
Ek 2	Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi ürün resimleri	110
Ek 3	MC9S08JM60 mikrodenetleyicisi teknik dökümanı	111
Ek 4	AT24C128 seri EEPROM tümdevresi teknik dökümanı	112
Ek 5	LM2940IMP-5.0 regülatör tümdevresi teknik dökümanı	113
Ek 6	TPS2041BD akım sınırlayıcı anahtar tümdevresi teknik dökümanı	114
Ek 7	USBLC6-2SC6 ESD koruma tümdevresi teknik dökümanı	115
Ek 8	SMAJ5.0A tek yönlü (unidirectional) TVS diyot teknik dökümanı	116
Ek 9	P6SMB6.8CA çift yönlü (bidirectional) TVS diyot teknik dökümanı.....	117
Ek 10	ULN2803A darlington transistör dizisi tümdevresi teknik dökümanı	118
Ek 11	DAC124S085C1MM sayısal-örneksel dönüştürücü tümdevresi teknik dökümanı	119
Ek 12	LM6144B1M işlemsel yükselteç tümdevresi teknik dökümanı	120
Ek 13	G1910 elektronik cihaz kutusu teknik çizimi	121
ÖZGEÇMİŞ		122

SİMGE LİSTESİ

A_{Op-Amp}	İşlemsel yükselteç kazancı
A_{CM}	İşlemsel yükselteç ortak mod kazancı
A_{DM}	İşlemsel yükselteç fark modu kazancı
BW	Bant genişliği
C_E	Eşdeğer kapasite
CMRR	Ortak mod bastırma oranı
f_c	Filtre köşe kesim frekansı
GBW	Kazanç bant genişliği
P_R	Direnç gücü
R_E	Eşdeğer direnç
R_i	İşlemsel yükselteç giriş direnci
R_o	İşlemsel yükselteç çıkış direnci
T_R	İşlemsel yükselteç yükselme zamanı
V_{ICM}	İşlemsel yükselteç ortak mod giriş gerilimi
V_{OCM}	İşlemsel yükselteç ortak mod çıkış gerilimi

KISALTIMA LİSTESİ

ADC	Analogue to Digital Converter (Örneksel-Sayısal Dönüştürücü)
AGP	Accelerated Graphics Port (Hızlandırılmış Grafik Bağlantı Noktası)
ARP	Address Resolution Protocol (Adres Çözümleme Protokolü)
BDM	Background Debug Module (Artalan Hata Ayıklama Modülü)
BIOS	Basic Input Output System (Temel Giriş-Çıkış Sistemi)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
CRC	Cyclic Redundancy Check (Çevrimsel Artıklık Kontrolü)
DAC	Digital to Analogue Converter (Sayısal-Örneksel Dönüştürücü)
DAQ	Data Acquisition System (Veri Toplama Analiz Sistemi)
DC	Direct Current (Doğru Akım)
DLL	Dynamic Link Library (Dinamik Bağlantı Kütüphanesi)
DMA	Direct Memory Access (Doğrudan Bellek Erişimi)
DMI	Direct Memory Interface (Doğrudan Bellek Veri Yolu)
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (Elektriksel Olarak Silinebilen Programlanabilen Salt Okunur Bellek)
EKG	Elektrokardiyogram
ESD	Electrostatic Discharge (Elektrostatik Yük Boşalması)
ESCD	Extended System Configuration Data (Genişletilmiş Sistem Yapılandırma Bilgisi)
F/V	Frequency to Voltage Converter (Frekans-Gerilim Dönüştürücü)
FBE	Fen Bilimleri Enstitüsü
FLL	Frequency-Locked Loop (Frekans Kilitlemeli Çevrim)
FSB	Front Side Bus (Ön Veri Yolu)
GPIO	General Purpose Interface Bus (Genel Amaçlı Veri Yolu)
GPL	Graphical Programming Language (Grafiksel Programlama Dili)
GUI	Graphical User Interface (Kullanıcı Grafik Arayüzü)
HDD	Hard Disk Drive (Sabit Disk Sürücüsü)
HMI	Human Machine Interface (İnsan Makine Arayüzü)
ICH	I/O Controller Hub (Giriş-Çıkış Denetçi Hub)
ID	Identifier (Tanımlayıcı)
IDE	Integrated Device Electronics (Tümleşik Sürücü Elektronik)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineering (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)

IIC (I ² C)	Inter Integrated Circuit (Gömülü Tümleşik Devre)
IP	Internet Protocol (İnternet Protokolü)
IR	Infra Red (Kızıl Ötesi)
IRQ	Interrupt Request (Kesme İsteği)
ISA(1)	Industry Standart Architecture (Endüstri Standardı Mimarisi)
ISA(2)	Instrument Society of America (Amerika Enstrümantasyon Derneği)
KBI	Keyboard Interrupt (Tuş Takımı Kesmesi)
LabVIEW	Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench (Mühendislik Çalışmaları İçin Sanal Enstrüman Laboratuvarı)
LAN	Local Area Network (Yerel Alan Ağı)
LED	Light Emitting diode (Işık Yayan Diyot)
LPT	Line Print Terminal (Yazıcı Bağlantı Terminali)
LSB	Least Significant Bit (En Düşük Ağırlıklı Bit)
LVDT	Linearly Variable Differential Transformator (Doğrusal Değişen Farksal Tansformatör)
MATLAB	Matrix Laboratory (Matris Laboratuvarı)
MCG	Multipurpose Clock Generator (Çok Amaçlı Saat Üretici)
MCH	Memory Controller Hub (Bellek Denetçi Hub)
MCU	Microcontroller Unit (Mikrodenetleyici Birim)
MSB	Most Significant Bit (En Yüksek Ağırlıklı Bit)
NI	National Instruments (National Instruments Firması)
OP-AMP	Operational Amplifier (İşlemsel Yükselteç)
ORCAD	Oregon CAD
PC	Personal Computer (Kişisel Bilgisayar)
PCI	Peripheral Component Interconnect (Çevresel Birim Bağlantı Noktası)
PCIe	Peripheral Component Interconnect Express (Ekspres Çevresel Birim Bağlantı Noktası)
PLC	Programmable Logic Controller (Programlanabilir Lojik Denetleyici)
PLL	Phase-Locked Loop (Faz Kilitlemeli Çevrim)
PTC	Positive Temperature Coefficient (Pozitif Sıcaklık Katsayısı)
PWM	Pulse Width Modulation (Darbe Genlik Modülasyonu)
RAM	Random Access Memory (Rasgele Erişimli Bellek)
RPM	Rotation Per Minute (Dakikadaki Devir Sayısı)
RTC	Real-time Counter (Gerçek Zaman Sayıcı)

SAR	Successive Approximation Ratio (Ardıl Yaklaşım Kaydedicisi)
SATA	Serial Advanced Technology Attachment (Seri Gelişmiş Bağlantı Noktası)
SCI	Serial Communication Interface (Seri Haberleşme Arayüzü)
SCL	Serial Clock (Seri Saat)
SDA	Serial Data (Seri Veri)
SI	The International System of Units (Uluslararası Birim Sistemi)
SOF	Start of Frame (Çerçeve Başlangıcı)
SPI	Serial Peripheral Interface (Seri Çevresel Arabirim)
TCP	Transmission Control Protocol (İletim Kontrol Protokolü)
TPM	Timer/Pulse Width Modulator (Zamanlayıcı/Darbe-Genlik Modülatörü)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TTL	Transistor Transistor Logic (Transistör Transistör Lojik)
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TVS	Transient Voltage Suppressor (Geçici Gerilim Baskılayıcı)
UDP	User Datagram Protocol (Kullanıcı Veribloğu İletişim Kuralları)
UME	Ulusal Metroloji Enstitüsü
USB	Universal Serial Bus (Evrensel Seri Veri Yolu / Evrensel Seri Arabirim)
VCO	Voltage Controlled Oscillator (Gerilim Kontrollü Osilatör)
VI	Virtual Instrument (Sanal Enstrüman)
VISA	Virtual Instrument Software Architecture (Sanal Enstrüman Yazılım Mimarisi)
VXI	Versa Module Eurocard/VME Extensions for Instrumentation (Enstrümantasyon İçin VME Uzantısı)
V/F	Voltage to Frequency Converter (Gerilim-Frekans Dönüştürücü)
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Gerçeklenen genel amaçlı giriş-çıkış biriminin yapısı	2
Şekil 2.1 Metroloji alanları (Paralı, 2007)	4
Şekil 2.2 Temel ölçme değişkenleri (Paralı, 2007).....	6
Şekil 2.3 Piezoelektrik olay	10
Şekil 2.4 Doğrusal hareket algılama	10
Şekil 2.5 İşlemsel yükseltecin devre sembolü	14
Şekil 2.6 İşlemsel yükseltecin temel yapısı	15
Şekil 2.7 İşaret dönüştürücü tipleri	19
Şekil 2.8 Bir sayısal-örneksel dönüştürücünün temel blok diyagramı	20
Şekil 2.9 R-2R model DAC temel yapısı.....	21
Şekil 2.10 Bir örneksel-sayısal dönüştürücünün temel blok diyagramı	22
Şekil 2.11 Ardıl yaklaşım tipi ADC blok diyagramı, giriş-çıkış / zaman karakteristikleri	23
Şekil 2.12 İntegrallı V/F dönüştürücü genel yapısı (Uzun, 2007)	24
Şekil 2.13 F/V dönüştürücü örneği	25
Şekil 2.14 Endüstriyel sayıcı örneği (Atman, 2008).....	26
Şekil 3.1 Çok değişkenli kapalı çevrim kontrol sistemi blok diyagramı (Uzun, 2008).....	27
Şekil 3.2 Bilgisayarlı ölçüm sistemi bileşenleri bilgi aktarım topolojisi (Nawrocki, 2005).....	29
Şekil 3.3 Basit (tek katmanlı) bir bilgisayarlı ölçüm sistemi örneği	30
Şekil 3.4 Hiyerarşik yapıli bilgisayarlı ölçüm sistemi örneği.....	31
Şekil 3.5 Kişisel bilgisayar genel blok diyagramı	32
Şekil 3.6 Kişisel bilgisayar mimarisi ve örnek bir anakart	33
Şekil 3.7 Genel bir çevre biriminin bilgisayara bağlantısı.....	34
Şekil 3.8 Bir bilgisayar anakartı üzerinde yer alan ISA ve PCI bağlantı yuvaları.....	35
Şekil 3.9 Bir PCI kart örneği	36
Şekil 3.10 PCIe yapısı ve PCI ile karşılaştırılması (HowStuffWorks, 2005)	37
Şekil 3.11 Bir bilgisayar anakartı üzerinde yer alan PCIe bağlantı yuvaları	38
Şekil 3.12 PCIe kart örnekleri.....	38
Şekil 3.13 USB konnektörleri uç tanımlamaları ve kablo renk kodlaması.....	40
Şekil 3.14 USB 1.0/1.1 için veri yolu çerçevesi (www.usbdevgroup.blogspot.com)	42
Şekil 3.15 Uç nokta ve boru kavramları arasındaki ilişki (www.usbdevgroup.blogspot.com)	43
Şekil 3.16 USB genel paket yapısı.....	43
Şekil 3.17 Her USB pakedinde yer alan PID alanı çözümlemesi (www.beyondlogic.org)	44
Şekil 3.18 USB paket grupları (Oğuz, 2009).....	45

Şekil 3.19 Mikrodenetleyicili endüstriyel otomatik zamanlayıcı (Atman, 2008).....	47
Şekil 3.20 Seri arabirimli giriş-çıkış birimi (www.superlogics.com).....	48
Şekil 3.21 PCI veri yolundan bilgisayara bağlanan giriş çıkış birimi (www.ni.com)	49
Şekil 3.22 Ethernet arabirimi kullanan programlanabilir giriş çıkış birimi	49
Şekil 3.23 Giriş-çıkış kartları için ethernet arabirimli geçit (www.amplicon.co.uk)	50
Şekil 3.24 PCIe veriyolu üzerinden bilgisayara bağlanan giriş-çıkış birimi (www.ni.com)	50
Şekil 3.25 USB arabirimli giriş-çıkış birimi uChameleon.....	51
Şekil 3.26 USB arabirimli giriş-çıkış birimi U3-HV	51
Şekil 3.27 USB arabirimli iUSBDAQ-U120816 ve örnek LabVIEW uygulaması	52
Şekil 3.28 USB arabirimli gelişmiş bir örneksel giriş-çıkış birimi USB-9817A.....	52
Şekil 3.29 USB arabirimli sayısal giriş-çıkış birimi NI USB-6501	53
Şekil 3.30 USB arabirimli izole sayısal giriş-çıkış birimi USB-4750	53
Şekil 3.31 NI Measurement&Automation Utility ile NI USB-6008'in yapılandırılması	54
Şekil 3.32 NI USB-6008/USB-6009 giriş-çıkış birimi ve özellikleri.....	55
Şekil 4.1 LabVIEW geliştirme ortamı ön panel ve blok diyagramı örneği	59
Şekil 4.2 LabVIEW'de yer alan kontroller, fonksiyonlar ve araçlar paletleri	61
Şekil 4.3 LabVIEW ön panelde nesne kullanımı ve blok diyagramındaki terminal karşılığı ..	61
Şekil 5.1 Sistem blok diyagramı	63
Şekil 5.2 MC9S08JM60 mikrodenetleyicisi bellek haritası (Freescale, 2008).....	65
Şekil 5.3 MC9S08JM60 mikrodenetleyicisi blok diyagramı (Freescale, 2008).....	66
Şekil 5.4 Donanım besleme katı	67
Şekil 5.5 TPS2041BD akım anahtarı blok diyagramı.....	68
Şekil 5.6 Harici bellek bağlantısı	69
Şekil 5.7 USB arabirim bağlantısı ve ESD koruma elemanı	70
Şekil 5.8 ESD korumalı BDM programlama bağlantısı ve mikrodenetleyici reset devresi	71
Şekil 5.9 Sayısal ve örneksel giriş blokları.....	72
Şekil 5.10 Simülasyon amacıyla oluşturulan sayısal giriş blokları	73
Şekil 5.11 Sayısal giriş bloklarının pSpice simülasyonunda zaman yanıtı.....	74
Şekil 5.12 SMAJ6.5A TVS diyodu pSpice model parametreleri	75
Şekil 5.13 Sayısal giriş bloklarının pSpice simülasyonunda frekans yanıtı	76
Şekil 5.14 Simülasyon amacıyla oluşturulan örneksel giriş blokları.....	77
Şekil 5.15 Örneksel giriş bloklarının pSpice simülasyonunda zaman yanıtı.....	78
Şekil 5.16 Örneksel giriş bloklarının pSpice simülasyonunda frekans yanıtı	79
Şekil 5.17 Sayısal çıkış devresi.....	80

Şekil 5.18 Tek bir sayısal çıkış devresinin ayrık gösterimi ve benzetim bağlantısı	81
Şekil 5.19 10k Ω yük direnci ile giriş-çıkış değişimi	81
Şekil 5.20 20 Ω yük direnci ile giriş-çıkış değişimi	82
Şekil 5.21 Sayısal çıkış devresindeki filtrenin frekans cevabı.....	82
Şekil 5.22 Örneksele çıkış devresi.....	84
Şekil 5.23 DAC beslemesi ve referans gerilimi devreleri.....	84
Şekil 5.24 Tek bir kanal için DAC çıkışları benzetim devresi	85
Şekil 5.25 Örneksele çıkış devresindeki filtrenin frekans cevabı.....	85
Şekil 5.26 1M Ω yük direnci ile örneksele çıkışın değişimi.....	86
Şekil 5.27 10k Ω yük direnci ile örneksele çıkışın değişimi	86
Şekil 5.28 1k Ω yük direnci ile örneksele çıkışın değişimi	86
Şekil 5.29 Bilgisayardan uç birim yönüne veri aktarım temel yapısı.....	87
Şekil 5.30 Bilgisayardan uç birim yönüne veri paket yapısı alt parametreleri	88
Şekil 5.31 Uç birimden bilgisayar yönüne veri aktarım temel yapısı.....	88
Şekil 5.32 Mikrodenetleyici yazılımı akış diyagramı.....	89
Şekil 5.33 NI VISA Driver Wizard ile sürücü bilgi dosyasının oluşturulması.....	90
Şekil 5.34 Sürücü bilgi dosyası oluşturulabilmesi için Vendor ID ve PID	91
Şekil 5.35 Bilgisayar arayüzü ön panel görüntüsü	92
Şekil 5.36 Bilgisayar arayüzü blok diyagramından bir görünüm	92
Şekil 5.37 Baskı devre tasarımı ekran görüntüsü	93
Şekil 5.38 Örneksele girişlerin performans karşılaştırması - 1.....	94
Şekil 5.39 Örneksele girişlerin performans karşılaştırması - 2.....	95
Şekil 5.40 Örneksele girişlerin performans karşılaştırması - 3.....	96
Şekil 5.41 Sayısal girişlerin performans karşılaştırması.....	97
Şekil 5.42 Örneksele çıkışların performans karşılaştırması - 1	98
Şekil 5.43 Örneksele çıkışların performans karşılaştırması - 2	99
Şekil 5.44 Sayısal çıkışların performans karşılaştırması	100

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Algılayıcıların sınıflandırılması (Uzun, 2007)	8
Çizelge 2.2 Algılayıcı seçiminde göz önünde bulundurulması gereken özellikler.....	13
Çizelge 2.3 Endüstride kullanılan temel işlemsel yükselteçler.....	17
Çizelge 3.1 Endüstriyel uygulamalarda kullanılan bazı veri yollarının karşılaştırılması	46

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, kendisinden aldığımız lisans ve lisansüstü derslerinde bizi güncel konulara yönlendirerek mühendislik anlamındaki yeteneklerimizi geliştirmemizde bize yol gösteren ve tez çalışmamızı yöneten Yrd.Doç.Dr Tuncay Uzun'a teşekkür ederim.

Tez çalışması içerisinde yaptığımız ortak çalışma sırasında fikirlerimizi, mesaimizi ve emeğimizi paylaştığımız değerli arkadaşım Emre Oğuz'a, maddi ve manevi desteklerini her zaman hissettiğim biricik kardeşim ve değerli aileme teşekkür ederim.

Bu yoğun çalışma sırasında zaman ve kaynaklarını benden esirgemeyen, çalıştığım kurum TÜMSAŞ A.Ş.'ye, gösterdikleri anlayıştan dolayı tüm mesai arkadaşlarıma, değerli fikirlerini bizimle paylaşan lisans arkadaşlarım Volkan Atman ve Tankut Açar'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmada kullanılan elektronik elemanların numune tedarikinde değerli yardımlarını esirgemeyen Sn. Sertaç Taşkın, Sn. Uğur Özkan ve Sn. Yıldız Dinç'e teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2009,

Fatih Gerenli

ÖZET

Endüstriyel kontrol ve otomasyon sistemleri göz önüne alındığında, herhangi bir prosesin (işlemin) yürütülmesi esnasında insana bağımlılığın asgari seviyeye indirilmesi ve sistemin mümkün olduğu kadar kendi kendine çalışabilir hale gelmesi belirleyici bir özelliktir. Kontrol sisteminin, yürütülen işleme ait herhangi bir fiziksel büyüklüğü, özelliği ya da veriyi algılaması, işlemesi, elde edilen veriye uygun işlemleri gerçekleştirmesi ve algılama işlemini tekrarlayarak geri beslemeli kontrol işlemini tamamlaması beklenir. Bu sebeple kontrol sistemlerinde çeşitli özelliklerde ölçme ve giriş-çıkış birimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Algılama çevriminde ölçme işlemi bir alt adım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Donanım alanındaki gelişmeler, endüstriyel alanda veri toplama, ölçme ve test konularında kişisel bilgisayarları yaygın kullanılan ortam haline getirmiştir. Ancak bilgisayarların ölçme için özelleşmiş giriş-çıkış birimleri olmadığından ölçme işlemini yerine getirecek özel donanımlara ve giriş-çıkış birimlerine ihtiyaç duyarlar. Gelişmiş çevre birimlerine ve hızlara sahip mikrodenetleyiciler ve üstün hız ve esnekliğe sahip USB, ethernet gibi veri iletişim arabirimlerinin gelişimi de bu eğilimi desteklemiştir. Buna paralel olarak yazılım alanındaki gelişmeler de baş döndürücüdür. Nesnel ve grafiksel yazılım geliştirme araçları, endüstriyel kontrol ve otomasyon alanlarında özelleşmiş çözümler sunulmasına yardımcı olmaktadır.

Bu tez çalışması kapsamında bilgisayar kontrollü mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel bir otomatik ölçüm ve giriş-çıkış sistemi tasarlanması hedeflenmiştir. Bilgisayar arayüzünün oluşturulması için LabVIEW programı kullanılmış, arayüz ile mikrodenetleyicinin arasındaki veri iletimi USB arabirim üzerinden yapılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde sistemi tanıtan genel bir giriş yapılmış, ikinci bölümde endüstriyel kontrol sistemlerinin tarihçesi, ölçme temel kavramları ve ölçme sürecinde kullanılan elektronik yapılardan bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde bilgisayarsız ve bilgisayarlı bazı ölçme sistemi uygulamaları incelenmiş, bilgisayarlı uygulamaların daha net kavranabilmesi için genel bilgisayar mimarisi ve veri yolları ile endüstriyel sistemlerde kullanılan arabirimler araştırılmıştır. Dördüncü bölüm, görsel programlama ve LabVIEW geliştirme ortamı ile ilgili temel bilgiler içermektedir. Daha sonraki bölümlerde tasarlanan sistemin donanım ve yazılım yapısı verilmiş, gerçekleşen sistemin performans analizi yapılmıştır. Sonuç bölümünde kazanımlar ve sistemin geliştirmeye açık yönlerinden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel ölçüm sistemleri, Giriş-Çıkış birimi, LabVIEW, USB

REALIZATION OF A MICROCONTROLLER BASED GENERAL PURPOSE INDUSTRIAL AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM AND IMPLEMENTATION OF INPUT UNITS

ABSTRACT

When the industrial control and automation systems are considered, minimizing the dependence on humans while executing any process and making the system function on its own is the determinant characteristics. The control system is expected to sense any physical size, characteristics or data of the process, to realize the functions appropriate for the acquired data and to complete the feedback control function by repeating the sensing process. Therefore, measurement and input-output systems with various features are required in the control systems. In the sense and measurement process, the measurement function is a sub-routine.

The developments in the hardware field, personal computers have become widely used environments in data collection, measurement and testing in the industrial field. However, since the computers do not possess input-output systems specified for measurement, they require special hardware and input-output systems to realize the measurement. The microcontrollers with developed environment systems and speed, and the development of data communication interface with high speed and flexibility such as USB and Ethernet have supported this trend. In addition to this, the developments in the software field are amazing. Object-oriented and graphical software development tools help to provide specified solutions in the industrial control and automation fields.

Within the framework of this thesis, it was aimed to design a computer-controlled microcontroller-based multi-purpose industrial automatic measurement and input-output system. In order to create the computer interface, the LabVIEW program was used, and the data transfer between the interface and the microcontroller was done using the USB interface.

In the first section of this study, a general introduction of the system has been provided, and in the second section, the history of industrial automation systems, basic measurement concepts and electronic structures used in the measurement process has been dwelled upon. In the third section, some measurement system applications with computer and without computer have been analyzed and general computer architecture, data bus and interfaces used in the industrial systems have been searched in order to provide a better understanding of the computer-based applications. The fourth section is composed of basic information about the graphical programming and LabVIEW development environment. In the following sections, the hardware and software structure of the designed system and the performance analyses are provided. In the conclusion part, the achievements and some sides of the system that are open for development are elaborated.

Keywords: Industrial measurement systems, Input-Output system, LabVIEW, USB

1. GİRİŞ

Endüstriyel kontrol ve otomasyon sistemleri göz önüne alındığında, herhangi bir prosesin (işlemin) yürütülmesi esnasında insana bağımlılığın asgari seviyeye indirilmesi ve sistemin mümkün olduğu kadar kendi kendine çalışabilir hale gelmesi belirleyici bir özelliktir. Kontrol sisteminin, yürütülen işleme ait herhangi bir fiziksel büyüklüğü, özelliği ya da veriyi algılaması, işlemesi, elde edilen veriye uygun işlemleri gerçekleştirmesi ve algılama işlemini tekrarlayarak geri beslemeli kontrol işlemini tamamlaması beklenir. Bu sebeple kontrol sistemlerinde çeşitli özelliklerde ölçme ve giriş-çıkış birimlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Algılama çevriminde ölçme işlemi bir alt adım olarak karşımıza çıkmaktadır.

Benzer şekilde tasarım, gözlem ve deney bilimsel çalışmaların ve araştırmaların temelini oluşturan kavramlardır. Laboratuvar çalışmalarında deneyin rolünün çok büyük olduğu bir gerçektir. Laboratuvarlarda elektrik, elektronik ve optik ölçme araçlarından ve bilgisayarlardan geniş ölçüde yararlanılmaktadır. Ölçme araçlarının çalışma prensipleri, fiziğin temel kurallarına dayanmaktadır. Birçok ölçme aracı veya üniteleri, mekanik, elektrik, elektronik veya optik yöntemlerin birlikte uygulanışı ile meydana gelmiştir. (Binici, 2001)

Ölçme sistemi, değeri bilinmeyen birçok fiziksel büyüklüğü, 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 birçok ölçme metotları kullanılmıştır. Kullanılan ölçme metotlarının hedefi, sıfıra yakın hatayla fiziksel büyüklüklere değer atama olarak ifade edilebilir. (Paralı, 2008)

Donanım alanındaki gelişmeler, endüstriyel alanda veri toplama, ölçme ve test konularında kişisel bilgisayarları yaygın kullanılan ortam haline getirmiştir. Ancak bilgisayarların ölçme için özelleşmiş giriş-çıkış birimleri olmadığından ölçme işlemini yerine getirecek özel donanımlara ve giriş-çıkış birimlerine ihtiyaç duyarlar. Gelişmiş çevre birimlerine ve hızlara sahip mikrodenetleyiciler ve üstün hız ve esnekliğe sahip USB, Ethernet gibi veri iletişim arabirimlerinin gelişimi de bu eğilimi desteklemiştir. Buna paralel olarak yazılım alanındaki gelişmeler de baş döndürücüdür. Nesnel ve grafiksel yazılım geliştirme araçları, endüstriyel kontrol ve otomasyon alanlarında özelleşmiş çözümler sunulmasına yardımcı olmaktadır.

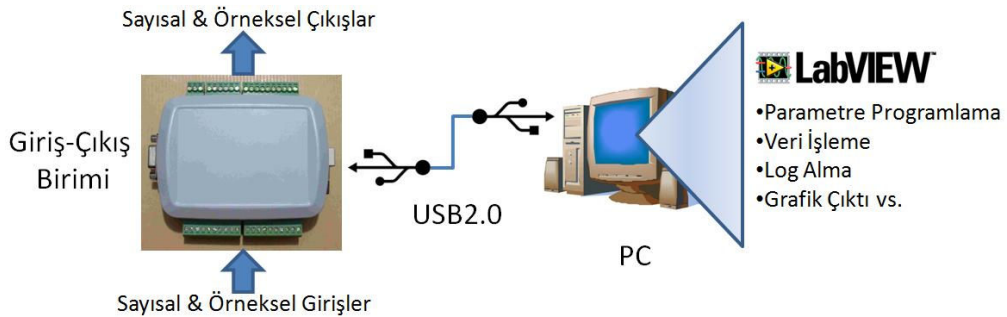
Bilgisayar kontrollü ölçüm sayesinde gerçek değerleri en doğru şekilde yakalama hassasiyeti sürekli gelişim göstermektedir. Bunun yanında gerçek zamanlı ölçüm sistemleriyle, ölçüm noktasındaki fiziksel değişimin birkaç nanosaniye gibi çok küçük bir zaman gecikmesi ile

alınması, ölçme ve kontrol sistemlerinin sağlıklı gelişmesine katkı sağlamıştır.

Bu tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen genel amaçlı giriş-çıkış ve ölçüm birimi, kişisel bilgisayarın endüstriyel sistemlerde kontrol amacıyla kullanılabilmesi için tasarlanmıştır. Giriş birimleri YTÜ FBE Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında hazırlanan yüksek lisans tez çalışması kapsamında Fatih Gerenli tarafından gerçekleştirirken, çıkış birimleri de yine YTÜ FBE Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı Elektronik Programında hazırlanan yüksek lisans tez çalışması kapsamında Emre Oğuz tarafından gerçekleştirilmiş ve böylelikle paralel bir çalışma yürütülmüştür.

Donanım biriminde yer alan ve Freescale firması tarafından üretilmiş olan HCS08 ailesinden 8 bitlik bir mikrodenetleyici, çevresel birimleri yardımıyla girişlerin durumlarını sistem saat döngüsünün belirli periyotlarında okur ve USB arabirimi üzerinden bunları kişisel bilgisayarda koştan ve LabVIEW yazılımı ile hazırlanmış olan insan makine arayüzüne (HMI) gönderir. Yine aynı saat döngüsünde daha önceden arayüzden gönderilmiş olan yapılandırma bilgisine göre çıkış birimlerini günceller.

Tak-çalıştır (Plug&Play), yaygın kullanım, hız gibi öne çıkan özellikleri için USB arabirimi tercih edilmiştir. Bilgisayar arayüzü ise modüler yapısı, diğer ortamlarla kolay bağlanabilirliği ve esnekliği gibi özelliklerinden yararlanabilmek için National Instruments tarafından geliştirilen görsel bir yazılım dili olan LabVIEW programlama dili ile tasarlanmıştır. LabVIEW, PC üzerindeki haberleşme arayüzlerine NI VISA yazılımı aracılığıyla bağlanır.



Şekil 1.1 Gerçeklenen genel amaçlı giriş-çıkış biriminin yapısı

Genel yapısı Şekil 1.1’de gösterilen sistemin temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir:

- 8 kanal sayısal giriş (2 adet sayısal giriş 16-bit sayıcı olarak da kullanılabilir)
- 8 kanal örneksele giriş (12 bit çözünürlük)
- 8 kanal sayısal çıkış
- 4 kanal örneksele çıkış (12 bit çözünürlük)
- 1 USB arabirimi

2. ÖLÇME KAVRAMI, ALGILAYICILAR, YÜKSELTEÇLER, DÖNÜŞTÜRÜCÜLER VE SAYICILAR

2.1 Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemlerinin Tarihçesi

Endüstriyel kontrol ve otomasyon sistemleriyle, bir işlemin yürütülmesinde insana bağımlılığın asgari seviyeye indirilerek sistemin mümkün olduğu kadar kendi kendine çalışabilir hale gelmesi hedeflenmektedir.

Otomatik kontrolün tarihi M.Ö. 300 yılları dönemine kadar gitmektedir. Gerçek anlamda bilinen ilk geri beslemeli otomatik kontrol sistemi, I. Polzunov tarafından Rusya’da 1765 yılında su tanklarının su seviyesini kontrol ederek tankın dolması durumunda suyun geldiği vanayı otomatik olarak kapatmak için geliştirilen yüzer düzenleyicidir. Endüstride kullanılan ilk otomatik kontrol sistemi ise James Watt tarafından 1769 yılında buhar motorunun hızını kontrol etmek için kullanılan düzendir. (Bishop ve Dorf, 1998)

Sanayi devriminin yaygınlaşması ve paralelinde gelen teknolojik gelişmeler, endüstriyel otomatik kontrol sistemlerinin de yaygınlaşmasını sağlamıştır:

- 1800, Eli Whitney, Seri üretimin başlangıcı geliştirildi.
- 1868, J.C. Maxwell, Buhar makinesinin düzenleyicisi için matematiksel model çıkarıldı.
- 1913, Henry Ford, Otomobil üretimi için montaj makineleri seri üretim hattına uygulandı.
- 1927, H. W. Bode, Geri beslemeli yükselteçlerin analizi geliştirildi.
- 1932, H. Nyquist, sistemlerin kararlılığının analizi için yöntem geliştirildi.
- 1952, MIT, Makine aracıyla eksen kontrolü için nümerik kontrol geliştirildi.
- 1954, George Devol, “Programlanmış Eşya Taşıma” ilk endüstriyel robot tasarımı olarak sayıldı.
- 1960, Unimate, Devol tasarım temelli ilk robot geliştirildi.
- 1970, En iyi şekilde kontrol için durum değişkeni modeli geliştirildi.
- 1980, Dayanıklı kontrol sistem tasarımına yaygın olarak çalışıldı.
- 1990, İhraç yönelimli üretim yapan şirketler otomasyona ağırlık verdi.
- 1994, Geri beslemeli kontrol otomobillerde yaygın olarak kullanılmaya başlandı.

Sanayi devrimini takip eden yıllarda endüstriyel otomatik kontrol sistemlerinin gelişimine önemli katkıyı sağlayan diğer bir etken de bilgisayarın icadı ve bilgisayar destekli sistemlerin endüstriyel alanlarda yaygınlaşmasıdır. Bilgisayarın etkisi hem kontrol sistemlerinin hesaplama ve tasarım adımlarında kullanılması, hem de bilgisayarların kontrol sistemlerini yönetmesi şeklinde iki yönlü gözlenmektedir. Buna paralel olarak yazılım alanındaki gelişmeler ve nesnel ve grafiksel yazılım geliştirme araçlarının yaygınlaşması da endüstriyel kontrol ve otomasyon alanlarında özelleşmiş çözümler sunulmasına yardımcı olmaktadır.

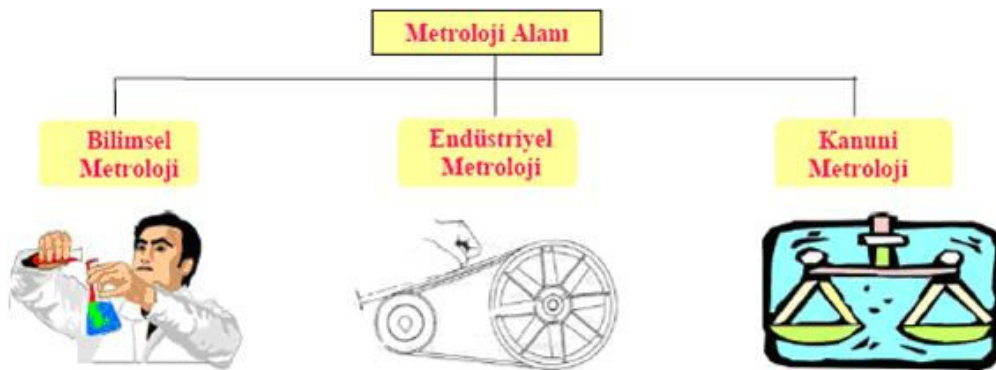
2.2 Ölçme Kavramı

Bir endüstriyel kontrol sisteminin, yürütülen işleme ait herhangi bir fiziksel büyüklüğü ya da özelliği algılaması ölçme yoluyla olmaktadır. Ölçme ve veri toplama, gerçek dünyadaki fiziksel büyüklüklerin algılayıcı ve dönüştürücüler yardımıyla elektriksel işaretlere dönüştürülmesi ve bu işaretlerin özel donanımlar yardımıyla sayısallaştırılarak kullanıma sunulması olmak üzere iki adımdan oluşan bir süreçtir. Kişisel hayatta kullandığımız eşyalardan endüstriyel kontrol ve otomasyon sistemlerine, sağlık ekipmanlarından ulaşım araçlarına kadar hemen hemen hayatın her alanında kullanılan bir ölçüm sistemi mevcuttur ya da ölçme bu işlemlerde bir adım olarak yer almaktadır.

2.3 Ölçme Tanımlamaları ve Temel Değişkenleri

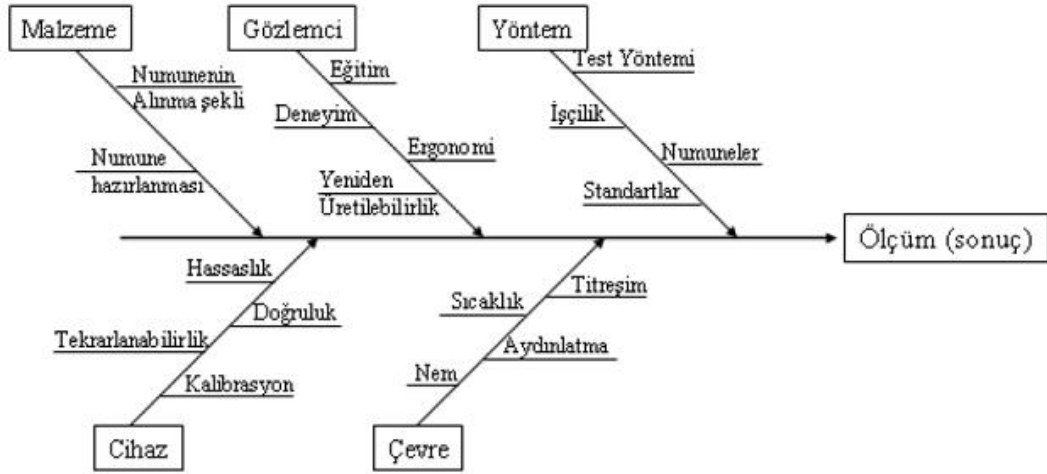
Ölçme işlevselliğinden bahsedebilmek için ölçme alanında çok sık kullanılan tanımlamaların yapılması gerekmektedir.

- 1) Ölçme, değeri bilinmeyen birçok fiziksel büyüklüğü, değeri bilinen bir büyüklük ile karşılaştırarak değerler belirleme sistemidir. Ölçme sistemlerinin uluslararası düzeyde ortak bir dilde ifade edilebilmesi için, uluslararası SI birim sistemleri oluşturulmuştur. Metrik sistem olarak da anılan uluslararası birim sistemine göre tüm büyüklüklerin ölçümünde aşağıdaki yedi temel birim ve bu temel birimlerden türetilen birimler kullanılır.
 - Metre (m) / Uzunluk
 - Kilogram (kg) / Ağırlık
 - Saniye (s) / Zaman
 - Amper (A) / Akım
 - Kelvin (K) / Sıcaklık
 - Mol (mol) / Madde miktarı
 - Candela (cd) / Işık şiddeti
- 2) Metroloji, genel olarak ölçme etkinliği ve bu etkinlikte kullanılan ekipman ve birimler üzerinde çalışma yürüten bilim alanı (ölçüm bilimi) olarak tanımlanabilir.



Şekil 2.1 Metroloji alanları (Paralı, 2007)

- Bilimsel metroloji, uluslararası geçerliliği olan birincil 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. TSE, endüstriyel alandaki hizmetlerin yürütülmesinde görevlendirilmiştir.
 - Kanuni metroloji, ticarete esas teşkil eden ölçü ve kontrol aletlerinin kalibrasyonlarıyla ilgilenir. Bu kategoriye giren cihazların tümü kanunen kalibre ettirmek durumundadır. Türkiye Cumhuriyeti Sanayi Bakanlığı bu konuda görevlendirilmiştir.
- 3) Kalibrasyon; bir ölçüm ekipmanının aynı veya bir üst seviyede bulunan ekipman ile uygun bir ortamda karşılaştırılması ve sonuçlarının belgelendirilmesi işlemidir.
 - 4) İzlenebilirlik; yapılan her bir ölçümün sonuçlarının, ulusal standartlara veya ulusallığı kabul edilmiş ölçüm sistemlerine, kesintisiz karşılaştırmalar zinciri üzerinden bağlanabilme yeteneğidir.
 - 5) Doğrulama; bir ölçüm ekipmanının belirli bir amaca uygunluğunun tanımlanmış bir yöntem kullanılarak ortaya konmasıdır.
 - 6) Çözünürlük; ölçüm sonucunda skala üzerinden fark edilebilen en küçük bölmedir.
 - 7) Kararlılık; aynı ölçüm sistemi ile aynı master ve parçalar üzerindeki bir karakteristiğin zaman içinde yeniden ölçüldüğünde, ölçümlerin toplam varyasyonudur.
 - 8) Doğruluk (Bias); ölçümlerin ortalaması ile aynı parçanın daha hassas ölçümlerde elde edilen değeri arasındaki farktır.
 - 9) Tutarlılık; bir ölçüm cihazının beklenen çalışma aralığı içersindeki doğruluk değerleri arasındaki farktır. Bu fark değeri ne kadar sıfıra yakın olursa o cihaz o derece tutarlı ölçüm yapan bir cihazdır.
 - 10) Tekrarlanabilirlik; bir ölçüm cihazı kullanılarak aynı parça üzerinde aynı değişkenin aynı gözlemci tarafından birçok kez ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların varyasyonudur.
 - 11) Ölçüm koşulları
 - Ölçümün temel amacı nedir?
 - Ölçülen büyüklük nedir?
 - Ölçüm aralığı nedir?
 - Ölçümün doğruluk seviyesi ne olacaktır?
 - Ölçülen büyüklüğün dinamik karakteristiği nedir?
 - Ölçüm sırasında ölçüm aralığının aşılması ne ölçüde olacaktır?
 - Ölçülen büyüklük bir akışkan ise fiziksel ve kimyasal özellikleri nedir?
 - Algılayıcı nereye ve nasıl monte edilecektir?
 - Algılayıcının maruz kalacağı çevresel etkiler nelerdir?
- Ölçüm sonuçları; malzeme, gözlemci, yöntem, cihaz ve çevre gibi değişkenlerin etkileşmesiyle ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 Temel ölçme değişkenleri (Paralı, 2007)

2.4 Algılayıcılar

Endüstriyel ölçüm ve kontrol sisteminin, yürütülen prosese ait herhangi bir fiziksel büyüklüğü, özelliği yada veriyi algılaması, işlemesi, elde edilen veriye uygun işlemleri gerçekleştirmesi ve algılama işlemini tekrarlayarak geri beslemeli kontrol işlemini tamamlaması beklenir. Bu nedenle endüstriyel kontrol sistemlerinde sıklıkla karşımıza çıkan elemanların başında algılayıcılar (sensor) ve dönüştürücüler (transducer) gelir. Teknik terminolojide sensör ve dönüştürücü terimleri birbirlerinin yerine sık sık kullanılan terimlerdir. Transdüserler genel olarak enerji dönüştürücü aygıtlar olarak tanımlanır. Sensörler ise fiziksel bir özelliği ya da sinyali elektriksel işarete dönüştüren cihazlardır. Ancak 1969 yılında ISA bu iki terimi eş anlamlı olarak kabul etmiş ve *ölçülen fiziksel özellik, miktar ve koşulları kullanılabilir elektriksel işarete dönüştüren bir araç* olarak tanımlamıştır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında sensör ve transdüserler için algılayıcı terimi kullanılacaktır.

Algılayıcılar, sistem dışından gelen uyarıları algılayan, bunlara tepki veren ve önceden belirlenmiş bazı değişkenleri ölçebilen duyucu cihazlar olup, algılama sistemlerinin bir parçası, biliş sistemlerinin ise önkoşuludurlar. Algılayıcı teknolojisi ölçüm teknolojisinden daha kapsamlı bir kavramdır, bir fiziksel olgunun varlığının algılanması algılayıcı teknolojinin görev tanımlı kapsamındadır.

İnsan duyuları çevreden gelen uyarıları algılayabilirler, ancak ölçüm yoktur. İnsan fizyolojisi “sıcaklık” ve “soğukluk” derecelerini ayırt edebilir ama bir termometre gibi hassas bir ölçüm

veremez. Ancak insan duyu sisteminin değişik kaynaklardan gelen uyarıları birleştirip bir sonuç bildirme özelliği vardır. Alışılmış algılayıcılarda bu özellik yoktur. Bir imalat hattında kalite denetim sisteminin bir parçası olarak ölçüm yapılabilir ama bu ürünün kalitesi hakkında da algılayıcılar bilgi veremezler. Mekatronik algılayıcı teknolojisinin gelişim eğilimi alışılmış denetim sistemleri yerine daha gelişmiş insan algılayıcı-beyin sistemine benzer yöntemler geliştirmektir. Kontrol sistemlerine özgü duyuların öncelikli olarak insan duyularını karşılaması gerekir. Bunun da ötesinde insanların sahip olmadığı diğer duyulara da sahip olmaları son derece önemlidir. Çünkü algılayıcıların kullanılmasının belki de en önemli amacı insanların yetersiz kaldığı veya kullanılmaması gereken uygulamalardır. Bu tür uygulama örnekleri, radar ve lazer kullanarak mesafe ölçümü, insanların duyabildiği 20Hz - 20kHz sınırının dışında duyabilme, kimyasal inceleme, radyasyona duyarlılık şeklinde sıralanabilir.

Algılayıcı seçiminde kullanılan ölçütler aşağıdaki şekilde sıralanabilir: (Uzun, 2007)

- Duyarlılık
- Doğrusallık
- Sınırlar
- Yanıt süresi
- Doğruluk
- Tekrarlanabilirlik
- Ayırıcılık
- Çıkışın tipi

Bazı uygulamalarda algılayıcı çıktıları denetim sisteminin doğru karar verebilmesini sağlayacak düzeyde yeterli ve sağlıklı bilgi veremez. Bu durumda ortaya çıkan belirsizliklerin doğru değerlendirilmesi gerekir. Bu ise bulanık mantık, yapay sinir ağı gibi karmaşık yaklaşımlarının uygulanmasını gerektirmektedir. Bu durumlarda iki veya daha fazla algılayıcıdan (örneğin titreşim, sıcaklık ve gerilme) gelen bilgilerin kullanıldığı algılayıcı tümleştirme işleminin yapılması gerekmektedir. Benzer şekilde bir mekatronik robot uygulamasında bir gezgin robotun şu değişkenleri algılaması beklenmektedir; bir cismin varlığı, bir cismin uzaklığı, sıcaklık, kimyasal yapı, basınç, hava akımı, ivme, açısal hız. Karar verme aşamasında robotun, bu bilgilerin tümünü kullanarak karar vermesi (örneğin yönünü belirlemesi) gerekmektedir. Algılayıcılar ölçme ve veri toplama işleminin başlangıç noktasıdır. Bu veri daha sonra bir veri işleme birimi tarafından işleneceği için algılayıcının çıkışı veri işleyen sistemin girişine uygun bir şekilde bağlanmalıdır. Algılayıcı ve dönüştürücülerin diğer sistemlerle entegrasyonu konusu ise enstrümantasyon biliminin en önemli konularından biridir.

Bir algılayıcıyı etkileyen en önemli çevre faktörleri depolama koşulları, kısa ve uzun dönemli

kararlılık, çalışma sıcaklığı ve kendini ısıtmadan kaynaklanan hatalardır. Birçok algılayıcı sadece direnç, kapasite veya endüktanstan oluşur ve aldıkları değerler çevredeki bir özellik ile ilgilidir. Isıl dirençlerde direnç sıcaklıkla, nemölçerlerde kapasite nem ile değişir, yakınlık ölçerlerde mesafe değeri yüzeye olan yakınlığa bağlıdır, manyetik direnç algılayıcılarında direnç manyetik alan akısı değişimi ile değişirken, ışığa bağlı iletkenlerde direnç gelen ışık yoğunluğunun bir fonksiyonudur. Birçok diğer algılayıcı ise temelde gerilim kaynağıdır, elektrokimyasal algılayıcılar kimyasal süreçlere bağlı olarak gerilim kaynağı görevi üstlenirler, fotovoltai algılayıcıların gerilimleri ışık yoğunluğuna bağlıdır.

Algılayıcılar kullanıldıkları sisteme göre 3 farklı durumda bulunabilir: Gerilim kaynağı, akım kaynağı ve içinde bulunduğu sistemden güç çeken algılayıcılar. Algılayıcı verileri bir çeşit değişken gibi düşünebilir, ya gerek duyulduğunda sorgulama yöntemi ile erişilebilir ya da belli bir ölçüm yapıldığında algılayıcının bir kesme yapması sağlanır. Bu kesmeyi işleyebilecek bir yapı yardımı ile kontrol sisteminin bu verilere zamanında müdahale etmesi sağlanır.

2.4.1 Algılayıcıların Sınıflandırılması

Endüstriyel ölçüm ve kontrol sistemlerinde son derece zengin bir tayfa dağılan algılayıcılar kullanılmaktadır. Bunların bir bölümünün esin kaynağı insan duyuları iken bir bölümü tümüyle insana yabancıdır.

Çizelge 2.1 Algılayıcıların sınıflandırılması (Uzun, 2007)

Temaslı Algılayıcılar	Anahtarlar		
	Piezoelektrik Algılayıcılar		
	Konum ve Yer Değiştirmeyi Algılama	Potansiyometreler	Doğrusal Hareketli (Lineer, Sürgülü)
			Dairesel Hareketli (Rotary Pot.)
		Doğrusal Değişen Farksal Transformatör (LVDT)	
		Mutlak Optik Kodlayıcı	
		Artırmalı Optik Kodlayıcı	
	Kuvvet Algılama		
	Moment (Tork) Algılama		
	Uzaklık Algılama (Proximity Sensor)	Optik Uzaklık Algılayıcı	
Eddy Akım Algılayıcı			
Ultrasonik Yankı			
Manyetik, Endüktif Algılayıcılar			
Temassız Algılayıcılar	Elektromanyetik Algılayıcılar		
	Kızılötesi Algılayıcılar		

Birçok farklı fiziksel özelliğin ölçülmesini sağlayan algılayıcı türleri mevcuttur. Günümüzde üretilmiş yüzlerce tip algılayıcıdan söz edilebilir. Mikroelektronik teknolojisindeki hızlı gelişmeler bu konuda her gün yeni bir buluş ya da yeni bir uygulama tipi geliştirilmesine olanak sağlamaktadır. Sıklıkla kullanılan bazı algılayıcılar şunlardır:

- Manyetik algılayıcılar
- Sıcaklık algılayıcıları
- Işık algılayıcıları
- İvme ölçerler
- Eğim ölçerler
- Basınç ölçerler
- Nem algılayıcıları
- Akustik algılayıcılar
- Konum ve yer değişimi algılayıcıları
- Boyut algılayıcıları
- Akış algılayıcıları(sayaçları)
- Akım ve gerilim ölçerler
- Seviye ölçerler
- Kuvvet ve tork algılayıcılar
- Zamanlayıcılar

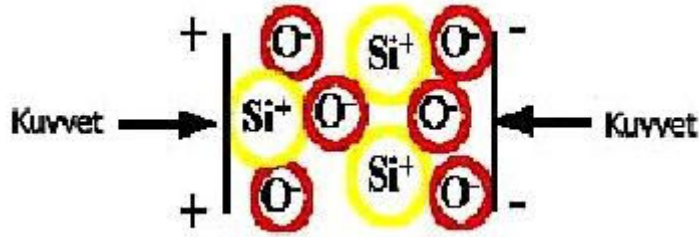
2.4.1.1 Temashı Algılayıcılar

Anahtarlar

Bu tipteki algılayıcılar genellikle bir cismin var olması ya da olmaması, seviyenin bir sınır noktadan yüksek olması ya da olmaması gibi mantıksal “1” ve “0” değerleriyle ifade edilebilen özelliklerin izlenmesi için kullanılır. Bunlara kısmen sayısal algılayıcılar da denilebilir. Genellikle bu tip algılayıcı ve dönüştürücülerin çıkış birimi bir transistör ya da bir anahtardır. Transistörün iletim-tıkama durumları ya da anahtarın açık-kapalı konumları farklı seviyeleri belirtmek amacıyla kullanılır.

Piezoelektrik Algılayıcılar

Bazı malzemeler mekanik bir kuvvet uygulandığında elektriksel polarizasyon gösterirler. Bu olaya *piezoelektrik olay* adı verilir. Polarizasyon moleküllerin deformasyonundan ileri gelir; sonucunda da ölçülebilir bir yüzey yükü, dolayısıyla da malzeme üzerinde bir gerilim oluşur. Kuvvet ile yük arasındaki ilişki doğrusaldır, malzeme yapısına göre birkaç bin volta kadar gerilim oluşabilir. İyi bilinen doğal bir piezoelektrik malzeme olarak kuvars (SiO_2) sayılabilir, ayrıca seramik malzemeler ve bazı polimerler yüksek sıcaklıkta piezoelektrik hale getirilebilirler.



Şekil 2.3 Piezoelektrik olay

Konum ve Yer Değiştirmeyi Algılama

Konum, hareket, yer değişimi terimleri birbirine yakın kavramlardır. Konum algılayıcı (Position Sensor) ya da hareket algılayıcı (Motion Transducer) terimlerine sık sık rastlanmaktadır. Yer değişimi algılayıcıları ölçme teknikleri açısından aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Kapasitif
- Endüktif
- Relüktans
- Potansiyometrik
- Strain-Gauge
- Elektro-optik
- Açısal ve doğrusal enkoderler
- Konum şalterleri

Doğrusal Hareketli (Lineer, Sürgülü) Hareket ve Konum Algılayıcıları

Bu tip algılayıcılar genellikle doğrusal hareket eden bir piston ve buna bağlı doğrusal bir dirençten oluşur. Kolun konumundaki değişim direnç değişimindeki farkla doğrusal orantılıdır.



Şekil 2.4 Doğrusal hareket algılama

Dairesel Hareketli (Döner) Hareket ve Konum Algılayıcıları

Üzerinde dişliye benzeyen, ferromanyetik malzemeden çıkıntılar olan bir rotora sahiptir. Hall etkisi, eddy-current ya da endüktif tip bir yaklaşım algılayıcısı ile beraber kullanılırlar. Hissedici sistem olarak en çok elektromanyetik etki kullanılır. Bu sistemde bir bobin mevcuttur. Dişli rotor bobinin önünden geçtikçe manyetik akının şiddeti değişmektedir. Bu akı değişikliği bobinde bir elektromotor kuvvet endüklemektedir. Bu elektromotor kuvvet bir darbe (impuls) şeklinde oluşmaktadır. Bu darbelerin sayılması sonucunda açısal hız bilinebilmektedir.

Optik Kodlayıcı

Bu tip algılayıcılara en yaygın örnek dairesel enkoderlerdir. Dönüşün belirli açıları(adımları) için darbe (impuls) üreterek çalışır. Temel çalışma prensibi bir led ve ışık alıcısı arasında belirli aralıklarla delinmiş dairesel bir diskin döndürülmesi ve ışık alıcısının ledi gördüğü durumlarda darbeler üretmesine dayanır. Disk üzerindeki deliklerin konumlarıyla oynayarak açısal konum, açısal hız ve dönüş yönü gibi verilere ulaşılabilir. Hatta bir dişli ya da makara sistemiyle doğrusal bir eksende hareket eden bir mekanik parçanın konumu (örneğin mürekkepli yazıcının kartuşlarının başlangıç noktasına olan uzaklığı) dahi belirlenebilir.

Kuvvet Algılama

Kuvvet algılayıcıları genellikle uygulanan kuvveti elastik bir elemanın deformasyonundan elde ederler. En yaygın şekilde kullanılan kuvvet algılayıcılar *strain gauge* algılayıcılardır. Yük hücresi (load-cell) olarak da bilinirler. Yük hücrelerinin temeli piezoelektrik kristallerin kuvvet altında farklı şekillerde titreşim yaparak bir direnç köprüsündeki direncin değişimine neden olmaları prensibine dayanır. Bu titreşime ait frekans, genlik gibi büyüklükler vasıtasıyla bu yük hücresine bindirilen toplam kuvvet eşdeğer dirençten hesaplanabilir. Bu algılayıcılar hem basma hem de çekme yönünde çalışabilirler. Ölçme aralıkları 10 N ile 5MN arasında değişebilir. Gelişmiş tasarımlarda mekanik olarak aşırı yük sınırlamaları bulunmaktadır.

Moment (Tork) Algılama

Tork ölçen elemanlar genellikle güç üreten şaft ile gücü tüketen şaft arasına seri olarak bağlanırlar. Tork bu silindirik yapıdaki algılayıcının üzerine etkiğinde bir buruluma etkisi yaratacaktır ve tork ile doğru orantılı bir açı oluşacaktır. İkinci tip tork algılayıcıları ise tepki torkunu ölçer. Bu sistemde tork üreten rotorun dönmesi engellenir ve oluşan tork bir kuvvet

algılayıcısının yardımıyla ölçülür.

Fotoelektrik Tork Algılayıcı

Burulma sonucu oluşan açısal değişim miktarı, optik kaynaklar ve optik algılayıcıları vasıtası ile okunur. Yapı olarak optik enkoderlere benzerler.

Strain Gauge Tork Algılayıcı

Uygulanan torkun yarattığı birim şekil değişiminin strain gauge ile okunması ve tork bilgisinin elde edilmesi prensibine dayanır. En sık kullanılan tork algılayıcılarıdır.

Optik Uzaklık Algılayıcı

Bu algılayıcılar temelde ışığın yayınımdan yararlanırlar. Farklı uygulamalar için ihtiyaç duyulan farklı dalga boylarındaki ışık demetleri (infrared vb.) veya lazer ışınları kullanılabilir. Işğın yayılma hızından hareketle süre ölçülerek mesafe tespit edilebilir.

Ultrasonik Yankı Algılayıcıları

Piezoelektrik malzemelerin önemli bir uygulaması ses ötesi (ultrasonik) dönüştürücülerdir. Ultrasonik vericiler 20 kHz üzerinde, yani insan kulağının duyamayacağı frekanslarda titreşimler üretebilmek üzere, bu frekanslarda çalışan yüksek frekans osilatörlerine gerek duyarlar. Ultrasonik vericilerde dönüştürücüye uygulanan yüksek frekanstaki gerilim dalgaları malzemenin aynı frekansta titreşmesini sağlarlar, bu da o frekansta ses dalgaları üretir. Ultrasonik alıcılar da ultrasonik vericilerle aynı yapıda olmakla birlikte alıcı ile verici arasındaki temel fark; alıcı devresinde dönüştürücüye osilatör yerine bir gerilim kuvvetlendiricisinin bağlanmış olmasıdır. Bu durumda piezoelektrik olay ters yönde çalışır ve kristal üzerine uygulanan yüksek frekanslı titreşimler, bu elemanın iki yanındaki metal levhalar arasında yüksek frekanslı bir değişken gerilim oluştururlar. Bu gerilim, bir gerilim kuvvetlendiricisi yardımıyla kuvvetlendirildikten sonra ilgili işaret işleme düzenine iletilir. Sesin ilgili ortamdaki yayılma hızından hareketle verici ile alıcı arasındaki zaman farkı ölçülerek mesafe tespit edilebilir.

2.4.1.2 Temassız Algılayıcılar

Temassız algılayıcılar temaslı algılayıcıların uygun olmadığı yerlerde kullanılırlar ve bu açıdan birtakım avantaja sahiptirler. Bu tip algılayıcılar nesne tarafından yayılan enerjinin bir kısmını toplar ve onu nesnenin bilinmeyen fakat ölçülmek istenen büyüklüğü veya fiziksel karakteristiği ile ilişkilendirir.

Temassız algılayıcılara örnek olarak temassız sıcaklık algılayıcıları verilebilir. Temaslı sıcaklık algılayıcılarda algılayıcı, sıcaklığı ölçülen nesne veya maddeyle fiziksel olarak temas eder. Bu yöntem katı, sıvı ve gazlar için kullanılabilir. Temassız algılayıcılar ise sıcaklığı yayılan cisimden elektromanyetik enerjiyi algılayarak okurlar, bu teknoloji katı ve sıvılarda da kullanılabilir. Eğer nesne veya ortam hareket ediyorsa, düzensiz bir şekli varsa veya bir algılayıcının teması ölçülen değerin doğruluğuna zarar verecekse bu durumlarda temassız ölçüm yapılmalıdır ve genellikle IR algılama araçları kullanılmaktadır.

2.4.2 Algılayıcı Seçimi

Endüstride kullanılan bu kadar çok algılayıcı çeşidi varken, yapılacak uygulama için uygun algılayıcının belirlenmesi büyük önem kazanır. Algılayıcı seçimi statik ve dinamik karakteristikler yanında ortam etkileri ve işlevsellik gibi önemli faktörlere ve maliyet hesaplarına da bağlıdır. Bu karakteristikler özetle Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2 Algılayıcı seçiminde göz önünde bulundurulması gereken özellikler

Statik Özellikler	Dinamik Özellikler	Ortam Etkileri
1. Doğruluk	1. Transfer fonksiyonu	1. Çalışma sıcaklık sınırı
2. Uygunluk	2. Frekans cevabı	2. Termal çevrimi
3. Bozulma	3. Darbe tepkisi	3. Depolama sıcaklık sınırı
4. Topraklama	4. Adım tepkisi	4. Çalışma nem sınırı
5. Histerizis		5. Çalışma seviyesi
6. İzolasyon		6. Şok
7. Doğrusallık / Eğrisellik		7. Vibrasyon
8. Min sinyal algılama		8. Kimyasal koruma
9. Mesafe		9. EMI koruma
10. Gürültü		10. RFI Koruma
11. Ofset		
12. Qıkış empedansı		
13. Sınır		
14. Tekrarlanabilirlik		
15. Çözünürlük		
16. Seçicilik		
17. Hassasiyet		

2.5 Yükselteçler

Endüstriyel uygulamaların pek çoğunda bir algılayıcıdan alınan zayıf işaretin ya da uzun yol kayıplarından dolayı genliği azalan işaretin yükseltilmesi işlemi gerekmektedir. Bu nedenle elektronikte birçok alanda karşımıza çıkan kavramlardan biri yükselteçlerdir. Temel olarak bir yükseltecin görevi; girişine uygulanan işareti çıkışa yükseltilmiş olarak vermesidir.

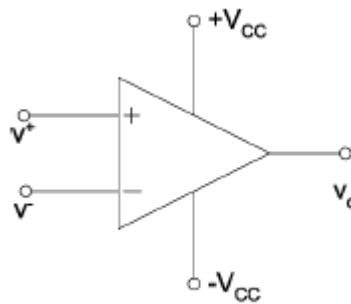
Yükseltme işlemi uygulanan büyüklüğe göre yükselteçler gerilim, akım, iletkenlik ve transfer empedans yükselteçleri olarak gruplandırılabilir. Endüstriyel uygulamalarda yükseltme işlemi

genel olarak gerilim üzerine yapılır. Örneğin; bir algılayıcının çıkış gerilimi yükseltilerek istenen devrenin hassasiyeti çok daha iyi hale getirilebilir. Ancak bazı hallerde akımın da yükseltilmesi gerekebilmektedir. Yükseltme işlemi endüstride işlemsel yükselteçler tarafından yapılmaktadır.

İşlemsel yükselteç (Operational Amplifier, Op-Amp), kararlı bir gerilim kazancı sağlamak için gerilim geri beslemesi kullanan çok yüksek kazançlı bir fark yükseltecidir. Ayırık elemanlar ve özel amaçlı tümleşik devreler arasında kalan bir geçiş elemanıdır. Aslında tümdevre teknolojisinin gelişmesinden önce fonksiyonel olarak biliniyor ve kullanılıyordu. Bu tür yükselteçler transistör, direnç, kondansatör gibi bir takım ayırık elemanlar ile gerçekleştirilebiliyordu. Tümdevre teknolojisinin gelişmesiyle tek bir yonga şeklinde üretilmeleri ve ayırık modellerine oranla çok daha kararlı, verimli ve kullanışlı olmaları nedeniyle günümüzde elektroniğin her alanında (regülatörler, filtreler, her türlü yükselteçler, karşılaştırıcılar, örneksel/sayısal - sayısal/örneksel çeviriciler vb.) oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.5.1 İşlemsel Yükseltecin Çalışma Prensibi ve Temel Özellikleri

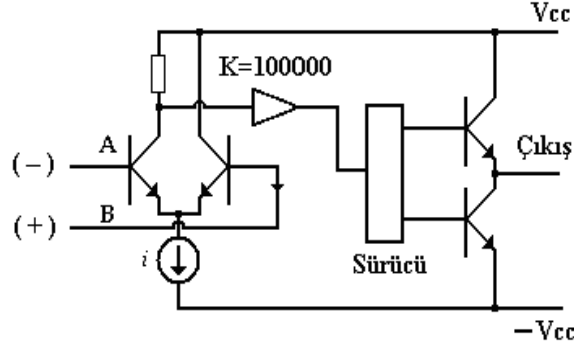
İşlemsel yükseltecin devre sembolü Şekil 2.5'te verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi işlemsel yükselteç, besleme uçları dışında (+) ve (-) işaretli iki giriş ucu ve bir çıkış ucuna sahiptir. (+) işaretli uç eviren giriş (inverting input) ve (-) işaretli uç evirmeyen giriş (non-inverting input) olarak adlandırılır.



Şekil 2.5 İşlemsel yükseltecin devre sembolü

İşlemsel yükseltecin temel görevi, eviren ve evirmeyen iki girişi arasındaki gerilimin yada sinyalin farkını ($V^+ - V^-$) alarak elde ettiği değeri kendi kazancı kadar yükselterek çıkışa vermektir.

Bir işlemsel yükselteç, temel olarak Şekil 2.6’da görülen ana bloklardan oluşur. Bu bloklar esas olarak ikiye ayrılabilir. Birincisi iki girişi olan ve bu iki girişin farkını alan bir devre bloğu, ikincisi de farkı alınan işareti yükselten bir devre bloğudur.



Şekil 2.6 İşlemsel yükseltecin temel yapısı

İdeal bir işlemsel yükseltecin özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Kazancı sonsuzdur.
- Bant genişliği sonsuzdur.
- Çıkış empedansı sıfırdır.
- Çıkış empedansı sıfır olduğu için sonsuz akım sürebilir.
- Hem iki giriş arası hem de her girişle toprak arası empedans sonsuzdur.
- Voltaj kaldırma kapasitesi sonsuzdur. Yani her voltajda çalışır.
- Yukarıdakilerin hepsi her sıcaklıkta doğrudur.

Pratikte böyle bir devre elemanını gerçeklemek mümkün değildir. Fakat işlemsel yükselteçli bir devre tasarlanırken yukarıda belirtilen özellikler kullanılır, ideal olmayan özellikleri ayrıca göz önüne alınır. Pratikte ise bir işlemsel yükseltecin temel özellikleri şöyle sıralanabilir:

- Giriş direnci (R_i) çok büyüktür. ($\sim 2M\Omega$)
- Çıkış direnci (R_o) çok küçüktür. ($\sim 100\Omega$)
- Gerilim kazancı çok yüksektir. ($\sim 1.5 \times 10^5$)
- Bant genişliği sınırlıdır.
- Özellikleri sıcaklıktan etkilenir.
- Kullanılan modeline göre akım ve gerilim sınırları vardır.

Giriş direncinin yüksek olması, girişine bağlanan devre katının yüklenmemesini dolayısıyla giriş geriliminin düşmemesini sağlar. Çıkış direncinin küçük olması da çıkışına bağlanan devre katı tarafından yüklenmeyi önleyecektir. Gerilim kazancı besleme gerilimi ve akım-gerilim sınırlarıyla sınırlanmıştır.

Giriş Kutup Akımı (Input Bias Current): Pratikte kullanılan işlemsel yükselteçlerin girişlerinden akan akım sıfır olmamakla birlikte μA - pA gibi çok küçük mertebelerde

bulunmaktadırlar. Bu akım işlemsel yükseltecin sağlıklı çalışmasını sağlayabilmek için dış dünya ile yükseltecin iç devresini birbirine bağlayan transistörün bazından akan akımdır. Bu akım çok küçük olduğu için işlemsel yükseltecin analizi sırasında göz ardı edilebilir.

Ancak kazanç çok yüksek olduğunda, negatif geri beslemeli yükselteç devrelerinde bu akım fark edilebilir bir gerilim düşümüne neden olabilir. Böyle bir durumun oluşmaması için (+) giriş ucuna bir düzeltme direnci ile geri besleme yapılır.

Giriş Dengeleme Gerilimi (Input Offset Voltage): Düzeltme direncinin yeterli olmadığı ya da çıkışta bir DC seviyeye ihtiyaç duyulduğu durumlar için bazı işlemsel yükselteçlerde giriş dengeleme gerilimi özelliği bulunur. Bunun için harici bağlantılar bırakılmıştır ve dengeleme gerilimi bir ayarlı direnç ile ayarlanmaktadır.

Bant Genişliği (Band With): Birçok elektronik devre gibi işlemsel yükselteçler de belirli bir frekansa kadar çalışabilmektedir. Bant genişliğine etki eden en önemli etken işlemsel yükseltecin kapalı çevrim kazancıdır. Bir işlemsel yükseltecin kazanç bant genişliği (2.1) bağıntısı yardımıyla belirlenir.

$$GBW = A_{OpAmp} \times BW \quad (2.1)$$

Örneğin işlemsel yükseltecin üreticisi tarafından GBW karakteristiği $1.5MHz$ olarak bildirilmiş ise, kazancının 10 olması durumunda $150kHz$ bant genişliğine sahiptir.

Yükselme Zamanı ve Ani Yükselme Oranı (Rise Time ve Slew Rate): Yükselme zamanı, işlemsel yükseltecin geçici bir işarete verdiği tepki süresinin ölçüsüdür. Yükselme zamanı bant genişliğiyle ters orantılıdır. Bu ilişki (2.2) bağıntısıyla verilmektedir.

$$BW = \frac{0.35}{T_R} \quad (2.2)$$

Frekans bağımlı diğer bir parametre olan ani yükselme oranı (Slew Rate) ise bir işlemsel yükseltecin izin verdiği en büyük gerilim değişimi/zaman değişimi oranıdır. İdealde bu oranın (eğimin) çok büyük olması beklenir.

Ortak Mod Bastırma Oranı (Common Mode Rejection Rate): Bir işaret, bir işlemsel yükseltecin her iki giriş ucuna da uygulandığında farksal çıkışın sıfır olması beklenir. Bu şekilde çalışma *ortak mod (common mode) çalışma* şeklinde adlandırılır. Ancak gerçekte çıkışın tamamen sıfır olması beklenemez. Ortak mod çalışmada giriş gerilimi V_{ICM} , kazanç A_{CM} ve çıkış gerilimi V_{OCM} olduğu kabulü ile ortak mod kazancı (2.3) bağıntısı ile elde edilir.

$$A_{CM} = \frac{V_{OCM}}{V_{ICM}} \quad (2.3)$$

Fark modunda ise kazanç A_{DM} olsun. Bu durumda A_{DM} / A_{CM} oranı bize ortak mod bastırma oranını (Common Mode Rejection Rate) vermektedir.

$$CMRR = \frac{A_{DM}}{A_{CM}}, \dots CMRR(dB) = 20 \log_{10} \left(\frac{A_{DM}}{A_{CM}} \right) \quad (2.4)$$

Tipik CMRR(dB) 100dB civarındadır.

2.5.2 İşlemsel Yükselteç Devrelerinin Sınıflandırılması

Endüstride kullanılan işlemsel yükselteç devrelerini giriş-çıkış büyüklükleri oranına göre genel olarak dört gruba ayırabiliriz (Çizelge 2.3).

Çizelge 2.3 Endüstride kullanılan temel işlemsel yükselteçler

Tanım	Kazanç Sembolü	Transfer Fonksiyonu
Gerilim Yükselteci (Voltage Amplifier)	A_v	V_o / V_i
Gerilim Yükselteci (Voltage Amplifier)	A_i	I_o / I_i
İletkenlik Transfer Yükselteci (Transconductance Amplifier)	g_m	I_o / V_i
Empedans Transfer Yükselteci (Transimpedance Amplifier)	r_m	V_o / I_i

2.5.3 Endüstriyel Sistemlerde Kullanılan Genel İşlemsel Yükselteç Devreleri

- Evirmeyen Yükselteç (Non-Inverting Amplifier)
- Eviren Yükselteç (Inverting Amplifier)
- Akım Yükselteci (Current Amplifier)
- Gerilim-Akım Dönüştürücüsü (Voltage to Current Converter)
- Akım-Gerilim Dönüştürücüsü (Current to Voltage Converter)
- Gerilim Takipçisi (Voltage Follower)
- Toplayıcı ve Çıkarıcı (Summing and Subtracting Amplifier)
- Farksal Yükselteç (Differential Amplifier)
- İntegral Alıcı (Integrating Amplifier)
- Türev Alıcı (Differentiating Amplifier)
- Enstrümantasyon Yükselteci (Instrumentation Amplifier)
- Karşılaştırıcı (Comparator)
- Gerilim Regülatörü (Voltage Regulator)
- Aktif Filtreler (Active Filters)
- Ses Yükselteci (Audio Amplifier)
- Güç Yükselteci (Power Amplifier)
- Akım Kaynağı (Current Source)

2.6 Dönüştürücüler

Fiziksel büyüklüklerdeki değişimler, her biri farklı yapıya sahip algılayıcılar tarafından algılanırlar. Algılanan bu değişimler, gerektiğinde uygun bir sinyal koşullama cihazı tarafından kontrol ünitesinin algılayabileceği seviyeye gelebilmesi için bir dizi işlemden geçirilir. Kontrol ünitesindeki veri toplama birimi tarafından algılanan bu tür büyüklükler uygun analiz yazılımı tarafından işlenerek amaca uygun elektriksel işaretlere çevrilir. Sayısal ya da örneksel olarak üretilen bu çıkış işaretleri otomasyonun amacına uygun olarak seçilen ve elektriksel işaretleri fiziksel büyüklüklere dönüştüren cihazlara gönderilir.

Örneksel-sayısal ve sayısal-örneksel dönüştürücüler, sistemler arasında geçiş yapılabilme ihtiyacından doğmuşlardır. Teknolojinin gelişmesiyle, kullanılan örneksel sistemler her ne kadar yerini sayısal sistemlere bırakmış gibi görünse de içinde bulunduğumuz dünyanın doğal koşulları örneksel durumları beraberinde getirdiği için örneksel ve sayısal sistemler bir arada kullanılmaktadır. Örneğin endüstriyel otomasyon sistemlerinde kullanılan algılayıcıların çıkışları genellikle örnekseldir ve bu bilgiyi kullanarak prosesi yürüten kontrol sistemi ise sayısaldır.

Sayısal sistemlerin zamanla tercih edilmesinin ve yaygınlaşmasının birçok nedeni vardır. Buna, sayısal işaret işleyiciler ve mikroişlemcilerin yarattığı kullanım kolaylığı, sayısal tümdevrelerin örneksel tümdevrelere oranla daha kolay ve ucuz üretilibilmeleri, sayısal sistemlerin gürültüye bağışıklıklarının örneksel sistemlerinkinden daha iyi olması gibi örnekler verebiliriz. Ancak elektriksel olarak düşünüldüğünde doğadaki işaretlerin tamamının örneksel olması, örneksel sistemleri vazgeçilmez kılmaktadır.

Sayısal sistemlerin gelişmesi ve örneksel sistemlerin tek başına ihtiyaca cevap verememesi nedeniyle örneksel ve sayısal ortamlar arasında geçiş yapılması zorunluluğu ortaya çıkmış ve örneksel-sayısal (ADC) ve sayısal-örneksel (DAC) dönüştürücüler kullanılmaya başlanmıştır. Bu dönüştürücüler iki sistemin birbirine bağlanmasının yanında bilgiyi işleme amacıyla da kullanılırlar.

Veri işlemenin yanında veri iletiminin de her geçen gün önemini arttırması nedeniyle veri iletim yolları ve bu yolların optimizasyonu da büyük önem kazanmıştır. Bu amaca yönelik olarak da veri iletimi için değişik yollar ve protokoller oluşturulmuş ve bilginin gürültülü ortamlarda kayba uğramaksızın aktarılmasına çalışılmıştır. Bunun içinse bazı dönüştürücü tipleri temel oluşturmaktadır. Gerilimi frekansa çeviren V/F ve bu işlemin tersini gerçekleyen F/V dönüştürücüler oldukça yaygın şekilde ve çok çeşitli uygulamalarda kullanılarak verinin

uygun biçimde taşınmasını sağlamaktadırlar.

Örneksel sistemlerin temel özellikleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Örneksel işaretler ancak örneksel bir arabirimle alınabilir.
- Birbirine her bakımdan eş iki örneksel sistem olamaz. Çünkü sistemde kullanılan malzemelerin tolerans farkı vardır.
- Örneksel sistemler yavaş çalışır.
- Örneksel sistemlerde malzemelerden kaynaklanan hacim büyüktür.

Sayısal sistemlerin temel özellikleri ise aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

- Bir sistemde örneksel giriş veya çıkış bulunuyorsa bu sayısal bir devre ile önlenemez.
- Sayısal sistemler eşittir. Örneksel sistemlerdeki toleranstan söz edilemez.
- Sayısal sistemler hızlıdır.
- Sayısal sistemlerde hacim her geçen gün azalmaktadır.

2.6.1 İşaret Dönüştürücü Tipleri

Temel işaret dönüştürücüler Şekil 2.7’de verildiği üzere dört grupta toplanabilir.



Şekil 2.7 İşaret dönüştürücü tipleri

2.6.1.1 Sayısal-Örneksel Dönüştürücüler (DAC)

Bir mikrodenetleyicinin ya da herhangi bir sayısal işlemcinin çıkışı “0” ve “1” bit dizilerinden oluşmaktadır. Mikroişlemci tarafından kontrol edilecek cihazların büyük çoğunluğu ise örneksel bir işaretle çalışmaktadır. Bu durumlarda ikilik sistemdeki bit serisi DAC dönüştürücü ile bir gerilim ya da akım seviyesine karşı düşürülür.

Sayısal-örneksel dönüştürücülerin çözünürlük, doğruluk, lineerlik, monotonluk, çıkış yerleşim zamanı gibi belirleyici özellikleri mevcuttur. (Hall, 1994)

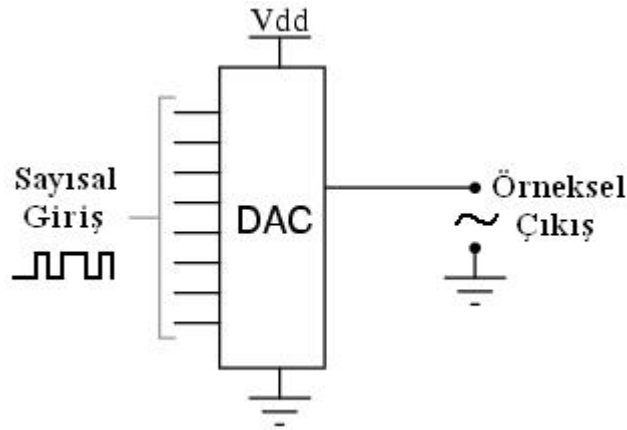
Çözünürlük: Bir DAC için dikkate alınacak ilk karakteristiktir. Giriş kelimesindeki bit sayısı n ile ifade edilirse, 2^n bağıntısıyla belirlenir. Örneğin 8 bitlik bir çevirici $2^8 = 256$ farklı çıkış seviyesine sahiptir.

Doğruluk: Gerçek çıkışla beklenen çıkışın karşılaştırılmasıdır (V_{out} / V_{exp}), tüm ölçeğin ya da maksimum çıkış geriliminin yüzdesi olarak belirtilir. İdeal şartlarda bir DAC için doğruluk, en kötü halde en düşük ağırlıklı bitin (LSB) $\pm 1/2$ 'si olmalıdır.

Lineerlik: Gerçek çıkışın ideal düz çizgi çıkışına ne derece yakın olduğu ve sapmaların miktarını belirleyen kavramdır. Lineerlik hataları genellikle akım kaynaklı yapılarda, direnç değerlerindeki tolerans değerlerinden dolayı oluşur. Diğer bir hata tipi kazanç hatasıdır, akımdan gerilime çeviren işlemsel yükselteçli yapılarda işlemsel yükseltecin üzerindeki geri besleme direncindeki hata ve sapmalardan kaynaklanır. Kayma hatası, bütün girişler "0" olduğunda çıkışın 0 olmadığı anlamına gelir, bütün çıkış değerlerinin üzerine bir sabit ekler, bu hataya işlemsel yükselteç hataları ya da akım anahtarlarındaki kaçak akımlar sebep olabilir.

Monotonluk: Bir DAC, bir sayıcı yardımıyla bütün adımları adımlandığında adım kaçırmaz veya geri adım atmazsa monotoniktir.

Çıkış Yerleşim Zamanı: Bir giriş kelimesindeki değişiklikten sonra çıkışın, son değer en düşük ağırlıklı bitin $\pm 1/2$ 'sine yerleşinceye kadar geçen süredir. Eğer bir DAC çok yüksek bir frekansta çalıştırılırsa, bir sonraki değere değiştirilmeden önce o andaki doğru değere yerleşecek zaman bulamayabilir.



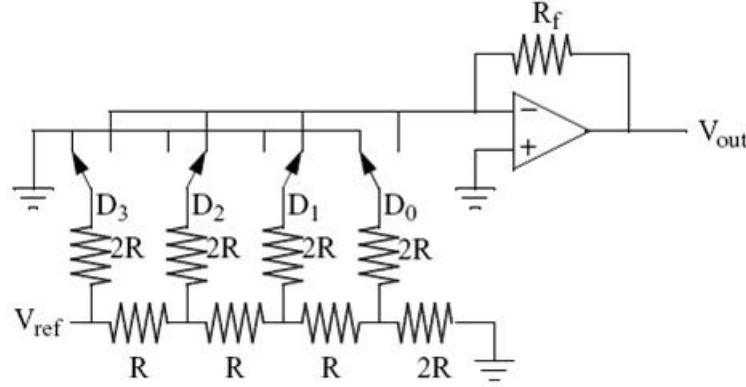
Şekil 2.8 Bir sayısal-örneksel dönüştürücünün temel blok diyagramı

Sayısal-örneksel dönüştürücüler temel olarak dört farklı gruba ayrılabilir:

- Op-Amp Toplayıcı D/A (DAC) Dönüştürücü
- Bit Ağırlıklı D/A (DAC) Dönüştürücü
- R-2R D/A Dönüştürücü (Meredith Modeli)
- Akım Anahtarı Modeli D/A Dönüştürücü

4 bitlik bir sayısal verinin örneksel işarete çevrilmesi problemini göz önüne alalım. Bu

şekildeki bir bit dizisini DAC çeviriciye gönderdiğimiz zaman örneksel çıkışa en az katkıyı LSB (bit 0), en çok katkıyı MSB (bit 3) sağlamalıdır. LSB ve MSB arasındaki her bit kendinden bir önceki bite göre iki kat daha fazla ağırlık yapmalıdır. Çünkü ardışıl bitler arasındaki oran ikidir.



Şekil 2.9 R-2R model DAC temel yapısı

Böyle bir çıkışı üretebilecek R-2R modeli DAC temel yapısı devresi Şekil 2.9'daki gibidir. Bu model akım ölçeklemesi mantığı ile çalışmasına rağmen yükten etkilenmez çünkü akım ölçeklemesini gerçekleştiren direnç sırası, yüksek empedanslı girişi olan bir OPAMP ile takip edildiği için yükteki değişim OPAMP girişindeki akımlara fazla etki etmez. Sadece iki çeşit direnç kullanılması da bir avantajdır. Ancak sayısal girişe ait bitlerin akımı tetikleyebilmesi için örneksel anahtarlar kullanılmaktadır.

Devrede, V_{ref} referans gerilimi ile toprak arasında görünen eşdeğer direnç, örneksel anahtarlardan bağımsız olarak, R 'ye eşittir. Çünkü örneksel anahtarlar $2R$ dirençlerini toprağa anahtarlamasalar bile işlemsel yükseltecin eviren ucu bunları toprak seviyesine çeker. V_{ref} kaynağından çekilen akımın yarısı D_3 ile anahtarlanan koldan, $1/4$ 'ü D_2 ile anahtarlanan koldan, $1/8$ 'i D_1 ile anahtarlanan koldan ve $1/16$ 'sı da D_0 ile anahtarlanan koldan akmaktadır.

2.6.1.2 Örneksel-Sayısal Dönüştürücüler (ADC)

Kontrolü gerçekleştirilen bir yapıya bağlı bulunan algılayıcının çıkışı ya da bir güç kaynağının çıkışı genellikle örnekseldir. Ancak günümüzde otomatik kontrolü sağlayan elektronik devre elemanları (mikrodenetleyiciler veya mikroişlemciler gibi) sayısal yapıda olduğundan örneksel işaretin ADC yapılarından uygun olanı kullanılarak dijital işarete çevrilmesi gerekmektedir.

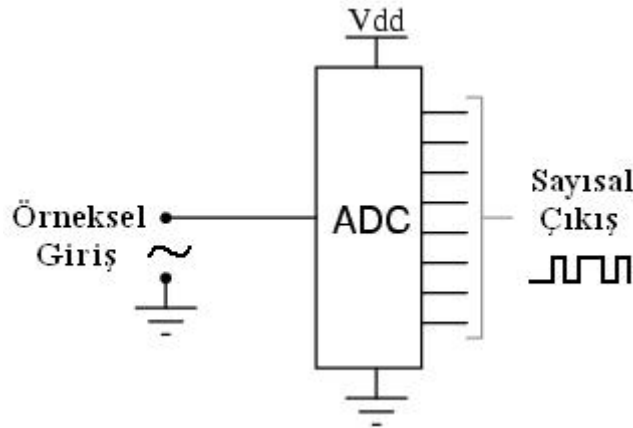
Benzer şekilde örneksel-sayısal dönüştürücülerin de çözünürlük, niceleme hatası, lineerlik, çevrim süresi gibi belirleyici özellikleri mevcuttur. (Hall, 1994)

Çözünürlük: Girişteki örneksel değerin kaç farklı sayısal değere bölünebileceğini ifade eder. Çıkış kelimesindeki bit sayısı n ile ifade edilirse, 2^n bağıntısıyla belirlenir. Örneğin 8 bitlik bir çevirici $2^8 = 256$ farklı örneksel giriş seviyesini ölçekleyebilir.

Niceleme Hatası: Örneksel girişe karşılık gerçek çıkışla beklenen çıkışın karşılaştırılmasıdır. İdeal şartlarda bir ADC için doğruluk, en kötü halde en düşük ağırlıklı bitin (LSB) $\pm \frac{1}{2}$ 'si olmalıdır.

Lineerlik: Gerçek çıkışın örneksel düz çizgi girişine ne derece yakın olduğu ve sapmaların miktarını belirleyen kavramdır.

Çevrim Süresi: Her örneği sayısallaştırmak için geçen süredir. Bu süre, ADC yapısına ve çıkış çözünürlüğündeki bit sayısına bağlıdır. Çevrim süresi yüksekse girişteki örneksel işaretin hızlı değiştiği durumlarda örneksel işaretin bazı noktaları çevrim yapılmadan atlanacaktır. Yüksek çözünürlüklü, düşük hızlı uygulamalarda genellikle çift eğimli ADC yapıları kullanılırken yüksek hızlı, orta çözünürlüklü uygulamalarda ardıl yaklaşım tipi ADC yapıları kullanılır. Çok yüksek hızlı uygulamalarda ise paralel karşılaştırmalı yapılar kullanılmaktadır.



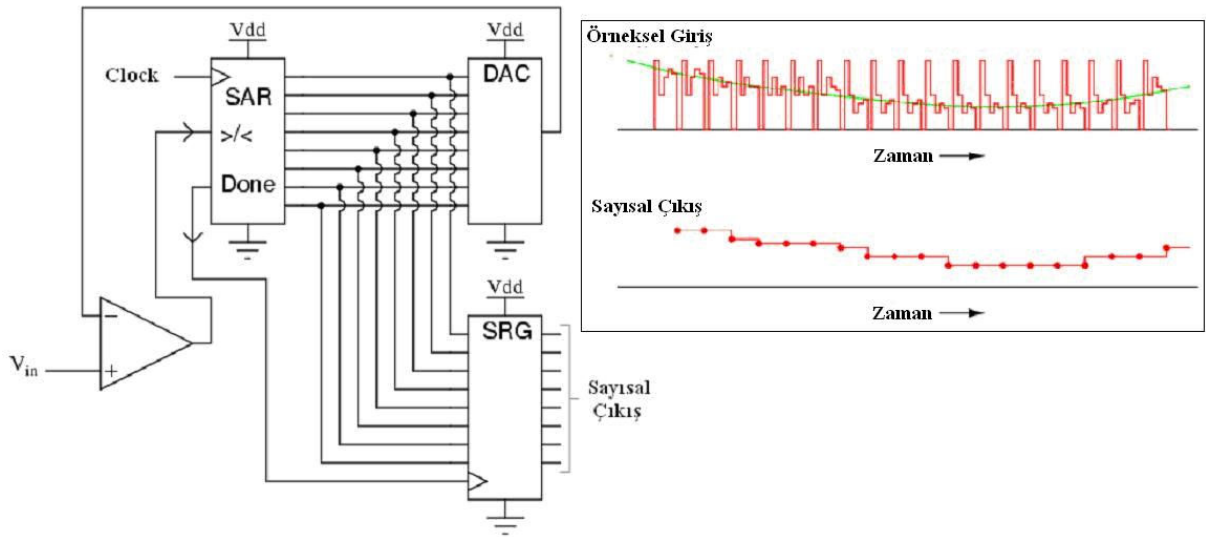
Şekil 2.10 Bir örneksel-sayısal dönüştürücünün temel blok diyagramı

Bir örneksel-sayısal dönüştürücünün girişi gerilim veya akım olabilir. Dönüştürücü çıkışında ise ikilik sayı sistemi ifade edebileceğimiz sayısal işaretler bulunur. Şekil 2.10'da bir örneksel sayısal dönüştürücünün blok diyagramı verilmektedir.

Farklı yapılarda ADC elemanları mevcuttur, bu yapılardan bazıları aşağıdaki şekilde

sıralanabilir:

- Paralel Karşılaştırmalı ADC (Flash ADC)
- Yarı Flash ADC (Half Flash ADC)
- Sayısal Rampa ADC (Sayıcı ADC)
- Ardıl Yaklaşım (Successive Approximation, SAR) Tipi ADC
- İzleyici ADC (Tracking ADC)
- İntegral Alma Yöntemi ile ADC
- Tek-Eğimli ADC Yapısı (Single-Slope ADC Architecture)
- Çift-Eğimli ADC Yapısı (Dual-Slope ADC Architecture)
- Sigma-Delta ADC ($\Sigma\Delta$ ADC)



Şekil 2.11 Ardıl yaklaşım tipi ADC blok diyagramı, giriş-çıkış / zaman karakteristikleri

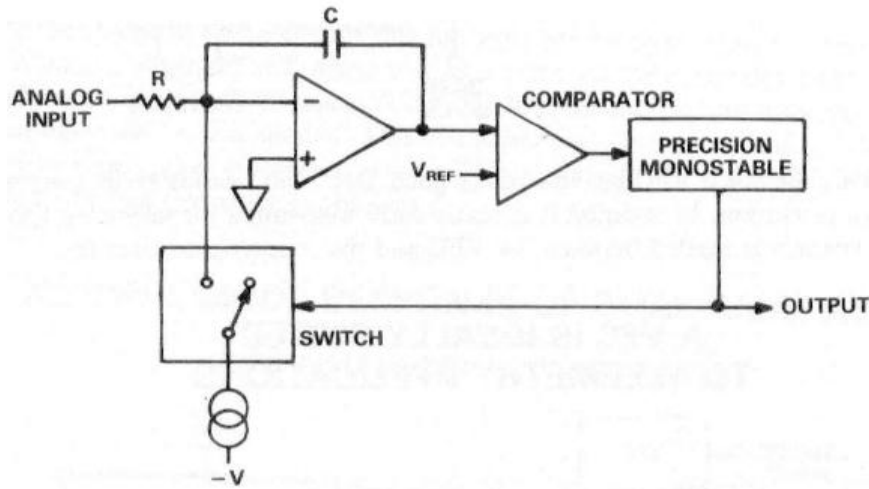
Şekil 2.11’de temel blok diyagramı gösterilen ardıl yaklaşım tipi örneksel-sayısal dönüştürücüler yaygın kullanılan tiplerden biridir, çoğu mikrodenetleyicinin çevre birimleri arasında yer alan ADC yapıları bu tiptedir. En önemli avantajı, sadece n saat darbesiyle n bitlik çözünürlüğün elde edilebilmesidir. Örneğin 8 bitlik bir ardıl yaklaşım tip ADC, sayıcı tipinin gerektirdiği 256 saat darbesine karşın sadece 8 saat darbesi gerektirmektedir. Yapının temelini ardıl yaklaşım kaydedicisi (SAR) oluşturmaktadır. Çevrimin başında ilk saat darbesiyle SAR, DAC’ye giden en ağırlıklı çıkış bitini “1” yaparak DAC çıkışının giriş geriliminden daha büyük veya küçük olduğunu belirten karşılaştırıcı sonucunu bekler. Eğer karşılaştırıcı çıkışı “1” ise, DAC çıkışı V_{in} giriş geriliminden daha küçük demektir ve SAR en ağırlıklı biti “1” olarak bırakır; eğer karşılaştırıcı çıkışı “0” ise DAC çıkışı V_{in} giriş geriliminden daha büyük demektir ve SAR en ağırlıklı biti “0” olarak değiştirir. Her iki durumda da bir sonraki saat darbesinde SAR, bir sonraki ağırlıklı biti “1” yapar ve karşılaştırıcının çıkışına bağlı olarak bu bit “1” olarak bırakılır ya da “0” yapılır. Her seferinde

bir bit deneyerek SAR en düşük ağırlıklı bite kadar bu işlemlere devam eder. Her bit için sadece bir saat darbesi gerekmektedir. Bütün bitler denendikten sonra SAR çevrimin tamamlandığına dair bir sinyal üretir. Ardıl yaklaşımlı ADC'nin dezavantajı, dahili bir DAC gerektirmesidir, ancak yüksek hızlarda bile mükemmel çözünürlüğe sahiptir.

2.6.1.3 Gerilim-Frekans Dönüştürücüler (V/F Dönüştürücü)

Bu dönüştürücüler girişlerine uygulanan gerilim değerleriyle doğru orantılı olarak frekansı değişen bir işaret üretirler. Bu tip çeviricilerin temel kullanım amacı, gürültülü ve sağlıklı veri iletim hatlarında darbe şeklindeki işaretlerin daha sorunsuz bir şekilde gönderilebilme ve algılanabilme özelliğinden yararlanılarak veri iletişimi sağlamaktır. Örnekse işaretleri bir başka örnekse işarete bölme gibi gerçekleşmesi oldukça zor olan yapılarda da kullanılırlar.

V/F dönüştürücüler gerilim kontrollü osilatörlere (VCO) oranla daha geniş frekans aralıklarında çalışabilmeleri, kaynak gerilimi ve sıcaklıktan daha az etkilenmeleri ve daha düşük doğrusal hataya sahip olmaları nedeniyle tercih edilirler.



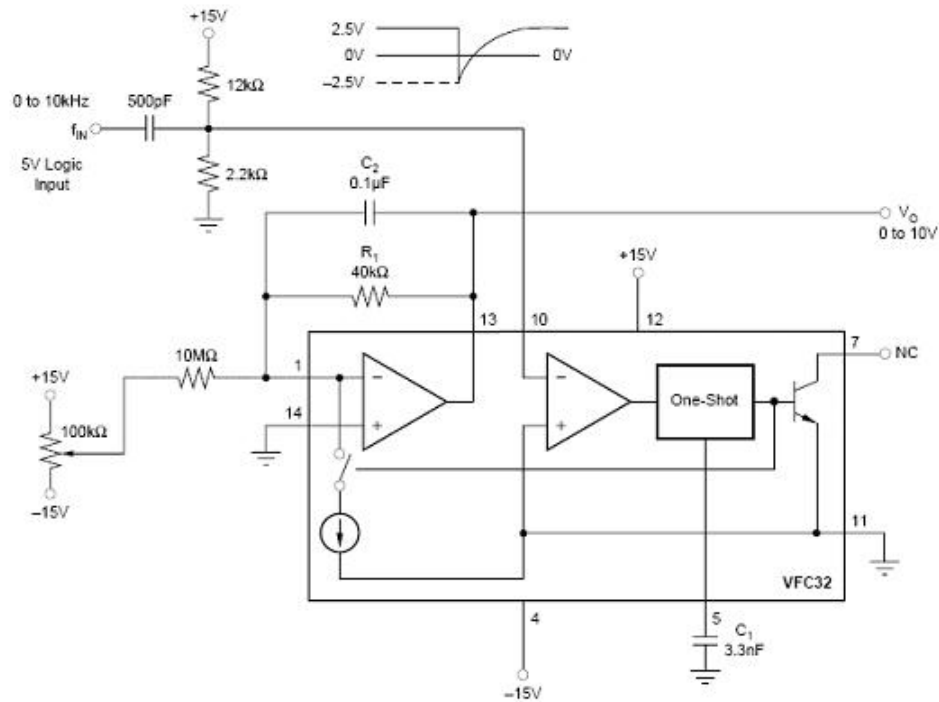
Şekil 2.12 İntegralli V/F dönüştürücü genel yapısı (Uzun, 2007)

Yük dengeleyen V/F çeviriciler, kondansatörün dolup boşalma süresi giriş gerilimiyle orantılı olarak değişen yük pompalarından oluşmaktadır. Girişteki integral alıcı sayesinde kondansatör dolmaya başlar ve gerilim seviyesi karşılaştırıcının referansından büyük olduğu anda karşılaştırıcı tek darbe üreticini çalıştırır ve çıkışa bir darbe verilmiş olur. Darbe üretici aynı esnada anahtarı tetikleyerek kondansatörün boşalmasını sağlar. Böylece giriş geriliminin büyüklüğüyle orantılı olarak çıkışta bir frekans değeri elde edilmiş olur. Giriş gerilimi ne kadar büyükse kondansatör o kadar çabuk dolacağından frekans da o kadar büyük olacaktır.

2.6.1.4 Frekans-Gerilim Dönüştürücüler (F/V Dönüştürücü)

F/V dönüştürücüler girişlerine uygulanan bir işaretin frekansı ile doğru orantılı bir gerilim üreterek V/F dönüştürücülerin tam tersi işi yaparlar. Bu tip çeviricilerin temel kullanım amacı, gürültülü ve sağlıklı veri iletim hatlarında darbe şeklindeki işaretlerin daha sorunsuz bir şekilde gönderilebilme ve algılanabilme özelliğinden yararlanılarak veri iletişimi sağlamaktır. Ayrıca akış hızı ve dakikadaki dönüş sayısı gibi aslında frekans işareti olarak yorumlanabilecek belirli bir zaman periyodundaki tekrarın ölçülme işlemlerinde de kullanılmaktadırlar. Bu alanda kullanılan optik ya da manyetik algılayıcılar dönüş ya da akış bilgisini sayısal bilgiye çevirirler ve bir F/V dönüştürücü ile bu bilgi örneksel işarete çevrilebilir. Böylece bir ibreli voltmetre bize hız bilgisini görsel olarak verebilir.

Yük dengeleyen V/F dönüştürücü ufak bir değişiklikle F/V dönüştürücü haline getirilebilir. Şekil 2.13’de VFC32 tümdevresinin F/V dönüştürücü olarak koşullandırıldığı devre yapısı verilmiştir.



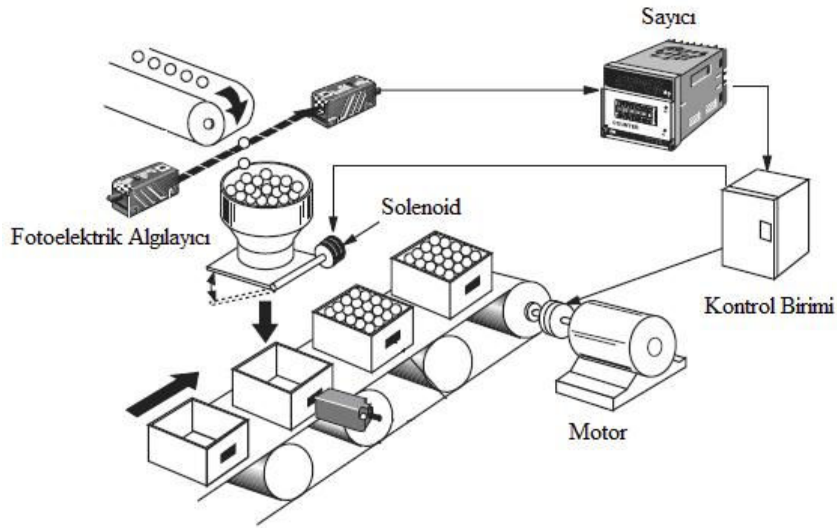
Şekil 2.13 F/V dönüştürücü örneği

2.7 Sayıcılar

Sayıcılar endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak üretim alanında da gelişmeler birbirini izlemektedir. İnsan faktörünün üretim

üzerindeki payının mümkün olduğunca azaltılması, böylelikle üretimin hızlandırılması ve daha kaliteli hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Sayıcılar, sayma işleminin hassas olarak yapılmasını gerektiren durumlarda sıklıkla tercih edilir. Üretimin yapıldığı fabrika veya atölyelerde birim zamanda üretilen nesnenin sayısı ve kalitesi önemlidir, bundan dolayı pek çok uygulamada kritik sayma işlemleri sayıcıların da kullanıldığı sistemlerle yapılır.

Çoğu sistemde elektriksel darbe işareti sayılarak sayma fonksiyonu yerine getirilmektedir. Bunun için yaygın olarak kullanılan teknik “1” den “0”a ya da “0”dan “1”e olan geçişleri saymaktır. Sayıcılar genellikle kontrol edilen süreçle ilgili çıkış üreten anahtar, optik algılayıcı, manyetik algılayıcı gibi algılayıcılarla uyumlu şekilde çalışırlar, ancak bunun için algılayıcı çıkışının yükselteç ve koşullayıcılarla lojik seviyelere dönüştürülmesi gerekmektedir.

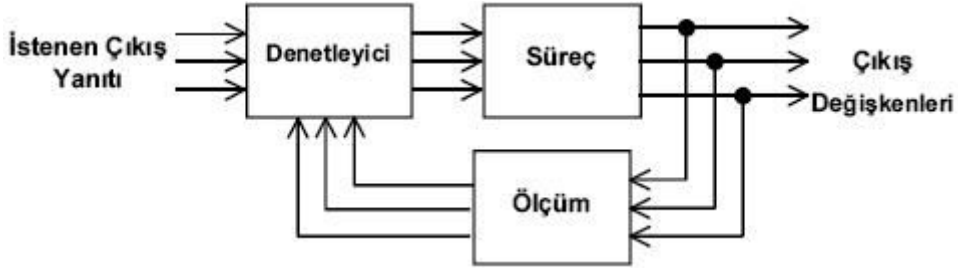


Şekil 2.14 Endüstriyel sayıcı örneği (Atman, 2008)

Şekil 2.14’te endüstriyel bir sayıcı uygulaması verilmiştir. Bu endüstriyel uygulamada, üretim bandında ilerleyen kutulara belirli miktarda nesne konulması gerekmektedir. Bunun için küçük bir banttıan akan nesneler, fotoelektrik algılayıcıların arasından bir kaba düşürülür. Nesneler algılayıcıların arasından ilerledikçe algılayıcı her nesne için bir çıkış üretir ve bu çıkış sayıcıya iletilir. Sayıcı önceden belirlenmiş miktarda nesneyi saydıktan sonra bunu kontrol birimine iletir. Kontrol birimi, bir kutuya konması gereken nesne sayısına ulaşıldığını anlayarak solenoidi tetikler ve kapta birikmiş olan nesneler kutuya dökülür. (Atman, 2008)

3. ÖLÇÜM SİSTEMLERİ VE ENDÜSTRİYEL GİRİŞ-ÇIKIŞ BİRİMLERİ

Ölçme teknolojisi gelişimindeki eğilimlerden, biri ölçüm sistemlerinin geliştirilmesidir. Ölçüm sistemleriyle vurgulanmak istenen; ölçü verisinin elde edilmesi, aktarılması, işlenmesi ve depolanmasına yarayan donanım ve yazılımlar gibi bir dizi materyal ve yapısal kaynaklardır. Şekil 3.1’de kapalı çevrim bir ölçme ve kontrol sisteminin blok diyagramı görülmektedir.



Şekil 3.1 Çok değişkenli kapalı çevrim kontrol sistemi blok diyagramı (Uzun, 2008)

Bir ölçüm sistemini oluşturan birimleri şu şekilde sıralamak mümkündür:

- Algılayıcı
- Veri koşullayıcı ve yükselteç
- Dönüştürücü
- Denetleyici
- Gösterge
- Bilgisayar temelli sistem olması durumunda bilgisayar ve yazılımsal ögeler

Bu tez çalışması kapsamında genel olarak mikroişlemci/mikrodenetleyici temelli ölçüm sistemleri ve özelinde bilgisayar temelli mikrodenetleyici kontrollü ölçüm sistemleri ele alınmaktadır. Bilgisayar terimi ile kişisel bilgisayarlar ifade edilmektedir. Bu bağlamda ele alınan ölçme sistemleri aşağıdaki şekilde genellenebilir:

- Bilgisayarsız ölçüm sistemleri
 - Belirli bir proses için tasarlanmış ölçüm sistemleri
 - Kullanıcı tarafından programlanabilir ölçüm sistemleri (PLC)
- Bilgisayar destekli ölçüm sistemleri
 - Belirli bir proses için tasarlanmış ölçüm sistemleri
 - Programlanabilir ölçüm sistemleri (genel amaçlı giriş-çıkış birimleri)

3.1 Mikroişlemcili / Mikrodenetleyicili Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri

Bilgisayarsız ölçüm sistemlerinde ölçme, veriyi işleme, değerlendirme, gösterme gibi fonksiyonların ve ilgili kontrol adımlarının yürütülmesi işlemlerinin tümü mikroişlemci/mikrodenetleyici tarafından yerine getirilmektedir. Ancak tüm bu görevler

merkezi denetleyicinin ve çevresel birimlerinin yeteneklerine bağlı olarak sınırlı bir çerçevede gerçekleştirilebilir. Oysa ki karmaşık ölçüm işlemlerinin yapıldığı sistemlerde çoğu zaman klavye ve fare gibi giriş birimlerinin, veri işleme ve kaydetme birimlerinin gerekliliği söz konusudur.

3.1.1 Belirli Bir Proses İçin Tasarlanmış Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri

Bu tür sistemlerde ölçülecek fiziksel büyüklükler ve bu ölçümlere göre verilecek tepkiler analiz edilerek bu amaç doğrultusunda sentezleme yapılmaktadır. Adanmış sistemler olarak da ele alınabilirler. Belirli bir işlemi tekrarlayarak yapma temeline dayanırlar. Genel olarak esnek sistemler değildir çünkü sadece o işi yapmak için tasarlanırlar. Günlük hayatta kullandığımız ekipmanlarda ve endüstriyel uygulamalarda çok sayıda örneğini görmek mümkündür. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Bir buzdolabının soğutma çevrimini kontrol eden mikrodnetleyicili kontrol sistemi
- Mikrodnetleyici kontrollü ağırlık ölçme sistemi
- Mikroişlemci kontrollü X-ışınları ölçüm sistemi (Kellegöz, 2000)
- DC iletkenlik ölçüm sistemi (Sözen, 2000)
- Solunum seslerinin kaydedilmesi ve işlenmesi için çok kanallı uzaktan ölçme sistemi (Çiftçi, 2001)
- Nisbi nem ve sıcaklık ölçüm sistemi (Akın, 2004)
- Komple bir kan basıncı ölçüm ve korotkoff sesleri kayıt sistemi (Altunkaya, 2005)
- Bacagazındaki nem miktarının belirlenmesi için otomatik ölçüm sistemi (Çetiner, 2006)
- Ekim makinelerinde elektronik tabanlı tohumlar arası uzaklık ölçme sistemi (Yiğit, 2006)
- Güneş ve rüzgar enerjisi veri toplama sistemi (Yıldırım, 2008)

3.1.2 Kullanıcı Tarafından Programlanabilir Bilgisayarsız Ölçüm Sistemleri

Programlanabilir sistemler, merkezinde yer alan bir mikroişlemci/mikrodnetleyici tarafından kontrol edilen programlanabilir giriş-çıkış birimleridir. Programlama işlemi basit tuş takımı, klavye ya da dokunmatik paneller yardımıyla yapılabilir. Kullanıcı sistem kaynaklarında var olan girişlerin arasından uygun olanları seçerek bunları programlama yoluyla istediği şekilde koşullayabilir. Sistemin yapısına bağlı olarak girişlerde ölçülen büyüklüğe göre uygun bir çıkış birimi yardımıyla kontrol algoritması gerçekleştirebilir. En geniş kapsamlı uygulamaları PLC temelli otomasyon sistemleri olmakla birlikte bazı örnek uygulamalar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- PLC kontrollü bina güvenlik sistemi
- PLC kontrollü üretim bandı
- Endüstriyel robot kullanımıyla koordinat ölçme sistemi
- Programlanabilir röleler
- Programlanabilir sayıcı ve zamanlayıcılar

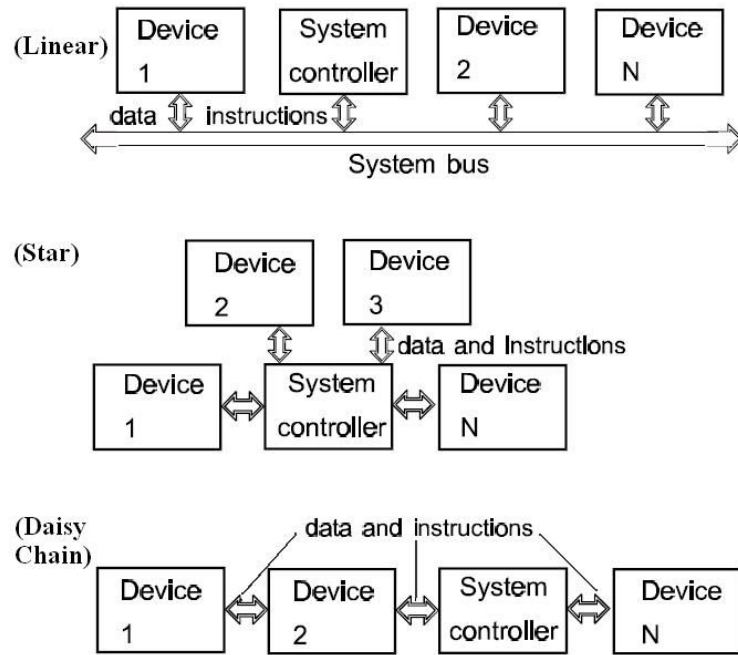
3.2 Mikroişlemcili / Mikrodenetleyicili Bilgisayar Destekli Ölçüm Sistemleri

Bilgisayar tabanlı ölçüm sistemleri olarak adlandırılan kişisel bilgisayarlı ölçüm sistemleri büyük önem taşımaktadır. Bilgisayarlı ölçüm sistemleri bir ölçüm aracı ve sistem denetleyicisi olarak kullanılan bir bilgisayardan oluşan, en basit haliyle iki içerikli sistemlerdir. Gerek endüstriyel gerekse araştırma ve ölçüm laboratuvarlarında kişisel bilgisayarların yaygın kullanımı göz önüne alındığında, bilgisayarlı ölçüm sisteminin kurulması genellikle ayrı bir bilgisayarın alınmasını gerektirmez, aksine var olan bilgisayarların kullanımına olanak sağlar. Bu durum özellikle geçici ölçme görevlerini yerine getirmek üzere bilgisayarlı ölçüm sistemlerinin kurulduğu durumlarda önemli ve ekonomik açıdan etkilidir. Basit bir ölçüm sistemini kurmak için var olan bilgisayarların kullanılması olasılığının böyle bir sistemin kurulum masraflarını önemli ölçüde düşürdüğü açıktır.

3.2.1 Bilgisayarlı Ölçüm Sistemlerinin Yapısı

Ölçüm sisteminin tasarlanması ve işletilmesindeki önemli bir sorun sistemdeki bilgi akışının organizasyonudur. Bu organizasyon için iki önemli kıstas şunlardır:

- 1) Bilgisayar ile ölçüm birimi arasındaki bilgi aktarımının türü; seri (bit-bit) veya paralel (multibit). Bu kıstasa göre, seri ve paralel arayüzlü sistemler vardır.
- 2) Sistem bileşenleri arasındaki bilgi akışını belirleyen ağ topolojisi; doğrusal hat topolojisi (bus), yıldız topoloji (star), papatya zinciri (daisy chain), vb.

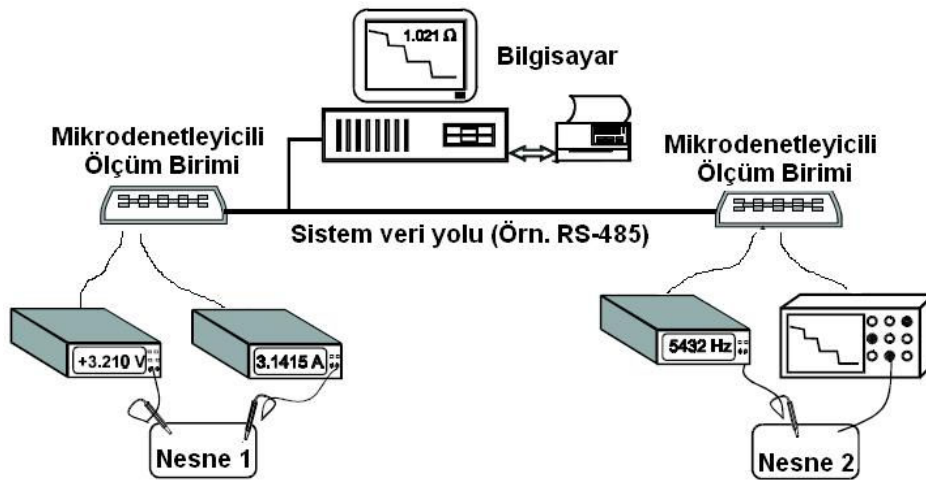


Şekil 3.2 Bilgisayarlı ölçüm sistemi bileşenleri bilgi aktarım topolojisi (Nawrocki, 2005)

- Lineer yapılandırma en sık kullanılanıdır; bu yapılandırmada sistem cihazları arasındaki komut alış-verişi sistemin ortak veri yolu üzerinden gerçekleştirilmektedir. Lineer yapılandırma, cihaz ekleyerek veya bir cihazın bağlantısını keserek sistem yapısının değişimini mümkün hale getirmektedir.
- Yıldız yapılandırması bilgisayarda sistemdeki cihaz sayısı kadar giriş-çıkış noktası gerektirmektedir. Bu yapılandırması avantajı sistemdeki cihazların adreslenmemesidir çünkü her biri kendilerine ayrılmış noktadan bilgisayara bağlanırlar, ancak ölçüm sistemi çok sayıda aygıt içerdiğinde böyle bir sistemde değişiklik yapmak oldukça zordur.
- Veri alış-verişinin yalnızca komşu birimler arasında mümkün olduğu papatya zinciri yapılandırması daha da az esnektir. Sınırlı bilgi akışının olduğu basit ölçüm sistemlerinde kullanılır.

Bilgisayarlı ölçüm sistemi yapıları değerlendirildiğinde, pek çok ölçüm sisteminin yalnızca iki bileşenden oluştuğunu hatırlamak gerekir; bilgisayar ve ölçüm aygıtı.

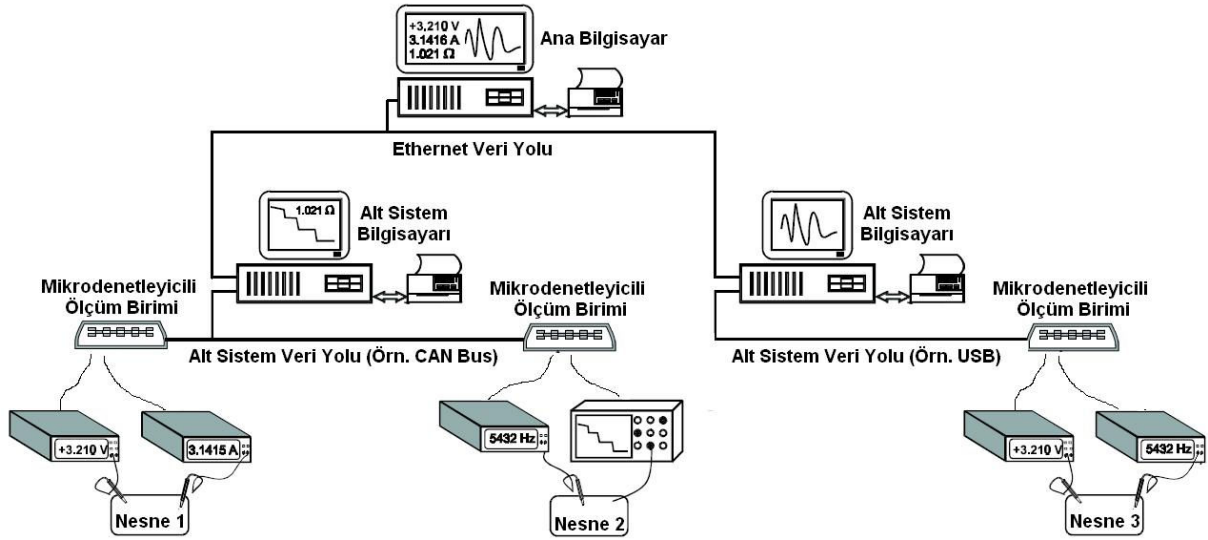
Basit bir bilgisayarlı ölçüm sistemindeki veri akış süreci Şekil 3.3'te gösterilmiştir. Ölçüm sistemlerinin, özellikle endüstriyel uygulamalarda çoğunlukla bir denetleme-ölçüm sisteminin parçası olduğunu belirtmek gerekir. Ölçüm verisi ölçülen nesnelerin belirli özelliklerini algılamak, nesneleri ve süreci denetlemek ve nesnelerin durumlarını görüntülemek için kullanılır.



Şekil 3.3 Basit (tek katmanlı) bir bilgisayarlı ölçüm sistemi örneği

Bazı durumlarda birden fazla bilgisayar gerektiren daha karmaşık ölçüm sistemleri hiyerarşik yapıda kurulabilir (Şekil 3.4). En alt seviyede ölçüm ve veri toplamak üzere ayarlanmış alt ölçüm sistemleri yer alır. Alt sistemler farklı bir bölgeye yerleştirilir (örneğin üretim alanındaki farklı merkezlere ve laboratuara). Bu gibi alt sistemlerden alınan veriler izleme odasında yer alan bilgisayara gönderilir, bu durumda bu bilgisayar ölçüm sisteminin ana bilgisayarı konumundadır.

Sistemin ana bilgisayarı yalnızca ön işleme tabi tutulmuş ölçüm verisini almakla kalmaz, aynı zamanda bir ölçüm prosedürünün yerine getirilmesi veya sistem aygıtları (örneğin giriş-çıkış birimleri ya da kontrol birimleri) için alt sistemlere bir dizi komut gönderir. Hafıza kaynakları, veri gösterimi ve veri saklama cihazlarını da yönetir. Ana bilgisayar, toplanan ölçüm verilerinin analizi, ileri seviyede işleme ve veri sunumu için programlanabilir.



Şekil 3.4 Hiyerarşik yapıdaki bilgisayarlı ölçüm sistemi örneği

Hiyerarşik ölçüm sisteminde yer alan farklı seviyelerdeki alt sistemler farklı arabirim standartlarında çalışabilir. Böyle bir yapının gerçekleştirilmesi için, alt sistemdeki bilgisayarların gerekli arabirimlerle donatılması gerekir (IEEE-488, RS232/485, USB, Profibus, PCI, VXI, Ethernet, vb.).

3.2.1.1 Bilgisayar Mimarisi

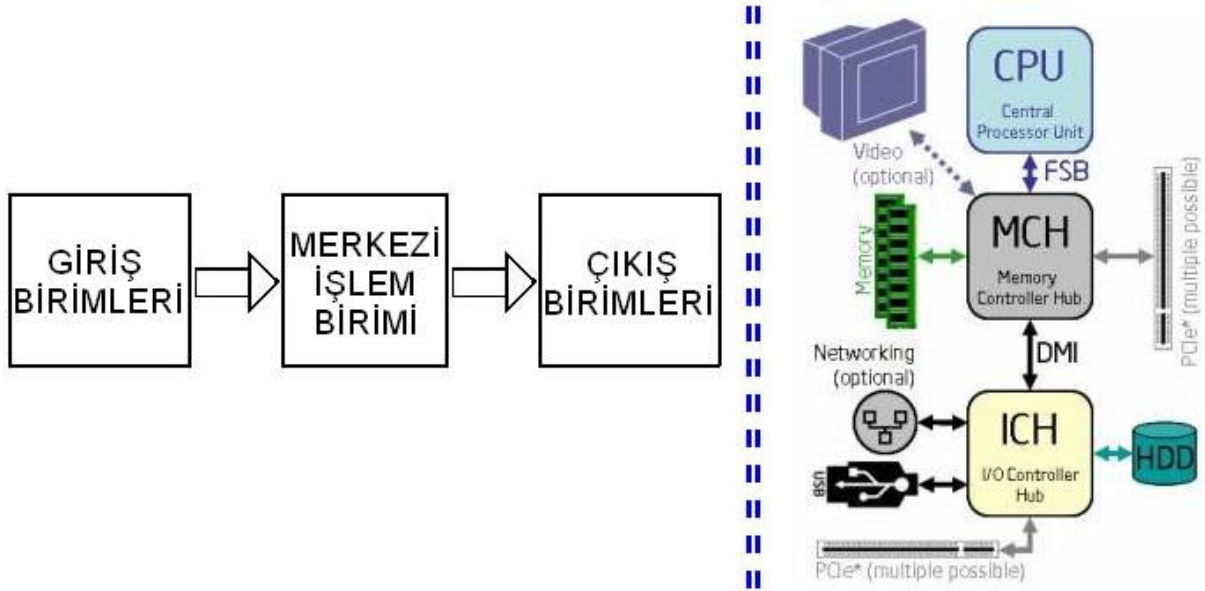
Bilgisayar temelli ölçüm sistemlerinin yaygın kullanımı donanım ve yazılım alanındaki gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Standart yapılandırmadaki bir bilgisayar çoğu zaman basit ya da orta seviyedeki bir ölçme sistemi için yeterlidir. Hatta sıklıkla kullanılan iki adet arabirim (seri giriş-çıkış, RS232 ve paralel giriş-çıkış, LPT) çoğu bilgisayarda donanım ve sürücü yazılımı bazında standart olarak bulunmaktadır. Bu ikisi dışında kullanılacak bazı arabirimler için sadece sürücü yazılımı (USB), bazıları için de hem donanım hem de sürücü yazılımı yükseltmesi gerekmektedir (PCI).

Bilgisayarlı bir ölçüm sisteminde bilgisayarın temel görevleri şu şekilde sıralanabilir:

- Sistem kontrol fonksiyonları (ölçüm birimlerinin ve veri akışının kontrolü)

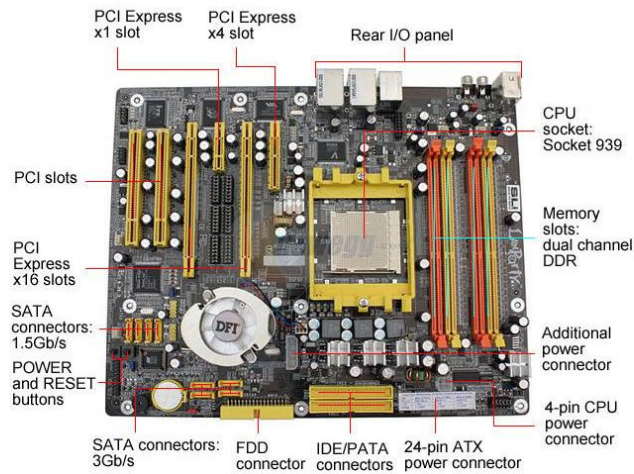
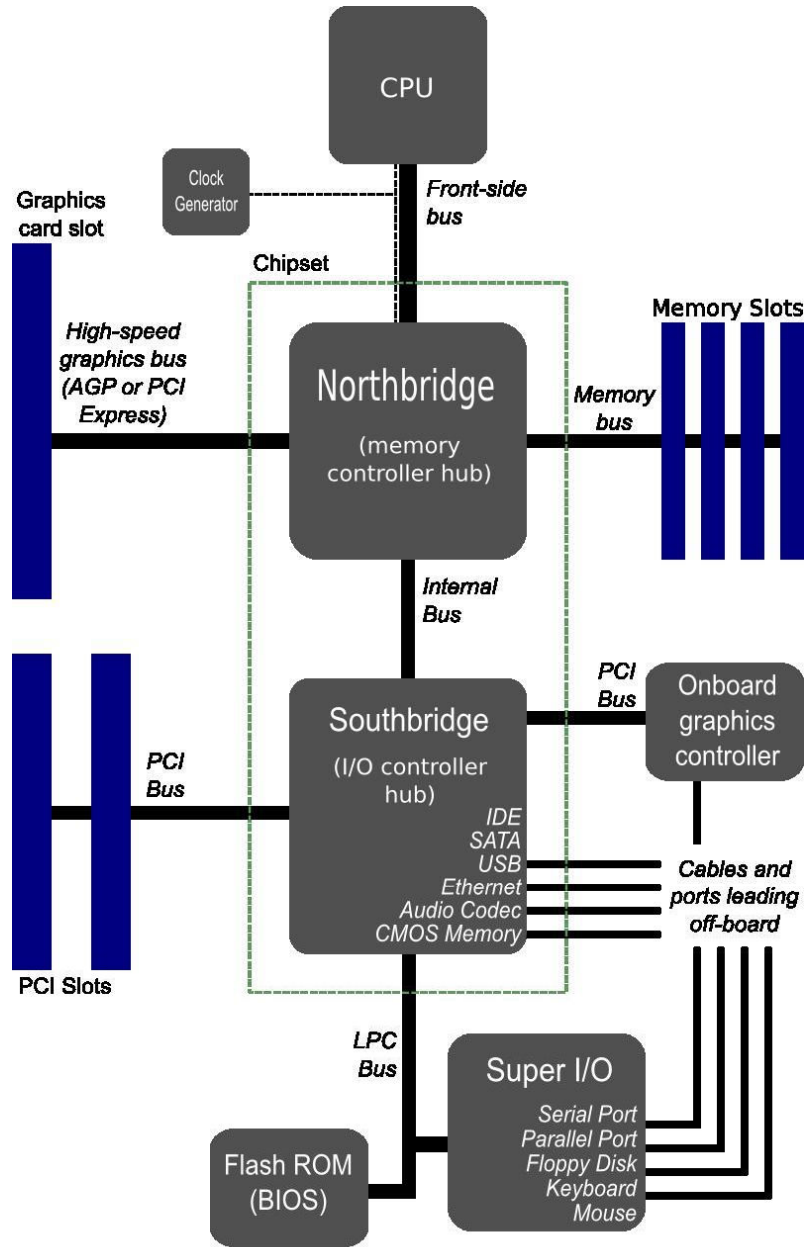
- MATLAB, LabVIEW gibi özel yazılımlardan da yararlanarak geniş anlamda veri işleme
- Çevresel birimlerinin denetimi (monitör, klavye, fare, vb.)
- Veri depolama
- Ölçüm işlemi dışındaki veri akışının yönetimi (örneğin ölçüm verisinin internet ortamında sunulması)

Bu görevleri yerine getirebilecek bir bilgisayarın genel blok diyagramı Şekil 3.5'te görülebilir.



Şekil 3.5 Kişisel bilgisayar genel blok diyagramı

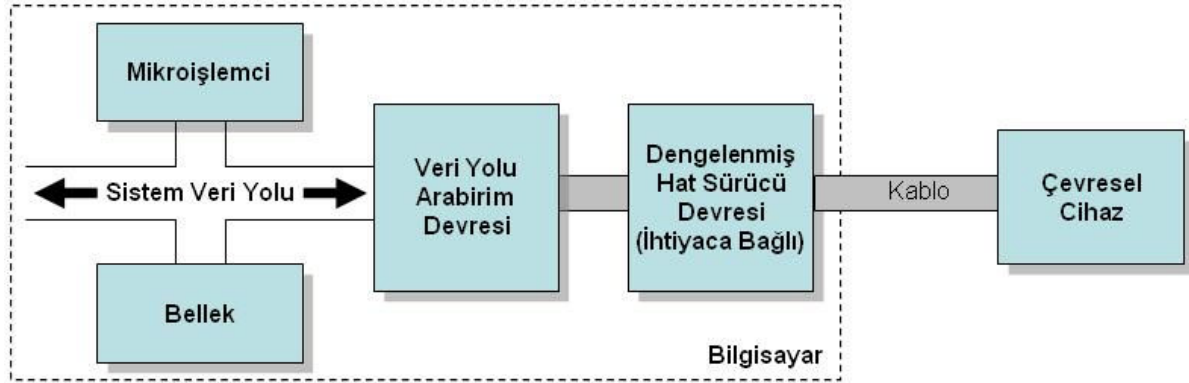
Bir bilgisayar sistemi birçok anakart, işlemci (CPU), bellek (RAM), sabit disk (HDD), görüntü (ekran kartı), ses kartı, klavye ve fare gibi donanımsal parçanın birleştirilmesiyle oluşmaktadır. Tüm bu parçaların oluşturduğu bütün, amaca uygun sürücü yazılımlarıyla desteklenerek bilgisayar sistemine işlev kazandırır. Bilgisayarın temel birimi işlemcidir ve geri kalan birimlere ön veri yolu (FSB) ile bağlıdır. Kuzey köprüsü de denilen MCH yongası işlemci ön veri yolu ile bellek (RAM) ve AGP/PCI Express gibi veri yollarını yüksek bir hızla birbirine bağlarken, diğer tarafta da iç veri yolu üzerinden ICH yongasına bağlanır. Güney köprüsü de denilen ICH yongası, genel amaçlı PCI veri yolu ve sabit disk için IDE/SATA veri yolları ile klavye/fare giriş-çıkış birimleri, ses birimi, seri arabirim, paralel arabirim, USB arabirim, ethernet arabirim gibi birimleri denetler. Endüstriyel sistemler için oldukça önemli bir yongadır çünkü bilgisayar dışındaki birimlere bağlantı bu birimin denetiminde yapılmaktadır, dolayısıyla yetenekleri bir ölçüde harici sistemin yeteneklerini de belirleyecektir. Bir kişisel bilgisayarın mimari yapısı ve örnek bir anakart Şekil 3.6'da verilmiştir.



Şekil 3.6 Kişisel bilgisayar mimarisi ve örnek bir anakart

3.2.1.2 Kişisel Bilgisayarda Veri Yolu ve Arabirim

Bir haberleşme kanalı, bilginin aktarılabilirdiği bir yolu tanımlar. Bilgisayarların modern mimarileri çevresel birimlerin olduğu kadar ilave kart ve donanımların da bağlanmasına kolaylık sağlar. Harici donanım kartları (örneğin endüstriyel bir ölçüm sisteminin veri akışını kontrol eden bir donanım), bilgisayar veri yollarına anakart üzerinde yer alan ve bu iş için ayrılmış soket ve konektörlere arabirim türüne göre bağlanır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Genel bir çevre biriminin bilgisayara bağlantısı

Veri yolu bilgisayarın içindeki parçalar arasında ya da bilgisayarlar arasında verileri ve gücü transfer eden bir alt sistemdir. Verilerin yanında kontrol sinyalleri ve adres bilgileri de taşınır. Kontrol sinyalleri ile donanım birimlerinin çalışmaları düzenlenirken, adres bilgileri ile donanım biriminin kullandığı verilere ulaşım yolu tanımlanmış olur. Veri yolu genellikle aygıt sürücü (device driver) yazılımı tarafından kontrol edilir. Dış veri yolu olan arabirimler, sürücü yazılımı ile tanımlanmış elektriksel ve mekanik detayların ve bağlantı metotlarının bir araya geldiği yapısal model olarak da ele alınabilir. ISA, PCI, PCIe, AGP, DMI gibi veri yolları iç veri yolu olarak ele alınırken, seri arabirim, paralel arabirim, PS/2, USB, Ethernet gibi veri yolları da dış veri yolu olarak ele alınırlar.

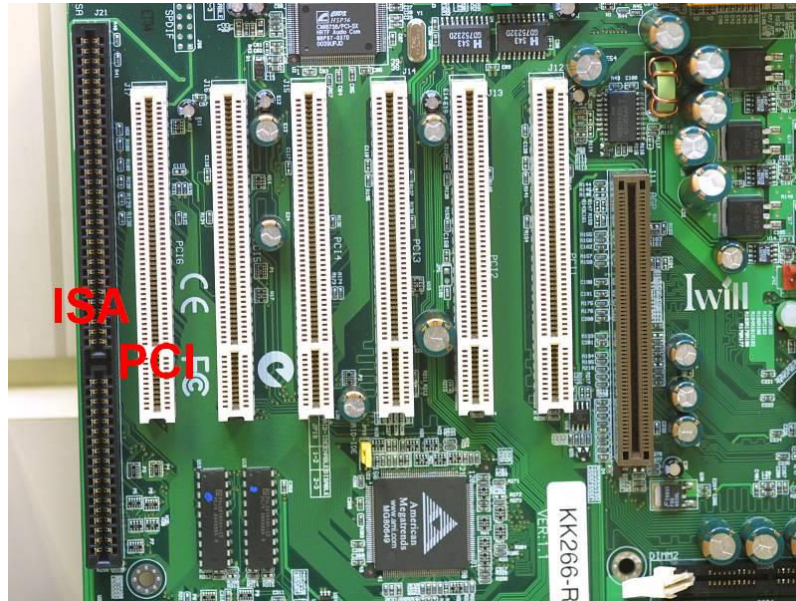
Veri yolları verileri çok kanaldan çoklu bitler (kelimeler) şeklinde ileten *paralel veri yolu* ya da tek kanal üzerinden bit bit ileten *seri veri yolu* biçiminde olabilir. Veri hızı arttıkça, zamanlamada çarpıklık ve veri kanallarındaki sinyallerin girişimi gibi problemlerin üstesinden gelmek daha zorlaşır. Çoğunlukla, daha az elektriksel bağlantısı olmasına rağmen, zamanlamada çarpıklık ve sinyal girişimi ile karşılaşmadığından seri veri yolu daha yüksek veri derecelerinde paralel veri yoluna oranla daha iyi iş görür. Ancak seri veri yollarını da elektriksel olarak tek telli yapılar olarak düşünmemek gerekir, fazladan güç ve kontrol bağlayıcıları, farksal sürücüler, vb. yapıların eklenmesi, birçok seri veri yolunun ikiden daha

fazla iletkene sahip olduğu anlamına gelir. Dolayısıyla arabirimler de en genel anlamda *seri* ve *paralel* olmak üzere ikiye ayrılırlar. Veri iletişim hızlarının belirlenmesi gereksinimi, bant genişliği kavramını doğurmuştur. Örneksele iletişimde bant genişliği, belirli bir aralıktaki en yüksek ve en düşük frekanslar arasındaki fark anlamındadır. Bir örneksel telefon hattı, taşıyabileceği en düşük (300Hz) ve en yüksek (3.3kHz) frekanslar arasındaki fark olan 3kHz'lik bir bant genişliğine izin verir. Sayısal iletişimde ise bant genişliği, bir saniye içinde aktarılan bit sayısı (b/s) şeklinde ifade edilir.

Endüstriyel sistemlerde sık kullanılan bilgisayar veri yolları ve arabirimleri aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

3.2.1.3 ISA Veri Yolu

1984 yılında geliştirilmiş 16 adet veri aktarım bitine sahip bir paralel iç veri yoludur. 8-bit ve 16-bit çalışma modunu destekler. Teorik olarak saniyede 8 MByte transfer yapabilmektedir. Pratikteyse en fazla 1~2 MByte/s hızında çalışabilmektedir. Şekil 3.8'de bir bilgisayar anakartı üzerindeki ISA bağlantı noktası görülebilmektedir. Standartlarda ISA bağlantı noktasının her bir ucunun fonksiyonel ve elektriksel özelliği ile mekanik detayları tanımlanmıştır. Tasarlanan harici donanımların bu standartlara uyması beklenmektedir, böylelikle anakart üzerinde yer alan yuvaya (soket) doğrudan oturtulabilirler. 1993 yılında ISA veri yoluna tak-çalıştır (Plug&Play) özelliği eklense de çoğu giriş çıkış kartı için yeterli veri hızı sağlanamadığı için ISA yerini PCI veri yoluna bırakmıştır.

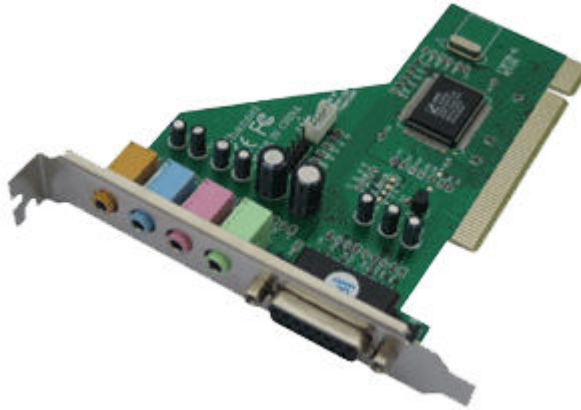


Şekil 3.8 Bir bilgisayar anakartı üzerinde yer alan ISA ve PCI bağlantı yuvaları

3.2.1.4 PCI Veri Yolu

1993 yılında kullanıma sunulmuş tak-çalıştır özellikli 32-bit / 64-bit paralel iç veri yoludur. Bilgisayara yeni bir PCI kartı takılıp sistem yeniden başlatıldıktan sonra tak-çalıştır BIOS birimi tarafından harici donanım üzerinde bulunan 256Byte PCI yapılandırma bellek alanı okunur ve ESCD tablosu ile karşılaştırılır. Donanım yeni takılan bir birim olduğundan BIOS tarafından bellek adresi, IRQ, DMA ve giriş çıkış adresi gibi yapılandırma bilgileri atanır. İşletim sistemi yüklendiğinde ESCD tablosunu kontrol ederek yeni bir donanım eklendiğini algılar ve donanım tanımlama bilgisine göre uygun bir sürücü varsa yükler, yoksa da kullanıcıdan uygun sürücü yazılımının yüklenmesini ister.

32-bitlik veri yolu genişliği için $[33.3 \text{ MHz} \div (32 \text{ bit} \div 8 \text{ bit}) = 133 \text{ MByte/s}]$ veri iletişim hızına sahiptir. Şekil 3.8’de bir bilgisayar anakartı üzerindeki PCI bağlantı noktası görülebilmektedir. Benzer şekilde standartlarda PCI bağlantı noktasının her bir ucunun fonksiyonel ve elektriksel özelliği ile mekanik detayları tanımlanmıştır. Tasarlanan harici donanımların bu standartlara uyması beklenmektedir, böylelikle anakart üzerinde yer alan yuvaya (soket) doğrudan oturtulabilirler (Şekil 3.9).



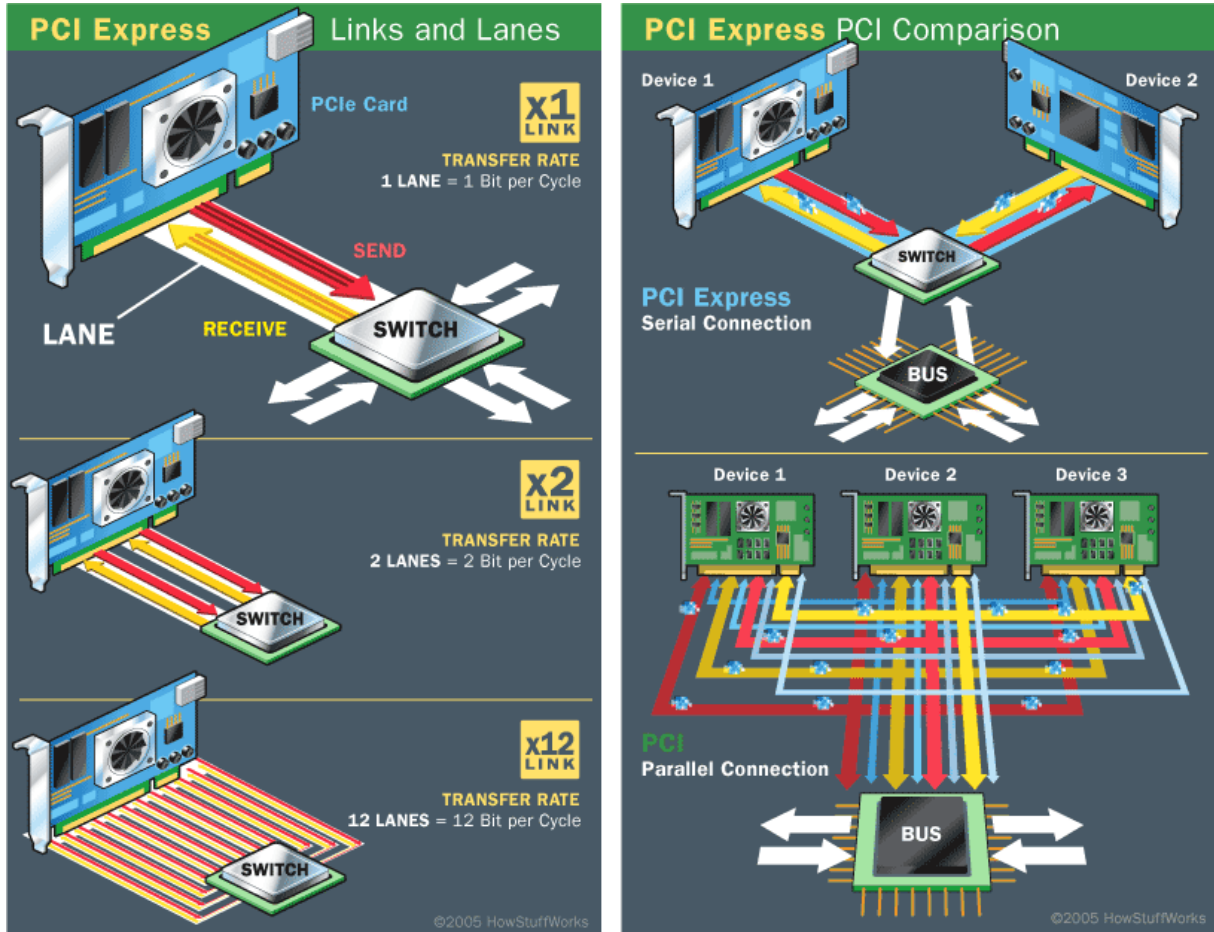
Şekil 3.9 Bir PCI kart örneği

3.2.1.5 PCIe Veri Yolu

PCI Express, PCI veri yolunda kullanılan paralel veri iletimi mimarisinin yerine seri yapıda çalışan ve noktadan noktaya iletişim mimarisini kullanan bir iç veri yoludur. Bu fark fiziksel ve veri aktarım katmanlarında olduğu için yazılım katmanında PCIe, PCI ile uyumludur.

İki PCIe aygıtı birbirlerine en az bir seri hattın oluşan veri kanalıyla bağlanır. Bu hatların sayısı ihtiyaç duyulan bant genişliğine göre 1, 2, 4, 8, 16 ya da 32 olarak seçilebilir. Veriler

farksal yöntemle iletilmektedir. Bir seri hatta iki adeti gönderme (V^+/V^-) ve iki adeti de alma olmak üzere toplam 4 tel varmış gibi düşünülebilir. PCIe 1.1 sürümünde bu voltaj diferansiyeli karşıt yönlerde saniyede 250MByte/s veri taşıyabilen bir sinyal çiftini oluşturur. Şekil 3.10'da PCIe veri yolu anahtarlama mantığı ve PCI veri yolu ile karşılaştırılması verilmiştir. PCI veri yolunu kullanan cihazlar birbirleriyle paralel olacak şekilde ortak bir veri yoluna bağlanırken PCIe veri yolunu kullanan cihazlar anahtara ayrılmış bir hat üzerinden bağlanırlar.



Şekil 3.10 PCIe yapısı ve PCI ile karşılaştırılması (HowStuffWorks, 2005)

Şekil 3.11'de bir adet x1, x8 ve x16 PCIe veri yolu bağlantı noktaları görülebilir. Standartlarda PCI bağlantı noktasının her bir ucunun fonksiyonel ve elektriksel özelliği ile mekanik detayları tanımlanmıştır. Her yuvaya, en fazla kendi taşıdığı hat sayısı kadar hat taşıyabilen kartlar takılabilir. Örneğin x4 büyüklüğündeki bir PCIe yuvasına x1, x2 ve x4 büyüklüğündeki PCIe kartları takılabilir.

Farklı genişlikteki PCIe kartlarına dair örnekler Şekil 3.12’de verilmiştir.



3.2.1.6 Seri Arabirim (RS-232)

Bit bazında iletimin yapıldığı bir dış veri yolu olan seri arabirim, uygulama kolaylığı ve çoğu bilgisayarda yer alması gibi nedenlerle yaygın olarak kullanılmakta olup, RS-232 standardı ile özdeşleşmiştir. RS-232, iki cihazın seri olarak ikili veri haberleşmesinde kullanılan bir standarttır. Haberleşme sırasında kullanılan gerilim seviyeleri, veri transfer hızları, işaretlerin yükselme ve düşüş süreleri gibi elektriksel işaret karakteristiklerini; haberleşmede kullanılan kabloların bağlandıkları soketlerin şekil ve uç tanımlamalarını; arayüz bağlantısında kullanılacak devrenin fonksiyonlarının neler olduğunu tanımlamıştır. Saat işareti olmadığından veri iletimi asenkron olarak yapılır, dolayısıyla veri iletişim hızları gönderici ve alıcıda aynı olmalıdır. Gönderme, alma ve kontrol uçlarının kullanıldığı seri arabirimde “0” seviyesi -3V ile -15V, “1” seviyesi ise 3V ile 15V arasında bir gerilim değerine karşılık gelmektedir.

3.2.1.7 Paralel Arabirim

Bir dış veri yolu olan paralel arabirim, 8 bitlik paralel veri transferinin yapıldığı ve çoğu bilgisayarda yer alan yazıcı portu ile özdeşleşmiş bir arabirimdir. Seri arabirimlerin uygulama kolaylığı ve özellikle USB arabiriminin gelişimi sonucunda güncelliğini yitirmişse de, geçmişe yönelik endüstriyel sistemlerin desteklenebilmesi için bazı uygulamalarda hala kullanılmaktadır.

3.2.1.8 USB Arabirimi

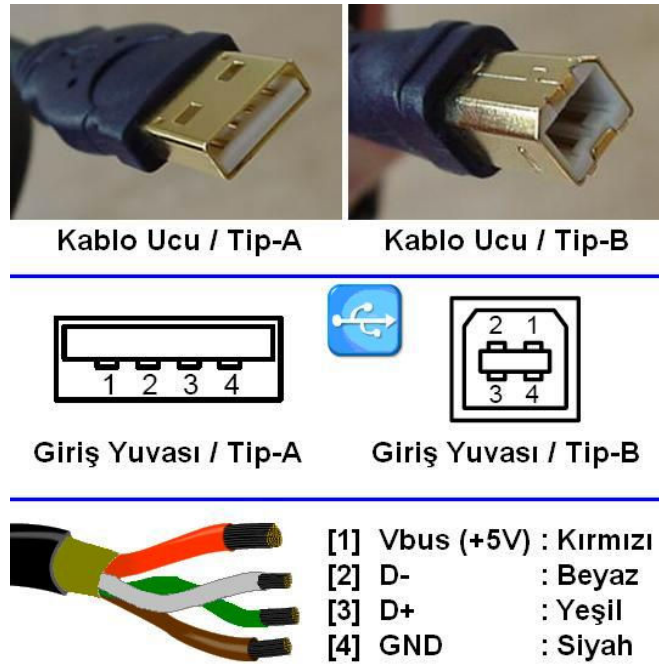
Harici donanımların bilgisayar ile bağlantı kurabilmesini sağlayan, farksal yapıli bir seri veri yoludur. Hızlı ve güvenilir veri iletimi, esneklik, düşük maliyet ve güç tasarrufu USB’yi yaygın kullanılan arabirimlerden biri haline getirmiştir. USB 1.0, USB 1.1 ve USB 2.0 sürümleri mevcuttur ve her sürüm öncekileri de desteklemektedir. Farklı USB sürümleri için veri iletim hızları şu şekilde sıralanabilir:

- USB 1.0: 1.5Mbps (Düşük Hız, Low Speed)
- USB 1.1: 12Mbps (Tam Hız, Full Speed)
- USB 2.0: 480Mbps (Yüksek Hız, High Speed)

USB arabiriminin pek çok avantajı vardır. Tak-çalıştır yüklemesini destekleyen USB arabirimi aynı zamanda *hot plugging* özelliğine de sahiptir, yani işletim sistemi çalışırken aygıt bağlanabilir veya bağlantısı kesilebilir, bunun için bilgisayarı kapatmak veya yeniden başlatmak zorunda kalınmaz. USB veri yolu üzerinden 127 adede kadar cihaz bağlantısı

desteklenmektedir. USB'nin güvenilirliği donanım tasarımından ve transfer protokollerinden kaynaklanır. USB bağlantı noktaları, aygıtlar ve kablolarla yönelik donanım spesifikasyonları, veri hatalarına yol açan gürültünün büyük kısmını elimine etmektedir. USB protokolü, veri hatalarının tespitini mümkün kılmakta ve vericiyi yeniden gönderim yapabileceği konusunda bilgilendirmektedir. Tespit, bildirim ve yeniden iletim programlama ya da kullanıcı müdahalesine gerek olmadan donanımda çözülmektedir.

Veri yoluna entegre edilmiş +5V güç beslemesi ile çoğu USB arabirim devresinden yaklaşık 500mA akım çekmek mümkündür. Hat beslemeli (bus powered) yöntemle harici bellek, klavye, fare, modem, kamera gibi çevresel birimlerin yanında endüstriyel veri toplama sistemleri gibi birçok uç aygıt harici güç beslemesine ihtiyaç duymadan çalıştırılabilir. Şekil 3.13'te sık kullanılan USB konektörleri ve kablo yapısı verilmiştir. Tip-A giriş yuvası *host* üzerinde bulunurken Tip-B giriş yuvası cihaz üzerinde yer almaktadır. Mini-A ve Mini-B ile Mikro-AB ve Mikro-B tipi konektörler de kullanılmaktadır.



Şekil 3.13 USB konektörleri uç tanımlamaları ve kablo renk kodlaması

Önceki arabirimlerden karmaşık olmakla birlikte, USB'nin devre elemanları pahalı sayılmazlar. USB arabirimli bir cihazın maliyeti, en fazla eskilerin maliyeti kadardır. Çok ucuz çevrebirimleri düşünülürse, yüksek hız seçeneğine başvurulmak kaydıyla son derece düşük maliyetlerle çalışmak mümkündür.

Tasarruflu devreler ve kod sayesinde, kullanılmayan USB cihazlarının gücü kesilir. Ancak bu

durumda bile cihazlar gerektiğinde yanıt vermeye hazırdırlar. Bu özelliğin asıl yararı, genel tasarrufa ek olarak, bir mili amperin bile önemli olduğu pilli bilgisayarlarda ortaya çıkar.

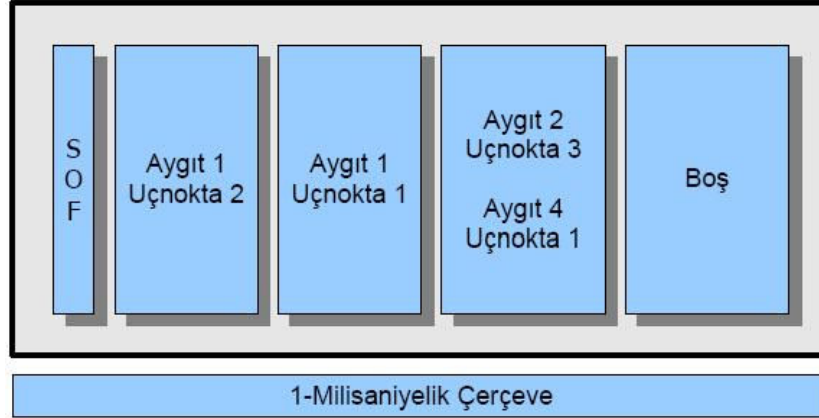
USB arabiriminin dezavantajları denildiğinde akla ilk olarak mesafe kısıtlaması gelmektedir. Masaüstü arabirimi olarak tasarlandığından kablo uzunluğu düşük hızlı cihazlar için 3 metre, tam hızlı ve yüksek hızlı cihazlar için 5 metre olarak sınırlandırılmıştır. Bir başka dezavantaj, aynı seviyedeki iki aygıtın kendi aralarında haberleşememesidir. Örneğin iki mikrodenetleyici asenkron seri protokol kullanarak haberleşebilirken USB sistemlerde bu söz konusu değildir. Oturum temelli haberleşmeyi yöneten bir *host* aygıt olması gerekmektedir. Ayrıca USB aygıtların satılabilmesi için cihazın üretici kimliğine (Vendor ID) ve ürün kimliğine (Product ID) sahip olması gerekir. Bu kimlik uluslararası USB organizasyonuna kaydolunarak ücret karşılığı alınmaktadır.

USB Arabirimi Çalışma Prensipleri

Bir USB cihazı (device) USB bağlantı noktasına takıldığında USB konektörü üzerindeki güç hattının varlığını algılayarak, pull-up direncini anahtarlayarak hatta bağlı olduğunu *host* birime bildirir. Bir aygıt takıldığı anlamına gelen bu prosedürden sonra *host* tarafından başlatılan bir veri alış verişi olur, buna *listeleme* ya da *numaralandırma* (enumeration) denir. Bu işlem sırasında *host*, aygıt tanımlamalarını (device descriptor) alır. Aygıt tanımlamaları, Vendor ID, Product ID, sürüm kodu ve aygıtın hangi USB sınıfına dahil olduğunu belirten kod gibi bilgileri içerir. Numaralandırma işleminden sonra *host*, kimlik numaralarına bakarak işletim sisteminin altında yer alan ve karşılaştırma amaçlı olarak aygıtlara dair tanımlayıcıların ve aygıtın kullanacağı sürücü yazılımlarının isimlerinin tutulduğu bilgi dosyaları (*.inf) içerisinde aygıta uygun olanı yükler. Tüm veri iletişimi *host* tarafından kontrol edilir. *Host*, bağlantı noktalarından birine takılan bir aygıtı algıladığı gibi aygıtın çıkarıldığını da algılamak durumundadır. Ayrıca veri akışı sırasında oluşan hatalar da *host* tarafından denetlenir.

İki cihaz arasındaki USB mesajlaşma senkronizasyon, el sıkışma, veri ve kontrol gibi paketleri de kapsayacak şekilde birden fazla paketten oluşur. USB veri yolundaki iki sinyal hattı (D^+ / D^-) tüm cihazlar tarafından paylaşılır. Veri yolunun tüm cihazlar tarafından eşit zaman aralıklarında paylaşılabilmesi için veri yolu zamanda *çerçeve* adı verilen ve 1500 byte veri taşıyan parçalara bölünür. Çerçeve düşük ve tam hızlı cihazlarda 1ms, yüksek hızlı sistemlerde 125 μ s'dir. Her işlemin bir veya birkaç paketten oluştuğu dikkate alındığında eğer bir işlem bir çerçeve süresinde bitmeyecek kadar büyükse bu işlem birkaç çerçeveye bölünür.

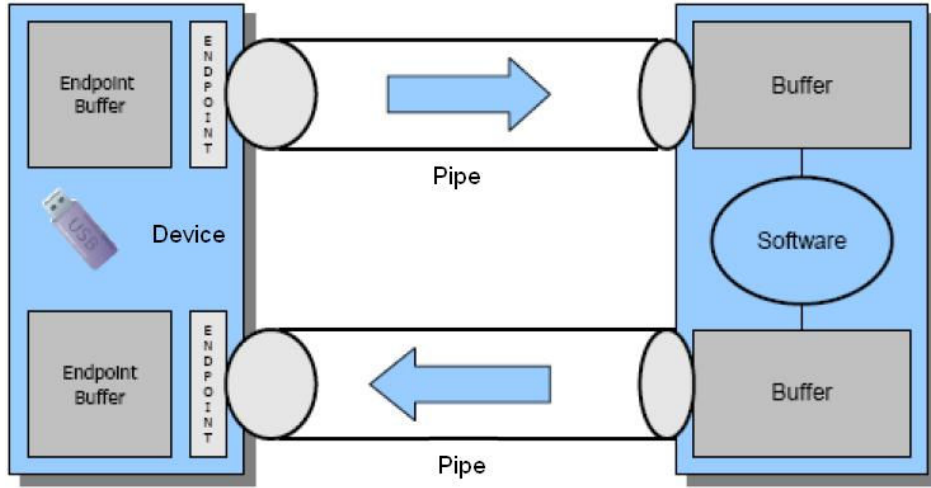
Yüksek hızlı cihazlarda çerçeve sekiz parçaya bölünür ve *mikroçerçeve* olarak adlandırılır. Her çerçeve SOF denilen bir zamanlama referansı ile başladıktan sonra bunu takiben cihaz ve uç nokta (end-point) adresleri ile birlikte veri işlemleri ile devam eder (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 USB 1.0/1.1 için veri yolu çerçevesi (www.usbdevgroup.blogspot.com)

Çerçeve içindeki işlemler *host* tarafından istenilen şekilde düzenlenebilir. Tüm cihazlar veri yolunu ortak olarak kullandıklarından her işlemde verinin varış adresi ve diğer bilgiler yer almak zorundadır. Cihaz kendi adresini içermeyen mesaj (işlem) gördüğünde göz ardı edecek, ilgili cihaz bu mesajı değerlendirecektir. Her cihazın listeleme sırasında PC tarafından atanmış bir adresi bulunur. Bu yüzden her işlemde yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi cihaz ve uç nokta adresleri bulunmak zorundadır. Bilgi transferini her zaman *host* başlatır. Bir cihaz herhangi bir anda herhangi bir veriyi *hosta* gönderemez. Her işlem *host* tarafından belirlenen isteklerden oluşur ve cihaz sadece bu isteklere yanıt verir. Dolayısıyla cihaz *host* tarafından gönderilen periyodik zaman işaretlerini algılamak ve numaralandırmanın ardından gönderilen istek işaretlerine cevap vermekle yükümlüdür. Ayrıca aygıt tanımlamaları içerisinde de bulunan ve aygıtın hangi güç sınıfında olduğunu belirten parametreleri kontrol eder ve bu güç sınırları içerisinde çalışır.

USB bağlantısı fiziksel olarak tek bir kanaldan oluşsa da bu kanal üzerinde *USB borusu* (USB pipe) denilen zaman paylaşımlı birden çok sanal kanal bulunur. Bu borular bilgisayar yazılımı ile USB aygıtı üzerindeki *uç nokta* (End Point - EP) adı verilen bellek alanları arasında haberleşmeyi sağlar (Şekil 3.15). USB aygıtlarında 30'a kadar uç nokta bulunabilir. Her birine bir sayı ve yön bilgisi atanır. 0 numaralı (EP0) ise her aygıtta mevcuttur ve çift yönlüdür. Yani EP0 dışındaki tüm uç noktalar tek yönlüdür. Bilgisayara veri gönderen yönde kullanılan uç noktalar *IN*, bilgisayardan veri alan uç noktalar ise *OUT* şeklinde tanımlanır.



Şekil 3.15 Uç nokta ve boru kavramları arasındaki ilişki (www.usbdevgroup.blogspot.com)

EP0'ın çift yönlü olmasının nedeni denetim amaçlı veri iletişiminin EP0 üzerinden yapılmasıdır. EP0 dışındaki tüm uç noktaların bir tanımlayıcısı (EP descriptor) vardır. Bu tanımlayıcılar EP'ler için en büyük paket uzunluğu bilgisini taşır. Bu bilgi EP0 için ise aygıt tanımlayıcısında yer alır. Denetim gönderimleri, *hostun* aygıt tanımlayıcıları içerisindeki bilgileri okuması gibi daha çok yapılandırma işlemleri için kullanılır. Bu nedenle her aygıtın EP0 uç noktasının denetim gönderimlerini desteklemesi gerekir.

USB arabiriminde dört çeşit veri gönderim modu kullanılmakta ve her bir uçbirim için sadece bir mod tanımlanmaktadır:

- Denetim (Control): Listeleme, yapılandırma vb. denetimler için kullanılır.
- Kesme (Interrupt): PC'nin isteği sonunda aygıt kesmesi oluşturulur. En yavaş Gönderim yöntemidir. Fare veya klavye gibi çok az sayıda veri gönderen cihazlar kesme modunu tercih eder.
- Yığın (Bulk): Büyük boyutlardaki verilerin yığınlar halinde gönderildiği yöntemdir. Yazıcı gibi büyük paketler halinde veri alan cihazlar yığın modunu kullanır.
- Eş Zamanlı (Isochronous): Verilerin sabit hızda gönderildiği hata denetimsiz yöntemdir. Mikrofon gibi gerçek zamanlı işaret gönderen cihazlar eş zamanlı modu kullanır.



Şekil 3.16 USB genel paket yapısı

USB arabirimi paket haberleşme yapısını kullanmaktadır (Şekil 3.15). Her bir *byte* en düşük ağırlıklı bitten başlanarak gönderilir. Paket yapısında yer alan alanlar iletilen paket türüne

göre yapısal bilgileri içerirler.

SYNC: Tüm paketler SYNC alanı ile başlar. Alıcı ile verici arasındaki senkronizasyonu sağlamak için gönderilen 8 bitlik dizidir ve son iki biti PID alanının nerede başlayacağını belirtir.

PID: Paket tanımlayıcı alandır. Gönderilen pakedin türünü ve hangi gruba dahil olduğunu belirtir (Şekil 3.17). PID alanı için 4 bit yeterli olmasına rağmen anlam içeren bu dört bit tekrarlanarak kontrol sağlanmış olur.

Group	PID Value	Packet Identifier
Token	0001	OUT Token
	1001	IN Token
	0101	SOF Token
	1101	SETUP Token
Data	0011	DATA0
	1011	DATA1
	0111	DATA2
	1111	MDATA
Handshake	0010	ACK Handshake
	1010	NAK Handshake
	1110	STALL Handshake
	0110	NYET (No Response Yet)
Special	1100	PREamble
	1100	ERR
	1000	Split
	0100	Ping

Şekil 3.17 Her USB pakedinde yer alan PID alanı çözümlemesi (www.beyondlogic.org)

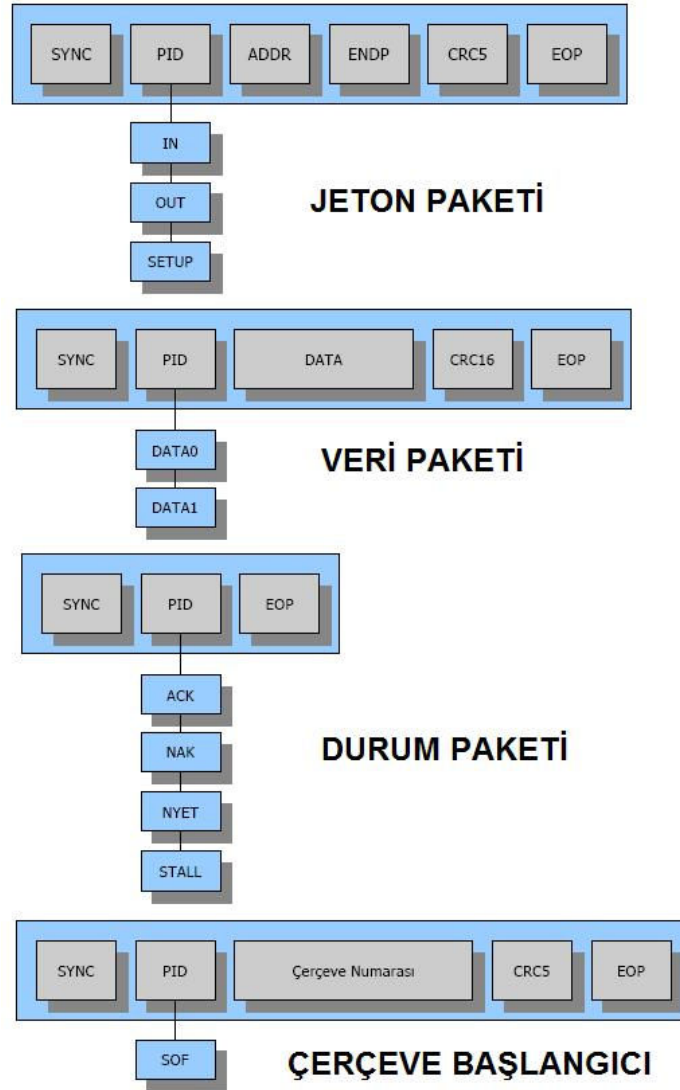
ADDR: Paketin hangi cihaza atandığını belirten alandır. 7 bit uzunluğunda olduğundan 127 adet cihaz adreslenebilmektedir. (0 adresi hiçbir cihaza atamaz).

ENDP: Gönderimin hangi uç noktadan yapıldığını belirten 4 bitlik alandır.

CRC: İlgili paket için çevrimsel artıklık kontrolü alanıdır. Tüm jeton paketleri 5-bit CRC kullanırken veri paketleri 16-bit CRC kullanır.

EOP: Paket sonu alanıdır. Alıcı bir sonraki SYNC işaretine kadar boşta çalışma moduna geçer.

USB paket yapısında dört farklı paket grubu tanımlanmıştır (Şekil 3.18):



Şekil 3.18 USB paket grupları (Oğuz, 2009)

Jeton Paketi (Token): Host tarafından veri okunacağını (IN) ya da veri gönderileceğini (OUT) ifade eden pakettir. Denetim paketlerinin transfer edileceği bilgisi de bu paketle bildirilir.

Veri Paketi (Data): Veri gönderimi için kullanılan paket yapısıdır. Bir veri paketi ile en fazla 1024 byte veri gönderilebilir.

Durum Paketi (Handshake): El sıkışma paketi de denir. Transferin başarımlı durumunu bildirir.

Çerçeve Başlangıç Paketi: 11 bitlik çerçeve numarasını bildirmek için kullanılan pakettir. Düşük ve tam hızlı cihazlarda her 1ms'de bir, yüksek hızlı cihazlarda ise her 125µs'de bir gönderilir.

3.2.1.9 Ethernet Arabirimi

Ethernet, özellikle ağ iletişiminde yaygın olarak kullanılan bir arabirimdir. Verilerin gönderme ve alma çiftleri şeklinde ayrılmış farksal (diferansiyel) hatlar üzerinden seri olarak iletilmesi temeline dayanır. Bilgiler değişken uzunluktaki çerçeveler (frame) içerisinde gönderilir ve bir çerçevede adres, protokol, teslim ve denetim bilgileri dışında en fazla 1500 Byte veri taşınır. Adresleme yapısı, ağ mimarisi temelli oluşu ve internet teknolojisinin temelinde yer alması, algılayıcı ağları ve uzaktan ölçüm ve izleme gerektiren endüstriyel uygulamalar gibi alanlarda kullanımını yaygınlaştırmıştır.

10Base-T, 100Base-T ve Gigabit Ethernet olmak üzere üç sürümü mevcuttur. 10Base-T bükümlü çift kablo üzerinden 10Mbit/s iletişim hızını sağlar. 100Base-T, kategori 5 (Cat-5) bükümlü çift kablo üzerinden 100Mbit/s veri iletişim hızına olanak sağlar. Gigabit Ethernet, 1000Mbit/s'lik sürümdür. Yerel alan ağı gibi kısa mesafelerde kategori 5 bükümlü bakır kablo üzerinde çalışan alt sürümleri varsa da asıl çalışma ortamı fiber optik kablodur. Standart alt türleri 1000Base-TX (bakır), 1000Base-SX (çoklu mod fiber, kısa mesafe) ve 1000Base-LX (tekil mod fiber, uzak mesafe) şeklinde sıralanabilir.

3.2.1.10 Endüstriyel Alanda Kullanılan Veri Yolu ve Arabirimlerin Karşılaştırılması

Harici donanımları bilgisayara bağladığımız veri yolunun yeri veri iletişim hızını belirler ve oldukça önemlidir. Veri yolu işlemciden uzaklaştıkça daha da yavaşlayacağı şeklinde bir genelleme yapılabilir (Çizelge 3.1).

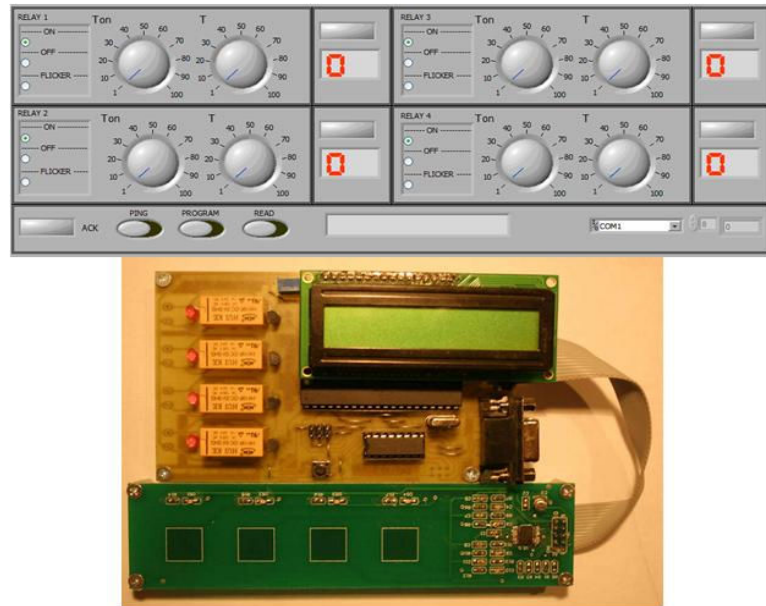
Çizelge 3.1 Endüstriyel uygulamalarda kullanılan bazı veri yollarının karşılaştırılması

Veri Yolu	Sürüm	Bir Çevrimde İletilen Bit Sayısı	Bant Genişliği <i>Mbps</i> : MBit/s, <i>MBps</i> : MByte/s
ISA	XT/AT	16	8 <i>MBps</i>
PCI	32-Bit	32	133 <i>MBps</i>
PCI-X	64-Bit	64	266 <i>MBps</i>
PCIe (x1)	1.1	1	250 <i>MBps</i>
	2.0	1	1000 <i>MBps</i>
Seri Arabirim	RS-232C	1	0.115200 <i>Mbps</i>
Paralel Arabirim	IEEE-1284	8	1 <i>MBps</i>
USB	1.0	1	1.5 <i>Mbps</i>
	1.1	1	12 <i>Mbps</i>
	2.0	1	480 <i>Mbps</i>
Ethernet	(10Base-T)	1	10 <i>Mbps</i>
	(100Base-T)	1	100 <i>Mbps</i>

3.2.2 Belirli Bir Proses İçin Tasarlanmış Bilgisayarlı Ölçüm Sistemleri

Bu tür sistemlerde donanımsal yapı genellikle önceden belirlenmiş görevleri yerine getirmek üzere tasarlanmış ve uygulanmıştır. Ölçülecek fiziksel büyüklükler ve bu ölçümlere göre verilecek tepkiler analiz edilerek bu amaç doğrultusunda sentezleme yapılmaktadır. Sistemin giriş ve çıkışları sabittir ve önceden belirlenmiştir. Bilgisayarın görevi ölçüm verisini işleyerek yorumlamak ve verilmesi gereken sistem yanıtını belirlemektir. Bazı durumlarda bilgisayar sadece süreci izlemek ve veri kaydetmek gibi amaçlarla da kullanılabilir, bu tür sistemlerde yorumlama ve karar verme görevlerini mikrodenetleyicili sistem yerine getirmektedir. Kullanıcı etkileşimi kısıtlıdır çünkü kullanıcı sadece hazır olan şablon doğrultusunda sürece yön verecek şekilde etkiye bulunabilir (örneğin parametre programlama ya da yorumlama ve karar verme mekanizmasında yapılan değişiklikler). Adanmış sistemlere benzemekle birlikte kullanıcının sürece dahil olması ve bilgisayarın getirdiği esneklik bu tür sistemleri elverişli kılmaktadır. Bazı örnek uygulamalar aşağıda verilmiştir:

- Bilgisayar kontrollü ultrasonik ölçme sistemi (Kara, 1997)
- Güneş pilleri için bilgisayar kontrollü veri toplama ve ölçme sistemi (Yıldız, 1998)
- Programlanabilir açıl moment ölçüm sistemi (Sancaktar, 2005)
- Kişisel bilgisayar tabanlı kablosuz EKG biyoteleometri sistemi (Kabalcı, 2006)
- Mikrodenetleyicili harmonik analizör (Açar, 2007)
- Endüstriyel otomatik kontrol sistemleri için grafik kontrol paneli (Yılmaz, 2007)
- Giyilebilir algılayıcılar ile yaşamsal verilerin ölçülmesi (Güler, 2007)
- Bilgisayar kontrollü gerçek zamanlı sıcaklık ölçüm sistemi (Paralı, 2008)
- Elektromanyetik filtre tasarımı ve yapay zeka ile adaptif kontrolü (Sarıtaş, 2008)
- Mikrodenetleyicili endüstriyel otomatik zamanlayıcı (Atman, 2008)



Şekil 3.19 Mikrodenetleyicili endüstriyel otomatik zamanlayıcı (Atman, 2008)

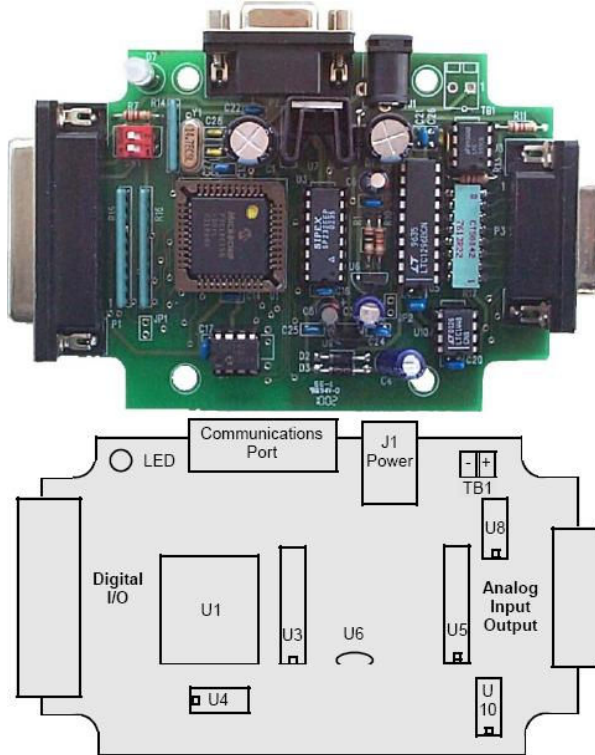
3.2.3 Bilgisayar Temelli Programlanabilir Giriş-Çıkış Birimleri

Tez kapsamında hazırlanan sistemin çalışma prensiplerini ve gerçekleştirdiği fonksiyonları daha iyi anlayabilmek için var olan örneklerden yola çıkmak faydalı olacaktır. Sistem tasarlanırken, endüstriyel amaçla kullanılan birçok otomatik ölçüm sistemi ve giriş-çıkış birimi örnekleri incelenmiştir.

Uygulama alanına ve amacına göre çeşitli özelliklere sahip giriş-çıkış birimleri geniş bir tayfa dağılmıştır. Uygun bir birimin seçiminde ölçülecek fiziksel büyüklük, giriş-çıkış türleri ve yapıları, örnekleme hızı, veri iletim türü, genişletilebilirlik, sürücü yazılımı desteği ve açık komut kümesi, farklı arayüz ve programlarla çalışabilme, koruma/yalıtım ve fiyat/performans kriterlerinin etkili olduğu söylenebilir. İlerleyen bölümde bilgisayara bağlanma arabirimlerine göre bazı genel amaçlı giriş-çıkış birimi örnekleri sıralanmıştır.

3.2.3.1 SuperLogic 232M200/ADC-1R2-AOT

- RS-232 arabirim ve kullanıcıya açık komut kümesi
- 16 kanal sayısal giriş-çıkış
- 8 kanal örneksel giriş (8 bit çözünürlük)
- 2 kanal örneksel çıkış (8 bit çözünürlük)
- Genişleme ve konnektör kartı desteği
- Yaklaşık fiyatı 175\$ (çevresel kartlar hariç)



ADC-1R2-TB/DB25TSM Terminal Strip

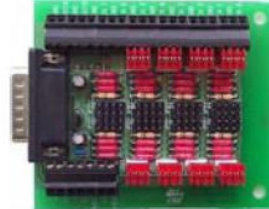
Terminal strip boards to conveniently connect to DB15 and DB25 connectors.



AE-8CH Analog Connection Board

Jumper configurable analog inputs:

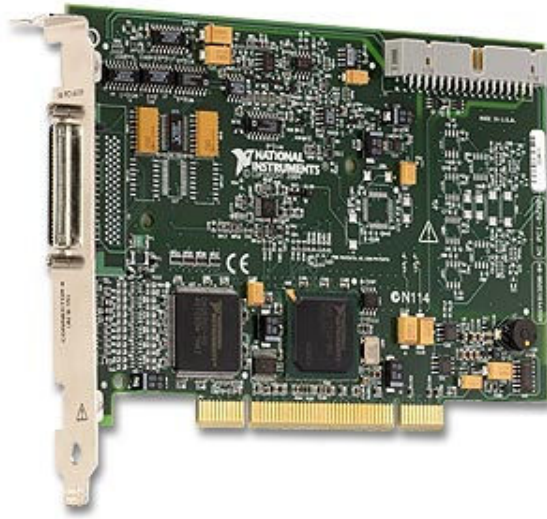
- 4-20 ma inputs
- +/- 10 Vdc inputs
- Solid state temperature probes



Şekil 3.20 Seri arabirimli giriş-çıkış birimi (www.superlogics.com)

3.2.3.2 National Instruments PCI-6220

- PCI veri yolu ile bilgisayara bağlantı
- Windows, Linux, MacOS ve gerçek zamanlı işletim sistemleri NI-DAQmx sürücü desteği
- NI LabVIEW Signal Express LE interaktif veri günlükleme yazılımı ile programlamaya gerek kalmadan doğrudan kullanılabilme
- 24 kanal sayısal giriş-çıkış (32 bit sayıcı ve programlanabilir giriş filtresi)
- 16 kanal örneksel giriş (16 bit çözünürlük, 250kS/s örnekleme frekansı)
- Frekans ve gerilim ölçme
- Satış fiyatı 459Euro (kablolar, konnektör genişleme kartı gibi çevre birimler ve LabVIEW yazılımı hariç)



Şekil 3.21 PCI veri yolundan bilgisayara bağlanan giriş çıkış birimi (www.ni.com)

3.2.3.3 Korenix JetI/O 6150

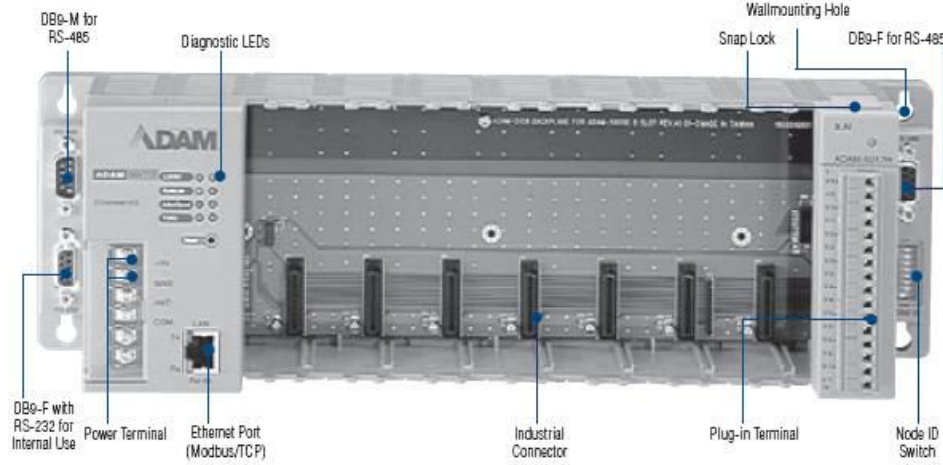
- 14 kanal sayısal giriş (doğrudan giriş ya da sayıcı seçimi), 8 kanal sayısal çıkış
- Programlanabilir *if-then* yapısı
- Sürücü yazılımı, Windows arayüzü ve TCP üzerinden internet sunucu desteği



Şekil 3.22 Ethernet arabirimi kullanan programlanabilir giriş çıkış birimi

3.2.3.4 Adam Electronics ADAM-5000/TCP

- 32 bit ARM çekirdek mikroişlemci ve gerçek zamanlı işletim sistemi
- 10/100Base-T iletişim hızları
- Modbus/TCP, TCP, UDP, IP, ARP ethernet protokolleri desteği ve Windows arayüzü
- Dahili RS-232 ve iki adet RS-485 arabirim
- 8 adet giriş-çıkış genişleme kartı desteği ile 128 ölçüm ucu



Şekil 3.23 Giriş-çıkış kartları için ethernet arabirimli geçit (www.amplicon.co.uk)

3.2.3.5 National Instruments PCIe-6251

- PCIe veri yolu ile bilgisayara yüksek hızda bağlantı
- Windows, Linux, MacOS ve gerçek zamanlı işletim sistemleri NI-DAQmx sürücü desteği
- NI LabVIEW Signal Express LE interaktif veri günlükleme yazılımı ile programlamaya gerek kalmadan doğrudan kullanılabilme
- Geçmişe dönük yazılım desteği (PCI birimler için geliştirilen uygulamalar)
- 24 kanal programlanabilir sayısal giriş-çıkış (32 bit sayıcı ve programlanabilir giriş filtresi)
- 16 kanal örneksel giriş (16 bit çözünürlük, 1.25MS/s örnekleme frekansı)
- 2 kanal örneksel çıkış (16 bit çözünürlük, 2.86MS/s örnekleme, 2080µV adım aralığı)
- Satış fiyatı 979Euro (kablolar, konnektör genişleme kartı gibi çevre birimler ve LabVIEW yazılımı hariç)



Şekil 3.24 PCIe veriyolu üzerinden bilgisayara bağlanan giriş-çıkış birimi (www.ni.com)

3.2.3.6 Starting Point Systems uChameleon

- Tam hız USB arabirim ile bilgisayara bağlantı (maksimum 8Mbps bant genişliği)
- Windows, Linux ve MacOS işletim sistemleri için sürücü yazılımı desteği
- Gömülü komut yorumlayıcı
- 18 kanal sayısal giriş-çıkış
- 4 kanal zamanlayıcı (PWM çıkış desteği)
- 8 kanal örneksel giriş
- USB hat beslemeli ve harici besleme girişi (otomatik besleme seçimi)
- Vidalı klemensler yardımıyla kullanım kolaylığı



Şekil 3.25 USB arabirimli giriş-çıkış birimi uChameleon

3.2.3.7 LabJack U3-HV DAQ

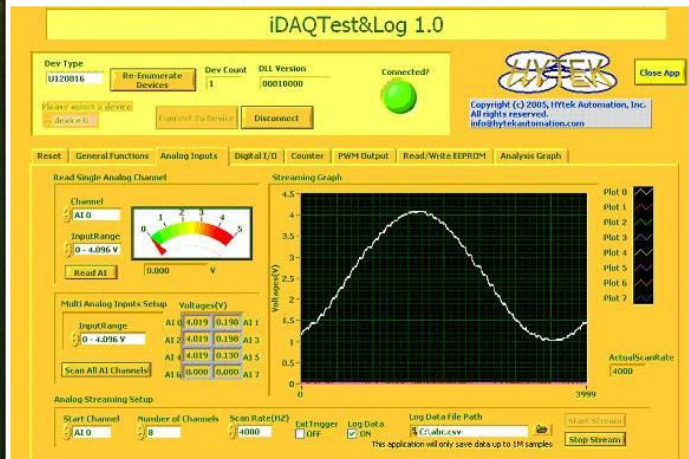
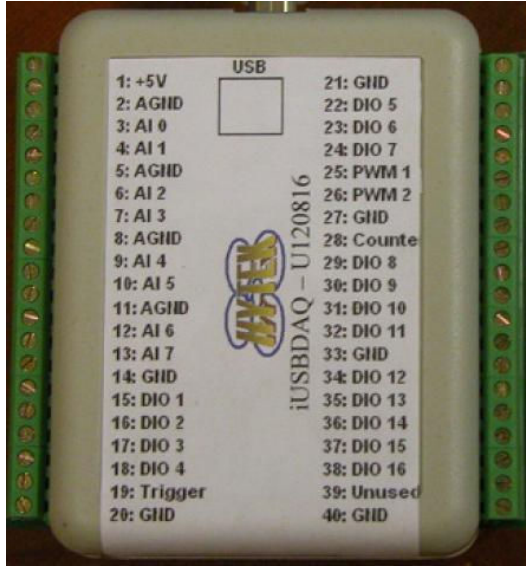
- USB arabirim
- 20 kanal sayısal giriş-çıkış
- 2 kanal zamanlayıcı
- 2 kanal sayıcı
- 4 kanal örneksel giriş (12 bit çözünürlük)
- 2 kanal örneksel çıkış (10 bit çözünürlük)
- Fiyatı 114\$



Şekil 3.26 USB arabirimli giriş-çıkış birimi U3-HV

3.2.3.8 Hytek iUSBDAQ-U120816

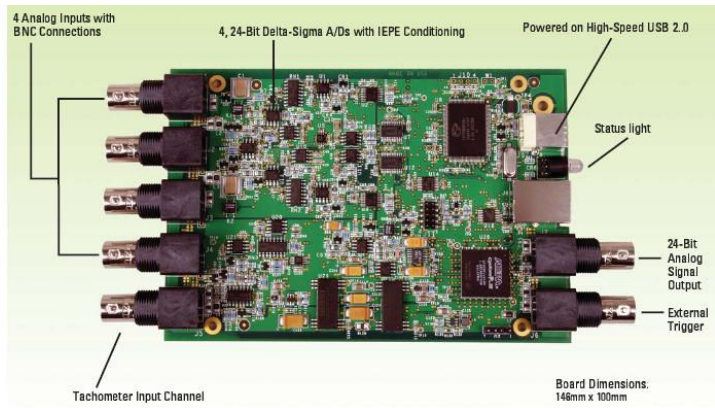
- USB arabirim (tam hız, 1.1)
- Sürücü yazılımı ve DLL, C/C++, Visual Basic, Delphi, LabVIEW kütüphane desteği
- USB hat beslemeli
- 16 kanal sayısal giriş-çıkış
- 2 kanal PWM çıkış (10 bit, 3kHz-333kHz)
- 1 kanal sayıcı (16 bit)
- 8 kanal örnekse giriş (12 bit çözünürlük, 13kS/s)
- Fiyatı 89\$



Şekil 3.27 USB arabirimli iUSBDAQ-U120816 ve örnek LabVIEW uygulaması

3.2.3.9 SuperLogic USB-9817A

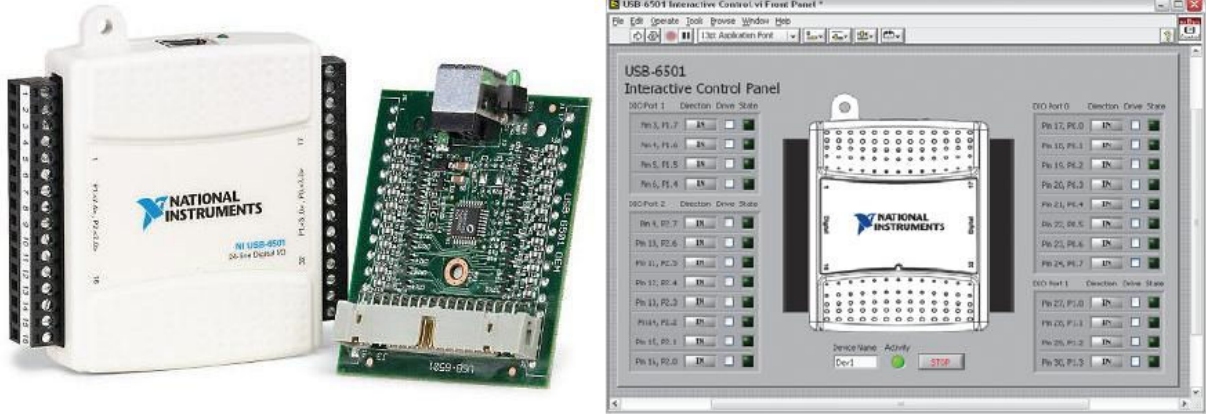
- USB arabirim (2.0)
- Örnekse uygulamalar için geliştirilmiş yüksek başarımlı yapı
- Gelişmiş arayüz ve diğer programlama dilleri için kütüphane desteği



Şekil 3.28 USB arabirimli gelişmiş bir örnekse giriş-çıkış birimi USB-9817A

3.2.3.10 National Instruments USB-6501

- USB arabirim (2.0)
- Windows, Linux ve MacOS işletim sistemleri için NI-DAQmx sürücü desteği
- Measurement&Automation Configuration Utility ile uyumluluk
- 24 kanal sayısal giriş-çıkış
- 1 kanal sayıcı girişi (32 bit)
- Vidalı klemensler yardımıyla kolay kullanım
- Fiyatı 99 Euro



Şekil 3.29 USB arabirimli sayısal giriş-çıkış birimi NI USB-6501

3.2.3.11 Advantech USB-4750

- USB arabirim (2.0)
- Sürücü desteği
- Endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiş izolasyonlu yapı
- 16 kanal izole sayısal giriş (5V-40V DC çıkış aralığı)
- 16 kanal izole sayısal çıkış
- 2 kanal izole harici kesme girişi
- 2 kanal izole sayıcı (32 bit, en yüksek 1MHz)

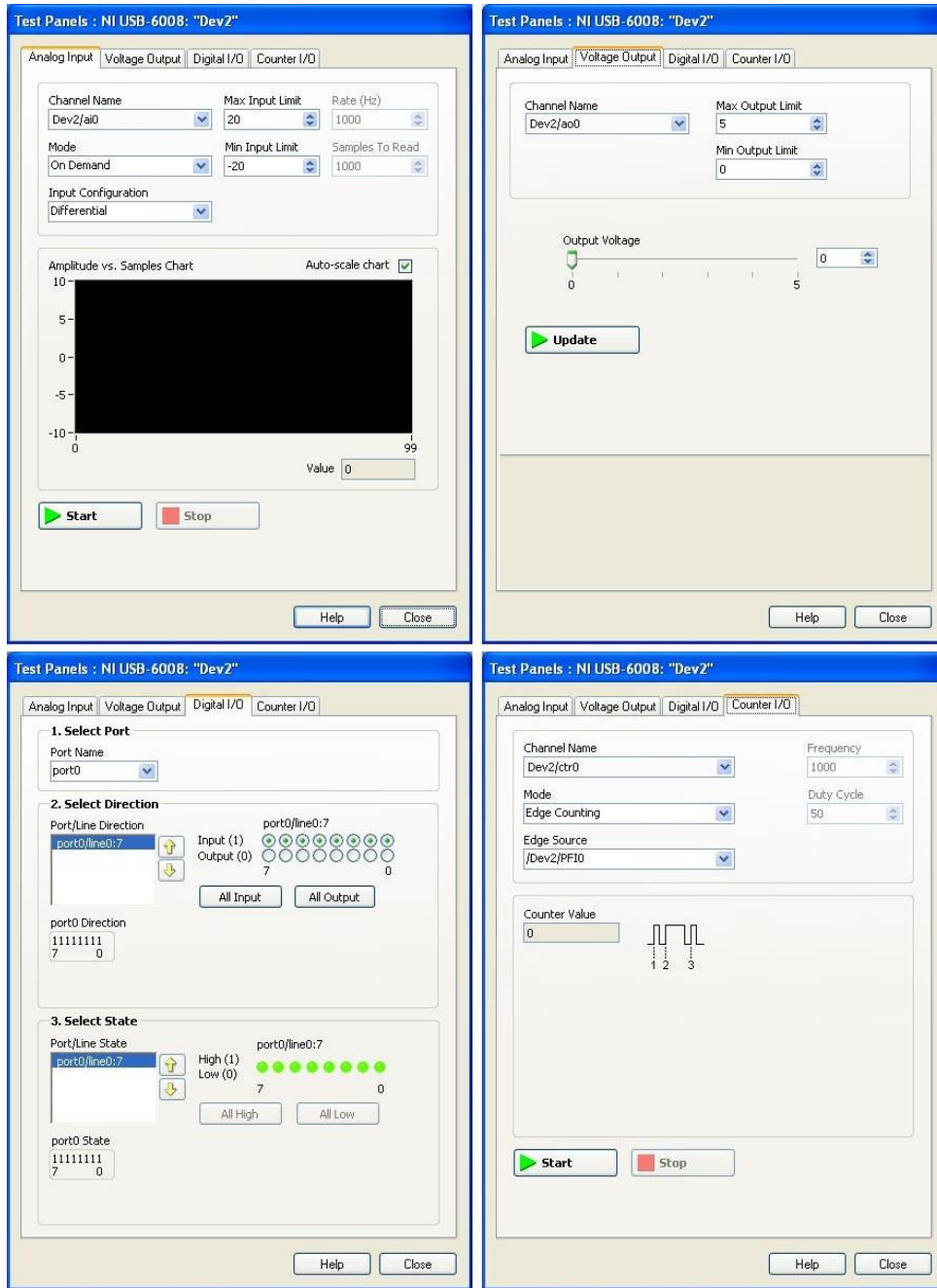


Şekil 3.30 USB arabirimli izole sayısal giriş-çıkış birimi USB-4750

3.2.3.12 National Instruments USB-6008/USB-6009

National Instruments firması tarafından üretilen USB 2.0 arabirimli NI USB-6008/USB-6009 veri toplama ve giriş-çıkış birimleri, temel ve orta seviyeli veri günlükleme ve endüstriyel ölçüm ve kontrol uygulamalarında kullanılabilecekleri gibi, laboratuvar eğitim seti olarak da uygulanabilirler. Vidalı klemensleri yardımıyla hızlı bir şekilde giriş ve çıkış bağlantılarını yapmak mümkündür. Fiyatı 159 Euro'dur.

- NI Measurement&Automation Configuration Utility uygulaması ile cihaz otomatik olarak tanınıp giriş ve çıkışlar yapılandırılarak genel amaçlı kullanılabilir.



Şekil 3.31 NI Measurement&Automation Utility ile NI USB-6008'in yapılandırılması

- Veri elde etme, analiz ve veri sunma için NI LabVIEW Signal Express LE interaktif veri günlükleme yazılımı ile programlamaya gerek kalmadan doğrudan kullanılabilir.
- Windows, Linux, MacOS, Windows Mobile ve Windows CE işletim sistemleri için NI-DAQmx sürücüsü sayesinde NI LabVIEW, LabVIEW Signal Express, LabWindows/CVI, Measurement Studio ortamlarında uygulama geliştirilebilir. Ayrıca C#, Visual Basic .Net ve ANSI C/C++ dillerinde uygulama geliştirmek de mümkündür.



Analog Input

Number of channels..... 8 single-ended/4 differential
Type of ADC Successive approximation

ADC resolution (bits)

Module	Differential	Single-Ended
USB-6008	12	11
USB-6009	14	13

Maximum sampling rate (system dependent)

Module	Maximum Sampling Rate (kS/s)
USB-6008	10
USB-6009	48

Input range, single-ended..... ± 10 V
Input range, differential..... $\pm 20, \pm 10, \pm 5, \pm 4, \pm 2.5, \pm 2, \pm 1.25, \pm 1$ V
Maximum working voltage..... ± 10 V
Overvoltage protection..... ± 35 V
FIFO buffer size..... 512 B
Timing resolution..... 41.67 ns (24 MHz timebase)
Timing accuracy..... 100 ppm of actual sample rate
Input impedance..... 144 k Ω
Trigger source..... Software or external digital trigger
System noise..... 5 mV_{rms} (± 10 V range)

Analog Output

Absolute accuracy (no load)..... 7 mV typical, 36.4 mV maximum at full scale
Number of channels..... 2
Type of DAC..... Successive approximation
DAC resolution..... 12 bits
Maximum update rate..... 150 Hz, software-timed
Output range..... 0 to +5 V
Output impedance..... 50 Ω
Output current drive..... 5 mA
Power-on state..... 0 V
Slew rate..... 1 V/ μ s
Short-circuit current..... 50 mA

Digital I/O

Number of channels..... 12 total
8 (P0.<0..7>)
4 (P1.<0..3>)
Direction control Each channel individually programmable as input or output
Output driver type
USB-6008..... Open-drain
USB-6009..... Each channel individually programmable as push-pull or open-drain
Compatibility..... CMOS, TTL, LVTTTL
Internal pull-up resistor..... 4.7 k Ω to +5 V
Power-on state..... Input (high impedance)
Absolute maximum voltage range..... -0.5 to +5.8 V

Digital logic levels

Level	Min	Max	Units
Input low voltage	-0.3	0.8	V
Input high voltage	2.0	5.8	V
Input leakage current	—	50	μ A
Output low voltage (I = 8.5 mA)	—	0.8	V
Output high voltage (push-pull, I = -8.5 mA)	2.0	3.5	V
Output high voltage (open-drain, I = -0.6 mA, nominal)	2.0	5.0	V
Output high voltage (open-drain, I = -8.5 mA, with external pull-up resistor)	2.0	—	V

Counter

Number of counters..... 1
Resolution..... 32 bits
Counter measurements..... Edge counting (falling edge)
Pull-up resistor..... 4.7 k Ω to 5 V
Maximum input frequency..... 5 MHz
Minimum high pulse width..... 100 ns
Minimum low pulse width..... 100 ns
Input high voltage..... 2.0 V
Input low voltage..... 0.8 V

Şekil 3.32 NI USB-6008/USB-6009 giriş-çıkış birimi ve özellikleri

4. LABVIEW VE GÖRSEL PROGRAMLAMA

Bilgisayarların kullanılmaya başlanmasından bu yana ortaya çeşitli programlama dilleri çıkmıştır. Nesne tabanlı programlama, 90'larda yazılım endüstrisine damgasını vurdu. Aynı dönemlerde, metin halinde yazılan programlardan sonra görselliğin öne çıktığı derleyiciler önem kazandı. Düğmeler, metin kutuları ve menüler gibi program elemanlarının hazırda bulunması ve özelliklerinin rahatça ayarlanması yazılımcıları büyük bir dertten kurtarmış oldu. Yazılım teknolojilerindeki bu gelişmelere ve görselliğin nesneleşmesine paralel olarak döngüler, koşullar, diziler ve daha birçok yazılım elemanı da görsel yapılar gibi nesneleşti. Nasıl ki bir düğme sürükle-bırak yöntemiyle oluşturuluyorsa artık döngüler de bir o kadar kolay oluşturuluyor ve biçimlendiriliyor. Bu şekilde çalışan yazılım dillerine grafiksel yazılım dili (Graphical Programming Language, GPL) denilmektedir. (Genç, 2002)

National Instruments firması tarafından geliştirilen LabVIEW (Laboratuary Virtual Instruments For Engineering Workbench), bu yapıdaki yazılım dillerinin en tanınmışlarından. Ölçme ve enstrümantasyon odaklı olarak geliştirilen LabVIEW, bugün bir yazılım üretme platformu olarak diğer yapısal ve nesne tabanlı programlama dillerinin hemen hemen her yeteneğine sahiptir. Bunun yanında MATLAB programı ve C derleyicileri ile uyumludur ve bu dillerde yazılmış programları çalıştırabilmekte, bu programların geliştirilen uygulamalara entegrasyonunu sağlayabilmektedir.

LabVIEW, grafiksel programlama dili teknolojisi ile programlamada yeni bir dönemi başlatmıştır. Metin tabanlı kodlama yerine tamamen sembolleştirilmiş komut setine sahiptir. Programcı paletlerden hali hazırda sunulmuş modüler yapıdaki birçok fonksiyondan ihtiyacı olan fonksiyonları alarak bir akış şeması oluşturur gibi yazılım üretebilmektedir; hatta Express VI'lar ile sadece girişleri ve çıkışları bağlamak suretiyle onlarca programı dakikalar içerisinde üretebilir. Böyle bir işlem, diğer programlama dilleri ile günlerce sürebilir. (Eşme ve Ünsaçar, 2007)

National Instruments firması tarafından üretilmiş ve LabVIEW ile entegre çalışabilen çeşitli donanımlar bir çok mühendislik uygulamalarında veri toplama, toplanan verilerin analizi ve sunumu aşamalarında çok hassas ölçümler yapmayı sağlar. Ayrıca birçok donanım üreticisi de LabVIEW sürücülerini ürünle birlikte vermektedir. Bu durum, LabVIEW programının, yazılım teknolojilerinden çok, mühendislik uygulamalarında kullanılmasının hedeflendiğini göstermektedir. Özel donanımlar ve bilgisayar aracılığıyla veri okuma ve işlemenin kolaylığı, LabVIEW'i elektrik-elektronik teknolojisi alanında yaygın kullanılır hale getirmiştir. Önceki

bölümde örnekleri verilen LabVIEW uyumlu endüstriyel giriş-çıkış birimleri ve veri toplama kartları ile okunan gerilim veya akım değerlerini anında LabVIEW ortamındaki bir grafikte görmek, işlemek ve bu bilgileri kaydetmek mühendislik uygulamalarında büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Eklenen güçlü araçlar ile karmaşık geliştirme işlemlerini basitleştirmekte, Endüstride otomotiv sektöründen enerji sektörüne, uzay çalışmalarından su altı çalışmalarına, elektrik ve elektronik teknolojisine kadar ölçme yapılan her yerde, veri izleme istenen her yerde LabVIEW kullanılabilmektedir.

Kullanım rahatlığı ve program panelinin düzenlenmesinin kolaylığı, ortalama bir programcının kullanacağından fazla programlama elemanına sahip olması gibi özellikler LabVIEW ile programlamayı kullanıcı açısından eğlenceli ve verimli kılmaktadır. Hata ayıklama sürecinde programı satır satır kontrol etmek yerine, tüm nesneler ekrandayken yazılımı incelemek verimliliği artırmakta ve programcının işini kolaylaştırmaktadır.

4.1 LabVIEW İçin Temel Esaslar

4.1.1 Veri Akışı (Dataflow) Programlaması

LabVIEW'de kullanılan ve G olarak adlandırılan patentli veri akışı programlama modeli, kullanıcıyı metin tabanlı dillerin lineer mimarisinden kurtarmaktadır. Çünkü LabVIEW'deki işletim sırası, ardarda metin satırları şeklinde değil, bloklar arası veri akışı şeklindedir ve aynı anda çalışan diyagramlar oluşturmak mümkündür. LabVIEW, ayrı yollardan farklı işler görebilen bir sisteme sahiptir.

4.1.2 Grafikselleştirici (Compiler)

Pek çok uygulamada işletim hızı kritiktir. LabVIEW, derlenmiş C programlarıyla mukayese edilebilir işletim hızına sahip derleyicisi olan tek grafikselleştirici programlama sistemidir. İçinde hazır bulunan profiller ile kodun kritik zamanlı bölümleri analiz edilip optimize edilebilir. Sonuç olarak, grafikselleştirici programlama ile işletim hızınızdan fedakarlık etmeden verimlilik artırılabilir.

LabVIEW ile , metin tabanlı programlama dillerinde satır satır kod yazmak yerine kolaylıkla sanal enstrüman (Virtual Instrument, VI) yaratabilmek mümkündür. Yazılım sisteminin aktif kontrolünü sağlayan kullanıcı ön paneli kolaylıkla oluşturulabilmektedir. Bulunan çözüm için gerekli blok diyagramlarını istenilen şekilde oluşturmak mümkündür.

4.1.3 Ön Panel Oluşturma

VI'lar için ön panele kontrol paletinden seçilen sayısal göstergeleri, ölçekleri, metreleri, termometreleri, LED'leri, çizelgeleri, grafikleri yerleştirmek mümkündür. Herşey tamamlandığında çalışan VI'lar, bir anahtarı tıklayarak, bir sürgüyü oynatarak, grafik üzerinde büyütme yapılarak veya klavyeden bir değer girerek, ön panelden kontrol edebilmektedir.

4.1.4 Grafiksels Blok Diyagram Oluşturma

VI'lar programlanırken, bilinen programlarda ortaya çıkan pek çok detayla uğraşmadan, blok diyagram oluşturulmaktadır. Nesneler, fonksiyonlar (functions) paletinden seçilerek bir bloktan diğerine tel çekerek birbirlerine bağlanmaktadır. Bu blokların içeriği basit aritmetik fonksiyonlardan, ileri veri toplama ve analiz işlemlerine, network ve dosya I/O işlemlerine kadar çeşitlilik göstermektedir.

4.1.5 Modülerite ve Hiyerarşi

LabVIEW VI'ların dizaynı modülerdir. Bu sayede VI'lar kendi başlarına koşturabilir veya başka bir VI'nın parçası olarak kullanılabilir. Kullanıcı tarafından oluşturulan VI'lar için bir ikon yaratılabilir. Böylece değişen ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenebilen, başka VI'larla birleştirilebilen veya birbirleriyle değiştirilebilen, VI'lar ve subVI'lar hiyerarşisi oluşturulabilmektedir.

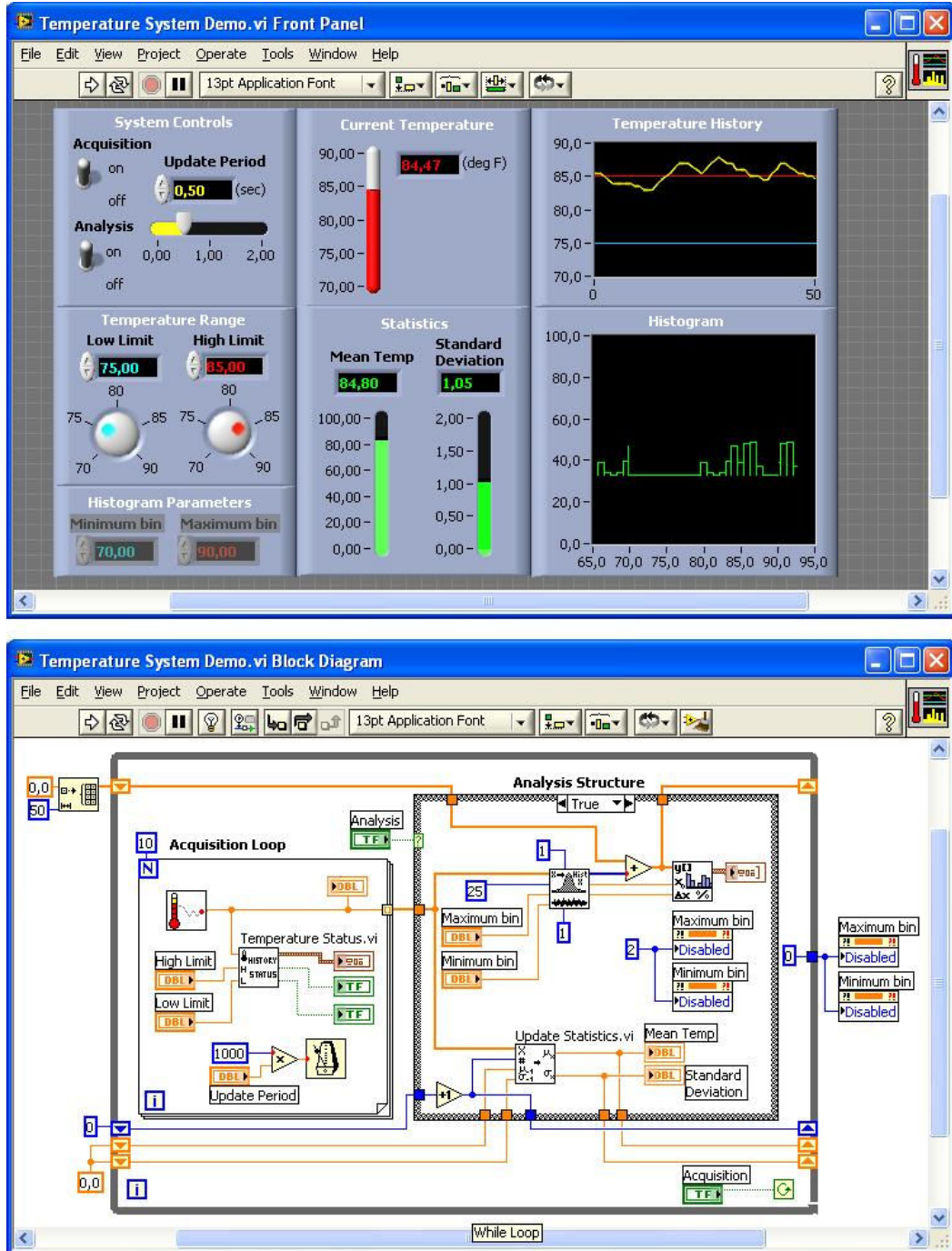
4.1.6 Enstrüman Kontrolü

LabVIEW enstrümantasyon kontrolünde VISA, GPIB, VXI ve bir seri VI kütüphanesi NI endüstri-standardı araç sürücü yazılımını kullanır. NI'nı IEEE 488.2 arayüz kartına bağlı herhangi bir GPIB enstrümanı kontrol edilebilir. VXI enstrümanları VISA (Virtual Instrument Software Architecture) ile kolaylıkla programlanır. Gömülü VXI kontrollerinden, PXI modüler sistemlerinden veya MXI veya GPIB-VXI arayüzüne sahip bilgisayarlardan enstrümanlarla kolaylıkla iletişim kurulabilir.

LabVIEW Enstrüman Sihirbazı ile GPIB, VXI, seri ve bilgisayar tabanlı enstrümanlar da dahil olmak üzere, bilgisayara bağlı olan herhangi bir enstrüman bulunabilir. Sihirbaz uygun enstrüman sürücülerini yükler ve enstrümanla birkaç dakika içinde iletişim kurmaya yardımcı olur. Ayırık ölçüm ve test cihazlarının aksine LabVIEW, National Instruments firması tarafından üretilen pek çok uygulama kartı ile tam entegrasyon ve binlerce harici donanım için sürücü desteği sağlayarak bilgisayar için ayrılan parasal kaynağı anlamlı kılmaktadır.

4.2 LabVIEW Programlama Ortamına Genel Bir Bakış

LabVIEW ortamında şekillerle program yazıldığından ve LabVIEW'de hazırlanmış programlara VI denildiğini belirtmiştik. Her VI iki ortama sahiptir; bunlardan birincisi ön panel ya da denetim panosu (front panel), ikincisi ise blok diyagramıdır (block diagram). Ön panel kullanıcı ara yüzünün hazırlandığı formlara, blok diyagram ise görsel programlama dillerinde kod yazma bölümüne karşılık gelmektedir (Şekil 4.1).



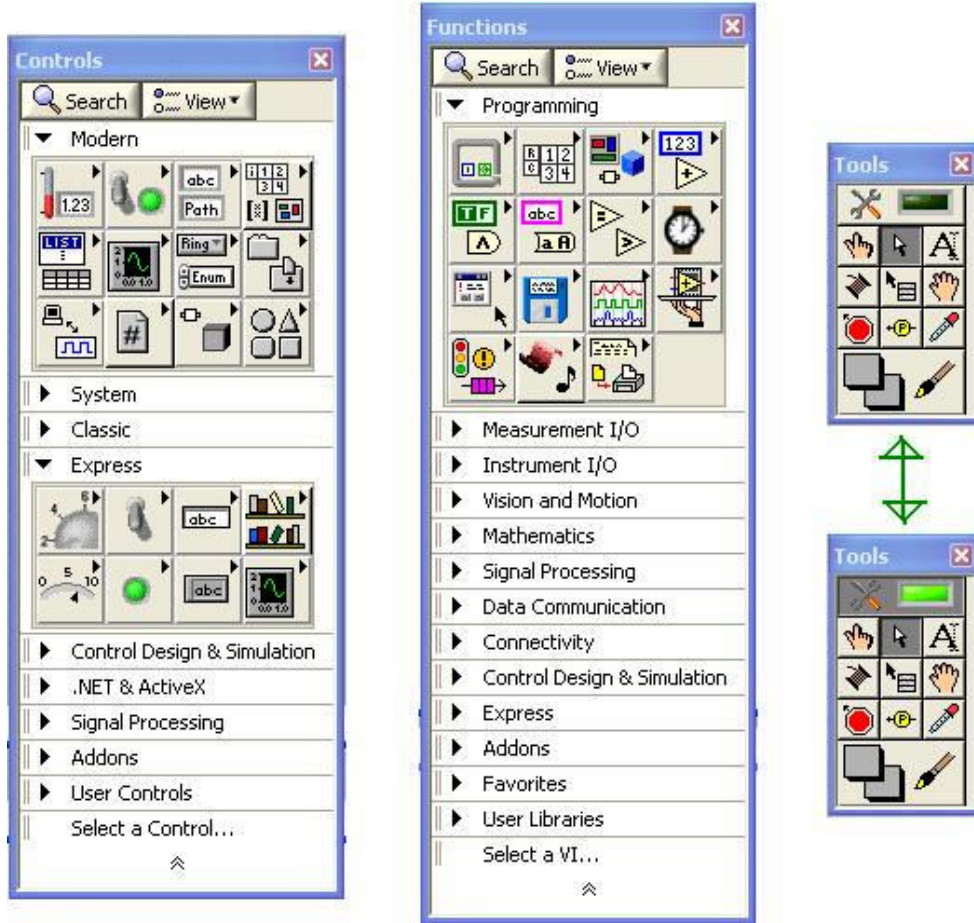
Şekil 4.1 LabVIEW geliştirme ortamı ön panel ve blok diyagramı örneği

Ön panel, VI'nın kullanıcı arabirimi denilen parçasıdır. Burada düğmeler, göstergeler, metin kutuları, grafikler ve diğer denetim elemanları bulunmaktadır. Bir makinenin kontrol panosu ne ise bir VI'nın kontrol panosu da odur, aradaki fark, birisinin el ile, diğerinin klavye ve fare ile kullanılıyor olmasıdır.

Blok diyagram kısmında programın kodu bulunmaktadır. Burada döngüler, koşullar, fonksiyonlar, aritmetik işlemler, yüksek matematik ve sinyal uygulamaları ve bilgisayar kontrol uygulamaları yer almaktadır. Bu parçalardan oluşturulan yapıda, bilgi akışının hangi elemandan hangisine gerçekleşeceği, elektrik/elektronik mühendisliği alanında kullanılan simülasyon programlarındaki gibi tel bağlama ile yapılmaktadır. Buradaki en önemli noktalardan biri, aynı anda iki programın farklı hızlarda çalıştırılabilmesidir. Örneğin bir VI içerisinde iki döngü kullanıp bu döngülerden birini 10ms, diğerini 50 ms aralıklarla çalıştırabilirsiniz. Metin halindeki yazılımların aksine, LabVIEW'de döngüleri fare kullanarak sürükleyip bırak yöntemiyle oluşturulmaktadır. Herhangi bir veriyi kullanmak için, üzerinde bulunduğu tele ikinci bir tel bağlamak yetmektedir.

Modüler ve hiyerarşik yapının kullanılması durumunda ise LABVIEW programının diğer bir parçasını oluşturan simge ve bağlayıcılar (icons&connectors), programın veri geçitlerini sağlarlar ve metin tabanlı programlama dillerindeki prosedür yapısına karşılık gelmektedirler. Simgeler, diğer LABVIEW programlarında Sub-VI olarak kullanılan programı temsil eder. Bağlayıcılar ise veri giriş ve çıkışlarını tanımlar, metin tabanlı programlama dillerinde fonksiyon çağırma esnasında kullanılan parametre listesi gibi düşünülebilir. Bu şekilde bir veriyi başka bir programda kullanmak mümkün olmaktadır.

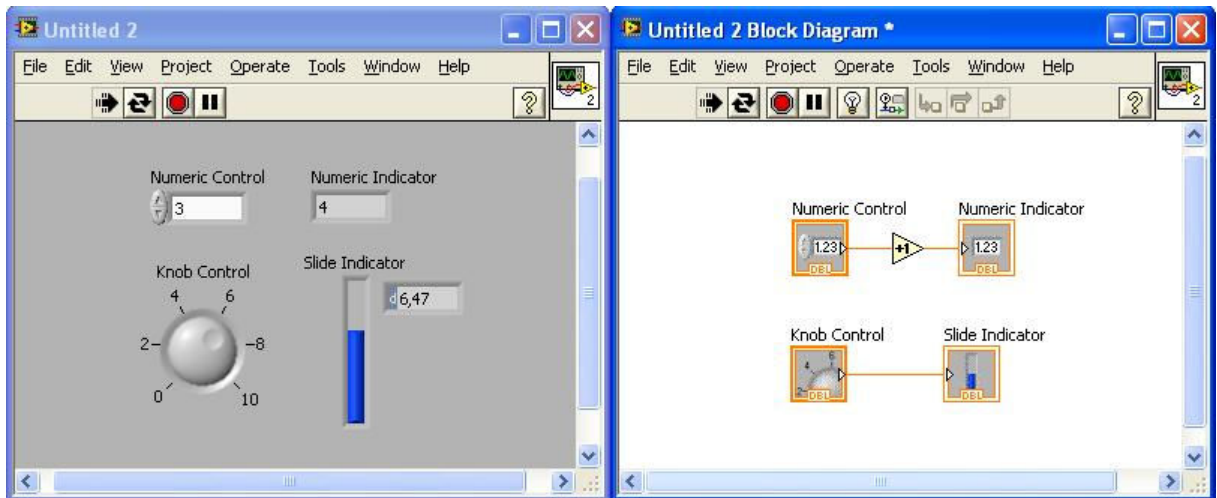
Ön panelde ve blok diyagramda kullanılan iki önemli palet vardır. Şekil 4.2'de verilen bu paletlerden ön panelde kullanılan palet *kontroller* (controls palette), blok diyagramda kullanılan palet ise *fonksiyonlar* (functions palette) adı verilmiştir. Ön panelde ve blok diyagramda ortak kullanılan bir başka palet ise *araçlar* (tools palette) paletidir. Buradaki araçlar fare işaretçisinin özel işlem biçimleridir. Fare işaretçisi araç paletinden seçilen ikona dönüşür. Buradaki araçlar blok diyagramdaki ve ön paneldeki nesnelerin düzenlenmesinde ve işletilmesinde kullanılır. Ayrıca araç paletinin en üstündeki "Automatic Tool Selection" butonu seçili ise yeşil ile işaretlenmekte, böylece LabVIEW'ın ihtiyacınız olan aracı tasarım anında otomatik olarak seçmesi sağlanmaktadır. Yinede LabVIEW ihtiyacınız olan aracı sezemez ise araç paletinden istediğiniz işaretçi fonksiyonunu kendiniz seçebilirsiniz (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 LabVIEW’de yer alan kontroller, fonksiyonlar ve araçlar paletleri

LabVIEW’de kullanılan nesneler:

- Kontroller (Controls): Blok diyagrama veri girişi sağlayan nesnelerdir.
- Göstergeler (Indicators): Blok diyagramda üretilen sonuçları görüntüleyen nesnelerdir.
- Fonksiyonlar (Functions): LabVIEW’in temel işlem elemanlarıdır.



Şekil 4.3 LabVIEW ön panelde nesne kullanımı ve blok diyagramındaki terminal karşılığı

Şekil 4.3'teki ön panelde kullanılan nümerik giriş nesnesi programa veri girişi sağladığı için bir kontroldür. Girilen sayısal değerin bir fazlasını gösteren nesne ise bir nümerik göstergedir. Benzer şekilde topuz şeklindeki turlu ayar düğmesi bir kontrol, bu düğmenin değerini gösteren sürgü ise bir göstergedir. Ön panelde kullanılan kontrol ve göstergelerin blok diyagramdaki karşılıkları terminal olarak adlandırılmıştır. Her bir terminalin rengi ve sembolü o terminalin veri tipini gösterir. Ön paneldeki kontroller ve göstergeler blok diyagramda ikon terminalleri şeklinde veya veri tipi terminalleri şeklinde görünmektedir. Şekil 4.3'te görülen blok diyagramında nümerik kontrolün çıkışını 1 arttıran nesne bir fonksiyondur. Fonksiyonlar LabVIEW'in temel işlem elemanlarıdır. Fonksiyonlar ön panel nesnesine sahip olmamakla birlikte bağlantı noktalarına sahiptir. Fonksiyonların içleri açılmaz veya düzenlenemez.

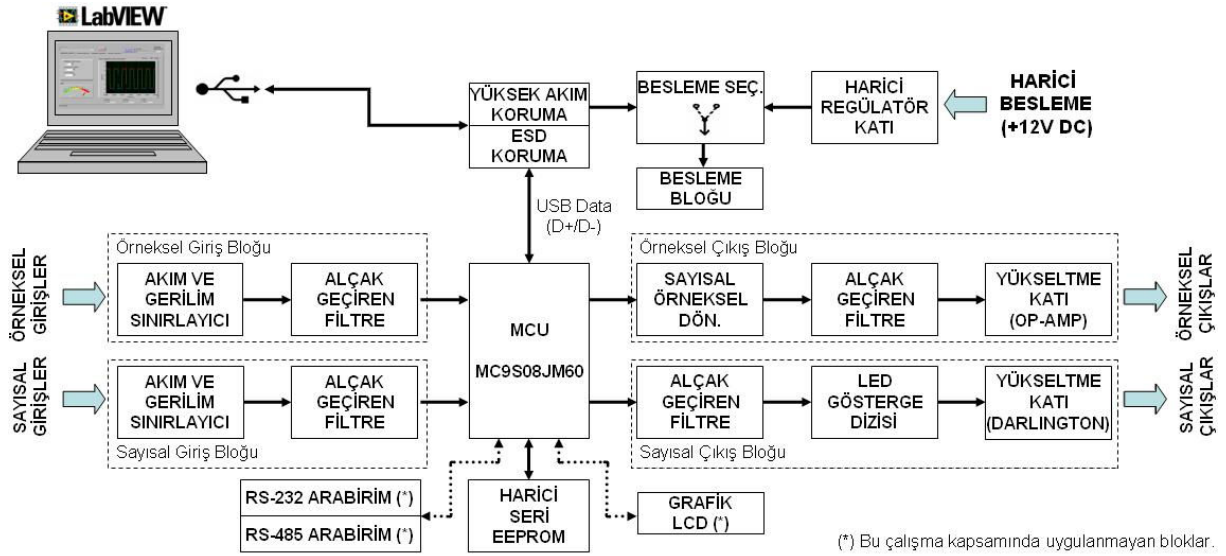
Ön panelde kullanılan kontrol ve göstergelerin blok diyagramdaki karşılığı olan terminallerden başka giriş ve/veya çıkışlara sahip olan ve belli bir işlemi yerine getiren yapılar bulunmaktadır. Terminallerden başka blok diyagramda kullanılan nesnelerden bazıları aşağıdaki şekilde gruplanabilir:

- SubVIs: Diğer VI'ların blok diyagramında kullanılan VI'lardır.
- Structures: İşlem sırasını yöneten mantık elemanlarıdır.
- Formula Nodes: Blok diyagrama doğrudan formül girilebilmesi için kullanılan boyutlanabilen elemanlardır.
- Expression Nodes: Tek değişkenli deyimlerin hesaplanmasında kullanılan yapılarıdır.
- Property Nodes: Bir türün özelliklerinin ayarlanması veya bulunması için kullanılan yapılarıdır.
- Invoke Nodes: Bir türün metotlarının hesaplanması için kullanılan yapılarıdır.
- Code Interface Nodes (CINs): Metin tabanlı programlama dillerinden kod çağırmak için kullanılan yapılarıdır.
- Call by Reference Nodes: Dinamik olarak yüklenen VI'ları çağırmak için kullanılan yapılarıdır.
- Call Library Nodes: Standart kütüphaneleri veya DLL çağırmak için kullanılan yapılarıdır.

Bu kolaylıklar dışında, LabVIEW ile bilgisayar dışından bilgi alımı ve bilgisayar dışına bilgi aktarılması da LabVIEW'in sahip olduğu avantajlar arasındadır. Paralel veya seri porttan iletişim sağlamak için diyagram kısmındaki "Functions\Connectivity\Port I/O" paletinden seçilecek *In Port.vi* veya *Out Port.vi* elemanları kullanılabilir. Örneksel veya sayısal uygulamalarda NI VISA sürücüsüne sahip harici donanım ile iletişimi sağlamak için "Functions\Instrument I/O\VISA" paletinden uygun özellik düğümü seçilip kullanılabilir. Bunlar dışında TCP, UDP, Bluetooth gibi arabirimler için "Functions\Data Communication\Protocols" paletinden yararlanılabilir. Geçmiş kişisel çalışmalara yönelik VI kütüphaneleri oluşturulabilir. VI'lar LabVIEW'in Application Builder programıyla bir uygulamaya (executable) dönüştürülerek LabVIEW yüklü olmayan bilgisayarda kullanılabilir.

5. MİKRODENETLEYİCİLİ GENEL AMAÇLI ENDÜSTRİYEL OTOMATİK ÖLÇÜM SİSTEMİNİN GERÇEKLENMESİ

Tez çalışması kapsamında bilgisayar tarafından yönetilen mikrodenetleyicili genel amaçlı bir endüstriyel otomatik ölçüm sistemi geliştirilmiştir. Sistemin gerçekleştirilmesi sürecinde paralel bir çalışma yürütülerek giriş birimlerinin uygulaması ve performans analizi Fatih Gerenli tarafından ve çıkış birimlerinin uygulaması ve performans analizi Emre Oğuz tarafından yapılmıştır. Sistemin genel blok diyagramı Şekil 5.1’de görülmektedir.



Şekil 5.1 Sistem blok diyagramı

Sistemin temel çalışması en genel haliyle uç birimdeki MC9S08JM60 mikrodenetleyici yazılımı tarafından denetlenen sistem saat döngüsünün belirli periyotlarında ($200\mu s$) girişlerin okunması, çıkış değerlerinin güncellenmesi, okunan değerlerin bilgisayarda koşturma olan LabVIEW insan makine arayüzüne USB arabirimi üzerinden aktarılması ve bu bilgilerin arayüzdeki grafik ve göstergelerde gösterilmesi şeklinde özetlenebilir. Girişlerin okunmasıyla ilgili parametreler ve çıkışlarda güncellenecek değerler ve bu değerlerle ilgili parametreler arayüzde oluşturulan yapılandırma dizisinin USB arabirimi üzerinden gönderilmesiyle mikrodenetleyiciye bildirilmektedir. Bilgisayar arayüzünden bir buton yardımıyla yeni bir yapılandırma dizisi gönderildiğinde mikrodenetleyici yazılımı ilgili yapılandırma dizisini uygulamaya başlar ve aynı zamanda bu yapılandırma bilgisini harici belleğe kaydeder. Harici belleğe kaydetmekteki temel amaç çıkışların bilgisayarsız çalışma modunda da en son gönderilmiş yapılandırmaya göre çalıştırılabilmesidir.

Tak-çalıştır (Plug&Play), yaygın kullanım, hız gibi öne çıkan özellikleri için USB arabirimi

tercih edilmiştir. Bilgisayar arayüzü ise modüler yapısı, diğer ortamlarla kolay bağlanabilirliği ve esnekliği gibi özelliklerinden yararlanabilmek için LabVIEW ortamında tasarlanmıştır. LabVIEW, USB arabirimine NI VISA sürücülerini yardımıyla bağlanmaktadır.

Mikrodenetleyici birimi zaman döngüsü ile çalıştığından örneklenen giriş işaretlerinin ve üretilen çıkış işaretlerinin zamanda salınım (jitter) yapmasını engelleyebilmek için mikrodenetleyici yazılımında ve USB haberleşmesinde önlemler alınarak sistemin kararlı çalışması sağlanmıştır. Bilgisayar arayüzü de mümkün olduğunca kolay anlaşılır ve kolay kullanılır bir yapıda oluşturularak, kullanıcı dostu bir sistem gerçekleştirilmesine çalışılmıştır.

Endüstriyel uygulamalarda kullanılacak bir sistem oluşturulabilmesi için giriş ve çıkış birimlerinin özellikleri ve aralıkları, bağışıklık koruma gibi kriterler göz önünde bulundurulmuştur. Donanım birimi tasarlanırken endüstriyel bir ölçüm sistemindeki elektriksel ihtiyaçlar ve kriterler dikkate alınmıştır. Ayrıca mekanik olarak da yarı endüstriyel bir ürün ortaya çıkarılmasına gayret edilmiş, giriş-çıkış uçlarındaki bağlantı yuvaları, klemens ve konektörler ile cihaz kutusu buna göre seçilmiştir.

Gerçeklenen sistem ve çalışma ile ilgili detaylı bilgiler ilerleyen bölümlerde verilmeye çalışılacaktır ancak genel yapısı verilen sistemin temel özellikleri kabaca şu şekilde sıralanabilir:

- 8 kanal sayısal giriş (2 adet sayısal giriş 16-bit sayıcı olarak da kullanılabilir)
- 8 kanal örneksel giriş (12 bit çözünürlük)
- 8 kanal sayısal çıkış
- 4 kanal örneksel çıkış (12 bit çözünürlük)
- 1 adet USB arabirimi
- 1 adet RS-232 ve 1 adet RS-485 arabirim (yazılım kısmında gerçekleştirilmemiştir)
- 1 adet 64*128 grafik LCD bağlantısı (yazılım kısmında gerçekleştirilmemiştir)

5.1 Donanım Birimleri

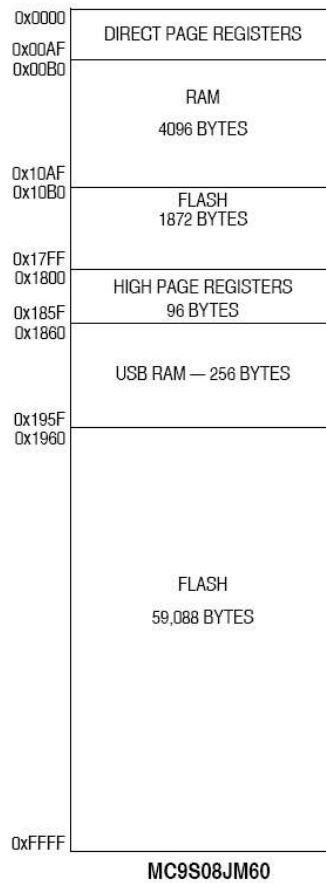
5.1.1 Freescale MC9S08JM60 Mikrodenetleyicisi

Donanım denetim birimi olarak Freescale firması tarafından üretilen 8-bitlik HCS08 çekirdekli Flexis USB ailesinden MC9S08JM60 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Flexis USB ailesi birebir pin uyumlu ve çevresel birimleri birbiriyle uyumlu biri 8-bitlik HCS08 çekirdekli biri de 32-bit Coldfire V1 çekirdekli farklı iki tip mikrodenetleyiciyi grubunu kapsar. HCS08 ailesi, yüksek kapasiteli program belleği, RAM belleği ve ayrıca gelişmiş çevre birimlerine sahiptir.

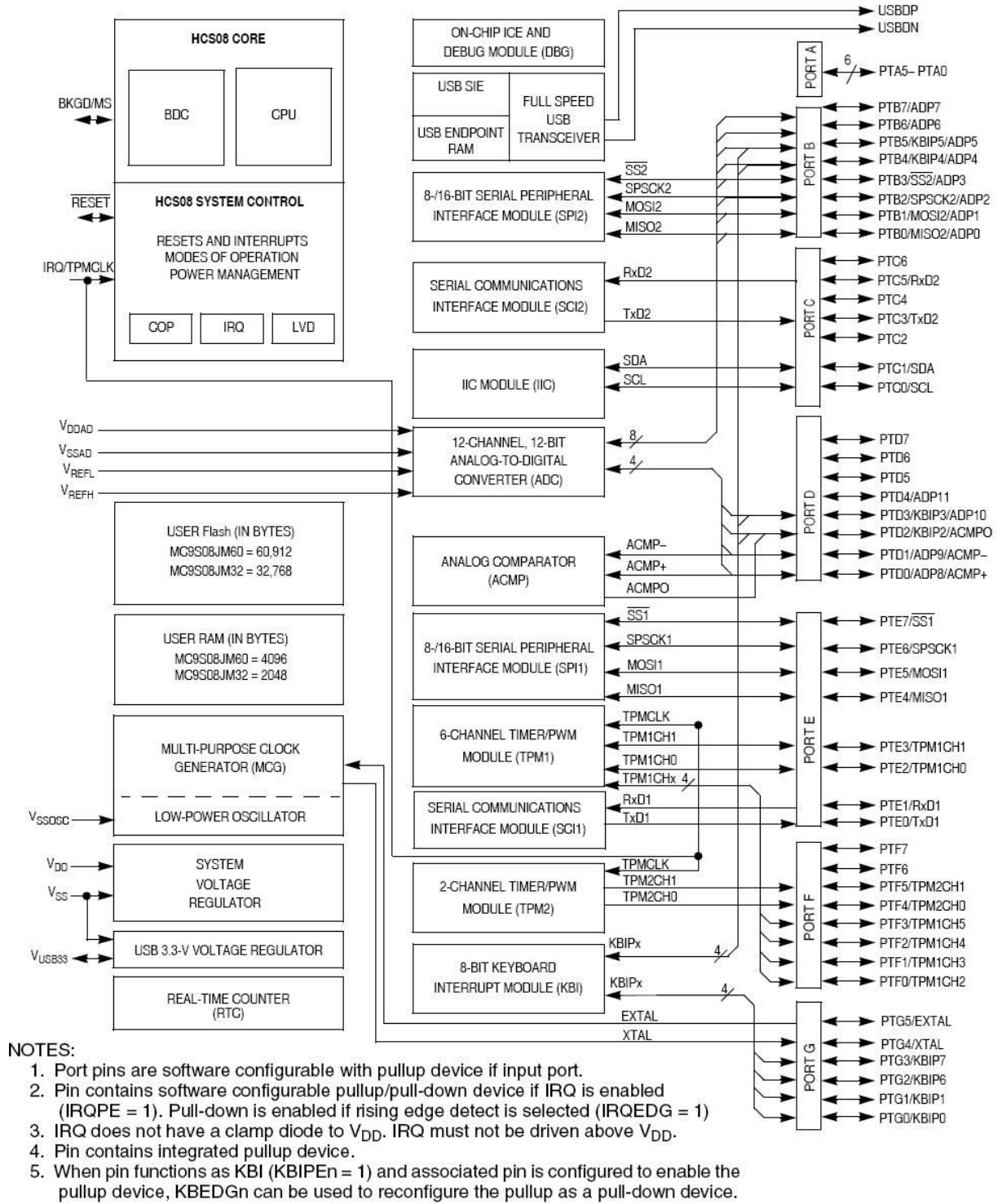
MC9S08JM60 mikrodnetleyicisinin temel özelliklerini şöyle sıralayabiliriz:

- 48-MHz HCS08 CPU 24-MHz dahili veri yolu frekansı
- 60 KB dahili flaş program belleği
- 4 kb dahili RAM
- Tam hız destekli USB2.0 arayüzü ve 256 byte USB RAM
- MCG (Çok amaçlı saat üretici), FLL ve PLL
- BDM denetçisi ve arayüzü
- 12 kanallı 12 bit ADC ve dahili sıcaklık sensörü
- Örnekse karşılaştırıcı
- 2 adet seri haberleşme arayüzü (SCI)
- 2 adet seri çevresel arayüz (SPI)
- 100kbps hızında I²C veri yolu modülü
- Bir adet 8-bit ve bir adet 16-bit zamanlayıcı/PWM modülü (TPM)
- 8-pin klavye kesme birimi (KBI)
- Gerçek zamanlı sayıcı(RTC)
- 51 adet genel amaçlı giriş-çıkış pini
- 32 adet kesme/reset kaynağı
- MCF51JM128 Coldfire V1 çekirdekli mikrodnetleyici ile birebir pin uyumu

MC9S08JM60 mikrodnetleyicisi *von Neumann* bellek mimarisine sahip olup, program ve veri belleği aynı bellek alanında kullanılmaktadır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 MC9S08JM60 mikrodnetleyicisi bellek haritası (Freescale, 2008)

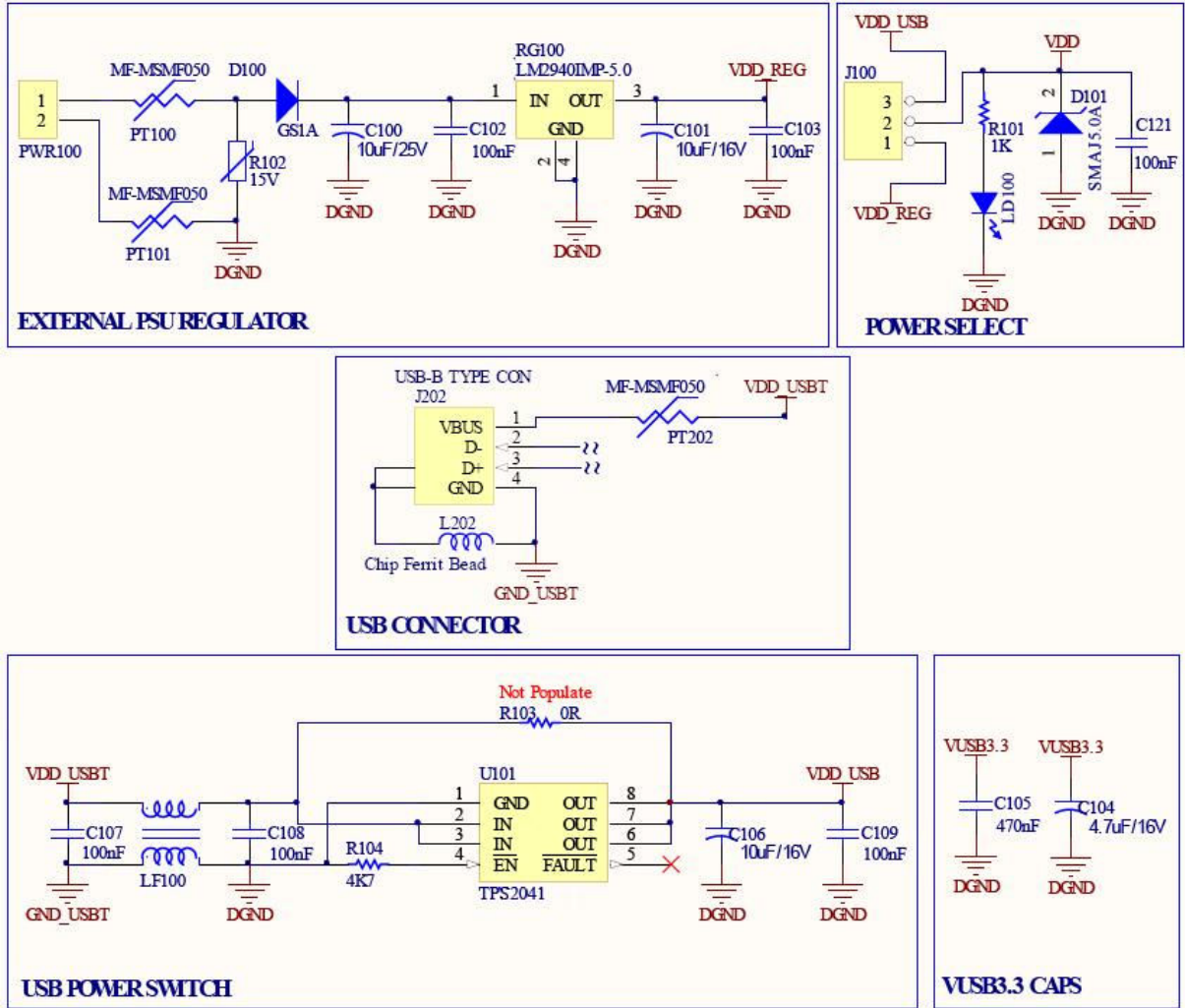


Şekil 5.3 MC09S08JM60 mikrodnetleyicisi blok diyagramı (Freescale, 2008)

5.1.2 Besleme Katı

Donanım birimi akım ihtiyacına göre bir seçici anahtar yardımıyla elle seçilmek suretiyle USB bağlantısı üzerinden bilgisayardan (en fazla $500mA$ akım çekilebilir), ya da $9-12V$ 'luk

bir doğru akım kaynağından (en fazla 1A akım çekilebilir) beslenebilmektedir (Şekil 5.4).

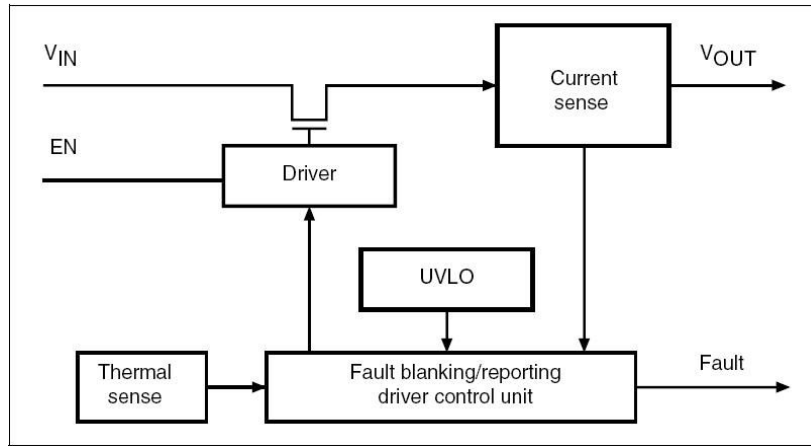


Şekil 5.4 Donanım besleme katı

Harici kaynak girişinde besleme bloğunu korumak üzere 15V seviyesinde sınırlamak için PTC yapısında kendi kendini resetleyebilen türden seri sigortalar (MF-MSMF050) ve paralel varistör konulmuştur. MF-MSMF050, üzerinden sınır değerinde akım akıtmakta, akımın sınırları aşması durumunda çok çabuk ısınarak yüksek direnç özelliği göstermekte, aşım durumunun sona erip soğumasıyla tekrar düşük direnç mertebesine dönmektedir. Ayrıca ters kutuplu giriş durumunda donanımın hasar görmemesi için bir yön diyodu eklenmiştir. Filtreleme kondansatörleri ve üzerinde çok küçük gerilim düşüren (low drop out) LM2940IMP-5.0 lineer regülatörü çıkışında seçim anahtarına yönlendirilmek üzere +5V gerilim elde edilmektedir.

USB hat beslemeli durumda ise bilgisayardan çekilecek akım 500mA ile sınırlandırılmıştır.

Bu amaçla bilgisayardan gelen besleme hatları ilk önce kendi kendini resetleyebilen bir sigorta (MF-MSMF050) ve ondan sonra USB uygulamaları için özel olarak üretilen bir akım anahtarı tümdevresin (TPS2041BD) üzerinden geçirilmiştir. TPS2041BD, limit akımının aşılması durumunda süratli bir şekilde açık devre haline gelerek donanım ile bilgisayar arasındaki besleme hattını kesmektedir. Akım aşımının sona ermesinin ardından tekrar ilettime geçerek normal çalışmasına (iletim durumu) devam etmektedir. Bu eleman da temelde akım artışının sıcaklık artışını doğurması prensibine dayanmakta olup temel blok diyagramı Şekil 5.5'te verilmiştir.



Şekil 5.5 TPS2041BD akım anahtarı blok diyagramı

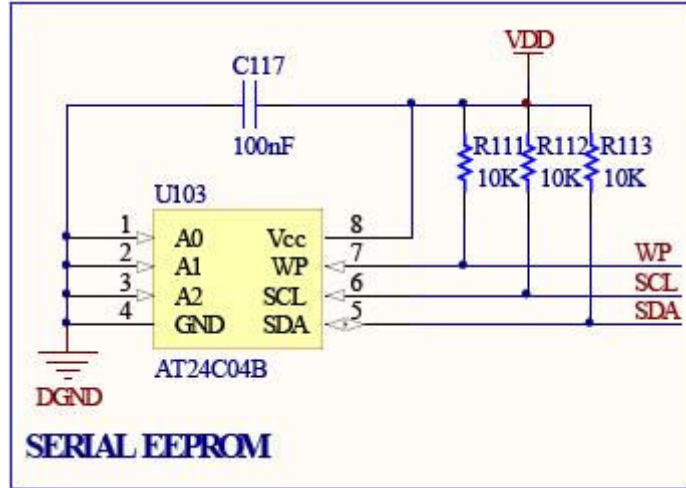
Akım anahtarından önce USB kablosu üzerinde endüklenebilecek harmonikleri sönmölemek üzere bobin filtreler ve kondansatör, anahtardan sonra da dalgalanmaları minimize etmek için kondansatörler eklenmiştir.

Regülatör ve USB akım anahtarı çıkışındaki +5V besleme seçim anahtarına taşınarak bir atlama bağlantısı yardımıyla besleme seçimi yapılması sağlanmıştır. Seçimden sonra elde edilen besleme gerilimi, regülatör elemanı ya da akım anahtarı elemanında oluşabilecek arıza durumlarından devrenin geri kalanını korumak için bir ani yükselen gerilim baskılayıcı (TVS) diyot ile paralel olarak sonlandırılmıştır (Şekil 5.4). TVS diyotlar çok hızlı çalışan zener diyotlar gibi ele alınabilirler, kırılma gerilimi aşıldığında ters yönde ilettime geçerek akımı kendi üzerinden toprağa akıtırılar.

5.1.3 Harici Bellek

Donanım biriminde bilgisayar ar yüzünden gönderilen yapılandırma dizisinin kalıcı bir şekilde saklanabilmesi amacıyla 16KB'lık seri bir elektriksel yolla silinebilen salt okunur bellek

(EEPROM) kullanılmıştır (Şekil 5.6). Mikrodenetleyici ile harici bellek arasındaki veri alış verişi seri donanım seviyesinde sıklıkla kullanılan I²C arabirim üzerinden yapılmaktadır. İlk olarak Philips firması tarafından geliştirilmiş ve kullanıma sunulmuş olan I²C veri yolu standardında tüm haberleşmeler için sadece iki tel kullanılır. Bu hatlar ise standart olarak seri veri (SDA) ve seri saat işareti (SCL) olarak adlandırılırlar. Her iki hat da çift yönlüdür, yani hem veri gönderilebilir hem de veri alınabilir. Hatta bağlı cihazlar o anki yapılandırmalarına göre efendi (master) ya da köle (slave) olarak çalışabilmektedir. I²C veri iletişimini kullanan her cihazın kendi türüne ait 7-bitlik bir adresi mevcuttur ve bu fabrikasyon olarak ayarlanır (örneğin AT24C28 bellek birimi için bu adres 0x40'tır). Bazı cihazlarda bu yedi bitin dördü sabit, diğerleri ise donanım tasarımında adresleme için ayrılan uçları lojik "1" ya da "0" seviyelerine bağlayarak ayarlanır. Bunun getirisi aynı türden birden fazla cihazın farklı adresler kullanılarak aynı I²C veri yolu üzerine bağlanabilmesidir.

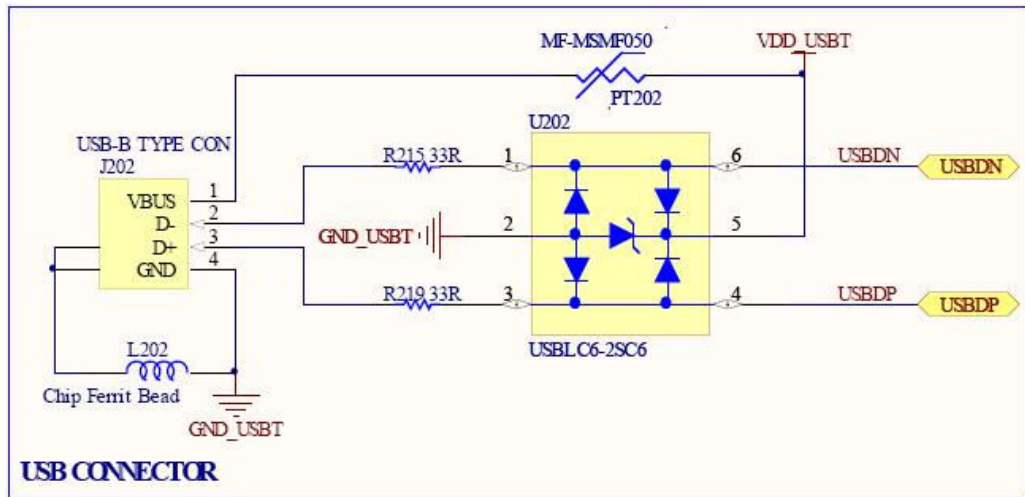


Şekil 5.6 Harici bellek bağlantısı

5.1.4 USB Arabirim

Mikrodenetleyicili birim ile bilgisayardaki arayüz arasındaki veri aktarımı USB arabirim üzerinden gerçekleşmekte, bunun için MC9S08JM60 mikrodenetleyicisinin çevresel arabirimleri arasında yer alan USB modülü kullanılmaktadır. Mikrodenetleyici üzerindeki USB arabirim 2.0 sürümündedir ancak tam hızları desteklemektedir (12Mbps). Dahili USB modülünün çalışabilmesi için gerekli olan +3.3V'luk gerilim yine mikrodenetleyicide gömülü olarak bulunan dahili regülatörün koşullandırılmasıyla sağlanmıştır, ancak dahili regülatörün ihtiyaç duyduğu kondansatörler devreye eklenmiştir. USB kablосуna insan teması ile kablo üzerinden iletilecek elektrostatik yük boşalmalarından (ESD) mikrodenetleyicinin USB veri

uçlarını ve devreyi koruyabilmek için USB bağlantı noktasının çıkışına bir ESD koruma tümdevresi eklenmiştir (Şekil 5.7). Durağan yükler, özellikle insan vücudunda sürtünme gibi nedenlerden dolayı birikmekte, daha düşük potansiyeldeki bir noktaya (örneğin bir elektronik cihaz ya da metal bir kapı kulbu) yaklaşma ya da temas sonucu, biriken bu yükler atlama yoluyla diğer cisme aktarılmaktadır. Özellikle insan temasına maruz kalan elektronik cihazlar için ESD oldukça önemli bir sorundur, uluslararası standardizasyon komitelerince önlenme yöntemleri ve bağışıklık limitleri belirlenmiştir. Şekil 5.7’de görülen ST firmasının ürünü olan USBLC6-2SC6 tümdevresi “IEC 61000-4-2: Elektrostatik Yük Boşalması Bağışıklığı” standardını dördüncü seviye (level-4) gibi yüksek bir seviyede desteklemektedir. Dördüncü seviye, hava temaslı durumlar için $15kV$, doğrudan temaslı durumlar için $8kV$ bağışıklık seviyelerini öngörmektedir. Bu tür koruyucu elemanlar düşük hat sızgıları sayesinde USB, ethernet gibi yüksek hızlı veri yollarında, harici bellek kartı ve taşınabilir elektronik aygıtlar gibi özellikle insan temasından kaynaklı ESD etkiye maruz kalabilecek donanımlarda sıklıkla kullanılmaktadır.

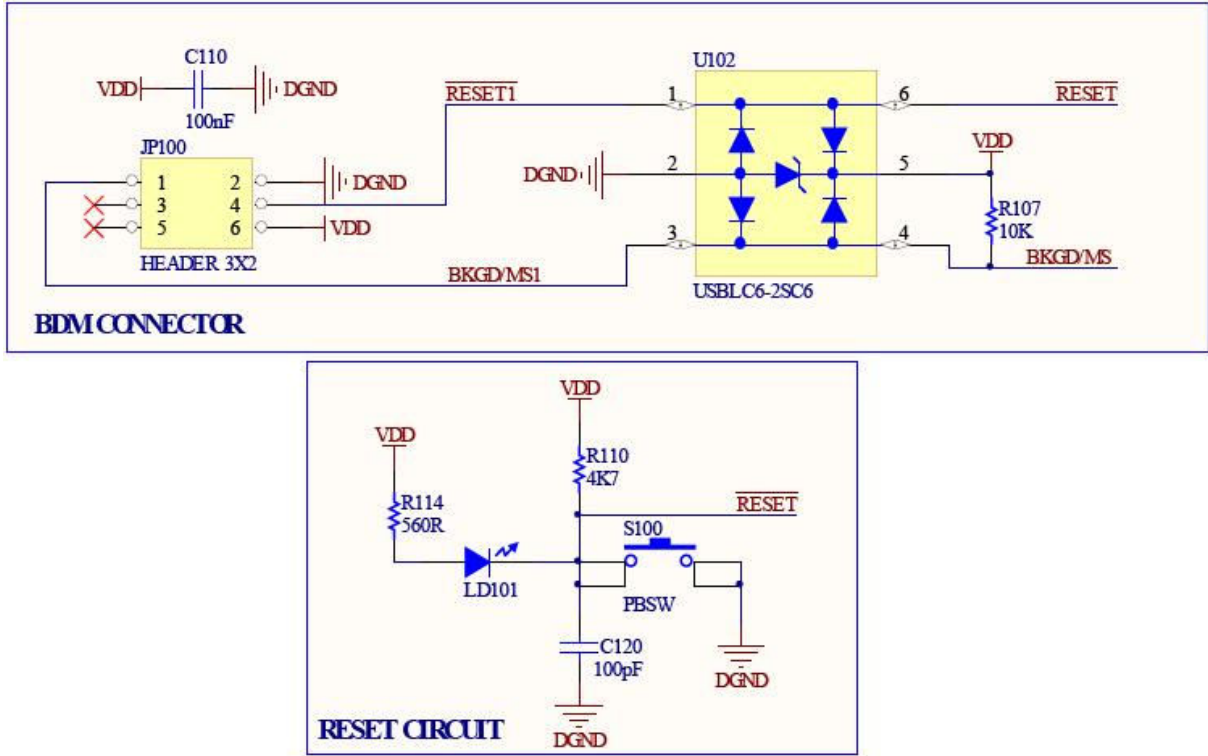


Şekil 5.7 USB arabirim bağlantısı ve ESD koruma elemanı

5.1.5 BDM Arabirim

Derlenen programların mikrodnetleyiciye yüklenmesi ve hata ayıklama adımları için mikrodnetleyicinin BDM modülü kullanılmaktadır (Şekil 5.8). HCS08 ailesindeki tüm mikrodnetleyiciler tek telli bir arka plan dinleme modülüne (BDM) sahiptir. BDM modülü ile yonga üzerindeki kalıcı bellek devre üzerinde programlanabildiği (in circuit programming) gibi, aynı zamanda koşan programlar üzerinde hata ayıklama işlemleri de yürütülebilir. Mikrodnetleyicide gömülü olarak bulunan BDM modülü oldukça gelişmiş bir komut

kümesine sahiptir ve benzerlerine göre avantajı, hata ayıklama modu için kendine ayrılmış kaynaklara sahip olmasıdır. Dolayısıyla hata ayıklama sürecinde bellek vb. sistem kaynakları kullanılmamakta, uygulamanın gerçek haliyle çalıştırılması sağlanmaktadır.



Şekil 5.8 ESD korumalı BDM programlama bağlantısı ve mikrodeneleyici reset devresi

BDM arabirim ile programlama yapılacak programlayıcı arasındaki kabloya ve devre üzerindeki bağlantı noktasına muhtemel bir insan teması olacağından yine bu birim de USB arabirimdekiyle aynı ESD koruma elemanı ile donatılmıştır.

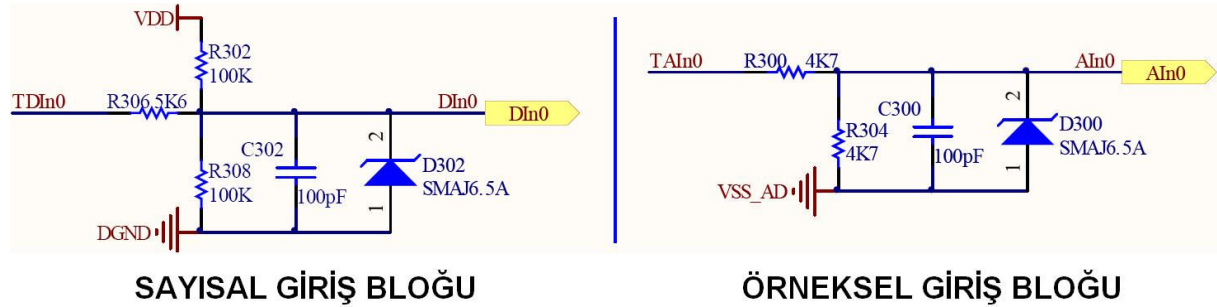
5.1.6 Giriş ve Çıkış Birimleri

5.1.6.1 Giriş Birimleri

Endüstriyel ölçüm sistemlerinde kullanılan algılayıcıların çıkış karakteristikleri incelendiğinde çoğu algılayıcının sayısal ve örneksel formda gerilim çıkışı verdiği görülmektedir. Gerçeklenen donanımın giriş birimleri bu tür çıkışların mümkün olduğunca geniş bir kümede uygulanabilmesini sağlayacak yapıda tasarlanmıştır. Sayısal çıkış üreten algılayıcıların ve sayıcı tarafından sayılması istenen işaret gibi diğer sayısal işaretlerin bağlanabileceği sayısal girişler TTL (0-5V) uyumludur. Gerilim çıkışlı birçok algılayıcının doğrudan bağlanabilmesi hedeflenerek örneksel girişler 0-10V aralığını destekleyecek şekilde

gerçeklenmiştir. Çıkış aralığı ya da türü desteklenen seviyeler dışında kalan algılayıcılar da basit işaret koşullandırıcı yapılar yardımıyla girişlere uygulanabilir. Örneğin yine endüstriyel uygulamalarda sıklıkla kullanılan 4-20mA akım çıkışlı algılayıcılar bir direnç ve koşullandırıcı yardımıyla örnekse girişlere uygulanabilir.

Giriş bağlantılarındaki işaretler koruma elemanları ve alçak geçiren filtre üzerinden geçirilerek sayısal girişler mikrodnetleyicinin sayısal giriş uçlarına, örnekse girişler de mikrodnetleyicinin dahili ADC modülüne uygulanmaktadır. Şekil 5.9’da örnekse ve sayısal giriş bloklarında yer alan devre yapıları birer giriş için gösterilmiştir, sistem detaylı özellikleri ilerleyen bölümlerde verilecek olan 8 adet örnekse girişi ve 8 adet sayısal girişi desteklemektedir.



Şekil 5.9 Sayısal ve örnekse giriş blokları

Sayısal Girişler

Sayısal girişler ele alındığında bağlantı terminalinden girilen işaretin ilk önce akım sınırlayıcı bir dirençten geçirilerek alçak geçiren bir filtreye uygulandığı ve filtre çıkışının ani gerilim yükselmelerini baskılayacak bir TVS diyodu ile paralellenerek mikrodnetleyicinin sayısal giriş uçlarına uygulandığı görülmektedir.

Girişteki $5.6k\Omega$ 'luk seri direnç, aynı zamanda akım sınırlama görevini de görmektedir.

$$P_R = I^2 \cdot R \quad (5.1)$$

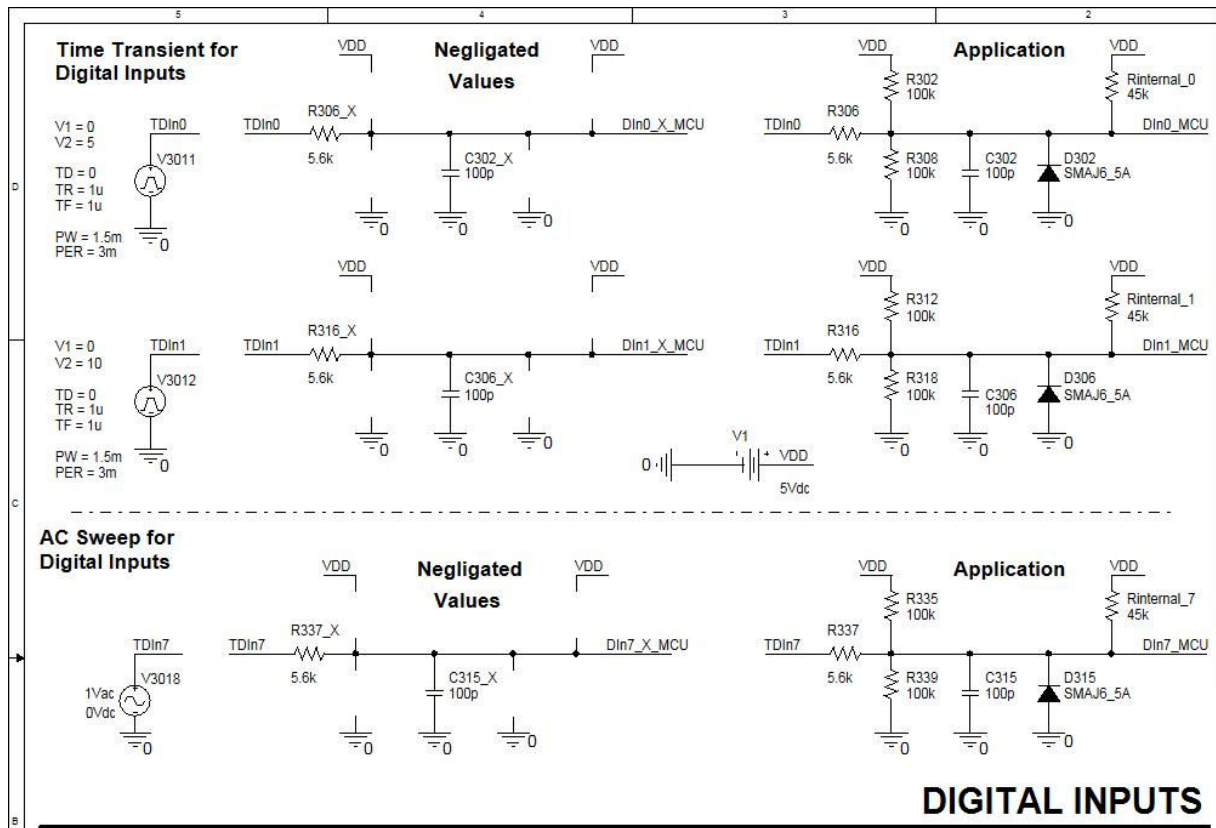
Gerçeklemede uygulanan direnç çeyrek watt ($0.125W$) gücünde karbon film direnç olarak seçilmiştir, dolayısıyla direnç güç hesabı bağıntısı (5.1) yardımıyla $5.6k\Omega$ 'luk direncin üzerinden akıtılacak akımın üst sınırının $I = 6.681mA$ olduğu hesaplanabilir. Bu sınırın üzerinde bir akım akıtmaya çalıştığımızda direnç ısınarak kendisi hasar görecektir ve karbon filmi dirençlerin yapısından dolayı açık devre halini alacaktır. Böylelikle mikrodnetleyicinin sayısal girişi yüksek akımdan korunacaktır. Direnç arızalansa bile değiştirilmesi kolay bir

eleman olduğu için mikrodenetleyicinin giriş uçlarının hasar görmemesi tercih edilmiştir.

Akım sınırlayıcı dirençten sonra yer alan $100k\Omega$ 'luk pull-up ve pull-down dirençleri, MCU dahili pull-up direncinin kullanılmadığı durumda giriş ucunun bir seviyede tutulmasını sağlayarak salınımını engellemek amacıyla eklenmiştir. İsteğe bağlı olarak uygulanabilir.

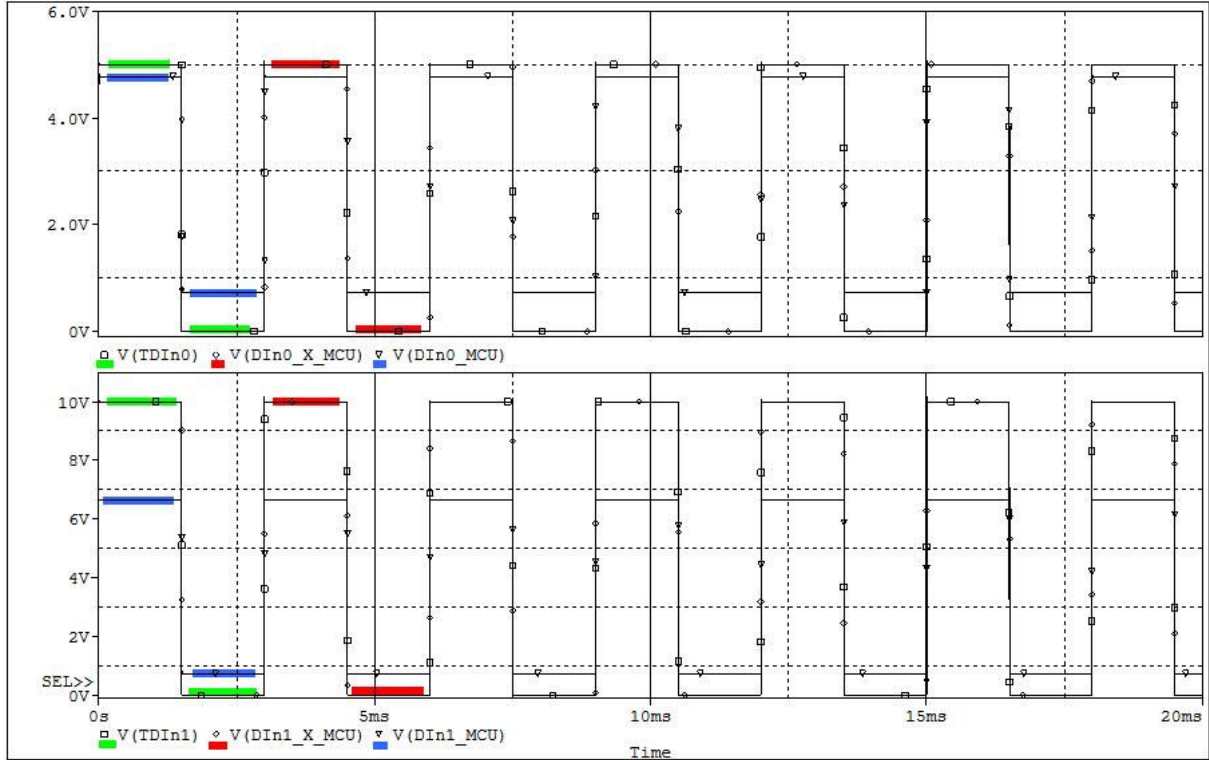
Bu blokta yer alan TVS diyodu, kırılma gerilimi aşıldığında çok hızlı bir şekilde ters yönde iletme geçerek akımı kendi üzerinden toprağa akıtması yoluyla ani gerilim dalgalanmalarını bastırması için kullanılan koruma elemanıdır.

Şekil 5.10'da devrenin zaman domeninde (Time-Transient) ve frekans domeninde (AC-Sweep) ORCAD pSpice AD programı ile simülasyonu yapılabilmesi için ORCAD CIS ortamında kurulmuş olan temsili sayısal giriş blokları verilmiştir. Temsili bloklar oluşturulurken harici pull-up ve pull-down dirençleri, MCU dahili pull-up direnci ve TVS diyodunun etkilerinin gözlenebilmesi için (özellikle TVS diyodunun girişleri nasıl koruduğunun anlaşılması), ilk önce bu elemanların olmadığı durum simüle edilmiş, daha sonra uygulamada gerçekleştirilen şekilde tüm elemanlarla sayısal giriş blokları oluşturularak simülasyon tekrarlanmıştır.



Şekil 5.10 Simülasyon amacıyla oluşturulan sayısal giriş blokları

Şekil 5.11’de zaman domeni simülasyon sonuçları görülmektedir. İlk grafik, blok giriş gerilimini, sadece akım sınırlayıcı direnç ve kondansatörden oluşan durum için blok çıkış gerilimini (MCU sayısal girişi) ve yine tüm elemanlarla gerçekleştirme durumu için blok çıkış gerilimini (MCU sayısal girişi) göstermektedir. Giriş gerilimi 0-5V aralığında değişen bir TTL işaret olarak uygulanmıştır. İkinci grafik ise yine ilk grafikteki incelenen düğüm gerilimlerini girişi 0-10V arasında değiştiği durum için vermektedir, böylelikle TVS koruma diyodunun etkisinin gösterilmesi hedeflenmiştir.

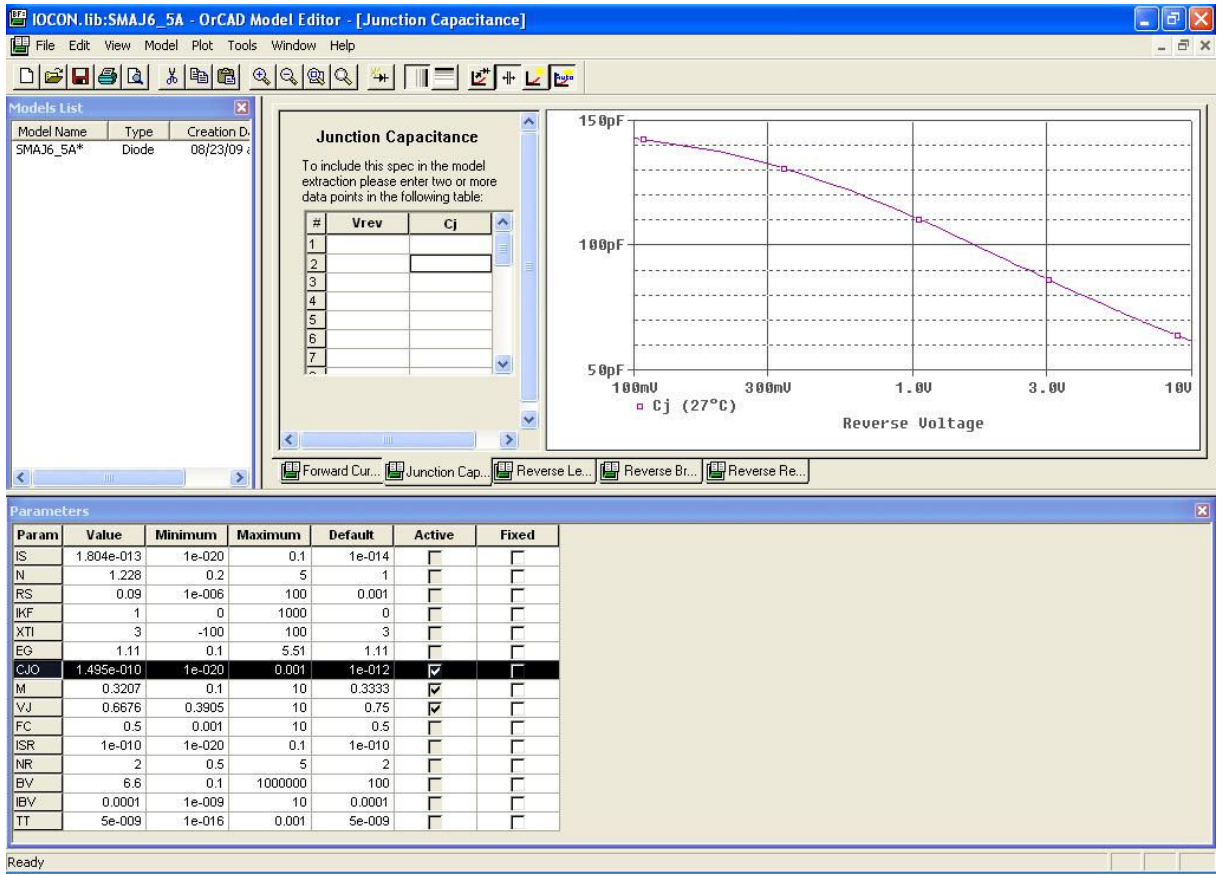


Şekil 5.11 Sayısal giriş bloklarının pSpice simülasyonunda zaman yanıtı

Alçak geçiren RC filtrenin köşe kesim frekansı (5.2) bağıntısı ile elde edilir.

$$f_c = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} \quad (5.2)$$

Harici pull-up ve pull-down dirençleri, mikrodenetleyicinin dahili pull-up direnci ve TVS diyodunun jonksiyon kapasitesi ihmal edilerek $R = 5.6k\Omega$ ve $C = 100pF$ için köşe frekansı $f_c \approx 284.205kHz$ olarak hesaplanacaktır. Ancak ihmal edilen elemanların etkisini de değerlendirdiğimizde aslında bu elemanların, özellikle de TVS diyodunun etkisinin oldukça büyük olduğu görülmektedir çünkü TVS koruma diyodu ters yön gerilimiyle ters orantılı, 50-150pF arasında değişen bir jonksiyon kapasitesine sahiptir (Şekil 5.12).



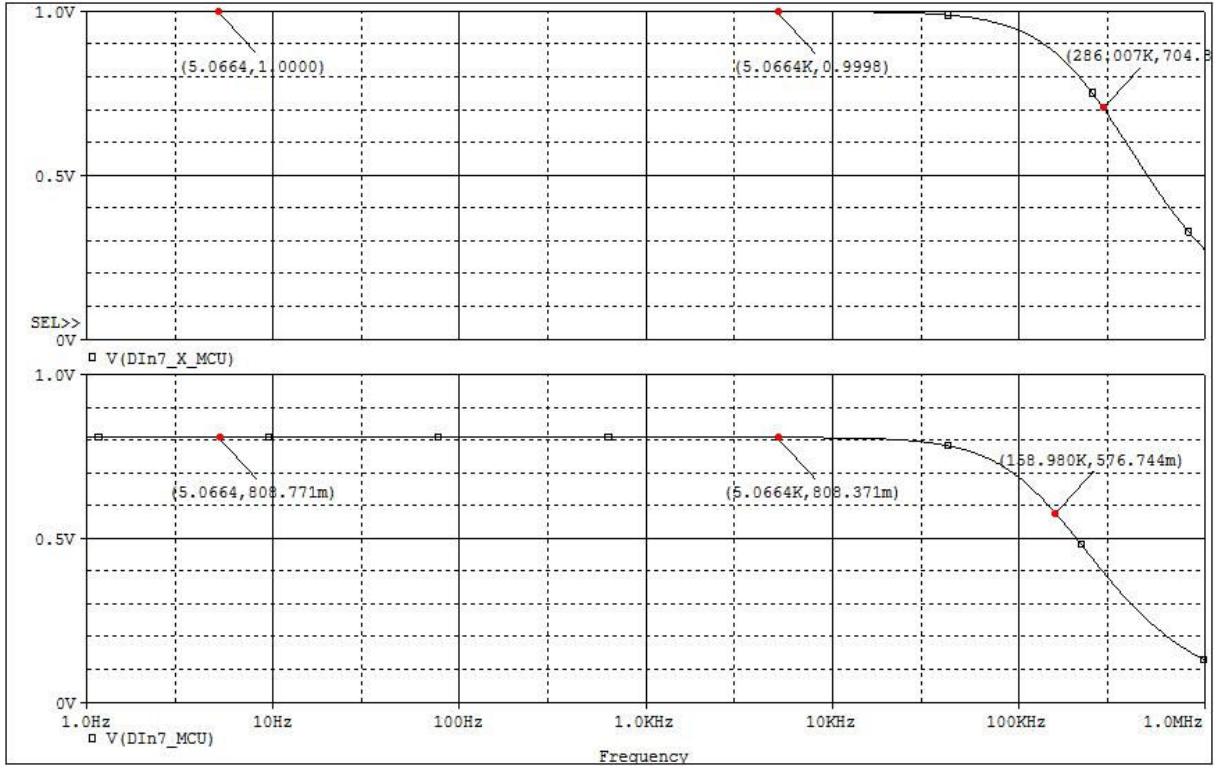
Şekil 5.12 SMAJ6.5A TVS diyodu pSpice model parametreleri

Dolayısıyla harici pull-up ($100k\Omega$) ve pull-down ($100k\Omega$) direnci, MCU dahili pull-up ($\sim 45k\Omega$) direnci ve TVS diyodu jonksiyon kapasitesi ($\sim 150pF$) de köşe kesim frekansında değerlendirilmelidir. Eşdeğer kapasite C_E , paralel olma durumu için (5.3) bağıntısı ile elde edilebilir.

$$C_E = \sum_{i=1}^n C_i \quad (5.3)$$

Eşdeğer kapasite $C_E = 250pF$ olarak hesaplanır. $R = 5.6k\Omega$ ve $C = C_E = 250pF$ için köşe kesim frekansı yine (5.2) bağıntısı yardımıyla $f_c \approx 113.682kHz$ olarak hesaplanır. Bu hesaplamada yine DC kaynaklara doğrudan bağlı elemanlar (pull-up ve pull-down dirençleri) dikkate alınmamıştır, bu elemanların sonuca etkisi simülasyon çıktılarında ele alınacaktır. Kapasite değeri 2.5 katına çıktığı için kesim frekansı oldukça etkilenmiştir. Sayısal girişlerin frekans yanıtı ve simülasyonu için Şekil 5.10'da verilen sadece akım sınırlayıcı direnç ve kondansatörden kurulu basitleştirilmiş sayısal giriş bloğu ve gerçek uygulamadakine eşdeğer kurulan giriş bloğuna dair pSpice AD frekans yanıtı Şekil 5.13'te verilmiştir. İlk grafik

basitleştirilmiş giriş bloğuna, ikinci grafik ise gerçek uygulamadakine eşdeğer giriş bloğuna aittir.



Şekil 5.13 Sayısal giriş bloklarının pSpice simülasyonunda frekans yanıtı

Grafikler üzerindeki köşe frekansı (5.4) bağıntısı ışığında $-3dB$ fark oluşturan genlik seviyesinin elde edilmesiyle kestirilebilir.

$$A(dB) = 20 \cdot \log_{10} A \quad (5.4)$$

Basitleştirilmiş blok için $f = 0Hz$ için $A = 1000mV$ olduğundan $-3dB$ seviyesi $707.945mV$ seviyesine denk gelmektedir, bu seviye için frekans yaklaşık olarak $f \approx 286kHz$ olarak okunur ki bu da hesaplanan değere oldukça yakındır. Benzer şekilde tüm elemanların eklendiği gerçek durumun simülasyonunu gösteren grafikte $f = 0Hz$ için $A = 808.771mV$ olduğundan $-3dB$ seviyesi $572.566mV$ seviyesine denk gelmektedir, bu seviye için frekans yaklaşık olarak $f \approx 159kHz$ olarak okunur, bu değer hesaplanan $113.682kHz$ değerinden büyüktür, bu etki hesaplamada dikkate alınmamış pull-up ve pull-down dirençlerinden kaynaklanmaktadır.

Örneksel Girişler

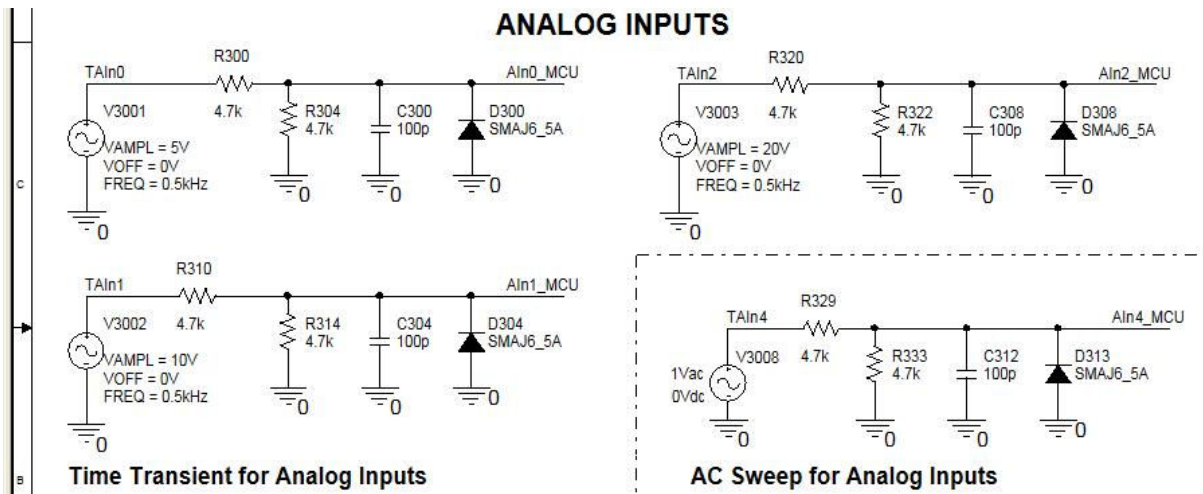
Bağlantı terminalinden girilen örneksel işaretler ilk önce akım sınırlayıcı bir dirençten geçirilerek bir gerilim bölücü devre yardımıyla ikiye bölündükten sonra alçak geçiren bir

filtreye uygulanmakta ve filtre çıkışı, ani gerilim yükselmelerini baskılayacak bir TVS diyodu ile paralellenerek mikrodenetleyicinin örneksel-sayısal-dönüştürücü çevresel birimine uygulanmaktadır.

Girişteki gerilim bölücüde yer alan ve giriş koluna seri bağlı $4.7k\Omega$ 'luk direnç, aynı zamanda akım sınırlama görevini de görmektedir. Gerçeklemede uygulanan direnç $1/8$ watt ($0.125W$) gücünde karbon film direnç olarak seçilmiştir, dolayısıyla direnç güç hesabı bağıntısı (5.1) yardımıyla $4.7k\Omega$ 'luk direncin üzerinden akıtılacak akımın üst sınırının $I = 5.157mA$ olduğu hesaplanabilir. Bu sınırın üzerinde bir akım akıtmaya çalıştığımızda direnç ısınarak kendisi hasar görecektir ve karbon filmi dirençlerin yapısından dolayı açık devre halini alacaktır. Böylelikle mikrodenetleyicinin ADC çevresel biriminin girişi yüksek akımdan korunacaktır.

Akım sınırlayıcı dirençten sonra yer alan paralel koldaki $4.7k\Omega$ 'luk direnç, giriş geriliminin ikiye bölünmesine olanak sağlamaktadır. Mikrodenetleyicinin ADC girişi $0-5V$ aralığındaki gerilimlerle çalışabilmektedir, ancak ardıl yaklaşım (SAR) tipi gömülü ADC modülü oldukça hızlı çalışmaktadır ve 12-bit gibi yüksek bir çözünürlüğe sahiptir. Dolayısıyla girişteki gerilimin ikiye bölünmesinin oluşturacağı örnekleme hatası, yüksek çözünürlük sayesinde ihmal edilebilir seviyelerde olacaktır. Gerilim bölücü yapı sayesinde $0-10V$ aralığındaki örneksel işaretlerin girişlerinin yapılmasına olanak tanınarak daha geniş tayfta bir algılayıcı kümesinin kapsanması hedeflenmiştir. Ancak dirençlerin tolerans farkından kaybolacak hataların minimize edilebilmesi için bu blokta yer alan dirençler düşük toleransı seçilmelidir.

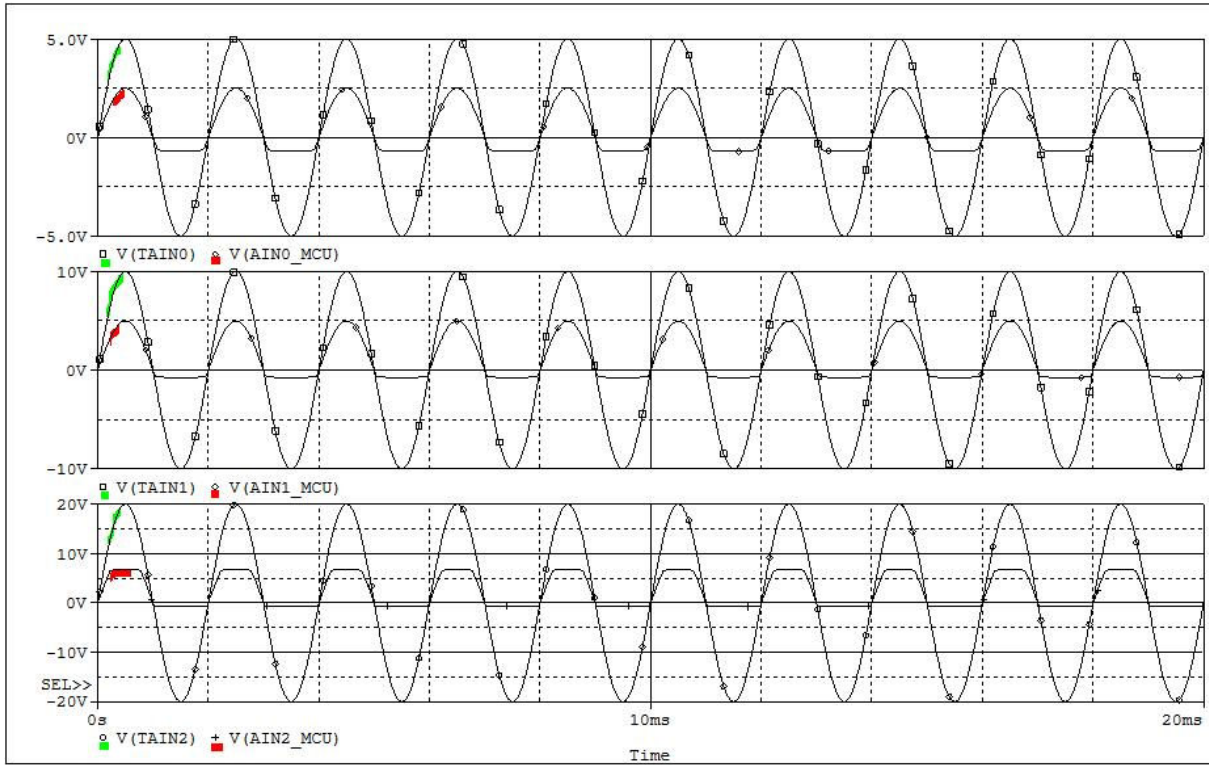
Bu blokta da koruma amaçlı yer alan TVS diyodu, gerilim bölücünün çıkışındadır ve bölünmüş işaretin üst seviyesini kontrol etmektedir.



Şekil 5.14 Simülasyon amacıyla oluşturulan örneksel giriş blokları

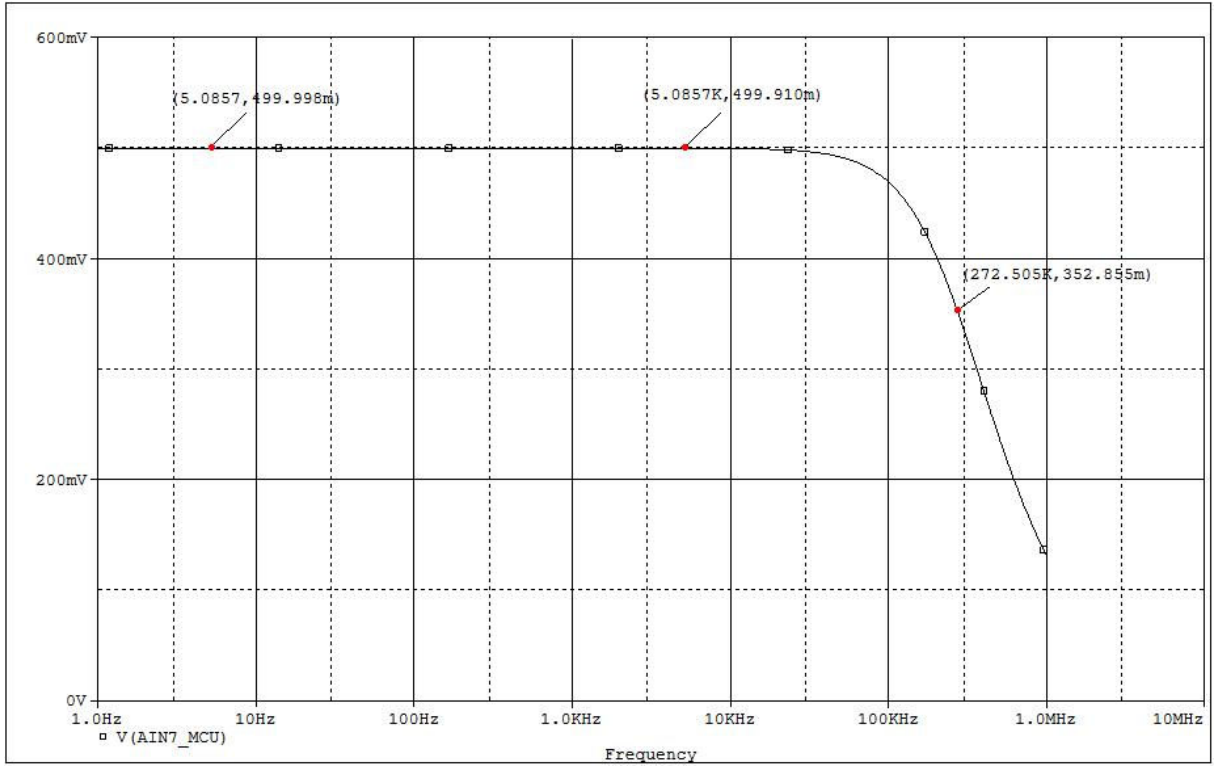
Şekil 5.14'te devrenin zaman domeninde (Time-Transient) ve frekans domeninde (AC-Sweep) ORCAD pSpice AD programı ile simülasyonu yapılabilmesi için ORCAD CIS ortamında kurulmuş olan temsili örneksel giriş blokları verilmiştir.

Şekil 5.15'te örneksel giriş bloklarının pSpice programı ile elde edilmiş zaman yanıtı farklı giriş gerilimleri için görülmektedir. Gerilim bölücü ile giriş aralığının yükseltildiği ikinci grafikten, TVS koruma diyodunun yerine getirdiği koruma fonksiyonu ve kazanımları da üçüncü grafikten incelenebilir. Bölünmüş giriş gerilimi TVS ters yön gerilimi civarında sabitlenmiştir.



Şekil 5.15 Örneksel giriş bloklarının pSpice simülasyonunda zaman yanıtı

Örneksel giriş bloğuna dair pSpice AD frekans yanıtı Şekil 5.16'da verilmiştir. Grafik üzerindeki köşe frekansı (5.4) bağıntısı ışığında $-3dB$ fark oluşturan genlik seviyesinin elde edilmesiyle kestirilebilir. $f = 0Hz$ için $A = 500mV$ olduğundan $-3dB$ seviyesi $353.972mV$ seviyesine denk gelmektedir, bu seviye için frekans yaklaşık olarak $f \approx 272kHz$ olarak okunur.



Şekil 5.16 Örneksel giriş bloklarının pSpice simülasyonunda frekans yanıtı

5.1.6.2 Çıkış Birimleri *

Giriş birimlerine benzer şekilde çıkış birimleri de endüstriyel sistemlere uyumlu olacak şekilde tasarlanmıştır. Örneksel çıkışlar kanal başına 0-5V tam skala aralığında (rail-to-rail) 35mA, sayısal çıkışlar da USB'den bağımsız harici besleme ile kanal başına 0.6-5V aralığında 100mA'e kadar çıkış verebilmektedir.

Sayısal Çıkışlar

Sayısal çıkış devresinde sürücü olarak ULN2803 darlington transistör dizisi kullanılmıştır. Sürücünün hemen önünde, her çıkış için, geniş bantlı alçak geçiren filtreler bulunmaktadır. Bu filtrenin amacı MCU katındaki yüksek frekanslı işaretlerin sürücü katına aktarılmasını engellemektir. Aynı zamanda sürücü üzerinden beslenebilecek endüktif yüklerin anahtarlanmasından kaynaklanan yüksek frekanslı işaretlerin de MCU tarafına zayıflayarak gelmesini sağlar.

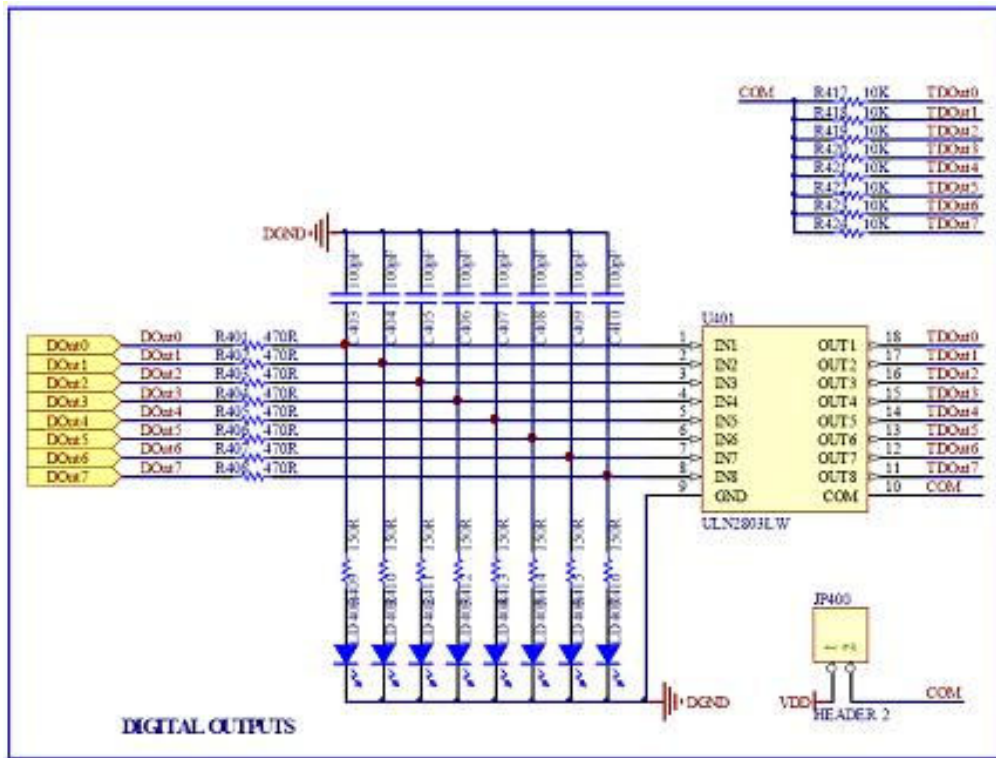
Ayrıca her alçak geçiren filtre çıkışına paralel LED göstergeler bulunmaktadır. Bunlar

* Emre Oğuz tarafından yürütülen paralel tez çalışmasından derlenmiştir.

asında cihaz kutusu dışından görülmemektedir. Bunların kullanılmasının amacı kart üzerinde yazılım geliştirilmesi sırasında çeşitli işaretlerin tanı (diagnostic) amacıyla dışarıdan gözlemlenebilmesini sağlamaktır.

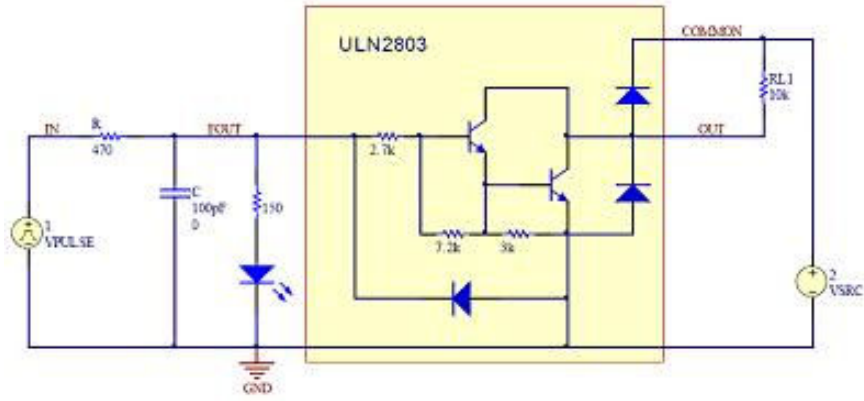
ULN2008 sürücüsü, röle ve DC motor gibi endüstriyel yüklerin sürülmesinde sıkça kullanılan ve akım sürme kapasitesi 8 kanalı için toplamda 2A değerini bulan, kanal başına ise 500mA değerine çıkabilen oldukça sağlam “Open Collector” özellikte bir darlington dizisidir.

Devrenin çıkışları, çıkış klemensi üzerindeki besleme girişinden sürülebileceği gibi JP400 anahtarı kısa devre edilerek sistemin 5V kaynağı üzerinden de beslenebilir. Ancak sayısal çıkış beslemesi olarak dahili 5V kullanılacaksa seçili güç kaynağının akım limitleri dikkate alınmalıdır.



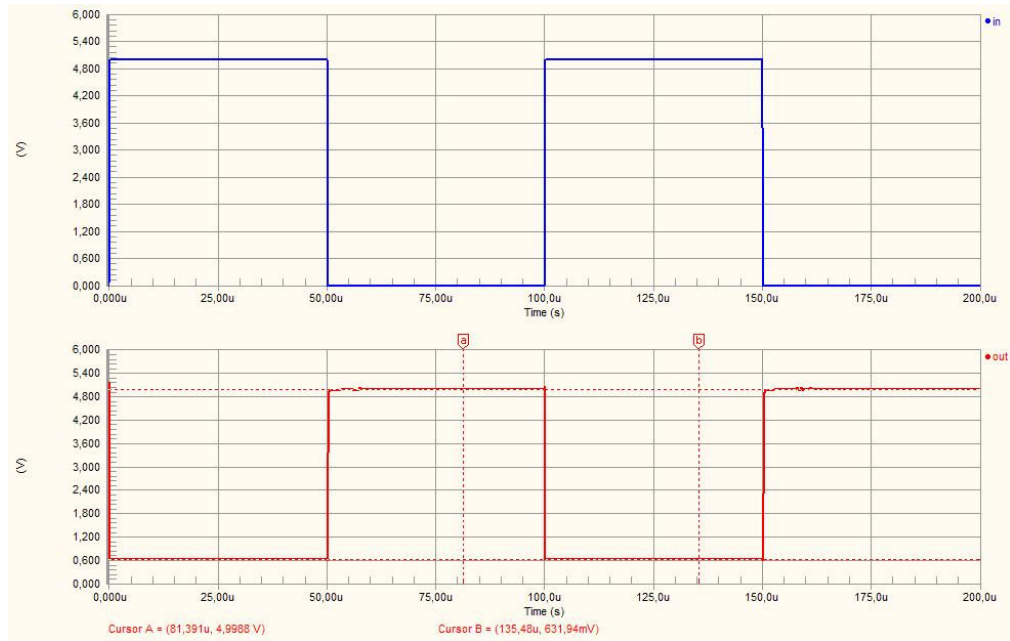
Şekil 5.17 Sayısal çıkış devresi

Şeması Şekil 5.17’de verilen sayısal çıkış devresi 8 kanaldan oluşmaktadır. ULN2803 tümdevresinin kataloğundan yararlanılarak tek bir kanalı için ayrı devre şeması çıkartılmış ve Altium Designer devre tasarım yazılımı içerisinde benzetilerek incelenmiştir.

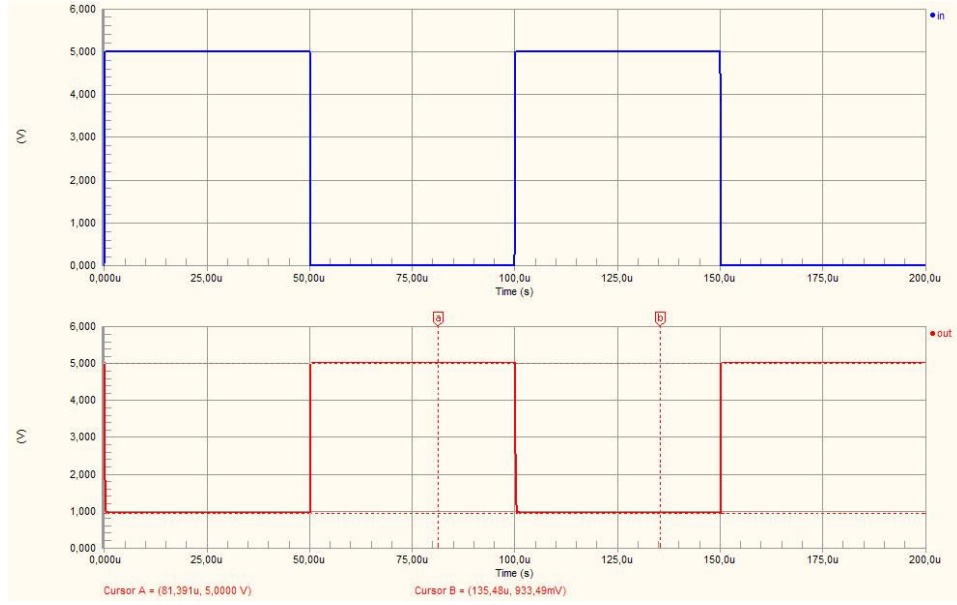


Şekil 5.18 Tek bir sayısal çıkış devresinin ayırık gösterimi ve benzetim bağlantısı

Benzetim sırasında öncelikle devrenin zaman eksenindeki çalışması incelenmiştir. MCU çıkışındaki işaret “1” yani +5Vdc değerine çekildiğinde darlington transistörün bazından yaklaşık 1mA değerinde bir akım akar ve transistörler iletim geçerek çıkış 0V’a yakın bir doyma gerilimine (saturation voltage) düşer. ULN2803 kataloğunda bu değer 200mA için 1V civarında bir değer olarak verilmiştir. 10k Ω ve 20 Ω yük dirençleri için iki benzetim yapılmıştır. Girişe 10kHz frekanslı bir kare dalga uygulanarak çıkışın davranışı incelenmiştir.



Şekil 5.19 10k Ω yük direnci ile giriş-çıkış değişimi



Şekil 5.20 20Ω yük direnci ile giriş-çıkış değişimi

Benzetim sonunda, doyma gerilimi $10k\Omega$ yük direnci için (yaklaşık $0.44mA$) $631mV$, 20Ω yük direnci için (yaklaşık $200mA$) ise $933mV$ değerinde bulunmuştur.

Sürücü devrenin kesim frekansı aşağıdaki şekilde hesaplayabiliriz.

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC} Hz \quad (5.5)$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi \cdot 470 \cdot 10^{-10}} \approx 3.386 MHz$$

Yapılan benzetim sonucunda da, aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi yakın bir değer elde edilmiştir.



Şekil 5.21 Sayısal çıkış devresindeki filtrenin frekans cevabı

Darlington çıkışındaki “Common” ucu röle vb. endüktif yüklerin sürülmesi sırasında endüktansın boşaltılabilmesi için kullanılır. Bu diyotun bağlanmaması durumunda, endüktif yükü sürmekte olan darlington çifti tıkamaya girdiğinde endüktans akımı aniden kesildiği için uçlarında ani değişen yüksek bir gerilim oluşacaktır. Bu da sayısal devrelerin kararlılığını etkileyeceği gibi, sürücünün ömrünün kısalmasına hatta yanmasına neden olabilir.

Darlington çıkışındaki yük direnci 10k seçildiğinde doyma gerilimi 0.6V civarında, tıkama gerilimi ise 5V civarındadır. Bu gerilim seviyeleri TTL ve CMOS devrelerinin girişlerine bağlanabilmeyi sağlar. Ancak ULN2803’ün işareti evirdiği unutulmamalıdır. Yani MCU çıkışında “1” seviyesi varken ULN2803 çıkışında “0” seviyesi oluşur.

Örneksel Çıkışlar

Genel amaçlı endüstriyel giriş-çıkış birimi örneksel çıkışları 0-5V aralığında çıkış veren 4 kanaldan oluşur. Örneksel gerilim MCU tarafından kontrol edilen DAC124S085 tümdevresi tarafından oluşturulur. National Semiconductors firması tarafından üretilen DAC124S085 12-bit çözünürlüğe sahiptir ve çıkışı rail-to-rail özelliği sayesinde 0V ile 5V arasında tam ölçekte çıkış verebilir.

DAC kataloğunda, DAC 5V ile beslendiğinde, çıkışlarından 200 μ A akım çekilmesi durumunda en düşük gerilim seviyesi 7mV ve en yüksek gerilim seviyesi de 4.989 olarak verilmiştir. Çekilen akımın 1mA seviyesine çıkması durumunda bu gerilim aralığı 10mV ile 4.958V aralığına gelir. Bu nedenle, 0-5V aralığının doğrusallığını olabildiğince koruyabilmek ve DAC çıkışlarından fazla akım çekilmesini engellemek için amacıyla yüksek giriş empedanslı bir kuvvetlendirme bloğuna ihtiyaç duyulmuştur.

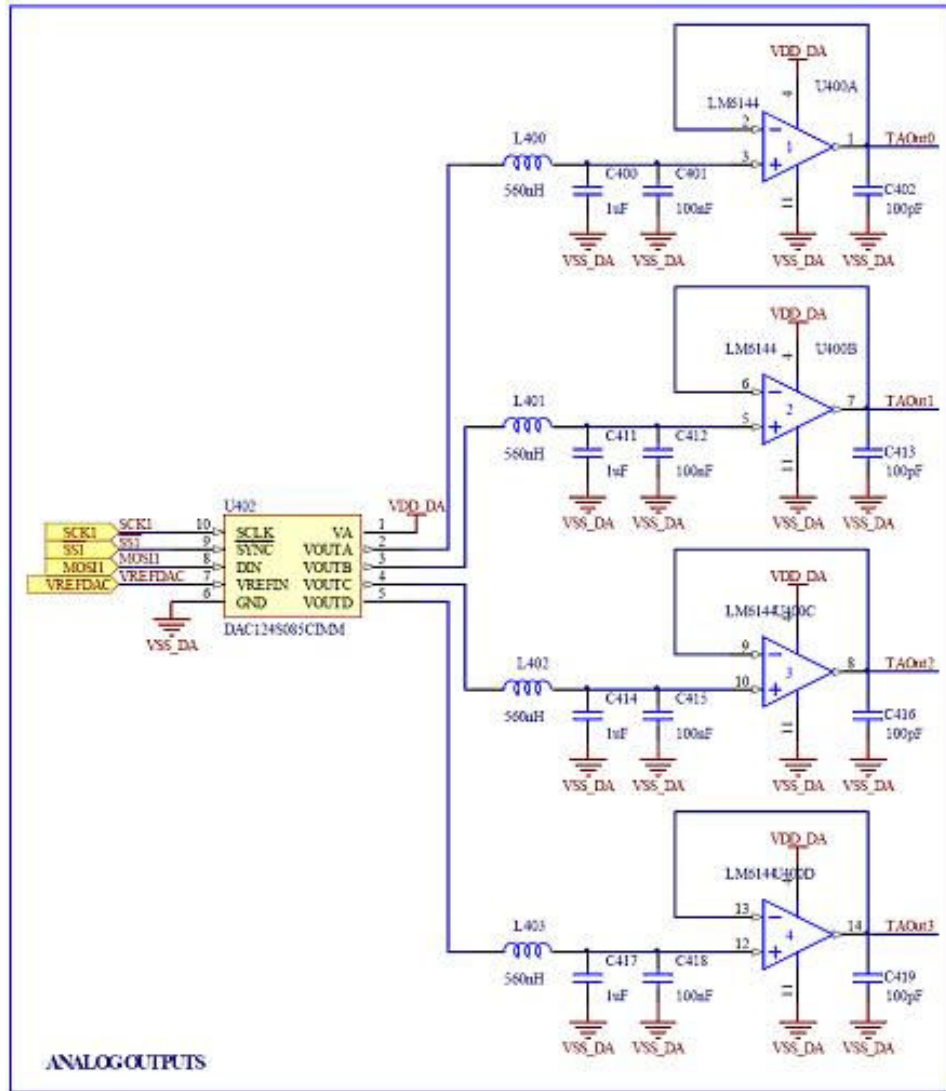
Kuvvetlendirme işlemi yine National Semiconductors firması tarafından üretilen rail-to-rail özellikteki LM6144 işlemsel yükselteç tümdevresiyle gerçekleştirilen gerilim takipçisi tarafından yapılır. LM6144, rail-to-rail özelliği sayesinde 5V besleme ile 5mV-4.995V aralığında, ve kanal başına 25mA çıkış verebilen bir işlemsel yükselteçtir.

DAC ve gerilim takipçisi bir LC alçak geçiren fitle ile birbirine bağlanmıştır. Bu filtre ile DAC tarafından yapılan sayısal-örneksel dönüşüm gürültülerinin yüksek frekanslı bileşenlerinin zayıflatılması amaçlanmıştır.

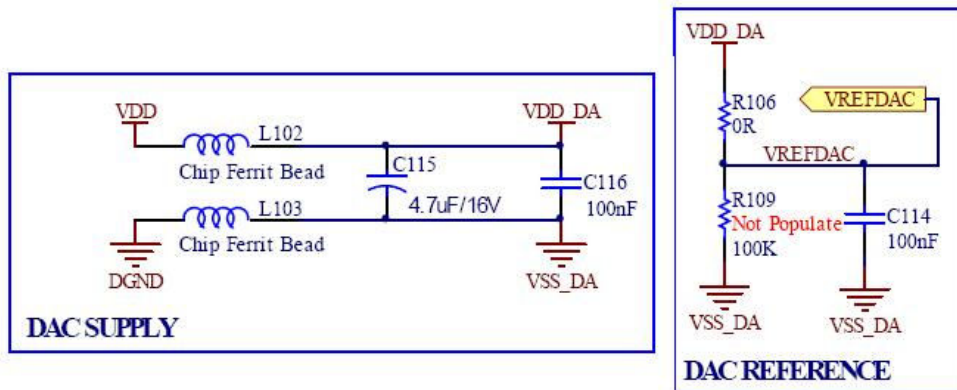
DAC, MCU devresine SPI veriyolu ile bağlanmıştır. Örneksel çıkışların güncellenmesi MCU’dan SPI aratüzüyle DAC’ye komutlar gönderilmesi sayesinde gerçekleşir.

Genel amaçlı endüstriyel giriş-çıkış biriminin örneksel çıkış devresi Şekil 5.22’de, DAC

besleme devresi ve referansı da Şekil 5.23'te gösterilmiştir.



Şekil 5.22 Örneksel çıkış devresi



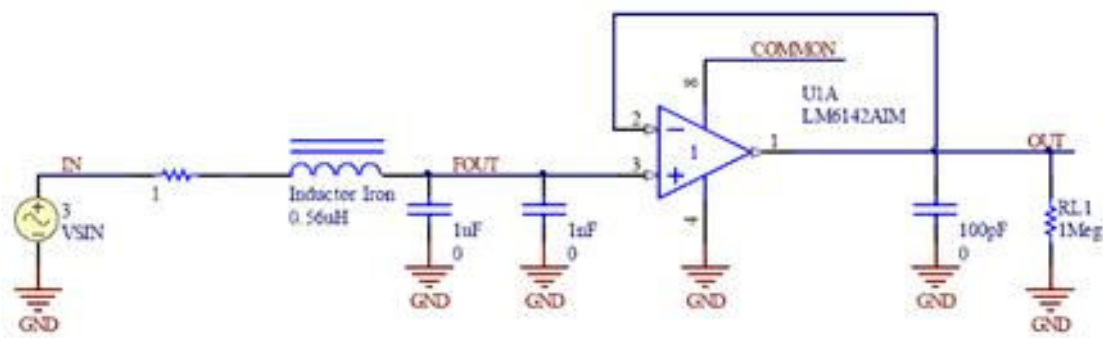
Şekil 5.23 DAC beslemesi ve referans gerilimi devreleri

DAC çıkışında kullanılan alçak geçiren LC filtrenin köşe frekansı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \text{ Hz} \quad (5.6)$$

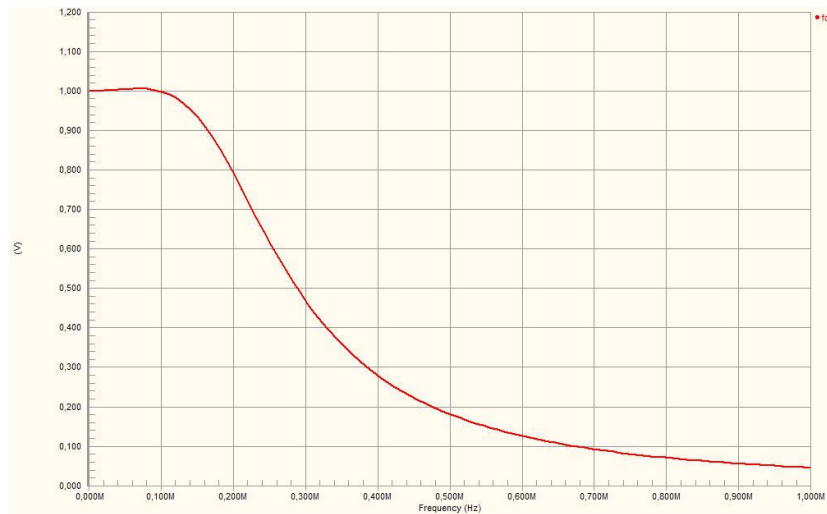
$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{560 \cdot 10^{-9} \cdot 1,1 \cdot 10^{-6}}} \approx 203 \text{ kHz}$$

Yapılan benzetim ile DAC çıkışlarından birinin benzetim ortamında gerçekleşmesi ve incelemesi yapılmıştır. Şekil 5.24'te Altium Designer ortamında kurulan benzetim devresi gösterilmektedir.



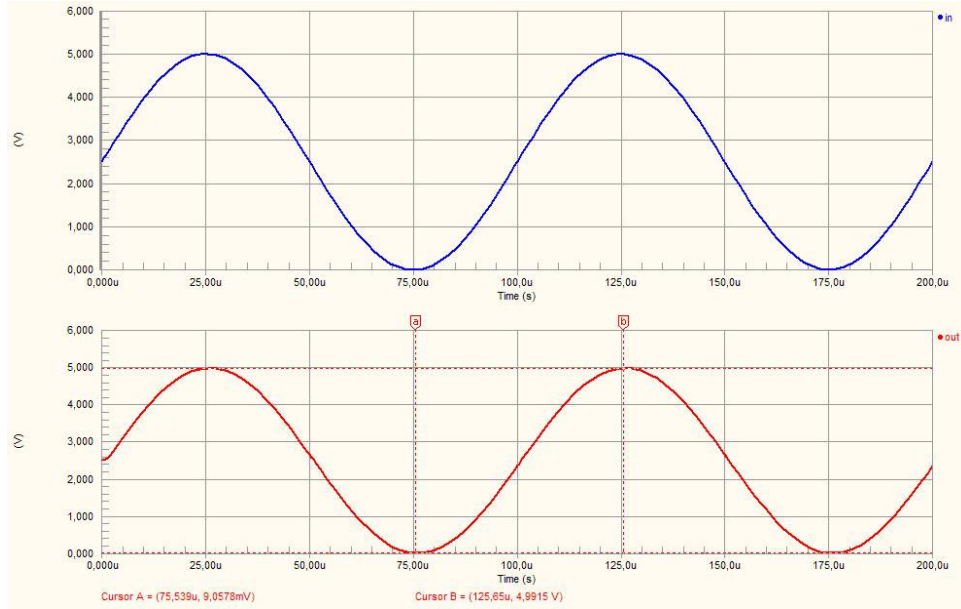
Şekil 5.24 Tek bir kanal için DAC çıkışları benzetim devresi

Yapılan benzetim sonunda alçak geçiren filtrenin karakteristiği çıkarılmıştır. Aşağıdaki şekilde de görüldüğü gibi (5.6) bağıntısıyla hesaplanan köşe frekansı benzetim sonunda da yaklaşık aynı değerlerde bulunmuştur.

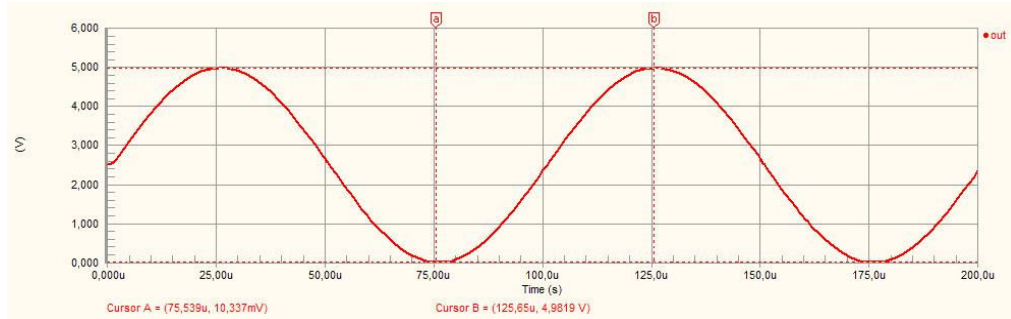


Şekil 5.25 Örneksel çıkış devresindeki filtrenin frekans cevabı

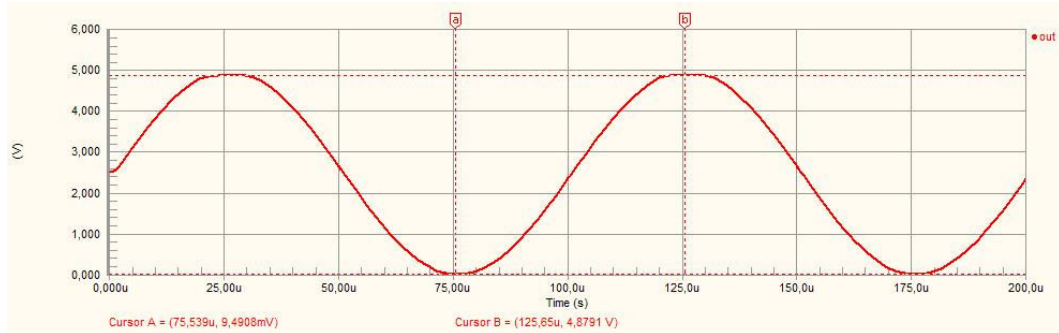
Devrenin çıkış geriliminin işlemsel yükselteç çıkışından çekilen akımla nasıl değiştiğini görmek amacıyla $1\text{M}\Omega$, $10\text{k}\Omega$ ve $1\text{k}\Omega$ yük dirençleriye benzetim yapılarak çıkış gerilimlerinin değişimi incelenmiştir. Sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.26 $1\text{M}\Omega$ yük direnci ile örneksel çıkışın değişimi



Şekil 5.27 $10\text{k}\Omega$ yük direnci ile örneksel çıkışın değişimi



Şekil 5.28 $1\text{k}\Omega$ yük direnci ile örneksel çıkışın değişimi

5.2 Yazılım Özellikleri

Sistemin yazılım akışı en genel haliyle uç birimdeki MC9S08JM60 mikrodnetleyici yazılımı tarafından denetlenen sistem saat döngüsünün belirli periyotlarında ($200\mu s$) girişlerin okunması, çıkış değerlerinin güncellenmesi, okunan değerlerin bilgisayarda koşmakta olan LabVIEW insan makine arayüzüne USB arabirimi üzerinden aktarılması ve bu bilgilerin arayüzdeki grafik ve göstergelerde gösterilmesi şeklinde özetlenebilir. Girişlerin okunmasıyla ilgili parametreler ve çıkışlarda güncellenecek değerler ve bu değerlerle ilgili parametreler arayüzde oluşturulan yapılandırma dizisinin USB arabirimi üzerinden gönderilmesiyle mikrodnetleyiciye bildirilmektedir. Bilgisayar arayüzünden bir buton yardımıyla yeni bir yapılandırma dizisi gönderildiğinde mikrodnetleyici yazılımı ilgili yapılandırma dizisini uygulamaya başlar ve aynı zamanda bu yapılandırma bilgisini harici belleğe kaydeder.

Bilgisayar ile mikrodnetleyicinin haberleşebilmesi için bir veri paket yapısı oluşturulmuştur. Yapının bilgisayardan uç birim yönüne olan yapısı Şekil 5.29 ve Şekil 5.30’da görülmektedir.

	1 bit Mesaj Tipi		3 bit Kanal Tipi		4 bit Kanal No	
	0:	Özellik Güncelleme	0 0 0:	Sayısal Giriş	0 0 0 0:	0
Byte0	1:	Veri tablosu güncelleme	0 0 1:	Sayısal Çıkış	0 0 0 1:	1
			0 1 0:	Analog Giriş	0 0 1 0:	2
			0 1 1:	Analog Çıkış	0 0 1 1:	3
			1 0 0:	RS232	0 1 0 0:	4
			1 0 1:	RS485	0 1 0 1:	5
			1 1 0:	LCD	0 1 1 0:	6
			1 1 1:	boş	0 1 1 1:	7
					1 0 0 0:	boş
					1 0 0 1:	boş
					1 0 1 0:	boş
					1 0 1 1:	boş
					1 1 0 0:	boş
					1 1 0 1:	boş
					1 1 1 0:	boş
					1 1 1 1:	boş

Byte1	Özellik Güncelleme İse	Parametre 1
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Paket No = n (0,...n)
Byte2	Özellik Güncelleme İse	Parametre 2
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)] // HIGH{Sample[(n*3)]}
Byte3	Özellik Güncelleme İse	Parametre 3
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)+1] // LOW{Sample[(n*3)]}
Byte4	Özellik Güncelleme İse	Parametre 4
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)+2] // HIGH{Sample[(n*3)+1]}
Byte5	Özellik Güncelleme İse	Parametre 5
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)+3] // LOW{Sample[(n*3)+1]}
Byte6	Özellik Güncelleme İse	Parametre 6
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)+4] // HIGH{Sample[(n*3)+2]}
Byte7	Özellik Güncelleme İse	Parametre 7
	Veri Tablosu Güncellemesi İse	Veri byte[(n*6)+5] // LOW{Sample[(n*3)+2]}

Şekil 5.29 Bilgisayardan uç birim yönüne veri aktarım temel yapısı

	Örnek Giriş	Sayısal Giriş
Parametre 1	Ekranda gösterilecek örnek sayısı / SAMPLES TO PLOT (AIN) (GUI için özellik / 4 farklı seçenek: 50 - 100 - 150 - 200)	Ekranda gösterilecek örnek sayısı / SAMPLES TO PLOT (DIN) (GUI için özellik / 4 farklı seçenek: 50 - 100 - 150 - 200)
Parametre 2	Örnekleme Çarpanı / SAMPLING FACTOR (AIN) (GUI için özellik / 1::50 ++)	Örnekleme Çarpanı / SAMPLING FACTOR (DIN) (GUI için özellik / 1::50 ++)
Parametre 3	5V/10 Seçimi (1: 5V - 2: 10V)	CNT CH.x EDGE SELECTON / Available only for CH.0 and CH.1 (0: Falling - 1: Rising)
Parametre 4	Boş	Boş
Parametre 5	Boş	Boş
Parametre 6	Boş	Boş
Parametre 7	Boş	Boş

	Örneksel Çıkış			Sayısal Çıkış
	1 bit Kaynak Seçimi (bit 7 - MSB) TPM/GUI (AOUT)	2 bit İşaret Dalga Şekli SIGNAL WAVEFORM	5bit Faz PHASE	1 bit Kaynak Seçimi (bit 7 - MSB) TPM/GUI (DOUT)
Parametre 1	0 :TPM	0 0 : Sinüs	nx15 derece	0 :TPM
		0 1 : Üçgen		
	1 :GUI	1 0 : Testere		1 :GUI
		1 1 : Kare		
Parametre 2	Genlik / AMPLITUDE			Darbe Zamanı / ON TIME FACTOR
Parametre 3	DC Bileşen / OFFSET			Boşluk Zamanı / OFF TIME FACTOR
Parametre 4	Çıkış Çevrim Sayısı (High) / CYCLES			Başlangıç Seviyesi Seçimi / START LEVEL
Parametre 5	Çıkış Çevrim Sayısı (Low)			Boş
Parametre 6	Güncelleme Çarpanı / REFRESH FACTOR			Boş
Parametre 7	Örnek Sayısı / SAMPLES			Boş

Şekil 5.30 Bilgisayardan uç birim yönüne veri paket yapısı alt parametreleri

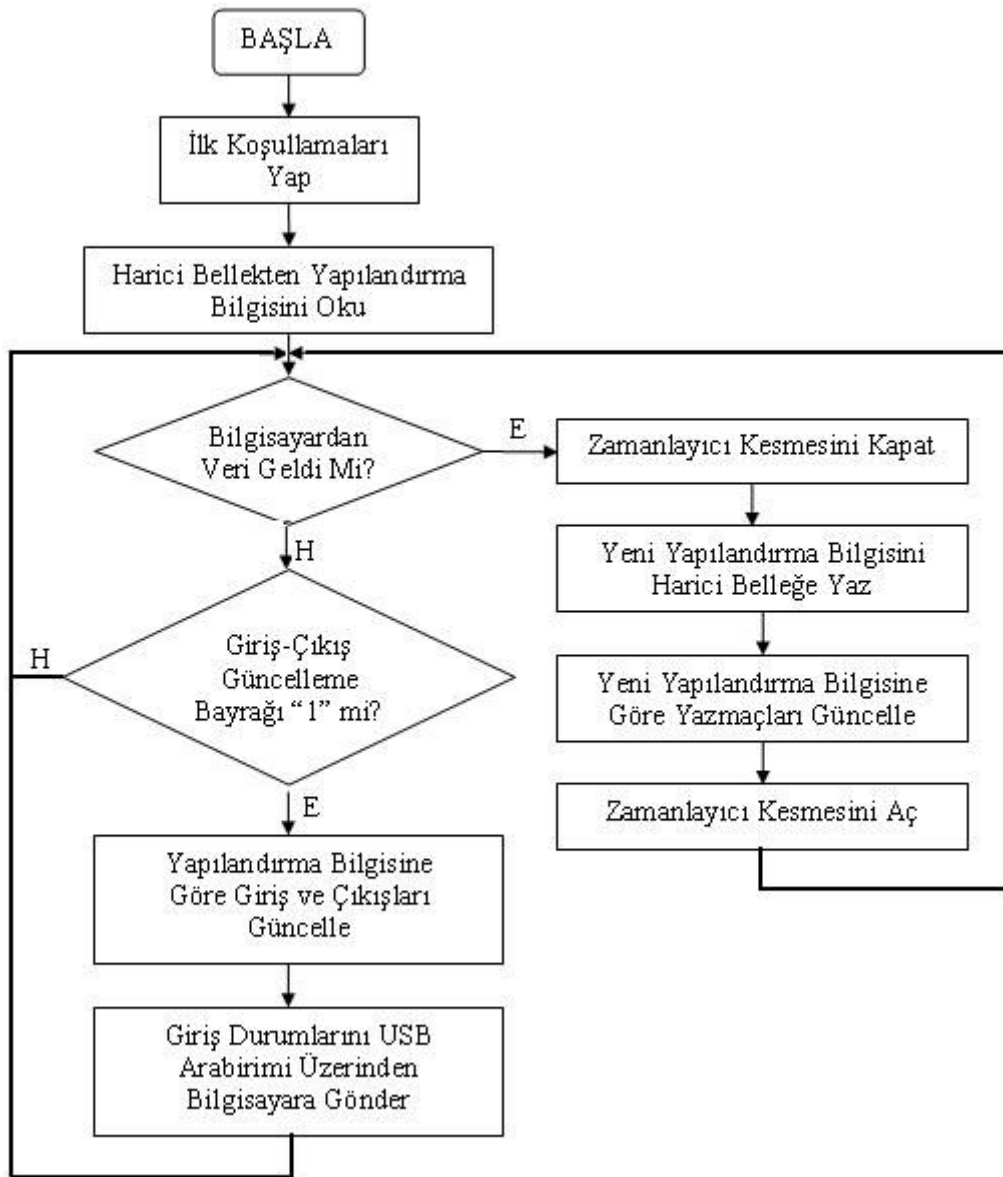
Mikrodenetleyicili sistem tarafında ise okunan giriş durumlarının bilgisayar arayüzüne bildirilebilmesi için Şekil 5.31’deki veri paket yapısı oluşturulmuştur.

Byte 0	HDR 0	Byte 16	AIN3 High
Byte 1	HDR 1	Byte 17	AIN3 Low
Byte 2	HDR 2	Byte 18	AIN4 High
Byte 3	CMD	Byte 19	AIN4 Low
Byte 4	CMD Parameter	Byte 20	AIN5 High
Byte 5	Sequence High	Byte 21	AIN5 Low
Byte 6	Sequence Low	Byte 22	AIN6 High
Byte 7	DIN	Byte 23	AIN6 Low
Byte 8	Core Temp High	Byte 24	AIN7 High
Byte 9	Core Temp Low	Byte 25	AIN7 Low
Byte 10	AIN0 High	Byte 26	CNT0 High
Byte 11	AIN0 Low	Byte 27	CNT0 Low
Byte 12	AIN1 High	Byte 28	CNT1 High
Byte 13	AIN1 Low	Byte 29	CNT1 Low
Byte 14	AIN2 High	Byte 30	FTR0
Byte 15	AIN2 Low	Byte 31	FTR1

Şekil 5.31 Uç birimden bilgisayar yönüne veri aktarım temel yapısı

5.2.1 MC9S08JM60 Mikrodenetleyici Yazılımı

Mikrodenetleyici yazılımı, MC9S08JM60 mikroneteleyicisinin üreticisi olan Freescale Semiconductor firması tarafından sağlanan CodeWarrior uygulama geliştirme ortamında C programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Genel olarak iki parçadan oluşur. Birincisi sistemin reset sonrası koşullandırıldığı, kişisel bilgisayar ile USB bağlantısının kurulduğu ve kişisel bilgisayardan daha önceden gönderilen yapılandırma dizisinin harici bellekten okunduğu sistem ilklendirme bölümüdür. İkincisi ise içinde zamana bağlı örnekleme, güncelleme, haberleşme işlemlerinin yapıldığı sistem sonsuz döngü programıdır. Mikrodenetleyici yazılımı akış diyagramı Şekil 5.32’de verilmektedir.



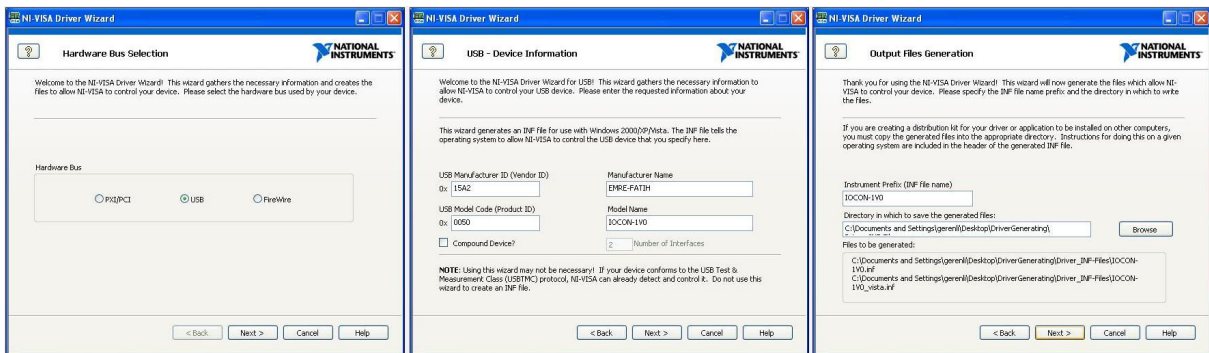
Şekil 5.32 Mikrodenetleyici yazılımı akış diyagramı

İlklendirme işlemleri tamamlandıktan sonra sistem saat döngüsü çalışmaya başlar ve zamanlayıcı kesmelerinde ($200\mu s$ periyot) bir bayrak “1” yapılarak bir sonraki giriş örnekleme işleminin yapılacağı ve çıkışların güncelleneceği sonsuz döngüye bildirilir. Sonsuz döngü programı o an için bilgisayardan bir veri alma işlemi yoksa ve girişlerin okunarak çıkışların güncelleneceğini bildiren bayrak “1” ise giriş-çıkış işlemleri yapar. Sonsuz döngü esnasında bilgisayardan yeni bir yapılandırma dizisi geldiğinde bu yapılandırma dizisinin tamamının alınıp sağlıklı bir şekilde harici belleğe kaydedilmesine olanak sağlamak amacıyla sistem zamanlayıcı kesmesi deaktif edilir ve haberleşme ve kayıt işlemi tamamlandığında zamanlayıcı tekrar aynı periyoda kurularak yeni yapılandırma dizisine göre giriş-çıkış işlemleri yürütülür.

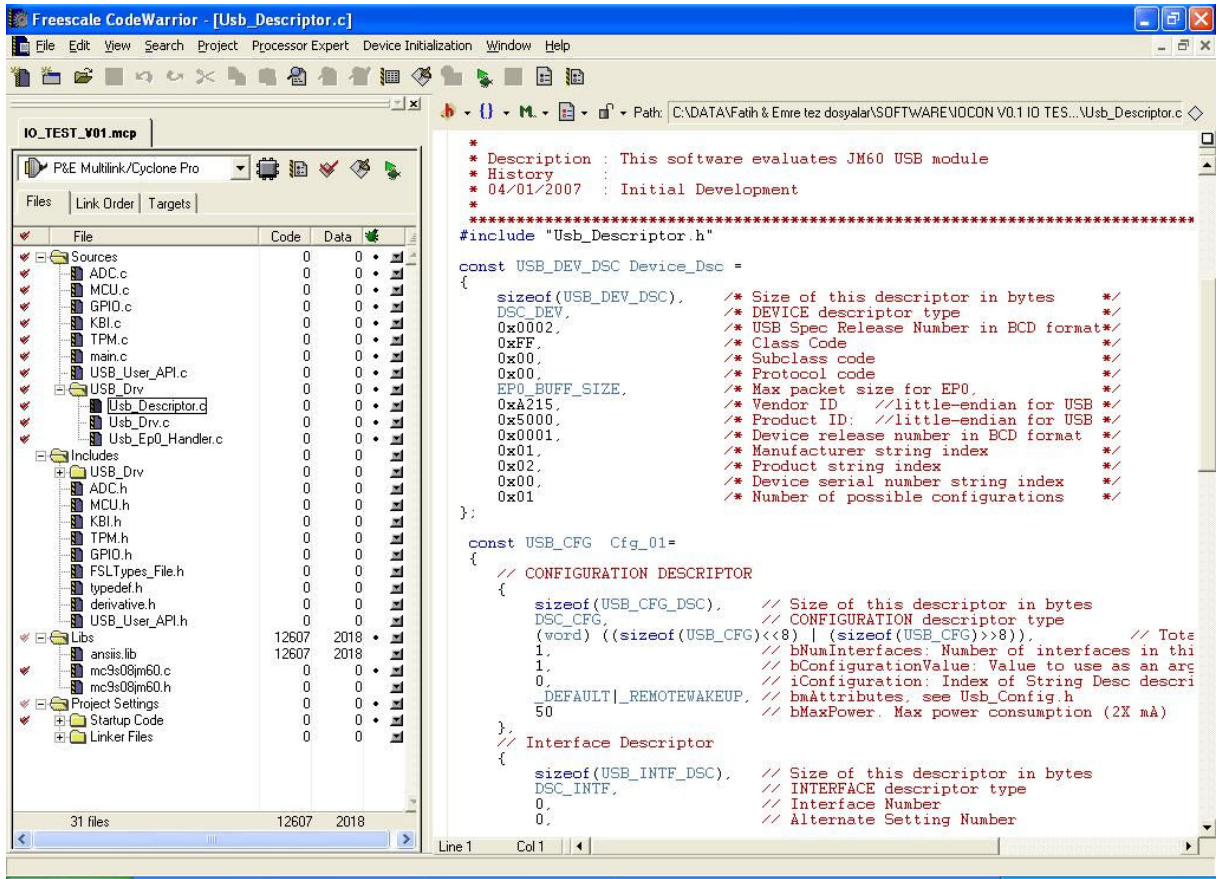
Mikrodeneteyici yazılımı kaynak kodları EKLER bölümünde verilmiştir.

5.2.2 LabVIEW Arayüzü ve Yazılımı

LabVIEW arayüzü girişlerin durumlarının sayısal ve grafiksel olarak izlendiği ve giriş ve çıkışlar için yapılandırma dizisi oluşturularak bunların uç birime gönderildiği sekmelerden oluşmaktadır. Uç birim ile USB arabirim üzerinden haberleşmenin sağlanması NI VISA sürücü yazılımları ile sağlanmaktadır. LabVIEW yazılımının donanımı tanıyabilmesi için NI VISA USB Raw sınıfında bir sürücü nesnesine ihtiyaç duyulmaktadır, bu sürücü nesnesi donanımın kimlik bilgilerine göre oluşturulmuştur. Mikrodenetleyicili endüstriyel otomatik ölçüm sisteminin bu sürücü tarafından otomatik olarak tanınarak bilgisayar arayüzündeki cihaz listesinde görüntülenmesi için “NI VISA Driver Wizard” uygulaması ile bir bilgi dosyası (*.inf) oluşturulur (Şekil 5.33). Bu dosya oluşturulurken donanım birinde gömülü olarak kodlanmış üretici kimliği (Vendor ID) ve ürün kimliği (Product ID) gibi bilgiler de kullanılmaktadır (Şekil 5.34).



Şekil 5.33 NI VISA Driver Wizard ile sürücü bilgi dosyasının oluşturulması



Şekil 5.34 Sürücü bilgi dosyası oluşturulabilmesi için Vendor ID ve PID

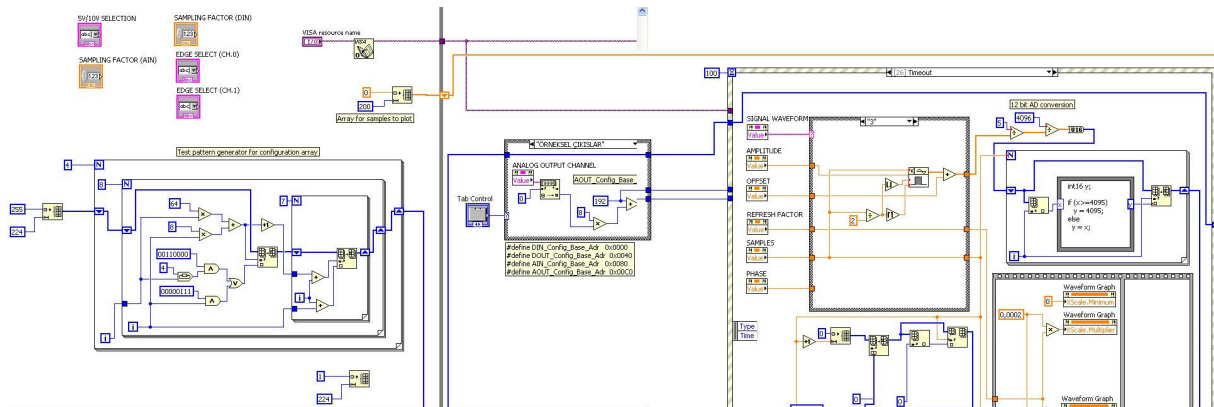
LabVIEW arayüzü tasarlanırken mümkün olduğunca kullanıcı dostu bir yapı oluşturulmaya çalışılmış, örneksel girişler, sayısal girişler, örneksel çıkışlar ve sayısal çıkışlar farklı sekmelerde ele alınmıştır. Arayüz yazılımı ön paneldeki nesnelerin değişiminden kaynaklı olayların ele alındığı ve buna göre yapılandırma dizilerinin oluşturulduğu ve gerektiğinde bu dizilerin USB arabirim üzerinden gönderildiği bir sonsuz çevrim ile, bu sonsuz çevrim içinde USB arabirimden veri okuma ve bu verilerin ekrandaki nesne ve grafiklerde gösterildiği paralel adımlardan oluşmaktadır.

Kullanıcı girişlerin durumlarını sekmelerin arasında gezerek ve her sekmede istediği kanalı seçerek anlık olarak inceleyebilmektedir. Yapılandırma bilgisinin oluşturulması ise sekmelerde yer alan parametrelerin nesneler yardımıyla kullanıcı tarafından seçilmesi üzerine bu bilgilerin bir yapılandırma dizisi içine kaydedilmesi ve gönderme butonu aracılığıyla kullanıcının istediği zamanda bunların USB arabirim üzerinden mikrodenetleyicili sisteme gönderilmesi temeline dayanır.

Arayüzün ön panel görüntüsü ve blok diyagramı sırasıyla Şekil 5.35 ve 5.36'de verilmiştir.



Şekil 5.35 Bilgisayar arayüzü ön panel görüntüsü

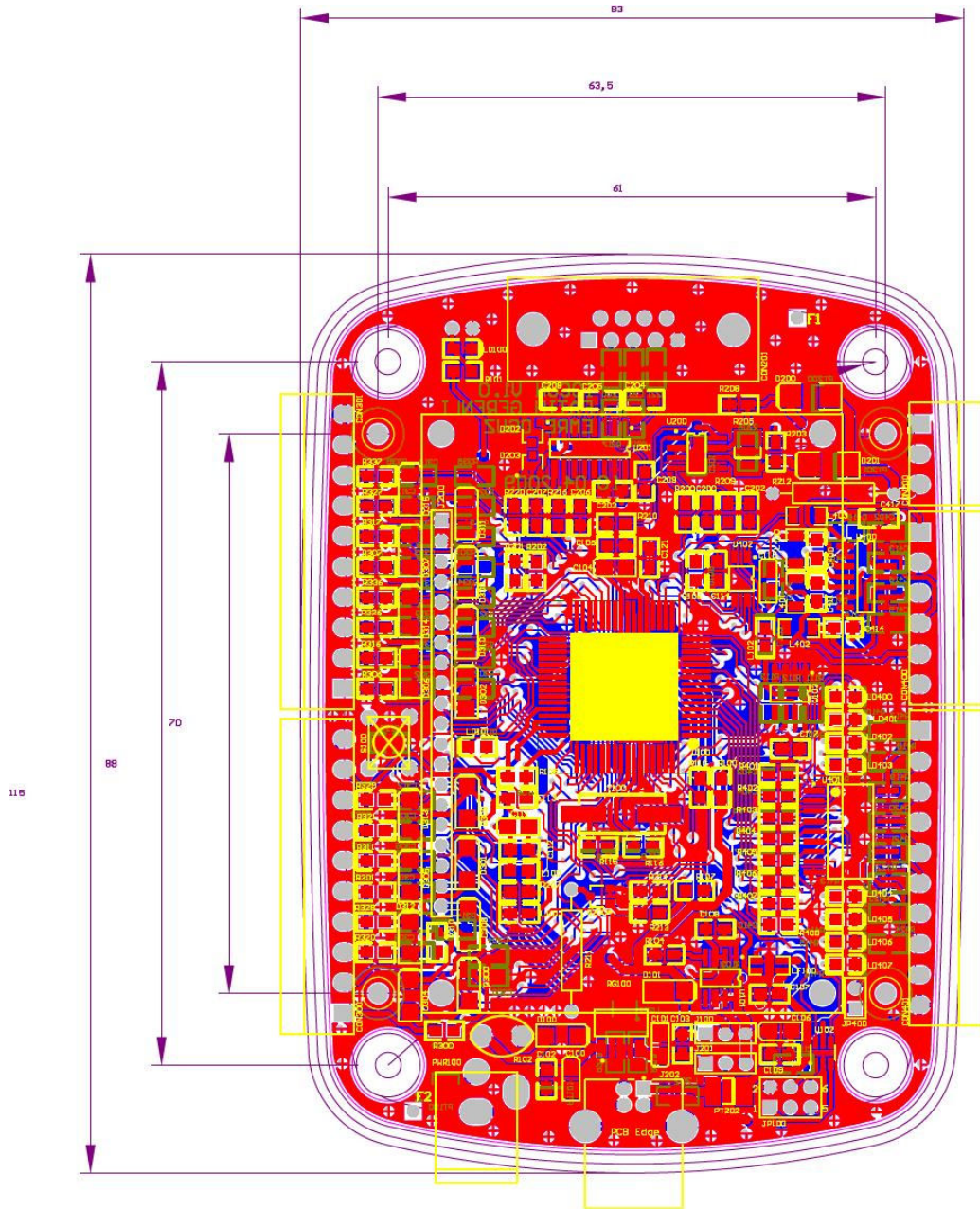


Şekil 5.36 Bilgisayar arayüzü blok diyagramından bir görünüm

Genel amaçlı giriş çıkış birimi bilgisayara ilk defa bağlandığında oluşturulmuş olan tanıtıcı dosyalar yardımıyla donanım işletim sistemine tanıtılır. Bundan sonraki her bağlantıda donanım ilgili bilgisayar tarafından otomatik olarak tanınır, böylece genel amaçlı giriş-çıkış birimi tak-çalıştır özelliğindedir. LabVIEW ortamında geliştirilen bilgisayar arayüzü okumaya ve değiştirmeye açık sanal enstrüman olarak EKLER bölümünde verilmiştir.

5.3 Baskı Devre Üretimi ve Cihazın Kutulanması

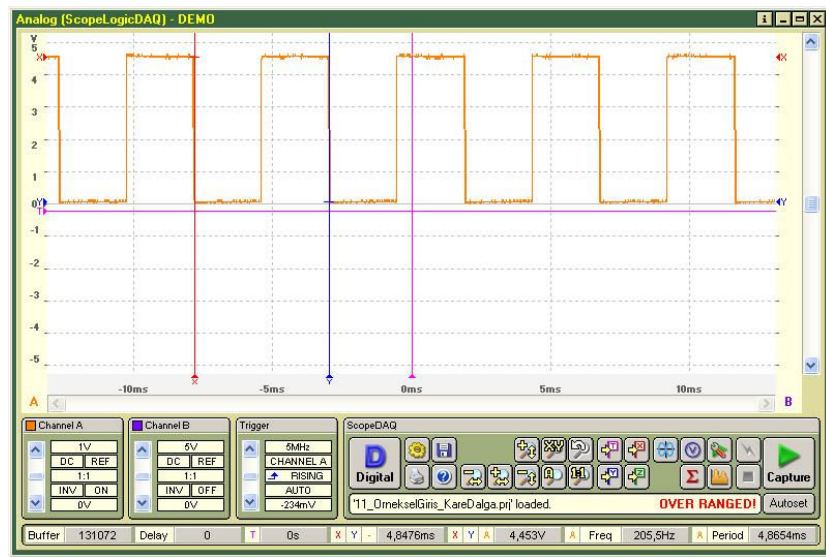
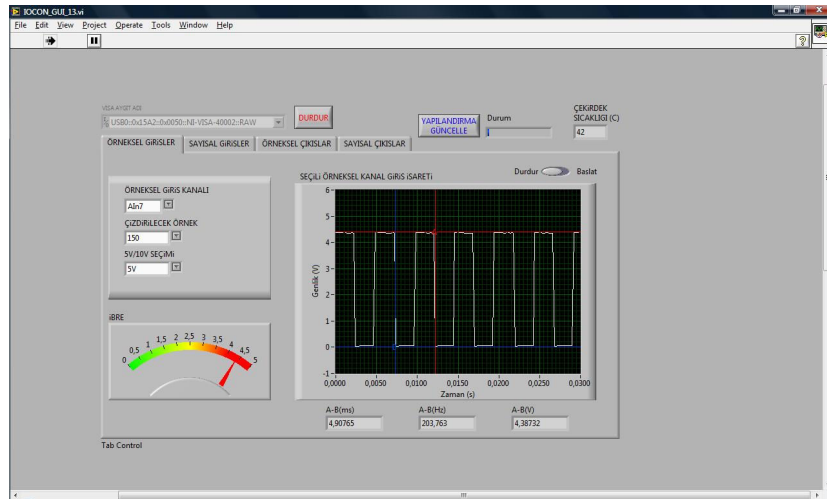
Donanım tasarımı adımı devre yapısı ve şematiği oluşturulduktan sonra arayüz hazırlanmasına paralel olarak baskı devre çizim adımına geçilmiştir. Baskı devre çiziminin ilk adımında uygun bir elektronik cihaz kutusu tedarik edilmiş ve devrenin dış sınırları buna göre belirlenmiştir. Baskı devre tasarımı Altium firması tarafından geliştirilen Altium Designer ortamında yapılmış ve üretim dosyaları elde edilerek “Baskı Devre AŞ” firmasında baskı devre ürettirilmiş, elemanlar kendimiz tarafından lehimlenmiştir. Şekil 5.37’de baskılı devre tasarım adımından bir ekran görüntüsü verilmiştir.



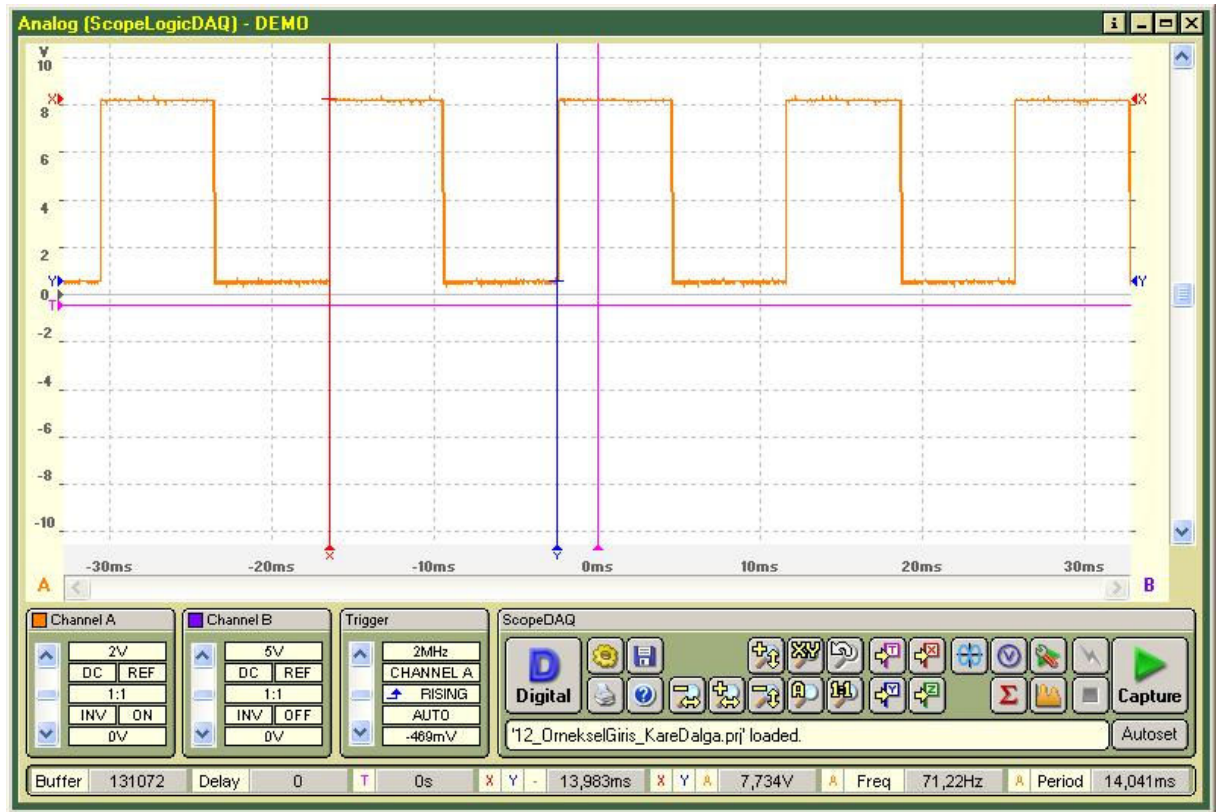
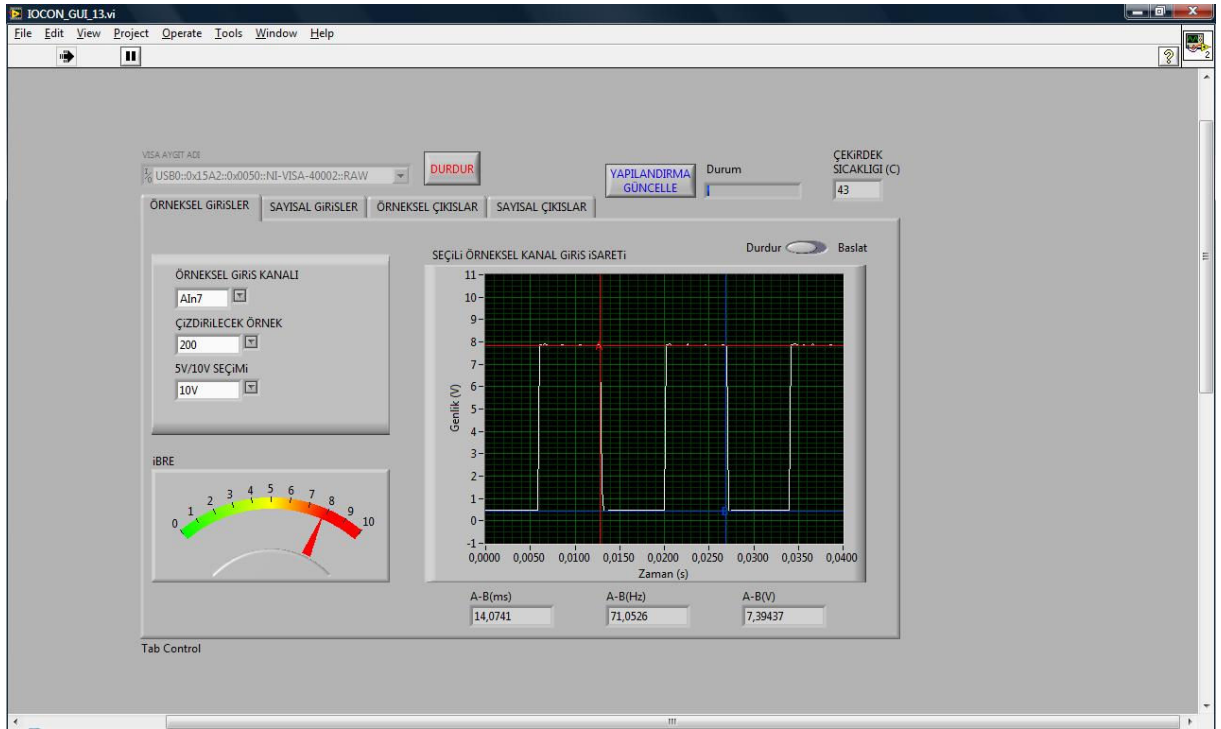
5.4 Mikrodenetleyicili Genel Amaçlı Endüstriyel Otomatik Ölçüm Sistemi Performans Analizi

Tasarlanan sistemin sağlıklı çalışıp çalışmadığının anlaşılması, ne derece güvenilir ölçümler yaptığı ve ne derece güvenilir çıkışlar ürettiğinin analizi için bir osiloskoptan yararlanılmıştır. Girişten uygulanan işaretler bir osiloskop ile ölçülerek gerçek işaretin ekran çıktıları alınmış, paralel olarak LabVIEW arayüzünde çizdirilen işaretlerin de ekran görüntüleri alınarak işaretler karşılaştırılmıştır. Benzer şekilde çıkışta üretilen işaretler osiloskop ile kaydedilerek arayüzde öngörülen çıkış özelliklerini ve parametrelerini (dalga şekli, frekans, vb.) sağlayıp sağlamadığı yine ekran çıktıları yardımıyla karşılaştırılmıştır.

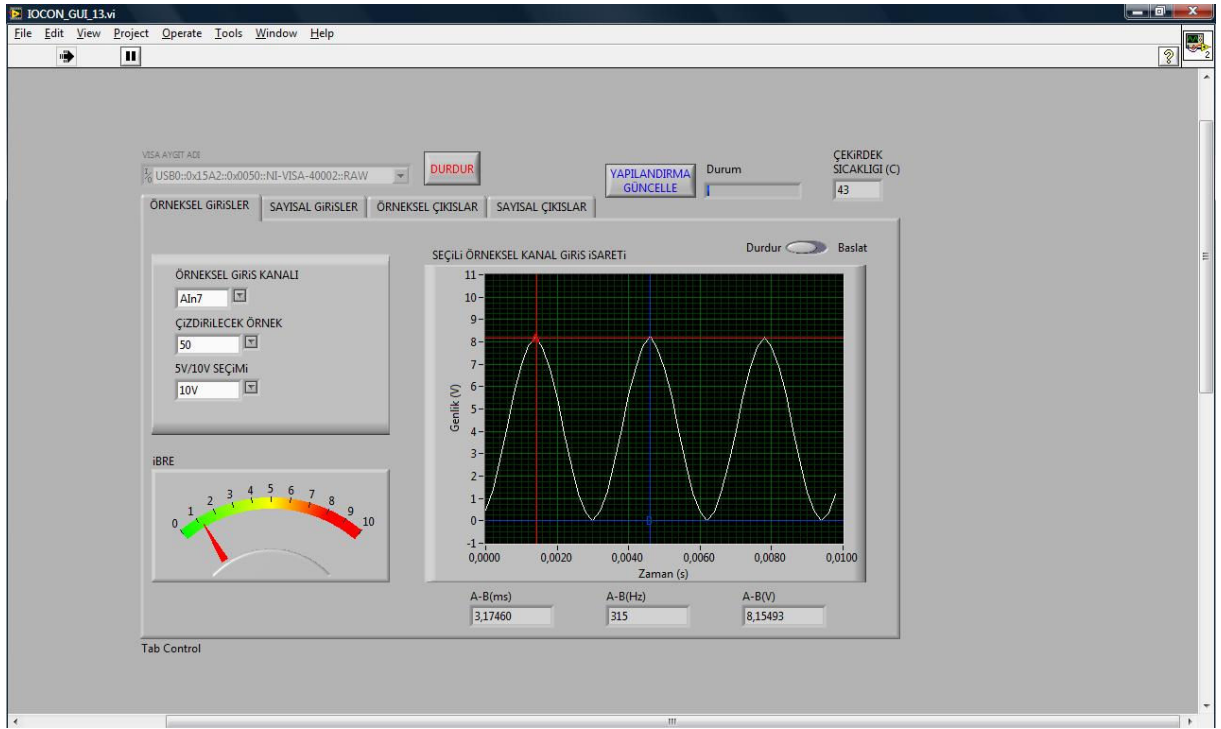
Yapılan incelemede sistemin gerçek işlemlere yakı girişler görüntülediği ve çıkışlar ürettiği gözlenmiştir. Karşılaştırma sonuçları takip eden şekillerden incelenebilir.



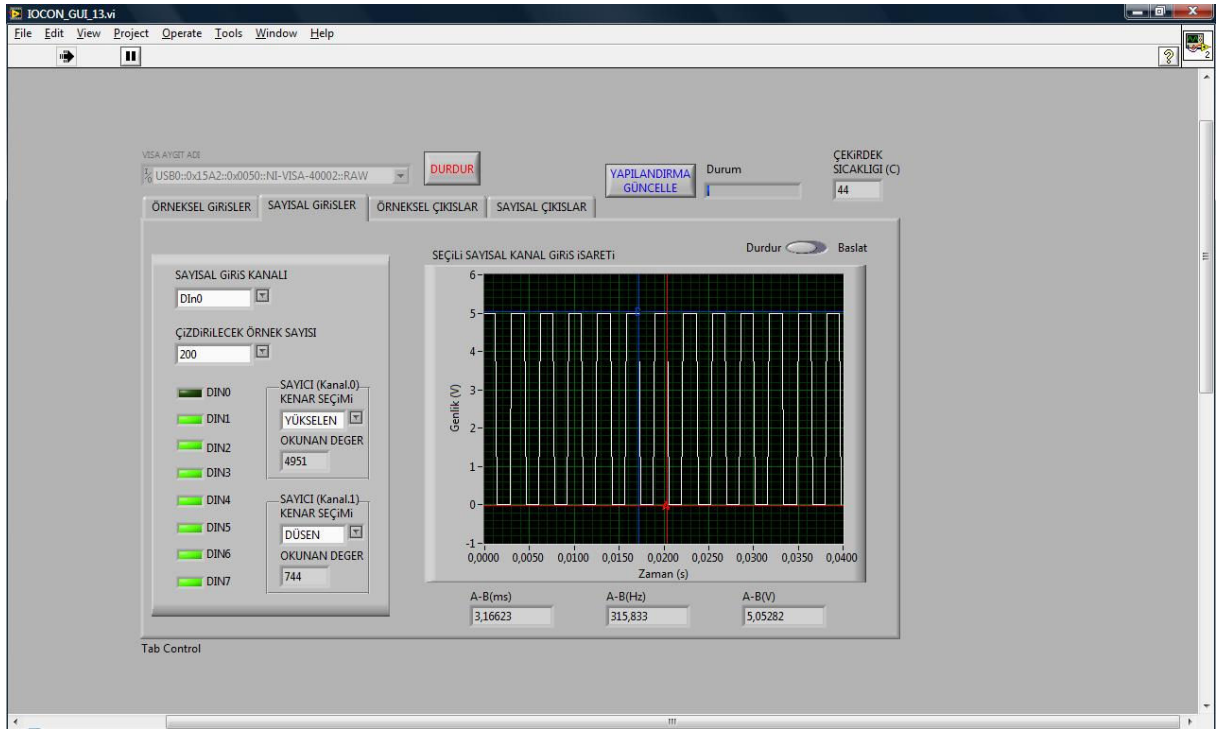
Şekil 5.38 Örnekse girişlerin performans karşılaştırması - 1



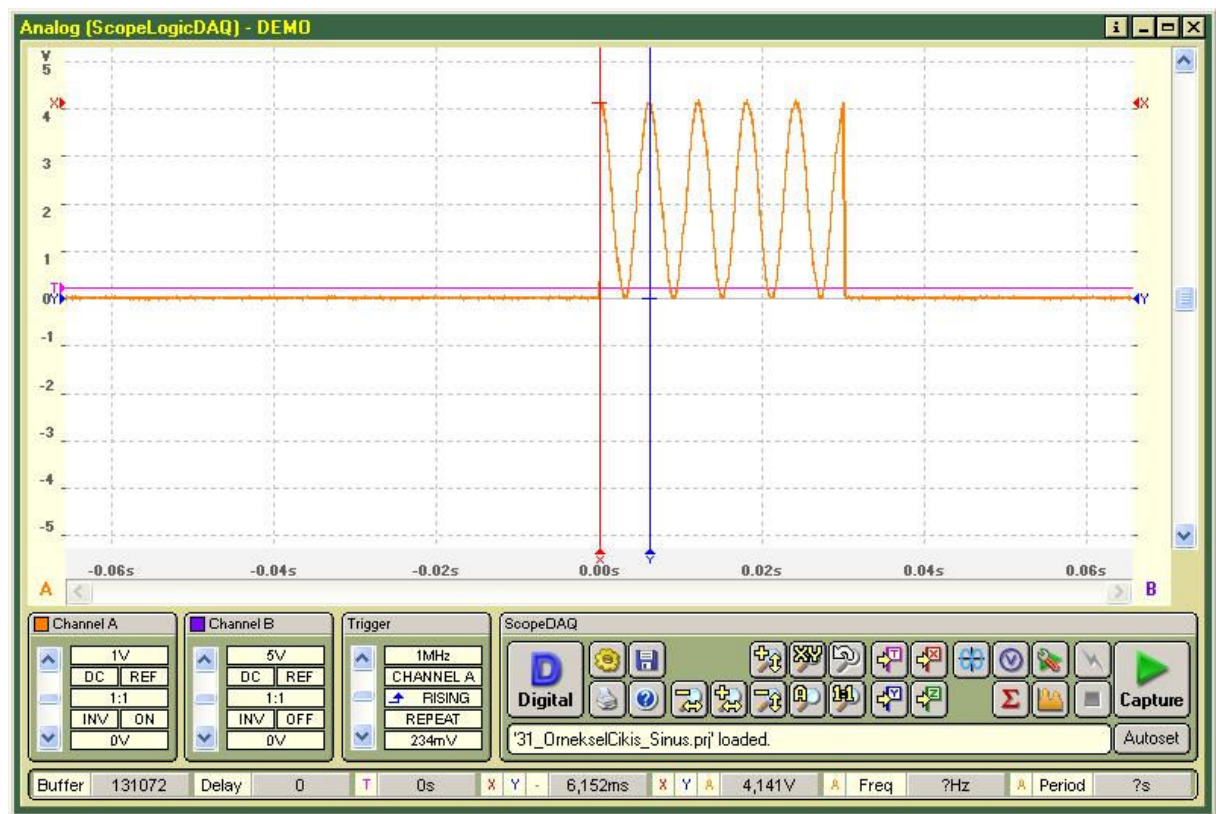
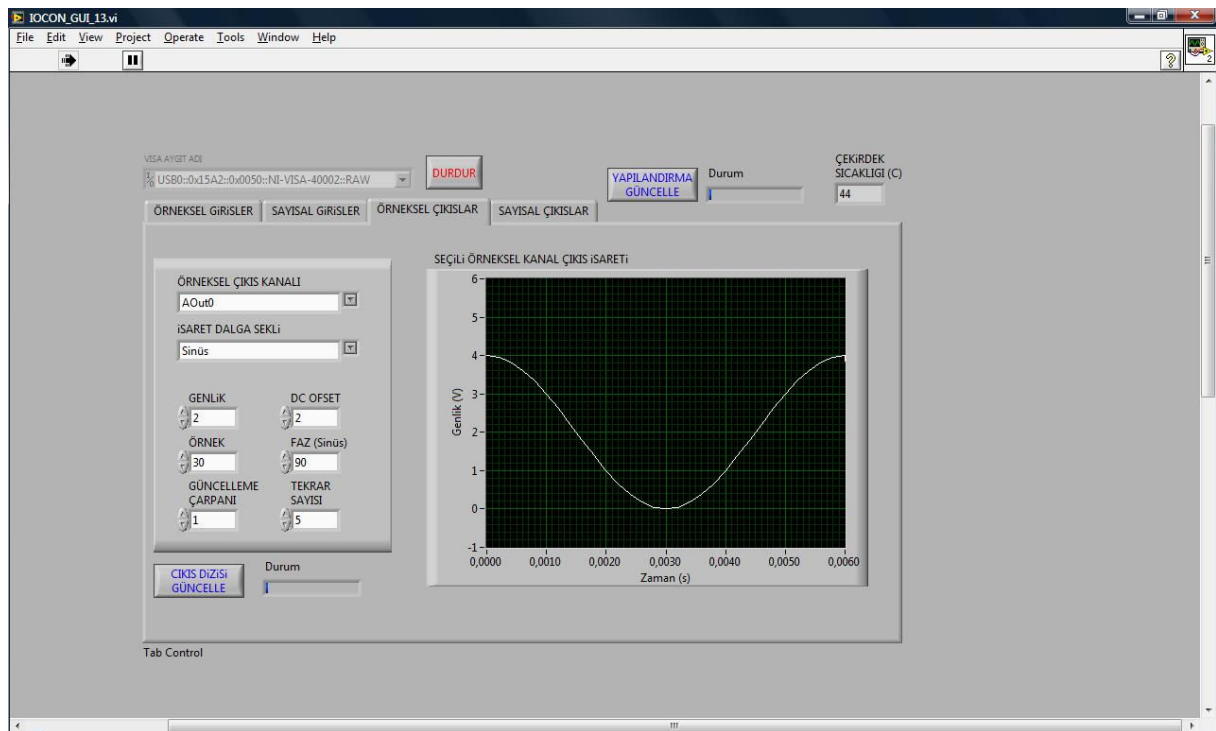
Şekil 5.39 Örnekse girişlerin performans karşılaştırması - 2



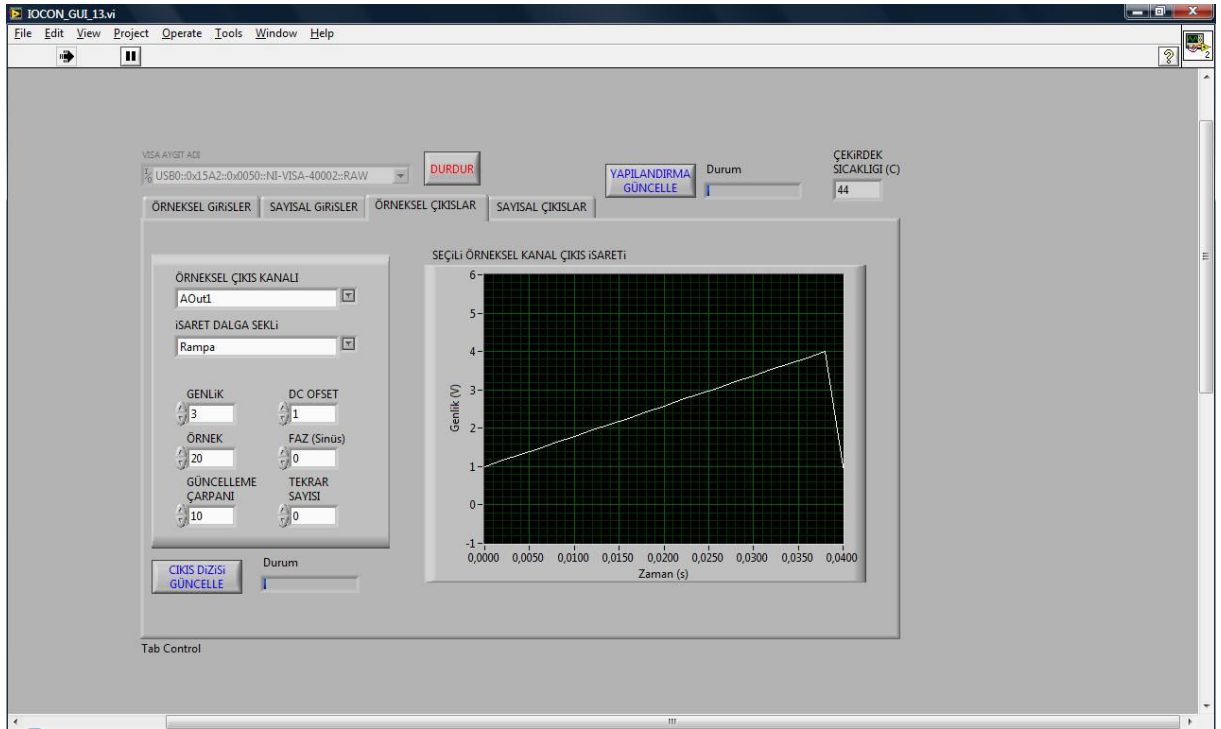
Şekil 5.40 Örnekse girişlerin performans karşılaştırması - 3



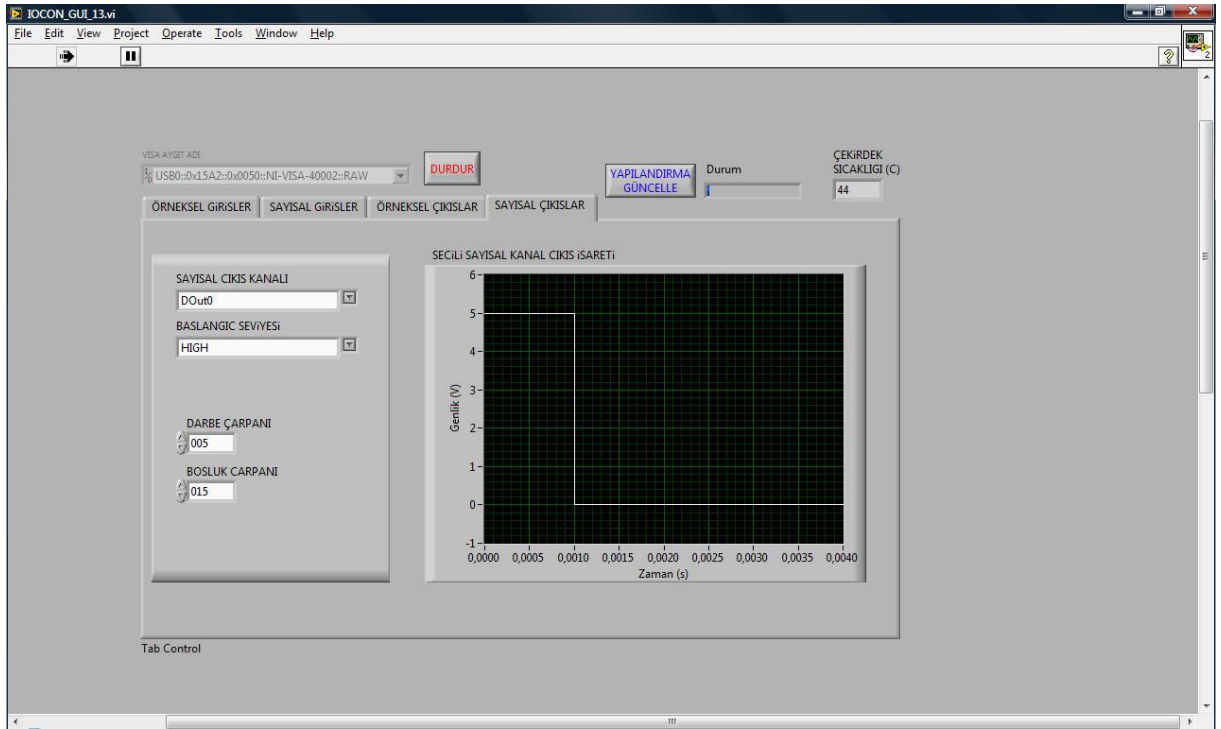
Şekil 5.41 Sayısal girişlerin performans karşılaştırması



Şekil 5.42 Örnekselel çıkışların performans karşılaştırması - 1



Şekil 5.43 Örnek çıkışların performans karşılaştırması - 2



Şekil 5.44 Sayısal çıkışların performans karşılaştırması

6. SONUÇLAR VE GELECEK ÇALIŞMALAR

Geliştirmeye açık bir genel amaçlı otomatik ölçüm ve giriş-çıkış birimi tasarlanmış, gerçekleştirilmiş ve LabVIEW ortamında hazırlanan kullanıcı arayüzü ile USB üzerinden yapılandırılması sağlanmıştır. Donanım bellekteki yapılandırma bilgisine göre otonom bir şekilde bilgisayardan bağımsız çalışabildiği gibi, girişlerin durumlarını bilgisayara ileterek bu verilerin LabVIEW arayüzü aracılığıyla toplanması ve analiz edilmesinde de kullanılabilir.

Tasarlanan donanımın, hafif endüstriyel ortamlardaki elektromanyetik gürültülere ve elektrostatik yük boşalmalarına bağışıklığı göz önünde bulundurulmuştur. Endüstriyel ortamlardaki elektriksel gürültülerin karakteristikleri dikkate alınarak donanım seviyesinde bağışıklık arttırılmaya çalışılmış, girişlerden uygulanacak işaretlerin belirlenen sınırlar dışında olması durumunda bu işaretleri baskılayacak elemanlar eklenmiştir. Bazı tümleşik devrelerin elektrostatik yük boşalmasına karşı bağışıklığı yüksek modellerinin seçilmesine özen gösterilmiştir.

Sistem tasarımında geliştirilebilirlik ve modülerlik mümkün olduğunca ön planda tutulmuştur. Bu amaçla mikrodenetleyici seçiminde uçları uyumlu 8 bitlik ve 32 bitlik modelleri bulunan bir aile seçilmiştir. Gerçeklenen donanımda örnekleme hızı gibi noktalarda performansı arttırabilmek için seçilen 8 bitlik mikrodenetleyici, 32 bitlik modelle değiştirilerek ve mikrodenetleyici yazılımı uyarlanarak gelişme sağlanabilir. Ayrıca yapılacak mikrodenetleyici yazılımı güncellemesi ile sistemin RS232 ve RS485 arayüzleri devreye alınarak ek donanımların kullanılması, donanım üzerinde yeri ayrılmış olan konektörden grafik LCD eklenmesi imkanı vardır. USB tabanlı veri aktarımında, ticari kontrol kartları genellikle USB 2.0 standardını ve 12MB/s transfer hızını desteklemektedir. İlerleyen geliştirmelerde verinin geçici saklanması için bellek tamponu kullanılması uygulamaya daha yüksek hız ve esneklik katacaktır.

Üniversitelerde lisansüstü bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmakla birlikte lisans seviyesinde de özellikle veri akışı yapısından dolayı programlamaya giriş ve algoritma derslerinde LabVIEW tercih edilmektedir. LabVIEW uzun bir gelişim süreci olmasına karşın Türkiye’de yaygınlaşmamış olup, 2000’li yılların başından itibaren üniversitelerimiz müfredat programlarına girmeye başlamıştır. Bundan dolayı bu çalışmada LabVIEW geliştirme ortamının tanınmasına ve kullanılmasına yönelik bir çalışma yapılması da hedeflenmiştir.

KAYNAKLAR

- Açar, T., (2007), Mikrodenetleyicili Harmonik Analizör, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 213484.
- Akın, R., (2004), Nisbi Nem ve Sıcaklık Ölçüm Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 150536.
- Altunkaya, S., (2005), Komple Bir Kan Basıncı Ölçüm ve Korotkoff Sesleri Kayıt Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 167630.
- Atman, V., (2008), Mikrodenetleyicili Endüstriyel Otomatik Zamanlayıcı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü: İstanbul.
- Binici, İ., (2001), Endüstriyel Ölçme ve Kalibrasyon, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- Bishop, R. H. ve Dorf, R. C., (2008), Modern Control Systems, Prentice Hall, New Jersey.
- Boylestad, R. ve Nashelsky, L., (2000), Elektronik Elemanlar Ve Devre Teorisi (Çev., H. Özyılmaz ve Ü. Küçük, MEB Yayınları, İstanbul), Prentice Hall, New Jersey.
- Çetiner, Ö., (2006), Bacagazındaki Nem Miktarının Belirlenmesi İçin Otomatik Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 182365.
- Çiftçi, K., (2001), A Multi-channel Biotelemetry System for the Acquisition and Processing of Respiratory Sounds, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 112124.
- Eşme, E. ve Ünsaçar, F., (2007), Grafik Programlama Dili LabVIEW, Seçkin Yay., Ankara.
- Freescale Semiconductor, (2002), Coldfire V1 Microcontrollers MCF51JM128 Datasheet Rev.X, Teknik Doküman, Freescale Semiconductor Technical Information Center, Arizona.
- Freescale Semiconductor, (2007), Customize the USB Application Using the MC9S08JM Application Note Rev.0, Uygulama Notu, Freescale Semiconductor Technical Information Center, Arizona.
- Freescale Semiconductor, (2008), HCS08 Microcontrollers MC9S08JM60 Datasheet Rev.2, Teknik Doküman, Freescale Semiconductor Technical Information Center, Arizona.
- Freescale Semiconductor, (2008), USB Device Development with the MC9S08JM60 Application Note Rev.1, Uygulama Notu, Freescale Semiconductor Technical Information Center, Arizona.
- Genç, M., (2002), “Şekillerle Programlama ve LabVIEW”, ODTÜ Biltek Magazin, Aralık-2002: 8-9.
- Güler, M., (2007), Giyilebilir Algılayıcılar ile Yaşamsal Verilerin Ölçülmesi İletilmesi ve Görüntülenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 222662.
- Hall, D. V., (1994), Mikroişlemciler ve Sayısal Sistemler (Çev., A. Barkana, MEB Yayınları, Eskişehir), McGraw-Hill, NY.
- Kabalıcı, E., (2006), PC tabanlı Kablosuz Ekg Biyotelemetri Sistemi Tasarımı ve Yapımı, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 180308.
- Kara, S., (1997), Bilgisayar Kontrollu Ultrasonik Ölçme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 067566.

- Kellegöz, M., (2000), Mikroişlemci Kontrollü X-Işınları Ölçüm Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 096972.
- Koç, C., (2008), Salınlı Çalışan Tarım Makinalarında Zemine Paralellik Sağlayan Ayar Düzeninin Geliştirilmesi ve Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 224194.
- Nawrocki, W., (2005), Measurement Systems and Sensors, Artech House, Norwood.
- Paralı, L., (2007), Metroloji ve Kalibrasyon Eğitim Dökümanı, Elginkan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi, Manisa.
- Paralı, L., (2008), Bilgisayar Kontrollü Gerçek Zamanlı Sıcaklık Ölçüm Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 215907.
- Sancaktar, İ., (2005), Programlanabilir Açısız Moment Ölçüm Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 212647.
- Sarıtaş, İ., (2008), Elektromanyetik Filtre Tasarımı ve Yapay Zeka Yöntemleriyle Adaptif Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 178260.
- Sözen, L., (2000), DC İletkenlik Ölçüm Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 101290.
- Uzun, T., (2005), Mikroişlemci Sistemleri, İstanbul.
- Uzun, T., (2007), Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemleri, Ders Notu, YTÜ, İstanbul.
- Uzun, T., (2008), Programlanabilir Denetleyiciler, Ders Notu, YTÜ, İstanbul.
- Yıldırım, T., (2008), Güneş ve Rüzgar Enerjisi Veri Toplama Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 216786.
- Yıldız, E., (1998), A Computer Controlled Data Acquisition And Measurement System For Solar Cells, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 077701.
- Yılmaz, Ö., (2007), Endüstriyel Otomatik Kontrol Sistemleri İçin Grafik Kontrol Paneli, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 201253.
- Yiğit, K., (2006), Ekim Makinalarında Elektronik Tabanlı Tohumlar Arası Uzaklık Ölçme Sistemi, Yüksek Lisans Tezi, YÖK Tez Merkezi: 184948.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]www.amplicon.co.uk

[2]www.beyondlogic.org

[3]www.freescale.com

[4]www.howstuffworks.com

[5]www.ni.com

[6]www.superlogics.com

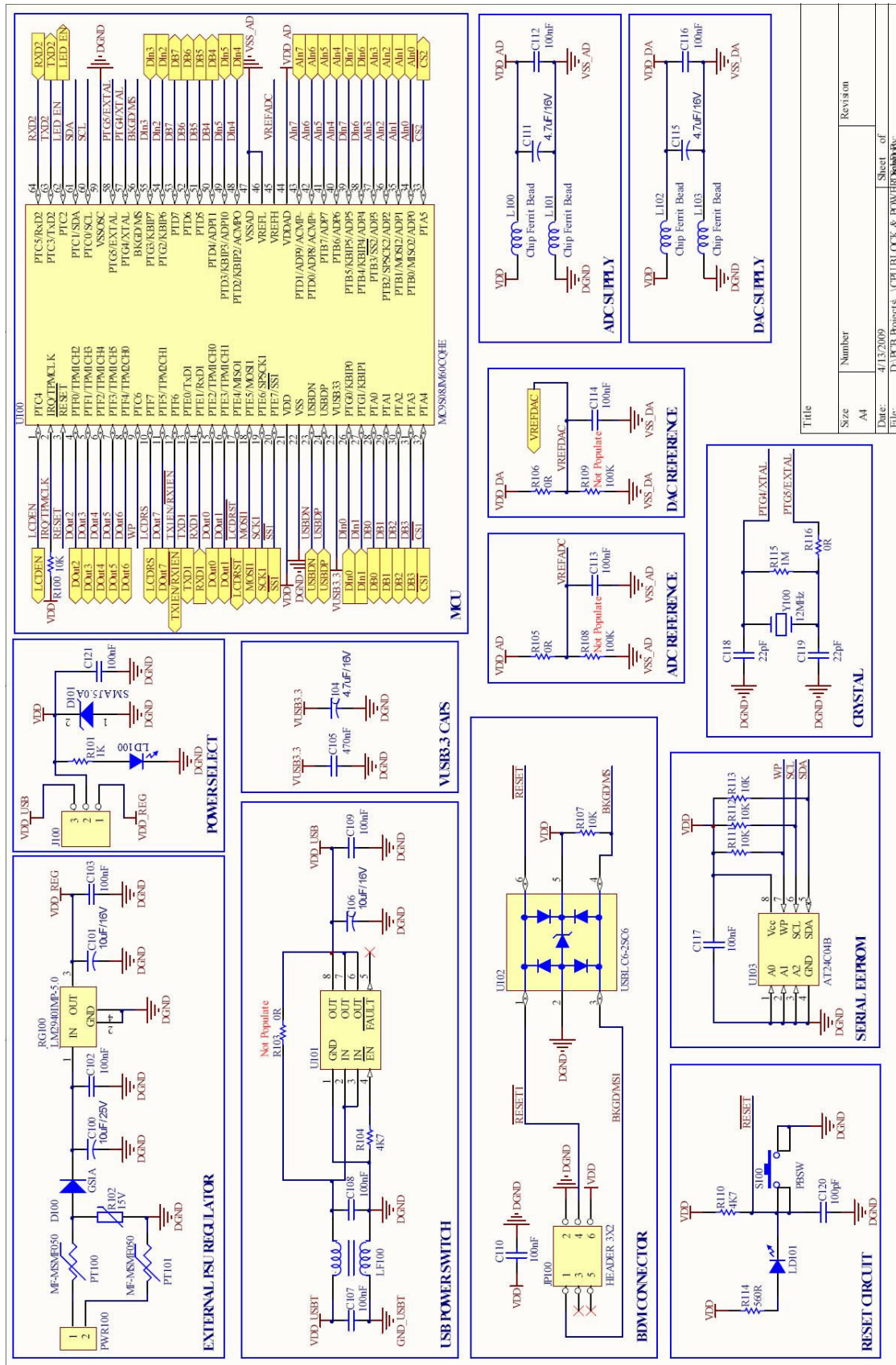
[7]www.tez2.yok.gov.tr

[8]www.usb.org

EKLER

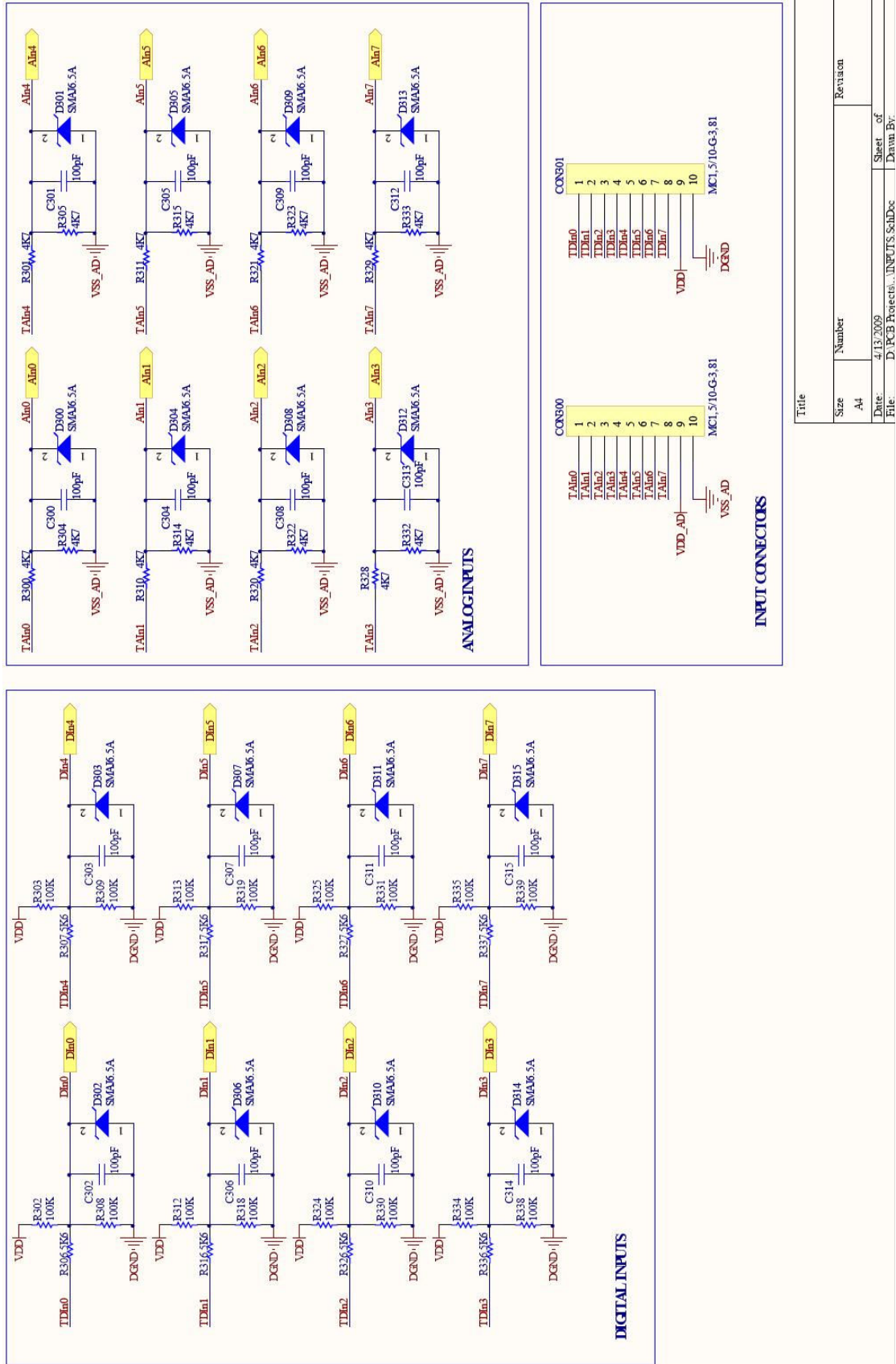
Ek 1	Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi devre şeması
Ek 2	Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi ürün resimleri
Ek 3	MC9S08JM60 mikrodenetleyicisi teknik dökümanı
Ek 4	AT24C128 seri EEPROM tümdevresi teknik dökümanı
Ek 5	LM2940IMP-5.0 regülatör tümdevresi teknik dökümanı
Ek 6	TPS2041BD akım sınırlayıcı anahtar tümdevresi teknik dökümanı
Ek 7	USBL6-2SC6 ESD koruma tümdevresi teknik dökümanı
Ek 8	SMAJ5.0A tek yönlü (unidirectional) TVS diyot teknik dökümanı
Ek 9	P6SMB6.8CA çift yönlü (bidirectional) TVS diyot teknik dökümanı
Ek 10	ULN2803A darlington transistör dizisi tümdevresi teknik dökümanı
Ek 11	DAC124S085C1MM sayısal-örneksel dönüştürücü tümdevresi teknik dökümanı
Ek 12	LM6144BIM işlemsel yükselteç tümdevresi teknik dökümanı
Ek 13	G1910 elektronik cihaz kutusu teknik çizimi
Ek 14	CD içerisinde MC9S08JM60 mikrodenetleyici programı kaynak kodları
Ek 15	CD içerisinde LabVIEW grafik arayüz dosyaları

Ek 1 Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi devre şeması

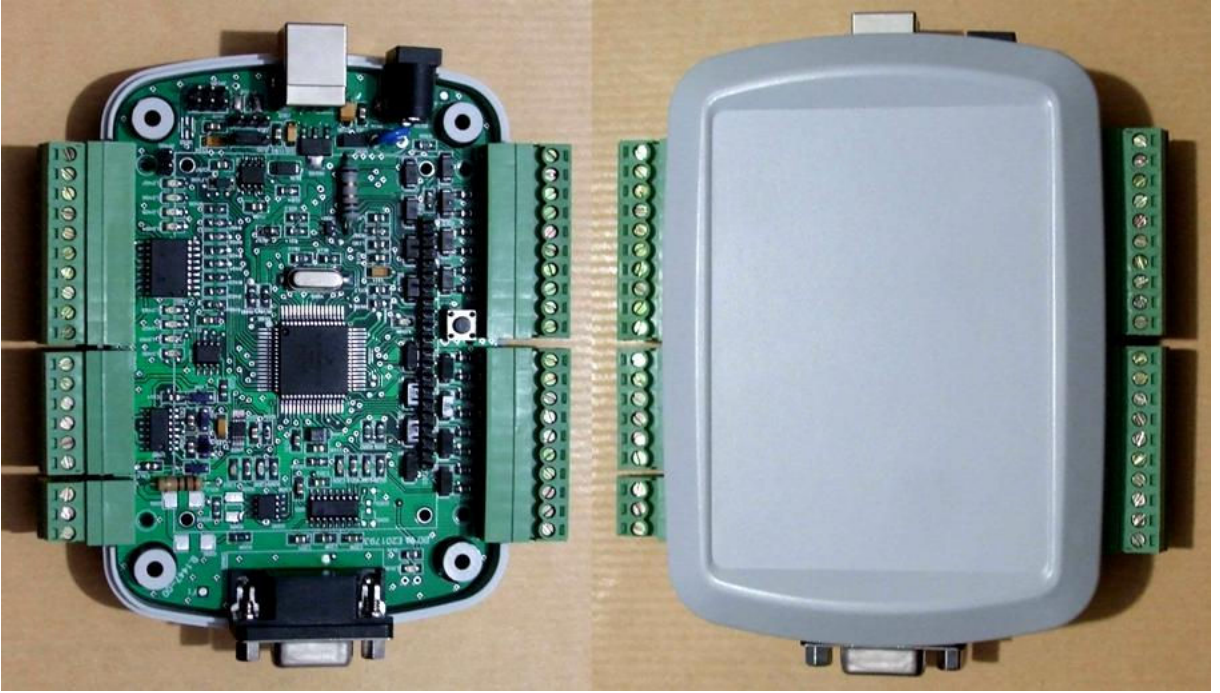


Şekil Ek 1.1 Devre şeması / mikrodenetleyici bloğu

Şekil Ek 1.2 Devre şeması / haberleşme arabirimleri



Şekil Ek 1.3 Devre şeması / giriş birimleri

Ek 2 Mikrodenetleyicili genel amaçlı endüstriyel otomatik ölçüm sistemi ürün resimleri

Şekil Ek 2.1 Nihai ürün resimleri

Ek 3 MC9S08JM60 mikrodnetleyicisi teknik dökümanı

MC9S08JM60 Series Features

8-Bit HCS08 Central Processor Unit (CPU)

- 48-MHz HCS08 CPU (central processor unit)
- 24-MHz internal bus frequency
- HC08 instruction set with added BGND instruction
- Background debugging system
- Breakpoint capability to allow single breakpoint setting during in-circuit debugging (plus two more breakpoints in on-chip debug module)
- In-circuit emulator (ICE) debug module containing two comparators and nine trigger modes. Eight deep FIFO for storing change-of-flow addresses and event-only data. Debug module supports both tag and force breakpoints.
- Support for up to 32 interrupt/reset sources

Memory Options

- Up to 60 KB of on-chip in-circuit programmable flash memory with block protection and security options
- Up to 4 KB of on-chip RAM
- 256 bytes of USB RAM

Clock Source Options

- Clock source options include crystal, resonator, external clock
- MCG (multi-purpose clock generator) — PLL and FLL; internal reference clock with trim adjustment

System Protection

- Optional computer operating properly (COP) reset with option to run from independent 1-kHz internal clock source or the bus clock
- Low-voltage detection with reset or interrupt
- Illegal opcode detection with reset
- Illegal address detection with reset

Power-Saving Modes

- Wait plus two stops

Package Options

- 64-pin quad flat package (QFP)
- 64-pin low-profile quad flat package (LQFP)
- 48-pin quad flat no-lead (QFN)
- 44-pin low-profile quad flat package (LQFP)

Peripherals

- **USB** — USB 2.0 full-speed (12 Mbps) device controller with dedicated on-chip USB transceiver, 3.3-V regulator and USB DP pull-up resistor; supports control, interrupt, isochronous, and bulk transfers; supports endpoint 0 and up to 6 additional endpoints; endpoints 5 and 6 can be combined to provide double buffering capability

- **ADC** — 12-channel, 12-bit analog-to-digital converter with automatic compare function; internal temperature sensor
- **ACMP** — Analog comparator with option to compare to internal reference; operation in stop3 mode
- **SCI** — Two serial communications interface modules with optional 13-bit break LIN extensions
- **SPI** — Two 8- or 16-bit selectable serial peripheral interface modules with a receive data buffer hardware match function
- **IIC** — Inter-integrated circuit bus module to operate at up to 100 kbps with maximum bus loading; multi-master operation; programmable slave address; interrupt-driven byte-by-byte data transfer; 10-bit addressing and broadcast modes support
- **Timers** — One 2-channel and one 6-channel 16-bit timer/pulse-width modulator (TPM) modules: Selectable input capture, output compare, and edge-aligned PWM capability on each channel. Each timer module may be configured for buffered, centered PWM (CPWM) on all channels
- **KBI** — 8-pin keyboard interrupt module
- **RTC** — Real-time counter with binary- or decimal-based prescaler

Input/Output

- Up to 51 general-purpose input/output pins
- Software selectable pullups on ports when used as inputs
- Software selectable slew rate control on ports when used as outputs
- Software selectable drive strength on ports when used as outputs
- Master reset pin and power-on reset (POR)
- Internal pullup on $\overline{\text{RESET}}$, IRQ, and BKGD/MS pins to reduce customer system cost

Şekil Ek 3.1 MC9S08JM60 mikrodnetleyicisinin özellikleri

Ek 4 AT24C128 seri EEPROM tümdevresi teknik dökümanı

Features

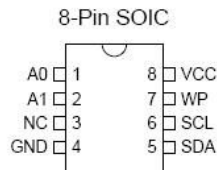
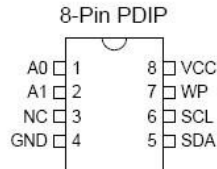
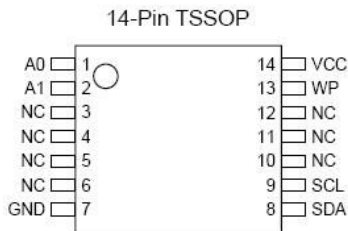
- Low Voltage and Standard Voltage Operation
 - 5.0 ($V_{CC} = 4.5V$ to $5.5V$)
 - 2.7 ($V_{CC} = 2.7V$ to $5.5V$)
 - 1.8 ($V_{CC} = 1.8V$ to $3.6V$)
- Internally Organized 16,384 x 8 and 32,768 x 8
- 2-Wire Serial Interface
- Schmitt Trigger, Filtered Inputs for Noise Suppression
- Bidirectional Data Transfer Protocol
- 1 MHz (5V), 400 kHz (2.7V) and 100 kHz (1.8V) Compatibility
- Write Protect Pin for Hardware and Software Data Protection
- 64-Byte Page Write Mode (Partial Page Writes Allowed)
- Self-Timed Write Cycle (5 ms typical)
- High Reliability
 - Endurance: 100,000 Write Cycles
 - Data Retention: 40 Years
 - ESD Protection: > 4000V
- Automotive Grade and Extended Temperature Devices Available
- 8-Pin JEDEC PDIP, 8-Pin JEDEC and EIAJ SOIC, 14-Pin TSSOP, and 8-Pin Leadless Array Packages

Description

The AT24C128/256 provides 131,072/262,144 bits of serial electrically erasable and programmable read only memory (EEPROM) organized as 16,384/32,768 words of 8 bits each. The device's cascadable feature allows up to 4 devices to share a common 2-wire bus. The device is optimized for use in many industrial and commercial applications where low power and low voltage operation are essential. The devices are available in space-saving 8-pin JEDEC PDIP, 8-pin EIAJ, 8-pin JEDEC SOIC, 14-pin TSSOP, and 8-pin LAP packages. In addition, the entire family is available in 5.0V (4.5V to 5.5V), 2.7V (2.7V to 5.5V) and 1.8V (1.8V to 3.6V) versions.

Pin Configurations

Pin Name	Function
A_0 to A_1	Address Inputs
SDA	Serial Data
SCL	Serial Clock Input
WP	Write Protect
NC	No Connect



Bottom View



2-Wire Serial EEPROMs

128K (16,384 x 8)

256K (32,768 x 8)

AT24C128

AT24C256

Rev. 0670C-08/98

Şekil Ek 4.1 AT24C128 seri EEPROM teknik dökümanı

Ek 5 LM2940IMP-5.0 regülatör tümdevresi teknik dökümanı



January 2007

LM2940/LM2940C 1A Low Dropout Regulator

General Description

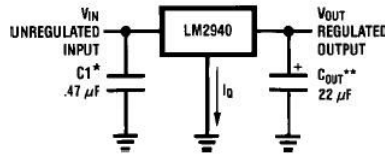
The LM2940/LM2940C positive voltage regulator features the ability to source 1A of output current with a dropout voltage of typically 0.5V and a maximum of 1V over the entire temperature range. Furthermore, a quiescent current reduction circuit has been included which reduces the ground current when the differential between the input voltage and the output voltage exceeds approximately 3V. The quiescent current with 1A of output current and an input-output differential of 5V is therefore only 30 mA. Higher quiescent currents only exist when the regulator is in the dropout mode ($V_{IN} - V_{OUT} \leq 3V$). Designed also for vehicular applications, the LM2940/LM2940C and all regulated circuitry are protected from reverse battery installations or 2-battery jumps. During line transients, such as load dump when the input voltage can momentarily exceed the specified maximum operating volt-

age, the regulator will automatically shut down to protect both the internal circuits and the load. The LM2940/LM2940C cannot be harmed by temporary mirror-image insertion. Familiar regulator features such as short circuit and thermal overload protection are also provided.

Features

- Dropout voltage typically 0.5V @ $I_O = 1A$
- Output current in excess of 1A
- Output voltage trimmed before assembly
- Reverse battery protection
- Internal short circuit current limit
- Mirror image insertion protection
- P+ Product Enhancement tested

Typical Application



882203

*Required if regulator is located far from power supply filter.

** C_{OUT} must be at least 22 μF to maintain stability. May be increased without bound to maintain regulation during transients. Locate as close as possible to the regulator. This capacitor must be rated over the same operating temperature range as the regulator and the ESR is critical; see curve.

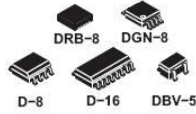
Ordering Information

Temp Range	Output Voltage						Package
	5.0	8.0	9.0	10	12	15	
0°C $\leq T_J \leq$ 125°C	LM2940CT-5.0	—	LM2940CT-9.0	—	LM2940CT-12	LM2940CT-15	TO-220
	LM2940CS-5.0	—	LM2940CS-9.0	—	LM2940CS-12	LM2940CS-15	TO-263
	LM2940CSX-5.0	—	LM2940CSX-9.0	—	LM2940CSX-12	LM2940CSX-15	
-40°C $\leq T_J \leq$ 125°C	LM2940LD-5.0	LM2940LD-8.0	LM2940LD-9.0	LM2940LD-10	LM2940LD-12	LM2940LD-15	LLP 1k Units Tape and Reel
	LM2940LDX-5.0	LM2940LDX-8.0	LM2940LDX-9.0	LM2940LDX-10	LM2940LDX-12	LM2940LDX-15	LLP 4.5k Units Tape and Reel
-40°C $\leq T_J \leq$ 125°C	LM2940T-5.0	LM2940T-8.0	LM2940T-9.0	LM2940T-10	LM2940T-12	—	TO-220
	LM2940S-5.0	LM2940S-8.0	LM2940S-9.0	LM2940S-10	LM2940S-12	—	TO-263
	LM2940SX-5.0	LM2940SX-8.0	LM2940SX-9.0	LM2940SX-10	LM2940SX-12	—	

Ek 6 TPS2041BD akım sınırlayıcı anahtar tümdevresi teknik dökümanı



www.ti.com



TPS2041B, TPS2042B
TPS2043B, TPS2044B, TPS2051B
TPS2052B, TPS2053B, TPS2054B

SLVS514J–APRIL 2004–REVISED DECEMBER 2008

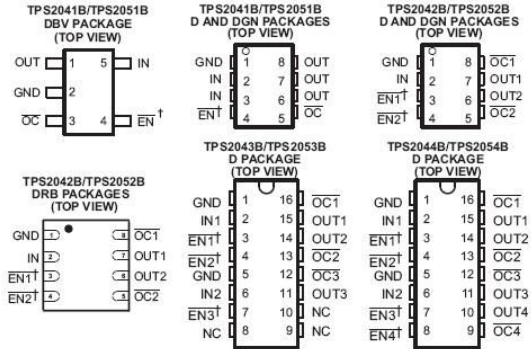
CURRENT-LIMITED, POWER-DISTRIBUTION SWITCHES

FEATURES

- 70-mΩ High-Side MOSFET
- 500-mA Continuous Current
- Thermal and Short-Circuit Protection
- Accurate Current Limit (0.75 A min, 1.25 A max)
- Operating Range: 2.7 V to 5.5 V
- 0.6-ms Typical Rise Time
- Undervoltage Lockout
- Deglitched Fault Report (OC)
- No OC Glitch During Power Up
- Maximum Standby Supply Current: 1-μA (Single, Dual) or 2-μA (Triple, Quad)
- Ambient Temperature Range: -40°C to 85°C
- UL Recognized, File Number E169910
- Additional UL Recognition for TPS2042B and TPS2052B for Ganged Configuration

APPLICATIONS

- Heavy Capacitive Loads
- Short-Circuit Protections



† All enable inputs are active high for the TPS205xB series.
NC – No connect

DESCRIPTION

The TPS204xB/TPS205xB power-distribution switches are intended for applications where heavy capacitive loads and short circuits are likely to be encountered. These devices incorporate 70-mΩ N-channel MOSFET power switches for power-distribution systems that require multiple power switches in a single package. Each switch is controlled by a logic enable input. Gate drive is provided by an internal charge pump designed to control the power-switch rise times and fall times to minimize current surges during switching. The charge pump requires no external components and allows operation from supplies as low as 2.7 V.

When the output load exceeds the current-limit threshold or a short is present, the device limits the output current to a safe level by switching into a constant-current mode, pulling the overcurrent (OCx) logic output low. When continuous heavy overloads and short-circuits increase the power dissipation in the switch, causing the junction temperature to rise, a thermal protection circuit shuts off the switch to prevent damage. Recovery from a thermal shutdown is automatic once the device has cooled sufficiently. Internal circuitry ensures that the switch remains off until valid input voltage is present. This power-distribution switch is designed to set current limit at 1 A typically.

GENERAL SWITCH CATALOG						
33 mΩ, Single	80 mΩ, Single	80 mΩ, Dual	80 mΩ, Dual	80 mΩ, Triple	80 mΩ, Quad	80 mΩ, Quad
 TPS201xA 0.2 A to 2 A TPS202x 0.2 A to 2 A TPS203x 0.2 A to 2 A	 TPS2014 600 mA TPS2015 1 A TPS2041B 500 mA TPS2051B 500 mA TPS2045A 250 mA TPS2049 100 mA TPS2055A 250 mA TPS2061 1 A TPS2065 1 A TPS2068 1.5 A TPS2069 1.5 A	 TPS2042B 500 mA TPS2052B 500 mA TPS2046B 250 mA TPS2056 250 mA TPS2062 1 A TPS2066 1 A TPS2060 1.5 A TPS2064 1.5 A	 TPS2080 500 mA TPS2081 500 mA TPS2082 500 mA TPS2090 250 mA TPS2091 250 mA TPS2092 250 mA	 TPS2043B 500 mA TPS2053B 500 mA TPS2047B 250 mA TPS2057A 250 mA TPS2063 1 A TPS2067 1 A	 TPS2044B 500 mA TPS2054B 500 mA TPS2048A 250 mA TPS2058 250 mA	 TPS2085 500 mA TPS2086 500 mA TPS2087 500 mA TPS2095 250 mA TPS2096 250 mA TPS2097 250 mA



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

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

Copyright © 2004–2008, Texas Instruments Incorporated

Şekil Ek 6.1 TPS2041BD teknik dökümanı

Ek 7 USBLC6-2SC6 ESD koruma tümdevresi teknik dökümanı



USBLC6-2

Very low capacitance ESD protection

Features

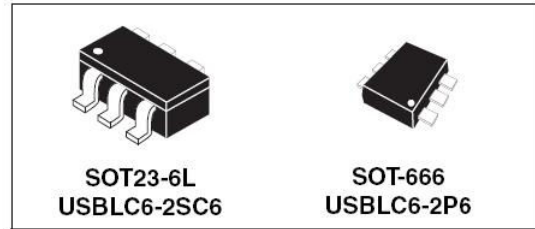
- 2 data lines protection
- Protects V_{BUS}
- Very low capacitance: 3.5 pF max.
- Very low leakage current: 150 nA max.
- SOT-666 and SOT23-6L packages
- RoHS compliant

Benefits

- Very low capacitance between lines to GND for optimized data integrity and speed
- Low PCB space consumption: 2.9 mm² max for SOT-666 and 9 mm² max for SOT23-6L
- Enhanced ESD protection. IEC 61000-4-2 level 4 compliance guaranteed at device level, hence greater immunity at system level
- ESD protection of V_{BUS}
- High reliability offered by monolithic integration
- Low leakage current for longer operation of battery powered devices
- Fast response time
- Consistent D+ / D- signal balance:
 - Very low capacitance matching tolerance
 - I/O to GND = 0.015 pF
 - Compliant with USB 2.0 requirements

Complies with the following standards

- IEC 61000-4-2 level 4:
 - 15 kV (air discharge)
 - 8 kV (contact discharge)



Applications

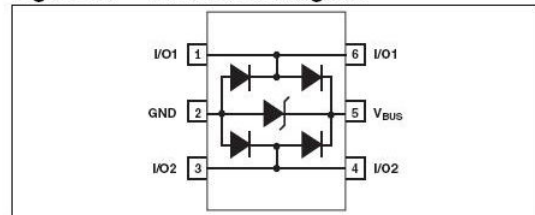
- USB 2.0 ports up to 480 Mb/s (high speed)
- Compatible with USB 1.1 low and full speed
- Ethernet port: 10/100 Mb/s
- SIM card protection
- Video line protection
- Portable electronics

Description

The **USBLC6-2SC6** and **USBLC6-2P6** are monolithic application specific devices dedicated to ESD protection of high speed interfaces, such as USB 2.0, Ethernet links and video lines.

The very low line capacitance secures a high level of signal integrity without compromising in protecting sensitive chips against the most stringent characterized ESD strikes.

Figure 1. Functional diagram



Ek 8 SMAJ5.0A tek yönlü (unidirectional) TVS diyot teknik dökümanı



SMAJ5.0(C)A - SMAJ170(C)A

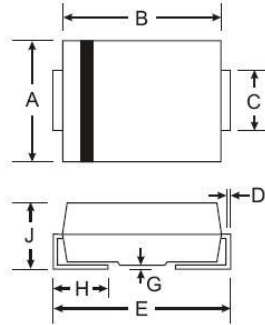
400W SURFACE MOUNT TRANSIENT VOLTAGE SUPPRESSOR

Features

- 400W Peak Pulse Power Dissipation
- Glass Passivated Die Construction
- Uni- and Bi-Directional Versions Available
- Excellent Clamping Capability
- Fast Response Time
- Available in Lead Free Finish/RoHS Compliant Version (Note 4)

Mechanical Data

- Case: SMA
- Case Material: Molded Plastic. UL Flammability Classification Rating 94V-0
- Moisture Sensitivity: Level 1 per J-STD-020C
- Terminals: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Also Available in Lead Free Plating (Matte Tin Finish). Please see Ordering Information, Note 9, on Page 4
- Polarity Indicator: Cathode Band (Note: Bi-directional devices have no polarity indicator.)
- Marking: Date Code and Marking Code See Page 4
- Weight: 0.064 grams (approximate)



SMA		
Dim	Min	Max
A	2.29	2.92
B	4.00	4.60
C	1.27	1.63
D	0.15	0.31
E	4.80	5.59
G	0.10	0.20
H	0.76	1.52
J	2.01	2.30
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings @ T_A = 25°C unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Peak Pulse Power Dissipation (Non repetitive current pulse derated above T _A = 25°C) (Note 1)	P _{PK}	400	W
Peak Forward Surge Current, 8.3ms Single Half Sine Wave Superimposed on Rated Load (JEDEC Method) (Notes 1, 2, & 3)	I _{FSM}	40	A
Steady State Power Dissipation @ T _L = 75°C	PM(AV)	1.0	W
Instantaneous Forward Voltage (Notes 1, 2, & 3) @ I _{PP} = 35A	V _F	3.5	V
Operating Temperature Range	T _J	-55 to +150	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-55 to +175	°C

- Notes:
1. Valid provided that terminals are kept at ambient temperature.
 2. Measured with 8.3ms single half sine-wave. Duty cycle = 4 pulses per minute maximum.
 3. Unidirectional units only.
 4. RoHS revision 13.2.2003. Glass and High Temperature Solder Exemptions Applied, see EU Directive Annex Notes 5 and 7.

Ek 9 P6SMB6.8CA çift yönlü (bidirectional) TVS diyot teknik dökümanı

P6SMB6.8AT3 Series

600 Watt Peak Power Zener Transient Voltage Suppressors

Unidirectional*

The SMB series is designed to protect voltage sensitive components from high voltage, high energy transients. They have excellent clamping capability, high surge capability, low zener impedance and fast response time. The SMB series is supplied in ON Semiconductor's exclusive, cost-effective, highly reliable Surmetic™ package and is ideally suited for use in communication systems, automotive, numerical controls, process controls, medical equipment, business machines, power supplies and many other industrial/consumer applications.

Specification Features:

- Working Peak Reverse Voltage Range – 5.8 to 171 V
- Standard Zener Breakdown Voltage Range – 6.8 to 200 V
- Peak Power – 600 W @ 1 ms
- ESD Rating of Class 3 (>16 KV) per Human Body Model
- Maximum Clamp Voltage @ Peak Pulse Current
- Low Leakage < 5 μ A Above 10 V
- UL 497B for Isolated Loop Circuit Protection
- Response Time is Typically < 1 ns
- Pb-Free Packages are Available

Mechanical Characteristics:

CASE: Void-free, transfer-molded, thermosetting plastic

FINISH: All external surfaces are corrosion resistant and leads are readily solderable

MAXIMUM CASE TEMPERATURE FOR SOLDERING PURPOSES: 260°C for 10 Seconds

LEADS: Modified L-Bend providing more contact area to bond pads

POLARITY: Cathode indicated by polarity band

MOUNTING POSITION: Any

MAXIMUM RATINGS

Please See the Table on the Following Page

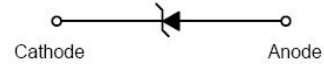
*Please see P6SMB11CAT3 to P6SMB91CAT3 for Bidirectional devices.



ON Semiconductor®

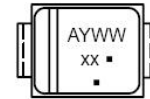
<http://onsemi.com>

**PLASTIC SURFACE MOUNT
ZENER OVERVOLTAGE
TRANSIENT SUPPRESSORS
5.8–171 VOLTS
600 WATT PEAK POWER**



**SMB
CASE 403A
PLASTIC**

MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
xx = Device Code (Refer to page 3)
▪ = Pb-Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping†
P6SMBxxxAT3	SMB	2500/Tape & Reel
P6SMBxxxAT3G	SMB (Pb-Free)	2500/Tape & Reel

†For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

Ek 10 ULN2803A darlington transistör dizisi tümdevresi teknik dökümanı

ULN2803A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAY

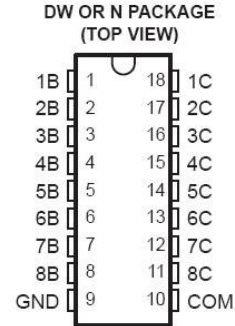
SLRS049E – FEBRUARY 1997 – REVISED JULY 2006

- 500-mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Compatible with ULN2800A Series

description/ordering information

The ULN2803A is a high-voltage, high-current Darlington transistor array. The device consists of eight npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of each Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be connected in parallel for higher current capability.

Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. The ULN2803A has a 2.7-k Ω series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices.



ORDERING INFORMATION

T _A	PACKAGE†		ORDERABLE PART NUMBER	TOP-SIDE MARKING
-40°C to 85°C	PDIP (N)	Tube of 20	ULN2803AN	ULN2803AN
	SOIC (DW)	Tube of 40	ULN2803ADW	ULN2803A
		Reel of 2000	ULN2803ADWR	

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



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

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

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

Copyright © 2006, Texas Instruments Incorporated

1

Ek 11 DAC124S085C1MM sayısal-örneksel dönüştürücü tümdevresi teknik dökümanı



November 18, 2008

DAC124S085

12-Bit Micro Power QUAD Digital-to-Analog Converter with Rail-to-Rail Output

General Description

The DAC124S085 is a full-featured, general purpose QUAD 12-bit voltage-output digital-to-analog converter (DAC) that can operate from a single +2.7V to 5.5V supply and consumes 1.1 mW at 3V and 2.4 mW at 5V. The DAC124S085 is packaged in 10-lead LLP and MSOP packages. The 10-lead LLP package makes the DAC124S085 the smallest QUAD DAC in its class. The on-chip output amplifier allows rail-to-rail output swing and the three wire serial interface operates at clock rates up to 40 MHz over the entire supply voltage range. Competitive devices are limited to 25 MHz clock rates at supply voltages in the 2.7V to 3.6V range. The serial interface is compatible with standard SPI™, QSPI, MICROWIRE and DSP interfaces.

The reference for the DAC124S085 serves all four channels and can vary in voltage between 1V and V_A , providing the widest possible output dynamic range. The DAC124S085 has a 16-bit input shift register that controls the outputs to be updated, the mode of operation, the powerdown condition, and the binary input data. All four outputs can be updated simultaneously or individually depending on the setting of the two mode of operation bits.

A power-on reset circuit ensures that the DAC output powers up to zero volts and remains there until there is a valid write to the device. A power-down feature reduces power consumption to less than a microWatt with three different termination options.

The low power consumption and small packages of the DAC124S085 make it an excellent choice for use in battery operated equipment.

The DAC124S085 is one of a family of pin compatible DACs, including the 8-bit DAC084S085 and the 10-bit DAC104S085. The DAC124S085 operates over the extended industrial temperature range of -40°C to +105°C.

Features

- Guaranteed Monotonicity
- Low Power Operation
- Rail-to-Rail Voltage Output
- Power-on Reset to 0V
- Simultaneous Output Updating
- Wide power supply range (+2.7V to +5.5V)
- Industry's Smallest Package
- Power Down Modes

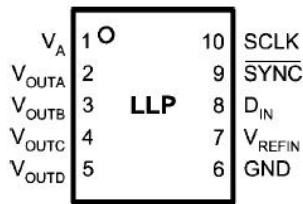
Key Specifications

■ Resolution	12 bits
■ INL	±8 LSB (max)
■ DNL	+0.7 / -0.5 LSB (max)
■ Settling Time	8.5 µs (max)
■ Zero Code Error	+15 mV (max)
■ Full-Scale Error	-0.75 %FS (max)
■ Supply Power	
■ — Normal	1.1 mW (3V) / 2.4 mW (5V) typ
■ — Power Down	0.3 µW (3V) / 0.8 µW (5V) typ

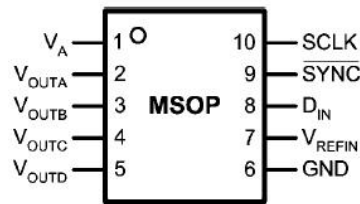
Applications

- Battery-Powered Instruments
- Digital Gain and Offset Adjustment
- Programmable Voltage & Current Sources
- Programmable Attenuators

Pin Configuration



20173201



20173202

SPI™ is a trademark of Motorola, Inc.

Şekil Ek 11.1 DAC124S085 teknik dökümanı

Ek 12 LM6144BIM işlemsel yükselteç tümdevresi teknik dökümanı



November 2004

LM6142/LM6144

17 MHz Rail-to-Rail Input-Output Operational Amplifiers

General Description

Using patent pending new circuit topologies, the LM6142/LM6144 provides new levels of performance in applications where low voltage supplies or power limitations previously made compromise necessary. Operating on supplies of 1.8V to over 24V, the LM6142/LM6144 is an excellent choice for battery operated systems, portable instrumentation and others.

The greater than rail-to-rail input voltage range eliminates concern over exceeding the common-mode voltage range. The rail-to-rail output swing provides the maximum possible dynamic range at the output. This is particularly important when operating on low supply voltages.

High gain-bandwidth with 650 μ A/Amplifier supply current opens new battery powered applications where previous higher power consumption reduced battery life to unacceptable levels. The ability to drive large capacitive loads without oscillating functionally removes this common problem.

Features

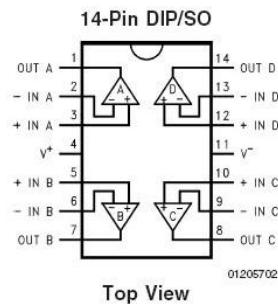
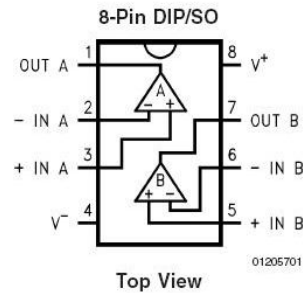
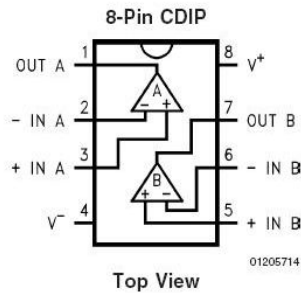
At $V_S = 5V$. Typ unless noted.

- Rail-to-rail input CMVR $-0.25V$ to $5.25V$
- Rail-to-rail output swing $0.005V$ to $4.995V$
- Wide gain-bandwidth: 17MHz at 50kHz (typ)
- Slew rate:
 - Small signal, 5V/ μ s
 - Large signal, 30V/ μ s
- Low supply current 650 μ A/Amplifier
- Wide supply range 1.8V to 24V
- CMRR 107dB
- Gain 108dB with $R_L = 10k$
- PSRR 87dB

Applications

- Battery operated instrumentation
- Depth sounders/fish finders
- Barcode scanners
- Wireless communications
- Rail-to-rail in-out instrumentation amps

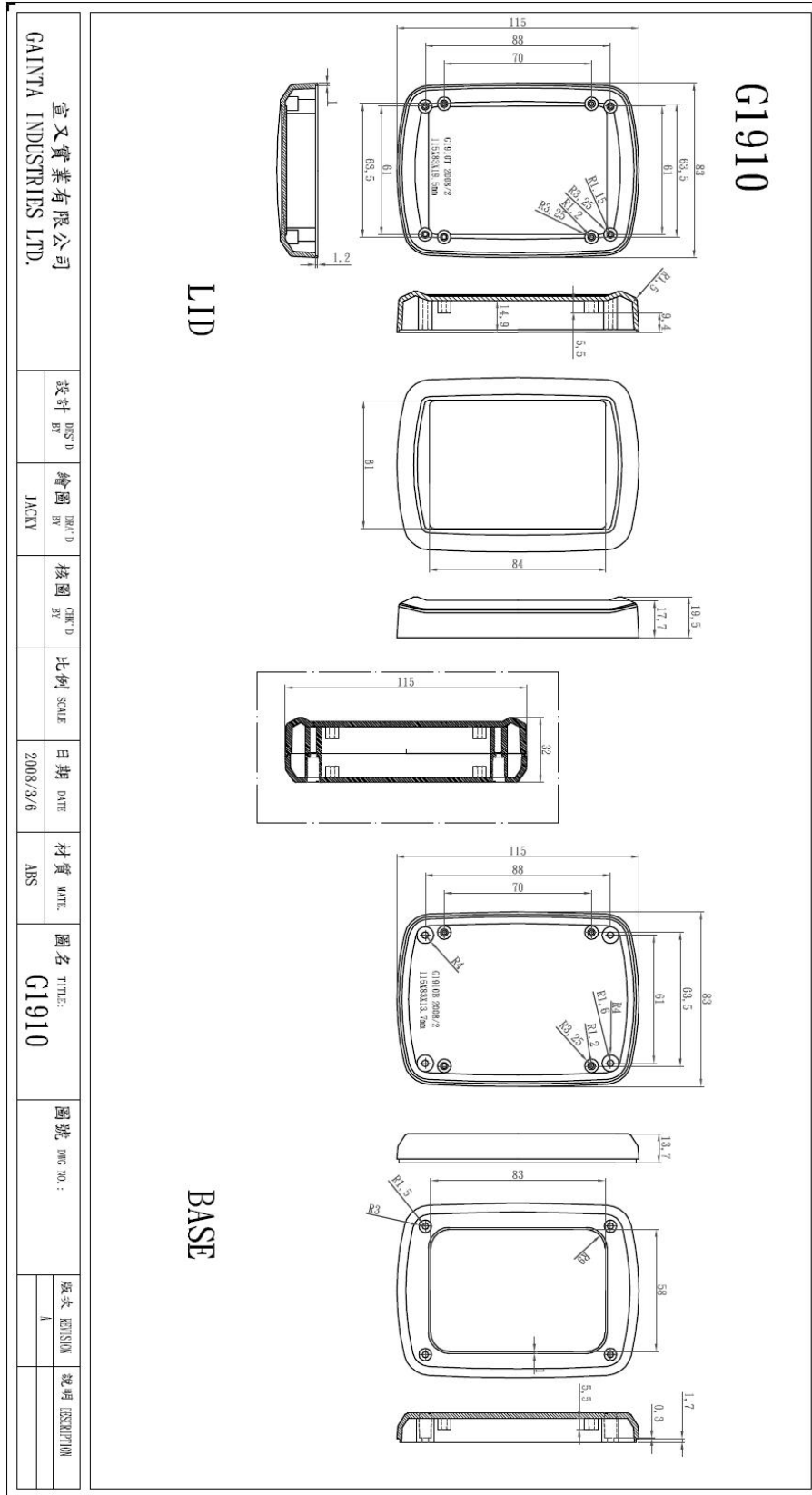
Connection Diagrams



LM6142/LM6144, 17 MHz Rail-to-Rail Input-Output Operational Amplifiers

Şekil Ek 12.1 LM6144 teknik dökümanı

Ek 13 G1910 elektronik cihaz kutusu teknik çizimi



Şekil Ek 13.1 G1910 teknik çizimi

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi	13.11.1981	
Doğum yeri	Kırcaali	
Lise	1993-2000	Balıkesir Sırrı Yırcalı Anadolu Lisesi
Lisans	2000-2004	Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Fak. Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans	2006-2009	Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik ve Haberleşme Müh. Anabilim Dalı, Elektronik Programı

Çalıştığı kurumlar

2004-2005	Telemetri Sistemleri A.Ş.
2006-Devam ediyor	TÜMSAŞ A.Ş.