KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARLANAN ARAZİ ROBOTU VE DC MOTOR SÜRÜCÜSÜNÜN ANDROİD ARAYÜZ KULLANILARAK RF KONTROLÜ

AZİZ UZUN

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ SİSTEMLERİ MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TASARLANAN ARAZİ ROBOTU VE DC MOTOR SÜRÜCÜSÜNÜN ANDROİD ARAYÜZ KULLANILARAK RF KONTROLÜ

AZİZ UZUN

Dr.Öğr. Üyesi Abdülhakim KARAKAYA		
Danışman,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Dr.Öğr. Üyesi Meral ALTINAY		
Jüri Üyesi,	**Kocaeli Üniversitesi**	**.....**
Dr.Öğr. Üyesi Cihan ŞAHİN		
Jüri Üyesi,	**Manisa Celal Bayar Üniversitesi**	**.....**

Tezin Savunulduğu Tarih: 02.09.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Bu çalışmada, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yenilenebilir Enerji alanında 2016 yılında başladığım yüksek lisans eğitimimde yapmış olduğum uzaktan kontrol edilen ve farklı arazi şartlarında hareket edebilen robotik sistemin mekanik ve elektronik tasarımımın sonucunda elde ettiğim bilgileri sunmaktayım.

Bu çalışmada robotik sistemlerin tasarımı üzerinde çalışılarak, robotik sistemlerin mekanik, kontrol, sürücü, arayüz tasarımları olmak üzere 4 başlık altında tasarımlar gerçekleştirilerek RC (radyo kontrol) kullanılarak android cihazlar ile kontrol edilebilen farklı arazi şartlarında hareket edebilen arazi robotu tasarımı gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen bu tasarımlar ile bilime ve literatüre katkı sağlamasını temenni ediyorum.

Tez çalışmamın konusu, planlanması, araştırılması ve gerçekleştirilmesinde her türlü ilgi ve desteğini esirgemeyen derin bilgi ve tecrübeleriyle rehberlik eden, çalışmamı bilimsel kurallar çerçevesinde şekillendiren sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdulhakim KARAKAYA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz - 2020 Aziz UZUN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1. GENEL BİLGİLER 9
1.1. Robotlar Nedir? 9
1.2. Robotik Nedir? 10
1.3. Robot Yasaları 10
1.4. Robotun Tarihi Gelişimi 10
1.5. Mobil Robotlar 13
1.6. PWM 15
1.7. DC Motor Matematiksel Modeli 16
2. TEORİK ALTYAPI 18
2.1. Sistemin Genel Yapısı ve Çalışması 18
2.2. Tasarım ve Uygulama 19
2.3. Kontrol Ünitesi Tasarımı 24
2.3.1. Kontrol kartı yazılım algoritması 34
2.4. DC Motor Sürücü Tasarımı 35
2.4.1. Mosfetler 35
2.4.2. Mosfet parametreleri 35
2.4.3. Mosfet çalışması 36
2.4.4. Mosfet sürme teknikleri 37
2.4.5. Tasarımı yapılan DC motor sürücüsü 39
2.5. Android Arayüz Tasarımı 40
2.6. Android Arayüz Kod Blokları 41
3. ANALİZ 44
3.1. 4x2 Kontrol ve Sürücü Kartının 4x2 Arazi Robotu ile Boş Çalışma Testi 44
3.2. Kontrol ve Sürücü Kartının 4x2 Arazi Robotu ile Farklı Yüklerdeki Çalışma Testi 45
3.3. Duty Cycle (Görev Döngüsü) Süresine Göre Sistem Analizi 46
3.4. Robotun Maksimum Hızdaki Analizi 46
3.5. Maksimum Hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi 47
3.6. Robotun Orta Hızdaki Analizi 48
3.7. Orta hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi 49
3.8. Robotun Düşük Hızdaki Analizi 50
3.9. Düşük Hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi 51
3.10. Tasarımı Yapılan 4x4 Arazi Robotu ile Tasarımı Gerçekleştirilen Sürücünün Analizi 53
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 54

KAYNAKLAR 55
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 58
ÖZGEÇMİŞ 59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Pacbot Teleoparatör robot 13
Şekil 1.2. Talon Teleoparatör robot 14
Şekil 1.3. Çizgi izleyen robot 14
Şekil 1.4. Sumo robotu 15
Şekil 1.5. Arduino'nun PWM tekniği ile elde ettiği çeşitli sinyaller 16
Şekil 1.6. DC motorun endüvi ve mekaniksel eşdeğer devresi 16
Şekil 2.1. Sistemin blok şeması 18
Şekil 2.2. a) DC motor mil yuvası çap ölçüsü b) DC mootorun kareflanş ölçüsü c) Dc motorun uzunluk ölçüsü 19
Şekil 2.3. a) Robotun Solidworks tasarımı b) Robotun mekaniksel iç dizaynı 19
Şekil 2.4. Alüminyum gövdenin teknik resmi ve ölçüleri 20
Şekil 2.5. a) Robotun gövdesinin 3d çizimi b) Robotun alüminyum gövdesi 21
Şekil 2.6. (a) Merkezleme delikleri açma işlemi (b) Yataklama deliklerinin açılmış görseli 21
Şekil 2.7. Solidworks programında oluşturulan robot iç dizaynı 22
Şekil 2.8. Contalı üst kapak 22
Şekil 2.9. (a) Yataklama Solidworks tasarımı (b) Üretilmiş yataklamaların ön ve arkadan görünüşü 23
Şekil 2.10. (a) Solidworks mil tasarımı (b) Üretilmiş milin önden ve arkadan izometrik görünüşleri 23
Şekil 2.11. Arazi robotu kontrol kartı tasarımı 24
Şekil 2.12. 7805 voltaj regülatörü pin ve bağlantıları 25
Şekil 2.13. Kontrol kartı 7805 voltaj regületörü devresi 25
Şekil 2.14. Arduino çeşitleri ve özellikleri 26
Şekil 2.15. Arduino ide arayüz ve buton işlevleri 27
Şekil 2.16. Arduino nano pin diyagramı 28
Şekil 2.17. HC-05 Bluetooth modülü ve pin diyagramı 29
Şekil 2.18. Arduino HC-5 bluetooth yapılandırma kodları 30
Şekil 2.19. Arduino ide seri port ekranı 31
Şekil 2.20. PWM gerilim değişim grafiği 33
Şekil 2.21. Akış şeması 34
Şekil 2.22. (a) N kanal mosfet (b) P kanal mosfet 35
Şekil 2.23. İletkenlik grafiği 36
Şekil 2.24. Bootstrap tekniği ile mosfet sürme 38
Şekil 2.25. DC motor mosfet sürücü kartı 40
Şekil 2.26. Robot kontrol arayüzü 40
Şekil 2.27. Arayüz kod blokları 41
Şekil 3.1. Tasarlanan robot gövdesinin iç görünümü 44
Şekil 3.2. Boş çalışmadaki motorların gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimi 45

Şekil 3.3. Farklı yüklerdeki motorların gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimi 46
Şekil 3.4. Maksimum hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri..... 47
Şekil 3.5. Maksimum PWM sinyali osiloskop görüntüleri 48
Şekil 3.6. Maksimum PWM sinyali yön değişimi osiloskop görüntüleri..... 48
Şekil 3.7. Orta hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri 49
Şekil 3.8. Orta seviyedeki PWM değerindeki osiloskop görüntüsü..... 50
Şekil 3.9. Orta seviyedeki PWM değerindeki ters yöndeki sinyalin osiloskop görüntüsü..... 50
Şekil 3.10. Düşük hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri..... 51
Şekil 3.11. Düşük seviyedeki PWM sinyali osiloskop görüntüsü..... 52
Şekil 3.12. Düşük seviyedeki PWM sinyalinin ters yöndeki osiloskop görüntüsü 52
Şekil 3.13. Maksimum hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri..... 53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

B : Sürtünme katsayısı, (Nm/(rad/s)
D : Drain (Akaç)
E_a : Zıt emk, (V)
G : Gate (Kapı)
ϱ : Verim
I_a : Motor akımı, (A)
I_D : Drain akımı, (A)
I_{DSS} : Drain-Source arsındaki maksimum akım, (A)
J : Eylemsizlik momenti, (kg m^2)
n : Motor mil hızı, (rpm)
P_a : Endüvide üretilen güç, (W)
P_{ai} : Endüvi devresine giren güç, (W)
P_o : Çıkış gücü, (W)
P_{rot} : Sürtünme- vantilasyon kayıpları, (W)
R_a : DC motorun oda sıcaklığındai direnci, (Ω)
R_x : Receiver (Alıcı)
S : Source (kaynak)
T : Peryod, (s)
t : Zaman, (s)
T_e : Elektro manyetik moment, (Nm)
T_L : Yük momeni, (Nm)
T_m : Mekanik moment, (Nm)
T_x : Transmitter (Verici)
V : Çizgisel hız, (m/s)
V_a : Kaynak gerilimi, (V)
V_{DS} : Drain – source arasındaki gerilim, (V)
V_{GS} : Gate – source arasındaki gerilim, (V)
V_p : Doyum noktasındaki(yüzeyindeki) gerilim, (V)
V_{th} : Threshold (Eşik) gerilimi, (V)
X : Aracın aldığı yol, (m)
ω_m : Mekaniksel hız, (rad/s)

Kısaltmalar

ESA : European Space Agency (Avrupa Uzay Ajansı)
Ghz : Giga Hertz (Frekans Üst Katı)
IEEE : Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
IO : Input/Output (Giriş/Çıkış)
ISM : Industrial Scientific Medical (Endüstriyel Bilim ve Tıbbi Cihaz)
MBPS : Mega Bits Per Second (Saniyede Aktarılan Veri Sayısı)
PWM : Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)

TASARLANAN ARAZİ ROBOTU VE DC MOTOR SÜRÜCÜSÜNÜN ANDROİD ARAYÜZ KULLANILARAK RF KONTROLÜ

ÖZET

Teknolojinin gelişmesiyle robotik sistemler yaşamımızda birçok alanda aktif olarak kullanılmaktadır. Örnek olarak günlük ev yaşantılarında, sel ve deprem gibi birçok doğal afetlerde son yıllarda ise savunma sanayi ve sağlık alanlarında çokça karşılaşmaktayız. Açıkça görülmektedir ki robotik sistemlerin kullanıldığı alanlar değiştikçe robotik sistemlerde bazı problemlerin çıkabileceği görülmektedir. Bu nedenle robotik sistemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Robotik sistemlerin yaşam içerisinde kullanımı esnasında karşılaşılan problemleri çözmek için farklı farklı çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada ise, zorlu arazi şartlarında ve su içerisinde hareket edebilen arazi robotu tasarlanmıştır. Yapılan tasarım, mekanik, elektronik kontrol kartı, yüksek akımlara cevap verebilen DC motor sürücü tasarımı ve yazılımdan oluşmaktadır. Ayrıca robotun uzaktan RC kontrolü için android arayüz tasarımı gerçekleştirilmektedir. Diğer kullanıcılar tarafından robotun kontrolünün ele geçirilmesi engellenmektedir.

Robotun hareket kontrolü, Kontrol kartı tasarımında bulunana Arduino nano (Atmega 328P) mikro işlemcisi ile yapılmaktadır. Mikro işlemci Arduino IDE yazılımı ile kodlanmaktadır. Haberleşmede kullanılan HC-05'den gelen RC sinyallerini işlemektedir ve sürücü çıkışlarının denetimi sağlanmaktadır. Bu denetim ile robotun ihtiyaç duyduğu akım, gerilim, hız ve yön gibi parametreler kontrolü gerçekleştirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: 4x4 Arazi Robotu, Android Arayüz ile RC Kontrol, Arduino ile Kontrol, DC Motor Sürücü, Mosfet Sürücü.

THE RF CONTROL OF THE DESIGNED TERRAIN ROBOT AND DC MOTOR DRIVER BY BEING USED ANDROID INTERFACE

ABSTRACT

Due to technological developments, the robotic systems have been used in many different fields in our lives. For instance, we meet in many different fields such as in daily lives, natural disasters like flood and earthquake, and recently defence industry and health sector. It is obviously seen that the more fields which are used for robotic systems, the more problems will occur in the future. This is one of the reasons for the need for improvements in robotic systems.

There are numerous studies for solving problems which are faced during use of robotic systems in daily life. In this study, a terrain robot which can move in tough terrain conditions and under water is designed. The design consists of mechanical, electronics control card, DC motor driver -which can respond to high currents- and software. In addition, the interface is achieved for remote RC control. A hacking possibility of robot control by other users is prevented.

The movement control of the robot is achieved with an Arduino nano (Atmega 328P) micro processor which is in control card design. Microprocessor Arduino is programmed with IDE software. It processes RC signals from HC-05 and inspects the driver's outputs. Due to the inspection, parameters control such as the current, voltage, speed and rotation are achieved.

Keywords: 4x4 Terrain Robot, RC Control with Android Interface, Control with Arduino, DC Motor Drive, Mosfet Driver.

GİRİŞ

Yaşadığımız gezegendeki insan hayatına geçmişten bugüne baktığımızda hep ileri yönde sürekli bir değişkenlik göstermektedir. Ayrıca insanların yaşamları içerisindeki değişimde de teknolojinin ilerlemesi ve gelişmesi arasında bir paralellik görülmektedir. Bu süreç içerisinde bazı önemli gelişmeleri vardır; teknolojideki bu gelişmeler insan hayatındaki yaşam biçim ve becerisinde çok büyük farklılıklar oluşturmuştur. Aynı zamanda bunların en çarpıcı örneği bilgisayar teknolojisi ve bu teknolojinin getirdikleridir. Bilgisayar teknolojisi ile beraber yaşam hız kazanarak, insanların iş ve eylemlerini yerine getirebilen ürünler ortay çıkmaktadır. Günümüzdeki bilgisayar teknolojisinde üzerine yoğunlaşılan alanlardan biri de robotlardır. Robotlara olan ilgi ve çalışmalar giderek artmakta, günlük yaşamda sağlık sektöründen güvenlik sektörüne, endüstriyel üretimlerden haberleşmeye, arama kurtarmadan savunma sanayi ve vb. alanda geniş bir yelpazede faaliyet göstermektedirler.

Robot, otonom veya önceden programlanmış görevleri yerine getirebilen elektronik ve mekanik daha sonraları ise yazılımın da dahil olduğu sistemlerin birleşimidir. Güncel tanım olarak robotlar, elektronik ve mekanik alanlarının birleşiminden oluşmuş algılama, programlanabilme özelliklerine sahip sistemlerdir. Farklı bir ifadeyle robotlar, canlıların işlevlerini ve davranışlarını taklit edebilen, fiziksel yeteneklere ve yapay zekâya sahip, disiplinler arası öğeler içeren mühendislik ürünleridir [1]. Robotlar bir operatör kontrolünde veya bağımsız olarak bir bilgisayarda programlanmış bir mikroişlemci aracılığıyla yazılan program kontrolünde çalışabilen sistemlerdir. Robot kelimesi zihinde ilk olarak her ne kadar insana benzeyen sistemler olarak algılansa da robotların birçoğu insana benzememektedir [2]. Çınar ve Diğerleri; arazi Tipi Mayın arama robotu üzerinde çalışmalar yapılarak belirli bir alan içinde mayın arama işlemi gerçekleştiren robot geliştirmişlerdir. Mayın Algılama için metal detektör devresi, engelleri algılama işlemini ise kızılötesi sensör sayesinde sağlanmaktadırlar. Bütün bu veriler

mikrodenetleyiciye yüklenen yazılım ile kontrol edilip gerekli hareketi gerçekleştirmektedir. Robotun hareketin yüzeye göre doğrusal olarak yapması öngörülmekte ve bunun için servo motorlara bağlı tekerlere kauçuk maddeden elastik şerit ile zemine daha sağlam tutunması sağladıklarından bahsetmektedirler. Ayrıca robotun asıl görevi olan metalin algılanması ile robot hareketinin durması ve algılamanın sesli uyarı ile bildirilmesini el detektör devresi ile gerçekleştirilmiş, bu detektör devresi metali yaklaşık 8 cm mesafeden algılayarak çıkış vermektedir. Bu sebeple detektör devresi mümkün olduğunca yere yakın tutularak gerekli ölçüm mesafesi sağlanmaktadır [3]. Akyıldız ve Bahadır; mosfetler yüksek frekansta sürüldüğünde yapıları gereği oluşturdukları yüksek kapasitans nedeniyle doğrudan mikrodenetleyiciler tarafından kontrol edilemezler ve sürücülere kompenentlere ihtiyaç bulunmaktadırlar. Bu çalışmada DRV8301 gate driver entegresi kullanarak 6-60V arasında çalışabilen, 3 veya 6 PWM ile kullanılabilen, kendi içinde DC-DC voltaj dönüştürücüsü bulunan, 2 adet değişken kazançlı işlemsel yükselteç barındıran komplike bir entegredir [4]. Akkaya ve Diğerleri; gelişen ve hızla ilerleyen teknolojiler karşısında ülkemizde de robotik uygulamaların artış gösterdiği bir eğilim bulunmaktadır. Endüstrinin bu ihtiyacına karşılayabilmek için bu robotik sistemlerde ihtiyaca göre tasarlanması ve kontrolünün gerçekleştirilmesi için sürücülerinin de çalışacağı ortamlar dikkate alınarak tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca motorların daha verimli çalışabilmesi için kontrol devreleri oldukça önem arz etmektedir [5]. Bayer ve Diğerleri; robotik üzerine yapılan çalışmalarda hareketli robotlar hızla gelişen bir araştırma ve geliştirme alanını oluşturduğundan bahsetmektedirler. Hareketli robotların büyük çoğunlukla uygulama alanları, eğitim kurumlarının, sanayinin, devlet kurumlarının, savunma sanayini, arama kurtarma faaliyetlerinin ve güvenlik şirketlerinin ilgisini çekmeye başlamaktadır. 20. ve 21 YY'da hareketli robotlar birçok farklı alanda farklı farklı görevleri yerine getirmektedirler. Çok yakın zamanda bu robotların daha da aktif şekilde kullanılması öngörülmektedir ve hareketli robotlarla yapılacak farklı araştırma ve geliştirme konularına bağlı olarak farklı robotların ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır. Ayrıca, robot üzerindeki algılayıcıların kolaylıkla eklenip çıkartılabilmesi ve yerlerinin değiştirilebilmesi araştırmacılar için çok önemli bir avantaj olarak değerlendirilmektedir. Hareketli bir robotun bağımsız hareket edebilmesi için ihtiyaç duyacağı enerji kaynağını da üzerinde bulundurması gerektiğini görüşünü savunmaktadırlar. Görev yapacağı

duruma göre, hareketli bir robot düz, engebeli zeminde ve her türlü hava şartlarında yavaş veya yüksek hızlarda hareket ederek bu esnada da etrafındaki canlı ve cansız varlıkları da göz önünde bulundurmak zorundadır. Hareketli bir robotun çevresinin belirsizliklerden dolayı önceden detaylı bir şekilde modellenememesi, algılayıcı sistemleri ile karar verme mekanizmalarının endüstriyel robotlara göre daha karmaşık olmasına neden olmaktadır. Bu yönüyle hareketli robotlar, endüstriyel robotlardan önemli bir şekilde ayrılmakta ve çok geniş bir araştırma alanını oluşturduğundan bahsedilmektedir [6]. Yiğiter; mobil robotlar, robotik çalışmalarda disiplinler arası yapısı çalışılması gerekliliği ile hızlı gelişen çalışma alanını oluşturmaktadır. Son zamanlarda mobil robotlar, eğitim kurumlarından araştırma merkezlerine kadar, devlet kurumlarından güvenlik şirketlerine kadar geniş bir kesimin ilgi alanına girmiş ve popüler bir robotik çalışma alanı haline gelmiştir. Sürekli olarak hareketli robotların kullanım ve çalışma alanı genişlemekte olup çok yakın gelecekte bu alana olan ilgi daha da yükselecektir. Bu robotlar hayatımızda önemli görevler üstlenecek ve çok büyük kolaylıklar sağlayarak hayatımızı kolaylaştıracaklardır. Mobil robotlar, sabit bir noktada çalışmanın aksine, sürekli yer ve konum değiştiren, bu sırada kontrol edilmesi gereken bir dizi mekanik sistemlerden oluşmuş ana bir yapıyı içerir. Robotun sürekli hareket etmesi, değişken ve oldukça çok belirsizlikle dolu ortamlarda bulunması, dolayısı ile denetlenebilmesinin zorlaşması neden olmaktadır. Ayrıca mobil robotlar, sabit bir noktada çalışan bir robot kol ve kullanıcısı arasındaki etkileşime göre çok daha gelişmiş bir ara yüze ve haberleşme teknolojisine ihtiyaç duyulmaktadır [7]. Park ve Diğerleri; mobil robotların durum alanı kesin geri besleme doğrusallaştırması yoluyla Doğrusal Kuadratik kontrolü ile gerçekleştirilmektedir. Durum alanı geri besleme doğrusallaştırması, yön açısı sınırlaması olan bir mobil robotun nokta stabilizasyonunu sağlamaktadır. Mobil robotun nokta stabilizasyonu, LQ kontrol teorisi kullanılarak kolayca formüle edilebilir. Mobil robot, tasarlanmış LQ kontrol yöntemlerini kullanarak, hedef noktaya doğru bir başlık açısı kısıtlamasıyla hareket edebilir ve Lyapunov yöntemi ile kontrolörün kararlılığı ve yakınsama oranı değerlendirilir. Tasarlanan kontrolörün performansı deneysel sonuçlarla teyit edilebilmektedir. Kontrolörün amacı, mobil bir robotu belirli bir hedef noktada yön açısı kısıtlamasıyla stabilize etmektir. Nokta stabilizasyonu problemi tam olarak doğrusal bir sistemin kontrol problemine dönüştürülür. Böylece Lineer olmayan

sistem lineer sistem kontrol teorileri kullanılarak lineer bir sisteme dönüştürüldüğünde ise, sadece stabilite değil, aynı zamanda çeşitli performanslar mobil robot kontrolör tasarımında dikkate alınmaktadır.

Tasarlanan kontrolörün bir mobil robotu bir denge noktasına stabilize edebileceği ve mobil robotu üstel yakınsama hızıyla bir hedef noktaya taşıyabileceği anlaşılabilir [8]. David ve Jiri; mobil servis robotları insan faaliyetlerinin birçok alanında kullanılmaktadır ve büyük çoğunluğu insan açısından yüksek riskli alanlarda çalışmak üzere tasarlanmış ve uyarlanmıştır. Robotların mekanik yapısından elektronik alt sistemlerine geçtiğimizde, klasik makine mühendisliği konularından oldukça farklı olan çözülmesi gereken birkaç konu bulabiliriz, buralardan bir tanesi her yere tırmanmak için robotları nasıl inşa edebiliriz konusudur. Elektronik mühendisi güç, kontrol, navigasyon veya stabilizasyon, iletişim vb. Süreçlerinin nasıl yapılacağını öğrenmek için bazı yerlere ve araçlara ihtiyaç var. Bu nedenle bu amaç için evrensel (mekanik bakış açısıyla basit ama sağlam) bir platform tasarımdan bahsetmektedirler. Sistem çeşitli konumlandırma sensörleri ile donatılmıştır. Kamera sisteminin yönünü almak için elektronik bir pusula, mutlak pozisyon almak için alıcı ataletsel navigasyon ünitesi ile Kapalı konumlandırma yapılmaktadır [9]. Schilling ve Jungius; mobil robotlar gezegensel keşifte, ölçümler için ulaşılabilir alanı genişletmek ve bilimsel ilgi alanlarına erişmek için kilit yapıdaki bileşenlerdir. Uzay ortamının belirli tasarım kısıtlamalarının gözden geçirilmesinden sonra, altmışlı yıllardan beri gezegensel gezici mobil robotların faaliyetlerinin araştırılması yapılmaktadır. Özellikle, Mars'a yapılan gerçek küçük gezici mobil robotların görevleri, gereksinimleri ve teknik yaklaşımları tartışma konusudur. Gerçek Nasa Mars microrover MFEX ve Rus Marsokhod'un tasarımı gözden geçirilmiş ve daha ayrıntılı olarak Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA) MARSNET misyonu için sistem ve kontrol kavramları üzerinde çalışmalar yapmışlar [10]. Barraquand ve Latombe; uzaydaki araştırma çalışmaları için tasarlanmış olan Rocky7, Shrimp and Octopus isimli hareketli, hafif, küçük robot platformlarının tekerlekli ve bacaklı türleri bulunmaktadır. 8 tekerlekli Rocky7, Mars araştırmaları için tasarlanmış Sojourner hareketli robot platformunun geliştirilmesiyle tasarlandığından bahsetmektedirler [11]. Kıvrak ve Karaca; Piyasada kullanılan DC, Asenkron ve fırçasız DC(BLDC) motor çeşitlerinin çalışması için hepsinin ayrı bir sürücü tasarımına ihtiyaç

duymaktadır ve bu durumun maliyet açısından olumsuz bir durum olduğundan bahsetmektedirler. Bunun için yeni bir tasarım yapılarak hepsinin bir sürücü sistemi ile çalıştırılabileceğinden bahsederek bu yönde çalışmalar yapmaktadırlar [12]. Yan ve Diğerleri; DC motor, metalurji, makine imalatı ve hafif endüstride iyi performansı ve kolay kontrol edilen hız regülasyonu nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, güç elektroniği teknolojinin gelişmesiyle, tristör ve mosfet türevleri DC motorun kontrol için yaygın olarak kullanılır hale gelmektedir. DC motor hız kontrol sistemi, karmaşık çok değişkenli doğrusal olmayan kontrol sistemleridir. Çünkü çeşitli parametreleri birbirini etkiler, parazit önleyici özelliği zayıftır ve yüksek performans sağlamaktadır. Bu nedenle, anti-parazit ve kararlı çalışması için DC motor hız kontrol sistemini geliştirmek, hız ayarlama yapabilmek için PWM kullanılmaktadır. Bu çalışmada da DC motorun PWM bipolar sürücü çalışmasından bahsetmektedirler. Bulanık bir kontrolör ve nötr bir ağ kontrolörü tasarlanmış ve daha sonra DC motorun hız regülasyonunda yapay zekâ uygulaması yapılmıştır. DC motor, metalurji, makine imalatı ve hafif endüstride iyi performansı ve kolay kontrol edilen hız ayarı nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, güç elektronik teknolojisinin gelişmesiyle, tristör doğrultucu DC motorun beslenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır. Akıllı kontrole dayalı DC motorun PWM hız regülasyonu üzerine yapılan çalışmada kontrol edilen nesnenin matematiksel modeli oluşturulduktan sonra SIMULINK ile Simülasyonu gerçekleştirilir [13]. Petru ve Mazen; bir Dc motor devrinin en genel kontrol yöntemi darbe genişlik modülasyonu (PWM) üzerinden yapılan kontrollerden oluşur. PWM kontrol sinyaline bağlı olarak zaman aralığını artırarak veya azaltarak motor devrinin değişimi sağlanır. Lojik değeri 1 (tON) olur. Böylece, %100'lük bir görev döngüsünde, motor maksimum devre sahip olacak, tON maksimum ve tOFF sıfıra eşit olacaktır. %50'lik bir görev döngüsünde, motor nominal devrinin yarısına sahip olacaktır, bu nedenle tON = tOFF süreleri eşitliği sağlanır. %0'lık bir görev döngüsü durumunda, motor devri sıfır değerine sahip olmaktadır. Çünkü tOFF en yüksek olacak ve tON sıfır olacaktır.

Genel olarak, PWM sinyaller mikrodenetleyiciler tarafından üretilirler. Bu bölüm daha çok kontrolörlerde bulunur ve bu alan mantıksal kontrol olarak da ifade edilir. Bunun yanın da PWM sinyaline bağlı olarak motor hızı değişmektedir. Bu üniteye ise etkin bölüm veya motor kontrol üniteleri denilmektedir. Kontrol ünitesi 5V gibi

küçük gerilim değerleri ile çalışır iken motor kontrol ünitesi yüksek gerilim ve güçlerde çalışırlar. Deneysel amaçlı tasarlanan Konveyör bandını sürmek için Dc motor kullanılmış ve kullanılan Dc motor PWM tekniği ile kontrol edilmektedir. DC motorun beslenmesi ve motorun dönme yönünün tersine çevrilmesi H-köprüsü ile sağlanmaktadır. PWM sinyali, Atmega 328 mikrodenetleyici ile donatılmış bir ARDUINO UNO kartı tarafından üretilmektedir. ARDUINO UNO kartını kontrol etmek için LabVIEW 2013 programlama ortamında bir program tasarlanmıştır. Konveyör bandının çalışma hızı ve yönü DC motoru besleyen H köprüsünün transistörlerini kontrol eden PWM sinyallerinin görev döngüsü değeri değiştirilerek değiştirilebilir [14]. Yıldız; DC-DC dönüştürücü ile tahrik edilen ayrı olarak uyarılmış bir DC motorun analizi, durum-uzay ortalama tekniği kullanılarak gerçekleştirilir. İlk olarak, DC-DC dönüştürücüler için genel ve birleşik büyük sinyal ortalamalı devre modeli oluşturulmuştur. Burada kullanılan yöntem ise anahtarlama işlemleri nedeniyle periyodik zaman değişkeni olan güç elektronik sistemlerini birleştirilmiş ve zamandan bağımsız sistemler oluşturulmuştur. Böylece dönüştürücülerin farklı topolojilerini birleştirmemizi imkân sağlanır ve DC motorun tüm analiz ve tasarım süreçleri, birleştirilmiş çok yakın model kullanılarak kolayca gerçekleştirilebilir. DC motor ile ilgili hız ve akım, kararlı durum analizi, büyük sinyal ve küçük sinyal aktarım fonksiyonları gibi bazı büyük sinyal varyasyonları, yakın devre modeli kullanılarak kolayca elde edilebilir [15]. Frangos ve Yavi; dört tekerlekli bir aracın basit bir dinamik modeli için kontrol yasaları çıkarılmıştır. Her bir tekerleğe ayrı bir dönme torku, ön çift ve arka tekerleğe ayrı direksiyon torkları etki eder. Böylece, burada ele alınan modelde, aracın hareketi toplam altı tork tarafından kontrol edilir ve aracın noktadan noktaya manevra yapması için bir kontrol yasası geliştirilmiştir. Bu manevra için üç farklı kontrol modu vardır ve bunlar altı, beş ve dört kontrol torku kullanılması olarak açıklanmaktadır [16]. Özyaman ve Sungur; motorların ihtiyaç duyduğu akım Arduino'nun verebileceğinden akımdan fazla olduğundan voltajı ve akımı artırmak için sürücü entegreleri kullanılmalıdır. Aksi halde Arduino'nun zarar görmesi ve kullanılmaz hale gelmesine sebep olabilir. L293D motor sürücü entegresi iki adet H köprüsü barındıran 16 bacaklıdır. DC motor kontrolünde tercih edilen bu entegre ile iki adet motor birbirinden bağımsız olarak çift yönlü kontrol edilebilmektedir. Ek olarak enable bacaklarının kullanılmasıyla PWM kontrolü de yapılabilmektedir. L293D

entegresi 4,5 V ile 36 V aralığında maksimum 600mA sınırına kadar kullanılabilir [17]. Khaled ve Diğerleri; doğrusal olmayan bir motor tahrik sisteminin hız kontrolü için modeli takip eden uyarlamalı kontrol yapısı önerilmektedir. Tekrarlayan yapay sinir ağı çevrimiçi modelleme ile doğrusal olmayan motorlu tahrik sisteminin kontrolü için kullanılan statik ve Coulomb sürtünme Sinir ağı ilk olarak, ayrıştırılmış genişletilmiş Kalman filtre algoritmasının modifiye edilmiş bir formunu kullanarak motor sürücü sisteminin ters dinamiklerini öğrenmek için çevrimdışı olarak eğitilir. Tekrarlayan sinir ağı ters model kontrol yaklaşımı ile birleştirilmiş yapı, motor tahrik sistemine doğrudan uyarlanabilir ve etkili bir kontrol sağlar. Bu yöntemin performansı, standart bir kişisel bilgisayar kullanılarak bir dc motor sürücü sisteminde deneysel olarak doğrulanır. Elde edilen sonuçlar, sistemin mükemmel bozulma sınırlarını ve izleme performansı özelliklerini doğrulamaktadır [18]. Kumar ve Diğerler; Yapay sinir ağı (YSA), yüksek hesaplama oranları ve doğrusal olmayan fonksiyonlarla başa çıkabilmeleri nedeniyle birçok kontrol uygulamasında çok popüler hale gelmiştir. DC kıyıcı tarafından beslenen DC sürücünün kapalı döngü hız kontrolü için yapay bir nöron kontrolörü çalışması yapılmaktadır. Sabit durum hatasını azaltmak için nöron kontrolü kullanılır. Motor hızı hatasına ve hız hatası değişikliğine karşılık gelen sinyal, Kontrolöre giriş olarak kullanılır. Kontrolör, DC kıyıcıya uygulanan darbe genişliği modülasyonlu sinyalin görev çevriminde gerekli değişikliği çıkarır. Böylece DC motorun armatürüne uygulanan voltaj, istenen hız tepkisini elde etmek için ayarlanır. Nöron kontrolörünün eğitim modelleri geleneksel PI kontrolöründen elde edilir ve önerilen nöron kontrolörünün etkinliği simülasyon çalışmaları kullanılarak incelenir. Tasarlanan kontrolör, düşük maliyetli bir 8051 tabanlı gömülü sistemde uygulanmış ve sonuçlar incelenmiştir. İki devreli kontrol sistemi bir iç AÇMA / KAPAMA akım kontrolörü ve bir dış YSA hız kontrolörü ile uygulanmıştır. Geleneksel kontrol cihazlarının ağır hesaplama yükü vardır ama eğitimli sinir ağı daha az hesaplama süresi gerektirir. Yapay sinir ağı genelleme yeteneğine sahip ve eğitim verileri arasında enterpolasyon yapabilir ve YSA'nın bu avantajı YSA denetleyicisini evrensel hale getirir. Tasarlanan YSA denetleyicisi iki farklı motorda test edilerek ve her ikisinin de sürülmesinde etkili bir performans sergilediği tespit edilmiştir [19]. Çavuşoğlu ve Kırmızı; denetim kartları, yüksek voltaj ve akım kontrolünü röle vb. elemanlar ile denetlenmekte ve buradaki kontrol elemanlarını kontrol etmesi için kullanılmaktadır. Motorun ihtiyaç duyduğu akım,

denetim kartının verebileceğinden fazla olduğundan, voltajı ve akımı arttırmak için sürücü devreleri kullanılmalıdır, aksi takdirde denetim kartının yanmasına sebep olunabilir [20]. Sır ve Umar; Forklift robot üzerinde dört adet motor bulunmaktadır. Bu motorlardan iki tanesi robotun hareketini sağlayan sağ ve sol palet motorlarıdır. Sağ ve sol palet motorlar robotun üç farklı hızda hareket etmesi istendiğinde motorların kontrolü PWM ile kontrol edilmiştir. Diğer iki motor ise çatal hareketleri için kullanılmıştır. Çatal hareketlerinde de PWM kontrolüne ihtiyaç duyulmamıştır. Sağ ve sol palet motorların PWM kontrolü her bir motor için ayrı bir H köprüsü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. H köprüsünde kullanılan transistörler motorları besleyebilecek şekilde akım değerine sahip olan BD137 transistörleridir. H köprüsünde karşılıklı çapraz paralel kollardaki transistörler iletime geçirilerek motorun bir yönde dönmesi sağlanmıştır. Motorun diğer yöne dönmesinde ise H köprüsündeki diğer transistörler iletime geçirilmiştir. H köprüsünde üç adet farklı hız elde etmek için transistörlerin beyzlerine 100 ohm'luk dirençler üzerinden PWM sinyal uygulanmaktadır. Kontrol devresi ile güç devresini birbirinden elektriksel olarak yalıtmak için PC817 optokuplör entegreleri kullanılmıştır. Ayrıca motorlarda oluşan zıt emk'dan dolayı transistörlerin olumsuz bir şekilde etkilenmemesi için transistörlerin kollektör ve emiter uçlarına ters paralel bağlı 1N4001 diyotları kullanılmıştır. Böylece bu diyotlar motor zıt emklarını üstlerine alarak transistörleri ters yönde zorlamazlar [21]. Bilici; 3 eksenli CNC Router'ın arduino programında yazılmış olan kodunu çalıştırmak için C# üzerinden arayüz tasarlanmıştır. C# ile Arduino Serialport üzerinden haberleşmektedir [22]. Laugier ve Diğerleri; Fransız "Praxitele" ve "Otomatik Yol" projeleri kapsamında gelecekteki otomobiller için geliştirilen hareket özerkliği yeteneklerini sunmaktadır. Bu yeni yetenekler, üç ana sorunun çözülmesine katkıda bulunmak için geliştirdiğimiz etkili çözümlere dayanmaktadır: Sensör Tabanlı Manevra kavramını kullanarak araba benzeri bir araç için otonom manevra, çift yönlü bir aracın hareketlerini planlama ve kontrol etme (CyCab) Diferansiyel Düzlük kavramını ve dinamik bir ortamda engellerden kaçınma kavramını kullanarak Doğrusal Olmayan Hız Engelinden bahsetmektedirler [23].

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Robotlar Nedir?

Robot ifadesi, ilk defa yaşantımıza Karel Capek'in 1920 yılında yazdığı R.U.R. – Rossum's Universal Robots adlı eserinde geçmektedir. Daha sonra tüm dünyada kabul görmüş ve kullanılmaya başlanmıştır. Robot Çek dilindeki hizmet eden kelimesine karşılık gelen "robota" dan türetilmiştir. Karel Čapek'in R.U.R. adlı oyununda mekanik ve otonom, ama insanca duygulardan yoksun olarak kullanılan robot, daha sonra birçok bilim kurgu eserlerine konu olmuştur. Isaac Asimov ünlü robot serisiyle teknolojik açıdan tutarlı bir robot kavramı yaratır ve robotların amacının insana hizmet olduğundan bahsetmiş ve bir robotun kendi amaçlarını insanların amaçlarına hiçbir zaman tercih edemeyeceğini 3 Robot Yasası'yla belirler. Bu robot yasaları şu anda insanla robot arasındaki ahlaksal ve hukuksal ilişkinin temelini oluşturmaktadır. Bu çalışmalardan sonra 1939 yılında Westinghouse şirketi mekanik insan ve köpek tasarlar. Artık robotlar iyice kabul görmeye başlamış ve onlar içinde 1942 yılında Isaac Asimov kitabında robot kanunları oluşturmuştur. Hayatımızda robotlar çokça alanda insanın yerini almaya başlamaktadır. Peki robot nedir? Robot; malzemelerin, parçaların ve araçların hareket ettirilebilmesi için tasarlanmış olan çok fonksiyonlu ve programlanabilir, farklı görevleri yerine getirebilmek için değişken programlı hareketleri gerçekleştirebilen özel araçtır. Robotik fiziksel aktivite ve karar verme gibi uygulamalarla bir görevi yürüterek insanların yerini alabilecek makinalarla ilgili çalışmaları içermektedir. Maja Mataric'in yaptığı tanıma göre, bulunduğu ortamdan aldığı verileri sahip olduğu bilgiyle sentezleyerek, anlamlı ve amaçlarına yönelik bir şekilde hareket edebilen ve bunu güvenli bir biçimde yapabilen bir makinedir [24]. Başka bir tanımla robot; tanımlanmış bir ya da daha fazla görevi yerine getirmek için tasarlanmış, temelde bir dizi mekanizmadan oluşan, çeşitli seviyelerde akılla donatılmış yazılımlar kullanarak sensörlerle çevresinden bilgi toplayıp görevini yerine getirebilmek için uygun kararlar alarak uygulayabilen bilgisayar kontrollü makinelerdir [25].

1.2. Robotik Nedir?

Robotik, disiplinler arası çalışma gerektiren yeni bir modern teknoloji alanıdır. Robotların yapısını anlamak elektrik-elektronik mühendisliği, makina mühendisliği, bilgisayar mühendisliği, matematik alanlarında geniş bir bilgi birikimine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.3. Robot Yasaları

Bir robot bir insanı yaralamaz veya kayıtsız kalarak zarar görmesine neden olmaz. Bir robot, birinci kanunla çelişmemesi şartıyla, insanların verdiği emirlere uymak zorundadır. Bir robot, birinci veya ikinci kanunla çelişmediği sürece kendi varlığını korumalıdır [26].

1.4. Robotun Tarihi Gelişimi

- M.Ö.270: Ctesibus adlı eski bir Yunan bilgini hareketli parçalardan oluşan organ ve su saatleri üretmiş
- M.Ö.100: Otomatik açılan tapınak kapıları (İskenderiye) 1136-1206: El Cezari'ye ait çeşitli otomatik makineler.
- 1800: Jacques de Vaucanson, Pierrre&Henri-Louis Jacquet Droz, Henri Maillerdet otomatik yazı yazan ve müzik enstrümanı çalan makineler geliştirdiler.
- 1801: Joseph Jacquard ilk kez dekli kart kullanarak çalıştırılan otomatik dokunma makinesi geliştirdi.
- 1818: Mary Shelley, Frankenstein adlı hikayesinde yapay bir yaşam şekli kullandı.
- 1830: Christopher Spencer mekanik kam denetimli otomatik bir torna tezgâhı geliştirdi.
- 1892: Seward Babbitt sıcak metal parçaları fırından almak üzere motorlu tutucuya sahip vinç tasarladı.
- 1920-1921: Çekoslovak Karel Capek'in yazdığı bir tiyatro oyununda ilk kez ROBOT kelimesi kullanıldı. Yazar bu kelimeyi Çek dilinde "hizmet eden" anlamında kullanılan "robota"dan türetti. Tiyatro oyunu, "insan makineyi yapar, makine de insanı öldürür" teması üzerine kuruluydu.

- 1940: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) radar teknolojisi geliştirilmesi, cisimleri insan etmeni olmadan algılama konusunda en önemli adımlardan birisi oldu.
- 1940: Grey Walter ışığa yönelen ilk gezer robotları (machina speculatrix) üretti.
- 1941: Isaac Asimov "Robot" kelimesinden "Robotik" kelimesini türeterek ilk kez kullandı. Robotik, robot teknolojisiyle ilgili tüm alanları kapsayan bir tanım olarak kabul ediliyor.
- 1942: Isaac Asimov, "Runaround" isimli hikayesinde robotların üç yasasını yazdı.
- 1946: George Devol, genel amaçlı, manyetik kayıt yapabilen ve tekrar çalıştırılabilen bir cihaz geliştirdi ve çeşitli makinelerde kullandı.
- 1946: J. Presper Eckert ve John Mauchly, Pennsylvania Üniversitesi'nde ilk elektronik bilgisayar olarak bilinen ENIAC isimli bilgisayarı geliştirdiler. Whirlwind adlı başka bir bilgisayar, MIT'de ilk olarak bir bilimsel problemi çözdü.
- 1948: MIT'den Norbert Wiener, elektronik, mekanik ve biyolojik sistemlerin denetim ve iletişimini inceleyerek "sibernetik" başlıklı bir kitap yayınladı.
- 1951: Raymond Goertz, ABD Atom enerji Komisyonu için uzaktan işletilen bir kol tasarladı.
- 1954: George Devol, programlanabilir genel amaçlı robotu tasarladı ve patent başvurusu yaptı.
- 1956: G. Devol ve Joseph F. Engelberger, Uimation Inc. Adlı dünyanın ilk robot firmasını kurdular.
- 1958: Satış amaçlı ilk ticari robot üretildi.
- 1959: MIT'de servo mekanizma laboratuvarında robot kullanılarak bilgisayar destekli üretim amaçlı bir gösteri yapıldı.
- 1960: Harry Johnson ve Veljko Milenkovic'in tasarladığı Versatran isimli robot pazarlanmaya başlandı. Unimation robotlarının adı Unimate Robot sistemleri olarak değiştirildi.
- 1962: General Motors ilk kez bir endüstriyel robotu (Unimate) üretim hattında kullanmaya başladı. Robot, sıcak parçaları kalıp döküm makinesinden alarak istiflemek amacıyla kullanıldı.
- 1963: Bilgisayar denetimli, altı eklemli ilk yapay kol (Rancho arm) geliştirildi.

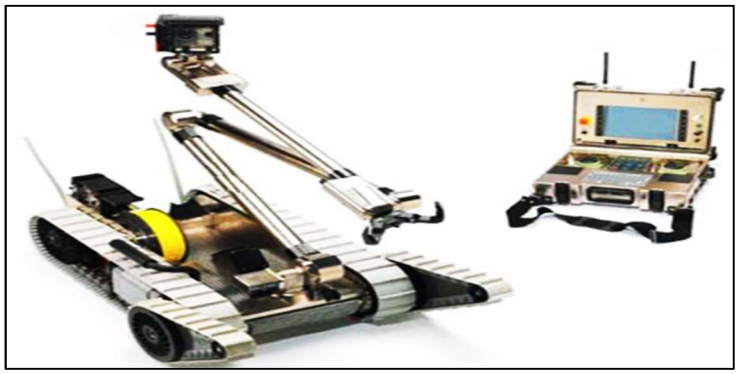
- 1964: Dünyanın önde gelen bazı üniversite ve araştırma merkezlerinde (MIT, Stanford Araştırma Enstitüsü, Stanford Üniversitesi, Edinburgh Üniversitesi) ilk kez Yapay Zeka araştırmaları başladı ve laboratuvarlar açıldı.
- 1965: DENDRAL isimli ilk uzman sistem yazılımı geliştirildi.
- 1967: Japonya, ilk kez robot ithal ederek robot teknolojisini kullanmaya başladı.
- 1968: Stanford Araştırma Enstitüsü'nce Shakey isimli, görme yeteneği olan ilk gezer robot üretildi.
- 1970: Stanford Üniversitesi'nce bir robot kol geliştirildi. Bu robot kol Stanford Kolu adıyla araştırma projelerinde bir standart olarak yerleşti.
- 1973: Richard Hohn, Cincinnati Milacron Corporation adına ilk minibilgisayar denetimli robotu geliştirdi. Geliştirilen robot T3 (The Tomorrow Tool) olarak adlandırıldı.
- 1974: Stanford kolunu geliştiren Profesör Scheinman Vicarm Inc. İsimli firma kurarak minibilgisayar kullanan robot kollarının pazarlamasına başladı.
- 1974: Dokunma ve basınç algılayıcıları (sensörleri) kullanarak küçük parçaların montajını yapabilen ilk robot, üretim hattında kullanılmaya başlandı.
- 1976: Viking 1 ve Viking 2 uzay araçlarında robot kolar kullanıldı.
- 1977: ASEA isimli Avrupalı bir robot firması iki ayrı boyutta robot üretimine başladı.
- 1977: Star Wars sinema filmindeki C3PO ve R2D2 robot animasyonlarıyla robot kelimesi geniş insan kitlelerine yayıldı.
- 1978: PUMA isimli robot üretildi ve pazarlanmaya başladı.
- 1979: Stanford Cart isimli gezer robot, üzerine monte edilmiş kameradan aldığı görüntüleri kullanarak engellerle dolu bir odayı engelleri aşarak boydan boya geçti.
- 1984: SRI tarafından Shakey'den daha fazla gelişmiş bir gezer robot olan Lakey üretildi.
- 1990: ABD'de 12 dolaylarında robot firması görülürken, Japonya'da 40'dan fazla robot firması kuruldu.
- 1993-1994: Önceki robotlara göre az maliyetli ERRATİC ve PIONEER1 isimli gezer robotlar üretildi.
- 1998: Robot oyuncak FURBY piyasaya çıktı.
- 1999: Sony yeni oyuncak ve ev hayvanı Aibo'yu piyasaya sürdü.

- 2000: Honda yeni humanoid robotu Asimo'yu dünyaya tanıttı.
- 2004: Robotik sektörü sadece Kuzey Amerika'da 1,06 milyar dolarlık iş hacmine ulaştı.
- 2008: NASA'nın Phoenix robotu Mars'ta başarılı bir şekilde araştırmaları yönetiyor [27].

1.5. Mobil Robotlar

Bu tür robotlar daha ziyade insanın çalıştırılması yüksek risk taşıyan veya pahalı olan işler veya insanın girmesi mümkün olmayan yerlerde kullanılır. Mobil robotlar temelde akıllı bir yazılım tarafından kontrol edilmekle birlikte, görevleri sırasında insan müdahalesinin sınırları bakımından farklılıklar gösterir. Bazı türler tamamen bağımsız olduğu halde anlık insan kumandalarıyla çalıştırılabilenleri de vardır. Mobil robotların kumanda edilmesi amacıyla iki yöntem kullanılır. Bunlar Teleoperatör ve Otonom kumandalardır. Görevlerini yerine getirirken yer değiştirme yeteneğine sahip olan robotlardır. Yer değiştirme değişik sayıda tekerleklerle yapılabileceği gibi tank benzeri paletli tekerlekler, böcek ve hayvan benzeri ayaklarla, hatta sürünme ile de yapılabilir.

Teleoperatör robotlar: Robotun kumandası robotun görev yapacağı alan ile kullanıcısı insan arasında kablo ile ya da kablosuz bir bağlantı sağlanmaktadır. Robotun kendisinden çevresinden topladığı görüntü, mesafe, sıcaklık ve benzer bilgiler operatör konsoluna aktarılır. Buna bakarak operatör yapılması gereken işlemlere karar verir ve bunları kumanda bilgileri olarak aynı yolla robota gönderir (Şekil 1.1 ve Şekil 1.2).

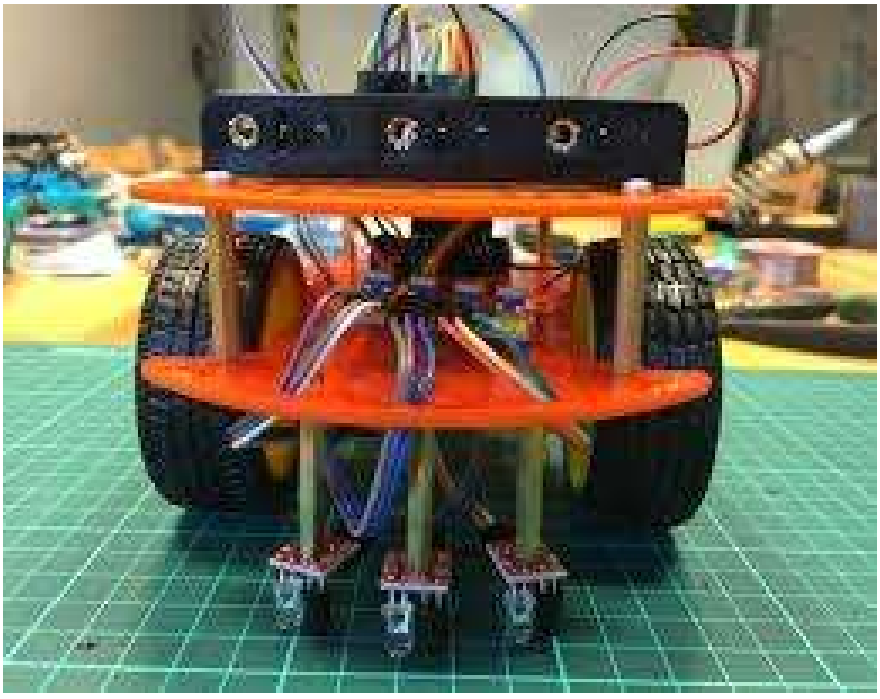


Şekil 1.1. Pacbot Teleoparatör robot [7]

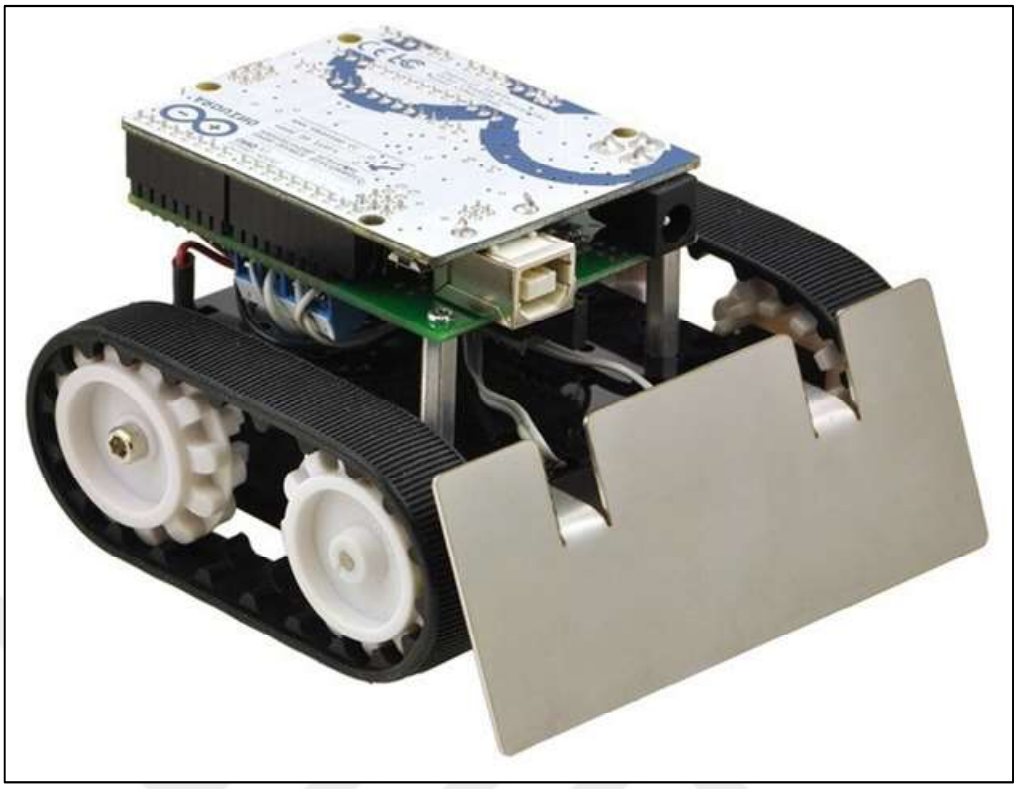


Şekil 1.2. Talon Teleoparatör robot [7]

Otonom robotlar: Bu robotların daha gelişmiş bir yapay zekâları vardır. Önceden bildirilmiş görevlerini yerine getirmek için topladıkları bilgileri kullanarak ne zaman ne yapacaklarına kendileri karar verirler. Birçok durumda bu iki kumanda sisteminin bileşimi kullanır. Bir kullanıcı robota aralıklarla kumanda gönderirken kalan zamanda robot otonom olarak çalışır (Şekil 1.3 ve Şekil 1.4).



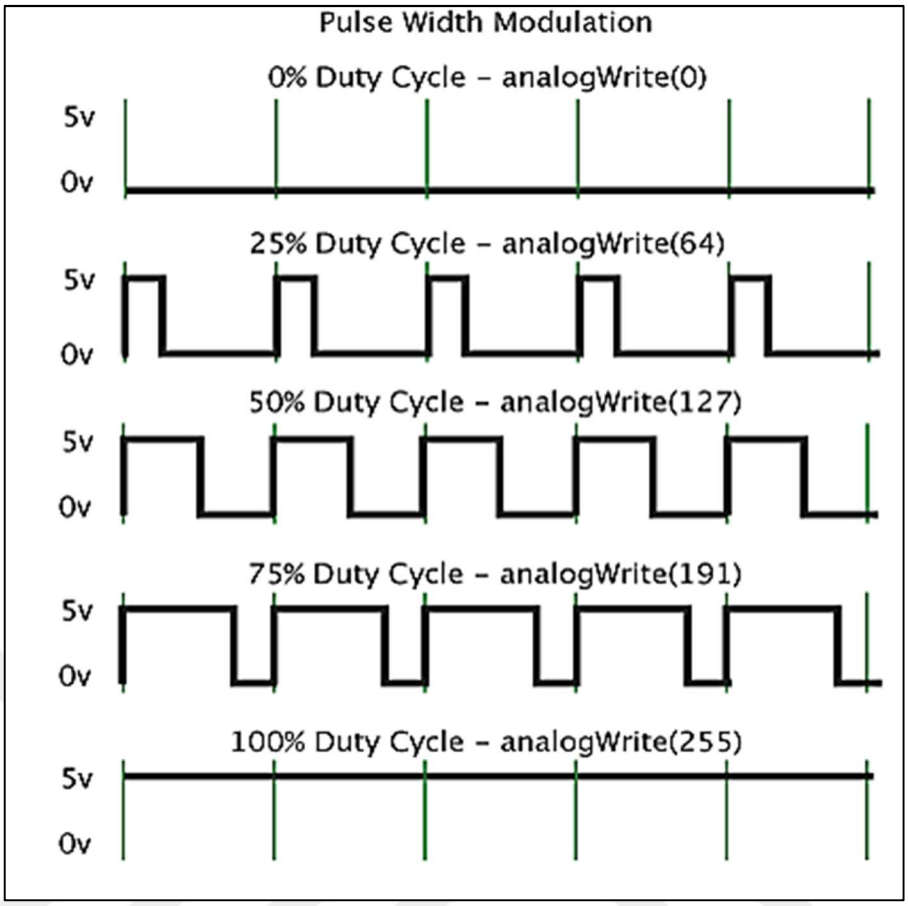
Şekil 1.3. Çizgi izleyen robot



Şekil 1.4. Sumo robotu

1.6. PWM

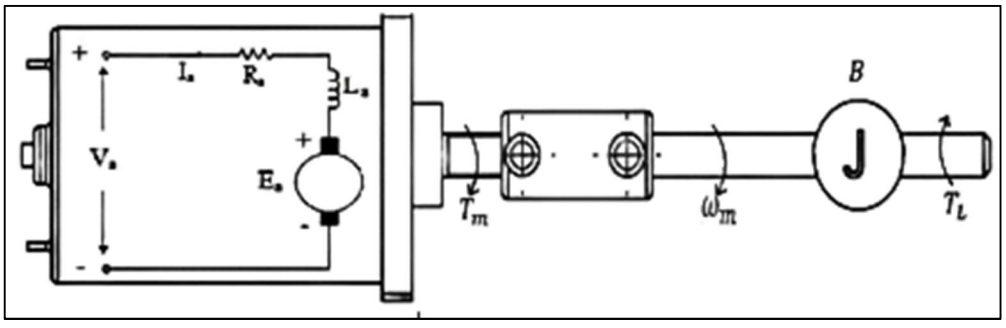
Arduino kendini bünyesinde de PWM tekniği kullanmaya imkân tanımaktadır ve Arduino içerisinde kullanılan PWM tekniği ile dijital sonuçlardan analog sonuçlar elde edilebilmektedir. Bununla beraber özellikle kontrol için ihtiyaç duyulan kare dalga üretimi de gerçekleştirebilmektedir ve kare dalga, bilindiği gibi "on" ve "off" konumlarını sağlıyor. Böylece kare dalga gönderildiğinde "on" konumunda 5V uygulanırken, "off" konumunda 0V uygulanmış oluyor. İşte bu "on" olduğu bölümdeki genişliğe "Pulse Width" yani "Sinyal Genişliği" adı veriliyor. Bu doğrultuda istenilen sinyal genişliği elde etmek için de modülasyon tekniği uygulamanız gerekiyor ki bu da PWM'in temel mantığıdır. Arduino ile DC motor kontrolü gerçekleştirmek için PWM tekniğini kullanılması gerekmektedir. Bu teknik de Arduino'ya gömülen yazılımın içerisinde yatıyor ve "analogWrite(...)" fonksiyonu ile görev döngüsünün miktarı belirlenerek kare dalga elde ediliyor. Şekil 1.5'de Arduino PWM tekniği ile elde edilmiş çeşitli sinyaller görülmektedir [28].



Şekil 1.5. Arduino'nun PWM tekniği ile elde ettiği çeşitli sinyaller [28]

1.7. DC Motor Matematiksel Modeli

Kullanılan DC motorun endüvi ve mekaniksel eşdeğer devresi Şekil 1.6'da görülmektedir. Ayrıca sürekli akım modundaki matematiksel modeli ise Denklem (1.1)-Denklem (1.8)'deki gibidir.



Şekil 1.6. DC motorun endüvi ve mekaniksel eşdeğer devresi

$$V_a=E_a+I_aR_a \quad (1.1)$$

$$P_{ai}=V_a\ I_a=I^2R_a+P_a \quad (1.2)$$

$$P_a=E_a\ I_a \quad (1.3)$$

$$P_a=T_e\ \omega_m \quad (1.4)$$

$$P_0=P_a-P_{rot} \quad (1.5)$$

$$T_m=J\ \frac{d\omega_m}{dt}+B\ \omega_m+T_L \quad (1.6)$$

$$\omega_m=\frac{2\pi n}{60} \quad (1.7)$$

$$\varrho=\frac{P_o}{P_{ai}} \quad (1.8)$$

Burada, V_a; kaynak gerilimi (V), E_a; zıt emk (V), I_a; motor akımı (A), R_a; DC motorun oda sıcaklığındaki direnci (Ω), P_{ai}; endüvi devresine giren güç (W), P_a endüvide üretilen gücü (W), T_e: elektro manyetik momenti (Nm), ω_m; mekaniksel hızı (rad/s), P_o; çıkış gücünü (W), P_{rot}; sürtünme-vantilasyon kayıplarını (W), T_m: mekanik momenti (Nm), J; eylemsizlik momentini (kg m^2), B; sürtünme katsayısını (Nm/(rad/s)), T_L: yük momentini (Nm), n; motor mil hızını (rpm) ve ϱ; verimi ifade etmektedir.

Aracın aldığı yol Denklem (1.9)'da ve hızı ise Denklem (1.10)'daki gibi elde edilir;

$$x=vt \quad (1.9)$$

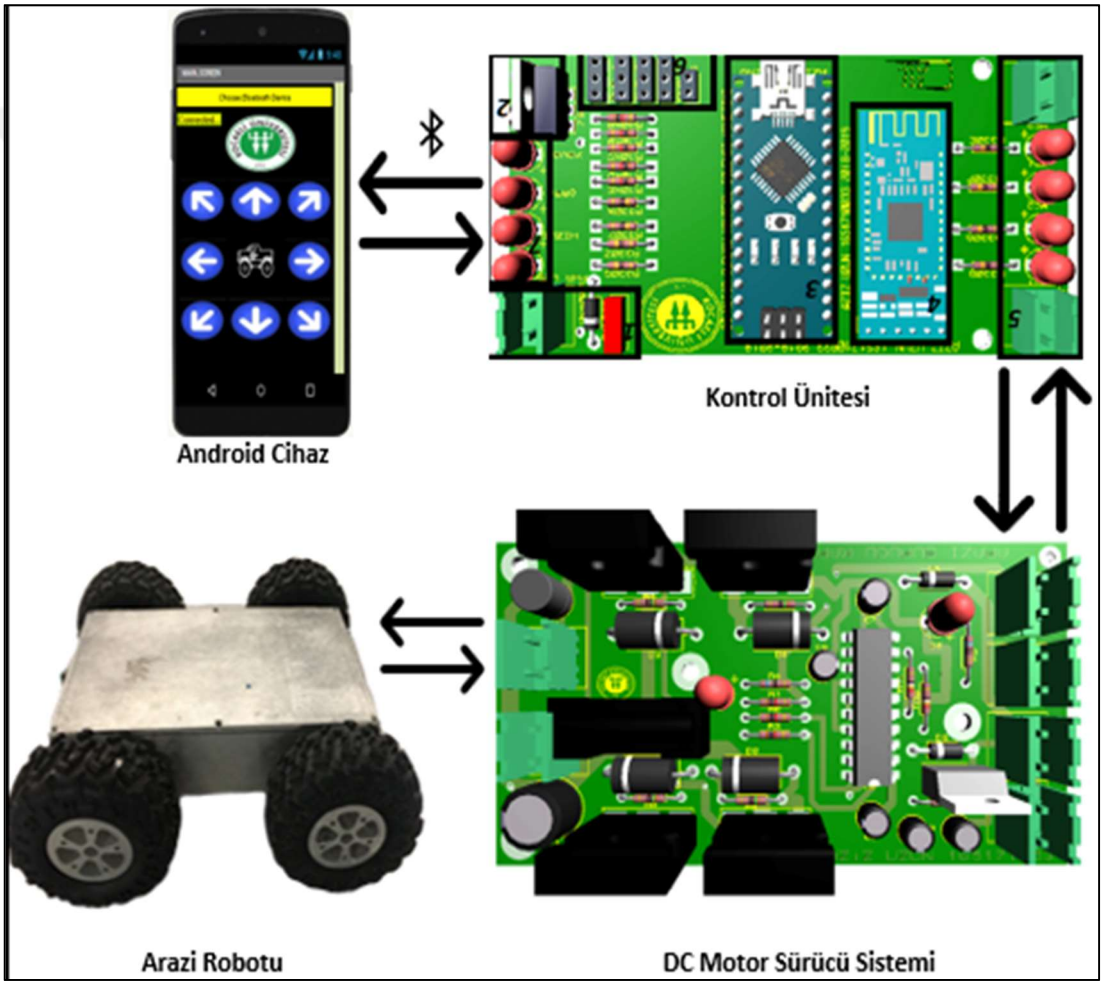
$$v=\frac{2\pi r}{T} \quad (1.10)$$

Burada, x; aracın aldığı yolu (m), r; tekerin yarıçapını (m), t; zamanı (s), T; periyodu (s) ve v; ise çizgisel hızı (m/s) ifade etmektedir.

2. TEORİK ALTYAPI

2.1. Sistemin Genel Yapısı ve Çalışması

Bu bölümde blok şemalar ile sistemin temel yapısı ve çalışması üzerinde durularak blok şema içerindeki alt blok şemalar anlatılmaktadır.

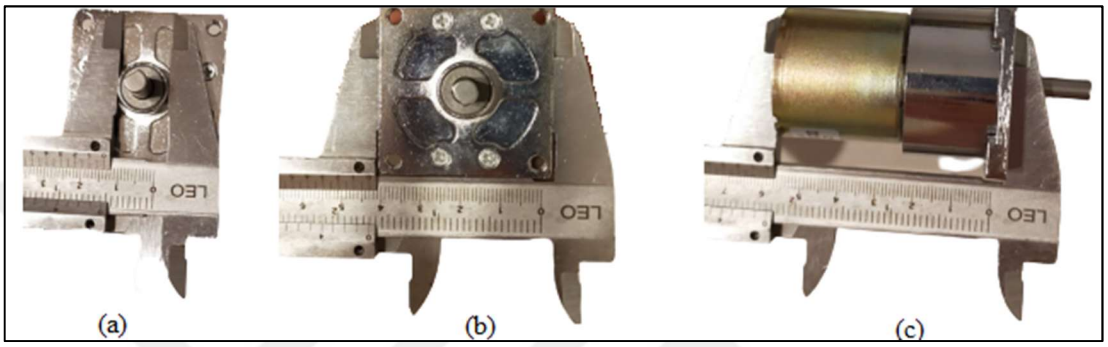


Şekil 2.1. Sistemin blok şeması

Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, sisteme özgü olarak tasarlanan arayüzden verilen komutlar android cihazlar ve bu cihazlardaki Bluetooth aracılığıyla Radyo sinyaller vasıtasıyla kontrol kartına iletilir. Kontrol kartı ise gelen komutları işleyerek sürücü ünitesine göndermektedir. Buradaki sürücü sistemi gelen verileri kendi içerisinde değerlendirerek arazi robotunun hız, hareket ve yönünü kontrol etmektedir.

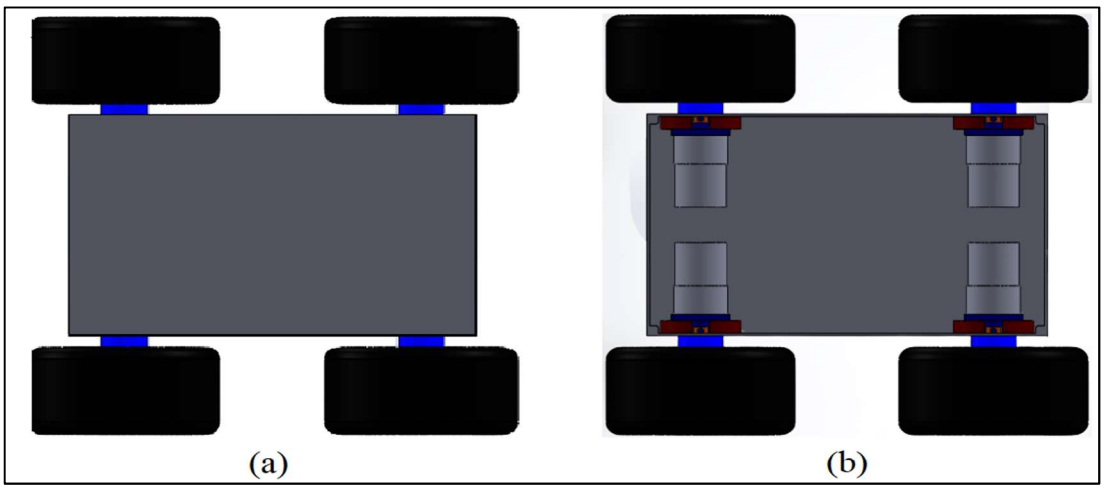
2.2. Tasarım ve Uygulama

Tasarımı yapılan 4x4 arazi robotu; mekanik tasarım, elektronik kontrol, sürücü kartı tasarımı ve android arayüz tasarımından oluşmaktadır. Ayrıca dört adet dc motor ve tekerden oluşmaktadır. Tasarım kadar maliyetinde önemi unutulmamalıdır. Bu yüzden uygulamaya geçmeden önce Şekil 2.2'deki gibi DC motorun ölçüleri alınmıştır.



Şekil 2.2. a) DC motor mil yuvası çap ölçüsü b) DC mootorun kareflanş ölçüsü c) Dc motorun uzunluk ölçüsü

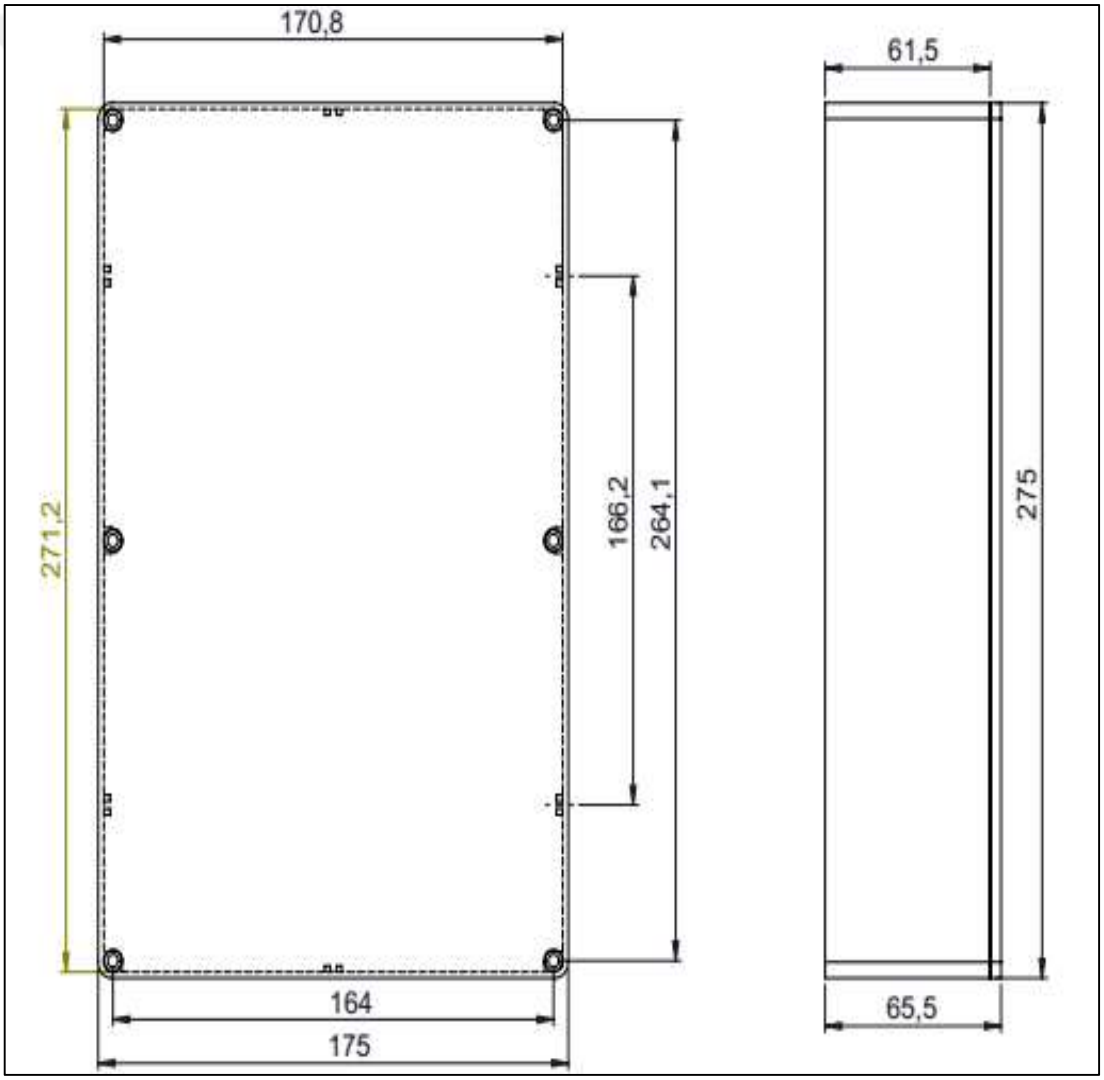
Dc motorun ölçüleri elde edildikten sonra Şekil 2.3 (a)'da görülen robot tasarımı 3 boyutlu çizim programında tasarımı gerçekleştirilmektedir. Daha sonra Şekil 2.3 (b)'de ise Solidworks programında diğer mekanik parçaların montajlanarak imalat öncesi tasarıma uygunluğu ve robotun iç dizaynı kontrol edilmektir. Böylelikle karşılaşılabilecek problemleri önceden görme fırsatı doğmakta ve aynı zamanda robotun şase ölçü verileri elde edilmektedir.



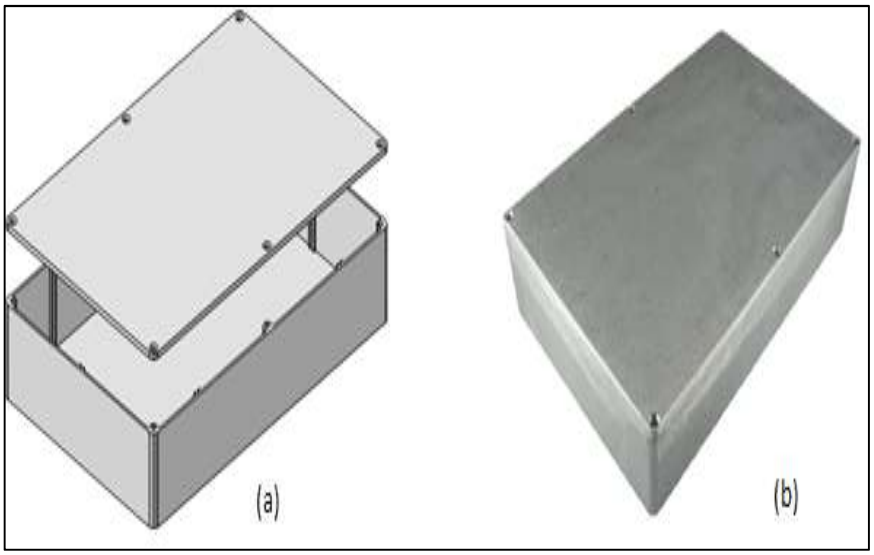
Şekil 2.3. a) Robotun Solidworks tasarımı b) Robotun mekaniksel iç dizaynı

Mekanik Tasarım: Mekanik tasarım üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm ana gövde olan robotun şasesi, İkinci bölüm ise robotun ağırlığının motor milleri yerine gövdeye aktarılmasını sağlayan yataklama ve üçüncü bölüm ise motor milindeki kuvvetin tekerleklere aktarılmasını sağlayan yataklama milinden oluşmaktadır.

Şase Tasarımı: Şasenin imalatı da alüminyum blok alınarak içinin boşaltılması ile üretilmesi planlanmıştır. Fakat çıkan ölçüler sonucunda bu durum maliyeti çok arttıracağı öngörülmüş ve bu durum sonucunda aynı ölçülerde içerisi boşaltılmış alüminyum gövde alınarak üzerinde işlem gerçekleştirilmiştir. Şekil 2.4'de şasenin ölçüleri görülmektedir

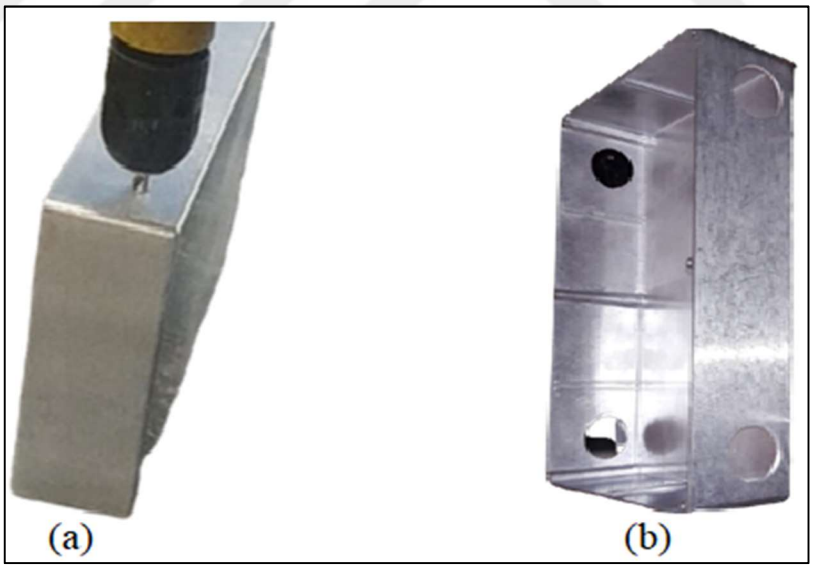


Şekil 2.4. Alüminyum gövdenin teknik resmi ve ölçüleri



Şekil 2.5. a) Robotun gövdesinin 3d çizimi b) Robotun alüminyum gövdesi

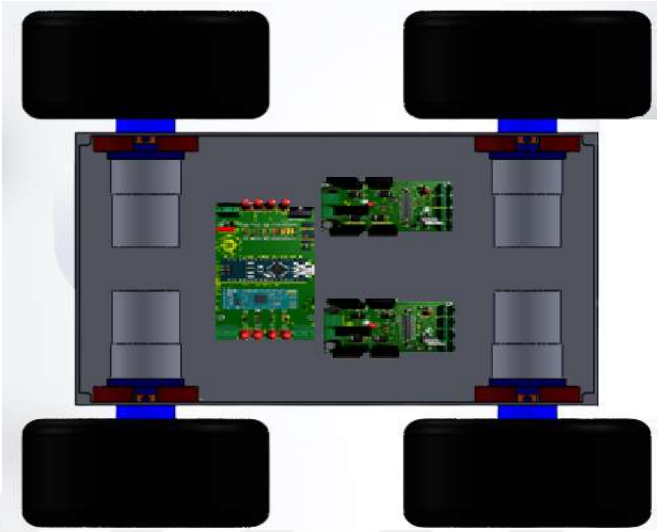
Şekil 2.5 (b)'deki şase üzerinde 3 boyutlu tasarım programında yapılan şase tasarımına göre uygun ölçülerde işlem yapılmış ve şasenin işlenmiş hali ise Şekil 2.6'da verilmiştir.



Şekil 2.6. (a) Merkezleme delikleri açma işlemi (b) Yataklama deliklerinin açılmış görseli

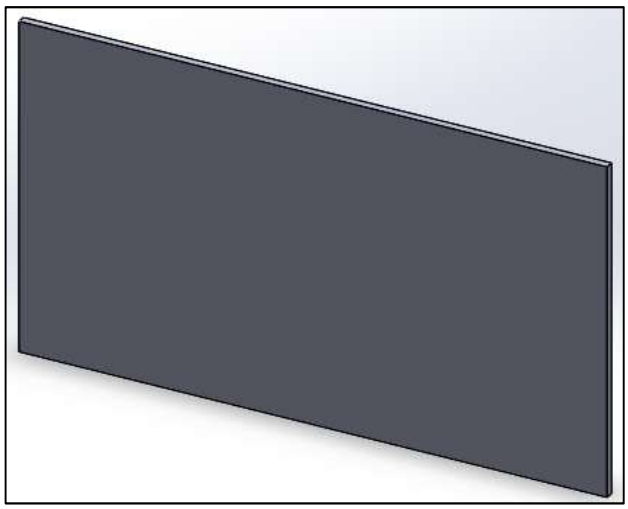
Şekil 2.7'deki robot şasesinde robotun mekanik parçaları, elektronik kartları ve bataryaları bulunmaktadır. Bu yüzden bütün ekipmanların yerleştirilebilmesi için mekanik tasarımın çok iyi yapılması gerekmektedir. Bunun için uygulamaya

geçmeden önce Şekil 2.7'deki gibi solidworks programıyla oluşturulan dizayn oluşturularak gerekli planlamalar yapılmıştır.



Şekil 2.7. Solidworks programında oluşturulan robot iç dizaynı

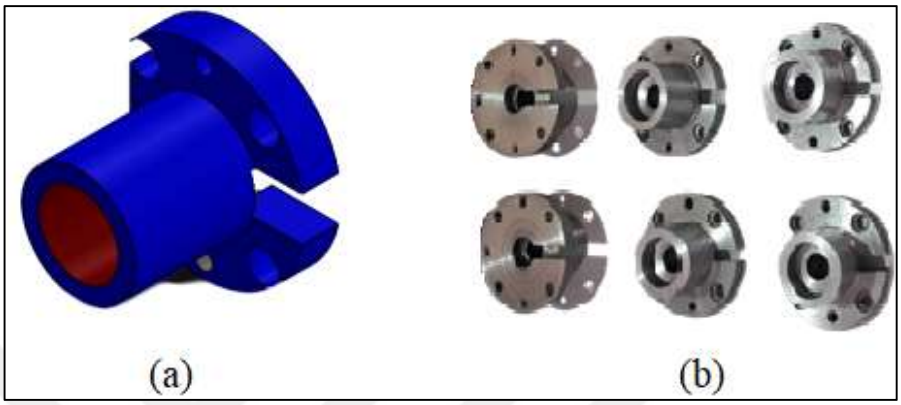
Tasarımı yapılan şase Şekil 2.8'de görülen contalı üst kapak ile şase kapatılmaktadır. Böylelikle dışarıdan herhangi bir şeyin robotun temel parçalarına zarar vermesini önlenmekte ve Üst kapaktaki conta sayesinde de robot şasesinin içerisine sıvı geçişi engellenmektedir.



Şekil 2.8. Contalı üst kapak

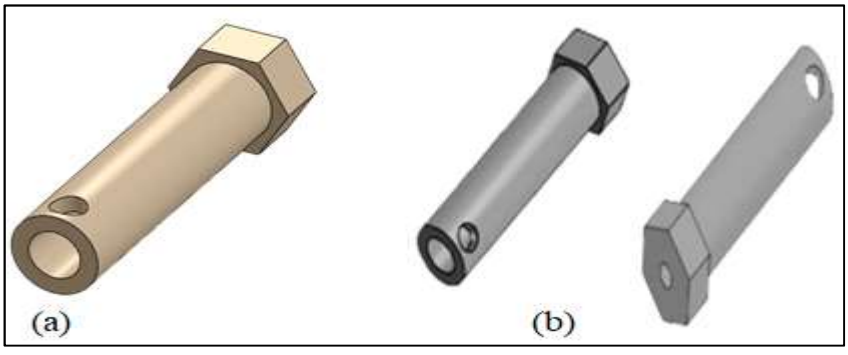
Yataklama Tasarımı: Şekil 2.9(b)'deki tasarım ile robotun ağırlığı, motor mili yerine tekerlere aktarılması sağlanmaktadır. Böylece kullanılan motorun yatak ömrü uzayacak ve daha verimli çalışacaktır. Buna ek olarak, motor yataklarında keçe

kullanılarak robot gövdesine sıvı geçişi engellenmesi sağlanmaktadır. Ayrıca, iç çapı 10 mm ve dış çapı 22 mm olan rulmanlar sayesinde motor milleri daha rahat dönmekte ve sürtünme kayıpları azalmaktadır. Yataklamalar çelik veya alüminyum malzemelerden yapılabilir. Fakat bu çalışmada hem maliyeti hem de robotun ağırlığını azaltmak amacıyla alüminyum malzeme tercih edilmiştir.



Şekil 2.9. (a) Yataklama Solidworks tasarımı (b) Üretilmiş yataklamaların ön ve arkadan görünüşü

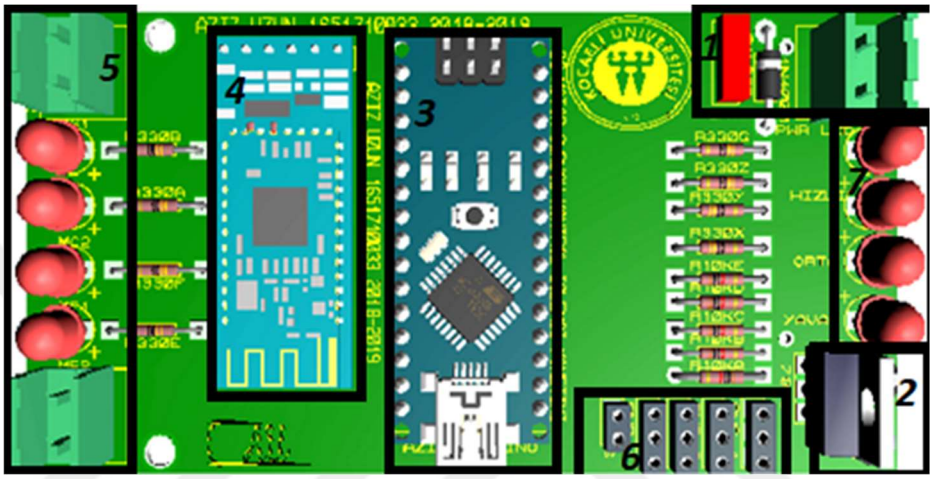
Yataklama Mili Tasarımı: Kullanılan yataklama millerinin iki temel görevi bulunmaktadır. Birincisi motor milinin döndürme kuvvetini tekerlere aktarmak, ikincisi ise ucundaki geometrik yapı sayesinde tekerleklerin robota montajını sağlanmaktadır. Bu iki nedenden dolayı yataklama milleri, aşınmalara ve darbelere karşı dayanıklı olmak zorundalar. Bu nedenle Şekil 2.10(b)'da görülen yataklama milleri çelikten imal edilmiştir. Son olarak yataklama mili montajında keçe kullanılarak robot gövdesine sıvı sızması engellenmektedir.



Şekil 2.10. (a) Solidworks mil tasarımı (b) Üretilmiş milin önden ve arkadan izometrik görünüşleri

2.3. Kontrol Ünitesi Tasarımı

Şekil 2.11'de arazi robotu kontrol kartı görülmektedir. Tüm elektronik kart tasarımları öncelikle Proteus programında tasarlanarak simülasyon yöntemiyle tasarımın doğru şekilde çalıştığı görüldükten sonra profesyonel PCB üretimi gerçekleştirilmiştir. Kontrol kartı yedi bölümden oluşmaktadır ve bu bölümler tek tek ele alarak işlevleri aşağıda açıklanmaktadır.

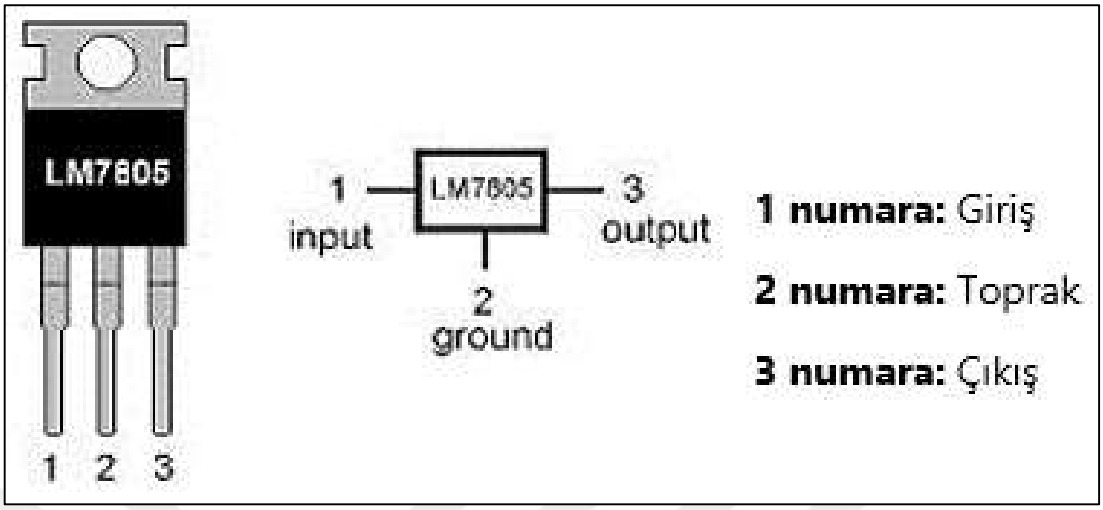


Şekil 2.11. Arazi robotu kontrol kartı tasarımı

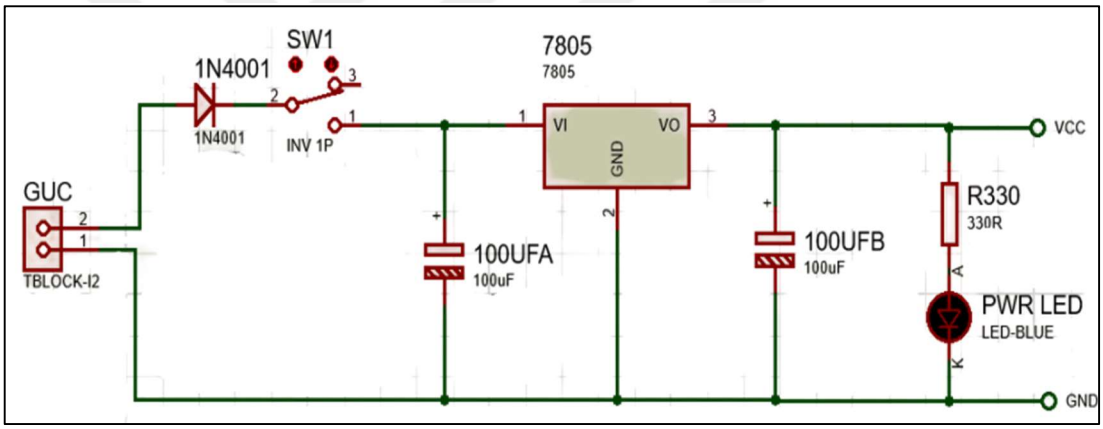
Power kontrol bölümü: Bu bölüm kontrol kartının güç beslemesinin yapıldığı ve kontrol edildiği bölümdür ve 3S (S=3,7V) lipo batarya ile besleme yapılmaktadır. Bataryanın kolay bağlantı yapılabilmesi için 5,08 mm kullanılmıştır ve bu durumun avantajı ise olası tehlikeli durumlarda bataryanın hızlı bir şekilde çözülmesi veya batarya problemlerinde batarya değişiminin bir tornavida yardımıyla her ortamda kolayca yapılabilmesini sağlamaktır. Ayrıca bu bölümde robotun çalışmadığı zamanlarda boş yere enerji harcamasını engellemek amacıyla kolayca açma kapama yapalabilen bir adet switch anahtar ve kontrol kartına beslemenin yapıldığını, kartta enerji olduğunu ifade eden bir adet led diyot bulunmaktadır.

7805 gerilim regülatörü: Kontrol kartında bulunan Mikrodenetleyici (Arduino) bluetooth ve gösterge ledleri uygun çalışma gerilim genliği 5V'tur. Bu sebeple kontrol kartında 11,1V besleme voltajını 5V düşüren voltaj regületörüne ihtiyaç duyulmuş, 7805 voltaj regületörü tercih edilmiştir. 7805 regületörün teknik özellikleri ise; V_{out}: 5V, V_{in}: 7-35V, Max I_{out}: 1A (soğutucu kullanıldığında), V_{out} toleransı: LM7805CT için %4, LM7805ACT için %2'dir.

LM7805 voltaj regülatörünün Şekil 2.12'deki gibi 3 adet bacağı bulunmaktadır.



Şekil 2.12. 7805 voltaj regülatörü pin ve bağlantıları



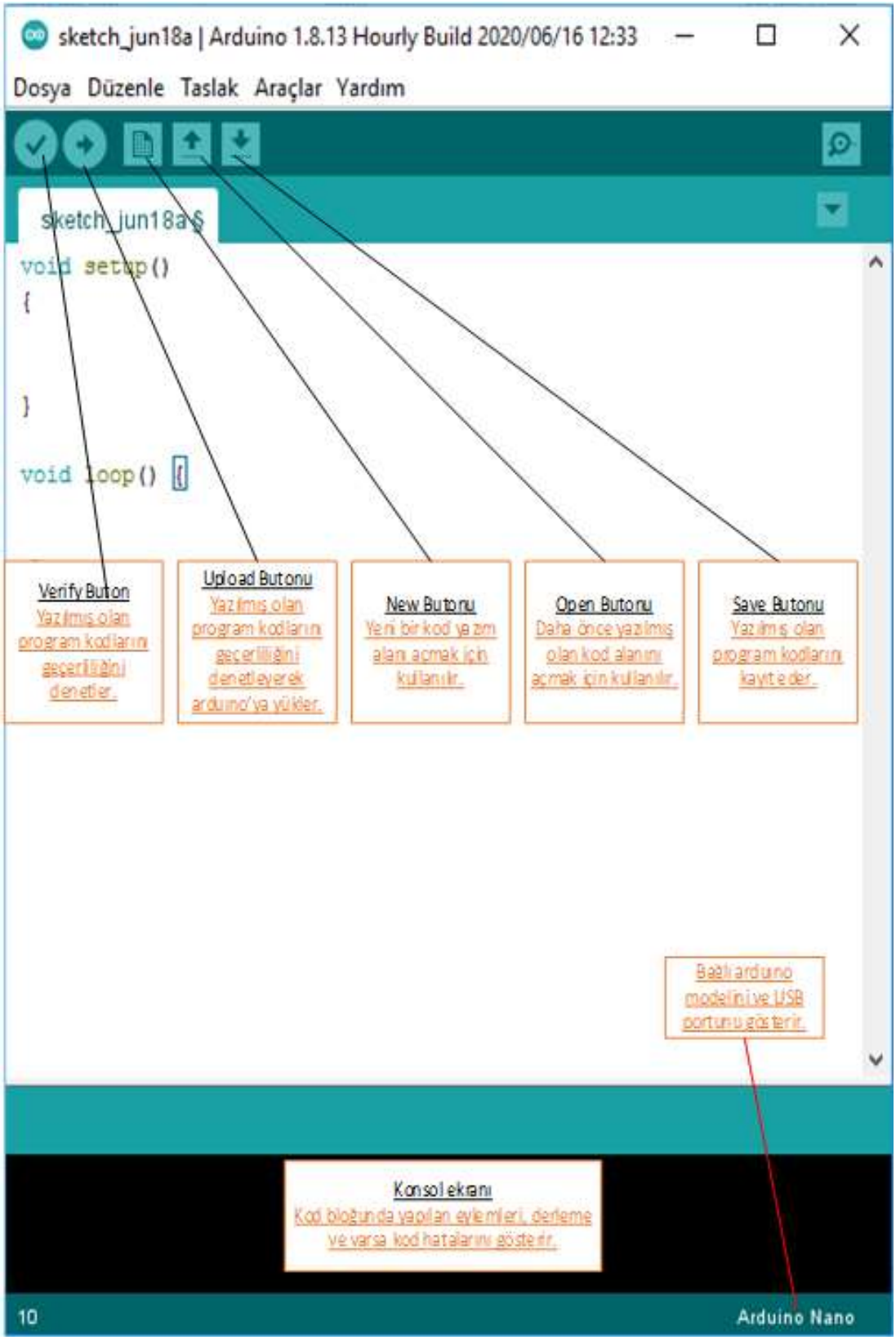
Şekil 2.13. Kontrol kartı 7805 voltaj regületörü devresi

Arduino ide yazılımı ve Arduino: Arduino IDE, Arduino kitleri için geliştirilmiş, komutların yazılmasına, derleme işleminin yapılmasına ve son olarakta derlenen kodları doğrudan (Bilgisayarın USB portuna bağlı olan) Arduino kite yüklenmesine olanak sağlayan yazılım geliştirme platformudur. Aynı zamanda yazılımın açık kaynaklı olması, kendi içerisinde barındırdığı donanım kütüphaneleri ve hazır örnek uygulama kodları ile proje yazılımlarının hızlı bir şekilde yapılmasına da imkân sağlayan bir yazılımdır.

Name	Processor	Operating/Input Voltage	CPU Speed	Analog In/Out	Digital IO/PWM	EEPROM [kB]	SRAM [kB]	Flash [kB]	USB	UART
101	Intel® Curie	3.3 V/ 7-12V	32MHz	6/0	14/4	-	24	196	Regular	-
Gemma	ATtiny85	3.3 V / 4-16 V	8 MHz	1/0	3/2	0.5	0.5	8	Micro	0
LilyPad	ATmega168V ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8MHz	6/0	14/6	0.512	1	16	-	-
LilyPad SimpleSnap	ATmega328P	2.7-5.5 V / 2.7-5.5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2	32	-	-
LilyPad USB	ATmega32U4	3.3 V / 3.8-5 V	8 MHz	4/0	9/4	1	2.5	32	Micro	-
Mega 2560	ATmega2560	5 V / 7-12 V	16 MHz	16/0	54/15	4	8	256	Regular	4
Micro	ATmega32U4	5 V / 7-12 V	16 MHz	12/0	20/7	1	2.5	32	Micro	1
MKR1000	SAMD21 Cortex-M0+	3.3 V/ 5V	48MHz	7/1	8/4	-	32	256	Micro	1
Pro	ATmega168 ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/6	0.512 1	1 2	16 32	-	1
Pro Mini	ATmega328P	3.3 V / 3.35-12 V 5 V / 5-12 V	8 MHz 16 MHz	6/0	14/4	1	1	32	-	1
Uno	ATmega328P	5 V / 7-12 V	16 MHz	6/0	14/6	1	2	32	Regular	1
Zero	ATSAMD21G18	3.3 V / 7-12 V	48 MHz	6/1	14/10	-	32	256	2 Micro	2

Şekil 2.14. Arduino çeşitleri ve özellikleri [29]

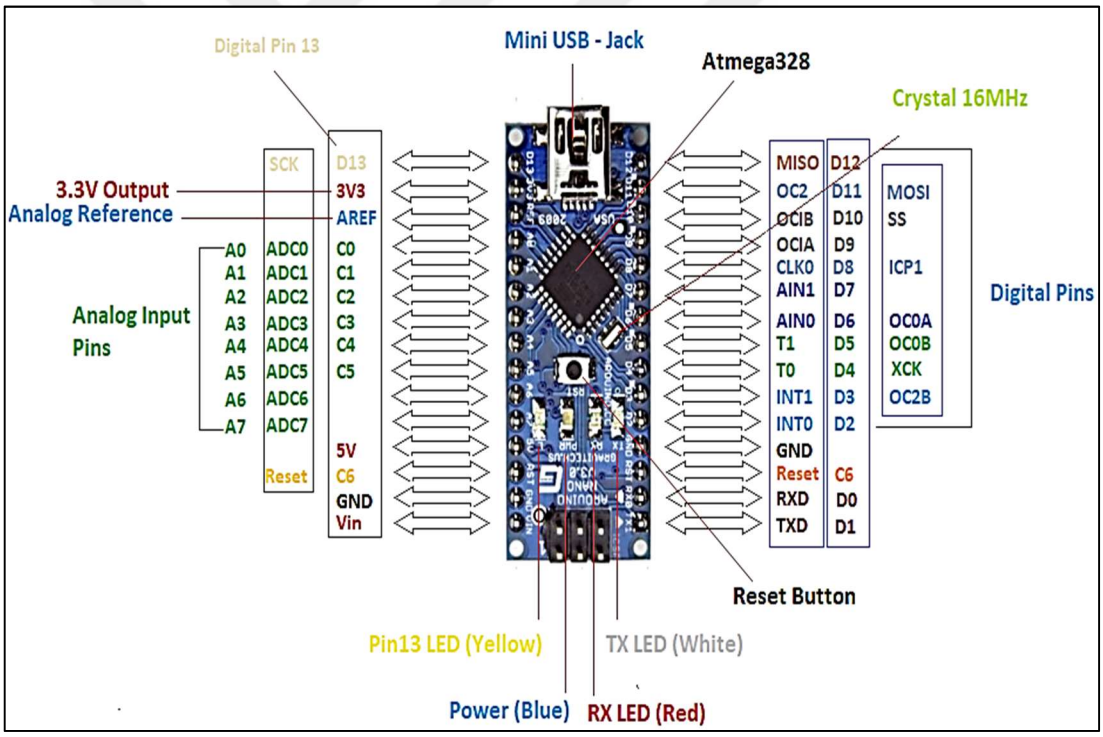
Şekil 2.15'de Arduino ide yazılım arayüzü ve arayüzdeki buton işlevleri görülmektedir.



Şekil 2.15. Arduino ide arayüz ve buton işlevleri

Arduino nano ise çalışmamızda kullandığımız Arduino çeşidi olduğundan ve özelliklerini daha iyi irdelemek amacıyla tabloya eklenmemiştir. Arduino Nano

ATmega328 işlemcisi ile çalışır, üzerinde 14 dijital pin vardır ve bunlardan 6 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Pin sayısı ve çeşitleri bakımından tıpkı Arduino Uno gibidir, fakat boyut konusunda Arduino Uno'dan çok daha az yer kapladığından, dar alanlarda yapılan projelerde rahatlıkla kullanılabilir. Arduino Nano teknik özellikleri ise; Mikrodenetleyici olarak ATmega328 bulunmakta, Çalışma Gerilimi: 5 V, Tavsiye Edilen Besleme Gerilimi: 7-12 V, Besleme Gerilimi (Limitleri): 6-20 V, 14 adet dijital giriş-çıkış, 8 adet analog giriş Pinlerine sahiptir. Giriş/Çıkış Pin Başına düşen DC Akım: 40 mA, 3.3V Pini için DC Akım: 50 mA'dir. Hafıza alanları ise; Flash hafıza: 32KB, 2KB'ı bootloader için kullanılmaktadır. 2KB SRAM, 1KB EEPROM, 16 MHz Saat Frekansına sahiptir. PCB boyutlarına bakıldığında 18 x 45 mm'dir ve oldukça az yer kaplamaktadır. Arduino nano görseli ve pin diyagramı Şekil 2.16'da görülmektedir.

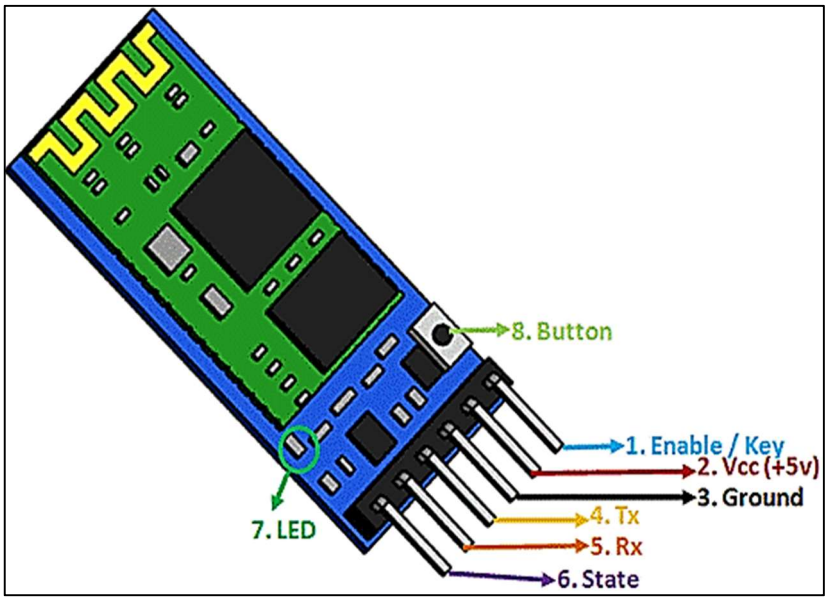


Şekil 2.16. Arduino nano pin diyagramı [30]

Bluetooth: Bu bölümdeki verilerin oluşturulmasında kaynakta belirtilen internet sayfasından yararlanılmıştır ve bu bilgiler ışığında Bluetooth, kablo bağlantısını ortadan kaldıran kısa mesafe radyo frekansı (RF) teknolojisidir. Bluetooth, 1994 yılında Ericsson firması tarafından cep telefonları ve diğer mobil cihazları kablosuz olarak birbirine bağlamak ve aralarında iletişim kurmak için geliştirilmiş ve

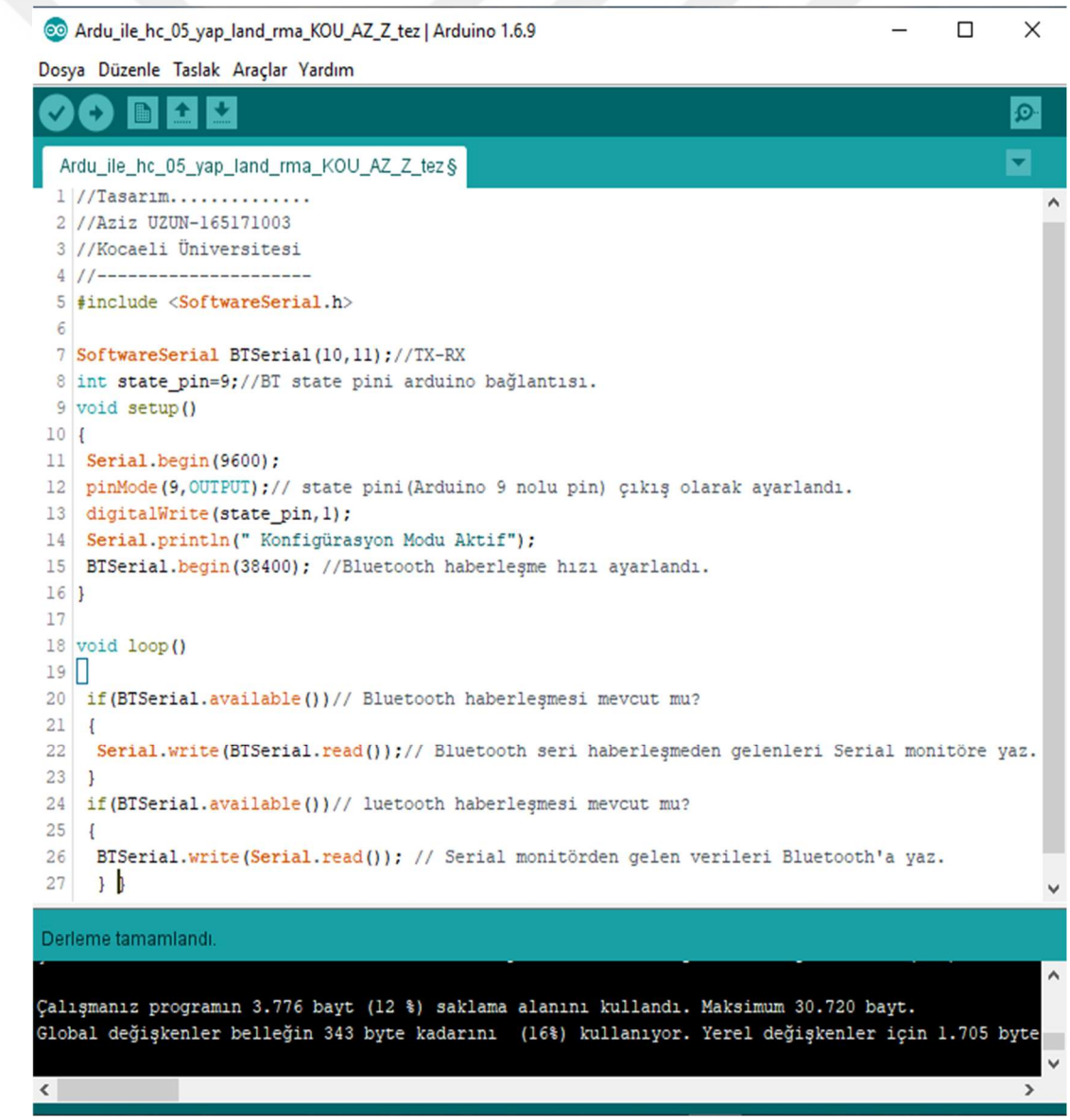
Bluetooth bilgisayar, çevre birimleri ve diğer cihazların birbirleri ile kablo bağlantısı olmadan görüş doğrultusu dışında bile olsalar haberleşmelerine olanak sağlar. Bluetooth teknolojisi 2.4 Ghz ISM frekans bandında çalışmakta olup, ses ve veri iletimi yapabilmektedir. 24 MBPS'ye kadar veri aktarabilen Bluetooth destekli cihazların etkin olduğu mesafe, yaklaşık 10 ila 100 metredir. IEEE'nin belirlemiş olduğu IEEE 802.15.1 standardı içerisindedir.

Bluetooth modüller HC-03, HC-04, HC-05, HC-06 gibi modellere mevcut olmakla beraber ülkemizde en çok bilinen ve kullanılan modelleri ise HC-05 ve HC-06′dır. HC-06 sadece Slave modunda çalışırken, HC-05 hem Slave hem de Master modda çalışabilir. Yani kısaca HC-05 hem veri alıp hem de veri gönderebilmektedir. Fakat HC-06 sadece diğer Bluetooth cihazlarından gelen verileri alabilir veri göndermesi mümkün değildir. Çalışma mantığı ise seri haberleşme esasına dayanaktadır. Tx (transmitter) ucu verici ucu, Rx (Receiver) ise alıcı ucudur. 3.3 V ve 5 V arasındaki gerilimlerde çalışabilmektedirler. Ancak veri alışverişini 3.3 V ile yapmaktadırlar. Verici ucundan gönderilen veriyi mikrodenetleyici algılar ama mikrodetleyicinin çıkış voltajı 5 V olduğundan bluetooth modülüne zarar verir. Bu sebeple mikrodenetleyici çıkış ucuna gerilim bölücü uygulayıp istenilen gerilime düşürülmelidir.



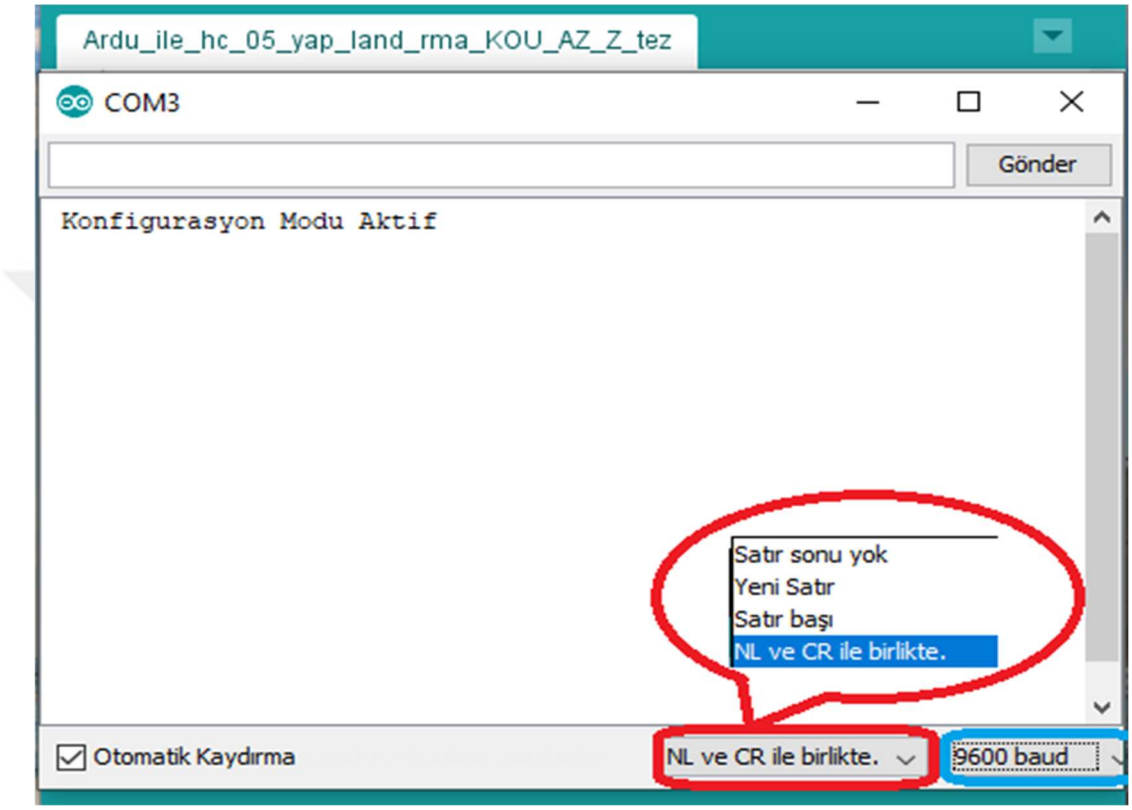
Şekil 2.17. HC-05 Bluetooth modülü ve pin diyagramı

Bluetooth Konfigürasyon ayarları: HC-05 yapılandırma modunda AT komutlarını kullanarak bluetooth modülü ile ilgili bazı ayarları değiştirebilmektedir. Örneğin görünür bluetooth adını, bluetooth şifresini, modülün alıcı ya da verici kullanılacağı durumlardaki slave ya da master modunu ve diğer bazı ayarları değiştirebilir. Bunun için yapılması gereken ise aşağıdaki arduino kodlarını yazılarak arduinoya yüklenmeli daha sonra ise arduino bilgisayar USB bağlantı kablosunu çıkartılmalı ve HC-05 üzerindeki küçük butona (Şekil 2.17'de 8 numara ile gösterilmektedir) basılı tutarak arduino USB kablosunu tekrar bilgisayara takılmalıdır. Bu işlemi yaptığınızda bluetooth üzerindeki kırmızı ışık 3 saniye aralıklarla yanıp sönecektir. Bu durum HC-05 modülün yapılandırma moduna geçtiği anlamına gelmektedir.



Şekil 2.18. Arduino HC-5 bluetooth yapılandırma kodları

Bu aşamadan sonra Arduino ide programında Araçlar menüsünden Seri Port Ekranı, klavyeden Ctrl+Shift+M veya Arduino programının sağ üst köşesindeki büyüteç şeklindeki ikona tıklayarak seri port ekranını açılır. Şekil 2.19'da görülen pencereden kırmızı ile işaretlenmiş ayarlamalar yapılarak seri port ekranı kapatılıp tekrar açılmalıdır. Daha sonra AT komutları girilerek yapılandırma işlemleri yapılmaktadır.



Şekil 2.19. Arduino ide seri port ekranı

HC -05 AT Komutları: AT komutları bluetooth modülü ile ilgili bazı bilgileri öğrenmemizi veya bazı ayarlarını değiştirmemizi sağlayan komutlardır.

AT+NAME?, bu komut ile modülün diğer cihazlarda görünen adını görüntüleyebiliriz. Standart olarak HC-05 gelecektir.

AT+NAME=, yeni isim girme komutudur. Bu komut ile modülün ismini değiştirebiliyoruz.

AT+PSWD?, bu komut ile modülün şifresini görüntüleyebiliriz. Standart şifre 1234 olarak belirlenmiştir.

AT+PSWD=, yeni şifre girme komutudur. Bu komut ile modülün şifresini değiştirebiliyoruz.

AT+ROLE? =, Bu komut ile modülün kullanıldığı modu görüntüleyebiliriz. Slave:0, Master:1, ve Loop-Slave:2 olarak gelecektir. Fabrika ayarı olarak 0 yani slave mod değeri ekrana yazılacaktır.

AT+ROLE=1, bu komut ile bluetooth modülün rol modunu değiştirebilirsiniz.

AT+VERSION?, Bluetooth versiyonunu öğreniyoruz.

AT+ORGL=, bu komut ile Bluetooth modülü fabrika ayarlarına alır ve tüm ayarları resetler. Bluetooth modül şifresini unuttuğunuzda kullanabilirsiniz.

AT+ADDR?, bu komut ile bluetooth modülün adresini öğreniyoruz.

AT+UART?, bu komut ile bluetooth modülün baunt rate ayarını görüntüleyebiliriz.

AT+UART=, bu komut ile bluetooth modülün baunt rate ayarını değiştirebiliriz.

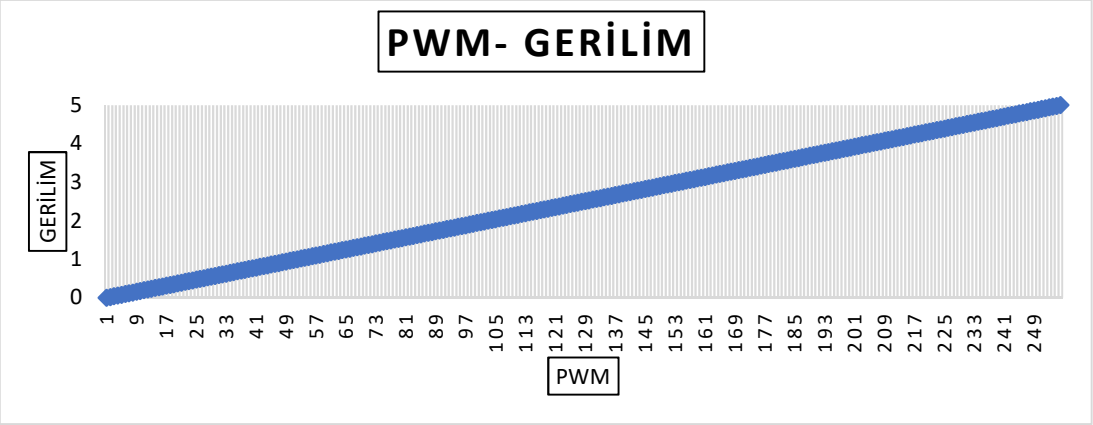
Sonuç olarak yukarıda bahsedilen özelliklerden dolayı çalışmamızda HC-05 modülünü tercih ettik. Bu modül sayesinde tasarladığımı arazi robotu istenildiği taktirde bulunduğu ortamdaki verileri de kullanıcıya gönderebilmektedir.

Arduino sürücü çıkışları ve göstergeleri: Bu bölümde ise ise 2 adet 5.08 mm ikili klemens ve 4 adet led diyot'dan oluşmaktadır. Klemenler mikrodenetleyici PWM çıkışlarına bağlıdır ve sürücü kontrol değerlerinin alındığı noktadır. Buralar doğrudan sürücüye bağlanmak yerine klemensler kullanılarak kontrol kartının ve sürücünün modüler olarak kullanılmasına imkân tanımaktır. Olası bir problem veya arıza durumunda hızlı bir şekilde sürücü ve kontrol kart bağlantıları kolaylıkla yapılabilmektedir. Ledler ise bu klemeslere bağlı mikrodenetleyicinin PWM çıkışlarını sinyalizasyon etmesi amacıyla kullanmıştır ve oluşabilecek arızaların hızlı bir şekilde giderilmesine de iman tanımaktadır.

Opsiyonel Çıkışlar: Şekil 2.11'de 6 ile belirtilen bölümdür. Beş adet opsiyonel IO bulunmaktadır ve Aynı zamanda da bazılar anolog giriş-çıkış olarak işlem yapabilme kabiliyetine sahiptir. Buradaki opsiyonel IO'lar sayesin de ileride oluşabilecek

ihtiyaçlar doğrultusunda birçok sensör çeşitleri, servo motor vb. kompenentler çalıştırılabilir. Bunlara ek olarak opsiyonel IO'lara dişi header bağlantısı yapılmış ve bu eklenecek olan kompenetlerin harici bir besleme bağlantısına ihtiyaç duymadan kolay şekilde bağlanması sağlanmaktadır. Bluetooth bölümünde de bahsedilen veri gönderme eylemi için gerekli olan verilerin toplanmasında kullanılacak donanım bağlantıları için kullanılmaktadır.

Robot hızı ve göstergeleri: Robotik araçların hareketinin sağlanmasında dc motorlar etkin rol oynamaktadır. Robotik araçların hız ve yön kontrolü ise dc motorların gerilim değeri ve besleme(polarite) parametreleri ile sağlanmaktadır. DC motor hız kontrolü; Uyartım Akımıyla hız kontrol yöntemi, Akım Sınırlama ile hız kontrol yöntemi, Faz Dilimleyiciler ile hız kontrol yöntemi, PWM ile hız kontrol yöntemi gibi tekniklerle gerçekleştirilebilir. Oluşan PWM sinyaline bağlı olarak devir/hız (rpm) kontrolü yapılmaktadır. Bu çalışmada arazi robotunun hız ve yön kontrolünü PWM tekniğiyle gerçekleştirilmiştir. Bu işlem için ayrı bir PWM devresine ihtiyaç duymadan Arduino sayesinde oluşturulan 8 bit çözünürlüğe sahip PWM çıkışları ile 0-255 aralığındaki PWM değerine (Şekil 2.20) bağlı olarak dc motor hız ayarı yapılmaktadır.



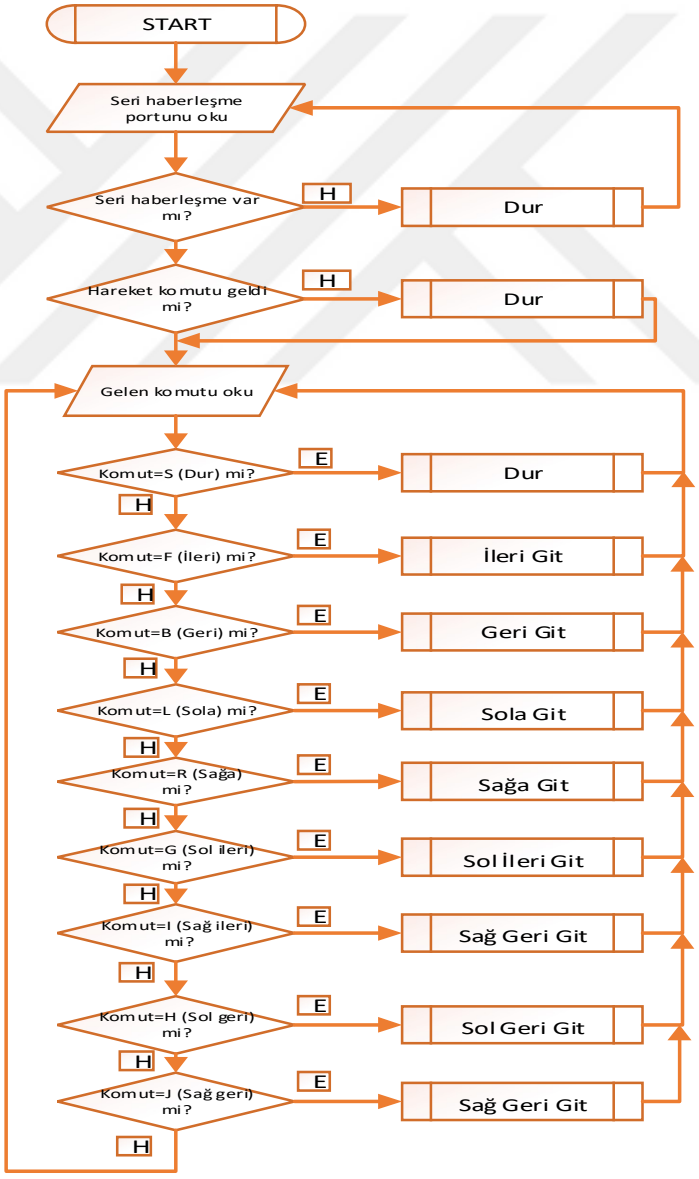
Şekil 2.20. PWM gerilim değişim grafiği

Şekil 2.20'de görülen pwm değerlerinin %30, %50 ve %100 değerlerine karşılık olarak yavaş orta ve hızlı olmak üzere 3 vites hız seçilmiştir. Hız gösterge ledleri ise robotun hangi viteste/hızda çalıştığını göstermektedir.

Kontrol kartının çalışması: Kontrol kartı bir nevi robotun beyni olarak görülmektedir. Kontrol ve birçok sürecin yönetim merkezi burasıdır. Öncelikle android cihazdaki

kullanıcı arayüzden robot bluetooth (HC-05) ile RF olarak bağlantı kurar ve ekrandaki şifreyi doğru olarak girdiğinde robot ile kullanıcı arasında seri haberleşme başlar. Daha sonra kullanıcı arayüzden gönderilen komutlar mikrodenetleyici üzerinde işlenerek mikrodenetleyici ilgili çıkış pinleri ek fonksiyonları (hız ve yön) ile birlikte aktif eder ve bu değerler DC motor sürücü bölümüne gönderir. Eğer istenirse yine opsiyonel olarak ayrılan IO'lar bağlanacak kompenentlerden elde edilen bilgileri de mikrodeneteleyici tarafından işlenerek bluetooth ile kullanıcıya ters yönde veri gönderir. Ayrıca aynı anda 4 adet sürücüyü yönetebilmektedir.

2.3.1. Kontrol kartı yazılım algoritması



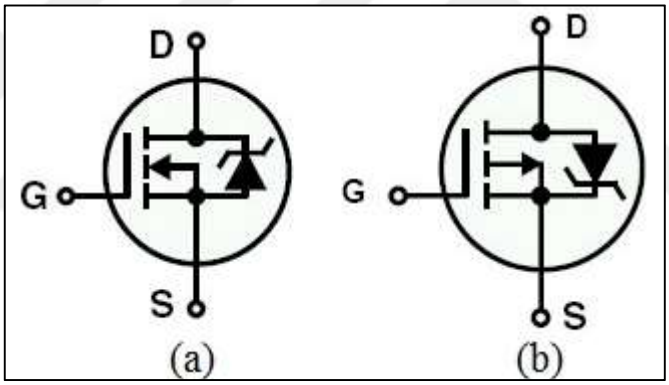
Şekil 2.21. Akış şeması

2.4. DC Motor Sürücü Tasarımı

2.4.1. Mosfetler

Metal Oxide Semiconductor fet (Metal Oksit Yarı İletkenli Alan Etkili Transistör), geçidi yalıtılmış alan etkili transistör olarak da bilinir. Dijital devrelerde en sık rastlanan fet tipi transistördür.

Genel olarak iki tip dört çeşit mosfet vardır. Bunlar N kanal ve P kanal mosfet'lerdir. N kanal ve P kanal, mosfet'in uygun polarmalanma (kutuplanma) gerilimleriyle ilgilidir. İki alt çeşit ise Enhancement (Artımlı) ve Depletion (Azaltımlı) mosfet'lerdir. Enhancement mosfetler, normalde açık devreyken; depletion mosfetler, normalde kapalı devredirler. Burada N kanal mosfet'ler üzerinde durulacaktır.



Şekil 2.22. (a) N kanal mosfet (b) P kanal mosfet [31]

2.4.2. Mosfet parametreleri

Tasarımı yapılan sürücü kontrol devresinde kullanılan mosfetlerin çalışmasında birçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerden en önemli olanları ise kesim noktası ve doyum noktasıdır. Sürücünün kontrol devresindeki mosfetin iletime veya kesime geçmesi için aşağıdaki matematiksel koşulların sağlanması gerekir.

Mosfetin kesim bölgesinde olması için;

$V_P<V_{GS}<0$

$V_{GS} < V_{th}$

$(V_{GS}-V_P)<V_{DS}$

V_p= doyum yüzeyindeki gerim (V)

$V_{GS:}$ Gate drain arasındaki gerilim (V)

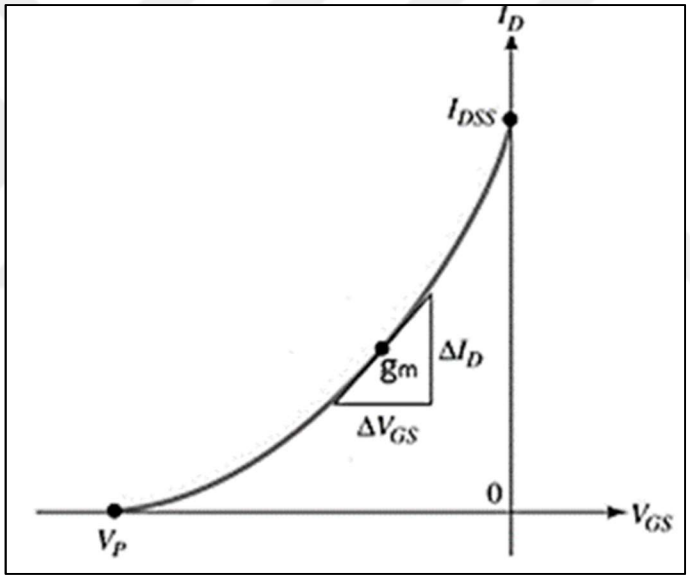
$V_{DS:}$ Drain source arasındaki gerilim (V)

V_{th}: Threshold (Eşik) gerilimi

Mosfet'in doyma bölgesindeki I_D akımı, gayt source gerilimine (V_{GS}) bağlı olarak Denklem (2.1)'deki gibi ifade edilir;

$$I_D=I_{DSS}(1-\frac{V_{GS}}{V_P})^2 \quad (2.1)$$

Şekil 2.23'de görüldüğü üzere V_{GS} değişimine bağlı olarak I_D değişkenlik göstermektedir. Bu iki parametrenin değişimine bağlı olarak oluşan eğim iletkenlik çalışma noktasını vermektedir.



Şekil 2.23. İletkenlik grafiği [32]

Mosfetin 25ºC çalışmadaki akım-gerilim değişimi görülmektedir. Bu grafik, kullanılan IRFP2907 Mosfet'in datasheet'inden alınmıştır. Bu bilgi ışığında, tasarımı yapılan dc motor sürücünün 25ºC'deki peak akım değeri 209 A'dir. Ayrıca uygulanan gate gerilimine bağlı olarak oluşan farklı V_{DS} gerilimleri ve bu V_{DS} gerilimlerine karşılık I_D akım değerleri de bu grafikte görülmektedir.

2.4.3. Mosfet çalışması

Çoğalan tip MOSFET'in azalan tipten farkı iki N-tipi bölgenin arasında kanal olmamasıdır. Burada da source (S) ve drain (D) uçları, N-tipi bölgelerle doğrudan

temas halinde oldukları halde gate (G) ucu yarı iletken malzemeden izole edilmiş durumdadır. G ucuna herhangi bir gerilim uygulanmadığı sürece S ve D uçları arasından bir akım akmaz. G ucunun bulunduğu metal parça ile P-tipi gövde bir kondansatör özelliği gösterir. Çünkü iki iletken bir yalıtkan kondansatörü meydana getirir. G ucuna (+) gerilim uygulandığında, kapasite özelliğinden dolayı P-tipi gövde de iki N-maddenin yanında (-) yükler toplanır. Böylece iki N-tipi madde arasında doğal olarak bir kanal oluşur. Bu durumda akım akışı başlar. Gate'e uygulanan (+) gerilimin arttırılması halinde, iki N-tipi madde arasında oluşan (-) yükler çoğalarak P-tipi gövde içerisinde oluşan bu kanalın genişlemesine sebebiyet verir. Böylece S ve D uçları arasında akan akım, gate'e uygulanan gerilim ile kontrol edilebilir. Gate ucuna gerilim uygulanmadığı sürece S ve D arasından akım akmaz.

Kesim modunda, Drain-Source arası direnç çok yüksektir (birkaç 10 mega ohm). Bu sebeple Drain'den Source'a akım akmadığı kabul edilir. Mosfetin kesim modunda çalışabilmesi için, $V_{GS}<V_{th}$ olmalıdır. Vth gerilimi, threshold (eşik) gerilimidir ve genel olarak 2-4 V arasıdır.

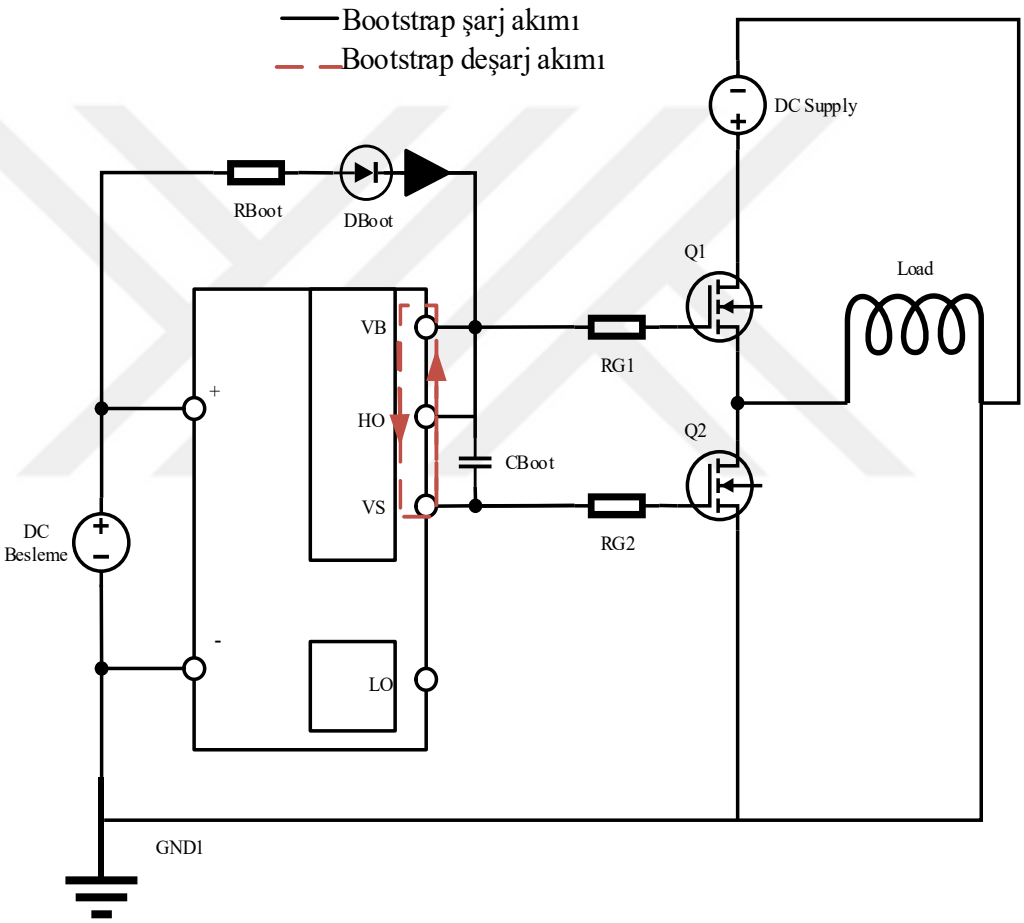
V_{GS} gerilimi, Gate ve Source terminalleri arasındaki gerilimdir. V_{GS}- V_{th} gerilim farkı ise kısaca VOV (overdrive voltage) olarak adlandırılır. VOV gerilimi sıfırdan büyük olduğu andan itibaren, mosfet'in Drain-Source direnci (RDS) düşmeye başlar ve Drain'den Source'a doğru akım akmaya başlar. Mosfet iletime geçtikten sonra iki bölgede çalışabilir. Omik Mod veya Direnç Modu da denilen Lineer Mod ve Aktif Mod (Doyum). Mosfet'in Drain ve Source terminalleri arasındaki potansiyel fark V_{DS} olarak adlandırılır. N kanal Enhancement bir mosfet'in normal kullanımda Drain geriliminin Source geriliminden yüksek olması beklenir. Aksi taktirde mosfet'in Source-Drain arasında bulunan Body (Vücut) diyodu iletime geçer ve mosfet bir diyot gibi davranır. Mosfet iletime geçtikten sonra V_{DS} gerilimi VOV geriliminden küçük olursa mosfet Lineer Modda, V_{DS} gerilimi VOV geriliminden büyük olursa mosfet Aktif Modda çalışır. Başka bir deyişle mosfet'in gate gerilimi V_{DS} geriliminden en fazla V_{th} kadar büyük olursa, mosfet aktif modda çalışır.

2.4.4. Mosfet sürme teknikleri

Mosfet ve IGBT sürmede çoğunlukla kullanılan dört adet teknik bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibidir;

- Trafo kullanılan gate sürücüleri
- Charge Pump gate sürücüleri
- Harici beslemeli gate sürücler
- Bootstrap gate sürücüleri

Sürücü tasarımımızda Bootstrap gate sürücüleri topolojisinden yaralanarak gerçekleştirdik. Bu topolojinin tercih edilmesinin nedeni ise Bootstrap gate sürücülerin en önemli özelliği düşük maliyette istenilen performansı sağlamsıdır.



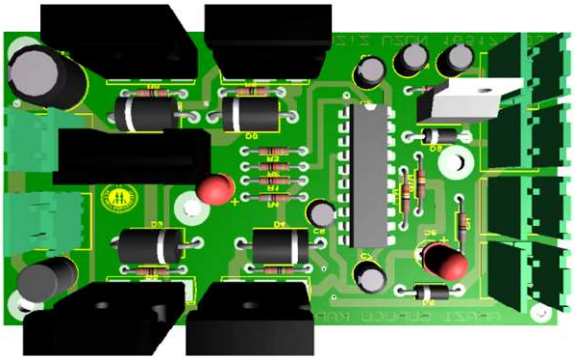
Şekil 2.24. Bootstrap tekniği ile mosfet sürme

Şekil 2.24 incelendiğinde temel bir bootstrap gate drive topolojisi devresi görülmektedir. Bootstrap gate drive topolojideki çalışmada en önemli role sahip parametreler Dboot ve Cboot elemanlarıdır. Devre enerjilendiğinde enerji Dboot üzerinden geçerek Cboot kapasitesinin şarj olmasını sağlar ve Q2 üzerinden devresini tamamlar. Daha sonra Cboot kapasitesinde depeolanan enerji kullanarak Q1 tetiklenerek yük uçlarında (Q1 ve Q2 noktasında) DC Supply gerilim değerinde

potansiyel oluşur. Anahtarlama durumu sürdüğü sürece Cboot alt ucu bu noktaya bağlı olduğu için şarjlı kalır. Anahtarla durumu sona erdiğinde ise Cboot deşarj olur. Cboot kapasitesinin yüksek hızlarda şarj/deşarjı sebebiyle zarar görmemesi için Dboot diyoduna seri Rboot direnci eklenmelidir. Rboot direnç değeri ise maksimum duty değerine göre hesaplanmalıdır. Dboot ise ters yönde potansiyel uygulanmasını engelleyerek sistemin zarar görmesini engellemek ve Cboot kapasitesinin deşarj olmasına yardımcı olmaktır. Bu topolojideki en önemli özelliklerden biri de gerilim seviyesi değişen V_s ucu devrenin kendi GND'si arasındaki gerilim farkından olumsuz olarak etkilenmemesidir. Bu avantaj sayesinde bootstrap topolojisinde 1200 V civarına kadar gerilime dayanmaktadırlar. Bu açıdan değerlendirildiğinde motor sürücüleri ve şebeke ile çalışan sistemler için kritik öneme sahiptir. Şekil 2.25'de görülen sürücü tasarımında bootstrap topolojisini geliştirerek H-bridge yapı oluşturarak tasarımı geliştirdik.

2.4.5. Tasarımı yapılan DC motor sürücüsü

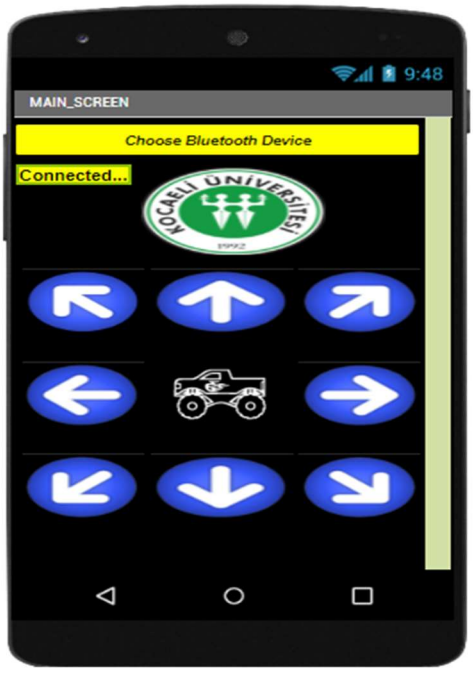
Şekil 2.25'deki sürücü kartı, kontrol biriminden gelen verilere göre mosfetlerin iletim-kesim moduna geçmesini sağlar. Mosfetlerin tetikleme sinyal değeri, mosfet birleşim yüzeylerindeki kanalların genişleyip daralmasını etkiler. Bu sayede tasarımı gerçekleştirilen kontrol ve sürücü kartlı arazi robotunun, farklı zeminlerde ilerlerken motorların talep ettiği akım değerlerini karşılamaktadır. Ayrıca tetikleme sinyallerinin değerine bağlı olarak, gate-source (V_{GS}) geriliminin büyüklüğünü de etkilemektedir. Dolaysı ile V_{GS} gerilim değeri; kontrol kartından gelen PWM değerlerine bağlı olarak değişmektedir. Sonuç olarak, robottaki motorların hız ve akım kontrolleri sağlanmaktadır. Tasarım ve uygulamasını yaptığımız sürücü kartındaki Mosfet'in datasheet verileri incelendiğinde 25°C'de 209A, 100°C'de 148A peak akımını desteklediği görülmektedir. Bu bilgi doğrultusunda tasarlanan sürücü ile 209 A'ya kadar yükler beslenebilir. Şekil 2.16'daki kontrol kartı ve Şekil 2.25'deki sürücü entegresinin ihtiyaç duyduğu güç, 3S 1350 mAH'lik batarya ile sağlamaktadır. Ayrıca, DC motorların ihtiyaç duyduğu akımları ise 5S 4000 mAs'lik lipo batarya sağlamaktadır.



Şekil 2.25. DC motor mosfet sürücü kartı

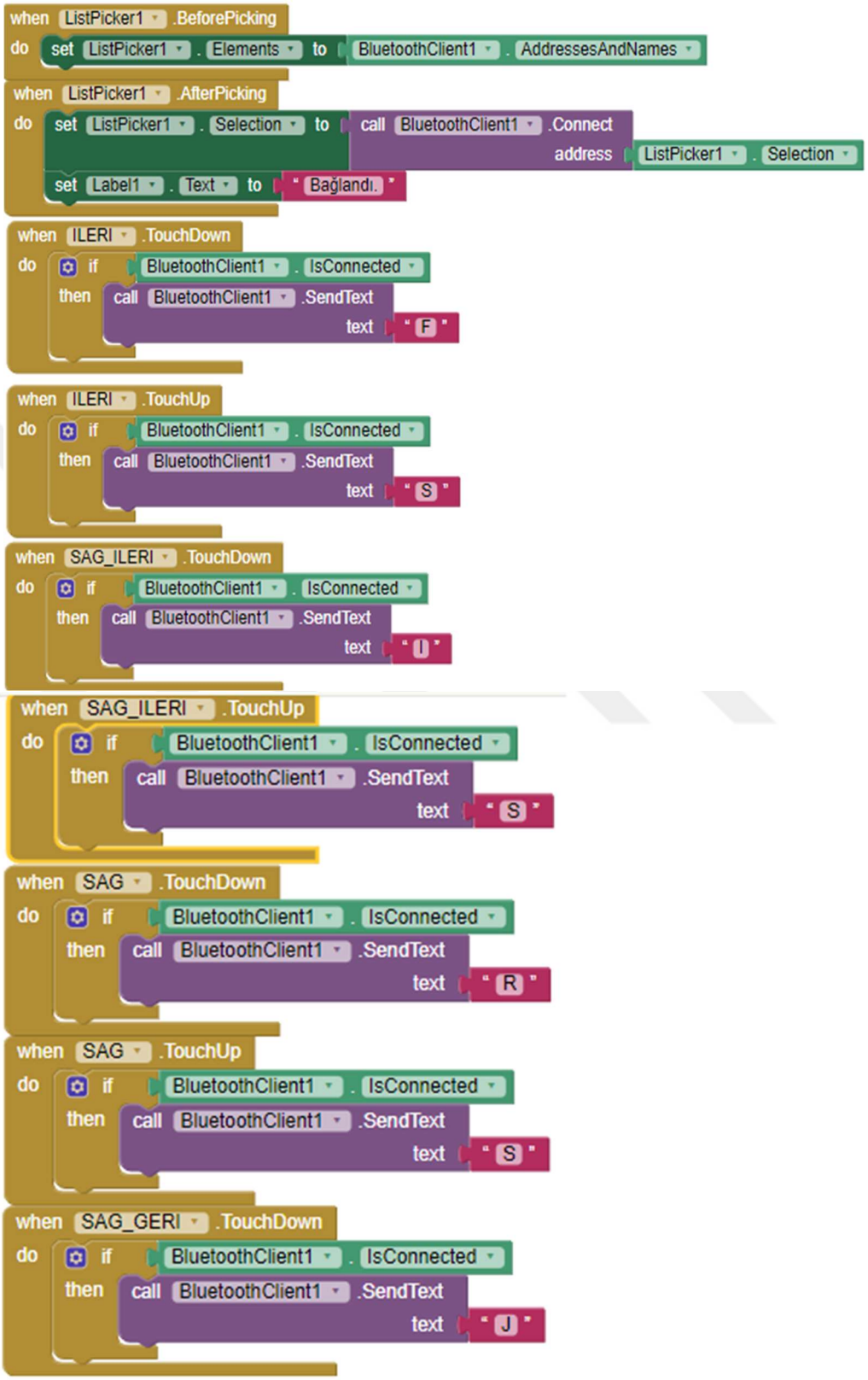
2.5. Android Arayüz Tasarımı

Şekil 2.26'da ise, Şekil 2.16'daki kontrol kartının fonksiyonlarını gerçekleştirebilmesi için tasarlanan arayüz görülmektedir. Bu arayüzde; RC bağlantısının sağlanması, yön bilgilerinin ve hız bilgisinin gönderilmesi için on iki adet butun bulunmaktadır. Choose Bluetooth Device butonu sayesinde çevrede bulunan RC sinyaller algılanarak, robot kontrol kartı üzerinde bulunun HC-05 cihazı ile haberleşme gerçekleştirilmektedir. Sekiz adet yön butonları ile de robotun istenilen yönde hareketi sağlamaktadır. Şekil 2.26'de bulunan arayüzün alt bölümde bulunan butonlar ise 3 farklı PWM sinyali üretilmesini sağlamaktadır. Bu özellik sayesinde, robot hız kontrolü rahatlıkla gerçekleştirilebilmektedir.

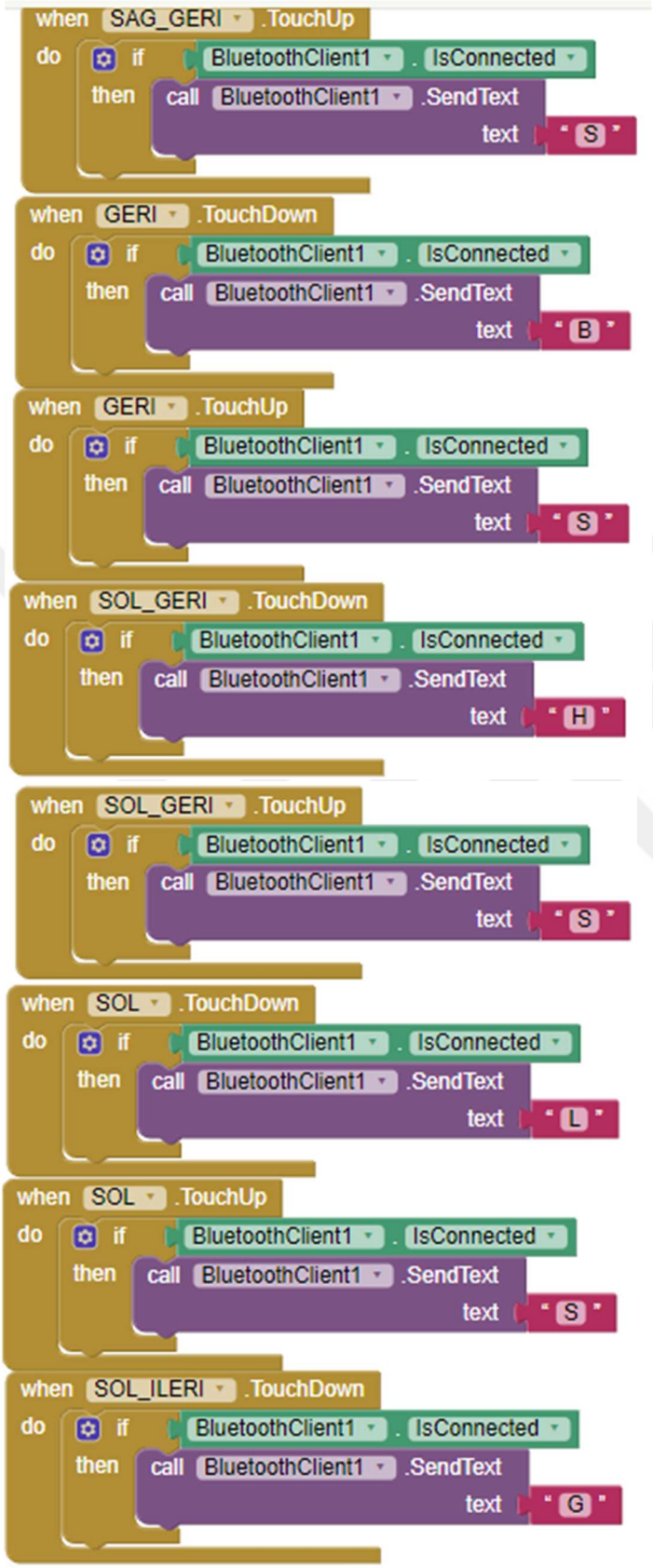


Şekil 2.26. Robot kontrol arayüzü

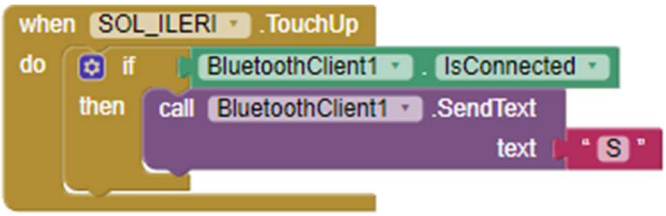
2.6. Android Arayüz Kod Blokları



Şekil 2.27. Arayüz kod blokları



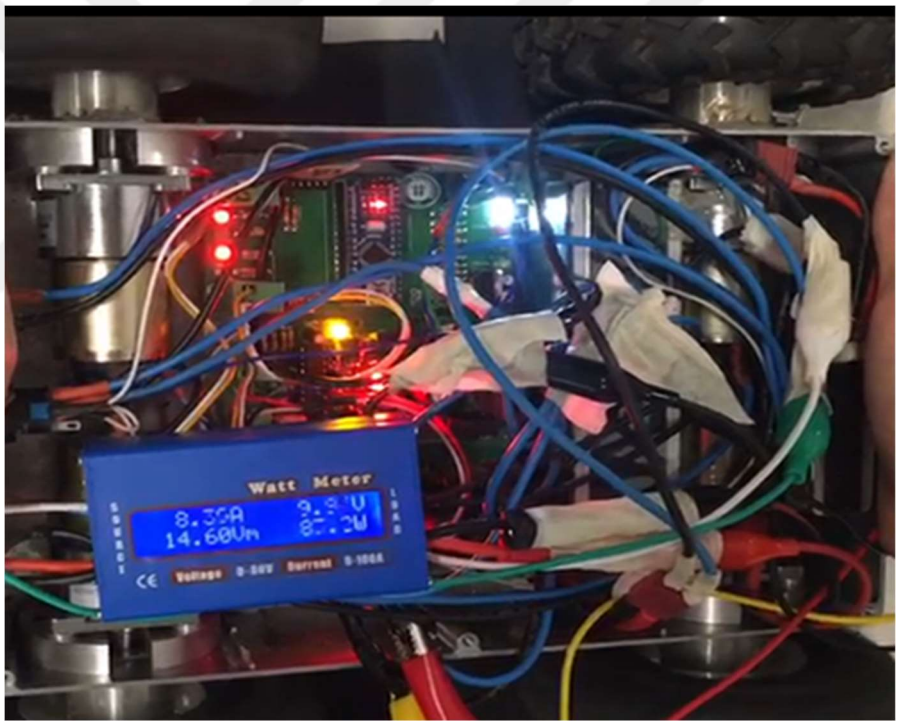
Şekil 2.27. (Devam) Arayüz kod blokları



Şekil 2.27. (Devam) Arayüz kod blokları

3. ANALİZ

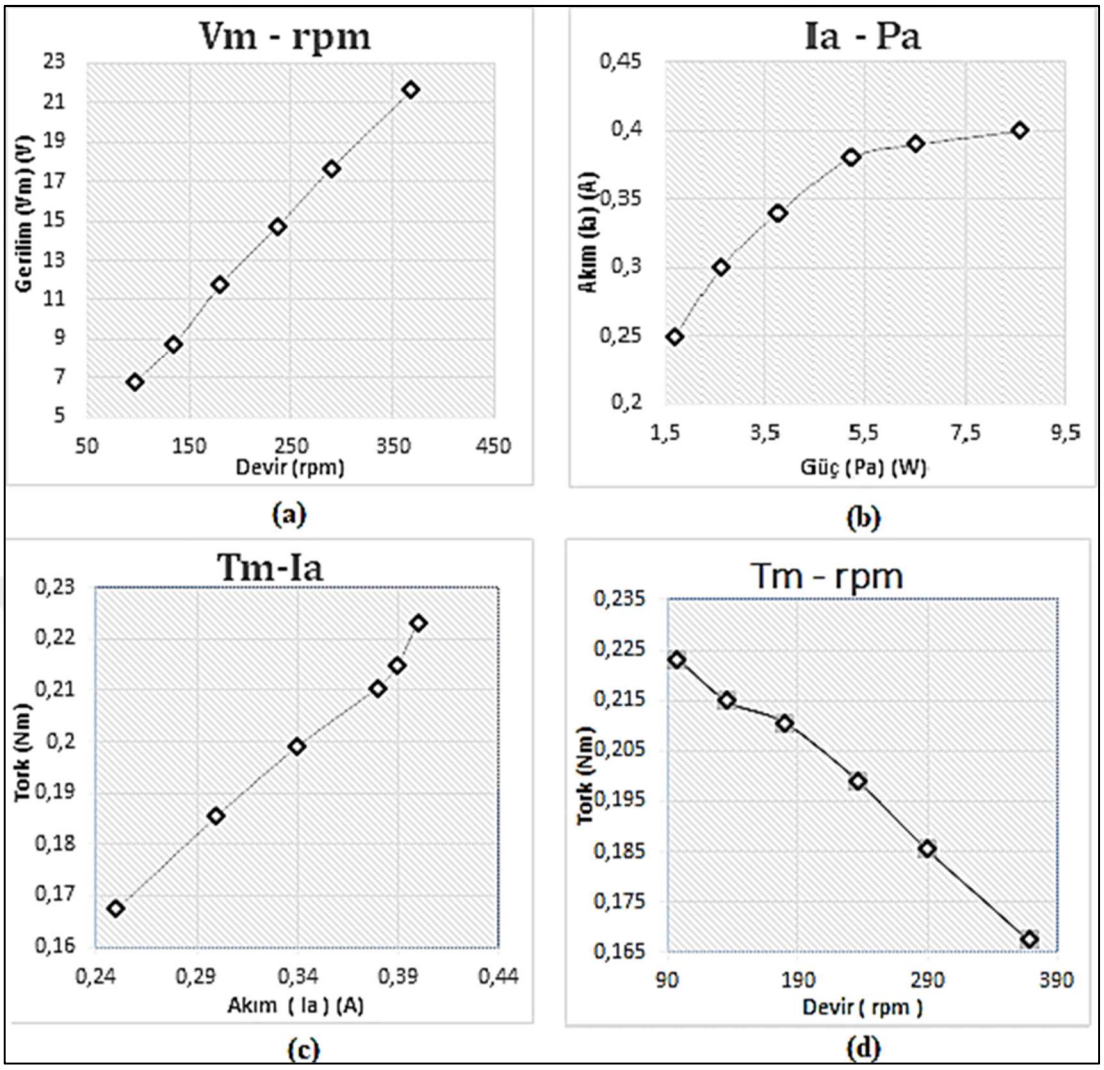
Tasarlanan sistemin gerçek zamanlı performans analizi iki şekilde yapılmaktadır. İlk aşamada, robot tekerlerinin yüzey ile teması kesilerek yüksüz çalışmadaki veriler analiz edilmektedir. İkinci aşamada ise, robot düz bir zemine yerleştirildi ve ileri gitmemesi için önüne bir bariyer koyulmaktadır. Daha sonra, ilerlemesi engellenen robot üzerine farklı yükler koyup motorların ve sürücünün tepkileri analiz edilmektedir. Şekil 3.1'de analiz sonuçlarının elde edildiği robot gövdesinin resmi görülmektedir.



Şekil 3.1. Tasarlanan robot gövdesinin iç görünümü

3.1. 4x2 Kontrol ve Sürücü Kartının 4x2 Arazi Robotu ile Boş Çalışma Testi

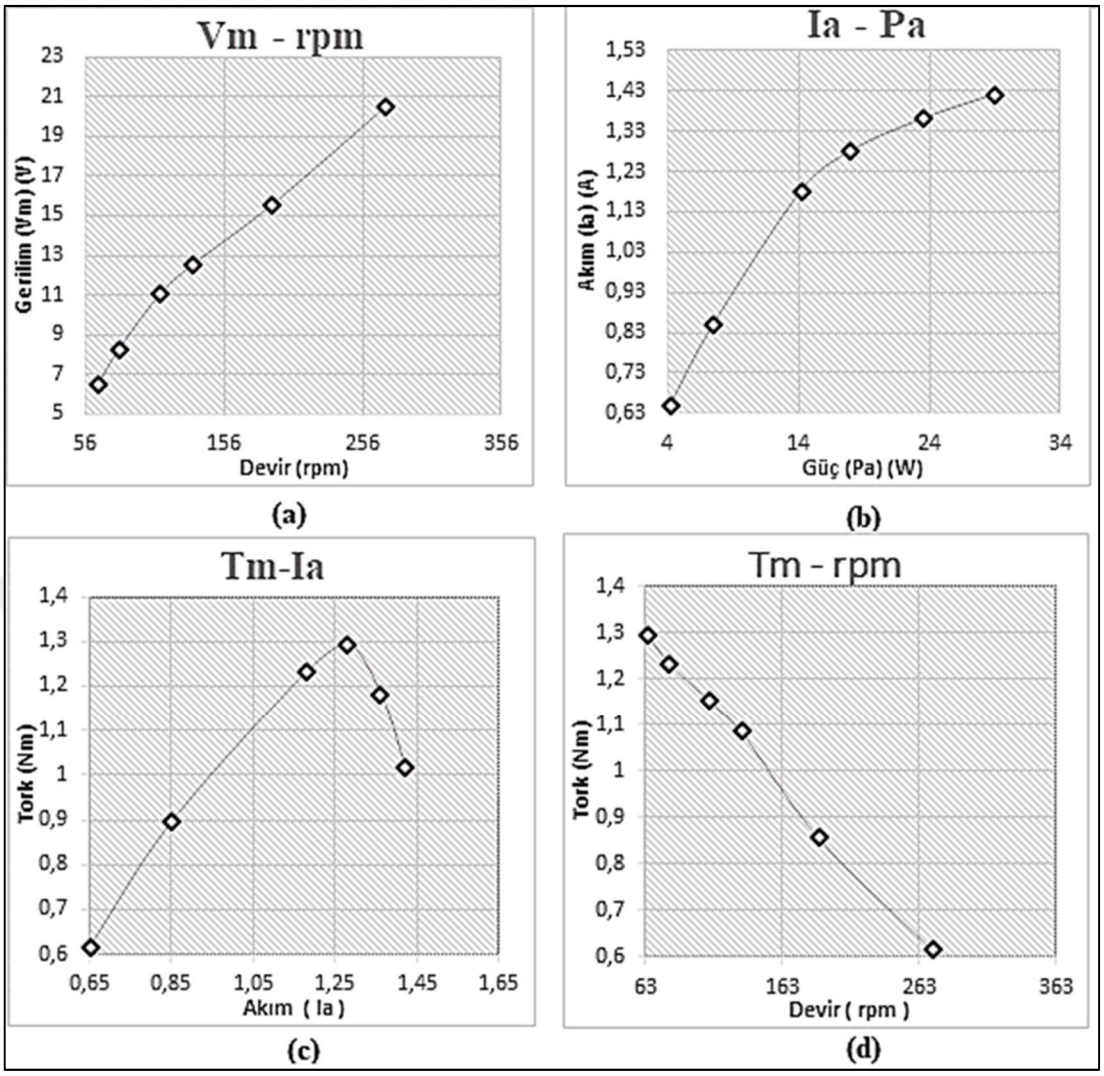
Boş çalışmadaki PWM değerine bağlı olarak motorların, Şekil 3.2(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.2(b)'de güç-akım, Şekil 3.2(c)'de tork-akım ve Şekil 3.2(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Şekil 3.2'deki grafikler incelendiğinde, kontrol mekanizması ve motorların uyumlu bir şekilde çalıştığı açıkça görülmektedir.



Şekil 3.2. Boş çalışmadaki motorların gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimi

3.2. Kontrol ve Sürücü Kartının 4x2 Arazi Robotu ile Farklı Yüklerdeki Çalışma Testi

Robotun yüklü çalışması ile farklı arazi şartlarındaki durumlara cevap verip veremeyeceği test edilmektedir. Yapılan uygulama ile motorlardan elde edilen grafikler Şekil 3.3'de görülmektedir. Şekil 3.3(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.3(b)'de güç-akım, Şekil 3.3(c)'de tork-akım ve Şekil 3.3(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Şekil 3.3'deki grafikler incelendiğinde, kontrol mekanizması ve motorların yüklü durumda da uyumlu bir şekilde çalıştığı açıkça görülmektedir.



Şekil 3.3. Farklı yüklerdeki motorların gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimi

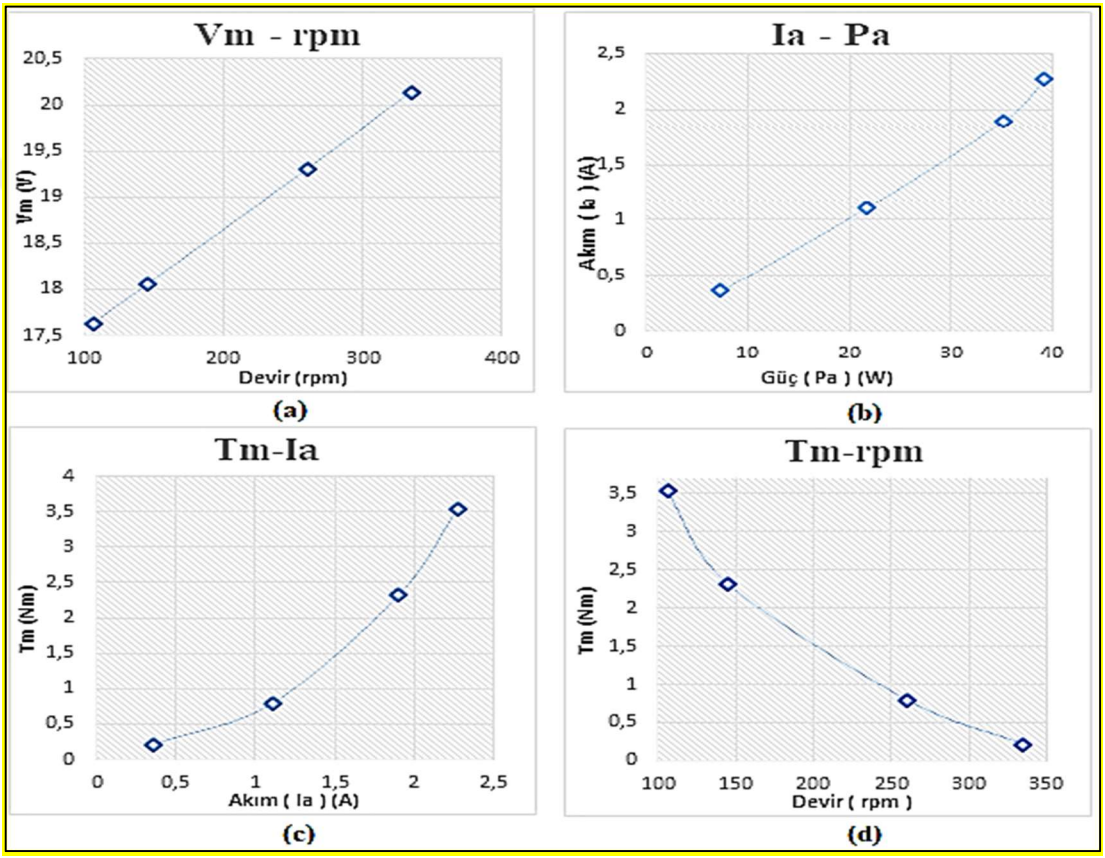
3.3. Duty Cycle (Görev Döngüsü) Süresine Göre Sistem Analizi

Bu bölümde, kontrol kartı ile ayarlanan duty cycle değerine göre sistemin tepkileri incelenmektedir. Bu inceleme, üç farklı duty cycle değeri baz alınarak yapılmaktadır. Bu üç kademenin seçimindeki amaç, robotun hızlı, orta ve yavaş hareketindeki durumlarını analiz etmektir.

3.4. Robotun Maksimum Hızdaki Analizi

Motorların maksimum hızda çalışması için, besleme gerilimleri batarya gerilimine eşit olacak şekilde PWM sinyalleri oluşturulmaktadır. Bu PWM sinyaline göre robotun dört farklı yük durumuna verdiği tepkiler Şekil 3.4'de görülmektedir. Şekil

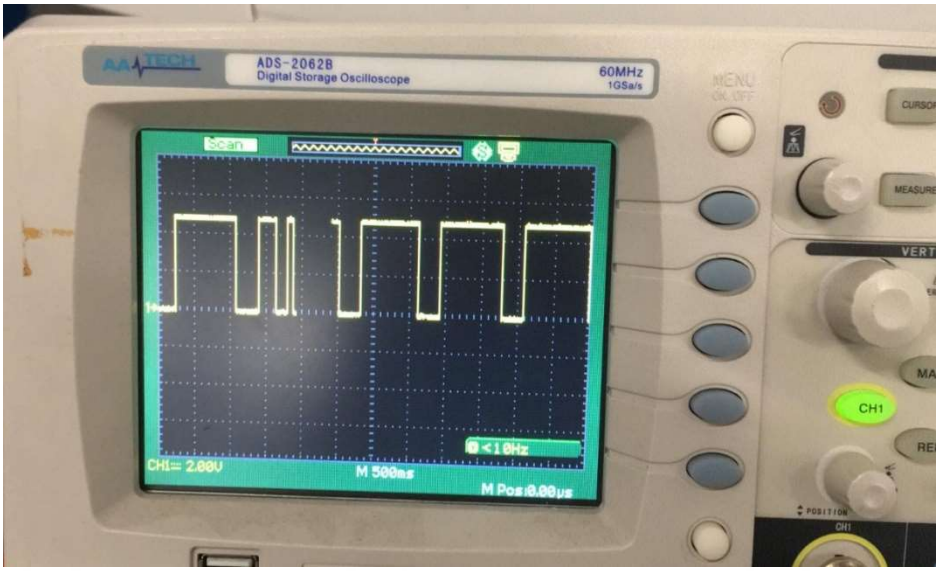
3.4(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.4(b)'de güç-akım, Şekil 3.3(c)'de tork-akım ve Şekil 3.4(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde; Şekil 3.4(a)'da dört farklı yükte çalışan robot motorlarının gerilim ve hız değerleri yüke bağlı olarak doğrusal bir şekilde azaldığı görülmektedir. Şekil 3.4(b)'de yüke bağlı olarak akım ve gücün orantılı bir şekilde arttığı görülmektedir. Şekil 3.4(c)'de yüke bağlı olarak akım ve gücün orantılı bir şekilde arttığı, akımın artışına karşılık ise Şekil 3.3(d)'de torkun arttığı ve hızın ise azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.4. Maksimum hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri

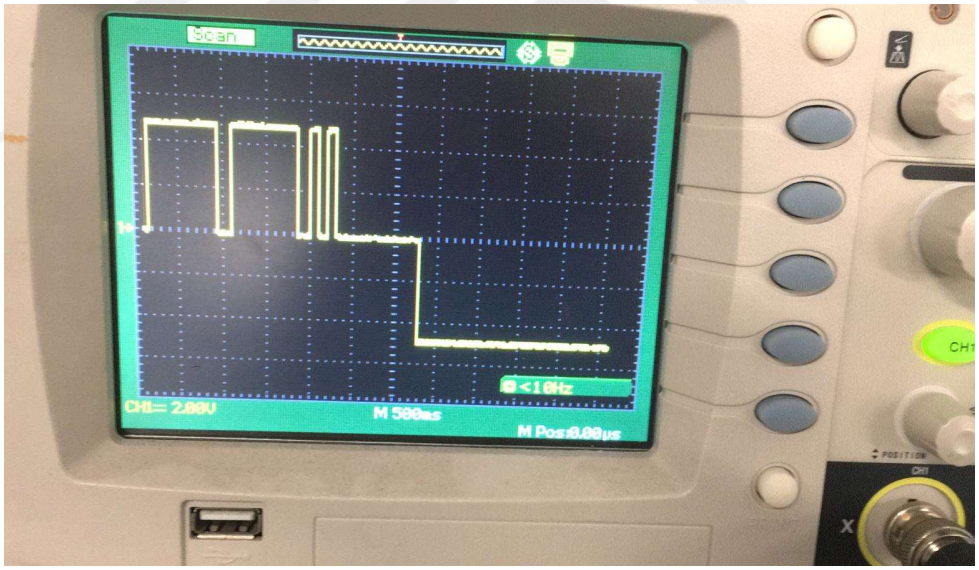
3.5. Maksimum Hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi

Şekil 3.5'de maksimum PWM sinyalinin (255 değerinde) osiloskop incelenmesi görülmektedir.



Şekil 3.5. Maksimum PWM sinyali osiloskop görüntüleri

Şekil 3.6'da ise yine maksimum PWM sinyal genliğinin farklı tetiklenme ve zıt yöndeki osiloskop görüntüleri incelenmektedir.

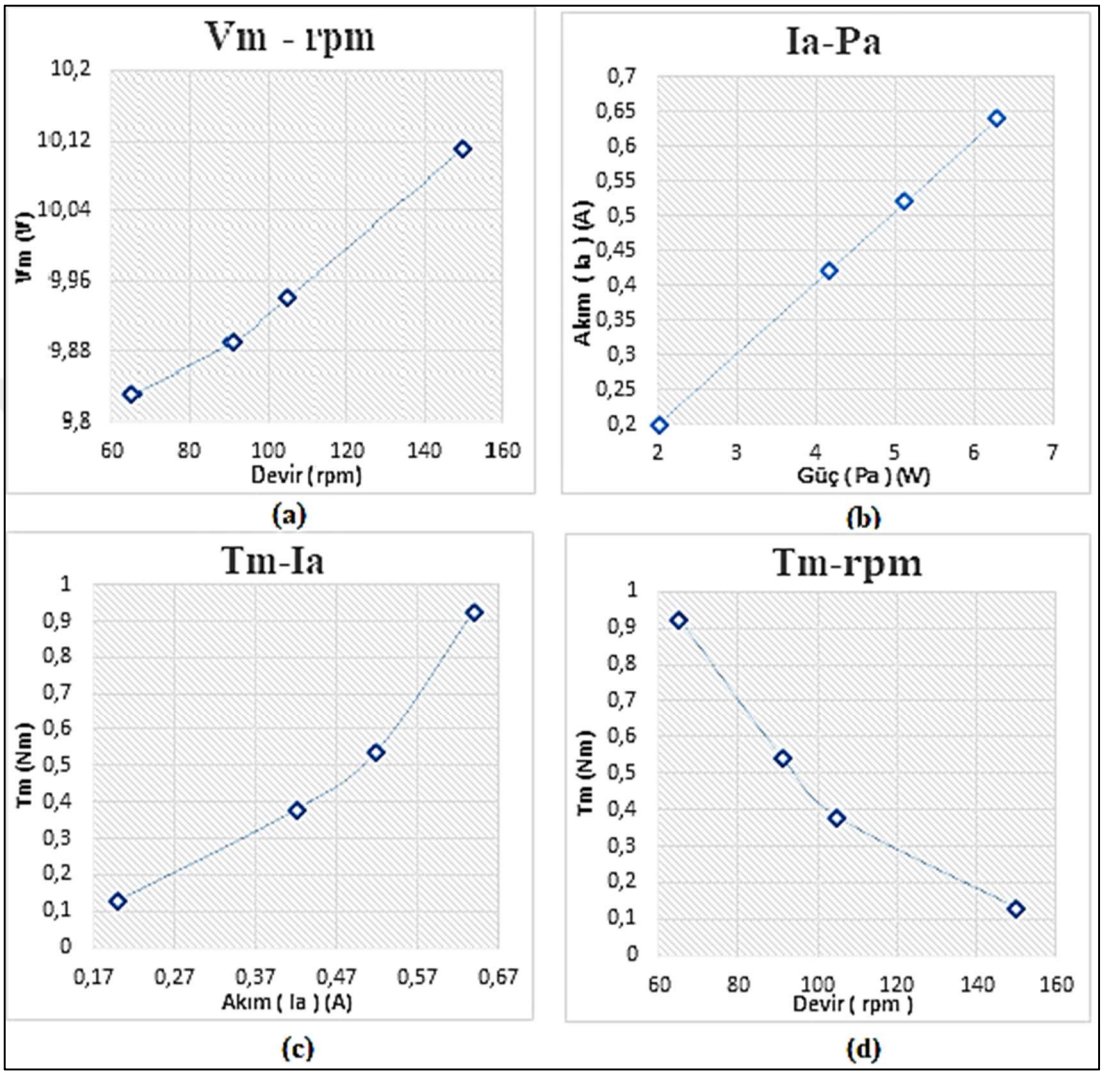


Şekil 3.6. Maksimum PWM sinyali yön değişimi osiloskop görüntüleri

3.6. Robotun Orta Hızdaki Analizi

Motorların orta hızda çalışması için, besleme gerilimleri batarya geriliminin yaklaşık %50'sine eşit olacak şekilde PWM sinyalleri oluşturulmaktadır. Bu PWM sinyaline göre robotun dört farklı yük durumuna verdiği tepkiler Şekil 3.7'de görülmektedir. Şekil 3.7(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.7(b)'de güç-akım, Şekil 3.7(c)'de tork-akım ve Şekil 3.7(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde;

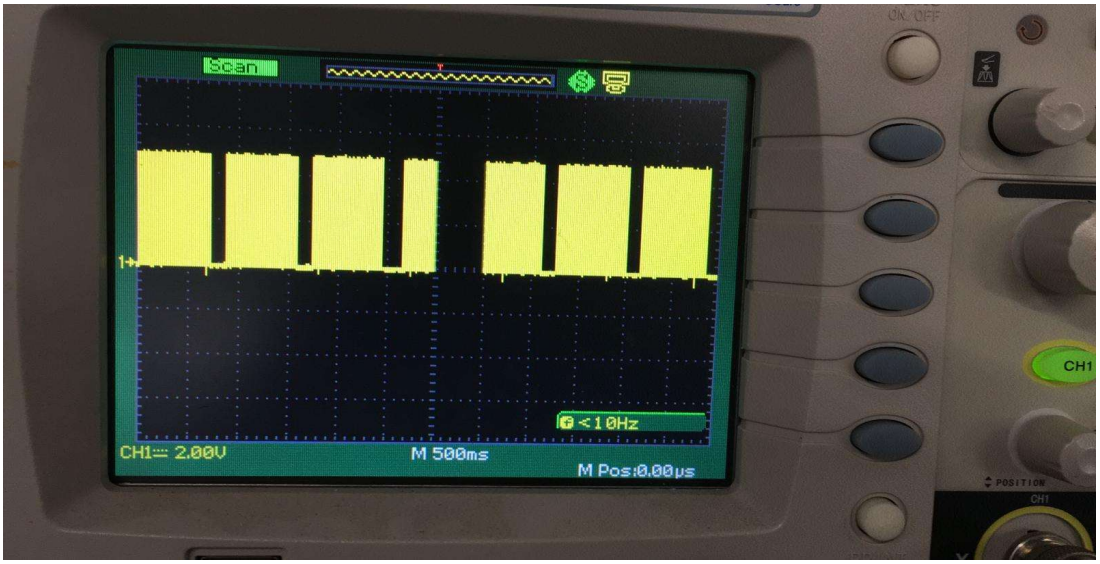
maksimum hızda elde edilen Şekil 3.7'deki grafiklerle benzer bir değişim olduğu görülmektedir. Sadece motorlara uygulanan PWM sinyali oranında değerlerin de azaldığı görülmektedir.



Şekil 3.7. Orta hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri

3.7. Orta hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi

Şekil 3.8'de orta seviyedeki PWM değerindeki (127 değerindeki) sinyalin osiloskop görüntüsü incelenmektedir. Şekil 3.5 ve Şekil 3.6 ile karşılaştırıldığında sinyallerdeki t_{on} ve t_{off} durumlarında farklılık olduğu görülmüştür.



Şekil 3.8. Orta seviyedeki PWM değerindeki osiloskop görüntüsü

Şekil 3.9'de PWM sinyalinin orta seviyedeki (127 değerindeki) ters yöndeki osiloskop görüntüsü bulunmaktadır. Şekil 3.8'deki görülen sinyalin genliğinin aynı kalarak yönünün değiştir tespit edilmiştir.

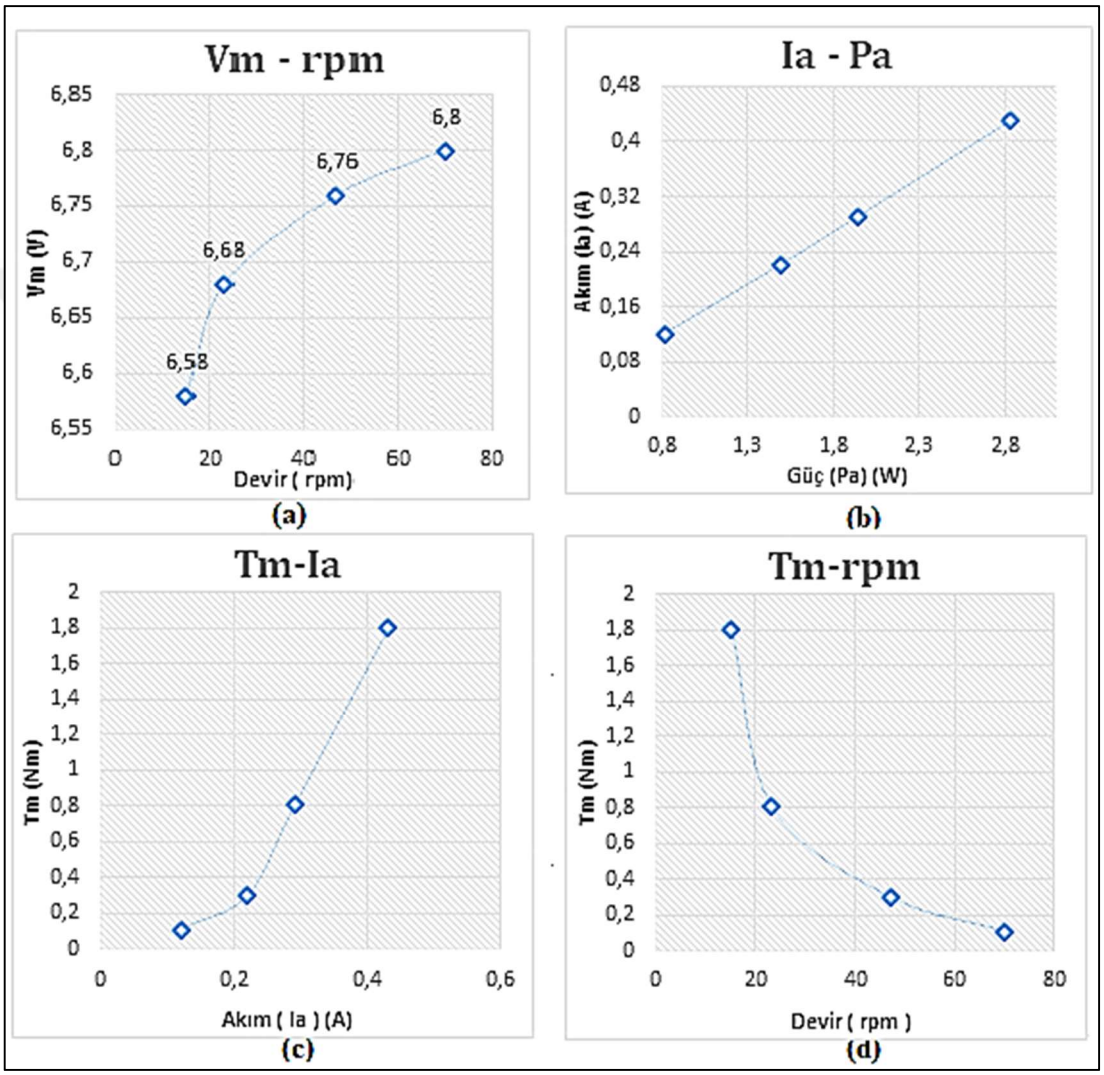


Şekil 3.9. Orta seviyedeki PWM değerindeki ters yöndeki sinyalin osiloskop görüntüsü

3.8. Robotun Düşük Hızdaki Analizi

Motorların düşük hızda çalışması için, besleme gerilimleri batarya geriliminin yaklaşık %33'üne eşit olacak şekilde PWM sinyalleri oluşturulmaktadır. Bu PWM sinyaline göre robotun dört farklı yük durumuna verdiği tepkiler Şekil 3.10'da

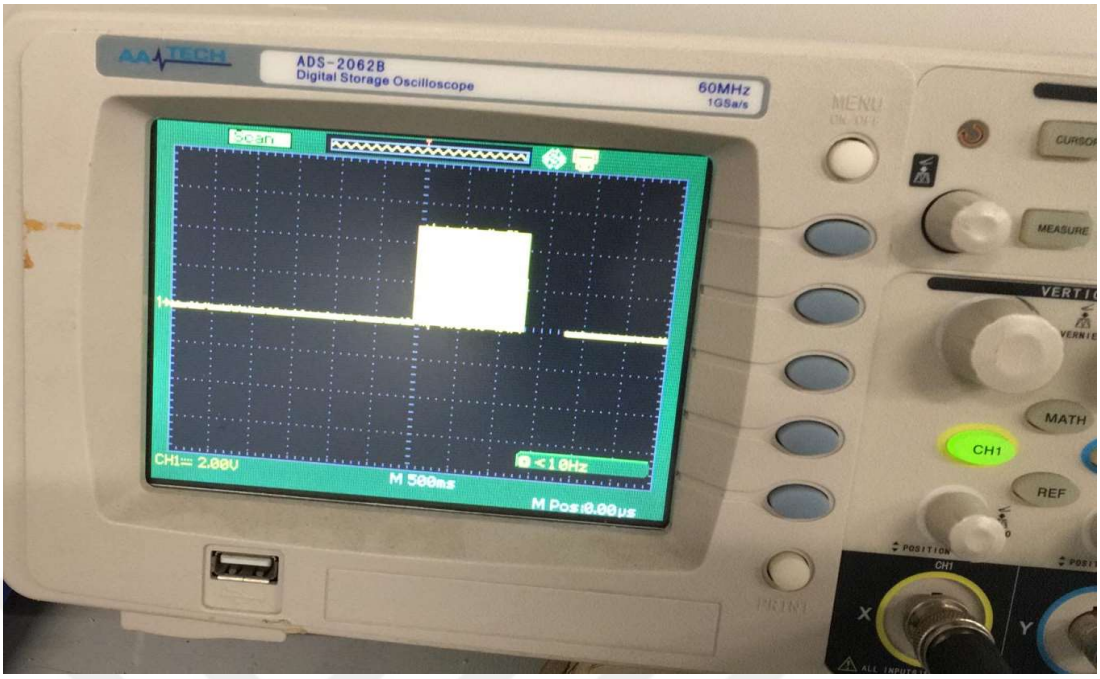
görülmektedir. Şekil 3.10(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.10(b)'de güç-akım, Şekil 3.10(c)'de tork-akım ve Şekil 3.10(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Bu grafikler incelendiğinde; Şekil 3.6 ve Şekil 3.8'deki grafiklerle benzer bir değişim olduğu görülmektedir. Sadece motorlara uygulanan PWM sinyaline bağlı olarak, değerlerin daha da azaldığı görülmektedir.



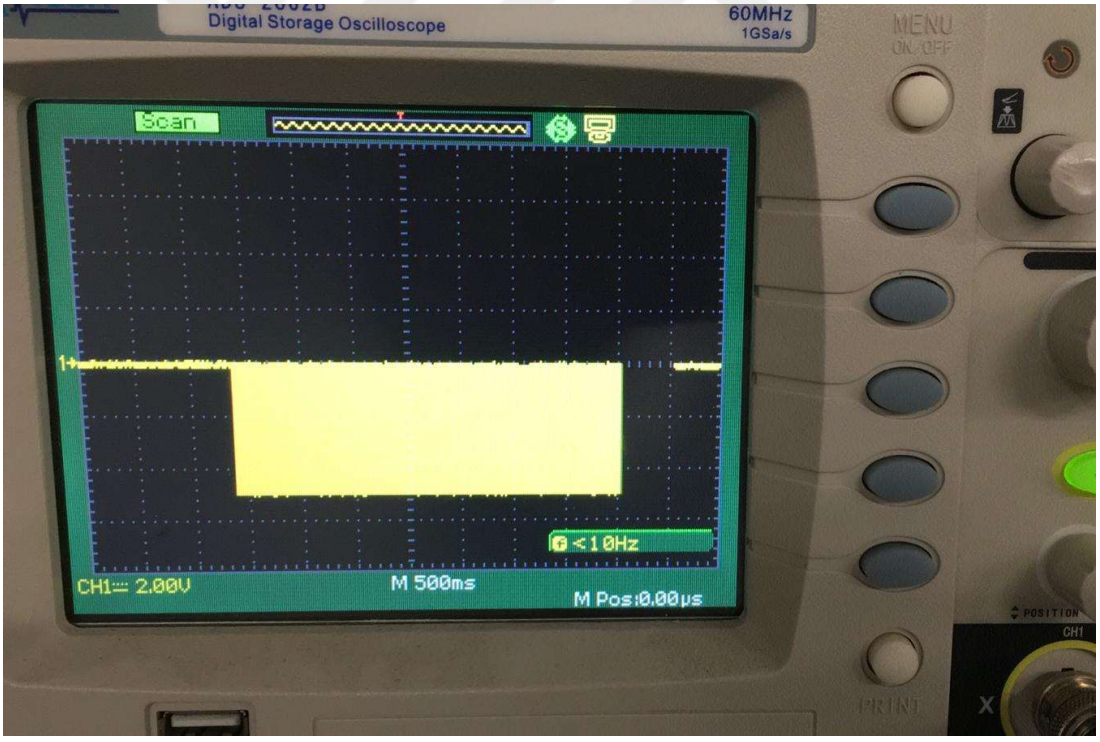
Şekil 3.10. Düşük hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri

3.9. Düşük Hızdaki PWM Sinyalleri Osiloskop İncelemesi

Şekil 3.11'de düşük seviyedeki PWM değerindeki (76 değeri için) sinyali osiloskopta incelenmiştir. Genliğin yüksek ve orta seviyedeki değerlere göre daha da azalttığı görülmektedir.



Şekil 3.11. Düşük seviyedeki PWM sinyali osiloskop görüntüsü

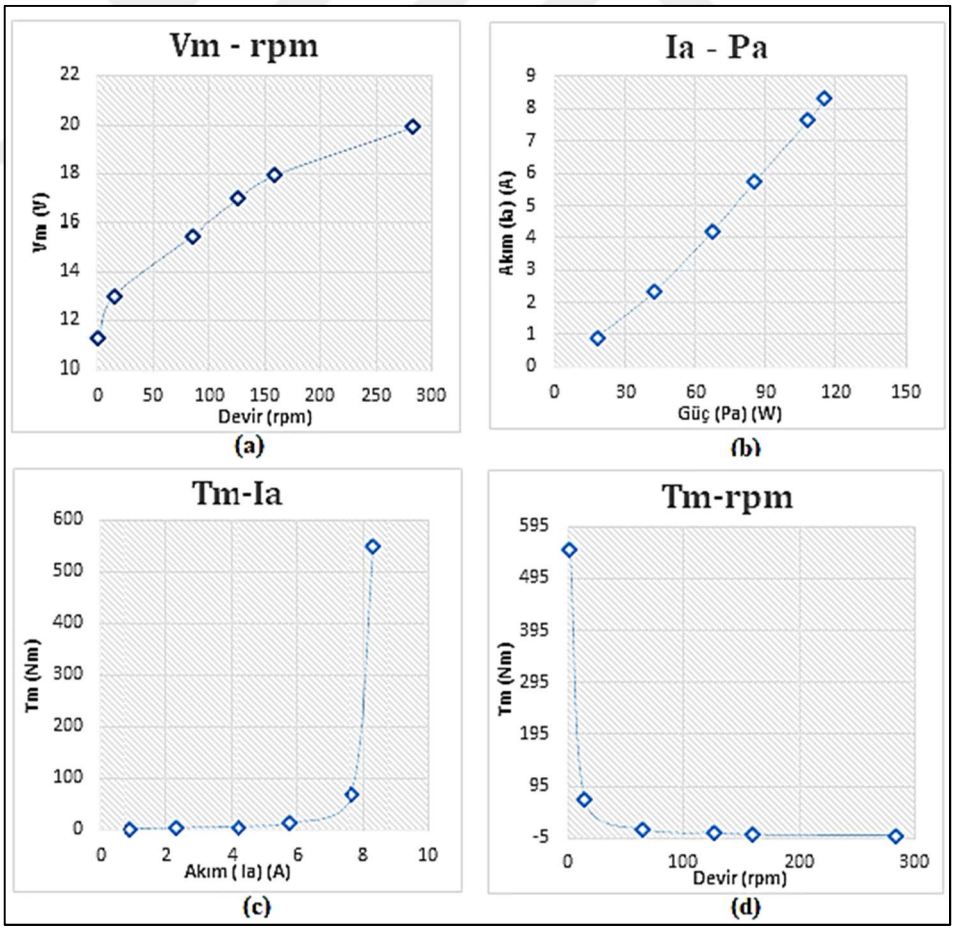


Şekil 3.12. Düşük seviyedeki PWM sinyalinin ters yöndeki osiloskop görüntüsü

Şekil 3.12'de Şekil 3.11'deki sinyal ile aynı genliğe sahip iken sinyalin yönü tersine dönmektedir. Yüksek ve orta seviyedeki Sinyaller ile karşılaştığında düşük seviyedeki PWM sinyalinde ton ve toff sürrelerin daha fazla değişkenlik gösterdiği görülmektedir.

3.10. Tasarımı Yapılan 4x4 Arazi Robotu ile Tasarımı Gerçekleştirilen Sürücünün Analizi

Tasarlanan arazi robotunun 4x4 olarak farklı arazi şartlarındaki durumlara nasıl cevap verdiği bu bölümde analiz edilmektedir. Yapılan uygulama ile motorlardan elde edilen grafikler Şekil 3.13'de görülmektedir. Şekil 3.13(a)'da gerilim-hız, Şekil 3.13(b)'de güç-akım, Şekil 3.13(c)'de tork-akım ve Şekil 3.13(d)'de ise tork-hız değişimleri görülmektedir. Şekil 3.4'deki sonuçlar ile Şekil 3.13'deki sonuçlar karşılaştırıldığında; robotun 4x4 çalışmasında daha fazla yükleme yapıldığı ve bu yükleme sonucunda 4x2 çalışmada çekilen akımın yaklaşık 3,7 katı akıma cevap verebildiği açıkça görülmektedir. Bu ise robotun zorlu arazi şartlarında da performanslı bir şekilde çalışabileceğini göstermektedir. Bu çalışmadaki analizler esnasında arazi robotunun yaklaşık 23 volt 9 ampere kadar olan farklı gerilim ve akım seviyelerinde yaklaşık 25 dakika sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edildi.



Şekil 3.13. Maksimum hızda çalışan robotun farklı yüklerdeki motor gerilim-rpm, güç-akım, tork-akım ve tork-rpm değişimleri

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tasarlanan robotun gerçek zamanlı performans analizi yapıldı. Bu analizler sonucunda; robotun taşlık, kumluk, çalılık, kayalık, toprak ve su vb. farklı arazi şartlarında rahatlıkla çalışabileceği tespit edildi. Tasarlanan arazi robotunun tam yükte, yaklaşık 23 volt 9 ampere kadar olan farklı gerilim ve akım seviyelerinde yaklaşık 25 dakika sorunsuz bir şekilde çalıştığı tespit edildi. Robotun çalıştığı yüzeye bağlı olarak anlık çekilen akım değişimleri meydana geleceği için çalışma süresi de değişkenlik gösterecektir. Robotun 4x2 ve 4x4 çalışma modu karşılaştırıldığında, 4x4 modunda bataryalardan talep edilen akım miktarı yaklaşık 4 kat arttığı tespit edilmiştir. Yapılan tasarımın bu taleplere cevap verebildiği görülmüştür. Ayrıca, tasarlanan android arayüz yazılımı ile robotun kontrol güvenliği başarılı bir şekilde sağlanmıştır.

Kontrol kartının farklı ihtiyaçlara cevap verebilmesi için opsiyonel IO'lar eklenmiştir. Bu IO'lar ile servo motor, sensörler vb. modüller kullanılabilir. Buna ek olarak, modüllerin bağlantıları yapılarak sistemin geliştirebilirliği açısından çeşitli avantajlar sağlayacaktır. Örneğin, savunma sanayi ve arama kurtarma gibi hayati önem taşıyan faaliyetlere robotun adaptasyonu sağlanabilir. Bununla birlikte, güvenlik ve maliyet açısından uygun bir tasarım olacağı için birçok kişi tarafından tercih edilebilir.

Bu tasarım kullanılarak eğitim öğretim faaliyetlerinde öğrencilerin kodlama ve tasarım geliştirme becerilerine katkı sağlanabilir. Haberleşme için Bluetooth modülü yerine GSM modülü tercih edilebilir. Böylece Kontrol kartına bağlanacak engel algılama sensörü, kamera yardımıyla birlikte yeni bir android arayüz veya bilgisayar işletim sistemi arayüzü aracılığıyla internet erişiminin olduğu yerlerden robotun kontrolü mümkün hale getirilebilir.

KAYNAKLAR

[1] Şişman B., Eğitim Teknolojileri Okumaları, Editör: İşman A., Odabaşı F., Akkoyunlu B., Eğitimde Robot Kullanımı, Pegem Yayıncılık, Ankara, 299-314, 2016.

[2] https://tr.wikipedia.org/wiki/Robot#cite_note-1 (Ziyaret tarihi: 02 Mayıs 2020).

[3] Çınar G., Alagöz U., Kızıldağ M., Arazi Tipi Mayın Tarama Robotu, Bitirme Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Trabzon, 2012.

[4] Akyıldız H. B., Fırçasız DA Motor Sürücü Tasarımı, Bitirme Tezi, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Niğde, 2017.

[5] Akkaya Oy S., Gürdal O., Aydın O., Küresel Motorun Mikrodenetleyici Kontrollü Sürücü Devresi ve Tasarımı, *Ordu Üniversitesi Bilgisayar Teknolojileri Dergisi*, 2016, **6**(2), 108-116.

[6] Bayer G., Koku A. B., Konuk İ., Araştırma Amaçlı Modüler Bir Hareketli Robot Platformu Tasarımı, *Tasarım İmalat Analiz Kongresi*, Balıkesir, Türkiye, 26-28 Nisan 2006.

[7] Yiğiter E., Mobil Keşif Robotu Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010, 268344.

[8] Park K., Chung H., Lee j. G., Linear Quadratic Control of Mobile Robots with Heading Angle Constraint, *IFAC Proceedings Volumes*, 2001, **34**(19), 399-403.

[9] David V., Jiri K., General-Purpose Mobile Robotic Platform with Hybrid Power Modüle for Educational Purpose*, 9th IFAC Workshop on Programmable Devices and Embedded Systems Roznov Pod Radhostem*, Czech Republic, 10-12 February 2009.

[10] Schilling K., Jungius C., Mobile Robots for Planetary Exploration, *Control Engineering Practice*, 1996, **4**(4), 513-524.

[11] Barraquand J., Latombe J. C., Robot Motion Planning: Distributed Representation Approch, *The International Journal of Robotics Research*, 1991, **10**(6), 628-649.

[12] Kıvrak S., Karaca A., Çok Amaçlı Motor Sürücü Kartı, *Bartın Üniversitesi II. AR-Ge Proje Pazarı*, Bartın, Türkiye, 10-11 Mayıs 2018.

[13] Yan W., Wang D., Jia P., Li W., The PWM Speed Regulation of DC Motor Based on Intelligent Control, *Systems Engineering Procedia*, 2012, **3**, 259-367.

[14] Petru L., Mazen G., PWM Control of a DC Motor Used to Drive a Conveyor Belt, *Procedia Engineering*, 2015, **100**, 299-304.

[15] Yıldız A. B., Large –Signal Analysis of Dc Motor Drive System Using State-Space Averaging Technique, *Energy Conversion and Management*, 2008, **49**(11), 3069-3074.

[16] Frangos C., Yavin Y., Control of the Motion of a Small-Scale Car with four Steerable Wheels, Computer & Mathematics with Application, 2004, 48(3-4), 437-453.

[17] Özyaman M., Sungur G.., Bilgisayar Arayüz Üzerinden Kablosuz Ağ ile Haberleşebilen Kameralı Araç, Bitirme Tezi, Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sakarya, 2017.

[18] Khaled N., Rached D., Naceur B. B., Adaptive Control of a Nonlineer DC Motor Drive Using Reccurent Neural Networks, Applied Soft Computing, 2008, 8(1), 371-382.

[19] Kumar N. S., Sadasivam V., Sukriya H. M. A., Balakrishnan S., Desing of Low Cost Universal Artificial Neuron Controller for Chopper Fed Embedded Dc Driver, Applied Soft Computing, 2008, 8(4), 1637-1642.

[20] Çavuşoğlu İ., Kırmızı F., Seri Port ile haberleşebilen Uzaktan Kumandalı Kameralı Araç, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 2007.

[21] Sır M. A., Umar M., RF Üzerinden Bilgisayar Kontrollü Forklift Robot, EMO Proje Yarışma Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İstanbul, 2007.

[22] Bilici M., DC Motor Tahrikli 3 Eksenli Bir Hareket Sistemi Kontrol Yazılımı, Bitirme Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Niğde, 2018.

[23] Laugier C., Sekhavat S., Large F., Hermosillo J., Shiller Z., Some Steps Towards Autonomous Cars, *4th IFAC Symposium on Intelligent Autonomous Vehicles (IAV 2001)*, 2001, **34**(19), 9-17.

[24] http://yapbenzet.kocaeli.edu.tr/robot-nedir (Ziyaret tarihi: 06 Nisan 2020).

[25] http://bilgisayarbutunlesikuretim.blogspot.com/2013/05/robotlar-1.html (Ziyaret tarihi: 06 Nisan 2020).

[26] Spong M. W., Vidyasagar M., Robot Dynamics and Control, 1st Ed., John Wiley & Sons Inc., New York, 1989.

[27] https://www.moment-expo.com/tr/dergiler/23/nostalji/moden-gunumuze-robot-tarihi (Ziyaret tarihi: 07 Nisan 2020).

[28] https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/pwm-(sinyal-genislik-modulasyonu)-teknigi-nedir/11717#ad-image-0 (Ziyaret tarihi: 07 Mayıs 2020).

[29] http://domiweblog.com/index.php?page=arduino_kartlari_karsilastirma_tablosu (Ziyaret tarihi: 10 Mayıs 2020).

[30] www.theengineeringprojects.com/2018/06/introduction-to-arduino-nano.html (Ziyaret tarihi:17 Mayıs 2020).

[31] https://www.mcufreak.com/mosfet-nedir-ne-ise-yarar/ (Ziyaret tarihi: 20 Mayıs 2020).

[32] www.elektrikrehberiniz.com/elektronik/mosfet-nedir-2-13809/ (Ziyaret tarihi: 23 Mayıs 2020).

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **Uzun A.**, Karakaya A., Terrain Robot Design and Real-Time Control with Android Software, *International Aegean Symposium*, Izmir, Turkey, 15-16 February 2020.

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Manisa'da doğdu. İlkokul eğitimini köyde tamamladı. Ortaokul eğitimini manisa kemal pınar ortaokulunda tamamlayarak 2000 yılında manisa endüstri meslek lisesinden lise eğitimine başladı. 2004 yılında lise eğitimi tamamlayarak Celal bayar üniversitesi önlisans eğitimine başladı ve 2006 yılında buradan mezun oldu. 2009 yılında kocaeli üniversitesi teknik eğitim fakültesi elektrik öğretmenliğine alanında eğitime başladı ve 2014 yılında mezun oldu. Mezuniyetten 1 yıl gibi sürenin ardında mostem lisesinde elektrik öğretmenliği görevine başladı. Aynı yıl kocaeli üniversitesi fen bilimleri entitüsü enerji sistemleri mühendisliği yüksek lisans programına dahil oldu.