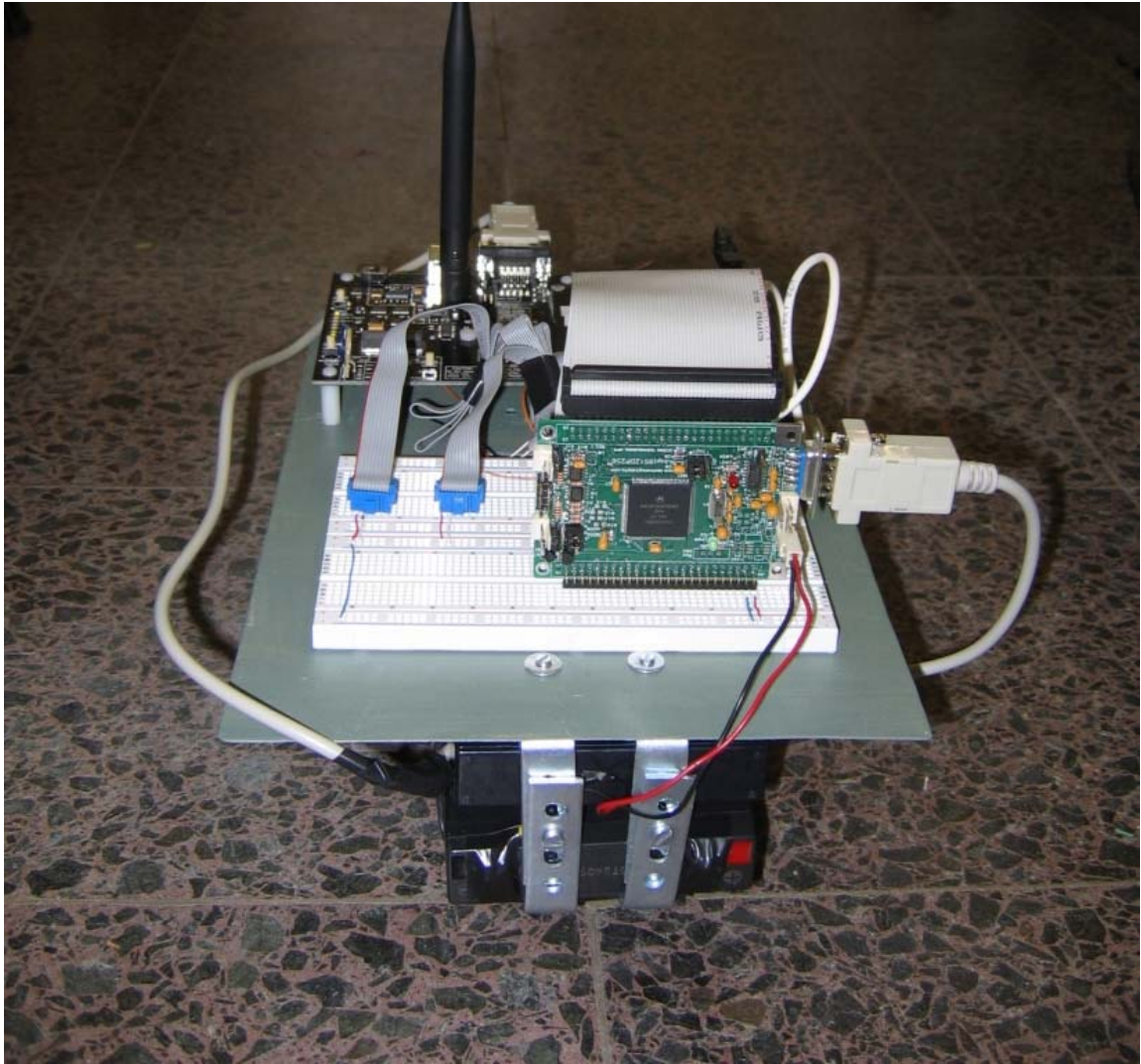


GÖMÜLÜ SİSTEMLER EĞİTİM VE ARAŞTIRMA KİTİ

PROJE SAHİBİ : Umut Bultan
PROJE YÖNETİCİSİ : Doç. Dr. Arda Yurdakul

1.	Giriş.....	4
2.	Donanım.....	6
2.1.	Mikro Kontrolör.....	6
2.2.	Alıcı-verici Radyo.....	6
2.3.	Motor.....	7
2.4.	Motor sensörü.....	7
2.5.	Motor Kontrol Devresi.....	7
2.6.	Tuş Takımı.....	9
2.7.	Metal Araç Gövdesi.....	10
2.8.	Breadbord.....	10
2.9.	Batarya.....	10
2.10.	Metal Panel.....	10
2.11.	Donanım Şeması.....	10
3.	Yazılım.....	12
3.1.	Araç Yazılımı.....	12
3.1.1.	main.....	12
3.1.2.	initialize.....	12
3.1.3.	predefined_map.....	13
3.1.4.	move.....	14
3.1.5.	special_move.....	14
3.1.6.	stop_both_wheels.....	14
3.1.7.	move_wheels.....	14
3.1.8.	move_leftWheel.....	14
3.1.9.	move_righWheel.....	15
3.1.10.	ISR_wheel.....	15
3.2.	Kontrol Ünitesi Yazılımı.....	15
3.2.1.	main.....	15
3.2.2.	initialize.....	15
3.2.3.	keypressed.....	16
3.2.4.	whichkey.....	16
3.3.	Seri Bağlantı Arayüzü.....	16
4.	Sistem Girdileri.....	17
5.	Sonuç.....	19
6.	Kısaltmalar.....	20



1. Giriş

Gömülü sistemler bir yada birkaç işi yapmak için özelleşmiş bilgisayar sistemleridir. Çalışabilmeleri için özel gereksinimleri olan bu sistemler, genel amaçlı bilgisayar sistemlerinin aksine sadece önceden tanımlanmış görevleri yerine getirirler. Televizyon, cep telefonu, yazıcı ve bunlar gibi birçok alet gömülü sistemlere örnek olarak verilebilir.

Günümüzde hızla gelişen teknoloji, gittikçe küçülen elektronik cihazlar ve insana ihtiyaç duymadan birtakım işlerin bilgisayar kontrollü sistemlerle yapılma eğilimi gömülü sistemlerin önemini arttırmıştı. Artan kullanım alanları bu sistemlere yönelik eğitim ve araştırma yöntemlerini değerlendirme ve ihtiyaçlar doğrultusunda güncelleme gereği doğurmaktadır. Bilgisayar ve Elektronik mühendislikleri başta olmak üzere birçok mühendislik dalının kapsamına girebilecek gömülü sistemler, eğitim aşamasında görsel ve deneysel uygulamalara ihtiyaç duymaktadır. Bu konuda ki pratik uygulamalar endüstrinin ihtiyaçlarına cevap verebilecek düzeyde uzmanlar yetiştirmek açısından önem taşımaktadır.

Boğaziçi Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü 443 koduyla, konuya ilgi duyan öğrencilere, verdiği derste söz konusu hususlar dikkate alınarak proje geliştirmeye dayalı bir eğitim sunmaktadır. Fakat piyasada gömülü sistemler eğitiminde kullanılacak proje geliştirmeye uygun bir eğitim kiti bulunmaması birtakım zorluklar doğurmaktadır. Öğrenciler ders süresince deneylerini farklı sistemlerde yapmakta ve bunların bir araya getirilerek bütünüyle bir sistem oluşturulması sağlanamamaktadır. Basit basamaklar halinde ilerleyen ve her tamamlanan basamağın ana sisteme entegrasyonu çok yönlü bir sistem dizayn edebilme imkanı bu konuda verilebilecek en iyi eğitim tarzıdır.

Gömülü sistemler konusunda bir diğer önemli eksik ise, üzerinde ihtiyaca yönelik yeni sistemler geliştirilebilecek genel bir kitin olmayışıdır. Yakın gelecekte gerek küçük ölçekli imalathanelerde gerekse büyük fabrikalarda, rutin işlerin yapımında insanların yerini mobil robotların alacağı kabul edilen bir gerçektir. Örneğin fabrika içinde kolilerin taşınmasında insanların kontrol ettiği taşıma araçları yerine, mikro işlemciler ile yönetilen merkez bilgisayarlar tarafından organize edilen bir sistem söz konusu olabilir. Bu ve benzeri sistemlerin geliştirilebilmesi için üzerinde araştırmaya yapılabilecek, amaca göre programlanıp yeni donanımların eklenebileceği bir kitin bulunması sistemin geliştirilebilmesi kolay ve hızlı hale getirecektir.

Projede ki öncelikli amaçlardan biri piyasada eksikliği duyulan, öğrencilerin üzerinde gömülü sistemlerin her türlü özelliğini çalışabilecekleri ve yeni projeler geliştirebileceği bir eğitim kiti dizayn etmektir. Bir diğer amaç ise amaca yönelik uygulamaların geliştirilebileceği genel bir gömülü sistem aracı tasarlamaktır.

Öngörülen sistem hareketli araç üzerindeki mikro kontrollerin hertürlü sensör verisini girdi olarak alıp işlemesi ve geri besleme olarak kontrol ünitesindeki mikro kontrollere radyo bağlantısı aracılığı ile göndermesi şeklinde tanımlanabilir. Böylece ileri çalışmalarda amaca yönelik proje geliştirmek için sensörler eklemek yeterli olacaktır. Eğitim uygulamalarında örnek teşkil etmesi açısından motor uniteleri sensörlerle kontrol edilmektedir. Bu durum ayrıca mikro kontrolörün aracın durumundan tamamiyle haberdar olmasını ve duruma göre davranmasına olanak vermektedir.

Eğitim ve araştırma kitinin yapımında izlenen basamaklar donanım ve yazılım olarak iki ana başlık altında toplanabilir. Kitin çeşitli projelere ve uygulamalara uyum sağlayabilmesi açısından tekerlekler üzerinde hareket edebilen, mobil bir robot modeli seçilmiştir. Bu model hem öğrenciler açısından çekici bulunacak hemde araştırma çalışmalarında bir çok seneryoya kolayca uyum sağlayacaktır. Uzaktan kumanda edilebilme ve yapılacak işe göre programlanabilme özelliği sistemin kullanımı açısından önem taşımaktadır.

Donanım olarak sistem iki ayrı ünite ,araç ve kumanda unitesi, olarak dizayn edildi. Her iki unitede kendi mikro işlemcisi ile kontrol edilir. Aracın ana gövdesi motor, motor sensörleri, radyo sistemi, mikro kontrolör, breadboard, donanım paneli, bataryalar ve motor kontrol devresinden oluşmaktadır. Projenin geliştirilmesinde ilk olarak araç modeli seçilmiştir. Araç modeli daha üzerinde iki motor ve motor sensörleri bulunduran, iki ana tekerlekten oluşan ve demir gövdeyle bütün bu parçaları birleştiren bir yapıya sahiptir. İki ana tekerlek aracın hareketini sağlamakta, nde ve arkada denge sağlayıcı tekerlekler bulunmaktadır. Ana tekerleklerin her biri bir motora bağlıdır. Motorlardan uygulana tork sayesinde tekerlekler birbirinden bağımsız olarak dönebilirler. Her iki motorada bir sensör bağlıdır. Sensörler motor içindeki devirleri çıktı olarak iletme kapasitesine sahiptirler. Mikro kontrolör, motor kontrol devresi, radyo nitesi ve breadboard'u ana gövde üzerine yerleştirebilmek amacıyla bir panel tasarlandı. Panel ayrıca bataryalarıda taşıma kapasitesine sahiptir. Breadboard'u ve radyo ünitesini panel üzerine monte etdirmesinin ardından motor sensrleinden gelen çıktı kabloları breadboard üzerinde gerekli bağlantılar yapılmak suretiyle mikro kontrolöre girdi olarak bağlandı. Motor kontrol devresi mikro kontrolörden gelen dijital verinin fiziksel çıktıya dönüştürülmesi için motorlar ve kontrolör arasında arayüz olacak şekilde motorlara ve mikro kontrolöre bağlandı. Araç ve kontrol cihazı arasında bağlantı sağlayabilmek amacıyla sisteme dahil edilen radyo unitesi, araç üzerinde panele yerleştirilip mikro kontrolöre seri portlar arcılığı ile bağlandı.

Donanımın uzaktan konumda nitesi için mikro kontrolör, 4x3 tuş takımı, breadboard kullanıldı. Tuş takımı mikro kontrolörün A portuna bağlandı ve araçta olduğu gibi radyo unitesi seri bağlantı ile mikro kontrolöre bağlandı.

Projenin yazılım tarafında ise donanım iki ana bölümü olan araç ve kontrol ünitesinin mikro kontrolörlerinde iki farklı yazılım koşmaktadır. İki programın ortak özelliği mikro kontrolör ve radyo vericilerini bağlamak için seri bağlantı arayüzü (Serial Communication Interface(SCI)) kullanacak şekilde yazılmalarıdır. Programlar C programlama dilinde yazılmış, platform olarak "Code Warriors" kullanılmıştır.

Projenin gerçekleştirilmesinde stabil bir donanım yapısı sağlamak, gömülü sistem uygulamalarının temel özelliklerini programlamak ve ilerde yapılacak çalışmalar için gerek donanım gerekse yazılım açısından geliştirilmeye uygun bir sistem oluşturmak ana amaçlardır.

2. Donanım

Donanım dizaynı yapılırken kullanılan parçalar:

- İki adet mikro kontrolör
- İki adet alıcı-verici radyo
- İki adet motor
- İki motor sensörü
- Motor kontrol devresi
- Tuş takımı
- Metal araç gövdesi
- İki adet breadboard
- Üç batarya
- Metal panel

2.1. Mikro Kontrolör

Projenin gerçekleştirilmesinde Motorola MC9S12DP256 mikro kontrolörü kullanıldı. Araç ve kontrol ünitesine farklı programlanmış iki ayrı mikro kontrolör adapte edildi.

Sistemin araç tarafındaki mikro kontrolörün A ve P portları kullanıldı. A portu motor kontrol devresine dijital çıktıyı göndermek amacıyla çıkış portu olarak, P portu ise motor sensörlerinden gelen bilgiyi değerlendirmek için kullanıldı. (Motorola MC9S12DP256'nın P portu dışardan interrupt alma özelliğinin sahip.) Sağ tekerleğin sensörü P portunun 0 numaralı pinine (PP0) , sol tekerleğinki 7 numaralı pine (PP7) bağlandı. Port P'de sensör çıktısından kaynaklanan bir interrupt oluştuğunda program basit bir karşılaştırma işlemi yaparak interruptun hangi tekerlekten kaynaklandığını anlamaktadır.

Kontrol ünitesinde bulunan mikro kontrolörün B portu aracılığı ile tuş takımından girdi alacak şekilde planlandı. Bu portta ilk dört pin çıkış olarak, son dört pin giriş olarak kullanıldı. Tuş takımıyla bağlantı konusundaki ayrıntılar dökümanın "Tuş Takımı" başlığı altında ayrıntılı olarak açıklandı.

İki mikro kontrolörün birbiri arasında haberleşebilmesi için alıcı-verici radyo üniteleri kullanıldı. Kontrolörler ve radyo üniteleri arasındaki bağlantıyı sağlamak için seri portlardan yararlanıldı. Mikro kontrolörler programlanırken SCI'nın veri alma ve gönderme yöntemleri iki alet arasındaki veri transferinde bağlantıyı sağladı. Radyo ünitelerinin standart seri kablo ile haberleşmemesi dolayısıyla yeni bir kablo modeli tasarlandı. Bu modelde seri kablonun erkek ve dişi tarafındaki bazı seri kablolar kroslandı.

2.2. Alıcı-verici Radyo

Alıcı-verici radyo üniteleri mikro kontrolörler arasında iletişimi sağlamak amacıyla kullanıldı. Aerocomm firmasının AC4424 modeli radyo ünitesi olarak sisteme adapte edildi. Bu aletler seri portlarından veri aldıklarında bu veriyi diğer alete radyo sinyali olarak gönderme kapasitesine sahipler. Bir mikro kontrolör veri göndermek istediğinde önce veriyi SCI veri registerına yazar. Bu veri radyo ünitesinin seri portunda

oluştuğunda radyo sinyali olarak diğer radyo alıcısına iletilir. Alıcı taraf veriyi tekrar seri porta aktarır ve veri mikro kontrolörün seri portuna ulaşır. Ulaşan veri SCI interrupt özelliğinin programlanması sayesinde otomatik olarak okunur.

2.3. Motor

Sistemin araç tarafında hareketi sağlayan iki adet motor bulunmaktadır. Metal gövdenin iki yanında bulunan tekerlekler motor deviri sayesinde döndürülmektedir. Sağa ve sola dönüşleri sağlamak için dönülecek yönün aksi yönündeki motor çalışmaktadır. Bu yöntem sayesinde araç ilerlemeden olduğu yerde dönebilmektedir. Kavisli bir dönüş istendiğinde iki tekerlekten dönüş yönünün zıttındaki motor daha hızlı çalıştırılmalı. Motorların mikro kontrolörün dijital verisini alması aralarındaki motor kontrol ünitesi tarafından sağlanmaktadır. Motor kontrol ünitesi aynı anda sadece bir motoru döndürecek şekilde tasarlanmıştır. Bu nedenle düz bir hareket için motorlar sık aralıklarla sırayla çevrilmelidir.

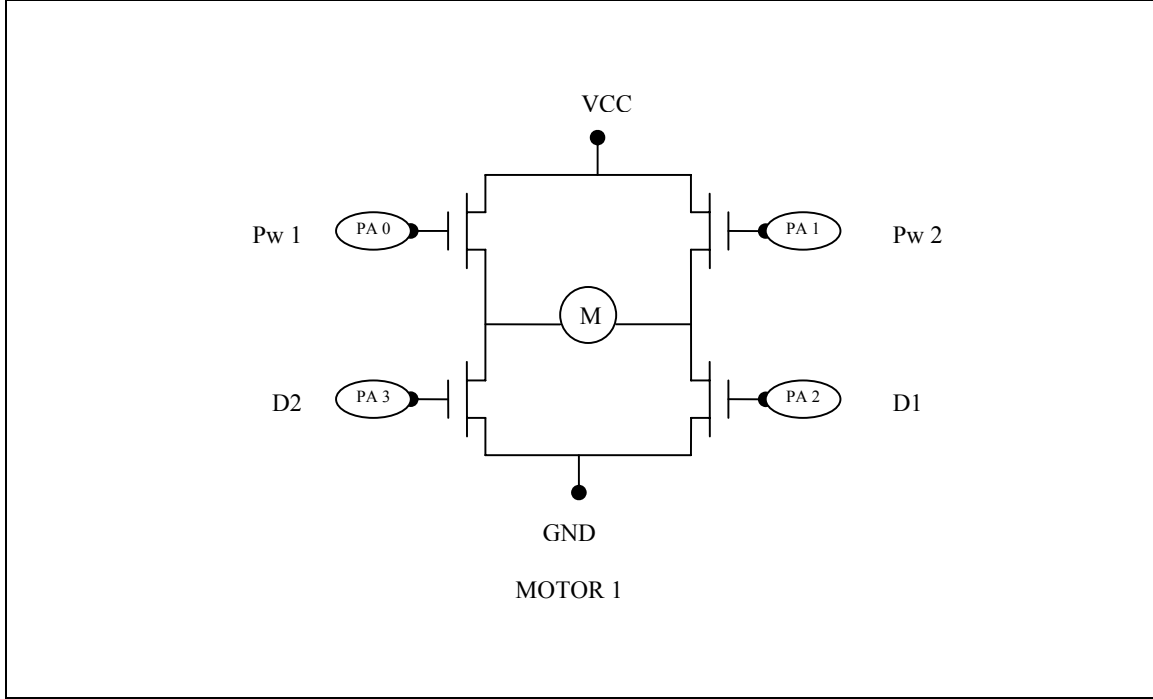
2.4. Motor sensörü

İki motorun da üstüne adapte edilmiş birer motor sensörü bulunmaktadır. Bu sensörler motor içindeki tork hareketlerine duyarlı sensörlerdir. Motor tekerlek hareketi sağlamak için döndürüldüğünde sensörler iki kanaldan 180 derece farklı fazda iniş çıkış hareketi oluştururlar. Her iniş ve çıkış motorda tekerleği çevirecek bir hareket olduğu bilgisi mikro kontrolörün P portuna ulaşır. Dışardan interrupt alma yetisi olan bu port araç üzerindeki programın interrupta girmesine sebep olur. Sağ ve sol tekerleğe karşılık gelen sensör çıktıları P portunun yüksek ve alçak pinlerine bağlıdır. Program interrupta sebep olan dönme hareketini yapan motoru, ve dolayısıyla tekerleği, bulmak için P portundan okunan değeri "0F" değeri ile karşılaştırır. Okunan değer "0F" den büyükse yüksek pinlere bağlanan sensör yani sağ tekerlek dönüş yapmaktadır aksi takdirde dönüş hareketi sol tekerlektedir.

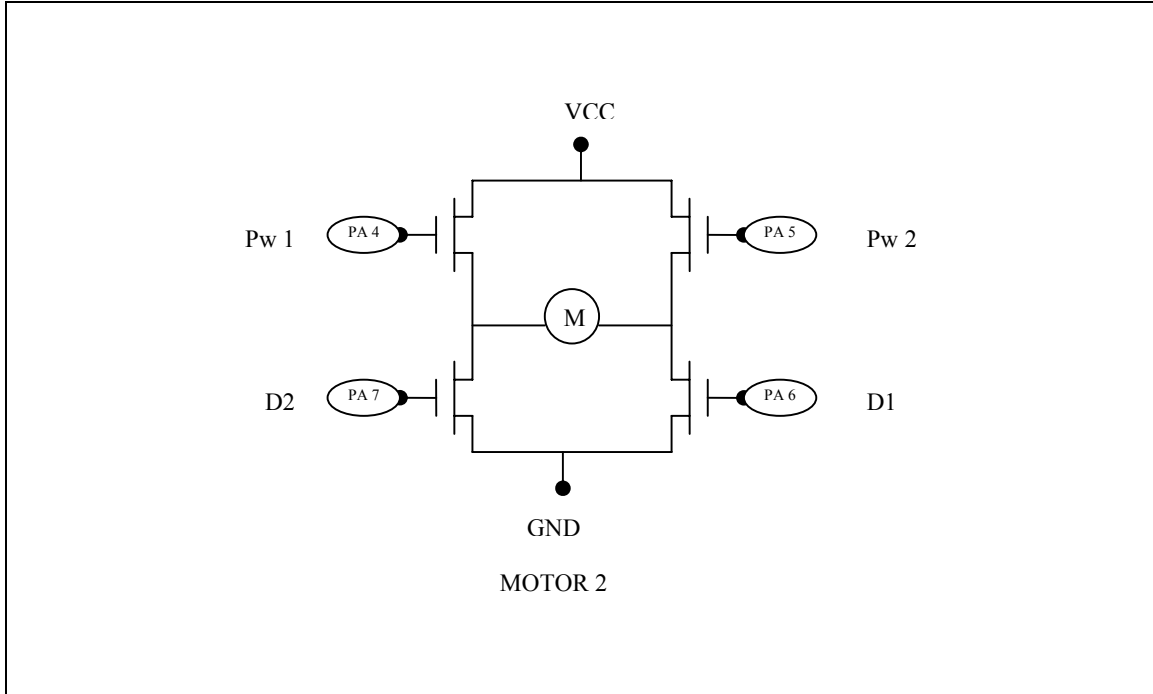
Söz konusu sensörler çok küçük hareketlere duyarlı, bit tekerlek turuna denk gelen motor deviri için yaklaşık 200 sinyal gönderen cihazlardır. Bu kadar küçük hareketleri algılama kapasitesi sistemi çok hassas işlerde bile kullanılabilir hale getirir. Sensör verisi mikro kontrolör içinde araç hareketlerinin yönünü tayin etmek ve doğrusal hareket sağlamak için kullanılır. Her motor ayrı hareket ettiği için doğrusal hareket ancak iki motorun sebep olduğu interruptları sayarak ve bunları eşit tutarak ayarlanabilir. Sensörlerin sisteme kazandırdığı bir diğer hareket ise engeller karşısında aracın yönünü kaybetmemesidir. Tekerleklerden biri bir engele takılıp dönmediği durumlarda sistem bu tekerleğin dönmediğini anlar ve diğer tekerleği de döndürmeyi durdurur. Böylece araç istenmeyen sebepler yüzünden doğrultusundan sapmaz.

2.5. Motor Kontrol Devresi

Motor kontrol devresi mikro kontrolörden çıkan veriyi motor hareketine çevirmek için bu iki ünite arasında yer alır.



Motor kontrol devresi: motor 1 bağlantısı (sağ tekerlek)



Motor kontrol devresi: motor 2 bağlantısı (sol tekerlek)

Motor kontrol ünitesinin sekiz girişi (her motor için dört tane) ve dört çıkışı vardır (her motor için iki tane). Ayrıca motor bataryasından gelen gerilim farkı motor kontrol devresine uygulanır. Devre gelen girdiler doğrultusunda gerilim farkını motorlardan

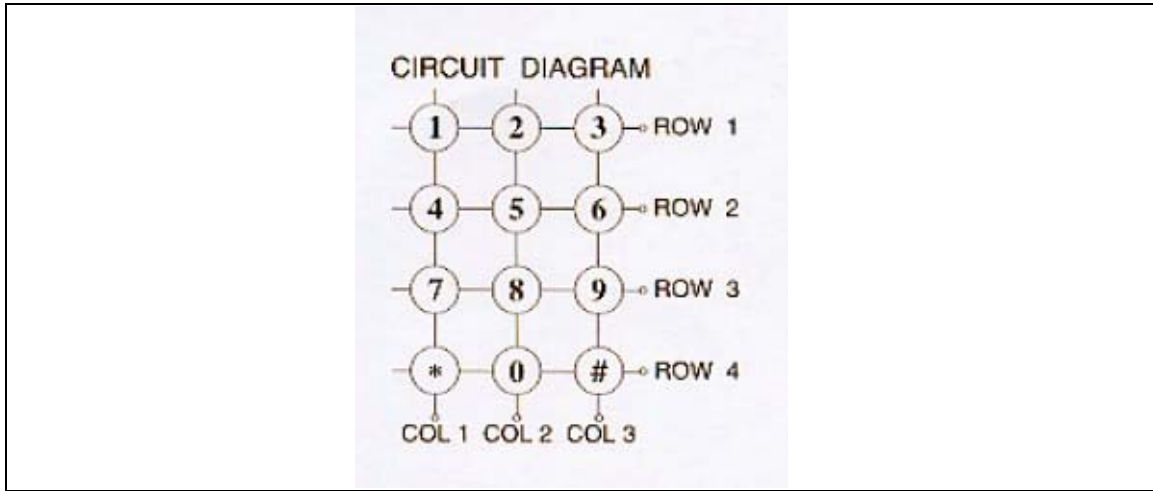
birine uygular. Port A ile bağlantısı olan motor control devresi bu porttan girdiyi alır motorlara dağıtır. Mikro kontrolör sağ motoru ileri yönde çevirmek istediğinde A Portunun [7-4] aralığındaki pinlerine “0101” çıktısını gönderir. Eğer döndürülmek istenen tekerlek sol tekerlek ise aynı bilgi bu sefer A portunun [3-0] pinlerine gönderilir. Geri gitmek istenildiğinde gönderilecek data “1010” dir. Aşağıda şekillerde motor kontrol devresinin bağlantıları görülmektedir.

Motor kontrol devresinin A portunun sekiz pini ile yapılan bağlantı şu sıraylardır :

- Port A pin 0 : Pw1 motor 1
- Port A pin 1 : D1 motor1
- Port A pin 2 : Pw2 motor 1
- Port A pin 3 : D2 motor1
- Port A pin 4 : Pw1 motor 2
- Port A pin 5 : D1 motor2
- Port A pin 6 : Pw2 motor 2
- Port A pin 7 : D2 motor2

2.6. Tuş Takımı

Sisteme kullanıcı müdahalesi sağlamak için olarak 3x4 Matriks tuş takımı kullanıldı. Sistemin kumanda tarafında bulunan mikro kontrolöre B portundan bağlanan tuş takımı üzerindeki her tuş farklı bir komuta karşılık gelmektedir.



Tuş takımı blok diyagramı

Blok diyagramında görüldüğü üzere tuş takımı 4 sıra ve 3 kolondan oluşmaktadır. Kolonlar sırayla B portunun giriş olarak tanımlanan [6-4] numaralı pinlerine, sıralar ise [3-0] numaralı pinlere bağlandı. Kolon girişlerine sürekli 2,2 K değerinde direnç üzerinden gelen voltaj uygulanmaktadır. Bu sayede hiç bir tuşa basılmaması halinde port B'nin [6-4] arasındaki giriş pinlerinden “111” değerleri okunmaktadır. Örneğin ikinci kolon üzerinde bir tuşa basılması halinde pin 5'e gitmesi gereken akım direnç üzerinden geçmek yerine kolon kablusunun sıra kablosuna temas

etmesiyle oluşan bağlantıyı tercih edecektir. Böylece okunacak değer “101” olacaktır. Tuş takımının fonksiyonları yazılım başlığı altında ayrıntılı anlatılacaktır.

2.7. Metal Araç Gövdesi

Metal araç gövdesi robot üzerinde bulunan bütün parçaları taşıyan bölüm olup ağır ve dayanıklı olmasına dikkat edilmiştir. Ağır olması hareket halindeyken küçük engellerden etkilenmemesi, dengesini kolay sağlması ve üzerine konan parçaları rahatça taşınması açısından önemlidir. Metal gövde üzerinde bulunan kayış sistemi motorda gerçekleşen dönüş hareketinin terekerleklerde uygulanabilmesini sağlar.

2.8. Breadbord

Araç üzerinde ve kontrol ünitesinde mikro kontrolörleri sabitlemek ve port bağlantılarını yapabilmek amacıyla sisteme iki breadbord eklenmiştir. Araç üzerindeki breadboard ayrıca sensörlerden gelen kabloların mikro kontrolörün P portuna taşınmasına ayrıca sensörlerin çalışabilmeleri için gerekli olan voltaj farkını almasını sağlar.

2.9. Batarya

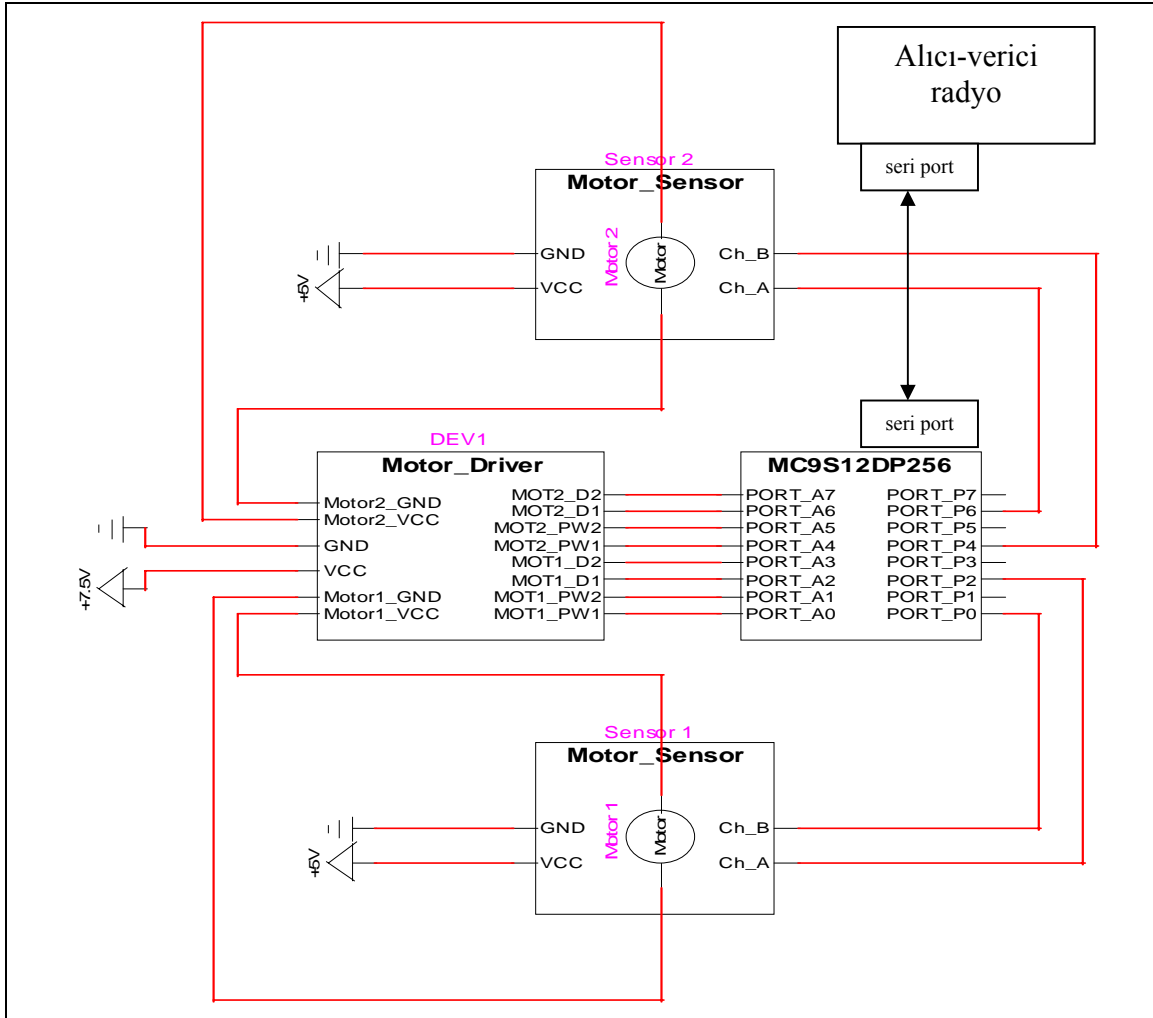
Batarya ünitesi olarak üç adet akü alınmıştır. Mikro kontrolör ve radyo için 6 volt çıkışlı aküler kullanılırken motor için 12 voltluk bir akü sisteme dahil edilmiştir. Akülerin araç üzerine montesi sırasında altında akü bölmeleri olacak şekilde dizayn edilmiş panel kullanılmıştır. Bu sayede araç tamamiyle hareketli bir modül haline gelmiştir.

2.10. Metal Panel

Metal panel araç üzerinde taşınması gereken mikro kontrolör, radyo ünitesi, breadboard ve motor kontrol devresini barındırma görevi görür. Vida girişleri ve kablo geçişi açısından gerekli ölçüler alınarak yapılan panel altında batarya taşımak için bir hazne de barındırmaktadır.

2.11. Donanım Şeması

Aşağıdaki figürde araç üzerindeki donanım yapısının bağlantıları gösterilmektedir. Sistemin kontrol ünitesinde ise mikro kontrolörün sadece B potu tuş takımına bağlantı amaçlı kullanılmıştır. Bu unite için alıcı-verici radyo ve mikro kontrolör arasındaki bağlantı yine araç üstünde olduğu gibi seri port ile gerçekleştirilmiştir.



Donanım Şeması

3. Yazılım

Projenin yazılımı C programlama dilinde yapıldı. İki mikro kontrolör sistem içindeki farklı görevlerinden dolayı farklı bir program koşturmaktadır. Bu iki programın ortak özelliği radyo ve mikro kontrolör arasındaki iletişim seri port aracılığı ile yapılması ve seri bağlantı arayüzü fonksiyonları içermeleridir.

3.1. Araç Yazılımı

Araç üzerindeki mikro kontrolörde koşullanan yazılımın yapılması gereken işler; SCI kullanılarak radyo ünitesi ile haberleşme, port A aracılığı ile motorun kontrol edilmesi, control ünitesinden ulaşan RF sinyallerinin yorumlanıp hareket ve mod seçiminin yapılması, port P'ye ulaşan sensör verilerinin interrupt olarak değerlendirilmesi şeklinde sıralanabilir. Program ana fonksiyon, 12 alt fonksiyon ve iki interrupt fonksiyonundan oluşmaktadır. Program 5 katmandan oluşmaktadır. İlk katman ana(main) fonksiyonun olduğu katmandır. Ana fonksiyon mikro kontrolörün register'lerine gerekli değerleri atamak için "initialize" fonksiyonunu çağırır. Ayrıca "move_direction" ve "predefined_map" fonksiyonları da ana fonksiyon tarafından çağırılan diğer fonksiyonlardır. "initialize", "move_direction" ve "predefined_map" fonksiyonları ikinci katmanın oluşturur. Üçüncü katman "move", "special_move" ve "stop_both_wheels" fonksiyonlarından oluşur. Bu fonksiyonlardan "move" hareket komutlarını girdi olarak alıp dördüncü katman fonksiyonları ile aracı yönlendirir. Dördüncü katmanda geri, ileri, sağa, sola hareketlerin yapıldığı "move_wheels" fonksiyonu bulunur. Bu fonksiyon beşinci katmandaki "move_LeftWheel" ve "move_rightWheel" fonksiyonlarını çağırarak tekerlek hareketlerini istenilen yönde sağlar. Beşinci katmandaki fonksiyonların görevi port A register'larına gerekli değerleri yazarak motor kontrol devresine göndermektir. Beş katmanın yanı sıra iki interrupt rutini de bulunmaktadır. Bunlardan biri port P'ye bağlı sensörlerden kaynaklanan dış interrupttır. Bu interrupt oluştuğunda sistem otomatik olarak "ISR_wheel" fonksiyonunu çağırır. Diğer interrupt ise seri port registerında veri oluştuğunda meydana gelen veri okuma interruptıdır. Radyo ünitesi tarafında seri porta veri gönderilmesi halinde "ISR_receive" fonksiyonu bu datayı okur ve bir değişkene kaydeder. Daha sonra bu veri 2 katmanda bulunan "move_direction" fonksiyonu tarafından yorumlanıp aksiyona çevirilecektir. Fonksiyonlar alt başlıklar olarak açıklanmıştır.

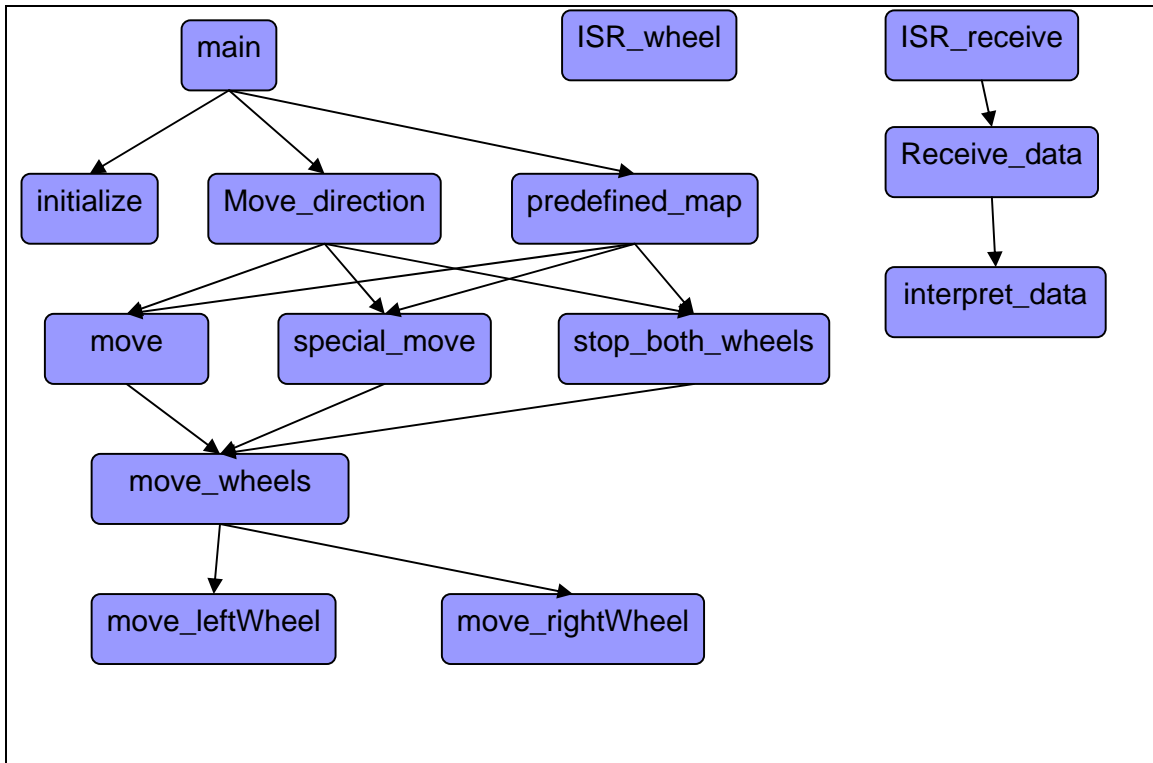
3.1.1. main

Programın ana fonksiyonu registerlara gerekli değerleri atamak için öncelikle "initialize" fonksiyonunu çağırır. Ardından sonsuz bir döngü içinde "move_direction" fonksiyonunu çağırıp eğerlakalı değişken bir interrupt tarafından set edilmişse arabanın istenilen hareketi yapmasını sağlar.

3.1.2. initialize

Bu fonksiyon mikro kontrolörü programı koşturmak için hazırlayan birimdir. Öncelikle SCI registerlerine, ardından port P registerlerine gerekli değerler atanır.

SCI0CR1 registerinde durma, tek yada çift parity gibi özellikler ayarlanır. SCI0SCR2 registerinde ise seri port alma ve verme özelliği açık olarak ayarlanır. Ayrıca bu register seri port veri alma interruptında açar. Baud oranı yine SCI'nın baud oranı registerine gerekli değer verilerek 9600 olarak ayarlanır. İletişimin sorunsuz sağlanabilmesi için bu değer her iki mikro kontrolörde de aynı olması gerekmektedir. Bu fonksiyon içinde port P ile ilgili yapılan değer atamaları sonucu port P dışardan interrupt alabilecek şekilde ayarlanır. Bu portun pinleri üzerinde oluşacak veri değişikliği programın "ISR_wheel" interruptı oluşturmasına sebep olacaktır. Ayrıca "initialize" fonksiyonu içerisinde araçım bir birimlik hareket için her iki tekerlekten kaç interrupt sayması gerektiği gibi global değişkenlere değerler atanır. İlerde yapılacak değişiklik ile birim hareketleri büyültmek ve küçültmek mümkündür.



Araç fonksiyon şeması

3.1.3. predefined_map

Aracın iki çalışma modu vardır. İlk mod control ünitesinden alınan veriler doğrultusunda aracın gerçek zamanlı hareket etmesini sağlar. Bu mod normal mod olarak adlandırılabilir. Diğer mod ise aracın control ünitesinden gelen komutları toplayıp kaydetmesi ve son olarak harekete geç komutu gelmesiyle daha önceden alınan komutları sırasıyla uygulamaya başlamasıdır. Bu moda önceden tanımlanmış harita adı verilmiştir. "predefined_map" fonksiyonu önceden tanımlanmış harita üzerinde hareket etmeyi sağlayan birimdir. Aracın modunu belirleyen global "mode" değişkeni bulunmaktadır.

Tuş takımı üzerinde bir tuş interaktif olarak bu mod değişkenini değiştirmek için ayrılmıştır.

3.1.4. move

“move” fonksiyonu hareketin karar verildiği ana fonksiyondur. Girdi olarak dört mantıksal değişken, bir tanede hareket miktarı belirten sayısal değişken alır. Hareketin hangi yönde yapılacağı alınan mantıksal değişkenlerin durumuna göre karar verilir. Olası yönler ileri, geri, sağ ve soldur. Gridi olarak alınan hareket miktarı kadar iterasyon yaparak move_wheels fonksiyonu çağırılır.

3.1.5. special_move

Sadece doğrusal hareket ya da dönüş hareketleri dışında özel hareketlerin tanımlanabilmesi için bu generik fonksiyon oluşturulmuştur. Örneğin zig zaglar çizecek şekilde ilerleme. Fonksiyonun yapısı “move” fonksiyonuna benzer fakat iterasyonlar tek bir döngü içerisinde değil bir kaç döngü içerisinde gerçekleştirilir. Böylece araça hareket yönlerinin kombinasyonundan oluşan çeşitli hareketler yaptırmak mümkün olur.

3.1.6. stop_both_wheels

Motorların durdurulmasını sağlayan bu fonksiyon sadece aracı durdurma amaçlı kullanılmaz. Araç hızını kontrol edebilmek adına her tekerleğin hareketinden sonra çağılan “stop_both_wheels” aracın kontrollü ilerlemesini sağlar. Motorların durdurulması için yapılan iş motor kontrol devresine bağlı olan A portuna “0000000” değerini yazmaktır. Böylece motorlara giden voltaj farkı kesilecektir.

3.1.7. move_wheels

Bu fonksiyon değerleri bir yada sıfır olabilecek iki değişken alır. Bu değişkenlerden biri sağ diğeri sol tekerleği simgelemektedir. Bu değişkenlerden her ikisinde doğru ise iki tekerlekte harekete geçirilir. Aksi taktirde sadece kendisini simgeleyen değişken doğru olan tekerlek harekete geçer. Hareket “move_leftWheel” ve “move_rightWheel” fonksiyonları çağırılarak yapılır. Tekerleklere motor kontrol devresi tarafından aynı anda voltaj uygulanmadığı için her tekerlek önceden belirlenmiş dönüş sayısı kadar hareket ettirilir. Bu sayı bir döngü içerisinde o tekerlek için olan interrupt sayacı ile karşılaştırılır. Interrupt sayacı belirlenen değere ulaştınca sıfırlanır, motor durdurulur ve diğer tekerlek için olan döngü başlar. “move_wheels” fonksiyonunun iteratif olarak çağırılması ile istenilen doğrultuda ilerleme sağlanır.

3.1.8. move_leftWheel

Sol tekerleğe bağlı motoru harekete geçiren fonksiyondur. Bu işlemi gerçekleştirmek için motor kontrol devresine bağlı A portuna gerekli değer yazılır. Fonksiyon hareketin ileri yada geri doğrultuda olacağına karar veren bir değişkeni girdi olarak alır.

3.1.9. move_righWheel

“move_leftWheel” fonksiyonu gibi bu fonksiyonda port A’ya gerekli bilgiyi yazarak sağ tekerleğin harekete geçirilmesini sağlar. Sağ ve sol tekerleği ileri ve geri yönlerde harekete geçirmek için kullanılan değerler dökümanın Donanım başlığı altında Motor Kontrol Devresi alt konusunda verilmiştir.

3.1.10. ISR_wheel

“ISR_wheel” P portundan interrupt alınması durumunda sistem tarafından otomatik olarak çağırılan interrupt fonksiyonudur. Yaptığı iş P portundan değer okumak ve interrupt kaynağı olan motor sensörünün hangi tekerleğe bağlı olduğunu bulmak için mantıksal karşılaştırma yapmaktır. Sağ tekerleğin motor sensörü P portunun yüksek pinlerine, sol tekerleğin motor sensörü ise aynı portun alçak pinlerine bağlanmıştır. Port P den okunan değerin “0F” değerinden büyük olması interrupt kaynağının sağ tekerlekteki birim dönme olduğunu gösterir. Bu durumda sağ tekerleğin dönüş miktarını gösteren sayaç bir arttırır. Aksi taktirde arttırma işlemi sol tekerleğin sayacına uygulanır. Sayaç değişkenleri “move_wheels” fonksiyonu içerisinde karşılaştırma yoluyla değerlendirilir.

3.2. Kontrol nitesi Yazılımı

Kontrol nitesinde yazılım üç katmandan oluşmaktadır. İlk katman ana (main) fonksiyonun olduğu katmandır. Diğer katman ise “initialize” , “keypressed” , “transmit” fonksiyonlarından oluşmaktadır. Sonuncu katman ise “which_key” fonksiyonundan oluşmaktadır. Bu fonksiyon “keypressed” fonksiyonunu tarafından çağırılır. Bunların yanında arada olduğu gibi SCI’nın seri porttan veri alma ve gönderme özellikleri programlanmıştır.

3.2.1. main

Programın ilk yaptığı şey “initialize” fonksiyonunu çağırmaktır. Böylece kullanılacak olan değişkenlere gerekli değerler atanmış olur. Ardından fonksiyon iteratif olarak her tuş takımı sırası için “keypressed” fonksiyonunu çağırarak o sıradaki herhangi bir tuşa basılıp basılmadığını anlamaya çalışır. Eğer basılmış ise bu fonksiyon “which_key” fonksiyonunu çağırıp hangi lolon için tuşa basılma bilgisi geldiğini öğrenir. Daha sonra bu bilgi öncelikle SCI fonksiyonu “transmit” ile radyo ünitesine ordanda karşıdaki mikro kontrolöre gönderilir.

3.2.2. initialize

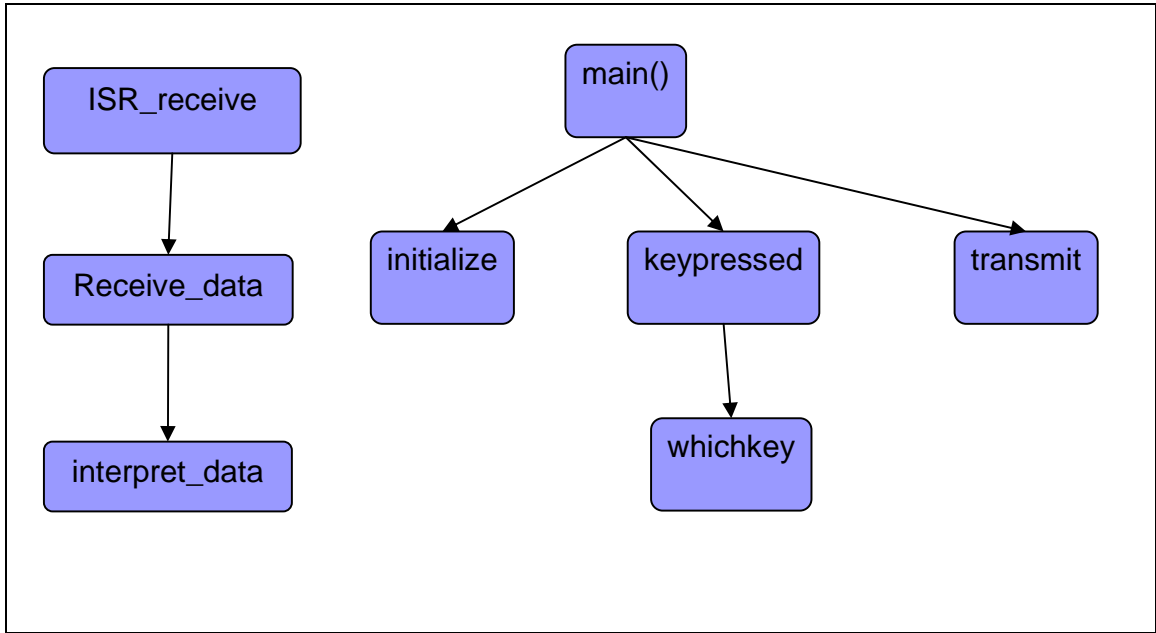
Kontrol nitesi tarafındaki mikro kontrolörde sadece seri port ve port B kullanılmaktadır. Port b tuş takımı ile bağlantıyı sağlamak amacıyla kullanılır. Port P ilk dört pini girdi son dört pini cıktı olacak şekilde konfigüre edilir.SCI registerlarının değer ataması araç tarafındaki yazılım ile aynıdır.

3.2.3. keypressed

“keypressed” fonksiyonu tuş takımının herhangi bir sırasından tuşa basılıp basılmadığını kontrol eden fonksiyondur. “main” içinde her row için birkez çağırılan fonksiyon bir tuşa basılması durumunda “whichkey” fonksiyonunu çağırır. Bu fonksiyondan dönen veri kaydedilir.

3.2.4. whichkey

Bu fonksiyon C programlama dilinin “switch” yapısı içinde tuş takımından okunan kolon değerleri ile bilinen değerleri karşılaştırıp hangi tuşa basıldığına karar verir. Basılan tuşun kodu geriye döndürülür.



Kontrol ünitesi fonksiyon şeması

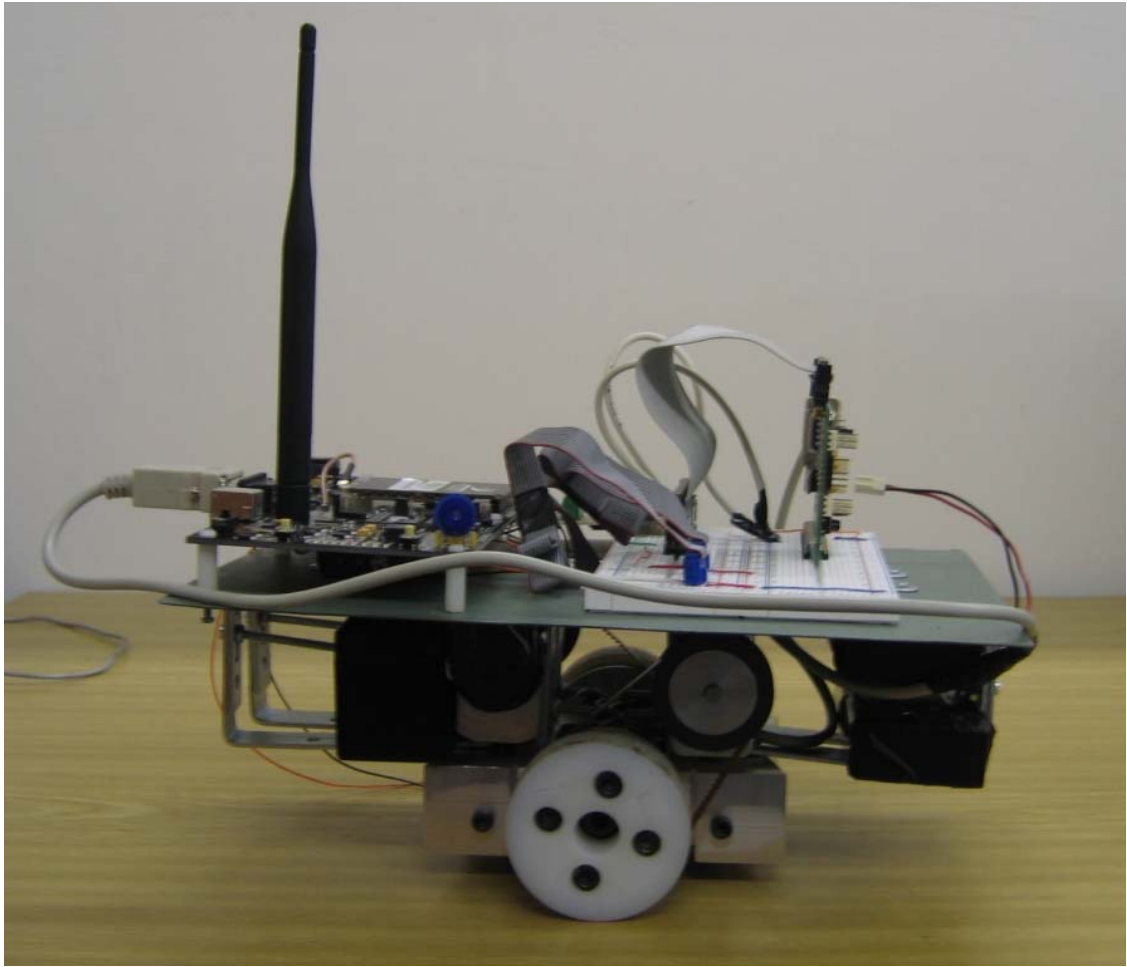
3.3. Seri Bağlantı Arayüzü

Her iki mikro kontrolörde de alıcı-verici radyo ile seri porttan haberleşme söz konusudur. Bu haberleşmenin gerçekleşebilmesi için SCI kullanılmıştır. Mikro kontrolörler karşı taraftan ne zaman veri gönderileceğini bilemeyecekleri için seri porttan veri okuma işi interrupt olarak implemente edilmiştir. “SCI_receive” fonksiyonu seri port veri registerinden datayı okuyup global bir değişkene yazan interrupt fonksiyonudur. Bu işin gerçekleşebilmesi için SCI control registerlarına seri porttan veri alama , seri porta veri gönderme, ve seri portta data oluşması halinde interrupt oluşturma gibi özellikleri açacak değerler atanmıştır.

4. Sistem Girdileri

Sisteme tuş takımı aracılığı ile yapılan girişlerin herbiri bir anlam ifade etmektedir. Tuşların araç fonksiyonlarına birebir karşılık gelmesiyle oluşan bu şema şöyledir:

- Tuş 1 : sola kavisli dönüş hareketi
- Tuş 2 : ileri hareket
- Tuş 3 : sağa kavisli dönüş hareketi
- Tuş 4 : sola dönüş
- Tuş 5 : aracı durdurma
- Tuş 6 : sağa dönüş
- Tuş 7 : geriye sola kavisli dönüş
- Tuş 8 : geriye hareket
- Tuş 9 : geriye sağa kavisli dönüş
- Tuş * : mod seçimi, her tuşa basıldığında mod değişir
- Tuş 0 : hız arttır
- Tuş # : önceden tanımlanmış modda harekete başla



5. Sonuç

Sonuç olarak ortaya konulan sistem, gömülü sistem eēitiminde kullanılmaya hazır, üzerinde bir çok araştırma geliştirme yapılabilen bütünüyle bir kuttur. Projeye başlariken ortaya konulan stabil donanım, yeni donanım ve yazılım eklemeye müsait sistem ve gömülü sistemlerin sıklıkla kullandığı genel özelliklerin implementasyonu amaçları projede hayata geçirilmiştir. Giriş bölümünde verilen örnekte fabrika içindeki kolilerin taşınması ve benzeri işlerde kullanılmak üzere model teşkil edebilecek bir sistem ortaya konmuştur. İlerde bu sistem üzerinde geliştirilebilecek projelere örnek olarak sistemi engel sesrleriyle donatıp harita cıkarma zelliēi eklemek, böylece kullanıcının aracı görmeden harita üzerindeki konumunu bilerek yönlendirebilmesi örnek olarak verilebilir. Projenin yapımı aşamasında karşılaşılan problemlere çözüm bulmak için bir çok mühendislik dizayn kararı verilmiş, en uygun sistemi ortaya koymak için her ihtimal göz önünde bulundurulmuştur. Geliştirilen proje öngörülen sistemle bire bir örtüşmekte kullanıma hazır bir sistemdir.

6. Kısaltmalar

SCI0CR1	: seri haberleşme arayüzü bir numaralı kontrol registeri
SCI0CR2	: seri haberleşme arayüzü iki numaralı kontrol registeri
SCI0SR1	: seri haberleşme arayüzü bir numaralı statü registeri
SCI0CR2	: seri haberleşme arayüzü iki numaralı statü registeri
PA	: Port A
PB	: Port B
PP	: Port P
SCI	: Seri bağlantı arayüzü (serial communication interface)