

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER ÜNİVERSİTESİ
TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

UZAKTAN KUMANDALI SAVAŞ ROBOTU

Bitirme Çalışması

G150918055 Fatih YILDIRIM

Danışmanı

:



Ocak 2020

T.C.
SAKARYA UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ TEKNOLOJİ FAKÜLTESİ
MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

UZAKTAN KUMANDALI SAVAŞ ROBOTU

Bitirme Çalışması Raporu

G150918055 Fatih YILDIRIM

Danışmanı : 

Bu rapor 13.01.2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.



Danışman

Arş. Gör.



Üye

Arş. Gör.



Üye

BEYAN

Rapor içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımızdan elde edildiği, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallarına uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, raporda yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir çalışmada kullanılmadığını beyan ederim.

Fatih YILDIRIM
13.01.2020

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Sayın Hocam Prof. [REDACTED]'e teşekkürlerimi sunarım.

Atölye olanakları konusunda anlayış ve yardımlarını esirgemeyen, Enka şuur ve kültürünü bana aşıl原因, Enka'nın bir ferdi olmamı sağlayan, mezun olduğum Özel Enka A.T.L müdürü Sayın Hüseyin KAYAN'A teşekkür ederim.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde, dönem boyunca, değerli bilgilerini şahsımla paylaşan, kullandığı her kelimenin hayatıma kattığı önemini asla unutmayacağım Özel Enka A.T.L Müdür Yardımcısı Emrah ÇETİN'e ve projemin her aşamasında bana hiçbir yardımdan çekinmeyen değerli arkadaşım Enes GİDER'e teşekkür ederim.

Vatana ve millete hayırlı bir evlat olabilmem için beni yetiştiren aileme teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLolar LİSTESİ	x
ÖZET	xi
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
1.1. Amaç.....	1
BÖLÜM 2.	
İHTİYAÇLARIN BELİRLENMESİ.....	2
BÖLÜM 3.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
BÖLÜM 4.	
SİSTEM ANALİZİ	7
4.1. Robot Kontrol Kartı	7
4.1.1. Kontrol kartı için mikrokontrolcü seçimi.....	8
4.1.1.1 PIC mikrokontrolcüler	8
4.1.1.2 ST mikrokontrolcüler.....	9
4.1.1.3 Atmega mikrokontrolcüler.....	10
4.1.2 Hazır kontrol kartları	12
4.1.2.1 RedNova robot kontrol kartı.....	12
4.1.2.2 XMotion Mega robot kontrol kartı	13
4.1.2.3 Arduino Mega	14
4.1.2.4 NanoZade robot kontrol kartı	15
4.1.3 Kontrol kartı için sonuç	16
4.2 Motor Seçimi	
4.2.1 Fırçalı motorlar	16
4.2.2 Fırçasız(BLDC) motorlar.....	18
4.2.3 Servo motorlar	19
4.2.4 Step motorlar.....	20
4.2.5 Motor seçim	21
4.3 Batarya.....	22
4.3.1 Li – PO batarya	22
4.3.2 Li – Ion batarya.....	23
4.3.3 Ni – Mh batarya	24
4.3.4 Ni – Cd batarya	25
4.3.5 Batarya seçimi.....	26
4.4 Ön Silah Sürücü Kartı.....	26
4.4.1 RoboPOWER motor sürücü kartı	27

4.4.2 Cytron SmartDriveDuo 60 Amper	28
4.4.3 RoboClaw Motor Kontrol Kartı V6 2*60A	29
4.4.4 Motor Sürücü Seçimi	30
4.5 Kumanda Sistemi	30
4.5.1 Wi-Fi modülleri ile haberleşme	31
4.5.2 Bluetooth modülleri ile haberleşme	32
4.5.3 Kızılötesi ışınlar ile haberleşme	33
4.5.4 RF sinyalleri kullanılarak haberleşme	34
BÖLÜM 5. FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI	36
BÖLÜM 6. AYRINTILI TASARIM	38
6.1 Kontrol Kartı	38
6.1.1 Kontrol kartının şematığının çizilmesi	38
6.1.1.1 Regüle bölümü	39
6.1.1.2 Mikrokontrolcü bölümü	41
6.1.1.3 Programlama ve I/O bölümü	42
6.1.1.4 Buton bölümü	44
6.1.2 Kontrol kartı PCB çizimi	45
6.1.3 Kontrol kartı giriş çıkış listesi	46
6.1.4 Kontrol kartı PWM frekansları	48
6.2 Ön Silah Sürücü Kartı	49
6.2.1 Ön silah sürücü kartı şematik tasarımı	49
6.2.2 Ön silah motor sürücü kartı PCB çizimi	51
6.2.3 IRFP2907PbF datasheet incelemesi	52
6.2.3.1 Drain-Source gerilimi	55
6.2.3.2 Gate-Source gerilimi	55
6.2.3.3 Drain'den akabilecek sürekli akım	55
6.2.3.4 Anlık Drain'den akıtılabilecek akım	56
6.2.3.5 Linner derating faktörü	56
6.2.3.6 Single pulse avalanche energy	56
6.2.3.7 Maximum power dissipation	56
6.2.3.8 Çalışma ve saklama junction sıcaklıkları	56
6.2.3.9 Maksimum Junction'dan ortama olan termal Direnç .	57
6.2.3.10 Kılıftan soğutucuya olan ısı direnç	57
6.2.3.11 Maksimum junction'dan kılıfa olan ısı direnç	57
6.2.3.12 Drain-Source kırılma gerilimi	58
6.2.3.13 Drain-Source sıcaklık katsayısı	58
6.2.3.14 Gate-Source sızıntı akımı	58
6.2.3.15 Sıfır gate geriliminde drain sızıntı akımı	58
6.2.3.16 Drain-Source iletim direnci	59
6.2.3.17 Mosfetin içsel kapasiteleri	59
6.2.3.17 Gate kapasitesi şarj değeri	60
6.2.3.18 Mosfet sıcaklık ve $R_{DS(ON)}$ karakteristiği	60
6.2.3.19 Güvenli çalışma bölgesi (Safe Operating Area)	61

6.2.3.20 Kılıf sıcaklığına göre I_D kıyaslaması	61
6.2.4 Mosfet termal analizi	62
6.2.5 Soğutucu seçimi	65
6.2.5.1 Soğutucu termal direnç bulunması	66
6.2.5.2 Soğutucuya bağlanan fan etkisi	67
6.2.6 Soğutucunun termal direncinin kılıf sıcaklığına olan etkisi	69
6.3 H-Bridge Motor Sürücü Kartı	70
6.3.1 H-Bridge motor sürücü kartı şematik tasarım.....	70
6.3.1.1 Mosfet sürücü bölümü IR2104	71
6.3.1.1 H-Bridge bölümü	72
6.3.2 H-Bridge motor sürücü kartı PCB tasarım	73
6.4 Batarya.....	75
6.5 Mekanik Tasarım.....	79
6.5.1 Ön silah dayanım analizi.....	84
6.5.2 Ön silah tork hesaplaması	84
6.5.3 Ön bıçak dayanım analizi	86
6.6 Planma ve Maliyet	87
6.6.1 Ön silah sürücü kartı maliyet	88
6.6.2 Kontrol kartı maliyet.....	88
6.6.3 Arka motor sürücü maliyet	89
6.6.4 Mekanik ve Li-Po maliyet	90
6.6.5 Toplam maliyet	90
BÖLÜM 7.	
SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ	91
7.1 Kontrol Kartının Devreye Alınması.....	91
7.1.1 Atmega328P-AU bootloader yakılması	93
7.1.2 Kontrol kartına program atılması.....	93
7.2 Ön Silah Sürücü Kartının Devreye Alınması.....	95
7.3 Arka Motor Sürücü Kartı	97
7.4 Mekanik.....	99
7.5 Robotun Çalıştırılması	103
KAYNAKLAR.....	109
ÖZGEÇMİŞ.....	109

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

IR	: Kızılötesi Sinyal
RF	: Radyo Frekans
BLDC	:Fırçasız DC motor
DC	:Doğru Akım
RX	:Alıcı
TX	:Veri
PID	:Oransal-İntegral-Türevsel Denetleyici
I/O	:Giriş/Çıkış
RISC	:Komut Kümesi Asgari olan Bilgisayar
RAM	: Rasgele Erişimli Bellek

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2. 1. Bit Force İsimli Savaş Robotu	2
Şekil 4. 1. Robot Kontrol Kartı	8
Şekil 4. 2. PIC Mikrokontrolcü Kullanılmış Bir Kontrol Kartı	9
Şekil 4. 3. STM32 Nucleo Kit.....	10
Şekil 4. 4. Atmega2560 Mikrokontrolcü.....	11
Şekil 4. 5. RedNova Robot Kontrol Kartı	12
Şekil 4. 6. Robot Kontrol Kartı	13
Şekil 4. 7. Arduino Mega Kartı	14
Şekil 4. 8. NanoZade Robot Kontrol Kartı	15
Şekil 4. 9. Fırçalı Motor Manyetik Alan Gösterimi	17
Şekil 4. 10. Redüktörlü Motor	18
Şekil 4. 12. BLDC Motor	19
Şekil 4. 13. 180 Derece Servo Motor	20
Şekil 4. 14. Step Motor	21
Şekil 4. 15. Li-Po Batarya	23
Şekil 4. 16. Li- Ion Batarya	24
Şekil 4. 17. Ni-Mh Batarya	25
Şekil 4. 18. Ni-Cd Batarya	26
Şekil 4. 19. RoboPower Motor Sürücü Kartı	28
Şekil 4. 20. Cytron SmartDriver Sürücü Kartı	28
Şekil 4. 21. RoboClaw Motor Sürücü Kartı	29
Şekil 4. 22. Kumanda Kontrol Ünitesi	31
Şekil 4. 23. Wi-Fi Modül	32
Şekil 4. 24. Bluetooth Modül	32
Şekil 4. 25. Kızılötesi Alıcı/Verici	33
Şekil 4. 26. R/C Kumanda 24 GHz	34

Şekil 6. 1. Kontrol Kartı Şematik.....	39
Şekil 6. 2. Kontrol Kartı Regüle Bölümü.....	40
Şekil 6. 3. LM2576-5.0 Datasheet Bilgileri	40
Şekil 6. 4. Kontrol Kartı Kapasitör Bölümü	41
Şekil 6. 5. Mikrokontrolcü ve Kristal Bölümü.....	42
Şekil 6. 6. USB-TTL Dönüştürücü	43
Şekil 6. 7. Kanal soketleri ve Led Bölümü Şematik	43
Şekil 6. 8. BDX53 ve Seçimli Led Bölümü	44
Şekil 6. 9. Buton Bölümü.....	44
Şekil 6. 10. Kontrol Kartı PCB Bölümü	45
Şekil 6. 11. Kontrol Kartı 3 Boyutlu Renderlanmış Görüntüsü.....	46
Şekil 6. 12. Kontrol Kartına Program Atma	46
Şekil 6. 13. Ön Silahı Sürücü Şematik.....	49
Şekil 6. 14. CIM Motor Parametre Grafiği	50
Şekil 6. 15. Motor Sürücü Bölümü	50
Şekil 6. 16. Ön Silah Sürücü PCB Çizim Kısmı	51
Şekil 6. 17. Mosfet Sürücü 3D	52
Şekil 6. 18. N-Channel Mosfet Kutupsal Gösterim	53
Şekil 6. 19. IRFP2907Pbf Datasheet.....	53
Şekil 6. 20. IRFP2907Pbf Datasheet.....	54
Şekil 6. 21. IRFP2907Pbf Datasheet.....	54
Şekil 6. 22. Mosfet Termal Direnç Modellemesi.....	57
Şekil 6. 23. C_{GS} , C_{DG} ve C_{DS} gösterimi	59
Şekil 6. 24. IRFP2907PbF $R_{DS(ON)}$ - T_J Grafiği	60
Şekil 6. 25. V_{DS} - I_D Grafiği	61
Şekil 6. 26. I_D - T_C	62
Şekil 6. 27. Termal Dirençlerin Şematik Gösterimi.....	64
Şekil 6. 28. Yarı iletkenden ortama olan ısı akışı	65
Şekil 6. 29. TO-247 Soğutucu.....	66
Şekil 6. 30. Malzemeler Endüklenen Isı Gösterimi	67
Şekil 6. 31. H-Bridge Motor Sürücü Şematik.....	70

Şekil 6. 32. IR2104 Bölümü.....	71
Şekil 6. 33. IR2104 Çıkış Algoritması	72
Şekil 6. 34. H Köprüsü Şematik.....	73
Şekil 6. 35. H-Bridge Motor Sürücü Kartı PCB Top Copper	74
Şekil 6. 36. H-Bridge Motor Sürücü Kartı PCB Bottom Copper	74
Şekil 6. 37. H-Bridge Motor Sürücü Kartı Renderlanmış Görüntü-1	75
Şekil 6. 38. H-Bridge Motor Sürücü Kartı Renderlanmış Görüntü-2	75
Şekil 6. 39. Kullanılacak olan Li-Po Pil.....	78
Şekil 6. 40. Alüminyum Destek	79
Şekil 6. 41. CIM Motor 3D Çizim	79
Şekil 6. 42. CIM Motor 2 Görünüş	80
Şekil 6. 43. Ön Bıçak Çizim	80
Şekil 6. 44. Robot Tekerlek Teknik Resim	81
Şekil 6. 45. Motor Tutucu	81
Şekil 6. 46. Savaş Robotu Yandan Görünüş	82
Şekil 6. 47. Savaş Robotu Üst Kapak	82
Şekil 6. 48. Arka Motor Dişli.....	83
Şekil 6. 49. Montajlı Hal 3 Görünüş	83
Şekil 6. 50. Robot 3 Boyutlu Görünüş	84
Şekil 6. 51. Ön Bıçak uzunluk	85
Şekil 6. 52. 300 N Dayanım Testi	86
Şekil 6. 53. 300 N Dayanım Testi - 1.....	86
Şekil 6. 54. 300 N Dayanım Testi – 2.....	87
Şekil 7. 1. Kontrol Kartı.....	91
Şekil 7. 2. Kontrol Kartının Lehimlenmiş Hali.....	92
Şekil 7. 3. ESD Cımbız	92
Şekil 7. 4. Bootloader Yakılması Devre Şeması Arduino Uno İçin	93
Şekil 7. 5. CH340 Driver	94
Şekil 7. 6. Arduino IDE	94
Şekil 7. 7. İşlemci Seçimi.....	95
Şekil 7. 8. 400 Amper Sürücü Kartı.....	95
Şekil 7. 9. 400 Amper Mosfet Sürücü Kartı.....	96

Şekil 7. 10. 400 Amper Motor Sürücü Kart.....	96
Şekil 7. 11. Ön Bıçak Sürücü Revize Edilmiş Hali	97
Şekil 7. 12. Arka Motor Sürücü PCB.....	97
Şekil 7. 13. Arka Motor Sürücü PCB-2	98
Şekil 7. 14. Arka Motor Sürücü	98
Şekil 7. 15. İlk Deneme.....	99
Şekil 7. 16. Arka Motorlar Montajlanması	99
Şekil 7. 17. Motor Sürücünün Montajlanması	100
Şekil 7. 18. Çalışma Ortamı	100
Şekil 7. 19. Kontrol Kartı ve Sürücü İlk Test	104
Şekil 7. 20. Elektronik Kartların yerleştirilmesi	105
Şekil 7. 21. Kartların Bağlantısının Yapılmış Hali	106
Şekil 7. 22. Uzaktan Kumandaki Robotun Son Hali.....	108

TABLolar LİSTESİ

Tablo 6 . 1. Kontrol Kartı Giriş/ Çıkış Listesi.....	47
Tablo 6 . 2 PWM Frekans Tablosu	48
Tablo 6. 3. IRFP2907PbF Termal Karakteristik	64
Tablo 6 . 4. Malzemelerin Termal İletkenliği	68
Tablo 6 . 5. Termal Direncin Kılıf Sıcaklığına Etkisi	69
Tablo 6 . 6. Derece ve Termal Direnç Grafik	69
Tablo 6 . 7. Li-Po Pil Hücre Voltaj Parametleri.....	76
Tablo 6 . 8. Planma Tablosu	87
Tablo 6 . 9. Ön Silah Maliyet.....	88
Tablo 6 . 10. Kontrol Kartı Maliyet	88
Tablo 6 . 11.Arka Motor Sürücü Maliyet.....	89
Tablo 6 . 12. Batarya ve Mekanik Maliyet	90
Tablo 6 . 13. Toplam Maliyet Tablosu.....	90
Tablo 7. 1. Kontrol Kartı 340 Bağlantı	94

ÖZET

Anahtar Kelimeler: Motor sürücü, uzaktan kontrol, mikrokontrolcü, kart tasarımı

Robotik, robotların çalışma ve kullanımını ifade eden bir terimdir. Rus asıllı Amerikalı bilim adamı ve yazar Isaac Asimov, 1940'lı yılların başlarında robot kelimesinden, robot teknolojisiyle ilgili bütün alanları kapsayan “robotik” kelimesini türeterek ilk kez kullanmıştır. Robotik; elektronik, mühendislik, mekanik gibi alanlar başta olmak üzere birçok alanda, robot tasarlanması ile uğraşan bir teknoloji dalıdır. Birtakım işlevlerde insanın yerini alabilecek düzeneklerin hazırlanmasıyla ilgili çalışma ve tekniklerin bütünü olarak da tanımlanmaktadır. Robotik, günümüzde bilim ve mühendislik eğitim sürecinin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Ancak bugüne kadar robotik eğitimi alanında yapılanların hepsi yeni ve yetersizdir. Bu konudaki bilgi birikimi, ortak projeler ve teknoloji transferleriyle farklı eğitim kademelerinde uygulanabilir programlar haline getirilebilir. Robotik eğitimi alanında yapılan projelerde amaç; eğitimcilerle bilim ve teknoloji ile bütünleştirilmiş bir robotik öğretim programı sunmak ve robotik ile gelişmiş teknoloji uygulamalarını eğitimde gerçekleştirerek öğrenmenin daha anlamlı ve kalıcı olmasını sağlamaktır. Eğitimde robotların kullanımı düşünüldüğünde, çalışma bir ekip projesi olarak yapılacaksa, robot, yapıcı ve yaratıcı düşünce açısından önem kazanır. Belirli bir süreye uygun olarak söz konusu problemlere yaratıcı çözümler üreterek amaca uygun bir robotik ürün elde etmeleri beklenir. Robotiğin eğitimde kullanımı genel olarak şunları sağlar. Savaş robotlarında kullanılan güç elektroniği, kablosuz veri aktarımı, robotik programlama ve mekanik dayanım gibi birçok kazanımlarının, tek bir payda da birleştiği bir projedir.

ABSTRACT

Keywords: Motor Drive, Remote Control, Microcontroller, Card Design

Robotics is a term that refers to the work and display of robots. Isaac Asimov, an American scientist and writer of Russian origin, first used the word robot robotics 40 in the early 1940s to derive the word robot robotics rob in all areas of robot technology. Robotics; is a branch of technology that deals with robot design, mainly for fields such as electronics, engineering and mechanics. It is also defined as the whole of the work and techniques related to the functioning of mechanisms that can replace human beings in certain functions. Robotics has become an indispensable part of the processes in science and engineering education nowadays. However, all those who have been trained in robotics to date are new and inadequate. Knowledge can be transformed into information programs at different levels of education through joint projects and technology transfer. The aim of the projects for robotics education is; provide educators with a robotics curriculum integrated with science and technology; and training advanced technology applications with robotics. When the use of robots in education is considered, the robot-student relationship gains importance of constructive and creative thinking. They are expected to obtain a robotic product. Robot competitions can also be quite attractive for student teams. The use of robotics in education allows to use in general. It is a project where many gains such as power electronics, wireless data transfer, robotics programming and mechanical strength used in combat robots are combined in a single denominator.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

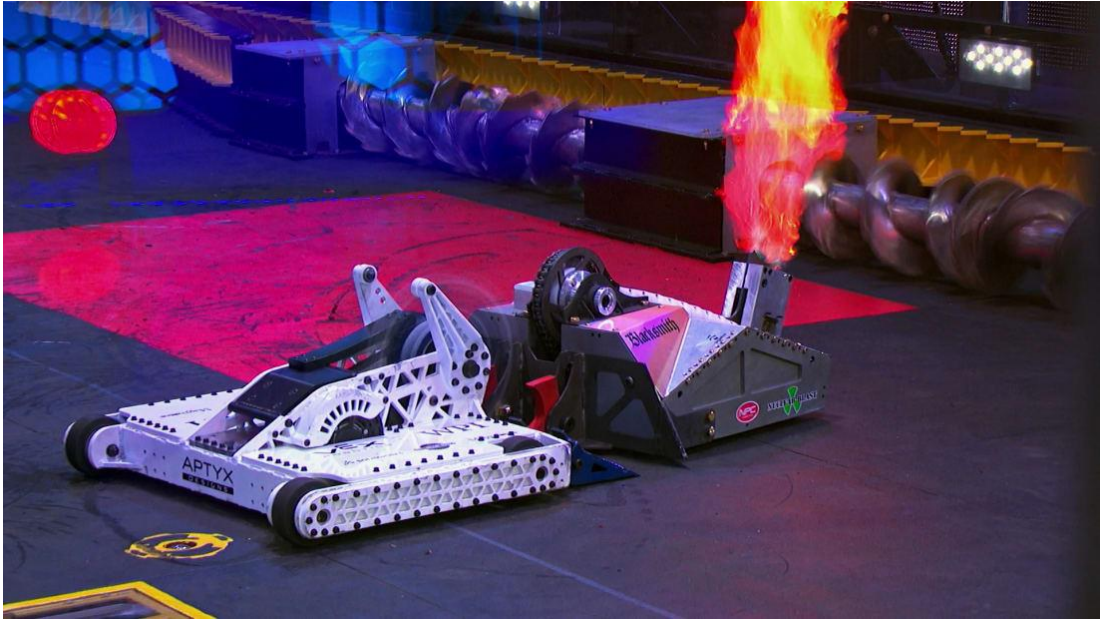
Makinelerin hayatımıza girmeleri ve artan fonksiyonları uzun zamana yayılmış olup, bugün bunun en ileri aşaması olan teknolojiye dördüncü evre yaşanmaktadır. Evreler, “buhar gücüyle çalışan makineler, 18. yüzyıl”, “elektriğin üretimde kullanımı ve seri üretim, 20. yüzyılın başı”, “elektronik ve otomasyon, 1970 ve sonrası” ve 21. yüzyılın ikinci 10 yılına damgasını vuran “nesnelerin interneti ve dijital teknolojiler” şeklinde sıralanır. Bu son evre “Dördüncü Sanayi ve Endüstri Devrimi” olarak da anılır ve ana unsurları “akıllı robotlar”, “büyük veri”, “nesnelerin internet ile birbirlerine bağlanması”, “3D baskı” ve “bulut” gibi süreçlerdir. Robot makineler fiziksel görevleri çok rahat yapamazlar, soyut ve entelektüel görevlerde ise çok başarılıdırlar. İlkine dolu bardak tutuşu ve yönetimi, ikincisine karmaşık çok faktörlü hesaplama beceri ve hızı örnek verilebilir. An itibariyle, şaşırtan gelişmelerin bizi nereye götüreceği bilinmemektedir [1].

1.1. Amaç

1994 yılında başlayan Robot Savaşları yarışması yıllar geçtikçe popüler bir hal almaya başlayıp, son dönemlerde de en büyük reyting oranlarına sahip şov programları haline geldi. Amerika'da da Battlebots adlı programla büyük beğeni toplayıp ABC kanalında yayınlanmaya başladı. İngiltere ve Amerika dışında da tüm dünya genelindeki büyük ülkelerde gerçekleşen robot savaşları organizasyonları birden fazla robotun bir arena içerisinde birbirlerini etkisiz hale getirip (parçalamak, kırmak, yakmak, fırlatmak) yarışma dışı bırakmayı temel amaç edinmektedir. Ülkemizde de yapılmakta olan robot savaşları yarışmaları daha çok ufak boyutlarda olup, gelişmeye açık şekilde devam etmektedir.

BÖLÜM 2. İHTİYAÇLARIN BELİRLENMESİ

BattleBots robotlarda boyut sıralaması yoktur. Ağırlık sınırlaması ise 35 kilogramdır, %1 tolerans ile bu ağırlık toplam 35,350 kilograma çıkmaktadır. BattleBots robotlarının rakip robottan aldığı darbelerle karşı dayanıklı olmalıdır. Bunun için robotun içinde bulunan kontrol ve sürücü kartlarının, aldıkları darbelerden oluşan titreşim nedeniyle kablolarla gevşemeye mahal vermemesi gerekmektedir. BattleBots robotlar otonom çalışmamaktadır. Kablosuz veri iletim yöntemleriyle robotu kullanıcı kontrol etmektedir. Kablosuz haberleşme yöntemleri; Wi-Fi, Bluetooth, IR, RF sinyalleriyle sağlanmaktadır. Genellikle yarışmacılar RF kumandalar kullanılmaktadır. BattleBots yarışmalarında yarışan robotları saldırı usullere göre kategorize eder isek;



Şekil 2. 1. Bit Force İsimli Savaş Robotu

- 1- Karşıdaki robotu mekaniğine darbeler ile zarar vererek etkisiz hale getirmek.
- 2- Karşıdaki robotu takla attırarak motorları ile yer temasını kesmek suretiyle yarışmayı kazanmak.

3- Hızlı motorlar ile karşıdaki robota sürekli robot gövdesiyle darbe vurmak. Bu tür robotlar genel olarak silah mekanizması kullanılmaz.

BattleBots robot yarışmalarında, yarışma süresi 5 dakikadır, aslında bu süre kısa gibi dursa da, sürekli sağlanması gereken enerji yarışmanın seyrini değiştirecek bir husustur. Yarışma süresi boyunca 35 kilogram ağırlığındaki robot hem arenada rakibin üstüne gidecek hem de karşıdaki robotu saf dışı bırakmak için gerek elektronik aksama gerek ise mekanik aksama zarar vermelidir.

BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Karthikeyan ve Dhana Sekaran yaptıkları çalışmayla farklı bir BLDC motor kontrol stratejisi geliştirmişlerdir. Bu kontrol biçiminin diğer kontrol biçimlerine göre bazı avantajları olduğunu görmüşlerdir. Bunlar, daha basit bir kontrol biçimi, faz akımlarını dengede tutabilme, bir DC bileşen vasıtasıyla akımın kontrol edilmesi ve bundan dolayı akımlardan ziyade fazın elimine edilmesidir. Onlara göre, bu yöntemle elde edilen karakteristikler, güç transistörleriyle bir akım kontrol stratejisi olarak bir üçgensel taşıyıcının kullanılmasına olanak sağlarlar ki bu da, diğer biçimlere göre daha basit ve daha fazla yanlızsız bir sonuç sağlar. Bu kontrol biçimi diğer bilindik kontrol biçimleriyle mukayese edildiğinde, daha mükemmel modülasyon karakteristiklerine sahiptir [2]. Wu ve Tian yaptıkları çalışmada, sürekli mıknatıslı BLDC motorların çalışma prensibi ve Microchip Technology Inc.'ın geliştirdiği dsPIC30F4012 ile BLDC motorların dijital sinyal kontrolü tanıtıldıktan sonra, fanlar ve pompaların yük gereksinimlerine göre BLDC motorların dsPIC30F4012 kontrol çipi ile kontrol çözümleri önerilmiş; donanım devresi dizayn edilerek bu donanıma kaynak oluşturan yazılım programının bir bölümü verilmiştir. Oluşturulan devre donanımıyla ve kontrol programının yazılımıyla sistem hatalarından arındırılmış ve geliştirilmiştir. Sonuçta, geliştirilen sistem mükemmel bir kontrol performansı, güvenilirlik ve tüm üretim dizayn gereksinimlerinin üstesinden gelmiştir [3]. Wang yaptığı çalışma ile, yüksek güçlü BLDC motorun kapalı çevrim kontrol sistemini dizayn etmişse de; daha ziyade IR2130 sürücü devresi, H köprüsü sürücü devresi, motor için dönüş yönetimi kontrolü ve hız algılama devresi dizaynını hedef seçmiştir. Bu amaçla, motor ayar parametreleri boyunca performansının iyileştirilmesi için güncel uygulama gereksinimleri, güvenilirlik ve kararlılık ilkeleri göz önünde tutularak çekirdek kontrol algoritması olarak PID (oransal-integral ve türev kontrol) kontrolü kullanılmıştır. Bu kontrol iyi bir performans sergilemiştir. Deneylerle görülmüştür ki, hem donanım hem de yazılım kontrol algoritması güvenilir ve kararlıdır. Sistemin çalışma performansının motor hem

yüklü, hem de yüksüz iken çok iyi olduğu tespit edilmiştir. Wang'a göre, BLDC motor için hız kontrolü çok önemlidir. Her çeşit kontrol gereksinimlerini karşılamak, BLDC'nin sayısal ve etkin bir kontrolünü gerçekleştirmek için en yaygın kontrol biçimleri: PID kontrolü, bulanık mantık kontrolü ve birleşik kontrol biçimleri olarak bulanık-sinir ağı, bulanık-genetik algoritma v.b. biçimleri kapsar. Bunlardan PID kontrolü günümüzde geniş uygulama alanlarında kullanılmaktadır [4].

Janpan, Chaisricharoen ve Boonyanant yaptıkları çalışmada, doğal mıknatıslı BLDC motorların çalışması esnasında bir taraftan da elektrik enerjisi üretimi yapabileceklerini düşünmüşlerdir. Bu amaçla üç stator sargısına sahip BLDC motorun her kontrol adımında iki sargısı kullanılarak manyetik alan dönüşü elde edilmiş; serbest olan diğer sargıda endüklenen bir zıt-emk ile ise elektrik enerjisi elde edilmiştir. Deney sonuçlarından da görülmüştür ki, BLDC motorun kombine biçimdeki kontrolü ile, motor yüksüz iken elde edilen çıkış voltajı, giriş voltajının %75'i civarında olmuştur (12 V girişten, yaklaşık 9 V çıkış elde edilmesi) ve bu çalışmalar daha da sürmektedir [5].

Karakulak, Yaz ve diğerleri, yaptıkları çalışmada bir BLDC motoru PIC16F877 mikroişlemcisi ile sürülmesi tasarımı yapmışlar ve sonuç pratikte başarıyla gerçekleşmiştir. Basit yapısı ve düşük maliyetine göre sistemin kararlı bir şekilde çalıştığı görülmüştür. Tasarlanan devre, BLDC motorun moment kontrolü yapmadan sadece faz gerilim bilgisinden geri besleme olarak kontrolünü sağlamaktadır. Sabit yüklü ve sabit hızlı BLDC motor uygulamalarında kolaylıkla kullanılabilir yapıdadır. Sistem ilave bir sensör yardımıyla, motor akım kontrolü dolayısıyla moment kontrolü de yapabilecek niteliktedir. Yapılan deneyler sonucunda tasarlanan sürücünün, hem kullanılan malzemelerin ucuzluğu ve tedarik kolaylığı, hem de sistemin kararlılığı nedeniyle pratik uygulamalarda güvenli bir şekilde kullanılabilirliği görülmüştür [6].

Chowdhury, Chattopadhyay ve Roy, bilindik olan 6 anahtarlama komütasyon devresi yerine, 4 anahtarlama yeni bir komütasyon yaklaşımıyla doğal mıknatıslı BLDC motorların sensörsüz olarak sürülmesi amacının üstesinden gelmişlerdir. Onlara göre, bu teknik, rotor pozisyonu algılamak için kullanılan ve hantal olan

sensörlü BLDC motor sürme tekniklerinden (alan etkili sensörler kullanılarak) her zaman avantajlıdır. Sensörsüz performans hem karmaşık donanımı, hem de ilgili devrenin güç tüketimini azaltır. Bu çalışmalarında, MATLAB/SIMULINK platformunu kullanmışlar; önce 4 anahtarlmalı 3 fazlı BLDC motor sürücüsü tanıtılmış; daha sonra simülasyon çalışmasıyla zıt EMK algılama tekniği kullanılarak rotor pozisyonu için kestirimde bulunmuşlardır. Bu çalışmada, BLDC motorun sensörsüz tekniğinin canlandırılması için lojik devre ile beraber güç elektroniği temelli inverter kullanılmıştır. Bu dizaynın etkililiği simülasyon sonuçlarıyla gösterilmiştir. Bu dizayn ile çok yüksek hızlar elde edilmiş, ancak daha düşük dönüş hızlarında biraz doğrusal olmayan sonuçlar elde edildiği görülmüştür [7].

BÖLÜM 4. SİSTEM ANALİZİ

Bu bölümde yapılacak olan projenin ana özellikleri belirlenecek olup daha sonra bu özellikler üzerinden bu uzaktan kontrollü robotun üretimi mümkün müdür değil midir tartışması yapılacaktır. Eğer uzaktan kontrollü robotun üretilebilirliğine karar verilirse detaylı tasarım aşamasına geçilecektir. Kontrol kartlarının ve sürücülerin fonksiyonlarının ve değerlerinin ne olacağına karar verilecek. Kullanılan motorları sürebilecek, piyasada satılan motor sürücülerin araştırma yapılacak. Ardından kontrol kartı ve sürücü kartlarının satın alınacağına veya imal edileceğine karar verilecektir.

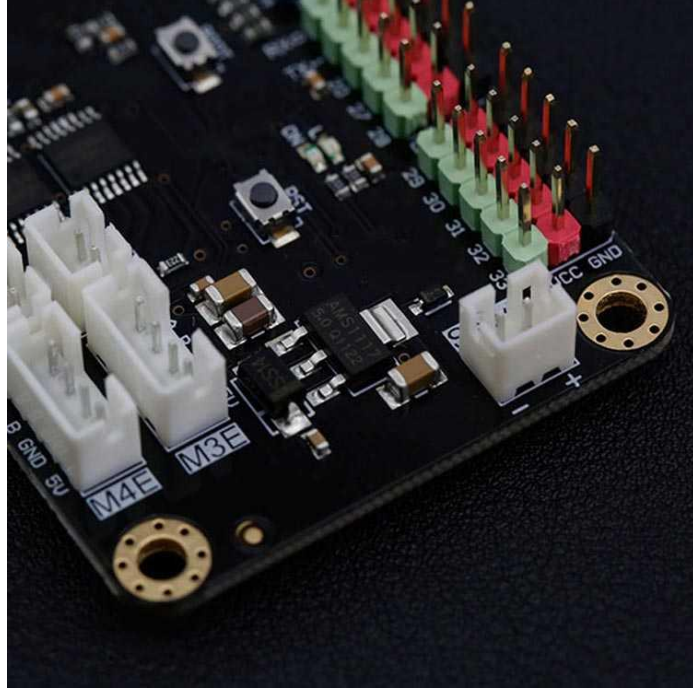
Uzaktan kontrollü savaş robotunu alt başlıklara halinde anlatılması gerekir ise;

- Robot Kontrol Kartı
- Ön Silah Motoru
- Arka Motorlar
- Batarya
- Ön Silah Sürücü
- Arka Motor Sürücüler
- Kumanda

4.1. Robot Kontrol Kartı

Bu kart RF alıcıdan aldığı sinyalleri işleyerek. Ön silaha ve hareket için kullanılan arka motorlara sinyal veya çıkış verecek. Kontrol kartı sürücü kartlarının desteklediği PWM frekanslarını vermeli. RF alıcıdan aldığı verileri olabildiğince hızlı ve doğru bir şekilde sürücü kartlarına yansıtmalıdır. Piyasa robot kontrol olarak kullanılabilen birçok kart bulunmaktadır. Bu kartlar elektronik malzeme satışı gerçekleştiren birçok internet sitesi bulunmaktadır. Bu kartlar da ARM tabanlı STM mikro kontrolcüler, ATMEGA veya PIC kullanarak elektronik kartlar yapmakta kullanın kullanması için

DC motor çıkışları, ledler, butonlar bulunmaktadır. Farklı bir seçenek olarak bu kartlar da kolaylıkla tasarlanabilir.



Şekil 4. 1. Robot Kontrol Kartı

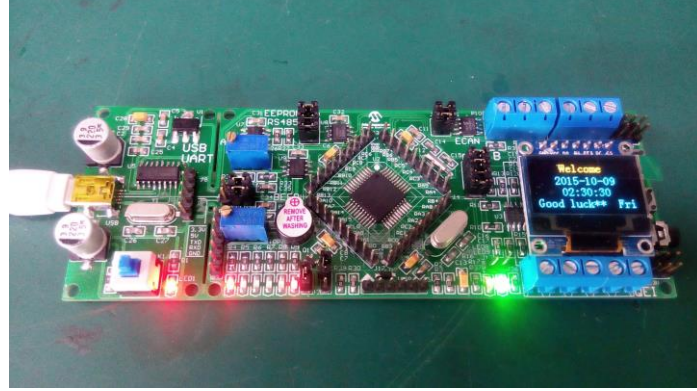
4.1.1. Kontrol kartı için mikrokontrolcü seçimi

Robotu bir insana benzetir isek mikrokontrolcü kısmını robotun beynidir.

4.1.1.1 PIC mikrokontrolcüler

Microchip firmasının ürettiği , adını Peripheral Interface Controller (çevresel ünite denetleme arabirimi) ifadesinden alan PIC , giriş - çıkış (input - output I/O) işlemlerini çok hızlı gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanmış bir chip'tir. PIC mikrodnetleyiciler hızlı çalışmaları amacıyla RISC (Reduced Instruction Set Computing) işlemci olarak tasarlanmışlardır. Yani bu mikrodnetleyicilerde komut sayısı oldukça azdır. Komutlar tek bir çevrimde işlendiğinden mikrodnetleyicinin hızı artmaktadır. PIC16 mikrodnetleyicilerde " goto " ve "call " gibi yönlendirme komutları dışındaki tüm komutlar tek çevrimde işlenir. PIC mikrodnetleyicilerin mimarisinde Harvard mimarisi kullanılmıştır. Harvard mimarisinde program ve veri saklama bellekleri

birbirlerinden ayrı yapıdadır. Bu durum, program ve veri saklamak için aynı yapıyı kullanan Von Neumann mimarisindeki mikrodenetleyicilere göre biraz daha pahalı olmaları anlamına gelse de, zamanla teknolojiadaki gelişmeler bu fiyat farkını ortadan kaldırmaktadır. Veri belleğinde kullanılan statik RAM, program belleğinde kullanılan flash belleğe kıyasla oldukça hızlıdır. Bu nedenle Harvard mimarisindeki mikrodenetleyiciler çok daha hızlıdır.

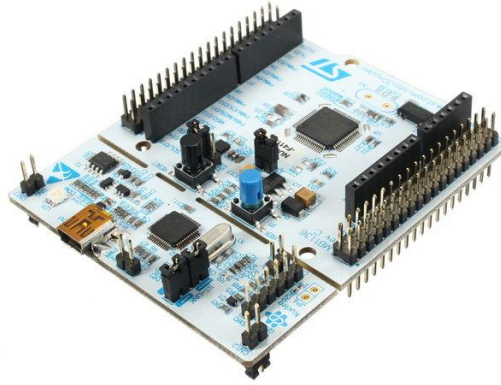


Şekil 4. 2. PIC Mikrokontrolcü Kullanılmış Bir Kontrol Kartı

Teknolojinin gelişmesi ve daha küçük boyutlarda transistörlerin üretilmesiyle birlikte mikroişlemcilerde hem küçüldü, hem de ucuzladı. Bir dijital saatin, evdeki fırının, bulaşık makinesinin ve akla gelen, birçok elektronik aletin içerisinde bu küçük mikroişlemciler bulunmaktadır. PIC programlama programları tarafından, programlanmamış bir PIC, işletim sistemi kurulmamış bir bilgisayardan farksızdır.

4.1.1.2 ST mikrokontrolcüler

ARM; Acorn RISC Machine kelimelerinin kısaltılmasıyla adlandırılmış, 32-bit RISC(Reduced instruction set computing) işlemci mimarisidir. Yüksek hızlara çıkabilmesinden, 32-bit mimari yapısından, çok az enerji tükettiğinden ve zengin çevresel donanım imkânlarından dolayı ARM çekirdekli birçok işlemci, birçok uygulamada tercih edilmektedir. Cep telefonları, bilgisayarlar, tabletler gibi birçok elektronik cihazda ARM mimarisine sahip işlemciler kullanılmaktadır.



Şekil 4. 3. STM32 Nucleo Kit

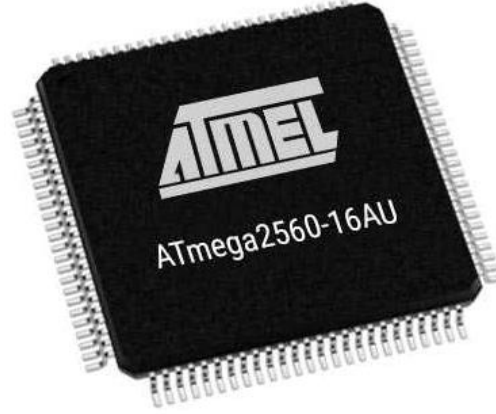
ARM tek başına bir işlemci özelliği taşımaz. Birçok firma, ARM firmasından bu işlemci mimarisini satın alıp, mimarinin özelliklerini kendi kültürlerine göre şekillendirerek, kendi isimleriyle piyasaya sunmakta. ST(STMicroelectronics), TI(Texas Instruments), Philips, ATMEL gibi daha birçok firma işlemcilerini, ARM mimarisi kullanarak üretirler. Ancak mimari içindeki özellikleri her firma kendine göre şekillendirdiği için, her markanın kendine özgü ARM kütüphaneleri bulunmaktadır.

4.1.1.3 Atmega mikrokontrolcüler

ATMEGA'nın doğuşu, ilk mikrodenetleyicisini 1993 yılında Intel 8051 tabanlı olarak üreten Atmel şirketine dayanmaktadır. Atmel şirketi ATMEGA'nında serisi olan AVR serisi mikrodenetleyicileri 1996 yılında yaptığı çalışmalarla çıkarmaya başladı. AVR serisi olan ATMEGA, 8 bitlik bir mikrodenetleyici ailesidir. Atmel firmasının bu aile içinde birden çok mikrodenetleyicisi de mevcuttur. Bunlar 8, 16, 32, 256, 328 gibi sayılarla ifade edilmektedir. Bu sayılardaki amaç her birinin bellek boyutundaki farklılıktır.

Daha fazla RAM, ROM veya FLASH belleğe sahip mikrodenetleyiciler daha yüksek sayısal değer(256, 328 gibi) almaktadır. Atmega mikrodenetleyicisini çeşitli şekilde

programlayabilirsiniz. ATMEGA mikrodenetleyicileri elektronik alanda çok fazla kullanılmaktadır.



Şekil 4. 4. Atmega2560 Mikrokontrolörü

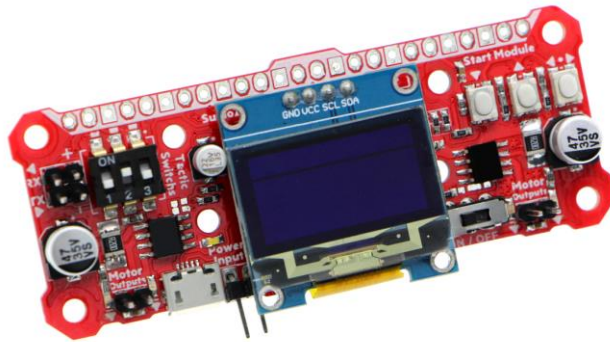
Teknik açıdan ise Harvard mimarisi ile üretilen RISC tabanlı yapısıyla hızlı bir mimariye sahip olmasıdır. Yani program ile veriler farklı belleklerde saklı olduğu için farklı veri yolu ile erişilebilmektedir. Böylelikle hem programa hem de verilere aynı anda erişilebiliyor. Geleneksel mikrodenetleyicilerde ise verilere yazılan programa erişim sağlayan tek veri yolu bulunmaktadır. Kısacası ATMEGA'nın işlem hızı en az iki kat daha fazladır. ATMEGA; yüksek performanslı, düşük güç tüketimine sahip 8 bitlik bir mikrodenetleyicidir. Değişik boyutlarda SRAM, EEPROM ve FLASH belleğe sahiptir. FLASH belleğe 10000 defa yazma/okuma yapılabilir. 131 adet, çoğunluğu tek çevrimde çalışan güçlü bir komut setine sahiptir. 20 Mhz'e kadar hızı desteklemektedir. ATMEGA tamamıyla statik bir mikrodenetleyici olarak karşımıza çıkmaktadır. ATMEGA'yı uyku moduna getirdiğinizde, saat durur ve ATMEGA uyku işleminden önce hangi durumda olduğunu size hatırlatacak çeşitli bayraklar burar. ATMEGA uyku modunda yalnızca 0.1 uA değere sahip bekleme akımı çeker.

4.1.2 Hazır kontrol kartları

Bu tarz projeler için genel olarak Atmega işlemciler kullanılır. Bunun nedeni çok yaygın olarak kullanılan Arduino, Atmega tabanlı olmasıdır. Bu yüzden forumlarda, internette ve kitap olarak birçok kaynak bulmak mümkündür. Bu başlık altında kontrol kartlarının özelliklerini ve fiyatlarını inceleyeceğiz.

4.1.2.1 RedNova robot kontrol kartı

RedNova Arduino tabanlı gelişmiş bir robot kartıdır, gücü boyutuyla zıt orantılı olan bu kart RedNova profesyonel bir şekilde robotları kontrol etmek için tasarlanmıştır. RedNova işlem gücünü RZ-Core Mcu kartından almaktadır. Bu kart Atmega32U4 Mikrodenetleyicisini kullanmakta olup içinde Arduino ile uyumlu Leonardo Bootloader'ı yüklü olarak gönderilmektedir. Kendine ait kütüphanesi ile kartın bütün özelliklerini daha kolay ve etkin bir şekilde kullanılabilir. Kart üzerinde bulunan seçim pinleriyle hem 5 volt hemde 12 volt tüm sensörlerinizi bu kart ile birlikte rahatlıkla kullanılabilir.



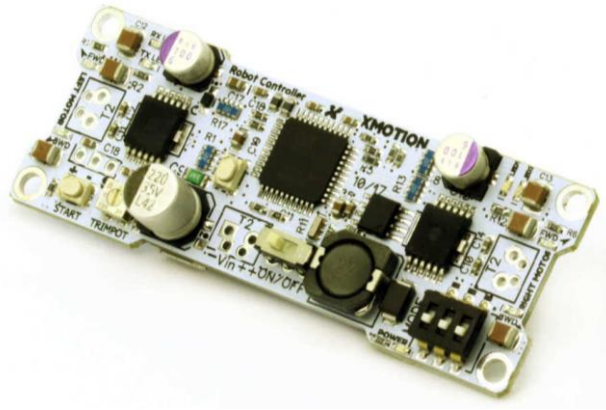
Şekil 4. 5. RedNova Robot Kontrol Kartı

- 7 - 40V arası voltaj girişi yapılabilir.
- 6 Amper x 2 Toplamda 12A Çıkış
- Ters voltaj, usb ve kısa devre korumaları bulunmaktadır.
- 5V regülatörün akımı 1 amperdir. (Kısa devre korumalıdır)

- 2 adet motor sürücü kontrolü bulunmaktadır. Motor sürücülerin her birisi 6 Amper çıkış vermektedir. Toplamda 12 Amper sizlere sağlamaktadır.
- 3 adet kullanıcı butonu bulunmaktadır, bunların bir tanesi start pinleri ile ortaktır.
- 1 adet 3 pozisyonlu dipswitch bulunmakta.
- 2 adet kullanıcı ledi bulunmaktadır.
- I2C ve Serial port pinleri kullanılabilir durumdadır.
- Bluetooth, ivme sensörü ve Lcd ekran bağlanabilir
- 12 tane boş pin bulunmakta.

4.1.2.2 XMotion mega robot kontrol kartı

XMotion Mega, büyük projelerinizde kullanabileceğiniz Arduino tabanlı güçlü bir robot kontrol kartıdır. Çok fonksiyonlu yapısı ve daha yüksek akım çıkışları sayesinde XMotion Robot Kontrol Kartından daha güçlü yapıdadır. Güçlü motor sürücüleri, anahtarlama regülatörü ve daha fazla devre arayüzleri içermektedir. Korunmuş yapısı sayesinde birçok farklı robot tipi için



Şekil 4. 6. Robot Kontrol Kartı

Manyetik olmayan sumo robotu (20x20cm ve 3 kg) projeleri ve explorer robotları için kullanabilecek karttır.

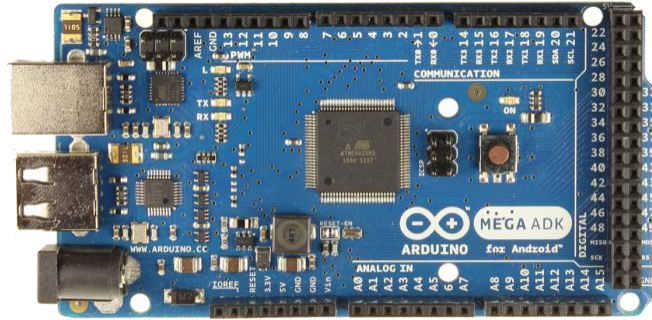
XMotion Özellikleri;

- Küçük boyut. Tasarımımızda çok önemli faktör, boyut ama aynı zamanda kontrollü tasarım. Özelliklerinde kısıtlama olmadan sadece 80x30x12mm boyutludur.

- 15 Amper x 2 Kanal Motor kontrol çıkışları. Bu çıkışlar yüksek akım sağlayabilir ve küçük, orta robot projeleri için yeterince akım sağlayabilir. Diğer kontrol kartları çıkış güçlerine göre 2-3 kat daha yüksek akım ve voltaj çıkışı sağlayabilmektedir. Ek olarak motor çıkışları kısa devre korumalıdır.
- Güç girişi ters elektrik korumalıdır. Pili ters taktığınızda kart kendini koruyacaktır.
- Dâhili regülatör, 28V'a kadar çalışabilir! (Standart Arduino kartları için bu voltaj 15V'dır ve çok fazla ısı üretir)
- Kartın alt tarafında yer alan mikro USB portu ile programlama yapabilirsiniz. Merkezde yer alan Atmega32U4 işlemcisine Arduino Leonardo Bootloader'ı yüklenmiştir. Kolayca programlayabilirsiniz.

4.1.2.3 Arduino Mega

Arduino Mega 2560 Atmel in ATmega2560 mikrodenetleyici içeren bir Arduino kartıdır. Ayrıca UNO modelinden sonra en çok kullanılan Arduino ana kartı olduğunda söyleyebiliriz. Ayrıca Arduino 'nun bir başka ana kartı olan Genuino Mega 2560 kartı ile tamamen aynı özelliklere sahiptir.



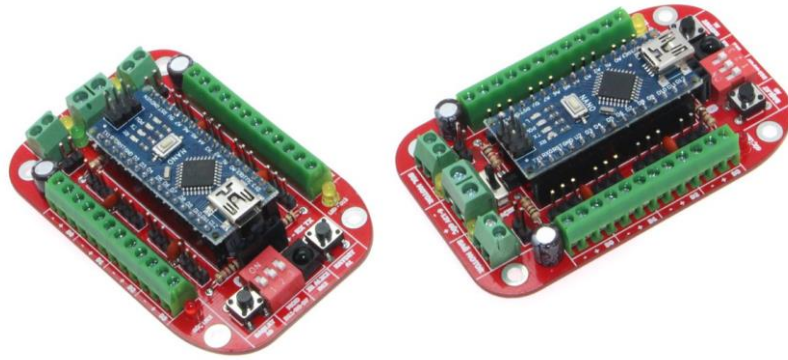
Şekil 4. 7. Arduino Mega Kartı

Arduino Mega 2560 ' ta çok sayıda giriş ve çıkış pinleri bulunmaktadır. Bunlardan 54 tanesi dijital Giriş / Çıkış pini, pinlerin çok olması benim tercihim, çünkü kartınıza en basitinden bir LCD ekran bağladığınızda zaten çok sayıda pin kullanmış oluyorsunuz. Üzerine birde başka elemanlar taktığınızda zaten pin sayısı git gide azalıyor. Bu 54 adet dijital/giriş çıkışların 15 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir. Bu giriş ve çıkışlara ek olarak 16 adet analog girişi, 4 adet UART (donanım seri port), bir adet 16

MHz kristal osilatörü, USB bağlantısı, power jakı (2.1mm), ICSP başlığı ve reset butonu bulunmaktadır. Arduino mega 2560 mikro işlemcinin ihtiyaç duyduğu bileşenlerin tümünü içerir. Arduino mega 2560 bir pil, adaptör, powerbank veya bilgisayarın usb portundan beslenir ve kolayca çalışır. Böylece DFU mode kullanmak kolaylaşır. R3 de ek olarak 1.0 pinout AREF pininin yanına SDA ve SCL pinleri eklenmiştir. Reset pininin yanına iki yeni pin eklenmiş bu pin IOREF shieldlerin karttan sağlanan voltaja adapte olmasını sağlar.

4.1.2.4 NanoZade robot kontrol kartı

NanoZade Arduino tabanlı bir robot kartıdır. Bu kart ile Çizgi İzleyen Robot, Mini Sumo Robot, Engelden Kaçan Robot, Işık İzleyen Robot ve onlarca robot projenizi gerçekleştirebilirsiniz. Robot yarışmaları, robot projeleri ve robotik eğitimler için oldukça ideal bu kartımızı sizlerde kullanarak projelerinizde hızlı bir şekilde ilerleyebilirsiniz. Kolay bağlantı için kart üzerinde bulunan klemensler ve erkek pinler yardımıyla sensörleri ve çeşitli motorlarınızı robot NanoZade 'ye rahatlıkla bağlayabilirsiniz. Devrede düşük gerilim koruması ve yüksek sıcaklık koruması bulunmaktadır.



Şekil 4. 8. NanoZade Robot Kontrol Kartı

Teknik Özellikler:

- Yazılım ve programlama: Arduino IDE
- Girişler: Buton, Kızılötesi Alıcı, Kızılötesi Sensor, Çizgi sensörü,
- Çıkışlar: LED, 2 adet motor, portlar
- Mikrodenetleyici: Arduino Nano(ATmega328)

- Güç: 2 kanal motor sürücü 1A sürekli
- Çalışma Voltajı: 6-16 Volt Arası
- Ölçüler: 80 mm x 50 mm x 17 mm

4.1.3 Kontrol kartı için sonuç

Savaş robotları 5 dakika boyunca her türlü darbeye maruz kalmaktadır. Bu yüzden kullanılacak bu kartlarda bağlantı noktalarının sürücülere özel olması gerekmektedir. Ve bu bağlantıların geçmeli soketler kullanılmalıdır. Geçmeli soketlerin kullanımı titreşimden dolayı motor sinyal, duyar kablolarının çıkmasını önlemektedir. Bu yüzden hazır kart kullanmak savaş robotu için doğru olmayacaktır.

Kendi kontrol kartını tasarlamak savaş robotu kategorisi için çok daha doğru olacaktır. Mikrokontrolcü olarak ta ATMEGA mikrokontrolcü kullanımı çok daha pratik olarak kullanılabilir. ATMEGA mikrokontrolcü kullanmamda temel sebep PIC ve ST mikrokontrolcülere göre çok daha kolay, örneklere ve open source kütüphanelere erişmek olanağıdır.

Yapılacak olan ATMEGA kontrol kartı aynı Xmotion, RedNova kontrol kartlarında olduğu gibi Arduino tabanlı olup Arduino IDE'si ile programlanabilecektir. İkinci seçenek olarak da ST mikroişlemciler timer altyapısından dolayı tercih edilebilir.

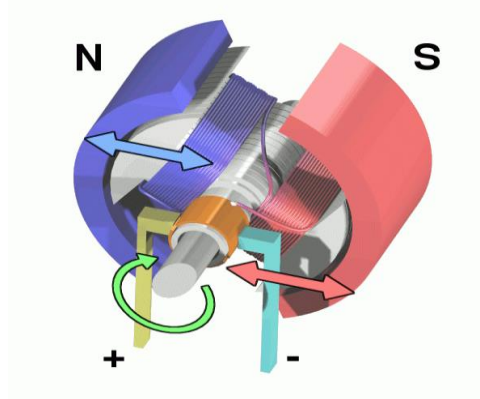
4.2 Motor Seçimi

Arka motorlar ve ön silah motorunda hangi motorların kullanılacağına ve kullanılacak motorların avantaj ve dezavantajları incelenecektir.

4.2.1 Fırçalı motorlar

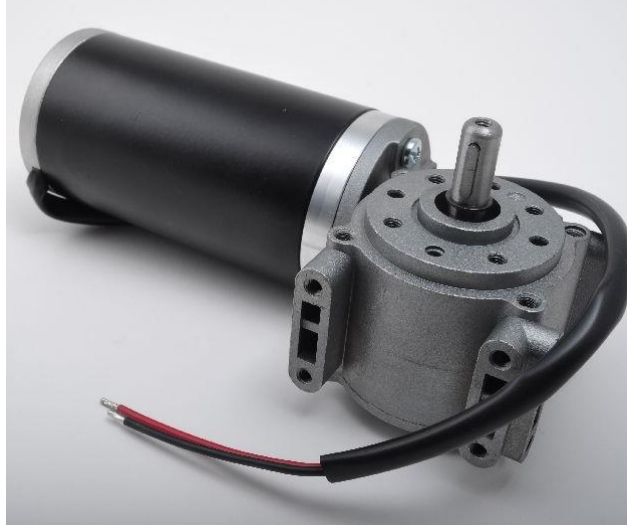
En eski ve en sık kullanılan DC motor tipi fırçalı DC motordur. Şarjlı el matkaplarından oyuncak arabalara kadar birçok farklı alette kullanılır. Çalışma prensibi basitçe şu şekildedir: motorun ana milinin üzerinde bobinler bulunur.

Motorun ana gövdesinin iç kısmında ise güçlü mıknatıslar yer alır. Şaft üzerinde yer alan bobinlere fırçalar vasıtasıyla elektrik akımı uygulanır. Uygulanan elektrik akımıyla bobinlerde oluşan manyetik alan, mıknatısların manyetik alanıyla sürekli çakışacak şekilde bir etki gösterir ve bu sayede mil hareket etmiş olur.



Şekil 4. 9. Fırçalı Motor Manyetik Alan Gösterimi

Bu tip motorlar doğrudan mil çıkışına sahip olabildikleri gibi, üzerlerinde redüktör de barındırabilirler. Redüktörün kullanım amacı, genellikle motorun devir hızını azaltarak daha yüksek tork elde etmektir. Tam tersi şekilde çalışan, yani torku azaltan ve devir sayısını arttıran dişli sistemleri de mevcuttur. Fırçalı DC motorların en büyük avantajı, motora uygulanan gerilimin büyüklüğü ve yönü değiştirilerek çok kolay bir biçimde hız ve yön kontrolü yapılabilir. Fırçalı motorların en büyük dezavantajı ise sürekli şaftta sürtünen fırçaların aşınmasıdır. Bu fırçalar karbon veya bakırdan imal edilir ve performans beklenen uygulamalarda kullanılan motorların fırçaları kolayca değiştirilebilecek şekilde tasarlanır. Aynı zamanda bu sürtünme ısı yarattığından fırçalı motorların verimleri fırçasız motorlara göre daha düşüktür. Redüktörlü DC Motorlar DC motorlar çoğunlukla yüksek devir çevirebilme özelliğine sahiptir. Yüksek devir yerine yüksek tork tercih edilen uygulamalarda, motorun miline bağlanan bir dişli seti sayesinde örnek olarak çıkış hızını 30'da 1'e düşürecek, fakat elde edilen torkun teorik olarak 30 katına çıkması sağlanabilir.



Şekil 4. 10. Redüktörlü Motor

DC motorların hareketli olan parçalarındaki manyetik alan, elektrik akımı etkisiyle oluşturulabilir. Hareketli olan bu motor bölümüne, akım sabit bir iletken tel üzerinden verilemez (Çünkü dönme hareketi ile bu iletken tel motor miline sarılır). Fırça ve kolektör adı verilen özel bir düzenele motorun hareketli olan bu bölümüne akım aktarılabilir. Fırça ve kolektör kullanılan motorlara fırçalı dc motor denir. Fırçalı dc motorlar gövdelerinde kullanılan manyetik alan kaynağına göre “Sabit Mıknatıslı Motor” ve “Elektro Mıknatıslı Motor” olmak üzere ikiye ayrılırlar. Ancak tüm motor tiplerinde, motorları oluşturan parçalar hemen hemen aynıdır.

4.2.2 Fırçasız(BLDC) motorlar

Günümüzde endüstriyel uygulamaların çoğunda ve özellikle otomotiv sektöründe çok hassas değişken hız değerlerine gereksinim duyulurken, bunun güvenilir, ucuz, sağlam, hafif ve aynı zamanda az bakım gereksinimi duyulacak şekilde gerçekleşmesi istenmektedir. Bu doğrultuda, istenilen uygulamalara yönelik elektrik motorunun seçilmesi, tasarlanması ve kontrol algoritmalarının gerçekleştirilmesi çok önem kazanmaktadır. Doğru akım motorları tahrik alanında, on dokuzuncu yüzyılın başlarından itibaren karakteristiklerinin uygunluğu, moment ve hız denetiminin ucuz ve basit olması, uyarma ve endüvi alanları arasındaki açının doksan derece olması, moment/akım oranının yüksek olması gibi nedenler dolayısıyla yaygın olarak kullanılmıştır. 1888 yılında Tesla'nın alternatif akım motorunu keşfetmesi, alternatif

akımın dağıtım kolaylıkları, doğru akım motorlarındaki fırça kollektör düzeninin işletme de yarattığı sorunlar, genel amaçlı uygulamalarda asenkron motorların doğru akım motorlarının yerini almasında etkili olan faktörlerdir. Asenkron motorların devir sayılarının ayarlanamaması sorunu AC sürücüler ile çözülmüş ve bu sürücülerin maliyetleri de gün geçtikçe azalmıştır. Fakat moment karakteristiği açısından DC motorlar, Asenkron motorlara göre hala üstünlüğünü korumaktadır. Asenkron motorların doğrusal olmayan moment-hız karakteristiği bu motorların kontrollerini güçleştirmektedir. Yüke bağlı olan kayma miktarı bu motorların kontrolünde sürücünün karmaşık matematiksel modelleme hesapları yapmasını gerektirmektedir [9].



Şekil 4. 11. BLDC Motor

4.2.3 Servo motorlar

Servo motorlar kapalı devre bir motor sistemidir. Servo motor içerisinde kontrol kartı, DC veya AC motor, şaft, dişli, potansiyometre, enkoder ve amplikatör bulunmaktadır. Servo motorlar içerisinde bulunan parçalar sayesinde normal bir motorun sahip olmadığı belirli bir açığa, konuma ve hıza sahip olmaktadır. Motor, şaftın son komut pozisyonunu temsil eden hareket miktarını belirleyen, analog veya dijital bir elektrik sinyali ile kontrol edilir.



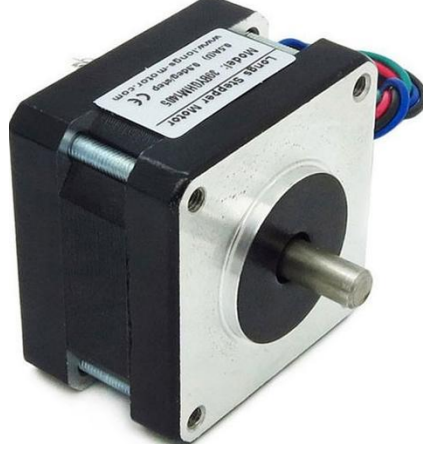
Şekil 4. 12. 180 Derece Servo Motor

Bir kodlayıcı türü, hız ve konum geri bildirimini sağlayan bir sensör işlevi görür. Bu devre, genellikle dişli sistemiyle donatılmış olan motor muhafazasının içine inşa edilmiştir. Servo motorlar 0-90, 0-180- 0-270, 0-360 veya sonsuz dönen çeşitleri bulunmakta. Kullanılan alanlar ise robotlar, ev aletleri, endüstriyel alanlarda, oyuncaklarda ve hobi amaçlı çalışmalarda kullanılmaktadır.

4.2.4 Step motorlar

Türkçe anlamı olan adım motordan da anlaşılacağı üzere adım halinde hareket eden bir motor çeşididir. Geri besleme sensörleri bulunmayan step motorlarda açık çevrim rahatlıkla çalışır ve hassasiyet gerektiren çalışmalarınızı yürütebilirsiniz. Step motorun çalışması sırasında atacağı adımlar açısal değerler üzerinden belirlenmektedir. Adım sayısının 360° ile bölünmesiyle çalışmada kaç adım atılacağı tespit edilmektedir. Elektronik anahtarlar aracılığı ile bobinlere enerji transfer edilir. Sonrasında rotor adı verilen kısım enerjiye sahip bobin mekanizmasının karşısında durur. Motorun ne kadar hareket ettirilmesi isteğine bağlı olarak bobinlere o kadar pals sinyalleri iletilir. Öte yandan dönüş açısı bu motorlarda farklılık göstermektedir. Pozisyon kontrolünün

sağlanması gereken projelerde step motorlar tercih edilmektedir. Nitekim çalıştırırken ihtiyacınıza göre ayarlamamız bu motor türünü kullanma sürecinde önem arz eder.



Şekil 4. 13. Step Motor

Doğrudan kumanda edilemediğinden dolayı step motorun kontrolünün sağlanması için step motor sürücüsünün kullanılması gereklidir. Motorun tork, hız ve pozisyon gibi değerlerinin kontrolünün sağlanması ve step motorun sürülmesi için bilgisayar ortamına step motor sürücüsü bağlanmalıdır. Step motor sürücü ile step motora hassasiyet kazandırabilirsiniz. Step motor sürücüsünün ayarları motor ve sürücü modeline göre değişiklik gösterir ve bu doğrultuda modelinize göre özel ayarlamalar yapmak gereklidir.

4.2.5 Motor seçim

Savaş robotunun ön silah motorunda ve arka motorlarda açı hassasiyeti aranmaz bu nedenden dolayı motor seçiminde servo motor ve step motorlar dezavantaj yaratacaktır. Ön silah motoru için olarak fırçalı ve fırçasız motor olmak üzere iki adet motor tipi kalmaktadır. Fırçasız(BLDC) motorlar BattleBots yarışmasında derece alan robotlar genel olarak ön silah motoru olarak BLDC motor kullanmaktadır. Bunun altında yatan temel neden BLDC motorlar hem yüksek hız hemde yüksek torku bir arada sunabilmektedir. Sadece bu nedenlerden dolayı BLDC motorlar ön silah motoru olarak tercih edilebilir fakat BLDC motor sürücü yapmak fırçalı motorların sürücülerine göre çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Örnek vermek gerekirse

fırçalı bir motoru tek bir sürmek için bir tek Mosfet yeter iken üç fazlı bir BLDC motoru yön fark etmeksizin en az 8 adet Mosfet gerekmektedir. Ayrıyeten “Sensorless” BLDC motor kullanılırsa ise sargılardaki enerjileri doğru zamanda değiştirebilmek BEMF algılayıcı devre kurulması gerekmektedir. Bu nedenden dolayı her ne kadar dezavantaj olsa bile savaş robotunda fırçalı motor kullanmak zaman ve maddiyat kısıtından daha doğru olacaktır. Fırçalı motor kullanmanın dezavantajlarına gelir isek fırçalardan dolayı BLDC motorlara göre daha az verim ile çalışmaktadır. Motor dönüşü sağlanması gereken manyetik alan kömürler vasıtasıyla sağlandığı için kömürler her kullanımda yıpranmaktadır. Bu nedenden dolayı fırçalı motorların çalışma ömürleri kısadır.

4.3 Batarya

Batarya en önemli bölümlerden bir tanesidir. Ön silah motoru, 35 kilogramlık bir robotu silah darbesiyle havaya kaldıracak veya karşıdaki robotun mekaniğini parçalayacak güçte olmalıdır. Böyle bir güçte olan motorlar ise anlık olarak 100A-200 Amper bandındaki yüksek amperlere çıkmaktadır. Savaş Robotları birçok farklı sistemin bir arada çalışması gerekmektedir. Eğer batarya hesaplamaları doğru yapılmadıysa robotun ön silah motorunun gücün hiç önemi yoktur. Veya bataryalar gerekli gücü anlık olarak sağlayabilir fakat bu gücü 5 dakika boyunca sürekli veremez durumda ise 5 dakikalık bir maçın ortasında bataryadan dolayı robot hareket ettiremez hale gelebilir. Bu nedenlerden dolayı bataryanın anlık olarak verebileceği peak akım değeri, ortalama yarış akımlarında ne kadarlık bir süre pilin güç sağlayabildiği gibi parametrelere göre doğru batarya hesaplamalarının yapılması gerekmektedir.

4.3.1 Li – PO batarya

Yapısında Lityum ve Polimer kimyasallarını barındıran pillere kısaca Li – PO pil denir. Lipo piller hücrelerden oluşur. Her bir hücrenin nominal voltajı 3,7 voltur. Seri bağlı hücreler S harfi ile gösterilir. Bu durumda S harfinden önceki rakam hücre sayısını gösterir. Yani 2S denildiğinde $3,7 \times 2 = 7,4$ Volt anlaşılır. Keza 3S için ise $3,7 \times 3 = 11,1$ Volt anlaşılır. Buna ilave olarak Lipo piller için 3S2P şeklinde de

tanımlamalar yapılmıştır. 3S2P'nin anlamı 3 adet seri bağlı pilden 2 âdeti paralel bağlanmıştır. Bu durumda voltaj değişmez ancak pilin miliamper değeri ikiye katlanır. Pilin bir hücrenin boş haldeki voltajı 3V, tam şarjlı halde voltajı 4,2V olmalıdır. Kullanılmaları ve şarj edilmeleri özel dikkat gerektirir. Özel şarj cihazı gerektirirler.



Şekil 4. 14. Li-Po Batarya

4.3.2 Li – İon batarya

Yapısında Lityum ve İyon barındıran pillere kısaca Li – İon pil denir. Lityum iyon (Li-İon), bir çeşit yeniden doldurulabilir pildir. Cep telefonundan dizüstü bilgisayara kadar elektronik ürünlerde kullanılan lityum iyon piller, ağırlıklarına ve büyüklüklerine oranla sağladıkları yüksek güç nedeniyle kabul görüyor ve yaygınlaşıyor. Lityum iyon piller diğer kimyasallarla hazırlanan pillere oranla çok daha hafiftir. Bunun sebebi lityum iyon pillerin doldurulabilme yoğunluklarının en üst seviyede olmasıdır. Lityum iyon piller için hafıza etkisi sorunu yoktur. Dolayısıyla bu pilleri şarj etmek için tam olarak boşalmalarını beklemek gerekmez. Ayrıca yine aynı nedenden dolayı şarjı yarıda kesmek pil için olumsuz bir etki yaratmaz. Bu pillerin kullanılmadıkları zamanlardaki enerjilerini kaybetmeleri de uzun sürer. Bu pillerin en belirgin kusuru, kullanım ömürlerinin üretim tarihlerinden itibaren başlamasıdır. Depoda tutulup kullanılmaları da bu pillerin ömürleri geçen süre ile azalır. Lityum iyon pillerde hafıza etkisi görülmesi de bu piller, nikel metal hidrür ya da nikel kadmiyum piller kadar uzun ömürlü değildirler. Hatalı kullanılmadıklarında tehlikeli olabilirler. Yüksek ısıya ya da doğrudan güneş ışığına maruz bırakılırlarsa tutuşma ya da patlama

görülebılır. Özellikle sıcak havada otomobilde bırakılmalı risk taşır. Tutuşma ya da patlama riski, lityum iyon pilin kısa devre olması durumunda da ortaya çıkar.



Şekil 4. 15. Li- Ion Batarya

4.3.3 Ni – Mh batarya

Yapısında Nikel ve Metal Hidrit elementlerini barındıran pillere kısaca Ni – Mh pil denir. İçlerinde titanyum, nikel, kobalt, manganez, alüminyum, vanadyum, zirkonyum, krom ve demir bileşikleri vardır. Bir pil birimi 1,2 volt potansiyel üretir ve enerji depolama kapasitesi oldukça fazladır. NiMH pillerde de bir miktar bellek etkisi vardır. Yani bu pilleri tam boşalmadan şarj ederseniz tam kapasiteyle kullanamazsınız. Fakat böyle bir yarım şarjdan sonra tam boşalmaya izin verirsiniz bellek etkisi yok olur. Ni-MH piller uygun koşullarda kullanım durumunda yaklaşık 1000 kez şarj edilebilirler. Kış mevsiminde olduğu gibi düşük ısılarda rahatlıkla kullanılabilirler. Özellikle yeni modeller 9000 mAh enerji depolayabilirler. Depoladıkları enerji miktarı yaklaşık eşit olduğu için zorunlu durumlarda şarj edilemeyen pillerle karışık olarak kullanılabilirler. Yüksek güçte elektrik verebileceği için fotoğraf makineleri ve oyuncaklar gibi aletlerde kullanılabilirler.



Şekil 4. 16. Ni-Mh Batarya

4.3.4 Ni – Cd batarya

Yapısında Nikel ve Kadmiyum elementlerini barındıran pillere kısaca Ni – Cd pil denir. Bu tür pillerde elektrotlar nikel-hidroksit ve kadmiyum, elektrolit ise potassium-hidroksit içerir. Bu piller şarj edilebilirler yani içlerinde hiç enerji kalmayıp bittiklerinde özel şarj aletleri kullanarak tekrar doldurursunuz. Bu büyük kolaylık ve tasarruf sağlar. NiCd piller diğer şarj edilebilir pil türlerine daha ucuzdurlar ve 1000 defa şarj edilebilirler. NiCd pilleri tam boşalmadan şarj ederseniz pil bunu hafızasına alır ve şarj kapasitesini düşürür. Böylece art arda tam boşalmadan yapılan şarjlar pilin ömrünü kısa sürede tamamlamasına neden olur. NiCd piller içlerinde çevreye zararlı kimyasal maddeler içerir. NiCd piller üreticisine göre biraz değişse de genellikle diğer şarj edilebilir pil tiplerine göre çok düşük miktarda enerji depolarlar. Örneğin AA tipinde bir NiCd pil en fazla 1000 mAh enerji depolarken, NiMH pillerde bu değer 2500 mAh olabilir. Ni-Cd piller 1,2 voltluk bir potansiyel üretirler ve bunu pilin içindeki enerji bitmesine yakın zamanlara kadar devam ettirebilirler. Voltajın düşük olması bazı elektronik aletlerin çalışmasını engelleyebilir. Tek pil kullanan aletlerde voltajın 1,5 volttan 1,2 volta düşmesi önemli olmayabilir, fakat dört pil kullanılması gerekiyorsa voltaj 6'dan 4,8 volta düşecektir. Ni-Cd pil kullanmak isterseniz bunu da göz önünde bulundurmalısınız.



Şekil 4. 17. Ni-Cd Batarya

4.3.5 Batarya seçimi

Bu seçenekler göz önüne alındığında Li – Po bataryanın bu tür projelere daha uygun olduğu görülmüştür. Kıyaslama yapıldığında;

- Li – Po bataryalar Ni – Cd ve Ni – Mh bataryalara göre çok daha fazla akım üretebilirler.
- Diğer bataryalara oranla daha hafiftirler.
- Diğer bataryalara göre kullanım süreleri daha uzundur.
- İstenilen şekilde ve ölçüde üretilebilirler.

4.4 Ön Silah Sürücü Kartı

Ön silah en çok güç harcayan bölümdür. Karşıdaki robotu saf dışı bırakmak için kullanılır. Ters çevirir, Talaş Kaldırır, Pres ile baskı uygular vb. Ön silahı tek yönlü veya çift yönlü kullanılabilir. Ön silah motoru robotun en güçlü motorudur. Tork ve hız değerleri çok yüksek motorlar tercih edilir. Bu durumda beraberinde daha fazla enerji ve daha fazla ısınma getirir. Derece almış BattleBots robotlarının ön silahlarında kullanılan motorlara bakar isek 4000 RPM hızına sahip bir motorun 200 Amper kitlenme akımına ve 60-70 Nm tork bandına kadar çıkmaktadır. Böyle bir motorun

gücü hesap edebilmek için söyle bir örnek verilebilir. Motor hacmi 1.2 Lt olan bir benzinli motora sahip araba 4.500 - 5.500 d/d değerinde 175 Nm bir tork üretmektedir. Ön silah sürücü kartı için kontrol kartında da olduğu iki adet farklı seçenek bulunmaktadır. Bu seçeneklerden birisi sürücü kartlarının tasarımlarını bizzat yapmak veya savaş robotu için uygun olabilecek motor sürücü kartlarını kullanmak olacaktır. Ön silah motorları için tek bir yön yeterlidir. Motor ya saat yönünde ya da saat yönünün tersinde dönecektir. Bu bölümde dört adet satın alınabilecek kart incelenecektir. Minimum akım sınırı 60 Amper voltaj minimum sınırı ise 12V'dur.

4.4.1 RoboPOWER motor sürücü kartı

RoboPOWER, mosfet transistor temelli H köprüsü motor sürücü devresidir. Sumo robot gibi yüksek akım kontrolü gerektiren projelerde kullanım amacıyla tasarlanmıştır. Devrede birçok elektronik komponent SMD malzemelerden kullanılarak tasarım olabildiğince yoğun yapılmıştır. Kullanılan tüm komponentler yüksek özenle seçilmiş orijinal devre elemanlarıdır.

- Maxon RE40, RE35 gibi dc motorları ve Mabuchi RS550, RS775 gibi büyük motorları sürebilecek güçtedir.
- Anahtarlama düzenleyici altyapısıyla 40V'a kadar yüksek voltajlarda kullanabilirsiniz. İki adet güç ledi bulunmaktadır.
- Optoküplürlü tasarım sayesinde motor voltajı ile devre voltajını tamamıyla ayırabilirsiniz. Bu sayede oluşabilecek elektriksel gürültüler Mikrodenetleyici tarafına iletilmez.
- Giriş ledleriyle (PWM ve Disable Pinlerine ledler bağlıdır) sinyal takibi yapılabilir.
- PCB bakır yüzeyi standart PCB'lere göre iki kat daha kalındır. Bu da aynı yüzey alanına göre 4 kat daha fazla akım geçmesini sağlamaktadır.
- Devre üzerinden 12V (100Ma) ve 5V (50Ma) akım çekebileceğiniz pinler de bulunmaktadır.

RoboPOWER motor sürücü kartının satış fiyatı 1.160 TL'dir.



Şekil 4. 18. RoboPower Motor Sürücü Kartı

4.4.2 Cytron SmartDriveDuo 60 amper

SmartDriveDuo-60, her kanalda sürekli olarak 100A zirve (birkaç saniye) ve 60A kadar mevcut kapasiteye sahip orta güçlü fırçalı DC motoru sürmek için tasarlanmış en yeni akıllı seri motor sürücülerinden biridir. Bu sürücü, RC denetleyici kullanarak, diferansiyel sürücü mobil robotu kontrol etmek için özel olarak tasarlanmıştır.



Şekil 4. 19. Cytron SmartDriver Sürücü Kartı

Bununla birlikte, MDDS30 ayrıca analog joystick veya mikrodenetleyici (PWM, Seri) kullanılarak kontrol edilebilir. Mosfetler sessiz çalışma ve rahatsız edici pals sesi olmaması için 18 KHz'de çalıştırılır. SmartDriveDuo-60, her kanalda sürekli olarak 100A zirve (birkaç saniye) ve 30A'ya kadar mevcut kapasiteye sahip orta güçlü fırçalı DC motoru sürmek için tasarlanmış en yeni akıllı seri motor sürücülerinden biridir. Bu sürücü, RC denetleyici kullanarak, diferansiyel sürücü mobil robotu kontrol etmek için özel olarak tasarlanmıştır. Bununla birlikte, MDDS30 ayrıca analog joystick veya

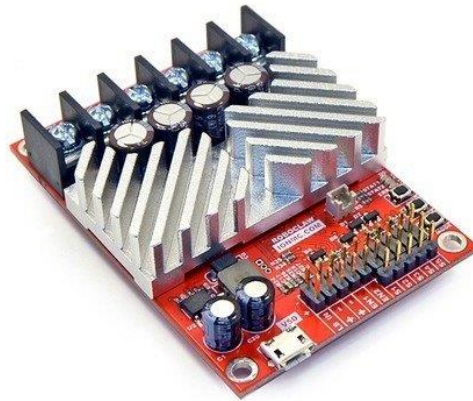
mikrodenetleyici (PWM, Seri) kullanılarak kontrol edilebilir. Mosfetler sessiz çalışma ve rahatsız edici ağırlama sesi olmaması için 18 KHz'de çalıştırılır.

- Çift fırçalı DC motor için çift yönlü kontrol.
- Her kanalda 80A pik (1 saniye), sürekli olarak 60A maksimum akım.
- Mosfetler sessiz çalışma için 18 KHz'de çalıştırılır.
- Akü düşük voltaj göstergesi.
- Akü aşırı voltaj göstergesi.

Cytron SmartDriveDuo 60 Amper motor sürücü kartı 960 TL'dir.

4.4.3 RoboClaw motor sürücü kartı V6 2*60A

Ion Motion Control'den (eski adıyla Orion Robotics) RoboClaw motor kontrolörleri, USB seri, TTL seri, RC veya analog girişleri kullanarak bir çift fırçalanmış DC motoru kontrol edebilir. Entegre çift kareli kod çözücüler, kapalı devre hız kontrol sistemi oluşturmayı kolaylaştırır. Bu sürüm, kanal başına sürekli bir 60 A sağlayabilmektedir (120 A peak akımı). Ion Motion Control'den (eski adıyla Orion Robotics) RoboClaw, verimli, çok yönlü, çift kanallı bir senkron rejeneratif motor kontrolörüdür. 6 V ila 34 V voltajlarda sürekli olarak (modele bağlı olarak) 7.5 A, 15 A, 30 A, 45 A veya 60 A ile iki fırçalı DC motor besleyebilir ve maksimum iki katına kadar tepe akımlarına izin verir.



Şekil 4. 20. RoboClaw Motor Sürücü Kartı

RoboClaw, çift kareli kod çözme özelliğine sahiptir. Dahili bir PID rutini kapalı döngü hız kontrolü için kullanılabilir, yük değişse bile motor hızlarını korur veya enkoder sayımı ve hızları harici kontrol sistemiyle kullanım için doğrudan RoboClaw'dan okunabilir.

RoboClaw Motor Sürücü kartlarının fiyatı 1.700 TL'dir.

4.4.4 Motor sürücü seçimi

Satılan en çok motor sürücü kartları yukarıda ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir. Savaş robotunda kullanılacak motor sadece bir yönlü döneceği için H-Bridge gibi motor yön verme devresine gerek duyulmayacaktır. Yukarıda incelenen bütün sürücüler motorları çift yönlü sürmektedir. Bir takım özellikleri ve üreticilerin içine yükledikleri gömülü yazılımlar sürücülere katma değer katmıştır. 100 Amper bandında satın alınacak sürücüler minimum 900 TL civarında olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenden dolayı motor sürücü kartlarının tasarımının bizzat yapılması kararı alınmıştır. Tasarlanacak ön silah motor sürücü kartının Amper değerinin en az 130 amper olmalıdır. Arka motorlarda kullanılacak motor sürücü kartının ise taşıyabileceği akım değeri en az 100 Amper olmalıdır.

4.5 Kumanda sistemi

Kumanda sistemleri haberleşme yöntemlerini ana başlıklar halinde toplar isek: Bluetooth ile haberleşme, Wi-Fi ile haberleşme, Kızılötesi ışınları kullanarak ve RF sinyallerini kullanarak haberleşme yöntemleri savaş robotunda kullanılabilir.

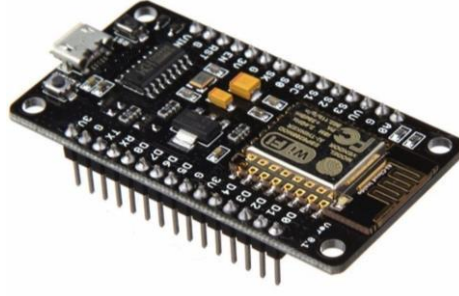


Şekil 4. 21. Kumanda Kontrol Ünitesi

4.5.1 Wi-Fi modülleri ile haberleşme

1971 yılında ALOHAnet, Hawaii Adaları'nı UHF kablosuz paket ağı kullanarak bağladı. ALOHAnet ve ALOHA protokolü, sırasıyla Ethernet'in ve IEEE 802.11 protokollerinin öncülerindendi. 1985 yılında Birleşik Devletler Federal İletişim Komisyonu kararının ardından ISM bandı lisanssız kullanıma açıldı. Bu frekans bantları, mikrodalga fırınlar gibi bazı aygıtlarla aynı bantı kullandıklarından müdahaleye açık bir banttı. 1991 yılında NCR Şirketi, AT&T Şirketi ile birlikte 802.11'in öncüsü olan bir sistemi, para kasalarında kullanılmak üzere icat etti. Bu alandaki ilk kablosuz ürünler, WaveLAN adına sahipti. 802.11 protokolünün ilk sürümü 1997 yılında yayımlandı ve bu sürüm, saniyede 2 Mbit hıza ulaşabiliyordu. 1999 yılında 802.11b sürümü ile güncellenen protokolün hızı saniyede 11 Mbit'e ulaşabiliyordu ve bu protokol sürümü popülerlik kazandı. Yine 1999 yılında Wi-Fi Birliği kuruldu. Birlik, Wi-Fi markasının haklarını almıştır.

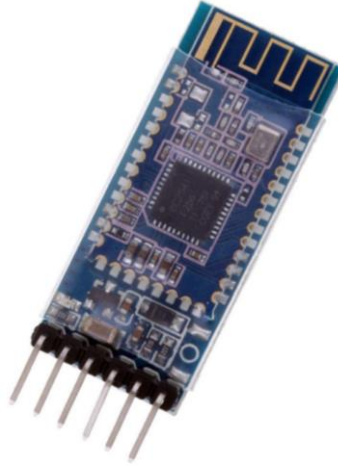
Savaş Robotunda ise kullanılabilir olacak kolay ve kütüphane erişimi kolay olan ESP8266 Wi-Fi modülü, kablosuz ağlara kolaylıkla bağlanabilen bir modüldür. Gerek küçük boyutu, gerekse düşük fiyatı sayesinde çoğu maker tarafından tercih edilmektedir. Nesnelerin İnterneti (IOT) platformunda en çok tercih edilen Wi-Fi modülü savaş robotunda kullanılabilir.



Şekil 4. 22. Wi-Fi Modül

4.5.2 Bluetooth modülleri ile haberleşme

1994 yılında İsveç'te geliştirilen Bluetooth, taşınabilir ekipmanlarda kablosuz veri alışverişinde bulunmayı sağlayan bir iletişim protokolüdür. Kısa dalga boyuna sahip radyo dalgalarını kullanarak, hem alıcı hem verici mikroçipler içeren iki veya daha fazla cihazı birbirine bağlar ve kablosuz kişisel alan ağları (WPAN) oluşturarak kısa mesafede haberleşme ve veri alışverişini imkânı sunar. İletişim radyo dalgaları ile sağlandığı için cihazların birbirlerinin görüş alanında bulunmaları gerekmez. Etki alanı 10 metredir, fakat bu mesafe çeşitli yollarla 100 metreye kadar çıkarılabilir.



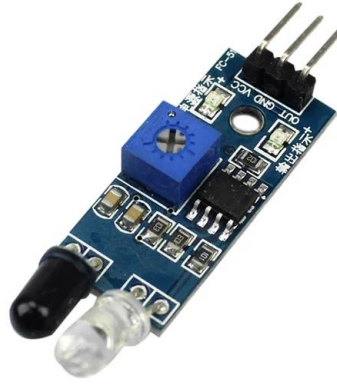
Şekil 4. 23. Bluetooth Modül

Savaş Robotunda Bluetooth modül olarak CC2541 Bluetooth 4.0 modülü kullanılabilir. Arduino ile Ios ve Android akıllı cihazlarınızla kolayca haberleştirilebilir. Modül 5V ile çalışmaktadır. RX,TX kartın üzerinde mevcuttur.

Arduino ‘nun yanı sıra birçok geliştirme kartı ve mikrodenetleyici ile kullanılabilir. Düşük enerji tüketimi ile IoT projelerinde tercih edilebilir.

4.5.3 Kızılötesi ışınlar ile haberleşme

Kızılötesi ışınlarda haberleşme için gönderilen sinyaller INFARED görünmez ışık olduğu için ışınların gönderdiği sinyalin tam manası ile alıcı tarafın anlaşılması yalnızca sinyallerin direkt alıcıya vurmasıyla olacaktır. Bu yüzden uzaktan kontrollü robotlarda IR sinyaller ile haberleşme yöntemi kullanılmaz.



Şekil 4. 24. Kızılötesi Alıcı/Verici

İnternette IR alıcı verici modülleri bulmak mümkündür. Sensör modülü bir çift ir alıcı verici tüpe sahiptir, ortam ışığına uyum sağlar. Verici tüpler IR bandında belli bir frekansta ışık verir, ışık huzmesinin yoluna bir engel çıktığında, söz konusu engelin yüzeyine çarpıp yansıyan ışık alıcı sensör tarafından okunur. Oluşan elektriksel sinyal bir komparatör devresince işlenir ve yeşil endikatör ışığı yanar, dijital çıkıştan da LOW durumu okunur. Algılama uzaklığı potansiyometre ile ayarlanır. Verimli mesafe 2-30cm, çalışma voltaj aralığı ise 3.3V-5V arasındadır. Potansiyometrenin konumu ile okumanın yapıldığı mesafe kestirilebilir. Basit bir arabirime sahip bu cihazın kurulması kolaydır. Robot uygulamalarında yaygın olarak engel belirleme için kullanılmaktadır. Engelle karşılaşınca yön değiştiren arabalarda, siyah/beyaz çizgi izleme ve buna benzer pek çok uygulamada da kullanılmaktadır. Teknik özellikleri ise

- Modül bir engelle karşılaştığında kartın üzerindeki yeşil endikatör ışığı yanar, çıkış terminalinde ise LOW sinyal seviyesi kalıcı olarak yanar.

- Modül 2-30cm arasındaki mesafelerde çalışır algılama açısı 35 ° dir.

4.5.4 RF sinyalleri kullanılarak haberleşme

Kumanda RC araçlarda en yetkili parçadır, tüm komutlar kumandanadan verilir ve kumanda alıcıya ne iletirse araç o sinyale göre tepki verir. Kumanda ve alıcı genelde birlikte satılır ancak ihtiyaca göre ayrı ayrı da alınabilir. Her kumanda modeline göre bir alıcı üretilmektedir. Farklı model bir alıcıyla farklı model bir kumanda uyum sağlamayacaktır. Nadir görülen veya fason üretilen modeller birbiriyle uyum sağlayabilir. Bind, kumanda ve alıcıyı birbirine tanıtan bir fonksiyondur. Kumanda sadece bind edilen alıcıya komut gönderir. Bu sebeple de diğer alıcıya sinyal göndermez ve çakışma durumu olmaz. Her modelin bind yapıma işlemi farklıdır.



Şekil 4. 25. R/C Kumanda 24 GHz

Kumandalardaki kanal sayısı arttıkça araca verebileceğimiz komut sayısı da artar. Bir kumanda en az 2 kanallı olur, genellikle 1. kanalda servo, 2. kanalda ise ESC bağlı olur. Kumandamız 3 kanal olursa 3. kanala ışık kiti bağlayabiliriz, 4 kanal olursa ek olarak vinç, duman kiti gibi özellikler bağlayarak bunları kumandanadan kontrol edebiliriz. Dikkat edilmesi gereken birkaç husus vardır,

- Kanal kumanda 3 kanal alıcılar mevcuttur. Bu tür sistemlerde alıcıdan 3. kanala örneğin ışık kiti bağlayabilirsiniz fakat kumandadan kontrol edemezsiniz. Kontrol edilmesi için kumandanında 3 kanal olması gerekmektedir.
- kanala standart bir ışık kiti takıldığında kumandadan açıp kapatabilmek için On/Off switch kullanılması gerekmektedir.

BÖLÜM 5. FİZİBİLİTE ÇALIŞMASI

Savaş robotunda kullanılacak olan kartların hepsi robotun gereklerine göre tasarlanacaktır. Bu kart tasarımları için kısıtlar belirlenmiştir. Bu kısıtlar kontrol kartında en az 15 adet I/O çıkışı ve 3 adet PWM pinine sahip olmalıdır. Bu kart üzerinde hangi mikrodenetleyici kullanılacağına da karar verilmiş. Kontrol kartında ATMEGA serisi mikrodenetleyici kartları kullanılacaktır. Kullanılacak olan entegrede Arduino UNO, Arduino Nano ve Arduino Mini Pro'da kullanılan ATMEGA 328P olacaktır. Kontrol kartında dikkat edilecek olan unsurlardan bir tanesi ise kartın ergonomik boyutlarda olmasıdır. Bunun için kontrol kartında SMD elektronik komponentler kullanılmalıdır. Bu kartlar şematik ve PCB tasarımları Proteus veya Eagle PCB çizim programlarında yapılacaktır. Çizim veya yapım aşamalarında karşılanacak zorluklar aşamasındaki zorluklar ise;

- Elektronik komponentlerin PCB çizim programında kılıflarının çizilmesinin zorluğu
- PCB kartları iki kartlı(Top Copper, Bottom Copper) olduğu için baskı devre şekilde denemenin zorluğu
- Atmega328P-AU çipine "Bootloader" atılması
- Çine gönderilecek baskı devre kartlarının teslimatının uzun sürmesi

Arka motor sürücü kartı ve ön silah sürücü kartında karşılaşılabilecek sorunları beraber işleyebilir. Ön önemli ve en çok hesap yapılması gerektiren, kartlar sürücü kartlarıdır.

Bu zorlukları maddeler halinde anlatacak olursak;

- Motordaki parazitlerin ölçümü, "breadboard" kurulan devreler ile yapılır. Parazit sinyallerinin gözlemlenmesi için osilaskoptan yardım alınır. Buna göre kapasitör hesaplamalarının yapılmasının uzun zaman alması.
- Sürücü kartların yüksek akımlar geçtiğinden dolayı mosfetlerin termal analizinin yapılması.
- Ve soğutucunun, termal analizinin belirlendikten sonra hazır soğutucu araştırması.

- Eğer hazır soğutucu motor sürücü kartlarına uygun değilse talaşlı imalat ile mosfet soğutucu analizi
- İmal edilen soğutucunun termal direncinin tespiti için test düzeneklerinin hazırlanması
- Soğutucu üzerine bağlanan fanın soğutucunun termal direnci üzerindeki etkilerinin incelenmesi.

gibi maddeleşebilecek zorluklar mevcuttur.

2 adet farklı kartın yapımı istikrarlı, profesyonel ve disiplinli bir çalışma gerektirmektedir. Malzeme temini sırasında çıkacak aksaklıklar, PCB kart sevkiyat sürelerinin uzaması veya hatalı tasarımlar böyle kapsamlı bir projeye zaman konusunda sıkıntı yaşatması çok muhtemeldir. Hatalı kartların önüne geçebilmek için kartların şematiğinde oynama yapılmadan aynı kart tek tarafta çizilip. Ütü yardımıyla basılıp denendikten sonra Çin'e PCB baskıya gönderilebilir. Sürücülerde veya kontrol kartında yaşanacak herhangi bir aksaklık durumunda piyasada satılan sürücü ve kontrol kartının alımı üzerinde yoğunlaşılacaktır.

Tahmini olarak Tablosu ise;

Tablo 5. 1. Tahmini Maliyet Analizi

Robot Bölümü	Fiyat
Kontrol Kartı	100 TL
Ön Silah Sürücü	300 TL
Arka Motor Sürücü	180 TL
Li-Po Batarya	600 TL
Kart PCB Maliyetleri	100 TL
Motorlar	800 TL
Toplam	2180 TL

BÖLÜM 6. AYRINTILI TASARIM

Savaş robotunda hareket için iki farklı sürücü kartına ihtiyaç vardır. Ve bu sürücü kartlarını kontrol edecek. Kontrol kartına ihtiyaç vardır. Yapılacak olan kartları aşağıdaki gibi özetleyebiliriz.

- Kontrol Kartı
- Ön Silah Motor Sürücü Kartı
- Arka Motorlar Sürücü Kartı

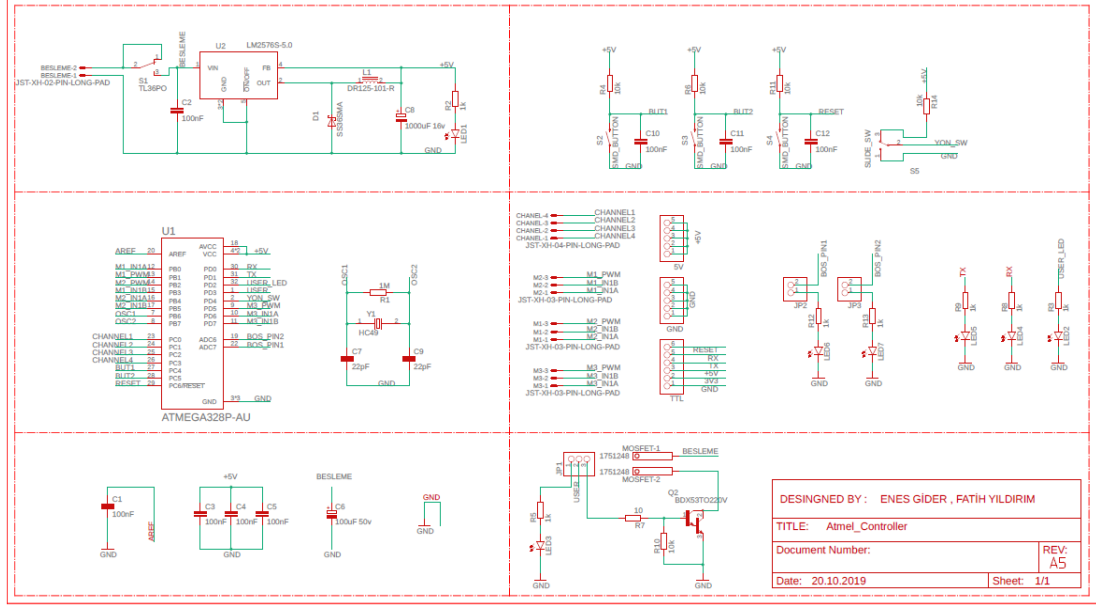
6.1 Kontrol Kartı

Kontrol kartlarının çiziminde “Autodesk Inc” firmasının bir program olan EAGLE programında çizilmiştir. EAGLE programının tercih edilmesindeki ana nedenler kart çizimlerinin güçlü bir 3D motoru ile desteklemesidir. Ayrı çizimleri gene Autodesk firmasının bir programı olan Fusion360’a aktarma yapılmasına da izin vermektedir. Fusion360 programın termal analizler, animasyonlar ve benzeri birçok fonksiyonu gerçekleştirebilmektedir.

6.1.1 Kontrol kartının şematığının çizilmesi

Mikrodenetleyici kartında Atmega328p kullanıldı. Bu kart robotun ana fonksiyonlarını kontrol edecek. Aynı zaman da arka motorlarda kullanılan iki motordaki 110 Amperlik motor sürücü ve aynı zaman da ön silahta kullanılan 400 Amperlik motor sürücüyü kontrol edecektir. Kartın başka bir fonksiyonu ise hall efekt akım sensör olan LA-100 akım sensörü sayesinde ön kesici silah motorunun akım anlık olarak kontrol edilmektedir. Motorun çektiği akımın motor sürücünün karşılamaması durumunda programal olarak sürücü devre dışı bırakılacaktır. Kontrol kartı RF vericiden gelen "pulse" sinyallerini okuyarak. Motor sürücülere yansıtacaktır. Bu okunan veriler 1050

ile 2030 arasında okunmaktadır. Okunan bu değerler 8 bit (0-255) aralığına yansıtacaktır. Tabii bu yapılırken joystick kolu konumunun nerede olduğuna dikkat edilerek yazılmalıdır.

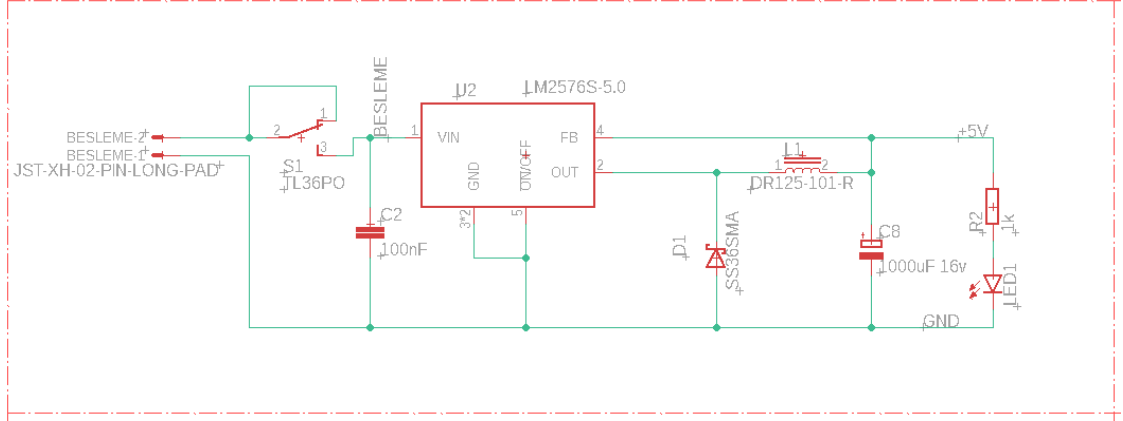


Şekil 6. 1. Kontrol Kartı Şematik

Çizimin en son hali yukarıdaki gibidir.

6.1.1.1 Regüle bölümü

Kontrol kartında LM2576-5 regüle kullanılmaktadır. LM2576-5.0 regülesi Atmega328-AU mikrodenetleyici, fanları, RC kumanda alıcısı sürücü kartlarının mosfet sürücü entegrelerini, optokömlerini besleyecektir. Bu nedenden dolayı güçlü bir +5V regüle entegresi kullanılmıştır. Kontrol kartına 4V-40V arasında DC voltaj uygulandığında sabit +5V DC 3Amper çıkış alınabilmektedir.



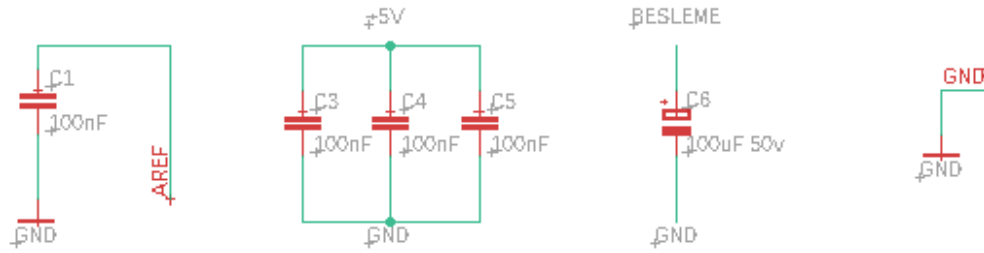
Şekil 6. 2. Kontrol Kartı Regüle Bölümü

Aşağıdaki fotoğrafta da görüldüğü gibi LM2576-5.0 regüle entegresinin farklı voltajlara göre çıkış karakteristiği verilmiştir. LM2576-5.0 entegresinin giriş voltajının (V_{IN}) en az 8V en yüksek ise 40V (V_{IN}) giriş voltajına sahiptir.

LM2576-5.0, LM2576HV-5.0					
Electrical Characteristics					
Specifications with standard type face are for $T_J = 25^\circ\text{C}$, and those with Figure 2 boldface type apply over full Operating Temperature Range.					
Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-5.0 LM2576HV-5.0		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2					
V_{OUT}	Output Voltage	$V_{IN} = 12\text{V}$, $I_{LOAD} = 0.5\text{A}$ Circuit of Figure 2	5.0	4.900 5.100	V V(Min) V(Max)
V_{OUT}	Output Voltage LM2576	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 40\text{V}$ Circuit of Figure 2	5.0	4.800/ 4.750 5.200/ 5.250	V V(Min) V(Max)
V_{OUT}	Output Voltage LM2576HV	$0.5\text{A} \leq I_{LOAD} \leq 3\text{A}$, $8\text{V} \leq V_{IN} \leq 60\text{V}$ Circuit of Figure 2	5.0	4.800/ 4.750 5.225/ 5.275	V V(Min) V(Max)

Şekil 6. 3. LM2576-5.0 Datasheet Bilgileri

Olası parazitleri engellemek aşağıdaki kapasiteler 5V-GND ve Besleme-GND arasına atılmıştır.



Şekil 6. 4. Kontrol Kartı Kapasitör Bölümü

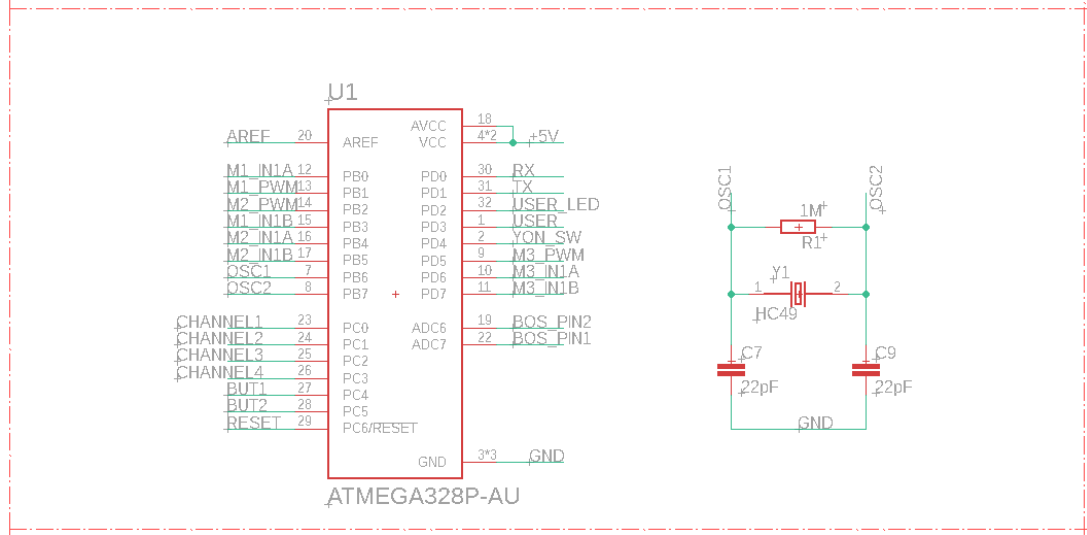
6.1.1.2 Mikrokontrolcü bölümü

Mikrokontrolcü olarak kullanılan, Atmega328P entegresi SMD TQFP kılıfındadır. Atmega328P entegresinin özelliklerini maddeler halinde anlatacak olur isek.

- Yüksek performanslı, düşük güç tüketimli 8 bitlik RISC işlemci,
- 32 adet 8 bitlik genel amaçlı kayıtçı
- 20 MHZ'e kadar çalışma hızı
- 32 KB Flash Bellek,
- 1 KB EEPROM,
- Flash bellek okuma/yazma sayısı: 10000 (on bin) kere,
- EEPROM okuma/yazma sayısı: 100000 (yüz bin) kere,
- Veri kayıt süresi: 85 derecede 20, 25 derecede 100 yıl,
- 23 adet 8 bitlik sayıcı/zamanlayıcı,
- 1 adet 16 bitlik sayıcı/zamanlayıcı,
- 6 adet 10 bit ADC,
- Programlanabilir seri USART,
- SPI iletişim desteği,
- I2C iletişim desteği,
- Programlanabilir Watchdog Timer,
- Dâhili ve harici kesinti özellikleri,
- 23 adet programlanabilir giriş-çıkış portu,
- 1.8 V ile 5.5V arası besleme,
- -40 derece ile +85 derece çalışma aralığı,

- Güç tüketimi 25 derece ve 1.8V ile çalışırken; Aktif Mod: 0.2mA, Güç koruma modu: 0.75uA, Power-down modu: 0.1uA

Gibi birçok özelliğe sahiptir. Atmega328P entegresinin sahip olduğu I/O pin sayısı, çalışma frekansı, EPROM hafızası ve TIMER sayısı savaş robotu projesi için fazlasıyla yeterli olacaktır.



Şekil 6. 5. Mikrokontrolcü ve Kristal Bölümü

Yukarıdaki fotoğrafta da görüldüğü gibi pinler PWM verilecek sürücü girişleri düşünülerek tasarlanmıştır. AVCC pinine +5V verilmiş bunun nedeni ADC6 ve ADC7 pinleri kullanılmak için AVCC pinine lojik-1 verilmesi gerekmektedir. Atmega328P-AU entegresi 20 Mhz çalışma frekansına sahiptir. Fakat kontrol kartında 16 Mhz'lik bir kristal kullanılmış. Böyle kart Arduino IDE ile programlanacak bir hale gelmiştir. R1 direnci osilatör üzerine gelecek sinyal dalgalanmalarını engellemek için koyulmuştur.

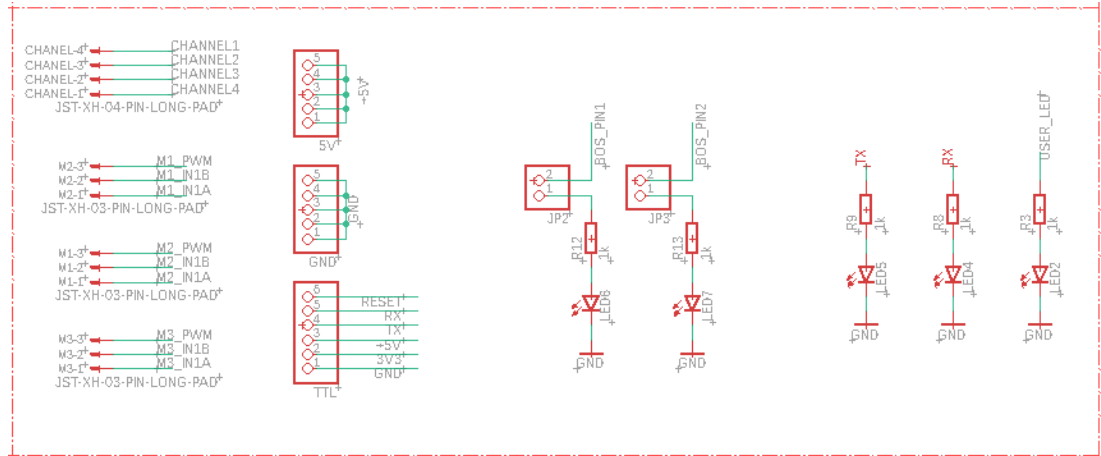
6.1.1.3 Programlama ve I/O bölümü

Kontrol kartı kart boyutları küçültmek, maliyet ve kartın çıkartabileceği sorunların önüne geçebilmek için USB-TTL dönüştürücü entegresi olan CH340 entegresi kullanılmamıştır. Bu sayede hem yerden hemde alınacak darbeler sonucunda kartta çıkabilecek sorunların önüne geçilmiştir. Karta program atmak için 6 pinlik bir soket bırakılmıştır. USB-TTL dönüştürücü bu pinlere bağlanarak program atma işlemi gerçekleştirilebilir.



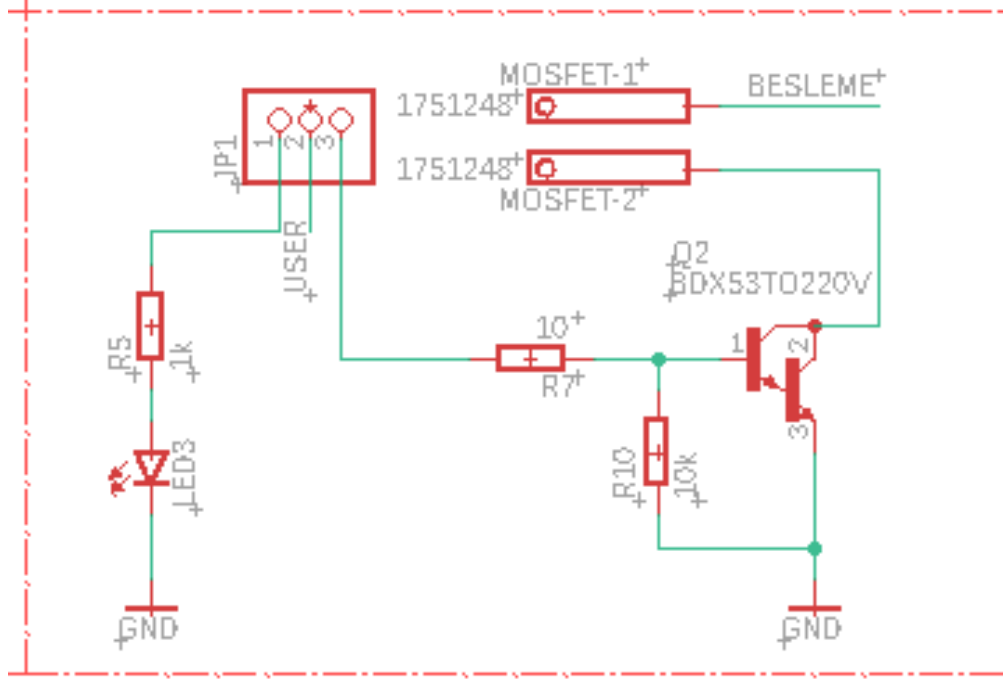
Şekil 6. 6. USB-TTL Dönüştürücü

Kontrol kartına en fazla 4 adet R/C kumanda alıcı kanal girişi yapılabilir. Normal kullanımda ön silah sürücüsü bir adet kanal, arka motorlar 2 adet kanal toplam 3 adet kanal kullanılmaktadır.



Şekil 6. 7. Kanal soketleri ve Led Bölümü Şematik

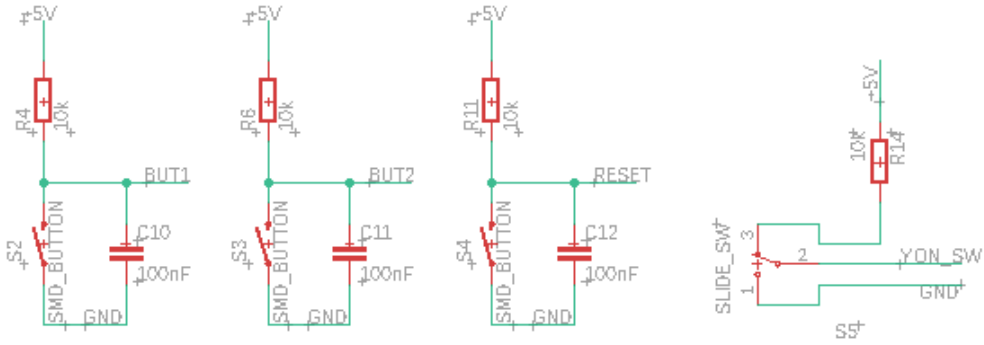
Bir adet kanal girişi ise kartta ekstradan bırakılmıştır. M1, M2 ve M3 soketleri motor sürücülere takılacak şekilde iki dijital bir adet PWM pini olarak ayarlanmıştır. Kartın üzerinde 4 adet kullanıcının kullanması için ledler bırakılmıştır. Bu ledlerin hepsi kullanabilmek için kartın üzerinde bulunan iki erkek pinleri kısa devre yapmanız yeterlidir. Bir adet çıkış led, normal bir çıkış veya BDX53 kontrol edilebilir. BDX53 ile şerit led veya robot için düşündüğü daha başka fonksiyonları yerine getirebilirsiniz.



Şekil 6. 8. BDX53 ve Seçimli Led Bölümü

6.1.1.4 Buton bölümü

Aşağıdaki fotoğrafta da görüldüğü gibi toplam 4 adet buton bulunmaktadır. Kullanılan butonlardan 3 tanesi kalıcı olmayan butondur. Bir âdeti ise kalıcı tip butondur.



Şekil 6. 9. Buton Bölümü

Butonların her birine 100nF'lık kapasiteler takılmıştır. Bu kapasitelerin amacı kartı olası gürültülerden korumak ve mikroişlemcinin daha kararlı çalışmasını sağlamaktır. Butonların hepsini Pull-Up direnleri bağlanmışır. Kalıcı tip olmayan butonları için

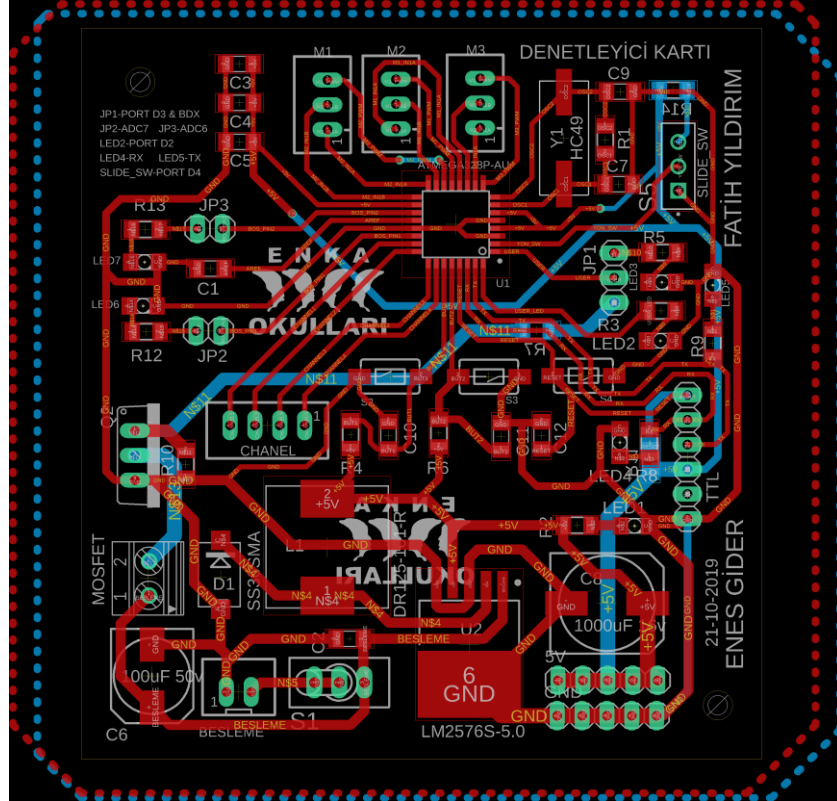
basıldığında lojik-1, basılmadığı da ise lojik-0 bilgisini mikrodenetleyici kartına göndermektedir.

6.1.2 Kontrol kartı PCB çizimi

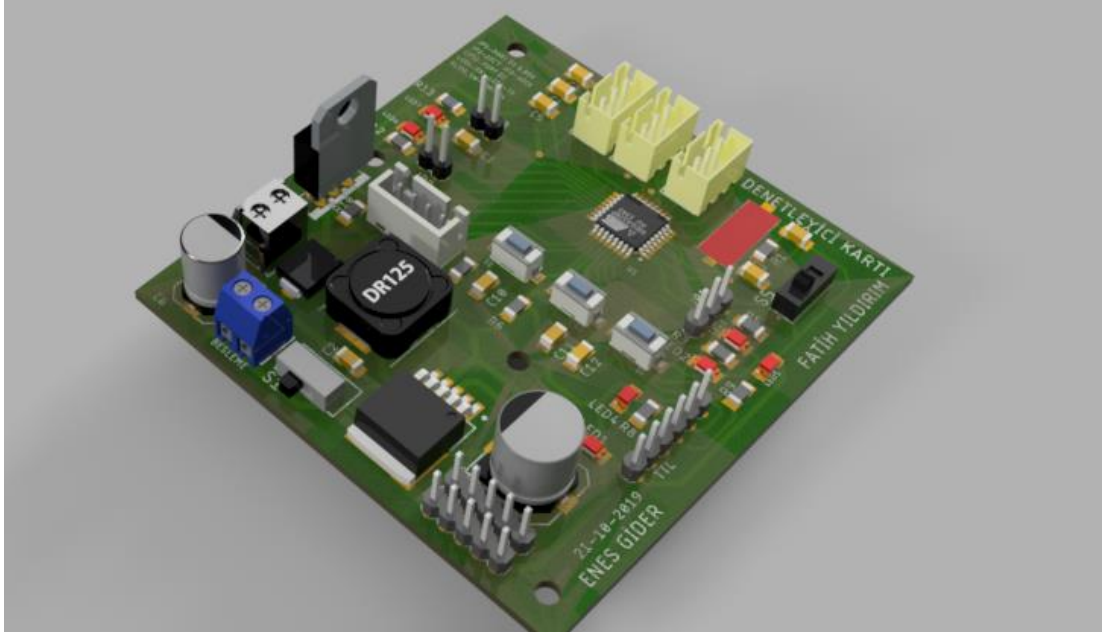
Kontrol kartı top copper ve bottom copper olmak üzere iki katlı çizilmiştir. Kartın küçük olması SMD dirençler kullanılmıştır. PCB çizimin dikkat edilen noktaları maddeler haline getirir ise;

- Besleme yolları veya yüksek akım geçebilecek olan yerler daha büyük yollar ile çizilmiştir.
- Gürültüyü engellemek kapasiteler mümkün oldukça ilgili komponente yakın çizilmeye dikkat edilmiştir.
- Boş olan yerleri, kartı manyetik alandan koruyabilmek için GND ile kaplanmıştır.
- Kristalin mikrokontrolcüye yakın olmasına dikkat edilmiştir.
- Motor soketleri, besleme soketlerinin geçmeli olmasına özen gösterilmiştir.

Bunun nedeni I/O'ların herhangi bir darbeye kopması önlemektedir.



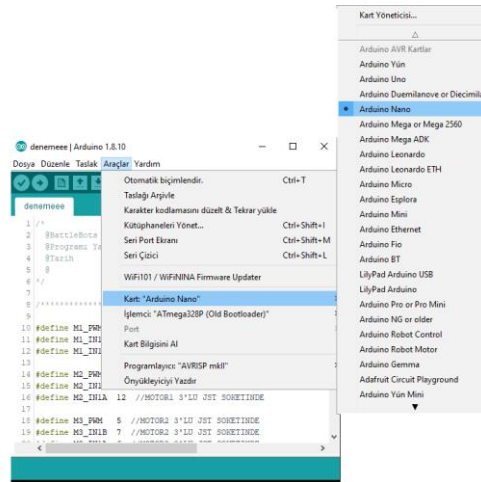
Şekil 6. 10. Kontrol Kartı PCB Bölümü



Şekil 6. 11. Kontrol Kartı 3 Boyutlu Renderlanmış Görüntüsü

6.1.3 Kontrol kartı giriş çıkış listesi

Kontrol kartı Arduino IDE'si ile aynı Arduino kartları gibi programlanabilmektedir. Fotoğrafta da görüldüğü gibi kontrol kartını programlamak için Arduino IDE seçmek yeterli olacaktır.



Şekil 6. 12. Kontrol Kartına Program Atma

Kontrol kartı Savaş Robotu sürücü pin girişlerine göre tasarlanmıştır. M1, M2 ve M3 pinleri motor sürücülere gidecektir. Motor sürücüyeye giden pinler PWM, IN1A ve IN1B

şeklinde gitmektedir Temel olarak ileri, geri ve ön silahlı aktif etmek için 3 adet channel yeterlidir. Kart üzerinde 4 adet channel takmak için pinler bulunmaktadır. Eğer ekstra channela ihtiyaç duyulur ise ledlerdeki seçimli erkek headerlar kullanılabilir. Toplam da 4 adet pin bulunmaktadır. Bunlardan 1 tanesi RESET pini diğer pinler ise kullanıcı tarafından programlanarak kullanılabilir. Bir adet seçimli 3'lü header bulunmaktadır. Headerın sol iki pini kısa devre edilir ise led, sağ iki pini kısa devre edilir ise güç mosfeti BDX53 kullanılabilir. BDX53 kullanılarak 45 Volt değerine kadar yükler kontrol edilebilir. 8 Amper değerine kadar istenilen bütün yükler rahatlıkla sürülebilir. Base akımı (I_B) ise iletimdeyken 0.2 Amper çekmektedir. T_J çalışma derecesi ise 150 °C'dir. Ayrıntılı pin listesi tablo halinde verilmiştir.

Tablo 6 . 1. Kontrol Kartı Giriş/ Çıkış Listesi

İsim	Türü	Pin	Pin İsmi	Arduino Nano Karşılığı
S2	Buton	27	PC4	A4
S3	Buton	28	PC5	A5
S5(Slide Switch)	Buton	2	PD4	D4
Channel1	RF-Kanallar	23	PC0	A0
Channel2	RF-Kanallar	24	PC1	A1
Channel3	RF-Kanallar	25	PC2	A2
Channel4	RF-Kanallar	26	PC3	A3
M2_PWM	M1	14	PB2	D10
M2_IN1B	M1	17	PB5	D13
M2_IN1A	M1	16	PB4	D12
M1_PWM	M2	13	PB0	D9
M1_IN1B	M2	15	PB3	D11
M1_IN1A	M2	16	PB4	D8
M3_PWM	M3	9	PD5	D5
M3_IN1B	M3	11	PD7	D7
M3_IN1A	M3	10	PD6	D6
Güç Mosfeti/Led	Seçimli	1	PD3	D3
Led6	Led	22	ADC7	A7
Led7	Led	19	ADC6	A6

6.1.4 Kontrol kartı PWM frekansları

Tablo 6 . 2 PWM Frekans Tablosu

PWM Kanalı	PWM Frekansı	PWM Frekans Konfigürasyonu
OC0A ve OC0B	D5 & D6 pinlerinin PWM frekansı 62500.00 Hz ayarlandı.	TCCR0B = TCCR0B & B11111000 B00000001;
	D5 & D6 pinlerinin PWM frekansı 7812.50 Hz ayarlandı.	TCCR0B = TCCR0B & B11111000 B00000010;
	D5 & D6 pinlerinin PWM frekansı 976.56 Hz ayarlandı.	TCCR0B = TCCR0B & B11111000 B00000011;
	D5 & D6 pinlerinin PWM frekansı 244.14 Hz ayarlandı.	TCCR0B = TCCR0B & B11111000 B00000100;
	D5 & D6 pinlerinin PWM frekansı 61.04 Hz ayarlandı.	TCCR0B = TCCR0B & B11111000 B00000101;
OC1A ve OC1B	D9 & D10 pinlerinin PWM frekansı 31372.55 Hz ayarlandı.	TCCR1B = TCCR1B & B11111000 B00000001;
	D9 & D10 pinlerinin PWM frekansı 3921.16 Hz ayarlandı.	TCCR1B = TCCR1B & B11111000 B00000010;
	D9 & D10 pinlerinin PWM frekansı 490.20 Hz ayarlandı.	TCCR1B = TCCR1B & B11111000 B00000011;
	D9 & D10 pinlerinin PWM frekansı 122.55 Hz ayarlandı.	TCCR1B = TCCR1B & B11111000 B00000100;
	D9 & D10 pinlerinin PWM frekansı 30.64 Hz ayarlandı.	TCCR1B = TCCR1B & B11111000 B00000101;
OC2A ve OC2B	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 31372.55 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000001;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 3921.16 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000010;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 980.39 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000011;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 490.20 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000100;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 245.10 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000101;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 122.55 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000110;
	D3 & D11 pinlerinin PWM frekansı 30.64 Hz ayarlandı.	TCCR2B = TCCR2B & B11111000 B00000111;

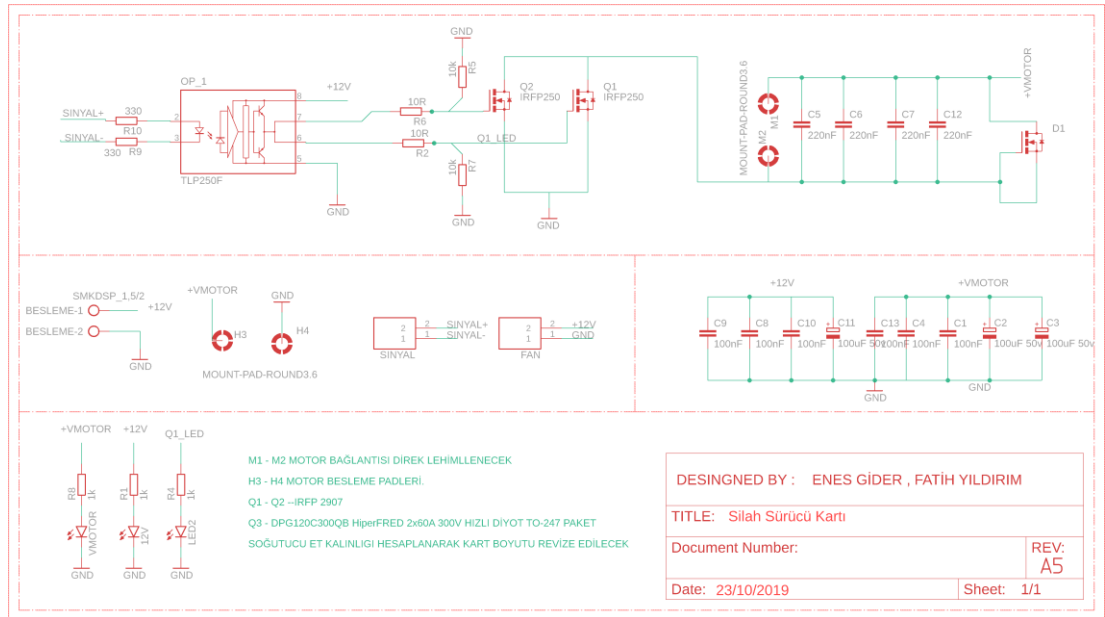
Kontrol kartında OC0, OC1 ve OC2 olmak üzere 3 adet PWM kanalı bulunmaktadır. Yukarıdaki Tablo 6.2’de Atmega328P-AU için PWM frekans aralıkları ve yapılandırma ayarları verilmiştir.

6.2 Ön Silah Sürücü Kartı

Ön silah sürücü kartının motorların kullanılabilir motorların ortalama çekeceği akım 130 Amper-200 Amper arasında olmaktadır. Bu yüzden emniyet katsayısını 2 seçerek ön silah motor sürücü için kart tasarlanmaya başladı. Ön silahın iki yönlü kullanılmasının herhangi bir avantaj veya tez avantaj kazandırmadığından dolayı half-bridge bir sürücü yapılmaya karar verildi.

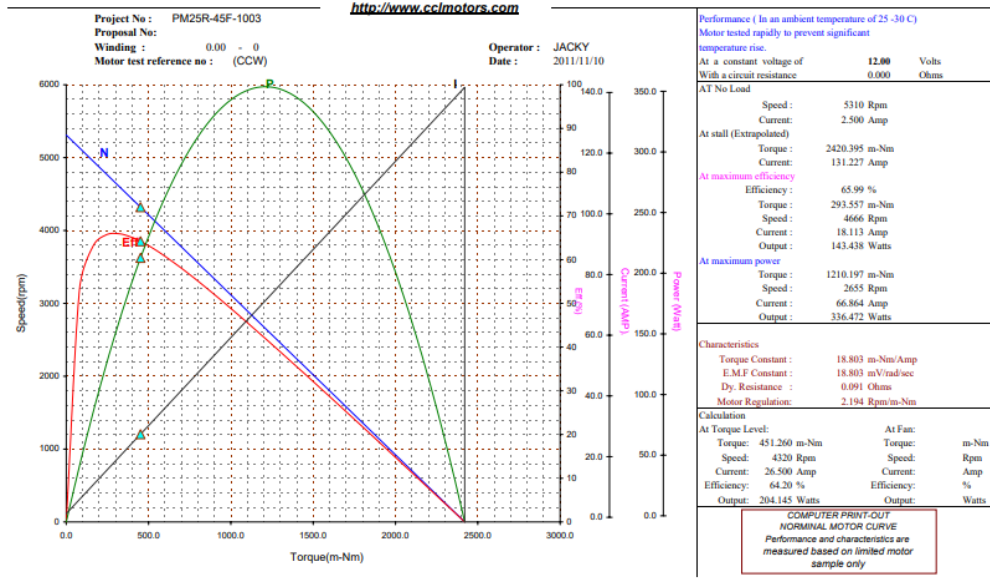
6.2.1 Ön Silah Sürücü Kartı Şematik Tasarımı

Ön silah kartının çok yüksek akım değerlerini kontrol ettiği için TLP250F kullanılarak iki kart birbirinde yalıtıldı. Böylece kontrol kartının sürücü kartından etkilenmesinin önüne geçilmiş oldu.



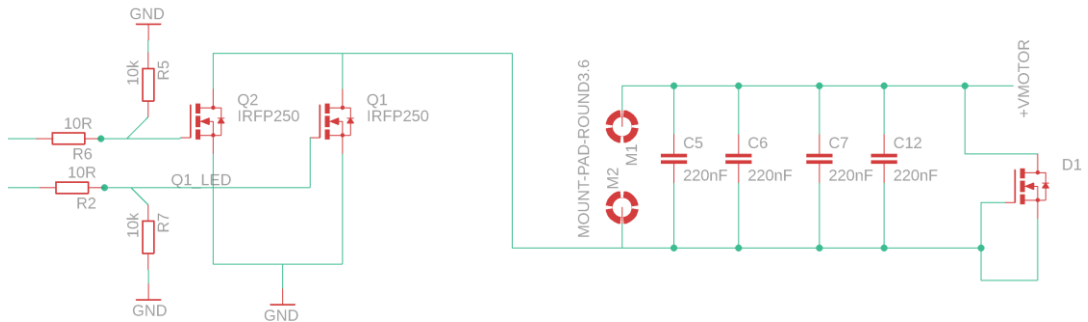
Şekil 6. 13. Ön Silah Sürücü Şematik

Savaş Robotunun ön silah motorunun sürmek için TO-247AC kılıf IRFP2907PbF N-Channel mosfet kullanılmıştır. Bu mosfetlerin V_{DSS} voltajı 75V $R_{DS(ON)}$ direnci için 4,5 mohm'dur. Savaş Robotlarının ön silah kısmında CIM motoru mosfet yardımıyla sürülecektir. CIM motorlar 5310 RPM hıza sahipken boştaki(yüksüz) akımı 2,5 Amperdir. Kitlenme durumunda ise 131 Amer akım çekmektedir. Bu akımları çekerken ise 2420,395 m-Nm yani yaklaşık olarak 2,42 Nm gibi bir tork üretmektedir.



Şekil 6. 14. CIM Motor Parametre Grafiği

CIM motorun grafikleri yukarıdaki gibidir. Şematikte de görüldüğü gibi iki adet IRFP2907 paralel bağlanarak. Motor sürme kapasitesi iki katına çıkartılmıştır. Datasheetteki veriler üzerinde motor sürme kapasitesi $209A * 2 = 418$ Amper olmuştur. Böyle motor kitlendiğinde, motor 130 Amper çeker. Ve her mosfet üzerinde düşen akım teorik olarak $130 \text{ Amper} / 2 = 65$ Amper olacaktır.



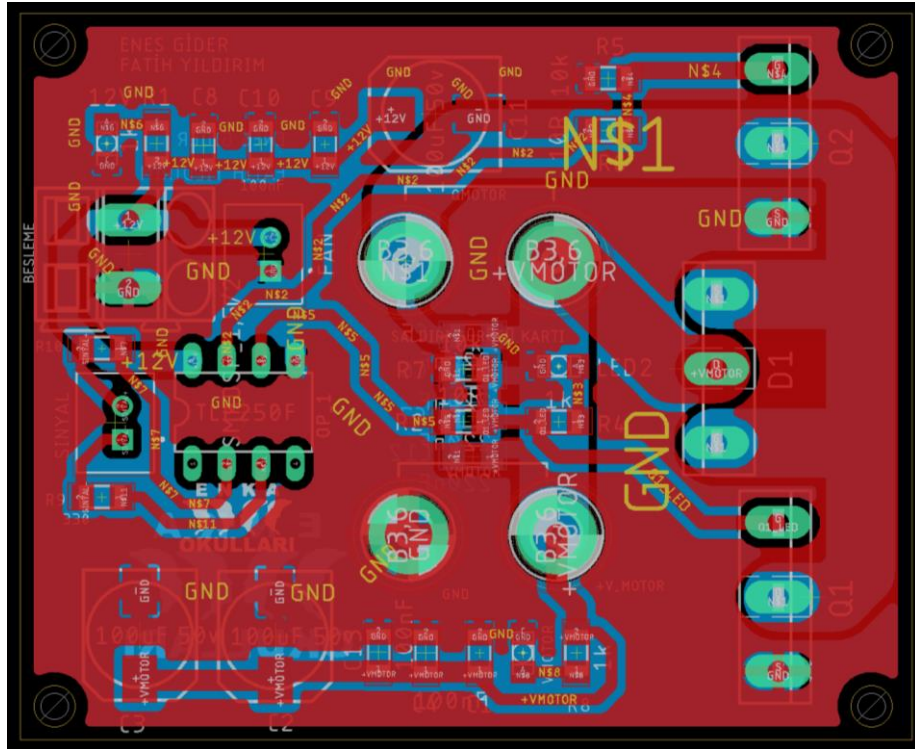
Şekil 6. 15. Motor Sürücü Bölümü

D1 diyotu $2 * 60$ A'lık bir diyottur. Bu diyot motor sürülürken gelen ters voltajlardan mosfetlerin korumak için kullanıldı. C5, C6, C7, C12 kapasitörleri motordaki voltaj dalgalanmalarını engellemek için kullanıldı. Böyle motor çok yumuşak bir şekilde sürüldü. Motor veya besleme klemensleri kullanılmadı bunun PCB kartları için

kullanılan klemensler 60 Amperden daha yüksek akımları taşıyamamakta. Bu yüzden motor ve besleme kabloları karta direkt lehimlenmektedir.

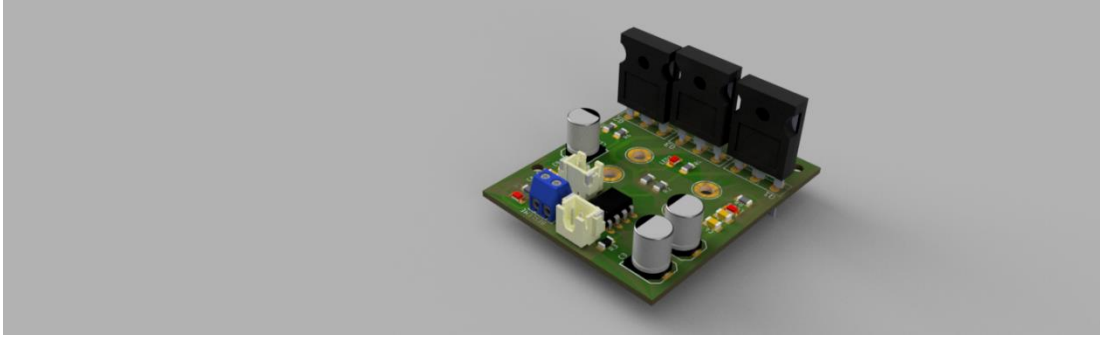
6.2.2 Ön silah motor sürücü kartı PCB çizimi

Şematik çizimi tamamen bittikten sonra her bir komponentin baskı devre paketi tanımlanır. Biraz açmak gerekirse şematik kısmında kullanılan birçok komponentin onlarca farklı versiyonları elektronik satış portallarında bulunabilir. Bu komponentlerden hangisinin kullanılacağına karar verilir. Ardından EAGLE kütüphanesinde paketler yok ise komponentlerin datasheetlerinden ölçüler alınıp tekrardan paket oluşturulması gerekir. IRF2907PbF mosfet kullanılan mosfet sürücü devresi, breadboard üzerinde devre kurularak test edildi. Ardından PCB çizimi geçildi. Bu çizimde dikkat edilen en önemli nokta kartın hem kullanıcının hoşuna gidecek bir şekilde açık ve anlaşılabilir olması. Ve kartın uygun değer düzeyde küçük olması gerekir.



Şekil 6. 16. Ön Silah Sürücü PCB Çizim Kısmı

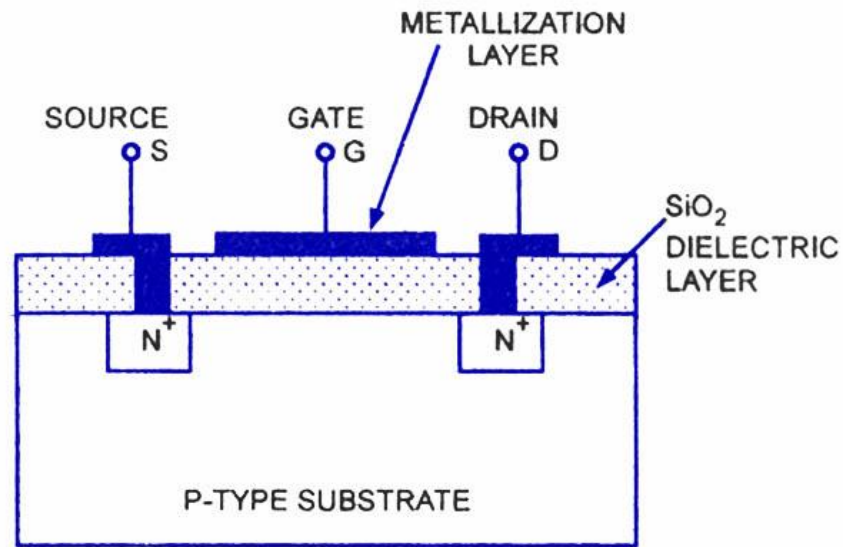
PCB çizimi de bittik den sonra her komponentin 3 boyutlu boyutlusu görüntüsü olmayabiliyor. Bu yüzden komponentler katı model oluşturma programlarında katı modelini oluşturup EAGLE programına tanımlandı. Böylece PCB çiziminden sonra kartın gerçek görünümüne tam olarak ulaşmış olduk.



Şekil 6. 17. Mosfet Sürücü 3D

6.2.3 IRFP2907PbF datasheet incelemesi

Birçok mühendislik projelerinde, optimum verim ile iyi bir tasarım yapmak için, ihtiyaç duyulan malzemelerin kullanım kılavuzu okuması elzemdir. Günümüzde yarı iletken teknolojisinin patenti bilgi ve birikimlerini elinde tutan ülkeler göz önüne alındığında bu kılavuzların belirli bir disiplinler içerisinde ve İngilizce hazırlandığı görülmektedir. Bu tür okumalar genel olarak dil eksikliğinden dolayı yapılmamaktadır. Projelerde kullanılan yarı iletkenler ise deneyimler sonucunda kullanılmaktadır. Yarı iletken bir aygıtın iç sıcaklığı üzerindeki teorik üst sınır, iç sıcaklıktır. Yarı iletken aygıtın en hafif katkılı bölgesindeki içsel taşıyıcı yoğunluğunun, o bölgedeki taşıyıcı katkı yoğunluğuna eşit olduğu sıcaklıktır. Güç yarı iletkenlerindeki güç kaybı normalde iç sıcaklıkla artar. Bazı özel uygulamalar çok yüksek ortam sıcaklıklarında çalışmayı gerektirecektir. Bu gibi durumlarda, kapsamlı tarama sadece seçenektir. Tüm bu ekipman, fabrikada tam çalışma gücünde ve maksimum ortam sıcaklıklarında yapılan yanma testlerinde bir hafta ila bir hafta süreyle test edilmelidir [7].



N-Channel E-MOSFET Structure

Şekil 6. 18. N-Channel Mosfet Kutupsal Gösterim

International
IR Rectifier

PD-95050C
IRFP2907PbF

HEXFET® Power MOSFET

Typical Applications

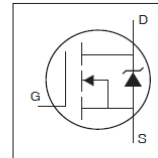
- Telecom applications requiring soft start

Benefits

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Repetitive Avalanche Allowed up to T_{jmax}
- Lead-Free

Description

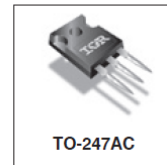
This Stripe Planar design of HEXFET® Power MOSFETs utilizes the latest processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. Additional features of this HEXFET power MOSFET are a 175°C junction operating temperature, fast switching speed and improved repetitive avalanche rating. These benefits combine to make this design an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.



$$V_{DSS} = 75V$$

$$R_{DS(on)} = 4.5m\Omega$$

$$I_D = 209A\text{①}$$



TO-247AC

Şekil 6. 19. IRFP2907PbF Datasheet

Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	209@	A
I_D @ $T_C = 100^\circ\text{C}$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10\text{V}$	148@	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	840	
P_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	Power Dissipation	470	W
	Linear Derating Factor	3.1	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy②	1970	mJ
I_{AR}	Avalanche Current	See Fig.12a, 12b, 15, 16	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy②		mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	5.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to + 175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	0.32	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	40	

www.irf.com

1

Şekil 6. 20. IRFP2907PbF Datasheet

IRFP2907PbF

International
IGR RectifierElectrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{DS(BR)}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	75	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{DS(BR)}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.085	—	V/°C	Reference to 25°C , $I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	3.6	4.5	mΩ	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 125\text{A}$ ①
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = 10\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
g_{fs}	Forward Transconductance	130	—	—	S	$V_{DS} = 25\text{V}$, $I_D = 125\text{A}$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	20	—	μA	$V_{DS} = 75\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$
		—	250	—	μA	$V_{DS} = 60\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{DSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	200	—	nA	$V_{GS} = 20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	-200	—	nA	$V_{GS} = -20\text{V}$
Q_g	Total Gate Charge	—	410	620	nC	$I_D = 125\text{A}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	92	140	nC	$V_{DS} = 60\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	140	210	nC	$V_{GS} = 10\text{V}$ ①
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	23	—	ns	$V_{DD} = 38\text{V}$
t_r	Rise Time	—	190	—	ns	$I_D = 125\text{A}$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	130	—	ns	$R_{\theta} = 1.2\Omega$
t_f	Fall Time	—	130	—	ns	$V_{GS} = 10\text{V}$ ①
L_D	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	13	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	13000	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	2100	—	pF	$V_{DS} = 25\text{V}$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	500	—	pF	$f = 1.0\text{MHz}$, See Fig. 5
C_{iss}	Output Capacitance	—	9780	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 1.0\text{V}$, $f = 1.0\text{MHz}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1360	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 60\text{V}$, $f = 1.0\text{MHz}$
$C_{oss, eff.}$	Effective Output Capacitance ①	—	2320	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$, $V_{DS} = 0\text{V}$ to 60V

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	209@	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	840	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	1.3	—	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 125\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ ②
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	140	210	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 125\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	880	1320	nC	$dI/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Şekil 6. 21. IRFP2907PbF Datasheet

Ön silah sürücünde kullanmış olduğu IRFP2907PbF, N-Channel 209 Amper I_D akımına sahip olan bir mosfettir. MOSFET, 1959 yılında Bell Laboratuvarları'nda görevli Dawon Kahng ve Martin M. (John) Atalla tarafından icat edilmiştir. Bir MOSFET'in (metal oxide semiconductor field effect transistor - metal oksit yarı iletken alan etkili transistör) hareketli parçaları yoktur. Genel olarak N P N harfleri ile anılan üç materyalden oluşan bir sandviç şeklini düşünerek onun biçimini ve işlevini kabaca anlayabiliriz. Teller iki plakanın N bileşenine bağlıysa akım gerçekleşmez. Bunun

nedeni, P tabakasının farklı elektriksel özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Projemizin ön silah sürücüsünde kullandığımız mosfetin datasheetini bu bölümde incelenecektir.

6.2.3.1 Drain-Source gerilimi

Mosfet'in en noktalarından bir tanesidir ve ilgili değerin aşılması mosfetin bir zener gibi çalışmasına neden olacağından, üzerindeki gücü atamamasıyla birlikte mosfet zarar görmeye başlayacaktır. IRFP2907PbF için bu değerini her aşamada aşılması gerekmektedir. Üretimdeki toleranslardan dolayı bu gerilimin 70-75V civarında tutulması önerilir.

6.2.3.2 Gate-Source gerilimi

Bu gerilim mosfeti kontrol etmek için kullanılan gerilimdir ve threshold değerinden sonra mosfet ilettime geçmeye başlar. Yalnız eğer hassas bir uygulamada bu mosfetler kullanılır ise "Miller Clamp" denilen yöntemler ile mosfetin tamamen kapalı olduğunu garantilemek adına negatif gerilim mosfetin gate ucuna uygulanabilir. Bunun da değeri IRFP2907PbF için +2V/+4V olarak belirlenmiştir.

6.2.3.3 Drain'den akabilecek sürekli akım

Belirli gate geriliminde ve saturasyon bölgesinde mosfetler kılıf sıcaklıklarına göre üzerlerinden belirli bir akımı akıtabilirler. Sıcaklık artıkça, mosfetlerin iç dirençlerinin artacağından ve dolayısı ile oluşacak iletim kayıpları belirlenen kılıftan atılamayacağı için mosfetlerin üzerlerinden geçirecekleri akım değerleri düşmektedir. Bu yüzden IRFP2907PbF için 25 °C kılıf sıcaklığında 209 Amper sürekli bir akım akıtılabilir ilken sıcaklık 100 °C 'ye çıktığında bu değer ancak 148A değerinde olabilir.

6.2.3.4 Anlık Drain'den akıtılabilecek akım

Bir çok uygulamada mosfetler PWM tekniği ile kullanıldığından mosfetler anlık yüksek miktarlarda akımlar akıtmak mümkündür. Isıl direnç ve ortalama akımlar dikkate alındığında, sürekli bir şekilde uygulanan anlık vuruşlarda bu değerin IRFP2907PbF için 840 Amper civarlarına kadar yükselebildiği görülmektedir.

6.2.3.5 Linner Derating faktörü

Bu faktör sıcaklık artımı ile yarı iletken atılabilecek ısı değerinin miktarını belirler.

6.2.3.6 Single pulse avalanche energy

Ayrıntılı bir tanımı olsa da kısaca anahtarlama anlarında, mosfet gerilimin üst değeri aşılmışken, tek bir pulse içerisinde yarı iletken dayanabileceği enerji miktarını anlatır. Bu anda mosfet daha önce de anlatıldığı gibi zener gibi davranır. Eğer oluşan ısı enerjisi bu değerden daha fazla ise yarı iletken zarar görür.

6.2.3.7 Maximum power dissipation

Mosfet kılıfı üzerinden atabileceği maksimum sıcaklığı göstermektedir. Bu ısı enerjisi eğer kılıftan uzaklaştırılmaz ise mosfet hemen zarar görecektir. Bu değer 25 °C'de 470 W olarak verilmiştir.

6.2.3.8 Çalışma ve saklama Junction sıcaklıkları

Bu değer mosfetin çalışabileceği ve saklanabileceği maksimum junction sıcaklıklarını tanımlar. Dikkat edilmesi gereken bölüm verilen sıcaklık değerlerinin kılıf sıcaklık değerler olmamasıdır. Dolayısıyla termal dirençler göz önünde bulundurulduğunda mosfetin yaklaşık 150 °C-160 °C civarında zarar görmeye başladığı düşünülebilir.

6.2.3.9 Maksimum Junction'dan ortama olan termal direnç

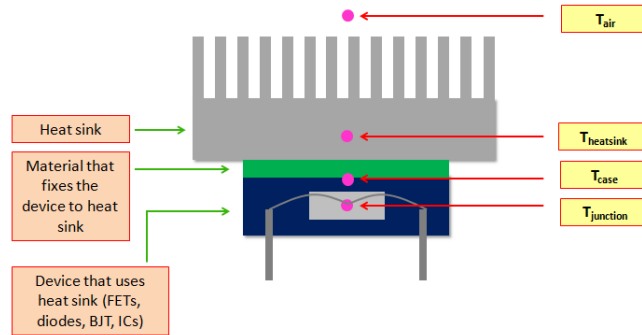
Bu direnç değeri silikon die ile ortam arasında bulunan termal sıcaklık değeridir. Bu değer aynı elektriksel direnç gibi düşünülebilir. Örneğin 1W sıcaklık kaybında oluşacak sıcaklık farkı IRFP2907PbF için $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ civarında olacaktır. Dolayısıyla ile soğutucusuz şekilde bu mosfet üzerinden en fazla 2-3W civarında bir sıcaklığı bertaraf edebilir.

6.2.3.10 Kılıftan soğutucuya (termal pasta ile) olan ısı direnç

Termal pasta sürüldükten sonra kılıfa olan ısı direnç miktarını temsil eder. IRFP2907PbF ele alındığında iyi bir soğutucu ile soğutulan mosfet, 70 Amper ortalama akım ile maksimum $22,05\text{W}$ ($R_{ds(on)}=4.5\text{m}\Omega$) için ısı ortaya çıkartacaktır. Bu değerde de mosfet kılıfı ile soğutucu arasında $22.05\text{W} \times 0.24^{\circ}\text{C}/\text{W} = 5,292^{\circ}\text{C}$ sıcaklık farkı ortaya çıkacaktır. Bundan sonra ise soğutucu ile hava arasındaki ısı direnç önem kazanacaktır.

6.2.3.11 Maksimum Junction'dan kılıfa olan ısı direnç

Bu değer silikon die'dan kılıfa olan ısı direnci temsil eder.



Şekil 6. 22. Mosfet Termal Direnç Modellemesi

Mosfetlerin en önemli parametrelerinden biriside elektriksel karakteristikleridir. Mosfetin bu özelliği iki türde incelenir; bunlar statik yani durağan ve geçiş yani dinamik anlardaki özellikleridir. Mosfetin bu iki özelliği, ilgili mosfetin kullanım alanına göre uygun olup olmadığını da belirler.

6.2.3.12 Drain-Source kırılma gerilimi

Bu gerilim mosfetin zarar gördüğü maksimum dayanma gerilimidir. Yukarıda göreceğimiz değere göre bu değer maksimum $V_{gs}=0V$ iken ve drain-source arası zorlanma akımı olarak 250 uA akarken ulaşılan değer olarak verilmiştir. Mosfet bu bölümler zener gibi çalışmaktadır. IRFP2907PbF için verilen maksimum 60V olarak verilmiştir.

6.2.3.13 Drain-Source sıcaklık katsayısı

Mosfetlerin dayanma gerilimi sıcaklık arttıkça artmaktadır. Bu değer bazı mosfetlerde çok artmasa da yeni nesil birçok mosfetten aşırı şekilde artmaktadır. Örneğin 25C'de 650V kırılma gerilimine sahip olan mosfet, 125C'de 700 V civarında kırılma gerilimine ulaşabilir. Mosfetlerde bu, pozitif bir etki olarak gözümüze çarpmaktadır. IRFP2907PbF bu değer 125C sıcaklıkta +5V olarak gözükerek 66V olarak karşımıza çıkar.

6.2.3.14 Gate-Source sızıntı akımı

Mosfetler sürülürken gate ile source arasında sızıntı akımları akmaktadır. Bu değer oldukça düşük olsa da minimal tasarımlar için oldukça önemli olmaktadır.

6.2.3.15 Sıfır Gate geriliminde drain sızıntı akımı

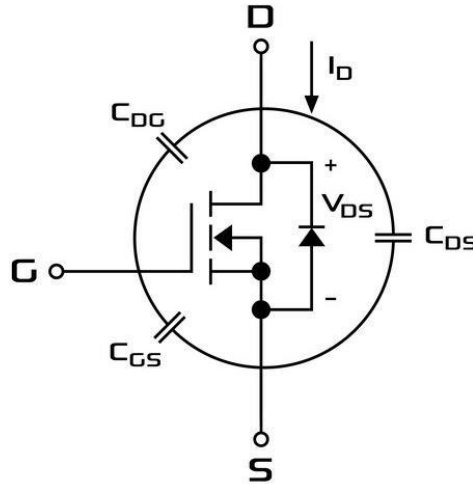
Bu değer de tanımından anlaşılacağı üzere mosfete sıfır gate gerilimi uygulandığında drain'den akacak akımı göstermektedir. Yüksek güçlü uygulamalarda bu değer sorun olmasa da özellikle pil ile çalışan uygulamalarda dikkate alınma gereken bir değer olarak karşımıza çıkmaktadır.

6.2.3.16 Drain-Source iletim direnci

Kayıp hesabı için en önemli değerlerden bir iletim anında anahtarlama elemanı üzerinde oluşan maksimum direnç değeridir. Rölelerden, butonlara ve oradan yarı iletkenlere kadar bu değer iletim kaybı hesabında kullanılır ve bir anahtarın verimindeki en önemli ögesinden biridir. IRFP2907PbF için bu değer maksimum sıcaklık anında 28mOhm olarak verilmiştir. Bu değer mosfetler için iyi sayılabilecek bir değerdir. Günümüzde özellikle düşük gerilimlerde 1mOhm altında mosfetler bulmak kolaydır.

6.2.3.17 Mosfetin içsel kapasiteleri

Mosfetin birleşimi sırasında Cdrain-source, Cgate-source ve Cdrain-source kapasiteleri oluşur. Cdrain-source arası kapasite Crss olarak da adlandırılır. $C_{oss}=(C_{drain-source})+(C_{rss})$ ve $C_{iss}=(C_{gate-source})+(C_{rss})$ olarak tanımlanır. Bir mosfeti hızlı açıp kapayabilmek için Cgate kapasitesini hızlıca doldurup boşaltabilmek gerekmektedir. Yukarıdaki formüllerden ilgili kapasite hızlıca çekilip tasarım içerisinde kullanılabilir. IRFP2907PbF için Cgate=12500pF olarak bulunabilir.



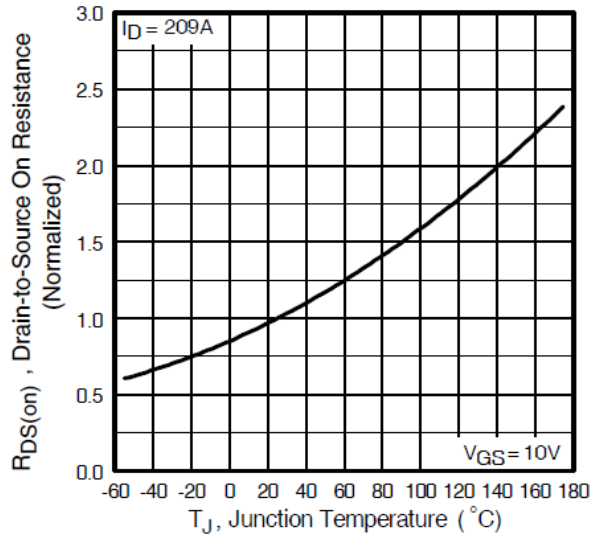
Şekil 6. 23. C_{GS} , C_{DG} ve C_{DS} gösterimi

6.2.3.17 Gate kapasitesi şarj değeri

Mosfet sürücüler tasarlanırken frekans değeri ile ilişkili ne kadar enerji harcayacağı bulunabilir. Bu değerin hesabı için gate kapasiteleri dolarken gerekli olan toplam coulomb miktarı bilmek gerekir. Örneğin IRFP2907PbF için $V_{gs}=10V$ olacak şekilde 10 kHz de gate için harcanarak toplam enerji $P_{OE} \cdot f = [(1/2)QV] \cdot f = 0.5 \cdot 67nC \cdot 10 \cdot 10 \text{ kHz} = 3 \text{ mW}$ olacaktır. Değerler ne kadar küçük görünse de özellikle 1 MHz gibi yüksek frekanslı bir uygulamada 3W gibi bir değere çıkacağı unutulmamalıdır.

6.2.3.18 Mosfet sıcaklık ve $R_{DS(ON)}$ karakteristiği

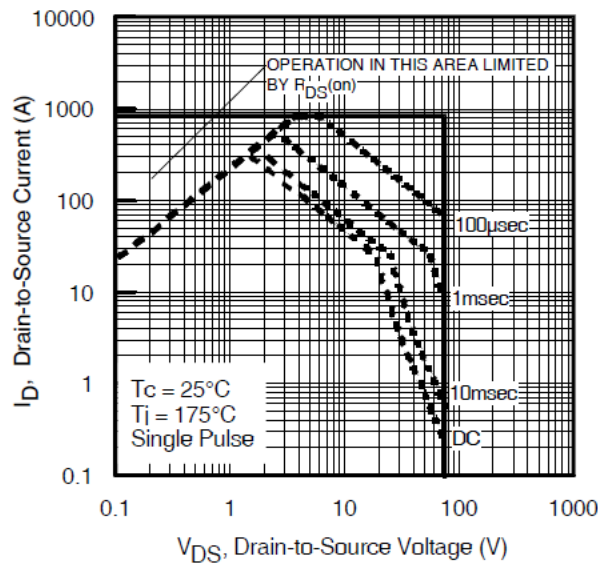
Tüm anahtarlarda olduğu gibi mosfet gibi yarı iletkenler de iletim kayıpları, iletim dirençleri ile doğru orantılı bir şekilde artar. Mosfetler, transistör ya da IGBT'lerden farklı olarak, üzerlerine düşen ısıya göre iç dirençleri aynı yönde artıp azaltmaktadır. Yukarıdaki grafikte de görüldüğü üzere, sıcaklık arttıkça nominal $R_{DS(on)}$ ile ilintili çarpan, sıcaklıkta uyumlu şekilde artıp azaltmaktadır. Bu özellik mosfetleri kolay paralellendirilebilir hale getirmektedir. Bunu açmak gerekir ise, uygulama içerisinde artarak, akım diğer mosfet üzerine yoğunlaşır. Dolayısıyla akım değeri yaklaşık eşit oluncaya dek bu işlem tekrarlanır.



Şekil 6. 24. IRFP2907PbF $R_{DS(ON)}$ - T_J Grafiği

6.2.3.19 Güvenli çalışma bölgesi (safe operating area)

Kullandığımız elektronik yarı iletkenlerin çoğu silikon tabanlıdır ve silikon malzemeler 125 C -175 C arasındaki maksimum sıcaklığa dayanabilmektedir İlgili malzemenin zarar görmemesi için soğutulması gerekmektedir. İster basit bir diyot, isterse karmaşık bir power modül olsun bu, tüm yarı iletkenler için geçerlidir. Mosfetler ya da IGBT'lerde de, yarı iletkenin zarar görmemesi ile ilgili, elemanın ısıya karşı dayanıklılığını da gösteren güvenli çalışma bölgesi(Safe Operating Area) aşağıdaki şekilde tanımlanır. Herhangi bir uygulamada ilgili elemanı bu alanda kullanmak, yarı iletkene zarar vermemeyi sağlar. Aşağıdaki bulunan grafikleri yorumlar isek; drain source geriliminin düşük olduğu zamanlarda yarı iletkenin üzerinden geçecek akımın R_{ds-on} ile orantılı olduğu görülür. Lineer bölgede çalışacağıında ise yarı iletkenin güç oranı oldukça düşmektedir. Yapılacak tüm uygulamalarda, teorik ve maksimum gerilim ve akım hesaplamaları yapıldıktan sonra, uygun mosfetin seçimi yapılmalıdır.

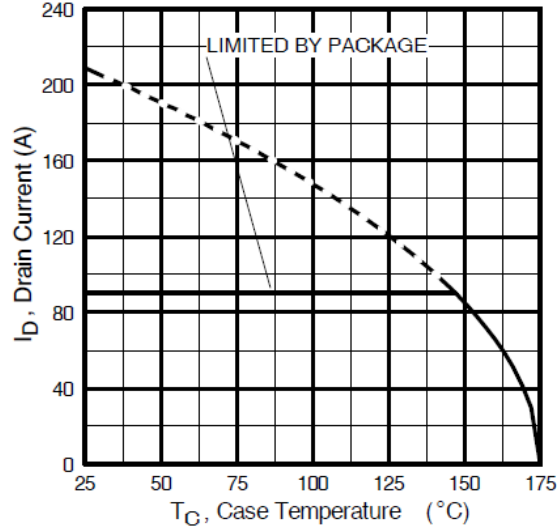


Şekil 6. 25. $V_{DS} - I_D$ Grafiği

6.2.3.20 Kılıf sıcaklığına göre I_D kıyaslaması

Kılıf sıcaklığına göre yarı iletkenin zarar görmemesi için üzerinden akabilecek maksimum akımı yukarıdaki grafikten görebiliriz. Bazı mosfet ya da IGBT'lerde silikon die, bazı sıcaklıklarda çok yüksek akımlar akıtabilecek olsa da kılıf ve

içerisindeki bağlantı telleri geçebilecek akımı limiteleyebilmektedir. Dolayısıyla bu tür durumlarda da tasarım yapılırken dikkat etmek gerekmektedir.



Şekil 6. 26. I_D - T_C

6.2.4 Mosfet termal analizi

MOSFET'ler üç tip frekansa bağlı kayıp sergiler:

- 1- Kapı Kaybı,
- 2- Anahtarlama Kaybı ve
- 3- Çıkış Kaybı.

S kutupu terminal “source” ve g kutupu terminal “gate” ucudur. MOSFET eşdeğer devresi, fiziksel yapısından kaynaklanan bir body diyotu içerir. Mosfet ek olarak, cihaz paraziti olan etkili terminal kapasitanslarını içerir fiziksel yapı nedeniyle [8].

Ön silah sürücü kartında iki adet IRFP2907 209 amper I_D akımına sahip olan mosfet paralel bağlanarak motor sürme kabiliyetleri iki katına çıkartılmıştır. Yapılacak hesaplamalar. CIM motor durdurma akımı olan 130 Amper üzerinden yapılacaktır. Mosfet topolojisine bakacak olarak, mosfetler yarı iletken elektronik komponentlerdir. Ve yarı iletkenlerin en büyük düşmanı sıcaklıktır. Mosfetin üzerinden sağlıklı bir şekilde geçirebileceğiniz akım miktarı büyük etkenden mosfetin üzerinden atabileceği sıcaklığa bağlıdır. Sürücü kartın da kullandığımız mosfetin limitlerinden bahsedecek

olur isek. IRFP2907PbF datasheetine bakma gerekir. Üreticiler bu datasheetlerde mosfetin alt ve üst limitlerini belirlemek zorundalardır. Mosfetin sıcaklık akım ilişkine dair bilgi sahibi olabilme için ID/TC grafiğine bakılması gerekmektedir. Bu grafikten de görüldüğü gibi mosfet 140 °C değerinden sonra kırılmaya başlıyor. Ve lineerlik özelliğini kaybetmektedir. Derece başına düşen ters orantılı akımının arttığı görülmektedir. Yani mosfetleri kullanımda iken 140 derece bandındaki sıcaklıklardan uzak tutulması gerekmektedir. Mosfeti güvenli bir sürmek için hesaplamalarda sıcaklık üst limiti 140 derece ayarlanacaktır. Motor durdurma akımı 130 Amperi ikiye böler ise bölünmelidir. Bunun nedeni iki adet mosfetin paralel bağlanmasıdır. 130 Amper / 2 üzerinden hesap yapılır ise bir mosfet üzerinden geçebilecek maksimum akım miktarı 65 Amper olarak bulunur. Motor sürme emniyetli ve güvenilir olması için 70 Amper üzerinden hesaplama yapılacaktır.

Yarı iletkenler ve sıcaklık ilişkisinden bahsedecek olur isek sıcaklık emniyetli mosfet sürmenin önündeki en büyük engeldir. Bunun nedeni mosfet tam olarak ilettime geçtiğinde dahi çok küçük dahi olsa mosfetin iç empedansı vardır. Bu değeri yarı iletkenlerin datasheetinde $R_{DS(ON)}$ olarak gösterilmektedir. Yarı iletkenin üzerindeki sıcaklık ne kadar artar ise yarı iletkenin o kadar iç direnci artmaktadır. Ve mosfetin iç direncinin artması mosfetin daha çok ısınması anlamına gelmektedir. Ve sıcaklık artmasının engellenmemesi durumunda yarı iletken üzerinden geçirilecek akımının azalması anlamına gelecektir. Eğer bu durumun önüne yarıiletken üzerindeki sıcaklığın hava veya soğutucu ile üzerinden atılmaması sonucunda yarı iletken zarar görecektir, uzun süreli durumlarda ise yarı iletkenin yanması ile sonuçlanacaktır.

Bu yüzden yarı iletkenler kullanılan ve özelliklede büyük akımların kontrol edildiği sürücülerde soğutma sistemleri önem kazanmaktadır. Yarı iletkenlerin termal hesaplanmalarının doğru yapılması çok önemlidir.

Ön silah sürücü kartında kullanılan IRFB2907PbF mosfetinin üzerinde ısı oluşturan temel etken $R_{DS(ON)}$ direncidir. Bu drain-source direnci mosfet iletimdeyken ne kadar küçük olursa mosfet üzerinden ısı enerjisi az olacağından mosfeti soğutmak o kadar kolay olacaktır. Özet olarak $R_{DS(ON)}$ direnci ne kadar küçük olursa o kadar akım

sorunsuz bir mosfet sürülür. $R_{DS(ON)}$ akım ilişkisini örneklendirmek gerekir ise 40 ID akımına sahip olan bir yarı iletken doğru bir termal hesaplama ve soğutucu ile 50-60 Amper ve ya daha da yüksek bir akım geçirilebilir. IRFB2907PbF mosfetinin termal analizinin yapılabilmesi için termal bilgilerini alırsak.

Tablo 6. 3. IRFP2907PbF Termal Karakteristik

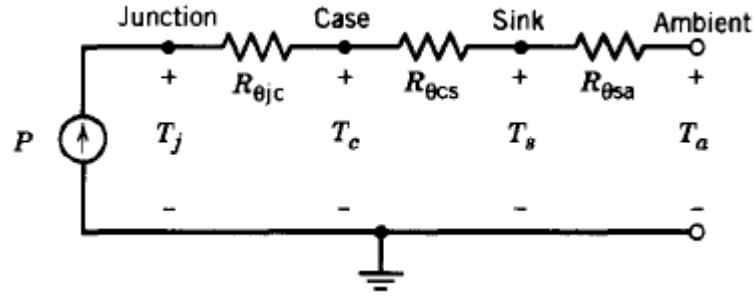
Parametre	Normal Değer	Maksimum Değer	Birim
Junction-to-Case $R_{\theta JC}$	—	0.32	C/W
Case-to-Sink $R_{\theta CS}$	0.24	—	C/W
Junction-to-Ambient $R_{\theta JA}$	—	40	C/W
Drain-to-Source $R_{DS(ON)}$	3.6	4.5	m Ω

İlk olarak “Power Dissipation” yani mosfet üzerinde ısıya dönüşen enerji bulunur bu enerji mosfetin drain bacağından geçen I_D akımının karesi ile $R_{DS(ON)}$ direnci çarpılır. Çıkan sonuç güç tüketimini verir. Hesaplamalar aşağıda yapılmıştır.

$$P_D = R_{DS(on)} \times (I_D)^2$$

$$P_D = 4,5 \text{ m}\Omega \times 10^{-3} \times 70^2$$

$$P_D = 22,05 \text{ W}$$



Şekil 6. 27. Termal Dirençlerin Şematik Gösterimi

$$R_{\theta SA} \leq \frac{(T_J - T_A)}{P_D} - (R_{\theta JC} + R_{\theta CS})$$

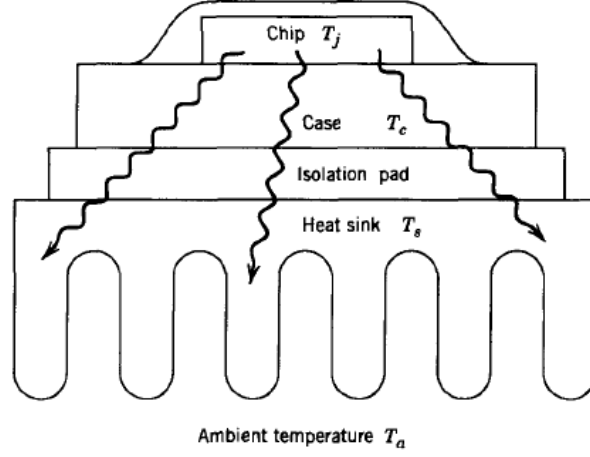
Formülünden yararlanılacaktır. Bu formüldeki bilinmeyenleri açıklamak gerekir ise;

$R_{\theta SA}$ – “Heat Sink to Ambient” soğutucu ile hava arasındaki termal direnç

$R_{\theta JC}$ – “Junction to Case” Silikon kılıf ve birleşme noktası arasındaki termal direnç

$R_{\theta CS}$ – “Case to Sink” Kılıf ile soğutucu arasındaki termal direnç

- T_J – “Junction Temperature” Çalışma Sıcaklığı
 T_A – “Ambient Temperature” Ortam sıcaklığı
 P_D – “Power Dissipation” Güç tüketimi



Şekil 6. 28. Yarı iletken ortamına olan ısı akışı

Mosfet 140 °C civarında kırılmaya uğradığı için tolerans değeri de bırakılarak soğutucu termal direnci 130 °C hesaplanıyor. Ortam sıcaklığı ise 25 °C olarak seçiliyor.

$$R_{\theta SA} \leq \frac{(130 \text{ } ^\circ\text{C} - 25 \text{ } ^\circ\text{C})}{22,05 \text{ W}} - (0,32 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W} + 0,45 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W})$$

$$R_{\theta SA} \leq 4,201 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W}$$

Soğutucunun değeri böylece bulunmuş oldu. Eğer termal direnci 4,201 /W değerinden daha büyük bir soğutucu kullanılır ise mosfet T_J değerini aşacaktır. Bu nedenden dolayı 4,201/W değerinden daha küçük termal dirence sahip soğutucu kullanılmalıdır.

6.2.5 Soğutucu seçimi

Mosfet Soğutucu Tasarlama: Elektronik satış portallarında birçok soğutucu bulmak mümkündür. Fakat bazı özel durumlarda hazır soğutucuların ölçüleri sizin PCB kart tasarımına uymayabilir. Bu durumda soğutucuyu kendiniz tasarlamamız gerekmektedir. Mosfetimizin ne kadarlık bir soğutucuya ihtiyacının olduğunun hesabı yapılmıştı. Sürücü kartının güven ile çalışabilmesi için <4,201 °C/W’lık soğutucu

gerekmekte. Şimdi bu değerlere uygun bir soğutucuyu mosfetlere monte edilmesi gerekmektedir.



Şekil 6. 29. TO-247 Soğutucu

Mosfetleri soğutma iki adet yöntem vardır. Bu yöntemlerden ilki soğutucuyu elektronik satış portallarından almaktadır. Fakat Türkiye’de çoğu site yarı iletkenler için soğutucu satmakta fakat bu soğutucuların ölçüleri ve termal dirençlerini vermemektedirler. Bu yüzden mosfetleriniz için yeterli olacağını düşündüğünüz bir soğutucuyu alıp ardından mosfet üzerinde deneyler yaparak termal direnci bulunması gerekmektedir.

6.2.5.1 Soğutucu termal direnç bulunması

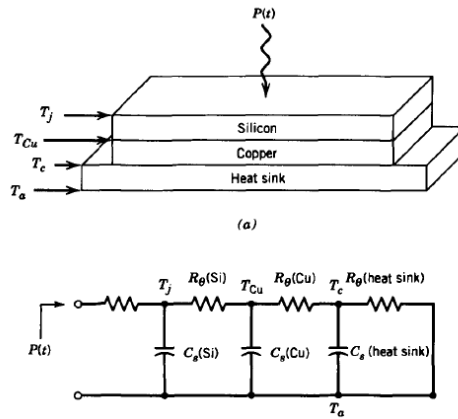
Yukarıdaki görünen değer kullanılacaktır. Bu denklemde bilinmeyen tek değer $R_{\theta JA}$ olmalıdır. İlk olarak yapılması gerek şey motor sürücü devresini sabit akım geçirecek bir şekilde akım akacak bir hale getirmek. Ölçü aletinizin ölçebileceği bir değer seçmekte fayda var seçeceğiniz bu değer 10 Amper olabilir. Bu değer gerek bir mikroişlemci gerek ise el ile ayarlandıktan sonra sürücünün enerjisi kesilir ve soğumaya bırakılır. Bu sırada mosfetlere satın alınan soğutucular monte edilir. Monte edildikten sonra $T_{ambient}$ yani ortam sıcaklığı ölçülür bu ölçüm not edilir. Soğutucu sıcaklığı ölçülür not edilir. Ardından mosfetler üzerinden sabit akım olarak I_{drain} ’den 10 Amper akıtılmaya başlanır. Bu sırada avometre ile ID akımını sürekli gözlenir. Teste başlandıktan sonra bir dakikalık periyodlar ile soğutucu sıcaklığı mosfet kılıf

sıcaklığı ve ID akımı not edilir. Test yapılan ortamın sıcaklığı sabit ve durgun hava da olması önemlidir. Ardından aşağıdaki gibi bir sıcaklık eğrisi görülmelidir.

Sıcaklık belli bir değere oturmalıdır belirli bir sıcaklık değerine oturması bir saat bile alması mümkündür. Ardından çıkan değerlerinin ± 1 farklar ile çıktıysa o banttaki değerlerin ortalaması alınır. Ve ardından soğutucu sıcaklık değeri aşağıdaki denklemden yerine koyularak. Mosfetlerin üzerine bağlı olan soğutucunun termal direnci bulunmuş olur.

6.2.5.2 Soğutucuya bağlanan fan etkisi

Soğutucu üzerine bağlanan fanın, termal direnç üzerindeki etkisinin incelenmesi için bir soğutucunun termal direncini bulmadaki bütün adımların tekrar tekrarlanması yeterli olacaktır. İlk olarak mosfetlerin ve soğutucunun T_{ambient} sıcaklığına gelmesi beklenir. Ardından ID akımı sabit olarak akıtılır. Bu işlem sırasında avometre ile ID akımı anlık olarak izlenir. Ardından bir dakikalık periyodlar ile mosfet kılıfı, soğutucu sıcaklıkları termometre veya termokulplar ile izlenir. Soğutucu sıcaklığının belirli bir değere oturması beklenir.



Şekil 6. 30. Malzemeler Endüklenen Isı Gösterimi

Tablo 6 . 4. Malzemelerin Termal İletkenliği

Madde türü	Isı iletkenliği (W / mK)
Alüminyum	205
Argon	0,016
Bakır	401
Beton	0,7
Cam	1,05
Demir	80
Elmas	1000
Gümüş	429

Soğutucuya bağlanır soğutucuya bağlanan fanın konumu dahi sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir. Bu konuyu biraz daha açmak gerekirse; Mosfetin soğutucuya gönderdiği sıcaklık yoğunluğunun düşük olmasından dolayı olduğu konumdan daha yükseklere çıkmak isteyecektir. Soğutucu üzerindeki sıcaklığın yüksek bir kısmını kanatçıkları (fin) ile dışarı atmaktadır. Kanatçıkları asıl amacı soğutucunun hava ile temasını arttırmaktır. Eğer bu sıcaklığı fan yardımıyla havaya verildiğinden soğutucunu termal direnci %20 ila %30 oranın düşüşe uğrayacaktır. Soğutucunun termal analizi formüller yardımıyla çıkartıldığında soğutucunun; kanatçık sayısı, kanatçık kalınlığı, konumu, dikey uzunluğu, istenilen sıcaklık değişimi, perspektif alanı, kanatçık ile yüzeylerin toplam alanı gibi birçok değişken çok önemlidir. Soğutucularda kullanılan malzemede çok önemlidir. Soğutucularda genel olarak bakır ve alüminyum soğutucular kullanılmaktadır. Fakat ısı iletkenliği en iyi malzeme gümüştür. Ayrıntılı liste aşağıda verilmiştir.

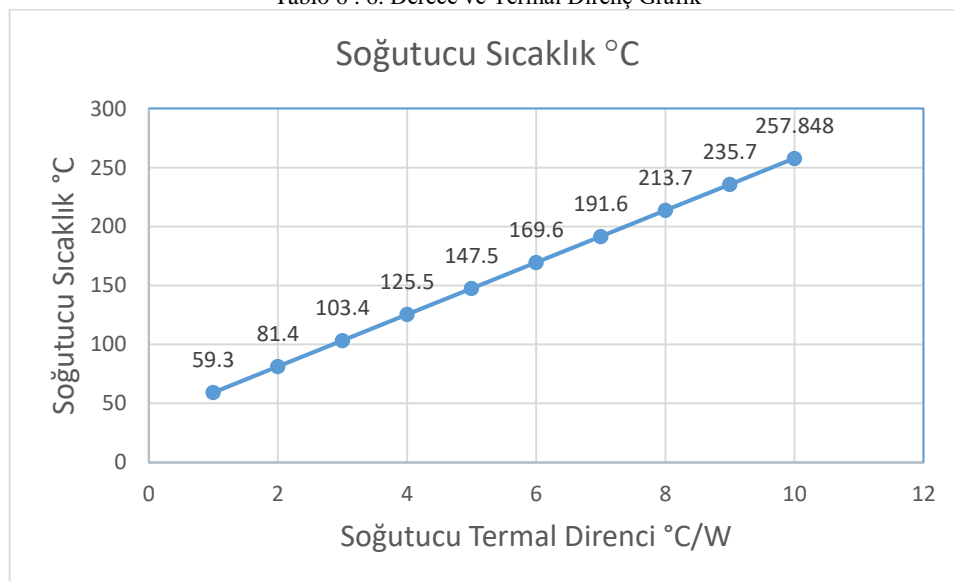
6.2.6 Soğutucunun termal direncinin kılıf sıcaklığına olan etkisi

Tablo 6 . 5. Termal Direncin Kılıf Sıcaklığına Etkisi

Junction Temperature (°C)	Ambient Temperature(°C)	Rds(on) mOhm	Idrain (A)	Power (W)	Juncti on- case resista nce (°C/W)	Case-sink resistance (°C/W)	Heat Sink Therm al Resista nce
257,848	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	10
235,798	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	9
213,748	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	8
191,698	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	7
169,648	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	6
147,598	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	5
125,548	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	4
103,498	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	3
81,448	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	2
59,398	25	4,5	70	22,05	0,32	0,24	1

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi eğer projede 6 °C/W'dan daha büyük termal dirence sahip soğutucu kullanılır ise mosfetler T_J sıcaklığını aşacak ve mosfet belirli süre sonunda yanacaktır.

Tablo 6 . 6. Derece ve Termal Direnç Grafik

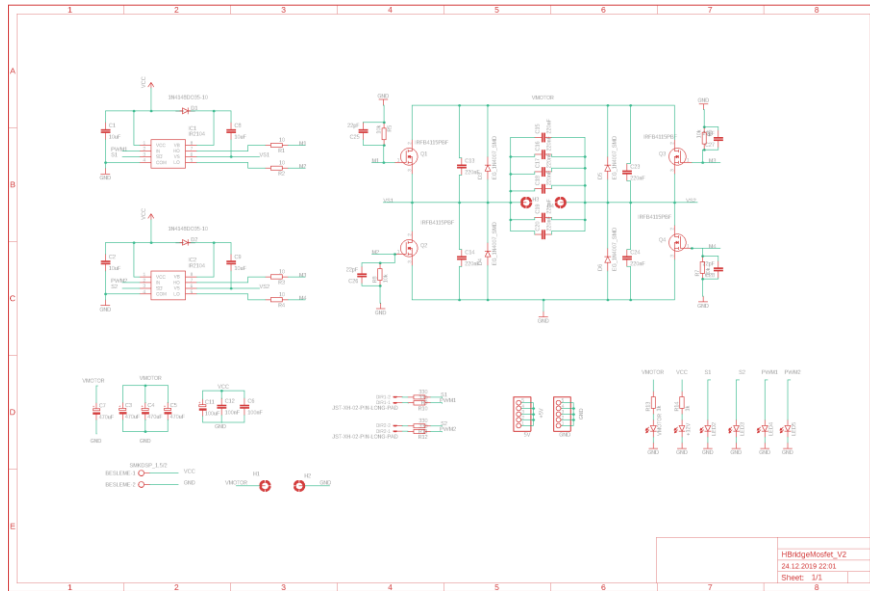


6.3 H-Bridge Motor Sürücü Kartı

Robot Savaşlarında robotu hareket ettirebilmek için en az iki adet motor kullanılmalıdır. Ve bu motorları robotu her yöne hareketini sağlayabilmek için iki yönlü çalışmalıdır. Bir motor dönüş yönünü saat yönünde veya saat yönünün tersinde değiştirebilmek için motor üzerinden geçen akımın yönünün değiştirmeniz gerekmektedir. Arka motorlar için tasarlanan motor sürücü kartında h-bridge yöntemi kullanılmıştır. Böylece motorlara her iki yönde de hareket verilebilmiştir.

6.3.1 H-Bridge motor sürücü kartı şematik tasarım

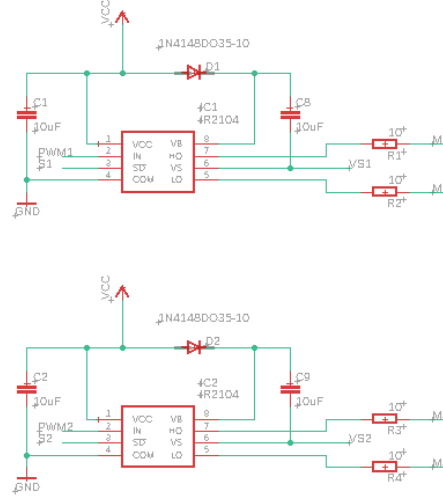
Arka motorlar için tasarlanan motor sürücü kartının çiziminde “Autodesk Inc” firmasının bir program olan EAGLE programında çizilmiştir. EAGLE programının tercih edilmesindeki ana nedenler kart çizimlerinin güçlü bir 3D motoru ile desteklemesidir. Ayrı çizimleri gene Autodesk firmasının bir programı olan Fusion360’a aktarma yapılmasına da izin vermektedir. Fusion360 programın termal analizler, animasyonlar ve benzeri birçok fonksiyonu gerçekleştirebilmektedir.



Şekil 6. 31. H-Bridge Motor Sürücü Şematik

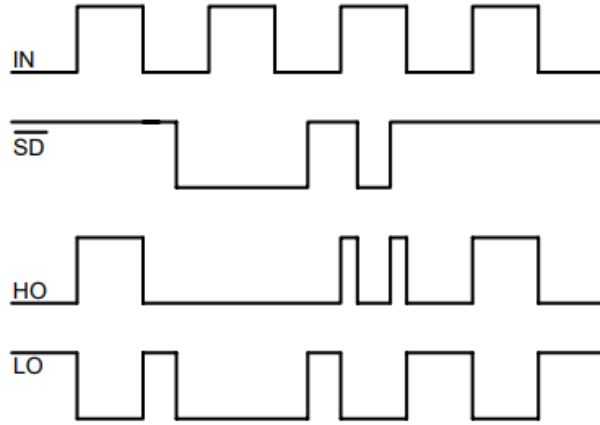
6.3.1.1 Mosfet sürücü bölümü IR2104

Robotun arka motorlarının sürülmesi için half bridge sürücüsü olan IR2104 entegresi kullanılmıştır.



Şekil 6. 32. IR2104 Bölümü

IR2104 şematüğinde mosfet sürücünün datasheetine bağlı kalınmıştır. IR2104, motor sürücü kartında IRF4115PbF mosfetini kontrol etmektedir. Bu mosfetlerde kontrol ederken N-Channel mosfetlerde kullanılan “Bootstrap” yöntemini kullanmaktadır. “Bootstrap” yöntemini biraz daha açacak olursak. N kanala sahip mosfetleri high side da yani source bacağı floating olan (devrenin referans noktasına ulaşamayan) mosfetlerde, açıp kapama işlemini gerçekleştirebilmek için, gate voltajı her zaman source bacağına göre verilmelidir. Çünkü gate voltajının referans noktası her zaman mosfetin source bacağıdır. Mosfetin source bacağı ise half bridge, full bridge gibi topolojilerde çok yüksek voltaj değerlerine ulaşabildiği için gate voltajı da her zaman source bacağının bu yüksek voltajına göre verilmelidir. Yani örnek vermek gerekirse, source bacağı 200V ise, gate voltajı 210V olmalıdır ki, VGS voltajı o zaman $210V - 200V = 10V$ olabilsin. Voltajlar çok yüksek değerlere çıkabildiğinden dolayı, high side mosfet sürme teknikleri dikkatli dizayn edilmelidir. Mosfetleri sürmenin, özellikle high side mosfetleri sürmenin diğer bir yolu ise Bootstrap tekniğini kullanan driver entegreleri kullanmaktır. Bu entegreler bootstrap kapasitörünü şarj için kullanarak, gate voltajının source voltajından her zaman bootstrap kapasitöründeki voltaj kadar fazla olmasını sağlar. Bu sayede mosfet ve igbt anahtarlama yapılabılır.

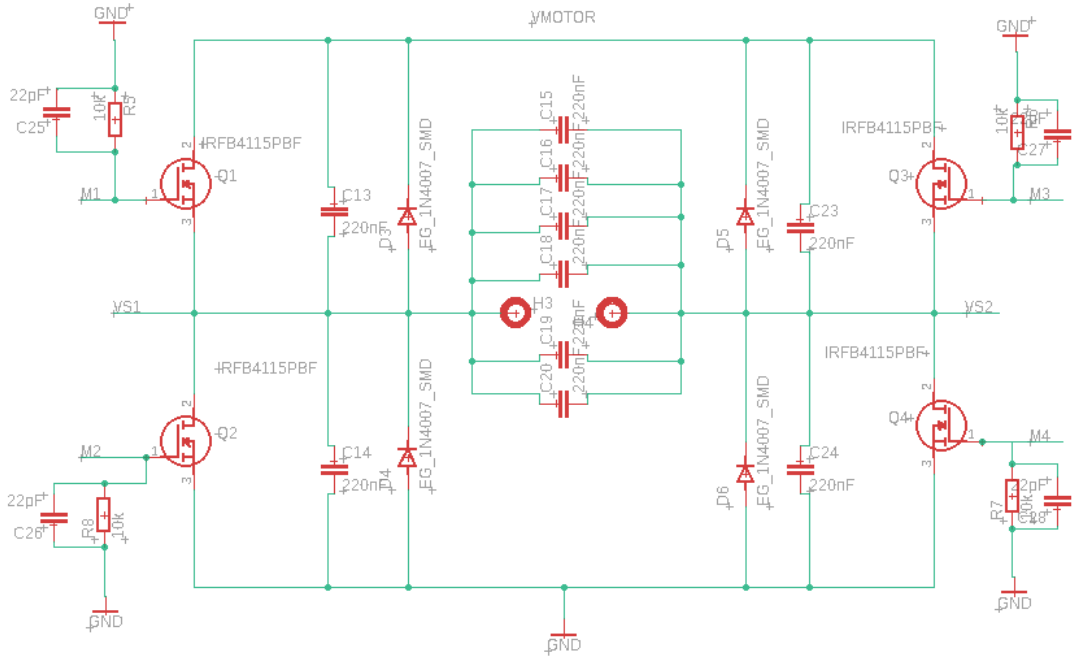


Şekil 6. 33. IR2104 Çıkış Algoritması

Yukarıdaki grafikte de görüldüğü gibi IR2104 hiçbir şekilde High Side ve Low Side'deki mosfetlerin aynı anda kesime gitmesine izin vermemektedir. Böyle bir duruma izin verilmesi durumu V_{motor} ile $-V_{motor}$ birbirine bağlanarak kısa devre olacaktır. IR2104'nin aktif duruma geçebilmesi için SD' pinin aktif edilmesi gerekmektedir. IN pininde motorun sürüleceği PWM frekansı verilmelidir.

6.3.1.1 H-Bridge bölümü

DC motorların yönünü değiştirmek için DC motor üzerinden akan akımın yönünün değiştirmek gerekir. Motor üzerindeki akımının yönünü değiştirmek için de yol verme devreleri kullanılır. H-Bridge yöntemi ise motor üzerindeki akımı mosfetleri kesimi götürerek yapar. Q1 ve Q4 mosfetleri ilettime geçtiğinde bir yöne döner. Q3 ve Q2 mosfetleri ilettime geçtiğinde ise motor tam tersi yöne dönmektedir. Q1 ve Q2'nin aynı anda kesime gitmesi kısa devre demektir. Böyle bir durum asla istenmez. Arka motor sürücülerde kullanılan IR2104 bu tür durumların oluşmasını imkânsız hale getirmektedir.

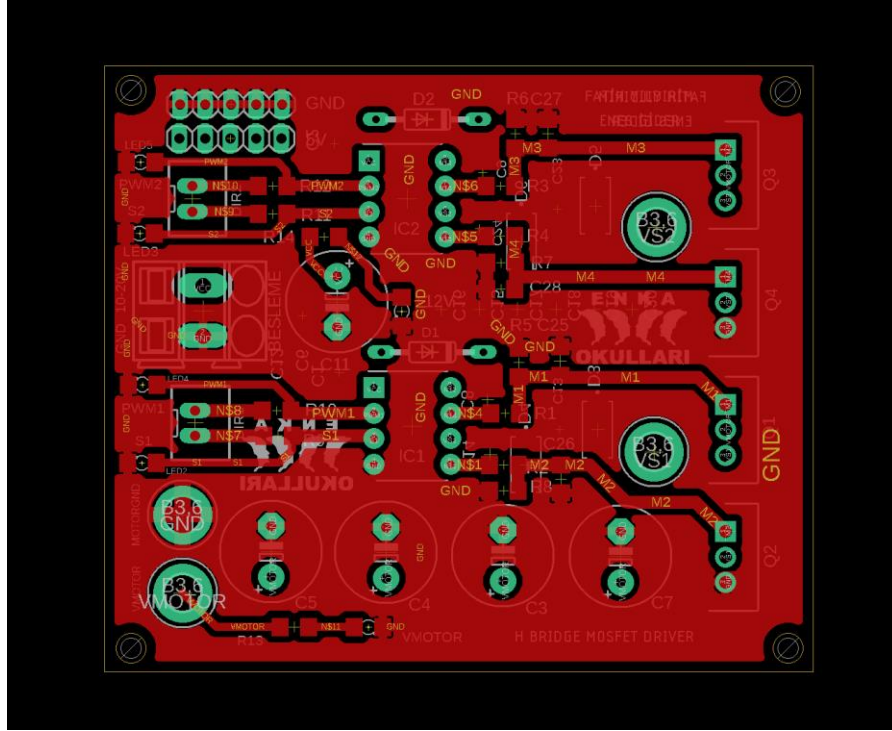


Şekil 6. 34. H Köprüsü Şematik

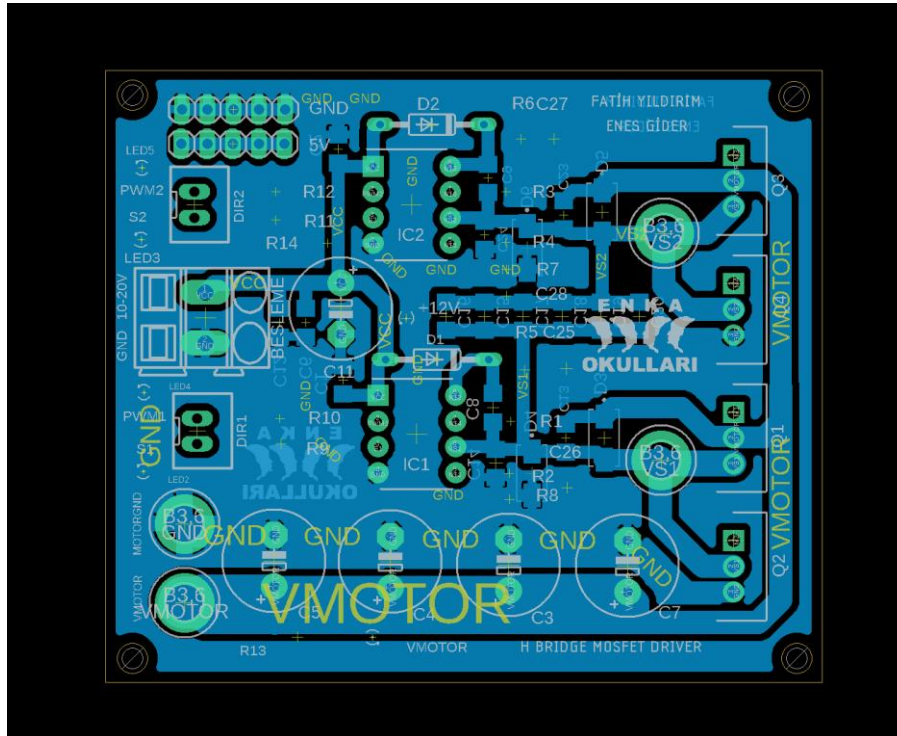
Motordan gelecek ters voltajların mosfetlere zarar vermemesi için 1n4007 diyotları kullanılmıştır. Aynı zaman da mosfetleri gate ucuna kapasiteler ile gürültülerden etkilenmesinin önüne geçilirken dirençler ile de mosfetlerin gate ucunun şaseye çekilmiştir.

6.3.2 H-Bridge motor sürücü kartı PCB tasarımı

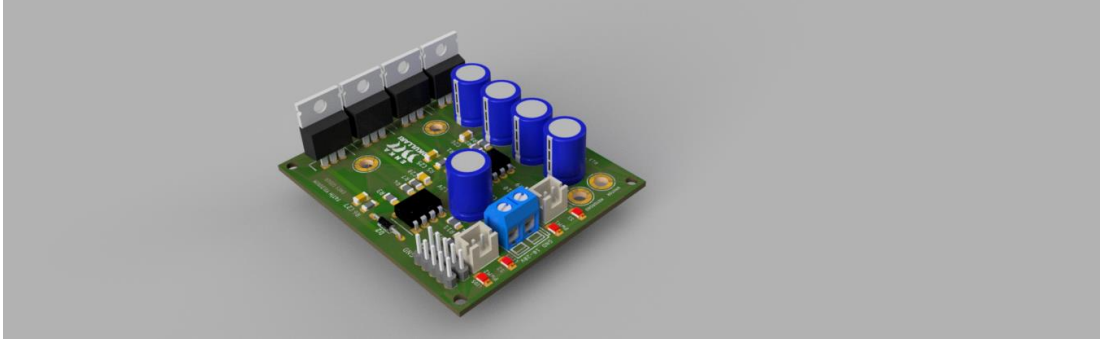
PCB kart tasarımında motora gidecek olan bakır kablolar kalın çizilmeye çalışıldı. Sinyal kablolarının kolay kopmaması için keskin hatlar ile hedefe pinlere götürülmedi. Daha çok radüslü dönüşler tercih edildi.



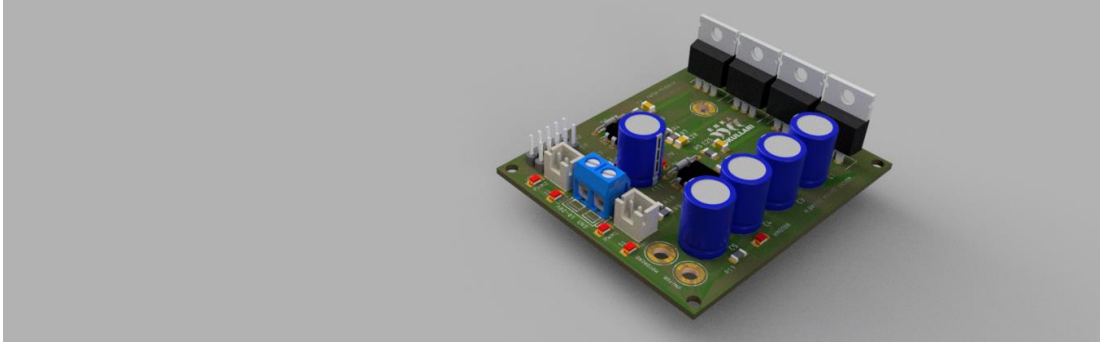
Şekil 6. 35. H-Bridge Motor Sürücü Kartı PCB Top Copper



Şekil 6. 36. H-Bridge Motor Sürücü Kartı PCB Bottom Copper



Şekil 6. 37. H-Bridge Motor Sürücü Kartı Renderlanmış Görüntü-1



Şekil 6. 38. H-Bridge Motor Sürücü Kartı Renderlanmış Görüntü-2

104 Amperlik H-Bridge kartının AutoDesk Fusion360 programında renderlanmış fotoğrafı yukarıdaki gibidir.

6.4 Batarya

Savaş robotlarında Li-Po pil kullanılacaktır. Lityum polimer bataryalar daha yaygın olarak kullanılan sıvı elektrolitin yerine bir polimer elektroliti sistemi ile çalışan ve tekrar şarj edilebilir bir lityum iyon batarya tipidir. LiPo hücreleri, Laptoplarda, RC araçlarda, Dronlarda ve birçok akıllı telefonlarda kullanılmaktadır. Lipo Bataryalar İletkenliğini yüksek yarı iletken polimerlerden oluştururlar.

Bir pil hücresinden elde edilebilecek maksimum enerji, esas olarak kullanılan aktif malzeme türlerine ve aktif malzeme miktarına dayanır. Ancak, pratikte bataryanın teorik enerjisinin sadece bir kısmı elde edilir. Bunun nedeni elektrolit, ayırıcılar, akım

toplayıcılar ve kaplar ve muhafazalar gibi reaktif olmayan diğer bileşenlere duyulan ihtiyaçtır [10].

Yarışma müsabakaları toplam 5 dakika sürmektedir. Savaş robotlarının 5 dakika da harcayabileceği enerjiyi Li-Po pillerin sağlaması gerekmektedir. Ön silah motoru boşta iken 2,7 Amper ön silah ve aktarma mekanizması takıldığında ise boşta 6 Amper ile 7 Amper aralığında bir akım değeri çekecektir. Motor kitlenme durumunda ise 130 Amper çekmektedir. Ortalama akım değeri ise 50 Amper olarak seçilmiştir. Li-Po polimer pillerin parametlerinden bahsedecek olursak. Lipo piller hücrelerden oluşur. Her bir hücrenin nominal voltajı 3,7 voltur. Seri bağlı hücreler S harfi ile gösterilir. Bu durumda S harfinden önceki rakam hücre sayısını gösterir. Yani 2S denildiğinde $3,7 \times 2 = 7,4$ Volt anlaşılır. Keza 3S için ise $3,7 \times 3 = 11,1$ Volt anlaşılır. Buna ilave olarak LiPo piller için 3S2P şeklinde de tanımlamalar yapılmıştır. 3S2P nin anlamı 3 adet seri bağlı pilden 2 âdeti paralel bağlanmıştır. Bu durumda voltaj değişmez ancak pilin miliamper değeri ikiye katlanır. Pilin bir hücrenin boş haldeki voltajı 3V, tam şarjlı halde voltajı 4,2V olmalıdır. Kullandığımız pilin herhangi bir hücrenin 3V altına düşmesi durumunda pilin ömrünü tamamlama riski vardır. Aşırı şarjın yani 4,20V dan fazla şarj etmenin de güvenlik açısından riskleri vardır. Ancak yine de LiPo pillerin içlerini açmamak, içeriğinin hava veya su ile temas etmemesini sağlamak gerekir. Lipo piller, verebileceklerinden fazla akım çekildiğinde çok ısınır ve şişerler. Bu sebeple kullanırken pilin kapasitesi aşılmamalıdır. Aksi halde pilin ömrü biter ve kullanılamaz hale gelebilir. Saklama koşullarına gelecek olursak, mümkünse serin, kuru ve karanlık bir ortamda pilleri muhafaza etmek gerekir. Li-Po'ların hücre sayılarına göre voltaj seviyeleri tabloda verilmiştir.

Tablo 6 . 7. Li-Po Pil Hücre Voltaj Parametleri

S	Hücre	Voltaj
1S	1 hücre	3.7 V
2S	2 hücre	7.4 V
3S	3 hücre	11.1 V
4S	4 hücre	14.8 V
5S	5 hücre	18.5 V
6S	6 hücre	22.2 V

Pil kapasitesi “mAh” ile ölçülür. Bu değer ne kadar büyükse o kadar uzun kullanım süreniz olur fakat bu doğru bir orantı değildir. Yani 1300 mAh batarya kullanarak 2

dakikalık bir kullanım süresiniz var ise, 2600 mAh takıp pil ağırlıklarını ihmal edip 4 dakika kullanım süresi gibi bir süreye ulaşılabilir. Li-Po pilin C değeri yüksek ise daha düşük C değerlerine sahip bataryalara göre fark direkt olarak anlaşılabilir. Bir örnek ile açıklamak gerekir ise, bir sürücünüz ve motorunuz olduğunu düşünelim C değeri yüksek bir pili taktığınız aniden ve yüksek bir güç talep ettiğinizde, motor bir anda istenilen hıza ulaşabilir. Aynı motor ve sürücü modeline düşük C değerli bir pil taktınız yine aynı oranda aniden ve yüksek bir güç talep ettiğinizde aracınız bir öncekinden daha uzun sürede istenilen hıza ulaşacaktır. Li-Po bataryalardaki “C değeri” Li-Po bataryaların anlık verebileceği güç miktarını temsil eder formülü aşağıdaki gibidir.

Maksimum Anlık Akım Değeri = Kapasite x C Değeri

Li-Po bataryalarda süre hesabı ise pilin kapasitesine göre yapılmaktadır. Bir örnek ile açıklama gerekir ise, 2200mAh 3S 20C batarya üzerinde bu konuyu inceleyelim. Li-Po üzerinde gösterilen 2200 mAh değeri bataryanın bir saatte sürekli olarak 2200 mA (2.2 Amper) gibi bir akım değeri verebileceğini gösterir. Eğer sisteminiz 2200 mAh’lık bir Li-Po bataryadan 40 Amper gibi değer akım değeri çekmek ister ise aşağıdaki gibi hesaplama yapılır.

2.2Amper x 60 dakika = 130 A-dk

130Adk / 40 Amper = 3,3 dakika gibi değer karşımıza çıkar. Bu değer Li-Po’dan çekilecek 40 Amperlik değeri Li-Po’nun 3,3 dakika boyunca vereceğini gösterir.

Savaş Robotunun batarya seçimine gelecek olursak. Ön silah motorumuzun yarışmada ortalama olarak 50 Amper gibi değer çektiğini söylemek iyimser bir tahmin olacaktır. Ortalama 50 Amperi Li-Po pillerin 5 dakika boyunca vermesi gerekmektedir. Ortalama 50 Amper değerinden hesaplama yapar isek;

50 Amper * 5 dakika = 250 Amper-dakika

(250 Amper-dk) x 1000/ 60 = 4170 mAh’lık bir kapasiteye sahip olan Li-Po pil kullanılmalıdır.

Bu Li-Po'nun C değeri de belirlemek için motor motorun anlık olarak çekeceği maksimum değer olan 130 Amper değerini temel almamız gerekmektedir. Bunu yaparken de daha öncede bahsettiğimiz gibi

Maksimum Anlık Akım Değeri = Kapasite (mAh) x C Değeri

Formülünden yardım alacağız. Li-Po C değeri kapasiteye göre değişkenlik göstereceğinden dolayı Li-Po seçiminde anlık maksimum akım çekimi hesaplamaları yapılacaktır.



Şekil 6. 39. Kullanılacak olan Li-Po Pil

Li-Po pil olarak yukarıdaki resimdeki Li-Po pil seçilmiştir. 3s 6200 mAh 30C Lipo Bataryanın hesaplamalarını yaparsak. Anlık vereceği maksimum akım değeri;

Anlık Maksimum Akım Değeri = 6200 mAh x 30 C = 186 Amper gibi bir değer sağlamaktadır.

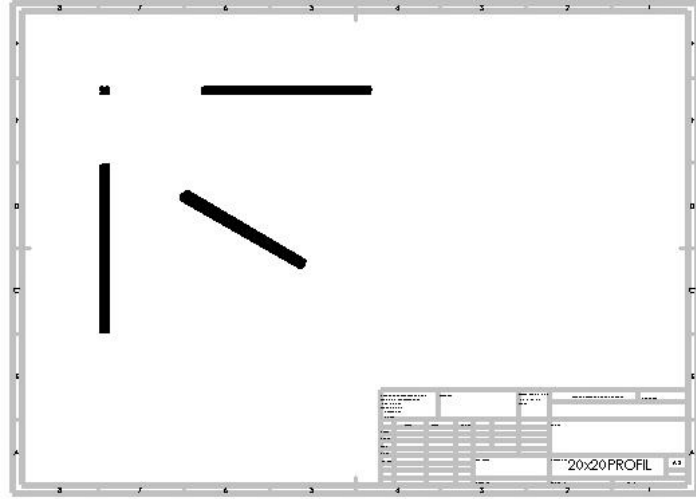
Çalışma Süresi Hesaplama = 6200 mAh x 60 dk /1000 = 372 A-dk

= 372 A-dk / 50 Amper = 7.44 Dakika ortalama 50

Amperlik akım değerini Li-Po batarya sağlayabilmektedir. Ortalama akımının 50 Amper 'den daha da yüksek olabileceği hesaplanarak 2 adet 3s 6200 mAh 30C Lipo paralel bağlanarak kapasitelerinin iki katına çıkartmak çalışma süresini garanti altına alarak ve Li-Po bataryaların ömrünü arttıracaktır.

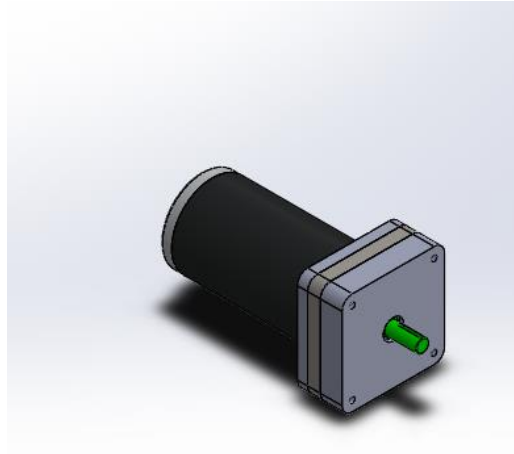
6.5 Mekanik Tasarım

Mekanik tasarımda SolidWorks programı kullanılmıştır. Şekil 6.41’de robotun mekaniğinin içine destek olarak yerleştirilecek. Alüminyum sütunları teknik resmi gösterilmiştir.



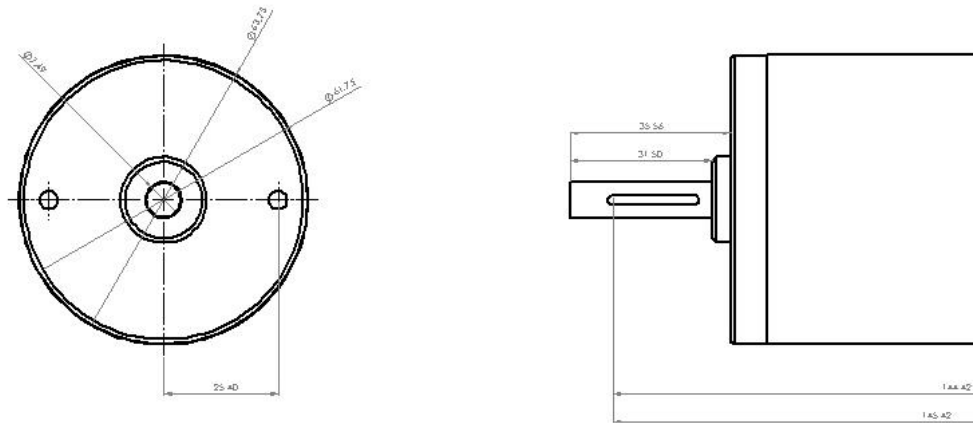
Şekil 6. 40. Alüminyum Destek

Şekil 6.42’de motorun silahında kullanılacak olan CIM motorun üç boyutlu resmini gösterilmektedir.



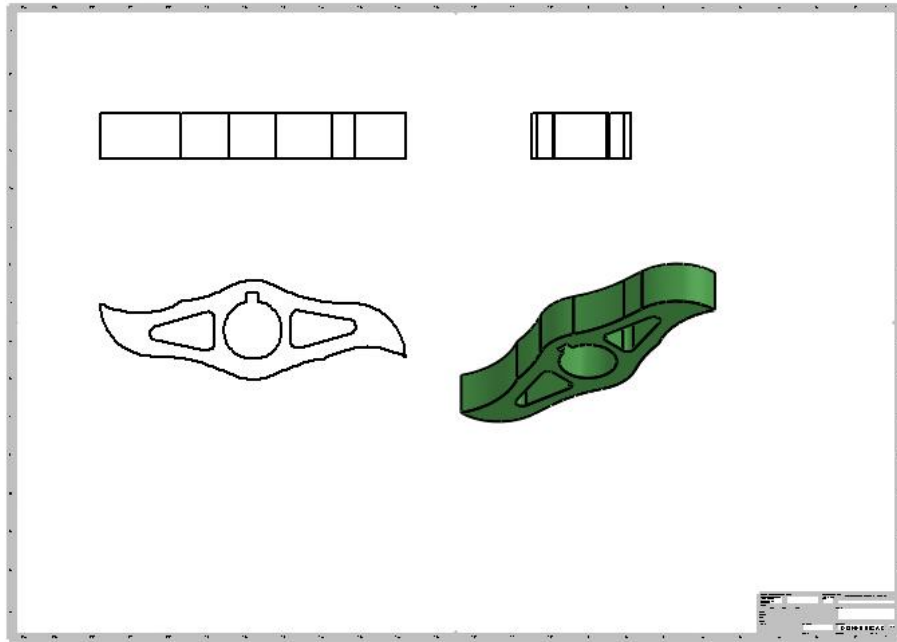
Şekil 6. 41. CIM Motor 3D Çizim

Şekil 6.43’de robotun silahında kullanılacak olan motorun ölçüleri verilmiştir.



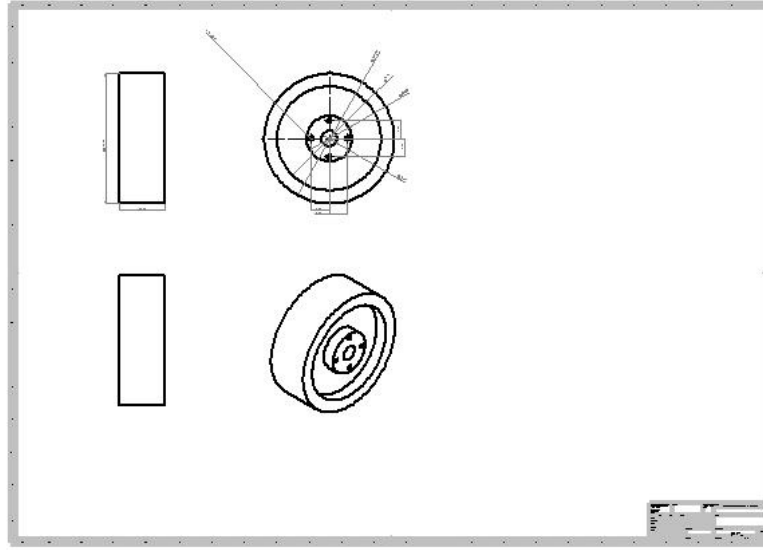
Şekil 6. 42. CIM Motor 2 Görünüş

Şekil 6.42’de robotun silahında kullanılacak olan motorun ölçüleri verilmiştir. Ön silah da kullanılacak olan metal parçanın teknik resim ve üç boyutlu şekli verilmiştir.



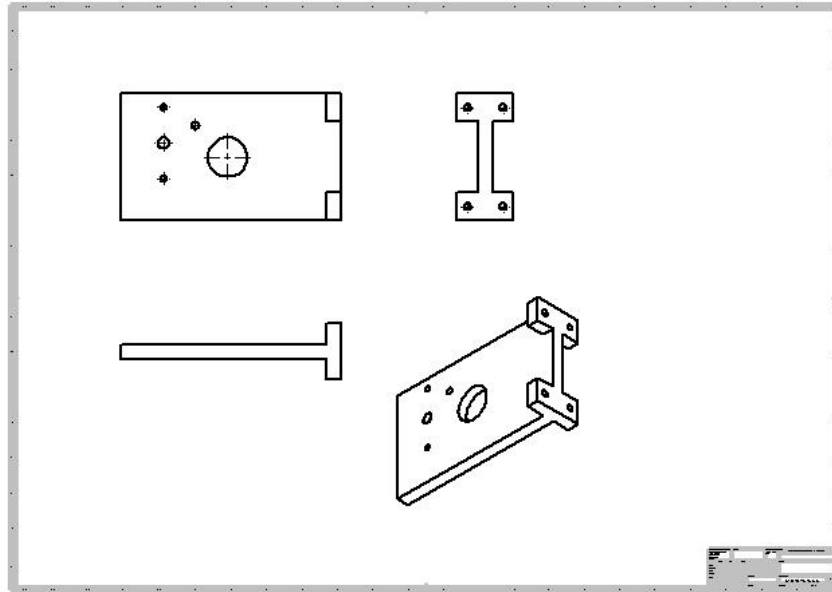
Şekil 6. 43. Ön Bıçak Çizim

Şekil 6.44’de robotun arka motorlarına takılacak olan tekerlerin teknik resmi ve teknik resmi verilmiştir.



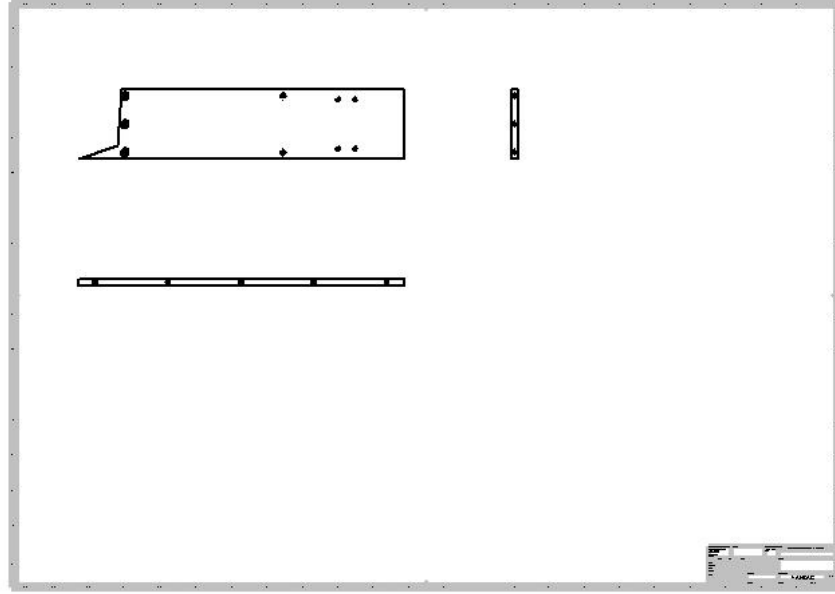
Şekil 6. 44. Robot Tekerlek Teknik Resim

Şekil 6.45’de robotun arka motorlarının tutucularının görünüşleri ve üç boyutlu görüntüleri verilmiştir.



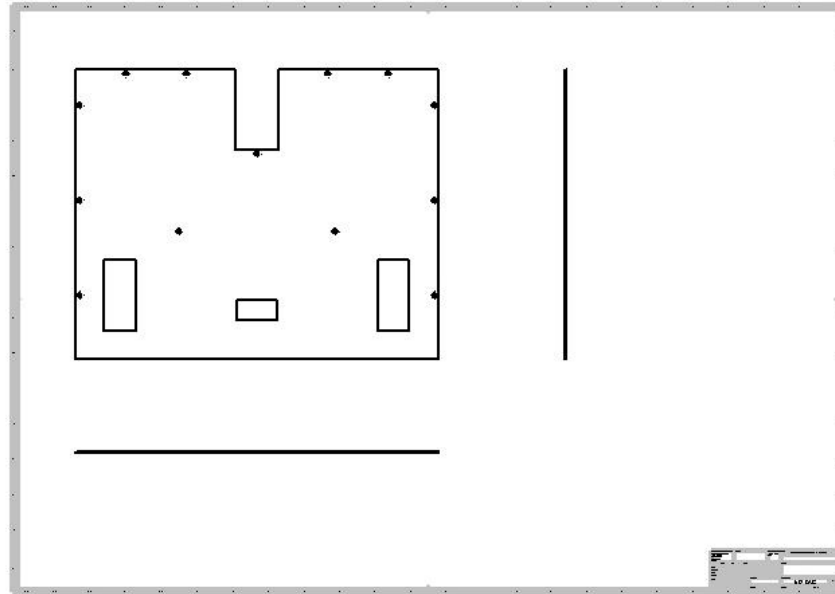
Şekil 6. 45. Motor Tutucu

Şekil 6.46’de robotun yan kapaklarının yandan görünüşü verilmiştir.



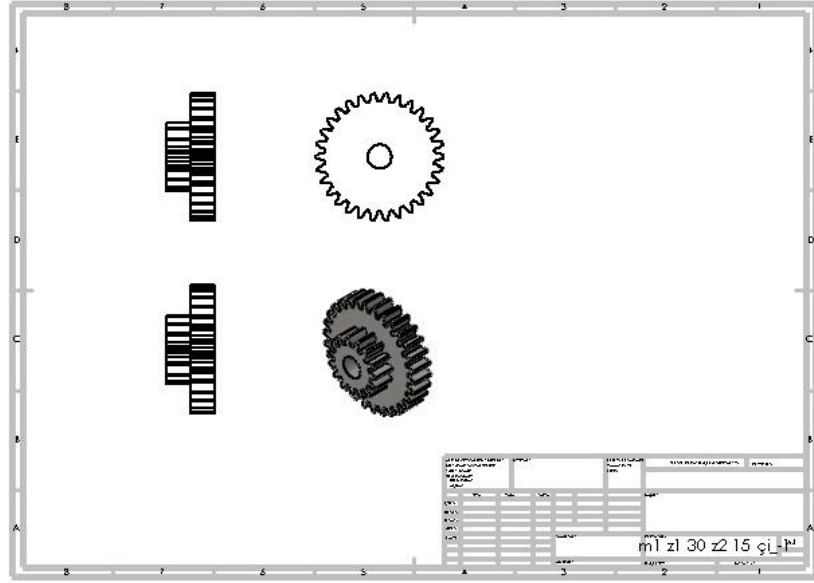
Şekil 6. 46. Savaş Robotu Yandan Görünüş

Şekil 6.47’de robotun üst kapağının görünüşü verilmiştir.



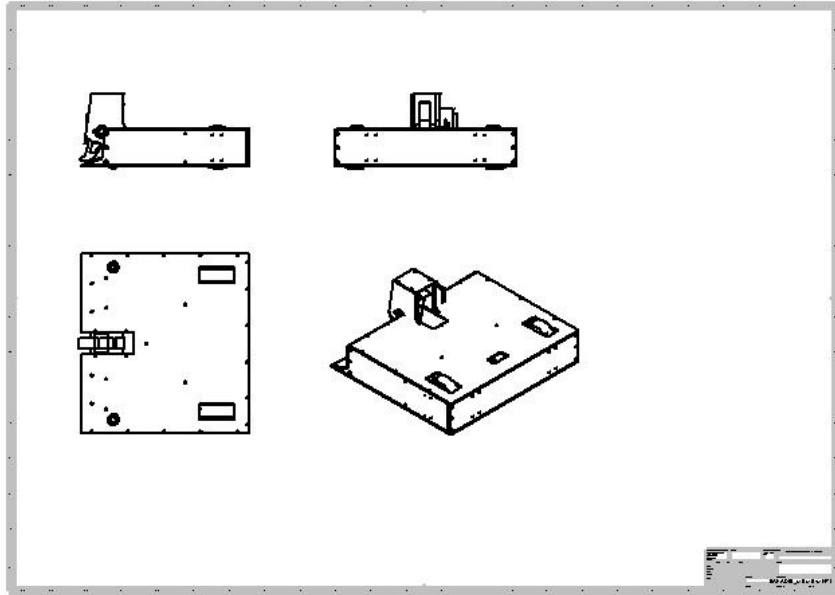
Şekil 6. 47. Savaş Robotu Üst Kapak

Şekil 6.48’de robotun arka motorlarında kullanılacak olan dişlilerin üç boyutlu görüntüsü verilmiştir.



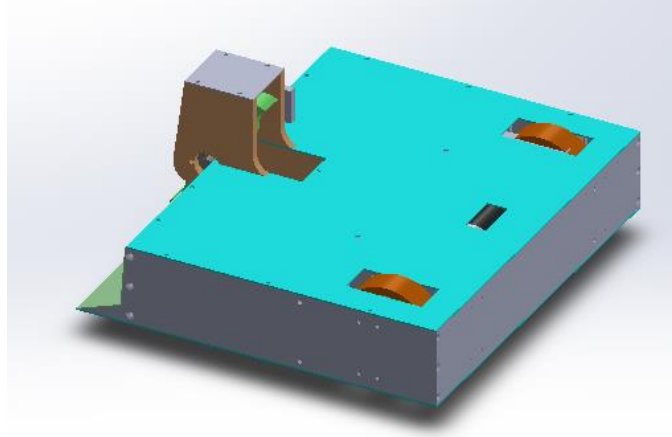
Şekil 6. 48. Arka Motor Dişli

Şekil 6.49’de robotun montajlı halinin üst, yandan, arkadan ve sağ üstten teknik çizimi verilmiştir.



Şekil 6. 49. Montajlı Hal 3 Görünüş

Şekil 6.50’de robotun montajlı halinin sağ üstten görünüşü verilmiştir.



Şekil 6. 50. Robot 3 Boyutlu Görünüş

6.5.1 Ön silah dayanım analizi

Ön silah motorun çıkış milinden 1:4 oranın devir düşürülerek. Ön silahın motor milinin hızına göre 4 kat daha yavaş ve 4 kat daha fazla torklu dönmesi sağlanmıştır. Motorun mili 5310 RPM hız ile dönmektedir zincir dişli aktarma organları ile bu hız;

Formülünden

$$Devir = Motor\ Deviri(RPM) \times (Dişli\ Oranı)$$

$$Devir = 5310\ RPM \times \frac{1}{4}$$

$$Devir \cong 1330\ RPM$$

olmaktadır.

6.5.2 Ön silah tork hesaplaması

CIM motorun değerlerine bakar isek. Durdurma torkunu 2420,395 m-Nm olarak görürüz.

$$Tork = Motor\ Torku(m - Nm) \times (Dişli\ Oranı)^{-1}$$

$$Tork = 2420,395\ m - Nm \times \left(\frac{1}{4}\right)^{-1}$$

$$Tork \cong 9700\ m - Nm$$

olarak bulunur. Bu bulunan değer milinewtonmetre cinsindedir. Eğer bu değeri kg-cm cinsine çevirmemiz gerekir ise.

$$9700m - Nm \times 0,0102 kg - cm = 98,912 kg - cm$$

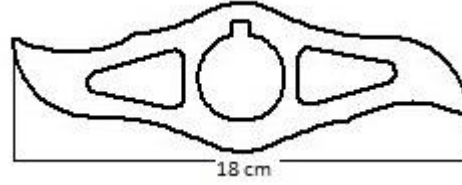
yaklaşık olarak 99 kg-cm denilebilir.

Moment formülü ise ;

$$M = F \cdot r \text{ 'dir.}$$

F= Kuvvet

R = Kuvvet kolu uzunluğu



Şekil 6. 51. Ön Bıçak uzunluk

Şekil 6.51'de görüldüğü gibi toplam uzunluk 18 cm, merkezden uca 9 cm uzunluk vardır. Hesaplamaları buradan devam eder isek.

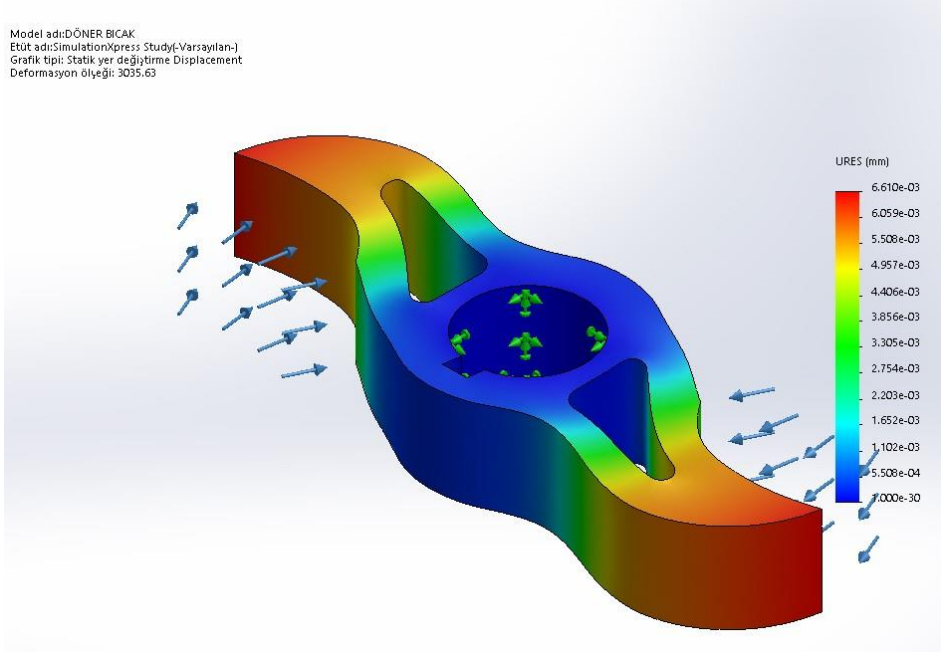
$$99 kg - cm = F_{kuvvet} \times 9 cm$$

$$F_{kuvvet} = \frac{99 kg - cm}{9 cm}$$

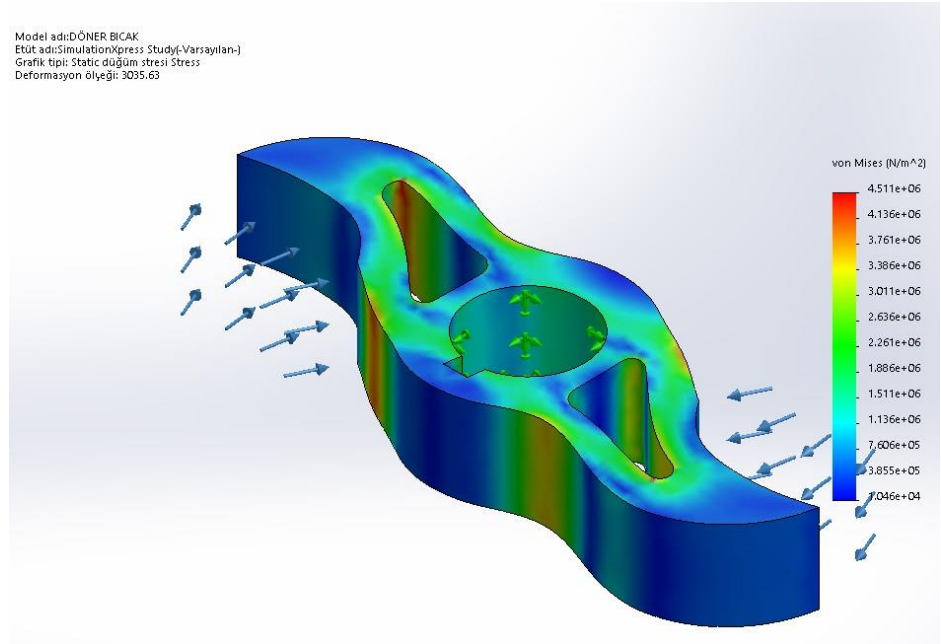
$$F_{kuvvet} = 11 kg$$

Yani savaş robotu karşıdaki robota 11 kg bir kuvvet uygulayabilecektir. Böyle bir kuvvet rahatlıkla karşıdaki robota darbe vurulduğunda robotun önünü havaya kaldıracaktır. Tabi bu kuvvet zincir dişli sistemlerdeki sürtünmelerden kaynaklı kayıplarda göz önünde tutulduğunda düşecektir.

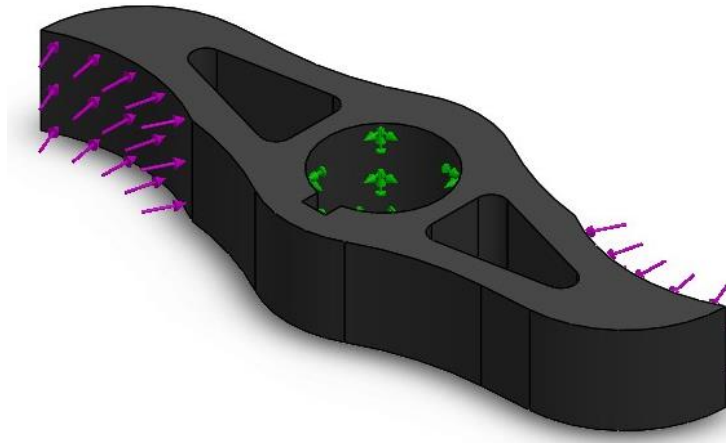
6.5.3 Ön bıçak dayanım analizi



Şekil 6. 52. 300 N Dayanım Testi



Şekil 6. 53. 300 N Dayanım Testi - 1



Şekil 6. 54. 300 N Dayanım Testi – 2

6.6 Planma ve Maliyet

Tablo 6 . 8. Planma Tablosu

1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta	8. Hafta
KART TASARIMLARININ BİLGİSAYAR ORTAMIN YAPILMASI VE MEKANİK ÇİZİMİN ÇİZİLMESİ				Malzeme Tedariği	Kartların BreadBoard Üzerinde Denenmesi		
Birinci Rapor	Komponent Araştırması		İkinci Rapor	Mekanik Parçaların Edilmesi Motor Seçimi		Tedarik	Ara Rapor
9. Hafta	10. Hafta	11. Hafta	12. Hafta	13. Hafta	14. Hafta	15. Hafta	16. Hafta
Kartların Test Edilmesi		Mekanik İmalat Yapılması			Kartların Montajı	Robot Program ve Kartlarında İyileştirilmelerin Yapılması	
Üçüncü Rapor	Kartların Çine Gönderilmesi ve Kargo Süresi			Dördüncü Rapor	Robot Denemeleri		Sunum Yapılması

Bir proje yapılır iken bütün olasılık vakit planlamasının yapılması gerekmektedir. Plandaki kısıtlardan yararlanılarak, çalışma temposu artırılır veya tam tersi vakit kaldıysa zayıf olduğu düşünülen yerlere yoğunlaşılır. Projeler planlı ve programlı

yapıldığında, proje tam olarak hatasız olur. Plansız kat edilen ilerlemeler hatalı işlere neden olabilir. Bu da hem zaman kaybına hem maddi kayıplara neden olur.

6.6.1 Ön Silah Sürücü Kartı Maliyet

Tablo 6 . 9. Ön Silah Maliyet

Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
TLP250F	1	8,69	8,69
1K 1206 SMD	4	0,04	0,16
10R 1206 SMD	2	0,04	0,08
10K 1206 SMD	2	0,04	0,08
3.5 MM 2Lİ KLEMENS	1	0,49	0,49
DPG120C300QB 2*60 A HIZLI DİYOT	1	25,85	25,85
IRFP2907 MOSFET	2	23,98	48
JST Soket 2 Pin	2	0,07	0,14
KIRMIZI LED 1206 SMD	3	0,17	0,51
100nF KONDANSATÖR 1206 SMD	5	0,28	1,4
100uF 50V SMD Elektrolitik Kondansatör 8x10mm	3	1,03	3,09
8 Pin Entegre Kılıfı	1	0,08	0,08
PTC TERMİSTÖR	2	6,39	12,78
LA100P Hall Effect Sensör	1	95,76	95,76
XT-60 Konnektör	2	5,91	11,82
PCB Baskı Ücreti	1	2,5	2,5
		Toplam Fiyat	211,43

6.6.2 Kontrol kartı maliyet

Tablo 6 . 10. Kontrol Kartı Maliyet

Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
JST Soket 2 Pin	2	0,07	0,14
3X6 2.5mm SMD Button	3	0,7	2,1
100nF 50v 1206 SMD Kondansatör	8	0,28	2,24
1000uF 16V SMD Elektrolitik Kondansatör 10x10.5mm	1	1,37	1,37
22pF 1206 SMD	2	0,17	0,34
100uF 50V SMD Elektrolitik Kondansatör 8x10mm	1	1,03	1,03
HC49 20 MHz Kristal	1	0,83	0,83
5mm 2 li Klemens	1	0,76	0,76
SS36 SMD Diyot	1	0,76	0,76
Erkek Header 1x40 180C	10	0,46	4,6
100uH 12X12 3.2A - SMD Güç Bobini - SRI1209	1	3,46	3,46

Kırmızı Led 1206 SMD	8	0,17	1,36
JST Soket 3 Pin	3	0,1	0,3
Switch On/Off	1	6,26	6,26
BDX53C	1	1,04	1,04
1k 1206 SMD	8	0,04	0,32
10k 1206 SMD	5	0,04	0,2
1M 1206 SMD Direnç	1	0,04	0,04
10R SMD 1206 Direnç	1	0,04	0,04
JST Soket 4 Pin	1	0,14	0,14
LM2576-5V Fixed SMD Regülatör	1	3,82	3,82
ATMEGA 328P-AU SMD TQFP-32 20MHz	1	13,21	13,21
Sürgülü On/Off Switch 180 Derece	1	0,49	0,49
PCB Baskı Ücreti	1	2,5	2,5
Toplam Maliyet			36,04

6.6.3 Arka motor sürücü maliyet

Tablo 6 . 11.Arka Motor Sürücü Maliyet

Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
10uF 25V 10% x7R 1206 SMD Kondansatör	4	0,91	3,64
100uF 50V Kondansatör 8x12mm	4	0,28	1,12
IRFB4115 Mosfet	4	12,21	121,9
2 Pin Tunik Konnektör Erkek - 2.50mm 180 Derece	2	0,07	0,7
470uF 50V Kondansatör 10x20mm	1	0,70	6,63
100nF 50VDC 10% X7R 1210 SMD Kondansatör	3	0,42	11,22
220nF 50V 10% x7R 1206 SMD Kondansatör	12	0,14	1,68
IR2104 DIP-8	4	6,8	27,2
22pF 50V 5% NP0 1206 SMD Kondansatör	4	0,34	1,36
1N4148	2	0,07	0,14
1N4007 SMD Diyet	4	0,1	0,4
10R 1206 Kılıf	4	0,1	0,4
10K 1206 Kılıf	4	0,1	0,4
330R 1206 Kılıf	4	0,1	0,4
PCB Baskı Ücreti	1	2,5	2,5
Toplam Maliyet			177,19

6.6.4 Mekanik ve Li-Po maliyet

Tablo 6 . 12. Batarya ve Mekanik Maliyet

Malzeme Adı	Adet	Birim Fiyat	Toplam Fiyat
20x20 Sigma Profil - 380mm	4	10,01	40,04
DEMİR SİYAH SAC LEVHA 2mm 100cm x 100 cm	2	191,19	382,38
2.5 in. CIM Motor	3	191,0	573
Zincir 1 m	1	75	75
04C 10T Zincir Dişlisi	1	28,12	28,12
04C 30T Zincir Dişlisi	1	45,50	45,50
3s 6200 mah 30C Lipo Batarya 11.1V Pil	3	460,2	1.260,6
Toplam Maliyet			2.404,64

6.6.5 Toplam maliyet

Toplam maliyet aşağıdaki tablodaki gibidir.

Tablo 6 . 13. Toplam Maliyet Tablosu

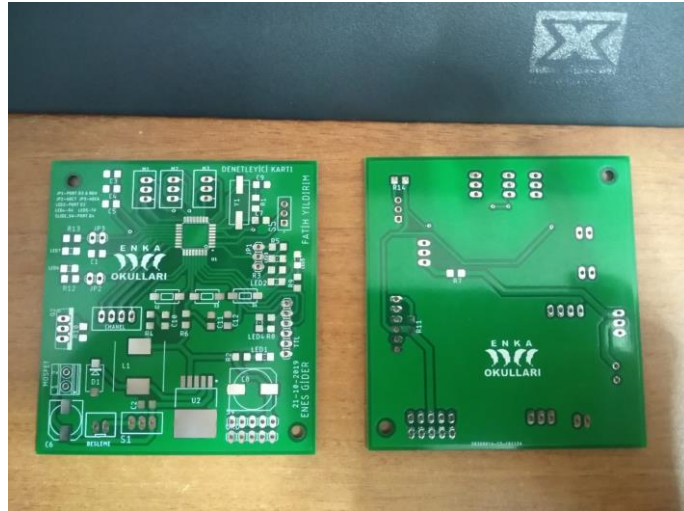
Malzeme Adı	Adet	Maliyet
Ön Silah Motor Sürücü Kartı	1	211,43
Kontrol Kartı Maliyet	1	36,04
Arka Motor Sürücü Kartı	2	354,38
Mekanik ve Lipo Maliyet	1	2404,64
470uF 50V Kondansatör 10x20mm	1	6,63
Toplam Maliyet		3013,12

BÖLÜM 7. SİSTEMİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

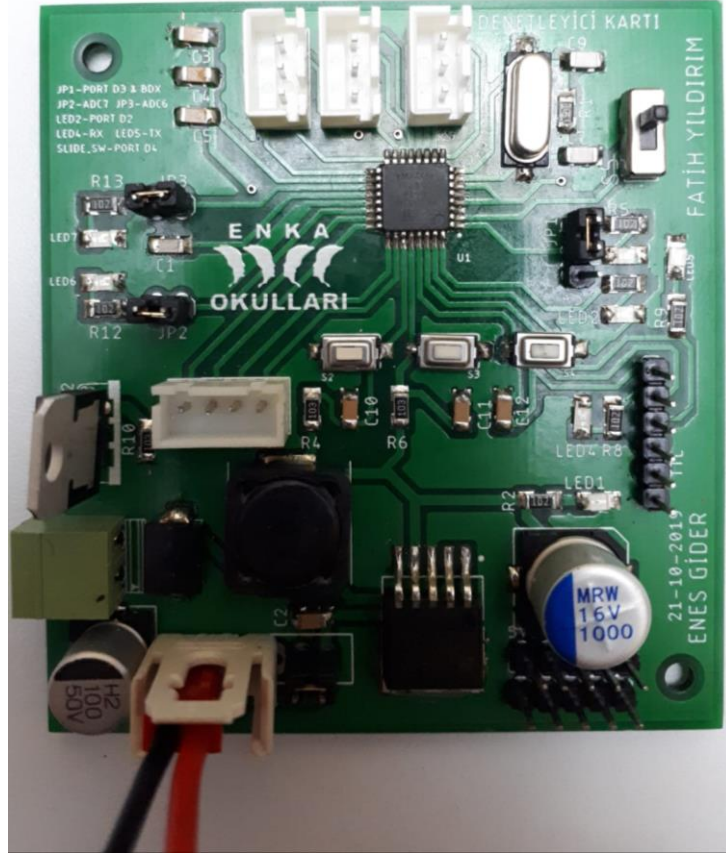
Bu bölümde yapılan teorik hesaplamaların ışığında savaş robotunun üretiminin nasıl gerçekleştiği detaylarıyla açıklanacaktır.

7.1 Kontrol Kartının Devreye Alınması

Kontrol kartı savaş robotunun bütün fonksiyonlarını kontrol edecek bölümdür. Savaş robotunu bir insana benzetecek olursa, kontrol kartı robotun beynidir. Kontrol kartı şematik çizimi bitirildikten sonra tekrar şematik kısmı kontrol edildi. Ardından Çin'deki bir PCB baskı şirketine gönderildi. Çin'e gönderilmesinin nedeni kartta yüzey etkili elektronik ürünlerin ve alt katmandan, üst katmana köprüler atıldığından dolayı kartı ütü veya ısıtıcılar ile basmak imkânsızdır. Komponentlerin kart üzerine yerleştirilmeden önceki hali Şekil 7.1'deki gibidir.



Şekil 7. 1. Kontrol Kartı



Şekil 7. 2. Kontrol Kartının Lehimlenmiş Hali

Şekil 7.2 'de de görüldüğü kullanılan komponentlerin yaklaşık olarak %60'lık bir kısmı yüzey etkili komponentler(SMD) olduğu için bu komponentleri el ile lehimlemek çok zordur. Bu yüzden lehimleme sırasında düzgün olarak kılavuzlu bir şekilde lehimlemek için yardımcı olarak elektronik komponentlere özel cımbızlar kullanılır.

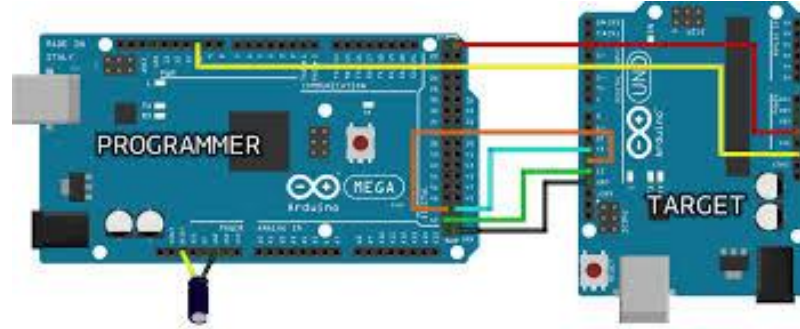


Şekil 7. 3. ESD Cımbız

Elektronik komponentler insan vücudunda biriken statik elektrikten etkilenmekte bu yüzden komponentleri lehimlenirken, komponentlerden direkt temastan kaçınmak gerekmektedir. Aksi halde kartların hatalı çalışmasına neden olmaktadır.

7.1.1 Atmega328P-AU Bootloader yakılması

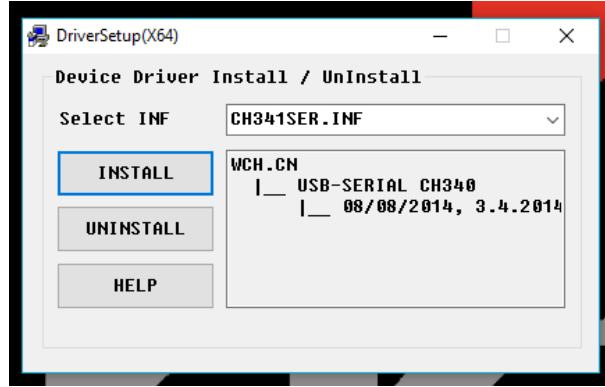
ATMEGA serisi mikroişlemcilerin Arduino IDE ile direkt olarak programlanabilmesi için, bu mikrokontrolçülere “Burn Bootloader” işleminin yapılması gerekmektedir. Kısaca anlatma gerekirse bootloader işlemi yapıldıktan sonra, mikrokontrolcü reset aldığı anda belirli bir süre program atılması için bekler. Bu işlemi yapmak için Arduino Mega kullandım. Pin bağlantıları ise aşağıdaki tabloda gibi olmalıdır.



Şekil 7. 4. Bootloader Yakılması Devre Şeması Arduino Uno İçin

7.1.2 Kontrol kartına program atılması

Kontrol kartın da mikrokontrolcü olarak ATMEGA328P-AU kullanılmıştır. Bu mikrokontrolcü Arduino Nano, Uno ve Pro Mini gibi bir takım kartlarda kullanılan, sıklıkla tercih edilen bir mikrokontrolcü olmaktadır. Kartın üzerinde maliyet tasarrufu yapılmasından dolayı USB-UART dönüştürücü entegresi kullanılmamıştır. Bunun yerine hazır kitler kullanılmalı ve program öyle atılmalıdır. İlk olarak kartın tanınabilmesi için CH340 entegresi sürücüsü ilgili bilgisayara kurulmalıdır.



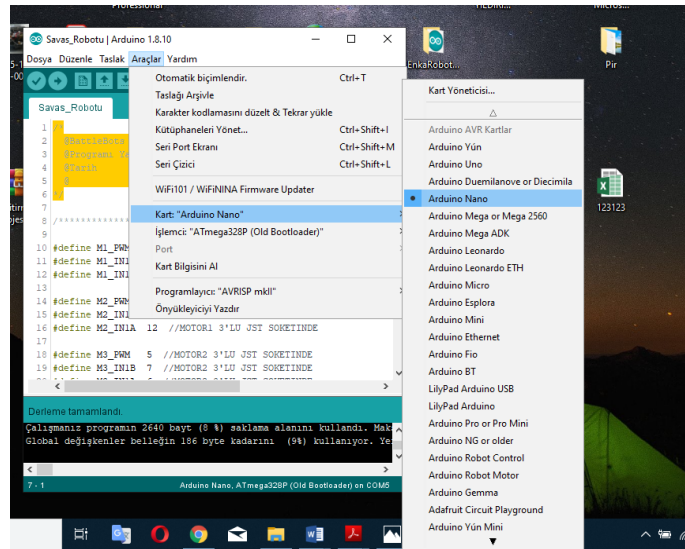
Şekil 7. 5. CH340 Driver

Ardından aşağıdaki Tablo 7.1 gösterilen gibi kablo bağlantılarının yapılması gerekmektedir.

Tablo 7. 1 Kontrol Kartı 340 Bağlantı

Kontrol Kartı	CH340
RESET	DTR
RX	TX
TX	RX
5V	+5V
3V3	BOŞ
GND	GND

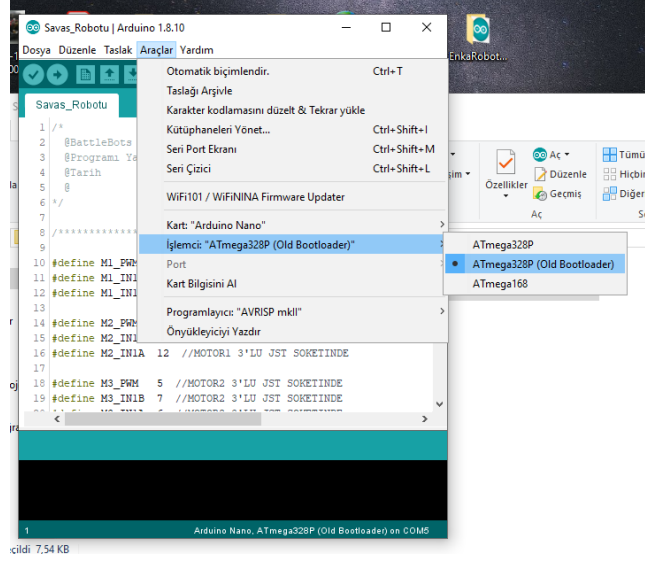
Bu bağlantılar yapıldıktan sonra Arduino IDE'ye giriş yapılır.



Şekil 7. 6. Arduino IDE

Sırasıyla yukarıdaki sekmeden “Araçlar” kısmına ardından, “Kart” kısmına gelinerek. “Arduino Nano” seçimi yapılır. Ardından Şekil7.6’da da gösterildiği gibi tekrar “Araçlar” kısmına, sonrasında “İşlemci” kısmına gelinir. “İşlemci” CH340 ile

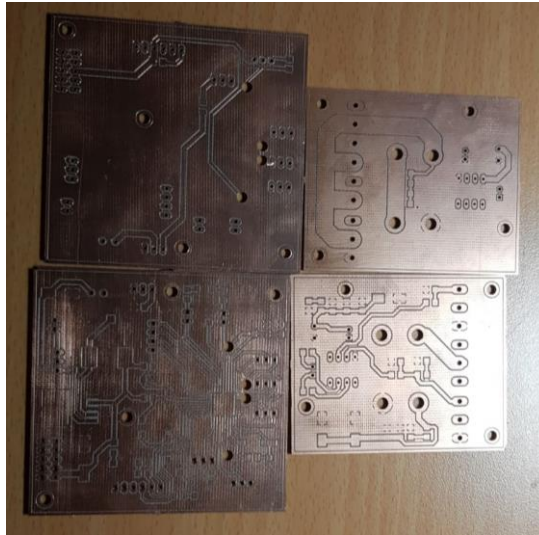
programlayabilmek için “ATmega328p(Old Bootloader)” seçeneği seçilir. Böylece kontrol kartı Arduino IDE ile programlanabilecek hale gelmiş olur.



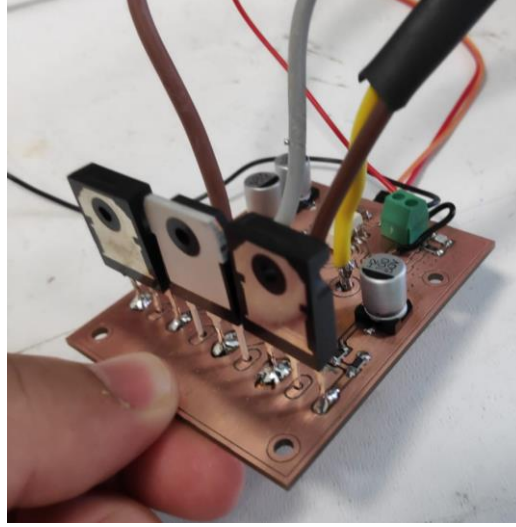
Şekil 7. 7. İşlemci Seçimi

7.2 Ön Silah Sürücü Kartının Devreye Alınması

Prototip olarak Türkiye’deki bir firmada yaptırıldı. Komponentleri lehimlenmeden önceki hali Şekil 7.7’de gösterilmiştir.



Şekil 7. 8. 400 Amper Sürücü Kartı

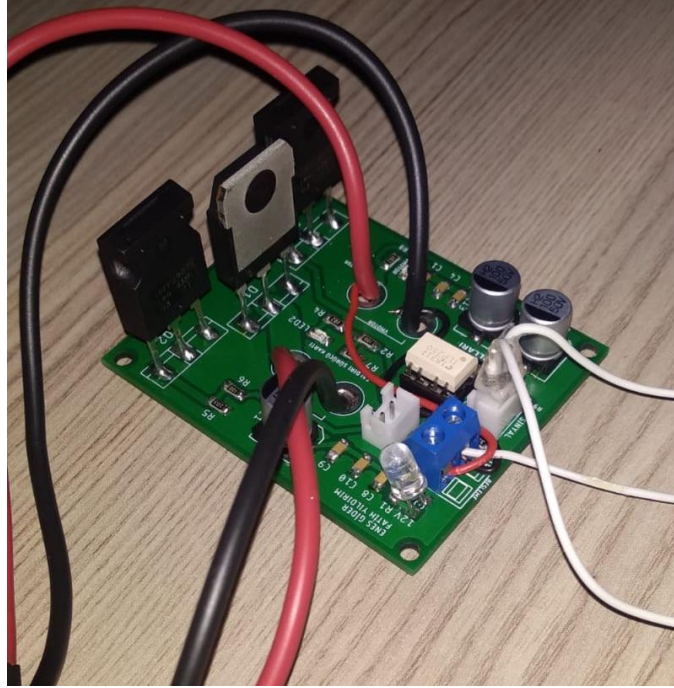


Şekil 7. 9. 400 Amper Mosfet Sürücü Kartı

Ardından Şekil 7.8’de görüldüğü gibi kartın lehimlenmesi yapıldı. Prototip kartında görülen yanlışlar tasarımda düzeltildi. Şematik ve PCB tasarımı revize edildikten sonra kart PCB baskı için yurtdışına gönderildi.



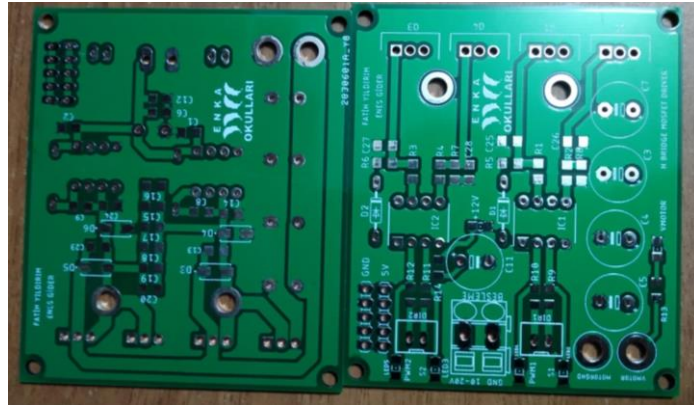
Şekil 7. 10. 400 Amper Motor Sürücü Kart



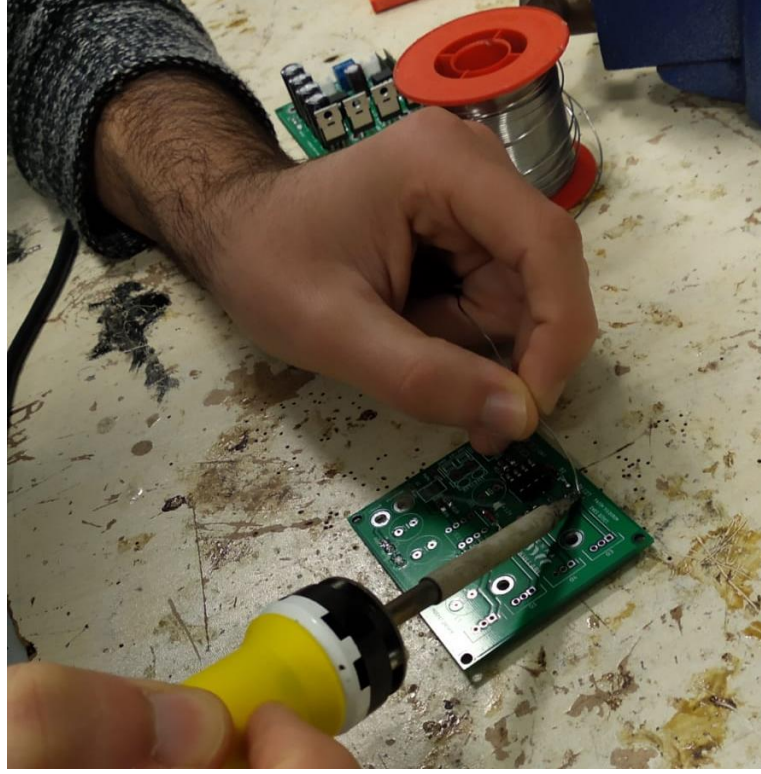
Şekil 7. 11. Ön Bıçak Sürücü Revize Edilmiş Hali

7.3 Arka Motor Sürücü Kartı

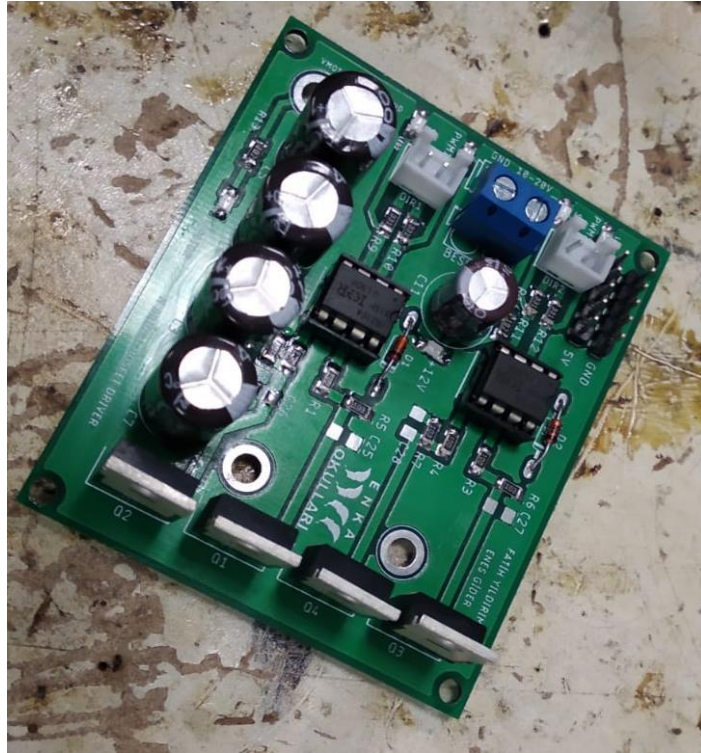
Arka motorları çift yönlü sürmek için IRFB4115GPbF N-Channel mosfet kullanılmıştır. Bu mosfetler 25 °C'de 104 Amperlik bir çıkış akımı sağlayabilmektedir. Lehimlenmemiş hali Şekil 7.11'deki gibidir.



Şekil 7. 12. Arka Motor Sürücü PCB



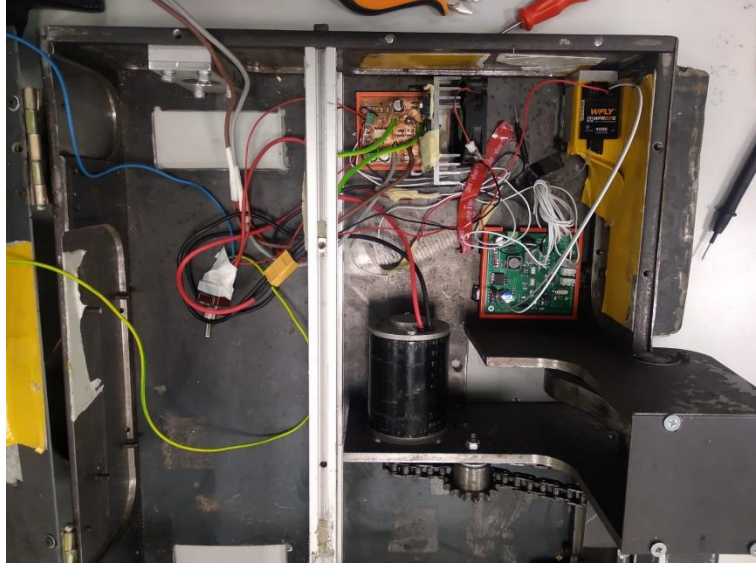
Şekil 7. 13. Arka Motor Sürücü PCB-2



Şekil 7. 14. Arka Motor Sürücü

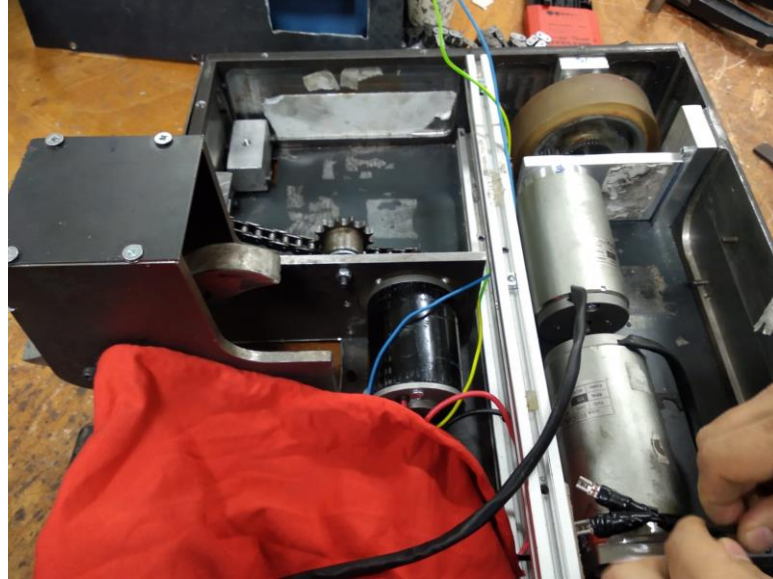
7.4 Mekanik

Mekanik olarak CIM motor ön silaha zincir yardımı ile bağlandı. Ön Silah sürücünün ısınma testleri yapıldı.



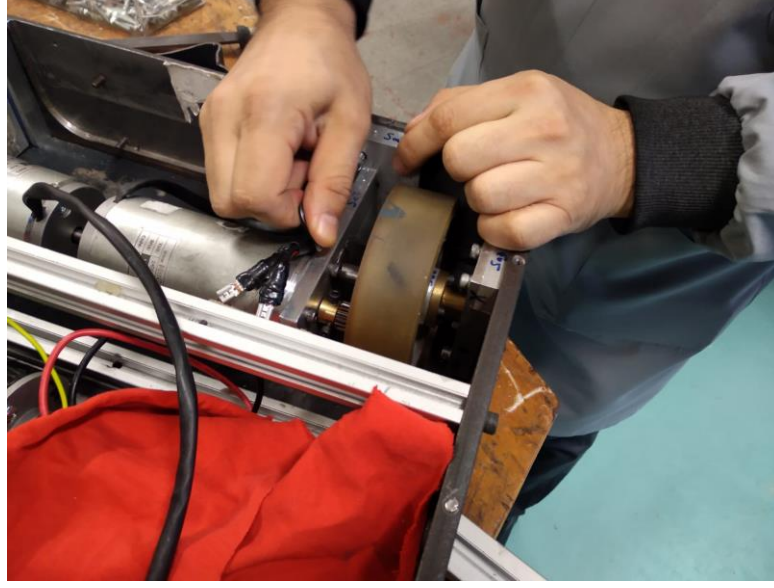
Şekil 7. 15. İlk Deneme

İlk Deneme ardından arka motorların montajı yapıldı.



Şekil 7. 16. Arka Motorlar Montajlanması

Yarım saat boyunca tam güçte motor çalıştırıldı. Bunun nedeni dişlilerin birbirine alışması ve kasma yapan yerlerin tornalanması.

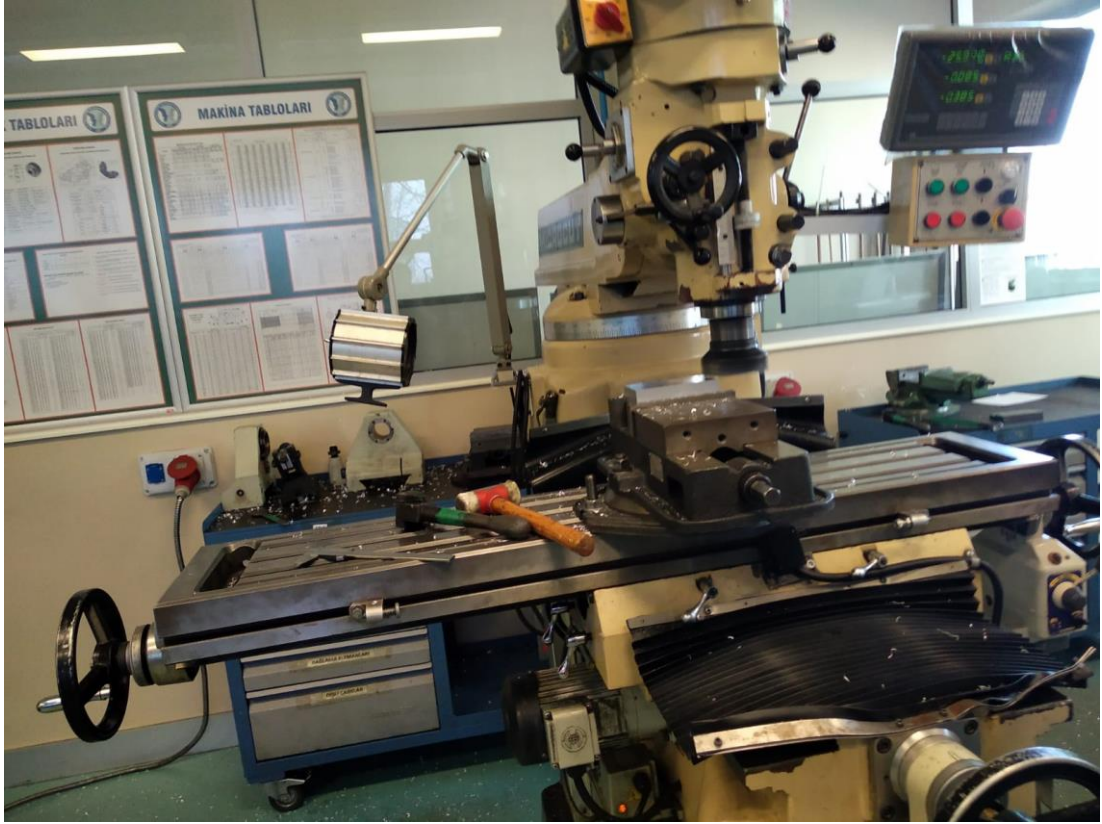


Şekil 7. 17. Motor Sürücünün Montajlanması



Şekil 7. 18. Çalışma Ortamı

7.4.1 Mosfetlerin soğutucularının tasarlanması

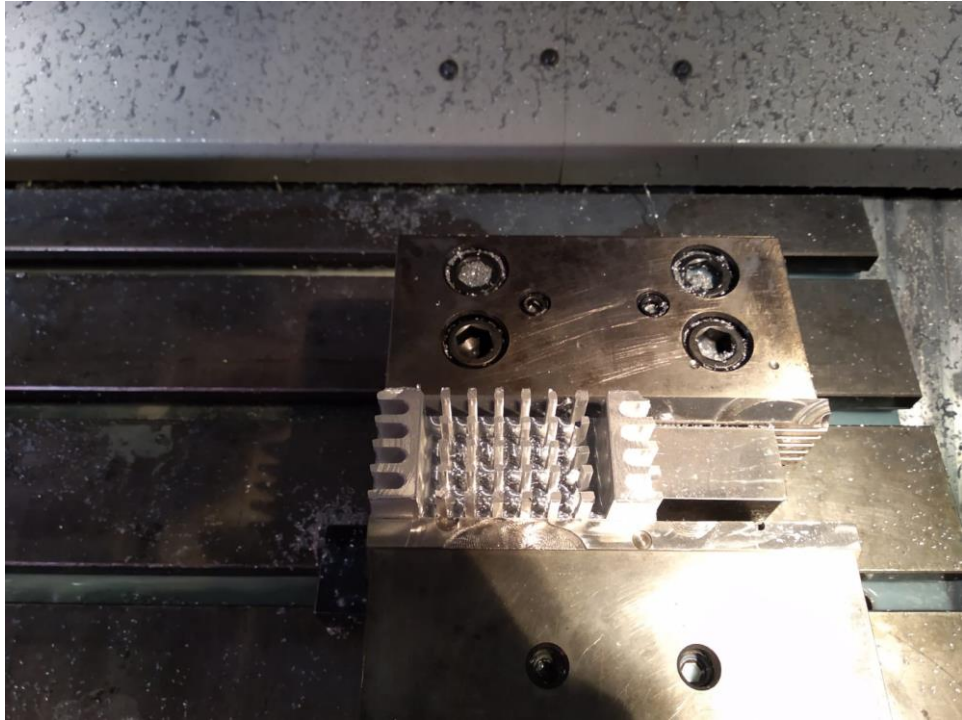


Şekil 7. 19 Alüminyum Kütük

Kalınlığı çok fazla olan alüminyum kütükten 5 milimetre alındı. Ardından CNC parça CNC'ye bağlandı.



Şekil 7. 20. Soğutucu CNC işleme



Şekil 7. 21. Soğutucu İşlenmiş Hali

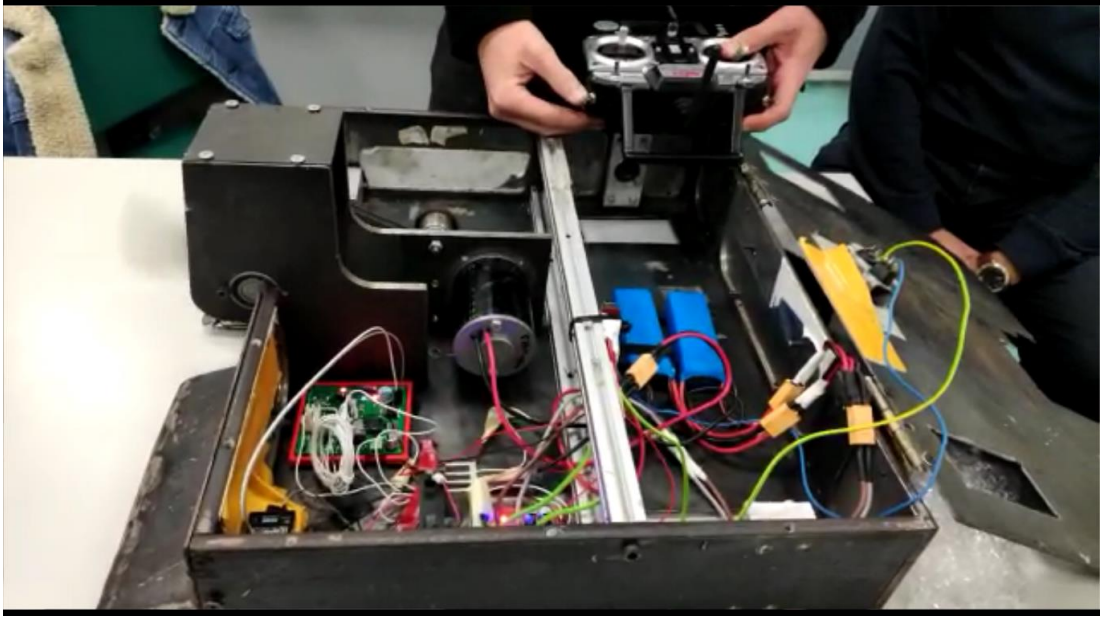


Şekil 7. 22. Soğutucu Bitmiş Hali

7.5 Robotun Çalıştırılması

“Uzaktan Kumandalı Savaş Robotu” mekanik olarak; zincir dişli, arka motor dişlileri, motor tutucuları, ön silah motorunun sabitleme işlemleri yapıldıktan sonra, robotun bütün motorları çalıştırılır. Bu işlem sırasında motorların çektiği akımlar gözlemlenir. Motorlara bağlı olan dişliler arasındaki tortular, sürtüşme olan yerlerin birbirine alışması için beklenir.

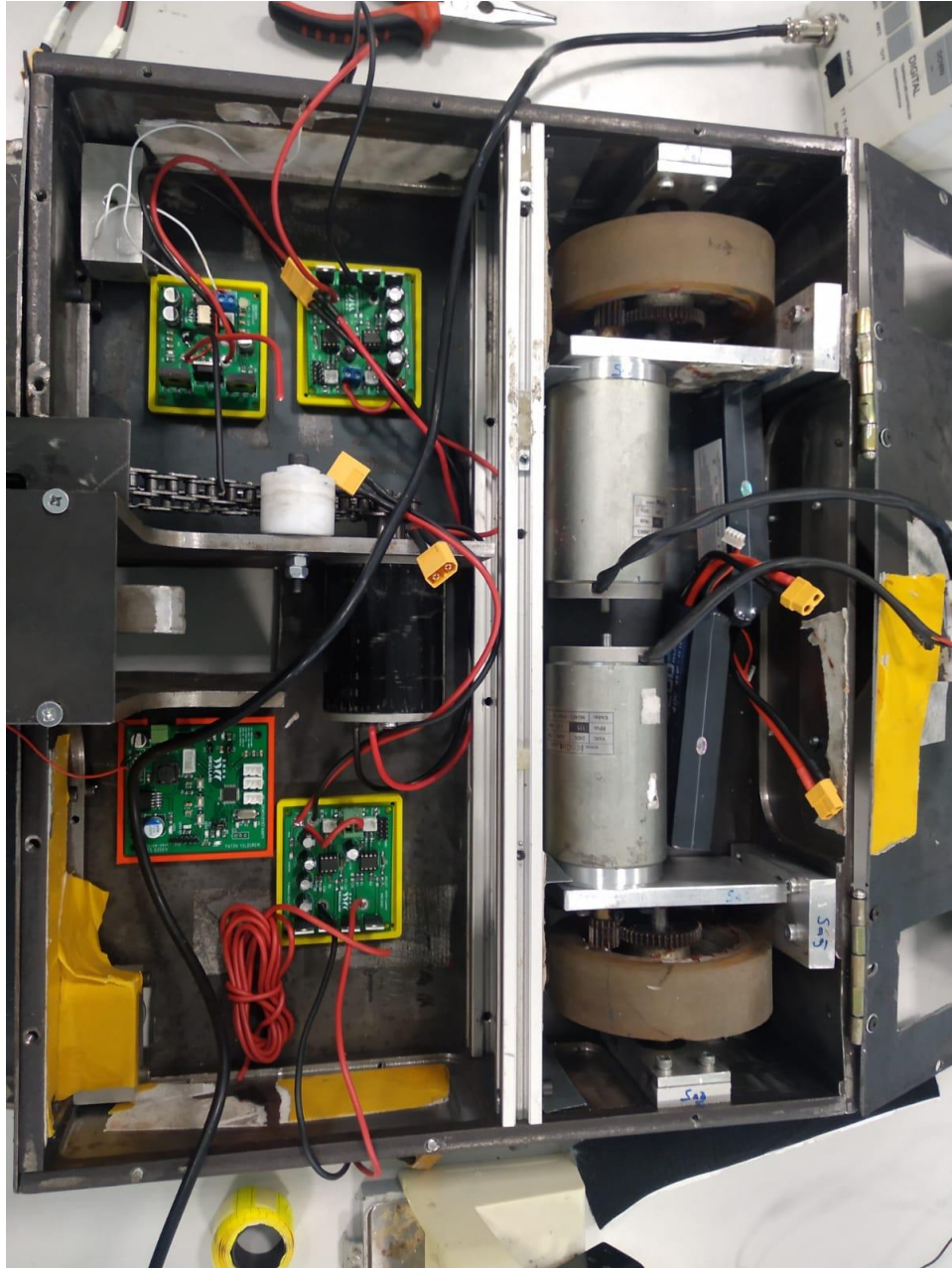
Dişliler birbirine alıştıktan sonra yağlama işlemi tekrarlanır ve elektronik kartların montajına geçilir. Elektronik kartların, robot içinde yerleştirilecek yerler belirlenir. Kartların yağdan ve dönen mekanizmalardan uzak yerlere koyulması gerekmektedir. Elektronik kartlar üzerine sıçrayabilecek bir yağ damlası bile robotun elektronik kartlarının yanmasına yol açacaktır. İlk olarak robota takılacak olan elektronik kartlar, sabit güç kaynağından beslenir. Enerji, Li-Po pillerden verildiğinde olası bir kısa devrede Li-Po pil patlayacaktır. Bu yüzden kartlar uzun süreli testlerden sonra Li-Po pillerle beslenmelidir.



Şekil 7. 23. Kontrol Kartı ve Sürücü İlk Test

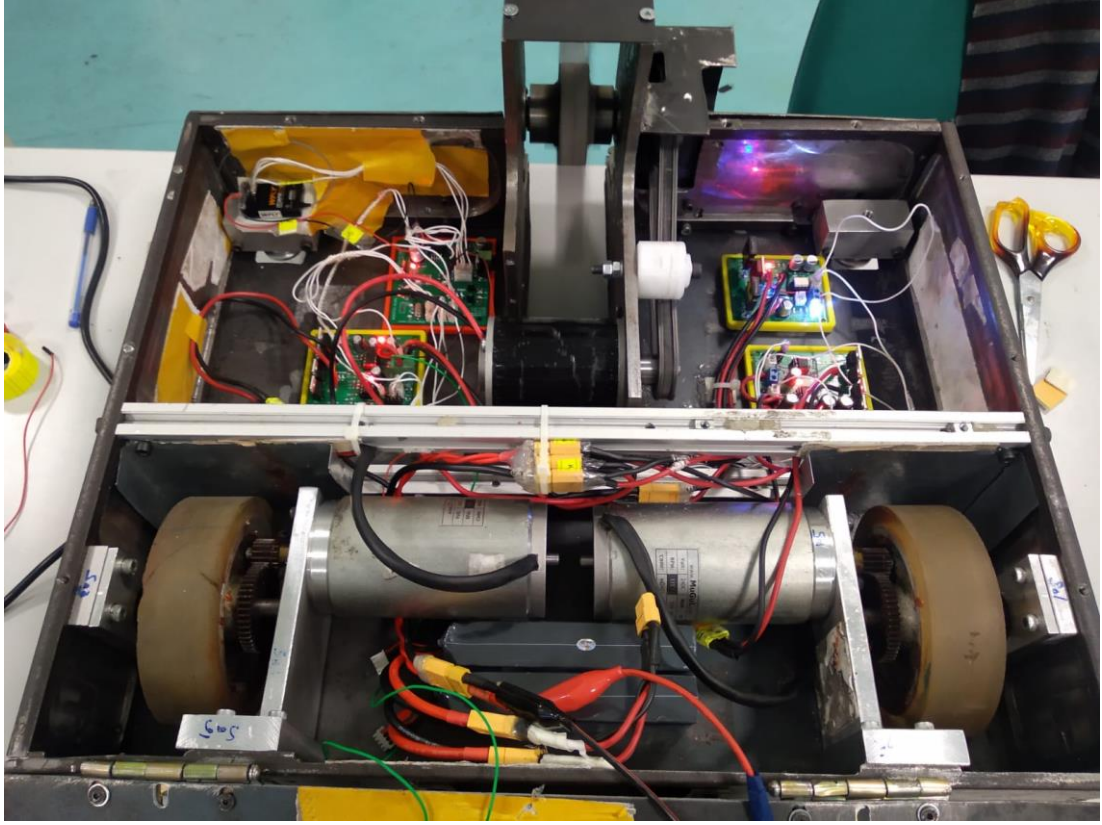
Şekil 7.19’da kontrol kartı ve ön silah sürücü kartının ilk denemesi yapılmıştır. Bu deney sonucunda 5 dakika boyunca ortalama 10 Amper gibi akım değerinde çalıştırılmıştır. Sürücü kartının beslemek için iki adet 2200 mAh Li-Po batarya paralel bağlanmıştır. IRF2907PbF sıcaklığı 35 °C okunur iken, sürücü üzerinde sıcaklık 40 °C olarak okunmuştur. 5 dakika sonunda ise Li-Po batarya voltajı 12.60V’dan 12,40V’a düştüğü gözlemlenmiştir. Bu değerler not edilmiştir.

Testler yapıldıktan sonra elektronik kartlar robot üzerine montaj edilir.



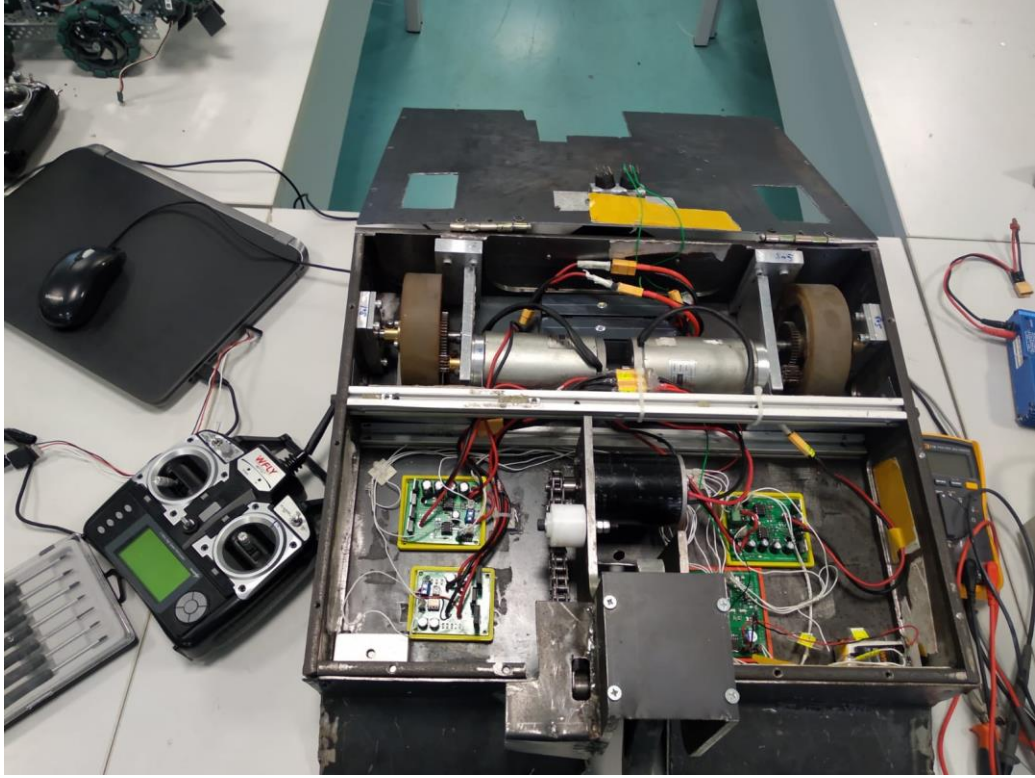
Şekil 7. 24. Elektronik Kartların yerleştirilmesi

Elektronik kartlar, motorlardan olabildiğince uzağa ve yağ gelemeyecek yerlere yerleştirilmiştir. Kartların metal şase ile bağlantısını kesmek için 3D yazıcıdan kart boyutlarına göre yalıtkan parçalar basılmıştır. Kartlar kuvvetli çift taraflı bantlar ile parça ve şaseye sabitlemesi yapılmıştır.

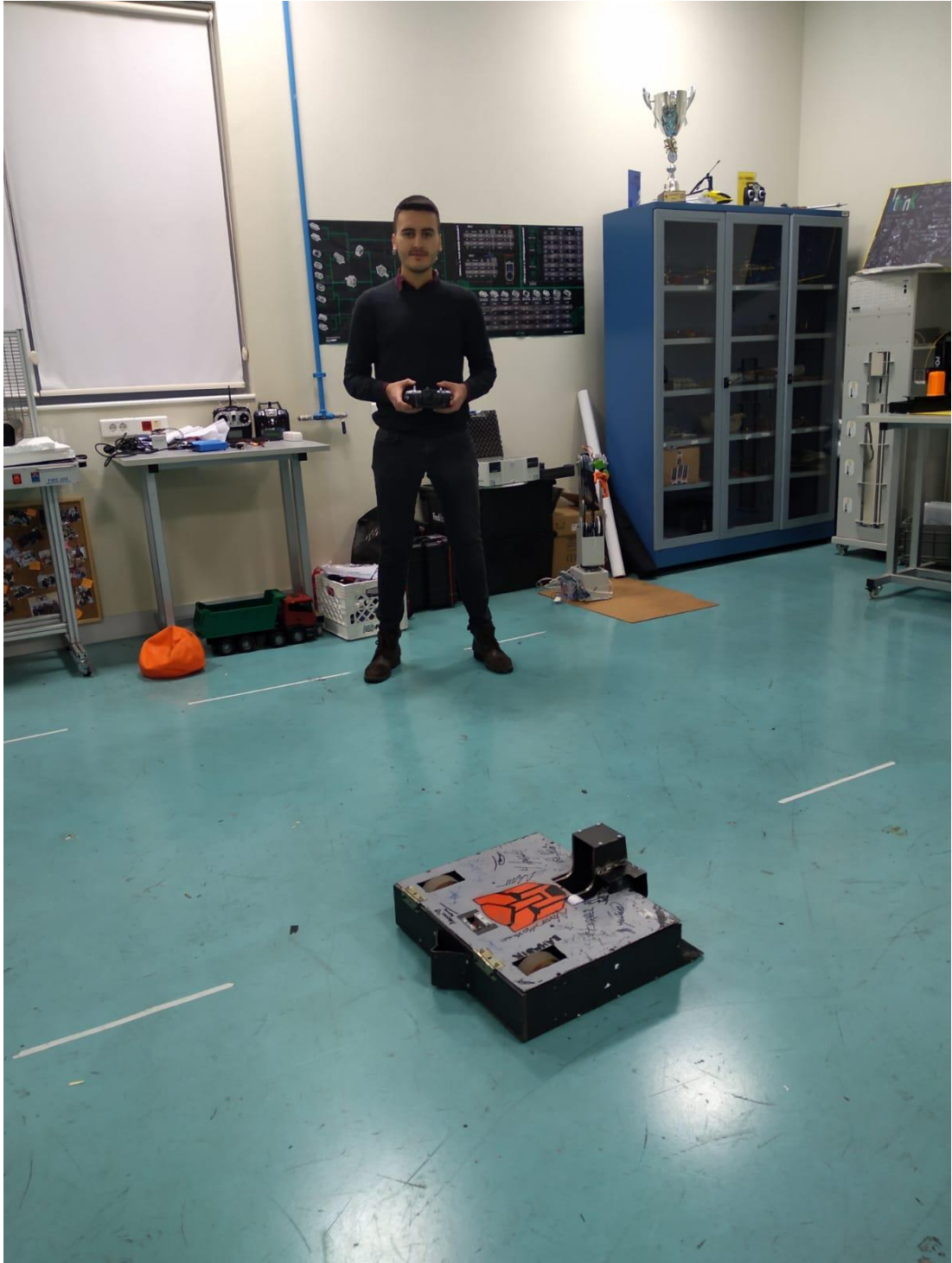


Şekil 7. 25. Kartların Bağlantısının Yapılmış Hali

Elektronik kartların yerleri belirlendikten sonra voltaj besleme kabloları çekilmiştir. Bu kablolar olabildiğince aşağıdan yani şaseye yakın bir şekilde götürülmeye çalışılmıştır. İşlemler gerçekleştirildikten sonra kartlara enerji verilmiştir.



Şekil 7. 26 Çalışma Ortamı



Şekil 7. 27. Uzaktan Kumandaki Robotun Son Hali

KAYNAKLAR

- [1] FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi Yıl/Year 2018
- [2] KARTHIKEYAN, J., DHANA SEKARAN, R., [2011], “Current Control of Brushless DC Motor Based on a Common DC Signal for Space Operated Vehicles”, *Electrical Power and Energy Systems* 33 (2011) 1721-1727.
- [3] WU, Q., TIAN W., [2012], “Design of Permanent Magnet Brushless DC Motor Control System Based on dsPIC30F4012”, *Procedia Engineering* 29 (2012) 4223-4227.
- [4] WANG, H., [2012], “Design and Implementation of Brushless DC Motor Drive and Control System”, *Procedia Engineering* 29 (2012) 2219-2224. 48
- [5] JANPAN, I. et al. [2012], “Control of the Brushless DC Motor in Combine Mode”, *Procedia Engineering* 32 (2012) 279-285.
- [6] KARAKULAK, O., YAZ, O. ve diğerleri, [2012], “PIC Tabanlı Fırçasız DC Motor Sürücü Tasarımı”, 3.Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 29-30 Kasım, Balıkesir.
- [7] CHOWDHURY, D., CHATTOPADHYAY, M., ROY, P., [2013], “Modelling and Simulation of Cost Effective Sensorless Drive for Brushless DC Motor”, *Procedia Technology* 10 (2013) 279-286.
- [8] NED MOHAN, TORE M. UNDELAND, WILLIAM P. ROBBİNS [2002], “Power Electronics: Converters, Application and Desing”.
- [9] Çağla UZUN, Fırçasız Motor Sürücü Tasarımı (Lisans Bitirme Tezi, İstanbul Gedik Üniversitesi, 2018)
- [10] Switching Regulator IC Series Calculation of Power Loss [2016]
- [11] Wakefield-Vette Heat Sink Desing Facts & Gudelines For Thermal Analysis
- [12] The Power Mosfet Application Handbook NXP Semiconductors [2016]

EKLER

/*

@BattleBots Kontrol Kartı Atmega328p-au TEST

@Programı Yazan : Enes GİDER

@Tarih : 05.01.2020

@ : Cumartesi 20:57

*/

/****** Motor Pin Tanımlamaları Yapılıyor... *****/

#define M1_PWM 9 //MOTOR2 3'LU JST SOKETİNDE -- B1 +

#define M1_IN1A 8 //MOTOR2 3'LU JST SOKETİNDE -- B0

#define M1_PWM2 11 //MOTOR2 3'LU JST SOKETİNDE -- B3 +

#define M2_PWM 10 //MOTOR1 3'LU JST SOKETİNDE -- B2 + SİLAH PWM

#define M2_IN1A 12 //MOTOR1 3'LU JST SOKETİNDE -- B4

#define M2_IN1B 13 //MOTOR1 3'LU JST SOKETİNDE -- B5

#define M3_PWM 5 //MOTOR3 3'LU JST SOKETİNDE -- D5 +

#define M3_PWM2 6 //MOTOR3 3'LU JST SOKETİNDE -- D6 +

#define M3_IN1B 7 //MOTOR3 3'LU JST SOKETİNDE -- D7

/****** Motor Pin Tanımlamaları Yapıldı... *****/

/****** Led/Mosfet Pin Tanımlamaları Yapılıyor... *****/

*****/

```

#define LED2 2 // LED2 , USER_LED    ++
#define Mosfet 3 // BDX53            ++  D3 PWM USER PİN
#define LED3 3 // LED3 , USER ,BDX53  ++
#define ADC6 A6 //ADC  21    ADC6 LED7
#define ADC7 A7 //ADC  20    ADC7 LED6
/*
    int ADC6=A6;
    int ADC7=A7;
*/
/***** Led Pin Tanımlamaları Yapılıyor... *****/

/***** RF Alıcı Pin Tanımlamaları Yapılıyor... *****/

#define channel1 14 //Channel 1 (One)  D13  pinine bağlandı.....
#define channel2 15 //Channel 1 (Two)  D14  pinine bağlandı.....
#define channel3 16 //Channel 1 (Twelve) D15  pinine bağlandı.....
#define channel4 17 //Channel 1 (Twelve) D15  pinine bağlandı.....

//Not bu pinler değiştirilebilir.....

/***** Buton Tanımlamaları Yapılıyor... *****/

#define PushButton2 18 //S2 A4 PININE BAGLI    ++
#define PushButton3 19 //S3 A5 PININE BAGLI    ++
#define SlideSwitch 4 //S5 D4 PININE BAGLI    ++

/***** Buton Tanımlamaları Yapıldı... *****/
int Channel7;
int Channel6;
int Channel1 ; // Used later to

```

```

int Channel2 ; // store values

//int ileri_pwm_deger = 0, saga_pwm_deger = 0;
int kanal_1_okunan_deger;
int kanal_2_okunan_deger;
int kanal_3_okunan_deger;
int kanal_4_okunan_deger;
int kanal_5_okunan_deger;
int kanal_6_okunan_deger;
int kanal_7_okunan_deger;

int kanal_1;
int kanal_2;
int kanal_3;
int kanal_4;
int kanal_5;
int kanal_6;
int kanal_7;
/*
    bool serial_port_ekrani = 1; //1 ise yapılırsa serial porta degerler timer2 ile aktarım
sağlar

    int panel = 0;
    int fonksiyon = 2000;
    int pwm_alt_deger=15;
    int pwm_ust_deger=253; // IRFB4115 İÇİN 1khz-10khz arası kullanacagız. MAX
253 - 250 arası verim alınıyor.
    bool flag_timer=0;
*/
int fonksiyon = 0;

void setup() {

```

```
//*****
```

```
*****
```

```
// Çıkış Atamaları Yapılıyor.....
```

```
pinMode(M1_PWM, OUTPUT);
```

```
pinMode(M1_PWM2, OUTPUT);
```

```
pinMode(M1_IN1A, OUTPUT);
```

```
pinMode(M2_PWM, OUTPUT);
```

```
pinMode(M2_IN1B, OUTPUT);
```

```
pinMode(M2_IN1A, OUTPUT);
```

```
pinMode(M3_PWM, OUTPUT);
```

```
pinMode(M3_IN1B, OUTPUT);
```

```
pinMode(M3_PWM2, OUTPUT);
```

```
pinMode(LED2, OUTPUT);
```

```
pinMode(ADC7, INPUT);
```

```
pinMode(LED3, OUTPUT); // Aynı zamanda Mosfet'de pinler ile kullanılabilir...
```

```
pinMode(ADC6, INPUT);
```

```
// Çıkış Atamaları Yapıldı.....
```

```
//*****
```

```
*****
```

```
// Giriş Atamaları Yapılıyor.....
```

```
pinMode (channel1, INPUT_PULLUP);// kanal1 ayarlandı
```

```
pinMode (channel2, INPUT_PULLUP);// kanal2 ayarlandı
```



```
pinMode (channel3, INPUT_PULLUP);// kanal1 ayarlandı
pinMode (channel4, INPUT_PULLUP);// kanal2 ayarlandı
```

```
// Serial.begin (9600); // BAUDRATE AYARLANDI...
```

```
pinMode (PushButton2, INPUT);
pinMode (PushButton3, INPUT);
digitalWrite(PushButton2, 0); //6 pinini pull-down olarak ayarlıyoruz...Bastığında
bir(0V),basmadığında sıfır(5V) gider
digitalWrite(PushButton3, 0); //6 pinini pull-down olarak ayarlıyoruz...Bastığında
bir(0V),basmadığında sıfır(5V) gider
```

```
//----- ÇIKIŞLAR SIFIRLANIYOR -----
```

```
digitalWrite(M1_PWM, LOW);
digitalWrite(M1_PWM2, LOW);
digitalWrite(M1_IN1A, LOW);
digitalWrite(M2_PWM, LOW);
digitalWrite(M2_IN1B, LOW);
digitalWrite(M2_IN1A, LOW);
digitalWrite(M3_PWM, LOW);
digitalWrite(M3_IN1B, LOW);
digitalWrite(M3_PWM2, LOW);
```

```
//----- ÇIKIŞLAR SIFIRLANDI -----
```

```
//----- KANALLAR SIFIRLANIYOR -----
```

```
digitalWrite(channel1, LOW);
digitalWrite(channel2, LOW);
digitalWrite(channel3, LOW);
digitalWrite(channel4, LOW);
```

```

//----- KANALLAR SIFIRLANDI -----

//----- LEDLER SIFIRLANIYOR -----
digitalWrite(LED3, LOW);
digitalWrite(LED2, LOW);
analogWrite(ADC6, 0);
analogWrite(ADC7, 0);
//----- LEDLER SIFIRLANDI -----
}

void Buton_test() // HERHANGİ BİR BUTONA BASILDIGINDA VEYA SWICHT
0 OLDUGUNDA LED2 VE LED3 YANIP SÖNSÜN
{
  if ((digitalRead(PushButton2) == 0) || (analogRead(PushButton3) == 0) ||
(digitalRead(SlideSwitch) == 0))
  {
    digitalWrite(LED3, HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(LED2, HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(LED3, LOW);
    delay(250);
    digitalWrite(LED2, LOW);
    delay(250);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LED3, LOW);
    digitalWrite(LED2, LOW);
  }
}

```

```
}

void Adc_test() // ADC6 ADC7 sadece input olarak kullanılabiliniyor!!!
{
  if ((analogRead(ADC7) == 0) && (analogRead(ADC6) == 0))
  {
    digitalWrite(LED3, HIGH);
    delay(250);
    digitalWrite(LED3, LOW);
    delay(250);
  }

  else
  {
    digitalWrite(LED3, LOW);
    digitalWrite(LED2, LOW);
  }
}

void sag_motor_ileri(int hiz) //Robotun arkasından bakarken
{
  analogWrite(M3_PWM, hiz);
  analogWrite(M3_PWM2, 0);
}

void sag_motor_geri()
{
  analogWrite(M3_PWM, 0);
  analogWrite(M3_PWM2, kanal_2);
}

void sol_motor_ileri()
```

```
{  
  analogWrite(M1_PWM, kanal_2);  
  analogWrite(M1_PWM2, 0);  
}
```

```
void sol_motor_geri()  
{  
  analogWrite(M1_PWM, 0);  
  analogWrite(M1_PWM2, kanal_2);  
}
```

```
void robot_ileri(int hiz)  
{  
  analogWrite(M3_PWM, hiz);  
  analogWrite(M3_PWM2, 0);  
  analogWrite(M1_PWM, hiz);  
  analogWrite(M1_PWM2, 0);  
}
```

```
void robot_geri(int geri)  
{  
  analogWrite(M3_PWM, 0);  
  analogWrite(M3_PWM2, geri);  
  analogWrite(M1_PWM, 0);  
  analogWrite(M1_PWM2, geri);  
}
```

```
void robot_saga(int saga_hiz)//sag motor geri sol motor ileri  
{  
  analogWrite(M3_PWM, saga_hiz);  
  analogWrite(M3_PWM2, 0);  
}
```

```
    analogWrite(M1_PWM, 0);
    analogWrite(M1_PWM2, saga_hiz);
}

void robot_sola(int solahiz)//sag motor ileri sol motor geri
{
    analogWrite(M3_PWM, 0);
    analogWrite(M3_PWM2, solahiz);
    analogWrite(M1_PWM, solahiz);
    analogWrite(M1_PWM2, 0);
}

void Robot_dur()
{
    analogWrite(M3_PWM, 0);
    analogWrite(M3_PWM2, 0);
    analogWrite(M1_PWM, 0);
    analogWrite(M1_PWM2, 0);
}

void Bicak_Dur()
{
    analogWrite(M2_PWM, 0);
}

void Bicak_PWM(long int bicakhiz)
{
    analogWrite(M2_PWM, bicakhiz);
}

void Kumanda_Test()
{
    kanal_1_okunan_deger = (pulseIn (channel1, HIGH));    // kanal_1 pulseIN komutu
ile okunuyor
```

```

    kanal_1 = map(kanal_1_okunan_deger, 1020, 2034, 0, 255); // kanal_1 değeri 0-255
    arasına atanıyor
    if (kanal_1 >= 240) kanal_1 = 250;
    else if (kanal_1 < 30) kanal_1 = 0;
    Serial.print("Kanal 1 okunan deger :");
    Serial.println(kanal_1);
    delay(50);
}

```

```

void loop()
{
    delay(1);
    kanal_1_okunan_deger = (pulseIn (channel1, HIGH)); // kanal_1 pulseIN komutu
    ile okunuyor
    kanal_1 = map(kanal_1_okunan_deger, 1010, 2034, 0, 255); // kanal_1 değeri 0-255
    arasına atanıyor
    kanal_2_okunan_deger = (pulseIn (channel2, HIGH)); // kanal_2 pulseIN komutu
    ile okunuyor
    kanal_2 = map(kanal_2_okunan_deger, 1020, 2034, 0, 255); // kanal_2 değeri 0-255
    arasına atanıyor
    kanal_3_okunan_deger = (pulseIn (channel3, HIGH)); // kanal_3 pulseIN komutu
    ile okunuyor
    kanal_3 = map(kanal_3_okunan_deger, 1010, 2009, 0, 255); // kanal_3 değeri 0-255
    arasına atanıyor

    /*
    Kanallardan okunan değerler güvenlik Amaçlı Tekrar Sınırlandırılıyor
    */
    if (kanal_1 >= 230) kanal_1 = 250;
    else if (kanal_1 < 45) kanal_1 = 0;
}

```

```

if (kanal_2 >= 230) kanal_2 = 250;
else if (kanal_2 < 45) kanal_2 = 0;
if (kanal_3 >= 230) kanal_3 = 250;
else if (kanal_3 < 60) kanal_3 = 0;
/*
    Kanallardan okunan değerler güvenlik Amaçlı Tekrar Sınırlandırılıyor
*/

/*
    Ön Silah Aktif ediliyor
*/
if (kanal_3 >= 60) Bicap_PWM(kanal_3);
else Bicap_Dur();
/*
    Ön Silah Aktif ediliyor
*/

if ((kanal_1 >= 110) && (kanal_1 <= 140)) //ileri gitme durumu
{
    if (kanal_2 >= 140) fonksiyon = 1; //ileri git patoz et
    else if (kanal_2 <= 110) fonksiyon = 1000; //burası sonradan ayarlanacak...Geri
gitme
    else fonksiyon = 0; //buradan durdu ölü bölgedeyim
}
else if (kanal_1 >= 140) //kullanıcı 1.bölge ise
{
    if ((kanal_2 <= 140) && (kanal_2 >= 110)) fonksiyon = 2; //sağa dön tank
    else if (kanal_2 >= 230) fonksiyon = 1; // kullanıcı ileri tam güçte
gitme istiyor sonradan eklendi...
    else if ((kanal_2 > 140) && (kanal_2 < 230)) fonksiyon = 3; //kullanıcı sağ yukları
çaprazda
    else fonksiyon = 1000; //geriye dahil

```

```

}
else if (kanal_1 <= 110)
{
  if ((kanal_2 <= 140) && (kanal_2 >= 110)) fonksiyon = 4; //sola tank
  else if (kanal_2 >= 230) fonksiyon = 1; // kullanıcı ileri tam güçte
  gitme istiyor sonradan eklendi...
  else if ((kanal_2 > 140) && (kanal_2 < 230)) fonksiyon = 5; //sol yukarı çaprazzz
  else fonksiyon = 1000; //bu durumda geriye dahil
}
delay(10);

if (fonksiyon == 0) {
  Robot_dur();
}
else if (fonksiyon == 1) { //ileri gitme durumu
  int ileri_hiz = map(kanal_2, 125, 255, 0, 255); //1.bölgedeki durum 125-255 aralığı
  0-255 aralığına yansıtıldı....
  if (ileri_hiz >= 230) {
    ileri_hiz = 250; //240 ve üstü değerler 250'e yansıtıldı.....
  }
  else if (ileri_hiz <= 100) {
    ileri_hiz = 0; //15 ve altı değerler 0'a atandı.....
  }
  //Robot_ileri(kanal_2);
  int sola_duz = ileri_hiz - 30;
  analogWrite(M3_PWM, sola_duz);
  analogWrite(M3_PWM2, 0);
  analogWrite(M1_PWM, ileri_hiz);
  analogWrite(M1_PWM2, 0);
}
else if (fonksiyon == 2) { //sağa dönüş durumu tank
  //Serial.println("saga donuyor TANK.....");

```



```

/*
    sol motor ileri sağ motor geri ters pwm'ler aynı olacak
    fakat motor yönleri terse dönecek
*/
int saga_donus_pwm = map(kanal_1, 125, 255, 0, 255);
if (saga_donus_pwm >= 230) saga_donus_pwm = 250;
else if (saga_donus_pwm <= 60) saga_donus_pwm = 0;
robot_saga(saga_donus_pwm);
}
/*
    fonskiyon 3 solaçapraz durumu kaldırıldı.....
*/
else if (fonksiyon == 3) { //sağ çapraz durumu
    //Serial.println("Sag capraz gidiyor.....");
}
/*
    sol motor kanal_1 izdüşümünü alacak sağ motor ise kanal_2
    izdüşümünü referans alacak.....
*/
int sag_capraz_pwm_sol_motor = map(kanal_2, 125, 255, 0, 255); //kanal_1
0-255 aralığı sabitlendi...
if (sag_capraz_pwm_sol_motor >= 240) sag_capraz_pwm_sol_motor = 250;
//240'dan büyük değerler 255 değerine sabitlendi.
else if (sag_capraz_pwm_sol_motor <= 45) sag_capraz_pwm_sol_motor = 0;
int sag_capraz_pwm_sag_motor = map(kanal_2, 125, 255, 0, 255);
if (sag_capraz_pwm_sag_motor >= 240) sag_capraz_pwm_sag_motor = 250;
else if (sag_capraz_pwm_sag_motor <= 45) sag_capraz_pwm_sag_motor = 0;
sol_motor_ileri(sag_capraz_pwm_sol_motor);
sag_motor_ileri(sag_capraz_pwm_sag_motor);
}
else if (fonksiyon == 4) { //sola dönüş durumu TANK
    //Serial.println("sola donuyor TANK.....");
}
/*

```

sol motor ileri sağ motor geri aynı pwmler kullanılacak..
channel bir terslenecek.

```

*/
int sola_donus_tank = map(kanal_1, 125, 0, 0, 255);
if (sola_donus_tank >= 230) sola_donus_tank = 250;
else if (sola_donus_tank <= 30) sola_donus_tank = 0;
robot_sola(sola_donus_tank);
}
else if (fonksiyon == 5) { //Sola Çapraz Gidiş Durumu
  //Serial.println("sola capraz gidiyor.....");

  int sola_capraz_sag_motor_pwm = map(kanal_2, 125, 0, 0, 255);
  if (sola_capraz_sag_motor_pwm >= 240) sola_capraz_sag_motor_pwm = 250;
  else if (sola_capraz_sag_motor_pwm <= 45) sola_capraz_sag_motor_pwm = 0;
  int sola_capraz_sol_motor_pwm = map(kanal_2, 125, 255, 0, 255);
  if (sola_capraz_sol_motor_pwm >= 240) sola_capraz_sol_motor_pwm = 250;
  else if (sola_capraz_sol_motor_pwm <= 45) sola_capraz_sol_motor_pwm = 0;
  kanal_1=255-kanal_1;
  sola_capraz_sol_motor_pwm=sola_capraz_sol_motor_pwm-kanal_1
  sag_motor_ileri(sola_capraz_sag_motor_pwm);
  sol_motor_ileri(sola_capraz_sol_motor_pwm);
}
else if (fonksiyon == 1000) { //Geri gitme durumu
  //Serial.println("Geri Gidiyor.....");
  int geri_pwm_deger = map(kanal_2, 125, 0, 0, 255);
  if (geri_pwm_deger >= 240) geri_pwm_deger = 250;
  else if (geri_pwm_deger <= 60) geri_pwm_deger = 0;
  robot_geri(geri_pwm_deger);

}
}

```

ÖZGEÇMİŞ

Fatih YILDIRIM, 12 Eylül 1997’de İzmit’te doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Kocaeli’nde tamamladı. 2015 yılında Özel Enka Anadolu Teknik Lise’ sinden mezun oldu. Lise öğrenimi sürecinde robot kulübünde yer aldı. 2014 yılında MEB’in robot yarışmasında “Sumo Robot” kategorisinde Türkiye 4. Derecesini almıştır. 2015 yılında Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü’ne başladı. 2018 yılında SUBÜ’inde düzenlenen robot yarışmasında mini sumo kategorisinde 1,2,3.’lük derecelerini almaya hak kazanmıştır. Mesleki ilgi alanları arasında mühendislik yazılımları, bilgisayar destekli tasarım ve dijital elektronik yer almaktadır.