


SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



BİLGİSAYAR ÇIKIŞLI, KAVRAMA
KUVVETİ LATERALİZASYONU ÖLÇEBİLEN,
KALICI HAFIZALI TIBBİ BİR TEST
CİHAZININ TASARIMI, İMALATI VE
UYGULAMASI

Ercan YALDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELK.-ELT. MÜH. ANABİLİM DALI

Konya, 1995

45187

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

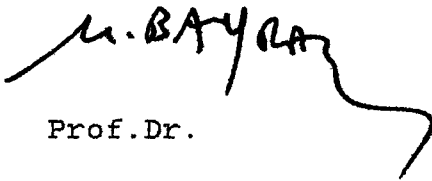
BİLGİSAYAR ÇIKIŞLI, KAVRAMA KUVVETİ LATERALİZASYONU
ÖLÇEBİLEN, KALICI HAFIZALI TIBBİ BİR TEST CİHAZININ
TASARIMI, İMALATI VE UYGULAMASI

Ercan YALDIZ, YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK ANABİLİM DALI

Bu tez 14 / 06 / 1995 tarihinde aşağıdaki jüri tarafın-
dan kabul edilmiştir.

imza



Prof.Dr.

Mehmet BAYRAK

(Danışman)

imza



Yrd.Doç.Dr.

Şaban ERGÜN

(Üye)

imza



Yrd.Doç.Dr.

Abdullah ÜRKMEZ

(Üye)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BİLGİSAYAR ÇIKIŞLI, KAVRAMA KUVVETİ LATERALİZASYONU
ÖLÇEBİLEN, KALICI HAFIZALI TIBBİ BİR TEST CİHAZININ
TASARIMI, İMALATI VE UYGULAMASI

Ercan YALDIZ
Selçuk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik-Elektronik Müh. Anabilim Dalı

Danışman : Prof.Dr. Mehmet BAYRAK

1995, Sayfa: 95

Jüri : Prof.Dr. Mehmet BAYRAK

Yrd.Doç.Dr. Şaban ERGÜN

Yrd.Doç.Dr. Abdullah ÜRKMEZ

Bu çalışmada, yeni-doğanın kavrama kuvvetini ölçebilen bir sistem tasarlanmıştır. Sistem bir fiziksel dönüştürücü (transducer), bir enstrümantasyon amplifikatörü, bir analog-dijital çevirici (ADC), bir tepe değer tutma devresi, bir elektrikle silinebilir-programlanabilir bellek (EEPROM), bir sayıcı, bellek ve bus kontrol devreleri ile bir arabirim kartını içermektedir.

İki alüminyum levhadan birinin iki yüzüne yapıştırılan strain gauge'ler bir Wheatstone köprüsünün kollarını oluşturmak için kullanılmıştır. Wheatstone köprüsüne bağlı transdüserlere bir kuvvet uygulandığında, köprü çıkışında bir fark gerilimi meydana gelir. Yeni-doğanın kavrama kuvveti dönüştürücüye uygulandığında, köprü çıkışında oluşan fark gerilimi bir enstrümantasyon amplifikatörü ile yeterli büyüklüğe çıkarılıp bir ADC'yle sayısal veriye çevrilmektedir. Tepe değer tutma devresiyle maksimum kavrama kuvveti tutulmakta ve EEPROM'un bir sayıcı ile seçilen adresine kaydedilmektedir. Kayıt işlemi önce sağ, sonra sol el için yapılmaktadır. EEPROM içeriği arabirim kartı ile IBM-uyumlu bir PC'ye gönderilebilir. Bir yazılım programı ile bütün veriler ve fark hesabı sonuçları bir harddisk veya diskete kayıt edilebilir hale getirilebilir.

Sistem, tıp fakültelerinin kas ve sinir sistemlerini ilgilendiren bir çok bölümünde yapılacak testlerde kullanılabilir hale getirilmiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Kavrama kuvveti, Strain Gauge, ADC, EEPROM
PPI I/O.

ABSTRACT

Masters Thesis

THE DESIGN, CONSTRUCTION AND APPLICATION A MEDICAL TEST DEVICE IS CAPABLE TO MEASURE THE GRASP FORCE LATERALIZATION OF NEWBORNS, AND HAS PERMANENT MEMORY AND OUTPUT FOR PCS.

Ercan YALDIZ
Selçuk University
Science Institute
Electrical-Electronics Eng. Dept.

Supervisor : Prof.Dr. Mehmet BAYRAK

1995, Page: 95

Jury : Prof.Dr. Mehmet BAYRAK

Yrd.Doç.Dr. Şaban ERGÜN

Yrd.Doç.Dr. Abdullah ÜRKMEZ

In this study, the system which is capable to measure grasp force of newborns was designed. The system consists of a transducer, an instrumentation amplifier, an analog-digital converter (ADC), a peak value dedector circuit, an EEPROM, a timer, a control circuit for memory and bus, and a parallel input/output interface card.

The strain gauges attached on two thin aluminium beam forms the arms of Wheatstone bridge. When grasp force of newborn is applied to transducer, differential voltage occurred at output of the bridge is sufficiently amplified with an instrumentation amplifier and then converted to digital data by ADC. The biggest grasp force value is caught by peak value dedector circuit and it is written into EEPROM's address selected with timer. This operation is fulfilled for both right and left hands. EEPROM's contents are transferred an IBM-compatible PC through the interface card. Data and difference results are written to an harddisk or a floppy disk by software program.

The system produced in this study can be used benefitably at the related Departments of varius Medical Faculties where the measurements of muscle and nerve systems are of main interest.

KEY WORDS: Grasp Force, Strain Gauge, ADC, EEPROM, PPI I/O.

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarım süresince benden hiçbir yardımını esirgemeyen, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü laboratuvarlarında her zaman çalışma imkanı veren, danışmanım ve Bölüm Başkanımız Sayın Prof.Dr. Mehmet BAYRAK'a, (S.Ü.), Müh.-Mim. Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümünde görev yapan diğer Öğretim Elemanlarına ve bana verdikleri manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	vii
1. GİRİŞ	1
2. VERİ TOPLAMA ARABİRİMLERİ	7
2.1. Giriş	7
2.2. Dönüştürücüler ve Algılayıcılar	10
2.3. Elektriksel İşareti Uygunlaştırma	11
2.4. Analog Dijital Çevirici (ADC)	11
2.5. Donanım Arabirim Elemanları	13
2.6. Yazılım Arabirimleri	14
3. MALZEMELERİN MEKANİK DAVRANIŞI	17
3.1. Mekanik Davranışın Temel Kavramları	17
3.2. Çekme Deneyi	19
4. TASARIMDA KULLANILAN TEMEL DEVRELER VE DEVRE ELEMANLARI	23
4.1. Wheatstone Köprüsü	23
4.1.1. Wheatstone Köprüsünün Duyarlılığı	24
4.2. Strain Gauge'ler	26
4.2.1. Strain Gauge'in Bir Wheatstone Köprüsüne Bağlanması	30
4.2.2. Bir Strain Gauge'in Duyarlılığı	31
4.3. Operasyonel Amplifikatör Uygulamaları	32
4.3.1. Fark Kuvvetlendirici	32

4.3.2. Enstrumantasyon Kuvvetlendirici	33
4.4. Çift Eğimli Analog Dijital Çevirici (ADC)	35
4.5. Entegre Devre Zamanlayıcı	37
4.5.1. Monostable Multivibratör	39
4.5.2. Astable Multivibratör	40
5. DEVRE TASARIMLARI VE İMALATI	42
5.1. Analog Giriş Kartının Tasarımı	42
5.1.1. Fiziksel Dönüştürücü (Transducer) ve Wheatstone Köprüsü	42
5.1.2. Enstrumantasyon Amplifikatör Devresi	45
5.1.3. Analog Dijital Çevirici (ADC) Devresi	46
5.1.4. Tepe Değer Tutma Devresi	48
5.2. Kontrol Kartının Tasarımı	50
5.2.1. EEPROM Bellek Devresi	50
5.2.2. Sayıcı Devresi	52
5.2.3. CLK Dalga Şeklinin Üretimi ve Kontrolü	53
5.2.4. Puls Üretme Devresi	54
5.2.5. Lojik Konum Değiştirme Devresi	55
5.3. Display Kartının Tasarımı	56
5.4. Güç Kaynağı Kartının Tasarımı	59
6. PARALEL I/O ARABİRİM KARTININ TASARIMI	60
6.1. Adres Bölgesinin Seçimi	62
6.2. Kontrol Kaydedicisinin Yüklenmesi	63
6.3. Kartın Devreye Alınması	64
6.4. Program Yazılımı	64
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	66
7.1. Sonuçlar	66
7.2. Öneriler	70

KAYNAKLAR	72
EKLER	74
Ek 1.a Analog Giriş Kartının Açık Devre Şeması	75
Ek 1.b Kontrol Kartının Açık Devre Şeması	76
Ek 1.c Display Kartının Açık Devre Şeması	77
Ek 1.d Güç Kaynağı Kartının Açık Devre Şeması	78
Ek 1.e Paralel I/O Arabirim Kartının Açık Devre Şeması	79
Ek 2.a Analog Giriş Kartının Baskı Devre Şeması	80
Ek 2.b Kontrol Kartının Baskı Devre Şeması	82
Ek 2.c Display Kartının Baskı Devre Şeması	84
Ek 2.d Güç Kaynağı Kartının Baskı Devre Şeması	86
Ek 2.e Paralel I/O Arabirim Kartının Baskı Devre Şeması	87
Ek 3 Program Dökümü	89
Ek 4.a Paralel I/O Arabirim Kartına Giriş Olarak Erişim Adresleri	92
Ek 4.b Paralel I/O Arabirim Kartına Çıkış Olarak Erişim Adresleri	93
Ek 5 8255 Entegresinin I/O Portlarının Giriş veya Çıkış Olarak Yönlendirilme İhtimalleri	94
Ek 6 Kavrama Kuvveti Ölçüm Sonuçları	95

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

A	Amper
A, A ₀	Kesit alan
ADC	Analog-Dijital Çevirici
CMG	Ortak Mod Kazancı
CMRR	Ortak Mod Bastırma Oranı
DAC	Dijital-Analog Çevirici
DMA	Doğrudan Bellek Erişimi
d ₀	Malzemenin çapı
E	Young modülü
EEPROM	Elektrikle Silinebilir Programlanabilir ROM
EPROM	Silinebilir Programlanabilir ROM
f	Kuvvet
FF	Flip flop
G	Gauge faktörü
GPIO	Genel Amaçlı Arabirim Yolu
IC	Entegre devre
IEEE	Elektrik-Elektronik Mühendisliği Enstitüsü
kgf	Kilogram kuvvet
l, l ₀	Malzemenin boyu
LSB	En Az Anlamlı Bit
M	Baskı kuvveti
MUX	Multiplekser
N	Kuvvetin normal bileşeni
PGA	Programlanabilir Kazançlı Amplifikatör
R-L	Sağ eksi sol

R_i	Direnç
S	Strain gauge gerilmesi
S/H	Örnekleme/Tutma
S_n	Köprü duyarlılığı
T	Kuvvetin teğet bileşeni
UART	Universal Asenkron Alıcı Verici
V	Volt
V_K	Kaynak gerilimi
V_{out}	Çıkış gerilimi
ϵ	Birim boydaki değişme
σ	Normal gerilme
τ	Kayma gerilmesi

BÖLÜM-I

1. GİRİŞ:

Teknolojinin hızla değişim sergilediği günümüzde, özellikle elektronik teknolojisindeki gelişmelerden en fazla payı insan sağlığı ile ilgili gelişmelerin alması gerekir. Diğer alanlardaki bilimsel araştırmaların paralelinde, biyomedikal konusundaki araştırmalarda elde edilen sonuçlar, daha ileri başarılarla yol açacaktır.

Yeni-doğanların (newborns) beyninin, beyinsel yanallığa (cerebral lateralization) göre ayırt edilemeyeceği önceleri birçok defa rapor edilmiştir (Zangwill, 1960; Lenneberg, 1969; Gazzaniga, 1970). Bu görüşlere göre, fonksiyonel bir beyinsel yanallık iki yaşına gelinceye kadar veya konuşmaya başlamadan önce ortaya çıkmamaktadır. Ancak, çok çeşitli çalışmalar, yeni-doğanların sol-tarafa kutuplu motor davranışı sergilediklerini göstermiştir (Turkewitz ve arkadaşları, 1965'den Hopkins ve arkadaşlarına kadar pekçok çalışma). Yeni doğanlarda kavrama refleksi yanallığı çalışılmamıştır. Hopkins ve arkadaşları (1987) ile diğer birçok araştırmacıya göre başı sağa döndürme ve tutma, insanlardaki ilk bilinen beynin fonksiyonel asimetrisidir. Yeni doğanlardaki beynin sol tarafının motor baskınlığını yansıtan bu sağ-kutuplu motor davranışı, sonraki gelişme üzerine doğumdan gelen baskın bir sol-tarafli motor kontrol gösterdiğini ispatlamıştır (Kinsbourne ve Lemberg, 1979; Leiderman ve Kinsbourne, 1980). Ayrıca yeni doğanlarda gözlenen böyle bir motor yanallığı, öğrenme yete-

neğine (cognitive) ve dilbilimine ait (linguistic) fonksiyonlarda beyinsel yanallık gelişimi için bir temel oluşturmaktadır (Kinsbourne ve Hiscock, 1983).

Yukarıda bahsedilen sebeplerden dolayı, yeni doğanlarda kavrama refleksinde olası bir lateralizasyon konusu üzerinde Prof.Dr. Ünal Tan ve arkadaşları tarafından çalışılmıştır. Kavrama refleksinde, herhangi bir şeyin avuçla teması, parmakların cisim üzerine kapanmasına yani sıkı ve uzun süren bir kavramaya sebep olur. Bu refleksin varlığı yeni doğanın normalliğinin bir işareti olarak göz önüne alınır. Bu refleksin devam etmesi, alarm için bir sebeptir. Çünkü sinir sistemi olgunlaşırken bu refleks, normal olarak ortadan kalkmaya yüz tutar. Yeni doğanlardaki kavrama refleksi lateralizasyonu çalışması, beyinsel lateralizasyon gelişiminde soya çekim rolü bakımından da önemlidir.

Dr. Tan ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmanın metodu şöyledir: Deneyler doğumdan sonra iki gün içinde 59 kız ve 62 erkek yeni doğan üzerinde yapılmıştır. Herbir yeni doğanın nörolojik denemelerde normal olduğu görülmüştür. Kavrama refleksi şiddetini ölçmek için, bir ampermetre ve gerilim kaynağı devresinde bulunan bir potansiyometre, balon hareketi ile direnci değişecek şekilde düzenlenmiştir. Balon, avuç içi yerisine yerleştirildiğinde, yeni doğan kavramak için parmaklarını kapatınca, potansiyometre direnci azalmasıyla elektrik akımındaki artış ampermetreden okunmuştur. Tüm sistem bir dönüştürücü (transducer) olarak çalıştırılmıştır. Sağ ve sol elin kavrama şiddetleri 10 denemede ölçülerek kavrama reflek-

sinin aritmetik ve geometrik ortalama ifadeleri daha sonra herbir el için hesaplanmıştır. Kavrama refleksi şiddeti keyfi birimlerde ifade edilmiştir. Sağ eldeki kavrama refleksi ortalama kuvvetinin, sol elinkinden önemli ölçüde daha yüksek olduğu bulunmuştur. Sağ ve sol el refleks kuvvetleri arasında anlamlı, pozitif, lineer bir ilişki olduğu ve ortalama sağ ek-si sol (R-L) refleks kuvvetinin sıfırdan oldukça yüksek olduğu görülmüştür. R-L refleks kuvveti ile sağ ve sol el refleks kuvveti arasında pozitif bir lineer bağıntı tesbit edilmiştir. Bu, sol elden çok sağ el için söylenmiştir. Sol ve sağ el refleks kuvvetlerinin, yeni-doğan bebek ağırlığı ile doğru orantılı olduğu bulunmuştur. Bu sonuçlar yeni-doğanlarda Kavrama Refleksi Lateralizasyonu (Grasp Reflex Lateralization) olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada tesbit edilen, kavrama refleks asimetrisindeki sağ-meyil, yetişkinlikte baskın sağ el gelişiminde bir temel oluşturacağı rapor edilmiştir [1].

Biyomedikal araştırmalarında kavrama kuvveti konusunda çalışan ve olaya başka bir açıdan bakan araştırmacılar da vardır. Patrik E. Crago ve arkadaşları, felçliler için yaptıkları çalışmada, felçli adeleyi elektrikle uyarmışlar ve bu sırada kavramanın düzenlenmesi için geribeslemeli bir kontrol sistemi tanımlamışlardır. Bu sistemde, kavramanın tutukluğu (kavrama kuvveti ve kavrama açınımı arasındaki ilişki), kuvvet ve konum geribesleme sinyalleri birleştirilerek, elin bir nesneyi kavraması için gerekli açıklık, kuvvet ve konumu kontrol edilmiştir[2].

Ronald R. Riso ve arkadaşları yine felçli hastaların re-

habilitesini için yaptıkları çalışmada, FES (Functional Electrical Stimulation-Fonksiyonel Elektriksel Uyarım) tekniği ile kavrama restorasyonu nöroprostezi (neuroprosthes) için bilgili (cognitive) geribesleme sistemlerinden yararlanmışlardır. Vücudun çeşitli adalelerine yerleştirilen elektrodlar ve elin tuttuğu bir el aleti (manipulandum) yardımıyla omuz ve elin konumu ile kavrama kuvvetinin şiddeti kontrol edilmiştir[3].

Ölçüm ve testlerin daha hassas, daha doğru ve daha kolay olması, elde edilen verilerin en uygun şekilde değerlendirilmesi, yapılan çalışmanın doğru sonuca götürmesi için şarttır. Bu nedenle daha önce kullanılan ölçme ve değerlendirme tekniğinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi; yapılacak benzer çalışmalarda daha doğru, daha kolay elde edilebilen ve değerlendirilebilen ölçüm sonuçları alınması ve saklanabilmesi, bu tez çalışmasının esas konusunu teşkil etmektedir.

Bu çalışmada, yeni-doğanın sağ ve sol ellerinin düşük şiddetteki kavrama kuvvetlerini bir kuvvet birimi ile ölçmek, sağ ve sol elin kavrama kuvveti farklarını elde etmek hedeflenmiştir. Kavrama kuvvetinin hassas ve doğrusal olarak elektriksel işarete dönüştürülmesi için, uçları Wheatstone köprüsüne bağlı iki strain gauge'in bir alüminyum levhanın iki yüzüne yapıştırılması ile bir transdüser tasarlanmasının uygun olacağı düşünülmüştür.

Düşük seviyelerde olması beklenen Wheatstone köprüsü çıkış geriliminin giriş işaretini bozmadan analog-dijital çevirici (ADC) için yükseltilmesi gerekir. Diferansiyel girişli,

kazancı yüksek değerlere kadar ayarlanabilen ve ortak mod bastırma oranı (CMRR) yüksek olan bir enstrümantasyon amplifikatörünün kullanılması bu ihtiyacı karşılayabilir.

Ölçüm sonuçları display'de görüntülenebildiği gibi, PC'ye aktarılması için mikroişlemci uyumlu çıkışlara sahip bir ADC kullanılır. ADC'nin bit sayısının fazla olması, ölçüm değerlerinin hassas olarak okunabilmesini sağlar.

Yeni-doğanın kavrama kuvveti kısa zamanda değişik sonuçlar vereceğinden, kavrama kuvvetinin tepe değerinin (peak value) tutulması ile daha doğru sonuçlar elde edilir. Bu amaçla 160ms'lik çevrim süresine sahip ADC çıkışında 36ms de bir sıklıkla sayısal değeri kontrol eden bir tepe değer tutma devresinin tasarlanması yoluna gidilebilir.

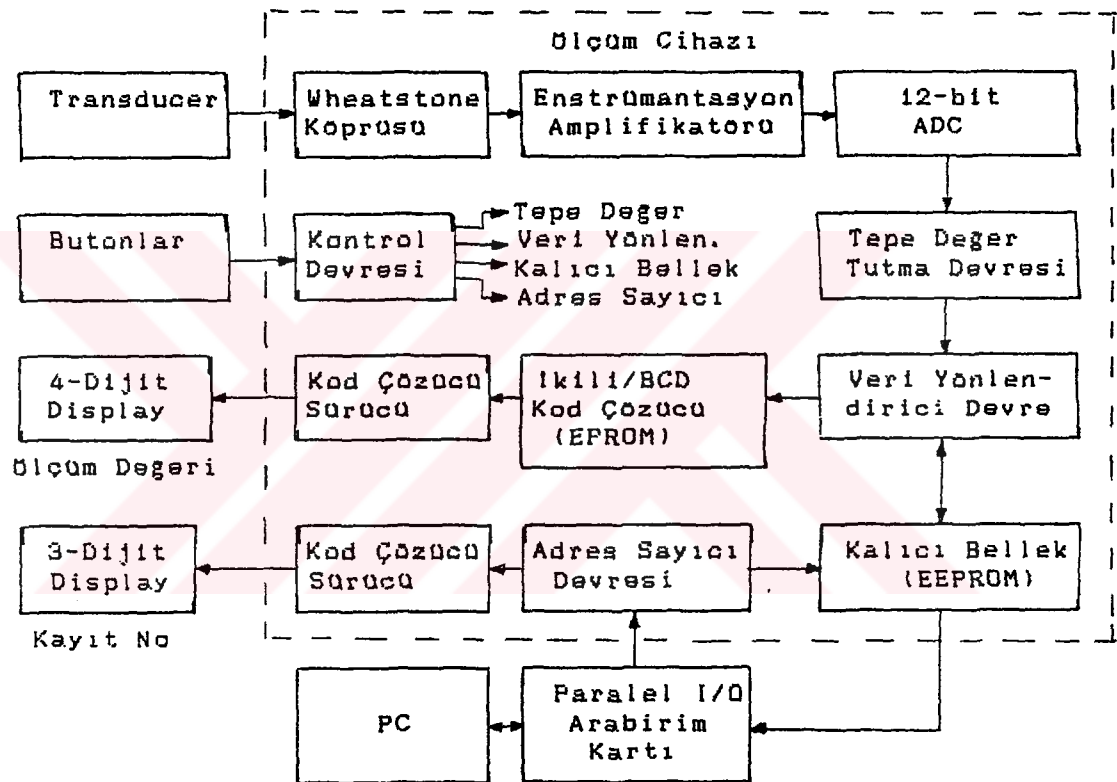
Ölçüm sonuçlarının kalıcı olması için, elektrikle silinebilir-programlanabilir bir EEPROM kalıcı bellek elemanı kullanılır. Bu durumda enerji kesilmesi ölçüm sonuçlarını etkilemez. Bellek bölümleri bir sayıcı ile kolayca seçilebilir.

Elde edilen verilerin PC'ye aktarılması, değerlendirilmesi ve yazıcıdan çıkarılabilmesi için cihazı PC'ye bağlayan bir paralel I/O arabirim kartından yararlanılabilir. Paralel I/O arabirim kartının kontrolünü ve verilerin değerlendirilmesini yapacak uygun bir program yazılması gerekir.

Ölçüm sisteminde kullanılan elektronik devrelerinin beslenmesi için yeterli çıkış akımını sağlayabilecek ve ölçüm sonucunu etkilemeyecek şekilde regüle edilmiş bir güç kaynağına ihtiyaç duyulur. Bu amaçla yeterli güçte bir transformtör ile gerekli gerilim seviyelerinde ve gerekli polaritede

çıkış veren gerilim regülatörleri kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında tasarımılanarak gerçekleştirilmesi düşünülen ölçüm sisteminin blok diyagramı Şekil 1.1'de verilmiştir.



Şekil 1.1 Ölçüm Sisteminin Blok Diyagramı

BÖLÜM-II

2. VERİ TOPLAMA ARABİRLERİ

2.1. Giriş

Kişisel bilgisayarların başlangıçta kullanım amacı, esas olarak hem kişi hem de büro bazında verimliliğin arttırılması üzerine yoğunlaştırılmıştı. Teknolojinin hızla ilerlemesiyle birlikte bilimsel araştırmalar ve endüstriyel uygulamalara yönelik ölçme ve kontrol gibi konuların geliştirilmesinde, kişisel bilgisayarlar yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde PC'ler pekçok bilimsel araştırma ve geliştirme çalışmalarının yanında, endüstride kontrol ve üretim amacına yönelik olarak da kullanılmaktadır.

Fiziksel büyüklüklerin anlık değerlerini ölçmek, tahlil etmek, incelemek; araştırmaların, dolayısıyla da üretimin devamı ana unsuru olmuştur. Günümüzde basınç, sıcaklık, gerilim vb. fiziksel verileri değerlendirirken, eskiden kullanılan özel cihazların yerini büyük ölçüde genel amaçlı kişisel bilgisayarlar almıştır. IBM-uyumlu PC'lerin bu tür uygulamalarda yaygın şekilde kullandığını ve piyasada başarı sağladığını görüyoruz. Doğal olarak fiziksel olaylardan elde edilen ölçümlerin ve verilerin bilgisayar tarafından işlenmesi için öncelikle bu verilerin bilgisayara uyumlu duruma getirilmesi gerekir. Fiziksel olaylardan elde edilen ham çıkışları işlemeye yarayan veri toplama ve değerlendirme (Data acquisition) işlemi, bugün yaygın olarak endüstrinin hemen her kolunda uygulanabilmektedir. Kişisel bilgisayarlar kullanılarak elde

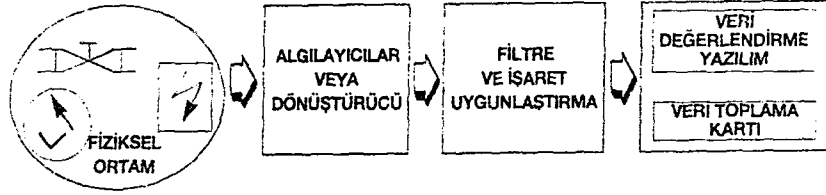
edilen veri toplama işlemi, hem yazılım hem donanım bilgileri gerektiren bir konu olmasına rağmen, özel cihazların kullanılmasını gerektiren eski uygulamalara göre daha ileri, daha verimli ve daha ucuz bir yoldur. İlk çıkan 8-bitlik PC'ler veri toplama işlemini bazı yönlerden kısıtlıyordu, ancak şimdi 16 ve 32-bitlik bilgisayarlarla bu engeller çoktan aşılmış durumdadır. PC'lerle veri toplama ile, fiziksel olayların anlık durumlarının grafik olarak incelenmesi imkanı da bulunmuştur.

Fiziksel ham büyüklüğü elektriksel işarete çeviren dönüştürücüden (Transducer) veya algılayıcıdan (Sensor) elektriksel işareti alarak; bunu, ileriki adımda kontrol ve görüntü için kullanılabilecek formda eşdeğer dijital işarete dönüştüren elektronik bilgisayar ek kartları piyasaya sunulmuştur. Bu kartlar, PC'lerin ana kartlarındaki yuvalara kolayca yerleştirilir. Veri toplama kartları sadece veri elde edilmesinde değil, aynı zamanda verinin değerlendirilmesine bağlı olarak, endüstriyel ve bilimsel cihazların kontrol edilmesinde de kullanılabilir.

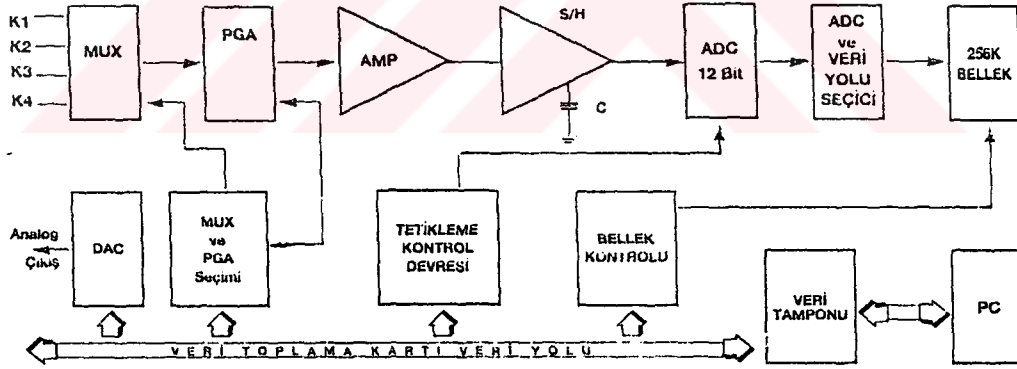
Veri toplama sisteminin yapısı, uygulamanın özelliğine göre farklılık gösterir. Basit bir sıcaklık ölçme uygulaması için 8-bitlik bir PC yeterli iken yüksek frekanslı bir titreşim analizi için yüksek hassasiyette en azından 32-bitlik bir PC şarttır. Yine de bazı uygulamalar bilgisayara takılan veri toplama kartı yerine harici bir veri toplama cihazı kullanılmasını gerektirebilir.

Genel veri toplama işlemi blok şeması Şekil 2.1'de ve bu

amaç için kullanılabilen bir kartın blok şeması Şekil 2.2-
de verilmiştir.



Şekil 2.1 Genel Veri Toplama İşlemi Blok Şeması.



Şekil 2.2 Genel Veri Toplama Kartı Blok Şeması.

Fiziksel bir sistemden, verileri elde etmek için pek çok metod vardır. Fakat uygulamanın tipine bakmaksızın bir veri toplama işlemi dört ana unsurdan meydana gelir:

1. Fiziksel büyüklükleri ölçmek için algılayıcılar (Sensor) ve fiziksel işaretleri elektriksel işaretlere çeviren

dönüştürücüler (Transducer).

2. Elektriksel analog işareti (sinyali) işlenebilir ve uygun duruma getiren elemanlar (kuvvetlendiriciler, filtreler lineerleştiriciler, tampon devreler vb).

3. Elektriksel analog (sürekli) işareti sayısal koda dönüştüren Analog/Dijital Çeviriciler (ADC).

4. Bilgisayar arabirim elemanları (genelde hem yazılım hem de donanım arabirimleri) [4].

2.2. Dönüştürücüler ve Algılayıcılar

Algılayıcılar ve dönüştürücüler fiziksel büyüklükleri elektriksel işaretlere çeviren aygıtlardır. Algılayıcıların piyasada oldukça çok çeşitli tipleri olmasına rağmen bunları birkaç ana gruba indirgeyebiliriz:

1. Sıcaklık, ısı algılayıcılar (Thermocouple),
2. Kuvvet, basınç ve gerilme kuvveti algılayıcıları (Strain-Gauge),
3. Optik algılayıcılar (fotodirenç, fotodiyot, fototransistor, fotosel, vb.),
4. Elektriksel büyüklük algılayıcıları,
5. Manyetik algılayıcılar (Hall-Effect),
6. Ses algılayıcıları (özellikle Ultrasonic),

Bunlardan başka özel amaçlı pekçok algılayıcı çeşidi mevcuttur.

2.3. Elektriksel İşareti Uygunlaştırma

Algılayıcı ve dönüştürücülerden elde edilen elektriksel işaretler çoğunlukla Analog/Dijital çeviricinin (ADC) girişi için uygun değildir. Bu elektriksel işaretler ya çok zayıftır ya da doğrusal olmayan bir elemanın çıkışıdır, veya ADC'ye zarar verecek kadar kuvvetlidir. Çoğunlukla da elektriksel işareti kuvvetlendirmeyi gerektiren durumlarla karşılaşılır. Örneğin en az 2.44 mV luk gerilim değişimlerini algılayabilen bir ADC'nin, bağlı olduğu dönüştürücüden alınan elektriksel işaretlerdeki değişim sadece 0.025 mV ise, bu durumda ADC'nin bu gerilim değişimlerini algılayabilmesi için veri toplama sistemine, elektriksel işaretleri en az 100 katına çıkarabilen bir kuvvetlendirici eklemek gerekir.

Elektriksel işaretin uygunlaştırılması gereken durumlardan biri de elektriksel işarettaki değişimin, ADC'nin çevirme süresinden daha hızlı olması durumudur. Böyle durumlarda örnekleyici/tutucu (Sample/Hold) devreleri ADC'nin girişine bağlanır. ADC çevirme işlemini tamamlayana kadar, örnekleyici/tutucu devre, aldığı örnek değeri üzerinde muhafaza eder.

2.4. Analog Dijital Çevirici (ADC)

Analog işaretler, bir sistem veya fiziksel ortamdaki o anki durum bilgileridir ve sıcaklık, basınç, kuvvet, akış ve ses gibi fiziksel verileri ve bunlardaki zamana bağlı değişimleri gösterir. Algılayıcılardan gelen bu işaretler, genel-

likle sürekli bir fonksiyon izlerler ve bilgisayarda değerlendirilmeleri için sayısallaştırılması gerekir. ADC'nin görevi, uygunlaştırılmış analog elektriksel işareti bilgisayarın işleyebileceği ikili (Binary) sistem koduna dönüştürmektir. Bu bakımdan ADC'ler veri toplama sistemlerinin ana elemanı durumundadır.

Bir ADC'nin hassaslık (Resolution), örnekleme oranı (Sampling Rate), gürültü etkisi, doğrusallık (Linearity) ve doğruluktur gibi özellikleri; veri toplama sisteminin doğruluğunu ve performansını büyük ölçüde etkiler.

Hassaslık bit olarak ifade edilir. Bit sayısı analog elektriksel işareti ifade edecek ikili sayıların sayısıdır. Örneğin; 4-bit için $2^4 = 16$, 8-bit için $2^8 = 256$ ve 12-bit için $2^{12} = 4096$ dir. Burada giriş işareti sırasıyla 16, 256 ve 4096 kademede kodlanacaktır. Eğer analog giriş işareti 0-10 V arasında değişiyorsa yukarıdaki üç tip çeviricinin ölçebileceği ve ayırt edebileceği en küçük gerilimler şöyle olacaktır:

4 bit için	8 bit için	12 bit için
$10/16=625\text{mV}$	$10/256=39\text{mV}$	$10/4096=2.44\text{mV}$

Görüldüğü gibi hassaslık, bit sayısı ile birlikte artmaktadır.

Doğruluk, gerçek analog giriş işareti ile bunun sayısala çevrilmiş kodu arasındaki farktır. Birim olarak LSB (En az değerli bit) ile ifade edilir. LSB ikili kodda en küçük birimi ifade eder ve değeri, "n" bitlik bir ADC için, analog gi-

riş işaretinin maksimum değerinin 2^n 'e bölünmesiyle bulunur.

Örnekleme oranı ADC'nin analog işareti hangi sıklıkta çevirdiğini belirler. Nyquist örnekleme teoremine göre örnekleme oranı, örneklenen işaretin maksimum frekans bileşeninin en az iki katı olmalıdır. Örneğin sensörden gelen analog işaretin maksimum frekans bileşeni 10 kHz ise, bu işareti çevirecek ADC'nin örnekleme oranı en az 20 kHz olmalıdır.

Gürültü, veri toplama sistemini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Eğer gürültü işaretinin seviyesi ADC'nin minimum gerilim duyarlılığına yaklaşırsa ADC gürültü işareti ile gerçek analog işaret arasındaki farkı ayırt edemez. Bu durum hatalara sebep olur. Bunun için gerektiğinde veri toplama sistemlerine gürültü süzen devreler (filtreler) eklenmelidir.

2.5. Donanım Arabirim Elemanları

Fiziksel sistemden işareti elde etme, işareti uygunlaştırma ve bunu analog durumdan sayısala çevirme, veri toplama sistemine ait temel özellikleridir. Tüm bunlardan başka bazı veri toplama sistemlerinde bazı ek devrelere ihtiyaç olabilir. Bu ek devreler veri toplama sistemine ayrı bir esneklik ve güç katar. Veri toplama sisteminden elde edilen sayısal işaretler kişisel bilgisayarlara doğrudan aktarılmaz. Bu işaretler mutlaka bilgisayara uygun girişi sağlayacak arabirim kartları ile iletilir. Veri toplama sistemi ya PC'nin ana kartındaki yuvalara dahili geçmeli ya da harici elektronik

kartlarla elde edilir. Harici kartlar RS-232 arabirimi vasıtasıyla seri olarak bilgisayara bağlanır. Ayrıca genel amaçlı arabirim veri yolu (GPIB) denen IEEE-488 veri yolu denetleyicisi de kullanılabilir.

IEEE-488 ya da GPIB veri toplama sistemleri için standart arabirim devresi olmaya başlamıştır. Bu paralel arabirim kartı, saniyede 1 MB'lık veri transferi sağlamanın yanında, onbeş ayrı devre ile çalışmaya imkan tanır.

Harici kartlı sistemlerde genel olarak analog işareti uygunlaştırmaya ağırlık verilmiş ve pekçok sayıda ölçme kanalı olmasına özen gösterilmiştir. Bunların gürültü önleme ve izolasyon karakteristikleri, dahili geçmeli kartlardan genelde daha iyidir. Ancak dahili kartlar ayrı bir güç kaynağı gerektirmezler, daha ucuzdurlar ve piyasada pekçok uygulama için dahili kartlar mevcuttur.

2.6. Yazılım Arabirimleri

Veri toplama sistemlerinin en önemli parçalarından biri de yazılımlardır. Veri toplama sistemini kontrol edecek arabirim yazılımı C, Pascal, BASIC gibi yüksek seviyeli programlama dillerinden birisi ile yazılabilir. IEEE-488 arabirimi ASCII'yi destekler. RS-232 arabirim portunu destekleyen pek çok disk işletim sistemi komutu da mevcuttur.

Ayrıca veri toplama sistemlerini destekleyen, gerçek işlemleri kontrol panellerindeki ekrana grafik olarak aktaran yazılımlar piyasaya sunulmuştur. Bu yazılımların en önemli a-

vantajlarından birisi de, sistemde uygulamaya geçmeden önce sistemin modelinde simülasyon yaparak sistem üzerinde daha etkin çalışma şartlarını tesbit etmektir.

Veri toplama sistemlerinin bilgisayarlarla iletişimi genelde üç türlü olabilir:

1. Yazılım taraması (Software Polling),
2. Kesme (Interrupt),
3. Doğrudan bellek erişimi (Direct Memory Access-DMA).

Yazılım taraması (Software Polling) yönteminde veri toplama işlemi donanım ya da yazılım aracılığıyla çalışmaya başlayacak şekilde programlanır. Bu amaçla kullanılan kontrol programı ADC'den sayısal verilerin gelmesini bekler ve bu sırada başka işlem yapmaz. ADC'den sayısal veriler geldiğinde denetleyici program, veriyi alır ve istenilen şekilde işler.

Kesme yönteminde veri toplama sistemi, bir zamanlayıcı veya tetikleme devresiyle uygun aralıklarla ana programın çalışmasını keser ve kontrol yazılımı içinde bulunan özel programa (Kesme Hizmet Programı) geçer ve ADC'den gelen sayısal veriyi alır. Okunan veri ile ilgili işlemler tamamlandığında kontrol yine ana programa döner.

Doğrudan bellek erişimi yönteminde, veri toplama sistemi uygun aralıklarla bir zamanlayıcı veya tetikleme devresi ile otomatik olarak ana programı keser. Ana programın kesildiği sürede gerekirse, başka programlar yürütülebilir. ADC'den her sayısal veri alındığında, bu veri bir işlemci vasıtasıyla belleğin önceden belirlenmiş bir bölümüne bir DMA kanalı ile doğrudan aktarılır. Burada bilgisayarın ana işlemcisi bekler

ve yüksek hızla veri aktarılmış olur.

Bu yöntemler arasında yapılacak seçim uygulamanın özelliklerine ve yazılımın karmaşıklığına bağlıdır.

Programlarda bilgisayarlarla veri toplama sistemi arasında iletişimi sağlayan Port adreslerinin doğru verilmesi ve Register işlemlerine dikkat edilmesi gerekir. Ayrıca program, port adreslerinden gelen verileri okuyacak ve bu adreslerden veri toplama sistemine bilgi yazacak komutları içermelidir. Tablo 2.1'de bu komutların çeşitli programlama dillerinde nasıl yazıldığı gösterilmiştir[4].

Tablo 2.1 Çeşitli Programlama Dillerinde Porttan Veri Okuma ve Veri Gönderme Yazılımları.

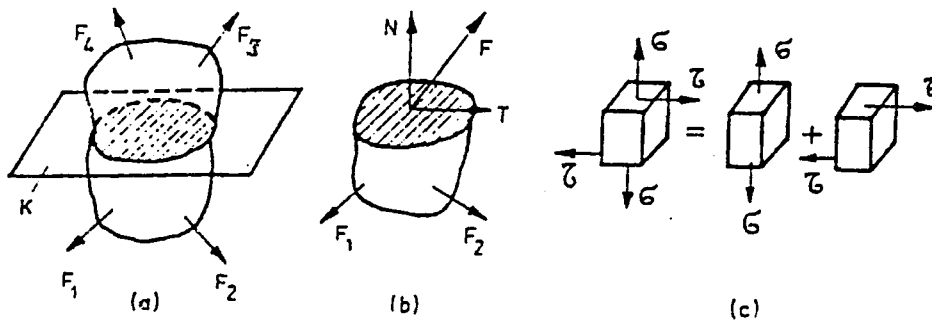
Kullanılan Dil	Porttan Veri Okuma	Porttan Veri Yollama
BASIC	Veri=INP(adres)	OUT adres,veri
Turbo C	Veri=inportb(adres)	outportb(adres,veri)
Turbo PASCAL	Veri=Port (adres)	Port (adres):=veri

BÖLÜM-III

3. MALZEMELERİN MEKANİK DAVRANIŞI

3.1. Mekanik Davranışın Temel Kavramları

Cisimlerin, uygulanan dış kuvvetlere karşı gösterdiği tepkiye mekanik davranış denir. Sürekli artan kuvvet altında önce şekil değiştirme oluşur. Düşük yük altında şekil değiştirmeler elastik, diğer bir deyimle tersinirdir. Yük artarsa bazı malzemelerde kalıcı veya plastik şekil değiştirme meydana gelir. Yük belli bir sınırı aşarsa kırılma olur. Bütün bu süreçlerde her cismin kendine göre davranış biçimi vardır ve bu davranış biçimi mekanik özellikleri belirler. Bu özellikleri tanımlamak için aşağıda genel bir örnek ele alınacaktır.



Şekil 3.1 Bir Cisme Etkiyen Kuvvetler ve Gerilimler.

Şekil 3.1'de görülen cisime dış kuvvetler etkiyor. Bu kuvvetler cismin içinde her atoma etkiyen yayılı iç kuvvetler oluşturur. İç kuvvetlerin büyüklüğünü bulabilmek için hayali bir K kesme düzlemi geçirilir ve düzlemin altında kalan parça

ele alınır. Şekil 3.1b'de görüldüğü gibi bu parçanın dengede kalması için gerekli F kuvveti denge denklemleri ile bulunur. Bu kuvvete iç kuvvet denir ve kesit boyunca atomlara etkiyen yayıllı kuvvetlere denktir. F kuvveti yüzeye normal N ve yüzeye teğet T bileşenlerine ayrılır. Gerçekte N ara kesit düzleminde her atoma etkiyen normal yayıllı kuvvetlerin toplamına eşittir. Kuvvetler yerine parça boyutundan bağımsız zorlama şiddetini belirten gerilme alınır. Gerilme, birim alana etkiyen kuvvet olarak tanımlanır. Parçanın kesiti A ise normal gerilme,

$$\sigma = N/A \quad (\text{kgf/mm}^2 \text{ veya } \text{N/mm}^2) \quad (3.1)$$

ifadesiyle; teğetsel gerilme veya kayma gerilmesi ise,

$$\tau = T/A \quad (\text{kgf/mm}^2 \text{ veya } \text{N/mm}^2) \quad (3.2)$$

ifadesiyle verilir.

Deneysel çalışmalar için uygun boyutlu basit geometrik parçalar seçilir. Şekil 3.1c'de görülen prizmatik numuneye aynı anda etkiyen çekme ve kayma gerilmelerinin etkisi elastik halde çekme ve kayma gerilmelerinin ayrı ayrı etkilerinin toplamına eşittir. Sorun en sonunda basit çekme ve basit kayma etkileri altında malzemenin davranışına indirgenmiş olur. Özellikle basit çekme deneyi en çok uygulanan deneydir ve malzeme özelliklerini tanıma yönünden çok yararlı bilgiler sağlar. Normal gerilme bileşeni içeriye doğru olursa basınç gerilmesi oluşur [5].

3.2. Çekme Deneyi

Çekme deneyi genellikle yuvarlak veya dikdörtgen kesitli çubuklar üzerinde yapılır. Aşağıda bir yapı çeliğine uygulanan çekme deneyi anlatılacaktır. Bir hidrolik çekme makinasının konik çeneleri arasına tesbit edilen deney çubuğu basınçlı yağa etkiyen bir piston yardımı ile çekilir. Yağ basıncından pistona etkiyen yük ölçülür. Ayrıca parçanın üstüne tesbit edilen bir ekstansometre ile de uzamalar ölçülür (Şekil 3.2a). N yükü etkisinde oluşan gerilme:

$$\sigma = N/A_0 \quad (3.3)$$

değerindedir ve burada A_0 kesit alanı

$$A_0 = \pi d_0^2 / 4 \quad (3.4)$$

dür. Yük altında ilk boyu l_0 olan kısımda oluşan uzama δl ise, şekil değiştirme oranı (birim boydaki artış);

$$\epsilon = (l - l_0) / l_0 = \delta l / l_0 \quad (3.5)$$

ile ifade edilir.

Yükü kademe kademe artırarak elde edilen gerilmelerle şekil değiştirmelerin değişimi Şekil 3.2b'deki diyagram halinde gösterilebilir. Cisimlerin çoğunluğunda düşük gerilmeler altında şekil değiştirmeler elastik, yani tersinirdir. Bu bölgede yük uygulanınca ekstansometre ibresi bir artış gösterir, yük kalkınca sıfıra döner. Başlangıçta diyagram doğru seklindedir, yani gerilmelerle şekil değiştirmeler orantılı-

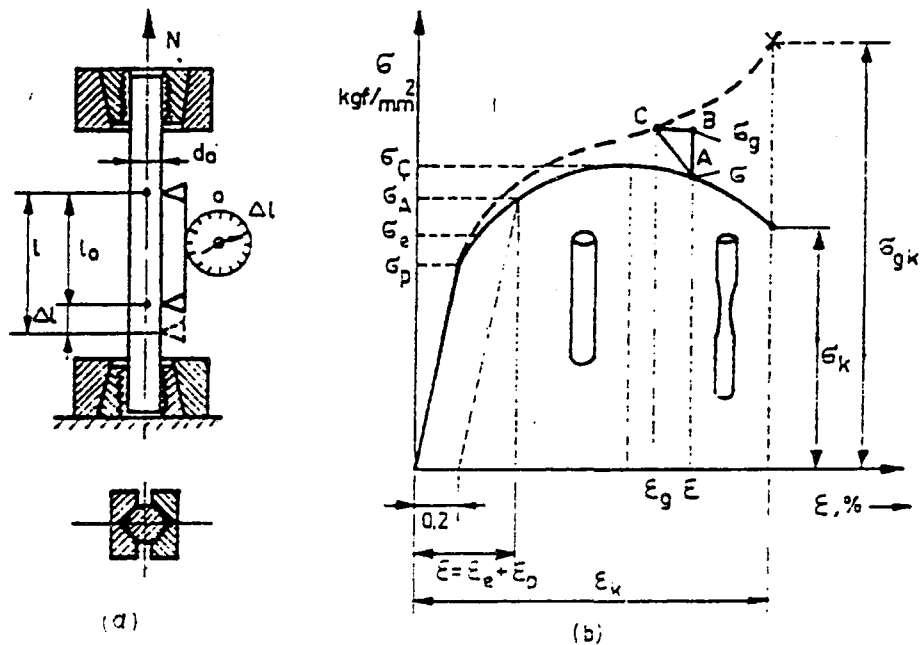
dır. Bu orantı sabitine elastisite modülü (E) denir.

Gerilmelerle şekil değiştirmelerin orantılığını gösteren

$$\sigma = E\epsilon \quad (3.6)$$

bağıntısına "Hooke Kanunu" denir ve yalnız lineer elastik şekil değiştirmeler için geçerlidir. Elastisite modülü büyük malzemelere rijit, küçük malzemelere bükülebilir (fleksibl) malzeme denir. Örneğin metaller rijit, plastikler fleksibl malzeme sayılır.

Gerilmeler orantılık sınırı σ_p yi aşarsa Hooke kanunu geçerli olmaz. Bu sınırın üstünde çok dar bölgede malzemede nonlineer elastik davranış görülür. Gerilmeler elastik sınır σ_e yi aşacak olursa kalıcı plastik şekil değiştirmeler oluşur. Oluşan toplam şekil değiştirmenin bir kısmı elastik



Şekil 3.2 Çekme Deneyi ve Gerilme-Şekil Değişirme Eğrisi.

olup yük boşaltılınca kaybolur, bir kısmı ise kalıcıdır ve ekstansometre ibresi sifıra dönmez, dolayısıyla kadran üzerinde okunabilir. Bu plastik bölgede yükleme ve boşaltma eğrisi de bir doğrudur ve diyagramın başlangıçdaki kısmına paraleldir. Buradan çıkan sonuca göre plastik bölgede de elastik şekil değiştirmeleri karakterize eden elastisite modülü aynıdır ve bunun için de Hooke Kanunu geçerlidir.

Elastik sınır yükleme-boşaltma deneyleri ile belirlenebilirse de pratik olmadığından bu yöntem kullanılmaz. Bunun yerine plastik bölgenin başlangıcı olarak akma sınırı alınır. σ_A Akma sınırı veya akma mukavemeti %0.2 plastik şekil değiştirme oluşturan gerilmedir. Bu tanımdan yararlanılarak akma sınırını bulmak için sürekli yükleme ile elde edilen (σ - ϵ) diyagramının şekil değiştirme ekseninde %0.2 noktası işaretlenir ve bu noktadan diyagramın doğrusal kısmına paralel çizilir. Bu paralelin eğriyi kestiği noktaya karşı gelen gerilme akma sınırıdır (Şekil 3.2b).

Kuvvet arttırılmaya devam edilirse bir N_m maksimum kuvvetine ulaşınca artış durur, sonra azalmaya başlar ve bu anda çubuğun bir bölgesinde kesitin daraldığı, yani büzüldüğü görülür. Maksimum kuvvete kadar olan uzamalar üniformdur, silindir biçimindeki parça boyca artıp, çapça daraldığı halde silindir biçiminde kalır. Büzülme başladıktan sonra yalnız bu bölgede ek uzamalar oluşur, kesit gittikçe daralır, diğer bölgelerde ise uzama olmaz dolayısıyla uzamalar üniform değildir. Büzülen bölgedeki uzamaları oluşturmak için daha az kuvvet gerektiğinden kuvvet ibresi düşmeye başlar ve sonunda

N_k kopma kuvvetinde parça koparak ikiye bölünür.

Çekme mukavemeti σ_c , çubuğun taşıyabileceği maksimum N_k kuvvetini ilk kesite bölerek elde edilir;

$$\sigma_c = N_m / A_o \quad (3.7)$$

Kopma mukavemeti σ_k , kopma anındaki N_k kuvvetini ilk kesit A_o 'a bölerek elde edilir.

$$\sigma_k = N_k / A_o \quad (3.8)$$

Gerçek kopma mukavemeti σ_{gk} ise, kopma kuvveti N_k 'yı en dar kesit A_s ye bölerek elde edilir.

$$\sigma_{gk} = N_k / A_s \quad (3.9)$$

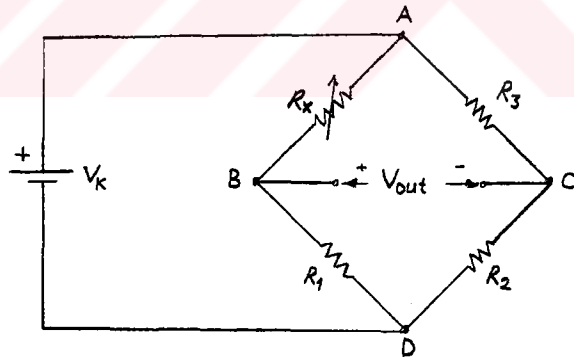
Gerçek kopma mukavemeti σ_{gk} görünen kopma mukavemeti σ_k den çok daha büyüktür[5].

BÖLÜM-IV

4. İŞARET UYGUNLAŞTIRMA DEVRELERİ

4.1. Wheatstone Köprüsü

Wheatstone Köprüsünü strain gauge uygulamalarında kullanışlı yapan iki özelliğinden birincisi, çıkış voltajının, köprü dengede iken belirli bir minimum çıkış etrafında değiştirebilmesi; ikincisi ise çıkış voltajının, köprüdeki küçük direnç değişimlerinin lineer bir fonksiyonu olmasıdır. Köprü devresi, Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, dört tane kola yerleştirilmiş R_1 , R_2 , R_3 ve R_x dirençleri ile bunları besleyen kaynaktan oluşur[6].



Şekil 4.1 Tek Değişkenli Bir Wheatstone Köprüsü.

Köprü devresine uygulana besleme voltajı V_K nin bütün değerleri için çıkış voltajının $V_{out}=0$ olması durumuna köprü dengededir denir. Şekil 4.1 de gerilim paylaşım prensibi kullanılarak çıkış voltajı hesaplanabilir. B-D düğümleri arasında düşen gerilim;

$$V_{BD} = \frac{R_1}{R_x + R_1} \cdot V_K \quad (4.1)$$

dir. Benzer şekilde, V_{CD} kol gerilimi;

$$V_{CD} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \cdot V_K \quad (4.2)$$

$$V_{out} = V_{BC} \text{ ve}$$

$$V_{BC} = V_{BD} - V_{CD} = V_{out} \quad (4.3)$$

(4.2) ve (4.1)'de (4.3) yerine konursa,

$$V_{out} = \left[\frac{R_1}{R_x + R_1} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right] \cdot V_K \quad (4.4)$$

ifadesi elde edilir.

Denge durumunda, Denklem (4.4), $V_{out}=0$ için düzenlenirse,

$$\frac{R_1}{R_x + R_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

olur. Bu eşitliğin cebirsel çarpımı,

$$R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 = R_2 \cdot R_x + R_2 \cdot R_1$$

dir. Bu durumda değişken direncin değeri,

$$R_x = \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2} \quad (4.5)$$

Denklem (4.5), Wheatstone Köprüsünün denge şartıdır. Bu şart sağlanırsa, çıkış gerilimi minimum veya sıfır olur. Bu durum, gerilim kaynağı iç dirence sahip olsa dahi doğrudur. Çünkü $V_{out}=0$ iken V_K , Denklem (4.4)'ün dışında kalır.

4.1.1. Wheatstone Köprüsünün Duyarlılığı

Strain Gauge ve termistör gibi birçok transdüser, ölçü-

len parametrenin bu elemanlar üzerinde fiziksel büyüklükle orantılı bir direnç değiştirmesi prensibine göre çalışır.

Örneğin bir strain gauge'e uygulanan bir gerilme kuvveti strain gauge direncinde uygulanan kuvvete karşılık gelen bir direnç değişimine sebep olur. Wheatstone Köprüsü, transdüserin direncindeki değişiklikten (δR_x) dolayı meydana gelen çıkış voltajındaki değişimi (δV_{out}) ölçmede yaygın olarak kullanılır.

Köprü duyarlılığı S_R , birim direnç değişimi başına çıkış voltajındaki değişiklik olarak tanımlanır.

$$S_R = \frac{\delta V_{out}}{\delta R_x} \quad (4.6)$$

Köprü duyarlılığını hesaplamak için, iki strain gauge bağlı tipik bir köprü devresi Şekil 4.2'de verilmiştir. $\delta R_x=0$ olursa, $V_{out}=0$ 'dır. δR_x 'in diğer değerler için, $V_{out}=\delta V_{out}$, sıfırdan farklı bir değer alır ve bu değişim,

$$\delta V_{out} = \left[\frac{R_x - \delta R_x}{R_x + \delta R_x + R_x - \delta R_x} - \frac{R_x}{R_x + R_x} \right] V_K \quad (4.7)$$

ifadesiyle hesaplanabilir. Benzer terimler grublandırıldığına

$$\delta V_{out} = \left[\frac{R_x}{2R_x} - \frac{\delta R_x}{2R_x} - \frac{R_x}{2R_x} \right] V_K$$

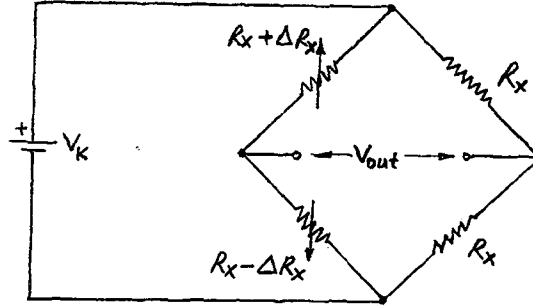
veya

$$\delta V_{out} = \frac{-\delta R_x}{2R_x} V_K \quad (4.8)$$

elde edilir. Denklem (4.6) ile duyarlılık,

$$S_R = \frac{-V_K}{2R_x} \quad (V/\Omega) \quad (4.9)$$

olarak elde edilir.



Şekil 4.2 İki Strain Gauge Bağlı Wheatstone Köprüsü

Bu sonuçtan duyarlılığın köprü devresindeki uyarım voltajıyla orantılı olduğu ve R_x 'den etkilendiği görülür. Eğer transducer köprüünün sadece bir kolunda değişime sebep olursa, duyarlılığın yarıya düştüğü görülür.

4.2. Strain Gauge'ler

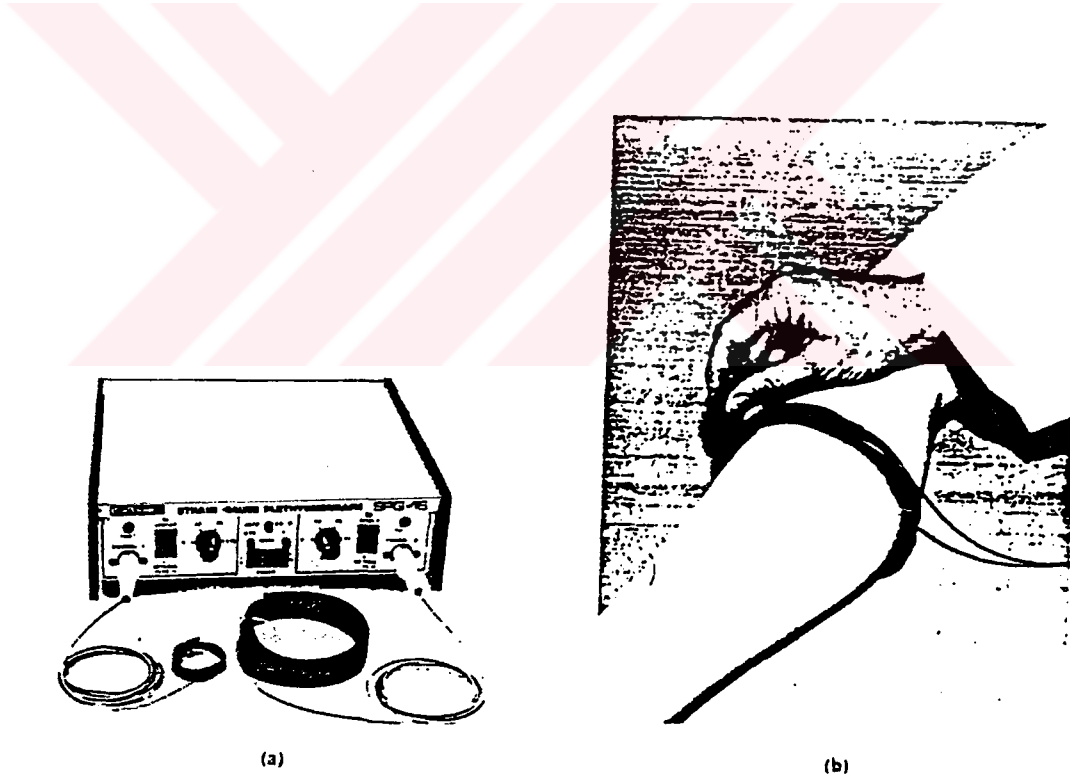
Strain gauge, bir cismin uzunluğundaki değişimleri algılayan bir dönüştürücü elemandır. Strain gauge'lerde uzunluk değişimi, gauge direncinde bir değişime sebep olur. Örneğin, Wheatstone strain gauge'leri, Şekil 4.3 de görüldüğü gibi, kan hacmini ölçmede kullanılabilen, kol veya bacak çaplarındaki değişiklikleri ölçmek için kol veya bacağın etrafına sarılır. Bu tip hacim ölçme aletine "plethysmograph" denir. Parmak boyunca akan kan hacimdeki küçük değişimleri ölçmek için parmağa yerleştirilmiş bir strain gauge, Şekil 4.4 de

görülmektedir[6,7].

Gerilme (strain) S , Denklem (4.10)'da verildiği gibi uygulanan kuvvet yönündeki bir cismin boyundaki fonksiyonel değişim olarak tanımlanır.

$$S = \frac{\delta l}{l} \quad (4.10)$$

Burada l uzunluktur.



Şekil 4.3 a) Bir Strain Gauge Plethysmograph.
b) Bileğe Yerleştirilmiş Strain Gauge'ler.

"Gauge faktörü", G , dirençteki yüzde değişimin, uzunluk-
taki yüzde değişime oranı olarak tanımlanır. Bu, matematiksel

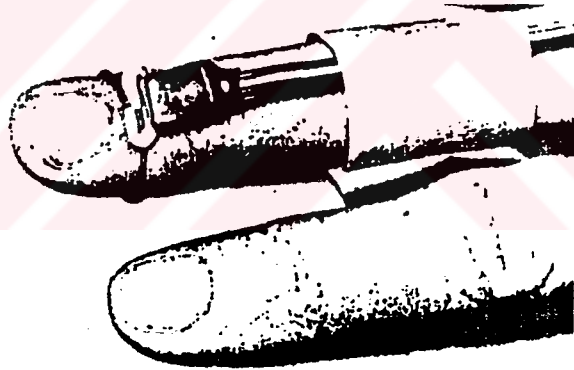
olarak, aşağıdaki denklemde ifade edilir:

$$G = \frac{\delta R/R}{S} \quad (4.11)$$

Burada R strain gauge direncidir. Denklem (4.10) ve (4.11) birleştirilirse,

$$\frac{\delta R}{R} = \frac{G \cdot \delta l}{l} \quad (4.12)$$

yazılır. Burada l, strain gauge telinin durgun uzunluğu, R strain gauge telinin durgun direnci, δl tel uzunluğundaki değişim ve δR gauge uzunluğundaki değişime karşılık gelen direnç değişimidir.



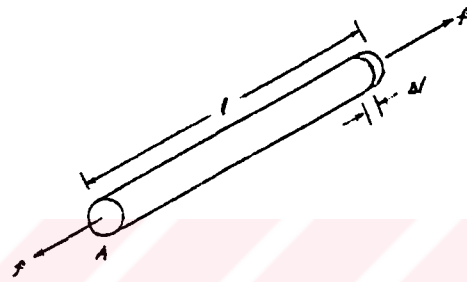
Şekil 4.4 Küçük Hacim Değişimlerini Ölçmek İçin Parmağa Yerleştirilmiş Bir Strain Gauge.

Tablo 4.1'de strain gauge'de kullanılan birkaç temsili mazeme için, gauge faktörü ve gerilme sıralanmıştır.

Tablo 4.1 Gauge Faktörleri ve Yaung Modülleri

Malzeme	Gauge Faktörü G	Yaung's modülü (lb/in ²)
Konstantan	2.1	24x10 ⁶
Nikel	-12 ... -20	30x10 ⁶
Silisyum	≈120	27x10 ⁶

Tıbbi uygulamalarla ilgili strain gauge malzemelerinin diğeri bir özelliği, uygulanan kuvvet tarafından meydana getirilen gerilmenin ölçümüdür. Tipik strain gauge elemanı, Şekil 4.5'de görüldüğü gibi, l uzunluğundaki bir telden (veya



Şekil 4.5 Gerilme Kuvveti Altındaki Bir Çubuk

model silindirden) oluşur. Şekilde f , A kesitli çubuğu germek için uygulanan kuvvettir. Stress (baskı), bir kütleyle uygulanan basınç olarak tanımlanır. Bir çubuğun uzunluğunu iki katına çıkarmak için gerekli olan stress veya basınç Young modülü, M , olarak adlandırılır. Yani, $\delta l = l$ iken,

$$\frac{f}{A} = M \quad (\text{N/m}^2) \quad (4.13)$$

Burada l , çubuğun normal (durgun) uzunluğu ve $l + \delta l$ ise M baskısı altındaki çubuğun uzunluğudur. Baskının diğer değerleri için,

$$\delta l = \frac{f \cdot l}{M \cdot A} \quad (4.14)$$

olur. Denklem (4.10), (4.14) ile birleştirilirse,

$$S = \frac{f}{M \cdot A} \quad (4.15)$$

ifadesi elde edilir.

Son ifade Denklem (4.12) ile birleştirilirse,

$$\frac{\delta R}{R} = \frac{G.f}{M.A} \quad (4.16)$$

elde edilir. Burada G gauge faktörü, M Young modülü, f strain gauge'e uygulanan kuvvet ve A gauge telinin kesit alanıdır.

Tablo 4.1 de sıralanan malzemeler arasında Young Modülünün fazla değişmediği görülür. Ancak, gauge faktörü, tamamen değişir. Silisyum'un basınca karşı çok daha duyarlı olduğu açıktır. Bununla beraber, silisyum sıcaklık değişimine de çok duyarlı iken konstantanın sıcaklık değişimine duyarlılığı, silisyumdan daha azdır. Bundan dolayı silisyumun basınç duyarlılığı avantajını kullanmak için, silisyumu etkileyen sıcaklıktaki değişimini kompanze etmek için bir devre tasarımı gereklidir[6,7,8,9].

4.2.1. Strain Gauge'in Bir Wheatstone Köprüsüne Bağlanması

Daha önce sözü edilen Şekil 4.1'deki R_x köprüye bağlanan strain gauge'in direnci ise ve $\delta R_x + R_x$ direncini meydana getiren bir kuvvet uygulanmışsa, üretilen köprü çıkış voltajı;

$$V_{out} = \left[\frac{R_1}{R_1 + R_x + \delta R_x} - \frac{R_2}{R_2 + R_3} \right] \cdot V_K \quad (4.17)$$

olur. Burada

$$\delta R_x = \frac{G.\delta l}{l} \cdot R_x \quad (4.18)$$

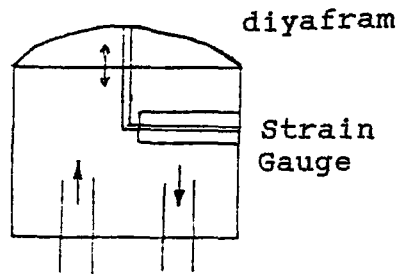
değerindedir.

4.2.2. Bir Strain Gauge'nin Duyarlılığı

Bir strain gauge'nin duyarlılığı S_g , çıkış voltajı değişiminin strain gauge uzunluğundaki değişime (δl) oranı olarak tanımlanır. Yani,

$$S_g = \frac{\delta V_{out}}{\delta l} \quad (4.19)$$

Tıbbi uygulamalarda strain gaugeler iki katagoriye ayrılırlar: Yapıştırılmış (Bonded) ve yapıştırılmamış (Unbonded) strain gauge'ler. Eleman olarak strain gauge kullanan bir basınç transduceri bir catheter'den gelen kan gibi bir akışkan kubbeye girer ve diyaframın yer değiştirmesine sebep olur (Şekil 4.6). Bu devir daim, bir ucundan kutuya yapıştırılan



Şekil 4.6 Strain Gauge Kullanılan Basınç Transdüseri

gauge tellerini gerer. Böyle bir basınç transducerinin duyarlılık değeri $375 \mu V/mmHg$ 'dir. Bu değer 7.5 voltla uyarılmış bir Wheatstone köprüsüne bağlandığında $50 \mu V/mmHg$ 'lik bir du-

yarlılığa göredir. Uygulanan basınçlar tipik olarak 50 ila 300 mmHg aralığındadır[6].

4.3. Operasyonel Amplifikatörler Uygulamaları

4.3.1. Fark Kuvvetlendirici

Operasyonel amplifikatörlerin en yaygın uygulamalarından birisi olan bir fark kuvvetlendirici devresi Şekil 4.7'de verilmiştir. Kuvvetlendirici ideal kabul edilirdiğinde aşağıdaki eşitlikler yazılabilir;

$$V_{g2} = V_2 \frac{R_4}{R_3 + R_4} \quad (4.20)$$

$$V_{g1} = V_o + R_2 \frac{V_1 - V_o}{R_1 + R_2} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1 + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_o \quad (4.21)$$

$V_{g1} = V_{g2}$ olduğuna göre çıkış gerilimi,

$$V_o = \frac{R_1 + R_2}{R_1} = \left[\frac{R_4}{R_3 + R_4} V_2 - \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_1 \right] \quad (4.22)$$

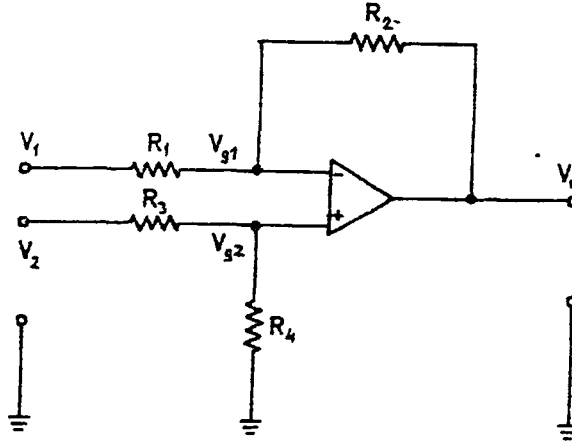
$R_1=R_3$ ve $R_2=R_4$ eşitlikleri geçerli olursa bu ifade,

$$V_o = \frac{R_4}{R_3} (V_2 - V_1) \quad (4.23)$$

şeklinde basitleşir ki bu, çıkış geriliminin giriş gerilimlerinin farkı ile orantılı olduğunu gösterir. $V_1=V_2$ için $V_o=0$ olacaktır. Operasyonel amplifikatörlerde

$$\text{CMRR} = \text{Fark kazancı} / \text{CMG} \quad (4.24)$$

ifadesi geçerli olduğundan, ortak işaret kazancının (CMG)

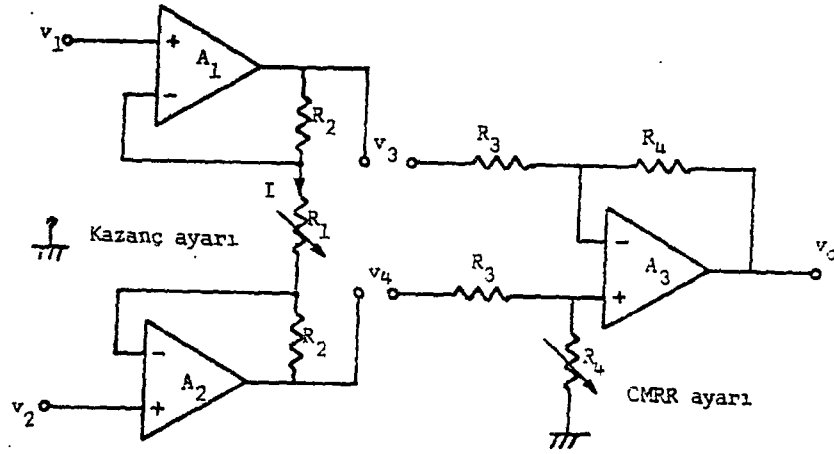


Şekil 4.7 Fark Kuvvetlendiricisi

sıfır olması durumunda, ortak işaret bastırma oranının (CMRR) oldukça büyük olması demektir. CMRR'nin büyük olması istenen bir özelliktir. Ancak, bu devrenin giriş direnci küçüktür (R_1 mertebesindedir). Bu kusuru gidermek için girişlere birer izleyici devresi koymak mümkündür[9].

4.3.2. Enstrumantasyon Kuvvetlendirici

Şekil 4.8'da girişlerine izleyici konmuş bir fark kuvvetlendirici (enstrumantasyon kuvvetlendirici) devresi görülmektedir. Giriş dirençlerinin ve ortak işaret bastırma oranının (CMRR) büyük olması yanında bu kuvvetlendiricinin diğer bir üstünlüğü de bir tek dirençle (R_1) fark kazancının ayarlanabilir olmasıdır. Bu özellikleri dolayısıyla enstrumantasyon kuvvetlendirici biyopotansiyel işaretler gibi küçük



Şekil 4.8 Enstrumantasyon Kuvvetlendirici Devresi

seviyeli işaretlerin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılır.

Şekil 4.8'deki I akımının aktığı çevrede, ilk katın kazancı hesaplanırsa,

$$I = \frac{V_3 - V_4}{2R_2 + R_1} = \frac{V_1 - V_2}{R_1} \quad (4.25)$$

eşitlikleri ile,

$$(V_3 - V_4) = \frac{2R_2 + R_1}{R_1} (V_1 - V_2) \quad (4.26)$$

olarak bulunur. Çıkış gerilimi de (4.23) ve (4.26) eşitlikleri ile,

$$V_0 = \frac{2R_2 + R_1}{R_1} \cdot \frac{R_4}{R_3} (V_1 - V_2) \quad (4.27)$$

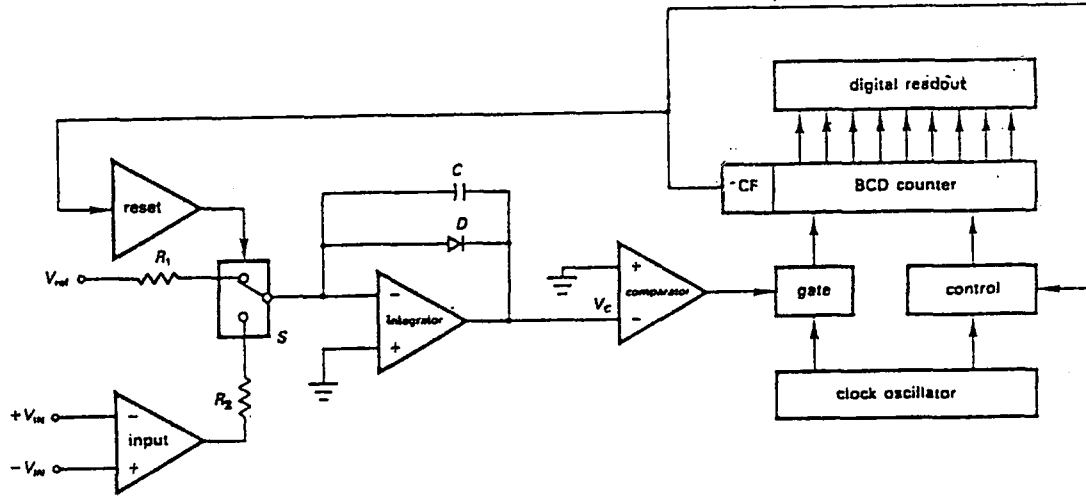
olarak hesaplanabilir[9,10,11,12].

4.4. Çift Eğimli Analog-Dijital Dönüştürücü (ADC)

Günümüzde, çoğu dijital ölçü aletlerinde olduğu kadar, bilgisayar destekli imalat ve ölçme alanlarında, analog sinyallerin dijital kelimelere dönüşümü oldukça önemlidir. Flash dönüştürücü, tek eğimli (Single-slope), ardışıl yaklaşımlı dönüştürücü (Successim Approximation Converter) ve Pulse Modülasyonlu dönüştürücü (Pulse Modulation Converter) gibi çeşitli tiplerde analog-dijital dönüştürücü (ADC) mevcuttur.

Tasarımda diğer ADC çeşitlerine göre yavaş fakat bit sayısı ve doğruluk bakımından üstünlükleri olan çift eğimli (Dual-slope) bir ADC kullanıldığından, bu tip bir ADC'nin çalışma prensibi aşağıda genel hatlarıyla anlatılmıştır.

Şekil 4.9'da blok şeması verilen çift eğimli ADC devresindeki C kondansatörü, başlangıçta referans gerilim tarafından bilinen bir negatif referans değerle şarj edilir. Daha sonra S anahtarı (gerçekte elektrik bir anahtar) diğer konuma alınır ve integratör kondansatörü R2 direnci üzerinden ölçülme istenen gerilim değeri ile şarj olur. Kondansatör üzerindeki gerilim, sıfır noktasından geçerken karşılaştırıcı (comparator) çıkışı, sayıcıya saat (clock) sinyalini göndererek pozitif gider. Diğer bir deyişle, sayıcı saymaya başlar. Sayıcı maksimum sayısına ulaştığında, taşma meydana gelir ve taşma (Overflow) biti S anahtarının konumunu tekrar değiştirir. Bu durumda, kondansatör referans kaynağına deşarj olur. Kondansatör gerilimi, negatif yönde sıfır noktasından geçerken; karşılaştırıcı çıkışı, saat sinyalinin sayıcıyla olan



Şekil 4.9 Çift-Eğimli ADC Blok Şeması

bağlantısını keserek negatif değer alır.

Taşma olduğu anda kondansatör deşarja başladığından, o anda sayıcı sıfır sayısı ile tekrar saymaya başlar. Bu yüzden karşılaştırıcı tekrar düşük seviyeye anahtarlarken sayıcı çıkışında, kondansatörü 0V'a şarj etmek için gerekli zaman miktarına karşılık gelen sayı mevcuttur. Bilinmeyen gerilime seri bağlı R_2 direncin değeri ve şarj olma zamanı bilindiğinden sayıcı taşıdığı anda kondansatör üzerindeki gerilim değeri sadece bilinmeyen gerilim değerine bağlıdır. Referans gerilim ve direncinin değeri bilindiğinden, deşarj zamanı kondansatörün şarj olduğu maksimum gerilime bağlıdır. Bu yüzden karşılaştırıcı düşük seviyeye anahtarlama yaparken, sayıcı ölçülmek istenen gerilime karşılık gelen değeri gösterir.

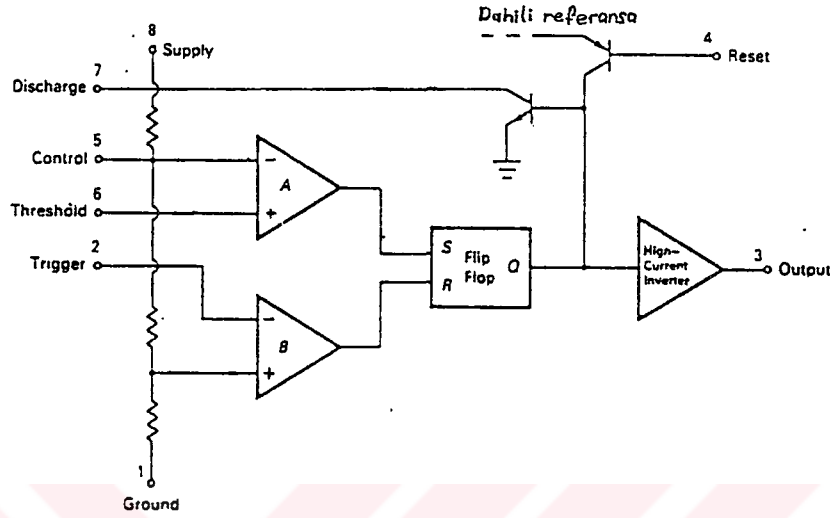
Bu sistemde saat osilatörü, kondansatör ve karşılaştırıcıdaki hatalar çevrimin hem şarj, hem deşarj kısmı süresince

eşit derecede mevcuttur. Bu yüzden bu hatalar birbirini telafi eder. Ayrıca tam 50 Hz'lik frekansa sahip bir şarj olma zamanı seçmek mümkündür; böylece giriş gerilimi ile gelen bir 50 Hz gürültüsünün pozitif ve negatif değişimleri eşit sayıda olacağından bu gürültünün etkisi giderilmiş olur. Çift eğimli ADC uzun zamandır kaliteli dijital voltmetrelerde kullanılan en yaygın ADC tiplerinden biridir [11].

4.5. Entegre Devre Zamanlayıcı

Dikdörtgen-dalga genaratörü yapmak için kullanılan çok yönlü devrelerden birisi entegre devre zamanlayıcı (IC timer) dir. Zamanlayıcıların en yaygın kullanılan tipi, piyasaya sürülen ilk IC zamanlayıcı olan 555'dir. Şekil 4.10'daki blok diyagramında 555'in iç-yapısı gösterilmiştir. Cihazın esas kısmı RS (reset-set) flip-flop'tur. Bu flip-flop (FF)'un S girişi lojik 1 yapıldığında, Q çıkışı lojik 1 (high), Q' çıkışı lojik 0 (low) olur. Buna "Set" durumu denir. Q' çıkışının IC'nin diğer çalışmalarına etkisi yoktur, bu yüzden yongadan Q' çıkışı yapılmamıştır. FF, set edildikten sonra S girişini değiştirmek, cihazı artık etkilemez. Q çıkışı lojik 1 olarak kalır. Daha sonra R (reset) girişi lojik 1 yapılırsa, Q çıkışı lojik 0 (reset durumu) olur ve FF tekrar set edilene kadar lojik 0'da kalır.

FF, iki karşılaştırıcı ile birlikte çalıştırılır. A karşılaştırıcı S girişini, B karşılaştırıcı R girişini sürer. Her bir karşılaştırıcı referans girişi, V_{cc} 'ye bağlı 8'nolu



Şekil 4.10 555 IC Zamanlayıcının Blok Diyagramı.

kaynak ucu ile desteklenen bir gerilim bölücünden beslenir. A karşılaştırıcısının referansı $2/3 V_{CC}$, B karşılaştırıcısının referansı ise $1/3 V_{CC}$ 'dir. Bu yüzden, 6 nolu eşik (Threshold) girişi $2/3 V_{CC}$ 'den daha büyükse, FF set edilecektir. 2 nolu tetikleme (Trigger) girişi $1/3 V_{CC}$ 'den daha büyük yapılırsa, FF reset olacaktır. A karşılaştırıcısının kontrol girişi, her iki karşılaştırıcısının anahtarlama seviyesini doğrudan kontrol etmeye yarar. 4 nolu uçtaki sistem reset girişine toprak(GND) bağlanarak 7 nolu deşarj ucuna bağlı tranzistör ilettime geçer ve kondansatörün deşarj olmasını sağlar. Böylece FF resetlenebilir. Çoğu kez bu özellik kullanılmaz, 4 nolu uç V_{CC} 'ye bağlanır.

FF'in çıkışı terslendikten (inverting) sonra 3'nolu uçtan alınır. Evirici (Inverter), 200 mA besleyebilecek bir

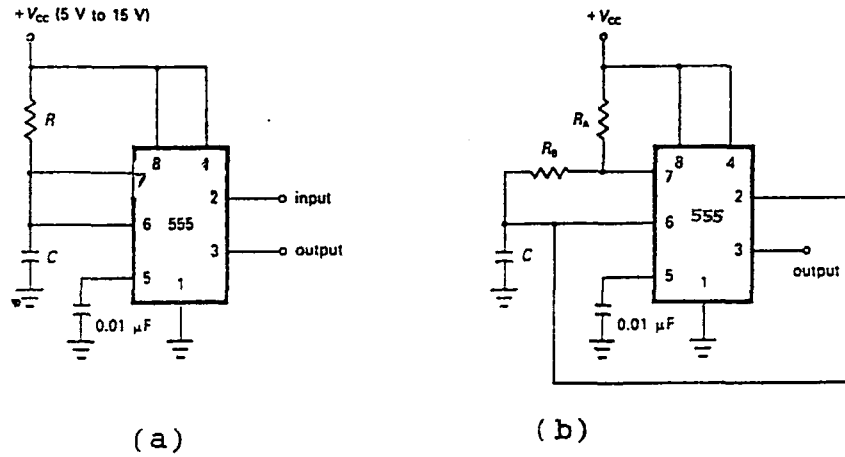
yüksek akım birimidir. FF çıkışına open-kollektör çıkışlı bir tranzistör bağlıdır. Bu tranzistör entegreye sonradan bağlanacak olan harici zamanlama kondansatörünün deşarj yolu olarak kullanılır. FF çıkışı lojik 1 iken, tranzistör iletimdedir. Lojik 1 çıkış voltajı V_{cc} 'den yaklaşık 1.5 V daha azdır. Lojik 0 çıkış voltajı yaklaşık 0.1 V'dur. 555'in çıkışı yük akımını sürmek veya kesmek için kullanılabilir. Besleme kaynağı ve çıkış arasına bağlanan yükler için, çıkış lojik 1'e giderken yük akımı kesilir. Çıkış ve toprak arasına bağlanan yükler için, çıkış lojik 1 iken yüke enerji verilir[11,12].

Şekil 4.11'de 555 entegresi kullanılarak yapılan monostable ve astable devreleri görülmektedir. Bunların çalışması aşağıda kısaca açıklanmıştır:

4.5.1. Monostable Multivibratör

Bir monostable (tek-kararlı) multivibratör tetiklendiğinde, genişliği ve yüksekliği ayarlanan bir çıkış pulsu ile cevap verir. Diğer bir deyişle, bir puls şekillendiricisidir. Monostable'ın diğer bir adı da tek-atımlı (one-shot)dır. Böyle devreler, bir dijital haberleşme hattının alıcı ucunda yararlıdır. Gürültü ve hat kapasitansı ile bozulan ve zayıflatılan puls, bir monostable ile yeniden oluşturulur.

Devre girişine uygulanan tetikleyici puls'u $1/3 V_{cc}$ 'den daha az olan ve negatife giden bir puls olmalıdır. Devre ilk enerjilendiğinde, FF çıkışı lojik 1'dir ve bu durumda dahili inverter, çıkışı lojik 0 yapar. $1/3 V_{cc}$ 'den daha az bir giriş



Şekil 4.11 a) Monostable Multivibratör Devresi,
b) Astable Multivibratör Devresi.

gerilimi tetikleme girişine uygulandığında, deşarj yolundaki dahili tranzistör kesime giderken FF, lojik 0 durumuna anahtarlanır, çıkış lojik 1 olur. Bu durumda kondansatör R üzerinden şarj olur. Kondansatör üzerindeki yük $2/3 V_{cc}$ 'ye ulaştığında, FF tekrar lojik 1 durumuna anahtarlar, kondansatör deşarj olur ve çıkış lojik 0 değerini alır (Şekil 4.11a).

Monostable multivibratörün ürettiği puls genişliği,

$$PW=1.1 RC \quad (4.28)$$

ile verilir [11].

4.5.2. Astable Multivibratör

Astable (kararsız) multivibratör devresi monostable dev-

resine benzer şekilde çalışır. Fark, tetikleme ve eşik girişleri zamanlama kondansatörünün üst ucundan (aynı noktadan) beslenmesidir. Ayrıca kondansatör, (doğrudan deşarj tranzistörü yerine) zamanlama direnci R_B üzerinden deşarj olur. Bu yüzden, FF çıkışı lojik 1 iken, kondansatör üzerindeki gerilim V_C , $1/3V_{CC}$ ye eşit oluncaya kadar tranzistör kondansatörü R_B üzerinden deşarj eder. Daha sonra FF reset edilir, FF çıkışı lojik 0'a giderken 555'in çıkışı lojik 1 durumunu alır. Deşarj tranzistörü kesime gider. Bu durumda kondansatör, seri bağlı R_A ve R_B dirençleri üzerinden şarj olur (Şekil 4.11b).

Kondansatör voltajı, $2/3 V_{CC}$ 'ye ulaştığında, FF set edilir: FF çıkışı lojik 1'e 55 çıkışı lojik 0'a gider ve kondansatörün tekrar R_B üzerinde deşarj olmasına izin verirken deşarj tranzistörü iletimdedir.

Çıkış lojik 1 olduğu zaman, kondansatörün şarj olma zamanı;

$$t_{\text{şarj}} = 0.693 (R_A + R_B).C \quad (4.29)$$

ile ifade edilir[11,12].

Çıkış lojik 0 olduğu zaman kondansatörün deşarj olma zamanı ise;

$$t_{\text{des}} = 0.693.R_B.C \quad (4.30)$$

dir. Periyod bu iki sürenin toplamıdır:

$$t = t_{\text{şarj}} + t_{\text{des}} = 0.693 (R_A + 2R_B).C \quad (4.31)$$

Astable multivibratörün osilasyon frekansı ise,

$$f = \frac{1}{t} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B).C} \quad (4.32)$$

şeklinde ifade edilir[11,12].

BÖLÜM-V

5. DEVRE TASARIMLARI VE İMALATI

Tasarlanarak imal edilen cihaz, bir kutu içerisinde birleştirilen Analog Giriş Kartı, Kontrol Kartı, Display Kartı ve Güç Kaynağı Kartı ile PC'ye takılan Paralel I/O Arabirim Kartından oluşmaktadır. Bu bölümde tasarlanan her bir devre kartı ayrı ayrı ele alınmıştır. Paralel I/O Arabirim Kartının tasarımı Bölüm-VI'da ayrı olarak anlatılmıştır.

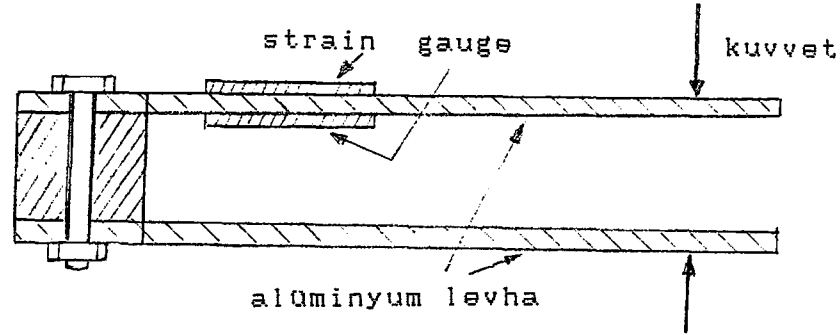
5.1. Analog Giriş Kartının Tasarımı

Detayları aşağıda anlatılan Analog Giriş Kartının açık devre şeması Ek 1a'da, baskı devre şeması Ek 2a'da verilmiştir.

5.1.1. Fiziksel Dönüştürücü (Transducer) ve Wheatstone Köprüsü

Bölüm 3'de anlatıldığı gibi, bir malzemeye kalıcı şekil değiştirmeyecek şekilde bir kuvvet uygulanırsa, malzemenin uzunluğunda uygulanan kuvvetle orantılı bir artma veya azalma meydana gelir. Malzemeye uygulanan kuvvet kaldırılırsa, malzeme ilk durumuna döner.

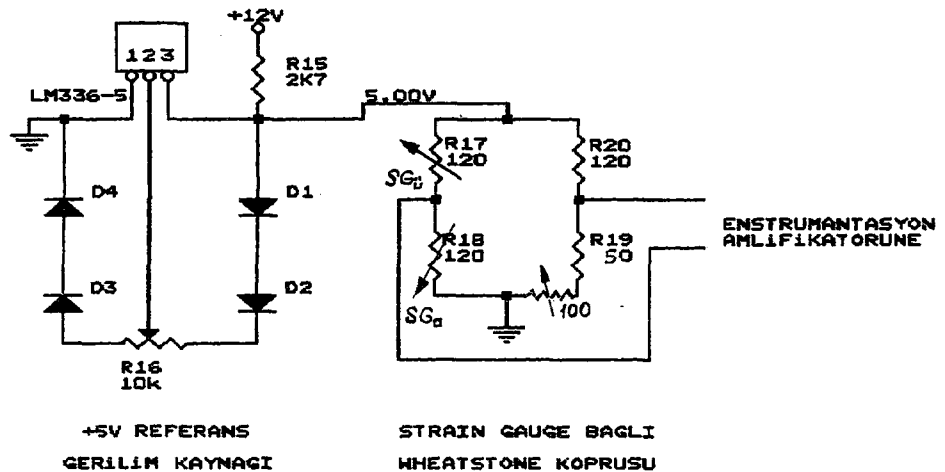
Malzemenin bu elastik şekil değiştirme özelliğinden yararlanılmak üzere, iki alüminyum levha Şekil 5.1'deki gibi birleştirildi. Bu levhalardan birinin birleştirilen ucuna yakın kısmına, birisi üst diğeri alt yüzeyde olmak üzere iki



Şekil 5.1 Fiziksel Dönüştürücünün (Transducer) Şeması

strain gauge (gerilme dönüştürücüsü) yapıştırıldı.

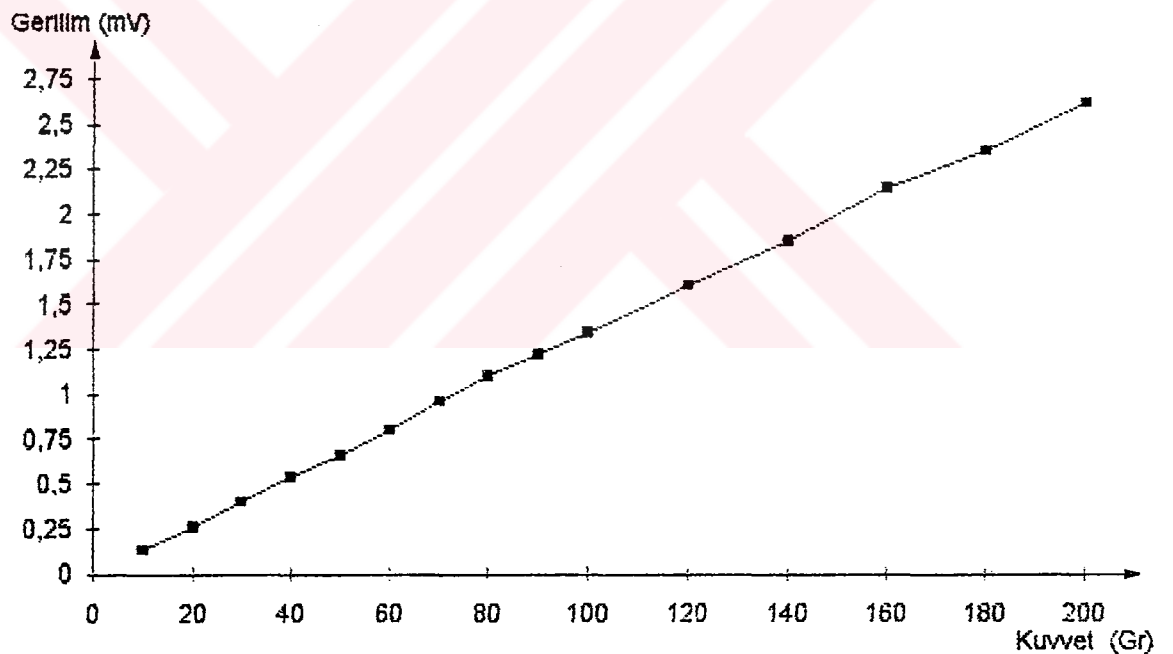
Alüminyum levha ucuna şekildeki gibi bir kuvvet uygulandığında; levhanın üst yüzeyinde uzama, alt yüzeyinde ise büzülme meydana gelir. Bu şekil değişimi, Wheatstone Köprüsüne Şekil 5.2.'deki gibi bağlanan strain gauge'lerin direnç değiştirmelerine sebep olur. Uygulanan kuvvet altındaki levhanın üst yüzeyi ile birlikte uzayan strain gauge'in direnci artarken, levhanın alt yüzeyi ile birlikte büzülen strain gauge'in direncinde aynı miktarda azalma meydana gelir.



Şekil 5.2 Referans Gerilim ile Beslenmiş, Strain Gauge Bağlı Bir Wheatstone Köprüsü

Transducer'a kuvvet uygulanmaz iken köprünün çıkış gerilimi Wheatstone Köprüsünün alt koluna bağlı 100 Ω 'luk bir potansiyometre ile sıfır değerine ayarlanır. Kuvvet uygulandı-ğında her iki strain gauge de, kuvvetin şiddeti ile orantılı olarak köprünün çıkış geriliminin artmasına sebep olur.

Wheatstone Köprüsü çıkışındaki gerilimin uygulanan kuvvet ile değişimi ilk 200 gr için ölçülerek, Şekil 5.3'de grafik olarak verilmiştir.



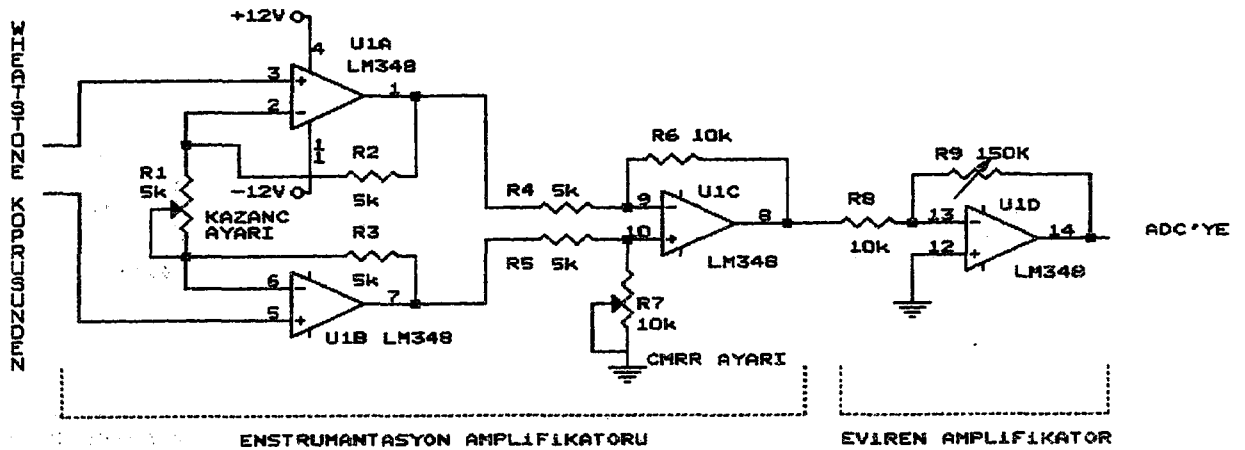
Şekil 5.3 Wheatstone Köprüsü Çıkış Geriliminin Uygulanan Kuvvet ile Değişimi

Wheatstone Köprüsü, zener diyot gibi çalışan LM336 referans gerilim entegresi kullanılarak elde edilen +5.00 V ile beslenmektedir. LM336 entegresinin zener diyottan farklı yanı entegrenin ayar ucuna bağlı 10k Ω 'luk potansiyometre kullanılarak 4V ila 6V arasında ayarlanabilmesidir. Referans gerilim

devresinde kullanılan dört adet 1N4148 diyodu, ısıl değişimleri kompanze etmek için kullanılmıştır. Kuvvet uygulandığında referans gerilim değerinde değişme olmadığı gözlenmiştir.

5.1.2. Enstrümantasyon Amplifikatörü Devresi

Wheatstone Köprüsü çıkışının çok düşük seviyedeki (yaklaşık 0,13 mV) gerilim değişimi; ortak mod gürültüsü bastırılarak, dört opamp (operasyonel amplifikatör) içeren LM348 entegresi ile 65 defa kuvvetlendirilmektedir. Bu opamplar Kısım 4.1'de anlatıldığı gibi enstrümantasyon (ölçüm) amplifikatörü olarak adlandırılan iki diferiyansiyel giriş ve bir dengeli çıkışlı opamp devresinden oluşmaktadır. Bu devrenin çıkış gerilimi, en fazla ADC'nin analog girişinin maksimum değeri olan 2V'a kadar olabilir. Aksi halde ADC'nin dijital çıkışı maksimum değerini alır ve Taşma (Overrange) bayrağı gösterir.



Şekil 5.4 Enstrümantasyon Amplifikatörü Devresi

Enstrümantasyon amplifikatörünün kazanç ayar direnci $R1 \approx 320\Omega$ değerine ayarlanarak, Wheatstone Köprüsü çıkışı yaklaşık 65 kat yükseltilir. Dördüncü opamp kullanılarak yapılan eviren (inverting) amplifikatörün ayarlı geribesleme direnci $R9 \approx 75k\Omega$ değerine ayarlanarak girişindeki gerilim yaklaşık 7,5 kat daha kuvvetlendirilir. Köprü çıkışındaki gerilim farkı amplifikatörlerle toplam 487.5 kat kazanç ile ADC'nin analog girişine uygulanmaktadır (Şekil 5.4).

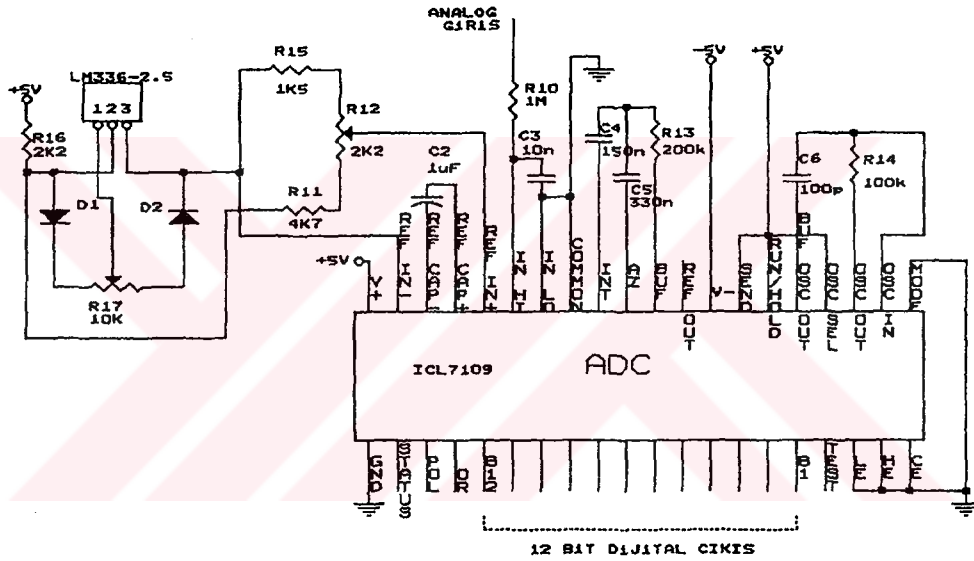
5.1.3. Analog/Dijital Çevirici (ADC) Devresi

Enstrümantasyon amplifikatörü ile ölçülebilecek düzeye yükseltilecek elektiriksel analog işaretin dijitale dönüştürülmesi için ICL7109 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre devre Kısım 4.4'de çalışma prensibi anlatılan çift-eğimli bir ADC'dir. 12 bitlik digital çıkışlara sahiptir. Mod ucu ile Direkt veya El sıkışma (Handshake) modundan biri ile çalışabilme özelliğindedir. El sıkışma modu, özellikle UART ile seri iletişimde kullanılmaktadır. Tasarımlanan devrede, paralel çalışma için direkt mod seçilmiştir.

ADC'nin osilasyon frekansı C6 ve R14 elemanları ile 50kHz; integral alma zamanı ise C4, C5 ve R13 elemanları ile $20\mu s \times 2048 = 40.96ms$ 'dir. Şekil 5.5'de görüldüğü gibi, gerekli referans gerilim kaynağı, harici LM336-2.5 entegresi kullanılarak sağlanmaktadır.

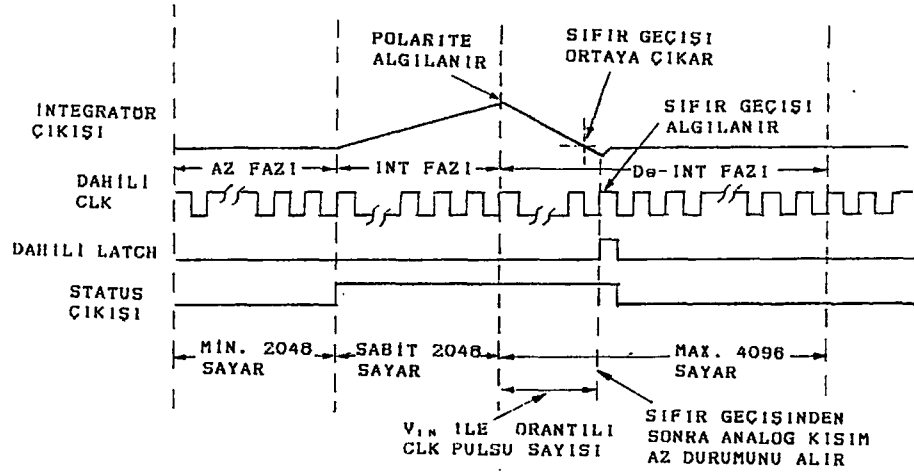
Referans gerilim girişi, ADC'nin analog girişin maksimum değerinin yarısı kadar olmalıdır. Bu devrede maksimum analog

giriş değeri 2V seçilmiş ve referans gerilim ise 1.00V olarak ayarlanmıştır. Kısım 2.4'de belirtildiği gibi 12-bitlik bir ADC çıkışı $2^{12} = 4096$ değeri binary kod kelimesi olarak kodlayabilmektedir. Analog girişin 2V olması durumunda çıkış değeri, 4095 sayısına karşılık gelen ikili sayıyı gösterecektir. Bu ikili sayı ise $(111111111111)_2$ şeklindedir.



Şekil 5.5 ICL7109 ADC Devresi

ADC devresinin dönüştürme hızını, osilasyon frekansı belirler. Bir çevrim süresi, 8192 saat (clock) periyodundadır. Şekil 5.6'dan görüldüğü gibi ADC çevrimi Auto-zero (AZ) fazı, Integrate (INT) fazı ve De-integrate (De-INT) fazından oluşur. AZ fazında giriş GND ile kısa devre edilir. Referans kondansatör referans gerilimle şarj olur. AZ fazının süresi minimum 2048 clockdur. INT fazında, AZ'deki kısa devre kaldırılır ve sabit 2048 clock süresince giriş geriliminin integrali alı-



Şekil 5.6 ICL7109 ADC Çevriminin Zaman Diyagramı

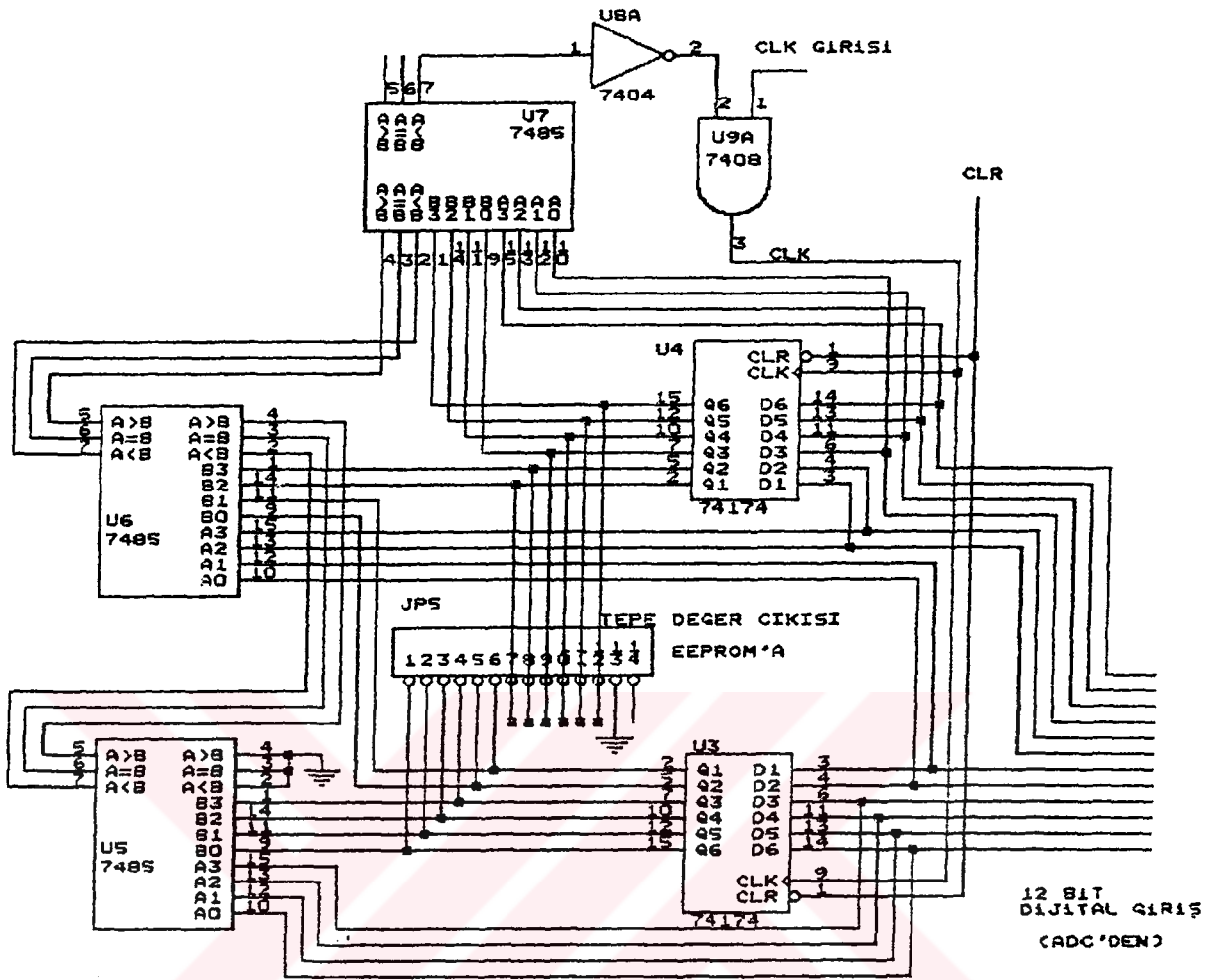
nır. De-INT fazında sabit eğimli deşarj sonucunda giriş geriliminin değeri ile orantılı ve maksimum 4096 clock pulsu olan bir çıkış alınır.

5.1.4. Tepe Değer Tutma Devresi

Elde edilen farklı dijital değerler arasında en büyüğünü yakalamak üzere Şekil 5.7'deki devre tasarlanmıştır. Tepe değer tutma devresinde kullanılan üç adet 7485 entegresi 4-bitlik değer karşılaştırıcısıdır. 7485 entegresinin P3,Q3; P2,Q2; P1,Q1 ve P0,Q0 karşılaştırma girişleri P>Q, P<Q ve P=Q kaskat bağlantı girişleri ile P>Q, P<Q ve P=Q çıkışları mevcuttur.

Söz konusu devrede iki adet 6-bitlik D-flip flop içeren 74174 entegresi kullanılmıştır. 74174 entegresinin fonksiyon tablosu Tablo 5.1'de verilmiştir[13,14].

ADC'den gelen 12-bitlik digital çıkış bilgisi, iki 74174



Şekil 5.7 Tepe Değer Tutma Devresi

entegresinden oluşan D-flip flop devresinden geçerek 7485 entegrelerinin B girişlerine verilir. 7485 entegresinin A girişlerine ise D-flip flop'un giriş uçları bağlıdır. 7485 entegreleri, 74174 entegrelerinin giriş ve çıkışlarındaki veriyi karşılaştırmak üzere kaskat bağlanmıştır.

D-flip flopa son gelen veri öncekinden daha küçük ise, çıkıştaki U7 entegresinin A<B çıkışı lojik 1 olur. 7404 inverter entegresi, U7 entegresinin çıkışını tersleyerek 7408 lojik-VE kapısına A<B çıkışının değili uygulanır.

74174 entegrelerinin CLK işareti, lojik VE kapısından

Tablo 5.1 74174 D-Flip Flop Entegresinin Fonksiyon Tablosu

Girişler			Çıkış Q
CLR	CLK	D	
L	X	X	L
H	I	H	H
H	I	L	L
H	L	X	Q _o

L: Lojik 0

H: Lojik 1

X: Önemsiz

I: CLK işaretinin yükselen kenarı

Q_o: Q'nun bir önceki durumu.

geçirildiğinden, A<B çıkışı lojik 1 olduğunda, 74174 entegreleri tetiklenemez. Dolayısıyla Tablo 5.1'deki fonksiyon tablosundan görüldüğü gibi, CLR=H, CLK=L ve Q=Q_o durumu geçerli olur. Kısacası 74174 entegrelerinin girişindeki veri, çıkışındakinden küçük ise, çıkışlar değerini değiştirmez. Böylece ölçüm sırasında tutulan en büyük değerli bilgi, çıkış konektöründen EEPROM'a kaydedilir. Bir sonraki ölçüm için, Kontrol Kartından gelen CLR pulsu ile 74174 entegrelerinin çıkışı sıfırlanır.

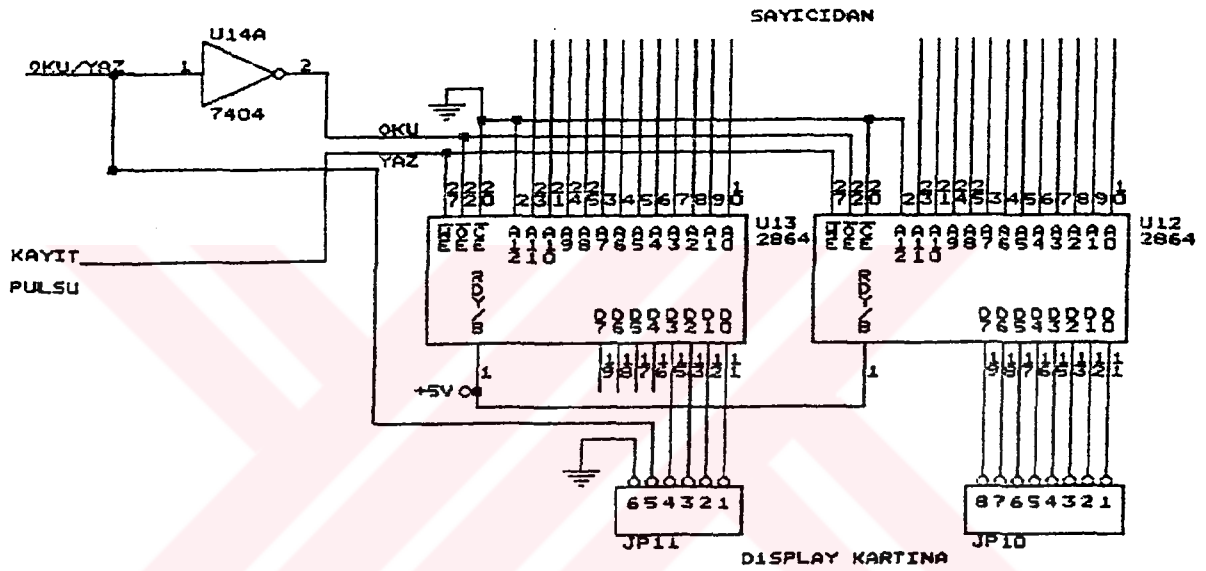
74174 entegrelerini tetikleyen 28 Hz'lik CLK işareti, R_A=100kΩ, R_B=220kΩ, C=100nF ve 555 IC zamanlayıcıdan oluşan bir astable multivibratör tarafından üretilmektedir.

5.2. Kontrol Kartının Tasarımı

Kontrol Kartının açık devre şeması Ek 1b'de, baskı devre şeması Ek 2b'de verilmiştir.

5.2.1. EEPROM Bellek Devresi

Tasarlanan sistemde kalıcı bellek olarak 2864 elektrik- le silinebilir-programlanabilir ROM (EEPROM) entegresi kulla- nılmıştır. 12 bitlik bilginin saklanabilmesi için devrede, 8- bitlik veri giriş/çıkışı olan iki adet 2864 entegresi yer a- lır (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 EEPROM Bellek Devresi

2864 EEPROM entegresinin D_0, D_1, \dots, D_7 veri giriş/çı- kışları, A_0, A_1, \dots, A_{12} adres girişleri, CE (Yonga Seçme), WE (Yazma), OE (Okuma) ve RDY/B (Hazır/Meşgul) kontrol uçları vardır. CE ucu lojik 0 ve RDY/B ucu lojik 1 yapılarak enteg- reler her an çalışmaya hazır halde tutulur.

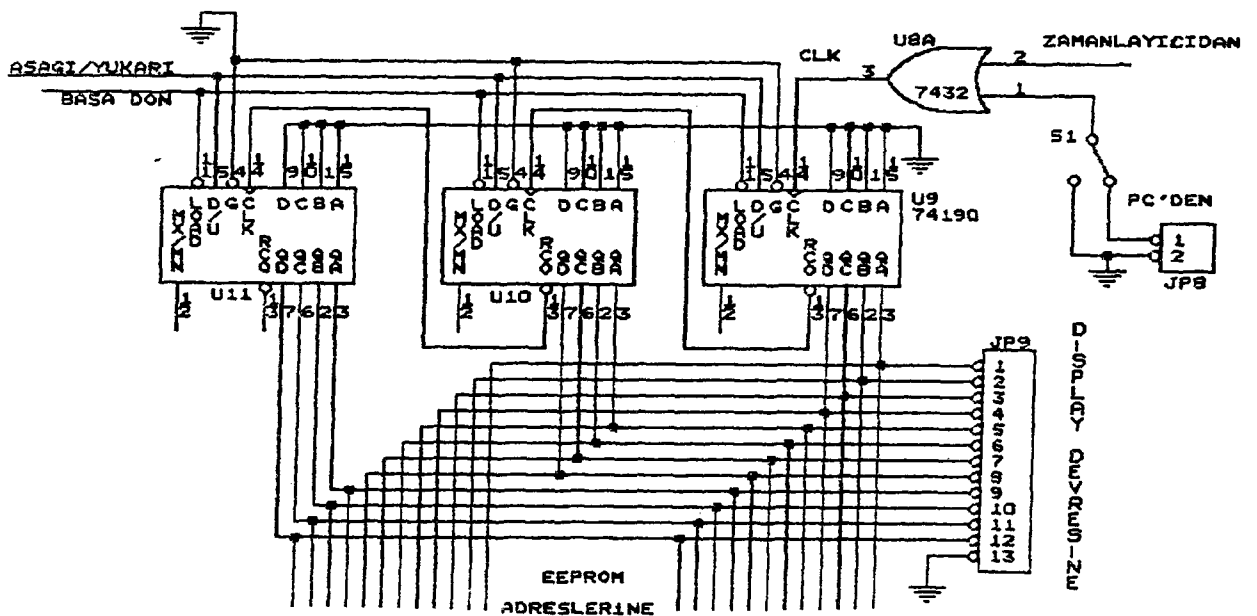
OE ucuna bağlı Oku/Yaz kontrol hattı lojik 1 seviyesinde olduğunda, sayıcı çıkışları ile seçilen bellek adreslerindeki veri, 2864 entegresinin veri giriş/çıkış uçlarından okunur. Oku/Yaz kontrol işareti lojik 0 yapılırsa, bellek kayıt işle- mine hazırdır. Kayıt kontrol işareti olarak WE girişine nega- tif polariteli bir puls gönderilerek, o anda veri giriş/çıkış

uçlarında hazır olan bilgi EEPROM'a kaydedilir.

EEPROM'ların en önemli özelliği besleme voltajı ile kayıt yapılabilmesi, elektrikle kolayca silinebilmesi ve enerji kesilse bile kaydedilen bilginin kalıcı olmasıdır.

5.2.2. Sayıcı Devresi

Ölçülen değerlerin, istenilen bellek bölümüne kaydını yapmak ve istenildiğinde displaydan okumak veya PC'ye göndermek için 74190 ileri-geri sayıcı entegresinden yararlanılmıştır. Şekil 5.9'da görüldüğü gibi sayıcı, kart üzerindeki zamanlayıcı saat (clock) girişi veya PC'den gelecek bir puls ile tetiklenmektedir. 7432 lojik-VEYA entegresine bağlı S1 anahtarı ile CLK girişi olarak zamanlayıcıdan veya PC'den gelen CLK pulsu seçilir. Sayıcının Yükle (load) girişi ile sıfırlanması, Aşağı/Yukarı (ileri/Geri) girişi ile ileri veya geri



Şekil 5.9 Sayıcı Devresi ve Kontrol Girişleri

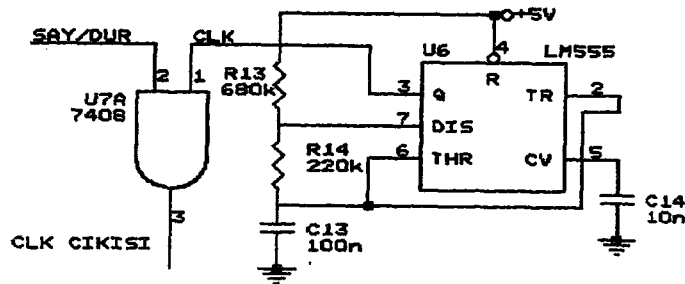
sayması ve CLK girişine puls verilmesi ile sayması, puls verilmemesi durumunda da durması sağlanır. Zamanlayıcı çıkışının Say /Dur kontrol işaretini sıfırlaması veya PC'den gelen CLK işaretinin yazılan programla sıfırlanması durumunda sayıcı saymayı durdurur.

Sayıcı, onluk (decimal) sistemde 999'a kadar saymaktadır. Sayıcı çıkışları EEPROM adres girişlerine ve "Kayıt no" olarak display'de okunmak üzere Display Kartındaki display sürücü devresine bağlanmıştır.

5.2.3. CLK Dalga Şeklinin Üretimi ve Kontrolü

Sayıcı devresini tetiklemek için Kısım 4.5.2'de çalışma prensibi anlatılan Astable Multivibratör devresi 555 zamanlayıcı entegresi ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.10).

C_{13} 'ün değeri 100nF'lık kondansatöre bir butonun kontakları üzerinden 1 μ F'lık bir kondansatör paralel bağlanmıştır.



Şekil 5.10 CLK Dalga Şeklinin Üretimi ve Kontrolü

Butona basıldığında $1\mu F$ 'lık kondansatör devreden çıkarak zamanlayıcının hızı ayarlanabilmektedir. Zamanlayıcının çıkış periyodu, $R_{13}=680k\Omega$, $R_{14}=220k\Omega$ değerleri için $C_{13}=1.1\mu F$ iken,

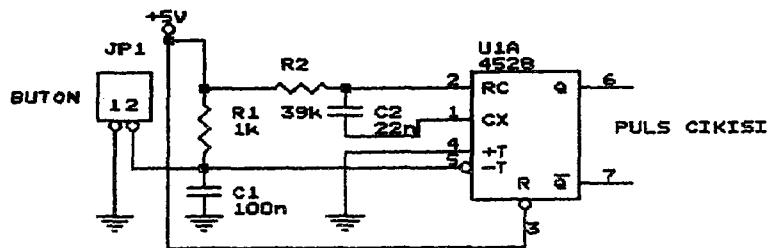
$$t = 0.693(R_{13}+2R_{14})C_{13} = 854ms$$

ve $C_{13}=0.1\mu F$ iken $t = 77.6ms$ olur.

7408 lojik-VE kapısına gelen Say/Dur kontrol işaretinin 1 veya 0 olmasına göre, 7408 entegresinin 3 nolu ucundan CLK çıkışı alınır veya sıfır seviyesinde tutulur.

5.2.4. Puls Üretme Devresi

Kısım 4.5.1'de anlatılan prensibe benzer şekilde çalışan Tek-kararlı (Monostable veya one-shot) zamanlayıcı Şekil 5.11 de görüldüğü gibi 4528 entegresi ile gerçekleştirilmiştir. Bu devrede butona basıldığında, 4528 entegresinin 5 nolu negatif tetikleme girişi +5V seviyesinden sıfıra düşerek entegrenin tetiklenmesini sağlamaktadır. R2 ve C2 elemanları ise, çıkış puls genişliğinin belirlenmesinde kullanılır. Q çıkışı lojik 0 seviyesinde iken pozitif yönde bir puls verirken, Q' çıkışı ters yönde çıkış verir. Bu çıkışlar, sayıcının başlangıç (sı-

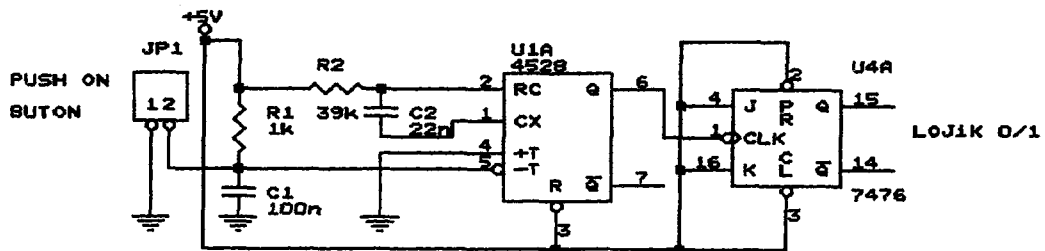


Şekil 5.11 Puls Üretme Devresi

fır) değerine set edilmesi, yazma modundaki EEPROM'un veri girişlerindeki bilginin kayıt edilmesi ve ilk kartta tutulan tepe-değerin bir sonraki ölçüm için sıfırlanmasında kullanılır.

5.2.5. Lojik Konum Değişirme Devresi

7476 JK-flip flop entegresinin J, K, Preset ve Clear uçlarına lojik 1 uygulanmasıyla T-flip flop devresi elde edilir. Kısım 5.2'de anlatıldığı gibi, 4528 entegresi ile üretilen puls, T-flip flop devresi için CLK girişi için kullanılır. Her CLK pulsu geldiğinde (butona basıldığında) T-flip flopun Q ve Q' çıkışları lojik konum değiştirirler. 7476 entegresi ile elde edilen T-flip flopun Q ve Q' çıkışları Say/Dur, ileri/Geri veya Oku/Yaz kontrol işaretlerini sağlamak için kullanılırlar. Şekil 5.12'de lojik konum değiştirme devresi görülmektedir.



Şekil 5.12 Lojik Konum Değişirme Devresi

5.3. Display Kartının Tasarımı

Display Kartı'nın açık devre şeması Ek 1c'de, baskı devre şeması Ek 2c'de verilmiştir.

"Kayıt no" olarak kabul edilen bellek adreslerinin displayde görüntülenmesi için sayıcı çıkışlarına paralel bağlanan konnektör vasıtasıyla alınan ikili kodlanmış onluk (BCD-Binary Coded Decimal) sayılar kod-çözücü (Decoder) / 7 segmentli display sürücü (Driver) entegreleri ile 7'li çıkışlara dönüştürülerek ön dirençler yoluyla display'lere uygulanır.

Ölçüm değerinin ölçüm sırasında display'lere ve kayıt için EEPROM belleğine iletilmesi veya EEPROM belleğinde kayıtlı bulunan verinin okuma modunda display'de görüntülenmesi için, 74245 bus yönlendirici (bus transceiver) ve 74373 aynen geçiren Latch (transparent latch) entegreleri kullanılır.

Devrede iki adet kullanılan 8-bitlik bus yönlendirici 74245 entegresi 3-state çıkışlara sahiptir. 74245 entegresinin fonksiyon tablosu Tablo 5.2'de verilmiştir[14].

Tablo 5.2 74245 Bus Yönlendirici Entegresinin Fonksiyon Tablosu

Kontrol Girişleri		İşlem
G	DIR	
L	L	B → A
L	H	A → B
H	X	izolasyon

G: Yonga Seçme

DIR: Yön Seçme

L: Lojik 0

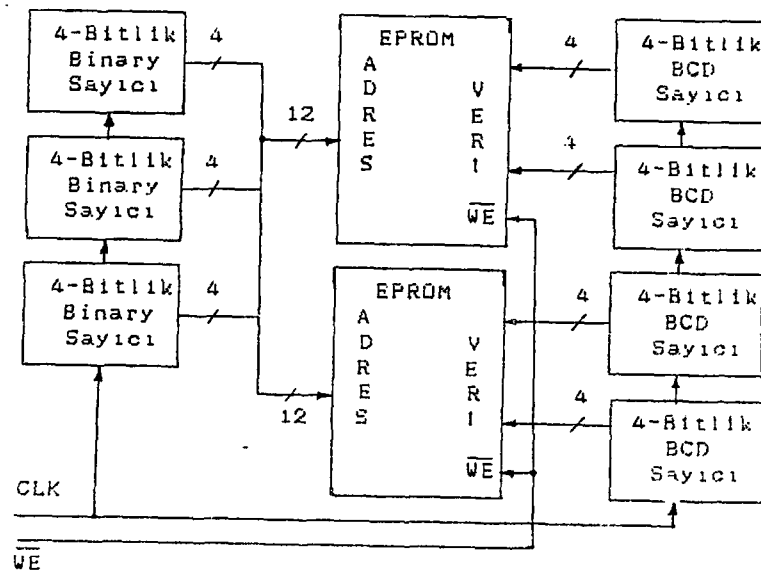
H: Lojik 1

X: Önemsiz

Tablo 5.2'den de görüldüğü gibi, DIR=L iken B uçlarındaki veri A bus'ına, DIR=H iken A uçlarındaki veri B bus'ına iletilir. G sabit olarak lojik 0 seçilerek bus yönlendirici her zaman iletim durumunda tutulur.

74373 entegreleri 8-bitlik giriş ve 3-state çıkışlara sahiptir. G (Yonga Seçme) ucu lojik 1 yapılarak entegre aktif halde tutulmaktadır. OC (Çıkış Kontrol) ucu lojik 0'da aktiftir. OC ucunun lojik 0 olması durumunda, ADC çıkışındaki tepe değer tutma devresinden gelen 74373 entegresinin D girişlerindeki veri Q çıkışlarına iletilir. OC ucu lojik 1 olması durumunda Q çıkışları yüksek empedansla yalıtılır.

74245 bus yönlendirici entegresinin DIR ucu ve 74373 latch entegresinin OC ucu, Kontrol Kartından gelen Oku/Yaz kontrol hattına bağlanarak okuma veya yazma durumuna göre ve-

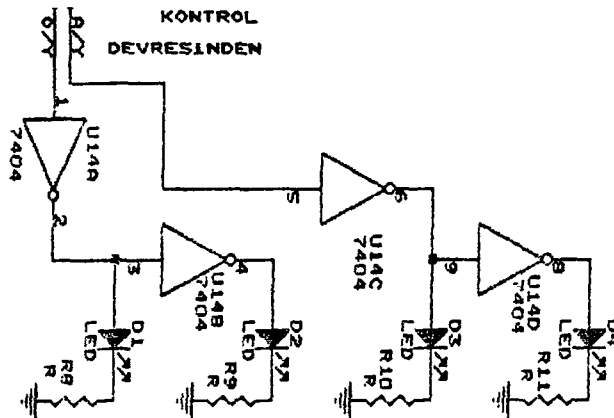


Şekil 5.13 EPROM Entegrelerine BCD Sayılarının Kodlanması

ADC çıkışı ve EEPROM içeriği 12-bitlik ikili (binary) sayı olduğundan, bunun display'de onluk sayı olarak görüntülenmesi gerekir. Bu nedenle Şekil 5.13'de blok şeması verilen bağlantı ile 13 adres girişi ve 8-bitlik veri giriş/çıkış uçlarına sahip iki adet 2764 EPROM (Elektrikle Programlanabilir ROM) entegresine 0000'dan 4095'e kadar olan sayılar, BCD kodunda yüklenmiştir.

2764 EPROM entegrelerinin 12 adres girişine ikili sayı durumundaki ölçüm değeri uygulandığında, onluk sayı olarak karşılığı EPROM çıkışlarına bağlı display'lerden okunur.

Ayrıca Display Kartında, Şekil 5.14'deki dört adet LED, dört direnç ve 6 adet inverter içeren 7404 entegresinden oluşan devre ile Oku/Yaz ve İleri/Geri kontrol işaretlerinin görüntülenmesi sağlanmıştır. Oku/Yaz veya İleri/Geri kontrol işareti lojik 0 iken, inverter çıkışı lojik 1 (+5V) olur ve inverter çıkışındaki LED yanar. Giriş lojik 1 olduğunda inverter çıkışı lojik 0 olur ve inverterden önceki LED yanar, diğer LED söner.



Şekil 5.14 LED Devresi

5.4. Güç Kaynağı Kartının Tasarımı

Analog Giriş ve Tepe Değer Kartı, Bellek kaydı ve Kontrol Devresi Kartı ile Display Kartı için gerekli sabit +5V, -5V ve +12V, -12V gerilimleri Güç Kaynağı Kartından sağlanmaktadır. Güç Kaynağı Kartının açık devre şeması Ek 1d'de, baskı devre şeması Ek 2d'de verilmiştir.

LM348 enstrümantasyon amplifikatörü ve strain gauge'lerin bağlandığı Wheatston köprüsü hariç, diğer bütün entegreler, displaylar ve LED'ler +5V'luk gerilimle beslendiği için, +5V devresi yüksek akım çıkışını destekleyebilecek şekilde ve diğer besleme devrelerinden ayrı olarak tasarlanmıştır. 220V/9V-4A'lik bir transformatör +5V, 1.5A'lik devre için uygun görülmüştür. Diyot köprüsü ile doğrultulan işaret iki adet 4700 μ F'lık kondansatörle oldukça iyi filtre edilmiştir.

Filtre edilen doğrultucu çıkışındaki gerilim, 1.25V ila 30V arasında ayarlanabilen ve 1.5 A'lik çıkışa sahip LM317 gerilim regülatörü entegresinin çıkışı +5V'a ayarlanarak dalgasız (ripple'sız) hale getirilmiştir. +5V çıkışları her üç kartta da kullanıldığından herbir kart için birer konnektör çıkışı bağlanmıştır.

2x15V-0,5A'lik orta uçlu bir gerilim transformatöründen alınan alternatif gerilim, diyot köprüsünde doğrultulduktan sonra 1000 μ F'lık kondansatörlerle filtre edilmiştir. Filtre edilen köprü çıkışı daha sonra +12V için LM7812 entegresine, -5V için LM7905 entegresine ve -12V için LM7912 entegresine verilmiştir. Bu çıkışlar ilgili kartlara uygun şekilde bağlanabilmesi için birer konnektör ile birleştirilmiştir.

BÖLÜM-VI

6. PARALEL I/O PC ARABİRİM KARTININ TASARIMI:

Paralel I/O Arabirim Kartı, piyasada kolaylıkla bulunabilen malzemelerle yapılmıştır. Kartın esasını, Programlanabilir Çevresel Arabirim (PPI) elamanı olan 8255 entegresi oluşturur. Kart üzerinde üç adet 8255 entegresi bulunmaktadır. Adres kodu çözme işlemi, 74LS85 tipi 4-bitlik veri karşılaştırıcı ve 74LS138 tipi bir 3x8'lik kod çözücü entegresi kullanılarak gerçekleştirilir. Kod çözücü, CS (Yonga seçme) uçlarını seçerek 8255 entegrelerinin sırası ile aktif olmasını sağlar.

8255 entegresinin herbiri 8 adet uca sahip üç adet giriş çıkış kapısı (Port) içermektedir. Bu üç kapı iki gruba ayrılmıştır. 1. grubun A portunu (PA0, PA1, ..., PA7) ve C portunun yüksek dört bitimi (PC4, PC5, PC6, PC7) kapsar. 2. grubun ise B portu (PB0, PB1, ..., PB7) ile C portunun düşük bitlerinden (PC0, PC1, PC2, PC3) oluşur.

8255 entegresi şu iç fonksiyon bloklarından oluşmaktadır: Veri ara belleği, okuma/yazma kumanda lojiği, bir kumanda/durum kütüğü, A ve B port gruplarının kumandası ve her portun sürücüsü.

8255 entegresinde kapı hatlarından başka, veri yolu bağlantısı (D0, D1, ..., D7), eleman seçme ucu (CS), sıfırlama (Reset) ucu, A0, A1 adres hatları ile RD (Okuma) ve WR (Yazma) kumanda uçları bulunmaktadır.

"Reset" işaretinin alınmasından sonra, 8255 entegresinin

bütün kapı uçları giriş olarak tanımlanır. Elemanın içinde iki kütük bulunmaktadır; bunlar kumanda kütüğü (Contral Word Register) ile durum kütüğüdür (Status Register).

1. ve 2. kanal grublarının çalışabileceği üç farklı çalışma türü bulunmaktadır. A ve B portları birbirinden farklı türden çalışabilirler. C portunun herbir yarısı ait oldukları kapı grubu türüne uyabilmektedir. Durum kütüğünün içeriği üç çalışma türünden birini belirler.

Mod 0 (Standart Giriş/Çıkış): Bu tür çalışmada, üç adet 8 bitlik giriş/çıkış kanalı kullanılır. Her kanal 8 bitlik çıkış veya 8 bitlik giriş olarak programlanabilir. C kapısı ise 4 bitlik iki parçaya ayrılabilir ve bunlar birbirinden bağımsız olarak giriş veya çıkış olarak kullanılabilir.

Mod 1 (El Sıkışmalı I/O): El sıkışmalı (handshake) arabirimli cihazlarla bağlantı için, iki kapı grubu bulunmaktadır. 1. kapı grubuna ait olan PC4, ..., PC7 hatları A kapısının el sıkışma hatları olarak çalışırlar. Benzer şekilde PC0, ..., PC3 hatları da, B kapısının el sıkışma hatlarıdır. Bir kapı grubu üzerinden ya sadece giriş ya da sadece çıkış yapılabilir.

Mod 2 (iki yönlü yol): 1. kapı grubu iki yönlü ve el sıkışmalı arabirim olarak çalıştırılabilir. Aynı anda 2. kapı grubu da Mod 0 veya Mod 1 çalışma türünde kullanılabilir.

8255 entegresi mikroişlemci tarafından IN ve OUT komutları ile yönetilir. Kumanda kütüğü sadece yazılabilir, bu kütüğün içeriği okunamaz [15].

Tasarlanan ve imalatı yapılan kartta her bir 8255 enteg-

resinde A, B ve C olarak tanımlanan 8-bitlik üç adet kapı vardır. 8-bitlik üç portu bulunan üç adet 8255 entegresi kullanıldığından, bu kart ile toplam 72 bit paralel giriş/çıkış yapmak mümkündür. 72 bit I/O hatları, D_0, D_1, \dots, D_7 veri yolu, eleman seçme ucu (CS), sıfırlama ucu (Res), A_0 ve A_1 adres hatları, Okuma (RD) ve yazma (WR) kumanda uçları, besleme ve şase uçları kart kenarına çıkarılmıştır. Kartın açık devre şeması Ek 1e'de ve baskı devre şeması Ek 2e'de verilmiştir.

6.1. Adres Bölgesinin Seçimi

Tasarlanan ve imalatı yapılan kartın üzerinde, adres bölgesinin seçimi için kullanılan S_1 ve S_2 anahtarı mevcuttur. S_1 ve S_2 'nin durumlarına göre Ek 4a'da karta çıkış olarak erişim adresleri ve Ek 4b'de ise karta giriş olarak erişim adresleri tam olarak verilmiştir. Bu çalışmada karta hem giriş hem de çıkış yapılacağından, S_1, S_2 anahtarları lojik 0 yapılarak her iki tabloda mevcut olan $S_2S_1=00$ durumları seçilmiştir. Veri transveri için tasarlanan paralel I/O arabirim kartının yalnız Port 2 elemanı kullanılmıştır. Port 2 elemanının $S_2S_1=00$ durumları için paralel I/O kartından çıkış

Tablo 6.1 Programda Kullanılan Paralel I/O Kartının Çıkış Olarak Erişim Adresleri

296D = 128H	A kapısı, Port 2 elemanı
298D = 12AH	B kapısı
300D = 12CH	C kapısı
302D = 12EH	Kumanda kütüğü

Tablo 6.2 Programda Kullanılan Paralel I/O Kartının Giriş Olarak Erişim Adresleri

7976D = 1F28H	A kapısı, Port 2 elemanı
7978D = 1F2AH	B kapısı
7980D = 1F2CH	C kapısı
302D = 12EH	Kumanda kütüğü

olarak erişim adresleri Tablo 6.1'de ve karta giriş olarak erişim adresleri ise Tablo 6.2'de verilmiştir.

6.2. Kontrol Kaydedicisinin Yüklenmesi

Kontrol kaydedicisinin herbit bitinin 1 veya 0 olması 8255 entegresinin giriş/çıkış portlarının yönünü kontrol eder. Ek 5'de C'nin (Kontrol kaydedicisi) tüm değerleri ve mümkün olabilecek port durumları verilmiştir. C değerleri program yazılımıyla Tablo 6.1 ve Tablo 6.2'deki ilgili giriş-çıkış adreslerine yüklenir. Böylece hangi portun veya portların giriş/çıkış olacağı belirlenir.

Yapılan çalışmada 12-bitlik veri ve bir adet CLK işareti iletileceğinden, yalnızca Port 2 elemanı yeterli görülmüştür. Port 2 elemanının B ve C_{alt} kapıları 12-bitlik veri girişi ve C_{üst} kapısı ise CLK çıkışı için kullanılmıştır. Programda

Tablo 6.3 Programda Kullanılan C (Kontrol Kaydedicisi) Değeri ve Port Durumları.

C=131	
0-7 A	> Çıkış
4-7 C _{üst}	> Çıkış
0-3 C _{alt}	> Giriş
0-7 B	> Giriş

kullanılan kontrol kaydedicisi(C) değerleri ve kapıların kullanım durumları Tablo 6.3'de verilmiştir.

6.3. Kartın Devreye Alınması

IBM-uyumlu kişisel bilgisayarın enerjisi kesilir. Bilgisayar kasasının kapağı açılır. Boş yuvalardan birisine paralel I/O arabirim kartı takılır. Ölçüm cihazına bağlanacak konnektör dışarıda bırakılır. Bilgisayarın kapağı kapatılır ve enerji verilir. Daha sonra yazılan program çalıştırılır.

6.4. Program Yazılımı

Ölçüm cihazındaki kalıcı bellek çıkışlarından paralel I/O arabirim kartına 12-bitlik veri girişı ve PC'den cihazın bellek adresi sayıcısına karttan bir bitlik CLK çıkışı yapılır. Bu işlemler için QBASIC dilinde bir program yazılmış olup, söz konusu program dökümü Ek 3'de verilmiştir.

Yazılan programla ikili (binary) kodda alınan 12-bitlik ölçüm değerleri programla onluk sayıya çevrilir. İlk okumadan sonra cihaza önce lojik 1 sonra lojik 0 gönderilerek, cihaz içerisindeki kalıcı belleğin adres sayıcısı için CLK işareti oluşturulur. Programla gönderilen her bir CLK işareti sonunda, sayıcı değeri bir artırılır. Böylece I/O kartı yoluyla PC'ye veri transferi, programla ayarlanabilen hızda kayıt sayısı elde edilene kadar devam eder.

Ölçüm sırasında yeni-doğanın sağ elinin kavrama kuvveti

değerleri sıfırdan itibaren çift sayılı, sol elinin kavrama kuvveti değerleri tek sayılı kalıcı bellek adreslerine kaydedilir. Bu nedenle cihazdan PC'ye sonuçların aktarılması sırasında hem sağ ve sol kavrama kuvveti değerleri, hem de (R-L) fark sonuçları sıralı olarak hard-diske veya diskete kaydedilir. İstenildiğinde yapılan kayıt bilgisayardan çağrılarak, alınan deney sonuçları ekrandan gözlenebilir. Bu sonuçlar istenirse yazıcıdan print edilebilir.



BÖLÜM-VII

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

7.1. Sonuçlar

Sinir ve kas sistemlerinin uyum içerisinde çalışması insan sağlığı için önemli olup, bu uyum çeşitli yöntemlerle gözlenebilir. Bu amaçla kullanılabilecek yöntemlerden biri de kavrama kuvveti ile sağ ve sol el için bu değerlerin fark durumlarının tesbit edilmesidir.

Ayrıca sinir ve kas sistemleri arasındaki ilişkinin yeni-doğandan başlayarak erken yaşlardan itibaren ileri yaşlılığa kadar incelemek için, kavrama kuvveti lateralizasyonunun bilinmesi önemli bir kriter olabilir.

Bu çalışmada, yeni-doğan bir çocuğun (newborn) kavrama kuvvetini ölçebilen tıbbi yönelik bir sistem tasarımı olarak imal edilmiştir. Sistem bir fiziksel dönüştürücünün (transducer), kalıcı hafızalı komple bir ölçüm cihazının ve bir arabirim kartının tasarımı ve imalatı ile QBASIC dilinde yazılmış bir bilgisayar programından oluşmaktadır. Sisteminin blok diyagramı Şekil 1.1'de verilmiştir.

Sistemde yer alan transdüser, iki küçük alüminyum levhanın Şekil 5.1'de görüldüğü gibi birleştirilmesi ve bunlardan birinin her bir yüzeyine birer adet strain gauge (gerilme dönüştürücüsü) yapıştırılması suretiyle imal edilmiştir. Bu strain gauge'ler, ölçüm cihazı içerisinde bulunan bir Wheatstone köprüsü devresinin komşu iki kolunu oluştururlar. Alü-

minyum levhalara bir kavrama kuvveti uygulandığında, levhalar kuvvetin şiddetiyle orantılı olarak eğilmektedirler. Bu eğilme sırasında yüzeylerden birindeki strain gauge'de uzama olurken, diğer yüzeydeki strain gauge'de kısalma olur. Uzayan strain gauge'in direnci artar, kısalan strain gauge'in ise direnci azalır. Her iki değişim de dengeli durumdaki Wheatstone köprüsünün çıkış uçlarında kavrama kuvvetinin şiddeti ile orantılı bir gerilim farkı oluşturur. Uygulanan fiziksel kuvvet kaldırıldığında, elastiklik (tersinir) sınırı içinde esneyen alüminyum levhalar tabii olarak ilk durumuna geri dönerler; dolayısıyla köprü çıkışı da yeniden sıfır değerini alır.

Komple ölçüm cihazı, Şekil 1.1'deki blok diyagramdan izleneceği gibi, iki kolunu strain gauge'lerin oluşturduğu bir Wheatstone köprüsü, bir amplifikatör, bir analog-dijital çevirici (ADC), bir tepe değer tutma devresi, bir elektrikle silinebilir-programlanabilir bellek (EEPROM), bir sayıcı, bir veri yönlendirici devresi, kod çözücü ve display sürücü devrelerini içermektedir.

Normalde dengede olan köprü, yeni-doğanın transdüserine uyguladığı kavrama kuvvetinin şiddetiyle orantılı bir çıkış gerilimi verir. Birkaç milivolt seviyesindeki köprü çıkışındaki fark gerilimi, üç adet operasyonel amplifikatör ve dirençlerle oluşturulan bir enstrümantasyon (ölçüm) amplifikatörü ile ADC'nin algılayabileceği birkaç volta kadar yükseltilir.

Enstrümantasyon amplifikatörü çıkışındaki analog değer

ADC kullanılarak, 12-bitlik ikili (binary) sayısal veriye çevrilir. Elde edilen sayısal verinin maksimum değeri, D-flip flop ve değer karşılaştırıcı elemanları kullanılarak tasarlanan tepe değer tutma devresiyle tutulur.

Kavrama testi için, önce cihaz enerjilendirilir. Ölçüm sonucunun kaydedileceği bellek adresi ve yazma (kayıt) modu seçilir. Gerekli ise tepe değer devresinin içeriği silinir, böylece ölçüm değeri display'i sıfırlanır. Kavrama kuvveti transdüseri yeni-doğanın eline yerleştirilir. Yeni-doğan bu aleti bir refleks hareketiyle sıkar. Display kuvvetin maksimum değerini gösterirken, kayıt butonuna basılarak kaydın yapılması sağlanır. Bu ölçüm hem sağ, hem sol el için tekrarlanır.

Kavrama kuvveti değerlerinin ölçüm cihazı panelindeki ekrandan okunabilmesi için, ikili sayıların ikili kodlu desimal (BCD) kodundaki karşılığına dönüştürülmesi gerekir. Bu nedenle iki adet silinebilir-programlanabilir ROM (EPROM) elemanı kullanılmıştır. İkili sayıların BCD koduna çevrilmesi amacıyla, EPROM'ların herbir adresine sıfırdan $(2^{12}-1)=4095$ 'e kadar olan sayıların BCD kodundaki karşılıkları programlanmıştır. Adres girişlerine 12-bitlik ikili ölçüm değerleri uygulanan EPROM'ların çıkışlarından, BCD koduna karşılık gelen değerler alınır. Kod çözücü ve sürücü devrelerle display'lere verilen ölçüm değerleri, hem ölçüm sırasında hem de kayıt sonrasında, istenildiğinde bellekten ekrana yansıtılarak okunabilir.

Kontrol devresi, puls şekillendirici ve lojik konum de-

giştirici devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Ölçüm cihazı paneline yerleştirilen butonlar kullanılarak kontrol devresi yardımıyla, tepe değer tutma devresinin sıfırlanması, veri yönlendirici ve kalıcı bellek devrelerinin okuma veya kayıt durumuna alınması, kalıcı bellek adreslerinin seçilmesi, kayıt pulsunun gönderilmesi gibi birçok fonksiyon kolayca yerine getirilebilir.

Programlanabilir çevresel arabirim (PPI) elemanları kullanılarak yapılan paralel giriş/ıkış (I/O) arabirim kartı ve QBASIC dilinde yazılan bir program vasıtasıyla, ölçüm cihazının kalıcı belleğindeki ölçüm sonuçları IBM-uyumlu bir PC'ye aktarılabilir. İstenirse bütün veriler ve fark hesabı sonuçları bir hard-disk veya diskete kopyalanabilir veya bir yazıcı ile print edilebilir.

Söz konusu kavrama kuvveti ölçüm cihazı, 1 gr ile 300 gr arasındaki ölçümleri \pm %1 hata ile ölçebilecek özellikte kalibre edilmiş olup; yapılan deneyler sonucunda, transdüser ve cihazın kavrama kuvveti ile doğrusal olarak değişen bir çıkış sergilediği gözlenmiştir (şekil 5.3).

İlk bir hafta içerisindeki çeşitli ağırlılığa sahip yeni-doğanlar üzerinde yapılan ölçümlerden alınan sonuçlar sağ (R) ve sol (L) kavrama kuvveti değerleri ile (R-L) fark değerleri olarak Ek 6'da verilmiştir.

Bu tezde elde edilen sonuçlar, literatürdeki [1] sonuçlara göre, ölçüm değerlerinin gram birimine göre kalibre edilmiş olması, değerlerin kalıcı bir bellekte saklanabilmesi ve istenildiğinde IBM-uyumlu bir PC'ye aktarılarak değerlen-

dirilebilmesi bakımından daha kullanışlıdır.

Sistemin PC'den bağımsız olarak da çalışabilmesi, kalıcı hafıza sebebiyle enerji kesintisinden etkilenmemesi, portatif ve kolay kullanılabilir olması cihazın belirgin üstünlüklerindedir. Ayrıca, cihazın PC'ye bağlanarak sonuçların değerlendirilebilir ve print edilebilir olması da diğer önemli kullanım özelliklerindedir.

Tasarımlanan ve imalatı yapılan devrelerde kullanılan bütün elektronik devre elemanlarının seçiminde, piyasada kolaylıkla bulunabilmelerine dikkat edilmiştir.

Bu çalışmada, kavrama kuvveti transdüseri yeni-doğana göre tasarlanmış olmakla beraber, sadece transdüserin değiştirilmesiyle, sistem; yetişkinlerin kavrama kuvveti için de kullanılabilir şekilde genel amaçlı olarak tasarlanıp imal edilmiştir. Böyle basit bir değişikliklerle cihaz, tıp fakültelerinin fizik tedavi ve rehabilitasyon bölümlerinde de rahatlıkla kullanılabilir.

İmalatı yapılan cihaz, tıp fakültelerinin kas ve sinir sistemlerini ilgilendiren fizyoloji, pediatri ve fizik tedavi gibi, birçok bölümlerinde kavrama kuvveti ölçümlerini hızlı, emniyetli ve hassas bir şekilde gerçekleştirecek özelliklere sahiptir.

7.2. Öneriler

Bu çalışmada gerçekleştirilen cihaz, genel amaçlı bir köprü, bir enstrümantasyon amplifikatörü ve ADC içerdiğinden;

sadece transdüserin değiştirilmesi ve kazanç ayarının yapılmasıyla, yetişkinlerin kavrama kuvveti de ölçülebilir. Ayrıca farklı transdüser ve sensörler kullanılarak ağırlık, basınç, sıcaklık ve benzeri fiziksel büyüklükler ölçülebilir.

Sistemde ADC girişinden önce bir analog çoğullayıcı (multiplexer) kullanılarak birden fazla ölçüm aynı anda yapılabilir. Mikroişlemci uyumlu ADC çıkışları doğrudan paralel I/O arabirim kartı yolu ile PC'ye bağlanarak, uygun bir paket-programla bilgisayar ekranından anlık durum takibi yapmak mümkündür. Geliştirilecek veya adapte edilecek bir programla ölçüm değerlerinin grafikleri çizilebilir.

Devre tasarımları yapılırken seçilen CMOS ve TTL tipi devre elemanlarının birbirlerini sürüp süremeyecekleri göz önünde tutulmalıdır.

Cihaz boyutlarının küçültülebilmesi için devre elemanları birbirlerini etkilemeyecek şekilde mümkün olduğu kadar yakın yerleştirilmelidir. Baskı devre kartlarının kutuya yerleştirilmesinde, montaj kolaylığına ve hava sirkülasyonunun olmasına dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

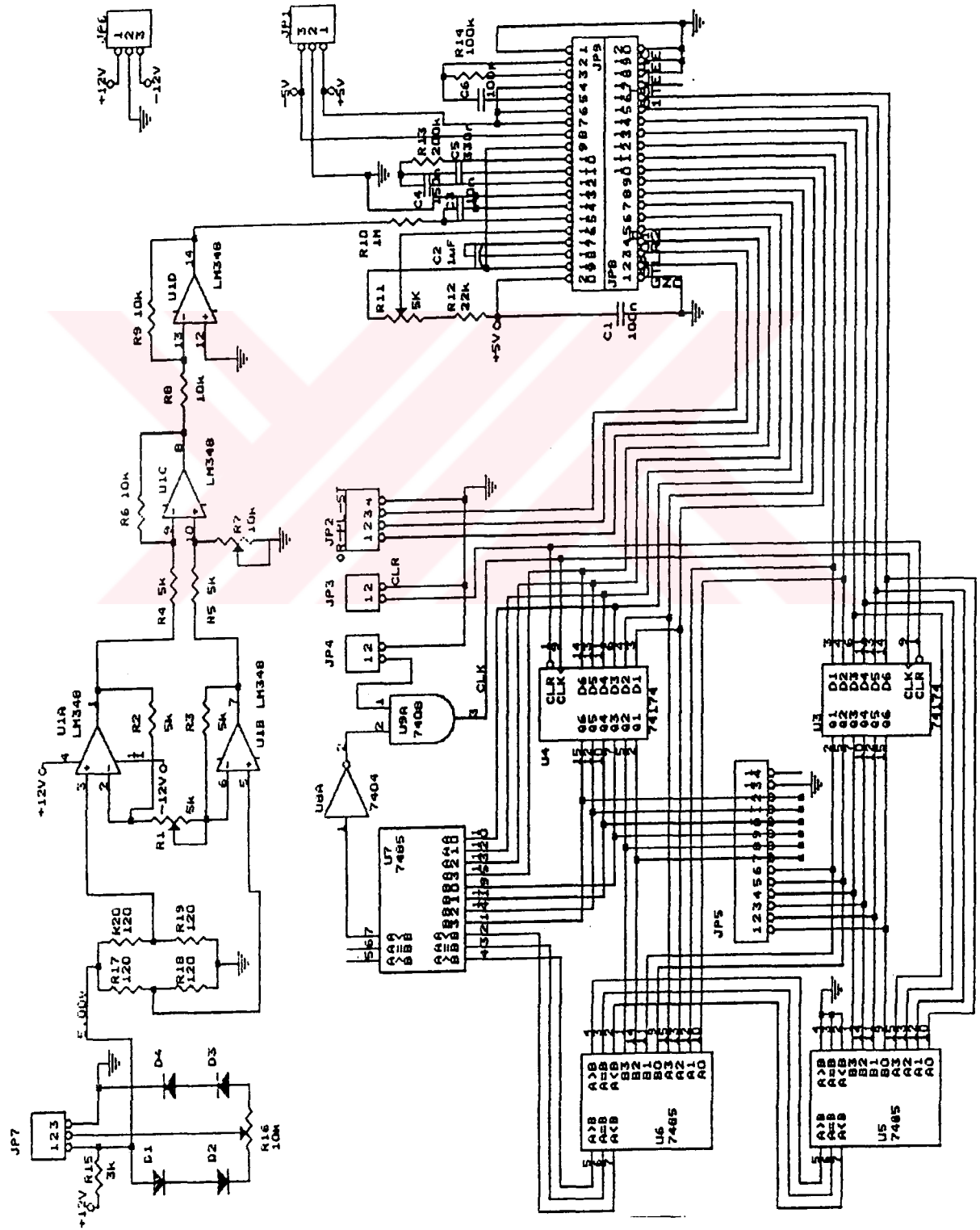
- [1] TAN Ü., ÖZ R., KÜRKÇÜOĞLU M., KUTLU N. 1991. The Latera-
lization Of The Grasp Reflex In Human Newborns. Inter-
national Journal Of Neurosicience. Gordon And Breach
Science Puplishers S.A., USA.
- [2] CRAGO P. E., NAKAI R. J., CHIZECK H. J. 1991. Feedback
Regulation of Hand Grasp Opening and Contact Force During
Stimulation of Paralyzed Muscle. IEEE Transactions on
Biomedical Engineering. Vol.38, No:1, p.17-28.
- [3] RISO R. R., IGNAGNI A. R., KEITH M. W. 1991. Cognitive
Feedback For Use With FES Upper Extremity Neuro-
prostheses. IEEE Transactions on Biomedical Engineering.
Vol.38, No:1, p.29-38.
- [4] BAŞBUĞ A. 1993. PC'ler için Endüstride ve Bilimsel
Araştırmalarda Veri Toplama Arabirimleri. Bilgi İşlem-
Aylık Sistem Çözümleri Dergisi, Sayı: 6.
- [5] ONARAN K. 1986. Malzeme Bilimi. İTÜ.
- [6] ASTON R. 1990. Principles Of Biomedical Instrumentation
And Measurement. Merrill Puplishing Company, USA.
- [7] CROMWELL L., WEIBELL F. J., PFEIFFER E. A. 1980. Bio-
medical Instrumentation And Measurements. Prentice-Hall,
Inc., USA.
- [8] ERDAL C. 1993. "Ölçme ve Kontrol Düzeneklerinde Uzama

- Dönüştürücülerinin Kullanılması", Elektrik Mühendisliği
5. Ulusal Kongresi, Trabzon.
- [9] KORYÜREK M. 1988. Tıp Elektronikğinde Kullanılan Kuvvetlendiriciler ve Dönüştürücüler. İTÜ Elektrik-Elektronik Fakültesi.
- [10] PASTACI H. 1991. Elektronik Devreler", Yıldız Ün.
- [11] HONEYCUTT, R. A. 1988. Op Amps And Linear Integrated Circuits. Delmar Puplichers Inc., USA.
- [12] FLOYD, Thomas L. 1988. Electronic Devices. Merrill Publishing Company. USA
- [13] TOCCI R. J. 1991. Digital Systems-Principles and Applications. Prentice-Hall Inc., USA.
- [14] TEXAS INSTRUMENTS. 1991. High-Speed CMOS Logic. Data-Book. Texas Instruments Inc., USA.
- [15] Elo-Elektronik. 1991. Elo-Port. Cilt 4. Sayı 42.

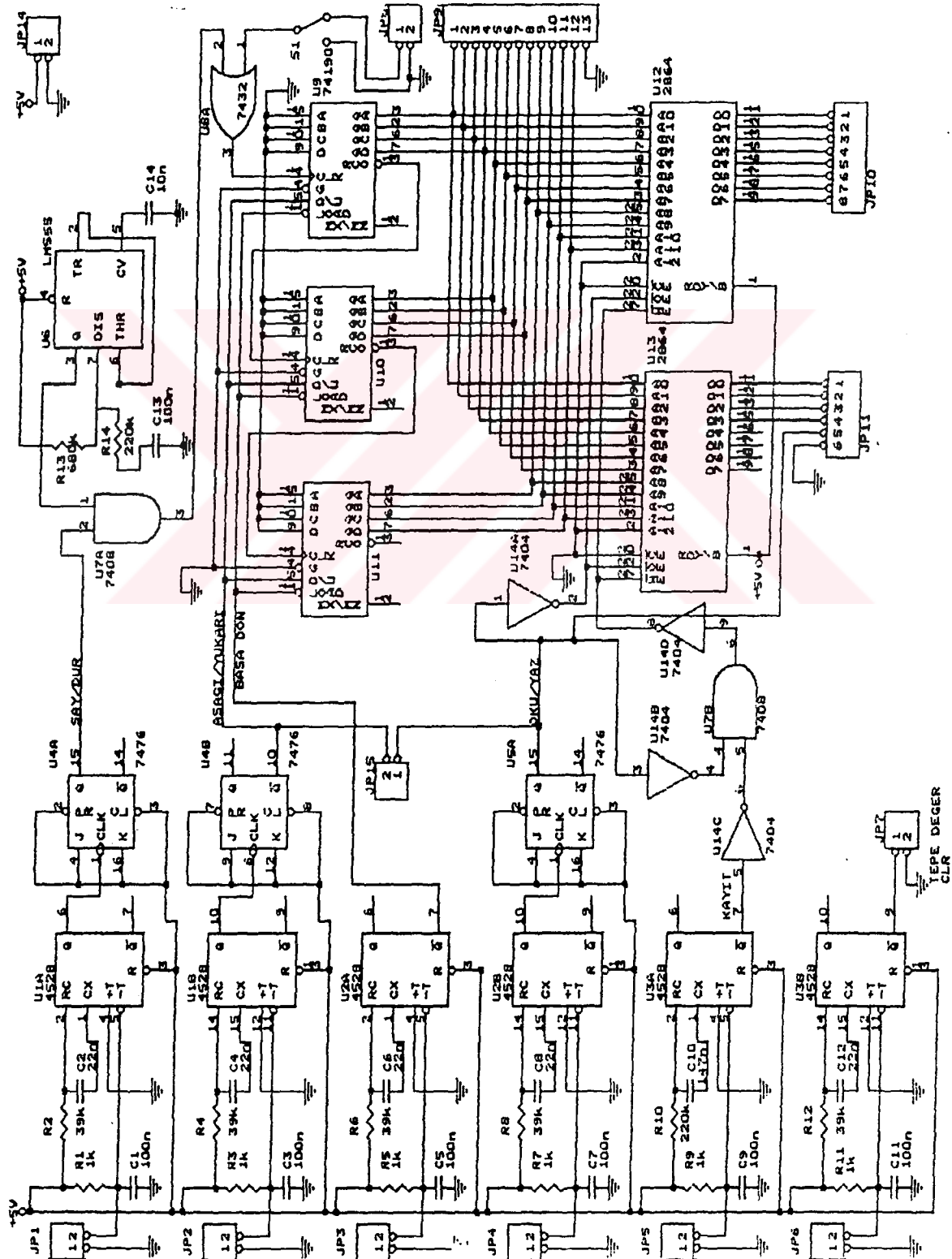
EKLER

Ek 1.a Analog Giriş Kartının Açık Devre Şeması	75
Ek 1.b Kontrol Kartının Açık Devre Şeması	76
Ek 1.c Display Kartının Açık Devre Şeması	77
Ek 1.d Güç Kaynağı Kartının Açık Devre Şeması	78
Ek 1.e Paralel I/O Arabirim Kartının Açık Devre Şeması	79
Ek 2.a Analog Giriş Kartının Baskı Devre Şeması	80
Ek 2.b Kontrol Kartının Baskı Devre Şeması	82
Ek 2.c Display Kartının Baskı Devre Şeması	84
Ek 2.d Güç Kaynağı Kartının Baskı Devre Şeması	86
Ek 2.e Paralel I/O Arabirim Kartının Baskı Devre Şeması	87
Ek 3 Program Dökümü	89
Ek 4.a Paralel I/O Arabirim Kartına Giriş Olarak Erişim Adresleri	92
Ek 4.b Paralel I/O Arabirim Kartına Çıkış Olarak Erişim Adresleri	93
Ek 5 8255 Entegresinin I/O Portlarının Giriş veya Çıkış Olarak Yönlendirilme İhtimalleri	94
Ek 6 Kavrama Kuvveti Ölçüm Sonuçları	95

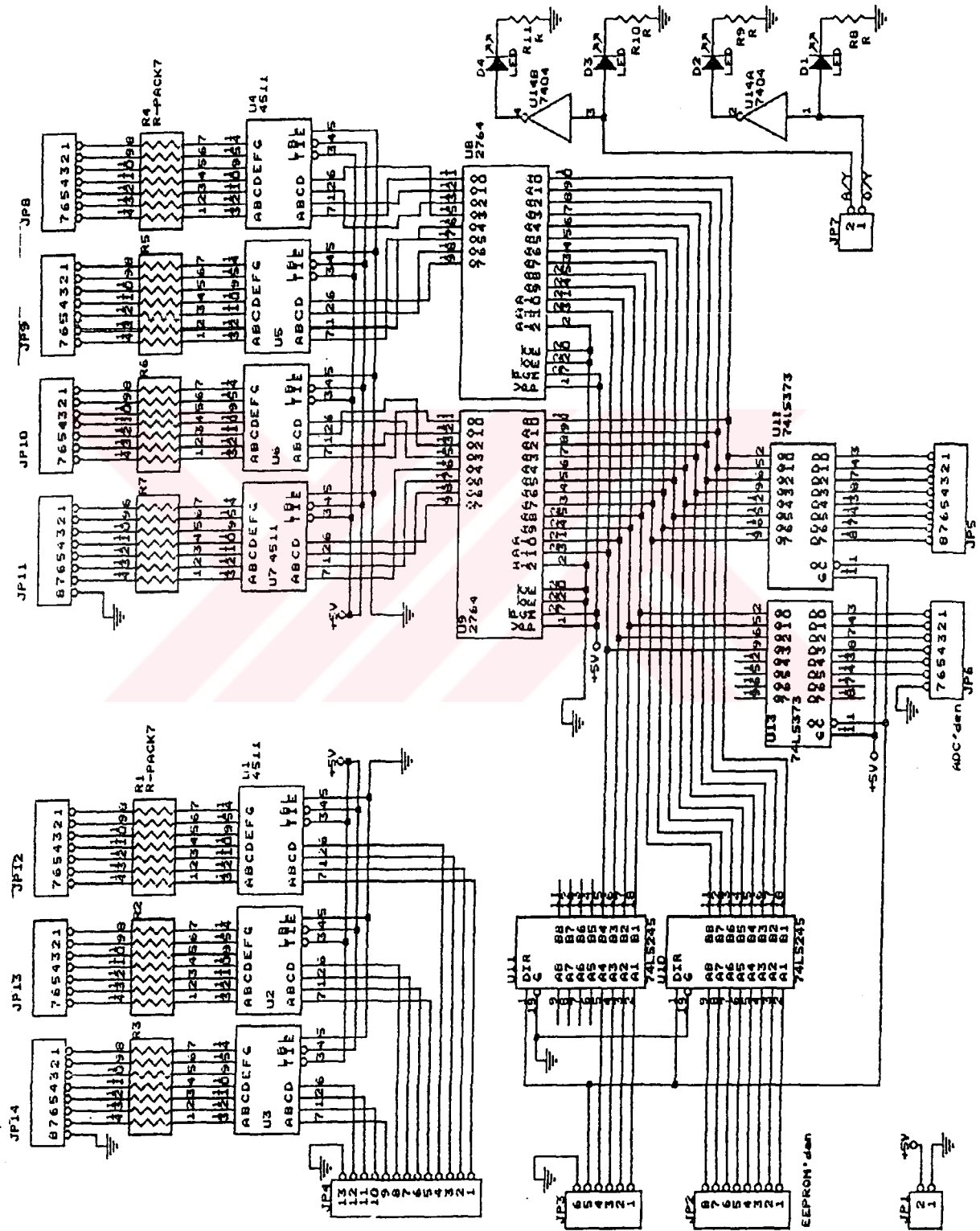
Ek 1.a Analog Giriş Kartının Açık Devre Şeması



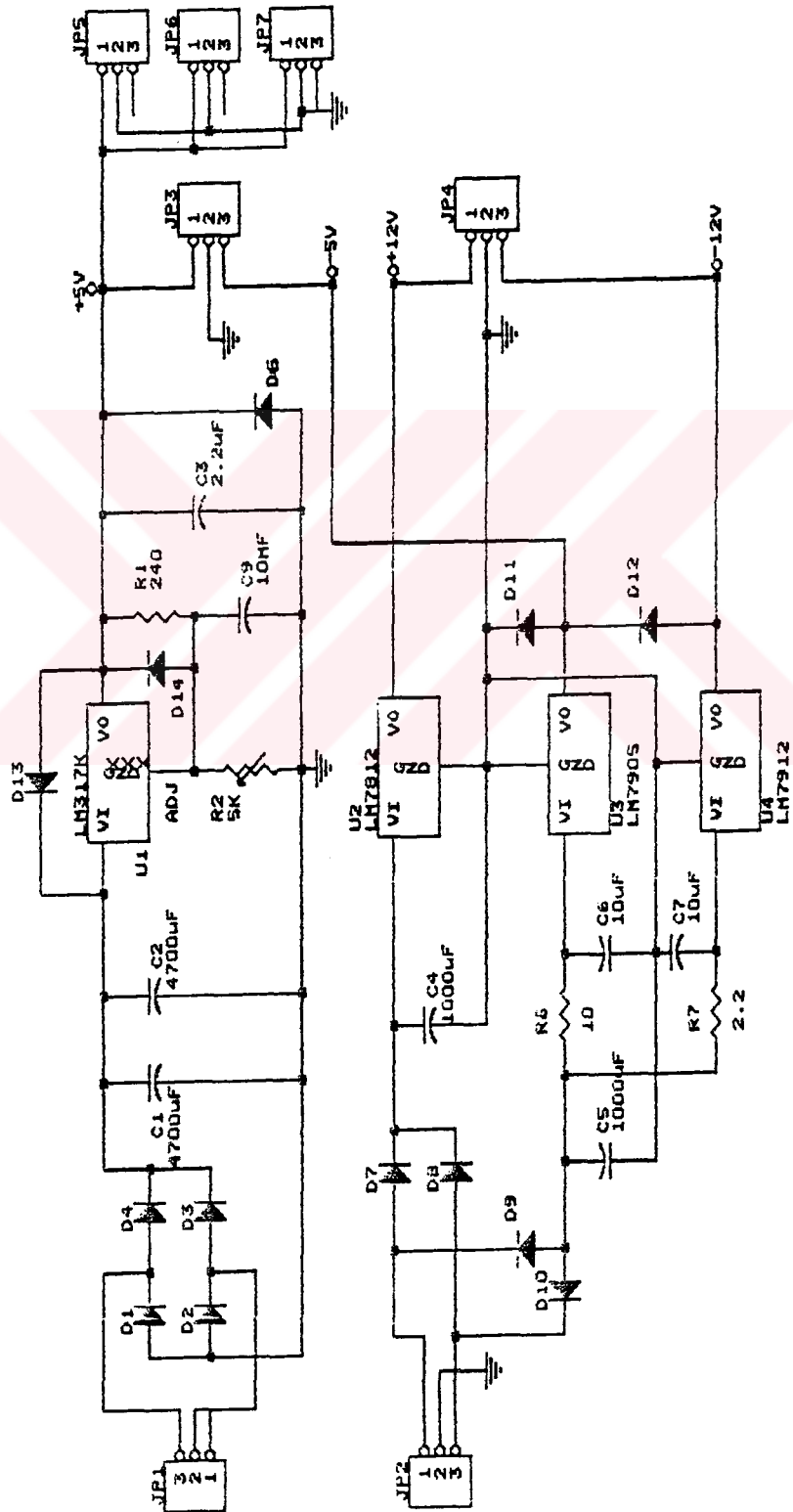
Ek 1.b Kontrol Kartının Açık Devre Şeması



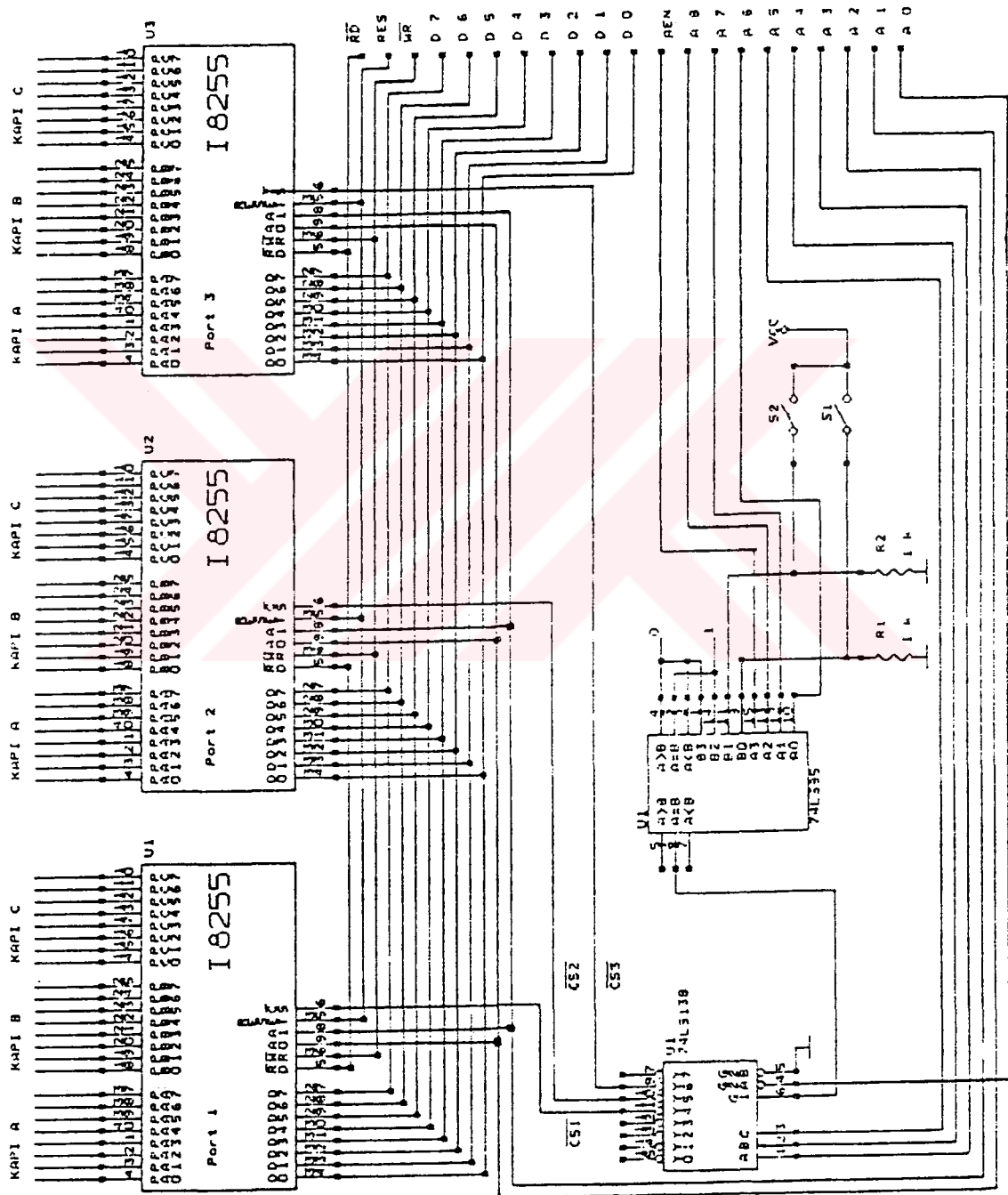
Ek 1.c Display Kartının Açık Devre Şeması



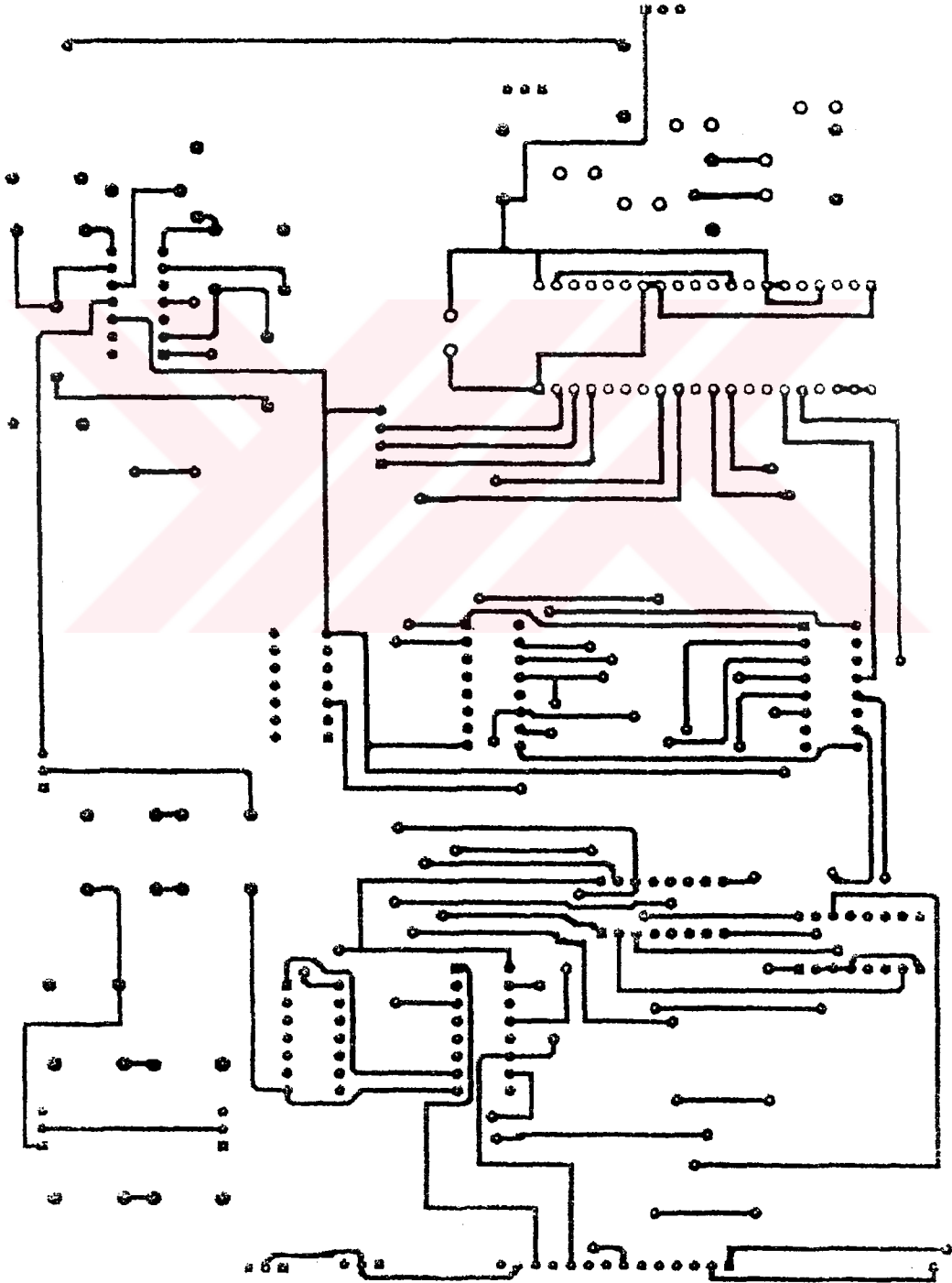
Ek 1.d Güç Kaynağı Kartının Açık Devre Şeması

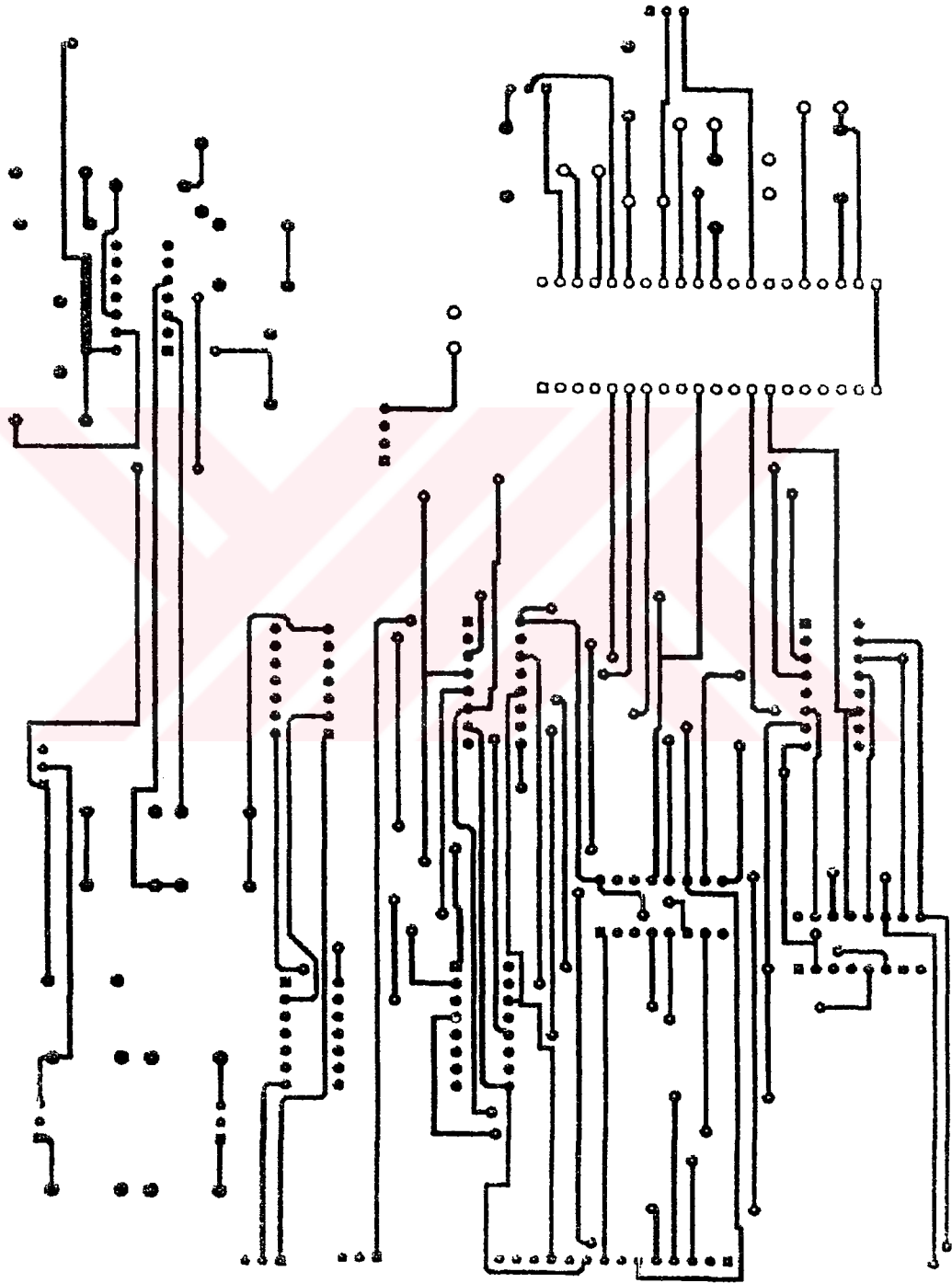


Ek 1.e Paralel I/O Arabirim Kartının Açık Devre Şeması

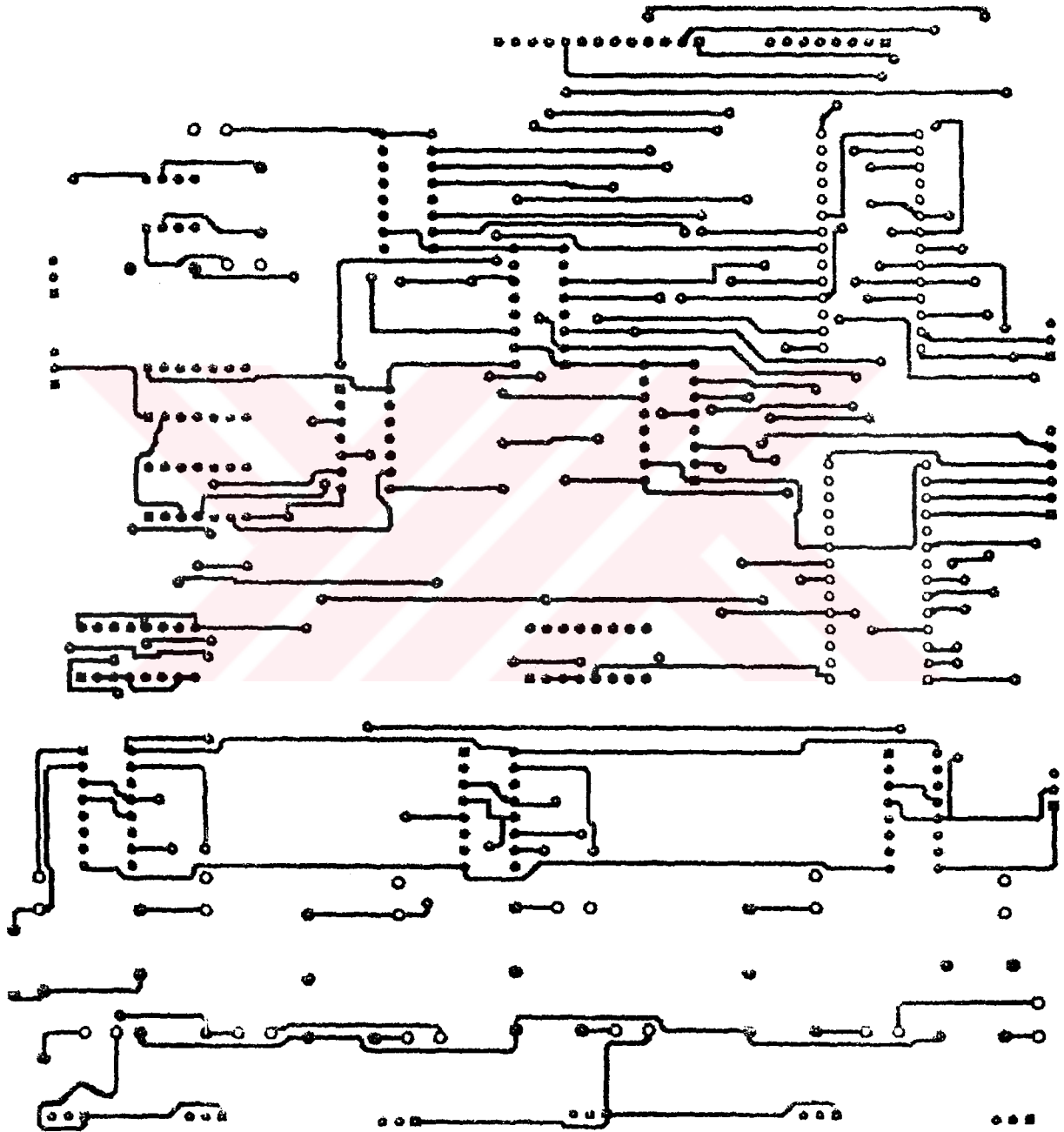


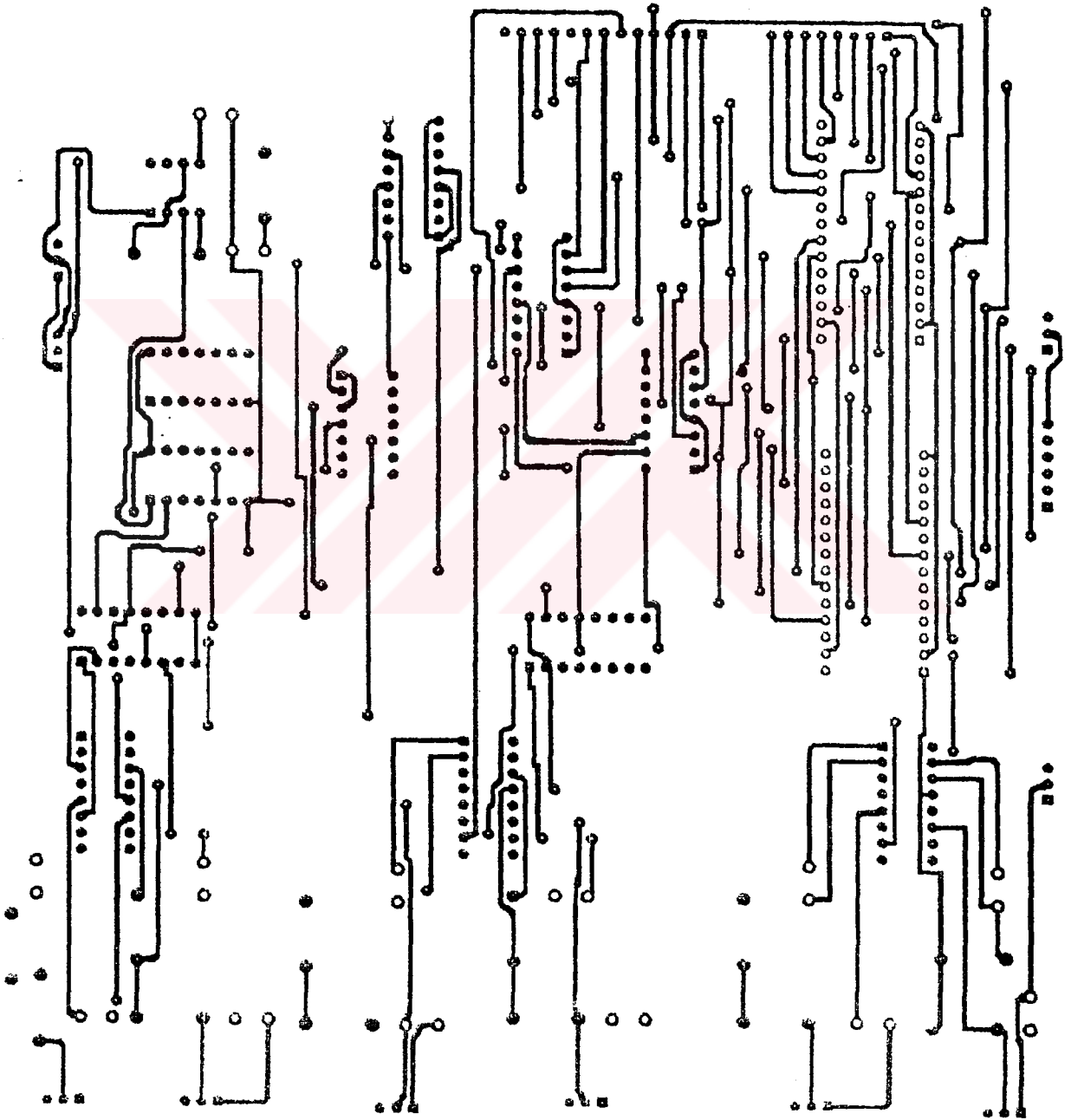
Ek 2.a Analog Giriş Kartının Baskı Devre Şeması



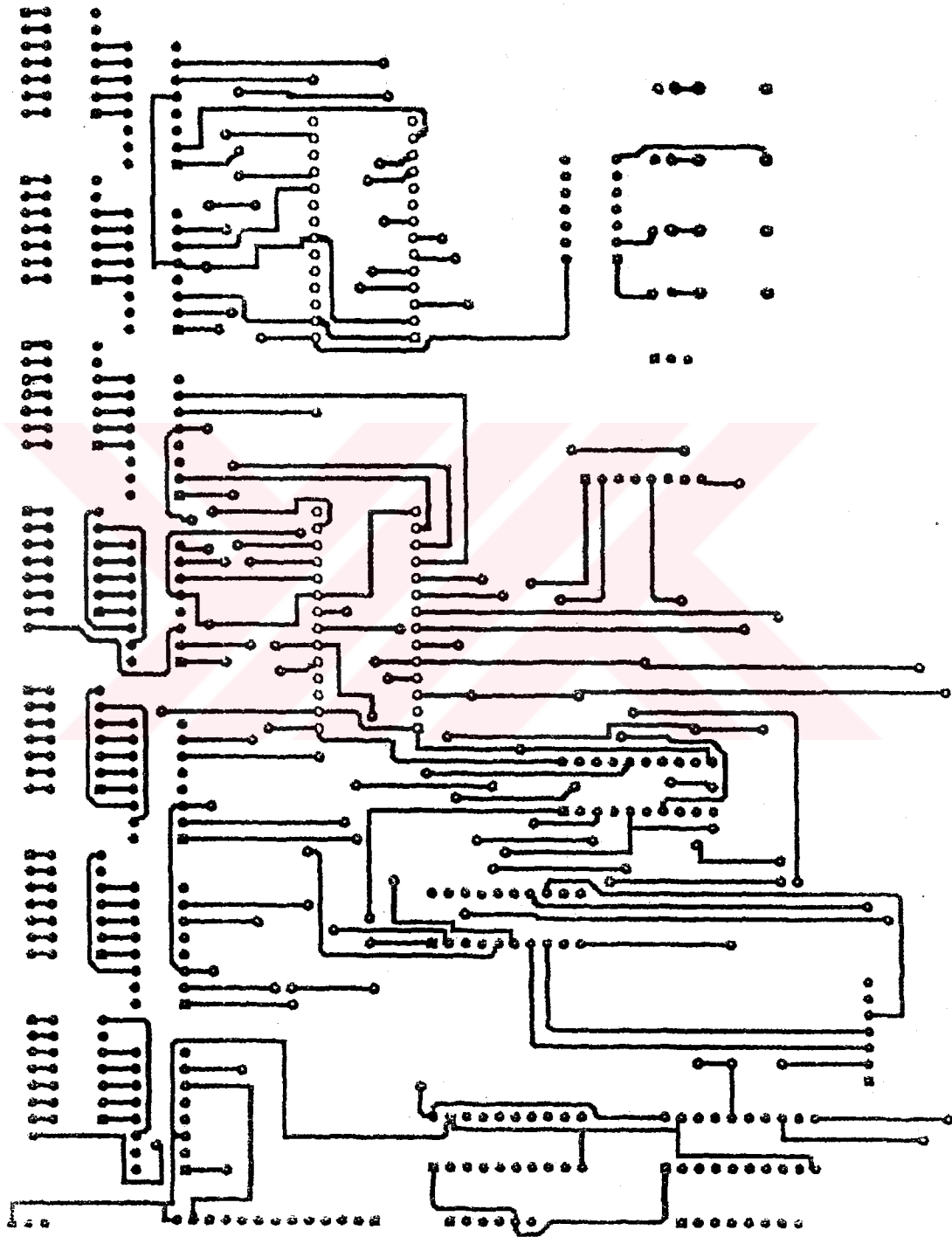


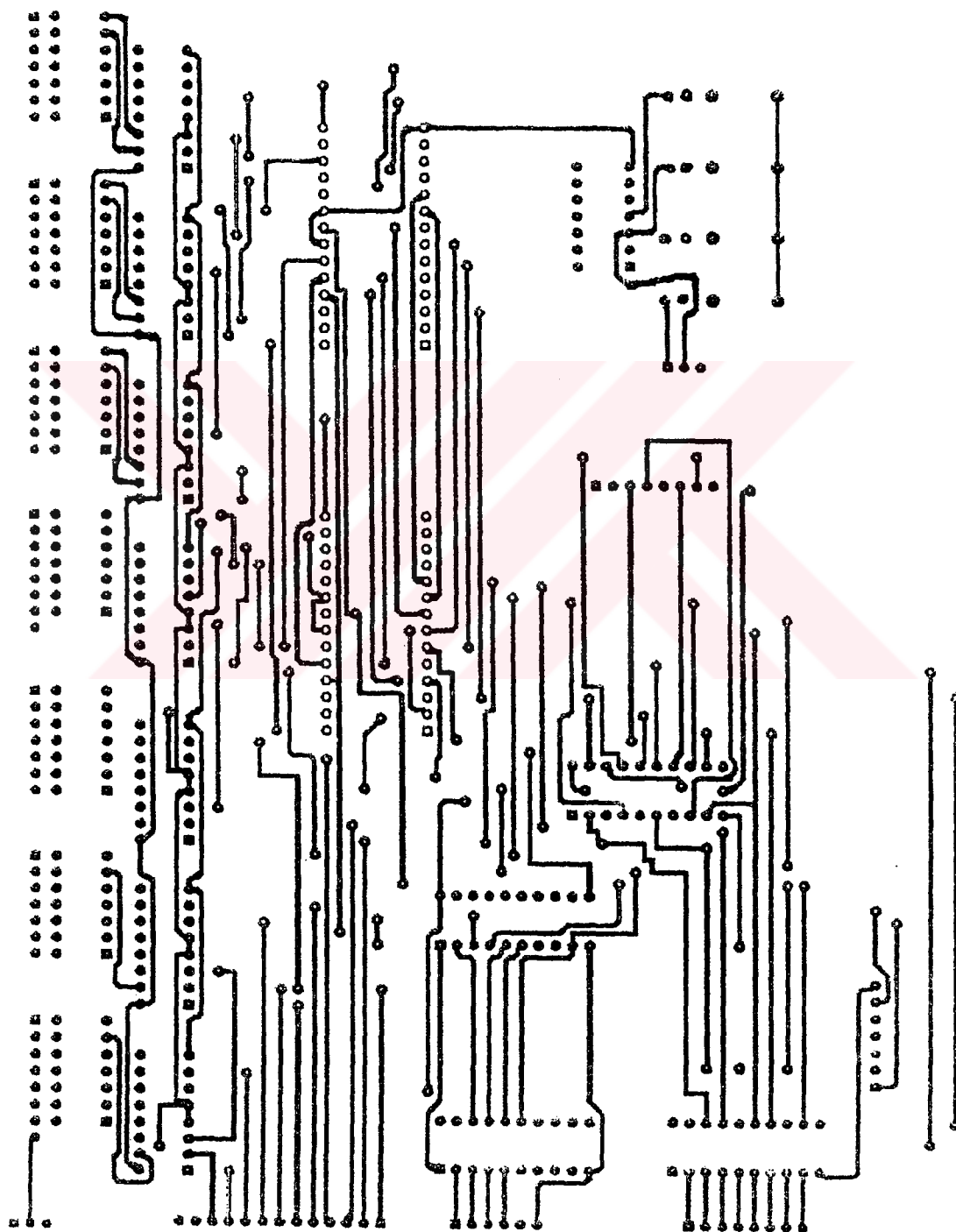
Ek 2.b Kontrol Kartının Başkı Devre Şeması



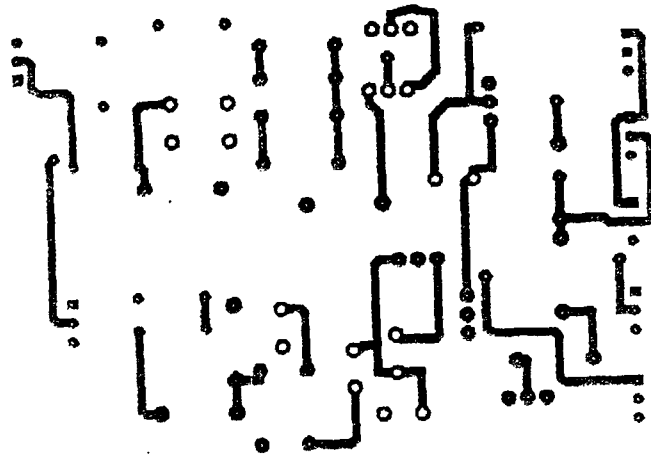
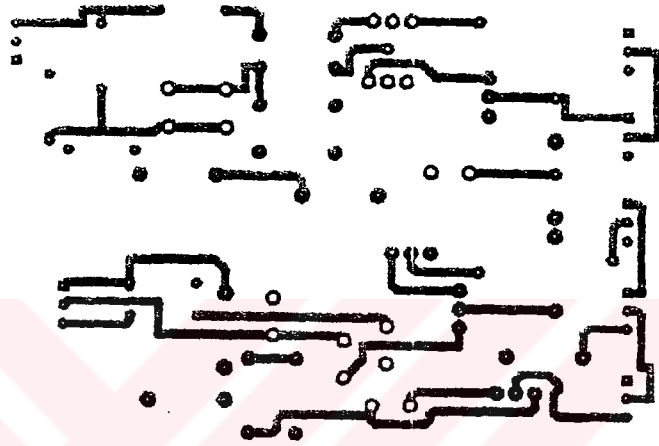


Ek 2.c Display Kartının Baskı Devre Şeması

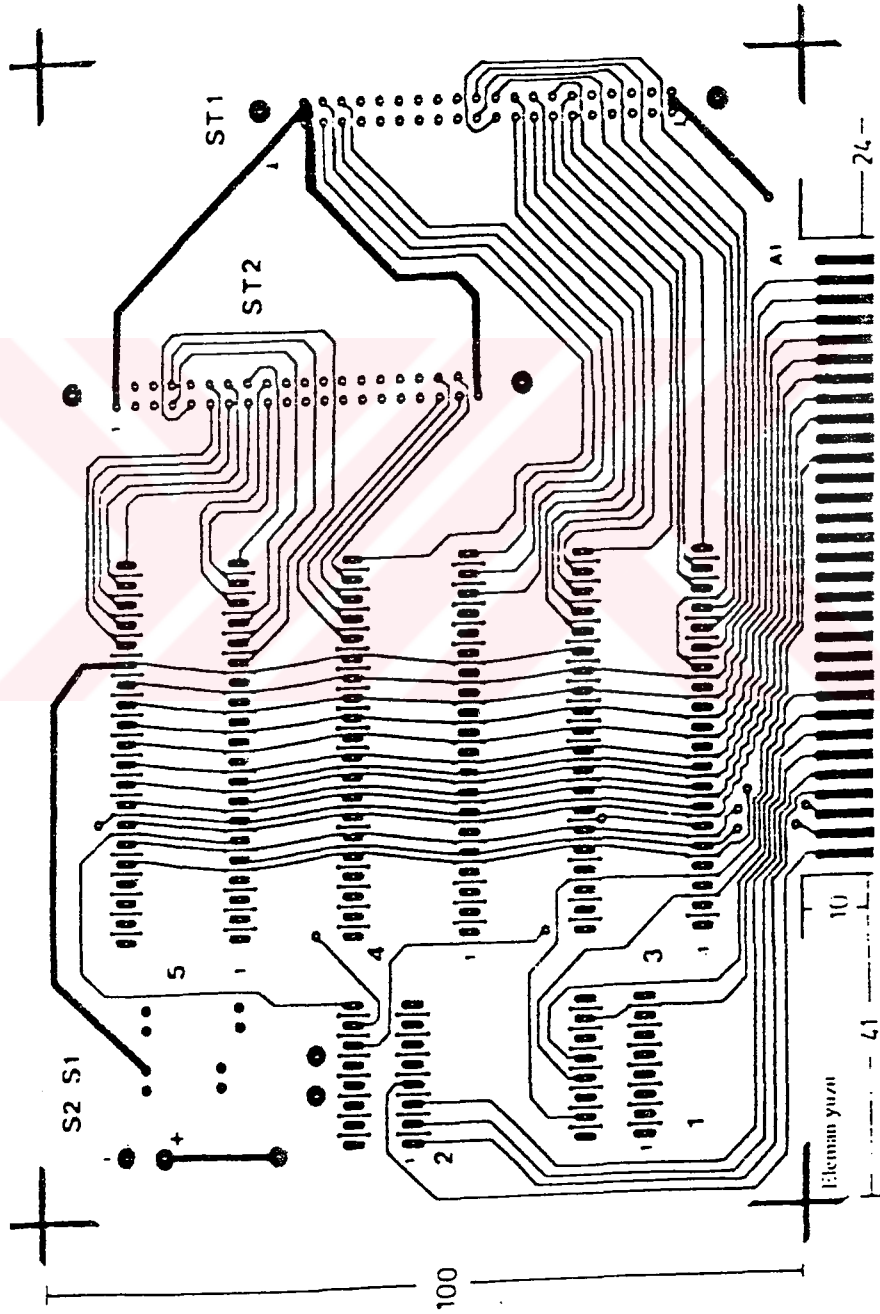


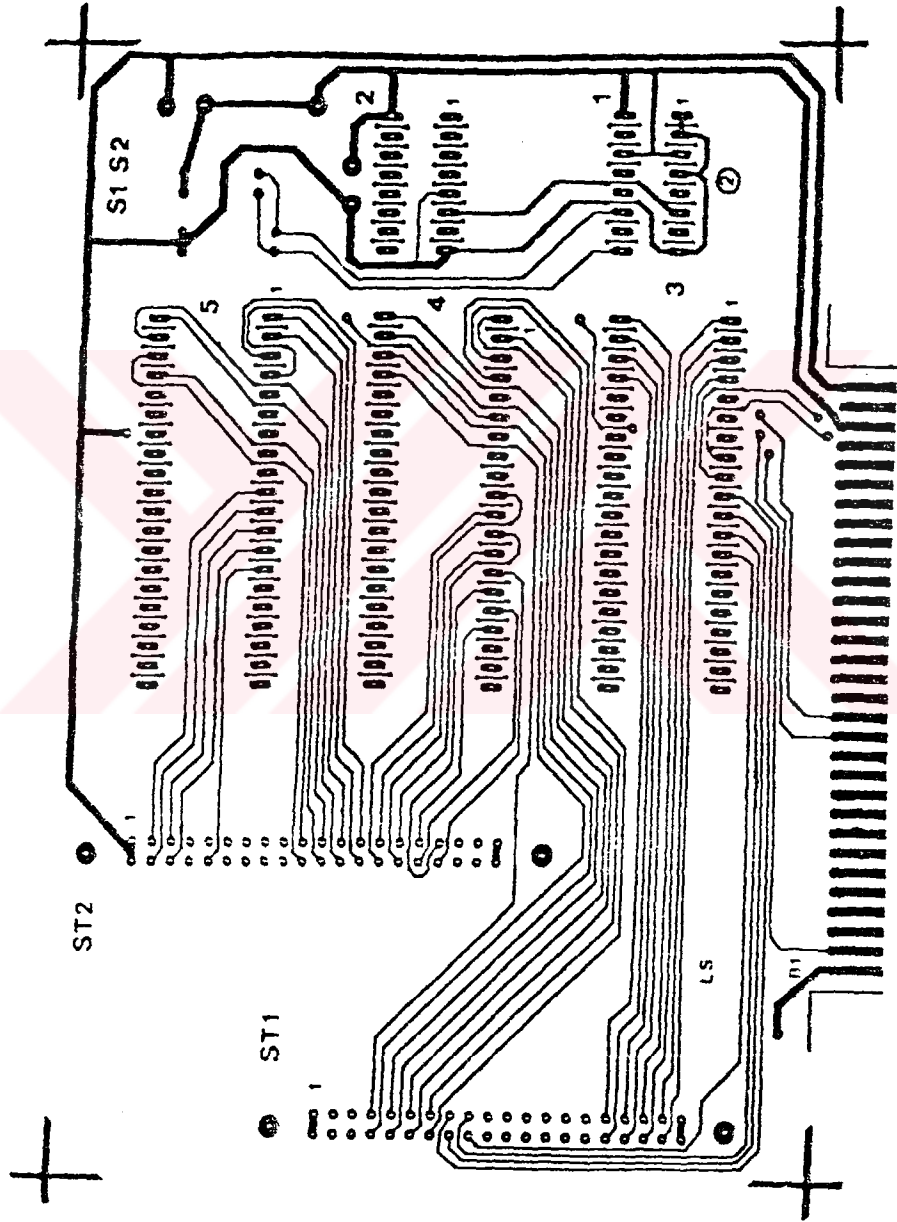


Ek 2.d Güç Kaynağı Kartının Baskı Devre Şeması



Ek 2.e Paralel I/O Arabirim Kartının Baskı Devre Şeması





Ek 3 Program Dökümü

```

CLS :LOCATE 3, 31: PRINT "ERCAN YALDIZ"
LOCATE 5, 24: PRINT "S.Ü. FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ"
LOCATE 7, 22: PRINT "ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ"
LOCATE 9, 31: PRINT "ANABİLİM DALI"
LOCATE 12, 29: PRINT "YÜKSEK LİSANS TEZİ"
LOCATE 23, 2: PRINT "Devam için bir tuşa basınız...":
DO
LOOP WHILE INKEY$ = ""

D: CLS
WHILE CMD$ <> CHR$(27)
CMD$ = INKEY$
LOCATE 3, 25: PRINT "<K>_____PC'YE KAYIT KOPYALAMA"
LOCATE 5, 25: PRINT "<G>_____KAYIT GÖRÜNTÜLEME"
LOCATE 7, 25: PRINT "<F>_____FARK GÖRÜNTÜLEME"
LOCATE 9, 25: PRINT "<S>_____ÖNCEKİ DEĞERLERİ SİLME"
LOCATE 11, 25: PRINT "<ESC>_____ÇIKIŞ"

LOCATE 15, 25: PRINT "SEÇİMİNİZ -> _"
IF CMD$ = "k" OR CMD$ = "K" THEN LOCATE 15, 38:
PRINT "KAYIT": FOR J = 1 TO 2000: NEXT J: GOSUB A
IF CMD$ = "g" OR CMD$ = "G" THEN LOCATE 15, 38:
PRINT "GÖRÜNTÜLE": FOR J = 1 TO 2000: NEXT J: GOSUB B
IF CMD$ = "f" OR CMD$ = "F" THEN LOCATE 15, 38:
PRINT "FARK": FOR J = 1 TO 2000: NEXT J: GOSUB C
IF CMD$ = "s" OR CMD$ = "S" THEN LOCATE 15, 38:
PRINT "SİLME": FOR J = 1 TO 2000: NEXT J: GOSUB SIL
IF CMD$ = CHR$(27) THEN LOCATE 15, 38:
PRINT "ÇIKIŞ": FOR J = 1 TO 2000: NEXT J: GOSUB E
WEND

E: CLS: LOCATE 10, 30: PRINT "PROGRAM ÇIKIŞI": END

A: CLS: LOCATE 20, 25
INPUT "KAYIT SAYISINI GİRİNİZ: ", E
ILK: C = E - (INT(E / 2) * 2)
IF C <> 0 THEN GOTO YENI
CLS : DIM YA(1000)
OUT &H12E, 131
FOR U = 1 TO E
A = INP(&H1F2C):
B = INP(&H1F2A):
TOP = 256 * A + B
YA(U) = TOP / 10
TOP = 0
OUT &H12C, 16
FOR P = 1 TO 100: NEXT P
OUT &H12C, 0
NEXT U

```

```
'TEK TEK KAYIT
OPEN "DEGERLER.DAT" FOR RANDOM AS #1 LEN = 10
FIELD #1, 10 AS DEG$
K = LOF(1) / 10: K = 1
FOR U = 1 TO E
DE$ = STR$(YA(U))
LSET DEG$ = DE$
PUT #1, K
K = K + 1
NEXT U
CLOSE #1
```

```
OPEN "TARIH.DAT" FOR RANDOM AS #2 LEN = 10
FIELD #2, 10 AS D$
LSET D$ = DATE$
PUT #2
CLOSE #2
```

```
'FARKKAYIT
OPEN "FARKLAR.DAT" FOR RANDOM AS #1 LEN = 10
FIELD #1, 10 AS DEG$
K = 1: R = 0
FOR U = 1 TO E STEP 2
R = U + 1
D = YA(U) - YA(R)
DE$ = STR$(D)
LSET DEG$ = DE$
PUT #1, K
K = K + 1
NEXT U
CLOSE #1
```

```
FOR I = 1 TO 100
```

```
LOCATE 20, 25: PRINT "
```

```
LOCATE 21, 25: PRINT "
```

```
LOCATE 22, 25: PRINT "
```

```
NEXT I
```

```
RETURN D
```

```
B: 'DEGER OKUMA
```

```
CLS: LOCATE 1, 5: PRINT "ÖLÇÜM DEĞERLERİ": PRINT:
```

```
LOCATE 2, 1:
```

```
PRINT "
```

```
OPEN "DEGERLER.DAT" FOR RANDOM AS #1 LEN = 10
```

```
FIELD #1, 10 AS DEG$
```

```
E = LOF(1) / 10
```

```
FOR U = 1 TO E
```

```
GET #1, U: KL = 5 + U
```

```
PRINT U; "="; DEG$,
```

```
NEXT U
```

```
PRINT
```

```
CLOSE #1
```

```

OPEN "TARIH.DAT" FOR RANDOM AS #2 LEN = 10
FIELD #2, 10 AS D$
GET #2
LOCATE 1, 70: PRINT D$
CLOSE #2
LOCATE 23, 2: PRINT "Devam için bir tuşa basınız...":
DO
LOOP WHILE INKEY$ = ""
RETURN D

```

```

C: 'FARK OKUMA
CLS
OPEN "DEGERLER.DAT" FOR RANDOM AS #1 LEN = 10
FIELD #1, 10 AS DEG$
E = LOF(1) / 10
CLOSE #1
LOCATE 1, 5: PRINT "SAĞ - SOL FARKLARI": PRINT
LOCATE 2, 1:
PRINT "

```

```

OPEN "FARKLAR.DAT" FOR RANDOM AS #1 LEN = 10
FIELD #1, 10 AS DEG$
K = LOF(1) / 10
FOR U = 1 TO (E / 2)
GET #1, U: PRINT U; "="; DEG$,
NEXT U
CLOSE #1
OPEN "TARIH.DAT" FOR RANDOM AS #2 LEN = 10
FIELD #2, 10 AS D$
GET #2
LOCATE 1, 70: PRINT D$
CLOSE #2
LOCATE 23, 2: PRINT "Devam için bir tuşa basınız...":
DO
LOOP WHILE INKEY$ = ""
RETURN D

```

```

YENI: CLS: LOCATE 20, 25
INPUT "ÇİFT SAYI GİRİNİZ : ", E
YN: IF E = 0 THEN GOTO D
IF E < 0 THEN GOTO A
GOTO ILK

```

```

SIL: FOR I = 1 TO 100
LOCATE 20, 25: PRINT "
LOCATE 21, 25: PRINT " ÖNCEKİ KAYITLAR SİLİNİYOR "
LOCATE 22, 25: PRINT "
NEXT I
KILL "DEGERLER.DAT"
KILL "FARKLAR.DAT"
KILL "TARIH.DAT"
GOTO D

```

Ek 4.a Paralel I/O Arabirim Kartına Giriş Olarak Erişim Adresleri

S1=0; S2=0:

7968D = 1F20H	A kapısı, Port 1 elemanı
7970D = 1F22H	B kapısı
7972D = 1F24H	C kapısı
294D = 126H	Kumanda kutuğu
7976D = 1F28H	A kapısı, Port 2 elemanı
7978D = 1F2AH	B kapısı
7980D = 1F2CH	C kapısı
302D = 12EH	Kumanda kutuğu
7984D = 1F30H	A kapısı, Port 3 elemanı
7986D = 1F32H	B kapısı
7988D = 1F34H	C kapısı
310D = 136H	Kumanda kutuğu

S1=1; S2=0

8032D = 1F60H	A kapısı, Port 1 elemanı
8034D = 1F62H	B kapısı
8036D = 1F64H	C kapısı
358D = 166H	Kumanda kutuğu
8040D = 1F68H	A kapısı, Port 2 elemanı
8042D = 1F6AH	B kapısı
8044D = 1F6CH	C kapısı
366D = 16EH	Kumanda kutuğu
8048D = 1F70H	A kapısı, Port 3 elemanı
8050D = 1F72H	B kapısı
8052D = 1F74H	C kapısı
374D = 176H	Kumanda kutuğu

S1=0; S2=1:

8096D = 1FA0H	A kapısı, Port 1 elemanı
8096D = 1FA2H	B kapısı
8100D = 1FA4H	C kapısı
422D = 1A6H	Kumanda kutuğu
8104D = 1FA8H	A kapısı, Port 2 elemanı
8106D = 1FAAH	B kapısı
8108D = 1FACH	C kapısı
430D = 1AEH	Kumanda kutuğu
8112D = 1FB0H	A kapısı, Port 3 elemanı
8114D = 1FB2H	B kapısı
8116D = 1FB4H	C kapısı
438D = 1B6H	Kumanda kutuğu

Ek 4.b Paralel I/O Arabirim Kartına Çıkış Olarak Erişim Adresleri

S₁=0; S₂=0:

288D = 120H	A kapısı, Port 1 elemanı
290D = 122H	B kapısı
292D = 124H	C kapısı
294D = 126H	Kumanda kutucuğu
296D = 128H	A kapısı, Port 2 elemanı
298D = 12AH	B kapısı
300D = 12CH	C kapısı
302D = 12EH	Kumanda kutucuğu
304D = 130H	A kapısı, Port 3 elemanı
306D = 132H	B kapısı
308D = 134H	C kapısı
310D = 136H	Kumanda kutucuğu

S₁=1; S₂=0:

352D = 160H	A kapısı, Port 1 elemanı
354D = 162H	B kapısı
356D = 164H	C kapısı
358D = 166H	Kumanda kutucuğu
360D = 168H	A kapısı, Port 2 elemanı
362D = 16AH	B kapısı
364D = 16CH	C kapısı
366D = 16EH	Kumanda kutucuğu
368D = 170H	A kapısı, Port 3 elemanı
370D = 172H	B kapısı
372D = 174H	C kapısı
374D = 176H	Kumanda kutucuğu

S₁=0; S₂=1:

416D = 1A0H	A kapısı, Port 1 elemanı
418D = 1A2H	B kapısı
420D = 1A4H	C kapısı
422D = 1AH	Kumanda kutucuğu
424D = 1A8H	A kapısı, Port 2 elemanı
426D = 1AAH	B kapısı
428D = 1ACH	C kapısı
430D = 1AEH	Kumanda kutucuğu
432D = 1B0H	A kapısı, Port 3 elemanı
434D = 1B2H	B kapısı
436D = 1B4H	C kapısı
438D = 1B6H	Kumanda kutucuğu

Ek 5 8255 Entegresinin I/O Portlarının Giriş veya Çıkış Olarak Yönlendirilme İhtimalleri

C=128	C=129	C=130	C=131
0-7 A >0	0-7 A >0	0-7 A >0	0-7 A >0
4-7 C >0	4-7 C >0	4-7 C >0	4-7 C >0
0-3 C >0	0-3 C >1	0-3 C >0	0-3 C >1
0-7 B >0	0-7 B >0	0-7 B >1	0-7 B >1
C=136	C=137	C=138	C=139
0-7 A >0	0-7 A >0	0-7 A >0	0-7 A >0
4-7 C >1	4-7 C >1	4-7 C >1	4-7 C >1
0-3 C >0	0-3 C >1	0-3 C >0	0-3 C >1
0-7 B >0	0-7 B >0	0-7 B >1	0-7 B >1
C=144	C=145	C=146	C=147
0-7 A >1	0-7 A >1	0-7 A >1	0-7 A >1
4-7 C >0	4-7 C >0	4-7 C >0	4-7 C >0
0-3 C >0	0-3 C >1	0-3 C >0	0-3 C >1
0-7 B >0	0-7 B >0	0-7 B >1	0-7 B >1
C=152	C=153	C=154	C=155
0-7 A >1	0-7 A >1	0-7 A >1	0-7 A >1
4-7 C >1	4-7 C >1	4-7 C >1	4-7 C >1
0-3 C >0	0-3 C >1	0-3 C >0	0-3 C >1
0-7 B >0	0-7 B >0	0-7 B >1	0-7 B >1

C = Kontrol kaydedicisine yazılan ondalık sayı.

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Ek 6. Kavrama Kuvveti Ölçüm Sonuçları

R Kavrama Değeri (Gr)	L Kavrama Değeri (Gr)	(R-L) Fark Değeri (Gr)
114.0	103.0	11.0
150.8	143.6	7.2
175.2	165.8	9.4
139.3	61.9	77.4
129.8	101.8	28.0
124.6	165.8	-41.2
156.3	131.1	25.2
144.1	104.0	40.1
114.3	54.9	59.4
105.8	107.6	-1.8
132.8	94.3	38.5
123.7	100.2	23.5
122.6	105.1	17.5
64.8	51.4	13.4