

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BİLGİSAYAR İLE KABLOSUZ OLARAK HABERLEŞEN PALETLİ
BİR ARACIN VE ÇİFT YÖNLÜ İLETİŞİM PROTOKOLÜNÜN
MEKANİK, ELEKTRONİK VE YAZILIMSAL OLARAK
GERÇEKLENMESİ**

Bilgisayar Mühendisi Ayhan YANARSOY

**F.B.E. Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Anabilim Dalında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Songül ALBAYRAK (YTÜ)

İSTANBUL, 2006

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
ÖZET	x
ABSTRACT	xi
1. GİRİŞ	1
1.1 Frekans Atlamalı Haberleşme Sistemleri	2
1.2 Yayılmış Spektrum Teknikleri	2
1.3 Doğrudan Dizi Yayılımlı Spektrum	2
1.4 Frekans Atlamalı Yayılımlı Spektrum	3
1.5 Bluetooth	3
1.6 Zigbee (802.15.4)	4
1.7 Chipcon (CC1010)	4
2. MEKANİK TASARIM	6
2.1 Süspansiyonlu Palet Sistemi	7
2.2 Kullanılan Malzemeler	8
3. KONTROL SİSTEMİ DONANIMI	12
3.1 Kontrol Sistemi Donanımını Oluşturan Alt Bileşenler	12
3.1.1 Kumanda Merkezi Donanımı	12
3.1.2 Hareketli Birim Donanımı	14
3.2 Kontrol Sistemi Donanımının Elektronik Altyapısı	23
3.2.1 AT89S52'nin İç Yapısı	24
3.2.2 AurEl XTR-434 Modülün İç Yapısı	24
3.2.3 RF Modül Kartlarının Çalışma Prensibi	30
3.2.4 Çift İşlemcili Anakartın Çalışma Prensibi	38
3.2.5 Motor Sürücü Kartının Çalışma Prensibi	47
3.2.6 Ultrasonik Yaklaşım Sensörü Düzenineğinin Çalışma Prensibi	48
4. KONTROL SİSTEMİ YAZILIMI	52
4.1 Bilgisayar Üzerinde Çalışan Kontrol Uygulaması	52
4.2 RF-Modem Yazılımı	53
4.2.1 RF Protokol Dönüşümü	53
4.3 Araç Üzerinde Çalışan Yazılımlar	55
5. SONUÇ	56

KAYNAKLAR.....	57
EKLER.....	59
Ek 1 8052 Ailesinin Temel Özellikleri.....	60
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMA LİSTESİ

AC	Alternating Current
ADC	Analog Digital Converter
CD	Carrier Detect
CMOS	Complementary Metal-Oxide Silicon
CRC	Cyclic Redundancy Check
DC	Direct Current
DTR	Data Transmit Ready
FET	Field Effect Transistör
GPS	Global Positioning System
IC	Integrated Circuit
IDE	Integrated Development Enviroment
MODEM	Modulate Demodulate
OPAMP	Operational Amplifier
PC	Personal Computer
PCB	Printed Circuit Board
PLL	Phase Locked Loop
PWM	Pulse Width Modulation
RF	Radio Frequency
RXD	Serial Receive
SPI	Serial Peripheral Interface
TTL	Transistor Transistor Logic
TXD	Serial Transmit
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Mekanik tasarımın önden görünüşü	6
Şekil 2.2 Palet ve süspansiyon mekanizmaları.....	8
Şekil 2.3 Mekanik aktarma elemanları	11
Şekil 3.1 Microsoft SidewinderII joystick (Microsoft, 2004)	13
Şekil 3.2 RF-Modem	14
Şekil 3.3 Çift işlemcili anakart	16
Şekil 3.4 RF haberleşme kartı	17
Şekil 3.5 Motor sürücü kartı	18
Şekil 3.6 Yaklaşım sensörü düzeneği	19
Şekil 3.7 Redüktörlü DC Motor	20
Şekil 3.9 Motorola Oncore serisi GPS alıcısı [2]	21
Şekil 3.10 Servo motor ve iç aksesuarları [4].....	22
Şekil 3.11 RF Kamera ve alıcısı [5]	23
Şekil 3.12 AurEl XTR-434 RF modül uç bağlantıları [11]	24
Şekil 3.13 RF Rx tepki süresi [11]	26
Şekil 3.14 Değişik anten çeşitleri [11]	29
Şekil 3.15 RF modüller için önerilen baskılı devre (PCB) [11].....	30
Şekil 3.16 RF kartına ait devre şeması	32
Şekil 3.17 RF-Modem üzerindeki trafik akışı	33
Şekil 3.18 4053 Analog çoklayıcı blok diyagramı [14]	34
Şekil 3.20 Max232 blok diyagramı [15].....	35

Şekil 3.21 RF-Modem'e ait devre şeması	38
Şekil 3.22 Mikrodenetleyiciler arasındaki bağlantıları gösteren devre şeması	39
Şekil 3.23 Anakarta ait devre şeması.....	41
Şekil 3.24 ADC'ye ait basit blok diyagram (Kuntman, 1998)	42
Şekil 3.25 Ek destek devreleri ile birlikte ADC blok diyagramı (Kuntman, 1998).....	43
Şekil 3.26 TLC542 'ye ait bacak bağlantıları [13].....	44
Şekil 3.27 TLC542'ye ait blok diyagram [13].....	45
Şekil 3.28 TLC542'ye ait sayısal sinyallerin zamana bağlı grafiği [13].....	46
Şekil 3.29 Optik izolatörün iç yapısı [22]	47
Şekil 3.30 Motor sürücü kartına ait devre şeması	48
Şekil 3.31 Ultrasonik alıcı-verici çifti kullanılarak mesafe ölçümü.....	49
Şekil 3.32 Ultrasonik yaklaşım sensörü düzeneğine ait devre şeması	51
Şekil 4.1 Göstergeler ve kamera görüntüsü ile kontrol paneli	53
Şekil Ek1.1 8052 Çekirdeği blok diyagramı [8].....	61
Şekil Ek1.2 8052 Tümdevre Uçları [8]	62
Şekil Ek1.3 Port0 latch yapısı [8].....	62
Şekil Ek1.4 Port2 latch yapısı [8].....	63
Şekil Ek1.5 Port1 veya port3 latch yapısı [8].....	63
Şekil Ek1.6 SFR`lerin dahili RAM içerisindeki yerleşimi [8]	66
Şekil Ek1.7 PSW saklayıcısı formatı [8].....	67
Şekil Ek1.8 TMOD saklayıcısı formatı [8]	68
Şekil Ek1.9 TCON saklayıcısı formatı [8]	69

Şekil Ek1.10 IE saklayıcısı formatı [8]	70
Şekil Ek1.11 IP saklayıcısı formatı [8].....	70
Şekil Ek1.12 8052 seri porta ait bazı çalışma frekansları [8].....	71
Şekil Ek1.13 SCON saklayıcısı formatı [8].....	72

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 4 bit'ten 8 bit'e dönüşüm tablosu	28
Çizelge 3.2 4053 Analog çoklayıcı doğruluk tablosu [14].....	35
Çizelge Ek1.1 Port3 uçlarının alternatif fonksiyonları	64

ÖNSÖZ

Bu projenin gerçekleştirilmesinde bilgi, deneyim ve emekleriyle katkıda bulunmuş olan tez danışmanım sayın Yrd. Doç. Dr. Songül ALBAYRAK'a, sayın hocam Ahmet HAKTANIR'a, sayın hocam Dr. Sırma YAVUZ'a, Bilgisayar Mühendisi Dumitru FAUREANU'ya, Bilgisayar Mühendisi Cihan TAYŞI'ye, Elektronik Mühendisi Cem DİKBAŞ'a ve Elektronik Mühendisi Tarkan DİNÇ'e teşekkürü bir borç biliyorum.

Ayrıca, her zaman yanımda olan sevgili eşim Çiğdem'e ve aileme teşekkür ediyorum.

ÖZET

Çalışmada amaçlanan zorlu arazi koşullarında ilerleyebilen, uzaktaki bir bilgisayardan talimatlar alan ve topladığı bilgileri uzaktaki bilgisayara gönderebilen paletli bir aracın ilk prototipini gerçekleştirmek olup bu hedeflenen amaca büyük ölçüde ulaşılmıştır. Aracın uzaktaki bilgisayarla haberleşmesi amacıyla güvenilir bir çift yönlü RF iletişim protokolü geliştirilmiş ve test edilmiştir. Araç sıcaklık, yakınsama, gaz derişimi gibi çevresel bilgileri toplamak amacıyla sensörlere sahiptir. Araç bir robot kolunu kontrol etmek için gereken elektronik yeterliğe sahip olmakla birlikte robot kolunun üretimi ileriki bir çalışmanın konusudur. Prototipin gelişim süreci tamamlanmamış olup bu haliyle bundan sonraki çalışmalar için bir başlangıç noktası olması hedeflenmektedir.

Anahtar kelimeler: Hareketli robot, RF haberleşme protokolleri, Teleoperasyon, Mikroişlemcili motor kontrolü.

ABSTRACT

The construction of a tracked vehicle prototype that can move across the rugged terrain, get instructions from a remote computer and send local information to the remote computer was aimed and has been realised. The vehicle communicates with a remote computer. A reliable full duplex RF communication protocol has been developed and tested. The vehicle has sensors for collecting environmental information like temperature, proximity, gas concentration etc... It has electrical capability of controlling a robot arm while the construction of the arm is a future work. The development process hasn't been ended yet and it's aimed to be a starting point for future works.

Keywords: Mobile robot, RF communication protocols, Teleoperation, Microcontroller based motor control.

1. GİRİŞ

Robot kelimesi Slav dilinde iş manasına gelen 'robota' kelimesinden türetmiştir. Günümüzde endüstriyel ve hareketli robot uygulamaları oldukça popüler hale gelmeye başlamıştır. Endüstriyel robotlar genellikle sabit konumlu olup endüstriyel üretim süreçlerinin otomasyonuna hizmet ederler. Öte yandan hareketli robotlar insanlar tarafından yapılan bir takım işlerde yardımcı görevini üstlenirler. Kişisel hizmet amaçlı robotlardan uzay araştırmalarında kullanılan robotlara kadar birçok alanda hareketli robotlardan faydalanılabilir. Bu tip robotların insanlara sağladığı faydaların arttırılabilmesi için otonom işlevleri yerine getirebilecek akıllı algoritmalara ihtiyaç duyulur. Robot kendi kararlarını kendisinden beklenenler ile çatışmayacak şekilde vermelidir. Günümüz teknolojisi bugün için robotların akıllı davranışlar sergilemesine olanak sağlayacak bazı yaklaşımlara sahip olmasına rağmen, tamamen otonom şekilde kendi kararlarını verebilen robotları gerçekleştirme noktasından bir hayli uzaktadır.

Hareketli robotlarda kullanılan algoritmalar yeterince akıllı olmadığı için cihazların üzerlerinde çok fazla sayıda algılayıcı ve elektronik devrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ve benzeri sebeplerden ötürü insanlara göre basit robotlara göre karmaşık sayılabilecek işlevleri yerine getirebilecek hareketli robotların maliyetleri de yüksektir. Bu maliyetleri azaltıp, robot maliyetlerini ekonomik fayda açısından kabul edilebilir sınırlara çekebilmek için hareketli robotların denetim çevrimine insanların bir miktar katkıda bulunması gerekir. İnsanların hareketli robotların denetim mekanizmasına katılması için hareketli robot ile aralarında iki yönlü bir haberleşmeye ihtiyaç duyulur. Robotların hareket kabiliyetlerini ve kullanım alanlarını sınırlamak adına, çoğu zaman sistemin denetim çevrimine insanların uzaktan katılması hedeflenir. Teleoperasyon da denilen bu denetim mekanizması insan hayatını ve sağlığını riske atmadan robotları insanın bir uzantısı gibi kullanmayı amaçlar.

Teleoperasyon yöntemleri başlıca iki sınıfta toplanabilir. Bunlar:

- Kablo üzerinden denetim yöntemleri
- Kablosuz denetim yöntemleri

Kablo üzerinden denetim yöntemleri, gerçekleştirilmesi daha kolay ve maliyeti düşük yöntemler olarak öne çıkarken kablonun getirmiş olduğu kısıtlamalar nedeniyle pek çok mobil uygulamada tercih edilemezler. Kablosuz denetim yöntemleri ise gerçekleştirilmesi çok daha zor ve yüksek maliyetli yöntemler olup kablosuz haberleşmenin doğasından kaynaklanan teknik zorluklara sahiptirler.

Bu tez kapsamında bilgisayar üzerinden kontrol edilen bir araç tasarlanmış olup aracın kablosuz olarak denetimi konusu üzerinde yoğunlaşmıştır. Kablosuz iletişim için gerekli olan elektronik devreler gerçekleştirilmiş ve kablosuz iletişim protokolleri geliştirilmiştir. Bu bölümde dünyada kablosuz iletişim için kullanılan değişik standartlara yer verilmiştir.

1.1 Frekans Atlamalı Haberleşme Sistemleri

Yayılmış spektruma sahip sistemlerin kullanımı özellikler ISM bandındaki uygulamalar için günden güne daha sık kullanılır hale gelmektedir. Lisans gerektirmeyen frekans bandında çalışan cihazların sayısı arttıkça cihazların haberleşmesinde girişim kaynaklı sorunlar çıkabilmektedir. Yayılmış spektrum tekniklerinin bozulmaya karşı duyarlılığının (jamming) az olması, güvenilir bir haberleşmenin gerçekleştirilebilmesi için lisanssız bantta kullanımlarını neredeyse zorunlu kılmaktadır.(Ovalı, 2005)

1.2 Yayılmış Spektrum Teknikleri

Yayılmış spektrumun klasik dar bant ya da geniş bant uygulamalarından farkı, işaretin enerjisinin daha geniş bir frekans spektrumuna dağılmasıdır. Bu sayede işaretin güç spektral yoğunluğu azaltılarak aşağıdaki faydalar sağlanmış olur:

- Girişim olasılığı azalır, radyo frekansı işaretini algılamak zorlaşır.
- Dar bant gürültü kaynaklarına karşı daha yüksek tolerans sağlanır.
- Çoklu yol (multi path) yansımalarından kaynaklanan girişime duyarlılık azalır.
- CDMA benzeri sistemlerde aynı coğrafi bölgedeki birden fazla verici farklı frekans atlamaları yaparak aynı anda çalışabilir.(Ovalı, 2005)

1.3 Doğrudan Dizi Yayımlı Spektrum

Yayılmış spektrum tekniklerinin doğrudan dizi yayımlı (DSSS) ve frekans atlamalı yayımlı spektrum (FHSS) olmak üzere iki biçimi vardır. DSSS prensibi ile çalışan bir verici transfer edilen veri oranının çok daha yüksek oranlarında, veriyi bir yayılım koduna bağlı olarak katlayarak (convolution) yayın yapar. Alıcı tarafta korelasyon tekniklerinden yararlanılarak gelen işaret ile yayılım kodları karşılaştırılarak işaretin kodu çözülür. DSSS tekniğinin gerçekleşmesi FHSS tekniğine göre daha karmaşık ve zordur. Düşük güç tüketimi arzulanan sistemler için uygun değildir.(Ovalı, 2005)

1.4 Frekans Atlamalı Yayılımlı Spektrum

Bu teknik düşük güç tüketimi ve veri nakil oranlarına ihtiyaç duyan sistemler için uygundur. Haberleşme sırasında taşıyıcı frekansın değiştirilmesi prensibine dayanır. Tipik bir frekans atlamalı sistemde her kanalda birkaç bit gönderildikten sonra frekans değiştirilir. Pratikte saniyede elli ile birkaç yüz defa frekans atlaması gerçekleştirilir. Frekans atlaması gerçekleştirilen sistemin yapısına bağlı olarak bir gecikme söz konusudur. Bu boş zamana boşta kalma aralığı (blanking interval) denir. Her kanalda harcanan zamana ise aktif zaman (dwell time) denir.

Yayımlı spektrum teknolojisinin kökeni askeri uygulamalardır. Terminolojisinde en sık kullanılan terimlerden biri kanal karıştırıcıdır (jammer). Ticari sistemlerde bilinçli olarak kanal karıştırılması söz konusu değildir. Çoğu zaman girişim yapan işaret aynı frekans bandını kullanmaya çalışan başka bir cihazdan kaynaklanır. Bu cihazlar özellikle karıştırma yapmadıkları için güvenlik ihtiyacı askeri uygulamalarda olduğu kadar fazla değildir. Ticari uygulamalarda dar bant karıştırıcılarının yanı sıra, çoklu yol yansımalarından kaynaklanan girişim de haberleşmeyi bozucu etki yapar. Bu tip yansımalar işaretin gücünde frekansa ve cihazın bulunduğu konuma bağlı olarak büyük düşümlere yol açabilir. Frekans atlamalı sistemler çoklu yol yansımalarına karşı frekans çeşitliliği sağladıkları için az duyarlıdırlar.

Protokol tasarımcısı algoritmaların karmaşası ile azaltılan hata oranı arasında bir denge kurmak zorundadır. Bu dengeyi kullanılan mikrodenetleyici, yazılımın karmaşası, güç tüketimi, beklenen girişim kaynaklarının parametreleri gibi birçok faktör etkileyebilir.(Ovalı, 2005)

1.5 Bluetooth

Bluetooth düşük güç harcayan gezgin cihazlar için endüstri standardı olarak tasarlanan bir kısa mesafe kablosuz haberleşme sistemidir. Ticari hazır olarak radyo frekansı devrelerinin ve alt seviye haberleşme protokolünün yürütülmesi işlevlerini tek bir tümdevrede sunan ticari hazır ürünlere, temel bant tümdevreleri denir. Bu tip devreler Bluetooth protokolünün yüksek verimlilikle gerçekleştirilebilmesini sağlarken kablosuz gezgin robotlar için gerekli esnekliğe sahip değildirlir.

Bluetooth esas anlamı ile kablolu haberleşmenin yerini alırken çok az bir gecikme ile haberleşme yapılabilmesini de destekler. Gecikmenin az, veri akışının yüksek oranlarda olabilmesi için 600 mikrosaniyelik periyodlar ile haberleşme kanalları arasında sıçrama gerçekleştirir. Bu şekilde ağdaki tüm cihazlar birbirlerine birkaç mikrosaniyelik tolerans ile

senkronize olmalıdırlar. Gezgin robot sistemleri de yapıları gereği radyo üzerinden veri haberleşmesine ihtiyaç duyarlar. Ortamdan canlı görüntü aktarımı yapan bir robot ile yalnızca gerektiğinde resim gönderen bir robotun veri haberleşmesindeki bant genişliği ihtiyacı oldukça farklıdır. Ana amaç gezgin robotları olabildiğince akıllı yapmak olduğu için haberleşme kanalından akan verinin oranının ve dönemlerinin mümkün olanın en azı olması hedeflenir. Bluetooth ağına senkronize kalabilmek için gösterilen çaba, düşük veri oranları ve periyodları ile haberleşen gezgin robotlar için işlem gücü ve güç tüketimi açılarından verimsizliğe yol açabilir. Yalnızca gerektiği zaman Bluetooth ağına senkronize olmalarında senkronizasyon için ortalama 2,4 saniye gibi bir zamana ihtiyaç duyulduğu göz önüne alındığında bu durum çoğu uygulama için kabul edilemezdir. Bluetooth haberleşme sistemi her ne kadar düşük güç tüketimi göz önüne alınarak tasarlansa da, gezgin robotlara pratikte uygulanması açısından en büyük sıkıntı, Bluetooth haberleşmesi gerçekleştirmek için sarf edilen gücün gezgin robotun güç tüketimindeki verimlilik oranını azaltmasıdır.(Ovalı, 2005)

1.6 Zigbee (802.15.4)

Zigbee, çok düşük güç sarfiyatıyla çalışma gereksinimi bulunan kablosuz sistemlerde kullanılmak üzere, endüstrinin kendi bünyesinde oluşturduğu bir şirketler birliği tarafından standart olarak tasarlanan veri bağlantı katmanında yer alan bir haberleşme protokolüdür. Bu şirketler birliğinin oluşturulmasındaki ana neden, mevcut haberleşme protokollerinin çok düşük güç ihtiyacı bulunan uygulamalar için uygun olmamasıdır.

Zigbee veri bağlantı katmanı, hiyerarşik yapıda IEEE 802.15.4 fiziksel haberleşme katmanının üzerinde yer alır. IEEE 802.15.4, DSSS yapısı ile 868 Mhz, 902-928 Mhz ve 2,4 Ghz frekans bantlarında çalışmak üzere tasarlanmıştır. DSSS yapıdaki haberleşme sistemlerinde frekans atlamalı sistemlerdeki gibi haberleşmeden önce bir senkronizasyona gerek duymaz. Bu sayede düşük dönemli veri haberleşme ihtiyacı bulunan sistemlerin güç tüketimi açısından Bluetooth sistemine kıyasla önemli bir avantaj elde edilmiş olunur. (Ovalı, 2005)

1.7 Chipcon (CC1010)

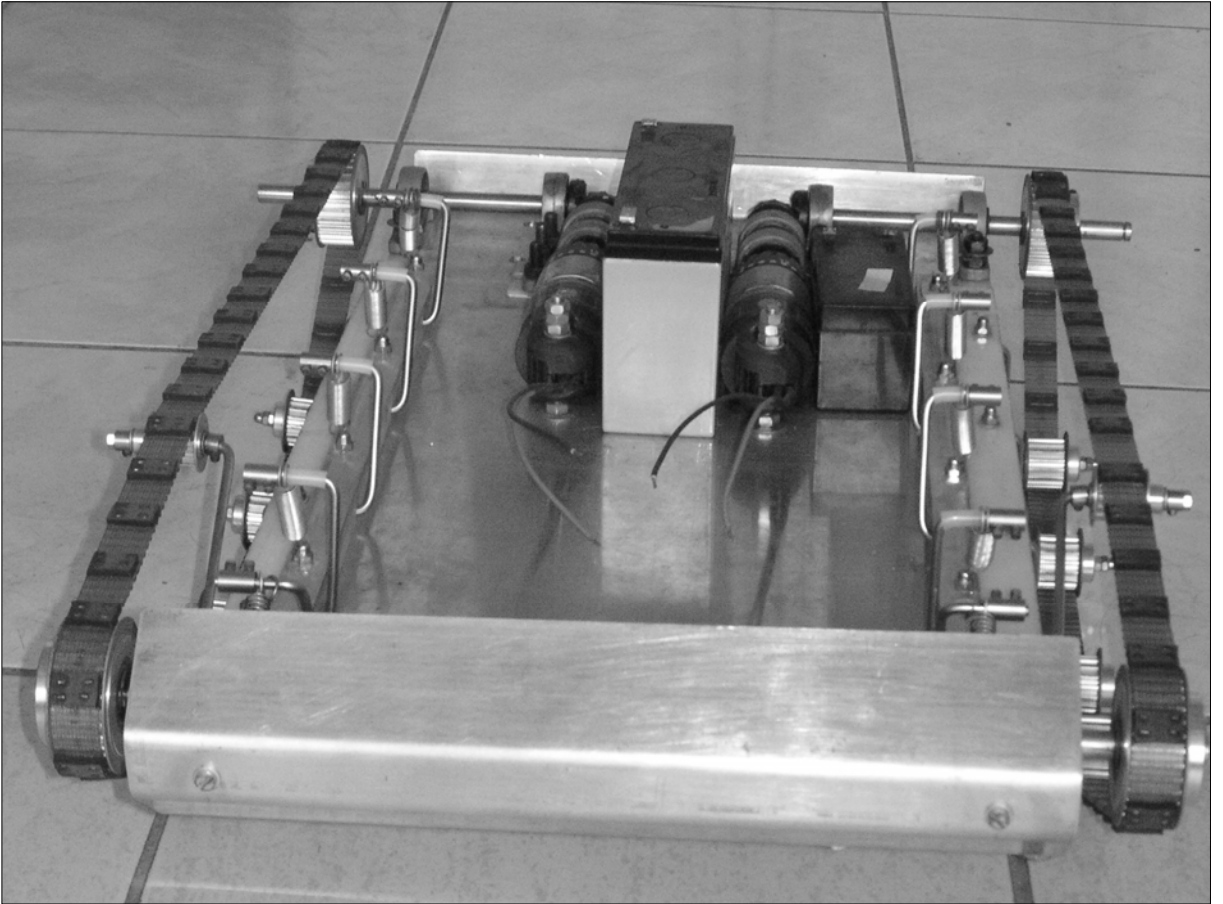
Birkaç radyo haberleşme tümdevre üreticisi, temel bant haberleşmesini sağlayan devreler ile genel amaçlı bir mikrodenetleyiciyi tümleştirerek, çok işlevli haberleşme tüm devrelerini pazara sunmaktadırlar. Bunlardan en popüler olanlarından biri Chipcon firmasının CC1010 tümdevresidir. Bu tümdevrenin içerisinde Intel 8051 mikrodenetleyici çekirdeği ve CC1000

temel bant alıcı-verici devresi kullanıma hazır durumdadır. Bu tip bir tüm devrenin kullanılması fiziksel alan ve maliyetten tasarruf etmeye olanak sağlar. Ayrıca bu tipte tümdevreler kullanılarak tasarlanan haberleşme sistemlerinin alt katman protokollerini geliştirmek, ayrıca bir çaba gerektirmektedir.(Ovalı, 2005)

2. MEKANİK TASARIM

Tez kapsamında hedeflenen hareketli bir aracın sabit bir bilgisayar üzerinden kontrolünün sağlanması ve aracın toplamış olduğu bilginin bilgisayara aktarılmasıdır. Araç 62 cm boyunda, 42 cm eninde ve 16 cm yüksekliğinde olup her türlü arazi koşulunda hareket edebilecek paletli ve süspansiyonlu bir mekanizmaya sahiptir. Araç metal ve dayanıklı plastik malzeme kullanılarak inşa edilmiştir.

Aracın temel kullanım amacı insan sağlığı açısından tehlike oluşturabilecek yerlerde uzaktan kontrol edilmek suretiyle bilgi ve örnek toplamaktır. Araç gücünü kendi üzerinde taşımış olduğu akülerden alır. Aracın üzerine yerleştirilecek olan robot kolu, örnek parça toplamayı mümkün hale getirecektir. Robot kolunun elektronik altyapısı gerçekleştirilmiş olmakla birlikte mekanik olarak gerçekleştirilmesi henüz mümkün olmamıştır. Aşağıdaki şekil mekanik tasarımın önden görünüşüne aittir:



Şekil 2.1 Mekanik tasarımın önden görünüşü

2.1 Süspansiyonlu Palet Sistemi

Yürüyen robot uygulamalarında kullanılan çeşitli hareket teknikleri vardır. Bunlardan en önemlileri şunlardır:

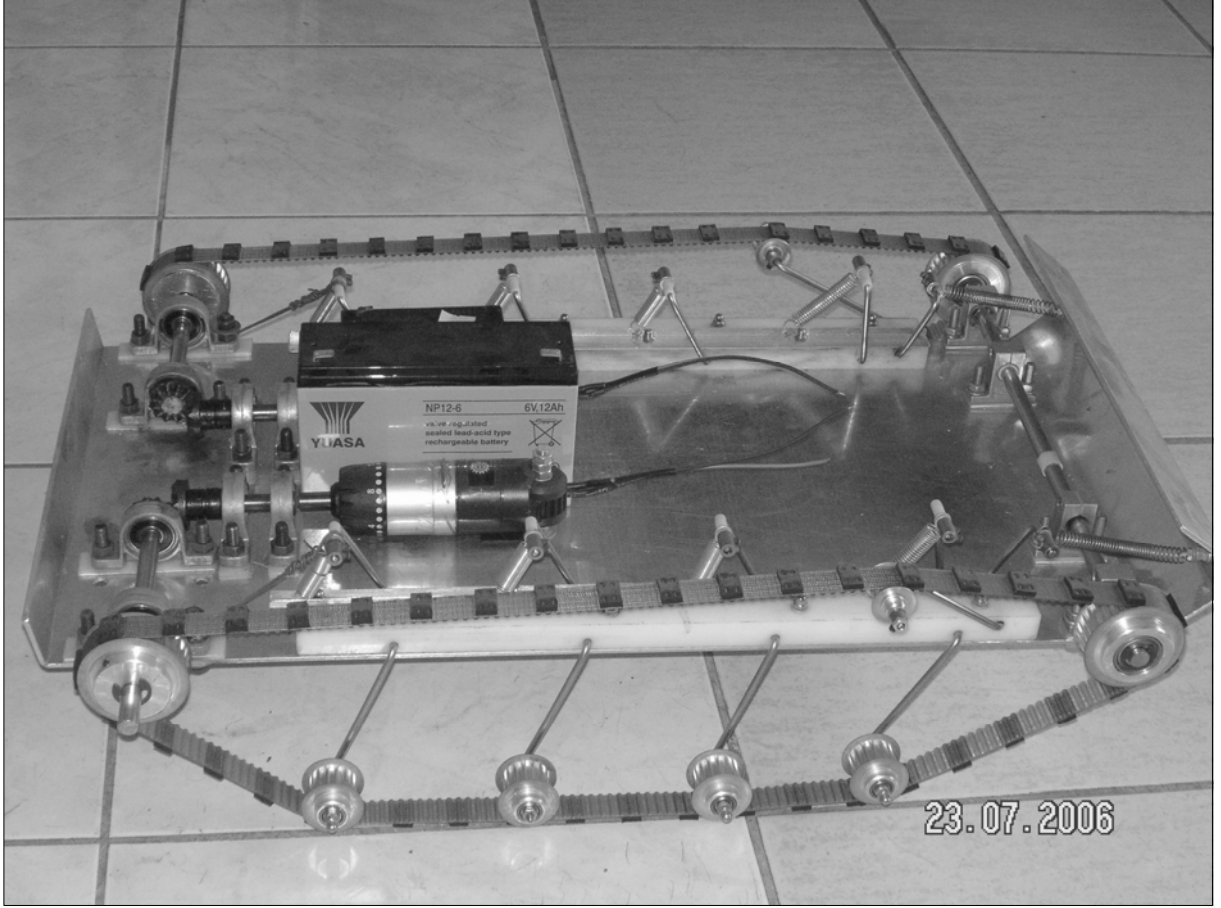
- Tekerlekli mekanizmalar
- Paletli mekanizmalar
- Eklem bacaklı mekanizmalar

Tekerlekli mekanizma kullanımı, sayılan üç teknik içinde gerçekleştirilmesi en kolay ve maliyeti en düşük olanıdır. Ancak tekerlek kullanımı pürüzsüz düz yüzeylerde olumlu sonuç verirken, hareketi kısıtlayıcı etki yapan kaygan, granüllü ya da engebeli arazi koşullarında verim oldukça düşmektedir.

Eklem bacaklı mekanizma kullanımı ise gerçekleştirilmesi çok zor ve yüksek maliyet gerektiren bir tekniktir. Ayrıca denge sağlamak çok büyük ve tam olarak çözülememiş bir sorun olmaya devam etmektedir.

Paletli mekanizma kullanımı yalnızca tekerleğin sağladığı kazanımları engebeli arazi koşullarında da sürdüren bir teknik olmakla kalmaz, tekerlek kullanımına göre önemli üstünlükleri de beraberinde getirir. Paletli araçlar paletlerini birbirlerinin aksi yönlerde çevirerek kendi merkezleri etrafında noktasal dönüş yapabilirler.

Süspansiyon kullanımı, aracın hareket halindeyken karşılaştığı engeller nedeniyle tekerlekler arasında oluşan yükseklik farklarını tolere ederek aracın denge halinin sürdürülmesini sağlar. Aşağıdaki şekilde palet ve süspansiyon mekanizmaları görülmektedir:



Şekil 2.2 Palet ve süspansiyon mekanizmaları

2.2 Kullanılan Malzemeler

Bu bölümde aracın mekanik aksamını oluşturan malzemeler hakkında bilgi verilmiştir.

Alüminyum Plaka

72 cm x 32 cm ölçülerinde, 3 mm kalınlığında alüminyum plaka aracın şasisini oluşturmaktadır. Alüminyum plaka önden ve arkadan yukarıya doğru kıvrılarak meydana gelebilecek çarpmalara karşı tamponlar oluşturulmuştur. Şasi olarak 3 mm'lik alüminyum plaka kullanılması için önemli gerekçeler mevcuttur. Bunlar:

- Alüminyumun özkütlesi diğer metallerle karşılaştırıldığında çok küçüktür ($2,7 \text{ g/cm}^3$).
- Alüminyum oksitlendiğinde bu durum onun demir gibi çürümesine neden olmaz. Alüminyum oksitlendiğinde yüzeyinde beyaz renkli, toz görünümlü bir tabaka oluşur. Bu tabaka oksitlenmenin içerilere işlemesine izin vermeyen koruyucu bir özelliğe sahiptir.
- Alüminyum birçok malzemenin üstün özelliklerini bünyesinde barındırır. Bakır kadar olmasa da kolay şekillendirilebilir ve kesilebilir. Polietilen ya da ahşap gibi esnek

olmadığı için ek destek unsurları olmadan aracın omurgası görevini yapabilir. Çelik gibi kırılğan değildir. Demir gibi paslanmaz, koruyucu boyama gerektirmez. Oda sıcaklığında katı halde bulunan en hafif metaldir.

Alüminyumun tek olumsuz özelliği kaynak tutmamasıdır. Bu nedenle alüminyum parçalar birbirlerine vida veya perçin kullanılarak eklenir.

Krom Çubuklar

Hareketli parçaların araca tutturulması için krom çubukların kullanımı tercih edilmiştir. Araç 4 mm çapındaki dördü aracın sağ tarafında, dördü sol tarafında olacak şekilde sekiz adet krom çubuğun üzerinde durmaktadır. Her krom çubuk bağımsız olarak 80° dönme hareketi yapabilecek şekilde araca tutturulmuştur. Krom çubukların boşta kalan uçlarına ise palet üzerinde yürüyen kasnaklar tutturulmuştur.

Kromun başlıca özelliği paslanmaz ve darbelere karşı çok dayanıklı oluşudur. Aküleriyle birlikte 10 kg'yi bulan aracı sekiz adet 4 mm çapındaki krom çubuk zorlanmadan taşımaktadır. Ayrıca aracın ön tarafındaki gerdirici kasnaklar şasiye sabitlenmiş 10 mm çapındaki krom çubuk üzerinde döner. Aracın arka tarafındaki çektirici kasnaklar da yine aktarma organlarına 10 mm'lik krom çubuklar ile tutturulmuştur.

Delrin Kütükler

Delrin (polipom), kimyasal malzeme üreten Dupont şirketi tarafından geliştirilmiş olan petrol türevli bir malzemedir. Dayanıklılık açısından ortalama bir metale eşdeğerdir. Polietilen gibi yalnızca basınca ve darbelere karşı değil, çekme ve bükme yönünde uygulanan gerilimlere karşı da yüksek dayanıklılık gösterir. Delrin, dişli çarklar gibi yük taşıyan ve yüksek hassasiyet ve ayrıntıya sahip olan mekanik parçaların üretiminde metallerin yerine kullanılabilir.

Dikdörtgen kesitli delrin kütükler aracın iki yanında boylamasına yerleştirilmiş, alüminyum plakaya vidalanmıştır. 4 mm'lik krom çubuklar delrin kütüklere enlemesine açılmış delikler içerisinde dönebilirler.

Yaylar

Aracın paletler üzerinde hareket etmesi, onun engebeli arazi şartlarında ilerlemesini sağlar. Ancak paletin daha etkin kullanımı süspansiyon mekanizmasıyla sağlanır. Bunun için zemine basan sekiz kasnak yaylanma özelliğine sahiptir. Böylece palet bir engelin üzerinden geçerken

araç engelin yüksekliği kadar yükselmez. Bunun yerine her kasnak sırası geldiğinde engelin üzerinden geçerken, palet de engelin üst yüzeyini kavrar. Araç engellerin üzerinden geçerken bu durum çok az hissedilir ya da hiç hissedilmez.

Delrin kütük içerisinde dönebilen taşıyıcı krom çubukların uçları çekme yönünde çalışan yaylar ile şasiye bağlanmışlardır. Kasnaklar bir engelin üzerinden geçerken paletlerde oluşacak boşluğu almak için yaylı birer kasnak paletleri yukarıya doğru gerdirir.

T5 Trigger Kayışları

120 cm uzunluğunda, 16 mm genişliğindeki, diş aralığı 5 mm olan iki adet trigger kayışı palet olarak kullanılmıştır. Trigger kayışları iç yüzeylerindeki dişler sayesinde, dişli çarklarda olduğu gibi, döndürme kuvvetini aktarma özelliğine sahiptir. Elastik bir malzemedden yapılmış olup, içlerinde geçen çelik teller sayesinde esneme yapmazlar.

T5 trigger kayışının dış yüzeyi pürüzsüz ve kaygan olduğu için zemini daha iyi kavramaya yarayan lastik parçalar aralıklı olarak kayışa monte edilmiştir.

T5 Kasnaklar

Her palet iki adet otuz iki dişli, dört adet on altı dişli ve bir adet on iki dişli kasnak çevresinde gergin vaziyette döner. Her kasnak T5 trigger kayışına uyacak şekilde dişlere sahiptir. Otuz iki dişli kasnakların çapı 5 cm olup aracın önünde yer alırlar. On altı dişe sahip olan kasnaklar zemine basarak aracı taşırlar. Çapları 2,5 cm'dir. On iki dişe sahip olan kasnaklar ise paletlerin boşluğunu alarak her zaman gergin olmalarını sağlarlar. Kasnaklar 17 mm genişliğinde olup iki yanlarında yer alan yükseklikler ile kayışın çıkmasına engel olurlar.

Rulmanlar

Her kasnağın içine, merkezleri kasnağın dönme eksenine denk gelen iki adet rulman yerleştirilmiştir. Bununla amaçlanan sürtünmeler nedeniyle oluşacak zorlanmaları ortadan kaldırmak ve aşınmalara engel olmaktır.

Rulman Yatakları

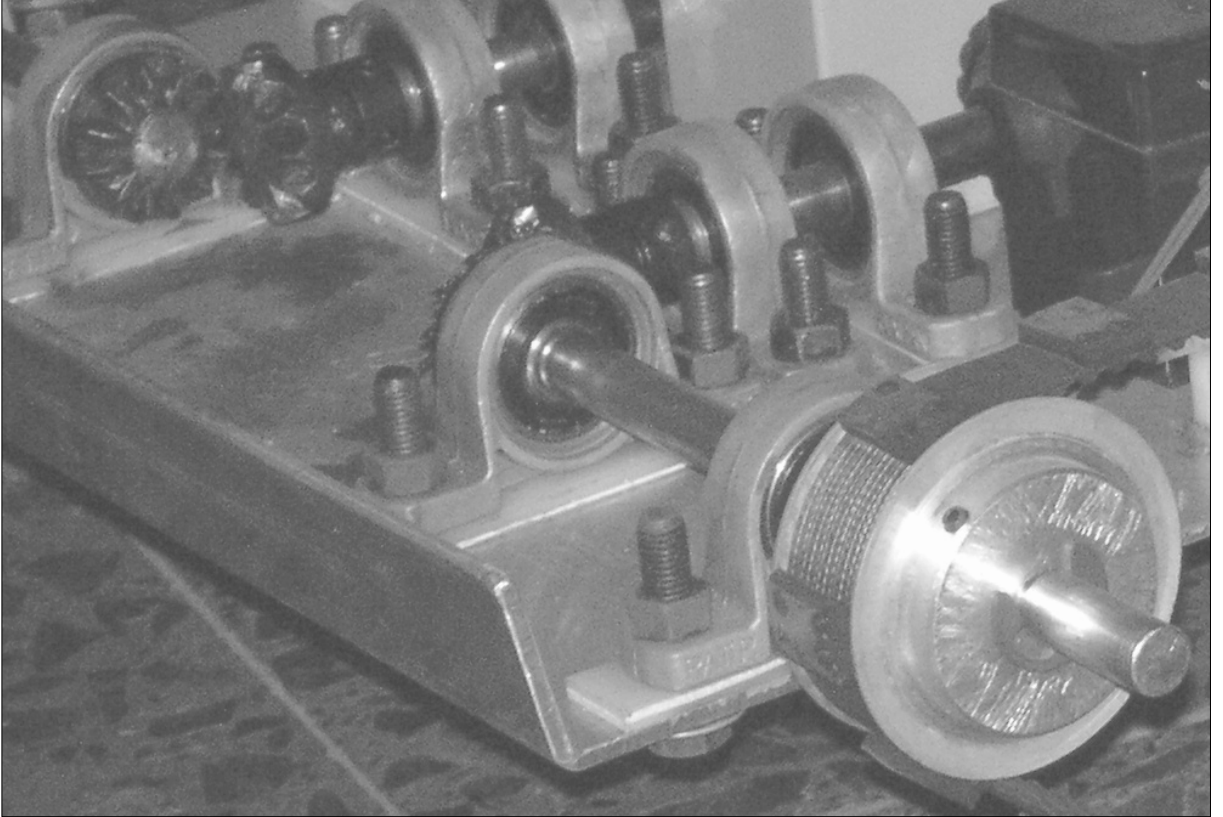
Aracın arka tarafında yer alan iki kasnak hareketini motorlardan alır. Bu kasnakların milleri ile motor milleri rulman yatakları ile alüminyum plakaya tutturulmuştur.

Konik Dişliler

İki paleti çeken iki motor birbirine paralel olarak ve kasnakların dönüş doğrultusuna dik

olarak dönerler. Motorların dönüş eksenini 90° çevirmek amacıyla konik dişliler kullanılmıştır.

Aşağıdaki şekilde araca ait mekanik aktarma elemanları olan rulman yatakları, konik dişliler ve paleti çektiren T5 kasnak görülmektedir:



Şekil 2.3 Mekanik aktarma elemanları

3. KONTROL SİSTEMİ DONANIMI

Bu bölümde robotun elektronik olarak kontrolünü gerçekleştiren devreler ve bu devrelerde kullanılan elektronik bileşenler ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

3.1 Kontrol Sistemi Donanımını Oluşturan Alt Bileşenler

Kontrol sistemi donanımı iki ana birimden oluşur:

- Kumanda merkezi donanımı
- Hareketli birim donanımı

3.1.1 Kumanda Merkezi Donanımı

Kumanda merkezi donanımından beklenenler, kullanıcıdan aldığı bilgiler doğrultusunda hareketli birime (robot), önceden belirlenmiş olan bir haberleşme protokolü çerçevesinde, talimatlar göndermesi ve hareketli birim tarafından, yine aynı haberleşme protokolü çerçevesinde, gönderilen yanıt mahiyetindeki bilgileri kullanıcıya iletmesidir. Kumanda merkezi donanımını oluşturan alt birimler şunlardır:

- Bilgisayar
- Kumanda kolu (Joystick)
- RF-Modem

Bilgisayar

Herhangi bir IBM/PC tabanlı bilgisayar kullanılabilir. İşletim sistemi olarak Microsoft firması tarafından üretilen WindowsXP tercih edilmiştir. Dolayısıyla kullanılacak bilgisayarın WindowsXP işletim sistemini sorunsuz olarak çalıştırabilecek bir konfigürasyona sahip olması beklenir. Bu konfigürasyon aşağıda belirtildiği gibidir:

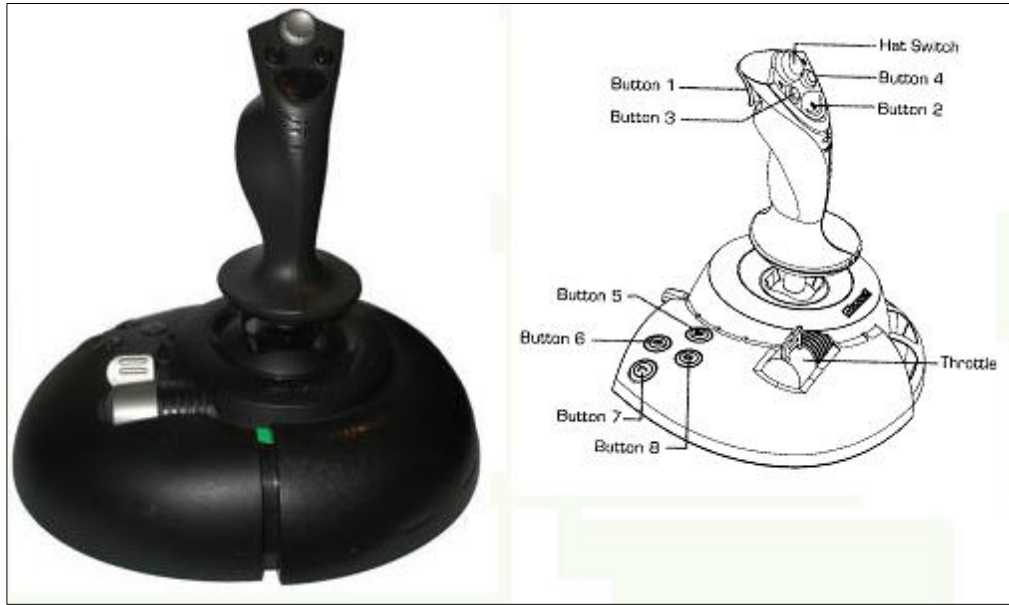
- Intel P3 veya uyumlu işlemci (Daha yeni versiyonlar da olabilir)
- 256 MB RAM (En az)
- 1024x768 ya da daha yüksek çözünürlüklü monitör
- 1 GB Disk alanı (En az)

Ayrıca uygulamanın gerektirdiği portlar da aşağıda belirtilmiştir:

- RF-Modem için bir adet seri port
- Kumanda kolu için bir adet USB port
- TV Kartı

Kumanda Kolu (Joystick)

Kullanıcı tarafından hareketli birime çeşitli görevlerin atanması ve hareket yörüngesinin tayin edilmesi bir kumanda kolu aracılığıyla gerçekleştirilir. Bilgisayar üzerinde koşturulan komuta-kontrol uygulaması, kumanda kolunun ve kumanda koluna bağlı butonların durumlarını anlık olarak yorumlar ve gerekli giriş bilgilerini üretir. Bu uygulamada dört adet analog kanala ve 12 adet butona sahip olan Microsoft SidewinderII joystick kullanılmıştır.



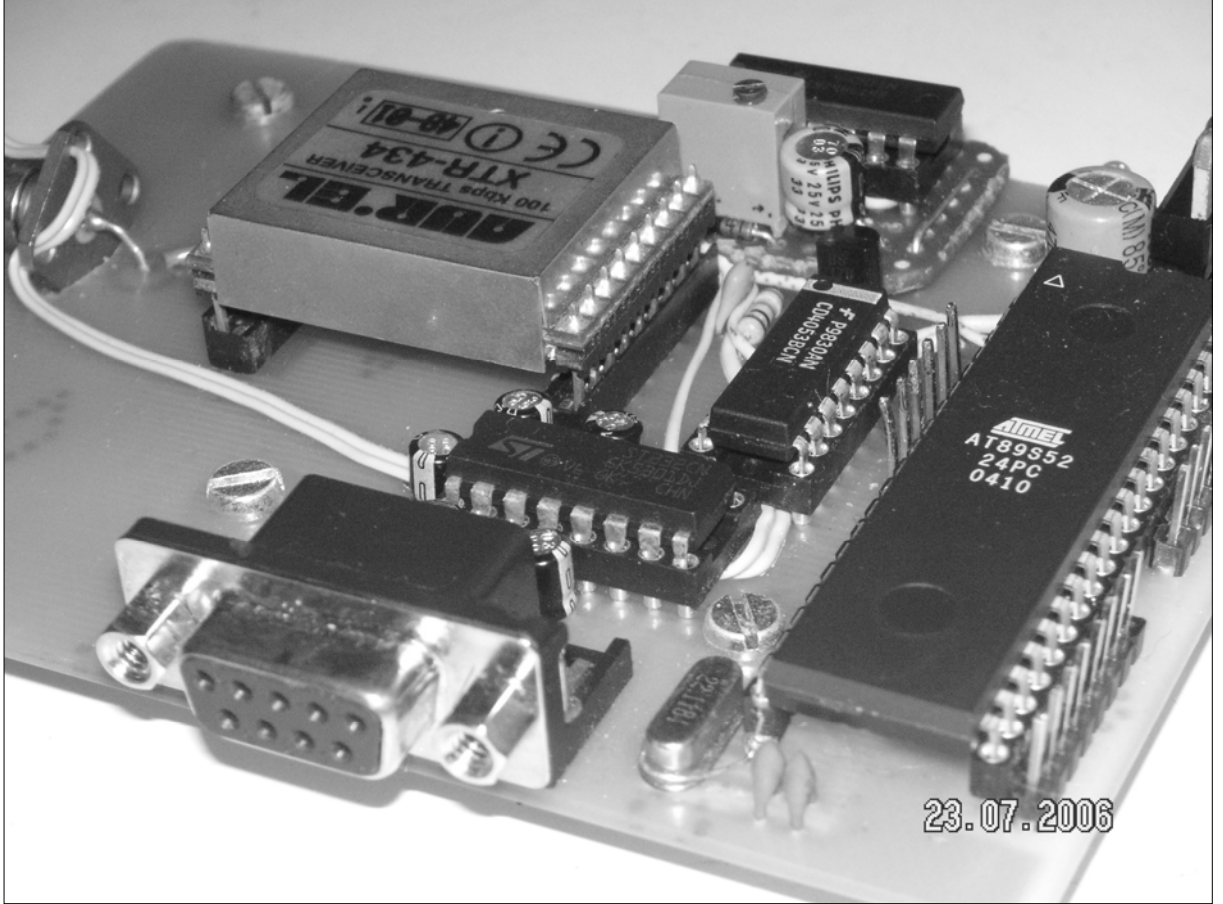
Şekil 3.1 Microsoft SidewinderII joystick (Microsoft, 2004)

RF-Modem

Kumanda merkezi ile hareketli birim aralarında kablosuz olarak ve 434 Mhz frekans bandını kullanarak haberleşirler. Kumanda merkezindeki bilgisayar üzerinde koşturulan komuta-kontrol uygulaması periyodik olarak, her byte'ının anlamı önceden belirlenmiş olan, bir veri katarını RF-Modem'e gönderir. RF-Modem bu veri katarını sayısal radyo yayını ile gönderilmeye uygun hale gelecek şekilde yeniden düzenler (enkod) ve yayımlar. Hareketli birim tarafından yayımlanan veri katarı ise RF-Modem tarafından çözümlenerek (dekod) bilgisayara iletilir. RF-Modem bilgisayara seri port üzerinden bağlıdır. Bir başka deyişle RF-Modem, kumanda merkezini hareketli birime protokol dönüşümü yaparak bağlayan bir köprü gibi davranır.

Protokol dönüşümü, bit ve byte odaklı hata denetimleri yapan RF-Modem devresi, salt sinyal

seviyesi düzenleyici pasif bir elektronik devre olmanın ötesinde, üzerinde mikrokod koşturan mikroişlemcili akıllı bir devredir. Aşağıda fotoğrafı görülen RF-Modem'e ait ayrıntılı teknik açıklamalar bölüm 3.2.3 'te yapılmaktadır.



Şekil 3.2 RF-Modem

3.1.2 Hareketli Birim Donanımı

Hareketli birim donanımından beklenenler, kumanda merkezinin önceden belirlenmiş olan haberleşme protokolü çerçevesinde göndereceği bilgileri alması, kumanda merkezinden aldığı bilgiler doğrultusunda hareketli birime ait mekanik aksam üzerinde denetim sağlaması, çevre birimlerinden ve sensörlerden toplayacağı sayısal veya analog bilgileri işleyerek aynı haberleşme protokolü çerçevesinde kumanda merkezine iletmesidir. Hareketli birim donanımını oluşturan alt birimler şunlardır:

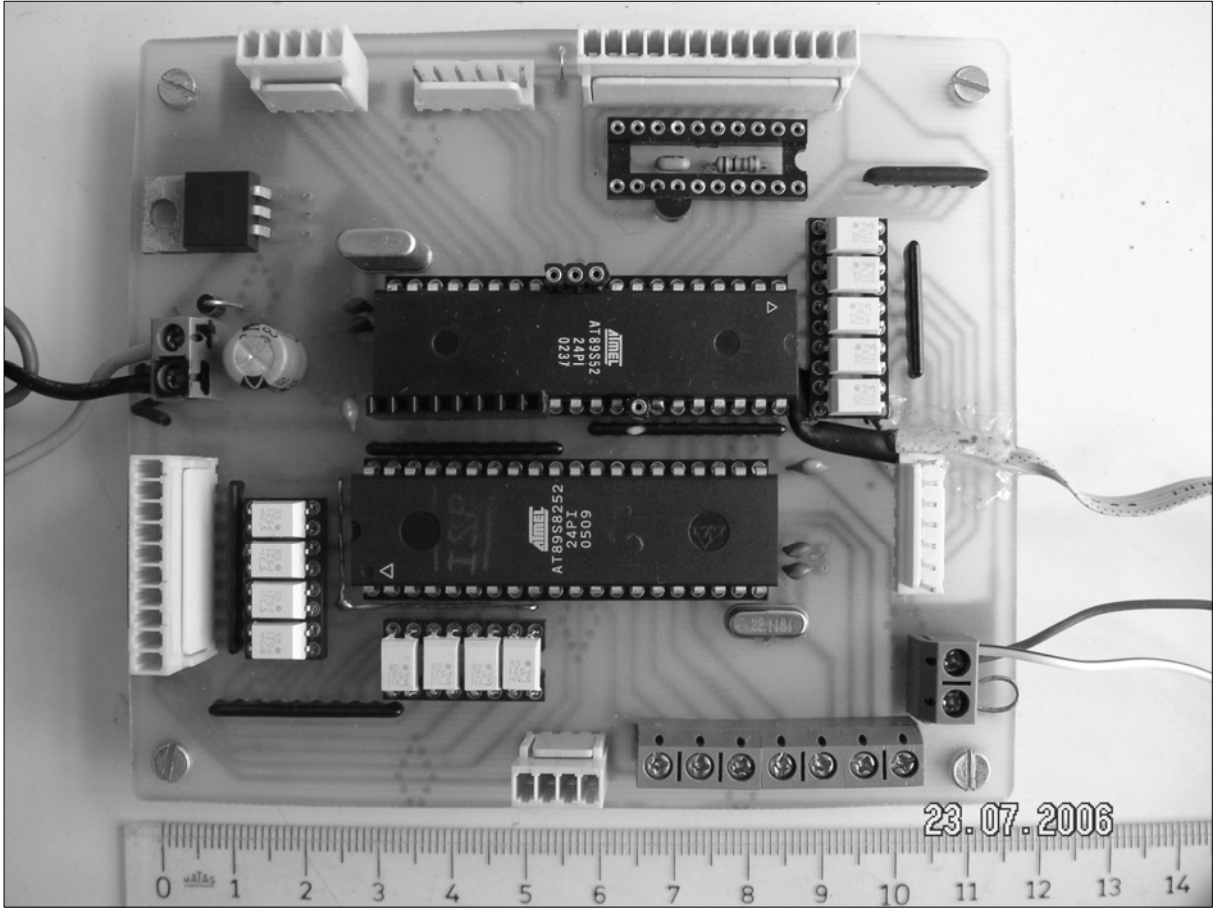
- Çift işlemcili anakart
- RF haberleşme kartı
- Motor sürücü kartı

- Ultrasonik yaklaşım sensörü düzeneği
- DC Motor (2 adet)
- Sensör kartı
- Servo motor (en çok 8 adet)
- RF Kamera
- GPS (Global Positioning System) alıcısı (İleride eklenecek)

Çift İşlemcili Anakart

Hareketli birim donanımının temel ögesidir. Bütün elektromekanik denetimlerden sorumludur. İki adet 8052 tabanlı mikrodenetleyici anakartın çekirdeğini oluşturur. Mikrodenetleyicilerden bir tanesi ana işlemci olup haberleşme ve motor sürme işlemlerini yerine getirmekle görevlidir. Yardımcı işlemci olarak görev yapan ikinci mikrodenetleyici ise robot kolunun eklem hareketlerini gerçekleştiren servo motorların denetiminden sorumludur. Ana işlemci ve yardımcı işlemci adres, veri ve kontrol yollarından meydana gelmiş ortak bir bus yapısı üzerinden haberleşirler. İşlemciler arasındaki bu iletişimin denetimi her zaman ana işlemcidedir.

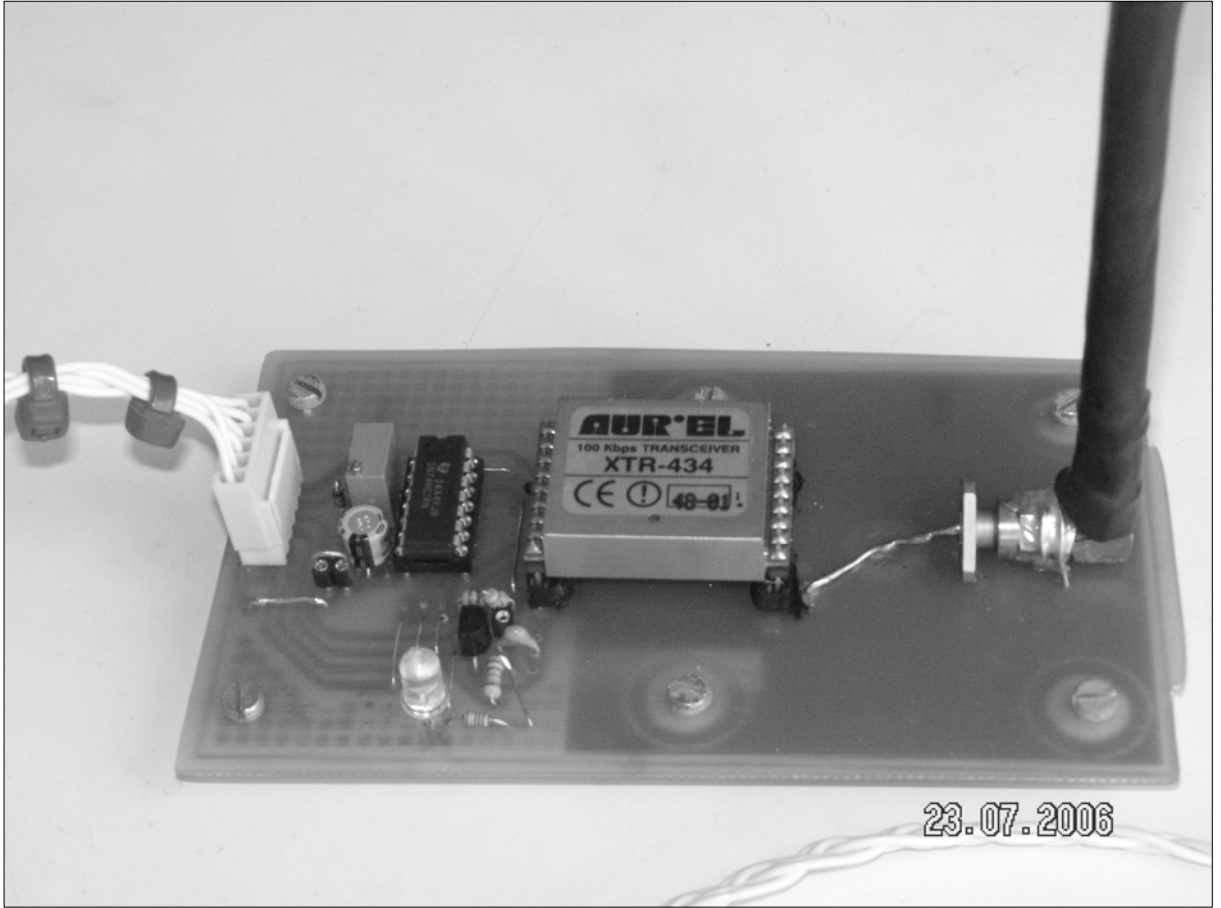
Bunların dışında, bir analog-dijital dönüştürücü (ADC), gürültüye karşı önlem olarak kullanılan optik izolatörler, gerilim regülatörü ve çevre birimleriyle kablo bağlantısı kurmaya yarayan konnektörler de anakart üzerinde yer alan diğer elemanlardır. Aşağıda fotoğrafı görülen çift işlemcili anakarta ait ayrıntılı teknik açıklamalar bölüm 3.2.4 'te yapılmaktadır.



Şekil 3.3 Çift işlemcili anakart

RF Haberleşme Kartı

Çalışma prensibi olarak RF-Modem ile hemen hemen aynı yapıdadır. RF-Modem'den farkı ise protokol dönüşümü ve hata ayıklama görevlerini yerine getiren akıllı birimin bulunmaması, onun yerine bu görevlerin anakart üzerinde yer alan ana işlemci tarafından yürütülüyor olmasıdır. RF-Modem'e ait işlevler RF haberleşme kartı ile ana işlemci tarafından paylaşılır. Bir başka ifadeyle, RF-Modem bilgisayara bağlı bir çevre birimi olarak çalışırken, RF haberleşme kartı hareketli bilgisayara bağlı bir uzantı olarak görev yapmaktadır. Aşağıda fotoğrafı görülen RF haberleşme kartına ait ayrıntılı teknik açıklamalar bölüm 3.2.3 'te yapılmaktadır.



Şekil 3.4 RF haberleşme kartı

Motor Sürücü Kartı

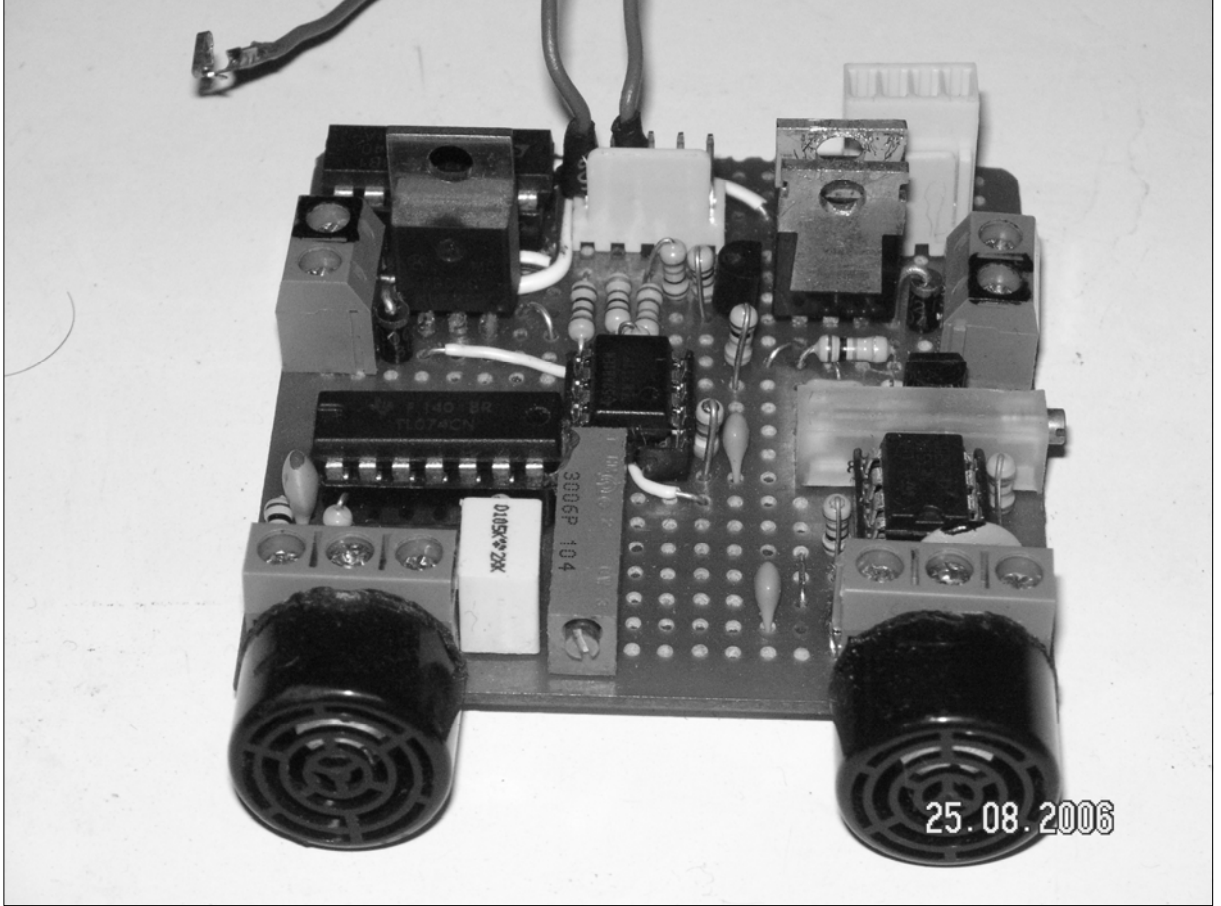
Ana işlemci görevini yürüten mikrodenetleyiciye bağlı olarak çalışan, aracın iki motorunu ileri ya da geri doğru döndürmek üzere güç mosfet'leri ve rölelerle donatılmış bir karttır. Ayrıca aracın ışıklarının yakılıp söndürülmesi de motor sürücü kartı üzerinde yer alan bir mosfet transistörü üzerinden gerçekleştirilir. Motorların sürülmesi tam yol ilerle ya da dur şeklinde değil, mikrodenetleyici üzerinden devir kontrolü yapılarak doğrusal olarak yapılır. Aşağıda fotoğrafı görülen motor sürücü kartına ait ayrıntılı teknik açıklamalar bölüm 3.2.5 'te yapılmaktadır.



Şekil 3.5 Motor sürücü kartı

Ultrasonik Yaklaşım Sensörü Düzenegi

Aracın önüne yerleştirilecek ultrasonik alıcı-verici ikilisi ile bu alıcı-verici ikilisine ait elektronik devreden oluşan bir düzenektir. Bilindiği üzere sesin deniz seviyesinde, hava içerisinde 1 saniyede aldığı yol 331 m'dir. Bu bilgidan hareketle, ultrasonik vericinin yaydığı ses dalgası 1 m'lik menzile içerisindeki bir cisme çarparsa yansımaya uğrar ve ultrasonik alıcıyı uyurabilecek güçte bir dalga olarak geri döner. Vericinin ses dalgasını yayımlamaya başlamasıyla alıcının bu dalgayı algılaması arasında geçen süre ölçülerek cismin araca olan uzaklığı saptanabilir. Aşağıda fotoğrafı görülen yaklaşım sensörü düzenegine ait ayrıntılı teknik açıklamalar bölüm 3.2.6 'da yapılmaktadır.

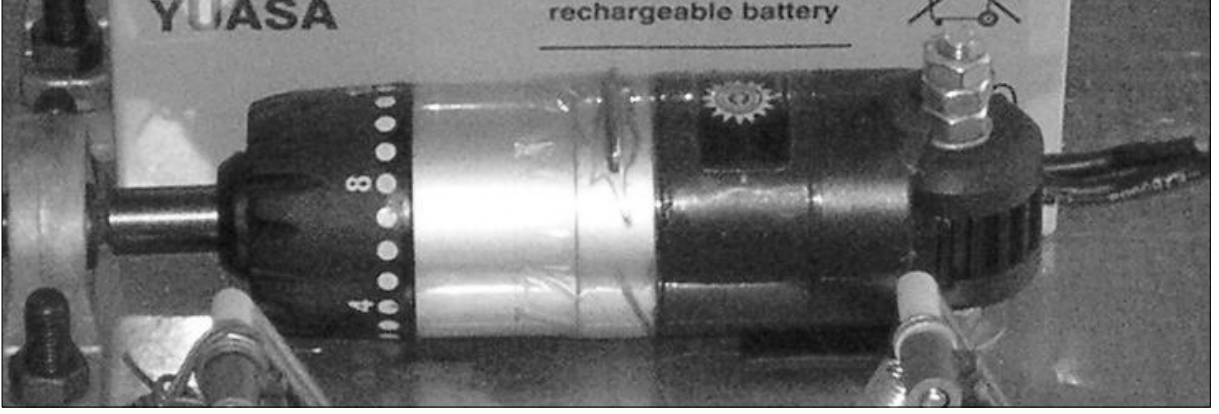


Şekil 3.6 Yaklaşım sensörü düzeneği

DC Motor

Araç iki yanında bulunan paletler üzerinde hareket etmektedir. Her bir palete çekiş torku bir adet DC motor tarafından iletilir. Motorlara 5.3 V uygulanmaktadır. Araç seyir halindeyken her bir motor yaklaşık olarak 2 A akım çekmektedir. Kalkış esnasında bu değer 4-5 A seviyesine ulaşmaktadır.

Motor olarak şarjlı tornavida kullanılmıştır. Bunun nedeni şarjlı tornavidanın motor devrini düşüren ve dolayısıyla torku arttıran bir redüktör mekanizmasına sahip oluşudur. Aşağıdaki şekilde aracın iki yanında yer alan ve paletleri çeken redüktörlü motorlardan bir tanesi görülmektedir.



Şekil 3.7 Redüktörlü DC Motor

Sensör Kartı

Bir fiziksel büyüklük uygun dönüşüm yöntemleri kullanılarak bir başka fiziksel büyüklük cinsinden ifade edilebilir. Örneğin termometredeki sıvının yükseklik seviyesini gerekli katsayıyla çarparak sıcaklık birimi olan celsius cinsinden ifade edebiliriz. Bunun nedeni sıvının genleşme miktarının sıcaklık değişimiyle orantılı olmasıdır. Fiziksel değişimlerin çoğu oransal bir davranış sergiler. Aynı şekilde sıcaklık, basınç veya başka bir fiziksel büyüklüğü elektriksel gerilim cinsinden ifade etmek mümkündür. Elektriksel gerilim seviyesindeki değişim ise analog-dijital dönüştürücü (ADC) kullanılarak bilgisayar ortamında işlenmeye hazır sayısal bilgi haline getirilir.

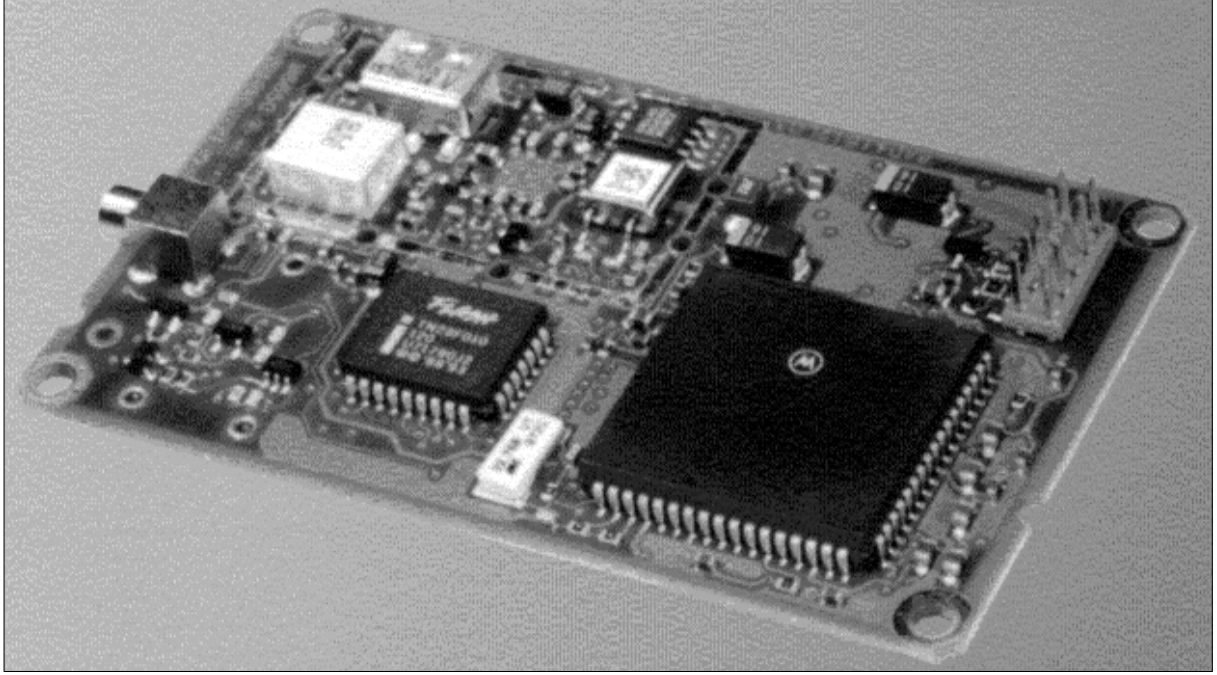
Sensör Kartı ortam sıcaklığı, ortamın ışık yoğunluğu, ortamdaki patlayıcı gaz derişimi, ortamdaki nem miktarı gibi büyüklükleri sensörler yardımıyla elektriksel gerilim değerleri olarak elde ederek, bu değerleri anakart üzerinde yer alan ADC'ye iletmekle yükümlüdür.

GPS (Global Positioning System) alıcısı

Hareketli birimin koordinatlarının kumanda merkezi tarafından düzenli olarak takip edilebilmesi için bir GPS alıcısından yararlanılacaktır. GPS alıcısı yardımcı işlemci olarak görev yapan mikrodenetleyicinin seri portu üzerinden sisteme bağlanacaktır. Motorola firması tarafından üretilen Oncore serisi bir GPS cihazı ileride sisteme entegre edilecektir.

GPS Amerika Birleşik Devletlerine ait uydular kullanılarak dünyanın neresinde olursa olsun, 24 saat oldukça hassas bir şekilde pozisyon bilgisi sağlayan bir sistemdir. Bu sistemin temelinde 20200 Km yükseklikteki yörüngede bulunan ve sürekli olarak zaman ve kendi pozisyon bilgisini gönderen 24 adet "NAVSTAR" GPS uydusu vardır. Bir GPS alıcısı ise en az 3, en çok 12 adet uyduyu izleyerek kendi pozisyonunu belirler, ayrıca alıcının hangi hızda

hareket ettiği ve hangi yöne gittiği bilgisini üretir. Aşağıdaki şekilde Oncore serisi bir GPS alıcısı görülmektedir.



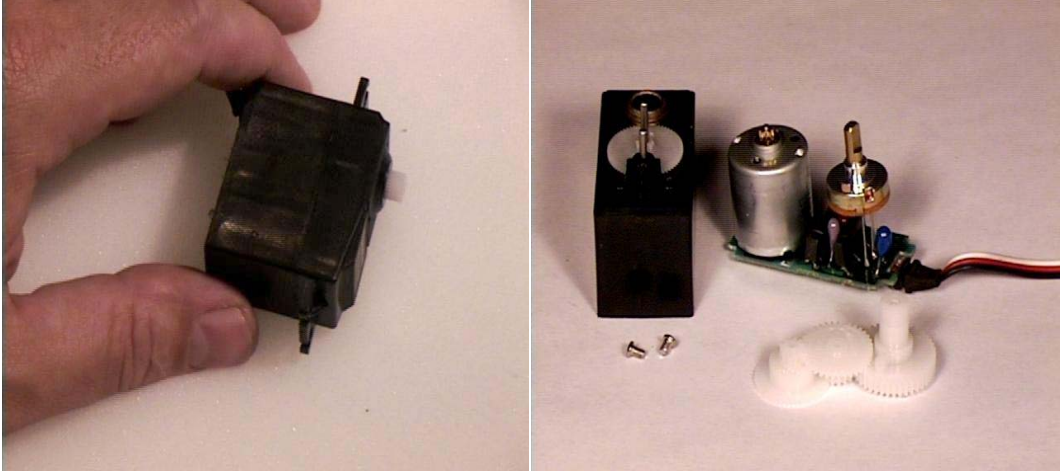
Şekil 3.9 Motorola Oncore serisi GPS alıcısı [2]

Servo Motor

Hareketli birime bağlı olarak çalışan ve çevreden örnek parça toplama, tutma, kaldırma, açma, kapama gibi temel işlevleri yerine getirecek olan robot kolu (gripper), yardımcı işlemci olarak görev yapan mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmektedir. Robot koluna ait tüm eklemlerin hareketi servo motorlar yardımıyla sağlanır. Robot kolunun eklem hareketlerini sağlayan servo motorların kontrol mekanizması elektronik olarak gerçekleştirilmiş olmakla birlikte kolun mekanik olarak gerçekleştirilmesi ileride, YTU Bilgisayar Mühendisliği bünyesinde gerçekleştirilecektir.

Servo motorlar, motor mili konumu dışarıdan uygulanan elektriksel sinyalin durumuna göre belirli bir aralıkta değiştirilebilen motorlardır. Çok sayıda dişli çarktan oluşan bir redüksiyon mekanizmasına, yüksek devirli güçsüz bir DC motorun eklenmesiyle düşük devirli buna karşılık yüksek torklu bir motor elde edilir. En dıştaki dişli çarkın miline bağlı olan bir potansiyometre sayesinde servo motorun anlık konum değeri, dışarıdan bildirilen hedef konum bilgisiyyle elektronik olarak karşılaştırılır ve bu hedef konuma ulaşıncaya kadar motor gerekli yönde döndürülür. Servo sistemleri kendi içlerinde geri besleme mekanizmasına sahip oldukları için kapalı çevrim sistemler olarak nitelendirilir. Aşağıdaki şekilde servo motor ve

iç aksesuarları görülmektedir.



Şekil 3.10 Servo motor ve iç aksesuarları [4]

RF Kamera

Hareketli birimin izlediği rotanın kumanda merkezi tarafından izlenebilmesi amacıyla araç üzerine yerleştirilmiş olan ve veri iletimini kablosuz olarak gerçekleştiren bir kamera mevcuttur. Verici kısım kamera içerisine yerleştirilmiş olup alıcı kısım kumanda merkezinde bulunur. Alıcı kısmın bilgisayara tv kartı üzerinden bağlanması suretiyle kameranın yakaladığı görüntüler bilgisayara nakledilmiş olur.



Şekil 3.11 RF Kamera ve alıcısı [5]

3.2 Kontrol Sistemi Donanımının Elektronik Altyapısı

Bu bölümde, daha önce tanıtılmış olan kontrol sistemi donanımına ait teknik bilgilere; kullanılan elektronik bileşenlerin kısa açıklamaları, devre şemaları ve devrelerin çalışma prensiplerine yer verilecektir.

Kumanda merkezinde yer alan RF-Modem ile hareketli birim üzerinde yer alan anakartın ortak özelliği her ikisinin de mikroişlemcili akıllı devreler olmalarıdır. Bu nedenle, öncelikle kullanılan işlemci ailesinin tanıtımı yerinde olacaktır. Mikroişlemcilerin endüstriyel uygulamalar için geliştirilmiş olan ve mikrodenetleyici olarak adlandırılan türlerinden Intel 8052 standardına uygun olarak Atmel firması tarafından üretilen AT98S52 [6] serisi proje kapsamında kullanılmıştır.

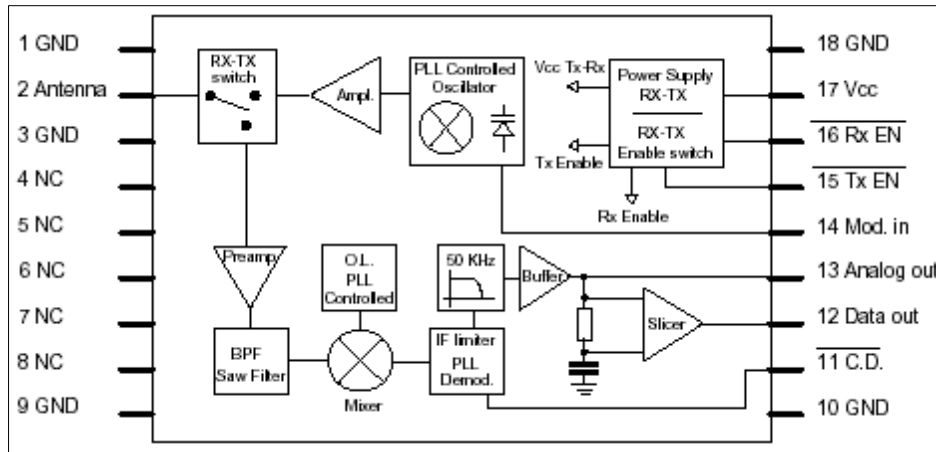
RF haberleşme için kullanılan devrelerin merkezinde 434 Mhz frekans bandında iletişim yapacak şekilde tasarlanmış bir modül yer almaktadır. Bu modül, endüstri standardı haline gelmiş olan BIM kablosuz iletişim modülleriyle bacak bağlantısı olarak uyumlu olup AurEl firması tarafından üretilen 'AurEl XTR-434 Transceiver'dir [9]. Bu modülün çalışma prensibine, iç işleyişinden çok mikroişlemcili bir sisteme olan entegrasyonu irdelenerek, bölüm içerisinde değinilecektir.

3.2.1 AT89S52'nin İç Yapısı

AT98S52 Atmel tarafından geliştirilen 8052 [8] tabanlı 8192 byte flash kod belleğe sahip bir mikrodenetleyicidir. Donanımsal ve yazılımsal olarak Intel 8052 ailesiyle tam uyumluluk gösterir. 8052 işlemcisi hakkındaki teknik açıklamalara ekler bölümünde yer verilmiştir.

3.2.2 AurEI XTR-434 Modülün İç Yapısı

AurEI XTR-434, 433.92 Mhz frekans bandında çalışan, 100 Kbit/sn 'lik veri iletim hızını destekleyen, half-duplex yapıda kablosuz veri iletimi gerçekleştiren bir modüldür. Modüle ait blok diyagram aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.12 AurEI XTR-434 RF modül uç bağlantıları [11]

Uç Bağlantıları

RF modül, kullanılmayan 5 uç ile birlikte toplam 18 uca sahip olan, çok sayıda tümleşik devreyi bünyesinde barındıran ve alüminyum bir koruma ile elektromanyetik etkilere karşı direnci yükseltilmiş olan bir elektronik devredir. Uçların anlamları aşağıda verilmiştir.

- Uç 1-3, RF toprak
- Uç 2, Anten: 50 ohm empedanslık anten bağlantısıdır. Aynı anda alıcı veya vericiden birisi tarafından kullanılabilir.
- Uç 9-10-18, Sayısal toprak
- Uç 11, /CD: Carrier Detect. Modül alıcı durumundayken CD ucunda görülen lojik 0 değeri, RF taşıyıcı sinyalin varlığını gösterir. Verici tarafından yayın yapılması durumunda alıcı antenine (uç 2) uygulanan -96dBm 'lik RF sinyal ile aktif hale gelir.

- Uç 12, RxD: Alıcıya gelen verinin sayısal olarak elde edileceği uçtur. Sayısal çıkış yönündedir.
- Uç 13, AF: Filtrelenmiş analog alıcı sinyalidir.
- Uç 14, TxD: Verici tarafından gönderilecek olan sayısal verinin uygulanacağı uçtur.
- Uç 15, /TxEnable: Modülü verici durumuna getirir. Antenin verici anteni olarak kullanılmasını sağlar. Lojik 0 aktiftir.
- Uç 16, /RxEnable: Modülü alıcı durumuna getirir. Antenin alıcı anteni olarak kullanılmasını sağlar. Lojik 0 aktiftir.
- Uç 17, Vcc: Besleme gerilimi olan +5V 'un bağlanacağı uçtur.

Alıcı Verici Seçimi

Alıcı verici seçimi /RxEnable ve /TxEnable uçlarının değişik kombinasyonlarına göre yapılır.

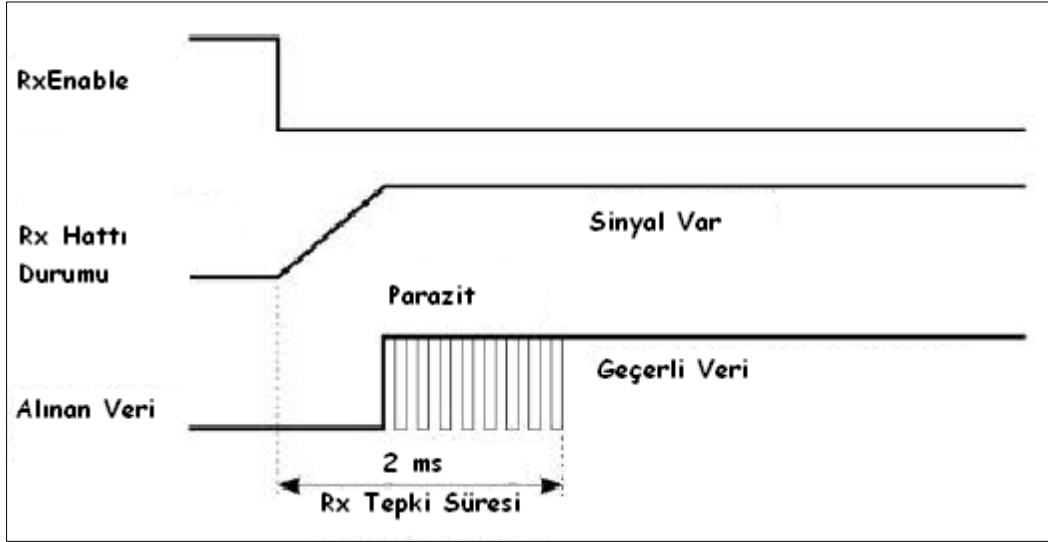
Buna göre:

- TxEnable = 1, RxEnable = 1 ise alıcı ya da verici seçili değildir.
- TxEnable = 1, RxEnable = 0 ise alıcı seçilidir.
- TxEnable = 0, RxEnable = 1 ise verici seçilidir.
- TxEnable = 0, RxEnable = 0 ise test amaçlı olarak loop-back durumu etkilidir. TxD girişindeki değer RxD çıkışına her an aktarılır.

Veri İletimi Strasında Dikkat Edilecek Hususlar

Seri veri sinyali üzerinde gerçekleşecek olan birbirini takip eden sinyal genlik seviye değişimleri arasında geçecek süre, elektronik devre karakteristiklerinden ötürü 10 mikrosaniyeden küçük, 200 mikrosaniyeden büyük olamaz.

Modülün alıcı durumuna geçmesiyle birlikte 2 ms'lik süre boyunca RxD çıkışında parazit olarak değerlendirilecek olan bir kare dalga görmek doğaldır.



Şekil 3.13 RF Rx tepki süresi [11]

Verici tarafından gönderilen sayısal seri verinin içerisinde yer alan lojik 0 'ların lojik 1 'lere oranı 50:50 olmalıdır. Bu oran lojik 0 ya da lojik 1 lehinde bozuldukça, alıcı tarafında parazitler görülmeye başlar. 30:70 veya 70:30 oranları kabul edilebilir sınır değerler olmakla birlikte veri güvenilirliğinde düşüş olduğu bir gerçektir. Sınır değerlerin aşılması halinde veri doğruluğundan söz edilemez.

Bu haliyle RF modül, PC sistemlerinde yaygın olarak kullanılmakta olan asenkron seri RS-232 standardıyla uyumlu değildir. Bunun nedeni veri sinyalinin kalitesinin taşınan verinin değerine göre değişiklik göstermesidir. Örnek olarak 1 başlangıç bit'i, 8 veri bit'i ve bir sonlandırma bit'inden oluşan veri paketi ele alınırsa; gönderilecek veri 55h ise lojik 0 olan bit'lerin lojik 1 olanlara oranı 50:50 olup sinyal kalitesi en üst düzeye çıkarken, gönderilecek veri 0h ise lojik 0 olan bit'lerin lojik 1 olanlara oranı 90:10 olur ki iletim sırasında oluşacak parazitler nedeniyle bilgide yanlışlık ortaya çıkar. Sayısal sinyalin art arda gelen lojik 0 ve lojik 1 'lerden oluşması zorunluluğu yeni iletim tekniklerinin kullanımını gündeme getirmiştir.

Bunlardan birincisi gönderilen her byte'ın peşi sıra o byte'ın 1'e göre tersini de göndermektir. Alıcı taraf yalnızca çift indeksli byte'ları veri olarak değerlendirirken tek indeksli olanları da hata kontrolü için kullanabilir. Bu yöntem uzun bir veri katarı içindeki lojik 0 ve lojik 1 'lerin sayılarını eşit hale getirir. Bunun yanında, hata kontrolüne de olanak tanıdığı için kullanışlı bir yöntemdir. Bu yöntemin eksik tarafı ise lojik 0 ve lojik 1 'lerin sürelerinin verinin alacağı değerle ilişkili olmasıdır. Örneğin 57600 bit/s hızda gönderilen 55h değeri için lojik 0 ve lojik 1 süreleri 17.36 mikrosaniye tutarken, 0h gönderilirken 156,25 (başlangıç bit'i ve sekiz tane

veri biti) 17.36 (sonlandırma bit'i) mikrosaniye değerlerini alır, Yöntem lojik 0 ve lojik 1 sayılarını eşitlerken aralarındaki geçiş sürelerini değişken olmaktan kurtaramamaktadır. Sürelerdeki bu istikrarsızlık, iletilen sayısal sinyal üzerinde bozucu bir etkiye neden olmaktadır.

İkinci yöntem 'Manchester Kodlama Teknięi' olarak da bilinen yöntemdir. Bu yöntem uyarınca her bit iki bit ile,

- Lojik 0: Lojik 0 'dan lojik 1 'e geçiş
- Lojik 1: Lojik 1 'den lojik 0 'a geçiş

ile ifade edilir. Bu yöntem yukarıda açıklanmış olan birinci yöntemin olumlu yönlerini olduğu gibi korurken, lojik 0 ile lojik 1 arasındaki geçiş sürelerinin de hemen hemen eşit hale getirilmesini sağlar. Her bit kendi içerisinde hem lojik 0 hem de lojik 1 bulundurduğu için 57600 bit/s hızda gönderilen bir veri için sinyal seviyesinin lojik 0 veya lojik 1 'de kalma süresi 17.36 veya 34.72 (iki katı) mikrosaniye olur.

UART Üzerinden Manchester Kodlama Teknięi

PC sistemlerinde bulunan UART (Universal Asynchronous Receive Transmit), lojik 0 seviyesindeki başlangıç bitini, isteğe bağlı olarak eşlik bit'ini ve lojik 1 seviyesindeki sonlandırma bit'ini 8 bit'lik veri paketine ekler ve bu bit'lerin belirlenmiş bir hızda gönderilmesini ya da alınmasını donanımsal olarak gerçekleştirir. Manchester kodlama tekniği bir bit'in iki bit ile ifade edilmesi esasına dayanır. Bu da bir byte'ın iki byte ile, 4 bit'lik bir nibble'ın ise bir byte ile ifade edilmesi anlamına gelir.

Bu proje kapsamında UART'ın, yazılımı koşturan işlemciye ek yük getirmeksizin asenkron seri veri iletimi gerçekleştirebilme yeteneğinden vazgeçilmeden Manchester kodlama tekniğine uygunluğun sağlanması amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak 4 bit'lik nibble en küçük veri birimi olarak kabul edilmiş, 8 bit ile ifade edilmiştir. Eşlik bit'i kullanılmazken lojik 0 seviyesindeki başlangıç bit'i ile lojik 1 seviyesindeki sonlandırma bit'i de birbirini dengeleyerek yöntemin Manchester kodlama tekniğiyle bağdaşması sağlanmıştır. Bu haliyle 8 bit'lik verinin iletimi için iki adet 10 bit'lik paket kullanılmaktadır. Bu paketler asenkron seri olarak UART üzerinden iletilmektedir.

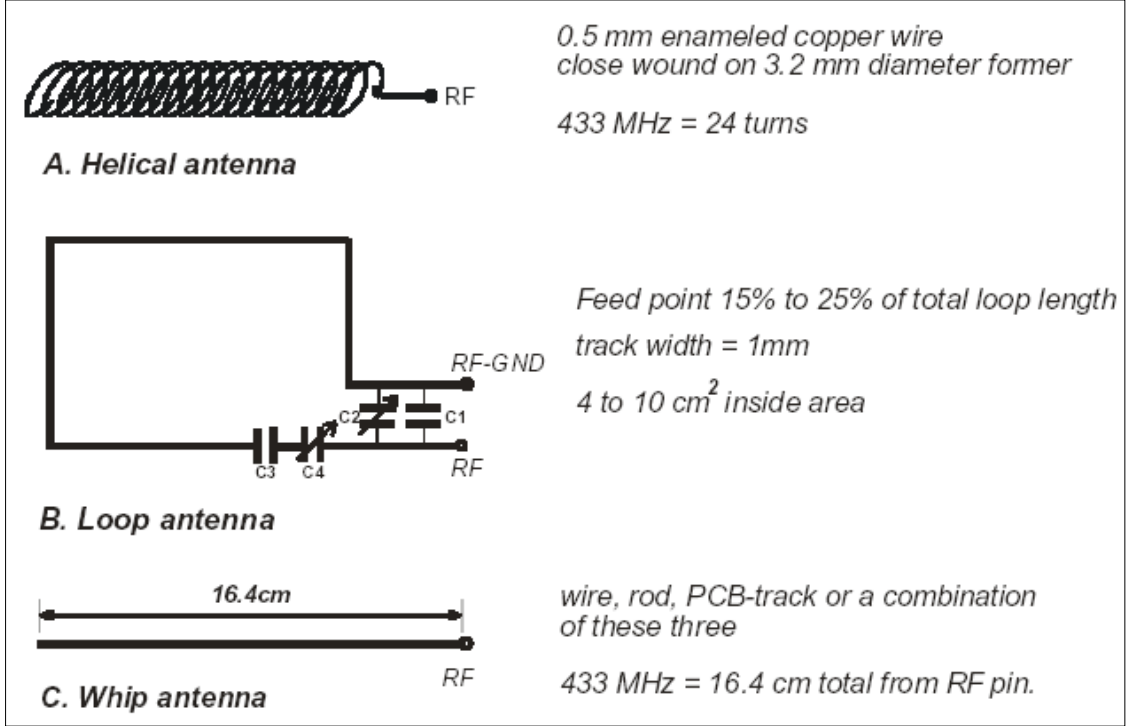
Bir nibble 0h ile 0Fh arasında değerler alabilir. Bu değerlerin Manchester kodlama tekniğine uygun hale getirilmiş karşılıkları aşağıda verilmiştir.

Çizelge 3.1 4 bit'ten 8 bit'e dönüşüm tablosu

0h (0.0.0.0)	55h (01.01.01.01)
1h (0.0.0.1)	56h (01.01.01.10)
2h (0.0.1.0)	59h (01.01.10.01)
3h (0.0.1.1)	5Ah (01.01.10.10)
4h (0.1.0.0)	65h (01.10.01.01)
5h (0.1.0.1)	66h (01.10.01.10)
6h (0.1.1.0)	69h (01.10.10.01)
7h (0.1.1.1)	6Ah (01.10.10.10)
8h (1.0.0.0)	95h (10.01.01.01)
9h (1.0.0.1)	96h (10.01.01.10)
Ah (1.0.1.0)	99h (10.01.10.01)
Bh (1.0.1.1)	9Ah (10.01.10.10)
Ch (1.1.0.0)	A5h (10.10.01.01)
Dh (1.1.0.1)	A6h (10.10.01.10)
Eh (1.1.1.0)	A9h (10.10.10.01)
Fh (1.1.1.1)	AAh (10.10.10.10)

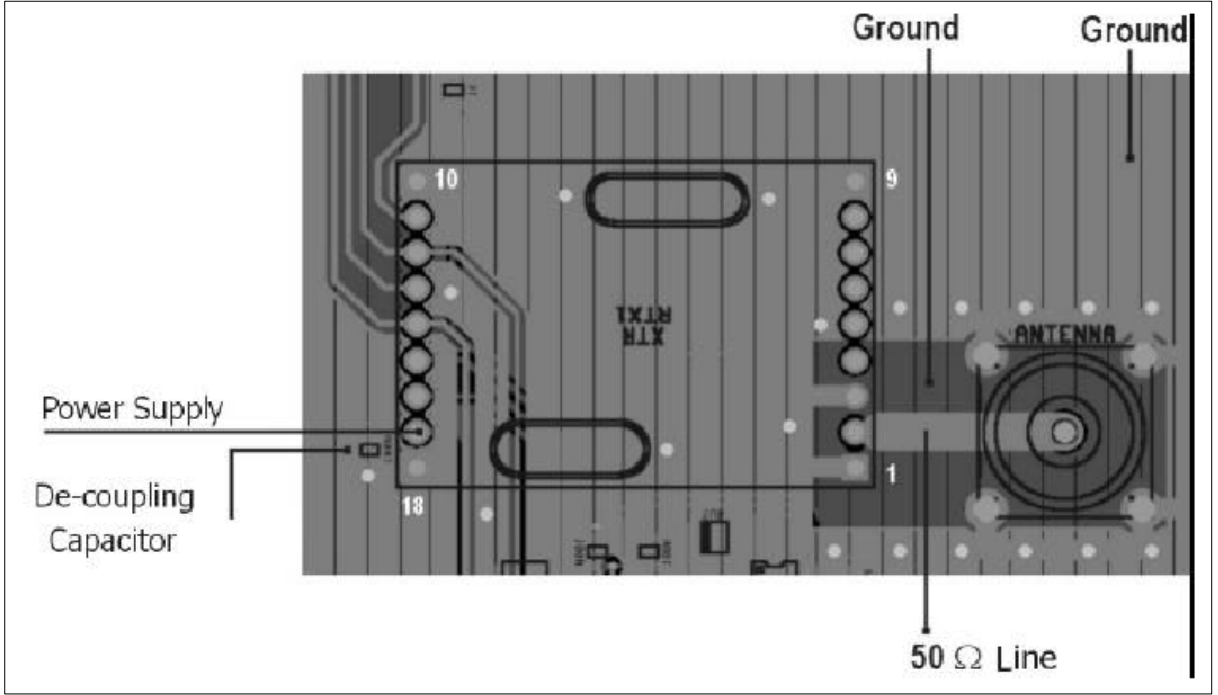
Anten Özellikleri

Kullanılacak anten konusunda AurEl XTR-434 dokümanlarında 16.4 cm uzunluğunda, 1 mm çapında doğrusal anten tavsiye edilmiştir. Anten olarak başka alternatifler de mevcuttur. Bu anten türleri aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.14 Değişik anten çeşitleri [11]

Antenin karta bağlandığı noktayı çevreleyen bir toprak tabakası da olmalıdır. Teknik dokümanlarda tavsiye edilen baskılı devre (PCB) aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.15 RF modüller için önerilen baskılı devre (PCB) [11]

3.2.3 RF Modül Kartlarının Çalışma Prensibi

Kumanda merkezi tarafında yer alan RF-Modem ile hareketli birim üzerinde yer alan RF kartının işleyişleri hemen hemen aynıdır.

RF Modül Kartlarının İç Yapıları ve İşleyişleri

RF kart aşağıdaki bileşenlerden meydana gelmiştir.

- AurEl XTR-434, RF modül [11]
- 74HC14, CMOS Schmitt Trigger Evirici
- Anten

RF-Modem kartı aşağıdaki bileşenlerden meydana gelmiştir.

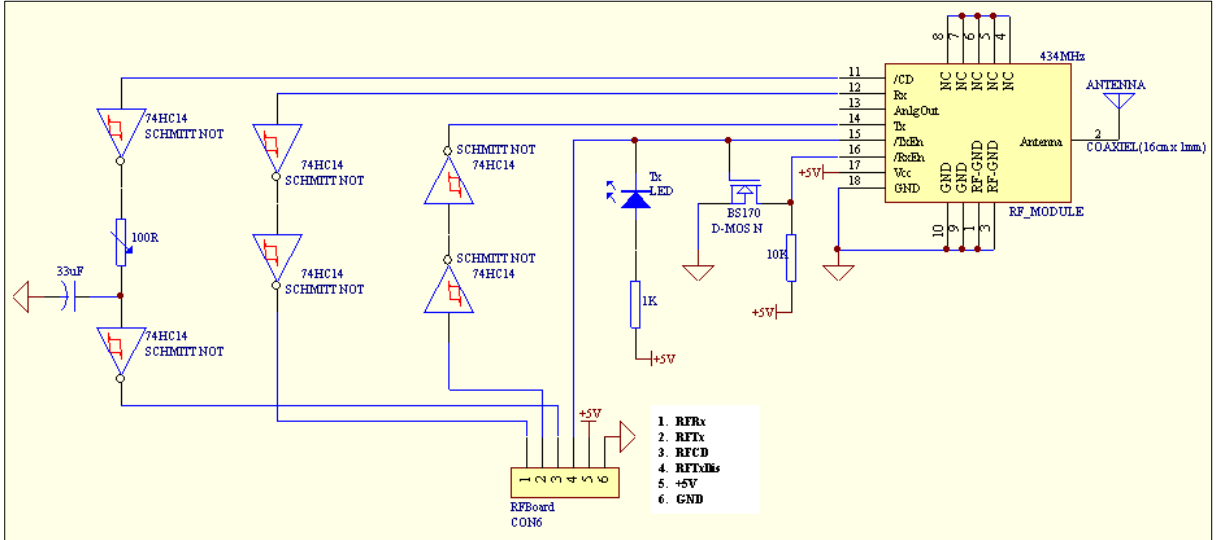
- AurEl XTR-434, RF modül
- AT89S52, mikrodenetleyici [7]
- 74HC14, CMOS Schmitt Trigger Evirici
- BS170, düşük güçlü MOSFET [17]
- 4053, 3 adet 2x1 çift yönlü analog çoklayıcı (multiplexer) [14]
- Max232, RS232 – TTL dönüştürücü [15]
- LM7805, 5V gerilim regülatörü [18]
- Anten

Bölüm 3.2.2 'de belirtildiği gibi RF modül olarak AurEl XTR-434 kullanılmıştır. Kısaca tekrar etmek gerekirse modül verici durumundayken TxD girişindeki TTL seviyedeki lojik değişimleri kendisine bağlı bir anten yardımıyla 433.92 Mhz frekans bandında kablosuz olarak yayımlamaktadır. Benzer şekilde alıcı durumundayken aynı frekanstaki sinyalleri anten üzerinden alarak RxD girişine TTL seviyedeki lojik değişimler olarak aktarmaktadır. Ancak bu dönüşüm işlemleri, kablosuz iletişimin doğası gereği ortaya çıkan bazı sorunlardan ötürü kısıtlanmıştır. Bu sorunlar ve çözüm yolları bölüm 3.2.2 'de açıklanmıştır.

RF modül kullanılarak yapılan deneme çalışmaları sonucunda modülün çıkışlarının, pull-up dirençleriyle lojik 1 seviyesine çekilen TTL girişleri lojik 0 'a çekmekte zorlandığı görülmüştür. Diğer taraftan modülün girişlerini süreceğ olan çıkışın lojik 1 değeri için besleme geriliminin altında kalan gerilim değerleri elde edilmektedir. Bu durumlar dikkate alınarak, modülün RxD ve /CD çıkışları ile TxD girişindeki sinyaller 74HC14 Schmitt tetiklemeli evirici kapılardan iki kez geçirilmek suretiyle hem kuvvetlendirilmiş hem de lojik seviyeler arası geçişler sırasında oluşan kararsızlıklardan arındırılmıştır. Bir başka deyişle 74HC14 RF modülün önünde tampon görevi üstlenmektedir.

RF modüle ait /RxEnable ile /TxEnable uçları tasarım gereği birlikte lojik 1 veya lojik 0 değerleri alamazlar. Bu durumda mikrodenetleyici çıkışında yalnızca /TxEnable ucuna yer verilmiş, /RxEnable ucu /TxEnable ucunun BS170 MOSFET üzerinden evirilmesiyle elde edilmiştir. Transistör yerine MOSFET kullanılmasının nedeni, transistörün bazından çekilen akımın MOSFET gate'inden çekilen akımdan çok daha büyük olması (MOSFET gerilim seviyesi ile kontrol edilir) ve bu nedenle /TxEnable ucunda lojik 1 'e karşılık gelen gerilim değerinde 2V kadar düşme görülmesidir.

Yukarıda anlatılan bileşenler RF-Modem ve RF kartı için ortak bileşenlerdir. Ayrıca her iki düzenekte de çıkış sinyallerinin oluşturulmasında ve giriş sinyallerinin yorumlanmasında mikrodenetleyiciler aktif rol oynamaktadır. RF kartı üzerinde bulunan 74HC14 ve BS170, RF modülü soketli bir kablo üzerinden anakart üzerinde yer alan ana işlemciye bağlar. RF-Modem'de ise başka bileşenlerin kullanımıyla bilgisayar bağlantısı gerçekleştirilir. Aşağıdaki şekilde RF kartına ait olan devre şeması görülmektedir.

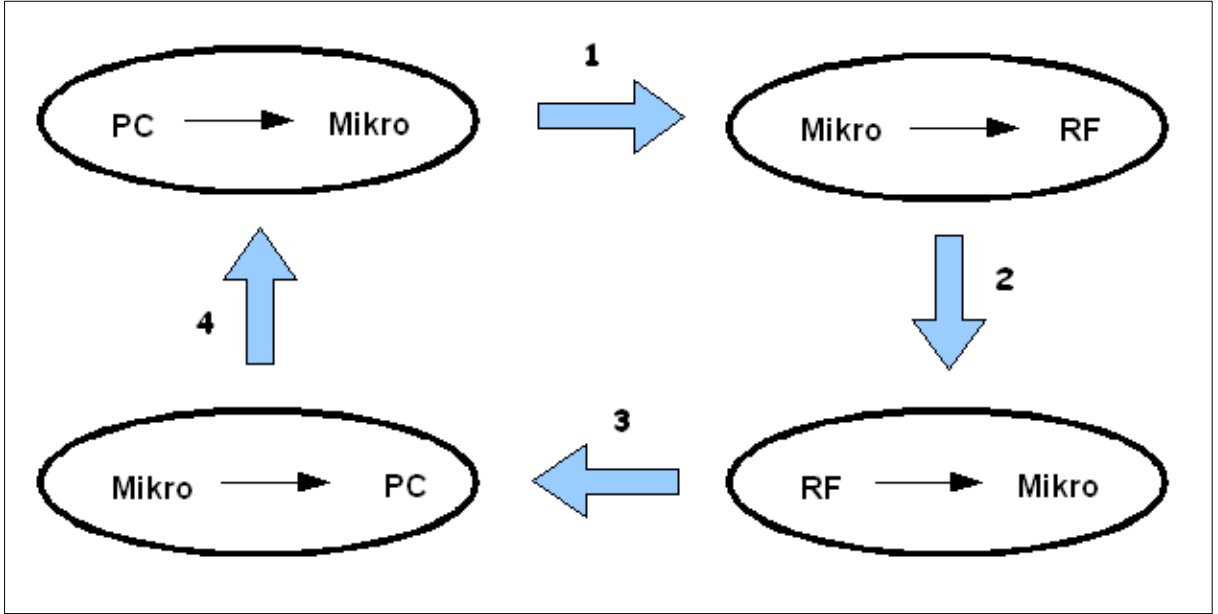


Şekil 3.16 RF kartına ait devre şeması

Kart altı kanallı bir kablo üzerinden anakarta bağlanmaktadır.

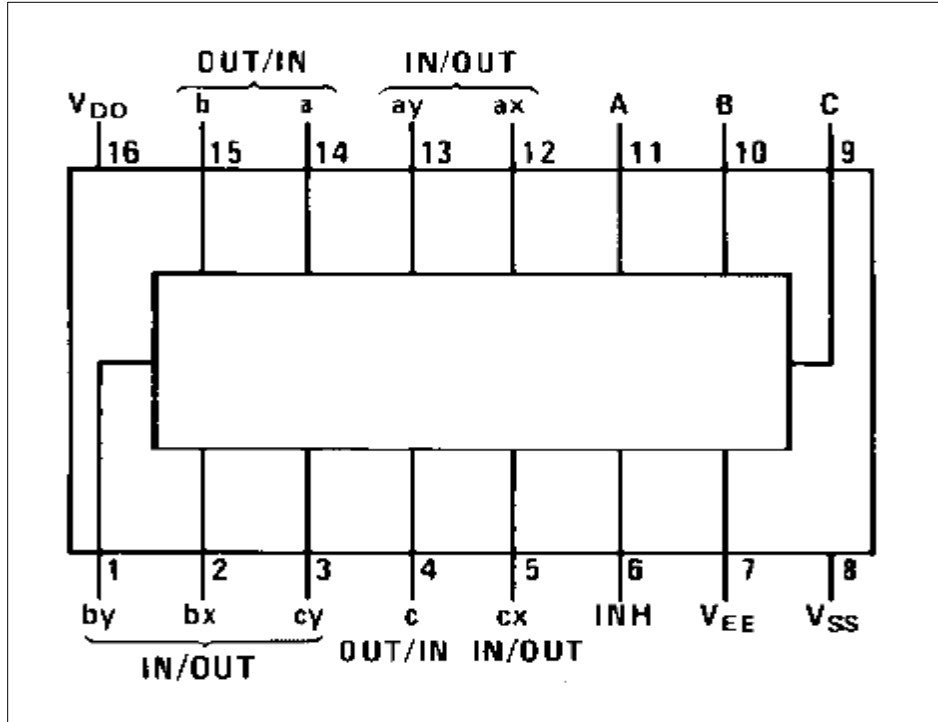
RF-Modem Üzerindeki Trafik Akışı

RF-Modemin görevi kumanda merkezindeki PC ile RF modül arasında arayüz oluşturmaktır. Yani PC'den aldığı bilgiyi RF modüle, RF modülden aldığı bilgiyi PC'ye aktarır. Bu aktarımlar sırasında bir taraftan almakta olduğu bilgi sonlanmadan o bilgiyi diğer tarafa iletmez. RF-Modem üzerinde gerçekleşen veri akışı trafiğini denetleyen AT89S52 mikrodenetleyicidir. Mikrodenetleyici kontrolünde düzenlenen trafik dört temel durumdan oluşur. Bu durumlar arasındaki geçişleri anlatan durum diyagramı aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.17 RF-Modem üzerindeki trafik akışı

4053, üzerinde üç adet 2x1 çoklayıcı (multiplexer) bulunduran bir CMOS tümeleşik devredir. Mikrodenetleyici tarafından trafik akışının düzenlenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Üç adet çoklayıcıdan yalnızca iki tanesi kullanılmaktadır. Bunlar B ve C çoklayıcılarıdır. 4053'e ait bacak bağlantıları aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.18 4053 Analog çoklayıcı blok diyagramı [14]

Çoklayıcı kullanılmasının nedeni mikrodenetleyici AT89S52'nin bir adet seri port'a sahip olmasıdır. Öte yandan mikrodenetleyicinin hem RF modül ile hem de PC ile seri iletişim içinde olması gerekmektedir. Bu yüzden ya mikrodenetleyicinin Rx ucu PC'nin seri port'una bağlıyken Tx ucu RF modüle bağlı olacak ya da Rx ucu RF modüle bağlıyken Tx ucu PC'ye bağlı olacaktır. Bu seçim mikrodenetleyicinin denetiminde P3.4 port pini ile yapılır. P3.4, 4053 'ün A, B, C (Büyük Harf) seçim uçlarına bağlıdır. P3.4 'ün alacağı değere göre,

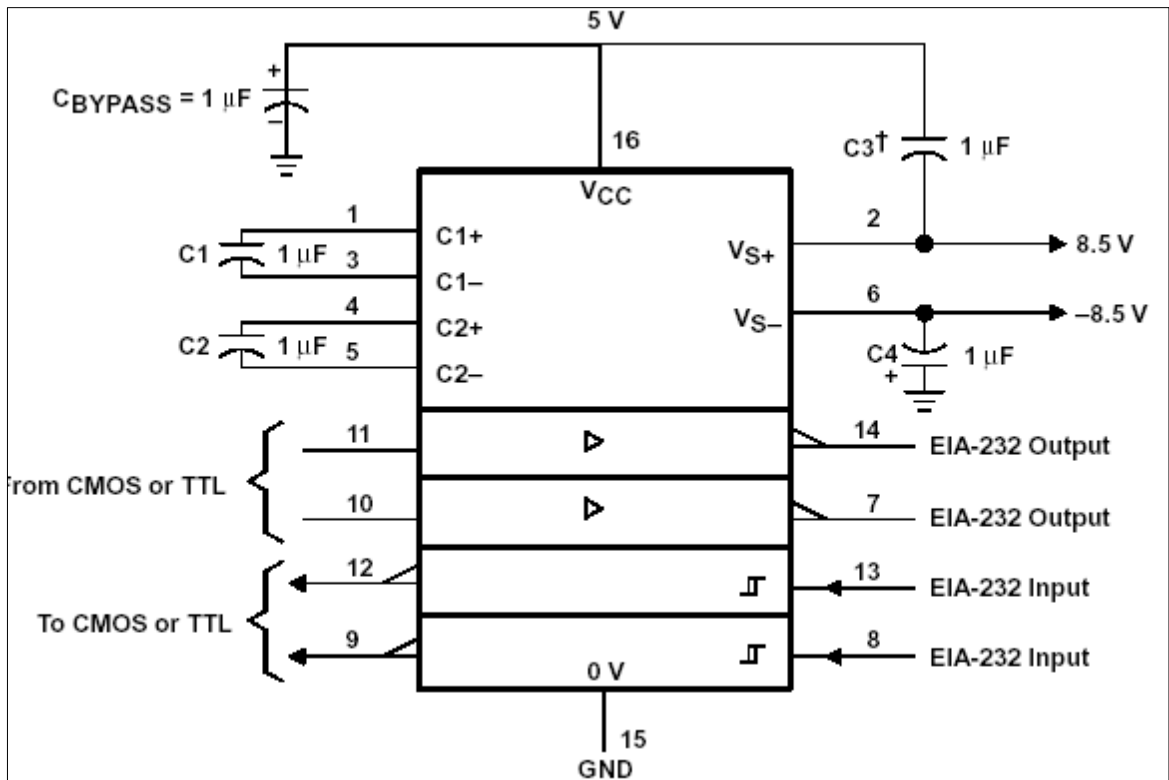
- Lojik 0 ise b ucu bx ucuna, c ucu cx ucuna bağlanır
- Lojik 1 ise b ucu by ucuna, c ucu cy ucuna bağlanır

4053 'e ait doğruluk tablosu aşağıda görülmektedir.

Çizelge 3.2 4053 Analog çoklayıcı doğruluk tablosu [14]

Seçim Uçları				Seçilenler
INHIBIT	C	B	A	CD4053B
0	0	0	0	cx, bx, ax
0	0	0	1	cx, bx, ay
0	0	1	0	cx, by, ax
0	0	1	1	cx, by, ay
0	1	0	0	cy, bx, ax
0	1	0	1	cy, bx, ay
0	1	1	0	cy, by, ax
0	1	1	1	cy, by, ay
1	*	*	*	NONE

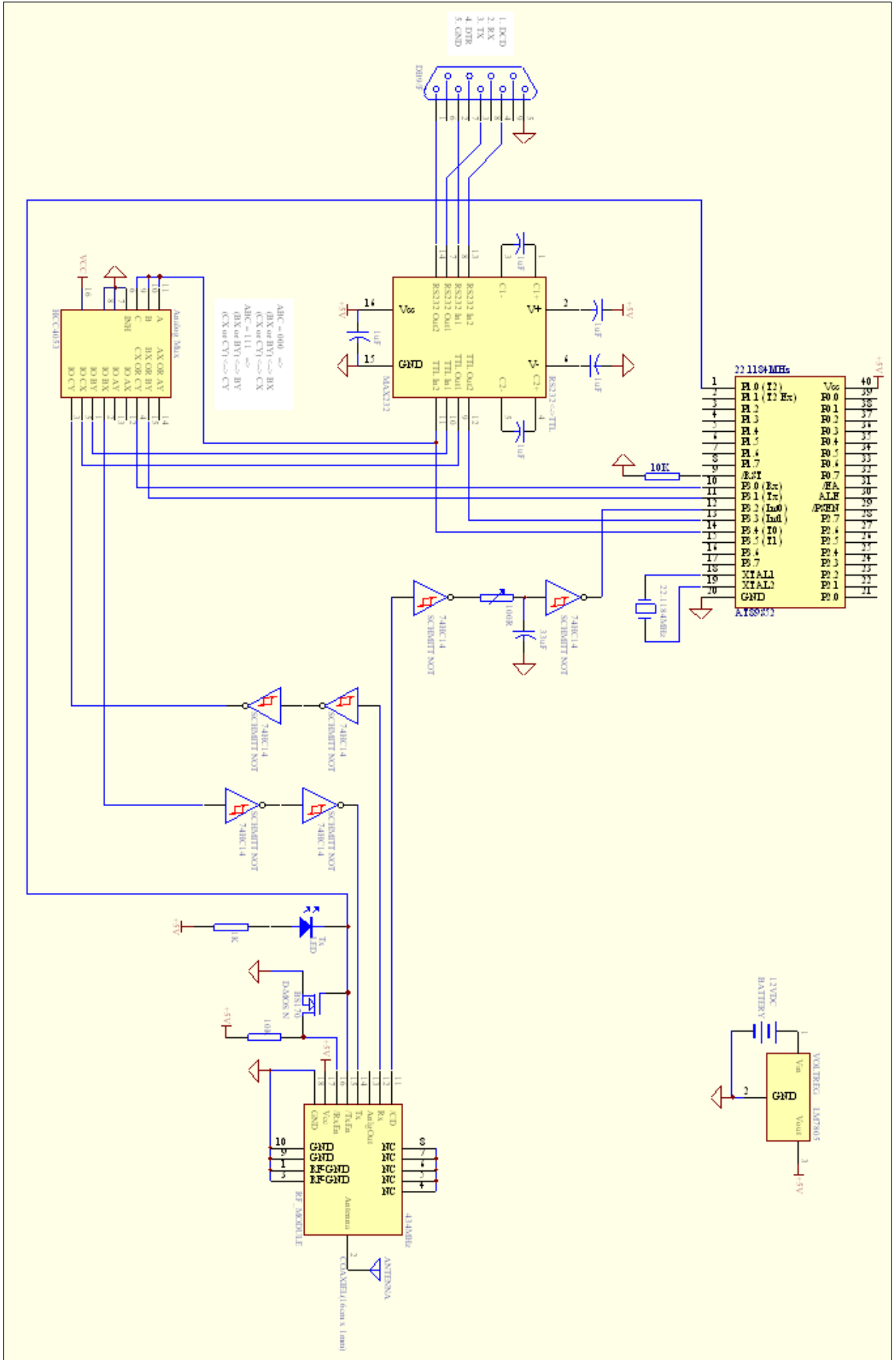
PC ile RF-Modem arasındaki bağlantı, PC'ye ait olan bir seri port üzerinden yapılmaktadır. Bilindiği üzere PC seri portu RS232 standardını kullanır. RF-Modem ise TTL seviyesindeki sinyalleri kullanır. Bu durumda RS232'den TTL'e ya da tersi yönde dönüşüm yapacak olan bir bileşene ihtiyaç vardır. Bu bileşen Max232 tümleşik devresidir. Max232 'ye ait blok diyagram aşağıda görülmektedir.



Şekil 3.20 Max232 blok diyagramı [15]

RF-Modem yukarıda anlatılan bileşenlerin dışında +5V elde etmek için LM7805 gerilim

regulatorüne sahiptir. Aşağıda RF-Modem'e ait devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.21 RF-Modem'e ait devre şeması

3.2.4 Çift İşlemcili Anakartın Çalışma Prensibi

Hareketli birim üzerinde yer alan Çift işlemcili anakartın görevi kumanda merkezinden aldığı talimatlar ve çevreden toplamış olduğu analog ve sayısal bilgilerden yararlanarak kararlar alma, bu kararları uygulama ve kumanda merkezini bilgilendirme olarak özetlenebilir. Anakartın görevleri iki 8052 uyumlu mikrodenetleyici tarafından paylaşılmaktadır. Bunlardan bir tanesi ana işlem birimi, diğeri ise yardımcı işlem birimidir. Bu işlem birimleri aralarında haberleşerek birbirlerini bilgilendirirler.

İki mikrodenetleyici kullanımı port pini sayısı bakımından bir üstünlük sağlamamaktadır. Bunun nedeni iki mikrodenetleyicinin de karşılıklı haberleşmek için çok sayıda port pini kullanmasıdır. İki işlem birimi kullanımının getirisi işlem gücündeki artıştır. Böylelikle zamanlama açısından kritik işlemler sıraya konmaz, eş zamanlı olarak yürütülür. İşlem birimlerinin görevleri aşağıda belirtilmiştir.

Ana işlem biriminin görevleri:

- Kumanda merkezinden, kendisine bağlı RF kart üzerinden aldığı sayısal veri katarından anlamlı sayısal bilgiler üretmek. Çevreden topladığı durum bilgisini aynı yoldan kumanda merkezine iletmek.
- Motor sürücü kartına iki motorun dönüş yönü ve dönüş devri kontrollerini sağlayacak olan sinyalleri göndermek.
- Kendisine bağlı analog sayısal dönüştürücü (ADC) üzerinden sıcaklık, basınç, patlayıcı gaz derişimi gibi bilgileri almak.
- Yaklaşım sensörü düzeneğinden yararlanarak hareket rotası üzerinde bir cisim olup olmadığını belirlemek, varsa cisme çarpmamak için aracın yönünü değiştirebilmek.
- Geri besleme düzeneğinden yararlanarak motor devirlerini ayarlamak suretiyle aracın istenen rotadan sapmadan ilerlemesini sağlamak.

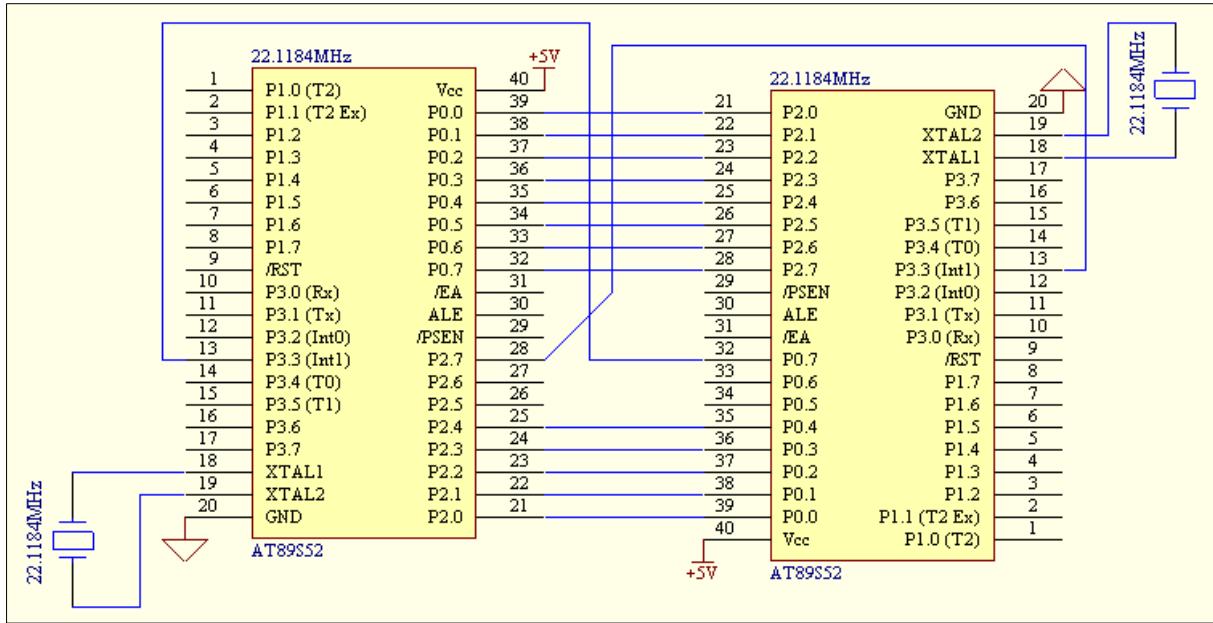
Yardımcı işlem biriminin görevleri:

- Ana işlem biriminden aldığı bilgilerden yola çıkarak robot koluna ait eklem açılarının sürekli olarak istenen değerlerde olmalarını sağlamak. Bu amaçla en çok sekiz servo motoru eşzamanlı olarak sürebilmek.
- Sahip olduğu UART (Universal Asynchronous Receive Transmit) üzerinden GPS (Global Positioning System) cihazı ile iletişim kurarak aracın koordinat bilgilerini almak.

- Sayısal giriş veya çıkış olarak kullanılabilen yedi port pininin denetimini yapmak.

Mikrodenetleyiciler Arasındaki Haberleşme

Anakart, merkezindeki iki mikrodenetleyici ile kenarlara yerleştirilmiş ek donanım elemanları ve çok sayıda konnektörden oluşur. Aşağıdaki şemada iki mikrodenetleyicinin aralarındaki bağlantılar görülmektedir.



Şekil 3.22 Mikrodenetleyiciler arasındaki bağlantıları gösteren devre şeması

Şekil 3.22 'de görülen mikrodenetleyicilerden sağ taraftaki ana işlem birimi, sol taraftaki yardımcı işlem birimidir. Ana işlemcinin 2 numaralı portunu yardımcı işlemcinin 0 numaralı portuna bağlayan sekiz bit'lik bus iki işlemci arasındaki veri yolunu oluşturur. Ana işlemcinin 0 numaralı portunu yardımcı işlemcinin 2 numaralı portuna bağlayan 5 bit'lik bus iki işlemci arasındaki adres yolunu oluşturur. Bunların dışında bir tanesi ana işlemciden çıkarak yardımcı işlemcinin kesme girişine, diğeri ise yardımcı işlemciden çıkarak ana işlemcinin kesme girişine bağlanan iki bit'lik kontrol yolu bulunur.

Ana işlemci periyodik olarak ve bir döngü içerisinde yardımcı işlemciye çeşitli komutlar gönderir. Komut kodları 5 bit'lik adres yolu üzerinden iletilir. Dolayısıyla iki işlemci arasında 32 'ye kadar farklı komutun kullanımı mümkündür. Komutlar eşzamanlı olarak çalışan işlem birimleri arasında veri alışverişini sağlamak amacıyla kullanıldıklarından ana işlem birimi ile yardımcı işlem birimi üzerinde bulunan bellek adresleriyle ilişkilendirilmiştir. Bu adreslerde

tutulan bir byte'lık veri 8 bit'lik veri yolu üzerinden karşı tarafa aktarılır. Aktarılan verinin yönüne bağlı olarak üç farklı durum söz konusudur. Bunlar:

- Ana işlem biriminden yardımcı işlem birimine veri aktarımı yapılması
- Yardımcı işlem biriminden ana işlem birimine veri aktarımı yapılması
- İki yönlü veri aktarımı yapılması

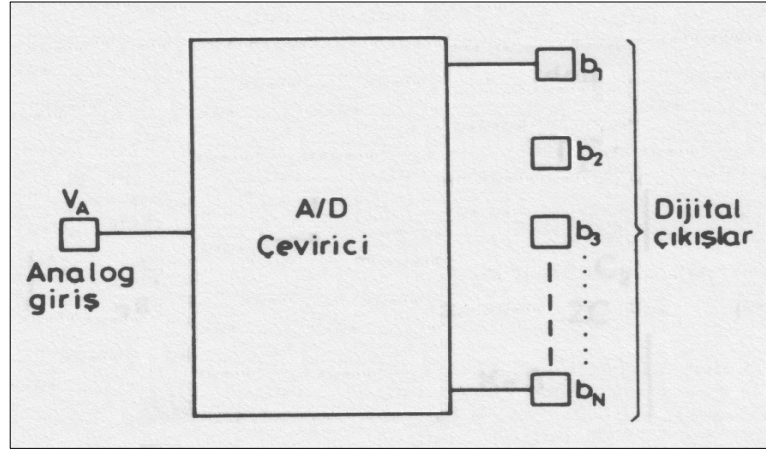
Her komut bu üç durumdan birini sağlar.

Komut veri senkronizasyonu şu şekilde gerçekleştirilmektedir. Ana işlemci, periyodik olarak, kullanmakta olduğu komutlar içerisinde bir tanesini adres yoluna çıkarır. Eğer bu komutla ilişkili olarak yardımcı işlemciye gönderilecek bir byte varsa, onu da veri yoluna çıkarır. Ardından yardımcı işlemciye lojik 0 olan kontrol sinyali darbesini gönderir. Bu darbe üzerine yardımcı işlemci tarafında kesme hizmet alt programı çalışır. Kesme hizmet alt programı öncelikle komut kodunu okur. Bu komut gereğince veri yolundan bilgi okuması ve/veya veri yoluna bilgi yazması gerektiğini değerlendirir. Okuma ve/veya yazma işleminin sonunda yardımcı işlemci ana işlemciye sonlandırma anlamında bir lojik 0 kontrol sinyali darbesi gönderir. Ana işlemci eğer okuması gereken bir byte varsa okur.

Aşağıdaki şekilde anakarta ait devre şeması görülmektedir.

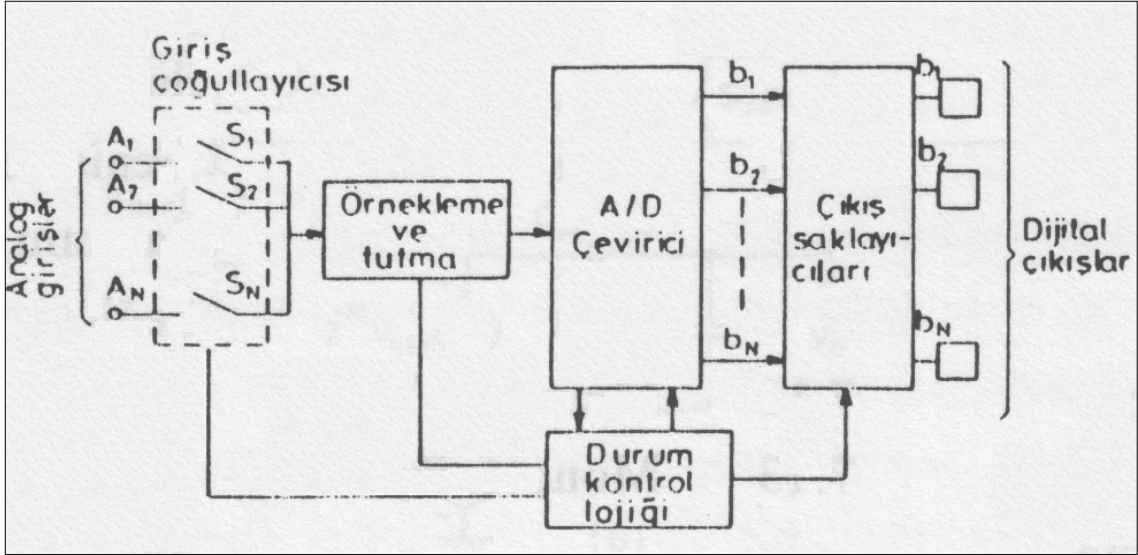
Analog Sayısal Dönüştürücü (ADC)

Bir analog sayısal dönüştürücünün (ADC) işlevi, gerilim ya da akım gibi analog büyüklükleri sayısal kelime haline getirmektir. Analog sayısal dönüştürücünün yapısı, basit bir blok olarak aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. (Kuntman, 1998)



Şekil 3.24 ADC'ye ait basit blok diyagram (Kuntman, 1998)

Analog sayısal dönüştürücü dönüştürme işlemini seri olarak gerçekleştirebileceği gibi bu işlemi paralel olarak da yerine getirebilir. Seri formatta sayısal kelimenin bitleri MSB'den itibaren seri biçimde (art arda) çıkışa aktarılır. Paralel formatta ise; sayısal çıkış işareti, N adet paralel terminalden oluşan çıkıştan ikili tabanda ifade edilen bir kelime biçiminde alınır. Hız nedeniyle paralel çıkış formatı tercih edilirken, devreyi sadeleştirmesi açısından seri çıkış formatı da tercih edilebilmektedir.(Kuntman, 1998)



Şekil 3.25 Ek destek devreleri ile birlikte ADC blok diyagramı (Kuntman, 1998)

Genellikle, sayısal analog dönüştürme uygulamalarında, performanslarının geliştirilmesi ve iyileştirilmesi amacıyla, ADC devreleri ek destek devreleri ile birlikte kullanılırlar. Yukarıdaki şekilde böyle bir sistemin ne şekilde oluşturulacağı gösterilmiştir. Sistemin girişine analog bir veri toplayıcı yerleştirilerek, tek bir dönüştürücünün birden fazla analog kanala hizmet etmesi sağlanabilir.(Kuntman, 1998)

Dönüştürme işlemi süresince giriş işaretinin değişmesini önlemek amacıyla, genellikle, ADC'nin girişine bir örnekleme ve tutma devresi yerleştirilir. Çoğu uygulamalarda, ADC'nin çıkışının bir arabirim üzerinden belli bir mikroişlemci sisteminin veri hattına bağlanması gerekir. Bu amaçla, ADC'nin çıkışına veri tutucular yerleştirilir. Bir ADC sisteminde dönüştürme periyodunun bittiğini algılayan ve gerekli birimleri aktif hale geçiren lojik kontrol devreleri de yer almaktadır.(Kuntman, 1998)

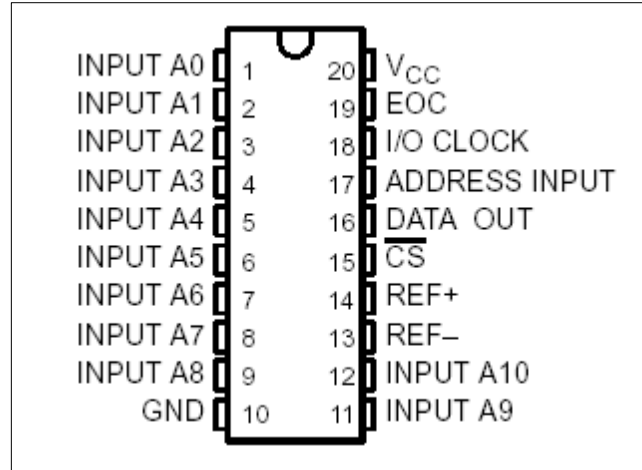
Bir dönüştürme işlemi karakterize eden en önemli sistem parametreleri duyarlık, kararlılık ve hızdır. Bir problemde ortaya konan istekler, kullanılacak çevirme tekniğinin seçimini önemli ölçüde etkiler. ADC'leri başlıca dört ana başlık altında sınıflandırmak mümkündür:

- Dönüştürme adımı sırasında bir zamanlama kondansatörünü dolduran ya da boşaltan entegrasyon tipi dönüştürücüler
- Bir geribesleme çevrimi içinde ikili koda sayıcı ve sayısal analog dönüştürücü (DAC) kullanan sayısal rampa tipi dönüştürücüler
- Birbirini izleyen deneme ve yanılma adımları sonrasında sayısal bir çıkış üreten ardışık

yaklaşımli dönüştürücüler

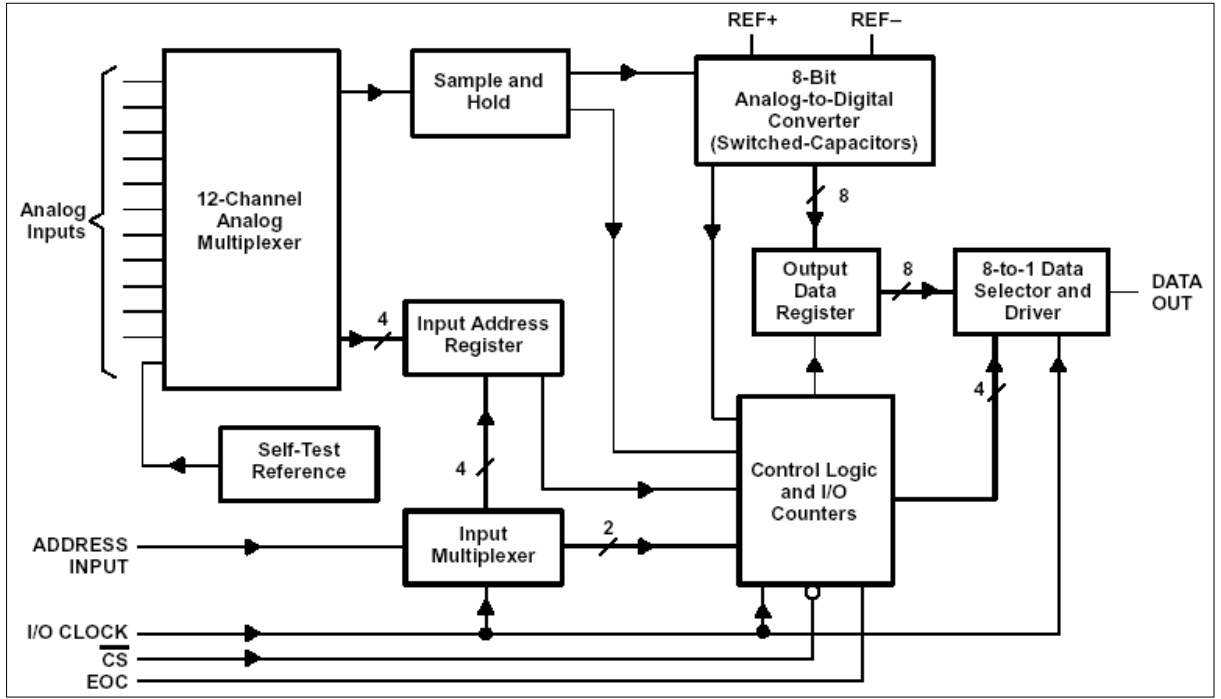
- Dönüştürme işlemini tek adımda yapan paralel dönüştürücüler

Anakart üzerinde yer alan ADC, Texas Instruments tarafından geliştirilmiş olan TLC542 [12] entegrasyon tipi bir ADC'dir. TLC542 11 kanallı, 8 bit'lik, senkron seri bir ADC'dir. Motorola 145041 ile birebir uyumludur. Aşağıda TLC542 'ye ait bacak bağlantıları görülmektedir.



Şekil 3.26 TLC542 'ye ait bacak bağlantıları [13]

TLC542 de salt analog'dan sayısal dönüşüm gerçekleştiren donanımdan ibaret değildir. Analog kanallar için çoklayıcı ve senkron seri iletişim arabirimi gibi ek donanımlara sahiptir. Aşağıda TLC542'nin iç yapısını gösteren blok diyagram görülmektedir.



Şekil 3.27 TLC542'ye ait blok diyagram [13]

TLC542'nin sayısal seri arayüzü beş uçtan meydana gelir. Bu uçlardan ikisi çıkış, geri kalan üçü ise giriş yönündedir. Bu uçlar şunlardır:

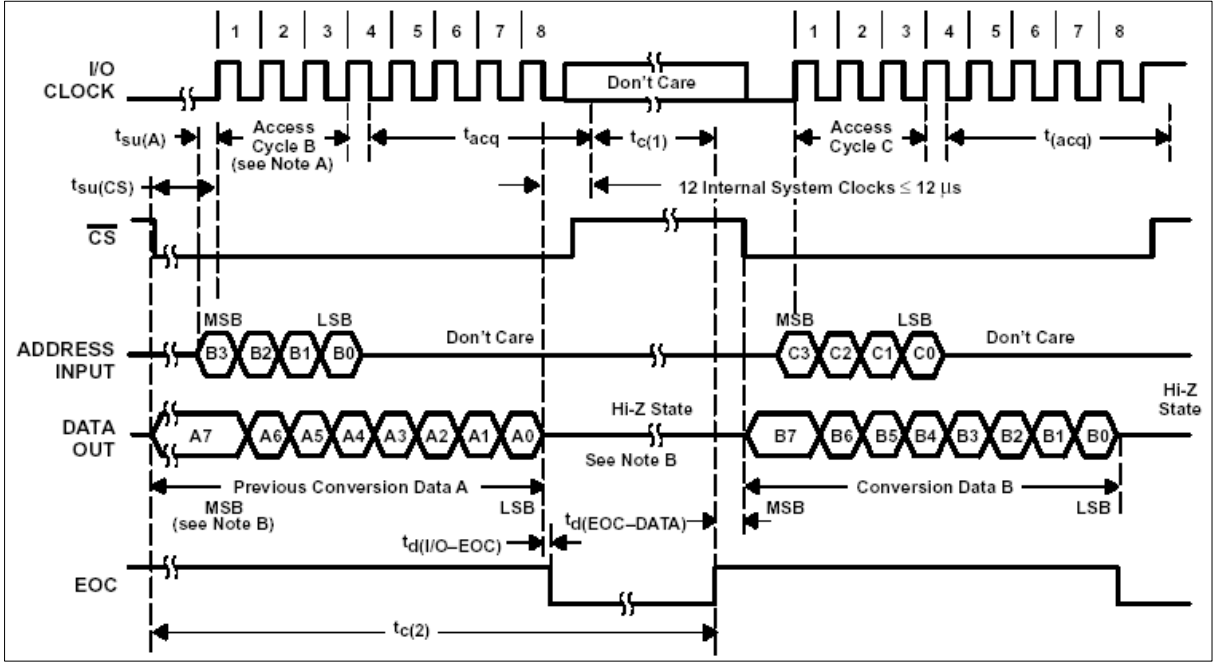
Çıkış uçları (mikrodenetleyiciye göre giriş)

- Data Out: Analog ölçüm değerinin sayısal karşılığını taşır.
- EOC: Dönüşüm işleminin tamamlandığını mikrodenetleyiciye bildirir.

Giriş uçları (mikrodenetleyiciye göre çıkış)

- /CS: Lojik 0 yapıldığında analog sayısal dönüşüm başlar. Lojik 1 iken çıkış ucu 3-state durumundadır.
- I/O Clock: Her lojik 0 'dan lojik 1 'e geçiş adres ve veri değerlerinin 1 bit ötelenmesini sağlar.
- Address Input: Hangi analog kanal için dönüşüm yapılacağı bilgisini taşır.

Aşağıdaki şekilde TLC542'nin sayısal giriş ve çıkışlarındaki zamana bağlı değişim görülmektedir.

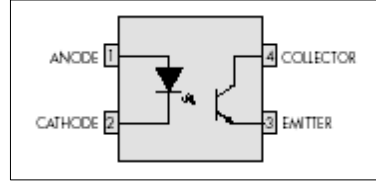


Şekil 3.28 TLC542'ye ait sayısal sinyallerin zamana bağlı grafiği [13]

Zaman diyagramında dikkat edilmesi gereken nokta adres ve verinin eşzamanlı olarak taşınıyor oluşudur. Adresleme yapılırken gelmekte olan veri aslında bir önceki adresleme sonucunda gönderilmekte olan veridir. Aynı şekilde bu adreslemenin sonucu olan veri bir sonraki adresleme sırasında gönderilecektir.

Optik İzolatörler (Optocouplers) Ve Güç Yönetimi

Anakart aracı hareket ettirecek motorların ve robot kolunun eklemlerini oluşturan servo motorların denetiminden sorumludur. Ancak motorlar çalışırken ortak toprak bağlantısı üzerinde oluşabilecek gürültü mikrodenetleyicilerin, RF modül ve diğer elektronik bileşenlerin yanlış çalışmasına neden olabilecek olumsuz bir etkidir. Bu nedenle motorları ve motor sürücü devreleri besleyen akü ile sayısal devreleri besleyen akü birbirinden tamamen ayrıdır. Akülerin topraklarının birleşmemesi için mikrodenetleyicilerden çıkan kontrol sinyalleri optik izolatörler üzerinden motor sürücü devrelere aktarılır. Aşağıdaki şekilde bir optik izolatörün iç yapısı görülmektedir.



Şekil 3.29 Optik izolatörün iç yapısı [22]

Motorları ve servo motorları beslemek için 6V, 12AH akü kullanılmaktadır. Sayısal devre elemanları ise 12V' luk bir akü ve LM7805, LM7808 gibi regülatörler kullanılarak beslenmektedir.

3.2.5 Motor Sürücü Kartının Çalışma Prensibi

Motor sürücü kartı mikrodenetleyiciden aldığı sinyalleri kuvvetlendirerek iki motorun istenen yönde ve hızda dönmesini sağlayan bir devredir. Motor sürücü kartı iki temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlardan birincisi IRFZ44 [16] güç MOSFET'i; diğeri 5V, 10A DC röledir

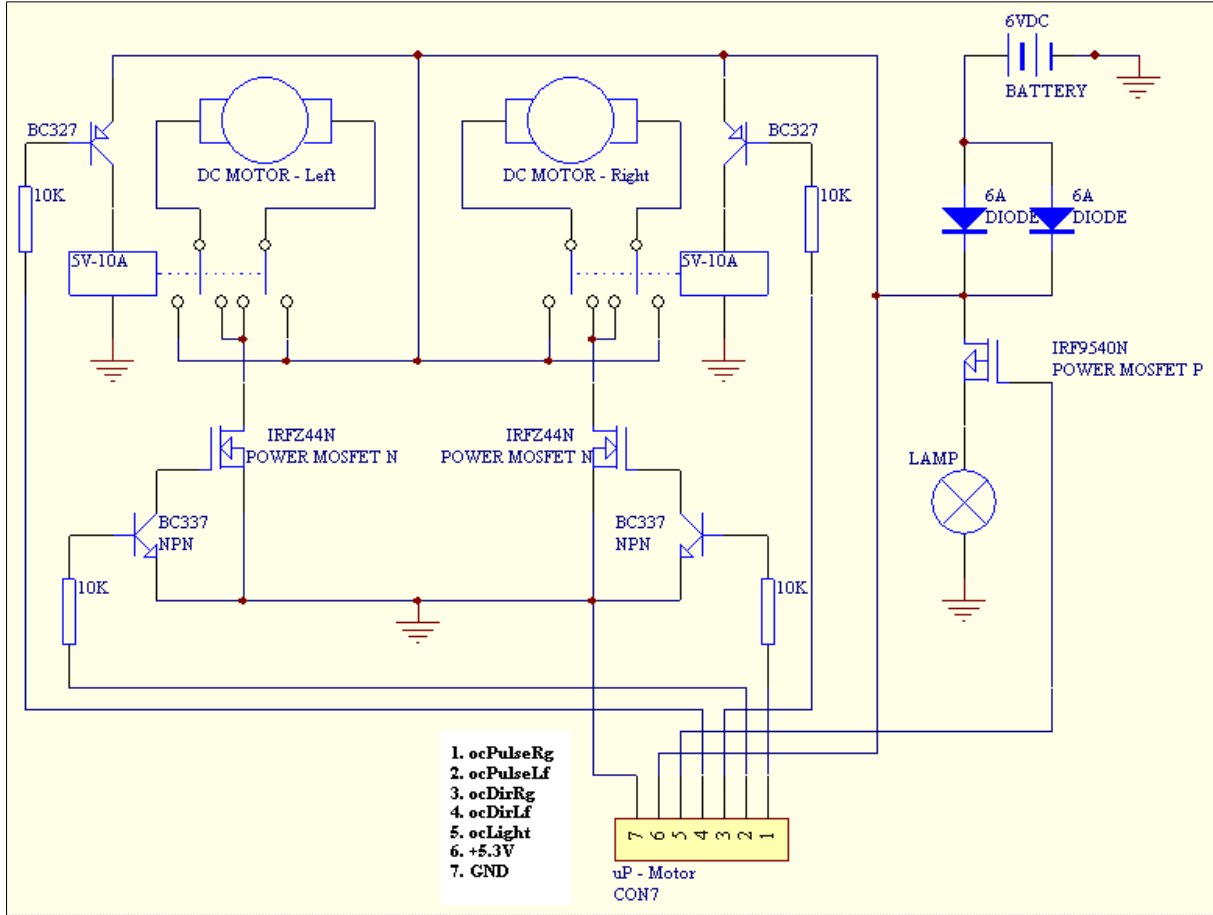
Motor sürücü kartında her motor için bir tane olmak üzere iki tane IRFZ44 kullanılmaktadır. IRFZ44 50V maksimum drain-source gerilimi ve 50A maksimum drain akımı ile yük altında ve kalkışlarda dahi motorların gereksinim duyduğu akımı verebilecek kapasitede, N-Kanal bir güç MOSFET'idir. Zira yapılan denemelerde motorların boşa dönerken 1A – 1.5A, aracı hareket ettirirken 2A kadar akım çektikleri görülmüştür. Araç yokuş yukarı tırmanırken çekilen akım miktarında artış görülmekte, ilk kalkışlarda ise 5A – 6A değerlerine ulaşmaktadır. Ancak IRFZ44'ler, aşırı ısınmalarına karşı önlem olarak, alüminyum soğutucular ile birlikte kart yüzeyine tespit edilmişlerdir.

Röleler ise her motor için ikişer tane olmak üzere motor dönüş yönünü belirlemek amacıyla kullanılmaktadırlar. Aslında iki röle yerine çift kontaklı röle kullanmak mümkündür, ancak yüksek akıma dayanıklı, 5 Volt'luk, çift kontaklı röle temini mümkün olmadığından her motor için iki röle kullanılması gerekmektedir. Bir motor için yön tayini şu şekilde yapılır; iki rölenin bobini ortak bir transistör tarafından sürülür. Bu transistör BS250 P-Kanal, düşük akım verebilen MOSFET'tir. BS250'nin gate girişi ise anakarttan gelmektedir. DC motorun iki kutbundan biri A, diğeri B olursa ve bobine gerilim uygulandığında A +5.3V kaynağa, B toprağa bağlanıyorsa, bobine uygulanan gerilim kesildiğinde A toprağa, B +5.3V kaynağa bağlanır. Bu şekilde mikrodenetleyicinin üreteceği lojik 1 veya lojik 0 sinyallerine göre motor ileri ya da geri yönde döner.

Bunların dışında motor sürücü kartı üzerinde IRF9540 P-Kanal güç MOSFET'i yer

almaktadır. Bu MOSFET'in open-drain çıkışı isteğe bağlı olarak ışıkları kontrol etmek gibi değişik güç uygulamalarında anahtarlama amacıyla kullanılabilir.

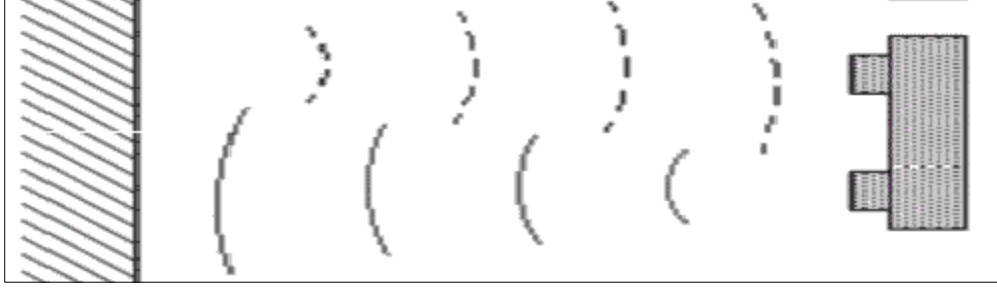
Aşağıdaki şekilde motor sürücü kartına ait devre şeması görülmektedir.



Şekil 3.30 Motor sürücü kartına ait devre şeması

3.2.6 Ultrasonik Yaklaşım Sensörü Düzeneginin Çalışma Prensibi

Yaklaşım sensörü düzenegi bir adet ultrasonik verici osilatör devresi ile bir adet ultrasonik alıcı ve kuvvetlendirici devresinden oluşmaktadır. Düzenek üzerinde yanyana yerleştirilmiş, bir adet ultrasonik alıcı ve bir adet ultrasonik verici bulunmaktadır. Aşağıdaki şekilde ultrasonik alıcı-verici çiftinin mesafe ölçümünde kullanılışı görülmektedir.



Şekil 3.31 Ultrasonik alıcı-verici çifti kullanılarak mesafe ölçümü

Ultrasonik verici bir NE555N osilatörü tarafından üretilen 40 KHz'lik sinyalin hava içerisinde yayılmasını sağlar. NE555N'ye ait /RST girişine lojik0 uygulandığında sinyal üretilirken, lojik1 uygulandığında sinyal üretilmez.

40 Khz'lik ultrasonik dalga hava içerisinde yayılır ancak katı bir nesneye çarparsa yansyarak geri döner. Vericinin yanına yerleştirilmiş olan ultrasonik alıcı ise 40 Khz'lik sinyali aldığı anda düşük gerilimli bir elektriksel sinyal üretir. Elektriksel sinyal iki adet TL074 OPAMP kullanılarak 30 ile 300 kat arasında ayarlanabilir bir kazanç elde edilecek şekilde kuvvetlendirilir. Kuvvetlendirilmiş sinyal LM311'li bir gerilim karşılaştırıcısından geçirilerek çıkış olarak lojik 0 ya da lojik 1 elde edilir.

LM311 karşılaştırıcının çıkışı, alıcıya geri dönen ultrasonik sinyal mevcut ise 40 Khz'lik bir kare dalga formunda olur, geri dönen ultrasonik sinyal yoksa veya zayıfsa lojik 1 seviyesinde kalır. Bu çıkış ucu D-Tipi bir saklayıcı devrenin saat girişine bağlıdır.

Mikrodenetleyicinin çıkış ucuna lojik 0 uygulandığında ultrasonik verici sinyal göndermeye başlar. Bu anda saklayıcının çıkışında lojik 1 görülür. Ultrasonik sinyalin karşıdaki engelle çarpıp geri dönmesi halinde saklayıcı kare dalgayı yakalar ve çıkışını lojik 0 'a çeker. Lojik 0 seviyesi mikrodenetleyicinin çıkış ucuna lojik 1 uygulanana kadar korunur.

Saklayıcı çıkışı aynı zamanda mikrodenetleyicinin giriş ucuna bağlıdır. Mikrodenetleyici içerisinde koşturulan yazılım, çıkış ucuna lojik 0 uygulamasıyla giriş ucunda lojik 0 görmesi arasında geçen süreyi ölçer. Sesin havada yayılma hızından engelin araca olan uzaklığı hesaplanır. Bu hesaplama aşağıdaki formüle göre yapılır:

D: Engelin araca olan uzaklığı

V: Sesin havada yayılma hızı (331 m/s)

T: Ultrasonik sinyalin üretilmesi ve geri alınması arasında geçen süre

$$D = 0,5 \times V(\text{m/s}) \times T(\text{s})$$

$$D = 0,5 \times 331(\text{m/s}) \times T(\text{s})$$

$$D = 165 \times T (\text{m})$$

Aşağıdaki şekilde ultrasonik yaklaşım sensörü düzeneğine ait devre şeması görülmektedir:

4. KONTROL SİSTEMİ YAZILIMI

Kontrol sistemi yazılımı üç temel parçadan oluşur. Bunlar:

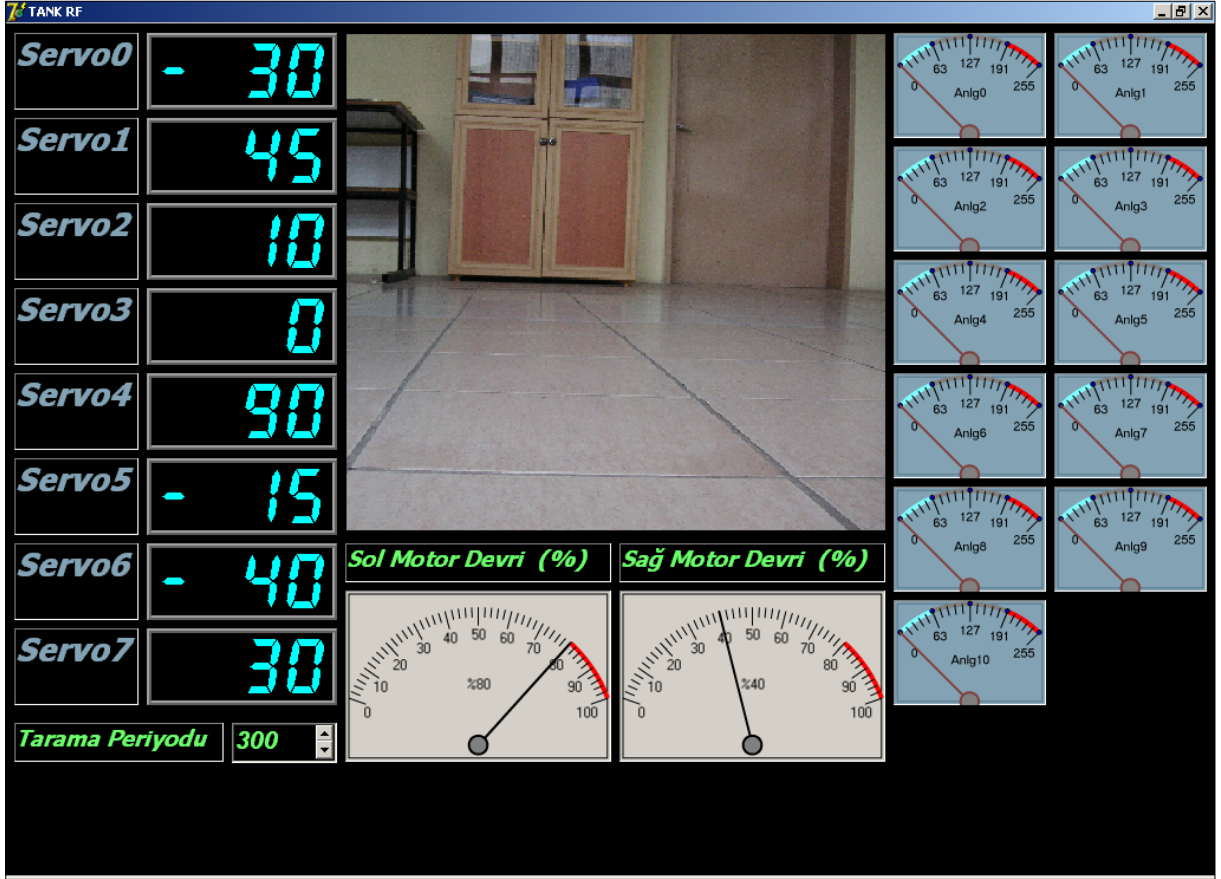
- Bilgisayar üzerinde çalışan kontrol uygulaması
- RF-Modem yazılımı
- Araç üzerinde çalışan yazılımlar

4.1 Bilgisayar Üzerinde Çalışan Kontrol Uygulaması

Bu uygulama aracın kontrolüne yönelik bilgileri kullanıcıdan alan ve araçtan toplanan bilgileri bilgisayar ekranına yansıtan bir kontrol paneli uygulamasıdır. Yazılım geliştirme ortamı olarak Borland Delphi7 kullanılmış ayrıca gerekli görüldüğü durumlarda Microsoft API'lerinden (Application Procedure Interfaca) yararlanılmıştır.

Kontrol paneli yazılımı, RF iletişim protokol dönüşümlerinden soyutlanmış olup bu tür alt seviye dönüşümler RF-Modem üzerinde çalışan mikrodenetleyici uygulamasına bırakılmıştır. Bu haliyle kontrol paneli uygulaması kullanıcı için bir giriş-çıkış arayüzü olmaktan ibarettir.

Kullanıcı motorların denetimini kumanda kolu olarak kullanılan joystick ile gerçekleştirir. Uygulama başlatıldığında oluşturulan bir thread içerisinde, periyodik olarak joystick bilgisi alınarak seri port üzerinden RF-Modem'e aktarılır. RF-Modem tarafından gönderilen analog girişlerin sayısal karşılığı olan bilgiler aynı thread içerisinde alınarak değerlendirilir. Bu parametreler kontrol paneli üzerinde yer alan çeşitli göstergeler ile kullanıcıya sunulur. Aşağıdaki şekilde kontrol paneli uygulamasına ait ekran görüntüsü verilmiştir:



Şekil 4.1 Göstergeler ve kamera görüntüsü ile kontrol paneli

4.2 RF-Modem Yazılımı

RF-Modem yazılımı 8051 assembly diliyle yazılmış bir modem yazılımıdır. RF-Modem donanımına ait ayrıntılı tasarım bilgilerine bölüm 3.2.3 'te yer verilmiştir. Bu donanımın merkezinde yer alan AT89S52 mikrodenetleyicisi, donanım birimlerinin birbirleriyle eş zamanlı olarak uyum içinde çalışmalarını sağlar. Mikrodenetleyici, modem üzerindeki trafik akışını denetlerken, bilgisayardan gelen bilgi katarının RF protokolü çerçevesinde düzenlenerek veri paketi haline getirilmesini ve araçtan gelen veri paketlerinin çözümlenerek bilgisayara gönderilmesi işlemlerini de yürütür.

4.2.1 RF Protokol Dönüşümü

Kullanılan RF modüllerinin dayattığı teknik zorunluluklardan ötürü lojik 0, sıfırdan bire geçiş ile; lojik 1 ise birden sıfıra geçiş ile gösterilmek zorundadır. Bir başka ifadeyle sayısal iletişim sırasında faz kaydırmalı modülasyon yapılması gerekmektedir.

Faz Kaydırmalı Modülasyon

Sayısal iletişimde Manchester kodlama yöntemi olarak bilinen bu yöntemin, asenkron seri olarak çalışan mikrodenetleyici UART'ı üzerinden gerçekleştirilebilmesi için bir teknik geliştirilmiştir. Her 4-bit'lik bilgi 8-bit'lik hale getirilerek Manchester kodlama tekniğine uygun hale getirilip UART üzerinden gönderilir. Böylece 4-bit'lik bilgi ne olursa olsun 8-bit'lik bilgi kendi içerisinde sıfır bir dengesine sahip olmuş olur. Buna ek olarak UART tarafından oluşturulan başlangıç bit'i (lojik 0) ile sonlandırma bit'i (lojik 1) de bu denge durumunun sürdürülmesine katkıda bulunur.

Senkronizasyon Sorunu

RF iletişim kablolu iletişime göre farklılıklar gösterir. Bu farklılıklardan biri de hat boşta sinyalinin kullanılmamasıdır. Kablolu asenkron seri iletişimde hat boşta sinyali lojik 1 olup, lojik 0 başlangıç bit'i olarak kullanılır. Başlangıç bit'i, gönderen ile alan taraflar arasındaki senkronizasyonun kurulması için kullanılır. RF iletişimde ise sürekli lojik 1 göndermek mümkün olmadığı için başlangıç bit'inin hatalı alınması tehlikesi doğar.

Senkronizasyon sorununu ortadan kaldırmak amacıyla bilgi paketinin hemen öncesinde senkronizasyon karakteri olarak FOH (ikilik sayma düzeninde: 11110000), 256 kez art arda gönderilir. Bu şekilde 5-bit zamanı lojik 0, 5-bit zamanı lojik 1 olan bir kare dalga üretilmiş olur. Senkronizasyon karakterinin FOH seçilmiş olmasının nedeni birden sıfıra geçişin yalnızca bir yerde gerçekleşmesi ve sıfır bir dengesinin korunmasıdır.

Hata Denetimi

Güvenlik gerekçesiyle her bilgi arka arkaya iki defa gönderilir. Bunun dışında Manchester kodlama yöntemi gereği her byte 256 değer içerisinde yalnızca 16 adet özel değeri alabildiği için geriye kalan 240 değerden birinin alınması durumunda bilgide bozulma olduğu anlaşılır.

İletişim Hızı

Asenkron seri bilgi iletim hızı 57600 bit/s olmakla birlikte her bit iki bit ile gösterildiği ve her byte iki kez art arda gönderildiği için hız 14400 bit/s'ye düşer. Buna ek olarak 256 byte uzunluğundaki senkronizasyon karakteri katarı da eklendiğinde iletişim hızı daha da düşer. 16 byte'lık öz bilgi protokol gereği 64 byte uzunluğa çıkarılır. 256 byte'lık senkronizasyon katarıyla birlikte 320 byte uzunluğunda bir paket elde edilir.

320 byte'lık paket içerisinde iletilen 16 byte'lık öz bilginin iletilme hızı 2880 bit/s olur. 8-bit'lik bilgi başlangıç ve sonlandırma bit'leri ile 10-bit'e çıktığı için bir saniyede en çok 288

byte gönderilebilir. Bu sonuçtan yola çıkılarak bilgisayarın RF-Modem'i saniyedeki maksimum yenileme sıklığına ulaşılır ($288 / 16 = 18$).

4.3 Araç Üzerinde Çalışan Yazılımlar

Araç üzerinde birbirleriyle mesajlaşarak paralel olarak çalışan iki adet AT89S52 mikrodenetleyici bulunmaktadır. Bunlardan birincisi ana işlem birimi, ikincisi ise yardımcı işlem birimi olarak ele alınır. Ana işlem birimi, RF-Modem üzerinde çalıştırılan yazılımın benzerini kendi üzerinde çalıştırır. Bu yazılım RF-Modem tarafından gönderilen paketi almak, çözümlenmek ve RF-Modem'e kendi oluşturduğu paketi göndermekle yükümlüdür.

İletişim ve protokol çözümlenme görevlerinin yanı sıra zamanlayıcı kesmelerinden yararlanarak her iki motor için ayrı ayrı PWM (Pulse Width Modulation) sinyalleri üreterek motorların hızlanmasını ve yavaşlamasını sağlar. Ana işlem birimi servo motorların yön bilgilerini de uzak bilgisayardan alır ancak bu bilgileri yardımcı işlem birimine iletir. Yardımcı işlem birimi servo motorların sürülmesinden sorumludur.

Her iki işlem biriminin çalıştırdığı kod 8052 assembly dilinde yazılmıştır.

5. SONUÇ

Bu çalışma sonucunda Yıldız Teknik Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nde robot araştırmaları için kullanılacak paletli bir araç geliştirilmiştir. Bu araç mekanik olarak zorlu arazi koşullarında ilerleyebilecek yeterlilikte olup daha sonraki projelerde başlangıç noktası olarak kullanılabilir niteliktedir. Çalışmanın gerisinde yatan ana düşünce bu aracın, insan hayatı ve sağlığı açısından riskler ihtiva eden mekanlarda, uzaktan kumanda edilmek suretiyle, insanlar tarafından yapılması beklenen görevleri üstlenmesidir. Çalışma sırasında, özellikle araç mekaniği ve elektronik devrelerin gerçekleştirilmesi konusunda önemli zorluklar yaşanmıştır. Son derece kısıtlı olanaklar dahilinde ve kişisel çabalar sonucunda bu noktaya gelinmiştir.

Aracın hareket gücünü üreten redüktörlü motorların temin edilmesi konusu ciddi bir sıkıntı kaynağı olmuş ve nihayet ucuz ve kalitesiz şarjlı tornavida motorları kullanılmasına karar verilmiştir. Motorların kalitesizliği PWM sinyallerine beklendiği gibi tepki vermelerini engellemiş, hızlanma sırasında motor devirlerinde ani ve kesikli değişimler olmasına yol açmıştır.

Kablosuz iletişim için kullanılan modüller beklenen başarıyı ve kararlılığı gösterememiş, oluşan parazitler ve girişim olayı nedeniyle iletişim çok zaman sekteye uğramıştır. Başarının tam olarak sağlanamamasında kablosuz iletişim için tasarlanan baskılı devrelerin kalitesizliğinin önemli payı olduğu düşünülmektedir. Bu durumun nedeni, oldukça pahalı bir işlem olan çok katmanlı baskılı devre üretiminin tamamen kişisel çabayla tek katlı olacak şekilde yapılmış olmasıdır. Sinyal kalitesindeki yetersizliğin, iletişim protokollerini hata ayıklama ve bilgi güvenilirliğini sağlama konusunda daha yetenekli kılacak algoritmaların geliştirilmesinin yolunu açtığı da bir gerçektir.

Aracın üzerine yerleştirilmesi düşünülen robot kolu fikri ise mekanik aksamın üretiminin zor ve maliyetli oluşu nedeniyle şimdilik ertelenmiş olup ileri bir tarihte kaynak bulunması halinde gerçekleştirilmesi düşünülmektedir.

Bütün bu olumsuzlukların yanında çalışmanın kazandırmış olduğu deneyim ve bilgi birikimi dikkate değerdir. Oyuncak olmanın ötesine geçmiş, profesyonel görünüme sahip ve çalışan bir prototip araç üretimi gerçekleştirilmiş; bu araç ile haberleşmeyi sağlayacak donanım altyapısı ve iletişim protokollerinin tasarımı yapılmıştır. Ortaya çıkan ürünün iyileştirmeye ve geliştirmeye açık, kazanılan deneyim ve birikimin daha büyük çaplı robot projelerinde görev almaya destek olacak nitelikte olduğu düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Atmel Semiconductors, (1997), "Microcontroller Data Book", Atmel Corporation, 4.217-4.248, San Jose - USA.

Gümüşkaya, H., (2000), "Mikroişlemciler ve 8051 Ailesi", Alfa Yayınevi, 136-181, İstanbul.

Kuntman, H., (1998), "Endüstriyel Elektronik", Birsen Yayınevi, 294-296, İstanbul.

Cantû, M., (2003), "Mastering Delphi 7", Sybex Inc., 1-457, USA.

Hollingworth, J., Swart, B., Cashman, M., Gustavson, P., (2003), "C++ Builder 6 - Developer's Guide", Sams Publishing, 489-667, USA.

Osier, D., Batson, S., Grobman, S., (1997), "Teach Yourself Delphi 3", Sams Publishing, 45-140, USA.

Bolton, W., (1999) "Newnes Control Engineering Pocket Book", Butterworth-Heinemann Publishing, USA

Texas Instrumens, (1991), "High-Speed CMOS Logic", Texas Instruments, 3-5, USA.

Gümüşkaya, H., (1999), "Mikroişlemciler ve Bilgisayarlar", Alfa Yayınevi, 391-422, İstanbul.

Schilling, R.J., (1990), "Fundamentals of Robotics - Analysis and Control", Prentice-Hall International, 1-24, USA.

Adalı, E., (1996), "Gerçek Zaman Dizgeleri", Sistem Yayıncılık, 83-113, İstanbul.

Uzun, T., (2004), "Endüstriyel Otomatik Kontrol Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Uzun, T., (2004), "Programlanabilir Lojik Denetleyiciler Ders Notları", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

Ovalı, B., (2005), "İnternet Üzerinden Gezgin Robot Denetimi", Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.

INTERNET KAYNAKLARI

[1]www.robotics.uc.edu/IGVC2002/MotorolaGPS/M12.pdf

[2]<http://www.dip.ee.uct.ac.za/~ahenric/oncorhtm.html>

[3]http://www.hitecrd.com/homepage/product_fs.htm

[4]www.seattlerobotics.org

[5]www.jmkturk.com

[6]http://www.atmel.com/dyn/products/product_card.asp?part_id=1918

[7]http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc1919.pdf

[8]http://www.atmel.com/dyn/resources/prod_documents/doc4316.pdf

- [9]<http://www.aurelwireless.com/wireless.asp>
- [10]http://www.aurelwireless.com/wireless/uk/product_info.asp?id=102&modulation=434%20MHz%20FM%20FSK&comp=&tip_UK=Transceiver
- [11]http://www.aurelwireless.com/wireless/uk/manuals/650200588_um.pdf
- [12]<http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/tlc542.html>
- [13]<http://www-s.ti.com/sc/ds/tlc542.pdf>
- [14]<http://www.fairchildsemi.com/ds/74/74VHC4051.pdf>
- [15]http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/M/A/X/2/MAX232.shtml
- [16]<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/17808/PHILIPS/IRFZ44.html>
- [17]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/2967/MOTOROLA/BS170.html>
- [18]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/105702/FAIRCHILD/LM7805.html>
- [19]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17972/PHILIPS/NE555.html>
- [20]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/91602/PHILIPS/LM311.html>
- [21]<http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/28778/TI/TL074.html>
- [22]<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/84895/ETC/TLP521.html>
- [23]<http://www.elektronikdunyasi.com/opamp.htm>
- [24]<http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/EquipmentTrans/piezotransducers.htm>
- [25]<http://kmyo.erciyes.edu.tr/bolumler/endoto/tr/kontrol%20sistemleri.shtml>
- [26]<http://www.voltam.com.tr/teori/Ef100/Induktif.html>
- [27]<http://www.voltam.com.tr/teori/Ef200/Fotosel.html>
- [28]<http://www.voltam.com.tr/teori/EF300/flow.html>
- [29]http://www.voltam.com.tr/teori/Ef500/Basinc_sensorleri.html
- [30]<http://www.ndtd.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/EquipmentTrans/piezotransducers.htm>
- [31]<http://msdn.microsoft.com>

EKLER

Ek 1 8052 ailesinin temel özellikleri (Gümüşkaya, 2000)

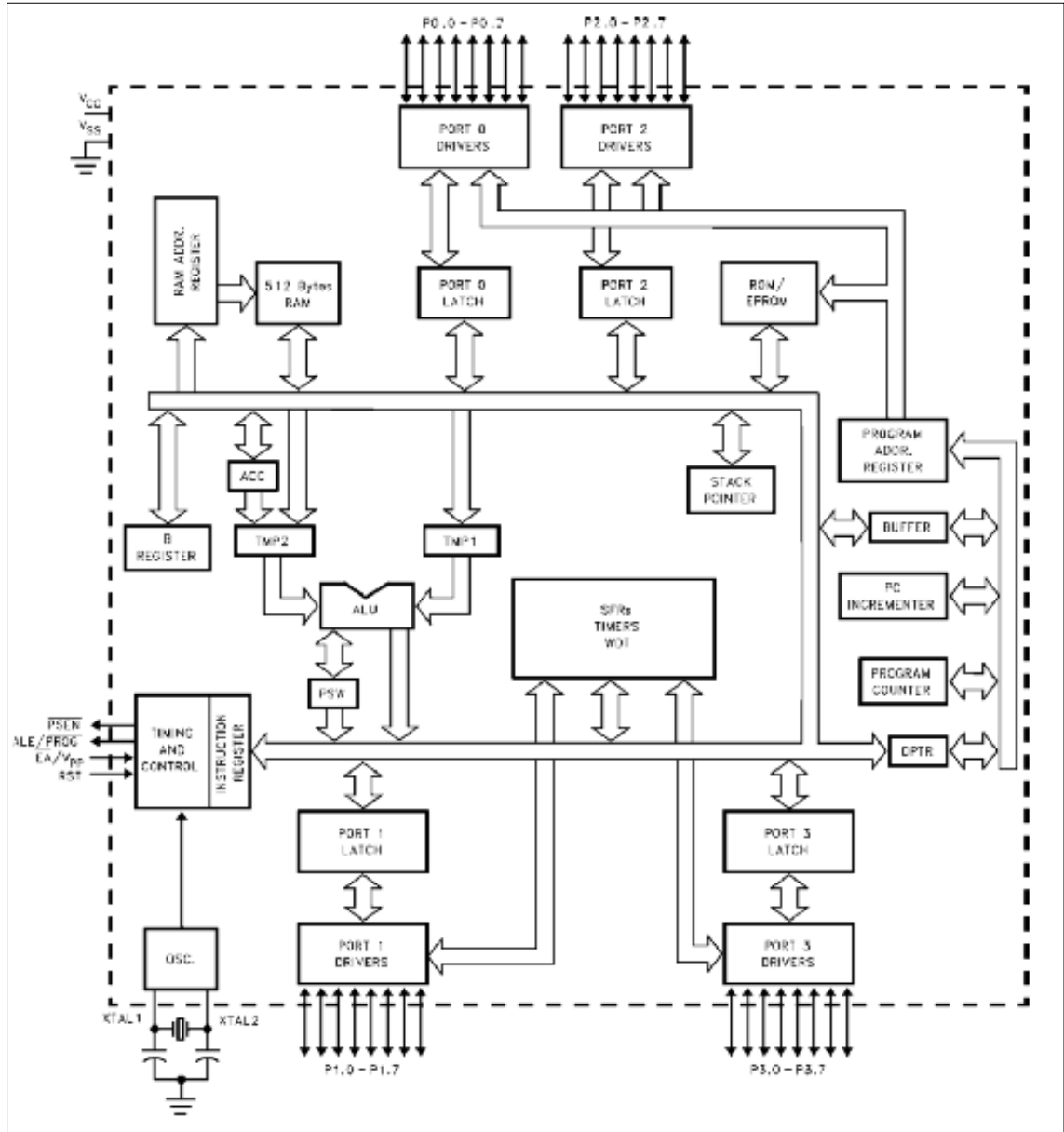
Ek 1 8052 Ailesinin Temel Özellikleri

8052 Intel Firması tarafından üretilen MCS-52 ailesinin ilk mikrodenetleyicisi olup MCS-52 ürünlerinin temel çekirdeğidir. 8052 çekirdeğinin ana özellikleri şunlardır:

- Kontrol uygulamalarına yönelik 8-bit CPU
- Yoğun Boolean işlemleri yapabilme (tek-bit lojik işlemler) özelliği
- 64K Program Hafıza adres alanı
- 64K Veri Hafıza adres alanı
- 4K tümdevre-üzeri Program Hafıza
- 256 byte tümdevre-üzeri veri RAM
- 32 tane iki yönlü adreslenebilir I/O hattı
- 3 tane 16-bit Zamanlayıcı/Sayıcı
- Full Duplex UART
- İki öncelik seviyesine sahip 5-vektörlü kesme donanım yapısı

8052 Çekirdeği

8052 çekirdeğinin blok diyagramı aşağıda verilmiştir.



Şekil Ek1.1 8052 Çekirdeği blok diyagramı [8]

8052 Tümdevre Uçları

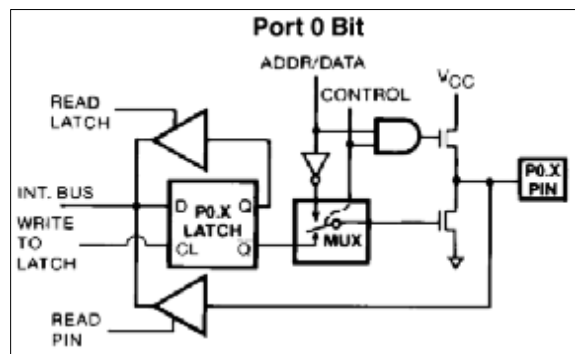
Tümdevre uç fonksiyonları aşağıda verilmiştir.

P1.0	1	40	V _{CC}
P1.1	2	39	P0.0 AD0
P1.2	3	38	P0.1 AD1
P1.3	4	37	P0.2 AD2
P1.4	5	36	P0.3 AD3
P1.5	6	35	P0.4 AD4
P1.6	7	34	P0.5 AD5
P1.7	8	33	P0.6 AD6
RST	9	32	P0.7 AD7
RXD P3.0	10	31	\overline{EA}
TXD P3.1	11	30	ALE
$\overline{INT0}$ P3.2	12	29	\overline{PSEN}
$\overline{INT1}$ P3.3	13	28	P2.7 A15
T0 P3.4	14	27	P2.6 A14
T1 P3.5	15	26	P2.5 A13
\overline{WR} P3.6	16	25	P2.4 A12
\overline{RD} P3.7	17	24	P2.3 A11
XTAL2	18	23	P2.2 A10
XTAL1	19	22	P2.1 A9
GND	20	21	P2.0 A8

Şekil Ek1.2 8052 Tümdevre Uçları [8]

Port 0 (P0)

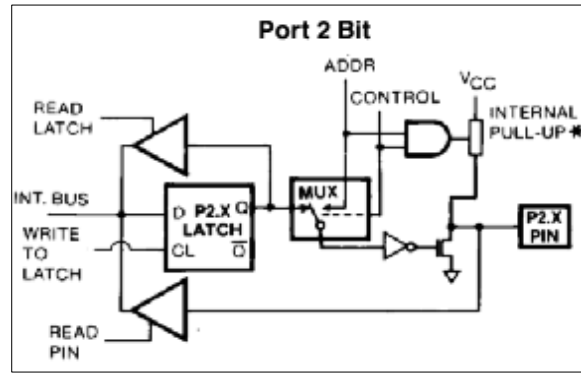
8-bit *open-drain* iki yönlü I/O port'udur. P0 uçlarına program ile 1 yazılması durumunda, yüksek empedanslı giriş uçları olarak kullanılabilir. P0 aynı zamanda, harici program ve veri belleklerine erişimlerde, seçmeli olarak veri yolu veya adres yolunun düşük anlamlı byte'ı olarak davranır.



Şekil Ek1.3 Port0 latch yapısı [8]

Port 2 (P2)

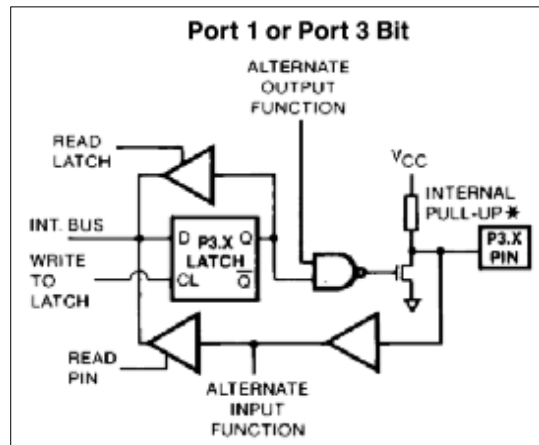
8-bit dahili pull-up dirençlere sahip iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1 yazılan P2, dahili pull-up'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir. Harici Program Hafızadan okumalarda ve 16-bit adresler kullanan (MOVX @DPTR) Harici Veri Hafızaya erişimlerde, P2 Adres yolunun yüksek anlamlı byte'ı olarak davranır.



Şekil Ek1.4 Port2 latch yapısı [8]

Port 1 (P1)

8-bit dahili pull-up dirençlere sahip iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1 yazılan P1, dahili pull-up'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir.



Şekil Ek1.5 Port1 veya port3 latch yapısı [8]

Port 3 (P3)

8-bit dahili pull-up dirençlere sahip iki yönlü I/O port'udur. Uçlarına program ile lojik 1

yazılan P3, dahili pull-up'lar ile yüksek lojik 1 seviyesine çekilir ve bu durumda giriş olarak kullanılabilir. Port 3 pinleri ayrıca, seçime bağlı olarak Alternatif Fonksiyon uçları olarak da davranabilir.

Çizelge Ek1.1 Port3 uçlarının alternatif fonksiyonları

P3.0	Seri port Rx
P3.1	Seri port Tx
P3.2	Harici kesme girişi 0
P3.3	Harici kesme girişi 1
P3.4	Sayıcı girişi 0
P3.5	Sayıcı girişi 1
P3.6	Harici bellek yazma
P3.7	Harici bellekten okuma

Vcc

Besleme gerilimi.

Vss

Tümdevre toprağı.

RST

Osilatör çalışırken, 2 makine çevrimi kadar bu uç üzerindeki bir yüksek seviye (Lojik1) işlemcinin 0h adresinden itibaren kod çalıştırmasını sağlar.

ALE/PROG (Address Latch Enable – ALE)

Bu çıkış sinyali, harici hafızaya erişimlerde adresin düşük değerli byte'ını, çıkıştaki adres latch'ına tutturmada kullanılır. Bu uç aynı zamanda, EPROM'lu ürünlerin programlanması sırasında, program darbe girişidir (/PROG).

PSEN (Program Store Enable)

Bu çıkış, harici Program Hafızadan okuma sinyalidir. Harici Program Hafızadan okumalarda her makine çevriminde 2 kere aktif olur. Dahili Program Hafızadan okumalarda aktif değildir.

EA/VPP (External Access – EA)

Bu uç düşük seviye (Lojik 0) yapıldığında, işlemci 0000H`tan başlayıp, FFFFH`a kadar hafıza hücrelerini, harici Program Hafızadan okuyacak hale getirilir. EA (düşük aktif) sinyali mutlaka 1 veya 0 seviyesinde olup boşta bırakılmamalıdır. Bu bacak aynı zamanda, EPROM`lu ürünlerin programlanması sırasında, programlama besleme voltajını alır.

XTAL1

Osilatör girişi.

XTAL2

Osilatör çıkışı.

Özel Fonksiyon Saklayıcıları (SFR)

SFR`ler, mikro denetleyici için veri saklama ve kontrol saklayıcıları olarak görev yapmaktadır. Zamanlayıcılar, Seri Port ve kesme sistemi gibi, 8052`nin her bölümü, 1 veya daha fazla özel atanmış SFR`lere sahiptir.

ACC, B saklayıcısı ve PSW, SFR`lerde yer alır. PSW, elde bayrağı ve aktif saklayıcı kümesini seçmek için kullanılan 2-bit gibi sistem bayraklarını içerir. SFR`lerden SP, DPTR, DPL, DPH, PCON, TMOD, TL0, TL1, TH0, TH1 ve SBUF sadece byte-adreslenebilir saklayıcılardır. Yani bu SFR`ler sadece byte olarak okunabilir, yazılabilir, üzerinde işlem görülebilir ve karşılaştırılabilir.

Geri kalan SFR`ler, ACC, B, PSW, P0, P1, P2, P3, IE, IP, SCON ve TCON aynı zaman da bit-adreslenebilir saklayıcılardır. Yani bu saklayıcıların bitleri okunabilir, yazılabilir, üzerinde işlem görülebilir ve karşılaştırılabilir. Bit-adreslenebilir SFR`lerin (byte) adresleri 8`in katları şeklindedir. Bit adresi, SFR`nin byte adresi ile SFR`deki adreslenen bit yerinin (location) toplanmasıyla elde edilir. Örneğin, ACC`nin 5`inci bitinin adresi E5h ve SCON`un 0`ıncı bitinin adresi ise 98h`tır.

0F8H									0FFH
0F0H	B 00000000								0F7H
0E8H									0EFH
0E0H	ACC 00000000								0E7H
0D8H									0DFH
0D0H	PSW 00000000								0D7H
0C8H	T2CON 00000000	T2MOD XXXXXX00	RCAP2L 00000000	RCAP2H 00000000	TL2 00000000	TH2 00000000			0CFH
0C0H									0C7H
0B8H	IP XX000000	SADEN 00000000							0BFH
0B0H	P3 11111111							IPH XX000000	0B7H
0A8H	IE 0X000000	SADDR 00000000							0AFH
0A0H	P2 11111111						WDTRST XXXXXXXX		0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX							9FH
90H	P1 11111111								97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000	AUXR XXXXXX00		8FH
80H	P0 11111111	SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000				PCON 00000000	87H

Şekil Ek1.6 SFR`lerin dahili RAM içerisindeki yerleşimi [8]

Program Durum Kelimesi (PSW)

Program durum kelimesi (Program Status Word) bir çalışma anında CPU'nun durumunu gösteren çeşitli durum bitlerini (bayrakları-flags) içermektedir. Şekil 5-13'te gösterilen PSW, mikro denetleyicinin SFR alanı içinde bulunur ve adresi D0h'tır. PSW, carry (elde) biti, auxiliary carry biti, iki itane saklayıcı kümesi seçme biti, overflow (taşma) biti, parity biti ve kullanıcı tarafından tanımlanabilen iki tane biti içermektedir. Aşağıda bu bitler tanıtılmaktadır.

Table 4. PSW: Program Status Word Register

PSW	Address = 0D0H	Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
	CY	AC	F0	RS1	RS0	OV	—	P
Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	Function							
CY	Carry flag.							
AC	Auxiliary Carry flag. (For BCD Operations)							
F0	Flag 0. (Available to the user for general purposes).							
RS1	Register bank select bit 1.							
RS0	Register bank select bit 0.							
	RS1	RS0	Working Register Bank and Address					
	0	0	Bank 0	(00H–07H)				
	0	1	Bank 1	(08H–0FH)				
	1	0	Bank 2	(10H–17H)				
	1	1	Bank 3	(18H–1FH)				
OV	Overflow flag.							
—	User definable flag.							
P	Parity flag. Set/cleared by hardware each instruction cycle to indicate an odd/even number of “one” bits in the Accumulator, i.e., even parity.							

Şekil Ek1.7 PSW saklayıcısı formatı [8]

Komut İşaretçisi (PC)

Program Counter (PC), hafızada okunacak bir sonraki byte komutuna işaret etmek için dahili olarak kullanılmaktadır. Doğrudan erişilememektedir. PC'nin değeri, JMP veya CALL gibi dallanma komutları ile değişir. PC, indisli adreslemede program hafızadan okurken taban (base) saklayıcı olarak da kullanılabilir.

TMOD Saklayıcısı

Zamanlayıcı/Sayıcılarının SFR TMOD saklayıcısı tarafından belirlenen 4 çalışma modu vardır. TMOD saklayıcısının düşük 4-bit'i Zamanlayıcı/Sayıcı 0 ile, diğer yüksek 4-bit'i Zamanlayıcı/Sayıcı 1 ile ilgilidir. Şekilde TMOD saklayıcısı ve her iki Zamanlayıcı/Sayıcı için olan kontrol bit'leri görülmektedir.

TMOD	Address = 89H	Reset Value = 0000 0000B						
	Not Bit Addressable							
	TIMER 1				TIMER 0			
	GATE	C/ \bar{T}	M1	M0	GATE	C/ \bar{T}	M1	M0
	Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	Function							
GATE	Gating control when set. Timer/Counter 0 or 1 is enabled only while $\overline{INT0}$ or $\overline{INT1}$ pin is high and TR0 or TR1 control pin is set. When cleared, Timer 0 or 1 is enabled whenever TR0 or TR1 control bit is set.							
C/ \bar{T}	Timer or Counter Selector. Clear for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from T0 or T1 input pin).							
M1	M0	Operating Mode						
0	0	8-bit Timer/Counter. THx with TLx as 5-bit prescaler.						
0	1	16-bit Timer/Counter. THx and TLx are cascaded; there is no prescaler.						
1	0	8-bit auto-reload Timer/Counter. THx holds a value which is to be reloaded into TLx each time it overflows.						
1	1	(Timer 0) TL0 is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standard Timer 0 control bits. TH0 is an 8-bit timer only controlled by Timer 1 control bits.						
1	1	(Timer 1) Timer/Counter stopped.						

Şekil Ek1.8 TMOD saklayıcısı formatı [8]

TCON Saklayıcısı

SFR TCON saklayıcısının bitleri şekilde görülmektedir. TCON'un düşük değerli 4-bit'i harici kesme kontrolü içindir. TCON saklayıcısının TF0 ve TF1 bitleri, Zamanlayıcı/Sayıcı kesmesi oluşturur. İlgili sayıcı taşıdığı anda TF0 veya TF1 üretilir.

TCON		Address = 88H							Reset Value = 0000 0000B
		Bit Addressable							
		TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0
		Bit 7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	Function								
TF1	Timer 1 overflow Flag. Set by hardware on Timer/Counter overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.								
TR1	Timer 1 Run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 1 on/off.								
TF0	Timer 0 overflow Flag. Set by hardware on Timer/Counter 0 overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.								
TR0	Timer 0 Run control bit. Set/cleared by software to turn Timer/Counter 0 on/off.								
IE1	Interrupt 1 flag. Set by hardware when external interrupt 1 edge is detected (transmitted or level-activated). Cleared when interrupt processed only if transition-activated.								
IT1	Interrupt 1 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupt 1.								
IE0	Interrupt 0 flag. Set by hardware when external interrupt 0 edge is detected (transmitted or level-activated). Cleared when interrupt processed only if transition-activated.								
IT0	Interrupt 0 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupt 0.								

Şekil Ek1.9 TCON saklayıcısı formatı [8]

Kesme Kontrolü

8052, 6 kesme kontrolüne sahiptir. Bunlar TF0, TF1, TF2, INT0, INT1 ve Seri Port işlemleridir.

TCON Saklayıcısının TF0 ve TF1 bitleri ile T2CON saklayıcısının TF2 biti, 3 tane Zamanlayıcı/Sayıcı kesmesi oluşturur. İlgili sayıcı taşıdığı anda TF0, TF1 veya TF2 üretilir.

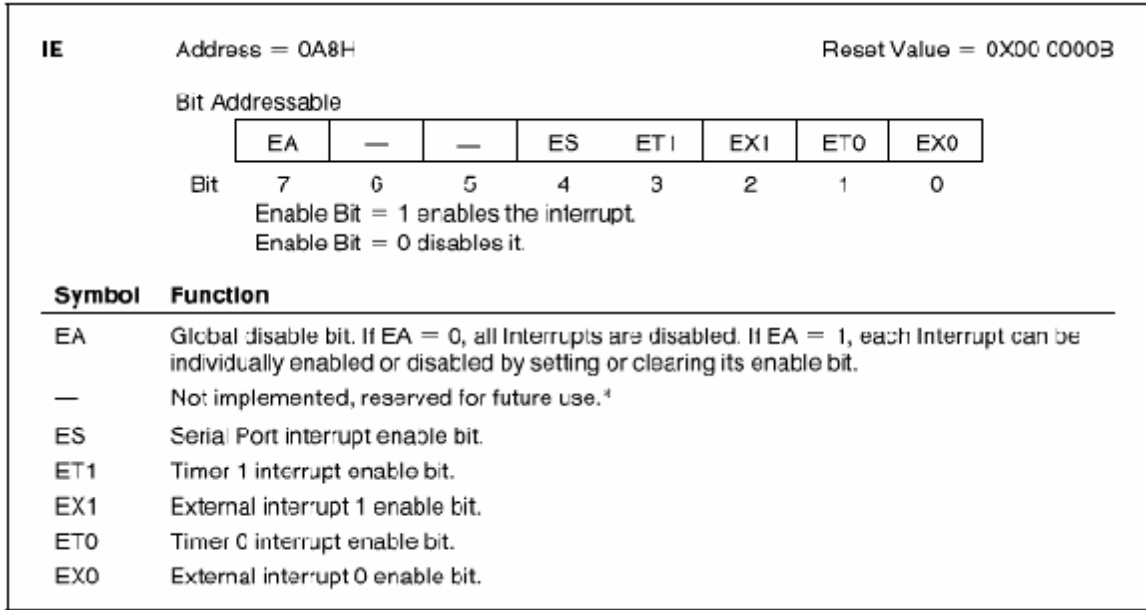
INT0 ve INT1 harici kesmeleridir. Kesme kontrol donanımı, harici kesme sinyalinin düşen kenarına veya düşük seviyesine cevap verecek şekilde, programlanabilir. Bu seçim SFR TCON'un kontrol bitleri IT0 ve IT1 ile belirlenir.

Kesmelerin son kaynağı Seri Port'tur. SFR SCON'un RI ve TI bit'leri bir OR kapısı ile birleştirilmiştir. Bunlardan biri, kesme oluşturabilir. Kesmeyi hangisinin oluşturduğunu belirlemede, her iki TI ve RI bayraklarının kontrolü, yazılımın sorumluluğundadır.

IE Saklayıcısı

Kesme aktif etme (IE - Interrupt Enable) saklayıcısı, kesmeleri yazılım kontrollü olarak aktif

ya da pasif etmede, yani bitleri maskelemede kullanılır. IE saklayıcısının formatı aşağıda verilmiştir.



Şekil Ek1.10 IE saklayıcısı formatı [8]

IP Saklayıcısı

Kesme öncelik (IP - Interrupt Priority) saklayıcısı, 5 kesme kaynağından her birine, bir yüksek öncelik veya bir düşük öncelik atar. İki kesme kaynağı aynı öncelik seviyesinde programlandığında, öncelikler şu sıra ile belirlenir:

1 (Highest)	INT0
2	Timer 0
3	INT1
4	Timer 1
5	Serial Port

Şekil Ek1.11 IP saklayıcısı formatı [8]

Seri Port

8051'in Seri Port'u SFR SCON ile kontrol edilir. Seri Port'a gönderilen veya Seri Port'tan gelen veri, SFR SBUF yolu ile aktarılır. Seri Port programlandıktan sonra, sadece SBUF'a yazmak, seri iletişimi başlatır. Benzeri şekilde, dışarıdan alınan byte SBUF'tan okunur. SBUF tek bir SFR gibi görünmesine karşın, donanımda bu işe ayrılmış byte'ları göndermek ve almak için iki ayrı saklayıcı bulunmaktadır. Seri veri gönderme ve alma, aynı anda

olabilmektedir. Bu yöntem, Full Duplex işlem olarak adlandırılır.

İletişim veri hızı (transmission rate) ve veri bit sayısını belirleyen, 4 çalışma modu vardır. Seri iletişim veri hızı (baud rate) sistem saati veya Zamanlayıcı 1 ile belirlenir. Eğer Zamanlayıcı 1 8-bit auto-reload moduna (Mod 2) konursa, baud hızı aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$\text{baud} = 2^{\text{SMOD}} \times (\text{Kristal Frekansı}) / 384 \times (256 - \text{TH1})$$

Bu formülde kullanılan SMOD, PCON saklayıcısında 1-bit bir alan olup TH1 ise 8-bit SFR'dir.

Baud Rate	fosc	SMOD	Timer 1		
			C/T	Mode	Reload Value
Mode 0 Max: 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
Mode 2 Max: 375K	12 MHz	1	X	X	X
Modes 1, 3: 62.5K	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2K	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6K	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8K	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4K	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2K	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.986 MHz	0	0	2	1DH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

Şekil Ek1.12 8052 seri porta ait bazı çalışma frekansları [8]

SCON Saklayıcısı

SCON saklayıcısının formatı aşağıdaki gibidir.

SCON	Address = 98H	Reset Value = 0000 0000B						
Bit Addressable								
	SM0/FE	SM1	SM2	REN	TB8	RB8	TI	RI
Bit:	7	6	5	4	3	2	1	0
	(SMOD0 = 0/1)*							
Symbol	Function							
FE	Framing Error bit. This bit is set by the receiver when an invalid stop bit is detected. The FE bit is not cleared by valid frames but should be cleared by software. The SMOD0* bit must be set to enable access to the FE bit.							
SM0	Serial Port Mode Bit 0, (SMOD0 must = 0 to access bit SM0)							
SM1	Serial Port Mode Bit 1							
		SM0	SM1	Mode	Description	Baud Rate**		
		0	0	0	shift register	$F_{OSC}/12$		
		0	1	1	8-bit UART	variable		
		1	0	2	9-bit UART	$F_{OSC}/64$ or $F_{OSC}/32$		
		1	1	3	9-bit UART	variable		
SM2	Enables the Automatic Address Recognition feature in Modes 2 or 3. If SM2 = 1 then RI will not be set unless the received 9th data bit (RB8) is 1, indicating an address, and the received byte is a Given or Broadcast Address. In Mode 1, if SM2 = 1 then RI will not be activated unless a valid stop bit was received, and the received byte is a Given or Broadcast Address. In Mode 0, SM2 should be 0.							
REN	Enables serial reception. Set by software to enable reception. Clear by software to disable reception.							
TB8	The 9th data bit that will be transmitted in Modes 2 and 3. Set or clear by software as desired.							
RB8	In modes 2 and 3, the 9th data bit that was received. In Mode 1, if SM2 = 0, RB8 is the stop bit that was received. In Mode 0, RB8 is not used.							
TI	Transmit interrupt flag. Set by hardware at the end of the 8th bit time in Mode 0, or at the beginning of the stop bit in the other modes, in any serial transmission. Must be cleared by software.							
RI	Receive interrupt flag. Set by hardware at the end of the 8th bit time in Mode 0, or halfway through the stop bit time in the other modes, in any serial reception (except see SM2). Must be cleared by software.							
NOTE:								
	*SMOD0 is located at PCON6.							
	**F _{OSC} = oscillator frequency							

Şekil Ek1.13 SCON saklayıcısı formatı [8]

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 17.09.1979

Doğum yeri İstanbul

Orta-Lise 1990-1997 Beşiktaş Atatürk Anadolu Lisesi

Lisans 1998-2003 Yıldız Üniversitesi Elektrik Elektronik Fak.
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2003-2006 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilgisayar Müh. Anabilim Dalı

Çalıştığı kurum(lar)

2004-Devam ediyor YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Araştırma Görevlisi