

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PIC MİKRODENETLEYİCİLERLE FİZİKSEL BİR DENEYİN
KONTROLÜ

FATİH AYGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI
YRD. DOÇ. DR. H. DOĞAN KARKI

SİVAS
2009

PIC MİKRODENETLEYİCİLERLE FİZİKSEL BİR DENEYİN KONTROLÜ

FATİH AYGÜN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

2009

Bu alışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Fizik Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan

Üye

Üye

ONAY

Bu tez çalışması,/...../2009 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Sezai ELAGÖZ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 7 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
SUMMARY.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iv
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	v
KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. MİKROİŞLEMCİ.....	4
2.1 Merkezi İşlem Birimi.....	4
2.1.1. Kaydediciler.....	5
2.1.2. Aritmetik Mantık Birimi.....	5
2.1.3. Zamanlama Kontrol Birimi.....	6
2.2 Giriş/Çıkış Birimi.....	6
2.3 Bellek.....	6
2.4 Mikrodenetleyici.....	7
2.4.1. EEPROM Bellekli Mikrodenetleyici.....	8
2.4.2. Flash (EPROM) Bellekli Mikrodenetleyici.....	8
2.4.3. OTP Bellekli Mikrodenetleyici.....	8
2.5 Mikrodenetleyicinin Mikroişlemciye Göre Artıları.....	9
3. PIC MİKRODENETLEYİCİ AİLESİNE GENEL BAKIŞ.....	10
3.1 PIC Çeşitleri.....	11
3.2 PIC Mikrodenetleyicinin Tercih Sebepleri.....	12
3.3 PIC'in Özellikleri.....	12
3.4 Bir PIC'in İşlem Yapabilmesi İçin Gerekli Bileşenleri.....	13
4. DEVREDE KULLANILAN ÖĞELER.....	15
4.1 PIC16F876 İşlemcisi.....	15
4.1.1. PIC16F876 İşlemcinin Temel Özellikleri.....	16
4.1.2. PIC16F876'nın Çevresel Özellikleri.....	17
4.1.4. PIC 16F876'nın PIN Tanımlamaları.....	18
4.1.5. Bellek Organizasyonu.....	18
4.1.6. Özel Fonksiyon Kaydedicileri.....	19
4.1.7. Veri EEPROM ve Flash Program Hafızası.....	22
4.1.8. Zamanlama 0 (TIMER0) Modülü ve TMR0 Kaydı.....	23
4.1.9. Zamanlayıcı 1 (TIMER1) Modülü.....	24
4.1.10. Zamanlayıcı 2 (TIMER2) Modülü.....	24
4.1.11. Capture/Compare/PWM (CCP) Modülleri.....	24
4.1.12. MSSP (Asıl Eşzamanlı Seri Port) Modülü.....	25
4.1.13. USART (Adreslenebilir Evrensel Senkronize / Asenkronize Alıcı/Verici) Modülü.....	25
4.1.14. ADC (Analog Dijital Konvertör) Modülü.....	25
4.1.15. Biçimlendirme (Konfigürasyon) Bitleri.....	26
4.2 Fototransistörler.....	26

4.3	Infrared Işıık Yayan Diyod.	27
4.4	Devrenin Yapımı.	29
5.	PIC PROGRAMLAMA ve MİKROBASIC.	32
5.1	PIC Programlamak İçin Neler Gereklidir.	32
5.2	MikroBasic Derleyicisi ve Temel Komutlar.	33
5.3	Eğik Düzlemin Programı.	35
6.	SÜRTÜNME Lİ ve SÜRTÜNME SİZ EĞİK DÜZLEM.	45
6.1	Newton'un Hareket Yasaları.	45
	6.1.1. Eğik Düzlem Düzeneginin Amacı.	46
6.2	Eğik Düzlem Üzerinde Bir Cismin Hareketi.	46
6.3	Sürtünme Kuvvetleri.	48
6.4	Hesaplama ve Sonuçlar.	50
6.5	Deneysel Hesaplama ve Hata Hesabı.	51
7.	SONUÇ.	58
	KAYNAKLAR.	59
	ÖZGEÇMİŞ.	60

ÖZET

PIC MİKRODENETLEYİCİLERLE FİZİKSEL BİR DENEYİN KONTROLÜ

Fatih AYGÜN

Yüksek Lisans Tezi, Fizik Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. H. Doğan KARKI

2009, 60 sayfa

Bu çalışmada, PIC mikrodnetleyiciler kullanılarak fiziksel bir deneyin kontrolü yapıldı. Fiziksel deneyde PIC mikrolarla sayıcı tasarlanarak zaman ölçüldü. Sayıcının programı MikroBasic programıyla yazıldı. Zaman ölçümü yapılarak cismin ortalama yerçekimi ivmesi ve sürtünme katsayısı hesaplandı.

Anahtar Kelimeler:PIC, Mikrodnetleyici, Sayıcı, MikroBasic, 16F876 mimarisi

ABSTRACT

TO CONTROL OF A PHYSICAL EXPERIMENT USING A PIC16F876 MICROCONTROLLER

Fatih AYGÜN

Master of Science Thesis, Department of Physics

Supervisor: Assist. Prof. Dr. H. Doğan KARKI

2009, 60 pages

In this work, a physical experiment was controlled by PIC microcontroller PIC16F876. In the experiment, The time was measured via the electronic circuit which was projected and programme that was written using MikroBasic by us. After measured the time, we calculated a mean value of the earth gravity and the friction coefficient.

Key Words : PIC, Microcontroller, Counter, MikroBasic , 16F876 Microchip

TEŞEKKÜR

Danışmanım Yrd. Doç. Dr. H. Doğan KARKI'ya tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Çalışma boyunca bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren, yardımlarını esirgemeyen ve verilerin yorumlanmasındaki katkılarından dolayı Yrd. Doç. Dr. Yavuz TÜRKEY'a müteőekkirim.

Tezin laboratuvar çalıőmaları aőamasında yardımcı olan ve imkân sağlayan Fizik Bölümü Teknisyeni Yüksek Müh. Bekir POYRAZ'a ve yardımları esirgemeyen Öğretim Görevlisi Deniz AKIN'a teşekkür ederim.

Her konuda sabırla yardımcı olan eőim Ruvéyde AYGÜN'e ve aileme desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Yapılan çalışmanın akış diyagramı	2
Şekil 1.2	Tezin genel hatlarıyla gösterimi	3
Şekil 2.1	Mikroişlemci blok diyagramı	5
Şekil 2.2	Mikrodenetleyici blok diyagramı	8
Şekil 4.1	İşlemcilerin mimari biçimi	16
Şekil 4.2	PIC16F876 bacak yapısı görünümü	18
Şekil 4.3	Fototransistörün sembolü ve paketlenmiş hali	27
Şekil 4.4	Elektromanyetik spektrum	28
Şekil 4.5	Devre baskı şeması	30
Şekil 4.6	Devrenin çalışır biçimdeki gösterimi	30
Şekil 4.7	Sayıcı devresi	31
Şekil 4.8	Sayıcı devresinin deney düzeneğine yerleştirilmiş resmi	31
Şekil 6.1	Eğik düzlem üzerinde kayan bir cisim ve serbest cisim diyagramı	47
Şekil 6.2	Pürüzlü bir yüzeyde hareket eden cismin serbest cisim diyagramı	49
Şekil 6.3	Pürüzlü bir eğik düzlem üzerindeki cisim	50
Şekil 6.4	MDF'li yüzeyde kayan MDF cisminin $x-t^2$ grafiği	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 4.1	PIC16F876’da PIN tanımlamaları	20
Çizelge 4.2	PIC16F876’de özel fonksiyon kaydedicileri ve fonksiyonlar .	21
Çizelge 5.1	Değişken çeşitleri.	33
Çizelge 5.2	Aritmetik operatörler.	34
Çizelge 5.3	Lojik operatörler.	34
Çizelge 5.4	Karşılaştırma operatörleri.	35
Çizelge 6.1	Kronometre ile ölçülen süreler	53
Çizelge 6.2	Sayıcı devre monte edilmiş deney düzeneği ile elde edilmiş süreler.	54
Çizelge 6.3	Kronometre ile ölçülen değerler sonucunda bulunan μ_k ve g. .	55
Çizelge 6.4	Sayıcı ile ölçülen değerler sonucunda bulunan μ_k ve g	55

KISALTMALAR DİZİNİ

ADC, A/D	Analog Dijital Çevirici (Analog Dijital Konvertör)
ALU	Aritmetik Mantık Birimi (Arithmetical Logic Unit)
CISC	Complex Instruction Set Computer
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
CPU	Merkezi İşlem Birimi (Central Processing Unit)
EEPROM	Elektrikle Silinebilir Bellek (Electrically Erasable Programmable Memory)
EPROM	Ultraviyole Işınlı Silinebilir Bellek (Erasable Programmable Read Only Memory)
G/Ç	Giriş /Çıkış
I ² C	Dâhili Seri İletişim Devresi (Inter-Integrated Circuit)
I/O	Giriş/Çıkış (Input/Output)
ICE	In-Circuit Emulator
MCLR	Donanım Kur (Master Clear Reset)
MSSP	The Master Synchronous Serial Port
OST	Osilatör Başlangıç Timeri
OTP	One Time Programmable
P	Güç (Power)
PC	Program Sayacı (Program Counter)
PIC	Çevresel Arabirim Denetleyicisi (Peripheral Interface Controller)
PLC	Programlanabilir lojik kontrol (Programmable Logic Controller)
POR	Başlangıç Kur (Power-on Reset)
PWM	Darbe Genişlik Modülasyonu (Puls Width Modulation)
PWRT	Başlangıç Zamanlayıcısı (Power-up Timer)
RAM	Rasgele Erişimli Bellek (Random Access Memory)
RISC	Azaltılmış Komut Kümeli Bilgisayarlar (Reduced Instruction Set Computer)
ROM	Sadece Okunabilir Bellek (Read Only Memory)
SCK	Seri Saat (Serial Clock)
SDI	Seri Veri Girişi (Serial Data In)
SDO	Seri Veri Çıkışı (Serial Data Out)
SPI	Seri Çevresel Arabirimi (Serial Peripheral Interface)
SSP	Senkron Seri Port (Synchronous Serial Port)
TTL	Transistor-Transistor Lojik
V _{DD} , V _{SS}	Kaynak Gerilimleri
V _{REF}	Referans Gerilimi

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
μ	Mikro
A	Amper
C	Kondansatör, F
F	Farad
f	Frekans, Hz
Hz	Hertz
k	Kilo
M	Mega
m	Mili
n	Nano
°	Derece
°C	Santigrad derece
p	Piko
R	Direnç, Ω
S	Saniye
V	Volt
π	Pi sayısı
Ω	Ohm

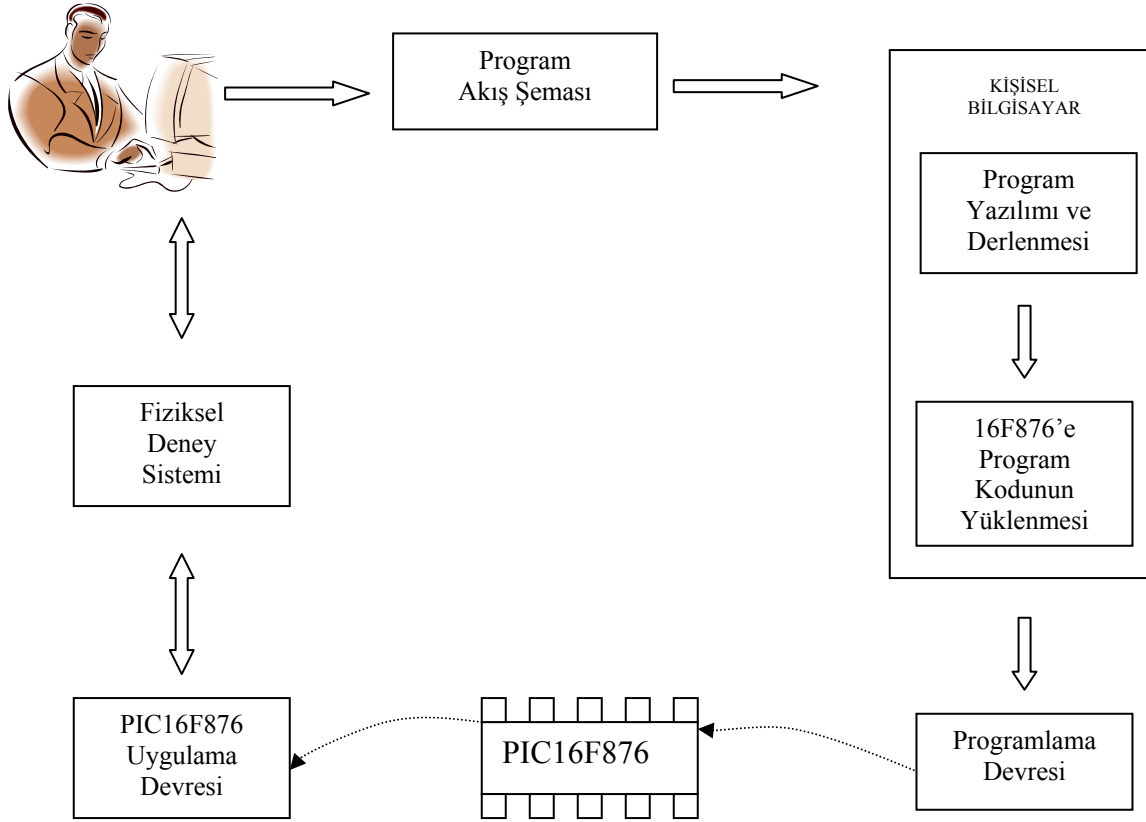
1. GİRİŞ

Günümüzde el değmeden üretim, başka bir deyimle otomasyon teknolojisinin hızla gelişmekte olduğunu görmekteyiz. Bu teknolojinin rağbet görmesinde, seri üretim, maliyet/işgücü'nün azalması, kalitenin artması gibi faktörler önemli rol almaktadır.

Bir otomasyon sisteminin en önemli kısmını, elektronik beyin olarak da adlandırabileceğimiz, sisteme göre programlanabilen elektronik cihazlar oluşturmaktadır. Bu cihazların başında; yirmiden fazla firmanın ürettiği çeşitli programlanabilir sayısal denetleyici PLC (**P**rogrammable **L**ogic **C**ontroller) cihazları yer almaktadır. PLC'ler kolay programlanabilmeleri, simülasyon yapabilme imkanı ile programlarda hata riskini azaltmaları gibi özelliklerinden dolayı ilgiyi kendi üzerlerine çekmektedirler. PLC'lerden daha ucuz bir çözüm yolu olan ve günümüzde popülaritesi artmakta olan mikroişlemci temelli sistemleri görmekteyiz. [1]

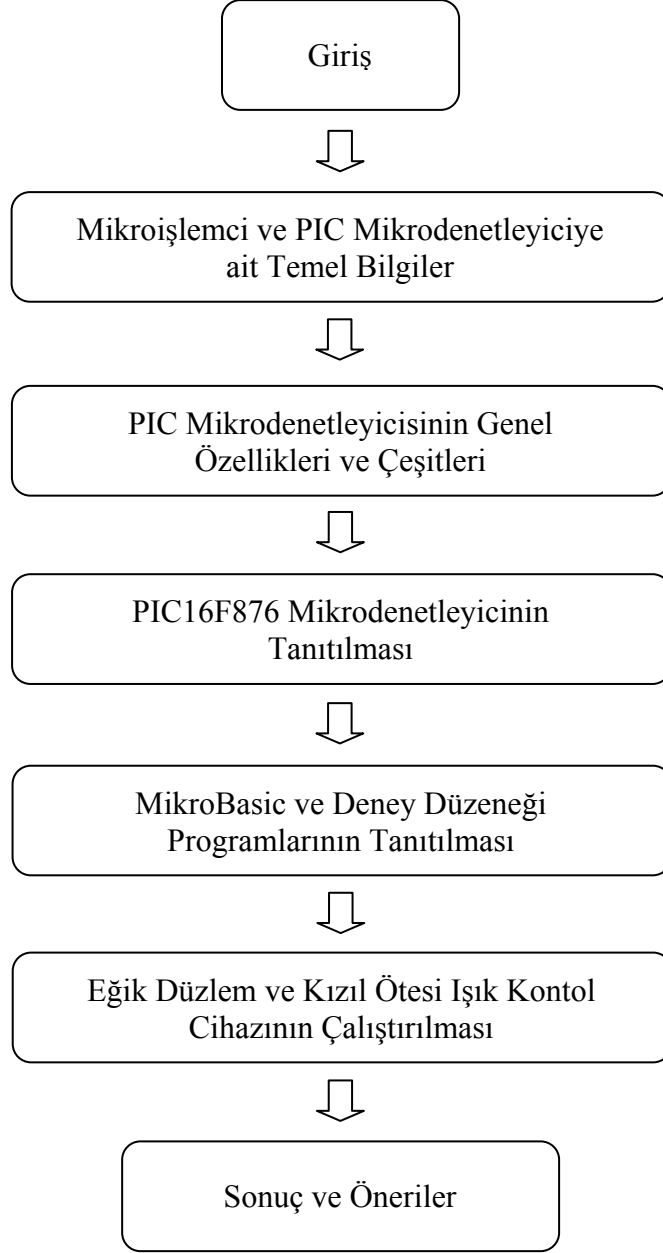
Bu çalışmada, mikroişlemci olan PIC16F876 denetleyicisi kullanılarak fiziksel bir deneyin kontrolü yapılmıştır. Bu amaçla; çevresel arabirim denetleyicisi anlamına gelen PIC (**P**eripheral **I**nterface **C**ontroller)'in mikrodenetleyicisi için program hazırlanması, hazırlanan programın mikrodenetleyiciye yüklenmesi ve uygulama devresinin hazırlanması ve deney sistemine uygulanması ve son olarak da devrede kullanılan malzemelerin ve de programın tanıtılması yapılmıştır. Bu PIC leri programlayabilmek için "ASSEMBLY", "PIC C" gibi yüksek seviyeli programlama dilleri veya PARSIC, PICBIT gibi görsel paket programlar bulunmasına rağmen, biz programlama dili olarak "MİKRO BASIC" programlama dilini kullandık. Deneyin kontrolü için yapılan çalışmanın akış şeması Şekil 1.1'de verilmiştir. Bu akış şemasına göre; bilgisayar ortamında, deney sistemini kontrol edebilmek için uygun program hazırlanmış ve PIC16F876 yüklenmiştir. [1]

Bu tez Şekil 1.2'de gösterilen sunu tarzında yazılmıştır. Buna göre önce giriş yapıldıktan sonra mikroişlemciler ve PIC mikrodenetleyicilere ait temel bilgiler verilmiştir.



Şekil 1.1 Yapılan çalışmanın akış diyagramı

Daha sonra PIC mikrodenetleyici ailesine genel bir bakış yapılarak özellikleri ve çeşitleri hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir. Bir sonraki bölümde PIC16F876 mikrodenetleyicisi ayrıntılı olarak tanıtılmış ve MikroBasic programının komutları ve deney düzeneği için yazılan program açıklanması ve PIC'e program yükleninceye kadar geçen bütün aşamalar ele alınmıştır. Son bölümünde ise; sonuç ve öneriler tartışılmıştır. [1]



Şekil 1.2 Tezin genel hatlarıyla gösterimi

2. MİKROİŞLEMCİ

En genel biçimde; merkezi işlem birimi CPU (Central Processing Unit), kontrol devresi, aritmetik mantık birimi ALU (Arithmatical Logic Unit) bazı kaydediciler ve adres/program sayıcısından oluşan mikroişlemci; bir sistemde merkezi işlem birimi olup; aritmetik ve mantıksal işlemleri yürütür.

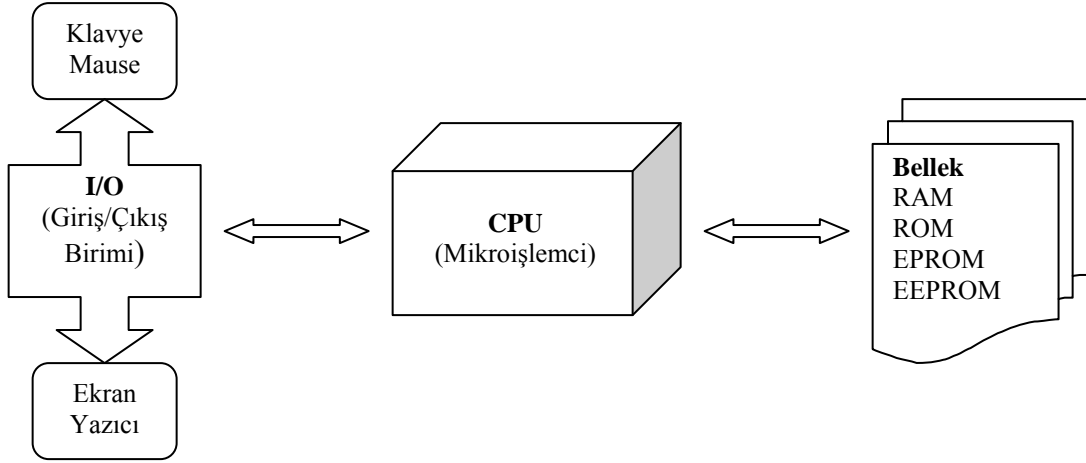
Giriş birimlerinden alınan verilerin bilgisayara alınması ve bu bilgilerin çıkış olarak sağlanması mikroişlemci tarafından kontrol edilir. Mikroişlemcinin bu tür işlemleri giriş olarak algılayıp, çıkışa yansıtması için mikroişlemci programlanır. Bir mikroişlemci, belleğinde saklı bulunan programı her bir komutu sıra ile okuyarak yürütür. Her komut önce, onu yürütmek için gerekecek işlemleri belirlemek üzere mikroişlemcinin anlayabileceği makine koduna çevrilir ve sonra gereken işlemler yapılır. Mikroişlemci entegre (tümleşik) devresi, yazılan programları meydana getiren makine komutlarını yorumlamak ve yerine getirmek için gerekli olan tüm mantıksal devreleri içerir.

Bir mikroişlemci temel olarak üç kısımdan oluşur. Bunlar merkezi işlem birimi, giriş/çıkış birimi (I/O: input/output) ve bellektir. Şekil 2.1'de mikroişlemcinin blok diyagramı görülmektedir. Şimdi bu birimleri sırasıyla açıklayalım.

2.1 Merkezi İşlem Birimi

Merkezi işlem birimi bilgisayarın kalbi veya beyni olarak adlandırılır. Merkezi işlem birimi genel olarak aşağıdaki işlemleri yapar:

- Sistemdeki bütün elemanlar ve birimlere zamanlama ve kontrol sinyali sağlar.
- Bellekten komut veya veriyi alıp getirir ve işler.
- Veriyi I/O birimlerine ya da kendisine aktarır.
- Komutların kodunu çözer.
- Komutla birlikte aritmetik ve mantık işlemlerini gerçekleştirir.



Şekil 2.1 Mikroişlemci blok diyagramı

Intel, Cyrix, AMD ve Motorola firmalarının üretmiş olduğu mikroişlemcilerde yukarıda bahsedilen işlemleri gerçekleştirmek üzere üç ana bölüm vardır. Bunlar; kaydediciler, aritmetik mantık birimi ve zamanlama-kontrol birimidir. [1]

2.1.1 Kaydediciler

Kaydediciler mikroişlemcinin içinde işlem yaparken geçici olarak verilerin saklandıkları saklayıcılarıdır. Mikroişlemci içerisinde değişik işlemleri gerçekleştirmek üzere akümülatör, indis kaydedicileri, stack pointer, program counter gibi kaydediciler mevcuttur. Mikroişlemciler içerisinde işlem yapılırken bu kaydedicilere veri atılabilir, toplama, karşılaştırma ve kaydırma gibi bazı işlemler gerçekleştirilebilir.

2.1.2 Aritmetik Mantık Birimi

Aritmetik mantık birimi yürütülmekte olan komutta belirtilen iki değer üzerinde aritmetik ve mantık işlemleri yerine getirir. Bu iki değerden biri daima özel bir mikroişlemci kaydedicisi olan ve A kaydedicisi olarak adlandırılan kaydedicinin o anki içeriğidir. Diğer giriş ise; mikroişlemcinin bölümünü oluşturan genel amaçlı kaydedici grubundan bir başka kaydedicidir. [1]

2.1.3 Zamanlama Kontrol Birimi

Zamanlama-kontrol birimi mikroişlemcinin içinde ve dışında olan bütün veri aktarımlarını ve ALU işlemlerini kontrol eder, çevre birimlerle eş zamanlama için gerekli sinyallemeği sağlar. [1]

2.2 Giriş/Çıkış Birimi

I/O birimi mikroişlemcinin dış dünya ile ilişkisinin sağlandığı ünedir. Mikroişlemciye verilen bilgiler bu ünite yolu ile işlemci içerisine alınırken, CPU ve diğer birimlerde işlenen veriler yine bu ünite sayesinde dış ortama aktarılırlar.

2.3 Bellek

Bellek bir mikro bilgisayar sistemi içerisinde bilgileri saklar. Bellek iki bölüme ayrılmıştır. Bir bölümü programı saklar, diğer bölüm ise mikro bilgisayarın gerek duyduğu bilgi ya da veriyi tutmak için kullanılır.

Genel amaçlı bir mikro bilgisayar sisteminde program sıklıkla değiştirilir. Çamaşır makinesi denetleyicisi gibi bir mikroişlemci tabanlı sistemde program, fabrikada üretilirken yüklenmiştir ve asla değişmez. Bu tür bir uygulama için program sadece okunur bellek ROM (**R**andom **O**nly **M**emory) adı verilen özel bir bellek türünde saklanır. ROM bellek içerisindeki verilerin değiştirilemediği bellektir. Sistem anahtarı kapatıldığı anda, içerisindeki bilgiler silinmez. Program deyimleri, veri vb. sadece bu bellekten kopya edilebilir. Rasgele erişimi bellek RAM (**R**andom **A**ccess **M**emory) üzerinde yazma ve okuma işlemleri yapılabilen belleklerdir. RAM, bir elektronik devre olduğu için, güce gereksinim duyar. Sistem anahtarı kapatıldığı anda, belleğin içeriği kaybolur. Bu nedenle bu belleğe kalıcı olmayan saklama ortamı adı verilir.

Diğer bir bellek türü de: silinebilir programlanabilir sadece okunur bellek EPROM (**E**rasable **P**rogrammable **R**ead **O**nly **M**emory) dur. EPROM bellek daha çok değiştirilmesi gerekecek ve çok sık değişmeyecek yazılımlar için kullanılır. [1]

2.4 Mikrodenetleyici

Mikrodenetleyici bir yazılım olmadan hiçbir işe yaramayan, ancak içerisine yazılan program vasıtasıyla istenilen bir işlemi gerçekleştiren kontrol elemanıdır. Mikrodenetleyici yazılım olması halinde neredeyse sınırsız bir kullanım alanına sahiptir.

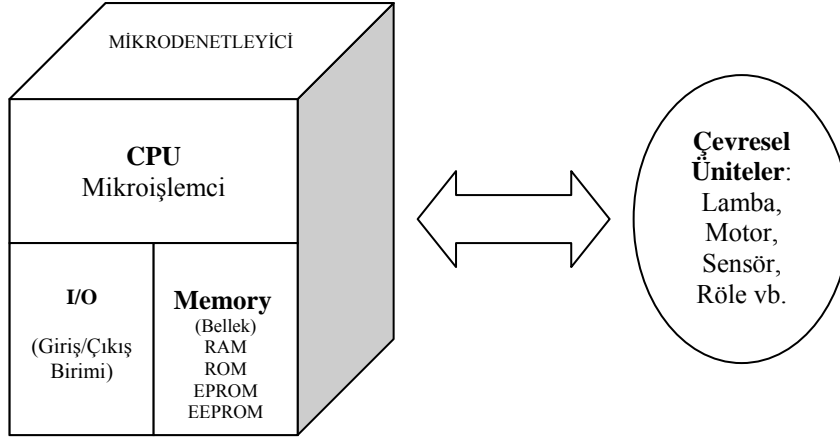
Aslında mikrodenetleyici bir bakıma bilgisayardır. Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden RAM, I/O, ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimindedir. Bir mikrodenetleyicinin blok diyagramı Şekil 2.2’de verilmiş olup, genel olarak aşağıdaki birimlerden oluşur:

- Merkezi işlem birimi
- Rasgele erişimli bellek
- Silinir/yazılır sadece okunur bellek
- Giriş/çıkış birimi
- Zamanlayıcılar (Timers)
- Kesmeler (Interrupt controller)

Mikrodenetleyicilerde işlemler ve komutlar birer bit kontrol edilebildiğinden giriş ve çıkış birimleri ve kesmeler çok etkin bir şekilde kullanılabilirler.

Şu an kullandığımız masaüstü veya dizüstü bilgisayarlar genel amaçlı bilgisayarlardır ve binlerce programı çalıştırılabilirler. Mikrodenetleyiciler ise özel amaçlı bilgisayarlar olup yalnızca programlandıkları işlemi yapabilirler. Bunun dışında;

- Mikrodenetleyiciler sadece bir iş için programlanmışlardır ve bu program içlerindeki ROM’da değişmemek üzere saklı bulunur.
- Mikrodenetleyiciler düşük güçte çalışan yongalardır. Bir bilgisayar 50W civarı güç harcarken mikrodenetleyiciler sadece 50mW civarında güç harcarlar.
- Mikrodenetleyicilere sadece girdi yapılmaz aynı zamanda çıktı da alınabilir. LED (Light Emitted Diod) göstergelerle, sıvı kristal göstergelerle, ikaz sesleriyle vb. Örneğin televizyonunuzda ve uzaktan kumandasında bulunan mikrodenetleyicilerden bahsedelim. Kumandada bulunan mikrodenetleyici tuşlara bastığımızda girdisini almış olur ve bunu televizyondaki alıcı mikrodenetleyiciye gönderir ve o mikrodenetleyici de gelen sinyale göre çıkış vererek ya kanal seçer, ya ses ayarı yapar ya da televizyonla ilgili işlemleri yapar. [1]



Şekil 2.2 Mikrodenetleyici blok diyagramı

- Mikrodenetleyiciler genelde küçük ve düşük fiyatlı yongalardır. Birçok parçadan oluşan karmaşık bir devreyi kolayca küçük boyutlara ve maliyete indirgenizi sağlar. Ayrıca mikrodenetleyiciler belleklerine göre de çeşitlilik gösterirler. [1]

2.4.1 EEPROM bellekli mikrodenetleyici

EEPROM (Electrically Erasable Programmable Memory) bellek elektriksel olarak silinebilen ve yazılabilen belleklerdir. Çoğu mikrodenetleyicilerde sınırlı sayıda bulunan EEPROM lar, bir defadan fazla yazılıp silinebildikleri için oldukça kullanışlıdır.

2.4.2 Flash (EPROM) bellekli mikrodenetleyici

Flash bellekler EEPROM'lerden daha hızlı ve daha çok yazma silme işlemine izin vermeleri yönünden üstündürler. Flash belleklerde bilgilerin korunması söz konusu değildir.

2.4.3 OTP bellekli mikrodenetleyici

OTP (**O**ne **T**ime **P**rogrammable) bellekli mikrodenetleyici bir kez programlanabilen mikrodenetleyicilerdir. OTP bir kez programlanabilen bir ROM'dur. Programınızı bir EPROM programlayıcı ile bir kez yazdıktan sonra silemez veya değiştiremezsiniz. Bu yöntem programınız artık tamamen hazır olduğunda ve bütün hatalarından arındırıldıktan sonra kullanılır.

Mikrodalga fırınlar gibi birçok üründe kullanılan ve maliyeti de oldukça düşük olan bu yongaların içine düşük güçlü ve düşük maliyetli CPU'lar yerleştirildi. Motorola 6811 ve Intel 8051 ailesi mikrodenetleyicileri bu türe iyi birer örnektir. Bunların yanında Microchip firması tarafından üretilen PIC mikrodenetleyicileri de son zamanlarda oldukça popülerdir. Günümüz standartlarında bu yongalar inanılmayacak kadar küçük ve düşük fiyatla satın alınabilmektedir. Sıradan bir mikrodenetleyici içinde en azından 1,000 byte kapasiteye sahip bir ROM ve 20 byte kapasiteye sahip bir RAM, 8 adet I/O ucu (PIN) bulundurabilir.

2.5 Mikrodenetleyicinin Mikroişlemciye Göre Artıları

- Mikroişlemcinin kullanımı ve mikroişlemcili sistemin tasarımı mikrodenetleyicili sisteme göre hem daha masraflı hem de daha karmaşıktır.
- Mikrodenetleyicili bir sistemin çalışması için elemanın kendisi ve bir osilasyon kaynağının olması yeterlidir.
- Mikrodenetleyicinin ihtiyaç duyduğu önbellek ve giriş çıkış birimi bir yonga içerisinde bulunmaktadır. Ancak mikroişlemcili bir sistemde önbellek harici olarak bulunur.

3. PIC MİKRODENETLEYİCİ AİLESİNE GENEL BAKIŞ

PIC serisi mikrodenetleyiciler Microchip firması tarafından geliştirilmiştir. Üretim amacı; çok fonksiyonlu mantık uygulamalarının hızlı ve ucuz bir mikrodenetleyici ile yazılım yoluyla karşılanmasıdır. İlk olarak 1994 yılında 16 bitlik ve 32 bitlik büyük işlemcilerin giriş ve çıkışlarındaki yükü azaltmak ve denetlemek amacıyla çok hızlı ve ucuz bir çözüme ihtiyaç duyulduğu için geliştirilmiştir. Çok geniş bir ürün ailesinin ilk üyesi olan PIC16C54 bu ihtiyacın ilk ürünüdür. PICdenetleyicileri RISC (**R**educed **I**nstruction **S**et **C**omputer) benzeri işlemciler olarak anılır. PIC16C54, 12 Bit komut hafıza genişliği olan 8 bitlik CMOS (**C**omplementary **M**etal **O**xide **S**emiconductor) bir işlemcidir. 18 bacaklı dip kılıfta 13 I/O bacağına sahip ve 20 MHz osilator hızına kadar kullanılabilir. 33 adet komut içermektedir. 512 byte program EPROM'u ve 25 byte RAM'ı bulunmaktadır. Bu hafıza kapasitesi CISC (**C**omplex **I**nstruction **S**et **C**omputer) işlemciler için düşük gibi görünebilir ancak PIC'in RISC denetleyici olması birçok işin bu kapasitede uygulanmasına olanak vermektedir.

PIC serisi tüm denetleyiciler herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 adet kondansatör, 1 adet direnç ve 1 kristal ile çalıştırılabilmektedir. Tek bacadan 40 mA akım çekilebilme ve entegre toplamı olarak 150 mA akım akıtma kapasitesine sahiptir. Entegrenin 4 MHz osilator frekansında çektiği akım; çalışırken 2 mA, stand-by durumunda ise 20 µA kadardır. PIC 16C54'ün mensup olduğu denetleyici ailesi 12 bit core 16C5X olarak anılır. Bu gruba temel grup adı da verilir. Bu ailenin üyesi diğer denetleyiciler PIC16C57, PIC16C58 ve dünyanın en küçük işlemcisi olarak anılan 8 bacaklı PIC12C508 ve PIC 12C509'dur. Interrupt (kesme) kapasitesi ilk denetleyici ailesi olan 12 bit Core 16C5X ailesinde bulunmamaktadır. Daha sonra üretilen ve orta sınıf olarak tanınan 14 bit Core- 16CXX ailesi birçok açıdan daha yetenekli bir grup işlemcidir.

Bu ailenin temel özelliği Interrupt kapasitesi ve 14 bitlik komut işleme hafızasıdır. Bu özellikler PIC'i gerçek bir denetleyici olmaya ve karmaşık işlemlerde kullanılmaya yatkın hale getirmiştir. PIC16CXX ailesi en geniş ürün yelpazesine sahip ailedir. 16CXX ailesinin en önemli özellikleri seri olarak devre üstünde dahi programlanmasıdır.

PIC16CXX ailesinin amatör elektronikçiler arasında en çok tanınan ve dünyada üzerinde en çok proje üretilmiş elemanı ise PIC16C84 veya PIC16F84'tur.

PIC16F84'un bu kadar popüler olması onun çok iyi bir denetleyici olmasından ziyade program belleğinin EEPROM'a sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Seri olarak dört adet kabloyla programlanması da diğer önemli avantajıdır. Bugüne kadar amatörce bir işlemciyle uğraşmış herkesin en büyük sıkıntısı EPROM veya EPROM tabanlı denetleyicileri programladıktan sonra Ultra-violet ışık kaynağı ile silip tekrar programlamaktır. Bu çok zahmetli ve bir amatör için donanım gerektiren yöntem olmuştur. PIC16F876 ise PIC16F84'ün tüm özelliklerini taşımaktadır. Ayrıca PIC16F876'de PIC16F84'e ek olarak bazı özellikleri yer almaktadır. [1]

3.1 PIC Çeşitleri

Microchip firması ürettiği mikrodenetleyicileri dört farklı gruba ayırarak isimlendirilmiştir. Her bir grup ise bir PIC ailesi olarak adlandırmıştır. PIC ailelerine isimlendirilirken; bir mikroişlemci veya mikrodenetleyicinin dâhili veri yolu uzunluğuna bağlı olan (word length) göz önüne alınmıştır. Mikroişlemciler veya mikrodenetleyiciler kendi içlerindeki dâhili veri saklama alanları olan kaydedicileri arasındaki veri alışverişini farklı sayıdaki bitlerle yaparlar. Örneğin, 8088 mikroşlemcisi yonga içerisindeki veri alışverişini 16 bit ile yaparken, Pentium işlemcileri 32 bitlik verilerle iletişim kurarlar.

Microchip PIC'leri 12, 14, 16 bitlik kelime boylarında üretilmekte ve buna göre aşağıdaki aile isimleriyle

- PIC 16C5XX ailesi 12 bit kelime boyu,
- PIC 16CXXX ailesi 14 bit kelime boyu,
- PIC 17CXXX ailesi 16 bit kelime boyu ve
- PIC 12CXXX ailesi 12 bit/14 bit kelime boyu ile tanımlanmışlardır.

Bir mikrodenetleyici yonga dışındaki harici ünitelerle veri alışverişini kaç bitle yapıyorsa, buna *veri yolu bit sayısı* denir. PIC'ler farklı kelime boylarında üretilmelerine rağmen harici veri yolu tüm PIC ailelerinde 8 bittir. Yani bir PIC, I/O portu aracılığı ile çevresel ünitelerle veri alışverişi yaparken 8 bitlik veri yolunu kullanırlar.

PIC programcıları program kodlarını yazarken bir komutun kaç bitlik kelime boyundan oluştuğu ile pek fazla ilgilenmezler. Seçilen bir yonga programlarken uyulması gereken

kuralları ve o yonga ile ilgili özelliklerin bilinmesi yeterlidir. Bu özellikler PIC'in bellek miktarı, I/O portu sayısı, A/D dönüştürücüye sahip olup olmadığı, kesme fonksiyonlarının bulunup bulunmadığı ve bellek tipinin ne olduğu (Flash, EPROM, EEPROM ...vb) gibi bilgilerdir. [1]

3.2 PIC Mikrodenetleyicinin Tercih Sebepleri

- Fiyatının ucuz olması,
- Mantıksal işlemlerde performansının yüksek olması,
- Verilere ve belleğe hızlı bir şekilde erişimin sağlanması,
- 8 bitlik bir mikrodenetleyici olması,
- Veri ve bellek için arı yolların (bus'ların) ayrılmış olması,
- Yüksek frekanslarda çalışabilme özelliği,
- Uyku modunda (Sleep mode) 1 μ A gibi küçük bir akım çekmesi,
- 14 bitlik komut işleme hafızası,
- Yalnızca 2 kondansatör ve 1 direnç ile çalışabilme özelliği ve

RISC mimarisine sahip olmasıdır.

3.3 PIC' in Özellikleri

- Güvenirlik: PIC komutları bellekte çok az yer kaplarlar. Dolayısıyla bu komutlar 12 veya 14 bitlik bir program bellek sözcüğüne sığarlar. Harvard mimarisi kullanılmayan mikrodenetleyicilerde yazılım programının veri kısmına atlama yaparak bu verilerin komut gibi çalışmasını sağlamaktadır. Bu ise; büyük hatalara sebep olan açan bu durum PIC'ler de engellenmiştir.
- Hız: PIC oldukça hızlı bir mikrodenetleyici Olup her bir komut satırı 1 μ s'n'lik bir zaman diliminde işlenir. Örneğin 5 milyon komutluk bir programın 20 MHz'lik bir kristalle işletilmesi yalnızca 1 saniye sürer. Bu süre kabaca 386 diye tanımladığımız sayısal bilgisayarın hızının yaklaşık 2 katıdır. Ayrıca PIC'lerin RISC mimarisine sahip olmasının hıza etkisi oldukça büyüktür.
- Komut Takımı: PIC'te bir işlem gerçekleştirmek için kullanılacak komut sayısı oldukça azdır. Örneğin PIC16F8XX ailesinde 33 komutu kullanarak sınırsız sayıda işlem yapabilmek mümkündür.

- Statik işlem: PIC mikrodenetleyici tamamıyla statik bir işlemcidir. İşlemciye atma (puls) sağlayan osilasyon kaynağı durdurulsa bile işlenen veriler muhafaza edilmektedir.
- Sürme Özelliği: PIC'ler yüksek bir sürme kapasitesine sahiptir. Daha öncede belirtildiği üzere, çıkış olarak tanımlanan pinlerin yalnız birinin aktif olması halinde 40 mA çekilebilirken, entegre elemanın tamamı düşünüldüğünde ise çekilen akım değeri 150 mA'e kadar çıkabilmektedir.
- Güvenlik: PIC üretim özelliği itibariyle bir koruma (protect) bitine sahiptir. Bu bitin programlanması yolu ile PIC içerisine yazılan programın başkaları tarafından okunması ve kopyalanmasına engel olunmuş olunur.
- Flash Olma Özelliği: Bu özellik PIC'in yeniden programlanabilir olması durumunu ifade etmektedir. Yani PIC üzerine yazılan program geliştirme amacı ile silinebilir ve yeni bir program yüklenebilir. [1]

3.4 Bir PIC'in İşlem Yapabilmesi İçin Gerekli Bileşenler

- Giriş/Çıkış: I/O birimi mikrodenetleyicinin dış dünya ile ilişkisini sağlayan, girdi ve çıktı şeklinde ayarlanabilen bir bağlantı pinidir.
- Yazılım: Yazılım mikrodenetleyicinin çalışmasını ve işletilmesini sağlayan bilgidir. Yazılım PIC Basic, C, Pascal veya Assembler gibi çeşitli dillerde veya ikili (binary) olarak yazılabilir.
- Donanım: Donanım mikrodenetleyiciyi, bellek, arabirim bileşenleri, güç kaynakları, sinyal düzenleyici devreler ve bunları çalıştırmak ve arabirim görevini üstlenmek için bu cihazlara bağlanan tüm bileşenlerdir.
- Simülatör: Simülatör PC (Personal Computer) üzerinde çalışan ve mikrodenetleyicinin içindeki işlemleri simüle eden MPsim (Multi Processor SIMulation) gibi bir yazılım paketidir. Hangi olayların ne zaman meydana geldiği biliniyorsa, bir simülatör kullanmak tasarımları test etmek için kolay bir yol olacaktır. Öte yandan simülatör, programları tümüyle veya birer adım izleyerek hatalardan arındırma fırsatı sunar. Şu anda en gelişmiş simülatör programı Microchip firmasının geliştirdiği MPLAB (Multi Processor LABoratory) programıdır.
- ICE (In- Circuit Emulator): ICE PIC MASTER olarak da adlandırılır. İç devre takipçisi olarak tanımlanan ICE, PC ve Mikrodenetleyicinin yer alacağı soket arasına bağlanmış

yararlı bir gereçtir. Bu gereç yazılım, PC de çalışırken devre kartı üzerinde bir mikrodenetleyici gibi davranır. ICE, bir programa girilmesini, mikro içinde neler olduğunu ve dış dünyayla nasıl iletişim kurulduğunun izlenilmesini mümkün kılar.

- Programlayıcı: Programlayıcı yazılımın mikrodenetleyicinin belleğinde programlanmasını ve böylece ICE' nin yardımı olmadan çalışmasını sağlayan bir birimdir. [3]
- Kaynak Dosyası: Kaynak dosyası Assembler ve tasarımcının anlayabileceği dilde yazılmış bir programdır. Kaynak dosya mikrodenetleyicinin anlayabilmesi için önceden makine diline dönüştürülmüş (complier) olmalıdır.
- Assembler: Assembler kaynak dosyayı bir nesne dosyaya dönüştüren yazılım paketidir. Hata araştırma bu paketin yerleşik bir özelliğidir. Bu özellik assemble edilme sürecinde hatalar çıktıkça programı hatalardan arındırırken kullanılır. MPASM, tüm PIC ailesini elinde tutan Microchip'in son dönüştürücüsüdür.
- Nesne Dosyası (Object File) : Assembler tarafından üretilen nesne dosyası; programcı, simülatör veya ICE'nin anlayabilecekleri ve böylelikle dosyanın işlevlerinin çalışmasını sağlayabilecekleri bir dosyadır.

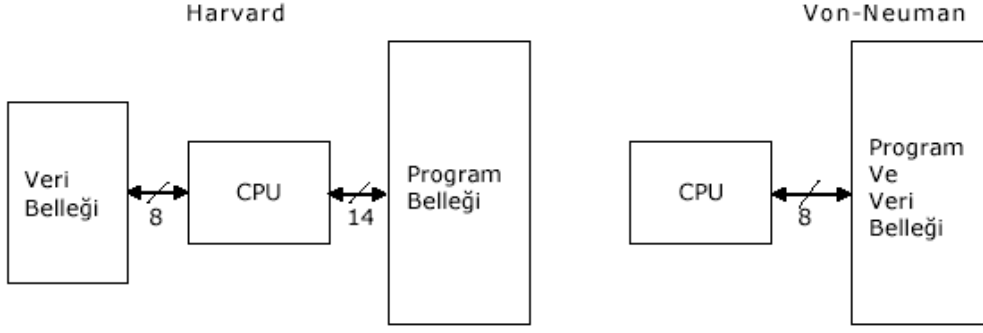
4. DEVREDE KULLANILAN ÖĞELER

4.1 PIC16F876 İşlemcisi

Yüksek performanslı, CMOS, full-statik, 8 bit mikrodenetleyici özelliğine sahip olan PIC16F876 işlemcisi, Harvard mimarisini kullanan PIC16CXX ve PIC17CXX ailesinin özelliklerini taşır. Von-Neuman mimarisinde, veri ve program belleğine aynı yoldan erişilebilirken, bu mimaride program ve veri belleğine erişim farklı boylarda yapılır. Veri yolu (databus) 8 Bit genişliğindedir. Aynı anda veri belleğine 8 Bit genişliğindeki bu yolla erişilirken, program belleğine program yolu (program bus/address bus) denilen 14 Bit lik yol genişliğine sahip diğer bir yolla erişir. Bunun için PIC16F87X komut kodları 14 bittir. 14 Bitlik program belleğinin her bir adresi, bir komut koduna (introduction code/word) karşılık gelir. Dolayısıyla her komuta bir çevrim süresinde (cycle) ulaşılır ve komut kaydediciye yüklenir. İşlemci tarafından kullanılan komut kaydedicisi dallanma komutları dışındaki bütün komutları tek bir çevrim süresinde çalıştırırken, dallanma veya sapma komutlarını iki ardışık periyotta yerine getirir.

Şekil 4.1’de İşlemcilerin mimari biçimi verilmiştir. PIC16F87X ailesi dış elemanları azaltacak çok önemli özelliklere sahiptir. Bu özelliğinden dolayı, PIC16F87X kullanarak yapılacak elektronik devrenin maliyeti ve enerji sarfiyatı azaltmakta ve de sistemin güvenilirliğini artmaktadır. Bunun yanı sıra tüm PIC’lerde, dört farklı osilatör tipi bulunmaktadır. Kullanıcı bu dört moddan birini seçerek iki konfigürasyon bitini (FOSC1 ve FOSC2) programlayabilir.

Bu osilatör tiplerinden ilki, tek pinli RC (direnç kondansatör zaman sabitli) osilatörü olup 4 MHz’de çalışır ve de düşük maliyetlidir. İkincisi, LP osilatörü (kristal veya seramik rezonatör) enerji sarfiyatını minimize etmekte kullanılır ve 40 kHz’de çalışır. Üçüncüsü, XT kristal veya seramik rezonatörü genel amaçlı olup 4 MHz de çalışır. Sonuncusu HS kristal veya seramik rezonatörü çok yüksek hıza sahip olup ve 20 MHz de çalışır. PIC mikrodenetleyicilerinin en büyük özelliği sleep modu özelliğidir.



Şekil 4.1. İşlemcilerin mimari biçimi

Bu mod sayesinde işlem yapılmadığı durumlarda PIC uyuma moduna geçerek çok düşük akım çeker. Kullanıcı bir kaç iç ve dış kesmelerle PIC'i uyuma modundan çıkarabilmektedir. Yüksek güvenilirlikli Watchdog Timer kendi bünyesindeki yonga üstü RC osilatörü ile yazılımı kilitlemeye karşı korumaktadır. PIC16F876 EEPROM program belleği, aynı aygıt paketinin orijinali ve üretimi için kullanılmasına olanak vermektedir. Yeniden programlanabilirliği mikroyu uygulamanın sonundan kaldırmadan kodu güncelleştirmeye izin vermektedir. Bu aygıtın kolayca erişilemediği, fakat proto-tipinin kod güncelleştirmesi gerekli olduğu durumlarda, birçok uygulamanın geliştirilmesinde yararlıdır. Bunun yanı sıra bu kodun güncelleştirilmesi diğer ayrı uygulamalarda da yararlıdır. [4]

4.1.1 PIC16F876 İşlemcisinin Temel Özellikleri

PIC16F876 işlemcisinin temel özellikleri aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Yüksek hızlı RISC işlemciye sahip,
- 35 adet komut var olup her biri 14 Bit uzunluğunda,
- Dalların komutları iki çevrim süresinde uygulanırken, diğer komutlar bir çevrim süresinde çalıştırılır,
- İşlem hızı 20 MHz (200 ns) eşittir,
- 8K x 14 word'lük flash program belleği,
- 368 x 8 bayt'lık veri belleği,
- 256 x 8 byte'lık EEPROM veri belleği,
- Pin çıkışları PIC16C73B/74B/76 ve 77 ile uyumlu,

- Doğrudan ve dolaylı adresleme,
- POR (Power-on Reset) enerji verildiği zaman resetleme,,
- PWRT(Power-up Timer) power up zamanlayıcı özelliği
- Osilatör Start-up Timer osilatör başlatma zamanlayıcısı,
- Watchdog Timer özel tip zamanlayıcı devre içi osilatörü,
- Programlanabilen kod koruma,
- Enerji tasarrufu için uyku modu,
- Düşük güçlü yüksek hızlı CMOSFLASH/EEPROM teknolojisiyle programlama,
- Devre içi Debugger hata ayıklamada kullanılabilecek modül,
- Seçimli osilatör özellikleri,
- İki PIN le programlanabilmesi,
- Tamamen statik tasarım,
- Devre üzerinde seri programlama,
- 5 V' luk gerilimle devre içi seri programlanabilme özelliği,
- 2 - 5 V arasında çalışabilme özelliği ve
- Düşük güç harcaması:
 - 5 V, 4 MHz de 2 mA daha az akım çeker,
 - 3 V, 32 kHz de 20 mA daha az akım çeker ve
 - Bekleme modunda (standby) 1 mA daha az akım çeker. [1]

4.1.2 PIC16F876'nın Çevresel Özellikleri

- TMR0: 8 Bit önbölücüye (pescaler) sahip 8 Bit zamanlayıcı/sayıcı,
- TMR1: Uyku modunda artış gösterebilen ve harici saat darbesiyle artırılabilen önbölücülü 16 Bit zamanlayıcı/sayıcı,
- TMR2: 8 Bit periyot kaydedicili, önbölücülü ve sonbölücülü (postscaler) 16 bit zamanlayıcı/sayıcı,
- İki adet tutma (capture), karşılaştırma (compare), PWM modülü,
- 200 ns çözünürlükte 16 bitlik karşılaştırma,
- 10 Bit çok kanallı A/D Çevirici (converter) PWM,
- BOR (Brown Out Reset) özelliği,

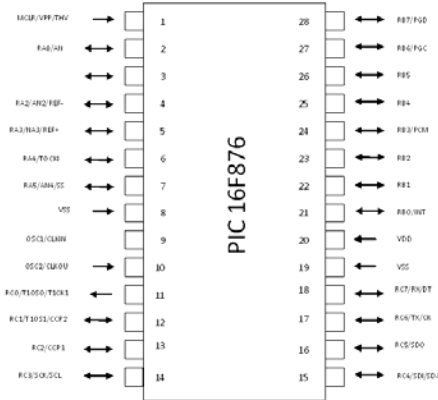
- Senkron seri port (SSP), SPI (Master Mode) ve I2C modülleri,
- 9 bit adres saptamaya sahip USART/SCI ve
- 8 bit genişliğinde paralel slave portudur.

4.1.3 PIC 16F876'nın Fiziksel Yapısı

PIC 16F876 işlemcisi 7 x 35 mm boyutlarında ve 28 bacaklı (PIN li) PIC 16F87X ailesine ait olan bir işlemcidir. İşlemcinin bacakları her bir yanında 14 adet olacak şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 4.2'de görüleceği gibi; işlemcinin 8 ve 19 nolu bacakları toprak olmak üzere, 20 numaralı ayağı üzerinde 5-12 V DC gerilimle beslenmektedir. Diğer bacaların görevleri ayrıntılı olarak ileride açıklanmaktadır.

4.1.4 PIC 16F876'nın Pin Tanımlamaları

Çizelge 4.1'de PIC 16F876'da bacak numaraları ve bacak numaraları ve görevleri ayrıntılı olarak tanımlamaları verilmiştir.



Şekil 4.2 PIC 16F876 bacak yapısı görünümü

Çizelge 4.1 de kullanılan kısaltmalar; P: Güç (Power), G/Ç: Giriş/Çıkış, ST: Schmitt Trigger girişini, G: Girişi, Ç: Çıkışı, ve TTL: Transistor-Transistor Lojik Girişi tanımlamada kullanılmışlardır. [10]

4.1.5. Bellek Organizasyonu

PIC mikrodenetleyicisinde 3 bellek bloğu bulunmaktadır. Bunlar program belleği, veri belleği ve bunları ayıran veri hattıdır. Her bir bellek kendi taşıyıcısına sahiptir. Böylece her

bir bloğa erişim aynı osilatör süreci boyunca meydana gelebilmektedir. Bunun ötesinde, veri belleği genel amaçlı RAM ve özel fonksiyon kayıtları (SFR: Special Function Record) olmak üzere ikiye bölünür. SFR'ler her bir bireysel özelleşmiş modülü ele alan bölümde açıklanan özel modülleri kontrol etmek için kullanılmaktadır. Veri belleği EEPROM veri belleğini de içermektedir. Bu bellek, doğrudan veri belleğine planlanmamış, fakat dolaylı olarak planlanmıştır ve dolaylı adres göstergeleri okumak/yazmak için EEPROM belleğinin adresini belirlemektedir. [10]

4.1.6 Özel Foksiyon Kaydedicileri

Özel fonksiyon kaydedicileri gerçek bellek birimleri olarak gözükmeler de, PIC içerisinde veri belleği adreslerinde tanımlanmış sıradan bellek hücreleridir. Bu kaydediciler programlama esnasında bir nevi kayıt tutma görevi üstlenirler. Çizelge 4.2'de özel fonksiyon kaydedicilerinin isimleri ve adresleri verilmiştir.

- STATUS kaydedicisi: Status kaydedicisi aritmetiksel işlemlerin yürütüldüğü, sıfırlama işlemlerinin ve küme kurma işlemlerinin gerçekleştirildiği kaydedicidir.
- OPTION kaydedicisi: Option kaydedici üzerinde portB, TMR0 ve dış kesmeleri düzenleyici bitlerin bulduyu kaydedicidir.
- INTCON kaydedicisi: Intcon (Interrupt Control) kaydedicisi tüm kesmelerin kontrolü için bazı okunabilir ve yazılabilir bitleri sağlayan kaydedicidir.
- PIE1 kaydedicisi: PIE1 kaydedicisi çevresel kesmelerle ilgili işlemleri gerçekleştirmek için kullanılan kaydedicidir.
- PIR1 kaydedicisi: PIR1 kaydedicisi çevresel kesmelerin işlemlerini bitirip bitirmediklerini kontrol eden kaydedicidir.
- PIE2 kaydedicisi: PIE2 kaydedicisi CCP2 çevresel kesmesi, SSP hat çakışması ve EEPROM yazma kesmesi kontrollerinin yapıldığı kaydedicidir.
- PIR2 kaydedicisi: PIR2 kaydedicisi CCP2 çevresel kesmesi, SSP hat çakışma kesmesi ve EEPROM yazma kesmesinin yaptığı işlemler hakkında bilgi veren bitleri bulunduran bir kaydedicidir.

Çizelge 4.1. PIC 16F876'de PIN tanımlamaları

PIN	TANIM	I / O		AÇIKLAMASI
1	MCLR/VPP/THV	G/P		Mikrodenetleyici Reset ucu. Normal çalışmada 1 dir
2	RA0/AN0	G/Ç	TTL	PORTA: Giriş/çıkış olarak yönlendirilebilir port. Pinler G/Ç dışında
3	RA1/AN1	G/Ç	TTL	RA0: 0 analog giriş görevi; RA1:1 analog giriş görevi
4	RA2/AN2/VREF-	G/Ç	TTL	RA2: 2 analog veya negatif referans gerilimi giriş görevi
5	RA3/AN3/VREF+	G/Ç	TTL	RA3: 3 analog veya pozitif referans gerilimi girişim görevi
6	RA4/TOCKI	G/Ç	TTL	RA4: TIMER0 için clock giriş görevi. Açık drain çıkışa sahiptir.
7	RA5/AN4/SS	G/Ç	ST	RA5: 4 analog giriş veya SSP için slave seçimi görevi
8	VSS	P		Mikrodenetleyici toprak seviyesi
9	OSC1/CLKIN	G	ST/CMOS	Kristal osilatör girişi/Harici osilatör kaynak girişi
10	OSC2/CLKOUT	Ç		Kristal osilatör çıkışı. RC osilatör modunda 1/4 f değerinde frekans çıkışı
11	RCO/T1OSO/T1CK1	G/Ç	ST	PORTC: Giriş/çıkış olarak yönlendirilir port (PINler G/Ç görevi dışında)
12	RC1/T1OS1/CCP2	G/Ç	ST	RC0: TIMER1 osilatör çıkışı/TIMER1 clock çıkışı görevi
13	RC2/CCP1	G/Ç	ST	RC1: TIMER1 osilatör girişi/ Capture2 - G/Compare2-O/PWM2-Ç görevi
14	RC3/SCK/SCL	G/Ç	ST	RC2: Capture1-G/Compare1-Ç/PWM1-Ç görevi
15	RC4/SDI/SDA	G/Ç	ST	RC3: SPI ve I2C modundasenkron seri clock G/Ç görevi
16	RC5/SDO	G/Ç	ST	RC4: SPI modunda SPI veri girişi, I2C modunda veri O/Ç görevi
17	RC6/TX/CK	G/Ç	ST	RC5 SPI modundaSPI veri çıkış görevi
18	RC7/RX/DT	G/Ç	ST	RC6: USART asenkron gönderme veya asenkron klok görev
19	VSS	P		Mikrodenetleyici toprak seviyesi
20	VDD	P		Mikrodenetleyici pozitif kaynak gerilimi
21	RBO/INT	G/Ç	TTL/ST	PORTB: Giriş/çıkış olarak yönlendirilebilir port. Tüm girişlerde yazılımla
22	RB1	G/Ç	TTL	Programlanabilir düşük değerli pull-uplar vardır.
23	RB2	G/Ç	TTL	dışında;
24	RB3/PGM	G/Ç	TTL	RB0: Harici kesme ucu görevi.
25	RB4	G/Ç	TTL	RB3: Düşük seviye programlama girişi görevi.
26	RB5	G/Ç	TTL	RB6: Seri programlama girişi görevi
27	RB6/PGC	G/Ç	TTL/ST	RB7: Seri programlamada veri girişi görevi
28	RB7/PGD	G/Ç	TTL/ST	

Çizelge 4.2 PIC16f876’de özel fonksiyon kaydedicileri ve fonksiyonları

BANK0		BANK1		BANK2	
00	INDF	80	INDF	100	INDF
01	TMRO	81	OPTION_REG	101	TMRO
02	PCL	82	PCL	102	PCL
03	STATUS	83	STATUS	103	STATUS
04	FSR	84	FSR	104	FSR
05	PORTA	85	TRISA	105	-
06	PORTB	86	TRISB	106	PORTB
07	PORTC	87	TRISC	107	-
08	PORTD	88	TRISD	108	-
09	PORTE	89	TRISE	109	-
0A	PCLATH	8A	PCLATH	10A	PCLATH
0B	INTCON	8B	INTCON	10B	INTCON
0C	PIR1	8C	PIE1	10C	EEDATA
0D	PIR2	8D	PIE2	10D	EEADR
0E	TMR1L	8E	PCON	10E	EEDATH
0F	TMR1H	8F	-	10F	EEADRH
					BANK3
10	T1CON	90	-	180	INDF
11	TMR2	91	SSPCON2	181	OPTION_REG
12	T2CON	92	PR2	182	PCL
13	SSPBUF	93	SSPADDD	183	STATUS
14	SSPCON	94	SSPSTAN	184	FSR
15	CCPR1L	95	-	185	-
16	CCPR1H	96	-	186	TRISB
17	CCP1CON	97	-	187	-
18	RCSTA	98	TXSTA	188	-
19	TXREG	99	PSBRG	189	-
1A	RCREG	9A	-	18A	PCLATH
1B	CCPR2L	9B	-	18B	INTCON

- PCL ve PCLATH kaydedicileri: Program Sayıcısı (PC: Program Counter) hangi satırda işlem yapılacağını kayıtlarını tutar ve işletim için gidip komut alınması işlemlerini gerçekleştirir. 13 bit genişliğindedir. Düşük bayt PCL kaydedicisi olarak adlandırılır. Bu kaydedici okunabilir ve yazılabilir özelliğe sahiptir.

- Giriş/Çıkış portları: Giriş/Çıkış portları giriş/çıkış vazifelerinin dışında bazı çevresel işlemleri de yapacak özelliklere sahiptirler. Çevre birimleri kullanıldığında genel amaçlı giriş/çıkış pini kullanılmaz.
- PORTA ve TRISA kaydedicisi: PORTA 6 bit giriş/çıkış olarak yönlendirilebilir porttur. Bu portu yönlendiren yazmaç ise TRISA yazmacıdır. TRISA kaydındaki herhangi bir bit 1 ise buna uygun çıkış sürücüsü yüksek direnç moduna getirilecektir. TRISA kaydındaki herhangi bir bitin 0 olması durumunda ise çıkış mandalı seçilen pinin üzerine getirilir. Analog giriş kullanıldığında TRISA yazmacı RA pininin yönünü kontrol eder.
- PORTB ve TRISB kaydedicisi: PORTB 8 bit giriş/çıkış olarak yönlendirilebilir porttur. Bu portu yönlendiren yazmaç ise TRISB yazmacıdır. TRISB kaydındaki herhangi bir bit 1 ise buna uygun çıkış sürücüsü yüksek direnç moduna getirilecektir. TRISB kaydındaki herhangi bir bitin 0 olması durumunda ise çıkış mandalı seçilen pinin üzerine getirilir. Analog giriş kullanıldığında TRISB yazmacı RB pininin yönünü kontrol eder.
- PORTC ve TRISC kaydedicisi: PORTC 8 bit G/Ç olarak yönlendirilebilir porttur. Bu portu yönlendiren yazmaç ise TRISC yazmacıdır. TRISC Kaydındaki herhangi bir bit 1 ise buna uygun çıkış sürücüsü yüksek direnç moduna getirilecektir. TRISC Kaydındaki herhangi bir bitin 0 olması durumunda ise çıkış mandalı seçilen pinin üzerine getirilir. Analog giriş kullanıldığında TRISC yazmacı RC pininin yönünü kontrol eder. [5]

4.1.7 Veri EEPROM ve FLASH Program Hafızası

Veri EEPROM ve FLASH program hafızası normal işlem süresinde okunabilme ve yazılabilme özelliğine sahiptir. Veri belleği, kaydedici dosyaya doğrudan planlanmamıştır. Bunun yerine bu bellek, özel fonksiyon kaydı üzerinden dolaylı olarak adreslenmiştir. Burada bu belleği okuyan ve yazan 6 özel kaydedici var olup bunlar ;

- EECON1
- EECON2
- EEDATA
- EEDATH

- EEADR
- EEADRH'dır.

EEPROM veri belleği okuma ve yazmaya izin verir. EEDATA yazma/okuma için 8 bitlik veri tutar ve EEADR erişilen EEPROM adreslerini saklar. EEDATH ve EEADRH kaydedicileri veri EEPROM' u kullanmak için erişemezler. Bu aygıtlar 0h ile FFh genişliğindeki adresli EEPROM belleğinin 256 byte'ına sahiptir.

EEPROM veri belleği yüksek silme/yazma süreçlerine oranlanmıştır. Yazma süresi yonga (chip) zamanlayıcısı tarafından denetlenmektedir. Yazma süresi yongadan yongaya olduğu gibi sıcaklık ve gerilimlerde değişmektedir. Program hafızası kelime okuma ve yazmasına izin verir. byte veya word verisi otomatik olarak silinir ve yeni veri yazılır. Program hafızası arabirimi bloklandığı zaman, EEDATH (= EEDATA) kaydedicileri oku/yaz için 14 bit veriyi 2 byte word halinde tutar. EEADRH ve EEADR kaydedicileri EEPROM'da 13 bitlik 2 byte word adresini tutar. Bu aygıtlar 0H ile 3FFFh arasındaki adreste 8 kiloword program EEPROM'una sahiptir. Program hafızasına yazılan değer bir talimat olmayı gerektirmez. Bu yüzden kalibrasyon parametreleri, seri numaraları ASCII kodunda depolanabilir.

4.1.8 ZAMANLAMA 0 (TIMER0) Modülü ve TMR0 Kaydı

Timer0 modülü, sayaç (timer) aşığıdaki özelliklere sahiptir.

- 8 bitlik timer/sayaç,
- Okunabilir ve yazılabilir,
- 8 bitlik programlanabilir prescaler,
- İçten veya dıştan saat ayarı,
- FFh'tan 00h'ye taşma üzeri kesme,
- Dış saatin sınır seçimi gibi işlemler yapılabilir.

Timer modu TOCS bitinin (OPTION<5>) temizlenmesiyle seçilir. Timer modunda Timer0 modülü her bir komut sürecini uzatır. Eğer TMR0 kaydı yazılıysa, uzama takip eden 2 süreci engeller. Kullanıcı ayarlanan değeri TMR0 kaydına yazarak, bunun etrafından çalışabilir. Sayaç modu TOCS bitinin (OPTION<5>) ayarlanmasıyla seçilir. Bu modda, TMR0, RA4/TOCK1 pininin sınırlarının her bir artışında ya da düşüşünde

artacaktır. Genişleyen sınır, TO kaynak sınır seçim biti tarafından, TOSE (OPTION<4>) tarafından belirlenmektedir. TOSE bitinin temizlenmesi artan sınırları seçecektir.

Prescaler, Timer0 modülü ile Watchdog Timer arasında paylaşılmaktadır. Prescaler ataması, yazılımda PSA biti kontrolü tarafından denetlenmektedir. (OPTION<3>) PSA bitinin temizlenmesi, prescaler'ı Timer0 modülüne atayacaktır. Prescaler okunabilir veya yazılabilir değildir. Prescaler, Timer0 zamanlama modülüne atandığında prescaler değeri (1:2, 1:4, 1:8, 1:16, 1:32, 1:64, 1:128, 1:256 olmak üzere) yazılım tarafından seçilebilir.

4.1.9 ZAMANLAYICI 1 (TIMER1) Modülü

Timer1 modül: Timer/sayaç aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 16 bit timer/sayaç,
- Okunabilir ve yazılabilir,
- İçten ve dıştan saat seçimi,
- FFFFh'den 000h'a taşma üzeri kesme,
- CCP modülünden resetleme gibi işlemleri yapmaktadır.

4.1.10 ZAMANLAYICI 2 (TIMER2) Modülü

Timer2 modül aşağıdaki özelliklere sahiptir.

- 8 bit zamanlayıcı (TMR2 kaydedici),
- 8 bit periyot kaydedici (PR2),
- Okunabilir ve yazılabilir,
- Yazılım ile programlanabilir prescaler,
- TMR2, PR2 eşlemesinde kesme,
- Saat kaymasını üretmek için TMR2 çıkışının seçimli kullanımı SSP modülünü içermektedir.

4.1.11 CAPTURE/COMPARE/PWM(CCP) Modülü

CCP modülleri yakalama, karşılaştırma, puls genişliği modülasyonu gibi işlemleri gerçekleştirmek üzere bazı özelliklerle donatılmışlardır. Her bir CCP modülü 16 bitlik yakalama (capture) kaydedicisi, 16 bitlik karşılaştırma (compare) kaydedicisi veya PWM kaydedicisine sahiptir.

4.1.12 MSSP (Asıl Eşzamanlı Seri Port) Modülü

MSSP (The Master Synchronous Serial Port) modülü başka çevre birimlerle veya mikrodenetleyicilerle seri olarak haberleşmeyi sağlayan bir arabirimdir. Burada bahsedilen çevre birimleri; seri EEPROM, shift register, display sürücüler, A/D çevirici gibi birimler olabilir. MSSP modülünün iki tip çalışma modu bulunmaktadır.

- Serial Peripheral Interface (SPI)
- Inter-Integrated Circuit (I²C)

MSSP' nin çalışma modlarına geçmeden önce bu modülün kontrolünü sağlayan kaydedicilerden bahsetmekte fayda vardır. MSSP modülünde işlemleri kontrol eden başlıca üç kaydedici; SSPSTAT, SSPCON,SSPCON2 kaydedicileridir.

4.1.13 USART (Adreslenebilir Evrensel Senkronize/Asenkronize Alıcı/Verici) Modülü

USART modül verilerin senkron veya asenkron iletimi için kullanılan ve belli bir protokol dahilinde işlem yapan bir birimdir. Bu modül;

- Verinin seriden paralele dönüştürülmesi ve paralelden seriye dönüştürülmesi,
- Eşlik bitlerini eklemek ve bu bitleri kontrol etmek suretiyle hata bulmak ve
- Başlatma ve durdurma bitlerini eklemek ve bulmak, gibi işlemleri yapabilmektedir.

İşlevsel açıdan, USART alıcı ve verici olarak iki kısma ayrılır. Her iki yönde de veri aktarmadan önce USART denetim kaydedicisine, verinin niteliğini gösterecek bir denetim sözcüğü programlanmalıdır. Örneğin; veri bitlerinin sayısı, eşlik kullanılıp kullanılmadığı, eğer eşlik kullanılmış ise, bunun tek eşlik mi yoksa çift eşlik mi olduğuna ve durdurma bitlerinin sayısını kontrol eder. Temel olarak başlatma biti isteğe bağlı olmayan tek bittir ve her zaman yalnızca bir başlatma biti vardır. Bir başlatma durumu için bu bitin mantıksal 0 seviyesinde olması gerekmektedir. PIC 16F876'de USART modülünün kontrolü için TXSTA ve RCSTA kaydedicileri mevcuttur.

4.1.14 ADC (Analog Dijital Konvertör) Modülü

PIC16F876'de 8 kanallı 10 bit'e kadar çevirme işlemi yapabilen bir analog-dijital çevirici (ADC) modülü bulunmaktadır. PIC16F876 üzerindeki ADC modülün çalışması şu şekildedir. Analog giriş örnekle ve tut kondansatörünü şarj eder. Örnekle ve tut

kondansatörünün çıkışı dönüştürücünün girişine uygulanır. Dönüştürücü, ardışık yaklaştırma yoluyla bu analog düzeyin sayısal sonucunu üretir. Bu A/D dönüşümde, analog giriş sinyali 10 bitlik sayı karşılaştırma ile sonuçlanır. ADC eşsiz bir özelliğe sahiptir. İşlem yapmazken uyuma moduna geçer. Uyuma modunda ADC' nin saatinde bir iç RC osilatörü üretilmelidir. ADC Modül dört (4) kaydediciye sahiptir. Bunlar;

- 1- A/D Yüksek sonuç kaydedicisi (ADRESH)
- 2- A/D Düşük sonuç kaydedicisi (ADRESL)
- 3- A/D Kontrol kaydedici 0 (ADCON0) ve
- 4- A/D Kontrol kaydedici 1 (ADCON1)'dir.

Bu A/D çeviricinin kontrolünü ADCON0 ve ADCON1 kaydedicileri sağlamaktadır.

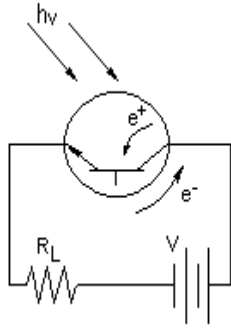
4.1.15 Biçimlendirme (Konfigürasyon) Bitleri

Biçimlendirme bitleri çeşitli aygıt işlevlerini seçmek için programlanabilir ('0' veya '1' olarak okur) ya da programlamadan bırakılabilir. Bu bitler 2007h program bellek yerleşiminde saklanır. 2007h adresi kullanıcı program bellek biriminin ötesindedir ve özel test/biçim bellek birimine (2000h-3FFFh) aittir. Bu birime yalnızca programlama sürecinde erişilebilirdi.

4.2 Fototransistörler

Transistor en basit şekliyle küçük bir akımla daha büyük bir akımın kontrol edilebilmesini sağlayan bir elektronik elemandır. Transistor yükseltme ve kontrol işlerinde kullanılır. Onlarca, yüzlerce transistor birleştirilerek entegreler yapılır. Transistorlar genel olarak PNP ve NPN olmak üzere iki çeşittir. Transistorlar yapılarına göre ise bipolar, FET, MOSFET, JFET gibi çeşitlere ayrılırlar. Bunlardan en çok kullanılanı bipolar transistordur. Ayrıca frekanslarına göre alçak ve yüksek frekanslı transistorlar olarak da sınıflandırılabilir. Transistorların yayıcı (Emitter), toplayıcı (Collector) ve taban (Base) olmak üzere 3 adet bağlantı ucu vardır. Foto transistor taban ucuna ışık düştüğünde toplayıcı-yayıcı arasından akım geçişini sağlayan elemanlardır. Foto diyodlardan farklı olarak ışıkla üretilen akımı yükseltme yaparlar. Bu özellikleri sayesinde foto diyodlardan çok üstündürler. Üç yarı iletkenin birleşiminden oluşan foto transistörlerin toplayıcı-taban uçları arasına bağlanmış olan foto diyoda ışık enerjisi (foton) gelebilmesi için taban ucunun bulunduğu kısma

mercek şeklinde cam yerleştirilmiştir. Mercek, ışığın içeriye odaklanarak girmesini sağlamaktadır. Fototransistorlar iki ya da üç bacaklı olarak üretilir. Üç bacaklı olan modellerde mercek boyanacak olursa eleman normal transistor hâline geçer. Mercek boyanmaz ve taban ucu da devreye bağlanacak olursa taban iki etki söz konusu olacağından toplayıcı-yayıcı arasından geçen akımın miktarındaki değişme daha fazla olur. İki bacaklı foto transistorlarda, kullanım kolaylığı bakımından taban ucu dışarıya çıkarılmaz. Bu elemanlar, TV, video, müzik seti, klima gibi cihazların uzaktan kumanda devrelerinde, gün ışığına duyarlı olarak çeşitli aygıtların ve alarm sistemlerinin çalıştırılmasında kullanılmaktadır. Foto diyodların üzerinden geçirebildiği akım mikroamper düzeyindedir. Foto transistorlar ise mili amper düzeyinde bir akım geçişini mümkün kılarlar.



Şekil 4.3 a) Fototransistorun sembolü b) Paketlenmiş hali

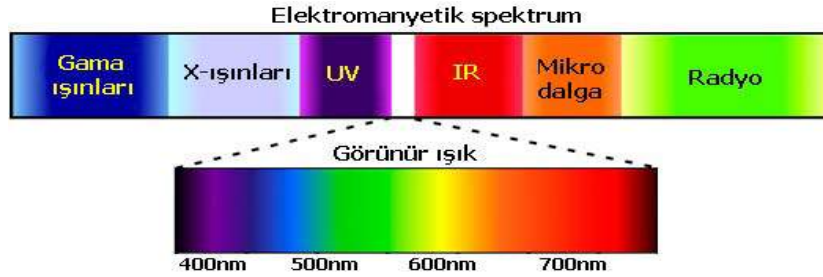
Akımın büyük olması başka bir devreyi çalıştırmada kolaylık sağlar. Şekil 4.3’de fototransistörün sembolü ve paketlenmiş hali verilmiştir. [13]

4.3 INFRARED Işık Yayan Diyod

LED kelimesininin açılımı Light Emitting Diodes’dan gelmektedir ve LED yongası yapı itibarı ile N/P tipi yarıiletken katmanlar arasına yerleştirilmiş aktif katman tabakasından ve bunların elektriksel bağlantılarından oluşan opto elektronik bir elemandır. LED’den doğru yönde bir akım geçirildiğinde elektronlar aktif katmanı uyarır ve aktif katmanda ışık üretilir. Üretilen ışık doğrudan veya reflektörden yansıma ile pencere katmanından yayılır. LED’ler aktif katmanın materyal yapısına bağlı olarak görülebilir ışık tayfının belirli bir bölümünde ışık yayarlar. Başka bir deyişle tek renk ışık üretilir ve aktif katmanda

kullanılan materyal LED ışığının rengini belirler. Yüksek seviyede ışık veren renkli LED'lerde aktif ve katman olarak SiC/GaN, GaAs, GaP, GaN, GaAsP, GaAlAs/GaAs, AlInGaP ve InGaN, ...vb farklı maddeler kullanılır. Bunlardan GaAlAs/GaAs ise infra led üretiminde kullanılırlar.

LED'lerin ortama yaydığı elektromanyetik dalganın frekansı, spektrumun görünür veya görünür olmayan ışık bölgesine denk düşer. Şekil 4.4'de elektromanyetik spektrumun şekli verilmiştir. Görünür bölgede (660 - 430 nm); kırmızı, sarı, yeşil ve mavi renkte ışık yayan LED'ler olduğu gibi görünmeyen bölge



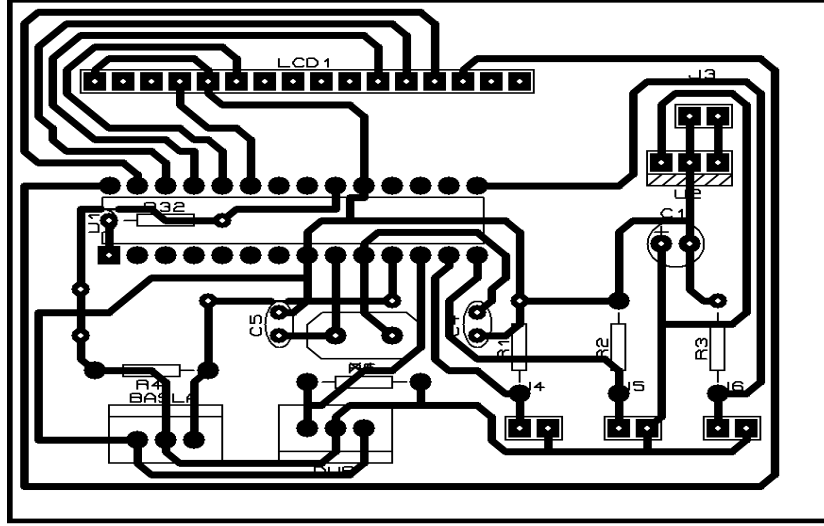
Şekil 4.4 Elektromanyetik spektrum

(950 – 700 nm) olan kızılötesi (IR) veya morötesi (UV) ışık yayan LED'ler de mevcuttur. Yaydığı ışık, insan gözünün gördüğü frekans bandı dışında kaldığından insan gözü bu ışını göremez. Çalışma prensibi olarak LED diyota benzer daha çok transistorla birlikte kullanılırlar. Çünkü foto transistorlar Infra-red ledler ışıklara daha hassastır. Günümüzde kızılötesi ışık yayan LED'lerin çok sayıda kullanım alanı vardır. Örneğin, TV uzaktan kumandası, kablosuz veri iletim sistemleri, tıbbi cihazlar, güvenlik sistemleri bunlardan bazılarıdır. Elektrikle çalışan herhangi bir cihazı IR ışık yardımıyla uzaktan kontrol etmek de önemli bir uygulama alanıdır. Bu tür bir uzaktan kontrol sistemini gerçekleştirmek için öncelikle kızılötesi ışık yayan bir verici devresine ve kızılötesi ışığı algılayan bir alıcı devresine ihtiyaç vardır. Uygun tasarlanmış bir verici-alıcı devresi ile 5–6 metre uzaktan herhangi bir cihazı açıp kapatmak mümkündür. Bu mesafe ev içi ve laboratuvar uygulamalar için yeterlidir. Uzaktan kontrol sisteminin çalışabilmesi için alıcı birimin, vericinin görüş alanı içerisinde olması gerekir. [8]

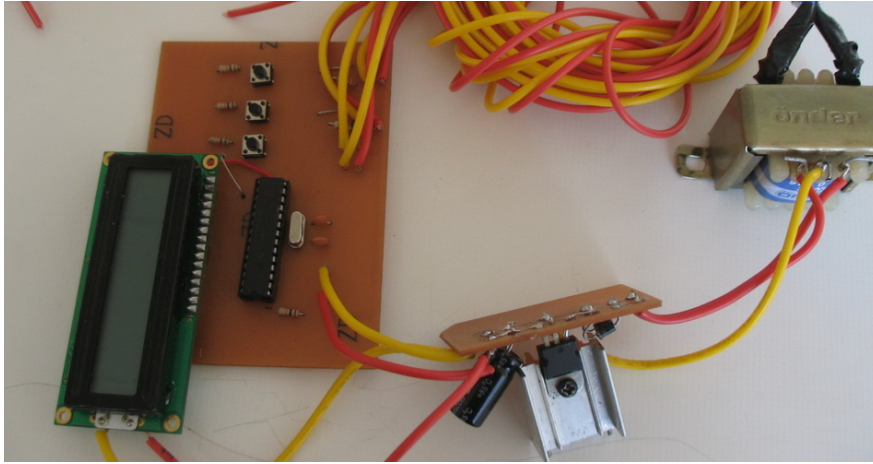
4.4 Devrenin Yapımı

İlk olarak herhangi ARES PCB Layout (Computer Aided Design) Programı yardımıyla Şekil 4.5’da görülen baskı devresi gösterilmiştir. Hazırlanan devre şeması 1:1 oranında yüksek çözünürlüklü lazer yazıcı yardımıyla kuşe kağıta aktarıldı. Elde ettiğimiz lazer çıktısı, üzeri iyi temizlenmiş 1:1 oranında bakır bir pertinaks üzerine ısı yardımıyla aktarma işlemi yapıldı. Burada kuşe kâğıda kullanılmasının sebebi; lazer tonerinin pertinaks üzerine aktarma işleminde tonerinin tamamının bakır pertinaks üzerine bırakabilmesidir. Tonerin pertinaks üzerine tamamen aktarılma işleminden sonra kuşe kağıdı bakır pertinakstan ayırt edildi. Tüm yüzeyde kâğıt kalmayacak şekilde temizlendi. Temizledikten sonra çizilmiş yolları kontrol edildi ve çıkmamış yollar asetat kalemi ile üzerinden tekrar geçildi. Daha sonra 1:3 oranında perhidrol ile tuz ruhu karışımı hazırlandı. Hazırlanan karışım bakır pertinaks üzerindeki tüm yollar ortaya çıkıncaya kadar karışımın kutusunu sağa sola sallayarak karışım içinde bekletildi. Bu işlemden sonra bakır pertinaksı su ile temizlendi. Bundan sonra pertinaks üzerindeki lazer toneri bulaşık teli ve tiner yardımıyla kaldırıldı. Delme işleminden sonra devre elemanları olan direnç, kondansatör, yongalar için soketler, ...vb pertinaks üzerine lehim makinası yardımıyla lehimlenmiştir.

Şekil 4.6a’da da devrenin tamamlanmış hali, Şekil 4.6b’de de iki sıralı ve 16 karakter içeren göstergenin açılışında gösterdiği logo, Şekil 4.7 ‘de sayıcı devresi ve Şekil 4.8 ‘de sayıcı devresinin deney düzeneyine yerleştirilmiş resmi verilmiştir. Devre infra led ve fototransistörler eğik düzlem deneyine monte edilerek deneyin çalışması kontrol edilmiştir.



Şekil 4.5 Baskı devre şeması

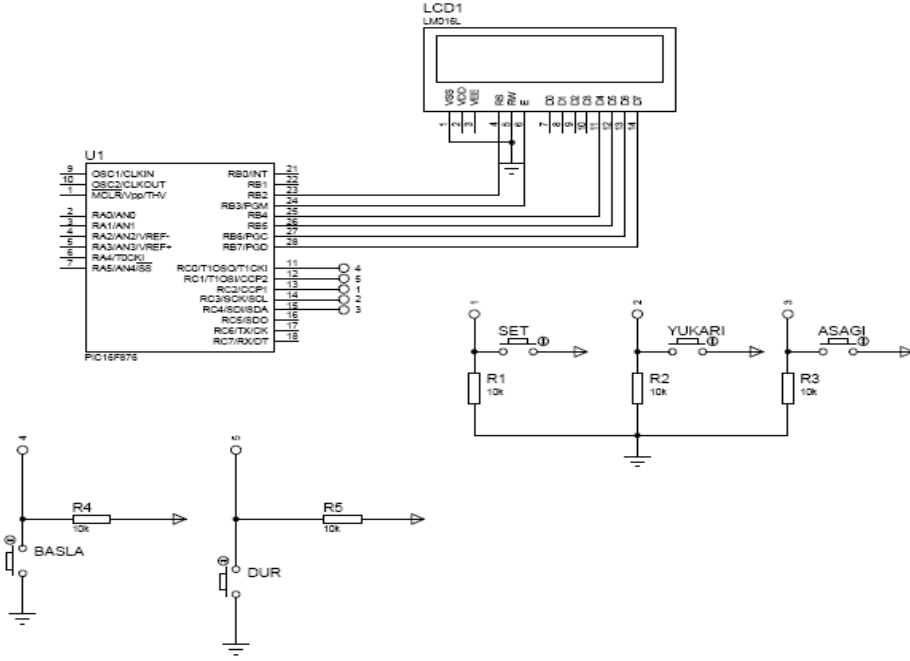


(a)



(b)

Şekil 4.6 a) Sayıcı devresi tamamlanmış biçimi b) Göstergenin çalışır durumda görünümü



Şekil 4.7 Sayıcı devresi



Şekil 4.8 Sayıcı devresinin deney düzeneyine yerleştirilmiş resmi

5. PIC PROGRAMLAMA VE MİKROBASIC

PIC'i programlamak için kaynak kodu yazımı, kaynak kodun derlenerek makine diline çevrimi ve makine diline çevrilmiş programı PIC'e yazdırma başlıklarıyla özetleyebileceğimiz üç ana işlem vardır. Bu işlemleri yapmak için farklı yöntemler kullanılmaktadır.

Bu bölümde programlamada kullandığımız MikroBasic derleyicisi ve komutları açıklanacaktır. Derleyicilerden en fazla kullanılanı, Microchip firmasının kendi mikrodenetleyicileri için ürettiği programlama dili olan PIC Assembly'dir. Bu dilin çok kullanılmasının nedeni az komuttan oluşması, kolay öğrenilebilmesi, assembler'in ücretsiz olarak verilmesidir. Fakat PIC Assembly ile program yazılırken PIC içerisindeki registerlerin (yazmaçların) yapısını bilmek ve hangi registerde hangi işlemin sonucunda ne olacağını öğrenmek zorunluluğu, mikroişlemci mimarisine yabancı olanlara zor gelmektedir. İşte bu tip zorlukların üstesinden gelmek için MikroBasic üretilmiştir.

MikroBasic derleyicisinin kullanımı, QBasic'in kullanımına çok benzemektedir. Basic Programlama Dili'nin çok kolay öğrenilir olma özelliğinden kaynaklanan ve dünyanın en çok kullanılan dili olma özelliğine sahiptir. Eğer programlama yapabilmek için bilinmesi gereken en temel işlemi, yani, akış diyagramı çıkarabilmeyi ve QBasic ile basit programlar yapabilmeyi bilmeniz, MikroBasic kullanabilmemiz için yeterlidir. Assembly Dili biliniyorsa, MikroBasic kullanımının daha basit ve fonksiyonları itibarıyla daha işlevsel olduğunu görülecektir. Örneğin, PIC Assembly ile sayfalar dolusu yer tutan LCD kontrolü seri haberleşme veya seri EEPROM veri alışverişi gibi işlemlerin birkaç satırla hallediliyor olması oldukça etkileyicidir.

5.1 PIC Programlamak için Neler Gerekir

MikroBasic derleyicisini kullanarak PIC programlayabilmek için sahip olmanız gereken donanım aşağıda sıralanmıştır.

- IBM uyumlu bir bilgisayara sahip olmak,
- DOS ve Windows işletim sistemlerini bilmek,
- Bir metin editörü kullanabilmek,
- QBASIC programlama dilini orta seviyede bilmek,

- MikroBasic derleyici programına sahip olmak,
- MPLAB programına sahip olmak (isteğe bağlı),
- PIC programlayıcı yazılımına sahip olmak (PIC UP),
- PIC programlama kartına sahip olmak(PPK-U1.00) ve
- Farklı uygulamalar için gerekli elektronik elemanlarına ihtiyaç duymaktadır.

5.2 MikroBasic Derleyicisi ve Temel Komutlar

PIC için yazılan programda kullanılan komutların açıklamaları çeşitli kaynaklardan edilmilen bilgiler ışığında aşağıdaki gibi verilmiştir. Bu amaçla “MikroBasic ile PIC mikrokontrolörler öğreniyorum” ve “MikroBasic” kitaplarında yararlanılmıştır. [9, 10]

- Programda açıklama yapılacak yerin satır başına (‘) tırnak işareti kullanmak gereklidir.
- Programda küçük harf ve büyük harf arasında herhangi bir ayırım bulunmamaktadır.
- Değişken isimleri bir harf veya alt çizgi ile başlamalıdır. Değişken ismi için birden çok kelime kullanıldığında bu karakterler alt çizgi ile veya doğrudan birleştirilebilir.
- Değişken çeşitleri Çizelge 5.1’de verilmiştir.
- Sembol Kullanımı Semboller programımızı daha okunaklı yapmak ve programlamayı da kolaylaştırmak için kullanılmaktadır.

Çizelge 5.1 Değişken çeşitleri

Değişken	Bit Sayısı	Sayı Büyüklüğü
byte	8	0 dan 255
char	8	0 dan 255
word	16	0 dan 65535
Short	8	-128 den 127
İnteger	16	-32768 den 32767
Longint	32	-2147483648 den 2147483647
float	32	$\pm 1.17549435082 \times 10^{-38}$ den $\pm 6.80564774407 \times 10^{38}$

- Programda Goto ve Gosub komutlarının atlama noktalarını belirtmek için veya programda herhangi bir noktayı belirtmek için etiket kullanılabilir. Etiket kullanmak için etiket ismini yazıp iki nokta üst üste () koymamız gerekir.
- Tamsayıları göstermek için desimal, hegzadesimal veya ikili sayı tabanı kullanılabilir. Desimal tam sayıları göstermek için sadece sayıyı yazmamız yeterlidir. Hekzadesimal olarak göstermek için sayının başına \$ işareti yazmamız gereklidir. İkili tabanlı sayıları yazmak için sayının başına % işaretini koymamız gereklidir.
- Sabit karakterleri yazmak için çift tırnak işareti ile başlayıp bitmelidir.
- Aritmetik Operatörler Çizelge 5.2’de, Lojik Operatörler Çizelge 5.3’de ve Karşılaştırma operatörleri Çizelge 5.4’de verilmiştir.

Çizelge 5.2 Aritmetik operatörler

Operatörün Sembolu	İsmi
+	Toplama
-	Çıkarma
*	Çarpma
/	Bölme
Div	Bölüp en yakın tam sayıyı verir
Mod	Bölüp kalan tam sayıyı verir

Çizelge 5.3 Lojik operatörler

Lojik Operatörün Sembolü	İsmi
AND	lojik AND
OR	lojik OR
XOR	lojik EXOR
NOT	lojik NOT
<<	sola kaydır
>>	sağa kaydır

Çizelge 5.4. Karşılaştırma operatörleri

Karşılaştırma Operatörünün Sembolü	İsmi
=	eşittir
<	büyüktür
>	küçüktür
<>	eşit değildir
>=	büyüktür veya eşittir
<=	küçüktür veya eşittir

Yukarıdaki ek olarak “IF ... ELSE...END IF”, “WHILE ...WEND”, “FOR ... NEXT”, “DO ... LOOP ... UNTIL”, “GOTO”, “GOSUB ... RETURN”, “Chr”, “Ord”, “Delay_us” ve “Delay_ms” Komutları kullanılmıştır. İlgili referanslarda bunların detaylı kullanımlarına ulaşabilirsiniz.

5.3 Eğik Düzlemin Programı

Program süre ölçümü için yapılmıştır. Programın ilk bölümünde değişkenler tanımlanmıştır. İkinci bölümde B portu çıkış, C portu giriş olarak tanımlanmış, B Portundan çıkan veriler LCD ekranada görüneceği için B portu LCD ye yönlendirilmiştir. Daha sonra LCD ye görünmesi istenen “C.Ü. Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü” logosu ve deney sistemi için girilmesi gereken bilgi (metin) giriş adımları yazdırılmıştır. Burada ilk olarak uzunluk ayarı ayarlanmış ve son olarak da döngüler kullanılarak zaman ölçümü yaptırılmıştır. Programın algoritması aşağıdaki verilmiştir.

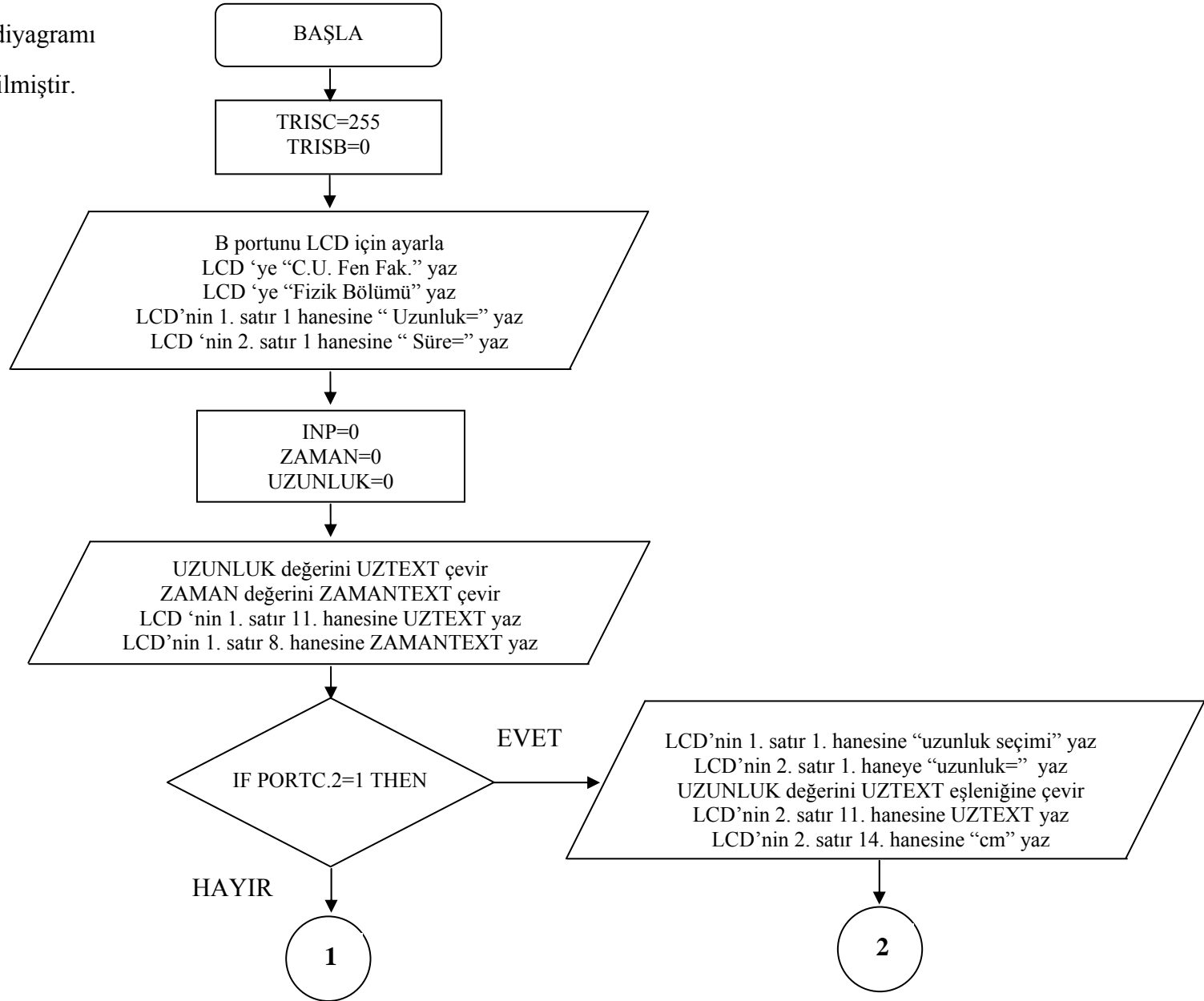
1. Adım TRISC=255 (C portunu giriş olarak ayarla)
2. Adım TRISB=0 (B portunu çıkış olarak ayarla)
3. Adım B portunu LCD için ayarla
4. Adım LCD yi temizle
5. Adım İmleci kapat
6. Adım LCD ‘ye “C.U. Fen Fak.” ifadesini yaz
7. Adım LCD ‘ye “Fizik Bölümü” ifadesini yaz

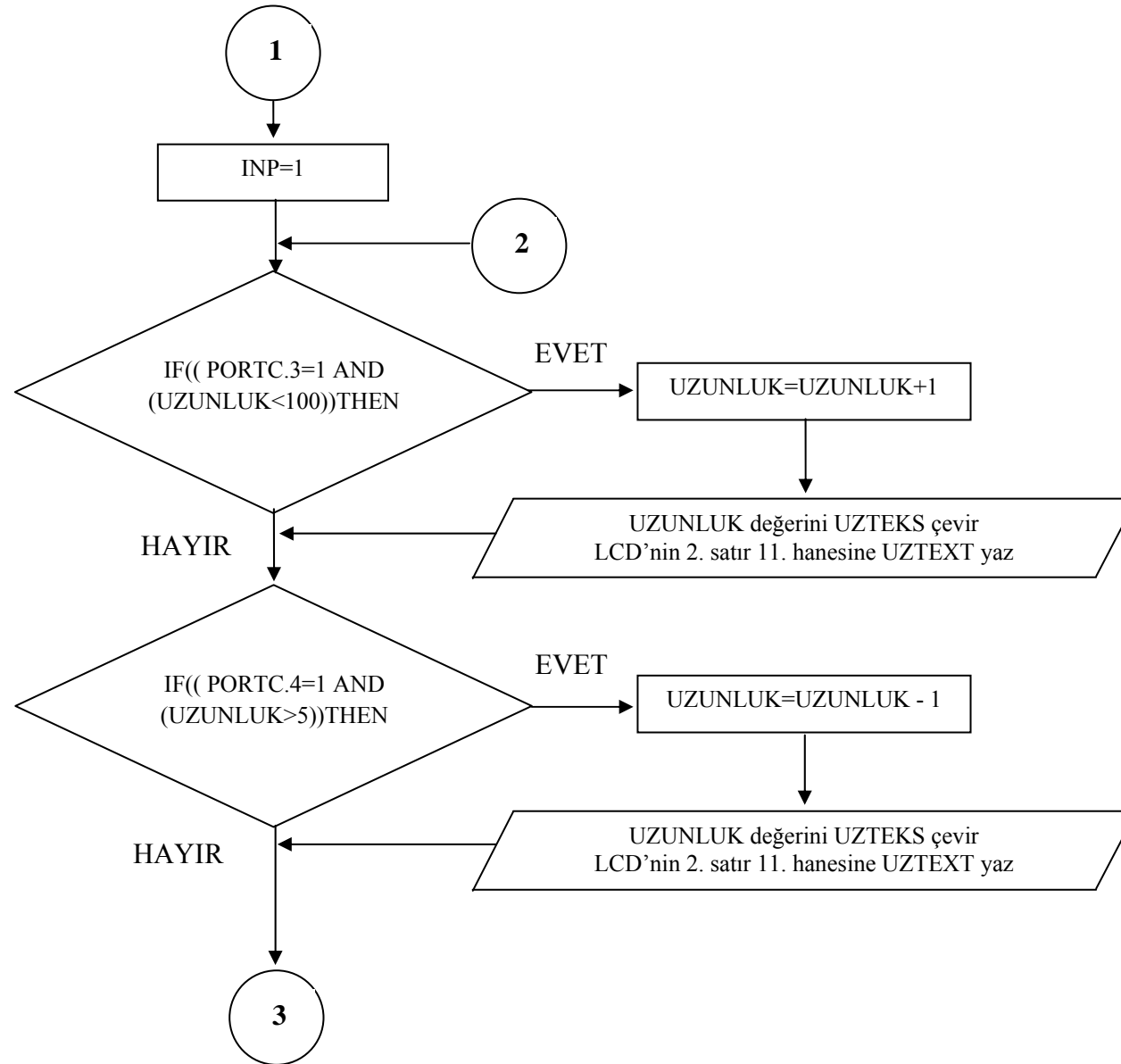
8. Adım 5000 ms bekle
9. Adım LCD'nin 1. satır 1. hanesini sil
10. Adım LCD 2. satır 1. hanesini sil
11. Adım LCD'nin 1. satır 1 hanesine " Uzunluk=" ifadesini yaz
12. Adım LCD 'nin 2. satır 1 hanesine " Süre=" ifadesini yaz
13. Adım LCD'nin 2. satır 8 hanesini sil
14. Adım LCD'nin 1. satır 14. hanesine " cm" ifadesini yaz
15. Adım LCD'nin 2. satır 14. hanesine " s" ifadesini yaz
16. Adım INP = 0
17. Adım ZAMAN= 0
18. Adım UZUNLUK = 100
19. Adım UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine çevir
20. Adım ZAMAN değerini ZAMANTEXT eşleniğine çevir
21. Adım LCD 'nin 1. satır 11. hanesine UZTEXT değerini yaz
22. Adım LCD'nin 1. satır 8. hanesine ZAMANTEXT değerini yaz
23. Adım DO döngüsü
24. Adım PORTC.2=1 ise, yani RESET butonuna basıldığında
25. Adım 5 ms bekle
26. Adım INP = 1
27. Adım LCD yi temiz
28. Adım LCD'nin 1. satır 1. hanesine "uzunluk seçimi" ifadesini yaz
29. Adım LCD'nin 2. satır 1. haneye "uzunluk=" ifadesini yaz
30. Adım UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine çevir
31. Adım LCD'nin 2. satır 11. hanesine UZTEXT değerini yaz
32. Adım LCD'nin 2. satır 14. hanesine "cm" ifadesini yaz
33. Adım Döngü bitti alt satıra geç
34. Adım INP=1
35. Adım Eğer PORTC.3=1 yani, yukarı butonuna basıldığında ve UZUNLUK 100 den küçük ise
36. Adım UZUNLUK=UZUNLUK+1 (UZUNLUK değeri 1 artır)
37. Adım 60 ms bekle

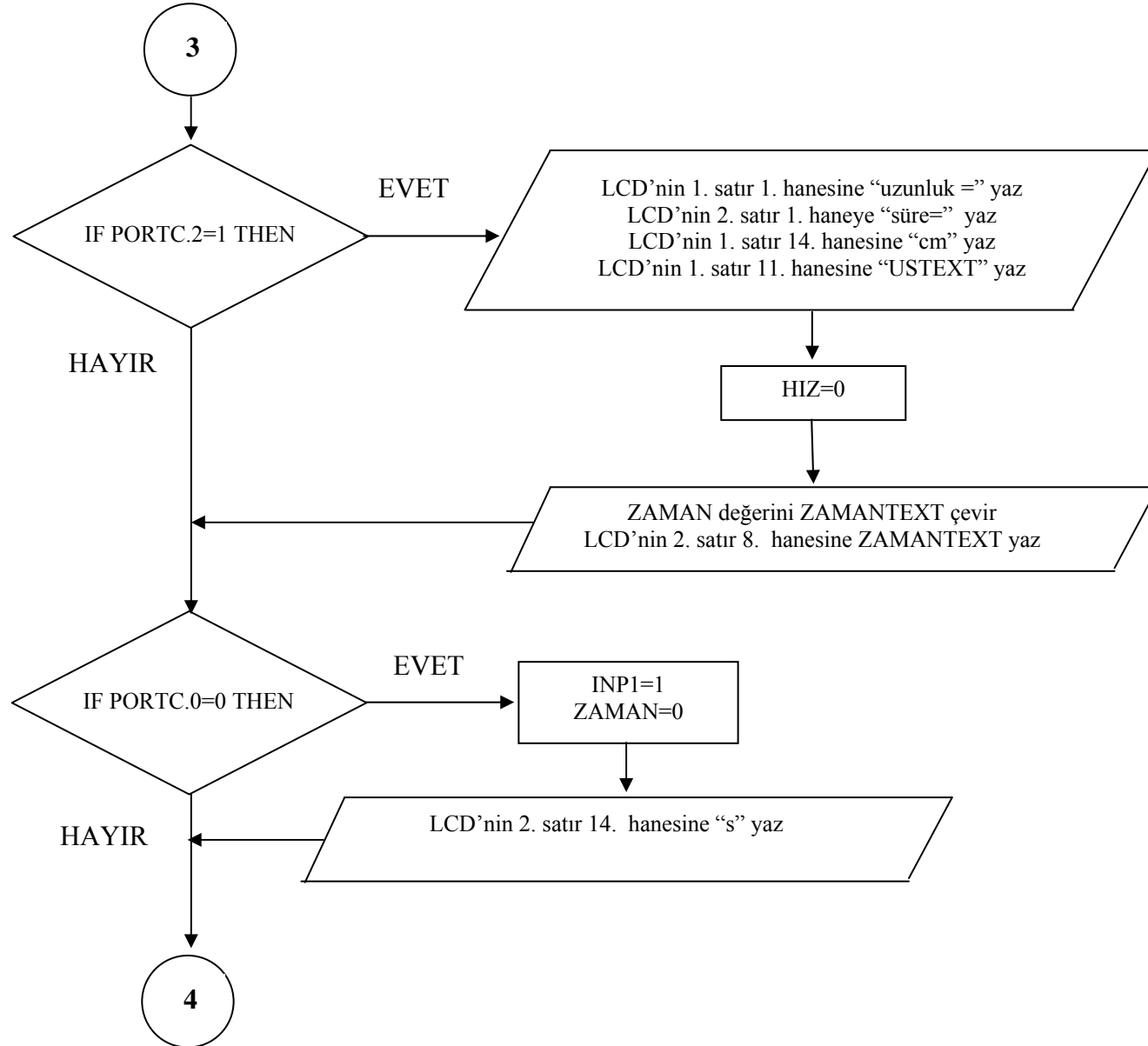
38. Adım UZUNLUK değerini UZTEKS eşleniğine çevir
39. Adım LCD'nin 2. satır 11. hanesine UZTEXT değerini yaz
40. Adım Döngü bitti
41. Adım Eğer PORTC.4=1 ise yani aşağı butonuna basıldığında ve UZUNLUK 5 den büyük ise
42. Adım $UZUNLUK = UZUNLUK - 1$ (UZUNLUK değerini 1 azalt)
43. Adım 60 ms bekle
44. Adım UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine çevir
45. Adım LCD'nin 2. satır 11. hanesine UZTEXT değerini yaz
46. Adım Döngü bitti
47. Adım Eğer PORTC.2=1 ise yani RESET butonuna basıldığında
48. Adım $INP = 0$
49. Adım LCD'yi temizle
50. Adım LCD'nin 1. satır 1. hanesine " Uzunluk=" ifadesini yaz
51. Adım LCD'nin 2. satır 1. hanesine " Sure=" ifadesini yaz
52. Adım LCD'nin 1. satır 14. hanesine " cm" ifadesini yaz
53. Adım LCD'nin 1. satır 11. haneye UZTEXT değerini yaz
54. Adım $ZAMAN = 0$
55. Adım ZAMAN değerini ZAMANTEXT eşleniğine çevir
56. Adım LCD'nin 2. satır 8. hanesine ZAMANTEXT değerini yaz
57. Adım Döngü bitti
58. Adım Eğer PORTC.0=0 ise yani, 1. Fototransistorun önünden cisim geçtiğinde
59. Adım $INP1 = 1$
60. Adım $ZAMAN = 0$
61. Adım LCD'nin 2. satır 14. hanesine " s" ifadesini yaz
62. Adım Döngü bitti,
63. Adım $INP1 = 1$ ise
64. Adım 1 ms bekle
65. Adım $ZAMAN = ZAMAN + 1$ (ZAMAN değerini 1 artır)
66. Adım Eğer PORTC.1=0 ise yani, 2. Fototransistorun önünden cisim geçtiğinde
67. Adım $INP1 = 0$

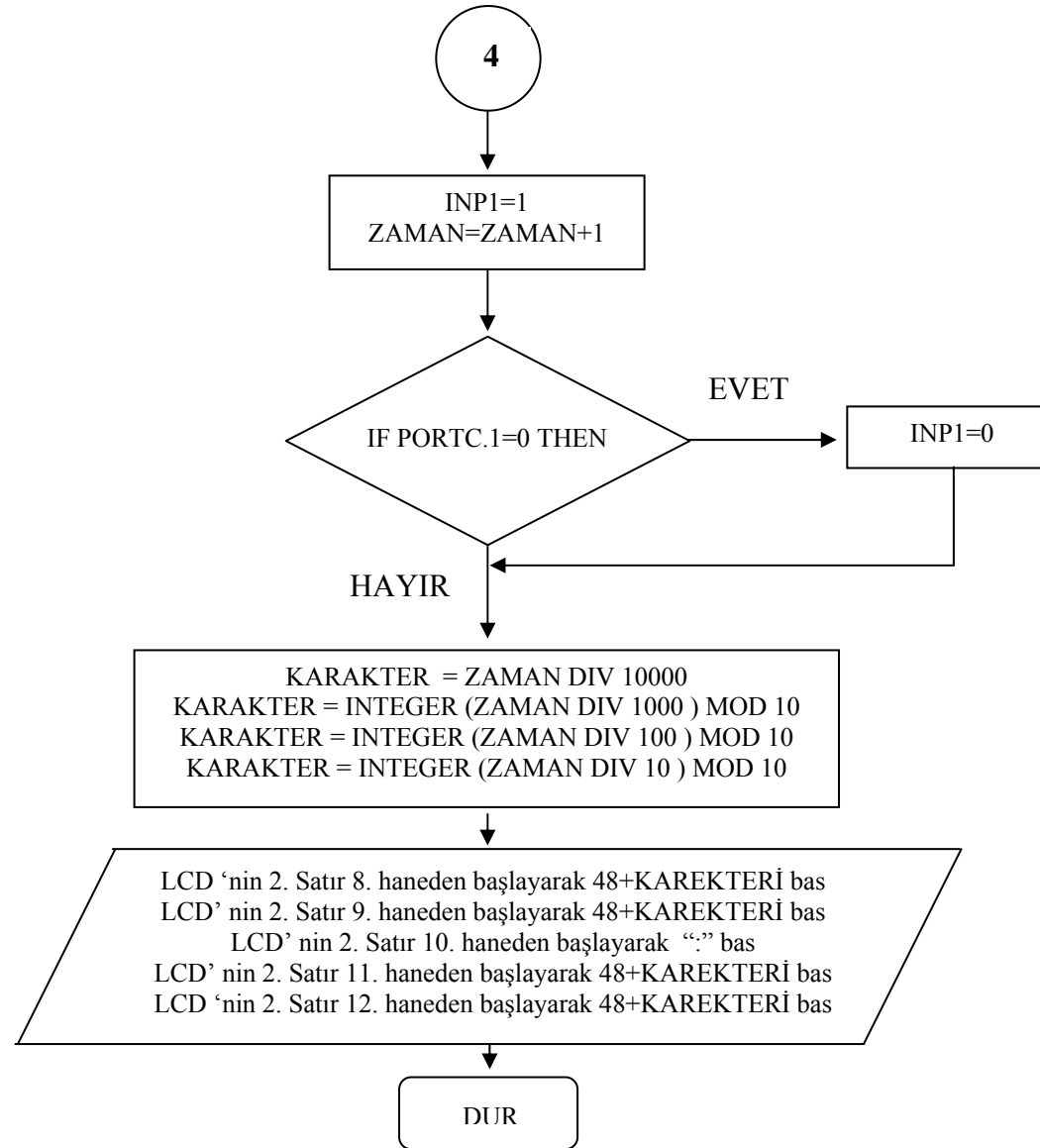
68. Adım LCD'nin 2. satır 16. hanesini sil
69. Adım Döngü bitti
70. Adım $KARAKTER = ZAMAN \text{ DIV } 10000$
71. Adım LCD'nin 2. Satır 8. haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas
72. Adım $KARAKTER = \text{INTEGER} (ZAMAN \text{ DIV } 1000) \text{ MOD } 10$
73. Adım LCD'nin 2. Satır 9. haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas
74. Adım LCD'nin 2. Satır 10. haneden başlayarak "" bas
75. Adım $KARAKTER = \text{INTEGER} (ZAMAN \text{ DIV } 100) \text{ MOD } 10$
76. Adım LCD'nin 2. Satır 11. haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas
77. Adım $KARAKTER = \text{INTEGER} (ZAMAN \text{ DIV } 10) \text{ MOD } 10$
78. Adım LCD'nin 2. Satır 12. haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas
79. Adım 5 ms bekle
80. Adım LOOP UNTIL FALSE
81. Adım Programı sonlandır

Programın akış diyagramı
aşağıdaki gösterilmiştir.









Programın mikrobasic kodları ve satır açıklamaları aşağıda verilmiştir.

DIM INP AS BYTE	” INP değişkenini BYTE cinsinden tanımla”
DIM INP1 AS BYTE	” INP1 değişkenini BYTE cinsinden tanımla”
DIM KARAKTER AS BYTE	” KARAKTER değişkenini BYTE cinsinden tanımla”
DIM I AS BYTE	” I değişkenini BYTE cinsinden tanımla”
DIM UZUNLUK AS BYTE	” UZUNLUK değişkenini BYTE cinsinden tanımla”
DIM ZAMAN AS WORD	” ZAMAN değişkenini WORD cinsinden tanımla”
DIM ZAMANTEXT AS CHAR [5]	” ZAMANTEXT değişkenini 5 karakter olarak tanımla”
DIM UZTEXT AS CHAR [3]	” UZTEXT değişkenini 3 karakter olarak tanımla”
MAIN	
TRISC = 255	“C portunu giriş olarak ayarla”
TRISB = 0	”B portunu çıkış olarak ayarla”
LCD_INIT (PORTB)	” B portunu LCD için ayarla”
LCD_CMD (LCD_CLEAR)	”LCD yi temizle”
LCD_CMD (LCD_CURSOR_OFF)	”imleci kapat”
LCD_OUT (1, 1, " C. U. Fen Fak.")	“C.U. Fen Fak. İfadesini LCD yaz”
LCD_OUT (2, 1, " Fizik Bölümü")	“Fizik Bölümü ifadesini LCD yaz”
DELAY_MS (5000)	“5000 ms bekle”
LCD_OUT (1, 1, " ")	“LCD 1 satır 1 haneyi siler”
LCD_OUT (2, 1, " ")	“LCD 2 satır 1 haneyi siler”
LCD_OUT (1, 1, "Uzunluk = ")	“LCD 1 satır 1 haneye Uzunluk= yaz”
LCD_OUT (2, 1, "Sure = ")	“LCD 2 satır 1 haneye Sure= yaz”
LCD_OUT (2, 8, " ")	“LCD 2 satır 8 haneyi boş bırak”
LCD_OUT (1, 14, " cm")	“LCD 1 satır 14 cü haneye cm yaz”
LCD_OUT (2, 14, " s")	“LCD 2 satır 14 cü haneye s yaz”
INP = 0	
ZAMAN= 0	
UZUNLUK = 100	
BYTETOSTR (UZUNLUK, UZTEXT)	”UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine çevir”
BYTETOSTR (ZAMAN, ZAMANTEXT)	”ZAMAN değerini ZAMANTEXT eşleniğine çevir”
LCD_OUT (1, 11, UZTEXT)	“LCD 1 satır 11 ci haneye UZTEXT değerini yaz”
LCD_OUT (2, 8, ZAMANTEXT)	“LCD 1 satır 8 ci haneye ZAMANTEXT değerini yaz”
DO	
IF PORTC.2 = 1 THEN	” PORTC.2=1 ise”
DELAY_MS (5)	“5 ms bekle”
INP = 1	
LCD_CMD (LCD_CLEAR)	”LCD yi temiz”
LCD_OUT (1, 1, "Uzunluk Secimi")	“LCD 1 satır 1ci haneye uzunluk seçimi ifadesini yaz”
LCD_OUT (2, 1, "Uzunluk = ")	“LCD 2 satır 1 ci haneye uzunluk= ifadesini yaz”
BYTETOSTR (UZUNLUK, UZTEXT)	”UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine çevir”
LCD_OUT (2, 11, UZTEXT)	“LCD 2 satır 11 ci haneye UZTEXT değerini yaz”
LCD_OUT (2, 14, " cm")	“LCD 2 satır 14 cü haneye cm ifadesini yaz”
END IF	
WHILE INP = 1	
IF ((PORTC.3 = 1) AND (UZUNLUK < 100)) THEN	”PORTC.3=1 ve UZUNLUK 100 den küçük ise”
UZUNLUK=UZUNLUK+1	”UZUNLUK değeri 1 artır”
DELAY_MS (60)	“60 ms bekle”
BYTETOSTR (UZUNLUK, UZTEXT)	”UZUNLUK değerini UZTEKS eşleniğine çevir”
LCD_OUT (2, 11, UZTEXT)	“LCD 2 satır 11 ci haneye UZTEXT değerini yaz”
END IF	
IF ((PORTC.4 = 1) AND (UZUNLUK > 5))THEN	”PORTC.4=1 ve UZUNLUK 5 den büyük ise”
UZUNLUK = UZUNLUK-1	”UZUNLUK değeri 1 azalt”
DELAY_MS (60)	“60 ms bekle”

BYTETOSTR (UZUNLUK, UZTEXT)	”UZUNLUK değerini UZTEXT eşleniğine evir”
LCD_OUT (2, 11, UZTEXT)	“LCD 2 satır 11 ci haneye UZTEXT değerini yaz”
END IF	
IF PORTC.2 = 1 THEN	”PORTC.2=1 ise”
INP = 0	
LCD_CMD (LCD_CLEAR)	”LCD yi temizle”
LCD_OUT (1, 1, "Uzunluk = ")	“LCD 1 satır 1 ci haneye Uzunluk= ifadesini yaz”
LCD_OUT (2, 1, "Sure = ")	“LCD 2 satır 1 ci haneye Sure= ifadesini yaz”
LCD_OUT (1, 14, " cm")	“LCD 1 satır 14 cü haneye cm ifadesini yaz”
LCD_OUT (1, 11, UZTEXT)	“LCD 1 satır 11 ci haneye UZTEXT değerini yaz”
ZAMAN = 0	
BYTETOSTR (ZAMAN, ZAMANTEXT)	”ZAMAN değerini ZAMANTEXT eşleniğine evir”
LCD_OUT (2, 8, ZAMANTEXT)	“LCD 2 satır 8 ci haneye ZAMANTEXT değerini yaz”
END IF	
WEND	
IF PORTC.0 = 0 THEN	”PORTC.0=0 ise”
INP1 = 1	
ZAMAN = 0	
LCD_OUT (2, 14, " s")	“LCD 2 satır 14 cü haneye s ifadesini yaz”
END IF	
WHILE INP1 = 1	
DELAY_MS (1)	“1 ms bekle”
ZAMAN = ZAMAN + 1	”ZAMAN değeri 1 artır”
IF PORTC.1 = 0 THEN	”PORTC.1=0 ise”
INP1 = 0	
LCD_OUT (2, 16, " ")	“LCD 2 satır 16 cı haneye boşluk bırak ”
END IF	
WEND	
KARAKTER = ZAMAN DIV 10000	
LCD_CHR (2, 8, 48 + KARAKTER)	”LCD nin 2. Satır 8 haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas”
KARAKTER = INTEGER (ZAMAN DIV 1000) MOD 10	
LCD_CHR (2, 9, 48 + KARAKTER)	”LCD nin 2. Satır 9 haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas”
LCD_CHR (2, 10, "")	”LCD nin 2. Satır 10 haneden başlayarak bas”
KARAKTER = INTEGER (ZAMAN DIV 100) MOD 10	
LCD_CHR (2, 11, 48 + KARAKTER)	”LCD nin 2. Satır 11 haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas”
KARAKTER = INTEGER (ZAMAN DIV 10) MOD 10	
LCD_CHR (2, 12, 48 + KARAKTER)	”LCD nin 2. Satır 12 haneden başlayarak 48+KAREKTERİ bas”
DELAY_MS (5)	“5 ms bekle”
LOOP UNTIL FALSE	
END.	”Programı sonlandır”

6. SÜRTÜNME Lİ VE SÜRTÜNME SİZ E ĞİK DÜZLEM

6.1 Newton'un Hareket Yasaları

16. yy.dan önce yaşanmış bilim adamları, maddenin durgun halini onun doğal hali olarak düşündüler. İlk kez Galileo, maddenin doğal hal ve hareketine farklı bir yorumla yaklaşmıştır. Galileo, sürtünmesiz yüzeylerde hareket eden cisimlerle ilgili bir düşünce deneyi geliştirerek, hareket halindeki cismin durması onun doğal hali olmadığını, hiç durmadan yoluna devam etmesi gerektiğini söylemiştir. Ayrıca, cisimler hareket halinde iken, durmaya ve hızlanmaya direnme (eylemsizlik) tabiatına sahip olduğu sonucuna da varmıştır.

Bu yeni yaklaşım daha sonra Newton tarafından formüle edilerek, kendi adıyla anılan Newton'un birinci (eylemsizlik) yasası olarak tanınmış ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir. "Bir cisme bir dış (bileşke) kuvvet etki etmedikçe, cisim durgun ise durgun kalacak, hareketli ise sabit hızla doğrusal hareketine devam edeceğini" söyler. Daha basit bir ifadeyle, "bir cisme etki eden net kuvvet yoksa ivmesi sıfırdır" diyebiliriz. Cismin hareketini değiştirecek hiçbir şey yok ise o zaman hız değişmez.

Newton'un birinci yasasına göre yalıtılmış (çevre ile etkileşmeyen) bir cismin ya durgun (sukunette) kaldığı ya da sabit hızla doğrusal yoluna devam ettiği sonucuna varırız. Bir cismin, hızında meydana gelecek değişmeye direnme (karşı koyan) eğilimine o cismin eylemsizliği denir.

Newton'un ikinci yasası bir cisim üzerine sıfırdan farklı bir bileşke kuvvet etki ettiği zaman ne olur sorusunun yanıtıdır. Sürtünmesiz yatay bir düzlemde hareket eden bir cisim düşünelim. Cisim üzerine yatay bir F kuvveti uygulanırsa, cisim a ivmesi ile harekete geçer. Kuvvet iki katına çarılırsa ivmede iki katına çıkacaktır. Benzer şekilde kuvvet $3F$ 'ye çıkarılırsa ivmede üç katına çıkar ve bu cismin bu davranışı bu şekilde devam eder. Bu gözlemlerden çıkan "bir cismin ivmesinin, o cisim üzerine etki eden dış kuvvetle doğru orantılı olduğunu" sonucu çıkarılır. Bir cismin ivmesi onun kütesinde bağlıdır. Bir cisme sürtünmesiz bir yüzeyde bir F kuvveti uygularsanız bir a ivmesi kazanır. Kütle iki katlarsanız aynı kuvvet $a/2$ ivmesini oluşturur. Kütle üç katına çıkarılırsa, blok $a/3$ ivmesini kazanacak ve böyle devam edecektir. Bu açıklamalara göre; "bir cismin ivmesinin kütle ile ters orantılı olduğu" sonucuna varırız. Newton'un Üçüncü Yasası iki cisim birbiriyle

etkileşiyorsa, 1. cismin 2. cisme uyguladığı kuvvet, 2. cismin 1. cisme uyguladığı kuvvete eşit ve zıt yönlü olduğunu ifade eder.

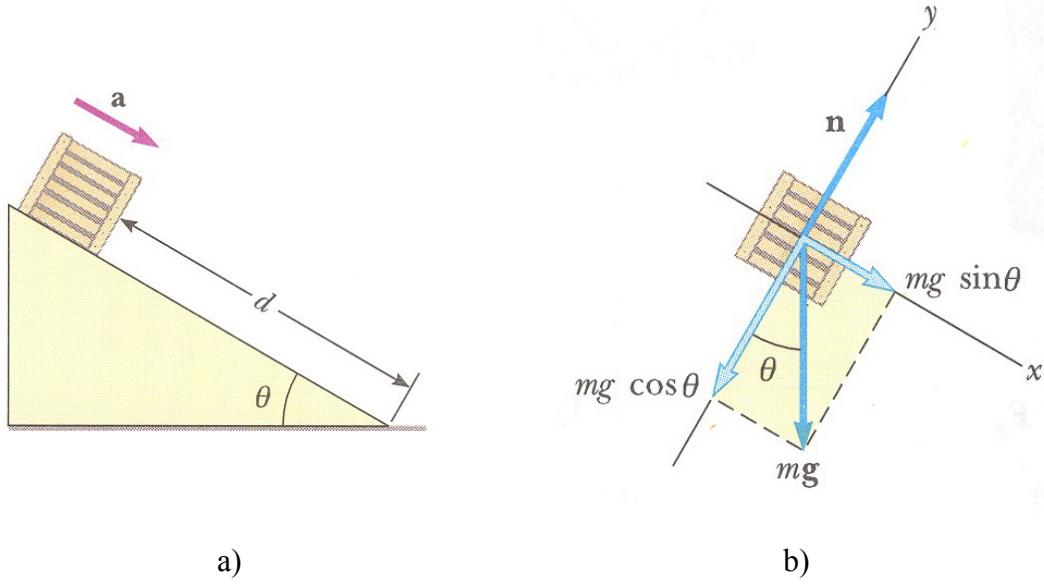
Pürüzlü yüzey ile cisim arasındaki statik sürtünme kuvveti F_s , cisme etki eden normal kuvveti N ile orantılıdır. Bu maksimum F_s kuvveti, cismin tam kayma sınırında olduğu zaman doğan sürtünme kuvvetidir. Genel halde $F_s \leq \mu_s \cdot N$ dir. Burada μ_s statik sürtünme katsayısıdır. Bir cisim pürüzlü bir yüzeyde kaydığı zaman ortaya çıkan kinetik sürtünme kuvveti F_k , harekete zıt yönde olup ve yine normal kuvvetle orantılıdır. Bu kuvvetin büyüklüğü $F_k = \mu_k \cdot N$ ile verilir. Burada μ_k kinetik sürtünme katsayısı olup genellikle $\mu_k < \mu_s$ dir. [7]

6.1.1 Eğik Düzlem Düzeneğinin Amacı

Amacımız hareket eden bir cismin ivmesini bulmak ve bu ivmeye bağlı olarak yerçekimi ivmesinin değerini hesaplamaktır. Cisim eğik düzlem üzerinde tam kaymaya başladığı andaki sınır açısı θ_s ölçülüp, bu açığa bağlı olarak statik sürtünme katsayısı μ_s elde edilir. Böyle olmakla birlikte eğer sınır açısı, altında bir θ_s değerine kadar azaltılırsa, cismin ($a = 0$) sabit hızla gidebileceği bir açı bulunabilir. Bu açığa bağlı olarak da kinetik sürtünme katsayısı μ_k elde edebiliriz. Statik ve kinetik sürtünme katsayıları cismin ağırlığından bağımsızdır. Buna dayanarak aynı yüzeye sahip olan farklı kütleler için sürtünme katsayısı daima eşittir. [7]

6.2 Eğik Düzlem Üzerinde Bir Cismin Hareketi

Şekil 6.1a'de gösterilen; sürtünmesiz, θ eğim açılı sürtünmesiz bir eğik düzlem üzerine m kütleli bir cisim konulmuştur. Cismin serbest cisim diyagramı (yani cisim üzerine etki eden kuvvetler) Şekil 6.1b'de gösterilmiştir. Sistemin ivmesini bulmak için Newton'un ikinci yasasını kullanabiliriz. Cisme etki eden kuvvetler, düzleme dik olan n normal kuvveti ile aşağı yönlü F_g ağırlığıdır.



Şekil 6.1 a) Eğik düzlem üzerinde kayan bir cisim b) Kayan blok için serbest cisim diyagramı

Koordinat sistemini, x eksenini eğik düzleme paralel, y eksenini eğik düzleme dik olacak şekilde seçmek uygundur. Ağırlığın bileşenleri, $mg \sin \theta$, x-yönünde, $mg \cos \theta$, eksi y-yönünde olur. Cisme Newton'un ikinci yasasını, $a_y=0$ ve $a_x=a$ olduğu için

$$\begin{aligned} \sum F_y &= mg \cos \theta = 0 \\ \sum F_x &= mg \sin \theta = ma \end{aligned} \quad [6.1]$$

eşitlikleri ile verilir. Denklem 6.1'den x-yönünde sistemin ivmeli hareketi vardır. Dolayısıyla eğik düzlem boyunca ivmenin değeri,

$$a_x = g \sin \theta \quad [6.2]$$

bağıntısından hesaplanır. Denklem 6.2'den görüleceği üzere ivme yalnız eğim açısı θ ve g 'ye bağlı ve cismin kütesinden bağımsızdır.

F_g kuvvetinin eğik düzleme dik bileşeninin normal kuvvet tarafından dengelendiği denklem 6.1'den görülebilir. Yani, $n = mg \cos \theta$ olur. Bu eşitlik aynı zamanda normal kuvvetin cismin ağırlığına eşit olmadığı duruma bir örnektir. Sonuçlar incelendiğinde $\theta = 90^\circ$ olunca $a_x = g$ ve $n = 0$ olur. Bu da sandığın serbest düşme yapması ile aynıdır. Ayrıca $\theta = 0^\circ$ için $a_x = 0$ ve $n = mg$ (maksimum değeri) olur. Bu da sandığın düzlemde durması halidir. Cismin eğik düzlemin tepesinden serbest bırakıldığını varsayalım. Tepeden itibaren alt uca kadar olan uzaklık d olsun. Cismin alt uca varması için geçen zamanı ve alt uca vardığında hızını hesaplayalım. Sabit ivmeli hareketten dolayı kinematik denklemlerinin kullanılmasıyla; ilk hızsız bir cisim için yerdeğiştirmenin $x_s - x_i = d$ ve alınan yol da $d = \frac{1}{2} a_x t^2$ bağıntısı yardımıyla t süresi

$$t = \sqrt{\frac{2d}{g \sin \theta}} \quad [6.3]$$

hesaplanabilir. Parçağın son hızıda,

$$V_s = \sqrt{2gd \sin \theta} \quad [6.4]$$

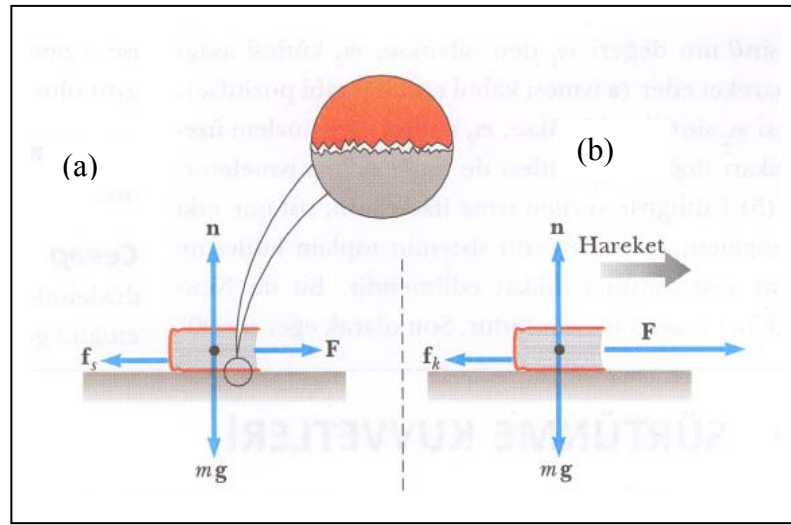
olur. Denklem 6.3 ve denklem 6.4 ifadelerinden t ve V_s 'in cismin kütesinden bağımsız olduğu açıkça görülür. [7]

6.3 Sürtünme Kuvvetleri

Bir cisim, pürüzlü bir yüzeyde yahut hava veya su gibi viskoz bir ortam içinde hareket ediyorsa, çevresi ile arasındaki etkileşmeden dolayı harekete karşı bir direnme doğar. Böyle bir direnmeyi sürtünme kuvveti olarak adlandırırız. Sürtünme kuvvet, yürüyebilmemiz, koşabilmemiz, durabilmemiz, arabaların harekete geçmesi ve durabilmesi için gereklidir.

Pürüzlü bir döşemede ağır bir masayı hareket ettirmeye çabalarsak; masa önce hareket etmez. İtmeye devam edersek masa aniden harekete geçer ve harekete geçtikten sonra hareketin devamı daha kolayca devam ettirilebilir. Masayı harekete başlatmak için gereken kuvvet, masa kaymakta iken gerekenden daha büyük değere sahiptir. Bunu daha iyi

anlatmak için Şekil 6.2a'de görülen yatay masa üzerindeki bir cismi göz önüne alalım. Cisim yatay ve sağa doğru bir F kuvveti uygulayalım. F kuvvetinin büyüklüğü yeterli değilse, cisim hareket etmeyecektir. Cismin hareketini önleyen sola doğru etki eden kuvveti f ile gösterilir ve sürtünme kuvveti olarak adlandırılır. Bu sürtünme kuvveti cisim durgun iken statik sürtünme kuvveti f_s ve hareket halinde ise kinetik sürtünme kuvveti f_k olarak gösterilirler. Şekil 6.2b'de düzgün olmayan iki yüzeyin temas durumunu göstermektedir. Birbirine temas eden düzgün olmayan yüzey üzerindeki değme noktalarının genel seviye üzerinde bulunan çıkıntılar sürtünme kuvvetine sebep olurlar.



Şekil 6.2 Pürüzlü bir yüzeyde hareket eden cismin serbest cisim diyagramı

Atomik seviyede; eğer yüzeyler temiz ve düzgün iseler temas olduğunda kaynak olmuş gibidirler. Sürtünme kuvvetleri kısmen bir yüzeydeki tepenin diğer yüzeydeki tepe tarafından fiziksel olarak engellenmesinden, kısmen temas eden yüzeylerdeki kimyasal bağlardan ortaya çıkarlar. Eğer yüzeyler kaba ise sektirmeye benzer olayların ortaya çıkmasıyla analiz daha da karmaşıktır. Atomik seviyelerde sürtünmenin detayları oldukça karışık olmasına rağmen sonuç olarak bu kuvvet atom ve moleküller arasında elektriksel etkileşmeleri içerir.

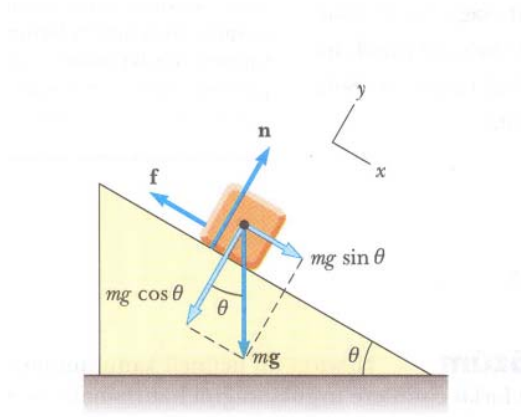
Şekil 6.2b'deki gibi F kuvvetinin büyüklüğü arttırılırsa, sonunda cisim kaymaya başlayacaktır. Cisim tam kayma sırasında iken f_s statik sürtünme kuvvetinin, maksimum

değerine sahip olur. F kuvveti, $f_{s, \text{maks}}$ değerini aştığı zaman, kitap sağa doğru hareket edecek ve ivmelenecektir. Kitap harekete koyulduktan sonra, sürtünme kuvveti f_s , maksimum değerinden daha küçük değere düşer. Bu düşük değerdeki sürtünme kuvveti f_k ile gösterilen kinetik sürtünme kuvveti etkir. $F > f_k$ ise, x-doğrultusunda dengelenmemiş $F - f_k$ kuvveti sağ tarafa doğru bir ivme oluşturur. $F = f_k$ ise cisim sağ tarafa doğru sabit hızlı hareket eder. Uygulanan kuvvet kaldırılırsa, cisim sola doğru etki eden sürtünme kuvveti yavaşlatıcı bir ivme oluşturarak sonunda cismi durdurur.

$f_{s, \text{maks}}$ ve f_k sürtünme kuvvetlerinin her ikisi de cisim üzerine uygulanan normal kuvvetle orantılıdır. [7]

6.4 Hesaplama ve Sonuçlar

Eğik düzlem problemini sürtünmeli bir yüzey için uygulayarak μ_k ve μ_s katsayılarını hesaplayabiliriz. Küçük bir cismi Şekil 6.3’de görüldüğü gibi bir eğik düzlem üzerine yerleştirelim. Eğik düzlemin eğim açısı, cisim kaymaya başlayıncaya kadar artırılıyor. Tam kaymanın başladığı θ_c kritik açısı ölçülerek μ_s doğrudan



Şekil 6.3 Pürüzlü bir eğik düzlem üzerindeki cisim

bulunabilir. Eğik düzlemin üzerindeki cisme etki eden kuvvetler mg yer çekimi kuvveti, n normal kuvvet ve f_s statik sürtünme kuvvetidir. Cisim tam hareket etmeye iken (henüz hareketsiz) statik denge duruma karşılık gelip; bu kuvvetler dengelenmiş haldedir. X-

eksenini düzleme paralel ve hareket doğrultusu, y-eksenini dik olarak seçip Newton un ikinci yasadını cisme uygularsak, denge aşağıdaki

$$\sum F_x = mg \sin \theta - f_s = m a_x = 0 \quad [6.5]$$

ve

$$\sum F_y = n - mg \cos \theta = m a_y = 0 \quad [6.6]$$

bağıntılarıyla verilir. Denklem 6.5'den f_s 'yi çeker ve denklem 6.6'dan n 'yi çekip taraf tarafa oranlayalım. Eğik düzlem $\theta = \theta_c$ kritik açı değerine alınca $f_s = f_{s,\max} = \mu_s n$ koşulunu kullanılıp; bağıntı düzenlenirse,

$$\mu_s = \tan \theta_c \quad [6.7]$$

bağıntısı elde edilir.

Cisim bir kez $\theta \geq \theta_c$ 'de hareket etmeye başlarsa, eğik düzlem üzerinde aşağı doğru ivmelenir ve $f_k = \mu_k n$ değerinde bir sürtünme kuvveti etkisinde kalır. Böylece birlikte eğer θ, θ_c nin altında bir θ_c 'değerine kadar azaltılırsa, cismin ($a_x=0$) sabit hızla gidebileceği bir açı bulabilir. Bu halde denklem 6.5 ve denklem 6.6 eşitliklerini f_s yerine f_k yazarak çözersek kinetik sürtünme katsayısını

$$\mu_k = \tan \theta_c \quad [6.8]$$

elde ederiz. Kinetik durum: $\mu_k = \tan \theta$ olup, bu durumda $\theta < \theta_c$ dir. [7]

6.5 Deneysel Hesaplama ve Hata Hesabı

Fizik deneylerinde ölçme sonuçları önemli rol oynadığından, bir büyüklüğün kesin değerinin istenilen bir doğrulukla (duyarlıkta) elde edilmesi gerekir. İstenilen duyarlıkta sonuçlara ulaşabilmek için de uygun ölçme aletleri ve yöntemlerinin seçilmesi gerekir.

Laboratuar ortamında her ne kadar dikkat edilirse edilsin bir takım hatalar yapılır. Hatalar insanın duyu organlarından kaynaklanan *kişisel hatalar*, ölçüm aletinin yapımındaki veya düzenlenmesindeki herhangi bir kusurdan oluşan *aletsel hatalar* ve rüzgar, sıcaklık, rutubet, hava katmanlarındaki kırılma, yerçekimi, manyetik alan vb değişik doğa olaylarından kaynaklanan *ortamdan kaynaklanan hatalar* olarak sıralanabilir. Bu hatların bir kısmı özel çaba ve duyarlı ölçüm aletleri kullanılarak giderilebilir. Yapılan sayıcı devresi yardımıyla kişisel ve aletten kaynaklanan hatalar en aza indirgenmeye çalışılmış ve bunu doğrulayabilmek içinde laboratuar ortamında sürtünmeli eğik düzlem deney verileri ve hata hesapları aşağıda verilmiştir. MDF zemin üzerinde MDF kaymaya bırakılarak ilgili statik ve kinetik sürtünme katsayıları ve yerçekimi ivmesi deneysel olarak hesaplanmaya çalışılmıştır. Sürtünmeli eğik düzlem deneyinde alınan veriler Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2 oluşturuldu. Çizelgelerdeki veriler ve

$$\mu_k = \frac{\sin \theta - \frac{2x}{gt^2}}{\cos \theta} \quad [6.9]$$

denklemleri kullanılarak MDF cismi için kinetik sürtünme katsayısı μ_k değeri hesaplandı. Burada hesaplama yapılırken yer çekimi ivmesinin için 980 cm/s^2 değeri kullanıldı. Daha sonra $x-t^2$ grafiği çizilmiş ve grafiğin eğiminden

$$\tan \theta_c = \frac{1}{2}a = \frac{\Delta x}{\Delta t^2} \quad [6.10]$$

(bağıntısı yardımıyla) cismin ortalama ivmesi hesaplanmıştır. İlgili grafikler Şekil 6.4a ve 6.4b verilmiştir. Buradan hesaplanan ivme değeri a ve

$$g = \frac{a}{\sin \theta - \mu_k \cos \theta} \quad [6.11]$$

bağıntısında kullanılarak deneysel yerçekimi ivmesi hesaplandı. Bulunan deneysel yerçekimi ivme değeri teorik olan 980 cm/s^2 karşılaştırıldı. Bunun içinde yüzde hesabı yapılarak deneydeki ölçüm ve kişi hatalarında kaynaklanan hataların ne kadar olduğu hesaplandı. MDF cismi için statik duruma karşılık gelen ve deneysel olarak bulunan sınır açısı 18° - 20° olup denklem 6.7'den hesaplanan statik sürtünme katsayısı μ_s değeri 0,32-0,36 değerleri arasındadır. Literatürde kullandığımız MDF nin statik sürtünme katsayısı hakkında bilgi olmadığından doğrulama şansımız bulunmamaktadır.

Yapılan sayıcının verimli çalışıp çalışmadığını kontrol etmek için; önce ölçümler kronometre yardımıyla; daha sonra da hazırlanan sayıcı devre düzeneği yardımıyla ölçülmüştür. Çizelge 6.1'de kronometre ile ve Çizelge 6.2'de ise sayıcı devresi kullanılarak ölçülen sonuçları içermektedir.

Çizelge 6.1. Kronometre ile ölçülen süreler

x (cm)	t (s)					
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	t_{ort} (s)
5	0,30	0,40	0,40	0,40	0,40	0,38
15	0,60	0,80	0,80	0,70	0,80	0,74
25	0,90	1,10	0,90	0,90	1,10	0,98
35	1,30	1,10	1,50	1,30	1,30	1,30
45	1,50	1,30	1,40	1,50	1,40	1,42
55	1,70	1,50	1,50	1,40	1,60	1,54
65	1,50	1,50	1,80	1,60	1,50	1,58
75	1,50	1,70	1,40	1,40	1,30	1,46

Çizelge 6.2 Sayıcı devre monte edilmiş deney düzeneği ile ölçülen süreler

x (cm)	t (s)					
	1. Ölçüm	2. Ölçüm	3. Ölçüm	4. Ölçüm	5. Ölçüm	t_{ort} (s)
5	0,23	0,25	0,25	0,26	0,25	0,25
15	0,47	0,53	0,51	0,52	0,48	0,50
25	0,60	0,61	0,64	0,58	0,60	0,61
35	0,77	0,74	0,76	0,76	0,77	0,76
45	0,79	0,81	0,82	0,83	0,83	0,82
55	0,95	0,95	0,95	0,97	0,95	0,95
65	1,08	1,12	1,08	1,11	1,10	1,10
75	1,22	1,24	1,21	1,24	1,22	1,23

Burada x cm cinsinden yolu, t saniye cinsinden zamanı t_{ort} ortalama zamanı ve (1. Ölçüm, 2. Ölçüm, ..., 5. Ölçüm) ise kaç ölçüm yapıldığını göstermektedir. Ölçüm sayısını artırmamızın sebebi; bir büyüklüğün gerçek değeri sonsuz sayıda ölçü yapılamayacağı için genellikle belirlenemez. Bir büyüklük, rastgele bir şekilde genellikle ($N \rightarrow \infty$) iken aynı doğrulukta, birbirinden bağımsız ve sadece rastlantısal hatalarla yüklü ölçülerden belirlenmek istenirse, her bir ölçü değeri, *gerçek değer* olarak adlandırılan ortalama değerden sapar. Genellikle belirli sayıda N ölçü olduğundan gerçek değere en yakın olan ve *kesin değer* olarak adlandırılan aritmetik ortalama kullanılır. Bundan dolayı Çizelge 6.1 ve Çizelge 6.2’de bulunan değerlerin ortalaması olan değerler alınarak Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4’ de kullanılmıştır. Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4’de kinetik sürtünme katsayıları ve deneysel hesapla bulunan yer çekim ivme değerler verilmiştir.

Burada μ_k deneysel hesaplanan kinetik sürtünme katsayısı, a cismin ivmesi ve g yerçekimi ivmesini cm/s^2 cinsinden göstermektedir. Dikkat edilecek olursa; kronometre ile ölçülen değerlerde insan faktörünün işin içine girmesinden dolayı sayıcı devresiyle ölçülene oranla daha büyüktür.

Çizelge 6.3 Kronometre ile ölçülen değerler sonucunda bulunan μ_k ve g

x (cm)	t_{ort} (s)	t^2 (s ²)	μ_k	a (cm/s ²)	g (cm/s ²)
5	0,38	0,14	0,39	46,8	662,3
15	0,74	0,55	0,41	46,8	837,2
25	0,98	0,96	0,41	46,8	881,0
35	1,30	1,69	0,42	46,8	1107,3
45	1,42	2,02	0,42	46,8	1027,6
55	1,54	2,37	0,41	46,8	988,8
65	1,58	2,50	0,41	46,8	880,7
75	1,46	2,13	0,39	46,8	651,8

ORTALAMA : 0,41 879,6

Çizelge 6.4 Sayıcı ile ölçülen değerler sonucunda bulunan μ_k ve g

(cm)	t (s)	t^2 (s ²)	μ_k	a (cm/s ²)	g (cm/s ²)
5	0,25	0,06	0,29	122,4	749,7
15	0,50	0,25	0,33	122,4	999,6
25	0,61	0,37	0,32	122,4	892,7
35	0,76	0,58	0,33	122,4	989,8
45	0,82	0,67	0,32	122,4	896,2
55	0,95	0,90	0,33	122,4	984,2
65	1,10	1,21	0,35	122,4	1116,5
75	1,23	1,51	0,36	122,4	1209,8

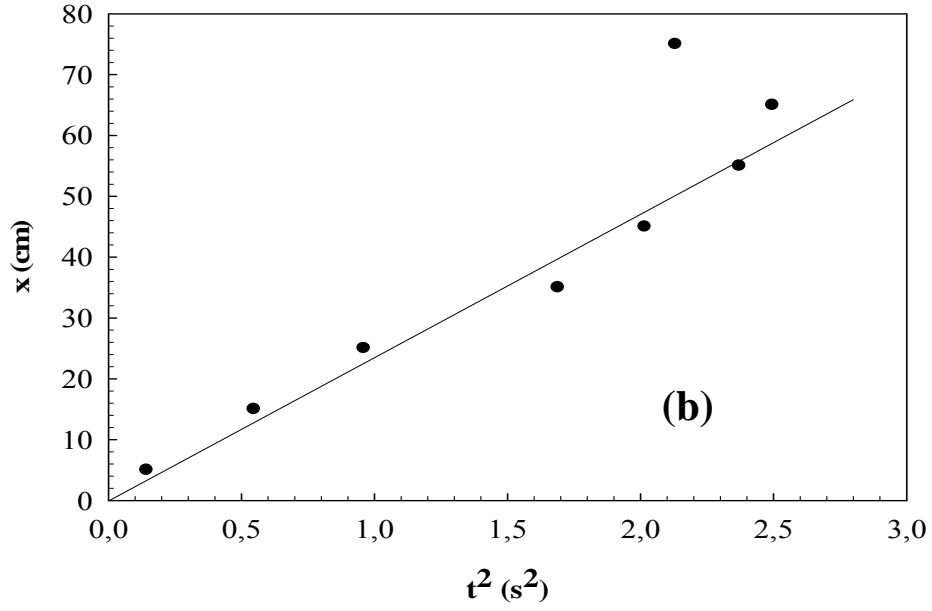
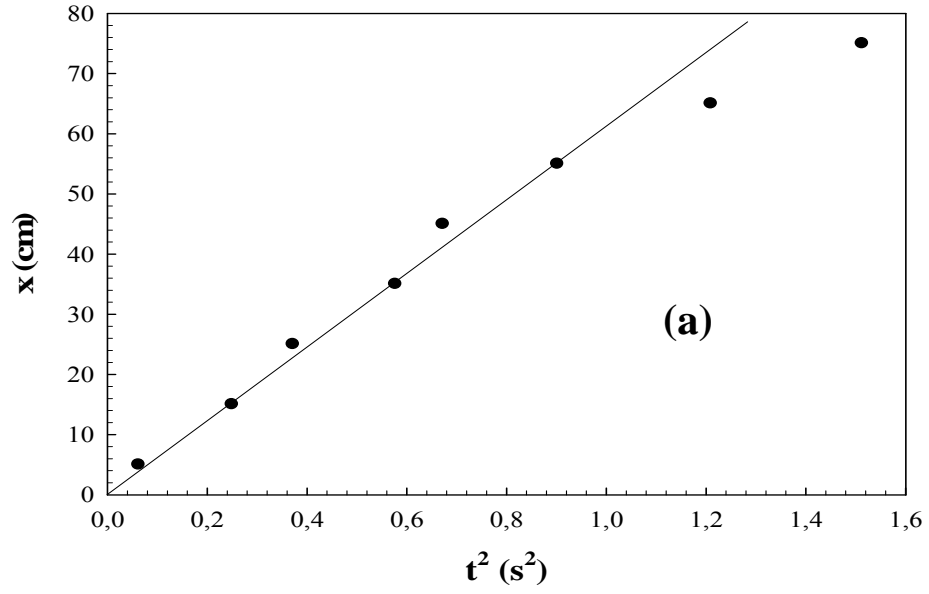
ORTALAMA : 0,33 979,8

Bu hata kişinin tepki verebilme süresine (başlat ve bitir düğmelerine basmak için geçen süre) bağlı olduğundan kişiden kişiye değişebilir. Çizelge 6.2'deki değerlerin Çizelge

6.1'dekilere göre küçük olmasının sebebi bu olup, bundan kaynaklanan hatayı ortadan kaldırmaktadır. Kinetik sürtünme katsayısının statik sürtünme katsayısından daha küçük olmasını bekliyorduk. Ancak deneysel sonuçlar bunun neredeyse birbirine eşit olduğunu gösteriyor. Buradan çıkaracağımız sonuç Her iki sürtünme katsayısının birbirine çok yakın olduğu veya fark varsa bunun oldukça az olduğunu gösteriyor. Her iki ölçüm yöntemi kullanarak bulunan yüzde hata hesabını yaparsak; kronometre için % 10 hataya yaparken bu sayıcı devresi kullanıldığında sadece % 1,0 dan daha azdır. Bu da yapılan deneyin başarıya ulaşmasında önemli bir faktör olduğuna inanmaktayız.

Sonuç olarak; deney yapılırken zaman ölçümünden kaynaklanan hata, en aza indirgenmiş ve kullandığımız sayıcı mükemmel biçimde çalışmaktadır. Elde edilen deneysel sonuçlar teorik sonuçlarla da uyuşmaktadır.

- a) Birbirleri ile temas halinde olan iki yüzey arasındaki statik sürtünme kuvveti uygulanan kuvvetle zıt yönlüdür ve $f_s \leq \mu_s n$ değere sahip olabilir. Burada μ_s ile gösterilen boyutsuz katsayı statik sürtünme katsayısıdır. O anda $f_s = f_{s,max} = \mu_s n$ olduğunda gerçekleşir. Denk-5 ifadesinin eşitlik olma hali ise, uygulanan kuvvetin $\mu_s n$ değerinden küçük olduğu zaman geçerlidir.
- b) Hareket eden bir cisme etki eden kinetik sürtünme kuvveti, daima cismin hareketinin zıt yönündedir ve $f_k = \mu_k n$ değere sahip olur. Burada μ_k kinetik sürtünme katsayısıdır.
- c) Sürtünme katsayıları temas eden yüzeylerin alanlarından hemen hemen bağımsızdır. Bunun nedenini anlamak için Şekil 6.2a'da büyütülmüş olarak görünen düzensiz iki yüzeyin temasını temsil eden çizimdeki gibi, görünen temas yüzeyi ile gerçek temas yüzeyi arasındaki fark, görünen temas yüzeyindeki artışın gerçek temas yüzeyindeki artış olmadığı açıkça ortadadır. Hiçbir özelliği değişmeksizin görünen yüzey arttırılırsa birim alana düşen temas noktalarını etkileyen kuvvet azalmış olur. Kuvvetteki bu azalma, temas eden noktaların etkisini bozar.



Şekil 6.4 MDF'li yüzeyde kayan MDF cisminin $x-t^2$ grafiği. a) kronometre kullanılarak ve b) sayıcı devresi kullanılarak ölçülen değerlere göre

7. SONUÇ

Bir otomasyon sisteminin en önemli kısmını; elektronik beyin olarak adlandırabileceğimiz, sisteme göre programlanabilen elektronik cihazlar oluşturmaktadır. Bu cihazlarda kullanılan PIC'ler kolay programlanabilmeleri, simülasyon yapabilme imkanı ile, programlarda hata riskini azaltmaları ve ucuz olmaları gibi özellikleri mikroişlemci temelli sistemleri önemini artırdığı görülmektedir.

Bu çalışmada, bir fizik deneyinin zaman ölçümü; PIC16F876 mikro denetleyiciyi kullanılarak yapılan bir sayıcı yardımıyla olayın başlangıç ve bitiş anları ve geçen süre daha duyarlı ölçülebilir hale getirildi. İstenirse; sayıcı devresi için yazılan programa daha başka özellikler (ortalama hız, ortalama ivme ..., gibi) fiziksel büyüklükleri de hesaplayabilme ve anında gösterme özellikleri de eklenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Altınbaşak, O. (2000). Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, Atlas Yayıncılık, İstanbul.
- [2] Türköz, M. Sait (2008). Temel Elektronik, Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [3] Altınbaşak, O. (2002). PicBasic Pro ile PIC Programlama, Atlas Yayıncılık, İstanbul.
- [4] Turgutlu, H. F. (2002). PIC Mikrodenetleyici Kullanarak Deneysel Bir Endüstriyel Sistemin Kontrol Edilmesi, Niğde Üniversitesi, Niğde.
- [5] PicBasic Pro User Guide, Micro Engineering Labs Inc, (1999),
- [6] Holiday, D. ve Resnick, R. (1991). Fiziğin Temelleri, çeviri: Prof. Dr. C. Yalçın, Ankara, s. 81-125.
- [7] Serway, R. A. ve Beichner, R. J. (2002). Fen ve Mühendislik için Fizik I. çeviri: K. Çolakoğlu, Ankara, s. 127-136.
- [8] Erol, Y. (2004). Bilim ve Teknik Dergisi, Fırat Üniversitesi Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Elazığ.
- [9] İbrahim, D. (2007). MikroBasic ile PIC Mikrokontrolör Öğreniyorum, Bileşim Yayınevi, Ankara.
- [10] Beti (2006). MikroBasic, Bileşim Yayınevi, Ankara.
- [11] <http://www.microchip.com>
- [12] <http://www.melabs.com>
- [13] <http://www.silisyum.com>
- [14] <http://www.elektronikders.com>
- [15] <http://www.eproje.com>

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	Fatih Aygün
Doğum Yeri ve Tarihi	Şebinkarahisar, 12/12/1976
Medeni Hali	Evli
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Giresun Üniversitesi Şebinkarahisar Meslek Yüksekokulu 28400 Şebinkarahisar /Giresun
E-posta Adresi	fatih.aygun@giresun.edu.tr

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Şebinkarahisar Lisesi, 1993
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi, 1998

İş Tecrübesi

Giresun Üniversitesi	Öğretim Görevlisi, 1998 -
----------------------	---------------------------

Ödüller, Teşvikler ve Üyelikler

Giresun Üniversitesi	Senato Üyesi, 2008 -
Alucra Meslek Yüksekokulu	Yönetim Kurulu Üyesi, 2008 -
Şebinkarahisar Meslek Yüksekokulu	Yönetim Kurulu Üyesi, 2008 -