

**T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK ANABİLİM DALI
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**YENİ BİR CAN BUS İLETİŞİM TABANLI OTOMOTİV GÜÇ
DAĞITIM MODÜLÜ UYGULAMASI VE SİSTEMİN
GÜVENİLİRLİK ANALİZİ : “*eaPDM*”**

Cihangir DERSE

**Danışman
Yrd. Doç. Dr. Mustafa NİL**



MANİSA-2017

**Cihangir
DERSE**

**YENİ BİR CAN BUS İLETİŞİM TABANLI OTOMOTİV GÜÇ DAĞITIM
MODÜLÜ UYGULAMASI VE SİSTEMİN GÜVENİRLİK ANALİZİ :**
“capDM”

2017

TEZ ONAYI

Cihangir DERSE tarafından hazırlanan "YENİ BİR CAN BUS İLETİŞİM TABANLI OTOMOTİV GÜÇ DAĞITIM MODÜLÜ UYGULAMASI VE SİSTEMİN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ : 'eaPDM' adlı tez çalışması 26/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman **Yrd.Doç. Dr. Mustafa NİL**
Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Fadıl KUYUCUOĞLU**
Celal Bayar Üniversitesi

Jüri Üyesi **Yrd. Doç. Dr. Mehmet Zeki BİLGİN**
Kocaeli Üniversitesi

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Cihangir DERSE



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	II
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	III
TABLO DİZİNİ	IV
TEŞEKKÜR.....	V
ÖZET.....	VI
ABSTRACT	VII
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Elektrik-Elektronik Enerji Sistemleri.....	3
2.2. Güç Dağıtım Modülleri (PDM)	4
2.2.1. Piyasadaki Benzer Ürünler	5
2.3. Kontrol Alan Adı	7
2.3.1. CAN Bus Protokolünün Özellikleri.....	10
2.3.2. CAN Mesajı İçeriği	11
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER.....	14
3.1. Materyal.....	14
3.1.1. Güç Katı.....	14
3.1.1.1. Aktüatör Kontrol-Mosfet Katı	14
3.1.1.1. SMPS Güç Kaynağı.....	15
3.1.1.2. Voltaj Regülatörü.....	17
3.1.1.3. Akım Ölçümü	18
3.1.2. Kontrol Ve Haberleşme Katı	20
3.1.2.1. CAN Bus Protokolü Destekli Mikrodenetleyici.....	20
3.1.2.2. CAN Bus Mikrodenetleyici Programlama Arayüzü.....	23
3.2. Yöntemler	25
3.2.1. Güvenilirlik Analizi	25
3.2.1.1. Güvenilirlik Analizi Yaklaşımları	28
3.2.2. Otomotivde Kullanılan Güvenilirlik Analizi Yöntemleri.....	31
3.2.2.1. EKÜ Sınıflandırması	32
3.2.2.2. Genel Elektriksel Uyumluluk Testleri	34
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	36
4.1. Hızlı Prototipleme Adımı	36
4.2. Kalibrasyon Ve Kontrol Yazılımı Arayüzü.....	36
4.3. Modülde Uygulanan Testler Ve Elde Edilen Sonuçlar	41
4.3.1. Elektrostatik Deşarj Testi (ESD)	41
4.3.1.1. Dokunma ESD Testi	41
4.3.1.2. Test Kurulumu.....	42
4.3.1.3. Test Sonuçları.....	42
4.3.1. Sıcaklık/İklimsel Testler	42
4.3.2.1. Sıcaklık Sınıflandırmaları	42
4.3.2.2. Çevresel Sıcaklık Testi.....	44
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	46
KAYNAKLAR	48
EKLER	49
EK A. Haberleşme Doğulaması İçin Mikrodenetleyici Yazılımı.....	49
ÖZGEÇMİŞ	53

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

CAN	Control Area Network
ECU	Electronic Control Unit
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESD	Electrostatic Discharge
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning
IDE	Integrated Development Environment
PDM	Power Distribution Module
SMD	Surface Mount Device
TRL	Technology Readiness Level

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. Araç içi iletişim ağı örnek şematığı	2
Şekil 2.1. Yeni nesil araçlarda kullanılan 48 Volt Sistem Örneği.....	3
Şekil 2.2. Araçlarda kullanılan bazı yükler	4
Şekil 2.3. Modern araçlardaki elektronik yükler.....	5
Şekil 2.4. Gövde Bilgisayar Modülü.....	6
Şekil 2.5. Kontrol Alan Ağı OSI Referans Modeli Katmanları	9
Şekil 2.6. Kontrol Alan Ağı Standart Data Çerçevesi.....	11
Şekil 3.1. MSF20 Mosfet Aktüatör Kontrol Arayüzü.....	14
Şekil 3.2. Anahtarlama Güç Kaynağı Basit Devre Diyagramı	16
Şekil 3.3. DC12 Volt – 125 Amper SMPS	16
Şekil 3.4. LM2596 Pin Şeması.....	17
Şekil 3.5. LM2596 Düşürücü Voltaj Regülatörü Uygulaması.....	17
Şekil 3.6. Tipik Akım Sensörü Uygulama Devresi.....	18
Şekil 3.7. PIC18F4580 Pin Bağlantı Şeması.....	19
Şekil 3.8. PIC18F4580 İç Yapısı	22
Şekil 3.9. PICkit™ 2 Programı Kullanıcı Arayüzü.....	23
Şekil 3.10. PICC Compiler Kullanıcı Arayüzü.....	24
Şekil 3.11. Güvenilirlik Kritikliğine Sahip Güç Elektroniği Uygulamaları.....	25
Şekil 3.12. Optimal Güvenilirliğin Maliyete Etkisi	26
Şekil 3.13. Güç Elektroniği Kapsam Piramiti	27
Şekil 3.14. Güç Elektroniği Güvenilirlik Kapsam Piramiti	27
Şekil 3.15. Ürün Dizayn – Doğrulama Aşamaları	29
Şekil 3.16. Yük – Güç Analizi Metodu.....	29
Şekil 3.17. Güvenilirlik Tahmin Aracı Diyagramı.....	30
Şekil 4.1. eaPDM tasarımının hızlı prototipi	36
Şekil 4.2. eaPDM kalibrasyon ve kontrol arayüzü demo sürümü.....	37
Şekil 4.3. eaPDM CAN Bus ayarları bölümü	37
Şekil 4.4. eaPDM diyagnostik sorgulama bölümü.....	39
Şekil 4.5. eaPDM giriş çıkış ayarlama bölümü.....	40
Şekil 4.6. eaPDM akım kesme limitasyonlarının belirlenmesi	40
Şekil 4.7. ESD test cihazı ve probu.....	41
Şekil 4.8. ESD test düzeneği	42
Şekil 4.9. Klimatik test kabini.....	44
Şekil 4.10. Otomotiv uyumlu bir elektronik komponent kaplaması	45

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Komponent Sınıflandırma Tablosu.....	32
Tablo 3.2. Komponent Bağışıklık Sınıflandırması	33
Tablo 3.3. Fonksiyonel Performans Sınıflandırması.....	33
Tablo 4.1. Düşük Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları	43
Tablo 4.2. Yüksek Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları.....	43



TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Yrd.Doç. Dr. Mustafa NİL' e, bilgi ve tecrübesi ile lisansüstü öğrenim hayatımın tüm zorlu aşamalarında maddi manevi her yönden yardımcı olan, tecrübeleri ile beni aydınlatan ve desteğini hiç eksik etmeyen, kendisini tanımaktan büyük onur duyduğum sevgili hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Fadıl KUYUCUOğLU'na , çalışmalarım sırasında manevi desteğini her zaman hissettiğim değerli arkadaşım Elektrik Elektronik Mühendisi Muhammet LİKOğLU'na, öğrenim hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme yrektek teşekkür ederim.

Cihangir DERSE
Manisa, 2017

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YENİ BİR CAN BUS İLETİŞİM TABANLI OTOMOTİV GÜÇ DAĞITIM MODÜLÜ UYGULAMASI VE SİSTEMİN GÜVENİLİRLİK ANALİZİ : “eaPDM “

Cihangir DERSE

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Mustafa NİL

Güç dağıtım modülü, özellikle otomotiv uygulamalarında sıklıkla kullanılan çok katmanlı bir kontrol ve diagnostik sistemidir. Bir giriş / çıkış bağlantı noktası, çok katmanlı güç dağıtım ünitesi ve dijital formda haberleşme yolu üzerinden mesaj gönderimi sağlayan alıcı/verici iletişim katmanından oluşmaktadır. Modül sayesinde araç akümülatöründe üretilen güç; aracın elektriksel aksamalarına ECU vasıtasıyla kontrol edilerek dağıtılabilir ve güç hattındaki herhangi bir elektriksel enstrümanın arıza diagnostiği kolaylıkla yapılabilir. Çalışmada örneklerinden farklı olarak güç dağıtım modülünün çıkışlarının bilgisayar arayüz kontrolü ile akım kesme aralıklarının kalibre edilebildiği, CAN Bus iletişim protokolü vasıtasıyla nod ve iletişim hız parametrelerinin yine cihaza online bağlantı yapılarak kalibre edilebildiği modüler, inovatif ve kararlı çalışan bir uygulama yapılması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: CAN Bus, ECU, PDM, Otomotiv Elektroniği, Güvenilirlik Analizi

2017, 53 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

A NEW CAN BUS COMMUNICATION BASED POWER DISTRIBUTION MODULE APPLICATION AND RELIABILITY ANALYSIS OF SYSTEM : 'eaPDM'

Cihangir DERSE

**Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Electrical Electronics Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa NİL

Power Distribution Module is a multi-layer control and diagnosis system, which is frequently used in automotive applications. It comprises an input/output junction point, multi-layer power distribution unit and transreceiver communication layer which provides message sending over communication way in digital form. By courtesy of related module, the power which is produced in vehicle accumulator could be distributed to all electrical components of vehicle by ECU control and electrical diagnosis of any electrical component on vehicle could be proceed easily. In thesis, seperately from its similars, it has been aimed to realize an innovative, modular and reliable application that has a capability of calibration its current cut-off ranges, node and baud rate parameters via CAN Bus communication protocol and computer interface in an on-line way.

Keywords: CAN Bus, ECU, PDM, Automotive Electronics, Reliability Analysis

2017, 53 Pages

1. GİRİŞ

Bir araç tasarımı boyunca 70'ten fazla üniteden gönderilen binlerce sinyal göz önünde bulundurulmalıdır. [1] Öngörülen gereklilikler baz alınarak, ağ tasarımcıları otomotiv ağ yapısını oluşturma zaruretindedirler.[2] Son zamanlarda otomotiv sektöründe artan konfor ihtiyaçları ile birlikte elektronik kullanımı oldukça artış göstermektedir. Gelecekte otomotiv sektörünün konumlanacağı nokta elektronikte ulaşılabilen gelişmelere birebir bağlantılıdır. Modern araçlarda artan beklenti ile birlikte fonksiyonel gerekliliklerinde de bir artış gözlemlenmektedir. Bu fonksiyonel gerekliliklere yol açan faktörleri incelediğimizde, fonksiyonel güvenlik gereklilikleri, düşük yakıt tüketimi, emisyon seviyelerinin azaltılması, sürücü araç etkileşimi ve yardımcı alt sistemlerin yanı sıra araç multimedya ve konfor beklentilerinin artışından bahsedebiliriz. Günümüzde araç maliyetlerinin %40 ila %50'si aracın segmentasyonuna göre elektronik sistemleri oluşturmaktadır. Bu nedenle, birçok elektronik komponent üreten yan sanayi firma, "otomotive uygun komponentler" başlığı altında bir ürün gamı oluşturmuşlardır. Bu komponentler, otomobil güç katı gerilimi, ortam koşulları ve akım sınırlamaları dikkate alınarak üretilmiş özel yarı iletken elemanlardan ve devrelerden oluşmaktadırlar. Bilindiği üzere, konvansiyonel araçlar üzerinde çok fazla elektriksel gürültü barındırabilecek çevresel etkiler altında çalışabilmelidir. [3]

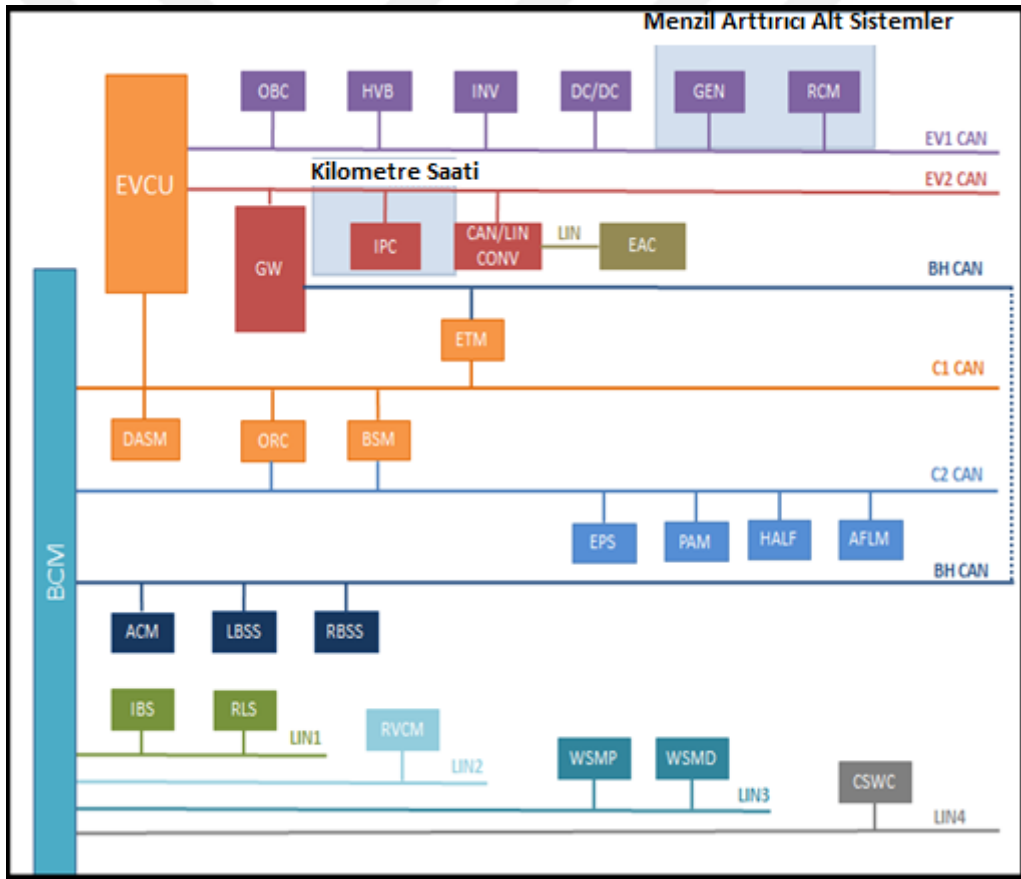
Otomotiv sektöründeki bu beklentiler, birçok bilimsel ve teknolojik gelişmenin sektöre katkı oluşturacak şekilde kullanılmasının önünü açmıştır. Bugünkü haliyle "otomotiv elektroniği" kavramı, karmaşık bir iletişim altyapısına sahip, gelişmiş sensörler, kontrol arayüzleri, güç dağıtımı ve kontrol katlarını barındırmakta olan ve aktuatörleri ve bunlarla bağlantılı mekanik hareketli parçaları içeren bir kavram haline gelmiştir.[4]

Otomobil elektroniğinin kapsamı, klasik elektronik devre ve sistemler ile sınırlı değildir. Artık araçlarda mekanik sistemlerin yerine geçebilecek elektronik yapılar kurmak bile mümkündür. Modern otomobillerde veri iletişimi CAN Bus, LIN Bus ve Ethernet gibi hatlar üzerinden yapılmaktadır. Otomotiv elektroniğindeki gelişmeler ile birlikte ağırlığı azaltılmış, daha az zararlı gaz emisyonuna sahip araçlar üretilebilmekte, otomotivde kullanılan teknolojiler ile daha yüksek güvenilirlikli ve

daha avantajlı kontrol değerleri ve verimli çıktılar elde edilmesi mümkün hale gelmiştir. Otomotivde kullanılan elektriksel ve elektronik sistemler genel olarak beş başlık altında değerlendirilebilir;

- Bilgi Etkileşimi Sistemleri (Infotainment)
- Güç, Motor, Aktarım Elemanları ve Alt Sistemleri (Power train)
- Gövde, Kabin ve Konfor Sistemleri
- Fonksiyonel Güvenlik Sistemleri
- Elektrik-Elektronik Enerji Yönetim Sistemleri

Şekil 1.1. de araç içerisindeki elektronik kontrol ünitelerinin birbiriyle iletişim kurduğu farklı ağlara bir örnek verilmiştir.



Şekil 1.1. Araç içi iletişim ağı örnek şematığı

Tezde, bu teknolojilerden 'Elektrik-Elektronik Enerji Sistemleri' kategorisinde yer alan CAN BUS networkünde çalışan yeni bir güç dağıtım modülü

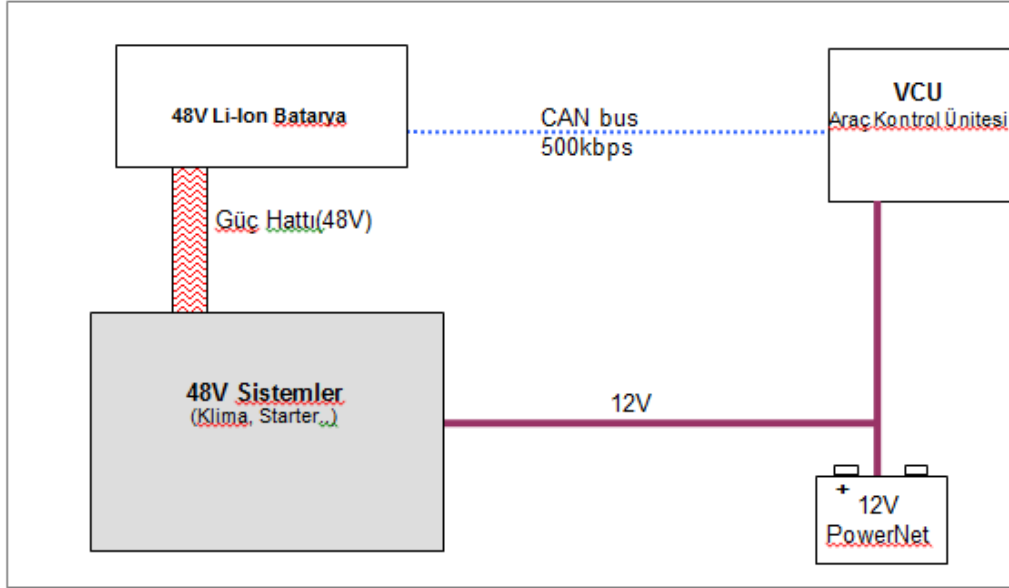
yapımı aşamalarından ve devre üzerinde yapılan bazı güvenilirlik testlerinden bahsedilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Elektrik-Elektronik Enerji Sistemleri

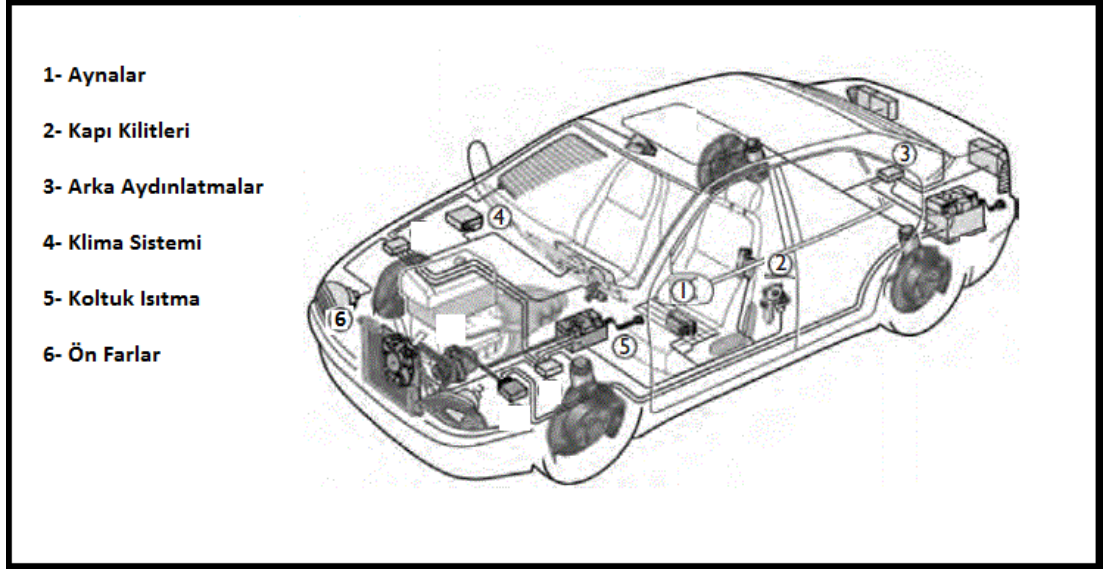
Otomotiv sektöründe fonksiyonel gerekliliklerdeki artış ile birlikte araçta tüketilen enerji miktarı da artış göstermektedir. Araçlarda kullanılan aktüatörler, ısıtma ve soğutma sistemleri, aktif ve pasif güvenlik sistemleri, araç multimedya sistemleri gibi sistemler başlıca enerji tüketen sistemlerdir ve her geçen gün teknolojik gelişmeler ile birlikte bu ihtiyacın katlanarak arttığı gözlemlenmektedir.

Bu güç gereksinimi ile birlikte 12 volt sistemler gerekli enerji ihtiyacını karşılayamaz olmuş, eskiden kullanılan 12 volt akülerin yerini, 48 volt lityum bataryalar almaya başlamıştır. Şekil 2.1. de yeni nesil araçlarda kullanılan güç hattı topolojisine bir örnek verilmiştir.



Şekil 2.1. Yeni nesil araçlarda kullanılan 48 Volt Sistem Örneği

Araç içerisindeki yüklerin artması ile birlikte güç hattı topolojileri de değişmiş ve yıldız bağlantıya doğru yönelmiştir. Şekil 2.2. de araç yapısındaki bazı yan yüklere ilişkin bir yapı anlatılmaktadır.

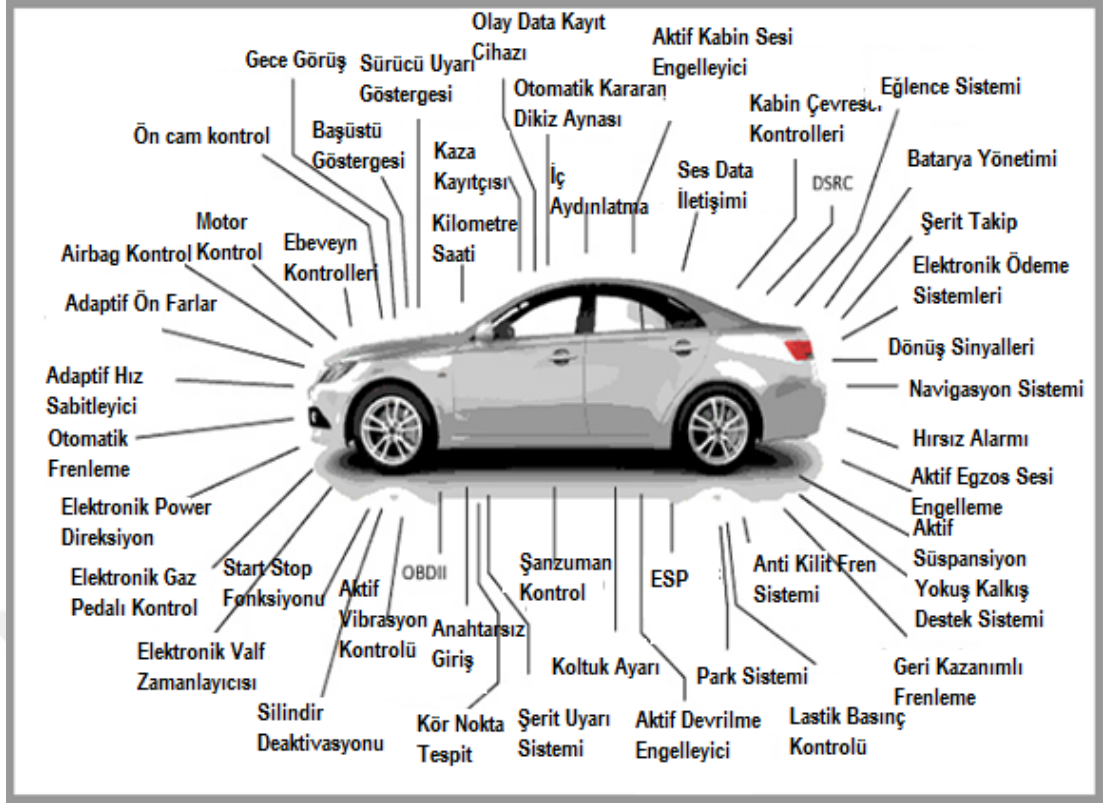


Şekil 2.2. Araçlarda kullanılan bazı yükler

Günümüzde, müşteri ihtiyaçlarına göre üretilen bir motorlu taşıt için ortaya çıkan yüklerin, 12 voltluk bir güç altyapısı ile karşılanmasının mümkün olamayacağı ve en uygun gerilim seviyesinin 48 Volt mertebesinde olabileceği hesaplanmaktadır. Bu sistem ile ilgili hibrit ve tam 48 volt altyapılı 2 sistemin tercih edildiği gözlenmektedir. Hibrit 48 volt yapıda 48 volt ve 12 voltluk baralar ayrı hatlar şeklinde 2 ayrı sistemi beslemeye devam etmektedir. Ya da tamamen 48 volt komponentlerden oluşan bir yapı seçilebilir. Günümüzde henüz 48 volt komponentler yeni geliştirilmeye başlandığı için, daha ziyade hibrit (melez) yapılar tercih edilerek, araçların menzilin artırılması amaçlanmaktadır.

2.2. Güç Dağıtım Modülleri (PDM)

Güç dağıtım modülleri özellikle otomotiv uygulamalarında kullanılmaktadır. Üzerinde dış iletişim ağı ile haberleşmesi için bir haberleşme arayüzü bulunur. Bu sayede transceiver arakatı üzerinden dijital formda veri alışverişi yapar. Genellikle CAN Bus ya da LIN Bus haberleşme protokolleri üzerinden haberleşecek şekilde tasarlanmaktadır. Ana bir baradan ya da bağlantıdan aldığı gücü içerisinde tasarlanmış olan anahtarlama elemanları ile çevre birimlere aktarır ve içerisindeki mikroişlemciye yüklenen kontrol algoritması ile farklı fonksiyonları aktif ya da pasif hale getirir. Şekil 2.3. te modern araçlarda kullanılmakta olan karmaşık elektronik yapı ifade edilmiştir.



Şekil 2.3. Modern araçlardaki elektronik yükler

2.2.1. Piyasadaki Benzer Ürünler

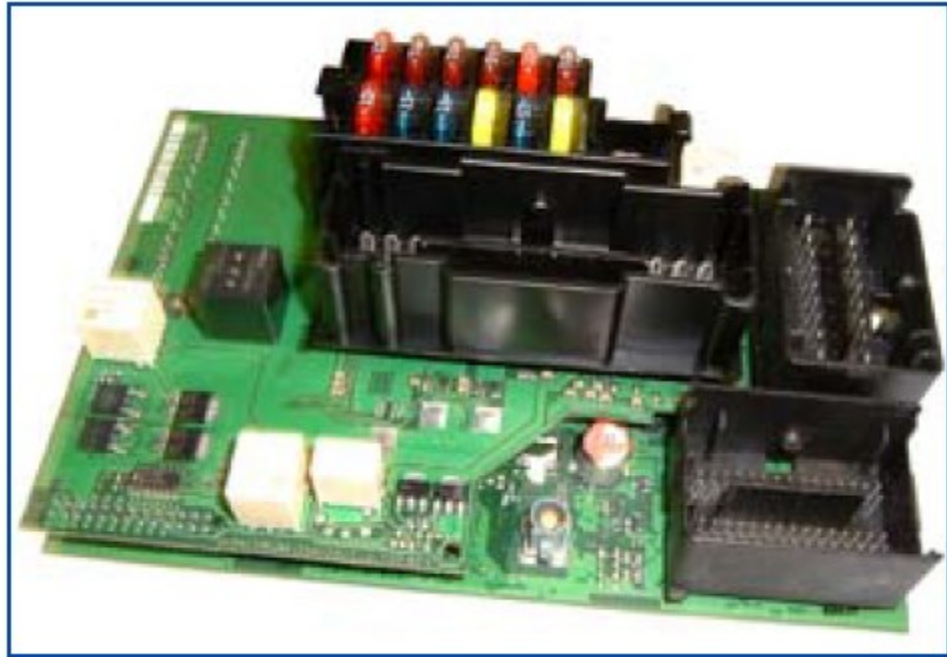
Gövde Bilgisayar Modülü(Body Computer Module / BCM):

Gövde bilgisayarı güçlü mikroişlemciler vasıtası ile giriş ve çıkış kontrolü yapar. Uygulamaya özel entegre devreler ve yüzey montaj devre kartları ile güvenilir ve küçük alana sığabilen tasarımlardır.

Güç dağıtım fonksiyonlarını bünyesinde kontrol etmesiyle beraber, tek bir modül birçok gövde ve güvenlik komponentini ve birçok araç fonksiyonunu kontrol etme özelliğine sahiptir. Kapı ve bagaj kilitleme fonksiyonu, iç ve dış aydınlatma grubu kontrolü, motor ve röle çıkışlarını sürme gibi fonksiyonlara sahip olmasının yanı sıra araç kilometre saatini de kontrol edebilir. Aynı zamanda ısıtma, fan ve klima (HVAC) fonksiyonları ve hırsız alarm sistemleri gibi çevre birimleri için de giriş çıkış sağlayabilir/kontrol yapabilir.

Gövde bilgisayarı ile yaygın olarak yapılan çevre birim kontrolleri :

- o Uzaktan kumanda ile anahtarsız giriş
- o Lastik basıncı izleme sistemi
- o Hırsız alarmı
- o Merkezi kapı kilidi
- o İç ve Dış Aydınlatmalar
- o Ön ve arka Cam Buzlanma Engelleyici
- o Isıtmalı Aynalar
- o Ön / Arka Silgeç Kontrol
- o Korna
- o Uzaktan Kumanda Kontrolü
- o Switch girişleri (kontak, kapı switchleri, emniyet kemerleri, el freni, motor yağ seviyesi, hız sabitleyici, aydınlatma switchleri, silgeç / yıkayıcı butonları)
- o Analog termal girişler
- o Veri geçit fonksiyonları (CAN-FTCAN, CAN-LIN) şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2.4. Gövde Bilgisayar Modülü

Şekil 2.4.te günümüzde kullanılmakta olan bir gövde bilgisayarına ilişkin görsel verilmiştir. Çalışmada bu tip gelişkin sistemlerde bulunan akıllı fonksiyonlar eklenmemiş, fakat daha ziyade geliştirme projeleri ve seri üretimi yapılmayan araçlar için ‘esnek’ yapıda kullanılabilir bir güç dağıtım ünitesi tasarlanmış ve kullanıcının bunu ihtiyacına göre şekillendirebilmesi amaçlanmıştır.

2.3. Kontrol Alan Ağı (CAN)

Kontrol Alan Ağı protokolü, Bosch firması tarafından otomotiv iletişimde gelişen haberleşme altyapısı ihtiyaçlarını karşılamak üzere 1986 yılında tasarlanmıştır. 1993 yılında ISO protokolü uluslararası bir standart olarak akredite etmiştir[5]. CAN Bus 2.0A protokolü, 88 ila 108 bit aralığında bir uzunluğa sahip mesajların CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access with Collision Resolution) bağlantı yöntemine uygun bir şekilde iletilmesi ilkesi ile çalışmaktadır. Her mesaj paketinin başlangıç kısmında 11bit uzunluğunda sınıfını ve aldığı değer itibariyle hatta yayınlanma önceliğini belirten bir tanımlayıcısı (Identifier) vardır. Sınıf ile anlatılmak istenen, belirli bir aralıkta tanımlayıcı değeri atanan mesajın belirli bir komponent ya da fonksiyon tarafından yayınlandığını kullanıcının anlamlandıracağı şekilde bir değerlikte olmasıdır. Tanımlayıcısının sayısal değeri hattaki diğer mesajlardan küçük olan mesajın önceliği daha yüksektir ve hattı öncelik gerektiren durumlarda domine eder. İki farklı elektronik kontrol ünitesi (ECU) aynı zamanda birbirinden farklı mesajlar iletmeye çalıştığı durumda önceliği diğerinden daha yüksek olan mesaj ağda mesaj yayınlama önceliğine sahip olur. [6].

CAN Bus protokolü, haberleşme altyapısına erişme metodu olarak, öncelik tanımlayıcısının yanında ayrıca Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) kullanılmaktadır. Bu metot, hattaki mesajların birbirleri ile aynı zamanda yayınlanarak çarpışması gibi bir durumu ortadan kaldırdığı gibi, haberleşme hat uzunluğunu da belirlemekte kullanılmaktadır. CAN hattındaki her bir node (düğüm) 1 Mbit/s veri haberleşmesine sahip olduğu durumda bu uzunluk maksimum 40 metre ve 40 Kbit/s veri haberleşmesine sahip olduğu durumda ise 1000 metre hat uzunluğuna sahip olabilmektedir. Haberleşme altyapısındaki tüm ECU'lar mesaj iletimine başlamadan önce bir periyotluk bir süre boyunca herhangi bir veri iletişimi olup olmadığını gözlemler (Carrier Sense). Bu süreç içerisinde herhangi bir ECU hatta mesaj göndermezse hattaki tüm üniteler mesaj gönderebilme hakkına sahip olmaktadır (Multiple Access). CAN Bus haberleşmesi üzerindeki iki ECU aynı andan mesaj göndermeye başladıklarında olası çarpışma durumunu algırlar (Collision Detection) ve öncelik durumuna göre hatta resesif durumda olan düğüm mesaj göndermeyi durdurur [7].

CAN Bus yapısında dört tipte mesaj çerçevesi bulunmaktadır. Bu mesaj tipleri; Data çerçevesi, remote çerçeve mesajı, hata çerçevesi ve hat aşırı yüklü mesaj çerçevesidir. CAN Bus mesaj yapısındaki data çerçevesi asıl taşınan bilgiyi içeren kısımdır ve mesaj tanımlayıcı numarası, hesaplanan CRC kodu, senkronizasyon biti ve alındı bilgisini içerir ve 47 bitlik protokol kontrol bilgisi ve data uzunluğunda göre 0 ila 8 byte aralığında veri içermektedir. CRC kodu mesajın göndericiden alıcıya doğru şekilde iletilip iletilmediğinin kontrol edilmesi için hesaplanan çevrimsel kayıp hesabının yapıldığı kısımdır. Gönderici kontrol ünitesi ile alıcı arasında aynı CRC hesaplaması işletilmelidir ve eğer alıcı tarafında alınan CRC hesaplanandan farklı çıkar ise alıcı ünite mesajın iletiminde bir sıkıntı yaşandığını algılamalı ve karşı tarafa alındı bilgisi (ACK) göndermemelidir. CAN Bus altyapısına sahip kontrolcüler tarafından desteklenmekte olan standart data çerçevesi (CAN 2.0A) ve genişletilmiş data çerçevesi (CAN 2.0B) olmak üzere 2 tip çerçeve tanımlanmıştır. Mesaj tanımlayıcı numarası, haberleşme önceliğinin kararlaştırıldığı sayısal değeri içermektedir ve mesajların alınıp filtre edildiği haberleşme katmanında belirleyici özelliktedir. CAN Bus protokolü için ISO 11898 ve 11519 numaralı standartlarda tanımlanmış iki farklı norm mevcuttur. Bu iki farklı standartta iletim hızları ve fiziksel katman özellikleri açısından farklılıklar bulunmaktadır.

Bu iki CAN haberleşme standardı arasında ortaklaşa kullanılan 7 farklı alan tanımlanmıştır;

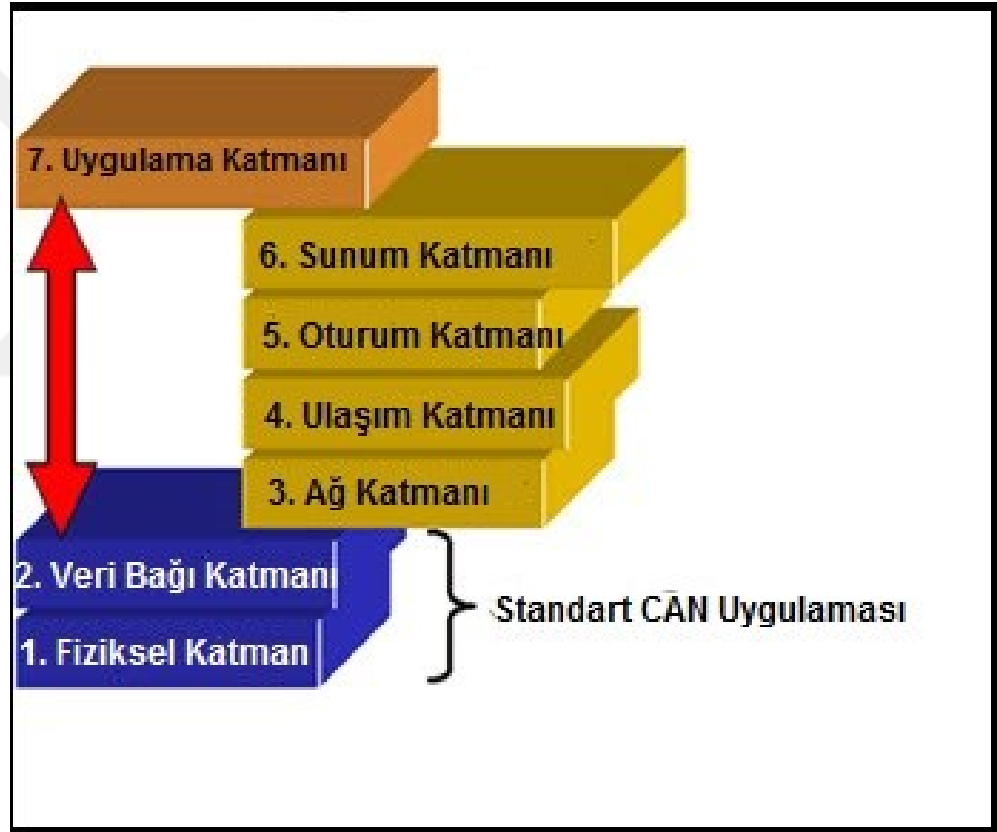
- I. Başlangıç Biti (Start of Frame)
- II. Tahkim Alanı (Arbitration Field)
- III. Kontrol Alanı (Control Field)
- IV. Data Alanı (Data Field)
- V. CRC Alanı (Cyclic Redundancy Check Field)
- VI. ACK Alanı (Acknowledge Field)
- VII. Çerçeve Sonu (End of Frame)

CAN Bus haberleşme protokolünün başlıca özelliklerini şu şekilde sıralayabiliriz : Ağa bağlı bir ECU tüm üniteleri master ünite olarak kontrol edebilir. Ağa bağlı tüm fonksiyonların kontrolü seri haberleşme üzerinden yapıldığı için kablo ve konnektör karmaşıklığı azalacaktır. Ağa bağlı sistemlerin montajı ve demontaj

işçiliği daha düşük olacaktır. Verimli hata tespiti ve az kayıplı mesaj alım gönderimi sağlamaktadır. Geliştiriciye uyarıları ve mevcut durum verisini göndermek için diğer belli başlı protokollerden daha yüksek kapasitelidir ve daha esnektir. Ağa yeni bir düğüm eklemek oldukça basittir. Çakışmaları ve ağın güvenilir çalışmasını garanti etmek için çakışma önleme ve önceliklendirme altyapılarına sahiptir.

OSI referans modeli üzerinde CAN Bus protokolü şu katmanlardan oluşmaktadır;

- Uygulama katmanı (Object layer)
- Veri Bağı katmanı (Transfer layer)
- Fiziksel katman (Physical layer) şeklinde üç alt bölüme ayırabiliriz.



Şekil 2.5. Kontrol Alan Ağı OSI Referans Modeli Katmanları

Şekil 2.5.te CAN Bus protokolünün OSI referans modelinde yer aldığı katmanlar gösterilmiştir. Fiziksel ve veri bağı katmanları, uygulama katmanının tüm servis ve fonksiyonlarını belirler. Uygulama katmanının görevleri,

- Transfer edilecek mesajı belirlemek

- Filtrelenecek alınacak mesaja karar vermek
- Uygulama arayüzüne taban oluşturmaktır.

Veri bağı katmanı ise transfer protokolünü yönetmektedir. Çerçevelerin kontrolü, mesaj önceliğinin belirlenmesi, hata kontrolleri, hata gönderme ve alma gibi işler bu katmanda gerçekleştirilmektedir. Veri bağı katmanı mesaj gönderilmesi esnasında hattın boş olduğunu kontrol ederek uygun öncelikte mesajını hatta göndermektedir. Senkronizasyon işlemlerinin koordinasyonu da bu katmanda gerçekleşmektedir.

Fiziksel katman ise CAN protokolünü oluşturan tüm elektriksel donanımın olduğu katmandır.

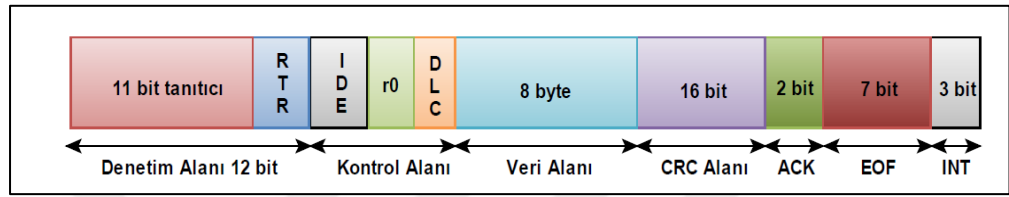
2.3.1. CAN Bus Protokolünün Özellikleri

CAN Bus protokolü multimaster yapıda çalıştırıldığı takdirde hattaki tüm üniteler eşit öncelikli olarak hatta mesaj gönderme hakkına sahip olurlar. Bu yüzden otomotiv sistemlerde bir veya birden fazla komponent master ünite olarak belirlenir ve ağ topolojisi oluşturulan bu master yapısına göre belirlenir. Otomotiv sistemlerde genellikle birincil yönetici ünite gövde bilgisayarı seçilmektedir ve motor kontrol ya da fren ünitesi gibi güvenlik kritik komponentlerin hata vermesi durumlarında koordinasyonu ele alır ve aracın kısıtlanmış çalışmasını ya da durdurulmasını sağlar. Genellikle daha güvenli tarafta kalan kilometre saati ya da radyo gövde bilgisayarına bir şey olduğu durum gözetilerek ikincil yönetici ünite olarak atanmaktadır ve güvenlik kritikliği olan mesajlar an be an bu üniteler tarafından da takip edilmektedir. Araçta oluşan hataların kritikliği de düşük tanımlayıcıya sahip en kritik olmak üzere üste doğru sıralanmaktadır.

Örneğin kaza anında çarpışma sensörleri çarpışmadan doğan kuvveti hissederek alt sistemlerin yönetici ünitesi motor kontrol ünitesine iletir. Motor kontrol ünitesi hattaki tüm ünitelerin kısıtlı modda çalışmalarını için en yüksek öncelikte bu bilgiyi hatta yayımlar ve motora yakıt girişini derhal keser. Tüm aktif ve pasif güvenlik sistemi üniteleri (fren ünitesi üzerinden abs, esp yapılması, airbag ünitesinin gerekli hava yastıklarını mesajı aldıktan 3 milisaniye sonra patlatması, aktif gergili emniyet kemerlerinin gerginlik ayarlaması) mesajı aldıktan sonra yaklaşık 15 milisaniye içerisinde aksiyon almış durumda olmaktadır. Bu esnada diğer bir ünite örneğin şarkı

adı bilgisini radyodan kilometre saatine gönderiyor olabilir, fakat öncelik olarak bu mesaj daha düşük olacağı için hatta daha sonra yayınlanır.

CAN Bus protokolünde gönderilen tüm mesajlar hattaki tüm üniteler tarafından dinlenir. Ünitenin içerisinde oluşturulan mesaj haritaları sayesinde ünite kendine gerekli olan mesajları okuyarak işler ve kendisi için anlamlı hale getirir, kendisi ile ilgili olmayan mesajları ise herhangi bir işleme tabi tutmadan silmektedir. Şekil 2.6.da standart bir CAN data paketi yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2.6. Kontrol Alan Ağı Standart Data Çerçevesi

2.3.2. CAN Mesajı İçeriği

Mesaj ID Alanı (Arbitration field)

CAN Bus protokolünde data paketler haline dönüştürülerek karşı tarafa gönderilir. Standart ve genişletilmiş tanımlayıcılara sahip olmak üzere 2 tip mesaj paketi bulunmaktadır. Bu mesaj paketleri arasındaki temel fark, tanımlanabilecek mesaj sayısıdır. Standart CAN mesajında $2^{11}=2048$ farklı mesaj tanımlanabilirken genişletilmiş Can mesajı mimarisinde tanımlanabilecek mesaj adeti teorik olarak $2^{29}=536870912$ 'dir. Elbette pratik hayatta bu kadar fazla mesajın tek bir hattan iletimi mümkün değildir. Çünkü yapılan hesaplamalarla her bir mesajın hatta oluşturduğu yoğunluğa göre bir hat yükü hesaplaması yapılır ve bu hat yükü hesabından ortaya çıkacak yüzdelerik değere göre hatta yeni mesajlar eklenmesine karar verilmektedir. Düşük hızlarla çalışan hatlarda iletim yavaş olduğundan hat yükü az olacaktır ve daha fazla mesaj hat üzerinde yayınlanabilir. Otomotiv uygulamalarında güvenlik kritik ünitelerin bulunduğu CAN Bus hattı hızlı iletişim yapmakta, konfor ekipmanları ve diğer kritik olmayan bazı fonksiyonların olduğu hatlar ise düşük hızlarda çalıştırılmaktadır. Mesaj tanımlayıcı (ID) alanı RTR bitini de içermektedir. Eğer bu bitin değeri 1 ise hatta gönderilmesi planlanan mesaj bir istek çerçevesidir (remote frame), eğer 0 ise veri çerçevesidir (data frame). İstek çerçevesinin bir ünite tarafından hatta yayınlanmasının amacı o anda ünitenin gönderim yapmayacağını ve

diğer bir üniteden başka bir mesaj beklediğini hattaki diğer ünitelere söylemesine yarayan bir mesajdır. Bu mesajı alan ilgili ünite diğer ünitenin ihtiyacı olan veri paketini hazırlar ve önceliği dikkate alarak hatta yayınlar. [8]

Kontrol Alanı (Control field)

6 bitlik bir alanı kapsamaktadır. İlk bitine bakılarak mesajın standart uzunlukta mı yoksa genişletilmiş uzunlukta mı olduğunu karşı tarafa iletmektedir. Mesajdaki veri uzunluğunun kaç byte olduğunu da bu alan belirlemektedir.

Veri Alanı (Data field)

CAN Bus protokolünde veri alanı 8 byte uzunluğuna sahiptir. Gönderilen veri 8 byte dan daha kısa da olabilir. Mesaj paketindeki veri alanı okunurken öncelikle kontrol alanındaki mesaj uzunluğu bilgisi (DLC) kontrol edilmelidir.

Dönüşel Artıklık Kontrol Alanı (CRC field)

15 bitlik CRC dizisi ve CRC sınırlayıcılarından oluşmaktadır. Alanın amacı iletilen pakete özel olarak üretilmiş CRC kodunu taşımaktır. Gönderen üniteye alınan mesajın düzgün olup olmadığının kontrolünü alıcı ünite bu değer üzerinden hesaplama yaparak bilgi verir. Alınan paket CRC hesaplamasına göre doğru ise ünite bu mesaj paketini kabul eder ve karşı tarafa alındı bilgisi (ACK) gönderir. Eğer veride bir takım kayıplar oluşmuş ise karşıya bir hata çerçevesi gönderir ve karşı ünite mesajın tekrar gönderilmesini sağlar. Hat yükü artmış ise ya da CAN Bus ünitelerinin fiziksel uygulamalarında dış çevresel bozuculara karşı önlemsiz bir uygulama gerçekleştirildi ise CAN Bus mesajlarının iletiminde kayıplar artacaktır.

Alındı Bilgisi Alanı (ACK field)

Hatta o anda önceliği bulunan ünite hatta mesaj gönderimi yapar. Hatta mesaj ID bilgisi, kontrol alanı ve CRC kodu paket biçiminde gönderilir, fakat alındı bilgisi kısmı çekinik olarak bırakılır (lojik 0). Hattaki ünitelerden herhangi biri mesajı alır ise hatta kendini ACK biti göndererek baskın yapar ve diğer ünite hattın iletim kontrolünü bu üniteye bırakır. ACK gönderen dışındaki diğer ünitelerden yayınlanan bir alındı bilgisinden ibarettir, bir paket değildir. Eğer herhangi bir ünite alındı bilgisi üretmezse, gönderici mesajı tekrar gönderir ve belirli bir tekrardan sonra hattan olumlu cevap alamazsa hatta hata çerçevesi yayımlamaya başlar.

Hata Çerçevesi (Error frame)

Hatta yayın yapıldığı esnada bir şekilde bir hata oluşmuş ise ve veri çerçevesi ya da istek çerçevesinde bir hata alıcı tarafından tespit edilirse alıcı alınan mesajın geçerli olmadığını belirten bir hata çerçevesi yayımlar. Aynı şekilde göndericinin gönderdiği mesajı herhangi bir ünite almıyorsa gönderici belirli bir çevrim sonrasında hatta hatalı bir durum olduğunu bu çerçeveyi oluşturarak bildirir.



3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

3.1. Materyal

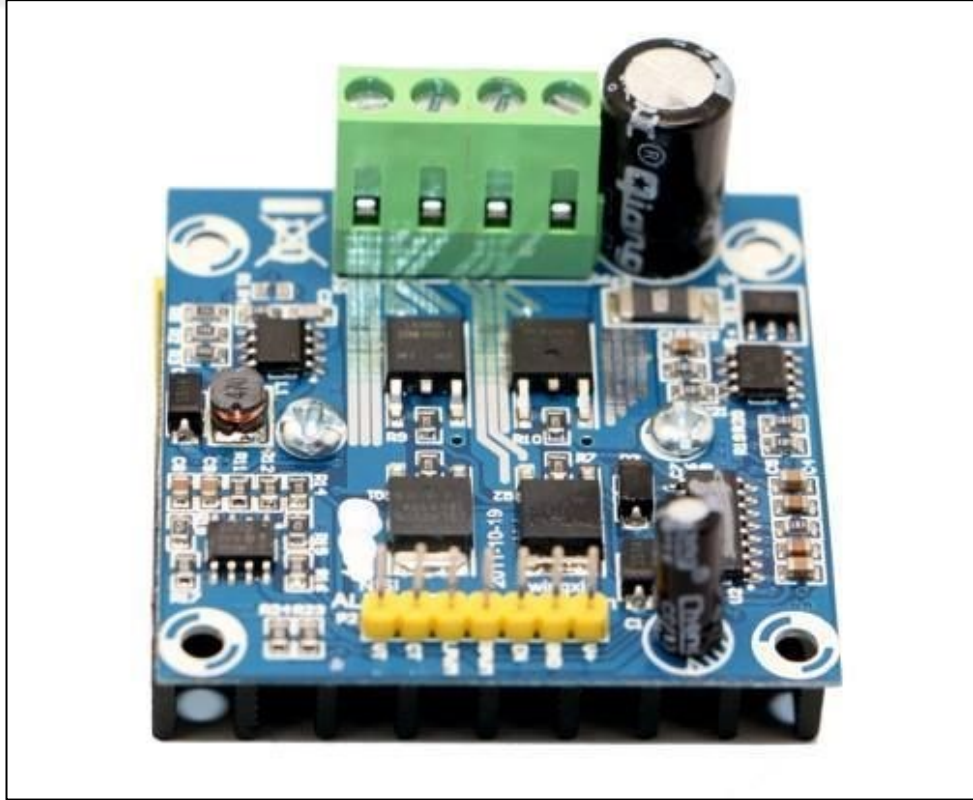
Oluşturulan modüler kontrol kartını oluşturan komponentler; Güç katı, kontrol ve haberleşme katı alt başlıkları altında sınıflandırılabilir.

3.1.1. Güç Katı

3.1.1.1. Aktüatör Kontrol-Mosfet Katı

MOSFET (Metal oksit tabakalı alan etkili transistör) bir güç elektroniği anahtarlama elemanıdır. Komponentin G ucu gövdesinden tamamen yalıtılmış bir vaziyettedir. Bu nedenle MOSFET anahtarlama elemanlarının giriş empedansı ($Z_{grş}$) çok yüksektir. Anahtarlama bandı genişliği ve çalışma frekansları yüksektir. Entegre imalatında ve hassas anahtarlama gerektiren kontrollerde sıklıkla kullanılmaktadırlar.

Uygulanan devrede aktüatör kontrolü için MSF20 isiminde,0-35 Volt gerilim aralığında çalışabilen ve maksimum sürme akımı 50 Amper olan bir ürün kullanılmıştır. Şekil 3.1.de modüler CAN Bus güç dağıtım modülünü valide etmekte kullanılan mosfet kartının görseli bulunmaktadır.



Şekil 3.1. MSF20 Mosfet Aktüatör Kontrol Arayüzü

Komponentin Özellikleri :

- Çalışma Voltajı: 0-35V
- Devam Çalışma Akımı: 20A
- Anlık Çalışma Akımı: 40A
- PWM Frekansı: 200Khz
- Boyular: 5 x 5 x 3.1cm
- MOSFET İç Direnci: 0.005 ohm

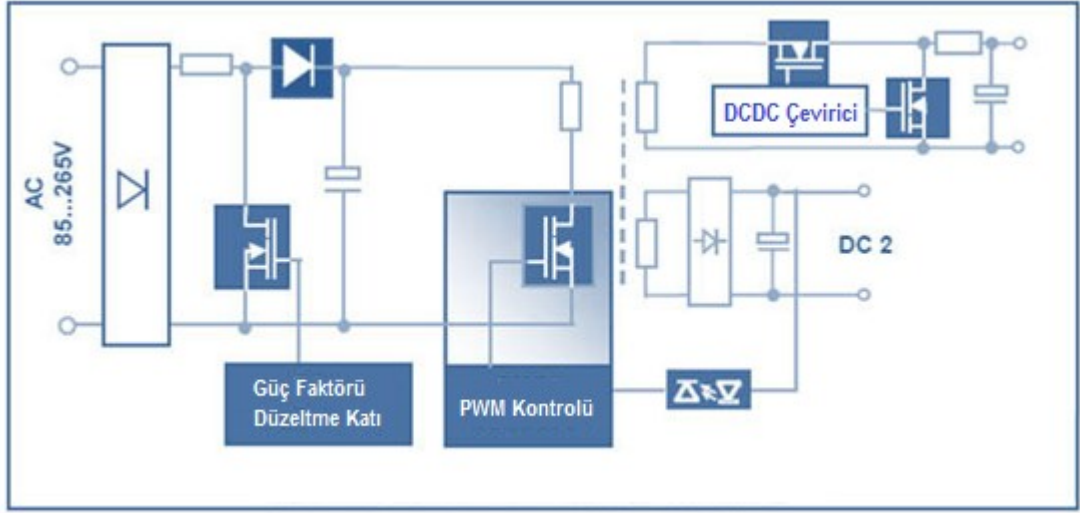
Devre Pin Bağlantıları;

- M+ : Motor Bağlantı Pini
- M- : Motor Bağlantı Pini
- B+ : Devre Motor Voltajı
- GND: Devre Motor Toprağı
- VCC: +5 VDC
- GND: Toprak Bağlantısı
- EN: PWM girişi
- IN1,IN2: Motor kontrol pinleri
- VT: Gerilim Sinyal Çıkışı (Analog Sinyal)
- CT: Akım Sinyal Çıkışı (Analog Sinyal)

3.1.1.2. SMPS Güç Kaynağı

Devreyi deneysel çalışmalarda dışarıdan beslemek üzere DC12 Volt, 125 Amper maksimum çıkış akımlı bir güç kaynağı kullanılmıştır. SMPS (Anahtarlama güç kaynakları) doğrusal güç kaynaklarının düşük verimli olmasından dolayı 1960 yıllarında kullanıma sunulmuştur. Devrede kullanılan anahtarlama güç kaynağı 220 volt şebeke gerilimini üzerindeki ayarlanabilir potansiyometre sayesinde sabit bir DC gerilime düşürmekte ve bir alçaltıcı (buck) çevirici olarak çalışmaktadır. Verimleri doğrusal güç kaynaklarına göre yüksetir. Boyutları daha küçük ve diğer güç kaynaklarına göre daha geniş akım ve gerilim aralıklarında çalışabilmektedirler. Devrenin deneysel çalışmaları masa üzerinde gerçekleştirildiği için şebeke geriliminde çalışan bu tip bir ürün tercih edilmiştir. Araç üzerinde bu 12 volt güç direkt kurşun asit batarya üzerinden temin edilmektedir ve günümüzde güç dağıtım sistemleri yavaş

yavaş 48 volt sistemlere adapte olacak şekilde evrimleşmektedir. Şekil 3.2.de anahtarlı güç kaynağının genel devre diyagramını gösterilmektedir.



Şekil 3.2. Anahtarlamalı Güç Kaynağı Basit Devre Diyagramı

Araç yapısında 48 Volt sistemlere geçiş yapılması ile birlikte birçok firma araçta yeni yapıda kullanılan 48 Volt lityum ion batarya ile birlikte klasik 12 volt güç barasını beslemek üzere 48 – 12 Volt DC/DC çevirici üretmeye başlamıştır. Her ne kadar 48 volt araç komponentleri gelecekte raflardaki yerini alacak ise de geçiş aşamasında hala birçok komponent üreticisi 12 volt altyapısını kullanmaya devam edecektir. Şekil 3.3.te deneysel çalışmalarda kullanılan anahtarlamalı güç kaynağı gösterilmiştir.

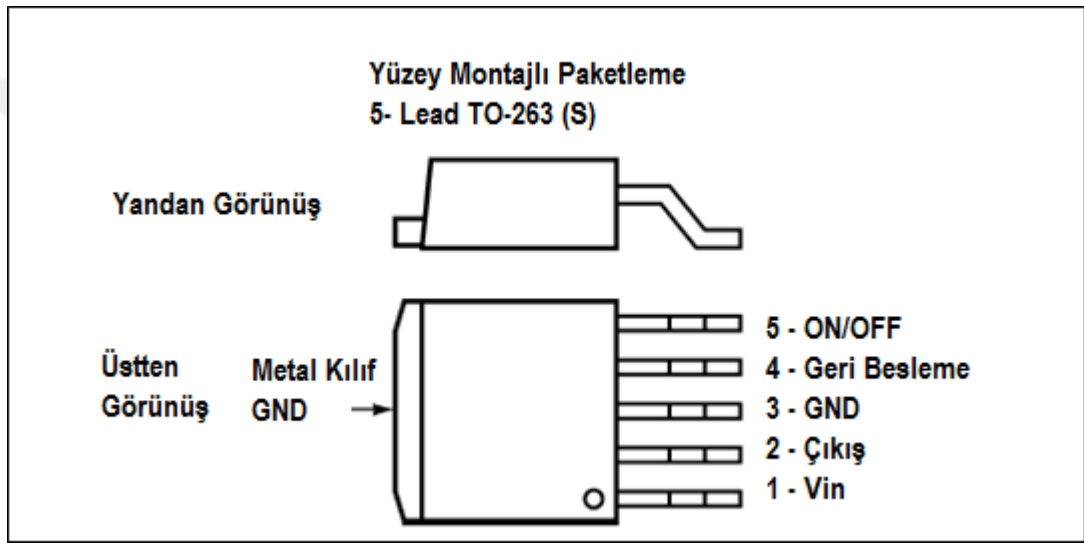


Şekil 3.3. DC12 Volt – 125 Amper SMPS

3.1.1.3. Voltaj Regülatörü

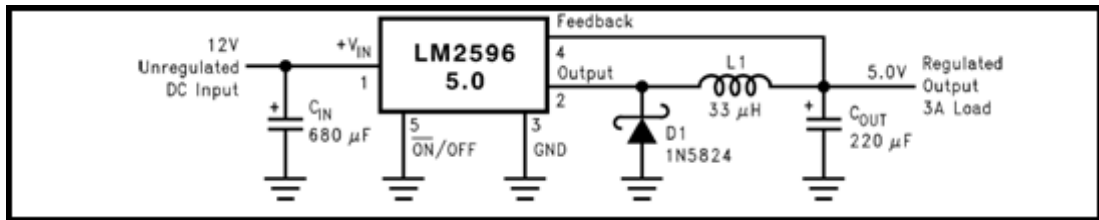
Tasarlanan devrede kontrol ve haberleşme katındaki mikrodenetleyici, CAN Bus alıcı gönderici benzeri komponentlerin besleme gerilimlerini sağlamak üzere LM2596 tipinde bir voltaj regülatörü kullanılmıştır.

LM2596 buck (düşürücü) tipinde voltaj regülasyonu sağlayan, monolitik yapıda, 3 Amper çıkış akımı kapasitesinde ve 150 KHz hızında çalışabilen bir entegredir. Kararlı yapısıyla otomotiv uygulamaları için uygundur ve ucuz kolay bulunabilen bir komponenttir. Şekil 3.4.te kullanılan voltaj regülatörünün görseli ve pin bağlantıları gösterilmektedir.



Şekil 3.4. LM2596 Pin Şeması

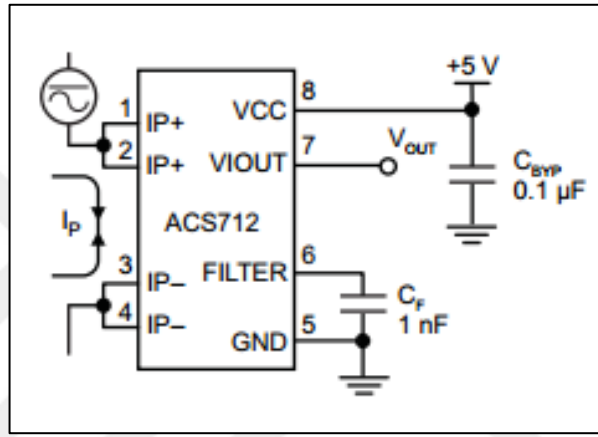
Projede regülatör olarak LM2596 entegresinin belirlenmesinin bir diğer nedeni bir mikrokontrolcü yada başka bir anahtarlayıcı vasıtasıyla acil durumlarda dışarıdan kapatılıp açılabilmesi ve en önemlisi 80 μ A gibi çok çok düşük bir standby(bekleme modu) akım karakteristiğine sahip olmasıdır. Şekil 3.5.te kullanılan voltaj regülatörünün tipik bir referans devre uygulaması gösterilmektedir.



Şekil 3.5. LM2596 Düşürücü Voltaj Regülatörü Uygulaması

3.1.1.4. Akım Ölçümü

ACS712 hall etkisi tabanlı lineer akım ölçüm sensörü, mosfet çıkışlarından çekilen akımları ölçmek için kullanılmıştır. Cihaz, kalıbının yüzeyine yakın olarak yerleştirilmiş bakır iletim hattı ile oluşturulmuş, hassas, düşük offsetli lineer bir hall etkisi devresinden oluşmaktadır. Bu bakır iletim yolundan geçen akım bir manyetik alan oluşturur ve yarı iletken içerisindeki hall etkisi ölçücü devre bunu oransal bir voltaja çevirir. Bakır iletim yolunun akım kapasitesi nominal akımının 5 katına kadar dayanma kabiliyetine sahiptir. Şekil 3.6.da motor çıkışlarında çekilen akımı ölçmek için kullanılan akım sensörlerinin referans devre şematığı gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Tipik Akım Sensörü Uygulama Devresi

Akım ölçümünde kullanılan bazı hesaplamalar ise şu şekildedir;

Doğrusallık Hesaplamaları

Yarı iletken komponentteki voltaj çıkış derecesi, direkt oranlama yapıldığında veya birincil akım hesabı yapıldığında tam boyut genlik hesaplamasında değişkenlik gösterir. Doğrusal olmayan çıkıştaki düzensizliğin, akı yoğunlaştırıcının doyuma ulaşmaya başlamasından kaynaklandığı söylenebilir. Eşitlik (3.1), doğrusallık hesabında kullanılmaktadır.

$$100 \left\{ 1 - \frac{\Delta \text{kazanç} \times \% \text{sat}(V_{iout \text{ full-scale amperes}} - V_{iout(Q)})}{2(V_{iout \text{ half-scale amperes}} - V_{iout(Q)})} \right\} \quad (3.1)$$

Burada, örneklenen akım tam boyutta örneklenmeye yakınlaşırken bir kazanç hesabı yapılmaktadır. $V_{IOUT_full-scale}$ amperes = Çıkış Voltajını (V) ifade etmektedir.

Oransallık Hesaplamaları

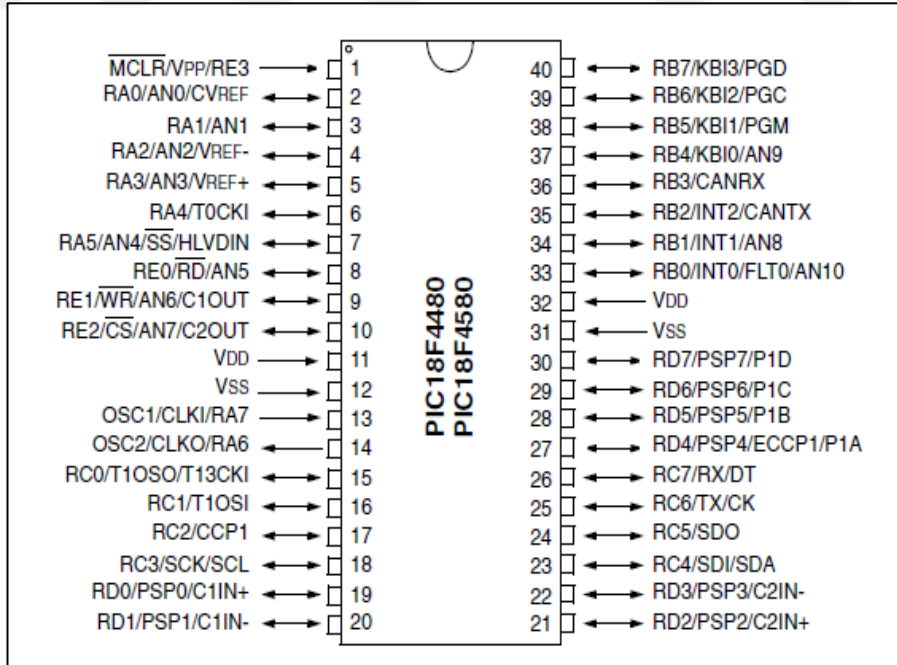
Oransallık özelliği, komponentin 0 Amper çıkışı anında oluşan $V_{IOUT(Q)}$ değerinin (nominal olarak $V_{CC}/2$ 'ye eşittir) ve hassasiyetinin besleme voltajına (V_{CC}) oransal olmasıdır. Eşitlik (3.2), sıfır amper anındaki çıkış voltajının hesaplanması için kullanılmıştır. $\Delta V_{IOUT(Q)RAT}$ (%).

$$100 \left(\frac{V_{Iout(Q)}V_{CC}/V_{Iout(Q)5V}}{V_{cc}/5V} \right) \quad (3.2)$$

3.1.2. Kontrol Ve Haberleşme Katı

3.1.2.1. CAN Bus Protokolü Destekli Mikrodenetleyici

Devrede kullanılmak üzere CAN Bus haberleşme protokolü desteği de bulunan Microchip firmasının PIC serisi PIC18F4580 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır.



Şekil 3.7. PIC18F4580 Pin Bağlantı Şeması

Şekil 3.7.de PIC18F4580 mikrodenetleyicisinin pin bağlantıları gösterilmektedir. Seçilen mikrodenetleyici 5 giriş çıkış portu (A,B,C,D,E) ve toplamda

36 giriş çıkış ünitesine sahiptir. Bunlardan MCLR (reset ucu),CLKI ve CLKO(harici osilatör),CANRX ve CANTX haberleşme uçları kullanılacağından mevcut modelde 31 giriş-çıkışa kadar donanımsal uygulama geliştirilebilir.

Mikrodenetleyicinin Run(Çalışma), Idle(boşta çalıştırma) ve Sleep(uyku modu) olmak üzere 3 farklı güç denetim modunda çalıştırılabilme özelliği vardır.

Mikrodenetleyici, 100.000 defa programlama ve 1.000.000 defa EEPROM yazma özelliğine sahiptir. EEPROM’unda yazılı datayı 40 yıldan uzun bir süre tutabilir. Bu özelliği ile otomotivde güvenilirlik anlamında tercih edilebilir bir mikrodenetleyicidir.

Mikrodenetleyicinin dışsal kesme istekleri (interrupt) önem düzeyine göre programlanabilir ve bu özelliği ile giriş ve çıkışları otomotiv çevre biriminin önem düzeyine göre olay tabanlı kesme sinyallerinde kullanılabilir.

Mikrodenetleyici, 2.0 Volt ila 5.5 Volt gibi geniş bir gerilim aralığı altında çalışmayı garanti eder ve bu özelliği ile araç güç hattı üzerindeki ani gerilim düşümlerinden de minimal etkilenir.

Yüksek giriş çıkış sinyal akımlarında çalışır (25mA), Bu da herhangi bir aktif anahtarlama elemanını çıkışından direkt sürmek için yeterlidir.

3 adet harici fiziksel kesme girişine sahiptir. Çeşitli sinyal seviyelerini karşılaştırma, örnekleme özelliği vardır. Aktif diğer çevre elemanları ile aktüatör kontrolü yapabilmek üzere tasarlanmış PWM çıkışlarına sahiptir. Kapanma süresi ayarlanabilir ki bu özelliği otomotiv ECU’larında kontak kapatma sonrasında CAN Bus hattının uyuma zamanının ayarlanması ve zaman kritik görevleri yerine getirmesi için otomotiv sektöründe olmazsa olmaz bir özelliktir.

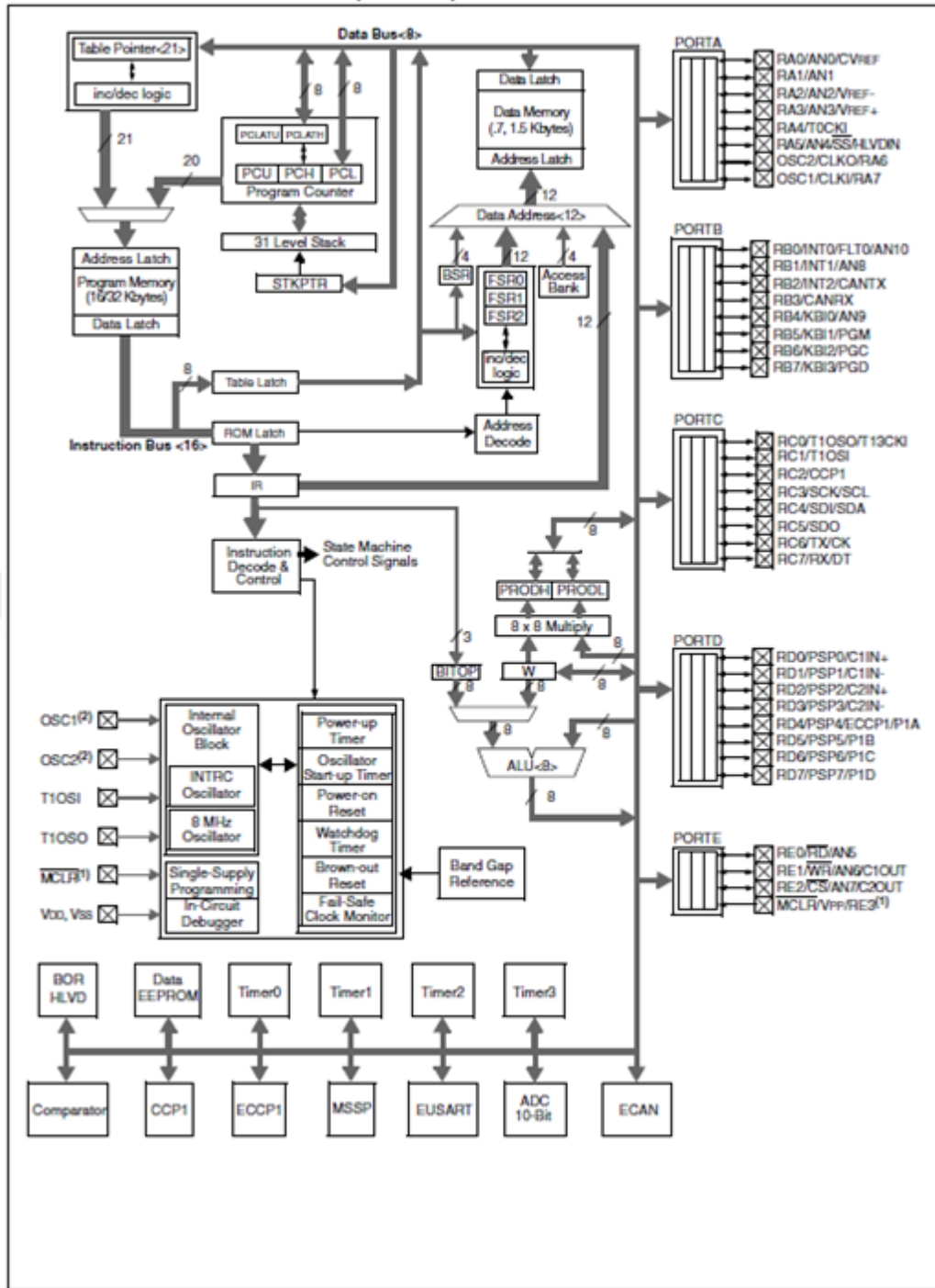
Ayrıca Master Senkron Seri Port (MSSP), 3 kablolu SPI, I2C, USART, RS-485, RS-232 ve LIN 1.3 haberleşme protokollerini de destekler. Mikrodenetleyici uyku moduna alınırsa protokolün başlangıç biti ile otomatik olarak ta uyandırılabilir.

10 bit çözünürlükte, 11 kanala kadar Analog – Dijital konvertör (A/D) olarak ta kullanılabilir. Analog girişleri karşılaştırılarak işlem yapmak ta mümkündür.

CAN arayüzünü incelediğimizde, 1 Mbps hızına kadar CAN Bus iletişimi (Yüksek Hızlı CAN Bus) yapma özelliğine sahiptir. CAN Bus 2.0B spesifikasyonunu destekler. 3 adet öncelik ayarlı CAN gönderme ve 2 adet veri alma data bufferına sahiptir. Bunun haricinde programlanabilir 6 gönderme ve 6 alma bufferı vardır. 3 adet tüm mesajları alabilecek genişletilmiş CAN tanımlayıcısına sahip (29bit CAN ID) ve 16 adet te filtrelenebilir genişletilmiş CAN tanımlayıcı maskeleyesi vardır. Otomatik Uzak Çerçeve (Remote Frame) yönetme ve gelişmiş hata eliminasyonu algoritmasına sahiptir.

Tüm bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda, güvenilirlik açısından milyonda 3-4 adet kabul edilebilir hatalı komponent sayısına sahip otomotiv sektörü için uygun bir komponenttir.

Şekil 3.8. de kullanılan mikrodenetleyicinin iç yapısı ve mimarisi gösterilmektedir.

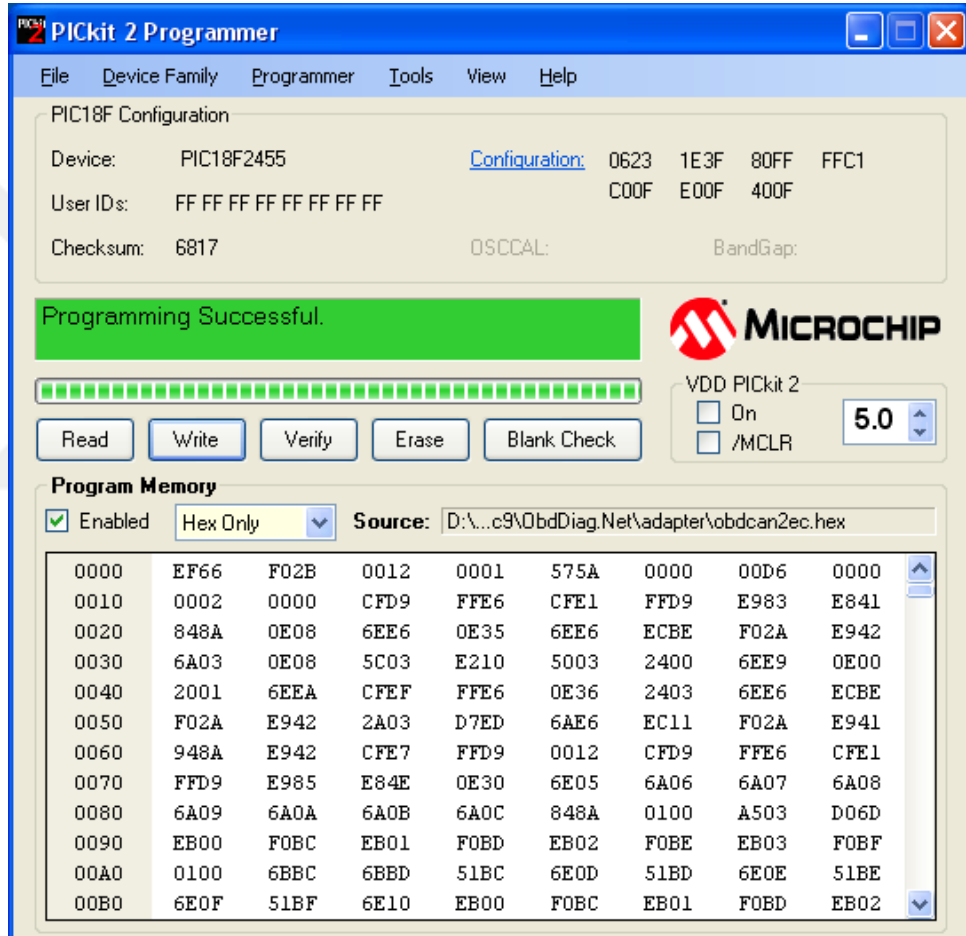


Şekil 3.8. PIC18F4580 İç Yapısı

3.1.2.2. CAN Bus Mikrodenetleyici Programlama Arayüzü

PICkit™ 2 Program Geliştirici/işletici arayüzü (PG164120) Mikrochip firmasının mikrodenetleyicilerini programlama ve içerisine yazılan programı işletmede kullanılan ucuz, kullanımı kolay bir arayüzdür. Tam donanımlı Windows programlayıcı arayüzü; bazal mikrodenetleyiciler (PIC10F, PIC12F5xx, PIC16F5xx), Orta Sınıf mikrodenetleyiciler (PIC12F6xx, PIC16F), üst sınıf (PIC18F, PIC24, dsPIC30, dsPIC33, ve PIC32 ailesinin 8-bit, 16-bit, ve 32-bit mikrodenetleyicileri) ve

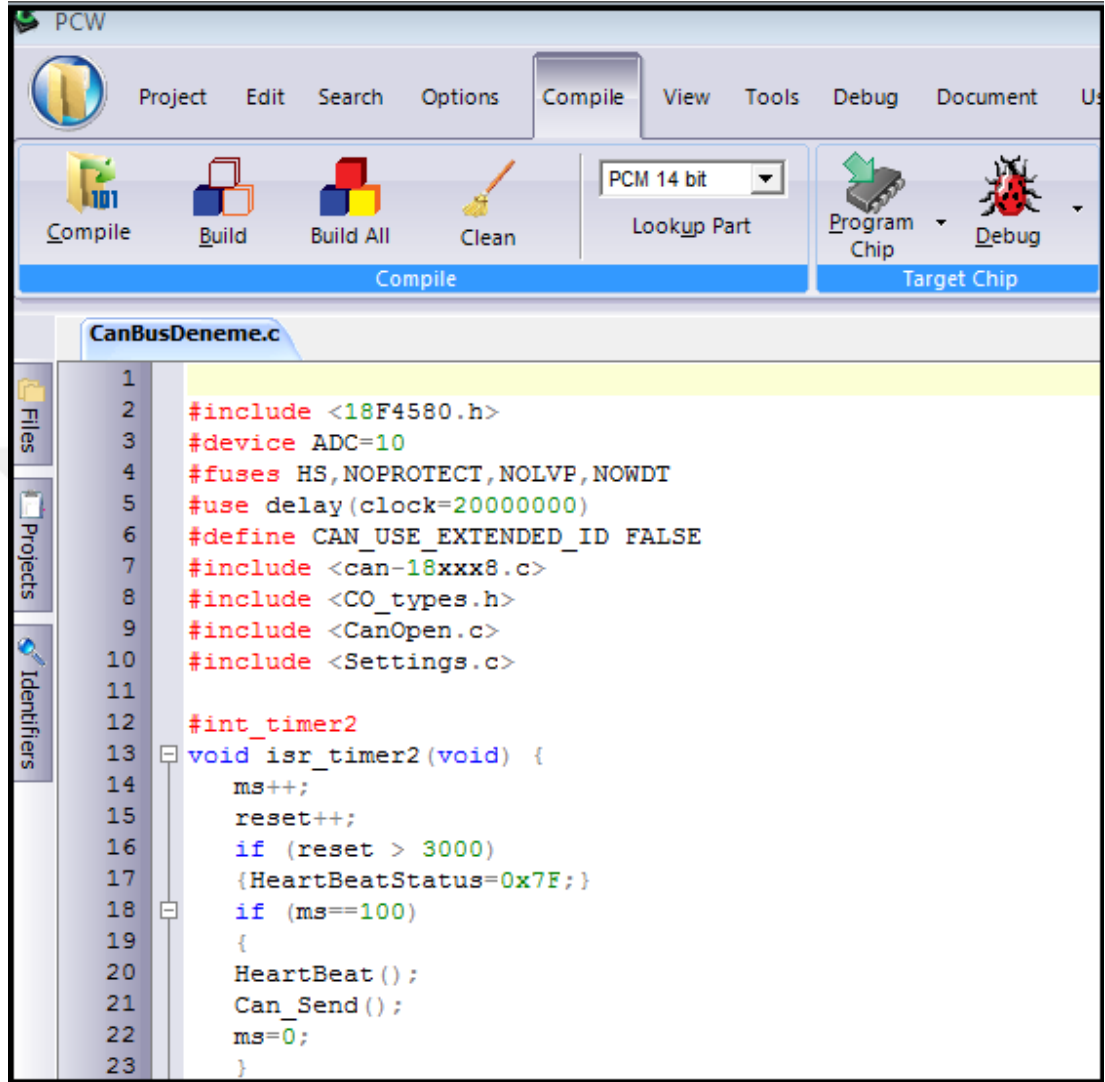
birçok Seri EEPROM'lu Microchip ürününü destekler. Microchip firmasının zengin MPLAB Entegre Geliştirme Çevre Birimleri (IDE) ile PICkit™ 2 kullanılan mikrodenetleyici diagnostik bağlantısı yapılarak durdurulabilir, çalıştırılabilir, devre içi çalıştırması yapılabilir ve program basamakları tek tek te çalıştırılıp işletilebilir. Belirlenen bir kesme noktasında durdurulduğunda dosya kayıtları, değişkenler sorgulanabilir ve değiştirilebilir. Bu mevcut özellikleri otomotiv satış sonrası uygulamaları için birer ön koşuldur. Şekil 3.9.da PIC 18F4580 mikrodenetleyicisini programlamakta kullanılan bilgisayar arayüzünün görseli gösterilmektedir.



Şekil 3.9. PICkit™ 2 Programı Kullanıcı Arayüzü

Projede gerçekleştirilen yazılımlar ise 'C' programlama dilinde yazılmış ve CCS C Compiler yazılımı arayüzü ile derlenerek mikrodenetleyiciye gömülebilecek heksadesimal yapıya dönüştürülmüştür. Bahsi geçen C dili programlama arayüzü, zengin kütüphaneleri ve kullanıcı dostu arayüzü ile kolay kullanım sağlamaktadır ve yazılım mikrodenetleyiciye yüklendikten sonra gerçek zamanlı debugging yapabilme özelliğine de sahip olduğu için tercih edilmiştir. Şekil 3.10. da PIC18F4580

mikrodenetleyicisinin yazılımının geliştirildiği CCS C Derleyicisi bilgisayar arayüzü gösterilmektedir.



Şekil 3.10. PICC Compiler Kullanıcı Arayüzü

3.2. Yöntem

Bu bölümde güç elektroniğinde kullanılan mevcut güvenilirlik analizi çalışmaları incelenmiş ve güçlü ve zayıf yönleri ortaya çıkarılarak oluşturulan devrede analizler üzerinde uygun metodolojinin kullanılması amaçlanmıştır.

3.2.1 Güvenilirlik Analizi

1957 yılında tristörün icadı ile birlikte güç elektroniğinde yeni bir alan yaratıldı. Bu tarihten sonra, üretim, iletim, elektriksel güç dağıtımı ve son kullanıcı

tüketim ürünlerindeki evrimleşme ile birlikte güç elektroniği kendi tam potansiyeline tanıklık etmeye başlamıştır.

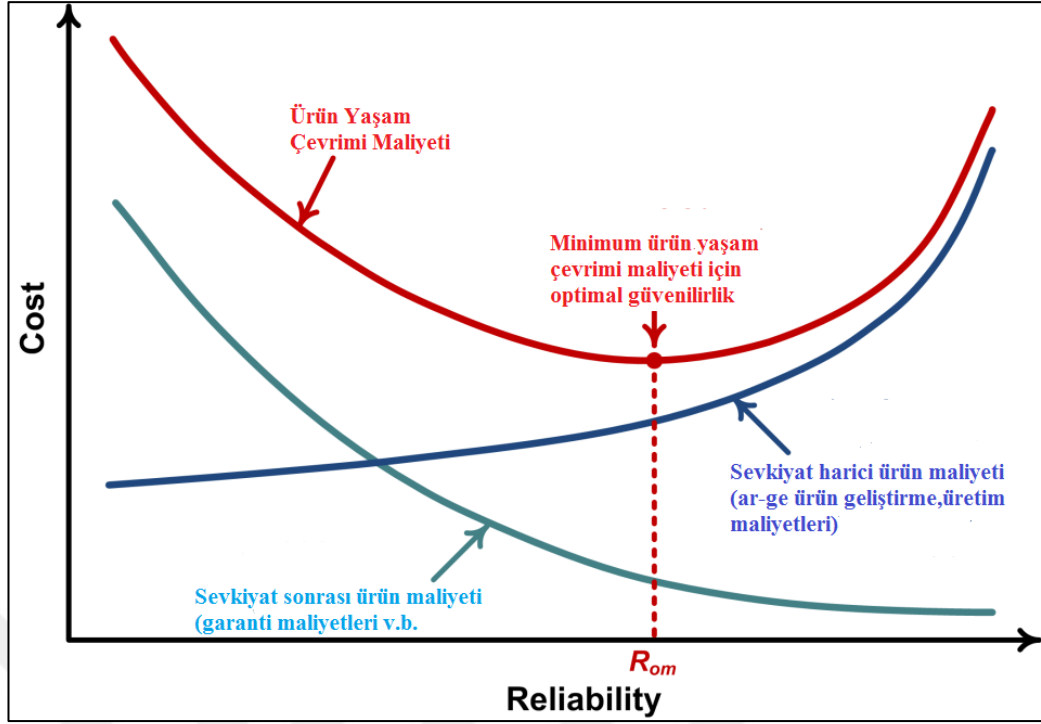
Güç elektroniği sistem performansları, özellikle etkin kullanım ve güç yoğunluğu açısından, devre topolojilerindeki yoğun araştırmalar, kontrol şemaları, yarı iletkenler, pasif komponentler, dijital sinyal işlemcileri ve sistem entegrasyon teknolojileri ile birlikte sürekli olarak gelişim gösterdi.

Son yıllarda, otomotiv ve havacılık endüstrisindeki güvenlik gereklilikleri güç elektroniğinde çok sıkı güvenilirlik sınırlamalarına yol açtı. Ayrıca, endüstri ve enerji şirketleri de mali açıdan etkin ve sürdürülebilir çözümler elde etmek için daha iyi güç elektroniği sistemleri edinme yönelimini izlemeye başlamıştır.[9]



Şekil 3.11. Güvenilirlik Kritikliğine Sahip Güç Elektroniği Uygulamaları

Şekil 3.11. daha uygun ve güvenilir güç elektroniği tasarımı ve üretimini tetikleyen ürün tetikleyici sektörleri ve araştırma trendlerini göstermektedir. Güç elektroniğinde, çeviriciler ve sistemler üzerinde güvenilirliğin önemini anlamak, güvenilirlik kritikliğine sahip ve uygun fiyatlı olması gereken uygulamalardaki zorunluluk yüklerini azaltacaktır.

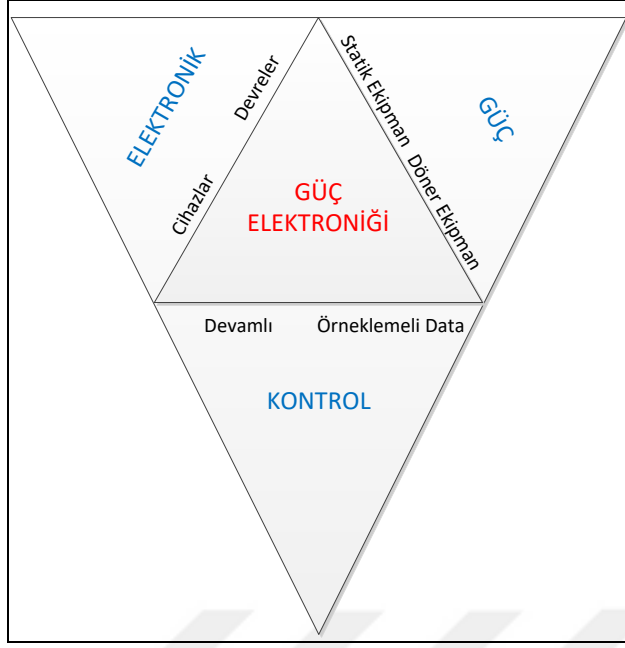


Şekil 3.12. Optimal Güvenilirliğin Maliyete Etkisi

Şekil 3.12’de, müşteri memnuniyeti güvenilirlik etkisi ve marka değeri dikkate alınmadan, asgari yaşam döngüsü maliyetini minimize edecek optimal güvenilirlik eğrisi tanımlanmıştır. Ürünün dizayn fazındaki eksiklikler ile birlikte düzeltmek için gereken maliyet te kademeli olarak artış göstermektedir. Saha operasyonları esnasında oluşacak yüksek hata oranı aynı zamanda yüksek bakım maliyetlerini de beraberinde getirmektedir.

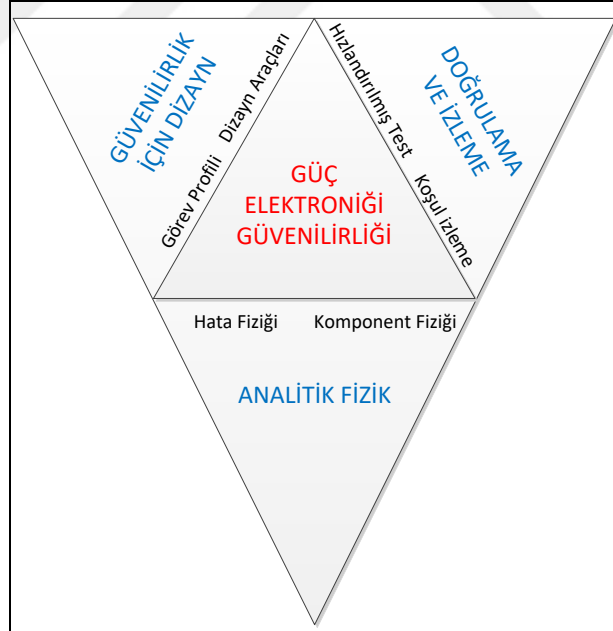
Güç elektroniğinde tasarım aşamasında gerçekleştirilen güvenilirlik testleri ile hata durumlarını simüle etmek ve bu hata durumlarının oluşmasına engel olacak durumları ortaya koymak; analizler ile tasarım kalite seviyesini yükseğe çıkarmak temel bir amaç olarak karşımıza çıkmaktadır. [11]

Güç elektroniğinde güvenilirlik konusu birçok disiplin ile alakalıdır. Güç elektroniği çok disiplinli bir yapısı olması ile birlikte bir teknoloji kombinasyonu da bünyesinde barındırmaktadır.1974 yılında William E. Newell güç elektroniğinin kapsam piramitini elektrik mühendisliğinin 3 ana disiplini üzerinde belirlemiştir.



Şekil 3.13. Güç Elektroniği Kapsam Piramiti

Şekil 3.13.te güç elektroniğini üzerine ortaya atılan ilk kapsam piramiti gösterilmektedir. Yaklaşık 40 yıl sonra, yazarın perspektifinden güç elektroniği güvenilirliğinin kapsamı da tanımlandı:



Şekil 3.14. Güç Elektroniği Güvenilirlik Kapsam Piramiti

Şekil 3.14. ilk grafikten farklı olarak diğer disiplinlerle de etkileşimleri dikkate alınarak güç elektroniği devrelerinin güvenilirlik piramiti ortaya atılmıştır. Bunlar şu üç ana kısmı kapsamaktadır: Güç elektroniği ürünlerinin neden ve nasıl hata verdiğinin doğasını anlamak için yapılan analitik analizler; Her ürün geliştirme

sürecinde gerçekleştirilen, güç elektroniklerinde yeterli dayanıklılık ve güvenilirlik karşılama dizaynı çalışmaları; dayanıklılığı doğrulamak için oluşturulan hızlandırılmış testler ve durum gözetleme testleri ve güvenilirlik doğrulama alan operasyonları şeklinde sıralanabilir.[9]

3.2.1.1. Güvenilirlik Analizi Yaklaşımları

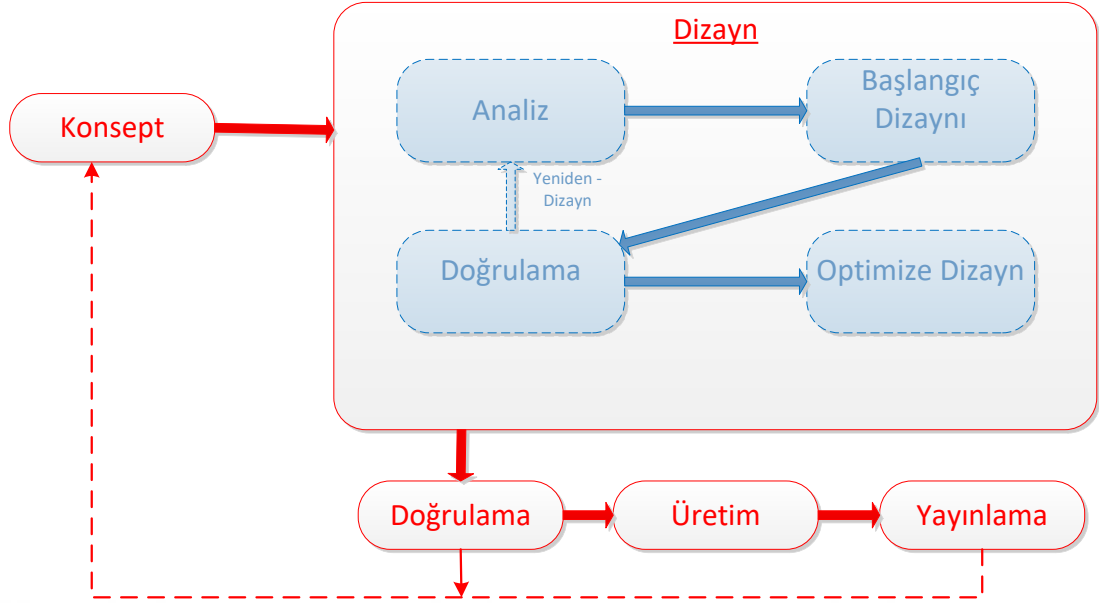
Physics-of-Failure (PoF - Hata Hiziği) Yaklaşımı

Günümüzde güvenilirlik analizlerinde paradigma kayması el kitabı tabanlı metodlardan daha çok fizik tabanlı yaklaşımlara doğru kaymaktadır. Bu sayede hata nedenleri ve dizayn zorlukları daha iyi anlaşılabilen ve yalnızca analitik sayılar elde etmek değil, güvenilirliği geliştirmek için çözümler de üretmek mümkün olmaktadır.

Physics of Failure (PoF) yaklaşımı, hata kök nedeni analizi ile hatanın materyal üzerinde meydana getirdiği gerilim ve bozunmaları ortaya koyan bir test yöntemidir.

Hatalar sırasıyla aşırı gerilime maruz kalmış ve aşınmaya maruz kalmış şeklinde iki başlık altında toplanabilir. Aşırı gerilim hatası, tek bir yükten dolayı ortaya çıkmakta iken (yüksek voltaj v.b.), aşınma hatası birden çok yükün kümülatif olarak verdiği hasarlardır (Sıcaklık çevrimi v.b.).

Geçmiş dataların analizi üzerinde işlem yapan empirik hata analizleri ile kıyasladığımız zaman, PoF yaklaşımı deneysel bilimlere (materyal, fizik, kimya v.b.) ve olasılıksal çeşitlilik teoremlerine ihtiyaç duymaktadır (istatistik v.b.). Analizler komponentin görev tanımını, hata mekanizmasının tipini ve ilgili fiziksel, istatistiksel modeli içermektedir.

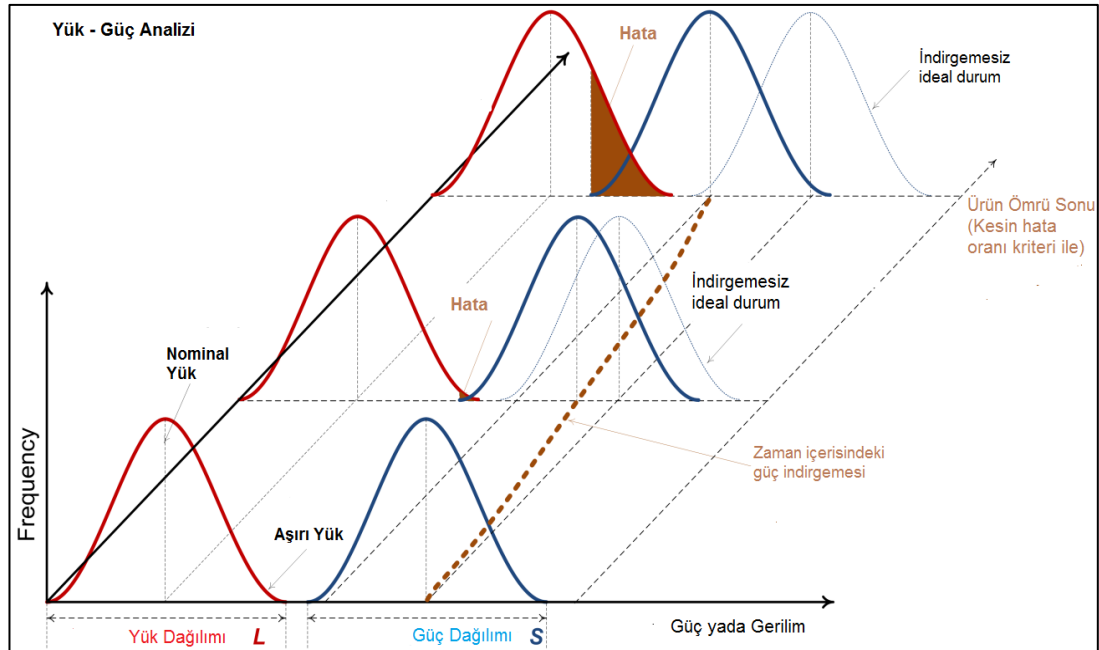


Şekil 3.15. Ürün Dizayn – Doğrulama Aşamaları

Şekil 3.15.te üretilen bir güç elektroniği devresinin konseptten seri üretim aşamasına kadar olan geliştirme süreci anlatılmaktadır.

Yük – Güç Analizi

Hataların kök nedeni yük – güç girişimleridir. Uygulanan yük L (Uygulama gerilim talebi), dizayn edilen gücü S (komponent gerilim kapasitesi) aşıyor ise komponent hata durumunda düşer. Burada L ile bahsettiğimiz bir çeşit gerilim (Voltaj, çevrimsel yük, sıcaklık v.b.), S ise direnç gösteren fiziksel maddeyi (kablo, kaynak/lehim noktası, bağlantı) ifade etmektedir.



Şekil 3.16. Yük – Güç Analizi Metodu

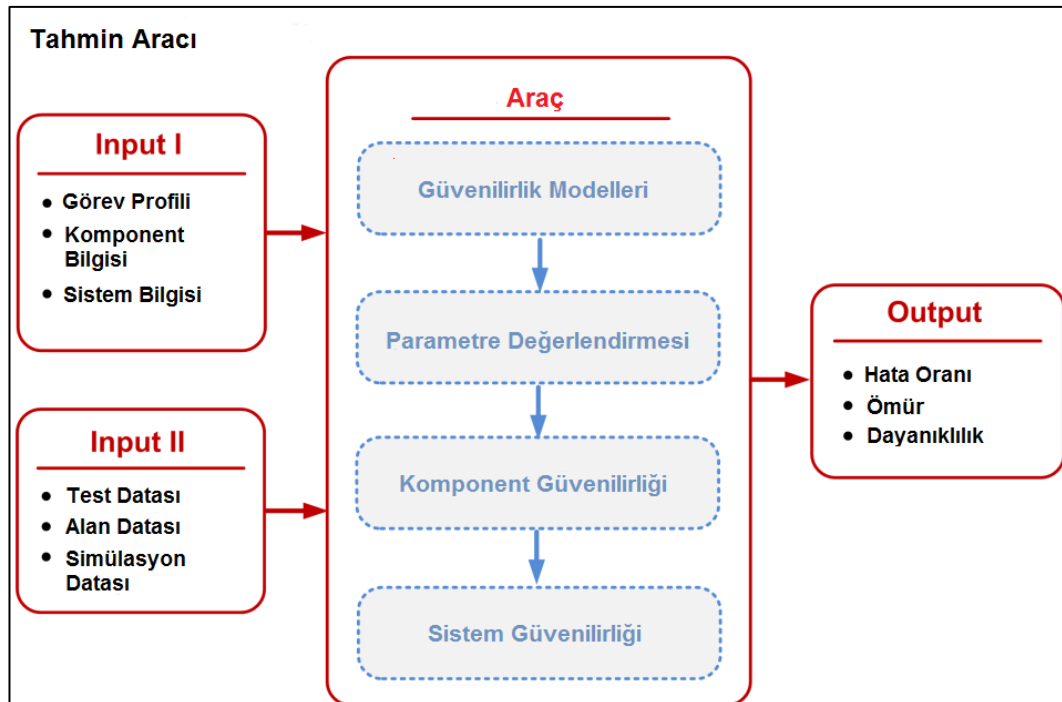
Şekil 3.16.da, zaman içerisinde evrilen tipik bir yük – güç girişimi gösterilmiştir.

Çoğu güç elektroniği komponenti için yük yada güç sabit değildir, fakat spesifik olasılık yoğunluğu ile tanımlanmış, kesin bir aralıkta konumlandırılmıştır.(Normal dağılım vb.). Dahası, materyal ya da cihazın gücü zaman içerisinde indirgenmiş olabilir. Hata olasılığı, komponent fiziği ve görev tanımı derinlemesine anlaşılmış ve iyi tanımlanmış, güç ve yük örtüşme alanlarını analiz ederek elde edilebilir.

Yük ve gücün varyasyonları önlenemeyeceği için, dayanıklı bir dizayn ve analiz yapmak varyasyon ve kontrol edilmesi mümkün olmayan faktörleri minimize etmek adına önemlidir. Emniyet faktörleri/gerilim düşümü, kötü durum (worse case) analizleri, altı sigma dizaynı, istatistiksel deney dizaynı (DOE) ve Taguchi dizayn yaklaşımları varyasyonlar ile başa çıkmak için yaygın olarak uygulanan metotlardır. En kötü durum ve diğer metotlardan farklı olarak, Taguchi dizayn yaklaşımı her iki kontrol faktörünü ve gürültü faktörünün değişkenlik etkisini test edebilir ve en iyi parametre kombinasyonunu sağlamak için sinyal – gürültü oranını kullanır.

Güvenilirlik Tahmin Aracı Metodu

Güvenilirlik tahmini, devrenin ömrünü, hata oranını ve dizayn dayanıklılığını birçok data kaynağı ve tahmin modeli tabanlı kullanarak öngören önemli bir araçtır.



Şekil 3.17. Güvenilirlik Tahmin Aracı Diyagramı

Şekil 3.17.de, PoF yaklaşımı tabanlı jenerik bir tahmin prosedürü anlatılmaktadır. Araç kutusu, tek tek komponentler ve tüm sistem için güvenilirlik tahmini yapmak için gerekli istatistik modelleri, ömürleme modellerini ve mevcut değişken kaynaklı dataları (üretici test datası, simülasyon datası ve alan datası vb.) içerir. Hata mekanizmaları için ömür modelleri birçok tekil ve de kombine stres faktörü ile gösterilmiştir (voltaj, akım, sıcaklık, sıcaklık çevrimi, nem vb.). Sıcaklık ve sıcaklık çevrimi güvenilirlik performansına etki eden ana gerilim faktörleridir ve yüksek güç yoğunluğu ve yüksek sıcaklık, güç elektroniği sistemlerinde bu yüzden trend olmuştur.

Komponent seviyesinde güvenilirlik tahminini sistem seviyesinde haritalandırmak için, sistem modelleme metodu, Güvenilirlik Blok Diyagramı (RBD), Hata ağacı analizi (FTA) ya da durum – uzay analizi (Markov Analizi vb.) uygulanabilir.[9]

3.2.2. Otomotivde Kullanılan Güvenilirlik Analizi Yöntemleri

Mikroişlemci ya da elektronik komponent üreten firmalar, sektörde yer almak için otomotivin evrimsel yapısı içerisinde ortaya çıkan standartlara uygun ürünler üretmek durumundadırlar. Otomotivde kullanılmakta olan ECU'lar akıllı ürünler olabileceği gibi spesifik işlemler yapan aktüatör kontrol kartları veya slave olarak işlem gören giriş çıkış kontrolörleri de olabilirler.

Otomotiv üreticileri belirli marketlerde araç satabilmek için o ülke/bölge için uygulanan homologatif koşullara ya da uluslararası/bölgesel olarak belirlenmiş asgari koşulları yerine getirmekle yükümlüdür. Bu yüzden yaptığı satınalmalarda da dış kaynak alımı yaptığı alt yüklenici firmalardan bu gereklilikleri yerine getirmesini beklemekte ve bu gereklilikleri onlara deklare etmektedir.

Elektronik komponentler üzerinde ağ yönetim testleri, diagnostik kapasite testleri, yazılım statik testleri (MISRA C uyuyumluluğu vb.), Elektronik sistem mesaj haritalandırma testleri, konnektör ve kablolama uyumluluk testleri, ortak diagnostik standartı (UDS) uyumluluğu, EEPROM prgramlama gereklilikleri testleri, PROXI gereklilik testleri, yazılım dizayn inceleme testleri, hat sonu fonksiyonel kontrol testleri gibi birçok test icra edilmektedir. Hatta farklı bir takım özelliklere sahip ECU

tasarımlarında ECU spesifik testler de ortaya çıkabilmektedir (Alarm sistemleri, Koltuk ısıtma, sunroof, cam kaldırma mekanizmaları vb.) Uygulanan bu testlerin belirli kısmını üretilen komponentler karşılamak durumundadır. Üretilen ECU'nun gelişmişliğini, fonksiyonuna göre karşılaması gerektiği gereklilikler ve dolayısıyla üzerinde uygulanan testler de değişiklik göstermektedir.

Belirtilen bu testlerin yanında üretilen otomotiv uyumlu ECU'ların kullanıldığı konum, devre karmaşıklığı gibi parametrelere göre sınıflandırıldığı ve asgari düzeyde karşılama zorunluluğu olduğu donanımsal gereklilik testleri vardır.

3.2.2.1 EKÜ Sınıflandırması

EKÜ'nün tipine göre, icra ettiği fonksiyonunun araçta etkisine göre ve her bir fonksiyonunun çalışma ortamında ve testleri esnasındaki davranışlarına göre elektronik cihazlar sınıflandırılmaktadırlar.[10]

Tablo 3.1. Komponent Sınıflandırma Tablosu[10]

Komponent Sınıflandırma Tablosu	
Kategori	
E1	Elektronik bileşensiz cihazlar (Akkor ampül vb.)
E2	Kontrol fonksiyonu olmayan pasif elektronik komponentli cihazlar (Ledler, varistörler, filtreleme devreleri,kapasitörler,indüktanslar)
E3	Kontrol/Görüntüleme fonksiyonuna sahip cihazlar (elektronik modüller, aktif sensörler, görüntüleme sistemleri, daha genel anlamda mikrokontrolörlü, entegre devre yapılı, transistör gibi aktif komponentlere sahip cihazlar

Tablo 3.2. Komponent Bağışıklık Sınıflandırması[10]

Komponent Bağışıklık Sınıflandırması	
Test Grubu	
IL0	Fonksiyonelliğinin bozulması araç için engel teşkil edecek ya da araç kontrolüne birçok hata yaratacak komponentler. Yolcuların ve veya diğer araçların güvenliğine etki edebilecek faktörlere sahip komponentler (airbag, direksiyon vb.)
IL1	A. Aracın direkt kontrolü ile ilgili fonksiyonlar (fren, süspansiyon, hız limitleyici vb.) B. Sürücü, yolcu yada diğer araçların güvenliği ile ilgili fonksiyonlar C. Aktive edildiğinde sürücüye yada karayolundaki diğer kullanıcılara rahatsızlık verecek fonksiyonlar (Işık, Korna vb.) D. Araçtaki data akışını direkt etkileyebilecek fonksiyonlar E. Aracın yasal göstergelerini etkileyebilecek fonksiyonlar (Kilometre Saati vb.)
IL2	IL0 ve IL1'de tanımlanmayan fonksiyonlar

Tablo 3.3. Fonksiyonel Performans Sınıflandırması[10]

Fonksiyonel Performans Durum Sınıflandırması	
Kod	
M1	Tüm cihaz fonksiyonları gereklilik spesifikasyonlarına göre çalışır. İyileştirme müdahale fonksiyonlarına izin verilmez.
M2	Cihaz müşterinin hissedemeyeceği bir sapma ile çalışır ve normal fonksiyonel duruma tekrar döner ve bu durum cihazın normal operasyonunu etkilemez. Fonksiyonu etkileyen girişimler ortadan kalktıktan sonra ilk çalışma zamanından daha kısa sürede ya da eşit bir sürede normal operasyonuna döner.
M3	Cihaz müşterinin hissedemeyeceği bir sapma ile çalışır ve normal fonksiyonel duruma tekrar döner tolere edilebilir aralıkta bir hatada çalışmasına izin verilebilir. Fonksiyonu etkileyen girişimler ortadan kalktıktan sonra ilk çalışma zamanından daha kısa sürede ya da eşit bir

	sürede normal operasyonuna döner. Cihaz kendini iyileştirme özelliğinde olmalıdır.
M4	Cihaz müşterinin hissedemeyeceği bir sapma ile çalışır ve normal fonksiyonel duruma tekrar döner tolere edilebilir aralıkta bir hatada çalışmasına izin verilebilir. Hata durumunda kendini resetler fakat önemli kayıtları hafızasından silmemesi gerekmektedir. (kalibrasyon, hat sonu, Proxi dataları vb.)

Bağışıklık testi için, araç elektronik sistemlerinin yerine getirmesi gereken işlemleri elektromanyetik ve elektriksel uyarıcılar altında sınıflandırılması M1..M4 şeklinde gerçekleştirilmiştir. Aracın genel elektriksel/elektronik komponentler içerisindeki yeri E1..E3 ve güvenlik kritiklik derecesi ise IL0..IL2 sınıflandırmaları ile kodlanmıştır.

Tasarlanan güç dağıtım modülü bu sınıflandırmalardan E3, IL1, M1 sınıflandırılmasında konumlanmaktadır.

3.2.2.2 Genel Elektriksel Uyumluluk Testleri

Bu mühendislik standartları genel olarak elektriksel ve elektronik komponentler içeren araç EKÜlerinin ve alt devrelerinin sahip olması gereken standartları tanımlamaktadır. Bunlar genel olarak günümüz müşteri memnuniyetinin sağlanması ve ülkelerin regülasyonlarına uyumluluk sağlanabilmesi için oluşturulmuş elektriksel/elektronik sistem gereklilikleridir ve komponent-aracın entegrasyonunun başarıyla gerçekleştirilebilmesi için ön koşullardır. Belirtilen standartlar uluslararası standartlara göre düzenlenmiştir.

Bu testler genel olarak; Besleme voltaj aralığı testi, kapalı kontak güç tüketim testi (IOD), besleme kaynağı dalgalanma bağışıklık testi, besleme kaynağı varyasyon testi, sneak path testi, düşük besleme voltajı davranışı testi, ani besleme kaynağı yitim testi, voltaj ani düşümü davranış resetleme testi, voltaj ani dip testi, motor sıcak/soğuk marş düşük voltaj davranış testi, yavaş yükselen düşen besleme kaynağı davranış testi, besleme yüksek voltaj ve ters voltaj testi, besleme ve yük çıkış hatlarındaki kısa devrelere karşı bağışıklık testi, girşi çıkış kısa devre bağışıklık testi, beslemelerdeki potansiyel farklılıklara bağışıklık testi, motor kilitleme durumu testi, yalıtım direnci testi, bozulma voltajı testi, sızdırma direnci bağışıklık testi, radyo frekans emisyonu

testi, radyasyon emisyonu testi, manyetik alan bağışıklık testi, elektrostatik deşarj testi testleridir.[10]

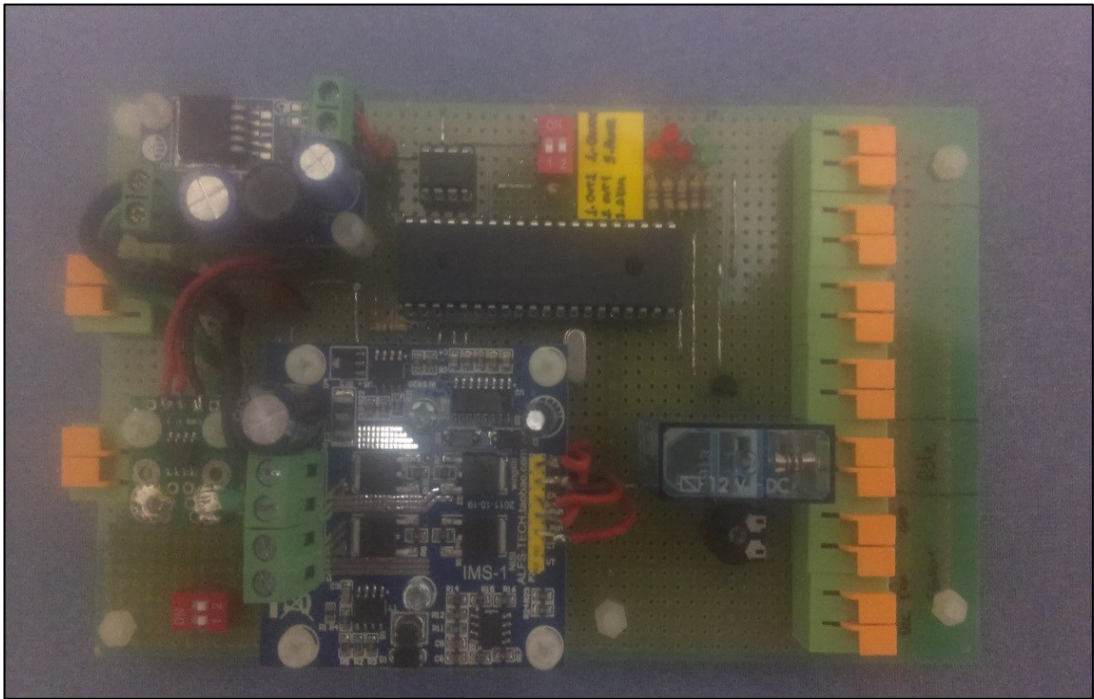
Endüstriyel üretim fazına yakın bir tasarım yapıldıktan sonra bu test gereklilikleri gerektiği ölçüde yerine getirilmelidir. Otomotiv elektroniğinde beklenti ve regülasyonların her geçen gün değişmesi ve gelişmesi ile birlikte yeni test ihtiyaçları ortaya çıkmaktadır. Üretilen bir üründe bu yasal bağlayıcılığı olan homologasyonlar da takip edilmeli ve komponentin yaşam döngüsü boyunca bu güncel gereklilikler yerine getirilmelidir.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Hızlı Prototipleme Adımı

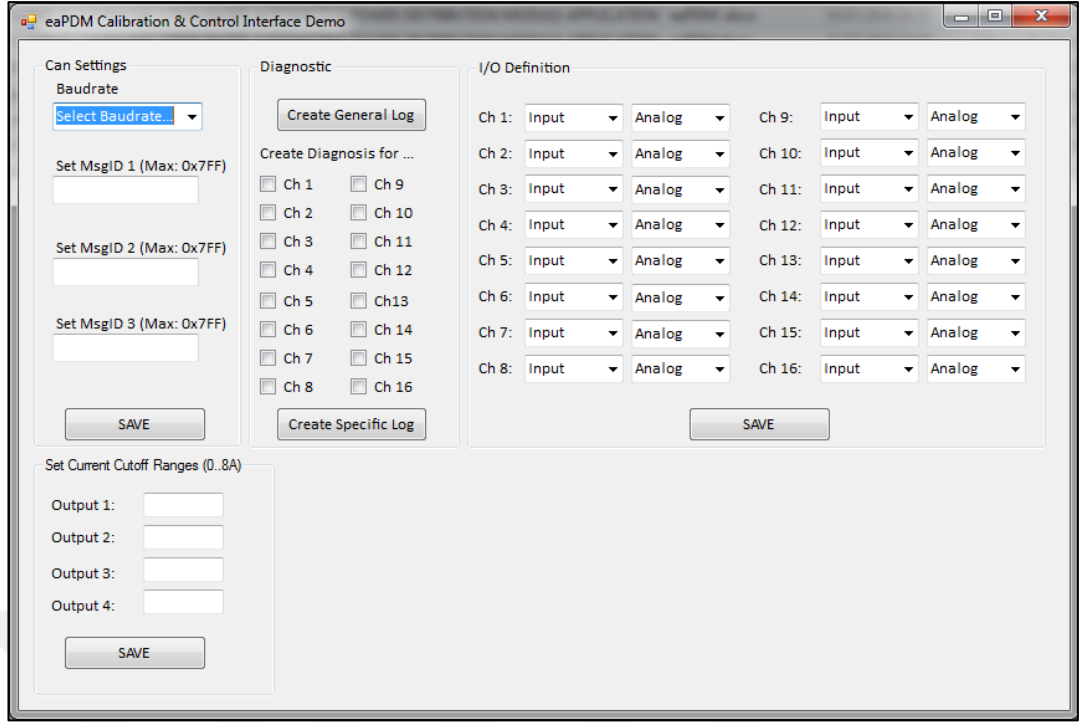
CAN Bus iletişim data veri yolu ile iletişime geçebilen güç dağıtım modülünün hızlı prototiplemesi delikli pertenaks devre kartı üzerinde uygulanmıştır. Fonksiyonel testleri, CAN Bus iletişimi bağlanabilirlik testleri ve bazı genel donanımsal gereklilik testleri bu prototip üzerinde uygulanmış ve güç dağıtımının basit prensipleri bu kart üzerinde doğrulanmıştır. Şekil 4.1.de konsept doğrulama için tasarlanan deneysel çalışma gösterilmiştir.



Şekil 4.1. eaPDM tasarımının hızlı prototipi

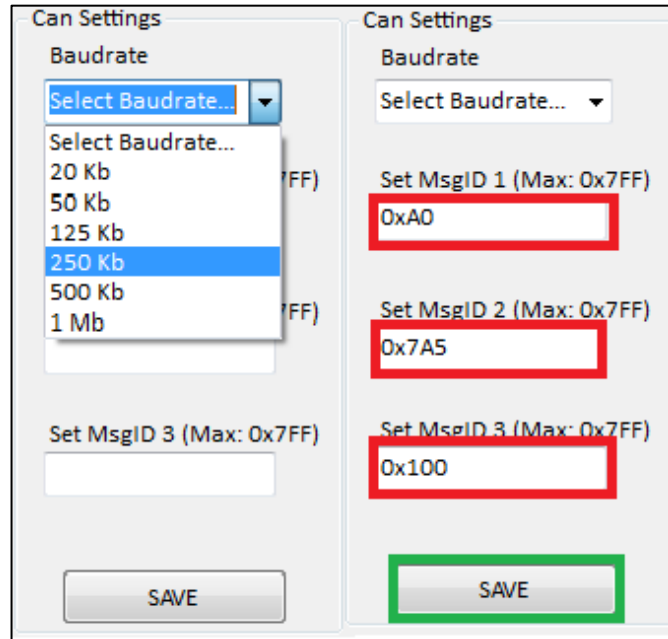
4.2. Kalibrasyon Ve Kontrol Yazılımı Arayüzü

CAN Bus yayın hızı ayarlarını yapmak, eaPDM modülünün yayınlayacağı mesajların adreslerini belirlemek, genel ya da kanal bazlı diyagnostik log dosyaları tutmak, mikrodenetleyicinin giriş çıkışlarını tanımlamak ve akım kesme aralıklarını belirlemek için bir bilgisayar kontrol arayüzü oluşturulmuştur. Şekil 4.2.de geliştirilen demo bilgisayar arayüzü programının görseli verilmiştir.



Şekil 4.2. eaPDM kalibrasyon ve kontrol arayüzü demo sürümü

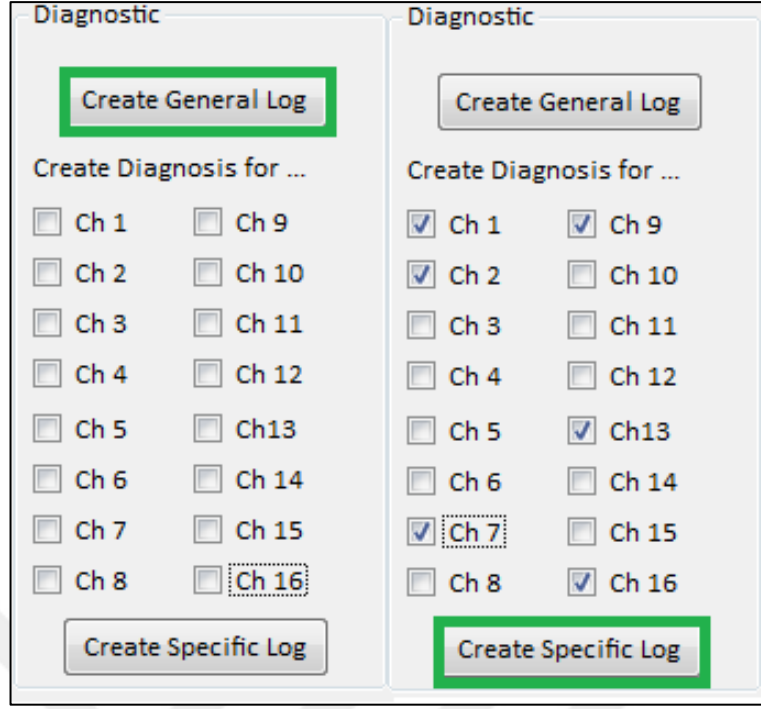
Arayüz programın CAN ayarları kısmında, CAN Bus iletişim baudrate'ini (hızını) listedeki öntanımlı parametrelerden seçerek değiştirmek mümkündür. Burada otomotiv ve endüstride sıklıkla kullanılan hızlar tanımlanmıştır (20 Kbps, 50 Kbps, 125 Kbps, 250 Kbps, 500 Kbps, 1 Mbps). Şekil 4.3.te geliştirilen arayüzdeki CAN ayarları sekmesi gösterilmektedir.



Şekil 4.3. eaPDM CAN Bus ayarları bölümü

Ayrıca, eaPDM güç dağıtım modülünün yayını yaptığı mesajlar için spesifik mesaj tanımlama numaraları (MsgID) da atamak mümkündür. Seçilmiş olan ayarları mikrodenetleyicinin eepromuna yazmak için bir 'SAVE' (kayıt) butonu oluşturulmuştur. Kayıt butonuna tıkladıktan sonra, yazılım arayüzü girilen kalibrasyon parametrelerini eaPDM mikrokontrolcüsüne bir usb-canbus dönüştürücü komponenti sayesinde göndermektedir ve güç dağıtım modülü içerisindeki mikroişlemci datayı alır ve eepromuna yazar. Demo program standart CAN Bus protokolüne uygun olarak tasarlandı (CAN 2.0A). Bu protokolde, CAN mesajları 11 bit'lik tanımlayıcılar kullanılır (maksimum hexadesimal 0x7FF), bu yüzden kullanıcı mesaj adreslerini hexadesimal 0x000 – 0x7FF aralığında girmek durumundadır. Bu değer aralığı dışında girilen değerler güç dağıtım ünitesi tarafına gönderilmeyecek ve ekrana bir uyarı gelecektir.

Yazılımın diyagnostik kısmında, tasarlanan kartlardaki tüm giriş çıkışları kapsayacak şekilde genel bir log dosyası oluşturulması istenebilir. Yada, seçilen giriş çıkışlar için spesifik bir diyagnostik log dosyası oluşturması programdan istenebilecek şekilde esnek yapıda tasarlanmıştır. Bu log kayıt dosyalarında, seçili olan çıkışların açık/kapalı kalma süreleri, şaseye yada güç kaynağına kısa devre olup olmadığının kontrol raporu (sızıntı akımları) ve her bir çıkışın yük karakteristiğı (akım sensörü geri beslemelerinden) tutulmaktadır. Demo prototipte bu diyagnostik oluşturabilirlik özelliğı her giriş çıkış için oluşturulmamıştır. Giriş olarak belirlenen kısımlar için ise girişin dijital olarak on/off durumunu(5V-0V) ya da analog bir giriş ise analog olarak okunan değeri kayıt altına alır. Programın, her bir kayıt (log) dosyasının oluşturması 20 saniye sürmektedir ve her bir saniyede periyodik olarak giriş ve çıkışlardan toplanan datayı birer satır halinde tutmaktadır. Şekil 4.4.te bu loglama işlemi için tasarlanan sekme gösterilmektedir.



Şekil 4.4. eaPDM diyagnostik sorgulama bölümü

Seçilen mikrodenetleyicinin yapısında 31 adet kullanılabilir giriş/çıkış mevcuttur. Prototip dizayn için bunlardan ilk aşamada 16 tanesinin devreye alınabildiği bir yapı düşünülmüştür. Geliştirilen eaPDM kalibrasyon ve kontrol arayüzünde de bu 16 giriş/çıkış üzerinden kalibrasyon yapmak mümkündür.

Elektronik olarak ayarlanabilir bir güç dağıtım modülü yapma fikrinin ortaya atılmasının en önemli motivasyonlarından bir tanesi, giriş ve çıkışlarının jenerik olarak istenildiği zaman değiştirilebileceği 'esnek' bir sistem tasarlama ihtiyacıdır. Genel olarak elektronik kontrol üniteleri (ECU), fikslenmiş giriş çıkışa sahiptirler ve esnek kullanım imkanları yoktur. Birçok özel proje geliştiricisi için, istenildiği zaman yayınladığı mesaj tanımlayıcıları ve giriş çıkışları değiştirilebilen ve CAN Bus arayüzüne sahip bir elektronik kontrol ünitesi ile çalışmak avantajlı ve zaman efektif olacaktır. Çevre kontrol arayüzleri (transistör tabanlı anahtarlama arayüzleri, filtreler, direkt akım sürücüleri) harici olarak bu modüler yapıya tak-çalıştır bir biçimde eklenebilir.

Giriş/çıkış tipi belirlendikten sonra, kayıt tuşuna basılması ile birlikte program seçilen parametreleri CAN mesajı halinde eaPDM modülüne gönderecektir. Modülün

gücünün kesilip tekrar verilmesinden sonra yapılan konfigürasyonlar geçerli olacaktır. Başarı ile gerçekleşen kalibrasyon prosesinden sonra bir onay mesajı kullanıcıya bildirilmektedir. Şekil 4.5. eaPDM modülündeki PIC 18F4580 mikrodenetleyicisinin giriş ve çıkışlarının ayarlanabildiği demo programı sekmesi gösterilmektedir.

Channel	Direction	Mode
Ch 1:	Input	Digital
Ch 2:	Input	Digital
Ch 3:	Input	Digital
Ch 4:	Input	Analog
Ch 5:	Input	Analog
Ch 6:	Input	Analog
Ch 7:	Input	Frequency
Ch 8:	Input	Frequency
Ch 9:	Output	Analog
Ch 10:	Output	Analog
Ch 11:	Input	Analog
Ch 12:	Input	Analog
Ch 13:	Input	Analog
Ch 14:	Input	Analog
Ch 15:	Input	Analog
Ch 16:	Input	Analog

Şekil 4.5. eaPDM giriş çıkış ayarlama bölümü

4 çıkış için akım kesme limit parametresi seçme arayüzü dizayn edilmiştir (Bunlar 16 ayarlanabilir giriş/çıkıştan ayrı kanallardır).0-8 Amper aralığı çıkış akım kesme aralığı parametresi olarak seçilebilir. Bu 4 çıkış mosfetleri sürmektedir ve bu mosfetler literatürde bahsedilen akım ölçme çiplerine seri olarak bağlantılıdır. Şekil 4.6.da deneysel çalışmada belirlenen 4 çıkış için 0 ila 8 amper akım değeri aralığında bir değere setlenerek akım limitleme uygulamasının yapılabileceği demo bilgisayar arayüzündeki sekmeyi göstermektedir.

Output	Current Cutoff Range (A)
Output 1:	0.3
Output 2:	4.7
Output 3:	8
Output 4:	1.2

Şekil 4.6. eaPDM akım kesme limitasyonlarının belirlenmesi

4.3. Modülde Uygulanan Testler Ve Elde Edilen Sonuçlar

4.3.1 Elektrostatik Deşarj Testi (ESD)

Elektrostatik deşarj bağışıklık testi ile test yapılan cihaza ve kablosuna elektrostatik deşarj yükleri enjekte edilerek icra edilir. Test ISO 10605 normuna uygun bir şekilde icra edilmelidir. Kullanılan test ekipmanı ISO 10650 hava deşarj doğrulama gereklilikleri ile uyumlu olmalıdır ve hava deşarj yükselme zamanı 20 nanosaniyeden düşük olmalıdır. Test icra edilirken ortam sıcaklığı 23 ± 5 °C ve ortamdaki bağıl nem %60 ya da daha düşük olmalıdır. Yapılan testlerde ISO 10650 standardı gerekliliklerini karşılayan EM Test ESD-30 test cihazı ve P30 ESD deşarj probu kullanılmıştır. Şekil 4.7.de elektrostatik deşarj testi icra edilirken kullanılan P30 ESD deşarj probu ve elektrostatik yük üreten ESD-30 cihazı gösterilmektedir.



Şekil 4.7. ESD Test Cihazı Ve Probu

4.3.1.1 Dokunma ESD Testi

Tasarlanan EKÜ'nün normal dokunma ve montaj durumlarında üzerinde oluşabilecek ESD yükleri davranışını görmek için yapılan testtir.

4.3.1.2 Test Kurulumu

- 150pF ve 2000 ohm deşarj networküne sahip ESD simülatörü kullanılmıştır.
- Cihaz üzerinde test yapılan zemin ESD uygulanan tasarlanan cihaza her köşesinden enaz 100 mm uzaklıktadır.
- ESD Test cihazı toprak referansı tasarlanan cihazın 0.5 metreden daha yakınına konumlandırılmıştır.
- Test yapılan tasarlanan cihaz direkt bir zemin üzerinde konumlandırılmıştır.

Şekil 4.8. kurulan test düzeneğini göstermektedir.



Şekil 4.8. ESD Test Düzeneği

4.3.1.3 Test Sonuçları

Tüm konnektör pinlerine, EKÜ kaplamasına, kaplama vidalarına 3 tekrar şeklinde elektrostatik deşarj uygulanmıştır. Yük üzerinde yapılan denemelerde de cihazın fonksiyonelliğinde bir sapma gözlenmemiştir.

4.3.2 Sıcaklık/İklimsel Testler

4.3.2.1 Sıcaklık Sınıflandırmaları

Tasarlanan devrenin çalışabilmesi için gereken minimum operasyonel çevre sıcaklığı aksi belirtilmediği sürece öntanımlı -40 °C'dir. Worst-case çevresel sıcaklıklar gözönünde bulundurulduğunda, aracın operasyonel durumu ve sıcaklık

kaynaklarından uzaklığına göre montajı düşünüldüğünde çalışması gereken maksimum sıcaklık minimum 85 °C olmalıdır.

Farklı lokasyonlara monte edilen elektronik sistemler teknolojik kısıtlayıcılar ya da aktüel ölçülen sıcaklık değerlerine göre ayrıca özel bir sıcaklık sınıfına da sahip olabilirler (TCA). TCA1 ve TCA2 cihazın monte edildiği lokasyona göre maksimum çalışma sıcaklığının belirlenmesi için özel bir sıcaklık ölçümüne de ihtiyaç duymaktadırlar. Aynı şekilde TN1L sınıfında bulunan elektronik cihazlar da minimum çalışma aralığının belirlenmesi için lokal çevresel ölçüm gerektirmektedirler.

Tablo 4.1. Düşük Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları[7]

Düşük Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları			
Sıcaklık Sınıfı	Minimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	Minimum Çalışmama Sıcaklığı (°C)	Araçtaki Tipik Lokasyonu
TN1	-40	-40	Araçtaki tüm lokasyonlar için öntanımlı minimum çevre koşulları
TN1L	(-10 °C > TN1 > -40 °C)	(-10 °C > TN1 > -40 °C)	Teknolojisi tarafından kısıtlanan cihazlar için minimum çalışma sıcaklığı (DVD Player, Radyo)

Tablo 4.2 Yüksek Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları[7]

Yüksek Sıcaklık Altında Çalışma Sınıflandırmaları			
Temperature Class	Minimum Çalışma Sıcaklığı (°C)	Minimum Çalışmama Sıcaklığı (°C)	Araçtaki Tipik Lokasyonu
TC1	85	85	Alt şase ve tavan haricinde araç kabini içerisinde monte edilen cihazlar
TC2	105	105	Alt şasedeki sıcaklık kaynaklarından 300 mm'den uzak ve tavan haricinde araç kabini içerisinde monte edilen cihazlar

TC3	125	125	Direkt güneş ışığı alan dış cihazlar ve motor, şanzuman veya egsoza 150-300 mm'den uzak olan komponentler
TC4	140	140	Motor, şanzuman ya da egsoza çok yakın, 150mm'den az
TC5	155	155	Motorun üzerinde, şanzumanın içerisinde, fren yada lastik içerisinde yada egsoz manifoldunda olan cihazlar
TCA1	$65\text{ °C} \leq$ TCA1 < 95 °C	$65\text{ °C} \leq$ TCA1 < 95 °C	Teknoloji kısıtlı cihazlar (CD / DVD Player, Radyo vb.)
TCA2	$85\text{ °C} \leq$ TCA2 < 155 °C	$85\text{ °C} \leq$ TCA2 < 155 °C	Cihaz packagingi dolayısıyla teknolojik kısıtlı cihazlar (Fren Modülü vb.)

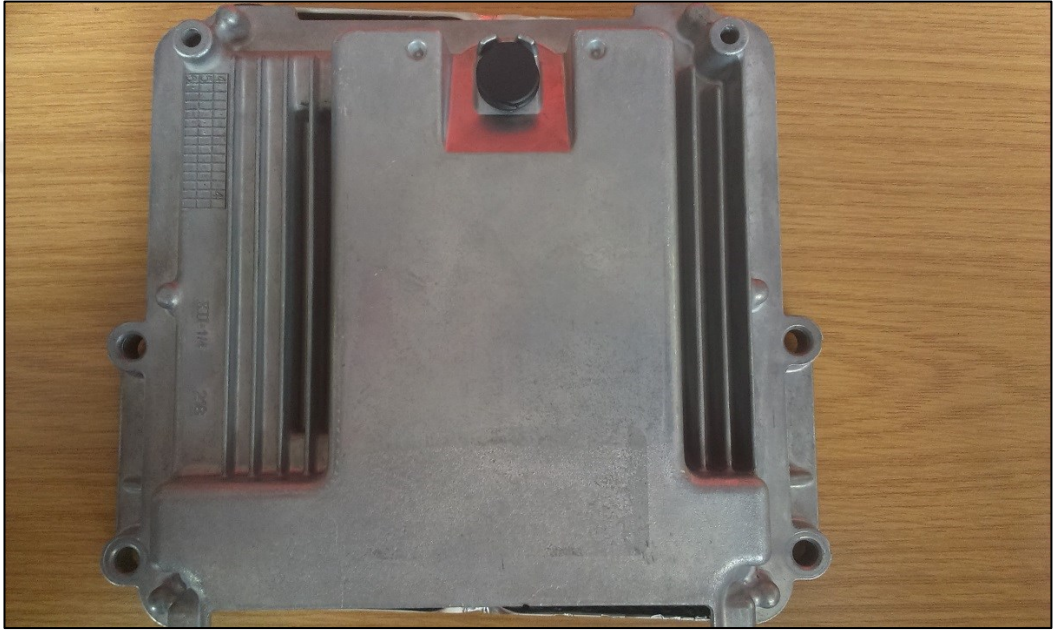
4.3.2.2 Çevresel Sıcaklık Testi

Güç dağıtım modülü kabin içerisinde çalışan bir komponent olduğundan çalışma aralığı olarak $-40\text{ °C} < T_{pdm} < 85\text{ °C}$ seçilmiştir. Testler ACS Challenge 1200 Klimatik kabinde %90 bağıl nem altında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.9. klimatik testlerin yapıldığı kabini göstermektedir.



Şekil 4.9. Klimatik test kabini

Otomotiv uyumlu bir kaplama ile kaplanan devrenin ara sıcaklıklarda ve minimum, maksimum aralıklarda gerçekleştirilen testler sonucunda zarar görmediği ve fonksiyonelliğini yitirmediği gözlenmiştir. Şekil 4.10. da deneysel çalışmanın yerleştirildiği, otomotiv uyumlu elektronik komponentlerin toz, su geçirgenliği, elektromanyetik ve elektrostatik yüklerden korunmak için kaplandığı kılıf gösterilmektedir. Bu kılıflar plastik olarak tasarlandığı gibi, yüksek koruma gerektiren bölgelerde kullanım için alüminyum alaşımlı hafif gövde tasarımları şeklinde de piyasada kullanılmaktadır.



Şekil 4.10. Otomotiv uyumlu bir elektronik komponent kaplaması

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

eaPDM tasarımının yapılmasındaki en önemli motivasyon modüleritesi ve kalibre edilebilirliği yüksek bir güç dağıtım modülü ihtiyacı idi. Bu sayede, modül spesifik araç projelerinde ve araştırma projelerinde kolaylıkla kullanılabilir bir yapıya sahip olması amaçlanmıştır. Birçok otomotivde ve mobilite uygulamalarında kullanılan geleneksel güç dağıtım modülü sabit bir mimariye sahiptir ve mali açıdan bakıldığında üzerinde donanımsal ya da yazılımsal değişiklikler yapmak çok zordur. Öngörülen dizayn esnek bir mimariye sahiptir ve çalışma kapsamında ileriye dönük tasarlanabilecek alt komponentler vasıtasıyla yeni çevresel kontrol birimleri modüle rahatlıkla entegre edilebilir yapıdadır.

Güç dağıtım modülünün TRL4 (teknoloji hazırlık seviyesi) seviyesinde bir hızlı prototipi bazı çevresel kontrol elemanları (akım ölçüm çipleri, aktüatör kontrol mosfetleri vb) eklenerek gerçekleştirilmiş ve giriş, çıkış kontrolleri test edilmiştir. Bu prototip üzerinde CAN Bus mesaj yayınlama, akım kesme limitlemeleri ve giriş çıkış tanımlama gibi fonksiyonlar valide edilmiştir. Tasarlanan modül projelerin erken fazlarında bazı güç dağıtım modellerinin gerçekleştirilmesinde ve güç hattı basit simülasyonunun gerçekleştirilmesinde rahatlıkla kullanılacak seviyededir.

Seçilen devre bileşenleri orta seviye uygulamalar için uygun olmasına rağmen yüksek seviye uygulamalar için bazı kısıtlamalara sahiptir. Çalışmanın bir sonraki aşamasında modülde kullanılan mikroişlemci, MATLAB/Simulink gibi model tabanlı yazılımlar tarafından programlanabilen yapıda bir işlemci ile değiştirilebilir ve çekirdek modüldeki çevre birimler genişletilerek daha etkin bir kullanım sağlanabilir.

Modülün tam anlamıyla hata analizi gerçekleştirilebilen ve tüm giriş/çıkışları kayıt altında tutulabilen bir prototip çalışması gerçekleştirilmektedir. SMD prototipi yapılmış bir tasarım gerçekleştirildikten sonra modülün paketlemesi IP koruma sınıflandırmalarını karşılayacak şekilde geliştirilmesi öngörülmektedir.

Seri üretim basamağı için, tasarım basamağındaki bazı istekleri karşılayabilmesi için modülün devre mimarisi ayrıca iyileştirilebilir. Modülün güvenilirliğini garanti etmek adına, donanımsal gereklilik testleri, statik yazılımsal

testler, ağ yönetim testleri, diagnostik kapasite testleri, konnektör ve kablo uyumluluk testleri, araç konfigürasyonu uyumluluk testleri ve hat sonu elektrik uyumluluk testleri gibi testler cihaz üzerinde test edilmesi ileriki bir adım olarak tasarlanmıştır.

Tasarlanan demo kalibrasyon ve kontrol yazılımı daha da geliştirilebilir ve yazılıma daha çok fonksiyonellik kazandırılabilir.

Bundan sonraki bir çalışma olarak, uygulama yüksek voltaj konnponentleri ile bir çekirdek modül olarak tekrardan tasarlanabilir ve devrenin modüler konfigürasyonu yüksek voltaj EMC gerekliliklerine uyacak şekilde ve modülü fly-back voltaj zıplamalarından koruyacak şekilde tasarlanabilir.



KAYNAKLAR

- [1] J. Broy and K. D. Mueller-Glaser, “The impact of time-triggered communication in automotive embedded systems,” in Industrial Embedded Systems, 2007. SIES '07. International Symposium on, Jul. 2007, pp. 353–356.
- [2] Matthias Heinz, Martin Hillenbrand, Kai Klindworth, K.-D. Mueller-Glaser 22nd IEEE International Symposium on Rapid System Prototyping , 2011, pp.53-58
- [3] Kallenbach, R., Reiner, E., “Automotive Electronics – What Makes it So Special?” SAE Convergence 2004 Conference, Detroit, MI, USA, 2004.
- [4] Schöner H. P., “Automotive Mechatronics”, IFAC Mechatronics Systems Conference, Berkeley, California, USA, 2002.
- [5] Kiencke U., “ Controller Area Network-from concept to reality”, ICC'94, proc.1. International CAN conference, 0-11 0-19. 1994.
- [6] Kutlu A., Turan C., “ Elektronik Deney Modüllerinin LabView ile Kontrolü ”, Süleyman Demirel Üniversitesi Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi, 2 (3), 1-8.
- [7] Yabanova D., Taskın S., Ekiz, H., Cimen, H., “ Denetleyici Alan Ağı Üzerinden Mekatronik Bir Sistemin Kontrolü” Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, (7) 63-72
- [8] Kutlu A., “ Wireless Medium Access Control Protocols for Real-Time Industrial Applications ”, The University of Sussex School of Engineering, PhD Thesis, 124s. Brighton, England, 1997.
- [9] Wang, Huai; Liserre, Marco; Blaabjerg, Frede “Toward Reliable Power Electronics: Challenges, Design Tools, and Opportunities”, I E E E Industrial Electronics Magazine, 2013.
- [10] CS.00054 “General Electrical And EMC Performance Requirements For E/E Components” Norm, 5th release,2013.
- [11] “Eviricilerde Yumuşak Geçiş Tekniklerinin İncelenmesi, MTBF Analizi ve Harmoniklerin Azaltılmasında Kullanılan Yöntemler”, Mustafa Nil, Murat Demir, Metin Nil, Bekir Çakır, Fırat Üniversitesi Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Sempozyumu 2011, ELAZIĞ

EKLER

EK –A Basit Seviyede Haberleşme Doğrulaması İçin Mikrokontrolcü Yazılımı

```
#include <18F4580.h> //Mikrodenetleyici kütüphanesinin tanımlanması

#device ADC=10 // 10 Bitlik analog dijital dönüştürücünün setlenmesi

#fuses HS,NOPROTECT,NOLVP,NOWDT

#use delay(clock=20000000)

#define CAN_USE_EXTENDED_ID FALSE // 29 bit CAN kullanımının iptali

#include <can-18xxx8.c>

#include <CO_types.h>

#include <CanOpen.c> //CANOpen kütüphanesi

#include <Settings.c>

#int_timer2 // heart beat senkronizasyon mesajı oluşturulması

void isr_timer2(void) {

    ms++;

    reset++;

    if (reset > 3000)

        {HeartBeatStatus=0x7F;}

    if (ms==100)

    {

        HeartBeat();

        Can_Send();

        ms=0;

    }

}

#int_CANRX0 //Alma fonksiyonu

void irs_CANRX0()
```

```

{
can_get();
}

void main()// Ana program
{
Sysinit();

can_init(); //CAN sıfırlama alt prosedürlerinin çağırılması

setup_timer_2(T2_DIV_BY_16,155,2);

enable_interrupts(INT_TIMER2); //Kullanılacak kesmelerin aktif edilmesi

enable_interrupts(INT_CANRX0);

enable_interrupts(GLOBAL);

setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL );

setup_adc_ports( ALL_ANALOG );

OUTPUT_d(0);

while(1)
{
set_adc_channel(0); //Analog girişlerin okunması

delay_ms(10);

RA0= read_adc();

set_adc_channel(1);

delay_ms(10);

RA1 = read_adc();

set_adc_channel(2);

delay_ms(10);

RA2 = read_adc();

set_adc_channel(3);

```

```
delay_ms(10);  
RA3 = read_adc();  
PDO2_TX[0] = make8(RA0,0); //Gönderilen dataların oluşturulması  
PDO2_TX[1] = make8(RA0,1);  
PDO2_TX[2] = make8(RA1,0);  
PDO2_TX[3] = make8(RA1,1);  
PDO2_TX[4] = make8(RA2,0);  
PDO2_TX[5] = make8(RA2,1);  
PDO2_TX[6] = make8(RA3,0);  
PDO2_TX[7] = make8(RA3,1);  
  
PDO1_TX[0] = input_c();  
OUTPUT_d(PDO1_RX[0]);  
}  
}
```

Açılış Sistem Konfigürasyonları

Void Sysinit()

```
{  
    int temp=0;  
    temp=read_eeprom (1);// yazılan baudrate değerinin okunması ve setlenmesi  
    if (temp < 1 || temp > 127)  
    {  
        write_eeprom (1, 0x20);  
        Node_Id=0x20;  
    }  
    else  
    {  
        Node_Id=temp;  
    }  
  
    temp=read_eeprom (4);  
    if (temp < 1 || temp > 4)  
    {  
        write_eeprom (4,2);  
        BaudRate=2;  
    }  
    else  
    {  
        BaudRate=temp;  
    }  
}
```

ÖZGEÇMİŞ

KİMLİK BİLGİLERİ

Adı ve Soyadı : Cihangir Derse
Doğum Yeri : İzmir
Doğum Tarihi : 19/04/1987
Yabancı Dili, Seviyesi, Sınav ve Derecesi
(Yurtiçi ve/veya Yurtdışı) : İngilizce, İyi, (2009 YDS 73.75)
Anabilim Dalı : Elektrik Elektronik Mühendisliği
Yurtdışı Akademik Deneyim : Vrije Universiteit Brussel, İtalya
Torino Polito, İngiltere Surrey Üniversiteleri vb. H2020 AB projeleri teknik koordinasyon desteği

ADRESLERİ VE TELEFON NUMARALARI

İş : +90224 261 13 50; 6922
Cep : +90549 694 8922
E-Posta : cihangir.derse@tofas.com.tr

AKADEMİK UNVANLARI (Üniversitesi, Fakültesi ve Tarihi)

Lisans : Mersin Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi (Çift Anadal) , 2010
Halen : Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Anabilim dalı (Y. Lisans Öğrenci)

BİLİMSEL ÇALIŞMALARI

Bilimsel Yayınları :

- Eleco 2016 Elektrik, Elektronik ve Biyomedikal Mühendisliği Konferansı Y. Lisans Tez Çalışması Bildiri Sunumu
- Welmo 2017 World Electro Mobility Konferansı Y. Lisans Tez Çalışması Bildiri Sunumu