

DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ İLE
MEKANİK SİSTEMLERİN DURUM İZLEMESİ

Murat UYAR

Şubat, 2013
İZMİR

KABLOSUZ VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ İLE MEKANİK SİSTEMLERİN DURUM İZLEMESİ

Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi

Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Murat UYAR

Şubat, 2013

İZMİR

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MURAT UYAR tarafından **DOÇ. DR. ZEKİ KIRAL** yönetiminde hazırlanan **“KABLOSUZ VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ İLE MEKANİK SİSTEMLERİN DURUM İZLEMESİ”** başlıklı tez tarafımızdan okunmuş ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.



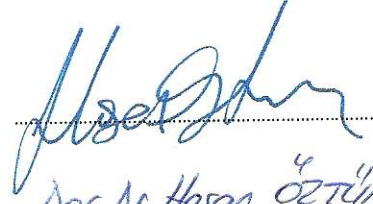
Doç. Dr. Zeki KIRAL

Yönetici

Doç. Dr. Mehmet KUNTAKP



Jüri Üyesi



Doç. Dr. Hasan ÖZTÜRK

Jüri Üyesi



Prof. Dr. Mustafa SABUNCU

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimde bana gerek bilgi ve yol göstericiliğiyle gerekse sabrı ve anlayışıyla yardımcı olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Zeki KIRAL' a ve her zaman yanımda olan sevgili eşim Yıldız UYAR' a teşekkürü bir borç bilirim.

Murat UYAR

KABLOSUZ VERİ TOPLAMA YÖNTEMİ İLE MEKANİK SİSTEMLERİN DURUM İZLEMESİ

ÖZ

Teknoloji çağını yaşadığımız günümüzde sanayi alanındaki faaliyetlerde insan gücü yerine makinelerin kullanımı artmaktadır. Makinelerin insanlara göre avantajları oldukça fazladır. Makineler ile yapılan işin kalitesi artmakta ve imalat süresi azalmaktadır. Bunun yanında makinelerin dili olmadığından, bir sorun olması durumunda bu sorununu dile getiremezler ve oluşan arıza giderek büyür ve sonunda tamamen bozulabilirler. Bu nedenle sistemi yaşanabilecek problemlere karşı sürekli kontrol eden kalifiye elemanlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kablosuz veri toplama yöntemi ile mekanik sistemlerin durum izlemesi içerikli bu çalışmada, bir prototip makinenin belirli bölgelerinden sıcaklık ve titreşim değerleri okunarak kablosuz veri iletimi ile bir kontrol merkezine aktarılmaktadır. Bu veriler kontrol merkezinde bir yazılım aracılığıyla değerlendirilerek sistemde problem olup olmadığı gözlemlenmektedir. Bu işlem için bir adet alıcı ve bir adet de verici ünite hazırlanmıştır. Verici ünite bağlandığı mekanik sistem üzerinden üç adet sıcaklık ve bir adet titreşim değerini okuyarak RF sinyale çevirmektedir. Alıcı ünite ise vericiden gönderilen sinyali anteni ile okuyarak kontrol programına aktarmaktadır.

Kontrol programı Visual Basic programlama dili ile yazılmış olup, kablosuz iletim ile okunan ve sistemin durumunu gösteren verileri görsel olarak ekrana yansıtan bir arayüze sahiptir. Bu arayüz üzerinde sistemden okunan üç adet sıcaklık değeri ve titreşim değerini gösteren grafikler aracılığıyla çalışan sistemin durumunu gösteren kontrol ekranı yer almaktadır. Sistemde herhangi bir problem yaşanması halinde bu ekranda gerekli uyarılar oluşmakta ve bu şekilde sistemin çalışma durumu sürekli kontrol edilmektedir.

Anahtar sözcükler: RF sinyal, visual basic, kalifiye eleman, arayüz

CONDITION MONITORING OF MECHANICAL SYSTEMS VIA WIRELESS DATA ACQUISITION TECHNIQUE

ABSTRACT

In this technology age which we are living in, machinery usage is being increased instead of manpower. Advantages of machines are much more than humans'. With machines, the quality of the job is increased and the production periods are decreased. On the other hand, since the machines have no tongue they cannot explain if they have a problem and the fault becomes larger resulting their completely break down. So, qualified staff is always needed to control systems against probable problems.

In this study on condition monitoring of mechanical systems via wireless data acquisition technique, temperature and vibration values on certain places of a prototype machine are read and transferred to a control system via wireless data transfer. This data is evaluated by means of a software in the control center if there is a problem observed in the system or not. For this purpose, one receiver unit and one transmitter unit were prepared. Transmitter unit reads three different temperature values and a vibration value from the mechanical system and convert them to RF signal. The receiver reads the signals sent by the transmitter using signal antenna and transfers them to the control program.

The control program is written in Visual Basic programming language and has an interface which plots the data showing the condition of the system on the screen. On the interface, there is a control screen showing the condition of the working system via graphics that show these three temperature values and a vibration value. In case of a problem, necessary warnings appear on the screen and in this way the working condition is controlled continuously.

Keywords: RF sinyal, visual basic, qualified staff, interface

İÇİNDEKİLER

Sayfa

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZ	iv
ABSTRACT	v

BÖLÜM BİR - GİRİŞ..... 1

1.1 Giriş	1
1.2 Kablosuz İletişim Ağları ve WLAN Teknolojileri, (Öztürk, E., 2004).....	2
1.2.1 Büyüklüklerine Göre Kablosuz Ağlar	3
1.2.1.1 Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN)	4
1.2.1.2 Kablosuz Metropol Alan Ağları (WMAN)	5
1.2.1.3 Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN)	5
1.2.1.3.1 IEEE 802.11x	6
1.2.1.3.2 HiperLAN.....	8
1.2.1.4 Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN)	10
1.2.1.4.1 Bluetooth	10
1.2.1.4.2 HomeRF	13
1.2.2 WLAN Teknolojileri.....	14
1.2.2.1 RF Teknolojileri	15

BÖLÜM İKİ – RF HABERLEŞME..... 16

2.1 RF Haberleşme Hakkında	16
2.1.1 RF Ölçüm.....	18
2.1.2 RF Genel Yapısı ve RF Birimleri	18

BÖLÜM ÜÇ – PROJENİN TANIMLANMASI..... 21

3.1 Sistem Elemanları.....	21
3.1.1 Alıcı-Verici Devre Elemanları.....	22
3.1.1.1 PIC16F628 Mikrodenetleyicisi	22
3.1.1.1.1 PIC16F628'in Özellikleri	23
3.1.1.1.2Avantajları	23
3.1.1.1.3PIC16F628 Portları.....	25
3.1.1.1.4. PIC16F628'in Diğer Donanım Özellikleri	26
3.1.1.2 LM 7805 5V Gerilim Düzenleyici	27
3.1.1.3 DS18B20 Sıcaklık Sensörü	28
3.1.1.3.1 Özellikleri.....	29
3.1.1.4 LM358P İşlemsel Kuvvetlendirici (Operational Amplifier).....	29
3.1.1.5 Kondansatör	30
3.1.1.6 PIC12F675 Mikroişlemci.....	31
3.1.1.7 Piezo Elektrik Sensör	32
3.1.1.8 RF ATX- ARX 34 Alıcı Verici.....	33
3.1.1.8.1 ARX-34 RF Alıcı	34
3.1.1.8.2 ATX-34 RF Verici.....	36
3.1.1.9 Seri Port ve RS232 Standartlar	39
3.1.1.10 RS232 – USB Çevirici	40
3.1.2 Alıcı ve Verici Devrenin İmalatı	40
3.1.2.1 Alıcı Devre	41
3.1.2.1.1 Titreşimi ölçen yardımcı devre.....	41
3.1.2.1.2 Verici Devre	44
3.1.2.1 Alıcı Devre	55
3.1.3 Kontrol Programının Hazırlanması.....	57

3.1.4 Kontrol Programının Yazılması.....	67
BÖLÜM DÖRT – DENEYSEL ÇALIŞMA.....	78
BÖLÜM BEŞ - SONUÇ.....	82
KAYNAKLAR	83

BÖLÜM BİR

GİRİŞ

1.1 Giriş

İletişim hiç şüphesiz çağımızın en önemli teknolojilerinden biridir. Elektronik iletişim ilk olarak sadece kablolar aracılığıyla sağlanmaktadır. Kablolar sayesinde bir bilgi elektriksel kodlara çevrilerek bağlı bulunduğu hat boyunca kablonun bir ucundan diğer ucuna aktarılır. Bunun için verinin (ses, görüntü veya sayısal kodlar olabilir) aktarılabilmesi için uzun kablo hatları çekilmesi gerekir. Bunun en belirgin örneği telefon hatlarıdır.

Teknolojinin ilerlemesi ve iletişim ihtiyacının artması ile kablolu iletişim ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir. Özellikle de iletişim kurulmak istenilen her yere kablo hattı çekilmesi zorunluluğu işleri daha da zorlaştırmaktadır. Bunun için kablolu iletişime alternatif olarak kablosuz iletişim yöntemleri geliştirilmiştir. Endüstriyel önemine paralel olarak kablosuz veri iletişimi konusunda birçok çalışma yapılmış ve halen yapılmaktadır.

Thompson (Thompson, 2004), kablosuz ve internet iletişimi teknolojilerinin mevcut durumu ve geleceği hakkında bilgi vermiş ve bu teknolojilerin yapısal durum izleme çalışmalarındaki yerini örneklerle vurgulamıştır.

Chae ve arkadaşları (Chae ve ark., 2012), kablosuz veri aktarımı yöntemi ile bir asma köprü için durum izleme sistemi geliştirmişlerdir. Bu çalışmada, ivmemetre, strain-gage, anemometre ve sıcaklık ölçerler kullanılmış ve kısa mesafe kablosuz iletişim için Zigbee (IEEE 802.15.4) modülü tercih edilmiştir. Geliştirilen sistem 45 adet farklı sensör kullanılarak gerçek bir asma köprü üzerinde denenmiştir.

Flammini ve arkadaşları (Flammini ve ark., 2009), halihazırda mevcut kablolu ve kablosuz sensör ağları hakkında bilgi vermiş ve endüstriyel uygulamalarına ilişkin durum çalışması yapmışlardır.

Tyronese ve arkadaşları (Tyronese ve ark., 2008), toprak nem ve sıcaklık ölçümleri için geliştirdikleri bir kablosuz mikro elektronik ölçüm sistemi (MEMS) ile toprak şartlarını izlemişlerdir.

Barroca ve arkadaşları (Barroca ve ark., 2013), inşaat mühendisliği yapıları için, beton yapı içerisindeki sıcaklık ve nem değişimini izlemek üzere kablosuz bir ölçüm sistemi geliştirmişlerdir. Bu sistem ile özellikle beton yapının katılma sürecinde, erken evrelerdeki sıcaklık ve nem değişimlerinin gözlemlenmesi amaçlanmıştır.

Lopez ve arkadaşları (Lopez ve ark., 2009) bir balık çiftliğindeki pH, amonyum ve sıcaklık değerlerinin kablosuz olarak takip edilebilmesi için bir sistem geliştirmişlerdir.

Tezimizin bu bölümünde kablosuz iletişim yöntemleriyle ilgili bilgi verilecektir. Bunun için bilgiler Ekim 2004 tarihinde Telekomünikasyon Kurumu, Emin Öztürk tarafından hazırlanan Wlan Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks) Teknolojisinin İncelenmesi, Mevcut Düzenlemelerin Değerlendirilmesi ve Ülkemize Yönelik Düzenleme Önerisi, uzmanlık tezinden alınmıştır.

1.2 Kablosuz İletişim Ağları ve WLAN Teknolojileri, (Öztürk, E., 2004).

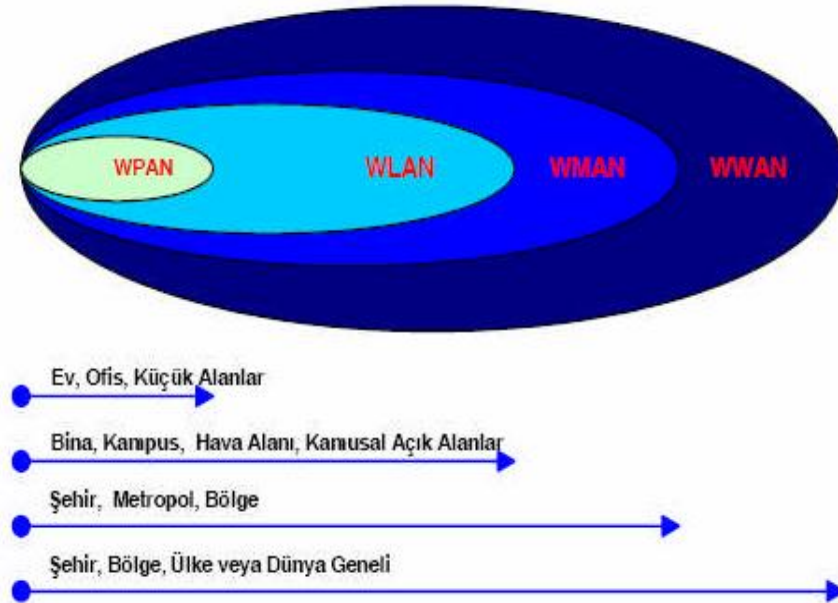
Kablolu iletişim teknolojilerine kıyasla birçok üstünlüğü bulunan kablosuz iletişim teknolojileri 1990'lı yıllarda büyük gelişmelere sahne olmuştur. RF'in yeniden keşfi olarak adlandırılan bu gelişmeler hem GSM gibi ses iletişimde hem de veri iletişimde yaşanmıştır. Özellikle veri iletişimde yüksek veri hızlarına ulaşılması, kablosuz teknolojiyi yaygın kullanılır hale getirmiştir. Kablosuz iletişim ağları iki veya daha fazla bilgisayar veya sayısal cihazın birbirleriyle kablosuz veri iletişimi sağlamalarıyla oluşan yapıdır. Bu ağlar; özel amaçlı, eğitim amaçlı, ulusal veya halka açık olarak kurulabilirler. Kablosuz iletişim ağlarını hizmet yapısı, çalışma prensipleri, büyüklük veya mimarisine (topoloji) göre olmak üzere farklı şekillerde gruplandırmak mümkündür. Bu

ağların büyüklüklerine göre sınıflandırılması WLAN sistemlerinin daha iyi incelenebilmesi açısından tercih edilmiştir.

1.2.1 Büyüklüklerine Göre Kablosuz Ağlar

Kablosuz iletişim ağlarını, büyüklüklerine yani hizmet verdikleri fiziksel alanlara göre gruplandırmak mümkündür. Ancak teknolojiye hızlı gelişme ve sistemlerdeki yakınsama bu gruplandırmada kesin çizgilerin çizilmesini zorlaştırmaktadır. Çeşitli kaynakların bu gruplandırmayı farklı şekilde yaptıkları görülmektedir. Genel yaklaşıma göre kablosuz iletişim ağları, dört sınıf altında toplanabilir. Bunlar;

- Kablosuz Geniş Alan Ağları(Wireless Wide Area Networks, WWAN),
- Kablosuz Metropol Alan Ağları(Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN),
- Kablosuz Yerel Alan Ağları(Wireless Local Area Networks, WLAN) ve
- Kablosuz Kişisel Alan Ağları(Wireless Personal Area Networks, WPAN) olarak sıralanabilir. Bu gruplandırma ve her bir grubun hizmet alanları aşağıdaki şekilde verilmiştir.



Şekil 1.1 Büyüklüklerine göre kablosuz ağlar

Bazı teknolojilerin özellikleri itibarıyla birden fazla grupta yer alması söz konusudur. Ancak yaygın kullanımları dikkate alınarak kablosuz iletişim teknolojilerini aşağıdaki çizelgede belirtildiği şekilde sınıflandırmak mümkündür.

Tablo1.1 Kablosuz iletişim teknolojilerinin sınıflandırılması

	WPAN	WLAN	WMAN	WWAN
Standart	Bluetooth HomeRF	IEEE 802.11 HiperLAN	IEEE 802.16 HiperMAN	GSM, GPRS, CDMA ve 3G
Hız	< 1 Mbps	11-54 Mbps	11-100 Mbps	10-384 Kbps
Mesafe	Kısa	Orta	Orta - Uzun	Uzun
Uygulama	Cihazlar arası bağlantı/ Piconet	Cihazdan cihaza/ Ağ kurulumu	Kablo yerine/ Son kullanıcı erişimi	Mobil Telefon/ Mobil Veri

1.2.1.1 Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN)

Bir ülke ya da dünya çapında yüzlerce veya binlerce kilometre mesafeler arasında iletişimi sağlayan ağlara Geniş Alan Ağları (WAN, Wide Area Networks) denilmektedir. WAN'larda genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır. Bu tür ağlarda kablo yerine uydu veya telsiz iletişimi kullanılması durumunda Kablosuz Geniş Alan Ağları (WWAN, Wireless Wide Area Networks) olarak isimlendirilmektedir. Uzak yerleşim birimleriyle iletişimin kurulduğu bu ağlarda çok sayıda bilgisayar çalışabilir. WWAN uygulamalarına örnek olarak GSM, GPRS, CDMA ve 3G sistemleri sayılabilir. WWAN'larda trafik yükünün büyük kısmı ses iletişimi ile ilgilidir. Ancak son yıllarda yoğun olarak veri iletişimi ve internet erişimi talepleri yaşanmaktadır.

1.2.1.2 Kablosuz Metropol Alan Ağları (WMAN)

Bir şehri kapsayacak şekilde yapılandırılmış iletişim ağlarına veya birbirinden uzak yerlerdeki yerel bilgisayar ağlarının (LAN) birbirleri ile bağlanmasıyla oluşturulan ağlara Metropol Alan Ağları (Metropolitan Area Networks, MAN) denilmektedir. MAN'larda da WAN'larda olduğu gibi genellikle kiralık hatlar veya telefon hatları kullanılmaktadır. Bu tür ağlarda kablo yerine uydu veya RF iletişimi teknolojileri kullanılması durumunda Kablosuz Metropol Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Networks, WMAN) olarak isimlendirilmektedir. WWAN'lar çok sayıda şubesi bulunan kurum ve büyük şirketler ile dağınık yerleşime sahip üniversiteler gibi yapılarda yaygın olarak kullanılmaktadır. WWAN'lar kablolu ağlardan çok daha ucuz, esnek ve kolay kurulum özelliklerine sahiptir. Ancak, bu tür uygulamalar oldukça yenidir ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu alanda Wimax1 adı altında uygulamalar yapılmaktadır. IEEE 802.16 standardı WWAN için geliştirilmektedir.

1.2.1.3 Kablosuz Yerel Alan Ağları (WLAN)

Yerel alan ağları (Local Area Networks, LAN) bir bina, okul, hastane, kampus gibi sınırlı bir coğrafi alanda kurulan ve çok sayıda kişisel bilgisayarın (PC) yer aldığı ağlardır. LAN'lar, kamu kurum ve kuruluşlarında, şirketlerde, üniversitelerde, konferans salonlarında ve benzeri pek çok yerde kullanılmaktadır. Bir LAN içinde çok sayıda bilgisayar, yazıcı, çizici, tarayıcı ve diğer bilgisayar çevre birimleri yer alabilir. LAN'larda bilgisayarlar ve ağ içerisindeki diğer cihazlar arasında iletişimi sağlamak üzere kablo yerine RF veya kızılötesi teknolojisi kullanılması durumunda, Kablosuz Yerel Alan Ağları (Wireless Local Area Networks, WLAN) olarak adlandırılmaktadır. En kısa tanımıyla WLAN sistemi bir kablosuz LAN'dır. Bu nedenle kablolu LAN'ların tüm özelliklerine sahiptir. WLAN sistemleri; kullanıcılarına kablosuz geniş bant internet erişimi, sunucu üzerindeki uygulamalara (programlara) ulaşım, aynı ağa bağlı kullanıcılar arasında elektronik posta hizmeti ve dosya paylaşımı gibi çeşitli imkanlar sağlamaktadır. Ayrıca kablosuz bir sistem olması nedeniyle cadde, sokak, park,

bahçe ve benzeri açık alanlarda WLAN sistemleri başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak yerel (lokal) kullanım amacıyla geliştirilmiş olduklarından WLAN sistemlerinin mesafesi 25-100 metre civarındadır.

WLAN sistemleri standartlaşma ile birlikte yaygınlaşmıştır. Çünkü belirli standartların kabulü sonucunda ürün fiyatlarında önemli ölçüde düşmeler olmuştur. Ayrıca bazı dizüstü bilgisayarlarda kablosuz bağlantı özelliğinin standart hale geldiği görülmektedir. Dünyada yaygın olarak kullanılan 2 tür WLAN teknolojisi mevcuttur. Bunlardan birisi Amerika tabanlı IEEE 802.11x ve diğeri ise Avrupa tabanlı HiperLAN sistemleridir. Bu sistemler aşağıda genel hatlarıyla tanıtılmıştır. Bunların dışında Japonya’da geliştirilen MMAC(Multimedia Mobile Acces Communication System) sistemi de mevcuttur. Ancak MMAC Sistemi 3-60 GHz frekans bandında çalışmakta olup; ülkemizde uygulanan Avrupa standartlarından farklı olması nedeniyle sadece genel bilgi verilmekle yetinilmiştir.

1.2.1.3.1 IEEE 802.11x. WLAN uygulamalarında en çok kullanılan ve bugünkü popülerliğini kazandıran IEEE1 tarafından yayınlan bir dizi standarttır. IEEE 802LAN/MAN standart komitesi ilk olarak Haziran 1997’de IEEE 802.11 standardını yayımlamıştır. Bu temel standarda göre 2.4 GHz frekans bandında FHSS2 veya DSSS3 teknikleri kullanılarak 2 Mbps’e kadar data iletişimi sağlanabilmektedir. 802.11 standardın esas amacı mevcut kablolu LAN’ların, kablosuz olarak genişlemesine olanak tanımak ve sabit sistemlerle mobil sistemleri bir çatı altında toplamaktır. Elde edilen başarı sonrasında IEEE tarafından WLAN uygulamaları için 802.11x adı altında bir dizi standart daha yayımlanmıştır.

2.4 GHz bandında çalışan ve 11 Mbps veri iletişim hızına sahip olan IEEE 802.11b Türkiye dahil dünyanın bir çok yerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. 2000 yılında dünyada yaşanan iletişim sektöründeki çöküşe rağmen WLAN sistemleri inanılmaz bir başarı elde etmiştir. Bugünlerde yine aynı frekans bandında çalışan fakat veri iletişimini 54 Mbps’e kadar çıkaran 802.11g standardı

cihazlar rağbet görmektedir. Aşağıda geliştirme çalışmaları tamamlanmış ve ürünleri piyasada bulunan IEEE 802.11x standartlarının genel özellikleri verilmiştir.

Tablo1.2 IEEE 802.11x standartlarının genel özellikleri

IEEE 802.11h	802.11a'nın Avrupa'da kullanımını sağlamak üzere DFS ve TPC özellikleri ilave edilmiş şeklidir. 5 GHz'de 54 Mbps veri hızı sağlamaktadır.
IEEE 802.11i	IEEE 802.11 MAC katmanı için artırılmış güvenlik ve doğrulama mekanizması içermektedir
IEEE 802.11e	IEEE 802.11 MAC katmanı için QoS ¹ arttırmak ve yönetmek için çeşitli işlevler içermektedir
IEEE 802.11f	AP'ler arası iletişim protokolünü (Inter Access Point Protocol, IAPP) tanımlamaktadır. Farklı üreticiler tarafından üretilen AP'lerin birlikte çalışmalarını sağlamak için geliştirilmiştir.
WISPR ²	Kablosuz Ethernet Uyumluluğu Topluluğu tarafından geliştirilen, P-WLAN işletmeleri arasında dolaşım için tavsiyeler içermektedir.

IEEE tarafından WLAN uygulamalarını geliştirmek ve mevcut sorunları gidermek üzere 802.11x adı altında başka standartlar da yayımlanmıştır. Bu standartları henüz tamamlanmamış durumdadır ve geliştirme çalışmaları devam etmektedir. Bu standartlar, diğer 802.11x standartları olarak aşağıda verilmiştir.

Tablo 1.3 Diğer 802.11x standartları

IEEE 802.11h	802.11a'nın Avrupa'da kullanımını sağlamak üzere DFS ve TPC özellikleri ilave edilmiş şeklidir. 5 GHz'de 54 Mbps veri hızı sağlamaktadır.
IEEE 802.11i	IEEE 802.11 MAC katmanı için artırılmış güvenlik ve doğrulama mekanizması içermektedir
IEEE 802.11e	IEEE 802.11 MAC katmanı için QoS'i ¹ arttırmak ve yönetmek için çeşitli işlevler içermektedir
IEEE 802.11f	AP'ler arası iletişim protokolünü (Inter Access Point Protocol, IAPP) tanımlamaktadır. Farklı üreticiler tarafından üretilen AP'lerin birlikte çalışmalarını sağlamak için geliştirilmiştir.
WISPR ²	Kablosuz Ethernet Uyumluluğu Topluluğu tarafından geliştirilen, P-WLAN işletmeleri arasında dolaşım için tavsiyeler içermektedir.

1.2.1.3.2 HiperLAN. HiperLAN (High Performance Radio LAN), yüksek hıza sahip WLAN standardı olarak Avrupa ülkelerinde geliştirilmiştir. HiperLAN1 ve HiperLAN2 olmak üzere iki tipi vardır. Her iki tipte ETSI tarafından tanımlanmış olup, OFDM kodlama-modülasyon yöntemi ile 5 GHz bandında çalışmaktadır. HiperLAN'lar, 802.11 standartları ile benzer özellik ve kapasiteye sahiptir.

HiperLAN1 1996 yılının başlarında geliştirilmiş olup; 5 GHz frekans bandında 20 Mbps data hızı sağlamaktadır. HiperLAN2 ise aynı frekans bandını kullanarak 54 Mbps data hızlarına ulaşabilmektedir.

HiperLAN2'nin PHY1 katmanı 802.11a ile aynıdır ve iki grup ortak (koordineli) çalışma yürütmektedirler. 802.11a özellikle çoklu ortam2 (multimedia) uygulamalarını kısıtlarken, HiperLAN2 daha pahalı bir sistem olmakla birlikte yüksek veri oranlarıyla resim ve görüntü aktarımında daha iyi performans sağlamaktadır. HiperLAN'lar ATM teknolojisi esaslıdır ve 802.11 teknolojisinden daha iyi servis kalitesine sahiptir. Mevcut WLAN uygulamaları içinde HiperLAN'ların en iyi alternatif teknoloji olduğu söylenebilir. Ancak henüz 802.11 teknolojisi kadar yaygın değildir. HiperLAN2 ağlarında AP'lerden uç sistemlere bağlantıya yönelik bir yaklaşım vardır; Bu yapı hizmet kalitesi kriterlerinin (QoS) sağlanmasına olanak vermektedir. Böylece,

802.11 kablosuz LAN uygulamalarının aksine ses ve görüntü aktarımı için gerekli iletişim türü desteklenebilmektedir.

Tablo 1.4’ de HiperLAN2 ile 802.11a standardı karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 1.4 HiperLAN2 ile 802.11a standardı karşılaştırması

Özellik	HiperLAN2	802.11a
Brüt Aktarım Oranı	54 Mbps	54 Mbps
Net Veri Oranı	32 Mbps	32 Mbps
Frekans Bandı	5 GHz	5 GHz
Frekans Seçimi	Tek Taşıyıcı	DFS ile Tek Taşıyıcı
Ortama Erişim	TDMA/TDD	CSMA/CA
Şifreleme	DES, 3DES	40 bit RC4
Modülasyon Yöntemi	OFDM	OFDM

ETSI tarafından geliştirilen iki adet tamamlayıcı standart daha vardır. Bunlardan birincisi 25 Mbps veri iletişim hızına sahip Hiperaccess’dir. Bu standart kişisel kullanım ve küçük işyerleri için tasarlanmış ve noktadan çok noktaya yüksek hızlı erişim hedeflenmiştir. Frekans bandı olarak 40.5-43.5GHz olması yönünde CEPT/ERC çalışma grubunda görüşmeler devam etmektedir

İkincisi ise 2 GHz–11 GHz frekansları arasında çalışacak geniş bant sabit kablosuz erişim (broadband fixed wireless access) sistemi olan Hiperman’dır. IEEE 802.16 standardının benzeri Hiperman iki gurubun yakın işbirliği ile hazırlanmaktadır

Ayrıca, kısa mesafe ve çok yüksek veri hızlarında bağlantı sağlamak için Hiperlink isimli bir standart daha düşünülmektedir. Hiperlink’in, 17 GHz’de 150 metreye kadar mesafede 155 Mbps veri hızına ulaşması tasarlanmıştır. Ancak bu standart ile ilgili çalışmalar henüz başlamamıştır.

1.2.1.4 Kablosuz Kişisel Alan Ağları (WPAN)

Ev ya da küçük iş yerlerinde birkaç bilgisayar ve çevre biriminden oluşan ağlara Kişisel Alan Ağları (Personal Area Networks, PAN)denmektedir. Kablo yerine kablosuz iletişim teknolojisi kullanılması durumunda ise Kablosuz Kişisel Alan Ağları (Wireless Personal Area Networks, WPAN)olarak adlandırılmaktadır. Bir başka ifadeyle WPAN'lar yakın mesafedeki elektronik cihazları kablosuz olarak birbirine bağlayan ağlardır. Bu tür sistemler diğer ağlara kıyasla daha düşük veri hızına ve daha kısa iletişim mesafesine sahiptirler. WPAN'ların hızları 1 Mbps ve menzilleri 10 metre civarındadır. WPAN'ların en yaygın uygulamaları Bluetooth ve HomeRF'dir. Bluetooth daha ziyade kişinin etrafındaki sayısal cihazlar arasında kablosuz bağlantı kurmak için geliştirilmiştir. HomeRF ise ev veya küçük işyerlerinde bir kablosuz ağ oluşturmak üzere tasarlanmıştır. Her iki sistemde de veri iletişim hızını artırmak ve kapsama alanını genişletmek gibi özelliklerinde geliştirme ve yeni özellikler ilave edilmesine yönelik çalışmalar devam etmektedir. WPAN uygulamalarında öncülüğü Bluetooth yürütmektedir.

1.2.1.4.1 Bluetooth. Bluetooth, dizüstü bilgisayarlar, cep bilgisayarları, modemler, LAN erişim noktaları ve telefonlar (cep, ev ve işyeri telefonları) gibi sayısal cihazlar arasında veri iletişimini sağlamak üzere oluşturulan endüstri konsorsiyumunun adıdır. Bluetooth teknolojisi 2.4 GHz bandında ilk olarak Ericsson Mobile Com. tarafından 1994 yılında geliştirilmiştir. Bluetooth, kısa mesafede bilgisayar, fare (Mouse), klavye, yazıcı, sayısal kamera ve telefon gibi cihazlar arasında kablosuz iletişimi sağlayan teknolojidir. Bluetooth aynı zamanda ağ bağlantısının çeşitli cihazlara dağıtılmasını da sağlar. Bluetooth ses iletimine de olanak tanımaktadır. Kısa mesafede ve kişisel kullanım esas alındığı için düşük ücret, düşük güç ve düşük profilli teknoloji hedeflemiştir. Ericsson, IBM ve Toshiba gibi şirketlerin oluşturduğu Bluetooth sp. İnt. Gr. (SIG) ilk Bluetooth özelliklerini Temmuz 1999'da açıklamışlardır.

IEEE 802.11b ve Bluetooth teknolojisine birlikte bakıldığında her ikisinin de veri iletimini 2.4. GHz ISM bandında ve RF yoluyla gerçekleştirdikleri, ancak

Bluetooth'un FHSS modülasyon tekniğini ile 1 Mbps, 802.11b'nin ise DSSS modülasyon tekniğini ile 11 Mbps veri iletişim hızına ulaştıkları görülmektedir.

Her iki teknolojinin amacı da cihazlar arasında RF yoluyla veri iletimi olmasına rağmen, fonksiyonları açıkça birbirinden farklıdır. Bu nedenle bu iki teknolojiyi rakip olarak görmek veya kıyaslamak mümkün değildir. WLAN teknolojileri orta güç ve orta iletişim mesafeleri için uygundur. WPAN teknolojisi ise düşük güç, kısa iletişim mesafeleri için uygundur. Bu özelliği nedeniyle Bluetooth uygun mesafedeki herhangi bir cihazı kablosuz olarak bir başka cihaza bağlayabilir. WLAN sistemleri 100 metre iletişim mesafesine sahip iken Bluetooth'un mesafesi yaklaşık 10 metredir. Ayrıca Bluetooth, kullanıcılara kablosuz ağ bağlantısı veya internet erişimi sağlamak için de tasarlanmamıştır. Bu sınırlamalar nedeniyle WLAN sistemleri ile kıyaslandığında Bluetooth'un ev ve işyerlerindeki kullanım imkanlarının oldukça sınırlandığı görülmektedir. Bluetooth teknolojisinde güç ve mesafeleri farklı 3 sınıf ürün tanımlanmıştır.

Tablo 1.5 Bluetooth ürün sınıfları

Ürün Tipi	Güç Seviyesi	İletişim Mesafesi	Amaç
Sınıf 1	100mW/ 20dBm	100m'ye kadar	Azami iletişim mesafesi
Sınıf 2	2.5mW/ 4dBm	10m'ye kadar	Orta iletişim mesafesi
Sınıf 3	1mW/ 0dBm	0.1m'ye kadar	Kısa iletişim mesafesi

Bluetooth'lar 2.4 GHz ISM bandında 2.402 GHz'den başlayarak 2.480 GHz'e kadar 1 MHz atlayarak 79 atlama frekansı kullanır. Bluetooth ağları sekiz cihaza kadar birlikte "master- slave" durumunda bir ağ oluşturabilirler ki buna "pikonet" (piconet) denilmektedir. Bir pikonet'de bir cihaz master konumunda diğer 7 cihaz ise slave konumunda, master cihaza bağlanabilir ve böylece kablosuz ağ zinciri oluşturulur. Master cihaz ağı kontrol eder. Pikonet'deki tüm cihazlar aynı frekans kanalını ve aynı frekans atlama sırasını (frequency hopping sequence) kullanırlar. Kapsama alanı genişletmek amacıyla Pikonet'ler birbirine bağlanarak "Scatternet"ler oluşturulabilir. Bu durumda her Pikonet farklı bir atlama kanalı kullanılır. Bluetooth sistemi cihazından-cihaza çalışma modeline ve sabit erişim

noktalı ağ oluşumuna imkan vermekle birlikte en popüler kullanımı aynı fiziksel ortamdaki mobil cihazları birbirine bağlanması şeklindedir.

WLAN sistemleri gibi Bluetooth'da kullanıcıya birçok fayda sağlar. Örneğin, cihazlar arasındaki kablonun görevini üstlenerek kablosuz çalışmaya imkan sağlar. Bluetooth uygun cihazlar arasında dosya paylaşımına imkan verir. Bluetooth, dizüstü bilgisayarlar, cep bilgisayarları, masa üstü bilgisayarlar ve diğer tip uygun cihazlarda kullanılabilir. Bluetooth'un ofis ve ev cihazlarında kullanılması ve kablosuz konferans odası veya kablosuz internet bankacılığı dahil birçok uygulamaya imkan tanınması beklenmektedir.

Bluetooth kullanmanın birçok dezavantajı da vardır. Yukarıda belirtildiği gibi mesafesi WLAN cihazlarından oldukça düşüktür. Bu açıdan Bluetooth'un WLAN sistemlerine tehdit oluşturması imkansız görülmektedir. Ayrıca Bluetooth chip'leri ve diğer parçaları hala yüksek fiyatlıdır. Güvenlik açısından bakıldığında, gizliliğin korunması gibi temel konularda güvenliğin sağlandığı ispatlanamamıştır. Bu nedenle kullanıcı güvenini kazanmak için gizliliğin garanti edilmesi gerekmektedir. Bluetooth kullanmanın en kritik noktalarından birisi de 802.11b tarafından enterfere edilmesidir. Eğer aynı frekans ve zaman kullanılırsa her iki sistem arasında karşılıklı enterferans oluşmaktadır. Dahası her iki sistemde paket anahtarlama tekniği kullanıldığından enterferans durumunda veri hızı oldukça düşmekte, hatta kesilebilmektedir. Ancak her iki sistem de yoğun hata kontrolü ve hata oluşması durumunda yeniden gönderme özelliğine sahip olması nedeniyle, enterferans durumunda veri kaybı olmamaktadır. 802.11b'nin en kötü durumda en düşük hız olan 1 Mbps'e düştüğü, Bluetooth'un ise 1 Mbps olan maksimum hızının % 22 azaldığı belirtilmektedir. Ancak büyük hız düşmeleri bazı uygulamalar için çok önemli olabilir ve sistemin durmasına neden olabilir.

Aynı zamanda bazı çalışmalar göstermiştir ki, Bluetooth ile 802.11b arasında yalnızca kısmi kanal girişimleri olmaktadır. Pazar perspektifinden bakıldığında bu iki teknoloji ve hatta UMTS ile bu teknolojiler rakip olmaktan ziyade büyük ölçüde birbirlerini tamamlamaktadır. HomeRF'in aksine Bluetooth, kablo yerine kullanılacak noktadan noktaya bir ara yüz olarak düşünülebilir.

Tablo 1.6 Bluetooth bağlantısının özellikleri

Frekans Aralığı	2402 - 2480 MHz
Veri Oranı	1 Mbps (fiziksel)
Kanal Bant genişliği	1 MHz
Kanal sayısı	79
Mesafe	~10 metre
RF atlama	1600 kez/s
Şifreleme	cihaz ID ve 0/40/64 bitlik anahtar uzunlukları
TX Çıkış Gücü	Azami 20 dBm (0.1W)

1.2.1.4.2 HomeRF. HomeRF, ev ve küçük işyerleri için geliştirilen kablosuz erişim standardıdır. Özellikleri Mart 1998’de kurulan Home Radio Frequency Working Group(HomeRF WG) isimli çalışma grubu tarafından ortak kablosuz erişim protokolü (Shared Wireless Application Protocol-SWAP) adı altında duyurulmuştur. HomeRF evde bulunan PC, kordonsuz telefon ve diğer cihazlar arasında ses ve veri iletişimini kablolama masrafına gerek kalmadan kablosuz olarak sağlamaktadır. HomeRF Çalışma Gurubunun kurulmasından sonra pek çok firma bu guruba katılmış ve üye sayısı 100 civarına ulaşmıştır. Son olarak her biri kendi sektöründe lider konumda olan *Compaq, Intel, Motorola, National Semiconductor, Proxim* ve *Siemens* firmalarının katılımıyla çalışmalar sonuçlandırılarak SWAP 2.0 geliştirilmiştir. SWAP 2.0 ile başlangıçta 1.6 Mbps olan veri iletişim hızı 10 Mbps’e çıkarılmıştır. Gelecekte veri iletişim hızının 20 Mbps veya daha yükseğe çıkarılması hedeflenmiştir.

HomeRF sistemi 2.4 GHz ISM bandında çalışmakta ve 50 metreye kadar mesafede veri iletişimi sağlamaktadır. HomeRF’in İletişim mesafesi işyeri uygulamaları için kısadır. Ancak ev uygulamaları için yeterlidir. HomeRF’in el tipi cihazlarda çoklu ortam uygulamaları için 802.11b’den daha iyi bir teknoloji olduğu yönünde görüşler de bulunmaktadır. HomeRF 2.0 sürümü’nün genel teknik özellikleri tablo 1.7’de verilmiştir.

Tablo1.7 HomeRF 2.0sürümü'nün genel teknik özellikleri

Frekans Aralığı	2402 - 2480 MHz
Veri Oranı	10 Mbps (v.2 için)
Mesafe	~50 metre
RF atlama	50 kez/s
TX Çıkış Gücü	Azami 20 dBm (100 mW)

HomeRF 2.0 sistemlerinde FHSS modülasyon tekniği kullanılmaktadır. Bu teknikte veri kanalı bir frekanstan diğerine saniyede 50 defa atlamaktadır. Bu teknoloji iletişimin izlenmesini ve verilerin çalınmasını oldukça zorlaştırmaktadır. Ayrıca ağa giriş için “ağ şifresi” istenerek güvenlik artırılmaktadır.

2.4. GHz ISM bandını kullanan HomeRF aynı frekans bandını kullanan WLAN sistemleri tarafından enterferansa maruz bırakılmaktadır. Ancak Bluetooth teknolojisi tarafından enterfere edilemez. Çünkü HomeRF kullanıldığı FHSS tekniği saniyesinde birbirine girişim yapmayan 15 frekans kanalına sahiptir. Bu değer DSSS tekniği kullanan WLAN sistemleri için 3 tür. Daha geniş frekans aralığına yayılan WLAN sinyalleri aynı frekans aralığında çalışan HomeRF sinyallerine etki ederek enterferans oluştururlar.

1.2.2 WLAN Teknolojileri

Kablosuz ağlarda veri iletimi için kullanılan bir kaç teknoloji bulunmaktadır. Bunların en önemlileri elektromanyetik dalgaları kullanılan RF ve çıplak gözle görülebilen ışığın altındaki frekansları kullanan kızılötesi teknolojisidir. RF ve kızılötesi teknolojileri WLAN sistemlerinde kullanılmakta olup, her birinin kendine özgü avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Kullanıcıların kendi ihtiyaçlarına göre doğru teknolojiyi seçmeleri sistem verimliliğini ve memnuniyeti artırmaktadır. Günümüzde artan çoklu ortam uygulamaları sonucunda oluşan yüksek veri hızı talebi nedeniyle teknolojiler arasındaki rekabette veri hızı en önemli kriter olarak görülmektedir. Kapsama alanı veya erişim mesafesi ile

enterferansa karşı duyarlılık da diğer önemli kriterler olarak sıralanabilir. Uygulamada yüksek veri hızları ve fiziksel engelleri geçebilme özellikleri nedeniyle RF teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır. WLAN sistemlerinde kullanılan RF teknolojisi aşağıda verilmiştir.

1.2.2.1 RF Teknolojileri

RF Teknolojisinde, kablo yerine elektromanyetik dalgalar kullanılarak kablosuz iletişim gerçekleştirilmektedir.

Radyo frekanslı sistemler, veri toplanan yerin değişken ve ana bilgisayardan uzak olduğu durumlar için ideal çözümü oluşturmaktadırlar. RF sistemler sahadan gerçek zamanlı (real-time) işlem yapabilme olanağı yarattığından özellikle kontrol etme, depolama, sipariş toplama, yükleme, boşaltma gibi lojistik uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadırlar. RF sistemler ile operasyonel verimlilik artarken, çalışanların kontrolü ve yönetimi son derece kolaylaşır. Yanı sıra, işi kağıt ve formlar yardımıyla yürütmeye gerek kalmaz.

Kısaca “RF” kısaltması ile anılan radyo frekanslı veri iletimi teknolojisi, RFID teknolojisi ile karışmaması için önceleri RFDC kısaltması ile anılmaktaydı. IEEE tarafından 1997 yılında 2 Mbps ve ardından 1999 yılında 11 Mbps hızlarındaki standartların ortaya konulmasıyla birlikte bu alanda ürün geliştiren firmalar arasındaki rekabet hızlanmış, fiyatlar düşerken teknik özellikler her geçen gün biraz daha iyileşmiştir. (Öztürk, E., 2004).

BÖLÜM İKİ

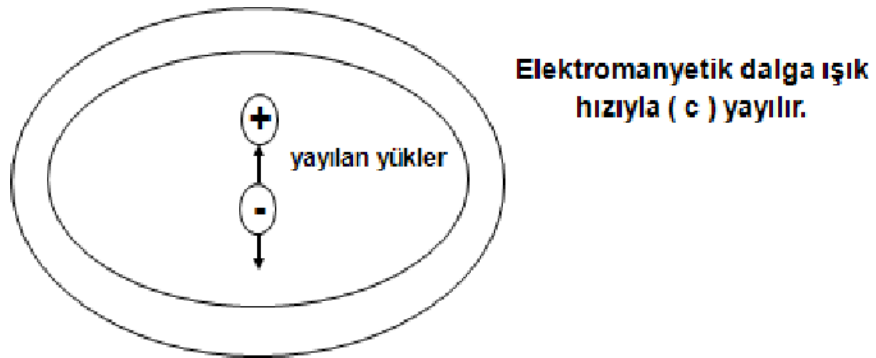
RF HABERLEŞME

Bu kısımda ünitelerin birbirleriyle kablosuz haberleşmesi için kullanılan Radyo Frekanslarından (RF) bahsedilecektir. Ayrıca, RF modüllerin çalışma prensibi içinde yer alan frekans kaydırmalı anahtarlardan da bu kısımda bahsedilecektir. Yakın geçmişte Ergül (2009), RF haberleşme hakkında bilgi vermiştir.

2.1 RF Haberleşme Hakkında

Kablosuz (RF) Teknoloji 3 Hz ile 300 GHz spektrum içerisinde elektromanyetik dalgaların işletilmesidir. Elektromanyetik dalgaların varlığı ilk olarak 1864 yılında James Maxwell tarafından öne sürüldü. 1887 yılında, Heinrich Hertz tarafından varlığı kanıtlandı. 1895, yılında Guglielmo Marconi tarafından icat edilen radyo ile birlikte iletişim için kullanılabilecek bir teknoloji olduğu ortaya çıktı.

Kapalı bir sistemin elektrik enerjisiyle yüklenmesi sonucu oluşan statik bir elektrik alanında, bir değişim söz konusu olduğunda, elektromanyetik dalga oluşur. Bu dalganın şiddeti (E), ana kaynaktan olan mesafesinin karesi ile ters orantılı ($E \propto R^{-2}$) bir zayıflama ile yayılır. Elektromanyetik dalga yayılımı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Elektromanyetik dalga yayılım gösterim

RF kablosuz ve yüksek frekans sinyallerle eş anlamlıdır. RF, 535kHz ile 1605 kHz AM radyo frekanslarından 2.4 GHz'lik yerel ağ (LAN) frekanslarına kadar tanımlanır. RF normalde birkaç kHz'den kabaca 1 GHz'e kadar tanımlanır. Eğer mikrodalga frekansları da düşünülürse, bu aralık 300 GHz'e kadar ulaşır. Tablo 2.1'de radyo frekansının frekans spektrumu gösterilmektedir.

Tablo 2.1 Frekans spektrumu

30–300 Hz	10^4 – 10^3 km	ELF	Extremely low frequency
300–3000 Hz	10^3 – 10^2 km	VF	Voice frequency
3–30 kHz	100–10 km	VLf	Very low frequency
30–300 kHz	10–1 km	LF	Low frequency
0.3–3 MHz	1–0.1 km	MF	Medium frequency
3–30 MHz	100–10 m	HF	High frequency
30–300 MHz	10–1 m	VHF	Very high frequency
300–3000 MHz	100–10 cm	UHF	Ultra-high frequency
3–30 GHz	10–1 cm	SHF	Superhigh frequency
30–300 GHz	10–1 mm	EHF	Extremely high frequency (millimeter waves)

Yukarıdaki tabloda radyo dalgalarının elektromanyetik spektrum üzerindeki frekans dağılımları ve isimlendirilmiş bant aralıkları gösterilmiştir. Haberleşme uygulamalarında bu bantların sadece belirli bölümleri kullanılmaktadır. Bunlardan ISM (Industrial Scientific Medical Band) bandı birçok ülkede telsiz iletişimi için sertifika veya lisansa gerek olmadan belirli bir çıkış gücü sınırlamasına uyarak, üzerinden yayın yapılabilen bir banttır. Ülkemizde ISM bandının yaygın olarak kullanılan frekansları 315MHz, 418 MHz, 433,93 MHz, 868 MHz, 915 MHz ve 2.5 GHz frekanslarıdır.

Yukarıdaki şekilden frekans ile dalga boyu arasındaki ilişki de gözlemlenebilmektedir. Dalga ya da sinüsoidal form dalga boyu ya da frekansı ile tanımlanabilir.

RF modüller, belirli sabit bir frekansta çalışacak şekilde üretilmişlerdir. Alıcı verici çiftleri halinde satılmaktadır ve kullanımları kolaydır. Devreye sadece bir anten ekleyerek çalıştırılabilirler. Ayrıca bir diğer avantajı ise düşük güç tüketmesidir. Bu sayede taşınabilen sistem uygulamalarında kullanışlıdır.

2.1.1 RF Ölçüm

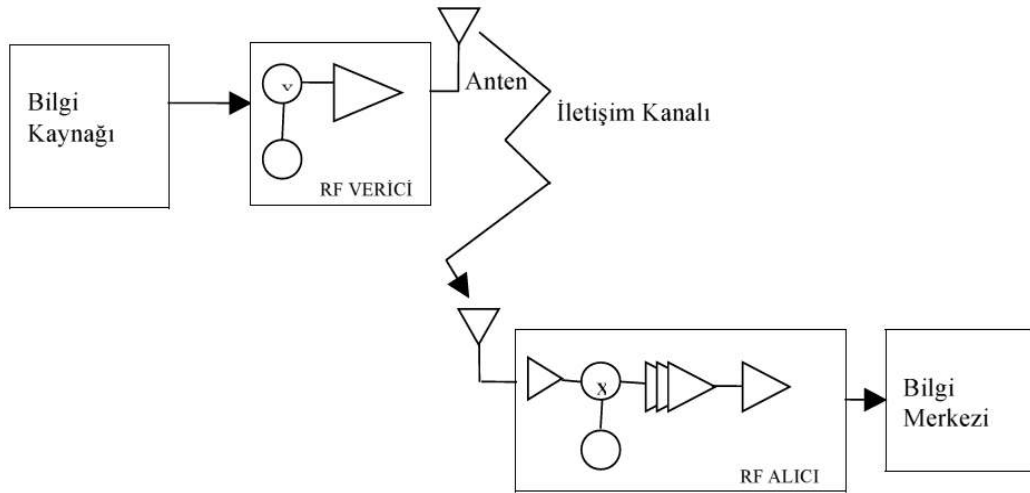
RF ölçüm metodolojisi genel olarak üç büyük kısma ayrılır. Bunlar spektral analiz, vektör analiz ve network analizdir. Spektrum analizör temel ölçüm yeterliliklerini sağlar. Birçok genel amaçlı uygulamada en popüler RF ölçüm tipidir. Belirli bir biçimde spektrum analizör kullanarak güç frekans bilgisi alınabilir ve bazen analog formata demodülasyonu yapılabilir. Örneğin, genlik modülasyonu (AM), frekans modülasyonu (FM) ve faz modülasyonu (PM).

Vektör cihazları, vektör ya da gerçek zamanlı sinyal analizörü ve jeneratörünü de içerir. Bu cihazlar analiz yapar, zamanı yakalar, genişbant dalga formu oluşturur, ilgili sinyalin frekans, faz ve güç bilgisini yakalar. Bu cihazlar spektrum analizöre göre daha güçlüdür ve mükemmel modülasyon kontrolü ve sinyal analizi sağlar.

Bir diğer yandan network analizörler yüksek frekans bileşenleri için ya da RF’de tipik olarak S parametrelerinin ölçümü için ve diğer karakteristik ölçümler için kullanılırlar. Network analizör çoklu kanallarda analiz ve jeneratörün ikisini beraber barındırır. Fakat network analizör diğer ikisinden daha pahalıdır (Ergül T. 2009).

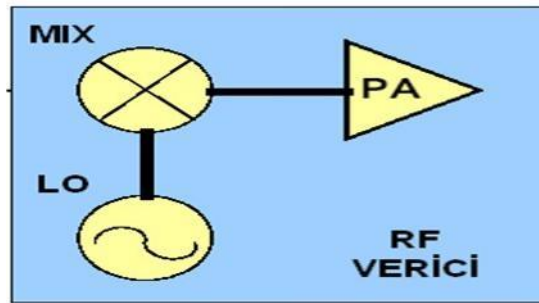
2.1.2 RF Genel Yapısı ve RF Birimleri

Radyo frekansı ile kablosuz olarak çalışmanın temel yapısı Şekil 2.2’de verilen blok diyagramda özetlenmiştir. Bilgi kaynaktan çıkar ve RF vericiden anten yardımıyla gönderilir. Bilgi havada ilerledikten sonra alıcı kısımdaki anten yardımıyla alınır ve istenen hedefe ulaştırılır.



Şekil 2.2 RF haberleşme blok diyagramı

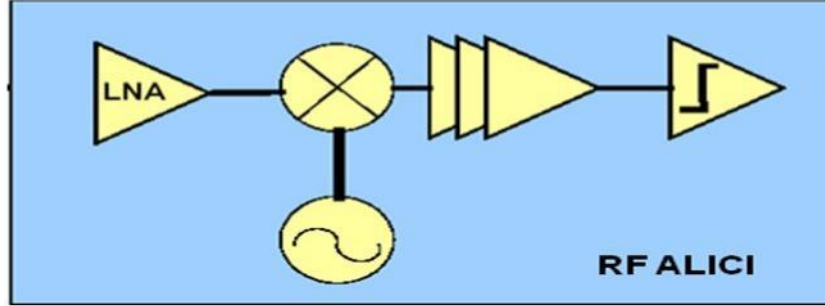
RF verici, girişine verilen dijital bilgiyi transfer edebilmek için işareti elektromanyetik dalgaya dönüştürür. Buradaki RF verici kısmı Şekil 2.3'de gösterilmiştir.



Şekil 2.3 RF verici

Yukarıdaki şekilde gösterilen "LO" ile ifade edilen osilatördür ve frekans üretir. "MIX" ise modülatördür. Kullanılan RF modüle göre bu projede frekans kaymalı anahtarlama yapmaktadır. "PA" ise kuvvetlendiricidir.

RF alıcı ise modüle edilerek gönderilen elektromanyetik dalgayı alır ve demodüle ederek verici girişine verilen orijinal forma dönüştürür (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 RF alıcı

Yukarıdaki şekilde gösterilen “LNA” düşük gürültülü kuvvetlendiricidir. Gelen sinyal demodüle edildikten sonra integral alıcı devreye gönderilir ve işaret ilk formatına çevrilerek hedefe iletilir.

BÖLÜM ÜÇ

PROJENİN TANIMLANMASI

Kablosuz veri toplama yöntemi ile mekanik sistemlerin durum izlemesi projesinde, çalışan bir mekanizmanın belirli bölgelerinden alınan sıcaklık ve titreşim değerleri uzak bir noktadaki (kontrol merkezi) bilgisayara aktararak grafikler üzerinde gösterilir. Sistemden gelen değerler, girilen referans değerleriyle karşılaştırılır. Eğer sistemin herhangi bir bölgesindeki değerler, referans değerlerinin dışına çıkarsa o bölgede hata olmuş demektir ve program hata kodu üretir. Bu hata kodu neticesinde kontrol ekranının, sistemin o bölgesi için tanımlanmış kısmında uyarı lambası yanar ve bilgi ekranına, o bölgede hata olduğunun uyarısı yazdırılır. Böylece mekanizmanın herhangi bir bölgesinde arıza olması durumunda, anında ve hasar büyümeden müdahale edilebilecektir. Ayrıca, herhangi bir kontrolörün ya da operatörün mekanizmanın başında beklemesi gerekmeyecektir.

Projenin temelinde, çalışan sistemin kablosuz veri aktarımı ile uzaktan kontrol edilmesi yer almaktadır. Bunun için, Bölüm 2’de anlattığımız kablosuz iletişim yöntemi olan RF haberleşme yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada sıcaklık değerlerinin bölgesel olarak değişim göstermesi dolayısıyla üç adet sıcaklık sensörü ve ele ölçüm yapılan mekanik sistemin genel titreşim seviyelerini izlemek amacıyla da bir adet titreşim sensörü kullanılmıştır. Geliştirilen sistem daha fazla sayıda sıcaklık ve titreşim sensörü ile kullanım için de uygundur.

3.1 Sistem Elemanları

Proje iki ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda kontrol işlemini gerçekleştirip alınan verileri RF’e çevirerek gönderecek verici ünite ile gelen RF veriyi okuyarak bilgisayara aktaracak olan alıcı ünitelerden oluşan elektronik devreler bulunmaktadır. İkinci kısımda ise, bilgisayara aktarılan verileri okuyarak girilen referans değerleriyle karşılaştırıp durum izlemesini sağlayan ve sonuca göre durum değerlendirmesi yapan program ve arayüzü bulunmaktadır

3.1.1 Alıcı-Verici Devre Elemanları

Projemizde iki adet devre bulunmaktadır. Bunlardan birincisi mekanizmadan sıcaklık ve titreşim değerlerini ölçüp kablosuz sinyale çeviren verici sistem, ikincisi ise bu sinyali alıp işleyen ve bilgisayara aktaran alıcı sistemdir.

Bu iki devreyi oluşturan elemanlar:

- 1 adet PIC16F628(mikroişlemci)
- 1 takım RFATX-ARX 34 alıcı-verici modül
- 1 adet LM7805AC voltaj regülatörü
- 3 adet kondansatör
- 3 adet DS18B20 sıcaklık sensörü
- 1 adet piezo elektrik sensör
- 1 adet PIC12F675(mikroişlemci)
- 1 adet LM358P işlemsel kuvvetlendirici
- 4 adet led ışık
- 1 adet RS232 – USB çevirici
- 1 adet RS232 konnektör
- 10 K0hm dirençler
- 2 adet klemens

Şimdi bu devre elemanlarını tanıyalım.

3.1.1.1 PIC16F628 Mikrodenetleyicisi

Bu bölümde PIC16F628 mikrodenetleyicisi hakkında bilgi verilecektir. PIC16F628 ismini İngilizce “Peripheral Interface Controller” kelimesinin baş harflerinden alır. Türkçe çevirisi ise “Çevresel üniteleri denetleyici arabirim”dir. RISC (Reduced Instruction Set Computer) mimarisi adı verilen bir yöntem kullanılarak üretildiklerinden bir PIC16F628’i programlamak için kullanılacak komutlar oldukça az ve kolaydır. Bir tasarım yöntemi plan RISC mimarisindeki temel düşünce, daha kolay ve az sayıda komut kullanılmasıdır. Şekil 3.1’de PIC16F628’in dış görünüşü görülmektedir. Polat E. (2008).



Şekil 3.1 PIC16F628 Mikroişlemci

3.1.1.1.1 PIC16F628'in Özellikleri. PIC16F628, diğer PIC'ler gibi RISC yapısı üzerine kurulu Harvard mimarisi ile üretilmiştir ve flaş program belleğine sahip PIC16CXX ailesinden 8 bitlik bir mikro denetleyicidir. PIC16F628'in mimari yapısından dolayı program ve veri bellekleri fiziksel olarak ayrı birimlerdedir ve bunlara farklı veri yolları ile erişilmektedir. Tablo3.1'de PIC16F628'in genel özellikleri görülmektedir.

Tablo 3.1PIC16F628'in genel özellikleri

Saat Frekansı	En Yüksek Çalışma Frekansı	20 MHz
Bellek	Flash Program belleği	2 k
	RAM Belleği	224 byte
	EEPOM Belleği	128 byte
Çevresel Birimler	Zamanlama (TIMER) modülleri	TMR0, TMR1, TMR2
	Analog Karşılaştırıcı	2
	Yakala Karşılaştırm PWM Modülü	1
	Seri Haberleşme	USART
Diğer Özellikleri	Kesme Kaynağı	10
	Giriş Çıkış Uç Sayısı	16
	Çalışma Gerilimi Aralığı	3-5.5V
	Brown-out Algılama	Var
	Kılıf (Package) Biçimi	18-pin DIP, SOIC 20 pin SSOP

3.1.1.1.2Avantajları. PIC16F628 sahip olduğu 37 kHz/4 MHz'lik dahili osilatör sayesinde harici osilatöre olan ihtiyaç ortadan kaldırılmıştır. Böylece fazladan 2 I/O ucu kullanılabilir. Ayrıca MCLR ucu isteğe bağlı olarak giriş ucu olarak da kullanılabilir. PIC 16F628'de toplam 16 adet giriş/çıkış ucu vardır.

PIC16F628'in program belleği 2k'dır. Gelişmiş uygulamalarda program kodunun uzun olması daha geniş bellek alanı gerektirebilir. Ayrıca PIC16F628'in EEPROM veri belleği 128 byte, RAM belleği ise 224 byte'tır.

PIC16F628 en fazla 20 MHz hızında çalışabilmektedir. Bu PIC16F628'in işlemleri yeterince hızlı yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu, özellikle işlem yükü fazla olan uygulamalarda avantaj sağlamaktadır.

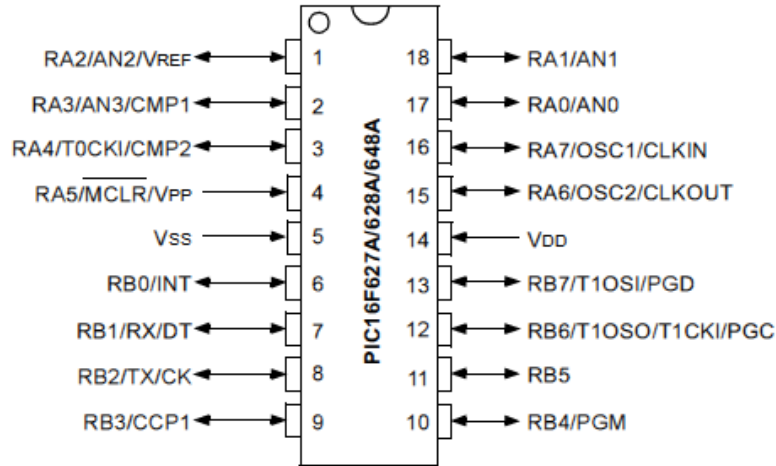
PIC16F628'de iki adet 8 bitlik ve bir adet 16 bitlik zamanlayıcı bulunmaktadır.

PIC16F628'de 16 giriş/çıkış ucu vardır.

PIC16F628'de analog karşılaştırıcı modülü, PWM modülü ve seri haberleşmeye donanımsal olarak olanak sağlayan USART/SCI (Universal Synchronous/Asynchronous Receiver/Transmitter) modülü bulunmaktadır.

PIC16F628 piyasada kolay bulunabilmektedir ve fiyatı diğer özellikli piclere göre daha düşüktür.

Şekil 3.2'de ise PIC16F628'in bacak yapısının açık şekli görülmektedir.



Şekil 3.2 PIC16F628'in bacak yapısı

PIC16F628'de her bir komutun (operation code – opcode) uzunluğu 14-bit, işlenecek verinin (operand) uzunluğu ise 8-bittir.

RISC Mimarisinin PIC16F628' e kazandırdığı Özellikler:

- Sadece 35 komut ile kontrol
- Çalışma hızı: DC – 20 MHz'lik giriş zamanı
- DC – 200 ns' lik komut periyodu
- 14 – bit uzunluğunda komutlar
- 8- bit uzunluğunda veri yolu
- 15 özel fonksiyonlu donanım Register'leri
- 8 seviyeli derin donanım stack'i
- Doğrudan – dolaylı ve izafî adresleme yöntemi
- 1000 kere program silip yazma özelliğine sahip Flash bellek

3.1.1.1.3 PIC16F628 Portları. PIC16F628, A portu ve B portu olmak üzere 8 uçlu iki porta sahiptir. B portunun her bir ucu ayrı ayrı giriş/çıkış olarak ayarlanabilirken, A portunun RA5/ ucu hariç diğer uçları ayrı ayrı giriş/çıkış olarak ayarlanabilmektedir. Bu uç sadece giriş olarak düzenlenebilir. Diğer PIC'lerde olduğu gibi, az sayıdaki uçların etkin kullanımı için bazı uçların birden fazla kullanım özelliği vardır. Böylece fazladan uç kullanımına gerek kalmadan birçok özellik kullanılabilmektedir.

Port A. PortA 8-bit uzunluğundadır. Tablo3.2 de PortA'nın uçları ile ilgili açıklamalar görülmektedir.

Tablo 3.2 Port A uçları hakkında açıklamalar

Uç adı	Uç no	IO tipi	Açıklama
RA0/AN0	17	IO	İki yönlü I/O ucu ve analog karşılaştırıcı girişi
RA1/AN1	18	IO	İki yönlü I/O ucu ve analog karşılaştırıcı girişi
RA2/AN2/VREF	1	IO	İki yönlü I/O ucu ve analog karşılaştırıcı girişi ve VREF çıkışı
RA3/AN3/CMP1	2	IO	İki yönlü I/O ucu ve analog karşılaştırıcı girişi ve analog karşılaştırıcı çıkışı
RA4/TOCKI/CMP2	3	IO	İki yönlü I/O ucu, TMR0 saat işareti girişi ve analog karşılaştırıcı çıkışı
RA5/ /THV	4	I	Giriş ucu ve reset girişi
RA6/OSC2/CLKOUT	17	IO	İki yönlü I/O ucu ve kristal osilatör çıkışı
RA7/OSC1/CLKIN	18	IO	İki yönlü I/O ucu, kristal osilatör girişi ve harici saat kaynağı girişi

Port B. Port B 8-bit uzunluğundadır. Tablo 3.3’de Port B ‘nin uçları ile ilgili açıklamalar görülmektedir.

Tablo 3.3 Port B uçları hakkında açıklamalar

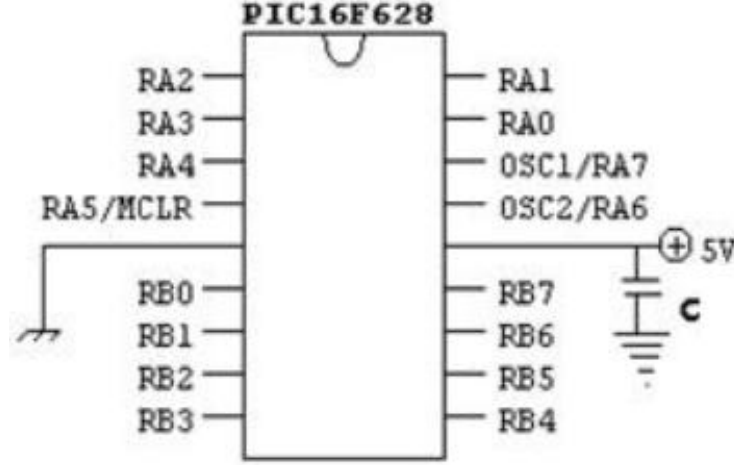
Uç adı	Uç no	IO tipi	Açıklama
RB0/INT	6	IO	İki yönlü I/O ucu ve harici kesme girişi
RB1/RX/DT	7	IO	İki yönlü I/O ucu, USART alıcı ucu ve senkron veri giriş/çıkış ucu
RB2/TX/CK	8	IO	İki yönlü I/O ucu, USART verici ucu ve senkron saat darbesi giriş/çıkış ucu
RB3/CCP1	9	IO	İki yönlü I/O ucu, yakala karşılaştırmalı PWM modülü giriş/çıkış ucu
RB4/PGM	10	IO	İki yönlü I/O ucu, düşük gerilimle programlama giriş ucu
RB5	11	IO	İki yönlü I/O ucu
RB6/T1OSO/T1CK1	12	IO	İki yönlü I/O ucu, TIMER1 osilatör çıkış ve TIMER1 saat darbesi girişi
RB7/T1OSI	13	IO	İki yönlü I/O ucu ve TIMER1 osilatör girişi

Port B’nin 0 numaralı ucu (RB0/INT) kesme girişi olarak da kullanılabilir. Port B’nin 4-5-6-7 numaralı uçlarındaki verideki bir değişiklik durumunda istenirse PIC uyku (sleep) durumundan normal çalışma durumuna geçirilebilir. Uyku durumu, PIC’in sürekli işlem yapması gerekmeyen durumlarda az enerji harcaması (3V besleme gerilimi için 1 A’ den daha az) için kullanılan bir çalışma biçimidir.

3.1.1.1.4 PIC16F628’in Diğer Donanım Özellikleri. Besleme Gerilimi: PIC16F628’in besleme gerilimi 3 - 5.5 V arasında seçilebilir. Daha düşük gerilimle çalışması gereken sistemler için 2 - 5.5 V gerilim aralığında çalışan PIC16LF628 kullanılabilir. PIC16F628’in beslemesi VDD ve VSS uçlarından verilmektedir. DIP kılıf yapısı için 14 numaralı uç olan VDD’nin + beslemeye, 4 numaralı uç olan VSS ise toprağa bağlanması gerekir.

PIC’e besleme gerilimini sağlayan gerilim kaynağı ilk açıldığında besleme gerilimindeki dalgalanmaları ve yüksek akım çeken devre elemanlarının devreye

girip çıkması ile besleme gerilimindeki ani ve istenmeyen değişimleri engellemek için VSS ile VDD uçları arasına bir kondansatör bağlanmalıdır. Böylece PIC'in istenmeyen şekilde resetlenmesi engellenmiş olur. Şekil 3.3 de PIC16F628'in besleme bağlantı şeması görülmektedir.



Şekil 3.3 PIC16F628'in besleme bağlantı şeması

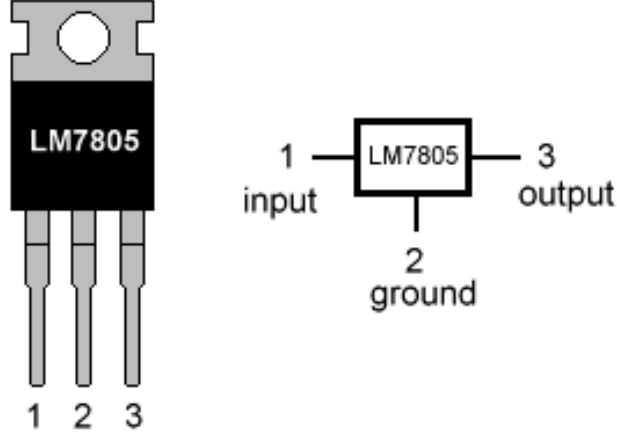
3.1.1.2 LM 7805 5V Gerilim Düzenleyici

LM78XX serisi pozitif gerilim düzenleyicileri, elektronik elemanların güç tüketimlerinin hızla azalmaya devam ettiği günümüzde, devre tasarımında sıklıkla kullanılmaktadır. Ayrıca LM79XX serisi negatif gerilim düzenleyicileri de bulunmaktadır.

Bir LM7805 devresi, girişine uygulanan 15 Volt'a kadar gerilimi, 5Volt'a düşürüp sabitler. Böylece devrede kullanılan pic ve diğer elemanların ihtiyacı olan gerilim sağlanmış olur. Model olarak; 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24 Volt çıkış gerilimi verebilen modeller bulunmaktadır.

Bu projede kullanılan gerilim düzenleyici modeli LM7805 modelidir. 3 bacağına sahip olan devrede giriş gerilimi 5 Volt ile 15 Volt arası seçilebilmektedir. Bu projede özellikle 5V gerilimle beslenmesi gereken RF modül için kullanılmıştır.

Aşağıda resmi görülen devrenin en üstteki bacağı, düzenlenmiş çıkış bacağıdır. En alttaki bacak pozitif doğru gerilim girişi, ortadaki bacak ise toprağa veya 0 Volt gerilime bağlanması gereken giriştir. (Ergül T., 2009). LM7805 bacak bağlantı şeması Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4 LM7805 bacak bağlantı şeması

3.1.1.3 DS18B20 Sıcaklık Sensörü

DS18B20 1wire protokolünü kullanan, 12bit çözünürlüğe sahip sıcaklık sensörüdür. İletişim için sadece tek port gerektirmesi, düşük enerji gereksinimi ve yüksek çözünürlüğü ile pek çok uygulamada kullanılabilecek gelişmiş bir sıcaklık sensörüdür. Her DS18B20 entegresi yalnızca kendisine has, üretim esnasında belirlenen ve ROM belleğinde saklı olan 48bitlik(8 bit CRC kodu+48 bit seri no+8 bit aile kodu) seri koda sahiptir. Bu sayede aynı hat üzerinden birden fazla DS18B20 entegresi ile haberleşmeyi mümkün kılmaktadır. Kullanılan sıcaklık sensörü Şekil 3.5’de gösterilmiştir.



Şekil 3.5 DS18B20 üstten görünüşü

3.1.1.3.1 Özellikleri.

- Mikrodenetleyici ile 1Wire arayüzünü kullanarak tek hat üzerinden haberleşme.
- Her aygıt ROM hafızasında üretim esnasında belirlenen ve tek olan 64 bitlik seri koda sahiptir. Bu kod sayesinde aynı hat üzerinden birden fazla aygıt ile haberleşme.
- Harici bir donanım gerektirmeme.
- Besleme voltajı veri hattı üzerinden sağlanabilme (voltaj değeri 3.0 V ile 5.5 V arasındadır)
- (-55) °C ‘den +125 °C ‘ye kadar olan sıcaklık derecelerini ölçebilme.
- (-10) °C ‘den +85 °C ‘ye kadar hassasiyeti $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ‘dir.
- 9-12 bit arası kullanıcı tanımlı hassasiyet.
- Sıcaklık değerinin 12 bitlik koda dönüştürülmesi maksimum 750ms’dir.
- Kullanıcı tanımlı ve kalıcı (NV) alarm ayarı.

3.1.1.4 LM358P İşlemsel Kuvvetlendirici (Operational Amplifier)

Operasyonel amplifier (Op-Amp) işlemsel kuvvetlendirici ya da işlem kuvvetlendiricisi olarak adlandırılır. İsminden de anlaşılacağı üzere genel amaçlı bir kuvvetlendirici entegredir.

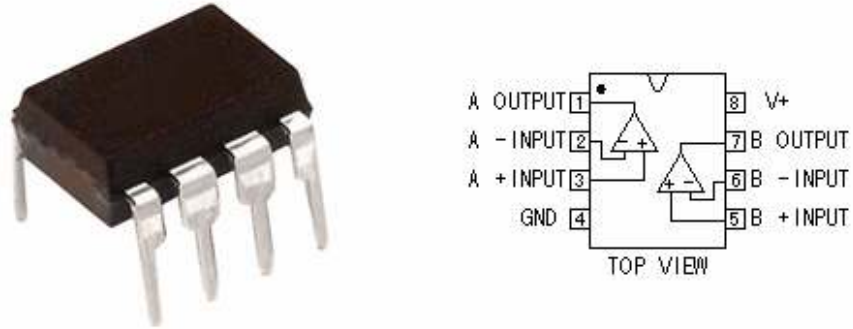
Genel şekline baktığımızda bir eksi giriş bir artı giriş ve birde çıkışı vardır. Önce girişleri incelemek gerekir.

- Evirmeyen giriş sisteminde giriş ucu + giriştir. Eksi ucu bir dirençle şaseye verilir ise giriş artı olduğu müddetçe çıkış da artı voltaj şeklindedir.
- Eviren Girişte eksi girişten bir seri dirençle girilip artı uç şaseye bağlanır ise çıkış eksi voltaj şeklinde olur. Bu tür giriş sistemlerinde Op-Amp simetrik voltaj ile beslenmelidir.

Şimdi kullanım şekillerine bakalım.

Genel kuvvetlendirici olarak kullanma şeklinde, Eksi ucu bir direnç ile GND ye bağlanır, Çıkış ile eksi uç arasına bir kazanç direnci bağlanır ve artı ucundan giriş yapılır. $V_{out} = V_{in} (1 + R2/R1)$ formülü ile çıkış voltajı hesaplanır. Burada R1 eksi ucu GND ye bağlayan direnç, R2 ise Çıkış ile eksi uç arasında bağlı olan kazanç direncidir.

LM358 gayet kolay kullanımlı, çift-kanal bir opamp'tır. Bir 3-32 VDC ile çalışır ve kanal başına 20mA çekmektedir. Tek bir güç kaynağından iki ayrı işlemsel operatör çalışması gerekiyorsa bu opamp yeterlidir. LM358 Op-Amp Şekil 3.6'da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 LM358 görünüşü ve bacak bağlantıları

3.1.1.5 Kondansatör

Kondansatörler elektrik yüklerini kısa süreliğine depo etmeye yarayan devre elemanlarıdır. Kondansatörlerin sembolü C, birimi ise faraddır.

Kondansatörler yapısal olarak iki iletken levha arasına konulmuş bir yalıtkandan oluşur. İletken levhalar arasında bulunan maddeye elektriği geçirmeyen anlamında dielektrik adı verilir. Kondansatörlerde dielektrik madde olarak; mika, kağıt, polyester, metal kağıt, seramik, tantal vb. maddeler kullanılabilir. Elektrolitik ve tantal kondansatörler kutupludur ve bu nedenle sadece DC ile çalışan devrelerde

kullanılabilirler. Kutupsuz kondansatörler ise DC veya AC devrelerinde kullanılabilir.

Devrelerde kondansatörler ısınıp patlama riski içerdiği için giriş geriliminin biraz üzerinde voltajlı olarak seçilmelidir.

Bizim devrelerimizde kondansatörler kısa süreliğine elektriği depolarken aynı zamanda da filtreleme işlemi yaparlar. Elektriği önce depolayıp sonra çıkış verdiği için kısa süreli voltaj dalgalanmalarından devre elemanlarının etkilenmemesini sağlarlar. Bu nedenle devremizde bir giriş ve bir çıkışta olmak üzere 2 adet kondansatör yer almaktadır.

3.1.1.6 PIC12F675 Mikroişlemci

Birçok projeyi gerçekleştirmek için PIC16F (84, 628 vb.) serisi microişlemciler yerine 12F serisi kullanılabilir. Devrede kapladığı yer ve maliyet açısından tek sensörlü titreşim devremizde PIC12F675 daha uygun olacaktır. Kullanılan mikro denetleyiciye ait özellikler Tablo 3.4’de verilmiştir.

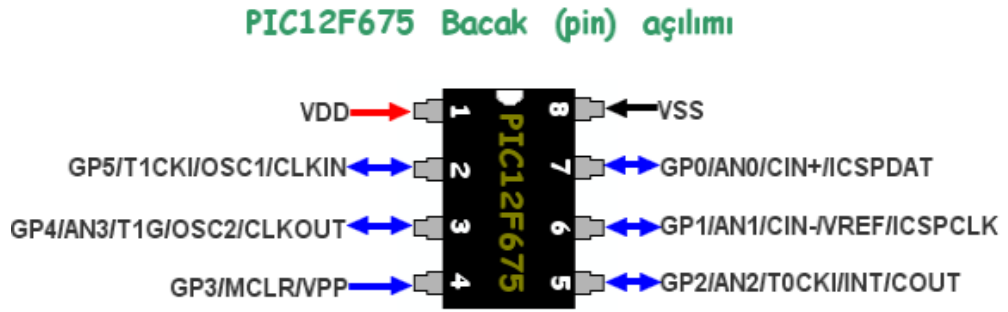
Tablo 3.4 PIC12F675 mikro denetleyicilerin temel özellikleri.

Denetleyici	Program Hafızası	Veri Hafızası		I/O	10-bit A/D (ch)	Karşılaştırıcı	Timers 8/16-bit
	FLASH (words)	SRAM (bytes)	EEPROM (bytes)				
PIC12F675	1024	64	128	6	4	1	1/1

- Yüksek Performanslı RISC CPU
- İşlem hızı 20Mhz
- 7 adet kesme kaynağı
- 6 adet yönlenebilir giriş/çıkış
- Analog karşılaştırıcı
- 25mA akım çıkışı
- 35 adet assember komutu
- İç ve dış osilatör seçenekleri
- Geniş çalışma voltaj aralığı – 2.0 V to 5.5 V

- Geniş çalışma sıcaklık aralığı
- Düşük güç güç-reset (POR)
- Brown-Detect (BOD çıkış)
- Bekçi köpeği Watchdog Timer (WDT)
- Programlanabilir kod koruma
- Yüksek Dayanıklı FLASH / EEPROM Hücre
- Flash 100.000 defa yazılıp silinebilir
- Eeprom 1.000.000 defa yazılıp silinebilir
- FLASH / EEPROM veriyi 40 yıl tutabilir

PIC12F675 bacak bilgileri Şekil 3.7’da verilmiştir.



Şekil 3.7 PIC12F675 pin bilgileri

3.1.1.7 Piezo Elektrik Sensör

Bu algılayıcı birimi piezoelektrik disk sayesinde titreşimi algılar ve voltaj çıkışı olarak iletir.

Piezoelektrik ivmeölçerler çok düşük frekanslı sismik uygulamalardan, çok yüksek frekansda doğrusal çalışma aralığı gerektiren çarpma testlerine kadar birçok ölçme uygulamasında kullanılan, küçük boyutlu, yüksek sıcaklık aralığında çalışabilen sensörlerdir. Kuvartz ya da seramik kristaller bir kuvvet altında kaldığında picocoulomb seviyesinde elektrik yükü üretirler. Bu elektrik yükünün kristal üzerindeki değişimi yer çekimi ivmesinin değişimi ile doğru orantılıdır. İvmeölçerlerdeki sismik kütlenin ivme altında maruz kaldığı atalet kuvveti

piezoelektrik kristale etkir ve ivme ile doğru orantılı bir elektrik sinyali çıkışı verir. Bu sinyaller yükseltilerek ve karşılaştırılarak oluşan titreşim ölçülür. Projede titreşim algılaması için kullanılan sensör Şekil 3.7’de verilmiştir.



Şekil 3.7 Piezo elektrik sensör üstten görünüşü

3.1.1.8 RF ATX- ARX 34 Alıcı Verici

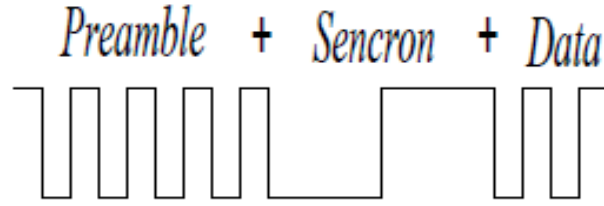
Bu çalışmada, haberleşme için piyasada bulunan RF alıcı-verici modülleri kullanılmıştır. Bu modüller 434 MHz ISM (Industrial Science Medical; Endüstri, bilim ve sağlık hizmetleri için ayrılan RF bandı) bandında genlik modülasyonu (ASK) kullanarak haberleşmektedirler. Modüller hem analog hem de sayısal işaretleri iletebilmektedirler. Bu modüller kendi başına kullanılmayıp bir mikro işlemci yardımıyla haberleşme yapabilmektedir. Kullanılan mikroişlemci sayesinde veride şifreleme yapılabilmekte ve dolayısıyla sistemin korsan vericiler tarafından kontrol edilme tehlikesi ortadan kaldırılmaktadır.

Modülde sayısal data girişi için DIN pini bulunur. DIN pini RF ile gönderilecek sinyallerin kullanıcı tarafından uygulandığı giriştir. Standart data protokolü şu şekildedir.

TX: preamble + senkron + data 1 +...+data X

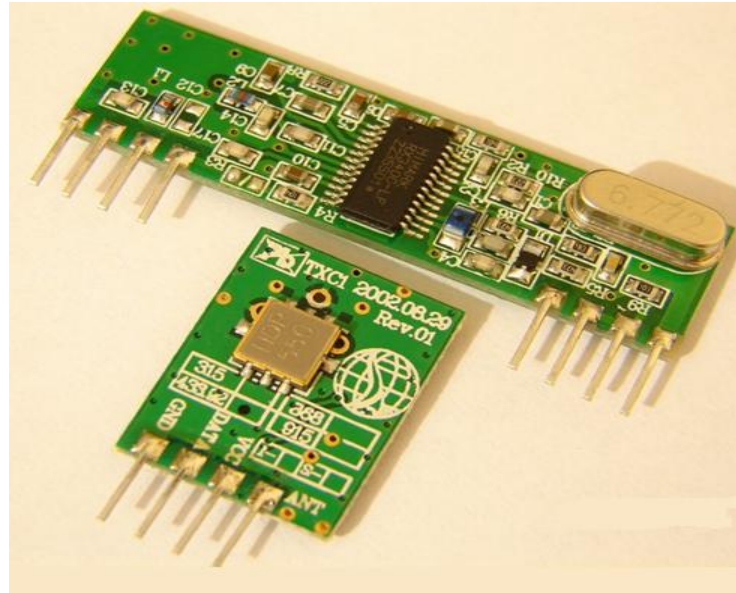
En basit haberleşme sistemlerinde dahi mesajın başlangıcı için bir preamble kullanılması neredeyse zorunludur. Preamble veri olarak, ardışık 1 ve 0 lardan oluşan

(01010101) bir bit dizini kullanılır. Bu veri dizini 5 bayt 0x55 veya 0xAA olabilir. Kısaca preamble donanım senkronizasyonunu sağlamaktadır. Senkron ise yazılımın senkronizasyonuna yardımcı olur. Bit senkronizasyonunun sağlanması ve mesaj başlangıcının doğru tayini için kullanılması gereklidir. Bu bit dizisinin boyu uygulama gereksinimleri veya kısıtlamalarına göre değişebilmekle birlikte 5 bayt 0x00+ 5 bayt 0xFF olabilir. veri gönderirken araya boşluk girmemeli, girer ise tekrar preamble ve senkron gönderilmelidir. Şekil 3.8’de standart veri gönderim protokolü görülmektedir.



Şekil 3.8 Standart veri gönderim protokolü.

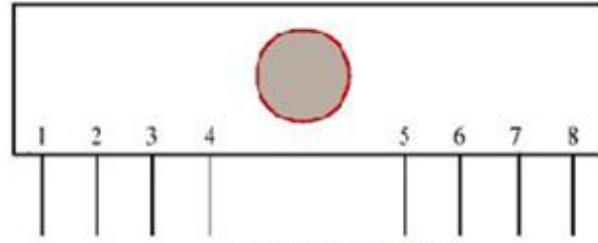
3.1.1.8.1 ARX-34 RF Alıcı. Projede bir adet ARX-34 tip RF alıcı kullanılmış olup, bu alıcı Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 RF ATX – ARX 34 alıcı verici görünüşü

ARX-34 radyo frekanslı alıcı devresi, 433.92 MHz frekansında çalışmaktadır. Küçük fiziksel boyutu ve düşük güç tüketimi sayesinde uzaktan kontrol sistemleri

için kullanıma uygun olan devre, 17.3 cm'lik bir antenle birlikte en başarılı biçimde çalışabilmektedir. Besleme gerilimi olarak 4.9 V ile 5.1 V arası bir gerilim seçilmelidir. 5.1 V'tan yüksek bir besleme gerilimi uygulanması durumunda devrenin bozulma olasılığı çok yüksektir. Ayrıca besleme geriliminde en fazla 100 mV dalgalanma olması, devrenin öngörüldüğü gibi çalışması açısından önemlidir. 300 baud ile 2400 baud hızları arasında veri transferi yapabilen devre, ev içi uygulamalarda en iyi sonucu 600 baud hızında vermektedir. -10 °C ile +55°C arasında ortam sıcaklığı çalışabilen ARX-34; 5 mA besleme akımı çekmektedir. Hem sayısal hem de analog çıkışa sahiptir. ARX34 RF alıcı modülüne ait bacak tanımlamaları Şekil 3.10'da, diğer özellikleri de Tablo 3.5'de verilmiştir.



ARX 34 Alıcı modülü.

Bacak Tanımlamaları:

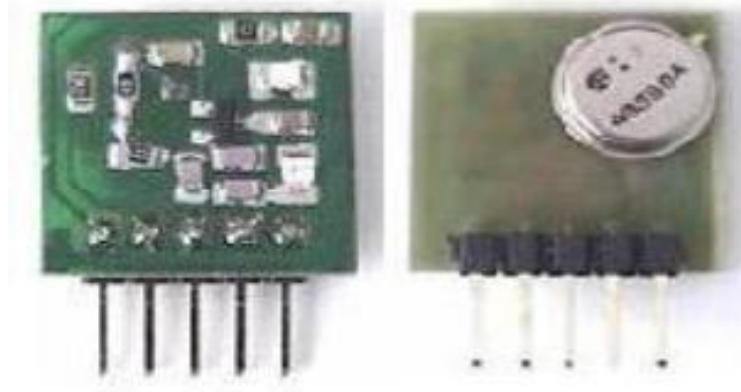
1. Toprak 2. Veri Çıkış 3. Boş 4. Besleme (Vdd)
5. Besleme (Vdd) 6. Toprak 7. Toprak 8. Anten Giriş

Şekil 3.10 ARX 34 alıcı modül bacak bağlantıları

Tablo 3.5. ARX 34 alıcı modül özellik tablosu

	Min.	Typ.	Max	Unit	Not
Çalışma Frekansı		433.920		MHz	
Band Genisliği		±2		MHz	
Data Rate	0.3		2.4	Kbit/s	
Duyarlılık		-108		dBm	
Besleme Voltajı	4,9		5,1	Vcc	Regüle edilmiş voltaj kaynağı kullanılmalıdır. Max. Ripple 10 mV
Akım Sarfıyatı		5		mA	
Logic "0" DOUT voltaj	0		0.1*Vcc	Vdc	
Logic "1" DOUT voltaj	0.8*Vcc		Vcc	Vdc	Max. 5 mA current source
RX on Time		10		ms	
Çalışma Sıcaklığı	-10		+55	°C	ETSI 300 220

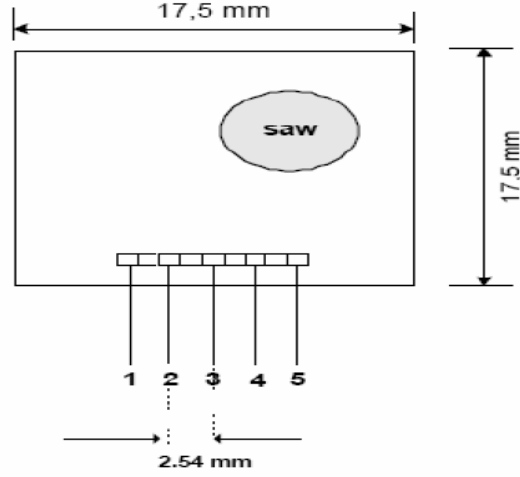
3.1.1.8.2 ATX-34 RF Verici. Projede bir adet ATX-34 tip RF verici kullanılmış olup, görünümü Şekil 3.11’de verilmiştir.



Şekil 3.11 ATX 34 RF verici modül görünüşleri.

ATX-34 RF verici devresi, 433.92 MHz frekansında çalışmaktadır. 5 bacaklı yapıya sahip olan devre 17.3 cm’lik bir antenle birlikte en verimli biçimde çalışabilmektedir. Anten boyu hesabı nasıl yapılacağı ise ARX-34 alıcı tanıtılırken yapılmıştır. Besleme gerilimi olarak 5 V ile 12 V arası bir gerilim seçilmelidir. Besleme gerilimi değeri 12 V’a yaklaştıkça, vericinin performansı artmaktadır ve dolayısıyla daha uzaklara veri iletilebilmektedir. Ayrıca besleme geriliminde en fazla 100 mV dalgalanma olması devrenin öngörüldüğü gibi çalışması açısından önemlidir. 300 baud ile 2400 baud hızları arasında veri transferi yapabilen devre, ev içi uygulamalarda en iyi sonucu 600 baud hızında vermektedir. Hızın ayarlanması yazılım aracılığıyla yapılmıştır ve PIC aracılığıyla vericiye uygulanmıştır. -10 °C ile +55 °C arasında ortam sıcaklığı çalışabilen ATX-34; besleme gerilimi 5 Volt seçildiğinde 6.5 mA besleme akımı çekmektedir. Sadece sayısal girişi bulunan verici devreye, uzağa göndermek istediğimiz veri sayısallaştırılıp bağlanmalıdır. (Çavuşoğlu, İ. ve Kırmızı F., 2007).

ATX 34 Pin Bağlantıları: Projede kullanılan ATX 34 RF verici bacak numaraları Şekil 3.12’de ve açıklamaları da Tablo 3.6’da verilmiştir.



Şekil 3.12 Atx 34 verici bacak numaraları

Tablo 3.6. ATX 34 verici modül bacak bilgileri

Pin No	Pin Adı	I/O	Tanımlama
1	ANT	I	Anten
2	GND	-	Toprak
3	VCC	-	+5 Besleme Terminali
4	AOUT	O	Analog Çıkış
5	DOUT	O	Dijital Çıkış

ATX 34 RF verici modül özellikleri Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.7 ATX 34 verici modül özellik tablosu

	Min.	Typ.	Max	Unit	Not
Çalışma Frekansı		433.920		Mhz	±200 Khz
Data Rate	0.3		2.4	Kbit/s	
Output RF power		10		dBm	@5V & CW Power
Besleme Voltajı	5		12	V	Max ripple 100mV
Akım Sarfıyatı		6.5		mA	@5V
Lojik “0” DI Voltaj	0		0.1xVcc	V	
Lojik “1” DI Voltaj	0.8xVcc		Vcc	V	
Çalışma Sıcaklığı	-10		+55	°C	ETSI 300 220

Kullanım Talimatları: ATX-34 modülü kullanıcının sistemine entegre olabilecek şekilde tasarlanmıştır. Özel uygulamalar için kullanılabilecek nihai bir ürün değildir. Elektronik sistemin içinde kullanılabilecek özel bir komponent olarak ele alınmalıdır. Kullanıcının temel elektronik bilgisine sahip olması gereklidir. RF teknoloji hakkında bilgi sahibi olunması kullanım açısından oldukça faydalıdır. RF ile ilgili zor kısımların önemli bir bölümü modül içinde çözülmüş durumdadır.

Veri Formatı: Modül’de, dijital veri girişi için DIN pini bulunur. DIN pini RF ile gönderilecek sinyallerin kullanıcı tarafından verildiği giriştir.

Besleme Voltajı: ATX-34 içerisinde bir voltaj regülatörü bulunmamaktadır. Tasarım pil kullanımı düşünülerek yapılmıştır. Bu nedenle besleme voltajında belirtilen değerlere dikkat edilmelidir. Modül, belirtilen değerlerin altında bir gerilimle beslendiğinde kararsız çalışacaktır. Besleme voltajı ve topraklama (GND) bağlantısı belirtilen değerlerin üzerinde veya ters olursa, modülde kalıcı hasarlara yol açabilir. Düşük maliyet sağlanabilmesi için modül içerisine ters polarizasyondan koruyacak bir devre konulmamıştır.

Besleme voltajında çalışma sürecinde ± 100 mV değişimlerin üzerindeki değişimler modülün kararsız çalışmasına neden olur. Besleme devresinde regülatör IC kullanılması önerilir.

Analog Out: Analog out pini test amaçlı bir çıkıştır. Bu pinin çıkışında demodüle edilmiş sinyal 1.5 V DC seviyenin üzerine bindirilmiş olarak görülür.

Anten: Verimli veri transferi ve alımı için gerekli en önemli iki nokta iyi bir anten ve doğru RF topraklama seçilmesidir. Anten olmadan verinin uzun mesafelere gönderilmesi mümkün değildir. Modül basit bir anten bağlantı pinine sahiptir. Uygun bir UHF anten doğrudan bu pine bağlanabilir. ATX-34 modülüne bağlanabilecek en basit anten 17.3 cm uzunluğundaki bir kablonun anten girişine lehimlemesidir.

3.1.1.9 Seri Port ve RS232 Standartlar

Seri port, bilgisayara diğer aygıtların bağlandığı, seri iletişim için tasarlanmış fiziksel bir ara yüzdür. Seri port üzerinden haberleşmeyi, "UART" adı verilen bir tümleşik devre sağlamaktadır. Bilgisayarlarda kullanılan seri port genellikle RS232 standardında üretilmektedir. Değişik üreticiler tarafından yapılmış veri haberleşme cihazlarının uyumluluğunu sağlamak amacı ile EIA tarafından 1960 yılında RS232 olarak adlandırılan standart belirlenmiştir.

Bilgisayar seri portlarının kullandığı RS232 sinyallerinin elektriksel özelliği, 5 Volt “lojik 1” ve 0 Volt “lojik 0” değerine karşılık gelen standart TTL mantığına benzememektedir. RS232 ‘de -12 Volt “lojik 1” , +12 Volt “lojik 0” değerine karşılık gelir. Bu özellik daha uzun mesafeli kablolarda, güçlendirme gerektirmeden iletişim sağlar. Bu nedenle sinyal bilgisayara aktarılabilmesi için önce RS232 standardına uygun hale getirilir.

RS-232 Cihazları DTE (Data Terminal Equipment) ve DCE (Data Communication Equipment) olarak sınıflandırılır. Her iki taraf da hem veri alma hem de gönderme özelliklerine sahiptir. RS-232 protokolü orijinal olarak DB25 konnektörle çalışmak üzere tanımlanmıştır. DB25 te iki RS-232 haberleşme kanalı bulunur. Günümüzde en yaygın tercih edilen konnektör tipi DB9 tek haberleşme kanallı konnektördür (Şekil 3.13). (Ünlü B., 2007).



Şekil 3.13RS 232 dişi ve erkek konnektör.

3.1.1.10 RS232 – USB Çevirici

Bilgisayar seri portlarının RS232 standardına uygun olarak veri iletişimi sağladığını anlatmıştık. Ancak yeni nesil bilgisayarların çoğunda bu iletişimin gerçekleştiği RS232 bağlantı konektörü bulunmamaktadır. Bu nedenle seri iletişimi daha yaygın giriş tipi olan USB ye çevirerek sinyali bilgisayara aktarmaya yarayan küçük adaptörler kullanılır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14 Digitus RS232 – USB çevirici

RS232 protokolü genel olarak 25 pinli DB25 ve 9 pinli DB9 modelli soketler aracılığıyla çalıştırılır. Piyasada bulunan USB çeviricilerin genellikle bir ucu bu soketlerden birine uyumlu olarak yapılır. Bizim projemizde de bu çeviricilerden digitus un bir girişi RS232 DB9 pin erkek girişli bir ucu da USB soketli olan modeli kullanılmıştır. İletişim protokolü yine bilgisayarların seri portlarından bilgi girişini sağlayan RS232 protokolüdür. Sadece bilgi aktarım girişi olarak USB girişi kullanılmıştır.

3.1.2 Alıcı ve Verici Devrenin İmalatı

Sistemimizde iki adet elektronik devre bulunmaktadır. Bunlardan ilki alıcı devre ikincisi ise verici devredir. Devrelerde kullanılan elemanlarımızı ve özelliklerini anlattık. Şimdi de bu devreleri ve oluşumunu görelim.

3.1.2.1 Alıcı Devre

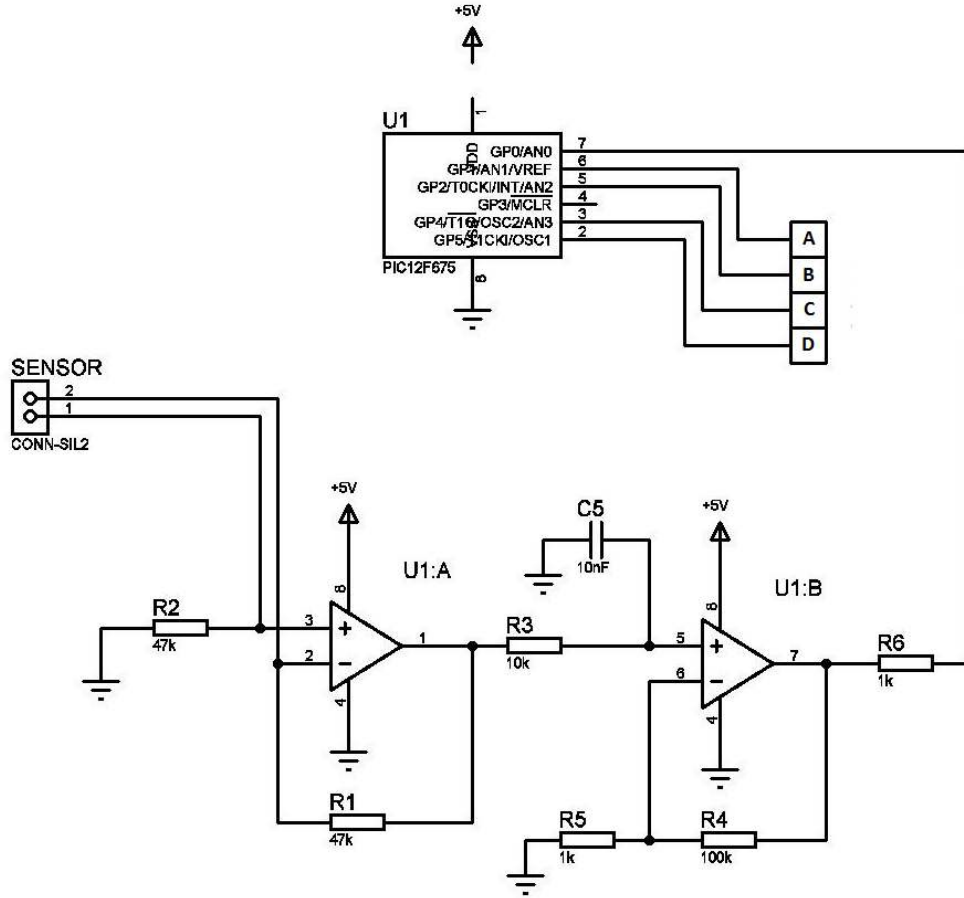
Alıcı devre çalışan makineden sıcaklık ve titreşim değerlerini okuyarak RF sinyale çeviren sistemdir. Sistem iki parçadan oluşur. Bu parçalardan biri titreşim değerini alıp yükselten ve işleyerek ana mikroişlemciye aktaran yardımcı devre, diğeri ise sıcaklık değerlerinin de ölçülerek üzerinde bulunan ana mikroişlemciye aktarıldığı ve RF sinyale çevrildiği sistemdir.

3.1.2.1.1 Titreşimi Ölçen Yardımcı Devre. Bu devrede çalışan makine elemanı üzerine bağlanan sensörümüzle titreşim seviyesi ölçülür. Ancak bu sinyal çok düşük seviyede olduğu için önce yükseltilmesi, daha sonra işlenerek sisteme dahil edilmesi gerekir.

Bunun için gerekli devre elemanlarımız:

- 1 adet piezo elektrik sensör
- 1 adet PIC12F675 mikroişlemci
- 1 adet LM358P işlemsel kuvvetlendirici(o'pamp)
- 4 adet led ışık
- 1 adet kondansatör
- Dirençler

Sistemimizde titreşimi ölçmek için piyasada birçok uygulamada kullanılan piezo elektrik sensör kullanılmıştır. Bu sensörden gelen sinyal çok düşük seviyede olduğu için önce bir LM358P Op-Amp'a girerek yükseltilir. Op-Amp'ın çıkışından alınan sinyal PIC12F675 mikroişlemcisine girerek işlenir ve ana işlemciye aktarılır. Sistemin devre şeması Şekil 3.15'de verilmiştir.



Şekil 3.15 Titreşimi ölçen yardımcı devrenin şeması.

Devrede görüldüğü gibi sensörden gelen sinyal önce Op-Amp'a girerek yükseltilmiş ve Op-Amp'ın çıkışından alınan sinyal de PIC'e girilerek çözülmemiş ve PIC12F675'in a, b, c, d olarak işaretlenen uçlarından çıkış alınarak ana işlemciye gönderilmiştir. Bu devremiz sisteme sonradan eklendiği için ayrı bir plaket üzerinde toplanmıştır. Ayrıca çok karmaşık bir yapıya sahip olmadığı için baskı devre çizilmeden bir adet delikli plaket üzerine elle toplanmıştır. Bu arada titreşim sinyali ana işlemciye gönderilirken titreşimdeki değişimin gözle de görülebilmesi amacıyla 4 adet led ışık eklenmiştir. Titreşim seviyesi en düşük seviyedeysen bir lamba yanar. Titreşim seviyesi arttıkça iki, üç ve dört lambanın hepsi birden yanarak bize uyarı verir. Bu işlemi gerçekleştiren pic programı aşağıda verilmiştir.

PIC12F675'in programı:

```
#define Dta595 GPIO.f3
#define Clk595 GPIO.f3
```

```

#define Lod595 GPIO.f3
unsigned int Dta_Str;
unsigned int kara_flas;
unsigned int krsmsk=0;
unsigned int gecikme;
unsigned char i;
unsigned char value=0;
void main() {
    ANSEL=1;
    CMCON=6;
    TRISIO=0x01;
    GPIO=0;
    GPIO=255;
    Delay_ms(100);
    GPIO=0;
    Delay_ms(100);
    GPIO=255;
    Delay_ms(100);
    GPIO=0;
    while(1) {
        value=0;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value+ (ADC_Read(0)-90)/4/12;// /68;
        value=value/10;
        GPIO.f5=value.f0;
        GPIO.f4=value.f1;
        GPIO.f2=value.f2;
        GPIO.f1=value.f3;
    }
}

```

```
//value++;
//if (value>15) value=0;
//Delay_ms(100); }}
```

3.1.2.1.2 Verici Devre. Bu devrede çalışan makinenin belirli noktalarından alınan sıcaklık değerleri ölçülerek ana işlemcimiz olan PIC16F628'e girilir. Ayrıca yardımcı devremizden gelen titreşim değeri değerleri de işlemcimize girildikten sonra RF sinyale çevrilerek gönderilir.

Bunun için gerekli devre elemanlarımız:

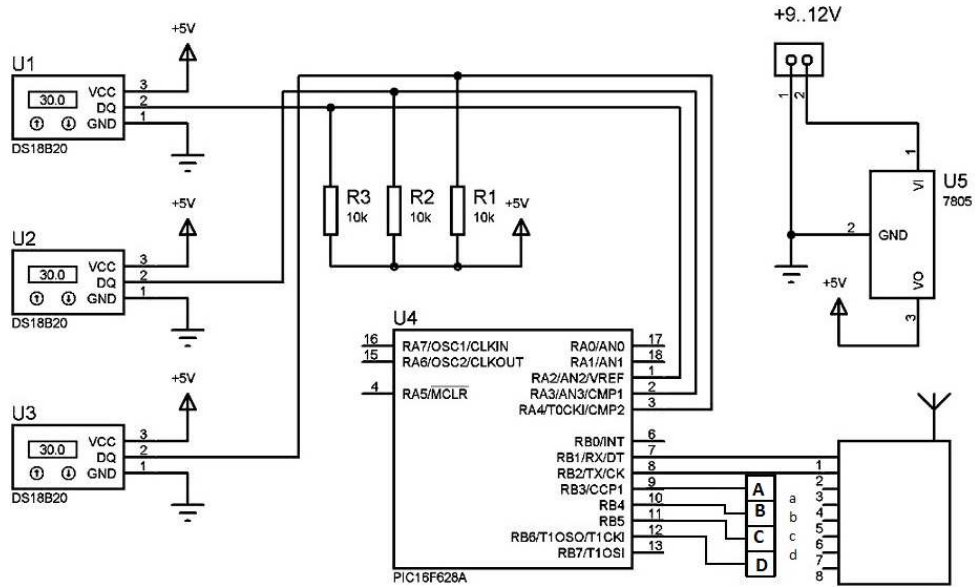
- 1 adet PIC16F628 mikroişlemci
- 1 adet ATX-34 RF verici
- 3 adet DS18B20 sıcaklık sensörü
- 2 adet kondansatör
- 1 adet LM7805AC voltaj regülatörü
- 10 K0hm dirençler
- 1 adet klemens

Öncelikle alıcı devrelerimizin çalışması gerekli gerilimi sağlayan besleme kısmımızdan bahsedelim. İşlemcimiz ve diğer devre elemanlarımızın tümü 5V gerilim ile çalışmaktadır. Sistemimizde kullanım ve taşıma kolaylığı sağlaması açısından 9V'luk pil kullanılmaktadır. Bu pil devreye bir klemens aracılığıyla bağlanır. Ancak bu gerilim sistem gereksiniminden fazladır. Bu nedenle devre elemanlarını korumak ve sağlıklı çalışmasını sağlamak için besleme hattına bir adet LM7805AC voltaj regülatörü eklenmiştir. Bu regülatör ile gerilim 5V'a düşürülerek devre elemanları beslenir. Ayrıca devre pil dışında adaptörlerle de çalıştırılabilir. Ancak şebeke geriliminde meydana gelen dalgalanmalar voltaj regülatörüne dolayısıyla devre elemanlarına zarar verebilir. Bunu önlemek için regülatörün girişine ve çıkışına birer adet kondansatör eklenmiştir. Bu kondansatörler ile gerilim filtre edilerek devreye aktarılır ve devre elemanları oluşan dalgalanmalardan etkilenmemiş olur.

Verici devre üzerinde verilen işlemi çözümleyip yapılmasını sağlayan en önemli devre elemanımız mikroişlemcidir. Bu işlemciyi seçerken birçok kriter dikkat etmemiz gerekir. Önce yapacağımız işlemde bize gerekli özellikleri belirleriz. Daha sonra piyasada bulunan bizim istediğimiz özelliklerin tümünü taşıyan işlemcilerden birini seçeriz. Burada sistemin maliyetini arttırmamak içerisinde tüm özellikleri bulunduran işlemciler yerine bizim istediğimiz özellikleri olan en düşük işlemciyi bulmak önemlidir. Bizim devremizde en önemli ihtiyacımız, seri haberleşmede kullanılan USART özellikli, kendi içerisinde timer'ları bulunan, analog ve digital girişleri olan bir işlemcidir. PIC16F877 işlemcisi tüm bu özellikleri ve daha fazlasını içermektedir. Ancak PIC16F628'de bizim ihtiyacımızı karşılayabilmektedir. Bu nedenle daha ekonomik olması için bu mikroişlemci seçilmiştir.

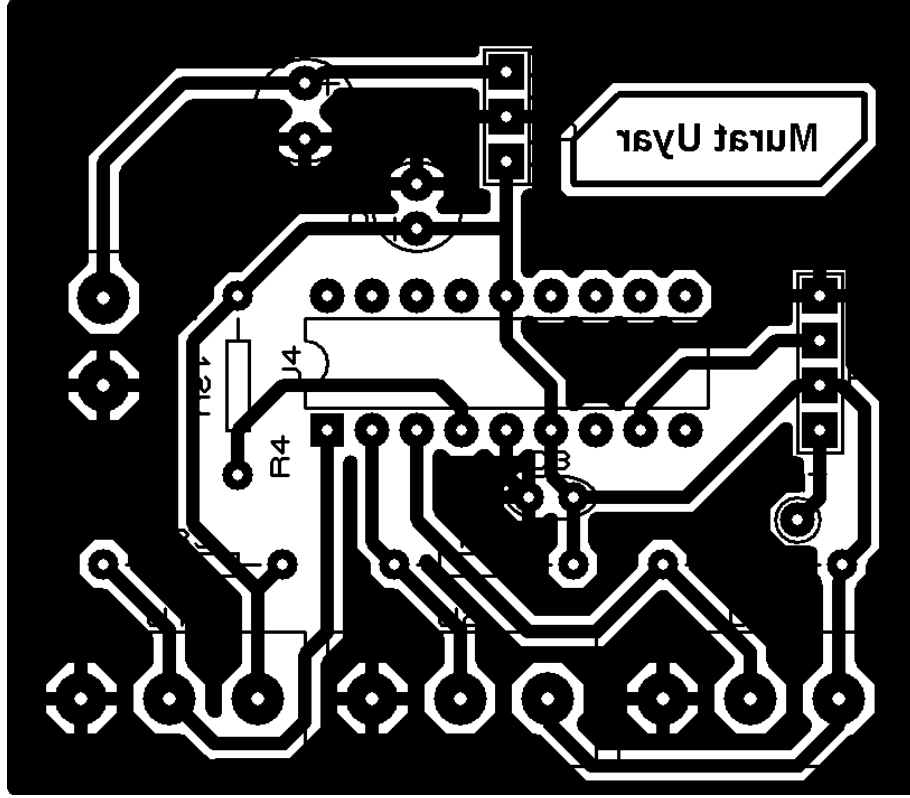
Devremizle alınan sıcaklık verileri ve yardımcı devreden gelen titreşim verileri ana işlemcimiz olan PIC16F628'e girilmektedir. Burada sensörlerden gelen datalar okunarak ATX-34 rf vericiye aktarılır. Bu verici de dataları RF'e çevirerek yayınlar.

Öncelikle sistemimizin çalışmasını görmek ve varsa hataları düzeltmek için devre şemamızı çizeriz. Burada devre elemanları teknik gösterimleri ile çizilir. Devre şeması Şekil 3.16'da gösterilmiştir.



Şekil 3.16 Ana verici devrenin şeması

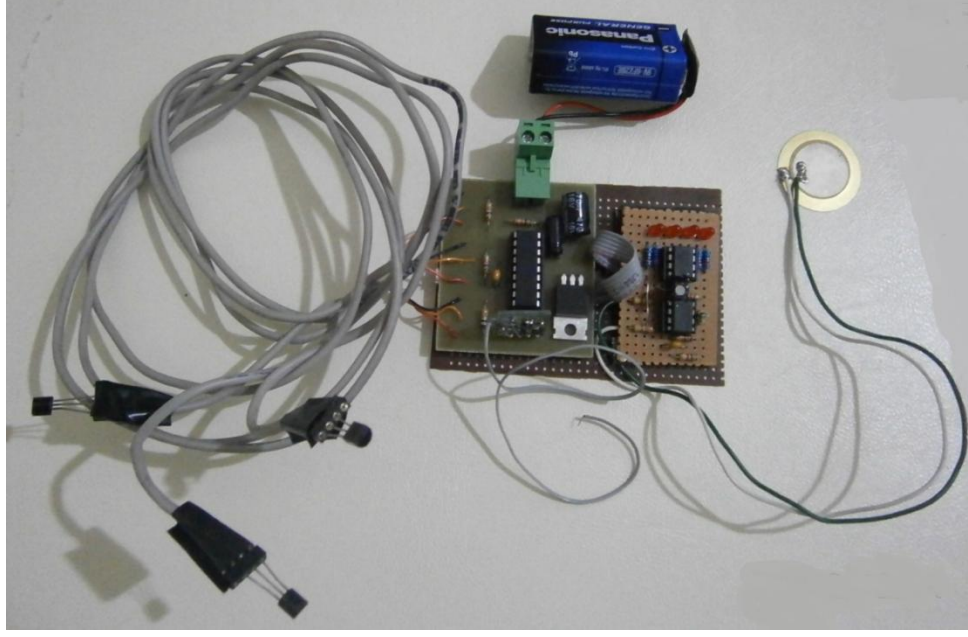
Şimdi elemanlarımızın üzerine bağlandığı ve iletişimin gerçekleştirildiği baskı devremizin baskı devre şemasını çiziyoruz. Bu baskı devre çizimi Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



Şekil 3.17 Verici devrenin baskı devre çizimi

Görüldüğü gibi plaket üzerinde devreye bağlanacak her elemanın yeri ve veri yolu gösterilmiştir. Ayrıca bu plaket üzerine istenildiği takdirde şemanın adı, yapan kişi gibi notlar da yazılabilir.

Plaketimiz hazır olduktan sonra devre elemanlarımızı datasheetlerinde verilen yardımcı elemanlarıyla (dirençler, kondansatörler gibi) birlikte plaket üzerine yerleştirip bağlantılarını lehim ile birleştirilmektedir. Böylece verici devremiz tamamlanmıştır. Üretimi yapılan verici devre Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.18 Verici devre genel görünüşü

Devremizin hazırlanmasından sonra ilk işlemimiz işlemcinin programlanmasıdır. Bunun için yürütülecek program önce assembly olarak yazılır. Bu kod not defteri aracılığıyla yazılabileceği gibi mplab, Pic Basic gibi yazılım dilleriyle de oluşturulabilir.

Program, not defterine yazılırken, program yazma kurallarına uymak kaydıyla sıradan metin yazımı işlemi gibi yapılır. Yazım işleminin sonunda dikkat edilmesi gereken husus, program yazımının bitip kaydedilme aşamasında .ASM uzantılı olarak kaydedilmesidir.

Aşağıda projemizde yer alan 3 kanal sıcaklık bilgisini ve titreşim bilgisini alarak RF verici aracılığıyla yayınlayan pic programının not defteri üzerinde kodlaması görülmektedir.

```
Include "MODEDEFS.BAS"
'DEFINE HSER_RCSTA 90h
'DEFINE HSER_TXSTA 20h
'DEFINE HSER_BAUD 2400
;DEFINE HSER_SPBRG 25
```



```

define osc 4

Busy          VAR BIT          ' Busy Status-Bit
HAM           VAR WORD         ' Sensör HAM okuma değeri
ISI           VAR WORD         ' Hesaplanmış ISI değeri
Float         VAR WORD         ' Holds remainder for + temp
C display
X             VAR WORD
i             VAR BYTE
ISARET_BITI   VAR HAM.Bit11    ' +/- sıcaklık İşaret
biti, 1 = olursa eksi sıcaklık
EKSI_ISI      CON 1            ' Sıfır altında isaret
biti=1 oluyor kontrol için
DERECE        CON 223          ' ° işareti
ISARET        VAR BYTE         ' ISI değeri için +/-
işaret
TEMP          VAR BYTE         ' Div32 bit hesap için geçici
değişken

Titresim      var byte

SYMBOL Comm_Pin=PORTa.2        ' One-wire Data-Pin "DQ"
PortB.0 da
SYMBOL Comm_Pin1=PORTa.3       ' One-wire Data-Pin "DQ"
PortB.0 da
SYMBOL Comm_Pin2=PORTa.4       ' One-wire Data-Pin "DQ"
PortB.0 da
trisa=255
trisb=$F0
porta=0
portb=0
cmcon=7

bs:
'HSEROUT ["DemoTemp"]
serout portb.2, 4, ["F","DemoTemp"]

```

```

portb.2=0
pause 200

; goto bs
;;;;;;;;;;;;;
for i=1 to 10 STEP 1
OWOUT Comm_Pin, 1, [$CC, $44]
OWOUT Comm_Pin, 1, [$CC, $BE]
OWOUT Comm_Pin1, 1, [$CC, $44]
OWOUT Comm_Pin1, 1, [$CC, $BE]
OWOUT Comm_Pin2, 1, [$CC, $44]
OWOUT Comm_Pin2, 1, [$CC, $BE]
PAUSE 100
next
;;;;;;;;;;;;;
main:
;lcdout $fe, $80, dec ISI

PAUSE 50
for i=1 to 10 STEP 1
toggle portb.2
pause 1
next i
PAUSE 10

serout portb.2, 4, ["DemoTemp"]
OWOUT Comm_Pin, 1, [$CC, $44]
bekle:
OWIN Comm_Pin, 4, [Busy]
;IF Busy = 0 THEN Bekle
OWOUT Comm_Pin, 1, [$CC, $BE]
OWIN Comm_Pin, 2, [HAM.Lowbyte, HAM.Highbyte]
;ISARET = "+"
TEMP = 625 * HAM
ISI = DIV32 10
FLOAT = (ISI //1000)/100
ISI=ISI/1000

```

```

; if ISARET_BITI = EKSI_ISI then
;     ISARET    = "-"
;     temp=($ffff-ham+1)*625
;     ISI    = DIV32 10
;     FLOAT = (ISI //1000)/100
;     ISI=ISI/1000
; endif
'''HROUT [dec ISI]
serout portb.2, 4, [#ISI]
;;;;;
OWOUT  Comm_Pin1, 1, [$CC, $44]
bekle1:
OWIN   Comm_Pin1, 4, [Busy]
; IF    Busy = 0 THEN bekle1
OWOUT  Comm_Pin1, 1, [$CC, $BE]
OWIN   Comm_Pin1, 2, [HAM.Lowbyte, HAM.Highbyte]
; ISARET = "+"
        TEMP = 625 * HAM
        ISI = DIV32 10
        FLOAT = (ISI //1000)/100
        ISI=ISI/1000
; if ISARET_BITI = EKSI_ISI then
;     ISARET    = "-"
;     temp=($ffff-ham+1)*625
;     ISI    = DIV32 10
;     FLOAT = (ISI //1000)/100
;     ISI=ISI/1000
; endif
'''HROUT [dec ISI]
serout portb.2, 4, [#ISI]
;;;;;
OWOUT  Comm_Pin2, 1, [$CC, $44]
bekle2:
OWIN   Comm_Pin2, 4, [Busy]
; IF    Busy = 0 THEN Bekle2
OWOUT  Comm_Pin2, 1, [$CC, $BE]

```

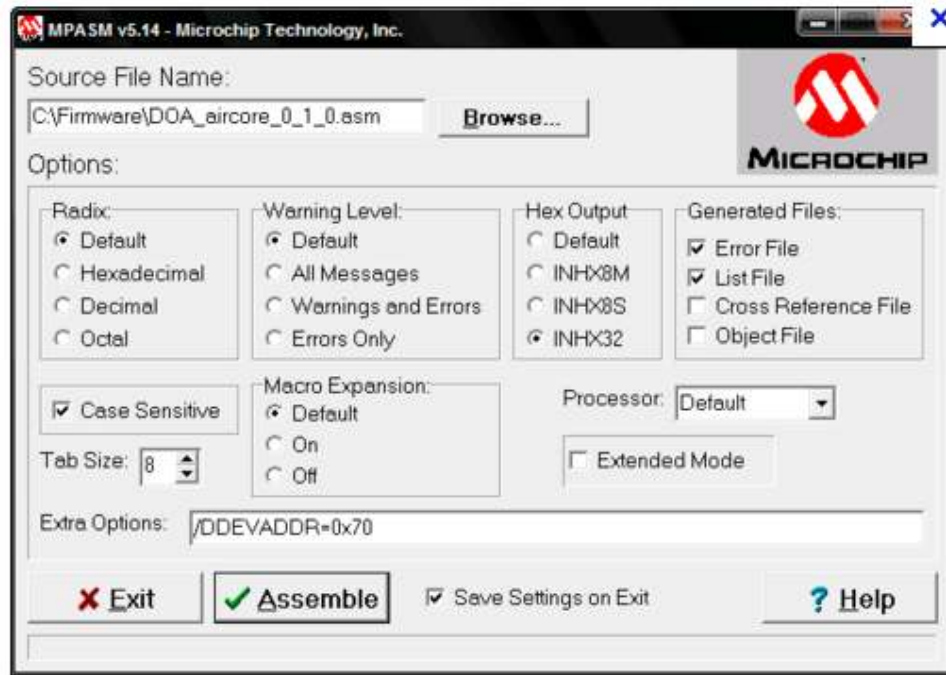
```

OWIN    Comm_Pin2, 2, [HAM.Lowbyte, HAM.Highbyte]
;ISARET = "+"
        TEMP = 625 * HAM
        ISI = DIV32 10
        FLOAT = (ISI //1000)/100
        ISI=ISI/1000
;if ISARET_BITI = EKSI_ISI then
;        ISARET    = "-"
;        temp=($ffff-ham+1)*625
;        ISI    = DIV32 10
;        FLOAT = (ISI //1000)/100
;        ISI=ISI/1000
;endif

'HSEROUT [dec ISI]
serout portb.2, 4, [#ISI]
Titresim=0
Titresim.0=PORTB.4
Titresim.1=PORTB.5
Titresim.2=PORTB.6
Titresim.3=PORTB.7
if Titresim>9 then
        serout portb.2, 4, [#Titresim]
else
        serout portb.2, 4, ["0"]
        serout portb.2, 4, [#Titresim]
endif
;pause 2
GoTo main,

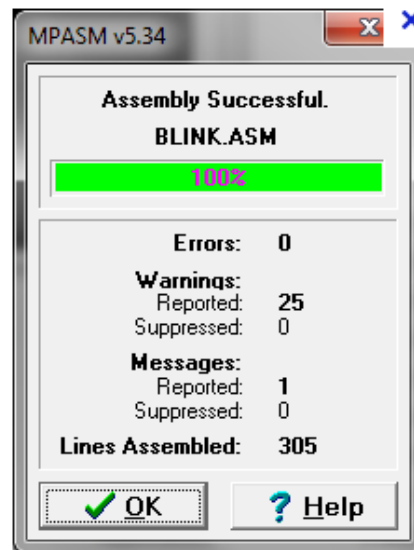
```

Aşağıdaki resimde görüldüğü gibi “.asm” uzantılı programın.hex olarak derlenmesi için MPASM programı kullanılır. Programın “Browse” butonuna tıklanarak derlenecek PIC programı seçilir. Diğer seçenekler otomatik olarak seçili durumdadır. Eğer “Hex. Output” bölümünde “INHX8M” seçeneği işaretli değil ise işaretlenmelidir. MPASM program arayüzü Şekil 3.19’da verilmiştir.



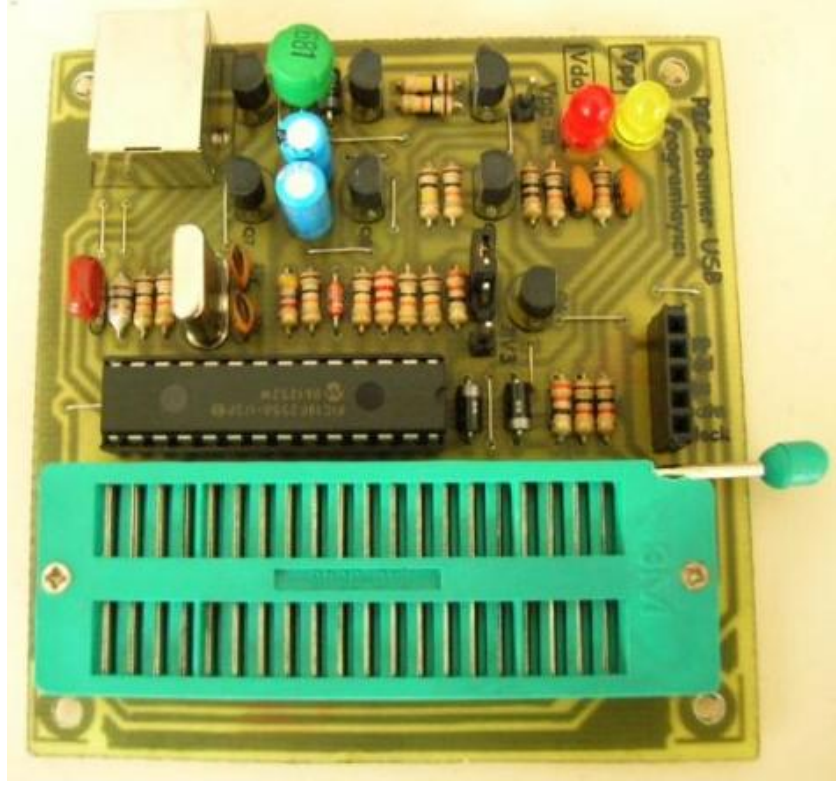
Şekil 3.19 MPASM programı arayüzü.

Bu işlemlerin ardından “Assemble” butonuna tıklanarak Assembler programı hex koda çevrilir. Eğer programda komutların yazılımlarına dair bir hata yok ise dönüşüm barı yeşil renk alır ve ekranda “Build completed successfully” seklinde program derlenmesinin hatasız tamamlandığına dair mesaj görüntülenir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Program derlemesinin görünüşü

Derleme tamamlandıktan sonra program PIC'e yazdırılır. Bu işlem için ayrı bir entegre kullanılır. Bu entegreleri kendimiz hazırlayabileceğimiz gibi piyasadan hazır olarak da elde edebiliriz. Projemizde hazır bir entegre kullanılmıştır (Şekil 3.21).



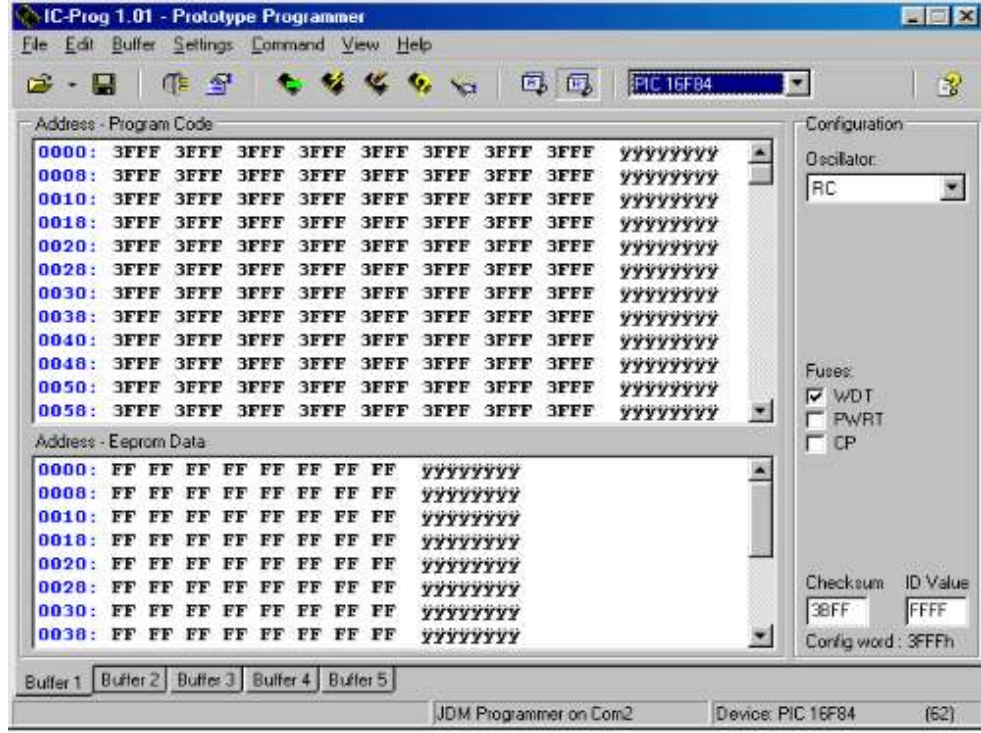
Şekil 3.21 PIC program yükleme entegresi

Program yüklemesi için ilk olarak PIC entegreye yerleştirilir. Entegre bir ara kablo vasıtasıyla bilgisayara bağlanır. Bilgisayarda hazırlanan hex dosyayı PIC'e yazmak için de ayrı bir program kullanılır.

IC-Prog programı: IC-Prog, bilgisayarın seri portu üzerinden PIC'e program yüklemek, yüklü PIC entegresini silmek veya yüklenen program ile PIC içerisindeki programın doğruluğunu test etmek için kullanılan PIC yazıcı programdır. PIC'e yazma işlemi menüler veya komut simgeleri ile yapılır.

PIC entegresine program heksadesimal kodda yüklenir. IC-Prog "Program Kodu" bölümünde yazılan veya PIC'den okunan programın heksadesimal olarak içeriği görüntülenir. PIC EEPROM'u içerisine yüklenecek veya okunacak veri ise

“EEPROM Verisi” bölümünde görüntülenir. Şekil 3.22’de IC-Prog arayüzü görülmektedir.



Şekil 3.22 IC-Prog arayüzü

Burada “Fuses” bölümünde programın çalışması sırasında kullanılacak olan konfigürasyonlar ayarlanabilir.

Bu bölümde yer alan üç konfigürasyon yazılım içerisinde belirtilebilir. Bu durumda seçenekler otomatik olarak işaretli belirecektir. Eğer konfigürasyon yazılım içerisinde belirtilmemiş ise yükleme esnasında sigortalar bölümünden belirlenebilir.

WDT (Watchdog Timer) belirli zaman aralıklarında programın çalışmasını başa döndürür.

PWRT (Power on Reset) PIC’e enerji verilme durumunu (On/Off) kontrol eder.

CP (Code Protect) PIC entegresinin programlanmasının ardından içerisindeki yazılımın okunarak kopyalanmasını önlemek için kullanılır.

IC-Prog programı aracılığıyla işlemci programlandıktan sonra entegreden çıkarılarak devreye eklenir. Böylece verici ünitemiz çalışmaya hazır hale gelmiş olur.

3.1.2.1 Alıcı Devre

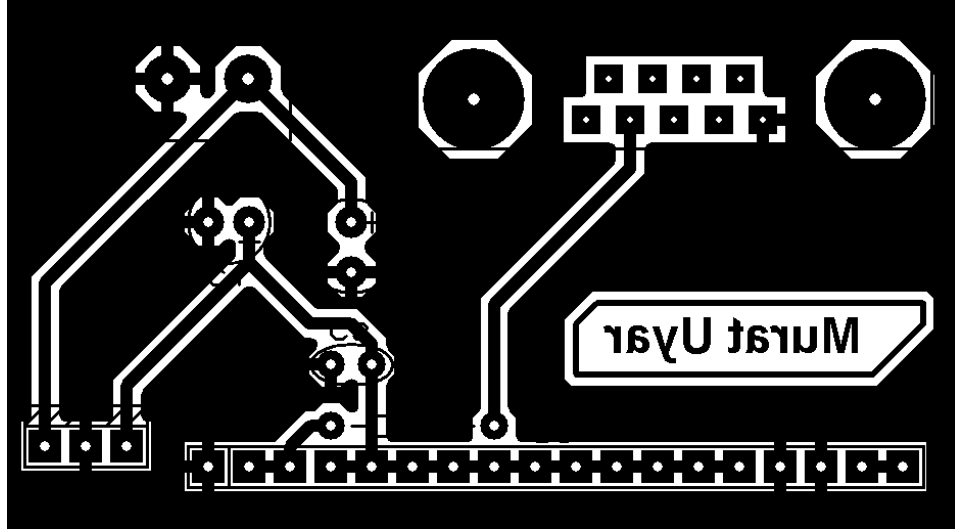
Verici devreden gönderilen sinyallerin okunarak bilgisayara aktarılması için bir aracıya ihtiyaç vardır. Bu işlemi gerçekleştiren devre alıcı devre olarak adlandırılır. Alıcı devrede anteninden okunan veriler RS232 standardı kullanılarak bilgisayara aktarılır.

Alıcı devrede kullanılan devre elemanları:

- 1 adet LM7805AC voltaj regülatörü
- 1 adet arx-34 alıcı modül
- 2 adet kondansatör
- 1 adet RS232 konnektör
- 1 adet klemens

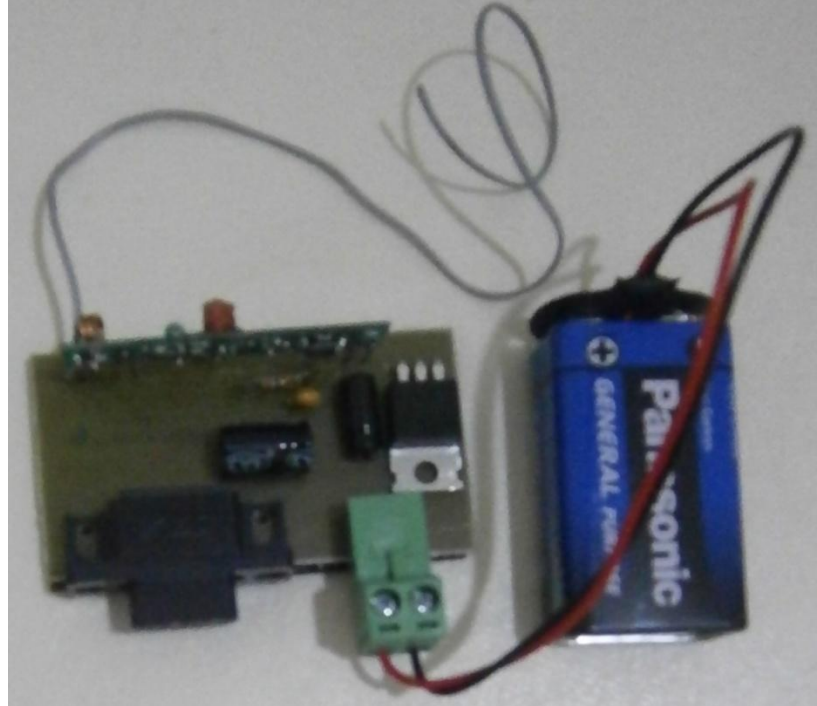
Bu devre verici devre kadar karmaşık değildir. Üzerinde bir adet alıcı modül ile bu modülün besleme hattı, bir de veri transferini sağlamak için RS232 soket bulunmaktadır. Besleme hattında verici devrede de anlattığımız gibi devre elemanlarını korumak ve sistemin güvenli çalışmasını sağlamak için bir adet voltaj regülatörü ile iki adet kondansatör bulunmaktadır. Klemens aracılığıyla devreye bağlanan besleme gerilimi 5 ile 15V arasında olsa bile bu hattan geçerek devre elemanlarına 5V olarak aktarılır. Ayrıca kondansatörler sayesinde ani dalgalanmalardan devre elemanları etkilenmez.

Devrenin oluşturulmasında ilk olarak elemanlarının üzerine yerleştirildiği plaketin baskı çizimi yapılır ve plaket üzerine bastırılır. Bu işlem piyasada birçok elektronikçi tarafından yapılabilmektedir. Biz de baskımızı dışarıda bir elektronikçiye yaptırдық. Baskı devre Şekil 3.23’de gösterilmiştir.



Şekil 3.23 Alıcı devre baskı devre şeması

Hazırlanan baskımız üzerine devre elemanları lehimleme yöntemi ile montajlanmış ve alıcı devremiz Şekil 3.24’de gösterildiği gibi hazır hale getirilmiştir.



Şekil 3.24 Alıcı devre genel görünüşü

Alıcı devre üzerinde bulunan ARX alıcı modülün anteni ile vericiden gönderilen sinyaller okunur. Bu sinyaller alıcının çıkışından bilgisayar bağlantısı için RS232

sokete gönderilir. Devrede çıkış bağlantısı için özellikle bu soket kullanılmıştır. Bilgisayar ortamına veri aktarımında RS232 standardı kullanılmıştır. RS232 standardını daha önce anlatmıştık. Klasik bilgisayarlarda bu iletişimin sağlanması için 9 pin DP9 veya 25 pin DP25 erkek soketler bulunmaktadır. Ancak günümüz teknolojisinde kullanılan dizüstü bilgisayarların çoğunda bu soketler bulunmamaktadır. Bu nedenle verilerin bilgisayara aktarılabilmesi için RS232'den bilgisayarlarda daha yaygın olarak bulunan giriş soketi olan USB ye dönüştürücüler geliştirilmiştir. Biz de sistemimizin her bilgisayarda çalıştırılabilmesi için çıkış soketi olarak RS232'yi seçip bir adet RS232-USB dönüştürücü ile verileri USB girişinden aktarmaktayız.

3.1.3 Kontrol Programının Hazırlanması

Tezimizin bu aşamasında kontrol kartlarımızdan gelen verilerin analiz edilmesi ile mekanik sistemin durum izlemesini gerçekleştireceğiz. Bunun için Visual Basic 6.0 programında bir arayüz hazırlanmıştır. Bu arayüz üzerinden sistemde meydana gelen değişimleri görerek yorumlayacağız.

Durum kontrol programımızda önce kontrol kartımızdan gelen veriler okunmaktadır. Bu veriler üç adet sıcaklık ve bir adet titreşim verisinden oluşmaktadır. Bu veriler ayrıştırılarak her bir veri için oluşturulan diyagramlarda gösterilmektedir. Ayrıca sıcaklık verilerinin hepsini tek bir grafik üzerinde çizdirerek belirli bir süre boyunca gerçekleşen değişimi ve birbirleri arasındaki farklılıkları da görebilmekteyiz.

Programımızın çalışması verilen referans değerlere göre sistemin durum izlemesi esasına dayanmaktadır. Bu amaçla okunan titreşim ve sıcaklık verilerimizi kendi diyagramlarına yazdırdıktan sonra bu değerleri girdiğimiz referans değerleriyle karşılaştırırız. Eğer sistemin çeşitli noktalarından alınan sıcaklık yada titreşim değerleri girdiğimiz bu referans değerlerinin dışına çıkarsa bu verinin diyagramının yanında bulunan uyarı lambası yanacak ve ikaz bölmesine sistemin o bölgesinde

arıza olduğuna dair uyarı yazılacaktır. Ayrıca sistemin birden fazla bölgesinde problem çıkması durumunda acil durum uyarısı verilecektir.

Kontrol programımızın yapımına ilk olarak programın arayüzünü oluşturarak başlıyoruz. Ancak önce bu programı yazacağımız program dili olan Visual Basic'den bahsedelim.

Visual Basic: Visual Basic, nesneye yönelik bir programlama dilidir. Yani temel olarak nesneleri kullanırız. Peki nedir bu nesneler? Bu satırları görebildiğinize göre Windows kullanımı hakkında bilginiz vardır. Ekranda gördüğünüz o tuşlar, metin kutuları, açılan pencereler hepsi birer nesnedir.

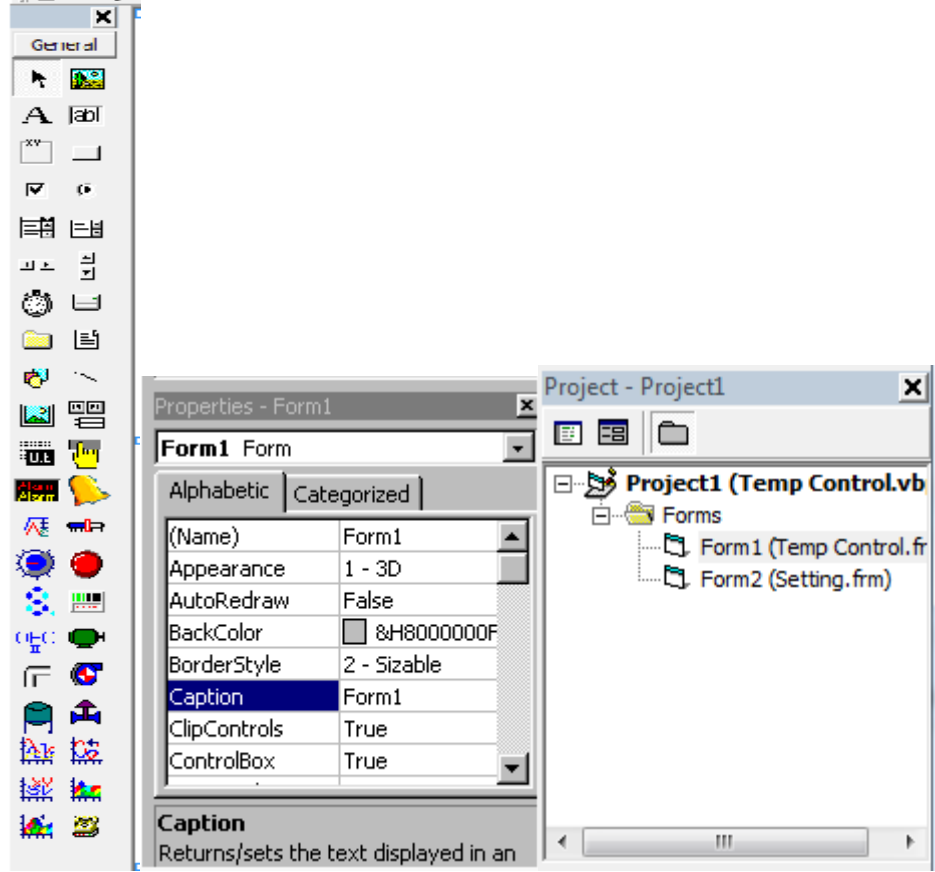
Klasik programlama dillerinde (C, Basic,..vb), programı yazarken yukarıdan aşağı doğru yazdığınızı ve programın da çalışırken aynı mantıkla hareket ettiğini bilirsiniz. VB'de ise durum farklıdır. Visual Basic'de kodu yazarsınız, gerisini kullanıcıya bırakırsınız. Tabi istediğiniz oranda. Kullanıcı ancak sizin izin verdiğiniz kadar hareket edebilir.

Bütün bunlar “olay”lar , “metot”lar ve “özellikler” kullanılarak kolaylıkla yapılabilir. Basitçe örneklemek gerekirse,

Ampul.renk=kırmızı (ampulün kırmızı renk olduğunu belirler)

Visual Basic tamamen Nesne.Özellik = Değer mantığıyla çalışır. Bu değer nasıl belirtileceği konusunda ise bize değişkenler yardım eder.

Visual Basic'i çalıştırdığımızda, içinde bazı pencereler olan bir arayüz ile karşılaşırız. Bu bizim yazılım ekranımızdır. Bu pencerelerin birkaçı aşağıda gösterilmiştir. İnceleyeceğimiz ilk pencere, ekranın en solunda bulunan Araç Kutusu'dur (Şekil 3.25).



Şekil 3.25 Alıcı devre baskı devre şeması

Araç Kutusu adından da anlaşıldığı gibi üzerinde programımızı oluşturur iken kullanacağımız araçların bulunduğu kutudur. Bu kutulardan metin kutusu, komut butonu, zamanlayıcı gibi bazıları ilk açılışta ekrana gelir. Ancak hepsi bu kadar değildir. Araç kutusuna sağ tıklayıp “Add Tab” menüsü üzerinden de yeni araçlar eklenebilir. Ayrıca çeşitli yazılımlar kullanılarak da buraya farklı programlarda hazırlanmış hazır butonlar eklenebilmektedir.

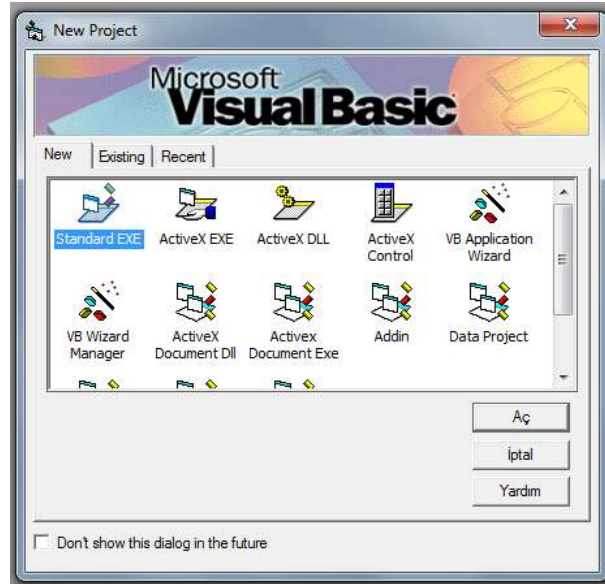
Bizim yazılımımızda da ADLINK firmasının DAQbench komut butonları kullanılmıştır. Bu butonlar özelliklerini kolayca değiştirebildiğimiz ve ayarlayabildiğimiz araçlardır. Bu da bize arayüzü hazırlarken büyük kolaylık sağlamaktadır.

Şekil 3.25’deki ikinci resimde görülen pencere ise özellikler penceresidir. Bu pencereden programda kullanılan tüm ikonların ve işaretçilerin özelliklerini ayarlayabiliriz. Bunlar adı, rengi, boyutu, durumu gibi görsel ve işlevsel özelliklerdir.

Üçüncü resimdeki pencere ise programda kullanılan formların görüldüğü penceredir. Bir program yazılırken birden fazla form kullanılabilir. Bu formlar arasında bağlantılar kurularak programda işletilir.

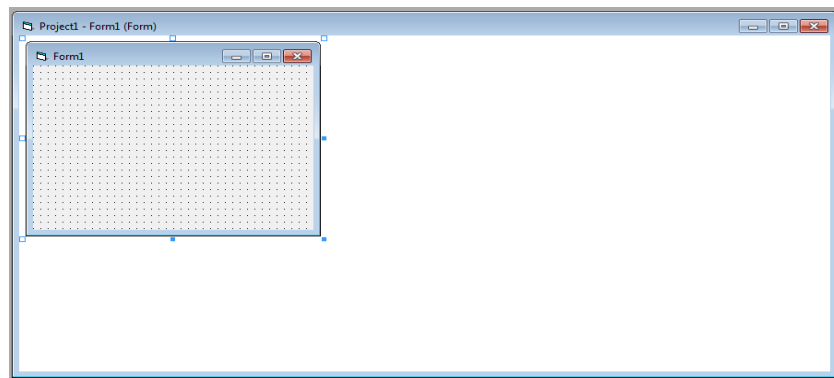
Şimdi RF veri toplama yöntemi ile sistemlerin durum izlemesi programımızın oluşturulmasına geçelim.

Bunun için ilk olarak Visual Basic programımızı açıyoruz ve açılan New Project penceresinden Standart.Exe'ye çift tıklayarak standart bir Visual Basic proje dosyası açıyoruz (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Visual basic new project penceresi

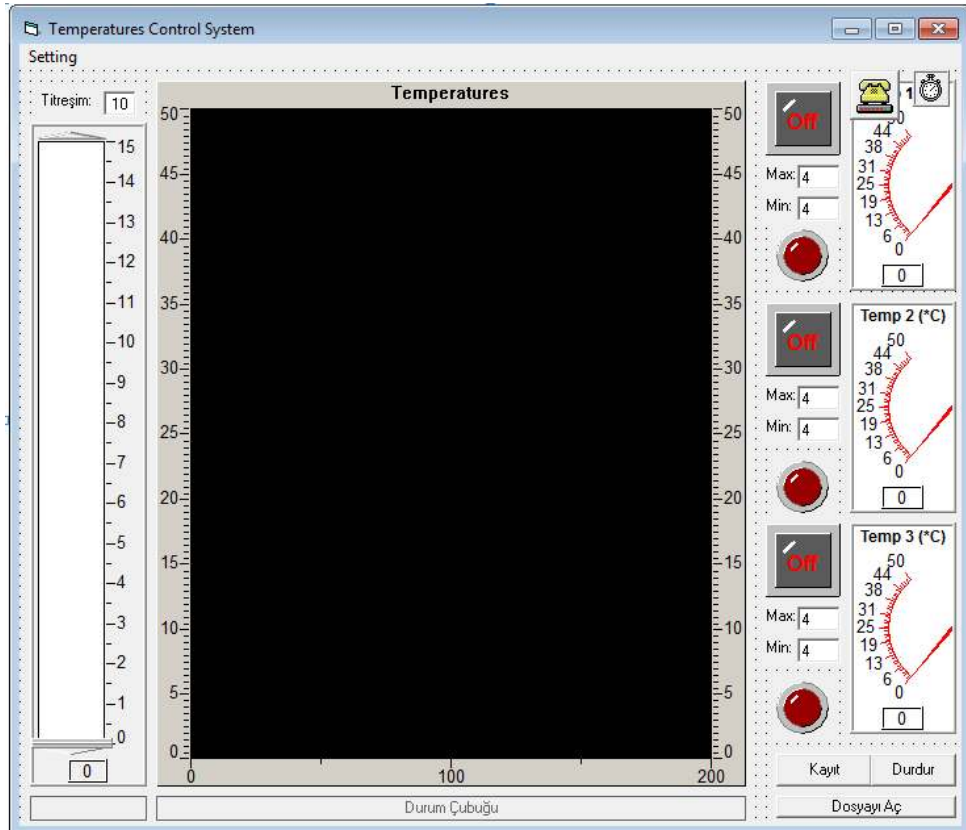
Standart.exe formunda başlatılan proje görüntüsü Şekil 3.27'de gösterilmiştir.



Şekil 3.27 VB proje açılış penceresi

Standart bir proje dosyası açıldığında karşımıza üzerinde x ve y koordinatlarında sıralanmış noktalarla dizili bir Form penceresi ve arkasında da Project isiminde boş bir pencere gelecektir. Açılan bu pencerelerden Form penceresi çeşitli araçlar kullanarak programımızın arayüzlerini oluşturacağımız pencere, Project penceresi ise bu araçları yönetecek ve diğer işlemlerimizi gerçekleştirecek yazılımımızı oluşturacağımız penceredir.

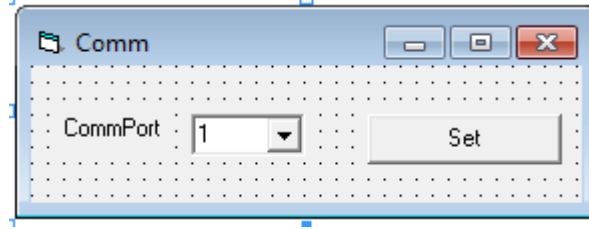
İlk olarak kontrol esnasında sürekli göreceğimiz ve takip edeceğimiz programımızın arayüzünü oluşturup görelim ve üzerindeki elemanları tanıyalım. Geliştirilen program arayüzü Şekil 3.28’de gösterilmiştir.



Şekil 3.28 Kontrol programı genel görünüşü

Arayüz oluşturulurken ilk olarak kontrol ekranının sol üst köşesine Setting olarak adlandırılmış bir buton yerleştirilmiştir. Bu butona basıldığında veri transferinin gerçekleştirileceği comm portu seçmemizi sağlayan bir pencere gelecektir. Bu işlem programımıza sadece açılışta gerekli olduğundan, kontrol sistemi çalışmaya

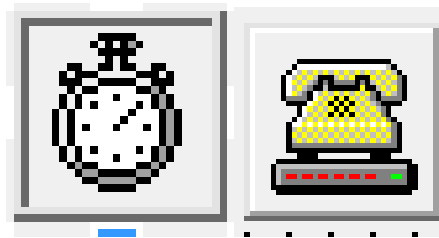
başladıktan sonra bir daha kullanılmayacağından dolayı ayrı bir form olarak düzenlenmiştir. Visual Basic'te program birden fazla form üzerinde oluşturulabilir. Bu formlar komutlar yazılırken birbirine bağlanarak çalıştırılır. Böylece hem temel arayüzde gereksiz araçlar bulunmazken program yazımı da fazla karmaşık hale gelememiş olur. Bu yardımcı pencere Şekil 3.29'da verilmiştir.



Şekil 3.29 Kontrol programı form2 penceresi

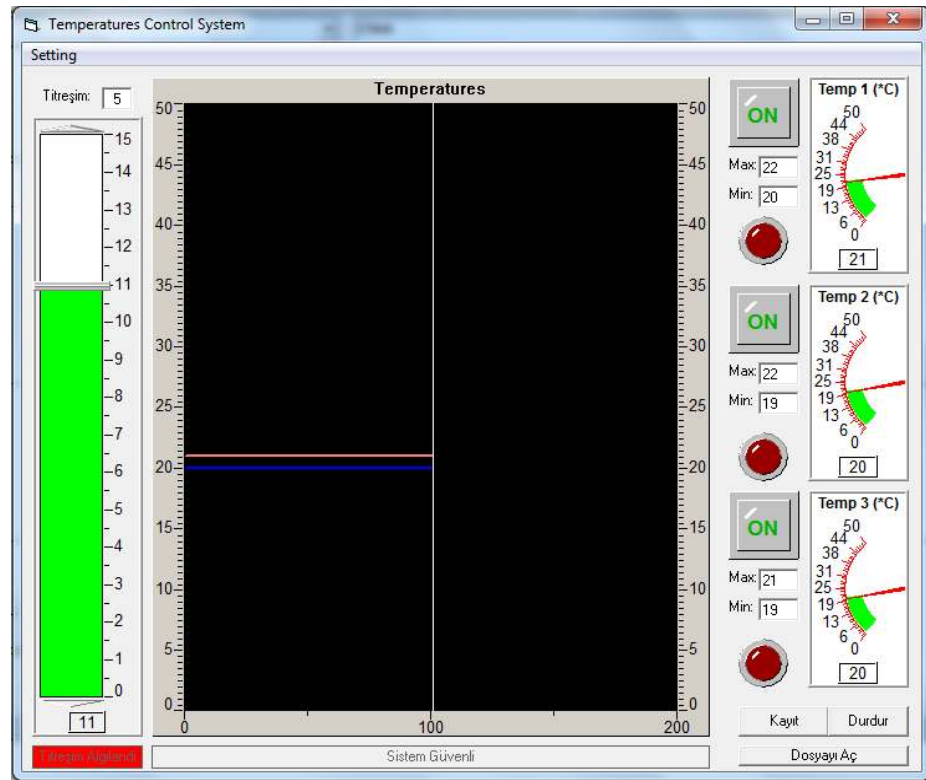
Bu pencerede yer alan ve CommPort olarak işaretlenmiş ComboBox aracından alıcı devrenin bağlı bulunduğu port seçilir ve set butonuna basılır. Böylece veri transferi başlamış olur.

Bilgisayarın CommPort girişinden veri girdisi yapabilmek için programımızın bu portu ve ne işe yaradığını bilmesi gerekmektedir. Bunun için Visual Basic programının içerisinde bu işlem için önceden hazırlanmış bir araç vardır. Bu aracımızın adı "MSComm" dur ve ahizeli telefon şeklindedir. Bu araçtan bir adet arayüz programına eklenir. Ayrıca yazılıma belirli aralıklarla ve sürekli olarak veri akışının sağlanması için "Timer" olarak adlandırılan saat şeklinde araçlar bulunmaktadır. Bu araçlar verinin ne kadar sürede bir aktarılacağını, işlemin ne kadar sürede bir gerçekleşeceği gibi zamanlamaları ayarlar. Timer sayaçları da programda gerektiğinde kullanılacaktır. Bu araçlar form'un neresine eklenirse eklensin program çalıştırılınca görünmez olurlar. Timer ve MSComm kontrolleri Şekil 3.30'da gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Timer ve MSComm ikonları

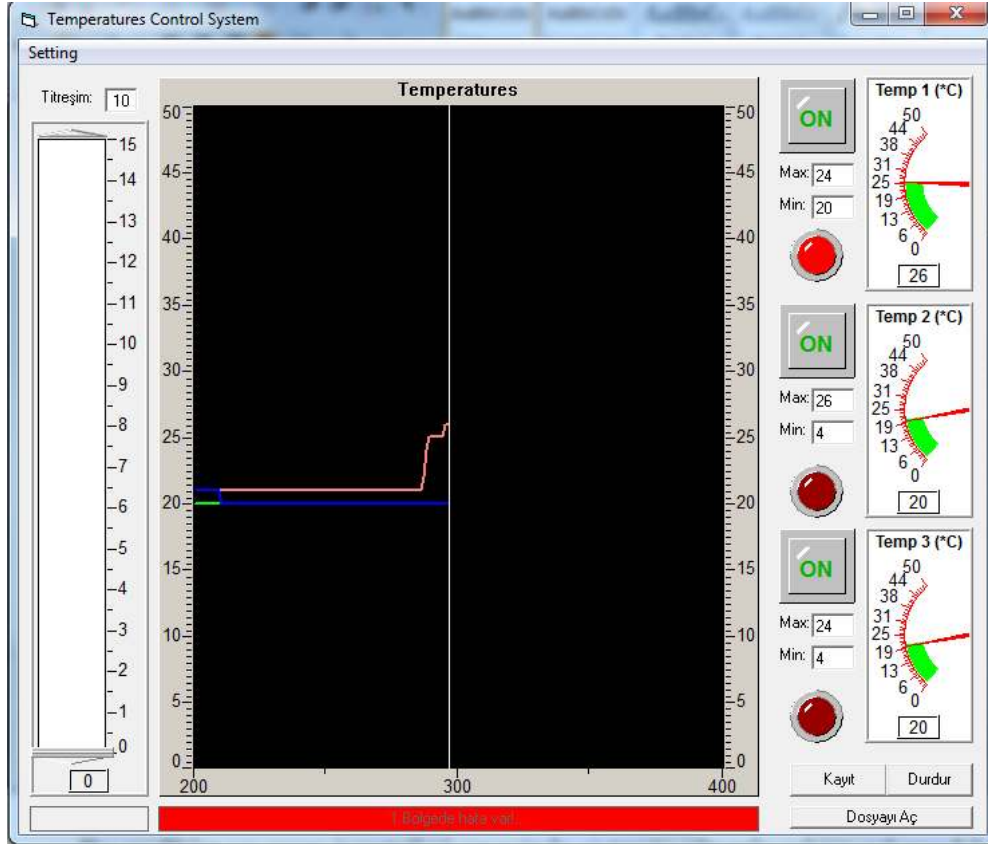
Ana kontrol ekranında sol baştaki grafik DAQbench ikonlarından DSlide aracıdır. Sistemde titreşim olması durumunda titreşimin şiddetine göre bu grafikte gösterilir. Grafiğin üzerinde Textbox olarak bir giriş kutusu eklenmiştir. Bu kutuya normal koşullarda sistemin sağlıklı çalışabileceği maksimum titreşim sınırı girilir. Eğer sistem bu sınırın üzerinde bir titreşime girerse grafikte değeri görünecektir. Ayrıca grafiğin altına da bir adet uyarı ekranı olarak kullanılmak üzere Textbox eklenmiştir. Sistem aşırı titreşime girerse Textbox'ın rengi kırmızıya dönerek “titreşim algılandı” şeklinde uyarı verecektir (Şekil 3.31).



Şekil 3.31 Titreşim uyarısının görünüşü.

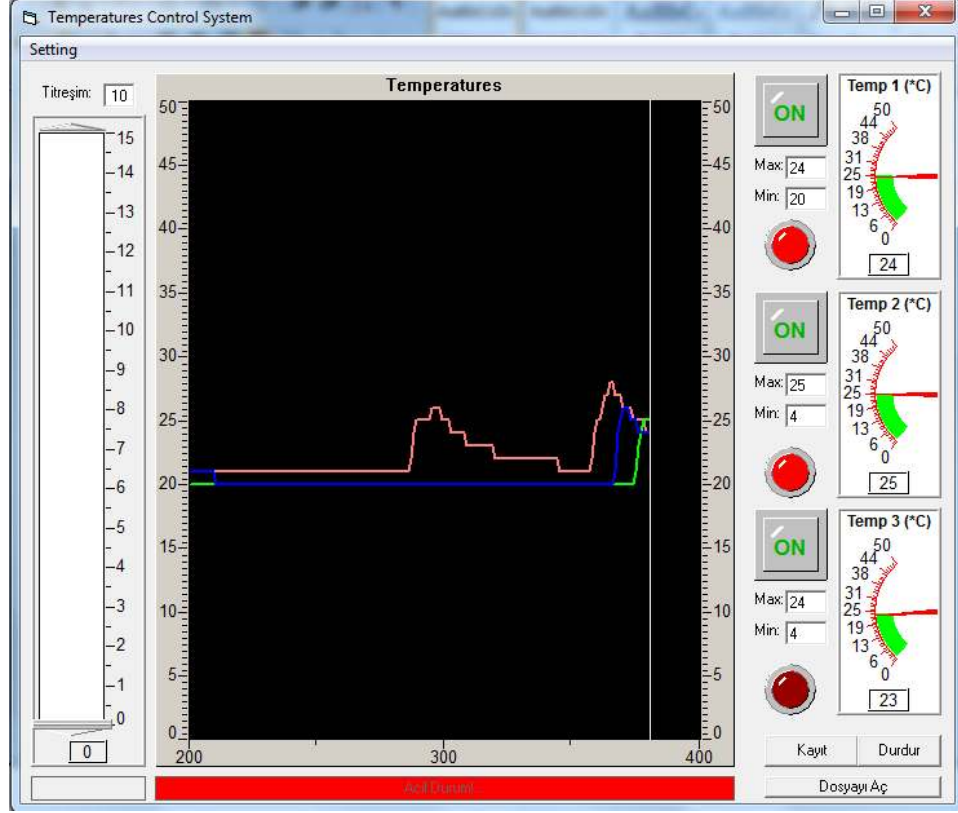
Sağ kenarda alt alta üç adet DKnob aracı bulunmaktadır. Bu araçlar termometre saati şeklinde dizayn edilmiştir ve temp1, temp2, temp3 olarak adlandırılmışlardır. Burada temp1 göstergesi; birinci sıcaklık sensöründen gelen sıcaklık değerini göstermektedir. Temp2; ikinci sıcaklık, temp3 de 3. Sıcaklık sensörümüzden gelen sıcaklık değerlerini göstermektedir. Bu göstergelerde sıcaklık değeri ibrede görüleceği gibi saat penceresinin altındaki küçük kutuda da dijital olarak yazdırılmaktadır.

Sıcaklık göstergelerinin yanlarında her bir sensör kontrolünü devreye alıp devreden çıkarmaya yarayan on-off buton olarak ayarlanmış DBoolean aracı yer almaktadır. Bu butonun off konumunda olması o bölgeye ait sıcaklık kontrolünün yapılmayacağı anlamına gelmektedir. Bu butonların altlarına max ve min olarak işaretlenmiş iki adet Textbox yerleştirilmiştir. Bu kutulara sistemin sensörün bağlı olduğu o bölümünün güvenli bir şekilde çalışabileceği sıcaklık aralığı girilir. Bu aralığa güvenli çalışma alanı denir. Eğer sistemin o bölgesi güvenli çalışma alanından çıkarsa bir arıza oluşmuş demektir ve program hata kodu üretir. Buna bağlı olarak ekranın altında ortada bulunan ve durum çubuğu olarak adlandırılan Textbox kırmızı renge dönüşür ve hangi bölgede hata oluşmuşsa o bölgede hata olduğunu yazar. Üstten alta doğru en üstteki gösterge 1. Bölge, altındaki gösterge 2. Bölge ve en alttaki gösterge de 3. Bölge olarak adlandırılır. Ayrıca her göstergenin yanında bir adet de lamba bulunmaktadır. İlgili bölgede hata olması durumunda bu lambalar da kırmızı renkli olarak yanmaktadır (Şekil 3.32).



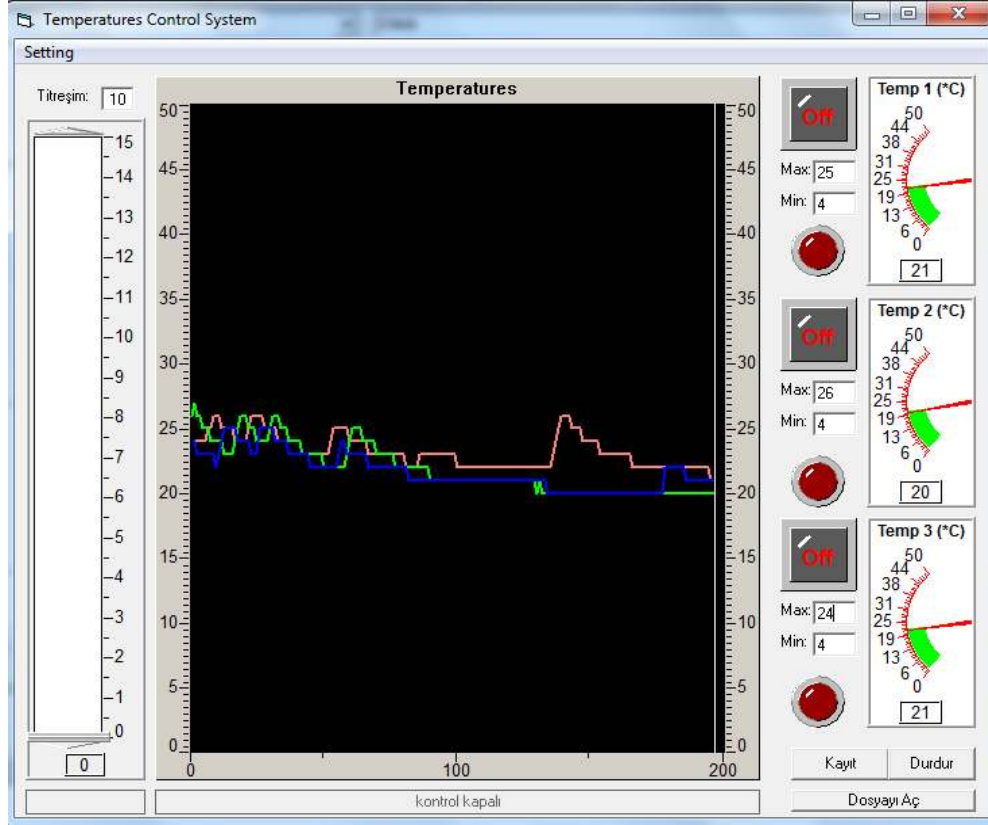
Şekil 3.32 Bir bölgedeki aşırı sıcaklık uyarısı

Eğer sistemin birden fazla bölgesinde hata oluşmuşsa hatalı bölgelerin hepsinin uyarı lambası yanar. Durum çubuğunda da sistemin kötüye gittiğini ve hemen müdahale edilmesi gerektiğini belirten “acil durum” uyarısı yazdırılır (Şekil 3.33).



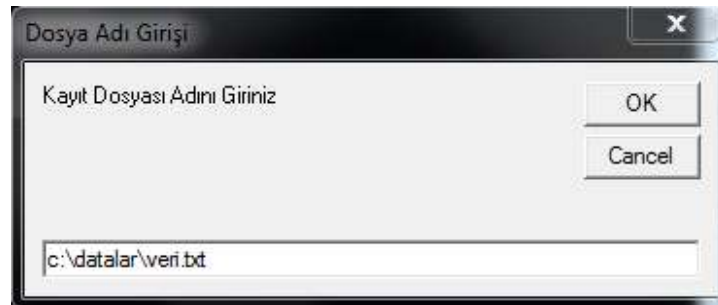
Şekil 3.33 Birden fazla bölgedeki aşırı sıcaklık uyarısı

Kontrol ekranının ortasında büyük DChart grafik aracı yer almaktadır. Bu alanda üç ayrı bölgeden alınan sıcaklık değerleri grafik olarak çizilmektedir. Bu grafikler sayesinde sıcaklıklardaki anlık değişimler sürekli olarak gözlemlenebilmektedir. Böylece bir arıza olma ihtimali durumunda sistem daha arıza vermeden duruma müdahale edilebilmekte, sıcaklıkların birbirlerine göre değişimleri gözlemlenebilmektedir (Şekil 3.34).



Şekil 3.34 Üç ayrı sıcaklığın ana grafikte çizilmesi

Bu grafikler ve uyarı işaretçileri sayesinde sistemin güvenli çalışıp çalışmadığı sürekli olarak takip edilmiş olur. Tüm bunların yanı sıra kontrol ekranı sürekli takip edilmiyor olabilir. Bu sırada sistemde olası bir aksilik durumunda arızanın hangi bölgesinde ve nasıl olduğunun görülebilmesi için kontrol değerlerinin sürekli olarak kayıt altına alınmasında fayda vardır. Bu amaçla kontrol ekranının sağ alt köşesine üç adet Command Button eklenmiştir. Bu butonlar kayıt, durdur ve dosyayı aç olarak isimlendirilir. Kayıt butonuna basıldığında ekrana “Dosya Adı Girişi” adında bir pencere gelmektedir.



Şekil 3.35 Dosya adı girişi penceresi

Bu pencerede kayıt dosyasının kaydedileceği veri yolu ve adı girilir. Ok tuşuna basıldığı andan itibaren de sistemden gelen tüm sıcaklık ve titreşim verileri bu dosyaya yazılmaya başlar. Durdur butonuna basıldığı anda da kaydetme işlemi sonlandırılır.

Veriler kayıt edildikten sonra görülmek istendiğinde kontrol ekranındaki dosyayı aç butonuna basılarak kayıt dosyası açılır ve veriler görüntülenir (Şekil 3.36).

Dosya	Düzen	Biçim	Görünüm	Yardım
24		21	23	0
24		23	23	0
24		24	23	0
24		26	23	0
24		27	23	0
23		27	22	0
23		27	22	0
23		26	22	0
23		26	22	1
23		25	22	8
23		25	22	0
23		25	22	3
23		24	22	3
23		24	22	11
23		24	22	0
23		24	22	0
23		24	21	0
25		23	21	0
25		23	21	0
25		23	24	0
25		23	24	0
25		24	24	0
25		25	24	6
24		25	24	0
24		24	24	0
24		24	24	10
24		24	23	6
24		24	23	0
24		23	23	0
24		23	23	0
25		23	23	0
25		23	22	0
26		23	22	0

Şekil 3.36 Kayıt dosyası görünüşü

Programımızın arayüzünü hazırladıktan sonra sıra bu işlemleri gerçekleştirecek komutsal programın yazılmasına gelmiştir.

3.1.4 Kontrol Programının Yazılması

Kontrol devrelerimizden gelen verilerin yorumlanıp ayrıştırılması, arayüze yerleştirilmiş kontrol araçlarına yazdırılması ve diğer tüm işlemlerin gerçekleştirilmesi programın oluşturulduğu formlara bağlı kod sayfalarına yazılan

programlar sayesinde gerçekleşmektedir. Bu yazılım olmadan veriler değerlendirilemez dolayısıyla kontrol ekranında hiçbir işlem gerçekleşemez.

Yazmaya başlamadan önce bir bilgiyi tekrar hatırlatmakta fayda vardır. Visual Basic diğer yazılım dillerinden ayrı olarak yazılan kodu işletirken kodun yazıldığı sıraya göre işlemez. Yazılımcı programı karmaşık yazıp istediği gibi yönlendirebilir.

Form ilk yüklendiğinde komut sayfasına girildiğinde Form_Load olayı otomatik olarak yüklenir. İlk olayımız formun açılmasıdır. Bu olay Private Sub başlığıyla başlar ve End Sub ile sona erer. Bu iki satır arasına yazılan tüm komutlar bu olayın başlatılmasıyla birlikte gerçekleştirilir. Burada form yükleme olayının içerisine form ilk açıldığında gerçekleşmesini istediğimiz eylemler yazılır. Biz de form ilk açılışında Timer1 ve Timer3 sayaçlarımızı kapatırız. Bu sayaçlar daha sonra anlatacağımız CommPort'un seçilmesinden sonra tekrar başlatılacaktır. Bir de yine daha sonra bahsedeceğimiz grafiklerimizden DChart1 grafiği temizlenir. Form yükleme kodu:

```
Private Sub Form_Load()  
DChart1.ClearPlots  
Form1.Timer1.Enabled = False  
Form1.Timer3.Enabled = False  
End Sub
```

şeklindedir.

Form yüklendikten sonra veri akışını sağlayacak CommPort'u seçip veri transferini başlatırız. CommPort seçim işlemini ikinci bir form üzerinde yaptığımızı göstermiştik. Bu işlemi gerçekleştirmek için ilk formumuz üzerinde comm sekmesine basıldığında form2 nin açılmasını sağlayacak bir kod yazarız. Bu kod:

```
Private Sub Comm_Click()  
Form2.Show  
End Sub
```

şeklindedir.

Böylece Form2 açılır. Bu formun da işlemini gerçekleştirmesi için bir kodu vardır. Bu kod ile CommPort seçilir ve bu porttan gelen veri okunmaya başlar. Form2 içerisindeki kodu aşağıda verilmiştir.

```
Private Sub Command1_Click()
On Error GoTo hata
GoTo dvm
hata: MsgBox ("Error!")
dvm:
Form1.MSComm1.CommPort = Combo1
Form1.MSComm1.PortOpen = True
Form1.Timer3.Enabled = True
Form1.Timer1.Enabled = True
End Sub
```

CommPort'dan veri akışını başlattıktan sonra bu verileri işlemeye başlayabiliriz. Burada timer1 ve timer3 sayaçlarımızı aktif hale getiriyoruz. Bu sayaçların nerelerde kullanıldığını daha sonra göstereceğiz.

Sistemimizden veriler RF alıcı ve verici sayesinde gelmektedir. Bu sistemin çalışma mantığını anlatırken verilerin doğru tayin edilebilmesi için gelen verilerin başında bir senkron olması gerektiğini söylemiştik. Gelen veriler bu senkronun ardından yan yana ve aralarında boşluk olmadan gelmektedir. Verilerin kendilerine ait sayaçlara aktarılabilmesi için öncelikle birbirinden ayrılarak okunması gerekir. Bizim sistemimizde senkron temp kelimesidir. Datalar bu senkronla birlikte “temp21223305” şeklinde ve sürekli olarak gönderilir.

Verileri ayrıştırmak için CommPort'tan gelen veriyi görmemiz gerekir. Bunun için Form1 üzerine bir adet Textbox eklenir. Bu kutunun değeri de MSComm1 girişine eşitlenerek veriler buradan okunur. Bu işlemin kodu:

```
Text8.Text = MSComm1.Input
```

şeklindedir.

Böylece gelen kodları okumaya başlarız. Bu kodları ayrıştırırken temp kelimesinin son harfi olan “p” harfi bulunur. Gelen her bir datanın iki basamaklı sayılardan oluştuğu bilinmektedir. Bu nedenle p harfinden sonra gelen her iki rakam ayrı bir sensör bilgisini vermektedir. Sistemimizde de dört adet sensör olduğundan veri olarak senkrondan sonra sekiz adet rakam gelmektedir. Gelen digital veriler ikişer rakam olarak ayrılıp onluk sayı kuralına göre birler ve onlar basamaklarına göre katsayılarıyla çarpılarak gerçek değerler bulunmuş olur. Bu işlemi gerçekleştirirken öncelikle “p” harfi bulunmalıdır. Bunun için de bir döngü kurulur. Dataları ayrıştırdıktan sonra sıcaklık değerleri sırasıyla sıcaklık grafiklerine (temp1,temp2,temp3) titreşim değeri de titreşim grafiğine (DSlide1) aktarılır. Böylece datalarımız görsel olarak programımıza aktarılmış olur. Bu işlem timer3 adında bir sayaca bağlanır. Bu sayaç milisaniye cinsinden ayarlanan sürede bir döngü içerisindeki işlemi tekrarlar. Böylece gelen veri sürekli olarak okunarak güncelleştirilir. Bu işlemi gerçekleştiren kod aşağıda verilmiştir.

```
Private Sub Timer3_Timer()
Dim a1, a2, a3 As Byte
Dim b1, b2, b3 As Byte
Dim c1, c2, c3 As Byte
Dim d1, d2, d3 As Byte
On Error GoTo HataDvm
For i = 1 To 30
Text9.Text = Mid(Text8.Text, i, 1)
If Text9.Text = "p" Then a1 = i
Next i
a2 = Mid(Text8.Text, a1 + 1, 1)
a3 = Mid(Text8.Text, a1 + 2, 1)
b2 = Mid(Text8.Text, a1 + 3, 1)
b3 = Mid(Text8.Text, a1 + 4, 1)
c2 = Mid(Text8.Text, a1 + 5, 1)
c3 = Mid(Text8.Text, a1 + 6, 1)
d2 = Mid(Text8.Text, a1 + 7, 1) ' Titreşim
d3 = Mid(Text8.Text, a1 + 8, 1)
temp1.Value = (a2 * 10) + a3
```

```

temp2.Value = (b2 * 10) + b3
temp3.Value = (c2 * 10) + c3
DSlide1.Value = (d2 * 10) + d3 ' Titreşim
HataDvm:
End Sub

```

Sıcaklık verilerimiz ayrı ayrı kendilerine ayrılmış grafiklere aktarıldıktan sonra, belirli bir zaman aralığında sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimi izlemek için kontrol programımızın ortasında büyük bir ekran bulunmaktadır. Bu grafiğe üç sıcaklık verisi için de ayrı ayrı sıcaklık değişim eğrisi çizdirilir. Böylece hem takip edilecek her bölgenin sıcaklığında meydana gelen değişimler gözlemlenir, hem de farklı bölgelerin sıcaklık değişimleri karşılaştırılabilir. Bu grafiğin oluşturulması için gerekli kod aşağıda verilmiştir.

```

Private Sub Timer1_Timer() 'grafik
Dim data(2) As Double
Dim Datas As Variant
data(0) = temp1.Value
data(1) = temp2.Value
data(2) = temp3.Value
Datas = data()
Form1.DChart1.PlotCharts Datas, 3
End Sub

```

Burada data(0), data(1) ve data(2) adında 3 adet double ve datas olarak bir değişken oluşturulur. Oluşturulan double tip değişkenlere üç farklı sıcaklık değeri aktarılır. Daha sonra bu değerler datas değişkenine aktarılır. Bu değişken de DChart'ımızın PlotChartlarına yazdırılır. Bu işlem Timer1 in her sayısında tekrarlanarak grafik oluşturulur. Timer1'in interval değeri properties penceresinde 1000 ms ye ayarlanarak 1sn aralıklarla değerlerin grafiğe aktarılması sağlanır.

Böylelikle sistemden gelen tüm veriler grafiklere aktarılmıştır. Bu şekilde grafikler üzerinden sistemin takibi yapılabilir. Ancak bizim sistemimiz otomatik uyarı da vermektedir.

Kontrol ekranımızda her sıcaklık kontrol bölgesinde bu bölgenin kontrol edilip edilmeyeceğini belirlememizi sağlayan bir adet buton bulunur. Bu buton off konumunda ise o bölge kontrol edilmeyecektir. Bu butonun altında kontrolün yapılacağı sıcaklık aralığını ayarlamamızı sağlayan min ve max kutularımız bulunmaktadır. Buradan sistemin güvenli çalışabileceği sıcaklık aralığı girilir. Bu kontrol bölgelerinde bir adet de uyarı lambası bulunmaktadır. Sistem çalışmaya başladığında sıcaklık değeri verilen güvenli çalışma aralığından çıkarsa bu lamba yanar. Ayrıca ana grafiğin altında bir adet durum çubuğu yer almaktadır. Sıcaklık yada titreşim değerlerinden herhangi birinde ya da birkaçında sorun oluşursa bu durum çubuğunda uyarı verilir. Eğer sadece bir bölgede sıkıntı çıkarsa uyarı çubuğunda bu bölgede hata olduğu yazar. Ancak birden fazla bölgede hata oluşmuşsa burada acil durum ikazı yapılır. Hata durum ikazı yapılırken durum çubuğu da kırmızıya dönecektir.

Ekranın sol kenarında titreşim kontrol bölgesi yer alır. Burada bir adet titreşim değerini gösteren grafik, bu grafiğin üstünde sistemin güvenli çalışabileceği maksimum titreşim değerinin girildiği bir kutu ve grafiğin altında da uyarı ekranı yer alır. Sistem kutudaki titreşim değerinin üzerine çıkarsa grafik kırmızı renge dönecektir ve uyarı ekranına titreşim algılandı şeklinde uyarı verilecektir.

Bu kontroller yapılırken her kontrol bölgesi ve grafikleri ayrı ayrı ele alınır. Önce on-off butonun açık olup olmadığına bakılır. Daha sonra gelen veri girilen referans değerleriyle karşılaştırılır. Eğer değerler girilen referanslar içerisindeyse uyarı ekranına sistem güvenli yazdırılır. Değerler referansların dışındaysa uyarı lambası yakılır, uyarı ekranına o bölgede hata olduğu yazılır ve ekranın rengi kırmızıya çevrilir. Tüm bölgelere bakıldıktan sonra eğer birden fazla sıcaklık kontrol bölgesinde hata oluşmuşsa uyarı ekranına acil durum yazdırılır.

Tüm bu işlemler `input_ctrl()` adı altındaki bir olay segmentinde işletilir. Bu olay da `timer2` sayacına bağlanmıştır. Bu sayacın interval değeri 1000 ms'ye ayarlanır. Böylece saniyede bir sistem kontrol edilerek bir hata olması durumunda anında uyarı verilmiş olur. Bu işlemleri aşağıdaki program kodu ile gerçekleştirilmektedir.

```

Public Sub input_cntrl()
If DBoolean4.Value = 1 Then
If Val(Text1.Text) > temp1.Value And Val(Text4.Text) <
temp1.Value Then
DBoolean1.Value = 0
Text7.Text = "Sistem Güvenli"
Text7.BackColor = &H80000004
Else
DBoolean1.Value = 1
Text7.Text = "1.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If
Else
DBoolean1.Value = 0
Text7.Text = "sistem kapalı"
End If

If DBoolean5.Value = 1 Then
If Val(Text2.Text) > temp2.Value And Val(Text3.Text) <
temp2.Value Then
DBoolean2.Value = 0
Text7.Text = "Sistem Güvenli"
Text7.BackColor = &H80000004
Else
DBoolean2.Value = 1
Text7.Text = "2.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If
Else
DBoolean2.Value = 0
Text7.Text = "sistem kapalı"
End If

If DBoolean6.Value = 1 Then
If Val(Text5.Text) > temp3.Value And Val(Text6.Text) <
temp3.Value Then

```

```

DBoolean3.Value = 0
Text7.Text = "Sistem Güvenli"
Text7.BackColor = &H80000004
Else
DBoolean3.Value = 1
Text7.Text = "3.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If
Else
DBoolean3.Value = 0
Text7.Text = "kontrol kapalı"
End If

If DBoolean1.Value = 1 Then
Text7.Text = "1.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If

If DBoolean2.Value = 1 Then
Text7.Text = "2.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If

If DBoolean3.Value = 1 Then
Text7.Text = "3.Bölgede hata var!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If

If DBoolean1.Value = 1 And DBoolean2.Value = 1 And
DBoolean3.Value = 1 Then
Text7.Text = "Acil Durum!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If

If DBoolean1.Value = 1 And DBoolean2.Value = 1 And
DBoolean3.Value = 0 Then
Text7.Text = "Acil Durum!..."

```

```
Text7.BackColor = &HFF&
End If
```

```
If DBoolean1.Value = 0 And DBoolean2.Value = 1 And
DBoolean3.Value = 1 Then
Text7.Text = "Acil Durum!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If
```

```
If DBoolean1.Value = 1 And DBoolean2.Value = 0 And
DBoolean3.Value = 1 Then
Text7.Text = "Acil Durum!..."
Text7.BackColor = &HFF&
End If
```

```
If DSlide1.Value > Val(Text15.Text) Then
Text14.Text = "Titreşim Algılandı"
Text14.BackColor = &HFF&
Else
Text14.Text = ""
Text14.BackColor = &H80000004
End If
End Sub
```

```
Private Sub Timer2_Timer()
input_cntrl
End Sub
```

Böylece kontrol işlemimiz tamamlanmış olur. Ekranı takip ettiğimiz müddetçe sistemde meydana gelebilecek ani değişimleri görebilecek gerekirse müdahale edebileceğiz demektir. Ancak herhangi bir sebeple ekranı sürekli izleyemeyebiliriz. Bu durumda sistemdeki değişimleri ve hataları, hatalı bölgeleri göremeyiz. Bunun için sistemden alınan verileri daha sonra da görebilmek için kaydetmek gerekmektedir. Bu amaçla kontrol ekranımıza kayıt, durdur ve dosyayı aç adında üç adet buton eklenmiştir. Bu butonlardan kayıt butonuna basıldığında ekrana kayıt dosyasının adının ve kaydedileceği veri yolunun belirlendiği pencere gelir. Buraya

dosya adı yazılarak tamam butonuna basılır ve kayıt işlemi başlatılır. Daha sonra durdur butonuna basılarak kaydetme işlemi sonlandırılır. Dosyayı aç butonuna basılarak da kayıt dosyası görüntülenebilir. Bu işlemlerin gerçekleştirilebilmesi için kontrol programının bazı bölgelerine kodlar eklenmiştir. Ayrıca bu işlemleri gerçekleştirirken kullanılacak değişkenler global birer değişken olarak programın başında tanımlanmıştır. Değişken tanımları aşağıdaki gibi yapılmıştır.

```
Dim dosya_adi As String 'global bir değişken olarak tanımlanıyor
Dim kayıt As Boolean 'global bir değişken olarak tanımlanıyor
```

Kayıt butonuna basıldığında programda kayıt işlemi için dosya adı penceresi açılmaktadır. Dosyaya isim verilerek bilgisayara kaydedilmek üzere verilen isimle bir .txt dosyası açılmaktadır. Kayıt işlemine de true komutuyla onay verilerek başlanılmaktadır.

```
Private Sub Command2_Click()
dosya_adi = InputBox("Kayıt Dosyası Adını Giriniz", "Dosya Adı Girişi", "c:\datalar\veri.txt")
Open dosya_adi For Output As 1 'dosya veri yazdırmak için açılıyor
kayıt = True
End Sub
```

Kayıt işlemi tamamlandığında durdur butonuna basılarak kayıt işlemi sonlandırılmaktadır.

```
Private Sub Command3_Click()
kayıt = False
Close #1
End Sub
```

Dosyayı aç butonuna basıldığında kaydedilen verileri görmek için dosya açılıyor.

```
Private Sub Command4_Click()
On Error GoTo dosyahata
Close #1
kayıt = False
```

```

Dim xx
xx = Shell("C:\WINDOWS\notepad.exe" + " " + dosya_adi,
vbNormalFocus)
dosyahata:
End Sub

```

Kayıt için onay verildiğinde dosyaya yazılacak verilerin belirlenmesi ve açılan dosyaya yazdırılması için grafiklere verilerin aktarıldığı timer1 döngüsü içerisine aşağıdaki kod eklenir.

```

If kayit = True Then
Dim k, l, m As Double
k = temp1.Value
l = temp2.Value
m = temp3.Value
Print #1, k, l, m, DSlide1.Value

```

Böylece kayıt işlemimiz de tamamlanmış olur.

Yapılacak tüm işlemlerimizi yaptığımıza göre yazılımımız tamamlamış demektir. Son olarak işimiz bittikten sonra kontrol ekranımızı kapatıp daha sonra tekrar açmak istediğimizde formu tekrar yüklemek isteyecek ve formu açık göreceği için hata verecektir. Açılışta hata vermemesi için ekran kapatılırken formun da kapatılması için bir olay tanımlanır. Bu olayın adı form kapatma işlemidir. Form kapatma işlemi kodu:

```

Private Sub Form_Unload()
On Error GoTo hataext
MSComm1.PortOpen = False
Close #1 'burada eğer kayıt devam ediyorsa o da durdurulmalıdır.
hataext:
End Sub

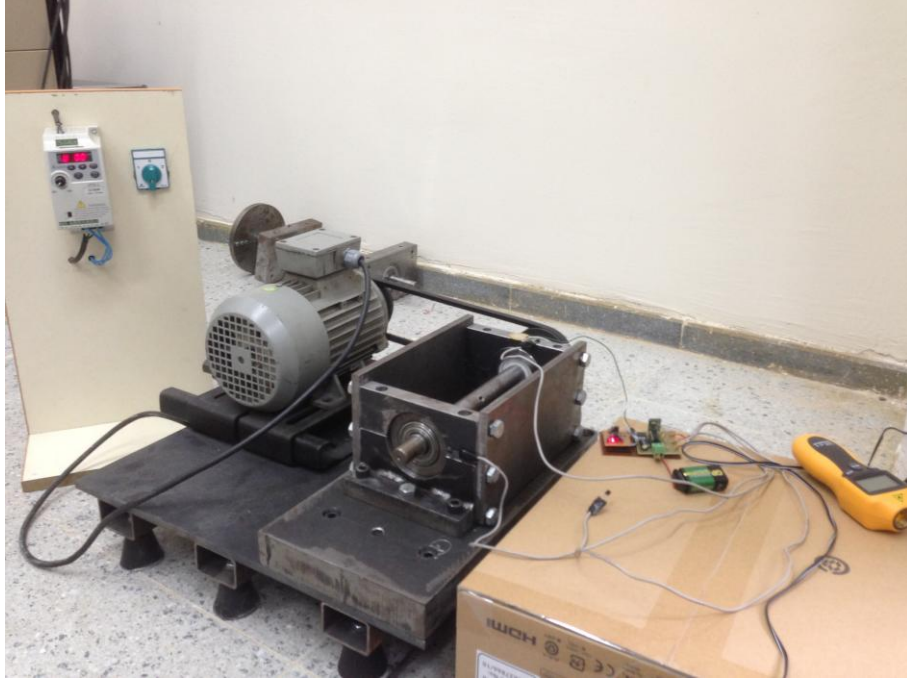
```

şeklinde dir. Formumuzu da kapattıktan sonra programımız kullanıma hazır demektir.

BÖLÜM DÖRT

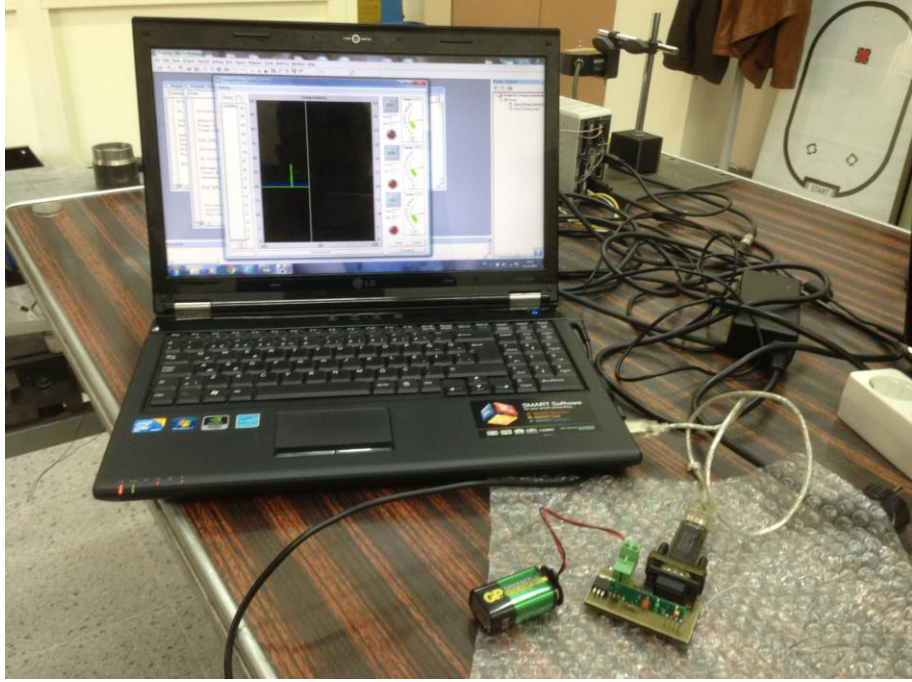
DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen RF veri toplama sistemi ve durum izleme yazılımı, prototip bir makinenin çalışma durumunu izlemek için kullanılmıştır. Sıcaklık ve titreşim ölçümlerinin gerçekleştirildiği makine ve ölçüm sistemi Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



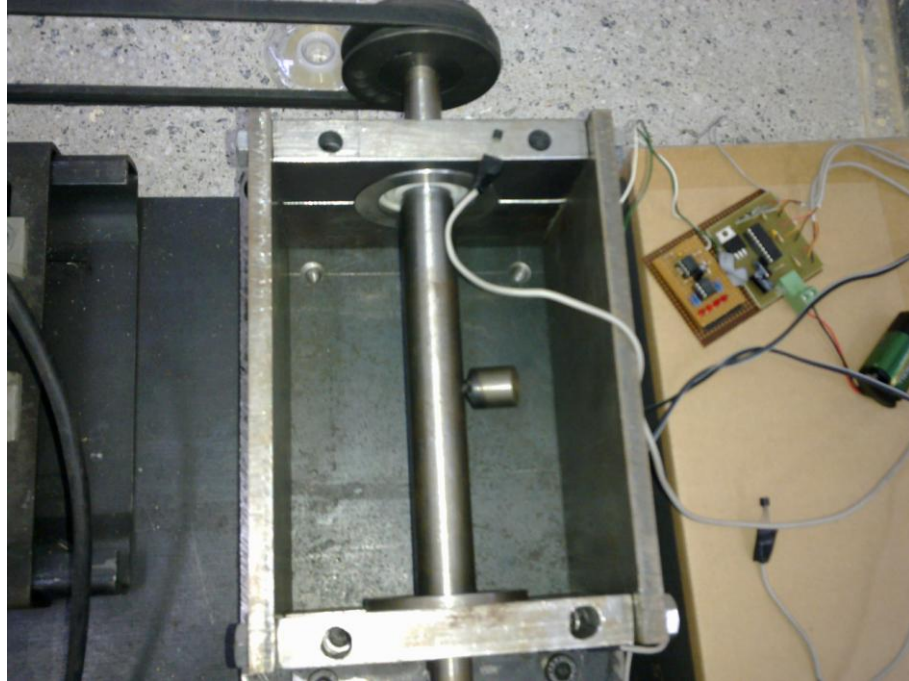
Şekil 4.1 Deney düzeneği ve ölçüm sistemi.

Deney düzeneği devir sayısı ayarlanabilir bir elektrik motoru ve kayış kasnak sistemi ile tahrik edilen, iki adet sabit bilyalı rulman tarafından yataklanmış, üzerine dengesizlik kütlesi eklenebilen bir mil ve gövdeden oluşmaktadır. Mil devir sayısı dijital bir takometre ile ölçülmektedir. Makine üzerinden bir adet noktadan titreşim, üç adet noktadan da sıcaklık verisi alınabilmekte ve RF haberleşme ile kontrol programına aktarılabilmektedir. Deney düzeneğinde sıcaklık değişimi çok fazla olmadığından deneyde sıcaklık sabit gibi görülecek bu nedenle değerlendirmeler titreşim değerleri üzerinden yapılacaktır. Alıcı devre ve kontrol programı arayüzü Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



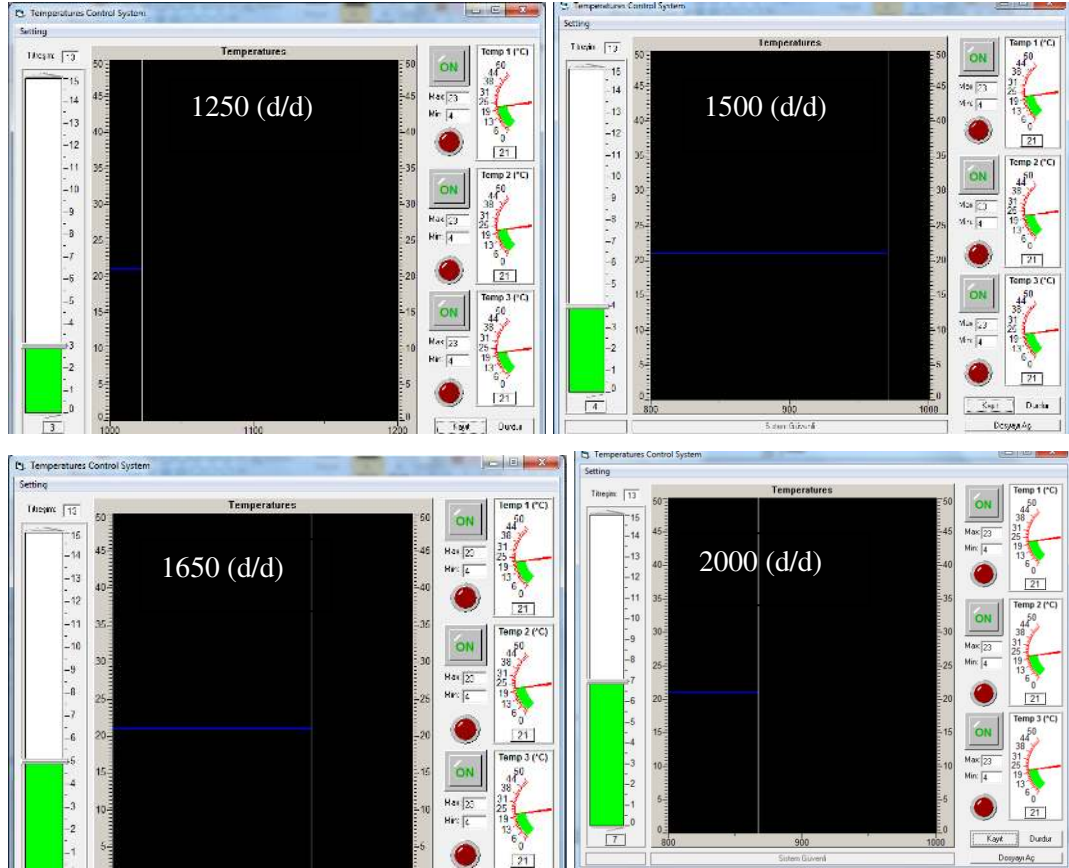
Şekil 4.2 Alıcı devre ve kontrol programı arayüzü.

Ölçümler mil üzerinde dengesizlik kütlesi yok iken ve dengesizlik kütlesi mevcut iken dört farklı devir sayısında gerçekleştirilmiştir. Dengesizlik kütlesi Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



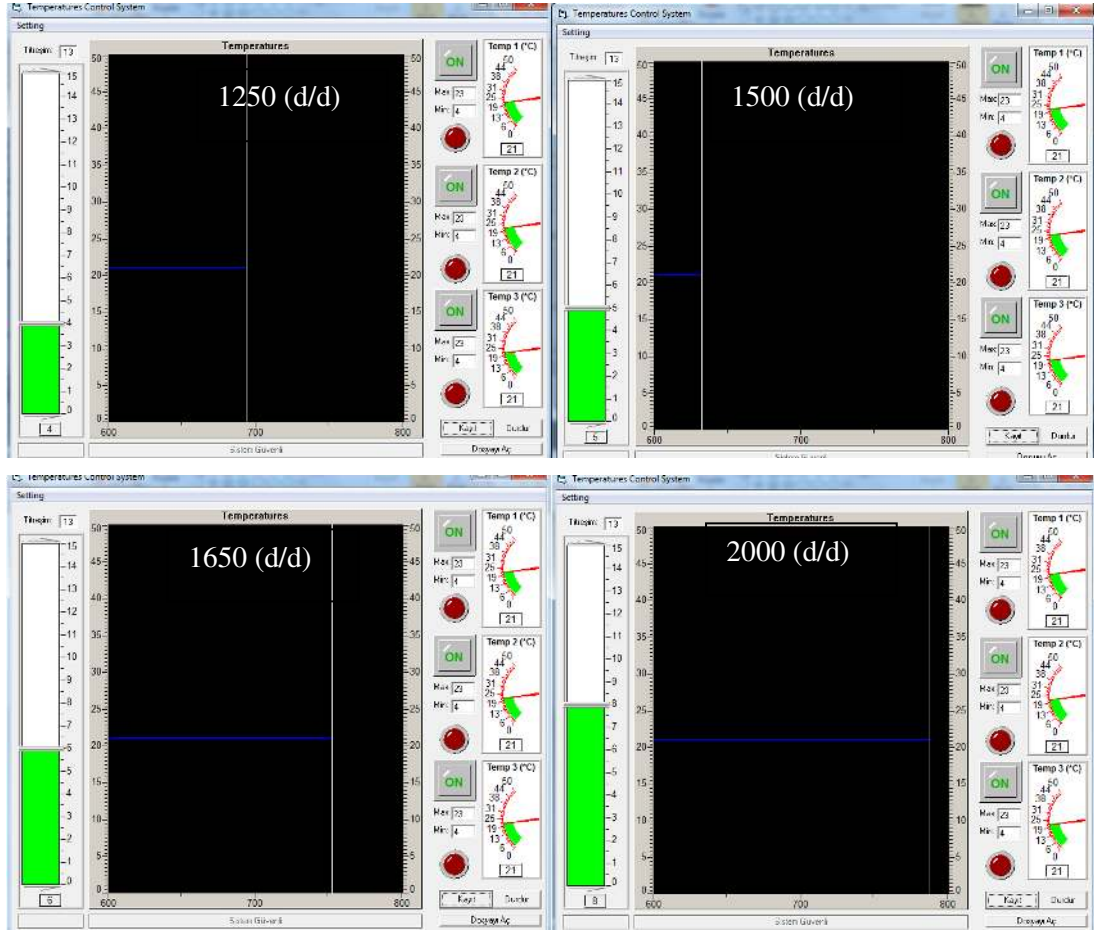
Şekil 4.3 Mil üzerine monte edilmiş dengesizlik kütlesi.

Ölçümlerde mil dönüş hızı olarak 1250 d/d, 1500 d/d, 1650 d/d ve 2000 d/d değerleri kullanılmıştır. Titreşim ölçümlerinde titreşim seviyeleri ivme birimi olarak verilmemiş olup, titreşim seviyesi olarak verilmiştir. Ölçüm sonuçları Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4 Kütle dengesizliği içermeyen sisteme ait sonuçları.

Prototip makinede bir hata durumunu modellemek ve bu durum için ölçümleri gerçekleştirilmek için mil üzerine bir dengesizlik kütlesi monte edilmiş ve ölçümler tekrarlanmıştır. Ölçüm sonuçları Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5 Kütle dengesizliği içeren sisteme ait ölçüm sonuçları.

Gerçekleştirilen ölçüm sonuçları incelendiğinde, kütle dengesizliği içeren sistemde titreşim seviyelerinin belirgin seviyede artış gösterdiği belirlenmiştir. Durum izleme programı içerisinde titreşim seviyeleri için izin verilen bir eşik seviyesi verildiğinde, bu eşik seviye aşıldığında operatör bir uyarı mesajı ile görsel olarak uyarılabilmektedir.

BÖLÜM BEŞ

SONUÇ

Radyo frekanslı sistemler, veri toplanan yerin değişken ve ana bilgisayardan uzak olduğu durumlar için ideal çözümü oluşturmaktadırlar. RF sistemler sahadan uzaktan gerçek zamanlı veri toplama olanağı yarattığından dolayı özellikle kontrol ve otomasyon uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadırlar.

Gerçekleştirilen projede; çalışan bir mekanizmanın belirli bölgelerinden sensörler aracılığıyla sıcaklık ve titreşim değerleri ölçülmüştür. Burada sıcaklık sensörleri digital sonuç verdiği için direkt olarak ana verici üzerindeki mikroişlemciye girilmiştir. Titreşim sensörü ise çok düşük seviyede analog sinyal ürettiği için önce sinyal yükseltilmiş, daha sonra yardımcı verici devre üzerindeki mikroişlemciye girilerek digital sinyale çevrilmiş ve buradan alınan digital sinyal ana işlemciye girilmiştir. Verici devre üzerinde bulunan verici modül ile ölçülen değerler RF sinyale çevrilmiş, bu sinyaller alıcı devre üzerindeki alıcı modül sayesinde okunarak kontrol programına aktarılmıştır. Kontrol programı sayesinde sistemin farklı bölgelerindeki titreşim ve sıcaklık değerleri ayrı ayrı görülerek ayrı ayrı kontrol edilebilmektedir. Bunun yanı sıra üç ayrı sıcaklık bölgelerinden alınan veriler bir grafik üzerinde çizilerek hem sıcaklık değerleri birbiriyle karşılaştırılabilmekte hem de bir bölgenin sıcaklığının belirli bir periyottaki değişimi gözlemlenebilmektedir. Burada gelen veriler girilen referans değerleriyle karşılaştırılıp problemli bölgeler görülebilmektedir. Ayrıca referans değerlerinin kullanıcı tarafından kolaylıkla değiştirilebilmesi kontrol sisteminin farklı mekanizmalarda ve farklı bölgelerde kullanılmasına imkan sağlamıştır.

Geliştirilen sistem ile sürekli çalışan sistemlerde oluşabilecek arıza durumlarında önceden fark edip hasarın büyümesine engel olunabilecektir. Üstelik sistem RF haberleşme ile veri aktarımını gerçekleştirdiği için sistemin yanına bile gitmeden, uzakta bir kontrol merkezinden kontrol işlemi gerçekleştirilebilecektir. Ayrıca bu kontrol ünitelerimiz birden fazla makine elemanına bağlanıp, verilerinin de aynı kontrol merkezine aktarılması ile tek bir kişi tarafından birden fazla makinenin kontrolünün sağlanabilmesine olanak sağlayacak niteliktedir.

KAYNAKLAR

- Aruğaslan, E. (2008). *Termal elektrik kaynaklı kablosuz yüksek sıcaklık duyum devresi*. Yüksek Lisans Tezi: Süleyman Demirel Üniversitesi
- Atx-34 Arx-34 Data Sheets.(2011) Atılım elektronik
- Barroca, N., Borges, L.M., Velez, F.J., Monteiro, F., Górski M., Gomes, J.C. (2013) *Wireless sensor networks for temperature and humidity monitoring within concrete structures, Construction and Building Materials, (40), 1156–1166, 2013.*
- Chae M.J. , Yoo, H.S. , Kim, J.Y., Cho, M.Y. (2012) *Development of a wireless sensor network system for suspension bridge health monitoring, Outomation in Construction, (21), 237–252.*
- Çavuşoğlu, İ. ve Kırmızı F. (2007). *Seri port ile haberleşebilen uzaktan kumandalı kameralı araç*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi
- Çayurpınar, Ö. (b.t). *Kablosuz seri haberleşme uygulamaları ve RF kontrol*. Ankara: ODTÜ Robot Topluluğu
- Ergül, T. (2009). *RF multi kontrol. Bitirme tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi
- Flammini, A., Ferrari, A.P., Marioli, D., Sisinni, E., Taroni, A. (2009) *Wired and wireless sensor networks for industrial applications, Microelectronics Journal, (40), 1322–1336.*
- Kızılbey, O. (2005). *Deniz suyu termometresi*. Bitirme Ödevi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi

- López, M., , Martínez, S., , Gómez, J.M., Herms, A., Tort, L., Bausells, J., Errachid, A. (2009) *Wireless monitoring of the pH, NH₄ and temperature in a fish farm*, *Procedia Chemistry*, (1), 445–448.
- Microchip Technology Inc. (2009). PIC16f627A/628A/648A Data Sheet, 12 Temmuz 2012, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044G.pdf>
- Microchip Technology Inc. (2003). PIC12f629/675 Data Sheet.12 Temmuz 2012, <http://ww1.microchip.com/downloads/en/devicedoc/41190c.pdf>
- Öztürk, E (2004). *Wlan kablosuz yerel alan ağları (wireless local area networks) teknolojisinin incelenmesi, mevcut düzenlemeleri değerlendirilmesi ve ülkemize yönelik düzenleme önerisi*. Uzmanlık Tezi. Ankara: Telekomünikasyon Kurumu
- Polat, A. (2008). PIC16F628 microdenetleyicisi. 20 Ağustos 2012 <http://elektroinfo.blogspot.com/2008/08/pic16f628-trke-data-sheet.html>
- Thompson, H.A. (2004) *Wireless and internet communications technologies for monitoring and control*, *Control Engineering Practice*. (12), 781–791.
- Tyronese, J., Mansfield, K., Saafi, M., Colman, T., Romine, P. (2008) *Measuring soil temperature and moisture using wireless MEMS sensors*, *Measurement*. (41), 381– 390.
- Ünlü, B. (2007) *İnternet üzerinden mobil bir robotun kontrolü*. Bitirme Tezi. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi