İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAYLI ULAŞIM ARAÇLARI İÇİN ARAÇ DESTEK BİLGİSAYARI GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LÜTFÜ AKÇİL

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

EKİM 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RAYLI ULAŞIM ARAÇLARI İÇİN ARAÇ DESTEK BİLGİSAYARI GELİŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

LÜTFÜ AKÇİL
518081036

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin GÖKAŞAN

EKİM 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 518081036 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Lütfü AKÇİL** ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"RAYLI ULAŞIM ARAÇLARI İÇİN ARAÇ DESTEK BİLGİSAYARI GELİŞTİRİLMESİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı :	**Prof. Dr. Metin GÖKAŞAN** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
Jüri Üyeleri :	**Prof.Dr.Müjde Güzelkaya** İstanbul Teknik Üniversitesi	.....
	Prof.Dr.Ata Muğan İstanbul Teknik Üniversitesi	.....

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2012**
Savunma Tarihi : **08 Ekim 2012**

Eşime ve kızıma,

ÖNSÖZ

Gelişen toplumlar ve giderek daha kalabalıklaşan şehirlerde toplu ulaşım artık vazgeçilmez bir unsurdur. Raylı sistemler de kent içi toplu ulaşım sistemleri içinde en büyük payı alması gereken gruptur. Bu tezde geliştirilen sistem, ülkemizde çok az çalışmanın yapıldığı raylı sistemlerde önemli bir altyapıyı ve endüstriyi kurmak kararlılığında atılmış küçük bir adımdır.

Bu çalışmada beni destekleyen ve yapılan araştırma ve testler sırasında yardımlarını esirgemeyen İstanbul Ulaşım A.Ş. yönetici ve personeline; destek, yönlendirme ve değerlendirmeleri için Prof.Dr. Metin Gökaşan'a teşekkür ederim.

Ekim 2012

Lütfü AKÇİL
Elektronik ve Haberleşme
Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **vii**
İÇİNDEKİLER ..... **ix**
KISALTMALAR ..... **xi**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xiii**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xv**
ÖZET ..... **xvii**
SUMMARY ..... **xix**
1. GİRİŞ **1**
1.1 Tezin Amacı 7
1.2 Kapsam 9
1.3 Benzer Endüstriyel Sistemlerin İncelenmesi 10
1.4 Mevcut Durumun Değerlendirilmesi 12
1.5 İşletme İhtiyaçlarının Tespiti 13
1.6 Proje Kapsamında Planlanan Faaliyetler 16
2. TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ **17**
2.1 Sistem Bileşenlerinin Belirlenmesi 17
2.2 Uyulması Gereken Standartların Tespiti 18
2.3 Gereklerin Belirlenmesi 19
2.4 Arka Panel ve Kabin Tasarımı (BPC) 24
2.5 Besleme Kartı (PSU) 27
2.6 Veri Kayıt Kartı (DRC) 38
2.7 Haberleşme Kartı (CMM) 41
2.8 Analog Giriş Kartı (AIN) 48
2.9 Digital Giriş Kartı (DIN) 51
2.10 Seri Haberleşme Kartı (SCI) 55
2.11 Enerji Ölçüm Kartı (EMB) 57
3. SONUÇ VE ÖNERİLER **61**
KAYNAKLAR **63**
ÖZGEÇMİŞ **65**

KISALTMALAR

ADB : Araç Destek Bilgisayarı
AP : Access Point – Kablosuz Erişim Noktası
CENELEC : European Comitee for Electrotechnical Standardization
EDGE : Enhanced Data rates for GSM Evolution
GPS : Global Positioning System
GPRS : General Packet Radio Service
IP : Internet Protocol
IRIS : International Railway Industry Standart
LED : Light Emitting Diode
PCB : Printed Circuit Board – Baskılı Devre Kartı
RAM : Random Access Memory – Rasgele erişimli hafıza
RFID : Radio Frequency Identification
RTC : Real Time Clock – Gerçek zaman saati
SPI : Serial Peripheral Bus
TCMS : Train Control and Monitoring System
UNIFE : Association of the European Rail Industry
WI-FI : Wireless Fidelity
VSC : Vehicle Support Computer

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : İstanbul'da inşaatı devam eden raylı sistem projeleri 4
Çizelge 1.2 : İstanbul dışındaki diğer şehirlerde raylı sistemlerin durumu 4
Çizelge 1.3 : İstanbul'da planlanan raylı sistem projeleri 5
Çizelge 1.4 : Hatlara göre araçların dağılımı 12
Çizelge 2.1 : Duaweg aracından okunacak hayati digital sinyaller 51
Çizelge 2.2 : Duaweg aracından okunacak yardımcı digital sinyaller 52

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : İstanbul'da 2023 yılı için planlanan raylı sistem hatları 3
Şekil 1.2 : Bombardier MITRAC TCMS ünitesi..... 10
Şekil 1.3 : Siemens TGMT ünitesi 11
Şekil 1.4 : EKE-Electronics firmasının veri kayıt ünitesi 11
Şekil 2.1 : Rack kabin için elektronik kart boyutları..... 24
Şekil 2.2 : ADB için seçilen 3U yüksekliğinde kabin 25
Şekil 2.3 : DB9 Konnektörde CAN bağlantı diyagramı..... 26
Şekil 2.4 : Arka panel (backplane) bağlantı konnektörü 27
Şekil 2.5 : Arka Panel (backplane) üzerindeki sonlandırma dirençleri 27
Şekil 2.6 : Arka Panel (backplane) PCB tasarımı..... 28
Şekil 2.7 : Kabin ve arka panelin son görünüşü 29
Şekil 2.8 : Besleme kartı +12V gerilim regülatörü..... 31
Şekil 2.9 : Besleme kartı -12V gerilim regülatörü..... 31
Şekil 2.10: Besleme kartı +5V gerilim regülatörü..... 32
Şekil 2.11: Besleme kartı +3.3V regülatörü 32
Şekil 2.12: Besleme kartı +5V_kontrol gerilimi 33
Şekil 2.13: Besleme modülü kontrol işlemcisi ve RS485 arabirimi..... 33
Şekil 2.14: Besleme modülü anahtarlama ve akım ölçüm devresi..... 34
Şekil 2.15: Besleme modülü gerilim örnekleme ve ölçme devresi 34
Şekil 2.16: Besleme kartının blok şeması..... 35
Şekil 2.17: Besleme kartı giriş gerilimi ölçme devresi..... 36
Şekil 2.18: Besleme kartı giriş akımı ölçme devresi 36
Şekil 2.19: Besleme kartı prototipi..... 37
Şekil 2.20: Besleme kartı yazılımı blok şeması..... 37
Şekil 2.21: MR2A16A MRAM entegresi..... 39
Şekil 2.22: Veri kayıt kartı yazılımı blok şeması 41
Şekil 2.23: Veri kayıt kartı seri hafıza ünitesi şeması 42
Şekil 2.24: Veri kayıt kartı prototipi..... 42
Şekil 2.25: Lantronix seri-kablosuz ethernet dönüştürücüsü WiPORT 43
Şekil 2.26: Lantronix WiPort modülü bağlantı şeması..... 43
Şekil 2.27: Telit GC864-Quad V2 GPRS modem..... 44
Şekil 2.28: Telit GC864 QUAD-V2 GPRS modem besleme devresi 45
Şekil 2.29: Telit GC864-Quad V2 GPRS modem bağlantı şeması 45
Şekil 2.30: Telit Jupiter JN3 GPS modülü 46
Şekil 2.31: Telit Jupiter JN3 GPS modül bağlantı şeması..... 46
Şekil 2.32: Haberleşme Kartı RTC (Real Time Clock) bağlantı şeması..... 46
Şekil 2.33: ADXL312 pin diyagramı ve iç blok şeması..... 47
Şekil 2.34: Haberleşme kartı donanımı blok şeması 47
Şekil 2.35: Haberleşme kartı prototipi..... 48
Şekil 2.36: Pozitif analog giriş devre şeması..... 49
Şekil 2.37: Negatif analog giriş devre şeması 50

Şekil 2.38: Digital giriş devre şeması 53
Şekil 2.39: Digital giriş kartı blok şeması 53
Şekil 2.40: Digital giriş kartı yazılımı akış diyagramı 54
Şekil 2.41: Digital giriş kartı prototipi 55
Şekil 2.42: Seri arabirim kartı izole besleme devre şeması 56
Şekil 2.43: Seri arabirim kartı izole bağlantı devre şeması 57
Şekil 2.44: Seri arabirim kartı prototipi 57
Şekil 2.45: Gerilim ölçüm sensörü NV25 giriş devresi 58
Şekil 2.46: Akım sensörü LA100-P için giriş devresi 58

RAYLI ULAŞIM ARAÇLARI İÇİN ARAÇ DESTEK BİLGİSAYARI GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Giderek kalabalıklaşan büyük şehirlerde artan ulaşım ihtiyaçlarına karşı en etkili çözüm raylı sistemlerin geliştirilmesidir. Ülkemizde uzun yıllar ihmal edilen raylı sistemler, son 10 yıl içinde gerek İstanbul başta olmak üzere büyük şehirlerimizde, gerekse TCDD'nin giderek artan yatırım faaliyetleriyle Türkiye genelinde büyük gelişmeler göstermiştir. İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Bursa, Samsun, Eskişehir, Konya, Kayseri, Gaziantep ve Antalya'da hayata geçirilmiş metro, hafif metro ve tramvay projeleri ülkemizde yapılan önemli raylı sistem yatırımları olarak bu sektörün ilerlemesini göstermektedir. Bunların yanı sıra TCDD'nin gerek sinyalizasyon, gerekse yüksek hızlı tren hatlarında yaptığı yatırımlar da bu sektörün geliştiği ve önümüzdeki yıllarda daha da büyüyeceğinin işaretleridir.

Raylı sistemlerin gelişmesi ve yeni projeler, öncelikle araç ihtiyacını gündeme getirmiştir. Yeni projelerin araç temininde yerli payının arttırılması politikası ise ülkemizdeki araç üstü ekipman üretimi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Teze konu olan bu çalışmada metro ve tramvay araçları öncelikli olmak üzere hayati olmayan sistemlerin bir araya getirilerek entegre edildiği bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında geliştirilecek sistemin isterleri için işletme, bakım ve sürdürülebilir yönetim ihtiyaçları bakımından gerek duyulan bilgiler İstanbul Ulaşım A.Ş. Atölye, İşletme, Kurumsal Kaynak Planlama ve Elektrik-Elektronik Tesisler bölümlerindeki tecrübelerden faydalanılarak bir araya getirilmiş, bu şekilde araç destek bilgisayarı içerisinde gerçekleştirilecek olan yapılar ve geliştirilecek olan ürünün fonksiyonel özellikleri belirlenmiştir.

Araç destek bilgisayarı, araç içinde yolcu bilgilendirme, veri kayıt, haberleşme, sinyalizasyon sistemi ile araç arası entegrasyon gibi farklı alt sistemleri tek bir kabinde toplayan ve birbirleri arasında görev ve kaynak paylaşımını gerçekleştiren bir yapıdır. Esnek veri haberleşmesi yapısı sayesinde ileride ihtiyaç duyulacak elektronik kartların tasarımına imkan veren bir altyapıya sahiptir. Bu yapı sayesinde bugün öngörülmeyen alt sistemler, kolaylıkla tasarlanarak yapıya ilave edilebilir.

Rack kabine yerleştirilebilen elektronik kartlar, birbirleri arasında CANbus ile haberleşir. Her kart birbirinden ayrı bir kimlik numarası ile tanımlanır. Araç destek bilgisayarı içinde birden fazla kullanılabilecek aynı tipteki kartlara farklı kimlik numaraları verilir. Tüm kartların beslemeleri, kart üzerindeki bir besleme kontrol devresi tarafından kontrol edilmektedir. Bu devre, besleme kartının kontrolüyle kartı devreye sokar, enerjisini kesebilir, güç tüketimini izler. Bu sayede tüm kartların öncelik sırasına göre devreye girmesi veya çıkması sağlanır.

Araç destek bilgisayarının tasarım sürecinde ilk aşama besleme kartıdır. Besleme kartı 24V besleme ile çalışan ve diğer tüm kartların beslemesini sağlayan bir devredir. Tüm kartların üzerinde bulunan besleme kontrol devresi, besleme kartı tarafından kontrol edilerek diğer kartların çalışmasını denetler. Bu yapı sayesinde

çalışmasına gerek olmayan sistemler devreden çıkartılabilir. Besleme kartı, arka panel üzerinden +12V, -12V, +5V ve +5V_kontrol gerilimlerini diğer kartlara dağıtır. Kartın kontrolünü 32 bitlik PIC32MX775F mikroişlemcisi yapmaktadır. Bu mikroişlemci hem CANbus, hem de besleme modülünü kontrol eden RS485 portlarını denetler, akım ve gerilim ölçümlerini yapar.

Haberleşme kartı, üzerinde bulunan Wi-Fi seri-ethernet dönüştürücü, GPRS modem, GPS modülü, ivme ölçer, gerçek zaman saati (RTC) ile sistemin en fonksiyonel kartıdır. Haberleşme kartı kontrolünü yapan PIC32MX775F mikroişlemcisi, araçtan toplanan verileri kumanda merkezindeki merkez yazılımına wi-fi veya GPRS aracılığıyla aktarır, merkezden gelecek komutları diğer kartlara iletir, GPS üzerinden konum ve saat bilgisini alarak sistem saatini günceller, aracın ani hareketlerini kayıt altına alacak şekilde ivme ölçer çıkışlarını izler.

Digital giriş kartı, aracın farklı sensör bilgilerini okur, zaman etiketi ile kayıt altına alır ve kumanda merkezine iletir. Araç destek bilgisayarında 4 adet digital giriş kartı aynı anda kullanılabilir. Bu şekilde herbirinde 16 bitlik giriş portu olmak üzere araçtan 64 bitlik digital veri okunabilir.

Veri kayıt kartı, diğer kartlardan izole beslemesiyle araçtan toplanan verilerin merkezi yazılıma güvenli bir şekilde aktarılana kadar saklanması görevini yerine getirir.

Seri arabirim kartı, sinyalizasyon sistemi, RFID okuma kontrolörü, yolcu bilgilendirme ekranları, makinist bilgilendirme sistemi gibi araç destek bilgisayarı dışındaki sistemlerle RS232, RS485 veya CANbus aracılığıyla haberleşme görevlerini yerine getirir.

Enerji ölçüm kartı, özellikle işletme ve enerji yönetimi açısından değerli olan aracın cer gücü, yardımcı güç ve fren resistörlerinde harcanan gücün ölçülmesi, zaman ve hat üzerinde bulunulan konuma göre kayıt altına alınmasını sağlar.

Tez çalışmasının sonunda tasarımı yapılan kartların birer prototipi gerçekleştirilmiş, temel yazılım fonksiyonları hazırlanmış ve bir kabin içerisinde çalıştırılmış, laboratuvar testleri başarıyla tamamlanmıştır. Araç üstü ekipman tasarımı konusunda iyi bir örnek olan tez konusu araç destek bilgisayarı tasarımı, ilave kartların tasarımı, sertifika alınması, merkez yazılımların geliştirilmesi ve gömülü yazılımların iyileştirilmesi süreçleri ile gelişmeye devam edecek bir projedir.

VEHICLE SUPPORT COMPUTER DEVELOPMENT FOR RAILWAY ROLLING STOCKS

SUMMARY

Development of the railway systems, is the most effective solution to the needs of the transportation in the inreasingly crowded major cities. Although they have been neglected decades, rail systems have great improvement in last ten years in Turkey and big cities, both by the investments of TCDD and the municipalities. Light rail systems and tramway projects of Istanbul, Ankara, Izmir, Adana, Bursa, Samsun, Eskisehir, Konya, Kayseri, Gaziantep and Antalya shows us the progress of the sector as the significant investments. Besides of them, interests of TCDD both in the signalization projects of existing lines and new high speed lines projects are the signs for future developments in sector for next years.

Developments in railway sector and new projects, causes to the needs for the rolling stocks. Also, policy on using local supplier for rolling stock bids, bring into the open the needs for on board equipments. The subject of this dissertation, a vehicle support computer system has designed with the integration of non-vital sub systems in the metro and tramway vehicles. Requirements are defined in the meaning of operation, maintenance and sustainable management principles in the assistance with department of operation, department of electrical and electronics systems, department of quality and organizastional development. Functional specifications and the sub systems of vehicle support computer are described with these departments contributions.

There are very little number of enterprises that they make investments on rolling stock manufacturing. Tuvasas and Tulomsas are leading enterprises on rolling stock manufacturing sector in Turkey. Both of them are subsidiaries of TCDD. In 2012 Tuvasas and Hyundai-Rotem founded a rolling stock manufacturing factory called Hyundai Eurotem. This factory is still manufacturing vehicles for different project, such as Marmaray and Izban metro cars. İstanbul Ulaşım A.Ş. has also a high floor tramway project for its T4 line. At the end of project, 18 new tramway will produced and delivered to the Istanbul Metropoliten Municipality. Antoher domestic tramway project is "İpekböceği" project, leaded by Durmazlar and Bursa Metropolitan Municipality. These projects proves that railway sector needs lots of local on-board equipment manufacturers. This is the main idea to start such kind of project in this dissertation.

Railway systems has very strict safety rules. These rules has defined by european union in Europe and they are most common standards in Turkey. Unfortunately, there is no any notified body to certify any equipment according to the railway standards. Due to this reason, it very difficult to develop a vital system. Non-vital systems doesn't need safety rules, they needs only regular standards. For this reason, a non-vital system has preferred to design at the beginning. Vehicle support computer is a non-vital system as an on-board electronic system.

Vehicle Support Computer is an integration of different sub-systems such as on-board passenger information system, data recorder, communication, interface with the signalling system etc. It combines them in the same rack and arranges their missions and manages their resources. It allows for future electronic board developments which are not predicted with its flexible communication bus system.

Vehicle support computer has different useage areas in existing projects. First suitable project is tramway tracking and monitoring system for İstanbul Ulaşım T1 line. Purpose of the project is monitoring of vehicle movements in the line and dispatching room for the traffic control staff in mimic panel as usual in rail systems. Vehicle support computer might be the main on-board component for that project instead of discrete electronic components. Second possible project is the renovation project for existing Alstom vehicles in M2 line. These vehicles need on-board passenger information system with a public address system. Vehicle support system might be use in Alstom vehicles as a passenger information system controller. It can get real time position informatin from on-board signalling equipments and it can manage the led passenger information boards and line route maps over the doors.

The electronic boards in the rack cabinet communicates each other via CAN bus interface. Each electronic board is defined with a unique ID number. If any electronic board is used in more than one, each of them has different ID numbers. Power supplies of all boards, controlled by a power control circuitry. This power control circuitry manages startup and shutdown of the board and follows the total power consumption during operation, by this property, all the boards on vehicle support computer activates all boards sequentially. This block is consist of a small microcontroller which has A/D converter and serial interface for RS485 communication, current sensors and operation amplifiers.

The power supply board design is the first stage for the design phase. It uses 24V supply voltage as nominal and it supplies power for all other boards. A separate power supply has used in the laboratory tests, but operation at on-board, power supply board will supplied from low voltage DC bus. Power supply board serves +12V, -12V, +5V and +5V_control to the other boards via the back plane board. It has a 32 bit PIC32MX775F microcontroller for can interface and other RS485 port. PIC32MX775F also measures currents and voltages in the power suppyl board. On the other hand, It controls power control circuitry another electronic boards via RS485 bus, it allows their startup procedure, shut down, and follows their current consumptions.

The communication board is the most functional board in the vehicle support computer with the Wi-Fi serial – to – ethernet converter, GPRS modem, GPS receiver module, accelerometer and real time clock IC. It is also controlled by an 32 bit PIC32MX775F microcontroller . Communication board transfers the collected data from the vehicle to the server software on command center over the wi-fi or GPRS network; it distributes the incoming data from the control center to the other electronic boards; it updates real time clock by the GPS satellite information and it records high accelerations or decelerations.

Digital input board reads from the on-board sensors, it sends the readed information to the data recording board with with a time stamp. These data will transfer over the communication board, if any connection is established with control center. There might be up to 4 different digital input board with a different address in one vehicle support computer. By this option, vehicle support computer can read up 64 bit digital

inputs. In a rolling stock, odometer is the most reliable movement sensor. Odometer generates a square wave signal which its period gives in a certain length of train movement. It should be read by the digital input board, although odometer output pulses is differ from other status signals and it's not a static status signal.

Data record board, with isolated power supply, records whole sampled or measured data until to send them to the command center. Due to this functionality, data record boards always communicates with each board during the operation. Data record board uses new technology magnetoresistive random access memories to store data. These type of memory IC's has very low time constants during both write and read cycles. Also, a MRAM chip don't need to refresh memory periodically. Data record board has also additional serial flash memory for system constants. They are slower IC rather than the MRAM, but they are using only on initialization process. Serial flash memories are used for all other boards initialization constans.

Serial interface board is responsible for the communication with the other on-board equipments via RS232, RS485 or CAN bus interface such as RFID reader controller, passenger information screens, driver information system etc. This board has universal serial port interfaces. There might be different systems need to communicate. Serial interface board can be used for these different needs by its software modification. Serial interface board connections ports are designed in isolated from output sources. This prevents any damage or failure caused by outer electrical connections. Each communication port has an independent dc-dc converter as power sources. Also each data interface has isolated from external sources with optocupler.

Energy measurement board measures and records consumed power in traction converter, auxilary power converter and breaking resistors. It adds a time and position stamp onto this measurement which is valuable for the point of operation end energy management. Energy measurement board uses hall efect current sensors to measure both directions of current from pantograf, traction converter, auxilary converter and breaking resistors. Also catenary voltage (or third rail voltage) measured with a high voltage hall efect sensor. After measuring currents and voltage, controller of measurement board calculates mean power consumption. After all, with a time and position stamp addition, measured values stored in the data record board memory.

A prototype of vehicle support computer has developed at the end of study for dissertation. A power supply board, communication board, digital input board, serial interface board, data record board has implemented successfully. Basic functions of these boards has completed, they tested in a rack cabinet and it passed from the laboratory tests. It is a succesfull prototype as an on-board electronic system.

The progress on this work should be continue with the design of new additional boards, certification process, development of control center software ve improvements in embedded software. In modern systems, ethernet is becoming a standard communication platform. Most of new development is ready for the ethernet communication. The very first study on vehicle support computer might be to develop an cable connected high speed ethernet gateway although it has already an wireless ethernet gateway. Another alternative study might be a powerfull control board based on ARM or PowerPC microprocessor. System may enhance with audio and video output capabilities by this board.

1. GİRİŞ

Raylı ulaşım sistemleri, günümüz dünyasında artan kent içi nüfusun yarattığı yoğun trafik için en uygun çözümdür. İstanbul gibi büyük şehirlerde giderek artan trafik sorunu için herkesin ortak çözüm önerisi yeni raylı sistemler yapılması, insanların bireysel araç kullanımı yerine hızlı, güvenli, konforlu ve ekonomik bir toplu taşıma taşıma sistemi olan metro, hafif metro ve tramvaylara yönlendirilmesidir. 1950'li yıllara kadar ülkemizde de önemli yatırım yapılan şehir içi ve şehirlerarası demiryolu yatırımları, daha sonra karayollarına kaymış, uzun yıllar demiryolları ihmal edilmiştir. Ancak nüfusun hızla arttığı ve kentlere göçün hızlandığı 1980 sonrası dönemde, ulaşım ihtiyaçları karbon temelli yakıtlar kullanan araçlar ile çözülmeye çalışılmış, ancak çevresel sorunlar ve bu kaynakların hızla tükeniyor olması insanları çok daha temiz ve sürdürülebilir bir ulaşım şekli olan raylı sistemlere yöneltmiştir. Bu nedenledir ki İstanbul Büyükşehir Belediyesi hazırlamış olduğu 2009-2014 yıllarına ilişki stratejik planındaki ulaşım hizmetleri yönetimi başlığı altında "kent içi toplu taşımanın hızını ve konforunu arttırmak amacıyla raylı sistem taşımacılığının yaygınlaştırmasına yönelik planlama ve uygulama" faaliyetlerini ilk sıraya yerleştirmiştir[1]. Bunun yanında TCDD'nin de ülkenin pek çok yerinde elektrifikasyon, sinyalizasyon ve hat yapım projeleri devam etmektedir. Halen TCDD'nin işletmekte olduğu 12.000km uzunluğundaki hattın (yüksek hızlı tren dahil) 2011 sonu itibariyle 3159km.'si (%26) elektrifikasyonlu, 3908km.'si (%32) sinyallidir[2]. Buradan da görüleceği gibi gerek şehir içi, gerekse şehirlerarası raylı sistemlere olan yatırımların artarak devam etmesi kaçınılmazdır.

Gerek koşulların değişmesi, gerekse küresel dünyadaki enerji verimliliği ve toplu taşımanın öneminin daha iyi kavranması nedeniyle demiryolu ve kent içi raylı sistem yatırımları artarak devam etmektedir. Ancak ülkemizde uzun yıllar bu sektöre yatırım yapılmamış olması nedeniyle bu alanda yerli sanayi ve bilgi birikimi gelişmemiştir. Son yıllarda küçük çaplı faaliyetler başlamakla beraber yukarıda belirtilen büyüklükteki hedeflerin yerli üretim kaynaklarıyla karşılanması mümkün değildir. Geliştirilen projelerin inşaat dışındaki hemen tüm elektromekanik sistemleri –araç da dâhil omak üzere- büyük oranda yurtdışı üreticilerden sağlanmaktadır.

Yerli ürünlerin ve bu alanda faaliyet gösteren firmaların olmamasını bir diğer nedeni de ülkemizde raylı sistemlerde kullanılacak ürünlere sertifika verebilecek bir sertifikasyon kurumunun bulunmamasıdır. Güvenlik ihtiyacı, demiryolu sektöründe üst düzeydedir. Toplu taşıma olması yüzünden herhangi bir kaza ihtimaline karşı standartların istediği güvenlik seviyesi kuralları kesindir. İşletmeci kurumların da bu konuda son derece hassas olmaları ve risk almamaları nedeniyle bu alanda ürün geliştirmek ve bu ürünü sertifikalandırarak normal işletme altında kullanılabilir hale getirmek uzun, yorucu ve oldukça maliyetli bir süreçtir. Bu nedenle henüz ülkemizde dünya standartlarında raylı sistem sektöründe kullanılabilir, sertifika sahibi elektronik ve yazılım tabanlı ürün üretilememektedir. Geliştirilen ürünlerin Türkiye'de dahi kulanılabilmesi için yurtdışındaki bir belgelendirme kurumundan ürünün testlerinin yapıldığına dair sertifika alınması gerekmektedir.

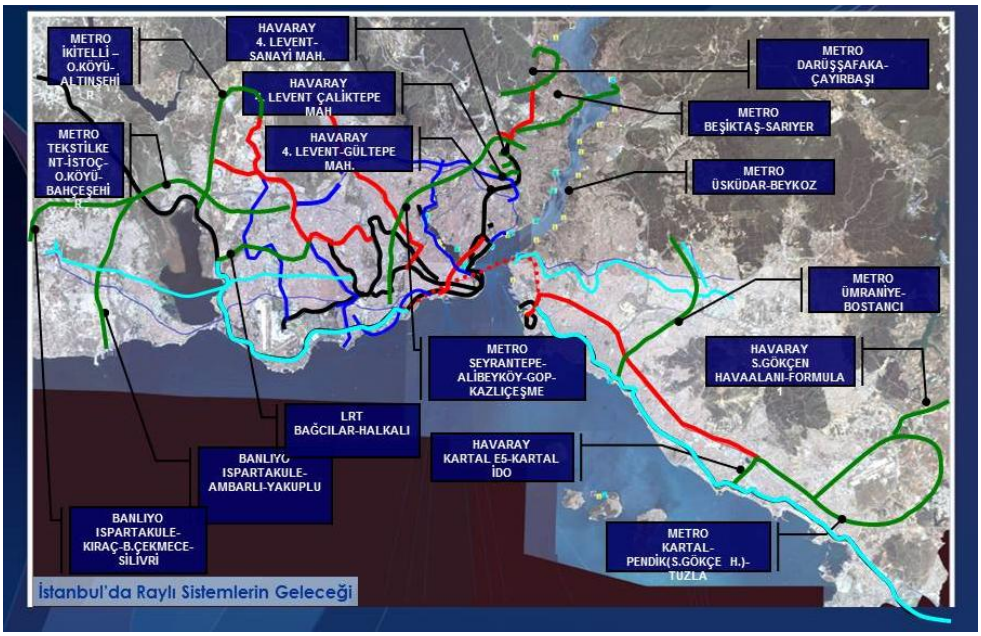
Raylı sistemler genelde şehir içi ve şehirlerarası olarak iki grupta incelenebilir. Her iki türdeki trenlerin farklı özellikleri ve donanımları bulumaktadır. Şehirler arası yolculuklarda yolcunun konforu ve yolculuğunun rahat geçmesi daha önemlidir. Şehir içi raylı sistemler olan metro ve tramvayda ise yolcular kent içinde en kısa sürede varmak istedikeri yere ulaşmak isterler. Bu amaçla yolculuklar daha sık aralıklarla planlanır. Araçlar şehirler arası trenlere göre çok daha kalabalıktır. Yolcuların beklentileri de bu oranda farklıdır. Örneğin şehirler arası trenlerde yolcular televizyon ve müzik yayını ile internet erişimi talep ederken, metrodaki yolcular daha iyi aktarma imkanları daha sık tren seferleri ve daha kolay istasyon-peron erişimleri talep ederler.

Bu çalışmanın hedefi olan araç destek bilgisayarı, şehir içi raylı sistem araçlarında kullanılmak üzere geliştirilmesi hedeflenen bir üründür. Öncelikli olarak sistem dahilinde geliştirilecek alt sistemler metro ve tramvay araçlarında kullanılan sistemlerden seçilecektir. Geliştirilecek ürün yapılacak bazı değişikliklerle, ana hat veya yüksek hızlı trenlerde de kullanılabilecektir. Belirleyici olan özellik ise bilgisayar kapsamında geliştirilecek alt sistemlerin hangi bileşenlerden oluşacağıdır.

Araç destek bilgisayarı alt bileşenlerinin belirlenmesinde belediye ve toplu taşıma işletmecilerine getirilmiş olan bazı zorunluluklar da vardır. 2005 yılında çıkarılan ve özürlülerle ilgili kuralları belirleyen 5378 sayılı kanuna göre Belediyeler ve bağlı işletmeleri, toplu taşıma hizmetlerinin özürlülerin erişilebilirliğine uygun olması için gereken tedbirleri almakla yükümlü kılınmıştır. Araç içinde bulunan anons

sistemleri, varış yeri tabelaları, varılacak istasyonlarla ilgili bilgilendirme panoları bu kapsamda zorunlu hale gelmektedir. Bu nedenle de bu alt sistemler araç destek bilgisayarının öncelikli bileşenleri olmaktadır.

İstanbul Büyükşehir Belediyesinin bir iştiraki olan İstanbul Ulaşım A.Ş. 1989 yılından beri İstanbul'daki raylı sistemlerin bakım, onarım ve işletmeciliğini yapmaktadır. 1966 yılında İstanbul'dan tamamen kaldırılan eski dönem tramvaylarının yerine 1989 yılında yeniden ilk raylı sistem yatırımı yapılmış ve Aksaray-Kartaltepe Hafif Metro (LRT) hattı işletmeye açılmıştır. Bu hat 8 aşamada uzatılarak bugünkü yaklaşık 20km lik yapısına kavuşmuştur. Aradan geçen 23 yıldan sonra İstanbul, 100km. uzunluğundaki metro ve tramvay ağı –TCDD işletmesindeki banliyö hatları hariç- ve 600'den fazla araçla modern ve gelişmiş bir raylı sistem altyapısına doğru ilerlemektedir.



Şekil 1.1 : İstanbul'da 2023 yılı için planlanan raylı sistem hatları

Toplu taşıma ihtiyacını belirleyen en önemli parametre günlük seyahat sayısıdır. İnsanların gün içinde kaç defa, ne uzunlukta seyahet ettikleri ve bu seyahatleri sırasında hangi güzergâhları kullandıkları toplu taşıma sistemlerinin planlanmasında önemli birer kriterdir. Artan nüfus nedeniyle 2009 yılında ortalama İstanbul içinde bir günde 21 milyon yolculuk yapılmıştır. Günlük yolculuk sayısının 2023 yılında ise 35 Milyona ulaşacağı hesaplanmaktadır[3]. 10 yıl içinde %50 ye yakın oranda artması beklenen kent içi seyahat ihtiyacını karşılamak için mevcut yol ve altyapının yeterli olmayacağı ortadadır. Bu nedenle yeni toplu taşıma imkânlarının

geliştirilmesi zorunludur. Bu amaçla İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı ve İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından yürütülen fizibilite çalışmalarına göre 2023 yılına kadar İstanbul'da Çizelge 1.2 ve Çizelge 1.3 de belirtildiği gibi 614 km raylı sistemin devreye alınması planlanmıştır. İstanbul'un tüm bölgelerine raylı sistemlerle ulaşılabilmesi ve tüm sistemlerin entegre olması yönetimlerce hedeflenmiş, gerek İstanbul Büyükşehir Belediyesi Raylı Sistemler Daire Başkanlığı, gerekse İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından yeni hatlar için yolculuk talep analizleri ve proje fizibilite etüdleri üzerinde çalışmalar devam etmektedir.

Çizelge 1.1 : İstanbul'da inşaatı devam eden raylı sistem projeleri

Hat Adı	Türü	Uzunluğu (Km)
Kadıköy Kartal	Metro	26
Otogar Kirazlı	Metro	5,8
Kirazlı Olimpiyat Köyü	Metro	15,9
Şişhane Yenikapı	Metro	5,2
Üsküdar Ümraniye	Metro	18
Aksaray Yenikapı	Metro	0,7
Marmaray	Metro	76,3

İstanbul'daki çalışmaların yanında Ankara, İzmir, Bursa ve Kayseri gibi şehirlerdeki raylı sistem projeleri de devam etmekte ve sektörün büyüklüğü artmaktadır. Çizelge 1.2'de İstanbul dışındaki şehirlerde raylı sistemlerin durumu belirtilmiştir.

Çizelge 1.2 : İstanbul dışındaki diğer şehirlerde raylı sistemlerin durumu

İşletmeler	Uzunluğu (Km)	Araç Sayısı	İstasyon Sayısı
Ankara Metrosu (Metro)	14,6	108	12
Ankaray (Metro)	8,7	33	11
Burulaş (Metro)	30,9	78	31
İzmir Metro (Metro)	11,5	45	10
Burulaş (Tramvay)	2,2	3	9
Konya (Tramvay)	18,9	60	31
Kayseri (Tramvay)	17,5	52	28
Eskişehir (Tramvay)	16	23	26
Antalya (Tramvay)	11	14	16
Samsun (Tramvay)	15,7	16	21
Gaziantep (Tramvay)	15	10	13
Adana (Tramvay)	11	36	13

Bu şehirlerde genellikle yolcu yoğunluğunun az olması nedeniyle tramvay işletmeciliği ön plana çıkmaktadır. Ankara, İzmir, Bursa, Kayseri ve Adana'daki raylı sistem projelerinin yeni etapları devam etmekte ve bu şehirlerde de raylı sistem ağını genişletme çalışmalarına önem verilmektedir. Bu projeler genelde belediyelerin ekonomik imkânlarıyla gerçekleştirilmektedir.

Çizelge 1.3 : İstanbul'da planlanan raylı sistem projeleri

Hat Adı	Türü	Uzunluğu (Km)
İhale Aşamasındaki Hatlar		
Bakırköy Beylikdüzü	Metro	24,5
Yenikapı Bakırköy	Metro	7
Bakırköy Bahçelievler Bağcılar	Metro	9
Kabataş Mahmutbey	Metro	21
Ataköy İkitelli	Metro	14,3
Dudullu Bostancı	Metro	12,2
Kirazlı Halkalı	Metro	9,43
Eminönü Alibeyköy	Tramvay	9,6
Proje Aşamasındaki Hatlar		
Kazlıçeşme - Söğütlüçeşme	Metro	40,3
Söğütlüçeşme - Bakırköy	Metro	28
Mahmutbey-Halkalı	Metro	9,25
Pendik – Sabiha Gökçen Havalimanı	Metro	8,12
Kadıköy - Sultanbeyli	Metro	20,5
Başakşehir-Kayabaşı-Olimpiyat	Metro	5,25
Üsküdar - Beykoz	Metro	15
Olimpiyatköy - Kayabaşı	Metro	5,46
Beşiktaş - Sarıyer	Metro	14,6
Hacıosman - Çayırbaşı	Metro	2,7
Bakırköy Beylikdüzü Uzantısı	Metro	0,9
Büyükçekmece – Silivri	Metro	48
Çekmeköy – Taşdelen	Metro	5,2
Sultangazi – Başakşehir	Metro	2
Şişhane – Kabataş	Metro	1,7
Esenyurt-Beylikdüzü-Avcılar	Metro	10,5
Çekmeköy-Sancaktepe-Sultanbeyli	Metro	9
Sabiha Gökçen - Tuzla (osb)	Metro	6,8
Edirnekapı Vezneciler	Tramvay	3,9

Raylı sistemlerin en önemli unsurlarından biri araçlardır. Hattın yapım işleri genel olarak bir inşaat projesidir ve bu konuda Türkiye'de son derece yetkin kurumlar bulunmaktadır. Hatta bu kurumlar edindikleri tecrübelerle uluslarası ortaklıklar kurarak yurtdışı projelerde de önemi işler yapmaktadırlar. Dubai Metrosu ve Varşova Metrosu gibi büyük projelerde Türk inşaat firmaları yüklenici olarak müteahhitlik yapmaktadırlar.

Araç üretimi konusunda Türkiye'nin en eski kurumları TCDD nin iştiraki olan Tülomsaş (Türkiye Lokomotif ve Motor Sanayi A.Ş.) ve Tüvasaş (Türkiye Vagon Sanayi A.Ş.)'dir. 2010 yılından itibaren Tüvasaş ile Hyundai-Rotem arasında işbirliği ortaklığı kurulmuş ve Tüvasaş tesislerinde faaliyete geçen Hyundai Eurotem ana hat ve metro vagonları üretimine başlamıştır. Büyük hissedarı Hyundai-Rotem firması olan tesiste ağırlıklı olarak montaj ve test işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Türkiye'de halen İstanbul Ulaşım A.Ş. ve Bursa Büyükşehir Belediyesi ile Durmazlar A.Ş.-Siemens işbirliği ile yürüyen iki adet yerli tramvay üretimi projesi yürütülmektedir. İstanbul Ulaşım A.Ş., İstanbul Büyükşehir Belediyesinin desteği ve talebi ile T4 Topkapı – Habipler hattında kullanılmak üzere 18 adet yüksek tabanlı tramvay tasarım ve imalatı projesine devam etmektedir. Benzer şekilde Durmazlar A.Ş.'de Bursa Büyükşehir Belediyesinin talebi üzerine Bursa'da kullanılmak üzere bir tramvay tasarımına devam etmektedir. Her ne kadar adı tramvay da olsa ortaya çıkacak ürünler farklı ihtiyaçlara cevap verecek ürünler olacaktır, bu nedenle rekabet yerine karşılıklı işbirliği daha önemlidir.

Raylı sistemler konusunda yerli tedarik imkânları kısıtlıdır. Bu konu Ulaştırma bakanlığı ve belediyeler tarafından da maliyet ve dışa bağımlılığı artırıcı bir unsur olarak değerlendirilmiştir. 2012 yılı mart ayında yapılan Ankara Metrosu Araç Alım İhalesinde ilk defa yerli üretim şartı konulmuş ve 324 aracın ilk 75'inde %30, kalan 249 araç için %51 yerli üretim yapılması istenmiştir. İhaledeki yerli imalat koşulu gereği toplam 391 M$ lık ihalenin yaklaşık 180M$ lık kısmı yerli kaynaklardan karşılanacaktır. Türkiye'deki sanayi kuruluşları, fırsat verilirse daha yüksek yerli ürün oranlarını da gerçekleştirebileceklerini söylemektedirler. Bu proje, yerli sanayi firmaları için hem iyi bir fırsat, hem de zor bir sınav olacaktır.

Tez konusu çalışma, Ankara Metrosu Araç ihalesiyle başlayan ve bundan sonra devam etmesi planlanan yerli üretim şartıyla araç alınması ve yerli üreticilerin

desteklenmesi amacına yönelik olarak, raylı sistem araçlarında kullanılabilecek alt sistemleri modüler olarak barındıran bir "Araç Destek Bilgisayarı" geliştirilmesini amaçlamaktadır. Buradaki "bilgisayar" ile ifade edilen tek bir kontrol kartı ve işlemci değil, birbirlerine entegre edilmiş farklı kontrol sistemlerinin bütünüdür. Projenin yaratacağı katma değer hem teknolojik olarak bilgi birikimi yaratılması, hem de potansiyel olarak yeni araç projelerinde yerli kaynaklarla ürün teminine imkân vermektir. Araç içinde kullanılacak destek sistemin araç başına toplam maliyeti kullanım miktarına göre 200.000TL (yaklaşık 80.000€) yi bulabilmektedir. Projelerden edinilen hat uzunluğu – araç ilişkisi incelendiğinde ortalama 20 km lik bir Metro hattı için (istasyon sayısı, ray geometrisi ve işletme sıklığına bağlı olmakla birlikte) 120 ile 150 arasında araç gerekmektedir. Nüfusun artışı ve gelecek talep projeksiyonları hesaba katıldığında İstanbul'un 2023 yılındaki araç ihtiyacı 5500 civarında olması beklenmektedir. Bir aracın 1.2 Milyon €'luk satınalma maliyetini baz alırsak sadece İstanbul'da 600km raylı sistem hedefine ulaşırken yaklaşık 6 Milyar € araç alımı için harcanacaktır. Bu tezde geliştirilen proje aracın hayati bir sistemi olmayacağı için tüm araç üreticileri tarafından kullanılabilecek bir ürün olacaktır. Bu da böyle büyük bir pazarda kendisine iyi bir yer bulabilecek değerli bir ürün olacağının işeretidir.

Demiryolu araçları oldukça büyük ve karmaşık mekatronik sistemlerdir. Bir demiryolu aracında frenleri ve kapıları hidrolik veya pnömatik olarak kontrol edilir. Aracın tahrik sistemi yüksek güçlü DC veya asenkron elektrik motorlar ve bunların elektronik sürücüleri kullanılarak gerçekleştirilir. Ayrıca kontrol sistemi, yolcu bilgilendirme, sinyalizasyon, anons, telsiz, ısıtma/soğutma, güvenlik ve daha pek çok elektrik-elektronik sistem birbiriyle uyumlu bir şekilde çalışır. Bu karmaşık yapı doğal olarak yoğun bir yazılım ve kontrol ihtiyacı gerektirir. Araç destek bilgisayarı ise bu yapı içerisindeki pek çok ayrık yapının bir araya getirilerek entegre edilmiş halini ifade eder.

1.1 Tezin Amacı

Raylı sistem projelerinde genelde araç üreticileri aracı teknik şartnamenin izin verdiği ölçüde araç maliyetini düşürebilmek için en sade haliyle üretir ve işletmeci kuruma teslim eder. İşletme şartları ve zamanla gelişen ihtiyaçlar nedeniyle de işletmeci kurumlar zaman zaman bu araçlar üzerinde bir takım sistemler ilave etmek

zorunda kalırlar. Araç işletmecisi için buradaki ilk büyük sorun farklı üreticilerin sistemlerini araçta kullanmak zorunda kaldığında bu sistemlerin birbirlerine entegre edilmesidir. Bu sistemlerin herbiri de ayrı birer bilgisayar içerir ve araç üzerinde genel performansının çok küçük bir oranıyla çalışmakta olan çok sayıda bilgisayar sistemi kurulur. Ayrıca her sistemin kendi ayrı kontrolörü, giriş / çıkış arabirimi, besleme kaynağı vs. üniteleri kullanılıyor olduğundan hem kaynak, hem de enerji kaybı yaratılmaktadır. Araç üzerinde bu kadar çeşitli sistemlerin montajı ve kablolaması için yer bulunması da ayrı bir sorundur. Zaman içinde bu sistemlerin bakım, onarım ve sürdürülebilir işletme maliyetleri, kurulum maliyetlerinin üzerine çıkar, böylece sistemler işletmeci tarafından birer problem kaynağı olmaya başlar. Burada yapılması gereken, işletmeci kurumun, standartların, şehrin, firma kurallarının ve genel olarak yolcuların beklentilerini dikkate alarak bütün bu sistemlerin optimum maliyetle ve uygun konfigürasyonlar şeklinde, gerektiğinde genişletilebilir bir yapıda geliştirilmesidir. Yolcu bilgilendirme için ayrı, anons için ayrı, enerji ölçümü için ayrı, veri toplama ve depolama için ayrı sistemler kurulması yerine tek bir sistem içinde farklı fonksiyonları yerine getirebilecek bir yapı kurulması daha verimli olacaktır. Bu amaçla tez konusu olan "Araç Destek Bilgisayarı" geliştirilmesi projesi ele alınmış ve projenin tasarım ve geliştirme kısımları incelenmiş ve prototip üretimine hazır hale getirilmiştir.

Raylı ulaşım araçlarında kullanılacak "Araç Destek Bilgisayarı", beslemesini aracın akü grubunun da bağlı olduğu DC düşük gerilim barasından alan bir sistemdir. Araç Destek Bilgisayarı en genel haliyle aracın hareket ve durum bilgilerini toplar, enerji tüketimini izler, yolcu bilgilendirme fonksiyonlarını yerine getirir, makinist performansını izler ve raporlar, makinist bilgilendirme cihazı olarak kullanılır, araçtan topladığı verileri güvenli bir şekilde saklar ve önceden belirlenmiş zamanlarda kumanda merkezindeki veritabanına otomatik olarak aktarır. Bu en temel özelliklere ilave olarak sinyalizasyon sistemi entegrasyonu, konum belirleme ve hat boyu ekipmanları ile kablosuz haberleşme, araç içi kamera sistemi, araç otomatik sürüş modülü gibi ilave modüllerle zenginleştirilecek bir yapı hedeflenmiştir. Tez kapsamında araç destek bilgisayarının tasarımı yapılacak ve en temel bileşenlerinin prototipleri hazırlanacaktır. Bu tezde amaç projenin tamamını gerçeklemek değil, araç destek bilgiayarının tasarımını gerçekleştirmektir. Tezin tamamlanmasının ardından araçlarda kullanılması ve ticari bir ürün haline getirilmesine karar verilirse

standartlara uygun şekilde elektronik kartların üretimi, yazılımların geliştirilmesi ve testleri gerçekleştirilecektir. Standartlara uygun olmayan cihazların araç üstünde kullanılması güvenlik açısında kabul edilemez. Olası bir kötü durumda sorumluluk işletmeciye ait olacağından araçta kullanılacak tüm ekipmanların sertifikasının alınmış olması zorunludur. Bu nedenle tasarım sürecinde standartların öngördüğü şartlar gereken test ve tasarım dökümanları belirtlenecektir.

1.2 Kapsam

Araç Destek Bilgisayarı pratikte her araç için özelleştirilmesi gereken, bu nedenle de sistem üreticileri tarafından proje tabanlı olarak geliştirilen sistemlerin bütününü içerecek şekilde tasarlanacaktır. Bu konudaki pek çok ürün belirli alanlarda uzmanlaşmış ve tek başına araç üzerindeki bir sistemin sorumlusu olarak tasarlanan cihazlardır. Araç Destek Bilgisayarının rakiplerinden üstün olmasını sağlayacak özelliği modüler yapısı sayesinde kolaylıkla genişletilebilen ve yeni özellikler ilave edilebilen bir cihaz olmasıdır.

Araç Destek Bilgisayarı bir kabin içinde yer alan ve bir arka panele (backplane) soketlerle monte edilen ayrı ayrı tasarlanmış farklı kartlardan oluşan bir yapıdır. Projede gerçekleştirilen yapılar sırasıyla:

a. Besleme kartının tasarımı (PS)
b. Veri kayıt kartının tasarımı (DR)
c. Haberleşme kartının tasarımı (Comm)
d. Digital giriş kartının tasarımı (DI)
e. Seri arabirim kartının tasarımı (SC)
f. Enerji ölçüm kartı (EM)
g. Arka panelin tasarımı (BP)
h. Kabin ve şasenin mekanik tasarımıdır

Tasarıma başlarken en önemli kriter, sistemin genişlemeye uygun olmasıdır. Geliştirilecek olan tüm kartlar birbirleri ile bir bus yapısı üzerinden haberleşeceklerdir. Burada endüstri standartları olan bus yapıları incelenecek ve bunların içinde proje için uygulanması en uygun olan seçilecektir. Araç üzerinde

toplanacak anlık veriler veri kayıt kartında saklanacaktır. Bu verilerin değerlendirilebilmesi için bilgisayar ortamına alınması da gerekecektir. Bu nedenle araç üstündeki haberleşme kartından hem seri haberleşmeyle kablolu olarak taşınabilir bir PC'ye, hem de wi-fi veya GPRS bağlantısı ile kumanda merkezinde bulunan merkez yazılımına TCP/IP protokolü ile veri aktarımına olanak sağlayacak bir yazılım geliştirilecektir.

1.3 Benzer Endüstriyel Sistemlerin İncelenmesi

Raylı ulaşım araçlarında kullanılan sistemler en genel anlamda iki grupta incelenmektedir:

a. Araç üreticilerinin geliştirdikleri tren kontrol ve izleme sistemleri

b. Farklı alanlarda uzmanlaşmış firmaların geliştirdikleri ayrık çözümler.

Araç üreticilerinin geliştirmiş oldukları sistemler asgari çözümleri sağlayan ve daha çok aracın kontrolüne yönelik fonksiyonları düzenleyen yapılardır. Genelde Araç kontrolörü ve diğer çevre birimlerle haberleşme ve kontrol görevini yaparlar. Bombardier firmasınn EBI CAB, Thales'in Altrac, Rotem'in TCMS, Siemens'in TGMT, Dimetronic'in Futur3000 gibi sistemleri aracın izlenmesi ve kontrolü yanında üretilen veri kayıt sistemi (juridical recorder), yolcu bilgilendirme, anons, araç içi eğlence ve bilgilendirme, enerji yönetimi gibi farklı modüllerle iletişim halinde aracın daha verimli işletilmesini sağlar.



Şekil 1.2 : Bombardier MITRAC TCMS ünitesi



Şekil 1.3 : Siemens TGMT ünitesi

Bu ürünlerin yanında raylı sistem sektörüne ürün geliştiren firmaların başka ürünleri de mevcuttur. Bu ürünler genellikle belirli amaçlara yönelik bağımsız ürünlerdir. Diğer sistemlerle entegre olmaları zordur. Bu nedenle de işletmede olan araçlarda montajları ve devreye alınmaları zordur, genellikle bağımsız sistemler olarak kurulurlar ve kendi başlarına çalışırlar. Veri aktarımı için özel yazılımlar ve haberleşme ortamları kullanırlar.



Şekil 1.4 : EKE-Electronics firmasının veri kayıt ünitesi

1.4 Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

İstanbul Ulaşım A.Ş., işletmesi altındaki T1 – T4 – M1 – M2 – M3 – M4 hatlarında sırasıyla Bombardier tramvayı, Alstom tramvayı, RTE tramvayı, Duaweg tramvayı, Rotem tramvayı, ABB LRT aracı, Rotem metro aracı, Alstom metro aracı ve CAF metro aracı olmak üzere 614 adet araç ile hizmet vermektedir. Bu araçların yaşları 1 ile 36 arasında değişmektedir.

Çizelge 1.4 : Hatlara göre araçların dağılımı

Üreticisi	Hattı	Yaşı	Adet
ABB	M1-LRT	23	105
Bombardier	T1-Tramvay	10	55
Duaweg-Siemens	T4-Tramvay	36	32
Rotem	T4-Tramvay	4	34
RTE	T4-Tramvay	12	3
Alstom	T1-Tramvay	3	37
Alstom	M2-Metro	10	32
Rotem	M2-Metro	4	92
Alstom	M3-Metro	1	80
CAF	M4-Metro	1	144
Toplam			614

Çizelge 1.4'den görüleceği gibi İstanbul Ulaşım A.Ş. tarafından 10 ayrı tipte 614 adet araç kullanılarak işletme yapılmaktadır. Bu araçların bir kısmında yolcu bilgilendirme ve anons sistemi üretici tarafından monte edilerek gelmiştir. Ancak veri kaydı, enerji ölçümü, sürüş performansı değerlendirmesine yönelik ilave uygulamalar bulunmamaktadır.

Teze konu proje kapsamında geliştirilecek Araç Destek Bilgisayarı, tüm hatlarda kullanılmaya uygun ve sistem performansının hatlar arasında ölçülebilir büyüklüklerle karşılaştırılmasına imkân verecek verilerin üretilmesi için gerekli bir üründür.

Özellikler tramvay hatlarında zaman zaman meydana gelen kazalar sonunda adli soruşturmalarda da kayıtlarına başvurulan veri kayıt sistemleri kullanılmaktadır. Uluslararası terminolojide "Juridical Recorder" olarak da adlandırılan kayıt cihazları çarpışma, yangın, nem ve sıcaklık gibi ortam faktörlerinden bağımsız olarak ve en az

3 gün süreyle araçtaki tüm hareketleri izler ve kayıt altına alırlar. Tramvay hatlarının kaza risklerinin yüksek olması nedeniyle İstanbul Ulaşım A.Ş. yönetimi de teze konu edilen projeyi desteklemektedir ve proje çıktılarının öncelikle T1 ve T4 hatlarındaki araçlarda uygulanması öngörmektedir.

Araç Destek Bilgisayarı modüler bir yapıda tasarlanacaktır. Bu sayede her bir hat veya araç tipinde kullanım için istenen kartlar ilave edilebilir veya çıkartılabilir. Bu esneklik, araç çeşitliliği bakımından çeşitlilik gösteren olan firma envanterine uyum sağlarken proje çıktılarının yayılımı sürecinde de kurulumda büyük kolaylıklar sağlayacak, yeni kullanıcılara özgü özelleştirmelerde büyük zaman tasarrufu yaratacaktır.

M1, T1 ve T4 hatlarında trenler makinist tarafından sürülmektedir. Bu nedenle işletme performansı gerek sefer tablosunu tutturma anlamında, gerekse enerji tüketimi bakımından makinistin sürüş tarzına doğrudan bağlı olmaktadır. Bu kriterlere göre değerlendirme yapabilmek için de elimizde bulunan yegâne veri sefer süreleridir. Ancak giderek artan enerji fiyatları ve şirketin en büyük gider kalemlerinden biri olan elektrik kullanım miktarı bu konuda makinistlerin sürüş performansının değerlendirilmesini ve enerji etkin sürüş yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle tramvay ve LRT hatlarında kullanılması gerekli olan enerji ölçüm arabirimi de araç destek bilgisayarının modüler yapısına uygun olarak geliştirilecektir.

Araç destek bilgisayarının araçtaki diğer sistemlerden veri alması ve bunları uygun formatta depolaması bir zorunluluktur. Bu veri aktarımının en kritik uygulaması ise araç üstü sinyalizasyon ekipmanlarından alınan verilerdir. Aracın gidiş istikameti, istasyon isimleri ve benzeri bilgileri sinyalizasyon sisteminden alarak yolcu bilgilendirme ve makinist bilgilendirme sistemine aktarmak araç destek bilgisayarının görevidir.

1.5 İşletme İhtiyaçlarının Tespiti

İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin envanterindeki 10 farklı araç için tek bir karmaşık yapının kurulması yerine modüler bir yapı kurularak, genişlemeye açık ve sadece gerekli modüllerin kullanılabileceği bir yapı hedeflenmiştir. Örneğin araç üstü sinyalizasyon sistemi olmayan bir araçta sinyal sistemi entegrasyonu için bir arabirim bulunması

gerekli değildir, bu arabirim kartına ihtiyaç kalmamaktadır. Aynı şekilde yolcu bilgilendirme sistemi olmayan bir araca da yolcu bilgilendirme ile ilgili kartı takmadan daha basit ve ekonomik bir yapı kurulacaktır. İşletmede en çok önem verilen konulardan biri de araçlardaki bakım kolaylığı ve sefere engel arıza çıkaracak ekipmanların az olmasıdır. Araç destek dilgisayarında kullanılan arabirim kartları ve tüm sistemin beslemesi araçtan galvanik olarak izole edilecektir. Dolayısıyla aracın elektrik sisteminde meydana gelebilecek bir sorun araç destek bilgisayarına, bilgisayarın kartlarında oluşabilecek herhangi bir sorun da araca herhangi bir şekilde zarar vermeyecektir.

Araç destek bilgisayarının farklı araç tipleri için farklı beklentilere cevap vermesi projenin hedeflerindendir. Bu beklentiler:

- Atölyenin bakım periyotları ve raporlarını otomatik ve daha az işgücü harcayarak hazırlaması
- İşletme birimlerinin araç/makinist performansını ölçmeye yönelik çalışmalarına destek olması
- Bakım periyotlarının bilimsel bir değerlendirmeden sonra optimize edilmesi
- Yolcu konforuna yönelik EN 13816 – Yolcu Taşımacılığında Hizmet Kalitesi Standardına uygun yolcu bilgilendirme, anons ve yönlendirme donanımlarına yönelik ihtiyaçların karşılanmasıdır.

T1 Kabataş- Bağcılar tramvay hattında herhangi bir sinyalizasyon sistemi bulunmamaktadır. Bu hatta kullanılan tüm araçlarda yolcu bilgilendirme sistemi de araç üreticisi tarafından sağlanmıştır. Bu hatta kumanda merkezinde aracın izlenmesine yönelik bir ihtiyaç bulunmaktadır. Bu nedenle T1 hattı, aralarında öncelikle aracın konumunun hat üzerinde doğru olarak tespit edilmesi, bu bilginin anlık ve doğru olarak kumanda merkezine iletilmesi, araçlardan gelen bu bilgilere göre de hat üzerindeki trafiğin dispeçerlerin alışkın oldukları sinyalizasyon ekranı benzeri mimik diyagrama aktarılması gerekli görülmektedir. Kumanda merkezindeki sistem tarafından araçlardan gelen konum ve bazı durum bilgilerinin de kayıt altına alınması, kapıların durumunun izlenmesi, ivmelenme ve frenleme zamanlarının tespiti, aracında sürüş hızının, aktif sürücü kabininin ve araç yönünün izlenmesi istenemektedir. Ayrıca aracın konumunun tespiti için GPS verisi yerine konum tespitinin daha kararlı bir metodla yapılması gereklidir. Bahsedilen kumanda merkezi

donanım ve yazılımı bu proje kapsamında olmamakla beraber, aracın konumunun tespiti, araç üstü sensör bilgilerinin merkeze iletilmesi, gereken hallerde araca bilgi yollanması araç destek bilgisayarı aracılığıyla yapılacaktır. Bunlara ilave olarak tamamen makinist kontrolünde olan tramvayın, enerji tüketimi ile makinist sürüş performansı arasındaki ilişkinin ortaya çıkarılması; bunun için de aracın konum, hız ve zaman bilgilerine ilave olarak motor sürücüsü, yardımcı güç konvertörü, geri kazanım enerjisi ve fren rezistörlerinde harcanan enerjinin periyodik bir şekilde kayıt altına alınması gerekmektedir.

T4 Topkapı - Habipler tramvay hattında da T1 Kabataş-Bağcılar hattındakine benzer ihtiyaçlar mevcuttur. Bu hatta çalışmakta olan Rotem üretimi araçlarda yolcu bilgilendirme sistemi bulunmamaktadır. Bu araçların hat üzerinde konum tespiti yapıldıktan sonra araç içi yolcu bilgilendirme ve anons sistemi de araç destek bilgisayarının üstleneceği fonksiyonlar olacaktır. Benzer şekilde T4 hattında da sinyalizasyon sistemi hatta bulunan donanımsal sorunlar nedeniyle halen devreye alınamamaktadır. Bu amaçla trafik yönetiminin hattaki hareketlerin izlenmesine yönelik tramvay takip sistemi T1 hattında olduğu gibi T4 hattında da devreye alınmalıdır.

M1 Aksaray – Havalimanı hattında sabit bloklu sinyalizasyon sistemi bulunmakla beraber, araç içi ve istasyonlarda yolcu bilgilendirme sistemi bulunmamaktadır. Ayrıca yoğun bir hat olmasına karşın (günlük 200.000 yolcu) bu hatta da otomatik sürüş yoktur ve enerji izleme sistemi makinist sürüş desteği üretebilmek için gereklidir.

M2 Taksim – Hacıosman hattında bulunan 92 adet Rotem Metro aracında yolcu bilgilendirme ve anonsa sistemi araçla beraber gelmiştir ve aktif olarak kullanılmaktadır. Bu hatta daha önce kullanılmakta olan 32 adet Alstom Metro aracının da sinyalizasyon sistemi entegrasyonu yapılmalı ve araç içi yolcu bilgilendirme ve anons sistemi devreye alınmalıdır. Yolcu bilgilendirme sistemi ve anons sisteminin gerçekleştirilmesi için hem araç içi led ekranların geliştirilmesi, hem de araçta bulunan sinyalizasyon sistemi ekipmanlarıyla haberleşerek aracın hattın üzerindeki konumunu ve seyahat yönünü öğrenmek, anons sistemi ve led ekranlarda kullanılacak mesajları bu verilere göre belirlemek gerekmektedir. M2 hattında trenlerde otomatik sürüş olduğundan bu hatta pilot olarak birkaç araçta enerji ölçümü yapılması istatistiksel veri üretimi için yeterli olacaktır. Burada elde

edilecek veriler yeni hatların planlanması aşamasında enerji etkin bir hat profili tasarımı ve sinyalizasyon sistemi tasarımındaki kriterleri belirleyecektir.

M3 Kirazlı – Başakşehir – Olimpiyat hattı ve M4 Kadıköy –Kartal hatlarında yolcu bilgilendirme ve otomatik sürüş sistemi, sinyalizasyon sistemiyle entegre olarak çalıştığından ilk etapta araç destek bilgisayarına ihtiyaç duyulmayacaktır. Ancak enerji tüketimi izleme için birkaç araçta istatistiksel veri üretimi için kullanım imkânı mümkündür.

1.6 Proje Kapsamında Planlanan Faaliyetler

İşletme ihtiyaçlarının incelenmesinden sonra Araç Destek Bilgisayarı için öncelikli olan sistemlerin geliştirilmesi uygundur. Bu sistemler tamamlandıktan sistemin genişlemesine yardımcı olacak ilave modüller geliştirilecektir.

Bu projede öncelikli olarak:

a. Arka Panel ve modüller arası haberleşme altyapısı tasarımı (BPC)
b. Besleme Kartı tasarımı ve gerçeklenmesi (PSU)
c. Veri kayıt kartının tasarımı ve gerçeklenmesi (DRC)
d. Haberleşme kartının tasarımı ve gerçeklenmesi (CMM)
e. Analog Giriş Kartı (AIN)
f. Digital giriş kartının tasarımı ve gerçeklenmesi (DIN)
g. Seri arabirim kartının tasarımı ve gerçeklenmesi (SCI)
h. Enerji ölçüm kartı ve gerçeklenmesi (EMB)

Proje kapsamında olmayan, ama ürünün ticari olarak değerlendirilebilmesi için gerekli olan sertifikasyon süreci proje planının dışında tutulmuştur. Sertifikasyon, uzun ve maliyeti yüksek bir süreç olduğundan, ürünün fonksiyonel olarak kendini ispatlamasından sonra projenin uygulanması sürecinde başlatılması gereken bir süreçtir.

2. TASARIMIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

2.1 Sistem Bileşenlerinin Belirlenmesi

Araç destek bilgisayarının alt bileşenlerinin belirlenmesi için işletme ihtiyaçları ve prototip cihazın kullanılacağı araçtaki ihtiyaçların tespiti gereklidir. Bununla beraber Arka panel (backplane) tasarımı, kartlar arası haberleşme yapısı, kabin tasarım ve seçimi, besleme kartı, haberleşme kartı, veri kayıt kartı, dijital giriş kartları her durumda geliştirilmesi ve kullanılması gereken bileşenlerdir.

Araç destek bilgisayarının tasarımının ardından aktif olarak kullanılabileceği birkaç alternatif proje bulunmaktadır:

- T1 hattı için geliştirilen "Tramvay Takip Projesi" araç üstü ekipmanı olarak,
- M1 hattında çalışan ABB araçları için yolcu bilgilendirme ve anons sistemi kontrolörü olarak,
- M2 hattında çalışan Alstom metro araçlarının yenilenmesi kapsamında yolcu bilgilendirme sistemi kontrolörü olarak.

Halen devam etmekte olan 3 proje içinde ABB araçları ve Alstom Metro araçları için yolcu bilgilendirme sistemlerinde daha çok araç üzerinde LED ekran, anons için kablolama ve bilgilendirme panolarının geliştirilmesi süreci devam etmektedir. Dolayısıyla Araç Destek Bilgisayarının uygulanabileceği en kısa vadeli proje T1 tramvay hattının Tramvay Takip Sisteminde araç üstü ekipman olarak kullanılmasıdır.

Tramvay takip sistemi; araçta bulunan bir Radyo Frekanslı ile Tanımlama (RFID) alıcı ünite vasıtasıyla, hat üzerinde belirlenmiş noktalara yerleştirilen RFID etiketlerinden alınan veriler kullanılarak aracın hangi bölgede olduğunun tespiti yapılacaktır. Bu sırada aracın odometresinden her 5 metre yol alındığında okunan bir kare darbe sinyal sayesinde gidilen mesafe ve aracın hızı da tespit edilecektir. Hat üzerinde hangi noktada bulunduğu, anlık hızı ve gidiş yönü ile ilgili bilgiler kumanda merkezine iletilir. Aracın kapılarının açık olup olmadığı da araç kontrol

bilgisayarının 24VDC seviyesindeki bir çıkışından okunur. Aracın hangi taraftaki sürücü kabininin aktif olduğu (A veya B kabini) ve aracın kuplaj yapmışsa hangi kabin tarafından kuplaj yaptığı da ADB tarafından aracın üzerindeki 24V kontak çıkışlarından okunur. Bu sırada aracın enerji tüketimine yönelik pantoğraf gerilimi ve akımı da okunur ve zaman etiketiyle birlikte kaydedilecektir. Tüm bu bilgiler ADB tarafından Kumanda Merkezindeki sisteme iletilecektir. Kumanda merkezi ile haberleşme için araç depo veya bakım alanındayken Wi-Fi bağlantısı, hat üzerinde işletmedeyse GPRS modem ile GSM şebekesi kullanılacaktır. Bu sistemin çalışması için gerekli olan kumanda merkezi yazılımı bu proje kapsamı dışındadır.

2.2 Uyulması Gereken Standartların Tespiti

Araç Destek Bilgisayarı, araç üstünde kullanılacak bir ekipman olduğu için hem raylı sistem standartlarına, hem de raylı sistem araçlarının uymaları gereken standartlara uygun olmalıdır.

- EN-50155 ➔ Railway applications- Electronic equipment used on rolling stock
- EN-50121 ➔ Railway applications- Electromagnetic compatibility
- EN-50124 ➔ Railway applications - Insulation coordination
- EN-50126 ➔ Railway applications- The specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)
- EN-60297 ➔ Mechanical structures for electronic equipment - Subracks and associated plug-in units
- EN-61373➔ Rolling stock equipment – Shock and vibration tests

Alt sistemlerin kendi fonksiyonelliklerini test etmek için farklı standartlar da vardır ancak bir raylı sistem aracında araç üstü ekipmanı olarak kullanılacak araç destek bilgisayarının bu standartlara göre geliştirilmesi, test edilmesi ve kullanılması uygundur. Raylı sistem araçları için Amerikan, Japon, Alman ve bazı başka standartlar da bulunmakla beraber, ülkemiz şartlarında Avrupa Birliğinin kabul ettiği CENELEC standartları yeterli olacaktır.

Raylı sistemlerle ilgili olarak pek çok ülkede farklı standartlar ve kurallar uygulanmaktadır. Bu nedenle geliştirilecek ürünün uluslararası şartlarda rekabet

edebilmesi için tüm ülkelerde tanınan bir sertifikası veya belgesi olmalıdır. Bu amaçla alınacak IRIS sertifikası, bir ürünün uluslararası pazarlara satılabilme şansını arttırır. IRIS, Avrupa toplu Taşımacılar Birliği UNIFE'nin 2005 yılında kurduğu bir gruptur. IRIS, "International Railway Industry Standart"ın kısaltmasıdır. Bu sertifika, raylı sistemler alanında tasarım ve üretim yapan firmalara belirli izleme süreçlerinin sonunda verilmektedir. IRIS sertifikası olan bir kurum, ürettiği ürünlerin kalitesi ve yetkinliği için IRIS tarafından denetlenir ve objektif kriterlere göre uygun görüldüğü takdirde IRIS logosunu firma tanıtımları ve ürünlerinde kullanır. Bu sertifikayı almak ürünü kullanmak adına bir zorunluluk olmamakla birlikte, ürünün ve üreticinin tescil edilmesi anlamında önem taşır.

2.3 Gereklerin Belirlenmesi

Araç destek bilgisayarı tasarımının ilk aşaması sistemin genel isterlerinin belirlenmesidir. Gerekler belirlenirken ilk olarak prototip uygulamanın yapılacağı tramvay takip sistemi gözönüne alınmakla beraber, diğer uygulama alanları da dikkate alınacak ve ilave kartların ve özelliklerin eklenebilmesi için modüler tasarım yapılmaya dikkat edilecektir. Tasarım sırasında ele alınacak olmasına rağmen kartlar arasındaki haberleşmenin modüler olması en temel prensiptir. Modüler bir haberleşme altyapısı, sistemin genişletilebilmesi için temel bir özelliktir. Benzer şekilde herhangi bir kartın yazılımsal olarak kontrol edilerek açılıp kapatılabilmesi (donanımsal olarak) de bir gerekliliktir. Bu sayede arıza durumlarında istenilen kartlar otomatik olarak devreden çıkartılabilir, sistem tamamen kapatılmadan kontrollü bir şekilde kart değişikliği yapılabilir ve enerji tüketiminin azaltılması için istenilen kartlar gerektiği zamanlarda aktif hale getirilebilir.

Genel olarak ADB yapısı içinde bulunması öngörülen alt bileşenlerin gerekleri aşağıda belirtilmiştir:

a. **Arka Panel ve Kabin Yapısı**: Araç destek bilgisayarı, araç içinde uygun bulunabilecek bir yere yerleştirilebilecek, özel montaj ve bağlantı ihtiyaçları gerektirmeyecek yapıda olmalıdır. Araç içinde genellikle rack kabin şeklinde yerleşime uygun bölümler bulunduğundan ADB de bir rack kabin içinde olacak şekilde tasarlanmalıdır. Standart rack kabinler 19" genişliğinde olmakla beraber bu boy kısaltılabilmektedir. İlk etapta tasarlanacak ve kullanılacak kart sayısı 6-7 civarında olacağı için genişleme ihtiyaçlarıyla beraber en fazla 10 adet kart

takılabilecek bir şekilde 10” genişliğinde bir arka panel yapılması yeterli olur. Arka panele takılan tüm kartlar 1” genişliğindeki ön kapaklarla kabine monte edilmelidir. Kartların arka panel konnektörlerine takılması için herhangi bir sıralama zorunluluğu olmamalıdır, her bir kart, herhangi bir sokete takılabilir şekilde tasarlanmalı, kartların özel yerleri olmamalıdır. Kabinin araç üstünde monte edileceği yere arkadan erişmek her zaman mümkün olamayacağı için tüm giriş çıkış bağlantıları, besleme ve anten girişleri ön taraftan yapılmalıdır. Arka panelde sadece kartlar arası haberleşme portları ve bu portların sonlandırma dirençleri bulunacaktır. Bir kartın sökülmesi veya takılması için bir başka karta müdahale edilmesine gerek kalmamalıdır, yani kartın bağlantı konnektörleri ve harici kısmı, diğer kartın montaj alanına girmemelidir. Kartlar üzerindeki malzemelerin yüksekliğine göre gerekirse kartların ön kapakları 1” yerine 2” genişliğinde tasarlanabilir. Arka panel üzerinde kartların kolayca takılabilmesi için standart tip DIN konnektör takımı kullanılmalıdır. Tasarlanan kartların ön kapakları üzerinde kartların durumlarını gösterir LED göstergeler ve bağlantı konnektörleri bulunacaktır. Tüm kartlar birbirleriyle arka paneldeki bir haberleşme portu üzerinden haberleşeceklerdir. Besleme ve haberleşme kartı dışındaki kartlardan birinin arızalanması veya sökülmesi veri haberleşmesini etkilememelidir.

Kabin olarak alüminyum eloksal bir gövde seçilecektir. Kartların ön kapaklarında söküp takılmaları sırasında zarar görmeyecek ve kartın kolayca takılmasını/yerinden çıkartılmasını sağlayacak tutamaklar olacaktır. Bu tutma parçaları ön görünüşün düzgün olması için tüm kartlar için aynı hizada bulunmalıdır. Her bir tutma parçasının üstünde kartın kısa kodunun yazılabileceği bir etiket alanı bulunmalıdır. Ön kapakların kartla olan bağlantıları vidalı olarak yapılmalı ve söküp takma işlemi sırasında elektronik karta zarar vermeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Kabinin üst ve altında IP30 koruma sınıfına uygun olacak şekilde havalandırma boşlukları olmalıdır. Arka panelin montajı, kabinin arka kısmındaki kısma metrik vida ile vidalanacak şekilde diş çekilmiş ve hazırlanmış olmalıdır.

b. **Besleme Kartı**: Besleme kartı Araç Destek Bilgisayarına bağlanabilecek tüm kartları beslemeye yetecek güce sahip olmalıdır. İlk etapta hangi kartın ne kadar güç çekeceği tespit edilemeyeceği için en az 30W gücünde toplam besleme gücü sağlayabilmelidir. Geliştirilecek elektronik kartlar eğer 3W ve üzeri güç çekecekse bunu 24V hattından almalı onun dışında +12V,-12V ve +5V gibi ihtiyaçlarını

Bbsleme kartının ürettiği regüle edilmiş gerilim kaynağından karşılamalıdır. Besleme kartı, diğer kartlarda kullanılabilecek işlemsel kuvvelendirici beslemesi ve referans gerilimler için -12V gerilim de üretmelidir. Ancak buradan güç çekilmeyeceği için en fazla 0.25W gücünde negatif gerilim kaynağı yeterlidir. Besleme kartı tüm kartlarla ortak haberleşme alt yapısı ile haberleşebilmelidir. Elektronik kartlar DC besleme hattından çektikleri akımı, ürettiği gerilimleri ölçmeli ve belirlenen sınırlar dışına çıktığı zaman kendisini ve sistemdeki diğer kartları otomatik olarak koruyabilmelidir. Araç destek bilgisayarına ilk kez takılan yeni bir kart kendiliğinden çalışmamalıdır, beslemesi kesik kalmalıdır. Bu kart ancak sisteme tanıtıldığında ve aktif edildiğinde çalışmaya başlamalıdır. Sisteme tanıtılan, aktif edilmiş bir kart sökülüp tekrar takıldığında kontrollü olarak kendiliğinden devreye girmeli, tekrar tanıtmaya gerek olmamalıdır.

c. **Veri Kayıt Kartı**: Araç üzerinden alınan verilerin gerçek zamanlı olarak kaydedilmesi ve bunların merkezdeki veritabanında toplanması işletmenin bir ihtiyacıdır. Kaydı tutulacak veriler araç ve ilgili hattın ihtiyaçlarına göre değişmekle beraber zaman ve tarih bilgisi ile etiketlenerek saklanacaktır. Her veri paketinin bir başlangıç ve bitiş paketi olacak, paketler, merkez veritabanına kayıt yapılsa bile araç üstünde tutulacak, silinmeyecektir. Kayıtlara ait tüm veriler, meydana geliş sırasına göre sondan başlayarak -kapasitenin yettiği kadar- saklanmalıdır. Herhangi bir besleme sorununa karşı diğer kartlardan ayrı olarak veri kayıt kartı 24V besleme hatttından kendi beslemesini kendisi üretmelidir. ADB'nin beslemesi kesilse bile veri kayıt kartı tampon belleğindeki verileri güvenli olarak hafızaya aktaracak sürece çalışmasına yetecek kadar yüksek kapasiteli bir kondansatör veya pil kullanılacaktır.

d. **Haberleşme Kartı**: Haberleşme kartı araç destek bilgisayarının dış dünyaya açılan kapısıdır. ADB; bu kart ile GSM şebekesi üzerinden GPRS bağlantısını veya Wi-Fi kablosuz bağlantısını kullanarak dış dünya ile iletişim kurabilmelidir. Ayrıca aracın yer altında olmadığı durumlarda kullanılabilecek bir GPS yapısı olmalı, konum ve zaman bilgisini GPS sistemi ile belirleyebilmelidir (metro araçlarında GPS kullanımı mümkün olmayacaktır). GPS bağlantısının mümkün olmadığı durumlarda belirli noktalara yerleştirilebilecek AP'ler aracılığıyla bağlı olunan ethernet ağından zaman bilgisi güncellenebilmelidir. Haberleşme kartı normal şartlar altında GPS veya Wi-Fi ile saat senkronizasyonunu yapmaktan da sorumlu olacaktır. Bu nedenle haberleşme ve veri kaydı için kritik önem taşıyan zaman bilgisini üreten gerçek

zaman saati de bu kartta olacaktır. Gerçek zaman saati (RTC) kullanılarak saatin GPS ile veya bağlı olunan network üzerinden güncellemesi ve tüm sistemde bu saatin referans olarak kullanılması sağlanmalıdır. Ayrıca ADB üzerinden veri alınması, test ve bakım amaçlı olarak bağlanabilecek bilgisayar ve diğer cihazlar için RS232 ve RS485 seri haberleşme portları da haberleşme kartı üzerinde ve ön panelde bulunmalıdır.

Yine ayrıca araçla ilgili eksenel hareketlerin takibi için bir adet ivmeölçer de bu kart üzerinde bulunmalıdır. Dışardan gelen veya herhangi bir ortam kullanılarak merkeze gönderilecek verileri kaybolmadan göndermek için kart üzerinde küçük kapasiteli bir hafıza da olmalıdır.

e. **Analog Giriş Kartı**: Analog giriş kartı araç üzerinde izlenmesi istenen sıcaklık, gerilim, ivme kolu referansı gibi analog bilgilerin takibini ve kumanda merkezine iletimini sağlar. Okunan bilgiler veri kayıt kartında saklanır ve kumanda merkezine gönderilir.

Analog veriler genellikle 0-10V, 0-5V veya 4-20mA gibi analog sinyaller ile sınıflandırılırlar. Bunların dışındaki analog işaretler genellikle standart dışı seviyelerdedir ve bunların doğru şekilde okunabilmesi için ayrıca bir arabirime ihtiyaç olur. ADB kapsamında geliştirilecek analog giriş kartı sadece standart sınırlar içindeki analog işaretleri okuyacaktır.

Özellikle sıcaklık ölçümlerinde daha küçük genlikli gerilimler üreten sensörler kullanılmaktadır (farklı tiplerde T/C veya PT100 gibi). Bu tip sensörlerin uzun kablolar kullanılarak ADB ye bağlanması pratik olarak uygun olmadığı için sensörün bulunduğu yerde bir kuvvetlendirme ve seviye değiştirme yapılarak analog işaretin ADB'nin okuyabileceği sınırlar içine getirilmesi uygun olacaktır. Analog işaretlerin üretilmesi için kullanılacak sensörler genelde bir de besleme gerilimine ihtiyaç duyduğundan analog giriş kartında sensörlerin beslemelerinde kullanılmak üzere +5V ve +12V gerilim çıkışları ile GND hattı hazırlanmalı ve her analog giriş konnektöründe +5V, +12V ve GND çıkışları da bulunmalıdır.

f. **Dijital Giriş Kartı:** Aracın röle çıkışları ve kontrol bilgisayarından alınacak bilgileri lojik 24VDC seviyesinde olacaktır. Bu bilgilerin alınması ve araç destek bilgisayarında saklanması, daha sonra da kumanda merkezine iletilmesi istenmektedir. Bu nedenle 24V girişleri algılayacak bir dijital giriş kartı

tasarlanacaktır. Burada önemli olan herhangi bir izole cihazdan bilgi alabilmek için dijital girişlerin optik olarak izole edilmesi ve 1mA den daha az akım çekilmesidir. Kart üzerinde saklanması ve ifade edilmesi açısından 16 girişin aynı anda okunması ve 16 bitlik bir bilgi olarak bir paket halinde saklanması da gereklidir. Araç üzerinde okunması gereken 16'dan fazla dijital işaret olabileceği için bu kart adreslenmeli ve aynı araç destek bilgisayarı üzerinde 4 taneye kadar dijital giriş kartı kullanabilmelidir. Bu sayede aynı anda 64 adet lojik bilgi aynı anda okunup saklanabilir. Bu kart ile kapı bilgisi, aracın aktif başı, aracın gidiş yönü, frenleme, ivmelenme durumları, acil fren bilgisi gibi aracın işletmesi sırasında ortaya çıkabilecek özel durumların olay sırası ve zaman bilgisi ile beraber kayıt altına alınması sağlanacaktır.

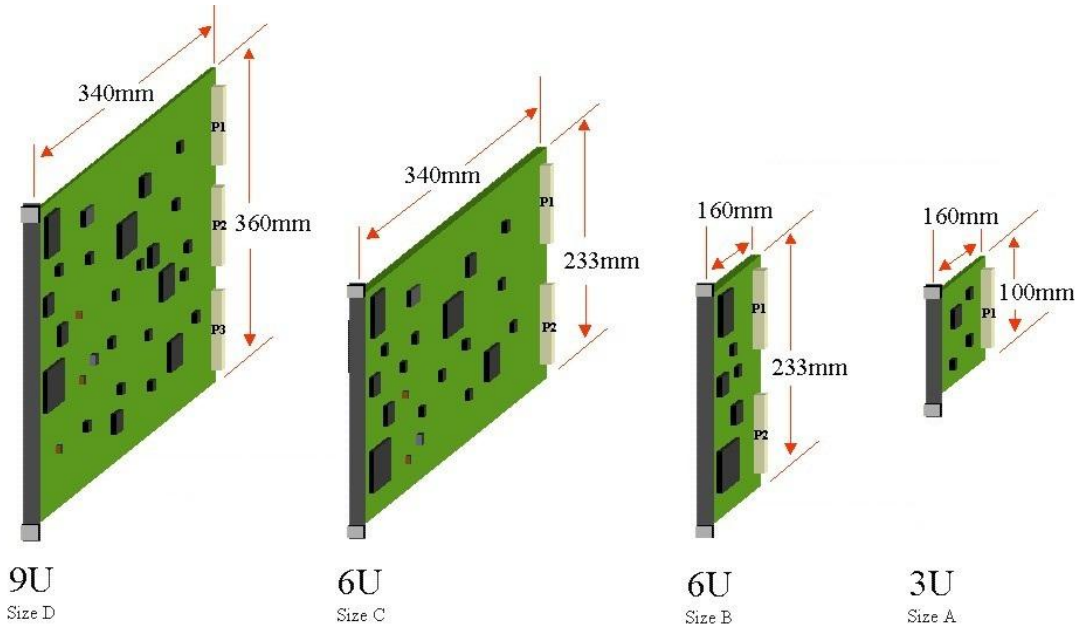
g. **Seri Arabirim Kartı:** Araç üzeride başka alt birimlerle haberleşme ihtiyacı olduğunda bir seri arabirim lartı kullanılabilir. Bu kart üzerinde diğer cihazlarla haberleşebilmek için RS232 seri portu, CAN haberleşme portu, RS485 seri haberleşme portu bulunmalıdır. Aracın RFID okuyucusundan veya sinyalizasyon sisteminden bilgi alınması amacıyla seri haberleşme kartı kullanılacaktır.

h. **Enerji Ölçüm Kartı:** Aslında bir çeşit analog giriş kartıdır. Aracın uygun yerlerine yerleştirilecek akım ve gerilim sensörleri, okunan akım ve gerilimleri ekranlı bir kablo ile enerji ölçüm kartına iletirler. Enerji ölçüm kartında 3 adet akım ölçümü, 2 adet de gerilim ölçümü yapılabilecek girişler mevcut olacaktır. Enerji kartı donanım olarak basit, fakat yazılımsal olarak oldukça detaylı bir kart olacaktır. Burada alınan tüm ölçümler, aracın durum bilgisi ile beraber kayıt edilmeli ve aracın güç tüketimi ile ilgili hız-konum-enerji tüketimi ilişkileri birlikte kumanda merkezine gönderilmelidir. Ancak bu konular üzerindeki çalışmalar verinin kumanda merkezine aktarılmasından sonra yapılacağından projenin konusu değildir.

Enerji ölçümünde kullanılacak olan yüksek akım gerilim değerlerini okumak için gereken sensörler negatif besleme de istedikleri için kart üzerinde bir de negatif gerilim kaynağı oluşturulmalıdır. Akım-gerilim sensörleri akım çıkışlı olduklarından sensör girişlerinde farklı sensörler için kalibrasyon yapmaya uygun yük dirençleri takılabilir olmalıdır. Kullanılacak olan akım ve gerilim sensörleri araç destek bilgisayarının monte edileceği yerden uzak olacağı için sensörle enerji ölçüm kartı arasındaki kablonun ekranlı olması gerekecektir. Kart üzerindeki konnektörde ekran hattının topraklanması gereken bağlantılar da bulunmalıdır.

2.4 Arka Panel ve Kabin Tasarımı (BPC)

Üretilecek sistemin bir rack kabinin içine koyulacak olması nedeniyle öncelikle rack kabini kısaca tanımak gereklidir. Rack kabin boyutları 1.75” ve katları ile boyutlandırılmıştır. 1,75” için 1U ifadesi kullanılır 44.45mm ye karşılık gelir. Daha büyük boyutlardan bahsedileceği zaman 2U, 3U, 6U gibi bu ölçünün katları ifade edilir. Rack kabinler genellikle 19” genişliğinde standartlaşmıştır. Burada belirleyici olan kabinin kaç U yüksekliğinde olduğudur. Endüstriyel uygulamalarda ve kontrol kartları ile I/O kartlarında en çok kullanılan yükseklik 3U ve 6U olmaktadır.



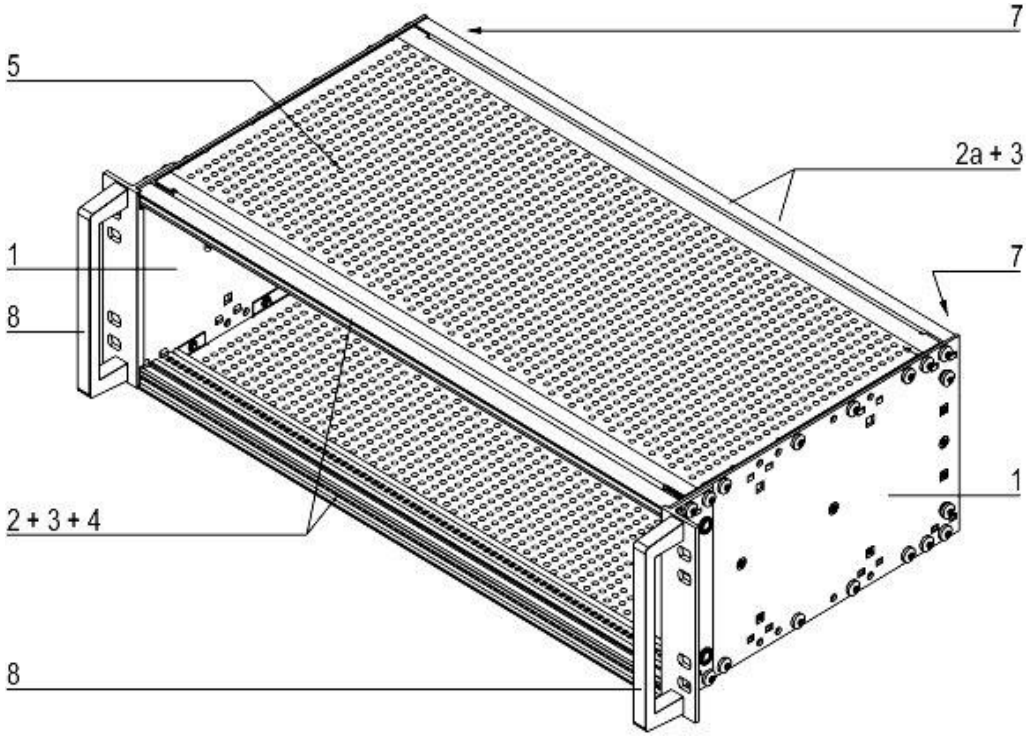
Şekil 2.1: Rack kabin için elektronik kart boyutları

Eğer kart iki bölümden oluşuyorsa, üzerinde çok fazla malzeme varsa veya başka amaçlarla kartların yüksekliği artırılabilecekse 6U kabin kullanmak daha uygundur. Tez kapsamındaki kartlar endüstride bu şekilde kullanılan kartara göre daha az malzemeli ve daha sınırlı fonksiyonlara sahip olacaktır. Bu nedenle Eurocard boyutlarında 3U yüksekliğinde bir kabin seçilmelidir.

Burada seçilen kart büyüklüğü Şekil 2.1 de en sağda görülen 3U yüksekliğinde Eurocard standardındaki 160mmx100mm boyutlarındaki Size-A tipi 3U karttır.

Kart tipi belirlendikten sonra raylı sistem standartlarına uygun, vibrasyon ve ekranlama için test edilmiş bir kabin seçimi yapılmalıdır. Bu konuda farklı üreticilerin profesyonel ürünleri vardır. Yerli üreticiler olmakla beraber dökümantasyon ve teknik çizimlerinin detaylı olması nedeniyle öncelikli olarak

incelenen yurtdığı kaynaklı Verotech, Elma ve Schroff gibi kabin üreticisi firmaların ürünleri arasında Scrhoff firmasının aşağıda resmi görünen 21500-079 kodlu ürünü hem EN-50155, hem de EN-61373 standartlarını sağladığı için en uygun üründür.



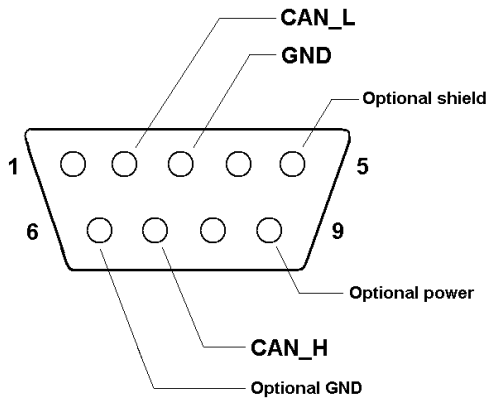
Şekil 2.2: ADB için seçilen 3U yüksekliğinde kabin

Kart boyutu ve kabin belirlendikten sonra yapılması gereken arka panel (backplane) yapısının belirlenmesidir. Arka panel, üzerindeki DIN konnektörlerle kartların birbirine bağlandığı bir karttır. Arka panelin tasarımında kart üzeride herhangi bir giriş çıkış veya aktif eleman olmamasına dikkat edilmelidir.Burada seçilmesi gereken kartların hangi soket tipi ile birbirlerine bağlanacağıdır. Bunun içinde kartların bağlantı tipleri incelenmelidir. Bu konuda oldukça farklı yapı vardır. Zaman içinde gelişen yapılar genel olarak paralel bağlantıya izin veren ve yüksek çalışma hızlarına sahiptir.

- VMEbus: VMEbus ilk olarak 1981 yılında Motorola tarafından Motorola 68000 işlemcilerinin bulunduğu kartlarda kullanılan VERSAbus yapısının geliştirilmiş halidir. VME32 ve VME64 olarak kartlar arasında paralel haberleşen bir yapıdır. Paralel olduğu için projede kullanmak uygun değildir.
- CompactPCI: Pasif bir arka plan kartının üzerinde metrik ölçülerdeki standartları PICMG US ve PICMG Europa tarafından belirlenen konnektörler kullanılır. 3U ve 6U yüksekliğinde kartlarda kullanılabilirler.

- VPXbus: VMEbus‘a benzer ama daha hızlı bir konnektör yapısı üzerinde anlaşan kontrol kartı ve kabin üreticilerinin geilştirdiği bir bus yapısıdır. Bus üzerinden 6,25GB/s hıza kadar veri taşınabilir.

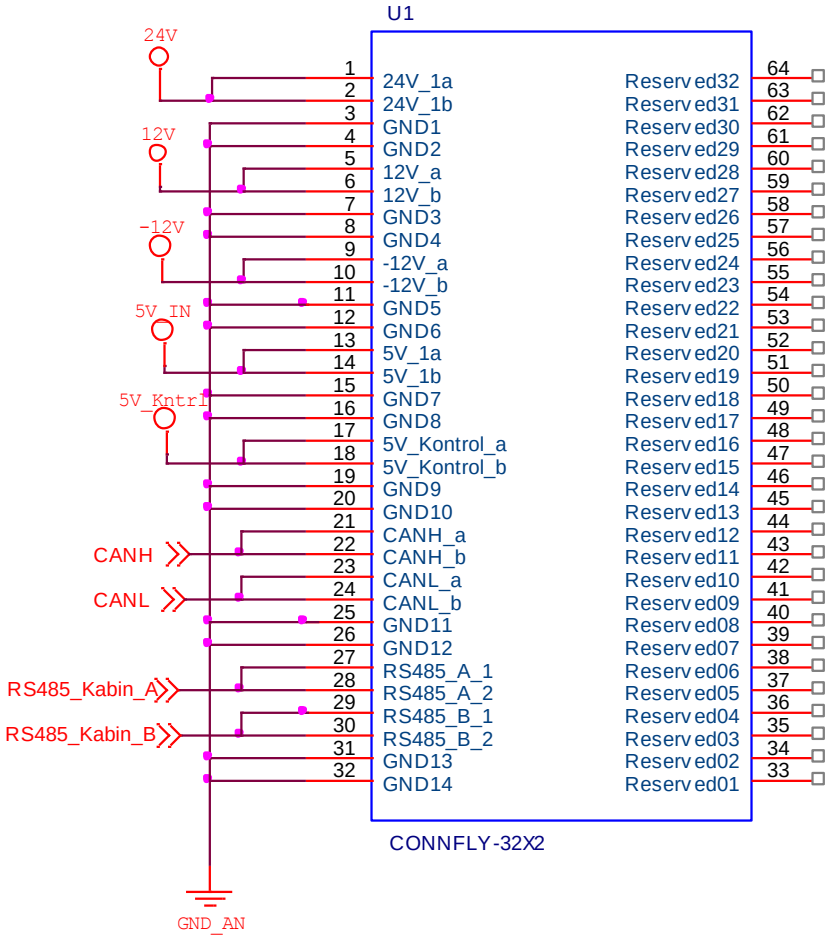
Görüleceği gibi endüstriyel standartlardaki BUS yapıları genellikle PC tabanlı sistemlerde ve yüksek hızlı bilgisayar yapılarında kullanılmaktadır. Çok işlemcili, fazla sayıda giriş çıkış ünitesi içeren sistemlerde kartlar arasındaki haberleşmenin hızlı ve güvenli olarak yapılabilmesi aradaki haberleşme yapısına bağlıdır. Araç destek projesinde ihtiyacımız olan basit, kullanılması ve temin edilmesi daha kolay bir yapıdır. Geliştirilecek kartlar üstlenecekleri fonksiyonları bağımsız olarak yerine getireceklerdir.



1	-	Reserved
2	CAN_L	CAN_L bus line (dominant low)
3	CAN_GND	CAN Ground
4	-	Reserved
5	(CAN_SHLD)	**Optional** CAN shield
6	(GND)	**Optional** CAN ground
7	CAN_H	CAN_H bus line (dominant high)
8	-	Reserved (error line)
9	CAN_V+	**Optional** power

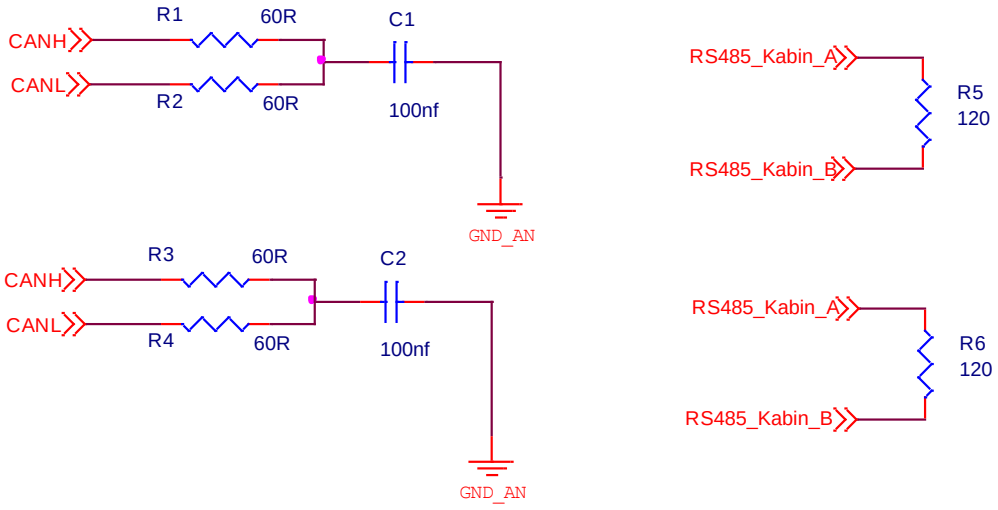
Şekil 2.3: DB9 Konnektörde CAN bağlantı diyagramı

Kartlar arasında çok büyük miktarlarda ve büyük hızlarda veri transferine ihtiyaç yoktur. Dolayısıyla paralel yerine seri haberleşme tercih edilebilir. Aynı anda her kartın dinleyeceği bir yapı olması gerektiği için CANbus veya RS485 protokolleri uygun olacaktır. Kartlar arasında haberleşme sırası için öncelik ihtiyacı olabileceği ve hızının çok daha yüksek olması nedeniyle CANbus burada daha uygun bir seçimdir. Bu şekilde 2 pin kullanarak CANbus ile tüm kartlar arasında haberleşme sağlanabilir. CANbus 1986 yılında Bosch firması tarafından otomotiv endüstrisinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir ve ilk CAN arabirim entegresi Intel ve Philips tarafından 1987 de üretilmiştir. Bosch firması 1991 yılında CAN 2.0 ‘ı tanıtmıştır. Veri iletim hızı 1Mb/s hızının üzerindedir. Halen 20’den fazla yarıiletken üreticisi CAN controller entegresi ürettiği için temini kolay ve ucuz bir bus yapısıdır. DB9 konnektörle kullanıldığında gereken pin yapısı Şekil 2.3’de verilmiştir.



Şekil 2.4: Arka panel (backplane) bağlantı konnektörü

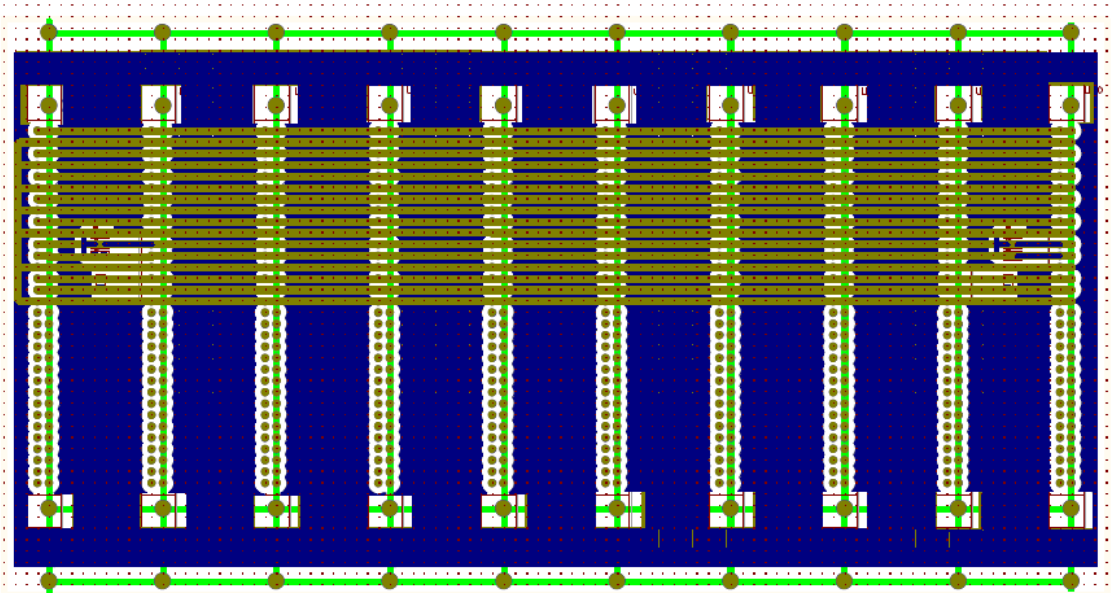
Kart büyüklüğü ve rack kabin tipi seçildikten sonra arka panel tasarımı yapılmıştır. Burada sadece kartların montajı için bir DIN konnektör bulunacaktır ve Şekil 2.4'de görülen konnektör tüm kartlar için aynı bağlantı yapısında olacaktır. Herbir kart herhangi bir konnektöre takılabilecektir.



Şekil 2.5: Arka panel (backplane) üzerindeki sonlandırma dirençleri

Arka panel üzerinde 10 adet DIN 41612 standardında konnektörler birbirlerinden 1” mesafede olacak şekilde yerleştirilmişlerdir. Ayrıca CANbus ve RS485 bus yapıları için sonlandırma dirençleri de Şekil 2.5’deki gibi arka panel kartı üzerinde yerleştirilmiştir.

Kullanılan kabin için tasarlanan arka panel 9.704”x 5.074” boyutlarındadır. Çift taraflı PCB ile delik içi kaplamalı olarak çizilen PCB’nin alüminyum kabine montajı için alt ve üst kenarlarında 1” aralıklarla 20 tane montaj deliği açılmıştır. Bu delikler kartların konnektörleriyle aynı hizada yerleştirilmiş, bu sayede kartların takılması sırasında meydana gelecek baskı kuvvetinin arka panele zarar vermesinin önüne geçilmesine çalışılmıştır. Konnektörün pin yapısı nedeniyle yatayda yan yana olan pinler gerilim ve data taşımak için birleştirilmiştir. Her bir data veya haberleşme pininin arasında da mutlaka bir GND hattı bulunmaktadır. Bu şekilde arka panel PCB çiziminde bir ekranlama da yapılmıştır. Akım kapasitesinin arttırılması için GND hattında hem üst, hem de alt yüzdeki bakır yollar bağlantı için kullanılmıştır. Besleme ve data hatlarında ise sadece alt yüzden yollar çizilmiştir.



Şekil 2.6: Arka panel (backplane) PCB tasarımı

PCB, DIN konnektörlerin dişi kısmı arka panele, erkek kısım diğer kartlarda olacak şekilde tasarlanmıştır. Araç destek bilgisayarının ilk aşaması olan arka panel ve kabin tasarımı aslında tüm diğer bileşenler için bir temel oluşturmaktadır. ADB’nın genişlemesi için temel alınan haberleşme ve ana beslemenin dağıtımı bu aşamada şekillendirilmiştir. Diğer kartlar, belirlenen bu yapıya göre tasarlanacak ve geliştirilecektir. Şekil2.7’de ADB kabini ve arka panelin prototipi verilmiştir.



Şekil 2.7: Kabin ve arka panelin son görünüşü

2.5 Besleme Kartı (PSU) Tasarımı

Şehir içi raylı sistem araçları genellikle 750V veya 1500V DC gerilimle çalışan yapıdadırlar. İstanbul Ulaşım A.Ş.'nin işletmekte olduğu hatlardan M1 – M2 – T1 – T4 750VDC ile, M3 ve M4 hatları ise 1500VDC ile çalışan trenlerle işletme yapmaktadır. Aracın pantoğrafı aracılığıyla katener veya 3.ray pabuçlarından alınan enerji aracın motor sürücüleri için kullanılmaktadır. Motor sürücü dışındaki tüm sistemler ise bir DC baradan beslenmektedir. Bu bara, katener hattı devrede ise yardımcı güç kaynağı ile beslenmektedir. Katenerin devrede olmadığı durumlarda ise akü grubu DC baranın devamlı bir kaynak olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır. Katener bağlantısı olduğunda yardımcı güç kaynağı hem aracın 3x380Vluk AC güç kaynağı olarak devreye girer, hem de DC barayı besler ve aküleri şarj eder. Katener bağlantısı yokken de bu akü grubun kullanarak araca AC gerilim sağlamaya devam eder.

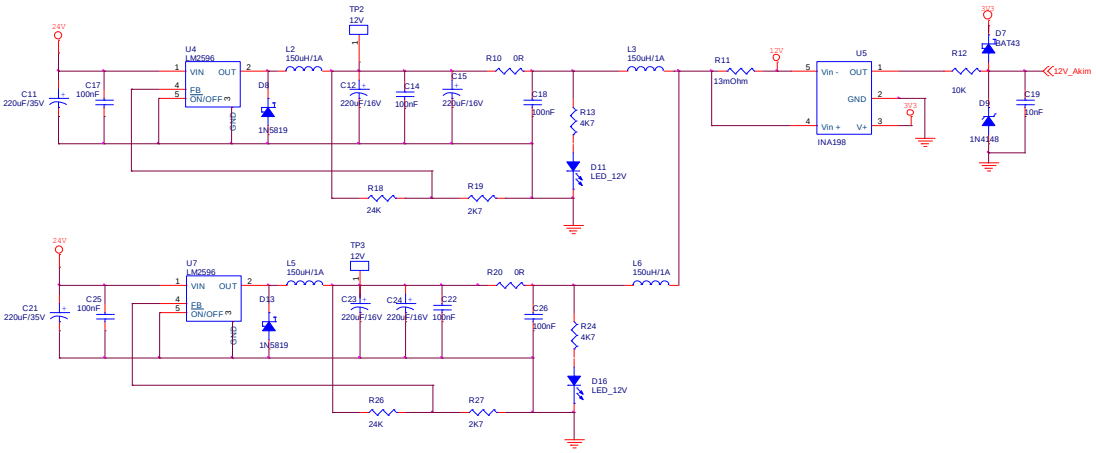
Akü grubunun kullanımı genel kural olmakla birlikte akü grubunun DC seviyesi konusunda bir standartlaşma yoktur. Bu nedenle de farklı araç üreticileri, araç üstü ekipmanlarını beslemek için farklı gerilim seviyeleri seçmişlerdir. Örneğin M2 hattındaki Alstom araçlarında akü grubu 72VDC dir. Bunun yanında tramvay araçarında ise 24VDC DC besleme gerilimi kullanılmaktadır. Bu nedenle besleme kartı farklı araç tipleri için farklı tasarlanacaktır. Ancak bu örnek projede ilk prototipin T1 hattı tramvay araçlarında denenmesi öngörüldüğünden ve tramvayda

24VDC bara gerilimi olduğundan besleme kartının giriş gerilimi 24VDC alınmıştır. Geliştirme ve testler sırasında batarya bağımlılığından kurtulmak için harici olarak bir adet 220VAC girişli 24VDC çıkışlı 100W gücünde izole AC/DC güç kaynağı kullanılmıştır.

Besleme kartının görevi, kullanıcının ve kart yazılımının istemleri doğrultusunda, araç destek bilgisayarına ait diğer kartlara enerji sağlamaktır. Araç destek bilgisayarına ait donanımların ve araca ait diğer donanım ve ekipmanların güvenliklerinin sağlanması amacıyla, besleme kartına gelen gerilimin, kullanılmadan önce izole edilmesi gerekmektedir. Bu işlem için izole edici DC–DC dönüştürücülerin kullanımı uygundur. Seçilecek olan DC–DC dönüştürücü 24V'luk giriş gerilimini izole ederek çıkışa tekrar 24V olarak iletmelidir. Sağlanması gereken güç için başlangıçta 24V çıkış gerilimine sahip en az 30W'lık bir DC–DC dönüştürücü kullanımı uygundur.

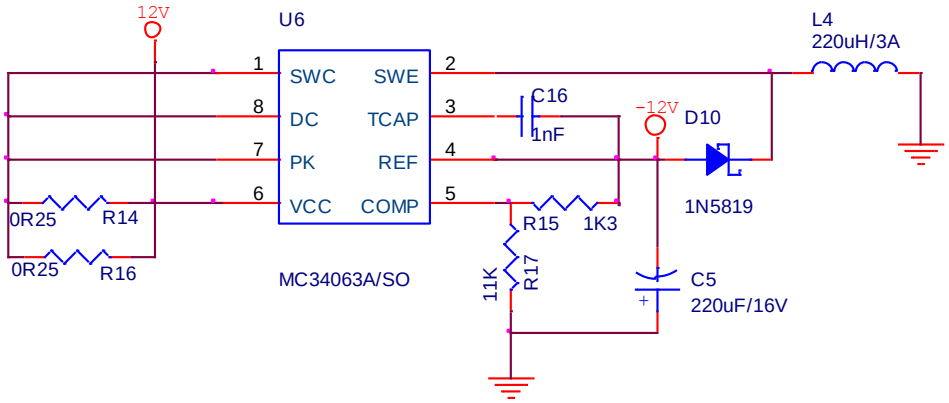
Araç destek bilgisayarı bünyesinde tasarlanması planlanan diğer kartlarda +5V ve +12V'luk besleme gerilimine ihtiyaç duymaktadırlar. Araç destek bilgisayarına ait bu kartların gereksinim duydukları besleme gerilimleri, araçtan sağlanan ve izole edilen besleme geriliminden sağlanacaktır. Güç kartı üzerinde, ürettiği +12V ve +5V'luk gerilimleri arka panel üzerinden diğer kartlara iletir. Ayrıca kendi beslemesini de aldığı 24V'u de yine arka panel üzerinden diğer kartlara iletir. 24V ihtiyacı olan uygulamalarda ve özellikle röle beslemeleri için bu gerilim kullanılır.

Besleme kartı da diğer kartlar gibi arka panel üzerinden CANbus yapısına bağlır. Dolayısıyla besleme kartı tamamen analog yapıda olmasına rağmen CAN arabirimi ve analog işaretlerin ölçümlerinin yapılması, akım gerilim değerlerinin okunması için Microchip firmasının 32 bitlik PIC32MX775F mikroişlemcisi kullanılmıştır. Seçilen mikroişlemci tüm kartlarda konrolör olarak seçilen işlemcidir. Gerek donanım tasarımı, gerekse de yazılım tasarımında her kart için aynı işlemciyi kullanmak geliştirme sürecinde büyük avantaj getirmektedir. Örneğin CANbus kütüphanesini bir defa yazarak hem tüm kartlarda yazılım geliştirme süreci kısaltılmış olur, hem de tek tip yazılım sayesinde muhtemel yazılım hataların miktarı azaltılır. Besleme kartında +12V, +5V, %5V_kontrol, +3.3V ve -5V, -12V gerilimleri üretilmektedir. Aşağıdaki şekillerde bu gerilimleri üreten devreler verilmiştir. Besleme kartında üretilen bu gerilimlerin bazıları sadece kendi üzerinde kullanılmakta, +12V, +5V ve -12V diğer kartların beslemesini de oluşturmaktadır.



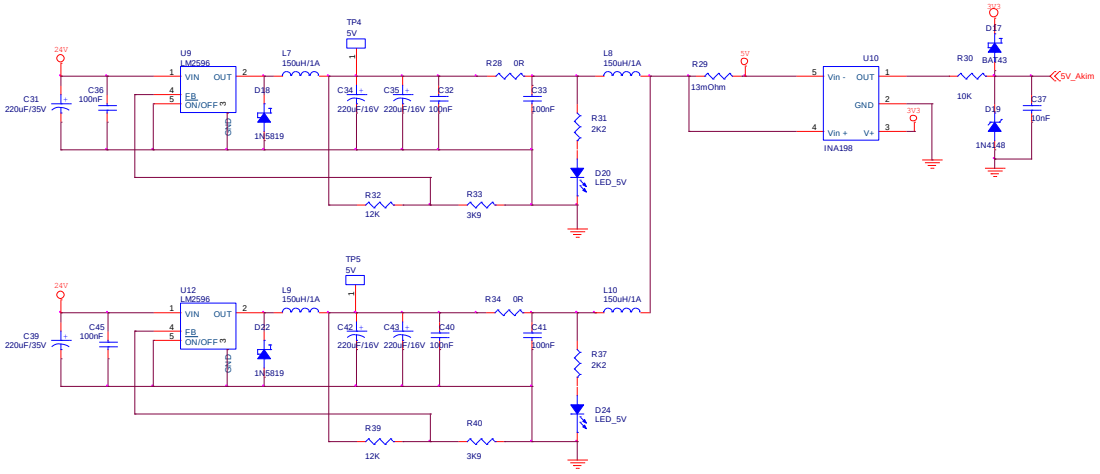
Şekil 2.8: Besleme kartı +12V gerilim regülatörü

Besleme kartında, tüm sistemde kullanılacak +12V iki adet anahtarlamalı gerilim regülatörü ile Şekil 2.8'de şeması gösterildiği gibi üretilmektedir ve paralel kullanılan regülatörlerin ürettiği ve sisteme verdiği toplam akım ölçülmektedir. Ön panelde bulunan bir LED ile de +12V gerilimin doğru çalıştığını görmek mümkündür.



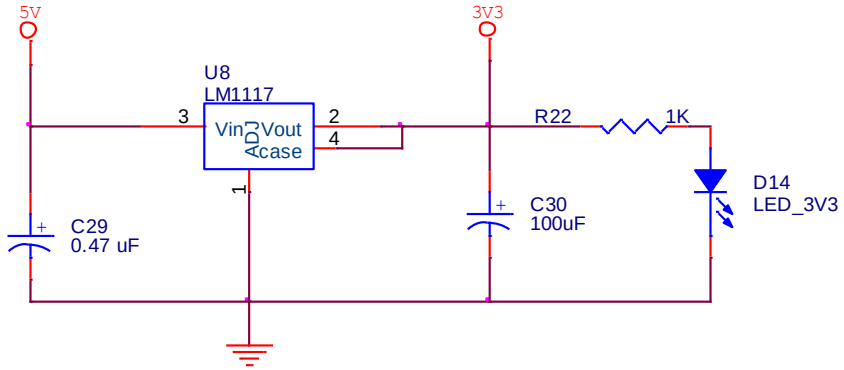
Şekil 2.9: Besleme kartı -12V gerilim regülatörü

Sistemdeki işlemsel kuvvetlendiricileri beslemek için ihtiyaç duyulan -12V gerilimi için Fairchild firmasınn MC34063 anahtarlamalı güç kontrol entegresi Şekil 2.9'da gösterildiği şekilde kullanılmıştır. Burada, üretilen +12V gerilimi entegre devrenin içindeki bir transistörle anahtarlanmakta ve C5 kondansatörü üzerinde negatif bir gerilim depolanmaktadır. Üretilen -12V, 0.25W gücünde bir kaynak olarak diğer kartlardaki referans gerilim ihtiyacını ve işlemsel kuvvetlendiricilerin negatif kaynak ihtiyacını karşılar. Eğer daha yüksek güçte bir -12V kaynak ihtiyacı olursa bu yapı harici bir transistörle desteklenerek 2W seviyesinde -12V gerilim üretebilecek kadar kuvvetlendirilebilir.



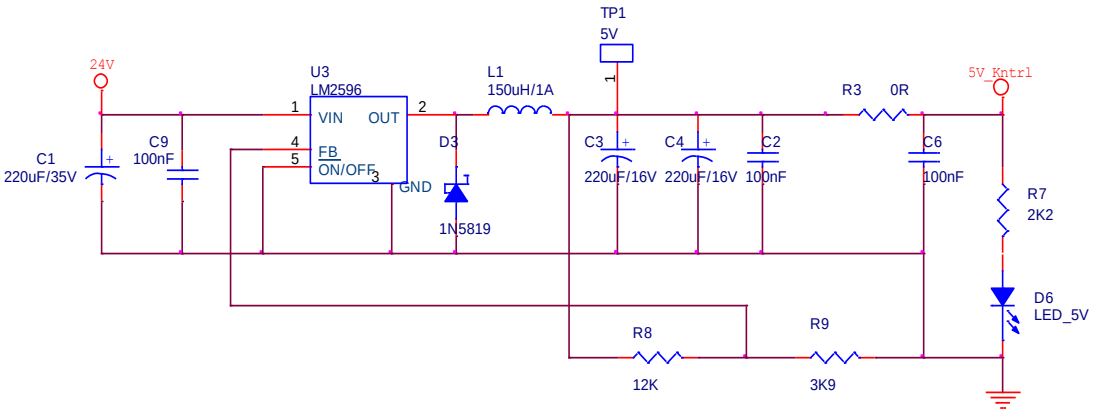
Şekil 2.10: Besleme kartı +5V gerilim regülatörü

Besleme Kartında +12V ve +5V gerilimlerin üretilmesi için National Semicondutor'un LM2596– ADJ gerilim regülatörleri kullanılmıştır. Bu regülatörler kullanılan geri besleme dirençlerine göre farklı bir çıkış gerilimi üretebilirler. Giriş gerilimi belirli sınırları aşmamak şartıyla değişkenlik gösterebilir. Bunun için giriş geriliminin (çıkış geriliminden az olmamak koşuluyla) en az 4.5 V, en çok ise 40 V olması ile sağlanır. LM2596–ADJ entegresi 3A çıkış akımı sağlayabilmektedir. Bu da Araç Destek Bilgisayarına ait diğer kartlar için yeterli bir akım değeridir. Burada iki adet LM2596-ADJ regülatörü paralel kullanılmış ve diğer kartlara verilebilecek 12V gerilim için akım sınırı 6A seviyesine çıkarılmıştır.



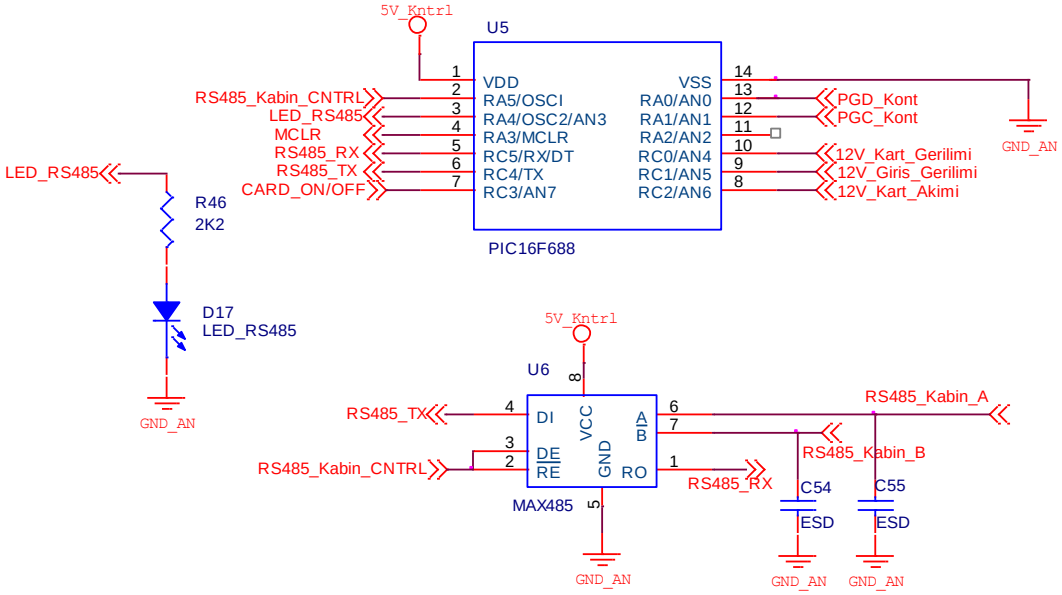
Şekil 2.11: Besleme kartı +3.3V regülatörü

Besleme kartında kullanılacak olan +3.3V'luk gerilim Şekil 2.11'deki devre ile üretilir. +5V'dan 800mA lik analog bir gerilim regülatörü (LDO) kullanılarak üretilen +3.3V sadece besleme kartındaki ihtiyacı karşılar, arka panele çıkmaz ve diğer kartlara iletilmez. Her bir karttaki 3.3V ihtiyacı, benzer yapıyla aynı kart üzerindeki 3.3V gerilim regülatörleri tarafından üretilecektir.



Şekil 2.12: Besleme kartı +5V_kontrol gerilimi

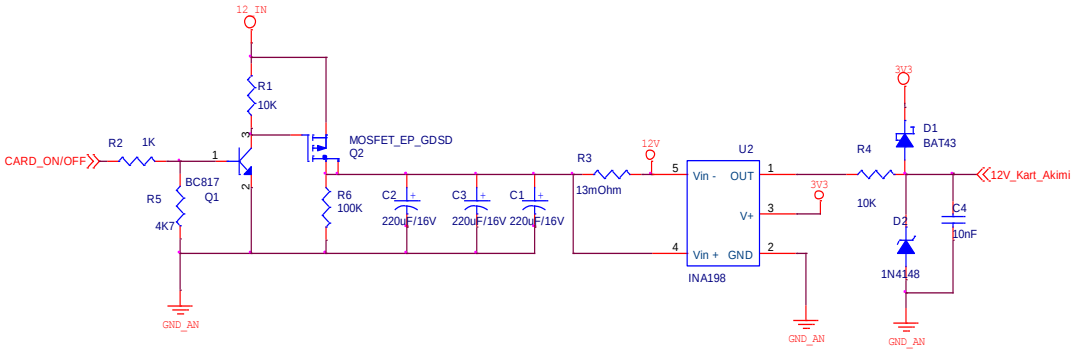
Besleme kartı diğer kartlara +12, -12 ve +5V gerilim üretmekle beraber, bu gerilimler, diğer kartlarda kontrolsüz olarak doğrudan bağlanmazlar. Tasarımı yapılan diğer tüm kartlarda, besleme kartına RS485 seri haberleşme portu ile bağlı olan, basit bir 8 bitlik PIC mikroişlemcisi tarafından kontrol edilen bir "Besleme Modülü" bulunur.



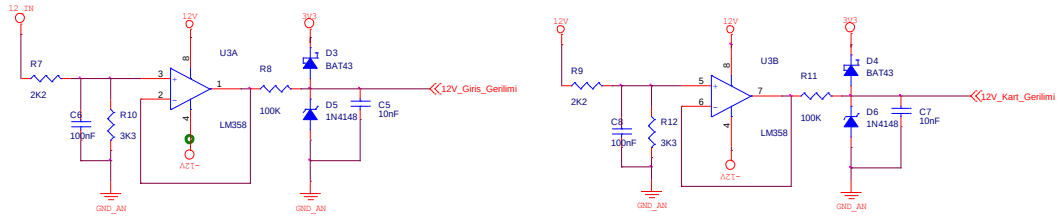
Şekil 2.13: Besleme modülü kontrol işlemcisi ve RS485 arabirimi

Bu besleme modülünde bulunan PIC 16F688 mikroişlemcisi bulunduğu kartın enerjisini besleme kartından gelen komutlarla açar veya kapatır. Aynı zamanda bulunduğu kartın akım tüketimini de izler ve izin verilen sınırların dışında bir akım tüketimi olursa bunu besleme kartına bildirerek kendini korumaya alır, kendi kartının beslemesini kapatır. "Besleme Modülü"nün beslemesi arka panel konnektöründeki 17-18 numaralı pinlerde bulunan +5V_kontrol geriliminden alınır. Her bir kartın gerilim regülatörleri giriş olarak besleme kartının ürettiği ve her ilgili kartın üzerinde

RS485 seri haberleşme ile kontrol edilen ve kartın beslemesini kontrol eden "Besleme Modülü" kontrolünde anahtarlanan +12V veya +5V gerilimi kullanırlar. Bu şekilde "Besleme Modülü" bulunduğu kartta +12V girişini kontrol eder, referans akım değerinin üzerinde bir akım geçiyorsa üzerinde bulunduğu kartın beslemesini kapatır ve bunu "Besleme Kartı" işlemcisine RS485 bus üzerinden bildirir. Bu görevi yapmak üzere seri portu ve A/D konvertörü olan en küçük ve kolay bulunabilecek olan mikroişlemcilerden biri olarak PIC16F688 kullanılmıştır. PIC16F688 kullanılarak tasarlanan "Besleme Kontrol Modülü" besleme kartı hariç her kartta standart olarak bulunmaktadır ve bundan sonra geliştirilecek olan kartlarda da aynı yapı kullanılacaktır. Bu yapı sayesinde arka panel üzerinde CANbus'a ilave olarak ikinci bir bus yapısı daha oluşturulmuştur. Sadece kartların çalıştırılma kontrolü ve akım gerilim değerlerinin iletiminin yapıldığı bu yapı, besleme kartı çalıştığı sürece tüm kartlarda aktiftir.



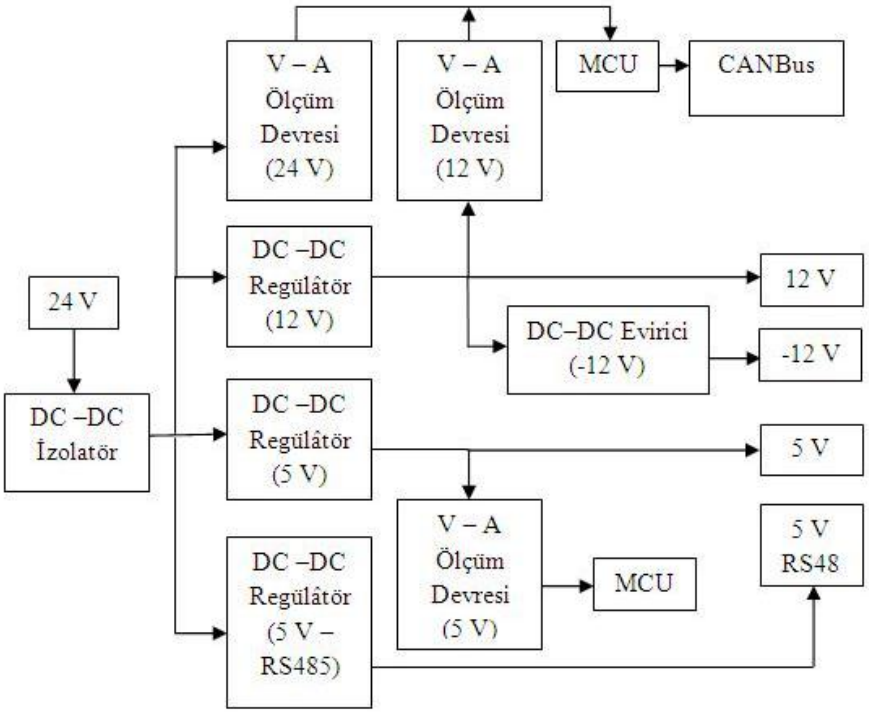
Şekil 2.14: Besleme modülü anahtarlama ve akım ölçüm devresi



Şekil 2.15: Besleme modülü gerilim örnekleme ve ölçme devresi

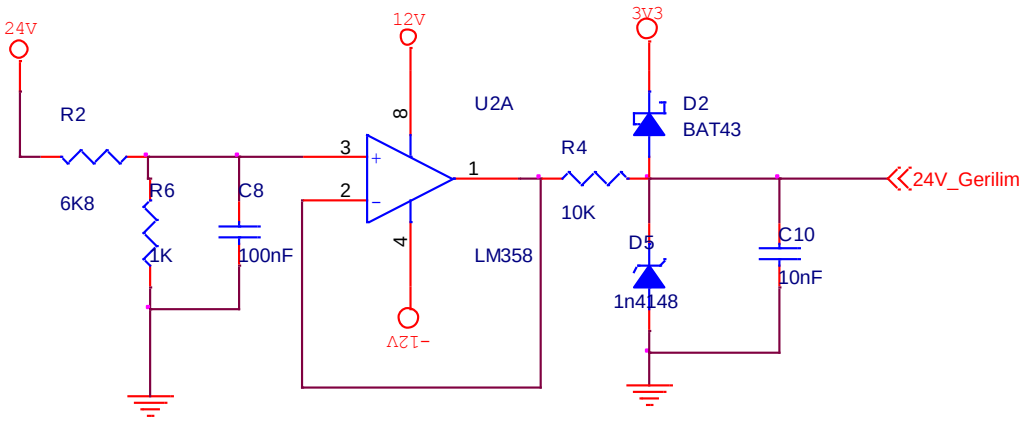
Besleme kartında üretilen +5V_kontrol gerilimi diğer kartlardaki tüm besleme modüllerini besler. Bu yapıda sadece birer tane PIC16F688 ve RS485 arabirim entegresiolduğu için tüketilen güç çok azdır, tüm kartların beslenmesinde sorun olmamaktadır. Diğer kartlarda bulunmakla beraber RS485 bus yapısının kontrol modülünü de burada belirtmekte fayda vardır. Bu modül, Şekil 2.14'deki gibi ait olduğu kartın ana girişinde bulunan bir P_kanal mosfet transistörü kontrol eder ve

devrenin enerjilenmesini denetler. Her bir kartın üzerindeki PIC16F688, sisteme dahil olduğunda ait olduğu kartın ID numarasını besleme kartı işlemcisine RS485 bus üzerinden gönderir ve çalışma izni ister. Eğer besleme kartı sisteme takılmış bu kartı tanımışsa devreye girmesi için izin verir. Burada bir başka amaç da enerjinin ilk geldiği anda tüm kartların aynı anda ve kontrolsüz olarak çalışmaması, besleme kartının kontrolünde ve sırayla enerjilenmesinin sağlanmasıdır. Besleme kontrol modülünün bir başka görevi de ait olduğu besleme kartından aldığı +12V gerilimin, kendisinin anahtarladığı ve devreyi besleyen +12V gerilimin ve bu hattan akan akımın şekil 2.15'deki gibi anlık olarak ölçülerek besleme kartına iletilmesidir. Bu modülün kullanılma amacı daha çok sistemin düzgün çalıştığının kontrolü ve belli zamanlarda diagnostik uygulamaların yapılabilmesidir.



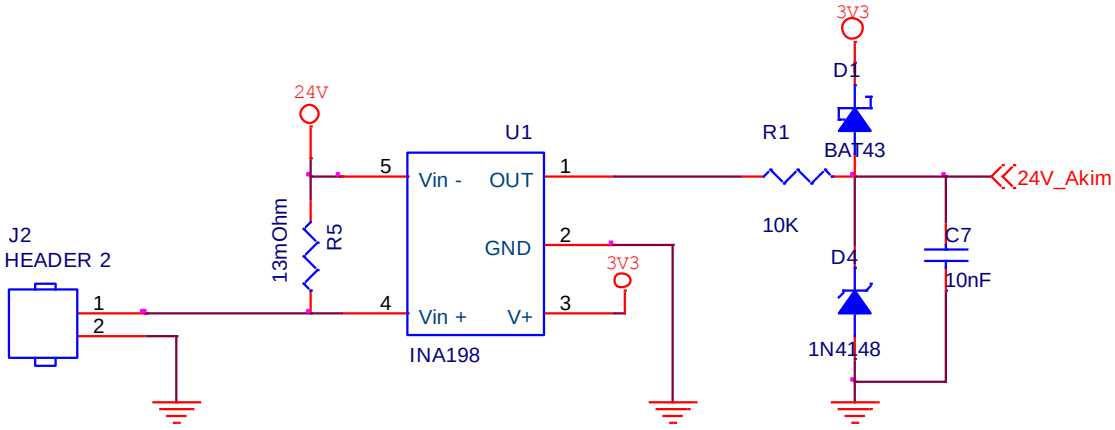
Şekil 2.16: Besleme kartının blok şeması

Genel olarak besleme kartındaki donanım bileşenleri ve bunları kontrol eden yazılım alt programları ile kartın çalışma blok şeması Şekil 2.16'de verilmiştir. Besleme modülü sayesinde tüm kartların sistemde çektikleri akım ölçülmekte ve izlenmektedir. Eğer beklenmedik bir şekilde aşırı akım çekilirse, o kart derhal devre dışı bırakılır ve bu bilgi besleme kartı tarafından kayıt altına alınır, aynı zamanda haberleşme kartı aracılığıyla kumanda merkezine iletilir (Devre dışı bırakılan kart haberleşme kartıysa kayıt veritabanına kaydedilir, daha sonra araç üzerinden kablolu olarak bu verilere erişilebilir).



Şekil 2.17: Besleme kartı giriş gerilimi ölçme devresi

Araçta akü gerilimi için nominal gerilimin [+%30 ; -%25] civarı çalışma bölgesi olarak kullanılır. Dolayısıyla ADB'nin giriş gerilimi aralığı 18V-31.2V olarak tanımlanır. Giriş gerilimi hesaplamak için Şekil 2.17'deki gibi 24V civarında olan bu gerilim değerini bir gerilim bölücü devresi ile 3V seviyesine indirmek gereklidir. Böylece mikroişlemcinin ADC biriminin ölçebileceği aralıkta bir analog giriş elde edilmiş olur. Gerilim bölücü ile gerilim değeri azaltılan bu analog işaret, bir LM358 opamp entegresince tamponlanır, ardından gürültülere karşı filtrelenir ve mikroişlemciye iletilir. Mikroişlemci bu gerilim ve akım değerlerini kullanarak araç destek bilgisayarı sisteminin toplam güç tüketimini hesaplayabilir



Şekil 2.18: Besleme kartı giriş akımı ölçme devresi

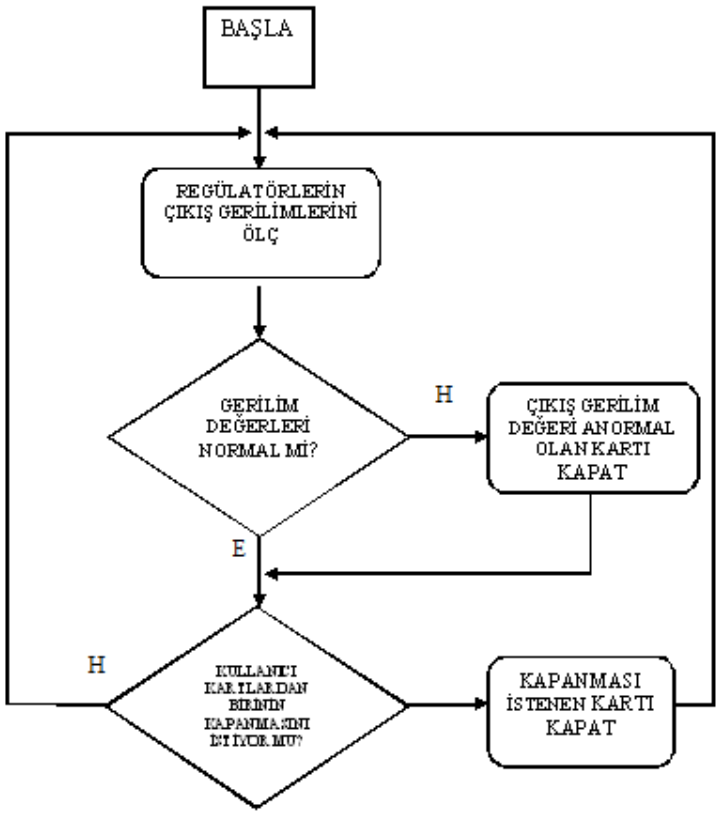
Besleme kartına gelen giriş akımı Şekil 2.18'deki gibi bir şönt direncinin üzerindeki gerilim düşümünün hesaplanması ile bulunur. Giriş geriliminin değerini etkilememek için bu şönt direnci mümkün olduğunca küçük seçilmiştir. Bu tür yüksek sayılabilecek akımların hassas bir şekilde ölçülmesi için çeşitli entegreler bulunmaktadır. Bunlardan biri de, Texas Instruments firmasının INA198

entegresidir. INA198, bir şönt direncinin üzerindeki gerilim düşümünü hesaplar ve bu gerilim değerini kuvvetlendirerek izole olarak gerilim çıkışı pinine iletir. .



Şekil 2.19: Besleme kartı prototipi

Besleme Kartı esas olarak tüm kartların beslemelerini kontrollü olarak sağlamakla görevlidir. Bu sırada aldığı ölçüm sonuçlarını da veri kayıt ve haberleşme kartlarına iletir. CANbus üzerinden sistemi izlerken, bir yandan da RS485 üzerinden beslediği tüm kartların normak çalışıp çalışmadıklarını izler, akımlarını kontrol eder ve sisteme yeni dahil edilen kartları kontrollü olarak devreye alır.



Şekil 2.20: Besleme kartı yazılımı blok şeması

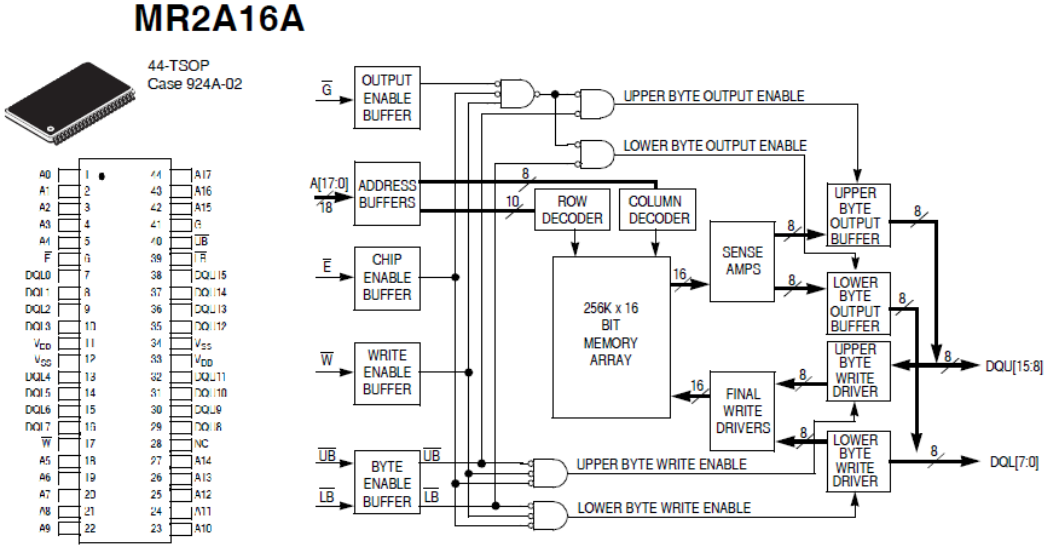
Diğer tüm kartlarda ana mikroişlemci ve besleme modülünün mikroişlemcisi olmak üzere bağımsız iki mikroişlemci varken, Besleme kartında kullanılan 32 bitlik mikroişlemci hem CANbus, hem de RS485 hatlarını izlemektedir. Besleme kartı yazılımının odak noktası, regülatörlerin çıkış gerilim değerlerine ya da kullanıcıların istemlerine göre ilgili kartı açıp kapatmaktır. Analog gerilim değerlerinin ölçülmesi mikroişlemcinin ADC biriminin kullanılması ile sağlanmıştır. Besleme kartının diğer kartlarla haberleşmesi CANbus aracılığıyla yapıldığından veri ve durum bilgisi iletimi için CANbus sürekli izlenmektedir. Bunun yanında diğer kartların beslemeleri RS485 bus ile akım ve gerilim bilgileri alınarak ve ani değişiklik olup olmadığı izlenerek kontrol edilir. Ani değişikliklerde ilgili karta kapanması için RS485 portundan kapama komutu gönderilir ve durum haberleşme katı ve veri kayıt kartına sistemin CANbus portu üzerinden gönderilir. Kart yazılımını blok şeması şekil 2.20'de verilmiştir.

2.6 Veri Kayıt Kartı (DRC)

Araç destek bilgisayarının temel görevlerinden birisi aracın aracın durumu ile ilgili bilgileri kaydetmek ve enerji tüketimini izlemektir. Bu amaç doğrultusunda aracın yolculuk esnasında, diğer birimlerinin anlık bilgileri ve enerji tüketimine ait alınan ölçümler için bir kayıt ortamı oluşturulmalıdır. Bu değerler hem bakım amacıyla büyük öenm taşır, hem de etkin bir işletme planlamasında modern bir ulaşım sistemi yönetiminin temel verilerini barındırır. Bu verilerin kaydedilmesi ile aracın çalışmasına ilişkin çeşitli istatistiki bilgiler elde edilir. Kaza ve arıza gibi istenmeyen durumların oluşması halinde, kayıt edilen ilgili verilerin yorumlanması ile bu kaza ve arızaların nedenlerinin tespiti için bir sonuca ulaşılabilir.

Bir veri kayıt kartı tasarlarken, kullanılacak hafıza elemanının seçimi önemli bir konudur. Seçilecek olan hafıza elemanı, veri yazma ve okuma sıklığına ayak uydurabilmeli ve de taşıdığı verinin önemi ölçüsünde uzun ömürlü olmalıdır. Geçmişte bu amaçla sıkça kullanılan pili RAM entegreleri günümüzde yerini yavaş yavaş kullanımı artmaya başlayan manyetik RAM'lere (MRAM) bırakmaktadır. Yüksek veri yazma–okuma hızları ve belleklerindeki verileri uzun süre saklayabilmeleri sebebi ile araç destek bilgisayarının veri kayıt kartında MRAM entegresi kullanılmaya uygundur. Tasarlanan veri kartında, (Freescale'in) MR2A16A MRAM entegresi kullanılmıştır. Bu entegre klasik RAM entegrelerinin tersine

periyodik bir tazeleme işlemine gerek duymadan 20 yıla süreyle içindeki veriyi saklayabilmektedir. Flash memory teknolojisindeki yüksek yazma sürelerine karşın ortalama 35ns de hem veri yazabilmekte hem de okuma yapabilmektedir. Gelen datayı çok hızlı bir şekilde yazabilmesi ve hafızadaki veriyi çok uzun süre beslemeye ihtiyaç olmadan saklayabilmesi nedeniyle kritik uygulamalar için elverişli bir entegre devredir. Bu entegre 256K adet 16 bitlik hafıza hücresi içermektedir. 256K adresleme için 18 adet adres yolu bulunmaktadır. Entegrenin her bir hafıza hücresinin ilgili byte'ına erişebilmek için UB ve LB pinleri mevcuttur. Bu pinler, kendilerine lojik 0 uygulanması halinde aktif olurlar. Her iki pine de lojik 0 uygulanması halinde 16 bitlik alana veri yazılıp okunabilir. 16 bit veri yazma – okuma için entegrenin 16 adet data yolu (pini) bulunmaktadır. Entegrenin aktif edilmesi için CE pinine, veri yazma için W pinine, veri okuma için de G pinine lojik 0 uygulamak gerekmektedir. Veri okuma sırasında W pinini lojik 1 olması gerekirken veri yazma için W pininin lojik 0 olması gereklidir. 44 pinli entegrenin 18 pini adres seçimi, 16 pini veri pini, 4 pini besleme (besleme gerilimi 3.3V olmalıdır), 5 pini kontrol içindir. 1 pin de boş bırakılmıştır.



Şekil 2.21: MR2A16A MRAM entegresi

Araçtaki bazı donanım ve ekipmanların durum bilgileri dijital sinyaller ile ifade edilmektedir. Örneğin, seyir halinde iken kapıların açık olup olmaması, makinistin herhangi bir zamanda kornayı çalıp çalmaması ya da acil durum freninin uygulanıp uygulanmaması gibi durumlar lojik sinyaller ile ifade edilmeye uygundur. Araç destek bilgisarayının kullanılmasının planlandığı araçlarda 20'den fazla kayıt

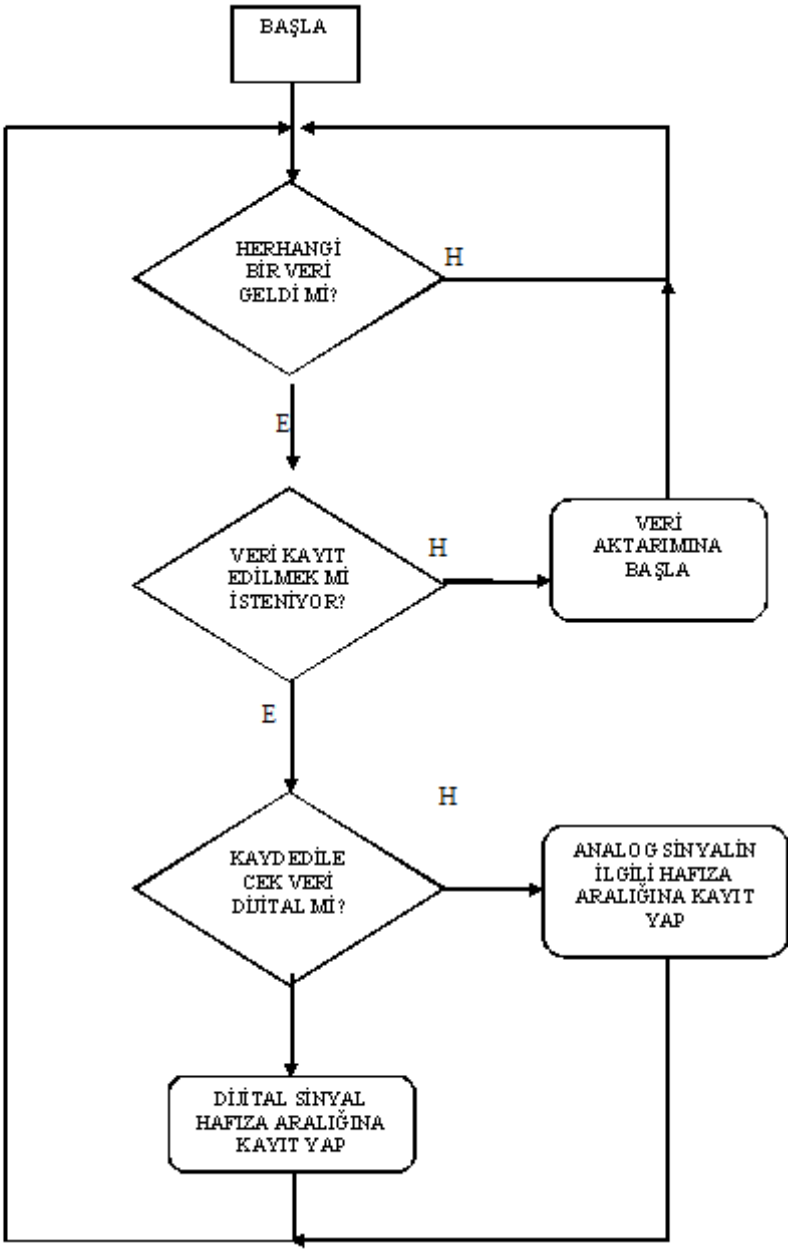
edilmesi zorunlu olan ve dijital sinyallerle ifade edilebilecek sinyal vardır. 32 bitlik bir veri yapısının oluşturulması ile hem dijital sinyallerin durumlarının ifade edilmesi hem de kartlara ilişkin kimlik bilgilerinin diğer kartlara bu veri yapısı ile iletilmesi mümkündür. 32 bitlik bu durum verisinin yanı sıra bir de zaman bilgisini ifade edileceği bir veri yapısına gereksinim vardır. Oluşturulan 32 bitlik veri yapısına zaman bilgisi de ilave edilerek 64 bitlik bir dijital sinyal paketi oluşturulmuş ve bu paket manyetik RAM'e kayıt etmek edilerek anlık durum bilgisi saklanmıştır. Aracın durum bilgileri sürekli olarak takip edilmekle beraber, sadece bir değişiklik olduğunda yeni durum bilgisi kaydedilmektedir. Bu şekilde sadece bir değişiklik olduğunda bellek kullanılmakta, durağan hallerde kayıt alınmadığından herhangi bir gereksiz bellek kullanımına izin verilmemektedir.

Katener hat gerilimi, motor akımı, fren dirençlerinde harcanan enerji (fren dirençlerinin akımı x katener gerilimi) gibi bilgilerin dijital sinyaller ile ifade edilmeleri söz konusu değildir. Bu tür bilgiler analog sinyaller şeklindedir. Bu analog sinyallerin ölçülmesi enerji ölçüm kartı tarafından yapılır. Enerji ölçüm kartının mikrodenetleyicisi bu tür sinyallerin değerlerini ölçerek 10 bitlik bir sayısal veriye dönüştürür. Elde edilen bu sayısal veri maksimum 1023 olan, işaretsiz bir tamsayıdır. Bu sistemde ADC referansını mikroişlemcinin besleme gerilimine eşitlediğimizde 0 değeri 0V'a karşı gelirken, 1023 sayısı ise mikrodenetleyicinin besleme gerilimi olan 3.3V'a karşı gelmektedir. Bu şekilde analog bir işaretin 10 bit çözünürlükle ölçülmesi mümkün olur.

Analog sinyallerin kayıt edilme sıklığı, dijital sinyallere oranla çok yüksektir. Dolayısı ile analog sinyallerin kayıt edilmelerinde 32 bitlik zaman bilgisinin kullanılması hafıza elemanının verimsiz kullanılmasına yol açar. Bu nedenle analog sinyallerin kayıt edilmesi için manyetik RAM'in belirli hafıza hücrelerine zaman bilgisi kayıt edilecek bu hücreler arasına da ilgili analog sinyal bilgileri ardışık olarak kayıt edilecektir. Veri kayıt kartı, kaydını tuttuğu verilerin aktarımını kumanda merkezine ham data şeklinde yapacak, yollanan kayıtların yorumlanmasını ise merkezdeki bilgisayar yazılımı gerçekleştirecektir.

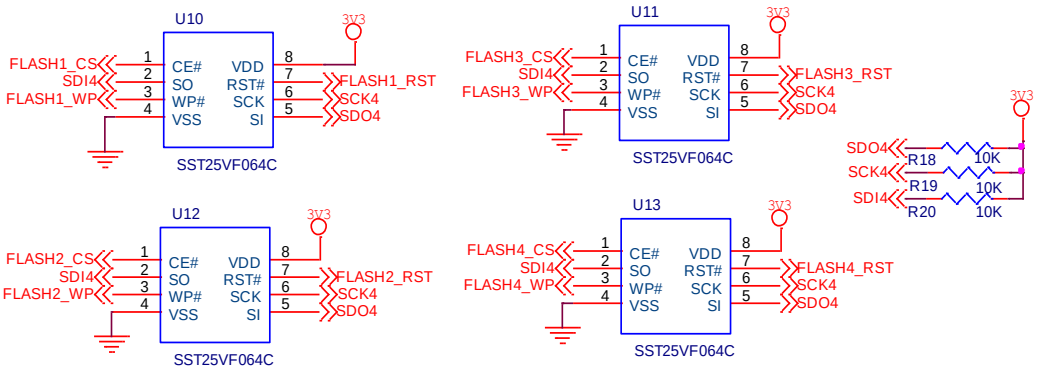
Veri kayıt kartının besleme kısmında PIC16F688 mikroişlemcisinin kontrolünde ve RS485 ile besleme kartı tarafından verilen izinle kartın beslemesini anahtarlayan bir besleme kontrol devresi bulunmaktadır. Veri kayıt kartında +12V kullanan herhangi bir entegre devre veya elektronik birim bulunmamaktadır. Bu nedenle besleme

kontrol devresi +5V giriş gerilimini anahtarlamakta ve bu girişten çekilen akımı kontrol etmektedir.



Şekil 2.22: Veri kayıt kartı yazılımı blok şeması

Veri kayıt kartında MRAM entegresine ilave olarak şekil 2.23'deki gibi 4 tane de SST25VF064C 64Mbit hafızaya sahip SPI veriyolu ile kontrol edilen bellek entegre devresi de kullanılmıştır. Enerji ölçüm değerleri ve anlık durum bilgilerinin MRAM entegre devresinde tutulmasının yanı sıra, araç destek bilgisayarının statik parametreleri bu seri bellek entegrelerinde saklanmaktadır. Sadece açılışta ve çalışma ile ilgili durumlarda değişeceği için yavaş bir haberleşme arabirimi kullanılmıştır.Bu bellekte tüm kartların çalışma sırasında ihtiyaç duyacağı sabit veriler saklanacaktır.



Şekil 2.23: Veri kayıt kartı seri hafıza ünitesi şeması

Veri kayıt kartının ön panelinde ise normal çalışma, hata bildirimi, CANbus haberleşmesi, veri alınması ve veri iletilmesi durumlarını gösterir LED'ler bulunmaktadır.Şekil 2.24'de tasarlanan veri kayıt kartının prototipi görülmektedir.



Şekil 2.24: Veri kayıt kartı prototipi

2.7 Haberleşme Kartı (CMM)

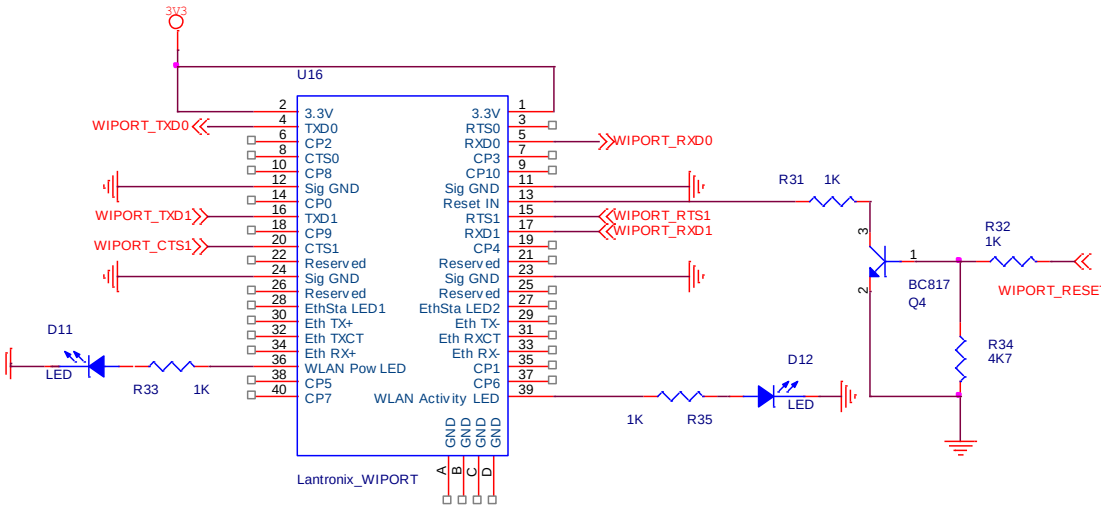
Haberleşme kartı, ADB'nın dış dünya ile olan iletişimini sağlamaktadır. Veri kayıt kartındaki verilerin merkeze iletilmesi, besleme kartının ADB'na ait herhangi bir karta sağladığı enerjiyi kesmek veya sistemdeki kartlardan herhangi birinin yazılımını güncellemek merkezdeki kullanıcı tarafından istenebilir. Bu gibi durumlarda tüm veri aktarımı haberleşme kartı üzerinden gerçekleştirilmektedir. Sistemi izleyecek olan merkez ile ADB arasındaki iletişimi sağlamak üzere kullanılan yöntemlerden birisi, haberleşme kartında 802.11b/g standardında kablosuz seri haberleşme yapabilen bir Wi-Fi modül kullanmaktır. Haberleşme kartında Wi-Fi modül olarak Lantronix WiPORT ürünü kullanılmıştır. 3.3V besleme gerilimi ile çalışan bu modül, maksimum veri transferi hızında 1.3W güç harcamaktadır. Modül,

2 adet seri porta, 1 adet de Ethernet portuna sahiptir. Kendi bünyesinde çalışan bir TCP/IP yazılımı mevcuttur.



Şekil 2.25: Lantronix seri-kablosuz ethernet dönüştürücüsü WiPORT

Uygun konfigürasyonların yapılması halinde, kendisine gelen veri paketlerini, bağlı olduğu ağdaki kullanıcının belirlediği bir IP adresine yollar. Benzer bir şekilde, bu IP adresinden gelen verileri de ilgili seri portun çıkışına verir. Bu şekilde mikrodenetleyici ile RS232 haberleşmesi yaparak TCP/IP ile ağ haberleşmesi yapmak mümkün kılınır. Kullanılacak olan Wi-Fi modül ile, aracın seyir yoluna belirli aralıklarla yerleştirilmiş olan AP'ler üzerinden merkez ile karşılıklı haberleşme yapmak mümkün olacaktır.

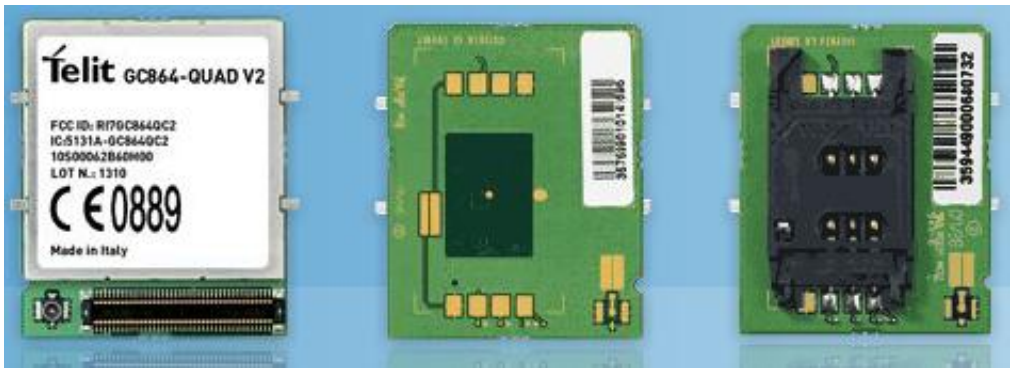


Şekil 2.26: Lantronix WiPort modülü bağlantı şeması

Bu modül haberleşme kartındaki mikroişlemci ile kablosuz ağ arasında seri-kablosuz ethernet dönüştürücü gibi çalıştırılmaktadır. Haberleşme kartında kullanılan WiPort modülü haberleşme kartı mikroişlemcisi tarafından seri port ile

kontrol edilir. Seri haberleşme 3.3V seviyesindedir ve arada herhangi bir dönüştürücü kullanılmaz. Gereken durumlarda modülü kapatıp açmak için RESET girişi mikroişlemcinin kontrolündedir. Haberleşmenin olduğunu ön panelde gösteren bir "Wi-Fi Aktif" LED çıkışı vardır. Bu led, kartın ön paneline taşınmış ve cihazın dışından GPRS data haberleşmesinin olduğunun izlenebilmesi sağlanmıştır. İlave olarak modülün besleme led çıkışı da panele taşınmıştır. WiPort bağlantı şeması Şekil 2.26'da verilmiştir.

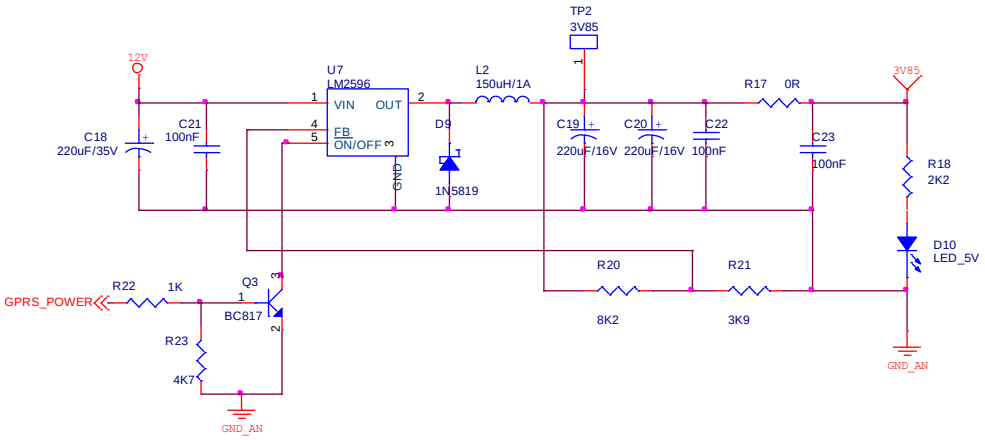
Verilerin toplanacağı kumanda merkezi ile araç destek bilgisayarını haberleştirmenin bir başka yolu da GSM şebekesi üzerinden GPRS bağlantısını kullanmaktır. Haberleşme kartında kullanılan olan bir GPRS modem ile bu haberleşme EDGE hızında gerçekleştirilir. GPRS haberleşmesini sağlamak için haberleşme kartında, Telit GC864-QuadV2 GPRS modem kullanılmıştır.



Şekil 2.27: Telit GC864-Quad V2 GPRS modem

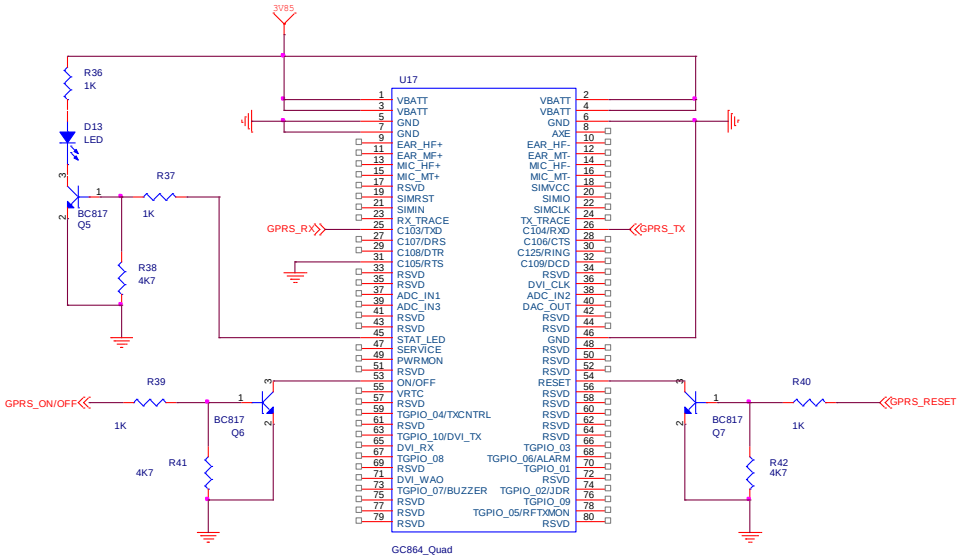
Bu modem, sim kart modem üzerine monte edilebildiği için PCB üzerinde de minimum yer kaplar ve kart tasarımında kolaylık sağlar. GC864'ün haberleşme kartına bağlantısı için 80 pinli 53949-0878 erkek konnektörü kullanılmıştır. Bu konnektörü karta takabilmek için de haberleşme kartına 80 pinli 54150-0878 konnektörü takılmıştır. Haberleşme kartının kontrolünü yapan PIC32MX775F mikroişlemcisi seri portundan gönderdiği AT komutları ile internet üzerinden istenilen IP numarasına sahip kullanıcıya veri gönderebilir ve veri kabul edebilir. Böylece Wi-Fi ile haberleşmeye –ücretli ve daha yavaş hızda da olsa- bir alternatif sağlanmış olunur. Telit modem +3.40V ile +4.20V gerilim arasında çalışmaktadır. Güvenli bölgede çalışmasını garanti etmek ve haberleşme anında yüksek güç talebinin yarattığı elektriksel gürültünün diğer malzemeleri etkilemesini önlemek için +3.85V çıkışlı ayrı bir besleme gerilimi oluşturulmuştur.Bu besleme gerilimi de besleme kontrol modülü tarafından kontrol edilen +12V girişinden elde edilmektedir.

GPRS modem en yüksek güç tüketimini GPRS data iletiminde gerçekleştirir. Bu durumda modülün akım tüketimi 420mA'e (1,5W) kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle de beslemesinin diğer kısımlardan ayrılması sağlanmıştır (Şekil 2.28). Modemin kontrol edilebilmesi için +3.85V luk gerilim mikroişlemci tarafından kapatılıp açılabilmektedir. Bu kontrolü yapmak için mikroişlemcinin GPRS_POWER çıkışı bir transistörü kontrol etmekte, bu transistörün çıkışı da gerilim regülatörünün on/OFF girişini kontrol etmektedir.



Şekil 2.28: Telit GC864 QUAD-V2 GPRS modem besleme devresi

GPRS modem de haberleşme kartının mikroişlemcisinin seri portuna bağlanmıştır. İlave olarak modemin açılıp kapatılması ve gerektiği durumlarda resetlenebilmesi için iki tane de çıkış pini kullanılmıştır. GPRS moden bağlantı şeması Şekil 2.29'da verilmiştir. Seçilen modemde Şekil 2.27 de görüldüğü gibi GSM sim kartı modemin üzerinde takılıdır. Dolayısıyla kart şemasında sim kart bağlantısı görülmemektedir.



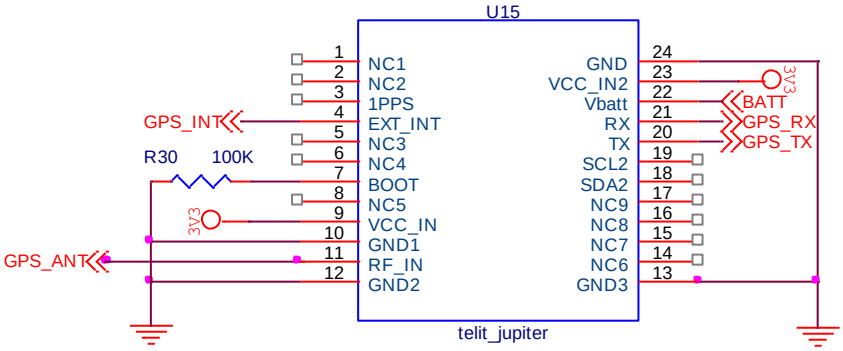
Şekil 2.29: Telit GC864-Quad V2 GPRS modem bağlantı şeması

Aracın konum bilgisini ve zaman bilgisini elde etmek üzere haberleşme kartında yine TELIT firmasının Jupiter JN3 GPS modülü kullanılmıştır.



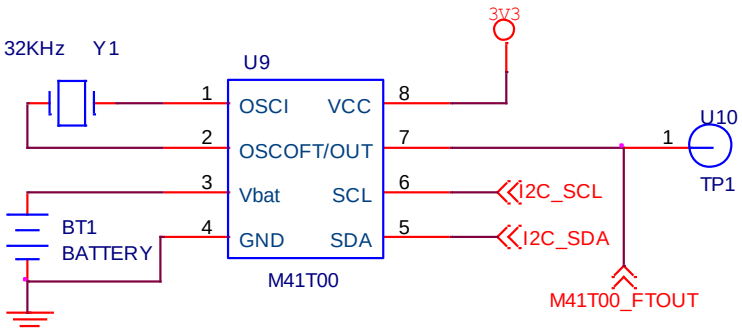
Şekil 2.30: Telit Jupiter JN3 GPS modülü

GPS bağlantısı için kullanılan GPS modülünün haberleşme kartı mikroişlemcisi ile bağlantı şeması Şekil 2.24'de verilmiştir.



Şekil 2.31: Telit Jupiter JN3 GPS modül bağlantı şeması

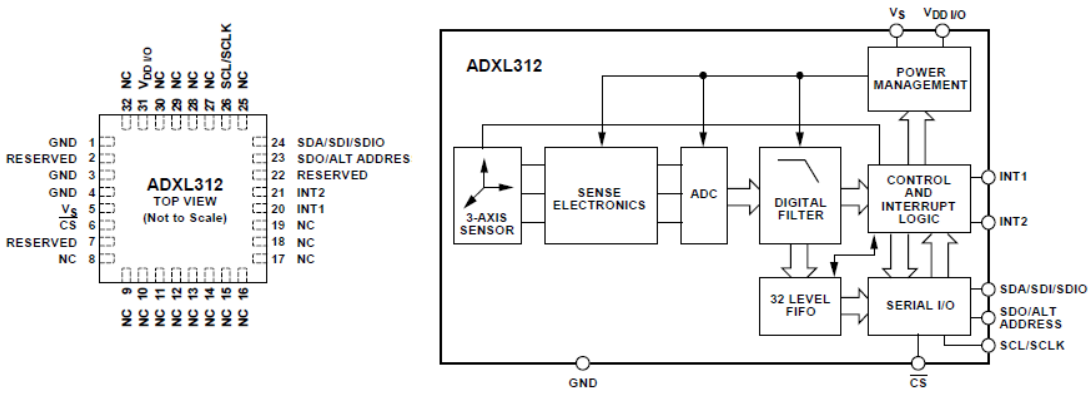
Eğer araç açık alanda bulunuyorsa GPS modülün sistemde iki görevi vardır. İlki aracın konumunu tespit etmek ve diğer metodlarla elde edilen konum bilgisinin kontrolünü gerçekleştirmektir. Bir diğer kullanımı da uydudan alınan hassas saat bilgisini kullanarak sistem saatini sürekli olarak doğru tutmaktır. Bu amaçla araç destek bilgisayarının gerçek zaman saati entegresi haberleşme kartına yerleştirilmiştir.



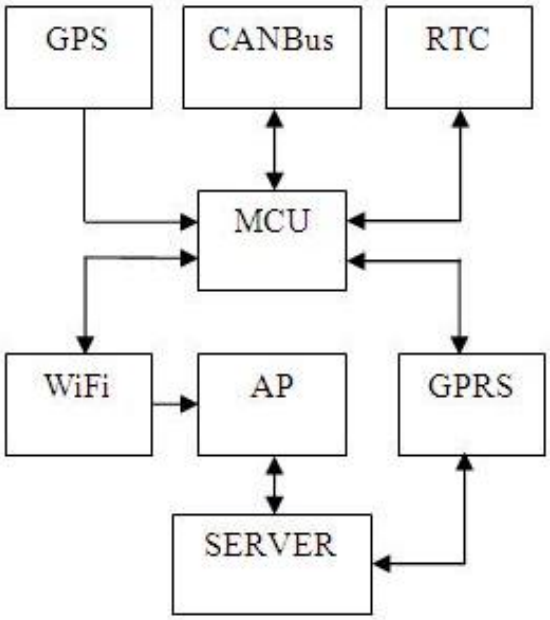
Şekil 2.32: Haberleşme kartı RTC (Real Time Clock) bağlantı şeması

Bu kartın mikroişlemcisi GPS'de okuduğu gerçek saat bilgisi ile RTC entegresinin saat bilgisini karşılaştıracak ve RTC entegresinde bulunan ayar registerlarını kullanarak sistem saatinin sürekli doğru olmasını sağlayacaktır. Eğer GPS bağlantısı kurulamaz ve gerçek zaman bilgisi güncellenemez ise bu defa wi-fi bağlantısı kullanılarak merkez bilgisayarından gerçek zaman bilgisi alınarak RTC saat entegresinin zaman bilgisi güncellenecektir. Haberleşme kartındaki RTC devresi Şekil 2.32'de verilmiştir.

Haberleşme kartında, aracın duruş kalkışları ve konforu önemli ölçüde etkileyen ani hareketlerini izlemek için bir ivme ölçer ilave bulunmaktadır. Bu ivme ölçer 3 eksende ±1,5g ile ±12g aralığında ayarlanabilir ölçüm yapabilen ve mikroişlemciye I^2C ile bağlanan bir sensördür. Şekil 2.33 da ADXL312 entegresinin pin diyagramı ve iç blok şeması verilmiştir.



Şekil 2.33: ADXL312 pin diyagramı ve iç blok şeması



Şekil 2.34: Haberleşme kartı donanımı blok şeması

Haberleşme kartında Wi-Fi, GRPS modem, GPS, RTC gibi haberleşme amacıyla kullanılan bileşenlerin bulunduğu belirtilmişti. Şekil 2.34'da haberleşme kartının donanım ve merkez bilgisayarla haberleşme yapısının genel bir blok şeması verilmiştir.

Haberleşme Kartı CANbus üzerinden diğer kartlarla haberleşerek aldığı bilgileri Kumanda merkezine iletir veya Kumanda merkezinden gelen bilgileri ilgili karta dağıtır. Kart üzerinde GPRS modemin beslemesi için 12V giriş geriliminden 3.85V gerilim üreten bir gerilim regülatörü bulunmaktadır. Kartın diğer kısmı ise 12V giriş geriliminden 3.3V üreten LM2596-ADJ regülatörü tarafından beslenir. GPRS modem haberleşme ve data iletimi anlarında dalgalı ve yüksek akımlar şektiği için kartın giriş akımını okuyan besleme modülü işlemcisi PIC16F688'in ilettiği datalar besleme kartı mikroişlemcisi tarafından değerlendirilir ve anlık tepe değerli akımlara izin verilir.

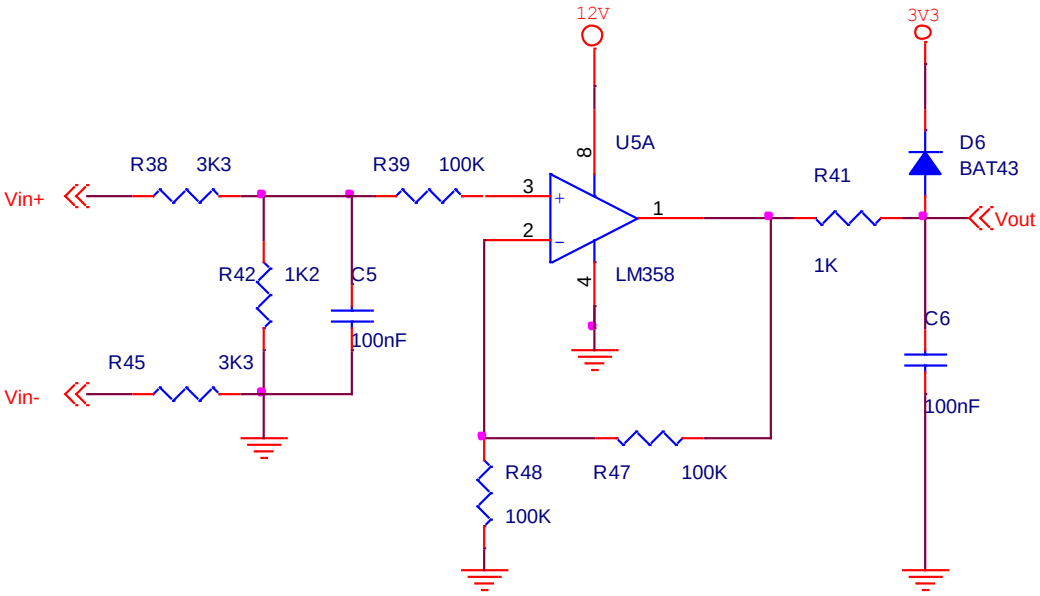


Şekil 2.35: Haberleşme kartı prototipi

2.8 Analog Giriş Kartı (AIN)

Sıcaklık, ivme kolu konum bilgisi gibi sinyaller analaog sinyaller ile ifade edilmektedirler. Bu tür sinyaller değişkenlik göstermekle birlikte, belirli gerilim değerleri ile ifade edilmektedirler. Örneğin hat gerilimini 0 ila 2 V arasındaki gerilim değerleri ile ifade edebilecekken; hat akımını, akım yönünün de değişebileceğini varsayarak -2 V ila 2 V arasındaki gerilim değerleri ile ifade edebilir. Dolayısıyla, değerini algılamak istediğimiz her analog sinyal için ayrı bir analog ölçüm devresi kurmamız gerekir.

Analog sinyallerin değerlerini doğrudan mikrodenetleyici ile ölçmek mümkün değildir. Öncelikle bu sinyaller, mikrodenetleyicinin ölçebileceği olan 0 V – 3.3 V mertebesine indirgenmelidir. Dolayısı ile kimi sinyallerin gerilim değerlerini, gerilim bölücüler ile azaltmak gerekir. Kimi sinyallerin de negatif olan gerilim değeri seviyelerini pozitif gerilim değeri seviyelerine çıkarmak gerekir. Gerilim değeri +3.3 V 'un üstüne çıkabilecek olan analog sinyallerin ölçümü için Şekil 2.36'deki devre kullanılmıştır :

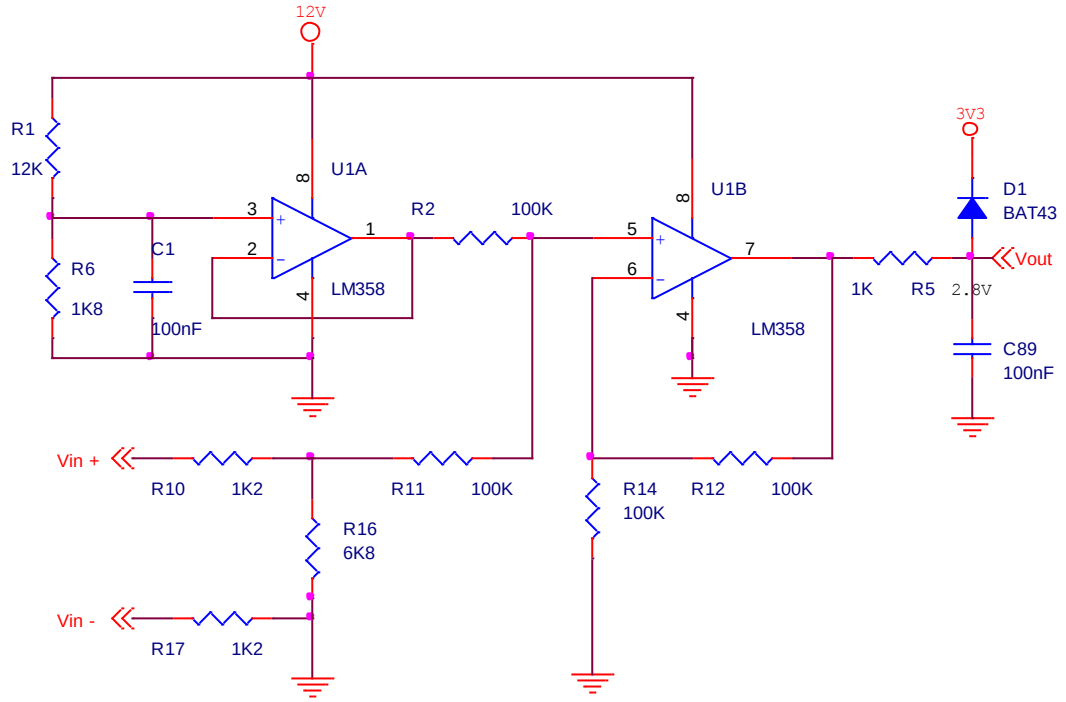


Şekil 2.36: Pozitif analog giriş devre şeması

Analog giriş devresinde Vin+ ve Vin- uçlarına uygulanan gerilim farkı işlemsel kuvvetlendiricinin girişinde bir gerilim oluşturulur. Bu gerilim Vin+ değerinin 10V olması durumunda işlemsel kuvvetlendiricinin girişine gelen gerilim referansa göre 1.5V olur. 1.5V'luk gerilim değerinin işlemsel kuvvetlendirici tarafından kuvvetlendirilmesi ile Vout ucunda 3 V luk bir gerilim elde edilmiş olur. Bu gerilim değeri mikrodenetleyicinin ölçmesi için uygundur. Mikroişlemci bu gerilimi analog dijital çevirici ile okuduktan sonra örneklenen gerilim seviyesini işlemci tarafından belirlenecek bir katsayıyla istenilen gerilim seviyesi tespit edilecektir.Daha sonra çeşitli matematiksel hesaplar ile ölçeklendirilerek giriş geriliminin değeri ölçülen geriliminden elde edilir.

Negatif gerilim değerlerinin ölçülmesi için ise farklı bir yöntem uygulamak gereklidir. Bunun için önce +3.3V un yarısı değerinde +1.17V seviyesinde bir DC gerilim oluşturulur ve negatif işaret bu gerilimin üzerine bindirilir. Burada dikkat edilmesi gereken oluşturulan DC gerilimin mikroişlemcinin ADC referansının tam

yarısı olması gerektiği ve sıcaklık değişimleriyle kaymaması gereğidir. Aksi durumda çalışma sırasında bir offset gerilimi sorunu meydana gelebilir. Şekil 2.37'de negatif girişler için kullanılan devre şeması verilmiştir.



Şekil 2.37: Negatif analog giriş devre şeması

Bu durumda ADC den okunan değer 0-1023 arasında olacaktır ve negatif olarak en düşük değerde 0, en yüksek değerde ise 1023 olacak şekilde analog seviye digitale dönüştürülür. Gerilim seviyesi olarak değerlendirilecek ise, bu değer de bir katsayı ile çarpılarak istenen gerilim seviyesi elde edilir. Yukarıda anlatılan yöntemler ile giriş gerilimleri hesaplanacak ve bu değerler mikrodenetleyicinin ADB birimince ölçülecektir.

Analog giriş kartı yazılımı sürekli olarak mikrodenetleyicinin analog kanallarındaki gerilim değerlerini ölçer ve ölçülen bu değerleri CANbus haberleşme kanalı üzerinden veri kayıt kartına yollar. Her bir analog ölçüm 10 bitlik bir kod içermektedir. Bu 10 bitlik veriye 16 adet kanal için 4 bitlik bir kanal kimlik bilgisi eklenir. 2 bitlik veri alanının da gelecekteki olası kullanım amaçları için ayrılması ile 16 bitlik analog veri paketleri oluşturulabilir. Örnekleme periyodu, uzaktan değiştirilebilir şekilde tanımlanmıştır. Her bir kanalın ayrı birer örnekleme periyodu vardır. Ölçümler sonunda oluşturulan analog veri paketleri veri kayıt kartına ve haberleşme kartına yollanarak kumanda merkezine iletilir.

2.9 Digital Giriş Kartı (DIN)

Araç üzerindeki birtakım donanım ve ekipmanların durum bilgileri dijital sinyaller ile ifade edilmektedir. Bu sinyallerin, veri kayıt kartına iletilebilmeleri için bir dijital giriş kartına ihtiyaç duyulmaktadır. Proje hazırlık sürecinde işletmede T4 Topkapı – Habipler tramvay hattında kullanılmakta olan 32 adet Duaweg marka araçtan alınması uygun görülen dijital sinyallerin listesi Çizelge 2.1'de verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Duaweg aracından okunacak hayati digital sinyaller

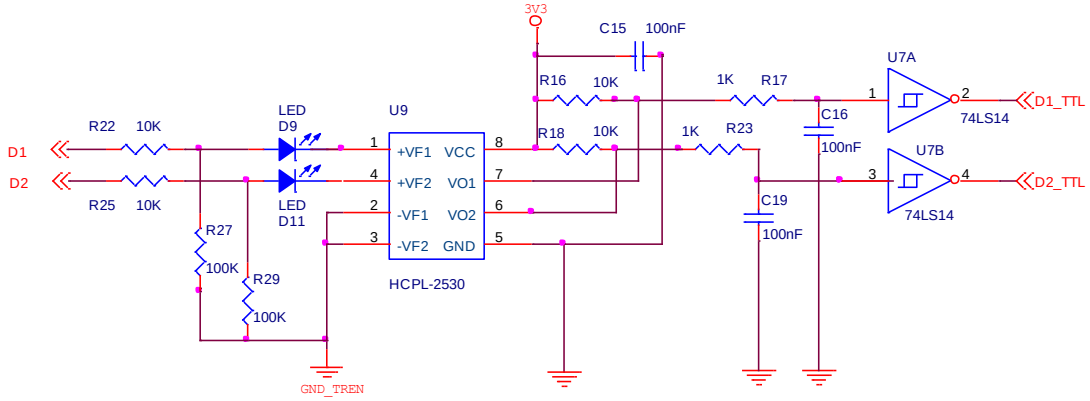
ALINACAK SİNYAL	SİNYALİN DEĞİŞİMİ	SİNYAL TİPİ	KAYIT ŞEKLİ
Totman Pedalı	Totman basılı: 24V	Digital	Zorunlu
	Totman basılı değil: 0V		
Acil Fren	Acil fren uygulu: 0V	Digital	Zorunlu
	Acil fren uygulu değil: 24V		
Ray Freni	Ray freni uygulu: 24V	Digital	Zorunlu
	Ray freni uygulu değil: 0V		
Korna	Korna aktif: 24V	Digital	Zorunlu
	Korna pasif: 0V		
Çan	Çan aktif: 24V	Digital	Opsiyonel
	Çan pasif: 0V		
Sürüşe Hazır	Sürüşe hazır var: 24V	Digital	Zorunlu
	Sürüşe hazır yok: 0V		
Sürüşe Hazır ve Kapı Sinyal İptal	Sürüşe hazır ve kapı sinyali iptal aktif: 24V	Digital	Zorunlu
	Sürüşe hazır ve kapı sinyali iptal pasif: 0V		
Hız Bilgisi	0km: 0Hz	Frekans	Zorunlu
	10km: 14,5Hz		
	20km: 27,1Hz		
	30km: 40,1Hz		
	40km: 54Hz		
	50km: 68Hz		
	58km: 77Hz		
Kayma-Kızaklama	Kayma-kızaklama aktif: 24V	Digital	Zorunlu
	Kayma-kızaklama pasif: 0V		
İmdat Kolu	İmdat kolu çekili: 24V	Digital	Zorunlu
	İmdat kolu çekili değil: 0V		
	SIFIR modu seçili değil: 24V		
B Bogi Fren Çözme	Fren çözülü: 24V	Digital	Zorunlu
	Fren çözülü değil: 0V		
A Bogi Fren Çözme	Fren çözülü: 24V	Digital	Zorunlu
	Fren çözülü değil: 0V		
Disk fren	Disk fren var: 24V	Digital	Zorunlu
	Disk fren yok: 0V		

Çizelge 2.2 : Duaweg aracından okunacak yardımcı digital sinyaller

ALINACAK SİNYAL	SİNYALİN DEĞİŞİMİ	SİNYAL TİPİ	KAYIT ŞEKLİ
Sağ Kapılar Açık	Sağ kapılar açık: 24V	Digital	Zorunlu
	Sağ kapılar kapalı: 0V		
Sol Kapılar Açık	Sol kapılar açık: 24V	Digital	Zorunlu
	Sol kapılar kapalı: 0V		
ADK Devrede-Devre Dışı	ADK devrede: 24V	Digital	Zorunlu
	ADK devre dışı: 0V		
Genel Arıza Lambası	Arıza var: 24V	Digital	Opsiyonel
	Arıza yok: 0V		
Servis Freni Arızası	Arıza var: 24V	Digital	Zorunlu
	Arıza yok: 0V		
İleri Sürüş Modu	İleri mod seçili: 24V	Digital	Zorunlu
	İleri mod seçili değil: 0V		
Acil Sürüş Modu	Acil mod seçili: 24V	Digital	Zorunlu
	Acil mod seçili değil: 0V		
Geri Sürüş Modu	Geri mod seçili: 24V	Digital	Opsiyonel
	Geri mod seçili değil: 0V		
SIFIR Sürüş Modu	SIFIR modu seçili: 0V	Digital	Opsiyonel
	SIFIR modu seçili değil: 24V		
Motor Seri-Paralel Modu	Seri mod seçili: 0V	Digital	Opsiyonel
	Paralel mod seçili: 24V		
ATC Şalteri İptal	ATC Şalteri İptal: 24V	Digital	Zorunlu
	ATC Şalteri İptal Değil: 0V		
	Min: 0V Max: 10V		
İvme kolu sinyali1	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu
İvme kolu sinyali2	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu
İvme kolu sinyali3	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu
İvme kolu sinyali4	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu
İvme kolu sinyali5	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu
İvme kolu sinyali6	İvme kolu doğruluk tablosuna bakılmalıdır	Digital	Zorunlu

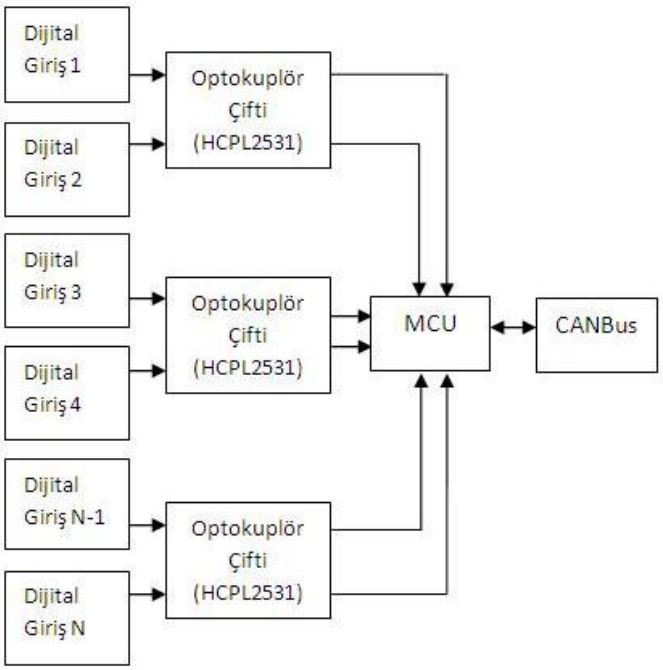
Dijital giriş kartına gelen bu sinyallerin lojik seviyeleri 0V ile 24V arasındadır. Dolayısı ile bu sinyallerin mikrodenetleyici tarafından anlaşılabilmeleri için, gerilim seviyelerinin düşürülmeleri gerekmektedir. Ayrıca sinyal kaynağının ve araç destek bilgisayarının güvenliğinin sağlanması adına, dijital sinyallerin algılanmadan önce izole edilmelerinde fayda vardır. Bu tür sinyallerin izole edilmesinde optokuplör kullanılması uygundur. Tasarlanan dijital giriş kartında, optokuplör entegresi olarak

HCPL2531 kullanılmıştır (Şekil 2.38). Bu entegre, içerisindeki fotodiyottan yeteri miktarda akım akıtıldığı takdirde, kendisinden elektriksel olarak izole edilmiş çıkıştaki fototransistoru iletime sokar.

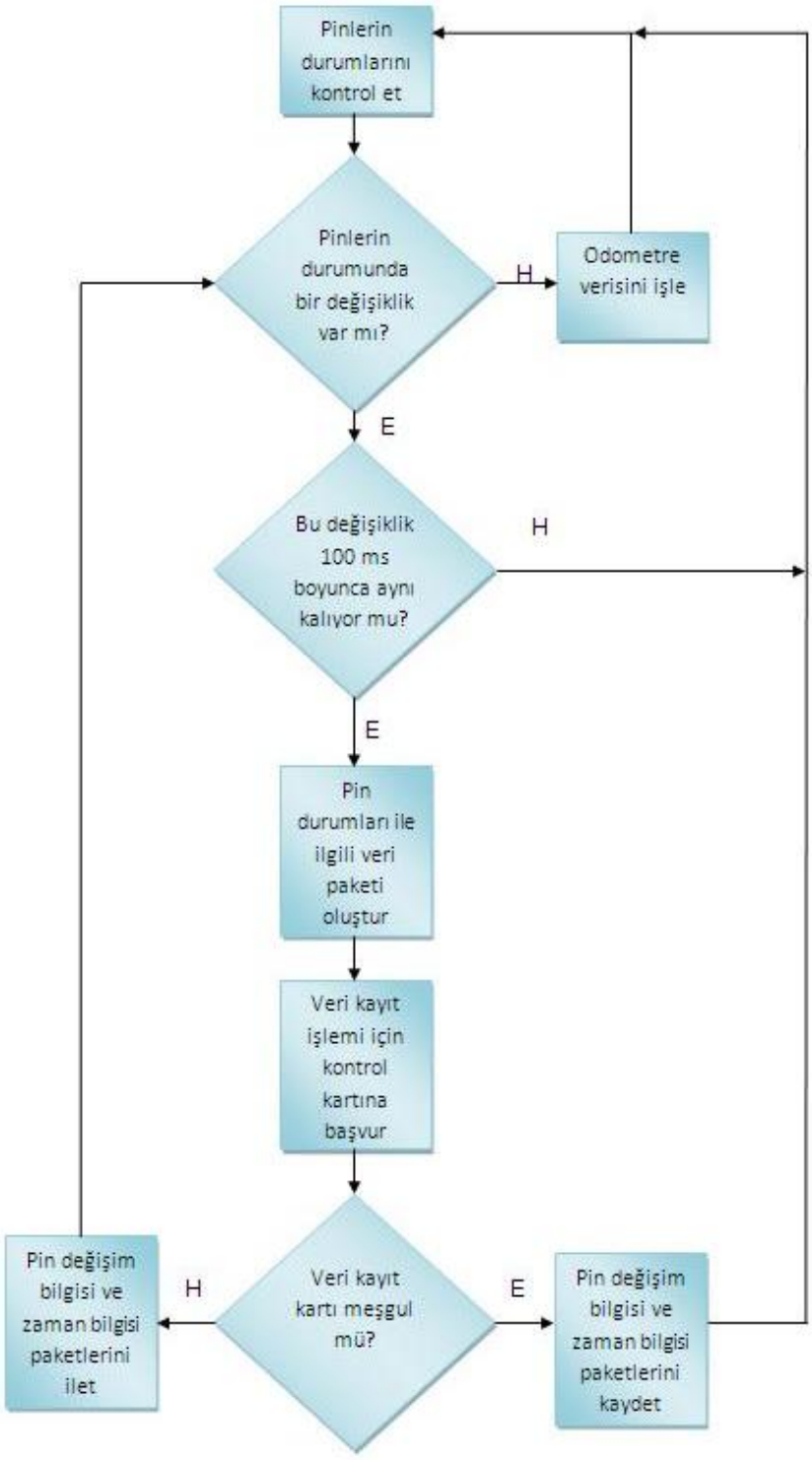


Şekil 2.38: Digital giriş devre şeması

Çıkıştaki fototransistorun kolektör direnci 3.3 V luk bir gerilime bağlıdır. Bu şekilde, kolektör geriliminin, dijital giriş kartı mikrodenetleyicisine iletilmesi ile HCPL2531 entegresinin girişindeki işaretin lojik seviyelerinin değişimi anlaşılmış olunur. Mikrodenetleyici sürekli olarak portlarına gelen dijital sinyalleri kontrol eder. Portların durum bilgisinde bir değişiklik olması halinde, bu bilgiyi kayıt edilmek üzere veri kayıt kartına yollar. Dijital giriş kartının blok şeması şu şekildedir.



Şekil 2.39: Digital giriş kartı blok şeması



Şekil 2.40: Digital giriş kartı yazılımı akış diyagramı

Optokuplör entegreleri ile, dijital giriş kartına gelen sinyallerin gerilim seviyeleri, mikrodenetleyicinin lojik gerilim seviyesi aralığına indirgenmiştir. Bu şekilde mikrodenetleyici, herhangi bir dijital I/O portunun ilgili pinine gelen dijital sinyalin lojik seviyesini algılayabilir. Dijital giriş kartı yazılımı, sürekli olarak I/O portlarının lojik seviyelerini kontrol eder. Herhangi bir değişikliğin fark edilmesi ile de, port

bilgileri okunarak veri kayıt kartı için uygun bir veri yapısı oluşturur. 32 bitlik bu veri yapısı sadece port bilgilerini içermektedir

Dijital giriş kartı ihtiyaç duyulması halinde birden fazla kullanılabilir. Bunun için her bir kartın farklı olarak adreslenmiş olması gereklidir. Bu adresleme yazılımsal olarak yapılacak ve hem asıl mikroişlemciye, hem de besleme modülündeki mikroişlemciye aynı kart ID değeri verilecektir. Port bilgilerinin değişim zamanı, sistem saatinden alınan zaman etikeyle yapılmaktadır. Dijital giriş kartı yazılımının akış diyagramı Şekil 2.40 deki gibidir.



Şekil 2.41: Digital giriş kartı prototipi

2.10 Seri Haberleşme Kartı (SCI)

Araç Destek Bilgisayarına ait kartların kendi aralarında haberleşebilmeleri için CAN haberleşmesi kullanılmaktadır. Araç destek bilgisayarı ile merkezin haberleşmesi ise GPRS ve erişim noktaları (AP) üzerinden Wi-Fi yerel alan ağı haberleşmesi yapılmaktadır. Araç üzerindeki diğer donanımların araç destek bilgisayarı ile haberleşebilmesi için ise ayrıca bir donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Seri arabirim kartı bu ihtiyacı gidermek için tasarlanmıştır.

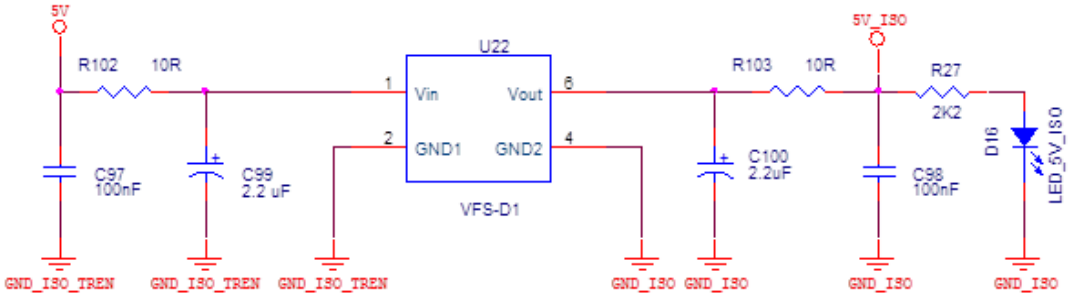
Uzun mesafeler arasında seri haberleşme yapabilmek için RS485 protokolünün kullanımı oldukça yaygındır. CAN haberleşmesinin kullanımı günümüzde daha çok ön plana çıksa da, nispeten eski teknolojik donanımlar içeren bazı demiryolu araçlarının RS485 haberleşmesinin yaygın olarak kullandığını görürüz. Mevcut donanımlar ile haberleşebilmek için seri arabirim kartında 1 adet bağımsız RS485 portunun kullanımı düşünülmüştür. Bu seri portlar istenilen RS485 hattına dinleyici

olarak bağlanabilir. Böylece aracın işleyişine ilişkin bazı verilerin araç destek bilgisayarı tarafından izlenebilmesi ve değerlendirilmesi sağlanabilir.

Seri arabirim kartında RS232 haberleşmesi yapabilecek ilgili portların kullanımı da planlanmıştır. RS232 haberleşmesinin kullanımı ile veri kayıt kartında tutulan verilerin, dijital giriş kartının port durum bilgilerinin, analog giriş kartının ölçüm bilgilerinin ya da ADB'na ait donanımların çalışma koşularına ilişkin diğer bilgilerin bir seri port üzerinden bir bilgisayar kullanıcına iletilmesi mümkün olur.

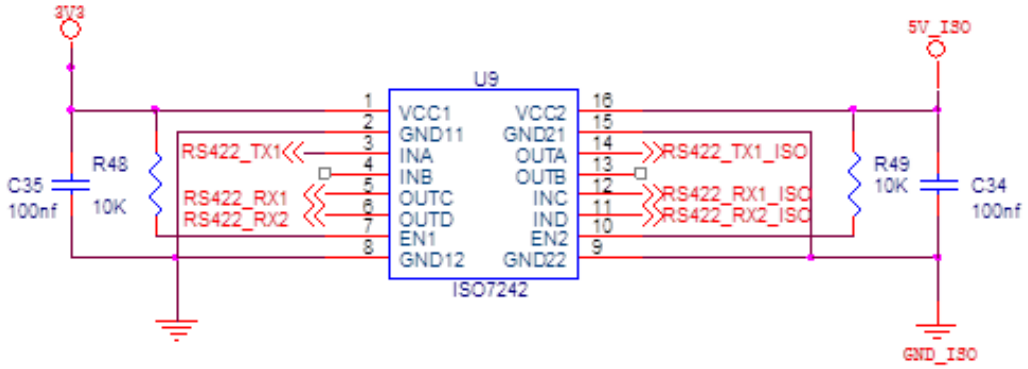
RS232 ve RS485 'e ek olarak, seri arabirim kartının bir adet de CAN haberleşme kanalına sahip olması planlanmıştır. Bu şekilde CAN haberleşme birimine sahip diğer donanımlarla da haberleşme mümkün olacaktır. Burada kullanılacak CANbus, geliştirilen kartları, arka panel üzerinden birbirine bağlayan CANbus'tan izoledir.

Seri arabirim kartının bağlandığı haberleşme kanallarının izole edilmesi gerekmektedir. İzole edilmiş bir haberleşme kanalı, hizmet verdiği donanımların gerilim değerlerinin değişimlerinden etkilenmez, bu şekilde gürültü ve girişimlerden daha az etkilenen haberleşme kanalları elde edilir. Bir haberleşme kanalının izolasyonu, haberleşmeyi sağlayan donanım arayüzünün beslemesinin izolasyonu ile haberleşme kanalında iletilen sinyallerin izolasyonu ile sağlanır. Besleme izolasyonu için izole edici DC–DC konvertörler kullanılır. Bu amaçla VFSD1 serisi 1W gücünde 1:1 dönüştürme oranlı konvertörler seçilmiştir. Kompakt yapıları, harici eleman gerektirmemeleri ve uygun güç seviyesi nedeniyle haberleşme ekipmanlarının beslemesinin izolasyonu için uygun bir üründür. Kullanılan DC – DC izolatör entegre +5V giriş gerilimini yalıtarak +5V'luk izole bir çıkış gerilimi üretmektedir. Üretilen bu izole gerilim değeri ile, bir optokuplorün izole haberleşme sinyalleri üretmesi sağlanabilir. DC-DC konvertörün şeması Şekil 2.42'de belirtilmiştir.



Şekil 2.42: Seri arabirim kartı izole besleme devre şeması

Sinyallerin izolasyonu için ise optokuplörler kullanılır. Tasarlanan seri arabirim kartında veri haberleşmesi için gerekli izolasyon devresi Şekil 2.43'deki gibi gerçekleştirilmiştir



Şekil 2.43: Seri arabirim kartı izole bağlantı devre şeması

Şekil 2.43'de kullanılan ISO7242 saniyede 1 Mbit verinin iletimini mümkün kılan bir optokuplör çifti entegresidir. Mikrodenetleyicinin alacağı ve de ileteceği sinyaller, mikrodenetleyici ile aynı besleme kaynağından beslenirken, haberleşme kanalında iletilecek olan sinyaller izole besleme kaynağından beslenirler. Bu şekilde haberleşme kanalları izole edilmiş olunur.

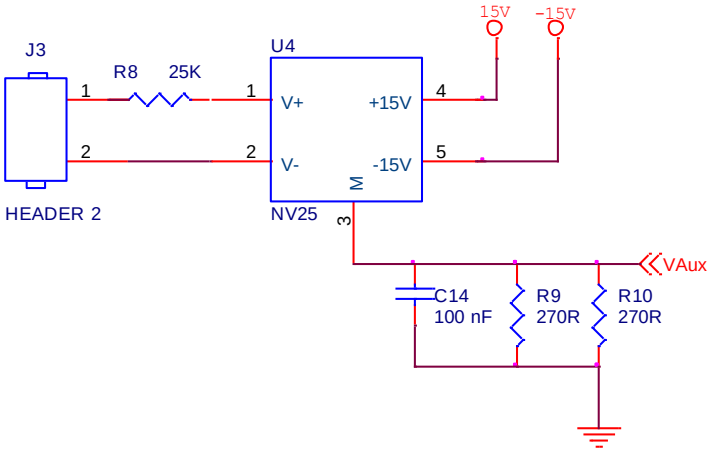


Şekil 2.44: Seri arabirim kartı prototipi

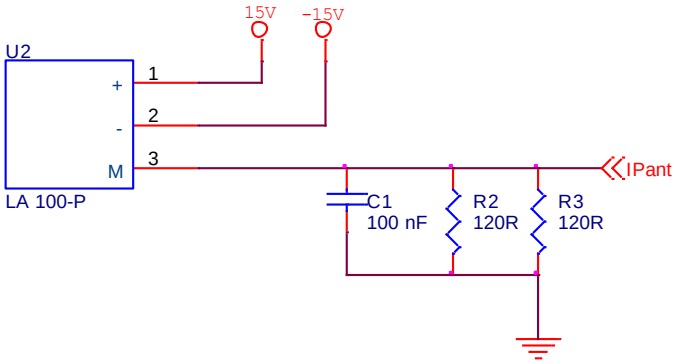
2.11 Enerji Ölçüm Kartı (EMB)

Enerji ölçüm kartı araç üzerindeki pantığraf gerilimi, pantoğraf akımı, motor sürücü akımı, yardımcı güç ünitesi akımı ve fren dirençlerinden akıtılan akımı ölçmek için tasarlanmıştır. Bu ölçümler için LEM akım ve gerilim sensörleri kullanılacaktır. Sensörler, akım kaynağı olarak davrandıkları için bir yük direnci kullanılarak sensör

bilgisi gerilime çevrilir ve mikroişlemcinin analog/digital çeviricisi ile okunarak haberleşme ve veri kayıt kartlarına zaman etiketiyle beraber iletilir. Enerji ölçüm kartının akım ve gerilim sensörleri aracın akım taşıyan kablolarının bulunduğu yere monte edilmelidir. Bu nedenle kart ve sensör arsındaki mesafe oldukça uzun olabilir. Sensörler akım kaynağı olduğu için herhangi bir veri kaybı olmayacaktır, ama mesafe nedeniyle aracın üzerindeki elektriksel gürültüler sensör bilgilerini etkileyebilir. Bu nedenle enerji ölçüm kartı ile sensörler arasında mutlaka ekranlı bir kablo kullanılmalıdır.



Şekil 2.45: Gerilim ölçüm sensörü NV25 giriş devresi



Şekil 2.46: Akım sensörü LA100-P için giriş devresi

Enerji ölçüm ve raporlanmasında sadece analog değerlerin ölçümünün alınması yeterli değildir. Ölçümün alındığı zaman ve konum bilgisi de önemlidir. Bunun yanında digital giriş kartının araçtan aldığı durum bilgilerini de ölçüm sonuçlarıyla birlikte değerlendirmek gereklidir. Enerji ölçümleri, aracın etkin sürüş metodlarıyla sürüldüğünü kontrol etmek için en açıklayıcı verilerdir. Buradaki verilerden doğru bir analizle sürüş performansı değerleri çıkarılabilir. Makinistler arasındaki sürüş tarzı farklılıkları işletme ekibi tarafından incelenerek enerji verimli sürüş konusunda

makinistlere verilecek eğitimlerde kullanmak üzere değerli veriler bu analizler sonuda çıkartılacaktır. Bu projede hedeflenen, bu analizi gerçekleştirmek için yeterli veri setinin oluşturulmasıdır. Bu verilerin işletme merkezinde bir veritabanına anlık enerji ölçümleri, aracın konum, hız ve araçüstü ekipmanların durum bilgileriyle aktarılması ADB kapsamındadır.

Aracın enerji ölçümleri için ADB ile aracın yüksek akım ve gerilim taşıyan noktaları arasında gerekli kabloların çekilmesi gereklidir. Ölçülmesi gereken ilk olarak aracın beslemesini sağlayan katener/3.ray geriliminin değeridir. Şehir içi raylı sistemlerde 750VDC nominal gerilim değerinde bir besleme hattı kullanılması çok yaygındır. İstanbul'daki M1, M2, T1, T4 hatlarında besleme 750VDC seviyesindedir. İşletme sırasında araç ile trafo merkezi arasındaki hat kayıpları ve trafo merkezinin kapasitesi nedeniyle bu gerilim 600VDC seviyelerine kadar düşebilir. Frenleme sırasındaki regeneratif enerjinin hatta geri verilmesi nedeniyle de 900VDC seviyelerine kadar yükselir. Bu nedenlerde dolayı enerji ölçüm kartında 450VDC-1000VDC aralığında lineer gerilim ölçümü yapılabilmelidir. Bu ölçümün alınması için ideal nokta enerjinin araca girdiği yer olan pantoğrafın hemen arkasında bulunan ana devre kesicisinin (ADK) çıkışıdır. Hattan alınan enerji tüm araca buradan dağılır. Yine bu noktadan aracın çektiği veya hatta geri verdiği akım değeri de okunabilir.

Araç frenlemeye geçtiği zaman motor regeneratif olarak gerilim üretir. Bu da hat geriliminin yükselmesine neden olur. Frenleme enerjisi arttığında gerilim seviyesi de o oranda artar. Araç üzerindeki motor sürücü konvertörde bulunan frenleme dirençleri bu sırada devreye girer. Bir transistör ile araç üzerindeki 30-50KW gücündeki fren resistörleri bir PID kontrolör tarafından 800VDC seviyesinin üzerinde devreye sokulur ve hat geriliminin 900VDC seviyesini aşmaması sağlanır. Şehir içi raylı sistem araçlarında sefer sıklığı ihtiyacı ve istasyonların birbirine yakın olması nedeniyle çok sık ivmelenme-frenleme yapılmakta, dolayısıyla büyük miktarda frenleme enerji ısı olarak havaya atılmaktadır. Enerji ölçüm kartının tasarlanmış olmasının en önemli gerekçesi de fren resistörlerinde ısıya çevrilen bu enerjinin miktarını ölçmek ve mümkün olduğu oranda bu kaybı azaltmak için veri elde edilmesini sağlamaktır.

Yüksek yolcu yoğunluklu hatlarda hat akımlarının azaltılması amacıyla 1500VDC besleme gerilimi kullanılmaktadır. İstanbul'daki M3 ve M4 hatları da 1500VDC katener gerilimi ile çalışacak şekilde tasarlanmıştır. 1500VDC nominal gerlimdeki

hattın gerilimi, işletme sırasında 1200V ile 1850V arasında değişmektedir. Dolayısıyla 750VDC ile çalışan hatlardaki araçlarda gerilim ölçümü için kullanılacak 1000V seviyesindeki gerilim sensörü yerine daha yüksek çalışma gerilimli bir sensör seçmek gereklidir.

Enerji ölçüm kartı ile toplanacak verilerin bir diğer hedefi de, trafo merkezinden hatta verilirken ölçülen enerjinin ne kadarının cer gücünde kullanıldığı, ne kadarının fren resistörlerinde yakıldığı ve ne kadarının bir diğer araca aktarılabildiğinin tespit edilmesidir.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Geliştirilen araç destek bilgisayarı pek çok temel yapının barındırıldığı bir elektronik sistemdir. Birbirleriyle haberleşen kartlar, toplanan verilerin kaydı ve merkeze iletilmesi gibi temel fonksiyonları yerine getiren bu yapı, aynı zamanda da enerji izlemesi, yolcu bilgilendirme için veri sağlanması gibi faaliyetleri yerine getirir. Haberleşme imkânları ve tek tip mikroişlemci kullanılarak geliştirilen CANbus yapısı sisteme ilave kartların kolaylıkla tasarlanabilmesini ve geliştirmelerin yapılabilmesini sağlar. Yine haberleşme kartı üzerinden tüm kartların yazılımlarının uzaktan güncellenmesi mümkündür.

Araç destek bilgisayarı uygulamasının yapılacağı İstanbul Ulaşım A.Ş. Metro ve Tramvay araçlarında, bugüne kadar yapılmamış olan enerji izleme, makinist performansının zamana ve enerji tüketimine oranla incelenmesi konularında geniş bir veri havuzu oluşturularak veri madenciliğine imkân tanınacaktır. Bu veriler analiz edilerek makinistlerin işletme ve enerji tüketim performansları otomatik olarak raporlanmalı, araç konumlarını gerçek zamanda izleyerek yolcu bilgilendirme sistemi için kaynak veri de meydana getirilmelidir. Yine araçların çalışma süreleri, sefer sırasında yaptıkları kilometre bilgisi araç bazında kayıt altına alınacağı için bakım planlama sırasında önemli bir veri kaynağı ortaya çıkarılacaktır.

Projenin daha etkin çıktılar üretebilmesi için merkez yazılımının güçlendirilmesi gerekmektedir. Tez kapsamında sadece araç üstü donanımın ve bu donanım üzerinde koşacak olan gömülü yazılım üzerinde durulmuştur. Ancak merkez yazılımının detaylandırılması sırasında haberleşme protokollerinde ve haberleşme rutinlerinde bazı değişikliklere gidilmesi gerekecektir.

Araçların pek çok verisinin ölçülmesi, raporlanması ve daha önemlisi birbiriyle ilişkilendirilmesi için bir veri tabanı oluşturulması bakımın sürekliliği ve verimliliği için gereklidir. ADB tarafından üretilecek verilerin zaman ve konum belirtilerek raporlanması, aracına anlık verilerinin raporlanması bakım atölyesinin faalyetlerini daha bilimsel verilerle yürütmesine imkân verecektir.

Özellikle M1 (Aksaray – Havalimanı) ve T4 (Topkapı- Habipler) hattı araçları halen makinistler tarafından sürülmektedir. Bu hatlarda araçların enerji tüketimi tam olarak ölçülmemektedir. Geliştirilen ADB'nın enerji ölçüm özelliği bu araçlarda öncelikle kullanılmalı ve araçların sürüş performansının enerji tüketimine etkisi araştırılmalı ve daha enerji verimli sürüş için önlemler alınmalıdır. Bunun için aracın sürüş profillerinin çıkartılarak cer sürücünün en optimum enerji tükettiği konum-hız eğrisinin izlenmesi üzerinde çalışılmalıdır. Bu tezde üretilen ADB, M1 ve T4 hatların altyapı olarak devreye alınmalı, bu sayede enerji optimizasyonu çalışmasının verileri üretilmeye başlanmalıdır.

Araç Destek Bilgisayarı, aracın hayati olmayan fonksiyonlarının yerine getirilmesi ve bir izleme altyapısı oluşturulması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Projenin tamamlanması ve yaygınlaştırılmasından sonra projenin devamı olarak hayati sistemlerin kontrolünü de içeren bir araç kontrol bilgisayarı projesinin başlatılması önerilir. Elde edilen tecrübe ve verilerle donanım ve yazılım olarak güvenlik sertifikalarına sahip bir araç kontrol sistemi, yerli araç üretiminin desteklendiği bu süreçte önemli bir proje olacaktır.

Araç destek bilgisayarının temel bileşenleri proje kapsamında gerçeklenmiş ve prototip kartlar oluşturulmuştur. Sistemin genişlemesi için öncelikle LED ekranları kontrol eden ve yolcu bilgilendirme ekranlarını kontrol eden "led ekran kontrol kartı"nın, araç içi anonsları gerçekleştirebilmek için "anons kontrol kartı"nın geliştirilmesi de gereklidir. Diğer araç üstü ekipmanlarla ethernet üzerinden haberleşecek ve yüksek işlem kapasitesine sahip ARM veya PowerPC tabanlı bir kart geliştirilerek sistemin işlem kapasitesinin arttırılması da sağlanabilir.

KAYNAKLAR

[1] İstanbul Büyükşehir Belediyesi Stratejik Plan 2010-2014.(t.y.).*İstanbul Büyükşehir Belediyesi*. Alındığı tarih : 05.03.2012, adres: http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/StratejikPlanlamaMd/Documents/2010_2014/stratejikplan10_14.rar

[2] TCDD İstatistik Yıllığı 2007-2011.(t.y.).Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demir Yolları. Alındığı tarih:15.03.2012, adres: http://www.tcdd.gov.tr/Upload/Files/ ContentFiles/2010/istatistik/20072011yillik.pdf

[3] İstanbul Metropoliten Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı, .(t.y.). İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı, Alındığı tarih:15.03.2012, adres: http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/kurumsal/Birimler/ulasimPlanlama/Documents/%C4%B0UAP_%C3%96zet_Raporu.pdf

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Lütfü AKÇİL

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 1972

Adres: Ferhatpasa Metro Tesisleri Esenler/İstanbul

E-Posta: lutfuakcil@gmail.com

Lisans: İTÜ Elektrik-Elektronik Fk.,Elektronik ve Haberleşme Müh.

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- **Lütfü Akçil**, Metin Gökaşan, 2012: Raylı ulaşım Araçları İçin Araç Destek Bilgisayarı Geliştirilmesi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı 2012*, Ekim 11-13, 2012 Niğde, Türkiye.