MİKRODENETLEYİCİLİ ÇOKLU ÖLÇÜM CİHAZI TASARIM VE UYGULAMASI

Ali Tolga İNANDI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK EĞİTİMİ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2006
ANKARA

Ali Tolga İNANDI tarafından hazırlanan MİKRODENETLEYİCİLİ ÇOKLU ÖLÇÜM CİHAZI TASARIM VE UYGULAMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Çetin ELMAS
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Ömer Faruk BAY

Üye : Prof. Dr. İsmail COŞKUN

Üye : Prof. Dr. Çetin ELMAS

Tarih : 22/10/2006

Bu tez, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ali Tolga İNANDI

MİKRODENETLEYİCİLİ ÇOKLU ÖLÇÜM CİHAZI TASARIM VE UYGULAMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Ali Tolga İNANDI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Eylül 2006

ÖZET

Günümüzde elektriksel büyüklüklerin ölçümünde dijital ölçüm cihazlarının kullanımı oldukça yaygındır. Güç elektroniği elemanları kullanılan sistemlerin, şebekeden çektikleri akım doğrusal değildir ve şebeke geriliminde bozulmalara neden olabilir. Bu da doğrusal yüklere göre ayarlanmış ölçüm cihazlarında yanlış ölçümlere yol açmaktadır. Bu noktada gerçek etkin (rms) değerin önemi ortaya çıkmaktadır. Sadece gerçek etkin değer ölçümünde kullanılan yongalar giriş etkin değeriyle orantılı olarak çıkışında doğru gerilim vermekte, giriş dalga şekliyle ilgili bilgi vermemektedir. Bu tezde alternatif akım ve gerilimin anlık değerinden mikrodenetleyici yardımıyla matematiksel olarak gerçek rms değerleri hesaplanmıştır. Bir periyottaki anlık üç faz akım ve gerilimin değerleri sinyal analizinde kullanmak üzere mikrodenetleyici RS232 bağlantısından bilgisayara gönderilmiştir. Üç faza ait anlık akım ve gerilim örnekleme dizilerinden grafikler çizilmiştir. PIC 18F4455 mikro denetleyiciyle üç fazlı sistemin akım, gerilim, cosØ, aktif güç, reaktif güç, görünür güç, frekans gibi değerleri aynı anda 4*40 LCD'de gösterilmiştir. Frekans ölçümü ve güç katsayısının belirlenmesinde sinüs eğrisi, karşılaştırma devresi yardımıyla kare dalgaya çevrilmiştir. Kare dalganın sıfır geçiş anı bulunarak frekans ve güç katsayısı hesaplanmıştır. Mikrodenetleyici çalışma frekansının 48 MHz , RS232

bağlantı protokolünün veri hızının 115200 bit/saniye olması sistemin hassasiyetini arttırmıştır. Bu ölçüm cihazı deneysel amaçlı bir sistemin ürettiği veya tükettiği elektriksel büyüklükleri istatistiklerde kullanmak amacıyla veri bankası oluşturulması için kullanabilir. Deneysel veriler sonucunda sistemim verimli bir şekilde çalıştığı gözlenmiştir.

Bilim Kodu : 703.3.012
Anahtar Kelimeler : PIC, güç, frekans, rms , volt ,akım
Sayfa Adedi : 117
Tez Yöneticisi : Prof. Dr. Çetin ELMAS

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A MICROCONTROLLED MULTI MEASUREMENT DEVICE

(M. Sc. Thesis)

Ali Tolga İNANDI

GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
September 2006

ABSTRACT

Today, usages of digital measurement devices are extremely widespread in electrical measurements. Systems, using power semiconductor device, have nonlinear current and introduce voltage harmonics into the supply line. Therefore meters adjusted for linear load can cause incorrect measurement. On this point, true root-mean-square (rms) value becomes increasingly important. Although Integrated circuitries designed for measuring rms derive output voltage proportional to input rms value, these don't give any information about input waveform. In this thesis, instant values of alternative current and voltage are used to calculate true rms values mathematically by microcontroller. In order to use in signal analyzing, instant values of three-phases' voltage and current are sent to computer on serial port. Graphics are plotted from instant values of three-phases' voltage and current sampling series. PIC 18F4455 is used to show current, voltage, power factor, active power, reactive power, imaginary power and frequency value of three phases system on 4*40 LCD at the same time. For measuring frequency and power factor, sinus signals have been converted to square wave voltage using comparative circuit. Then frequency and power factor have been calculated from zero transition point. Operating frequency of microcontroller is 48 MHz and speed of data transmission on serial port

is 115200 bit/s. Therefore system operates sensitively. This measurement device is designed for producing electrical values of system. The data can be used for statistical calculations. Experimental results show that the system operates efficiently.

Science Code : 703.3.012
Key Words : PIC, power , frequency , rms , voltage ,current,
Page Number : 117
Adviser : Prof. Dr. Çetin ELMAS

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla ben yönlendiren Hocam Prof. Dr. Çetin ELMAS'a yine kıymetli tecrübelerinden faydalandığım Araştırma Görevlisi Ugur GÜVENÇ'e , elektrik kalibrasyon laboratuarlarında deney ölçümlerime yardımcı olan Eldaş AŞ çalışanlarına, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT.....vi

TEŞEKKÜR viii

İÇİNDEKİLER ix

ÇİZELGELERİN LİSTESİ..... ..xii

ŞEKİLLERİN LİSTESİ..... xiv

RESİMLERİN LİSTESİ xvii

SİMGELER VE KISALTMALAR ……...xviii

1. GİRİŞ 1

2. AKTERNATİF AKIMDA GÜÇ …….....4

2.1. RMS (Etkin Değer) ve Ortalama Değer …….....4

2.2. Aktif Güç, Reaktif Güç. ……..8

2.3. Doğrusal Yük, Doğrusal Olmayan Yük…….....10

2.4. Harmonik ve THD (Toplam Harmonik Bozunum)……..……..11

3. PIC 18F4455 MİKRODENETLEYİCİ YAPISI VE ÇEVRESEL DONANIMLAR ……..13

3.1. Bellek Organizasyonu……...15

3.1.1. Program bellek organizasyonu…….16

3.1.2. Veri bellek organizasyonu ……...22

3.2 . Osilatör Konfigürasyonu …….…… .. 27

3.2.1. Osilatör kontrolü …….……29

3.2.2. Osilatör çeşitleri ……...29

Sayfa

3.2.3 Osilatörü USB için kurma ……37

3.2.4. Saat kaynakları ve osilatör anahtarlaması ……...40

3.2.5. Güç gecikmeleri ……41

3.2.6. Osilatör kontrol yazmaçları ……....41

3.3. 10-Bit Analog-Dijital (A/D) Çevirici Modülü ……...42

3.3.1. Kazanım zamanı gereksinimi……..... 49

3.3.2. Kazanım zamanının seçimi ve düzenlenmesi…… 50

3.3.3. A/D çevrim saatinin seçimi ……..51

3.3.4. Analog port uçlarının düzenlenmesi ……52

3.3.5. A/D çevrimler ……52

3.4. Timer0 Modülü ……..…53

3.4.1. Timer0'ın çalışması ……55

3.4.2. Giriş bölücüleri ……..…55

3.4.3. Timer0 kesmesi ……... 56

3.5. 8x8 Donanım Çarpması ……...57

3.6. Güçlendirilmiş Üniversal Senkron Asenkron Alıcı-Verici ……..…..57

3.6.1Baud oranı üreteci (BRG)……..…..62

3.6.2. EUSART Asenkron Modu ……..…64

3.7. LCD Modül ……...69

3.8. Akım Transdüseri ……....76

3.9. Gerilim Transdüseri …… 78

4. ÇOKLU ÖLÇÜM CİHAZININ YAPISI VE ÜÇ FAZLI ŞEBEKE DEĞİŞKENLERİNİN ÖLÇÜLMESİ……..…… ….…..80

4.1. Çoklu Ölçüm Cihazının Genel Yapısı …..…….. .81

Sayfa

4.2. Karşılaştırma Devreleri……..……82

4.3. Frekans Ve CosØ Değerlerinin Ölçülmesi…..……..…....84

4.4. Akım Ve Gerilimin Ölçülmesi……..…….……..…90

4.4.1. ADC modülü ayarları……....90

4.4.2. Gerilim sinyali düzenleme devresi……..…….91

4.4.3. Akım ve gerilim örnekleme dizilerinin oluşturulması…….....92

4.4.4. Akım ve gerilim etkin değerlerinin hesaplanması……..…93

4.5. LCD Modül Bağlantısı……....98

4.6. Mikrodenetleyiciden Bilgisayara Verilerin Gönderilmesi……..….99

4.7. Deneysel Sonuçlar……...100

5. SONUÇ VE ÖNERİLER……..…….……..…112

KAYNAKLAR …..……..114

ÖZGEÇMİŞ……..117

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 2.1. İdeal sinüse ayarlanmış cihazın ölçüm sonuçları …….....5

Çizelge 2.2. Temel bileşeni 50 Hz olan sinyalin harmonik frekansları..... 11

Çizelge 3.1. 18F4455 bağlantı uçlarının görevleri.... ……..... ..14

Çizelge 3.2. PIC 18F4455'in özellikleri …..... ……..... ..15

Çizelge 3.3. Özel fonksiyon yazmaçlarının planı ..... ……..... 26

Çizelge 3.4. STATUS yazmacı……..27

Çizelge 3.5. Kullanılan kapasitör değerleri ..... …..... 31

Çizelge 3.6. OSCTUNE: Osilatör ayarlama yazmacı 35

Çizelge 3.7. USB operasyonu için osilatör tercihleri…..... 38

Çizelge 3.8. OSCCON: Osilatör kontrol yazmaçları..... .. 42

Çizelge 3.9. ADCON0: A/D Kontrol Yazmacı 0 43

Çizelge 3.10. ADCON1: A/D kontrol yazmacı 1..... .44

Çizelge 3.11. ADCON2: A/D Kontrol yazmacı 2..... 45

Çizelge 3.12. TAD ve cihaz çalışma frekansları..... .51

Çizelge 3.13. TIMER0 kontrol yazmacı 54

Çizelge 3.14. Timer0 ile ilişkili yazmaçlar 56

Çizelge 3.15. Çeşitli çarpma işlemlerinin performans karşılaştırması..... ..57

Çizelge 3.16. TXSTA: iletim durum ve kontrol yazmacı..... .. 59

Çizelge 3.17. RCSTA: Almaç durum ve kontrol yazmacı ..... .60

Çizelge 3.18. BAUDCON: Baud oran kontrol yazmacı..... 61

Çizelge 3.19. Baud oran formülleri..... ……...62

Çizelge 3.20. Baud Oran Üreteciyle bağlantılı yazmaçlar 63

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 3.21. Asenkron iletimle ilişkili yazmaçlar..... 67

Çizelge 3.22. Asenkron veri alımıyla ilgili yazmaçları..... 69

Çizelge 3.23. LCD uçlarının fonksiyonları..... ……..... 71

Çizelge 3.24. LCD komutları ..... ……..... 72

Çizelge 3.25. LCD komutarında bit adları ve açıklamaları…..... 73

Çizelge 3.26. LCD veri tablosu ..... ……..….…..... 74

Çizelge 3.27. LCD bağlantı seçiminde kullanılan makrolar…..... 75

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 2.1. Alternatif sinyalin örneklenmesi …..……...6

Şekil 2.2. ideal sinüs dalgasında RMS ve tepe değerleri …….……..7

Şekil 2.3. Aktif ve reaktif güçlerin akım ve gerilim grafikleriyle gösterimi…...8

Şekil 2.4. a) Rezistif (Direnç Tipi) Yük b) Endüktif Yük c) Kapasitif Yük 9

Şekil 2.5. Doğrusal olmayan yük……..…….11

Şekil 2.6. Temel bileşen dalga ve harmonikleri ……..…..12

Şekil 3.1. 18F4455 bağlantı uçları…… ……...14

Şekil 3.2. PIC 18F 4455 için program bellek haritası ……...17

Şekil 3.3. Dönüş adres yığını ve bağlantılı yazmaçlar …….…18

.

Şekil 3.4. Saat ve komut uygulama akışı …….……..20

Şekil 3.5. Komut akışı ……...21

Şekil 3.6. Komutları program belleğindeki yeri…… 22

Şekil 3.7. Veri bellek haritası …….…..…23

Şekil 3.8. 12 bitlik tam adresleme…...……..…24

Şekil 3.9 4455 saat diyagramı …….……...28

Şekil 3.10. Kristal/Seramik resanatör bağlantısı……..……..… 31

Şekil 3.11. HS modunda dış saat kaynağı bağlantısı …….…….. 31

Şekil 3.12. Dış saat giriş bağlantısı (EC ve ECPLL konfigürasyonu)……...32

Şekil 3.13. Dış saat giriş bağlantısı (ECIO ve ECPIO konfigürasyonu)……...32

Şekil 3.14 A/D blok diyagramı……..…….. 46

Şekil 3.15. A/D transfer fonksiyonu…….……..…….. 48

Şekil 3.16. A/D giriş modeli…….……... .48

Şekil **Sayfa**

Şekil 3.17. A/D Çevrim TAD Döngüleri (ACQT<2:0> = 000, TACQ = 0) ..…52

Şekil 3.18. A/D Çevrim TAD Döngüleri
(ACQT<2:0> = 010, TACQ = 4 TAD) ……. ……....53

Şekil 3.19. Timer0 blok diyagramı (8 bit)..…….…….. 54

Şekil 3.20. Timer0 blok diyagramı (16 bit) ……..……..…55

Şekil 3.21. EUSART İletim blok diyagramı ……..……....65

Şekil 3.22. Asenkron iletişim……...66

Şekil 3.23. Asenkron iletişim (art arda)….. ……..67

Şekil 3.24. EUSART veri alımı blok diyagramı ……..……..68

Şekil 3.25. Asenkron veri alımı……..…….. 69

Şekil 3.26. 4*40 LCD modülün blok diyagramı ..……....70

Şekil 3.27. LCD de adresleme ……... 71

Şekil 3.28. 4-bitlik arayüz işlemi ……...74

Şekil 3.29. LCD'nin güç kaynağı bağlantısı ……..75

Şekil 3.30. Hall etkili akım trandüserinin alt görünüşü ve Bağlantı ve
kombinasyonları ……..77

Şekil 3.31. Akım transdüserinin akım-çıkış gerilimi ilişkisi ……...77

Şekil 3.32. Gerilim transdüserinin devre bağlantı şeması ……78

Şekil 4.1. Çoklu ölçüm cihazının bir faz blok diyagramı …….……81

Şekil 4.2. Gerilim transdüseri çıkışına bağlanan karşılaştırma devresi…….83

Şekil 4.3. Akım transdüser çıkışına bağlanan karşılaştırma devresi……..83

Şekil 4.4. Akım transdüserinin akım-çıkış gerilimi ilişkisi……..…84

Şekil 4.5. Sıfır geçiş noktalarının gösterimi ……..…….…..85

Şekil 4.6. Endüktif ve kapasitif yükler için sıfır geçiş noktalarının gösterimi.86

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.7. CosØ, sinØ, periyot ve frekans değerlerini bulan program akış diyagramı ……..……...87

Şekil 4.8. Aktif alt programı……..…..89

Şekil 4.9. Mikrodenetleyicinin karşılaştırma devresine bağlantısı……90

Şekil 4.10. Mikrodenetleyicinin anolog giriş bağlantısı……....91

Şekil 4.11. Gerilim sinyali düzenleme devresi……...92

Şekil 4.12. Veri belleği planı……93

Şekil 4.13. Ana program akış diyagramı……..95

Şekil 4.14. RMS hesaplaması için gerekli örnekleme dizileri oluşturan alt program akış diyagramı ……..…97

Şekil 4.15. LCD'de ekran düzeni……98

Şekil 4.16. LCD 'nin mikrodenetleyiciye bağlantı şeması……...99

Şekil 4.17. USART ile bilgisayar arayüz bağlantısı MAX232……..100

Şekil 4.18. Dijital osiloskobun üç faz gerilim grafiği…….……108

Şekil 4.19. Çoklu ölçüm cihazının gönderdiği on bitlik verilerden düzenlenen üç faz gerilim ve akım grafikleri ……..……...109

Şekil 4.20. Endüktif yükte dijital osiloskop gerilim ve akım grafiği ……....109

Şekil 4.21. Endüktif yükte ölçüm cihazı gerilim ve akım grafiği ……110

Şekil 4.22. Bilgisayarın gerilim ve akım dalga şekilleri…….……110

Şekil 4.23. Elektrikli süpürgenin gerilim ve akım dalga şekilleri……..111

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim **Sayfa**

Resim 3.1 Akım transdüseri 76

Resim 4.1. Çoklu ölçüm cihazı..... ..82

Resim 4.2. Çoklu ölçüm cihazının 4*40 LCD göstergesi..... ..98

Resim 4.3. Enerji Etalonu ……..101

Resim 4.4. Enerji Etalonu ve deney seti…….....102

Resim 4.5. Birinci ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)……103

Resim 4.6. Birinci ölçüm (etalon göstergesi)……..103

Resim 4.7. İkinci ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)……104

Resim 4.8. İkinci ölçüm (etalon göstergesi)……..104

Resim 4.9. Üçüncü ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)……...105

Resim 4.10. Üçüncü ölçüm (etalon göstergesi) ……105

Resim 4.11. Enerji etalonun frekansmetresi ……..105

Resim 4.12. Dördüncü ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)……106

Resim 4.13. Dördüncü ölçüm (etalon göstergesi)……..106

Resim 4.14. Sinyal jeneratörü..... ..107

Resim 4.15 Elektrik makine laboratuarı deney seti……..107

Resim 4.16. Dijital osiloskop..... ..108

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	**Açıklama**
cosø	Güç katsayısı
µs	Mikro saniye

Kısaltmalar	**Açıklama**
adc	Analog-dijital çevirici
GÜTEF	Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi
lcd	Liquid crystal display (sıvı kristal gösterge)
pic	Peripheral interface controller (çevresel arayüzlü denetleyici)
rms	Root-mean-square (karesel-ortalama-karekök)
thd	Toplam harmonik distorsiyon

1. GİRİŞ

Günümüzde elektriksel büyüklüklerin ölçümünde dijital ölçüm cihazlarının kullanımı oldukça yaygındır. Bu cihazların bir çoğu üretim maliyetini düşürmek amacıyla doğrusal yükler için tasarlanmıştır. Oysa endüstriyel makinelerde yaygın olarak kullanılan motor sürme devreleri, kesintisiz güç kaynakları vb cihazların şebekeden çektikleri akım doğrusal değildir. Bu da alternatif akım (AA) ölçümlerde sinüs dalgasına göre ayarlanmış dijital ölçüm cihazlarında etkin (RMS) değerin hatalı ölçümüne neden olmaktadır. Bu noktada gerçek RMS değerinin önemi ortaya çıkmaktadır.

Mikrodenetleyiciler içinde mikroişlemci, bellek ve çevresel arayüzleri aynı yongada birleştiren elemanlardır. Gelişen teknolojiyle hızları, bellek kapasiteleri , giriş-çıkış arabirimlerinin sayısı artarken fiyatları düşmektedir. Bu avantajlar mikrodenetleyicinin birçok uygulamada kullanılmasını sağlamıştır[1].

Young mikroişlemciyi güç ölçümünde kullanmıştır[2]. Tafoya ve Zhou mikroişlemci kullanarak frekans ölçmüşlerdir[3-4]. Güven, Triger ve Asumadu mikroişlemciyi frekans ve güç ölçümünde kullanmışlardır[5-7]. Irshid, Hill, ve Banta frekans ölçümünde sayıcılar gibi temel elektronik devre elemanlarını kullanmışlardır[8-10]. Elektronik devre elemanları kullanılarak gerçekleştirilen ölçümlerin hassasiyeti mikroişlemcili devrelere göre daha düşüktür. Ayrıca devre yapısı daha karmaşıktır.

Markow güç ölçümünde mikrodenetleyici kullanmıştır[11]. Kahraman, üç faz frekansın ve gerilimin ölçülmesi ve faz sırası tespitinde mikrodenetleyici kullanmıştır[12]. Şimşek, statik gerilim kontrolünde mikrodenetleyici kullanmıştır[13]. Tarakçı, üç faz güç , gerçek etkin değer, doğrusal olmayan akım, frekans, faz sırası ölçülmesinde mikrodenetleyici kullanmıştır[14]. Kahraman, etkin gerilimin değerini bulmak için ortalama değerle şekil katsayısını çarpmıştır. Tarakçı ise RMS değerlerini bulmak için harici

entegre kullanmıştır. Bucci ve arkadaşları mikrodenetleyici kullanarak yerel ağ bağlantılı voltmetre yapmışlardır[15].

Elektriksel ölçümlerde kullanılan voltmetre, ampermetre, wattmetre, cosØmetre, frekansmetre gibi cihazları aynı ölçüm cihazında kademe anahtarıyla seçilebilir şekilde multimetre adı verilen çoklu ölçüm cihazlarında tasarlanabildiği gibi ayrı ayrı kullanılabilir. Her iki durumda da elektrik laboratuarında yapılan üç fazlı herhangi bir deney esnasında bu değerleri aynı anda doğrudan okumak için kurulan kalabalık kablo bağlantıları bilinen bir gerçektir.

Bu çalışmanın amacı mikrodenetleyici yardımıyla

- Bir periyottaki anlık üç faz akım ve gerilim değerlerini sinyal analizinde kullanmak üzere bilgisayara veri göndermek
- Akım ve gerilim anlık değerlerinden yararlanarak doğrusal olmayan kaynaklar ve yükler için gerçek RMS değerini mikrodenetleyiciye hesaplatmak
- Üç fazlı sistem ait akım, gerilim, cosØ, aktif güç, reaktif güç, görünür güç , frekans gibi değerleri aynı anda tek bir ölçüm cihazında göstermek.
- Bir sisteme ait üretilen veya tüketilen elektriksel büyüklükleri istatistiklerde kullanmak için veri bankası oluşturacak tasarımı yapmaktır.

Bu çalışmada Microchip firmasının ürettiği PIC mikrodenetleyici kullanılmıştır. 18F serisinin standart çalışma frekansı 40 MHz iken, 48 MHz saat frekansında çalışabilen 18F4455 tercih edilmiştir[16]. 48 MHz frekanstan dolayı seri port bağlantı hızı 115200 bit/saniye olmuştur.

Bu tez 5 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde teze ait genel bilgi verilmiş , tezin amacı belirtilmiştir. İkinci bölümde alternatif akımda güç hesaplamaları, doğrusal olmayan yüklerde gerçek etkin değerin (RMS) önemi anlatılmıştır. Çalışmanın üçüncü bölümünde tasarımda mikrodenetleyicinin yapısı ve

ölçüm cihazı yapımında kullanılan donanımları tanıtılmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde gerçekleştirilen tasarımın yapısı ve özellikleri anlatılmış, mikrodenetleyici programına ait akış diyagramları açıklanmış, laboratuar ortamında yapılan deney sonuçları verilmiştir. Sonuç bölümünde ise yapılan bu çalışma değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

2. AKTERNATİF AKIMDA GÜÇ

Doğru akım devrelerinde güç, devreye uygulanan gerilimle, devreden geçen akımın çarpımına eşittir. Alternatif akımda devre akım ve gerilim sinüssel değiştiğinden güçte akım ve gerilimlerin ani değerleri çarpımı sinüssel değişecektir. Bu değişimin fazı, gerilimle akım arasındaki faz farkına bağlıdır[17].

2.1. RMS (Etkin Değer) ve Ortalama Değer

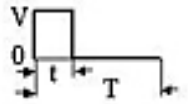
Alternatif bir akımın RMS değeri sabit bir direnç yükünden geçen ve aynı miktarda ısı enerjisi üreten doğru akımın değerine eşittir. RMS karesel ortalama değer (Root Mean Square) anlamına gelir ve etkin değer, efektif değer olarak da isimlendirilir[18].

Bir cihaz ile bu RMS değerini ölçmenin en yaygın yolu alternatif akımını doğrultmak, doğrultulan bu sinyalin ortalama değerini belirlemek ve elde edilen sonucu 1,1 şekil katsayısı ile çarpmaktır. Bu katsayı mükemmel bir sinüs dalgasının ortalama ve RMS değerleri arasındaki sabit ilişkiyi temsil eder. Dalga şeklinin mükemmel bir sinüs dalgası olmadığı hallerde bu ilişki geçerli olmaz. Günümüzün güç sistemlerinde akım ölçümü yaparken ortalama ölçümlü cihazların sıklıkla yanlış sonuç vermesinin nedeni budur[17].

Sadece dirençler, bobinler ve kapasitörlerden oluşan doğrusal yükler daima bir sinüs dalgası akımı çekerler ve bu nedenle herhangi bir ölçme problemi oluşmaz. Ayarlanabilir frekanslı sürücüler, ofis ekipmanları ve güç kaynakları gibi doğrusal olmayan yükler, bozulmuş akım dalga formları çekerler. Ortalama ölçümlü bir cihaz ile bu bozulmuş akımların RMS değerinin ölçülmesi okumaların %50'ye kadar düşük olmasına sebep olabilir. Çizelge

2.1'de ideal sinüs dalgasında %0 hataya göre ayarlanmış voltmetrenin diğer dalga şekillerine karşılık gelen ölçme hataları gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. İdeal sinüse ayarlanmış cihazın ölçüm sonuçları

Dalga Şekli	Krest Faktörü	AC RMS	AC+DC RMS	Ortalama Hata
	1,414	$\frac{V}{1,414}$	$\frac{V}{1.414}$	**% 0 hata için**
	1,732	$\frac{V}{1,732}$	$\frac{V}{1,732}$	**- %3,9**
	$\sqrt{\frac{T}{t}}$	$\frac{V}{K.F.} X \sqrt{1-\left(\frac{T}{t}\right)^2}$	$\frac{V}{K.F.}$	**CF=4 için -%46**

Bir işaretin RMS değeri ayrık (dijital) olarak hesaplanırken şu adımlar izlenir:

- İşaretin bir periyot boyunca belirli örnekleme zamanıyla genlik değerleri alınır.
- Alınan bu değerlerin kareleri toplanır.
- Bu toplam alınan örnek sayısına bölünür.
- Bu bölümün karekökü alınır.

Karesel ortalama değerin (RMS) Eş. 2.1 de hesaplanması gösterilmiştir.

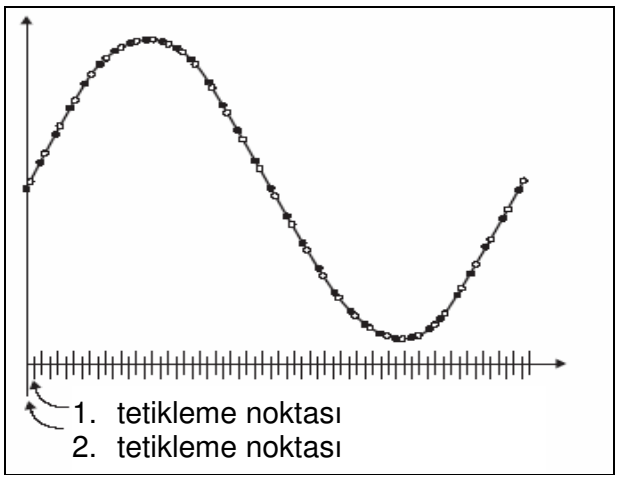
$$RMS = \sqrt{\frac{S_1^2 + S_2^2 + ... + S_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{n} S_k^2}{n}} \qquad (2.1)$$

S; örneği alınan değer.

n: örnekleme sayısı.

RMS değer bu yöntemle hesaplanırken örnekleme sayısı *n* ne kadar sık

yapılırsa ölçüm hassasiyeti o kadar yüksek olur. Şekil 2.1'de alternatif sinyal üzerinde alınan örneklemeleri göstermektedir. Sinyalin örneklenmesinde örnekleme zaman aralıkları eşit olmalıdır.



Şekil 2.1. Alternatif sinyalin örneklenmesi

Bir işaretin RMS değeri sürekli (analog) olarak hesaplanırken Eş. 2.2 kullanılır.

$$F_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T f(t)^2\,dt} \qquad (2.2)$$

T : Periyot

f(t):sinyalin zamana bağlı fonsiyonu

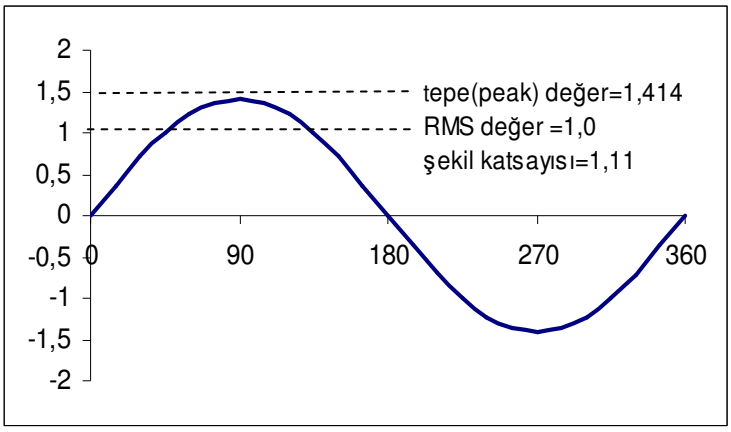
Bir işaretin Ortalama Değeri ise o işaretin zaman ekseni ile arasında kalan alanı ifade etmektedir ve Eş. 2.3 kullanılarak hesaplanır.

$$= \frac{S_1 + S_2 + \ldots\ldots + S_n}{n} = \frac{\sum_{x=1}^{n} S_x}{n} \qquad (2.3)$$

Bir işaretin Ortalama Değeri ayrık (dijital) olarak hesaplanırken şu adımlar izlenir:

- İşaretin bir periyot boyunca belirli örnekleme zamanıyla genlik değerleri alınır.
- Alınan bu değerleri toplanır.
- Bu toplam alınan örnek sayısına bölünür.

RMS değeri 1 birim olan İdeal bir sinüs dalganın RMS ve Ortalama Değerlerine ilişkin oranlar Şekil 2.2.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. ideal sinüs dalgasında RMS ve tepe değerleri

RMS değeri 1 birim olan sinüsün tepe değeri $\sqrt{2}$=1,41 birim olmaktadır.

Eş. 2.4'de tepe katsayının tepe değerinin, etkin değere orana olduğu görülmektedir. İdeal sinüs dalgasında bu oran 1,414 'dür. Şekil katsayısı Eş. 2.5' de etkin değerin ortalama değere oranıdır ve ideal sinüs için bu oran 1,111'dir. Şekil katsayısı kullanılarak ortalama gerilim değerine göre tasarlanmış ölçüm cihazı ölçtüğü değeri 1,111 ile çarparak gerçek sonucu bulur.

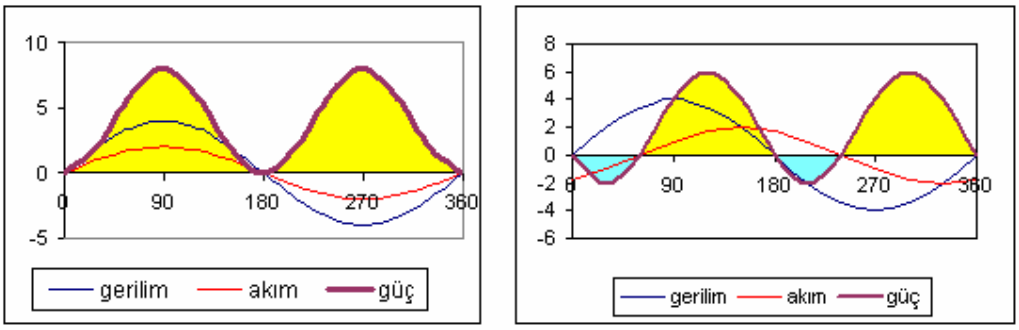
$$\text{Tepe katsayısı} = \frac{\text{Tepe değeri}}{\text{RMS değeri}} = 1{,}414 \qquad (2.4)$$

Şekil katsayısı = RMS değeri / Ortama değer =1,111 (2.5)

2.2. Aktif Güç, Reaktif Güç

Direnç tipi bir yük gerilim kaynağından gerilimin çarpanı şeklinde bir akım çekmektedir, ancak reaktif yüklerin çektiği akım direnç yükündeki gibi değildir. Reaktif yüklerde de hem gerilim hem de akım dalga şekilleri sinüssel olabilir ancak aralarında bir faz farkı vardır. Reaktif yüklerde bir periyot süresince akım ve gerilim işaretleri aynı veya farklı olabilir.

Akım ve gerilim işaretinin farklı olduğu noktalarda güç negatiftir ve güç akışı kullanıcıdan şebekeye doğrudur. Şebekeden çekilen bu enerji kullanılmadan şebekeye geri verilir ve bu dolaşım sırada iletim hatlarındaki dirençlerden dolayı kayıplar oluşur. Yani reaktif güç şebekeyle yük arasında salınan ancak kullanılmayan enerjidir. Şekil 2.3'te koyu gölgelendirilmiş bölgeler reaktif gücün, açık gölgelendirilmiş bölgeler ise aktif gücün söz konusu bölgeleri göstermektedir.



Direnç tipi yük Direnç+endüktif tip yük

Şekil 2.3. Aktif ve reaktif güçlerin akım ve gerilim grafikleriyle gösterimi

Aktif enerji şebeke periyodu boyunca şebekeden çekilen enerjidir, bu da gerilimle akımın çarpımının zaman ekseninin üstünde kalan alandır. Üstte kalan alan (aktif enerji) ile altta kalan alanın (reaktif enerji) farkı yükün

harcadığı toplam enerjiyi vermektedir.

Aktif güç [P] ile reaktif güç[Q] birlikte görünür gücü [S] oluşturmaktadır. Jeneratör, transformatör, motor gibi elektrikli aygıtların ve iletim hatlarının maliyeti bunların görünür gücüyle orantılıdır. Bunun nedeni bu cihazların yalıtım düzeyinin gerilimle, iletken boyutlarının da akımla orantılı olmasıdır. Aktif güç P'nin fiziksel bir anlamı vardır. Bu gücün büyük bir kısmı yararlı işi karşılar, çok az bir kısmı kayıplardır. Oysa reaktif güç, elektromanyetik cihazlardaki manyetik alanı oluşturur ve yararlı enerji çevriminde kullanılmaz. Gereksiz yere hattı ve iletim aygıtlarını yükleyerek gerilim düşümüne ve kayıplara yol açar. Bu nedenle şebekeden çekilen Q reaktif gücün sıfır olması istenir[19].

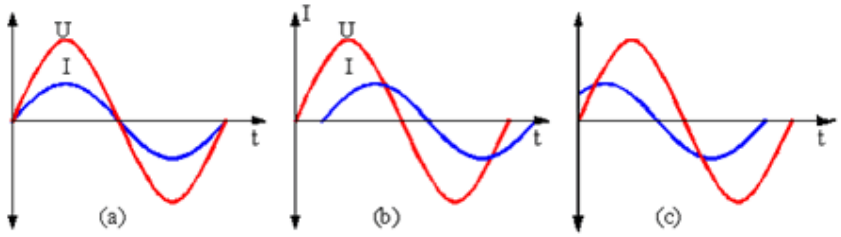
Bu büyüklükler arasında matematiksel ilişkiler Eş. 2.6, Eş. 2.7 ve Eş. 2.8'de gösterilmiştir.

$$S^2=P^2+Q^2=U.\ I \qquad (2.6)$$

$$P=\ U.\ I\ .\cos\text{Ø} \qquad (2.7)$$

$$Q=\ U.\ I\ .\sin\text{Ø} \qquad (2.8)$$

Burada CosØ= Güç faktörü olup, yükün etkin gücü ne kadar etkili çektiğinin bir ölçüsüdür. Akımla gerilim arasındaki açının kosinüsü olan CosØ güç katsayısı olarak ta bilinir. Güç katsayısı boyutsuzdur ve idealde 1'e eşit olması istenir. Böylece reaktif güç sıfır olur ve aynı güç en düşük akımla çekilir ve cihazlardaki ve yükteki olası kayıplar en aza indirilmiş olur. Yükün karakteristiğinden kaynaklanan sebeplerden dolayı akımın gerilimden ilerde veya geride olması durumunda şebekeden enerjiye dönüşemeyecek yükün çekilmesine neden olur[19].



Şekil 2.4. a) Rezistif (Direnç Tipi) Yük b) Endüktif Yük c)Kapasitif Yük

Şekil 2.4'de dalga şekilleri verilen bu yük çeşitleri için şu özellikler geçerlidir:

a) Yük üzerindeki akım gerilimin bir çarpanı ve akımla gerilim arasında bir faz farkı yoksa bu yük çeşidine rezistif (direnç tipi) yük denilmektedir.

b) Yük üzerindeki akımın gerilimden geride olması durumundaki yük çeşidine endüktif yük denilmektedir.

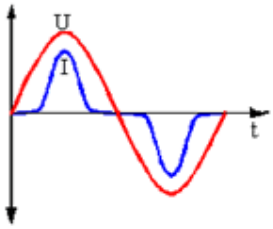
c) Yük üzerindeki gerilimin akımdan geride olması durumundaki yük çeşidine kapasitif yük denilmektedir.

2.3. Doğrusal Yük, Doğrusal Olmayan Yük

Doğrusal yük adından da anlaşılacağı gibi yükün karakteristiğinin doğrusal olduğunu ifade eder. Yani yük akımı her bir periyotta gerilimin bir fonksiyonudur. Bir başka ifadeyle yük akımıyla gerilim arasında faz farkı olsa bile doğrusaldır çünkü akım hala gerilimin bir fonksiyonudur. Yük reaktiftir ama doğrusaldır.

Şekil 2.4'de lineer yük çeşitleri görülmektedir. Yük rezistif, endüktif yada kapasitif olsa bile akım gerilimin bir fonksiyonu olduğu sürece yük doğrusal yüktür.

Eğer yük akımı şebeke gerilimin bir fonksiyonu değilse aralarında bir faz farkı olmamasına rağmen yük doğrusal değildir(Şekil 2.5). Başka bir ifadeyle gerilimin olduğu her noktada şebekeden akım çekilmez. Bu nedenle bu yük çeşidi doğrusal olmayandır.



Şekil 2.5. Doğrusal olmayan yük

2.4. Harmonik ve Toplam Harmonik Bozunum

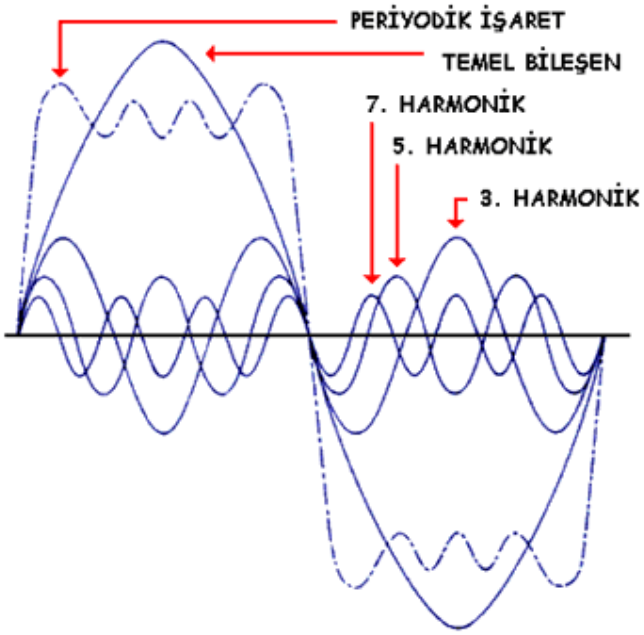
Belirli bir frekanstaki tüm periyodik dalga şekilleri kendi frekansının katlarındaki sinüs dalgalarının toplamına eşittir. Toplanarak periyodik dalgayı oluşturan sinüs dalgalarının her birine harmonik denilmektedir. Birinci harmonik, analizi yapılan periyodik işaretle aynı frekanstadır ve temel bileşen olarak adlandırılır. İkinci harmonik, temel bileşenin frekansının iki katıdır. Genel olarak ifade edilecek olursa n. harmoniğin frekansı temel bileşenin frekansının n katıdır.

Örnek olarak frekansı 50 Hz olan bir dalganın bazı harmoniklerinin frekansı Çizelge 2.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2. Temel bileşeni 50 Hz olan sinyalin harmonik frekansları

Temel Bileşen (1.Harmonik)	50Hz
2.Harmonik	100Hz
3.Harmonik	150Hz
4.Harmonik	200Hz
5.Harmonik	250Hz
6.Harmonik	300Hz

Şekil 2.6. örnek temel bileşen dalga ve harmonikleri gösterilmiştir. Dalga bileşenin frekansı arttıkça dalga genliğinin düştüğü görülmektedir.



Şekil 2.6. Temel bileşen dalga ve harmonikleri

Harmonik bozunum ise elektriksel kirliliğin bir ifadesidir. Eğer harmonik bozunumların toplamının (THD) belirli sınırların üzerinde bazı elektriksel problemlere neden olmaktadır. Örnek olarak akım harmoniklerinin yüksek olması kabloların aşırı ısınmasına ve zarar görmesine neden olabilir. Elektrik motorlarında da aşırı ısınmaya, gürültülü çalışmaya ve tork salınımlarına neden olmaktadır. Kapasitörlerde de aşırı ısınmaya, bunun sonucu dielektrik denen birbirinden yalıtılmış plakaların delinmesine neden olabilmektedir. Ayrıca işlemciler, elektronik göstergeler, LED'ler harmonik bozunumlardan etkilenmektedir.

Gerilim ve akımda meydana gelen harmonik bozunumlarının (THD) kaynağı doğrusal olmayan yüklerdir. Doğrusal olmayan yükler arasında kesintisiz güç kaynakları, motor yol vericileri, motor sürücüleri, bilgisayarlar, elektronik aydınlatma ve kaynak makineleri vardır. Ayrıca tüm güç elektroniği dönüştürücüleri şebekedeki harmonik bozunumu arttırıcı etki gösterirler[20].

3. PIC 18F4455 MİKRODENETLEYİCİ YAPISI VE ÇEVRESEL DONAMIMLAR

Mikrodenetleyici ; Program, EEPROM, veri belleği, mikroişlemci, giriş-çıkış üniteleri tek bir yonga içersinde toplanarak nano-watt teknolojisiyle üretilen entegredir[1].

PIC 18F4455 denetleyeciler 18F ailesinin bütün özelliklerine (ekonomik fiyatı, yüksek performansı, silinebilir program belleği) sahiptir. Program ve EEPROM belleği en fazla yüz bin kez yazılıp silinebilir ve ömrünün 40 yıl dan fazla olacağı tahmin edilmektedir. Bu mikrodenetleyici çevresel birimler aktifken merkezi işlem ünitesi devre dışı bırakma özelliği ile güç tüketimini normal güçün %4'üne kadar düşürebilmiştir[16].

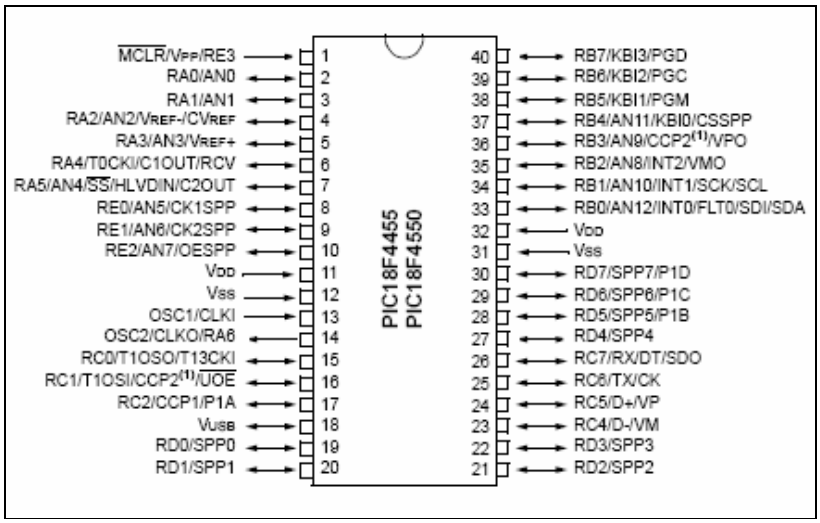
18F4455 USB 2.0 versiyonun bütün özelliklerini içerir.Bütün transfer çeşitleri için düşük ve tam hızı destekler.

12 farklı osilatör seçeneğine sahiptir.

18F4455 ek olarak sistem saat kaynağında bir bozukluk meydana geldiğinde sistemin saat kaynağını iç osilatöre aktarıp sistemin düşük hızda çalışmasını veya uygulamanın güvenli şekilde kapanmasını sağlayan saat izleme sistemine sahiptir.

İki hızlı başlama özelliği ile iç osilatör, uykudan uyanma modu veya cihaza ilk enerji verildiğinde meydana gelen resette primer osilatör uygun hale gelene kadar saat kaynağı olarak çalışır.

Şekil 3.1'de 18F4455'in bağlantı uçları gösterilmiştir. Bazı bağlantı ucunun birden fazla fonksiyonu olabilir(Şekil3.1). Mikrodenetleyici çalışması sırasında bağlantı uçları programladığı şekilde analog giriş, dijital giriş/çıkış veya çevresel birim olarak çalışır.



Şekil 3.1. 18F4455 bağlantı uçları

Çizelge 3.1. 18F4455 bağlantı uçlarının görevleri

Bağlantı ucu adı	Görevi
RAn ,RBn , RCn, RDn, REn	Dijital giriş-çıkış
ANn	Analog giriş
VREF-	Analog giriş eksi referans
VREF+	Analog giriş artı referans
Vdd	Artı besleme
Vss	Toprak
KBIn	Uç giriş değişim kesmesi
PGD, PGC,VPP	Programlama
INtn	Dış kesme
SSPn, CK1SSP, CK2SSP, OESSP, CSSPP	Paralel iletişim
Vusb, D+, D-, VPO,VMO,VPO, RCV, VM VP	USB iletişim
TX, RX	Asenkron seri iletişim
CK, DT	Senkron seri iletişim
P1A, P1B, P1C, P1D	CCP1 PWM çıkışları
SDA, SCL	I^2C iletişim
OSC1, OSC2	Dış osilatör
CLKI	Dış saat sinyal girişi
T0CKI	Timer0 dış saat girişi
T1OSI ,T1OSO	Timer1 osilatör girişi, çıkışı

n: pozitif tamsayı

Çizelge 3.1 de mikrodenetleyicinin birçok ihtiyaca cevap verecek şekilde çok yönlü tasarlandığı dikkati çekmektedir. 18F4455 mikrodenetleyicinin

temel özellikleri Çizelge 3.2' de özet olarak sunulmuştur.

Çizelge 3.2. PIC 18F4455'in özellikleri

ÖZELLİK	ACIKLAMA
Çalışma frekansı	48 MHz DC
Program belleği (bayt)	24576
Program belleği (komut)	12288
Veri belleği (bayt)	2048
EEPROM veri belleği (bayt)	256
Kesme Kaynakları	20
Giriş-Çıkış Portları	PORT A, B, C, D, E (toplam 34 dijital giriş-çıkış)
Zamanlayıcılar	4
Yakalayıcı/karşılaştırıcı/PWM modülü	2
Seri haberleşmeler	MSSP(SPI™ ,I^2C™), EUSART
USB modülü	1
Paralel port	1
10-bit Analog-dijital çevirici	13 kanal girişli
Karşılaştırıcılar	2
Reset kaynakları	POR, BOR,RESET komutu, yığın taşması MCLR , WDT
Programlanabilir düşük gerilim algılayıcı	
Komut seti	75 komut, genişletilmiş sette 83 komut
Montaj şekilleri	40-pin PDIP 44-pin QFN 44-pin TQFP

3.1. Bellek Organizasyonu

PIC 18 mikrodenetleyici de üç tip bellek vardır.

- Program belleği
- RAM
- EEPROM

Harvard mimarisine sahip olan cihazlarda ,data ve program bellekleri ayrılmış yollar kullanır. Bu mimari yapı iki bellek alanlarında eş zamanlı geçişe imkan tanır. EEPROM adreslenme ve kontrol yazmaçları ile kolay kullanımından dolayı çevresel arabirim gibi görünebilir[16].

3.1.1. Program bellek organizasyonu

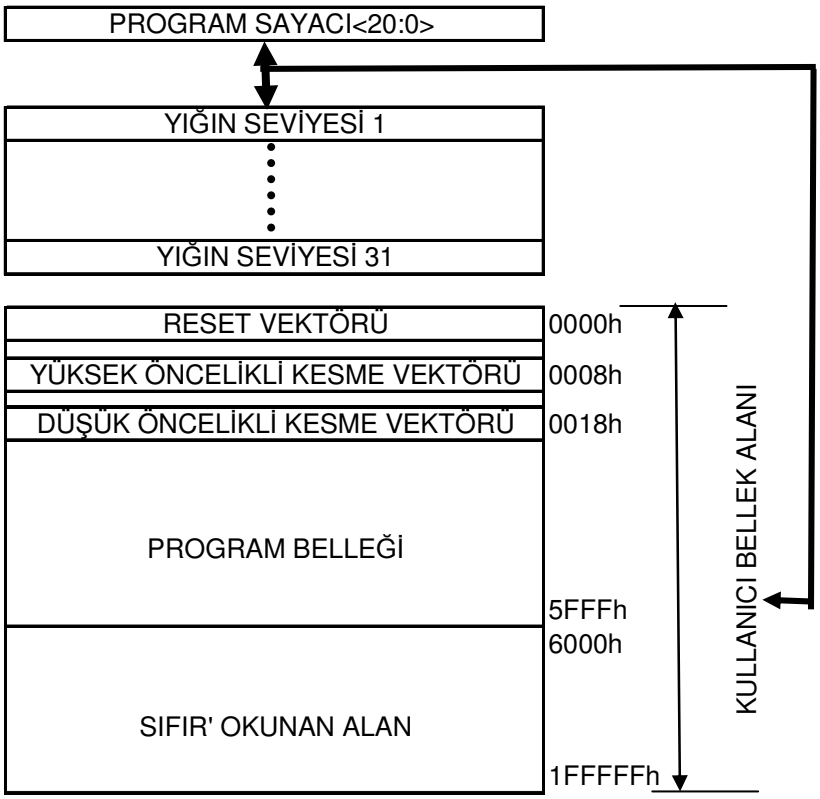
PIC 18 mikrodenetleyicileri 2 Megabayt program hafıza alanı adresleme kapasitesine sahip olan 21 bit program sayacını kullanıma sunarlar. Fiziksel belleği ve 2 megabayt adres sınırını aşan değerler '0' olarak geri döner(NOP komutu)

PIC 18F4455 24 kilobaytlık yazılıp-silinebilir belleğine sahiptir ve 12 288 'e kadar tek kelimelik komut depolayabilir. PIC 18 cihazlar 2 kesme vektörüne sahiptir. Reset vektörü 0000h de ve kesme vektörleri 0008h ve 0018h'dedir.

Program Sayacı

Program sayacı (PC) uygulanacak komutun bulunup getirilmesi için adresi açıkça belirtir. PC 21 bit genişliğindedir ve dağıtılmış 8 bitlik 3 yazmaç içerir. PCL olarak bilinen düşük bayt hem okunabilir hem yazılabilir. Yüksek bayt veya PCH yazmacı PC<15:8> bitleri içerir,doğrudan yazılıp okunamaz. PCH' ı güncelleştirmek için PCLATH yazmacı kullanılır. Üst bayt PCU olarak adlandırılır. Bu yazmaç PC<20:16> bitlerini içerir. PCU yazmacı, PCLATU yazmacı üzerinden güncelleştirilir.

PCLATH ve PCLATU'nun içerikleri program sayıcısına PCL'a yazılan herhangi bir işlem ile iletilir. Aynı şekilde program sayacının üst iki baytı PCLATH ve PCLATU ya PCL okuma işlemiyle iletilir. PIC 18F4455 mikro denetleyicilerin program bellek haritası Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. PIC 18F 4455 için program bellek haritası

PC program belleğindeki baytların adreslerini yazar. PC'yi kelime komutları ile yanlış ayarlamaktan korumak için PCL'nin en az öncelikli biti '0' değeri ile sabitlenir. PC program belleğinde adres ardışık komutlar 2 ile arttırılır. CALL, RCALL ve GOTO program dallandırma komutları direkt olarak program sayacına yazılırlar. Bu komutlar için PCLATH ve PCLATU yazmaçları program sayacına geçiş yapamazlar[16].

Adres yığınından dönme

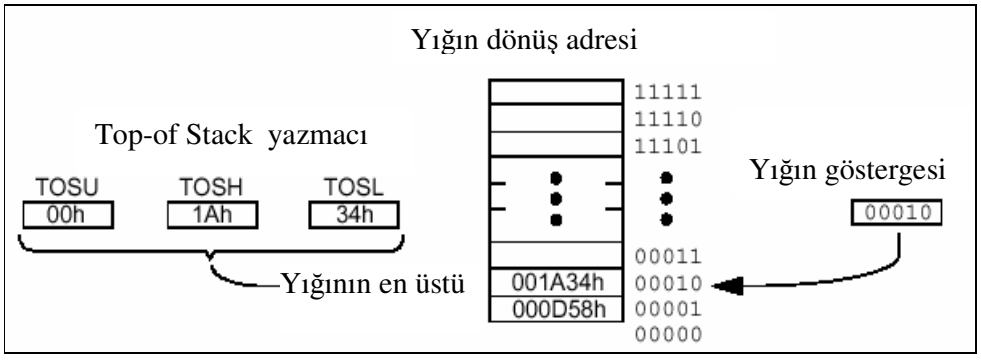
Adres yığınından dönme kavramı 31'e kadar program çağırma ve kesme oluşturma kombinasyonuna imkan tanır. CALL veya RCALL komutu veya kesme tanımlandığında PC yığının tepesine aktarılır. PC değeri RETURN,

RETLW veya RETFIE komutları ile geri alınır. PCLATU ve PCLATH yazmaçları RETURN ve CALL komutlarını etkilenmezler.

Yığın 21 bit RAM ve 5-bit Yığın Göstergeleri ile 31 seviye olarak işlem görür. Yığın alanı program veya veri belleği alanlarının parçası değildir. Yığın göstergeleri yazılıp okunabilir. Yığının en üstündeki adres en üst yığın özel dosya yazmacı ile okunup yazılabilir. Data bu yazmaçları kullanarak da yığına konulup çekilebilir.

CALL tipi komutlar yığının tepesine gitmeye neden olur. Yığın göstergesi önce arttırılır ve yığın göstergeleri ile işaret edilen yer PC ünitesi ile yazılır. RETURN tip komutlar yığın tepesinden dönüşü sağlar ve yığın göstergesinden azaltır. Yığın göstergesi bütün resetlerden sonra başlangıç durumu '00000' döner. RAM in yığın gösterge değeri '00000' olan yer karşılığı yoktur. Bu sadece reset durumunda geçerlidir. Status bitleri yığının dolu, taşmış ve boş yeri olup olmadığını gösterir.

En üst yığın yazmacı üç yazmaçtan oluşur (TOSU:TOSH:TOSL). Bu yazmaçlar o andaki dönüş adres yığının en üst sıradaki adresi bulundururlar. Şekil 3.3 de 00010 seviyesindeki yığında kayıtlı 21 bitlik program adresinin yazmaçlara nasıl dağıtıldığı gösterilmiştir[16].



Şekil 3.3. Dönüş adres yığını ve bağlantılı yazmaçlar

Program Belleğinde Çevrim Tablolarının Yeri

Çevrim tabloları bir kodu başka bir koda çevirmek için kullanılır. Trigonometrik fonksiyon hesapları, yedi segmentli display üzerinde heksadesimal karakter yazılımı , harflerin ANSI sayı karşılığı vb çevrimler için dönüşüm tabloları kullanılır.

PIC 18 cihazlarda çevrim tabloları iki yolla yapılabilir.

- Eklenmiş GOTO
- Tablo okumaları

Eklenmiş GOTO

Eklenmiş GOTO komutu program yazmacına ofset değerinin eklenmesiyle sağlanır. Aşağıda bu uygulama gösterilmiştir.

```
        MOVF  OFFSET, W
        CALL  TABLE
ORG     nn00h
TABLE   ADDWF  PCL
        RETLW   nnh
        RETLW   nnh
        RETLW   nnh
```

Dönüşüm tabloları ADDWF PCL komutu ve RETLW nn grup komutlarından oluşur. W yazmacı tablo çağırılmadan önce OFFSET değeri ile yüklüdür. İlk komut ADDWF PCL dir. Sonraki komut ofset değerine karşılık gelen nn değerini W yazmacına yükleyen RETLW nn komutudur. RETLW komutu W yazmacına nn değerine karşılık gelen değeri yükler program kaldığı yerden devam eder.

Ofset değeri bir bayttan oluşan bir sayıdır. Bu yolla sadece bir bayt karşılığı olan veriler için cevrim tablosu kullanılır.

Tabloların Yazılması ve Okunması

Program belleğinde veri depolamanın daha iyi bir yolu her komut alanına 2 baytlık verilerin depolanmasıdır.

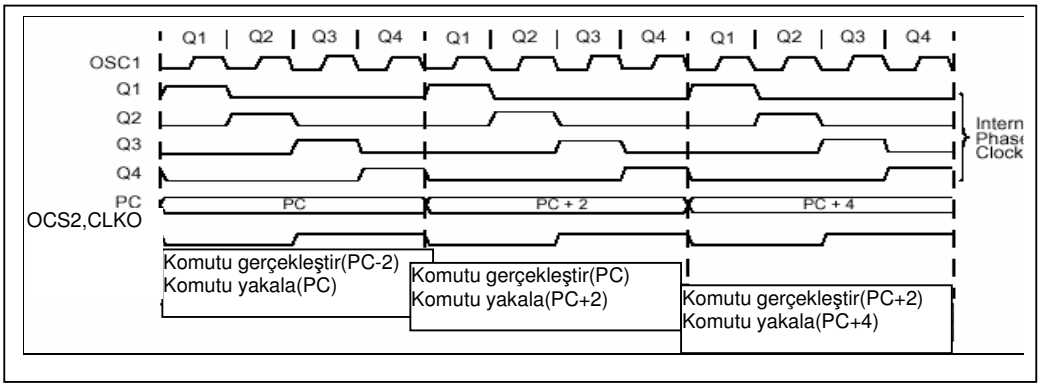
Çevrim tablosu verileri , tablo okuma ve yazma işlemlerini kullanmasıyla program word başına 2 bayt depo edebilir.

Tablo gösterge (TBLPTR) yazmacı bayt adresini ve tablo tutma (TABLAT) yazmacı program belleğine yazılan veya okunan bilgiyi içerir. Anlık olarak program belleğinde bir baytlık veri alınır veya verilir.

PIC 18 komut periyodu

Zamanlama şeması

Mikrodenetleyici saat girişi ister iç isterse dış kaynaklı olsun dört parçası (Q1, Q2, Q3 ve Q4) bir komut periyodunu oluşturur. İç program sayacı her Q1 de arttırılır. Komut program belleğinden alınır ve komut yazmacının içine Q4 esnasında yerleştirilir. Komut bir sonraki Q1 den Q4 e geçişte şifresi çözülür ve uygulanır. Saat ve komut uygulama akışı Şekil 3.4'de gösterilmiştir[16].

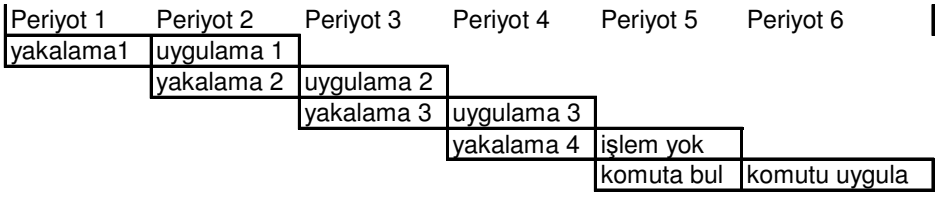


Şekil 3.4. Saat ve komut uygulama akışı

Komut akışı

Bir “Komut Periyodu” dört Q periyodundan oluşur. Komutun biri şifresi çözülüp uygulanırken ,diğer komut yakalanır. Bu şekilde her komut döngüsünde bir komut uygulanmış olur. Eğer komut program sayacını değiştiriyorsa (GOTO komutu gibi) komutun tamamlanması iki komut periyodu gerektirir (Şekil 3.4).

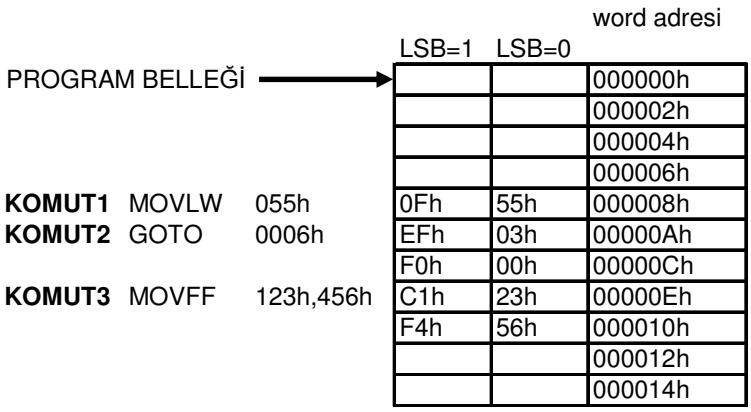
Komut yakalama periyodu program sayacında Q1 anındaki artış ile başlar. Uygulama periyodunda yakalanan komut Q1 periyodunda komut yazmacına (IR) tutturulur. Bu komut Q2, Q3 ve Q4 periyotları sırasında şifresi çözülür ve uygulanır. Data belleği Q2 sırasında okur ve Q4 sırasında yazar. Şekil 3.5 da dördüncü periyotta program sayacını değiştiren bir komut yazılmış ve komutun gerçekleşmesi 3 periyot zaman almıştır.



Şekil 3.5. Komut akışı

Program belleğinde komutlar

Program belleği baytlar halinde adreslenmiştir. Komutlar iki bayt veya dört bayt olarak program belleğinde depo edilir. Komut kelimesinin en az öncelikli biti her zaman program belleğinde çift adresler ile yerleştirilir(LSb=0). Komut sınırlarında düzeni sağlamak için PC artışı 2 dir ve LSb her zaman sıfır okunur. Şekil 3.6 program belleğinde komut kelimelerinin nasıl depolandığını göstermektedir.



Şekil 3.6. Komutları program belleğindeki yeri

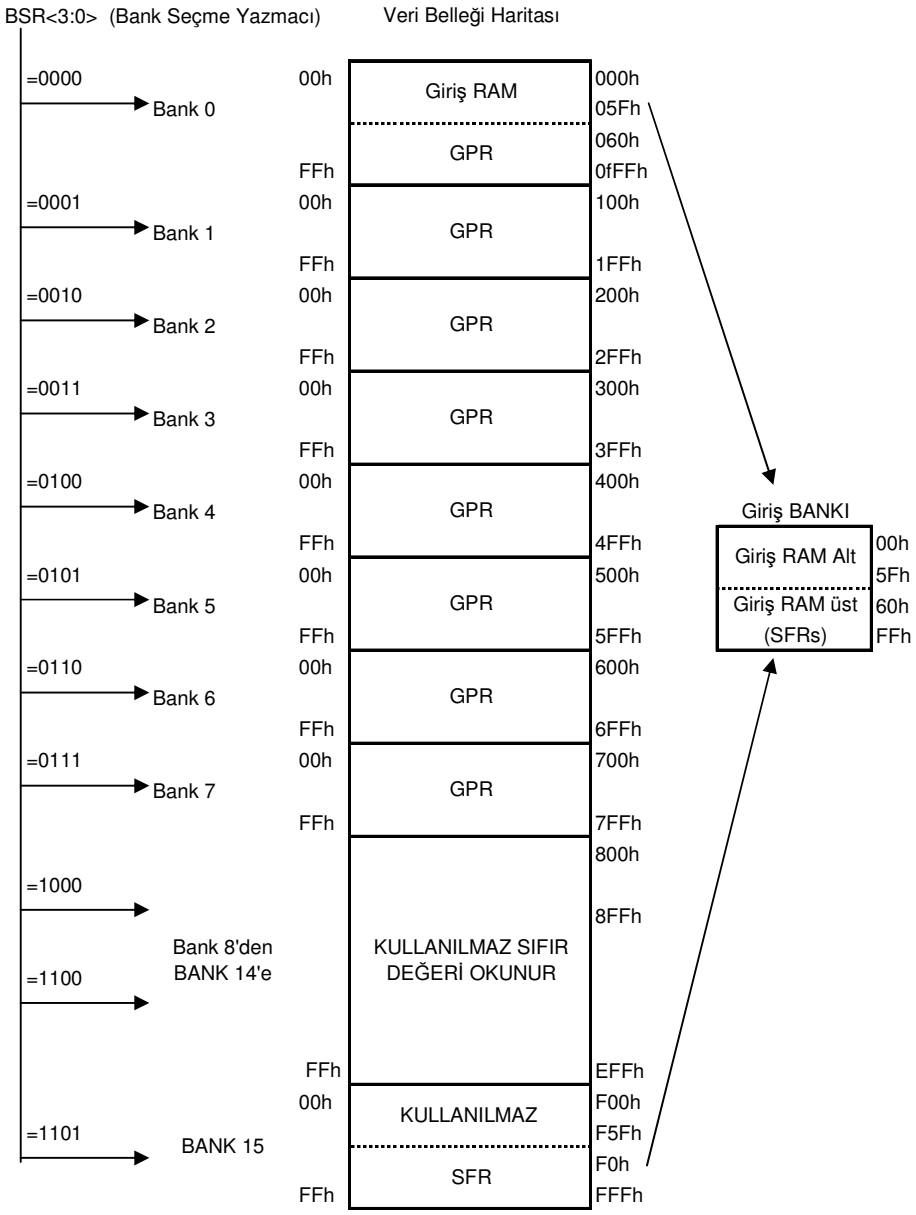
İki-kelime komutarı

Standart PIC 18 komutalarından dört tanesi iki-kelime komutlardır. Bunlar CALL, MOVFF, GOTO ve LSFR dir. Her zaman komutun ikinci kelimesinin yüksek öncelikli dört biti ’1111’ dir, diğer 12 biti data, genellikle data bellek adresidir. Yüksek öncelikli dört bitin ‘1111’ kullanımı NOP komutunun özel halinin özel formudur. Eğer komutlar doğru sırayla gerçekleşirse, birinci kelimeden hemen sonra ikinci kelimedeki data girilir ve sıradaki komut ile kullanılır.

3.1.2. Veri bellek organizasyonu

PIC 18 cihazlarda veri belleği sabit RAM gibi çalışır. Veri belleğindeki her yazmaç 12-bit adrese sahiptir. 12 bit adresleme veri belleğinin 4096 bayta kadar yükselmesine imkan tanır. Bellek alanı her birinde 256 bayt kapsayacak şekilde 16 bank’ a bölünmüştür. PIC 18F2455/2550/4455/4550 mikrodenetleyiciler toplamı 2048 bayt olan 8 banka sahiptir. Data belleği, özel fonksiyon yazmaçlarını (SFRs) ve genel amaçlı yazmaçları (GPRs) içerir. SFRs denetleyici ve çevresel fonksiyonların durumlarını kontrol için kullanılır. Tanımlanmamış bölgeler ‘0’ olarak okunur.

Komut setleri ve mimari yapı işlemlerin bütün banklara geçişine imkan tanır. Bütün veri belleğine ulaşma direk, direk olmayan ve indekslenmiş adresleme modeli ile sağlanır. Şekil 3.7' de veri belleği haritası gösterilmiştir.



Şekil 3.7. Veri bellek haritası

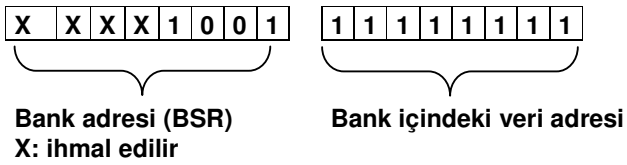
Çoğunlukla kullanılan yazmaçları (SFRs ve GPRs) tek periyotta ulaşımı sağlamak için PIC 18 serisi otomatik bank geçişini sağlar. Bu 256 baytlık bellek alanında SFS ‘lere ve bank 0 da GPR ’lara BSR yazmacını kullanmadan hızlı ulaşımı sağlar[16].

USB RAM

Bank 4 ten 7 ye data belleği aslında özel çift portlu RAM için özellikle düzenlenmiştir(Şekil 3.7). USB modülü kullanılmadığında, bu banklardaki veri belleği alanı diğer genel amaçlı yazmaçlar gibi kullanılabilir. USB modülü açıldığında bu alandaki banklar USB işlemleri için tampon RAM olarak tahsis edilir. Bu alan mikrodenetleyici çekirdeği ile USB seri arayüz motoru (SIE) arasında paylaşılır ve ikisi arasında direk bilgi akışı için kullanılır.

Bank seçme yazmacı (BSR)

Büyük alana sahip veri bellekleri herhangi bir adrese hızlı ulaşımı sağlamak için verimli adresleme planına ihtiyaç duyarlar. İdeal olan tüm adresin okuma ve yazma işlemlerinde ihtiyaç duyulmamasıdır. PIC 18 cihazlar için bu RAM bank düzenleme planıyla saylanmıştır. Bu bellek alanını 256 baytlık 16 bank a böler (Şekil 3.7). Komuta göre değişen 12 tam adresleme veya 4 bit bank göstergesi ve 8 bit düşük sıralı adresleme yapılabilir. Şekil 3.8’de yüksek öncelikli 4 bit veri belleğindeki bankı (BSR), komuttaki diğer sekiz bit bank içindeki yeri belirtir.



Şekil 3.8. 12 bitlik tam adresleme

Tanımlanmış banka yazmak ihmal edilir. Tanımsız banktan okumada ise ‘0 ’ değeri alınır. PIC 18 çekirdeğinde sadece MOVFF komutu kaynak ve hedef

yazmaçlarının 12-bit tam adresini kullanılır. Bu komut uygulandığında BSR ihmal edilir. Diğer bütün komutlar sadece düşük sıradaki adresleri içerir ve BSR kullanmak zorundadırlar. GPRs yazmaçları bank 0 bulunan işlemlerde ise BSR ye gerek duymaz.

Giriş bankı

BSR nin 8 bit adres ile kullanımı ,kullanıcıya data belleğindeki kesin yeri adreslemesine imkan tanır. Bunun anlamı kullanıcı her zaman doğru bankı seçtiğinden emin olmalıdır. Aksi taktirde data yanlış yerden okunup yanlış yere yazılabilir. Her okuma veya veri belleğine yazma sırasında BSR yi değiştirmek verimsizliğe neden olur. Geçiş verimliliğini arttırmak için en yaygın kullanılan data bellek bölgeleri *giriş bankı* olarak düzenlenir. Giriş bankında BSR ye ihtiyaç duyulmaz. Giriş bankı, bank0 daki ilk 96 bayt (00h-5Fh) ve 15. bankın son 160 baytından (60h-FFh) oluşur(Şekil 3.7). Alt yarı GPRs lerden oluşur. Üst yarı cihazın SFRs bulunduğu kısımdır. Bu iki kısım giriş bankında tasarlanmıştır ve 8 bit adresle adreslenebilir.

Genel amaçlı yazmaç dosyaları

Genel amaçlı yazmaç alanı bütün komutların kullanmasına elverişli data RAM dir. GPR bank0 'ın altından başlar (adres 000h) ve SFR alanının altına kadar devam eder. Programda bütün değişkenler bu alanda tanımlanır. Genel amaçlı yazmaçlar gücün açılması veya diğer resetler ile değişmezler. Programda bütün değişkenler bu alanda tanımlanır.

Özel fonksiyon yazmaçları

Özel fonksiyon yazmaçları (SFR) CPU ve çevresel modüller tarafından cihazın istenilen işlemi kontrolünde kullanılan yazmaçlardır. Bu yazmaçlar data belleğinde sabit RAM olarak tanımlanır. SFR bank 15 te F60h dan FFFh kadar devam eder. Yazmaçların listesi Çizelge 3.3'de gösterilmiştir.

Özel fonksiyon yazmaçları iki grupta sınıflandırabilir. Bunlar “çekirdek” cihaz işlevleri ile bağlantılı olanlar ve çevresel fonksiyonlarla bağlantılı olanlardır. Kullanılmayan SFR bölgeleri tanımsızdır ve ‘0’ olarak okunur. Reset ve kesme yazmaçları ve çevresel yazmaçlar kendi bölümlerinde ele alınacaktır. Aritmetik mantık biriminin (ALU) STATUS yazmacı bu bölümde açıklanacaktır.

Çizelge 3.3. Özel fonksiyon yazmaçlarının planı

Adres	isim	Adres	isim	Adres	isim	Adres	isim	Adres	isim
FFFh	TOSU	FDFh	INDF2	FBFh	CCPR1H	F9Fh	IPR1	F7Fh	UEP15
FFEh	TOSH	FDEh	POSTINC2	FBEh	CCPR1L	F9Eh	PIR1	F7Eh	UEP14
FFDh	TOSL	FDDh	POSTDEC2	FBDh	CCP1CON	F9Dh	PIE1	F7Dh	UEP13
FFCh	STKPTR	FDCh	PREINC2	FBCh	CCPR2H	F9Ch	—	F7Ch	UEP12
FFBh	PCLATU	FDBh	PLUSW2	FBBh	CCPR2L	F9Bh	OSCTUNE	F7Bh	UEP11
FFAh	PCLATH	FDAh	FSR2H	FBAh	CCP2CON	F9Ah	—	F7Ah	UEP10
FF9h	PCL	FD9h	FSR2L	FB9h	—	F99h		F79h	UEP9
FF8h	TBLPTRU	FD8h	STATUS	FB8h	BAUDCON	F98h	—	F78h	UEP8
FF7h	TBLPTRH	FD7h	TMR0H	FB7h	ECCP1DEL	F97h	—	F77h	UEP7
FF6h	TBLPTRL	FD6h	TMR0L	FB6h	ECCP1AS	F96h	TRISE	F76h	UEP6
FF5h	TABLAT	FD5h	T0CON	FB5h	CVRCON	F95h	TRISD	F75h	UEP5
FF4h	PRODH	FD4h	—	FB4h	CMCON	F94h	TRISC	F74h	UEP4
FF3h	PRODL	FD3h	OSCCON	FB3h	TMR3H	F93h	TRISB	F73h	UEP3
FF2h	INTCON	FD2h	HLVDCON	FB2h	TMR3L	F92h	TRISA	F72h	UEP2
FF1h	INTCON2	FD1h	WDTCON	FB1h	T3CON	F91h	—	F71h	UEP1
FF0h	INTCON3	FD0h	RCON	FB0h	SPBRGH	F90h	—	F70h	UEP0
FEFh	INDF0	FCFh	TMR1H	FAFh	SPBRG	F8Fh	—	F6Fh	UCFG
FEEh	POSTINC0	FCEh	TMR1L	FAEh	RCREG	F8Eh	—	F6Eh	UADDR
FEDh	POSTDEC0	FCDh	T1CON	FADh	TXREG	F8Dh	LATE	F6Dh	UCON
FECh	PREINC0	FCCh	TMR2	FACh	TXSTA	F8Ch	LATD	F6Ch	USTAT
FEBh	PLUSW0	FCBh	PR2	FABh	RCSTA	F8Bh	LATC	F6Bh	UEIE
FEAh	FSR0H	FCAh	T2CON	FAAh	—	F8Ah	LATB	F6Ah	UEIR
FE9h	FSR0L	FC9h	SSPBUF	FA9h	EEADR	F89h	LATA	F69h	UIE
FE8h	WREG	FC8h	SSPADD	FA8h	EEDATA	F88h	—	F68h	UIR
FE7h	INDF1	FC7h	SSPSTAT	FA7h	EECON2	F87h	—	F67h	UFRMH
FE6h	POSTINC1	FC6h	SSPCON1	FA6h	EECON1	F86h	—	F66h	UFRML
FE5h	POSTDEC1	FC5h	SSPCON2	FA5h	—	F85h	—	F65h	SPPCON
FE4h	PREINC1	FC4h	ADRESH	FA4h	—	F84h	PORTE	F64h	SPPEPS
FE3h	PLUSW1	FC3h	ADRESL	FA3h	—	F83h	PORTD	F63h	SPPCFG
FE2h	FSR1H	FC2h	ADCON0	FA2h	IPR2	F82h	PORTC	F62h	SPPDATA
FE1h	FSR1L	FC1h	ADCON1	FA1h	PIR2	F81h	PORTB	F61h	—
FE0h	BSR	FC0h	ADCON2	FA0h	PIE2	F80h	PORTA	F60h	—

STATUS yazmacı

Çizelge 3.4'de gösterilen status yazmacı ALU'nun aritmetik durumunu içerir. Herhangi bir yazmaç gibi STATUS da bir komuta hedef olabilir.

Çizelge 3.4. STATUS yazmacı

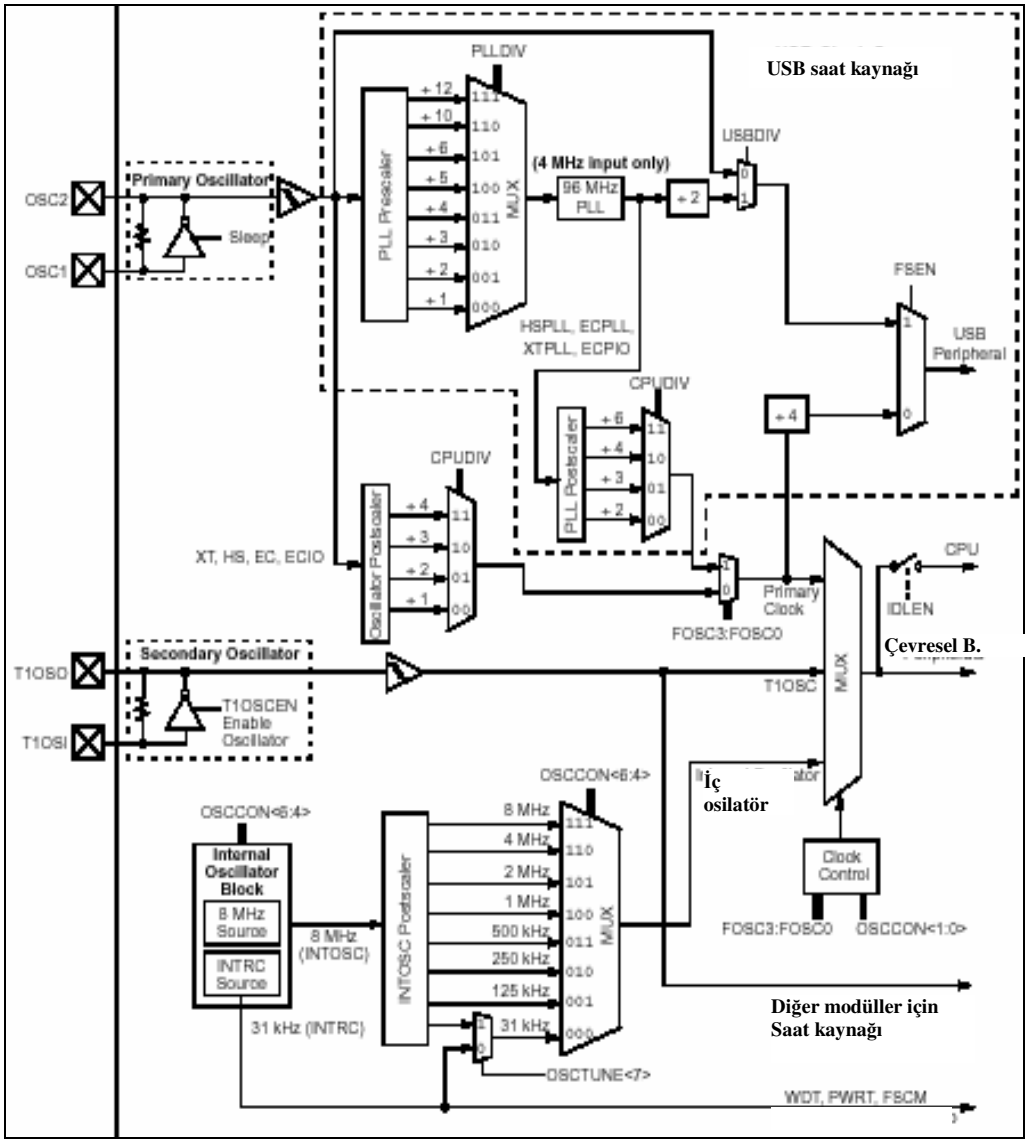
U-0	U-0	U-0	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
—	—	—	N	OV	Z	DC	C
bit 7							bit 0

bit 7-5 Tanımsız**:** '0' olarak okunur.
bit 4 **N:** Negatif bit
sonucun negatif olup olmadığını gösterir (ALU MSB = 1).
1 = sonuç negatif
0 = sonuç pozitif
bit 3 **OV:** Taşma biti
7-bit taşmasını gösterir
1 = taşma meydana geldi
0 = taşma gerçekleşmedi
bit 2 **Z:** Sıfır biti
1 = Aritmetik veya mantıksal işlem sonucu sıfır
0 = Aritmetik veya mantıksal işlem sonucu sıfır değil
bit 1 **DC:** Rakam taşıma/Ödünç biti
ADDWF, ADDLW, SUBLW ve SUBWF komutaları için :
1 = sekiz bitin düşük öncelikli dört biti taşmanın olduğu sonuç
0 =düşük öncelikli dört bit ten taşma olmadığını göterir
bit 0 **C:** Carry/Borrow biti
ADDWF, ADDLW, SUBLW ve SUBWF komutları için:
1 = yüksek öncelikli bit taşmasını gösterir
0 = yüksek öncelikli bit taşma olmadığını gösterir
R = okunabilir bit W = Yazılabilir bit U = tanımsız, '0' okunur
-n = POR '1' = bit kurulmuş '0' = bit temizlenmiş x = Bit bilinmiyor

3.2. Osilatör Konfigürasyonu

PIC18F2455/2550/4455/4550 cihaz ailesi önceki PIC 18F cihazlardan farklı olsilatör ve mikrodenetleyici saat sistemlerini birleştirmiştir. USB düşük hız ve tam hız uygulamalarında farklı saat kaynaklarını karşılama gereği bunu

gerekli kılmıştır. USB modülü kararlı saat kaynağına ihtiyaç duyar. Bu ihtiyaçları barındıran PIC18F2455/2550/4455/4550 cihazlar tam hız USB uygulamaları için 48 MHz saat sinyali sağlar. Primer saat kaynağı tarafından sürüldüğü için geniş alanlı osilatör frekansı sağlamak amacıyla giriş bölücüsü ve çıkış bölücüleri sisteme fazladan eklenmiştir. Osilatör yapısının blok şeması Şekil 3.9'da göstermiştir[16].



Şekil 3.9 PIC18F4455 saat diyagramı

3.2.1. Osilatör kontrolü

PIC18F2455/2550/4455/4550 cihazlarda osilatör operasyonu iki konfigürasyon yazmacı ve iki kontrol yazmacı ile kontrol edilir. Konfigürasyon yazmaçları, CONFIG1L ve CONFIG1H, osilatör modelini ve USB giriş bölücü ve çıkış bölücü tercihlerini içerir. Konfigürasyon bitleri cihaz programlandığı zaman kurulur ve bir daha programlana kadar aynı kalır.

OSCON yazmacı aktif saat modelini seçer. Bu öncelikle güç-yönetimi modunda saat anahtarlamasını kontrol etmek için kullanılır.

OSCTUNE yazmacı INTRC frekans kaynağını dengelemek için kullanılır

3.2.2. Osilatör çeşitleri

PIC18F2455/2550/4455/4550 cihazlar on iki farklı osilatör modeliyle işletebilir. Önceki PIC 18 microdenetleyicide olmayan tarafı, bunlardan dördü bir anda iki tip osilatör kullanımı içerir.

1. XT Kristal/Resonator
2. XTPLL Kristal/Resonator , PLL açık
3. HS Yüksek-Hız Kristal/Resonator
4. HSPLL Yüksek-Hız Kristal/Resonator, PLL açık
5. EC Dış Saat , FOSC/4 çıkış
6. ECIO Dış Saat, RA6 üzerinden I /O
7. ECPLL Dış Saat , PLL açık ve FOSC/4 RA6 üzerinden çıkış
8. ECPIO Dış Saat , PLL açık, RA6 üzerinden I /O
9. INTHS mikrodenetleyici saat kaynağı olarak iç osilatör kullanılır, HS osilatörü USB saat kaynağı olarak kullanılır.
10. INTXT mikrodenetleyici saat kaynağı olarak iç osilatör kullanılır, XT osilatörü USB saat kaynağı olarak kullanılır.

11. INTIO mikrodenetleyici saat kaynağı olarak iç osilatör kullanılır, EC osilatörü USB saat kaynağı olarak kullanılır, RA6 üzerinde dijital I/O
12. INTCKO mikrodenetleyici saat kaynağı olarak iç osilatör kullanılır,EC osilatörü USB saat kaynağı olarak kullanılır,RA6 üzerinden FOSC/4 çıkış

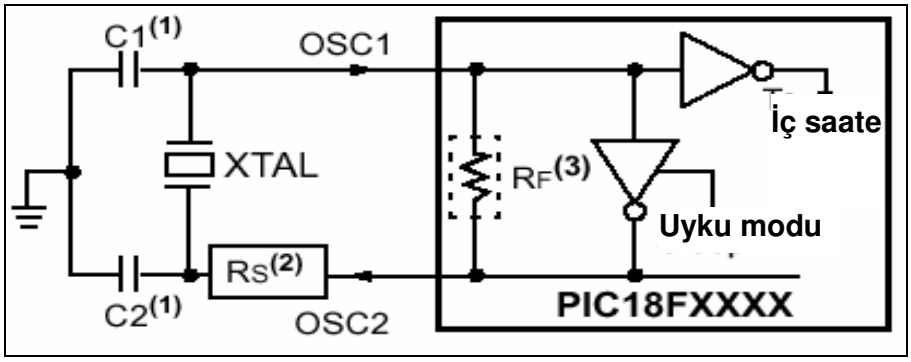
Osilatör Modelleri ve USB Operasyonu

USB modülünün sıradan olmayan ihtiyaçlarından dolayı saat çalışmasına farklı yaklaşım gereklidir. Önceki PICmikro® cihazlarda çekirdek ve çevresel birimlerin saat sinyalleri tek osilatör kaynağı tarafından sürülürdü. Bunlar primer, sekonder ve iç osilatördü. PIC18F2455/2550/4455/4550 cihazlarla birlikte primer osilatör USB modülünün bir parçası oldu ve diğer saat kaynakları ile bağı kalmadı.

USB tarafından ortaya çıkan zamanlama gereksiniminden dolayı ,iç saat frekansının USB açık olduğunda 6 MHz veya 48 MHz olması gerekir. Neyse ki mikrodenetleyici ve diğer çevresel ara birimler primer osilatör kullanıldığında bu hızda çalışmaları gerekmez. USB saat sinyalini sağlamak için birçok seçenek vardır. USB osilatörünün kurulması bu bölümünde ayrıntılı anlatılacaktır.

Kristal osilatör, seramik resanotör

HS, HSPLL, XT ve XTPLL osilatör modellerinde kristal veya seramik resanatör osilasyonu sağlamak için OSC1 ve OSC2 uçlarına bağlanır. Şekil 3.10 uç bağlantılarını göstermektedir. Çizelge 3.5 de kullanılacak kapasitör değerlerini model ve frekansa bağlı olarak değerleri sunulmuştur.



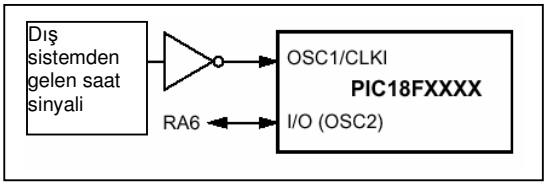
Şekil 3.10. Kristal/Seramik resanatör bağlantısı
1) C1 ve C2 değerleri için çizelge 3.4 bakın.
2) Seri direnç şerit kesim resanatör kullanıldığından gerekebilir.
3) RF seçilen osilatör modeliyle değişir

Çizelge 3.5. Kullanılan kapasitör değerleri

Model	Frekans	OSC1	OSC2
XT	4.0 MHz	33 pF	33 pF
HS	8.0 MHz	27 pF	27 pF
	16.0 MHz	22 pF	22 pF

Mikrodenetleyici içindeki post bölücüler kullanıcıya kristal veya resanotörden farklı saat frekansı seçmeye imkan tanır. Frekans bölme CPUDIV konfigürasyon bitleri ile sağlanır. Kullanıcı saat frekansını olarak osilatör frekansını veya frekansın 1/2, 1/3, 1/4 katlarını seçebilir.

Mikrodenetleyici HS osilatör modundayken dış saat kaynağı kullanılabilir. Bu Durumda OSC2/CLKO uçları Şekil 3.11' deki gibi açık bırakılır.

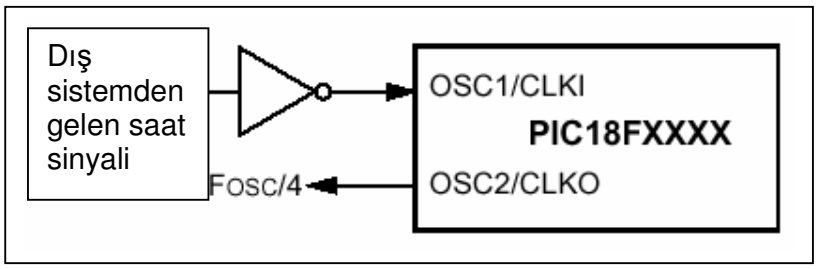


Şekil 3.11. HS modunda dış saat kaynağı bağlantısı

Dış saat girişi

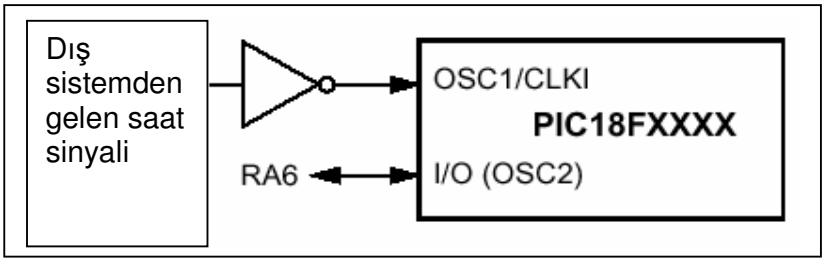
EC, ECIO, ECPLL ECPIO ve osilatör modelleri OCS1 ucuna dış saat kaynağı bağlantısını gerektirir. Hiçbir osilatör güç açma reseti (power-on reset) ve uyku modundan çıkış için başlama zaman geçikmesine ihtiyaç duymazlar.

EC ve ECPLL osilatör modellerinde, osilatör frekansı 4 e bölünür ve OSC2 ucuna verilir. Bu sinyal test amaçlı veya diğer mantık ünitelerini senkronize etmek için kullanılabilir. Şekil 3.12 EC osilatör modelinin uç bağlantısını göstermektedir.



Şekil 3.12. Dış saat giriş bağlantısı (EC ve ECPLL konfigürasyonu)

ECIO ve ECPIO osilatör modelleri, OCC2 ucunun fazladan genel amaçlı I/O ucu RA6 olarak işlev olması dışında EC ve ECPLL modelleri gibi işlem görür. Şekil 3.13 ECIO osilatör modelinin uç bağlantısını göstermektedir.



Şekil 3.13. Dış saat giriş bağlantısı (ECIO ve ECPIO konfigürasyonu)

Mikrodenetleyici içinde sonradan frekans bölme işlemi bu osilatör modelleri için de geçerlidir.

PLL frekans çoklayıcı

PIC18F2455/2550/4255/4550 cihazlar faz kilitlemeli döngü (Phase Locked Loop (PLL)) devresi içerirler. Bu özellik düşük hızlı osilatörler ile USB uygulamaları yapılmasına ve aynı zamanda mikrodenetleyici saat kaynağı olarak kullanılmasına imkan tanır. HSPLL, XTPLL, ECPLL ve ECPIO osilatör modellerinde PLL kullanılabilir. Bu sistem sabit 4 MHz giriş saat sinyalini referans alarak sabit 96 MHz üretmek için tasarlanmıştır(Şekil 3.9). PLL sistemin çıkışı bölünebilir ve USB ile birlikte mikrodenetleyici çekirdek saati için kullanılabilir. PLL sabit giriş ve çıkış frekanslarına sahip olduğundan osilatör giriş frekansını PLL ile eşitlemek için 8 giriş bölücüsü tercihi vardır. PLL den mikrodenetleyiciye saat sinyali elde etmek için farklı çıkış bölücüleri de vardır. XT,,HS ve EC modelleri için PLL çıkışından 1/2 , 1/3, 1/4 ve 1/6 çıkış bölücüsü tercileri vardır[16].

HS modelindeki osilatör 48 MHz frekansta çalışması HSPLL ,ECPLL ve ECPIO konfigürasyonlarında mümkün olmaktadır. İç giriş bölücüsü PLL için 4 MHz elde etmesi gereğinden dolayı 12 ye kadar böler. XTPLL modelinde sadece 4 MHz giriş frekans değeri kullanarak PLL yi doğrudan sürebilir.

İç saat bloğu

PIC18F2455/2550/4455/4550 cihazlar iki farklı saat sinyali üreten osilatör bloğuna sahiptir. Eğer USB arayüzü kullanılmazsa iç osilatör, OSC1 ve OSC2 uçları üstündeki dış osilatör ihtiyacını devreden çıkaracaktır. Bloğun ana çıkışı cihazın saatini direk olarak sürebilecek 8 MHz lik saat kaynağıdır. Çıkış bölücüleri 31 KHz den 4 MHz ye kadar bir alanda frekans türetilmesini sağlarlar.

Diğer saat kaynağı 31 KHz çıkış sağlayan İç RC (INTRC) osilatörüdür. INTRC cihaz saat kaynağı olarak seçilirse aktif hale gelir. Aşağıdakiler aktif olduklarında da otomatik olarak çalışır duruma gelir.

- Güç açma zamanlayıcısı
- Watchdog zamanlayıcı
- İki hızlı başlama

İç osilatör modelleri

Saat kaynağı olarak iç osilatör kullanıldığında , diğer osilatör modellerinden biri (dış saat veya dış kristal/resanatör) USB kaynak saati olarak kullanılmalıdır. USB osilatör seçeneklerinin dört farklı model vardır.
1. INTHS modeli: USB saati HS osilatör modelinden sağlanır
2. INTXT modeli: USB saati XT osilatör modelinden sağlanır.
3. INTCKO modeli: USB saati dış saat giriş ucu OSC1/CLK1 den sağlanır, OSC2/CLKO ucu FOSC/4 olur.
4. INTIO modeli: USB saati dış saat giriş ucu OSC1/CLK1 den sağlanır. OSC2/CLKO ucu dijital I/O (RA6) olarak çalışır.

OSCTUNE yazmacı

İç osilatörlerin çıkışı fabrikada ayarlanmıştır fakat kullanıcı uygulamalarında ayarlanabilir. Bu OSCTUNE yazmacına yazarak olur. Ayar hassasiyeti ayar aralığında sabittir.

OSCTUNE yazmacı değiştirildiğinde, INTOSC ve INTRC frekansları yeni frekansa kaymaya başlarlar. INTRC saati 8 saat periyodu içinde yeni frekans değerine ulaşacaktır (yaklaşık olarak ,8 *32›Ïs = 256 µs). INTOSC saati 1 ms içinde kararlı hale gelir. Kaymanın meydana geldiğini gösterir bir belirti yoktur. OSCTUNE yazmacı aynı zamanda INTSRC bitini içerir. INTSRC biti

31 KHz frekansı seçildiğinde kullanıcıya iç saat kaynağını seçme imkanını sağlar. Bu “Osilatör Kontrol Yazmaçları “ bölümde ayrıntılı bahsedilecektir

İç osilatör çıkış frekansı ve frekans kayması

İç osilatör bloğu fabrikada INTOSC çıkış frekansı 8,0 MHz üretmeye ayarlanmıştır. Bununla birlikte frekans değişik yollardan denetleyici işlemlerini etkileyen VDD veya sıcaklık değişimlerinden dolayı kayabilir. Çizelge 3.6’de iç osilatör INTOSC’nin ayarlanmasında kullanılan OSCTUNE (Osilatör ayarlama yazmacı)açıklanmıştır.

Düşük frekanslı INTRC osilatörü INTOCS kaynağından bağımsız çalışır.

Çizelge 3.6. OSCTUNE: Osilatör ayarlama yazmacı

R/W-0	U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
INTSRC	—	—	TUN4	TUN3	TUN2	TUN1	TUN0
bit 7							bit 0

bit 7 INTSRC**:** iç osilatör düşük frekans seçme biti
1 = 31.25 kHz cihaz saati 8 MHz INTOSC kaynağından (256 ya bölünerek) türetilir
0 = 31 kHz cihaz saati doğrudan INTRC iç osilatöründen türetilir.
bit 6-5 Tanımsız ,sıfır okunur.
bit 4-0 TUN4:TUN0: Frekans ayarlama bitleri
01111 = Maksimum frekans
• •
• •
00001
00000 = Merkez frekansı. Osilatör modülü fabrika ayarında çalışır.
11111
• •
• •
10000 = Minimum frekans
R = Okunabilir bit
W = Yazılabilir bit
U = Tanımsız bit, ‘0’ okunur
‘0’ = bit sıfırlanmıştır.

INTOSC kaymasını dengeleme

OSCTUNE yazmacındaki TUN4:TUN0 frekans ayarlama bitlerinin değerleri değiştirilerek INTOSC frekansını ayarlamak mümkündür. Bunun İNTRC frekansına etkisi yoktur. INTOSC kaynağını ayarlamak için ayarlama zamanı ,yönü ,durumu ve ne kadar değişime ihtiyaç olduğunun bilinmesi gereklidir. Örnek olarak EUSART kullanıldığında hata üretmeye başladığında veya asenkron modda alınan verilerde hata olduğunda ayarlama gerekebilir. Donanım hataları cihaz frekansının çok yüksek olduğunu gösterir. Bunu ayarlamak için OSTUNE değerini frekansı azaltmak için eksiltmelidir. Diğer taraftan veri hataları saat hızının düşük olduğunu söyleyebilir. Dengelemek için frekansı arttıracak yönde OSTUNE değeri arttırılır.

Cihaz saat hızını referans saatle doğrulamak da mümkündür. İki zamanlayıcı kullanılabilir.zamanlayıcının biri iç saat ile diğeri Timer1 gibi sabit referans kaynaklı saatten tetiklenir. İki zamanlayıcı sıfırlanır ve kesme olduğunda zamanlar okunur. Eğer iç saat kaynaklı zamanlayıcının değeri beklenenden büyükse iç osilatör bloğu hızlı çalışmaktadır. Bunu ayarlamak için OSCTUNE yazmacını azaltmalıdır.

Sonuç olarak ,CCP modülü bağımsız sürülebilen iç osilatör bloğu tarafından tetiklenen Timer1 (veya Timer 3) i ve periyodu bilinen dış olayı (AC frekansı) kullanabilir. İlk sonuç yakalandığında sonuçlar kaydedilir ve sonraki sonuç yakalandığında ilk değer ikinci değerden çıkartılır. Dış olayın sonucu bilindiğinden, olaylar arasındaki zaman hesaplanabilir.

Eğer ölçülen zaman hesaplanan zamandan büyükse iç osilatör bloğu hızlı çalışmaktadır. Dengelemek için OSCTUNE yazmacını azaltmalıdır. Eğer ölçülen zaman hesaplanan zamandan az ise iç osilatör bloğu yavaş çalışmaktadır. Dengelemek için OSCTUNE yazmacını arttırmalıdır[16].

3.2.3. Osilatörü USB için kurma

PIC18F4550 ,USB bağlantısı için kullanıldığında, USB işlemler için düşük hızda 6 MHz veya tam hızda 48 MHz saat sinyaline sahip olmalıdır. USB ile uyumlu tüm konfigürasyon seçenekleri Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Düşük hız uygulamaları

Düşük hız modu için USB saat sinyali primer osilatör zincirinden türetilir, doğrudan PLL den türetilemez. USB aktif ve saat sinyalini primer osilatör modellerinden biri olduğunda, komut periyodu dört osilatör periyodundan meydana geldiğinden 6 MHz için 24 MHz girişe ihtiyaç vardır.

Farklı USB ve mikrodenetleyici saat kaynaklarının çalıştırılması

USB modülü mikrokonrolör çekirdeğine ve diğer çevresel birimlere göre asenkron çalışabilir. Bunun anlamı uygulamada mikrodenetleyici düşük hızda farklı saat kaynağından çalışırken USB saati için primer osilatör kullanılabilir. Eğer bütün uygulamada bir saat kaynağından çalıştırılması gerekiyorsa, tam hız uygulamaları mikrodenetleyici saat frekansının istenilen değerde seçme imkanı sağlar(Çizelge 3.7) .

Çizelge 3.7. USB operasyonu için osilatör tercihleri

Osilatör Giriş Frekansı	PLL Bölücüsü (PLLDIV2:PLLDIV0)	Saat Modeli (FOSC3:FOSC0)	MCU Saat Bölmesi (CPUDIV1:CPUDIV0)	Mikrokontroklör Saat Frekansı (CPUDIV1:CPUDIV0)
48 MHz	YOK	EC, ECIO	YOK(00)	48MHz
			÷2 (01)	**24MHz**
			÷3(10)	16MHz
			÷4 (11)	12MHz
48 MHz	÷12 (111)	EC, ECIO	YOK(00)	48MHz
			÷2 (01)	**24MHz**
			÷3(10)	16MHz
			÷4 (11)	12MHz
		ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3(01)	32MHz
			÷4 (10)	**24MHz**
			÷6 (11)	16MHz
40 MHz	10 (110)	EC, ECIO	Yok (00)	40MHz
			÷2 (01)	20MHz
			÷3 (10)	13.33 MHz
			÷4 (11)	10MHz
		ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz
24 MHz	÷6 (101)	HS, EC, ECIO	Yok (00)	**24 MHz**
			÷2 (01)	12MHz
			÷3 (10)	8MHz
			÷4 (11)	6MHz
		HSPLL, ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz
20 MHz	÷5 (100)	HS, EC, ECIO	Yok (00)	20MHz
			÷2 (01)	10MHz
			÷3 (10)	6.67MHz
			÷4 (11)	5MHz
		HSPLL, ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz
24 MHz nin dışında bütün saat kaynakları tam hız (USB saat frekansı 48 MHz) USB modülü ile uyumludur. Sistem saati 24 MHz yazılmış kısımlar düşük hız USB modülü ile uyumludur (USB saati 6MHz).				

Çizelge 3.7. (Devam) USB operasyonu için osilatör tercihleri

Osilatör Giriş Frekansı	PLL Bölücüsü (PLLDIV2:PLLDIV0)	Saat Modeli (FOSC3:FOSC0)	MCU Saat Bölmesi (CPUDIV1:CPUDIV0)	Mikrokontroklör Saat Frekansı (CPUDIV1:CPUDIV0)
16 MHz	÷4 (011)	HS, EC, ECIO	Yok (00)	16MHz
			÷2 (01)	8MHz
			÷3 (10)	5.33MHz
			÷4 (11)	4MHz
		HSPLL, ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	24 MHz
			÷6 (11)	16MHz
12 MHz	÷3 (010)	HS, EC, ECIO	Yok (00)	12MHz
			÷2 (01)	6MHz
			÷3 (10)	4MHz
			÷4 (11)	3MHz
		HSPLL, ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz
8 MHz	÷2 (001)	HS, EC, ECIO	Yok (00)	8MHz
			÷2 (01)	4MHz
			÷3 (10)	2.67MHz
			÷4 (11)	2MHz
		HSPLL, ECPLL, ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz
4 MHz	÷1 (000)	XT, HS, EC, ECIO	Yok (00)	4MHz
			÷2 (01)	2MHz
			÷3 (10)	1.33MHz
			÷4 (11)	1MHz
		HSPLL, ECPLL, XTPLL,ECPIO	÷2 (00)	48MHz
			÷3 (01)	32MHz
			÷4 (10)	**24 MHz**
			÷6 (11)	16MHz

24 MHz nin dışında bütün saat kaynakları tam hız (USB saat frekansı 48 MHz) USB modülü ile uyumludur. Sistem saati 24 MHz yazılmış kısımlar düşük hız USB modülü ile uyumludur (USB saati 6MHz).

3.2.4. Saat kaynakları ve osilatör anahtarlaması

Önceki PIC 18 geliştirilmiş cihazlardaki gibi, PIC18F2455/2550/4455/4550 ailesi düşük frekans üretmek için temel osilatörden anahtarlanan denetleyici saat kaynaklarına imkan tanır. PIC18F2455/2550/4455/4550 denetleyiciler iki farklı saat kaynağı sunar.

Gerçekte bu denetleyiciler için üç saat kaynağı vardır.

- Primer osilatörler
- Senkonder osilatörler
- İç osilatör blokları

Primer osilatörler harici kristal ve resanatör modellerini, harici saat modellerini ve dahili osilatör bloklarını kapsar. Model özellikleri FOSC3:FOSC0 konfigürasyon bitlerince tanımlanır. Osilatör çeşitleri bölümde bahsedilmişti.

Sekonder osilatörler OSC1 ve OSC2 uçlarına bağlanmayan harici kaynaklardır. Bu kaynaklar denetleyici güç-yönetimi moduna seçtiğinde bile çalışmaya devam ederler. PIC18F2455/2550/4455/4550 denetleyiciler Timer1 i sekonder osilatör olarak sunar. Bu osilatör bütün güç-yönetimi modarında gerçek zaman saati gibi fonksiyonlar için gerçek zamandır. En sık kullanılanı RC0/T1OSO/T13CKI ve RC1/T1OSI/UOE uçları arasında bağlanan 32,768 kHz saat kristalidir. XT ve HS modelleri osilatör devreleri gibi şarj kondansatörlerinin her bir ucu toprağa bağlanır.

Primer saat kaynağı olmasına ek olarak, dahili osilatör bloğu güç-yönetimi modu saat kaynağı olarak uygundur.

3.2.5. Güç gecikmeleri

Güç gecikmeleri iki zamanlayıcı tarafından kontrol edilir, bu şekilde birçok uygulama için harici Reset devrelerine ihtiyaç kalmaz. Gecikme, normal koşullar altında güç kaynağı kararlı olmasına ve primer saat işler durumda ve kararlı olana kadar reset durumunda tutar.

İlk zamanlayıcı güç geldiğinde sabit gecikme sağlayan Power-up zamanlayıcısıdır (PWRT). Bu zamanlayıcı PWRTEN konfigürasyon bitinin sıfıra eşitlenmesiyle aktif hale getirilir.

İkinci zamanlayıcı, kristal osilatör (XT ve HS) kararlı olana kadar mikroçipi reset konumunda tutan osilatör başlama zamanlayıcısıdır (OST). OST bu gecikmeyi cihaz saatine yol vermeden önce 1024 osilatör periyodu sayarak yapar. HSPLL osilatör modeli seçildiğinde, PLL nin gelen saat frekansı ile kilitlemesi için cihaz fazladan 2 ms reset konumunda tutulur.

Güç açma resetinden sonra cihaz komutları yerine getirmek için hazır oluca bir gecikme aralığı (TCSD) vardır. Bu gecikme diğer gecikmeler ile aynı zamanda çalışır. Bu gecikme sadece primer saat kaynağı olarak EC veya dahili saat modelleri seçildiğinde olur

3.2.6. Osilatör kontrol yazmaçları

OSCCON yazmacı denetleyici saat işlemlerini tam-güç ve düşük- güç modlarının her ikisinde ayrı ayrı kontrol eder. Sistem saati seçme bitleri, SCS1:SCS0, saat kaynağını seçerler. Uygun saat kaynakları primer saat (FOSC3:FOSC0 konfigürasyon bitleri tarafından tanımlanır), sekonder saat (Timer1 osilatör) ve dahili osilatör bloğudur.

Dahili osilatör frekansı seçme bitleri, IRCF2:IRCF0, denetleyicisini sürecek saat dahili saat bloğunun çıkış frekansını seçer. Seçenekler INTRC

kaynağı, INTOSC kaynağı veya INTOSC çıkış bölücülerinden türetilen frekanslardan biridir (31 kHz den 4 MHz). Çizelge 3.8'de OSCCON Osilatör kontrol yazmacının açıklamaları verilmiştir.

Çizelge 3.8. OSCCON: Osilatör kontrol yazmaçları

R/W-0	R/W-1	R/W-0	R/W-0	R **(1)**	R-0	R/W-0	R/W-0
IDLEN	IRCF2	IRCF1	IRCF0	OSTS	IOFS	SCS1	SCS0
bit 7							bit 0

bit 7 IDLEN: Idle açma biti
1 = Cihaz SLEEP komutunda yavaş çalışma moduna geçer
0 = Cihaz SLEEP komutunda uyku moduna geçer
bit 6-4 IRCF2:IRCF0: dahili osilatör frekansı seçme bitleri
111 = 8 MHz (INTOSC saati doğrudan sürer)
110 = 4 MHz
101 = 2 MHz
100 = 1 MHz (3)
011 = 500 kHz
010 = 250 kHz
001 = 125 kHz
000 = 31 kHz (INTOSC/256 veya doğrudan INTRC) (2)
bit 3 OSTS: Osilator Start-up Time-out Status biti (1)
1 = Osilator Start-up Timer time-out süresi tamamlanmış; primer osilator çalışıyor.
0 = Oscillator Start-up Timer time-out çalışıyor; primer osilator hazır değil
bit 2 IOFS: INTOSC frekans kararlılık biti
1 = INTOSC frekansı kararlı
0 = INTOSC frekansı kararlı değil
bit 1-0 SCS1:SCS0: sistem saati seçme biti
1x = Dahili osilatör bloğu
01 = Timer1 osilatorü
00 = Primer osilator
1: IESO konfigürasyon bitinin durumuna göre değişir.
2: kaynak INTSRC biti tarafından seçilir (OSCTUNE<7>),
3: Reset durumundaki INTOSC başlangıç çıkış frekansı

3.3. 10-Bit Aanolog-Dijital (A/D) Çevirici Modülü

Analog-Dijital çevirici modülü 18F4455 mikro denetleyiciünde 13 giriş ucuna sahiptir. Bu modül analog giriş sinyallerine karşılık gelen 10 bit dijital sayı çevirimine imkan sağlar.

Bu modül 5 yazmaca sahiptir:

- A/D sonuç yüksek yazmacı (ADRESH)
- A/D sonuç düşük yazmacı (ADRESL)
- A/D kontrol yazmacı 0 (ADCON0)
- A/D kontrol yazmacı 1 (ADCON1)
- A/D kontrol yazmacı 2 (ADCON2)

Çizelge 3.9' de ADCON0 yazmacı A/D modülü kontrol eder. ADCON0 yazmacı;

- A/D çevrimi hangi giriş ucundan olacağını seçer.
- ADC modülü açıp kapar
- A/D çevrimi başlatır.
- Çevrimin tamamlanıp tamamlanmadığını gösterir.

Çizelge 3.9. ADCON0: A/D Kontrol Yazmacı 0

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
—	—	CHS3	CHS2	CHS1	CHS0	GO/DONE	ADON
bit 7							bit 0

bit 7-6 Tanımsız . Sıfır olarak okunur
bit 5-2 CHS3:CHS0**:** Analog kanal seçme bitleri
0000 = Kanal 0 (AN0)
0001 = Kanal 1 (AN1)
0010 = Kanal 2 (AN2)
0011 = Kanal 3 (AN3)
0100 = Kanal 4 (AN4)
0101 = Kanal 5 (AN5)
0110 = Kanal 6 (AN6)
0111 = Kanal 7 (AN7)
1000 = Kanal 8 (AN8)
1001 = Kanal 9 (AN9)
1010 = Kanal 10 (AN10)
1011 = Kanal 11 (AN11)
1100 = Kanal 12 (AN12
1101 = Tanımsız
1110 = Tanımsız
1111 = Tanımsız
bit 1 GO/DONE: A/D cevrim durum biti
ADON = 1 olduğunda:
1 = A/D cevrim devam etmekte
0 = A/D boşta
bit 0 ADON: A/D başlatma biti
1 = A/D çevirici modül acık
0 = A/D çevirici modül kapalı

Çizelge 3.10'da ADCON1 yazmacı ADC için gerekli artı ve toprak referans gerilim kaynaklarını belirler. Analog referans gerilimi yazılımla mikro denetleyici besleme gerilimleri (V_{DD} ve V_{SS}) veya RA3/AN3/V_{REF+} ve RA2/AN2/V_{REF-}/CV_{REF} uçlarındaki gerilim seviyesi seçilebilir. 18F4455'te 13 adet anolog giriş kanalı vardır. A/D çevirici ile bağı bulunan her uç analog giriş veya dijital I/O olarak biçimlendirilebilir ADCON1 yazmacının PCFG3:PCFG0 bitleri bu 13 kanaldan hangilerinin analog veya dijital olarak düzenleneceğini gösterir.

Çizelge 3.10. ADCON1: A/D kontrol yazmacı 1

U-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0 **(1)**	R/W **(1)**	R/W **(1)**	R/W **(1)**
—	—	VCFG1	VCFG0	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
bit 7							bit 0

bit 7-6 Tanımsız . Sıfır olarak okunur
bit 5 VCFG1: Gerilim referans düzenleme biti (VREF- kaynak)
1 =VREF- (AN2)
0 =VSS
bit 4 VCFG0: Gerilim referans düzenleme biti (VREF+ kaynak)
1 =VREF+ (AN3)
0 =VDD
bit 3-0 PCFG3:PCFG0: A/D Port biçimlendirme kontrol bitleri:

PCFG3:PCFG0	AN12	AN11	AN10	AN9	AN8	AN7	AN6	AN5	AN4	AN3	AN2	AN1	AN0
0000	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0001	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0010	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0011	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0100	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0101	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0110	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0111	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A	A
1000	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A	A
1001	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A	A
1010	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A	A
1011	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A	A
1100	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A	A
1101	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A	A
1110	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	A
1111	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D	D

A: Analog giriş D: Dijital giriş-çıkış

ADCON2 yazmacı (Çizelge 3.11) A/D saat kaynağı, sonuç formatını örnekleme kondansatörünün şarj süresini (kazanım zamanı) kontrol eder.

Çizelge 3.11. ADCON2: A/D Kontrol yazmacı 2

R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0
ADFM	—	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
bit 7							bit 0

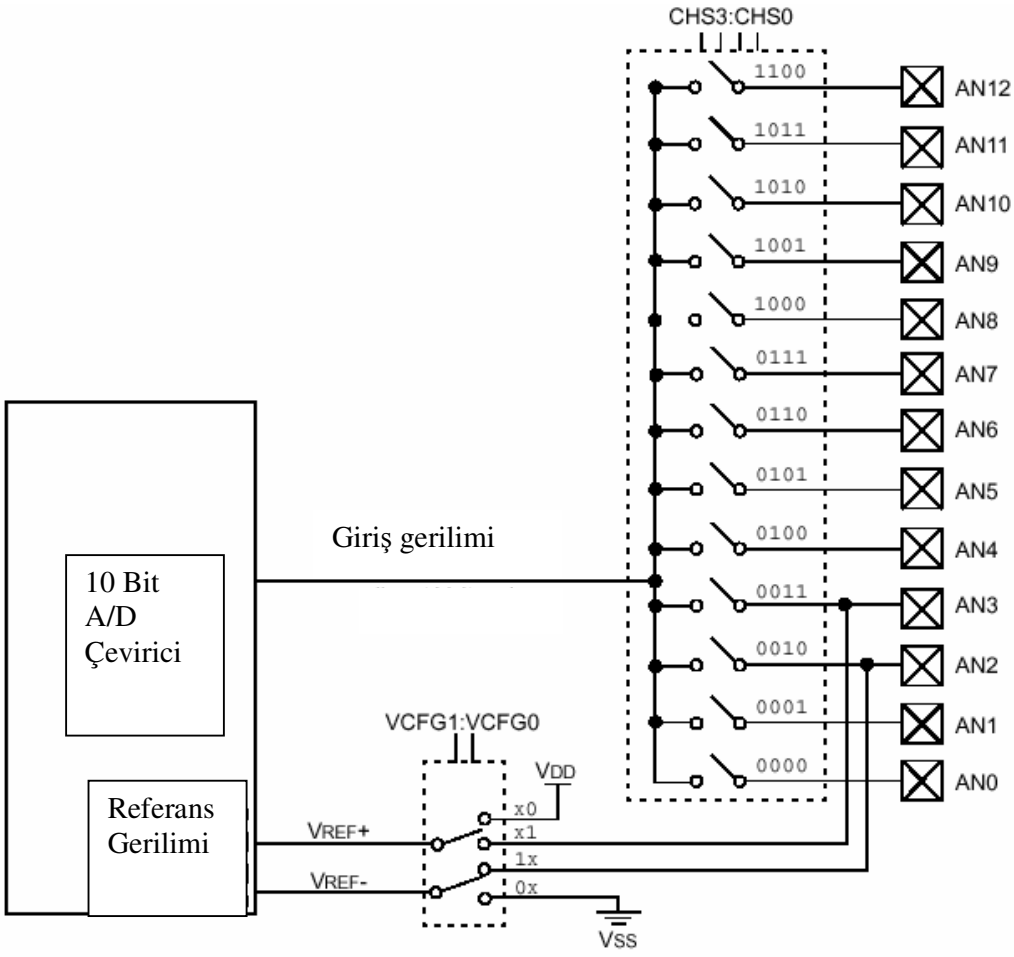
bit 7 ADFM: A/D sonuç formatı seçme biti
1 = Sağa yasla
0 = Sola yasla
bit 6 Tanımsız . '0' olarak okunur
bit 5-3 ACQT2:ACQT0: A/D kazanım zamanı seçme bitleri
111 = 20 TAD
110 = 16 TAD
101 = 12 TAD
100 = 8 TAD
011 = 6 TAD
010 = 4 TAD
001 = 2 TAD
000 = 0 TAD
bit 2-0 **ADCS2:ADCS0:** A/D cevirim saati seçme biti
111 = FRC (saat A/D RC osilatörden üretilir)
110 = FOSC/64
101 = FOSC/16
100 = FOSC/4
011 = FRC (saat A/D RC osilatörden üretilir)
010 = FOSC/32
001 = FOSC/8
000 = FOSC/2

A/D çeviricini uyku modunda işlem yapabilme özelliğine sahiptir. Uyku modunda işlem yapmak için A/D çevirim saati , A/D iç RC osilatöründen türetilmelidir.

Cihazın resetlenmesi bütün yazmaçları başlangıç koşuluna dönmesine zorlar. Bu zorlama A/D modülün kapanmasına ve işlemde olan herhangi bir çevrimin iptaline neden olur.

ADRESH ve ADRESL yazmaçları A/D çeviricinin sonuçlarını içerir. A/D çevirim tamamlandığında sonuç ADRESH: ADRESL çiftine yüklenir, GO/DONE biti (ADCON0 yazmacı) temizlenir ve A/D kesme bayrağı ADIF

set edilir. A/D modülün blok diyagramı Şekil 3.14'da gösterilmiştir. Giriş ve çıkış uçları VDD ve VSS karşı diyot korumalıdır.



Şekil 3.14 A/D blok diyagramı

ADRESH:ADRESL yazmaçları Power-on resetine uyumlu değildir. Power-on resetinden sonra bilinmeyen çıkış içerir. A/D modül istenildiği şekilde biçimlendirildikten sonra, çevrim başlamadan önce seçilen kanal gerekli örnekleme gerilimini kazanmak zorundadır. Analog giriş kanallarına karşılık gelen TRIS bitleri giriş olarak seçilmelidir. Kazanım zamanı geçtikten sonra A/D cevrim başlayabilir. Kazanım zamanı GO/DONE bitinin set edilmesi ve gerçek çevrimin başlaması arasında meydana gelmesi için programlanabilir. A/D çevrimini yapmak için aşağıdaki basamaklar takip edilebilir.

1. A/D modülü biçimlendirmek

- Anolog uçları, gerilim referanslarını ve dijital I/O belirle.
- A/D giriş kanallarını seç (ADCON0).
- A/D kazanım zamanını seç (ADCON2).
- A/D cevrim saatini seç.
- A/D modülü aç.

2. A/D kesmesi düzenle (eğer isteniyorsa)

- ADIF bitini temizle .
- ADIE bitini kur.
- GIE bitini kur.

3. İstenilen kazanım zamanını bekle (eğer isteniyorsa).

4. Cevrime başla.
- GO/DONE bitini kur.

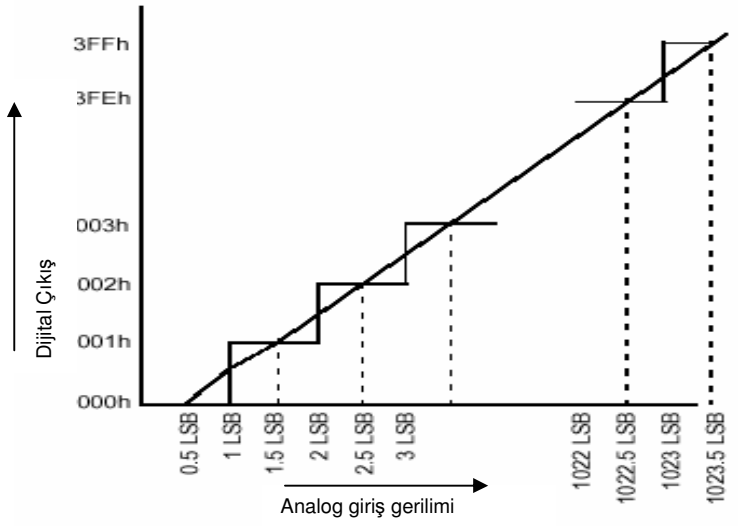
5. A/D cevrimin bitmesini bekle

- GO/DONE bitinin sıfır olmasıyla
  Veya
- A/D kesmesinin bekleyerek

6. A/D sonuç yazmaçlarını oku (ADRESH:ADRESL). Eğer gerekliyse ADIF bitini temizle.

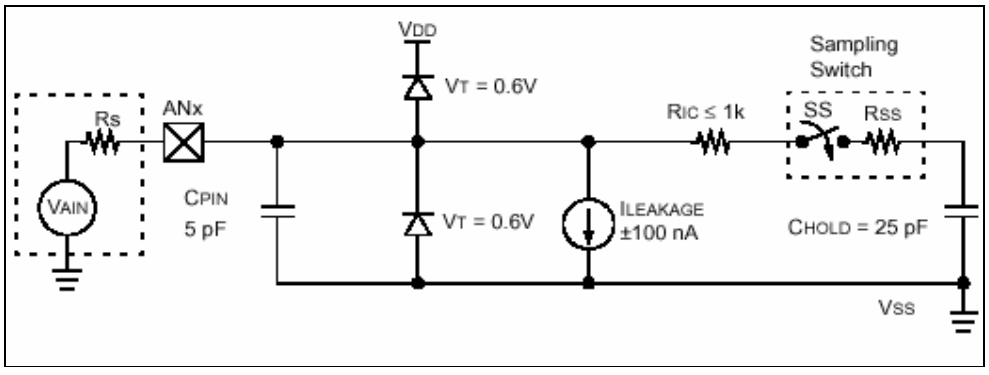
7. Gelecek çevrim için gerektiğinde 1 ve 2. basamakları tekrar et. A/D çevrimin bit başına düşen zamanı TAD olarak tanımlanır. Bir sonraki çevrim başlamadan önce en az 3 TAD beklemek gerekir.

ADC modülün çıkış değeri 0-1023 değerleri arasındaki tam sayılardır. Analog giriş en düşük öncelikli biti 0,5 bitten büyükse bire ,düşükse sıfıra yuvarlanır(Şekil 3.15).



Şekil 3.15. A/D transter tonksıyonu

Şekil 3.16'de . A/D giriş modeli gösterilmiştir. Modül VT koruma diyotları ile aşırı gerilim dalgalarından korunmuştur.



Şekil 3.16. A/D giriş modeli
CPIN =Giriş kondansatörü.
VT = Tutma gerilimi.
ILEAKAGE= Sızıntı akımı.
RIC=İçte bağlı direnç.
SS=Örnekleme anahtarı.
CHOLD=Örnekleme /tutma kondansatörü.
RSS=Örnekleme anahtarı direnci.

3.3.1. Kazanım zamanı gereksinimi

A/D çeviricinin doğru çalışması için, şarj tutma kondansatörünün giriş kanalı gerilim seviyesi ile tam olarak şarj olmasına izin verilmelidir. Şekil 3.16'te analog giriş modelinde gösterilen kaynak empedansı Rs ve iç örnekleme anahtar empedansı (Rss) doğrudan kondansatör CHOLD un gerek duyduğu şarj zamanını etkilemektedir. Örnekleme anahtarı direnci (Rss) cihaz gerilimi (Vdd) ye göre değişir. Kaynak empedansı uç sızıntı akımından dolayı anolog giriş de ofset gerilimini etkiler. Anolog kaynaklar için önerilen maksimum empedans 2,5 Kohm'dur. Analog giriş kanalı seçildikten (değiştikten) sonra, kanal cevrime başlamadan önce en azından minimum kazanım zamanı kadar örnekleme yapmalıdır. Çevrim başladığı zaman tutma kondansatörü giriş ucundan ayrılmaktadır.

Minimum kazanım zamanını hesaplamak için Eş . 3.1 kullanılmalıdır. Bu eşitlik ½ LSb hata kullanıldığını kabul etmiştir(A/D için 1024 basamak). ½ LSb A/D çözünürlüğünde izin verilen maksimum hatadır.

Aşağıdaki örnek minimum kazanım zamanı TACQ gereksiniminin hesaplamasını göstermektedir. Bu hesaplamada aşağıdaki uygulama sistem verileri baz alındığı kabul edilmiştir.

CHOLD=25 pF.
Rs=2,5 Kohm.
Çevrim hatası $\leq$ ½ LSb
Vdd= 5V için Rss=2 Kohm
Sıcaklık =85^0 C (Sistemin maksimum sıcaklığı)
Kazanım zamanı =yükselteç kurulum zamanı + tutma kondansatörü sarj zamanı + sıcaklık sabiti (3.1)
TACQ=TAMP + TC + TCOFF (3.1)
A/D minimum şarj zamanı aşağıda belirtildiği gibidir
TC = -(CHOLD)(RIC + RSS + RS) ln(1/2048) (3.2)

Gerek duyulan minimum kazanım zamanının hesaplanması:

TACQ =TAMP + TC + TCOFF

TAMP =0.2 µs

TCOFF = (Temp – 25℃))(0.02 µs/℃) (3.3)

=(50℃ – 25℃)(0.02 µs/℃)

=1.2 µs

Sıcaklık katsayısı sadece 25℃ den büyük sıcaklıklar için hesaplanır. 25℃'nin altındaki sıcaklıklar için

TCOFF = 0 µs. (3.4)

TC = -(CHOLD)(RIC + RSS + RS) ln(1/2047) µs

-(25 pF) (1 KΩ+ KΩ + 2, KΩ) ln(0.0004883) µs

5.03 µs

TACQ = 0.2 µs + 5 µs + 1.2 µs. (3.5)

6.4 µs

3.3.2. Kazanım zamanının seçimi ve düzenlenmesi

ADCON2 yazmacı kullanıcıya her defasında GO/DONE biti set edildiğinde kazanım zamanını seçme imkanı verir. Yazmaç aynı zamanda otomatik olarak hesaplanan kazanım zamanını kullanma tercihi de sağlar. Kazanım zamanı ACQT2:ACQT0 bitleri (ADCON2<5:3>) ile 2 -20 T_{AD} aralığında kurulabilir. GO/DONE biti set edildiğinde A/D modül girişi örneklemeye seçilen kazanım zamanı için devam eder, sonra otomatik olarak çevrime başlar. Kazanım zamanı ayarlandığından dolayı kanal seçimi ile GO/DONE bitinin kurulması arasında beklemeye gerek yoktur.

ACQT2:ACQT0 = 000 olduğunda kazanım zamanı kullanıcı tarafından sağlanmalıdır. GO/DONE bit set edildiğinde örnekleme durur ve çevrim başlar. Kullanıcı istenilen giriş kanalının seçilmesi ile GO/DONE bitinin set edilmesi arasında gerekli olan kazanım zamanının doğruluğunda emin olmalıdır. Kazanım zamanın sıfır T_{AD} seçildiğinde, cevrim tamamladığı zaman GO/DONE bir temizlenir, ADIF bayrağı set edilir ve A/D cevrim

seçilen kanaldan sürekli olarak örneklemeye devam eder. Bundan dolayı kazanım zamanını ayarlamakta fayda vardır. Kazanım zamanı programladığında kazanım zamanını sona erdiğini veya çevrimin başladığını gösteren hiçbir şey yoktur.

3.3.3. A/D çevrim saatinin seçimi

A/D çevrimin bit başına düşen zamanı TAD olarak tanımlanır. A/D çevrim 10 bit için 11 TAD ihtiyaç duymaktadır. A/D cevrim saati yazılımla ayarlanır. TAD için yedi farklı tercih vardır

•2 TOSC
•4 TOSC
•8 TOSC
•16 TOSC
•32 TOSC
•64 TOSC
•iç RC osilatörü

Doğru A/D çevrim için , A/D cevrim saati mümkün olduğu kadar kısa ama minimum TAD den büyük olmalıdır (Çizelge3.12).

Çizelge 3.12. mikro denetleyici çalışma frekansından ve A/D saat kaynağından seçilen TAD zamanlarını göstermektedir.

Çizelge 3.12. TAD ve cihaz çalışma frekansları

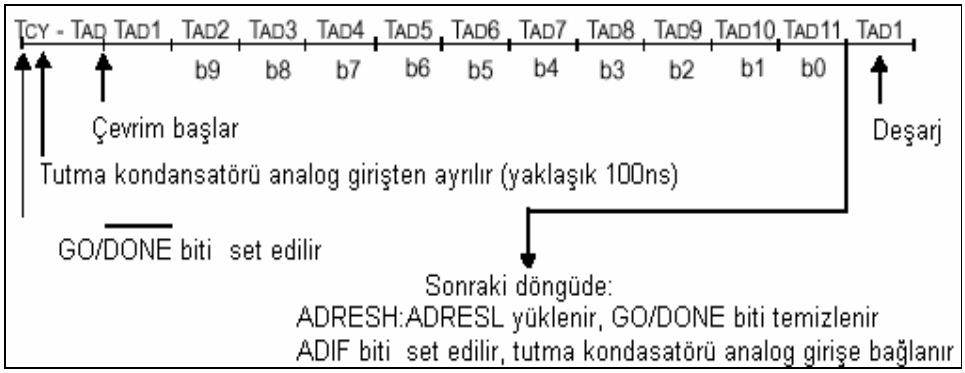
A/D saat kaynağı(TAD)		Maksimun frekans
İşlem Hızı	ADCS2:ADCS0	PIC18FXXXX
2 TOSC	000	2.86 MHz
4 TOSC	100	5.71 MHz
8 TOSC	001	11.43 MHz
16 TOSC	101	22.86 MHz
32 TOSC	010	40.0 MHz
64 TOSC	110	40.0 MHz
RC	x11	1.00 MHz

3.3.4. Analog port uçlarının düzenlenmesi

ADCON1, TRISA, TRISB ve TRISE yazmaçlarının hepsi A/D port uçlarını düzenler. Analog giriş uçlarına karşılık gelen TRIS bitleri giriş olarak düzenlenmelidir. Eğer TRIS bitleri çıkış olarak düzenlenirse dijital çıkış seviyeleri (V_{OH} veya V_{OL}) çevrilecektir. A/D işlemi CHS3:CHS0 bitlerinden ve TRIS bitlerinden bağımsızdır[16].

3.3.5. A/D çevrimler

Şekil 3.17'da A/D çevrimleri GO/DONE biti set olduktan ve ACQT2:ACQT0 bitleri sıfır seçildikten sonra ki A/D çevrimlerin yapılışını göstermektedir.

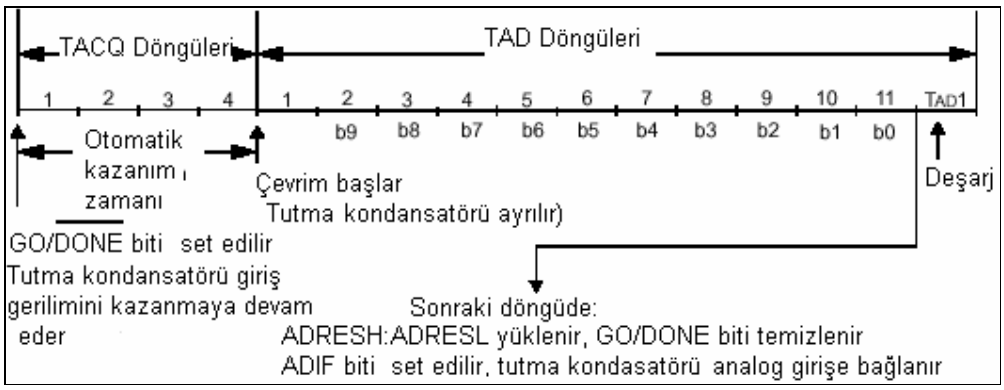


Şekil 3.17 A/D çevrim TAD döngüleri (ACQT<2:0> = 000, TACQ = 0)

Şekil 3.18 A/D çevrimleri GO/DONE biti set olduktan ve ACQT2:ACQT0 bitleri "010"seçildikten sonra ki A/D çevrimlerin yapılışını göstermektedir. "010" değeri çevrim başlamadan önce 4 TAD kazanım zamanı sağlar. A/D sonuç yazmaç çiftleri örneklenen A/D çevrim tamamen bitene kadar güncellenmez. Bunun anlamı ADRESH:ADRESL yazmaçları en son cevrim sonucunu içermeyi devam etmektedirler.

A/D cevrimin tamamlanmasından veya iptal edilmesinden sonra gelecek cevrim için 2 TAD bekleme gerekmektedir. Bu beklemeden sonra seçili

kanaldan otomatik olarak cevrim başlar. Tutma kondansatörü her örneklemeden önce deşarj olup başlangıç konumuna döner.



Şekil 3.18. A/D Çevrim TAD Döngüleri (ACQT<2:0> = 010, TACQ = 4 TAD)

3.4. Timer0 Modülü

Timer0 modülü mikrodenetleyicideki 4 zamanlayıcıdan biridir. Sayaç olarak ta kullanılabilir. Timer0 modülü aşağıdaki özellikleri kapsamaktadır.

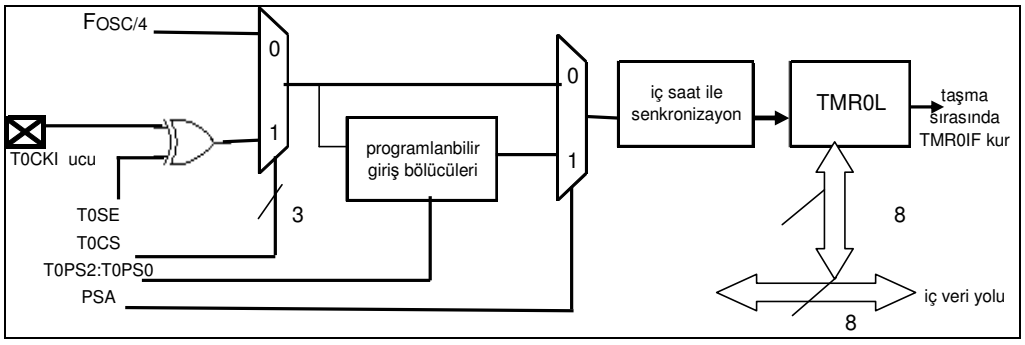
- Yazılımla seçilebilir 8 veya 16 bitlik çalışan sayıcı veya zamanlayıcı
- Okunabilir ve yazılabilir yazmaçlar
- Yazılımla programlanabilir ön bölücüler
- Seçilebilir saat kaynağı (iç veya dış)
- Dış saat sinyali içi kenar seçimi
- Taşmayla meydana gelen kesme

Timer0 kontrol yazmacı (Çizelge 3.13) giriş bölücüleri de dahil olmak üzere modülün bütün işlemlerini kontrol eder. Giriş bölücüleri Yazmaç hem okunabilir hem de yazılabilirdir. Timer0 modülünün 8 bitlik modu basitleştirilmiş blok diyagramı Şekil 3.19'da gösterilmiştir. Şekil 3.20 16 bit zamanlayıcı modülün basitleştirilmiş blok diyagramını göstermektedir.

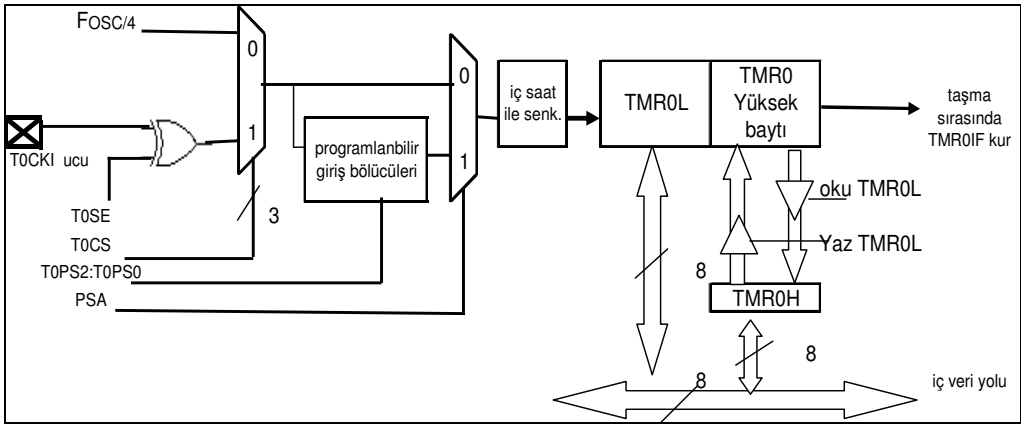
Çizelge 3.13. TIMER0 kontrol yazmacı

R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1	R/W-1
TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0PS0
bit 7							bit 0

bit 7 TMR0ON: Timer0 açma/kapama kontrol biti
1 = Timer0 başlat
0 = Timer0 durdur
bit 6 T08BIT: Timer0 8-bit/16-bit kontrol biti
1 = Timer0 8-bit zamanlayıcı/sayıcı olarak düzenlenir.
0 = Timer0 is 16-bit zamanlayıcı/sayıcı olarak düzenlenir.
bit 5 T0CS: Timer0 saat kaynağı seçme biti
1 = T0CKI ucundan geçiş
0 = iç saat sinyali döngüsü (CLKO)
bit 4 T0SE: Timer0 kaynak kenarı seçme biti
1 = T0CKI ucu üzerinden yüksek kenardan alçak kenara geçişte artan
0 = T0CKI ucu üzerinden alçaktan yükseğe geçişte artan
bit 3 PSA: Timer0 ön bölücü atama biti
1 = Timer0 ön bölücü atanmamıştır. Timer0 saat girişi ön bölücüyü bypass eder.
0 = Timer0 ön bölücü değeri atanmıştır. Timer0 saat girişi ön bölücü çıkışından gelir.
bit 2-0 T0PS2:T0PS0: Timer0 ön bölücü bitleri
111 = 1:256 ön bölücü değeri
110 = 1:128 ön bölücü değeri
101 = 1:64 ön bölücü değeri
100 = 1:32 ön bölücü değeri
011 = 1:16 ön bölücü değeri
010 = 1:8 ön bölücü değeri
001 = 1:4 ön bölücü değeri
000 = 1:2 ön bölücü değeri
R = okunabilir bit W = yazılabilir bit



Şekil 3.19. Timer0 blok diyagramı (8 bit)



Şekil 3.20. Timer0 blok diyagramı (16 bit)

3.4.1. Timer0'ın çalışması

Timer0 zamanlayıcı veya sayıcı olarak çalışması T0CS bitinin (T0CON<5>) sıfırlanmasıyla olur. Zamanlayıcı modülünde farklı ön bölücü seçilmedikçe her saat sinyali ile yükselir. Eğer TMR0 yazmacına yazılırsa, artış iki komut periyodu ertelenir.

T0CS biti kurulmasıyla (T0CS =1) sayac modu seçilir. Timer0 artışı RA4/T0CKI ucuna gelen sinyalin her yükselmesi veya düşmesiyle olur. Yükselme kenarı Timer0 kaynak kenar seçme biti T0SE'nin (T0CON<4>) sıfırlanmasıyla yükselen kenar seçilir.

Timer0 ı sürmek için kullanılan dış saat kaynağı ,iç saat kaynağı ile uyumlu olmalıdır. Dış saat sinyalinin iç komut periyoduyla senkronize olması için gecikmeler olabilir. Bu da pek istenilen bir şey değildir.

3.4.2. Giriş bölücüleri

Timer0 modülünün frekans bölücüsü 8 bit sayıcı kullanımda elverişlidir. Frekans bölme değeri doğrudan okunamaz veya yazılamazlar. Bunun değeri giriş bölücü atama ve frekans bölme oranlarını belirleyen PSA ve

T0PS2:T0PS0 bitleri (T0CON<3:0>) ile kurulur. Bu değer atandığında frekans bölücü değerleri 2'nin katları şeklinde 1:2 den 1:256'kadar seçilebilir. Timer0 modülüne değer atandığında ,Timer0'a yazılan bütün komutlar(örnek CLRF TMR0, MOVWF, TMR0, BSF TMR0 vs) frekans bölme değerini siler. Timer0'a frekans bölücü değeri atamak giriş bölücü değerini siler fakat atanan ön bölücü değerini değiştirmez.

Giriş bölücü değeri yazılımla programın istenilen yerinde istenildiği sayıda değiştirilebilir.

3.4.3. Timer0 kesmesi

TMR0 kesmesi TMR0 yazmacının 8 bit çalışmada FFh tan 00h a taşması veya 16 bit çalışmada FFFFh dan 0000h'a taşması ile üretilir. Bu taşma TMR0IF bayrağını set eder. Kesme TMR0IE bitinin (INTCON<5>) sıfırlanması ile maskelenebilir. Kesmeyi yeniden aktif hale getirmek için TMR0IF biti yazılımda kesme servis programıyla sıfır yapılmalıdır. Uyku modu Timer0'ı kapattığından dolayı TMR0 kesmesi işlemciyi uykudan uyandıramaz. Çizelge 3.14'de Timer0 ile ilişkili yazmaçlar gösterilmektedir. INTCON yazmacının GIE/GIEH biti bütün kesme kaynaklarını kontrol eder.

Çizelge 3.14. Timer0 ile ilişkili yazmaçlar

	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TMR0L	Timer0 Modülü Düşük Bayt Yazmaçları							
TMR0H	Timer0 Modülü Yüksek Bayt Yazmaçları							
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL	TMR0IE			TMR0IF		
T0CON	TMR0ON	T08BIT	T0CS	T0SE	PSA	T0PS2	T0PS1	T0PS0
TRISA	—	TRISA6	TRISA5	TRISA4	TRISA3	TRISA2	TRISA1	TRISA0

3.5. 8x8 Donanım Çarpması

Bütün PIC 18 cihazlar Aritmetik ve Mantık Birimi'nin (ALU) parçası olarak çalışan 8 x 8 donanım çapmasına sahiptirler. Çarpma işaretsiz olarak yapılır ve 16 bitlik sonuç çarpım yazmaç çifti ,PRODH:PRODL, içinde depolanır. Çarpma işleminin Status yazmacındaki bayraklara etkisi yoktur.

Çarpmayı donanım işlemi olarak yapma işlemin bir komut döngüsünde tamamlanmasını sağlar. Bu çarpım algoritmaları için kod yazılımını azaltan avantajı ile dijital sinyal işlemcilerinin kullanıldığı bir çok uygulamada kullanımını sağlamıştır. Çeşitli donanım ve yazılım çapma işlemlerin ,kazanılan bellek ve zaman yönüyle karşılaştırılması Çizelge 3.15 de gösterilmiştir[16].

Çizelge 3.15. Çeşitli çarpma işlemlerinin performans karşılaştırması

İŞLEM	Çapma metodu	Program Belleği(word)	Periyot (max)	@ 40 MHz	@ 10 MHz	@ 4 MHz
8x8 işaretsiz	Donanım çarpanı yok	13	69	6.9 µs	27.6 µs	69 µs
	Donanım çarpanı var	1	1	100 ns	400 ns	1 µs
8x8 işaretli	Donanım çarpanı yok	33	91	9.1 µs	36.4 µs	91 µs
	Donanım çarpanı var	6	6	600 ns	2.4 µs	6 µs
16x16 işaretsiz	Donanım çarpanı yok	21	242	24.2 µs	96.8 µs	242 µs
	Donanım çarpanı var	28	28	2.8 µs	11.2 µs	28 µs
16x16 işaretli	Donanım çarpanı yok	52	254	25.4 µs	102.6 µs	254 µs
	Donanım çarpanı var	35	40	4.0 µs	16.0 µs	40 µs

3.6. Güçlendirilmiş Üniversal Senkron Asenkron Alıcı-Verici (EUSART)

Üniversal senkron asenkron alılıcı verici (EUSART) modülü 2 seri I/O modülünden biridir (USART Seri İletişim Arayüzü veya SCI olarak ta bilinir) . Çoklu ölçüm cihazının bir periyot süresinde 3 faza ait anlık akım ve gerilim değerlerinin 10 bitlik çıkış değerleri mikro denetleyiciden bilgisayara bu modül üzerinden gönderilmiştir.

USART , kişisel bilgisayar (PC) gibi çevresel cihazlarla haberleşmek üzere tam-cift asenkron sistem olarak düzenlenebilir. A/D veya D/A entegre devreler, seri EEPROM vb çevresel cihazlarla haberleşmek için USART yarım-çift senkron olarak düzenlenir.

EUSART modülü fazladan Otomatik Baud Oran Bulucu (ABD) ve kalibrasyonu, 12 bit karakter iletimi ,otomatik uyanma özelliklerini içerir. Bu özellikler onu yerel iç bağlantı ağ hatlarında (LIN) kullanımını için uygundur. EUSART aşağıdaki modellerde konfigürasyon yapılabilir

- Asenkron (tam-çift) olarak
- Karakter alımında otomatik uyanma
- Otomatik baud ayarı
- 12 bit parçalı karakter iletimi
- Senkron ; saat polarite seçmeli olarak Master (yarım –çift)
- Senkron ; saat polarite seçmeli olarak Slave (yarım –çift)

Güçlendirilmiş USART uçları PORTC dedir. RC6/TX/CK ve RC7/RX/DT/SDO uçlarını USART olarak düzenlemek için

- bit SPEN (RCSTA<7>) set edilmeli (= 1)
- bit TRISC<7> set edilmeli (= 1)
- Asenkron ve senkron Master modelleri için bit TRISC<6> sıfırlanmalı (= 0)

Senkron Slave Modelleri için set edilmeli (= 1)

Güçlendirilmiş USART modülü üç yazmaç üzeriden kontrol edilir.

• iletim durum ve kontrol yazmacı (TXSTA)
• Alınan durum ve kontrol yamacı (RCSTA)
• Baud oran kontrol yazmacı (BAUDCON)

Çizelge 3.16'da TXSTA: iletim durum ve kontrol yazmacı açıklanmıştır.

Çizelge 3.16. TXSTA: iletim durum ve kontrol yazmacı

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-1	R/W-0
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	SENDB	BRGH	TRMT	TX9D
bit 7							bit 0

bit 7 CSRC: saat kaynağı seçme biti
Asenkron modda: Dikkate alınmaz
Senkron modda::
1 = Master mod (saat BRG den dahili üretilir)
0 = Slave mode (saat harici kaynaktan üretilir)
bit 6 TX9: 9-bit ieltim enable biti
1 = 9-bit iletim seçilir
0 = 8-bit iletim seçilir.
bit 5 TXEN: iletim enable biti
1 = İletim hazır
0 = iletim modu kapalı
bit 4 SYNC: EUSART modu seçme biti
1 = senkron mod
0 = asenkron mod
bit 3 SENDB: Parçalı karakter gönderme biti
asenkron mod:
1 = parca bir sonraki iletim üzerinde
0 = iletim tamamlandı
senkron mod:
dikkate alınmaz
bit 2 BRGH: Yüksek Baud oranı seçme biti
Asenkron mod:
1 = Yüksek hız
0 = Düşük hız
Senkron mod:
bu modda kullanılmaz
bit 1 TRMT: İletim kaymalı kaydedici biti
1 = TSR boş
0 = TSR dolu
bit 0 TX9D: iletilen verinin dokuzuncu biti
adres/data biti veya a parity biti.olabilir

Çizelge 3.17. RCSTA: Almaç durum ve kontrol yazmacı

R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R/W-0	R-0	R-0	R-x
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
bit 7							bit 0

bit 7 SPEN: Seril Port Enable biti
1 = Seri port açık (RX/DTve TX/CK uçları seri port uçları olarak düzenlenir)
0 = Serial port kapalı (Reset durumunda tutulur)
bit 6 RX9: 9-bit almaç enable biti
1 = 9-bit kabul seçme biti
0 = 8-bit kabul seçme biti
bit 5 SREN: tek almaç seçme bir
Asenkron mod:
Dikkate alınmaz
Senkron mod – Master:
1 = Tek veri alma açık
0 = Tek veri alma kapalı
Bu bit kabul tamamlandıktan sonra sıfırlanır.
Senkron – Slave:
Dikkate alınmaz.
bit 4 CREN: Sürekli veri alım biti
Asenkron mod:
1 = alıcı açık
0 = alıcı kapalı
Senkron mod:
1 = CREN enable biti sıfır olana kadar olana kadar sürekli veri alımı aktifdir.
0 = sürekli veri alımı hazır değildir.
bit 3 ADDEN: Adres bulma enable biti
asenkron mod 9-bit (RX9 = 1):
1 = adres bulma aktif olur,kesmeler aktif olur ve RSR<8> set edildiğinde alıcı tamponu yüklenir.
0 = adres bulma kapalıdır, alınan bütün bitler ve 9. bit parity biti olarak kullanılır
Asenkron mod : 9-bit (RX9 = 0):
Dikkate alınmaz
bit 2 FERR: Framing hata biti
1 = hata var
0 = hata yok
bit 1 OERR: Overrun hata biti
1 = hata var
0 = hata yok
bit 0 RX9D: alınan verinin dokuzuncu biti

Çizelge 3.18. BAUDCON: Baud oran kontrol yazmacı

R/W-0	R-1	U-0	R/W-0	R/W-0	U-0	R/W-0	R/W-0
ABDOVF	RCIDL	—	SCKP	BRG16	—	WUE	ABDEN
bit 7							bit 0

bit 7 ABDOVF: otomatik baud yuvarlama durum biti
1 = BRG yuvarlaması oto-baud oran bulma modu sırasında meydana geldi
0 = BRG yuvarlaması meydana gelmedi
bit 6 RCIDL: Alma işlemi durum biti
1 = Alma işlemi boşta
0 = Alma işlemi aktif
bit 5 : tanımsız bit, '0' okunur
bit 4 SCKP: Senkron saat seçme biti .
Asenkron mod:
Bu modda kullanılmaz.
Senkron mod:
1 = saat için boş durum yüksel seviyedir.
0 = saat için boş durum düşük seviyedir
bit 3 BRG16: 16-bit Baud oranı yamacı enable biti
1 = 16-bit Baud oran üreteci – SPBRGH veSPBRG
0 = 8-bit Baud oran üreteci – SPBRG
bit 2 tanımsız bit, '0' okunur
bit 1 WUE: uyanma enable biti
asenkron mode:
1 = EUSART ,RX ucundan örneklemeye devam eder – düşen kenarda kesme olur, bit sonraki yükselen kenarda donanım tarafından sıfırlanır.
0 = RX ucu görünmez veya yükselen kenar tespit edilir
Senkron mod:
Bu modda kullanılmaz.
bit 0 ABDEN: Auto-Baud Detect Enable biti
asenkron modda:
1 = Enable baud oran ölcümü bir sonraki karakter üzerindedir.
0 = Baud oran ölçme modülü kapalı veya ölçme tamamlanmış
Senkron mod:
Bu modda kullanılmaz.
R = Yazılabilir bit
W = Okunabilir bit
U = tanımsız bit, '0' okunur
'1' = Bit set edilmiş
'0' = Bit sıfırlanmış

3.6.1. Baud oranı üreteci (BRG)

BRG , senkron ve asenkron modları destekleyen 8-bit veya 16-bit üreteçtir. BRG' nin başlangıç ayarı 8-bittir. 16 bit çalışması için 16 bit modu seçilmelidir.

SPBRGH:SPBRG yazmaç çifti serbest çalışma zamanının periyodunu kontrol eder. Asenkron modda BRGH (TXSTA<2>) ve BRG16 (BAUDCON<3>) bitleri baud oranı da tespit eder. Senkron modda BRGH ihmal edilir. Çizelge .4 farklı EUSART modelleri için baud oranı hesaplamasını gösterilmiştir. Eş. 1'te istenilen baud oranı ve FOSC ye göre SPBRGH:SPBRG için en yakın tamsayı değeri hesaplanmıştır. Ortaya çıkan değerlerden baud hata oranı hesaplanabilir. Yüksek baud oranı , baud oran hatasını azatlığından veya yüksek osilatör frekansı için düşük baud oranına imkan tanıdığından kullanımı avantajlı olabilir.

Düşük-güç çalışmalarında farklı frekansta yeni saat kaynağı devreye girebileceğinden SPBRG çiftini ayarlamak gerekebilir.
RX ucu üzerindeki verinin yüksek veya düşük olduğunu tespit etmek için 3 kez örneklenir.

Çizelge 3.19. Baud oran formülleri

Konfigürasyon Bitleri			BRG/EUSART Modu	Baud Oran Formülü
SYNC	BRG16	BRGH		
0	0	0	8- bit/ asenkron	FOSC/[64 (n + 1)]
0	0	1	8- bit/ asenkron	FOSC/[16 (n + 1)]
0	1	0	16- bit/ asenkron	
0	1	1	16- bit/ asenkron	FOSC/[4 (n + 1)]
1	0	x	8- bit/ senkron	
1	1	x	16- bit/ senkron	

x= Dikkate alınmaz
n= SPBRGH:SPBRG yazmaç çiftinin değeri
FOSC=osilatör frekansı

Kullanılacak denetleyici frekansı 48 Mhz ,istenilen baud oranı 115200 , asenkron mod ,8 bit BRG için hesaplaması aşağıda gösterildiği gibidir.

İstenilen Baud Oranı= FOSC/(64 ([SPBRGH:SPBRG] + 1) (3.6)

SPBRGH:SPBRG bulmak için:

X = ((FOSC/ İstenilen Baud Oranı)/16) – 1 (3.7)
= ((48 000 000 / 115200)/16) – 1
= [25,04] = 25

Hesaplanan Baud Oranı = 48000000/(16 (25 + 1)) (3.8)
= 115384,61

Hata = (Hesaplanan Baud Oranı – İstenilen Baud Oranı)/ İstenilen Baud Oranı (3.9)
= (115384,61 – 115200)/115200= 0.16%

Çizelge 3.20. Baud Oran Üreteciyle bağlantılı yazmaçlar

Adı	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
TXSTA	CSRC	TX9	TXEN	SYNC	SENDB	BRGH	TRMT	TX9D
RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
BAUDCON	ABDOVF	RCIDL	—	SCKP	BRG16	—	WUE	ABDEN
SPBRGH	EUSART Baud Oran Üreteci Yüksek Baytı							
SPBRG	EUSART Baud Oran Üreteci Düşük Baytı							

— =tanımsızdır .’ 0’ olarak okunur
çizelgede koyu yazılmayan yazmaçlar BRG tarafından kullanılmazlar.

3.6.2. EUSART asenkron modu

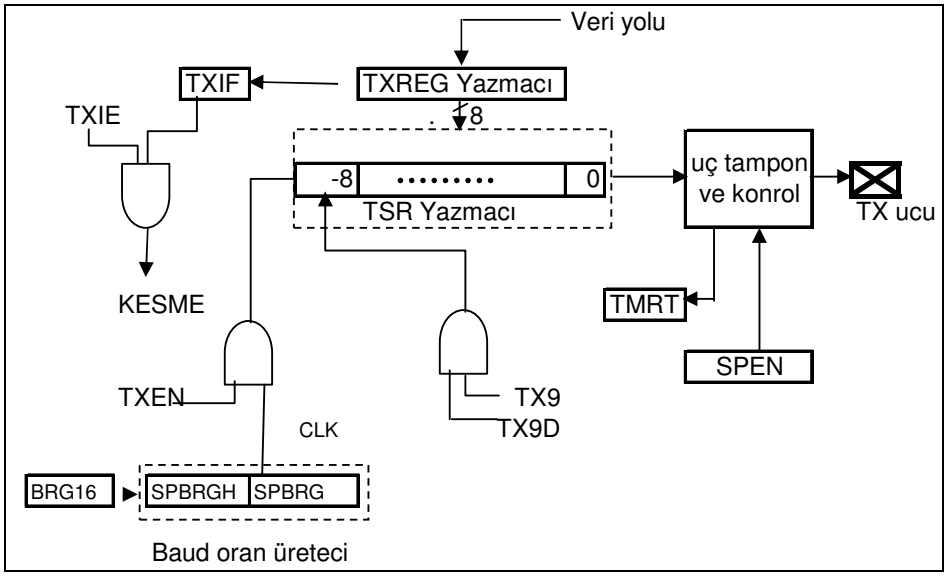
Asenkron modu SYNC bit (TXSTA<4>) bitinin sıfıra eşitlenmesiyle seçilir. EUSART standart format kullanılır (bir start biti, veya 9 veri biti, bir stop biti). En yaygın kullanılan veri formatı 8 bittir. Cip üzerideki Baud Oran Üreteci, osilatörden standart baud oran frekansı üretmek için kullanılır. EUSART önce LSb yi iletir ve alır. EUSART'ın verici ve alıcıları işlemsel olarak bağımsızdır ama aynı veri formatını ve baud oranını kullanırlar. Baud oran üreteci saat sinyalini üretir. Parity donanım tarafından desteklenmez ama yazılımda kullanılabilir ve dokuzuncu veri biti olarak kaydedilebilir.

Asenkron modda işlem gördüğünde, EUSART modülü aşağıdaki önemli bölümlerden meydana gelir.

- Baud Oran Üreteci
- Örnekleme devresi
- Asenkron Verici
- Asenkron Alıcı
- Otomatik Uyanma
- 12-bit parçalı karakter gönderimi
- Otomatik Baud Oran Detektörü

<u>EUSART Asenkron Verici</u>

Şekil 3.21 de EUSART verici blok diyagramı gösterilmektedir. Vericinin kalbi, iletici (seri) kaymalı yazmaçtır (TSR) . kaymalı yazmaç okuma/yazma iletim tampon yazmacından (TXREG) verileri alır. TXREG yazmacı yazılımla veri ile yüklenir. TSR yazmacı önceki yüklenen veriden stop biti iletilene kadar yüklenmez. Stop biti iletildiğinde TSR, TXREG yazmacından alınan yeni veri ile yüklenir.



Şekil 3.21. EUSART İletim blok diyagramı

Bir kez TXREG yazmacı veriyi TSR yazmacına yolladığında (bir TCY de meydana gelir) TXREG yazmacı boş olur ve . TXIF bayrak biti (PIR1<4>) set olur. Bu kesme, kesme enable biti TXIE (PIE1<4>) bir veya sıfır yaparak aktif veya pasif yapılabilir. TXIF yazmacı, TXIE yazmacının durumundan bağımsız olarak set edilir, yazılımla sıfırlanamaz.

TXIF, TXREG yazmacının durumunu gösterdiği zaman, diğer TRMT (TXSTA<1>) biti TSR yazmacının durumunu gösterir. TSR yazmacı boş olduğunda set olan TRMT sadece-okunabilen bittir. Hiçbir kesme mantığı TRMT bitiyle bağlantısı yoktur.

Asenkron İletimi kurmak için

1. SPBRGH:SPBRG yazmaçlarını uygun baud oranı yüklenir. İstenilen baud oranına göre BRGH ve BRG16 biteri bir veya sıfır yazılır.

2. SYNC bitini sıfır ve SPEN bitini bir yaparak asenkron seri portu açılır.

3. Eğer kesme istenirse TXIE biti ‘1’ yapılır.

4. Eğer 9-bit iletim isteniyorsa ,iletim biti TX9 ‘1’ yapılır. Bu bit adres/data biti olarak kullnılabilir.

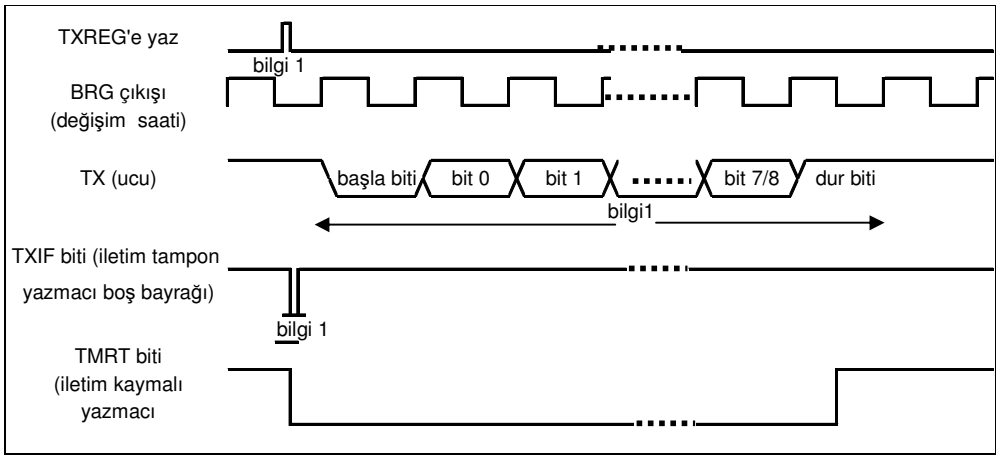
5. Aynı zamanda TXIF bitini set eden TXEN bitini set ederek iletime imkan verilir.

6. Eğer 9-bir iletim seçilmişse dokuzuncu bit TX9D bitine yüklenebilir.

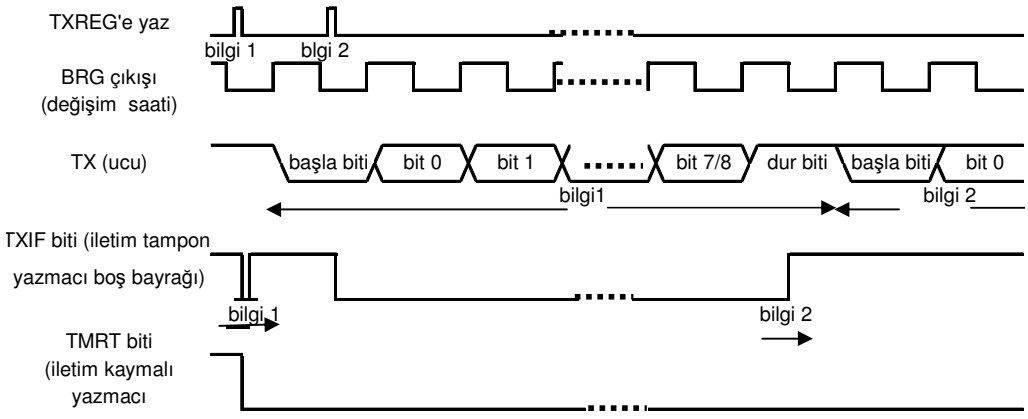
7. TXREG yazmacına veri yüklenir (iletim başlar)

8. Eğer kesme kullanılıyorsa, INCON yazmacındaki GIE ve PEIE bitlerin (INTCON<7:6>) set olduğundan emin olunmalıdır.

TSR yazmacı data belleğinde gösterilmediği için kullanıcı için kullanışlı değildir. TXEN biti set edildiğinde TXIF bayrağı ‘1’ olur. Şekil 3.22 bir karakteri TXREG yazmacına yazılması 1 komut periyodu zaman almaktadır.



Şekil 3.22. Asenkron iletişim



Şekil 3.23. Asenkron iletişim (art arda)

Çizelge 3.21. Asenkron iletimle ilişkili yazmaçlar

ADI	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL						
PIR1				TXIF				
PIE1				TXIE				
IPR1				TXIE				
RCSTA					ADDEN			
TXREG	EUSART İletim yazmacı							
TCSTA		TX9	TXEN	SYNC	SDENB	BRGH	TMRT	TX9D
BOUDCON					BRG16			
SPBRGH	EUSART Baud Oran Üreteç Yazmacı Yüksek Baytı							
SPBRG	EUSART Baud Oran Üreteç Yazmacı Düşük Baytı							

Boyalı kısımlar asenkron iletişimle ilgisi olmadığından yazılmamıştır.

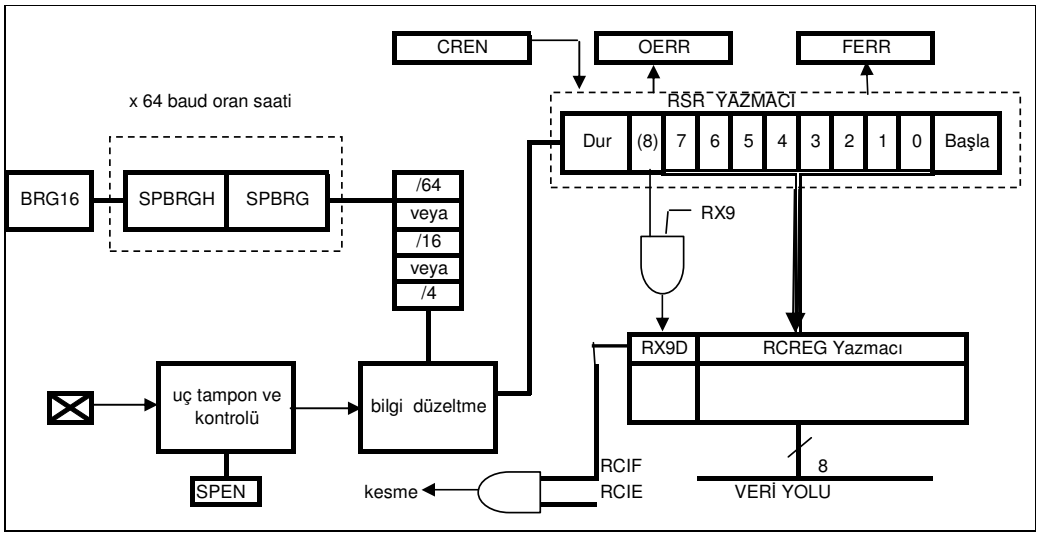
EUSART Asenkron Alıcı

Alıcı blok diyagramı Şekil 4'te gösterilmiştir. Verİ RX ucundan alınır ve veri düzeltme bloğunu sürer. Veri düzelme bloğu gerçekte baud oranının 16 katı hızda çalışan yüksek-hız kaydırıcıdır. Ana alıcı seri kaydırıcı bit oranında veya FOSC de işlem görür. Bu mod özellikle RS-232 sistemlerinde kullanılır.

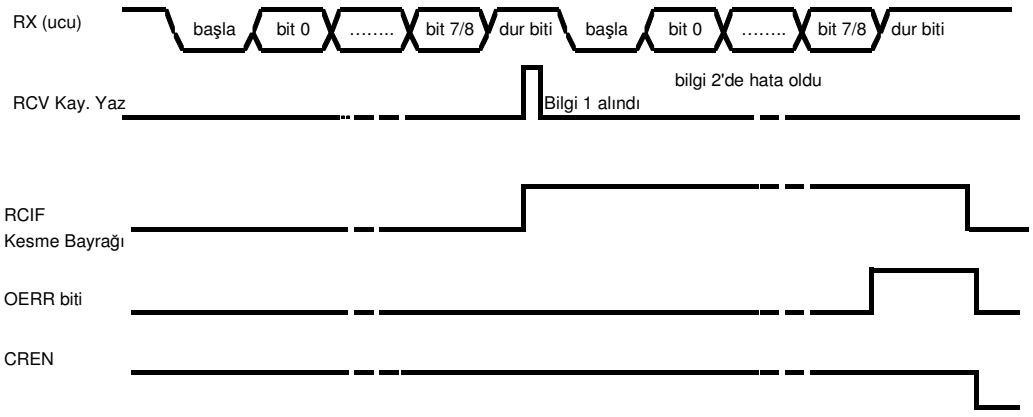
Asenkron alımı kurmak için

1. SPBRGH:SPBRG yazmaçlarını uygun baud oranı yüklenir. İstenilen baud oranına göre BRGH ve BRG16 biteri bir veya sıfır yazılır.
2. SYNC bitini sıfır ve SPEN bitini bir yaparak asenkron seri portu açılır.
3. Eğer kesme istenirse RCIE biti '1' yapır
4. Eğer 9-bit iletim isteniyorsa ,iletim biti RX9 '1' yapılır.
5. CREN bitini set ederek veri alımına imkan sağlanır
6. Alım tamamlandığında RCIF bayrağı '1' olur ve RCIE set edilmişse kesme gerçekleşir.
7. Dokuzuncu bit elde etmek için RCSTA yazmacını oku (9.bit kullanılıyorsa) ve alım sırasında hata olup olmadığını belirle.
8. RCREG yazmacını okuyarak alınan 8-bit veriyi oku.
9. Eğer hata meydana geldiyse , hatayı CREN enable bitini sıfırlayarak temizle
10. 8. Eğer kesme kullanılıyorsa, INCON yazmacındaki GIE ve PEIE bitlerin (INTCON<7:6>) set olduğundan emin olunmalıdır.

Şekil 3.24'de EUSART veri alımı blok diyagramı, Şekil 3.25'de asenkron veri alımı gösterilmektedir.



Şekil 3.24. EUSART veri alımı blok diyagramı



Şekil 3.25. Asenkron veri alımı

Şekil 3.25'de 1. veri hatasız alınmış ve RCV kaydırmalı yazmaca kaydedilmiştir. İkinci veri alımında hata meydana gelmiş CREN biti sıfır olmuştur. CREN biti bir yapılana kadar veri alımı durur.

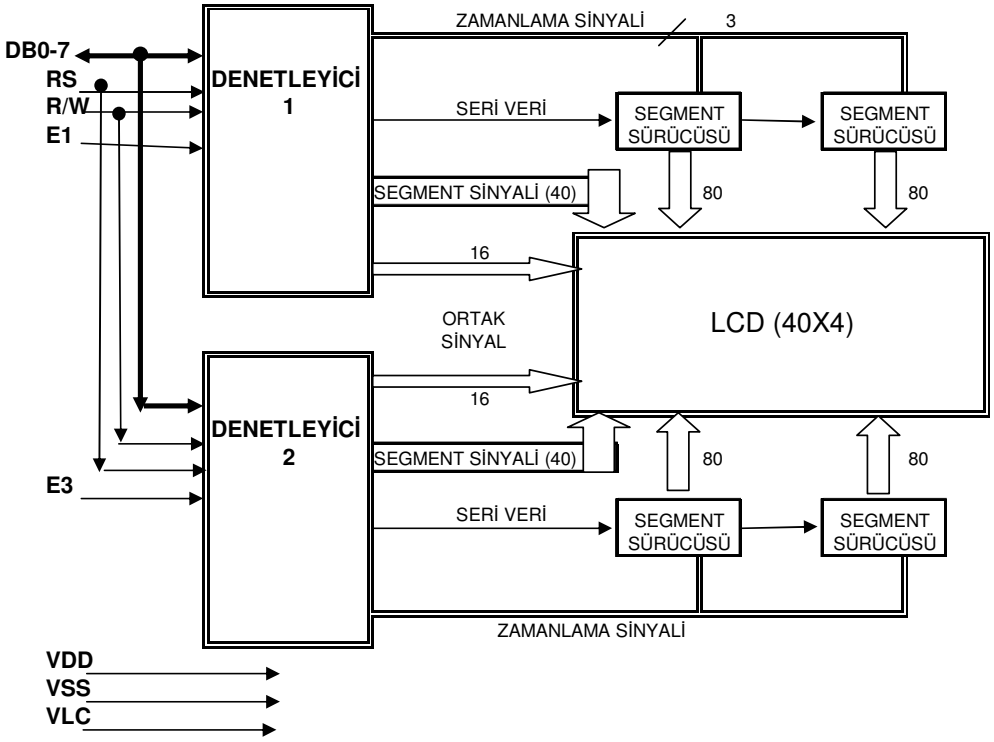
Çizelge 3.22. Asenkron veri alımıyla ilgili yazmaçları

ADI	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
INTCON	GIE/GIEH	PEIE/GIEL						
RCSTA	SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
RCREG	EUSART veri alma yazmacı							
TCSTA				SYNC		BRGH		
BOUDCON	ABDOVF	RCIDL			BRG16		WUW	ABDEN
SPBRGH	EUSART Baud Oran Üreteç Yazmacı Yüksek Baytı							
SPBRG	EUSART Baud Oran Üreteç Yazmacı Düşük Baytı							

3.7. LCD Modül

(Likit Kristal Ekran) bilgisayarın seri veya paralel portundan yada bir mikro denetleyiciden gönderilen verileri gösteren LCD iki kısımdan oluşur. Yazı ve grafikleri gösteren likit kristal display ve bunu süren cip genellikle baskı devrenin bir yüzüne lcd, diğer yüzüne de sürücü cip yerleştirilir. Çoklu ölçüm cihazında mikrodenetleyicinin hesapladığı değeri 4*40 (4 satır, 40 karakter) LCD modül kullanılmıştır. 80 karaktere kadar 1 işlemci yeterken, 80 karakterden fazla olan bu LCD iki işlemciye dolayısıyla 2 enable ucu

bulunmaktadır. Şekil 3.26'da LCD modülün blok diyagramı gösterilmektedir[21].



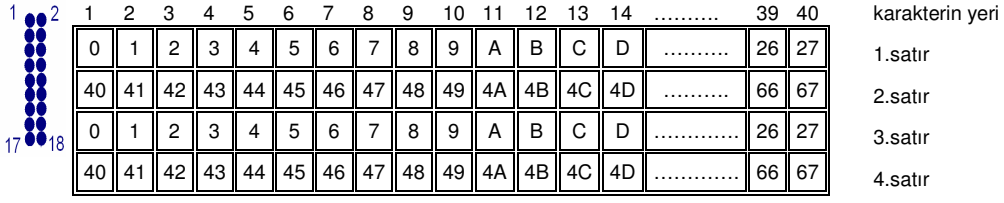
Şekil 3.26. 4*40 LCD modülün blok diyagramı

4*40 LCD modülün 18 tane bağlantı ucu vardır. Çizelge 3.23'de uç numaraları ve anlamları gösterilmiştir. Lcd modüle komutlar 4 veya 8 bit olarak gönderilebilir. 4 bitlik veri gönderildiğinde D0,D1,D2 ve D3 uçları kullanılmaz. Mikrodenetleyici çalışma frekansı lcd ye göre çok yüksek olduğundan, komutlar arasında yeterli bir süre beklenmedir. Bu iki yolla sağlanır. Birincisi LCD modülün meşgul olup olmadığını mikrodenetleyici ile kontrol etmek ikincisi ise katalog bilgilerine göre zaman gecikmesini sağlamaktır. Bu gecikmeler sağlanmadığında erkanda anlamsız karakterler görünebilir[22].

Çizelge 3.23. LCD uçlarının fonksiyonları

No	Adı	Görevi
1	DB7	Veri yolu
2	DB6	Veri yolu
3	DB5	Veri yolu
4	DB4	Veri yolu
5	DB3	Veri yolu
6	DB2	Veri yolu
7	DB1	Veri yolu
8	DB0	Veri yolu
9	E1	Enable (üst 2 satır için)
10	R/W	L: veri oku H: veri yaz
11	RS	L:komut girişi H: veri girişi
12	VLC	parlaklık ayar gerilimi
13	VSS	GND
14	VDD	Güç kaynağı gerilimi (+5V)
15	E2	Enable (alt 2 satır için)
16	NC	bağlantı yok,boş
17	VLED	Anot
18	VLEDG	Katot

4*40 LCD de 160 karakter yazılabilir. Şekil 3.27'de hexa desimal adreslenmesi gösterilmiştir. 1ve 2. satır E1 ile, 3 ve 4. satır E2 ile aktif hale gelir . 4 satıra aynı ayda yazı yazılamaz[23].



Şekil 3.27. LCD de adresleme

Çizelge 3.24. LCD komutları

Komut	Kod										Açıklama	IŞLEM ZAMANI
	RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0		
Göstergeyi temizle	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1		1.64mS
İmleç başa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	*	İmleç başa döner	1.64mS
Giriş modunu kur	0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S	I/D: imleç hareket yönü SH: Göstergenin kayması	40uS
Display On/Off Kontrol	0	0	0	0	0	0	1	D	C	B	display A/K (D) imleç A/K (C) yanıp-söner hali A/K(B)	40uS
İmleç/ Göstergenin kayması	0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*	İmlecin veya Göstergenin kayması (S/C), kayma yönü	40uS
Fonksiyonu kur	0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*	Veri uzunluğu (DL), satır sayısı (N) ve karakter görünümü (F).	40uS
CGRAM adresini kur	0	0	0	1	CGRAM adresi						CGRAM adresini kurma..	40uS
DDRAM adresini kur	0	0	1	DDRAM adresi							DDRAM adresini kurmak.	40uS
Meşgul bayrağını oku ve adres sayıcısı	0	1	BF	CGRAM / DDRAM adresi							Lcd meşgul ve DB5-DB0 değeri Adres saymacının yerini verir	0uS
CGRAM veya DDRAM veri yazılması	1	0	Veri yaz								CGRAM veya DDRAM veri yazılması	40uS
CGRAM veya DDRAM veri okuma	1	1	Veri oku								CGRAM veya DDRAM veri okuma	40uS

- DDRAM = Display Data RAM. - CGRAM = Character Generator RAM.
* := yazılan değerin 0 veya 1 olması sonuçu değiştirmez

Çizelge 3.25. LCD komutarında bit adları ve açıklamarı

Bit adı	Durumu	
I/D	0 = imleç hareketi azalan yöde	1 = imleç hareketi artan yönde
S	0 = Gösterge kayması yok	1 = Gösterge kayması var
D	0 = Gösterge kapalı	1 = Gösterge açık
C	0 = İmleç kapalı	1 = İmleç açık
B	0 = İmleç yanıp-sönmesi kapalı	1 = İmleç yanıp sönmesi açık
S/C	0 = imleç hareketi	1 = Gösterge kayması
R/L	0 = kayma sola	1 = kayma sağa
DL	0 = 4-bit arayüz	1 = 8-bit arayüz
N	0 = 1satır kullanımda	1 = 2 satır kullanımda
F	0 = 5x7 nokta	1 = 5x10 nokta
BF	0 = meşgul değil, komut yazılabilir	1 = meşgul ,iç işlemler devam ediyor

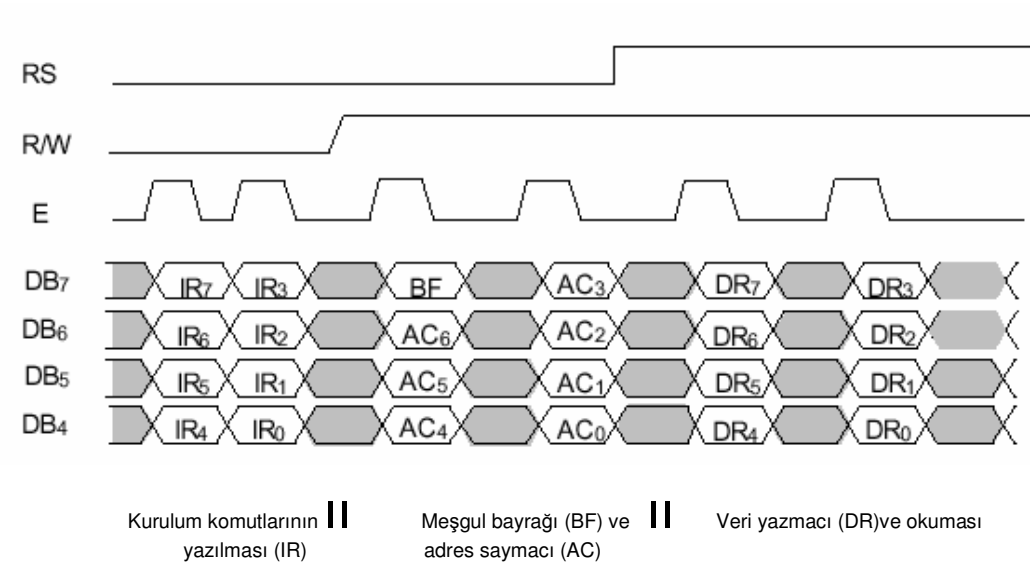
LCD nin çalışması aşağıdaki işlem sırasına göre gerçekleşmektedir.

- Resetlenir .LCD açıp kapatıldığında kendini resetler.
- Data uzunluğu, satır adedi, karakter fontu belirlenir.
- Ekran açılıp kapanır.
- İmleç ayarlanır.
- Verilerin sağa doğrumu yoksa sola doğrumu kayacağı belirtilir.
- Ekran data RAM'a istenilen karakter yazılır.

LCD veri yolu dört bit ayarlandığında, bir veri için iki kez 4 bit verinin gitmesi gerekir. İlk dört bit yüksek öncelikli, sonraki dört bit ise düşük öncelikli bitlerdir.Şekil 3.31 da 4 bit veri gönderimine sinyaller gösterilmiştir.

LCD sayısal ve alfabetik veri yazmak için bunların 8 bitlik sayısal karşılıklarını bilmek gerekir. Çizelge 3.26'da de LCD modülde tanımlı harf,simge ve sayılara karşılık gelen 8-bit değerleri göstermektedir. LCD modülde bu simgelerden başka kullanıcının karakter üreteç RAM de tanımladığı

simgelerde kullanılabilir.



Şekil 3.28. 4-bitlik arayüz işlemi

Çizelge 3.26. LCD Veri tablosu

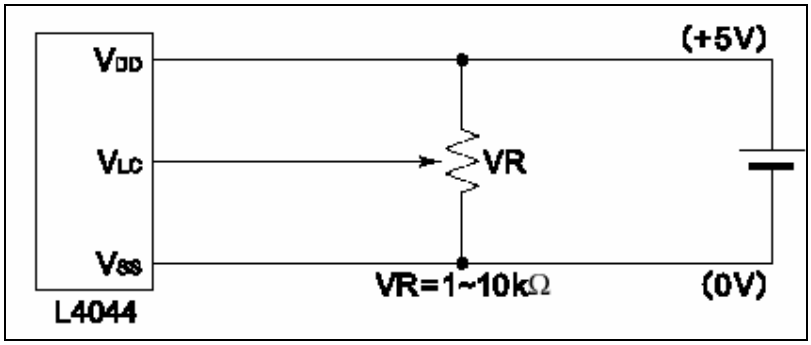
Düşük öncelikli	Yüksek öncelikli					
	0010	0011	0100	0101	0110	0111
XXXX0000		0		P	a	p
XXXX0001	!	1	A	Q	b	q
XXXX0010	“	2	B	R	c	r
XXXX0011	#	3	C	S	d	s
XXXX0100	$	4	D	T	e	t
XXXX0101	%	5	E	U	f	u
XXXX0110	&	6	F	V	g	v
XXXX0111	‘	7	G	W	h	w
XXXX1000	(	8	H	X	i	x
XXXX1001	)	9	I	Y	j	y
XXXX1010	*	:	J	Z	k	z
XXXX1011	+	;	K	[	l	{
XXXX1100	,	<	L	¥	m	I
XXXX1101	-	=	M	]	n	}
XXXX1110	.	>	N	^	o	→

Denetleyici için hazırlanan programdan derleyici olarak MPLAB ® C18 C kullanılmıştır. Programdaki LCD komutlarını kullanmak için gerekli donanım bağlantı bilgileri Çizelge 3.27'de gösterilmiştir[22].

Çizelge 3.27. LCD'nin bağlantı seçiminde kullanılan makrolar

LCD denetleyici Hattı	Makrolar	Başlangıç değerleri
E Pin	E_PIN TRIS_E	RB4 .RB4
RS Pin	RS_PIN TRIS_RS	RB5 .RB5
RW Pin	RW_PIN TRIS_RW	RB6 RB6
Data Lines (DB7:DB4)	DATA_PORT TRIS_DATA_PORT	PORTB DDRB (RB3:RB0)
E2 pin	E2_PIN TRIS_E2	RB7 RB7

E2 ucu standart MPLAB ® C18 yoktur yazılımda sonradan eklenmiştir.LCD güç ve parlaklık ayarı için gerekli bağlantı Şekil 3.29'da gösterilmiştir.



Şekil 3.29. LCD'nin güç kaynağı bağlantısı

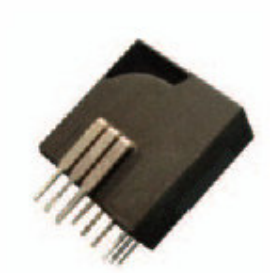
3.8. Akım Transdüseri

Üç fazlı şebekeden devre faz akımlarını ölçmek için hall etkili akım transdüseri kullanılmıştır.

Akım transdüserin genel özellikleri

- Bant genişliği büyüktür
- Ölçme sınırları geniştir
- Güç tüketimi düşüktür
- Besleme gerilim +5 volttur
- Hızlı tepki verme zamanına sahiptir

Bu akım transdüserinin seçilmesinin en önemli nedeni sekonder akımı primer akımından izole edilmiş, dalga şekli aynen korunmuş ve sekonder çıkışı 0-5 volt arası olmasıdır. PIC mikrodenetleyicilerin ADC girişleri 0-5 V arası değerleri kabul ettiğinden transdüser çıkışını doğrudan denetleyiciye bağlanır. Resim 3.1'de gösterilen akım transdüserinin ağırlığı 8 gramdır.

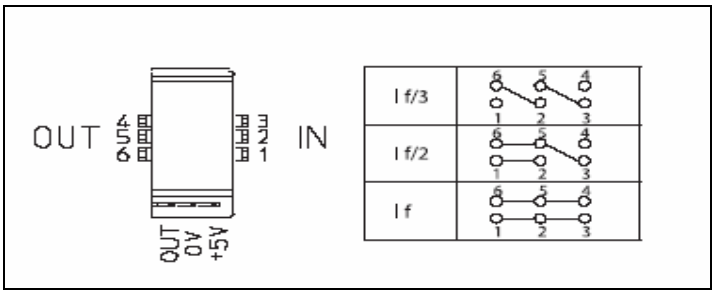


Resim 3.1. Hall etkili akım transdüseri (S22P025S05)

Şekil 3.30-a da akım transdüserinin alttan görüşünü vermektedir. 1-2-3 numaralı uçlar akım giriş uçları, 4-5-6 akım çıkış bağlantı uçlarıdır. 'Out' ucu primerden alınan akım sinyalinin 0-5V arasına indirgenmiş çıkış gerilim ucudur.

Şekil 3.30-b'de giriş ve çıkış uçları arasındaki bağlantı kombinasyonlarını

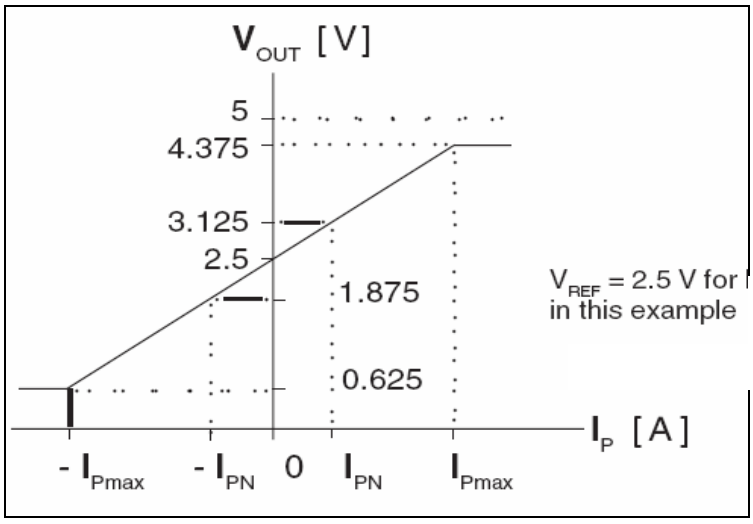
göstermektedir. Farklı bağlantı şekilleriyle nominal akım derinin 1-1/2-1/3 katlarını ölçme imkanı sağlanmıştır



a) b)

Şekil 3.30. Hall etkili akım transdüserinin alt görünüşü ve bağlantı kombinasyonları

Akım transdüseri 0A akımda çıkış gerimi 2,5 volt olacak şekilde tasarlanmıştır. Nominal akım geçtiğinde 2,5±0,625 değere sahip olur. Şekil 3.31'de 25A amper nominal akım değerine sahip transdüserin akım ile çıkış gerilimi arasındaki bağlantı gösterilmiştir . şekildeki grafikten nominal akımın 3 katına kadar çıkış geriliminde doğrusallığın bozulmadığı görülmektedir. Akım nominal akımın 3 katını aştığında doğrusallığın bozulduğun ve transdüserin doyuma gittiği görülmektedir.

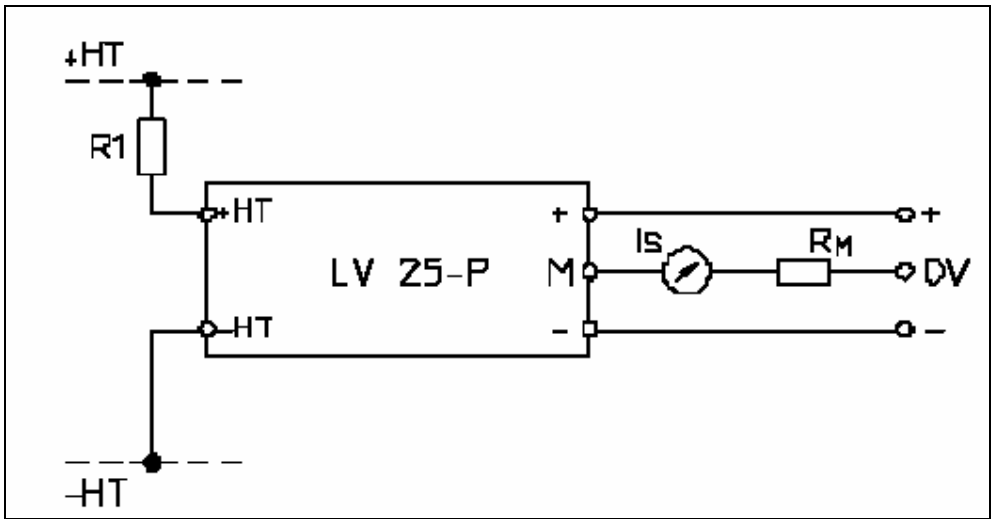


Şekil 3.31. Akım transdüserinin akım-çıkış gerilimi ilişkisi

Transdüserden geçen akım değeri ne olursa olsun çıkış gerilim değerinin 0-5V değerleri arasında olması mikrodenetleyici için güvenli çalışmasını sağlayan büyük bir avantajdır.

3.9 . Gerilim Transdüseri

Primer devresinde ölçülen gerilimle orantılı çıkış akım veren devre prensibine göre çalışır. Şekil 3.32'de bağlantı şeması gösterilen gerilim transdüserin ağırlığı sadece 22 gramdır.



Şekil 3.32. Gerilim transdüserinin devre bağlantı şeması

Başlıca avantajları şunlardır.

- Yüksek doğruluk oranı
- Doğrusallığının iyi olması
- Isı değişiminden fazla etkilenmemesi
- Düşük tepki zamanı
- Yüksek bant genişliği
- Dış parazitlerden etkilenmemesi

Kullanım yerleri

- AC değişken hızlı sürücüler ve servo motor sürücüleri
- DC motorlar için statik güç dönüştürücüleri
- Batarya beslemeli uygulamalar
- Kesintisiz güç kaynakları
- Kaynak uygulamaları için güç kaynakları
- Ark fırınları

Gerilim transdüserinde optimum doğruluğu yakalamak için primer R1 direnç değeri nominal gerilimde 10 mA akım geçirecek şekilde hesaplanmalıdır.

4. ÇOKLU ÖLÇÜM CİHAZININ YAPISI VE ÜÇ FAZLI ŞEBEKE DEĞİŞKENLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Mikrodenetleyici kullanarak ölçüm cihazları, kontrol sistemleri, sürücü devreleri, yangın ihbar, haberleşme, sinyalizasyon, güvenlik sistemleri yapılmaktadır. Akla gelebilecek her türlü elektronik alette mikrodenetleyici kullanma imkanı vardır.

Mikrodenetleyicilerin yaygın olarak kullanılmasının en önemli sebebi boyutlarına oranla birçok özelliği içinde barındırmasıdır. Bu tezde uygulaması yapılan çoklu ölçüm cihazında mikrodenetleyici kullanılmasıydı devre daha karmaşık, boyutları daha büyük ve tepki hızı daha yavaş olacaktı. Tasarımda kullanılan mikrodenetleyici PIC 18F4455'in özellikleri bölüm 3'te ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Mikrodenetleyiciyi programlamak için hazırlanmış birçok Assembler ve C dili tabanlı derleyici program mevcuttur. Programlama dili bilmek tasarım yapmak için yeterli değildir. Mikrodenetleyicinin mimari yapısı, genel ve özel amaçlı yazmaçları, giriş-çıkış birimleri, elektronik özelliklerini ayrıntılı şekilde bilmek gereklidir.

Yazılan programlar derleyici ile makine diline (.hex uzantılı dosya) çevrilir. Programlama kartı ile programlanan PIC 18F4455 mikrodenetleyici 100000 kez program hafızası yazılıp silinebilir ve kaynak kodu okunmaya karşı koruma özelliği vardır.

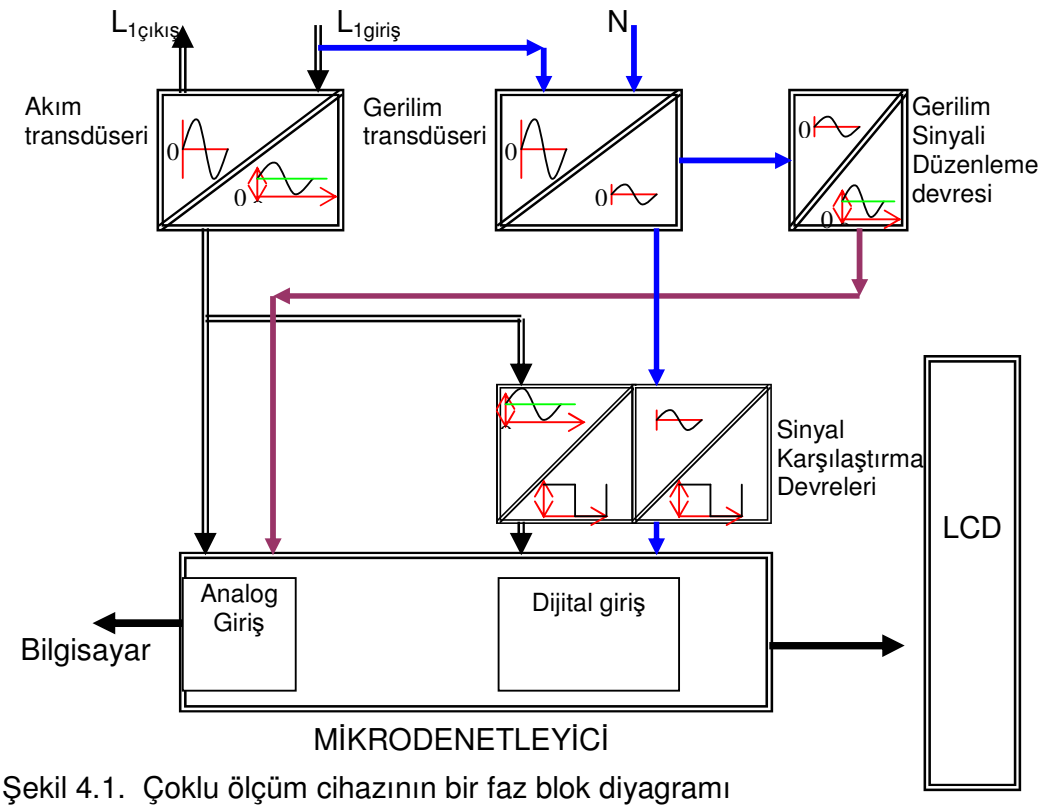
Tasarlanan ve uygulaması gerçekleştirilen çoklu ölçüm cihazı ile üç fazlı sistemin; faz gerilimleri, faz akımları , cosØ değeri, frekansı ölçülmüş, aktif, reaktif ve görünür güçleri hesaplanmıştır. Bütün bu bilgiler LCD ekranda gösterilmiştir. Akım ve gerilim örnekleme dizileri sinyal analizinde kullanılmak üzere bilgisayara gönderilmiştir.

4.1. Çoklu Ölçüm Cihazının Genel Yapısı

Tasarımı gerçekleştirilen devrenin bir faz blok diyagramı Şekil 4.1'de verilmiştir. Ölçüm cihazı; akım ve gerilim transdüseri, sinyal düzenleme, karşılaştırma devreleri , LCD , mikrodenetleyici, seri haberleşme tampon ünitelerinden oluşmaktadır.

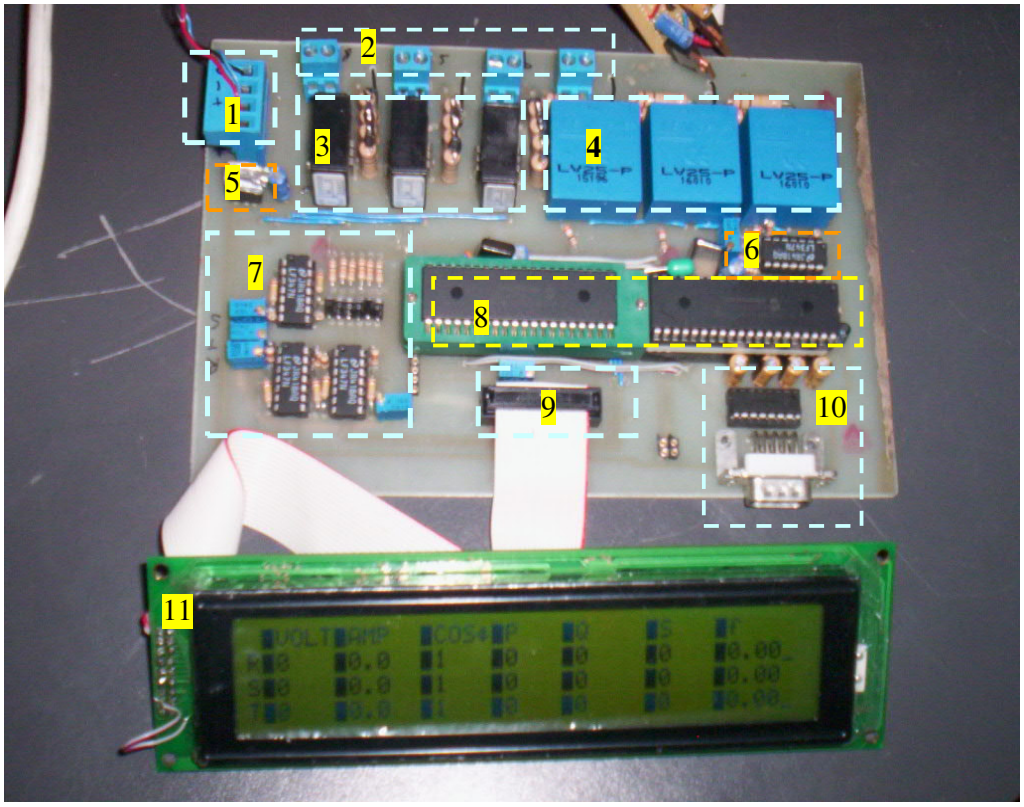
Cihazda herhangi bir kademe anahtarı yoktur. Ölçülen her değer sürekli olarak ekranda gösterilmektedir.

Besleme gerilimi $\pm$12 Volttur. Gerilim transdüseri ve işlemsel yükselteç beslemelerinde $\pm$ 12 Volt kullanılmıştır. Mikrodenetleyici, akım transdüseri ve LCD modülü +5 Volt doğru gerilim ile çalışmaktadır.



Şekil 4.1. Çoklu ölçüm cihazının bir faz blok diyagramı

Resim 4.1'de boyutu 195x125 mm olan çoklu ölçüm cihazının bölümleri numaralandırıp açıklaması yapılmıştır.



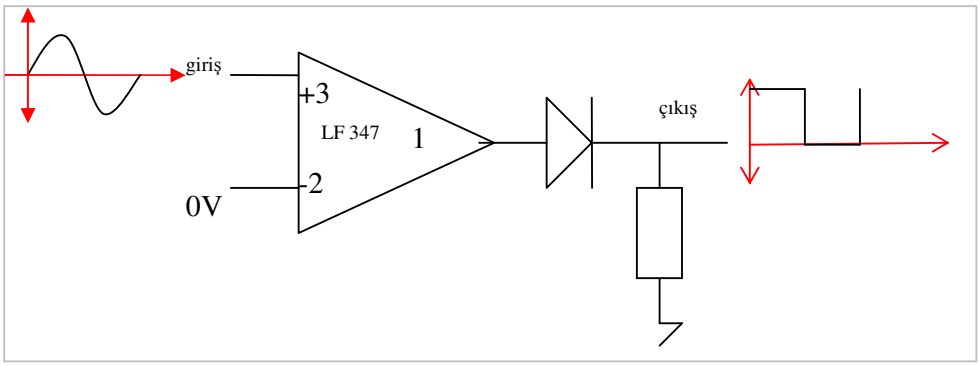
Resim 4.1. Çoklu ölçüm cihazı
1. Devre beslemesi (±12 V) 2. Üç faz ve nötr bağlantı klemensleri
3. Akım transdüserleri 4. Gerilim transdüserleri
5. +5 Volt gerilim regülatörü 6. Gerilim sinyali düzenleme devresi
7. Gerilim ve akım sinyali karşılaştırma devreleri
8. Mikrodenetleyiciler 9. LCD bağlantısı
10. Seri iletişim tampon devresi ve bağlantı noktası
11. 40*4 LCD modül

4.2. Karşılaştırma Devreleri

Cihazda bir periyodun başlangıç anını bulma, periyot ve cosØ zamanlarının doğru olarak ölçülmesi için karşılaştırıcı devreleri kullanılmıştır. Artı alternansta mantıksal 1, eksi alternansta mantıksal 0 verecek şekilde tasarlanmıştır. Eksi bölgeden artı bölgeye geçiş anı *sıfır geçiş noktası* olarak

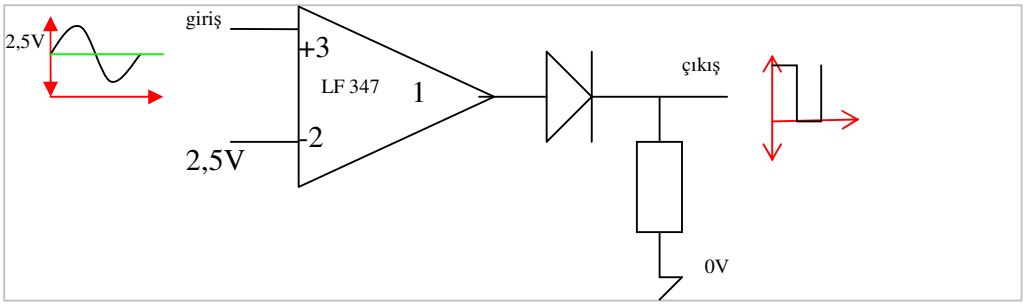
belirlenmiştir. Karşılaştırma devrelerinde işlemsel yükselteç olarak 13V/µsn çıkış gerilimi değişim hızına sahip LF347 kullanılmıştır[24].

Gerilim transdüseri şebekede gerilim olmadığında çıkışı 0 volttur. Bundan dolayı gerilim karşılaştırma gerilim ucu toprağa bağlanmıştır. Çıkış ucu diyot ve direnç üzerinden toprağa bağlanarak çıkış ucundan Şekil 4.2'de gösterilen kare dalga sinyali alınmıştır.

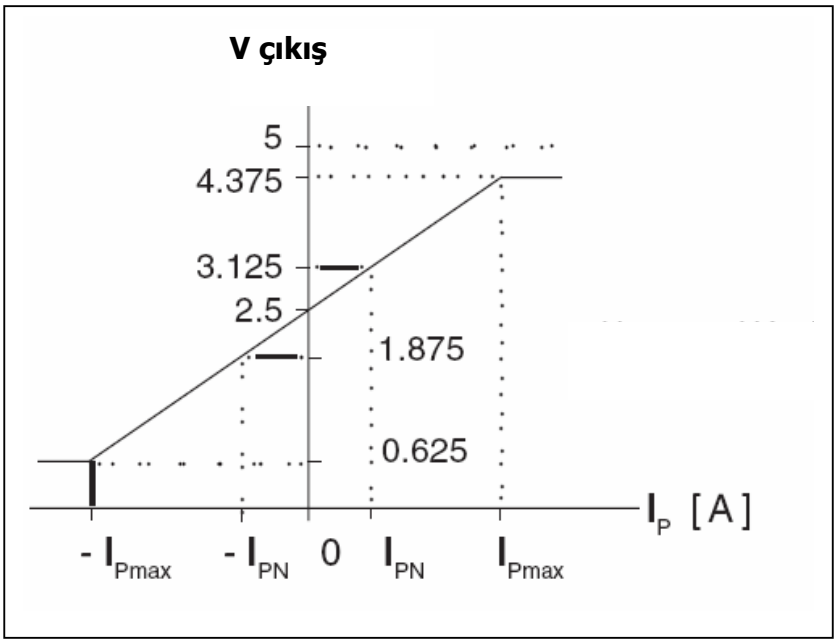


Şekil 4.2. Gerilim transdüseri çıkışına bağlanan karşılaştırma devresi

Akım transdüserinin devrede akım geçmediğinde gösterdiği değer 2,5 volttur(Şekil 4.4). Karşılaştırma devresinde referans gerilim +2,5 volt alınmıştır (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Akım transdüser çıkışına bağlanan karşılaştırma devresi

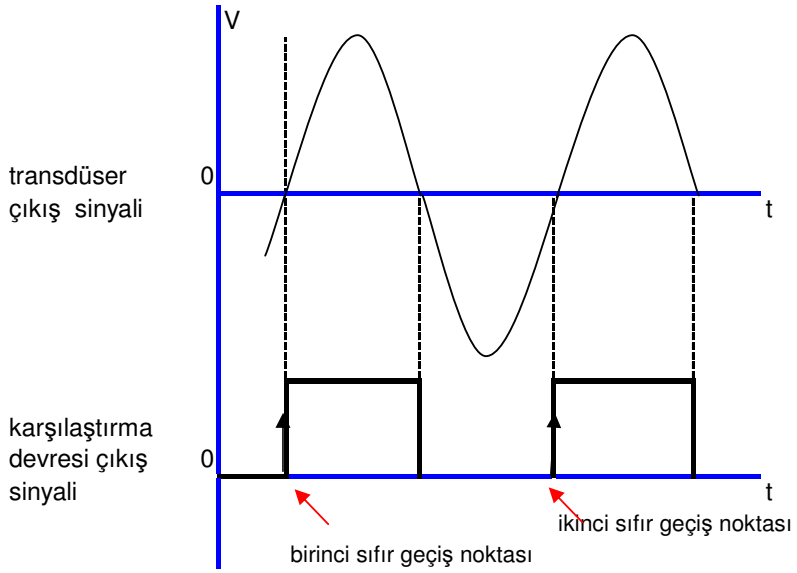


Şekil 4.4. Akım transdüserinin akım-çıkış gerilimi ilişkisi
$I_{pmax:}$: Maksimum çalışma akımı
I_{PN}: Nominal çalışma akımı
Vçıkış: Akım transdüserinin üzerinden geçen akıma karşılık gelen gerilim değeri

4.3. Frekans Ve CosØ Değerlerinin Ölçülmesi

Frekans ve cosØ değerlerinin ölçümü için karşılaştırma devre çıkışları mikrodenetleyicinin dijital girişlerine bağlanmıştır (bkz Şekil 4.1). Sıfır geçiş noktaları kullanılarak periyot ve cosØ zamanları hesaplanmıştır.

Birinci sıfır geçiş noktası periyodun başlangıç anıdır, timer0 saymaya başlatılır. İkinci sıfır geçiş noktası periyodun bitiş noktası kabul edilip , timer0 değeri okunarak periyot zamanı tespit edilmiştir(Şekil 4.5).



Şekil 4.5. Sıfır geçiş noktalarının gösterimi

Mikrodenetleyicide kullanılan Timer0 zamanlayıcısının saydığı değeri gerçek zamana çevirmek için Eşitlik 4.1. kullanılır.

$$T = \frac{PSA.Timer0}{Fosc/4} \tag{4.1.}$$

T: periyot zamanı (saniye)

PSA: Timer0 zamanlayıcısına atanan giriş bölücüsü değeri

Fosc: Mikrodenetleyici çalışma frekansı (Hz)

Timer0: Timer0 zamanlayıcısının 16 bitlik sayım değeri (onluk tabanda)

Mikrodenetlecinin çalışma frekansı 48 MHz ve Timer0'a atanan giriş bölücüsü değeri 16 dır. Bu bilgilere göre şebeke frekansı f Hz cinsinden Eş. 4.2.'de düzenlenmiştir.

$$f = 1/T = 1\Big/\left(\frac{PSA.Timer0}{Fosc/4}\right) \tag{4.2.}$$

$$f = 1\Big/\left(\frac{16.Timer0}{48.10^6/4}\right) = \frac{750000}{Timer0}$$

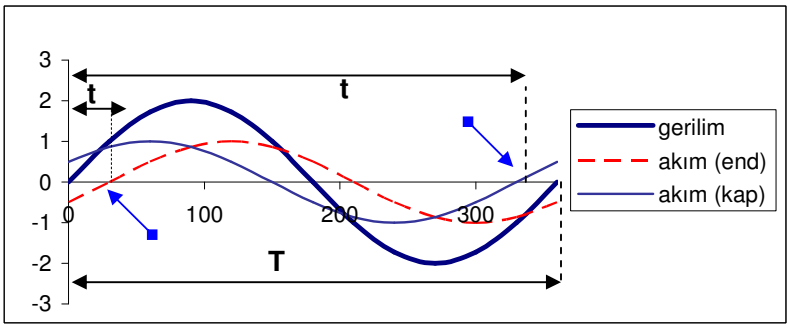
CosØ değeri hesaplanması için gerilim ilk sıfır geçiş noktası yakalandıktan sonra ikinci sıfır geçiş noktasına varama aralığında akımın sıfır geçiş noktası belirlenmiştir(Şekil 4.6). Akımın sıfır geçiş noktası belirlenememesi durumunda cosØ değeri "1" olarak kabul edilmiştir. CosØ ve sinØ değerlerinin hesaplanması için gerekli formüller Eşitlik 4.3 ve 4.4'te gösterilmiştir.

$$Cos\phi = \cos(2\pi \frac{t}{T}) \qquad (4.3.)$$

$$Sin\phi = \sin(2\pi \frac{t}{T}) \qquad (4.4.)$$

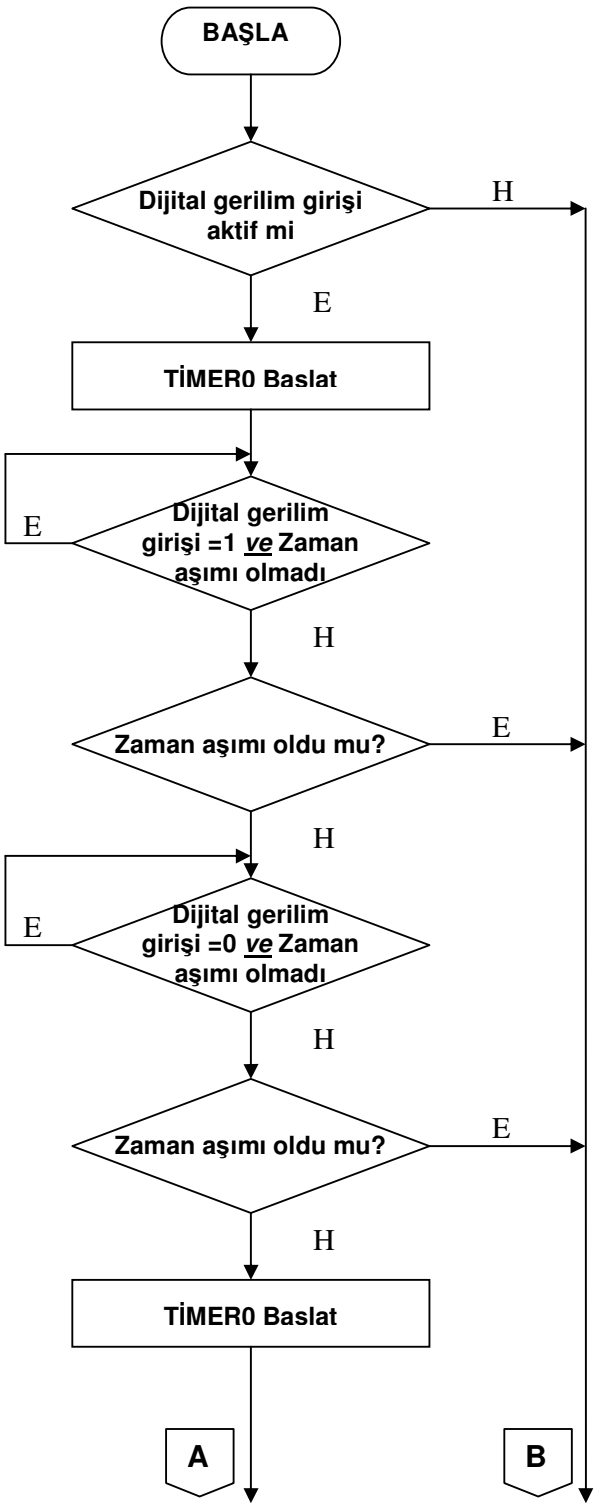
t : Gerilim sinyalinin ilk sıfır geçiş noktası ile akım sinyalinin sıfır geçiş noktası arasında kalan aralıkta timer0 zamanlayıcısının ölçtüğü değerdir.

T : Gerilim sinyalinin timer0 zamanlayıcısı tarafından ölçülen periyot değeridir.

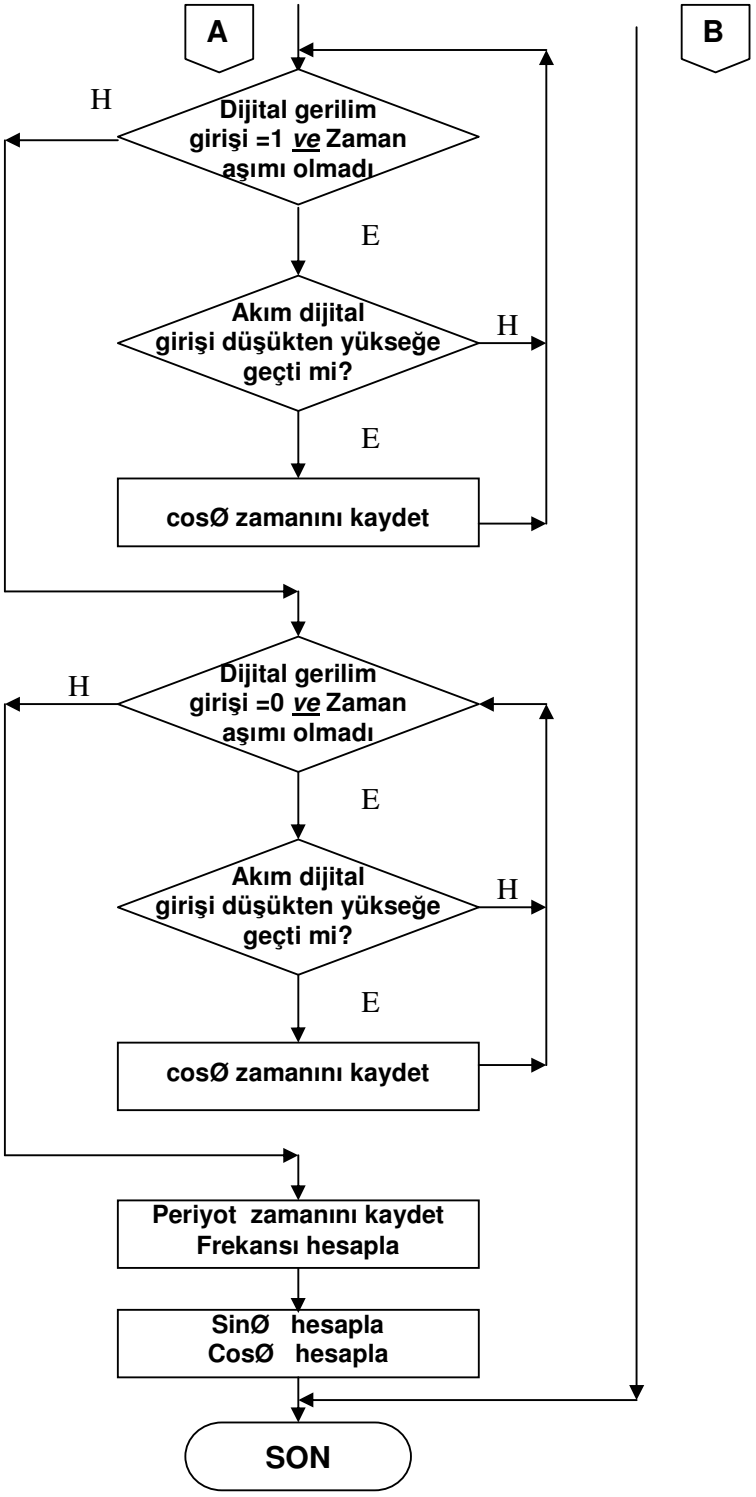


Şekil 4.6. Endüktif ve kapasitif yükler için sıfır geçiş noktalarının gösterimi

Şekil 4.6'da sıfır endüktif ve kapasitif yükler için sıfır geçiş noktaları gösterilmiştir. Endüktif yükte sıfır geçiş noktası 0^0—90^0 arasında kalan bölgede gerçekleşirken, kapasitif yükler için bu aralık 270^0—360^0 arasındadır. Şekil 4.7'de, CosØ, sinØ, periyot ve frekans değerlerini bulan program akış diyagramı gösterilmiştir. Programın sonsuz döngüye girmemesi için timer0 taşması her döngü içine konulmuştur.

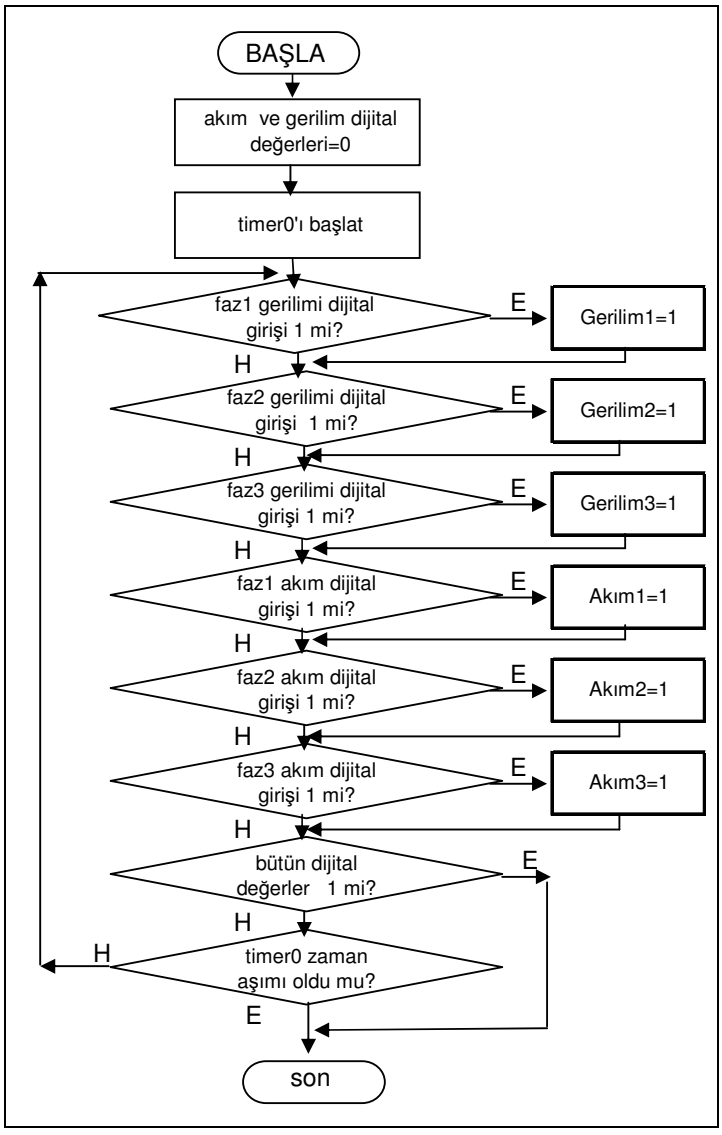


Şekil 4.7. CosØ, sinØ, periyot ve frekans değerlerini bulan program akış diyagramı



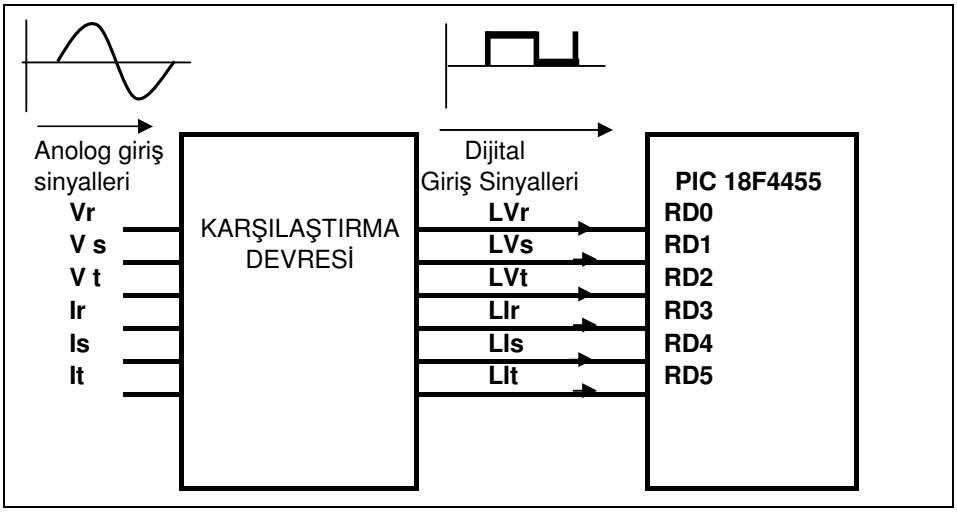
Şekil 4.7. (Devam) CosØ, sinØ, periyot ve frekans değerlerini bulan program akış diyagramı

Şekil 4.7'deki akış diyagramındaki alt programının çalışmasındaki ön koşul ölçüm cihazının faz gerilimini algılamasıdır. Karşılaştırma devrelerinin çıkışları "aktif" adlı bir alt programla cihaz girişinde şebeke faz gerilimlerinin olup olmadığına ,devreden akım geçip geçmediğine bakılır. Gerilim ve akım karşılaştırma devre çıkışı mantıksal 1 için aktif, mantıksal 0 için pasif kabul edilir. "Aktif" alt programıyla gereksiz işlemlerin önüne geçilmiş olur. Şekil 4.8'de aktif alt programı gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Aktif alt programı

Üç faz akım ve gerilim karşılaştırma devresi çıkışı için mikrodenetleyicinin 6 adet dijital girişi kullanılmıştır. Şekil 4.9'da akım ve gerilim sinyallerinin dijital girişleri için kullanılan bağlantı gösterilmiştir.



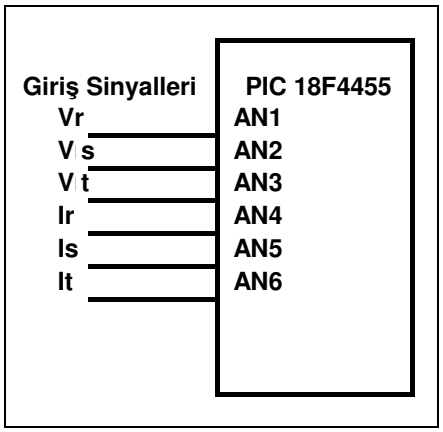
Şekil 4.9. Mikrodenetleyicinin karşılaştırma devresine bağlantısı
LVr, LVs, LVt : gerilim dijital sinyalleri
Lir, Lis, Lit: akım dijital sinyalleri
Vr, Vs, Vt : gerilim ananlog sinyalleri
Ir, Is, It: akım analog sinyalleri

4.4. Akım ve Gerilimin Ölçülmesi

4.4.1. ADC modülü ayarları

ADC Modül bölüm 3.3' de ayrıntılı olarak anlatılmıştı. Akım ve gerilim bilgilerinin mikrodenetleyici tarafından doğru algılanması için şebeke akım ve gerilim bilgilerinin 0-5 volt arasına dalga şekli bozulmadan düşürülmesi gerekmektedir. Akım ve gerilime ait anlık bilgiler mikrodenetleyici ADC modülü ile 10 bitlik sayılara dönüştürülmekte ve bu sayılar kullanılarak akım ve gerilim sinyallerinin gerçek etkin değerleri hesaplanmaktadır. Üç faz akım ve gerilim için mikrodenetleyicinin 6 adet analog girişi kullanılmıştır. ADC referans gerilimi olarak mikrodenetleyici besleme gerilimleri Vdd(+5V) ve Vss(0 V) gerilim değerleri kullanılmıştır. Mikrodenetleyici çalışma frekansı

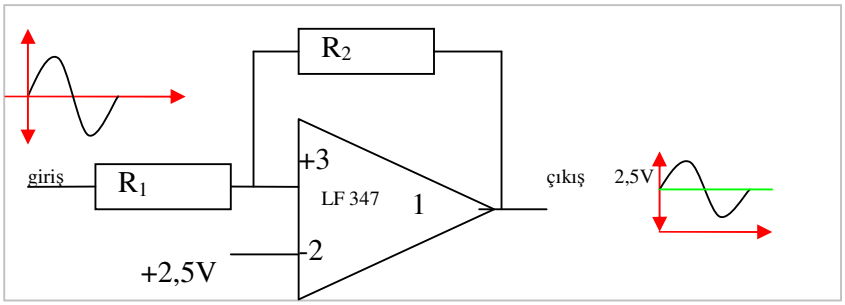
XTPLL osilatör konfigürasyonu kullanılarak 4 MHz kristal ile 48 MHz'e çıkarılmıştır(Bkz. Çizelge 3.7). 48 MHz uygun ADC saat kaynağı çalışma frekansının 1/64 değeri seçilmiştir (Bkz. Çizelge 3.12). Doğru analog örnekleme yapılması için örnekleme kondansatörünün giriş gerilimi ile şarj olması gerekir. Bu bekleme süresi mikrodenetleyici programında sağlanmıştır. Şekil 4.10'da mikrodenetleyicinin anolog giriş bağlantıları gösterilmiştir.



Şekil 4.10. Mikrodenetleyicinin anolog giriş bağlantısı
Vr, Vs, Vt : gerilim sinyalleri
Ir, Is, It: akım sinyalleri

4.4.2. Gerilim sinyali düzenleme devresi

Sistemde kullanılan akım transdüserinin çıkış gerilimi 0-5 volt arası olduğundan doğrudan mikrodenetleyici çıkışına bağlanmıştır. Gerilim transdüserinin çıkış gerilimi negatif bölgeye geçtiğinden bu sinyal mikrodenetleyici tarafından sinyal şekli bozulmadan algılanması için gerilim sinyali düzenleme devresi ile +2,5 doğru gerilim üzerine eklenerek analog girişe verilmiştir. Şekil 4.11. de gerilim sinyali düzenleme devresi gösterilmiştir.



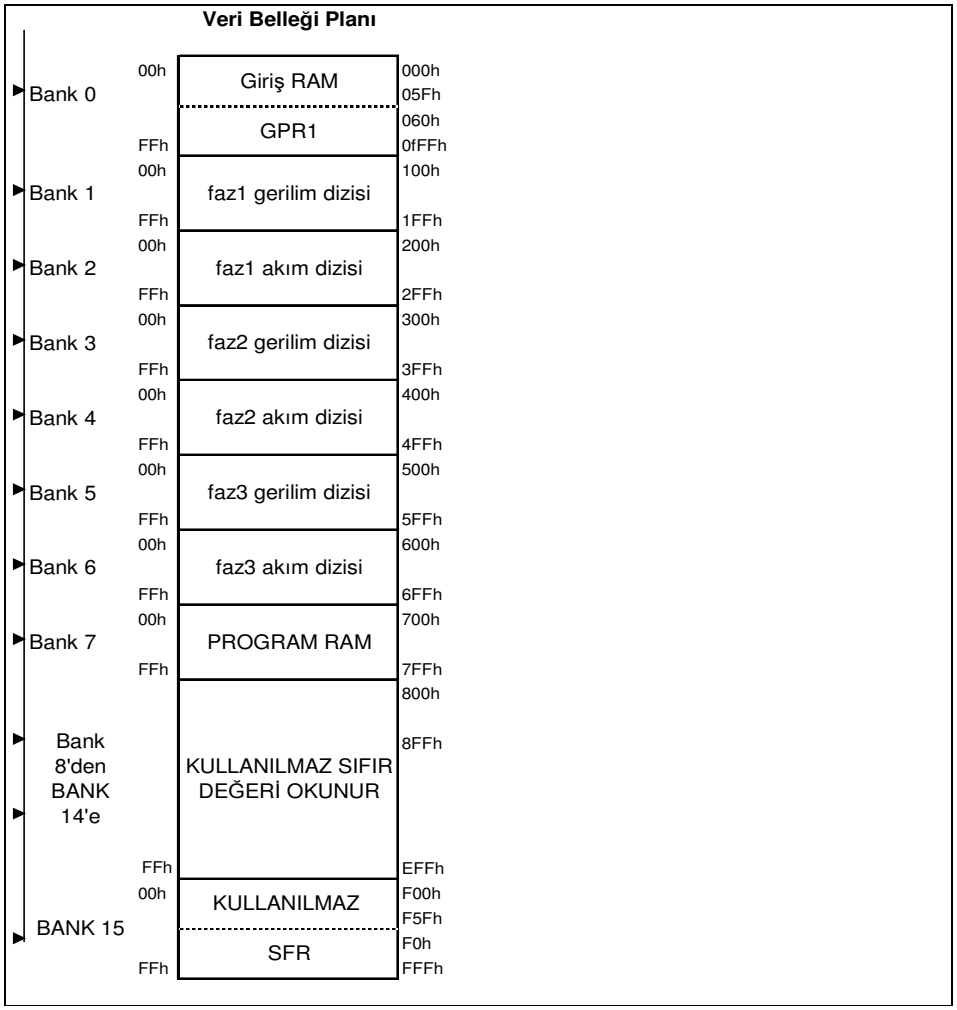
Şekil 4.11. Gerilim sinyali düzenleme devresi

4.4.3. Akım ve gerilim örnekleme dizilerinin oluşturulması

Mikrodenetleyici anolog girişine gelen sinyali bir periyotta 128 örnekleme alacak şekilde A/D cevrim zamanı eşit aralıklarla ayarlar. Önce gerilim sinyalinin periyodu ölçülür. Periyot zamanına göre örneklemeler arasındaki zamanlama ayarlanır. Devre gerilimi sıfır volt ve akımı sıfır amper olduğunda anolog girişler 2,5 volt olacak şekilde ayar yapılmıştır. Her üç faz akım ve gerilim analog değerlerini kaydetmek için mikrodenetleyicide 6 bank kullanılmıştır. 6 bankta veriler 16 bitlik 128 adet bellek biriminde kendilerine ayrılan veri dizilerinde depo edilir. Şekil 4.12'de mikrodenetleyicinin ölçüm cihazı için düzenlenmiş veri belleği planı gösterilmiştir.

Veri bellek planında *Program RAM* olarak belirtilen kısım ; mikrodenetleyici programı hazırlarken programcı kişi tarafından tanımlanmamış fakat program derleyicisinin kullandığı değişkenler için kullanılan veri alanıdır. Program RAM alanının büyüklüğü programın karmaşıklığı ile doğru orantılıdır.

Giriş RAM ve GPR1 (Genel amaçlı yazmaç) programda kullanılan diğer değişkenlerin atandığı veri belleği birimleridir.



Şekil 4.12. Veri belleği planı

4.4.4. Akım ve gerilim etkin değerlerinin hesaplanması

Akım ve gerilim RMS değerleri hesaplanırken giriş uçları boş durumda sıfır akım ve sıfır gerilim değerlerine karşılık gelen 10-bit anolog çıkış değerleri ölçülen dizi değerinden çıkarılarak gerçek 10-bit alternatif değerler dizisi ortaya çıkar. RMS değeri 10-bit karşılığı hesaplandıktan sonra dönüştürme oranlarıyla çarpılarak gerçek RMS değerleri bulunur. RMS değerlenin hesaplanması bölüm ikide anlatılmıştır.

Ölçüme başlama anı olarak referans faz gerilimin ' – ' den '+' ya geçtiği an kabul edilmiştir. Referans gerilim öncelik sırası R-S-T dir. En öncelikli faz aktif değilse referans olarak bir sonraki faz geriliminin sinyali referans alınır.

Aktif, reaktif ve görünür güçleri bulmak için gerekli bütün değişkenler (akım ve gerilim etkin değerleri, güç katsayısı , faz açısının sinüsü) bulunduktan sonra Eşitlik 4.5, 4.6 ve 4.7'yi kullanırız.

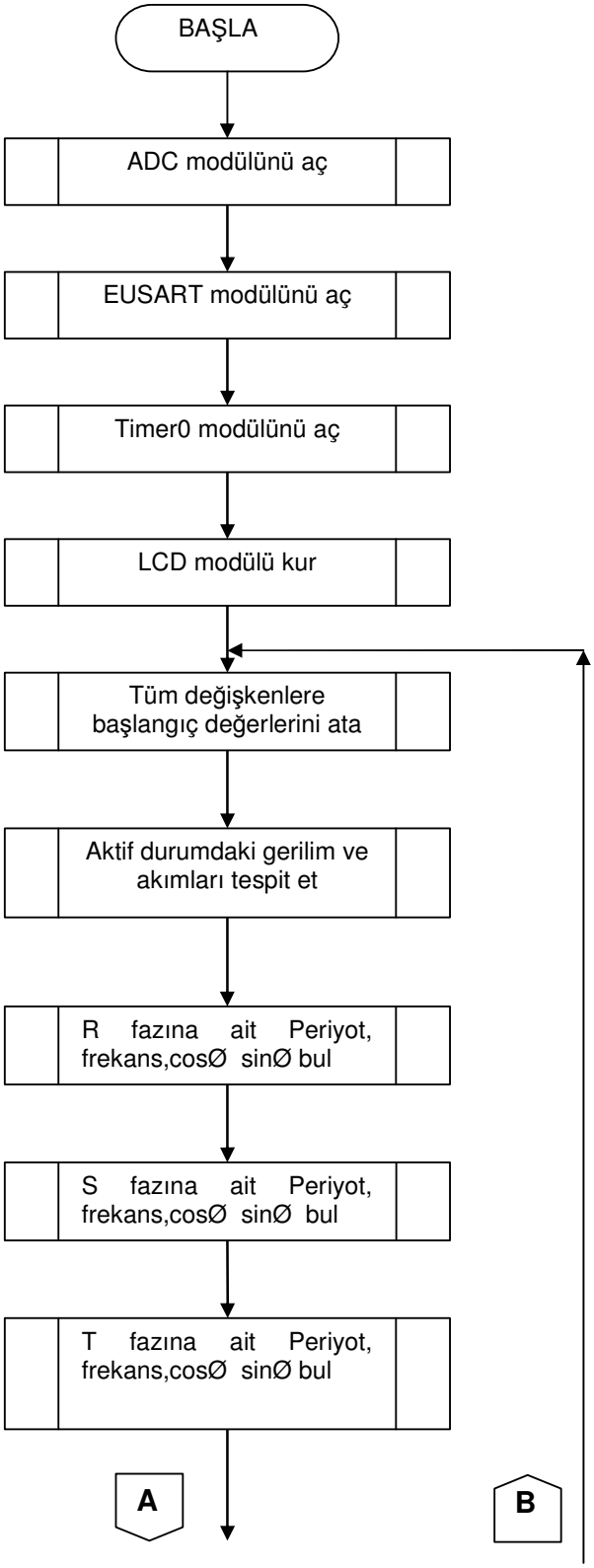
$$S = U.I \quad (4.5)$$

$$P = U.I.\cos\text{Ø} \quad (4.6)$$

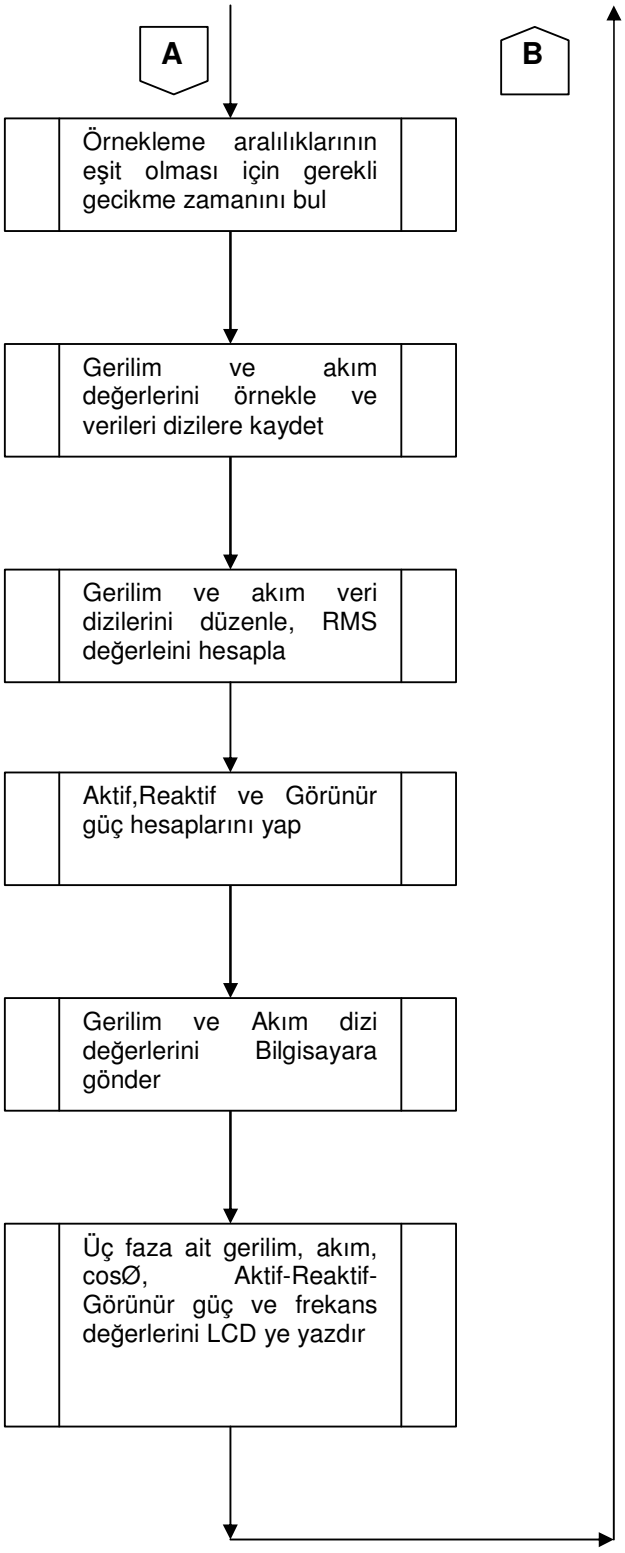
$$Q = U.I.\sin\text{Ø} \quad (4.7)$$

U: Gerilimin etkin değeri
I: Akımın etkin değeri
Ø: Gerilimle akım arasındaki faz acısı
S: Görünür güç
P: Aktif güç
Q: Reaktif güç

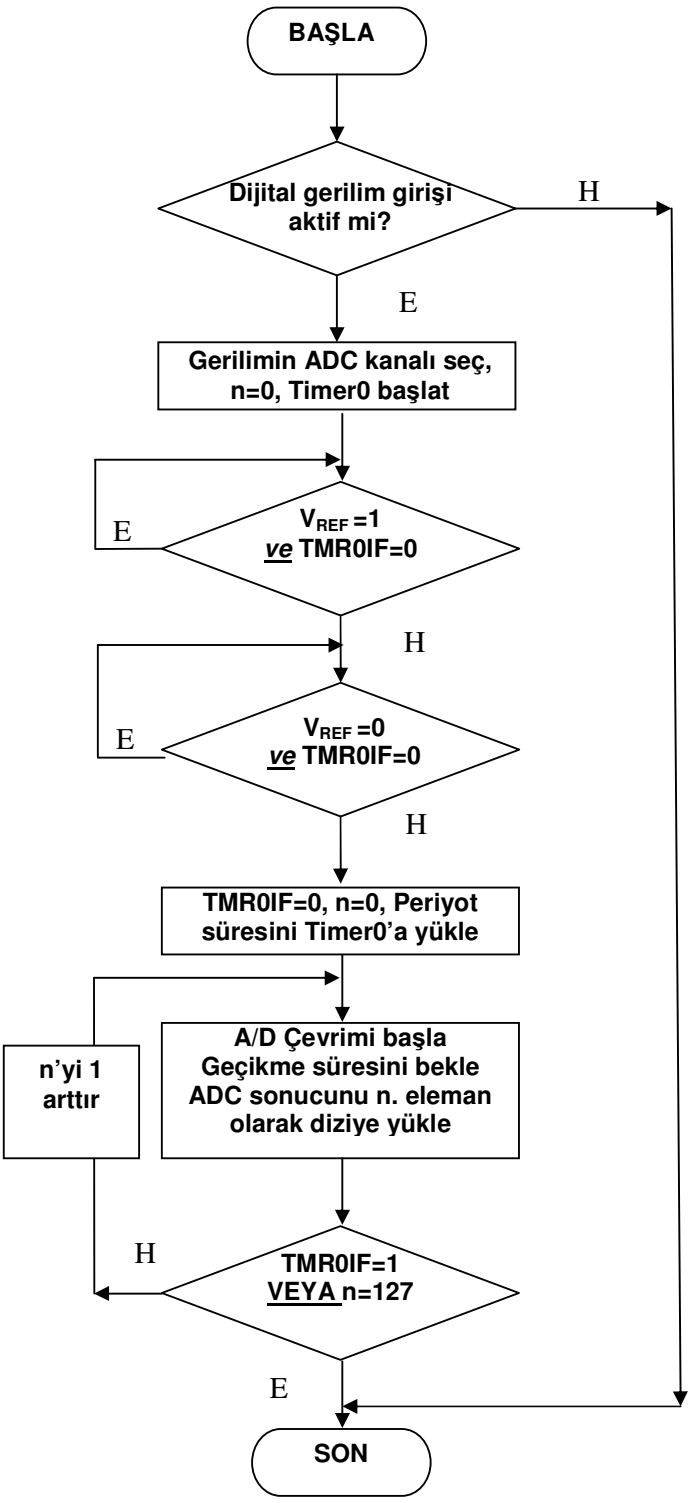
Ölçüm cihazında mikrodenetleyici için yazılan ana programının akış diyagramı Şekil 4.13'de, RMS hesaplaması için gerekli örnekleme dizileri oluşturan alt program akış diyagramı Şekil 4.14'de gösterilmiştir.



Şekil 4.13. Ana program akış diyagramı



Şekil 4.13. (Devam) Ana program akış diyagramı



Şekil 4.14. RMS hesaplaması için gerekli örnekleme dizileri oluşturan alt program akış diyagramı
n: örnekleme dizisinin eleman numarası

4.5. LCD Modül Bağlantısı

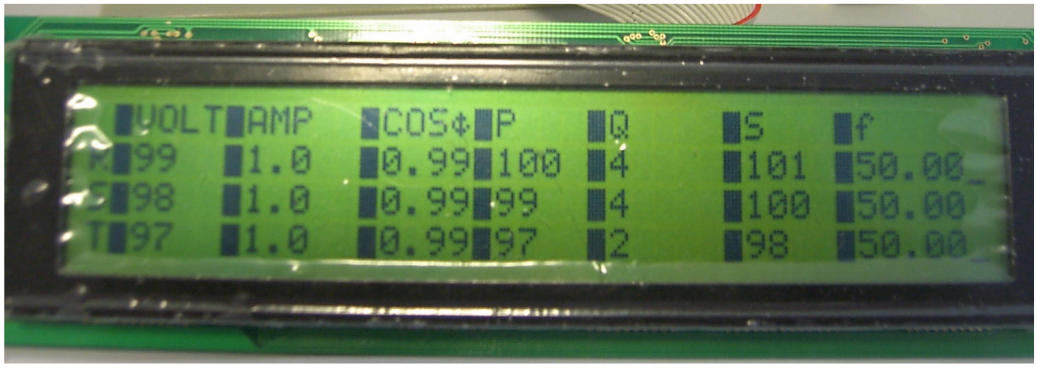
Bölüm 3.7'de LCD modül genel yapısı anlatılmıştı . Bu bölümde ölçüm cihazı için LCD'nin düzenlemesi anlatılacaktır.

LCD Şekil 4.15. gösterilen şekilde düzenlenmiştir. Amper kademesi ondalıklı kısmı virgülden sonra bir basamak, frekans ve cosØ kademesi ise iki basamak olarak düzenlemiştir. Diğer kademeler ise tam sayı olarak düzenlenmiştir(Resim 4.2).

		V	O	L	T		A	M	P			C	O	S	Ø		P				Q					S				f				
R																																			
S																																		
T																																		

Şekil 4.15. LCD'de ekran düzeni

R,S,T : Şebeke fazları satırları
VOLT : Faz gerilim değerleri sütunu (Volt)
AMP : Faz akımı değerleri sütunu (Amper)
COSØ: Güç katsayısı sütunu
P : Aktif güç sütunu (Watt)
Q : Reaktif güç sütunu (VA)
S : Görünür güç sütunu (VAR)
f : frekans sütunu (Hz)



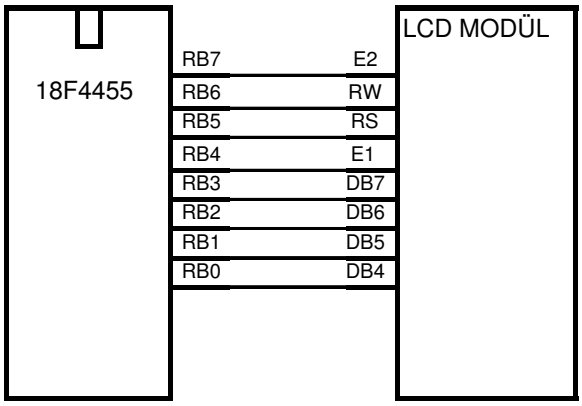
Resim 4.2. Çoklu ölçüm cihazının 4*40 LCD göstergesi

Resim 4.2'de de görüldüğü gibi 3 fazın sırasıyla gerilim, akım , cosØ, aktif güç , reaktif güç, görünür güç , frekans değerlerini göstermektedir.

Ölçülen değerlerin hepsinin sonucu aynı anda ekrana yazılmaktadır. Ekrandaki ölçüm sonuçlarının yenilenme zamanı, gözü yormaması ve verilerin sağlıklı okunması için yaklaşık bir saniye olarak ayarlanmıştır.

Mikrodenetleyici çalışma frekansı lcd ye göre çok yüksek olduğundan, komutlar arasında yeterli bir süre beklenmelidir. LCD modülün meşgul olup olmadığını mikrodenetleyici ile kontrol ederek zaman gecikmesi sağlamıştır.

LCD' ye denetleyiciden komut göndermek için 4 bit veri iletimi kullanılmıştır. Şekil 4.16'da LCD nin mikrodenetleyiciye bağlantı şemasını göstermektedir. PORTB'nin tamamı LCD modül için dijital giriş-çıkış olarak düzenlenmiştir.



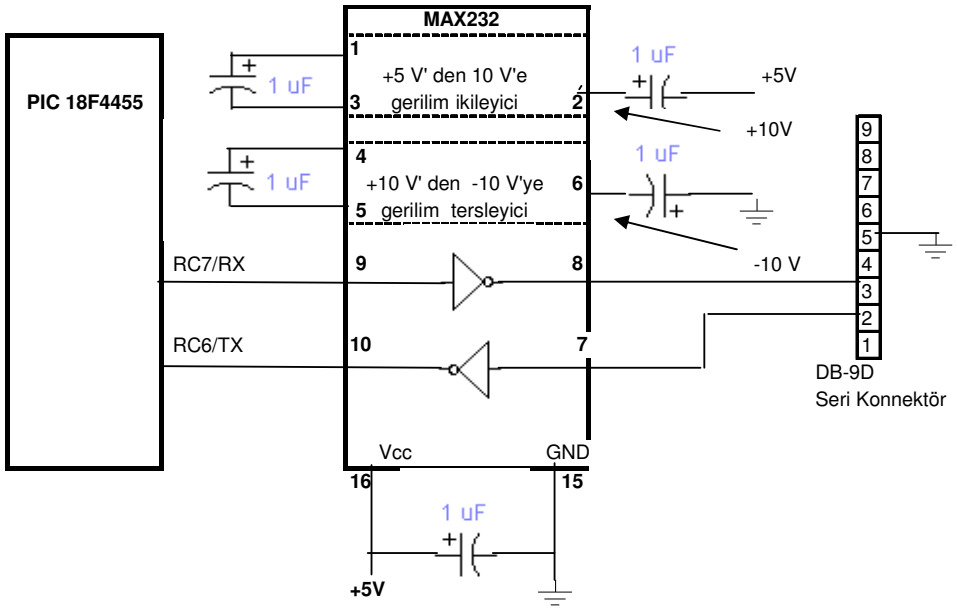
Şekil 4.16. LCD 'nin mikrodenetleyiciye bağlantı şeması

4.6. Mikrodenetleyiciden Bilgisayara Verilerin Gönderilmesi

Çoklu ölçüm cihazının seri port çıkışı bilgisayarın com1 girişine bağlanmıştır. Bilgisayarda donatılar başlığı altında iletişim seçeneğindeki hyper terminal 115200 bit/saniye hızda , veri biti 8 bite ayarlanarak açılırsa ekranda anlık veriler görülebilir. Veri sütunu sırayla V_R , I_R, V_S, I_S, I_T, V_T değerlerini göstermektedir. Her bir değişkene ait bir periyot süresinde 128 adet veri kaydedilmektedir. Bu sayının 2^7 eşit olması FFT'ye (hızlı fourier analizi)

uygun olmasını sağlamıştır. Bu veriler ile harmonik analizi yapılabilir, sistemin oluşturduğu harmonikler tespit edilebilir.

Mikrodenetleyici ile RS232 (COM1) gerilimleri farklıdır. Mikrodenetleyici +5 volt çalışırken bu çalışmada RS232 ±10V gerilime ihtiyaç duyar. Bilgisayar ile PIC18F4455 arasında tampon olarak MAX232 entegresi kullanılmıştır. Entegrenin besleme gerilimi 5 volttur. İçinde gerilim ikileyici ile +10 volt, tersleyici ile -10 volt gerilim elde edilir. 4 adet tamponlanmış değil kapısı bulunur. MAX232 bağlantı şeması Şekil 4.17'de gösterilmiştir[25].



Şekil 4.17. USART ile bilgisayar arayüz bağlantısı MAX232

4.7. Deneysel Sonuçlar

Çoklu ölçüm cihazının deneyleri GÜTEF elektrik makine laboratuarında ve Eldaş AŞ elektrik kalibrasyon laboratuarında yapılmıştır. Eldaş AŞ elektriksel ölçü aletlerinin kalibrasyonunda yetkili bir kurumdur. Eldaş AŞ laboratuarında kaynak ve yük olarak bilgisayar kontrollü enerji etalonu kullanılmıştır. Resim 4.3 enerji etalonu görülmektedir. Bilgisayar

klavyesinden kaynak frekansı, faz açısı, kaynak gerilimi ve yük akımı girilerek enerji etalonunu gösterdiği değerlerle çoklu ölçüm cihazının gösterdiği değerler karşılaştırılmıştır.



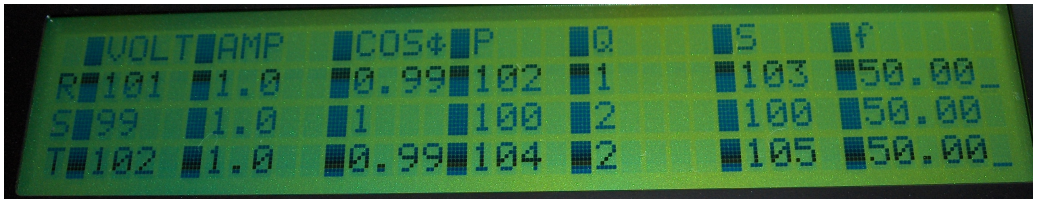
Resim 4.3. Enerji etalonu



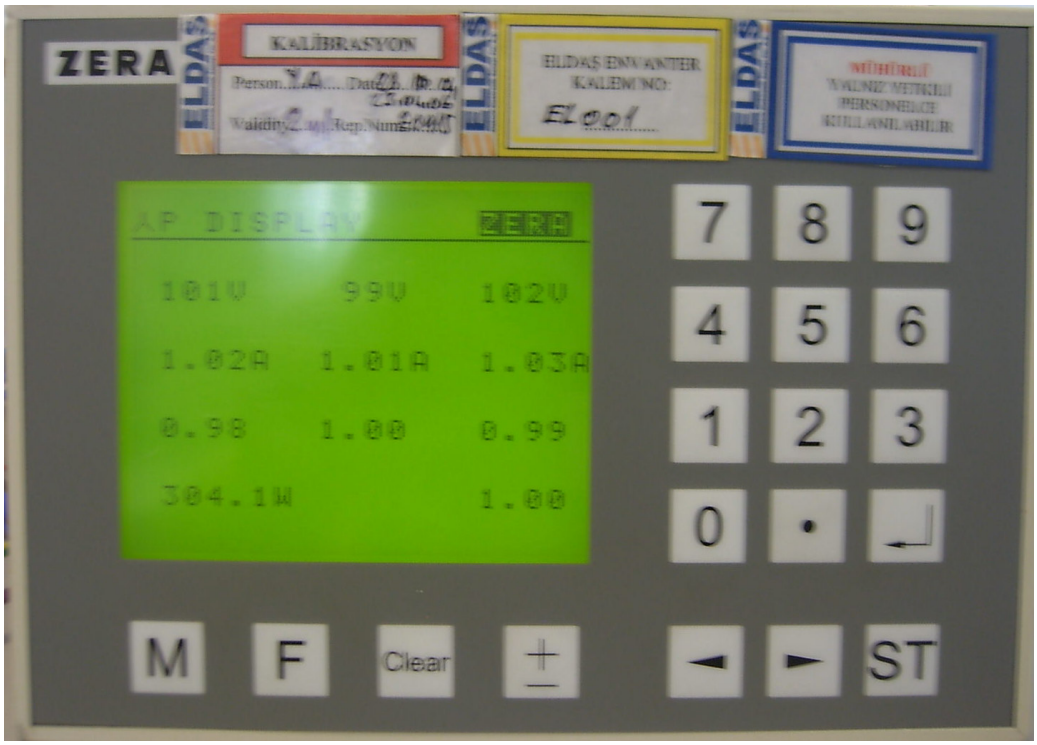
Resim 4.4. Enerji etalonu ve deney seti

Resim 4.4'te Enerji Etalonunu çoklu ölçüm cihazı üzerinden yüke bağlanmıştır. Masanın üzerinde bilgisayara bağlı gösterge ile ölçüm cihazına ait bilgilerin fotoğrafı çekilmiştir.

Birinci ölçümde omik yük bağlanmıştır. Resim 4.5'te ölçüm cihazının, Resim 4.6'da enerji etalonunun göstergesi görülmektedir.



Resim 4.5. Birinci ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)



Resim 4.6. Birinci ölçüm (etalon göstergesi)

Resim 4.5 ve Resim 4.6'da okunan değerlerde akım ve gerilim ölçümlerinin aynı olduğu görülmüştür. Buna rağmen aktif güçteki %0,6 hata gözlenmiştir. Güç katsayısı ölçümünde R %1 hata ,S ve T fazında hatasız ölçüm görülmüştür. Frekans değeri ölçümünde hataya rastlanmamıştır.



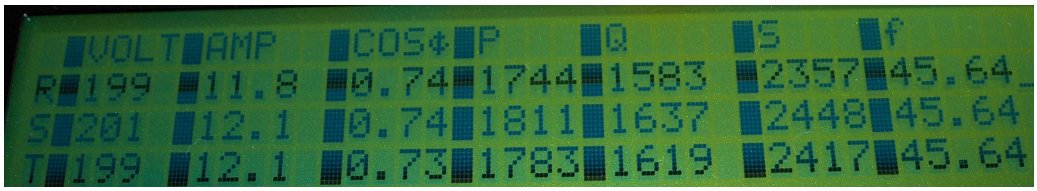
Resim 4.7. İkinci ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)



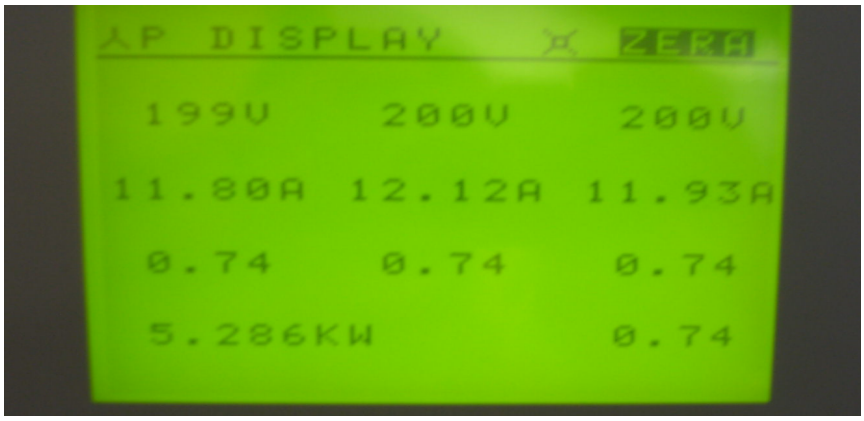
Resim 4.8. İkinci ölçüm (etalon göstergesi)

İkinci ölçümde faz açısı 60^0 geri olan endüktif yük bağlanmıştır. Resim 4.7 ve Resim 4.8'da okunan değerlerde faz gerilimleri ve güç katsayılarının aynı olduğu görülmüştür.R faz akımında hataya rastlanmamış, S ve T fazlarında sırasıyla %0,6 ve %0,4 hata görülmüştür. Güç ölçümünde % 0,6 hata olmuştur. Frekans ölçümünde hataya rastlanmamıştır.

Üçüncü ölçümde endüktif yük bağlamıştır. Resim 4.9 ve Resim 4.10'da okunan değerlerde R fazı gerilim değerinde hataya rastlanmamıştır. S ve T faz gerilimlerinin ölçümünde %0,5 hata görülmüştür. R ve S fazı akımları değeri etalon göstergesiyle aynı olduğu gözlenmiştir. T fazı akım değerinde %1,4'lük hata görülmüştür. Güç ölçümünde % 0,9 hata hesaplanmıştır. Frekans ölçümünde hataya rastlanmamış, Resim 4.11'de gösterilen enerji etalonun frekansmetresi ile aynı değeri ölçtüğü görülmüştür.



Resim 4.9. Üçüncü ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)

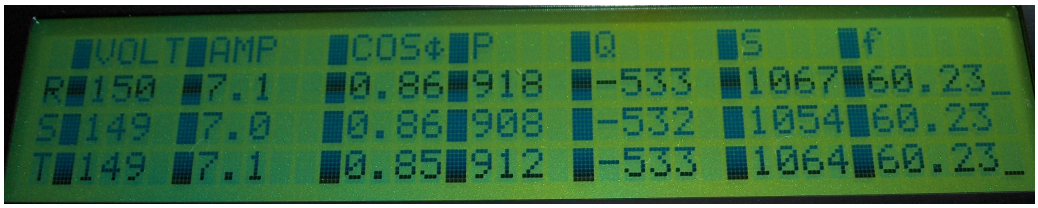


Resim 4.10. Üçüncü ölçüm (etalon göstergesi)

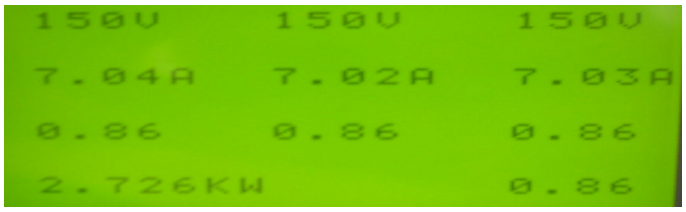


Resim 4.11. Enerji etalonun frekansmetresi

Dördüncü ölçümde kapasitif yük bağlanmıştır. Resim 4.12'da çoklu ölçüm cihazının reaktif göstergesi Q'nun eksi işaretli olduğuna dikkat ediniz. Resim 4.12 ve Resim 4.13'te okunan değerlerde güç katsayıları ölçümünde sadece T fazında %1,1 hata hesaplanmıştır. R fazı gerilim ve S fazı akım değerlerinin aynı olduğu görülmüştür. S ve T faz gerilimlerinde %0,6 hata hesaplanmıştır. R ve T faz akımlarında sırasıyla %0,8 ve % 0,9 hata hesaplanmıştır. Güç ölçümünde %0,4 hata görülmüştür.



Resim 4.12. Dördüncü ölçüm (çoklu ölçüm cihazı)

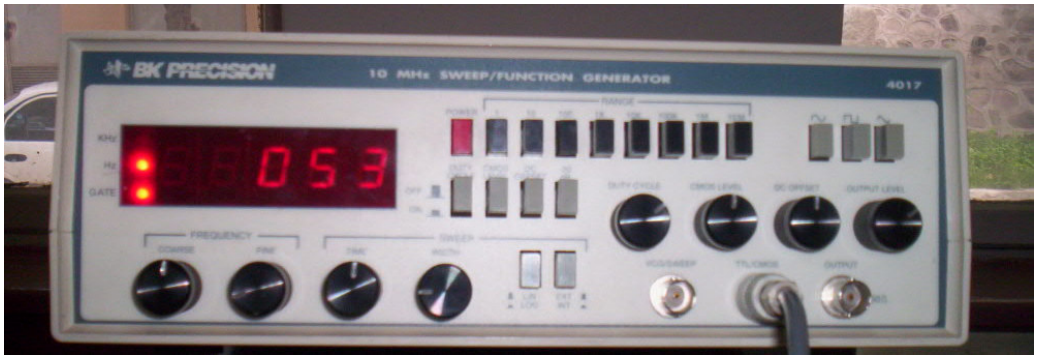


Resim 4.13. Dördüncü ölçüm (etalon göstergesi)

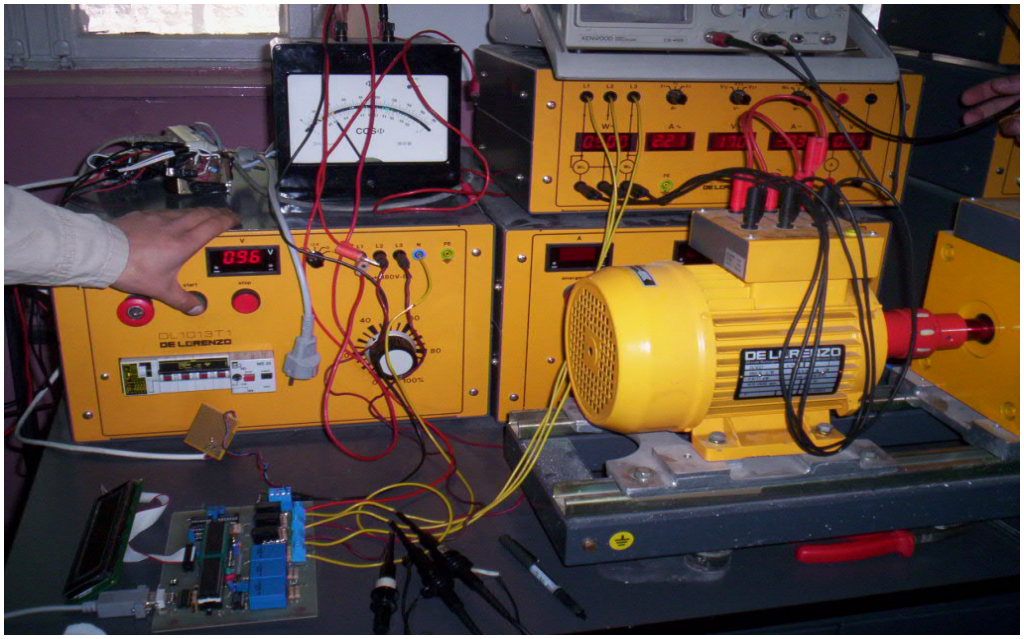
Çoklu ölçüm cihazı güç hesaplamalarında ekranında gösterilmeyen küsuratları da hesaba katmaktadır. Akım ,gerilim ve güç katsayısı aynı görülse bile hesaplanan güç değeri etalon göstergeyle azda olsa farklılık gösterebilir..

Deneyler sonucunda sinüs giriş kullanılarak ölçüm cihazının frekans ölçme aralığı 11,50 Hz ile 18000 Hz arası olduğu, çoklu ölçüm cihazının frekans ölçüm değerlerinin sinyal jeneratörü ve osiloskop değerlerliyle aynı gösterdiği, hatasız frekans ölçtüğü görülmüştür. Bu ölçme aralığı dışında ölçüm yapmadığı görülmüştür. 11,50 Hz den küçük değer ölçmemesinin sebebi yazılımda öngörülen zaman aşımı süresidir. 18000 Hz'den yüksek

frekanslarda karşılaştırma devresinin gerekli tepkiyi vermediği osiloskopla tespit edilmiştir. Resim 4.14'te GÜTEF elektrik makine laboratuarında frekans ölçüm deneyinde kullanılan sinyal jeneratörü gösterilmiştir.

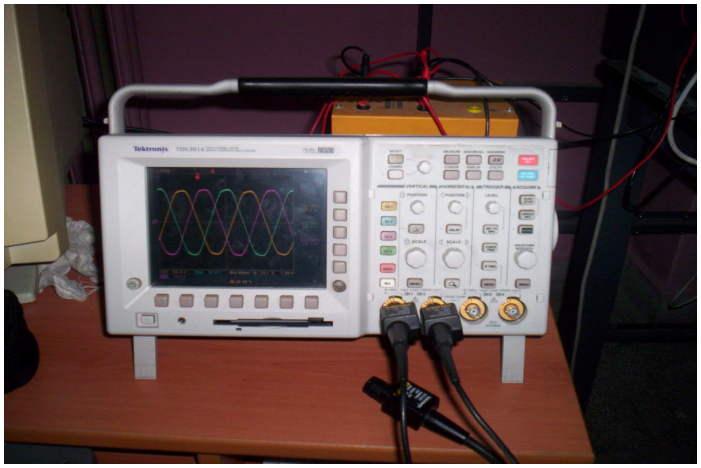


Resim 4.14. Sinyal jeneratörü



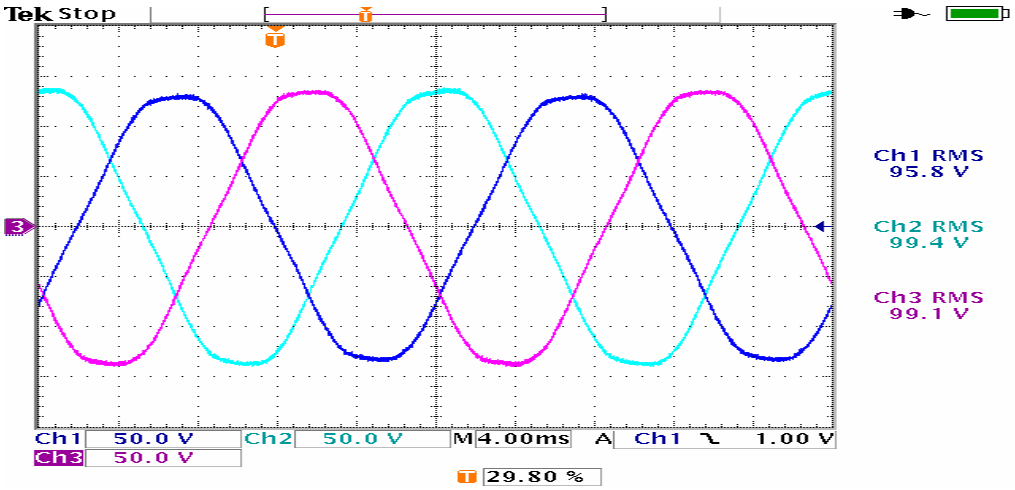
Resim 4.15 Elektrik makine laboratuarı deney seti

Resim 4.15'te deney setinde yük olarak asenkron motor bağlanmıştır. Çoklu ölçüm cihazının devrede ölçtüğü anlık değerler bilgisayara gönderilip bu verilerden çizilen grafikle Resim 4.16'de gösterilen dijital osiloskobun kaydettiği grafikler karşılaştırmıştır.

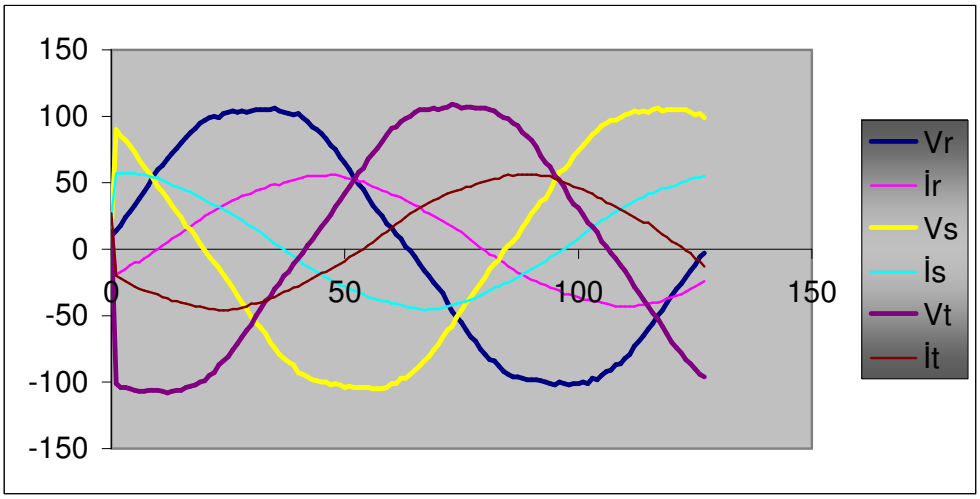


Resim 4.16. Dijital osiloskop

Şekil 4.18'da üç faz geriliminin dijital osiloskop ile taranan görüntüsü verilmiştir. Şekil 4.19.da ise aynı sistemden bilgisayara seri port üzeriden gelen verilerden yararlanılarak çizilen grafik gösterilmiştir. Şekil 4.19.da yatay eksen örnekleme sırasını, dikey eksen anolog değerin 10 bit karşılığı olan dijital değeri göstermektedir. 10 bitlik örnekleme değerleri uygun çevirme oranlarıyla çarpıldığında gerçek veriler ortaya çıkmaktadır. Şekil 4.19'da akım eğrilerinden yükün endüktif -akımın gerilime göre geri fazlı- olduğu açık şekilde görülmektedir.

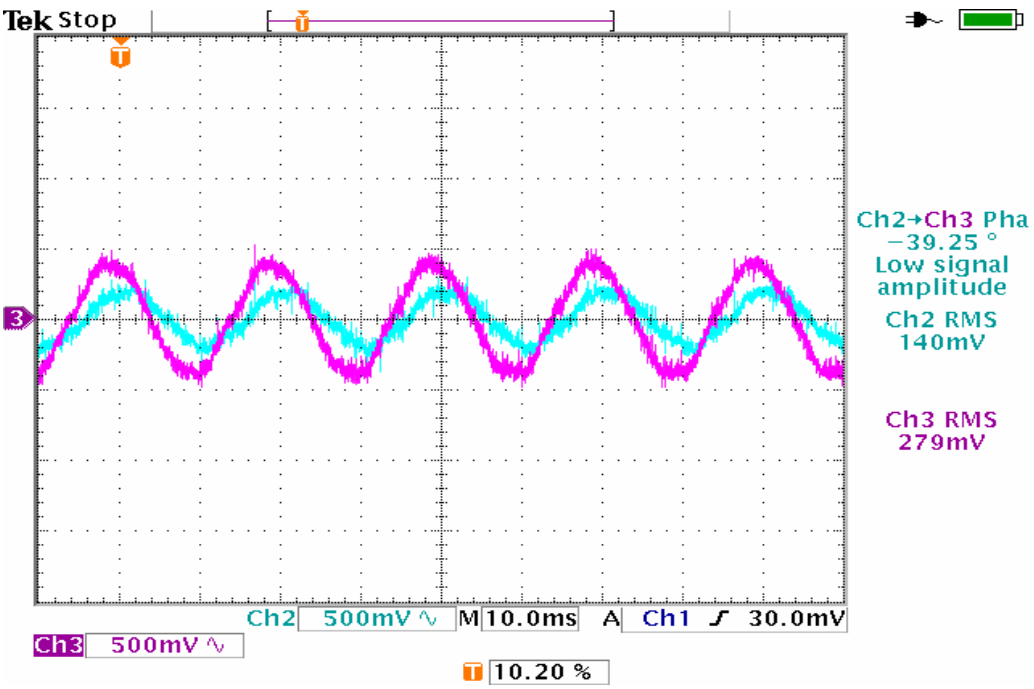


Şekil 4.18. Dijital osiloskobun üç faz gerilim grafiği

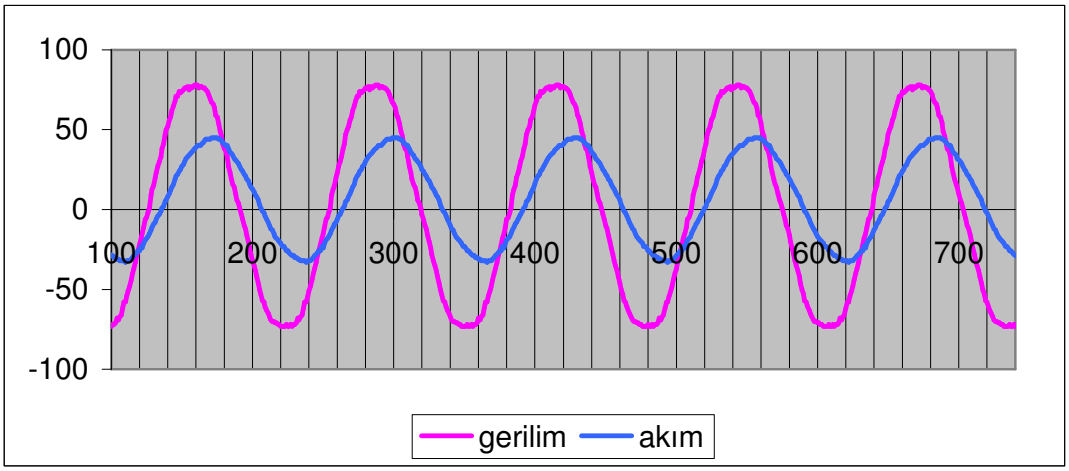


Şekil 4.19. Çoklu ölçüm cihazının gönderdiği on bitlik verilerden düzenlenen üç faz gerilim ve akım grafikleri

Asenkron motor bağlı durumdayken dijital osiloskop prop uçları gerilim ve akım transdüser çıkışlarına bağlanmıştır. Şekil 4.20'da osiloskop, Şekil 4.21'de ölçüm cihazına ait gerilim ve akım grafikleri gösterilmiştir.

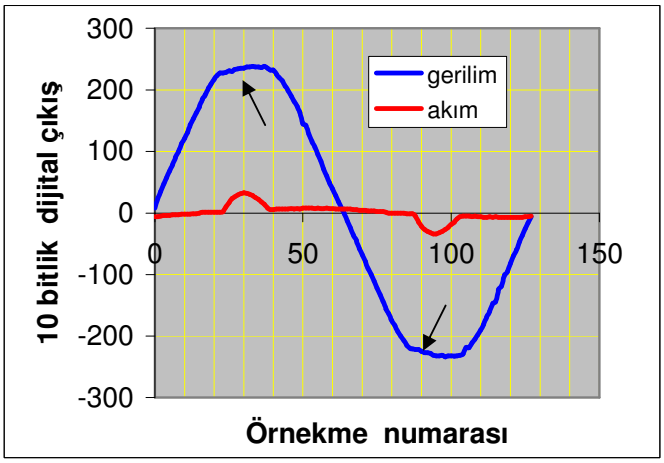


Şekil 4.20. Endüktif yükte dijital osiloskop gerilim akım grafiği



Şekil 4.21. Endüktif yükte ölçüm cihazı gerilim akım grafiği

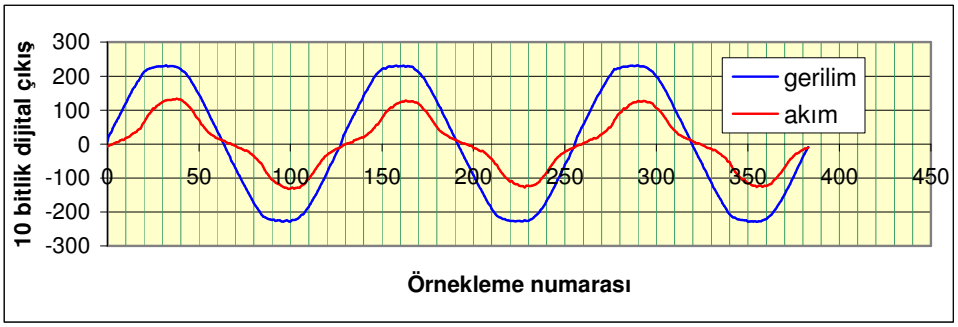
Çoklu ölçüm cihazı ölçtüğü anlık verileri 128 adetlik paketler halinde bilgisayara gönderir. Şekil 4.21'de gösterilen grafik bu verilerin art arda eklenmesiyle elde edilip osiloskopla sinyaldeki benzerliği göstermek için düzenlenmiştir. Dijital osiloskopun ölçüm çarpanı 1000 olduğundan transdüser çıkışlarının ölçümünde 0-5 volt arasındaki gerilim dalga şekilleri normalden fazla titreşim göstermektedir.



Şekil 4.22. Bilgisayarın gerilim ve akım dalga şekilleri

Şekil 4.22'de kendi çalışma odamdaki bilgisayarımın akım ve gerilim grafiği gösterilmiştir. Doğrusal olmayan yük akımı Şekil 4.22'de oklarla belirtilen yerlerde gerilim dalga şeklinde bozulmalara neden olmuştur.

Şekil 4.23'de elektrikli süpürgenin gerilim ve akım grafikleri çoklu ölçüm cihazından bilgisayara gönderilen 10 bitlik dijital değerlerle çizdirilmiştir. Çoklu ölçüm cihazı elektrikli süpürgenin güç katsayısını 0,97 olarak ölçmüştür.



Şekil 4.23. Elektrikli süpürgenin gerilim ve akım dalga şekilleri

Çoklu ölçüm cihazının gerilim ölçme aralığının rms değeri 5 — 350 volt arasıdadır. 5 voltan küçük değerlerde karşılaştırma devresi girişi pasif durumda gösterdiği için ölçüm yapmadığı göstermiştir. 350 volt gerilim transdüserinin seri dirençleri Rs için akım sınırıdır. Daha yüksek değerlerde ölçüm yapılsa bile bir süre sonra seri önce seri dirençler ve gerilim transdüseri aşırı ısınmadan dolayı zarar görecektir. Aynı zamanda 500 volt tepe değerinden yüksek gerilim değerlerinde mikrodenetleyici analog girişi 5 volt değerini aşacağından analog giriş bozulacaktır.

Akım ölçme sınır 25 Amper tepe değerleridir. 25 amperden sonra akım transdüseri doyuma gidecektir. Bağlantı değişikliği yapılarak ölçme sınırı 75 ampere kadar çıkartılabilir. Bu durumda sistemin hassaslığı azalır.

Güç ölçümlerinin üst sınırı LCD'de 4 hane ayrıldığı için 9999 değeridir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada PIC 18F4455 mikrodenetleyicisi kullanılarak üç fazlı sistemin gerilim, akım, güç katsayısı, frekansı ölçülmüştür. Bu değerlerden aktif, reaktif ve görünür güçler hesaplanmıştır. Bu değişkenlerin hepsi LCD'de gösterilmiştir. Anlık akım ve gerilim değeri bir periyotta 128 adetlik paketler halinde bilgisayara gönderilmiştir.

Giriş gerilim ve akımları transdüserler yardımıyla düşürülmüş, düzenleme devreleriyle mikrodenetleyicinin anolog/dijital cevrim yapabileceği 0-5 volt arasına sinyal şekli değişmeden taşınmıştır.

Frekans ve güç katsayının hassas şekilde hesaplanması için periyot ölçümünde sıfır geçiş noktalarını yakalamasında çıkışı mantıksal 0 ve 1 olan karşılaştırma devreleri kullanılmıştır.

Üç fazlı sisteme ait gerilimlerin ve akımların bulunması için önce bir periyot süresi ölçülmüştür. Analog/dijital çevirimlerin eşit aralıklarda olması için gerekli zaman gecikmesi sağlanıp analog giriş kanallarından eşit zaman aralıklarıyla gelen anlık veriler depolanmıştır. Bu verilerden rms değeri hesaplanmıştır.

Mikrodenetleyicinin çalışma frekansının 48 MHz olması ve kendi içinde 8*8 donanım çarpması yapabilmesi program performansını yükseltmiştir.

Anlık akım ve gerilim ADC çıkış verileri bilgisayara gönderilip kayıt edilmiştir. Bu verilerle grafik çizdirilmiş ve sinyal şekillerinin osiloskop ile aynı olduğu görülmüştür.

Çoklu ölçüm cihazında kademe anahtarının kullanılmaması, bütün değişkenlerin aynı anda görülebilmesi kullanımını kolaylaştırmıştır.

Laboratuarda yapılan deneylerdeki kalabalık kablo bağlantı görüntülerini ortadan kaldırmıştır.

Deneysel sonuçlar sistemin verimli şekilde çalıştığını göstermiştir. Frekans ölçümlerinde hataya rastlanmamıştır.Gerilim ölçümünde %1 ve akım ölçümlerinde % 1,5 hata görülmüştür. Akım ve gerilimdeki hatalarla bağlantılı olarak güç ölçümünde de sapmalar görülmüştür. Ölçüm hatalarının sebebi çoklu ölçüm cihazı ekranındaki veriler saniyede bir kez yenilenmekteyken bir saniye içerisinde gerilim veya akım dalga şekli frekans sayısı kadar tekrar etmektedir. Çoklu ölçüm cihazı ölçümleri bir saniye içerisinde herhangi bir periyot üzerinden hesaplamaktadır. Bu da dalga şekillerinde ani değişiklikleri algılamamaya yol açabilir.

Yapılan bu çalışma elektrik laboratuarı için gerekli birçok ölçüm yapabilen, kullanımı kolay bir cihazı ortaya çıkarmıştır. Sistem uygun bir yazılımla bilgisayarla birlikte dijital osiloskop, sinyal analizörü olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Altınbaşak, O., "Giriş", Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, ***Atlaş Basım Yayım Dağıtım***, İstanbul, 11-12 (2004).

2. Young, P., "Digital Power Metering Manifold", ***Digital Power Insturumentation Group Department of Electrical Engineerring***, Colombia, 1403-1406(1997).

3. Tafoya, L., Salazar, N., "Microprocessor-Based Frequency Measurement", ***Nasa Center For Intelligent system Engineerring New Mexsico High Lands Universty Department of Engineerring***, Las Vegas, 249-254(2002).

4. Zhou, W., "Phase Difference Variation Characteristics Between Frequency Signals and Its Uses in Measurement", ***Dept of Measurement and Instrumentation , Xidian Univesty***, China, 810-813(1994).

5. Güven, K., Balasubramanian, K., Altun, Z.G.," Microprocessor-Based portable Test Equipment For Electricitiy Network", ***Dept. of Electrical & Electronics engineering Faculty of Engineerring & Architecture Çukurova Univesty***, Adana, 1103-1106(1994).

6. Triger, L., "The Universal Electrical Meter", ***Federal Pioneer Limited 19 Waterman Avenue***, Toronto, 134-137(1988).

7. Asumadu, J.A., Devaney, M. J., "Algorithms For the desing of a Low cost Digital AC Panel Meter", ***Electrical and computerEng.Dept***., Colombia, 1132-1135 (1994).

8. Irshid, M. I., Shahab, W. A., Asir, B. R., " A Simple Programmable Frequency Meter For Low Frequencies With Known Nominal Values" , ***IEEE Transactions On Instrumentation And Measurement***, 40: 640-642 (1991).

9. Hill, M.T., Cantoni, A., "Digital Frequency Measurement of a Square Wave", ***Australian Telecominications Research İnstitute, Curtin Universty of Tecnology***, Ausstralia, 389-393 (1997).

10. Banta, L.E., Xia, Y., "Rom- Based High Accurcy Line Frequency and Line Frequency Deviation Meter", ***IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement***, 39:535-539 (1990).

11. Markow, j., “Microcontroller-Based Energy Metering using the AD7755” ***Analog Dialogue***, 33(9):,11-12 (1999).

12. Kahraman, A., “Mikrodenetleyici İle Üç Fazlı Sistemin Faz Sırasının Belirlenmesi Ve Gerilimi İle Frekansının Ölçülmesİ”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara, 1,11,24 (2004).

13. Şimlek, H.,” PIC Denetimli Statik Gerilim Düzenleyici Tasarımı “Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara,1-5 (2002).

14. Tarakçı, Ş., “Üç Fazlı Şebekelerde Mikrodenetleyici Kontrollü, Ölçüm Cihazı Yapımı”, Yüksek Lisans Tezi, ***Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü***, Ankara,14 (2004)

15. Bucci, G., “A Low-Cost Smart Web Sensor for Power Quality Monitoring”, ***TechOnLine Publication Università di L'Aquila***, Italy, (2002)

16. Microchip Technology Incorporated, “PIC18F2455/2550/4455/4550 Data Sheet”, ***Microchip***, U.S.A.,3-4,59-97,127-131,232-265 (2004)

17. Çoşkun, İ., Güven, M., “Elektroteknik ve Laboratuarı 2”, ***Saray Matbaacılık***, Ankara, 7-14-15-109-110 (2003).

18. Edminister, J., “Elektrik Devreleri”, **Güven Kitabevi** Yayınları ,Ankara, 16-17(1980).

19. Mohan,N., Undeland, M., “ Güç Elektroniği”,Tuncay, N., Gökaşan, M., **Literatür Yayıncılık** ,İstanbul, 38-39(2003)

20. Rashid, M., “Power Elektronics”,**Prentice –Hall International** , USA,15-16 ,(1998).

21. Altınbaşak, O., “PicBasic Pro ile Pic Programlama”, ***Atlaş Basım Yayım Dağıtım***, İstanbul, 97-102 (2004).

22. Karakaş, H., “İleri PIC Uygulamaları-1”, ***Atlaş Basım Yayım Dağıtım***, İstanbul, 143-149(2003).

23. Seiko Instruments GmbH,” Liquid Crystal Displays Application Notes Standard Character Modules “,**Seiko Instruments**, Germany, 41-55 (1998).

24. Boylestad, R., Nashelsky “Elektronik Elemanlar Ve Devre Teorisi”, Çoşkun, i., Özyılmaz, H., **Prentice-Hall,** Ankara, 739 (1994)

25. Peatman, J.,B., “Embedded Design with the PIC 18F452 Mikrocontroller”, **Prentice-Hall**, New Jersey, 270-277(2003)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : İNANDI, Ali Tolga
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 03.01.1977 Ankara
Medeni hali : Evli
Telefon : 0 (312) 3458007
e-mail : alitolgainandi@hotmail.com.

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kocaeli Üniversitesi/ Elektrik Eğitimi Bölümü	1999
Lise	Yenimahalle Anadolu Meslek Lisesi	1995

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
1999-2001	F.Güngör EML	Öğretmen
2001- 2006	İncirli EML	Öğretmen

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Bilgisayar teknolojileri, Basketbol , Satranç