TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ROBOTAKSİ – BİNEK OTONOM ARAÇ YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORU

TAKIM ADI: KOÜ-MEKATRONOM

TAKIM ID: 355758

İçindekiler

Takım Organizasyonu 5
Otonom Ekibi: 5
Elektronik Ekibi: 5
Mekanik Ekibi: 5
Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi 7
Bütçe Planlanması 8
Araç Mekanik Özellikleri 9
Elektronik gaz pedalı 9
Elektronik Fren: 10
Elektronik Direksiyon: 10
Donanım Mimarisi 14
Yapay Zekâ Bilgisayarı 14
Batarya Yönetim Sistemi (BYS) 16
Dengeleme birimi: 17
Gerilim okuma: 18
Master Kart 22
Slave Kart 26
Donanımsal Güvenlik Önlemleri 27
İzolasyon entegrelerimiz 27
Batarya Paketlenmesi ve Sabitlenmesi 27
Harness Diyagramı 28
Yazılım Mimarisi 29
Şerit Takibi 29
Tabela Tanıma 31
Yön Belirleme 33
Durak Algoritması 33
Sensörler 33
Kamera 34
Kamera Özellikleri: 34
LIDAR 35
Ultrasonik Mesafe Sensörü 35
Sıcaklık Sensörü 36
Intel® RealSense™ Depth Kamera D435 36
Haberleşme Hatları 37
Özgün Bileşenler 37
Mekatronom ROS Paketi 38
Takometre 38
Araç Kontrol Kartı 39
Uzaktan Kumanda 43
Test 44
İvmelenme 44
Gaz pedalı %25 konumdayken 10 km hıza ulaşılması 44
Gaz pedalı %50 konumdayken 10 km hıza ulaşılması 45

Gaz pedalı %100 konumdayken 10 km hıza ulaşılması 46
Oluşan problemler ve çözümleri: 47
Frenleme 47
Fren pedalı %25 konumdayken aracın durması....47
Fren pedalı %50 konumdayken aracın durması....48
Fren pedalı %100 konumdayken aracın durması....49
Oluşan problemler ve çözümleri: 49
Yönlendirme 50
Maksimum hız ile 0.3 radyan döndürülme 51
Maksimum hız ile -0.3 radyan döndürülme....51
5 km/h ile 0.3 radyan döndürülme....52
5 km/h ile -0.3 radyan döndürülme 52
5 km/h ile max döndürülme....53
5 km/h ile max döndürülme....53
Oluşan problemler ve çözümleri: 54

Şekil 1: sinir ağları karşılaştırması 7
Şekil 2: Ayrılan bellek karşılaştırması....8
Şekil 3: Kelly Controller KBL....9
Şekil 4:SKD 12 V Lineer Aktüatör 10
Şekil 5: Ackerman Prensibi 10
Şekil 6: Elektronik Direksiyon Sistemi Tasarımı 1 11
Şekil 7: Elektornik Direksiyon Sistemi Tasarımı 2 11
Şekil 8: Teknik Çizim 12
Şekil 9: Mukavemet Analizi....13
Şekil 10: 3D Cad Modeli 13
Şekil 11: Kabuk Üretimi 13
Şekil 12: Jetson AGX Xavier Developer Kit Case 15
Şekil 13: İntel-8265AC Wifi Modülü 15
Şekil 14: Blok Diyagram 15
Şekil 15: Batarya Dengelenmesi 17
Şekil 16: 3S dengeleme Birimi PCB 18
Şekil 17: 3S dengeleme birimi 3D....18
Şekil 18: 3S dengeleme birimi 18
Şekil 19: Op-amp Teorik....19
Şekil 20: V1 için süperpozisyon....19
Şekil 21: V2 için süperpozisyon....20
Şekil 22: 3S gerilim okuma şematik....20
Şekil 23: 3S gerilim okuma kartı....21
Şekil 24: 3S gerilim okuma 3D 21
Şekil 25: 3S gerilim okuma PCB 21
Şekil 26: Master kart şematik 22
Şekil 27: Master kart çizimi PCB ön 23
Şekil 28: Master kart çizimi PCB arka....23
Şekil 29: Master kart 3D ön....24
Şekil 30: Master kart 3D arka 25
Şekil 31: Slave kart şematik....26
Şekil 32: Slave kart PCB....26
Şekil 33:Slave kart 3D arka 27
Şekil 34: Slave kart 3D ön....27
Şekil 35: Batarya paketlenmesi 28
Şekil 36: Harness diyagramı....28
Şekil 37: HSV 29

Şekil 38:Edge Detection 30
Şekil 39: Line Segments 30
Şekil 40: Find Slope and Intercept 31
Şekil 41: YOLO 31
Şekil 42: Nesne tanıma 2 32
Şekil 43: Nesne tanıma 1 32
Şekil 44: Nesne tanıma 3 32
Şekil 45:HMC5883L Dijital Pusula 33
Şekil 46:Intel® RealSense™ Depth Camera D435 34
Şekil 47: RPLIDAR S1 35
Şekil 48: Ultrasonik Sensör 35
Şekil 49: Sıcaklık Sensörü 36
Şekil 50: Araç Haberleşme Hatları 37
Şekil 51:Takometre akış diyagramı 38
Şekil 52: Takometre Şematik 39
Şekil 53: AKÜ-Blok Diyagram 39
Şekil 54: AKÜ-MCU 40
Şekil 55: AKÜ-CANBUS 40
Şekil 56: AKÜ-UART to Jetson AGX Xavier 40
Şekil 57: AKÜ-USB 41
Şekil 58: AKÜ-Power Management 41
Şekil 59: AKÜ PCB Çizim 42
Şekil 60: AKÜ 3 boyutlu PCB 42

Tablo 1: Görev - Yetenekler Tablosu 6
Tablo 2: Yapılacaklar Tablosu 6
Tablo 3: Jetson AGX Xavier özellikler 14
Tablo 4: Sensörler 36

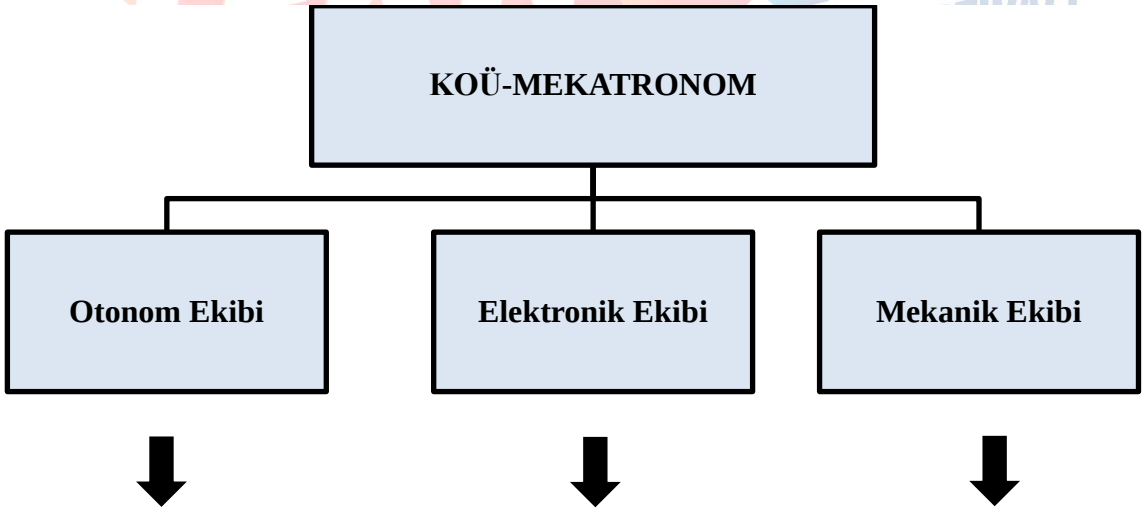
Takım Organizasyonu

Takımımızdaki iş bölümünü anlatırken temel olarak 3 gruptan bahsedebiliriz: Bunlar Simülasyon, Otonom sürüş algoritmalarıyla ilgilenen otonom grubu, gömülü yazılım, aracın elektrik hattıyla ilgilenen elektronik grubu ve aracın mekanik ihtiyaçlarını giderecek mekanik grubudur.

Otonom Ekibi: Otonom ekibi simülasyon için hazırladıkları parkura ve araca göre algoritmaları oluşturur ve test eder. Simülasyonu gerçek hayattaki şartlara olabildiğince yaklaştırırlar. Bunları gerçekleştiriken 3 boyutlu modelleme programları ve Python ile birlikte OpenCV, Matplotlib gibi kütüphaneler kullanılmıştır. Ekibimiz Otonom sürüş algoritmalarını çizgi izleme ve tabela tanıma temelli hazırlamıştır.

Elektronik Ekibi: Elektronik ekibi araç üzerindeki tüm elektronik kartların tasarımı ve üretilmesinden, araç içi elektrik tesisatlarının kontrolü ve yeniden kablolanmasından sorumludur. Araç üzerinde bulunacak olan BYS (Batarya Yönetim Sistemi), Takometre ve AKS (Araç Kontrol Sistemi) Elektronik ekibimiz tarafından tasarlanan ve üretilecek olan özgün bileşenlerimizdir.

Mekanik Ekibi: Mekanik ekibi testlerimize devam edebilmemiz için mevcut araç üzerindeki drive by wire sistemlerini geliştirmekle görevlidir ancak bir yandan yapım aşamasında olan yeni aracımızın mekanik sistemlerin tasarlanması ve hazır sistemlerin iyileştirilmesinden sorumludur. Aracın direksiyonunun motorla kontrol edilmesini sağlamak, fren ve gaz pedallarının mekanik tasarım ve üretimini yapmak araca hareket saglayan hub motorların yataklanması ve amortisör konumunun analiz edilerek değiştirilmesi mekanik ekip tarafından sağlanır.



AD-SOYAD	GÖREV	UZMANLIKLAR
Mehmet Baha Dursun	Simülasyon ortamının hazırlaması, Jetson AGX Xavier ve otonom algoritmaların Xavier ortamına aktarımı.	3D modelleme, object detection ve object oriantation.
Alperen Gül	BYS tasarımı.	Gömülü sistem tasarımı ve yazılımı.
Anar Nasirov	Simülasyon ortamının hazırlaması, görüntü işleme kodlarının oluşturulması.	3D modelleme, object detection ve object orientation.
Ece Bıçak	Takometre tasarımı.	Gömülü sistem tasarımı ve yazılımı.
Bekir Batuhan Urtekin	BYS tasarımı. Aracın mekanik özelliklerinin geliştirilmesi.	Gömülü sistem tasarımı ve yazılımı. Araç mekanik özelliklerinin kontrolü.
Yiğit Şirin	AKS tasarımı, ROS-Gazebo model ve plugin tasarımı. Görüntü işleme kodlarının ROS ortamına aktarılması.	3D Modelleme, Object detection ve Object oriantation. ROS-Gazebo paketleri oluşturulma.
Safa Canberk Kaplan	Otonom algoritmalarının oluşturulması. Gömülü sistemler. Sensörlerin entagrasyonu.	Python da OpenCV kütüphanesiyle görüntü işleme. 3D Modelleme, Object detection ve Object oriantation. ROS-Gazebo paket oluştrma.

Tablo 1: Görev - Yetenekler Tablosu

Görevler	HAZİRAN	TEMMUZ
BYS Kart Çizim ve KodlamaTamamlanması		
AKÜ Tasarımı ve Kodlama tamamlanması		
Takometre Çizim ve Kodlama Tamamlanması		
Jetson AGX Xavier'in Araca Entegrasyonu		
Uzaktan Kumandanın Tamamlanması		
Yeni Direksiyon Sistemi Entegrasyonu		
Yeni fren sistemi Tasarımının Tamamlanması		
Yeni Fren Sistemi Entegrasyonu		
Araç Üzerinde Deneme Sürüşlerinin yapılması		

Tablo 2: Yapılacaklar Tablosu

Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

Ön Tasarım Raporumuzun sonuçlarına göre değerlendirme yaptığımızda hem iyi olduğumuz kısımları hem de eksik olduğumuz kısımları gördük. Otonom sürüş algoritmalarımızı iyi anlatabildiğimizi, araç kontrol ünitesi tasarımımızın ve özgün bileşenlerimizin beğenildiğini anladık. En çok puan kırılan kısımlarımız ise araç özellikleri ve simülasyon bölümüydü.

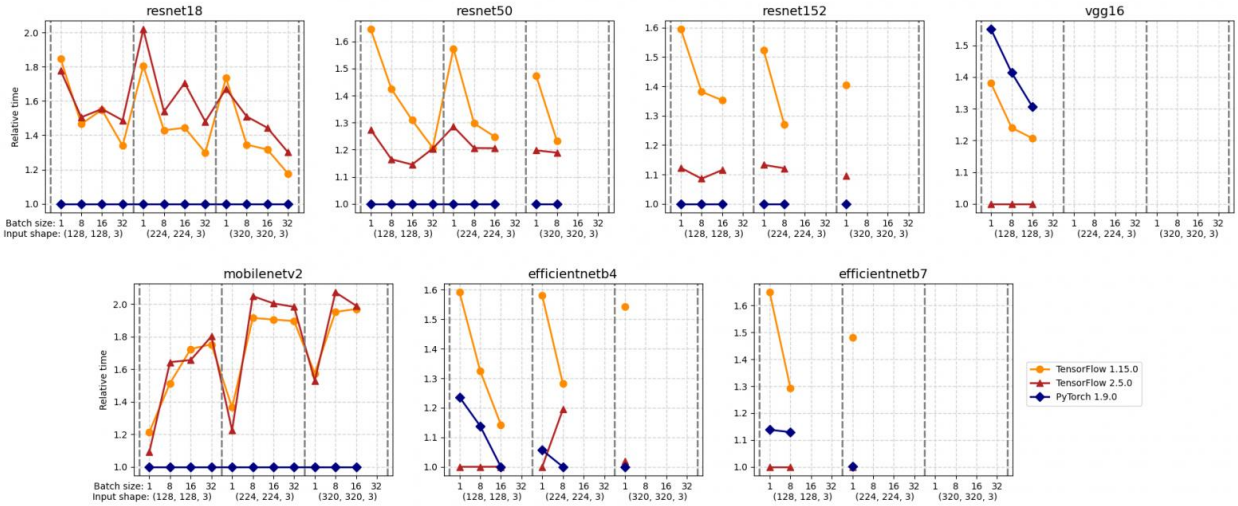
Analiz Edilen Eksiklikler	Nasıl Geliştirilebilir.
Araç özellikleri, Drive-by-wire sistemleri	Elektronik direksiyon (steer-by-wire), elektronik gaz pedalı (pedal-by-wire) ve elektronik fren (brake-by-wire) sistemlerini neden ve nasıl kullandığımız hakkında daha çok bilgi verilerek çalışmaları hakkında teknik doküman paylaşılabilir.
Simülasyon	Simülasyon sunumunda ve videosunda görülen düşük FPS (Frame Per Second) sorunumuzu, hem nesne tespiti için kullandığımız YoloV5x mimarisi ile hem de Jetson AGX Xavier ürününün yüksek işlem gücünden faydalanarak gidereceğiz.

Yapılan değişiklikler

Önceki yıllarda kullandığımız KOÜ-Mekatronom-ALFA aracımız 6 yıllık eski ve boyutları büyük bir araç olduğu için yarışma alanına giriş ve çıkışlarda problemlere sebebiyet vermekteydi. Dönüşleri araç boyutundan dolayı dönememe, dönüş yarıçapının yetersizliği gibi sıkıntılar yaşıyorduk. Bu sebeplerden dolayı parkura daha uygun yeni bir araç tasarladık.

Daha önce Tensorflow ile eğittiğimiz modellerden istediğimiz gibi verim alamadığımız için Pytorch üzerinde çalışan YoloV5x mimarisini kullanmaya başladık.

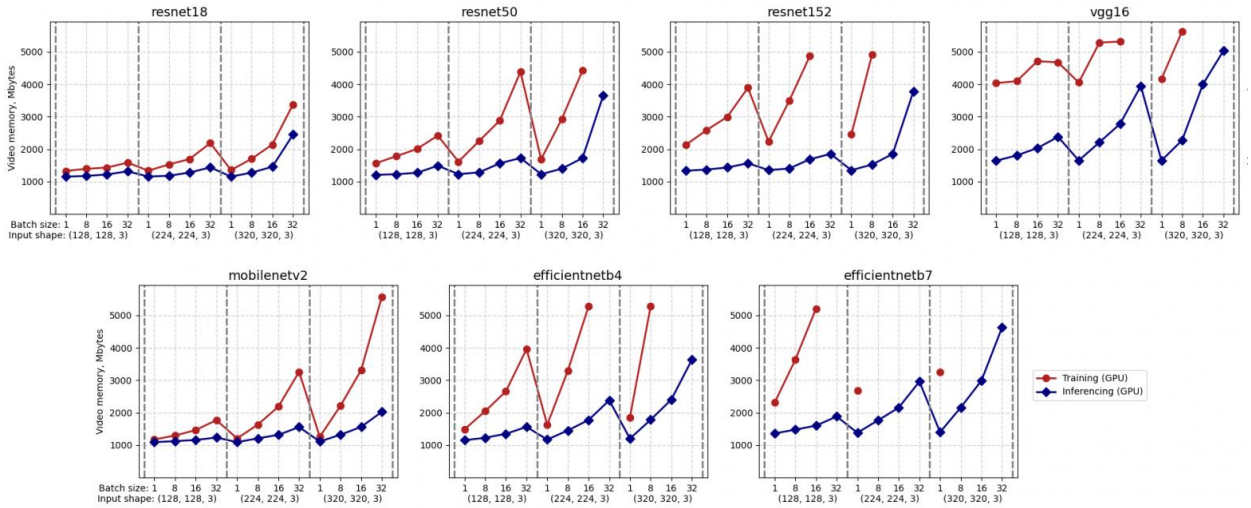
Tensorflow yerine Pytorch'u seçmemizin bazı nedenleri
1. Öğrenme hızı (GPU başına)
Aşağıda, sinir ağlarının çeşitli kombinasyonlarının (mimarisi) nasıl çalıştığına dair bir örnek verilmiştir.



Şekil 1: sinir ağları karşılaştırması

Pytorch, Tensorflow'a kıyasla daha iyi performans gösterir. Kaba bir tahmin şu şekildedir: PyTorch 1.9.0'daki öğrenme oranı, Thensorflow 2.5.0'dan %30 daha hızlıdır ve Tensorflow'dan %45 daha hızlıdır.

2. Ayrılan video belleği miktarı.
Tensorflow'daki video belleği tamamen net olmayan bir şekilde tahsis edilir: kural olarak, eğitilmiş sinir ağının parametrelerinden bağımsız olarak kullanılabilir video belleğinin önemli bir kısmı tahsis edilir. Aynı zamanda, bazı durumlarda, TensorFlow ihtiyaç duyduğundan daha az bellek ayırır. Örneğin, giriş görüntü boyutu (128, 128, 3) ve batch'i 1 olan ResNet18 eğitimi için 4679 MB video belleği, giriş görüntü boyutu (320, 320, 3) ve batch'i 1 olan aynı ResNet18 eğitimi için 3911 MB video belleği ayrılmıştır. Pytorch'ta video belleği tahsisi daha anlaşılabilir: açıklanan yapılandırmalar için sırasıyla 1329 MB ve 1355 MB video belleği ayrılmıştır.



Şekil 2: Ayrılan bellek karşılaştırması

Bütçe Planlanması

Ürün Adı	Adet	Tutar
M860H Step Motor Sürücü 7.2A	1	3.035,55
Step Motor Nema 34 12 Nm	1	1.563,40
SKD 12V 100mm 1000N Lineer Aktüatör	1	1.373,42
AC8265 Jetson Nano için Kablosuz NIC, WiFi / Bluetooth	1	428,69
FS-i6X Uzaktan Kumanda	1	1.627,81
10 Kanal Uzaktan Kumanda Alıcı	1	638,97
Panasonic NCR18650PF	150	14.985
İmax B6AC Şarj aleti	1	873,20

Tabloda tutarı belirli bir fiyatın üstünde olan ve aynı zamanda aciliyeti olan ürünlere yer verilmiştir. Bu ürünlerin yazılmasının temel sebebi yeni bir araca geçmiş olmamız ve o aracı daha iyi sistemler kullanarak yarışma için en uygun hale getirmektir. Listede yazılan, fiyatı belirli olan ürünlerin yanında araçta mekanik iyileştirmeler yaparkende 2.000 ila 5.000 türk lirası arasında bir para harcanağını öngörmekteyiz.

Ön tasarım raporundaki bütçe planımız ile güncel bütçe planımız arasındaki en büyük fark, Intel® RealSense™ Depth Camera D435 ürününü sponsorlarımız yardımıyla aldığımız için bu ürünü listeden çıkarmamız oldu.

Araç Mekanik Özellikleri

Elektronik gaz pedalı

Aracımızdaki hub motorun kontrolünü Kelly Controller markasının 72 Volt KBL motor sürücüsü ile gerçekleştirdik. Motoru sürmemiz için sürücünün girişlerine RC filtresi yapıldı ve mikrodenetleyici aracılığıyla verilen pwm sinyalleri ile kontrol yapıldı. RC filtresi istenmeyen frekansları bastırmak, parazitleri ortadan kaldırmak ve istenilen frekansları geçirmek için kullanılır, motor sürücümüz üzerindeki throttle (gaz) girişine uyguladığımız RC filtresi ile doğrultulmuş PWM sinayli sayesinde daha hassas bir sürüş elde edebilmekteyiz. Ayrıca mikrodenetleyiciden Sürcüye giden bir diğer sinyal pini sayesinde aracın ileri ve geri gitmesini ayarlayabilmekteyiz. Bu sistem bize birçok avantaj sunar. Gaz pedalındaki mekanik sorunları ortadan kaldırıp yakıt tasarrufu sağlar.

Şekil 3: Kelly Controller KBL

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

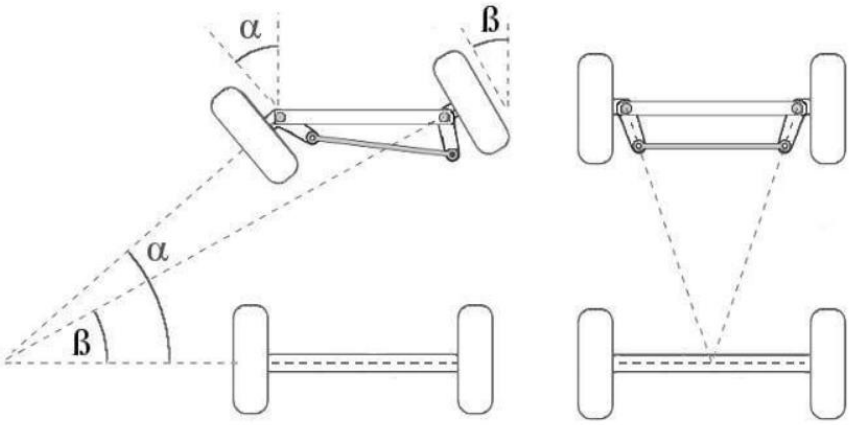
Elektronik Fren:

Aracımızın frenlemesini fren pedalımıza bağladığımız SKD 12 V Lineer aktüatör ile sağlamaktayız. Kullandığımız lineer aktüatör100mm stroke mesafesine sahip ve 1000N kuvvet sağlamaktadır.20mm/s olan Lineer motorumuz 30-35 mm arası bir mesafeye ulaştığından aracımız frenlemeye başmaktadır. Lineer motorumuzu kontrol etmek için BTS7960B motor sürücüsünü kullanmaktayız, bu sistemi 12 volt ile besliyoruz. Bu sistem bize daha hızlı tepki, mekanik kayıpların ve titreşimlerin ortadan kaldırılmasını sağlarken azalan mekanik ağırlık nedeniyle yakıt ekonomisi sağlar.

Şekil 4:SKD 12 V Lineer Aktüatör

Elektronik Direksiyon:

Taşıtlarda dönme hareketi bir dönme merkezi etrafında yapılır. Dönme sırasında tekerlek aks uzantılarının dönme merkezinden geçmesi iyi bir dönüş için şarttır ve tekerleklerin dönme sırasında saptırılması gerekir. Bu yüzden direksiyon sistemimizi ackerman sistemini baz alarak tasarladık. Ackerman sistemi aracın dönüşü sırasında içteki tekerleğin dıştaki tekerleğe göre daha keskin bir dönüş yapılmasını hesaplamak için kullanılan prensiptir. Eğer Ackerman prensibi kullanılmasaydı güvenli bir dönüş sağlanamazdı ve aynı zamanda lastik aşınımları gözle görünür bir oranda



Şekil 5: Ackerman Prensibi

artardı. Görseldeki(şekil1.1) a ve ß açıları farklıdır. Bu açılara ackerman açısı denir. Görselde de görüldüğü gibi a açısı, ß açısından büyüktür.

Günümüzde araçlarda kullanılan direksiyon sistemleri sürücünün rahatlığını maksimuma çıkaran hidrolik destekli veya elektronik destekli sistemlerdir. Biz de kendi aracımızda Drive by wire sistemini kullanmaktayız. Drive by wire kablo ile sürüş olarak bilinen ve araçların başlıca fren, gaz ve direksiyon sistemlerinde kullanılan sistemlerdir. Maliyetli, bakımı zor tam mekanik sistemlerin yerine daha az maliyetli, nispeten daha az bakım gerektiren, sürüş güvenliği ve yakıt

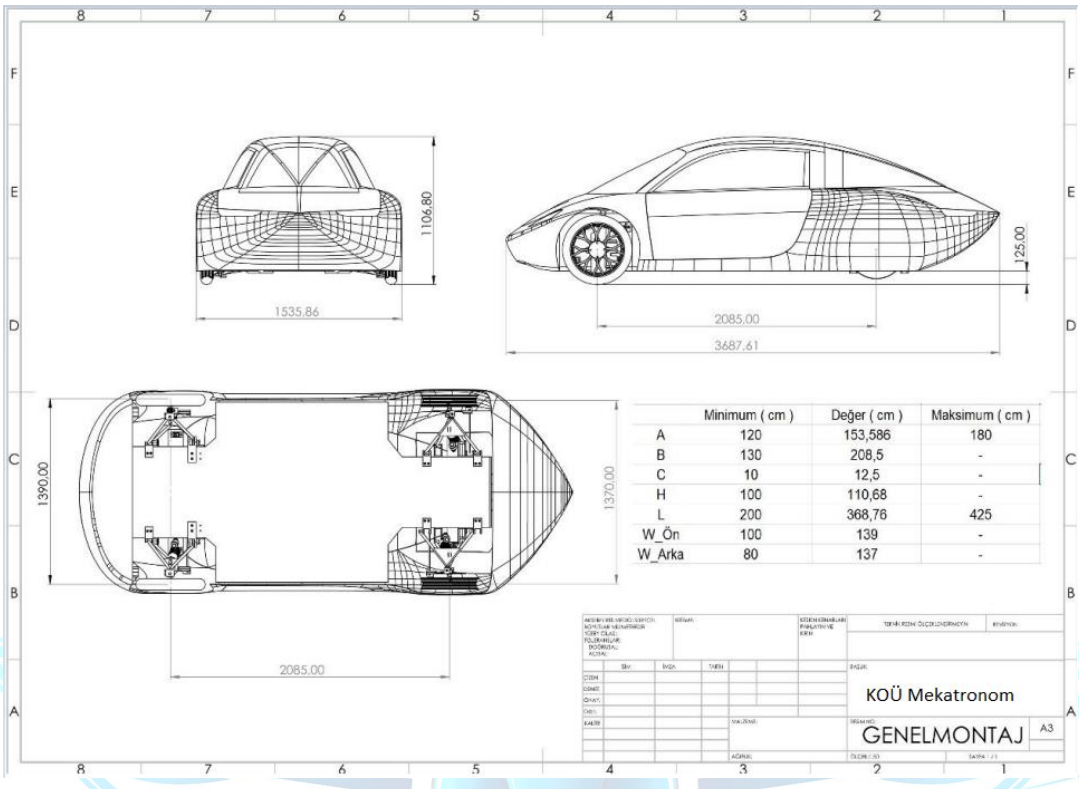
ekonomisine olumlu yönde etki eden bu sistemler otomotiv teknolojisinde değiştirilmesini veya yükseltilmesi istenen parçalara da esneklik sunar. Mekanik ihtiyaçlarımızı elektronik bir alt yapıyla harmanlayarak kendi mekanik özgün tasarımımızı kullanmaktayız.
Sistem step motor ve step motoru tahrik edecek mekanik bir sistemden oluşmaktadır. Geçtiğimiz yıllarda direksiyonumuz istediğimiz bir açıyla dönmediği için sıfırdan bir kremayer sistemi tasarlandı. Tasarlanan bu kremayer ile yüksek tork alabileceğimiz bir step motor seçildi. 13.5 Nm'lik Nema 34 step motoru ve bu motoru sürmek için DC akımda 110 Volta kadar destekleyen CWD860H motor sürücüsünü kullandık. Performansı arttırmak için sürücümüzü direkt 72.6 voltluk bataryamız besledik.

Şekil 6: Elektronik Direksiyon Sistemi Tasarımı 1

Şekil 7: Elektornik Direksiyon Sistemi Tasarımı 2

Teknik Çizimler:

Şekilde (Şekil:8) gösterildiği gibi aracımızın toplam uzunluğu 3687,61 mm, maksimum genişliği 1535,86 mm, ön iz genişliği 1390 mm, arka iz genişliği 1370 mm ve aracın yüksekliği ise 1106,8 mm'dir. Bununla beraber aracın sürüş yüksekliği 125 mm'dir.

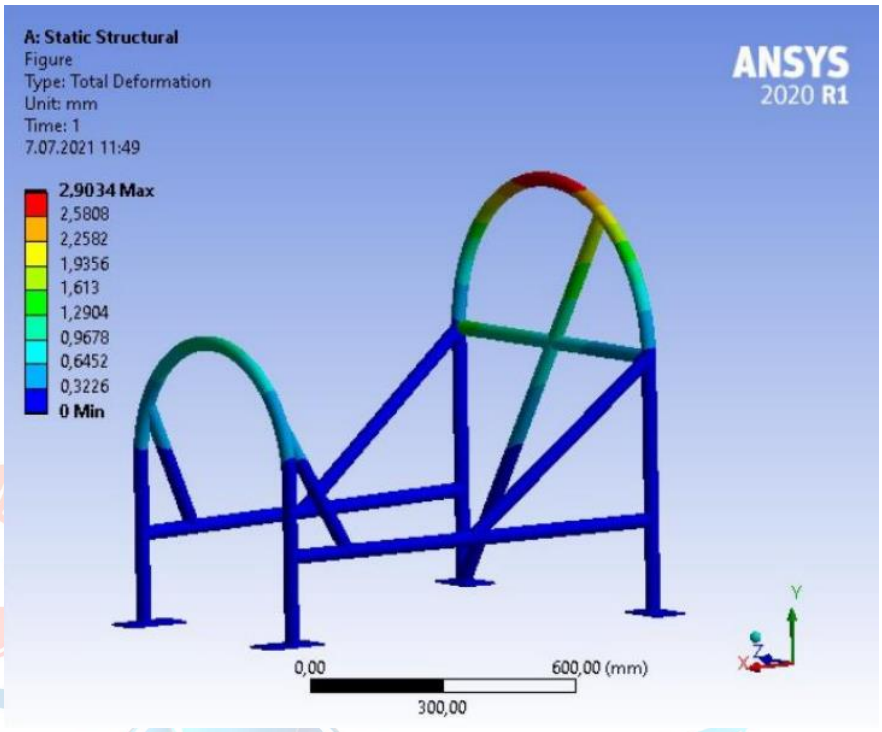


	Minimum (cm)	Değer (cm)	Maksimum (cm)
A	120	153,586	180
B	130	208,5	-
C	10	12,5	-
H	100	110,68	-
L	200	368,76	425
W_Ön	100	139	-
W_Arka	80	137	-

Şekil 8: Teknik Çizim

Mukavemet Analizi

Başlangıçta yaptığımız tasarımlarda 200 MPa akma dayanımından daha yüksek akma dayanımına sahip 7000 serisi alüminyum malzeme kullanarak bir roll cage üretildi ancak yapılan analiz sonucunda alüminyum malzemenin gerekli yer değiştirme değerlerini karşılayamadığı sonucunda varıldı. Bunun üzerine alüminyum malzemeden tasarlanan parçada et kalınlığı artırılmasına rağmen analizlerde istenilen verilerin alınamaması ile birlikte çelik alaşım malzemeden roll cage tasarımı ve üretimi yapılmasına karar verildi.

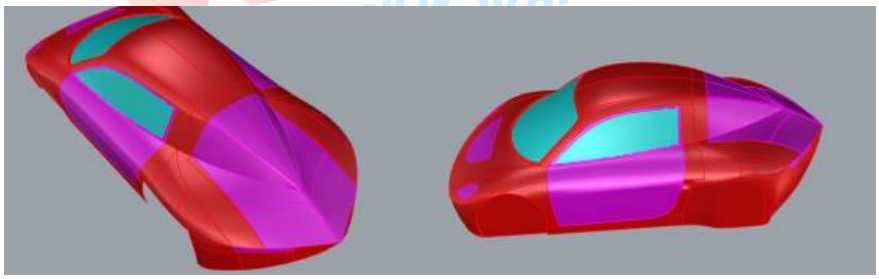


Şekil 9: Mukavemet Analizi

Yapılan küçük tasarım değişiklikleri ve analizler sonucunda çelik alaşım malzemenin istenilen yer değiştirme değerlerini karşıladığı görüldü.

Dış Kabuk Üretimi

Dış kabuk üretiminde ilk olarak dış kabuğun 3 boyutlu CAD modeli oluşturuldu. Ardından CAM ile beraber 3 boyutlu işleme datası oluşturularak 5 eksenli CNC'de işlenmek üzere üretim programına gönderildi.



Şekil 10: 3D Cad Modeli

Şekil 11: Kabuk Üretimi

Donanım Mimarisi

Yapay Zekâ Bilgisayarı

Jetson AGX Xavier otonom araçlar için Nvidia tarafından geliştirilmiş yapa zekâ temelli bir bilgisayardır. Bu bilgisayarla görüntü işleyip buradan çıkan sonuçları I2C ile AKÜ ye aktarıyoruz.

Jetson AGX Xavier Özellikleri; Jetson AGX Xavier piyasada kullanılan Nvdia'nın en güçlü yapay zekâ temelli bilgisayarlarındandır. Ubuntu 18.04 işletim sistemiyle çalışır. Bu bilgisayarla görüntü işleyebilir ve burdan çıkan sonuçları SPI, I2C, UART, CAN gibi farklı yollarla istenilen cihaza aktarabilir veya doğrudan Xavier üzerinde bulunan header pinleri kullanarak çıkış oluşturabilmekteyiz.

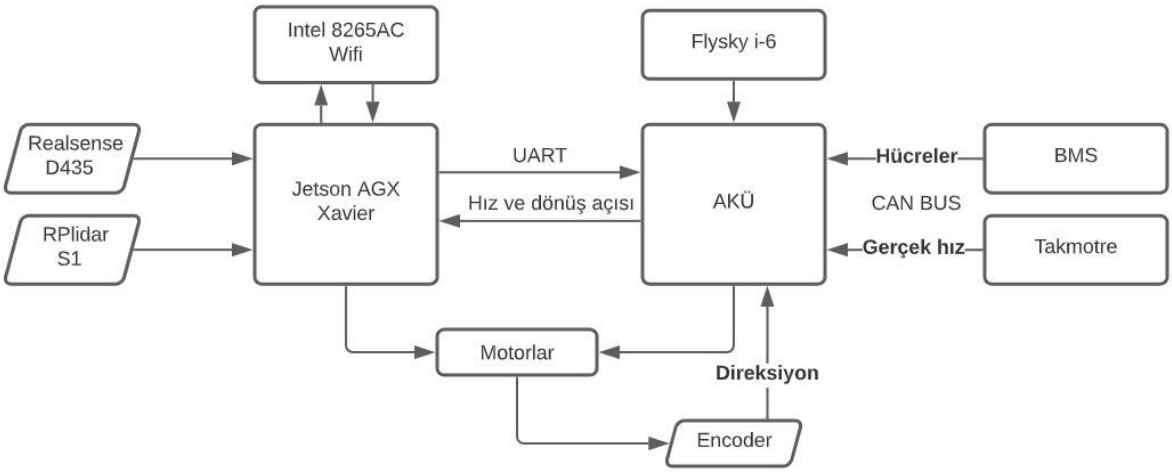
Jetson AGX Xavieri öne çıkaran özellikler	
Yapay zeka performansı	32TOPS
GPU	512 NVDIA CUDA&64 Çekirdek NVDIA VOLTA
CPU	8 çekirdekli NVIDIA Carmel Armv8.2 64bit CPU
Görüş Hızlandırıcı	2 adet PVA
RAM Bellek	32 GB 256bit LPDDR4x 136,5 GB/sn
Kamera	6 adete kadar kamera (sanal yollarla 36 adete kadar)
Video Enkodlama	4 adet 4K60 (H.265) 8 adet 4K30 (H.265) 16 adet 1080p60 (H.265) 32 adet 1080p30 (H.265) 30 adet 1080p30 (H.264)
Video Dekodlama	2 adet 8K30 (H.265) 6 adet 4K60 (H.265) 12 adet 4K30 (H.265) 26 adet 1080p60 (H.265) 52 adet 1080p30 (H.265) 30 adet 1080p30 (H.264)

Tablo 3: Jetson AGX Xavier özellikler

Şekil 12: Jetson AGX Xavier Developer Kit Case

Yarışmada Jetson AGX Xavier'i kullanarak görüntü işlemeyi gerçekleştirmeyi ve burdan elde edilen verilere göre Xavier ile aracımızın motor sürücüleri üzerinden aracı kontrol etmek ve Xavier'i uzaktan kodlamak için Nvdia nın önerdiği Intel-8265AC Wifi modüllerini kullanıyoruz. Bu yöntem sayesinde Xavier'i sadece terminali üzerinden kontrol edebildiğimiz için GUI (Guest User Interface) oluşturmamıza gerek kalmıyor. Böylece daha verimli ve hızlı çalışmaktadır.

Şekil 13: İntel-8265AC Wifi Modülü



Şekil 14: Blok Diyagram

Şekilde (Şekil:14) görülen blok diyagramı yapay zeka bilgisayarımızın Özgün bileşenler kısmında bahsettiğimiz Araç Kontrol Ünitesi Kartı ve diğer birimler ile haberleşmesine dair bir örnektir.

Batarya Yönetim Sistemi (BYS)

Üzerinde çalıştığımız otonom araçta bulunan tüm sensörler, motorlar ve diğer elektronik parçalar ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini aracın batarya paketinden sağlamaktadır. Bu nedenle batarya paketimizin doğru ve verimli çalışması aracımız için büyük bir öneme sahiptir. Bataryamızın durumunu takip etmek ve sağlığını en yüksek seviye tutmak için pasif dengeleme metodunu kullanan ve birçok sensör ile zenginleştirdiğimiz bir batarya yönetim sistemi tasarladık.

Geliştirdiğimiz pasif dengeleme algoritması ile şarj ve deşarj sırasında oluşan gerilim farklarını en aza indirmekteyiz. Batarya paketinde ölçülen en düşük hücre gerilimini minimum değer olarak atadıktan sonra bu değerin tolerans miktarı kadar yükseğinde (V_n >? V_{min} + $V_{tolerans}$) bulunan tüm hücrelerde dengeleme biriminin aktif hale gelmesi sağlanmaktadır. Dengeleme birimi aktif hale gelen hücrelerde kendi tasarladığımız ufak çevrimler ile o hücrede fazladan enerji harcanmasını sağlıyoruz. Böylece hücrelerarası gerilim farkını en aza indiriyoruz. Ayrıca tüm çalışma sırasında SOC ve SOH değerlerini hesaplayarak bataryamızın güvenliğini ve sağlık durumunu kontrol etmekteyiz. Aracımızda 20 hücreden oluşan büyük bir batarya paketine sahibiz. Her hücrede birbirine paralel olarak bağlanmış 10 adet Panasonic-Sanyo NCR18650PF şarj edilebilir Li-ion pil bulunmakadır. Nominal olarak 3.7V çıkışa sahip olan pillerden oluşan yapıdan maksimum olarak 84V gerilim elde edebilmekteyiz.

Paketimizi yönetebilmek için STM32F103C8T6 entegresini kullanan bir batarya yönetim sistemi tasarladık. Lakin kullandığımız entegre aynı anda maksimum 10 adet ADC kanalından okuma yapabileceğinden sistemimizi birbiriyle seri haberleşen 2 adet elektronik kart olarak tasarladık: Master Kart ve Slave Kart.

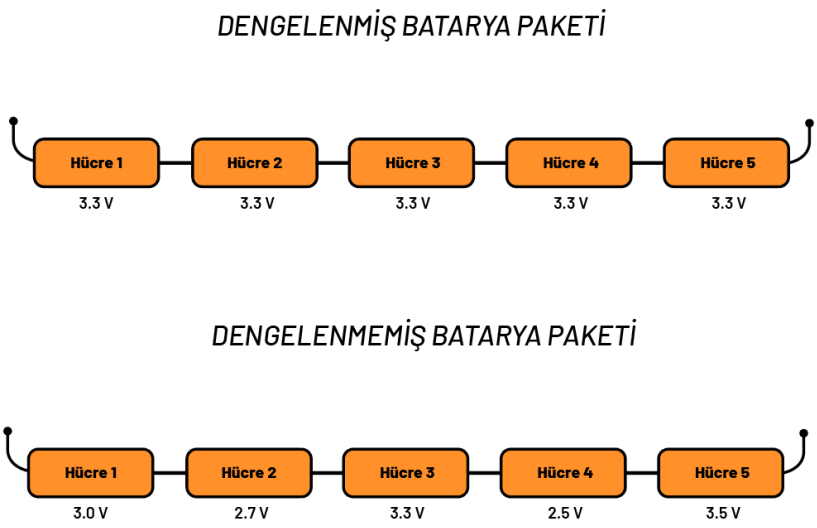
Master Kart, batarya yönetim sisteminin ana karar vericisi konumunda bulunmaktadır. 20 batarya hücresinin 10 tanesinin gerilimi bu kart ile okunmakta ve tüm 20 hücre için anahtarlamaları Master kart ile kontrol edilmektedir.

Slave Kartımız ise akım ve sıcaklık sensörlerini içeren yardımcı bir kart olarak tasarlandı. Ayrıca 20 hücreden geri kalan 10 hücrenin de gerilimini okuyarak seri haberleşme ile Master Kart'a iletilmekte.

Tasarladığımız sistemde kullandığımız entegre STM32F103C8T6 entegresidir. Sistem için detaylı bir ihtiyaç analizi yapıldıktan sonra maliyet, erişebilirlik, işlevsellik ve veri giriş-çıkış sayısı gibi belirlediğimiz kriterlerde bizim için en doğru kararın bu entegre olduğuna karar verdik. Aynı zamanda tasarladığımız sistemi bu entegre için en ideal duruma getirerek maksimum performans elde etmeyi başardık. Entegrenin beslemesini ise Converter'dan aldığımız 12V gerilimi regüle devresinde regüle ederek 5V gerilime ve ardından tekrar regüle ederek 3.3V gerilime çevirerek yapmaktayız.

Dengeleme birimi:

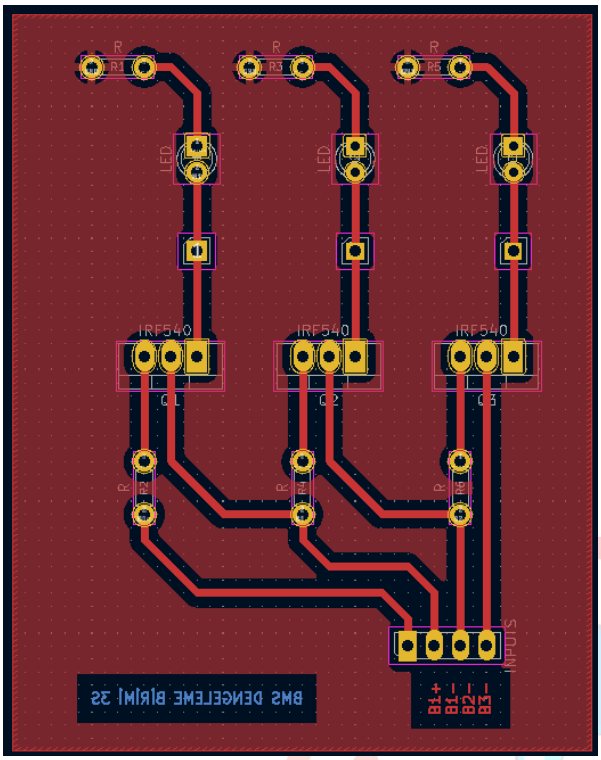
Şarj ve deşarj sırasında batarya paketindeki bazı pillerin gerilim değerleri diğerlerine göre farklılık gösterebilmektedir. Genelde pillerin ömürlerinden veya çevrenin sıcaklığından kaynaklanan bu fark eğer giderilmezse batarya paketinden alınan verimi oldukça düşürmektedir. Aşağıdaki görselde dengelenmiş ve dengelenememiş batarya paketindeki fark açıkça görülmektedir. Görseldeki 5 hücreli örnek batarya paketinde kullanılan pillerin maksimum şarj kapasitesinin 3.5 V olduğunu ve bu değere ulaştığında şarj akımının kesileceğini varsayarsak şarj sonunda dengelenmiş batarya paketinden 17.5 V (3.5 V x 5) gerilim elde edilirken dengelenmemiş batarya paketinden elde edilen gerilim 15 V olacaktır. Bu sonuç elektrikli arabalarda istenmeyen bir durumdur. Bu sebeple batarya hücrelerinin gerilim seviyelerini birbirine olabildiğince yakın tutmakla görevli bir dengeleme birimi tasarladık.



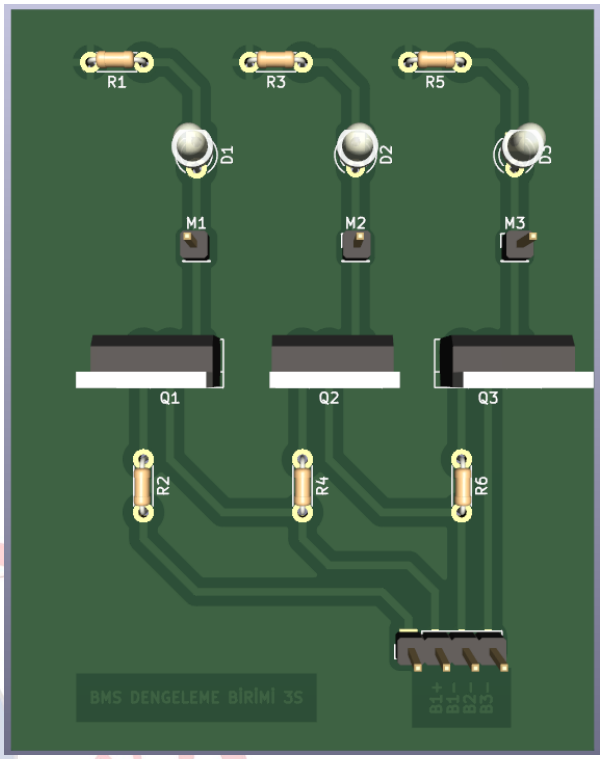
Şekil 15: Batarya Dengelenmesi

Aşağıdaki bölümde 20s olan batarya paketimiz için tasarladığımız dengeleme birimini ve 3s için yaptığımız deneme baskı devresini görmektesiniz.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ



Şekil 16: 3S dengeleme Birimi PCB



Şekil 17: 3S dengeleme birimi 3D

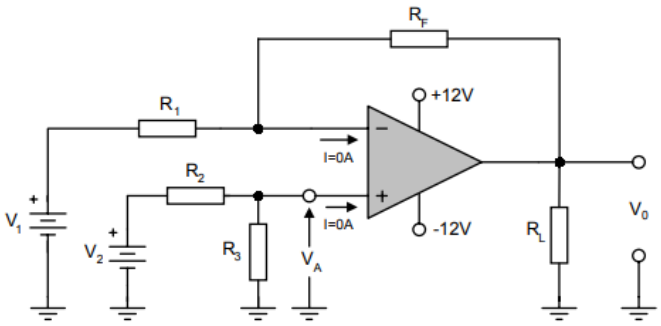
Şekil 18: 3S dengeleme birimi

Gerilim okuma:

Batarya yönetim sisteminde herhangi bir karar verebilmek için öncelikle batarya paketindeki hücrelerin gerilim değerlerini okumak gerekmektedir. Tasarladığımız sistemde gerilim okumayı Op-amp'lar yardımıyla yaptık. Özelleştirilmiş bir devre olan Op-amp diferansiyel yükselteç devresi ile gerilimi belirleyerek bu değeri ADC kanalı ile okuma yaptığımız stm32F103 mikroişlemcisine gönderiyoruz.

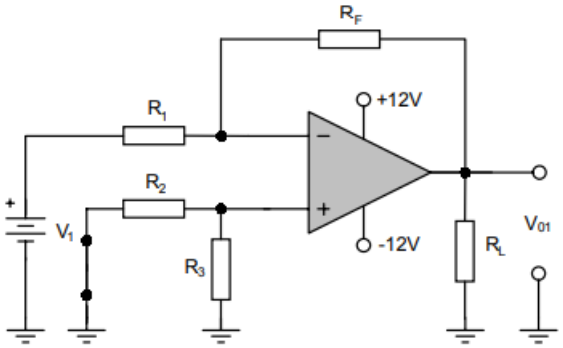
Stm32f103 mikroişlemcimizin ADC kanalları 20 hücreli batarya paketimize yetmediği için bu işlemi gerçekleştiren devreleri Master ve Slave olarak 2 karta eşit olarak böldük.

Diferansiyel yükselteç devresi için LM324 op-amp entegresini kullanacağız. Tasarladığımız sistemde kullanılan fark alıcı devre, genelde ölçme ve kontrol sistemlerinin tasarımında kullanılan temel yükselteç devresidir. Oldukça hassas ve kararlı bir çalışma karakteristiğine sahip olan bu devrenin temel çalışma prensibi eviren ve evirmeyen girişlerine uygulanan işaretlerin farkını almasıdır. Bu tip yükselteçler pek çok endüstriyel uygulamada sıklıkla kullanılırlar.



Şekil 19: Op-amp Teorik

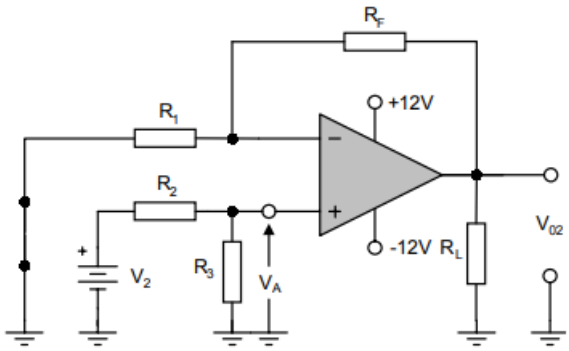
Devrenin analizi için en uygun çözüm süper pozisyon teoremi uygulamaktır. Bu işlem için önce V2 girişini kısa devre yaparak, V1'den dolayı oluşan çıkış gerilimi V01'i bulmak gerekmektedir. Bu işlem sonucunda devremiz şekilde(Şekil:19) görülen biçimi alır.



Şekil 20: V1 için süperpozisyon

Bu noktada devredeki R2 ve R3'ün bir önemi kalmaz çünkü op-amp'ın giriş direnci yaklaşık sonsuz olduğu için üzerlerinden bir akım akmaz. Dolayısıyla üzerlerinde bir gerilim düşümü olmaz. Bu durumda devremiz bir evirmeyen yükselteç halini almıştır. V_{O1} aşağıdaki formül ile hasaplanmaktadır:

$$V_{O1} = -V_1 * \frac{R_f}{R_1}$$



Şekil 21: V2 için süperpozisyon

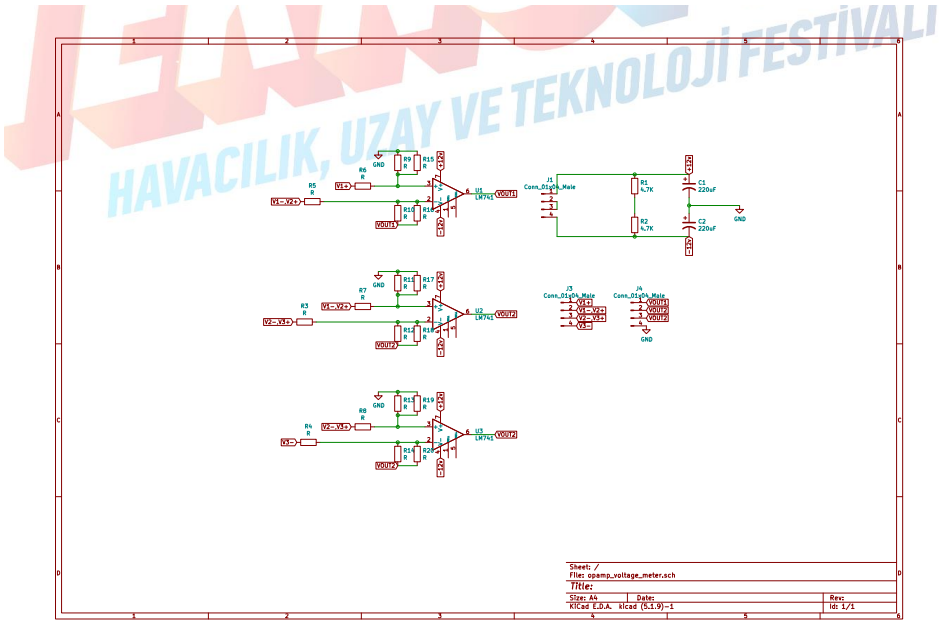
Şimdi ise V1'i kısa devre yaparak V2'yi hesaplarsak, bu devre evirmeyen yükselteç özelliği gösterir.

$$V_{O2} = V_a * \frac{1 + R_f}{R_1}$$

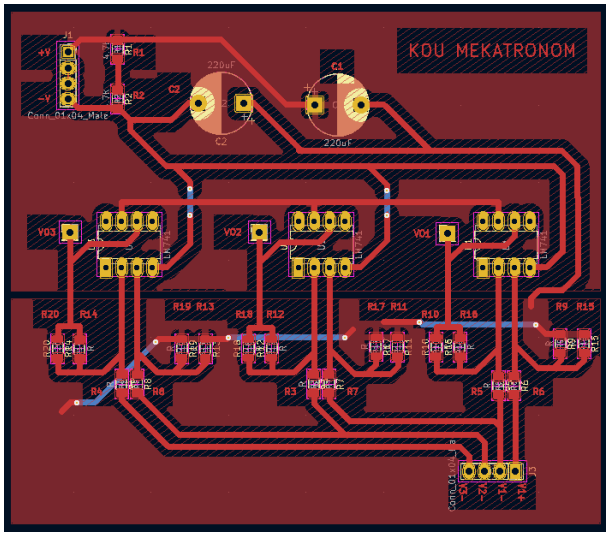
$$V_a = V_2 * \frac{R_3}{R_3 + R_2}$$

$$V_{out} = V_{O2} - V_{O1}$$

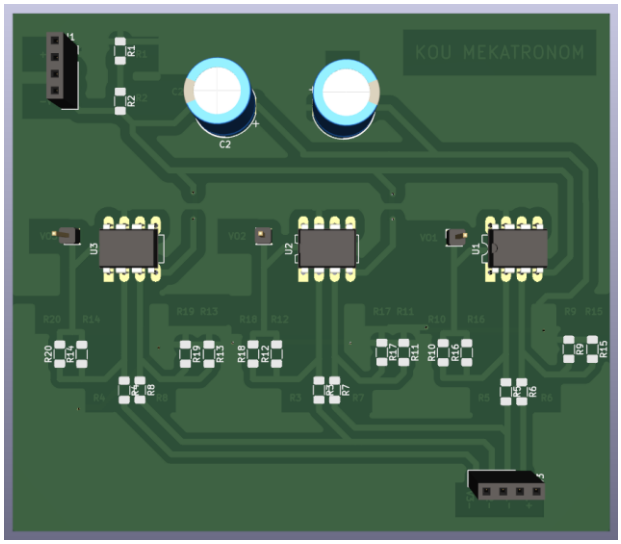
Op-amp'ın bu özelliklerini referans alarak op-amp'ın 2.ayağını örneğin batarya 1'e 3.ayağını ise batarya 2'ye bağlamaktayız. Daha sonra diğer op-amp'ın 2.ayağına batarya 2'yi ve 3.ayağına batarya 3'ü bağlayıp tek tek batarya hücrelerimizin gerilim değerini okuyabilmekteyiz.



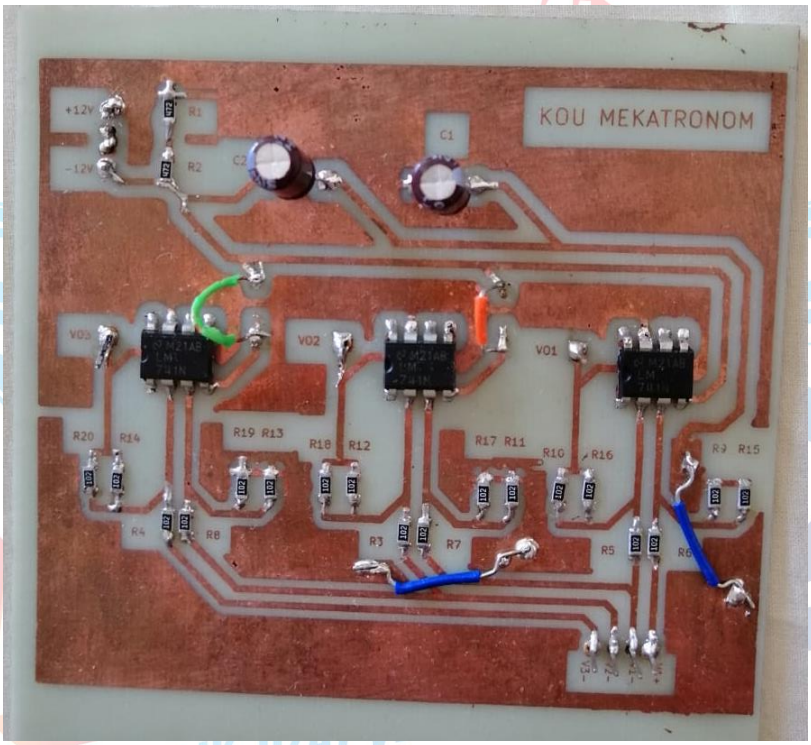
Şekil 22: 3S gerilim okuma şematik



Şekil 25: 3S gerilim okuma PCB



Şekil 24: 3S gerilim okuma 3D



Şekil 23: 3S gerilim okuma kartı

SOC (State of Charge)

Şarj durumu (SOC) bataryadaki kullanılabilir şarj miktarının bataryanın tüm kapasitesine oranıdır. State of charge Bir bataryanın sıcaklığına ve akımına bağlıdır. Çoğu zaman hücre gerilimi SOC değerinin bir göstergesidir. Bununla birlikte, hücre gerilimi SOC tahmini için tek başına kullanılamaz ve iyi bir SOC tahmini için batarya sıcaklığı, batarya akımı ve batarya gerilimi değerleri bir araya getirilmelidir. Soc'u 2 methodla ölçebiliriz. Gerilim ölçme methodu BMS farklı sıcaklıklar ve batarya akımları önceden bilir ve herhangi bir anda mevcut sıcaklığı, batarya akım ve gerilimini bir araya getirir ve SOC değerini bilinen değerlere bakarak çıkarır.

Diğer metot yük sayma metodudur. Yük sayma methodu, başlangıç SOC değerini gerilim ölçüm methoduyla hesaplar. Daha sonra, SOC'u tahmin etmek üzere bataryaya giren ve çıkan şarjı tahmin etmek için batarya akımı ölçümlerinin zamana göre integrali hesaplanır.

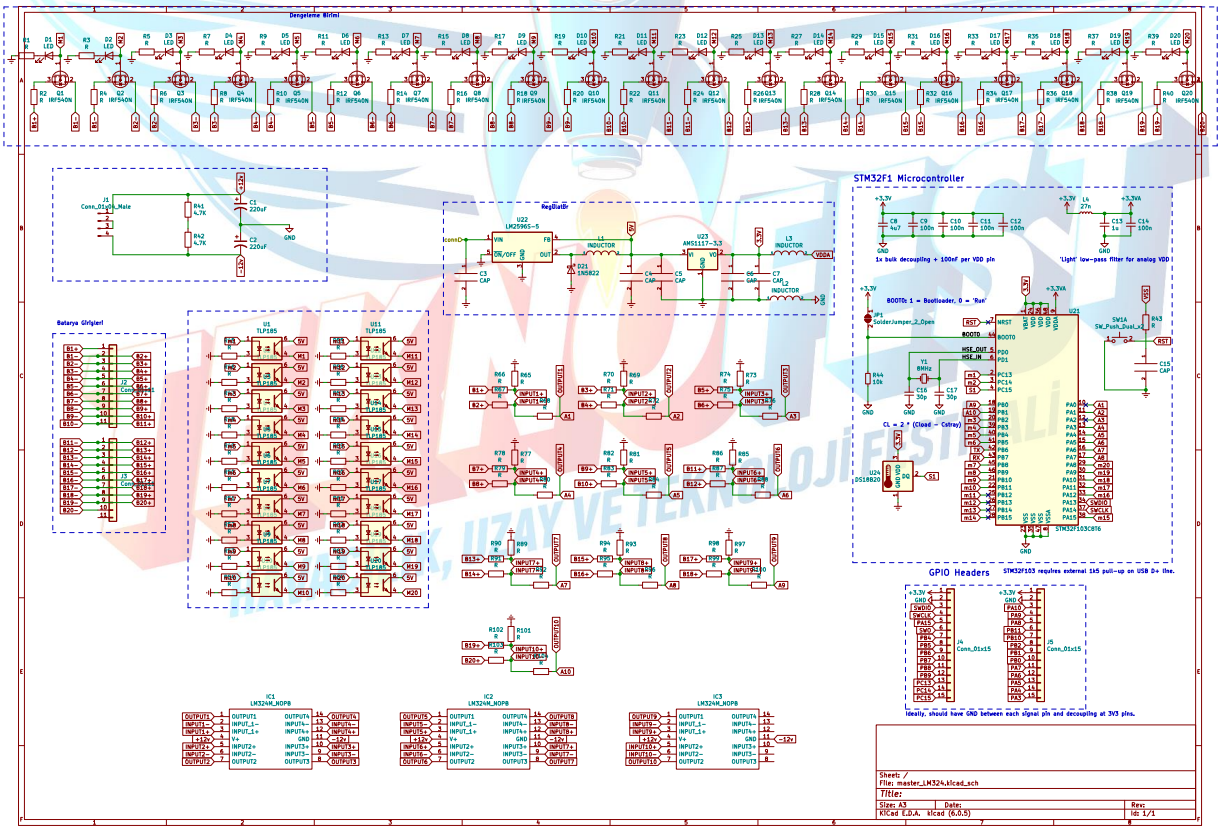
SOH (State of Health)
State of health ilk batarya sağlığının mevcut durumdaki batarya sağlığına oranıdır hesaplanması 2 yönteme ayrılır ölçümsel yaklaşım ve uyarlamalı yaklaşımlar.

Ölçümsel yaklaşımda kullanımla değişen büyüklüklerin ölçülmesine ve yorumlanmasına dayanır. Empedans spektrometrisi, iç direncin ölçülmesi gerekmektedir.

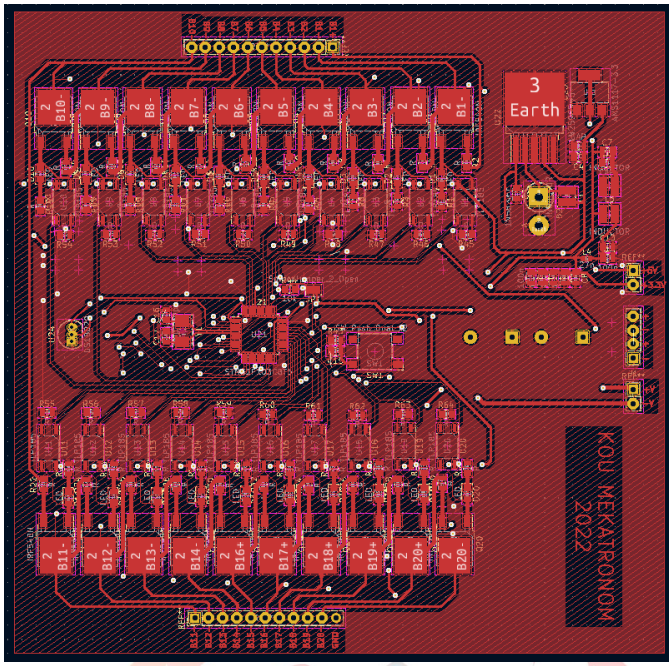
Uyarlamalı yaklaşım ise çoğunlukla bir batarya modelini kullanarak sürüş anındaki ölçüm sonuçlarından faydalanılarak yaşlanmaya bağlı bir parameter değişimi tahmin etmeye dayanır.

Testlerden alınan olumlu sonuçlardan sonra 20 hücre için yaptığımız BYS tasarımı gerçeklenecektir

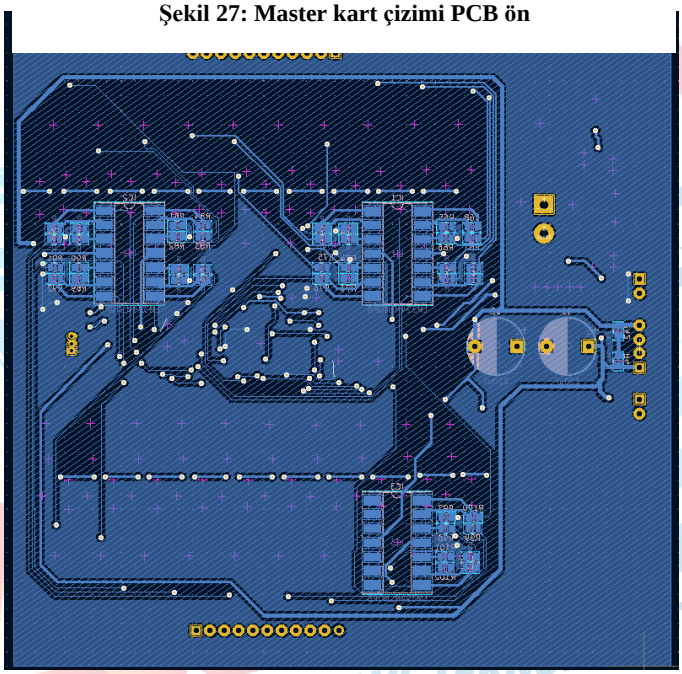
Master Kart



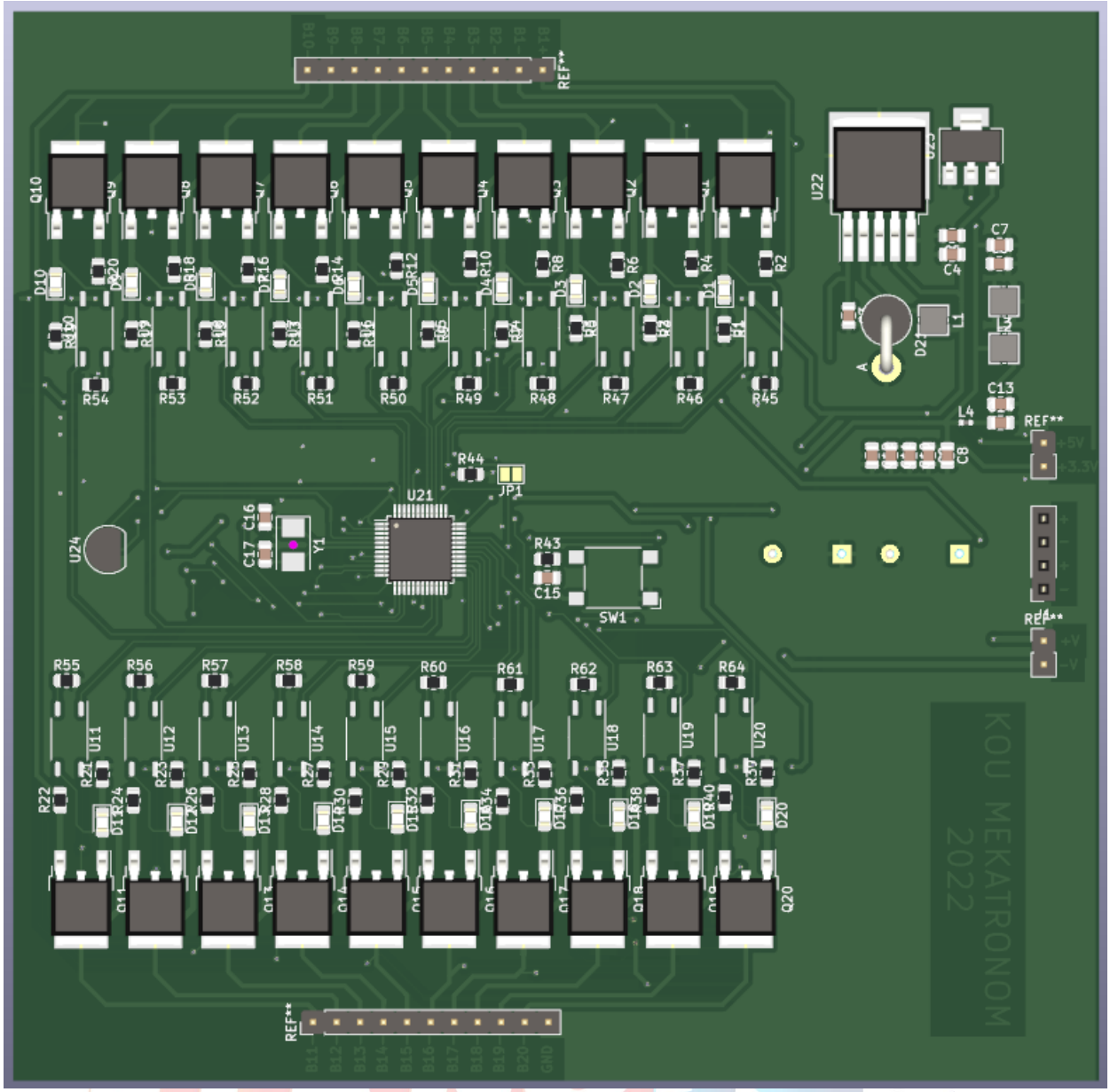
Şekil 26: Master kart şematik



Şekil 27: Master kart çizimi PCB ön

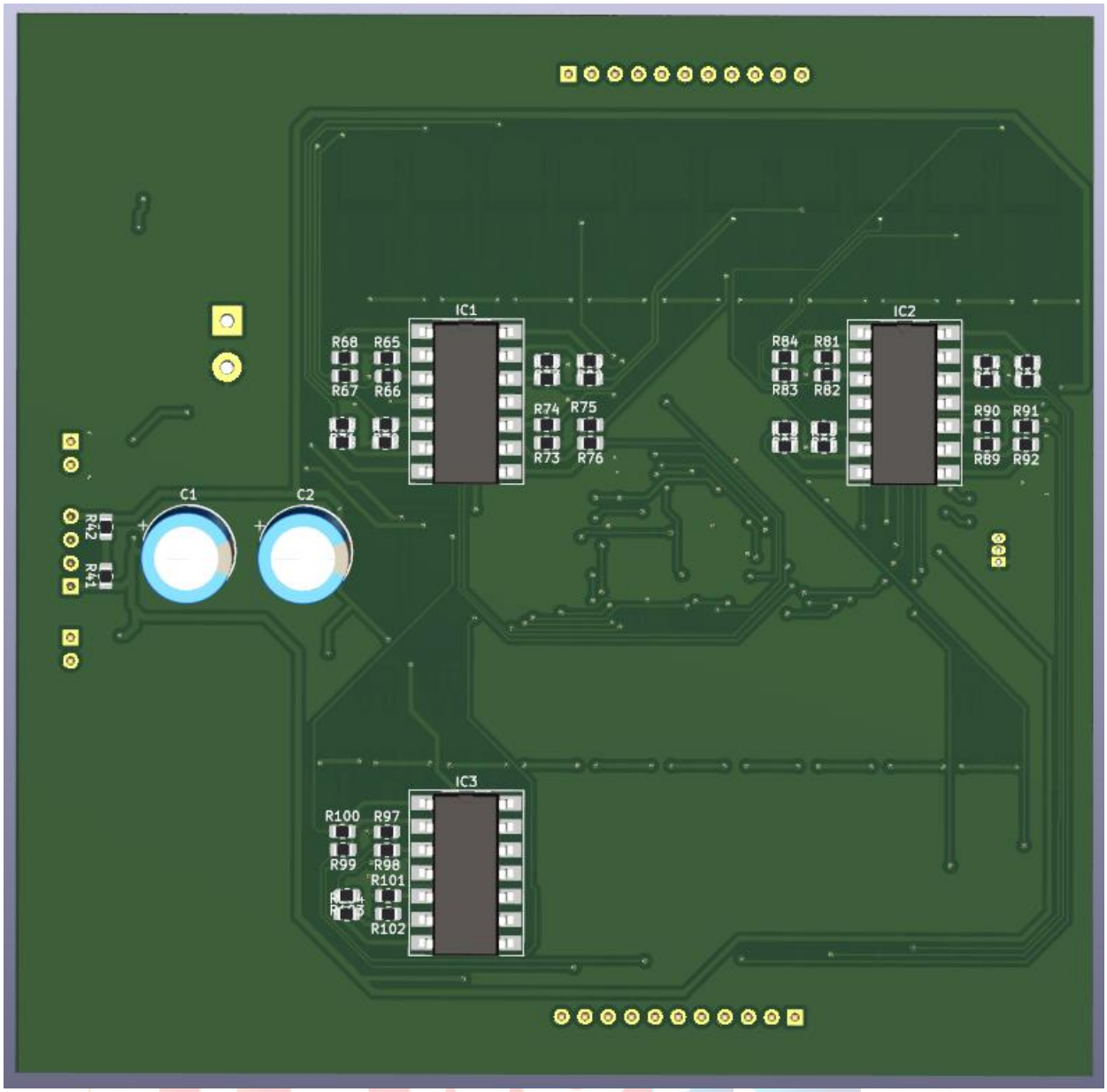


Şekil 28: Master kart çizimi PCB arka



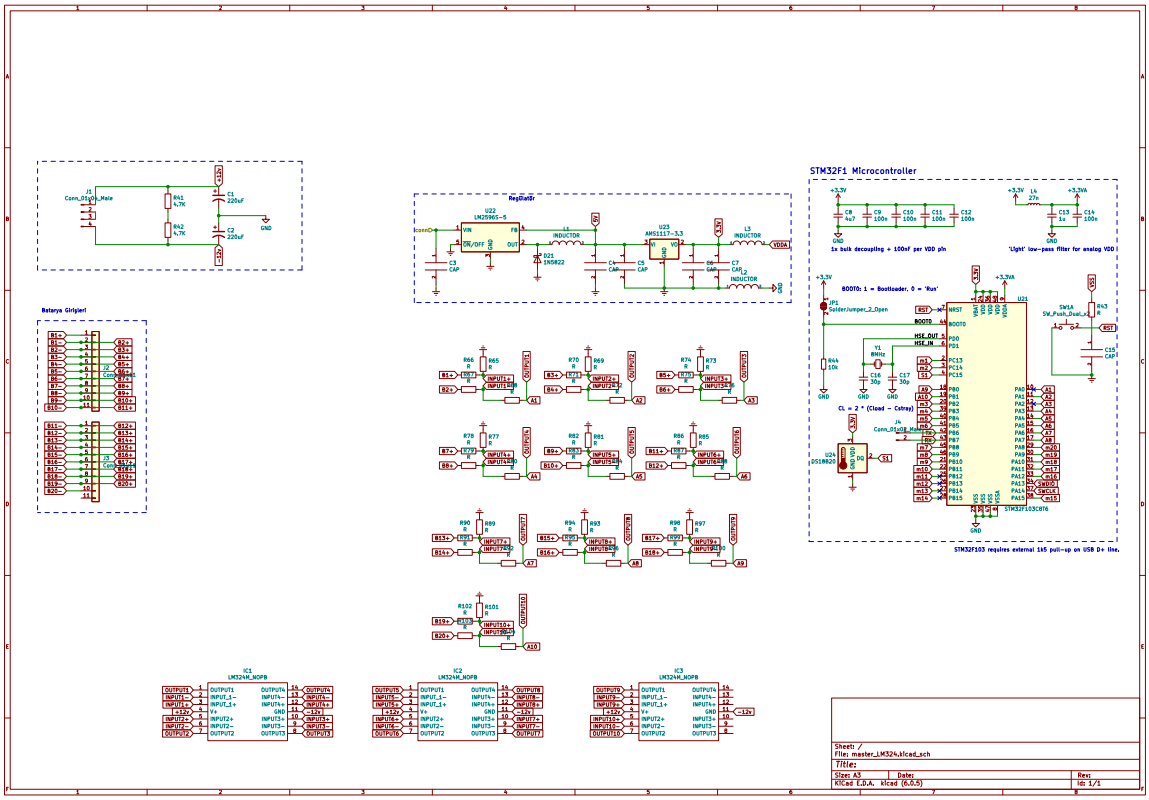
Şekil 29: Master kart 3D ön

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

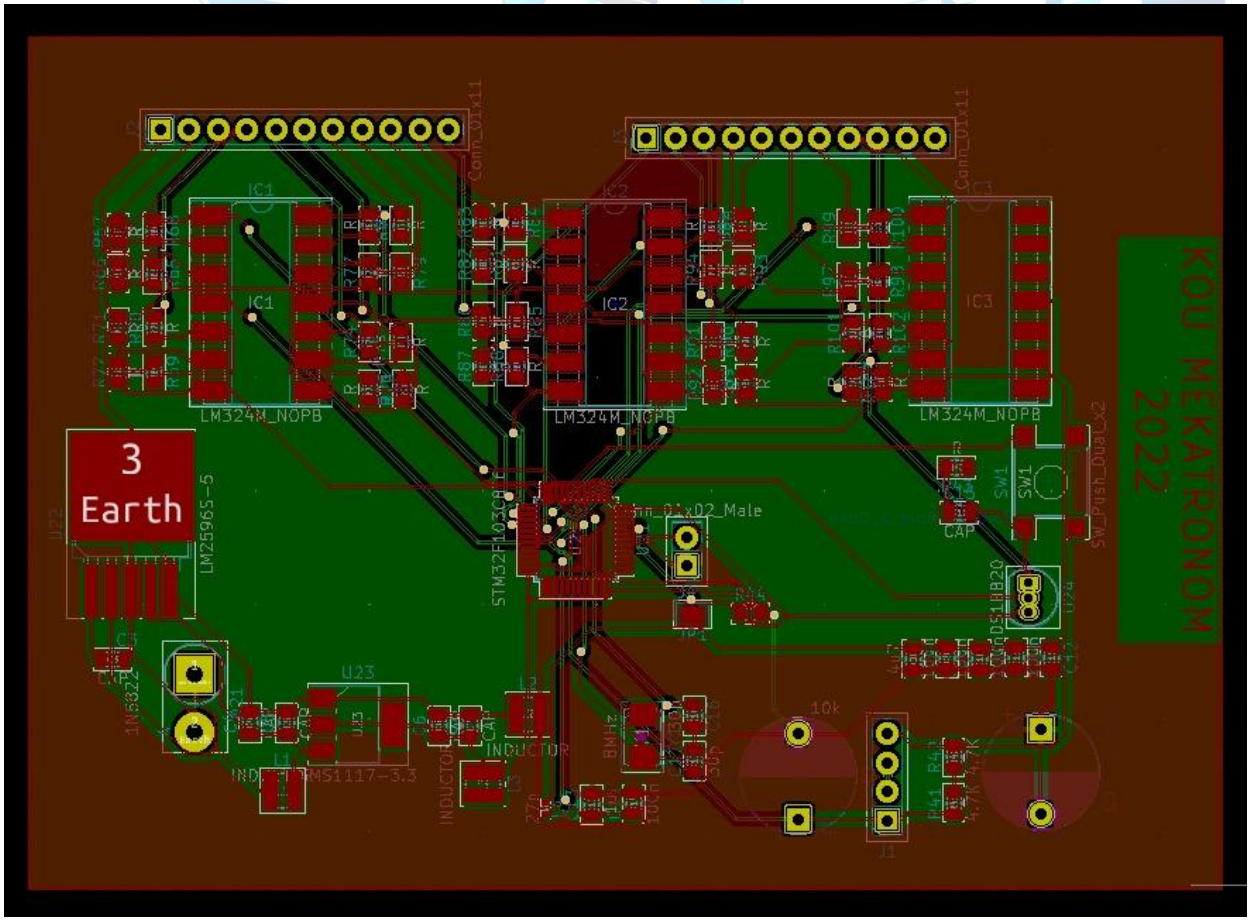


Şekil 30: Master kart 3D arka

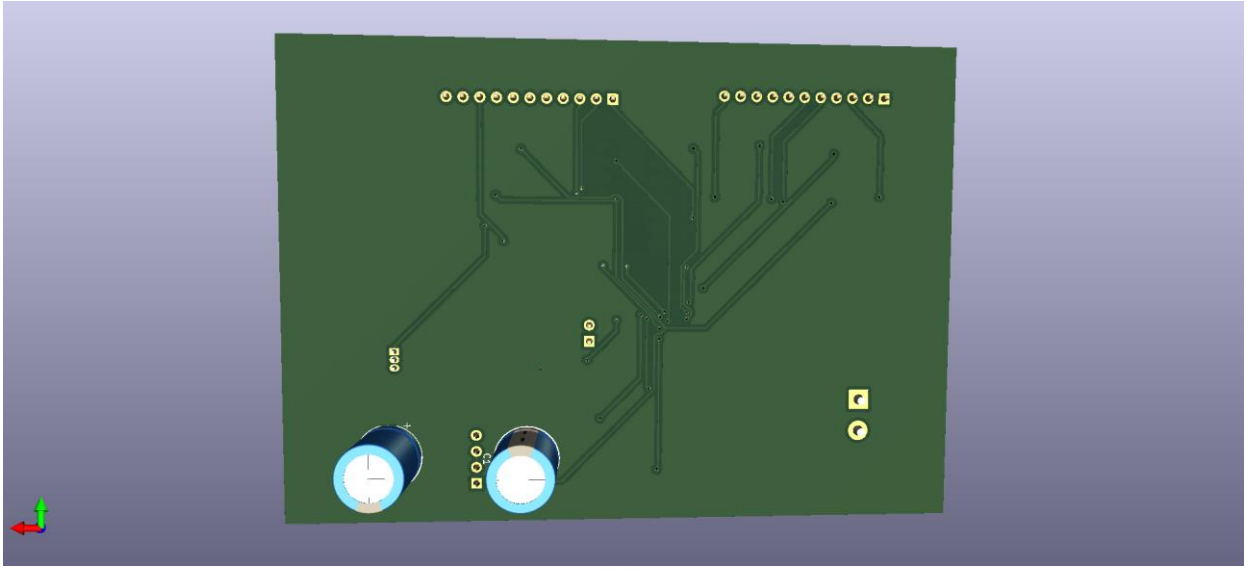
Slave Kart



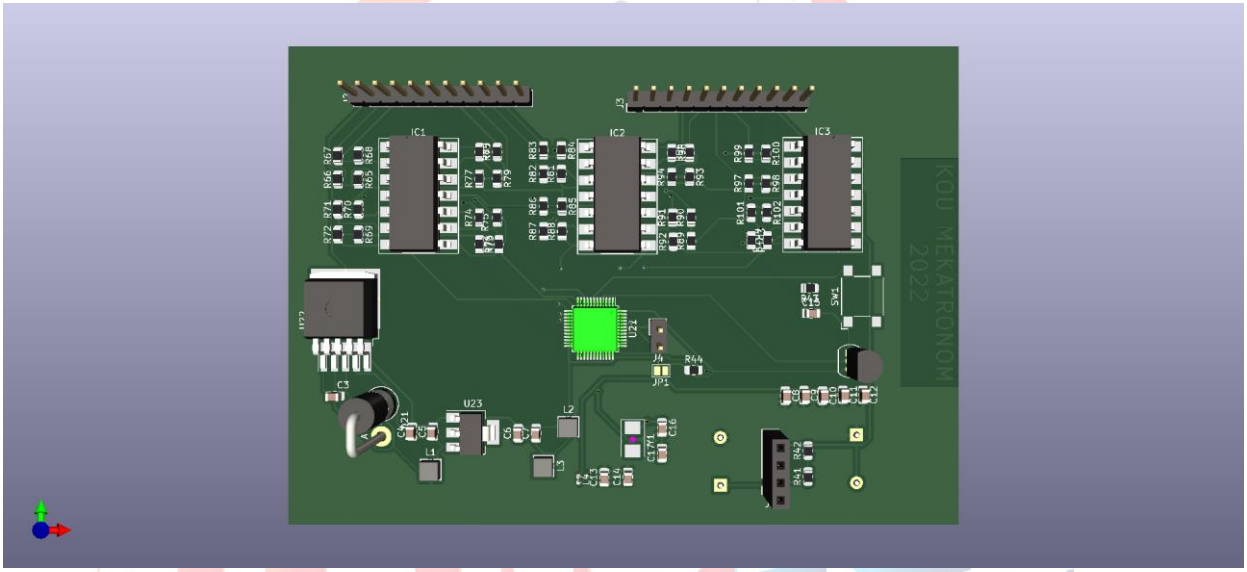
Şekil 31: Slave kart şematik



Şekil 32: Slave kart PCB



Şekil 33:Slave kart 3D arka



Şekil 34: Slave kart 3D ön

Donanımsal Güvenlik Önlemleri

Aracımız yarışma kuralları gereği içerisinde bir insanın oturabileceği şekilde olduğundan dolaşan elektrik çok iyi kontrol edilmelidir. Aracımızda gerekli güvenlik önlemlerini sağlamak için 2 kontaktör,1 fuse, 2 acil stop butonu, uzaktan aracı kapatabilecek bir uzaktan kumanda, 2 adet kendi içinde korumaları olan regülatör, elektronik kartlar arası izalasyon devreleri bulunmaktadır.

İzolasyon entegrelerimiz

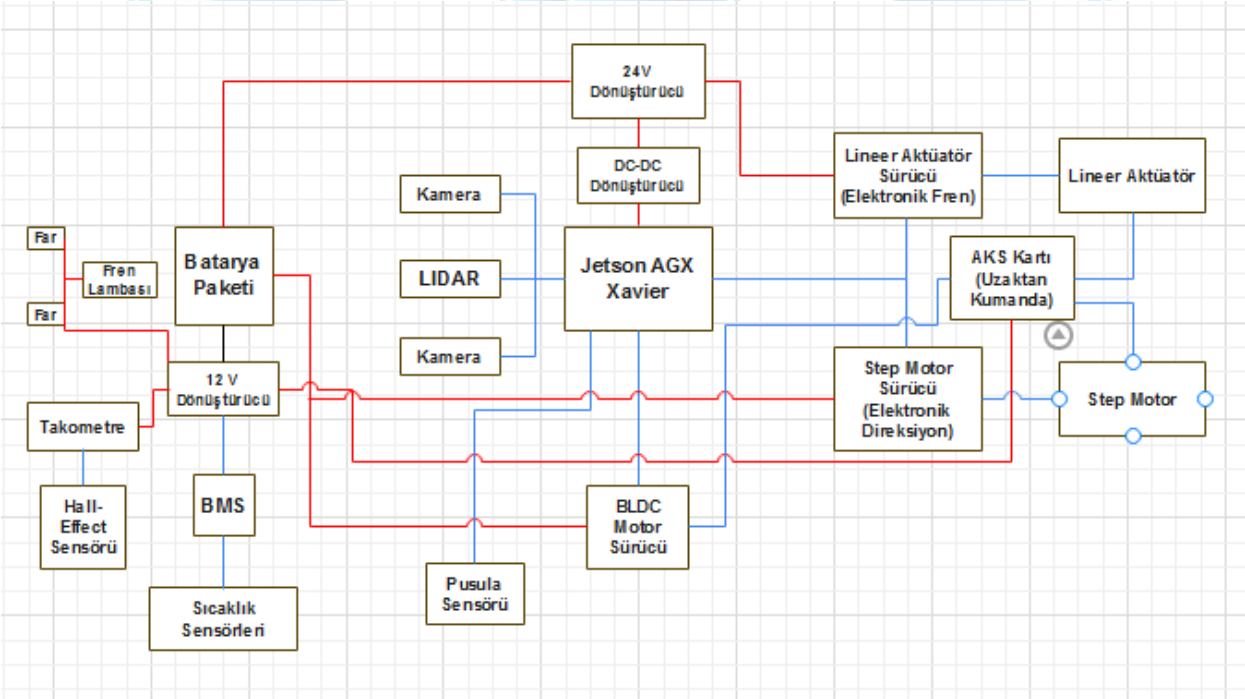
Adum1250 I2C hatlarını izole etmeye yarar. Jetson AGX Xavier ile AKÜ arasında bulunur. Takometre, AKÜ ve BYS arasında CAN-BUS'da izole edilmiştir.

Batarya Paketlenmesi ve Sabitlenmesi

Batarya paketimizin tasarımı aşağıdaki görsellerdeki gibidir. Batarya paketimizin iç yüzeyi yangına dayalı kestamit malzemesinden yapılmıştır, paketin orta kısmı ise çelik plakalar ile desteklenmiştir. Bu sayede paket çarpışmalara daha dayanıklı hale getirilmiştir. Son olarak dış kısmı ise su sıçraması, toz kaçması ve aleve dayanıklılık açısından karbon fiber ile kaplanmıştır. Batarya paketimiz acil bir durumda kolayca ulaşılabilir ve müdahale etmeye olanak veren bir yerdedir.

Şekil 35: Batarya paketlenmesi

Harness Diyagramı



Şekil 36: Harness diyagramı

Yazılım Mimarisi

Şerit Takibi

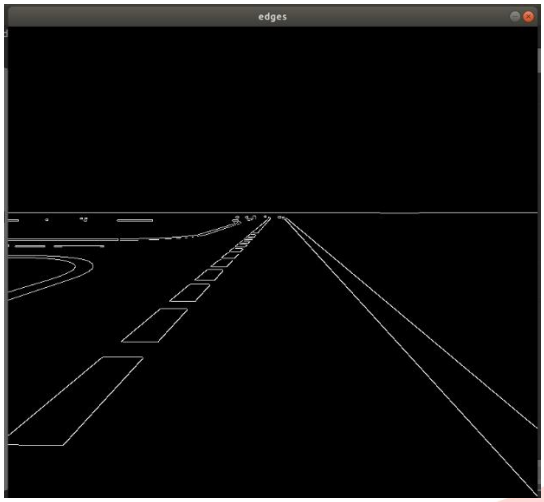
Aracımızın şeritler arasında kalması için ön çizgileri tespit etmesi sonrada tespit edilen bu çizgilere göre dönülecek yönün belirlenmesi gerekir. Python üzerinde yazdığımız kod ile OpenCV kütüphanesinin yardımıyla bu işlemleri gerçekleştirmekteyiz. Kameramızdan aldığımız görüntüyü çeşitli işlemlere sokarak sonuçta dönüş açısı ve yönü cinsinden çıktı elde etmekteyiz.

Çizgi izlemede uygulanan adımlara kısaca bir örnek vermek gerekirse:

Convert to HSV: Kameradan aldığımız görüntü Saturation (Doygunluk) ve Value (Parlaklık) değerlerine göre belirlenen renk uzayı türü olan HSV' ye çevrilir.

Şekil 37: HSV

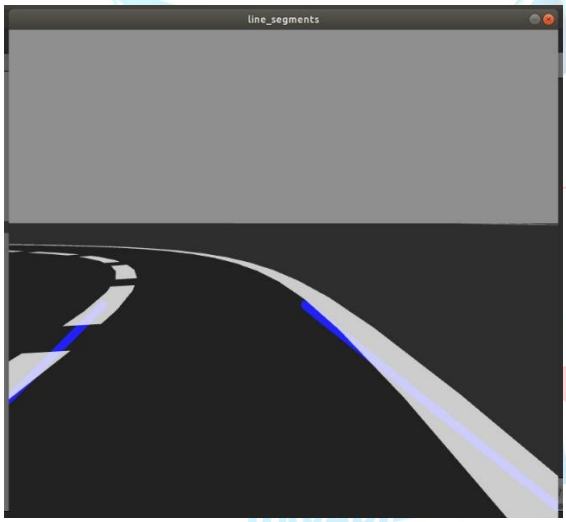
Detect edges: Parkur boyunca olan şeritler beyaz olduğundan dolayı alınan görüntüden beyaz alanlar hariç tüm renkler çıkarılır



Şekil 38:Edge Detection

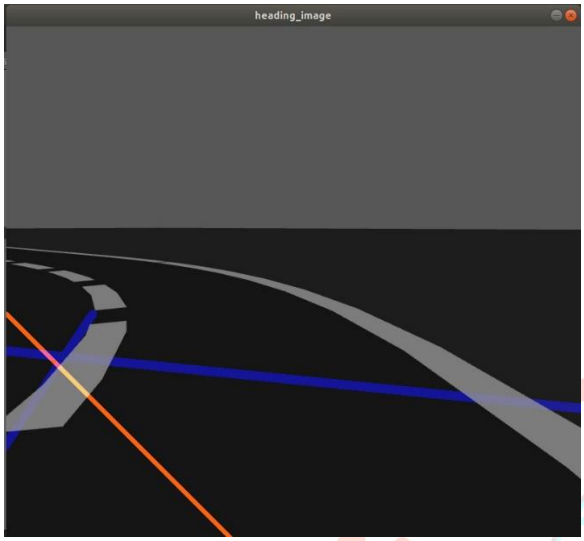
Region of interest: Kameradan alınan görüntü üzerinden belirli bir alan seçilir ve bundan sonraki işlemler sadece bu alanda devam eder

Detect line segments: Çizgi izlemenin en önemli noktası sayılabilecek bu bölümde hough dönüşümü kullanılır. Hough dönüşümü sayesinde alınan görüntüdeki doğrular yani şeritler bulunur. Daha sonra bulunan bu şeritler anlama kolaylığı açısından renklendirilir.



Şekil 39: Line Segments

Find slope intercept: Detect line segments kısmında hough dönüşümü ile belirlenen şeritler burada işlenerek eğimleri ve kesişimleri bulunur ve bulunan bu eğim ve kesişimler sayesinde de aracın nereye dönmesi gerektiği belirlenir. Şekilde (Şekil:34) görüldüğü gibi mavi renkteki çizgilerin kesişimlerine doğru turuncu olan çizgi çizilerek aracın nereye yöneleceği belirlenir.



Şekil 40: Find Slope and Intercept

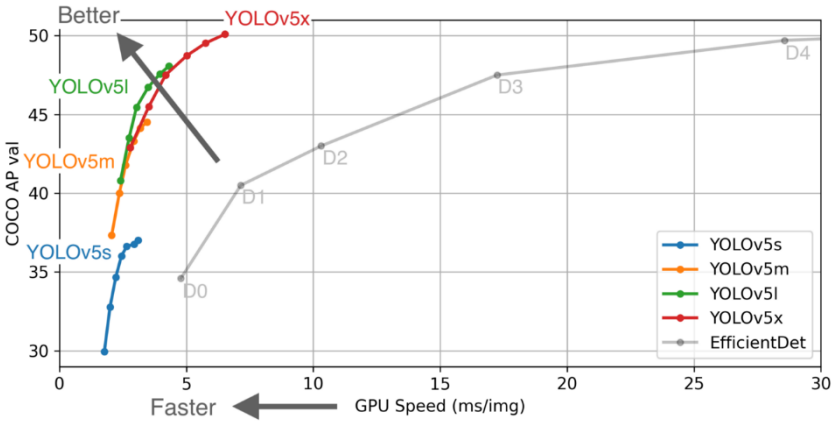
Find steering angle: Find slope intercept bölümünde oluşan çıktıyla işlem yapan bu bölüm dönülecek yeri bize sayısal değer olarak ifade eder. Bu noktada girdi çeşitli matematik işlemlerinden geçtikten sonra çıktı olarak sayısal değer alırız. Aldığımız sayısal değerleri ise şöyle yorumlayabiliriz:

Çıktı=90 → düz devam edilmeli
Çıktı<90 → sağa dönülmeli
Çıktı>90 → sola dönülmeli

Bu çıktıları "if" blokları ile birlikte kullanarak aracı hareket ettirmekteyiz.

Tabela Tanıma

YOLO, 'You look only once' kelimesinin kısaltmasıdır, görüntüleri bir ızgara sistemine bölen bir nesne algılama algoritmasıdır. Izgaradaki her hücre kendi içindeki nesneleri tespit etmekten sorumludur. YOLO, hızı ve doğruluğu nedeniyle en ünlü nesne algılama algoritmalarından biridir.
YOLO V5, YOLO V3'ün Pytorch versiyonunu geliştiren aynı şirket olan **ultralytics** tarafından geliştirilen ve Haziran 2020'de piyasaya sürülen en yeni nesne algılama modelidir.



Şekil 41: YOLO

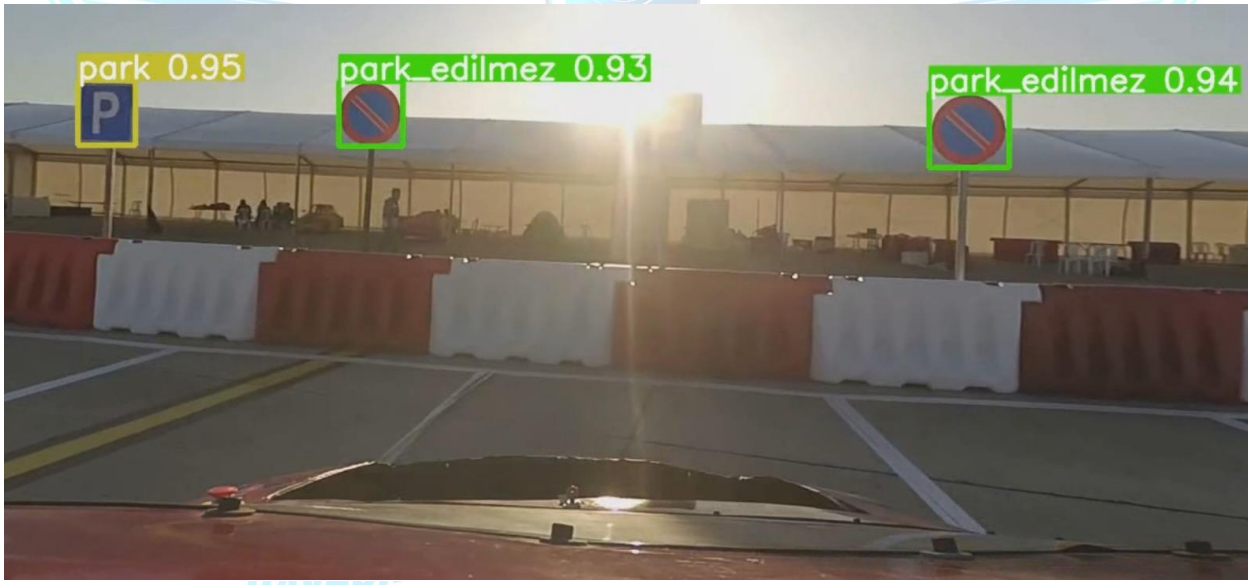
YOLO V5, her biri şekilde (Şekil:35) gösterildiği gibi farklı algılama doğruluğu ve performansı sunan **s, m, l ve x** olmak üzere dört modelde mevcuttur.

Modelin çok daha doğru hesaplamaları ve tahminleri nedeniyle YOLO V5x versiyonunu kullanmaktayız.

Yolov5x ile Tabela Tanıma:

Şekil 43: Nesne tanıma 1

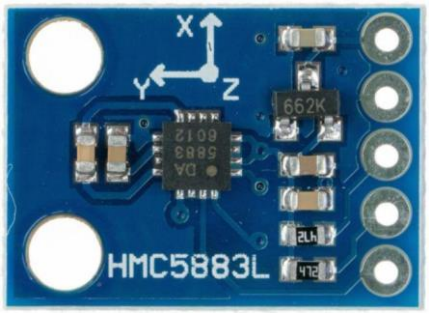
Şekil 42: Nesne tanıma 2



Şekil 44: Nesne tanıma 3

Yön Belirleme

Araç tabelalara göre dönüşlerini gerçekleştirirken keskin dönüşler alması gerekmektedir. Bu dönüşleri yaparken şeritsiz kısımlarla karşılaşacağımız için yeni yöntemler geliştirmemiz gerekti. Dönüşlerde yönümüzü tayin edebilmek için HMC5883L 3 Eksen Pusula Sensörünü kullanmaya karar verdik.



Şekil 45:HMC5883L Dijital Pusula

- Giriş Voltajı: 3-5V
- Sensör Çıkışı: Dijital I²C Haberleşme Protokolü
- Ölçüm Aralığı: ±1,3-8 Gauss
- Kartın Boyutları: 14x13mm

Bu sensör sayesinde veriler derece olarak alınabilir.

Durak Algoritması

Araç yol alırken yerine getirmesi gereken görevler arasında duraklarda yolcu alma ve yolcu indirme görevi bulunmaktadır. Hem yolcu almada hem de yolcu indirmede girilmesi gereken durak standart olduğundan bu iki işlem içinde aynı algoritma kullanılmaktadır.

Şartnamede gösterilen durak için girilmesi gereken cebe girmek için durak tabelası ile aramızdaki mesafeyi ölçeriz. Daha önce lidar kullanarak yaptığımız bu mesafe ölçüm işlemini şimdi kameramızın derinlik algılama özelliğini kulanarak yapmaktayız.
Araç ile tabela arasındaki mesafe daha önceden belirlediğimiz duruma gelince araç durağa girmeye başlar, durağa girme işlemi için araç yine daha önceden belirlenen zamanlara uyarak direksiyonu döndürür. Önce sağa kırar, belirli bir zaman bekler sonra sola kırarak konumunu düzeltir ve parka girer. Parka girince orada 30 saniye bekler. Çıkma işleminin daha hassas olmasından dolayı burada daha önceden belirlenen zamanlara göre direksiyonu döndürmek yerine çizgi izleme algoritmalarını kullanırız. Araç yolu durakla ayıran kesikli çizgiye gelene kadar direksiyonu sola kırar, bu çizgiyi görüp geçtikten sonra ise hemen şerit takip algoritmalarına geri dönerek yolu takip etmeye devam eder.

Sensörler

Otonom aracımızın görevini doğru ve güvenli bir şekilde tanımlaması doğru sensör seçimi ve bu sensörlerin doğru kullanımına bağlıdır. Eğer sensörler çıkışlarında doğru değerleri üretmezler ise araç tamamen görevinden sapar.

Aracımızda otonom sürüşü destekleyen sensörler olarak kamera, lidar ve ultrasonik sensör bulunmaktadır.

Araç üzerinde otonom sürüşü etkisi bulunmayan ancak diğer sistemlere yardım eden sıcaklık sensörü, hall-effect sensörü ve akım sensörü kullanılmaktadır.

Kamera

Araç üzerinde çizgi izleme ve tabela tanıma yapmak için Intel® RealSense™ Depth Camera D435i ‘yi kullanmaktayız. Bu kamera otonom sürüş algoritmalarını geliştirdiğimiz ROS ortamına tam uyumlu olmakla beraber AKÜ(Araç Kontrol Ünitesi) olarak kullandığımız Jetson AGX Xavier ürünü ile de çalışabilmektedir.

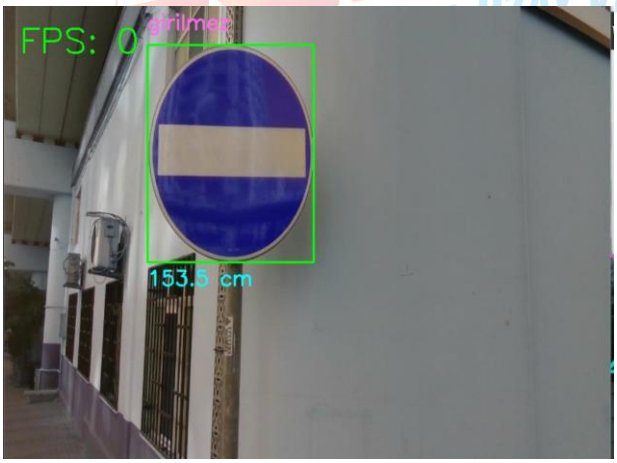
Şekil 46:Intel® RealSense™ Depth Camera D435

Kamera Özellikleri:

Maksimum video çözünürlüğü: 1920 x 1080
Maksimum kare hızı: 30 FPS
Derinlik Çözünürlüğü ve FPS: 1280 X 720
Derinlik Görüş Alanı: 85.2 x 58
Ebatlar: 99 mm × 20 mm × 23 mm

Derinlik Algılama

Eski kodumuzda alan hesabı için bir dikdörtgen belirlemiştik. Tanımladığımız tabela bu dikdörtgen eksenlerine eşit olduğu zaman yaklaşık alan hesabı vermetedir. Fakat sağa, sola dönüşlerde tabiki farklı açılardan baktığımız için bizlere istikrarlı bir sonuç vermemekteydi.Bu sebepten ötürü kamera’nın kendi özelliği olan derinliği ve az önce belirtmiş olduğum yöntemle beraber 2 doğrulama aşamasına geçmiş bulunmakta ve daha hassas bir ölçüm ile sonuç almaktayız.



Şekil 48: Dernlik algılama 1

Şekil 47: Derinlik algılama 2

LIDAR

Geçtiğimiz yıl kullandığımız ürün olan RPLIDAR S1 ürünü hem dışarda çalışması hem de menzili nedeniyle isteklerimizin çoğunu karşılamıştı ancak sadece 2 boyutlu tarama yapması yüzünden bu sene değiştirip 3 boyutlu tarama yapabilen bir Lidar almak istiyorduk. Bu sene değişen parkur ile birlikte Lidara daha az görev düşeceğini düşündüğümüzden aynı lidarı kullanmaya devam ederek lidarın görevini sadece yolda karşımıza çıkabilecek engelleri tanımak olarak belirledik.

- RPLİDAR S1 ürünü 40 metre ölçüm mesafesine sahiptir.
- Dış mekâna uygun olarak tasarlanan RPLİDAR S1 ürünü doğrudan gelen güneş ışığı altında bile doğru çalışabilir.
- RPLIDAR S1'in tarama frekansı 10Hz'dir (600rpm) ve frekans, 8-15Hz aralığında ayarlanabilir.
- 0 Hz tarama frekansı ile örnekleme hızı 9,2 kHz ve açısal çözünürlük 0,391 ° 'dir.

Kullanacağımız lidar sensörü 2 boyutlu olduğundan, yerden yaklaşık 40 santimetre yukarıda aracımızın ön tarafındaki en uç noktada lidar için eklenen özel yerinde konumlandırılacaktır.

Otonom sürüşü sağlamak için ROS programını kullanmaktayız, ROS programı lidardan verileri almamızı o verileri anlamlandırmamızı ve anlamlandırdıktan sonra ilgili yere göndermemizi sağlar.

Şekil 49: RPLIDAR S1

Ultrasonik Mesafe Sensörü

Lidar sensörümüzün konumundan dolayı aracımızın arka kısmını algılayamamaktadır. Düşündüğümüz park etme algoritmasında geriye gitmeye ihtiyaç duyacağımızdan ve aracın sıkışabileceği bazı durumlarda ileri geri manevra yaparak kurtulmasını istediğimizden. DFROBOT un URM-37 adlı ultrasonik mesafe sensörünü kullanmaktayız. Bu sensör yakın mesafede ses dalgaları ile uzaklık ölçer. Bu sensörü tercih etmemizin nedeni hassas ölçüm yapabilmesi ve 5m ye kadar kesin veriler üretebilmesidir.

Şekil 50: Ultrasonik Sensör

Sıcaklık Sensörü

Sıcaklık sensörümüz batarya yönetim sisteminin üzerinde bulunur. Batarya hücrelerinin sıcaklıklarını ölçer ve bu sıcaklıkları BYS aracılığıyla araç kontrol ünitesine gönderir.DS18B20 sıcaklık sensörü Texas Instruments firmasının bir ürünüdür ve bu sensörleri tercih etmemizi sağlayan özelliği de One Wire protokolünü kullanmalarıdır. Bu protokol tek hat üzerinden 20 batarya hücresinin sıcaklığını okumamıza olanak sağlar böylece kullandığımız pin sayısını çok büyük ölçüde azaltmış oluruz.

Şekil 51: Sıcaklık Sensörü

Akım Sensörü

Batarya Yönetim Sistemi ile birlikte çalışan sensör SOC ve SOH değerlerinin bulunmasına yardım eder ve ani akım artışlarına karşı arabayı korumamızı sağlar. Hall-effect prensibi ile çalışan ACS724LLCTR-50AB sensörü 50 ampere kadar çift yönlü akım ölçebilmektedir.

Özellikler:

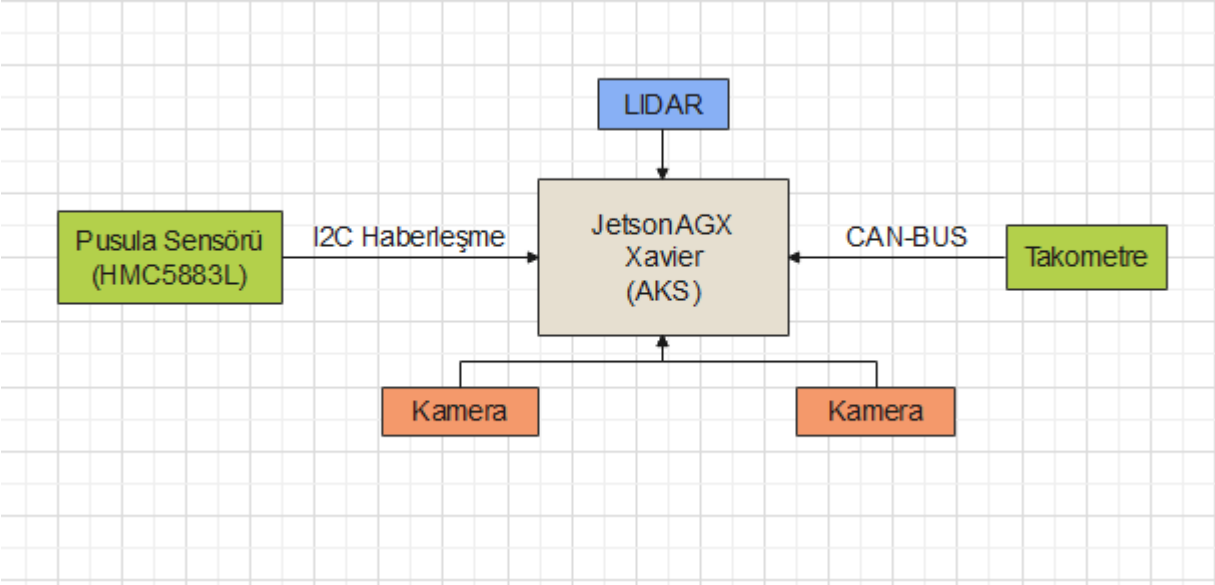
Boyut: 0.7 "x 0.8"
Ağırlık: 1.1 g
Minimum mantık voltajı: 4,5 V
Maksimum mantık voltajı: 5,5 V
Besleme akımı: 14 mA2
Sürüm: -50A ila + 50A

AD/MODEL	ADET	GÖREV
Intel® RealSense™ Depth Kamera D435	2	Tabela ve çizgi tanıma işlemlerini gerçekleştirmek
RPLIDAR S1	1	Parkurda önümüze çıkabilecek engelleri tespit etmek
Ultrasonik sensör	1	Aracın arkasında kalan bölgeyi kontrol etmek
Sıcaklık Sensörü	20	Batarya hücrelerinin sıcaklıklarını ölçmek
Akım Sensörü	1	Batarya paketi akımı ölçmek
Hall-effect sensörü	1	Araç hızını ölçmek
3 Eksen Pusula Sensörünü	1	Yön belirlemek

Tablo 4: Sensörler

Haberleşme Hatları

Araç Üzerinde, Aracın Hareketine katkı sağlayan sensör ve kameralar Araç Kontrol Ünitemiz olan Jetson AGX Xavier ile haberleşmektedir.



Şekil 52: Araç Haberleşme Hatları

Özgün Bileşenler

Elektronik Direksiyon

Elektronik direksiyon sistemi aracın otonom komutlar aldığında istenilen derecelerde dönmesini sağlar. Geçen sene katıldığımız yarışta direksiyonda tork yetmemesi sebebiyle dönüşlerde problem yaşadık. Bu sene bu problemi düzeltmek için HB-860H model sürücümüzü daha yüksek gerilimle besledik ve step motorumuzun direksiyonla arasındaki dişli oranını değiştirmeyi planladık. Eğer bu iki değişiklik te yapılırsa daha fazla tork alabileceğimizi hesapladık.

Elektronik Gaz Pedalı

Aracımızdaki motor sürücüsüne mikrodenetleyici yardımı ile PWM sinyalleri gönderiyoruz, PWM sinyalleri sayesinde aracın hızını kontrol edebiliyoruz. Gönderdiğimiz PWM sinyali 0-5 Volt arasında gerilim değerine sahip olabilir.

Elektronik Fren

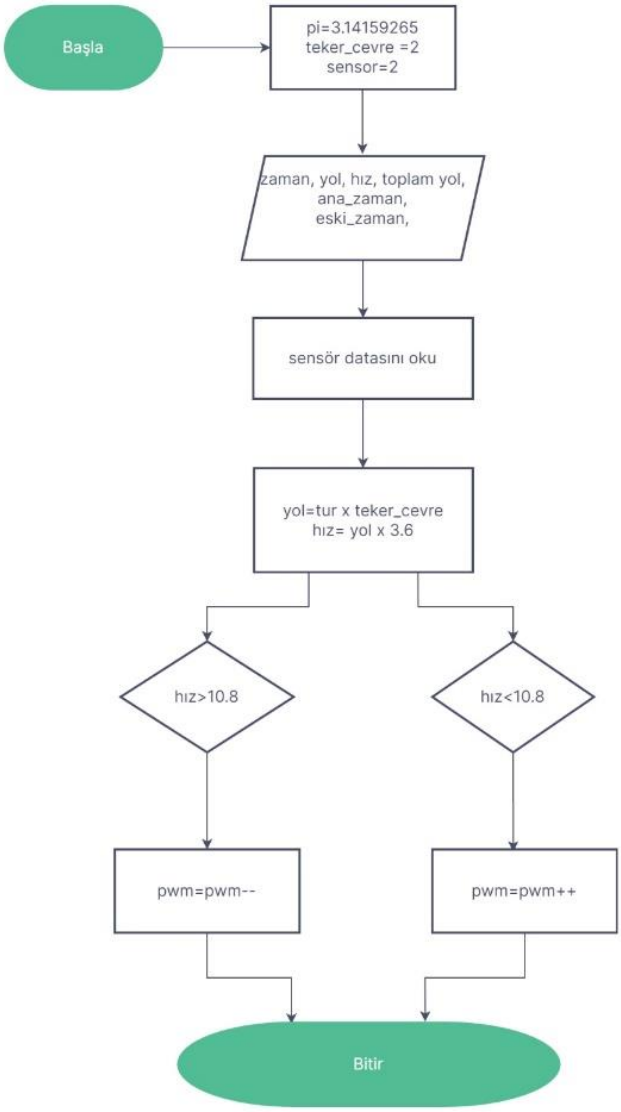
Elektronik fren gerekli sinyali aldığında aracı durdurmakla görevlidir. Aracımıza yaptığımız mekanik sistem ve lineer motor sayesinde aracımızı durdurabiliyoruz. Lineer motor, mikrodenetleyici aracılığıyla gerekli sinyali aldığında, yani aracımız önündeki nesneye belirlediğimiz mesafeden daha yakınsa fren pedalını çekerek durdurur ve önündeki nesneyle olan uzaklığı güvenli hale gelene kadar freni çekili tutar, böylece güvenlik tam anlamıyla sağlanmış olur.

Mekatronom ROS Paketi

Takımımızda önceki yıllarda farklı ROS paketleri bir arada kullanıyorduk ve her otonom kontrolcümüzü değiştiğimizde yeniden ROS paketlerini tek tek kurmamız gerekiyordu. Bu nedenle bu yıl kendi ROS paketimizi oluşturmaya başladık. Paket içeriğinde çizgi izleme, görüntü izleme algoritaları, araç modelleri ve URDF (Unified Robotic Description Format) dosyaları bulunmaktadır. Özellikle URDF dosyalarının yardımıyla araç modelimizi gerçek aracımıza olabildiğince yakın hale getirdik.

Takometre

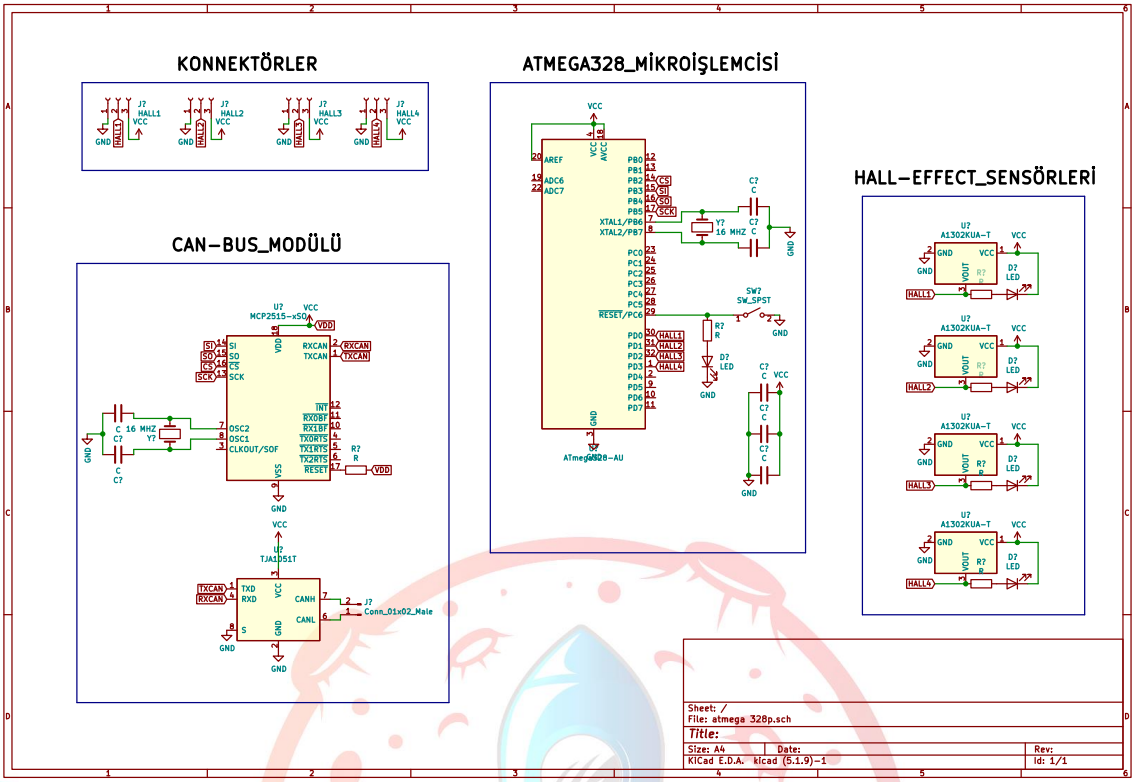
Araç görevini gerçekleştirirken parkurdaki eğimli noktalar, rüzgarın etkisi gibi etkenler sebebiyle sabit hızını koruyamamaktadır. Bu olayların gerçekleşmesi sürüş esnasında dezavantajlara yol açtığı için bir takometre tasarladık.



Şekil 53:Takometre akış diyagramı

Takometre sayesinde aracın hızını ölçerek aldığımız hız bilgisine göre aracın hızını sabitleyebilmekteyiz.
Aracımızın hızını ölçmek için tasarladığımız takometrede Hall-effect sensörü kullanmayı tercih ettik.bu sensörü araç jantının karşısına koyacağız ve janta mıknatıslar yerleştireceğiz. Hall-effect sensörü manyetik alan algıladığında çıkışta HIGH sinyalini üretir ve bu sinyalleri kullanarak aracın hızını bulabileceğiz.

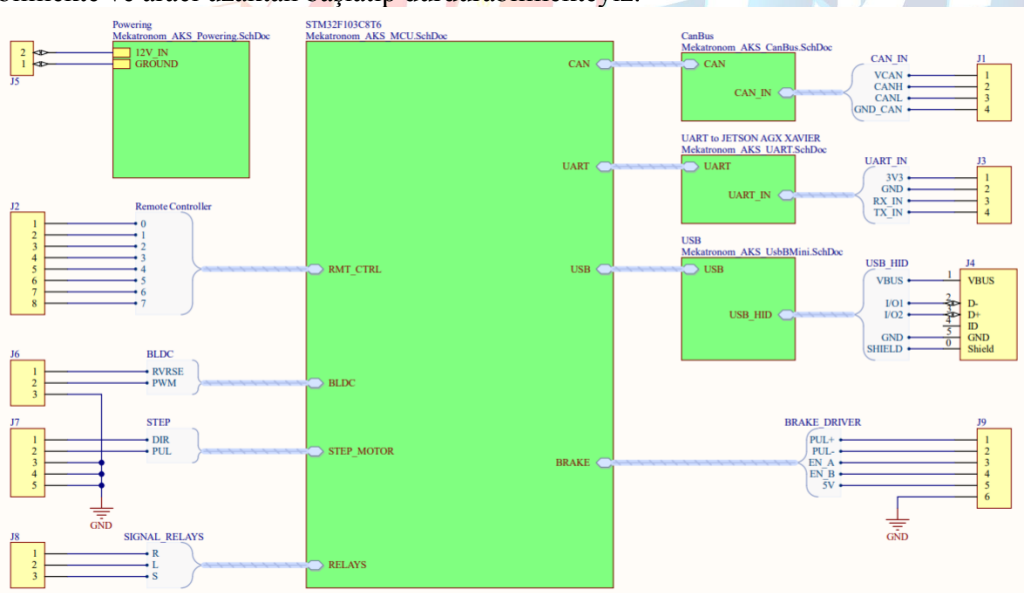
Bu takometre kartında atmega328p işlemcisini kullanmaktayız. Sensörden gelen sinyaleri alıp işleyerek km/s cinsinden bulduğu değeri Araç Kontrol Sistemine gönderme işini bu işlemci yapar.
Takometrenin nasıl çalıştığını kısaca şekildeki (Şekil:47) akış diyagramı anlatmaktadır.



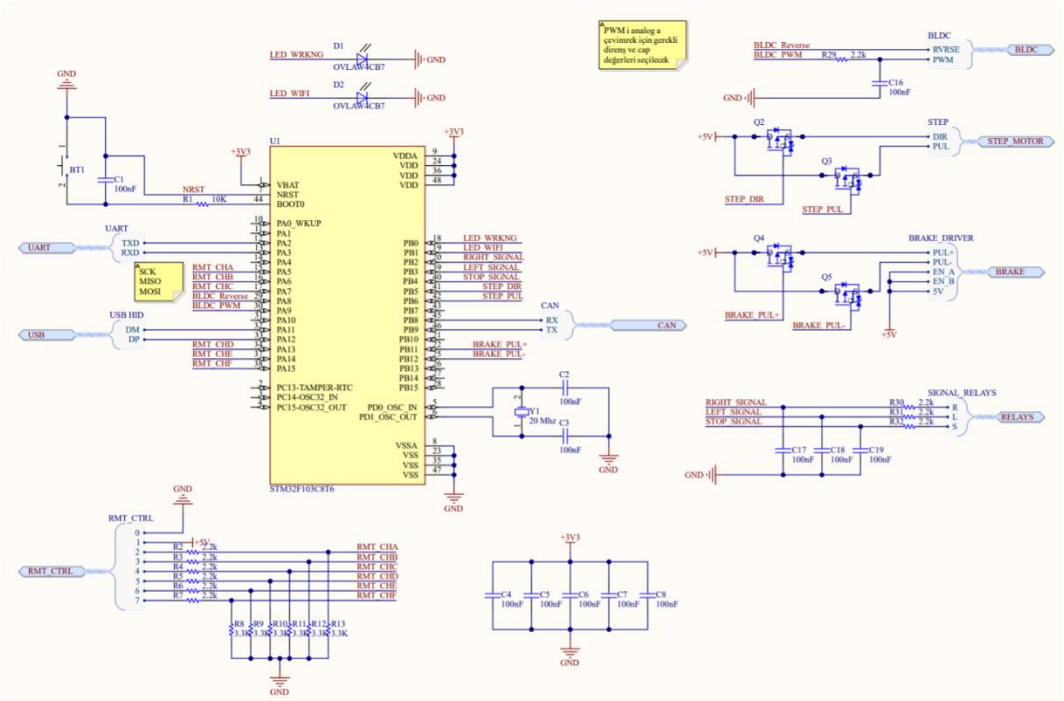
Şekil 54: Takometre Şematik

Araç Kontrol Kartı

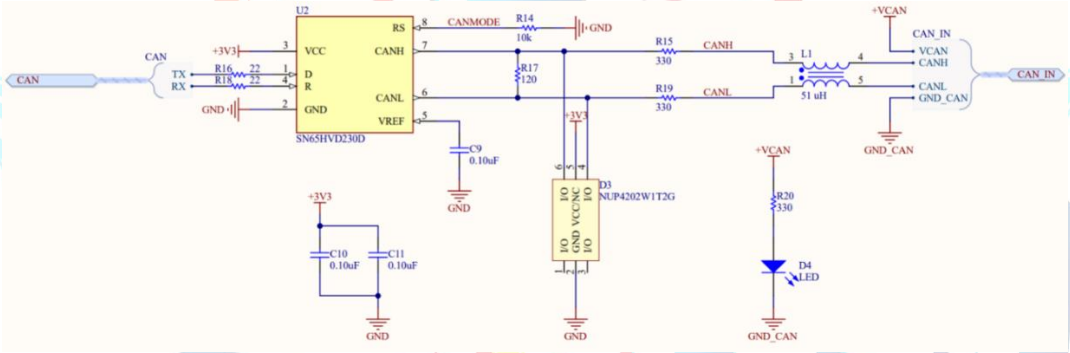
Temel amacı aracımızı uzaktan kumanda ile kontrol etmek olan araç kontrol kartımızı stm32f103C8T6 işlemcisi kullanarak tasarladık. Bu kart sayesinde araç üzerindeki otonom sürüşü sağlayan aktüatörleri kontrol edebilmekte ve aracı uzaktan başlatıp durdurabilmekteyiz.



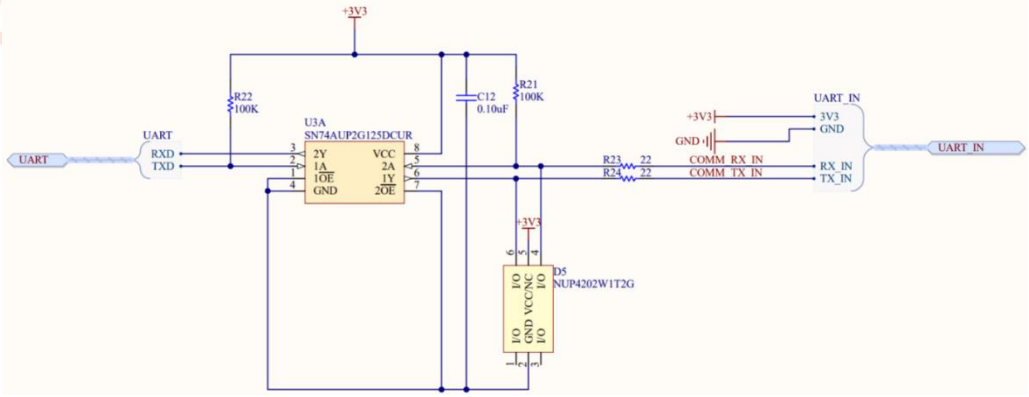
Şekil 55: AKÜ-Blok Diyagram



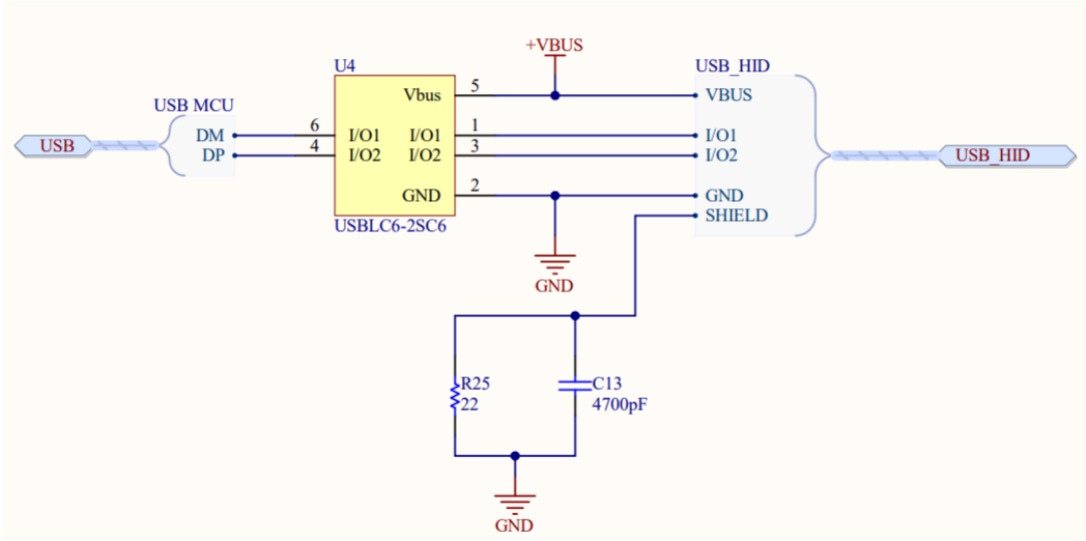
Şekil 56: AKÜ-MCU



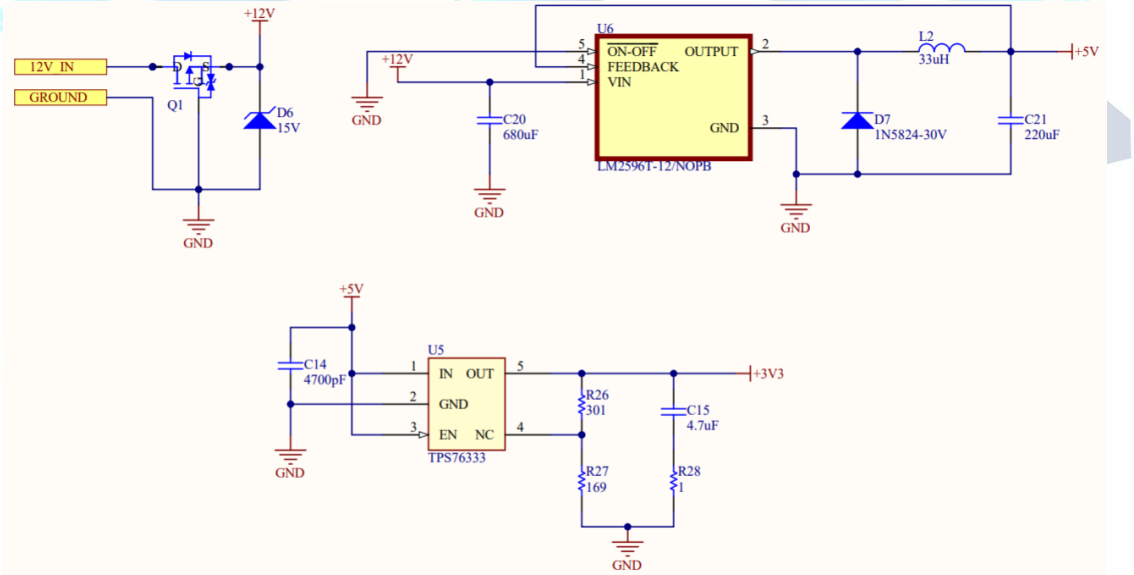
Şekil 57: AKÜ-CANBUS



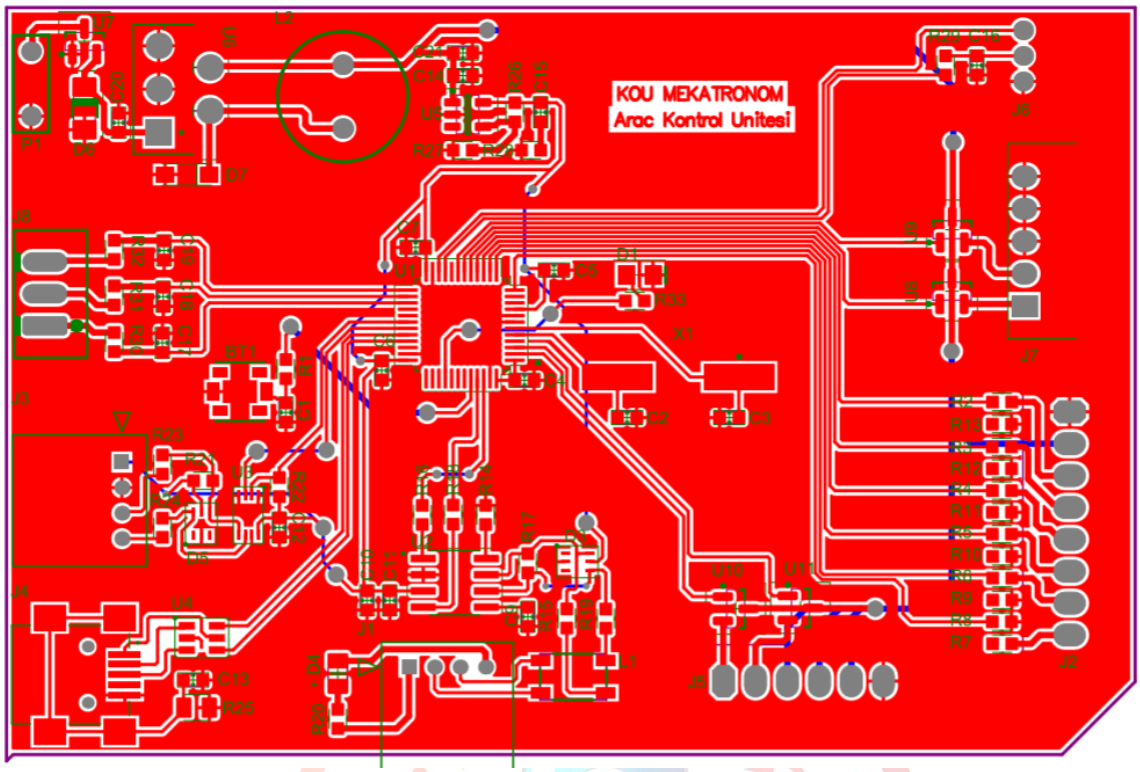
Şekil 58: AKÜ-UART to Jetson AGX Xavier



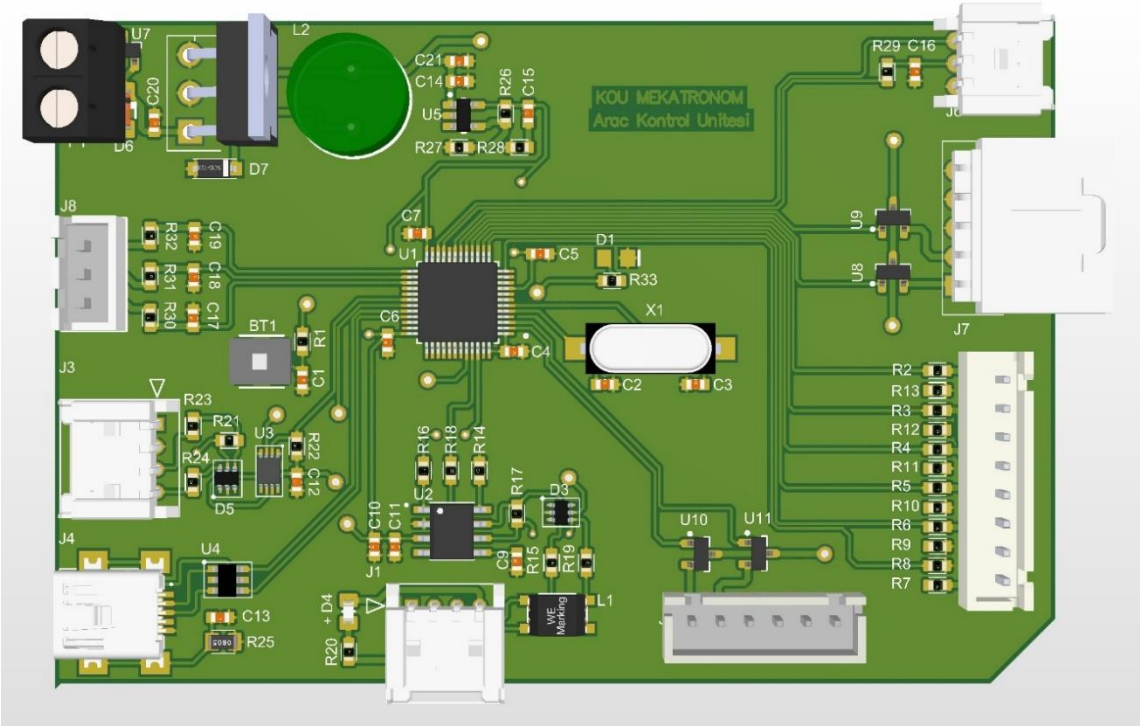
Şekil 59: AKÜ-USB



Şekil 60: AKÜ-Power Management



Şekil 61: AKÜ PCB Çizim



Şekil 62: AKÜ 3 boyutlu PCB

Uzaktan Kumanda

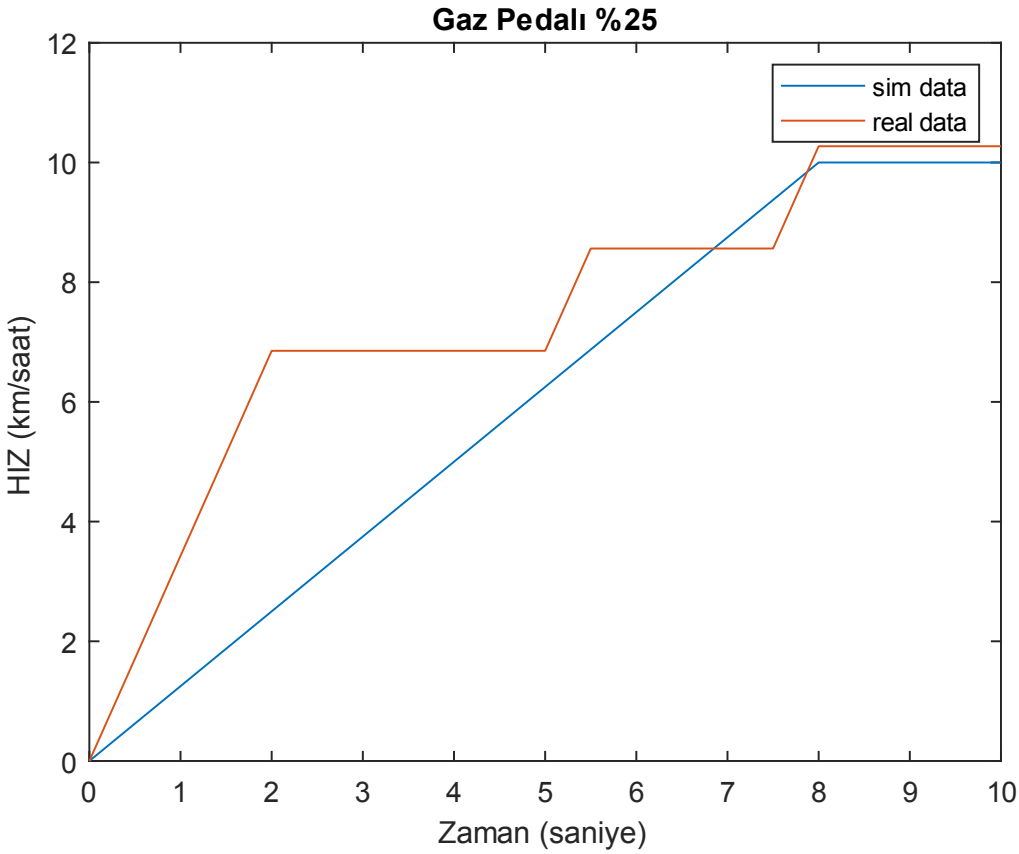
Aracımızı kontrolü kolaylaştırmak ve uzaktan da kontrol edebilmek için bir uzaktan kumanda ekledik. Uzaktan kumandayla direksiyon motoru, fren aktüatörü ve tekerdeki bldc motorumuzu kontrol edebiliyoruz. Uzaktan kumanda olarak Flysky FS-İ6 modelini kullanıyoruz. Kumandamızdan gelen sinyali arduino idesinde **pulseIn** komutu yardımıyla motorlarımızı kontrol etmek için kullanıyoruz. Aynı zamanda uzaktan acil müdahaleyi de bu kumandayı kullanarak yapacağız. Kumandayı Araç Kontrol Ünitesinin bir parçası olarak kullanacağız ve kontrolü sağlamak için yazacağımız algoritma bize ait olacaktır.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

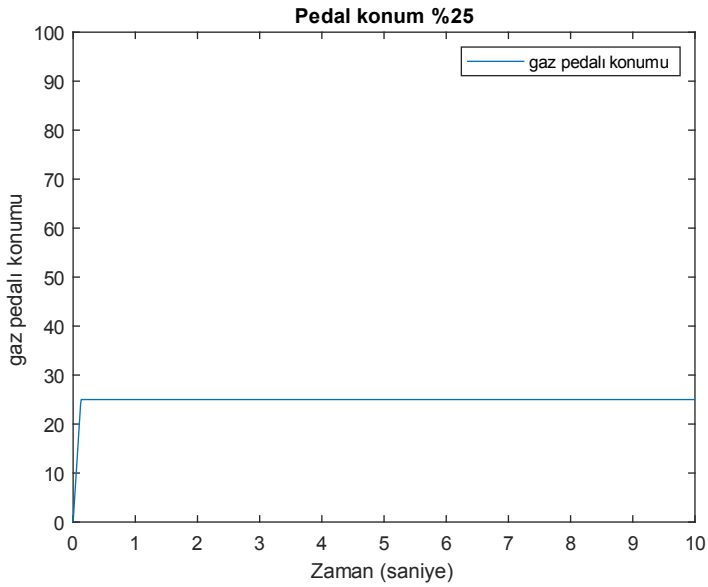
Test

İvmelenme

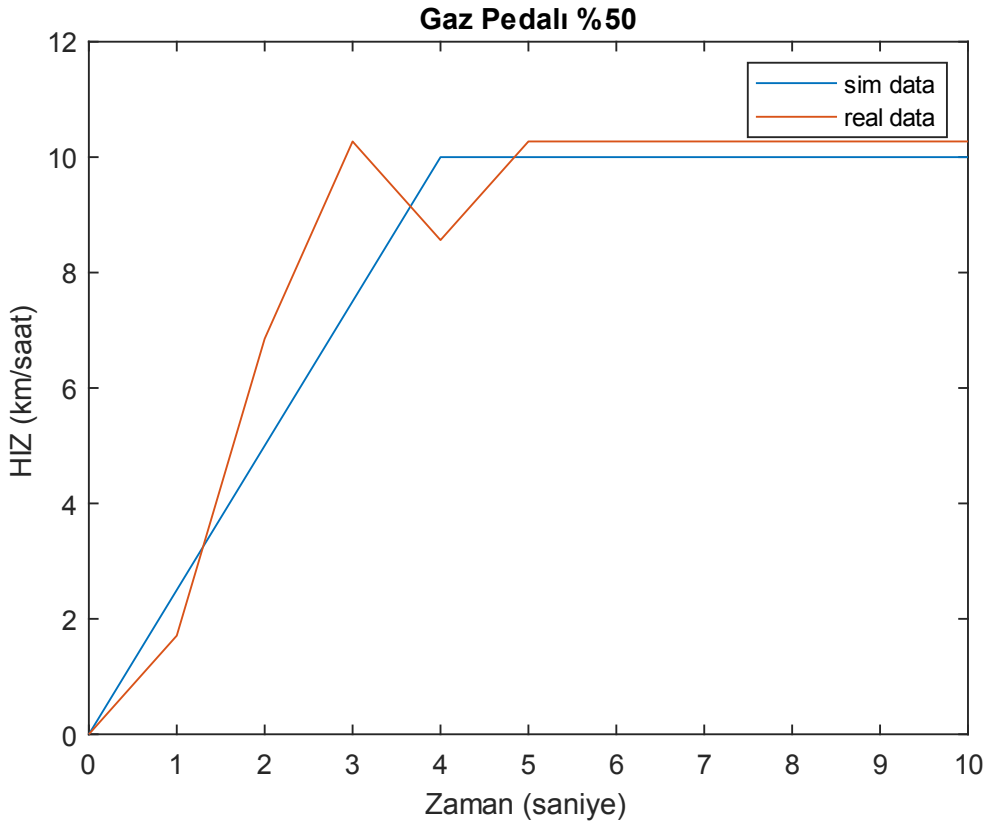
Gaz pedalı %25 konumdayken 10 km hıza ulaşılması



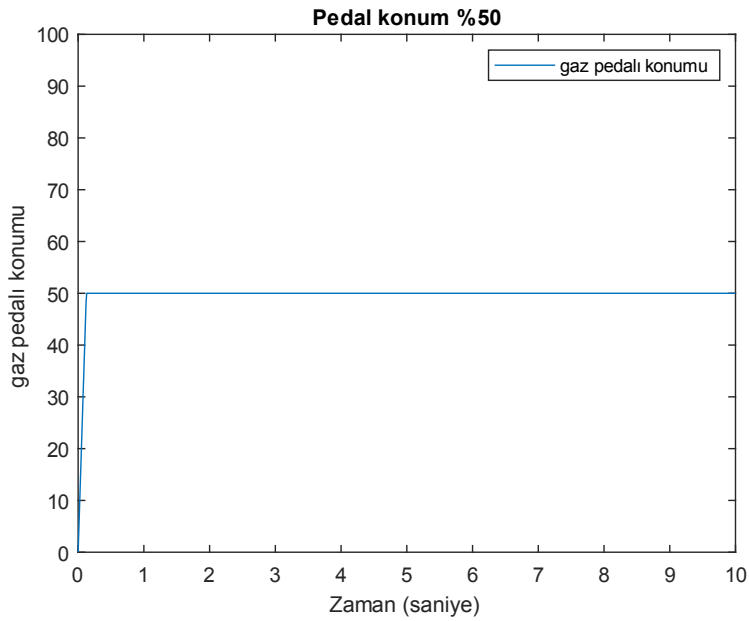
Bu grafikte simülasyondaki aracımızın ortamın idealliği yüzünden doğrusal bir grafik çizdiğini ancak aracımızın doğrusal olmadan ama mantık çerçevesinde 10 km hıza ulaştığını görmekteyiz. Ayrıca kendi üretimimiz olan takometre kartının hassasiyetinden ötürü gerçekteki aracımızın tam 10 km hıza değil de 11- 12 arası bir değere çıktığını görüyoruz.



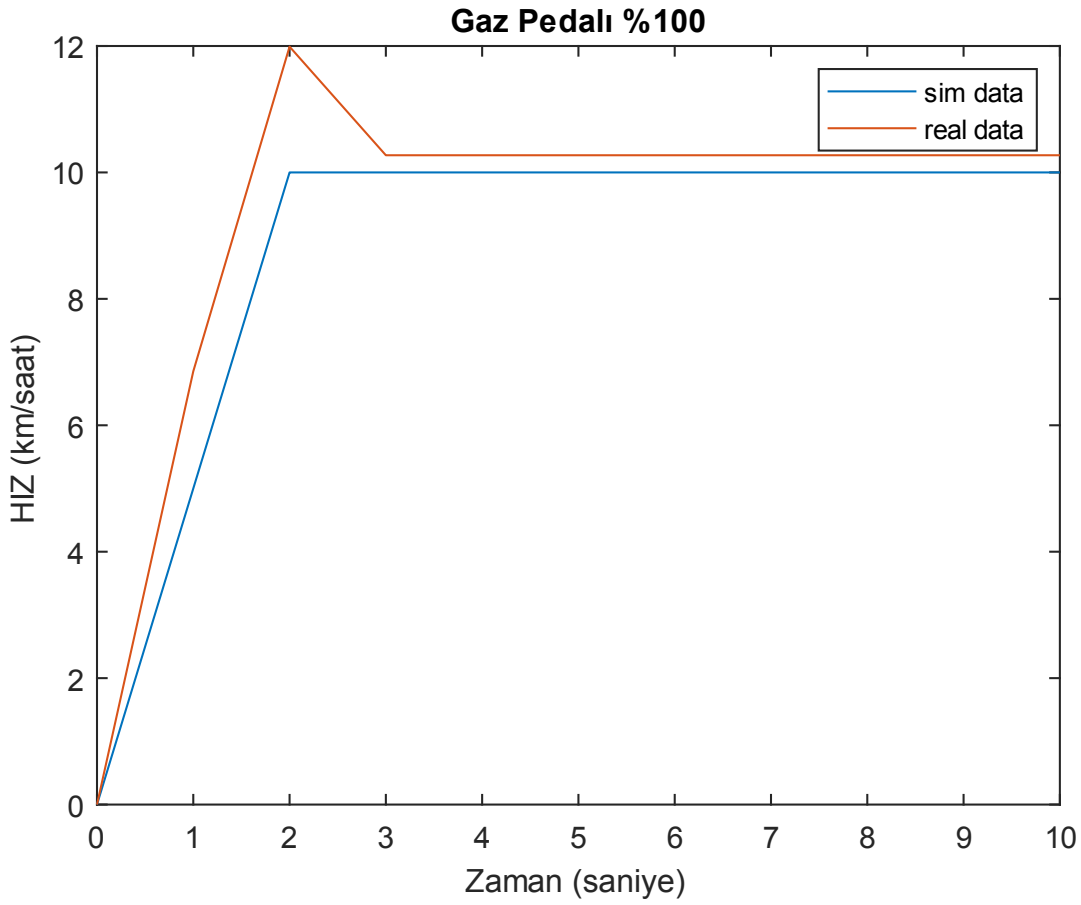
Gaz pedalı %50 konumdayken 10 km hıza ulaşılması



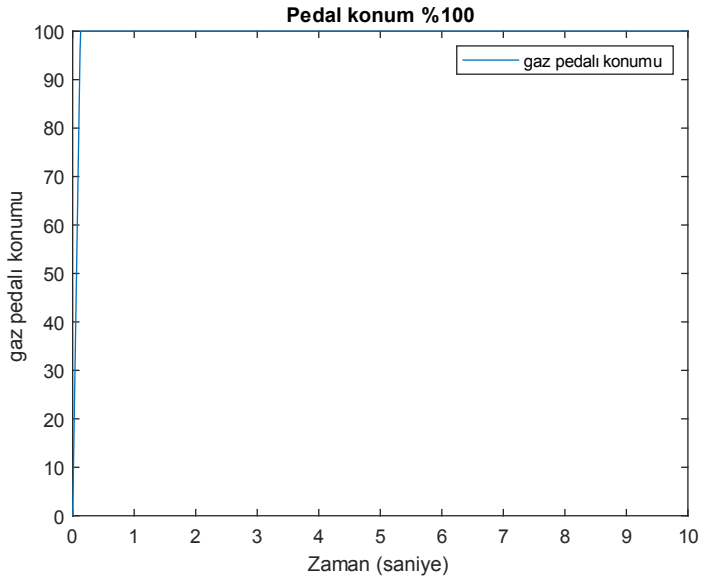
Bu grafiği öncelikle bir önceki %25 gaz pedalı grafiği ile karşılaştıracak olursak hem simülasyondaki aracın hem gerçek aracın 10 km ye yaklaşık 6 saniye daha erken geldiğini görmekteyiz. Simülasyondaki veri yine doğrusal bir şekilde ilerlemektedir ve gerçek aracımızın oluşturduğu grafik %25 gaz pedalı durumuna göre daha doğrusal bir hal almıştır. Bu grafik üzerindeki sorunlarımızdan bir tanesi yol üzerindeki sürtünmeden ya da takometreden kaynaklanan bir hatadan ötürü 4-5 saniye aralarında bir düşüş görmekteyiz.



Gaz pedalı %100 konumdayken 10 km hıza ulaşılması



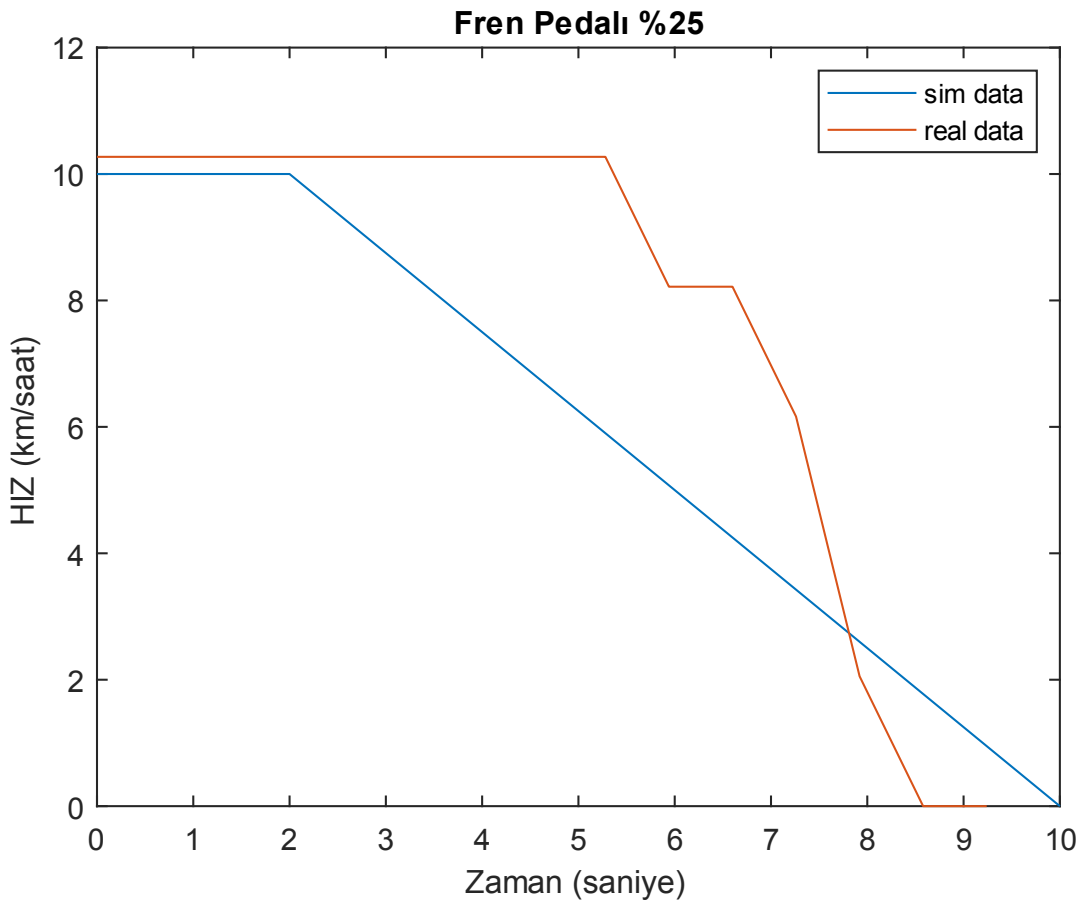
Bu grafik ivmelenme testleri arasında simülasyon ve gerçek araç verileri en yakın olan grafiktir. Bunun sebebi %100 gaz pedalı konumunun daha stabil olması ve yol üzerindeki karşılaştığı dirençlerin eksi etkisini daha hızlı yenebilmesidir. Gerçek araç grafiğindeki 2. Saniyede aracın 12 km hıza çıktığı görülmektedir, bunun sebebi bu durumda ivmenin fazla olmasıdır.



Oluşan problemler ve çözümleri: Gazebo Simülatörü üzerinde modellediğimiz araç ilk zamanlarda ivmelenerek hızlanma durumunun olmadığını gözlemledik. Bu yüzden en çok gerçek hayattaki aracımızın maksimum hız değerine ulaşabilen ve bu hıza ulaşırken ivmelenerek çıkan bir kod yazdık. Bu kodu gerçek hayattaki verilerler karşılaştırdığımızda istenilen hıza ulaşmada olan tutarlılıklarını gördük.

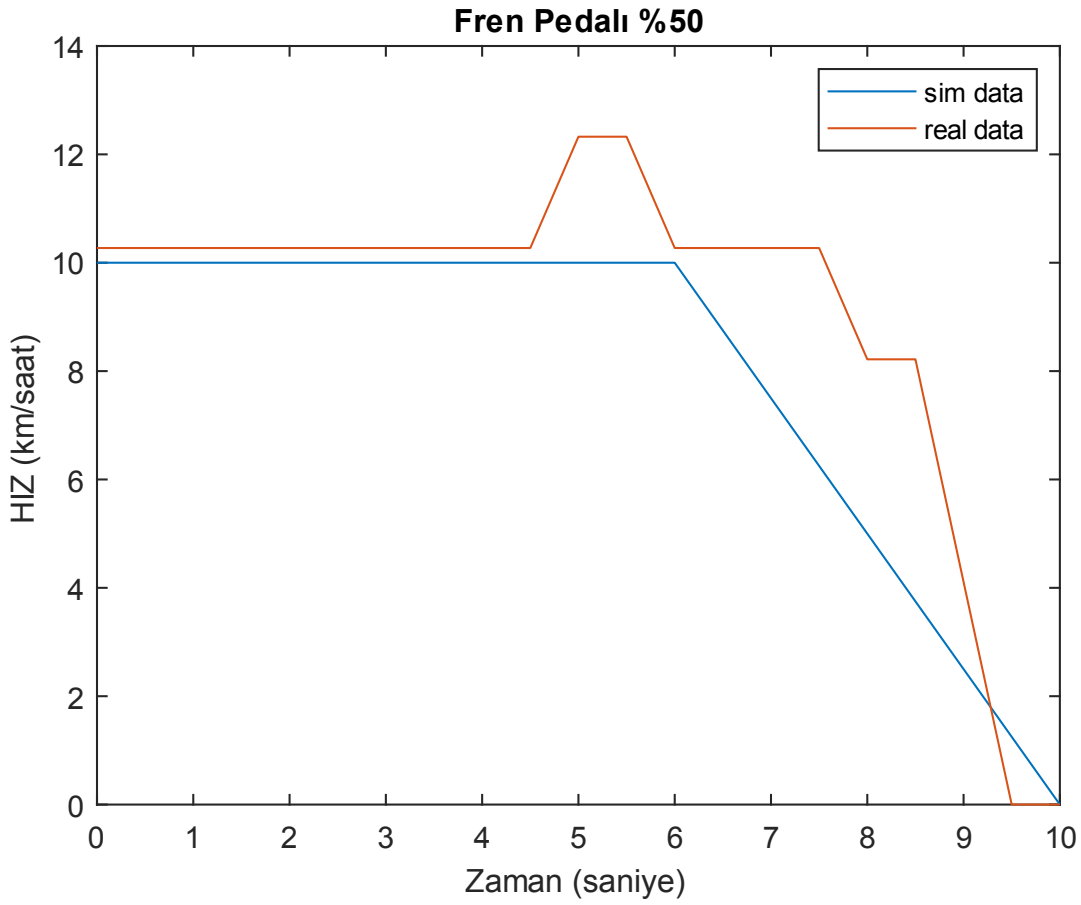
Frenleme

Fren pedalı %25 konumdayken aracın durması



Frenleme testinde elde edilen grafiklerde genel olarak ivmelenme testine benzerlikler görüldü. Bunların sebebi hem gerçekteki frenin simülasyondaki kadar kusursuz çalışamaması hem de ölçülen hızda görülen hassasiyet hatalarıdır.

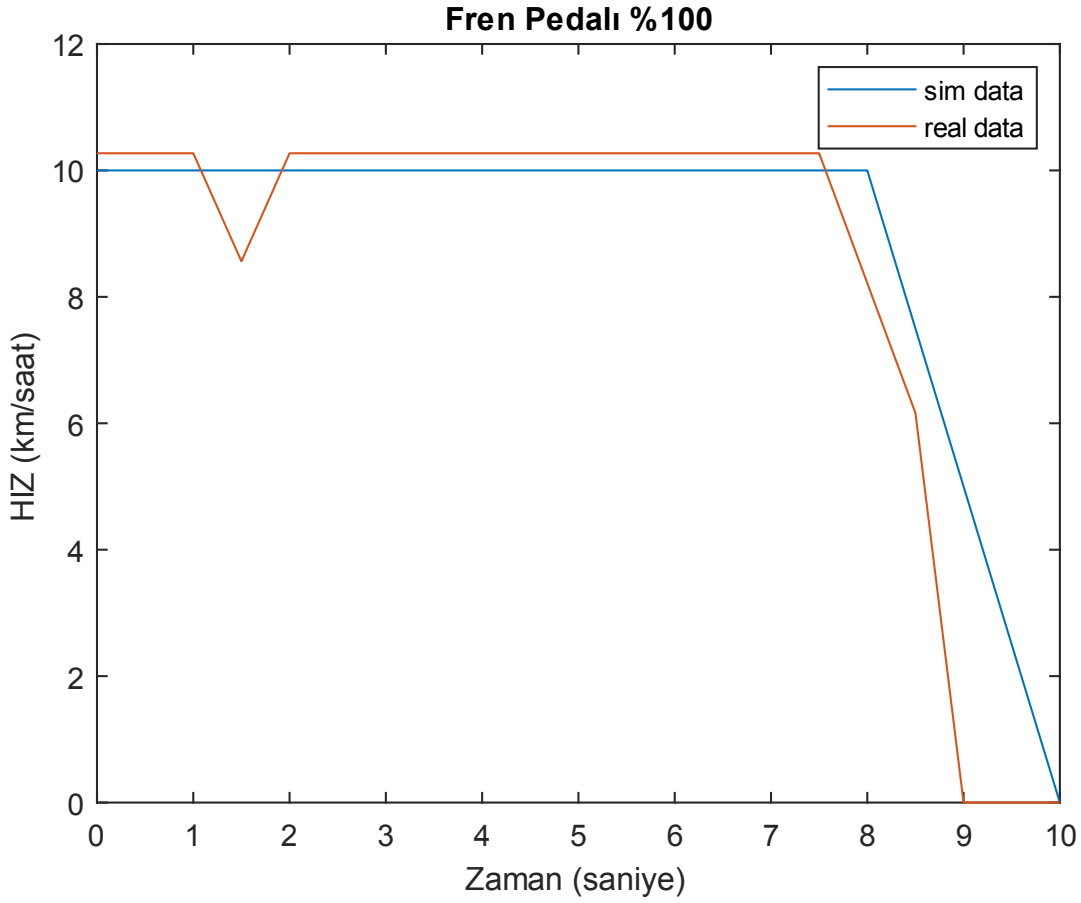
Fren pedalı %50 konumdayken aracın durması



%25 basılı fren durumuna benzer sonuçlar içermektedir. Aracın durma süresi yaklaşık 6 saniyeden 4 saniyeye gerilemiştir. Gerçek hayat verilerinde daha önce görülen dalgalanmalar yine görülmektedir.

TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

Fren pedalı %100 konumdayken aracın durması



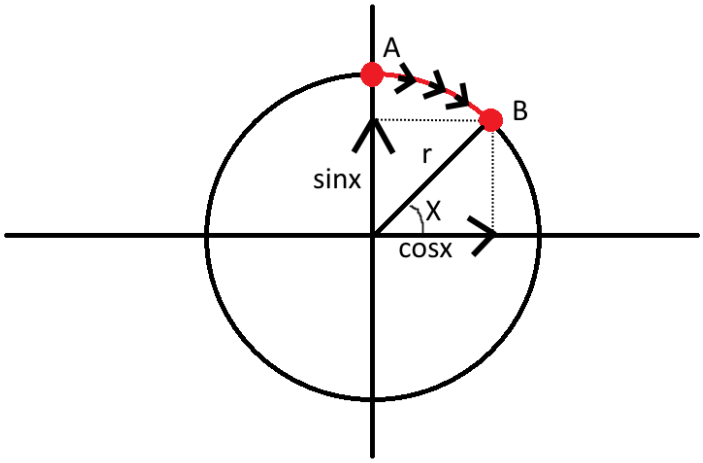
İvmelenme testindeki gibi en iyi sonuç % 100 fren pedalı basma durumunda çalıştı.

Oluşan problemler ve çözümleri: Aracımız ile yapılan ilk denemelerde simülasyon ortamımız olan Gazebo simülatöründe frenleme olayı olmadığından komut olarak bir hız girdisi girilmediğinde hız direkt sıfıra eşit olmaktaydı. Bu sorunu engellemek için gerçekteki aracın karakteristliğine benzeyen yavaşlamamızı sağlayan bir kod parçası yazdık böylece simülasyondaki aracımızı gerçeğe yakınlaştırabilmiş olduk. Ancak Simülasyon üzerindeki hız okumanın kusursuz işlemesi ama gerçekte hızı takometre kullanarak ölçtüğümüz için ve gerçek hayatta yol gereği ön görülemeyen kayıplar yaşanabilceğinden bazı dalgalanmalar görülmüştür.

Yönlendirme

Yönlendirme testlerinde aracın x ve y eksenindeki hareketini bulmak için ackerman yarıçapından ve bazı çember denklemlerinden faydalandık.

Araç sabit bir dönüş açsıyla yol alırsa hareketi sonunda bir çember oluşturmuş olacaktır. Aracın hareketi boyunca çemberin yayı üzerinde gittiğini düşünürsek. Taranan yaydan çember üzerindeki açıyı bulabiliriz. Hesaplamalar yapılırken bu açı kullanılarak yer değiştirmeler bulunabilir.



Görüldüğü gibi aracımız A noktasından B noktasına hareket ederken aldığı yolu takometre ile alabiliriz. Aldığımız bu yol bilgisi ile x açısı bulunabilmektedir.

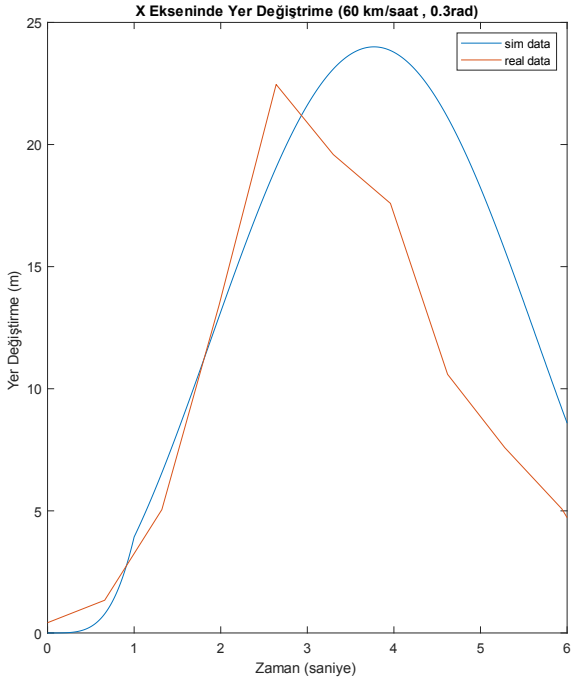
x açısı ile yer değiştirmelerin bulunması:

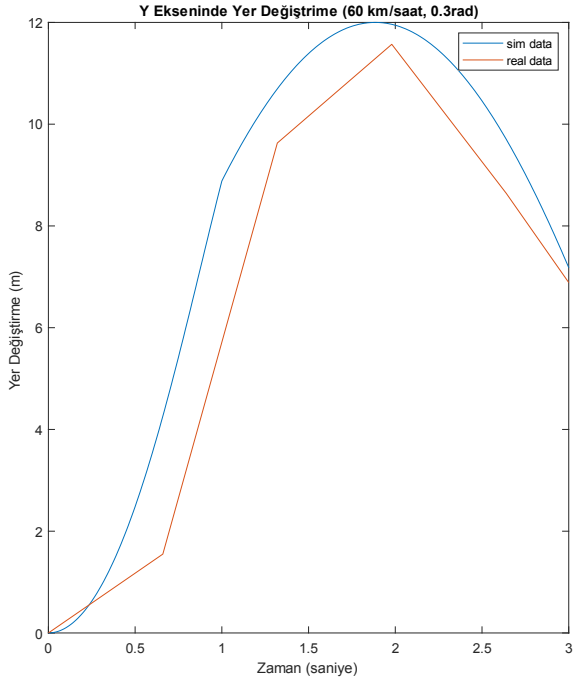
r*cos(x)= x eksenindeki yer değiştirme

r*(1-sin(x))= y eksenindeki yer değiştirme

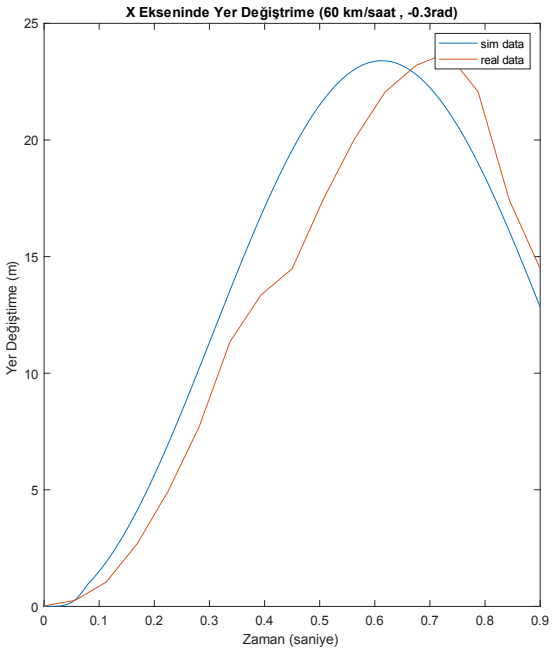
TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

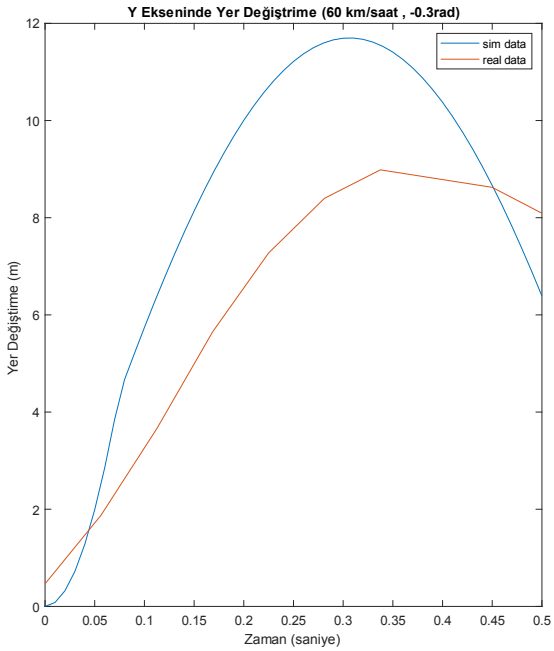
Maksimum hız ile 0.3 radyan döndürülme



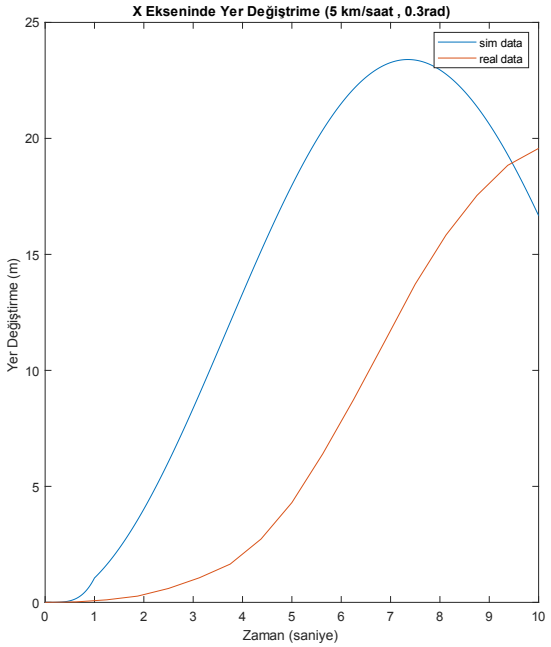


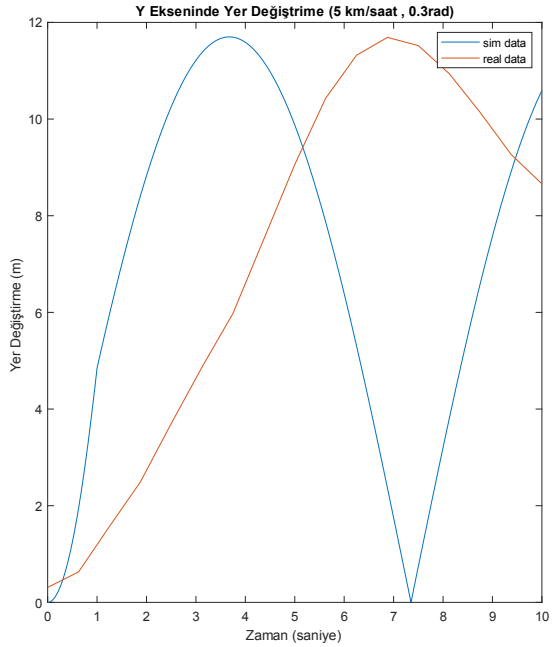
Maksimum hız ile -0.3 radyan döndürülme



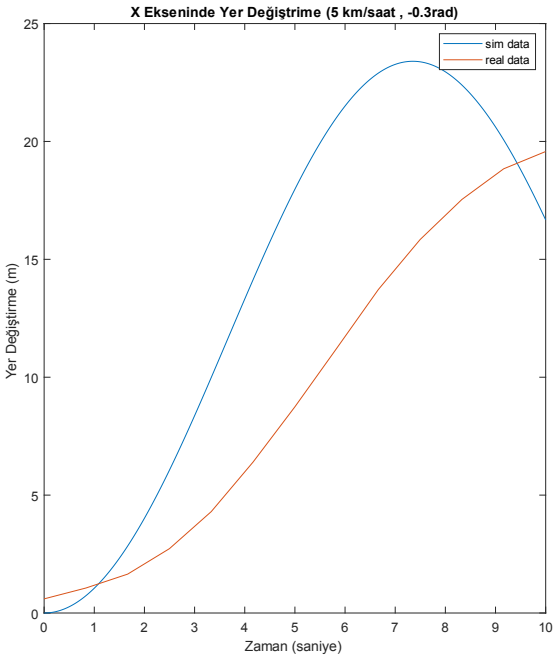


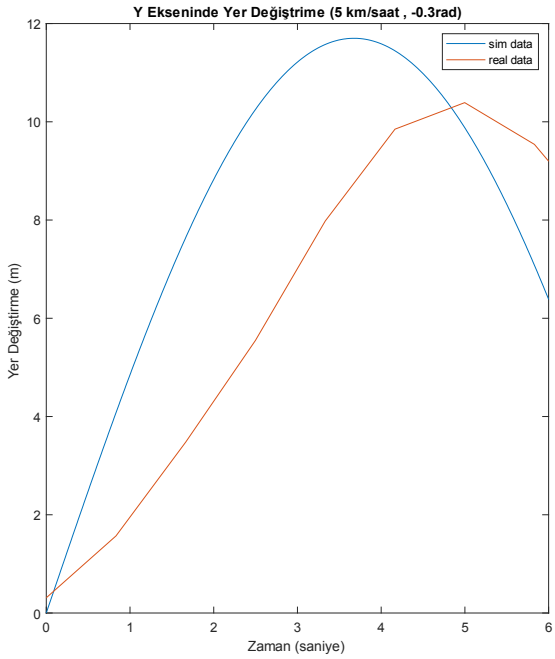
5 km/h ile 0.3 radyan döndürülme



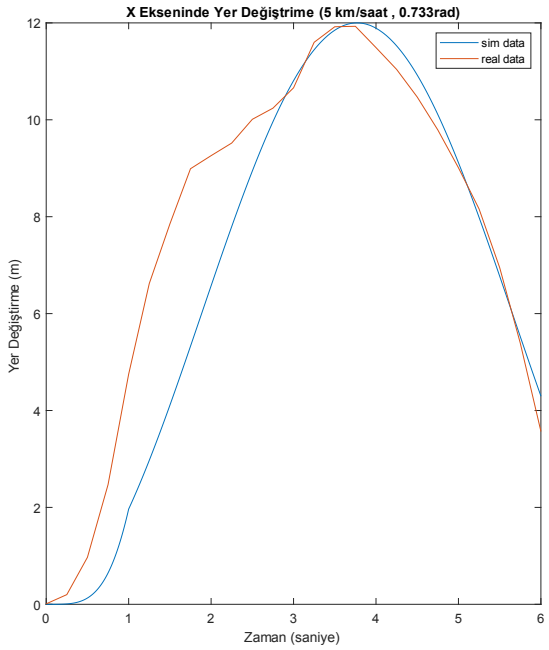


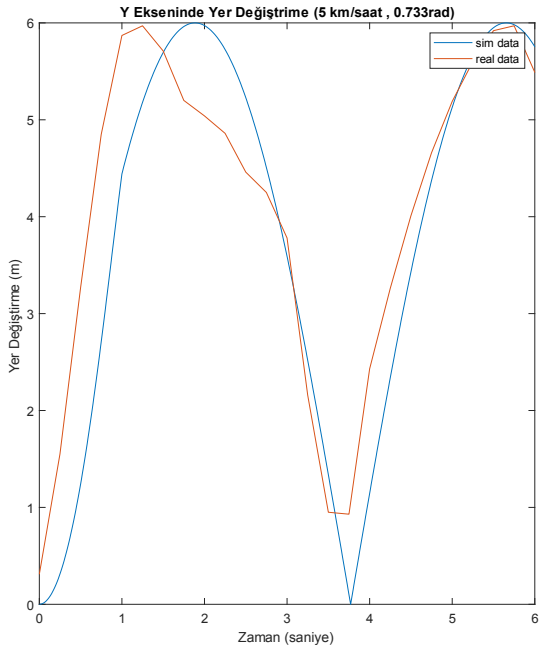
5 km/h ile -0.3 radyan döndürülme



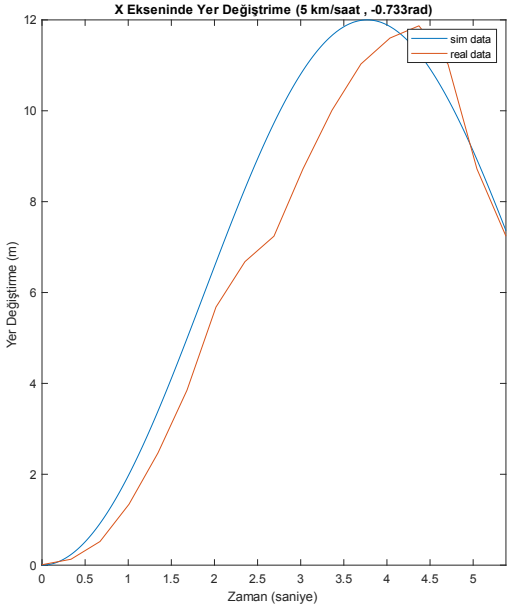


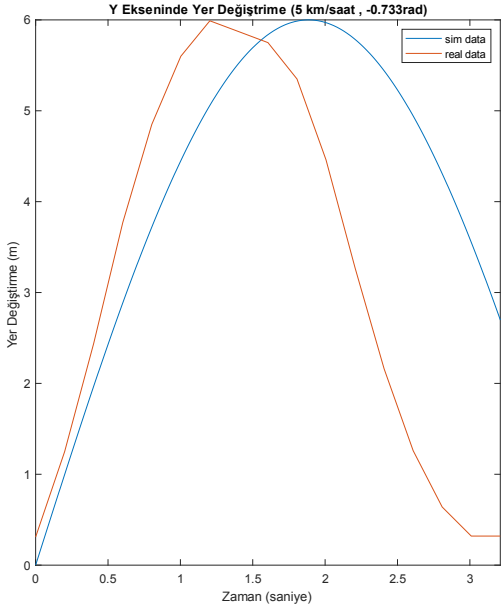
5 km/h ile max döndürülme





5 km/h ile max döndürülme





Oluşan problemler ve çözümleri: Gerçekte aracımızın direksiyon sistemindeki mekanik problemler yüzünden sağa ve sola dönüşlerde hafif sapmalar görülür. Ancak simülasyondaki aracımızda böyle bir sorun olmadığı için sağ ve sola dönüş grafiklerinde bir fark gözlemlenemez.
Bu sorunun kaynağı gerçekteki araçla alakalı olduğu için önümüzdeki süreçte aracımızın gerçekte direksiyon sistemini diğer testlerden farklı olarak bu testte simülasyon ortamına yaklaştırmaya çalışıyoruz.
Grafiklerde görülen x ve y eksenlerindeki değer değiştirmelerinin belli bir saniyeden sonra 0 değerine yaklaşmasının sebebi çizdiğimiz çemberde araç bir turu tamamlamaya yaklaştıkça yer değiştirmesi de 0'a yaklaşacağı için x ve y değerleri de başlangıç konumlarına yaklaşır.

8. Referanslar

https://www.wilselby.com/diy-autonomous-vehicle-project/computer-vision-applications/image-segmentation/
https://github.com/osrf/tensorflow_object_detector
https://github.com/leggedrobotics/darknet_ros
https://www.nvidia.com/tr-tr/autonomous-machines/embedded-systems/jetson-agx-xavier/
https://cdn.teknofest.org/media/upload/diger/YTU%20AESK-LEO.pdf
https://jetsonhacks.com/nvidia-jetson-agx-xavier-gpio-header-pinout/
https://circuitdigest.com/article/cell-balancing-techniques-and-how-to-use-them
https://uk.schurter.com/content/download/2576246/43363290/file/ApplicationNote_BatteryBalancing_EN.pdf
https://www.renesas.com/in/en/document/whp/battery-management-system-tutorial
http://wiki.ros.org/realsense2_camera
https://www.robocombo.com/blog/icerik/arduino-ile-dijital-pusula-yapimi-hmc5883l-manyetik-sensor
https://openzeka.com/urun/rplidar-s1-360-laser-scanner-40-m/
https://medium.com/axinc-ai/yolov5-the-latest-model-for-object-detection-b13320ec516b
https://github.com/ultralytics/yolov5
https://pytorch.org/docs/stable/torch.html
https://habr.com/ru/company/ru_mts/blog/565456/
https://www.imaginarycloud.com/blog/pytorch-vs-tensorflow/
https://python-school.ru/blog/tensorflow-vs-pytorch/
https://github.com/ultralytics/yolov5
https://medium.com/axinc-ai/yolov5-the-latest-model-for-object-detection-b13320ec516b