

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞERİT İZLEME VE ARAÇ-ARAÇ HABERLEŞMEDEN
FAYDALANARAK TRAFİK KAZA ÖNLEME SİSTEMLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

ÖMER MEŞEDİLCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÜMİT ALKAN**

İSTANBUL,2019

**T.C.
İSTANBUL GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ŞERİT İZLEME VE ARAÇ-ARAÇ HABERLEŞMEDEN
FAYDALANARAK TRAFİK KAZA ÖNLEME SİSTEMLERİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

ÖMER MEŞEDİLCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DR. ÖĞR. ÜYESİ ÜMİT ALKAN**

İSTANBUL,2019

Ömer MEŞEDİLCİ tarafından hazırlanan “Şerit İzleme ve Araç-Araç Haberleşmeden Faydalanarak Trafik Kaza Önleme Sistemlerinin Geliştirilmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İstanbul Gelişim Üniversitesi Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALKAN
Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Başkan : Prof. Dr. Bedri YÜKSEL
Mekatronik Mühendisliği, İstanbul Gelişim Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Üye : Doç. Dr. Mustafa Emre AYDEMİR
Elektrik Elektronik Mühendisliği, İstanbul Esenyurt Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum/onaylamıyorum

Tez Teslim Tarihi:/...../.....

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALKAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ömer MEŞEDİLCİ
...../...../2019

ŞERİT İZLEME VE ARAÇ-ARAÇ HABERLEŞMEDEN FAYDALANARAK TRAFİK KAZA
ÖNLEME SİSTEMLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ömer MEŞEDİLCİ

GELİŞİM ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

Günümüzde artan trafik yoğunluğu nedeniyle maddi hasar veya can kaybına sebebiyet veren kazaların sayısında önemli ölçüde artışların oluştuğu görülmektedir. Bu gelişmelere paralel olarak, gelişen otomotiv teknolojilerinin tasarımında sürücü ve yolcuların güvenliğinin sağlanması önemli hale gelmektedir. Bu amaçla otomotiv sektöründe son yıllarda daha güvenli araçlar üretmek için birçok çalışma yapıldığı gözlemlenmektedir. Bu proje, hem hatalı sürüş gerçekleştiren sürücülerin kendi güvenliği, hem de trafikte seyir halinde bulunan diğer araçlardaki yolcuların güvenliğini arttırmak amacıyla tasarlanmıştır.

Tez çalışmasında araçları temsilen, şerit izleyen robotlar tasarlanmıştır. Kullanılan robotların şerit takibi yapabilmesi için PD (Proportional Derivative-Oransal Türev) kontrol algoritmasından faydalanılmıştır. Ayrıca robotların birbiriyle otonom olarak haberleşmesini sağlamak amacıyla HC05 ve HC06 Bluetooth modülleri sisteme entegre edilmiştir. Robotlardan herhangi birinin şerit takip sistemine yazılım ile müdahale edilerek hatalı sürüş senaryolarından birini yapmaya zorlanmıştır. Hatalı sürüşü yapan araç tarafından iletilen bilgiyi alan robotun ise kendi güvenliğini temin etmek için gerekli önlemleri alması sağlanmıştır.

Üretilen kaza senaryolarında, trafikte seyir halinde bulunan araçların şerit takip sistemleri yardımıyla sürücüler tarafından nasıl kullanıldığı, araçta bulunan sistem tarafından değerlendirilmektedir. Değerlendirme aşamasında; sürücünün şerit ihlali yapması, kısa mesafede çok sık şerit değiştirmesi, hatalı sollama girişiminde bulunması, kör noktada yer alan aracı fark etmemesi, yüksek hızda ve düşük hızda ilerlemesi gibi hataların yanı sıra arkadan yaklaşmakta olan ambulans, itfaiye araçları gibi taşıtlara geçiş önceliği verilmesi uyarılarından oluşmaktadır. Tasarımın uygulamadaki sonuçlarını doğrulamak için tesis edilen parkur ve test robotları ile yapılan uygulama çalışmasında; hatalı sürüş gerçekleştirmekte olan sürücülerin kendi araçları tarafından uyarıldıkları ve hatalı sürüş bilgisini alan çevredeki diğer araçların da oluşabilecek kazaları önlemeye yönelik aksiyon aldıkları gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler : Şerit İzleme Sistemleri, araç-araç, araç-altyapı, Trafik kaza uyarı sistemleri,
Sayfa Adedi : 125
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALKAN



DEVELOPING CRASH PREVENTION SYSTEMS USING LANE TRACKING AND VEHICLE TO VEHICLE COMMUNICATION

(M. Sc. Thesis)

Ömer MEŞEDİLCİ

GELİSİM UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

Nowadays, there is a significant increase in the number of accidents that cause material damage or loss of life due to increasing traffic density. In parallel with these developments, it becomes important to ensure the safety of drivers and passengers in the design of developing automotive technologies. For this purpose, it is observed that many researches have been conducted in the automotive sector in recent years to produce safer vehicles. This project has been designed to improve the safety of drivers who perform faulty driving and the safety of passengers in other vehicles in traffic.

In the thesis, robots that follow the lanes were designed as representing the vehicles. Proportional Derivative (PD) control algorithm was taken advantage in order to lane tracking of the robots that were designed. In addition, the HC05 and HC06 Bluetooth modules are integrated into the system to enable the robots to communicate with each other autonomously. One of the robots was intervened with the software of the lane tracking system and forced to drive incorrectly. The robot, which receives the information transmitted by the vehicle driving the faulty, is provided to take the necessary measures to ensure its own safety. The other robot, which receives the information transmitted by the vehicle driving at fault, has taken the necessary precautions to ensure its own safety.

In the accident scenarios created, the drivers of the vehicles moving in traffic are evaluated with the help of lane tracking systems in the vehicles. Faulty driving analysis covers the lane infringement of the driver, lane change very frequently at short distance, wrong overtaking, zone-out the vehicle located at the blind spot, driving at high speed and low speed as well as warning for the vehicles that have priority of way such as ambulance and fire trucks. In the study conducted with the racecourse and test robots established to test the application results; It is observed that the drivers who are driving at fault were warned by their own vehicles, and other vehicles in the environment receiving faulty driving information took necessary action for their own safety and to prevent accidents.

Key Words : Intelligent Transportation System, vehicle to vehicle, vehicle to
Infratructure, Traffic Avoidence System

Page Number : 125

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Ümit ALKAN



TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın gerekleőmesinde, yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam; Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ümit ALKAN' a ayrıca tüm eğitim hayatım boyunca benden desteğini esirgemeyen eőim İpek MEŞEDİLCİ' ye teőekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	IV
ABSTRACT	VI
TEŞEKKÜR	VIII
İÇİNDEKİLER.....	IX
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XII
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	XIII
TABLolar LİSTESİ	XVII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Literatürde Yapılan Çalışmalar	3
2.1.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri (Intelligent Transportation Systems).....	3
2.1.1.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri Tarihçesi.....	5
2.1.1.2. Akıllı Ulaşım Sistemlerine Duyulan İhtiyaç.....	7
2.1.1.3. Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulama Alanları.....	8
2.1.1.4. Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Temel Anahtar Teknolojiler	9
2.1.2. V2V : Vehicle to Vehicle (Araç – Araç Haberleşmesi).....	9
2.1.3. V2I : Vehicle to Infrastructure (Araç – Altyapı Haberleşmesi).....	10
2.1.4. V2P : Vehicle to Pedestrian (Araç – Yaya Haberleşmesi).....	11
2.1.5. V2X : Vehicle to Everything (Araç – Herşey Haberleşmesi)	13
2.1.6. Geçici Taşıt Ağları (Vehicular Ad-Hoc Networks- VANETS)	15
2.1.7. Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli İletişim (DSRC- Dedicated Short Range Cominication.....	15
3. SİSTEMİN MEKANİK TASARIMI VE KULLANILAN EKİPMANLAR	17
3.1. Araç şasi tasarımı.....	17
3.2. Tekerlek Sistemi	18
4. ELEKTRONİK BİLEŞENLER VE BAĞLANTILARI	21
4.1. Sensör Seti (QTR – 8 RC).....	21
4.2. Mikrodenetleyici Kart.....	24
4.2.1. Genel Özellikler	24
4.2.2. Mikrodenetleyici Kart Teknik Özellikleri:.....	25
4.2.3. Şematik Diyagram.....	26
4.2.4. Modül Pin Bağlantıları ve Bileşenleri	26

4.2.5.	Motor Sürücü Devresi	28
4.2.5.1.	Motor Sürücü Entegresi Teknik Özellikleri:.....	28
4.2.5.2.	PWM (Pulse With Modulation)	28
4.2.5.3.	Motor Sürücü Doğruluk Tablosu	34
4.3.	Güç Ünitesi	38
4.3.1.	Lipo Piller.....	38
4.3.2.	Voltaj Regülatörleri.....	43
4.3.2.1.	Pololu Ayarlanabilir Yükseltici Regülatör (4-25V).....	43
4.3.2.2.	LM7805 Voltaj Regülatörü.....	46
4.4.	Motorlar	47
4.4.1.	Dc Motor	47
4.5.	Araç – Araç Haberleşme Sistemi.....	49
4.5.1.	Bluetooth	49
4.5.2.	HC Serisi Bluetooth Modülü Teknik Özellikleri	51
4.5.3.	BT Modülün konfigürasyonu	52
4.6.	Elektronik Devrenin tasarlanması	56
4.7.	USB AVR Programlayıcı	58
4.7.1.	Programlayıcı sürücülerinin yüklenmesi.....	61
4.8.	Bağlantıların Gerçekleştirilmesi	63
4.8.1.	Sensör Seti Montajı	63
4.8.2.	Motorların Montajı.....	64
4.8.3.	Elektronik Kart ve PİL Montajı	65
4.8.4.	BT Modül Montajı ve Bağlantıları.....	66
4.8.5.	Kablolama	66
5.	KODLAMA	67
5.1.	Algoritma Tasarımı ve Kullanılacak Yazılımlar	67
5.2.	Kontrol Yöntemleri.....	69
5.2.1.	Oransal (P) Kontrolör	70
5.2.2.	İntegral tip (İ) kontrolör	71
5.2.3.	Oransal-integral (PI) kontrolör.....	72
5.2.4.	Oransal-türev (PD) kontrolör	73
5.2.5.	Oransal-integral-türev (PID) kontrolör	74
5.3.	Sistemin Genel algoritması:.....	76
6.	UYGULAMALAR	79
6.1.	Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu	79

6.2.	Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu.....	83
6.3.	Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu.....	87
6.4.	Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu	90
6.5.	Kör Nokta Uyarı Senaryosu	93
6.6.	Yaklaşmakta Olan “Acil Durum” Araçları Uyarı Sistemi.....	97
7.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	101
	KAYNAKLAR.....	105



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar açıklamalarıyla birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklamalar
V2V	Vehicle-to-Vehicle (Araçtan Araca)
V2I	Vehicle-to-Infrastructure (Araçtan Altyapıya)
V2X	Vehicle-to-Everything (Araçtan Herşeye)
GPS	Global Positioning System
FARS	Fatality Analysis Reporting System
VANETs	Vehicular Ad-hoc Networks
DSCR	Dedicated Short Range Communication
VSN	Vehicular Sensor Network
CVT	Connected Vehicle Technology
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
FHA	Federal Highway Administration
NHTSA	National Highway Traffic Safety Administration

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1 Akıllı Ulaşım Sistemleri Altyapısı	5
Şekil 2.2 V2V Altyapısı	10
Şekil 2.3 V2I Altyapısı	11
Şekil 2.4 Otomotiv Firması Honda Firması Tarafından Geliştirilen V2P Altyapısı	13
Şekil 2.5 V2X Altyapısı	15
Şekil 3.1 Şerit İzleyen Araç Gövdesi Tasarımı	17
Şekil 3.2 Şerit İzleyen Araç Tekerleği	19
Şekil 3.3 Şerit İzleyen Araç Tekerlek Ölçüleri	19
Şekil 3.4 Tekerlek Bağlantı Ekipmanları ve Şaft Sistemi	20
Şekil 3.5 Şaft Ölçüleri ve Teknik Özellikler	20
Şekil 4.1 QTR - 8RC Sensör Dizisi.....	21
Şekil 4.2 QTR - 8RC Sensör Ölçüleri	22
Şekil 4.3 QTR - 8RC Şematik.....	22
Şekil 4.4 QTR - 8RC Bölünme Görünümü	23
Şekil 4.5 QTR - 8RC ikili set ve Direnç Bağlantısı	23
Şekil 4.6 Pololu Baby Orangutan B-328 Geliştirme Kartı.....	24
Şekil 4.7 Baby Orangutan B-328 Pin Bağlantı Şekli	25
Şekil 4.8 Baby Orangutan B-328 Şematik Diyagram	26
Şekil 4.9 Mikrodenetleyici Üzerinde Yer Alan Bileşenler.....	27
Şekil 4.10 Mikrodenetleyici Pin Tablosu ve Alternatif Fonksiyonları	28
Şekil 4.11 Duty Cycle Elektriksel Devresi.....	29
Şekil 4.12 Farklı Duty Cycle Değerleri.....	30
Şekil 4.13 Kare Dalga Sinyali / Periyot Terimleri	31
Şekil 4.14 Duty Cycle Örnekleri	31
Şekil 4.15 Farklı Frekans Değerlerine sahip aynı Duty Cycle Sinyalleri	32
Şekil 4.16 Duty Cycle - Zaman - Genlik - Periyot gösterimi.....	32
Şekil 4.17 Farklı Duty Cycle örnekleri ve Ortalama Gerilim Değerleri	33
Şekil 4.18 H-Köprü Motor Sürücü Devre Şeması.....	35
Şekil 4.19 Çeşitli Lipo Batarya Örnekleri	39
Şekil 4.20 Lipo Batarya İç Yapısı	39
Şekil 4.21 Arızalanmış Lipo Batarya	40

Şekil 4.22 Güç Ünitesinde Lipo Batarya Kullanan Elektrikli Araç	41
Şekil 4.23 Anlık ve Sürekli C değeri verilmemiş Lipo Pil.....	42
Şekil 4.24 Anlık ve Sürekli C değeri verilmiş Lipo Pil	42
Şekil 4.25 Lipo Pil Şarj Aleti (Solda) Balance Şarj İşlemi (Sağda).....	43
Şekil 4.26 Pololu 4-25V Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü	44
Şekil 4.27 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (5 Volt İçin)	44
Şekil 4.28 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (12 Volt İçin)	45
Şekil 4.29 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (24 Volt İçin)	45
Şekil 4.30 Pololu Voltaj Regülatörü Ölçüleri (Kaynak - Pololu.com).....	46
Şekil 4.31 7805 Voltaj Regülatörü (Solda) ve Pin Bağlantıları (Sağda).....	47
Şekil 4.32 Voltaj Regülatörü Şematik (7805)	47
Şekil 4.33 DC Motor	48
Şekil 4.34 BT Sembolü	49
Şekil 4.35 BT Teknolojisi Akıllı Ev Uygulamaları.....	50
Şekil 4.36 BT Modül PCB Alt (Solda) ve Üst (Sağda) Görünüm	51
Şekil 4.37 Mikrodenetleyici - BT Modül Bağlantısı.....	52
Şekil 4.38 BT Modülün AT Komutları İle Programlanması.....	53
Şekil 4.39 Şerit İzleyen Robot PCB (Üst Görünüm)	57
Şekil 4.40 Şerit İzleyen Robot Şematik	58
Şekil 4.41 Pololu Programlayıcı PCB	58
Şekil 4.42 Pololu USB-AVR Programlayıcı	59
Şekil 4.43 Programlayıcı Pin Bağlantıları.....	60
Şekil 4.44 Programlayıcı Aygıt Yöneticisi Görünümü	62
Şekil 4.45 Pololu SLO-Scope Ekran Görüntüsü	63
Şekil 4.46 Sensör Seti izolasyon ve montaj işlemi.....	64
Şekil 4.47 Tez çalışmasında Kullanılan Redüktörlü DC motorlar.....	64
Şekil 4.48 Motor ve Tekerlek Sistemi bileşenleri ve Montajı.....	65
Şekil 4.49 Tez Çalışmasında Kullanılan Şerit izleyen Robot PCB.....	65
Şekil 4.50 Montaj İşlemi Sonrası PCB üst görünümü ve BT modül Bağlantısı (TX-RX-VCC-GND).....	66
Şekil 4.51 Araç Montajı ve Kullanılan Kablolar.....	66
Şekil 4.52 Montajı Tamamlanmış Araç	67
Şekil 5.1 Atmel Studio 6 Arayüzü	68
Şekil 5.2 Atmel Studio - Pololu Eklentisi Sonrası Denetleyici Seçim Ekranı	69

Şekil 5.3 Örnek Proje - Blink Led.....	69
Şekil 5.4 Oransal Kontrollör Sisteminin Sıcaklık Kontrolü için Cevap Grafiği.....	70
Şekil 5.5 Oransal Kontrollör İşlemsel Yükselteç Devresi.....	71
Şekil 5.6 İntegral Kontrollör işlemsel yükselteç devresi.....	72
Şekil 5.7 PI Tipi Kontrollörün Blok Diyagramı Gösterimi.....	72
Şekil 5.8 Oransal İntegral Kontrollör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği.....	73
Şekil 5.9 PI Tipi Kontrollörün İşlemsel Yükselteçlerle Gerçekleştirilmesi.....	73
Şekil 5.10 Oransal Türev Kontrollör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği.....	74
Şekil 5.11 PD Tipi Kontrollörün İşlemsel Yükselteçlerle Gerçekleştirilmesi.....	74
Şekil 5.12 Oransal - İntegral – Türev Kontrollör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği.....	75
Şekil 5.13 PID Tipi Kontrollörün Blok Diyagramı Gösterimi.....	75
Şekil 5.14 Araç - Araç Haberleşme Sistem Akış Diyagramı.....	78
Şekil 6.1 Kaza Senaryolarında Kullanılacak Temsili Pist ve Araçlar.....	79
Şekil 6.2 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu – Araç – Araç İletişimi.....	80
Şekil 6.3 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu - Hata Başlangıç Durumu.....	81
Şekil 6.4 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu – Hatasız Aracın Aksiyon Alma Durumu.....	82
Şekil 6.5 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi.....	83
Şekil 6.6 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu Araç - Araç Habelleşmesi.....	84
Şekil 6.7 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Hata oluşma Durumu.....	85
Şekil 6.8 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Diğer Aracın Aksiyon Alma Süreci.....	86
Şekil 6.9 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi... ..	86
Şekil 6.10 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu Araç – Araç İletişimi.....	87
Şekil 6.11 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Aracın Kritik Seviyede yaklaşması.....	88
Şekil 6.12 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Diğer Aracın Aksiyon Alma Durumu.....	88
Şekil 6.13 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi.....	89
Şekil 6.14 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Araç - Araç iletişimi.....	91
Şekil 6.15 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Kaza Durumu... ..	92

Şekil 6.16 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu – Ortada Bulunan Aracın ani ayrılması	92
Şekil 6.17 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi	93
Şekil 6.18 Uzun araç için sağ ve sol Örnek kör nokta bölgesi	94
Şekil 6.19 Kör Nokta Uyarı Senaryosu Araç - Araç iletişimi	94
Şekil 6.20 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Aracın Kör Noktada Yer Alması Durumu	95
Şekil 6.21 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Araç Hızları Değişimi	96
Şekil 6.22 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi	96
Şekil 6.23 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum"Araçları Uyarı Sistemi	97
Şekil 6.24 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum"Araçları Uyarı Sistemi Araç - Araç İletişimi	98
Şekil 6.25 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum"Araçları Uyarı Sistemi - Araç Araç İletişimi-2. 98	
Şekil 6.26 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum"Araçları Uyarı Sistemi - Diğer Aracın Aksiyon alması	99
Şekil 6.27 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum"Araçları Uyarı Sistemi - Acil Durum Aracının Geçiş Önceliğinin Sağlanması	100

TABLolar LİSTESİ

Tablo	Sayfa
Tablo 2.1 Ülkelere göre 1000 kişiye düşen motorlu araç sayısı[14].....	8
Tablo 2.2 Oluş Türlerine Göre Ölümlü ve Yaralanmalı Trafik Kaza Bilgileri – 2017 [14] ...	12
Tablo 2.3 Trafik Kazalarında Ölen Kazazedelerin Dağılımı [14].....	12
Tablo 2.4 Ölümlü veya Yaralanmalı Trafik Kazalarında Sürücü Kusurlarına Ait Bilgiler [14]	14
Tablo 4.1 Motor Sürücü Entegresi Teknik Özellikler.....	28
Tablo 4.2 Motor Sürücü Devresi Doğruluk Tablosu.....	34
Tablo 4.3 Voltaj Regülatörü Boyutları.....	45
Tablo 4.4 Voltaj Regülatörü Genel Özellikler	46
Tablo 4.5 DC Motor Teknik Özellikleri.....	48
Tablo 4.6 BT Modülü Teknik Özellikleri	51
Tablo 4.7 BT Modül İsim Değiştirme Kod Tablosu.....	54
Tablo 4.8 BT Modül Rol Değiştirme Kod Tablosu	54
Tablo 4.9 BT Modül Şifre Belirleme Kod Tablosu	55
Tablo 4.10 BT Modül MAC adresi bağlantısı için Kod Tablosu.....	55
Tablo 4.11 BT Modül Bant Genişliği Seçimi Kod Tablosu.....	56
Tablo 5.1 P, I ve D Ayarlarının Bağımsız Olarak Etkileri.....	76

1. GİRİŞ

Günümüzde araç sayısı her geçen gün artmaktadır. Buna bağlı olarak trafik yoğunluğu da her geçen gün daha sıkışık hale gelmektedir. Rutin olması gereken 30 dakikalık bir yolculuk, özellikle büyük şehirlerde; trafik sıkışıklığı, sürüş performansındaki bireysel farklılıklar (deneyim, fiziksel yetenekler, sürücünün aceleci davranması vb.) göz önünde bulundurulduğunda saatler sürebilir. Trafik yoğunluğu üzerindeki kontrol gücü gün geçtikçe azalmaktadır. Sürücülerin aceleci davranması da kazalara sebebiyet vermektedir. [1]

Gelişmekte olan teknoloji sayesinde “Can Güvenliği” her geçen gün daha önemli hale gelmektedir. Ülkemizde ve dünyada yaşanan trafik kazaları sonucunda birçok birey yaralanmakta veya hayatı son bulmaktadır. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde 2017 yılında toplam 1.202.716 trafik kazası gerçekleşmiş, bu kazalarda 182.669 kişi hayatını kaybetmiş veya yaralanmıştır. [2] Bu nedenle otomotiv sektöründe dünyanın önde gelen şirketleri trafik kazalarını önlemek, sürücüyü önceden bilgilendirmek gibi sistemlerin geliştirilmesine yönelik büyük yatırımlar yapmaktadır.

Çarpışma önleyici sistemlerin geliştirilmesi ve taşıt trafiğinin düzenlenmesi amacıyla ilk olarak havacılık sektöründe TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System) ile ilgili çalışmalar yapılmış, bu çalışmaları denizcilik sektöründe AIS (Automatic Identification System) takip etmiştir. Raylı sistemler ile ilgili çalışmalar devam etmekte olup, Otomotiv sektöründe ise, araçlar arası haberleşme sistemlerinin kullanımının çarpışma olasılıklarını önemli ölçüde düşürdüğü gözlemlenmiştir[2].

Otomotiv sektöründe Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) bünyesinde, V2V (Vehicle to Vehicle , Araç – Araç), V2I (Vehicle to Infrastructure – Araç – Altyapı) ve son olarak V2X (Vehicle to Everything) sistemleri, DSCR (Dedicated Short Range Communication) teknolojisi kullanılarak geliştirilmeye devam etmektedir. Bu teknoloji 5.9 GHz bandında ve açık alanda yaklaşık 300 metre mesafede iletişim kurabilmek için gerekli kablosuz haberleşme altyapısını oluşturmaktadır. Tezin literatür çalışmasında bu sistemlerden ayrıntılı olarak bahsedilecektir.

Bu tez çalışması, şerit izleme ve araç – araç haberleşme sistemlerinin bir arada kullanılarak, sürüş performansının değerlendirilmesi ve trafik kaza uyarı sistemlerinin geliştirilmesi açısından önemlidir.

Geliştirilmekte olan prototip sistem ilk aşamada araç sürücülerinin, hatalı sürüş gerçekleştirmesi durumunda hem kendi araçları tarafından uyarılması hem de yakın çevrede

bulunan diğer araçların ve bu araç sürücülerinin de bu durumdan haberdar edilmesi şeklinde çalışmaktadır. Şimdilik, tüm araçlara otonom sürüş özelliği kazandırmanın mümkün olmadığı düşünülerek, kontrolün tamamı sürücü tarafından sağlanmaktadır ve yaşanabilecek çarpışma senaryolarına karşı insanların uyarılara tepki süresi farklılık göstermektedir. Ancak gelecekte, otonom sürüş yeteneğinin tüm araçlarda olması kaçınılmazdır, dolayısıyla olası bir kaza senaryosuna karşı alınacak önlemin makine tarafından hesaplanması ve önlemin gerçekleştirilecek olması, çok daha verimli sonuçlar doğuracaktır.



2. GENEL BİLGİLER

Sistemin gerçeklenmesi şerit izleyen robotlar yardımıyla yapılmıştır. şerit izleyen robotlar, siyah veya beyaz renk algılayıcı yansıma sensörleri, veya kameralı görüntü işleme teknikleri ile şerit takibi yapmaktadır. Projede kullanılan şerit takip robotlarında Pololu üretici firması tarafından geliştirilen QTR-8RC IR sensör seti kullanılmaktadır.

Tüm sistemi entegre etmek için PCB (Printed Circuit Board) tasarımı yapılmış, bazı kullanıcı butonları, LED'ler, çeşitli senaryolar için anahtarlar devre kartına monte edilmiştir.

şerit takip işlemini gerçekleştirecek olan robotların birbirleriyle otonom iletişim kurmaları amacıyla bluetooth modülleri sisteme entegre edilmiştir. Robotlar birbirlerinin kapsama alanına girdiğinde otomatik olarak eşleşmekte ve veri alışverişine başlamaktadırlar.

Çeşitli trafik kazası senaryolarına karşı araçların sürücüden bağımsız olarak otonom haberleşmesi sistemi ile kaza önleme, sürücülerini önceden bilgilendirme ve gerekli hallerde sürücünün hatalı bir tutum sergilememesi için aracın kontrolü ele alması ve tehlikeli senaryo sonuna kadar tutum değiştirmemesi amaçlanmaktadır.

2.1.Literatürde Yapılan alışmalar

Tezin bu bölümünde Türkiye ve Dünyada Akıllı Ulaşım Sistemlerinin (AUS) genel tanımı, gelişimi ve günümüzde geldiği nokta hakkında literatürde yer alan çalışmalara ve teknolojilere yer verilecektir. AUS mimarisi altında V2V, V2I, V2P ve V2X haberleşme teknolojileri incelenecek, bu haberleşme teknolojilerinin kullanmakta olduğu alt sistemlere yer verilecektir.

2.1.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri (Intelligent Transportation Systems)

Akıllı Ulaşım Sistemleri genel olarak, insanın üzerindeki düşünme veya karar verme yükünü hafifletmeye yönelik ulaşım çözümleri olarak tanımlanabilir[3]. AUS; bilgi, iletişim, kontrol, bilgisayar teknolojisi ve diğer güncel teknolojileri kullanarak gerçek zamanlı, doğru ve verimli bir ulaşım yönetim sistemi oluşturmayı amaçlamaktadır. [4]

Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS), trafik kontrol sistemleri de dahil olmak üzere çeşitli alt sistemleri entegre ederek, ulaşım sistemlerinin güvenliğini ve verimliliğini arttırmayı amaçlamaktadır. Algılama, iletişim ve kontrol süreçlerinde bilgi teknolojilerinin kullanımı başarılı bir entegrasyon için kritik öneme sahiptir. Bu teknolojiler, dünyadaki kamu ve özel

kuruluşlara, kara, hava ve deniz taşıma sistemlerindeki artan talepleri karşılamaları için yardımcı olmaktadır. [5]

Son yıllarda mobil cihaz teknolojisi, kablosuz iletişim teknolojisi, algılayıcı teknolojisi ve uzak kontrol teknolojisi alanında yaşanan gelişmeler AUS' nin gelişiminde büyük bir sıçrama yapmasında önemli bir rol oynamıştır. [6]

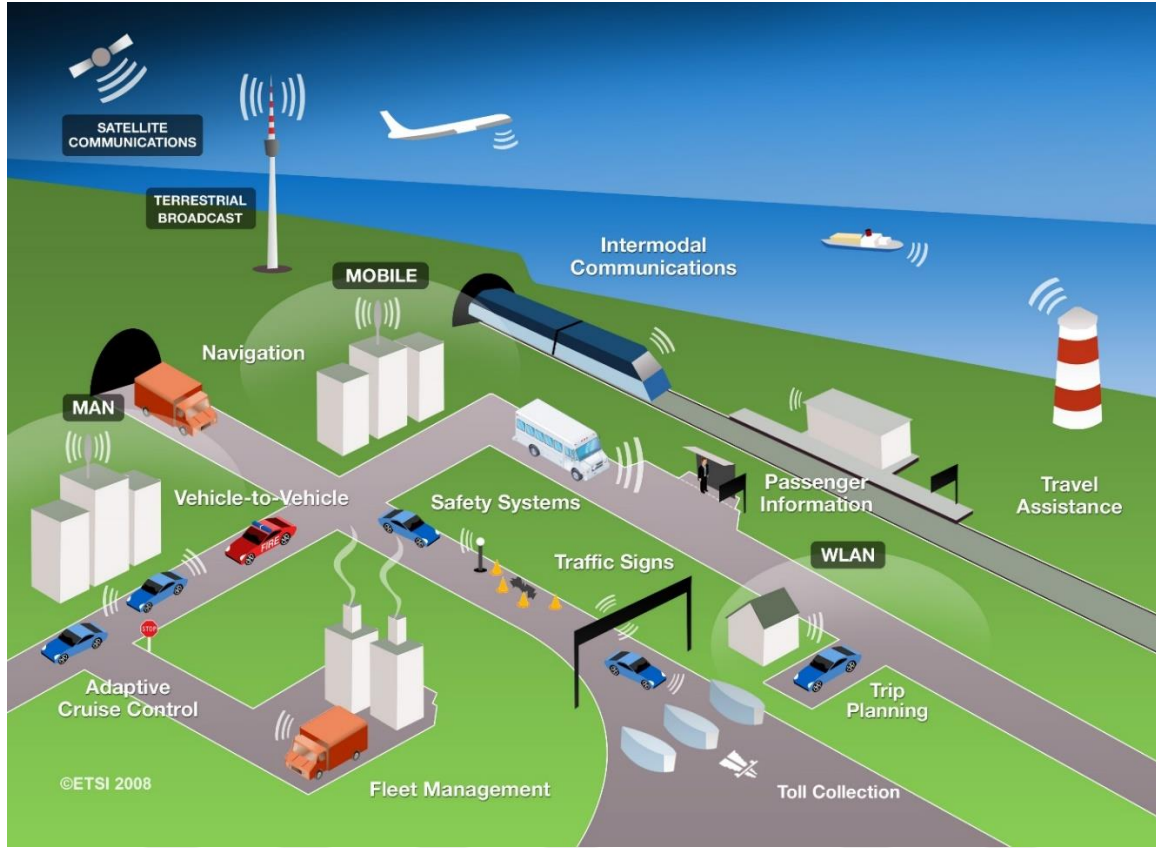
Günümüzde AUS üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu alanda yapılan çalışmalar devletler tarafından desteklenmektedir. Gelecekte ulaşım, büyük oranda otonom kabiliyete sahip araçlar tarafından gerçekleştirilecektir. Bu araçların AUS tabanlı sistemler kullanacak olması da kaçınılmazdır.

J. Zang (2011)' e göre Son yirmi yıldır akıllı ulaşım sistemleri (AUS), ulaşım sistemlerinin performansını artırmanın, seyahat güvenliğini artırmanın ve tercih edilecek güzergâh hakkında daha fazla seçenek sunmanın etkili bir yolu olarak ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalarda AUS' deki önemli bir değişiklik, çeşitli kaynaklardan çok daha fazla veri toplanması ve farklı paydaşlar için çeşitli biçimlerde işlenebilmesidir. Büyük miktarda veri kullanılabilirliği, AUS' nin gelişiminde bir devrime neden olabilir ve bir AUS' yi geleneksel teknolojiye dayalı bir sistemden daha güçlü, çok fonksiyonlu bir veri odaklı akıllı taşıma sistemine dönüştürebilir. [7]

Akıllı Ulaşım Sistemlerinin kullanım alanları; Ücretlendirme sistemleri, park sistemleri, trafik kontrol sistemleri, trafik planlama ve akışın optimizasyonu ve sürüş güvenliği olarak sıralanabilir. [8]

Sonuç olarak, araçlarda yolcu güvenliğini artırmak, kazaları önlemek, kaza sırasında veya sonrasında yaşanan yaralanma ve ölümleri en aza indirmek, optimum rota planlamasını ve zamanlama işlemlerini kolaylaştırmak, otomatik geçiş ücretlendirmeleri, değişken yol ve arazi

koşulları hakkında sürücülerin önceden bilgilendirilmesi ve benzeri bir çok bilginin iletimi için akıllı ulaşım sistemlerinin rolünün gelecekte çok büyük öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 2.1 Akıllı Ulaşım Sistemleri Altyapısı

2.1.1.1. Akıllı Ulaşım Sistemleri Tarihçesi

Dünyada ilk AUS uygulaması, 1928 yılında kullanılmaya başlanan trafik ışıkları olarak kabul edilmektedir. Trafik ışıkları sayesinde çok karmaşık yol kesişim noktaları düzenli bir şekilde kontrol edilebilir hale gelmiştir. Bu sayede hangi aracın ne zaman, yayaların ne zaman geçeceği ve kavşaklarda hangi yöne giden araçların hangi yöne gidenlere ne kadar süreyle yol vereceği meseleleri kesin olarak çözümlenmiştir. Böylece hem sürücüler hem de yayalar için düşünüp karar verme mekanizması makinelere yüklenmiştir[3].

Devam eden süreçte AUS elektronik ve bilgisayar sistemleri tabanlı ulaşımı düzenleme ve yönlendirme faaliyetleri olarak ele alınmıştır. Bu yaklaşım ile ilgili ilk uygulamalar ise 1960' lı yılların sonunda kullanımı başlanan elektronik değişken mesaj işaretleri ve kırmızı ışık kameraları olarak kabul edilmektedir.

AUS araştırma döneminin başlangıcı 1960' lı yılların sonu ile 1970 lerin başı olarak kabul edilmektedir. Bu araştırmalar üç öncü ülkenin her birinin kendi AR-GE faaliyetleri ile

başlamıştır. Bu kapsamda ABD’ de 1969 yılında başlatılan ERGS(Electronic Route Guidance System – Elektronik Güzergah Kılavuzluk Sistemi), Japonyada 1973’ te başlatılan CACS (Comprehensive Automobile Traffic Control System – Kapsamlı Araç Trafığı Kontrol Sistemi) ve Almanya’ da 1974’ de başlatılan ARI (Autofahrer-Rundfunk-Informationssystem – Sürücü Radyo Yayını Bilgi Sistemi) bu dönemin öne çıkan örneklerindedir[3, 9-11]. Ancak bu sistemler ekonomik hale getirilemediği için kalıcı olamamışlardır. “AUS Araştırmaları” olarak adlandırılan bu süreç, 1980 li yıllara gelindiğinde; hız tespit radarları, konuşan işaretler ve otomatik plaka okuma sistemleri ile devam etmiştir.

1980 yılında başlayarak, 1990 ların ortasına kadar devam eden süreçte gelişmiş ülkeler kendi akıllı ulaşım sistemleri uygulamalarını icat etmiş ve kullanıma başlamıştır. Dünyanın her yerinde büyükşehirlerde yaşanan trafik sıkışıklığının bu döneme denk gelmiş olması, araştırma sürecini hızlandırmıştır. GPS bazlı navigasyon sistemleri, elektronik hız sabitleyici gibi araç işi sistemlerin yanında “Hızlı Geçiş Sistemi” ve dinamik trafik ışığı kontrol sistemleri gibi altyapı tabanlı uygulamaların ilk örnekleri de bu döneme rastlamaktadır. Bu alandaki en önemli örnek ise, 1982 yılında Avustralya’ da uygulamaya geçen Sydney Koordine Adaptif Trafik Sistemi’dir. (Sydney Coordinated Adaptive Traffic System - SCATS)[12]. Bu dönem “AUS standartları” olarak anılmaktadır, bunun nedeni AUS nin standartlarının belirlenmeye yönelik çalışmaların bu dönemde başlamış olmasıdır[3].

1990’ lı yılların ortalarından itibaren dünya çapında AUS standartlarını belirleme ve AR-GE çalışmalarına kaynak sağlamak amacıyla Avrupa’ da “ERTICO”, Amerika da “ITS America” (Intelligent Transportation Society of America) teşkilatları kurulmuştur. 1994 yılında AUS Dünya Kongresi (ITS World Congress / World Congress on Intelligent Transport Systems) başlığıyla yıllık uluslararası AUS toplantıları başlatılmıştır. Aynı yıl Japonya’ da VERTIS (The Vehicle, Road and Traffic Intelligence Society) kurulmuş, 2001 yılında ise “ITS Japan” adını almıştır. Bu teşkilat a devam eden yıllarda Asya-Pasifik bölgesindeki diğer ülkeler de dahil olmuştur. Dünyada AUS kongreleri ERTICO, ITS America ve ITS Japan teşkilatlarının işbirliği ile düzenlenmektedir.

1995 yılı sonrasında AUS alanında yapılan icatlar kullanıma başlanmış ve bu dönem “AUS Uygulamaları” olarak adlandırılmıştır. Akıllı yaya geçidi sistemleri, mobil trafik bilgi sistemleri, şerit ihlali uyarı sistemleri, kör nokta bilgi sistemleri, uygu teknolojileri, 3G, Wi-Fi, Bluetooth’ u içeren mobil teknolojiler ve e-Call gibi uygulamalar bu döneme ait bazı teknolojilerdir.

Günümüzde ise AUS' nin amaçları insan, araç, altyapı ve merkez arasında veri alışverişi, trafik güvenliği, yolların kapasitelerine uygun kullanımı, mobilitenin artırılması, enerji verimliliği sağlanarak çevreye verilen zararın azaltılması gibi başlıklar çevresinde değerlendirilmektedir. Bu çerçevede AUS' nin zaman içinde yeni amaçlara hizmet etmesi de beklenmektedir. [3]

2.1.1.2.Akıllı Ulaşım Sistemlerine Duyulan İhtiyaç

Dünyada birçok ülke AUS araştırmaları ve uygulamaları için yatırımlar yapmaktadır. Örneğin Güney Kore de 2008-2020 yılları arasını kapsayan AUS çalışmaları için 3,2 milyar dolar bütçe ayrılmıştır[3].

ABD' de ise 1986' da, gayri resmi olarak bir akademisyen grubu, federal ve eyalet ulaşım yetkilileri ve özel sektör temsilcileri, ABD' deki yüzey ulaşım sisteminin geleceğini tartışmaya başlamıştır. Bu grup 1990 yılında akıllı ulaşım sistemlerine yönelik dönüm noktası sayılabilecek "Mobility 2000" vizyon belgesini yayınladı. Ardından 1990' da daimi bir organizasyona duyulan ihtiyaç doğrultusunda IVHS America (Intelligent Vehicle Highway Systems – Akıllı Araç Otoyol Sistemleri), ABD Ulaştırma Bakanlığı için bir federal danışma komitesi olarak kuruldu. Aralık 1991'de intermodal Yüzey Taşımacılığı Verimliliği Yasası (ISTEA) kabul edilmiştir. Bu yasanın amacı "İnsanları ve eşyaları enerji verimli bir şekilde taşımak amacıyla, ekonomik açıdan güçlü, ulusun küresel ekonomide rekabet etmesine zemin hazırlayan bir ulusal intermodal taşıma sistemini geliştirmek" tir. Yasa ile birlikte ulusal düzeyde AUS için AR-GE faaliyetlerinin yürütülmesi, bu sistemlerin test edilmesi ve yaygınlaştırılması amaçlanmıştır. İlk etapta 6 yıllık bir süreçte bu kanun ile ABD tarafından ayrılan bütçe 660 milyon ABD doları olmuş, 1992-1997 yılları arasında bu rakam 1.2 milyar ABD doları olarak gerçekleştirilmiştir. [13] Son dönemde ABD yönetimi federal düzeyde AUS faaliyetleri için 2,5-3 milyar dolar bütçe ayrılmıştır. [3]

Aşağıdaki tabloda dünya bankası tarafından yayınlanan, bazı ülkelere göre 1000 kişiye düşen araç sayısı yer almaktadır. Türkiye' de, 2010 yılı itibarı ile ülke nüfusuna oranla 1000 kişiye 155 araç düşmesine rağmen, büyük kentlerde yaşanan trafik sorunlarına çözüm üretme gereksinimi, AUS çalışmalarının ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.1 Ülkelere göre 1000 kişiye düşen motorlu araç sayısı[14]

ÜLKE	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
ABD	796	810	816	818	820	815	802	797
İZLANDA	656	685	724	748	772	767	746	745
LÜXEMBURG	718	719	727	734	741	747	739	739
YENİ ZELANDA	681	697	714	724	729	733	718	712
AVUSTRALYA	644	653	662	671	677	687	692	695
FİNLANDİYA	497	515	531	546	543	534	532	612
İSPANYA	550	567	580	591	606	606	591	593
JAPONYA	581	587	592	594	592	592	593	591
NORVEÇ	525	535	546	558	572	575	578	584
FRANSA	594	595	596	598	598	598	598	580
AVUSTURYA	595	599	549	553	557	561	569	578
ALMANYA	576	537	543	549	553	556	564	572
SLOVENYA	492	505	518	529	547	565	566	567
TÜRKİYE	91	111	118	126	132	138	142	155

Ülkemizde Akıllı Ulaşım Sistemlerinden beklentiler aşağıda özetlenmiştir[3],

- Trafik kazalarının azaltılması, yolların, sürücülerin ve yayaların güvenlik ve emniyetinin artırılması,
- Ulaşım sisteminin performansının iyileştirilmesi ve trafik sıkışıklığının azaltılması,
- Trafiğin izlenmesi, yönlendirilmesi ve gerçek zamanlı yönetiminin sağlanması,
- Ulaşım sürelerinin optimizasyonu ve ulaşım maliyetlerinin azaltılarak ekonomiye katkıda bulunulması,
- Hizmet kalitesinin ve verimliliğin artırılması,
- Kişisel mobilite ve rahatlığın artırılması,
- Çevreye verilen zararın asgariye indirilmesi ve enerji tasarrufunun sağlanması.

2.1.1.3.Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulama Alanları

AUS sürekli gelişen uygulama alanlarına sahip olmakla birlikte günümüzde ülkelerin ihtiyaçları doğrultusunda farklı örneklerle karşımıza çıkmaktadır. Bunlar;

- İleri Trafik Yönetimi Sistemleri,
- İleri Yolcu Bilgi Sistemleri,
- İleri Araç Kontrol Sistemleri,
- Ticari Araç Operasyonları,
- İleri Sürücü Destek ve Güvenlik Sistemleri,
- İleri Yolcu Taşımacılığı Sistemleri,

- g) İleri Elektronik Ödeme Sistemleri,
- h) İleri Yük ve Filo Yönetim Sistemleri,
- i) İleri Kaza ve Acil +999Durum Sistemleri başlıkları altında incelenebilir[3, 13].

2.1.1.4.Akıllı Ulaşım Sistemlerinde Kullanılan Temel Anahtar Teknolojiler

AUS' de kullanılan bazı temel anahtar teknolojiler; Uydularla Konum Belirleme Sistemleri (Global Navigation Satellite Systems-GNSS), Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli İletişim Teknolojisi (Dedicated-Short Range Communications- DSRC), Kablosuz Ağlar (Wireless networks), Mobil İletişim Araçları, (Mobile Telephony), Kızılötesi veya Radyo Dalgası İletişim Cihazları (Radio Wave or Infrared Beacons), Kapalı Devre Televizyon Sistemleri (CCTV Closed Circuit Television) ve Algılama Teknolojilerinden meydana gelmektedir.

2.1.2. V2V : Vehicle to Vehicle (Araç – Araç Haberleşmesi)

Dünyada her yıl milyonlarca otomobil kazası yaşanmaktadır. Ülkemizde bu rakam 2017 yılı için, TÜİK verilerine göre 1.202.716 olarak rapor edilmiştir. Bu kazaların 182.669 adedi ölümlü-yaralanmalı trafik kazaları grubundadır ve 7427 insanın hayatını kaybetmesiyle sonuçlanmıştır[2].

Amerika'da bu rakamlar NHTSA verilerine göre 2017 yılı için toplam 6.5 milyon polis tarafından rapor edilmiş kaza için 2.7 milyon yaralı ve 37.133 insanın hayatını kaybetmesiyle sonuçlanmıştır. Araç sayısının her geçen gün artması, bu riski de beraberinde arttırmaktadır. En ciddi kaza senaryolarından bazıları; arkadan çarpma, kavşak noktalarında yan çarpışmalar ve otomobil şerit değiştirdiğinde veya bir şeride sürüklendiğinde meydana gelen çarpışmalardır. [15]

V2V teknolojisi, aracın yakındaki araçlar ile arasında bilgi iletişimine dayanan, potansiyel olarak çarpışmalara yol açabilecek tehlikeli durumlar hakkında sürücülerini önceden uyaracak bir kaza önleme teknolojisidir. Örneğin, V2V bir sürücüyü, ilerideki bir aracın fren yaptığı ve yavaşlaması gerektiği konusunda uyarabilir veya bir sürücünün yaklaşan kavşak için mevcut hızda ilerlemenin güvenli olmadığı, çünkü başka bir aracın (henüz sürücü tarafından görülmeyen) hızla yaklaştığını bildirebilir.[16]

Araç-Araç (V2V) haberleşme sistemi, araçların hızları, konumları ve rotaları hakkında kablosuz olarak bilgi alışverişinde bulunmalarını sağlar. Bu sayede araçların sürücülerden bağımsız olarak birbirleriyle paylaştıkları bilgiler, sürücülerin olası kaza senaryoları için önceden uyarılması veya aracın kontrolünün ele alınması ile oluşabilecek can ve mal kaybının

önüne geçilmesi hedeflenmektedir. Araç-Araç (V2V) iletişimin, etraftaki araçların hızı ve konumu hakkında kablosuz olarak bilgi alışverişinde bulunma özelliği, çarpmaların önlenmesinde, trafik sıkışıklığının hafifletilmesinde ve çevrenin iyileştirilmesinde yardımcı olma konusunda büyük umut vaat etmektedir. NHTSA ya göre bu konudaki en büyük avantaj ancak ve ancak tüm araçlar birbirleriyle iletişim kurabildiğinde elde edilebilir.[15]



Şekil 2.2 V2V Altyapısı

Trafik güvenliğinin en önemli hedefi, otomobil kazalarını tamamen önlemektir. Bu amaçla büyük otomobil üreticileri, hükümetler ve üniversiteler, araçların birbirleriyle (V2V) ve çevre altyapıyla (V2I) iletişim kurmasını sağlayan sistemler üzerinde çalışmaktadırlar. [17].

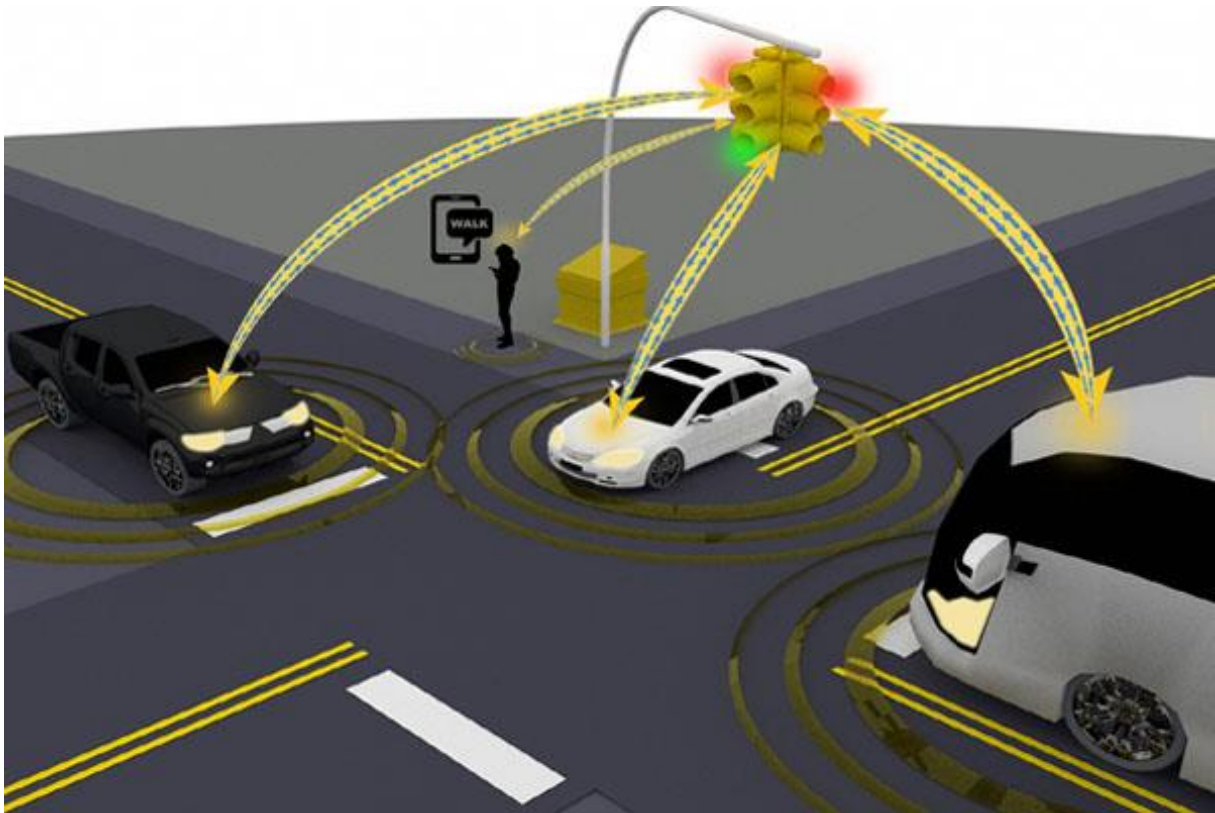
2.1.3. V2I : Vehicle to Infrastructure (Araç – Altyapı Haberleşmesi)

V2I, esas olarak motorlu taşıt kazalarından kaçınmak veya hafifletmek, aynı zamanda çok çeşitli başka güvenlik, mobilite ve çevresel faydalar sağlamak amacıyla, araçlar ve karayolu altyapısı arasında kritik güvenlik ve operasyonel verilerin kablosuz alışverişidir.[18]

V2I teknolojisi, araçların bazı karayolu altyapı üniteleri ile iletişim kurarak; hız, yön ve konum bilgilerinin merkezi bir sunucuya aktarılmasını sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Bu sunucu, tüm araçların bu tür kritik verilerini saklayacak ve bu verileri, diğer uygulamaların yanı sıra, bir aracın mevcut konumundan hedefine en hızlı yolun belirlenmesi veya bir acil durum olayının yerini belirleme gibi AUS uygulamaları için toplayacaktır[19]. İletişim V2V teknolojide olduğu gibi çift yönlüdür. Aynı şekilde altyapı üniteleri de araçlar ile iletişim

kurarak; yol koşulları, trafik sıkışıklığı, kaza durumları, inşaat ve yol bakım bölgeleri ve park durumu gibi kritik verileri sürücüler ile paylaşabilir.

V2I (Vehicle to Infrastructure) teknolojisi günümüzde V2V ile birlikte ele alınmalıdır. Ülkemizde Hali hazırda V2I uygulaması örneği olarak otoyol ücretlerinin tahsili gösterilebilir. Ancak bu tek başına yeterli bir çözüm değildir. Gelecekte V2I örnekleri olarak araçların ilgili yoldaki hava durumu, yolun güvenlik durumu, rampa eğim durumu ve viraj hız uyarı sistemleri verilebilir. Örneğin bir sürücünün bir viraja yüksek hızda girmek üzereyken altyapı sisteminden araca gönderilen hız limitleri bilgileri veya yaklaşmakta olan bir trafik ışığı ile kurulan iletişim sonucu hangi hızda yaklaşılması halinde bekleme yapmadan ışık alanından geçerek trafiğin daha verimli kullanılması gibi.



Şekil 2.3 V2I Altyapısı

2.1.4. V2P : Vehicle to Pedestrian (Araç – Yaya Haberleşmesi)

2015 yılında Avrupa Birliği Komisyonu tarafından yayınlanan “Avrupa Birliğinde Yol Güvenliği” raporuna göre trafikte ölümlle sonuçlanan kazaların %22 sini yayalar oluşturmakta, ve bu kazalar kentsel alanlarda meydana gelmektedir. [20] Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından 2017 yılında yayınlanan “Trafik Kazaları Özeti” raporunda da, ülkemizde yaşanan ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının %17,09’unu “yayaya çarpma” oluşturmaktadır. Bu

nedenle ülkemizde yaşanan 31,214 adet trafik kazasında toplam 1.681 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. [14]

Tablo 2.2 Oluş Türlerine Göre Ölümlü ve Yaralanmalı Trafik Kaza Bilgileri – 2017 [14]

KAZA OLUŞ TÜRÜ	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		TOPLAM	
	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%	Kaza Sayısı	%
Yandan Çarpma veya Yandan Çarpışma	48.238	35,51	6.593	14,08	54.831	30,02
Yayaya Çarpma	29.826	21,95	1.388	2,96	31.214	17,09
Yoldan Çıkma	9.125	6,72	17.687	37,78	26.812	14,68
Devrilme, Savrulma, Takla	10.526	7,75	6.884	14,70	17.410	9,53
Arkadan Çarpma	14.354	10,57	5.944	12,70	20.298	11,11
Karşılıklı Çarpışma	8.590	6,32	2.808	6,00	11.398	6,24
Engel/Cisim ile Çarpışma	8.241	6,07	3.476	7,42	11.717	6,41
Duran Araca Çarpma	3.139	2,31	547	1,17	3.686	2,02
Yan Yana Çarpışma	1.866	1,37	485	1,04	2.351	1,29
Araçtan Düşen İnsan	1.054	0,78	193	0,41	1.247	0,68
Hayvana Çarpma	408	0,30	506	1,08	914	0,50
Zincirleme Çarpışma	247	0,18	138	0,29	385	0,21
Çoklu Çarpışma	186	0,14	121	0,26	307	0,17
Araçtan Düşen Cisim	53	0,04	46	0,10	99	0,05
TOPLAM	135.853	100	46.816	100	182.669	100

Kaynak: Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı trafik kaza verilerine göre düzenlenmiştir.

Tablo 2.3 Trafik Kazalarında Ölen Kazazedelerin Dağılımı [14]

Kazazedeler	Ölü Sayısı		
	Kaza Yerinde	Kaza Sonrası ⁽¹⁾	Toplam
Sürücü	1.581	1.625	3.206
Yolcu	1.406	1.134	2.540
Yaya	547	1.134	1.681
TOPLAM	3.534	3.893	7.427

⁽¹⁾ Trafik kazasında yaralanıp sağlık kuruluşlarına sevk edilenlerden kazanın sebep ve tesiriyle otuz gün içinde ölenleri kapsamaktadır.

V2P teknolojisi, kaldırımdaki yayalarda bulunan mobil iletişim cihazları sayesinde, araçlar ile yayaların iletişim kurmasına olanak sağlayan bir teknolojidir. Trafikte seyir halinde olan araçlar ile kaldırımda yürüyen veya karşıdan karşıya geçmekte olan yayalar arasında doğrudan ve anlık iletişim hedeflenmiştir. Her bir yaya, günümüzde kullanımı artan mobil cihazlar ve bu cihazlarda yaşanan teknolojik gelişmeler ile kolaylıkla VANETs' e yeni bir yol kenarı düğüm noktası olarak katılabilecektir. [21]



Şekil 2.4 Otomotiv Firması Honda Firması Tarafından Geliştirilen V2P Altyapısı

2.1.5. V2X : Vehicle to Everything (Araç – Herşey Haberleşmesi)

KGM 2017 yılı trafik kazaları özeti verilerine göre, 2017 yılında ülkemizde yaşanan ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının çoğuna (%94,61) sürücünün neden olduğunu göstermektedir. Rapora göre “Araç Hızını, yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak” %40,34 ile ilk sırada yer almaktadır. Benzer şekilde “Kavşaklarda Geçiş Önceliğine Uymamak” %12,99’ luk bir dilimi kapsamaktadır. Yaklaşık %6 lık bir oran “Diğer” başlığında yer almakta olup, sürücü kusuru olarak görülmeyen, yaya-yolcu kusurları gibi durumları temsil etmektedir.

V2X iletişimi, sürücünün neden olduğu kazaları azaltmaya yardımcı olabilir. Emniyetli hız, emniyetli mesafe, emniyetli manevra ve emniyetli sürüş V2X uygulamaları tarafından ele alınan kilit faktörlerdir.[22]

V2X iletişimi temelde V2V, V2I ve V2P teknolojilerini barındıran, karayolu güvenliği, verimliliği ve bilgi-eğlence servislerinin kullanılabilirliğini arttırmayı amaçlayan kompakt bir yapıdır. DSRC teknolojisini kullanarak araçlara birbirleriyle, yol altyapısıyla ve yayalarla iletişim kurma olanağı sağlar. V2X iletişimi, bir araç ile diğer araçlar, yayalar, karayolu üzerindeki düğüm noktaları ve ulaşım altyapısı (Trafik Işıkları, yol kenarı işaretleri vb.) dahil olmak üzere tüm AUS uygulamaları arasındaki bilgi alışverişini ifade etmektedir. [23, 24]

Tablo 2.4 Ölümlü veya Yaralanmalı Trafik Kazalarında Sürücü Kusurlarına Ait Bilgiler [14]

SÜRÜCÜ KUSURLARI	Yerleşim Yeri		Yerleşim Yeri Dışı		TOPLAM	
	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%	Kusur Sayısı	%
Araç hızını yol, hava ve trafiğin gerektirdiği şartlara uydurmamak	52.536	36,86	26.677	49,54	79.213	40,34
Kavşaklarda geçiş önceliğine uymamak	22.682	15,91	2.831	5,26	25.513	12,99
Manevraları düzenleyen genel şartlara uymamak	8.308	5,83	8.355	15,52	16.663	8,48
Arkadan çarpmak	10.116	7,10	4.736	8,80	14.852	7,56
Doğruyu değiştirme (dönüş) kurallarına uymamak	10.920	7,66	1.732	3,22	12.652	6,44
Kurallara uygun olarak park etmiş araçlara çarpmak	5.706	4,00	320	0,59	6.026	3,07
Taşıt giremez trafik işareti bulunan yerlere girmek	5.043	3,54	916	1,70	5.959	3,03
Trafik güvenliği ile ilgili diğer kurallara uymamak	3.565	2,50	1.550	2,88	5.115	2,60
Kırmızı ışık veya görevlinin dur işaretine uymamak	4.141	2,91	461	0,86	4.602	2,34
Alkollü olarak araç kullanmak	2.766	1,94	1.366	2,54	4.132	2,10
Şerit ihlali yapmak	2.173	1,52	756	1,40	2.929	1,49
Aşırı hızla araç kullanmak	1.475	1,03	1.181	2,19	2.656	1,35
Geçme yasağı olan yerlerden geçmek	877	0,62	362	0,67	1.239	0,63
Hatalı şekilde veya yasak olan yerlere park etmek	436	0,31	648	1,20	1.084	0,55
Yaya ve okul geçitlerinde yavaşlamamak, yayalara geçiş hakkı vermemek	980	0,69	13	0,02	993	0,51
Yolcu indirme ve bindirme kurallarına uymamak	553	0,39	22	0,04	575	0,29
Eksik, bozuk veya uygun olmayan araç donanımıyla araç kullanmak	219	0,15	251	0,47	470	0,24
Bisiklet, M.bisiklet ve Motosikletleri kurallara uymadan sürmek	426	0,30	19	0,04	445	0,23
Tehlikeli veya aşırı şekilde yükleme yapmak	182	0,13	172	0,32	354	0,18
Kaza mahallinde durmamak, gerekli tedbirleri almamak ve yetkililere bildirmemek	205	0,14	121	0,22	326	0,17
Diğer	9.231	6,48	1.357	2,52	10.588	5,39
TOPLAM	142.540	100	53.846	100	196.386	100



Şekil 2.5 V2X Altyapısı

2.1.6. Geçici Taşıt Ağları (Vehicular Ad-Hoc Networks- VANETS)

Geçici Araç Ağları, araçlar arası veya araç-altyapı üniteleri arası iletişim için oluşturulan ağlardır[25]. Kablosuz iletişim teknolojisindeki ve otomobil endüstrisindeki son gelişmeler, kablosuz araç ağlarını göz önünde bulundurarak yoldaki araçlar arasında bağlantı sağlamayı mümkün kılmıştır. Genellikle VANET (Vehicular Ad-Hoc Networks - Araç Ad-hoc Ağı) olarak adlandırılan bu ağın, gelecekteki taşımacılığın verimliliğini ve güvenliğini artırmanın yanı sıra operatörlerin gelirlerini artırmada en değerli konseptlerden biri olduğu görülmektedir. Bu nedenle, VANET ağları için standartlar belirleyen, sanayi, hükümetler ve akademi tarafından desteklenen devam eden araştırma projeleri son derece önemlidir[26].

2.1.7. Tahsis Edilmiş Kısa Mesafeli İletişim (DSRC- Dedicated Short Range Cominication)

Akıllı ulaşım sistemleri mimarisinde araçlar birbirleriyle ve altyapıyla iletişim kurmak için çeşitli kablosuz teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojilerden bazıları, DSRC, 3G-4G mobil iletişim teknolojileri, Bluetooth, IEEE 802.11p kablosuz yerel alan ağları vb. olarak sıralanabilir.

Kablosuz araç iletişimi, en önemlisi çarpışmaları önleyen ve binlerce can kurtarabilen bir güvenlik uygulamaları sınıfı olan birçok yeni uygulamaya olanak verme potansiyeline sahiptir. Otomotiv endüstrisi, araç-araç (V2V) ve araç-altyapı (V2I) iletişimde kullanılmak üzere

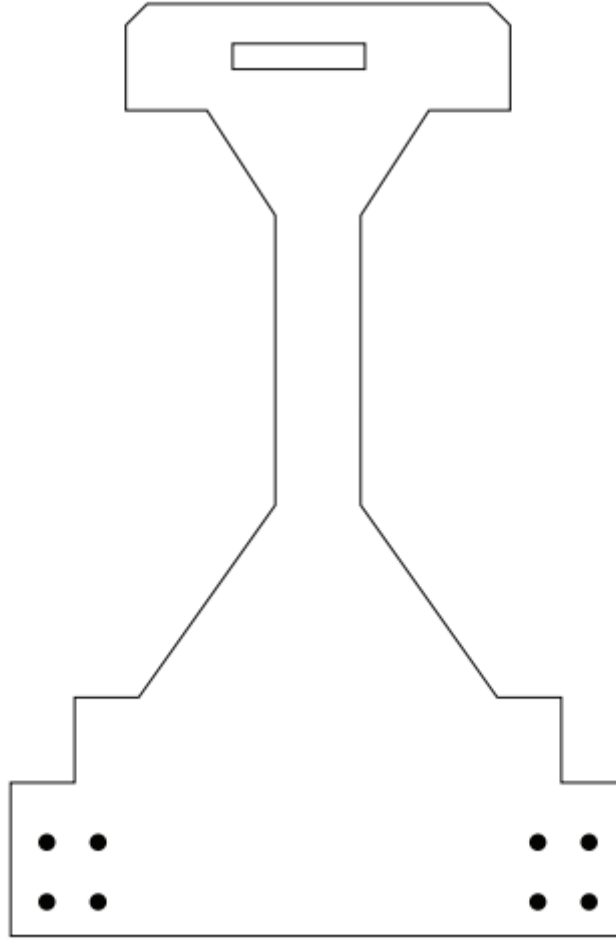
DSRC teknolojisi üzerinde odaklanmıştır ve bu teknolojiyi geliştirmek için çalışmalarını sürdürmektedir[27, 28]. Bu teknoloji, 5,8 ve 5,9 GHz spektrumunda çalışan kısa veya orta mesafeli kablosuz iletişim kanalını oluşturmaktadır. Özellikle ulaşım araçları için tasarlanmıştır. Araç – Araç ve Araç – Altyapı cihazları arasında çift yönlü haberleşmeyi sağlamaktadır. DSRC, radyo frekansı tanımlama (RFID-Radio Frequency Identification) teknolojisinin bir alt bileşenidir. Trafik sinyalizasyonunun adaptif olarak tasarlanmasında, elektronik ücretlendirme sistemlerinde, tıkanıklık kontrolünde ve fiyatlandırmasında kullanılır. Amerika için 5,9 Ghz bandında, Avrupa ve Japonya için 5,8 Ghz bandında çalışmaktadır. Avrupa bant aralığını 5,9 Ghz'e çekmek için çalışmalarını sürdürmektedir. [3, 27, 29]



3. SİSTEMİN MEKANİK TASARIMI VE KULLANILAN EKİPMANLAR

3.1.Araç şasi tasarımı

Robotların şasi tasarımı için yapılan matematiksel hesaplamalar sonucunda en verimli sonuçların alınabileceği ölçülerde bir tasarım yapılmasına özen gösterilmiştir. Araç şasisi Adobe Illustrator programında vektörel çizim ile tasarlanmış ve CNC (Computer Numerical Control) tezgâhta kesimi gerçekleştirilmiştir. Böylece şerit izleyen robotta mekanik nedenlerden kaynaklı hataların en aza indirgenmesi planlanmıştır.



Şekil 3.1 Şerit İzleyen Araç Gövdesi Tasarımı

3.2.Tekerlek Sistemi

Çalışmada şerit izleyen robot için süpermarket arabasına benzer bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Bilindiği üzere süpermarket arabaları, ön bölgede sarhoş tekerlekler ve kullanıcının arkadan itme kuvveti ile kullanılmaktadır. Robotların ön bölgesinde sarhoş tekerlek yerine diş fırçası kullanılmıştır. Böylelikle renk algılayıcı sensörlerin zemine istenilen mesafede (optimum 3 - 9 mm arası) ayarlanabilmesi kolaylaştırılmıştır. Tekerlek sistemi sağ ve sol da yer alan redüktörlü dc motorlar ile gerçekleştirilmiştir.

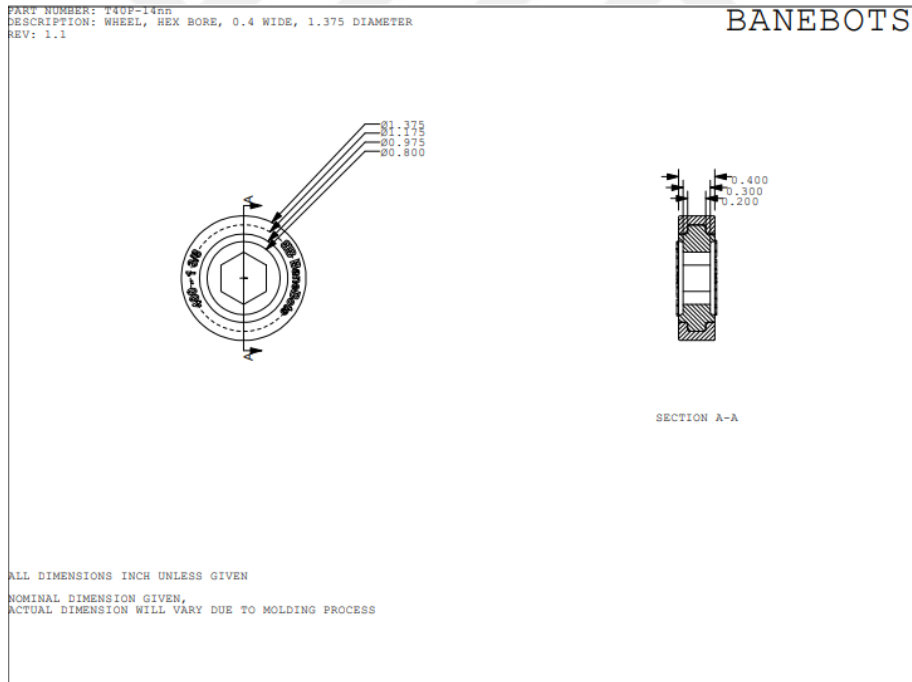
Planlanan çalışmada Pololu Baby Orangutan B-328 Mikrodenetleyici kart, 5 Volt – 13.5V çalışma geriliminde kullanılabildiği için, DC motorların seçimi 12 voltluk redüktörlü 2500 RPM (Rotate Per Minute) olmuştur. Sistem ayarlanabilir besleme sayesinde motorlardan maksimum performans alınacaktır.

Motorlar Banebots firması tarafından üretilen tekerlekler ile bağlanacaktır. Bu tekerleklerin en önemli özelliği polipropilen göbeğe bağlanmış, zemin üzerinde çekişi güçlü olan hafif ve dayanıklı termoplastik malzemeden üretilmiş olmalarıdır. Polipropilen göbek üzerinde altıgen şeklinde boşluk bulunmaktadır. 0,5” Altıgen boşluk Alüminyum malzemeden üretilmiş bir burç vasıtasıyla motor şaftına bağlanmaktadır. Burçlar tek, iki veya üç tekerlek bağlayabilmek için çeşitli boyutlarda üretilmekte olup, daha yüksek çekiş gücü istenilen durumlarda daha geniş olanlar tercih edilebilir.

Tez çalışmasında kullanılan yeşil renk polipropilen göbek üzerine yerleştirilmiş silikon malzemeden yapılan tekerleklerin şekli ve teknik çizim detayları aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Şerit İzleyen Araç Tekerleği

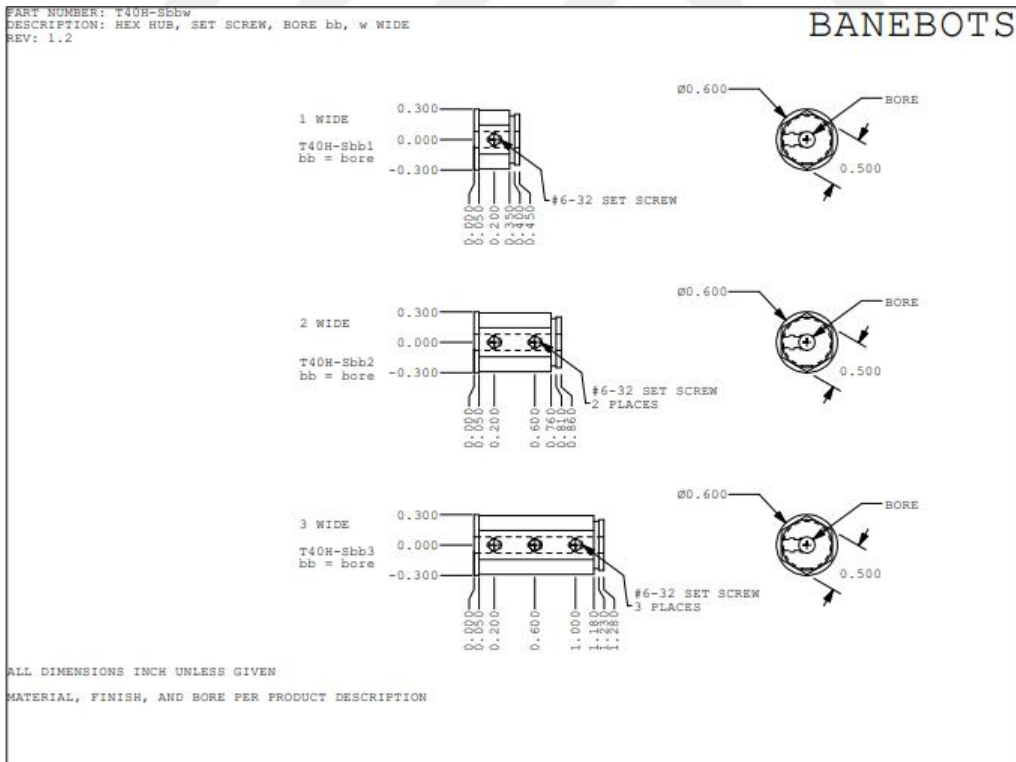


Şekil 3.3 Şerit İzleyen Araç Tekerlek Ölçüleri

Tez çalışmasında kullanılacak olan burçlara iki adet tekerlek bağlanabilecektir. İki tekerlek bağlanabilen burçlara ait üretici firma tarafından yayınlanan resimler ve teknik çizim aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.4 Tekerlek Bağlantı Ekipmanları ve Şaft Sistemi



Şekil 3.5 Şaft Ölçüleri ve Teknik Özellikler

4. ELEKTRONİK BİLEŞENLER VE BAĞLANTILARI

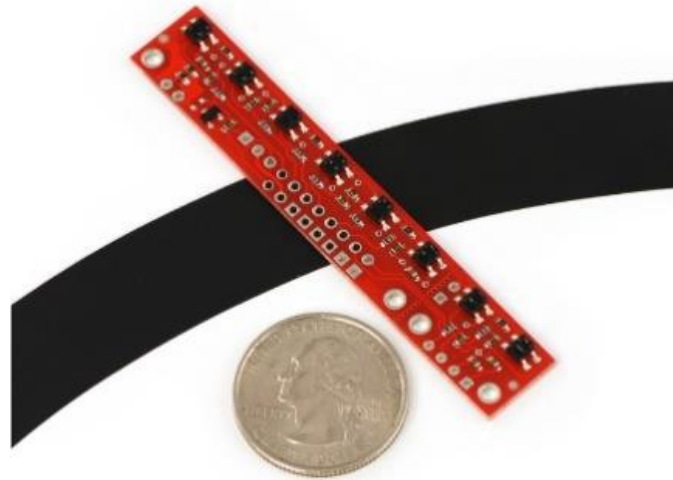
Gerçekleştirilen tez çalışmasında Şerit Takip Sistemi yapan robot için; Sensör seti, Mikrodenetleyici, Motorlar ve Motor sürücü devresinden oluşmaktadır. Ayrıca Araç-Araç haberleşmesi için bu sisteme entegre Bluetooth modülleri kullanılmıştır. Tüm bileşenler Peotheus yazılımı ile tasarlanacak bir devre kartı üzerinde birleştirilecektir. Tez çalışmasına başlamadan önce bu bileşenlerin tümü özenle seçilmelidir.

Hareket mekanizmasını oluşturan motorların, Mikrodenetleyici kart ve motor sürücü devresi ile birlikte çalışabilmesi için dikkatle seçilmesi gerekmektedir. Ayrıca Sisteme entegre edilecek olan bluetooth modülleri için tasarım yapılacak elektronik kart üzerinde gerekli besleme entegreleri ve güç yönetimi de dikkat edilmesi gereken bir diğer husustur.

4.1.Sensör Seti (QTR – 8 RC)

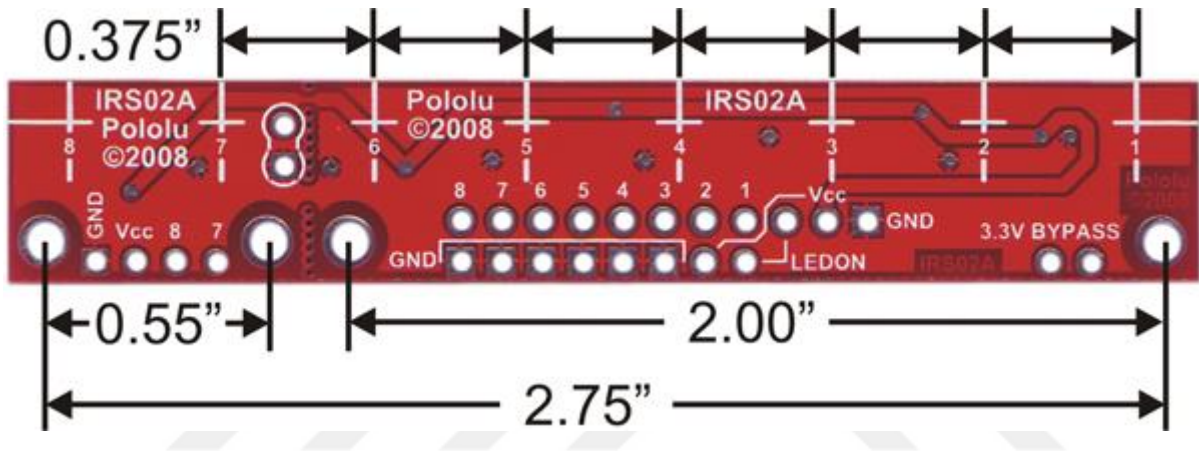
Bu çalışmada dijital çıkış veren renk algılayıcı Pololu QTR-8RC yansıma sensörleri kullanılmıştır. Sensörler tek bir kart üzerine monte edilmiş sekiz adet infrared verici ve alıcı (Ir Led / Fototransistör) çiftlerinden oluşmaktadır. Bu sensör seti yardımıyla zemin rengi algılanmakta, zıt renkte olan şerit, mikrodenetleyici tarafından okunan ve yorumlanan sensör pozisyon durumlarına göre robotun şeridi izlemesi sağlanmaktadır.

Bu sensör seti, Pololu firması tarafından bir çizgi takip sensörü olarak tasarlanmıştır. Ancak yakınlık veya yansıma sensörü olarak da kullanılabilir. Modül, 9,525mm eşit aralıklarla yerleştirilmiş 8 adet IR verici ve alıcı çifti bulundurmaktadır.

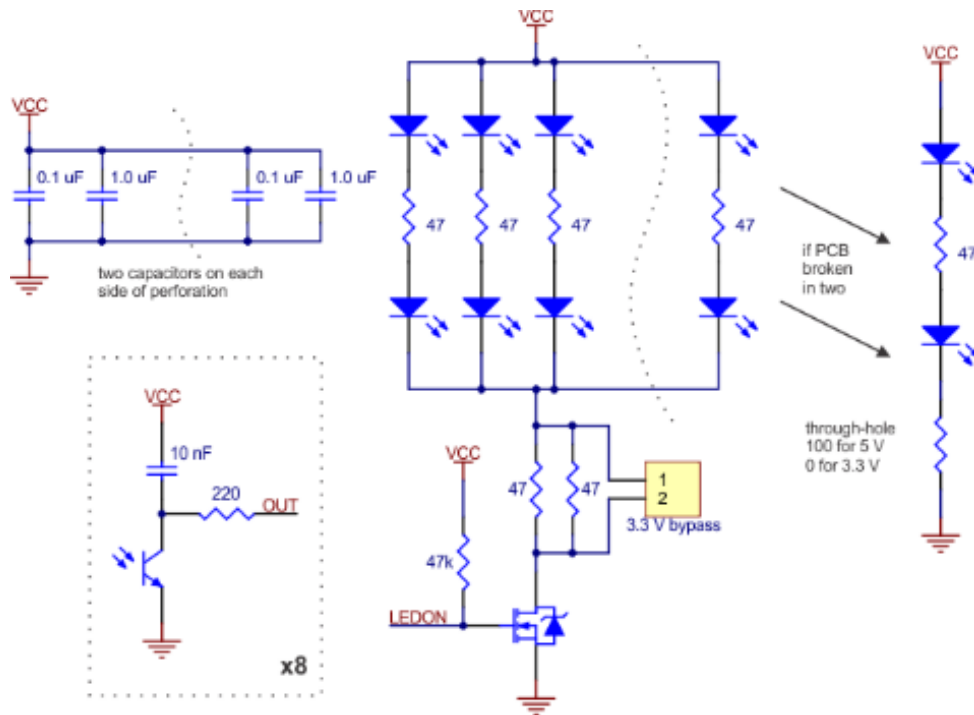


Şekil 4.1 QTR - 8RC Sensör Dizisi

Bu sensörü kullanmak için, öncelikle her bir sensörün bağlandığı pin numarası mikrodenetleyici tarafından lojik 1 seviyesine alınmalı ve sensöre bağlı kondansatör şarj edilmelidir. Daha sonra bu pine uygulanan voltaj geri çekilmeli ve kondansatörün deşarj süresi hesaplanarak yansımanın büyüklüğü tespit edilebilir. Özellikle ortam ışığından etkilenebilecek durumlar için bu sensörün kullanılması, Analog çıkış üreten sensörlere göre daha avantajlıdır. Dijital sensör setinin Analog sensörlere göre bir diğer avantajı da, okuma mesafesinin 3-9 mm arasında olmasıdır. Bu değer, analog sensörler için 3-6 mm dir. Aşağıda modülün şematik diyagramı yer almaktadır. [30]

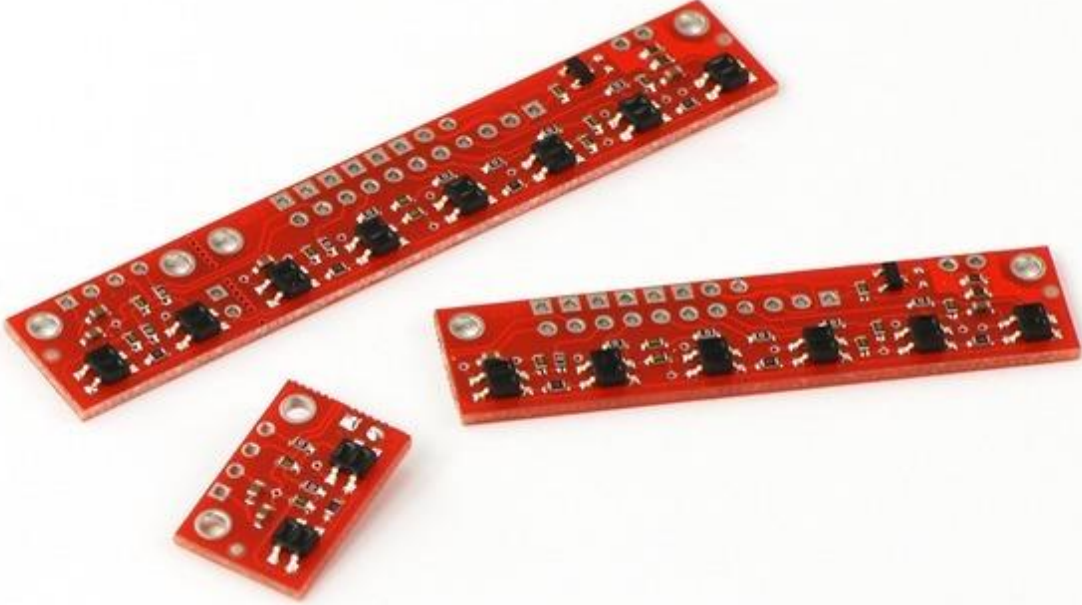


Şekil 4.2QTR - 8RC Sensör Ölçüleri



Şekil 4.3 QTR - 8RC Şematik

Modül, 8 adet sensörün tümüne ihtiyaç olmaması halinde her biri bağımsız olarak çalışabilen 2 parçaya bölünebilmektedir. Bölünme sonucunda 2 sensörlük ayrı bir dizi, ve 6 sensörlük ayrı bir dizi elde edilebilmektedir.



Şekil 4.4 QTR - 8RC Bölünme Görünümü

Sensör seti bölünebilmesi için özel bir bölüm bulunmakta, bölünme sonucunda elde edilen 2 plaka ayrı ayrı çalışabilir duruma gelmektedir. 2 sensörlük plakayı kullanmak için, 5 voltluk beslemede şekilde görünen 100 ohmlük bypass direnci kullanılmalıdır. Şayet 3.3 Volt besleme kullanılıyor ise, bu iki nokta arası kısa devre yapılmalıdır.

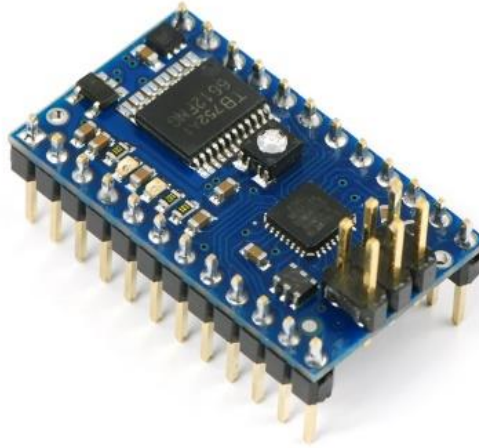


Şekil 4.5 QTR - 8RC ikili set ve Direnç Bağlantısı

Tez çalışmasında sensör seti bir bütün olarak kullanılacaktır. 8 Adet sensörden gelen bilgiler denetleyici kart yardımıyla işlenecek ve şerit üzerindeki konum bilgisi elde edilecektir.

4.2.Mikrodenetleyici Kart

Sensör setinden gelen bilgileri okumak ve yorumlamak amacıyla Atmel tabanlı Atmega328P AVR mikrodenetleyici bulunan Pololu Baby Orangutan B-328P geliştirme kartı kullanılmıştır. Kart üzerinde çeşitli amaçlarda kullanılmak üzere 24 pin yer almaktadır. Ayrıca dâhili olarak TB6612FNG motor sürücü barındırmaktadır. Bu motor sürücü çift H-Köprü bağlantı şekli ile iki farklı motor çıkış kanalını beslemektedir. Böylece her bir kanal için 1A (Peak 3A) çıkış üretebilmektedir.

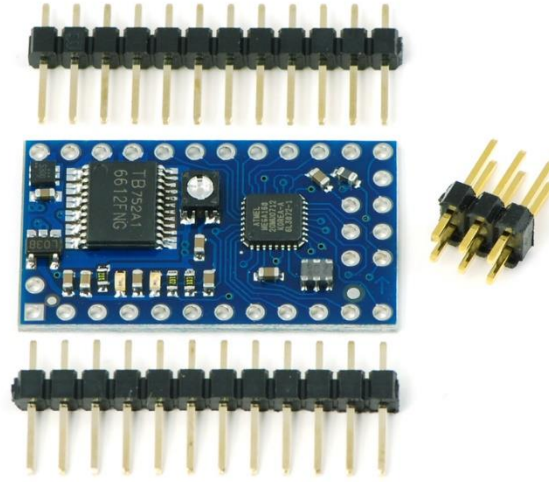


Şekil 4.6 Pololu Baby Orangutan B-328 Geliştirme Kartı

4.2.1. Genel Özellikler

Mikrodenetleyici kart, basit robotik çözümler için üretilmiş kompakt bir sistemdir. Boyutları ve kullanıcıya sunduğu avantajlar nedeniyle tez çalışmasında tercih edilmiştir. Üzerinde 18 adet kullanıcı için ayrılmış Giriş / Çıkış pini yer almaktadır. (Bu pinlerden 16 tanesi genel dijital giriş/çıkış ve 8 tanesi analog giriş çıkış için kullanılabilir.)

Mikrodenetleyici kart ile 0.1” lik pin paketi birlikte gelir. Ancak lehimli değildir. Çalışma sırasında bu pinler mikrodenetleyici kart üzerine lehimlenecektir. Ayrıca 6 pinlik programlama modülü için kullanılacak pinler de mikrodenetleyici kart üzerine lehimlenecektir.

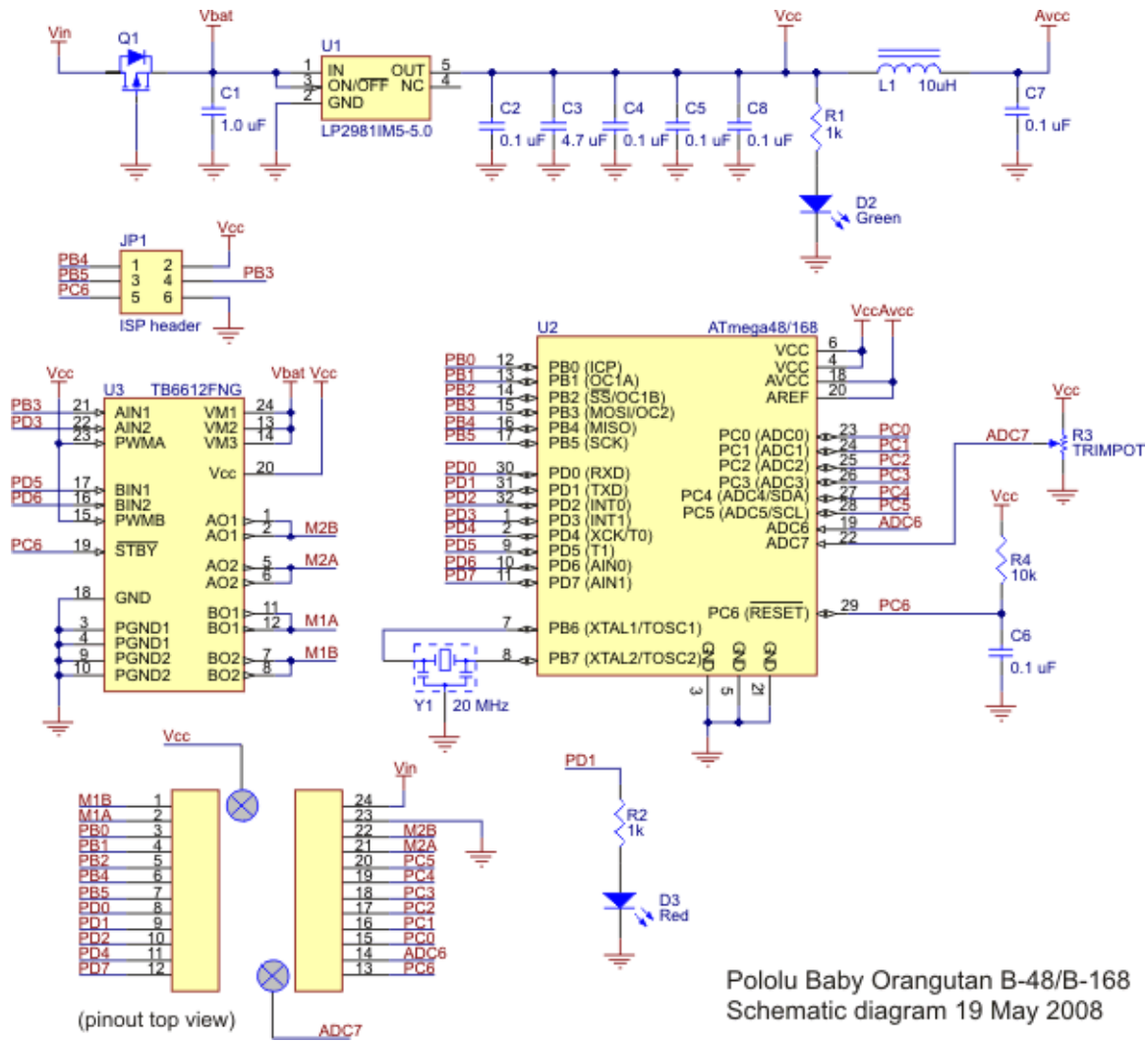


Şekil 4.7 Baby Orangutan B-328 Pin Bağlantı Şekli

4.2.2. Mikrodenetleyici Kart Teknik Özellikleri:

- Ölçüler : 1.2" x 0.7"
- Besleme Gerilimi : 5V – 13.5 V (Maksimum 15V)
- Programlanabilir 20 Mhz ATmega328P AVR mikroişlemci
- 32 KB Flas Hafıza, 2 KB RAM ve 1 KB EEPROM
- 16 Adet Dijital Giriş / Çıkış ve 8 Adet Analog giriş olarak kullanılabilen toplam 18 Pin
- 1 Adet Kullanıcı için ayrılmış Led
- 1 Adet Kullanıcı için ayrılmış Potansiyometre
- 20 Mhz harici rezonatör
- 2 Kanal Motor Bağlantı Noktası, Kanal başına sürekli olarak 1 Amper Akım sağlayabilme (Peak 3 Amper)
- Dahili ters voltaj koruma.

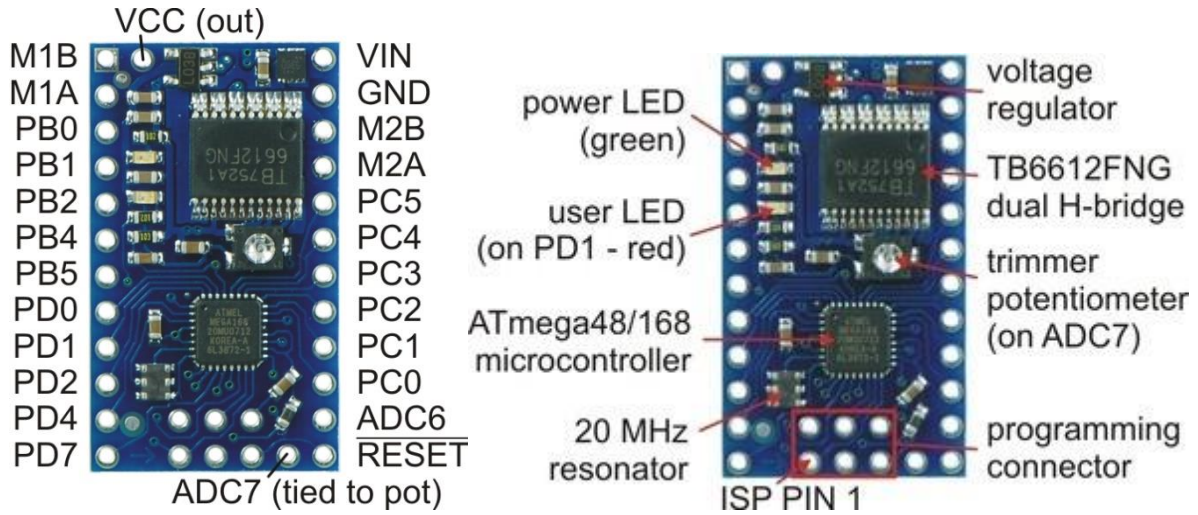
4.2.3. Şematik Diyagram



Şekil 4.8 Baby Orangutan B-328 Şematik Diyagram

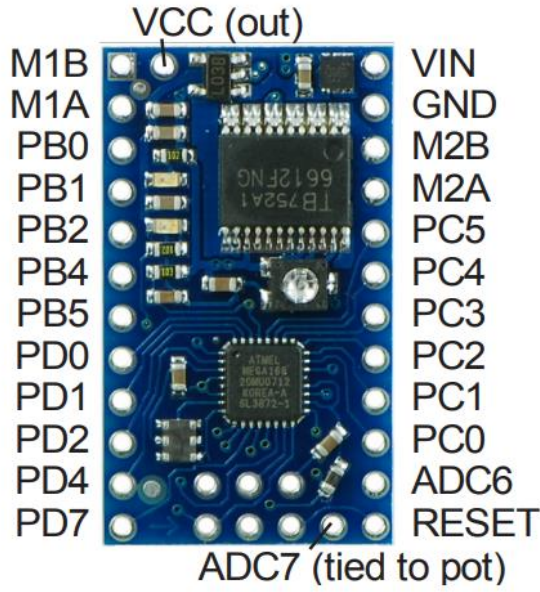
4.2.4. Modül Pin Bağlantıları ve Bileşenleri

Aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere 2 Adet DC motorun doğrudan kontrol edilebilmesine olanak sağlayan bir adet TB6612FNG motor sürücü entegresi, çift H köprüsü olarak bağlanmıştır. Ayrıca ADC7 pinine bağlı 10K lık kullanıcı potansiyometresi, Yeşil ve Kırmızı 2 adet led (Yeşil: Güç, Kırmızı: Kullanıcı Ledi – PD1 e bağlı), 20 Mhz lik kristal (Rezanatör), Atmega İşlemcisi, programlama için gerekli bağlantı pinleri yer almaktadır.



Şekil 4.9 Mikrodenetleyici Üzerinde Yer Alan Bileşenler

- **VIN** : 5 ila 13,5 Volt arasında olmalıdır. (Maksimum 15 Volt)
- **RESET** : Mikrodenetleyiciyi resetlemek için kullanılır. Denetleyiciyi varsayılan olarak Lojik 1 seviyesindedir. PC6 pinine bağlıdır.
- **VCC (out)** : **Dahili regülatöre bağlı 5V çıkış verebilen pin.**
- **M1A ve M1B** : Motor 1'i çalıştırmak için kullanılan çıkışlardır. Bu çıkışlar yaklaşık 1 A sürekli (3A Peak) besleyebilir.
- **M2A ve M2B** : Motor 2'yi çalıştırmak için kullanılan çıkışlardır. Bu çıkışlar yaklaşık 1 A sürekli (3A Peak) besleyebilir.
- **PC0 - PC5** : Hem analog girişler hem de dijital Giriş / Çıkış hatları olarak kullanılabilir.
- **ADC6 ve ADC7** : Özel analog girişlerdir. ADC7 dahili olarak 10k'lık kullanıcı potansiyometresine bağlıdır.
- **PB0, PB3, PB4, PB5, PD0, PD1, PD2, PD3, PD4 ve PD7**, bağlandıkları AVR donanım çevre birimleri tarafından belirlenen alternatif fonksiyonlara sahip dijital I / O hatlarıdır.



Port	Pin	Orangutan Function	Notes/Alternate Functions
	PB0	digital I/O	Timer1 input capture (ICP1) divided system clock output (CLK0)
	PB1	digital I/O	Timer1 PWM output A (OC1A)
	PB2	digital I/O	Timer1 PWM output B (OC1B)
B	PB3	M2 control line	Timer2 PWM output A (OC2A) ISP programming line
	PB4	digital I/O	Caution: also an ISP programming line
	PB5	digital I/O	Caution: also an ISP programming line
	PB6	20 MHz resonator input	not accessible to the user
	PB7	20 MHz resonator input	not accessible to the user
	PC0	analog input and digital I/O	ADC input channel 0 (ADC0)
	PC1	analog input and digital I/O	ADC input channel 1 (ADC1)
	PC2	analog input and digital I/O	ADC input channel 2 (ADC2)
	PC3	analog input and digital I/O	ADC input channel 3 (ADC3)
C	PC4	analog input and digital I/O	ADC input channel 4 (ADC4) I2C/TWI input/output data line (SDA)
	PC5	analog input and digital I/O	ADC input channel 5 (ADC5) I2C/TWI clock line (SCL)
	PC6	RESET pin	internally pulled high; active low digital I/O disabled by default
	PD0	digital I/O	USART input pin (RXD)
	PD1	digital I/O	connected to red user LED (high turns LED on) USART output pin (TXD)
	PD2	digital I/O	external interrupt 0 (INT0)
D	PD3	M2 control line	Timer2 PWM output B (OC2B)
	PD4	digital I/O	USART external clock input/output (XCK) Timer0 external counter (T0)
	PD5	M1 control line	Timer0 PWM output B (OC0B)
	PD6	M1 control line	Timer0 PWM output A (OC0A)
	PD7	digital I/O	
	ADC6	dedicated analog input	ADC input channel 6 (ADC6)
	ADC7	dedicated analog input	connected to user trimmer potentiometer ADC input channel 7 (ADC7)

Şekil 4.10 Mikrodenetleyici Pin Tablosu ve Alternatif Fonksiyonları

4.2.5. Motor Sürücü Devresi

4.2.5.1. Motor Sürücü Entegresi Teknik Özellikleri:

Tablo 4.1 Motor Sürücü Entegresi Teknik Özellikler

TB6612FNG Motor Sürücü Entegresi	
Kanal Sayısı	2
Sürekli Verebileceği Akım	1 Amper
Anlık Verebileceği Akım	3 Amper

4.2.5.2. PWM (Pulse With Modulation)

Darbe Genişlik Modülasyonu, elektrik enerjisinin verimli şekilde kullanımını sağlayan yüksek hızda anahtarlama işlemidir.[31] Bir DC motorun hızını kontrol etmek için genellikle PWM (Pulse With Modulation) metodu kullanılır. Motorun hareket konumunun belirlenmesi ve dönüş hızı PWM sinyalinin çözünürlüğüne bağlıdır. [32]

Bununla birlikte PWM (Darbe Genişlik Modülasyonu), dijital yöntemler ile Analog sonuç almak için kullanılan bir tekniktir. Üretilecek olan darbelerin, genişliklerini kontrol ederek, çıkışta istenilen analog elektiriksel değerin veya sinyalin elde edilmesi tekniğidir.

Darbe genişlik modülasyonu (PWM), endüstriyel uygulamalarda geniş bir alan bulmaktadır. Bu alanlar; değişken hızlı sürücüler, indüksiyon ısıtma, ayarlı güç kaynakları, kesintisiz güç kaynakları, güneş pilleri uygulamaları, step motor kontrolü ve benzeri endüstriyel alanlardır.

PWM yöntemi, diğer gerilim kontrol ve ayar yöntemlerinden farklı olarak, hızlı bir şekilde gerilim kontrolü sağlarken aynı zamanda minimum kayıp oluşur. Bu nedenle PWM yöntemi verimli ve hızlı bir kontrol işlemi gerçekleştirilir.

PWM, üretilen kare dalga darbe sinyallerinin genişliklerinin ortalaması, çıkışta üretilecek olan analog değer elde edilmesini sağlar. Burada önemli olan iki kavram vardır. Bu kavramlar Duty Cycle (Görev Döngüsü) ve Frekanstır.

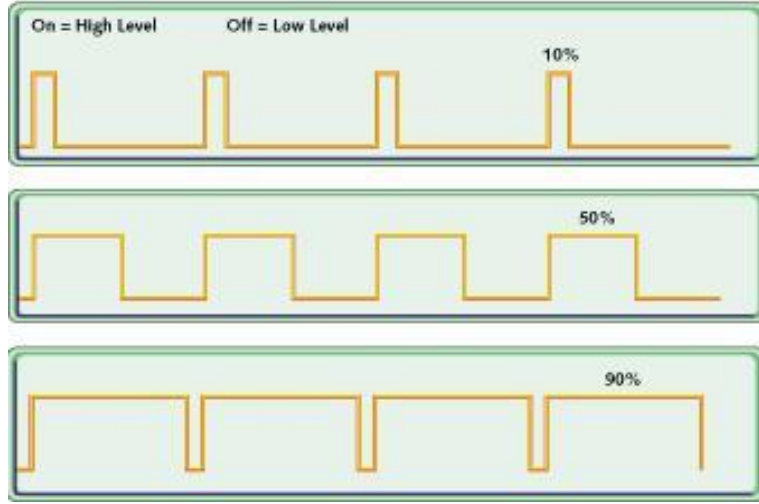
Analog devrelerin sayısal çıkışlarla kontrol edilmesinde kullanılan en güçlü tekniktir. Piyasada bulunan bir çok mikro denetleyici PWM modülü içermektedir. Bu PWM modülü, frekansının ve sinyal oranı programlanarak çalıştırılabilir. Burada üretilecek olan kare sinyalin kontrolü bir devreye bağlanmış seri bir anahtar ile modellenilebilir.

PWM'in en çok kullanıldığı alan, güç kaynaklarıdır. SMPS (Switched Mode Power Supply) güç kaynakları, düzenlenecek olan çıkış gerilimlerini bu teknikten yararlanarak elde etmektedirler. Böylece, yüksek akım ve düşük gerilimli güç elde edimlerini için, transformatörlerden çok daha etkin ve çok daha küçüktür. Örneğin bilgisayarların kasasındaki güç kaynağını düşündüğümüzde, 350 Watt'lık çıkış gücüne sahip olan bir güç kaynağının nasıl bu kadar küçük ve etkin tasarlandığının cevabı SMPS güç kaynakları olmasıdır.



Şekil 4.11 Duty Cycle Elektriksel Devresi

Burada anahtar belirli bir periyot ile bazı oranlarda açılıp kapandığında, lambanın ışık şiddeti değişecektir. PWM ile üretilebilecek olan çeşitli oranlar aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.12 Farklı Duty Cycle Değerleri

Burada, en üstte verilen grafik, Duty Cycle %10, ortadaki %50, alttaki ise %90 için çizilmiştir.

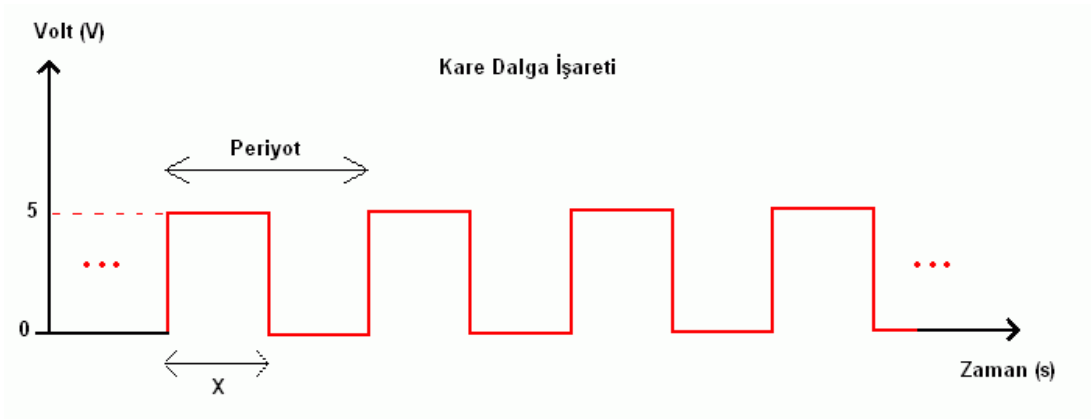
Bu oranlarla üretilecek olan analog sinyal değeri, %10 için $9 * \frac{10}{100} = 0,9 \text{ Volt}$, %50 için $9 * \frac{50}{100} = 4,5 \text{ Volt}$ ve %90 için $9 * \frac{90}{100} = 8,1 \text{ Volt}$ olacaktır.

Duty Cycle (Görev Döngüsü)

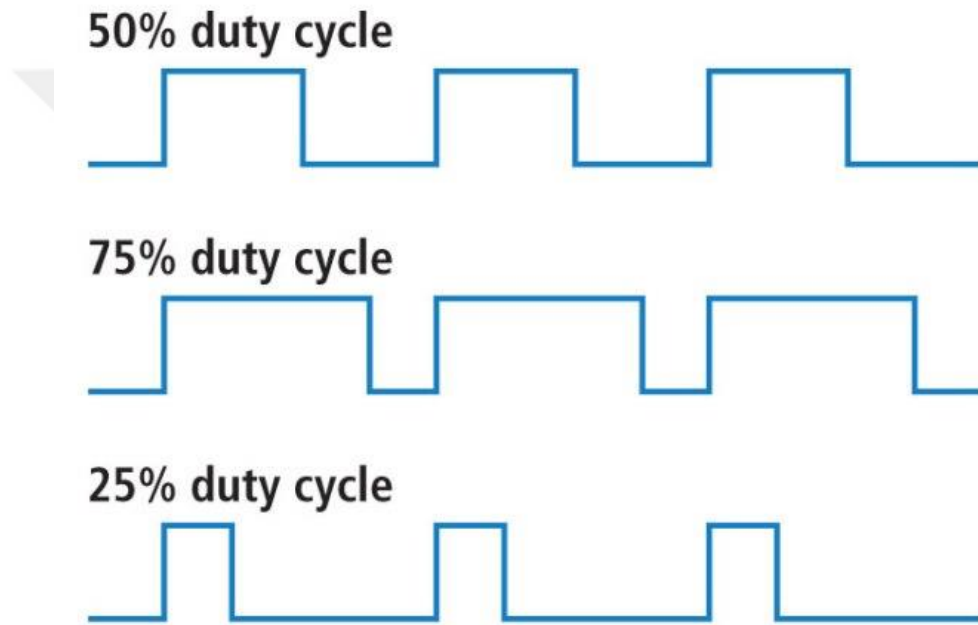
Sinyalin Lojik 1 seviyesinde olma süresinin, T periyoduna oranına Duty Cycle adı verilmektedir. Yüzde olarak ifade edilir. Bir PWM sinyalinin ortalama değeri, duty cycle ile doğru orantılıdır. Formül tanım olarak ;

$$\text{Duty Cycle} = \frac{\text{Yüksek Voltajda kalma süresi}}{\text{Periyot}}$$

olur. Eğer dijital sinyal periyot süresinin yarısında lojik 1 seviyesinde, diğer yarısında lojik 0 seviyesinde ise bu durum Duty Cycle %50 olarak adlandırılır. Aşağıdaki şekilde bazı kare dalga sinyalleri için Duty Cycle örnekleri verilmiştir. [33]



Şekil 4.13 Kare Dalga Sinyali / Periyot Terimleri



Şekil 4.14 Duty Cycle Örnekleri

Frekans

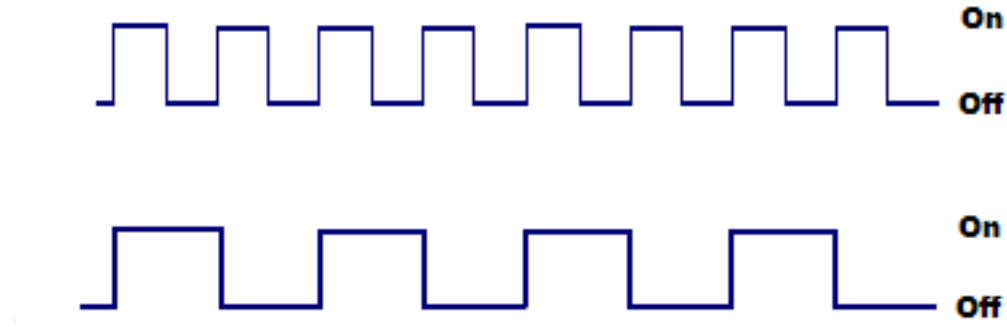
Periyodik bir işaretin bir saniyede kaç periyot tamamladığı, yani saniyede kaç kez kendisini tekrar ettiği anlamına gelir. f ile gösterilir. Birimi Hertz dir. Örneğin periyodik bir işaret saniyede 10 defa kendisini tekrar ediyorsa frekansı 10Hz dir.

Periyot (T), bir tam salınım arasındaki zaman süresine ya da bir titreşim için geçen süreye denir. Periyota "bir devir süresince geçen zaman" da diyebiliriz. Birimi saniyedir. Frekansla ters orantılıdır. Eşit zaman aralıklarında yinelenen harekettir.

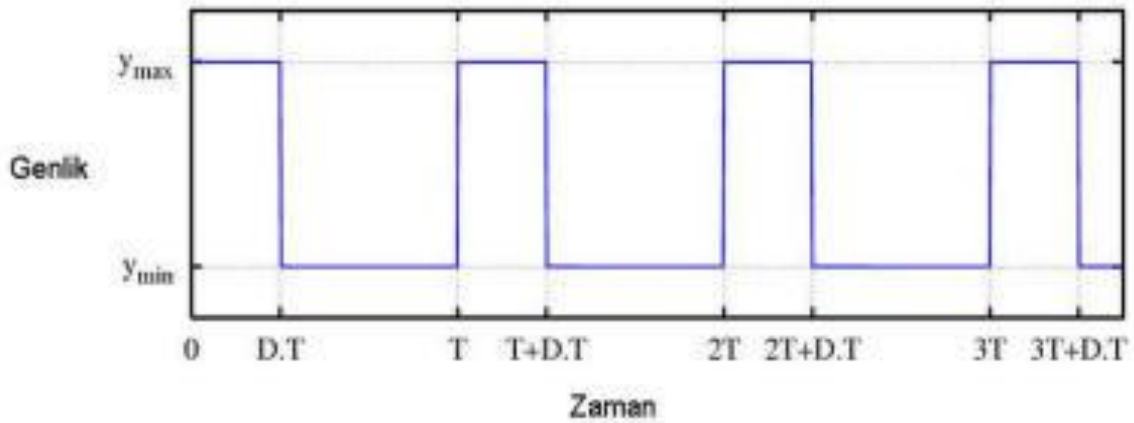
F ve T (zaman) birbirleriyle doğrudan bağıntılıdır. Bu bağıntı:

$$f = \frac{1}{T}$$

dir. Aşağıdaki şekilde farklı frekans değerlerine sahip 2 sinyalin aynı duty cycle ile gösterimi yer almaktadır.



Şekil 4.15 Farklı Frekans Değerlerine sahip aynı Duty Cycle Sinyalleri



Şekil 4.16 Duty Cycle - Zaman - Genlik - Periyot gösterimi

Kare dalga frekansı $f(t)$, en düşük genlik değerine y_{min} , en yüksek genlik değerine y_{max} ve sinyal oranına (duty cycle) D olarak adlandırılacak olursak, ortalama sinyal;

$$\bar{y} = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

$f(t)$ kare dalga olduğu için, $f(t)$, y_{max} için;

$$0 < t < D \cdot T$$

ve y_{min} için;

$$D \cdot T < t < T$$

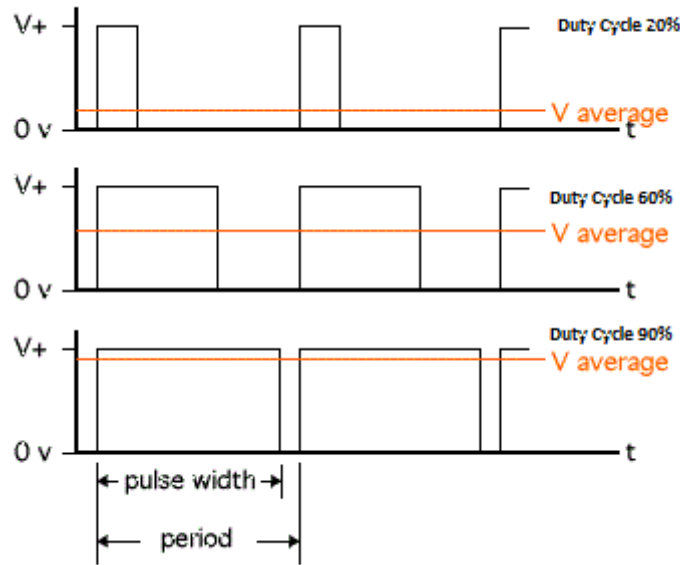
değerlerini alabilir.

Buradan,

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{1}{T} \left(\int_0^{DT} y_{max} dt + \int_{DT}^T y_{min} dt \right) \\ &= \frac{D \cdot T \cdot y_{max} + T(1-D)y_{min}}{T} \\ &= D \cdot y_{max} + (1 - D) y_{min} \end{aligned}$$

elde edilir.

Aşağıda bazı duty cycle değişiminin ortalama gerilime etkisi yer almaktadır.



Şekil 4.17 Farklı Duty Cycle örnekleri ve Ortalama Gerilim Değerleri

Tez çalışmasında kullanılan mikrodenetleyici bünyesinde PWM sinyali üretebilen çıkışlar yer almaktadır. Motorlar bu çıkışlar ve PWM sinyali ile sürülecektir. 8 bitlik PWM sinyali $2^8 = 256$ farklı voltaj değeri elde etmemizi sağlayacaktır.

4.2.5.3.Motor Sürücü Doğruluk Tablosu

Kullanılacak olan PD algoritmasına göre diferansiyel bir robotta dönüşler, bir taraftaki tekerleklerin diğer taraftakinden farklı hızlarda hareket ettiğinde gerçekleşebilir. Bu nedenle, tez çalışmasında kullanılacak olan şerit izleme robotlarının dönüşlerinde bir tekerlek olağan hızında hareket ederken, diğeri yavaşlama veya durma işlemi yapacaktır. Örneğin sağa dönmek istiyorsak, sol taraftaki tekerleklerin sağdakilerden daha hızlı hareket etmesi gerekmektedir.

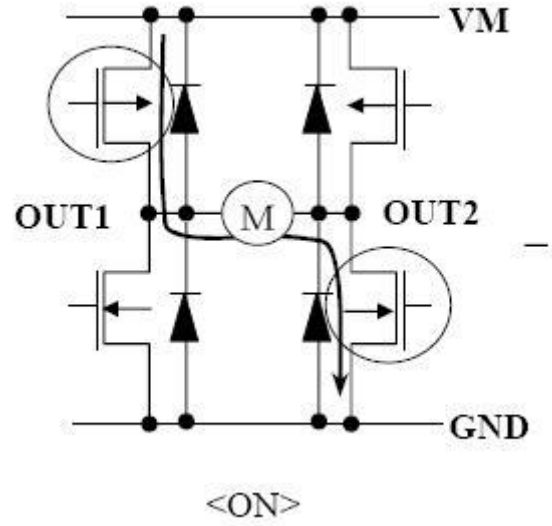
Motor 1 doğrudan PD5 ve pinlerine, Motor 2 ise, PD3 ve PB3 pinlerine bağlıdır. Bu pinler doğrudan Atmega 328P işlemcisinin donanımsal PWM çıkışlarını oluşturmaktadır. Donanımsal PWM sinyali 8 bitlik bir zamanlayıcı ile kontrol edilebilmektedir. (PD5 = OC0B, PD6 = OC0A, PD3 = OC2B ve PB3 = OC2A) Bu çözünürlük bize 0-255 arası değerlerde değişken PWM sinyali sunmaktadır. Yazılımla kontrol edilecek olan bu sinyal 0-12 volt luk gerilim değerleri için $12/256 = 0,046875$ voltluk bir çözünürlük sunacaktır. Örneğin %50 duty cycle için PWM değerinin 127 olarak belirlenecektir. Böylece motorlara

$12 / 256 * 128 = 6$ voltluk bir gerilim uygulanacaktır.

Tablo 4.2 Motor Sürücü Devresi Doğruluk Tablosu

input		output		motor effect
PD5, PD3	PD6, PB3	M1A, M2A	M1B, M2B	
H	H	L	L	brake
L	H	L	H	"forward"
H	L	H	L	"reverse"
L	L	OFF (high-impedance)		coast

Pololu Baby Orangutan B-328 mikrodenetleyici kartında bulunan motor sürücüsü H-Köprüsü, bir adet motoru sürmek için 4 transistörden oluşan aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi bir sistem barındırmaktadır.



Şekil 4.18 H-Köprü Motor Sürücü Devre Şeması

Transistörlerin durumlarını değiştirmek bizlere, motorun yönünü ve hızını kontrol etme kabiliyeti sunacaktır. Yukarıdaki şekle göre daire içine alınan transistörler ON konumuna getirildiğinde Motor bir yönde hareket edecektir. Diğer 2 transistör On konumuna getirildiğinde motor diğer yönde dönüş sağlayacaktır. Alt kısımda yer alan transistörlerin ON, üst kısımda yer alanların ise OFF konumuna alınması ile, motor fren yapması sağlanacaktır. [34]

Pololu robotik ve elektronik web sayfasından alınan bilgiler doğrultusunda, eğer değişken motor hızları gerektirmeyen bir uygulama yapacak olsaydık, yukarıda yer alan motor doğruluk tablosuna göre, aşağıdaki kod bloklarını kullanabilirdik. [35]

```

//Initialize the motor control pins
#include <avr/io.h>
// Data Direction Registerları (DDRx) aracılığı ile
// dört adet motor kontrol pinini output olarak ayarlama işlemi
DDRD |= (1 << PORTD3) | (1 << PORTD5) | (1 << PORTD6);
DDRB |= (1 << PORTB3);

Motor 1 forward at full speed
PORTD &= ~(1 << PORTD5); // drive pin PD5 low
PORTD |= (1 << PORTD6); // drive pin PD6 high

Motor 1 reverse at full speed
PORTD |= (1 << PORTD5); // drive pin PD5 high
PORTD &= ~(1 << PORTD6); // drive pin PD6 low

Motor 1 brake low
PORTD |= (1 << PORTD5) | (1 << PORTD6); // drive pins PD5 and PD6 high

Motor 2 forward at full speed
PORTD &= ~(1 << PORTD3); // drive pin PD3 low
PORTB |= (1 << PORTB3); // drive pin PB3 high

Motor 2 reverse at full speed
PORTD |= (1 << PORTD3); // drive pin PD3 high
PORTB &= ~(1 << PORTB3); // drive pin PB3 low

Motor 2 brake low
PORTD |= (1 << PORTD3); // drive pin PD3 high
PORTB |= (1 << PORTB3); // drive pin PB3 high

```

Değişken motor hızları için ise, motoru sürmek veya fren yapmak arasında hızla geçiş yapabilmek için CPU' ya yazılımsal olarak ile birtakım işlemler yaptırılmalıdır.

Öncelikle Timer 0 ve Timer 2 zamanlayıcıları dahili terslenmiş PWM çıkışları üretmek için mikrodenetleyici kart içinde yer almaktadır. Dolayısıyla %0' lık Duty Cycle sabit bir lojik 1 seviyesi, %100' lük bir Duty Cycle ise sabit bir lojik 0 seviye çıktısı üretecektir. Timer/Counter Kontrol Registerları için aşağıda belirtilen ayarlamalar yapılmalıdır.

```

// see the ATmega48/168/328P datasheet for detailed register info
// configure for inverted PWM output on motor control pins
TCCR0A = TCCR2A = 0xF3;
// use the system clock / 8 (2.5 MHz) as the timer clock
TCCR0B = TCCR2B = 0x02;

```

Bu kaydedici değerleri Timer0 ve Timer2 için PWM modunu ve çalışma frekansını ayarlamak amacıyla kullanılmaktadır. Sistem saatinin 8 e bölünmesiyle zamanlayıcı ayarı yapılmış olur. Bu da bize her bir motor için $20\text{MHz} / 8 / 256 = 9.8 \text{ kHz}$ lik bir PWM frekansı sunacaktır. Örneğin $\text{OCR0B} = 127$ için, Pin OC0B için PWM duty cycle değeri (PD5) $128/256 = \%50$ olacaktır. Aşağıdaki formül yardımıyla Duty Cycle herhangi bir motor için hesaplanabilir.

Duty Cycle of PWM Pin OCxx (%) = $((OCR_{xx} + 1) / 256) * 100\%$ // FORMÜL OLACAK

Değişken hızda motor kontrolü için aşağıdaki kod bloğu sisteme eklenmelidir.

```
#include <avr/io.h>
// Motor Control Functions -- pwm is an 8-bit value
// (i.e. ranges from 0 to 255)
void M1_forward(unsigned char pwm)
{
OCR0A = 0;
OCR0B = pwm;
}
void M1_reverse(unsigned char pwm)
{
OCR0B = 0;
OCR0A = pwm;
}
void M2_forward(unsigned char pwm)
{
OCR2A = 0;
OCR2B = pwm;
}
void M2_reverse(unsigned char pwm)
{
OCR2B = 0;
OCR2A = pwm;
}
// Motor Initialization routine -- this function must be called
// before you use any of the above functions
void motors_init()
{
// configure for inverted PWM output on motor control pins:
// set OCxx on compare match, clear on timer overflow
// Timer0 and Timer2 count up from 0 to 255
TCCR0A = TCCR2A = 0xF3;
// use the system clock/8 (=2.5 MHz) as the timer clock
TCCR0B = TCCR2B = 0x02;
// initialize all PWMs to 0% duty cycle (braking)
OCR0A = OCR0B = OCR2A = OCR2B = 0;
// set PWM pins as digital outputs (the PWM signals will not
// appear on the lines if they are digital inputs)
DDRD |= (1 << PORTD3) | (1 << PORTD5) | (1 << PORTD6);
DDRB |= (1 << PORTB3);
}
```

The following sample program demonstrates how these motor control functions can be used:

```
#define F_CPU 2000000 // system clock is 20 MHz
#include <util/delay.h> // uses F_CPU to achieve us and ms delays
// delay for time_ms milliseconds by looping
// time_ms is a two-byte value that can range from 0 - 65535
// a value of 65535 (0xFF) produces an infinite delay
```

```

void delay_ms(unsigned int time_ms)
{
// _delay_ms() comes from <util/delay.h> and can only
// delay for a max of around 13 ms when the system
// clock is 20 MHz, so we define our own longer delay
// routine based on _delay_ms()
unsigned int i;
for (i = 0; i < time_ms; i++)
_delay_ms(1);
}

int main(){
motors_init();
M1_forward(128); // motor 1 forward at half speed
M2_reverse(25); // motor 2 reverse at 10% speed
delay_ms(2000); // delay for 2s while motors run
M1_reverse(64); // motor 1 reverse at 25% speed
M2_forward(0); // motor 2 stop/brake
// loop here forever to keep the program counter from
// running off the end of our program
while (1)
;
return 0;
}

```

Motors_init () pwm sinyalleri üretecek olan mikrodnetleyicinin donanımını başlatmaktan sorumludur, pwm sinyalinin frekansı 9.8 KHz'e ayarlanmıştır. Kod çalıştırıldığında, motors_init() isimli fonksiyon çağırılacak, bu fonksiyon ile PWM frekansı, timer0 ile timer2 zamanlayıcıları başlatılacaktır. (0-255 arası çözünürlük veren frekans aralığı ile) Ayrıca %0 duty cycle tüm motorlar için ilk olarak frenleme işleminde kullanılacaktır. İlk olarak M1_forward(128); M2_reverse(25); ve fonksiyonları çağırılmıştır. Bu sırada Motor 1 ileri yönde %50 Duty Cycle ile (12 voltluk besleme için 6 Volt ileri yönde), Motor 2 ise geri yönde %10 Duty Cycle ile (12 V besleme için 1.2 V geri yönde) hareket edecektir. İşlem 2 saniye devam eder. Daha sonra benzer diğer fonksiyonlar çağırılmaktadır. [35]

Pololu Baby Orangutan B-328 mikrodnetleyici kart datasheetine göre PWM frekansı 10kHz ile 80 kHz arasında istenilen değerde ayarlanabilir. Ancak tez çalışmasında kullanılacak olan şerit izleme robotları için bu durum çok önemli olmadığından, verilen referans değerlerde işlemler gerçekleştirilecektir.

4.3.Güç Ünitesi

4.3.1. Lipo Piller

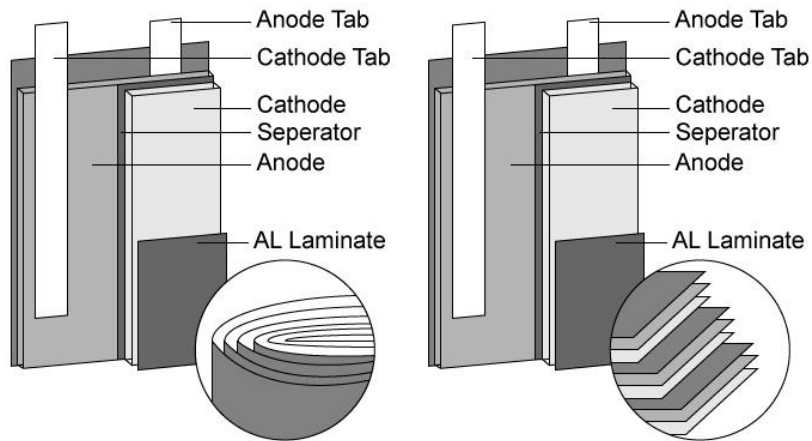
Teknolojik gelişmeler Şarj edilebilir katı hal bataryalarına ihtiyacı her geçen gün arttırmaktadır. Portatif elektronik devreler, taşınabilir elektronik cihazlar, robotlar, insansız hava araçlarına

olan ihtiyaçlar bu alanda yapılan çalışmaların artmasına neden olmuştur. Lityum-iyon piller, yüksek enerji yoğunluğu, esnek ve hafif tasarım ve benzer pil teknolojilerinden daha uzun ömür sundukları için en çok tercih edilen pil çeşididir. [36]



şekil 4.19 çeşitli Lipo Batarya rnekleri

Lityum Polimer pil, polimer yapıda elektrolit bulunduran, yeniden şarj edilebilir bir lityum-iyon teknolojisi kullanan pil türüdür. Yüksek iletkenlikli yarı katı (jel) polimerler bu elektroliti oluşturur. Bu piller, diğer lityum pil trlerine göre daha yüksek enerji sağlar ve mobil cihazlar ve radyo kontrollü uçaklar gibi ağırlığın önemli bir etken olduğu uygulamalarda tercih edilirler[37].

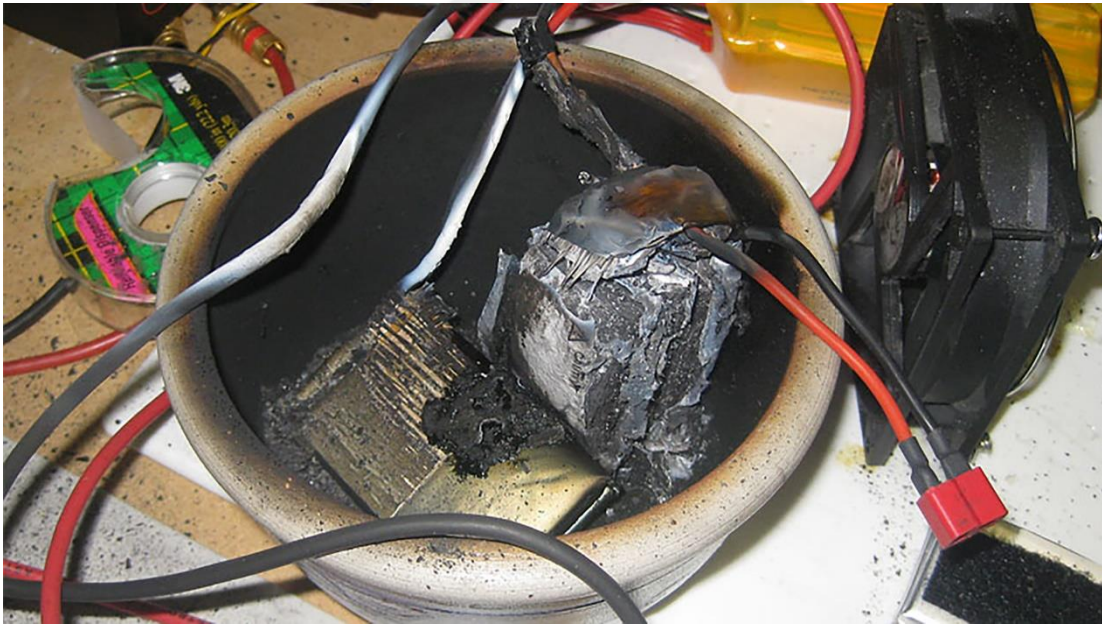


şekil 4.20 Lipo Batarya İç Yapısı

Lipo pillerde yer alan hücreler genel olarak dört temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; Elektrolit, ayırıcı, pozitif ve negatif elektrotlardır. Ayırıcı, polipropilen veya polietilen benzeri gözenekli bir film polimer olabilir. [38] [39].

Diğer lityum-iyon hücrelerinde olduğu gibi, LiPo Piller, iletken bir ortam sağlayan jel elektrolit, pozitif elektrot materyali, negatif elektrot materyali ile lityum iyonlarının araya girmesi ve ayrılması ilkesi üzerinde çalışır. Elektrotların birbirine doğrudan temas etmesini önlemek için, elektrot parçacıklarının bir taraftan diğerine geçişine izin vermeyen yalnızca iyonlara izin veren mikro gözenekli bir ayırıcı vardır.[40]

Düşük ağırlık, yüksek enerji yoğunluğu ve diğer benzer teknoloji pillere oranla daha yüksek deşarj oranları gibi çekici özelliklerle, Lityum Polimer (LiPo) piller günümüzde özellikle RC (Radio Control) başta olmak üzere birçok alanda yoğun olarak kullanılmaktadır. Burada düşük ağırlık ve artırılmış kapasite ve güç dağıtımının avantajları önemli bir faktördür. Test raporları, piller talimatlara uygun şekilde kullanılmadığında yangın riski konusunda uyarır.[41]



Şekil 4.21 Arızalanmış Lipo Batarya

Günümüzde Lipo piller, sadece RC alanında değil, otomotiv sektörü, insansız hava araçları gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Hyundai Motor Company, bazı hybrid araçlarında bu tip pil kullandığını açıklamıştır. Aynı şekilde Kia Motors, Kia Soul modelinde bu tip pillere yer verdiğini duyurmuştur. [40]



Şekil 4.22 Güç Ünitesinde Lipo Batarya Kullanan Elektrikli Araç

Lipo pillerin voltaj ve kapasitesi için, “4S-2200mAh-20-45C” lık bir Lipo örneğinden bahsedecek olursak, burada yer alan “4S” pilin dört adet seri hücreye sahip olduğunu gösterir. Her bir hücrenin nominal voltajı 3.7 Volt tur. (tam şarj 4.2 Volt) Bu nedenle örnekteki pil için toplam voltaj = 14.8V olacaktır. (Tam Şarj için 16.8 volt). İkinci kısım “2200mAh” bataryanın kapasitesini miliamper cinsinden gösterir. Kapasite değeri pilin herhangi bir projede kullanım süresi ile doğru orantılıdır. Belirtilen özelliklere sahip bir lipo pil, tam kapasite dolu iken bir saat boyunca 2.2 Amperlik bir akım üretebilir. Ayrıca kapasite değeri pilin hücre sayısından bağımsızdır. Üçüncü kısımda yer alan “20-45C” lik değer pil hakkındaki bir diğer önemli husustur. Bu değer pilin hasar görmeden sürekli ve anlık (Discharge – Burst) olarak kaç amperlik akım verebileceğini belirlememizi sağlar. Ayrıca sürekli olarak çekilebilecek akım miktarı, pilin ne kadar süre hizmet verebileceğini de belirler. Örnekten yola çıkarak, $20 \times 2200 = 44000 \text{ mA} = 44\text{A}$ ’ dir. 60 dakika için 2200 mA olan değer 44A için 3 dakika içinde zarar görmeden tamamen boşalacağı anlamına gelmektedir. C değerinin 2. kısmı olan 45C lik değer ise, pilin anlık olarak verebileceği maksimum akım miktarını verir. Örneğimizden yola çıkarak $45 \times 2200 = 99000\text{mA} = 99\text{A}$ ’ dir. Bazı üreticiler Lipo pil üzerinde sadece bir adet C değeri koyabilirler. Aşağıda farklı üretici firmalar tarafından etiketlenmiş Lipo piller yer almaktadır. Genellikle ÇİN menşeli ürünlerde karşımıza çıkan bu durum dikkate alınmalıdır. Çünkü hızlı deşarj özelliği Lipo pili çekici kılan bir özellik olmasının yanında, bu tür tek C değeri olan Lipo pillerin sürekli veya anlık C değerlerinden hangisi olduğu bilinmediğinden tehlikeli sonuçlar doğurabilir.



Şekil 4.23 Anlık ve Sürekli C değeri verilmemiş Lipo Pil



Şekil 4.24 Anlık ve Sürekli C değeri verilmiş Lipo Pil

Lipo Pillerin şarj edilmesi için kullanılan çeşitli şarj aletleri mevcuttur. Genellikle çok hücreli Lipo pil üzerinde iki farklı güç konektörü yer almaktadır. İlk konektör hücrelerin seri bağlanması ile elde edilmiş, toplam seri gerilim oranını vermektedir. İkinci konektör ise tüm hücrelere ayrı ayrı erişim sağlayabileceğimiz bir balans konektörüdür. Şarj işlemi her iki konektör kullanılarak yapılabilir. Birinci konektör yardımıyla yapılan şarj işlemi hücrelerin voltaj değerlerini önemsemediği için şarj işleminde tercih edilmemelidir. Lipo piller balans ucu ile şarj edildiğinde her bir hücre için maksimum gerilim miktarı olan 4.2 volt ayrı ayrı şarj edildiği, ve bu değerlerin üzerine çıkmadığı için tercih edilmelidir. [41]



Şekil 4.25 Lipo Pil Şarj Aleti (Solda) Balance Şarj İşlemi (Sağda)

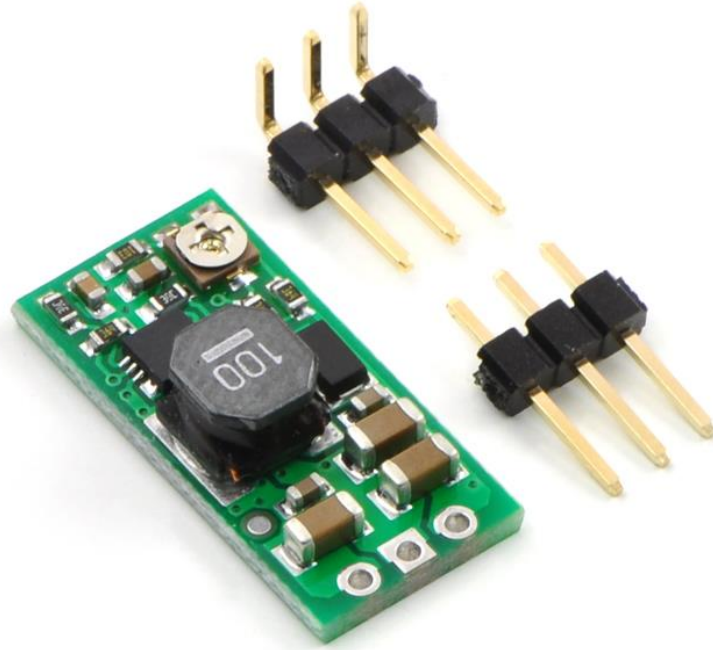
Tez çalışmasında kullanılan Lipo Pil, 2S, 500mAh, 25-40C değerlerindedir. Bu özelliklerden yola çıkarak benzer şekilde, pilden 500mA lik akım 1saat boyunca çekilebilir. 2S yani 2 hücreli olması nedeniyle pil 7.6 Volt (tam şarj için 8.4 volt) luk bir değer sunacaktır. Sürekli olarak $500 \times 25 = 10$ A lik akım verebilecektir.

4.3.2. Voltaj Regülatörleri

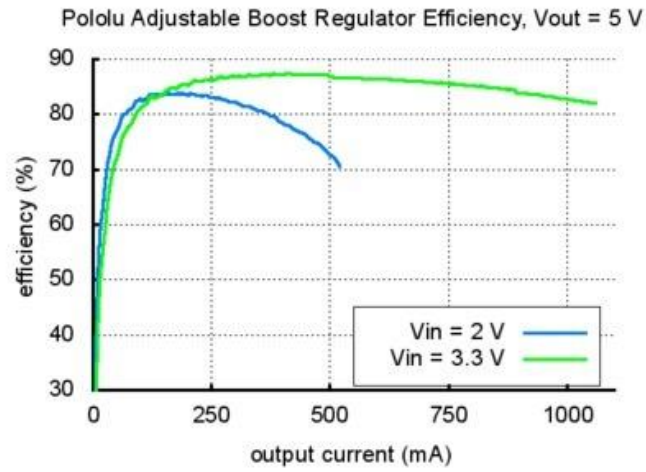
Sistem tasarımında 2 adet voltaj regülatörü kullanılmıştır. İlk regülatör, Pololu firması tarafından üretilen 4-25 V arası çıkış verebilen gerilim yükseltici regülatördür. Besleme gerilimi olarak 2S1P 7.4Volt 500mAh Lipo pil kullanılacağından, bu değer öncelikle motorların besleneceği 12 Voltluk değere yükseltilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede bir “Step-Up” (yükseltici) regülatör ihtiyacı bu ürün ile karşılanmıştır. Bu regülatör kullanım şekline göre değişecek 2 farklı pin seti ile birlikte gelmektedir. İkincisi ise, sensör seti ve BT modülünü besleme işlemleri için gereksinim duyulan 5 volt luk voltaj düşürücü regülatör olacaktır. Bu işlem için 7805 serisi regülatör kullanılacaktır.

4.3.2.1. Pololu Ayarlanabilir Yükseltici Regülatör (4-25V)

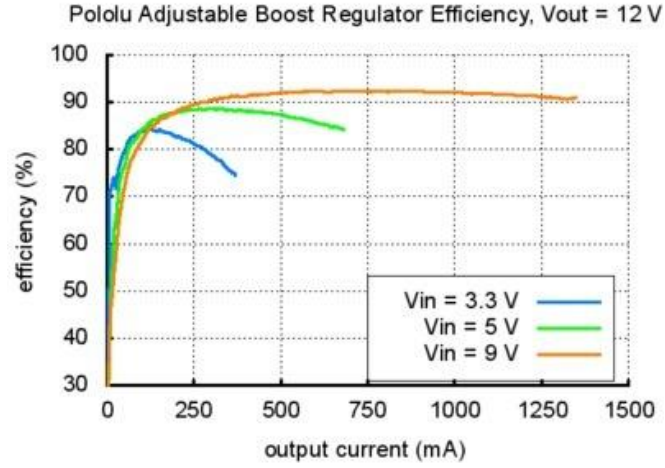
Pololu firmasına ait bu regülatör, üzerinde yer alan kullanıcı potansiyometresi sayesinde girişine uygulanan en az 1.5V'luk gerilim ile, çıkışta 4-25 Volt arası ayarlanabilir bir değer elde etmemize olanak sunmaktadır. Giriş geriliminin farklılık göstermesi durumunda bazı çıkış değerleri için aşağıdaki şekiller göz önünde bulundurulmalıdır. Şekil xxxx den anlaşılacağı üzere 12V luk çıkış elde ederken verimliliğin %80-%90 seviyelerinde olabilmesi için 9V luk girişgerilimi uygulamak en uygun yöntemdir.



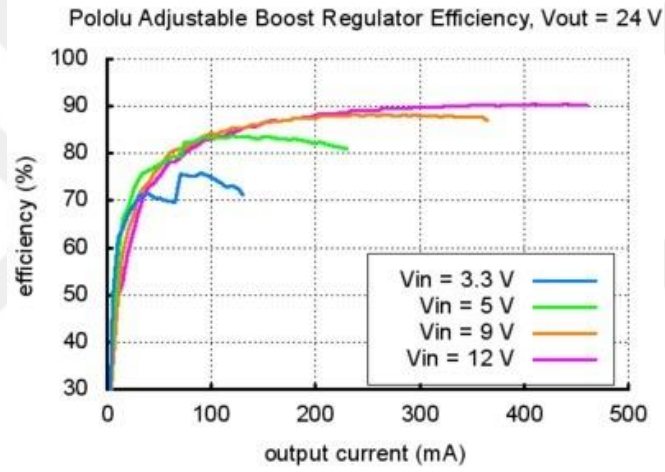
Şekil 4.26 Pololu 4-25V Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü



Şekil 4.27 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (5 Volt İçin)



Şekil 4.28 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (12 Volt İçin)



Şekil 4.29 Ayarlanabilir Voltaj Regülatörü Çıkışı (24 Volt İçin)

Teknik Özellikler:

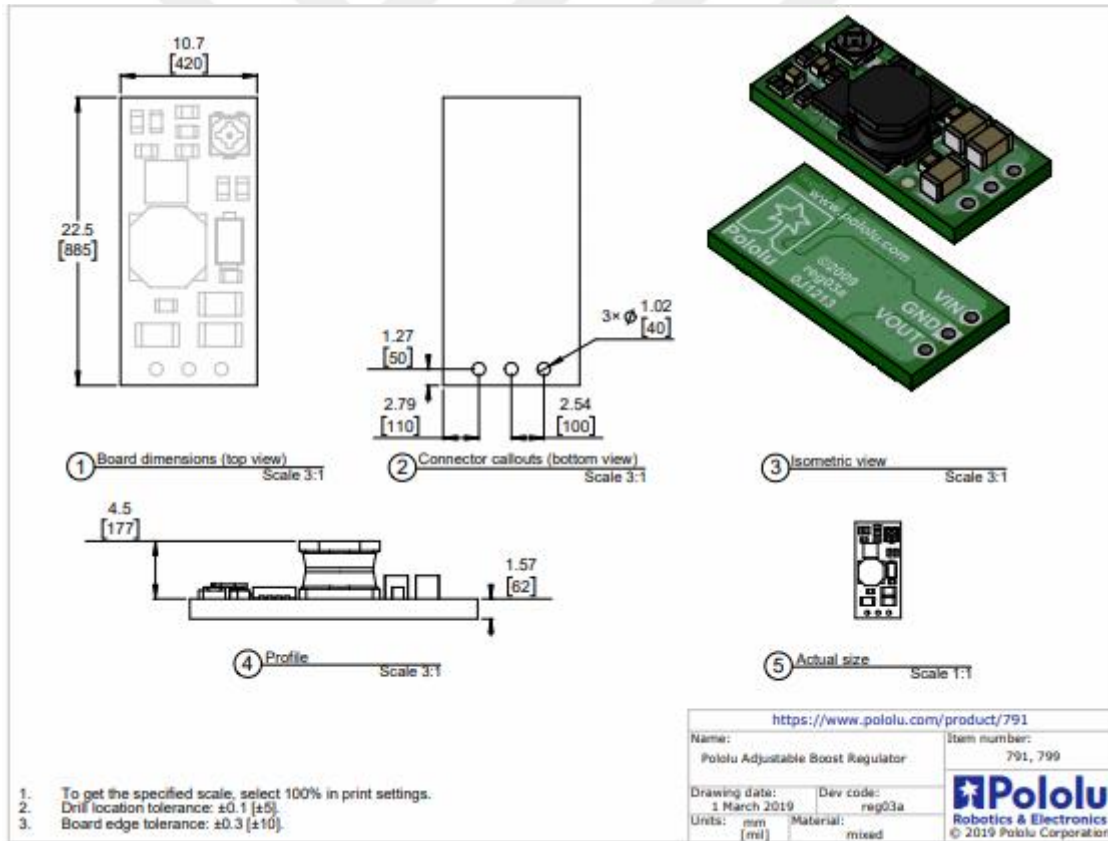
Tablo 4.3 Voltaj Regülatörü Boyutları

En	10,7 mm
Boy	22,4 mm
Yükseklik	5,8 mm
Ağırlık	1,6 gr.

Genel Özellikler:

Tablo 4.4 Voltaj Regülatörü Genel Özellikler

Minumum Çalışma Gerilimi	1.5 V
Maksimum Çalışma Gerilimi	16 V
Maksimum giriş akımı	2 A
Minumum Çıkış Gerilimi	4 V
Maksimum Çıkış Gerilimi	25V
Dahili Ters Voltaj Koruma	-
Anahtarlama Frekansı	750 kHz
Entegre Sıcaklık ve Yüksek Akım Koruması	Var
Verimlilik	% 80 - %90

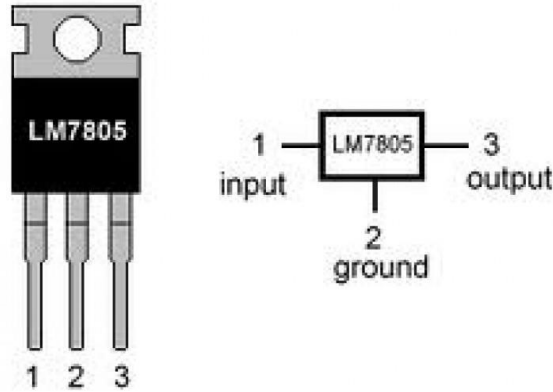


Şekil 4.30 Pololu Voltaj Regülatörü Ölçüleri (Kaynak - Pololu.com)

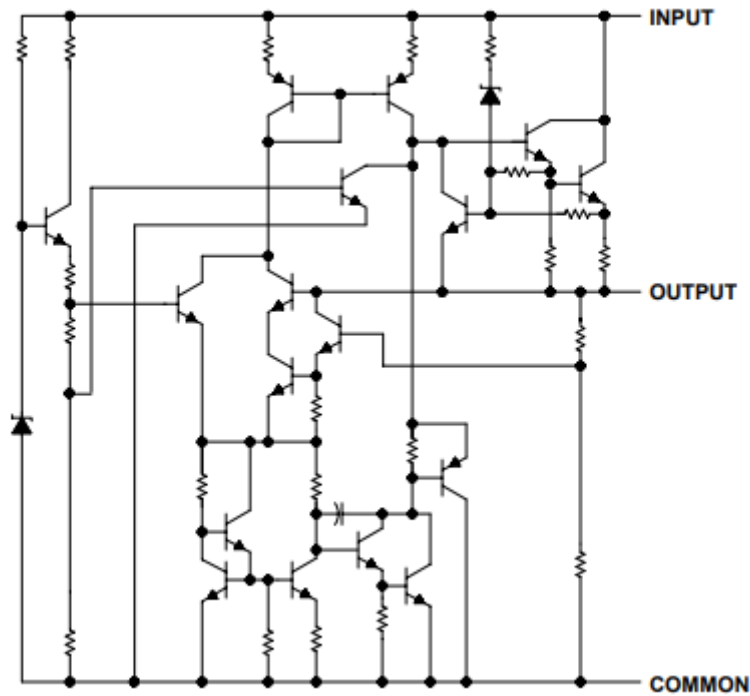
4.3.2.2. LM7805 Voltaj Regülatörü

LM7805 voltaj regülatörü, 5Volt çıkış veren 3 bacaklı bir pozitif voltaj regülatörüdür. Isınma sorunları için soğutucu kullanılabilir. Tez kapsamında Sensör setinin 300mA, ve BT

modülünün 50uA seviyelerinde akım çekeceği düşünüldüğünde, soğutucu kullanmaya gerek kalmayacağı öngörülmüştür. Bu regülatör TO220 kılıfına sahiptir.



Şekil 4.31 7805 Voltaj Regülatörü (Solda) ve Pin Bağlantıları (Sağda)



Şekil 4.32 Voltaj Regülatörü Şematik (7805)

4.4. Motorlar

4.4.1. Dc Motor

Doğru akım güç kaynağından çalıştırılmak üzere tasarlanmış bir elektrik motorudur. Doğru akım elektrik enerjisini, mekanik enerjiye çeviren elektrik makinesine DC motor denir. Buna

bağlı olarak doğru akım makinesi, doğru akım jeneratörü veya doğru akım motoru olarak da çalıştırılabilir. Bu motorların hızı, çalışma voltajı değiştirilerek kontrol edilebilir.

Bir iletkeni doğru akım uygulandığı zaman iletken, sabit manyetik alan meydana getirir. Bu manyetik alan sabit N ve S kutuplarını meydana getirir ve kutuplar arasında kuvvetli bir manyetik akı oluşur. Rotorda meydana gelen sabit manyetik alanın itme ve çekmesiyle dönme oluşur. Doğru akım motorları duran ve dönen kısımlardan meydana gelir. Duran kısım stator, dönen kısım ise rotordur. [42]

Tez çalışması kapsamında, 12 V, 2500RPM dc motorlar kullanılmıştır. Kullanılan motorlara ait resim aşağıdaki şekilde yer almaktadır.



Şekil 4.33 DC Motor

Teknik Özellikler

Tablo 4.5 DC Motor Teknik Özellikleri

Çalışma Voltajı	12 V
Maksimum Çalışma Voltajı	16V
Motor Devir Hızı	2500 RPM (Devir/Dakika)
Boşta Çektiği Akım	160 mA
Nominal Çalışma Akımı	760 mA
Zorlanma Akımı	3,1 A
Nominal Yük Torku	0,1 kg/cm
Durdurma Torku	0,8 kg/cm
Motor Çapı	15mm

Redüktör Çapı	16mm
Redüktör Dönüştürme Oranı	34:1
Mil	3 mm D Şaft ortadan çıkışlı
Boyutları	59 mm x 16 mm x 15 mm
Ağırlık	28 gr
Mil uzunluğu	15mm

4.5.Araç – Araç Haberleşme Sistemi

4.5.1. Bluetooth

1998 yılında beş büyük şirket (Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba ve Intel), bir araya gelerek evrensel kablosuz bağlantı için ücretsiz bir teknoloji oluşturmak üzere bir araya geldi. Sonuç olarak, 10. Yüzyılda savaşçı Viking kabilelerini bir araya getiren bir kralın adını taşıyan teknoloji olan Bluetooth üretildi.[43]



Şekil 4.34 BT Sembolü

Bluetooth kablosuz teknolojisi, 1990 ların sonlarında bir devrim niteliğinde insan hayatına dahil olmuştur. İnsanların ofis ortamlarında bireysel cihazları ile küçük kablosuz ağlar oluşturması ve iletişim kurmalarına olanak sağlamış, aynı zamanda ev ortamında bulunan elektronik cihazların kontrolünde ve birbirleri ile bağlanmalarında yoğun şekilde kullanılmaya başlamıştır. [44]

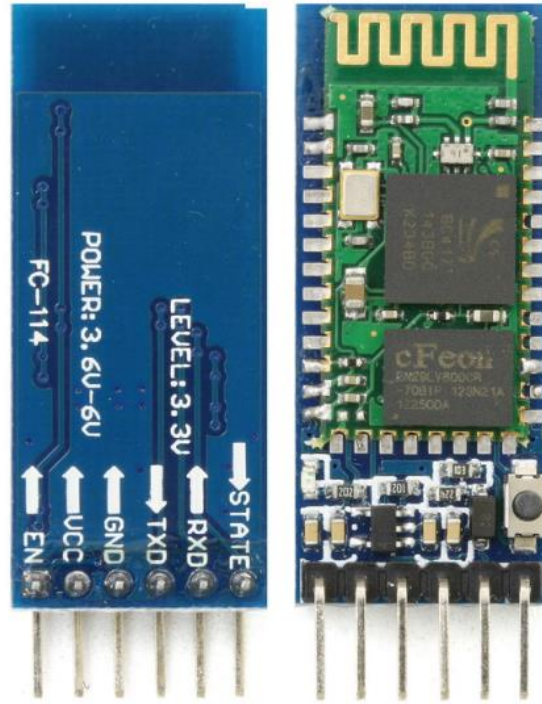


Şekil 4.35 BT Teknolojisi Akıllı Ev Uygulamaları

Bluetooth kısa mesafeli Kişisel Alan Ağları (PAN) oluşturmak için geliştirilmiş, 2,4 – 2,485 GHz ‘de ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandını kullanan bir kablosuz haberleşme standardıdır. [45]

Günümüzde kullanım alanları, Ses sistemleri, otomotiv sektörü, aydınlatma, veri transferi, kişisel alan ağları, otomasyon sistemleri, konum servisleri, telefon-tablet-kişisel bilgisayar, akıllı ev ev sistemleri, akıllı sanayi sistemleri, radyo vb. olarak sıralanabilir. Bu teknolojinin başarısının temel nedeni olarak, geliştiricilere her zaman kablosuz bağlantı çözümleri oluşturmasında yardımcı olmasıdır. Basit bir radyo teknolojisinin ötesinde, cihazlar arasında ses yayını yapmak, veri aktarmak, konum bilgisi paylaşmak veya büyük bir cihaz ağı oluşturmak bu teknolojiyi çekici kılmaktadır.[46]

Tez çalışmasında robotları birbirleriyle haberleştirmek üzere HC-05 BT modülleri kullanılmıştır. Bu modül global olarak kullanılan 2.4 Ghz frekans kapalı alanda maximum 20 metre, açık alanda ise 100 metreye kadar haberleşme mesafesine sahiptir. Bağlantı hızı modülün sınıfına bağlı olarak 3Mbps a kadar çıkabilmektedir. Bu modülün tercih edilmesindeki bir diğer etken de fiyatıdır.



Şekil 4.36 BT Modül PCB Alt (Solda) ve Üst (Sağda) Görünüm

4.5.2. HC Serisi Bluetooth Modülü Teknik Özellikleri

HC serisi BT modülleri, seri bağlantı noktasını Bluetooth' a dönüştürmek amacıyla kullanılmaktadır. Bu modüller “Master” ve “Slave” olmak üzere 2 farklı modda çalışabilirler. HC BT modüllerinde çift seri numarasına sahip ürünler sadece slave modda çalışabiliyorken, tek seri numarasına sahip modüller hem slave, hem master modda çalıştırılabilirler. (Örn : HC-04 , HC-05, HC-06 vb.) Çalışma modu, bağlantıyı başlatabilme yeteneğine sahip olup olmadığının göstergesidir. Piyasada BT özelliğine sahip bir çok cihaz, slave modda çalışabilir özelliktedirler. Örneğin yazıcılar, GPS cihazları ve Hoparlör gibi. Biz bu cihazlara master özelliği taşıyan cep telefonu ve benzeri cihazlar ile bağlantı isteği gönderip iletişim kurabiliriz.

Teknik Özellikler:

Tablo 4.6 BT Modülü Teknik Özellikleri

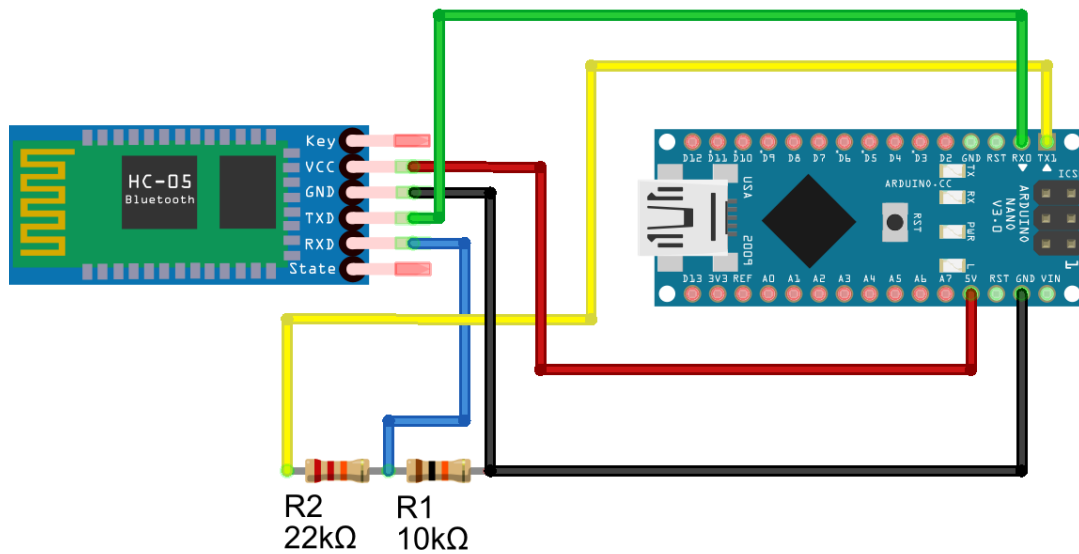
Protokol	Bluetooth 2.0 + EDR (Gelişmiş veri hızı)
Hassasiyet	< -80 dBm
Asenkron Hız	160 KBps / 2,1 MBps
Senkron Hız	1 MBps / 1 MBps
Çalışma Gerilimi	1.8V-3.6V (Önerilen 3.3V)
Çektiği Akım	50 uA

Haberleşme Frekansı	2,4 GHz
Çıkış Gücü	< +4 dBm
Boyutlar	43*16*7mm
Güvenlik	Kimlik doğrulama ve Şifreleme

BT haberleşmesinin gerçekleşmesi için modüllerden birinin haberleşmeyi başlatması (master) gerekmektedir. Tez çalışmasında kullanılan HC – 05 modüllerindenbiri master diğeri slave modda çalışacak şekilde programlama yapılacaktır. Master modda çalışacak olan cihaz haberleşme işlemini başlatacaktır. Öncelikle bu modüllerin birbiriyle iletişim kurabilmeleri için herhangi bir seri iletişim programı ve BT modülün AT komutları ile programlanması gerekmektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için Tez çalışmasında Arduino IDE seri port ekranı kullanılmıştır.

4.5.3. BT Modülün konfigürasyonu

Modülün programlanabilmesi için Mikrodenetleyici kart aracılığı ile bağlantılarının yapılması gerekmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, BT modülün RX pininin, mikrodenetleyici TX pinine, BT modülün TX pininin ise mikrodenetleyicinin RX pinine bağlanması gerekliliğidir. Ayrıca mikrodenetleyici pinleri çıkış olarak 5V ürettiğinden, mikrodenetleyici TX (transmit Data) pininin bir voltaj bölücü devresi ile BT modüle bağlanması gerekmektedir. Aşağıdaki şekildeki gibi bir bağlantı, BT modülümüzün zarar görmesini engelleyecektir. Zira BT modül optimal 3.3 Voltluk gerilimde çalışmaktadır.



Şekil 4.37 Mikrodenetleyici - BT Modül Bağlantısı

Gerilim Bölücü Devre için formül aşağıda verilmiştir. Buna göre RX pini için;

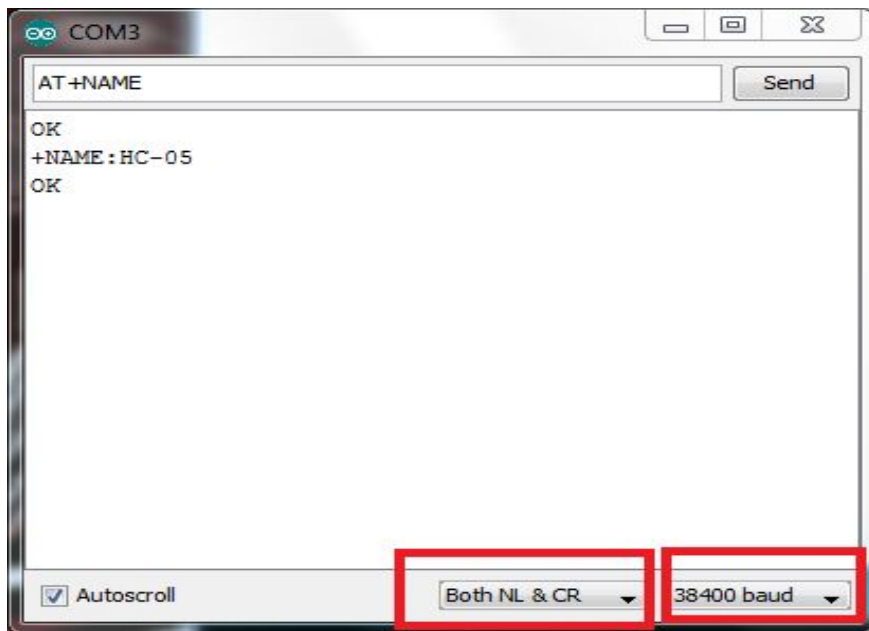
$$V_{RX} = V_{in} * \left(\frac{R2}{R1+R2} \right) = 3.4 \text{ Volt}$$

$$V_{RX} = 5 * \left(\frac{22}{22+10} \right) = 3.4 \text{ Volt}$$

Giriş değeri elde edilir.

Olarak bulunur. Böylece BT modülün yüksek besleme geriliminden kaynaklı zarar görmesi engellenmiş olur. BT modülün TX pini için buna gerek yoktur. Zira TX pininden sinyal gönderim işlemi yapılacaktır. Aynı şekilde mikrodenetleyicide bu pinin bağlı olduğu pin olan RX pini de giriş olarak konfigure edilecektir.

Bağlantılar şekildeki gibi yapıldıktan sonra, aşağıdaki şekilde yer alan butona basılı tutulur, ve ardından mikrodenetleyiciye enerji verilir. Bu işlem BT modülünü programlama moduna alacaktır. BT modülde yer alan LED iki saniyelik aralıklar ile yanıp sönme hareketi sergileyecektir. Arduino IDE programı aracılığı ile BT modülün bağlı olduğu COM portu, bağlantı noktası olarak seçilir ve ardından seri port ekranı açılır. Bu ekrana AT yazılıp “Enter” tuşuna basıldığında cevap olarak “OK” mesajı alınmıyor ise bağlantı kurulmuş demektir. Aksi halde cevap olarak “ERROR” mesajı verecektir. Bu durumda önceki işlemler tekrarlanmalıdır.



Şekil 4.38 BT Modülün AT Komutları İle Programlanması

Tez çalışmasında birbiriyle haberleşecek olan BT modülleri için sadece gerekli bağlantıların kurulması gerektiğinden kısa bazı konfigürasyon işlemleri yapılacaktır. Aşağıda BT modüle ait tüm AT komutlarının yer aldığı tablo yer almaktadır.

Çalışma kapsamında yapılacak işlemler :

- a) BT modüllerinin isimlendirilmesi,
- b) Bağlantı Rollerinin (çalışma modlarının) belirlenmesi
- c) BT modüllerine eşleştirme şifrelerinin belirlenmesi
- d) Bağlantının sadece 2 modül arasında olması için MAC adreslerin hedef gösterilmesi.
- e) Bağlantı hızlarının eşitlenmesi

İşlem Basamakları:

- a) Çalışma kapsamında modüllere “Master” ve “Slave” isimleri verilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesi için gerekli kod bloğu tablosu aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4.7 BT Modül İsim Değiştirme Kod Tablosu

Command	Response	Parameter
AT+NAME=<Param>	OK	
AT+NAME?	1. +NAME:<Param> OK----success 2. FAIL----failure	Param: Bluetooth device name Default: “HC-05”

- b) Tez çalışmasında modüllerin birine “Master” diğerine “Slave” rolü verebilmek için gerekli kod bloğu tablosu aşağıda yer almaktadır.

Tablo 4.8 BT Modül Rol Değiştirme Kod Tablosu

Command	Response	Parameter
AT+ROLE=<Param>	OK	Param:
AT+ROLE?	+ROLE:<Param> OK	0---- Slave role 1---- Master role 2---- Slave-Loop role Default: 0

- c) BT modüllerine eşleştirme şifrelerinin belirlenmesi için gerekli kod bloğu tablosu aşağıda yer almaktadır. Çalışma kapsamında her iki modül için şifre “1234” olarak belirlenmiştir.

Tablo 4.9 BT Modül Şifre Belirleme Kod Tablosu

Command	Response	Parameter
AT+PSWD=<Param>	OK	Param: passkey Default: “1234”
AT+ PSWD?	+ PSWD : <Param> OK	

- d) Bağlantının sadece 2 modül arasında olması için MAC adreslerin hedef gösterilmesi işlemi için gerekli kod bloğu aşağıda yer almaktadır. Bu işlemde “Slave” modülün MAC adresi alınır, bu işlem için AT+BIND? Komutu kullanılır. “Master” BT modülünde ise AT+BIND <MAC Adres> yazılarak master modülün sadece ilgili cihaza bağlanabilme özelliği sağlanır.

Tablo 4.10 BT Modül MAC adresi bağlantısı için Kod Tablosu

Command	Response	Parameter
AT+BIND=<Param>	OK	Param----Bluetooth address needed to be bind
AT+ BIND?	+ BIND:<Param> OK	Default address: 00:00:00:00:00:00

- e) Bağlantı hızlarının eşitlenmesi gerekli kod tablosu aşağıda verilmiştir. Çalışma kapsamında 9600 Baud Rate seçilmiştir. Bu da, saniyede 9600 bitlik veri transferi anlamına gelmektedir. $9600 / 8 / 1024 = 1,17$ Kb/sn veri transferi gerçekleştirmek mümkündür.

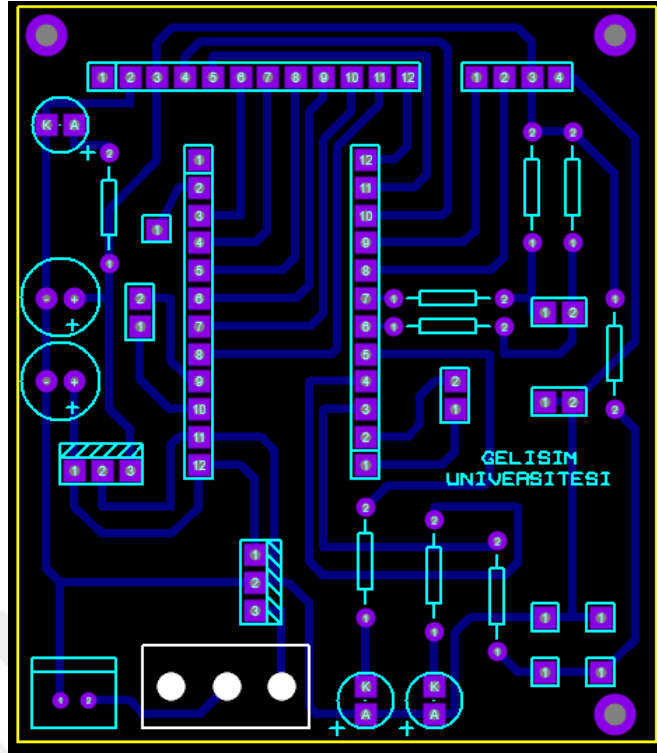
Tablo 4.11 BT Modül Bant Genişliği Seçimi Kod Tablosu

Command	Response	Parameter
AT+UART=<Param>,<Param2>,<Param3>	OK	Param1: baud rate(bits/s) The value (Decimal) should be one of the following:
AT+ UART?	+ UART=<Param>,<Param2>,<Param3> OK	4800 9600 19200 38400 57600 115200 23400 460800 921600 1382400 Param2: stop bit: 0----1 bit 1----2 bits Param3: parity bit 0----None 1----Odd parity 2----Even parity Default: 9600, 0, 0

- f) Her iki BT modülünde gerekli yapılandırma işlemleri tamamlandıktan sonra, mikrodenetleyici beslemesi kesilmelidir. BT modüllerinin AT programlama modundan çıkartılarak, bağlantı test edilmelidir. BT modülleri üzerinde yer alan LED gösterge 5 saniye aralıklarla senkronize şekilde yapıp sönme hareketi, bağlantının kurulduğunun göstergesidir.

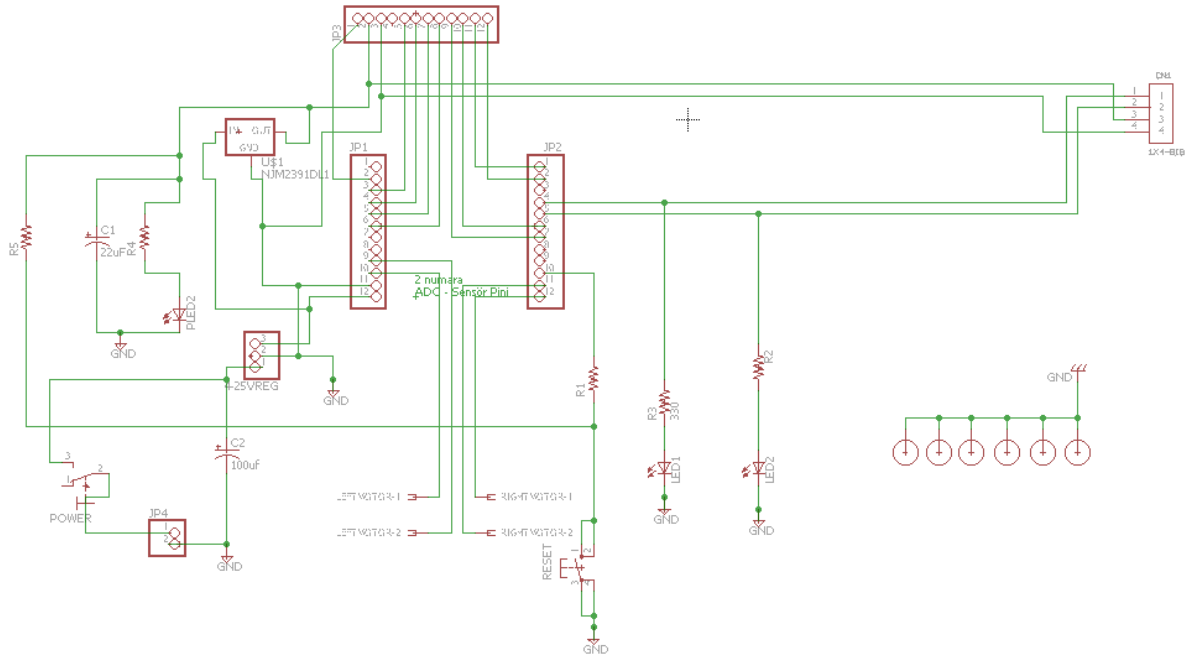
4.6. Elektronik Devrenin tasarlanması

Elektronik devre, protheus programında tasarlanmıştır. Aşağıda programda çizilen şematik ve 3D görünüm yer almaktadır. Sensör verilerini okumak için 6 adet Analog/Dijital giriş hattı ve 2 Dijital giriş hattı belirlenmiştir. Bu girişler soldan sağa doğru PD4-PC0-PC1-PC2-PC3-PC4-PC5-PD7 olarak belirlenmiştir. Ayrıca Sensör setinde bulunan fotodiyot pini PD2 portuna bağlanmıştır. Besleme hattına 2 adet kondansatör yer almaktadır. Biri 5voltluk regülatöre bağlı, 22uF -63V diğeri 4-25V yükseltici regülatöre bağlı 100uF -63V kapasite değerindedir.



Şekil 4.39 Şerit İzleyen Robot PCB (Üst Görünüm)

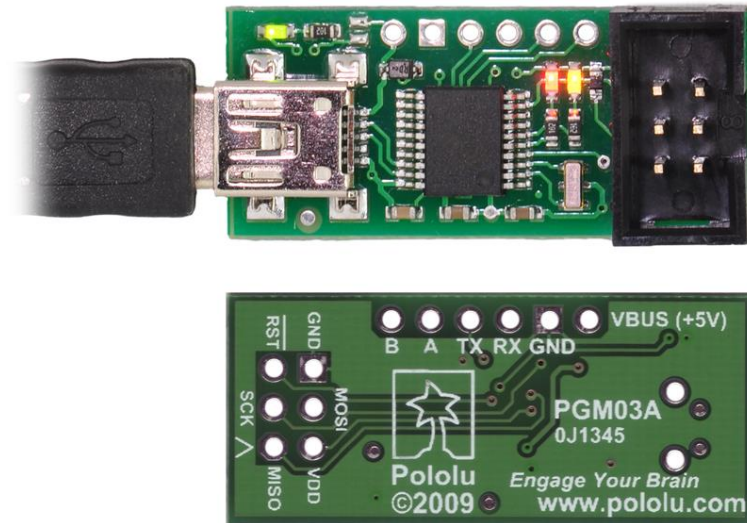
Genel amaçlar için 2 adet değiştirilebilir buton eklenmiş, ve seri UART haberleşmesi için TX-RX pinleri (PD1-PD0) bir konnektör yardımıyla PCB ye eklenmiştir. BT modülü harici kablolar yardımıyla bu bölgeye bağlanacaktır. PB4 ve PB5 hatlarına 2 adet genel amaçlı led eklenmiş olup bu ledler tez çalışmasında uyarı mesajlarının iletimini gözlemlemek amacıyla kullanılacaktır. PB0 pini robotun başla-bitir komutları için bir düme yerleştirilmiştir.



Şekil 4.40 Şerit İzleyen Robot Şematik

4.7.USB AVR Programlayıcı

Pololu firması tarafından orangutan tabanlı robot denetleyicileri ve 3Pi gibi AVR tabanlı denetleyicileri programlamak için geliştirilen bir cihazdır. Programcı Bilgisayara USB port üzerinden, herhangi bir Seri iletişim Portuna sanal olarak bağlanarak, (Örneğin COM4) mikrodenetleyici AVRDUDE veya ATMEL STUDIO gibi programlama yazılımları ile iletişim kurmasına olanak sağlar. Programlayıcı 6 pinli bir ISP programlama kablosu ile Baby Orangutan B-328 geliştirme kartına bağlanabilmektedir.



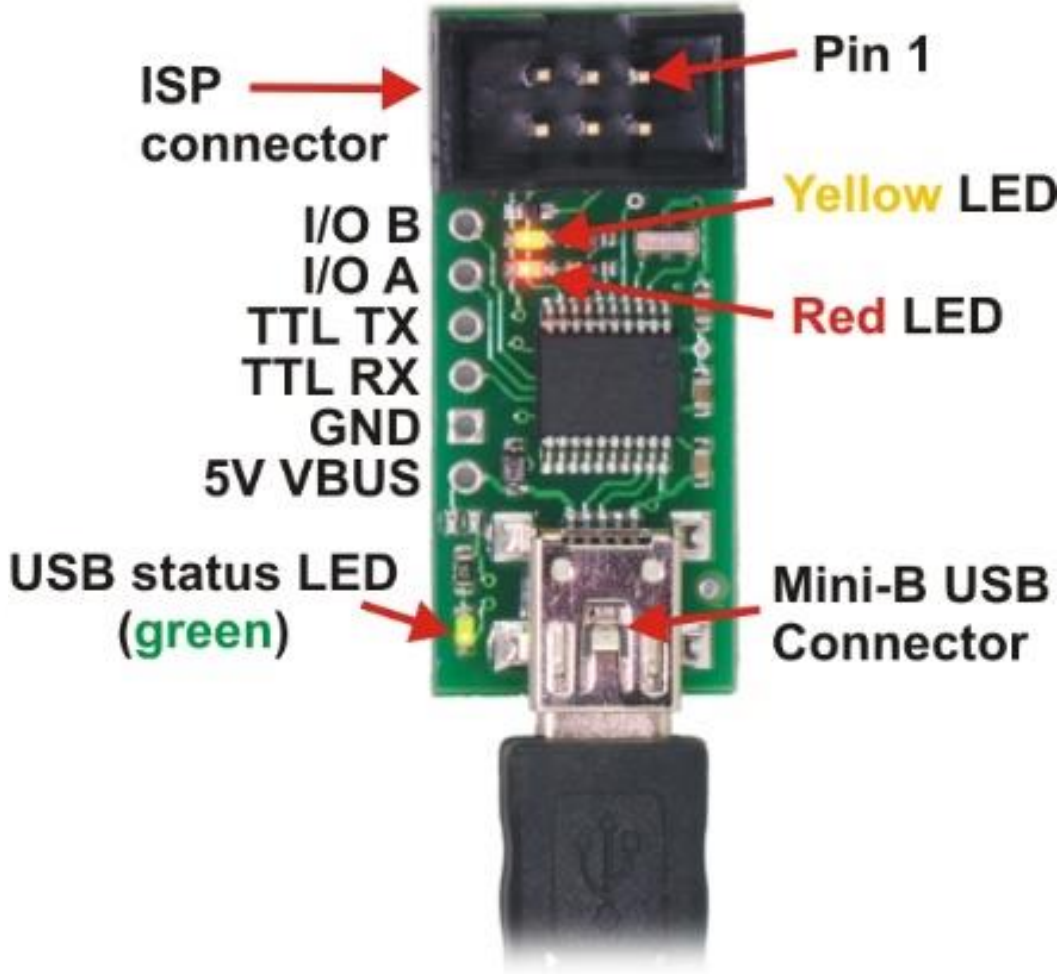
Şekil 4.41 Pololu Programlayıcı PCB

Bu programlayıcı, Arduino Uno ve benzeri kartlarda olduğu gibi, Baby orangutan için güç kaynağı görevi yapmamaktadır. Arduino Uno ve benzeri geliştirme kartları, bilgisayara USB kablo ile bağlandığında, üzerinde yer alan devre elemanları sayesinde beslenebilir. Bu programlayıcının böyle bir özelliği yoktur. Programlayıcı, sadece kendi besleme ünitesini bilgisayarın USB portu üzerinden almaktadır.



Şekil 4.42 Pololu USB-AVR Programlayıcı

Programcı bilgisayara bağlanıp ilgili sürücüler yüklendiğinde 2 adet sanal COM portunu tahsis eder. Bu sanal portlardan bir tanesi, programlama yazılımı ile iletişim kurmak için, diğeri ise genel amaçlı USB-Seri adaptör içindir. Bu özellik, denetleyici üzerinde besleme olduğu takdirde, denetleyici ünitesini devreden çıkarmadan, AVR üzerinden ISP programlama yapabilmemize olanak sağlamaktadır. Ayrıca ISP pinleri dışında üzerinde bulunan B-A-TX-RX-GND pinleri sayesinde bilgisayar ile seri haberleşme yapmak mümkündür. Seri haberleşmede iletim (TX – Transmit Data) ve alma (RX – Recive Data) hatlarına ek olarak A ve B pinlerini kullanabiliriz.



Şekil 4.43 Programlayıcı Pin Bağlantıları

ASB – AVR programlayıcı üzerinde dahili 3 adet led bulunmaktadır.

Yeşil Led : Cihazın USB bağlantı durumunu göstermektedir. Eğer Programlayıcı USB kablosu ile bilgisayara bağlanmış ise Yeşil Led yanıp sönmeye başlar. Yanıp sönmeye hareketi, cihaz sürücülerinin bilgisayara doğru şekilde yüklendiğini belirten bir mesaj alana kadar devam edecektir. Sonrasında Yeşil Led sürekli halde yanık kalması beklenmelidir.

Sarı Led :Programlayıcının bir işle meşgul olduğunun göstergesidir. Programlayıcı bilgisayara bağlı iken, ISP programlayıcı kablosu aracılığı ile bir mikrodenetleyici algılandığında yanıp sönmeye hareketi gerçekleştirecektir. Bu sırada bağlı olan mikrodenetleyici beslemesinin aktif olması gerekmektedir. A ve B pinleri ile, bilgisayar ve cihaz arasında seri haberleşmenin sağlandığı anda da programlayıcı üzerinde bulunan sarı led yanıp sönmeye hareketi gerçekleştirecektir.

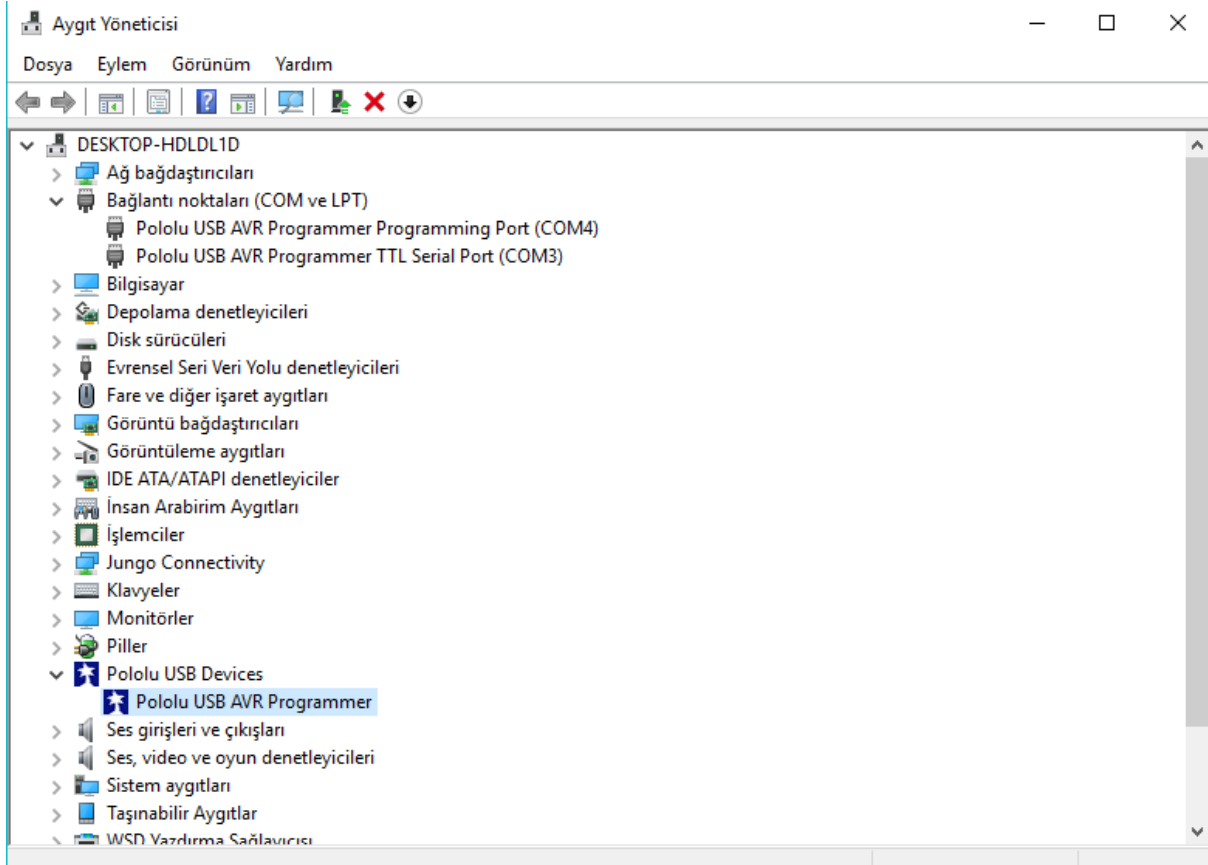
Kırmızı Led : Hata ve Uyarı göstergesidir. Yanıp sönmeye hareketinde hedefte bir cihaz algılanmadığı anlamına veya bağlı olan mikrodenetleyici üzerindeki völdaj düşük olabilir.

USB AVR programlayıcı, mikrodenetleyicinin programlanabilmesi için standart olarak 6 pinli bir AVR-ISP konektörüne sahiptir. Bu pinler şekil 4-43’ de kartın alt yüzünde gösterilmektedir. Programlayıcı pin görevleri aşağıdaki gibidir.

- **MISO** : Mikrodenetleyiciyi SPI ile programyabilmek için “Master Input, Slave Output” hattıdır. Bu hat programlayıcı için “Master” denetleyici için ise “Slave” olarak çalışır. Dolayısı ile bir giriş gibi davranır.
- **VDD** : Programcının hedef AVR voltajını ölçmek için kullandığı bir “Input” pinidir. Hedef cihazı programlarken, programcı hedef VDD'yi sürekli izlemek için bu pini kullanır. Voltaj çok düşerse veya çok fazla değişirse, programlayıcı hedef AVR'ye zarar gelmesini önlemek için programlamayı iptal eder. VDD hattı, programlayıcıya güç sağlamak için kullanılmaz; programlayıcı USB'den güç alır. Bu pin, mikrodenetleyiciyi beslemek için de kullanılmaz. Programlama yapılabilmesi için mikrodenetleyicinin harici olarak beslenmesi gerekmektedir.
- **SCK** : Hedef AVR ile SPI iletişimi için saat sinyali oluşturulmasını, böylece denetleyici ve programlayıcı arasında senkronizasyonun sağlanması için kullanılan pindir.
- **MOSI** : Mikrodenetleyici ile SPI iletişimi için “Master Output, Slave Input” pinidir. Programcı “Master” durumundadır. Bu nedenle programlama esnasında bu pin “Output” olarak davranış sergiler.
- **RST** : Bağlı olan mikrodenetleyici için reset pinidir. Bu pin programlama esnasında denetleyicinin resetlenmesini engellemek için lojik 0 çıkışı üretir. Böylece programlama sırasında bağlı olan denetleyicinin resetlenmesi engellenir.
- **GND** : Ground pini. Bu pin hedef denetleyicinin ground (toprak) hattına bağlıdır.

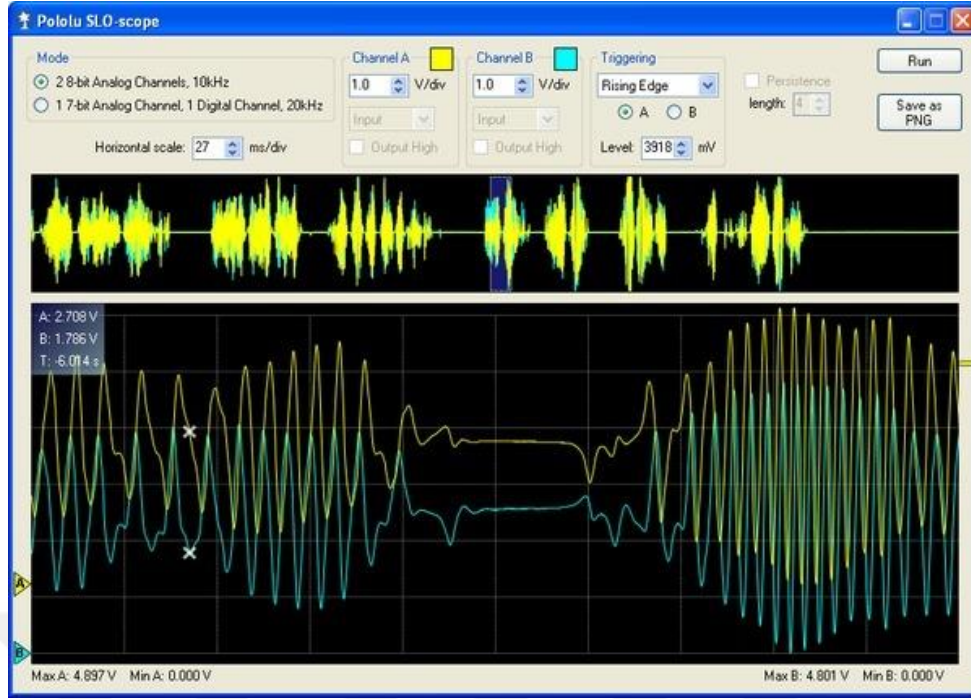
4.7.1. Programlayıcı sürücülerinin yüklenmesi

Programlama işlemleri Windows 10 işletim sistemi barındıran bilgisayar üzerinden gerçekleştirilmektedir. Programlayıcının çalışabilmesi için Pololu tarafından yayınlanan sürücülerin işletim sistemine yüklenmesi gerekmektedir. Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra Windows 10 işletim sisteminde programlayıcının bağlı olduğu COM port numarası gözlemlenebilir. Hatasız bir kurulum sonunda programlayıcı “Aygıt Yöneticisi” menüsünde aşağıdaki şekle benzer biçimde görüntülenecektir. İstenildiği takdirde aygıtın bağlı olduğu COM port numarası değiştirilebilir.



Şekil 4.44 Programlayıcı Aygıt Yöneticisi Görünümü

USB AVR programlayıcı ünitesinin bir diğer avantajı, beraberinde SLO-Scope adı verilen bir yazılım desteği sunmasıdır. Bu yazılım bilgisayara kurularak, basit iki farklı çalışma modu olan bir osiloskop elde edilebilir. Maksimum 20 kHz frekansta TTL seviyeli voltajları ölçmek için A ve B pinlerini kullanan basit bir yapıdadır. Pololu SLO-scope ekran görüntüsü aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 4.45 Pololu SLO-Scope Ekran Görüntüsü

4.8. Bağlantıların Gerçekleştirilmesi

4.8.1. Sensör Seti Montajı

Robot zemini üzerinde QTR-8RC sensör seti için özel bir bölge belirlenmiştir. Sensör seti ve robotun arka kısmında yer alacak tekerlek sisteminin merkez noktalarının kesişmesi, robotun rutin hızda ve düz bir şeritte hareket ederken hata üretmemesini sağlayacağından son derece önemlidir. Ön bölgede yer alan 2mm çapındaki delikler sensör seti montajı için Adobe Illustrator programında zemin çizim aşamasında QTR-8RC sensör setinin merkezlenmesi için belirlenmiştir. Ayrıca zemin Alüminyum malzemeden üretildiği için, sensör seti montajı sonrasında kısa devre oluşmasını engellemek amacıyla sensör seti ve zemin arasında çift taraflı bant ile bir izolasyon işlemi uygulanmıştır.



Şekil 4.46 Sensör Seti izolasyon ve montaj işlemi

4.8.2. Motorların Montajı

Motorların doğru noktalarda ve düz bir açıda yerleştirilebilmesi için robotun arka bölümünde yer alan delikler aracılığıyla motorlar sabitlenmiştir. Bu işlem kablo bağı ile yapılmış olup, robotun hareketi veya çarpmalardan kaynaklı esneme işlemlerinin önüne geçmek için sıcak silikon kullanılmıştır.



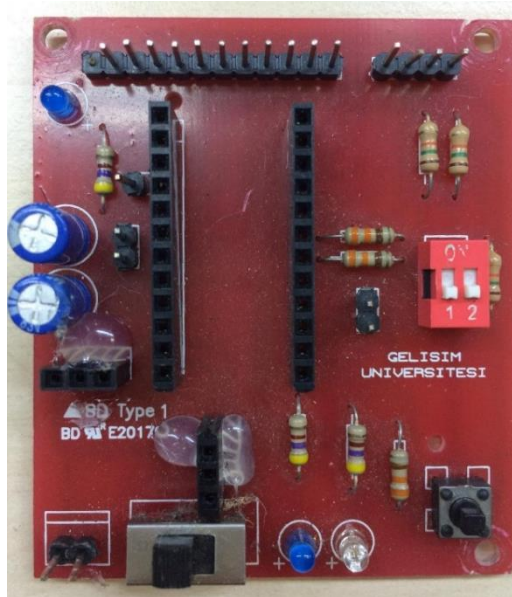
Şekil 4.47 Tez çalışmasında Kullanılan Redüktörlü DC motorlar



Şekil 4.48 Motor ve Tekerlek Sistemi bileşenleri ve Montajı

4.8.3. Elektronik Kart ve Pil Montajı

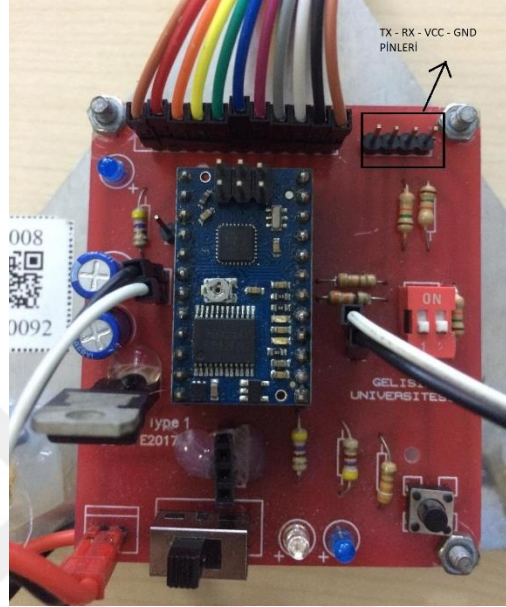
Üretilen baskı devre montajı için zemin üzerinde yer alan üç adet 3mm çapında delik kullanılacaktır. Bu delikler devre kartını sabitleyecek olup, bu devre kartı altına 2S 500mAh Lipo pil yerleştirilecektir. Bu bileşenlerin robotun ağırlık merkezinde olması son derece önemlidir.



Şekil 4.49 Tez Çalışmasında Kullanılan Şerit izleyen Robot PCB

4.8.4. BT Modül Montajı ve Bağlantıları

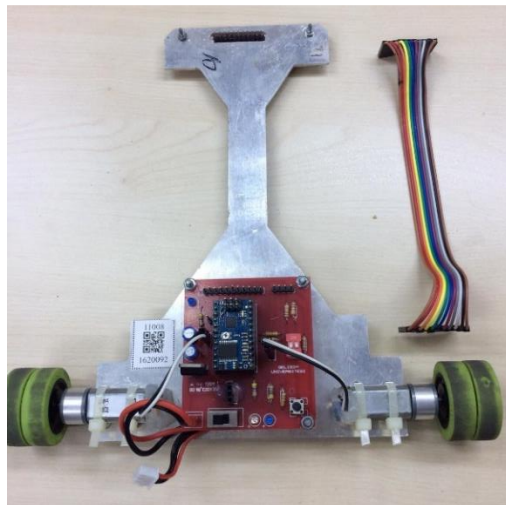
Elektronik kart üzerinde PD0-PD1 (RX-TX) pinleri, 5 voltluk regülatör çıkışı ve GND pinleri için bir bağlantı noktası oluşturulmuştur. BT modülü bu bölümden hem besleme işlemi hem de denetleyici ile bağlantı kurabileceği pinlerin bağlantısı yapılmıştır.



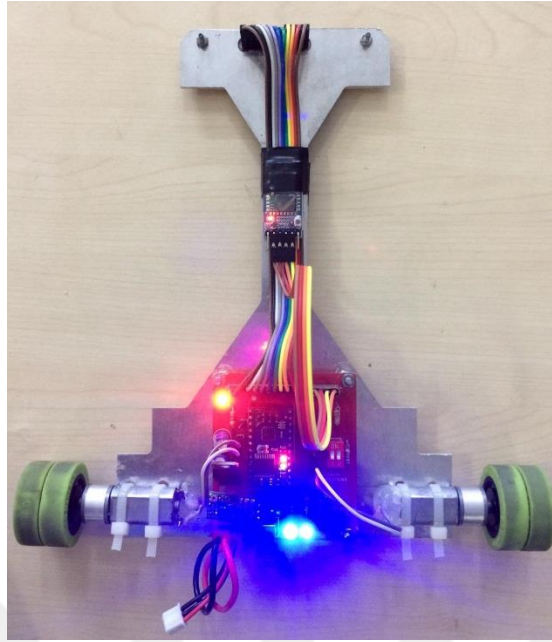
Şekil 4.50 Montaj İşlemi Sonrası PCB üst görünümü ve BT modül Bağlantısı (TX-RX-VCC-GND)

4.8.5. Kablolama

Sensör seti, motorlar, BT modül ve elektronik kart bağlantılarında dişi-dişi konektör ayrılabilir kablolar kullanılmıştır.



Şekil 4.51 Araç Montajı ve Kullanılan Kablolar



Şekil 4.52 Montajı Tamamlanmış Araç

5. KODLAMA

5.1.Algoritma Tasarımı ve Kullanılacak Yazılımlar

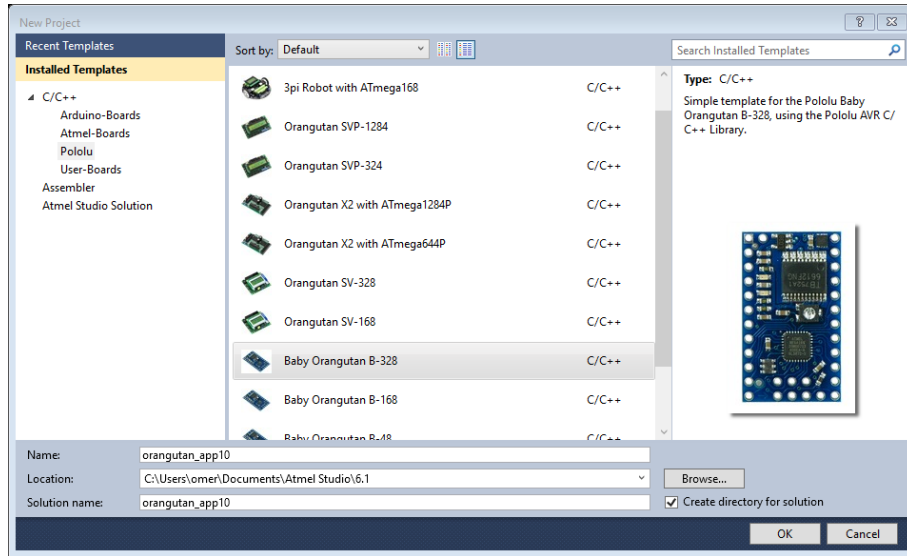
Yazılımın algoritmasında sürekli hal hata denetimi bulunmaktadır. Araç sürekli olarak BT cihazını dinlemekte olup, diğer araçlardan gelen herhangi bir acil durum sinyalinde yaptığı işe ara vererek bir aksiyon almaktadır. (Emniyet şeridine geçme, Durma, Buzzer ve Ledler ile uyarı verme vb.) Şerit izleme sisteminde Kontrol algoritması olarak PD algoritma tercih edilmiştir. Oransal-Türev algoritmasına göre Atmega328P işlemcisi, Sensörlerden gelen veriler doğrultusunda öncelikle hata olup olmadığının kontrolünü sağlamaktadır. Var ise hatanın negatif / pozitif olma durumuna göre motorları üretilen PWM sinyali ile 9.8 kHz lik bir frekansta sürmektedir. Hatanın negatif yönde olması, robotun karşılaştığı yol bilgisinin sağa dönüş yönünde olduğu, pozitif yönde olma durumu ise sola dönüş yönünde olduğunu göstermektedir. İşlemci her 1 milisaniyede bir sensör verilerini dijital olarak okumakta, (Lojik 1 veya Lojik 0) merkezden uzaklaşan yönde negatif tek sayıların ikili artışı şeklinde hata üretmektedir. Hatanın maksimum PWM değeri olan o anki rutin hız değerinden daha büyük olma durumunda ise hata PWM değerine eşitlenmektedir. Böylece ilgili motorlar tamamen durmaktadır. Hatanın sıfır üretilmesi, sensör setindeki ortada bulunan 2 sensörün şerit üzerinde olduğunun göstergesidir. Böylece sağ ve sol motor hızları belirlenen PWM değerinde olacaktır.

Algoritma çerçevesinde kodlama işlemleri için Atmel firması tarafından geliştirilen, Atmel Studio 6.1 programı kullanılmıştır. Kodlar C programlama dili ile yazılmıştır. Kod yazımı sırasında, Pololu firmasının ürün teknik dokümanlarında yer alan hazır fonksiyonların birçoğu kullanılmıştır. Motor kontrol fonksiyonları (PWM-Duty Cycle), zamanlayıcılar ve QTR-8RC sensör dizisi için hazır QTR fonksiyonları üretici firma olan pololu web sayfasından alınmıştır.

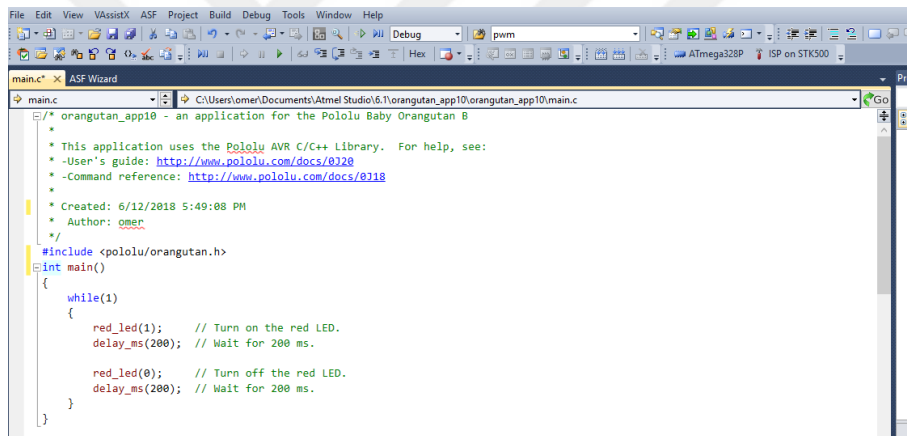


Şekil 5.1 Atmel Studio 6 Arayüzü

Yazılıma Pololu firması için Pololu Firması tarafından yayınlanan AVR C/C++ kütüphanesi indirilmiş ve yazılıma eklenmiştir. Böylece pololu tarafından üretilen kartlara ait hazır kütüphane dosyaları, fonksiyonlar ve kart için gerekli ayarlamalar yapılabilmektedir. Aşağıdaki şekilde, Pololu AVR C/C++ yükleme işleminden sonra Pololu Baby Orangutan B-328 işlemcisi seçilerek yeni bir boş proje elde edilmiştir. Atmel Studio 6 yazılımı, Visual Studio tabanlı bir yazılım olduğu için, derleme ve kodu denetleyiciye yükleme işlemleri, benzer editör ve programlama araçlarına göre çok daha kolay gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 5.2 Atmel Studio - Pololu Eklentisi Sonrası Denetleyici Seçim Ekranı



Şekil 5.3 Örnek Proje - Blink Led

5.2.Kontrol Yöntemleri

Kontrol düzenlemek, kumanda etmek veya denetlemek anlamlarına gelir. Tanım olarak; bir değişken niceliğin yada değişken nicelikler kümesinin önceden belirlenmiş bir koşula uyumunu sağlamaya yönelik olarak gerçekleştirilen işlemler bütünüdür. [47] Otomatik kontrol ise, belirli bir sistemde denetleme faaliyetlerinin insan girişimi olmaksızın önceden belirlenen bir amaca göre kontrolü ve yönlendirmesidir. Burada amaç, temelde insanların yapacakları işi makinelere yaptırmaktır. Böylece daha güvenli, verimli ve ekonomik bir sistem elde etmektir.[48]

Kontrol etkisi, bir sistemin çıktısının önceden belirlenen ölçütlere uygun bir zaman davranışı göstermesini ifade etmektedir. Kontrol organlarında kullanılan başlıca 4 temel kontrol etkisi bulunmaktadır. Bunlar: [49]

- Aç – Kapa (On –Off) kontrol etkisi
- Oransal Kontrol Etkisi (P etkisi)
- İntegral Kontrol Etkisi (I etkisi)
- Türev Kontrol Etkisi (D etkisi)

Bu etkilerin bir veya birkaçının bir arada uygun biçimde kullanılmasıyla değişik sonuçlar üreten kontrol üniteleri oluşturulur. Bunlardan bazıları:

- Oransal (P) kontrolör
- İntegral (I) kontrolör
- Oransal-integral (PI) kontrolör
- Oransal-türev (PD) kontrolör
- Oransal-integral-türev (PID) kontrolör

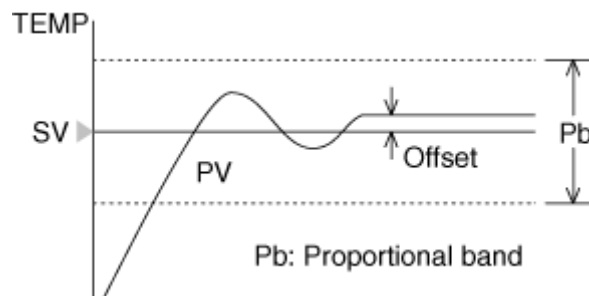
5.2.1. Oransal (P) Kontrolör

Oransal kontrol algoritması, en basit kontrol etkisini temsil eder. Kontrolcü çıktısı, o andaki hata değeri ile bir kazanç (K_p) değerinin çarpımıyla elde edilir. Hata değeri, $e(t)$ istenilen çıkış (SV) ile anlık mevcut çıkış arasındaki farka eşittir ($PV(t)$)

$$e(t) = SP - PV(t)$$

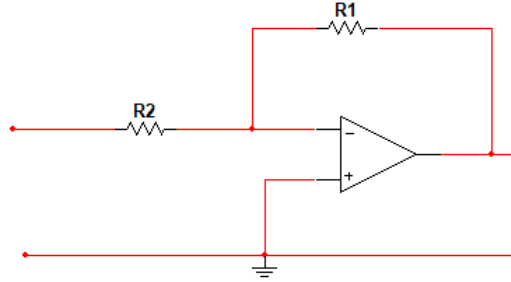
$$u(t) = K_p e(t)$$

Bu tip bir kontrol sistemi, kararlı bir sistem çıktısı oluşturmakla beraber, sistem çıkıştaki hata azaldıkça daha düşük bir kontrol etkisi göstereceğinden, sonuç, elde edilen referansa yumuşak bir yaklaşma hareketi olacaktır ve sistem çıktısı hiçbir zaman referans değere tam ulaşamayacaktır.



Şekil 5.4 Oransal Kontrollör Sisteminin Sıcaklık Kontrolü için Cevap Grafiği

Şekilde örnek bir sıcaklık kontrol uygulamasının oransal kontrolör ile zamana bağlı değişimi gözlenmektedir. Burada SV, referans değerimizi, PV ise kontrolcü çıktısını ifade etmektedir. Buna göre, referans ve çıktı arasında meydana gelen (Offset) hata durumuna kalıcı durum hatası adı verilir. Bu kalıcı durum hatası, kontrolcü çıkışına eklenen bir sabit bir değer ile düşürülebilir ancak bu değerın çok yüksek olması, sistemi kararsız hale getirecektir.



Şekil 5.5 Oransal Kontrolör İşlemsel Yükselteç Devresi

5.2.2. İntegral tip (İ) kontrolör

Integral kontrol etkisi oransal kontrol etkisine benzer şekilde hesaplanır fakat burada sistemin o anki hata değeri yerine sistemin çalışmaya başladığı andan itibaren olan tüm anlardaki hataların toplamı bir kazanç ile çarpılır. Sisteme integral teriminin katkısı, hem hatanın büyüklüğü ile, hem de süresi ile orantılıdır. Bu tip bir kontrolörde integral, zaman içindeki anlık hatanın toplamıdır.

$$u(k) = K_i \sum_{1}^k e(k)$$

Sistemin cevabının referans değere ulaşması geciktikçe, integral kontrol etkisi de artacaktır. Kontrolcü çıkışı;

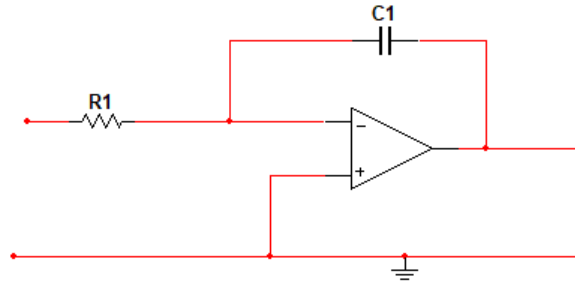
$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

veya,

$$u(t) = \frac{1}{T_i} \int_0^t e(t) dt$$

Formülleri ile hesaplanır. İntegral terimi, işlemin referans değerine doğru yaklaşmasını sağlar ve oransal denetleyicide meydana gelen kalıcı sabit durum hatasını ortadan kaldırır. Bununla birlikte, integral terimi geçmişten gelen birikmiş hatalara tepki verdiği için, mevcut değerin istenen değerin üzerine çıkmasına neden olabilir.[50]

İntegral kontrolör aynı zamanda yavaş bir kontrol sağlar, bunun nedeni sisteme 90^0 derece faz gecikmesi getirmesidir.



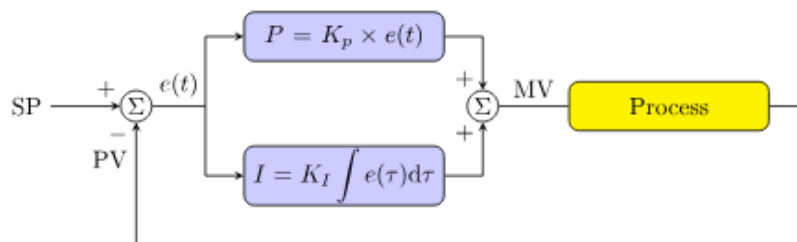
Şekil 5.6 İntegral Kontrolör işlemsel yükselteç devresi

5.2.3. Oransal-integral (PI) kontrolör

Bu tip bir kontrolör sistemi, oransal ve integral kontrol etkilerinin birleşmesinden oluşur. P etkisinin verdiği hızlı kontrol imkanı ile, I etkisinin hatayı tamamen yok edici etkisinin birleşmesi bakımından önemlidir.[51]

İntegral kontrol etkisi ile oransal kontrol etkisi birlikte kullanıldığında daha verimli bir kontrol sağlanır. Oransal kontrolde oluşan kalıcı durum hatası ortadan kalkmış olur. Bu tip bir kontrol sistemi İntegral etkisinden dolayı özellikle süreç kontrol sistemlerinde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Sistem çalışması, oransal etkinin sistemi referans değere hızlı bir şekilde yaklaştırması ile başlayacak, çıktı referans değere yaklaştığında oransal kontrolcü etkisini kaybederek integral etki devreye girecek ve çıkışı yavaş da olsa referans değere taşıyacaktır.

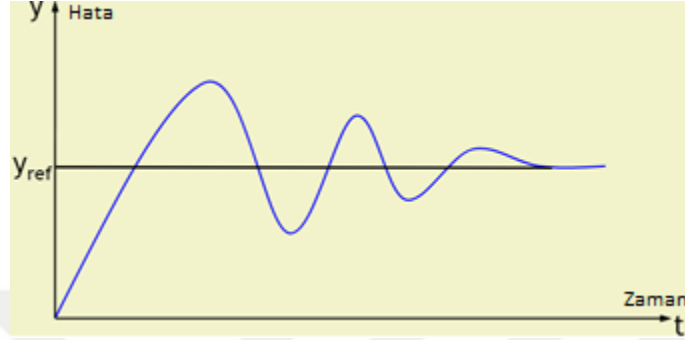


Şekil 5.7 PI Tipi Kontrolörün Blok Diyagramı Gösterimi

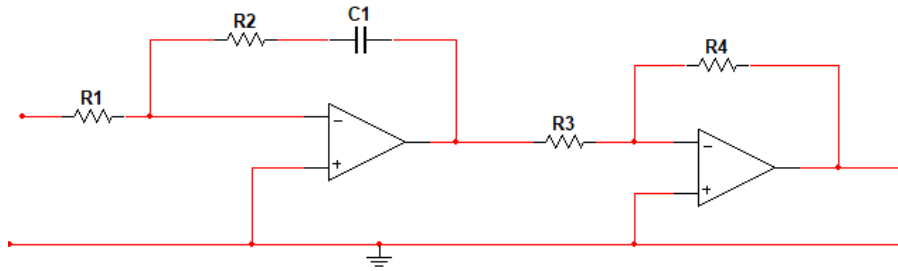
Kontrolcü çıkışı :

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau$$

Formülü ile hesaplanır. Şekil 5-2 de PI tipi kontrolörün işlemsel yükselteçler ile gösterimi yer almaktadır.



Şekil 5.8 Oransal İntegral Kontrolör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği



Şekil 5.9 PI Tipi Kontrolörün İşlemsel Yükselteçlerle Gerçekleştirilmesi

5.2.4. Oransal-türev (PD) kontrolör

Oransal ve türev kontrol etkilerinin birleşmesinden oluşur. Sistem türev etkiden dolayı hızlı bir çalışma sağlar. Bunun nedeni, D(Türev) sisteme 90^0 derece faz avantajı vermesidir.

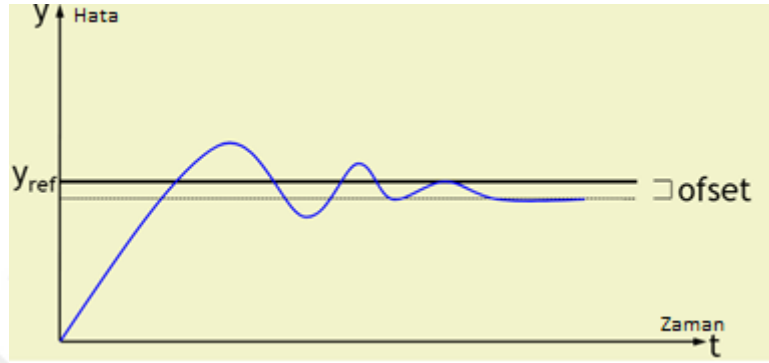
Türevsel kontrol etkisi, sistemdeki hatanın değişimine orantılı olarak belirlenir. Türev işlemi sistem çıktısının hesaplandığı andan bir sonraki anda alacağı değere ilişkin bir ön veri üretir. Dolayısı ile türev etkisi sisteme tahmin özelliği kazandırır.

$$D_{out} = K_D \frac{d}{dt} e(t)$$

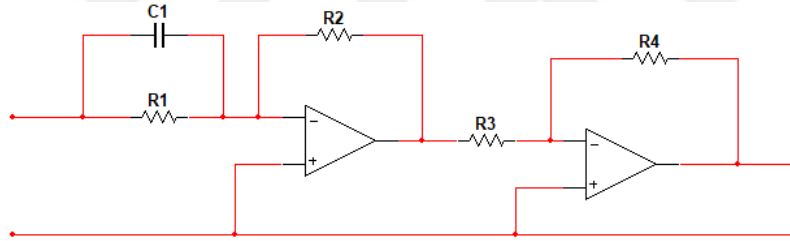
Türev değeri sistemdeki dalgalanmalar ile büyüyeceğinden bu durumdaki türevsel kontrol etkisi de büyüyecektir. Dolayısı ile sistem çıktısı daha az dalgalı bir davranış gösterecektir[48].

P etki sisteme kararlılığı, D etki ise hızlı çalışmayı sağlar. Ancak sistemde I etki bulunmadığından dolayı kalıcı durum hatası PD kontrolör de de oluşur. Bu tip bir kontrolör hızlı değişimlerin olduğu kısa süreli işlemlerde kullanılır.

$$u(t) = K_P e(t) + K_D \frac{d}{dt} e(t)$$



Şekil 5.10 Oransal Türev Kontrolör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği



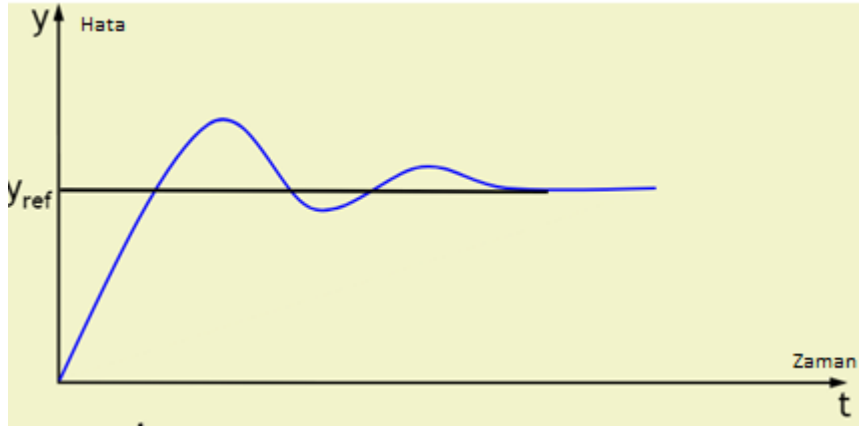
Şekil 5.11 PD Tipi Kontrolörün İşlemsel Yükselteçlerle Gerçekleştirilmesi

5.2.5. Oransal-integral-türev (PID) kontrolör

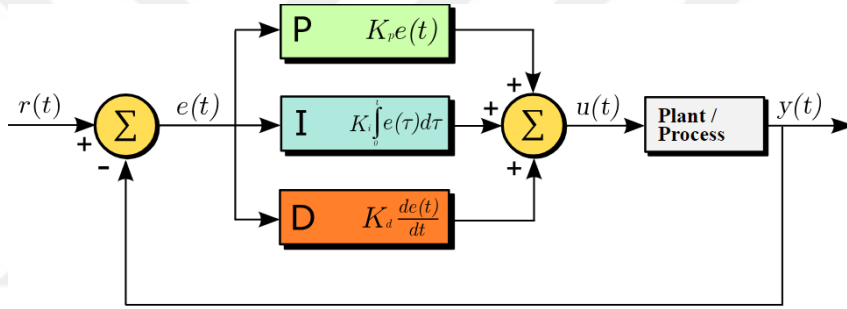
P, I ve D kontrolör etkilerinin tümünün aynı sistem içinde bir araya gelmesiyle oluşturulur. Her bir kontrolörün özelliğine sahiptir. Oransal etki ile sistemin hızlı şekilde cevap vermesi sağlanmaktaydı. Integral etkisi ile sistemde ortaya çıkabilecek kalıcı durum hatası (offset) giderilirken, türev etki sayesinde sistemin osilasyon eğilimi azaltılır ve hata sinyalini önceden sezen bir etki sağlanır. Osilasyon eğilimi, sistemin referans değere ulaşınca karar üst ve alt aşım miktarlarının yoğunluğudur. Böylece PID kontrolör bir taraftan kalıcı durum hatasını sıfırlarken, diğer taraftan da sistemin geçici durum davranışını iyileştirmiş olur. Sistem çıkışı:

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int_0^t e(\tau) d\tau + K_D \frac{d}{dt} e(t)$$

formülü ile hesaplanır.



Şekil 5.12 Oransal - İntegral – Türev Kontrolör Kullanılan Sistemin Cevap Grafiği



Şekil 5.13 PID Tipi Kontrolörün Blok Diyagramı Gösterimi

PID tipi kontrolörün blok diyagramı gösterimi

Kapalı çevrim sisteminde her bir kontrolörün etkisi K_p , K_i ve K_d kazançları verilecek aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bu tabloya göre Yükseliş zamanı, referans noktasına yaklaşma süresini,

Aşım, referans noktası çevresinde meydana gelen osilasyonun büyüklüğünü, yerleşim zamanı istenilen referans noktasına ulaşım süresini belirtmektedir.

Tablo 5.1 P, I ve D Ayarlarının Bağımsız Olarak Etkileri

Kontrolör Türü	Kapalı Çevrim Cevabı	Yükseliş Zamanı	Aşım	Yerleşim Zamanı	Sürekli Rejim Hatası
Oransal	K_p	Azalır	Artar	Küçük oranda artar	Azalır
İntegral	K_i	Küçük oranda azalır	Artar	Artar	Büyük oranda azalır
Türev	K_d	Küçük oranda değişir	Azalır	Azalır	Önemsiz değişim

5.3.Sistemin Genel algoritması:

Şerit izleyen robotlar sistem ilk çalıştırıldığı andan itibaren varsa çevrede bulunan diğer robotlar ile iletişime geçerek; hız, konum, yön ve bulunulan şerit bilgisini paylaşmaktadır. Her robot kendisinde yüklü olan yazılım ile anlık olarak hata durumu mikro denetleyici tarafından değerlendirilmektedir. Robotun kritik bir hata yapması durumunda bu durum öncelikle aracın kendisinde bulunan uyarı sistemi ile sürücünün uyarılması sağlanmaktadır. Devamında Bluetooth modülü ile diğer robot uyarılarak hata verisini alan robotun aksiyon alması ve kaza riskinin ortadan kaldırılması sağlanmaktadır.

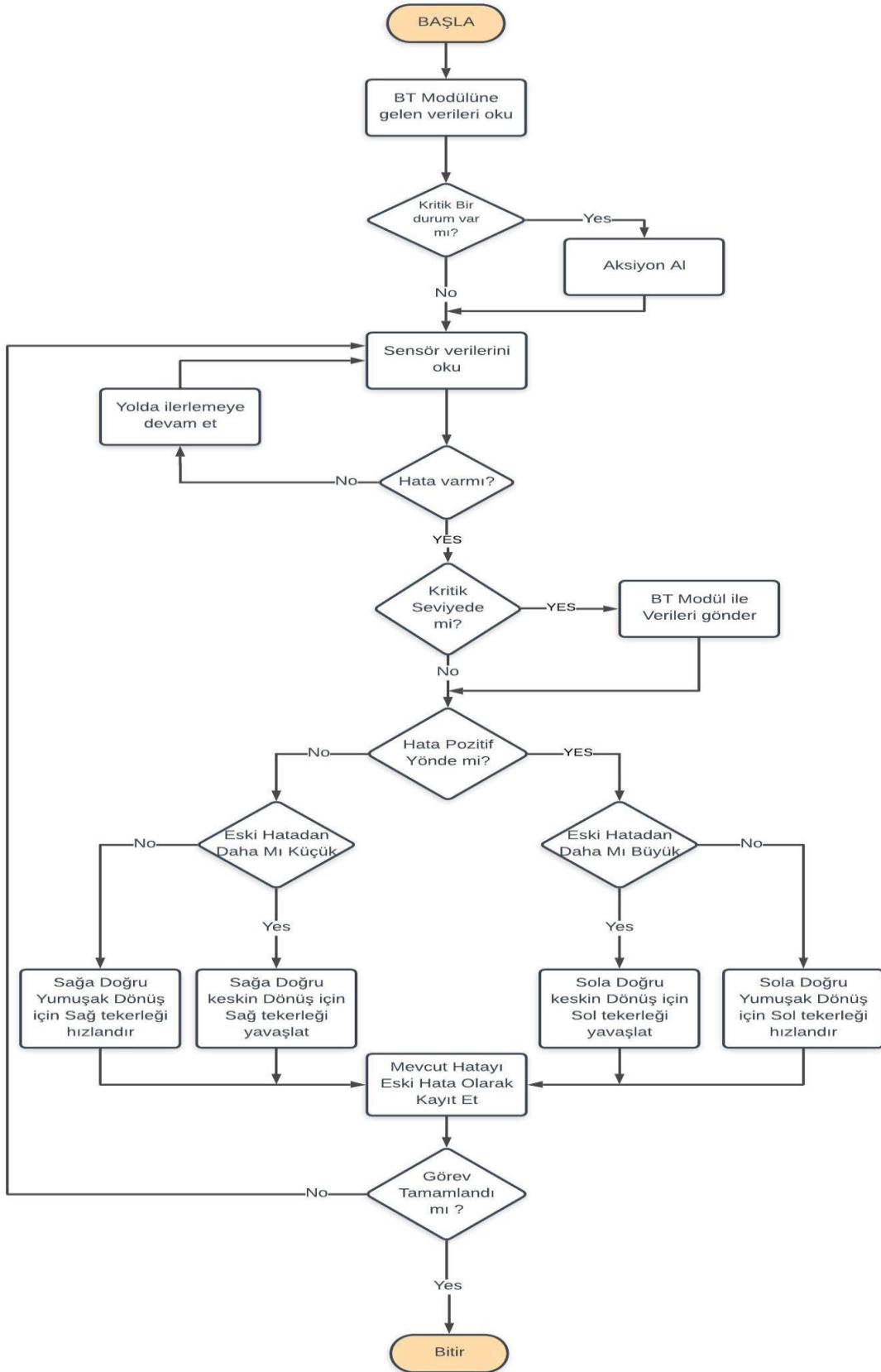
Olağan çalışma halinde tüm robotlar öncelikle sensör setinden gelen verileri okumaktadır. Sensör setinden gelen verilerde hata var ise, bu hatanın kaza riski taşıyıp taşımadığı değerlendirilmektedir. Kaza riski taşınması halinde Bluetooth modülü ile bu bilgi diğer robot ile paylaşılmaktadır. Hata yok ise robot şerit izlemeye devam etmektedir.

Şerit izleme işleminde hata oluşumunun ardından hatanın referans değeri olarak kabul edilen şeridin pozitif veya negatif yönde olma durumu algılanmaktadır. Şeritten sağa doğru ayrılma pozitif hata, sola doğru ayrılma negatif hata olarak değerlendirilmiştir. Ardından robotun mevcut konumu sürekli olarak bir önceki kontrol döngüsünde yer alan hata ile karşılaştırılmaktadır. Bu hata durumuna göre robot referans değere yaklaşma eğiliminde ise, hatayı düzeltme işlemi yavaşlatılmıştır. Böylece referans çizgisine yaklaşma işlemi daha yumuşak şekilde gerçekleştirilmektedir. Eğer robot bir önceki durumda alınan sonuca göre referans noktasından uzaklaşma eğiliminde ise, bu hatanın gittikçe yükseldiğinin algılanmasına

ve hatanın giderilmesi için daha yüksek düzeltme çabasına girmesi sağlanmaktadır. Böylece sisteme hatanın hangi yönde olduğu öğretilmekte ve geleceğe ilişkin tahmin özelliği kazandırılmaktadır.

Son aşamada mevcut hata, bir önceki hata olarak kayıt edilmektedir. Sistem yeni döngü verileri geldiğinde bir önceki durum ile yeni verilerin kıyaslanması sağlanmaktadır. Bu döngü robot çalışması sonlandırılana kadar benzer şekilde çalışarak robotların şerit izlemesi ve var ise kaza risklerinin diğer robotlara iletilmesi sağlanmaktadır.

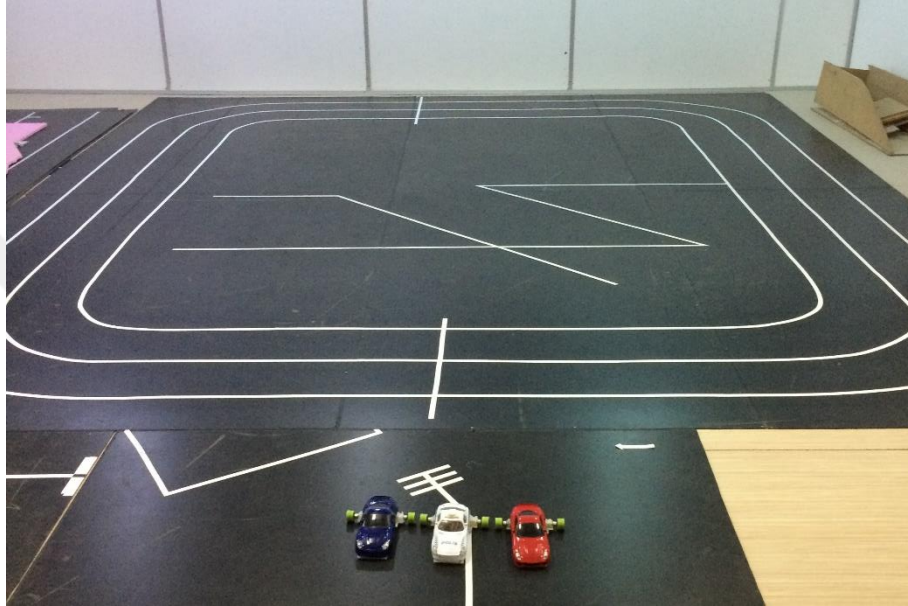




Şekil 5.14 Araç - Araç Haberleşme Sistem Akış Diyagramı

6. UYGULAMALAR

Kaza senaryolarının test işlemlerinde kullanılacak temsili yol için hazırlanmış pist Şekil 6.1 de gösterilmektedir. Araçlar pist üzerindeki bazı işaret noktalarında yazılım müdahalesi ile hata yapması sağlanacak ve olası kaza senaryoları bu pist üzerinde gerçekleştirilerek sonuçlar gözlemlenecektir.



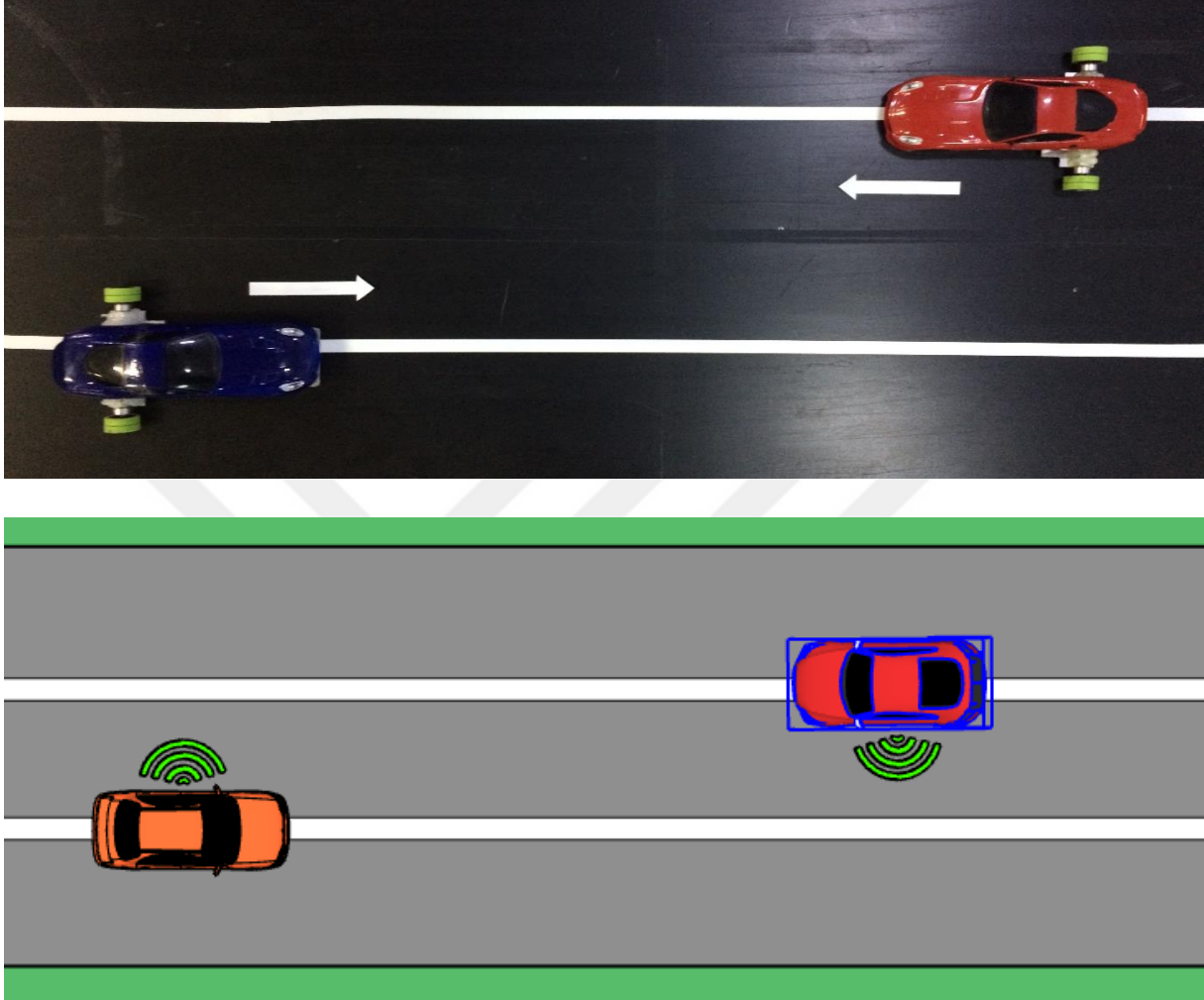
Şekil 6.1 Kaza Senaryolarında Kullanılacak Temsili Pist ve Araçlar

6.1.Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu

Ülkemizde yaşanmakta olan trafik kazalarında Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan verilere göre 2017 yılında toplam 11,398 ölümlü veya yaralanmalı kaza meydana gelmiştir. Toplam kaza sayısının çift yönlü gidiş-geliş yolların artmasıyla her geçen yıl azalması öngörülmektedir. Ancak günümüzde “karşılıklı çarpışma” ölüm veya yaralanma riski ile sonuçlanabilecek en tehlikeli kaza oluş türlerinden biri olması nedeniyle önem arz etmektedir(Tablo 2-2) [14].

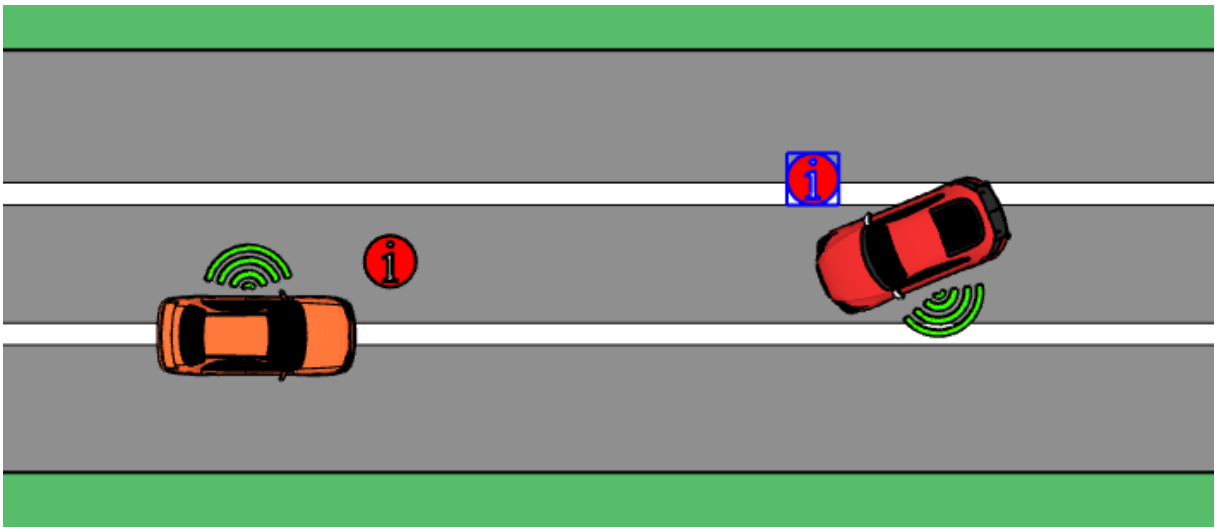
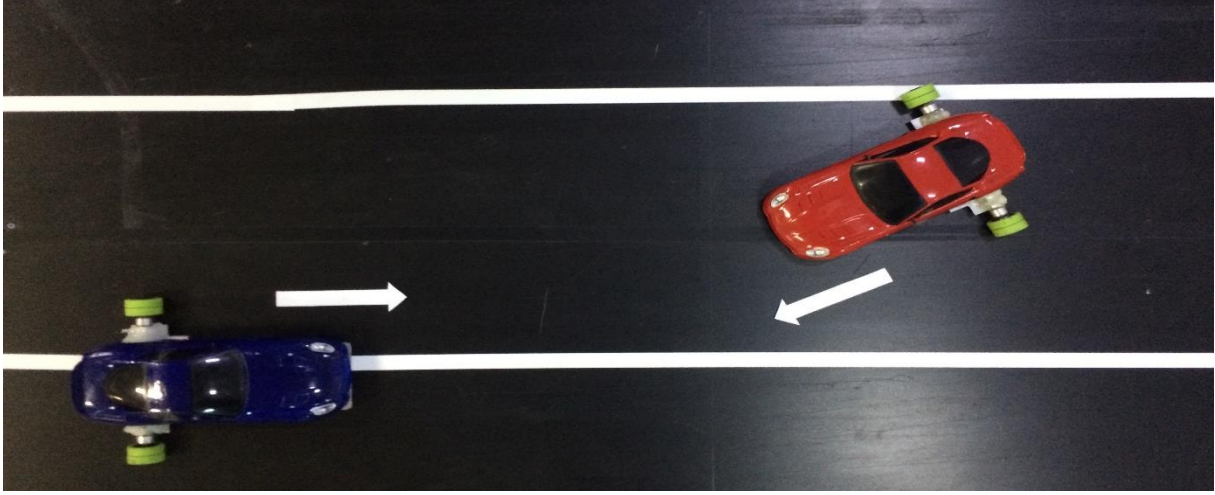
Bu tip bir kaza senaryosunda, ulaşımın bir geliş bir gidiş olduğu bir yol için hatalı sollama yapan araç ile sürücü kusuru veya olası bir acil durumdan (Yol üzerinde bir hayvan veya nesnenin fark edilmesi) kaynaklı karşı şeride giren araç ele alınabilir. Böyle bir senaryonun trafikte bu teknolojiye yoksun araçlar için sürücüyü birden fazla konuda hızlı karar vermek zorunda bıraktığı bilinmektedir. (Emniyet Şeridine geçme / Şerit Değiştirme / Durma vb.) Ayrıca ilgili pozisyonun ne zaman fark edildiği de son derece önemlidir.

Tez çalışmasında ilk örnek ulaşımın bir geliş ve bir gidiş olduğu bir yolda robotlar normal seyir halinde iken V2V (Bluetooth) teknolojisi ile birbirleriyle iletişime geçerek; hız, yön ve konum bilgilerini paylaşmaktadırlar. (Şekil 6.2)



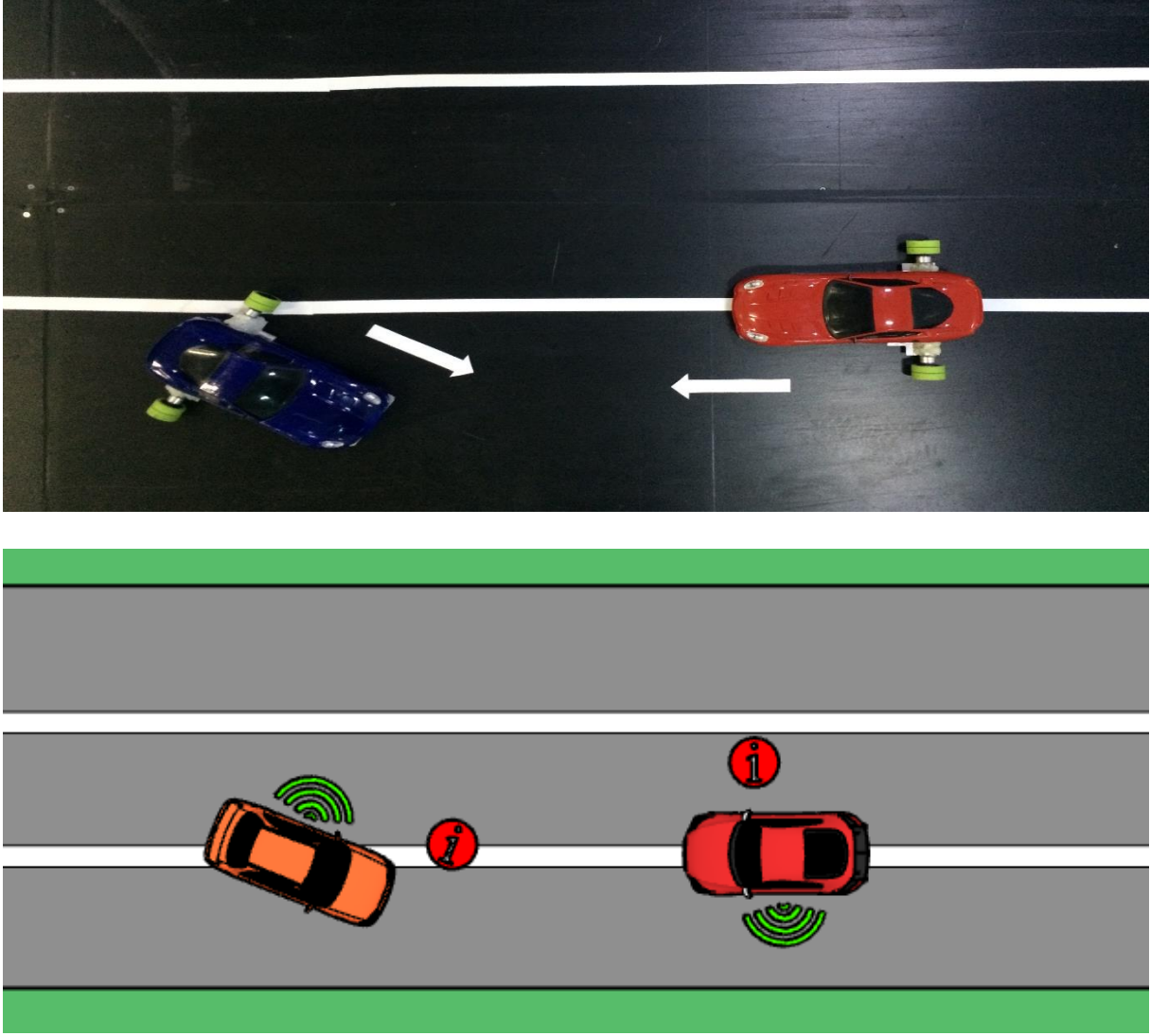
Şekil 6.2 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu – Araç – Araç İletişimi

Robotlardan birine yazılım müdahalesi ile karşı şeride girmesi sağlanmıştır. Bu durumda hem karşı şeride giren robota hem de diğer robota uyarı sinyali gönderilmiştir. (Şekil 6.3)

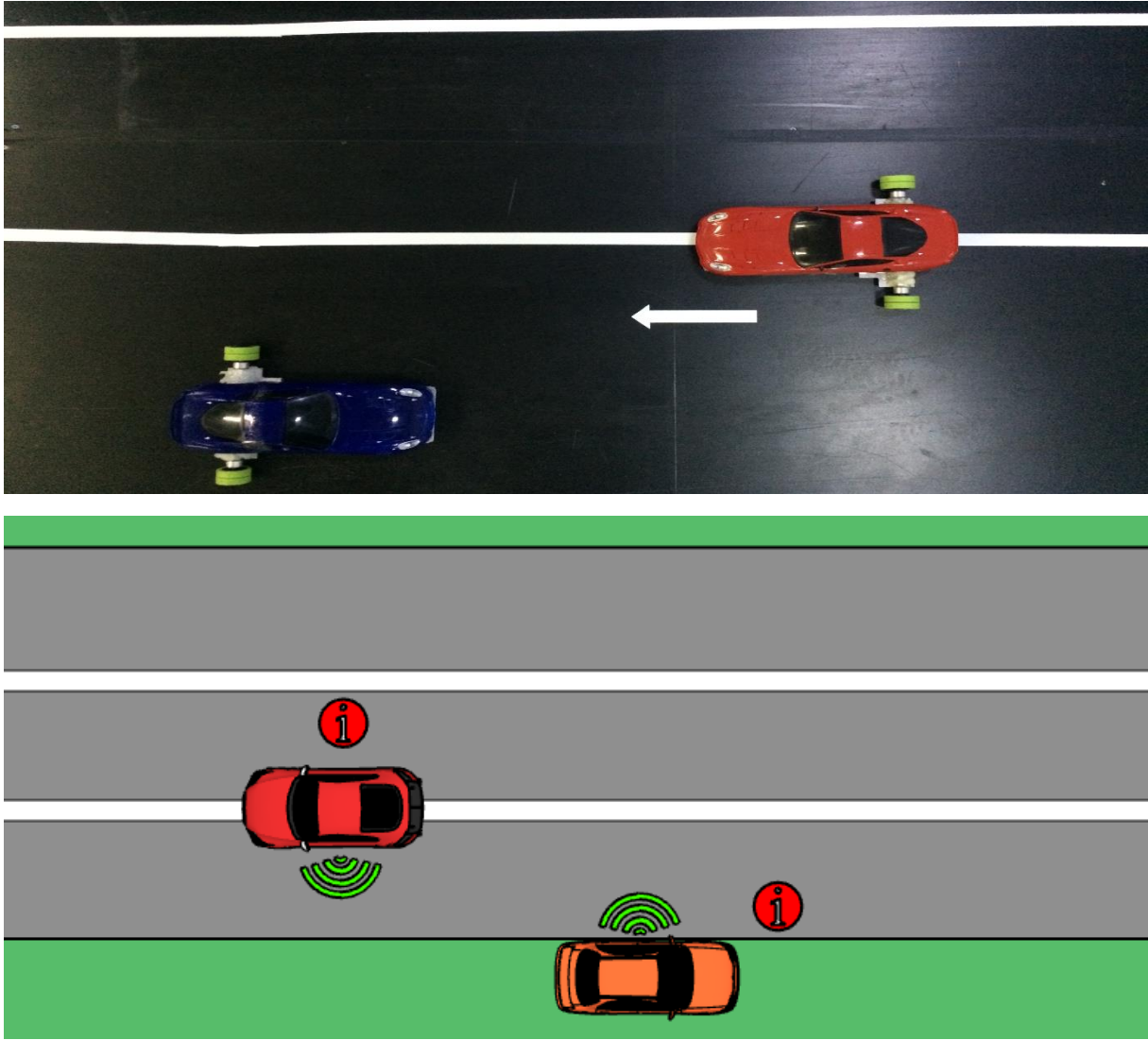


Şekil 6.3 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu - Hata Başlangıç Durumu

Normal sürüş performansı olan robotun uyarı sinyali almasının ardından emniyet şeridine geçmesi ve bir süre sonra durması sağlanmıştır. (Şekil 6.4-Şekil 6.5)



Şekil 6.4 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu – Hatasız Aracın Aksiyon Alma Durumu



Şekil 6.5 Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi

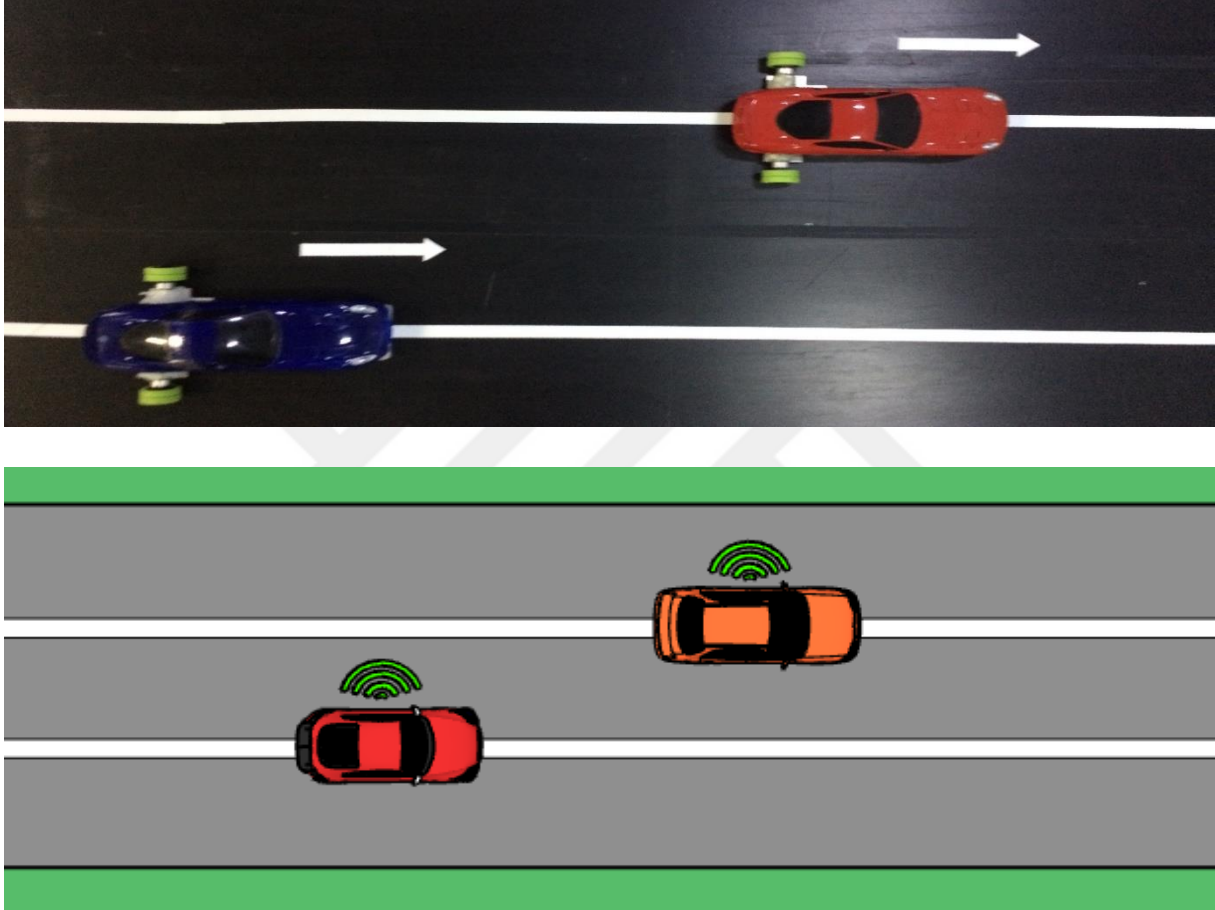
6.2.Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu

Dikkat dağınıklığı, uykusuzluk ve benzeri nedenlerle, aracını hatalı kullanan sürücüler trafikte büyük risk oluşturmaktadır. TÜİK verilerine göre ülkemizde “yoldan çıkma” ve “devrilme, savrulma, takla atma” nedeniyle 2017 yılında toplam 44.222 adet ölümlü veya yaralanmalı kaza meydana gelmiştir. (Tablo 2-2)

Günümüzde otomotiv sektörü ve sensör sektöründeki teknolojik gelişmeler sayesinde araçların sürücülerini uyarma sistemleri risk faktörünü en aza indirmektedir. Fakat bazı araç sürücülerinin aceleci davranış sergilemesi veya deneyimsiz olmaları nedeniyle bu tür uyarıları dikkate almadıkları bilinmektedir. Geliştirilen bu sistem sayesinde, araçların sadece kendi sürücülerini değil, yaklaşmakta olan diğer araç sürücülerinin ve gerekli görülmesi halinde trafik

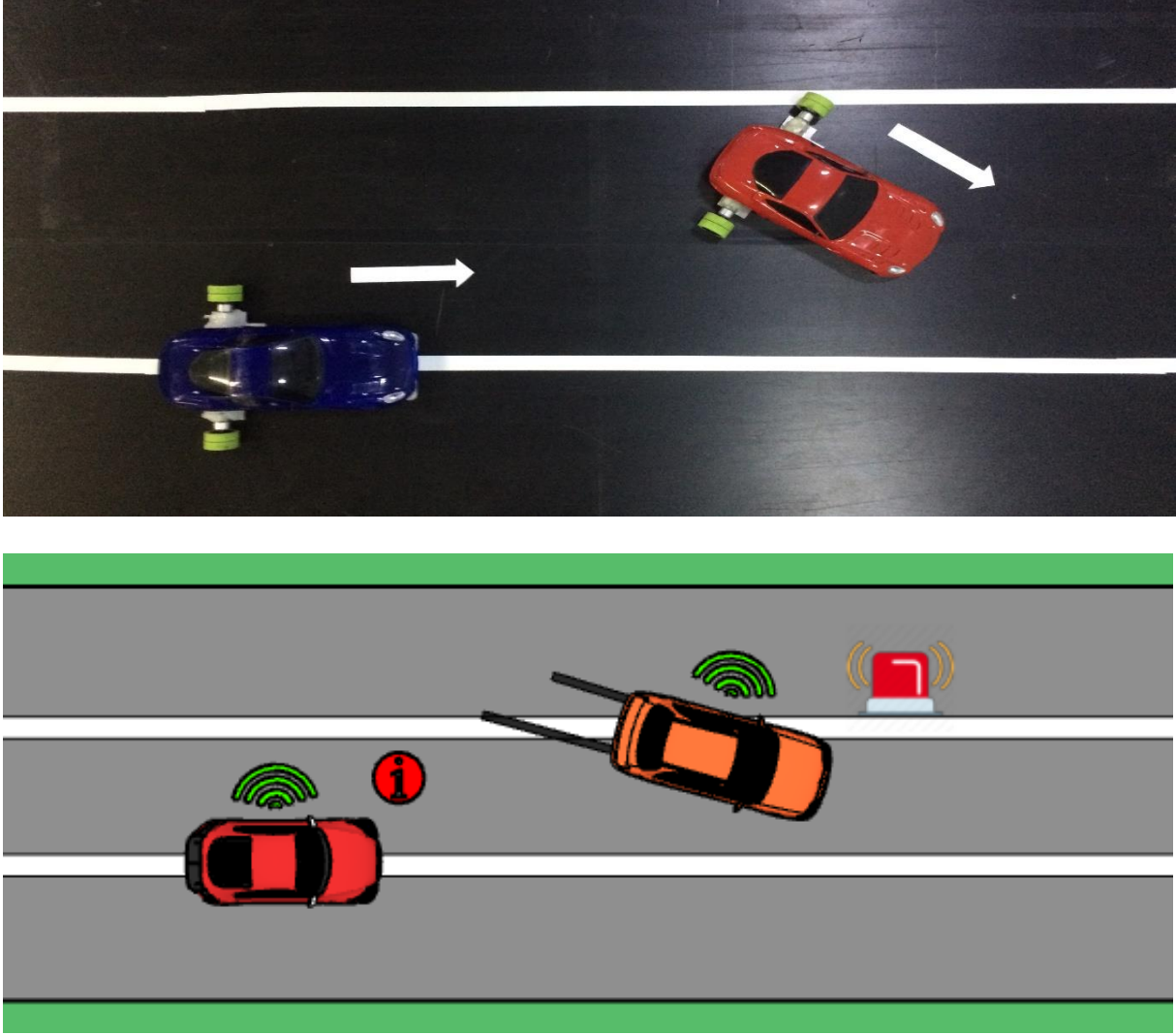
ekiplerinin uyarılması mümkündür. Araç sürücüsünün hatalı sürüş sergileme performansı tez çalışmasındaki robotlar üzerinde şerit takibinin istikrarlı olup olmadığı ile değerlendirilmektedir.

Çalışmada iki robot aynı yönde, farklı şeritlerde ve farklı hızlarda harekete başlamıştır. Belirli bir süre sonra robotlardan birine yazılım müdahalesi ile hata yapması, şerit üzerinde sağa ve sola yönde hareket etmesi sağlanmıştır. (Şekil 6.6 – Şekil 6.7)



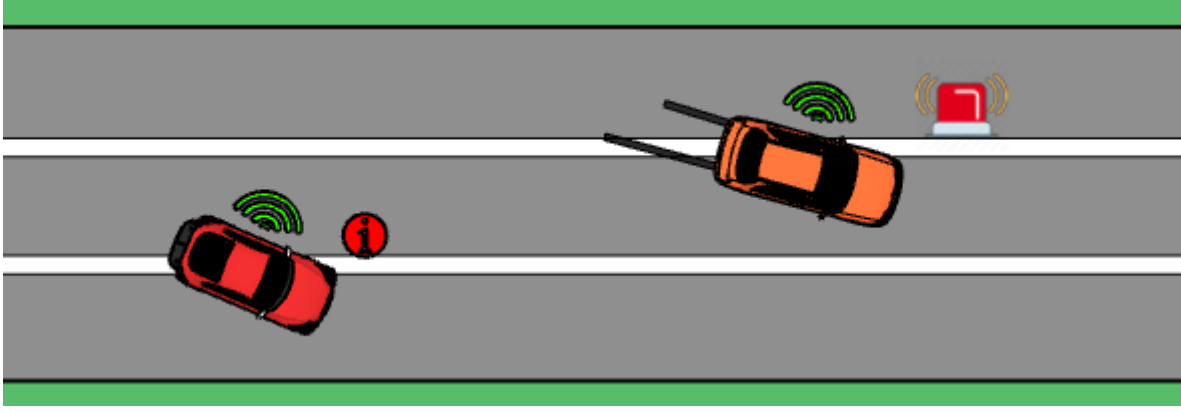
Şekil 6.6 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu Araç - Araç Habeleşmesi

Bu robot, hatalı sürüş sergileyen sürücüyü temsil etmektedir. Normal seyir halinde olan robota göre, bulunması gereken şeridin dışına taşmakta, özellikle viraj bölgelerinde hata maksimum seviyelere çıkmaktadır.



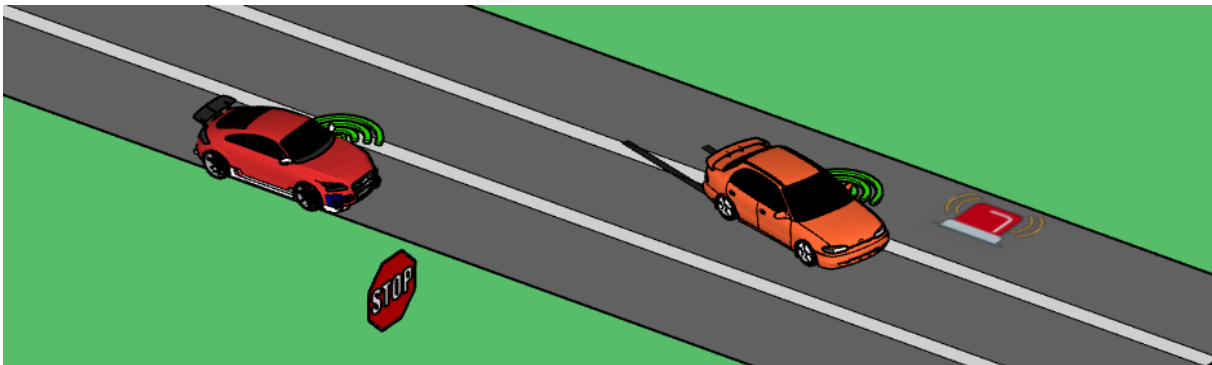
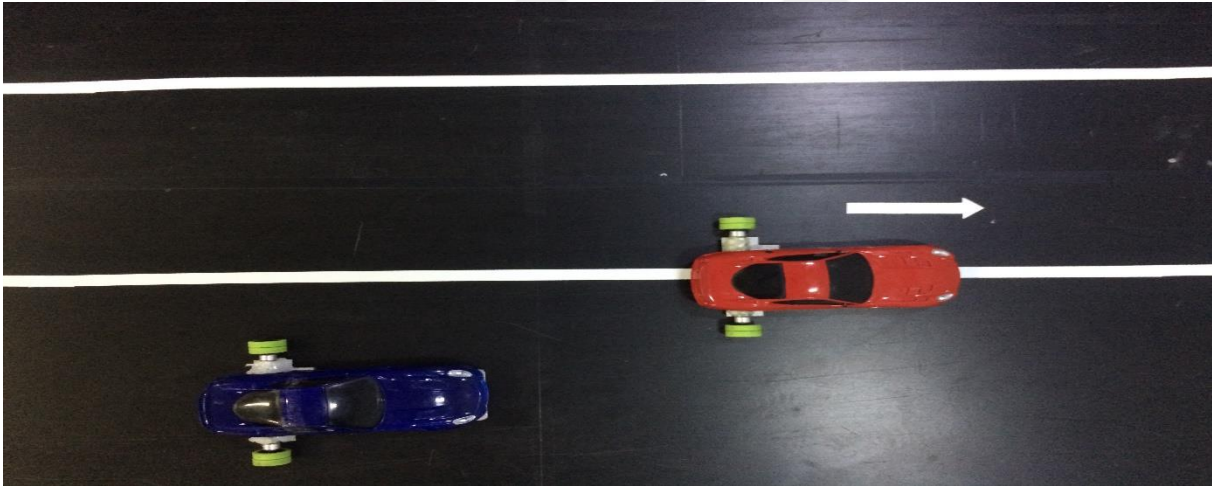
Şekil 6.7 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Hata oluşma Durumu

Normal seyir halinde bulunan robot bu araca göre daha yavaş veya hızlı olabilir. Robotlar iletişim alanına girdiklerinde BT haberleşme ile birbirlerine bağlanırlar. Hatalı sürüş sergilenmekte olan robot, normal sürüş gerçekleştiren robot ile bu bilgileri paylaşır. Normal sürüş performansı olan robot uyarılır. (Şekil 6.7)



Şekil 6.8 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Diğer Aracın Aksiyon Alma Süreci

Böylece oluşabilecek bir çarpışmanın önüne geçilmiş olur. Çalışmada hatalı sürüş sergileyen robot bilgileri alındığında, normal sürüş gerçekleştiren robotun emniyet şeridine geçmesiyle örneklenmiştir. (Şekil 6.9)



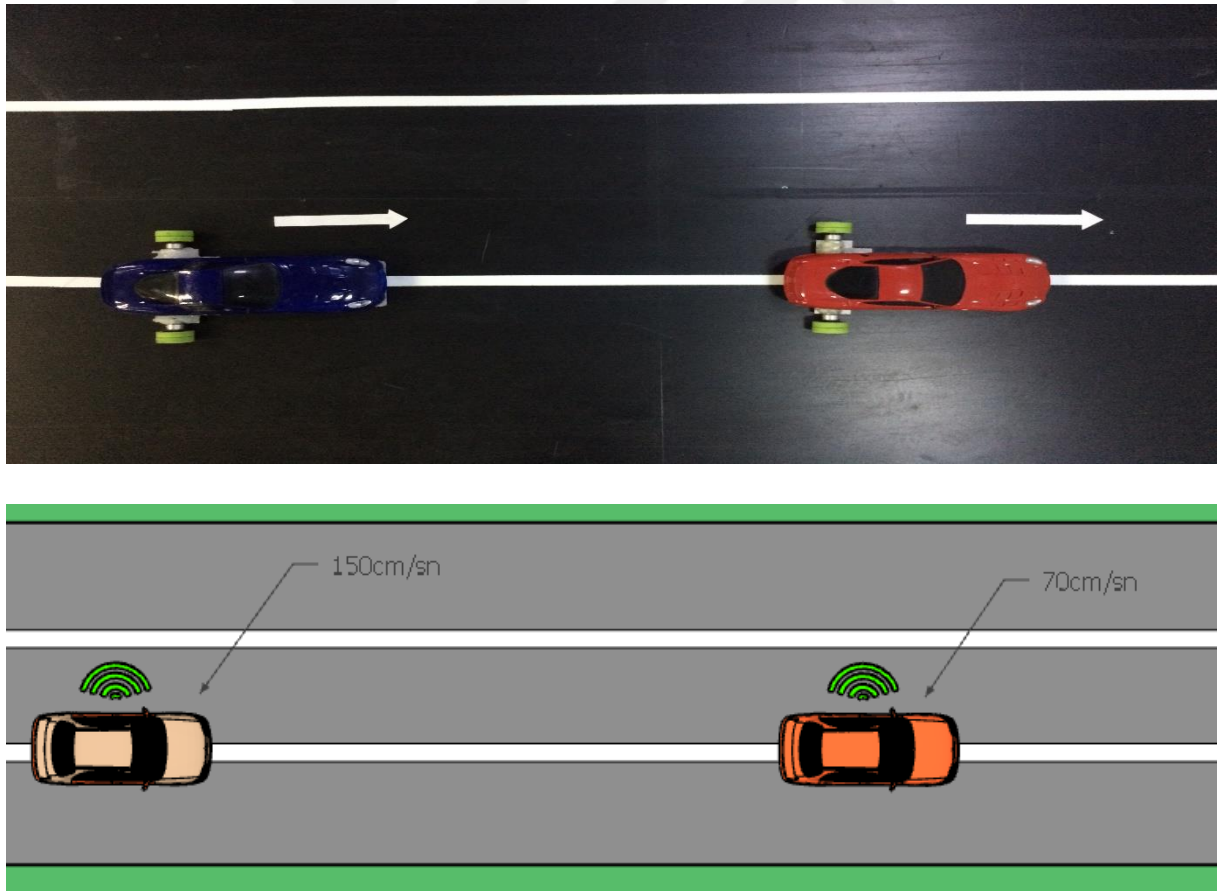
Şekil 6.9 Kontrolü Kaybeden sürücü Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi

6.3.Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu

Sürücüler, normal seyir halinde belirli aralıklarla dikiz aynalarını kullanarak arkadan yaklaşmakta olan araçları ve çevre kontrolünü yapmaktadır. Hız limitleri dahilinde bu durum olağandır. Fakat bazı hallerde sürücülerin hız limitleri üzerinde sürüş gerçekleştirmesi veya yüksek hızda şerit değişimi yapmaları trafikte büyük risk oluşturmaktadır.

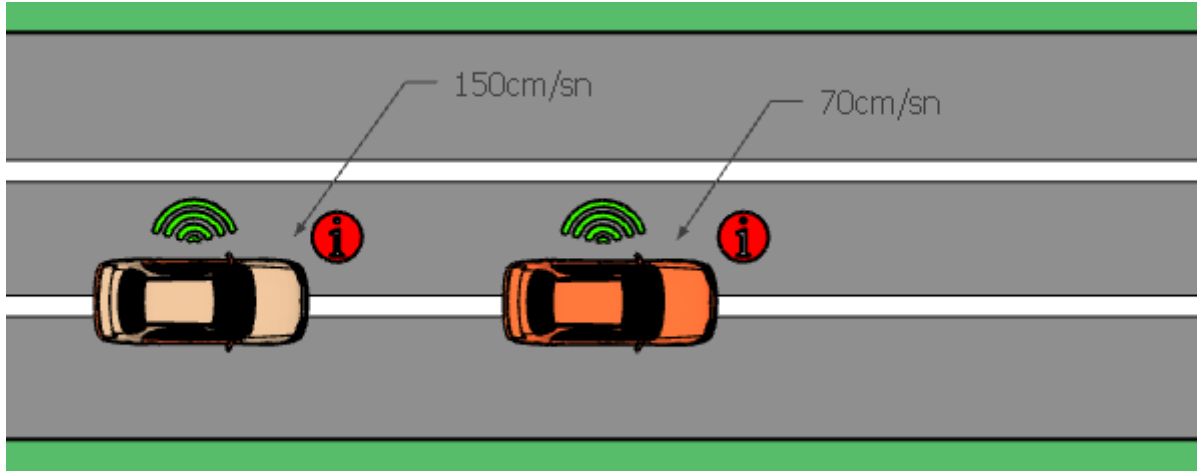
Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan istatistik verilerine göre ülkemizde 2017 yılında 20.298 adet “arkadan çarpma” ile kaza gerçekleşmiştir. Bu kazalarda 579 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, 18.454 kişi de yaralandığı rapor edilmiştir. Bu oran ölümlü ve yaralanmalı trafik kazalarının %11.11 ini oluşturmaktadır (Tablo 2-2).[14]

Bu uygulama, aynı sürüş yönünde arkadan yaklaşmakta olan ve kaza riski oluşturabilecek bir araç sürücüsünün ve yaklaşılan aracın sürücüsünün uyarılması temelinde çalışmaktadır. Tez çalışmasında aynı şerit üzerindeki 2 robot normal seyir halinde iken bir süre sonra robotlardan biri hız limitlerinin üzerinde seyretmeye başlamıştır.

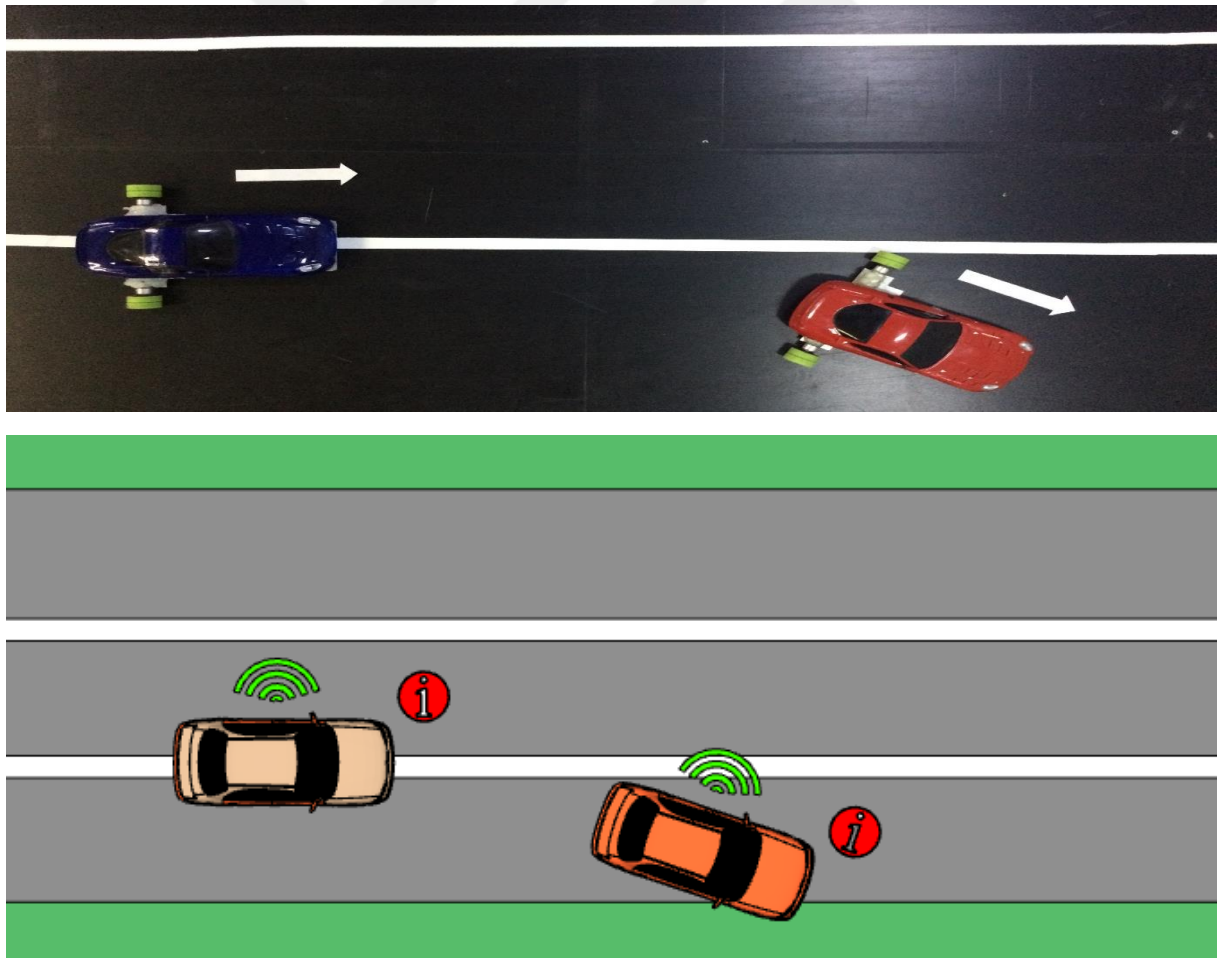


Şekil 6.10 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu Araç – Araç İletişimi

Araçlar V2V (Bluetooth) iletişim ortamına girdiklerinde normal seyir halinde olan robota V2V teknolojisi ile arkadan hızla yaklaşmakta olan araç uyarısı gönderilmiştir.

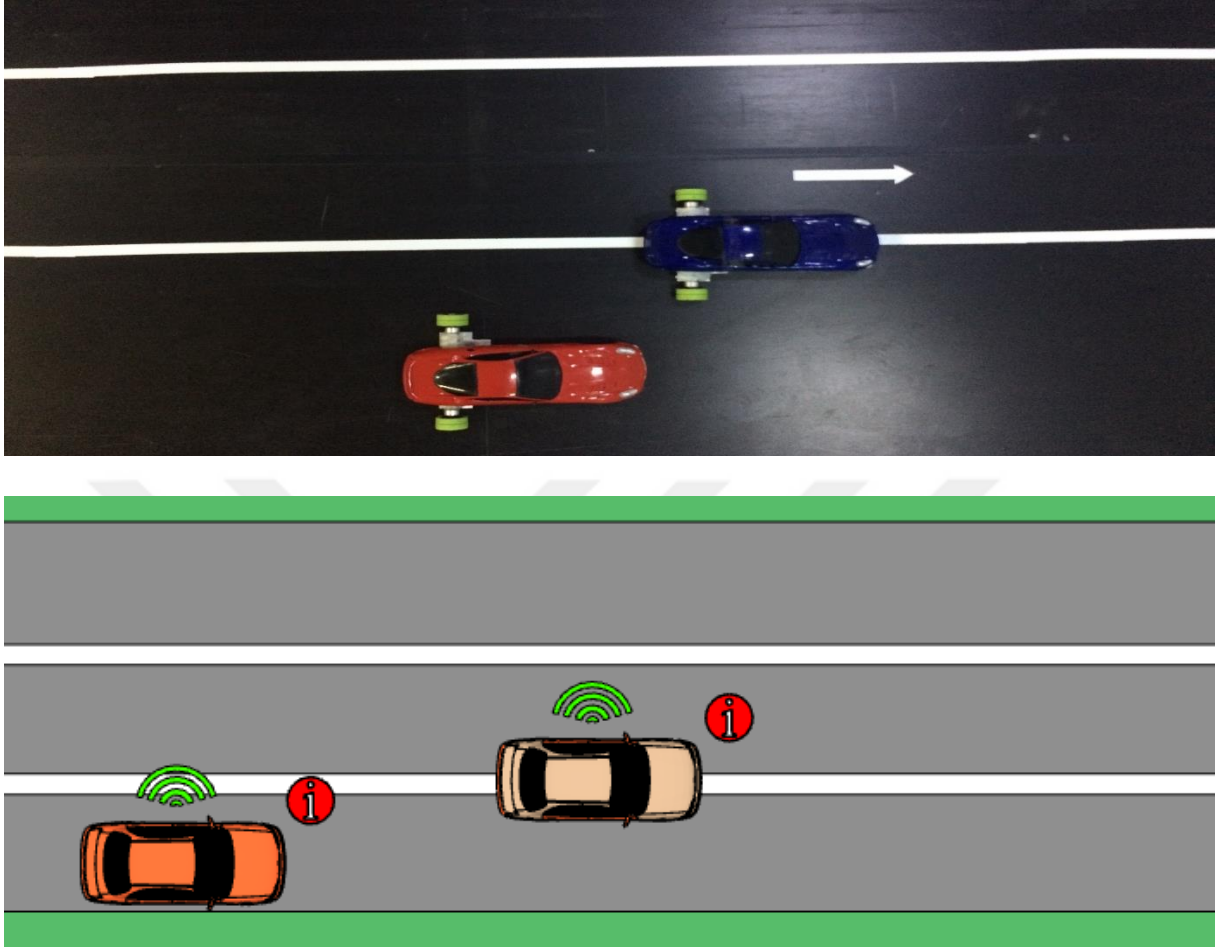


Şekil 6.11 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Aracın Kritik Seviyede yaklaşması



Şekil 6.12 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Diğer Aracın Aksiyon Alma Durumu

Normal seyir halinde olan robota emniyet şeridinde beklemesi komutu verilerek erken uyarı sisteminin verimli bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.13 Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç İçin Erken Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi

Yapılan hesaplamalar sonucu bize göstermektedir ki, ülkemizde otobanda minimum hızda (40 km/s) seyreden bir araç ile, yüksek sayılabilecek bir hızda (180km/s) seyreden ve aynı şeritte olan iki aracın buluşması için minimum DSRC mesafesi olan 300 metre ele alındığında bu hızlarda ve aynı şeritte yer alan iki araç arasında saniyede yaklaşık 40 metrelik farkın kapanması anlamına gelmektedir.

1 dakikada kat edilen mesafe (180km hızındaki araç için);

$$\frac{180km}{s} = \frac{180.000m}{60dk} = \frac{3km}{dk} = 3000 \text{ metre.}$$

$$1 \text{ saniyede kat edilen mesafe} = \frac{3000}{60} = 50 \text{ metre olacaktır.}$$

1 dakikada kat edilen mesafe (40km hızındaki araç için);

$$\frac{40km}{s} = \frac{40.000m}{60dk} = \frac{0,666km}{dk} \cong 666 \text{ metre.}$$

$$1 \text{ saniyede kat edilen mesafe} = \frac{666}{60} \cong 11 \text{ metre olacaktır.}$$

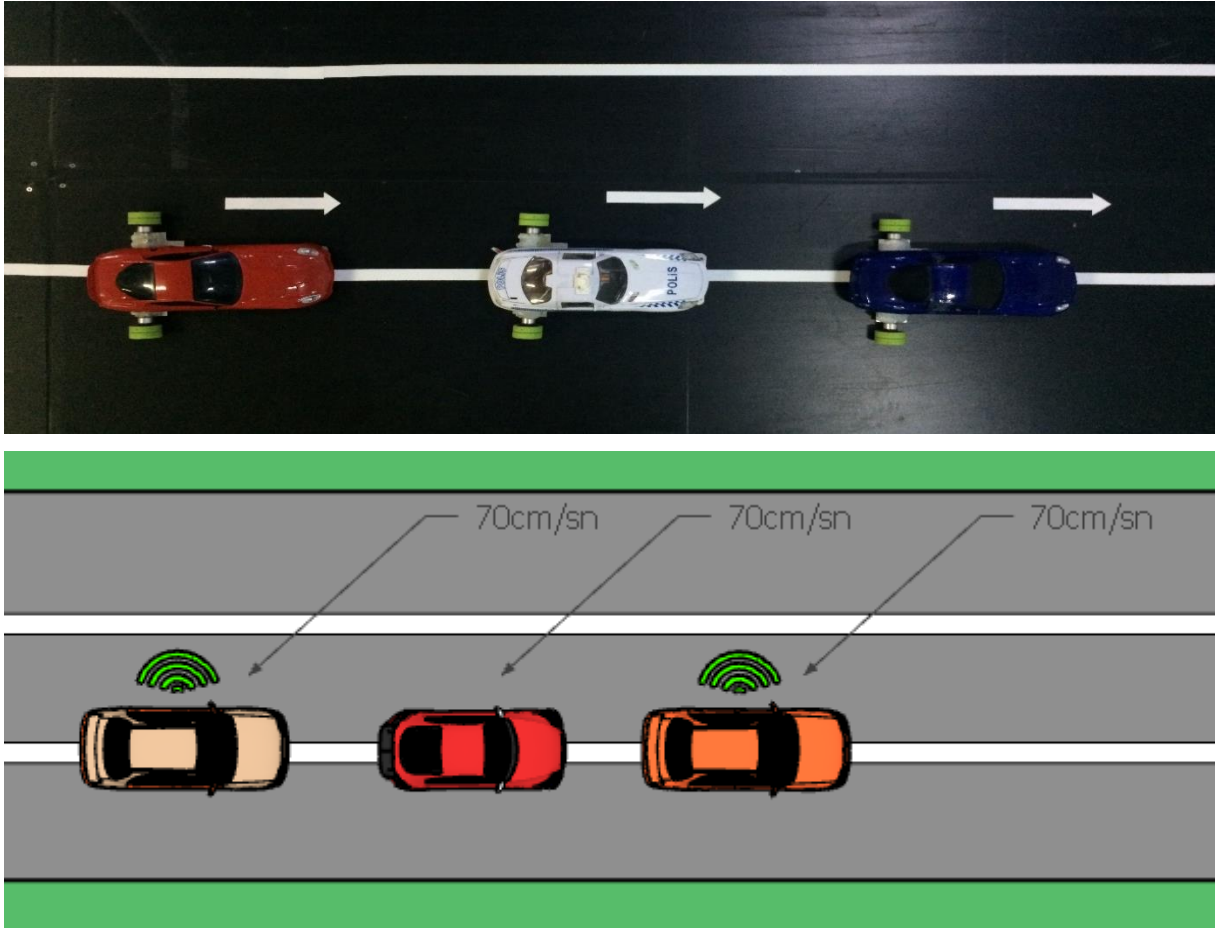
Bu hesaplamalardan yola çıkarak bu iki aracın arasında bir saniyede yaklaşık 40 metrelik fark kapanacaktır. DSRC nin minimum iletim mesafesi olan 300 metre önce birbirleri ile iletişime geçtiğini varsayacak olursak, bilginin iletildiği andan itibaren araçların çarpışması $\frac{300}{40} = 7.5 \text{ sn}$ sonrasında yaşanacaktır. Bu süre bile hem yavaş giden araç için, hem de hızlı giden araç sürücülerin uyarılıp önlem alması için büyük bir avantaj sağlayacaktır.

6.4.Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu

Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu Trafikte yoğun olarak karşılaşılan durumlardan biri olmakla birlikte, arkadan çarpmalı kazaların önemli bir kısmı bu nedenle yaşanmaktadır. Günümüzde algılayıcı teknolojisinde yaşanan gelişmeler ile araçların bu tür durumlar için kendi sürücüsünü uyardığı, bazı durumlarda da kontrolü ele alarak frenleme işlemi yaptığı bilinmektedir. Bu tip algılayıcı teknolojilerinin yetenekleri sınırlıdır. Bu nedenle belirli bir hız limiti altında güvenli bir durma işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

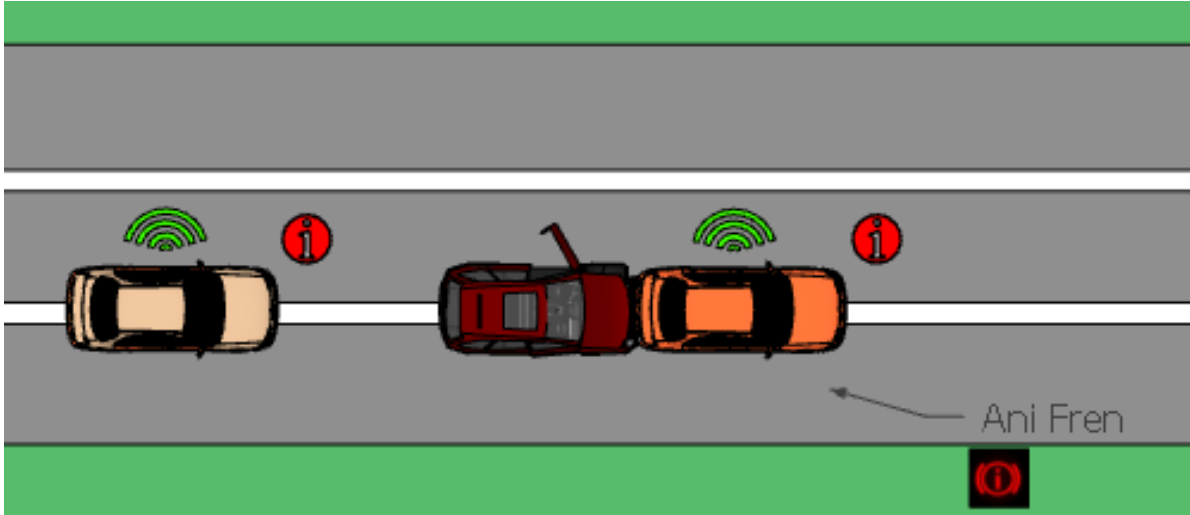
Bu senaryo temelinde, ani fren işlemi yapan aracın, çevresinde bulunan ve potansiyel bir çarpışma oluşma riski taşıyan araçlara ani durma bilgisini paylaşması yer almaktadır.

Çalışma kapsamında 3 adet robot eşit hızda ve aynı şeritte harekete başlatılmıştır. İlk ve son sırada yer alan robotlar V2V (Bluetooth) ile iletişim halinde olması sağlanmıştır.



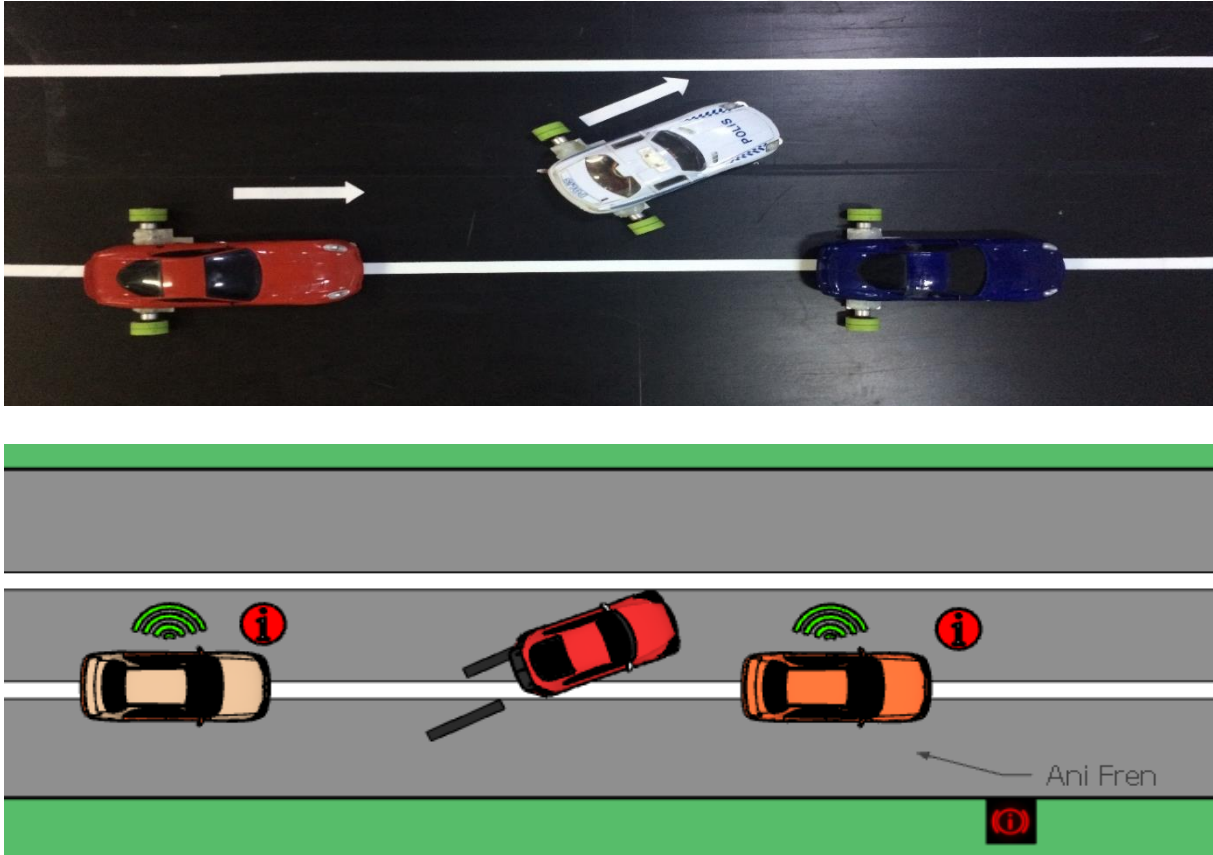
Şekil 6.14 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Araç - Araç iletişimi

Yapılan testlerde 2 farklı senaryo işlenmiştir. Bunlardan birincisi, en önde bulunan robotun ani fren yapması sonucu iletişimde olmayan ortadaki robotun arkadan en öndeki araca çarpması ile sonuçlanmıştır. Son sıradaki robot ise, ilk araç ile iletişim halinde olduğundan ani fren bilgisi V2V haberleşme ile gönderilmiş ve kaza yaşanmadan bu robot durabilmiştir.

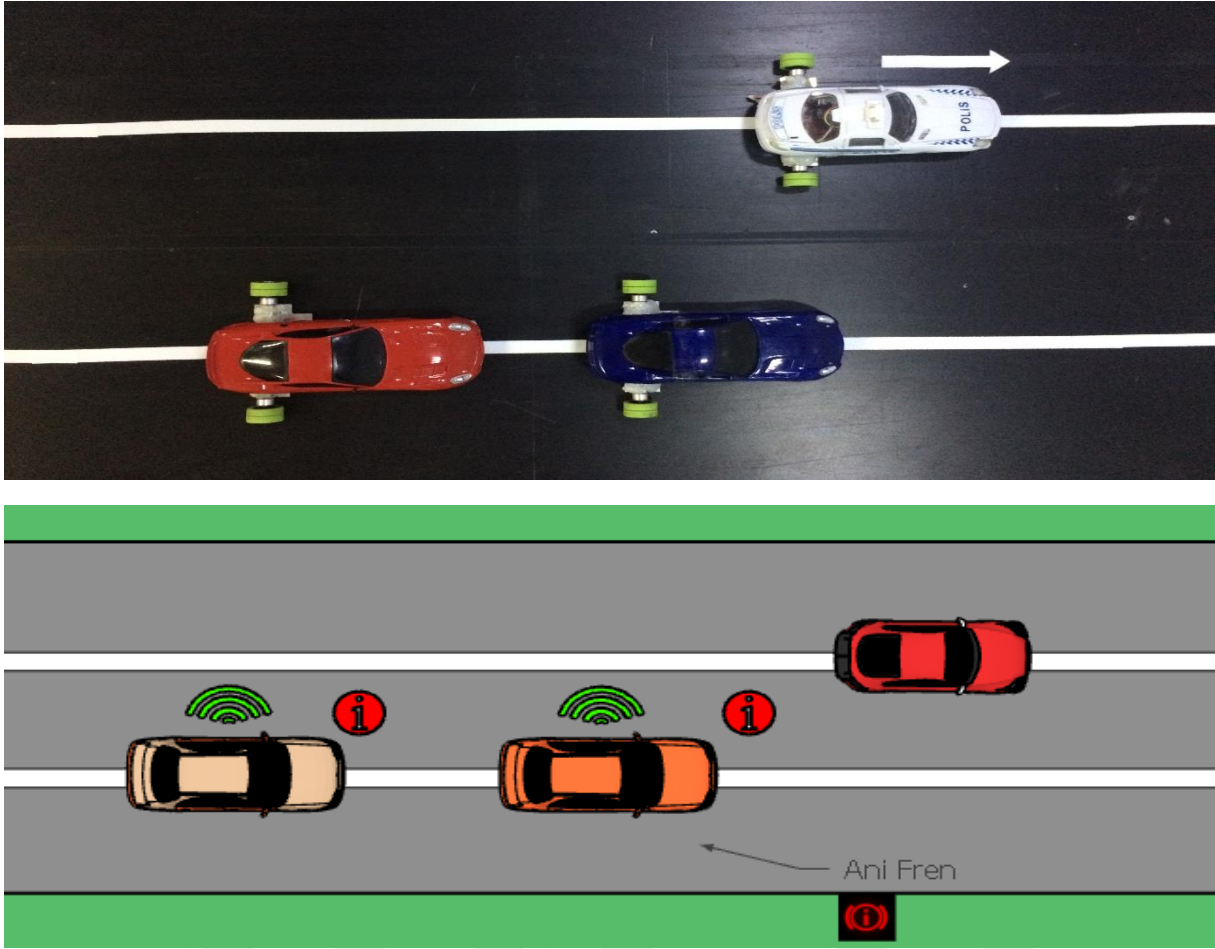


Şekil 6.15 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Kaza Durumu

Bir diğer senaryoda ise, ortada bulunan robot öndeki aracın ani fren yapması sonucu şerit değiştirmiş, bu sırada son sırada yer alan aracın en önde ani fren yapan robota çok yakın seyretmesi ve çarpması beklenirken, V2V teknoloji ile haberleşme halinde olduğundan, ani fren işlemine karşı robot önlem almış ve durmuştur.



Şekil 6.16 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu – Ortada Bulunan Aracın ani ayrılması

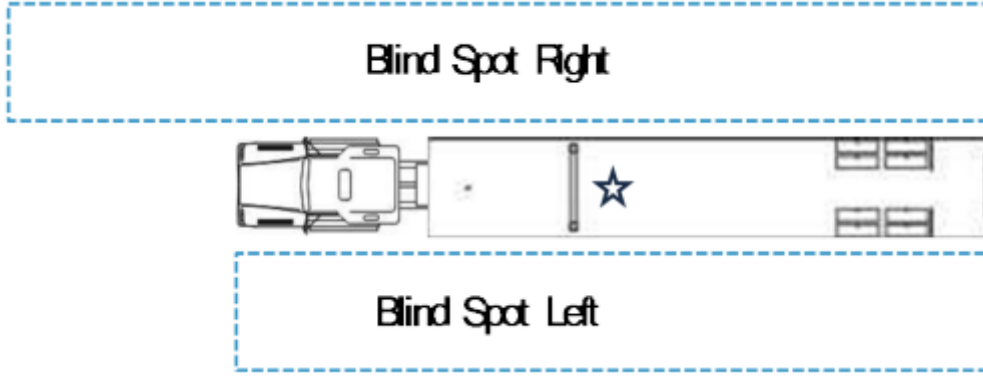


Şekil 6.17 Öndeki Aracın Elektronik Acil Frenleme ve Durma Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi

6.5.Kör Nokta Uyarı Senaryosu

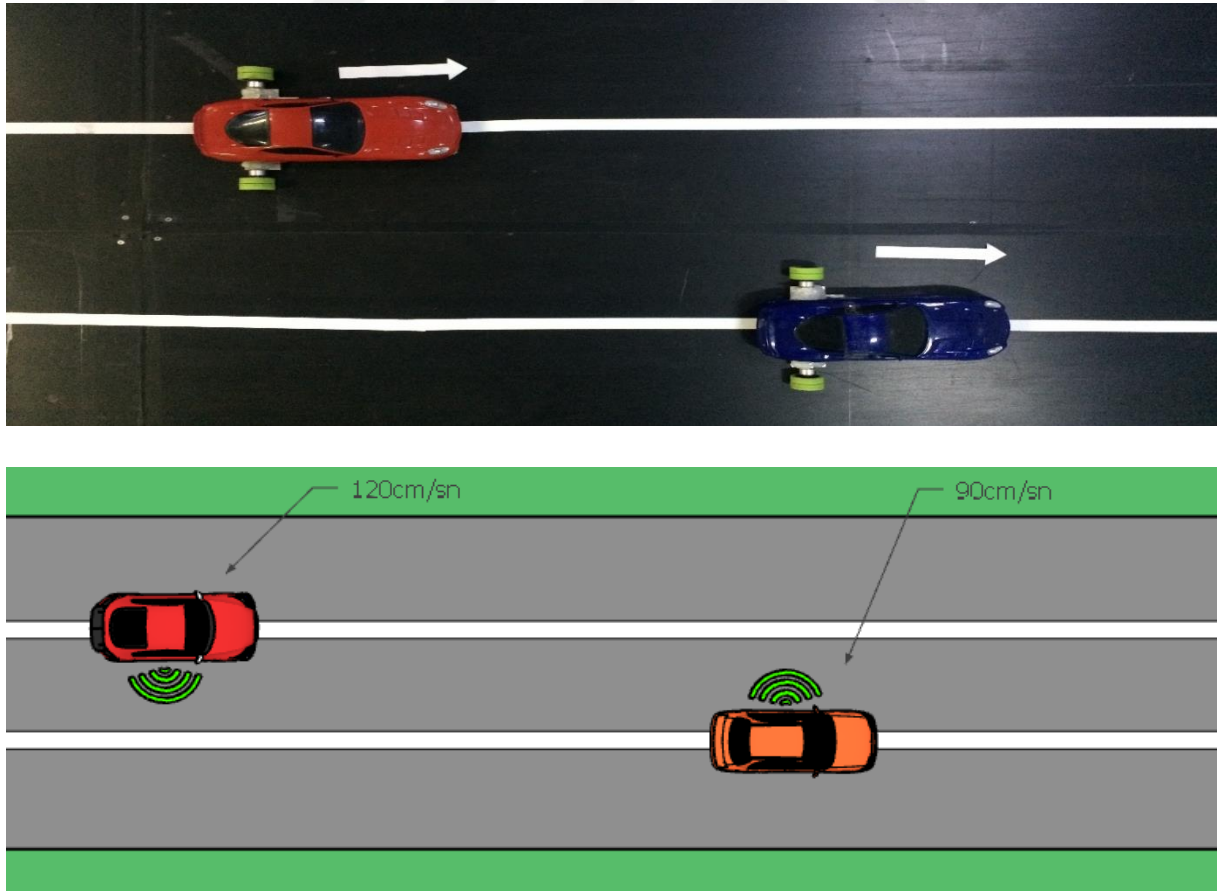
Kör nokta uyarı sistemleri ile Şerit Değişimi Uyarı sistemleri bir arada ele alınmak durumundadır. Günümüz teknolojisinde bazı araçlar, şerit değiştirmek istediklerinde kör noktalarında bir araç bulunuyorsa sürücülerini uyarılmaktadır. Bu işlem için sensör teknolojileri kullanılmaktadır. Ayrıca bu uyarı sadece bu teknolojiye sahip araçlar tarafından kendi sürücülerini uyarma işlemi şeklinde gerçekleşmektedir. V2V teknolojisi ile hem şerit değiştirmek isteyen araç, hem de kör noktada bulunan araç karşılıklı olarak uyarılabilir. Özellikle “Uzun Araç” olarak adlandırılan tır, kamyonet gibi araçların “kör nokta” alanları, binek araçlara göre daha büyüktür[52]. Bu tip araçların kör noktalarında yer alan araçları fark etmeyerek şerit değişimi girişimlerinin birçok maddi hasarlı, ölümlü ve yaralanmalı kazalara sebebiyet verdiği bilinmektedir. Bazı durumlarda kör nokta olabilecek bölgede uzun süre seyir halinde olan deneyimsiz sürücüler de, bu tip kazaların nedeni olarak gösterilmektedir.

Bu işlemde dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da, ülkemizde sürücü kokpiti aracın sol tarafında yer aldığından, aracın sağ tarafında kalan kör nokta bölgesinin, sol bölgedeki alana göre daha büyük olmasıdır[52].



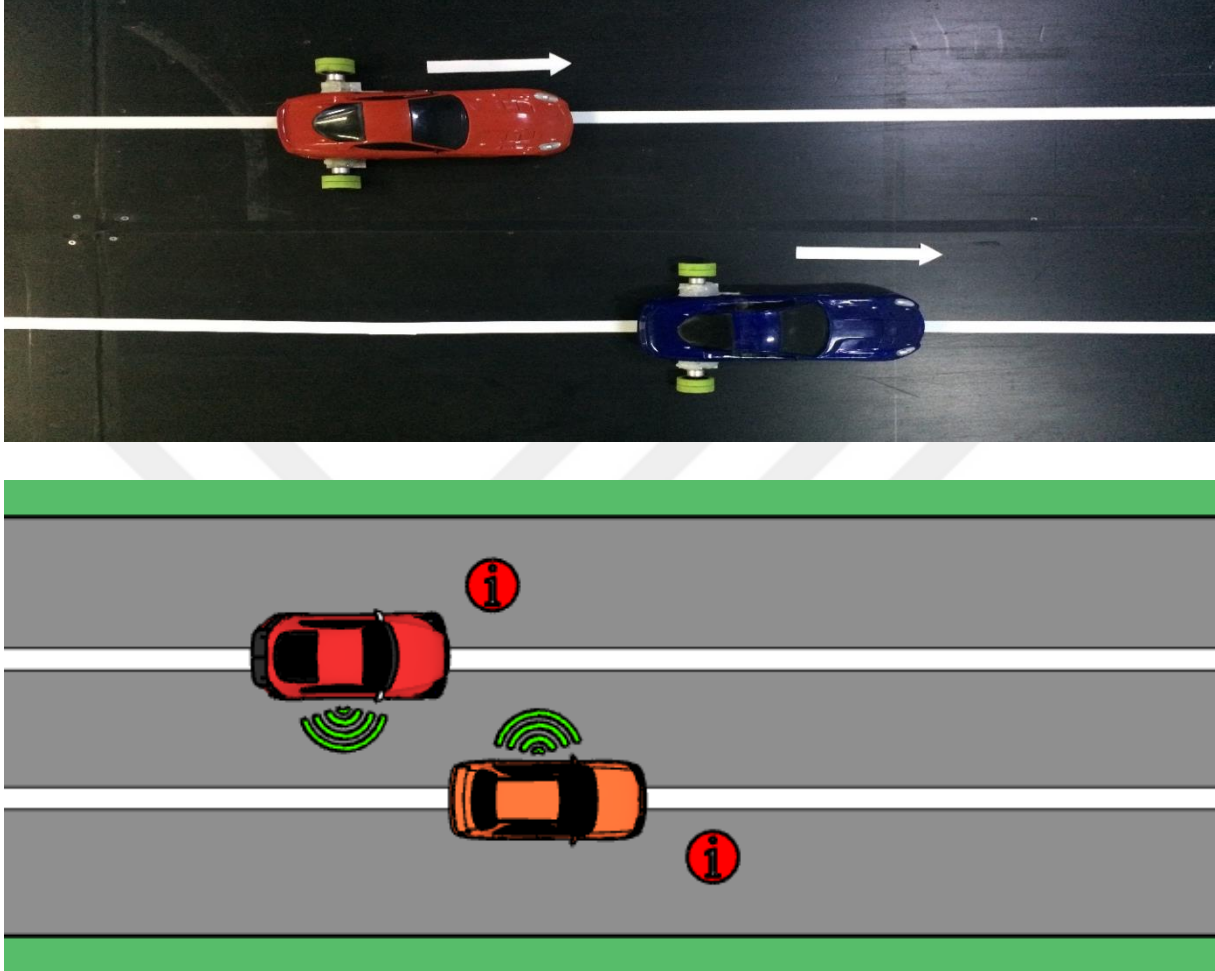
Şekil 6.18 Uzun araç için sağ ve sol Örnek kör nokta bölgesi

Yapılan tez çalışmasında robotlar V2V (BT) iletişim halindedir. Normal seyir halinde arkadan yaklaşmakta olan robot 120cm/sn, öndeki robot 90cm/sn hızla ilerlemektedir.



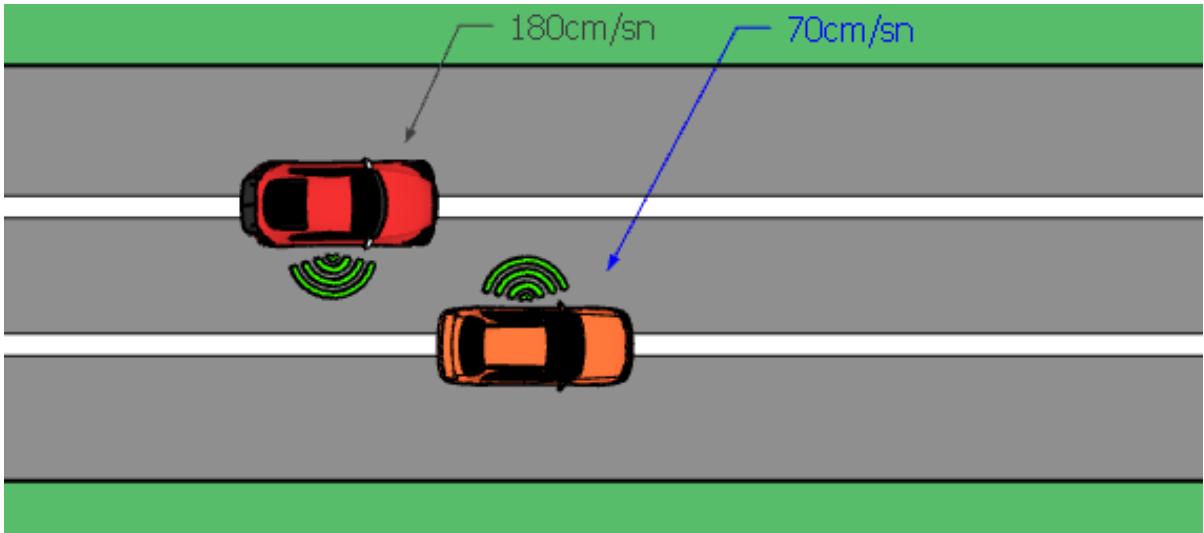
Şekil 6.19 Kör Nokta Uyarı Senaryosu Araç - Araç iletişimi

Robotlardan herhangi birinin diğ erinin “kör nokta” olarak adlandırabileceğimiz bölgesine giriş yaptığında bu robota “kör noktada bulunma” sinyali gönderilirken, diğ er robota da “kör noktada tespit edilen robot” sinyali gönderilmiştir.



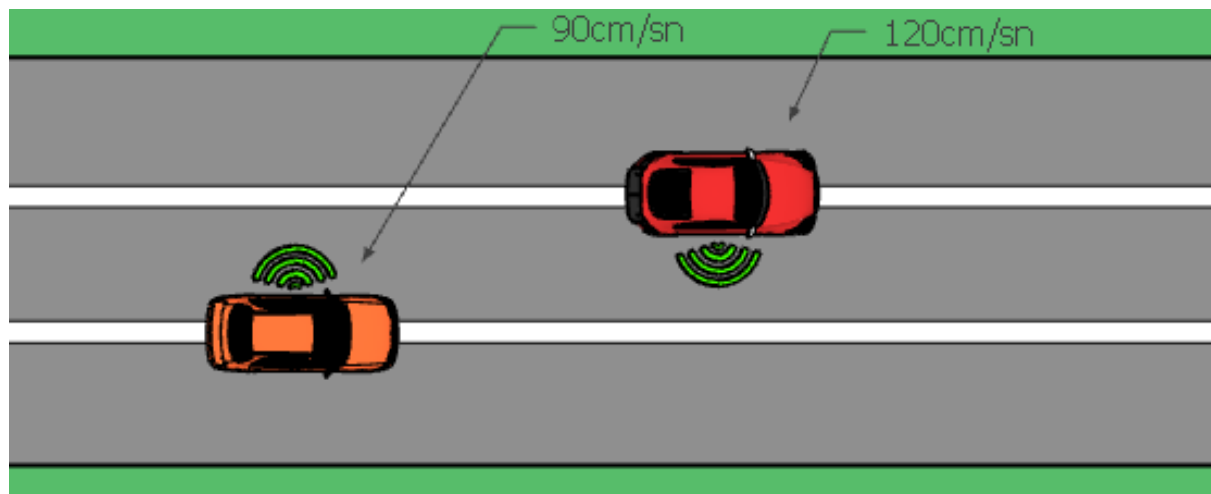
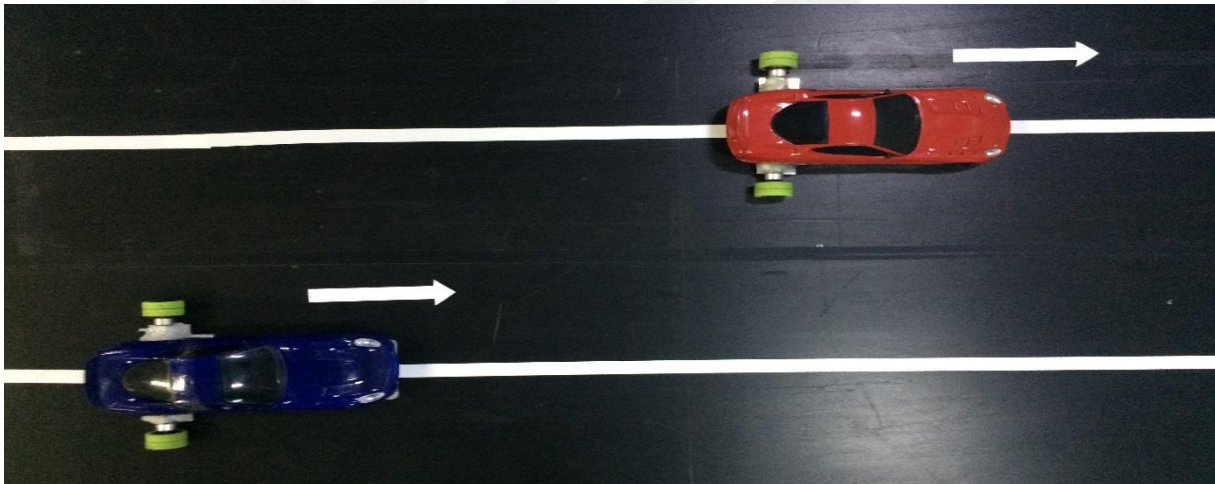
Şekil 6.20 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Aracın Kör Noktada Yer Alması Durumu

Robotların hızları birbirine ne kadar yakın ise, bu bölgede kalma süresi aynı oranda artmaktadır. Bu sürenin azaltılması amacıyla uyarı sinyallerinin yanında, geçiş yapan robotun hızı yükseltilmiş (180cm/sn), geçilen robotun hızı düşürülmüştür(70cm/sn). Böylece olası bir şerit değişiminde yaşanacak kazaların önüne geçilmiştir.



Şekil 6.21 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Araç Hızları Değişimi

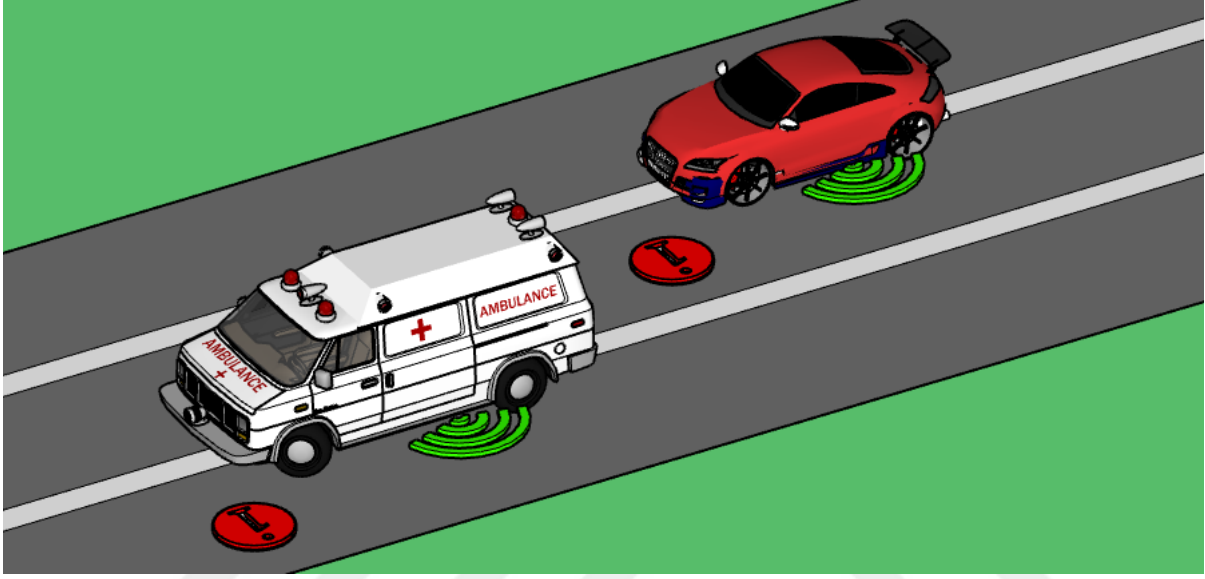
Robotların birbirlerinin kör noktalarından ayrılmasının ardından, robot hızları eski seviyelerine alınmıştır(120cm/sn – 90cm/sn).



Şekil 6.22 Kör Nokta Uyarı Senaryosu - Kaza Riskinin Giderilmesi

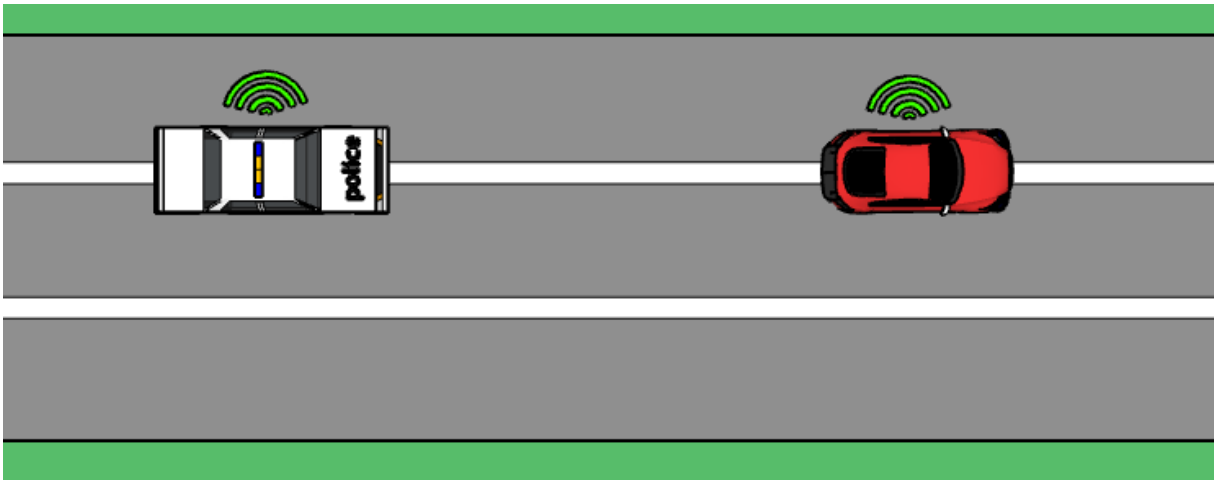
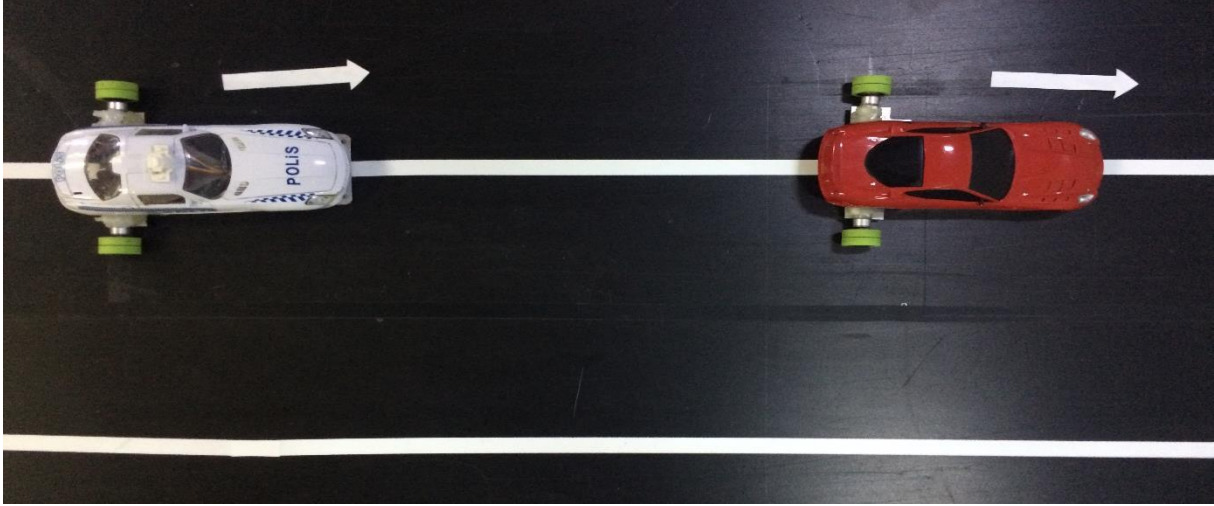
6.6.Yaklaşmakta Olan “Acil Durum” Araçları Uyarı Sistemi

Akan bir trafikte arkadan yaklaşmakta olan Acil durum aracının (Ambulans, Polis, İtfaiye vb.) siren sesinin araç kullanıcısı tarafından duyulmaması, trafiğin ancak ambulans geldiği anda yol verme çabaları gibi durumlar için geliştirilen bu sistem sayesinde, araç sürücüleri yaklaşmakta olan Acil Durum aracının uyarısını daha erken alacak, ve yol vermek amacıyla çok daha önceden aksiyon alabilecektir.



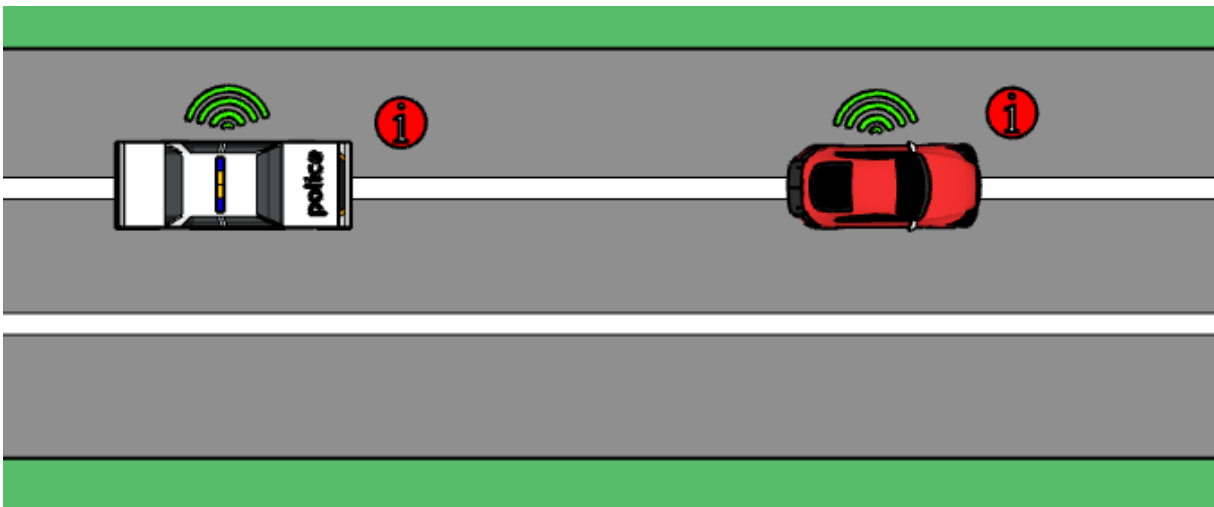
Şekil 6.23 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum" Araçları Uyarı Sistemi

Tez çalışmasında iki adet şerit izleyen robottan birine “Acil Durum Aracı” rolü yüklenmiş, ve bu aracın yolda normal seyir halinde iken diğer araca bir “acil durum” sinyal gönderimi olmamıştır. Bu aşamada her iki robotun da olağan hızlarında seyretmesi sağlanmıştır.

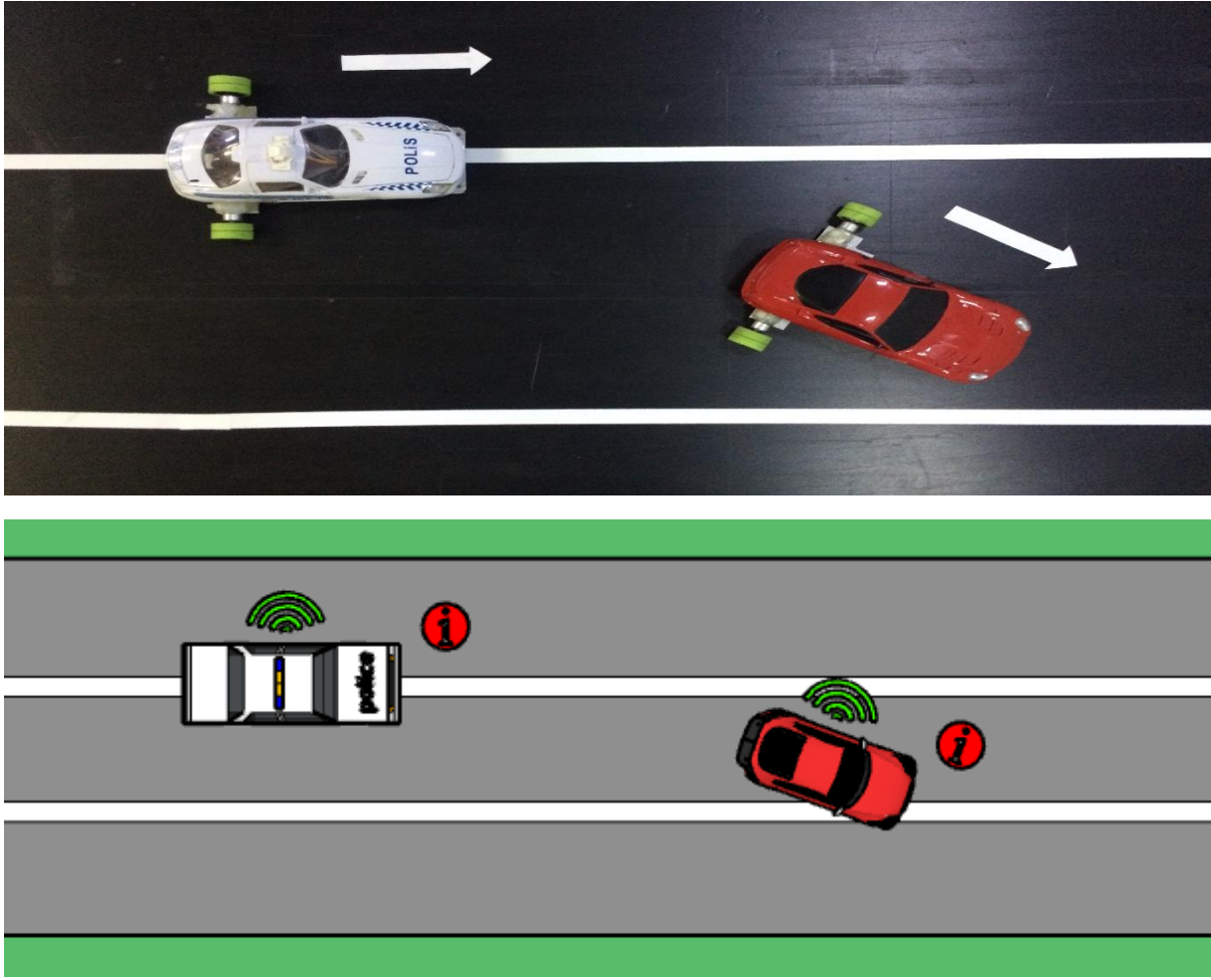


Şekil 6.24 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum" Araçları Uyarı Sistemi Araç - Araç İletişimi

Bir süre sonra robotlardan birinin "Acil Durum" sinyali vermeye başlaması ile aynı yönde hareket eden robotun sol şeriti boşaltması sağlanmıştır.

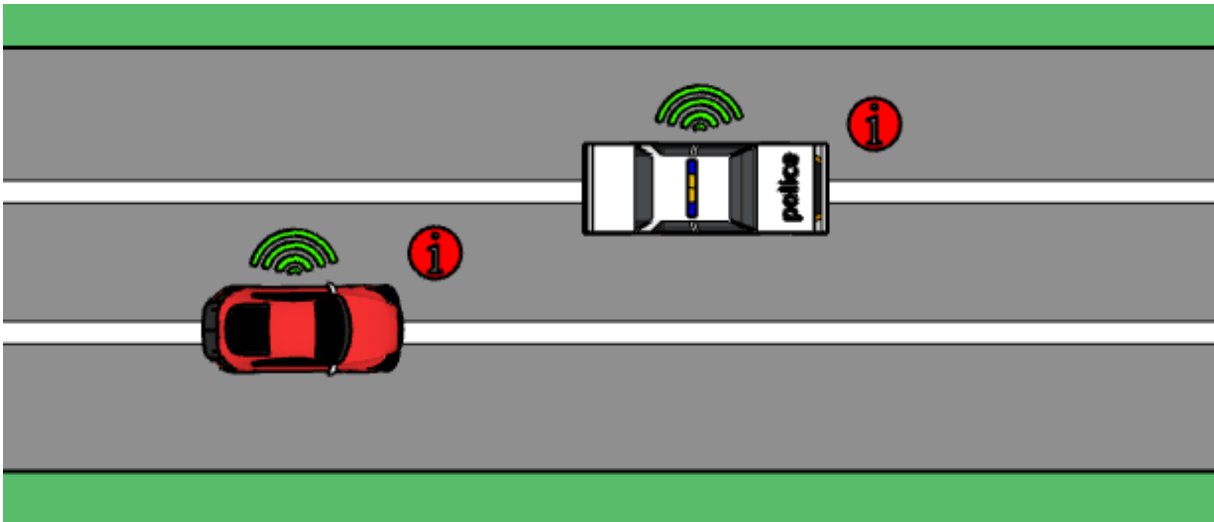
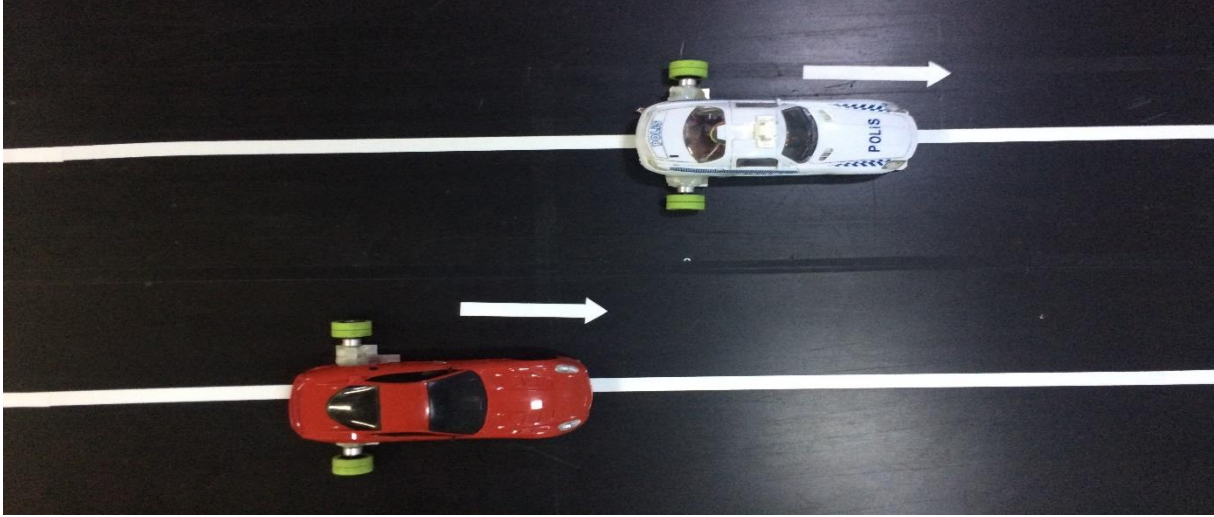


Şekil 6.25 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum" Araçları Uyarı Sistemi - Araç Araç İletişimi-2



Şekil 6.26 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum" Araçları Uyarı Sistemi - Diğer Aracın Aksiyon alması

Bu işlem eğer müsait ise, sağ şeride geçerek veya en sağ şeritte yol almakta ise, emniyet şeridinde bekleme ile gerçekleştirilmiştir. Böylece acil durum aracının geçiş önceliği sağlanmıştır.



Şekil 6.27 Yaklaşmakta Olan "Acil Durum" Araçları Uyarı Sistemi - Acil Durum Aracının Geçiş Önceliğinin Sağlanması

7. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Günümüzde, artan trafik yoğunluğu ve araç sayısına bağlı olarak kara ulaşımında yaşanan kazalarda yaralanmalar, can kayıpları ve maddi kayıplar birçok ülkenin sorunudur. Buna paralel olarak Türkiye’de kişi başına düşen araç sayısındaki hızlı artış ile beraber oluşan trafik kazalarının oldukça yüksek seviyede olduğu görülmektedir. Gelişen sensör teknolojisi ve bunların akıllı ulaşım sistemlerinde yer alan araç-araç, araç-altyapı ve araç-yaya haberleşme teknolojileri ile birlikte kullanılması durumunda, birçok kazanın daha meydana gelemeden engellenmesi mümkündür. Bu bağlamda Türkiye’de 2014 yılında Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Strateji Geliştirme Başkanlığı tarafından düzenlenen “Akıllı Ulaşım Sistemleri” Strateji Belgesi (2014-2023) ve Etki Eylem Planı (2014-2016) bir temel yapının gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu amaçla “Tüm ulaşım hizmetlerinin bilgi ve iletişim teknolojileriyle yönetildiği ve yönlendirildiği, kendi içinde dünya ile entegre bir Türkiye” vizyonu ortaya konulmuştur[8].

Bu çalışmada amaç, yaşanabilecek olası kaza senaryolarını gerçek zamanlı test etmek ve önlem almaktır. Bu amaca uygun olarak, araç-araç iletişiminden faydalanarak, olası senaryolar üzerinden, trafikte seyreden araçların kaza risklerini en aza indirecek akıllı ulaşım sistemleri üzerine çalışılmıştır. Yapılan çalışmaların birçoğunda günümüzde trafikte meydana gelen kazalarda yaşanan can ve mal kaybını azaltmaya yönelik öncelikli kaza senaryoları belirlenmiş, bu kazalarda sürücü kusurları ve erken uyarı sistemlerinin yetersiz olmasının yaşanan bu olumsuz durumlarda ana etken olduğu vurgulanmıştır.

Bu çalışmada, trafikte seyreden araçların daha güvenli, daha verimli ve ekonomik bir ulaşım sisteminin geliştirilmesi için araç-araç iletişiminden faydalanarak olası kaza risklerini en aza indirecek çeşitli sistem önerileri ve yeni öneriler üzerinden belirlenen senaryolardan elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

1. Karşılıklı Çarpışma Erken Uyarı Senaryosunun üzerinde önemle durulan öncelikli senaryolardan biri olmasının nedeni, bu tip kazalarda yaşanan can ve mal kaybının en yüksek seviyede olmasıdır. Çalışmada karşı şeride giren bir araç algılandığı anda diğer robota emniyet şeridine geçerek bekleme davranışı sergilemesi komutu verilmiştir. Sonuç olarak hatasız aracın emniyet şeridine geçtiği, kaza durumu olmadığı gözlemlenmiştir.

Robotların karşı şeride girme işlemi test pisti üzerinde herhangi bir anda gerçekleştirilmektedir. Bu tip durumlar için karşı şeride girmiş bir aracın hızı ve giriş

noktası kritik öneme sahiptir. Gelecekte kontrolü kaybeden araçların hızını ve diğer şeride giriş noktasını tespit ederek hatasız aracın emniyet şeridine ayrılma sürecini planlayan algoritma tasarlanması önerilmektedir.

2. Kontrolü kaybeden sürücü erken uyarı senaryosu; sürücü kusurları, olumsuz yol durumları ve bazen de araçlarda meydana gelen mekanik bir arızadan dolayı yaşanmaktadır. Bu durum, trafiğin yoğun olduğu anlarda çevrede bulunan diğer araçlar için de büyük tehdit oluşturmaktadır. Tez çalışmasında, kontrol kaybı yaşanan aracın önde olduğu, normal seyir halinde olan aracın ise arkadan bu araca doğru yaklaşmakta olduğu senaryo edilmiştir. Kontrol kaybının, sürücünün yorgunluk, uyuma vb. nedenlerden yaşanabileceği de düşünülerek hatalı sürüş olan robotta da sesli uyarı sistemi eklenmiştir. Bu senaryo sonucunda hatasız robotun güvenli bölgede durduğu, kaza durumu oluşmadığı gözlemlenmiştir.
3. Arkadan Hızla Yaklaşmakta Olan Araç Erken Uyarı Senaryosunda hatalı robotun, sadece hız limitlerinin üzerinde seyir halinde olduğu ele alınmıştır. Trafikteki araç sürücüleri arkadan kendilerine doğru hızla yaklaşmakta olan bir araç olduğunu fark edebilmek için, belirli aralıklarla dikiz aynalarını kontrol etmesi gerekmektedir. Ancak bunun bir bilgisayar tarafından yapılması ve sürücünün sesli olarak uyarılması, sürücüye olası kaza durumlarına önlem alması için daha fazla süre sağlayacaktır. Uygulama sonuçlarına göre, arkadan hızla yaklaşan robot uyarı sisteminde hatasız robotun emniyet şeridine geçerek olası kaza riskini kaldırdığı gözlemlenmiştir.
4. Arkadan çarpmalı kazaların büyük bir çoğunluğu, önde giden aracın ani fren yapması veya seyir halinde olan bir aracın önüne, aniden farklı bir aracın çıkması ile yaşanmaktadır. Tez çalışmasında aynı yönde hareket eden araçların kapsama alanına girdiklerinde birbirleri ile hız, yön ve şerit bilgileri paylaşılmıştır. Robotlar ilk aşamada aynı şeritte ve normal seyir halinde ilerlemektedir. Bir süre sonra arkadaki robotun yazılımına müdahale edilmiş ve hız limitlerinin üzerine çıkması sağlanmıştır. Bu durum karşı robota iletilmiş ve hatasız robotun emniyet şeridine geçiş yaparak olası kaza riskini kaldırdığı gözlemlenmiştir.
5. Kör Nokta Uyarısı, sürücüyü ve ihlal edilen şerit üzerinde bulunan araç sürücüsünü oldukça zor bir durumda bırakmaktadır. Yapılan benzetim çalışmalarında, robotlar

birbirlerinin kör noktasında olduğunda burada kalış süresi azaltılmış, ayrıca ses sinyalleri ile uyarı işlemi yapılmıştır. Günümüzde hali hazırda şerit değiştirmek için sinyal işlemi yapan araçlarda kör nokta uyarı sistemi bulunmaktadır. Ancak bu sistem sadece sürücünün geçmek istediği şerit üzerinde bir aracın sensörler yardımıyla tespit edilmesi halinde ve o yöne sinyal verildiğinde devreye girmektedir. Robotlar ile yapılan benzetimde hem sensör teknolojisi, hem de V2V teknolojileri bir arada kullanılmıştır. Yapılan testlerde, robotun şerit değiştirme sırasında sinyal vermesine gerek görülmeden diğer robot uyarılmıştır. Kör noktada kalma süresinin en aza indirgenmesi için robot hızlarına müdahalede bulunulmuştur. Kör nokta uyarı sisteminde, her iki aracın da kaza riski oluşmadan önlem aldığı gözlemlenmiştir.

6. Yaklaşmakta olan “Acil Durum” araçları uyarı senaryosunda öncelikli amaç hayati durumlarda zaman kazanmaktır. Orman yangınına söndürmek için yola çıkan bir itfaiye aracı veya bir hastayı sağlık kurumuna ulaştırmaya çalışan bir ambulansı ele aldığımızda doğrudan olmasa da dolaylı olarak birçok can ve mal kaybının önüne geçebilecek bir benzetim çalışmasıdır. Bu senaryo kapsamında robotlardan biri bir polis aracı olarak belirlenmiş ve bu robotun belirli bir süre sonra akan trafik üzerinde sirenlerini çalıştırması benzetim işlemi yapılmıştır. Siren işlemi sesli ve ışıklı uyarım ile yapılmıştır. Diğer robot bu uyarı sinyalini aldığı anda bir sağ şeride geçerek sol şeridi boşalttığı gözlemlenmiştir.

Gelecekte bu durum ile alakalı olarak, hem araç-arac hem de araç-altyapı teknolojisi birlikte kullanılabilir. Bu bağlamda trafik ışığı sinyalizasyon sistemi ile entegre şekilde acil durum araçlarının yönüne geçiş sağlanana kadar Yeşil ışık yanması çalışmaları önerilmektedir.

Günümüzde araç – araç, araç-altyapı, araç-yaya haberleşme sistemleri üzerindeki çalışmaları DSRC modülü ile gerçekleştirilmek amacıyla araştırma faaliyetleri devam etmektedir. Bu konudaki en büyük risk, haberleşmenin güvenliğidir. Sisteme dışarıdan müdahalede bulunabilecek hacker araçların önüne geçmek amacıyla kimlik doğrulama çalışmaları devam etmektedir. Gelecekte bu senaryoların DSRC cihazları ve gerçek arabalar üzerinde test edilmesi önerilmektedir.

Çalışma kapsamında Araç-arac haberleşme sistemi olarak Bluetooth teknolojisinden faydalanılmış, ayrıca şerit izleyen robotlar ile araç benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Bu sayede gelecekte ülkemiz için ulaşımda güvenliğin arttırılmasını sağlayan, maddi ve can kayıplarını azaltan, altyapı problemlerinin giderilmesine katkıda bulunan, yönetim performansını arttıran,

Çevreye duyarlı sistemlerin geliştirilmesini sağlayan, üretken ve istihdam ortamlarının arttırılmasını sağlayan yerli ve milli bir AUS mimarisi oluşturmak için ekonomik bir sistem kullanımı sağlanmıştır.



KAYNAKLAR

1. Technology, F.H.A.R.a. *The Automated Highway System*. 1994, June,15 Son Erişim Tarihi: 10.12.2018]; Available from: <https://www.fhwa.dot.gov/publications/publicroads/94summer/p94su1.cfm>.
2. TÜİK. *Türkiye İstatistik Kurumu*. 2018, June 27 23.01.2019]; Available from: <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=27668>.
3. Denizcilik, T.U. and H. Bakanlığı, *Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi (2014-2023) ve Eki Eylem Planı (2014-2016)*. 2014, Ankara.
4. An, S.-h., B.-H. Lee, and D.-R. Shin. *A survey of intelligent transportation systems*. in *2011 Third International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*. 2011. IEEE.
5. Shah, A.A. and L.J. Dal, *Intelligent Transportation Systems in Transitional and Developing Countries*. IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine, 2007. **22**(8): p. 27-33.
6. Papadimitratos, P., et al., *Vehicular communication systems: Enabling technologies, applications, and future outlook on intelligent transportation*. IEEE communications magazine, 2009. **47**(11): p. 84-95.
7. Zhang, J., et al., *Data-driven intelligent transportation systems: A survey*. IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, 2011. **12**(4): p. 1624-1639.
8. BAKANLIĞI, T.C.U.V.A. *AKILLI ULAŞIM SİSTEMLERİ*. 2017, May, 14 Son Erişim Tarihi: 15.01.2018]; Available from: <http://hgm.ubak.gov.tr/tr/sayfa/49#AUS>.
9. Rosen, D.A., F.J. Mammano, and R. Favout, *An electronic route-guidance system for highway vehicles*. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 1970. **19**(1): p. 143-152.
10. Figueiredo, L., et al. *Towards the development of intelligent transportation systems*. in *ITSC 2001. 2001 IEEE Intelligent Transportation Systems. Proceedings (Cat. No. 01TH8585)*. 2001. IEEE.
11. Symeonidis, D. *Rds-tmc spoofing using gnu radio*. in *Proc. 6th Karlsruhe Workshop on Software Radios*. 2010.
12. Sims, A.G. and K.W. Dobinson, *The Sydney coordinated adaptive traffic (SCAT) system philosophy and benefits*. IEEE Transactions on vehicular technology, 1980. **29**(2): p. 130-137.

13. Sussman, J.S., *Perspectives on intelligent transportation systems (ITS)*. 2008: Springer Science & Business Media.
14. KGM. *Karayolları Genel Müdürlüğü - Trafik Kazaları Özeti*. 2018, July, 1 Son Erişim Tarihi: 01.04.2019]; Available from: <http://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Trafik/TrafikKazalariOzeti2017.pdf>.
15. NHTSA. *National Highway Traffic Safety Administration*. 2018, May 11 01.12.2018]; Available from: <https://www.nhtsa.gov/technology-innovation/vehicle-vehicle-communication>.
16. NHTSA. *Improving Safety and Mobility Through Vehicle-to-Vehicle Communication Technology*. 2014, May, 05 Son Erişim Tarihi: 01.07.2018]; Available from: https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/documents/v2v_fact_sheet_101414_v2a.pdf.
17. Ronald, J., *V2V/V2I Communications for Improved Road Safety and Efficiency*, in *V2V/V2I Communications for Improved Road Safety and Efficiency*. 2012, SAE. p. i-viii.
18. Péter, G., S. Zsolt, and A. Szilárd, *Highly automated vehicle systems*. BME MOGI, 2014.
19. Miller, J. *Vehicle-to-vehicle-to-infrastructure (V2V2I) intelligent transportation system architecture*. in *2008 IEEE Intelligent Vehicles Symposium*. 2008.
20. Commission, E., *Road safety in the European Union: Trends, statistics and main challenges*. 2015, European Commission Brussels, Belgium.
21. Liu, N., et al. *When Transportation Meets Communication: V2P over VANETs*. in *2010 IEEE 30th International Conference on Distributed Computing Systems*. 2010.
22. Weiß, C., *V2X communication in Europe—From research projects towards standardization and field testing of vehicle communication technology*. *Computer Networks*, 2011. **55**(14): p. 3103-3119.
23. Abboud, K., H.A. Omar, and W. Zhuang, *Interworking of DSRC and Cellular Network Technologies for V2X Communications: A Survey*. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2016. **65**(12): p. 9457-9470.
24. Chen, S., et al., *Vehicle-to-Everything (v2x) Services Supported by LTE-Based Systems and 5G*. *IEEE Communications Standards Magazine*, 2017. **1**(2): p. 70-76.
25. Hartenstein, H. and L. Laberteaux, *A tutorial survey on vehicular ad hoc networks*. *IEEE Communications magazine*, 2008. **46**(6): p. 164-171.

26. Jakubiak, J. and Y. Koucheryavy. *State of the Art and Research Challenges for VANETs*. in *2008 5th IEEE Consumer Communications and Networking Conference*. 2008.
27. Kenney, J.B., *Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States*. Proceedings of the IEEE, 2011. **99**(7): p. 1162-1182.
28. Alexander, P., D. Haley, and A. Grant, *Cooperative intelligent transport systems: 5.9-GHz field trials*. Proceedings of the IEEE, 2011. **99**(7): p. 1213-1235.
29. Lu, N., et al., *Connected Vehicles: Solutions and Challenges*. IEEE Internet of Things Journal, 2014. **1**(4): p. 289-299.
30. Pololu. *Pololu Robotics & Electronics*. 2014 Son Erişim Tarihi: 10.09.2018]; Available from: <https://www.pololu.com/docs/pdf/OJ12/QTR-8x.pdf>.
31. Bose, B.K. *Intelligent control and estimation in power electronics and drives*. in *1997 IEEE International Electric Machines and Drives Conference Record*. 1997. IEEE.
32. Venkataramanan, G. and D.M. Divan, *Pulse width modulation with resonant dc link converters*. IEEE transactions on industry applications, 1993. **29**(1): p. 113-120.
33. Electronics, S. *Sparkfun Electronics & Robotics*. 2018, May, 19 Son Erişim Tarihi: 04.05.2018]; Available from: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pulse-width-modulation/all>.
34. Valentine, R.J., *MOSFET" H" Switch circuit for a DC motor*. 1984, Google Patents.
35. Pololu. *Pololu Robotics & Electronics*. 2015, April 12 Son Erişim Tarihi : 05.08.2018]; Available from: https://www.pololu.com/docs/pdf/OJ15/motor_driver_application_note.pdf.
36. Tarascon, J.-M. and M. Armand, *Issues and challenges facing rechargeable lithium batteries*, in *Materials for Sustainable Energy: A Collection of Peer-Reviewed Research and Review Articles from Nature Publishing Group*. 2011, World Scientific. p. 171-179.
37. Scrosati, B., et al., *Lithium batteries: advanced technologies and applications*. Vol. 58. 2013: John Wiley & Sons.
38. Yazami, R., *Thermodynamics of electrode materials for lithium-ion batteries*. Ozawa, Kazunori. Lithium ion rechargeable batteries, 2009.
39. Nagai, A., *Applications of Polyvinylidene Fluoride-Related Materials for Lithium-Ion Batteries*, in *Lithium-Ion Batteries*. 2009, Springer. p. 155-161.
40. Wikipedia. *Lithium Polymer Battery*. 2018, June, 12 Son Erişim Tarihi : 15.10.2018]; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/Lithium_polymer_battery.

41. Guide, R.B. *The Basics of Lithium-Polymer Batteries*. 2015, March 5 Son Erişim Tarihi: 01.12.2018]; Available from: <https://www.tested.com/tech/502351-rc-battery-guide-basics-lithium-polymer-batteries/>.
42. Rehberiniz, E. *Elektirik Hakkında*. 2012, January,12 Son Erişim Tarihi: 10.02.2018]; Available from: <http://www.elektrikrehberiniz.com/elektrik-motorlari/dc-motor-nedir-454/>.
43. Bhagwat, P., *Bluetooth: technology for short-range wireless apps*. IEEE Internet Computing, 2001. **5**(3): p. 96-103.
44. Sriskanthan, N., F. Tan, and A. Karande, *Bluetooth based home automation system*. Microprocessors and microsystems, 2002. **26**(6): p. 281-289.
45. Wikipedia. *Bluetooth Technology*. 2018, February,17; Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>.
46. Solutions, B.T. *Solution Areas - Bluetooth*. 2017, May,10 15.10.2018]; Available from: <https://www.bluetooth.com/bluetooth-technology/solutions/>.
47. E., K. *Marmara Üniversitesi*. 2011, February,5 Son Erişim Tarihi: 10.01.2019]; Available from: <http://mimoza.marmara.edu.tr/~ekaplanoglu/KS.pdf>.
48. Gören, A. *Kontrol Sistemleri*. 2014, May,11 Son Erişim Tarihi: 10.01.2019]; Available from: <http://kisi.deu.edu.tr/aytac.goren/MAK3026/h5.pdf>.
49. I., K. *Kontrol Sistemleri*. 2011, March,4 Son Erişim Tarihi: 11.02.2018]; Available from: <https://docplayer.biz.tr/29598426-Kontrol-sistemleri-prof-dr-ilhan-kocaarslan.html>.
50. Wikipedia. *PID Controller*. 2014, December,10 Son Erişim Tarihi: 10.05.2018]; Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller#Integral_term.
51. Uyar, E., *Sistem dinamiği ve otomatik kontrol*. 1998: Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi.
52. Howe, G., et al., *Commercial Connected Vehicle Test Procedure Development and Test Results—Blind Spot Warning/Lane Change Warning*. 2016.