

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİR EĞİTİM SİMÜLATÖRÜNDEKİ ÇOK SAYIDA ADIM
MOTORUNUN PC İLE HIZ VE KONUM KONTROLÜNÜN
GERÇEKLEŞTİRİLMESİ**

Elektrik Müh. Ümit GÖKMEN

FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Elektrik Makinaları ve Güç Elektronik Programında
Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hacı BODUR

İSTANBUL, 2008

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ	iv
KISALTMA LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
2. ADIM MOTORLARI	3
2.1 Adım Motorlarının Tarihçesi	3
2.2 Adım Motorunun Çalışma Prensibi	3
2.3 Adım Motorlarının Avantajları	4
2.4 Adım Motorlarının Dezavantajları	5
2.5 Adım Motorlarının Kullanım Alanları	5
2.6 Adım Motorlarının Terminolojisi	5
2.7 Adım Motorlarının Sınıflandırılması ve Türleri	8
2.8 Adım Motorlarının Sürülmesi	12
2.9 Adım Motorlarının Çalışması	16
2.9.1 Tam Adım Modunda Çalışma	18
2.9.2 Yarım Adım Modunda Çalışma	20
3. SERİ HABERLEŞME	22
3.1 RS-232 Protokolü	23
3.2 RS-485 Protokolü	25
4. QT C++ KÜTÜPHANESİ	27
5. TASARIM	31
5.1 Donanım Birimlerinin Ortak Kısımları	32
5.1.1 Donanım Birimleri Besleme Kısım	33
5.1.2 Donanım Birimleri Haberleşme Kısım	33
5.1.3 Donanım Birimleri Programlama Kısım	34
5.2 Merkezi İşlem Birimi	35
5.2.1 Merkezi İşlem Birimi Donanımı	35

5.2.1.1	Merkezi İşlem Birimi Mikro Denetleyici Kısım	35
5.3	İbrelİ Gösterge Birimi (İGB)	36
5.3.1	İbrelİ Gösterge Birimi Donanımı	36
5.3.1.1	İbrelİ Gösterge Birimi Mikro Denetleyici Kısım	37
5.3.1.2	İbrelİ Gösterge Birimi Adım Motor Sürücü Kısım	38
5.4	Girişler ve Uyarılar Birimi	40
5.4.1	Girişler ve Uyarılar Birimi Donanımı	40
5.4.1.1	Girişler ve Uyarılar Birimi Mikrodenetleyici Kısım	40
5.4.1.2	Girişler ve Uyarılar Birimi Potansiyometreler ve LED Kısım	42
5.5	Gömülü Yazılım	42
5.5.1	Merkezi İşlem Birimi Yazılımı	43
5.5.2	İbrelİ Gösterge Birimi Yazılımı	45
5.5.3	Girişler ve Uyarılar Birimi Yazılımı	48
5.6	PC Arayüzü Yazılımı	49
6.	SONUÇ VE ÖNERİLER	51

SİMGE LİSTESİ

A	Amper
V	Volt

KISALTMA LİSTESİ

ADC	Analog Digital Converter
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
GPIO	General Purpose Input/Output
RS	Recommended Standart
MİB	Merkezi İşlem Birimi
İGB1	İbrelî Gösterge Birimi 1
İGB2	İbrelî Gösterge Birimi 2
GUB	Girişler ve Uyarı Birimi

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Basit Bir Adım Motoru Tasarımı	4
Şekil 2.2 Yazıcılarda adım motorunun kullanılması	5
Şekil 2.3 Faz Akımının çeşitli değerleri için tutma momenti/rotor konumu eğrileri	7
Şekil 2.4 Tipik Bir Adım Motorunun Tek Adım Cevabı	8
Şekil 2.5 Değişken Relüktanslı Bir Adım Motoru	9
Şekil 2.6 Sabit Mıknatıslı Bir Adım Motoru	10
Şekil 2.7 İki fazlı hibrit adım motorun stator ve rotoru	11
Şekil 2.8 İki fazlı Hibrit Adım Motorun Kesiti	11
Şekil 2.9 Adım Motorunun Tek Yönlü Sürme Devresi	12
Şekil 2.10 İki Fazlı Adım Motor İçin İki Yönlü Sürme Devresi	13
Şekil 2.11 R/L Sürüş Devresi	14
Şekil 2.12 Kıyıcı Regüleli Sürüşte Akım ve Gerilimin Zamana Göre Değişimi	15
Şekil 2.13 İki Fazlı Adım Motorunda Birinci Fazın Enerjilendirilmesi	16
Şekil 2.14 İki Fazlı Adım Motorunda İkinci Fazın Enerjilendirilmesi	16
Şekil 2.15 İki Fazlı Adım Motorunda İki Fazın Enerjilendirilmesi	17
Şekil 2.16 İki fazlı adım motorunda iki fazın enerjilendirilmesi ile rotorun konumu	17
Şekil 2.17 İki fazlı adım motorunda tam adım çalışma modu	19
Şekil 2.18 Adım Motorunun Yarım Adım Atması	21
Şekil 3.1 Basit bir seri haberleşme sisteminin yapısı	22
Şekil 3.2 RTS ve CTS uçlarının kullanımı	23
Şekil 3.3 STR750 Mikro Denetleyicisi UART Kısmı	25
Şekil 4.1 Qt platform bağımsız arayüz yapısı [2]	27
Şekil 4.2 Qt genel yapısı [2]	28
Şekil 4.3 Sinyal/Slot mekanizması [3]	30
Şekil 5.1 Uygulama Tasarımı Blok Şeması	31
Şekil 5.2 Bir Elektronik Kartın Genel Blok Şeması	32
Şekil 5.3 Donanım Birimleri Besleme Kısmı Şeması	33
Şekil 5.4 Donanım Birimleri Haberleşme Kısmı Şeması	34
Şekil 5.5 Merkezi İşlem Birimi Kartı Programlama Kısmı	35
Şekil 5.6 Merkezi İşlem Birimi Kartı Mikrodenetleyici Kısmı Şeması	36
Şekil 5.7 İbrelî Gösterge Birimi Kartı Mikrodenetleyici Kısmı Şeması	37
Şekil 5.8 İbrelî Gösterge Birimi Kartı Adım Motor Sürücü Kısmı	39
Şekil 5.9 Girişler ve Uyarılar Birimi Kartı Mikrodenetleyici Kısmı Şeması	41

Şekil 5.10 Girişler ve Uyarılar Birimi Kartı Potansiyometreler Kısmı	42
Şekil 5.11 Gömülü Yazılım Mimarisi	43
Şekil 5.12 Merkezi İşlem Birimi Yazılımı Akış Diyagramı.....	45
Şekil 5.13 İbrelı Gösterge Birimi Yazılımı Akış Diyagramı.....	47
Şekil 5.14 Girişler ve Uyarılar Birimi Yazılımı Akış Diyagramı	48
Şekil 5.15 PC Arayüz Ekranı.....	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Tablo 2.1 İki Fazlı Adım Motorunda Tam Adım Çalışma Modu İçin Anahtarlama Düzeni... 18

Tablo 2.2 İki Fazlı Adım Motorunda Yarım Adım Çalışma Modu İçin Anahtarlama Düzeni 20

ÖNSÖZ

Tezin hazırlanmasında desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hacı BODUR'a, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca her zaman bilgilerinden ve görgülerinden istifade ettiğim Yıldız Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği öğretim üyelerine, araştırma görevlisi arkadaşlarıma ve hayatım boyunca nazımı çeken başta ablam olmak üzere aileme minnetlerimi sunarım.

ÖZET

Bu çalışmada, kullanıcıların eğitiminde kullanılan simülatörlerdeki ibreli göstergelerin, adım motorları kullanılarak tasarlanması amaçlanmıştır. Uygulama, bir bilgisayar arayüzü, 3 adet donanım birimi ve bu donanım birimleri ile bilgisayar arasındaki iletişimi sağlayan merkezi işlem birimi tasarımından oluşmaktadır. Bilgisayar ile merkezi işlem birimi iletişimi için RS-232, merkezi işlem birimi ile diğer donanım birimleri arasındaki iletişim için RS-485 haberleşme protokolü kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Simülatör, RS-232, RS-485, Adım Motoru

ABSTRACT

In this study, an application of gauge design with stepper motor is performed. The application consists of a PC interface, 3 hardware units and a central processing board to communicate with PC. There is an RS-232 protocol between PC and Central Processing Board; however there is an RS-485 protocol between all hardware units.

Key Words: Simulator, RS-232, RS-485, Stepper Motor

1. GİRİŞ

İnsanlık tarihi boyunca üretilen her araç gereç, bu araç gereci optimum bir biçimde kullanabilmek için gerekli eğitimleri de beraberinde getirmiştir. Basit araç gereçlerde bu eğitim basit bir sunum ile veya deneme yanılma yoluyla olabilmektedir. Ancak araç gerecin karmaşıklığı eğitim süresini ve riskini artırmaktadır.

Benzer şekilde ulaşım ve muharebe araçlarının kullanımı da bir eğitime ihtiyaç duyar. Ulaşım ve muharebe araçlarında yüksek güç kontrolü olduğu için eğitimsiz kişilerin uygulama hataları ciddi sorunlar ortaya çıkarabilmektedir. Örneğin yeni otomobil kullanmayı öğrenen veya öğrenmiş kişilerin yapabileceği küçük hatalar ölümcül sonuçlar doğurabilmektedir.

Bireysel kullanımda eğitimsizlikten kaynaklanan kaza riskleri, toplu taşıma araçları söz konusu olduğunda çok daha ciddi trajik sonuçlar doğurabilmektedir. Örneğin, bir tren veya uçak kazasında onlarca veya yüzlerce kişi ölebilmektedir.

Son zamanlarda teknolojik gelişmelerin imkân vermesi ile ulaşım araçları sürücülerinin eğitimleri için simülatörler tasarlanmaya başlanmıştır [7] [8] [9].

Eğitim simülatörlerinden beklenen temel özellik gerçekten araç kullanılıyormuş gibi hissedilmesini sağlamaktır. Bu temel özellik için görüntülerin ve seslerin benzetimi yapılır. Ayrıca gerçekte kullanıcı üzerinde oluşabilecek ivmeye bağlı kuvvetleri oluşturabilmek için hareketli platformlar da kullanılabilir [7] [8].

Bir araç eğitim simülatörü kabaca üç kısımdan oluşabilir. Bunlar Girişler, simülatör bilgisayar ve çıkışlardır.

1. Girişler: Girişler genel olarak kullanıcının tüm aktiviteleridir. Ancak bunlara aracın bulunduğu ortam verileri ve hava şartları da eklenebilir. Örneğin: Gaz ve fren pedalı, sinyal düğmeleri, senaryoda belirlenmiş hava durumu, yağlı zemin gibi.
2. Çıkışlar: Çıkışlar kullanıcının aktiviteleri sonucu matematiksel modelden oluşturulan ve kullanıcının hissetmesi gereken tüm etkilerdir. Örneğin, oluşan ivme ve hız göstergeleri, hareket sonucu bulunulan ortam ve bu ortamın görünüş açısı, titreşimler ve sesler gibi.
3. Simülatör bilgisayar: Kendisine gelen girişleri işleyip, gerçekte oluşması gereken çıktıları hesaplaması istenen, matematiksel model programının çalıştığı bilgisayardır.

Simülatör tasarımlarında, araçların sürücü kısımlarında bulunan ibreli göstergelerin de

modellenmesi gerekmektedir. Bu göstergelerin tasarımında geri beslemesiz bir çözüm olarak adım motorları da kullanılabilir.

Çok sayıda donanım modülünün bulunduğu ve bu modüllerin tek merkezden yönetilmesi gereken sistemlerde kablo karmaşasından kurtulmak için çok noktalı (mutipoint) haberleşme sistemine de ihtiyaç duyulur. Bu çalışmada, çok noktalı haberleşme sistemi RS-485 protokolü ile sağlanmıştır.

Bu çalışmada, bir tren simülatörünün makinist kabininde bulunan üniteleri temsil eden, 4 adet modül tasarlanmıştır. Bu modüller, 2 adet hız ve freni temsil eden İbreli Gösterge Birimi (İGB1 ve İGB2), 1 adet Girişler ve Uyarılar Birimi (GUB) ve 1 adet de tüm bu modülleri yöneten Merkezi İşlem Birimi'nden (MİB) oluşmaktadır.

İGB1 ile tren hız göstergesi modellenmiştir. 0-100 birim arasında değerleri gösterebilmesi amaçlanan bu birimin, adım motoru kullanılarak tasarlanması amaçlanmıştır.

İGB2 ile tren frenlemesini sağlayan ve fren silindirlerinde bulunan hava basıncını gösteren manometrenin modellenmesi amaçlanmıştır.

GUB ile tren kontrol ve göstergeleri arasında bulunabilen Gaz Kolu, Fren Kolu, Kontak Anahtarı ve Aşırı Hız Lambası elemanlarının temsil edilmesi amaçlanmıştır.

Tezin yazımında öncelikli olarak uygulamada kullanılan elemanlar ve teknikler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha ileri bölümlerde ise uygulama tasarımı anlatılmıştır.

2.Bölüm'de adım motorlarının yapıları, iyi ve kötü yönleri, kullanım alanları, türleri, çalışma şekilleri ve kontrol yöntemleri anlatılmıştır.

3.Bölüm'de Seri Haberleşme sistemi, RS-232 ve RS-485 protokolü anlatılmıştır.

4.Bölüm'de PC üzerinde gerçekleştirilen arayüz yazılımı için kullanılmış olan QT C++ Kütüphanesi tanıtılmıştır.

5.Bölüm'de uygulama tasarımı tanıtılmıştır. Öncelikle donanım özellikleri anlatılmış, sonra da akıl diagramları eşliğinde, gömülü yazılımının tasarımı ve çalışması hakkında bilgiler verilmiştir.

2. ADIM MOTORLARI

Adım motorları, temel olarak girişlerine uygulanan darbelere göre önceden tanımlanmış kesin konumlara gelen elektrik makinesi olarak tanımlanabilirler (Sen, 1989). Sayısal giriş uygulanabildiği için bilgisayar, mikroişlemci veya mikro denetleyiciler ile sürülmesi oldukça kolaydır. Bu nedenle oldukça popüler bir özel motor tipidir (Hughes, 1990). Özellikle hassas konum kontrolü gereken yerlerde yoğun bir şekilde kullanılırlar.

2.1 Adım Motorlarının Tarihçesi

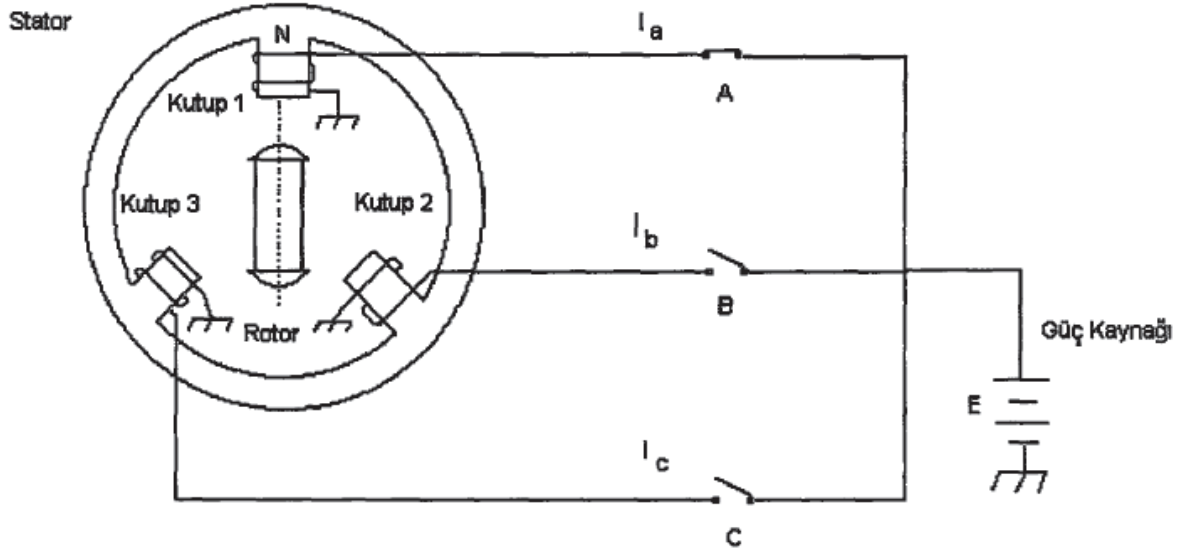
Adım motorları ilk kez 20. Yüzyılda İngiliz savaş gemilerinde kullanılmışlardır (Göktaş, 1990). 1919'da İskoçyalı C.L.WALKER küçük adım amaçlı bir tasarım geliştirirken, 1920 yılında C.B.CHICKEN ve C.H.THAIN yüksek moment sağlayan adım motor yapıları geliştirmişlerdir (Kaynar, 1997).

2.2 Adım Motorunun Çalışma Prensibi

Şekil 2.1'de basit bir adım motoru tasarımı görülmektedir (Wildi, 2002; Çetişli 1998). Adım motorunun statoru, saç nüve üzerine sarılan bobinlerden oluşur. Rotor ise doğal mıknatıs ya da ferromanyetik malzemeden yapılır.

Adım motorun dönmesini sağlayan temel özellik, stator ve rotor kutuplarının farklı sayıda olmasıdır.

Şekil 2.1'deki motorda sadece A anahtarı kapalı olduğunda kutup 1 tarafından oluşturulan akı tarafından rotor çekilir. A anahtarı açılıp B anahtarı kapatılırsa rotorun boştaki ucu kutup 2 tarafından çekilecektir. Böylece rotor 60 derecelik bir dönme hareketi yapmış olacaktır. Bu şekilde sürekli A, B, C sırasına göre anahtarlar kapatıldığında motor saat yönünün tersine doğru dönme hareketi yapacaktır. Saat yönünde bir dönme hareketi için ise anahtarlar A, C, B sırası ile kapatılmalıdır.



Şekil 2.1 Basit Bir Adım Motoru Tasarımı

2.3 Adım Motorlarının Avantajları

Adım motorlarının geleneksel elektrik motorlarına göre bir takım üstün yanları vardır.

- Bunların en başta geleni sürücülerinin basit ve ucuz oluşudur.
- Bunun yanında, girişine uygulanan darbelerle göre önceden tanımlanmış kesin konumlara gidebilmeleri, geri beslemesiz uygulamalarda kullanılmasına imkân verebilmektedir.
- Geri besleme yapılmadan, girişine uygulanan darbeler arasındaki süre değiştirilerek hız kontrolü yapılabilir (Uygun, 2006).
- Bilgisayar veya mikroişlemciler ile direk veya çok basit bir sürücü yardımı ile sürülebilirler (Hughes, 1990).
- Adım atma esnasında yapılan hatalar binlerce adım sonrasında bile sabittir ve tek adımda yapılan hataya eşittir (Oğulluk, 2003).
- Harekete geçmeye, durmaya veya ters yönde dönme isteklerine cevabı hızlıdır (Oğulluk, 2003; Uygun, 2006).
- Mekanik yapısı basittir. Sürtünen bir kısım olmadığı için bakım gerektirmezler (Oğulluk, 2003).

2.4 Adım Motorlarının Dezavantajları

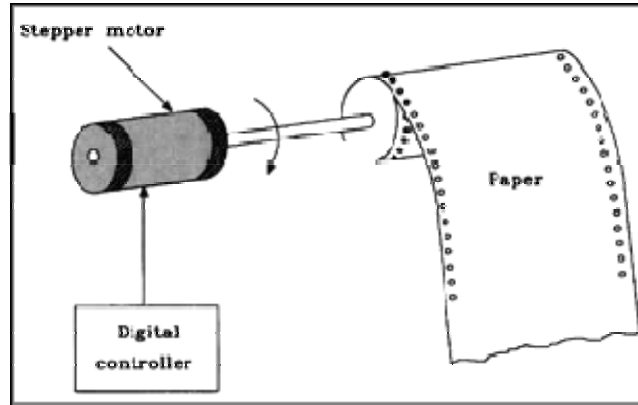
Her şeyde olduğu gibi adım motorların da bir takım dezavantajları vardır.

- Hareketleri sürekli değildir. Adım adımdır. Titreşime neden olabilirler (Oğulluk, 2003).
- Çok yüksek yüklerde ve hızlarda adım kaçırılabilir. Bu durumda, genellikle açık çevrim kullanıldıkları için hataya neden olabilirler.

2.5 Adım Motorlarının Kullanım Alanları

Adım motorları geri beslemesiz hassas kontrole imkân verdiği için çok geniş kullanım alanları bulmuştur.

Yazıcılarda, kağıdın konumunu kontrol etmede ve karakter matrislerinin taşınmasında (Göktaş, 1990), iki eksenli çizicilerde (Görgün, 1998), disket ve hard disk sürücülerinde, freze tezgahlarında 3 boyutlu hareket için (Göktaş, 1990) kullanılmaktadır. Bunun yanında hassas hareketlerin çok önemli olduğu robotik uygulamalarda da kullanılmaktadır.



Şekil 2.2 Yazıcılarda adım motorunun kullanılması

2.6 Adım Motorlarının Terminolojisi

Adım Açısı

Her bir giriş darbe değişikliği için adım motorunun yaptığı açı değişikliği değeridir. Motorun yapısı ile belirlenir. Yarım adım ya da tam adım durumuna göre iki farklı değer alabilir (Çetişli, 1998).

Çözünürlük veya Dönme Başına Adım Sayısı (DBAS)

Bir devirdeki adım sayısıdır. Mekanik tasarıma bağlıdır (Görgün, 1998; Çetişli, 1998). Buna rağmen çözünürlük yarım adım veya mikro adımlama ile kontrol tekniğinden faydalanılarak arttırılabilmektedir.

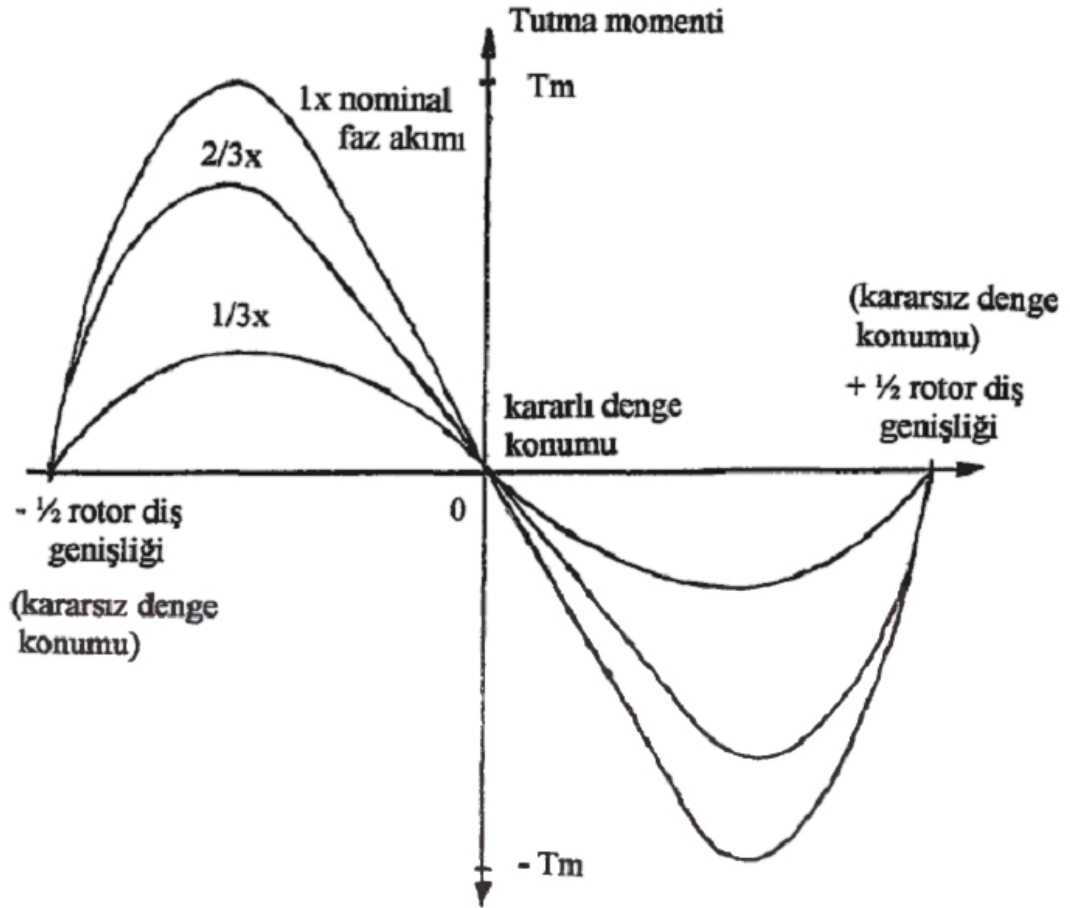
Doğruluk

Bir adımdaki maksimum açısal hatanın nominal tek adım açısına oranı şeklinde ifade edilir. Adım motorların bir avantajı, doğruluğunun tek adım için geçerli olmasıdır. Bir adımda yapılan hata diğer adımda toplanarak daha büyük hataya neden olmaz (Görgün, 1998).

Tutma Momenti Eğrisi

Denge konumunda bulunan rotoru hareket ettirmeden uygulanabilecek maksimum harici moment değeridir.

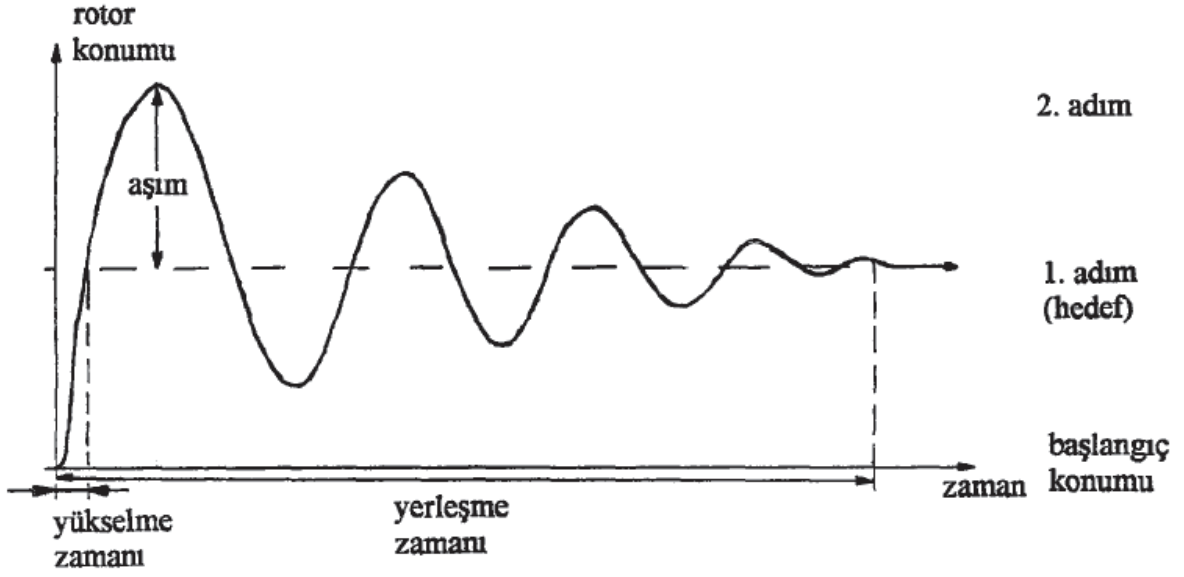
Şekil 2.3’de görüldüğü gibi, adım motoru denge konumunda iken tutma momenti idealde sıfırdır. Denge konumundan uzaklaştıkça tutma momenti yükselir. Yani rotor denge konumuna gelmek için daha fazla moment üretir.



Şekil 2.3 Faz Akımının çeşitli değerleri için tutma momenti/rotor konumu eğrileri

Tek Adım Cevabı

Motor fazlarından biri enerjili ve kararlı durumda iken, bu fazın enerjisi kesilip diğer faz enerjilendiği zaman, rotor konumunun zamana göre değişimi tek adım cevabı olarak tanımlanır. Şekil 2.4'te tipik bir adım motorunun tek adım cevabı görülmektedir (Görgün, 1998).



Şekil 2.4 Tipik Bir Adım Motorunun Tek Adım Cevabı

2.7 Adım Motorlarının Sınıflandırılması ve Türleri

Adım motorları, yapıları bakımından sabit mıknatıslı ve değişken relüktanslı olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar. Ayrıca, bu iki sınıfın iyi özelliklerinin birleştirilmesi ile oluşturulan hibrit adım motorları da üçüncü bir sınıf olarak kabul edilirler.

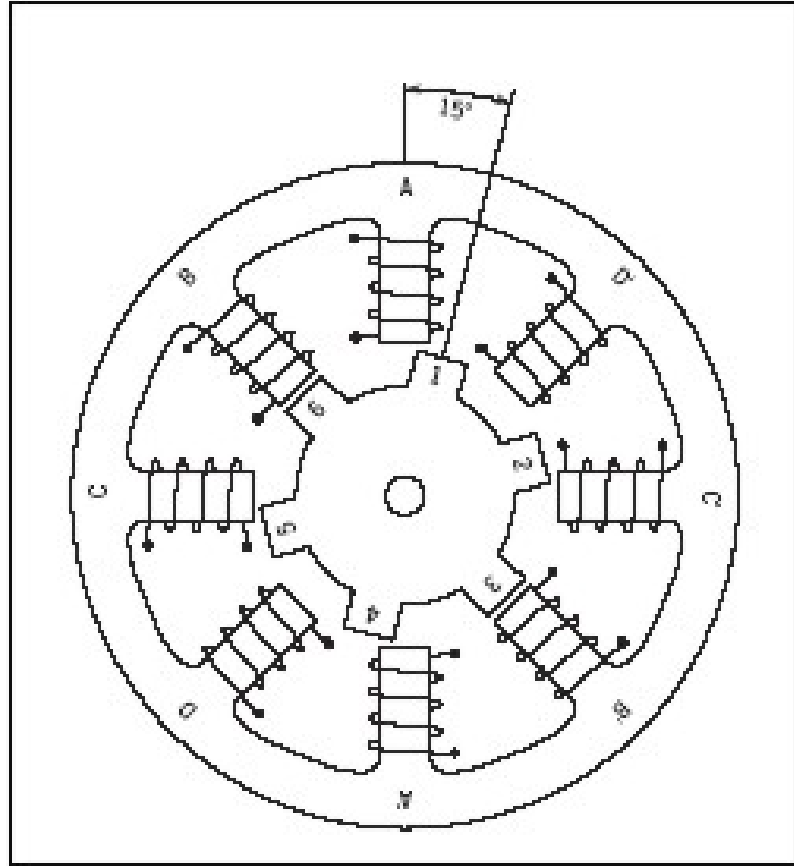
Bağlantı şekillerine göre ise, adım motorları ikiye ayrılırlar. Bunlar tek kutuplu (Unipolar) ve çift kutuplu (bipolar) olarak isimlendirilirler (Görgün, 1998; Kaynar, 1997). Bir adım motorunun sargılarının yalnızca ikişer ucu dışarı çıkarılmışsa, bu motorlara çift kutuplu adım motoru denilir. Eğer ikişer ucun yanında, her sargının ortak ucu da dışarı çıkartılmışsa, bu tip adım motorlarına tek kutuplu adım motoru adı verilir.

Değişken Relüktanslı Adım Motorları

En basit yapıli adım motorlarıdır. Silindirik yumuşak demir rotoru ve rotor yüzeyinde açılmış oluklar vardır. Bu oluklar dişli teker gibi gözüür (Çetişli, 1998). Rotorun hassas hareketi, rotor ve stator diş sayısının farkından kaynaklanır. Şekil 2.5'te gösterilen adım motorunun statorunda 8, rotorunda ise 6 diş olduğu için, stator ile eşleşen rotor dişinden bir sonraki diş ile stator dişi arasında 15 derecelik bir fark oluşur. Bu açı değerine, adım açısı denir (Çetişli, 1998).

Rotor hareketi, stator sargılarına uygun sırada enerji verilmek suretiyle sağlanır.

Bu tip adım motorlarının sargılarına uygulanan sinyal kesildiğinde rotor boşta kalır. Mekanik etki ile her yöne dönebilir.

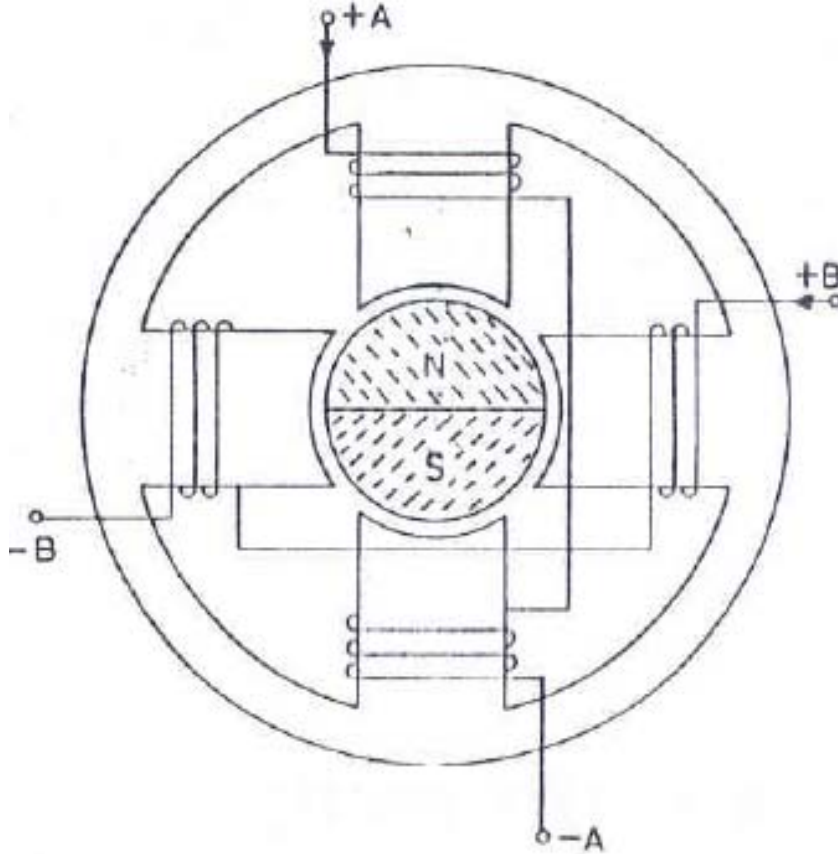


Şekil 2.5 Değişken Relüktanslı Bir Adım Motoru

Sabit Mıknatıslı Adım Motorları

Sabit mıknatıslı adım motorları, değişken relüktanslı adım motorlarına benzemekle beraber, Şekil 2.6’da görüldüğü gibi, rotorlarında sabit mıknatısa sahiptir.

Rotoru sabit bir mıknatıstan oluştuğu için statora uygulanan sinyal kesilse bile, rotor en son getirilen konumda sabit kalır (Çetişli, 1998).

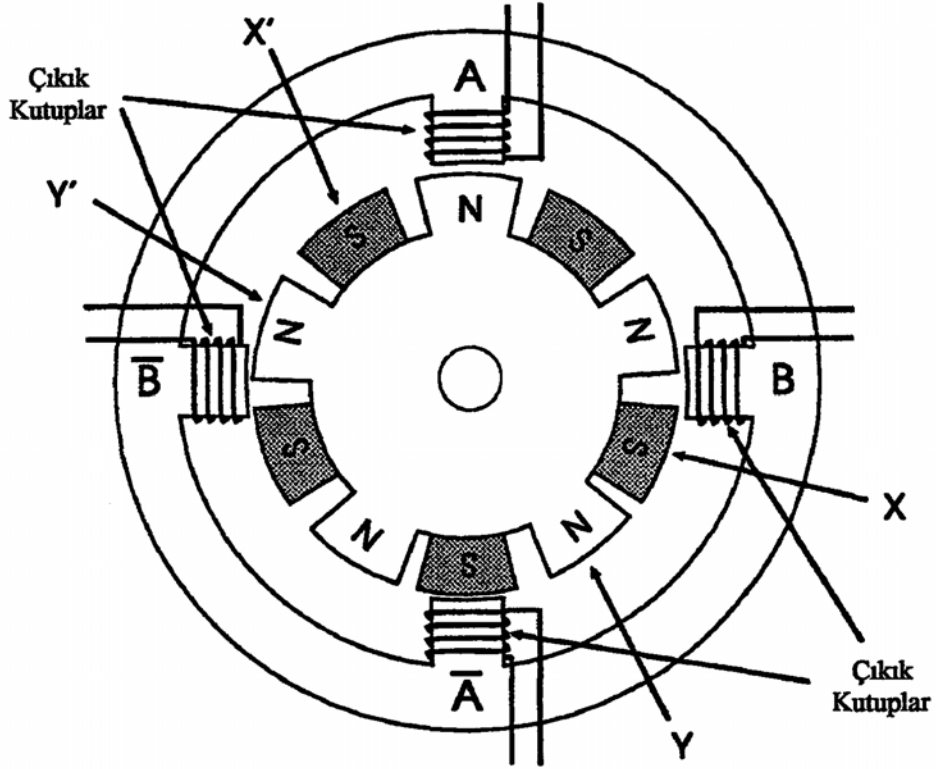


Şekil 2.6 Sabit Mıknatıslı Bir Adım Motoru

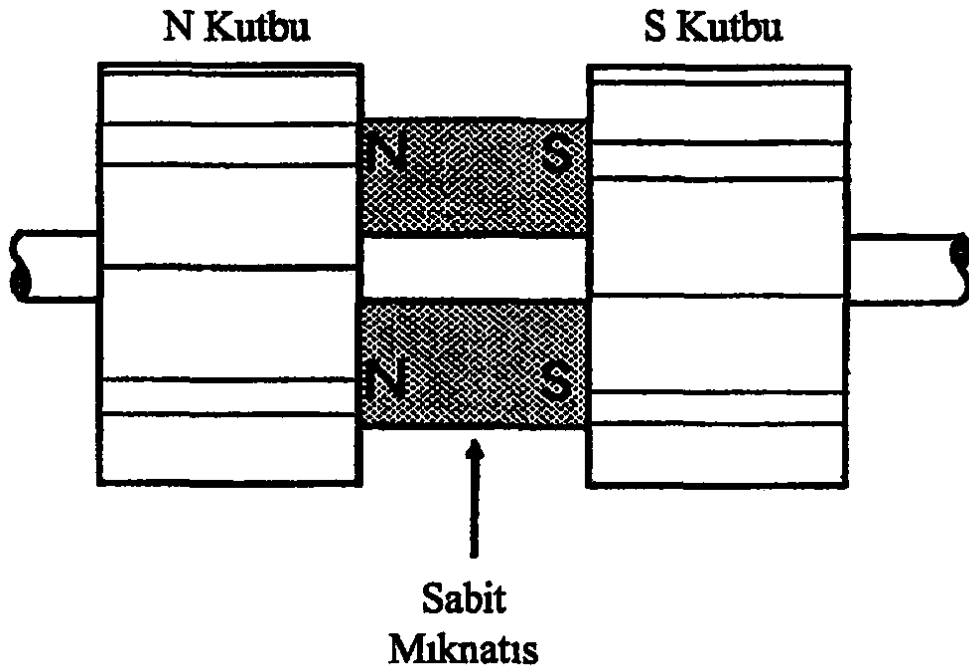
Hibrit Adım Motorları

Sabit mıknatıslı adım motorunun moment avantajı ile değişken relüktanslı adım motorunun hassasiyet özelliklerinin birleştirilmesi amacı ile geliştirilmiştir.

Rotoru, birbirlerine göre kaydırılmış iki adet şekillendirilmiş yumuşak demirli kutuptan ve bu kutuplar arasında bulunan sabit mıknatıstan oluşur. İki fazlı hibrit adım motorunun stator ve rotor yapısı Şekil 2.7’de, motor kesiti ise Şekil 2.8’de görülmektedir.



Şekil 2.7 İki fazlı hibrit adım motorun stator ve rotoru



Şekil 2.8 İki fazlı Hibrit Adım Motorun Kesiti

2.8 Adım Motorlarının Sürülmesi

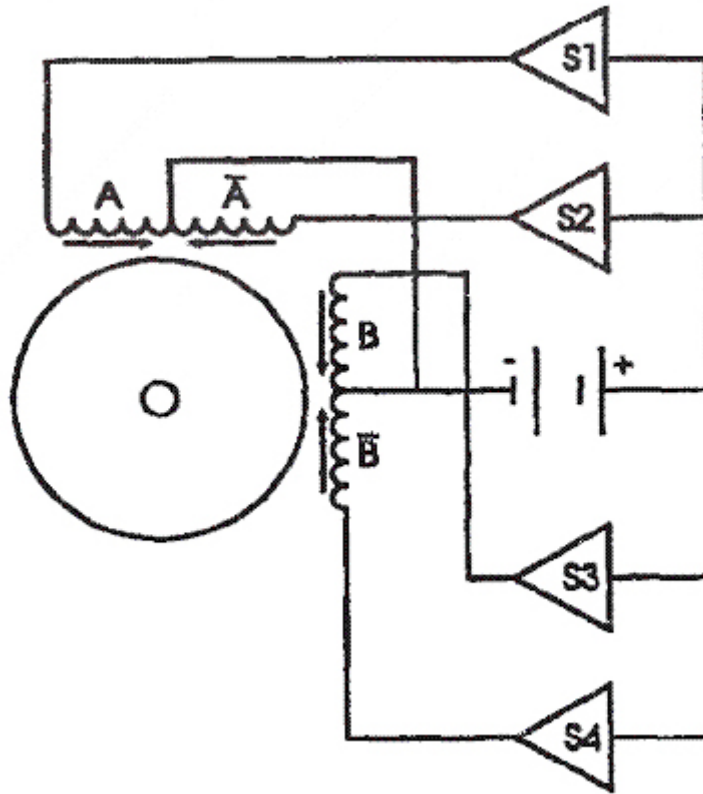
Her ne kadar adım motorları, bilgisayar ve mikro işlemci gibi aygıtların çalışma sistemlerine uygun olsa da, özellikle yüksek güçlü adım motorlarının sürülmesi için, yine de sürücü devrelerine ihtiyaç vardır. Bu bölümde adım motorlarının sürme teknikleri verilmiştir.

Tek Yönlü Sürme

Bu teknik, stator sargılarından daima aynı yönde akım geçirilmesi suretiyle uygulandığı için bu adı almıştır.

Stator sargılarının orta uçları birleştirilip ortak uç oluşturulur. Bu referans ortak uca göre sargıların diğer uçlarına sinyal verilir.

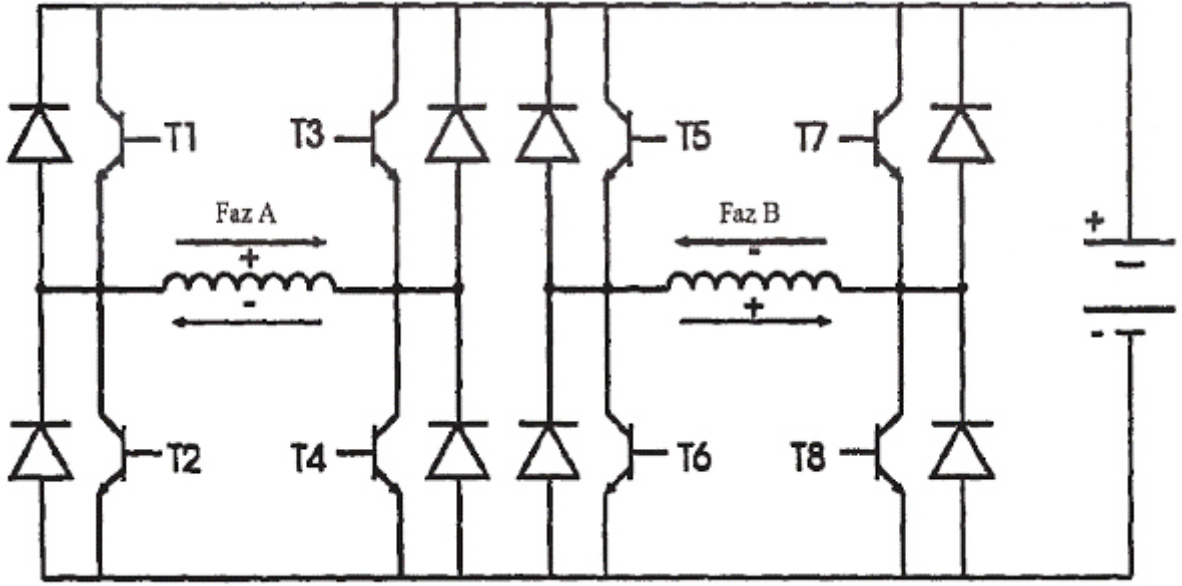
Örnek bir adım motorunun tek yönlü sürme şeması Şekil 2.9'de verilmiştir. Şekilde, orta uçlar birleştirilip kaynağın eksi ucuna bağlanmıştır. Şekilden de anlaşılabildiği gibi 4 adet yarı sargıdan hiçbirisinden iki yönlü akım akıtmak mümkün değildir. Akım yalnızca anahtarlardan sargılara doğru oluşturulabilmektedir. S1, S2, S3 ve S4 anahtarları uygun sırada ilettime sokularak kontrol yapılabilir (Görgün, 1998).



Şekil 2.9 Adım Motorunun Tek Yönlü Sürme Devresi

Çift Yönlü Sürme

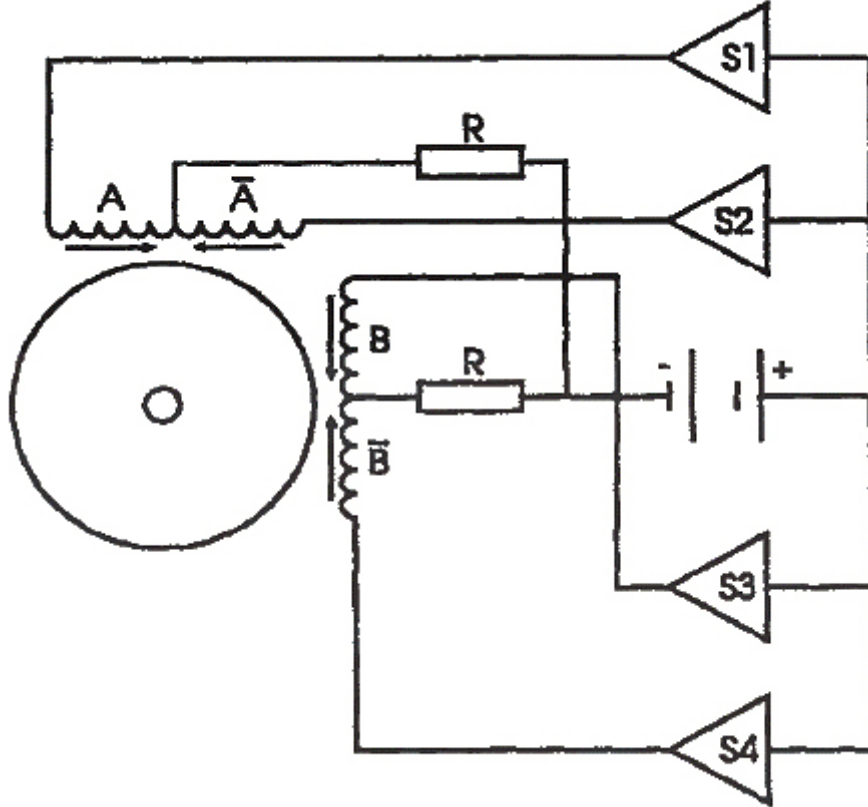
Bu sürüş tekniğinde sargılardan çift yönlü akım geçirilebilmektedir. Şekil 2.10’da görüldüğü gibi bu teknikte sargılara uygulanan gerilim her bir sargı için bir adet “Tam Köprü Çevirici” montajı kullanılarak kontrol edilebilir. A fazından pozitif akım geçmesi için T1 ile T4, negatif akım geçmesi için de T2 ile T4 transistörleri ilettime sokulmalıdır. Benzer durum B fazı için de geçerlidir (Görgün, 1998).



Şekil 2.10 İki Fazlı Adım Motor İçin İki Yönlü Sürme Devresi

R/L Sürme

Şekil 2.11’de görüldüğü gibi tekyönlü ve çift yönlü sürücü devrelerinde stator sargılarına direnç bağlanması ile gerçekleştirilir. Stator sargılarından geçen akımı sınırlandırmak için kullanılır. Seri dirençler üzerinde güç harcandığı için verimi düşüktür.



Şekil 2.11 R/L Sürüş Devresi

Çift Seviyeli Sürme

Tek adım cevabının süresini kısaltmak için kullanılır. Başlangıçta nominal stator sargısı akımına hızlı ulaşmak için yüksek gerilim sargıya uygulanır. Akım nominal değerine ulaştığında ise düşük gerilim sargıya uygulanır (Görgün, 1998).

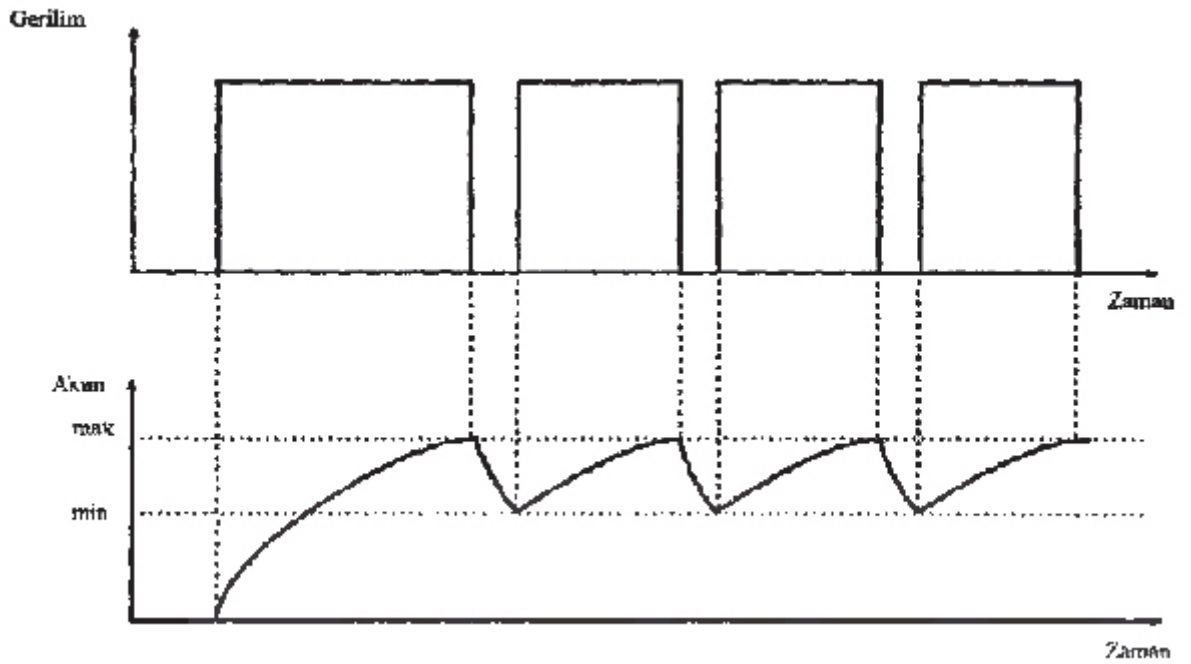
Kıyıcı Regüleli Sürme

İleri seviyeli bir kontrol biçimi olan bu sürme tekniğinde amaç, motorun hızlanması ve yavaşlaması durumlarında tek adım cevabının süresini kısaltmaktır.

Burada motorun nominal geriliminin 10 ila 20 katı arasında bir gerilim sargıya uygulanır (Görgün, 1998). Uygulanan gerilim sonucu oluşan akım değeri sürekli okunur. Akım önceden belirlenmiş maksimum ve minimum değerler arasında osilasyon yapacak şekilde anahtarlar iletme sokulur veya çıkarılır. Önceden belirlenmiş değer, istenilen ivmeyi sağlayabilmek için gerekli momentı sağlayabilecek akım değeridir.

Sargılara uygulanan yüksek gerilimin sonuçları iyi analiz edilmelidir. Aksi taktirde sargılar zarar görebilir.

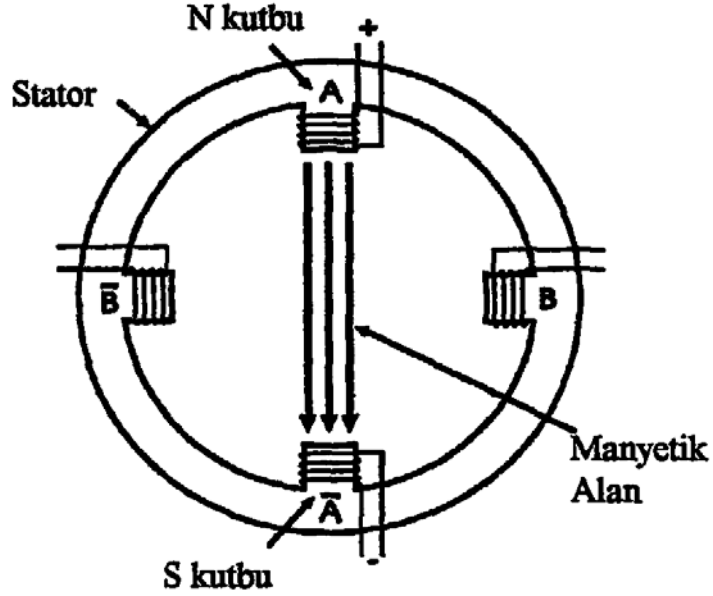
Bu teknikte uygulanan gerilim ve oluşan akım şekli Şekil 2.12’de gösterilmiştir.



Şekil 2.12 Kıyıcı Regüleli Sürüşte Akım ve Gerilimin Zamana Göre Değişimi

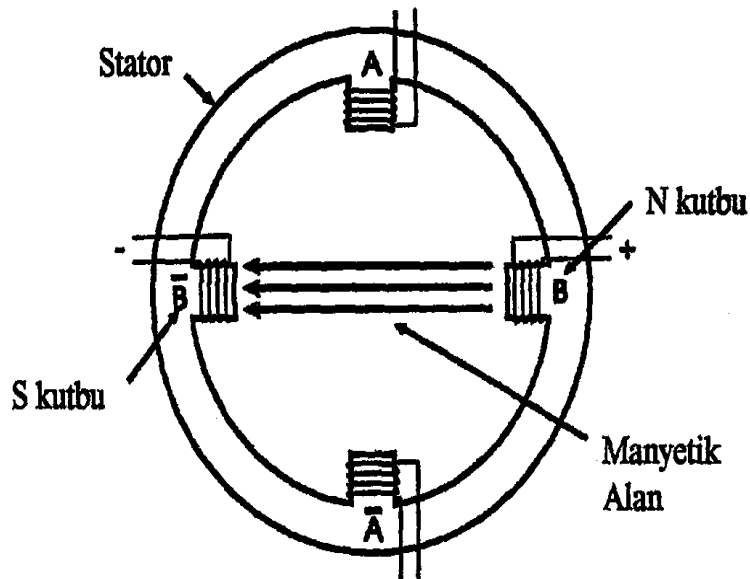
2.9 Adım Motorlarının Çalışması

Adım motorlarının hareketinin anlaşılabilmesi için, öncelikle sargılara gerilim uygulandığında oluşan alanların incelenmesi gerekir. A sargısı enerjilendiğinde, A kutbu N ve A- kutbu S olacak şekilde kutuplanır ve Şekil 2.13’de görülen manyetik alan oluşur (Görgün, 1998).



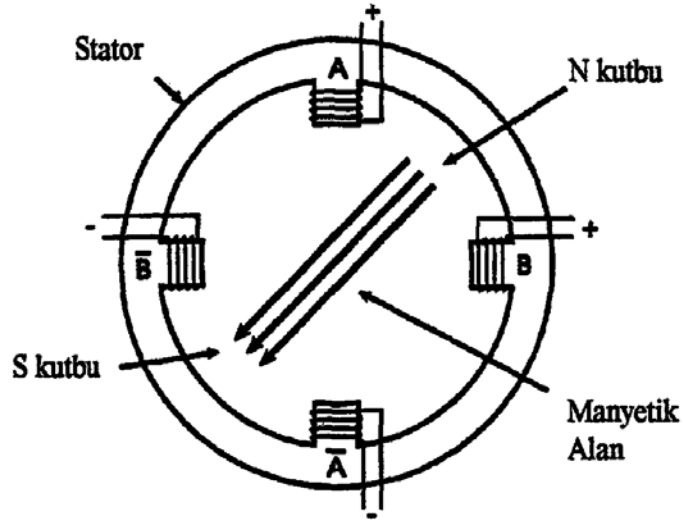
Şekil 2.13 İki Fazlı Adım Motorunda Birinci Fazın Enerjilendirilmesi

B sargısı enerjilendirildiğinde ise, B ve B- kutbu, Şekil 2.14’deki gibi N ve S olarak kutuplanacaktır. Sargılara uygulanan akımın yönü değiştirilirse, tabiatıyla oluşan manyetik alanın yönü de değişecektir.



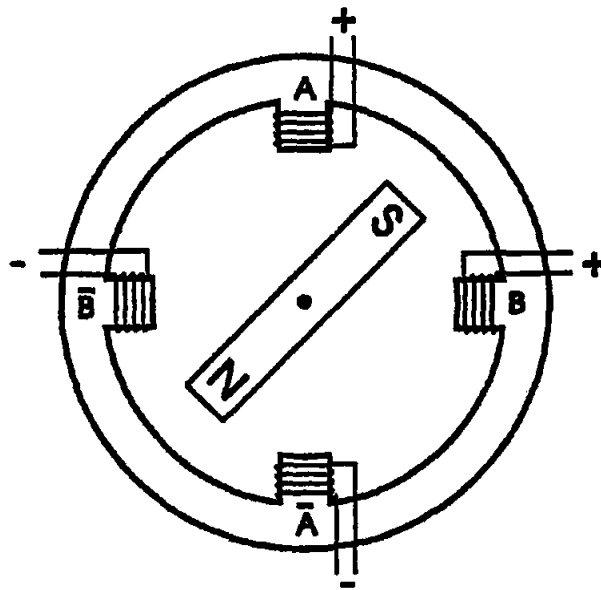
Şekil 2.14 İki Fazlı Adım Motorunda İkinci Fazın Enerjilendirilmesi

Aynı anda A ve B sargılarından da akım geçirilirse, Şekil 2.15'deki gibi iki manyetik alanın vektörel toplamı şeklinde tek bir manyetik alan oluşacaktır.



Şekil 2.15 İki Fazlı Adım Motorunda İki Fazın Enerjilendirilmesi

Her üç durumda da, aynı kutupların birbirini itmesi ve farklı kutupların birbirlerini çekmesi prensibinden dolayı rotor, manyetik alan ile hizalanır (Görgün, 1998). Bu konumda rotor üzerindeki moment sıfırdır. Rotorun bu konumdan sapması ile stator manyetik alanından dolayı motor oransal bir moment üretecektir. Bu da rotorun kararlı olarak bir noktada durmasını sağlar. İki fazın enerjilendirilmesi sonucu oluşan manyetik alana göre rotorun hizalanması Şekil 2.16'da gösterilmiştir.



Şekil 2.16 İki fazlı adım motorunda iki fazın enerjilendirilmesi ile rotorun konumu

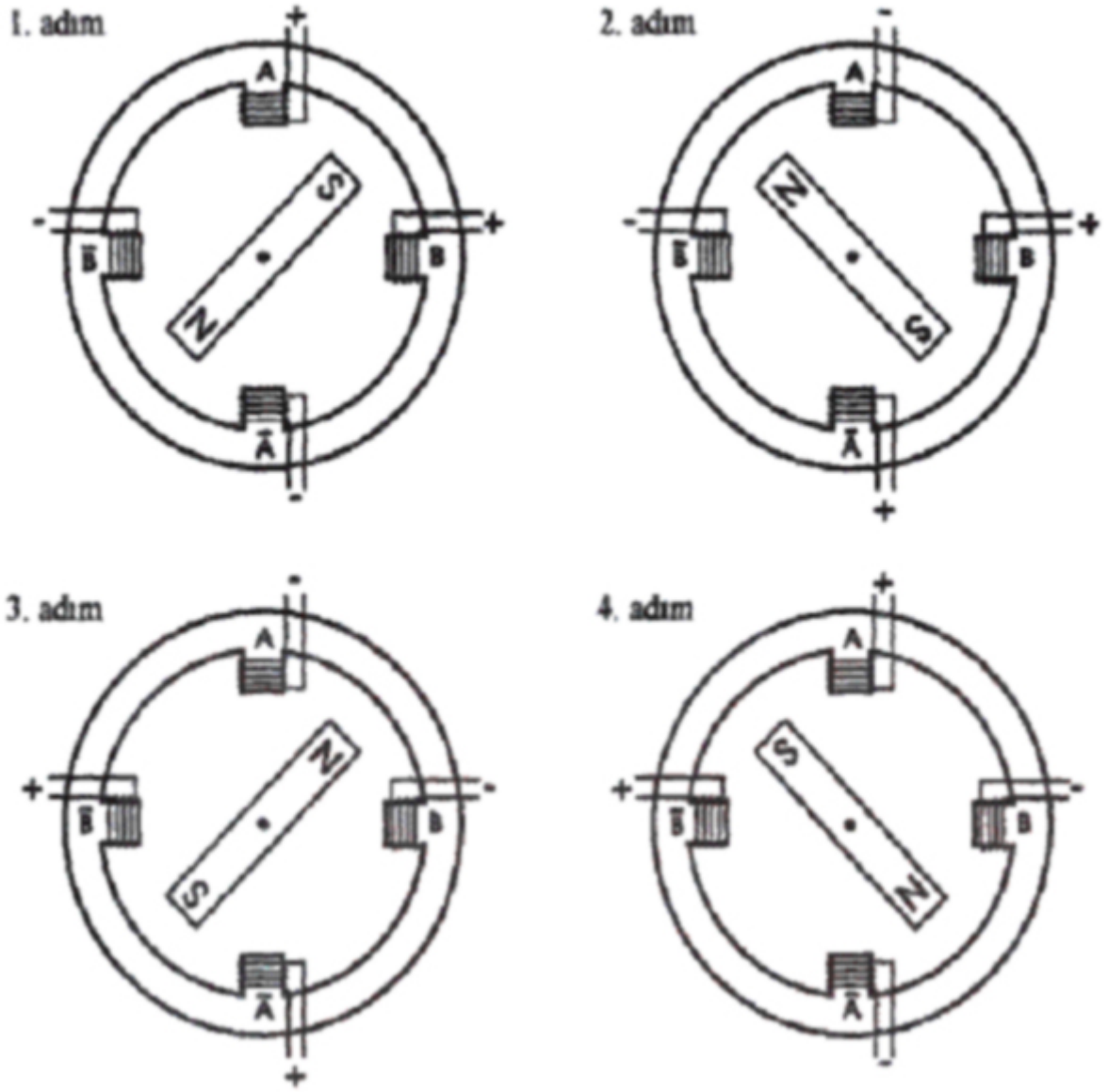
2.9.1 Tam Adım Modunda Çalışma

Tam adım modunda çalışmanın oluşabilmesi için iki imkân vardır. Bunlardan ilki, her adım için statorun yalnızca bir sargısının enerjili olmasıdır. Bu durumda motorun sargılarının enerjilendirilme sırası saat yönünde hareket için A, B, A- ve B- şeklinde, saat yönünün tersi yönde hareket için ise B-, A-, B, ve A şeklinde olmalıdır.

Bir diğer tam adım imkânı ise motorun sargılarının daima ikişer adedinin enerjili olmasıdır. İkişer sargının enerjilendirilmesi ile oluşan tam adım çalışma Şekil 2.17’de, bu çalışmayı gerçekleştirebilmek için gerekli anahtarlama sırası ise Tablo 2.1’de gösterilmiştir.

Tablo 2.1 İki Fazlı Adım Motorunda Tam Adım Çalışma Modu İçin Anahtarlama Düzeni

Adım	İleri Sıra	
	A	B
1.Adım	+	+
2.Adım	-	+
3.Adım	-	-
4.Adım	+	-
5.(1.)Adım	+	+



Şekil 2.17 İki fazlı adım motorunda tam adım çalışma modu

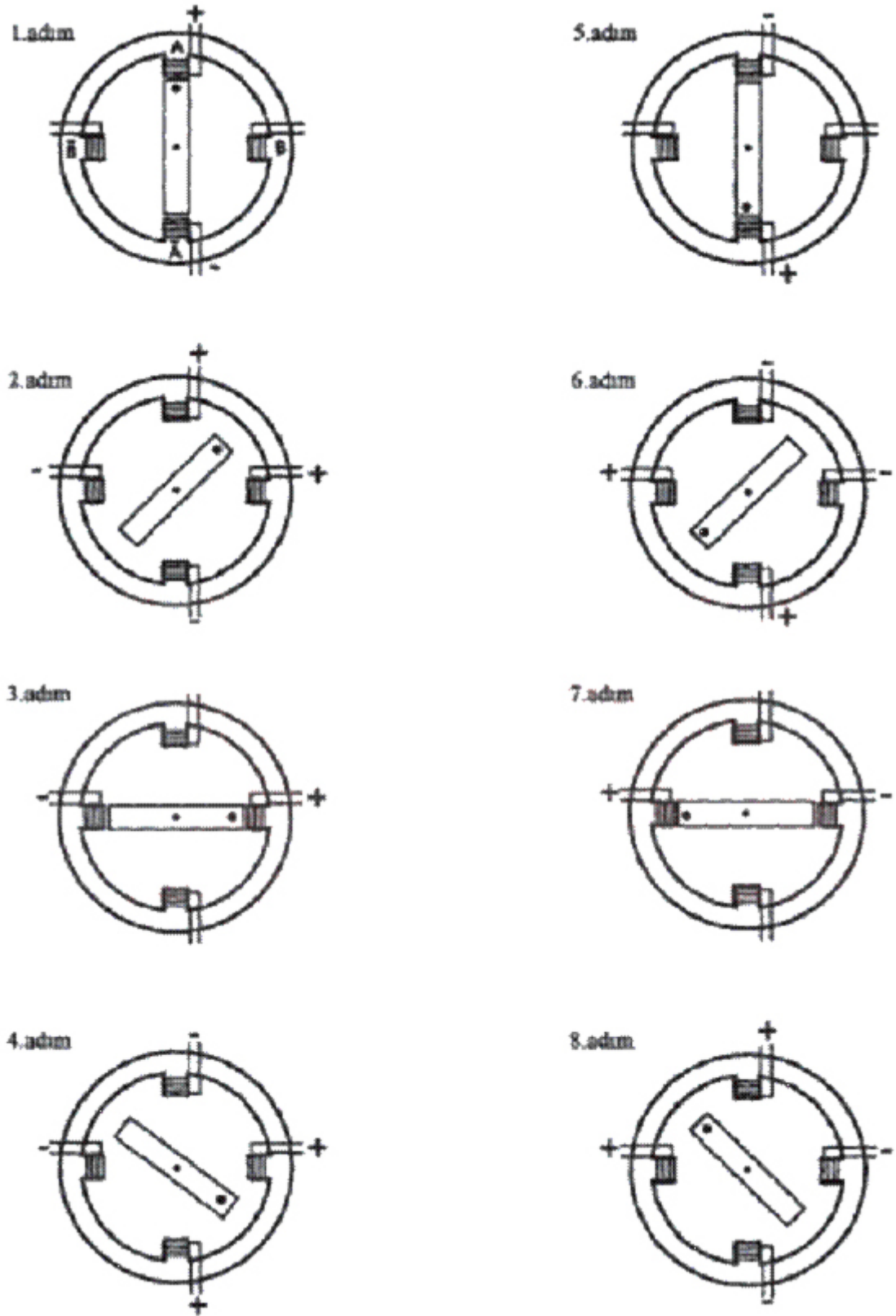
2.9.2 Yarım Adım Modunda Çalışma

Yarım adım çalışmada statorun, bazen tek sargısı bazen de çift sargısı enerjilendirilir. Şekil 2.18’de görüldüğü gibi, yalnızca A sargısından pozitif yönde akım geçirildiğinde, A sargısı ile hizalanan rotor 1. adımdaki durumda konumlanır. A sargısındaki enerji kesilmeden B sargısı enerjilendirilirse 2. adımda görüldüğü gibi iki sargının oluşturduğu manyetik alanın vektörel toplamı ile belirlenen konumda rotor sabit kalır. Böylece rotor, 1. adımdaki konumuna göre 45 derecelik bir adım atmış olur. 3. adımda ise A sargısının enerjisi kesilir ve sadece B sargısı enerjilendirilir. Dolayısı ile rotor bir 45 derecelik adım daha atar. Bu kontrol biçiminde motordan 90 derecelik tam adım cevabı yerine, 45 derecelik yarım adım cevabı elde edilmiş olur.

Yarım adım çalışma Şekil 2.18’de, bu çalışmayı gerçekleştirebilmek için gerekli anahtarlama sırası ise Tablo 2.2’de gösterilmiştir.

Tablo 2.2 İki Fazlı Adım Motorunda Yarım Adım Çalışma Modu İçin Anahtarlama Düzeni

Adım	İleri Sıra	
	A	B
1.Adım	-	+
2.Adım	Enerjisiz	+
3.Adım	+	+
4.Adım	+	Enerjisiz
5.Adım	+	-
6.Adım	Enerjisiz	-
7.Adım	-	-
8.Adım	-	Enerjisiz
9.(1.)Adım	-	+



Şekil 2.18 Adım Motorunun Yarım Adım Atması

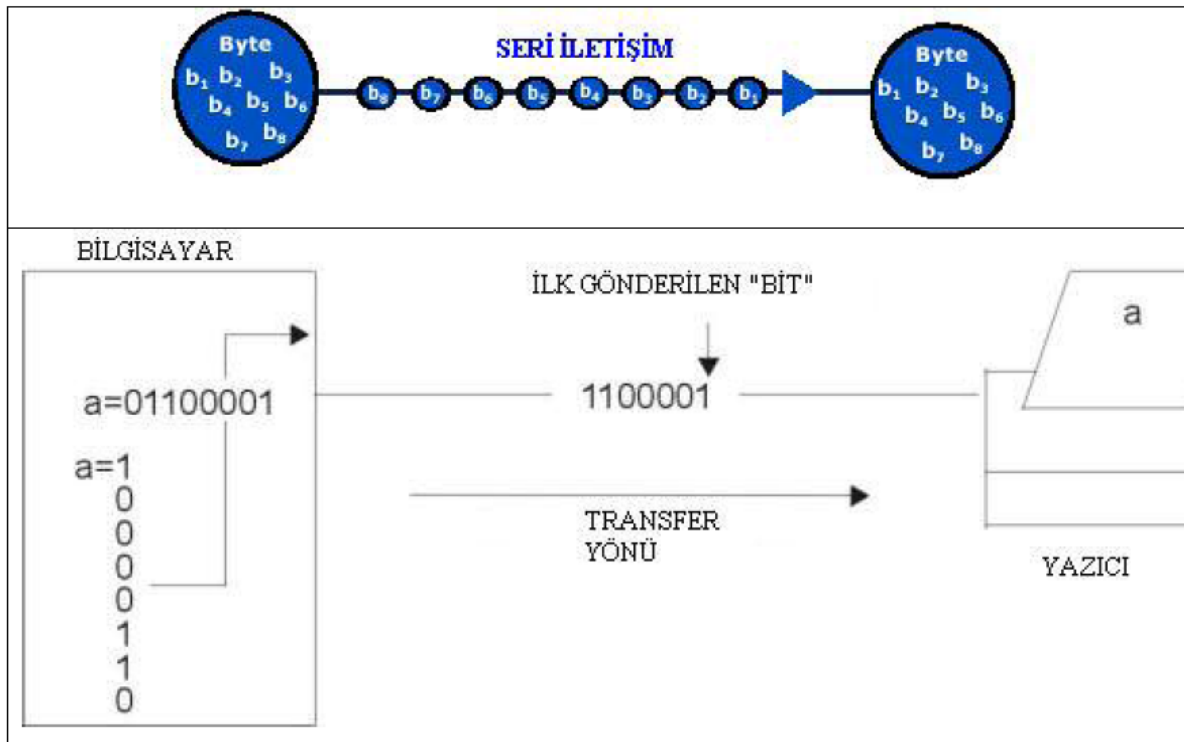
3. SERİ HABERLEŞME

Dağıtık mimarili sistemlerde birimler arası haberleşme önemli aldığı bir yer tutar. Birimler edindiği veya ürettiği verileri sistemin performansı için paylaşmak zorundadır.

Seri haberleşmede veriler aynı hattın, peşpeşe ve sıra ile gönderilirler. Veriler bir kurala göre gönderilir ve aynı kurala göre okunur. Böylece bir bilgi diğer birime gönderilmiş olur.

Temelde iki tür seri haberleşme mevcuttur. Bunlardan biri, her iki tarafın da aynı saat frekansının yükselen ya da düşen kenarları esnasında gönderme ve okumanın yapıldığı senkron haberleşmedir. Senkron haberleşme, genellikle aynı kart üzerinde bulunan mikroişlemcilerin haberleşmesi gibi, çok yakın birimlerin iletişimde kullanılır.

Diğer seri haberleşme de görece olarak uzak mesafeli iletişime imkân veren asenkron haberleşmedir. Bu sistemde, birimlerin saat frekansları birbirlerinden bağımsız olarak üretilir. Bundan dolayı da saat frekansları eşzamanlı değildir. Bu sistemde birimler önceden tanımlanmış bir saat frekansına göre veri gönderimi ve okuması yaparlar. Şekil 3.1’de bir bilgisayar ile yazıcının haberleşmesi gösterilmiştir (Uygun, 2006).

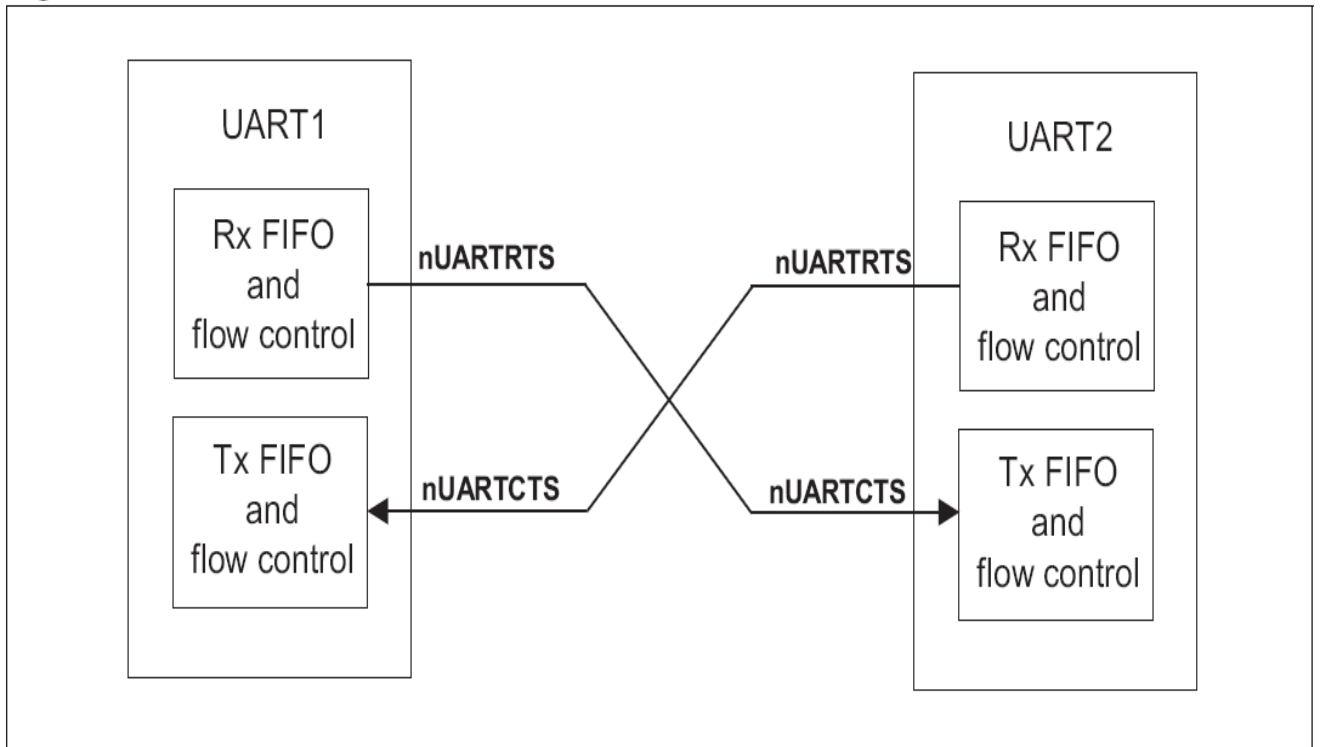


Şekil 3.1 Basit bir seri haberleşme sisteminin yapısı

3.1 RS-232 Protokolü

RS-232 olarak anılan bu protokolün en bilineni EIA/TIA-232-E. The Electronic Industry Association and the Telecommunications Industry Association (EIA/TIA) tarafından ilk olarak 1962 yılında geliştirilen RS-232 protokolü, günümüze kadar 4 kez güncellenmiştir. En sonda bulunan E harfi bu statndardın 5. Sürümü olduğunu göstermektedir.

Yalnızca iki birimin haberleşmesi için kullanılan yaygın bir protokoldür. En az üç telli bir donanıma ihtiyaç duyar. Bunlar, veri almak için RX, veri göndermek için TX ve nötr uçlarıdır. Bu uçlara ek olarak RTS (Request to Send) ve CTS (Clear to Send) uçları da bulunabilir. RTS ve CTS karşılıklı veri gönderimi ve alınmasında anlaşma (Hand Shaking) amaçlı olarak kullanılır. Şekil 3.2’de RTS ve CTS’nin kullanımına bir örnek verilmiştir [1]. Burada UART1 RX veri alabilecek durumda ise RTS çıkışını aktif eder. UART2 ancak RTS aktif ise veri gönderir. Bu şekilde bir anlaşma yapılmış olur ve veri kaybı riski ortadan kaldırılmış olur.



Şekil 3.2 RTS ve CTS uçlarının kullanımı

RS-232 Standardına göre, çıkış gerilimleri +12V ve -12V seviyelerinde olmak zorundadır. Mikro denetleyicilerin çıkışları ise 3.3V veya 5V seviyelerindedir. Bu probleme çözüm olarak RS-232 entegreleri kullanılmaktadır. Bu entegreler 3.3V veya 5V’luk gerilim seviyelerini 12V seviyelerine çıkartır.

Uygulamada 3.3V'luk seri haberleşme sinyallerinin RS-232 standardı gerilimlerine çevrilmesi için ST3232 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre harici bağlanan 4 adet 100nF'lık kapasiteyi kullanarak 3.3V'luk gerilim seviyesini 12 Voltluk gerilim seviyesine çıkarabilmektedir [6].

STR750 Mikro Denetleyicisinin UART Kısımının Özellikleri

- RX ve TX için 16'şar Byte'lık yığınları vardır. Alınan veriler RX yığında, gönderilen veriler ise TX yığında biriktirilir. Bu yığınlar aktif veya pasif edilebilirler.
- Sağlıklı veri iletişimi için standart programlanabilir Start, Stop ve Parity bitleri vardır.
- Hatalı START bitini tespit mekanizması vardır.
- Donanımsal veri akış kontrolü için CTS ve RTS sinyalleri sağlanmıştır.
- 5, 6, 7, ya da 8 bitlik veri akışı konfigüre edilebilir.
- 1 veya 2 stop biti kullanılabilir.

STR750 mikro denetleyicisinin UART kısmının blok şeması Şekil 3.3'te gösterilmiştir [1].



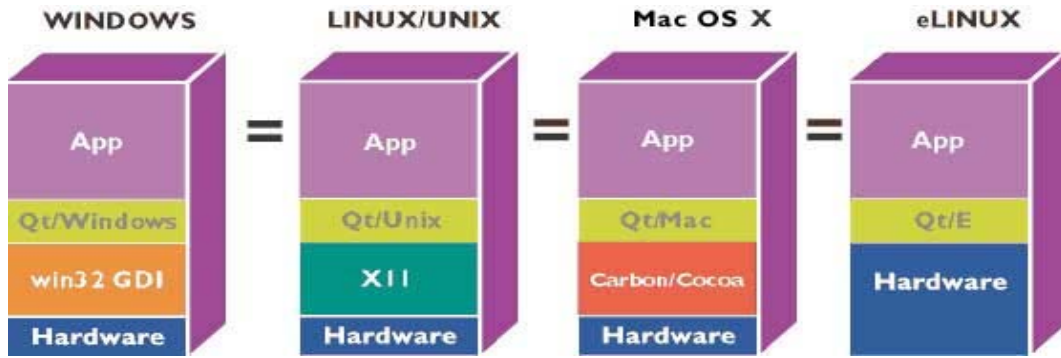
RS-485 protokolü de temel olarak RS-232 mimarisini örnek alır. RS-232'den iki farkı vardır. Bunlardan biri uzak nokta haberleşmesine imkân veren diferansiyel hat kullanmasıdır. Diferansiyel hatta biri diğerinin tümleyeni olan sinyaller taşınır. Sinyal kabul edildiğinde yine iki hat arasındaki farka göre veri işlenir. Yolda hat üzerine düşen gürültüler hatlar arasındaki farkın alınması işlemi esnasında nötrlenir.

RS-232 mimarisinden diğerk fark ise çok noktalı (multipoint) haberleşmeye imkân vermesidir. Böylece 2’den fazla birim kendi aralarında haberleşebilir.

Uygulamada 3.3V’luk sinyalleri RS-485 standartlarına çevirmek için SN65HVD1781 entegresi kullanılmıştır. Bu entegre aldığı sinyalleri diferansiyel olarak A ve B diye isimlendirilen bir veri yoluna iletir. Lojik 1 seviyesi için, A 3V ve B 0V değerini alırken, lojik 0 seviyesi için A 0V ve B 3V değerini alır.

4. QT C++ KÜTÜPHANESİ

Qt kütüphanesi farklı platformlarda çalışabilen, taşınabilir (cross platform) uygulama geliştirmek isteyen yazılımcılar için, Trolltech firması tarafından geliştirilen bir görsel kütüphanedir. Bu platformlar kısaca, Windows95 ile Vista arasındaki versiyonlar, Mac OS® X, Linux ve gömülü Linux, AIX, BSD/OS, FreeBSD, HP-UX, IRIX, NetBSD, OpenBSD, Solaris, Tru64 UNIX sayılabilir. Çoğunlukla görsel uygulamalarda C++ geliştiricileri tarafından rağbet görmektedir. Qt ile geliştirilen arayüz, yukarıda sayılan platformların hepsinde aynı görünüme sahip olacaktır. Qt kütüphanesi ilk olarak tamamen paralı bir ürün olarak piyasa sürülmüştür. Qt kütüphanesiyle yazılmış birçok uygulama mevcuttur. Google, Adobe, Skype, Synopsys ve MyVr, Qt nin müşterilerinin başında gelmektedir. Linux'ta geliştirilen grafik arayüzlü uygulamaların birçoğunda da Qt kullanılmaktadır [4].



Şekil 4.1 Qt platform bağımsız arayüz yapısı [2]

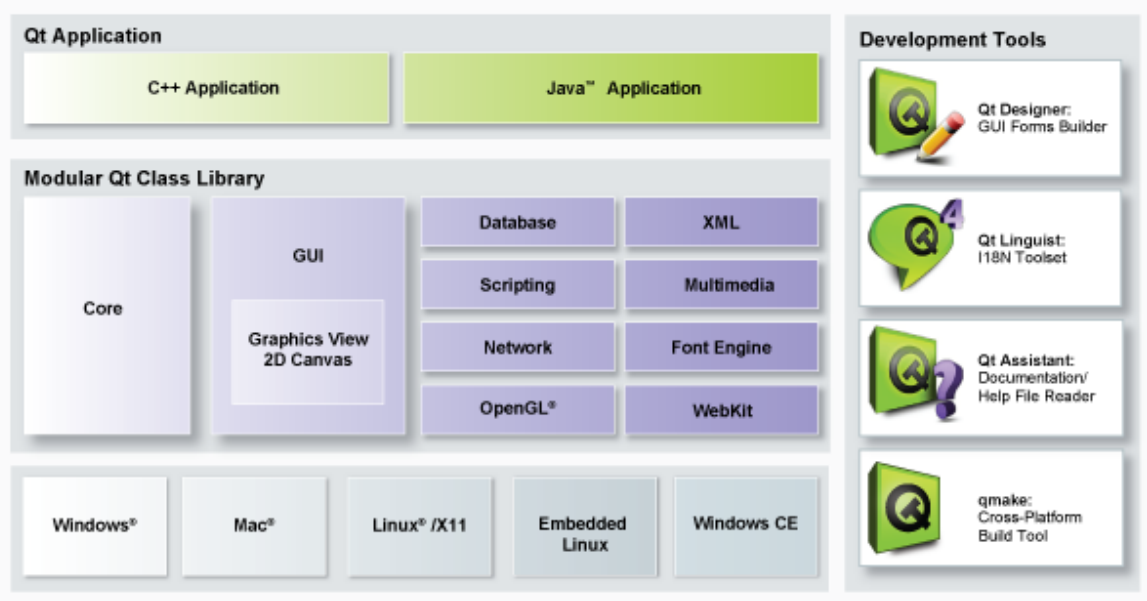
Qt, sadece bir görsel uygulama kütüphanesi olmanın da ötesinde başka birçok eklentileri de bulundurmaktadır. Bunlara örnek vermek gerekirse Qt kitaplığı içinde Sql ve network uygulamaları geliştirmek için gerekli bir çok fonksiyon bulunmaktadır. Özellikle veritabanı uygulamaları geliştirenler için büyük kolaylık sağlamaktadır. Qt ile ilgili örnekleri derlemek ve nasıl işlediğini anlamak için C++ bilgisinin olması gerekmektedir.

Qt içerisinde birçok araç vardır. Uygulama geliştirme aşamasında öncelikle “qtdesigner “ isimli aracın kullanımı öğrenilmelidir. Qt designer ise tamamen arayüz tasarlama işlemlerini gerçekleştirmektedir. Qt designer’ın kullanımı oldukça basittir. Qt designer, daha sonradan yenilerini de ekleyebileceğimiz çok sayıda parçacık (widget) sunar. Bu parçacıklar, sürük bırak metoduyla arayüz üzerine arzu edildiği şekilde dizilebilir. Tasarım istenilen hale

geldiğinde, arayüz “ui” uzantılı bir form dosyası olarak kaydedilir. Qt bu form dosyasını kullanarak, derleyicinin anlayabileceği bir c++ kodu üretir.

Diğer bir araç olan “Qt linguist” ile uygulamalar kolayca çok dilli hale getirilebilir. Yazılımların uluslararası başarısı için bu araç oldukça önemli bir hale gelmiştir. Qt ‘nin dil konusunda sağladığı esneklik tercih edilmesinin önemli sebeplerindendir.

Qt iki çeşit lisanslama şekline sahiptir. Ticari (commercial) lisansa sahip kullanıcılar, Qt ile geliştirdikleri uygulamanın kodlarını saklama ve bunları satma hakkına sahiptir. İkinci lisanslama tipi olan açık kaynakta (open source) ise kullanıcı kaynak kodunu gizleyemez ya da bu uygulamayı ticari amaçlar için kullanamaz. Ancak, ticari veya açık kaynak lisansı sahipleri, Qt’nin her türlü özelliğinden faydalanabilirler. Açık kaynak lisansına sahip uygulamaların en büyük eksiği dokümantasyon yetersizliğidir. Qt ise bu konuda mükemmel denebilecek kadar iyidir. “Qt Assistant” yardım aracı her türlü kütüphanenin kullanımı hakkında bilgi verir ve kullanımı örneklerle zenginleştirir.



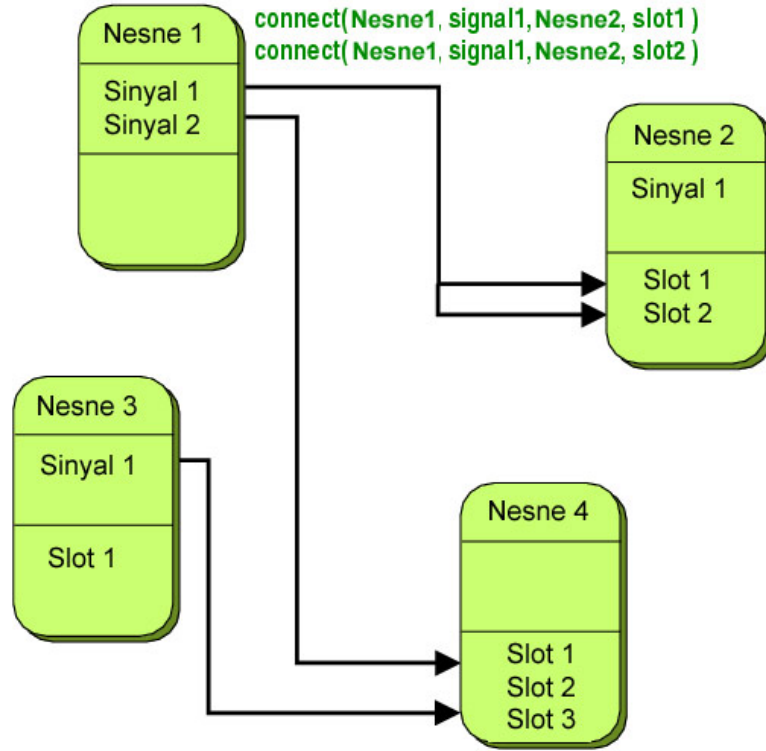
Şekil 4.2 Qt genel yapısı [2]

Diğer bir araç olan “qmake” ise Qt kütüphanesinin derlenmesini sağlar. Qt uygulamasının yazıldığı c++ dosyasını, “ui” dosyasını ve kaynakları “pro” uzantılı bir dosya aracılığıyla derler. ”qmake” aracı kullanıcıları birçok şeyi tekrar tekrar yazıp dosyayı derlemeye çalışmaktan kurtarır ve uzun bir makefile oluşturur. Derleyici de bu “makefile” ı kullanarak uygulamayı derler.

Qt Windows ortamında Visual Studio ile çalışılırken “Qt Visual Studio Integration” aracını sunar. Bu araç “Qt designer” ı Visual Studio’nun içine gömerek; “Qt designer”ın bir eksiği denebilecek, “direk olarak kod yazamama” sıkıntısını ortadan kaldırır. Ayrıca “Qt Visual Studio Integration” komut satırından “qmake” çalıştırılarak uygulamayı derleme zahmetine de son verilir.

Qt içerisinde binlerce sınıf barındırır. Bu hazır sınıflar sayesinde çok az kod yazarak, oldukça verimli ve gelişmiş uygulamalar yazabiliriz. Bu sınıfların başlıcaları QtCore, QtGui, QtNetwork, QtOpenGL, QSql dir. Bu temel sınıfların altında yüzlerce farklı sınıf vardır. Bu kısımda öğrenilecek bilgiler ile bu geliştirme aracı kullanılarak çok başarılı uygulamalar yazılabilir.

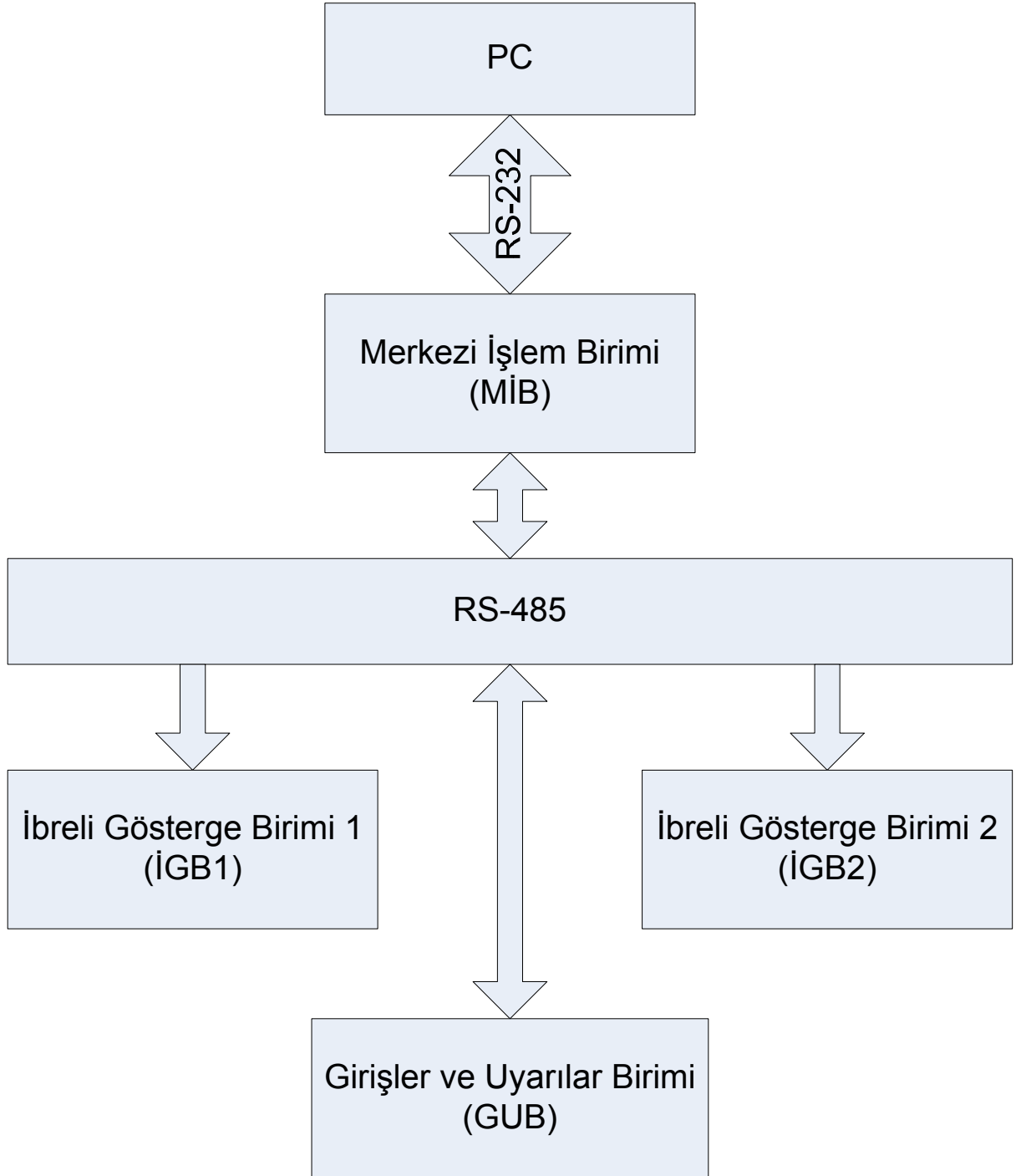
Qt nin bilinmesi gereken önemli mekanizmalarından biri sinyal-yuva (signals- slots) mekanizmasıdır. Signal-slot mekanizması bir çeşit “callback” mekanizması olmasına rağmen, kendine özel birçok avantajı vardır. Bu eşsiz mekanizma her şeyin başında kullanım kolaylığı sağlar. Oluşturulan nesneler arasında iletişimi sağlarken bunu tip eşleşme sorunları çözerek yapar. Bunun için signal-slot mekanizması “tip güvenli” (type- safe) dir. Bir nesne bir sinyal verdiğinde, bu sinyalin kime gideceğini bilmesi gerekmez. Sinyali alacak olan nesnenin de sinyalin kimden geldiğini bilmesi gerekmez. Bu durum, encapsulation (sarma) yapısının oluşturulmasını sağlar. Bir sinyali, birden çok nesne alabilir; ya da birden çok sinyali bir nesne alabilir. Şekil 4.3’de görülen Sinyal-Slot mekanizması tamamen nesne tabanlıdır (object-oriented) [2].



Şekil 4.3 Sinyal/Slot mekanizması [3]

5. TASARIM

Tasarım PC’de çalışan bir arayüz programı ile 4 adet donanım biriminden oluşmaktadır. Bu birimler, girişler ve uyarılar kartı (GUB), iki adet ibrelî gösterge birimi (İGB1 ve İGB2) ve bir adet bilgisayar ile iletişimi sağlayan Merkezi İşlem Birimidir (MİB). Sistemin blok diyagramı Şekil 5.1’ de görülmektedir.



Şekil 5.1 Uygulama Tasarımı Blok Şeması

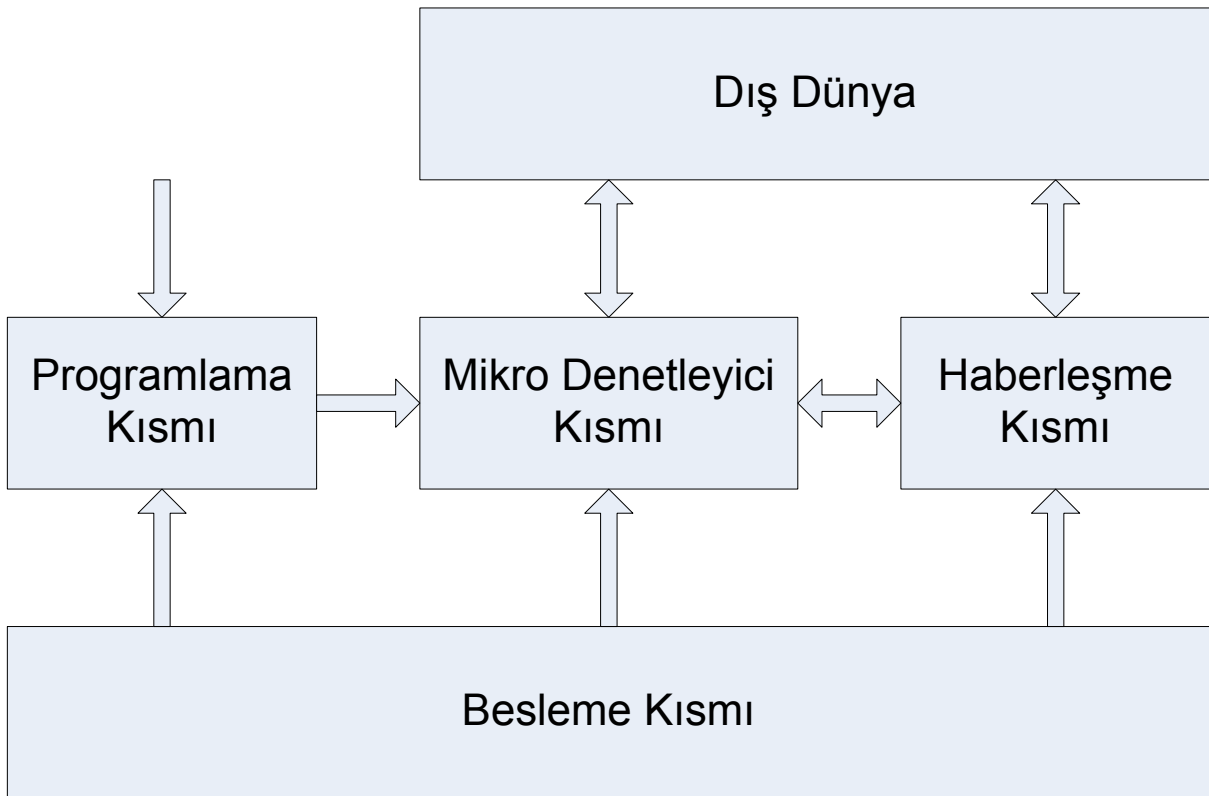
“Girişler ve Uyarılar Birimi” ile kullanıcı sisteme input verebilmektedir. Input olarak, kontak anahtarını temsilen bir anahtar, gazı temsilen bir potansiyometre, hava frenini temsilen yine bir potansiyometre ve bunlara ek olarak kullanıcıyı uyararak için aşırı hızı temsilen bir LED kullanılmıştır.

İbrelili gösterge birimleri birbirinin aynısıdır. Bunlardan biri tren hız bilgisini, diğeri ise frenleme için kullanılan fren silindirlerindeki hava basıncını göstermektedir. Bu birim adım motoru ile sürülmektedir.

Merkezi İşlem Birimi ise donanım birimleri ile PC arasında iletişimi sağlayan karttır. Uygulamada bu kart, PC ile RS-232 protokolü üzerinden, donanım birimleri ile ise RS-485 protokolü üzerinden haberleşmektedir.

5.1 Donanım Birimlerinin Ortak Kısımları

Tasarlanan modüllerinin genel olarak donanım yapısı Şekil 5.2’deki gibidir. bu yapıya göre tüm donanım birimleri besleme kısmına, programlama kısmına, haberleşme kısmına ve mikro denetleyici kısmına sahiptir. Besleme kısmı, programlama kısmı ve haberleşme kısmı tüm kartlarda aynıdır. Ancak haberleşme kısmı MİB için, RS-232 ve RS-485 kısmı olmak üzere iki kısımdan oluşur. IGB1, IGB2 ve GUB kartlarında yalnızca RS-485 kısmı vardır.

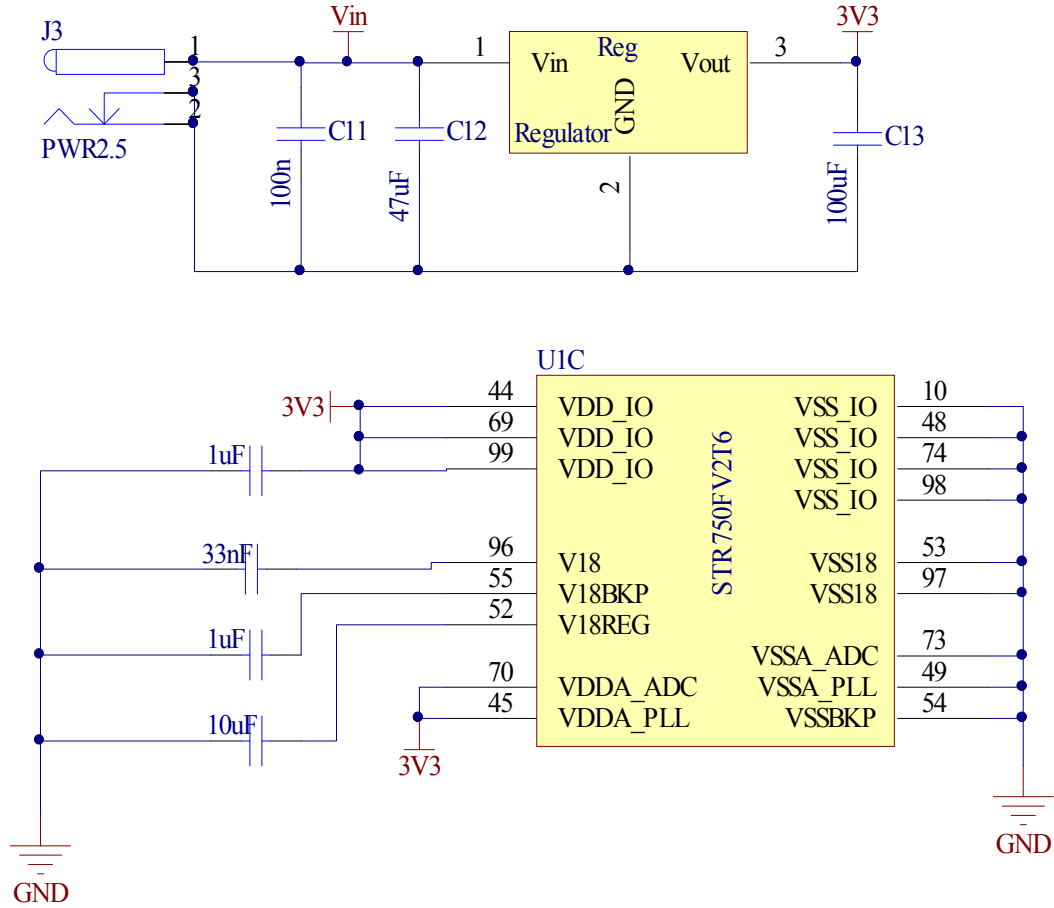


Şekil 5.2 Bir Elektronik Kartın Genel Blok Şeması

5.1.1 Donanım Birimleri Besleme Kısımı

Donanım birimleri besleme kartları, 5V kaynaktan beslenecek tarzda tasarlanmıştır. Mikro denetleyiciyi beslemek için ihtiyaç duyduğumuz 3.3V gerilim MICROCHIP firmasının TC1262 regülatörü ile sağlanmıştır.

Şekil 5.3’de tüm donanım birimlerinde bulunan besleme kısmı ve mikro denetleyicinin besleme uçlarının şeması verilmiştir.

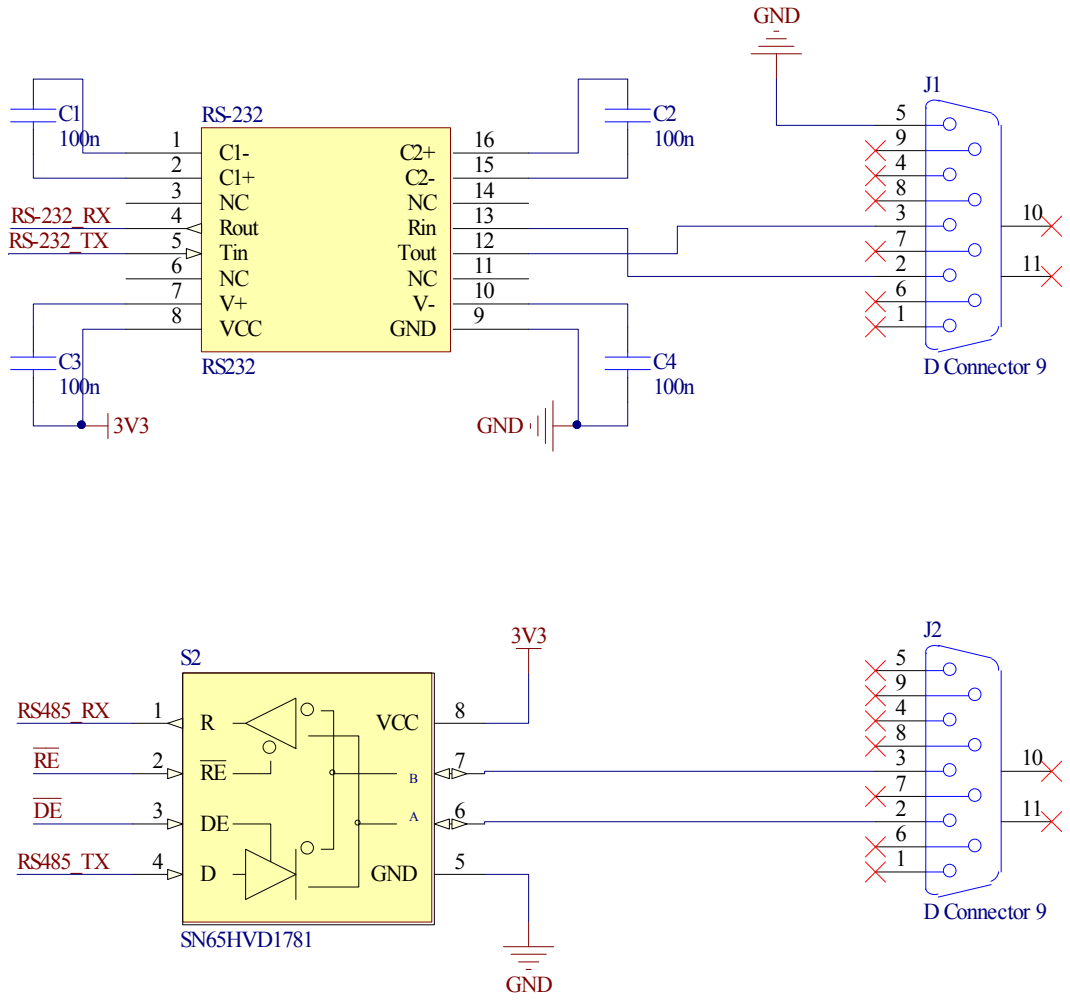


Şekil 5.3 Donanım Birimleri Besleme Kısım Şeması

5.1.2 Donanım Birimleri Haberleşme Kısımı

RS-232 haberleşmesi için ANALOG DEVICES firmasının ADM3101E entegresi, RS-485 haberleşmesi için ise TEXAS INSTRUMENTS firmasının SN65HVD1781 entegresi kullanılmıştır. Bu entegreler 3.3V gerilimle çalışma kabiliyetine sahiptirler.

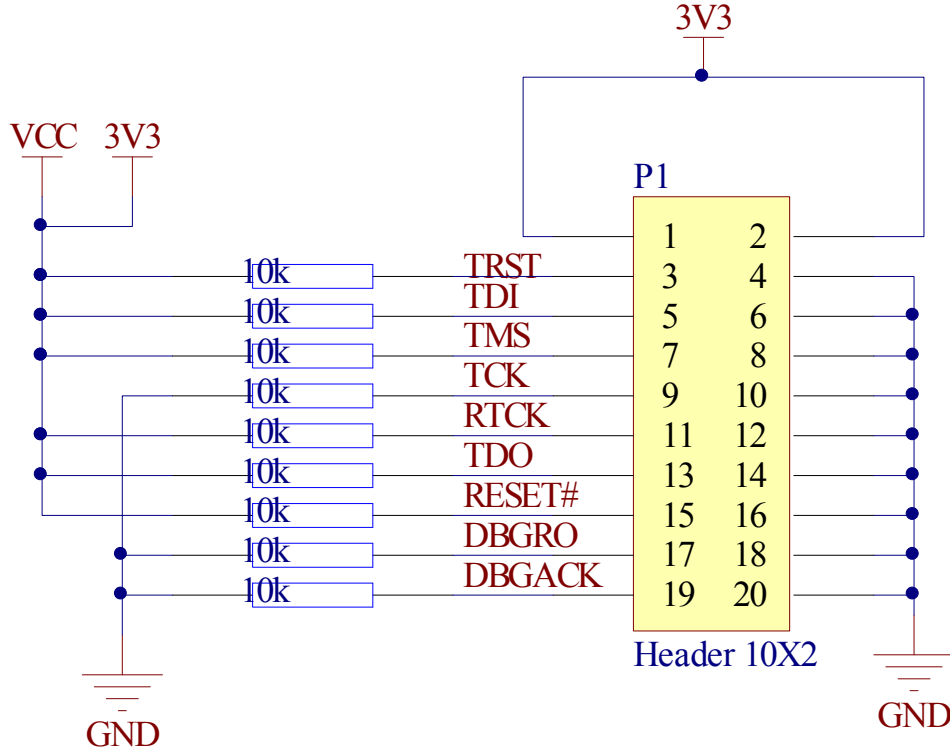
Şekil 5.4’de donanım birimleri haberleşme kısmı görülmektedir. Ancak şekilde görülen RS-232 haberleşme kısmı sadece MİB’de bulunmaktadır.



Şekil 5.4 Donanım Birimleri Haberleşme Kısmı Şeması

5.1.3 Donanım Birimleri Programlama Kısmı

Üretilen kartlar SMD kılıf içerisinde bulunduklarından devre içerisinde programlanmak zorundadırlar. Bunun için JTAG adı verilen bir protokol ile programlanırlar. Devre içerisinde mikro denetleyiciyi programlamak için Şekil 5.5'deki bağlantı şeması kullanılmıştır.



Şekil 5.5 Merkezi İşlem Birimi Kartı Programlama Kısımı

5.2 Merkezi İşlem Birimi

Bu birim PC'den aldığı verileri donanım birimlerine aktarmak için kullanılan bir ana (master) karttır. Simülatörlerde, tüm donanım birimlerinden veri toplayıp, bunları simülatör bilgisayarına iletip, simülatör bilgisayarından alınan sonuçları donanım birimlerine iletmekle görevlidir.

Merkezi işlem birimi donanım modüllerinden alınan bilgileri öncül olarak da işleyebilir. Örneğin, sistemde birbiri ile etkileşim halinde olan donanım modüllerinden gelen verileri birleştirip, çıkan sonuçları da simülatör bilgisayarına gönderebilir.

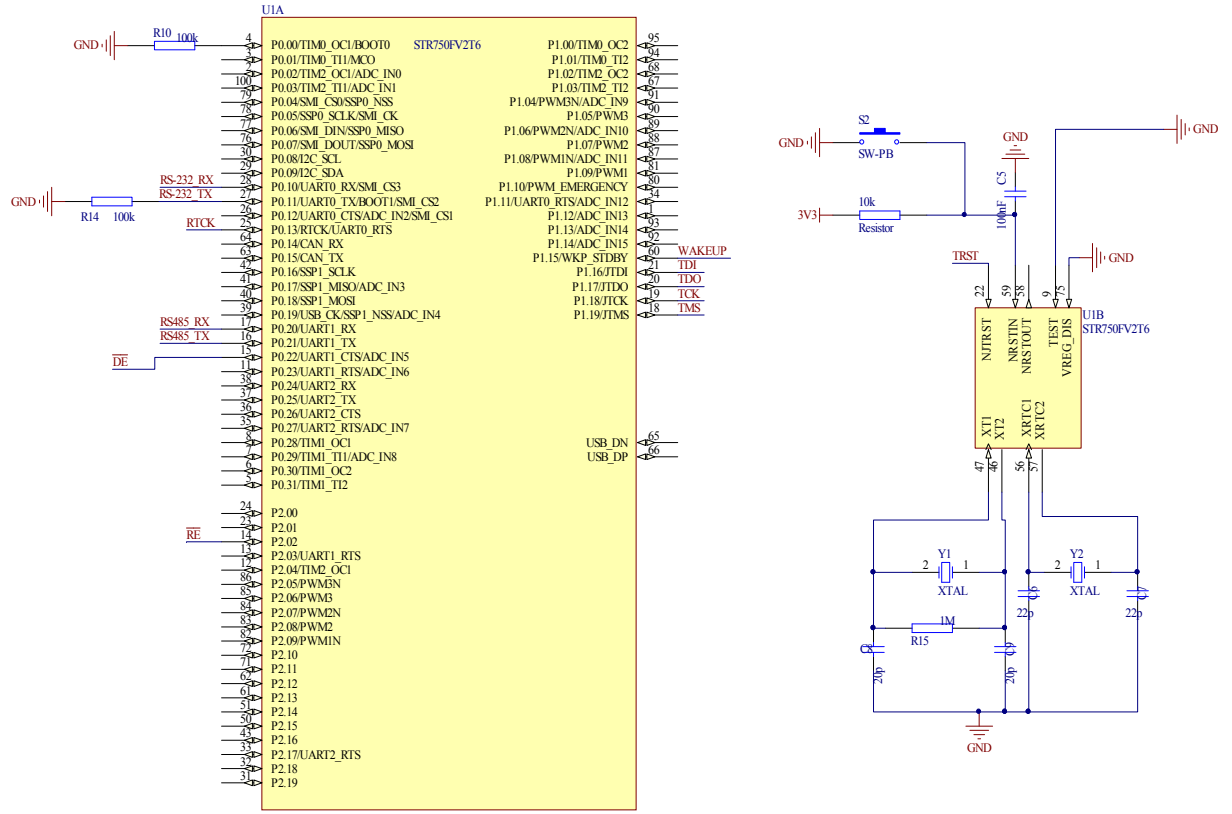
5.2.1 Merkezi İşlem Birimi Donanımı

Uygulamamızda ST firmasının STR750FV2 mikro denetleyicisi tabanlı bir merkezi işlem birimi kartı tasarlanmıştır. Kart, güç kısmı, programlayıcı kısmı, mikro denetleyici kısmı ve haberleşme kısmı olarak dört parçadan oluşmaktadır.

5.2.1.1 Merkezi İşlem Birimi Mikro Denetleyici Kısımı

Mikro denetleyici 4 MHz lik kristal ile çalışmaktadır. Mikrodenetleyicinin UART0 ve UART1 modüllerinden UART0, PC ile seri haberleşme için, UART1 modülü ise RS-485 haberleşmesi için kullanılmak üzere ayrılmıştır.

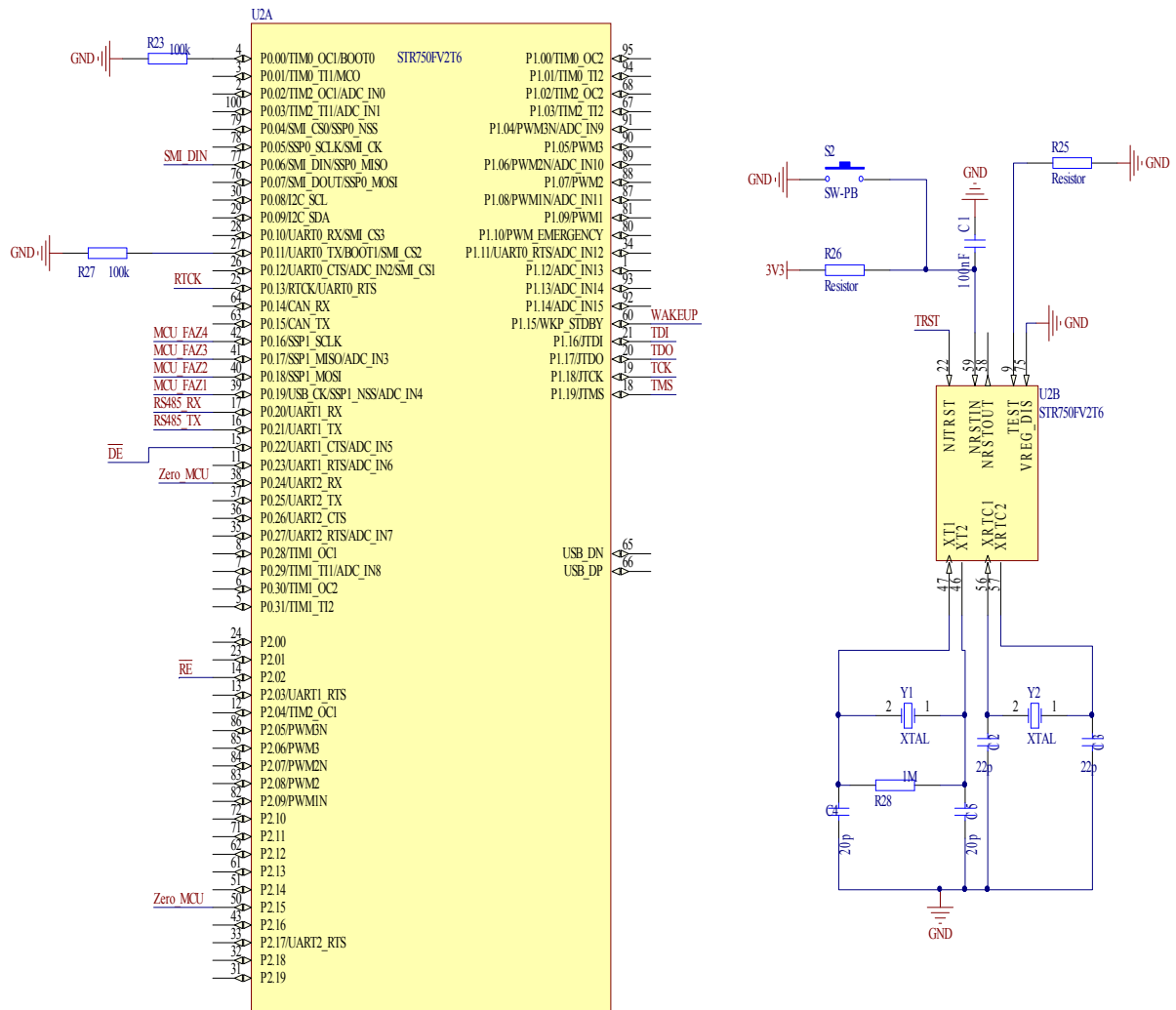
Merkezi İşlem Birimi devre şeması Şekil 5.6'da verilmiştir.



birimi kartı tasarlanmıştır. Kartlar, güç kısmı, programlayıcı kısmı, mikro denetleyici kısmı, haberleşme kısmı ve adım motoru sürücü kısmı olmak üzere beş parçadan oluşmaktadır.

5.3.1.1 İbrelî Gösterge Birimi Mikro Denetleyici Kısım

Mikro denetleyici 4 MHz lik kristal ile çalışmaktadır. Mikrodenetleyicinin UART1 modülü RS-485 haberleşmesi için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Bunun yanında Port0'ın 16, 17, 18 ve 19'uncu pinleri motorun faz sinyalleri için, 24 numaralı pini ise motorun sıfır noktasının tespitinde kullanılan limit anahtar ile ilişkilendirilmiştir.



Şekil 5.7 İbrelî Gösterge Birimi Kartı Mikrodenetleyici Kısım Şeması

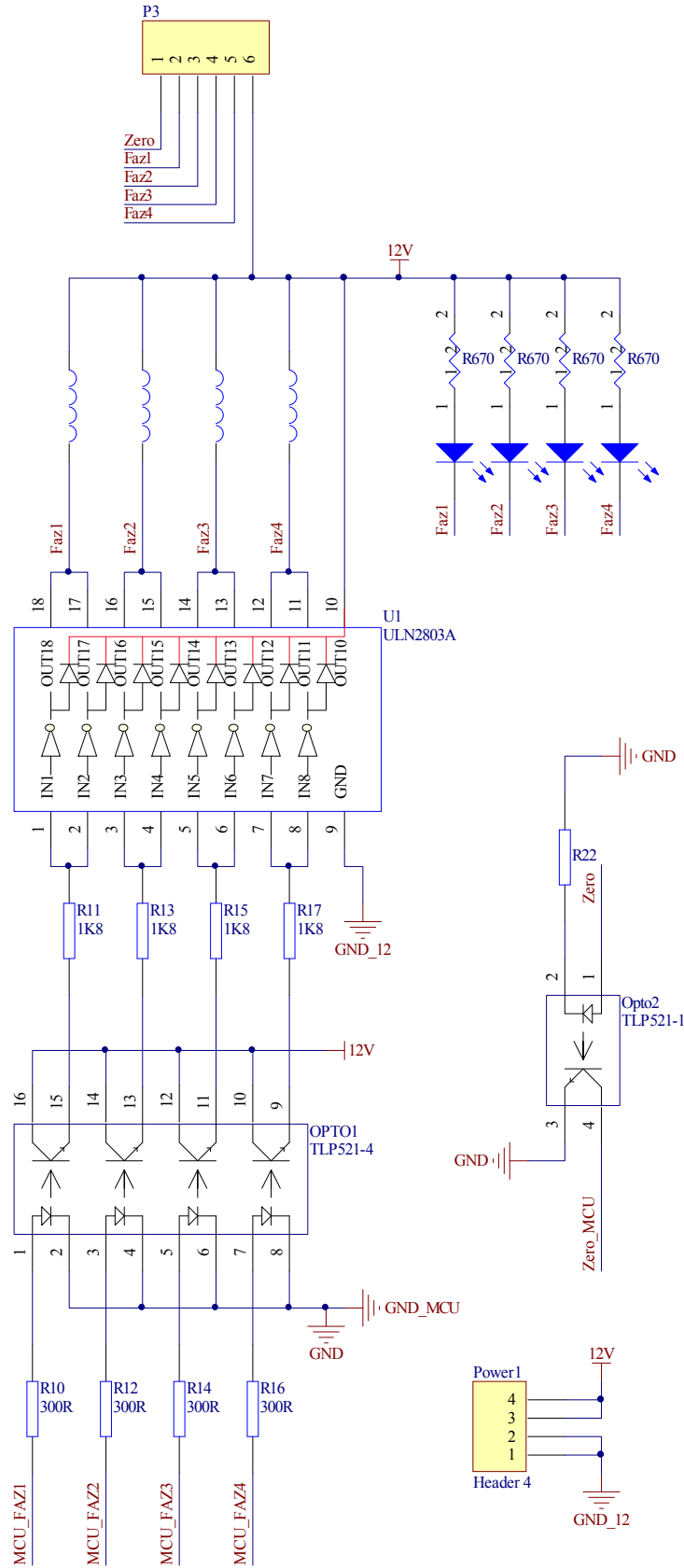
5.3.1.2 İbrelİ Gösterge Birimi Adım Motor Sürücü Kısmı

Şekil 5.8’te görülen bu kısım, adım motorunu süren güç kısmını göstermektedir. 4 fazlı adım motorunu sürmek için ULN2803 darlington dizi kullanılmıştır. Bu darlington dizisinin içerisinde 8 adet darlington bağlı transistör çifti bulunmaktadır. Her darlington bağlı transistör 500mA akım verebilmektedir. Adım motorumuzu sürmek için ULN2803 entegresinin ikişer ucu paralel bağlanmıştır. Böylece 1 amperlik bir sürme akımı elde edilebilmiştir. [5]

İbrelİ Gösterge Birimi’nin sürücü kısmı ile mikro denetleyici kısmının birbirinden izole etmek için TLP521 optik bağlayıcıları kullanılmıştır. Böylece adım motor sürücü devresindeki bir arıza sonucu, hassas olan mikro denetleyici devresinin zarar görmesi engellenmiştir.

Adım motoru, sürücü devresine bir konnektör ile bağlanmıştır. Konnektör üzerinden adım motorunun ortak ucuna pozitif gerilim uygulanmaktadır. Adım motorunun diğer uçlarına negatif sinyal uygulamak sureti ile sargılara gerilim verilebilmektedir.

Ayrıca konnektörde bir ZERO pini bulunmaktadır. Bu pin adım motoru sıfır konumuna geldiğinde sinyal veren bir limit anahtara bağlanmıştır. Bu şekilde mikrodenetleyici adım motorunun başlangıç noktasını algılayabilmektedir.



Şekil 5.8 İbrelİ Gösterge Birimi Kartı Adım Motor Sürücü Kısmı

5.4 Girişler ve Uyarılar Birimi

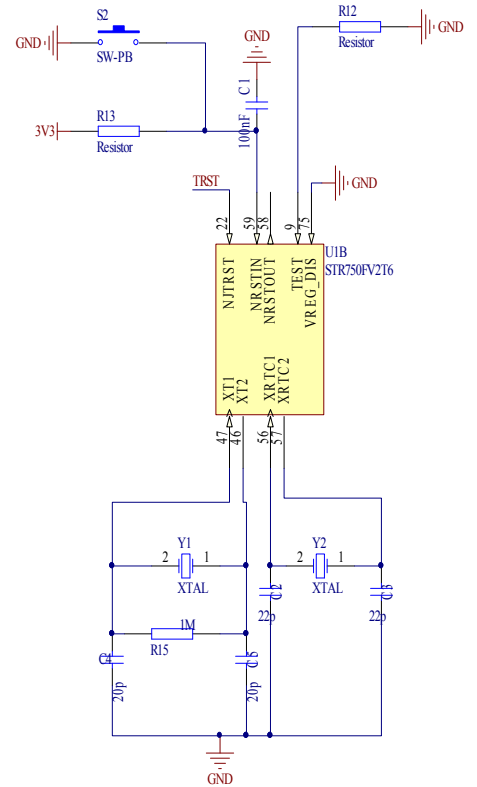
Girişler ve Uyarılar Birimi kullanıcının etkileşimde bulunduğu karttır. Bu kart ile kullanıcı sisteme giriş yapabilmekte ve aşırı hız durumunda bir ikaz alabilmektedir.

5.4.1 Girişler ve Uyarılar Birimi Donanımı

Bu birimi süren kart, güç kısmı, programlayıcı kısmı, mikro denetleyici kısmı ve haberleşme kısmı olmak üzere dört parçadan oluşmaktadır.

5.4.1.1 Girişler ve Uyarılar Birimi Mikrodenetleyici Kısmı

Mikro denetleyici 4 MHz lik kristal ile çalışmaktadır. Mikrodenetleyicinin UART1 modülü RS-485 haberleşmesi için kullanılmak üzere ayrılmıştır. Bunun yanında Port0'ın 17 ve 19'uncu pinleri ile potansiyometrelerden gelen analog değerler, Port2'nin 12'nci pininden ise anahtarın konum bilgisi okunmaktadır. Port0'ın 15 numaralı pini ise aşırı hız ledini yakmak veya söndürmek için kullanılmaktadır.



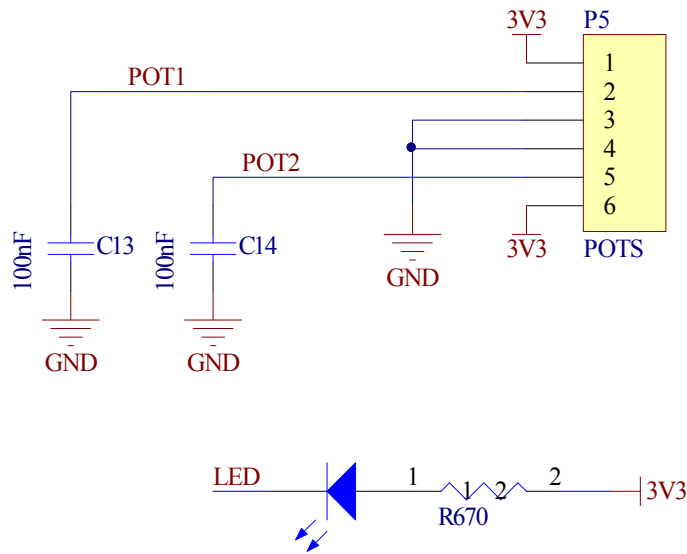
Şekil 5.9 Girişler ve Uyarılar Birimi Kartı Mikrodenetleyici Kısım Şeması

5.4.1.2 Girişler ve Uyarılar Birimi Potansiyometreler ve LED Kısım

Potansiyometreler 6'lı konnektör ile dışarıdan bağlanmıştır. Üç uçlu potansiyometrenin iki ucuna konnektör ile 3.3V ve GND gelmektedir. Orta uç ise konnektör ile mikro denetleyiciye bağlanmıştır.

Aşırı hız ledinin ise, mikro denetleyiciden 0 sinyali geldiğinde yanacak şekilde bir ucu dirençle 3.3V'a bağlanmıştır.

Şekil 5.10'da Potansiyometreler ile aşırı hız ledinin bağlantı şeması verilmiştir.



Şekil 5.10 Girişler ve Uyarılar Birimi Kartı Potansiyometreler Kısım

5.5 Gömülü Yazılım

Donanım birimleri üzerinde bulunan STR750 mikro denetleyicisinin içerisine yüklenmiş olan yazılımdır.

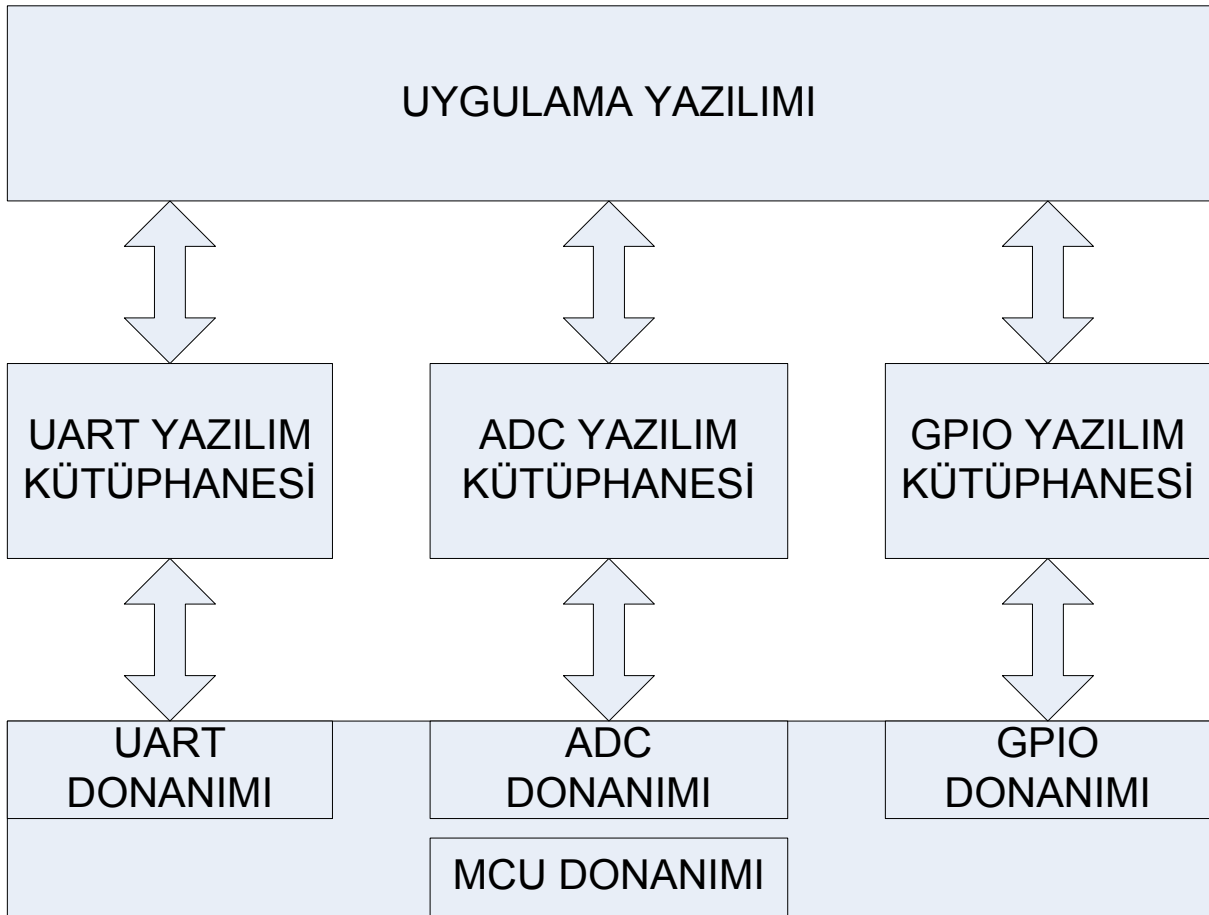
Gömülü yazılım geliştirirken, uygulama kodunun taşınabilirliğini ve okunabilirliğini artırabilmek için Şekil 5.11'de görülen yazılım mimarisine göre yazılım geliştirilmiştir. Görüldüğü gibi yazılım mimarisi doğal olarak mikro denetleyicinin gömülü donanımları üzerine oturtulmuştur.

Mikro denetleyici donanımının hemen üzerinde bu donanımı kullanabilen kütüphaneler bulunur. Örneğin, seri haberleşme yapabilmek için gerekli fonksiyonlar 75x_UART.C kütüphanesinde bulunmaktadır. Bu fonksiyonlar en temel olarak 8 bitlik bir veriyi

gönderebilmek ve alabilmek amacı ile oluşturulmuştur.

Donanımı yöneten kütüphanelerin üzerinde önceden tanımlanmış bazı görevleri yerine getiren üst seviyeli kütüphanelerde oluşturulabilir. Örneğin, UART kütüphanesini kullanarak belli bir uzunluktaki veri paketlerini seri porttan gönderen fonksiyonlar oluşturulabilir.

Tüm bu kütüphaneler oluşturulduktan sonra uygulama yazılımı yapılır. Uygulama yazılımının standart C komutlarından oluşturulmasına özen gösterilmelidir. Bu şekilde bir mikro denetleyici için yazılmış bir program başka bir mikro denetleyicide aynen kullanılabilir. Ancak diğer mikro denetleyicinin donanımını kullanan kütüphanelerin tekrar yazılmış olması gerekmektedir.



Şekil 5.11 Gömülü Yazılım Mimarisi

5.5.1 Merkezi İşlem Birimi Yazılımı

Merkezi işlem birimi üzerinde bulunan STR750 mikro denetleyicisinin içerisinde bulunan gömülü yazılımdır.

Merkezi İşlem Birimi yazılımı diğer donanım birimleri ile PC'nin iletişimi için bir arayüz sağlar. STR750 Mikro denetleyicisinin UART0 kısmı PC ile haberleşmekte, UART1 kısmı ise diğer donanım birimleri ile haberleşmektedir.

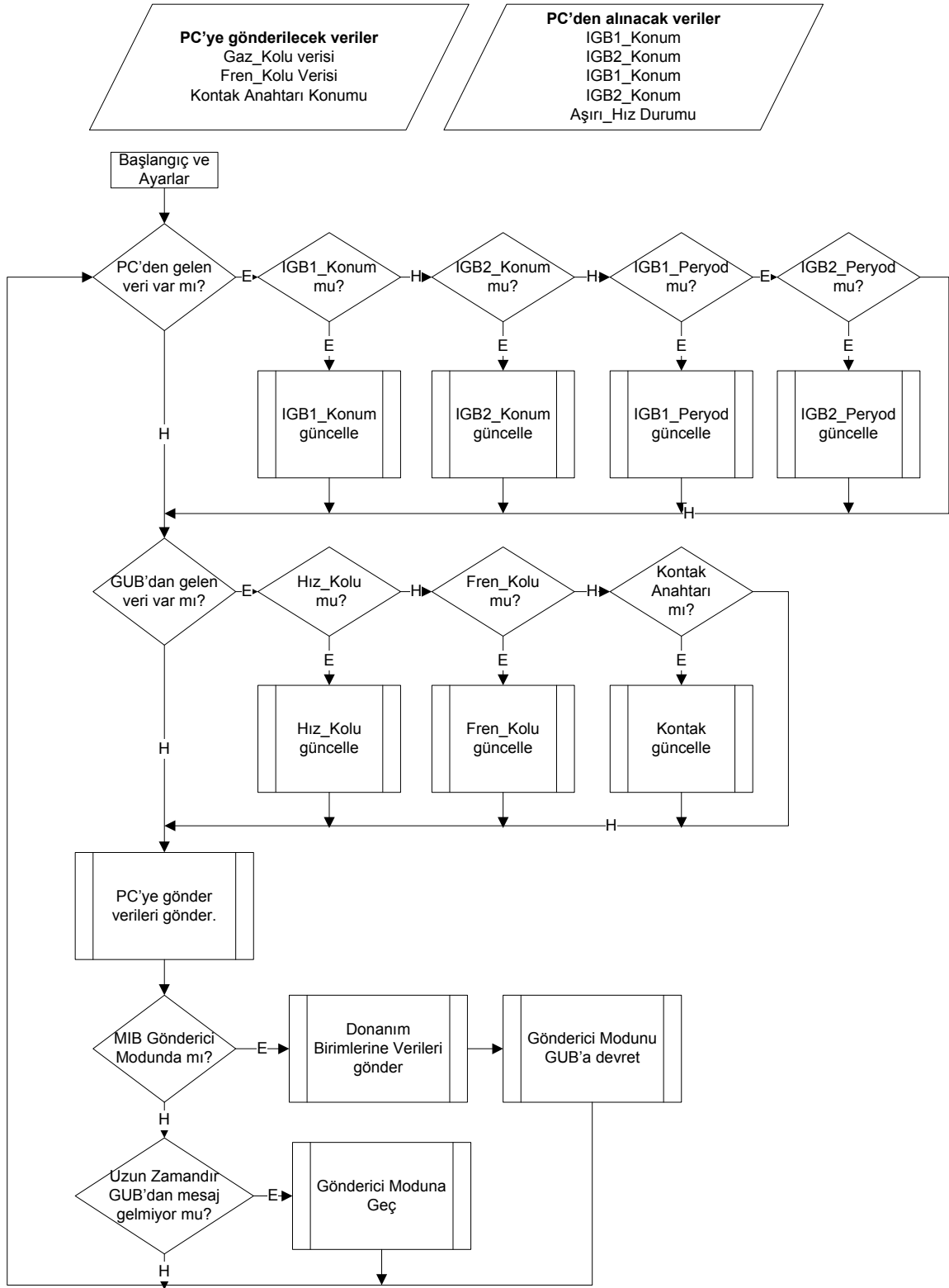
PC'den MIB'e gönderilen veriler şunlardır.

- IGB1Konum Verisi: Bu veri 0 ile 100 Birim arasında olabilen tren hız bilgisidir.
- IGB1 Adım Motoru Peryod Verisi: Bu veri 10 ile 100 birim arasında değişebilen adım motorun bir sonraki adımı atma süresidir. Adım motorunun istenen konuma gelme hızını belirlemektedir.
- IGB2Konum Verisi: Bu veri 0 ile 100 Birim arasında olabilen tren hava freni bilgisidir. Fren silindirlerindeki basıncı gösterir.
- IGB2 Adım Motoru Peryod Verisi: Bu veri 10 ile 100 birim arasında değişebilen adım motorun bir sonraki adımı atma süresidir. Adım motorunun istenen konuma gelme hızını belirlemektedir.
- GUB Aşırı Hız Verisi: Tren Hızı 80 birimi aştığında uyarı verecek olan Aşırı Hız göstergesinin durumu bilgisidir.

MIB'den PC'ye gönderilecek datalar şunlardır.

- Kontak Anahtarı Verisi: "Girişler ve Uyarılar Birimi" nde bulunan bu veri, trenin çalışmasını sağlayan anahtarın durumunu gösterir.
- Gaz Kolu Seviyesi: "Girişler ve Uyarılar Birimi" nde bulunan bu veri 0–100 birim arasında potansiyometreden okunan bilgidir.
- Fren Kolu Seviyesi: "Girişler ve Uyarılar Birimi" nde bulunan bu veri 0–100 birim arasında fren silindiri basıncını gösteren potansiyometreden okunan bilgidir.

Merkezi İşlem Birimi gömülü yazılımının akış diyagramı Şekil 5.12'de gösterilmiştir.



Şekil 5.12 Merkezi İşlem Birimi Yazılımı Akış Diyagramı

5.5.2 İbrelî Gösterge Birimi Yazılımı

İbrelî gösterge birimi yazılımı başlangıç anında sıfır noktasını bulmak için adım motorunu saat yönünün tersi yönde sürekli döndürür. Adım motoru sıfır noktasına geldiği zaman bir

limit anahtarının konumunu değiştirir. Donanımsal bir devre sayesinde mikro denetleyici bu sinyali alır ve 0 noktasına geldiğini anlar. Bundan sonra mikro denetleyici tüm işlemlerini bu referans noktasına göre yapar.

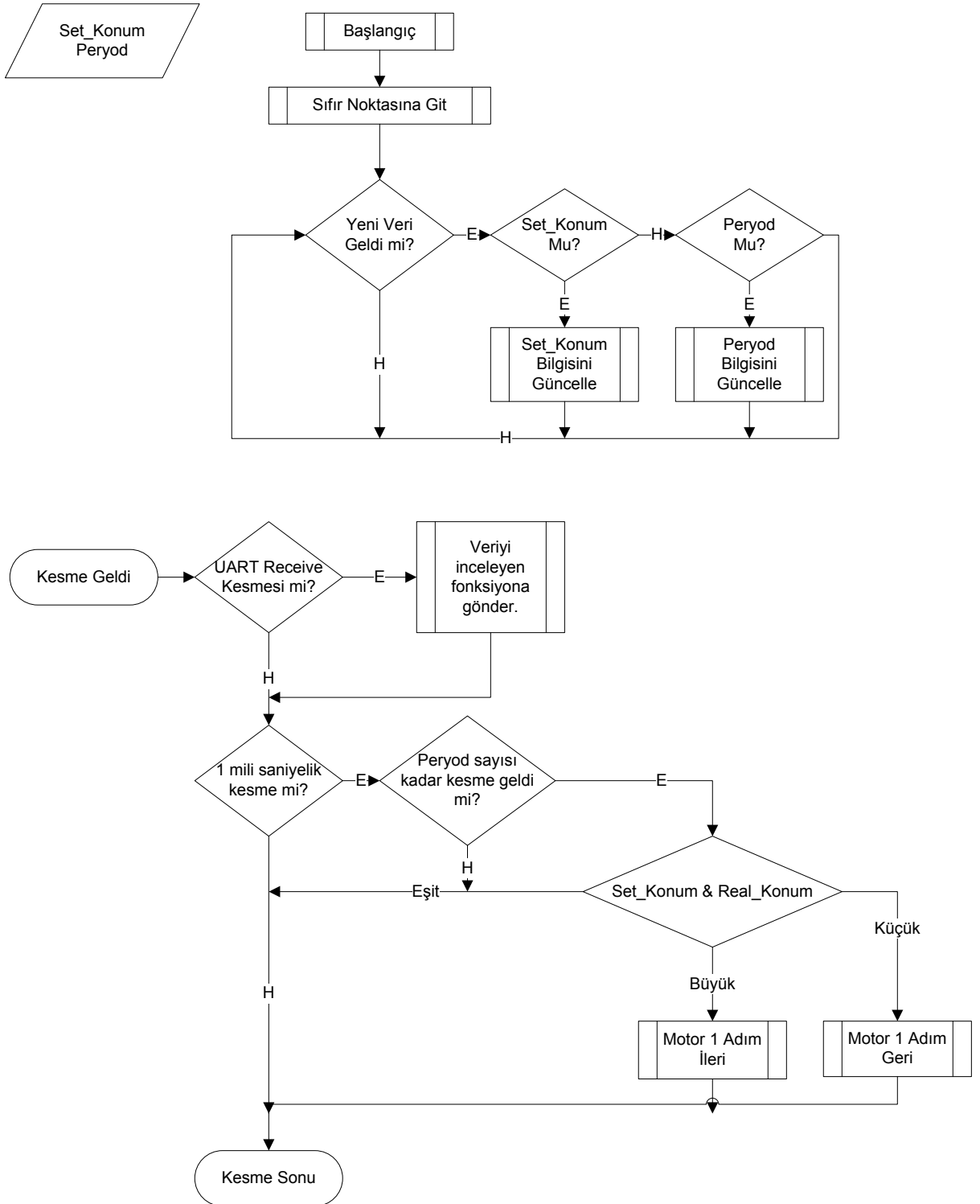
Ayrıca bu birim RS-485 hattını sürekli dinler. Gelen mesaj paketlerini okur. Mesaj paketindeki mesaj tipi kısmı ID_IGB_Konum veya ID_IGB_Peryod ise bu mesaj içerisindeki datayı kullanarak adım motorunun hızını ve konumunu ayarlayacak komutu gönderir.

Adım motorunu kontrol etmek üzere, 75x_GPIO.C kütüphanesini kullanan bir Stepper.C kütüphane yazılımı yazılmıştır. Bu kütüphanede, adım motorunun sıfır konumunu bulduran ve adım motorunun verilen bir açı değerine gitmesini sağlayan fonksiyonlar bulunmaktadır.

Adım motorunun adım atması 1 mS’de bir gelen kesmeler sayesinde sağlanmaktadır. Kütüphane dosyasında bulunan temel 3 global değişken vardır. Bunlarda Set_Konum adım motorunun bulunması istenen konumu, Real_Konum adım motorunun o anda bulunduğu konumu Peryod ise adım motorunun kaç mili saniyede 1 adım atacağını göstermektedir.

Peryod sayısı kadar kesme geldiğinde, Set_Konum > Real_Konum ise adım motoruna ileri doğru bir adım attırılır, Set_Konum < Real_konum ise adım motoruna geri doğru bir adım attırılır, Set_Konum = Real_Konum ise Adım motoruna adım attırılmaz. Böylece peryod ile belirtilmiş olan hızda adım motorun, set edilmiş olan değere ulaşması sağlanmaktadır.

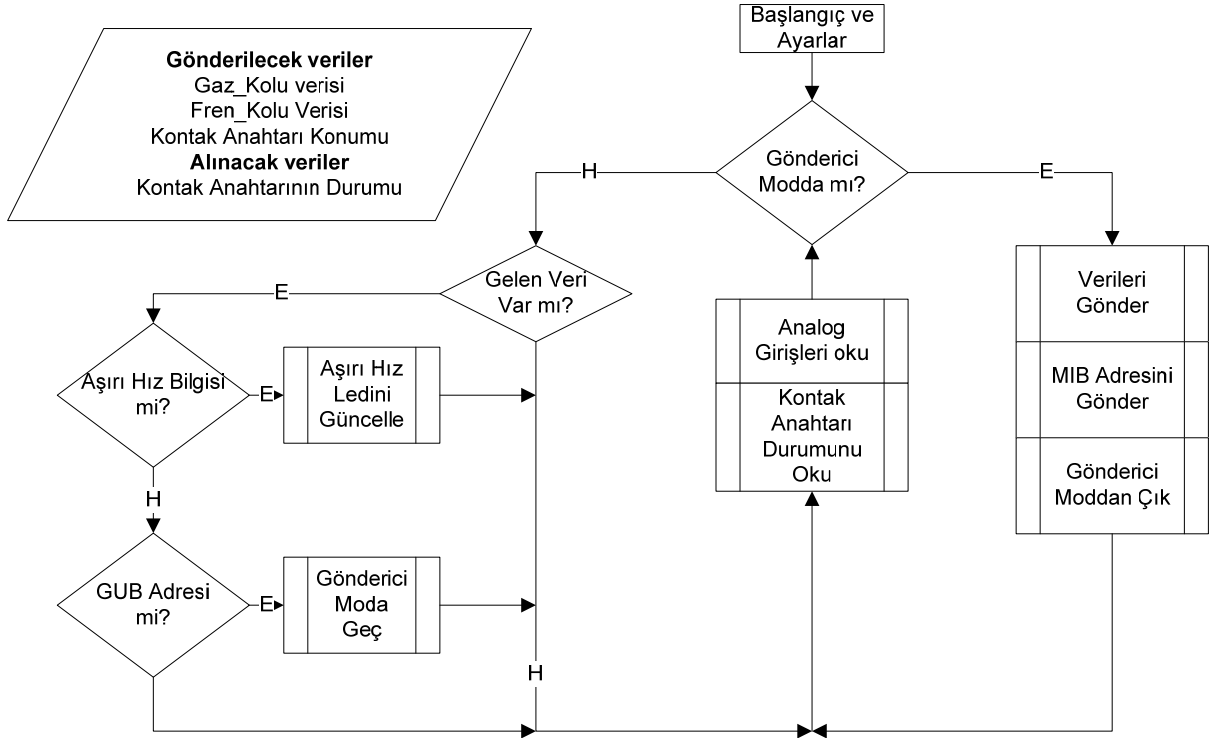
İbrelİ Gösterge Birimi gömülü yazılımı akış diagramı ‘de gösterilmiştir.



Şekil 5.13 İbrelî Gösterge Birimi Yazılımı Akış Diyagramı

5.5.3 Girişler ve Uyarılar Birimi Yazılımı

Girişler ve Uyarılar Birimi RS-485 hattından hem okuma hem de gönderme yapmaktadır. Bunun için ilk enerji geldiğinde alıcı durumda olacak şekilde programlanmıştır. RS-485 hattı ile MİB'den gelen verileri sürekli izlemektedir. Aşırı hız kimliği ile bir veri paketi geldiğinde Aşırı Hız Ledi'nin durumunu günceller. Bunun dışında MİB, mesaj tipi olarak GUB kartının kodunu gönderirse, okuyucu olan GUB kartı gönderici durumuna geçerek üzerinde bulunan potansiyometrelerin ve kontak anahtarının durumunu MİB'e gönderir. Bu gönderi işlemleri bittikten sonra, gönderici moddan çıkmadan önce MİB'e MİB'in kod numarasını gönderir. Böylece MİB gönderici moda geçmesi gerektiğini anlar. Bu şekilde MİB ve GUB sıra ile gönderici ve alıcı modda bulunurlar. Böylece RS-485 hattına aynı anda iki birimin very göndermesi önlenmiş olur.



Şekil 5.14 Girişler ve Uyarılar Birimi Yazılımı Akış Diyagramı

5.6 PC Arayüzü Yazılımı

Uygulama için belirtilen PC arayüzü Şekil 5.15’de görülmektedir. Şekilde bir adet “Hız Göstergesi” ve bir adet “Fren Silindiri Basıncı Göstergesi” bulunmaktadır. Bu göstergelerden hız göstergesi, dinamik model fonksiyonundan üretilen hız bilgisidir ve bu göstergede görülen değer, donanımsal olarak gerçekleştirilmiş adım motoru ile sürülen İGB1’de de aynen görülmektedir.

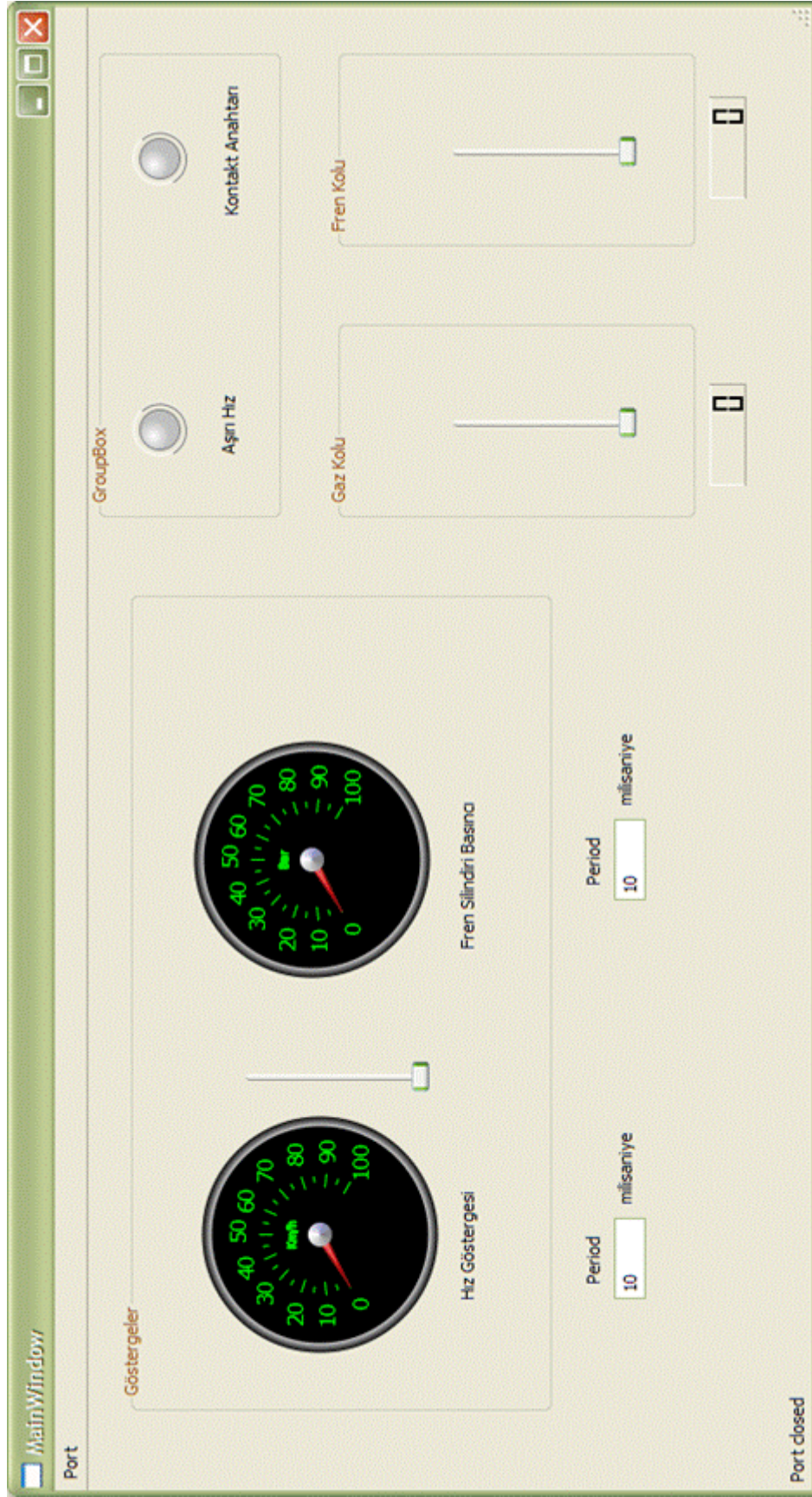
Fren silindiri basıncı ise “Fren Kolu” potansiyometresinden okunan değerdir. Yine bu göstergenin gösterdiği değer aynısı, gerçekleştirilmiş olan İGB2’de de görülmektedir.

Her göstergenin altında bulunan periyot kutularına yazılan değerler ise donanımsal olarak gerçekleştirilmiş ibreli gösterge birimlerini süren adım motorunun her bir adımı atması için geçen süreyi belirtmektedir. Bu kutular, adım motorunun hareketi esnasındaki hızını belirlemektedir.

Aşırı hız lambası hız göstergesi göstergesindeki değer 80 birimi geçtiğinde yanıp sönmektedir. Bu Lambanın karşılığında da, Girişler ve Uyarı kartındaki LED yanıp sönmektedir.

Kontak anahtarı Girişler ve Uyarılar kartında bulunan “Kontak Anahtarının konumunu göstermektedir.

“GazKolu” ve “FrenKolu” bölümleri, gaz kolu ve fren kolu potansiyometrelerinden okunan değeri göstermektedirler. Bu bölümdeki değerler dinamik modele gönderilmektedir. Dinamik model de gaz ve fren durumuna göre Hız bilgisini üretip ibrelere göndermektedir.



Şekil 5.15 PC Arayüz Ekranı

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Basit bir lokomotif eğitim simülatörü sistemi oluşturulmuştur. Adım motorları ile Hız ve Fren bilgisini gösteren ibrelî gösterge birimleri üretilmiştir. Aynı bir karttan, simülatör bilgisayarına gönderilmek üzere gaz ve freni temsilen iki potansiyometrenin değerleri ve bir kontak anahtarının konum bilgileri okunmuştur. Bu bilgiler, önce RS-485 protokolü ile Merkezi İşlem Birimi modülüne, oradan da RS-232 protokolü ile PC'ye gönderilmiştir. PC'de temsili bir dinamik modelde işlenen veriler sonucunda üretilen yeni bilgiler ibrelî gösterge birimlerine gönderilmiştir.

Uygulamada 7.5 derecelik bir adım motoru hassasiyeti artırmak için yarım adım modunda kullanılmıştır. İbrelî göstergelerin büyük konum değişimlerinde hassasiyet sorunu olmamasına rağmen, düşük konum değişikliklerinde adım adım hareket hissedilmektedir. Bu durum gerçeklik algısını bozmaktadır.

Adım motorunun hızı periyod büyük tutulmak suretiyle düşürüldüğünde, dinamik modelde üretilen değerlerin ani değişimlerini, adım motoru ile gerçekleşmiş ibrelî gösterge birimi takip edememektedir. Bunun için adım motorunun mümkün olduğunca yüksek hızlarda kontrol edilmesi gerekmektedir. Ancak yüksek hızlarda, adım motorunun adım atlaması problemi gözden kaçırılmamalıdır.

Diğer yandan, adım motorunun haberleşme hızından daha büyük hızlarda sürülmesi, ibrelî göstergelerin adım açısı küçük olmasına rağmen kesintili olarak istenilen konuma gelmesine neden olmaktadır. Bunun önüne geçmek için adım motoru, set edilen konuma ulaşmadan önce yeni motor konumu değerinin alınmış olması gerekmektedir.

Seri haberleşme sisteminde senkronizasyon çok önemlidir. Gönderici bir veriyi gönderdikten hemen sonra alıcı veriyi okumaya başlamalıdır. Aksi takdirde gönderilen verinin bir kısmı gönderildikten sonra okuma başlamışsa, sürekli yanlış olarak verilerin okunacaktır. Senkronizasyonu sağlamak için belli zamanlarda haberleşme hattı atıl durumda bırakılmalıdır. Hattın atıl durumda olması demek, hattın STOP konumunda olması demektir. Bu durumda alıcı, STOP bitinden hemen sonra START bitini alacağında senkronizasyon sağlanmış olacaktır. Ancak bu işlem, haberleşme hızının yavaşlamasına neden olmaktadır.

Tek haberleşme hattına çok sayıda birimin bağlanarak haberleşmenin sağlanması kablo karmaşasını önlemektedir ve modüler bir dağıtık sistem kurulmasına imkan vermektedir. Ancak aynı hatta hem veri göndermek hem de veri almanın bir takım sıkıntıları vardır.

Örneğin uygulamada kullanılan RS-485 haberleşmesinde iki birimin aynı anda veri göndermeye çalışması her zaman olasıdır. Bu durumda sistemdeki birimler kısa devre riskinden dolayı zarar görebileceklerdir. Bunun önüne geçebilmek için sağlam algoritmaların geliştirilmesi gerekmektedir. Uygulamada MİB ile GUB arasında bulunan bu problem, paslaşma algoritması ile çözülmüştür. Bu algoritmaya göre veri gönderme işi biten ünite, kendisinden sonra veri göndermesi gereken birimin adresini hatta gönderir ve kendisi gönderici konumundan okuyucu duruma geçer. Bu şekilde birimler sıra ile göndermeleri gereken verileri gönderebilirler. Bu sistemde herhangi bir nedenden ötürü tüm birimler okuyucu konuma gelebilirler. Bu durumda sistem haberleşmesi durur. Bu durumda haberleşmeyi tekrar başlatabilmek için, MİB'in bir önlem olarak belli bir zaman süresince hat boş ise kendi adresini beklemeksizin gönderici moda geçmesi sağlanmıştır.

KAYNAKLAR

- APAYDIN H, 2006, “Adım Motorlarının Karakteristileri ve Bilgisayar ile Konum Kontrolü Uygulaması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Blanchette J., Summerfield M, 2006, “C++ GUI Programming with Qt 4”, Prentice Hall
- ÇETİŞLİ B., 1998, “Adım motorlarının bilgisayarla kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi
- Göktaş H.H., 1990, “Mikroişleyici ile adım motor denetimi”, Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi
- Görgün H, 1998, “Step motor kullanılarak plotter uygulamasının gerçekleştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Hughes Austin, 1990, “Elektrik Motors and Drives”, Newnes
- Kaynar M, 1997, “Mikroişlemci destekli adım motoru sürücüsü tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi
- Oğulluk S., 2003, Hedefe yönelme amaçlı iki eklemlili bir robotun gerçekleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi,
- Sen P.C., 1989 “Principles of electric machines and power electronics” ,Jhon Wiley & Sons
- Uygun D., 2006, “Hibrit Adım Motorunun Sayısal Kontrolü”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi
- Wildi T., 2002, “Electric machines, drives, and power systems”, Prentice Hall
- [1] STR750 ARM7TDMI-S®-based microcontroller family Reference Manual, STMicroelectronics
- [2] www.throlltech.com
- [3] Qt Assistant Version 4.2.2
- [4] qt.comu.edu.tr
- [5] Eight darlington arrays, datasheet, STMicroelectronics
- [6] ST3232, RS-232 Drivers and Receivers, Datasheet, STMicroelectronics
- [7] <http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/departments/nrd-12/NationalAdvancedDriverSimulator.html>
- [8] <http://tti.tamu.edu/publications/researcher/newsletter.htm?vol=38&issue=4&article=8>
- [9] http://www.zentechnologies.com/zen_driving_training_simulator.html
- [10] Fundamentals of RS-232 Serial Communications, 2001, MAXIM Application Note 83

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 13.10.1980

Doğum yeri İstanbul

Lise 1994-1998 Gebze Anadolu Meslek Lisesi

Lisans 1998-2003 Yıldız Teknik Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Fakültesi
Elektrik Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı kurum

2008-Devam ediyor TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi
Bilişim Teknojileri Enstitüsü
Araştırmacı