

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİM  
(POWER LINE COMMUNICATON):  
SİSTEM VERİLERİNİN AKTARILMASI**

Elektrik Müh. Rıdvan BERBEROĞLU

**FBE Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrol ve Otomasyon Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Galip CANSEVER (YTÜ)**

**İSTANBUL, 2007**

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ .....	ix
ÖNSÖZ .....	x
ÖZET .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1. GİRİŞ .....	1
2. ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİMİN TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMA ALANLARI .....	3
2.1 Alternatif Akım Elektrik Hatlarından İletişim ve Şebeke Uygulamaları .....	4
2.1.1 Elektrik Enerjisini Taşıma Sistemleri ve EHİ Ağı .....	5
2.1.2 EHİ Donanımları ve Omurga Adaptasyonu .....	6
2.1.3 Enerji Dağıtım ve Üretim Sektörüne Getirilen Yenilikler .....	8
2.1.4 Son Kullanıcılara Sağlanan Avantajlar.....	9
2.1.5 Teknik Sorunlar ve Çözüm Önerileri .....	9
2.2 Doğru Akım Elektrik Hatlarından İletişim ve Devre Uygulamaları .....	11
2.2.1 Teknolojik Gelişim ve Ürünler.....	14
3. DA ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİM İÇİN KULLANILAN BİLEŞENLER .....	15
3.1 Donanım Bileşenleri .....	15
3.1.1 Freescale 56F8013 DSC Uygulama Geliştirme Seti .....	15
3.1.2 56F8013 Dijital Sinyal Kontrolörünün Özellikleri.....	17
3.1.2.1 Genel Özellikler.....	17
3.1.2.2 Bellek .....	17
3.1.2.3 Çevresel Birimler.....	18
3.1.2.4 Enerji Denetimi .....	20
3.1.2.5 56F8013 Mimarisi .....	21
3.1.3 YAMAR QDC10 Uygulama Geliştirme Seti.....	22
3.1.3.1 QDC10 Uygulama Geliştirme Seti ile Kontrolör Bağlantısının Sağlanması.....	23
3.1.3.2 QDC10 Uygulama Geliştirme Kitinden Kontrolöre Veri Aktarımı .....	24
3.1.3.3 Kontrolörden QDC10 Uygulama Geliştirme Kitine Veri Aktarımı .....	25
3.2 Yazılım Bileşenleri .....	25
3.2.1 Metrowerks CodeWarrior IDE 8.0 Yazılım Geliştirme Programı .....	26

3.2.2	Windows Tabanlı QuickDC Uygulama Ara Yüzünün Fonksiyonları.....	26
3.2.2.1	Paket Gönderme ve Alma Fonksiyonları.....	27
3.2.2.2	Hata Görüntüleme ve Analiz Fonksiyonları .....	27
4.	DOĞRU AKIM ELEKTRİK HATTI KULLANILARAK SİSTEM VERİLERİNİN AKTARILMASI .....	29
4.1	QDC10 Modem Bloğunun incelenmesi ve Fiziksel Katmanın Fonksiyonları.....	30
4.1.1	QDC10 Entegresinin Fiziksel Katmandaki Görevi ve DC BUS™ Teknolojisi ....	31
4.1.2	Fiziksel Katmanda Veri Akışı .....	33
4.1.3	Genlik Kaydırmalı Anahtarlama Modülasyon Tekniği .....	34
4.1.4	Rx Algılayıcı ve Tx Sürücü Devreleri .....	35
4.1.5	Filtre ile Koruma Devreleri ve Kullanılış Amaçları .....	36
4.1.6	Veri Paketleri.....	37
4.2	56F8013 Dijital Sinyal Kontrolör Bloğu ve Kontrol Algoritmaları.....	39
4.3	DA Elektrik Hattı İletişimi ile Fırçasız DA Fan Motor Kontrol Uygulaması.....	41
5.	SONUÇLAR .....	42
	KAYNAKLAR.....	44
	İNTERNET KAYNAKLARI.....	44
	ÖZGEÇMİŞ.....	45

## **SİMGE LİSTESİ**

$W_0$	Trenin bulunduğu ya da varacağı buluşma noktası
$f(t)$	ikili sayısal işaret
$c(t)$	ASK işareti

## KISALTMA LİSTESİ

AA	Alternatif Akım
ADC	Analog to Digital Converter
AG	Açak Gerilim
ARRL	The American Radio Relay League
ASK	Amplitude-Shift-Keying
BPL	Broadband over Power lines
BW	Broadband Wireless
CAN	Controller Area Network
CD / RS	Collusion Detect / Resolve System
CDMA	Code Division Multiple Access
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
COP	Computer Operating Properly
CSMA	Carrier Sense Multiple Access
DA	Doğru Akım
DC	Direct Current
DGM	Değişken Genlikli Modülasyon
DSC	Digital Signal Controller
DSL	Digital Subscriber Line
EEPROM	Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory
Eİİ	Elektrik Hatlarından İletişim
EMI	Electro Magnetic Interference
FCC	Federal Communications Commission
FEMA	Federal Emergency Management Agency
FO	Fiber Optik
GMSK	Gaussian Minimum Shift Keying
GPIO	General Purpose Input / Output
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
I <sup>2</sup> C	Inter-Integrated Circuit
JTAG	Joint Test Action Group
KYD	Kullanıcı Yerleşik Donanımı
LED	Light Emitting Diode
LIN	Local Interconnect Network
MAC	Multiplier Accumulator

MIPS	Million Instruction Per Second
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OG	Orta Gerilim
OnCE	On-Chip Emulation
OSO	Otomatik Sayaç Okuma
PLC	Power Line Communication
PLL	Phase Lock Loop
PWM	Pulse Width Modulation
RAM	Random Access Memory
RP	Ripple Control
SCI	Serial Communications Interface
SPI	Serial Peripheral Interface
Tc	Tekrarlayıcı
TMR	Timer
UGS	Uygulama Geliştirme Seti
WLAN	Wireless Local Area Networks
YG	Yüksek Gerilim

## ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Elektrik enerjisi taşıma sistemi ve EHİ (Jovanovic, 2005). .....	5
Şekil 2.2 EHİ ile geniş bant haberleşmenin gerçekleştirilebilmesi için gerekli donanımlar ve altistasyonda gerçekleştirilen omurga bağlantısı (Güneş, 2004). .....	7
Şekil 2.3 Avrupa ülkelerinin önceki yıllara oranla yarı iletken kullanımındaki artış (Leen,1999).....	12
Şekil 2.4.Yıllara göre, otomotiv sektöründe kullanılan toplam kablo uzunluğundaki artış (Leen,1999).....	12
Şekil 2.5 En basit haliyle otomobil içerisinde ağ kurmak için ihtiyaç duyulan karmaşık kablo gereksinimi ve alternatif olarak sunulan DC EHİ teknolojisi. [3] .....	13
Şekil 2.6 DC-BUS teknolojisi ile otomobil içerisinde gerçekleştirilmiş DC EHİ ağı [3]. .....	14
Şekil 3.1 56F8013 DSC uygulama geliştirme kartı ve JTAG bağlantı adaptörü. ....	15
Şekil 3.2 56F8013 DSC uygulama geliştirme kartı blok şeması [1]. ....	16
Şekil 3.3 56800E çekirdeğinin sahip olduğu çevresel birimler [1]. ....	18
Şekil 3.4 56800E çekirdeğinin sahip olduğu çevresel birimlerin birbirleri ile ve çıkış pinleri ile olan bağlantısı [1].....	20
Şekil 3.5 56800E çekirdeği ve çevresel birimlere bağlantı veri yolları [1]. ....	21
Şekil 3.6 QDC10 uygulama geliştirme setinin blok şeması ve resmi.....	22
Şekil 3.7 UGS ile kontrolör bağlantısının gerçekleştirilmesi.....	23
Şekil 3.8 QDC Uygulama Geliştirme Kitinin kontrolöre veri aktarması.....	24
Şekil 3.9 Kontrolörün QDC Uygulama Geliştirme kitine veri aktarması.....	25
Şekil 3.10 QuickDC uygulama arayüzünün genel görüntüsü [3]......	26
Şekil 4.1 DA EHİ genel blok şeması .....	29
Şekil 4.2 DA QDC10 Modem blok şeması .....	30
Şekil 4.3 QDC entegresinin mantıksal blokları.....	31
Şekil 4.4 Fiziksel katmanda veri akışı .....	33
Şekil 4.5 Genlik kaydırmalı anahtarlama tekniği .....	34
Şekil 4.6 Genlik kaydırmalı anahtarlama tekniği – zaman domeni.....	35
Şekil 4.7 Rx Algılayıcı Devresi [3] .....	35
Şekil 4.8 Tx Sürücü Devresi [3] .....	36
Şekil 4.9 QDC Filtre ve Koruma Devreleri [3] .....	36
Şekil 4.10 QDC10-kontrolör haberleşmesi veri paketleri.....	37
Şekil 4.11 Veri Bağı Katmanın veri paketleri. ....	38
Şekil 4.12 Dijital sinyal kontrolör bloğunda gerçekleştirilen kontrol algoritmaları.....	40

Şekil 4.13 Uygulama kartı.....	41
Şekil 4.14 Fırçasız DC fan motorun sürülmesi. ....	41

## ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 QDC10 UGS' nin PC ile ilişkilendirilmesi. ....	23
Çizelge 3.2 QDC10 UGS ile uygulama kartı bağlantı soketinin ilişkilendirilmesi.....	23
Çizelge 3.3 Performans parametreleri.....	27
Çizelge 3.4 Bit hata oranı sayaçları parametreler.....	28
Çizelge 4.1 QDC10 entegresine gönderilen komutların listesi. ....	37
Çizelge 4.2 Kontrolöre gönderilen komutların listesi.....	37
Çizelge 4.3 Uygulama katmanı komut listesi.....	39

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında benden yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Galip CANSEVER'e, hoşgörü ve desteklerinden dolayı TÜM Elektronik'deki çalışma arkadaşlarıma ve yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. İbrahim ALIŞKAN'a teşekkür ederim. Ayrıca attığım her adımda bana destek olan aileme sonsuz bir minnet ve teşekkür borçluyum.

## ÖZET

Bu çalışmada; enerji ve haberleşme gereksiniminin tek bir hattın karşılandığı DA fan motor kontrol sistemi gerçekleştirilmiştir. İletişimin elektrik hattı üzerinden yapılmasına olanak sağlayan DC-BUS enerji hattı iletişim teknolojisi, çoğullamalı ağ yapısı sayesinde tek bir DA hattına bağlı azami 16 adet uç birimin birbirleri ile 10 kbps aktarım hızına kadar haberleşmelerine olanak sağlamaktadır. Bu sayede, kullanılan kablo miktarındaki azalma ile toplam yük azalmakta, kurulum kolaylığı sağlanmaktadır. Freescale Semiconductor 56F8000 sayısal işaret denetleyicisi ailesine ait 56F8013 kontrolörü ile çoğullamalı DC-BUS ağ yapısına sahip elektrik hatlarından iletişim uygulaması gerçekleştirilerek test edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Elektrik Hatlarından İletişim (EHİ), DC-BUS, Elektrik Hatlarından Geniş Bant, Sayısal İşaret Denetleyici (DSC 56F8000).

## **ABSTRACT**

A brushless DC fan motor control system that is powered and controlled through only one wire is presented in this paper. The DC-BUS power line multiplex technology transfers digital information to controller over a single cable that conducts both power and communication. The technology simplifies the installation, reduces harness weight and supports 16 devices operating at 10 kbps rate. A prototype power line communication system based on DC-BUS power line multiplex technology is designed and tested with using 56F8013 DSC from Freescale Semiconductor 56F8000 digital signal controller family.

**Keywords:** Power Line Communication (PLC), DC-BUS, Broadband over Power Line (BPL), Digital Signal Controller (DSC 56F8000).

## 1. GİRİŞ

Otomobillerde, endüstride ve robot kontrol sistemlerinde mevcut olan elektromekanik kuvvet kaynaklarının ve algılayıcıların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Elektromekanik kuvvet kaynağı olarak servo motorların bulunduğu bir robot uygulamasında; biri kodlayıcı ve algılayıcılar için kontrol bağlantısı, diğeri besleme hattı olmak üzere iki adet kablo bulunmaktadır. Daha yüksek serbestlik derecesine sahip bir uygulamada ise, kullanılan toplam algılayıcıların ve servo motorların sayısına bağlı olarak kablo sayısı daha da artmaktadır. Böylesine çok kablo kullan bir sistemin tasarlanması, üretilmesi, işletilmesi zor olmakla birlikte üretim maliyeti ve kullanım güvenilirliği de olumsuz yönde etkilenmektedir. Benzer şekilde otomotiv sektörü de yoğun kablo kullanımına gerek duyan üretim sektörlerinden biri olup, fazladan kullanılan her kablo maliyeti attırmakta ve son ürünün ağırlığının olumsuz yönde etkilemektedir.(Leen, 1999) Ayrıca titreşime ve sürtünmeye maruz kalan alanlarda fazla sayıda kablo kullanımı ürün ömrünü de etkilemektedir. Toplam kablo ağırlığının fazla olması sebebi ile yakıt tüketimini de artması göz ardı edilemeyecek bir unsurdur. Endüstriyel sistemler ve bilgisayarlarda da kullanılan kablo/iletken adedinin çok olması, uygulamada problemlere sebep olmuş ve sürekli kablo sayısının azaltılması yönünde teknoloji geliştirilmeye çalışılmıştır. Paralel haberleşme yerine seri haberleşmenin kullanımı, USB ve SATA teknolojileri hep bu çalışmanın sonucu ortaya çıkmış teknolojilerdir. Tüm bu uygulama alanlarında kablonun çıkarabileceği sorunları bir yana bırakılıp, fazladan bir adet bağlantı soketinin kullanımının çıkarabileceği problemler düşünüldüğünde, tüm bu çalışmaların nedenini daha iyi anlaşılmaktadır.

Elektrik üretim ve dağıtım şirketleri vermiş oldukları hizmete, Otomatik Sayaç Okuma (OSO), kayıp-kaçak takibi, alarm izleme ve şebekenin gözlenebilir kılınması gibi özellikleri de dâhil eklemek istediklerinde yine karşımıza kablo karmaşası çıkmaktadır. Telekomünikasyon şirketleri ile ortaklaşa çalışarak, şebeke ve iletim hattı üzerindeki çeşitli noktalardaki ölçüm elemanlarının birbiri ile haberleştirilmeye çalışılması, maliyet açısından zorlayıcı bir çözümdür. Kurulumu ve işletilmesi zor olduğundan hiçbir elektrik üretim ve dağıtım şirketi bu düşünceyi gerçek bir çözüm olarak kabul etmemiştir.

Kablolar, tasarıma birçok açıdan limit getirmektedir. Oynar yüzeyler üzerinden geçirilen ya da en azından kendi ağırlığını taşıyan her bir kablo tasarım esnasında düşünülmeli, gerekli hassasiyet gösterilmelidir. Bu zorluklara maalesef besleme hattı ile veri hatları arasında oluşabilecek elektromanyetik girişimler de eklenmektedir. Bu sebepten tasarım esnasında dikkat edilmesi gereken noktaların sayısı ve dolayısı ile tasarım maliyeti artmaktadır.

Elektrik hatlarından iletişim (EHİ) teknolojisi, hem veri hem enerji iletimini mevcut enerji hattı ile gerçekleştirebilen bir çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır. EHİ, kablo gereksinimini azaltması sebebiyle ekonomik açıdan önemli bir gelişmedir. Bu sebeptendir ki, 1Mbps hızlarına kadar gerçekleştirilmiş birçok ev içi ağı uygulaması bulunmaktadır. Ancak EHİ teknolojisinin de sınırları ve yetersiz kaldığı uygulama sahaları bulunmaktadır. Bir transformatöre bağlı birçok kullanıcının bulunduğu bir şebekede, kullanıcıların geniş bant haberleşme yapabilmeleri ancak yüksek frekansta işaretlerin kullanımı ile mümkündür. Ancak gerekli bant genişliğine sahip yüksek frekanslara çıkıldığında, ilgili frekanslardaki radyo frekanslarını yayılım yolu ile bozmaktadır. Ticari enerji hatlarından yapılabilecek yayının frekansı Amerika birleşik devletlerinde Federal Communications Commission (FCC) tarafından 10 – 450kHz, Avrupa’ da ise CENELEC tarafından 3 – 148.5kHz olarak belirlenmiş olmasına rağmen 3Mhz - 60Mhz de gerçekleştirilmiş uygulamalar mevcuttur.[2] Frekans bandındaki bu sınırlama bit transfer hızını olumsuz yönde etkilemektedir. Kullanılacak frekans bandının düşük frekanslara tekabül etmesi ve bant genişliğinin dar olmasının yanı sıra, başta anahtarlamalı güç kaynakları ve çeşitli haberleşme ünitelerinin oluşturdukları gürültüler de 100Hz ile 1Mhz arasına denk düşmektedir. Bunlara ilaveten değişken hat empedansları, değişken gürültü kaynakları ve mesafe ile işaretle oluşan zayıflamalar tasarımı karmaşık ve non-linear bir hale getirmektedir (Güneş, 2004).

Araştırmamızda, otomobil sektörünü hedef seçen YAMAR firmasının geliştirdiği doğru akım EHİ entegresi ve Freescale tarafından üretilmiş sayısal işaret denetleyicisi (Digital Signal Controller / DSC) kullanarak, doğru akım elektrik hattı ağı prototipi adım adım oluşturulacaktır. Bu sayede doğru akım enerji hattı üzerine kurulmuş bir haberleşme sisteminin bize kazandırdığı avantajları ve bu sistemin gerçekleştirilmesinde karşılaşılan sorunlar ile bu sorunların aşımında kullanılan çözüm tekniklerini görmüş olacağız.

## 2. ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİMİN TEKNOLOJİSİ VE UYGULAMA ALANLARI

Elektrik Hatlarından İletişim (EHİ) (Power Line Communication / PLC) ya da bilinen diğer adıyla elektrik hatları üzerinden geniş bant (EHG) (Broadband over Power Line / BPL), mevcut elektrik hattının haberleşme amacı ile de kullanılmasını sağlayan bir teknolojidir. Ana hatlarıyla EHİ teknolojisi, bir uygulamanın gerçekleşmesi esnasında kullanılması gereken kablo sayısını azaltmayı hedeflemektedir. Bu sayede sistemin gerçekleştirilmesi esnasında, kablo sayısının fazla olmasından kaynaklanan zorluklar ile fazladan kullanılan kabloların maliyeti attırması gibi olumsuzluklar giderilmektedir. Benzer şekilde daha az kablo ile gerçekleştirilmiş bir sistemin, bakım ve onarım maliyetleri en aza indirgenmektedir.

Elektrik hatlarından iletişim, 1950'li yılların başlarında ortaya çıkmış ancak o günün şartlarında düşük veri iletim hızı ve yüksek tasarım maliyetleri sebebiyle bir haberleşme teknolojisi olarak görülmemiştir. Zaman içerisinde ortaya konulan modülasyon teknikleri ve gelişen teknoloji sayesinde EHİ gerçek anlamda bir haberleşme teknolojisi haline gelebilmiştir. Bu gelişim sürecinde ilk ivme, yük kontrol (Ripple Control (RP)) teknolojisinin uygulanması esnasında tek yönlü EHİ haberleşmesinin kullanılması ile sağlanmıştır. Düşük frekanslarda (100- 900Hz) ve yüksek sürücü gücü ile gerçekleştirilen haberleşme sayesinde sokak lambalarının yönetimi ve yük kontrolü gibi uygulamalar hayata geçirilmiştir. 1980' li yılların ortalarında, hat karakteristiğini incelenerek daha yüksek frekanslarda haberleşmenin gerçekleştirilip gerçekleştirilemeyeceğinin araştırılması için SCANDA (Supervisory Control and Data Acquisition) kurulmuş ve haberleşmenin gerçekleştirilebileceği maksimum mesafe, sinyal ve gürültü seviyeleri göz önünde bulundurularak ve frekansı 5 – 500kHz olan işaretler kullanarak Avrupa ve Amerika Birleşik Devletlerinde ölçülmüştür. 1980'li yılların sonlarında çift yönlü haberleşme gerçekleştirilmiş ve sonraki birkaç yıl içerisinde kullanılabilir seviyelere ulaştırılmıştır. Günümüz modern sistemleri ile 1990'lı yılların başlarında geliştirilen EHİ sistemleri arasındaki tek fark, bugünkü mevcut şebeke ile daha yüksek frekanslarda daha düşük genlikli işaretler kullanılarak haberleşmenin gerçekleştirilebilmesidir.

Gelişim süresi boyunca EHİ teknolojisi, hakkında çelişkili açıklamaların yapıldığı haberleşme teknolojilerinden birisi olmuştur. Örneğin, Microsoft' un Yönetim Kurulu Başkanı Bill Gates, yapı içi ağlarda elektrik teknolojisinin kendileri için belirsiz bir teknoloji olduğunu, ancak ileriki yıllarda durumun netleşebileceğini bildirmiştir. Amerikan Radyo Amatörleri Birliği (American Radio Relay League / ARRL)'ince yapılan açıklamalarda ise EHİ için "Pandora"

nın kutusu” ifadesini kullanmıştır, buna karşın, ABD’nin Federal Haberleşme Komisyonu (Federal Communication Commission / FCC) üyesi Kathleen Abernathy, EHI uygulamalarını inceledikten sonra bu teknolojilerin yaygınlaşması sayesinde oluşacak ortamı “Broadband Nirvana” olarak tanımlamıştır (Güneş,2004). Neticede EHI teknolojisi, orta gerilim enerji iletim hatlarında ve yerel ağ şebekelerinde geniş-bant haberleşmenin yapılabileceği bir teknoloji haline gelmiştir ve DSL ve Kablo geniş-bant haberleşme sistemlerine alternatif olmuştur.

Günümüzde, bilgisayar çevre bileşenleri ve taşınabilir elektronik cihazlar başta olmak üzere ev ve ofis için geliştirilmiş birçok uygulamalarda, BW, WLAN ve Bluetooth gibi birçok kablosuz haberleşme teknolojisi kullanılmaktadır. Enerji ihtiyacının güneş enerjisi veya akü-pil gibi kimyasal reaksiyonlar ile karşılanabildiği uygulamalar için bu teknolojiler pratik birer çözüm olarak görülmüş olsa da, yüksek miktarda güç gereksinimi duyduğu için enerji hattına bağlantısı bulunan uygulamalarda, EHI karşımıza önemli bir alternatif olarak çıkmaktadır.

Hâlihazırda enerji hattı bulunan, ancak haberleşme de yapılması gereken uygulamalarda, EHI teknolojisinin uygulanabilmesi için yatırımlar yapılmıştır. Bu yatırım alanlarının başında; ev ve otomobil otomasyonu, geniş bant Internet erişimi, elektrik şebekesi denetimi ile karmaşık kontrol sistemleri gelmektedir. Bu uygulamalar kullanılan güç kaynağının çeşidine göre, doğru akım (DA) Elektrik hatlarından iletişim ve Alternatif Akım (AA) Elektrik hatlarından iletişim olmak üzere iki başlık altında toplanabilmektedir.

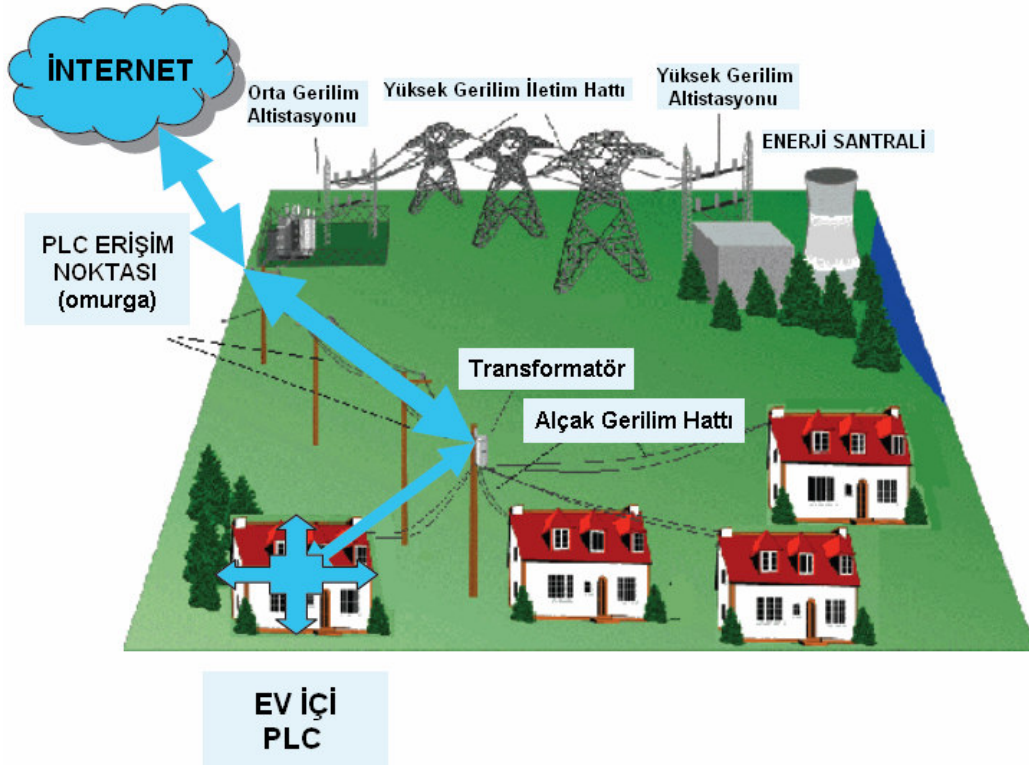
## **2.1 Alternatif Akım Elektrik Hatlarından İletişim ve Şebeke Uygulamaları**

EHI teknolojisinin alternatif akım uygulamalarında kullanılmasındaki temel amaç, mevcut şehir şebekesi yardımı ile kullanıcıların telefon, geniş bant haberleşme, ev içi otomasyonu gibi ihtiyaçlarının da karşılanmasıdır. Ayrıca elektrik dağıtım şirketleri bu yapı ile otomatik sayaç okuma gibi kolaylıkları sunabilmekte ve gerilimlerinin ve yük ölçümleri gibi şebekeye ait önemli parametrelerin takibini yapabilmektedirler.

### 2.1.1 Elektrik Enerjisini Taşıma Sistemleri ve EHİ Ağı

EHİ Şebeke uygulamalarının anlaşılabilmesi için öncelikle elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sistemlerinin incelenmesi gerekmektedir. Telefon ve buna bağlı teknolojilerden farklı olarak elektriğin üretilmesinde belli bir standart yoktur. Örneğin Amerika Birleşik Devletlerinde alçak gerilim 110V olmasına karşın bu Avrupa ülkelerinde 230V'dur. Bu farklılık priz başta olmak üzere ev içi tesisatında da farklılıkları ortaya çıkartmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde daha güvenli sayılabilecek 110V kullanılması ikili prizlerin kullanımına olanak sağlarken, İngiltere gibi ülkeler, şehir elektriğini 230V kullandıkları için üçlü prizleri daha güvenli bulmuşlardır. Bu küçük farklılıklar haricinde geriye kalan şebeke ağı elemanları, neredeyse tüm ülkelerde aynıdır.

Enerji Santrallerinde üretilen elektrik, Yüksek Gerilim Alt İstasyonu, Yüksek Gerilim İletim Hatları, Orta Gerilim Alt İstasyonu, Orta Gerilim İletim Hatları ile kullanıcıların bulunduğu alanlara taşınmaktadır. Transformatörler ile nispeten daha güvenli olan alçak gerilime dönüştürülmüş elektrik enerjisi kullanıcılara Alçak Gerilim Hatları ile dağıtılmaya hazırdır.

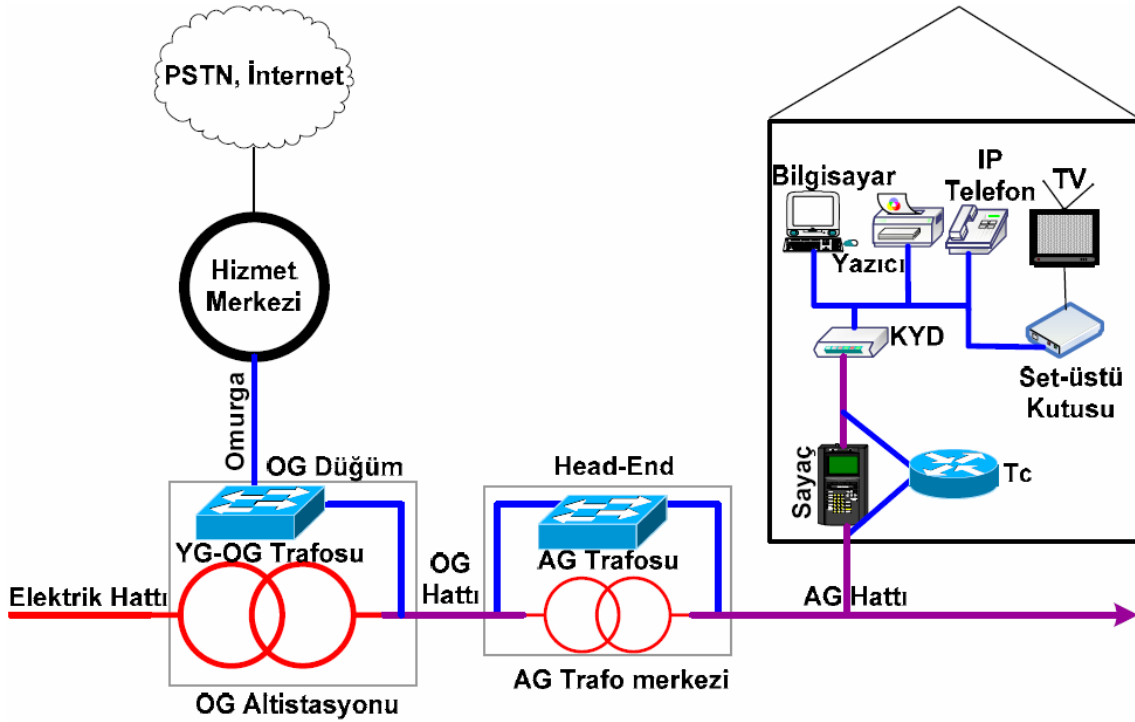


Şekil 2.1 Elektrik enerjisi taşıma sistemi ve EHİ (Jovanovic, 2005).

EHİ sistemlerini düzenlemek için ortaya konmuş ortak bir standart yoktur. Gönderilecek veri, belli bir frekanstaki radyo işaretleri ile modülasyon işlemine tabi tutulur ve elektrik iletimi için kullanılan bakır iletkenlere güçlendirilerek enjekte edilir. Kullanılan frekans ve modülasyon tekniği haberleşmenin verimliliği ve hızı açısından önemlidir. AC EHİ uygulamalarında genellikle 1.6MHz - 80MHz frekans bandı kullanılmaktadır. Bu frekanslar, Orta Frekans (300KHz - 3MHz), Yüksek Frekans (3MHz – 30MHz) ve Çok Yüksek Frekans (30MHz – 300Mhz) spektrumlarına tekabül etmektedir. AC EHİ uygulamalarında, Gauss Minimum Kaydırmalı Anahtarlama (GMSK), Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA) ve Ortogonal Frekans Paylaşımli Çoklama (OFDM) kullanılan başlıca modülasyon teknikleridir. En genel ve basit tanımıyla GMSK, kodlanmış tabanbant işaretlerin gauss alçak geçiren filtresi yardımıyla filtrelendirilip bir MSK modülatöre uygulanması ile gerçekleştirilmektedir. GMSK tekli taşıyıcı işaretlerden oluşmakta ve dar bant genişliği sunmaktadır. CDMA ise, aynı kanal içerisinde aynı zaman aralığında birçok göndericiye ait verilerin iletimini sağlayan çok taşıyıcılı bir modülasyon tekniğidir ve 1 MB bant genişliği sunabilmektedir. OFDM iletişim için tahsis edilen bant genişliğini çok sayıda dar bantlı alt kanallarla ayırmaktadır ve gönderilecek veri bu alt kanallar yardımı ile paralel olarak iletilmektedir. Çok taşıyıcılı işaret kullanan OFDM, bu sayede 45 MB bant genişliğine kadar çıkabilmektedir (Soysal, 2006).

### **2.1.2 EHİ Donanımları ve Omurga Adaptasyonu**

Modülasyon tekniklerinin uygulanması ile EHİ için gerekli sinyaller meydana getirilmiş olur ancak bu tek başına geniş bant bağlantı sağlanabilmesi için yeterli değildir. DSL ve WLAN gibi EHİ teknolojisi de fiber optik kablolar ile güçlendirilmiş bir omurgaya ihtiyaç duyar. Omurga erişimleri, kullanıcılar tarafından yeterli bant genişliğinin paylaşılabilmesini sağlamak için altistasyonlar üzerinde kurulmalıdır. Omurga bağlantısı, enerji santralinden sonra da gerçekleştirilebilir ancak bu durumda bu enerji santralinden beslenen kullanıcılar mevcut bant genişliğini paylaşmak zorunda kalacaklardır. Görülüyor ki, omurga erişimlerinin altistasyonlara yerleştirilmesi, her bir alt istasyonun kendi içerisinde gerçekleştirdiği bir EHİ yapısının bulunması ve her bir yapının mevcut tüm frekans spektrumunu kullanabilmesi (1.6Mhz- 60Mhz), dolayısı ile daha geniş bir geniş bant genişliğine ulaşılabilmesi çok daha avantajlıdır.



Şekil 2.2 EHİ ile geniş bant haberleşmenin gerçekleştirilebilmesi için gerekli donanımlar ve altistasyonda gerçekleştirilen omurga bağlantısı (Güneş, 2004).

OG altistasyonları internet ve telefon hizmetlerini sunmak amacıyla Fiber Optik (FO) ve ya OG EHİ gibi erişim teknolojileri ile hizmet merkezine bağlanmaktadır. OG altistasyonudaki bir endüktif bağdaştırıcı olan ve sinyalleri doğrudan bağlantı olmaksızın aktarma işlevi gören OG Düğümü; AG trafo merkezi ile hizmet merkezini, OG elektrik şebekesi üzerinden birbirine bağlamaktadır. AG trafo merkezinde Head-End kullanılarak ses ve veri AG trafosu aktarılarak doğrudan elektrik hattına enjekte edilmektedir. Elektrik sayaçlarının yanında bulunan Tekrarlayıcı (Tc) ile alınan sinyal yenilenerek kuvvetlendirilmekte ve binadaki prizlere dağıtılmaktadır. Her kullanıcı, Kullanıcı Yerleşik Donanımı (KYD) (Customer Premise Equipment / CPE) vasıtasıyla ayrıştırmış olduğu ses ve veriyi, bilgisayar, telefon ya da uyumlu diğer donanımlara bağlayabilmektedir.

Ev ve işyerleri için geliştirilen HomePlug uyumlu ürün ailelerine ait ürünler, mevcut elektrik hattını kullanarak birbirleri ile haberleşebilir. HomePlug 1.0 uyumlu ürünler üretmekte olan Maxim firmasının ürünleri ile bilgisayarlar ağları ile telefon bağlantılarınının 14Mbps'lık bağlantı hızlarında yapılması da mümkündür. HomePlug Amerika Birleşik Devletleri'nin şebeke mimarisine göre geliştirilmiş bir standart olmasına rağmen Avrupa ve Asya'da da başarı ile uygulanabilmektedir. 90'ı aşkın firma HomePlug 1.0 uyumlu üretim yapmaktadır.

EHİ teknolojisi, omurga ile AG Trafo merkezini arasında kullanıldığında, enerji iletiminin yapıldığı havai hattan ciddi miktarda bir gürültünün etrafa yayılmasına sebep olabilir. Bu durum radyo servislerini olumsuz yönde etkilemektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nin Radio Relay League (ARRL) ve U.S. Federal Emergency Management Agency (FEMA) kuruluşları gelişen EHİ karşısında büyük problemler yaşamış ve yetkililerden EHİ girişimlerinin askıya alınmasını istemişlerdir. Bu tartışmanın sonucu halen açıklığa kavuşmamış olmasına rağmen, genel görüş radyo frekanslarında bozulma yarattığı için EHİ gibi önemli bir teknolojiyi göz ardı edilmemesi gerektiği olmuştur.

Geniş bant veri aktarım kapasitesini arttırmak için yapılan çalışmalar bir yana, bazı uygulanmalar da düşük hızlarda veri aktarımına ihtiyaç duymakta ya da düşük hızlı bir haberleşme ile yetinebilmektedirler. Örneğin Elektrik üretim ve dağıtım firmaları, hattı ve şebekeyi denetlemek için, 500kHz'lik taşıyıcı işaretlerin kullanıldığı EHİ teknolojisinden faydalanmaktadır. Bu çalışma frekanslarında elektrik hatları, radyo frekanslarını etkileyebilecek gürültü üretmemektedir. Ayrıca EHİ tesis ve işletme maliyetleri de daha azdır.

### **2.1.3 Enerji Dağıtım ve Üretim Sektörüne Getirilen Yenilikler**

EHİ teknolojisi, haberleşme ve elektrik sektörlerinde yeni birçok iş sahalarının oluşmasını sağlamıştır. Bu alanda yatırım yaparak uygulama geliştiren ve müşteri hizmetleri sağlayan birçok firma iş imkânları sunmuşlardır.

EHİ teknolojisinin servis sağlayıcılarına açısından avantajları, maddeler halinde açıklanmıştır.

- Servis sağlayıcıların en çok zorluk yaşadıkları konulardan birisi, verilen hizmetin dağıtımıdır. Elektrik hatlarının her yerde olduğunu düşünecek olursak, bu hatları kullanan EHİ teknolojisinin kolaylıkla hayata geçirilmesi ve ülkenin en ücra köşesinde bulunan kullanıcıların dahi bu hizmetten faydalanmaları EHİ servis sağlayıcıları açısından büyük bir avantajdır.
- KYD geliştiricileri ve servis sağlayıcıları kendilerine kolaylıkla yeni müşteriler bulabilmektedirler. Çünkü ev içi EHİ kurulumu, tadilat yapılmasına gerek duyulmaksızın kurulabilen, birçok ağ teknolojisi ile uyum içerisinde çalışabilen bir teknolojidir.

### 2.1.4 Son Kullanıcılara Sağlanan Avantajlar

- EHİ geniş bant haberleşmesi için gerekli olan kurulum maliyeti, DSL ve kablolu modem gibi benzeri geniş bant alternatiflerine göre daha azdır. Dolayısı ile geniş bant haberleşmesine sahip olmayan kullanıcıların tercihi EHİ teknolojisinden yana olacaktır.
- Tak ve çalıştır özelliğini destekleyen ev içi EHİ teknolojisi sayesinde cihazlar, ev içerisinde herhangi bir prize takılarak çalıştırılabilmekte, gerektiğinde yerleri değiştirilebilmektedir. Örneğin; bilgisayar, televizyon ve ses sistemleri gibi taşınabilir, ancak nispeten yüksek enerji ihtiyaçlarından dolayı prize ihtiyaç duyan elektrikli cihazların ev içerisinde yer değiştirmeleri EHİ ile sorunsuz bir şekilde gerçekleştirilmektedir.
- EHİ teknolojisi, rakiplerini geride bırakarak 14Mbps Geniş bant uygulamalarını desteklemektedir.
- Ülkenin en ücra köşesinde yaşayan ve elektrik enerjisine sahip bir kullanıcı, internet, telefon ve kablolu televizyon gibi hizmetlere sadece EHİ teknolojisi sayesinde sahip olabilmektedir.

### 2.1.5 Teknik Sorunlar ve Çözüm Önerileri

EHİ teknolojisinin önünde aşılmayı bekleyen çoğu teknik olmak üzere bir takım problemler mevcuttur.

- Enerji iletim hatlarının yapısından kaynaklanan problemler mevcuttur.
- Aynı transformatöre bağlı kullanıcıları omurgaya bağlayan düğüm'lerde, kullanıcılar mevcut bant genişliğini paylaşmakta, kullanıcı sayısının çok olduğu durumlarda bu durum veri akışını sınırlayıcı bir etmen olarak karşımıza çıkmaktadır. Örnek vermek gerekirse, 50 kullanıcının bir OG düğümü üzerinden omurgaya maksimum limiti 45Mbps olan bir ağ uygulamasında, teorik olarak kullanıcı başına 1Mbps'lık bant genişliği düşmektedir. 1Mbps en kötü durum düşünülerek hesaplandığından ve kabul edilebilir sınırlar içerisinde olduğundan sorun yaşanmayacaktır. Ancak kullanıcı sayısının 200 gibi rakamlara çıkması sonucu 225kbps'a düşen bant genişliği yetersiz kalacaktır.

- DSL teknolojisinde olduğu gibi EHİ teknolojisinin de mesafe limiti vardır. Bu mesafe tam olarak belirlenmiş değildir, birçok çevresel faktöre ve enerji iletim hattının yapısına bağlı olarak değişebilir ancak haberleşmenin sağlıklı yapılabilmesi için kullanıcı ile altistasyon arasındaki mesafenin minimum tutulmaya çalışılması doğru bir karar olacaktır. Uzun mesafelerde EHİ uygulamasının gerçekleştirilmesi gerektiğinde, ilgili uygulama için doğru modülasyon tekniği ve daha yüksek enerjiye sahip işaretler kullanılabilir.
- Enerji iletim hattında kullanılan transformatörlerin yüksek frekanslı işaretleri geçirmemesi büyük problem teşkil etmektedir. Bu problemler, Head-End denilen aktarıcı modüller ile gerçekleştirilebilmektedir ancak bu sadece geçici bir çözüm olarak görülmektedir. Aslında yüksek frekanslı işaretleri geçiren transformatörler tasarlanmışlardır ancak ilgili tasarımlar hakkındaki teknik bilgilere üreticiler henüz ulaşamadığı için bu transformatörler devreye alınamamaktadır.
- Yüksek kapasiteli omurga, tüm geniş bant teknolojilerinde olduğu gibi, yüksek kapasiteli bağlantılara ihtiyaç duymaktadır. Altistasyonları omurgaya bağlayan bu bağlantıların kapasitesi, bu altistasyona bağlı kullanıcı sayısı düşünülerek planlanmalıdır. Bağlantı kapasitesinin planlanmasında yapılacak hata ya veri akışını sınırlayacak ya da yatırım maliyetini arttırmış olacaktır.
- EHİ teknolojisi, geniş bant haberleşme teknolojileri arasına sonradan girmiş bir teknoloji olarak karşımıza çıkmaktadır. EHİ, her ne kadar evin herhangi bir yerinde tak ve çalıştır uygulama kolaylığı gösterse de, kurulum maliyeti düşük de olsa, DSL ve kablolu modem sahiplerini kendi tarafına çekmekte zorluklar yaşamaktadır. Ancak ilk defa geniş bant haberleşmesi ile tanışacak bir ev için, cazip bir alternatif olabilmektedir.
- Havai hatlarda bulunan iletkenler çaprazlanmamış ve ekranlanmamıştır. Dolayısıyla bu hatlarda meydana gelen EMI, radyo alıcıları tarafından algılanabilmektedir. Bu durum hem gürültü kirliliği hem de önemli verilerin yetkili olmayan kişiler tarafından erişilebilmesi açısından olumsuz bir durumdur. Verinin güvenliği için şifreleme algoritmalarının kullanılması gerekmektedir ancak bu işlem erişim sürelerini etkileyeceğinden uygulanıp uygulanmaması kullanıcıya bırakılmalıdır.

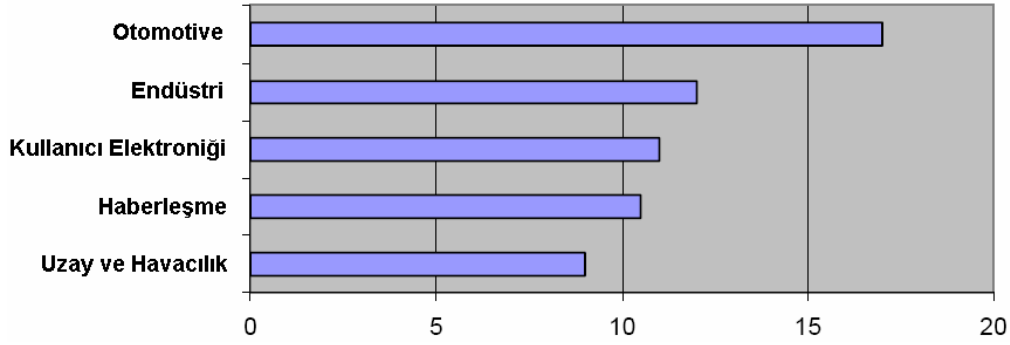
- Enerji iletim hatları yerden yükseklikleri ve uzunlukları ile çok iyi bir anten olarak da değerlendirilmektedirler. Anten görevi görebilecek enerji hattı üzerinde gerçekleştirilecek EHİ haberleşmesi, ilgili frekanslarda istenmeyen bir yayının yapılmasına da neden olacaktır. Denk düşen frekansların lisanslı sahipleri yayınlarında bozulmalar gözlemleyecekler ve pratikte de görüldüğü üzere durumu yetkili mercilere bildirerek çözüm arayışına gideceklerdir. Örnek vermek gerekir ise; İngiltere gerçekleştirilen ilk EHİ denemelerinde, BBC Worldwide News servisinin yayını engellenmiştir. FEMA FCC ve ARRL bu duruma büyük bir hassasiyet ile yaklaşmakta ve çözüm beklemektedirler.

Bahsedilen olumsuzlukların giderilebilmesi sağlayacak çözüm önerileri geliştirilmiştir.

- EHİ teknolojisi ortak bir standart altında geliştirilmelidir.
- EHİ kurulum maliyetleri daha da cazip seviyelere çekilebilmelidir.
- Radyo yayınlarına istenmeyen girişimleri ortadan kaldıracak teknolojilerin geliştirilmesine ya da belirli bir frekans spektrumunun lisanslanmasına gereksinim vardır.
- EHİ teknolojisinin gelişimlerinden toplumun haberdar edilmesine ve bu yönde gelecek talebi karşılayacak yüksek standartlardaki ağların kurulması gerekmektedir.

## 2.2 Doğru Akım Elektrik Hatlarından İletişim ve Devre Uygulamaları

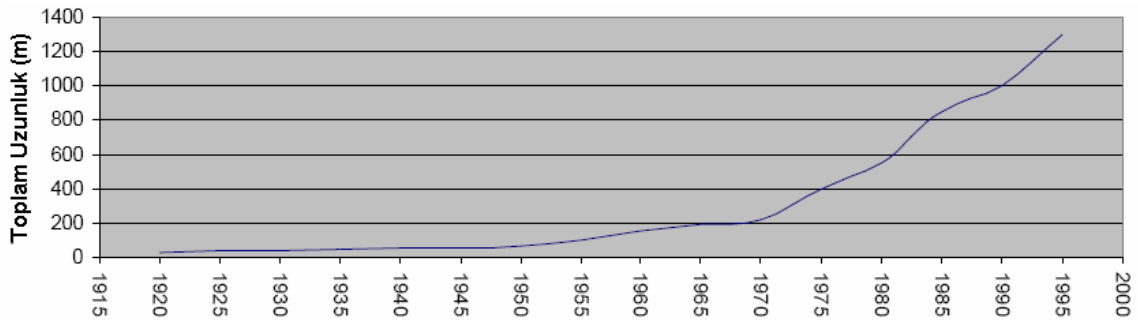
Mikro denetleyici alanında yaşanan gelişmeler ve maliyetlerinin azalması sonucu, günlük hayatımıza mevcut uygulamalar akıllı hale getirecek çalışmalar hız kazanmıştır. Bu uygulamaların başında bina otomasyonu gelmektedir. Endüstride de kendilerine yer edinen mikro denetleyici üreticileri, pazar paylarını arttırabilmek için, gerek bir saniyede gerçekleştirilen işlem sayısı (Million Instruction Per Second / MIPS), gerekse çevre birimlerinin adedi ve işlevleri açısından mikro denetleyicileri hızlı bir rekabet içerisine sokmuşlardır. Sonuçta karmaşık bir çalışma yapısı bulunan ve yüksek işlem gücü isteyen uygulamalarda dahi kullanılabilirlik yeteneğinde mikro denetleyiciler geliştirilmiştir. Diğer yandan çok basit uygulamalar için düşük fiyat odaklı mikro denetleyiciler geliştirilmiş ve tasarımcılar, birkaç mantık kapısı yerine mikro denetleyici kullanımına teşvik edilmiştir.



Şekil 2.3 Avrupa ülkelerinin önceki yıllara oranla yarı iletken kullanımındaki artış (Leen,1999)

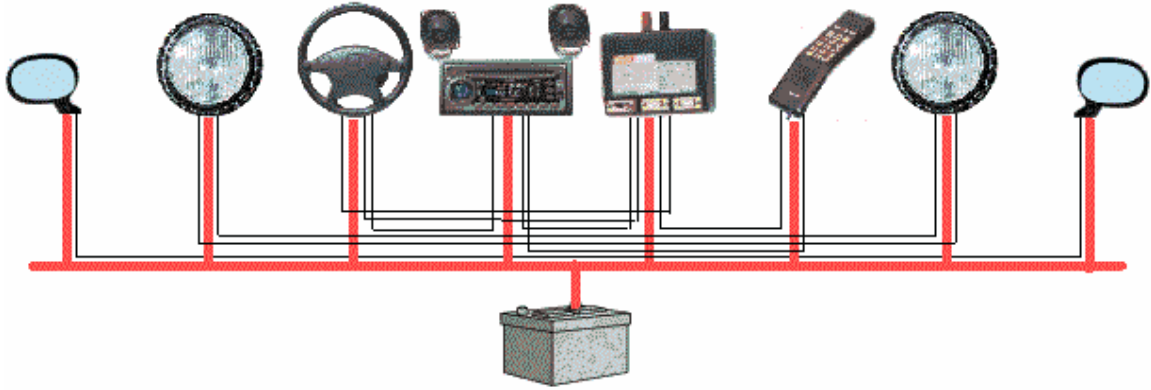
Mikro denetleyici sektöründe yaşanan bu gelişmeler, uygulamada kullanılan toplam mikro denetleyici sayısını hızla arttırmıştır. Bu durum beraberinde mikro denetleyiciler arasında haberleşme gereksinimi ortaya çıkartmış, dolayısı ile karmaşık bir bağlantı yapısının kurulması gerekliliği doğmuştur. Controler Area Network (CAN) [2] ağ protokolü bu gelişim süreci içerisinde standart haline gelmiştir ve gelişmiş sayılabilecek birçok mikro denetleyici tarafından donanımsal olarak desteklenmiştir.

Ne var ki bu ağ yapılarının kurulması için karmaşık kablo yapılarının kullanımı bazı uygulamalar için büyük zorluklar oluşturmaktadır. Kabloların dar alanlarda döşenmesindeki, değişiminin ve servisinin yapılmasındaki, algılayıcıların uzun kablolar ile kullanımındaki zorluklar ile sistemin toplam ağırlığının kablo kullanımı ile artması ve son olarak da maliyet artışı, otomotiv başta olmak üzere mekatronik, robotik ve otomasyon gibi sektörlerde uygulama geliştirilmesini zorlaştırmıştır. Çeşitli sebeplerle kablosuz iletişimin de kurulmasının zor olduğu bu uygulamalarda dar boğaz oluşmuş, ağ kurulumu için alternatif yollar geliştirilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.4.Yıllara göre, otomotiv sektöründe kullanılan toplam kablo uzunluğundaki artış (Leen,1999)

Otomotiv, algılayıcı, motor kontrolü ve hatta çoklu ortam uygulamalarının yoğun olarak kullanıldığı bir sektördür. Gelişmiş bir araç içerisinde farklı uygulama katmanlarında gerçekleştirilmiş dört adet ağ bulunabilir. Kablo kullanımının ürünün toplam ağırlığını etkilemesi ve kablo döşenmesinde karşılaşılan zorluklar bu sektörü acil çözüm arayışlarına itmiştir. Bu nedenle otomotiv sektörü, diğer birçok sektörden önce toplam kablo kullanımını azaltacak yöntemlerin geliştirilmesine başlamıştır.

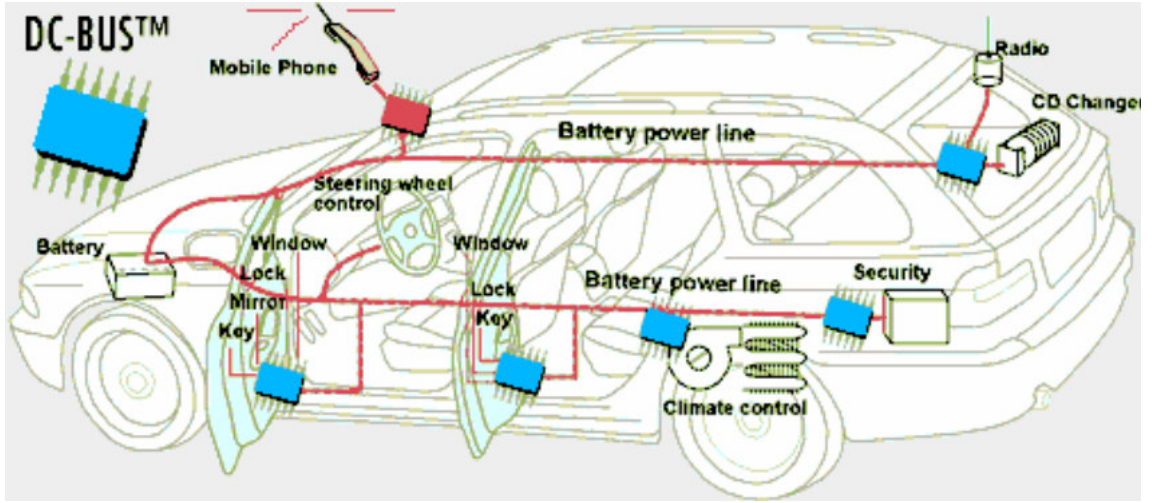


Şekil 2.5 En basit haliyle otomobil içerisinde ağ kurmak için ihtiyaç duyulan karmaşık kablo gereksinimi ve alternatif olarak sunulan DC EHI teknolojisi. [3]

Bu alanda yapılan araştırmalar sonucu geliştirilen DC EHI teknolojisi, sunmuş olduğu performans ve sahip olduğu özellikler bakımından kesin bir çözüm olmuştur. DC besleme hatları üzerinden hem sistemin ihtiyaç duyduğu enerjinin iletilmesi hem de haberleşmenin yapılmasını temel alan bu teknoloji sayesinde tek bir kablo kullanımı ile karmaşık bir ağ yapılanması gerçekleştirilebilmektedir. EHI teknolojisi, araç içerisinde bulunan bilgisayar ağları gibi uygulama bileşenleri ile ilişkilendirilebilmekte ve bu sayede bilgisayardaki kullanıcı ara yüzü tarafından ihtiyaç duyulan veriler, ağları birbirine bağlayan omurgalar yardımı ile en alt katmanda bulunan bileşenlere ait verileri dahi bilgisayar ekranına getirebilmektedir. Örnek verecek olursak, araç içerisine yerleştirilmiş yön bulma bilgisayarı, kullanıcının hedeflediği noktaya varabilmesi için gerekli olan yakıtın olup olmadığını, eğer yoksa en uygun yakıt aktarımının ilgili güzergâh üzerinde nerede yapılacağını tespiti için yakıt tankının doluluk oranını öğrenmek isteyecektir. Bu durumda bilgisayar ara yüzü, mevcut ağları birbirlerine bağlayan geçiş noktaları vasıtası ile en alt ağa ait yakıt kontrol ünitesine bağlanabilmekte ve gerekli olan bilgiyi temin edebilmektedir.

## 2.2.1 Teknolojik Gelişim ve Ürünler

Yamar Electronics Ltd. 1994 yılında kurulmuş, karmaşık ağ haberleşmeleri üzerinde çalışan bir kuruluştur. Patentine sahip olduğu DC-BUS teknolojisi, gürültülü doğru akım hatlarında dahi EHİ haberleşmesini gerçekleştirebilmektedir. Geliştirilen DC-BUS tabanlı ürünler, CAN, LIN ve J1850 bağlantı protokollerinin kullanıldığı birçok uygulamada kullanılabilir. Otomotiv sektörü başta olmak üzere, güvenlik, uzay araştırmaları, cep telefonları, oyuncaklar gibi son ürünlerde kullanılan ürünleri ile firma, geniş bir sektöre hitap etmektedir.



Şekil 2.6 DC-BUS teknolojisi ile otomobil içerisinde gerçekleştirilmiş DC EHİ ağı [3].

Şekil 2.6’da fiziksel katman uygulamalarının gerçekleştirilmesi için DC-BUS teknolojisinin kullanıldığı, DA EHİ ağı görülmektedir. Araç aküsünden sağlanan DA enerji hattı, ağa mensup tüm DC-BUS entegrelerini dolaşmaktadır. Bu yapı sayesinde EHİ, uç birim olarak nitelendirilebileceğimiz her bir elemanın ilgili kontrol paneli ile olan haberleşmesini sağlamakta ve aynı zamanda da uç birimlerin enerji ihtiyacını karşılamaktadır. Kapılara ve direksiyona yerleştirilen kumanda tertibatı bu sayede, otomatik dikiz aynaları, farların açısını ayarlayan aksam, müzik sistemi ve telsiz telefon gibi ağ bileşenleri ile haberleşebilecektir. Çoğullanmış erişim altyapısına sahip DC-BUS teknolojisinin en büyük avantajlarından bir tanesi de, sistem bünyesinde bulunan uç birimler kendi aralarında da haberleşme imkânını sağlaması ve yeni uçbirimlerin rahatlıkla sisteme ilave edilebilmesidir. DC-BUS elemanları kullanarak gerçekleştirilmiş DA EHİ haberleşmesi, kullanılan iletken sayısını ve maliyeti azaltarak, çoğullanmış erişim altyapısını destekleyerek ve kurumda büyük kolaylıklar sağlayarak bahsetmiş olduğumuz tasarım girdileri başarı ile yerine getirmiştir.

### 3. DA ELEKTRİK HATLARINDAN İLETİŞİM İÇİN KULLANILAN BİLEŞENLER

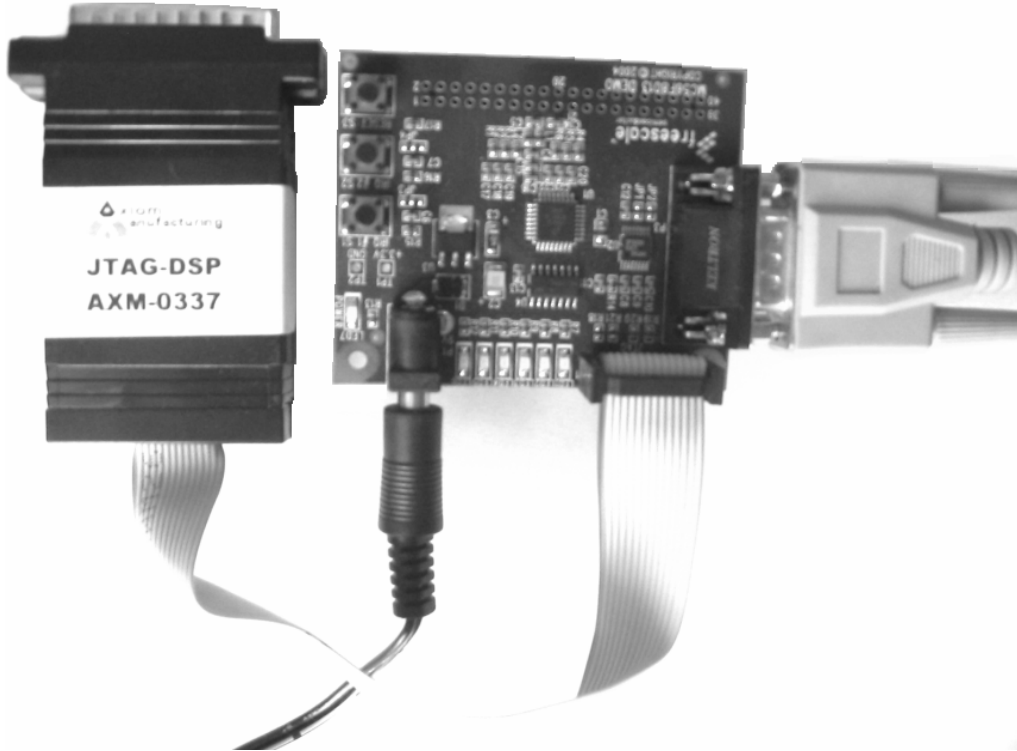
Kullanılan bileşenler, donanım bileşenleri ve yazılım bileşenleri olmak üzere iki başlık altında incelenmiştir.

#### 3.1 Donanım Bileşenleri

Donanım bileşenleri temel olarak, Freescale 56F8013 DSC uygulama geliştirme seti ile Yamar QDC10 Uygulama geliştirme setlerini içermektedir.

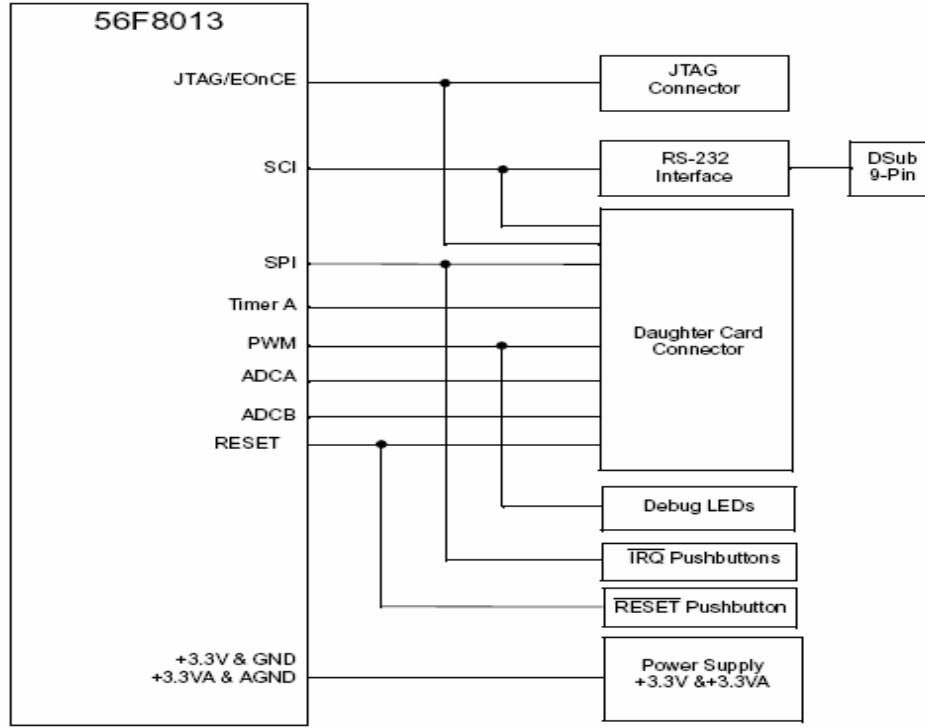
##### 3.1.1 Freescale 56F8013 DSC Uygulama Geliştirme Seti

Freescale 56F8013 kiti, 56F8013 dijital sinyal kontrolörünü kullanan, desteklemiş olduğu donanımlar ve desteklediği yazılımlar ile servo motor kontrolü, dijital ve kablosuz haberleşme, akıllı telefon sistemleri, modem, dijital kameralar gibi güncel birçok uygulamanın geliştirilmesine olanak sağlayan gelişmiş bir uygulama geliştirme aracıdır. Sahip olduğu 16-bit 56F8013 DSC, RS232 bağlantısı ve uygulama kartı bağlantı soketi ile birçok motor kontrol ve haberleşme algoritmasının geliştirilmesine ve uygulanmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 3.1 56F8013 DSC uygulama geliştirme kartı ve JTAG bağlantı adaptörü.

Bu geliştirme kartının üretilmesindeki temel amaç, Freescale 56F8013 mimarisinin tanıma bileceği bir platform yaratmak ve Joint Test Action Group (JTAG) bağlantı soketi yardımıyla gerçek zamanlı uygulama geliştirilmesine olanak sağlamaktır [1].



Şekil 3.2 56F8013 DSC uygulama geliştirme kartı blok şeması [1].

56F8013 DSC uygulama geliştirme kartının temel özellikleri şunlardır;

- Merkezi birim olarak 60MHz'de çalışan 56F8013, a 16-bit +3.3V dijital sinyal kontrolörü mevcuttur.
- JTAG bağlantısı ile yazılım geliştirme programına bağlanarak gerçek zamanlı geliştirme yapma imkânı sağlamaktadır.
- RS232 bağlantısı ile uygulama veya bilgisayar bağlantısı kurulabilmektedir.
- Uygulama kartı bağlantı soketi (Daughter Card Connector) yardımı ile kullanıcının PWM, ADC, SCI, SPI veya GPIO uyumlu bağlantıları, geliştirme kitine aktarımını sağlamaktadır.
- Dâhili güç regülatör devresi ile hem geliştirme kitine hem de uygulama kartına güç sağlanabilmektedir.

### 3.1.2 56F8013 Dijital Sinyal Kontrolörünün Özellikleri

56F8013 dijital sinyal kontrolörü, motor kontrol uygulamaları hedef alınarak üretilmiştir ve bir mikro kontrolör bünyesinde sayısal işaret işlemek için gerekli birimleri ve komutları bulundurmaktadır.

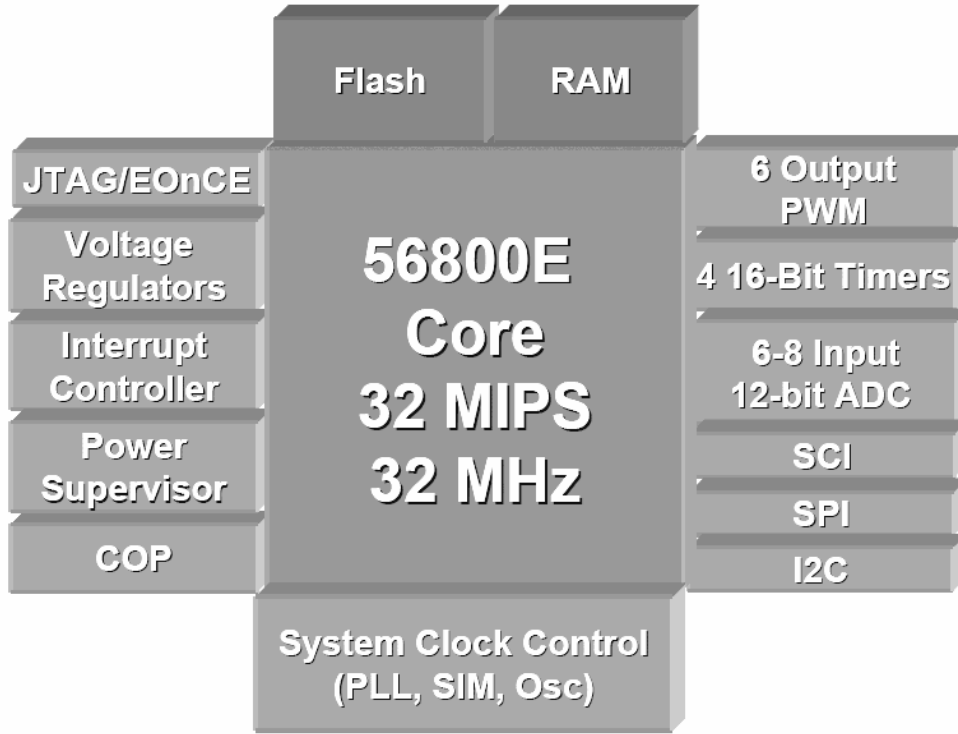
#### 3.1.2.1 Genel Özellikler

- Çift Harvard mimarisine sahip, verimliliği yüksek 16-bit 56800E ailesine ait dijital sinyal kontrolörüdür. (Digital Signal Controller / DSC)
- 32MHz çekirdek çalışma frekansında 32 MIPS performansı.
- Tek döngüde 16x16 paralel çarpım (Multiplier Accumulator / MACC) yeteneği vardır.
- Çekirdek içerisinde dört adet 36bit hafıza bölgesi mevcuttur.
- 32bit aritmetiksel ve mantıksal çoklu bit kaydırıcıya sahiptir.
- DSP adresleme yöntemleri ile paralel işlem komutlarını destekler.
- Donanımsal DO ve REP döngüleri
- Üç adet dâhili adres yolu mevcuttur.
- Dört adet dâhili veri yoluna sahiptir.
- Hem DSP hem de kontrolör komutlarını destekleyen komut setlerine sahiptir.
- Pratik kodlama için kontrolör tipi adresleme yöntemleri ve komutları vardır.
- Verimli C derleyicisine sahiptir.
- Yazılım alt rutinleri ve kesme yığını (interrupt stack) sadece hafıza ile sınırlıdır.
- JTAG/Enhanced On-Chip Emulation (OnCE) sayesinde gerçek zamanlı hata ayıklama fonksiyonuna sahiptir.

#### 3.1.2.2 Bellek

- Çift Harvard mimarisi program ve veri belleklerine eş zamanlı erişim imkanı tanımaktadır.
- Flash hafıza bölgesi güvenlik altına alınmıştır.

- Dâhili 16KB program ve 4KB RAM hafıza alanına sahiptir.
- Flash hafıza bölgesi gerektiğinde EEPROM gibi kullanılabilir.

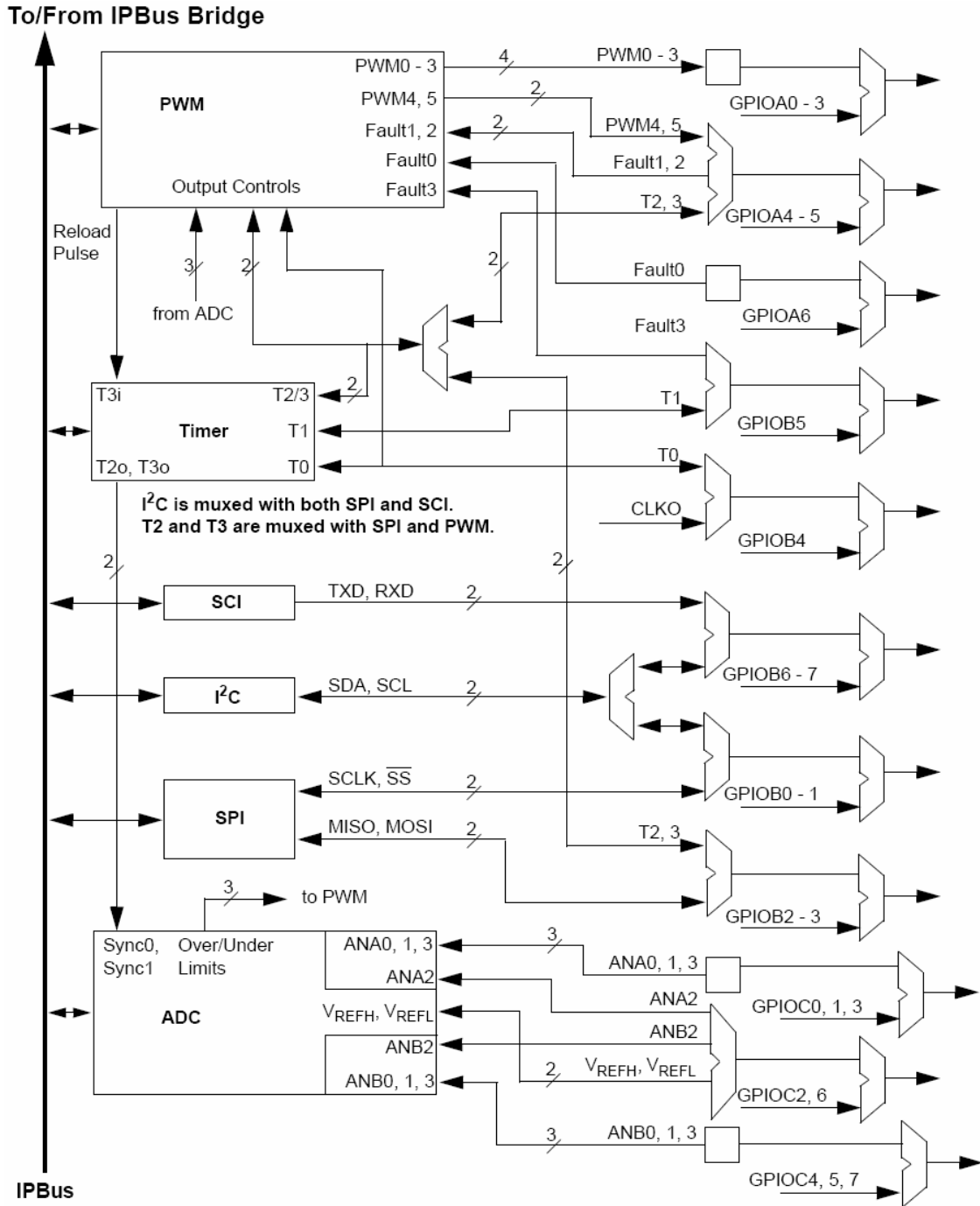


Şekil 3.3 56800E çekirdeğinin sahip olduğu çevresel birimler [1].

### 3.1.2.3 Çevresel Birimler

- Çok özellikli Dalga Genişlik Modülasyonu'na (Pulse Width Modulator /PWM) sahiptir. Özellikleri şunlardır;
  - 96MHz'e kadar darbe işareti üretebilir.
  - 15 bit çözünürlüğe sahiptir.
  - Seçilebilir merkezi veya iniş / çıkış opsiyonuna sahiptir.
  - Dört adet programlanabilir dijital filtreli hata girişine sahiptir.
  - Çifte yedeklenmiş PWM hafıza gölgelerine sahiptir.
- PWM üretilmesi için giriş kaynakları olarak PWM üretici, harici GPIO pini, dâhili zamanlayıcılar ve ADC çevrimi gösterilebilir. ADC çevrimi sonucu belli bir değerin altında ya da üzerinde ise, buna bağlı olarak PWM başlatılabilir yada durdurulabilir.

- Eşzamanlı ve ardışık olarak kullanılabilen, PWM çevresel birimi ile donanımsal olarak ilişkilendirilebilen, saniyede 2.67M örnekleme yapabilen, 16 Bayt sonuç hafıza bölgesine sahip, iki adet 12 bit analog dijital çeviriciye (ADC) sahiptir.
- 96MHz'e kadar darbe işareti üretebilen, dört adet 16 bit sayıcısı/zamanlayıcısı bulunan ve her bir zamanlayıcının giriş yakalama / çıkış karşılaştırma özelliğinin olduğu bir adet 16 bit genel amaçlı sekizli Timer (TMR) çevresel birimi mevcuttur.
- Slave-LIN fonksiyonu destekli bir adet seri haberleşme (SCI) birimine sahiptir.
- Bir adet Full duplex, programlanabilir veri bitleri uzunluğuna sahip, master/slave çalışabilen seri haberleşme birimine (SPI) sahiptir.
- Master/slave olarak çalışabilen, maksimum 400kbps hızına sahip bir adet Inter-Integrated Circuit (I2C) birimine sahiptir.
- 5V çalışma gerilimini destekleyen 26 adet giriş/çıkış (GPIO) pinine sahiptir.
- Program sayıcının yerinin kontrol edildiği Watchdog, kontrolörün düzgün çalışıp çalışmadığından sorumlu Computer Operating Properly (COP), düşük voltaj kesme ve açılışta tüm birimlerin baştan başlatılmasına yarayan Power-On Reset çevresel birimleri ile güvenilirlik sağlanmaktadır.
- Faz Kilitlemeli Çevrim Tekniği(Phase Lock Loop / PLL) yardımı ile çekirdek ve çevresel bileşenler için yüksek hızlarda saat darbeleri elde edilebilmektedir.
- JTAG/Enhanced On-Chip Emulation (OnCE) sayesinde gerçek zamanlı hata ayıklama fonksiyonuna sahiptir.



Şekil 3.4 56800E çekirdeğinin sahip olduğu çevresel birimlerin birbirleri ile ve çıkış pinleri ile olan bağlantısı [1].

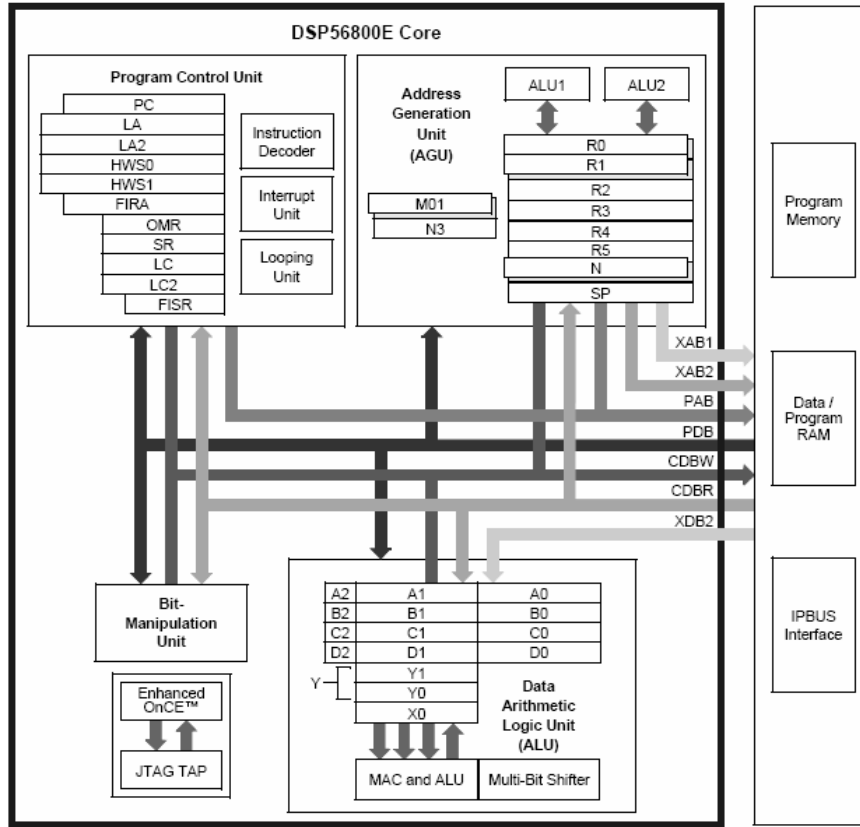
### 3.1.2.4 Enerji Denetimi

- Sistem maliyetini azaltmak, sayısal ve analog devrelerde oluşacak gürültüleri azaltmak amacı ile dâhili regülatörler kullanılmıştır.

- Bekleme ve durma fonksiyonları enerji tasarrufunu arttırmaktadır.
- ADC çevresel birimi, ADC akıllı güç yönetim sistemi ile daha az akım gereksinimi duymaktadır.
- Her bir çevresel bileşen ayrı olarak kapatılarak enerji tasarrufu sağlanabilmektedir.

### 3.1.2.5 56F8013 Mimarisi

DSP'nin fonksiyonlarını ve mikro denetleyicinin esnek yapısı ile çevresel birimlerini bir araya getirmeyi hedefleyen 56800E ailesi; özellikle endüstriyel kontrol başta olmak üzere, hareket kontrolü, ev içi uygulamalar, akıllı algılayıcı, yangın söndürme ve güvenlik sistemlerinde ve anahtarlamalı güç kaynaklarında kullanılmak üzere üretilmiştir. Şekil 3.5'de sistem veri yollarının, 16 bit mimarisine sahip 56800E çekirdeği içerisinde dâhili hafıza birimlerini, IPbus köprüsünü ve tüm dâhili birimleri bağladığı görülmektedir. Şekil 3.4'de ise çevresel birimlerin birbirleri ile bağlantısı görülmektedir. Bu verilen blok diyagramlarında dahili regülatör devresi verilmemiştir.

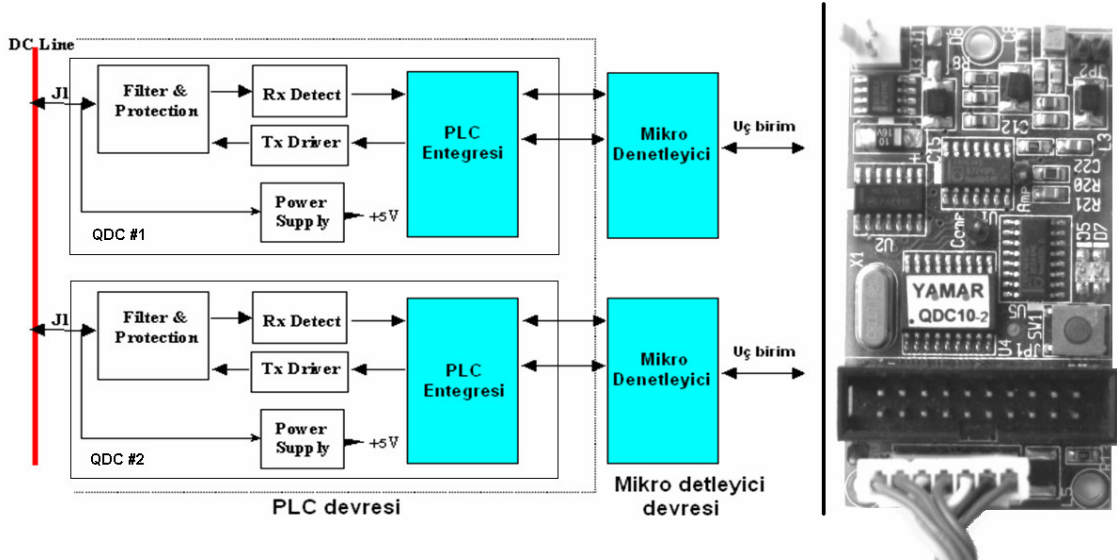


Şekil 3.5 56800E çekirdeği ve çevresel birimlere bağlantı veri yolları [1].

### 3.1.3 YAMAR QDC10 Uygulama Geliştirme Seti

Uygulama geliştirme ve test etme amaçlı geliştirilen QDC10 Uygulama Geliştirme Seti (UGS), QDCxx ailesine ait haberleşme entegreleri ile 10Kbps'a kadar enerji hattı haberleşmesine olanak sağlamaktadır. Sistemde mevcut olan birçok geliştirme seti DA hattına bağlanarak EHİ haberleşmesini gerçekleştirirler. UGS, EHİ haberleşmesinin yapılabilmesi için gerekli olan koruma devresi, pasif filtre, sürücü ve algılayıcı devreler ile güç devresine sahiptir. UGS Windows işletim sistemine sahip bir bilgisayarda çalışan QuickDC programı ile çalışabileceği gibi bir mikro denetleyici ile de çalışmaktadır.

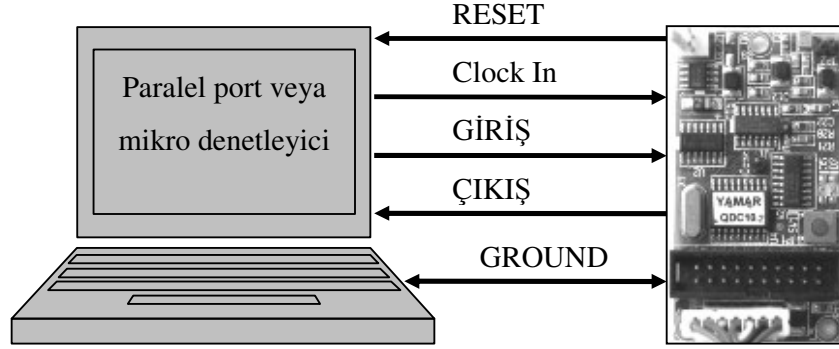
Çalışması için bağlanmış olduğu 12V DA hattından maksimum 40mA akım gereksinimi duymaktadır. UGS, uygulamada kullanılmak üzere iki adet LED ve bir adet Reset butonuna sahiptir.



Şekil 3.6 QDC10 uygulama geliştirme setinin blok şeması ve resmi.

Verileri alma esnasında, sinyal öncelikle DA hattından koruma ve pasif filtre devresine gelmektedir. Ardından algılayıcı devresine ve oradan da QDC10 entegresine gelmektedir. Burada alınan veri gerekli ise düzeltilerek, kontrolör tarafından okunabilmesi için hafızada alınan veri bölgesine yerleştirilir ve verinin olduğu bilgisi kontrolöre bildirilerek okunması istenir. Veri gönderme işleminde ise, kontrolör tarafından güncellenmiş olan gönderilecek hafıza bölgesindeki veri okunarak hatalara karşı kodlanır ve sürücü tarafından modüle edilerek DA hattına enjekte edilir.

### 3.1.3.1 QDC10 Uygulama Geliştirme Seti ile Kontrolör Bağlantısının Sağlanması



Şekil 3.7 UGS ile kontrolör bağlantısının gerçekleştirilmesi.

UGS ile bilgisayar arasında bağlantı kurulacak ise, bilgisayarın paralel portu ile UGS'nin JP3 soketi Şekil 3.7'de görülen bağlantı hatları yardımı ile bağlanmalıdır. Bu bağlantının sağlanması gereken paralel port ile JP3 bağlantısı ve bağlantı ismi Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 QDC10 UGS'nin PC ile ilişkilendirilmesi.

25 pin Paralel Bağlantı Soketi	JP3 (5pin)	Açıklaması
8	3	Reset
9	4	ClockIn
10	5	Giriş
13	2	Çıkış
25	1	Ground

UGS ile DSC arasında bağlantı kurulacak ise, uygulama kartı bağlantı soketi ile UGS'nin JP3 soketi Şekil 3.7'de görülen bağlantı hatları yardımı ile bağlanmalıdır. Bu bağlantının sağlanması gereken DSC uygulama kartı bağlantı soketi pinleri ile JP3 bağlantısı ve bağlantı ismi Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 QDC10 UGS ile uygulama kartı bağlantı soketinin ilişkilendirilmesi.

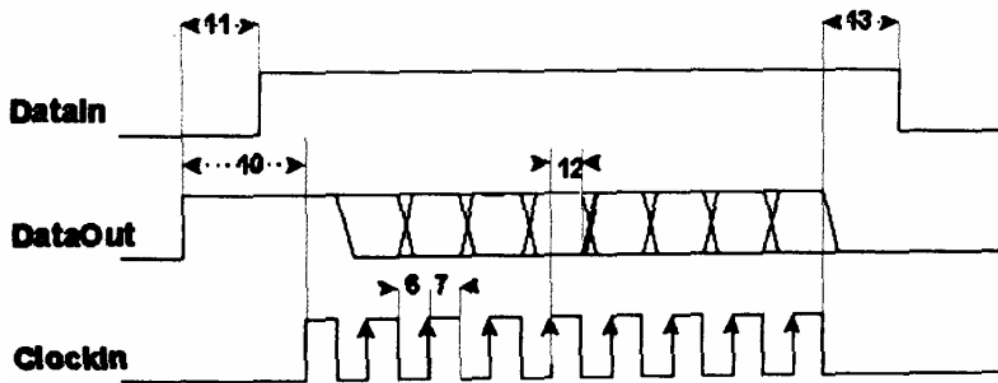
25 pin Paralel Bağlantı Soketi	Uygulama Kartı Bağlantı Soketi	Açıklaması
9	21	ClockIn
10	17	Giriş
13	19	Çıkış
25	3	Ground

### 3.1.3.2 QDC10 Uygulama Geliştirme Kitinden Kontrolöre Veri Aktarımı

ClockIn haberleşme için gerekli olan saat darbelerini taşıyan haberleşme bağlantısıdır. Gerçekleştirilen tüm haberleşmelerde ClockIn, kontrolör tarafından sürülmektedir. Dolayısı ile ClockIn, QDC10 entegresi için her zaman bir giriştir. QDC10 entegresi için DataIn giriş olarak, DataOut ise çıkış olarak tanımlı haberleşme bağlantısıdır.

QDC10 entegresi kontrolör ile haberleşme gerçekleştirirken, DA hattını dinlemez. Dolayısı ile kontrolör haberleşmesini mümkün olan en kısa sürede tamamlamalıdır. Eğer haberleşme esnasında kontrolör 64ms'den daha uzun süreli saat darbesi uygulamakta ise, QDC10 haberleşmeyi iptal ederek DA hattını dinleme görevine geri dönecektir.

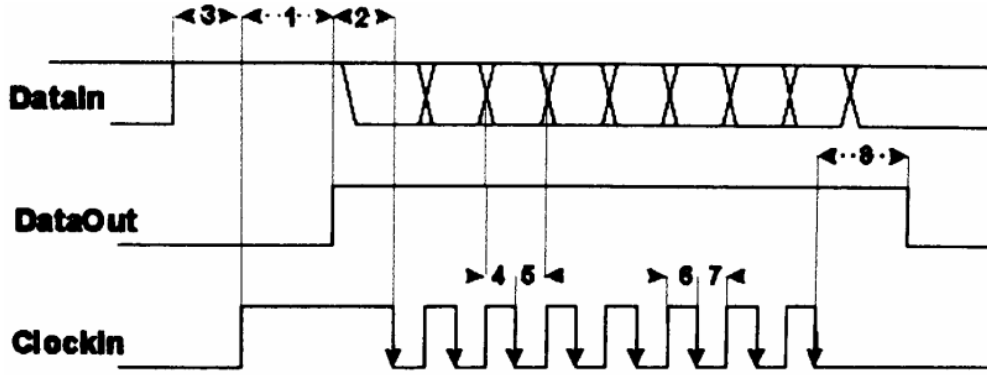
Bayt transferi, QDC10 entegresinin DataIn pinini kontrol etmesi ile başlamaktadır. DataIn eğer lojik bir ise, DataOut pini lojik bir koşullamak sureti ile haberleşmek istediğini kontrolöre iletir. Kontrolör hazır olduğunda DataIn ve ClockIn çıkışlarını lojik bir'e yükselterek haberleşmenin başlayabileceğini QDC10 entegresine bildirir. Ardından QDC10 entegresi DataOut pinini uygun şekilde koşullayarak ClockIn girişinin iner kenar geçişini bekler ve hemen bir sonraki bit değerine göre DataOut çıkışını koşullar. Kontrolör ClockIn işaretinin yükselen kenar geçişlerinde okuma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu şekilde haberleşme sekiz bit için tekrarlanır ve ClockIn işaretinin son düşer kenarı ile birlikte QDC10 entegresi DataOut çıkışını lojik sıfır koşullayarak bit iletimini sonlandırır. Böylelikle bir baytlık veri QDC10 entegresinden kontrolöre aktarılmış olur. Kontrolör bir önceki bayt ile ilgili işlemlerini tamamladığında ve yeni bir haberleşmeye hazır olduğunda DataIn çıkışını lojik sıfır koşullamaktadır.



Şekil 3.8 QDC Uygulama Geliştirme Kitinin kontrolöre veri aktarması.

### 3.1.3.3 Kontrolörden QDC10 Uygulama Geliştirme Kitine Veri Aktarımı

Kontrolör DataIn ve ClockIn çıkışlarını lojik bir olarak koşullayarak, haberleşme isteğini QDC10 entegresine bildirmektedir. QDC10 entegresi haberleşme yapabilecek duruma geldiğinde, DataOut çıkışını lojik bir olarak koşullayarak hazır olduğunu kontrolöre iletmektedir. Kontrolör göndereceği verinin en ağırlıklı bitinin lojik değerine bağlı olarak DataIn haberleşme bağlantısını koşullar. QDC10 ClockIn girişinin düşen kenarını algıladığında DataIn girişini okuyarak ilk bit alma işlemini gerçekleştirmiş olur. Bu şekilde sekiz bit transferi tamamlanmaktadır. ClockIn lojik sıfır olarak koşullanır ve kontrolör haberleşmeye hazır olduğunda DataIn çıkışını da lojik sıfır koşullayarak bir sonraki bayt alımına hazır hale gelir.



Şekil 3.9 Kontrolörün QDC Uygulama Geliştirme kitine veri aktarması.

## 3.2 Yazılım Bileşenleri

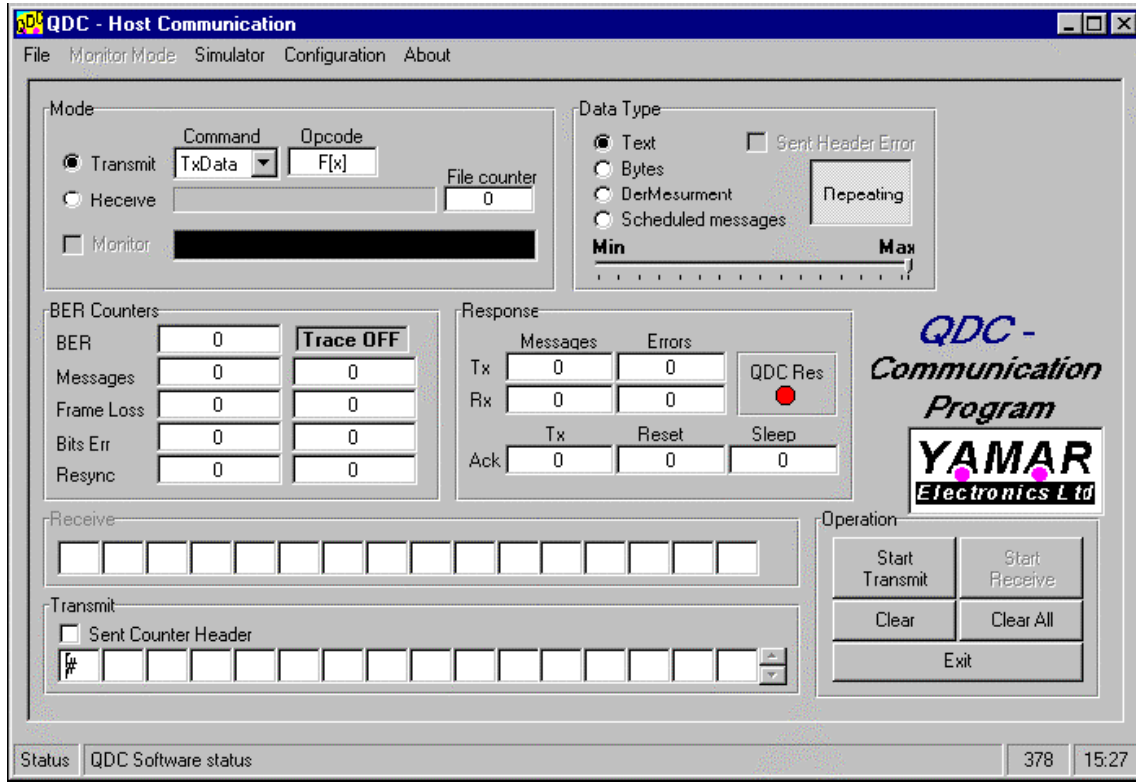
Haberleşmenin gerçekleşmesini ve veri akış kontrolünün sağlanmasını sağlayan tüm algoritmalar, Metrowerks Codewarrior gerçek zamanlı uygulama geliştirme programı ile gerçekleştirilmiştir ve 56F8013 sayısal işaret kontrolörüne yüklenmiştir. Freemaster program eki ile 56F8013 sayısal işaret kontrolöründe koştan algoritmalar, gerçek zamanlı olarak denetlenmiştir. Yamar QuickDC programı ise veri giriş terminali ve hata sayım aracı olarak kullanılmıştır.

### 3.2.1 Metrowerks CodeWarrior IDE 8.0 Yazılım Geliştirme Programı

Codewarrior yazılım geliştirme programı, sahip olduğu görsel yazılım geliştirme özelliği ve gerçek zamanlı çalışan hata ayıklama (debugging) özelliği kullanıcılara büyük kolaylık sağlamaktadır. Windows 98/NT/2000/XP ortamlarında çalışabilen program, Freescale tarafından geliştirilmiş, DSP özelliklerini mikro denetleyici platformunda sunan 56800/E ailesini desteklemekte ve yazılım geliştirme, hata ayıklama ve FreeMaster programı yardımı ile görüntüleme fonksiyonlarının tamamını bu aile için de sunmaktadır.

### 3.2.2 Windows Tabanlı QuickDC Uygulama Ara Yüzünün Fonksiyonları

QuickDC uygulama geliştirme ara yüzü, QDC10 geliştirme kartı üzerinde bulunan QDC10 DC-BUS haberleşme entegresinin fonksiyonlarını Windows tabanlı bir bilgisayarın paralel haberleşme portu yardımı ile kontrol etmek üzere geliştirilmiş bir programdır. Kullanıcı QuickDC ara yüzü ile veri gönderebilmekte, alabilmekte ve DC hatta gerçekleştirilen haberleşmeyi dinleyebilmektedir. Ayrıca bu işlemler esnasında meydana gelen hataların kaydını tutabilmekte ve bu sayede haberleşmenin Hatalı Bit Oranı (Bit Error Rate / BER) parametresini ölçebilmektedir.



Şekil 3.10 QuickDC uygulama arayüzünün genel görüntüsü [3].

### 3.2.2.1 Paket Gönderme ve Alma Fonksiyonları

QuickDC programı çalıştırıldıktan sonra gerekli port yapılandırmasının ardından Şekil 3.10’da görülen ara yüz belirmektedir. Öncelikle veri gönderme, alma ya da görüntüleme işlemlerinden hangisinin yapılacağına karar verilmeli ve “Transmit” / “Receive” alanlarından birisi seçilmelidir. Sadece hat haberleşmesinin görüntülenmesi isteniyor ise “Receive” alanı ile beraber “Monitor” alanı da işaretlenmelidir. Veri alma ve görüntüleme işlemi için “Receive” ya da “Receive + Monitor” alanları seçildikten sonra “Start Receive” butonuna basılarak işlem başlatılmalıdır. Haberleşme gerçekleştirildikten sonra, ara yüzün sol alt tarafında bulunan “Receive” bölümünde alınan paket içeriği, BER ve performans pencereleri içerisinde ise onay ve hata sayıcılar görüntülenmektedir. Veri gönderme işlemi için “Transmit” alanı seçilmeli ve komut belirlenmelidir. Ara yüzün sol alt tarafında bulunan “Transmit” bölümüne maksimum 16 bayt olacak şekilde gönderilecek paket içeriği girilmeli, ardından da “Start Transmit” butonuna basılmalıdır. Haberleşmenin başarılı olup olmaması durumu değerlendirilerek, BER ve performans pencereleri güncellenir.

Veri gönderme ve alma işlemleri sonrası gerçekleştirilen haberleşmenin ne kadar sağlıklı olduğu veya kaç adet veri paketinin gönderildiği “Response” penceresinde görülebilmektedir.

Çizelge 3.3 Performans parametreleri.

Gösterge ismi	Açıklaması
QDC Res	QDC10’nin mevcut olduğu sezilmiş ise yeşil, aksi taktirde kırmızıdır.
Tx	Gönderilen paket sayacıdır.
Rx	Alınan paket sayacıdır.
TxError	Hatalı gönderilen Paket sayacıdır.
RxError	Hatalı alınan veri sayacıdır.
Ack	Tx, Reset, Sleep komutlarına verilmiş onay sayacıdır.

### 3.2.2.2 Hata Görüntüleme ve Analiz Fonksiyonları

Data Type penceresinden “BER Measurement” sekmesi seçilerek önceden tanımlanmış olan “YAMAR-Elektron” veri paketi sürekli olarak gönderilebilir veya alınabilir. Bu veri paketinin başına 2 bayt haberleşme sayacı bilgisi program tarafından eklenmekte ve toplam veri paketi uzunluğu 16 bayt’a tamamlanmaktadır. Bu haberleşme tamamen hata denetimi için düşünülmüş bir test haberleşmesidir ve DC hatta bu haberleşmeyi cevaplayacak diğer bir aygıt olması şarttır. Haberleşme esnasında sürekli sabit veri gönderilip alındığı için ve her veri paketinin bir numarası olduğu için veri paketi kayıplarının olup olmadığı ve aynı zamanda da

alınan paket içerisindeki bayt'larda hatanın olup olmadığı bilgisine kolayca anlaşılabilir. 16 bayt uzunluğunda, önceden tanımlanmış veri, DA hattı üzerinden sürekli olarak gönderilmektedir. Yine benzer şekilde, uygun şekilde ayarlanmış QuickDC uygulama ara yüzü, DC hattın gönderilen test paketlerini alabilmekte ve hata denetimi sonucu "BER Counters" penceresini güncellemektedir.

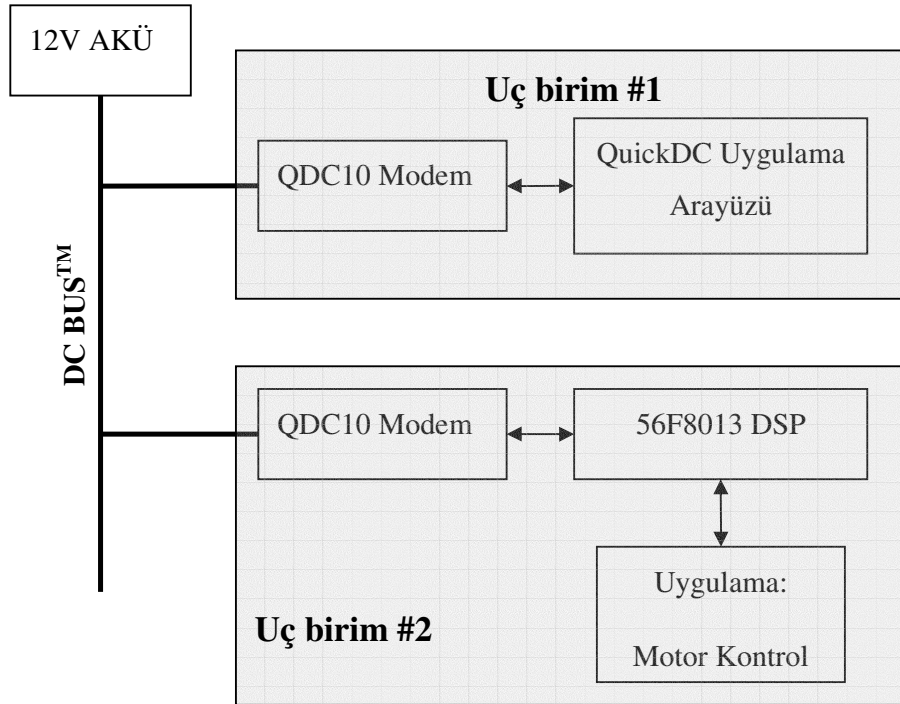
Çizelge 3.4 Bit hata oranı sayaçları parametreler.

Gösterge ismi	Açıklaması
Message	Toplam alınan mesajı gösterir.
Frame Loss	Kayıp veri paketlerinin sayısıdır.
Bits Err	Alınan paketler içerisindeki hatalı veri göstergesidir.
Resync	Teste başlamadan önce kaç adet test paketinin gönderildiği bilgisini gösterir.
BER	Hesaplanan hatalı bit parametresidir.

Haberleşme gerçekleştirilir iken meydana gelen hataları kaydedilmektedir. Bu hata kayıtlar haberleşme sonrası incelenebilmektedir. Bu ve bahsettiğimiz diğer özellikleri ile QuickDC programı uygulama geliştirmek için gerekli olabilecek önemli özellikler sunmaktadır.

#### 4. DOĞRU AKIM ELEKTRİK HATTI KULLANILARAK SİSTEM VERİLERİNİN AKTARILMASI

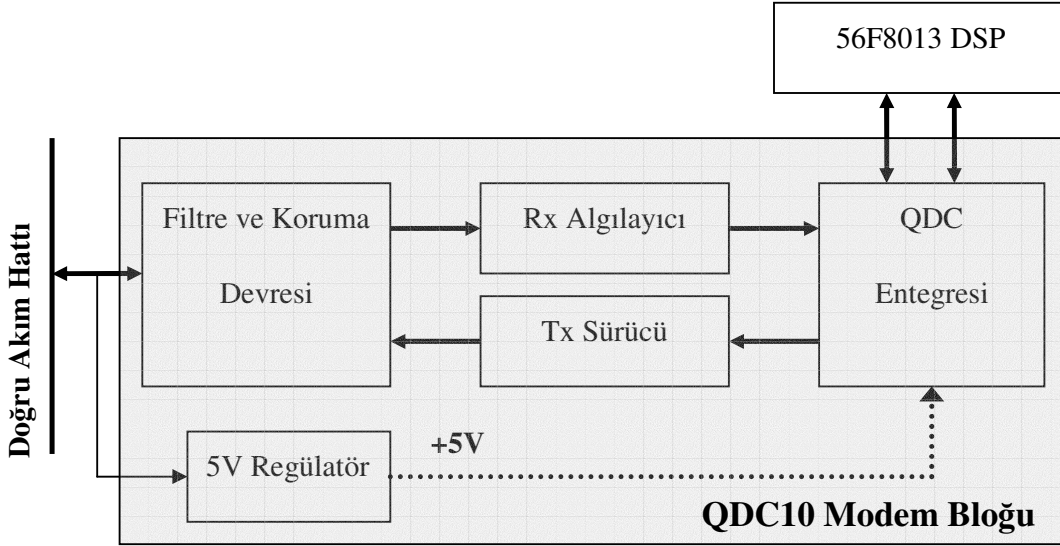
Kurduğumuz DA EHİ mimarisi, uç birimlerin her birinin birbirlerine DA hattı ile bağlanmasını temel almaktadır. Üç birimlerin ihtiyaç duydukları enerji ve veri iletimi, mevcut DA enerji hattı kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu mimari, özellikle otomobil ve robot kontrol gibi kapalı gövde uygulamalarda, sistemde mevcut bulunan akü veya DA kaynağına bağlı uçbirimlerin enerji gereksinimlerinin yanı sıra veri iletiminin de gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamakta ve bu sayede kullanılan kablo sayısı azaltılabilmektedir. Şekil 4.1’de görülen, DA hattı üzerine kurulu, Yamar Electronics Ltd tarafından geliştirilen DC Power BUS™ (doğru akım enerji hattı fiziki katmanı), DA enerji hattına bağlı uç birimlerin haberleşmelerinden sorumludur. Uygulama arayüzü veya uçbirim tarafından gönderilen komutlar ve sistem verileri, öncelikle kodlanır ardından uygun frekanstaki işaretlere dönüştürülerek DA hattı gerilimi üzerine bindirilmekte ve DC Power BUS™ yapısını uygun modem düzeneği ile kullanan hattaki diğer uç birime iletilmektedir.



Şekil 4.1 DA EHİ genel blok şeması

#### 4.1 QDC10 Modem Bloğunun incelenmesi ve Fiziksel Katmanın Fonksiyonları

QDC10 UGK üzerinde bulunan J1 soketi ile UGK doğru akım hattı ile ilişkilendirilmektedir. Bu bağlantı sayesinde 5V regülatör bloğu için gerekli olan 12V aktarılmaktadır. Aynı zamanda bu bağlantı sayesinde, Rx-algılayıcı ve Tx-sürücü devrelerinden önce modemi koruma ve filtreleme amaçlı tasarlanmış filtre ve koruma devresi bloğuna, haberleşme için gerekli işaretler aktarılmaktadır. QDC10 UGK'nın, 56F8013 DSP kartının ve uygulamanın ihtiyaç duyduğu akım, haberleşmenin yapıldığı doğru akım hattı üzerinden elde edilmektedir.

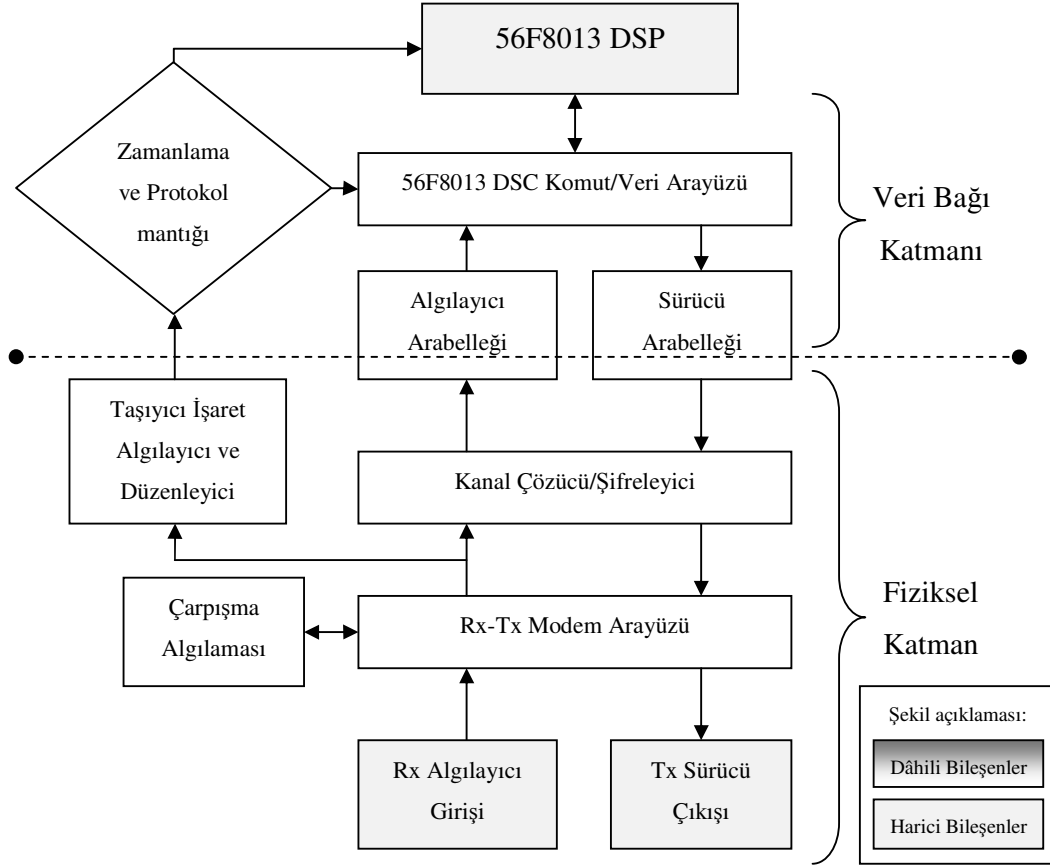


Şekil 4.2 DA QDC10 Modem blok şeması

Koruma devresi elektriksel boşalmalara ve voltaj dalgalanmalarına karşın modemi koruma amaçlı tasarlanmıştır. Koruma devresinden sonra ise band geçiren filtre devresi bulunmaktadır. Rx algılayıcı devresi Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (Amplitude-Shift-Keying / ASK) yöntemi ile oluşturulmuş işareti demodülasyon yöntemi ile işleyip, QDC entegresinin 0-5V mantığında çalışan girişine iletmektedir. Benzer şekilde Tx-sürücüsü de QDC entegresinden 0-5V mantığında gelen işareti, Genlik Kaydırmalı Anahtarlama yöntemi ile modüle ederek, elde ettiği işareti doğru akım üzerine bindirmek sureti ile filtre ve koruma devresine iletmektedir. QDC entegresi Rx haberleşme bacağından aldığı verileri işleyerek, 56F8013 dijital sinyal işleyici tarafından erişilebilen Rx ara belleklerine, Tx ara belleğine yazılmış veriyi de işleyerek Tx bacağı üzerinden Tx sürücü bloğuna göndermektedir.

#### 4.1.1 QDC10 Entegresinin Fiziksel Katmandaki Görevi ve DC BUS™ Teknolojisi

QDC10, gönderici kontrolörden aldığı verileri hedef kontrolöre iletmektedir. Gönderilecek veri paketleri 2-16 bayttan oluşmalıdır. Fiziksel katman işlevlerinin tamamının ve kontrolör yardımı ile veri bağı katmanının işlevlerinin bir kısmının gerçekleştirilmesinden sorumludur.



Şekil 4.3 QDC entegresinin mantıksal blokları

Şekil 4.3'de görülen Rx-Tx Modem Arayüzü, Çarpışma Algılaması, Kanal Çözücü / Şifreleyici, Taşıyıcı İşaret Algılayıcı blokları fiziksel katman işlevlerini yerine getirmektedir.

- Rx-Tx Modem Arayüzü, Rx algılayıcı tarafından demodülasyon işlemine tabii tutulmuş taşıyıcı işaretleri, kaydırmalı kaydedici ile alarak hafıza işlemlerine tabii tutulmak üzere bayt haline getirmektedir. Benzer şekilde, Tx sürücüsünde modülasyon işlemine girecek bayt halindeki veriler, Rx-Tx modem arayüzündeki kaydırmalı kaydediciye gönderilmektedir. Rx-Tx Modem Arayüzü, eğer hatta devam eden bir haberleşme yok ise kaydırmalı kaydediciye gönderilmiş olan veriyi sürülmek üzere TX sürücü bloğuna gönderilmektedir.

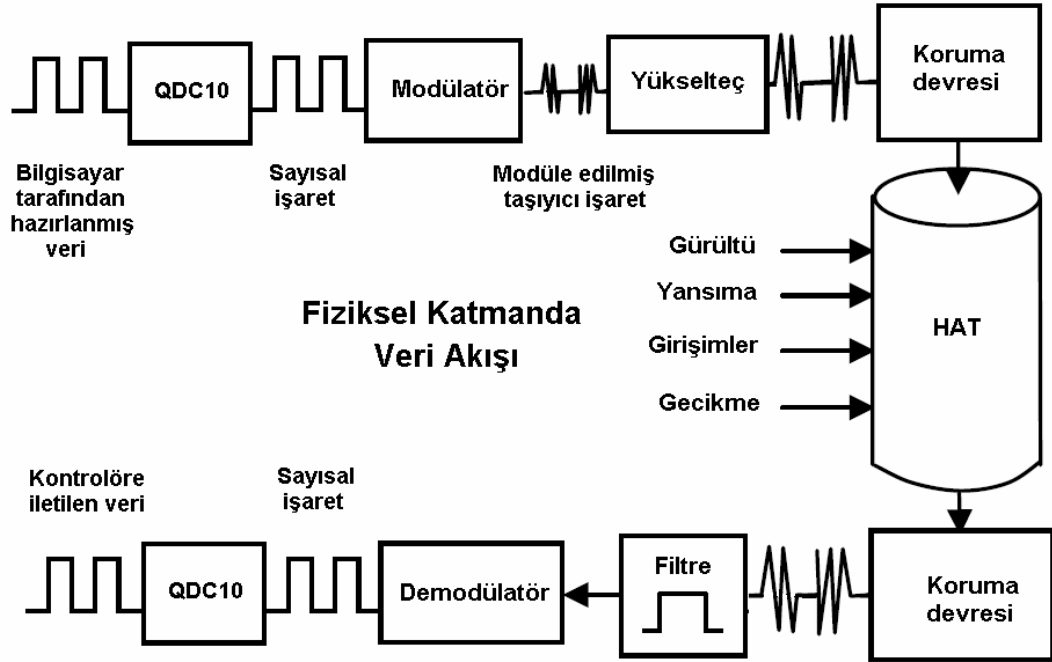
- Çarpışma Algılaması bloğu, TX sürücü bloğuna veri gönderimini denetlemektedir. Eğer hatta haberleşme yapılmakta ise, verinin bekletilmesi sağlanmaktadır.
- Kanal Çözücü / Şifreleyici, modem bloğu tarafından algılanmış veya sürülecek bir bayt veri üzerinde şifreleme veya şifrelenmiş verinin çözülmesi işlevini gerçekleştirmektedir.
- Taşıyıcı İşaret Algılayıcı ve Düzenleyici bloğu veri alınma işleminin başladığını ve Tx Sürücü devresi ile sürülmekte olan hatta çakışmanın olup olmadığı bilgisini Zamanlama ve Protokol mantığına iletmekle sorumludur. Çoklu Erişimde Taşıyıcı İşaret Algılama - Çakışma Denetimi ve Çözüm Sistemi (Carrier Sense Multiple Access – Collision Detection and Resolve System / CSMA CD-RS) olarak da adlandırılan Taşıyıcı İşaret Algılayıcı ve Düzenleyici bloğu, fiziksel katmanda bir hata denetim tekniğidir. Amaç hattı aynı anda sürmek isteyen iki uç birimin, birbirlerinden haberdar olması ve hattı aynı anda kullanmalarının engellenmesidir. Bu tarz durumlarda uygulanan genel metot, çakışma gerçekleştikten sonra bir süre (arbitrary) beklemek ve haberleşmeyi tekrarlamaktır. Eğer çakışmanın olduğu diğer uç birimden zaman olarak daha az veya daha çok beklenir ise çakışma tekrar gerçekleşmeyecektir. Eğer hat zaten sürülmekte ise çakışma olmaz, çünkü çarpışma algılaması bloğu Tx Sürülme bloğunun hattı sürmesini bekletmektedir.

QDC10 entegresi, Algılayıcı ve Sürücü Arabelleğinde bulunan verileri Komut / Veri Arayüzü yardımı ile eşzamanlı seri haberleşme yöntemini kullanarak kontrolöre aktarmakta veya okumaktadır. Bu işlemler veri bağı katmanının bir parçası olup, Zamanlama ve Protokol mantığı bloğu tarafından yönetilirler. QDC10 entegresi, kontrolör ile haberleşme yapar iken DA hattından veri alamamakta ve DA hattından veri alırken de kontrolör ile haberleşmemektedir. Zamanlama ve Protokol mantığı bloğu, Sürücü ve Algılayıcı Ara bellekleri ve 56F8013 DSC ile ilişkilendirilmiş Komut / Veri Arayüzü üzerinde işlem yaparken bahsedilen nedenlerden dolayı Taşıyıcı İşaret Algılayıcı ve Düzenleyici bloğunun girişine ihtiyaç duymaktadır.

DC BUS™, DA EHİ ile maksimum 16 adet QDC10 entegresinin birbirleri ile haberleşmesine olanak sağlayan bir ağ teknolojisidir. Bahsedilen QDC10 entegrelerinin özelliklerine dayalı bu teknoloji sayesinde 10Kbps veri aktarım hızlarında 12m'ye kadar haberleşme yapılabilmektedir. YAMAR Electronics tarafından geliştirilmiş ve patentleşmiştir.

#### 4.1.2 Fiziksel Katmanda Veri Akışı

Şüphesiz, EHI haberleşmesi ile veri aktarımında dikkat edilmesi gereken en önemli nokta fiziksel katmanın tasarımıdır. Enerji iletiminin yapılacağı hat, gürültü veya yük değişimleri gibi parametreler dikkate alınarak incelenmeli ve kullanılacak modülasyon tekniği belirlenmelidir. Modülasyon tekniğinin belirlenmesinde hat karakteristiği büyük önem taşıdığı gibi spectral verimliliğin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca kullanılan kontrolörün işlem kapasitesi, seçilecek modülasyon tekniğinin gereksinim duyduğu işlem gücünü karşılayabilmelidir. Bu parametrelere dikkat edilerek gerçekleştirilmiş bir sistemde;



Şekil 4.4 Fiziksel katmanda veri akışı

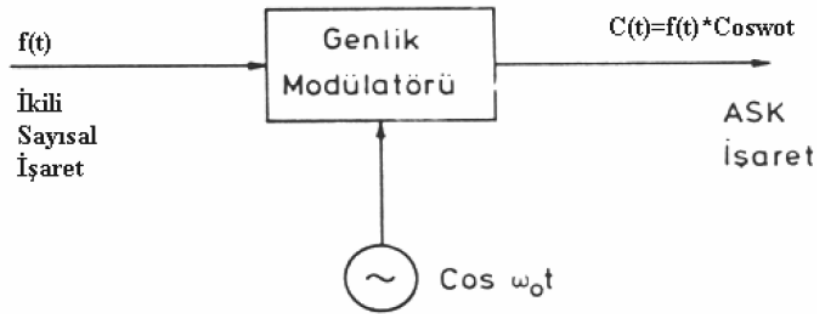
- Kontrolör ya da işlemci, fiziksel katman veri akışı ile veri aktarım katmanının ve protokol katmanının işlemlerini sistemde izin verilen gecikmeler dahilinde gerçekleştirebilmektedir.
- Hatalı bit oranı düşük, spectral verimlilik yüksektir.
- Hatta oluşması muhtemel gürültülere karşı sistem bağıstıktır.

Şekil 4.4’de fiziki katmanı meydana getiren bileşenler ve veri akışı görülmektedir. Şeklin anlaşılabilir olması açısından sadece veriyi gönderen tarafın Tx sürücü, alan tarafın ise Rx algılayıcı bileşenleri ile verilmiştir. Çift taraflı bir haberleşmede elbette her iki tarafta da sürücü ve algılayıcı bulunmalıdır. Bilgisayar tarafından hazırlanan veri, paralel port çevresel birimi vasıtasıyla sayısal işaretlere dönüştürülmekte ve bu işaretler kodlanarak modülatöre uygulanmaktadır. Modülatörde Genlik Kaydırmalı Anahtarlama yöntemi ile elde edilen modülasyona uğratılmış taşıyıcı işaret, yükseltilerek koruma devresine iletilmektedir. Koruma devresine iletilen taşıyıcı işaret hatta enjekte edilmektedir. Hattaki muhtemel gürültü, yansıma, gecikme ve girişimlere rağmen algılayıcı tarafındaki koruma devresine iletilen veri, filtreye devresine aktarılmaktadır. Bant geçiren filtre ile filtre edilmiş işaret demodülatöre iletilmekte ve burada sayısal işaretlere dönüştürülmüş veri kontrolöre iletilmektedir.

Modülatör, demodülatör, filtre, yükselteç ve koruma devresi ile kullanılan modülasyon tekniği fiziksel katmanın bütünü oluşturmaktadır. Bu bileşenler takip eden bölümlerde incelenmektedir.

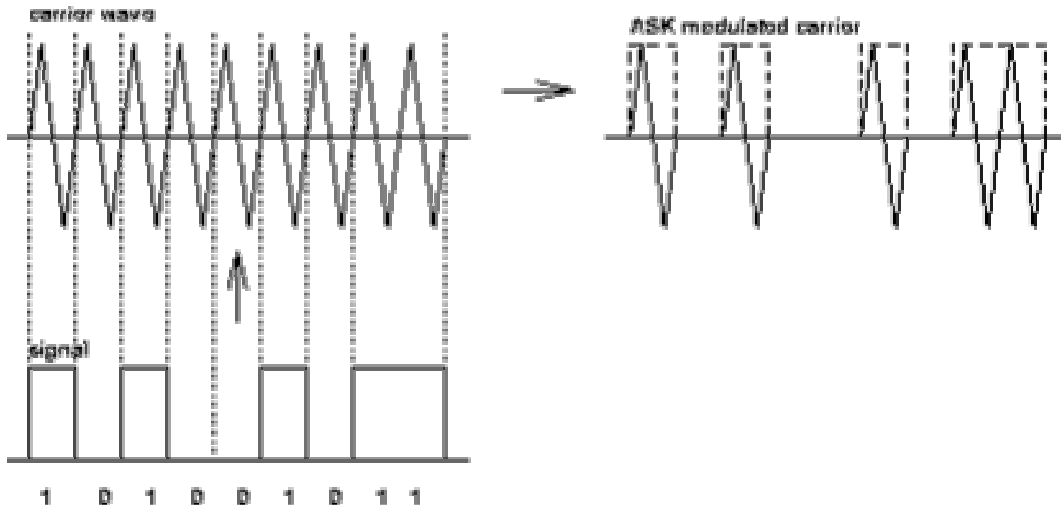
#### 4.1.3 Genlik Kaydırmalı Anahtarlama Modülasyon Tekniği

Genlik kaydırmalı anahtarlama, belirli bir frekanstaki taşıyıcı işaretlerin sayısal işaretler ile çarpılması tekniğidir. Bu yöntem, basit mikro denetleyiciler kullanılarak gerçekleştirilebilecek basit bir anahtarlama yöntemi olması nedeniyle tercih edilmiştir.



Şekil 4.5 Genlik kaydırmalı anahtarlama tekniği.

Şekil 4.5’de kosinüs fonksiyonu ile lojik bir ve sıfırlardan oluşan sayısal işaretlerin, Şekil 4.8 verilen genlik modülatörüne giriş olarak uygulandığında, elde edilen çıkış fonksiyonu gösterilmektedir.

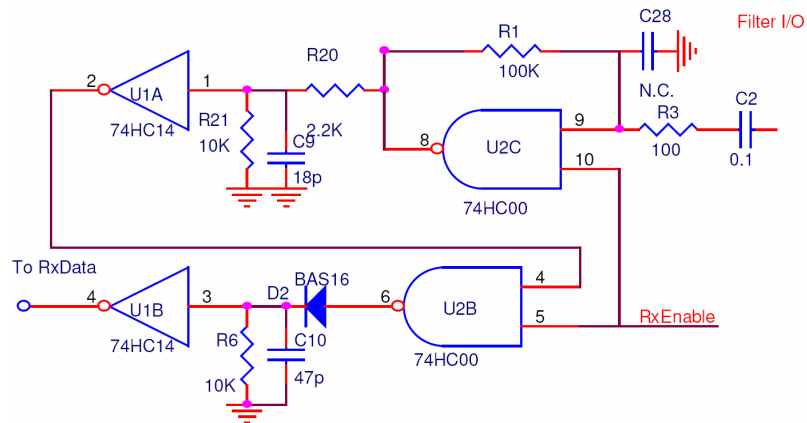


Şekil 4.6 Genlik kaydırmalı anahtarlama tekniği – zaman domeni

Şekil 4.6 da görüldüğü üzere, sayısal işaret ile çarpılan taşıyıcı işaret (carrier wave) modüle edilmiş taşıyıcı işarete dönüşür. İşaretin bant genişliği değişmez.

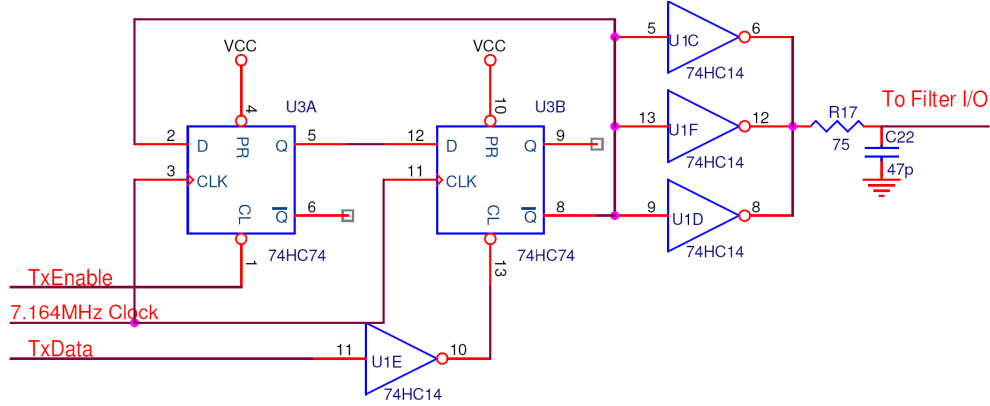
#### 4.1.4 Rx Algılayıcı ve Tx Sürücü Devreleri

Şekil 4.7’de görülmekte olan Rx algılayıcı devresinde U2C CMOS kapısı yükselteç olarak kullanılmaktadır. U1A Schmidt tetikleyicisi, yükselteç çıkışını CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor / Bütünleyici Metal Oksit Yarıiletken) seviyesine getirmek için kullanılmıştır. D2, C10 ve R6 devre elemanları birlikte zarf algılayıcısı olarak görev yapmaktadır. UB1 kapısının çıkışı QDC10 entegresinin Rx algılayıcı girişidir.



Şekil 4.7 Rx Algılayıcı Devresi [3]

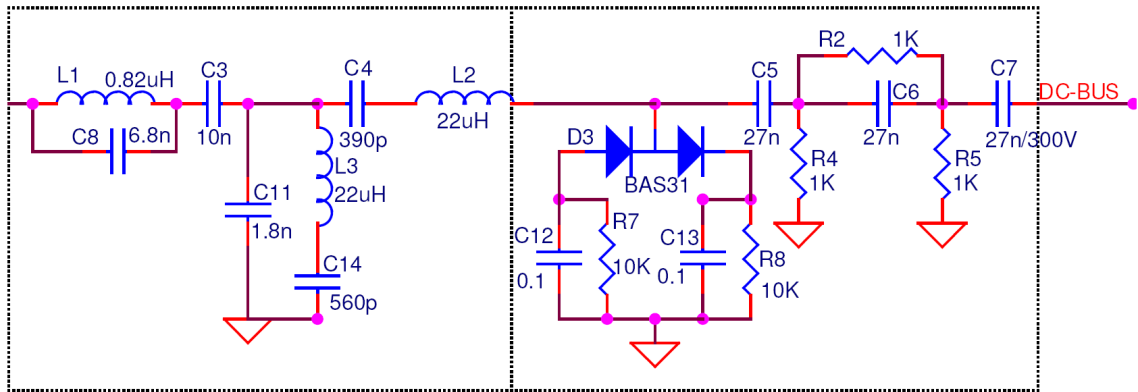
QDC10 uygulama geliştirme kitinin sürücü devresi Şekil 4.8’de görülmektedir. Paralel bağlı CMOS kapıları işareti DA hattına uygulamaktadırlar. UA3 ve U3B kapıları 7.16MHz saat darbelerinin dörde bölerek 1.79Mhz taşıyıcı işaretini elde etmekte ve QDC10 entegresinin TxData çıkışı ile genlik kaydırmalı anahtarlama modülasyonunu gerçekleştirmektedirler. QDC10 entegresinin TxEnable çıkışı ile sürme işlemi sadece gerektiğinde yapılmaktadır.



Şekil 4.8 Tx Sürücü Devresi [3]

#### 4.1.5 Filtre ile Koruma Devreleri ve Kullanılmış Amaçları

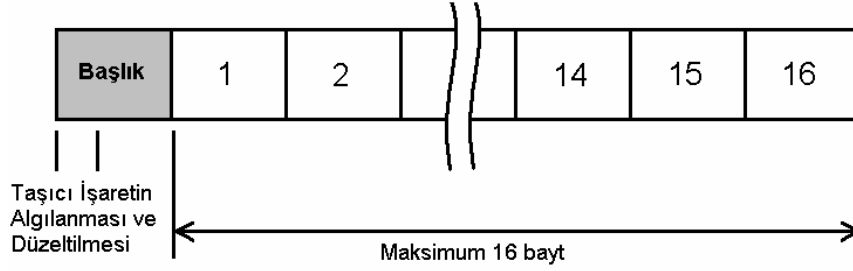
Filtrenin önünde bulunan, Şekli 4.5’de sağ tarafta gösterilen koruma devresi, elektriksel boşalmalara ve akü gerimi ile beslenen sistemlerde sık olarak gözlenen voltaj dalgalanmalarına karşı tüm devreyi koruma amacı ile kullanılmaktadır. 1.79MHz taşıyıcı işaretleri geçirecek şekilde tasarlanmış, bant genişliği 100Khz olan bant geçiren filtrede (solda) %5 toleranslı elemanlar kullanılmıştır.



Şekil 4.9 QDC Filtre ve Koruma Devreleri [3]

#### 4.1.6 Veri Paketleri

DA EHI haberleşmesi ile QDC10 entegresine aktarılan verilerin, QDC10 entegresinin Sürücü/Algılayıcı arabelleğinden kontrolörün ilgili hafıza alanlarına yazılması ve bu sayede iki kontrolör (bilgisayar veya mikro denetleyici) arasındaki veri aktarımının tamamlanması gerekmektedir. Veri aktarımının yapılabilmesi için kontrolöre, QDC10 entegresinin nasıl ve hangi veri paketleri ile haberleşme yaptığının tanımlanması gerekmektedir.



Şekil 4.10 QDC10-kontrolör haberleşmesi veri paketleri.

QDC10 entegresi maksimum 16 bayt uzunluğundaki veri paketlerini iletebilmektedir. Komut bilgisi başlık alanında, veri ise sonraki 2-16 bayt içerisinde olmak üzere Şekil 4.10'da görülen paket iletilmektedir. Haberleşmenin başlaması esnasında uygulanan, taşıyıcı işaretin algılanması ve düzeltilmesi kontrolü Bölüm 4.1.7'de açıklanmaktadır. Çizelge 4.1'de, kontrolörden QDC10 entegresine gönderilen, Çizelge 4.2'de ise QDC10 entegresinden kontrolöre gönderilen komutlar verilmiş ve ne amaçla kullanıldıkları açıklanmıştır.

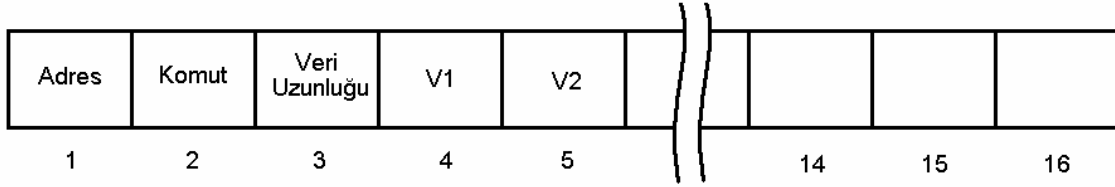
Çizelge 4.1 QDC10 entegresine gönderilen komutların listesi.

Komut	Açıklaması
TxData	Girilen 2-16 bayt veriyi ilet
TxWakeData	Girilen 2-16 bayt veriden önce anlamsız başlık bilgisini gönder
Reset	İlk çakılma konumuna dön
Sleep	Enerji tasarruf fonksiyonu aktive edilir

Çizelge 4.2 Kontrolöre gönderilen komutların listesi.

Komut	Açıklaması
RxData	2-16 bayt veriyi al
TxAck	Veri aktarımı sona ermiştir.
Reset	Yeniden başlatma gerçekleştirildi.
Sleep	Beklemede
RxError	Hatalı veri algılandı.

Akış ve Hata Denetimi sayesinde kontrolör, Çizelge 4.1 ve 4.3’de bahsedilen komutlar vasıtası ile maksimum 16 baytlık verinin gönderilmesi, alınması, uyku ve yeniden başlama işlevlerinin onayı ve en önemlisi de “veri iletildi” ve “alınmasında hata oldu” bilgilerini elde edilmesi ve bu verileri Veri Bağı katmanında işlenmesini sağlanarak, gerekli olduğu durumlarda bir üst katman olan uygulama katmanının ilgili bayraklarının çekilmesi sağlanmaktadır. Bu sayede 16 bayt uzunluğundaki veri paketi kontrolörün Akış ve Hata Denetimi’ne ait hafıza bölgelerine yazılabilir ve buradan okunarak gönderilebilir. Ancak hata denetiminin yapılması ve alınan bu verinin uygulama katmanı tarafından anlamlı bir veri olarak anlaşılabilmesi için, veri paketinin belirli bir formatta gönderilmiş olması gerekmektedir. Ancak bu sayede alınan veri paketi kontrolör blokları tarafından işlenebilmektedir. İlgili format Şekil 4.12 de verilmektedir.



Şekil 4.11 Veri Bağı Katmanının veri paketleri.

- Adres baytı ile, alınan paketin ilgili uç birime gönderilip gönderilmediği kontrolü yapılmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken, bir kontrolör ve bir QDC10 entegresi ile farklı işlevleri olan (ısı algılayıcısı ve LED sürme gibi) iki adet uç birimin gerçekleştirilebileceğidir. Bu durumda Akış Hata Denetimi algoritması, ilgili veriyi ne şekilde kontrol edeceğini seçmeli ve hangi uç birimin Veri Paketi Kontrol bloğuna göndereceğini teyit etmelidir. Adres uyuşmadığı durumda hata durumu oluşmadan veri silinmektedir.
- Komut, ilgili uçbirimin uygulama katmanı tarafından yapılacak işlemdir.
- Veri uzunluğu, üçüncü bayttan sonra daha kaç tane baytın iletileceği bilgisini taşımaktadır. Bu değer komuta bağlı olarak 0-32 arasında değişebilecek bir değerdir. Fiziksel katmanda gerçekleşen maksimum 16 bayt uzunluğundaki veri paketlerinden iki tanesi, Akış ve Hata Denetimi bloğuna ait 32 bayt uzunluğundaki ara belleğe sığabilmektedir.

#### 4.2 56F8013 Dijital Sinyal Kontrolör Bloğu ve Kontrol Algoritmaları

Eşzamanlı Seri Haberleşme bloğu, QDC10 entegresi ile haberleşme yaparak alınan baytları Akış ve Hata denetimi bloğunun arabelleğine aktarmaktadır. Hata oluşmuş ise ilgili bayraklar çekilerek kontrol, Akış ve Hata Denetimi bloğuna devredilmektedir. Akış denetimi sürekli alınan paketin tamamlanıp tamamlanmadığını ve muhtemel hataları kontrol etmektedir. Hatasız bir şekilde, veri uzunluğu kadar veri alınmış ise adres kontrolü yapılarak paket Veri Paketi Kontrolü bloğuna aktarılmaktadır. Komut kontrolü, ve komuta ait verilerin belirtilmiş olan maksimum ve minimum değerler arasında olup olmadığı kontrolü yapılmakta, sonuç olumlu ise veri paketi, Komut İşlem bloğuna aktarılır. Bu veya bir önceki adımda hata oluşmuş ise, ana döngüde kontrol edilen ilgili hata bayrakları çekilmektedir.

Komut işlem bloğuna gelen verinin tamamen doğru olduğu kabul edilerek, komut işletilmekte ve elde edilen sonuçlar ana döngünün girişi olan İşlenecek Veri Hafızasına kaydedilir. İlgili komutlar Çizelge 4.3’de verilmektedir.

Çizelge 4.3 Uygulama katmanı komut listesi.

Komut	Açıklaması
Send_Error	4 Bayt hata sayaçlarını gönderir
Clr_Error	Hata sayaçlarını sıfırlar.
Set_RPM	İstenilen dakikadaki devir sayısı.

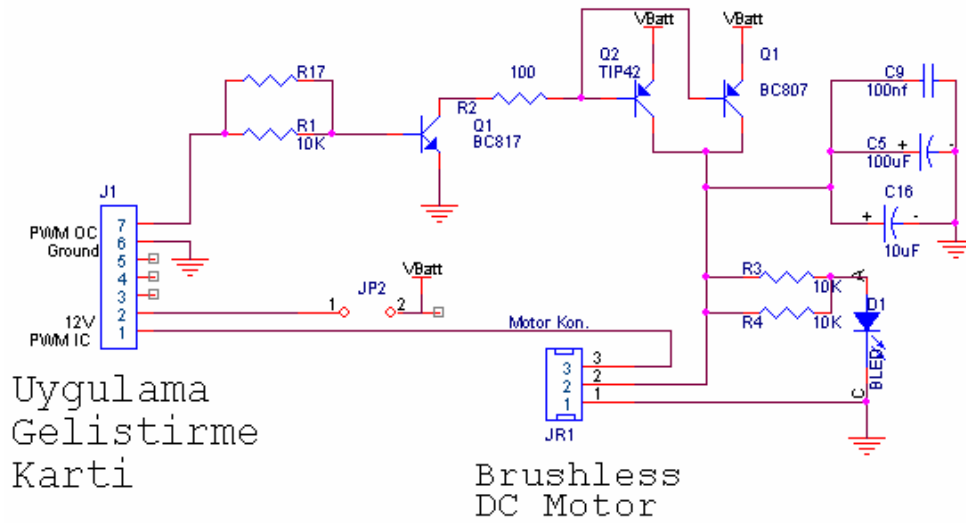
- Send\_Error.komutu algılandığında; Gönderilecek Veri sorgusuna “Var” cevabı verilerek, 4 bayt olan ve bütün hata bayrakları ile hatalı işlem sayısını barındıran Hata Sayaçları, Gönderilecek Veri Hafızasına yazılmaktadır. Akış ve Hata Denetimi bloğu, Gönderilecek Veri Hafızasının boş olmadığı bilgisini algıladığında paketi Eşzamanlı Seri Haberleşme bloğuna sürecektir.
- Clr\_Error komutu algılandığında Hata Sayaçları sıfırlanır.
- Set\_RPM komutu algılandığında; Gönderilecek Veri “Yok” cevabı verilmekte, PI Kontrolörden elde edilen çıkış, istenilen giriş işareti üzerine bindirilerek, DGM (Dalga Genlik Modülasyonu) Çıkış Karşılaştırıcısına iletilmektedir.

Ana döngü, işlenecek veri olmadığı taktide “İşlem?” sonsuz döngüsünde dönmektedir.

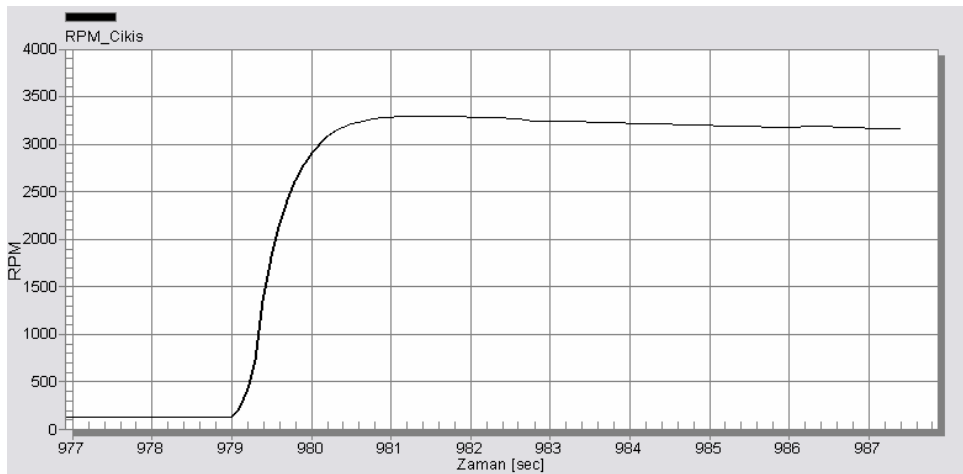


### 4.3 DA Elektrik Hattı İletişimi ile Fırçasız DA Fan Motor Kontrol Uygulaması

J1 konnektörü ile uygulama geliştirme kartına bağlanan motor sürücü devresi, genel hatlarıyla Q<sub>2</sub> güç transistörü ile Q<sub>1</sub> transistöründen oluşmaktadır. Kontrolörün ürettiği darbe genişlik modülasyonu ile tetiklenen Q<sub>1</sub> transistörü, Q<sub>2</sub> güç transistörünün baz akımını sürmektedir. Bu sayede güç transistörü motorun uçları arasındaki gerilim seviyesini, kondansatörler yardımı ile değiştirebilmektedir. Üç numaralı bağlantısından tur başına iki adet darbe üreten motorun dönüş hızı, darbe sürelerinin ölçülmesi ile hesaplanmaktadır. PI blokları ile gerçekleştirilmiş sistemin, birim giriş cevabı Şekil 4.13 de görülmektedir.



Şekil 4.13 Uygulama kartı.



Şekil 4.14 Fırçasız DC fan motorun sürülmesi.

## 5. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında, kullanılan toplam iletken sayısını azaltmayı hedefleyen teknolojilerden biri olan EHİ (Elektrik Hatlarından İletişim) teknolojisi incelenerek, bilgisayar ve mikro denetleyici tabanlı geliştirme ortamında fırçasız DC fan motor kontrol uygulaması gerçekleştirilmiştir. Windows tabanlı bir bilgisayarda çalışan QuickDC terminal programı ile girilen dakikadaki dönme sayısı bilgisi, bilgisayara bağlı bulunan ilk QDC10 birimi ile modülasyon işlemine tabii tutularak motora enerji taşıyan hatta aktarılmakta, hattın diğer ucunda bulunan ikinci QDC10 birimi ile demodülasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. 56F8013 mikro denetleyicisi EHİ ile gerçekleştirilen bu haberleşmeyi denetleyerek uygulama için gerekli dakikadaki dönme sayısı bilgisini alınan veri paketi içerisinde elde etmektedir. Haberleşmenin herhangi bir adımında gerçekleşen hatalar ve olası paket içeriği hataları mikro denetleyici tarafından denetlenerek kayıt altına alınmakta ve terminal programında görüntülenmektedir.

Uygulamanın geliştirilmesi esnasında haberleşmede meydana gelen hatalar gözlenerek iki adet hata kaynağı saptanmıştır. Testler, sabit karakterlerden ve sürekli artan bir sayaçtan oluşan veri paketlerinin ardı ardına gönderilmesi ve karşı taraftan alınan paketin incelenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu hata kaynaklarından ilki modüle edilmiş işaretin taşındığı hat üzerinde oluşan paket kayıpları ve çakışmalardan oluşan EHİ hatalarıdır. Çakışmalar, çakışma algılama ve düzeltme algoritmalarının QDC10 modülü üzerinde aktive edilmesi ile minimuma indirilmiştir. Paket kayıplarının engellenmesi ise, bir paketin birden fazla gönderilmesi ile sağlanmıştır. İkinci hata kaynağının, QDC10 modülü ile 56F8017 mikro denetleyicisi arasında gerçekleştirilen seri haberleşme olduğu tespit edilmiştir. QDC10 modülü çakışma veya veri hatası gibi olağan dışı bir durum tespit ettiğinde bunu 56F8013 mikro denetleyicisine bildirmek ve ne yapacağı bilgisini almak için beklemede kalmaktadır. Geçen bu süre zarfında gönderilmeye devam edilen sonraki paketler kaybolmaktadır. Dolayısı ile bu durum, paket kaybı hatalarının sürekli artmasına sebebiyet vermektedir. 56F8013 mikro denetleyicinin böyle bir duruma anında müdahale edebilmesi sağlanmış ve QDC10 modülünü tekrar koşullanması ile bu sorun ortadan kaldırılmıştır. Mikro denetleyicinin hızlı bir şekilde cevap verebilmesi için seri haberleşmenin algılanması ve gerçekleştirilmesi yüksek önceliğe sahip ve sürekli aktif iki adet donanımsal kesme ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca QDC10 entegresinin mikro denetleyici ile seri haberleşme yaparken EHİ haberleşmesini askıya alması, seri haberleşmenin mümkün olduğu kadar hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekliliğini doğurmaktadır.

Fırçasız DA fan motorunun dakikadaki dönme sayısının, motor gerilimi ile olan ilişkisinin doğrusal olmadığı, minimum dönme sayısının nominal motor geriliminin ancak üçte birinde elde dilediği görülmüştür. Değişken ebatlarda ve nominal voltajlarda farklı karakteristikler gösteren bu fan motorlarının kontrolü, dakikadaki dönüş sayısındaki hatayı geri besleme olarak sisteme dahil eden kapalı çevrim kontrol sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kontrolörün ihtiyaç duyduğu bu geri besleme girişi, bünyesinde optik algılayıcı bulunduran ve ilgili çıkışından dakikadaki dönme sayısı ile ters orantılı olarak belirli frekansta kare dalga üreten üç uçlu fırçasız DC fan motor kullanımı ile sağlanmıştır. Her bir turda oluşan iki kare dalganın yükselen kenarları arasındaki süre, mikro denetleyicinin bir donanımsal bileşeni olan DGM giriş algılayıcı birimi tarafından ölçülerek motorun dakikadaki dönme sayısı hesaplanmakta ve bu değer istenilen dönme sayısı ile işleme sokularak PI kontrolör algoritması için gerekli hata değişkeni bulunmaktadır.

Kullanılan 56F8013 denetleyicisinin, tüm haberleşme rutinlerini, uygulama katmanı fonksiyonlarını ve ayrıca test için eklenmiş diğer kodlar ile Freemaster programının ihtiyaç duyduğu altyapı fonksiyonlarını sorunsuz bir şekilde çalıştırabildiği görülmüştür. Tüm bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için 11K Bayt kaynak kodu yazılmıştır. Düşük maliyet hedefli tasarımlarda daha düşük işlem gücü olan bir kontrolör kullanılabilir ancak çevresel bileşenler ve mikro denetleyicinin sahip olduğu hafıza alanı bu proje için ancak yeterli olabilmektedir.

Herhangi bozucu bir dış etken olmaksızın, NVY 2X0,75 tip kablo ve 10Kbps hızında veri aktarılarak gerçekleştirilen mesafe testlerinde, EHI haberleşmesinin hatasız veri iletim limitinin 60m olduğu saptanmıştır. EHI teknolojisi bu açıdan, RS232 protokolü kullanarak uzun mesafe haberleşme yapan gömülü (embedded) sistemler için bir alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Genlik kaydırmalı anahtarlama tekniğinin, düşük kaynak gereksinimi sayesinde mikro denetleyici bazlı uygulamalarda başarı ile kullanılabileceği görülmüştür. Ancak daha yüksek bit transfer hızları ve gürültülü çalışma ortamı söz konusu olduğunda GKA tekniği yetersiz kalacaktır.

**KAYNAKLAR**

Codewarrior Development Studio, (2004) Embedded System Development Tools Version 8.

Cortes, F.J., Rubio, E.M. ve Valdovinos, A., (2002) "Embedded Powerline DSP Modem for Domotik SNMP Networking in European Countries", Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 48(4):854-862.

Ertürk, S., (2005), Sayısal Haberleşme, Birsen Yayınevi, İstanbul.

Güneş, M., (2004), Enerji Hatları Üzerinden Haberleşme (Powerline Communication): Mevcut Düzenlemelerin Değerlendirilmesi ve Ülkemize Yönelik Öneriler, Telekomünikasyon Kurumu.

Hsu, H.P., (2001), Sinyaller ve Sistemler, Mc Graw Hill, Ankara.

Jovanovic, R., (2005), "PLC, The Viewpoint of the Leading Chip Designer", 2.nd China International PLC Conferance, 26 May 2005, Shanghai/China.

Leen, G., Heffernan, D. ve Dunne, A., (1999), "Digital Networks in the Automotive Veicle", Computing and Control Engineering Journal, 10(6):257-266.

Soysal, B., ve Kaya. İ., (2006), "Frekans ve Zaman Bölgesi Kanal Denkleştiricili OFDM Sistemlerinin Kodlamasız ve Katlamalı Kodlanmış Başarımlarının Karşılaştırılması", Fırat Üniv. Fen ve Müh. Bil. Der., 18(2):217-233.

**İNTERNET KAYNAKLARI**

[1] [www.freescale.com](http://www.freescale.com)

[2] [www.kvaser.com/can/](http://www.kvaser.com/can/)

[3] [www.yamar.com](http://www.yamar.com)

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 06.09.1979

Doğum yeri Eskişehir

Lise 1994-1997 Eskişehir Anadolu Lisesi

Lisans 1998-2002 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.  
Elektrik Mühendisliği Bölümü

**Çalıştığı kurum**

2002-2007 TÜM Elektronik Ltd.