

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ADIM MOTORLARININ TELEFON HATLARI
ARACILIĞI İLE UZAKTAN KONTROLÜ**

Ramazan ÖZTÜRK

Tez Yöneticisi:
Yrd. Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK-BİLGİSAYAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ, 2009

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADIM MOTORLARININ TELEFON HATLARI ARACILIĞI İLE UZAKTAN KONTROLÜ

Ramazan ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi
Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

Bu tez, tarihinde aşağıda belirtilen jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile başarılı / başarısız olarak değerlendirilmiştir.

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR

Üye:

Üye:

Üye:

Üye:

Bu tezin kabulü, Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun/...../..... tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince desteğini ve yardımlarını esirgemedi beni yönlendiren güler yüzlü ve anlayışlı çok kıymetli hocam Yrd. Doç. Dr. Mehmet GEDİKPINAR'a, bölümümdeki diğer hocalarıma ve araştırma görevlilerine çok teşekkür ederim.

Ramazan ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
KISALTMALAR	VI
ÖZET	VII
ABSTRACT	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ADIM MOTORLARI.....	3
2.1. Adım Motorlarının Çalışma Prensipleri.....	5
2.2. Terimler.....	6
2.3. Adım Motoru Türleri	7
2.3.1. Sabit Mıknatıslı Adım Motorları	7
2.3.2. Değişken Relüktanslı Adım Motorları.....	8
2.3.3. Hibrit Adım Motorları.....	9
2.4. Adım Motorları Sürücü Devreleri	10
2.4.1. Tek Kutuplu Sürücü Devreler.....	10
2.4.2. İki Kutuplu Sürücü Devreler	11
2.4.3. İki Gerilim Seviyeli Sürücü Devreleri	12
2.4.4. Kıyıcı (Chopper) Sürücü Devreler.....	13
2.5. Adım Motorlarının Uyarımları.....	14
2.5.1. Tek Faz Tam Adım Uyarımı	14
2.5.2. İki Faz Tam Adım Uyarımı	15
2.5.3. İki Faz Yarım Adım Uyarımı	15
3. DTMF.....	16
3.1. DTMF ile Uzaktan Cihaz Kontrolü	17
3.2. DTMF Alıcı Entegreleri.....	19
3.2.1. MT8870D DTMF Alıcı Entegresi	19
3.2.2. CM8870 DTMF Alıcı Entegresi.....	21
3.2.3. KT3170 Alıcı Entegresi	22
4. MİKRODENETLEYİCİLER	25
4.1. Mikroişlemciler	25
4.2. Mikrodenetleyiciler.....	26

4.3. Mikroişlemciler ile Mikrodenetleyicilerin Karşılaştırılması.....	26
4.4. PIC Mikrodenetleyiciler.....	27
4.5. PIC Mikrodenetleyicilerin Donanım Özellikleri	28
4.6. PIC Mikrodenetleyicilerin Sınıflandırılması	28
4.6.1. PIC12CXXX / 12FXXX Ailesi	28
4.6.2. PIC16C5X Ailesi	29
4.6.3. PIC16CXXX / PIC16FXXX Ailesi	29
4.6.4. PIC17CXXX Ailesi	29
4.6.5. PIC18FXXX Ailesi	29
4.7. PIC16F84 Mikrodenetleyicisi	30
4.8. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi	31
4.9. 16F877 Yazmaçları.....	34
5. TASARIM VE GERÇEKLEME	38
5.1. DTMF Kod Çözücü Devresi	38
5.2. PIC16F877 ile Adım Motoru Sürücü Devresi.....	40
5.2.1. ULN2003 Sürücü Entegresi	40
5.2.2. Kullanılan Adım Motorunun Özellikleri.....	42
5.2.3. Kullanılan Adım Motorunun Sürücü Devresi	42
5.3. Devrenin Simülasyonu.....	43
6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	46
7. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ.....	47
EKLER.....	49

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Adım motoru ve anahtarlanması	5
Şekil 2.2. Açısal dönmede geçici rejim cevabı	6
Şekil 2.3. İki faz sargılı, rotoru iki kutuplu sabit mıknatıslı adım motoru	7
Şekil 2.4. Değişken relüktanslı adım motorunun kesit görünüşü	9
Şekil 2.5. Statoru dört, rotoru beş kutuplu hibrit adım motorunun prensip şeması	9
Şekil 2.6. Tek stator sargısı için tek kutuplu sürme devreleri.	10
Şekil 2.7. Dört fazlı hibrit adım motoru için tek kutuplu sürücü devre	11
Şekil 2.8. İki kutuplu adım motoru için iki kutuplu sürücü devre.	12
Şekil 2.9. İki gerilim seviyeli sürme devresi	12
Şekil 2.10. Kısıyıcı devre ve uyartım aralığındaki değişken devre şekilleri.	13
Şekil 3.1. DTMF 1 tonunun iki frekanslı işaretlerle elde edilmesi	17
Şekil 3.2. 3*4' lük tuş takımında DTMF sinyallerinin zaman ve frekans cevapları	18
Şekil 3.3. MT8870D bacak bağlantıları	19
Şekil 3.4 MT8870D'in iç yapısının blok diyagramı	20
Şekil 3.5. CM8870 bacak bağlantıları	21
Şekil 3.6. KT3170 entegresinin bacak bağlantıları	22
Şekil 4.1. Mikroişlemci blok diyagramı	25
Şekil 4.2. Mikrodenetleyici blok diyagramı	26
Şekil 4.3 Temel PIC blok diyagramı	27
Şekil 4.4. PIC16F84'ün bacak bağlantısı	30
Şekil 4.5. PIC16F84'ün iç yapısı	31
Şekil 4.6. PIC16F877 mikrodenetleyicinin üstten görünüşü	32
Şekil 4.7. PIC16F87X dış mimarisi	33
Şekil 4.8. PIC16F87X'in iç mimarisinin blok diyagramı	36
Şekil 5.1. Uygulama devresi blok şeması	38
Şekil 5.2. DTMF kod çözücüsü devresi	39
Şekil 5.3. DTMF kod çözücü devresi baskılı devre üst görünüşü	39
Şekil 5.4. DTMF kod çözücü devresi	40
Şekil 5.5. ULN2003 bacak bağlantısı ve iç yapısı	41
Şekil 5.6. ULN2003 entegresindeki darlington bağlantısı	41
Şekil 5.7. Devrede kullanılan adım motoru	42
Şekil 5.8. Sürücü devresi	43
Şekil 5.9. Sürücü devresinin baskılı devre üst görünüşü ve resmi	43
Şekil 5.10. Simülasyon devre şeması	44

Şekil 5.11. Uygulama devresinin kutu içi resmi	45
Şekil 5.12. Uygulama devresinin kutulu resmi	45

TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. Adım açısı 30° olan değişken relüktanslı adım motorunun saat ibresi yönünde bir tur hareketi için uygulanması gereken kontrol sinyali sırası	9
Tablo 2.2. 4-fazlı adım motoru için tek faz tam adım uyarım tablosu	14
Tablo 2.3. 4-fazlı adım motoru için iki faz tam adım uyarım tablosu	15
Tablo 2.4. 4-fazlı adım motoru için iki faz yarım adım uyarım tablosu	15
Tablo 3.1 DTMF tuş takımı frekansları	16
Tablo 3.2 Hat bildiri sinyalleri	17
Tablo 3.3 MT8870D'nin bacak fonksiyon tablosu	20
Tablo 3.4. CM8870'nin bacak fonksiyon tablosu	21
Tablo 3.5. CM8870'in tuşlara göre çıkış durumları	22
Tablo 3.6. KT3170 bacak fonksiyon tablosu	23
Tablo 3.7. KT3170 entegresinin durum tablosu	24
Tablo 4.1. PIC mikrodenetleyicilerinin özelliklerinin karşılaştırılması	29
Tablo 4.2. 16F877 ile 16F84 arasındaki farklar	37

KISALTMALAR

DTMF	: Dual Tone Multi Frequency / Çift Tonlu Çoklu Frekans
PIC	: Peripheral Interface Controller / Çevresel Üniteleri Denetleyici Arabirim
PM	: Sabit mıknatıslı
VR	: Değişken Relüktanslı
CPU	: Merkezi İşlem Ünitesi
RAM	: Rastgele Erişimli Bellek
I/O	: Giriş / Çıkış
A/D	: Analog / Dijital
PWM	: Pulse Width Modulation - Darbe Genişlik Modülasyonu
DIP	: Dual InLine Package / Çift Sıralı Paket
ROM	: Sadece Okunabilir Bellek
RISC	: Azaltılmış Komut Takımı

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ADIM MOTORLARININ TELEFON HATLARI ARACILIĞI İLE UZAKTAN KONTROLÜ

Ramazan ÖZTÜRK

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı

2009, Sayfa : 53

Bu çalışmada, bir adım motorunun telefon hatları ile uzaktan kontrolü yapılmıştır. Uzaktan kontrol için DTMF tekniğinden faydalanılmıştır. İki kısımdan oluşan uygulamanın birinci kısmında, telefonda gelen tuş sinyallerinin DTMF kod çözücü entegresi ile 4 bitlik karşılıkları tespit edilmiştir. İkinci kısımda ise PIC mikrodenetleyicisinin girişine uygulanan bu 4 bitlik girişler kullanılarak adım motoru kontrol edilmiştir. Sonuç olarak PIC mikrodenetleyicisi ile adım motorun kontrolü sağlanmıştır. Adım motorlarının birçok önemli özelliklerinin yanında kontrol kolaylığı dikkate alınarak çalışma insan hayatı için risk taşıyan alanlarda kullanılmak üzere tasarlanmıştır.

Anahtar kelimeler: DTMF, PIC, uzaktan kontrol, adım motor

ABSTRACT

Master Thesis

REMOTE CONTROL OF STEPPER MOTORS OVER TELEPHONE LINES

Ramazan ÖZTÜRK

Firat University

Graduate School of Naturel Applied Science

Department of Electronical Computer Education

2009, Pages : 53

In this study, stepper motor was controlled over telephone lines. DTMF technique was used for remote control. The application consists of two sections. In the first section DTMF decoder circuit identifies the key signals of the phone and genaretes 4 bit equivalent of these signals. In the second section a stepper motor was controlled via PIC microcontroller. The PIC microcontroller uses 4 bit inputs to control. As a result a stepper motor was controlled by PIC microcontroller. The stepper motors have many features like ease of control. The study was designed to be used in the unsafe fields of the human life.

Keywords : DTMF, PIC, remote control, stepper motor

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişimi içerisinde elektrik motorlarının endüstriyel alanlarda, bilgisayarlarda ve günlük hayatta her geçen gün önemi daha da artmıştır. Bu gelişmeye paralel olarak, motorların konum ve hız kontrolleri de önem kazanmıştır. Çalışmamıza konu olan adım motorları da bu bağlamda endüstriyel çalışmalarda kayda değer bir yer tutmuştur. Bu motor tipinin ilk çalışma ilkeleri 1930'lu yıllarda açıklanmış, daha sonraki yıllarda (özellikle ikinci dünya savaşı yılları) gemilere ve çeşitli savaş ağırlıklı teçhizata uyarlanmıştır [1]. 1944–1957 yılları arasındaki dönemde kapalı çevrim servo sistemleri ile yaygın bir kullanım alanı bulan adım motorları, bu teknolojik gelişme içerisinde 1960'lı yıllarda transistörlerin kullanımı ile daha da artmış ve 1970'li yıllardan itibaren dijital elektroniğin gelişmesine paralel olarak oldukça yaygınlaştırmıştır [1]. Adım motorlarının diğer birçok motor çeşidinde gerekli olan geri beslemeye gerek duymadan çalışabilmesi ve sayısal kontrol sistemleri ile kontrol edilebilmesi gibi özellikleri sayesinde mikroişlemci ve mikrodenetleyiciler ile kullanımları öne çıkmıştır.

Günümüzde DTMF (Dual Tone Multi Frequency – Çift Tonlu Çoklu Frekans) teknolojisinin gelişmesi ile insan yaşamını kolaylaştıran uygulamalar günlük hayatımızda hızla yerini almış ve böylece daha önceleri bazı uygulamalardaki lokal işlemler artık telefonlar aracılığı ile yer ve mekandan oldukça bağımsız olarak yapılabilmektedir. Özellikle ev otomasyonları gibi günlük yaşamın doğrudan içinde olan bu uygulamaların gelişimi, günümüzde olduğu gibi gelecek yıllarda da vazgeçilmezliğini sürdürecektir gibi görünmektedir. Son zamanlarda “uzaktan erişim” olarak isimlendirilen bu tür uygulamalar güvenlik sistemlerinde de kullanılmaya başlanmış ve insanlar bu teknolojiler sayesinde artık yaşadıkları, çalıştıkları veya istedikleri yerleri uzaktan kontrol edebilir olmuşlardır. Endüstriyel uygulamalarda birçok tehlikeli çalışmalar uzaktan ve akıllı kontrol sistemlerinin kullanımı ile daha az riskli hale getirilmiştir.

Teknolojideki bu hızlı gelişme ile birlikte mikrodenetleyiciler de büyük aşamalar kaydetmiştir. Microchip firması tarafından üretilen PIC mikrodenetleyiciler, maliyetlerinin düşüklüğü, çalışma hızlarının yüksekliği ve kullanım avantajları ile oldukça yaygın kullanım sahası bulmuştur. Öyle ki; PIC destekli bu çalışmalar, komut sayısının çok fazla olmamasına rağmen kullanıcının hayal gücüyle sınırlıdır hale gelmiştir [2]. 1997'de başlayan PIC'in motorlarda kullanım serüveni günümüzdeki robot teknolojisine ulaşmamızı sağlamış ve çizgi izleyen robotlar, lazer ışını izleyen robotlar, x-y düzleminde hareket, teleskop ve üzerindeki aynasının kontrolünün yapılması, su altı taşıma aracı tasarımları, akıllı ev uygulamaları, uzaktan kontrol sistemleri vb. olarak ileri teknolojik çalışmalarda yer tutmuştur [2].

Bu çalışmada adım motorlarının yapıları, eřitleri, sürme devreleri ile DTMF ton tekniğı ve PIC mikrodeneleyiciler incelenmiştir. Bir adım motorunun DTMF tekniğı ve telefon aracılığı ile kontrol uygulaması yapılmıştır. Uygulama ile insan hayatı için tehlike ve sakınca arz eden çalışmalarda sistemin uzaktan kontrolünün yapılması amaçlanmıştır. Çalışmada öncelikle Bölüm 2’de adım motorları hakkında bilgi verilmiş, yapıları ve eřitleri açıklanmış ve sürölme teknikleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde DTMF konusu ve DTMF alıcısı olarak kullanılan entegreler anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise mikrodeneleyiciler ve PIC mikrodeneleyiciler hakkında genel anlamda bilgi aktarımı yapılmıştır. Bölüm 5’te uygulama devreleri ve tasarlanan tez çalışmasının gerçeklemesi anlatılmıştır.

2. ADIM MOTORLARI

Adım motorları (Step Motorlar), girişlerine uygulanan darbe dizilerine karşılık analog dönme hareketi yapan fırçasız, kalıcı mıknatıs kutuplu DC motorlardır. Adım motorları, geleneksel elektrik motorlarından farklı olarak, hareketini adım-adım yapan motorlardır [1]. Bu sebepten konum ve pozisyon kontrollerinin çok hassas olması gereken yerlerde diğer elektrik motorlarına göre daha avantajlı kullanım özelliklerine sahiptirler. Sargılarına uygun sinyaller gönderildiğinde motorun yapacağı hareketin ne kadar olacağı, motorun adım açısına bağlıdır. Adım açısı motorun yapısına bağlı olarak 90° , 45° , 18° , 7.5° , 2.5° , 1.8° veya daha değişik açılarda olabilir. Motora uygulanacak sinyallerin frekansı değiştirilerek motorun hızı kontrol edilebilir [3].

Adım motorlarının ilk çalışma ilkeleri 1930'lu yıllarda açıklanmıştır. Sonraları İngiliz ordusu tarafından kullanılmış ve daha sonra ABD ordusu tarafından ikinci dünya savaşında gemilere uyarlanmıştır [1]. 1944-1957 yılları arasındaki dönemde kapalı çevrim servo sistemleri ile yaygın bir kullanım alanı bulan adım motorları, katı hal elektroniğindeki gelişmeler sayesinde 1960'lı yıllarda konum kontrol sistemlerinde kullanılmaya başlanmıştır [1]. Daha sonraki zamanlarda sıklıkla bant sürücüler, imalat tezgâhları, yazıcılar, teyp sürücüler, tıbbi cihazlar, makine tezgâhları, dikiş makineleri, taksimetreler, kart okuyucular gibi cihazların yanında robot teknolojisinde de kullanılmaya başlanmıştır. Genel anlamda adım motorları; her türlü denetlenmiş hareket ve pozisyon gerektiren yerlerde, sayısal bilgileri mekanik harekete çeviren transdüserler olarak görev yapan bir endüstriyel eleman olarak teknolojik gelişmelerde yer almıştır [1-3].

Adım motorlarının seçiminde birçok kistas olmakla beraber en iyi seçim, ekonomikliğı, kapsamlı mekanik yapısı, yükün durumu ve elektronik sürücü devre ihtiyaçları göz önüne alınarak yapılır [4]. Analog sistemlerde, mikroişlemcilerden alınan sayısal işaretler ara cihazlar vasıtası ile analoga çevrilerek kullanılırken, adım motorları doğrudan sayısal işaretlerle çalışabilirler. Bu önemli özellik adım motorlarının bir avantajı kabul edilmektedir. Adım motorlarının bazı önemli avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir [1-4].

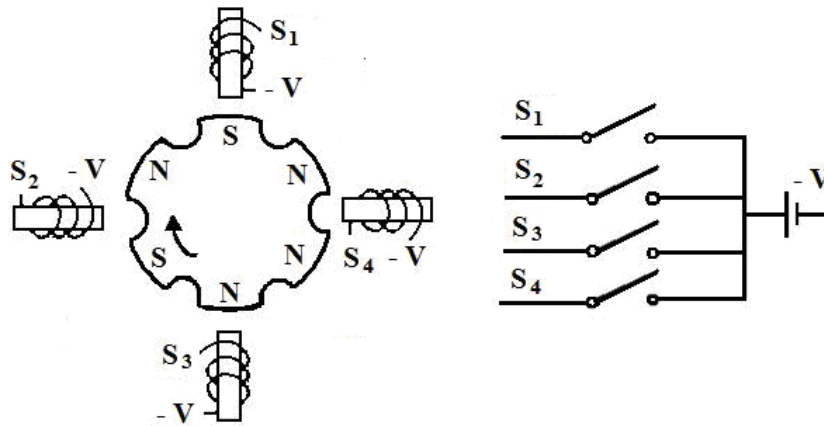
Avantajları;

- Adım motorlarında veriler sayısal olarak kullanıldığı için hem maliyet yönünden hem de çıkış hareketinin sayısal olması istendiğı alanlarda oldukça avantajlıdır

- Ucuz mikroişlemciler sayesinde kontrol işlemleri rahatlıkla yapılabilir
 - Basit yapıları yüzünden kullanışlıdır
 - Geri beslemesiz olarak çalıştırılabilir
 - Sayısal kontrol verilerine doğrudan ve hızlı cevap verirler
 - Çok geniş bir hız aralığında çalışabilirler
 - Hızlı ve sorunsuz olarak devreye giriş/çıkış yapabilirler
 - Frenlemelerde tutma torku özelliği çok iyidir
 - Düşük hızlarda çok iyi tork iletmeye kabiliyetleri vardır
 - Bakım maliyetleri düşük, bakımları kolay, arızalanma riski az motorlardır
 - Her ortamda iyi dayanım özellikleri vardır
 - Hassas kontrol uygulamalarında uygunlukları üst düzeydedir
 - Kullanımı için herhangi bir ayar gerektirmez
 - Adım motorlarının dönüş hızı belirli bir zaman içinde, girişlerine gelen palslerin darbe sayısı ile doğru orantılıdır
 - Adımlardaki hata sayısı çok düşüktür. Meydana gelen hata, kendinden sonra gelen hatayı etkilemez, sadece o adım için geçerlidir
 - Harekete geçmeye, durmaya ya da ters dönmeye hızlı yanıt verebilir
 - Darbe sinyallerinin frekansı ile orantılı olarak, geniş bir dönme hızı bölgesine sahiptir
 - Sayısal kontrol edilebilme özelliği nedeniyle bilgisayar kontrolüne çok yatkındır
 - Yükten bağımsız olarak çalışır ve yüke yeterli momenti sağlarlar
 - Isınma gibi olumsuzluklardan meydana gelen zararlar minimum düzeydedir
 - Hızı, programlama yoluyla ayarlanabilir ve kolayca kontrol edilebilir.
- Dezavantajları [1-4];
- Yüksek frekanslarda adım atlama meydana gelebilmektedir
 - Diğer motorlara kıyasla daha karmaşık bir sürücü devresine ihtiyaç duyarlar
 - Diğer motorlara kıyasla verimleri ve torkları daha düşüktür
 - Mikrostep türü dışındaki adım motorları düşük hızlarda salınım yaparlar.
 - Yüke aldırılmadan akım tüketirler
 - Boyutları sınırlıdır
 - Hız arttıkça ters orantılı olarak torkları azalır
 - Adım motorlar, kontrol çevrimi olmadan pozisyonlarını kaybedebilir veya atıl pozisyonda kalabilirler
 - Adım açıları sabit olduğundan hareketleri sürekli değil darbelidir
 - Elde edilebilecek güç ve moment sınırlıdır.

2.1. Adım Motorlarının Çalışma Prensipleri

Adım motorları, sayısal olarak yani H (high) ve L (low) (1 ve 0) bilgileriyle çalışırlar. Diğer elektrik motorlarında, motora enerji verildiği zaman enerji kesilene kadar sürekli olarak rotorları dönmektedir. Adım motorlarında durum bundan farklıdır. Bu motorlara giriş palsi uygulandığı zaman rotor belirtilen miktardaki açı kadar döner ve durur. Bu dönme, motorun yapısına göre belirli bir açı ile sınırlıdır. Devamlı dönmenin oluşması, palslerin arka-arkaya uygulanmasıyla mümkün olur. Anlatılan bu durum adım motorlarının genel çalışma prensibini oluşturur. Bir adım motorunun çalışma prensibi Şekil 2.1’de verilmiştir [1].



Şekil 2.1. Adım motoru ve anahtarlanması

Şekil 2.1’de görüldüğü gibi adım motoru, bir daire içinde elektromanyetik alanların dönüşü ile çalıştığı ifade edilebilir. 1 numaralı anahtar kapandığı zaman sabit mıknatıs birinci elektromanyetik alan ile aynı hizaya gelecektir. Bundan sonra 1 numaralı anahtar açılıp 2 numaralı anahtar kapatıldığı zaman sabit mıknatıs ikinci elektromanyetik alanın karşısına gelecektir. Bu olaylar sırasıyla tekrarlanırsa sabit mıknatıs yani rotor, bir daire içinde düzgün şekilde dönme hareketine devam edecektir [1].

Adım motoru dinamik açıdan incelendiğinde, her bir adımda mekanik olarak bir denge noktası olduğu görülmektedir. Motor hareket halinde kendisinin ve yükün atalet momentlerinin toplamı olan bir moment ile hareketi gerçekleştirir ve yeni bir denge noktasına ulaşır. Diğer bir ifade ile "x" denge noktasından "x+" denge noktasına ulaşmış olur. Motor bu hareketi sırasında boşta ise veya yük ataletinde bir düşüş meydana gelirse rotor yeni denge noktası civarında salınım yapar. Bu olay, yüksek hızlarda adım motorunun adım atlmasına veya stabil olmayan kontrol dışı hareket etmesine neden olur. Uygulamalarda adım motoru kullanılırken motor sargılarının endüktansına ve momentine dikkat edilmesi gerekir. Aşırı moment, motorun kontrol

dışı hareket etmesine neden olacağından moment değeri belirlenirken motorun maksimum momentinin %70'i ve hatta bu değerden biraz daha küçük bir moment değeri alınmalıdır [1].

2.2. Terimler

Adım Açısı (SA): Motor fazlarından biri uyarılmış durumdaysa motor, kararlı bir adım konumundadır. Bu fazın uyarıtımı kesilip yeni bir faz uyarılırsa rotor bir adım atacaktır. Bu adımın açısal olarak büyüklüğüne adım açısı denir [3].

Dönme Başına Adım (SPR): Bu 360° 'lik bir tam dönme için gerekli olan toplam adım sayısını gösterir [3].

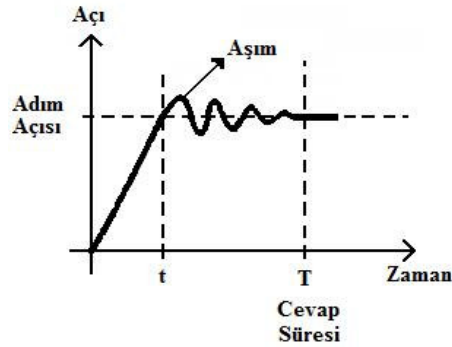
Saniye Başına Adım (SPS): Adım motorun 1 saniyedeki aldığı açısal adım sayısıdır.

Adım Doğruluğu: Bir adım açısının yüzdesidir ve pozisyon doğruluğu hassasiyetidir.

Artık Tork (Moment) : Yalnızca sürekli mıknatıslı adım motorlar için geçerli olan bu tanım, güç uygulanmazken durma halinde ortaya çıkan torktur.

Adım Cevabı: Bir fazın uyarıtımı kesilip yeni bir faz uyarıldığında rotor konumunun zamana göre bu değişimi adım cevabı olarak tanımlanır [1].

Aşım (Overshoot) : Adım motorunun durması esnasında sahip olduğu hız nedeniyle hemen duramayacak ve bir salınım yaparak Şekil 2.2'deki gibi sönümlü bir şekilde duracaktır. Bu şekilde oluşan salınımlara aşım (overshoot) denir [3].



Şekil 2.2 Açısal dönmede geçici rejim cevabı

Tork (Moment) - Atalet Oranı (TIR): Adım motoru için yararlılığın tanımıdır. Yüksek TIR, daha iyi adım cevabıdır.

Tutma Torku (Momenti): Motor sargısı enerjilendiği zaman motor milinin hareket etmesi için gereken moment değeridir [2].

Sürücü Devresi: Adım motorunun kontrolü için tasarlanmış elektronik devredir.

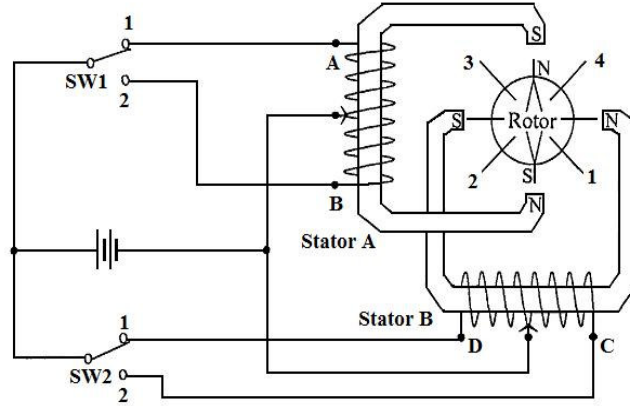
2.3. Adım Motoru Türleri

Yapısal olarak adım motorları 3 grupta incelenir.

1. Sabit (Permanent) mıknatıslı (PM)
2. Değişken (Variable) relüktanslı (VR)
3. Hybrid (Melez)

2.3.1. Sabit Mıknatıslı Adım Motorları

Sabit mıknatıslı (PM) adım motorları, sabit mıknatıslı bir rotordan ve sargılı bir statordan oluşurlar. Herhangi bir faz sargısı enerjilendiğinde, stator sargısında oluşan manyetik kutuplanmaya uyum sağlayacak şekilde rotor açısai bir dönme hareketi yapar. Statorun diğer faz sargıları da belli bir sıraya göre enerjilendiğinde sürekli bir dönme hareketi sağlanır. Statorun bir faz sargısına gerilim uygulandığında rotor bir adım hareketi gerçekleştirerek sabit bir pozisyonda kalır. Rotorun bulunduğu konumda üretilen momente "tutma momenti" denir. Rotoru bulunduğu konumdan koparmak için gerekli moment değeri de tutma momenti kadardır. Sabit mıknatıslı adım motoruna ait devre şeması Şekil 2.3'te verilmiştir. PM adım motorları rezonansa eğilimli olmaları ve maliyetlerinin yüksekliğinden dolayı kullanım alanları sınırlıdır. Bu motorlar oldukça düşük hareket süresi gerektiren kontrol sistemlerinde kullanılırlar [1, 2, 4].



Şekil 2.3. İki faz sargılı, rotoru iki kutuplu sabit mıknatıslı adım motoru

Sabit mıknatıslı adım motorları (PM) dört farklı grupta incelenir [4]. Bunlar:

- İki fazlı sabit mıknatıslı adım motoru
- Orta uçlu sargılara sahip sabit mıknatıslı adım motoru
- Disk tipi sabit mıknatıslı adım motoru
- Dört fazlı sabit mıknatıslı adım motorlarıdır.

2.3.2 Değişken Relüktanslı Adım Motorları

Değişken relüktanslı adım motorlar, adım motorların en basit tipi olarak kabul edilirler. Bu tip adım motorlarında rotor, çok kutuplu yumuşak demirden yapılmıştır. Rotor dişleri silindir eksenine paralel olacak şekilde açılmış oluklar şeklindedir. Dönme hareketi, rotor üzerindeki dişlerin elektromıknatıs olarak enerjilendirilen stator dişlerine doğru çekilmesiyle gerçekleşir. Değişken relüktanslı adım motorların başlama ve durma hareketleri sabit mıknatıslı adım motorlara göre daha hızlıdır. Çünkü değişken relüktanslı adım motorlarında rotor, boyut bakımından hem küçük hem de hafiftir.

Değişken relüktanslı adım motorlar iki kısma ayrılır:

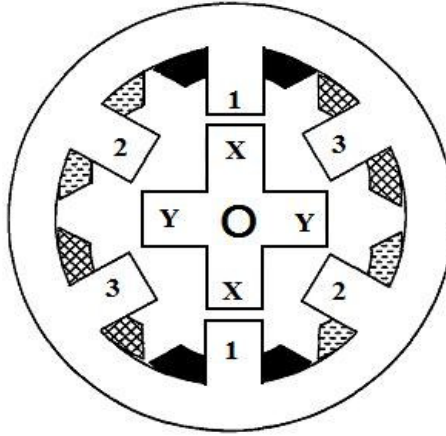
a) Tek parçalı değişken relüktanslı adım motorlar: Stator kutupları tek parçadan oluşan adım motorlardır. Stator ve rotorları tek dişli olarak yapılan adım motorlara tek parçalı VR adım motoru denir [1, 4].

b) Çok parçalı değişken relüktanslı adım motorları: Rotor 12 dişli olarak yapılmıştır. Stator ise her kutupta üç dişli olmak üzere dört kutuptan ve böylece 12 dişliden oluşmuştur [1,4].

Şekil 2.4'te adım açısı 30° olan değişken relüktanslı bir adım motorunun statorundaki 3 faz sargısının kesiti verilmektedir. Rotorda dört diş ve statorda altı kutup bulunmaktadır. X ile işaretlenen rotor dişleri, 1 numaralı faz sargısı enerjilendiği takdirde birinci sargıya doğru çekilirler. Bunun nedeni, sargının ve rotorun etrafında meydana gelen manyetik akıdır. Böylece rotor, üzerinde meydana gelen bir moment sayesinde en kısa akı yolu oluşacak şekilde enerjilenmiş bulunan sargıların hizasına doğru hareket eder. 1 no 'lu sargının enerjisi kapalı ve 2 no'lu sargının enerjisi açık tutulduğunda motor saat ibresi yönünde hareket edecektir. Böylece, Y ile işaretlenen rotor dişleri 2 no'lu sargıya doğru çekilir. Y ile işaretli rotor dişleri 2 no'lu sargının hizasına geldiğinde ise motor saat ibresi yönünde 30° lik açısal yol kat etmiş olacaktır. Saat ibresi yönünde sürekli bir hareket elde etmek için, stator çevresinde bulunan sargıların enerjisi sıralı bir şekilde açılıp kapanması gerekir. Tablo 2.1'de verilen kontrol sinyali sırası, Şekil 2.4'teki motoru saat ibresi yönünde 12 adım veya bir tur hareket ettirecektir [2].

Tablo 2.1. Adım açısı 30° olan değişken relüktanslı adım motorunun saat ibresi yönünde bir tur hareketi için uygulanması gereken kontrol sinyali sırası

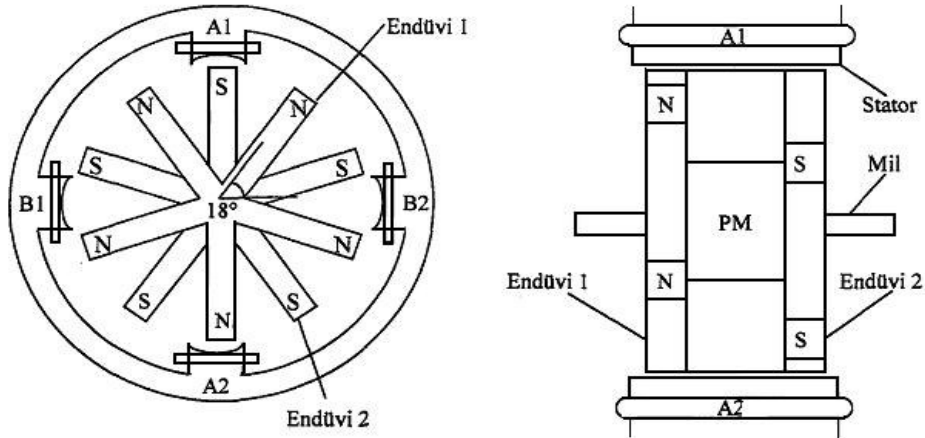
Sargı 1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1
Sargı 2	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0
Sargı 3	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0



Şekil 2.4. Değişken relüktanslı adım motorunun kesit görünüşü

2.3.3. Hibrit Adım Motorları

Hibrit adım motorunun çalışma prensibi hem sabit mıknatıslı adım motorunun hem de değişken relüktanslı adım motorunun çalışma prensibine dayanmaktadır [2].



(a) Hibrit adım motorunun kutuplarının görünüşü (b) Sabit mıknatısın armatürler arasında yerleştirilmesi

Şekil 2.5. Statoru dört, rotoru beş kutuplu hibrit adım motorunun prensip şeması

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi, hibrit adım motorlarında rotor, değişken relüktanslı adım motorundaki gibi çok dişlidir. Ayrıca rotorun mili çevresinde eksensel yol boyunca bir sabit mıknatıs vardır. Rotordaki dişler hava aralığında akı çizgilerinin geçmesi gereken yolları belirler. Hibrit adım motorunun karakteristiği, rotor üzerindeki konsantrik sabit mıknatıstan dolayı relüktanslı ve sabit mıknatıslı adım motorlarının karakteristiğinden farklıdır [2].

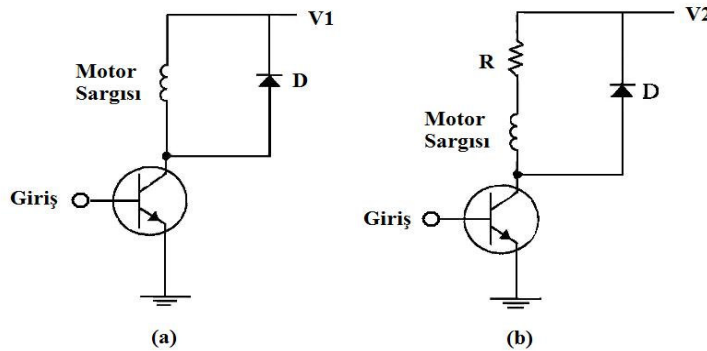
2.4. Adım Motorları Sürücü Devreleri

Adım motorlarının sürülmesinde iki temel noktaya dikkat etmek gerekmektedir. Bunlardan birincisi motorun bağlanacağı sürücü devresi, ikincisi ise bu sürücü devresi yardımıyla motorun doğru sargılarına gerekli tetiklemelerin iletilmesidir [4]. Temelde bir adım motorunun hareketi, bir adım konumundan diğerine, bir stator faz sargısından diğerine DC güç kaynağının anahtarlanması ile yapılır. Stator sargıların beslemek amacıyla kullanılan değişik birçok sürme devreleri mevcuttur. Bu sürme devreleri,

- Tek kutuplu (Unipolar) sürücü devreler
- İki kutuplu (Bipolar) sürücü devreler
- İki seviyeli (Bilevel) sürücü devreler
- Kıyıcı sürücü devreleri olarak 4 grupta toplanır [2].

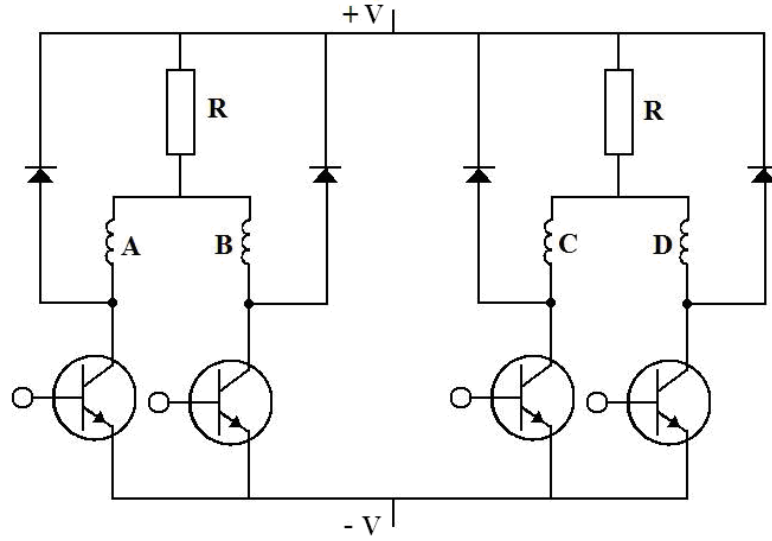
2.4.1. Tek Kutuplu Sürücü Devreler

Stator sargılarını sürmenin en basit ve en ucuz yolu Şekil 2.6(a)'da gösterildiği gibi tek bir sürücü transistor kullanmaktır. Transistor iletme girdiği zaman, kaynak gerilimi V_1 , nominal sargı akımını üretecektir. Diyot, transistor kesime geçtiği zaman adım motorunun sargısından dolayı meydana gelen ters yönlü akımların, transistöre zarar vermesini engeller [2].



Şekil 2.6. Tek stator sargısı için tek kutuplu sürme devreleri.

Yüksek hızlarda motor momentini arttırmanın en iyi ve yaygın yolu, her sargıya seri bir direnç bağlayıp kaynak gerilimini arttırmak yolu ile akımın nominal değere ulaşmasını sağlamaktır. Şekil 2.6(b)'de bu durum gösterilmektedir. Stator sargısına seri direnç eklemekten ibaret olan bu teknik, Şekil 2.7'de verilen standart tek kutuplu sürücü devrelerinde kullanılır. A ve B veya C ve D fazları hiçbir zaman aynı anda anahtarlanmadığından, her faz için ayrı direnç elemanları kullanarak maliyeti arttırıp, verimi azaltacağından her faz çifti için tek bir direnç kullanılması daha anlamlı olacaktır [2].

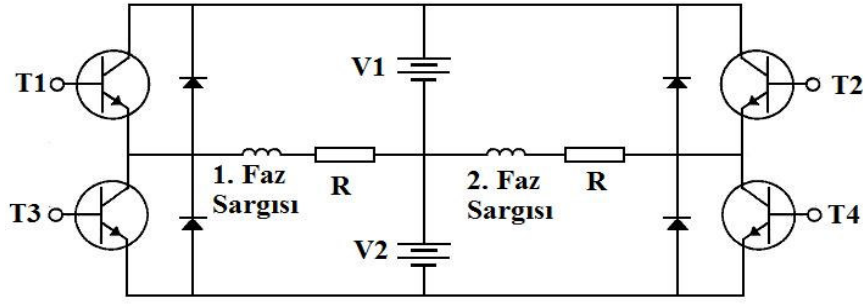


Şekil 2.7. Dört fazlı hibrit adım motoru için tek kutuplu sürücü devre

2.4.2. İki Kutuplu Sürücü Devreler

İki kutuplu sürücü devreler hibrit adım motorlarında veya sürekli mıknatıslı adım motorlarında kullanılmaya oldukça uygun sürücü devre türleri olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır [2].

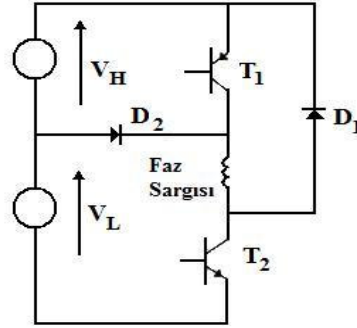
Bu tarz bir devre Şekil 2.8'de verilmiştir. Birinci faz sargısının enerjilenmesi incelenirse T1 taransistörü iletme girdiğinde V_1 kaynak geriliminin oluşturduğu sargı akımı birinci faz sargısı üzerinden soldan sağa doğru geçer. T3 iletme girdiğinde yine birinci faz sargısı üzerinden akım akacaktır fakat kaynak gerilimi V_2 'dir. Sargıdan geçen akımın yönü ise sağdan sola doğru olacaktır. Aynı olay ikinci faz sargısı içinde geçerlidir. Böylece dört transistor kullanmak yerine iki transistor kullanarak bir sargı üzerinden geçen akımın yönü değiştirilmiş olur [2].



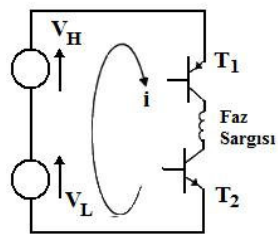
Şekil 2.8. İki kutuplu adım motoru için iki kutuplu sürücü devre.

2.4.3. İki Gerilim Seviyeli Sürücü Devreleri

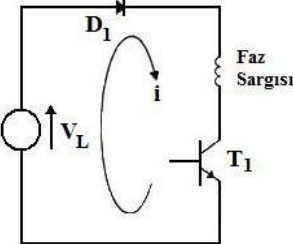
İki seviyeli sürme yönteminde iki besleme gerilimi vardır. Büyük gerilim (V_H) transistörler iletimde ya da kesimde iken kullanılır. Daha küçük gerilim (V_L) ise sürekli uyarımda akımın, akış değerinde kalmasını sağlar [2].



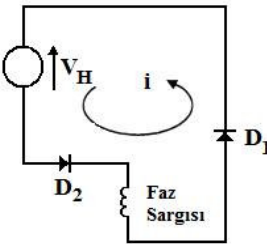
(a) Sürme devresi



(b) Transistörler iletimde



(c) Sürekli uyarım



(d) Transistörler kesimde

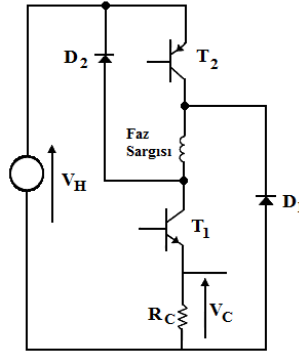
Şekil 2.9. İki gerilim seviyeli sürme devresi

Şekil 2.9(a)'da verilen devrede iki transistör de anahtarlandığında sargı uyarılır ve uygulanan gerilim iki besleme geriliminin toplamıdır yani $V_H + V_L$ 'dir. Bu devrede, akımı

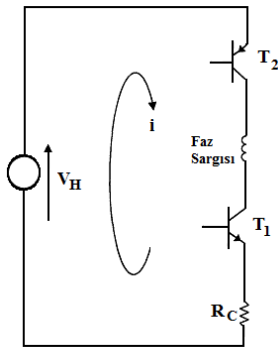
sınırlamak için seri direnç kullanılmamıştır. Bu yüzden akım, faz sargısının akımı için sınırlanmış değere kadar artmaya devam eder. Kısa süre sonra T_2 transistörü kesime geçer ve sargı akımı V_L besleme gerilimi üzerinden, V_H besleme gerilimiyle ters kutuplanmış D_2 diyotu ve T_1 transistörü üzerinden akar. Adım motorunun faz sargısının akım değeri V_L gerilimi tarafından sağlanır. Bu akımın değeri, V_L/R kadar olur. T_1 transistörünün iletim aralığında faz sargısı uyarıtımı sağlandıktan sonra, T_1 transistörü kesime girer ve akım sola doğru D_1 ve D_2 yolu üzerinden akmaya başlar. Besleme gerilimi V_H büyük olduğu için bu yol üzerinde akım hızla azalır [2].

2.4.4. Kıyıcı (Chopper) Sürücü Devreler

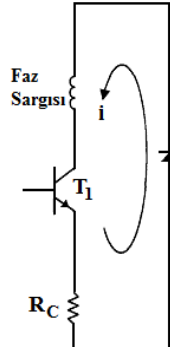
Kıyıcı tip sürücü devrelerinde akımın dolaşımı Şekil 2.10'da verilmiştir. T_2 transistörünün baz devresi küçük R_C direncinden oluşan V_C gerilimiyle kontrol edilir. Faz sargısına uyarıtım işareti verildiğinde T_1 transistörü anahtarlanır. Faz akımının başlangıç değeri sıfır olduğu için R_C üzerinde gerilim düşümü yoktur ve T_2 transistörü de anahtarlanır. Böylece besleme gerilimi direk faz sargısına uygulanmış olur [2].



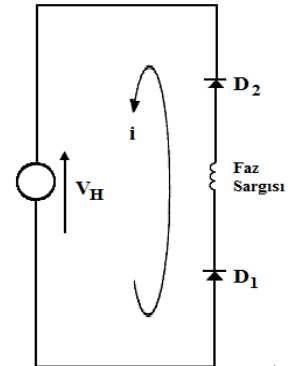
(a) Kıyıcı devre



(b) Akım, sınır değerinden küçük



(c) Akım, sınır değerinden büyük



(d) Transistör kesimde

Şekil 2.10. Kıyıcı devre ve uyarıtım aralığındaki değişken devre şekilleri.

Faz akımı, belirlenmiş değerine ulaşıncaya kadar hızla artar. Bunun doğal sonucu olarak kontrol gerilimi $R_{CI} + e$ olur ve bu değer T_2 transistörünü kesime götürür. Bu sırada faz sargısına hiçbir gerilim uygulanmamıştır ve akım, R_e ve D_1 diyotunun oluşturduğu yoldan hızla ters yönde akmaya başlar. Kontrol gerilimi $R_{CI} - e$ değerine düştüğü zaman T_2 transistörü tekrar ilettime geçer. Toplam besleme gerilimi sargıya uygulanır ve akım belirlenmiş değer üstüne doğru hızla yükselir. Bu çevrim uyarım zamanına ulaşıncaya kadar devam eder. On-Off kapalı döngü kontrolüyle sargı akımı belirlenmiş değer etrafında sürekli şekilde kalır. Uyarım aralığının sonunda transistörlerin her ikisi de kesime gider ve akım serbest olarak D_1 ve D_2 diyotları üzerinden akar, hızla sıfıra doğru düşer. Transistörler kesimdeyken enerjinin büyük bölümü sargı indüktansında depolanır ve bu enerji beslemeye dönüşerek sistem için yüksek verim sağlanmış olur [2].

2.5. Adım Motorlarının Uyarımları

Adım motorlarının uyarımları,

- Tek faz tam adım
- İki faz tam adım
- İki faz yarım adım uyarım olarak üç şekilde yapılır [.

2.5.1. Tek Faz Tam Adım Uyarımı

Bu uyarımda motor sargılarından sadece birine lojik-1 uygulanırken, diğer sargılara lojik-0 seviyesine çekilerek pasif kalmaları sağlanmış olur. Bu olay sürekli döngü şeklinde tüm faz sargılarında gerçekleştirilir [5]. Adım motorunun sırasıyla sargıları uyarıldığında motor her uyarımda bir adım kadar ilerleyecektir [3]. Tek faz kullanıldığı için bu uyarımda motorun torku, eş zamanlı birden çok sargı uyarılan diğer uyarım türlerine göre düşüktür. Tablo 2.2’de 4-fazlı adım motoru için tek faz tam adım uyarım sırasındaki fazların durumu verilmiştir. Uyarım dönüş yönüne bağlı olarak sıra ile yapılır [5, 6].

Tablo 2.2. 4-fazlı adım motoru için tek faz tam adım uyarım tablosu

Adım Sayısı	Bobin 1	Bobin 2	Bobin 3	Bobin 4
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

2.5.2. İki Faz Tam Adım Uyartımı

Motor sargılarının ikisinin sıra ile aynı anda uyartılması ile yapılır. Tablo 2.3’de 4-fazlı adım motoru için iki faz tam adım uyartım sırasındaki fazların durumu gösterilmiştir. İki faz uyartımında rotorun geçici durum tepkisi tek faz uyartımlıya göre daha hızlıdır. Bununla beraber devrenin harcadığı güç iki katına çıkmaktadır [3, 5, 6].

Tablo 2.3. 4-fazlı adım motoru için iki faz tam adım uyartım tablosu

Adım Sayısı	Bobin 1	Bobin 2	Bobin 3	Bobin 4
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

2.5.3. İki Faz Yarım Adım Uyartımı

Bu uyartım yönteminde tek faz uyartımı ile iki faz uyartım ardı ardına uygulanır. Burada rotor her bir uyartım sinyali için yarım adımlık bir hareket yapmaktadır. Tablo 2.4’te fazların uyartım sırası görülmektedir. Bu uyartım metodunda adım açısı yarıya düştüğünden adım sayısı iki katına çıkmaktadır. Adım motoru yarım adım sürüldüğünde iki kat hassas hareket kontrolü sağlanabilir. Ancak motorun torku ortalama %50 düşmektedir [3-6].

Tablo 2.4. 4-fazlı adım motoru için iki faz yarım adım uyartım tablosu

Adım Sayısı	Bobin 1	Bobin 2	Bobin 3	Bobin 4
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0
5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

3. DTMF

DTMF esas olarak Amerikan ordusu için Bell telefon laboratuvarlarında geliştirilmiş bir kodlama sistemidir. Daha sonra telefon şebekelerinde bilgi yollamanın güvenli yolu olarak tercih edilmiş ve telefon abonesinin, santrale aradığı abone ile ilgili bilgileri ilettiği standart yöntem olarak günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı frekansta iki sinüzoidal işaret cebirsel olarak toplanır. Herhangi bir tuşa basıldığında o tuşa ait iki farklı frekansta sinyal üretilir. Bu sinyallerden düşük frekanslı olanı basılan tuşun hangi satırda yer aldığını, yüksek frekanslı olanı da hangi sütunda bulunduğunu belirtir. Bir frekans diğerinin herhangi bir katı değildir ve iki frekansın toplamı listedeki herhangi bir frekansı vermeyecek şekildedir. Frekanslar 21/19 oranına göre tasarlanmıştır. Ton frekansları harmoniklerden ve diğer bozucu girişlerden etkilenmeyecek şekilde seçilmişlerdir [7]. Bir DTMF alıcısı ton frekanslarını +/- %1.5 hata toleransı ile algılamalı ve vericiden gelen tonlar +/- %3.5 hata toleransı içerisinde kalmalıdır. DTMF sinyalleri iki ton arasında bir şiddet seviyesi olduğunda dahi algılamada hata yapmamalıdır [8].

Tonlu telefon aramasında kullanılan DTMF'nin bugünkü versiyonu ITU-T'nin Q.23 önerisi ile Touch-Tone ismiyle standartlaştırılmıştır. Diğer çoklu frekans sistemleri telefon ağlarının dâhili bilgi alışverişinde kullanılmaktadır. Ayrıca DTMF'nin bant dâhili sinyallendirme metotları, kablolu televizyonlarda istasyonların ulaşılamaması durumunda konulacak reklamların başlangıç ve bitiş noktalarının tayin edilmesinde de kullanılmaktadır.

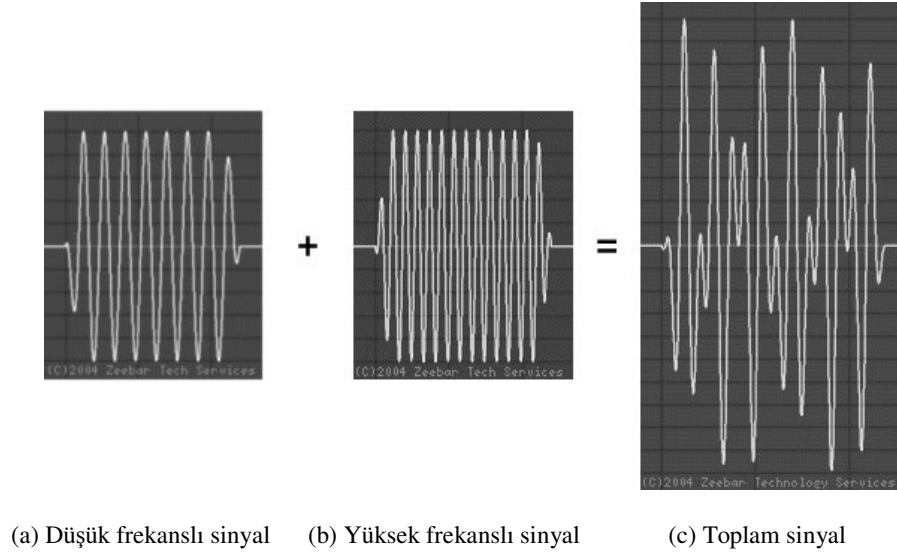
DTMF tuş takımı, her sütunu bir alt frekans temsil eden ve her satırı da bir üst frekans temsil eden 4x4'lük bir matristen oluşmaktadır (Tablo 3.1). Herhangi bir tuşa basıldığı zaman, devre çıkışından hat üzerine iki frekanslı bir sinüs işareti düşmektedir. Orijinal tuş takımlarında bir tuşa basıldığı zaman iki kontağı aktifleştiren bir çengel sistemi mevcuttur [7, 8].

Tablo 3.1 DTMF tuş takımı frekansları

	1209 Hz	1336 Hz	1477 Hz	1633 Hz
697 Hz	1	2	3	A
770 Hz	4	5	6	B
852 Hz	7	8	9	C
941 Hz	*	0	#	D

Tablo 3.2 Hat bildiri sinyalleri

Olay	Alt Frekans	Üst Frekans
Meşgul Sinyali	480 Hz	620 Hz
Arama Sinyali	350 Hz	440 Hz

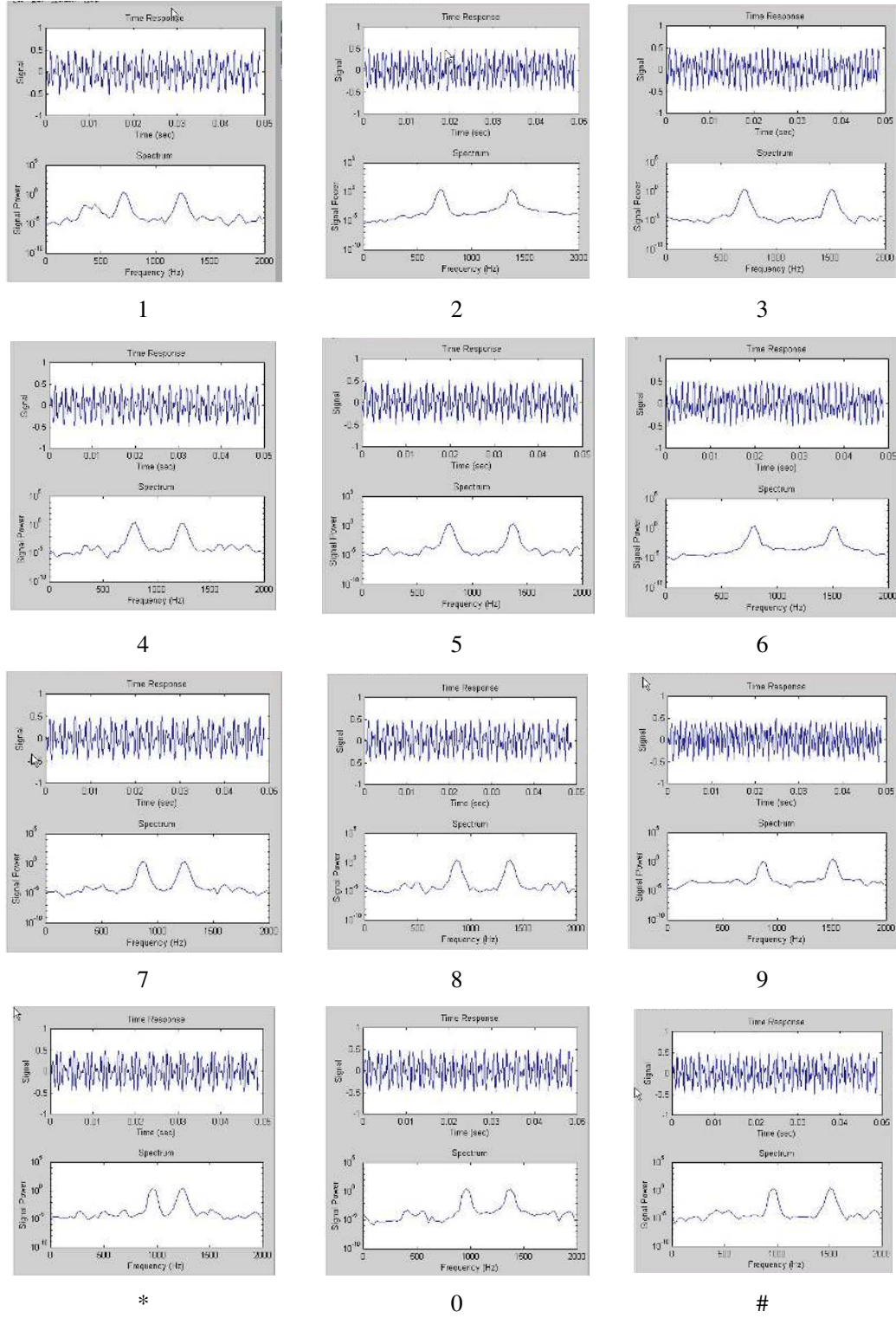


Şekil 3.1. DTMF 1 tonunun iki frekanslı işaretlerle elde edilmesi

Şekil 3.1’de DTMF 1 tonunun oluşumu verilmiştir. DTMF 1 tonu, 697 Hz’lik düşük frekanslı sinyal ile 1209 Hz’lik yüksek frekanslı sinyalin toplanmasıyla oluşur. Şekil 3.2’de 3x4’lük tuş takımının DTMF sinyallerinin zaman ve frekans cevapları gösterilmiştir. Görüleceği üzere cevaplar birbirlerinden oldukça farklılık göstermektedirler. Böylece tuş tonlarının kullanımındaki karışıklık önlenmiştir [9].

3.1. DTMF ile Uzaktan Cihaz Kontrolü

DTMF sayesinde, günümüzde otomasyon sistemindeki gelişmeler ve cihaz kontrolleri hem maliyet hem de kullanılabilirlik açısından büyük aşamalar kaydetmiştir. DTMF tekniği ile hazırlanan devreler sayesinde uzaktan cihaz kontrolleri ile büyük kolaylıklar sağlanmaktadır. DTMF sinyallerinin algılanıp kodunun çözülmesinde çok değişik yöntemler kullanılmaktadır. Filtre, entegre olarak üretilen kod çözücüler, DSP sayısal işaret işlemcileri bunlardan bazılarıdır oluşturmaktadır [7].



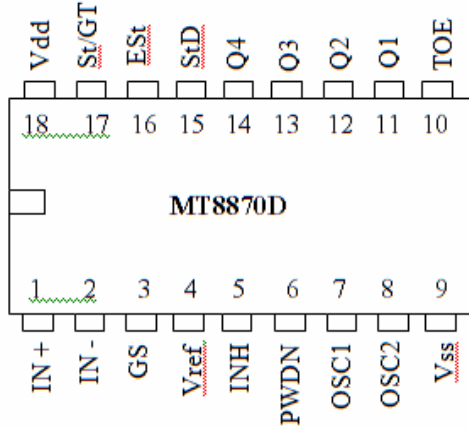
Şekil 3.2. 3*4' lük tuş takımında DTMF sinyallerinin zaman ve frekans cevapları

3.2. DTMF Alıcı Entegreleri

Uygulamalarda en çok kullanılan DTMF alıcı entegreleri MT8870D, CM8870, KT3170 gibi entegrelerdir. Bu entegrelerin bacak bağlantıları ve özellikleri benzerlik gösterse de bazı teknik özellikler yönünden birbirlerinden farklıdırlar. Bu entegreler, telefon alıcılarında, mobil radyolarda, kredi kartı sistemlerinde, uzaktan kontrol sistemlerinde, telefon cihazlarında, kişisel bilgisayarlarda, sayfalama sistemleri gibi birçok alanda kullanılır.

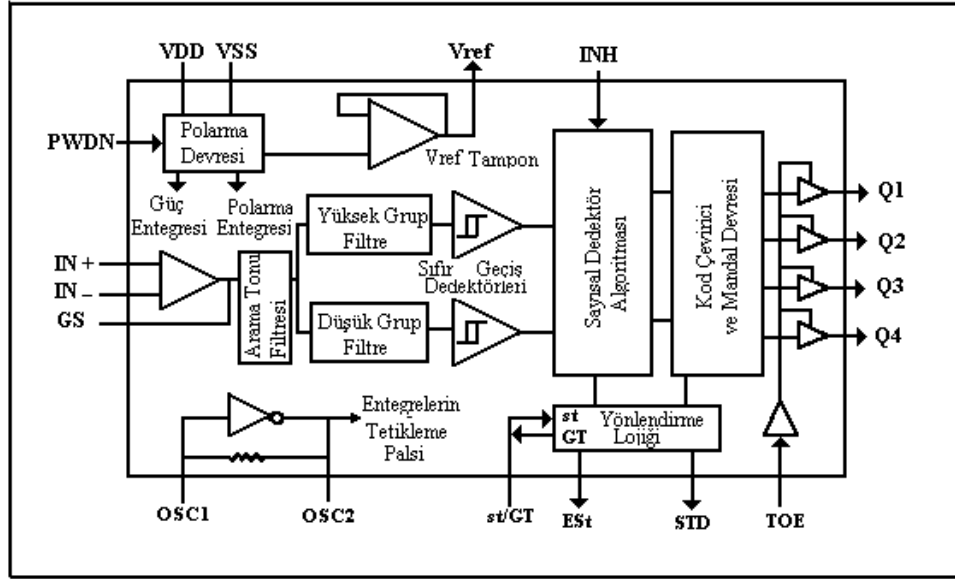
3.2.1. MT8870D DTMF Alıcı Entegresi

MT8870D ve MT8870D-1 DTMF alıcısı MITELE firması tarafından CMOS teknolojisi ile üretilmiştir. Küçük boyutlu olup, düşük güç tüketimi, yüksek performans, dâhili kazanç ayarlaması, ayarlanabilir koruma zamanı vb. özelliklere sahiptir. Harici eleman sayısı, entegrenin girişindeki fark yükseltici, osilatör ve 3 durumlu anahtar yardımı ile en aza indirilmiştir [10].



Şekil 3.3. MT8870D bacak bağlantıları

Şekil 3.3'te sık kullanılan DTMF alıcısı entegresi MT8870D'nin bacak bağlantı uçları, Şekil 3.4'te MT8870D'nin iç yapısının blok diyagramı gösterilmiştir. Tablo 3.3'te ise MT8870D'nin bacak fonksiyonları verilmiştir. Bu entegreye bağlanması gereken harici elemanlar diğer DTMF kod çözücü entegrelerinde olduğu gibi; 3.579545 MHz kristal osilatör, dirençler ve kondansatörlerden oluşmaktadır [10].



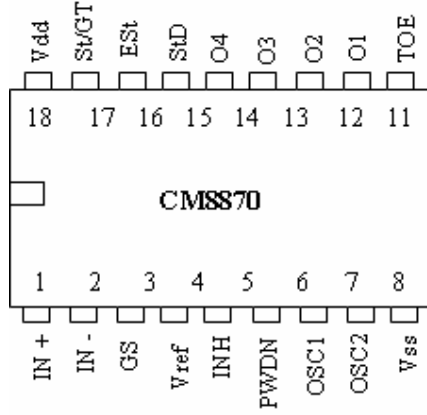
Şekil 3.4 MT8870D'in iç yapısının blok diyagramı

Tablo 3.3 MT8870D'nin bacak fonksiyon tablosu

Bacak	Bacak Adı	Açıklamalar
1	IN+	Terslemeyen giriş
2	IN -	Tersleyen giriş
3	GS	Kazanç seçme ucu
4	V _{ref}	Referans gerilim çıkışı
5	INH	Yetki girişi ucu
6	PWDN	Lojik 1'dir.
7	OSC1	Clock girişi
8	OSC2	Clock çıkışı
9	Vss	Şase
10	TOE	Üç durumlu latch yetkisi
11- 14	Q1-Q4	Data çıkış uçları
15	StD	Ton alındığında lojik 1 olur.
16	ESt	Sayısal algoritma algılandığında lojik 1 olur.
17	St/GT	GT çıkışı dış zamanlayıcı sabitlerini resetler.
18	Vdd	+5 V DC besleme ucu

3.2.2. CM8870 DTMF Alıcı Entegresi

CM8870 entegresi, genel olarak MT8870D entegresinin özelliklerine sahiptir. Şekil 3.5’de CM8870’nin bacak bağlantı uçları, Tablo 3.4’te de CM8870’nin bacak bağlantı fonksiyon tablosu verilmiştir [11].



Şekil 3.5. CM8870 bacak bağlantıları

Tablo 3.4. CM8870’nin bacak fonksiyon tablosu

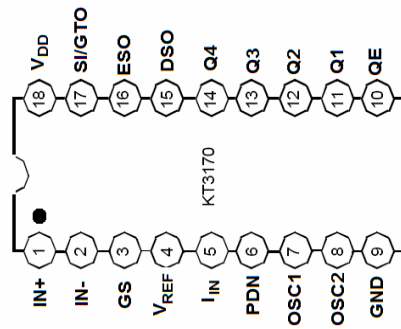
Bacak No	Bacak Adı	Açıklamalar
1	IN+	Terslemeyen giriş
2	IN -	Tersleyen giriş
3	GS	Kazanç seçme ucu
4	V _{ref}	Referans gerilim çıkışı
5	INH	Yetki girişi ucu
6	PWDN	Lojik 1’dir.
7	OSC1	Clock girişi
8	OSC2	Clock çıkışı
9	Vss	Şase
10	TOE	Üç durumlu latch yetkisi
11- 14	Q1-Q4	Data çıkış uçları
15	StD	Ton alındığında lojik 1 olur.
16	Est	Sayısal algoritma algılandığında lojik 1 olur.
17	St/GT	GT çıkışı dış zamanlayıcı sabitlerini resetler.
18	Vdd	+5 V DC besleme ucu

Tablo 3.5. CM8870'in tuşlara göre çıkış durumları

ALÇAK FREKANS	YÜKSEK FREKANS	TUŞ	DURUM	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1209	0	H	1	0	1	0
941	1336	.	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	0
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0

3.2.3. KT3170 Alıcı Entegresi

Bu entegre, düşük güç CMOS ve Anahtarlama Kapasite Filtresi teknolojisi ile üretilmiştir. Alınan tonlara göre oluşan bilgiyi çıkışa göndermeden önce süre ve frekansları hesaplayan filtrelere sahiptir. Harici eleman olarak sadece entegre içerisindeki saat jeneratörü için bir kristal gerekmektedir. Entegrenin bacak bağlantıları Şekil 3.6'da verilmiştir. Tablo 3.6'da bacak fonksiyon özellikleri, Tablo 3.7'de ise durum tablosu gösterilmiştir [12].

**Şekil 3.6.** KT3170 entegresinin bacak bağlantıları

Tablo 3.6. KT3170 bacak fonksiyon tablosu

Bacak No	Bacak Adı	Açıklamalar
1	IN+	Terslemeyen giriş
2	IN -	Tersleyen giriş
3	GS	Kazanç kontrolü çıkışıdır ki, bu bacak ile giriş arasına belirli değerlerde bir geri besleme direnci takılarak giriş kazancı kontrol
4	V _{REF}	Opamp'ın kutuplama voltajı girişidir. ($V_{opamp} = V_{DD}/2$)
5	I _{IN}	Giriş tutucu. Eğer yüksek değerlerde giriş değeri alır ise girişlere gelen değerler yok sayılır. Dahili pull-down direncine sahiptir.
6	PDN	Kontrol girişi. Yüksek giriş değeri Power-Down modunu etkinleştirir
7	OSC1	Clock girişi
8	OSC2	Clock girişi
9	GND	Şase
10	QE	Output Enable bacağıdır. Yüksek değerlerde ise çıkışlar push-pull CMOS çıkışı olur. Alçak değerlerde ise yüksek empedans özelliği gösterir. Dahili pull up direncine sahiptir.
11-14	Q1-Q4	Çıkış uçları
15	DSO	DSO yani Delayed Steering Output'tur. Eğer giriş işareti, gerekli standart minimum zaman zarfında gelmeye devam etmiş ise bu bacak lojik 1 çıkışı üretir. Lojik 0 değerine geri dönmesi için SI/GTO bacağına V _{TH} 'ın altına düşmesi beklenir (V _{TH} = Threshold eşik voltaj değeri).
16	ESO	ESO yani Early Steering Output'tur. Eğer alınan sinyal herhangi bir kayıtlı frekans değeriyle eşleşirse aniden lojik 1 değerini alır. Geri lojik 0'a düşmesi için sinyalin değişmesi yeterlidir.
17	SI/GTO	SI/GTO yani Steering Input/Guard Time Output bacağıdır. Bu bacakta eşik değerinden yüksek bir voltaj görülürse giriş uçlarındaki bilgi okunarak çıkış oluşturulur. Eşiğin altındaki bir voltaj değeri cihazın hafızasını temizler ve yeni bir giriş için hazır duruma sokar. GTO çıkışı ise ESO ve SI'nın bir fonksiyonu olarak
18	V _{DD}	Besleme bacağı.

Tablo 3.7. KT3170 entegresinin durum tablosu

No	A.Frekans	Ü.Frekans	OE	Q4	Q3	Q2	Q1
1	697	1209	1	0	0	0	0
2	697	1336	1	0	0	0	1
3	697	1477	1	0	0	1	0
4	770	1209	1	0	0	1	1
5	770	1336	1	0	1	0	0
6	770	1477	1	0	1	0	1
7	852	1209	1	0	1	1	0
8	852	1336	1	0	1	1	1
9	852	1477	1	1	0	0	0
0	941	1209	1	1	0	0	1
*	941	1336	1	1	0	1	0
#	941	1477	1	1	0	1	1
A	697	1633	1	1	1	0	0
B	770	1633	1	1	1	0	1
C	852	1633	1	1	1	1	0
D	941	1633	1	1	1	1	1
Diğer	-	-	0	0	0	0	0

4. MİKRODENETLEYİCİLER

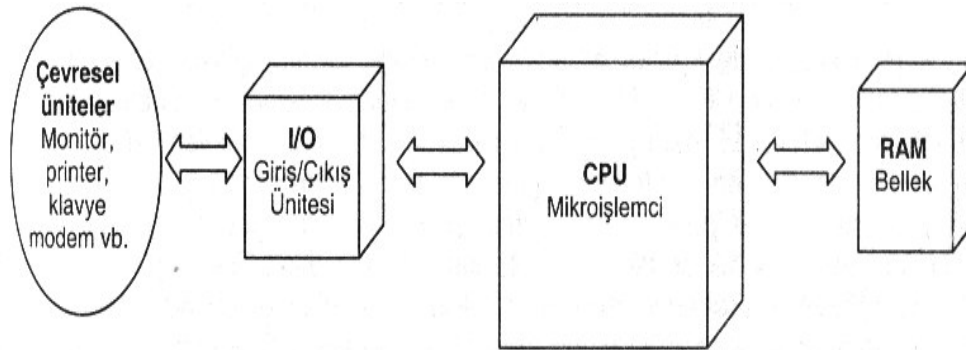
Teknolojinin gelişimi ile kullanımı artan cihazların birçoğunda mikrodenetleyiciler kullanılmaktadır. Trafik ışıklarından fotoğraf makinelerine kadar çok değişik alanlarda mikrodenetleyiciler tercih edilmektedir. Mikrodenetleyiciler, hem maliyet açısından hem de çok fazla özellik gerektirmeyen uygulamalarda kullanılmasının avantajları açısından mikroişlemcilerle göre tercih edilmektedirler. Mikrodenetleyicilerin günümüzde en çok kullanılan türleri PIC mikrodenetleyicileridir.

4.1. Mikroişlemciler

Mikroişlemciler bilgisayar programlarının yapmak istediği tüm işlemleri yerine getirdiği için, çoğu zaman merkezi işlem ünitesi (CPU- Central Processing Unit) olarak da adlandırılırlar. Kişisel bilgisayarlarda kullanıldığı gibi, bilgisayarla kontrol edilen sanayi tezgahlarında ve bazı ev aygıtlarında da kullanılır. Bir mikroişlemci işlevini yerine getirebilmesi için aşağıdaki yardımcı elemanlara ihtiyaç duyar [13]. Bunlar:

1. Giriş (Input) ünitesi.
2. Çıkış (Output) ünitesi.
3. Bellek (Memory) ünitesidir

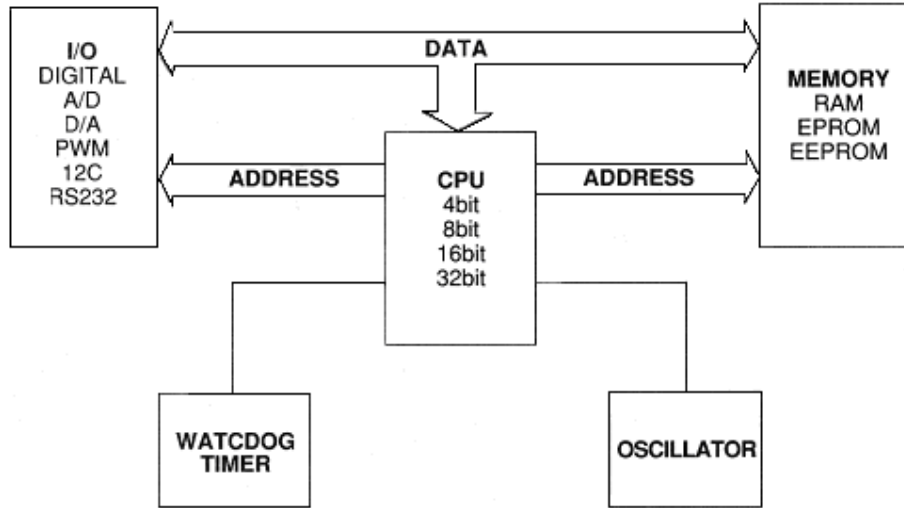
Bu üniteler, CPU'nun dışında, bilgisayarın ana kartı üzerinde farklı entegrelerden veya elektronik elemanlardan oluşurlar. Aralarındaki iletişimi veri yolu (Data bus) ve adres yolu (Address bus) denilen iletim hatları gerçekleştirir. Intel, Cyrix, AMD, Motorola mikroişlemci üreticilerden birkaçıdır. Bir mikroişlemcinin blok diyagramı Şekil 4.1'de gösterildiği gibidir [13].



Şekil 4.1. Mikroişlemci blok diyagramı

4.2. Mikrodenetleyiciler

Bir bilgisayar içerisinde bulunması gereken temel bileşenlerden RAM, I/O ünitesinin tek bir chip içerisinde üretilmiş biçimine mikrodenetleyici denir. Mikrodenetleyiciler, mikroişlemcilerle göre basit ve ucuzluğunun yanında kullanım kolaylığı ile ön plana çıkmaktadır. Günümüzde mikrodenetleyiciler, otomobillerde, kameralarda, cep telefonlarında, fax-modem cihazlarında, fotokopi, radyo, TV, bazı oyuncaklar gibi sayılamayacak kadar çok alanda kullanılmaktadırlar. Üretilen mikrodenetleyicilere her firma değişik isim vermektedir. Örneğin Microchip firması PIC, Intel firması 8051 (MCS-51), Atmel firması AT90S8535, Motorola firması 68HC11 gibi isimler vermiştir. Şekil 4.2’de bir mikrodenetleyicinin blok diyagramı verilmiştir [13].



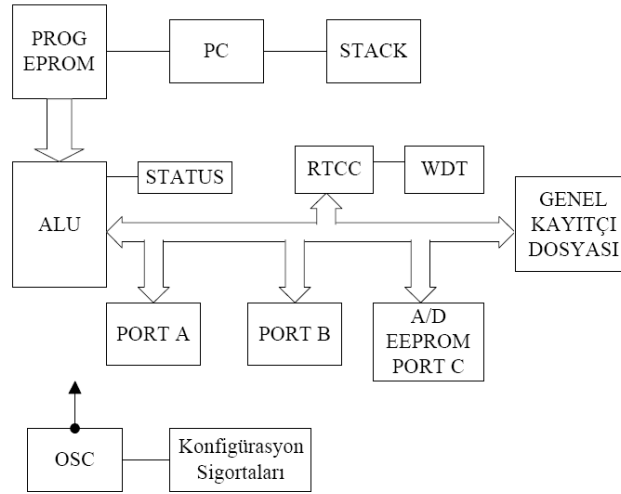
Şekil 4.2. Mikrodenetleyici blok diyagramı

4.3. Mikroişlemciler ile Mikrodenetleyicilerin Karşılaştırılması

Mikroişlemci ile kontrol edilecek bir sistemi kurmak için en azından CPU, RAM, I/O üniteleri bulunmalıdır. Bu ünitelerin arasındaki veri alış verişini sağlamak için veri yolu (data bus) gerekmektedir. Bu üniteleri yerleştirmek için de ayrıca baskılı devreye ihtiyaç olacaktır. Mikrodenetleyici ile kontrol edilecek sistemde ise yukarıda saydığımız ünitelerin yerine geçecek tek bir entegre (mikrodenetleyici) ve bir de devre kartı kullanmak yetecektir. Tek entegre kullanarak elektronik çözümler üretmenin maliyetinin daha düşük olacağı kesindir. Ayrıca da kullanım ve programlama kolaylığı da mikrodenetleyicilerin bir diğer avantajıdır [13].

4.4. PIC Mikrodenetleyiciler

PIC, (Peripheral Interface Controller/Çevresel Üniteleri Denetleyici Arabirim) kelimelerin baş harfleri ile isimlendirilen mikrodenetleyicidir. Çevresel üniteler ile giriş-çıkış elemanlarının denetimini çok hızlı yapabilecek şekilde RISC mimarisi kullanılarak tasarlanmıştır.



Şekil 4.3 Temel PIC blok diyagramı

Bir uygulama geliştirilirken seçilecek mikrodenetleyicinin tüm istekleri karşılayabilme yeteneğine, maliyetine, mikrodenetleyicinin bir yazılım ile simülasyonunun yapılabilirliğine dikkat edilmesi gerekir. Tüm bu özellikler dikkate alındığından PIC mikrodenetleyicileri aşağıda sıralanacak üstünlüklerden dolayı önem kazanırlar [2].

- PIC mikrodenetleyici yazılımını Microchip'in internet adresinden ücretsiz olarak temin edilebilir
- PIC mikrodenetleyicileri düşük maliyetlidir
- PIC mikrodenetleyicileri basit elemanlar ile oluşturulacak donanım kartı kullanılarak programlanabilir
- Sayısal uygulamalarda hızlı ve pratiktir
- Bellek ve veri için ayrı yerleşik işlem yolları vardır
- Herhangi bir ek bellek veya giriş/çıkış elemanı gerektirmeden sadece 2 kondansatör ve bir direnç ile çalışabilir
- Yüksek frekanslarda çalışabilme özelliği vardır
- Uyku modu (Sleep Mode) durumunda çok düşük akım çeker
- Kesme kapasitesine sahiptir.

PIC mikrodnetleyiciler, hazır paket programlar kullanılarak programlanabileceği gibi, Assembly komutları ile de programlanabilirler. PIC Assembly dili toplam 35 komuttan oluşan programlama dilidir [2, 14, 15].

4.5. PIC Mikrodnetleyicilerin Donanım Özellikleri

Mikrodnetleyiciler kendi içerisindeki dâhili veri saklama alanları (registerler) arasındaki veri alış-verişini farklı sayıdaki bit'lerle yaparlar. Bir mikrodnetleyicinin dâhili veri uzunluğuna kelime boyu denir. PIC mikrodnetleyicileri 12, 14 ve 16 bit'lik kelime uzunluğuna sahiptir [14, 15].

Mikrodnetleyicilerin harici birimlerle veri alış-verişi yaptıkları bit sayısına veri yolu bit sayısı denir. PIC'ler farklı kelime boylarında üretilmiş olmalarına rağmen harici veri yolu tüm PIC mikrodnetleyicilerde 8 bit'tir. PIC mikrodnetleyici giriş-çıkış portu aracılığıyla çevresel ünitelerle veri alış-verişini yaparken 8 bit'lik veri yolunu kullanır [14, 15].

PIC mikrodnetleyicilerini programlarken özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu özellikler PIC'in bellek kapasitesi, giriş-çıkış port sayısı, A/D dönüştürücü, kesme (Interrupt) fonksiyonları, bellek tipi vb. olarak sıralanabilir. Belirtilen bu özelliklere üretici firma tarafından hazırlanan ürün özellik kataloglarından ulaşılabilir. PIC Mikrodnetleyicileri farklı paketler içerisinde piyasaya sürölür [14, 15].

Standart DIP (Dual In-Line Package) olarak paketlenmiş olanlar 7,62 mm genişliğinde ve her iki tarafında 2,54 mm aralıklarla yerleştirilmiş bacaklar bulunmaktadır. DIP paketli olanların dışında seramik paketli ve cam pencereci olanları da mevcuttur [14, 15].

4.6. PIC Mikrodnetleyicilerin Sınıflandırılması

PIC mikrodnetleyici, farklı özellikler dikkate alınarak beş ayrı sınıfta toplanmışlardır. Bu sınıflandırma, mikrodnetleyici komut setleri, bellek yapıları (Flash/OTP), bacak (pin) sayıları göz önüne alınarak bir sonraki sayfada 4.6.1-4.6.5 başlıkları ile verildiği gibi yapılmıştır [16].

4.6.1. PIC12CXXX / 12FXXX Ailesi

Bu aile RISC mimarisine sahip 8 bacaklı DIP veya yüzey montajı paketlerinde imal edilen mikrodnetleyicilerden oluşmaktadır. 12 ve 14 bit uzunlukta komut setine sahip değişik entegreler mevcuttur. 2.5 V gerilimde çalışabilme özellikleri, kesme özellikleri, A/D çevirici özellikleri, flash, ROM veya OTP özellikleri, EEPROM veri belleği özelliklerinden dolayı düşük maliyetleriyle küçük uygulamalarda sıkça kullanılan mikrodnetleyicilerdir [16].

4.6.2. PIC16C5X Ailesi

12 bitlik komut setine sahiptir. Oldukça kısıtlı özellikleri olan bu mikrodnetleyicilerin en büyük özellikleri ucuz olmaları ve 2V kadar düşük gerilimlerde çalışabilmeleridir. Ayrıca bu ailenin 16HVCXX mikrodnetleyicileri direkt 15 V ile de çalışabilmektedirler [16].

4.6.3. PIC16CXXX / PIC16FXXX Ailesi

PIC mikrodnetleyiciler içinde en yaygın olarak kullanılan ailedir. Seri haberleşme, A/D çevirim, PWM, analog karşılaştırıcı, zamanlayıcılar, 8 kesmeye imkan vermesi gibi birçok özelliğe sahip olmaları en önemli özellikleridir. 18 bacadan 68 bacaklıya kadar birçok değişik kılıfta ve farklı özelliklerde mikrodnetleyici bu gruba dâhildir. PIC16F877A bu ailenin sadece 68 bacaklı üyelerinde bulunan doğrudan LCD sürme özelliği dışında tüm özelliklerini barındırmaktadır [16].

4.6.4. PIC17CXXX Ailesi

Microchip'in ilk 16 bit komut setine sahip 8 bitlik mikrodnetleyicisidir. Bu mikrodnetleyici sadece OTP ve ROM bellek olarak üretilmiştir. PIC18XXX serisinin üretilmesi ile popülerliğini kaybetmiştir [16].

4.6.5. PIC18FXXX Ailesi

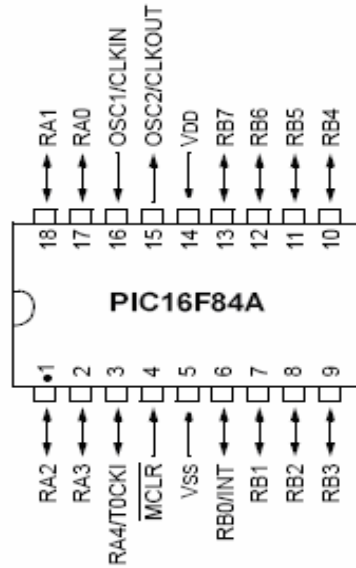
16 bitlik komut seti, yüksek çalışma hızı, A/D çevirim, PWM, zamanlayıcılar, 32 kesmeye imkan vermesi, CAN arabirimi, RS232 arabirimi, seri ve paralel haberleşme protokolleri ile bu aile PIC serisi içinde en güçlü mikrodnetleyici ailesidir. Bu çevresel arabirimler dışarıdan bağlanan donanım miktarını azaltır. 64 K'ya kadar uzanan büyük bir program belleğine ve 1K byte'lık RAM belleğiyle çok gelişmiş uygulamalara imkân verir. Bu grupların özelliklerinin toplu olarak gösterimi Tablo 4.1'de verilmiştir [16].

Tablo 4.1. Çeşitli PIC mikrodnetleyicilerin özelliklerinin karşılaştırılması

Seri Adı	Program Belleği	OTP/FLASH Belleği (Bit)	EEPROM Belleği	RAM Belleği	ADC Kanalı	G/Ç Port	Seri Port	PWM Kanalı	Hız MHz
12XXX	3568	2048x12	16	128	4 (8bit)	6	-	-	10
16XXX	14336	8192x14	256	368	10 (12bit)	52	Var	2	24
17XXX	32768	16384x16	-	902	16 (10bit)	66	Var	3	33
18XXX	32768	16384x16	-	1536	8 (10bit)	34	Var	2	40

4.7. PIC16F84 Mikrodenetleyicisi

PIC16F84 mikrodenetleyicisi PIC ailesi içerisinde yaygın olarak kullanılır. Sahip olduğu özellikleri ve maliyetinin düşük olması bunun en önemli etkenlerindendir. PIC16F84'ün bacak bağlantısı Şekil 4.4'te verilmiştir [14].

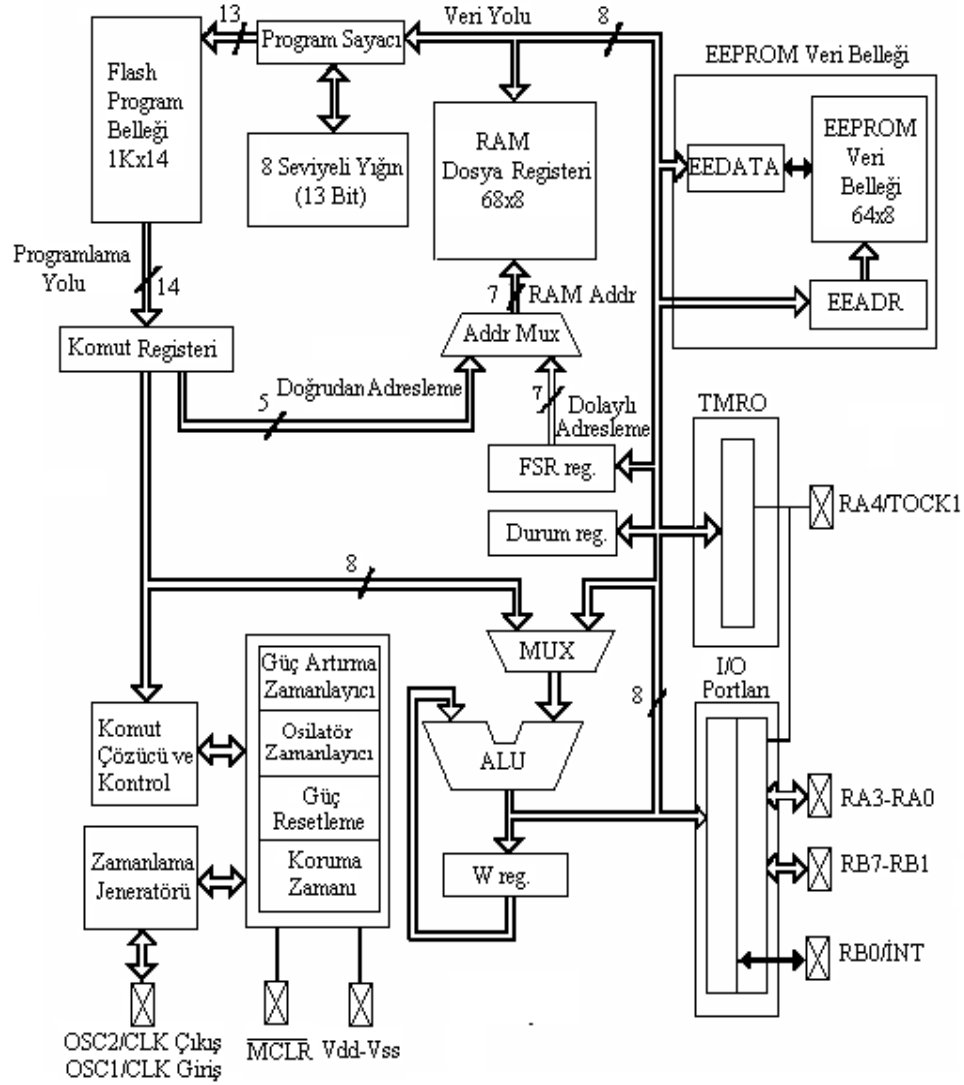


Şekil 4.4. PIC16F84'ün bacak bağlantısı

RA0-RA3 ve RB0-RB7 bacakları PIC16F84 mikrodenetleyicisinin giriş-çıkış portlarıdır. Bu portlardan PIC16F84'ün içerisinde çalışan programa veri girişi yapılır. Program bu verileri değerlendirerek çıkış portlarını kullanmak suretiyle dış ortama sayısal sinyaller gönderir. Bu sayısal sinyaller ile sistemlerin kontrolü yapılır. Giriş/çıkış portlarının maksimum sink akımı 25mA olurken, Source akımı 20 mA'dir. Sink akımı gerilim kaynağından çıkış portuna, source akımı ise giriş-çıkış portundan şaseye doğru akan akımdır [7, 14, 17].

PIC16F84 entegresinin üzerine yazılan "F" harfi Flash belleğe sahip olduğunu gösterirken, en sona yazılan rakam ve harf osilatör girişine uygulanacak frekans değerini gösterir. PIC16C84 ile PIC16F84 aynı entegrelerdir. Üretici firma tarafından "CMOS" özelliğinden dolayı ilk ürettiklerine PIC16C84 ismi verilirken, sonradan üretilenlere "Flash" özelliğinden dolayı PIC16F84 olarak isimlendirilmiştir. PIC16F84 harici minimum malzemeler bağlanarak devreler rahatlıkla tasarlanabilmektedir. PIC16F84'ün 1 Kbyte'lık program belleği vardır. Her bir bellek hücresi içerisine 14 bit uzunluğundaki program komutları saklanır. Program belleği flash (elektriksel olarak yazılıp silinebilir) olmasına rağmen, programın

çalışması esnasında sadece okunabilir. PIC16F84'e besleme gerilimi uygulandığı anda oluşacak gerilim dalgalanmalarının olumsuz etkilerini önlemek amacıyla Vdd ile Vss arasında 0.1 µf'lık bir kondansatörün bağlanması gerekir. Şekil 4.5'te PIC16F84'ün iç yapısının blok diyagramı verilmiştir [7, 14, 17].



Şekil 4.5. PIC16F84'ün iç yapısı

4.8. PIC16F877 Mikrodenetleyicisi

Birçok uygulamada ihtiyacı karşılayabilen PIC16F84'ün önceki kısımda (4.6) belirtilen özelliklerine göre daha gelişmiş özellikleri bulunan 16F877 mikrodenetleyicisi kullanıcılara sunduğu geniş olanaklarıyla göze çarpmaktadır. Program belleği FLASH ROM olan

PIC16F877’da, yüklenen program PIC16F84’te olduğu gibi elektriksel olarak silinip yeniden yüklenebilmektedir.

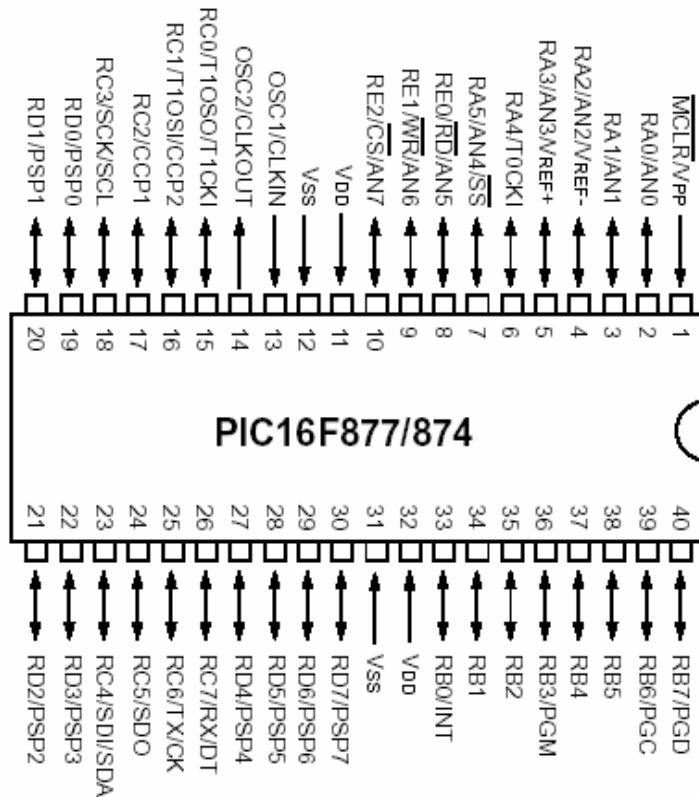


Şekil 4.6. PIC16F877 mikrodeneleyicinin üstten görünüşü

PIC16F877 mikrodeneleyicinin özellikleri aşağıda topluca verilmiştir [15].

- CPU’su azaltılmış komut seti (RISC) temeline dayanır. Programlamada kullanılan 35 komut vardır ve her biri 14 bit uzunluktadır
- Dallarına komutları iki saykılık sürede, diğerleri ise bir saykılık sürede uygulanır
- İşlem hızı 20 MHz’e kadar artırılabilir
- Veri yolu 8 bittir
- 8 KB flash program belleği vardır ve yaklaşık 1 milyon kez programlanabilir
- 368 Byte veri belleği (RAM) bulunmaktadır
- 256 Byte EEPROM veri belleği vardır
- Port A,B,C,D,E olmak üzere 5 adet giriş çıkış portu bulunur
- 54 adet SFR olarak adlandırılan özel işlem yazmacı vardır ve bunlar statik RAM üzerindedir
- Çıkışları PIC 16C73B/74B/76 ve 77 ile uyumludur
- 14 kaynaktan kesme yapabilir
- Power-on Reset (Enerji verildiğinde sistemi resetleme) özelliği bulunmaktadır
- Power-up Timer (Power-up zamanlayıcı) özelliğine sahiptir
- Osilatör Start-up Timer (Osilatör başlatma zamanlayıcısı) bulunur
- Watch-dog Timer (Bekçi köpeği zamanlayıcısı) bulunur
- Programla kod güvenliğinin sağlanabilmesi özelliği vardır
- Devre içi Debugger (Hata ayıklamakta kullanılabilecek modül) bulunur
- Düşük gerilimli ve sadece 2 pinle programlama özelliği vardır
- Enerji tasarrufu sağlayan uyku modu bulunmaktadır
- Seçimli osilatör özelliklerine sahiptir
- 2.0 V – 5.0 V arasında değişen besleme gerilimine sahiptir
- 25 mA’lık kaynak akımı standardına sahiptir
- Geniş sıcaklık aralığında çalışabilme özelliği vardır

- Düşük güçle çalışabilme özelliği vardır
- TMR0 8 bitlik zamanlayıcısı 8 bit önbölücülü olarak kullanılabilir
- TMR1 önbölücülü 16 bit zamanlayıcı içerir. Uyuma modundayken kontrol edilebilir ve değeri artırılabilir
- TMR2 8 bitlik zamanlayıcı hem önbölücü hem de son bölücü sabitine sahiptir
- İki adet Yakalama / Karşılaştırma / PWM modülüne sahiptir. Yakalama ve karşılaştırma 16 bit, PWM ise maksimum 10 bit çözünürlükle yapılabilir
- 10 bit çok kanallı A/D çeviriciye sahiptir
- Ana Senkron seri port (MSSP) modülü, SPI (Master mod) ve I2C (Master Slave) modlarında kullanılabilir
- Asenkron seri iletişim için USART seri iletişim ara birimine sahiptir
- Paralel haberleşme için 8 bit genişlikte Paralel Slave Portu bulunur, bu port ile dış RD, WR, CS kontrollerine sahiptir
- BOR Reset (Brown Out Reset) özelliğine sahiptir.



Şekil 4.7. PIC16F87X dış mimarisi

4.9. 16F877 Yazmaçları

16F877 mikrodentleyicisinin yazmaçları ve görevleri aşağıda açıklanmıştır [15].

PORTA...PORTE : Portlar mikrodentleyicinin dışarıdan bilgi alması ve harici devrelere veri aktarabilmesi amacıyla kullanılırlar. PIC16F877'nin beş portu vardır. A portu 6 bit genişliğindedir. B, C, D portları 8 bit, E portu ise 3 bit genişliğindedir.

TRISA...TRISE : Portların yönünü belirleyen yazmaçlardır. Herhangi bir portundan pininden mikrodentleyici dışına veri gönderilecekse, önce ilgili ayağın yön yazmacı lojik-0 yapılır. Eğer herhangi bir bacadan mikrodentleyiciye veri girilecekse o portun yön yazmacı lojik-1 olarak belirlenmesi gerekir.

TMR0, TMR1 ve TMR2 : Mikrodentleyici içinde bulunan zamanlayıcı ve sayaç olarak çalıştırılan bölümü denetleyen yazmaçlardır. TMR1 16 bitlik bir zamanlayıcıdır. TMR1L ve TMR1H olmak üzere iki adet 8 bitlik saklayıcıdan oluşur. TMR0 ve TMR2 8 bitlidir. TMR2, PWM sinyalinin zamanlamasında da kullanılır.

T1CON, T2CON ve PR2 : Timer1 ve Timer2 zamanlayıcılarını kontrol etmek için kullanılırlar. PR2 Timer2 zamanlayıcısının son sayma değerini diğer bir deyişle 00h'e döndüğü değeri saklar.

EEDATA ve EEDATH, EEADR ve EEADRH, EECON1 ve EECON2: Mikrodentleyicinin içindeki EEPROM veri belleğine ulaşmakta kullanılırlar. EEADR yazmacında adres numarası bulunan veri, EEPROM veri belleğinden okunarak EEDATA yazmacına getirilir. EEADR yazmacı eeprom bellekte erişilmek istenen adresi tutar. EEDATA ise yazılmak ya da okunmak istenen veriyi tutar. EEADRH 13 bitlik adresin ve EEDATH 14 bitlik verinin yüksek değerli bitlerini tutmak için kullanılır. EECON1 yazmacı erişimi başlatmak ve ayarlamak için kullanılan bir kontrol yazmacıdır. EECON2 katalog bilgisinde fiziksel olarak kullanılmayan bir yazmaç olarak geçmektedir. Donanımsal olarak yazma işlemi sırasında hatalı yazım işlemlerinden korunma amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Durum Yazmacı : Durum (status) yazmacı, aritmetik ve mantık biriminin (ALU), aritmetik işlem sonucundaki durumunu, merkezi işlem biriminin (CPU) test durumlarını ve veri belleğine ait küme (bank) seçme bitlerini tutar. Herhangi bir yazmaç gibi içeriği okunabilir ve değiştirilebilir. Ancak 3. ve 4. bitleri sadece okunabilir, değiştirilemez.

Option Register : Option Register, okunabilir ve yazılabilir bir yazmaçtır. Kapsamında TMR0 / WDT zamanlayıcılarının konfigürasyon bitleri, dış kesme (interrupt) denetim bitleri, TMR0 zamanlayıcısı kesme denetim bitleri ve PORTB için yükseğe çekme (pull-up) dirençlerinin kullanılmasını sağlayan bit bulunur.

INTCON : INTCON, okunabilir ve yazılabilir bir yazmaçtır. Kapsamında TMR0 / WDT yazmacı taşma uyarı bitleri, RB port değişim ve dış kesme (RB0/INT pin interrupt) denetim bitleri, TMR0 kesme denetim bitleri bulunur.

PIE1 : PIE1, çevresel kesmelerle ilgili bitleri olan bir yazmaçtır. Bir çevresel kesmenin olabilmesi için, PIE1 (INTCON<6>) biti de set edilmelidir.

PIR1 : PIR1, çevresel kesmelerle ilgili uyarı bitlerini taşıyan yazmaçtır.

PIE2 : PIE2 yazmacı, CCP2 (Capture/Compare/PWM2) çevresel biriminin kesme bitlerini, SSP (Senkron Seri Port) veri yolu çarpışma bitini ve EEPROM yazma kesmesi bitini taşır.

PIR2 : PIR2, çevresel kesmelerle ilgili diğer uyarı bitlerini taşıyan yazmaçtır.

PCON : Güç kontrol yazmacı olan PCON, yazılımda ve reset durumlarında kullanılır. Reset durumları; devrenin dışardan MCLR ile, gerilim ya da akımın aşırı düşme ve yükselmesi Brown-Out, Watch Dog Timer ve son olarak Power on reset durumlarında kullanılabilir. BOR biti, Power on reset'te bilinemez. Bir sonraki BOR durumunun öğrenilebilmesi için reset sonrasında lojik-1 yapılmalıdır.

PCL ve PCLATH : Program sayacı (PC) olarak adlandırılan adresleme yazmacı 13 bitlidir. Bunun düşük değerlikli byte'ı PCL yazmacından gelir. Üstteki bitler ise PC<12:8> arasındaki 5 bittir, bunlar PCLATH yazmacından alınır. PCL okunabilir ve yazılabilir bir yazmaçtır. Ancak üst bitleri (PCH) doğrudan okunamaz. Dolaylı olarak PCLath yoluyla yazılabilir veya okunabilir.

Yığın Bölgesi : Yığın bölgesi 8 yazmaçtan oluşur. Her yazmaç 13 bitlidir ve donanımın bir parçasıdır. Veri veya program alanlarında yer almaz. Yığın göstergesi yazılabilir ve okunabilir değildir. Yığın işlemi komutları POP ve PUSH'tur. Her PUSH işleminde yığının en tepesindeki adrese, PC'ın içeriği yüklenir. Her POP işleminde yığının en tepesindeki adres PC'ın içine geri yüklenir. Yığın, LIFO (Last In First Out) son giren ilk çıkar tekniğiyle çalışır.

INDF ve FSR : INDF fiziksel bir yazmaç değildir. Mikrokontrolördeki RAM adresini tutar. INDF'e yazılan her veri, adresi FSR yazmacında bulunan RAM'a yazılır. INDF'ten okunan veriler de adresi FSR'de bulunan RAM'den okunmuştur.

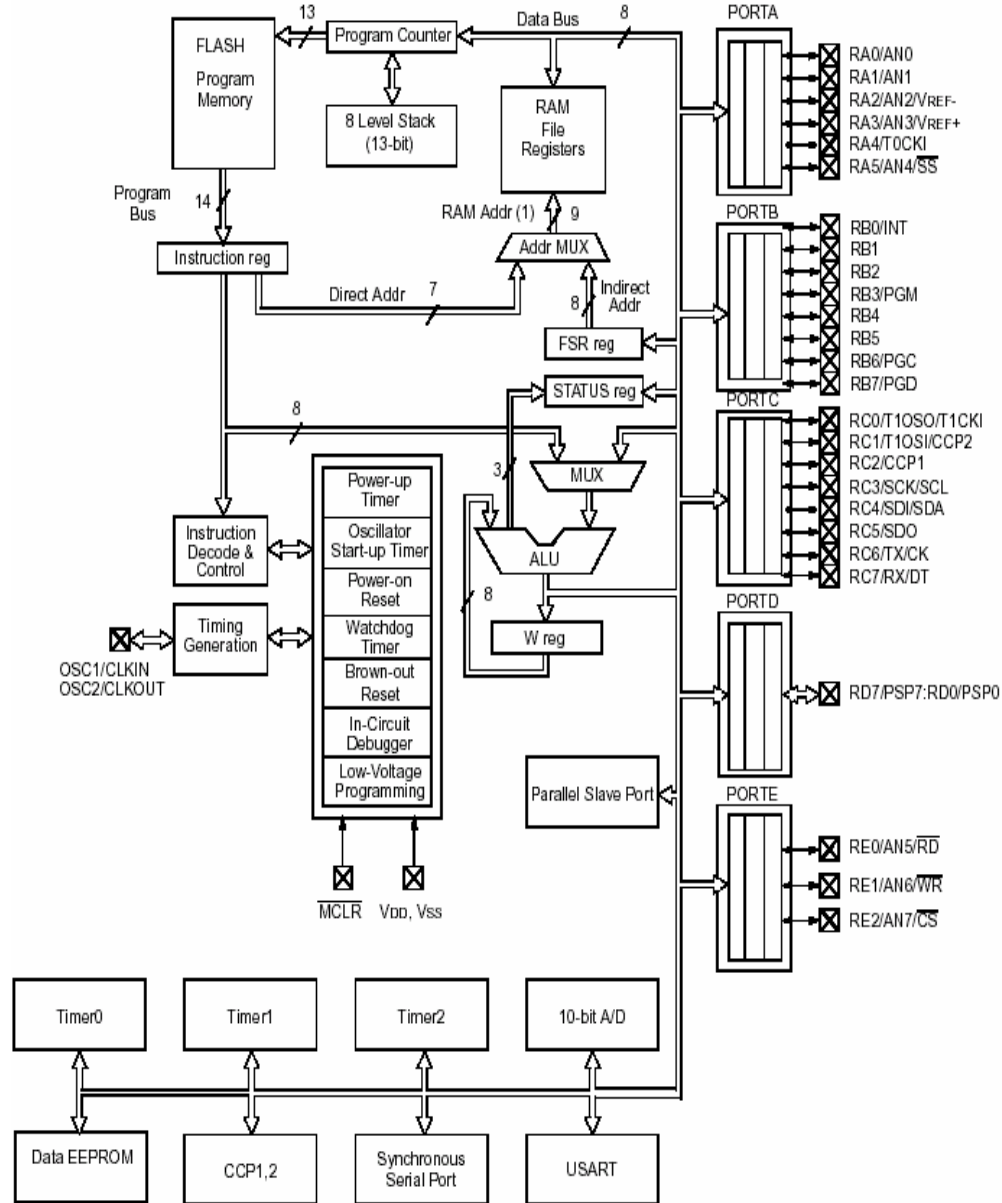
SPBUF, SSPCON, SSPCON2, SSPSTAT ve SSPADD : Senkron seri port alma ve verme sırasında veri SPBUF yazmacına yazılır. SSPCON ve SSPCON2 ise senkron seri port haberleşmesini kontrol eden yazmaçlardır. Senkron seri portun durum bitleri SSPSTAT yazmacında kayıtlıdır. SSPADD, senkron seri port adres yazmacıdır. Dolaylı adreslemede INDF ile birlikte kullanılır. Mikrodenetleyicinin içindeki RAM adresinde yapılacak işlemlerde, RAM adresini tutar. Bu durumda INDF'ye yazılacak her veri, aslında adresi FSR'de bulunan RAM'e yazılmıştır.

CCPR1L, CCPR1H, CCP1CON, CCPR2L, CCPR2H ve CCP2CON: Yakalama, karşılaştırma, PWM işlemleri ile ilgili yazmaçlardır. Bu işlemler için PIC16F877'de iki ayrı grup bulunmaktadır. CCP1CON ve CCP2CON yazmaçları kontrol bitlerinin bulunduğu yazmaçlardır. CCPR1L ve CCPR2L ilk 8 biti saklarlar. CCPR1H ve CCPR2H yüksek değerli 8 biti saklarlar.

TXSTA, RCSTA, SPBRG, TXREG ve RCREG: Bu yazmaçlar universal asenkron seri haberleşmede kullanılırlar. TXSTA, seri bilgi vermede durum ve kontrol bitlerinin yer aldığı yazmaçtır. RCSTA, seri bilgi almada durum ve kontrol bitlerinin yer aldığı yazmaçtır. SPBRG ise baud hızını belirler.

TXREG : USART bilgi vermede veri yazmacı olarak kullanılır. RCREG ise USART bilgi almada veri yazmacı olarak kullanılır.

ADRESH, ADRESL, ADCON0, ADCON1 : ADRESH, A/D çevrim sonucunun yüksek değerli 8 bitini, ADRESL ise düşük değerli 8 bitini saklar. ADCON0 ve ADCON1 ise A/D çevrimi kontrol eden saklayıcılarıdır.



Şekil 4.8. PIC16F87X'in iç mimarisinin blok diyagramı

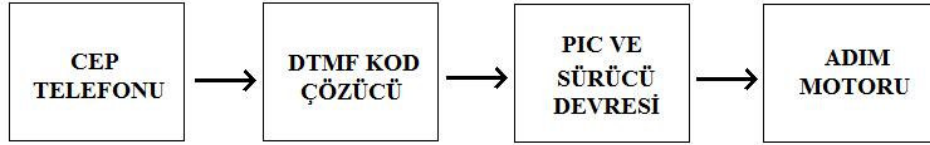
Şekil 4.8'de PIC 16F87X'in iç mimarisi verilirken, tablo 4.2'de ise PIC 16F877 ile PIC 16F84'ün karşılaştırılması yapılmıştır [14, 15].

Tablo 4.2. 16F877 ile 16F84 arasındaki farklar

ÖZELLİKLER	PIC16F877	PIC16F84
Çalışma Hızı üst sınırı	20MHz	20MHz
Program Belleği	8 KB Flash ROM	1 KB Flash ROM
EEPROM Belleği	256 Byte	64 Byte
Kullanıcı RAM	368 Byte	68 Byte
Giriş/Çıkış Port Sayısı	33	13
Zamanlayıcı	Timer0, Timer1, Timer2	Timer0
A/D Çevirici	8 Kanal, 10 Bit	Yok
Capture/Compare/PWM	16 Bit Capture, 16 Bit Compare, 10 Bit PWM çözünürlük	Yok
Seri çevresel Arayüz	SPI (Master) ve I2C (Master - Slave) modunda SPI portu ve senkron seri port	Yok
Paralel Uydu Port (PSP)	8 Bit, harici, RD, WR ve CS kontrollü	Yok
USART/SCI	9 Bit adresli	Yok

5. TASARIM VE GERÇEKLEME

Adım motorları, DTMF ve PIC hakkında elde edilmiş olan bilgiler ışığında bu bölümde uygulama devresinin gerçekleştirilmesi anlatılmıştır. Uygulama devresi iki bölümden oluşmuştur. Birinci bölüm, telefondan gelen DTMF sinyalini tespit eden ve 4 bitlik çıkış üreten devreyi oluştururken, ikinci bölümde ise PIC kullanılarak DTMF katından gelen bilgiye göre motorun hareketini sağlayan devre tasarlanmıştır. Uygulama devresi, simülasyon programında gerçekleştirilmiştir. Devreye bağlı olan cep telefonunun aranması sonucunda CM8870 entegresi DTMF kodunu çözmüş ve 4 bitlik çıkışları üretmiştir. PIC 16F877 mikrodenetleyicisinin A portuna DTMF katının çıkışı uygulandığında telefon tuşlarına basılmak suretiyle adım motorunun hareketi gözlemlenmiştir. .

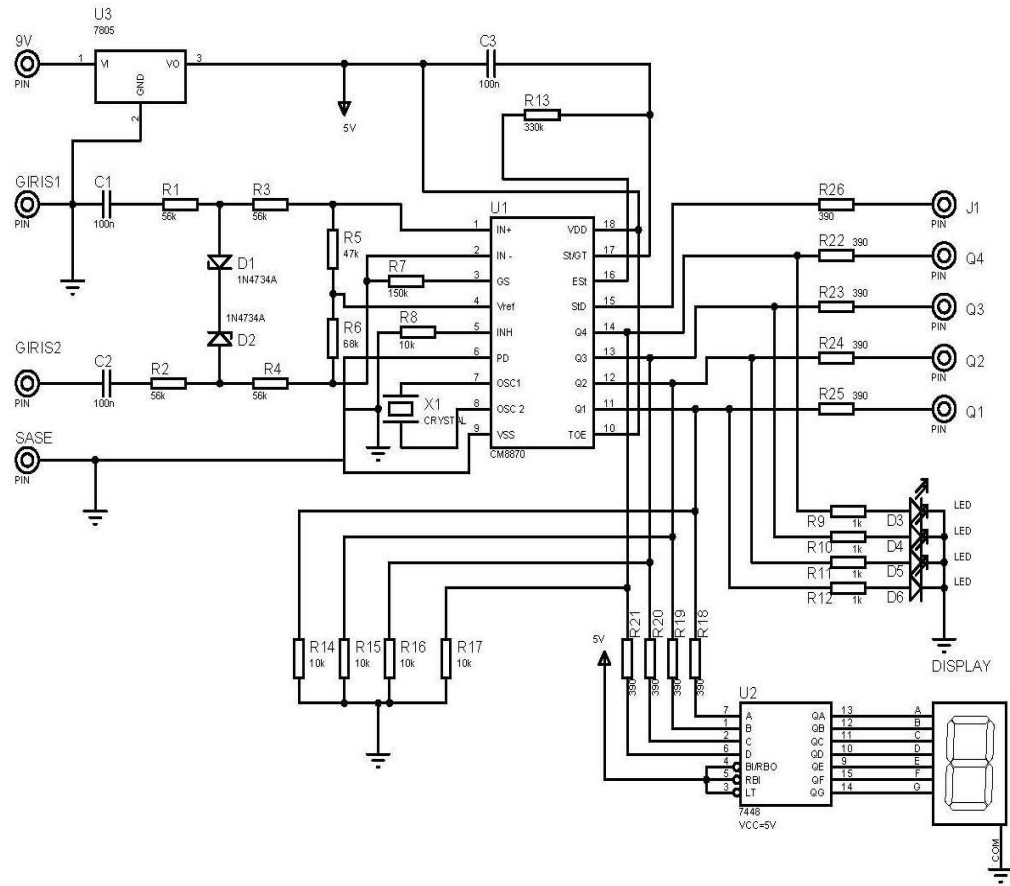


Şekil 5.1. Uygulama devresi blok şeması

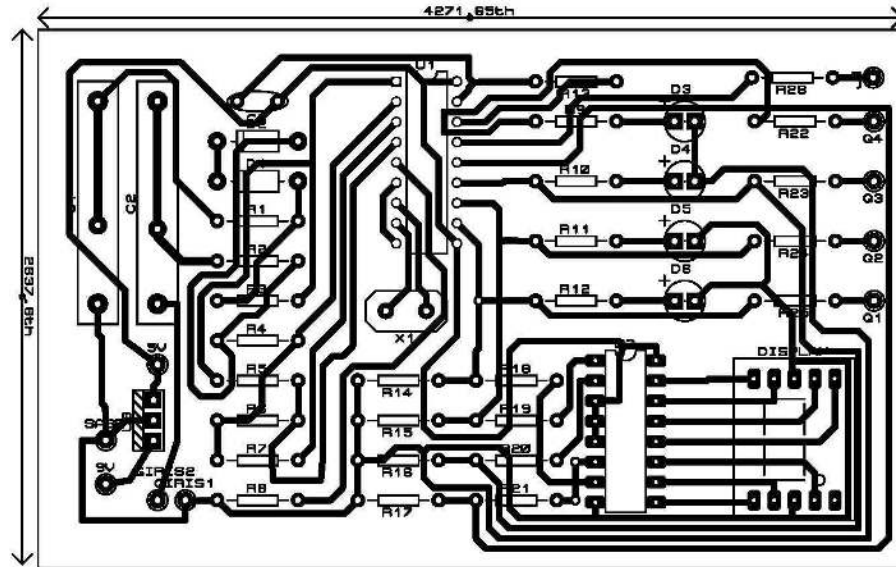
5.1. DTMF Kod Çözücü Devresi

Şekil 5.2’de kod çözücü devre şeması verilmiştir. Verilen devrede DTMF kod çözücü olarak CM8870 entegresi kullanılmıştır. Entegrenin çalışabilmesi için 7 ve 8 nolu bacaklarına 3.5795 MHz’lik bir kristal bağlanmıştır. Entegre, DTMF kodunu çözerek Q1-Q4 çıkışlarından 4 bitlik çıkış bilgisini üretmiştir. Arama yapılan telefondan basılan tuş bu şekilde tespit edilmiştir. Entegrenin özelliğinden dolayı Q1-Q4 çıkışlarındaki ikilik kodun, farklı tuşa basılıncaya kadar değişmeden kalması sağlanmıştır. Entegrenin bir diğer özelliği de herhangi bir tuşa basıldığı sürece 15 nolu StD bacağı lojik 1 seviyesinde kalmasıdır. Bu özelliğinden faydalanarak adım motorunun dönme hızı dereceli bir şekilde kontrol edilebilmiştir. Herhangi bir tuşa basıldıktan sonra farklı bir tuşa basılıncaya kadar çıkış değişmediğinden StD bacağı ile tuşa basılıp basılmadığı tespit edilebilmektedir. Devrede ayrıca basılan tuşun daha rahat okunabilmesi için ledler ve display kullanılmıştır. Display 7448 sürücü entegresi ile sürülmüştür.

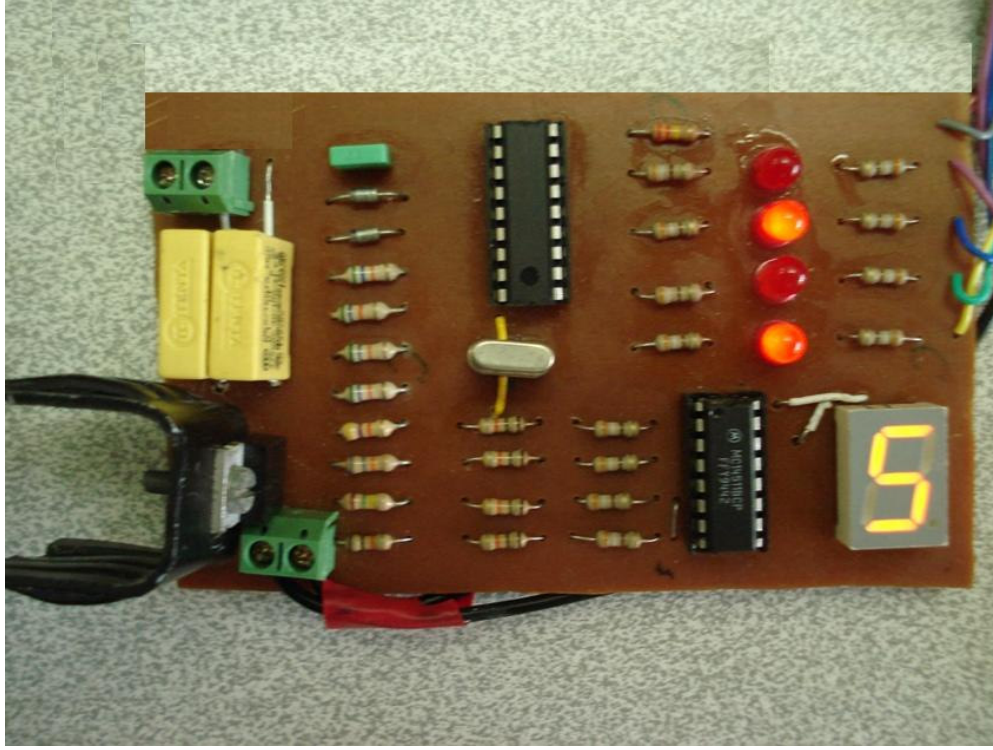
Devredeki entegrelerin 5V’luk beslemelerini sağlayabilmek için 7805 voltaj regüle entegresi kullanılmıştır. CM8870 entegresi, 0 için 1010, * için 1011, # için 1100 çıkışlarını ürettiğinden dolayı bu tuşlara basıldığında displayde karşılıkları olmadığı için üretilen değerler sadece kullanılan led diziliminden anlaşılmaktadır.



Şekil 5.2. DTMF kod çözücü devresi



Şekil 5.3. DTMF kod çözücü devresi baskılı devre üst görünüşü



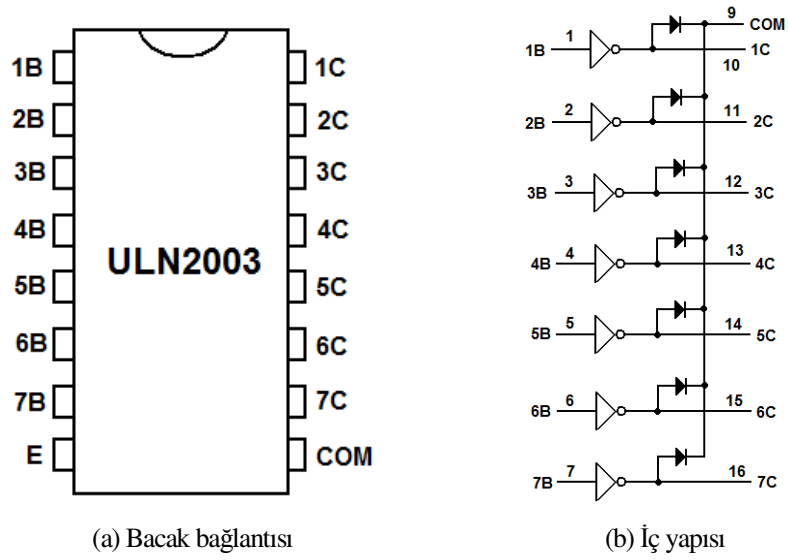
Şekil 5.4. DTMF kod çözücü devresi

5.2. PIC16F877 ile Adım Motoru Sürücü Devresi

Herhangi bir telefondan basılan tuşlara göre adım motorunun yapması istenilen hareketler bu devre ile sağlanmıştır. DTMF katından gelen 4 bitlik çıkış bilgileri kullanılarak adım motorunun dönme hareketi gerçekleştirilmiştir. Devrede mikrodenetleyici olarak PIC 16F877 kullanılmıştır. Kullanılan PIC'in 25mA'lık çıkış akımı adım motorunun çekebileceği akımı karşılamayacağı için ULN2003 sürücü entegresi kullanılmıştır.

5.2.1. ULN2003 Sürücü Entegresi

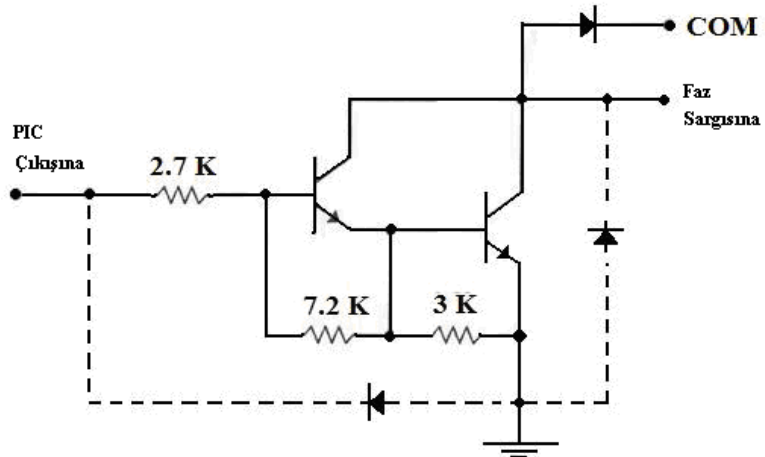
ULN2003 entegresi, birbirinden bağımsız 7 adet darlington NPN transistör ve katotları ortak bağlı koruma diyotlarından oluşmaktadır. İçerisinde bulunan darlington transistörler 500 mA kolektör akımına ve 50 V çıkış geriliminde çalışabilecek özelliğe sahiptir. ULN2003 entegresi 5V ile çalışabilen ve CMOS teknolojisi ile üretilmiş bir entegredir. Bu özelliklerinden dolayı bu entegre, motor sürme devrelerinde, led ve lamba sürme devrelerinde, yüksek güçlü tampon devrelerde kullanılmaktadır. Şekil 5.5'te entegrenin bacak bağlantısı ve iç yapısı, Şekil 5.6'da ise her bir darlington bağlantının açık şeması verilmiştir [18].



Şekil 5.5. ULN2003 bacak bağlantısı ve iç yapısı

ULN2003 entegresinin bazı özellikleri;

- 500 mA (tek çıkış için) akım verebilme,
- Yüksek çıkış voltajı (50 V'a kadar),
- Çıkışta koruma diyotları,
- Lojik seviye sinyalleri ile kontrol edebilme,
- Röle, display ve adım motoru sürebilmesi olarak sayılabilir [18].



Şekil 5.6. ULN2003 entegresindeki darlington bağlantısı

5.2.2. Kullanılan Adım Motorunun Özellikleri

Uygulamada kullandığımız adım motorunun özellikleri aşağıdaki gibidir [19]

- Çalışma gerilimi : 12 V DC
- Çalışma akımı : 259 mA
- Faz sayısı : 4
- Bobin direnci : $50\Omega/\text{faz} \pm \%7$
- Adım açısı : $7.5^\circ / \text{faz}$
- Çalışma metodu : 2-2 faz (unipolar)

Adım açısı 7.5° olduğundan bir turdaki adım sayısı $360 / 7.5 = 48$ 'dir. Kullanılan adım motorunun resmi Şekil 5.7'de verilmiştir.



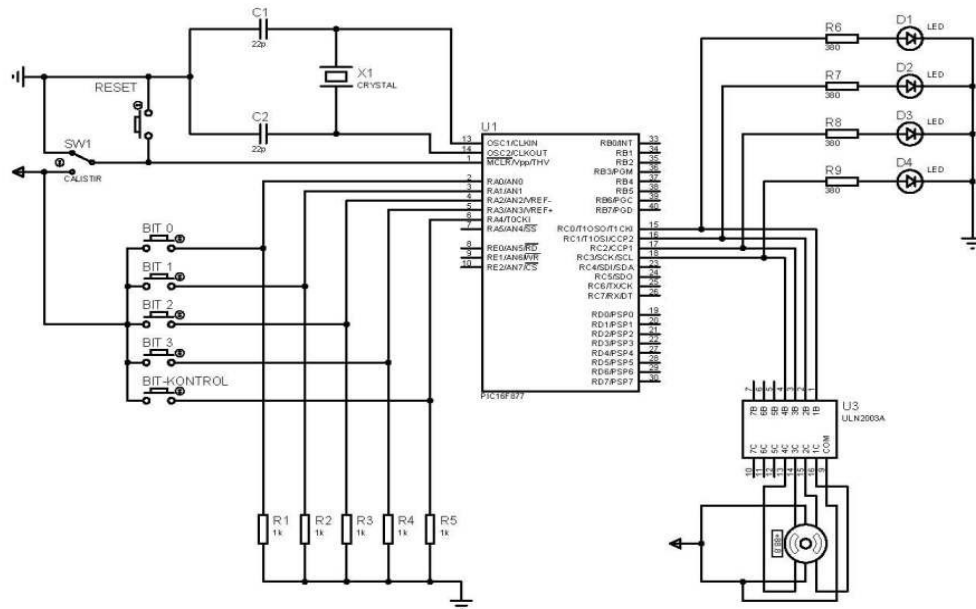
Şekil 5.7. Devrede kullanılan adım motoru

5.2.3. Kullanılan Adım Motorunun Sürücü Devresi

16F877 mikrodenetleyicisinin A portuna DTMF katında gelen bilgiler gelmektedir. A0-A4 girişlerindeki bu 4 bitlik sayı PIC tarafından alınarak programda belirtildiği üzere adım motorunu hareket ettirir. Bu hareketler 5.3 nolu başlıkta verilmiştir. PIC'in A portu giriş olarak, C portu da çıkış olarak ayarlanmıştır.

Hazırlanan sürücü devresinde ayrıca 7805 entegresi, resetleme butonu, güç gösterge ledi ve CM8870 entegresinin StD bacağından sinyal geldiğini gösteren led kullanılmıştır. Devrenin uygulama devresi Şekil 5.8'de, baskılı devresi üst görünüşü Şekil 5.9 (a)'da ve devrenin resmi de Şekil 5.9 (b)'de verilmiştir.

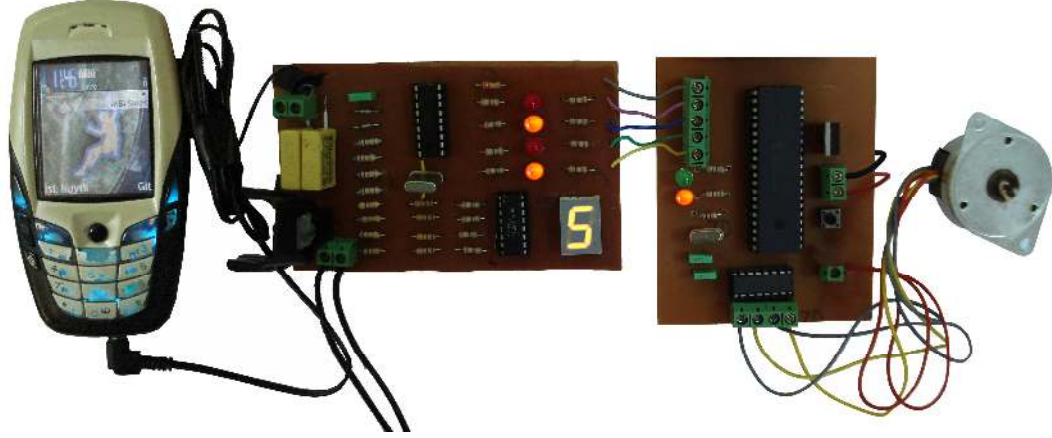
- Burada adı geçen tuşlar DTMF katından gelen 4 bitlik çıkışların karşılığıdır. Örneğin 7 tuşu için devredeki butonlardan TUS 1, TUS 2 ve TUS 3'e aynı anda basmak gerekmektedir. Üç tuşa da aynı anda basılmanın mümkün olmadığından açma/kapama butonu eklenmiştir. Gerekli tuş girişine göre butonlar aktif hale getirildikten sonra açma tuşu ile devre çalıştırılmalıdır. Bir diğer önemli konu kontrol tuşunun kullanımıdır. Bu tuşa basıldığı sürece hızın artırılması ve yavaşlatılması sağlanmıştır. Çünkü uygulama devresinde kullandığımız CM8870 entegresi çıkış olarak ürettiği 4 bitlik sayıyı başka bir tuşa basılınca kadar değiştirmemektedir. Bu durumda 2 ve 8 tuşlarına basıldığı sürece hızın artması ve azalması mümkün olmamaktadır. Bu sorunun çözümü için CM8870 entegresinin 15 nolu StD ayağından faydalanılmıştır. StD ayağı, tuşa basıldığı sürece çıkış olarak lojik 1 üretmektedir. Bunun için kontrol butonu kullanılmıştır.



Şekil 5.10. Simülasyon devre şeması

Uygulama devresinin kullanımındaki açma/kapama butonu ve kontrol butonu telefon ile kontrol esnasında kullanılmamaktadır. Telefon tuşlarına basılmak suretiyle yukarıda belirtilen işlevler yerine getirilmektedir.

Uygulama devresinin kutu içi resmi Şekil 5.11’de verilmiştir. Şekil 5.12’de kutulu olarak resmi görülmektedir.



Şekil 5.11. Uygulama devresinin kutu içi resmi



Şekil 5.12. Uygulama devresinin kutulu resmi

6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İnsan hayatı için tehlike içeren alanlarda yapılmak istenen bazı eylemlerin uzaktan kontrollü olarak gerçekleştirmek amaçlı yapılan çalışmalara katkı sağlamak için bu tez hazırlanmıştır. Uzaktan kontrollü çalışmalarda kontrol kolaylığı, diğer birçok motor türleri için sakıncalı olan ortamlarda çalışabilme özelliği, ekonomikliği ve bakım kolaylığı vb. özellikleri dikkate alınarak adım motoru tercih edilmiştir.

Yapılan çalışmada bir adım motoru mobil telefon kullanılarak kontrol edilmiştir. Motorun kontrol işlemleri herhangi bir telefonun tuş takımı kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan tuşların ürettiği sinyaller DTMF Kod çözücü entegresi (CM8870) tarafından tanımlanmış ve tanımlanan sinyallerin karşılıkları olan dört bitlik çıkış sinyalleri üretilmiştir. Bu sinyaller PIC16F877 mikrokontrolöre uygulanmıştır. PIC'ten alınan çıkışlar motorun sürme akımını sağlayabilmesi için ULN2003 sürme entegresi kullanılmıştır. Devrede kullanılan motor, herhangi bir telefonun tuş takımlarından girilen tuş bilgilerine göre saat yönünde veya saat yönü tersinde tam ve yarım adım opsiyonları ile uzaktan kontrol edilmiştir.

“Örnek olarak, herhangi bir telefondan sisteme bağlı olan mobil telefon arandığında iki arama tonundan sonra kendini aktif hale getirir. Aranılan telefondan 4 tuşuna basıldığında DTMF kod çözücü devresinin girişine bu sinyal uygulanır. Kod çözücü devre uygulanan bu sinyalin karşılığı olan 4 bitlik (0100) çıkışı üretir. Bu çıkış bilgisi, PIC'in A portuna aktarılır. PIC'e yüklenen program sayesinde bu bilgi motorun saat yönü tersine tam adım dönme sinyalleri kombinasyonunu C portundan sürme entegresine gönderir. Sürme entegresi girişine uygulanan dönme sinyalleri kombinasyonunu akım yönünden güçlendirerek motora iletir. Motor da 5 (durdurma) tuşuna basılıncaya kadar hareketini sürdürür.”

Yapılan çalışmada her ne kadar istenilen sonuçlara ulaşılmış olursa da motorun özelliklerinden ve DTMF tonlarının sınırlı olmasından kaynaklanan bazı olumsuzluklarla karşı karşıya kalınmıştır. Ayrıca sistemdeki mobil telefonun batarya problemi, baz istasyonu kaynaklı problemler veya kapsamı alanı dışı kalması gibi istenmeyen durumlar ortaya çıkmıştır.

DTMF tonlarının sınırlı kalması dikkate alınarak daha farklı uzaktan kontrol teknikleri üzerinde çalışılabilir. Yukarıda sayılan bazı olumsuzlukların elimine edilmesi için ek tedbirler araştırılabilir. Bu bağlamda yapılacak çalışmaların ilgili teknolojiye katkı sağlayacağı kanaatindeyim.

7. KAYNAKLAR

- [1] APAYDIN, H., 2006, Adım motorlarının karakteristikleri ve bilgisayar ile konum kontrolü uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 145s.
- [2] ÇELİKEL, R., 2005, PIC mikrodeneleyici yardımı ile adım motorunun konum kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 78s.
- [3] TÜRKİYILMAZ, A., 2008, RF kontrol işareti kullanılarak mikrodeneleyici tabanlı adım motor kontrol setinin hazırlanması, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 86s.
- [4] M.E.B. MEGEP, 2007, Step motor ve sürülmesi, <http://megep.meb.gov.tr>, 67s.
- [5] AKAR, F., YAĞIMLI, M., PIC 16F877 proje tasarımı, Beta Basım, Eylül 2007, 598s.
- [6] LOVINE, J., 2000, PIC Microcontroller Project Book, MCGraw-Hill, 225s.
- [7] ÇAVAŞ, M., 2005, PIC Mikrodenetleyici Kullanarak Telefon Hatları Aracılığı ile Ev ve İş Yeri Otomasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65s.
- [8] IŞIK, H., ALTUN, A.A., 2005, Mikrodenetleyici kullanarak cep telefonu kontrollü akıllı ev uygulaması, Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler M.Y.O. Teknik Online Dergisi Cilt 4 Sayı1.
- [9] <http://www.mathworks.com>
- [10] MT8870 Integrated DTMF Receiver DataSheet
- [11] CM8870 CMOS Integrated DTMF Receiver Datasheet
- [12] KT3170 Low Power DTMF Receiver Datasheet
- [13] ALTINBAŞAK O., 2000, Mikrodenetleyiciler ve PIC Programlama, Altaş Yayıncılık, İstanbul, 237s.
- [14] 16F8X Datasheet
- [15] 16F87X Datasheet
- [16] ŞAHİN, H., DAYANIK, A., ALTINBAŞAK, C., 2006, PIC Programlama Teknikleri ve PIC16F877A, Altaş Yayıncılık, İstanbul, 556s.
- [17] ALTINBAŞAK O., 2002, PicBasic Pro ile PIC Programlama, Altaş Yay., İstanbul, 200s.
- [18] ULN2003 Datasheet
- [19] 12V Unipolar Stepper Motor Datasheet

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Tarsus'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana'da bitirdikten sonra 1995-1999 yıllarında Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektronik Bilgisayar Öğretmenliğinde lisans öğrenimini tamamladı. 1999 yılında Osmaniye'de elektronik öğretmeni olarak göreve başladı. Hâlen bu görevine devam etmektedir.

EKLER

Adım Motoru Kontrol Programı

```
#include "cep.h"

void yarim_sol();

void yarim_sag();

void yavas_sol();

void yavas_sag();

void hizli_sol();

void hizli_sag();

void dur ();

void main(){

setup_adc_ports(NO_ANALOGS);

setup_psp(PSP_DISABLED);

setup_spi(FALSE);

setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_1);

setup_timer_1(T1_DISABLED);

setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);

while(1){

    key=(input_a() & 0x0f);

    switch (key) {

        case 1:yarim_sol();

        case 3:yarim_sag();

        case 4:yavas_sol();

        case 7:hizli_sol();

        case 6:yavas_sag();

        case 9:hizli_sag();
```

```

        case 5: dur();

        default: break;

    }

}

}

void yarim_sol(){
    hiz=100;
    while(1){
        if((input(PIN_A4)==1) & (key==0x02)) hiz=hiz-50;
        if((input(PIN_A4)==1) & (key==0x08)) hiz=hiz+50;
        if(hiz<50) hiz=50;
        if(hiz>500) hiz=500;
        output_c (0x09); delay_ms(hiz);
        output_c (0x01); delay_ms(hiz);
        output_c (0x03); delay_ms(hiz);
        output_c (0x02); delay_ms(hiz);
        output_c (0x06); delay_ms(hiz);
        output_c (0x04); delay_ms(hiz);
        output_c (0x0C); delay_ms(hiz);
        output_c (0x08); delay_ms(hiz);

        key=(input_a() & 0x0f);
        if (key==5) break;
    }
}

void yarim_sag(){
    hiz=100;
    while(1){

```

```

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x02)) hiz=hiz-50;

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x08)) hiz=hiz+50;

        if(hiz<50) hiz=50;

        if(hiz>500) hiz=500;

        output_c (0x08);delay_ms(hiz);

        output_c (0x0C);delay_ms(hiz);

        output_c (0x04);delay_ms(hiz);

        output_c (0x06);delay_ms(hiz);

        output_c (0x02);delay_ms(hiz);

        output_c (0x03);delay_ms(hiz);

        output_c (0x01);delay_ms(hiz);

        output_c (0x09);delay_ms(hiz);

        key=(input_a() & 0x0f);

        if (key==5) break;

    }

}

void yavas_sol(){

    hiz=500;

    while(1){

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x02)) hiz=hiz-50;

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x08)) hiz=hiz+50;

        if(hiz<50) hiz=50;

        if(hiz>500) hiz=500;

        output_c (0x03);delay_ms(hiz);

        output_c (0x06);delay_ms(hiz);

        output_c (0x0C);delay_ms(hiz);

        output_c (0x09);delay_ms(hiz);

```

```

        key=(input_a() & 0x0f);

        if (key==5) break;

    }

}

void hizli_sol(){

    hiz=100;

    while(1){

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x02)) hiz=hiz-50;

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x08)) hiz=hiz+50;

        if(hiz<50) hiz=50;

        if(hiz>500) hiz=500;

        output_c (0x03);delay_ms(hiz);

        output_c (0x06);delay_ms(hiz);

        output_c (0x0C);delay_ms(hiz);

        output_c (0x09);delay_ms(hiz);

        key=(input_a() & 0x0f);

        if (key==5) break;

    }

}

void yavas_sag(){

    hiz=500;

    while(1){

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x02)) hiz=hiz-50;

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x08)) hiz=hiz+50;

        if(hiz<50) hiz=50;

        if(hiz>500) hiz=500;

        output_c (0x09);delay_ms(hiz);

```

```

        output_c (0x0C);delay_ms(hiz);

        output_c (0x06);delay_ms(hiz);

        output_c (0x03);delay_ms(hiz);

        key=(input_a() & 0x0f);

        if (key==5) break;

    }

}

void hizli_sag(){

    hiz=100;

    while (1){

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x02)) hiz=hiz-50;

        if((input(PIN_A4)==1)& (key==0x08)) hiz=hiz+50;

        if(hiz<50) hiz=50;

        if(hiz>500) hiz=500;

        output_c (0x09);delay_ms(hiz);

        output_c (0x0C);delay_ms(hiz);

        output_c (0x06);delay_ms(hiz);

        output_c (0x03);delay_ms(hiz);

        key=(input_a() & 0x0f);

        if (key==5) break;

    }

}

void dur(){

    hiz=0;

    output_c (0x00);

}

```