

**MADEN OCAKLARINDA ZİGBEE TABANLI VERİ  
HABERLEŞME UYGULAMASI VE SONUÇLARIN  
BİLGİSAYAR ORTAMINDA İŞLENMESİ**

**2015  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ**

**Onur KARAOĞLU**

**MADEN OCAKLARINDA ZİGBEE TABANLI VERİ HABERLEŞME  
UYGULAMASI VE SONUÇLARIN BİLGİSAYAR ORTAMINDA  
İŞLENMESİ**

**Onur KARAOĞLU**

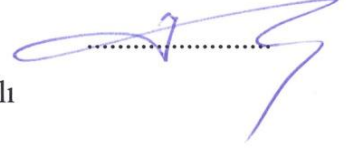
**Karabük Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında  
Yüksek Lisans Tezi  
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK  
Ocak 2015**

Onur KARAOĞLU tarafından hazırlanan “MADEN OCAKLARINDA ZİGBEE TABANLI VERİ HABERLEŞME UYGULAMASI VE SONUÇLARIN BİLGİSAYAR ORTAMINDA İŞLENMESİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İhsan ULUER

Tez Danışmanı, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

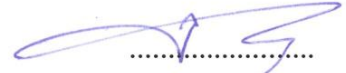


Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 21/01/ 2015

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. İhsan ULUER (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Mustafa AKTAŞ(KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. A.Reşit KAVSAOĞLU(KBÜ)



...../...../2015

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



*“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”*

Onur KARAOĞLU

## **ÖZET**

**Yüksek Lisans Tezi**

### **MADEN OCAKLARINDA ZİGBEE TABANLI VERİ HABERLEŞME UYGULAMASI VE SONUÇLARIN BİLGİSAYAR ORTAMINDA İŞLENMESİ**

**Onur KARAOĞLU**

**Karabük Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı:**

**Prof. Dr. İhsan ULUER**

**Ocak 2015, 103 sayfa**

Tez kapsamında; ZigBee teknolojisi kullanılarak maden ocaklarında kullanılmak için bir prototip olma özelliği taşıyan kablosuz haberleşme ağı kurulması hedeflenmiştir. Böylece dinamik çalışma koşullarına sahip maden ocaklarında iş kazalarının ve can kayıplarının önüne geçilmek istenmektedir.

Ülkemiz çok çeşitli maden rezervlerine sahiptir. Bu sebeple tez kapsamında ülkemizde rezerv miktarı fazla olan ve ağır çalışma şartlarına sahip ve son yıllarda çokça iş kazasının meydana geldiği taş kömürü ve linyit madenleri ele alınacaktır. Tezle madencilikte iş sağlığı ve güvenliği uygulamalarına yenilik getirmek amaçlanmaktadır. Tasarımda günümüzde kablosuz haberleşme teknolojileri alanında kendine geniş bir yer bulan ZigBee Teknolojisi kullanılarak bu teknolojinin sağlamış olduğu avantajlardan yararlanılmaya çalışılmıştır.

ZigBee Teknolojisi; pil ömrünün uzunluğu, istenilen sayıda ağ kurma özelliği, sistem maliyetinin düşük olması ve sistem kaynaklarının minimumda kullanılması gibi sağladığı avantajlarla günümüzde yaygın olarak kullanılmaya başlanılan bir teknolojidir.

Tez kapsamında madendeki çalışma ortamının verileri sensörlerle okunmuştur. Okunan veriler yönlendirici ZigBee modülleri ile Koordinatör modüle aktarılmıştır. Koordinatör tarafından alınan veriler merkezi bilgisayara aktararak grafiksel olarak görüntülenmesi sağlanmıştır.

Gerçekleştirilen bu sisteme, gerektiği takdirde daha fazla sensör düğümü eklenebilir ya da kontrol uygulamalarında kullanılmak üzere yeniden tasarlanabilir.

**Anahtar Sözcükler** : ZigBee teknolojisi, kablosuz haberleşme, madenlerde iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları, kablosuz sensör okuma.

**Bilim Kodu** : 905.1.053

## **ABSTRACT**

**M. Sc. Thesis**

### **ZIGBEE BASED DATA COMMUNICATION IN MINES AND PROCESSING OF THE RESULTS IN COMPUTER ENVIRONMENT**

**Onur KARAOĞLU**

**Karabük University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Electric-Electronic Engineering**

**Thesis Advisor:**

**Prof. Dr. İhsan ULUER**

**January 2015, 103 pages**

Within the thesis, it has been targeted to establish a wireless communication network that has the characteristic of being a prototype according to be used in mines by benefiting from ZigBee technology. Thus, the conditions of occupational accidents and lost of lifes are wanted to prevent in mines which have dynamic working conditions.

Our country has a wide variety of mineral reserves. Therefore, in this thesis coal and lignite mines which have the largest reserve of minerals in Turkey, has to be mentioned. Because there were a lot of fatal accidents ocured in this branch of labour in recent years. The aim of the thesis brings innovation to the mining occupational health and safety practices.

In this design, by using ZigBee Technology that has a wide range among the wireless communication technology, it was benefited from the advantages which this technology had provided us.

ZigBee Technology is a new technology that hasa been started to be used as common in nowadays, because of long battery life, specifity of establishing numeral desired network and using the system source minimal level.

Within the scope of the thesis, working condition datas had been read by sensors. The reading datas were transferred to coordinator by router ZigBee Modules. The datas which was taken by coordinator, transferred to central computer for displaying as graphical.

If necessary much more sensor nodes can be added to this performed Project and it can be redesigned to be used for control applications.

**Key Words** : ZigBee technology, wireless communication, business in health and safety applications, wireless sensor reading.

**Science Code** : 905.1.053



## TEŞEKKÜR

Bu tezin oluŐmasında değerli fikir ve yardımları ile büyük katkıları olan danışmanım Sayın Prof. Dr. İhsan ULUER' e çok teşekkür ederim.

Değerli görüŐ, öneri ve yönlendirmeleri için Sayın Yrd. Doç. Dr. Can Bülent FİDAN'a çok teşekkür ederim.

Bilgi ve deneyimlerini paylaşan değerli jüri üyelerine teşekkür ederim.

Her zaman yanımda olan ve beni destekleyen sevgili annem Güllü KARAOĞLU, babam Ramazan KARAOĞLU ve ağabeyim Aydın Emre KARAOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam konusunda desteklerini hiç bir zaman esirgemeyen sevgili Kayınvalidem ve Kayınpederim Emine - Mehmet KOCATEPE' ye teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezinin hazırlanmasına tanıklık eden, yaptığı yardımlarla tezin oluŐmasına büyük katkı veren, tezin düzenini kontrol eden ve her zaman destekçim olan sevgili EŐim Mimar AyŐe Merve KARAOĞLU' na çok teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim boyunca gereken zamanı ayırmamı sağlayan iş yerindeki değerli amirlerim ve çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER .....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	xvi
BÖLÜM 1 .....	1
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2 .....	4
ÜLKEMİZDE MADENCİLİK SEKTÖRÜ.....	4
2.1. ÜLKEMİZDE KÖMÜR MADENCİLİĞİ .....	5
2.2. KÖMÜR MADENLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ .....	6
2.3. KÖMÜR MADENLERİNDE ÇALIŞMA ORTAMI ŞARTLARI .....	8
2.3.1. Oksijen (O <sub>2</sub> ) .....	8
2.3.2. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ).....	9
2.3.3. Karbonmonoksit (CO) .....	9
2.3.4. Metan (CH <sub>4</sub> ).....	10
2.4. OCAK İÇİ GAZ ÖLÇÜM CİHAZ VE YÖNTEMLERİ .....	11
BÖLÜM 3 .....	13
IEEE 802.15.4 STANDARDI VE ZİGBEE PROTOKOLÜ .....	13
3.1. IEEE 802.15.4 STANDARDI .....	13
3.1.1. IEEE 802.15.4 Standardının Bileşenleri.....	15
3.1.2. PHY Katmanı.....	16

	<b><u>Sayfa</u></b>
3.1.3. IEEE 802.15.4 Standardı İçin Frekans Bantları.....	16
3.1.4. MAC Katmanı .....	18
3.1.5. CSMA-CA Protokolü .....	18
3.1.6. IEEE 802.15.4 Standardı Tarafından Desteklenen Ağ Yapıları .....	19
3.2. ZIGBEE PROTOKOLÜ.....	21
3.2.1. ZigBee Protokolünce Düzenlenen Katmanlar .....	21
3.2.1.1. NWK Katmanı .....	22
3.2.1.2. APL Katmanı .....	23
3.2.2. ZigBee Protokolünde Ağdaki Cihaz Rollerini.....	25
3.2.2.1. ZigBee Koordinatör Cihazı.....	26
3.2.2.2. ZigBee Yönlendirici Cihazı .....	26
3.2.2.3. ZigBee Son Nokta Cihazı .....	26
3.2.3. ZigBee Teknolojisinin Uygulama Alanları .....	27
3.2.4. ZigBee Protokolü İle IEEE 802.15.4 Standardı Arasındaki İlişki.....	28
3.2.5. ZigBee Protokolü İle Diğer Kablosuz Haberleşme Türlerinin Karşılaştırılması .....	28
3.2.6. Güvenlik ve Şifreleme .....	32
 BÖLÜM 4 .....	 34
TASARIM.....	34
4.1. TASARIMDA KULLANILAN DONANIM BİLEŞENLERİNİN TANITIMI.....	34
4.1.1. PIC 18F252.....	34
4.1.1.1. PIC 18F252'ye Genel Bakış.....	35
4.1.1.2. Osilatör Konfigürasyonları .....	38
4.1.1.3. Hafıza Organizasyonu.....	39
4.1.1.4. Giriş Çıkış I/O Portları.....	40
4.1.1.5. USART Modülü.....	41
4.1.1.6. ADC Modülü .....	42
4.1.1.7. Mikro Denetleyicinin Elektriksel Karakteristikleri .....	43
4.1.2. XBee Modülü.....	43
4.1.2.1. Genel Özellikleri.....	45
4.1.2.2. Teknik Özellikleri .....	45

	<b><u>Sayfa</u></b>
4.1.2.3. Pin Tanımları .....	46
4.1.2.4. Seri Haberleşme .....	47
4.1.2.5. XBee Modülü Adresleme Özellikleri .....	49
4.1.2.6. Çalışma Modları.....	50
4.1.3. LM35 Sıcaklık Sensörü .....	51
4.1.4. MQ-4 Metan Sensörü .....	52
4.1.5. MQ-7 Karbonmonoksit Sensörü.....	53
4.1.6. Ba033t Voltaj Regülatörü.....	54
4.1.7. Oksijen Sensörü.....	54
4.1.8. İvme Sensörü .....	55
4.2. TASARIMDA KULLANILAN YAZILIM BİLEŞENLERİNİN TANITIMI.....	56
4.2.1. X-CTU .....	56
4.2.2. Pic Basic Pro.....	57
4.2.3. C# Programlama Dili.....	57
4.3. SENSÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI .....	58
4.4. YÖNLENDİRİCİ DÜĞÜMÜ TASARIMI .....	62
4.5. KOORDİNATÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI .....	62
BÖLÜM 5 .....	64
SONUÇ .....	64
KAYNAKLAR .....	66
EK AÇIKLAMALAR A. SENSÖRLERE AİT ÖLÇÜM SONUÇLARI.....	69
EK AÇIKLAMALAR B. GERÇEKLEŞTİRİLEN TASARIMA AİT DEVRE ŞEMALARI .....	80
EK AÇIKLAMALAR C. KONTROL DEVRESİNE AİT BASKI DEVRE ŞEMASI.....	86
EK AÇIKLAMALAR D. TASARIMIN GÖRÜNÜMÜ .....	88
EK AÇIKLAMALAR E. PIC 18F252 PROGRAMLAMA KODU .....	90
ÖZGEÇMİŞ .....	103

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 1.1. Projenin temsili gösterimi .....	3
Şekil 2.1. 2007-2013 yıllarında sektörler bazında meydana gelen iş kazası oranları . .....	6
Şekil 2.2. Madencilik faaliyetlerinde yaşanan ölümcül iş kazası vakalarının çeşitli ülkeler ve yıllara göre istatistikleri .....	7
Şekil 2.3. Emniyet lambasındaki parlaklığın oksijen miktarına göre değişimi.....	11
Şekil 3.1. FFD ve RFD cihazlarından oluşan bir ağ sistemi .....	15
Şekil 3.2. IEEE 802.15.4 standardı için frekans bantları.....	17
Şekil 3.3. Mesh (örgü) topoloji.....	19
Şekil 3.4. Yıldız topoloji .....	20
Şekil 3.5. Küme ağaç topoloji .....	20
Şekil 3.6. Haberleşme teknolojilerinin uygulama alanlarına bir örnek.....	21
Şekil 3.7. IEEE 802.15.4 Standardı ve ZigBee protokolündeki katmanlar.....	21
Şekil 3.8. NWK katmanının yapısı.....	22
Şekil 3.9. Broadcast, Multicast, Unicast haberleşme mekanizmaları .....	23
Şekil 3.10. APL katmanı .....	24
Şekil 3.11. ZigBee ağında bulunan cihazlar ve rolleri .....	25
Şekil 3.12. Ev içi ZigBee kullanarak otomasyon sisteminin gerçekleştirilmesi .....	27
Şekil.3.13. ZigBee ile diğer protokollerin güç harcama miktarlarının karşılaştırılması .....	31
Şekil 3.14. Mesajın şifrelenmesi .....	33
Şekil 4.1. PIC 18F252 mikro denetleyici pinlerinin gösterimi .....	34
Şekil 4.2. PIC 18F252'nin çalışma sistemini gösteren basitleştirilmiş blok diyagram.....	37
Şekil 4.3. PIC 18F252'ye ait detaylandırılmış blok diyagramı.....	38
Şekil 4.4. Kristal ve seramik resanatorün PIC 18F252 ile bağlantı şeması.....	39
Şekil 4.5. PIC 18F252 için hafıza haritası.....	40
Şekil 4.6. 18f4x2 için tanımlanan A/D modülü blok diyagram gösterimi .....	42
Şekil 4.7. PIC 18F252 Mikro denetleyicisi için gerilim frekans grafiği . .....	43
Şekil 4.8. XBee modülünün görüntüsü.....	44

## **Sayfa**

Şekil 4.9. Mikro denetleyici ile XBee modülü UART ara yüz bağlantısı .....	48
Şekil 4.10. UART modülüne gelen verinin iletimi.....	48
Şekil 4.11. Dahili veri akış diyagramı .....	49
Şekil 4.12. XBee cihazına verilen 64 bitlik adres .....	50
Şekil 4.13. LM35'e ait komponent kılıf şekli .....	51
Şekil 4.14. LM35'in bağlantı şeması .....	52
Şekil 4.15. MQ-4 Metan sensörü görünümü .....	52
Şekil 4.16. Ba033t regülatörü blok diyagramı.....	54
Şekil 4.17. OOM202 Oksijen seviyesi ölçüm sensörü.....	55
Şekil 4.18. X-CTU program menüsü.....	56
Şekil 4.19. Madende haberleşme sistemi şeması.....	58
Şekil 4.20. Sensör düğümü blok diyagramı .....	60
Şekil 4.21. Sensör düğümünün çalışmasını gösteren akış diyagramı.....	61
Şekil 4.22. Yönlendirici düğüm blok diyagramı .....	62
Şekil 4.23. XBee için çıkış bordu.....	62
Şekil 4.24. Koordinatör düğümü blok diyagramı .....	63
Şekil EK A.1. İvme sensörüne ait normal şartlarda, kritik seviye aşıldığında, ölçüm değerleri.....	73
Şekil EK A.2. Karbonmonoksit sensörüne ait normal şartlarda kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri .....	74
Şekil EK A.3. Metan sensörüne ait normal şartlarda kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri.....	75
Şekil EK A.4. Oksijen sensörüne ait normal şartlarda kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri.....	76
Şekil EK A.5. Sıcaklık sensörüne ait normal şartlarda, kritik seviye aşıldığında, ölçüm değerleri.....	77
Şekil EK A.6. Oksijen sensörüne ait normal şartlarda, seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.....	78
Şekil EK A.7. Karbonmonoksit sensörüne ait normal şartlarda, seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.....	79
Şekil EK A.8. Metan sensörüne ait normal şartlarda, seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.....	80
Şekil EK A.9. İvme sensörüne ait normal şartlarda, seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.....	81
Şekil EK A.10. Sıcaklık sensörüne ait normal şartlarda, seviye değiştiğinde, gerilim değerleri .....	82

	<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil Ek B.1. OOM202 Oksijen sensörü devre bağlantısı .....	81
Şekil Ek B.2. CO Karbonmonoksit gazı sensörü bağlantı şeması .....	81
Şekil Ek B.3. Metan gazı sensörü bağlantı şeması.....	82
Şekil Ek B.4. Akselometre bağlantı şeması .....	82
Şekil Ek B.5. Sıcaklık sensörü bağlantı şeması .....	83
Şekil Ek B.6. Koordinatör devre bağlantı şeması .....	83
Şekil Ek B.7. Kontrol devre bağlantı şeması .....	84
Şekil Ek B.8. Router devre bağlantı şeması.....	84
Şekil Ek B.9. Güç devre bağlantı şeması .....	85
Şekil Ek C.1. Kontrol devresine ait baskı devre şeması .....	87
Şekil Ek D.1. Tasarımın görünümü.....	89

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b><u>Sayfa</u></b>
Çizelge 2.1. Türkiye’de çıkarılan maden cinsleri ve rezerv miktarları .....	4
Çizelge 2.2. Karbonmonoksit tehlike sınıfları.....	10
Çizelge 3.1. IEEE 802.15.4 standardı için tanımlanmış haberleşme parametreleri .	16
Çizelge 3.2. ZigBee ile diğer kablosuz haberleşme protokollerinin karşılaştırılması .....	29
Çizelge 3.3. ZigBee ile diğer haberleşme protokollerinin güç tüketimlerinin karşılaştırılması .....	31
Çizelge 4.1. PIC 18F252'ye ait özellikler.....	36
Çizelge 4.2. XBee modülünün genel özellikleri.....	45
Çizelge 4.3. XBee modülünün teknik özelliklerini gösteren çizelge .....	45
Çizelge 4.4. Pin Numaralar ve işlevlerini gösteren çizelge.....	46
Çizelge 4.5. MQ-4' e ait temel özellikler .....	53



## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

### SİMGELER

CO	: Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
CH <sub>4</sub>	: Metan
dBm	: Desibel miliwatt
Ghz	: Gigahertz
H <sub>2</sub>	: Hidrojen
H <sub>2</sub> S	: Hidrojen sülfür
mb/s	: Saniyedeki mega byte sayısı
Mbps	: Saniyedeki mega bit sayısı
N	: Azot
N <sub>2</sub>	: Nitrojen
O <sub>2</sub>	: Oksijen
Ppm	: Saniyedeki partükül sayısı
SO <sub>2</sub>	: Kükürt dioksit

### KISALTMALAR

ADC	: Analog to Digital Converter (Analog- Dijital Dönüştürücü)
AES	: Advanced Encryption Standard (İleri Düzey Şifreleme Standardı)
API	: Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
APL	: Application Layer (Uygulama Katmanı)
APS	: Application Support Sublayer (Uygulama Desteği Altkatmanı)
APSDE	: Application Support Sublayer Data Entity (Uygulama Desteği Altkatmanı Veri Varlığı)
APSDE-SAP	: APSDE-Service Access Point (APSDE- Servis Erişim Noktası)

APSME	: Application Support Sublayer Management Entity (Uygulama Desteği Altkatmanı Yönetim Varlığı)
BPSK	: Binary Phase-Shift Keying (İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
CCA	: Clear Channel Assessment (Açık Kanal Değerlendirmesi)
CCP	: Capture, Compare, PWM (Yakalama, Karşılaştırma-PWM)
CPFSK	: Continuous Phase Modulation (Sürekli Faz Modülasyonu)
CRC	: Cyclic Redundancy Check (Döngüsel Fazlalık Denetimi)
CS	: Carrier Sense (Taşıyıcı Dinleme)
CSMA-CA	: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (Çarpışma Kaçınma İle Taşıyıcı Dinleyen Çoklu Erişim)
CRC	: Cyclic Redundancy Check (Döngüsel Artıklık Denetimi)
DC	: Direct Current (Doğru Akım)
DQPSK	: Differential Quadrature Phase Shift Keying (Diferansiyel Dördün Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
DSL	: Digital Subscriber Line (Sayısal Abone Hattı)
ED	: Energy Detection (Enerji Varlığı)
EEPROM	: Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory (Elektronik Silinebilir Programlanabilir Salt Okunur Bellek)
ETSI	: European Telecommunications Standard Institute (Avrupa Telekomünikasyon Standartlar Komitesi)
FFD	: Full Function Device (Tam Fonksiyonlu Cihaz)
GFSK	: Gaussian Frequency-Shift Keying (Gauss Frekans-Kayırmalı Anahtarlama)
GMSK	: Gaussian Filtered Minimum Shift Keying (Gauss Filtrelenmiş Minimum Kayırmalı Anahtarlama)
GPRS	: General Packet Radio Service (Genel Paket Radyo Servisi)
GSM	: Global System for Mobile Communication (Mobil İletişim için Küresel Sistem)
GTS	: Guaranteed Time Slot (Garanti Edilen Zaman Dilimi)
GUI	: Graphical User Interface (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü)
HVAC	: Heating Ventilation Air Conditioning (Isıtma Havalandırma İklimlendirme)

IEEE	: The Institute of Electrical and Electronics Engineers (Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü)
ILO	: International Labour Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
ISM	: Industrial Scientific Medical (Endüstriyel – Bilimsel – Tıbbi)
I <sup>2</sup> C	: Inter-Integrated Circuit (İki Tel Arayüz)
LR-WPAN	: Low-Rate Wireless Personal Area Network (Düşük Hızlı Kablosuz Kişisel Ağ Haberleşme Teknolojisi)
LQI	: Link Quality Indicator (Bağlantı Kalite Göstergesi)
MAC	: Medium Access Control (Ortam Erişim Kontrolü)
MCU	: Microcontroller Unit (Mikrodenetleyici Ünitesi)
M-QAM	: M-Ary Quadrature Amplitude Modulation (M-li Dördün Genlik Modülasyonu)
NLDE	: Network Layer Data Entity (Ağ Katmanı Veri Varlığı)
NLME	: Network Layer Management Entity (Ağ Katmanı Yönetim Varlığı)
NWK	: Network Layer (Ağ Katmanı)
OFDM	: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Dikgen Frekans Bölüşümlü Çoğullama)
OOK	: On/Off Keying (Aç/ Kapa Anahtarlama)
O-QPSK	: Offset Quadrature Phase-Shift Keying (Dengeli- Dördün Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
PAM	: Pulse-Amplitude Modulation (Darbe-Genlik Modülasyonu)
PAN	: Personal Area Network (Kişisel Alan Ağı)
PIC	: Peripheral Interface Controller (Çevresel Arabirim Denetleyicisi)
PHY	: Physical Layer (Fiziksel Katman)
PPM	: Pulse-Position Modulation (Darbe-Pozisyon Modülasyonu)
PWM	: Pulse Width Modulation (Darbe Genişlik Modülasyonu)
RAM	: Random Access Memory (Rastgele Erişim Belleği)
RF	: Radio Frequency (Radyo Frekans)
RFD	: Reduced Function Device (İndirgenmiş Fonksiyonlu Cihaz)
RX	: Receiving End (Alıcı Uç)
SAP	: Service Access Point (Servis Erişim Noktası)
SIG	: Bluetooth Special Interest Group (Bluetooth Özel İlgi Grubu)
SPI	: Serial Peripheral Interface (Seri Çevresel Arayüz)

- TX : Verici Uç (Transmitting End)
- UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Asenkron Alıcı Verici)
- USART : Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (Evrensel Senkron Asenkron Alıcı Verici)
- UWB : Ultra Wide Band (Ultra Geniş Bant)
- Wi-Fi : Wireless Fidelity (Kablosuz Bağlantı Alanı)
- WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access (Mikrodalga Erişim için Dünya Çapında Çalışabilirlik)
- WLAN : Wireless Local Area Network (Kablosuz Yerel Alan Ağı)
- WPAN : Wireless Personal Area Network (Kablosuz Kişisel Alan Ağı)
- ZDO : ZigBee Device Object (ZigBee Cihaz Nesnesi)
- 8-DPSK : Eight Differential Phase Shift Keying (Sekiz Diferansiyel Faz Kaydırmalı Anahtarlama)
- 8PSK : 8-Phase Shift Keying (8'li Faz Kaydırmalı Anahtarlama)

## BÖLÜM 1

### GİRİŞ

Kablosuz haberleşme, iki ya da daha çok nokta arasında gerçekleştirilen veri aktarımı olarak tanımlanmaktadır. Kablosuz haberleşme sistemlerini diğer haberleşme sistemlerinden ayıran en önemli özellik iletken olarak metal kabloların kullanılması yerine havanın kullanılmasıdır [1].

Teknolojinin her geçen gün biraz daha gelişmesiyle, kişilerin yaşama şekilleri değişmekte ve teknoloji her geçen gün daha çok insanların yaşamına dahil olmaktadır. Günümüzde sağladığı avantajlar göz önüne alındığında kablosuz iletişim teknolojileri vazgeçilmez hale gelmektedir. Kablosuz iletişim teknolojileri, geniş perspektiften bakıldığında, kişilere hareket özgürlüğü ve iletişim açısından sınırsız özgürlük tanırken, kurumların ise çalışma verimliliği ve işgücü potansiyelini artırarak çok daha etkin çalışmalarını sağlamaktadır.

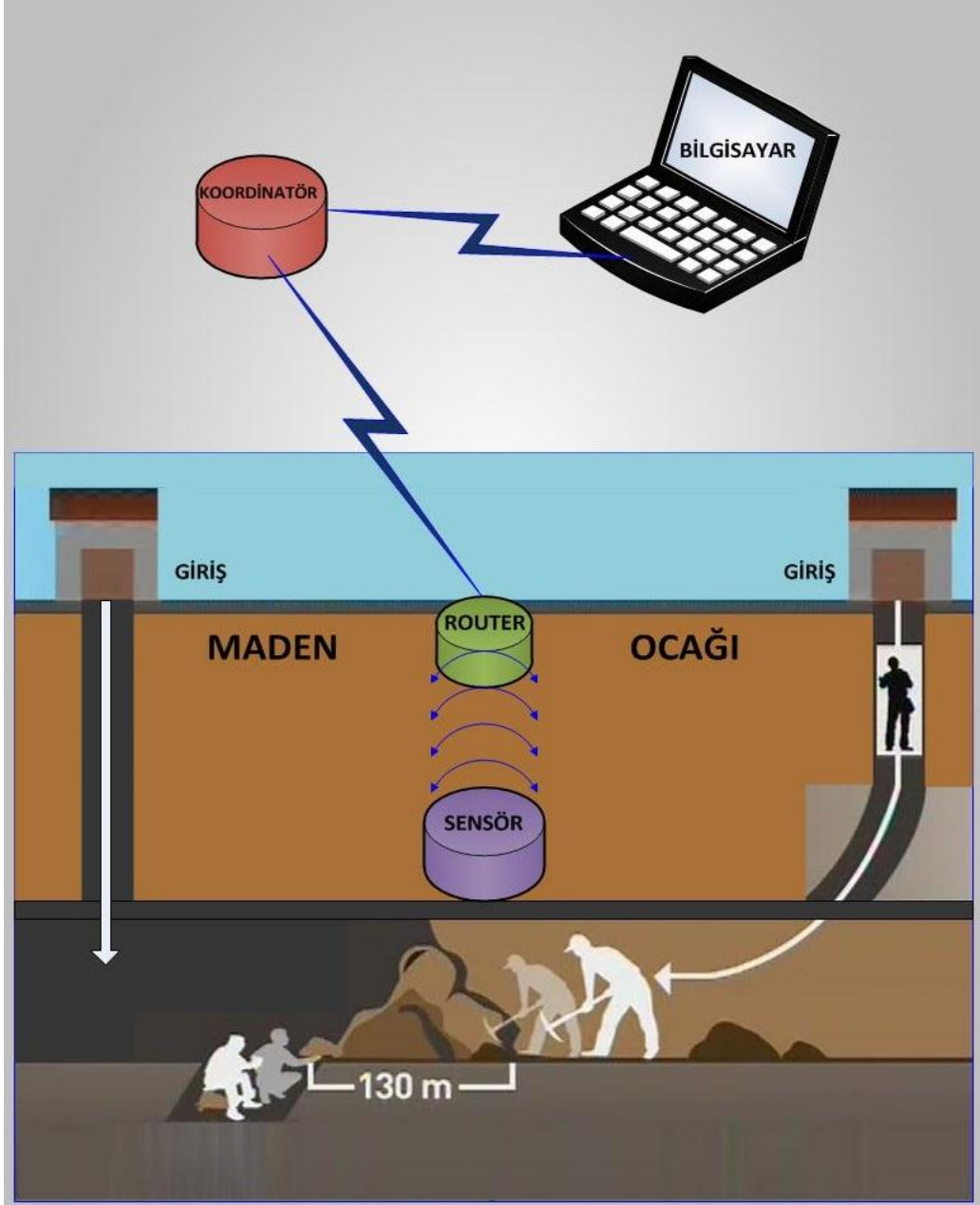
Kablosuz haberleşme teknolojilerinin sağladığı en büyük avantajlardan biri hareket halinde olan insan ya da cihazların verilerinin aktarılmasıdır. Böylece hem kablolu maliyetlerinin önüne geçilmiş hem de kullanım açısından kişilere özgürlük sağlamıştır.

Özellikle sürekli değişen çalışma şartlarının hakim olduğu endüstriyel alanlarda, kablosuz haberleşmenin getirmiş olduğu avantajla üretim kapasitesinde artış, zamandan tasarruf, üretim maliyetlerinde düşüş sağlanmaktadır. Bunun yanında sanayi kuruluşlarında en önemli yeri kaplayan iş sağlığı ve güvenliği alanında olası iş kazalarının önüne geçilmesinde aktif rol alması gibi sebeplerle kablosuz haberleşme sistemleri vazgeçilmez hale gelmektedir.

Kablosuz haberleşme sistemleri; iletilen verinin büyüklüğü, iletim hızı, iletim mesafesi, harcadığı enerji miktarı gibi özellikleriyle birbirinden ayrılmaktadır. Örneğin, adı sıkça duyulan wi-fi ve bluetooth kablosuz haberleşme teknolojileri karşılaştırıldığında her iki teknolojinin de hızlı veri iletişimi ile ses, resim, video gibi büyük boyutlu dosya aktarımı yapabilme özelliğine sahip olmalarına rağmen, iletim mesafesi olarak bluetooth sadece 10m gibi bir iletim çapına sahipken wi-fi haberleşme teknolojisinde bu mesafe kilometrelerle ifade edilmektedir.

ZigBee teknolojisinin ağ veri genişliğinin düşük olmasına rağmen büyük çaplı ağ kurabilme özelliği sayesinde özellikle kontrol ve sensör uygulamalarında tercih edilmektedir.

Bu tez kapsamında ZigBee teknolojisi kullanarak bir sensör ağı oluşturulacaktır. Bu sensör ağında bir kömür madeninde değer aralıkları hayati önem taşıyan Oksijen (O<sub>2</sub>), Karbonmonoksit (CO), Metan (CH<sub>4</sub>) gazı konsantrasyonları ölçümü ile sıcaklık ve titreşim ölçümü anlık olarak yapılacaktır. Bu anlık ölçümler her bir maden işçisinin ekipmanına takılan ZigBee modül ve sensör devresiyle alınarak yönlendirici vasıtasıyla ana bilgisayara aktarılacaktır. Bu bilgisayara aktarılan veriler anlık olarak takip edilerek ölçüm seviyelerinin kritik değerleri aşması halinde madene acil müdahale yapma imkanı bulunabilecektir.



Şekil 1.1. Projenin temsili gösterimi.

## BÖLÜM 2

### ÜLKEMİZDE MADENCİLİK SEKTÖRÜ

Ülkemiz çok zengin yer altı kaynaklarına sahip bir ülkedir. Ülkemizin karmaşık jeolojik ve tektonik yapısı çok çeşitli maden yataklarının bulunmasına olanak sağlamıştır. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nün 2013 yılı bilgilerine göre Ülkemizde çıkarılan maden türü 49 adettir. Dünyada çıkarılan maden türlerinin 90 a yakın olduğu göz önüne alındığında Ülkemiz maden çeşitliliği açısından da zengin bir ülke konumundadır [2].

Çizelge 2.1. Türkiye’de çıkarılan maden cinsleri ve rezerv miktarları [3].

Maden Cinsi	Rezerv (Gör+Muh) (Ton)	Açıklamalar
Altın	700	Au İçeriği
Alünit	4.000.000	%7.54 K <sub>2</sub> O
Antimuan	103.306	Sb içeriği
Asfaltit	82.000.000	AİD.2896-5536 Kcal/kg
Asbest	29.646.379	Değişik lif boylarında, lif yüzdesi %4 ' un üzerinde
Bakır	1.786.000	Metal Cu
Barit	35.001.304	%71-99 BaSO <sub>4</sub> içerikli
Bitümlü Şist	1.641.381.000	OrAİD.541-1390 Kcal/kg
Bentonit	250.543.000	Sondaj+Döküm+Ağartma
Boksit	87.375.000	%55Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (25 667 000 ton metal Al)
Bor	3.066.300.000	% 24.4-35B <sub>2</sub> O <sub>3</sub> içeriği
Civa	3.820	Metal Hg
Çinko	2.294.479	Metal Zn
Demir	122.000.000	%55Fe ( 82 458 750 ton metal demir)
Diatomit	44.224.029	İyi kalite
Disten	3.840.000	% 21-52 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Dolomit	15.887.160.000	% 15 MgO ve üzeri
Feldspat	239.305.500	Albit ve Ortoklaz
Fosfat	70.500.000	% 19 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Fluorit	2.538.000	% 40-80 CaF <sub>2</sub> İçeriği
Grafit	90.000	% 2-17 Sabit karbon içerikli, zenginleşebilir

Çizelge 2.1. (devam ediyor).



Gümüş	6.062	Metal Ag
Kaolen	89.063.770	% 15-37 Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kaya Tuzu	5.733.708.017	% 88,5 üzeri NaCl ( 200 000 000 tonu göl rezervi)
Kil (Ser+Ref)	354.362.650	Seramik+Refrakter
Krom	26.000.000	% 20 üzeri Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
Kurşun	860.387	Pb İçeriği
Kuvars Kumu	1.307.414.250	% 90 Üzerinde SiO <sub>2</sub>
Kuvarsit	2.270.287.821	% 90 Üzerinde SiO <sub>2</sub>
Kükürt	626.000	% 32 S içeriği
Linyit	13.300.000.000	AID.868-5000 Kcal/kg
Lületaşı	1.483.000(sandık)	İyi, orta kalite karışık
Manganez	3.200.000	% 34.54 Mn (Metal Mn içeriği 1 576 000 )
Mermer	5.161.000.000 m3	Toplam Potansiyel Rezerv
Manyezit	111.368.020	% 41-48 MgO içeriği
Perlit	5.690.027.600	Değişik genişleme oranlarında
Pomza	1.479.556.876 m3	İyi Kalite
Profilit	6.644.000	Seramik+refrakter+ çimento
Sepiolit	13.546.450	% 50 üzeri Sepiolit
Sodyum Sülfat	16.536.000	% 81 NaSO <sub>4</sub> (13.040.000 ton göl suyu rezervi)
Stronsiyum	665.082	% 72 Üzeri SrSO <sub>4</sub> içerikli
Talk	482.736	İyi kalite
Taşkömürü	1.126.548.000	İyi kalite
Trona	836.317.680	% 56 ve üzeri Trona
Toryum	380.000	% 0.24 ThO <sub>2</sub>
Uranyum	9.129	% 0.05-0.1 U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>
Wolfram	36.719	Metal W
Zeolit	344.148.875	Klinopitilolit+ Höylandit
Zımpara	3.725.082	İyi kalite

## 2.1. ÜLKEMİZDE KÖMÜR MADENCİLİĞİ

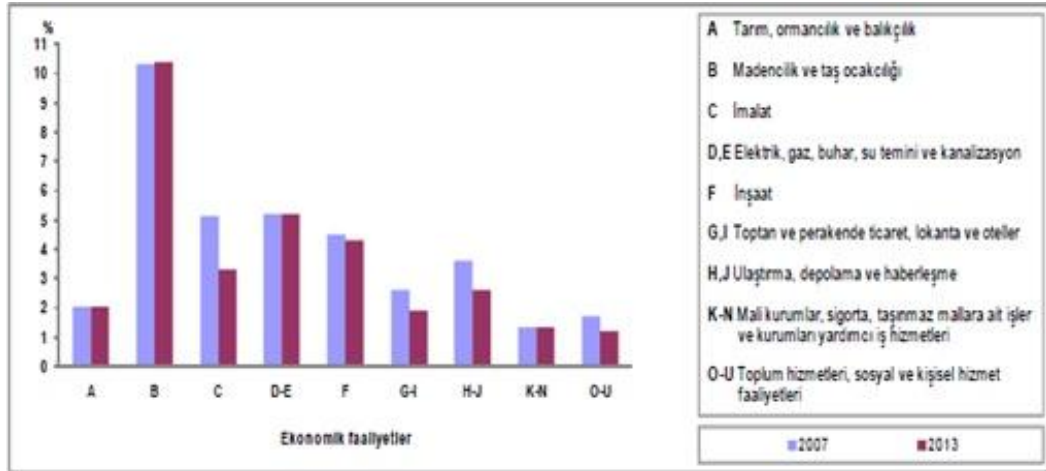
Ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmişlik düzeyini artırmada enerji önemli bir rol oynamaktadır. Enerjinin dünya üzerindeki dengelere olan etkisi gün geçtikçe daha çok belirginleşmekte ve ülkelerin gelişmişlik düzeylerini belirlerken enerji tüketim miktarları önemli bir kriter teşkil etmektedir.

Özellikle Ülkemizin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler, artan enerji taleplerini karşılamak için yerli kaynaklara yönelmektedirler. Ülkemiz özellikle linyit ve taş kömürü madenleri açısından zengin kaynaklara sahiptir.

Ülkemizde 510 milyon tonu görünür olmak üzere, yaklaşık 1,3 milyar ton taşkömürü ve 13,4 milyar tonu görünür rezerv niteliğinde toplam 13,8 milyar ton linyit rezervi bulunmaktadır. Bu miktar dünya işletilebilir kömür rezervlerinin %1,7'sini oluşturmaktadır. Linyit rezervlerimiz ise dünya linyit rezervlerinin %6,9'u büyüklüğündedir [4].

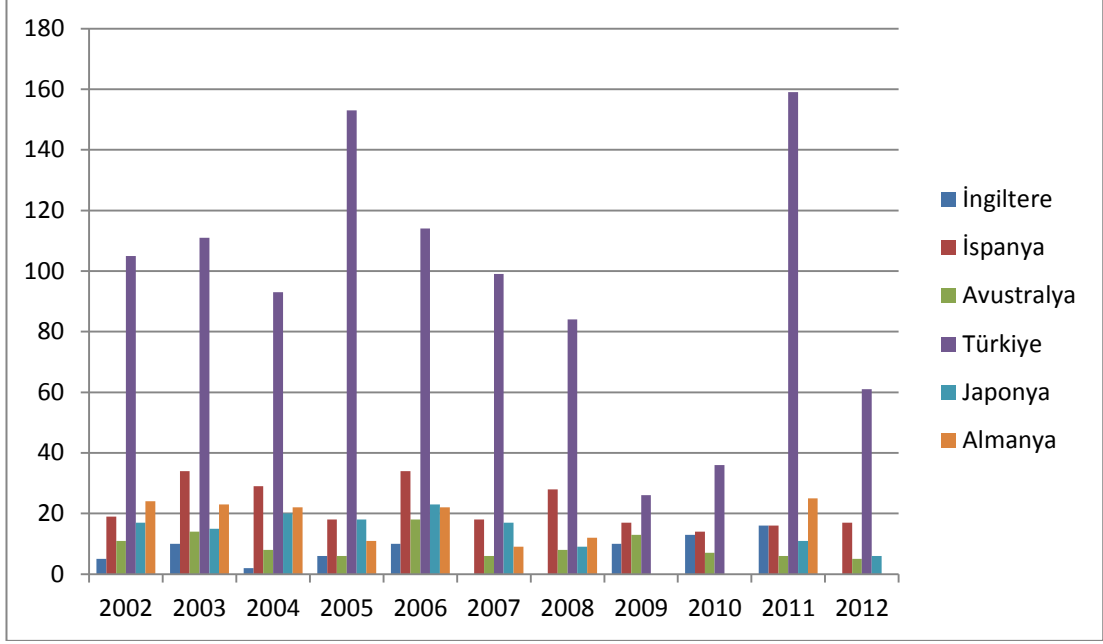
## 2.2. KÖMÜR MADENLERİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ

Kömür her ne kadar üretim ve enerji sektörünün önemli girdileri arasında olsa da bu madeni çıkarma işlemi iş sağlığı ve güvenliği açısından büyük riskler taşımaktadır. 26 Aralık 2012 Tarihli ve 28509 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği” ne göre kömür madenleri işletmeciliği işyeri tehlike sınıflarından çok tehlikeli sınıfa girmektedir. Bu da kömür madeni işletmeciliğinin çok riskli bir iş olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.1. 2007-2013 yıllarında sektörler bazında meydana gelen iş kazası oranları [5].

Yukarıdaki grafikten de iş sağlığı ve güvenliği konusunda yeteri kadar titizlik gösterilmediği anlaşılmaktadır. Grafikten elde edilecek bir diğer sonuç ise iş kazalarının en çok madencilik sektöründe meydana geldiğidir.



Şekil 2.2. Madencilik faaliyetlerinde yaşanan ölümcül iş kazası vakalarının çeşitli ülkeler ve yıllara göre istatistikleri [6].

Şekil 2.2. de Türkiye, İngiltere, İspanya, Avustralya, Japonya ve Almanya’da 2002 ile 2012 yılları arasında madencilik faaliyetlerinde yaşanan ölümcül iş kazası sayılarını vermektedir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO)’nün verdiği bilgilere göre hazırlanan bu tablodaki 6 ülke karşılaştırıldığında anlaşılmaktadır ki 2002-2012 yılları arasında 1041 ölümcül iş kazası vakasıyla Ülkemiz en çok iş ölümcül iş kazası meydana gelen ülke durumundadır.

Kömür madenlerinde 1983 yılından itibaren yaşanan büyük kazalarda ölen kişi sayısı ve meydana gelen yerler tarih sırasına göre şu şekilde sıralanmaktadır:

- 1) 7 Mart 1983 tarihinde Zonguldak'ın Armutçuk beldesindeki taş kömürü ocağında meydana gelen kazada 103 kişi;
- 2) 7 Şubat 1990 tarihinde Amasya'da meydana gelen kazada 65 kişi;
- 3) 3 Mart 1992 tarihinde Zonguldak'ın Kozlu ilçesindeki taş kömürü ocağında meydana gelen kazada 263 madenci;
- 4) 26 Mart 1995 tarihinde Yozgat'ın Sorgun'da meydana gelen kazada 38 kişi;
- 5) 22 Kasım 2003 tarihinde Karaman'ın Ermenek'te meydana gelen kazada 10 kişi;

- 6) 10 Aralık 2009 tarihinde Bursa'nın Mustafakemalpaşa ilçesindeki meydana gelen kazada 19 işçi;
- 7) 17 Mayıs 2010 tarihinde Zonguldak'ta, Karadon Taşkömürü İşletme Müessesesi'nde meydana gelen kazada 30 kişi ;
- 8) 13 Mayıs 2014 tarihinde Manisa'nın Soma ilçesinde bulunan kömür ocağında meydana gelen kazada 301 kişi hayatını kaybetmiştir.

### **2.3. KÖMÜR MADENLERİNDE ÇALIŞMA ORTAMI ŞARTLARI**

Maden havası, yer altındaki maden ocağının içini dolduran su buharı ve çeşitli gazların oluşturduğu ve genelde çalışma yapıldığından tozlu olan bir havadır. Yer altındaki havanın insan sağlığına olumsuz etkisi gaz dengelerinin değişmesiyle meydana gelir. Bu değişim ortamda yanıcı, boğucu ve zehirli gazların birikmesine yol açmaktadır. Yanıcı gazlara; metan (CH<sub>4</sub>), karbon monoksit (CO) ve hidrojen (H<sub>2</sub>) örnek verilebilirken; boğucu gazlara karbondioksit (CO<sub>2</sub>), nitrojen (N<sub>2</sub>) ve metan (CH<sub>4</sub>) örnek verilebilir. Zehirli gazlar ise karbon monoksit (CO), azotun (N) tüm oksitleri, hidrojen sülfür (H<sub>2</sub>S) kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>) vb. gazlardan oluşmaktadır [6].

Maden havasında bulunan, gaz dengelerinin değişmesi ve diğer sebeplerle ortamda oluşan gazların bazıları hakkında aşağıdaki başlıklarda detaylı bilgiler verilecektir.

#### **2.3.1. Oksijen (O<sub>2</sub>)**

İnsan hayatının devam edebilmesi için oksijene ihtiyaç duyulmaktadır. Solunum sistemimizin kanı temizlemek için kullandığı oksijen, havada yaklaşık %21 oranında bulunur. Bu oran maden ortamında bulunan insanların solunumu, makine ve ekipmanların kullanımı, organik ve inorganik maddelerin yavaş oksidasyonu ve madende oluşan çeşitli gazlar sebebiyle azalmaktadır. Oksijen miktarının azalmasının etkileri şu şekilde ifade edilmektedir.

% 21 Oksijen : Kolay nefes alış veriş.

% 19 Oksijen: Hiç bir tesir hissedilmez.

% 17 Oksijen Normalden biraz daha hızlı ve derin nefes alma. Mumlar ve benzin lambaları söner.

% 15 Oksijen Nefes alma zorlaşır. Baş dönmesi ile kulaklarda uğultu başlar. Kalp çarpıntısı hızlanır.

% 13 Oksijen:Fazla kalınırsa insan kendinden geçer. Şuurunu kaybeder.

% 10 Oksijen:Nefes alma çok 'zorlaşır. Hayat tehlikededir.

% 9 Oksijen:Baygınlık ve şursuzluk meydana gelir.

% 7 Oksijen:Hayat büyük ölçüde tehlikededir.

% 6 Oksijen:Çırpınma hareketleri ve ÖLÜM [7].

### **2.3.2. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)**

Kömür damarlarından ve civarındaki taş tabakalarından, çürümekte olan ağaç tahkimattan, insan ve hayvan solunumundan, alevli lambaların yanmasından ve organik materyalin ayrışmasından meydana gelen karbondioksit gazı, insan sağlığı açısından tehlike teşkil etmektedir. Özellikle gaz veya kömür tozu patlamaları ve yangınlar ortamdaki karbondioksit miktarını oldukça arttıran sebeplerdendir.

Karbondioksitin insan solunumu üzerindeki etkileri şu şekilde sıralanmaktadır.

%1 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 50 artar.

% 2 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 100 artar.

% 3 CO<sub>2</sub> Nefes alış verişi % 300 artar.

% 5 CO<sub>2</sub> Nefes alma oldukça sıklaşır.

% 6 CO<sub>2</sub> Halsizlik belirtileri başlar. Nefes alma çok zorlaşır.

% 10 CO<sub>2</sub> Bir kaç dakikadan fazla dayanılmaz. Ölüm meydana gelir.

Çalışma şartlarının ağır olması ve performanslı çalışma, nefes alış verişi hızını etkileyen faktörler olarak düşünüldüğünde karbondioksit miktarının artışı solunuma daha fazla etki edebilmektedir.

### **2.3.3. Karbonmonoksit (CO)**

İnsan hayatı için çok tehlikeli olan patlayıcı ve zehirleyici bir gazdır. Tamamlanmamış yanma işlemi karbonmonoksit üretir. Maden ocağında özellikle ocak yangınları, kömür tozu ve metan gazı patlamaları, lağım atmaları(patlayıcı yerleştirmek için açılan deliğe patlayıcı koyup ateşleme işlemi) ve dizel yakıtlı motorların çalışmasıyla ortaya çıkar [7].

Renksiz, kokusuz ve tatsız bir gaz olan karbonmonoksit, kanda bulunan hemoglobin ile Oksijen gazına göre daha kolay bağlanabildiğinden zehirleyicidir. Bu yüzden bir maden havasında CO miktarı normal olarak % 0,0016'nın üzerine çıkmamalıdır.

Çizelge 2.2. Karbonmonoksit tehlike sınıfları [8].

Grup	Zehirlenme Derecesi	Solunum Süresi	CO konsantrasyonu (100°C ve 760 mmHg de % olarak)
1	Çok az	Birkaç saat	0,0016
2	Hafif zehirlenme	1 saat ve daha az	0,048
3	Ciddi zehirlenme	30-60 dakika	0,128
4	Ölüm	Çok kısa zaman	0,4

#### 2.3.4. Metan (CH<sub>4</sub>)

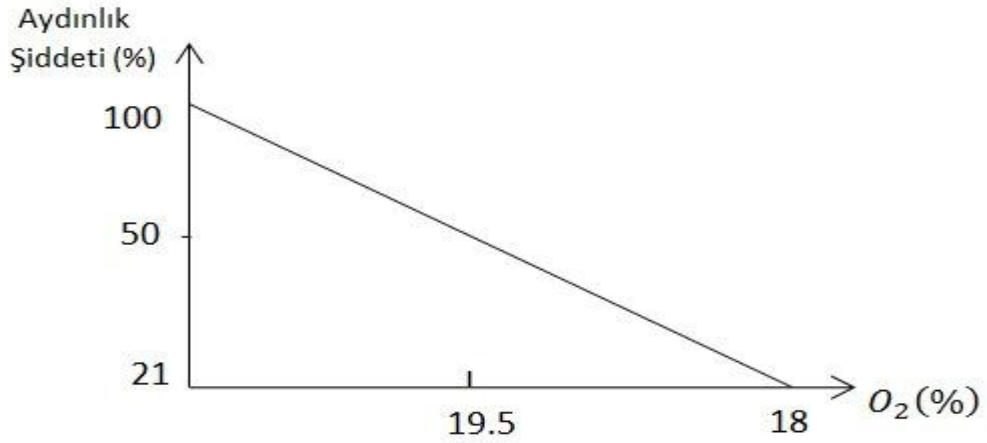
Yer altının en tehlikeli ve en önemli gazı olarak adlandırılan metan kömür olan her yerde bulunan bir gazdır. Patlayıcı ve boğucu bir gazdır. Metan gazı ile havanın karışımına grizo denmektedir. Buna çok az miktarda etan ve etilen gibi bazı hidrokarbonlar da dahildir.

Metanın yanma şiddeti miktarına ve havadaki oksijen yoğunluğuna bağlı olup; metan havada % 5 den az olduğu zaman, tutuşturucu bir ısının tesiriyle, sadece mavi bir alevle yanar; % 5,5 - 6 arası olduğunda patlayıcı olmağa başlar, % 15 veya daha fazla olduğu zaman patlayıcı olma özelliğini kaybederek tekrar yanıcı olur. Yani % 5,5 -15 arası patlayıcıdır ve bu özelliği % 9,5 de maksimuma ulaşır [7].

## 2.4. OCAK İÇİ GAZ ÖLÇÜM CİHAZ VE YÖNTEMLERİ

Ocak içi hava hızını ölçmek için anemometre, velometre ve pitot tüpü gibi cihazlar kullanılmaktadır [9].

Maden ocaklarında oksijen ve karbondioksit miktarını ölçmek için emniyet lambası kullanılmaktadır. Lambanın aydınlık şiddeti havada bulunan oksijen miktarına göre değişkenlik göstermektedir. Oksijen konsantrasyonu %17-%18 seviyesine indiğinde lamba sönmektedir. Oksijen miktarındaki her %0,1'lik azalma, ışık şiddetinin %3,5 azalmasına neden olmaktadır. Karbondioksit miktarı ölçümünde emniyet lambasındaki donuk ve duman rengi ışık, ortamda en az %2 karbondioksit olduğunu göstermektedir [10].



Şekil 2.3. Emniyet lambasındaki parlaklığın oksijen miktarına göre değişimi [10].

Karbonmonoksit gazının tespitinde ise renk ölçüm detektörü, termal ve dijital detektörler kullanılmaktadır [10].

Ocak içi hava sıcaklığı ölçümü için dijital ve civalı termometreler kullanılmaktadır. Havanın nem içeriğini belirlemek için saç higrometresi, psikrometre ve otomatik nem ölçerler kullanılmaktadır. Hava basıncı barometre ile ölçülmektedir [9]. Metan gazı ölçümü için ise dört tip dedektör kullanılmaktadır [9]:

- 1) Elektrik akımıyla çalışan dedektörlerde pil tarafından üretilen akımla flaman ısıtılarak akkor haline getirilir. Flaman, bulunduğu hücreye alınan havayı yakar. Yanma sonucu hücredeki sıcaklık artışına bağlı olarak flamanın direnci artacağından köprü dengesi bozulur. Bir reosta yardımıyla denge tekrar kurulur ve bağlı olarak ölçülen metanın oranı göstergeye aktarılır. Bu dedektörlerle %0-99,9 aralığında metan ölçümü yapılabilir [9].
- 2) Renk değişimi esasına göre çalışan dedektörler gazı emmeye yarayan bir körüklü pompa ile bu pompaya monte edilen bir ölçme tüpünden oluşur. Pompa sıkıldığı zaman içindeki hava üst kısımdaki supaplardan dışarı çıkar. Pompa serbest bırakıldığında oluşan alçak basınç gazın ölçme tüpü (dedektör tüpü) içinden geçmesini sağlar. Ölçme işlemi için tüpün her iki ucu kırıldıktan sonra pompanın kafasına takılır. Pompa tüp üzerinde belirtilen sayıda sıkılır ve tüp üzerindeki cetvelden (skaladan) renk değiştiren bölümün uzunluğu havadaki metan oranı olarak ölçülür. Aynı pompa ile farklı gazlar (CO, CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) için hazırlanmış tüpleri kullanarak ölçüm yapılabilir. Pompanın her emişte 100cm<sup>3</sup> hava emmesi gereklidir [9].
- 3) Optik esasa göre çalışan dedektörler ışığın farklı iki gaz içerisinde farklı kırılma indislerine sahip olmaları esasına göre çalışırlar. Işık kaynağından çıkan ışın bir lam üzerinden yansıtılır. Lamın alt ve üst kısmından yansıyan ışınlar farklı prizmalardan yansıtılarak birisinin metan diğerinin hava içerisinde geçmesi sağlanır. Her iki ışın farklı şekillerde kırılarak lam üstünde bir noktada ikizleme meydana gelir. Bu ikizlemenin boyuna bağlı olarak havadaki metanın oranı cetvelden okunur.[9]
- 4) Kızılötesi ışınların kullanıldığı dedektörlerde şu çalışma prensibi esas alınmaktadır: kızılötesi ışınlar metan, karbondioksit, karbonmonoksit gibi gazların bulunduğu ortamdan geçirildiğinde ısının bir kısmı bu gazlar tarafından tutulur. Böylece ısı miktarındaki değişikliklere göre gaz oranı belirlenebilmektedir [9].



## BÖLÜM 3

### IEEE 802.15.4 STANDARDI VE ZİGBEE PROTOKOLÜ

Hızla gelişen teknolojiyle birlikte ilerleyen ve gün geçtikçe yeni bir gelişmeyle karşımıza çıkan radyo haberleşme sistemlerinin kullanımı günümüzde yaygın bir hal almıştır. Üretim teknolojilerindeki gelişmelerin bir neticesi olarak üretim maliyetlerinin azalması ile önceleri ancak savunma sanayi sistemlerinde ve özel araştırmalarda kendilerine yer bulabilen bu sistemler, artık günlük hayatımızın bir parçası haline gelmeye başlamıştır.

Radyo frekans haberleşmesinin özelleşmiş bir hali olan ZigBee protokolü IEEE 802.15.4 altyapısında ve standart sarmal ağlar (Mesh Network dizilişi) ile uygulama profilleri kullanılarak kurulan kısa mesafeli kablosuz ağ standardı olarak tanımlanmaktadır.

#### 3.1. IEEE 802.15.4 STANDARDI

Haberleşme uygulamalarının bazıları yüksek veri oranı isterken bazıları düşük veri oranı, bazıları yüksek iletim mesafesi gerektirirken bazıları ise kısa mesafenin yeterli olduğu uygulamalar içermektedir. Bu yüzden haberleşme standartları haberleşmenin uygulanmak istediği alanların ihtiyacına göre farklılıkları gözetilerek oluşturulmuş standartlardır.

Standartlardan kısaca bahsetmek gerekirse; haberleşme teknolojilerinden biri olan Wi-Fi 802.11 standartlarının genel adı olarak anılmasının yanı sıra WLAN (Kablosuz Yerel Alan Ağı) kurmak için oluşturulan teknoloji ve standartları ifade etmektedir. Wireless Fidelity kelimelerinin kısaltması olan wi-fi dilimizde kablosuz bağlantı alanı olarak geçmektedir. Wi-Fi teknolojisi diz üstü bilgisayarlarda ve

internet erişim cihazlarında router (yönlendirici), DSL ya da kablolu modem olarak hizmet sunmaktadır [11].

Veri boyutu yüksek olan video aktarımı, müzik yayını, fotoğraf gönderimi, internet üzerinden görüntülü konuşma gibi birçok uygulamanın kablo sınırlaması olmaksızın gerçekleştirilme ihtiyacı bu teknolojilerin günlük hayatımızda oldukça fazla yer etmesine neden olmaktadır. Gönderilen veri boyutlarının saniyede Megabitler seviyesinde olduğu Wi-Fi haberleşme teknolojisi özellikle hayatımızın her alanında gün geçtikçe daha çok yer almaktadır.

Bir diğer bahsedilmesi gereken haberleşme türü ise Bluetooth olarak dilimize de yerleşmiş olan ve kısa mesafede haberleşme yapabilen fakat yine yüksek veri iletim özelliklerine sahip Bluetooth teknolojisidir.

1990'ların ortalarında radyo mühendisleri düşük maliyet, düşük güç gerektiren kısa mesafede bilgi aktarmanın mümkün olduğu bir teknolojinin mümkün olabileceğini düşünmekte iken Ericson'da bulunan bir mühendis ekibi bu iş için çalışmaya başlayıp bluetooth teknolojisini ortaya çıkarmışlardır [12]. Bu teknolojisi sayesinde aralarında kısa bir mesafe bulunan bilgisayar ve cep telefonu gibi cihazların birbirleriyle haberleşmeleri kablo kullanımına gerek kalmadan gerçekleştirilmiştir.

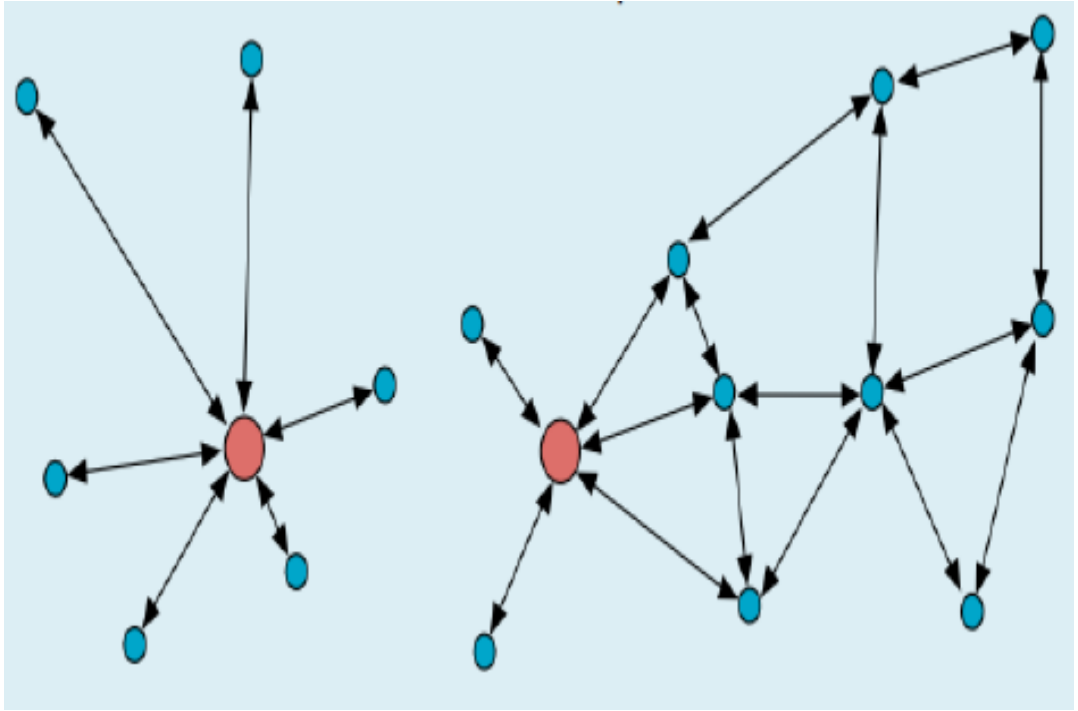
Görüntü, ses, fotoğraf vb. yüksek boyutlu verilerin iletilebildiği bu teknolojiye 2,4 Ghz ISM bandı kullanılmaktadır. Bluetooth teknolojisinin gelişmesiyle birlikte lisanssız 2,4 Ghz bandında kısa mesafeli yayın yapan kablosuz haberleşme sistemlerine bir çözüm bulmak için Bluetooth Special Industry Group (SIG) oluşturularak 1999 yılında bu grup tarafından 802.15.1 numaralı Bluetooth haberleşme standardı geliştirilmiştir [12].

Robot teknolojileri, yapay zeka uygulamaları, mekanik sistemler, sağlık sistemi gibi alanların kablosuz haberleşmenin kapsamı içine girdiği günümüzde IEEE 802.15.4 standardı LR-WPAN için oluşturulmuş bir standarttır. Bu standardın kapsamı daha az karmaşık yapıya sahip, az maliyetli, düşük güç ihtiyacı gerektiren ve düşük veri hızının uygun olduğu pahalı olmayan cihazları kapsamaktadır. Kullanım alanı olarak

uzaktan ölçüm cihazları, ev otomasyon sistemleri, oyuncaklar, akıllı etiket, endüstriyel otomasyon ve daha birçok alan sayılabilmektedir [13].

### 3.1.1. IEEE 802.15.4 Standardının Bileşenleri

IEEE 802.15.4 standardına uygun olarak oluşturulan bir sistem çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu bileşenlerden en temel olan iki tanesi FFD (Tam Fonksiyonlu Cihaz) ve RFD (İndirgenmiş Fonksiyonlu Cihaz)' dir.



Şekil 3.1. FFD ve RFD cihazlarından oluşan bir ağ sistemi.

İki ya da daha fazla cihazın aynı fiziksel alanda ve aynı kişisel çalışma alanında yer almasıyla bir WPAN oluşmaktadır. Oluşturulan bu ağda en azından bir adet FFD cihazından oluşan bir ağ koordinatörü bulunmak zorundadır [14].

Bir 802.15.4 ağı WPAN standart ailesinin bir üyesi olmasına rağmen LR-WPAN standardını kapsamaktadır [14].

Kablosuz haberleşmede tam olarak bir kapsama alanı tanımlamak mümkün değildir. Çünkü yayılma karakteristikleri dinamik ve kesin değildir. Konumda ve yönde meydana gelen sapmalar şiddetli farklılıklara sebep olmakta ve böylece sinyal gücünde ve doğrultusunda değişiklikler meydana getirmektedir [14].

### 3.1.2. PHY Katmanı

Fiziksel katman olarak adlandırılmaktadır. Bu katmanın yapmış olduğu işlevler aşağıdaki maddelerde sıralanmaktadır [14]:

- 1) Radyo alıcı-vericilerinin aktif ve pasif hale getirilmesi
- 2) Kullanılan kanalda enerjinin olup olmadığının (ED) anlaşılması
- 3) Paketlerin bağlantı kalite göstergeleri (LQI)
- 4) CCA için CSMA-CA
- 5) Kanal frekansının seçimi
- 6) Veri iletimi ve alımı

### 3.1.3. IEEE 802.15.4 Standardı İçin Frekans Bantları

IEEE 802.15.4 standardı üç farklı (endüstriyel – bilimsel - tıbbi (ISM)) frekans bandı için farklı veri iletim hızlarında tanımlanmıştır. ISM bantları endüstri, bilim ve sağlık alanlarında kullanılmak üzere ayrılmış lisans veya sertifika gerektirmeyen radyo haberleşme bantlarıdır.

Çizelge 3.1. IEEE 802.15 standardı için tanımlanmış haberleşme parametreleri [14].

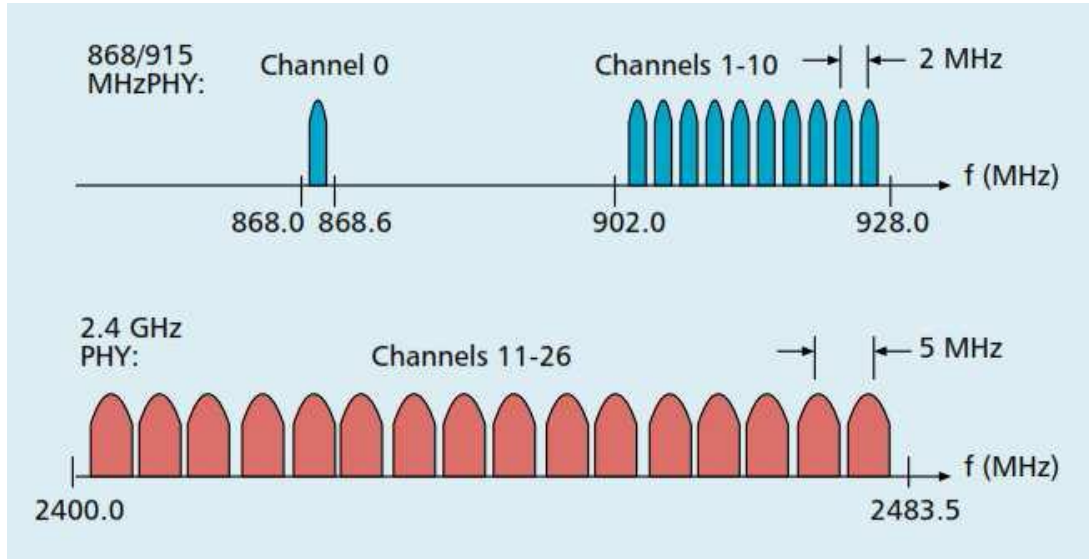
PHY (Mhz)	Frekans Bandı (Mhz)	Yayılm Parametreleri		Veri Parametreleri		
		Çip Oranı (kchip/s)	Modülasyon Tipi	Bit Oranı (kb/s)	Sembol Oranı (ksymbol/s)	Sembol Tipi
868/915	868–868.6	300	BPSK	20	20	Binary
	902–928	600	BPSK	40	40	Binary
2450	2400-2483.5	2000	O-QPSK	250	62,5	16-ary

Tabloya bakıldığında IEEE 802.15.4 standardının 3 farklı frekans bandını kullandığı görülmektedir.

868-868,6 Mhz frekans bandı Avrupa'da kullanılmaktadır. Tek kanal içermekte olup veri hızı 20 kb/s 'dir. Modülasyon tipi olarak ikili faz kaydırmalı anahtarlama olan BPSK modülasyonu kullanılmaktadır.

902-928 Mhz frekans bandı Kuzey Amerika'da kullanılmaktadır. On kanal içermekte olup veri hızı 40 kb/s 'dir. Modülasyon tipi olarak ikili faz kaydırmalı anahtarlama olan BPSK modülasyonu kullanılmaktadır.

2400-2483,5 Mhz frekans bandı tüm dünyada kullanılmaktadır. 16 kanal içermekte olup veri hızı 250 kb/s 'dir. Modülasyon tipi olarak Sapmalı Dördün Faz Kaydırmalı Anahtarlama olan O-QPSK modülasyonu kullanılmaktadır.



Şekil 3.2. IEEE 802.15.4 standardı için frekans bantları [15].

Burada ayrıca dikkat edilmesi gereken noktalardan biri de her frekans bandının kendine özgü parametrelerinin bulunduğudür. Bu frekans bantlarının kullanımı da belirli standartlarca (ETSI) düzenlenmektedir. Bu parametreleri taşıyıcı frekansı, iletim gücü, iletim görev devri, en yüksek iletim zamanı, en düşük iletim zamanı, anten özellikleri olarak sıralamak mümkündür [14].

### **3.1.4. MAC Katmanı**

Adresleri kullanarak fiziksel bağlantılar arasında güvenli data iletimine imkan sağlayan katmandır. MAC adresinin kullanımı sayesinde cihazların aynı fiziksel bağlantıyı kullanmalarına ve birbirlerinden farklı şekilde tanımlanmalarına yardımcı olur. Her MAC adresi birbirlerinden farklı adreslere sahiptir. Haberleşme cihazları üretildikleri sırada her birine özgü olan bir MAC adresi oluşturulmaktadır.

MAC katmanı 2 adet servis hizmeti sunmaktadır. Bunlardan biri MAC bilgi servisi ve diğeri MAC yönetim servisedir. MAC protokol veri ünitesi PHY veri servisi üzerinden gelen verilerin alım ve iletim işlemlerini gerçekleştirir. MAC katmanı bu yapılan işlemlerin yanı sıra aşağıda sıralanan işlemleri gerçekleştirmektedir [14].

- 1) Eğer cihaz koordinatör cihaz ise ağ belirtecini oluşturmak.
- 2) Belirteçleri senkronize etmek
- 3) Kişisel alan ağı PAN' in oluşturulmasını ve ağın iptal edilmesini sağlamak
- 4) Cihazın güvenliğini sağlamak
- 5) Kanal erişimi için CSMA-CA mekanizmasını çalıştırmak
- 6) GTS mekanizmasını oluşturmak ve sürdürülmesini sağlamak
- 7) İki eş MAC protokolü arasında güvenli bağlantı kurulmasını sağlamak

### **3.1.5. CSMA-CA Protokolü**

Taşıyıcı duyarlı çoklu erişim ve çarpışmadan kaçınma anlamlarına gelen CSMA-CA ifadesi haberleşmede çakışmadan kaynaklanan hataları engelleyici bir protokoldür. Bu protokole göre bir cihaz iletişime geçmeden önce açık kanal değerlendirmesi (CCA) yapılarak kanalın başka bir cihaz tarafından kullanılıp kullanılmadığından emin olunur. Bu kontrolün yapılmasının ardından cihaz iletişime başlar [16].

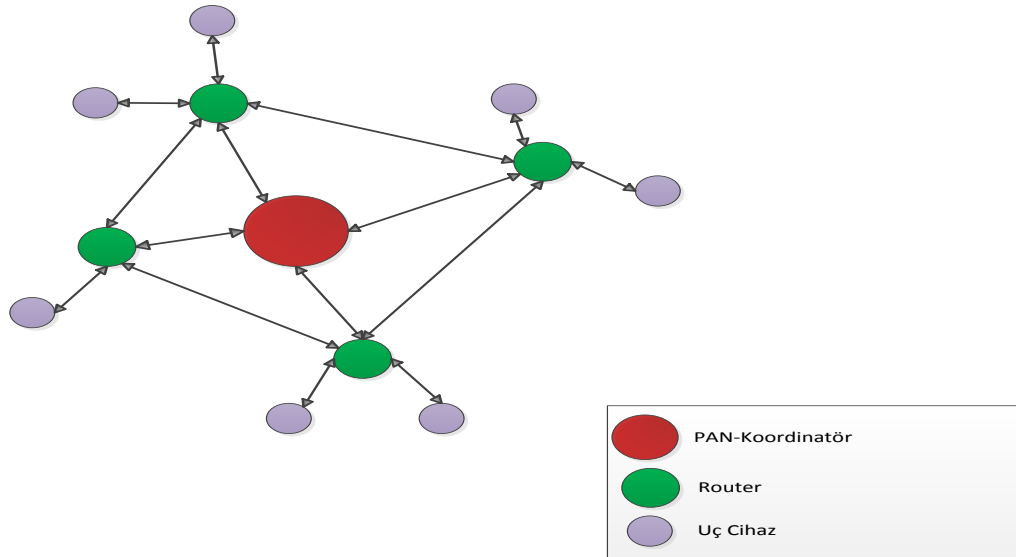
Kanalın boş olup olmadığının kararı kanal frekansındaki sinyalin spektral enerjisinin ölçülmesiyle verilebilmektedir. Bir cihaz bir sinyali iletmeyi planladığında, öncelikle

alıcı moda geçerek aranan kanalın sinyal enerji seviyesini belirler. Bu belirleme işlemi ED yani enerji tespiti olarak bilinmektedir. Bu işlemde alıcı sinyali çözmeye uğraşmaz ve sadece enerji seviyesi tahmin edilir. Eğer frekans bandında bir sinyal tespit edilirse, ED bu sinyalin IEEE 802.15.4 standardına uygun olup olmadığını belirleyemez [16].

Kanalın boş olup olmadığını anlamak için bir diğer yol ise CS işlemidir. Bu işlem ED' nin aksine sadece sinyalin enerji seviyesinin yanında sinyalin hangi standarda uygun bir sinyal olduğunu tespit edebilmektedir [16]. Bu protokol sayesinde iletimde meydana gelebilecek olan veri kayıpları en aza indirilmiş olmaktadır. Bu işleme dilimizde kanal dinleme de denilmektedir. Kanalın dinleme işlemi yapılarak bu yolla kayıpsız veri gönderim işlemi yapılabilmektedir.

### 3.1.6. IEEE 802.15.4 Standardı Tarafından Desteklenen Ağ Yapıları

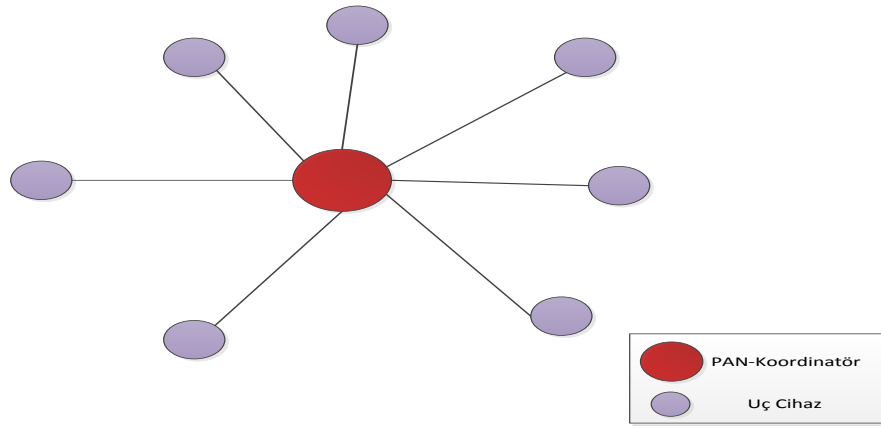
IEEE 802.15.4 standardı yıldız ve noktadan noktaya olmak üzere iki adet ağ yapısını desteklemektedir. Yıldız topolojide PAN koordinatör denilen tek bir ana kontrol bulunur ve cihazlar arası yapılmaktadır.



Şekil 3.3. Mesh (örgü) topoloji.

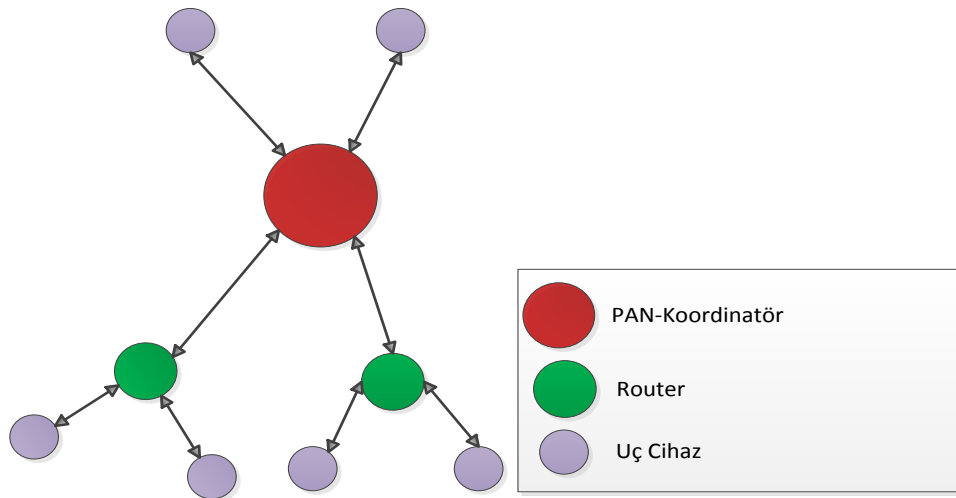
Bir PAN koordinatörü ağdaki haberleşmeyi başlatıcı, bitirici ve yönlendirici görevi görmektedir. Ağdaki bütün cihazların 64 bitlik adresleri mevcuttur. PAN koordinatörü cihazı ana bir besleme kaynağından beslenirken ağda bulunan diğer cihazların enerji ihtiyacı pil ile karşılanabilmektedir.

Mesh topoloji, yıldız topolojiden farklı olarak PAN koordinatörden başka diğer cihazların da birbirleriyle haberleşmesini mümkün kılar. Fakat birbirleriyle iletişime geçecek olan diğer cihazlar FFD cihaz olmalıdır. Yani PAN koordinatörün sahip olduğu özelliğe sahip olmalıdır [14].



Şekil 3.4. Yıldız topoloji.

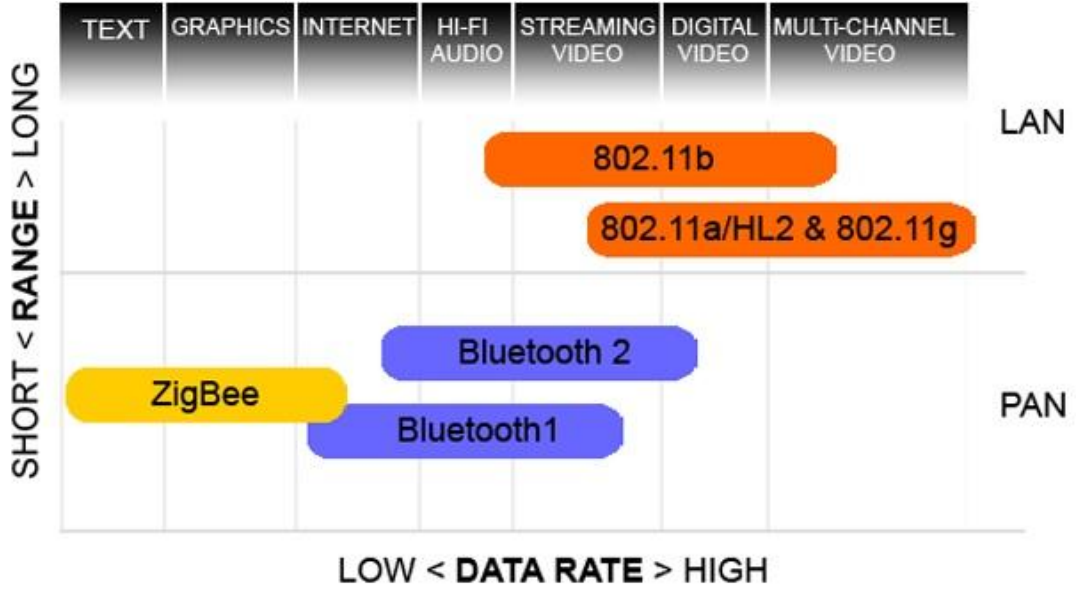
Bir diğer ağ topoloji ise küme ağaç (cluster tree) topolojisidir. Bu topolojide koordinatöre bağlanan cihazlar tıpkı birer üzüm salkımı gibi görülmektedir.



Şekil 3.5. Küme Ağaç topoloji.



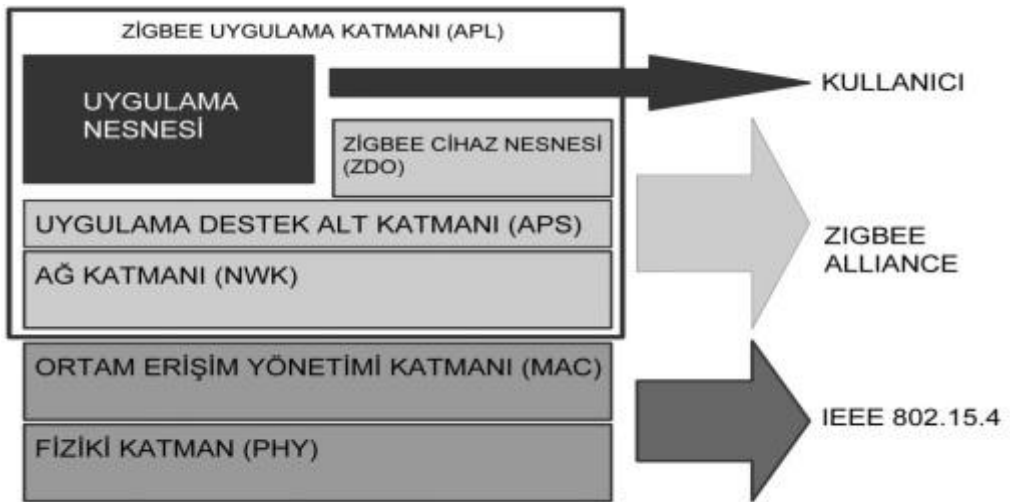
### 3.2. ZIGBEE PROTOKOLÜ



Şekil 3.6. Haberleşme teknolojilerinin uygulama alanlarına bir örnek.

#### 3.2.1. ZigBee Protokolüne Düzenlenen Katmanlar

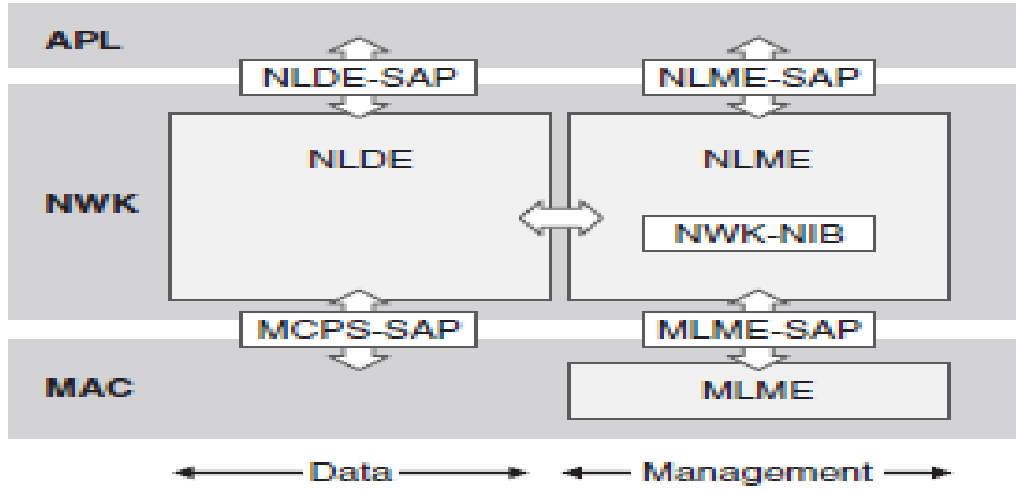
Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi IEEE 802.15.4 standardı içinde MAC ve PHY olmak üzere iki adet katman mevcut iken ZigBee protokolünde NWK ve APL katmanları düzenlenmektedir.



Şekil 3.7. IEEE 802.15.4 Standardı ve ZigBee protokolündeki katmanlar [17].

### 3.2.1.1. NWK Katmanı

NWK katmanı MAC katmanı ile APL katmanı arasında bir ara yüzey oluşturmaktadır. Bu katman ağ bilgisinden ve yönlendirmeden sorumludur. ZigBee koordinatörünün NWK katmanı yeni bir ağ kurulmasını ve ağ topolojisinin seçilmesini sağlar. ZigBee koordinatörü ağda bulunan bütün cihazlara NWK adresi atama işlemini gerçekleştirmektedir [16].

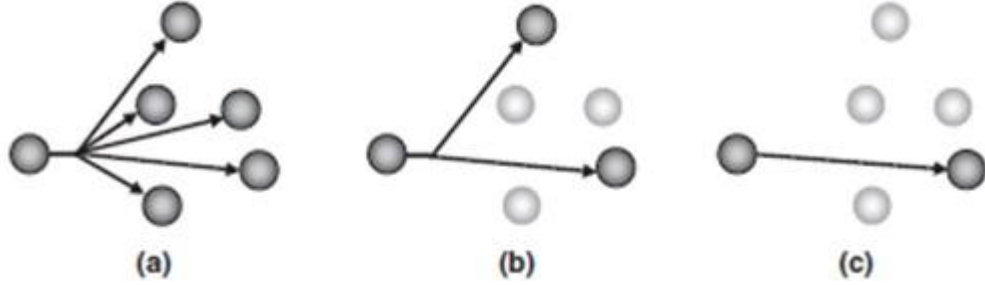


Şekil 3.8. NWK katmanının yapısı.

NWK katmanı iki tür servis hizmeti vermektedir. Bunlar veri ve yönetim hizmetleridir. NLDE veri iletiminden sorumlu bölümdür. Veri servisi NLDE 'nin üzerinden servis erişim noktasına (SAP) ulaşmaktadır. NWK katmanı yönetim hizmetleri NLME tarafından gerçekleştirilmektedir. NWK katmanının kendine özgü sabitleri ve sembolleri bulunmaktadır. Tüm NWK sabitleri nwkc ile NWK sembolleri ise nwk ile başlamaktadır. Bu sabit ve semboller ZigBee protokolünün belgelerinde yer almaktadır [16].

NWK katmanı ağda yolculuk yapacak olan çerçevelerin uzunluk limitlerini belirleme işlemi yapar. Her uzunluk atlama sayısı olarak tanımlanmaktadır. Radius adı verilen parametre her NWK çerçevesine eklenerek maksimum atlama sayısı belirlenir. Örnek vermek gerekirse, radiusun başlangıç değeri 3 olduğunda, mesaj 3 kereden

fazla yayın yapılamaz anlamını taşımaktadır. Mesaj her yayınlandığında radiusun değeri azaltılır ve radiusun değeri 0 a düştüğünde çerçeve artık yayınlanmaz [16].



Şekil 3.9. a) Broadcast, b) Multicast, c) Unicast Haberleşme Mekanizmaları [16].

NWK katmanının gerçekleştirdiği işlemleri özetlemek istersek:

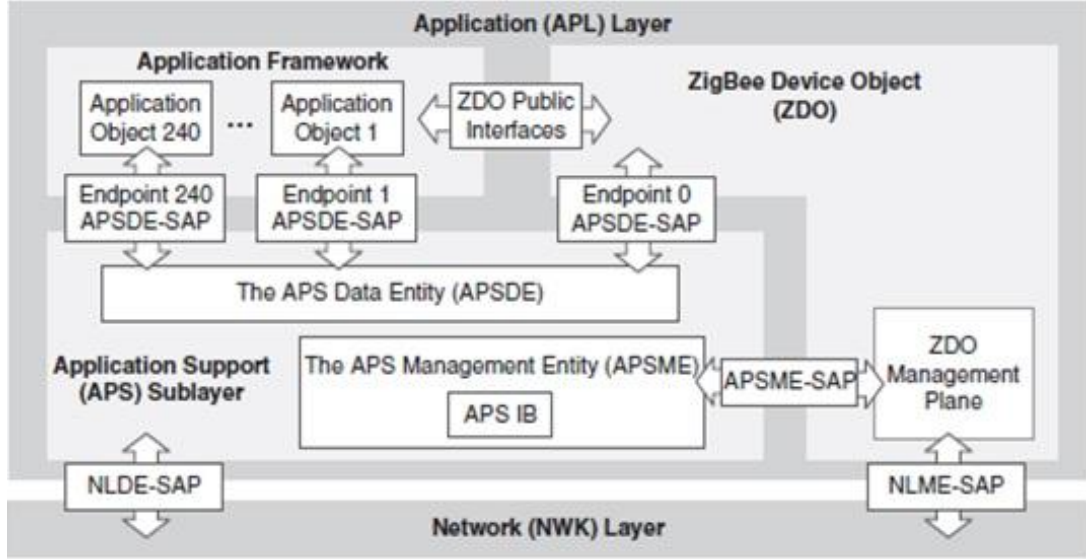
- 1) Yeni bir cihazı yapılandırmak. Örneğin cihaz koordinatör ise koordinatör olarak, ağa bağlanacak diğer tür bir cihaz ise ona göre cihazı yapılandırma işlemini yapar.
- 2) Ağı başlatır.
- 3) Ağa katılma ve ağdan ayrılma işlemlerini gerçekleştirir.
- 4) NWK katmanının güvenliğini sağlar.
- 5) Çerçevelerin adreslerine ulaşabilmeleri için onlara yönlendirme yapar.
- 6) Cihazlar arasında birbirlerini bulma ve yönlendirme işlemini gerçekleştirir.
- 7) Tek atlamalık ilgili yakın bilgiyi depolar.
- 8) Cihazların ağa katılabilmesi için onlara adres tahsis etmek. (Sadece ZigBee router ve Koordinatör cihazları bu işlemi gerçekleştirebilmektedir.)

işlemlerini saymak mümkündür.

### 3.2.1.2. APL Katmanı

APL katmanı ZigBee haberleşme ağının en yüksek katmanı olarak geçmektedir. Üreticiler uygulama nesnelerini çeşitli uygulamalarda kullanılmak üzere geliştirmektedirler. Uygulama nesneleri bir ZigBee cihazında protokol katmanlarının kontrol ve yönetimini yapmaktadır. Tek bir cihazda 240'a varan uygulama nesnesi bulunmaktadır [16].

ZigBee APL katmanı üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar APS alt katmanı , ZigBee Cihaz Nesnesi (ZDO) ve uygulama yapısıdır.



Şekil 3.10. APL katmanı [16].

APS alt katmanı, NWK ile APL yani uygulama katmanı arasında bulunan ara katmandır. APS katmanı diğer alt katmanlara benzer olarak veri ve yönetim servis hizmetini sağlamaktadır. APSDE üzerinden servis erişim noktasına ulaşılmaktadır. (SAP) Yönetim hizmetleri ise APSME tarafından sağlanmaktadır. APS alt katmanı apsc ve aps ile başlayan sabitlere ve simgelere sahiptir [16].

Uygulama Yapısı (Application Framework) ZigBee cihazındaki protokol katmanlarının yönetimi ve kontrolü için hangi uygulama nesnesinin bulunduğunu gösteren yapıdır.

Uygulama nesneleri APSED-SAP'ı, emsal uygulama nesneleri arasında veri alış verişini yapmak için kullanmaktadır. Her uygulama nesnesi kendine özgü son nokta adresine sahiptir. Son nokta adreslerinden 0 olanı ZDO için kullanılmaktadır. Tüm uygulama nesnelere bir mesaj yayınlamak için son nokta adresi 255 olarak ayarlanmalıdır. Son nokta adresleri çoklu cihazların aynı radyoyu paylaşımına izin verir.

ZigBee Cihaz Nesnesi (ZDO) APS alt katmanı ile uygulama yapısı arasında bulunan alt katmandır. Örnek vermek gerekirse; ZDO, üç mantıksal birim olan ZigBee koordinatörü, routerı ve son cihazı yapılandırma işlevinden sorumludur.

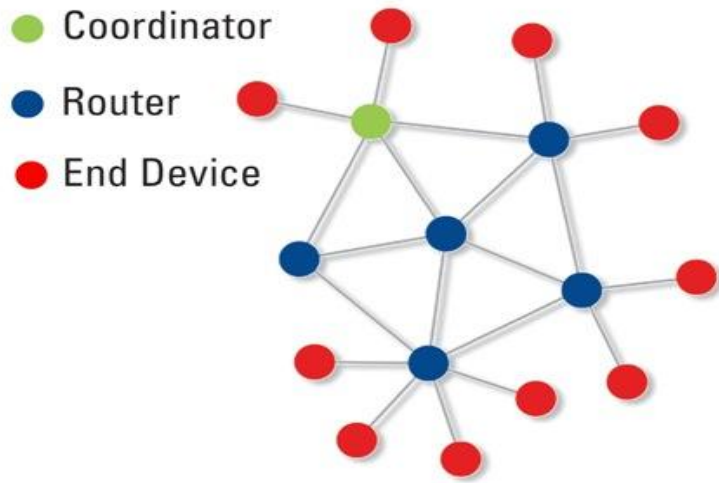
APS Katmanının gerçekleştirdiği işlevleri sıraladığımızda [16];

- 1) Bağlantı tablolarını korumak.
- 2) Bağlı cihazlar arasında mesaj iletimi yapmak.
- 3) Grup adreslerini yönetmek.
- 4) 64 bitlik IEEE adresini 16 bitlik ağ adresine uyarlamak ve aynı şekilde tam tersi işlem gerçekleştirmek.
- 5) Güvenli veri iletimini sağlamak.
- 6) Ağdaki cihazların rollerini tanımlamak.
- 7) Ağdaki cihazları ve işlevlerini tespit etmek.
- 8) Güvenlikle ilgili işleri yapmak.

gibi görevleri saymak mümkündür.

### 3.2.2. ZigBee Protokolünde Ağdaki Cihaz Rollerini

ZigBee protokolünde tanımlanan iki tür cihaz vardır. Bunlar FFD yani tam fonksiyonlu cihaz ve RFD yani fonksiyonları azaltılmış cihaz olarak adlandırılmaktadır.



Şekil 3.11. ZigBee ağında bulunan cihazlar ve rolleri.

### **3.2.2.1. ZigBee Koordinatör Cihazı**

ZigBee protokolüne göre oluşturulacak her ağ yapısında sadece bir adet koordinatör cihaz bulunur. Bu cihaz tür olarak tam fonksiyonlu cihaz kategorisinde olmalıdır. Ağ adresini belirleyen ve diğer cihazların ağa dahil olmasını sağlayan cihaz koordinatördür. Ağı yönetmekten sorumludur. Koordinatör cihazı genellikle bir ağda yönetim cihazı olduğundan ve alınan verileri işlemek için bir bilgisayara bağlı olduğundan bu cihazın enerji ihtiyacı kesintisiz güç kaynaklarından sağlanabilmektedir.

### **3.2.2.2. ZigBee Yönlendirici Cihazı**

ZigBee protokolüne göre oluşturulacak ağ yapılarında ağ; iki ve daha fazla cihazdan oluşuyorsa yönlendirici cihaz kullanılabilir. Cihaz adından da anlaşılacağı üzere yönlendirme işlemi gerçekleştirmektedir. Koordinatörden alınan veriyi son nokta cihazlarına ve son nokta cihazlarından alınan veriyi de koordinatöre iletmekle görevlidir. Yönlendirici ZigBee cihazı cihaz türü olarak tam fonksiyonlu cihaz olmalıdır. Bu cihazların koordinatörden farklı olarak pil ile beslenmesi yapılarak konumdan bağımsız olmaları sağlanmaktadır.

### **3.2.2.3. ZigBee Son Nokta Cihazı**

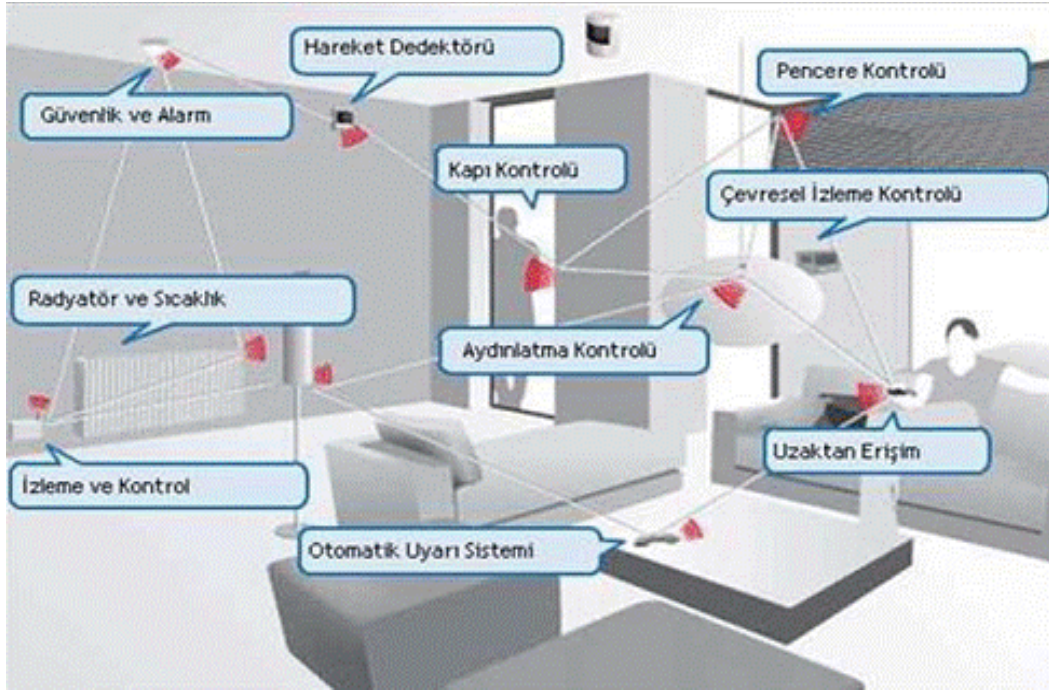
ZigBee protokolüne göre oluşturulacak ağ yapıları koordinatör ve yönlendirici cihazlarından ayrı olarak son nokta cihazı da bulundurabilmektedir. Ağda genellikle sensörler vasıtasıyla bulunduğu konumun verilerini aktarmaya yönelik olarak kullanılan bu cihazlar veri alıp verme işlemini gerçekleştirirken yönlendirme yapabilme kabiliyetine sahip değildirler. Bu cihazlarda cihaz türü olarak tam fonksiyonlu cihazlar kullanılabileceği gibi fonksiyonu azaltılmış cihazlar da kullanılabilmektedir. Ayrıca bu cihazlar koordinatörden farklı olarak pil ile beslenmesi yapılarak konumdan bağımsız olmaları sağlanmaktadır.

### 3.2.3. ZigBee Teknolojisinin Uygulama Alanları

Günümüzde teknoloji büyük bir şekilde ivmelenerek günlük yaşamımızın olmazsa olmazı olmuştur. İnsanoğlu çoğu işlemini artık teknoloji yardımıyla hallederken teknoloji üreticileri kullanılan teknolojinin enerji ve batarya talebini karşılama noktasında probleme düşmektedirler. Dolayısıyla artık üretilen her teknoloji için aranılan şartlardan biri düşük güç tüketimi olmaktadır. ZigBee teknolojisi bu konu üzerine uzmanlaşmış ekiplerce hazırlanmış bir protokol olarak günümüzde de pek çok uygulama sahasıyla karşımıza çıkmaktadır.

1) Ticari Bina ve Ev Otomasyonu sistemlerinde [18];

HVAC (Isınma, Havalandırma ve Klima Sistemleri), ışıklandırma kontrolü, kapı – pencere – panjur – kilit kontrolleri, ev otomasyonunda müzik ve sinema sistemlerinin kontrolü ve bina içi giriş- çıkış kontrollerinde kullanılmaktadır.



Şekil 3.12. Ev içi ZigBee kullanarak otomasyon sisteminin gerçekleştirilmesi.

2) Güvenlik sistemlerinde;

Güvenlik Alarmı, yangın-gaz-su detektör sistemleri ve giriş-çıkış kontrollerinde kullanılmaktadır.

3) Sağlık Sektöründe kullanılan sistemlerde;

Hastaların ve sporcuların vücut fonksiyonlarını takip ve kontrol amaçlı kullanılır.

4) Taşıtlarda;

Araçlardaki mekanizmaların kontrolünde özellikle kabloların ulaşamayacağı yerlerde örneğin lastiklerin basıncını izlemede kullanılmaktadır.

5) Tarım Sektöründe;

Nem, su, sıcaklık, gübre durumu vb. verilerin izlenmesini sağlayarak ürün yetiştirmede optimizasyonu sağlar.

6) Endüstride;

Üretim kontrolü, enerji yönetimi, endüstriyel cihazların kontrolünde kullanılır. Ayrıca taşınabilir servislerin ve aygıtların çevrimiçi (online) ödeme, çevrimiçi kontrol sistemlerinde kullanılır.

### **3.2.4. ZigBee Protokolü İle IEEE 802.15.4 Standardı Arasındaki İlişki**

Önceki bölümlerde IEEE 802.15.4 katmanları ve ZigBee Protokolü katmanlarından kısaca bahsedilmişti. Buna göre IEEE 802.15.4 standardı PHY ve MAC katmanlarında olması gereken özellikleri kapsarken, ZigBee protokolünde uygulama katmanındaki (APL) ve ağ katmanındaki (NWK) özellikler düzenlenmiştir. Yani; IEEE 802.15.4 standardında kanal frekans seçimi, radyo alıcı vericilerinin aktif ve pasif hale getirilmesi, veri iletimi ve alımı gibi fiziksel katman görevlerinin yanı sıra cihaz güvenliğinin sağlanması, kişisel alan ağı oluşturulması ve iptal edilmesi gibi görevler yerine getirilirken; ZigBee Protokolünde ağın oluşturulması, ağ topolojisinin seçimi, cihazlara adres atanması, gibi ağ katmanı işlevlerinin yanı sıra, bağlı cihazlar arasında veri iletiminin gerçekleştirilmesi, ağdaki cihaz rollerinin belirlenmesi gibi uygulama katmanı işlevleri yapılmaktadır.

### **3.2.5. ZigBee Protokolü İle Diğer Kablosuz Haberleşme Türlerinin Karşılaştırılması**

Kablosuz haberleşme teknolojilerinin gelişimi son yıllarda ses iletiminin üzerine eklenen yeni uygulamalarla devam etmektedir. Eskiden sadece bildiğimiz klasik radyo yayını ile ses iletimi yapabilen teknolojiler yerini aynı anda ses ve görüntü



aktarımı yapabilen cihazlara bıraktı. Özellikle veri haberleşmesinin de gelişmesiyle pek çok büyük boyutlu veriler çok uzak mesafelere iletilebilmektedir. Sensör ağlarının ve akıllı sensörlerin gelişmesiyle birlikte kablosuz haberleşme teknolojileri birçok alana yayılmış durumdadır. Bu sistemler sayesinde yüksek kablolama maliyetlerinden kurtulunarak konumdan bağımsız çalışma ve çalışılan ortamların sensörler vasıtasıyla durumlarının izlenmesi mümkün hale gelmiştir. Kablosuz haberleşme sistemlerinin farklı uygulama alanlarında kullanılır hale gelmesi doğal olarak pek çok kablosuz haberleşme teknolojisinin oluşumunu beraberinde getirmiştir. Oluşan her teknolojinin kendine ait bir hareket alanı yani kısıtlayıcıları mevcuttur. Bu kısıtlayıcıları şu şekilde sıralamak mümkündür:

- 1) Mesafe
- 2) Dayanıklılık
- 3) Bant Genişliği
- 4) Uygunluk
- 5) Güvenlik
- 6) Fiyat (Maliyet)
- 7) Enerji Tüketimi
- 8) Hız ve İletim Tipi (senkron, asenkron)
- 9) Ağ mimarisi (ağ topolojisi)
- 10) Kullanım alanı

Aşağıda oluşturulan tabloda bazı kablosuz haberleşme protokolleri kendi aralarında tabloda belirtilen özelliklere göre kıyaslama yapılmaktadır.

Çizelge 3.2. ZigBee ile diğer kablosuz haberleşme protokollerinin karşılaştırılması [19].

Protokoller	Bluetooth	UWB	ZigBee	Wi-Fi	Wi-Max	GSM/GPRS
Frekans Bandı	2.4 GHz	3.1-10.6 Ghz	868/915 Mhz; 2.4Ghz	2.4;5 Ghz	2.4; 5.1-66 Ghz	850/900; 1800/1900 Mhz

Çizelge 3.2 (devam ediyor).

Maksimum Sinyal Oranı	720 Kb/s	110 Mb/s	250 Kb/s	54 Mb/s	35-70 Mb/s	168 Kb/s
İletim Mesafesi	10 m	10-102 m	10-1000 m	10-100 m	0.3-49 Km	2-35 Km
İletim gücü	0-10 dBm	-41.3 dBm/Mhz	-25 -0 dBm	15-20 dBm	23 dBm	0-39 dBm
Rf Kanal Sayısı	79	1-15	1-10;16	14(2.4 Ghz) 64(5 Ghz)	4;8 10;20	124
Modülasyon Tipi	GFSK CPFSK 8-DPSK $\pi/4$ DPQSK	BPSK PPM PAM OOK PWM	BPSK QPSK O- QPSK	BPSK QPSK OFDM M- QAM	QAM 16/64 QPSK BPSK OFDM	GMSK 8PSK
Kanal Bant genişliği	1 Mhz	0.5-7.5 Ghz	0.3/0.6 Mhz; 2 Mhz	25-20 Mhz	20;10 Mhz	200 Khz
Kanal Bant genişliği	1 Mhz	0.5-7.5 Ghz	0.3/0.6 Mhz; 2 Mhz	25-20 Mhz	20;10 Mhz	200 Khz
Yayılm	FHSS	DS-UWB MB-OFDM	DSSS	MC-DSSS CCK OFDM	OFDM OFDMA	TDMA DSSS
Düğüm Sayısı	8	236	>6500	2007	1600	1000
Şifreleme	E <sub>0</sub> stream cipher	AES	AES	RC4 AES	AES-CCM	GEA MS- SGSN MS- host
Veri Koruması	16-bit CRC	32-bit CRC	16-bit CRC	32-bit CRC	AES tabanlı CMAC	GPRS-A5 Algoritması
Başarı Ölçütleri	Fiyat, uygunluk	Enerji Tüketimi, Maliyet	Güvenilirlik Enerji Tüketimi Maliyet	Hız , Esneklik	Hız aralığı	Maliyet Uygunluk
Uygulama Alanları	Kablolama Tasarrufu	İzleme Veri Ağı	İzleme Kontrol	Veri ağı, İnternet, İzleme	İnternet İzleme Ağ Servisi	İnternet İzleme Kontrol

Yukarıdaki tablodan da anlaşılacağı üzere her kablosuz haberleşme teknolojisinin birbirlerine karşı üstünlükleri mevcut olduğundan hiç bir haberleşme protokolüne ideal haberleşme sistemi demek mümkün değildir. Bu yüzden yapılacak

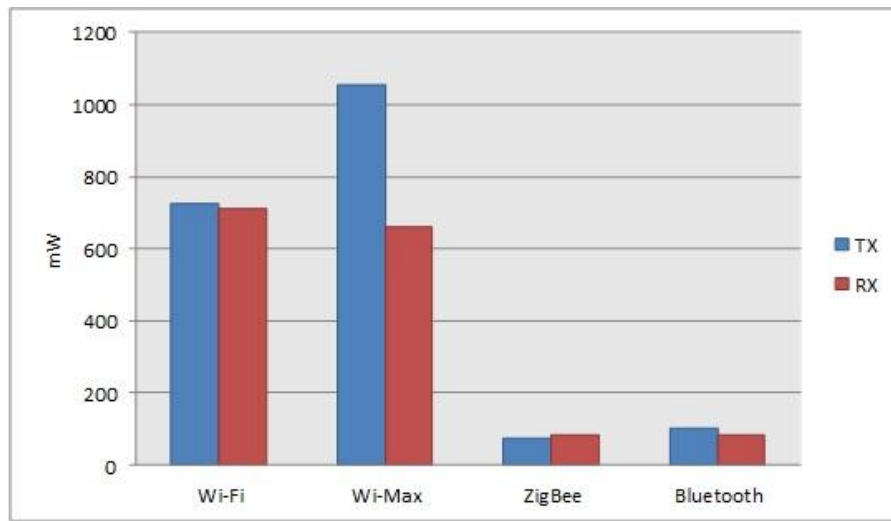
uygulamalarda çevre şartları, gönderilecek ve alınacak verilerin boyutu, iletim mesafeleri, haberleşme ağına konulacak cihaz sayısı gibi değişkenlere göre seçim yapılarak en uygun haberleşme sisteminin seçilmesi sağlanabilmektedir.

Aşağıdaki tabloda ise ZigBee ile diğer haberleşme protokollerinde kullanılan cihazların güç ihtiyaçları karakteristikleri verilmektedir.

Çizelge 3.3. ZigBee ile diğer haberleşme protokollerinin güç tüketimlerinin karşılaştırılması [19].

Haberleşme Protokolleri	Yonga Seti	V <sub>DD</sub> (Volt)	I <sub>TX</sub> (mA)	I <sub>RX</sub> (mA)	Bit Oranı(Mb/s)
Wi-Fi	CX53111	3.3	219	215	54
Wi-Max	AT86 RF535A	3.3	320	200	70
ZigBee	CC2430	3.0	24.7	27	0.25
Bluetooth	BlueCore2	1.8	57	47	0.72

Bunu grafik olarak gösterirsek;



Şekil 3.13. ZigBee ile diğer protokollerin güç harcama miktarlarının karşılaştırılması [19].

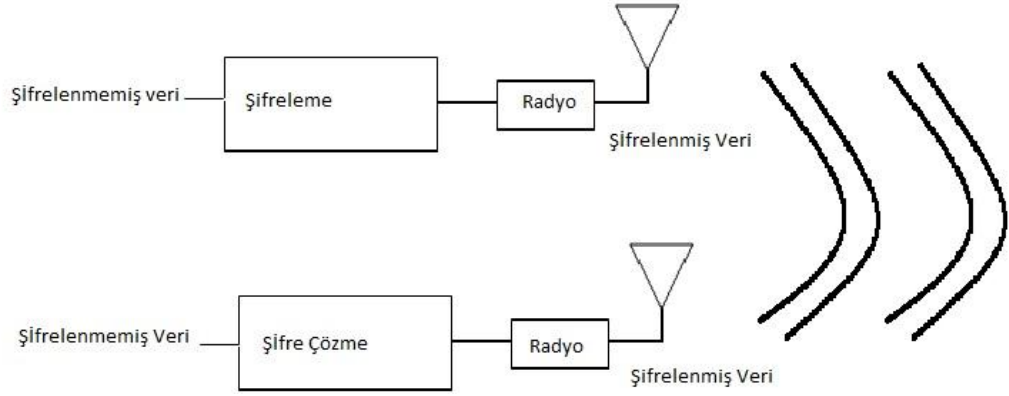
Yukarıda tabloda verilen bilgiler grafik olarak yukarıya yansıtıldığında ZigBee haberleşme protokolünün en az güç ihtiyacı olan protokol olduğu görülmektedir. Yapılan uygulamalarda enerji sarfiyatının minimum olması gerektiği düşünüldüğünde ZigBee iyi bir alternatif olarak görünmektedir.

Bir diğer önemli kıyaslama kriteri ise bu cihazlarda kullanılan pil ömrünün uzun olmasıdır. Çünkü yüksek enerji sarfiyatı yapan cihazlar bu ihtiyaçlarını karşılamak için sabit bir enerji kaynağına ihtiyaç duymaktadırlar. Bu ise yapılan uygulamaların bu enerji kaynaklarının yakınında olmasına bağlı hale getirmektedir.

### **3.2.6. Güvenlik ve Şifreleme**

Kablosuz haberleşme ağında iletilen bir mesaj yakındaki başka bir ZigBee cihazı tarafından alınır. Bu alınma işlemi belirli güvenlik ilkeleri gözetilerek yapılmaktadır. Bazı basit uygulamalarda güvenlik çok endişelenecek bir durum olmasa da, diğer uygulamalarda bir cihazı haberleşme esnasında dinlemek veya mesajlaşma trafiğine müdahale etmek sistemlerin bozulmasına veya kişinin özel hayatına karışılmasına sebep olabilmektedir [16].

Bu tür durumların önüne geçilmesi açısından haberleşme sistemlerinde güvenlik ön planda yer almaktadır. Bu konuya örnek verecek olursak; arabamızı otomatik olarak kilitlediğimiz anahtarın araba ile haberleşmesi dinlendiğinde eğer herhangi bir güvenlik önlemi alınmamışsa arabamızın hırsızlar tarafından çalınması muhtemeldir. Bir diğer örnek ise yetkili olmayanların giremeyeceği bir kablosuz haberleşmeyle çalışan güvenlik sistemi uygulamasında sistemi koruyacak güvenlik önlemi alınmadığında istemediğimiz kişilerce rahatça girilerek bilgilerimizin çalındığını görebiliriz. Bu tür örnekleri çoğaltmak mümkündür.



Şekil 3.14. Mesajın şifrenmesi

Şifreleme bir mesajın değiştirilerek gönderilmesi olarak tanımlanabilmektedir. ZigBee Protokolü Gelişmiş Şifreleme Standardını (AES) kullanmaktadır. Verici olan radyo şifreleyeceği mesaj için bir algoritma oluşturur ve bu algoritmayı çözmeyi sadece hedeflenen alıcı bilmektedir. Şifreleme ve şifre çözme uygulamalarına kriptoloji adı verilmektedir [16].

AES' de her şifrelenen algoritma bir anahtarla birleştirilir. Algoritmanın kendisi herkese açıktır, fakat anahtarın değeri her iletimde saklı tutulur. Anahtar binary bir sayıdır. Güvenlik anahtarı oluşturmak için pek çok farklı metot vardır. Örnek verilecek olursa; anahtar üretici tarafından cihaza gömülü olarak koyulmaktadır veya ağa yeni katılan bir cihaz ağda bulunan atanmış bir cihazdan güvenlik anahtarını alabilmektedir [16].

Bir anahtarda bitlerin sayısı güvenlik derecesini belirlemektedir. Eğer anahtar 8 bit ise ağa izinsiz girmeye çalışan cihaz ya da kişi  $2^8=256$  denemeden sonra orjinal mesajı elde edebilmektedir. ZigBee 128 bit anahtarı desteklemektedir. Bu da orjinal mesajı elde edebilmek için  $2^{128}$  deneme anlamına gelmektedir [16].

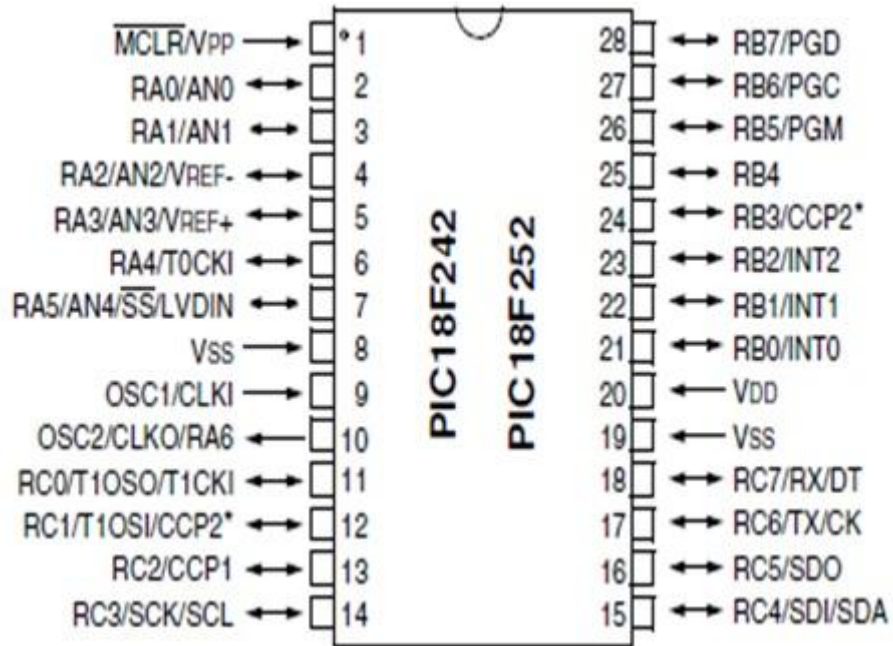
## BÖLÜM 4

### TASARIM

#### 4.1. TASARIMDA KULLANILAN DONANIM BİLEŞENLERİNİN TANITIMI

##### 4.1.1. PIC 18F252

PIC Microchip Technology firması tarafından üretimi yapılan ve Çevresel Arabirim Denetleyicisi olarak adlandırılan programlanabilme özelliğine sahip bir mikro denetleyici yongasıdır. Piyasada hemen hemen bütün ürünlerinin bulunması ve fiyatlarının uygun olması tercih sebeplerinden birini oluşturmaktadır.



Şekil 4.1. PIC 18F252 mikro denetleyici pinlerinin gösterimi [21].

Projede neden PIC mikro denetleyicisi kullanıldığını şu şekilde açıklamaktadır. Sistem seçimi yapılırken o sistemin çalışmasına ve performansına etki edecek

niteliklere bakılarak seçim yapılmaktadır. Mikro denetleyicilerinin birbirinden ayırt edilmesini sağlayan çeşitli kriterler vardır.

**Kod Verimliliği:** PIC Harvard mimarisi temelli olup 8 bitlik bir mikro denetleyici yapısına sahiptir. Bu da bellek ve veriler için ayrı iletim yollarının var olduğunu göstermektedir. Bu sayede akış miktarı veriye ve program hafızasına anında ulaşım arttırılmış olur [20].

**Güvenilirlik:** Tüm komutlar 12 veya 14 bitlik bir program belleğine sığar ve bu sayede yazılımın programın veri kısmına atlaması ve veriyi komut gibi çalıştırması külfetinden kurtulunmuş olur [20].

**Komut Seti:** Kolay ve basit komutlar sayesinde öğrenilmesi ve kullanımı kolaydır [20].

**Hız:** PIC'ler hızlı mikro denetleyiciler olup komut döngüleri 1 ms de gerçekleşebilmektedir [20].

**Kararlılık:** PIC kararlı bir yapıya sahiptir. PIC de var olan saat durdurulup yeniden başlatıldığında işlemlerin herhangi bir şekilde değişikliğe uğramadan devam etmesi sağlanmaktadır [20].

**Yazılım:** PIC mikro denetleyicilerini programlamak için pek çok yazılım ücretsiz olarak sağlanmaktadır. Basic ve C dili gibi geleneksel programlama dilleri programlamak mümkündür [20].

#### **4.1.1.1. PIC 18F252'ye Genel Bakış**

PIC 18F252'ye ait bazı çevresel özellikleri şu şekilde belirtirsek [22]:

Yüksek akım kaynağı: 25 mA

Üç adet harici kesme pini

Timer 0 modülü: 8 bit/16 bit zamanlayıcı/sayıcı ile 8 bit programlanabilir ön derecelendirici

Timer 1 modülü: 16 bit zamanlayıcı/sayıcı

Timer 2 modülü: 8 bit zamanlayıcı / 8 bit periyot kaydedicisi ile sayıcı

Timer 3 modülü: 16 bit zamanlayıcı/ sayıcı

İkincil osilatör saat seçimi

İki adet Yakala/Karşılaştırma/PWM Modülü: CCP pinleri aşağıdaki biçimlerde yapılandırılabilir:

- 1) Yakalama girişi: Yakalama (frekans ölçme- PWM görev çevrimini ölçme işlemi) 16 bittir. En yüksek kararlılığı 6.25ns'dir.
- 2) Karşılaştırma modülü: 16 bit olup en yüksek kararlılık seviyesi 100 ns'dir.
- 3) PWM çıkışı: PWM kararlılığı 1 bitten 10 bite kadar olup 8 bitte 156 khz 10 bitte 39 khz dir.

MSSP modülü 2 modda çalışmaktadır.

- 1) SPI modu
- 2) I2C Master ve slave modu

Bu özelliklerden farklı olarak projemizde önemli bir yeri olan mikro denetleyicinin çalışma sıcaklık değerleri ise; endüstriyel uygulamalarda -400 C ile +850 C , diğer uygulamalarda ise -400 C ile +1250 C sıcaklık değerleri arasında olmaktadır. Belirtilen aralıklarda kararlı şekilde mikro denetleyici çalışmaya devam etmektedir.

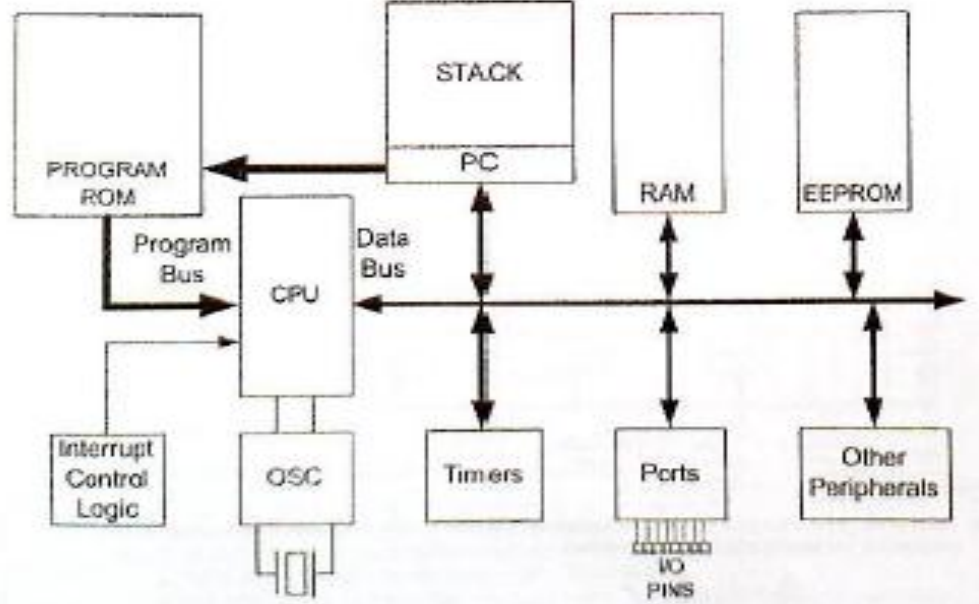
Çizelge 4.1. PIC 18F252'ye ait özellikler [21].

Özellikler	PIC 18F252
Çalışma Frekansı	DC-40 Mhz
Program Hafızası(bytes)	32 K
Program Hafızası(direktifler)	16384
Veri Hafızası(bytes)	1536

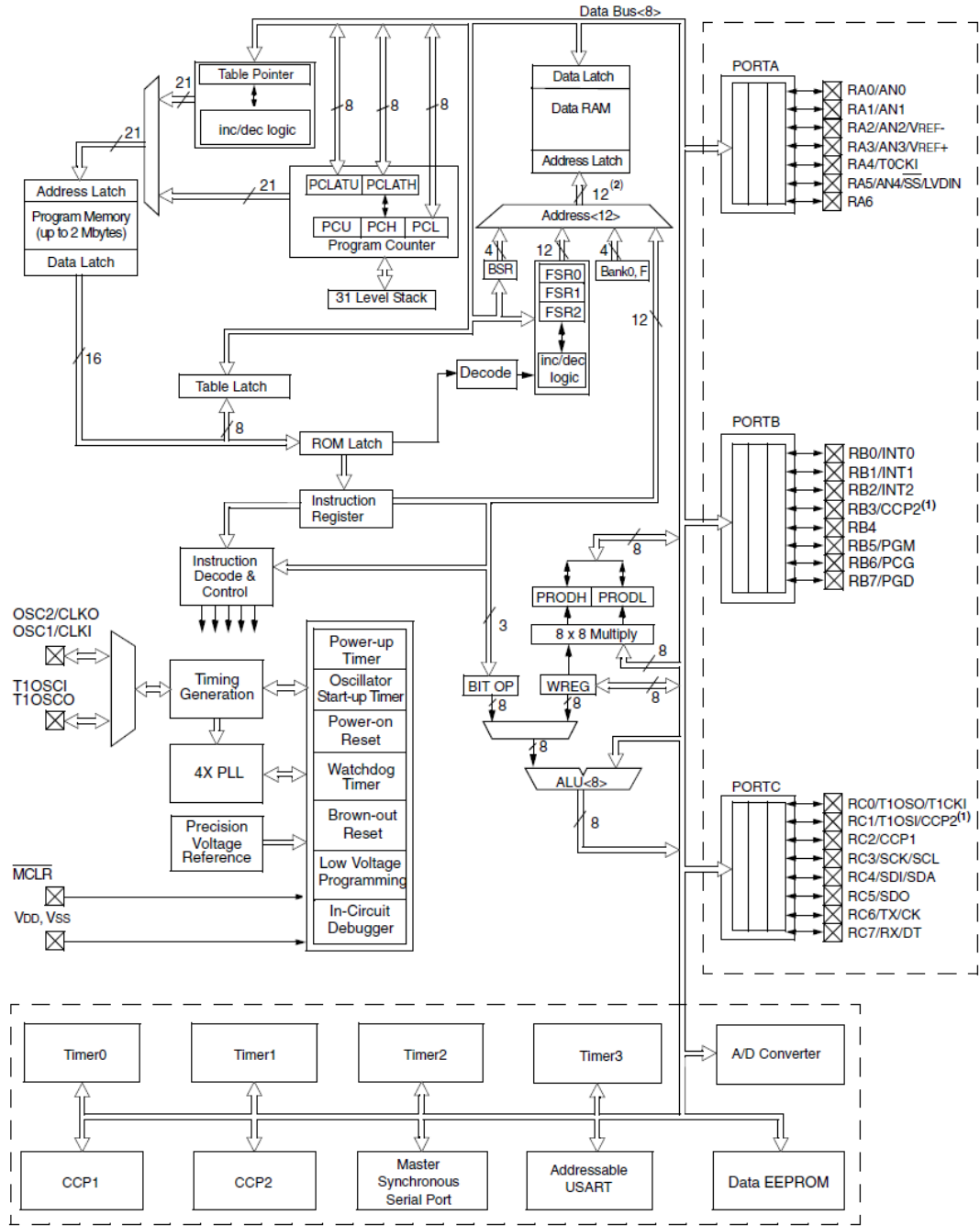


Çizelge 4.1. (devam ediyor).

Veri EEPROM Hafızası(bytes)	256
Kesme Kaynakları	17
I/O Portları	Port A, B, C
Zamanlayıcılar	4
Karşılaştırma/PWM Modülü	2
Seri Haberleşme	MSSP,Adreslenebilir USART
Paralel Haberleşme	-
10-bit Analog Dijital Dönüştürücü	5 Giriş Kanalı
Resetler	POR, BOR,PWRT,OST
Programlanabilir Düşük Voltaj Belirleyici	Evet
Komut Seti	75
Kılıf Tipi	28-pin DIP, 28-pin SOIC



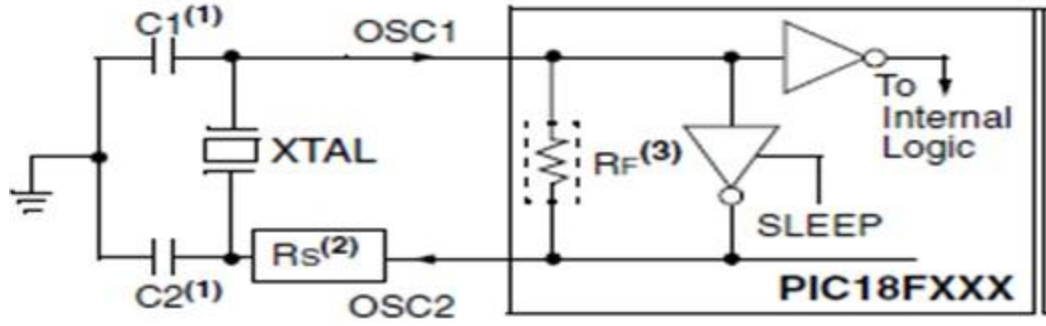
Şekil 4.2. PIC 18F252'nin çalışma sistemini gösteren basitleştirilmiş blok diyagram [22].



Şekil 4.3. PIC 18F252'ye ait detaylandırılmış blok diyagramı [21].

#### 4.1.1.2. Osilatör Konfigürasyonları

PIC 18F252, 8 farklı osilatör moduna sahiptir. Kullanıcı üç tane konfigürasyon biti programlanarak bu sekiz moddan birinin seçilmesi sağlanmaktadır [21].



Şekil 4.4. Kristal ve seramik resanatorün PIC 18F252 ile bağlantı şeması [21].

Yukarıdaki şekilde kristal ve seramik resanatorün devreye bağlantı şeması verilmektedir. Burada kullanılacak olan kapasitörlerin değerleri PIC 18F252'nin bilgilendirme kılavuzunda yer almaktadır.

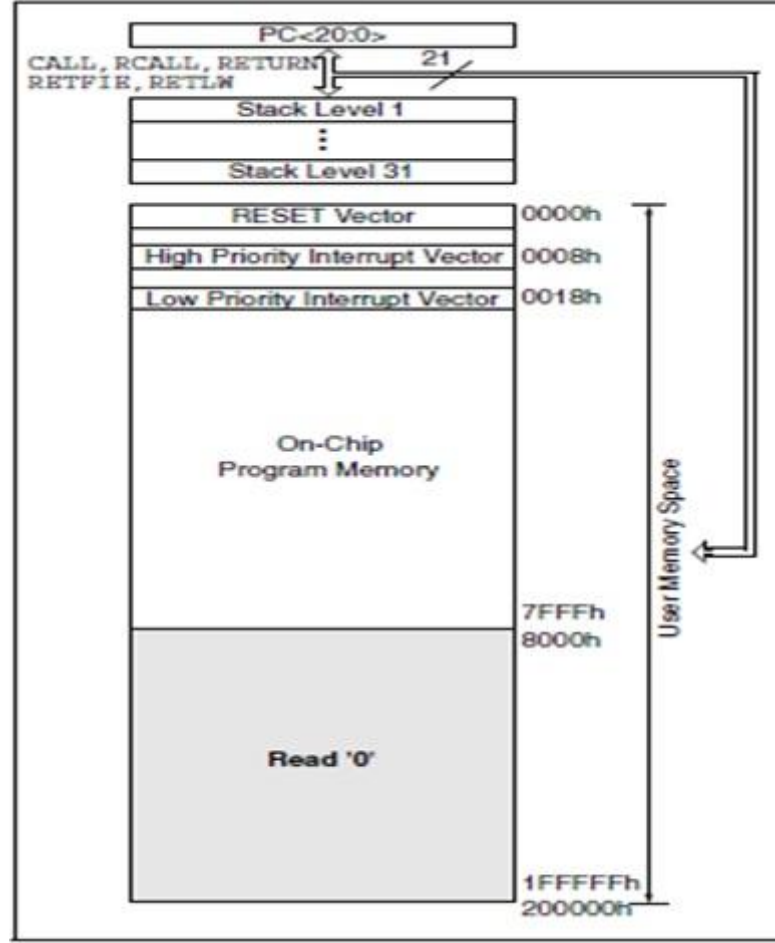
Yüksek kapasitans osilatörde kararlılığı artırırken başlangıç zamanını da yükseltmektedir. 3 Voltun altında çalışmada ve seramik resanator kullanıldığında yüksek kazançlı HS mod kullanılmalıdır. Her kristal kendi karakteristiklerine sahiptir. Kullanıcı harici cihazlarda uygun değerler kullanmak için üreticinin direktiflerini dikkate almalıdır [21].

#### 4.1.1.3. Hafıza Organizasyonu

Mikro denetleyici ünitelerinde üç adet hafıza bloğu bulunmaktadır. Bunlar:

- 1) Program Hafızası
- 2) Veri RAM
- 3) Veri EEPROM

PIC 18F252 32 Kbytelık flash hafızaya sahiptir. Bunun anlamı mikro denetleyici 8K ya kadar tek kelimelik bilgi depolayabilmektedir [21].



Şekil 4.5. PIC 18F252 için hafıza haritası [21].

#### 4.1.1.4. Giriş Çıkış I/O Portları

PIC 18F252 mikro denetleyicisinde üç adet port bulunmaktadır. Giriş çıkış portlarının bazıları ise aynı anda çoklu fonksiyon yerine getirmektedir. Her port işlevlerini yerine getirebilmek için üç adet kaydediciye sahiptir. Bunlar;

- 1) TRIS kaydedicisi(veri yönlendirme kaydedicisi)
- 2) PORT kaydedicisi(cihaz pinlerindeki seviyeyi okuma işlemini yapar.)
- 3) LAT kaydedicisi(çıkış mandalı)

PORTA 7 bit lik geniş çift yönlü bir porttur. Burada PORTA da bulunan kaydedicilerden bahsedilecektir.

Veri mandalı kaydedicisi LATA hafıza haritalama işlemini gerçekleştirmektedir. LATA kaydedicisinde yapılan okuma-düzeltilme-yazma işlemleri PORTA için latch çıkış değerinin okuma ve yazma işlemi olarak gerçekleştirilmektedir.

TRISA kaydedicisi RA pinlerinin yönlendirilmesini gerçekleştirilmektedir. Burada yönlendirme işlemi olarak RA pinlerinin analog olarak değiştirilmesini sağlamaktadır [21].

#### **4.1.1.5. USART Modülü**

Bu modül 2 seri giriş çıkış modülünden biridir. USART tüm çift yönlü asenkron sistem gibi konfigüre edilebilir böylece CRT terminali, kişisel bilgisayarlar gibi çevresel cihazlarla iletişim kurabilmektedir. USART aynı zamanda yarı çift yönlü senkron sistem olarak konfigüre edilebilir böylece A/D veya D/A entegre devreleri çevre birimleri ile haberleşme yapabilmektedir. USART aşağıdaki modlarda konfigüre edilebilmektedir:

- 1) Asenkron (tam çift yönlü)
- 2) Senkron Master (yarım çift yönlü)
- 3) Senkron Slave (yarım çift yönlü)

RC6/TX/CK ve RC7/RX/DT pinlerinin USART olarak konfigüre edilebilmesi için bit SPEN (RCSTA<7>) 1 yapılmalı, bit TRISC<6> sıfırlanmalı ve TRISC <7> 1 yapılmalıdır [21].

Verilerin seriden paralele veya paralelden seriye dönüştürü, eşlik bitleri ile hata kontrolü yapan USART modülü gerçekleştirilen projede ZigBee haberleşmesi için kullanılmaktadır.

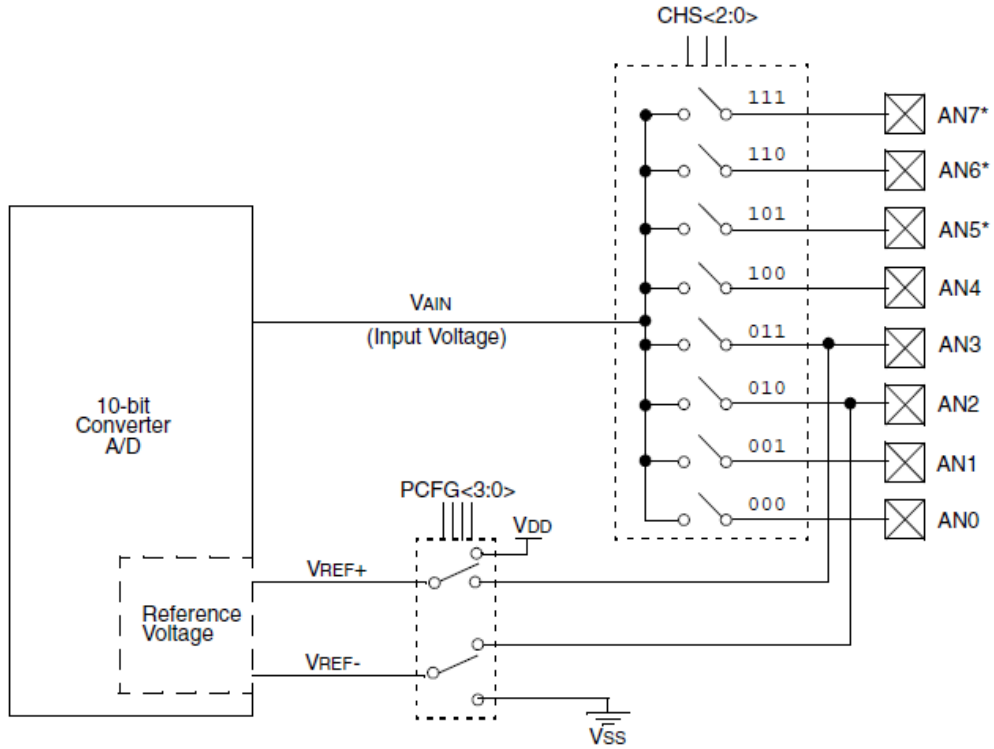
USART modülünün yapmış olduğu işlevleri sıralamak gerekirse;

- 1) Verinin seriden paralele dönüştürülmesi ve paralelden seriye dönüştürülmesi,
- 2) Eşlik bitlerini eklemek ve bu bitleri kontrol etmek suretiyle hata bulmak,
- 3) Başlatma ve durdurma bitlerini eklemek ve bulmak, gibi işlemlerdir.

#### 4.1.1.6. ADC Modülü

Projede kullanılan sensörlerin analog sensörler olmasından dolayı PIC 18F252 mikro denetleyicisinin ADC modülünden kısaca bahsedilecektir. Kullanılan mikro denetleyicide 5 adet ADC pini bulunmaktadır.

Mikro denetleyiciler sadece belli değerlerde çıkış verebilmekte, giriş olarak ise belli bir değerini 1, altını ise 0 olarak yorumlamaktadır. Fakat bazı durumlarda analog değerlere ihtiyaç duyulmaktadır, bu değere çıkış olarak ihtiyaç duyulduğunda PWM ile bu işlem gerçekleştirilmektedir. Giriş olarak ihtiyaç duyulduğunda ise ADC modülü olan mikro denetleyicilerin bu özelliklerinden faydalanılmaktadır. ADC kısaltması Analog-Digital Converter'dan gelir, Türkçe'ye analog-dijital çevirici olarak tercüme edilmektedir.

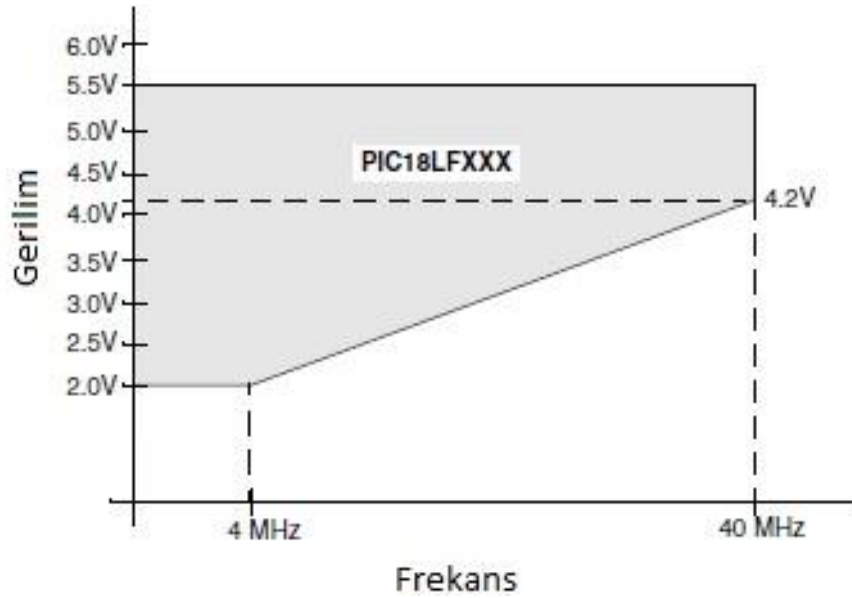


Şekil 4.6. 18f4x2 için tanımlanan A/D modülü blok diyagram gösterimi [21].

ADC modülünün işlemlerinde dört önemli kaydedici bulunmaktadır. Bunlar ADCON0, ADCON1, ADRESH, ADRESL'dir. ADCON'lar A/D çevriminin kontrolünü yönetirler. ADRES'ler ise sonuçların yazıldığı kaydedicilerdir.

#### 4.1.1.7. Mikro Denetleyicinin Elektriksel Karakteristikleri

Projemiz için seçilen ZigBee modülü 3.3 Volt ile çalıştığından dolayı gerilimden kaynaklanan herhangi bir devre kararsızlığının önüne geçilebilmesi için yine 3.3 Volt gerilimde çalışabilen PIC 18F252 mikro denetleyicisi seçilmiştir. Böylece tüm devre elemanlarının aynı gerilim seviyesinde birbirleri ile uyumlu çalışması sağlanmıştır.



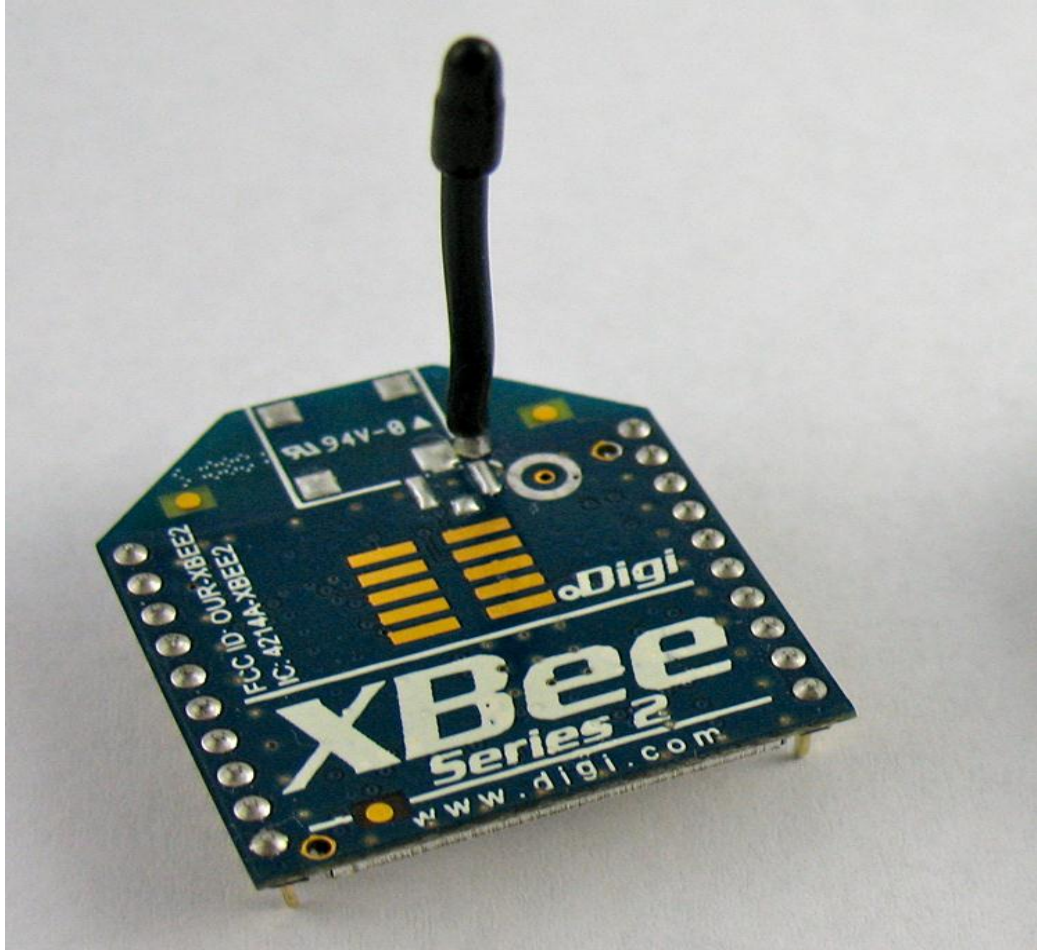
Şekil 4.7. PIC 18F252 Mikro denetleyicisi için gerilim frekans grafiği [21].

#### 4.1.2. XBee Modülü

Bu tezde Digi firması tarafından üretilen XBee modüller kullanılmıştır. Bu modüllerden ise seri 2 tip olan modüller kullanılmıştır. Çünkü seri 2 tipi modüller ZigBee mesh ağı oluşturmaya uygun olarak tasarlanmış modüllerdir. XBee modülünün tercih edilme sebeplerinden bazıları;

- 1) Fiyatlarının uygun olması
- 2) Kılıf yapısı sayesinde devreye kolayca bağlanıp kolayca devreden çıkarılması

- 3) Bilgisayarda tanımlı kendine ait bir ara yüzünün olması ve bu sayede kolayca programlanabilmesi
  - 4) 3.3 volt gerilim ile çalışabildiğinden pil ile enerji beslemesinin yapılabilmesi
  - 5) Güvenli veri alış-verişine imkan sağlaması
  - 6) 2.4 Ghz ISM bandını kullandığından frekans bandını kullanmak için herhangi bir izin talep etme durumunun ortaya çıkmaması
  - 7) Kolayca bulunabilmesi
  - 8) Çalışabilmek için ek ekipmana ihtiyaç duymaması
- gibi sıralamak mümkündür.



Şekil 4.8. XBee modülünün görüntüsü.



#### 4.1.2.1. Genel Özellikleri

XBee modülünün sahip olduğu genel özellikler aşağıdaki çizelgede sıralanmaktadır.

Çizelge 4.2. XBee modülünün genel özellikleri [23].

Genel Özellikler	Seri 2 Tipi XBee Modülü
Kapalı Alan Çekim Mesafesi	40 metre
Açık Alan Çekim Mesafesi	120 metre
Veric/Alıcı Akımı	40/40 mA
Sayısal Giriş/Çıkış Pin Sayısı	11
Analog Giriş Pin Sayısı	4
Düşük Güç, Düşük Bant Genişliği, Düşük Fiyat, Adreslenebilir, Standardize Edilmiş, Boyutu Küçük Özellikleri	Var
Birlikte çalışan Mesh Yönlendirme Özelliği	Var
Ad Hoc Ağı Oluşturma Özelliği	Var
Ağı Kendi Kendine İyileştirebilme Özelliği	Var
Noktadan Noktaya ve Yıldız Topolojileri	Destekliyor
Mesh , Küme Ağacı Topolojileri	Destekliyor
Koordinatör Düzümü İhtiyacı	Var
Standart Tabanlı Ağ	Var
Standart Tabanlı Uygulamalar	Var
Üretici Yazılımı	ZB/ZigBee mesh
Yazılımın Yenilenmesi	Yapılıyor

#### 4.1.2.2. Teknik Özellikleri

XBee modülünün teknik özellikleri aşağıda verilen çizelgede listelenmektedir.

Çizelge 4.3. XBee modülünün teknik özelliklerini gösteren çizelge [24].

Teknik Özellikler	Seri 2 Tipi XBee Modülü
Performans Özellikleri	
İletim Güç Çıkışı	2mW(+3dBm)
Rf Veri Oranı	250 Kbs
Veri Çıkışı	35 Kbs' a kadar
Rf Veri Oranı	250 Kbs
Veri Çıkışı	35 Kbs' a kadar
Seri Arayüz Veri Oranı	1200 bps-1 Mbps

Çizelge 4.3. (devam ediyor).

Alıcı Hassasiyeti	-96 dBm
Güç Parametreleri	
Besleme Gerilimi	2.1-3.6 V
Çalışma Akımı(İletimde )	40 mA 3.3 V yüksek mod açıkken 35 mA 3.3 V yüksek mod kapalıyken
Çalışma Akımı(Alımda)	40 mA 3.3 V yüksek mod açıkken 38 mA 3.3 V yüksek mod kapalıyken
Boştaki Akım	15 mA
Frekans ve Sıcaklık Özellikleri	
Çalışma Frekans Bandı	2.4 Ghz
Çalışma Sıcaklığı	-40 <sup>0</sup> -+85 <sup>0</sup> C (endüstriyel)
Anten Seçenekleri	Entegre Çubuk Anten, Gömülü PCB Anten, RPSMA veya U.FL Bağlayıcı
Ağ ve Güvenlik Özellikleri	
Kanal Sayısı	16
Adresleme Seçenekleri	PAN kimliği adresleri, küme kimlikleri ve son nokta(ihtiyari)

Yukarıda verilen özelliklere bakılarak tercih edilen XBee modülü özellikle talep ettiği düşük akım ve düşük gerilim özellikleri sayesinde ön plana çıkmaktadır.

#### 4.1.2.3. Pin Tanımları

Çizelge 4.4. Pin numaralar ve işlevlerini gösteren çizelge [23].

Pin Numarası	Adı	Açıklama
1	VCC	3.3 Volt Enerji Beslemesi
2	DOUT	Veri Çıkışı(TX)
3	DIN	Veri Girişi(RX)
4	DIO12	Sayısal Giriş Çıkış 12
5	RESET	Modülü resetleme
6	PWM0/RSSI/DIO10	Darbe genişlik modülasyonu analog çıkış 0, Alınan sinyal gücü göstergesi, sayısal giriş çıkış 10

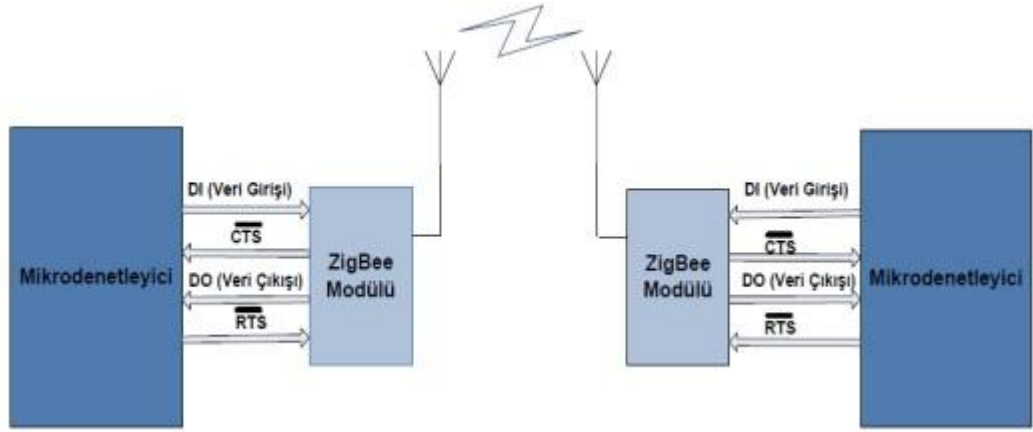
Çizelge 4.4. (devam ediyor.)

7	DIO11	Sayısal giriş çıkış 11
8	Reserved	Bağlantı yapılmıyor
9	DTR/SLEEP_RQ/ DIO8	Veri terminali hazır(donanım tanıma sinyali), Pin uyku kontrol, sayısal giriş çıkış 8
10	GND	Toprak
11	DIO4	Sayısal giriş çıkış 4
12	CTS/DIO7	Gönderim için uygun, sayısal giriş çıkış 7
13	ON/SLEEP	Uyku göstergesi
14	VREF	Seri 2 tipi XBee modüllerinde kullanılmamaktadır.
15	ASSOC/DIO5	Modülün ağa girip girmediğini doğrulayan gösterge, sayısal giriş çıkış 5
16	RTS/DIO6	Gönderim isteği, sayısal giriş çıkış 6
17	AD3/DIO3	Analog giriş 3, Sayısal giriş çıkış 3
18	AD2/DIO2	Analog giriş 2, Sayısal giriş çıkış 2
19	AD1/DIO1	Analog giriş 1, Sayısal giriş çıkış 1
20	AD0/DIO0/COMMIS	Analog giriş 0, Sayısal giriş çıkış 0

XBee modüller 20 adet pine sahiptir. Bu pinlerden 4 adedi analog giriş, 12 adet sayısal giriş-çıkış ve 1 adet ise analog çıkış (PWM) bulunmaktadır.

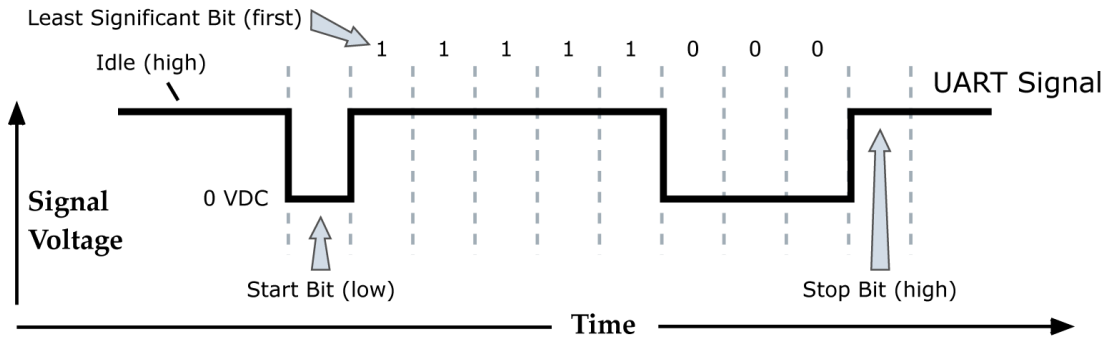
#### 4.1.2.4. Seri Haberleşme

XBee modülleri seri portları sayesinde mantıksal ve gerilim açısından uygunluğu bulunan bütün UART' lar ile haberleşebilir. UART arayüzü bulunan cihazlar XBee modülün pinlerine doğrudan bağlantı yapabilirler. Bu durum şekil 4.9. üzerinden gösterilirse:



Şekil 4.9. Mikro denetleyici ile XBee modülü UART ara yüz bağlantısı [25].

Veri UART modülüne DIN (Sayısal giriş çıkış pini) üzerinden bir asenkron seri olarak girdiği düşünülürse; sinyal veri iletimi yokken high (yüksek) konumunda olmalıdır. Her veri byte ının başlangıç biti low (düşük) olmalı, ardından 8 8 veri biti (en düşük bit ilk olmak üzere) ve durma biti tekrar high olmalıdır. Aşağıdaki şekilde bu anlatım tasvir edilmektedir [23].

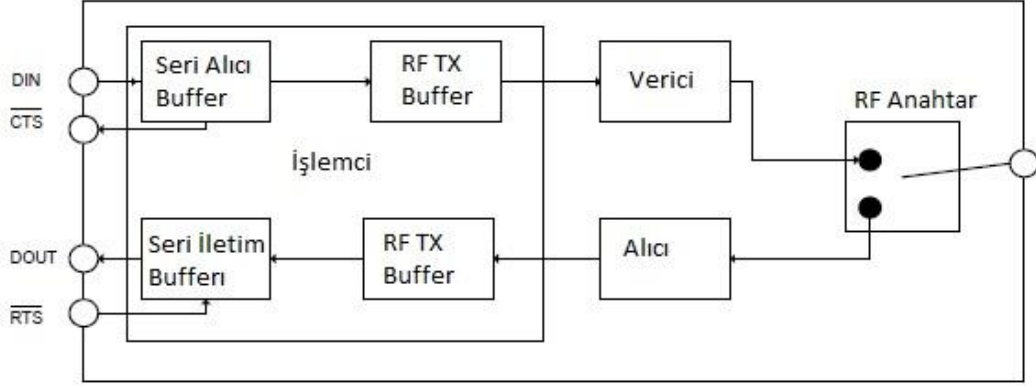


Şekil 4.10. UART modülüne gelen verinin iletimi.

İki UART modülünün birbirleriyle sorunsuz çalışabilmesi için haberleşme hızı, parite, başlangıç biti, bitiş biti, veri bitleri birbirlerine uygun olarak yapılandırılmalıdır.

XBee modülleri tarafından RF verilerini biriktirmek için küçük bufferlar kullanılmaktadır. Seri alıcı buffer gelen seri karakterleri tutar , biriktirir ve bunları işleme zamanına kadar saklar. İletim bufferı RF bağlantı ile gelen verileri biriktirir. DIN pini üzerinden gerektiğinde veri işlenene kadar seri alıcı bufferda depolanır. Belirli koşullar altında modül seri alıcı bufferdaki veriyi hemen işlemeyebilir. Eğer

yüksek oranda seri veri modüle gelirse CTS bufferın aşırı dolumuna karşı akış kontrolü yapar [24].



Şekil 4.11. Dahili veri akış diyagramı.

#### 4.1.2.5. XBee Modülü Adresleme Özellikleri

Tüm XBee modüller 2 tip adrese sahiptir. Bunlar 64 bit ve 16 bitlik adreslerdir. 64 bitlik adres her cihaza özgü üretimi sırasında verilmektedir. 16 bitlik adres ise cihazın ZigBee ağına girdiğinde kendisine verilen adrestir. Bu yüzden bu adrese ağ adresi adı verilmektedir. 16 bitlik adreslerden 0x0000 adresi koordinatör cihazı için ayrılmıştır. Koordinatör haricinde diğer cihazlar rastgele adres almaktadırlar. 16 bitlik adres belirli koşullarda değişebilir [24].

- 1) İki cihazın aynı adresi alıp adres çakışması olduğunda.
- 2) Bir cihaz ağdan ayrılıp daha sonra tekrar ağa dahil olduğunda.

XBee modüllerinin adres bilgilerini öğrenebilmenin bir diğer yolu da üretici firma tarafından oluşturulan X-CTU yazılımıdır. Burada konfigürasyon menüsünden cihaza ait özelliklerin yanında cihaz adresleri de görülebilmektedir.



Şekil 4.12. XBee cihazına verilen 64 bitlik adres.

#### 4.1.2.6. Çalışma Modları

##### AT Modu

Her bir komut satırının AT harfleri ile başlamasından dolayı bu ismi almış olup; XBee modüller AT modda olduğunda iki tip modda çalışmaktadır.

##### Saydam Mod

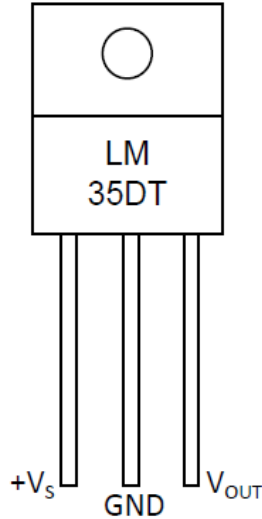
Saydam mod AT komutları ile kontrol edilebilen ve AT komutları kullanılmadığında gelen veriyi direk karşı tarafa transfer etmek için kullanılan moddur. Saydam mod XBee radyoya AT aygıt yazılımı yüklü olduğunda varsayılan mod olarak bilinmektedir. Bu moda saydam mod denilmesinin nedeni aldığı veriyi olduğu gibi iletmesidir. Bu mod; veri, XBee üzerinden hedef radyoya ulaştırılmak istendiğinde kullanılmaktadır. Yani temel işlevi gelen veriyi olduğu gibi iletmektir [23].

## API Mod

Uygulama programlama ara yüzü olarak bilinen bu modda veriler çerçeveler halinde iletilmektedir. API modunun özelliği; bu modda komutun nasıl bir komut olduğu , komut cevabı, modül durumu mesajları, iletim ve alım işlemleri UART veri çerçeveleri kullanılarak yapılmaktadır. Oluşturulan ağda API modu kullanıldığında iletimde ağda haberleşen cihazların durumları da gönderildiğinden bu komutta gönderilen veri sayısı AT komuta göre daha fazladır. Bu yüzden API modunun kullanıldığı haberleşmelerde mikro denetleyicinin hafızasının yüksek olması gerekir aksi halde bufferların aşırı yüklenme durumu ortaya çıkabilmektedir.

### 4.1.3. LM35 Sıcaklık Sensörü

Tasarımda sıcaklık sensörü olarak analog sensör olan LM35 sıcaklık sensörü kullanılmıştır. Bu sensörün kullanılmasının temel sebebi kalibrasyon yapılmasına ihtiyaç duyulmuyor olmasıdır. Çünkü LM35 in kalibrasyonu üretici firma tarafından imalat esnasında yapılmaktadır.



Şekil 4.13. LM35'e ait komponent kılıf şekli.

LM35 sıcaklık sensörünün temel özellikleri şu şekilde sıralanabilir [26].

- 1) Santigrat derece olarak kalibre edilmiştir.
- 2) 4V ile 20V arasında giriş gerilimi uygulanmaktadır.





MQ-4' ün direnç değeri gaz yoğunluğuna göre değiştirilmelidir. Bu komponent kullanıldığında kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Bu işlem ise normal hava koşullarında metan konsantrasyonu ölçümü için 5000 ppm e kalibre edilmeli ve yük direnci 20 k $\Omega$  olarak ayarlanmalıdır [27].

Çizelge 4.5. MQ-4' e ait temel özellikler.

Özellikler	Aralıklar
Algılama Konsantrasyonu	200-10.000 ppm
Çalışma Gerilimi	5V
Yük Direnci	20 k $\Omega$

#### 4.1.5. MQ-7 Karbonmonoksit Sensörü

Projede karbonmonoksit sensörü olarak karbonmonoksit ölçümünde yüksek kararlılığa sahip olan MQ-7 analog sensörü kullanılmıştır.

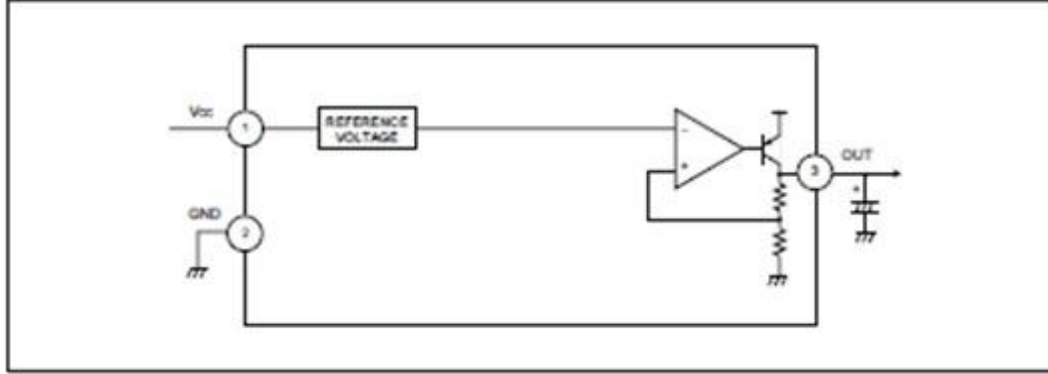
Karbonmonoksit sensörünün karakteristik özelliklerinden bazılarını şu şekilde sıralamak mümkündür [28]:

- 1) Devre gerilimi 5 Volt
- 2) Isıtma gerilimi (high) 5 Volt
- 3) Isıtma gerilimi(low) 1.4 Volt
- 4) Ölçüm aralığı 200-2000 ppm

MQ-7' nin direnç değeri gaz yoğunluğuna göre değiştirilmelidir. Bu komponent kullanıldığında kalibrasyon yapılması gerekmektedir. Bu işlem ise normal hava koşullarında karbonmonoksit konsantrasyonu ölçümü için 200 ppm e kalibre edilmeli ve yük direnci 10 k $\Omega$  olarak ayarlanmalıdır.

#### 4.1.6. Ba033t Voltaj Regülatörü

Projemizde kullanılan ZigBee modülü ve mikro denetleyicinin çalışma gerilimi 3.3 Volt olduğundan dolayı Ba033t seçilmiştir. Regülatörün çalışma prensibine göre 9 volt gerilim uygulandığında 3.3 volt çıkış elde edilmektedir.



Şekil 4.16. Ba033t regülatörü blok diyagramı [29].

#### 4.1.7. Oksijen Sensörü

Projemizde OOM202 Oksijen sensörü kullanılmıştır. Bu sensör maden ocağı içindeki konsantrasyonu % değer olarak döndürmektedir. Sensör scuba dalışçılarının kullandığı ve çok hassas ölçüm özelliklerine sahiptir. Kararlı bir yapıya sahiptir.

OOM202 sensörü analog bir sensördür ve ölçtüğü değerleri anında mikro işlemciye ileterek sayısal sensörlerde bulunan gecikmeler bu sensörde bulunmamaktadır. Uygun şekilde kalibrasyonu yapılarak kullanıldığında çok iyi ölçüm sonuçları ortaya çıkarmaktadır.



Şekil 4.17. OOM202 Oksijen seviyesi ölçüm sensörü [30].

Oksijen sensörü ile ilgili bazı temel karakteristikler şu şekilde sıralanabilmektedir [30]:

- 1) Ölçüm aralığı 0 ile %100 arasında olup Oksijen seviyesi % olarak ölçülmektedir.
- 2) Cevap süresi 12 saniyeden küçüktür.
- 3) Normal çevre koşullarında 13 ile 16 mV arasında çıkış vermektedir.

Bu özelliklerin yanında; güvenli ve doğru ölçüm sonucu verme, N<sub>2</sub>O gazından etkilenmeme, mükemmel sinyal kararlılığı gibi özellikleri sayesinde projemizde kullanımı uygun görülmüştür.

#### **4.1.8. İvme Sensörü**

Tasarımda ivme sensörü olarak MMA 7361 kullanılmaktadır. Bu sensör 3,3 volt besleme gerilimi ile çalışmaktadır. 400  $\mu$ A gibi küçük bir akımla çalışmakta olup -40 °C ile +85 °C sıcaklıkları arasında düzgün şekilde çalışmaktadır.

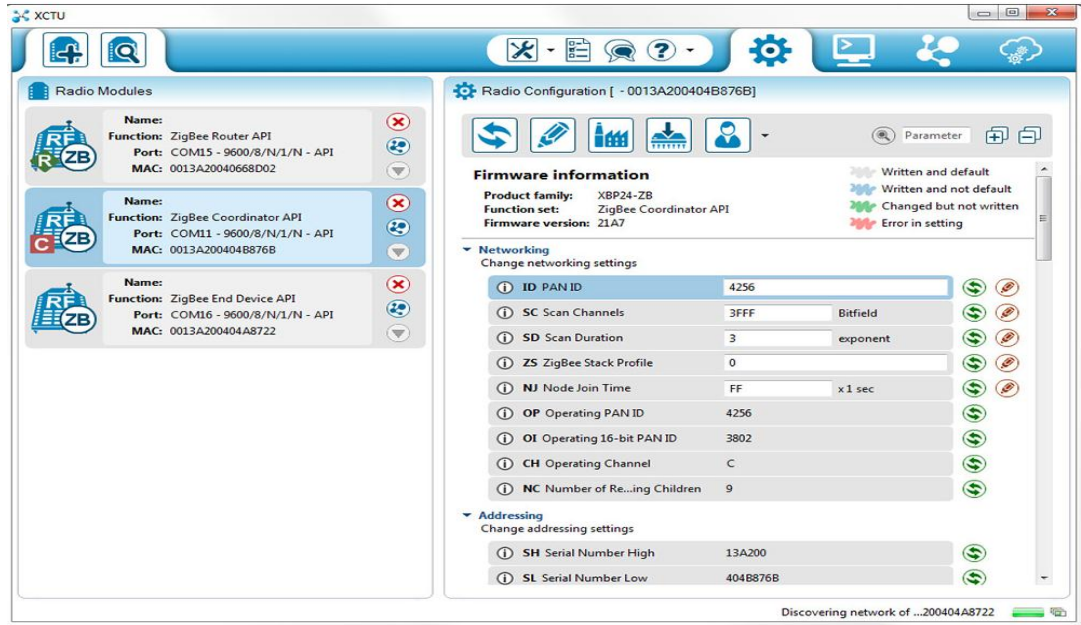
3 eksenin (x,y,z) hareket verilerini verebilen bu sensörün projemizde sadece z eksenini kullanılmıştır. Sadece z ekseninin kullanılmasının sebebi yer dik açı yapan eksen bu eksenidir. Seçilen bu eksen sayesinde meydana gelen sarsıntılar ölçülebilmektedir.

Sensöre 3,3 volt gerilim uygulandığında normal şartlarda 1,65 volt çıkış vermektedir. Bu değer pozitif yönde ivmelenme meydana geldiğinde çıkıştan alınan gerilim değeri 1,65 volt dan 3,3 volta doğru değişme gösterirken, negatif yönde ivmelenme meydana geldiğinde 1,65 volt dan 0 volt a gerilim değişimi meydana gelmektedir [31].

## 4.2. TASARIMDA KULLANILAN YAZILIM BİLEŞENLERİNİN TANITIMI

### 4.2.1. X-CTU

X-CTU yazılımı XBee modüllerini üreten Digi firması tarafından geliştirilmiş bir arayüz yazılımıdır. Bu yazılımla usb ile bilgisayara bağlanan XBee modüllerinin konfigürasyonları yapılmaktadır.



Şekil 4.18. X-CTU program menüsü [32].

Projede X-CTU yazılımı kullanılarak konfigürasyon işlemi AT modda iken şu şekilde gerçekleştirilmiştir. Öncelikle haberleşme hızı 9600 baud/s, veri biti 8, eşlenik (parity) biti yok, durma biti 1 ve akış kontrolü yapılmayacaktır şeklinde ayar yapılmalıdır. Projede haberleşme hızı 9600 baud/sn seçilmiştir. Haberleşme hızının projede çok yüksek seçilmeme nedeni uygulama olarak çok yüksek veri hızına

ihtiyaç duyulmamasıdır. Çünkü gaz konsantrasyonları ve sıcaklık bir ortamda çok hızlı şekilde değişme göstermemektedir. Öncelikle koordinatör olarak belirlediğimiz XBee modül usb ile bilgisayara bağlandı. Aygıt yazılımı (firmware) XBP24-ZB ZigBee Koordinatör AT olarak seçim yapıldı.

Koordinatöre rastgele bir PAN kimliği atanmıştır. Bu herhangi bir numara olabilir. Fakat önemli olan nokta ağa bağlanan diğer cihazların ağa katılabilmeleri için koordinatörle aynı PAN kimlik numarasına sahip olmasıdır. Bu ayarlamalardan sonra koordinatör yapılandırma işlemi tamamlanmış olur.

İkinci olarak yönlendirici cihazın yapılandırma işlemi için yönlendirici olarak belirlenen cihaz usb ile bilgisayardaki X-CTU yazılımına bağlanılarak cihaz ZigBee Router AT olarak ayarlanır. Daha sonra yapılandırma ayarlarından PAN kimliği koordinatör ile aynı olacak şekilde girilerek router ın yapılandırması tamamlanmış olur.

Son olarak, son nokta cihazının yapılandırılması için belirlenen cihaz usb ile bilgisayardaki X-CTU yazılımına bağlanılarak cihaz ZigBee End Device AT olarak ayarlanır. Daha sonra yapılandırma ayarlarından PAN kimliği koordinatör cihazla aynı girilerek son nokta cihazının yapılandırması tamamlanmış olur.

#### **4.2.2. Pic Basic Pro**

Projede kullanılan PIC 18F252 mikro denetleyici derleme yazılımı olarak basic dili kullanılmıştır. Basic dili dilimize yeni başlayanların her işe yarayan simgesel öğretim kodu olarak çevrilebilmektedir. Basic dilinin kullanılmasının sebebi bu dilin daha anlaşılır ve basit bir dil olmasıdır. Programlamak için kullanılan arayüz programı ise MicroCode Studio' dur.

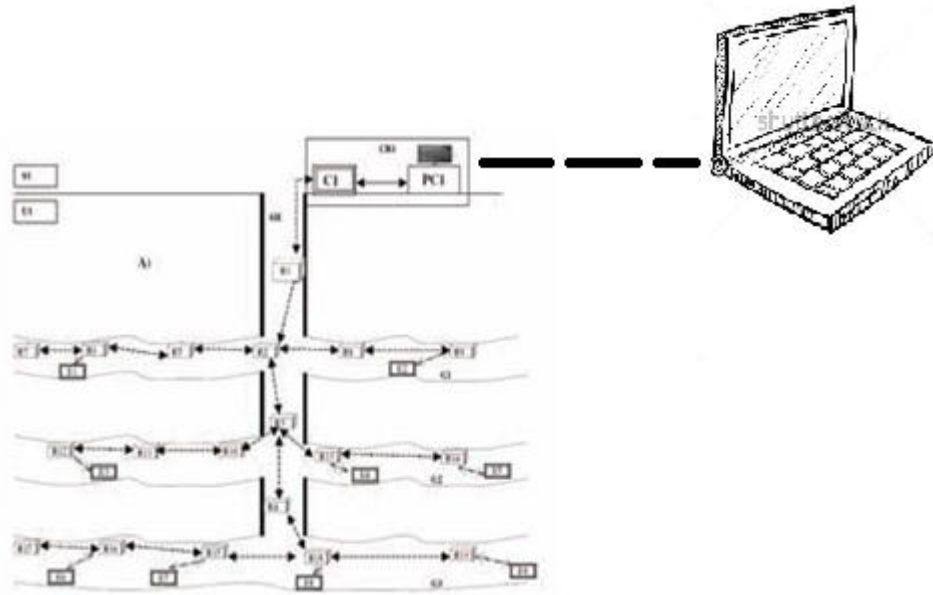
#### **4.2.3. C# Programlama Dili**

Microsoft firması tarafından Java dilinden esinlenerek oluşturulmuş bir dildir. Bu dilin tercih edilmesinin ana sebebi , C# programlama dili ile oluşturulan uygulamalar

Windows işletim sisteminde herhangi bir ek bir program kurmaya gerek kalmadan çalıştırılabilmesidir. Çünkü C# ile yapılan uygulamalar yürütme (.exe) dosyası olarak çalıştırılabilmektedir. Günümüzde Windows işletim sistemi dünyadaki pek çok bilgisayarda kullanıldığından dolayı projemizde ara yüz tasarımı için C# dili seçilmiştir.

### 4.3. SENSÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI

Projemizin senaryosu olarak bir madende çalışan işçiler ve bu işçilerin bulunduğu ortamların şartlarını izleyen bir merkezi bilgisayar bulunmakta, bu iki bağlantı arasında da sinyalin iletiminden sorumlu olan yönlendirici konumlanmaktadır.



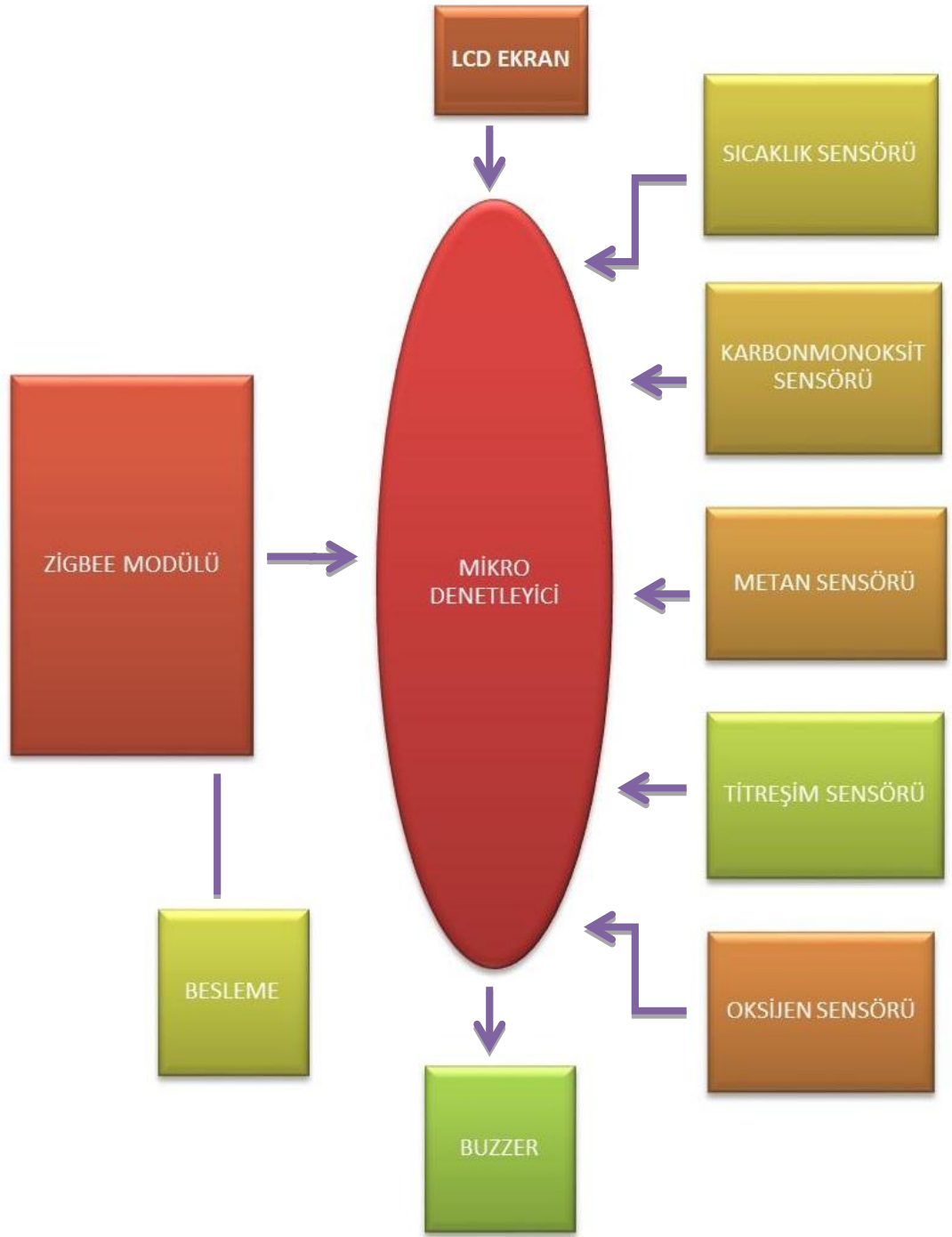
Şekil 4.19. Madende haberleşme sistemi şeması [33].

Sensör düğümünde karbonmonoksit, metan, oksijen, sıcaklık ve ivme sensörleri bulunmaktadır. Bu sensörler sayesinde madende çalışan işçilerin çalışma ortamının gaz konsantrasyonları, sıcaklık değerleri ve çalışma ortamında meydana gelen sarsıntılar anlık olarak takip edilmektedir. Böylece sürekli olarak yapılan ölçümler sayesinde maden işçilerinin iş emniyetinin sağlanması amaçlanmaktadır.

Devremizde bulunan tuş takımı ve lcd ekran vasıtasıyla sensör ölçüm limit değerleri ayarlanır. Sensörler tarafından elde edilen analog veriler mikro denetleyiciye gönderilir. Mikro denetleyici tarafından elde edilen veriler ZigBee modüle gönderilerek önce yönlendirici düğümüne ardından ise koordinatör düğümü vasıtasıyla bilgisayara aktarılır. Aynı zamanda elde edilen veriler Mikro denetleyici tarafından limit değerler ile karşılaştırılır. Eğer ölçüm değerleri başlangıçta belirlenen limit değerleri aşması halinde devrede bulunan buzzer çalmaya başlar.

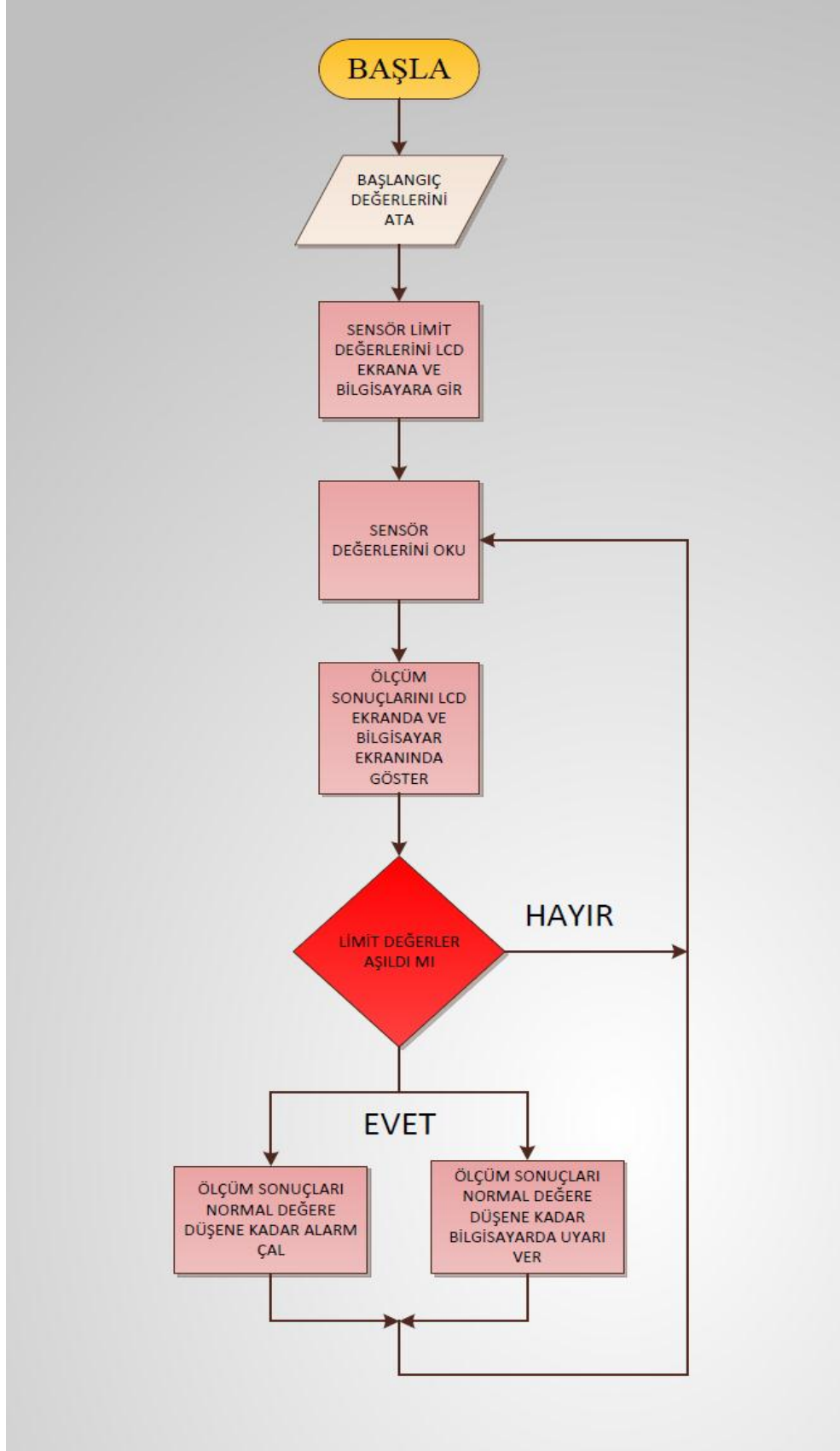
Alarmın çalması işlemi kritik değeri aşan değerler tekrar normal seviyesine geri dönünceye kadar devam eder. Burada amaç tehlikenin devam ettiğini göstermektir. Bu sırada bilgisayardaki yazılım da kendine gelen verileri ekrana yazdırmanın yanı sıra değerlendirme işlemi de yaparak aynı uyarının bilgisayar başındaki kullanıcı tarafından görülmesi sağlanmaktadır. Bilgisayar arayüzünde devreye bağlı olan lcd ekrandaki gibi bir limit belirleme seçenekleri mevcuttur. Böylece gelen verilerin hangi değerleri aştığında arayüz tarafından bilgisayar kullanıcısının uyarılacağı belirlenebilmektedir.

Devreye lcd ekran ve tuş takımının konulmasının amacı aynı zamanda kritik değerleri sensör düğümünden de kontrol edebilmektir. Ayrıca bu sayede bilgisayar programıyla karşılıklı değerler kontrol edilerek kalibrasyon yapılması sağlanarak sensör düğümüyle koordinatör düğümün koordineli ve sağlıklı çalışması sağlanmaktadır.



Şekil 4.20. Sensör düğümü blok diyagramı.

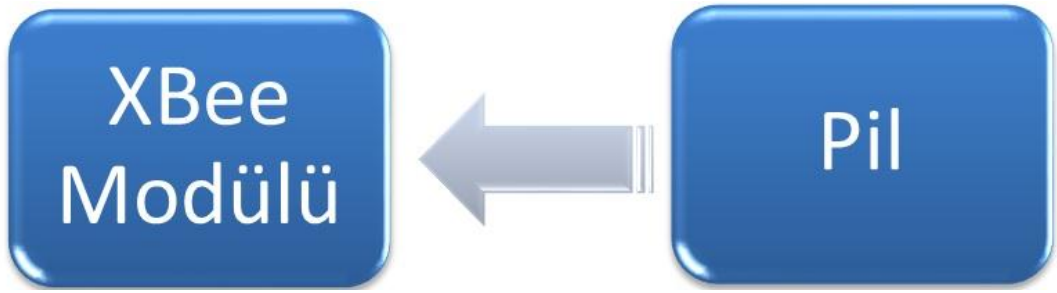




Şekil 4.21. Sensör düğümünün çalışmasını gösteren akış diyagramı.

#### 4.4. YÖNLENDİRİCİ DÜĞÜMÜ TASARIMI

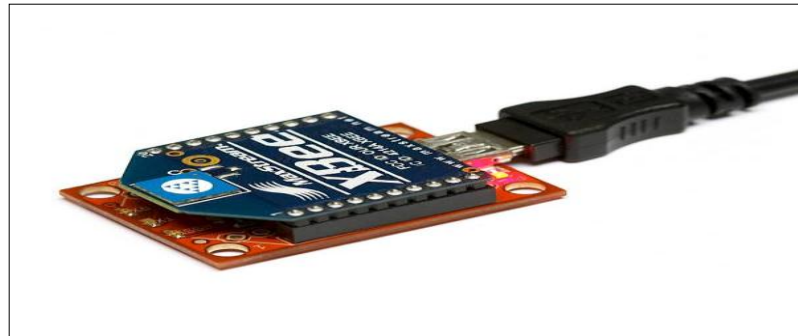
Projede yönlendirici düğümde herhangi bir mikrodenetleyici kullanılmamıştır. Çünkü XBee modülleri X-CTU yazılımı vasıtasıyla programlandığından ve ağa katılma işlemi bu sayede yapıldığından yönlendirici XBee lerin iletim ve alım işlevini yerine getirmesi için herhangi bir mikro denetleyiciye ihtiyaç duymamaktadır. Bu da XBee modüllerin üstünlüklerinden biri olarak sayılabilmektedir.



Şekil 4.22. Yönlendirici düğüm blok diyagramı.

#### 4.5. KOORDİNATÖR DÜĞÜMÜ TASARIMI

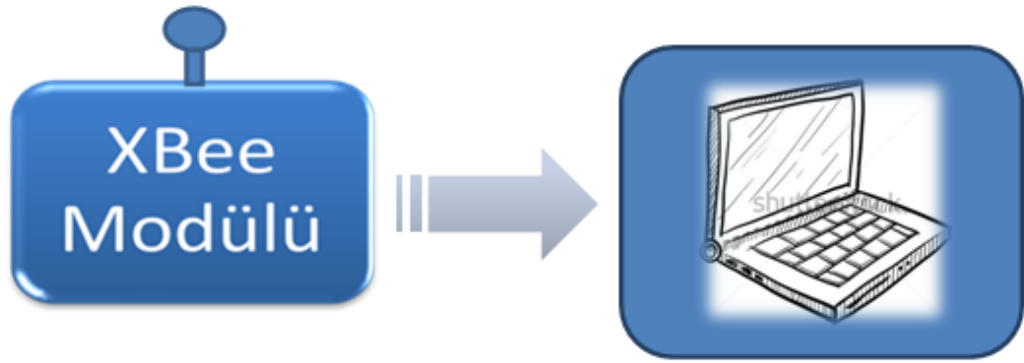
Koordinatör düğümünde koordinatör olarak ayarlanan bir adet XBee modülü bulunmaktadır. Bu modül bilgisayara usb üzerinden bağlanmaktadır. Bilgisayara bağlanma işlemi için çıkış bordu kullanılması gerekmektedir. Bu board XBee Breakout Board olarak adlandırılmaktadır. Bu board kullanılarak bilgisayar ile haberleşme yapılmaktadır.



Şekil 4.23. XBee için çıkış bordu.

Bilgisayarda ise C# ara yüz programı bulunmaktadır. Bu ara yüz sayesinde gaz konsantrasyonları ve sıcaklık değerleri anlık olarak gözlenebilmektedir. Burada önemli olan hususlardan biri de kullanılan programın seri port ayarlarının XBee modülleriyle aynı değerde ayarlanması gerekmektedir. Böylece herhangi bir sorunla karşılaşmadan haberleşme gerçekleşmektedir.

Arayüz programında verilerin işlenmesi ve grafik ile gösterilmesi işleminde işlem hızını uygun şekilde ayarlama yapılarak programın donma yapmasının önüne geçilmiştir.



Şekil 4.24. Koordinatör düğümü blok diyagramı.

## BÖLÜM 5

### SONUÇ

Bu tezle kablosuz sensör ağları ve ZigBee haberleşme protokolleri hakkında bilgi sahibi olundu.

Bir prototip niteliğinde olan tasarımımla maden ocaklarında meydana gelen kazaların ve risklerin engellenebileceği anlaşılmış oldu. Madencilik sektörünün riskli bir sektör olduğu ve bu sektörde iş sağlığı ve güvenliğinin birinci sırada önemiyet taşıdığı görüldü. Ülkemizde yapılan madencilik faaliyetlerinde maalesef işletme hataları ve yeteri kadar güvenlik önlemi alınmadığı için pek çok insan hayatını kaybetmekte ve yine birçoğu da meslek hastalıklarına yakalanmaktadır.

ZigBee teknolojisi diğer haberleşme teknolojilerine göre yeni bir haberleşme teknolojisidir. Veri iletim hızı düşük olmasına rağmen pil ömrünün uzun olması ve kurulum maliyetlerinin düşük olmasından dolayı ses, görüntü iletimi gibi yüksek veri iletimi gerektirmeyen uygulamalarda kullanmak için tercih edilebilecek bir sistem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uygulamamızda sensör ağları için çok uygun bir haberleşme teknolojisi olan ZigBee teknolojisi ile maden ocaklarında meydana gelen risklerin önüne geçilebilmesi için çözüm arayışına gidilmiştir. Bu uygulamada kullanılan mikro denetleyicilerin ve sensörlerin değiştirilme olasılığı mevcuttur. Fakat özellikle sensör seçiminde analog sensörler tercih edilmiştir. Bunun nedeni ise sayısal sensörlerde meydana gelen çevrim işlemlerinden kaynaklanan gecikmelerin önüne geçmektir.

Gerçekleştirilen proje daha çok modülün bağlanması ve sensörlerin çoğaltılmasıyla daha geniş ağlara dönüştürülebilir.

Yapılan projeye birlikte hemen hemen her gün bir iş kazasının meydana geldiği maden ocaklarının ortam koşullarının anlık olarak takip edilebilmesi ve işçilerin durumlarının uzaktan kontrol edilebilir olduğu saptanmıştır.

Tasarıma ek olarak ZigBee modüler aracılığıyla bilgisayara bilgi aktarılması sağlanabilir. Bu sayede lcd ekran ve tuş takımı ile bilgisayar arasındaki kalibrasyon işlemi otomatik olarak gerçekleştirilebilir.

İvme sensörü , madencinin hangi konumda bulunduğunu tespit etmek için kullanılabilir. GPS uydudan alınan, dolayısıyla gökyüzünü görme ile çalışan bir konum belirleme sistemi ile madende konum belirlemek için kullanılan akselometreden gelen veriler bilgisayar ortamında işlenerek konum belirleme işlemi yapılabilir. Bunun yanında tasarıma ek olarak her sensör sınır değeri aşımı için buzzer a farklı bir uyarı tonu verdirmesi sağlanarak madencinin hangi değerin yükseldiğini anlaması sağlanabilir.

## KAYNAKLAR

1. MEGEP, “Elektrik Elektronik Teknolojisi Kablosuz Ağ Sistemleri”, *T.C. Milli Eğitim Bakanlığı*, Ankara, 3,4 (2007).
2. T. C. Ekonomi Bakanlığı İhracat Genel Müdürlüğü, “Madencilik Sektörü Sektör Raporları”, *Orman ve Metal Ürünleri Daire Başkanlığı*, Ankara, 6 (2012).
3. İnternet: Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, “Türkiye Maden Rezervleri”, [http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden\\_rezervleri](http://www.mta.gov.tr/v2.0/default.php?id=maden_rezervleri) (2014).
4. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu, “Kömür sektör raporu (Linyit)”, *Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu*, Ankara, 31 (2014).
5. Türkiye İstatistik Kurumu, “İş Kazaları ve işe bağlı sağlık problemleri araştırma sonuçları 2013”, *İşgücü ve Yaşam Koşulları Daire Başkanlığı*, Ankara, 6 (2014).
6. İnternet: International Labour Organization, “Statistic and Databases”, <http://www.ilo.org/global/statistics-and-databases/lang--en/index.htm> (2014).
7. Üstümkol, Ş, ve Güyagülbr, T., “Ocak havasının etüdü, gaz ve kömür tozu patlamaları, metan püskürmeleri”, *Türkiye Madencilik Bilimsel ve Teknik 5. Kongresi*, Ankara, 9,10,13 (1977).
8. İş Teftiş Kurulu Başkanlığı, “Yeraltı ve yerüstü maden işletmelerinde iş sağlığı ve güvenliği rehberi”, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı*, Ankara, 38 (2014).
9. Akgün, G., “Yer altı maden ocaklarında havalandırma ve havalandırmanın patlamalara etkisi”, *İş Müfettiş Yardımcılığı Etüdü*, Ankara, 4-5, 12-15 (2011).
10. Durşen, M. ve Yasun, B., “Yeraltı madenlerinde bulunan zararlı gazlar ve metan drenajı”, *İSGÜM*, Ankara, 3 (2012).
11. Bhavneet, S., Hardeep, S., and Amit, C., “Emerging wireless standards - Wifi, Zigbee and Wimax”, *World Academy of Science Engineering and Technology*, 1 (1): 44-48 (2007).
12. Bisdikian, C., “IBM research report an overview of the bluetooth wireless technology”, *IBM Research Division Thomas J. Watson Research Center RC 22109 (W0107-009)*, US, 4-6 (2001).

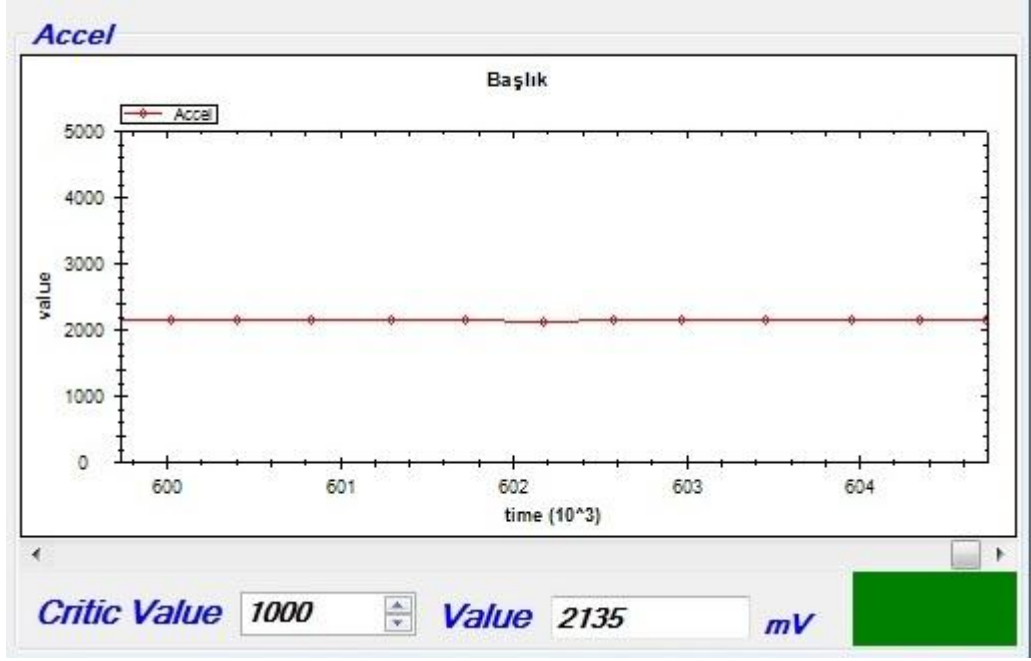
13. Shih, B-Y., Chen, C-Y., Shih, C-H., and Tseng, J-Y., "The development of enhancing mechanisms for improving the performance of IEEE 802.15.4", *International Journal of the Physical Sciences*, 5 (6): 884-897 (2010).
14. IEEE, "IEEE Std 802.15.4", *IEEE Standard for Information Technology—Telecommunications and Information Exchange Between Systems—Local and Metropolitan Area Networks—Specific Requirements*, 13, 14, 17, 29, 55, 659 (2003).
15. Callaway, E., Gorday, P., Hester, L., Gutierrez, J. A., Naeve, M. and Heile, B., "Home networking with IEEE 802.15.4:Developing standard for low-rate wireless personal area networks", *IEEE Communications Magazine*, August (2002).
16. Farahani, S., "ZigBee Wireless Networks and Transceivers", *Newnes*, USA, 12, 21,22, 80,81, 122-123, 124 (2008).
17. Kızıllırmak, E. Y., "ZigBee ile endüstriyel vinç kontrolü", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 14 (2012).
18. İnternet: ZigBee Alliance , "Application Standarts", <http://zigbee.org> (2014).
19. Chakkor, S., El Ahmadi, C., Hajraoui, A., and Baghourı, M., "Comparative performance analysis of wireless communication protocols for intelligent sensors and their applications", *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 5 (4): 76-85 (2014).
20. Kiremitçi, F. A., "P1c18f4550 mikro denetleyicisi ile usb-pc veri aktarım arabirimi gerçekenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 17 (2007).
21. Microchip, "PIC 18FXX2 Datasheet", *Microchip*, USA, 3, 7-8, 17, 35-36, 87, 165, 183, 260 (2006).
22. Arnab, G. S., "Interfacing of PIC 18F252 microcontroller with real time clock via I2C protocol", *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 4: 152-156 (2014).
23. Faludi, R., "Building Wireless Sensor Networks", *O'Reilly*, Sebastopol, 2-3, 15, 26, 46 (2010).
24. Digi International Inc., "ZigBee RF Modules-User Manuel", *Digi International Inc.*, US, 9, 26-27, 52 (2012).
25. Güney, M., "ZigBee tabanlı ev otomasyon sistemi", Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 33 (2010).
26. Texas Instruments, "LM35 Datasheet", *Texas Instruments*, US, 1,2 (2013).

27. Hanwei Electronics, “MQ-4 Gas Sensor”, *Hanwei Electronics*, US, 1,2 (2014).
28. Hanwei Electronics, “MQ-7 Gas Sensor”, *Hanwei Electronics*, US, 1-3 (2014).
29. ROHM, “BA033T Voltaj Regülatörü Datasheet”, *ROHM*, US, 1 (2014).
30. Envitec, “Oxygen Sensor OOM202, Product Specification”, *Envitec*, US (2014).
31. Freescale Semiconductor, “ $\pm 1.5g$ ,  $\pm 6g$  Three Axis Low-g Micromachined Accelerometer MMA 7361 Technical Data”, *Freescale Semiconductor*, 3, US (2008).
32. İnternet: Digi International Inc., “XCTU Next Generation Configuration Platform for Xbee”, <http://www.digi.com/products/wireless-wired-embedded-solutions/zigbee-rf-modules/xctu> (2014).
33. Gönül, Ç., “Madencilik Türkiye”, *Madencilik Türkiye*, 46-51 (2010).

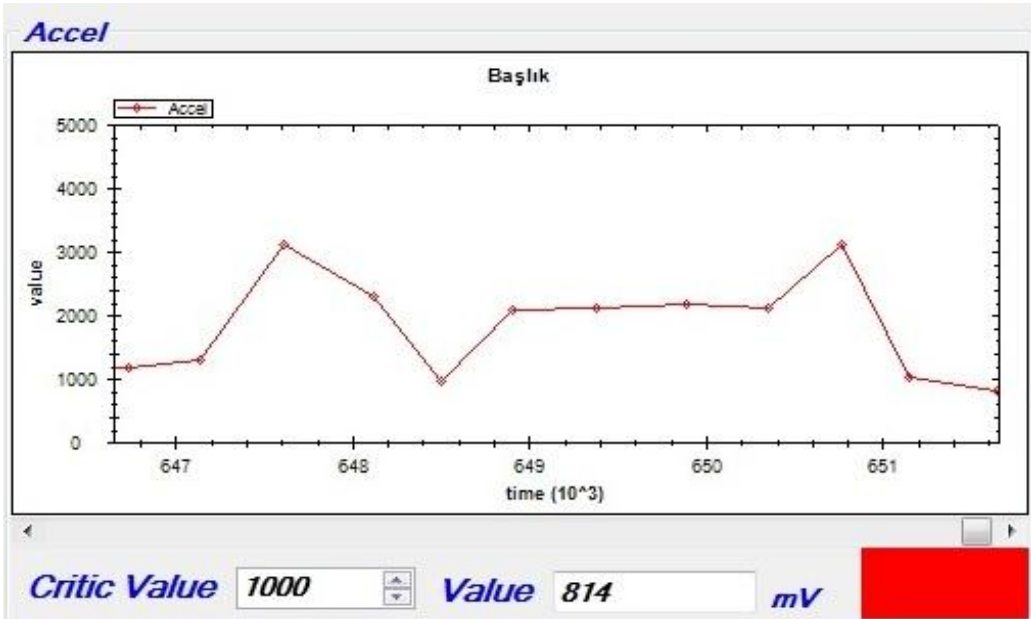


**EK AÇIKLAMALAR A.**

**SENSÖRLERE AİT ÖLÇÜM SONUÇLARI**

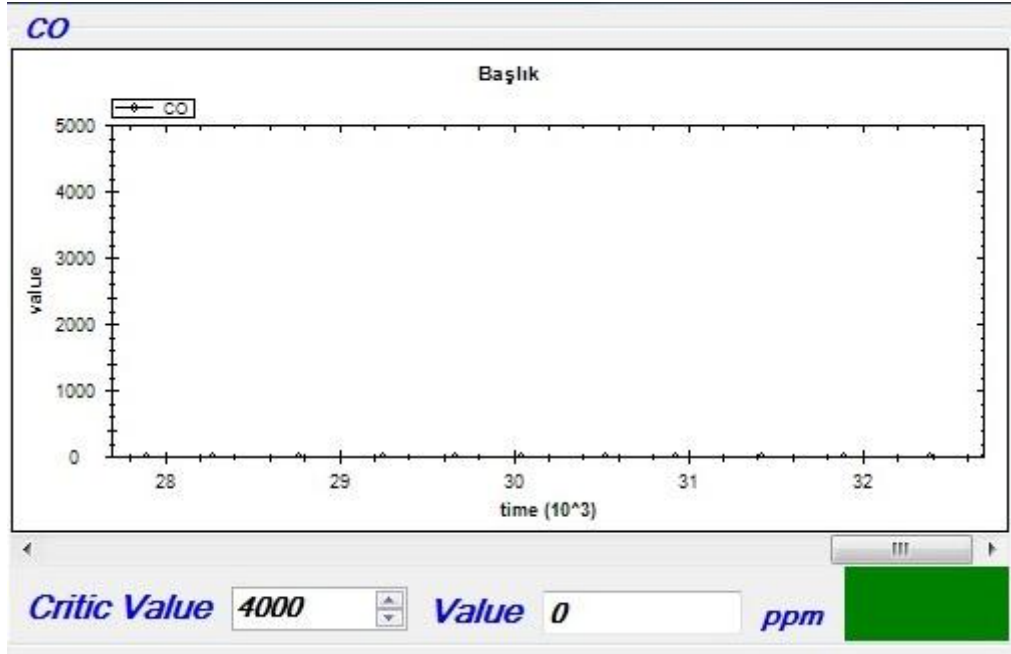


(a)

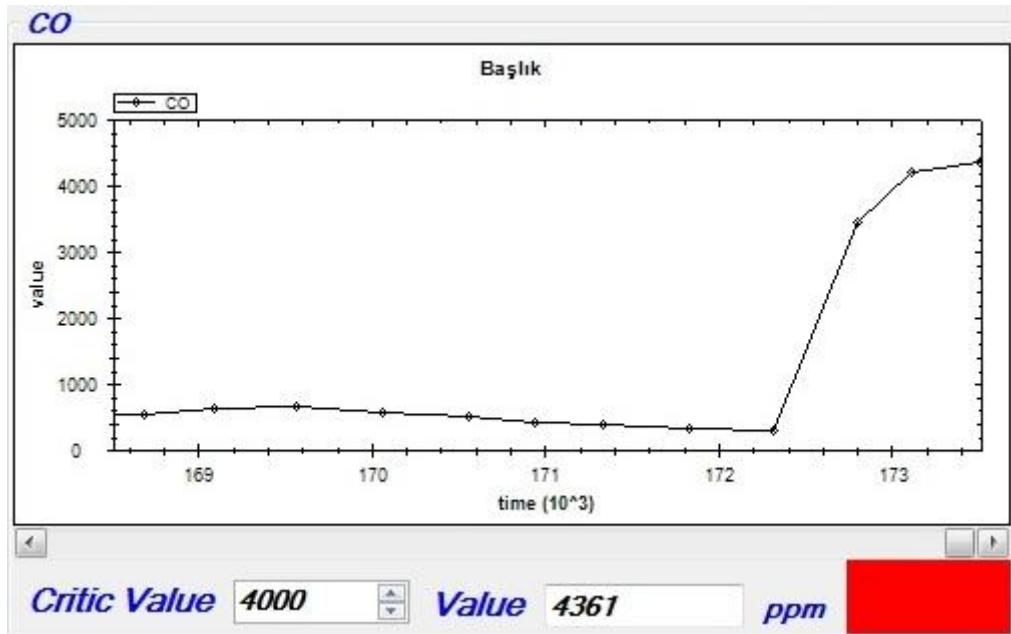


(b)

Şekil Ek A.1. İvme sensörüne ait a) normal şartlarda, b) kritik seviye aşıldığında ölçüm değerleri.

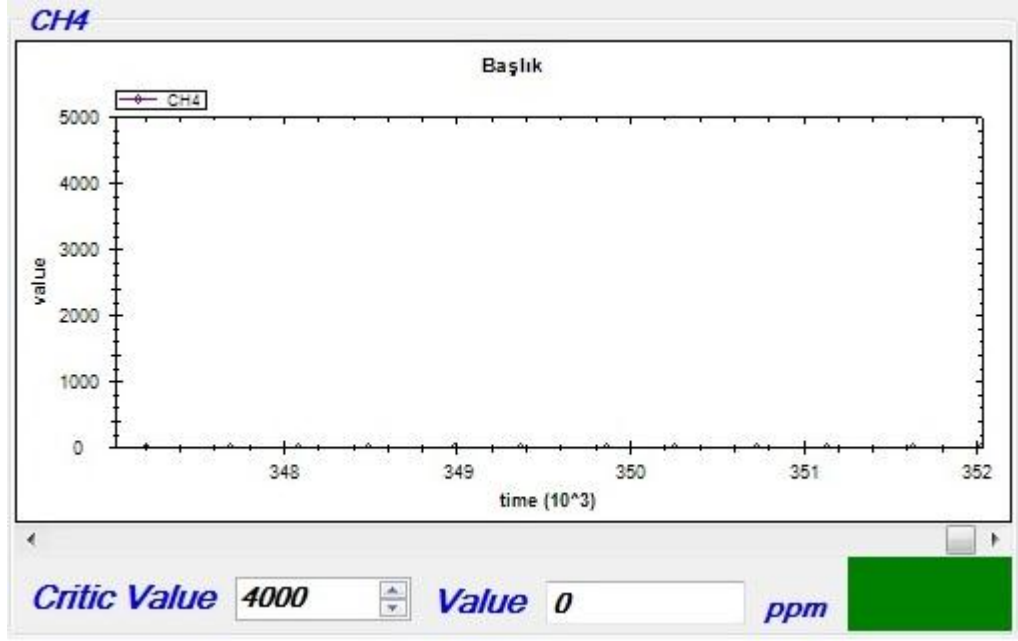


(a)

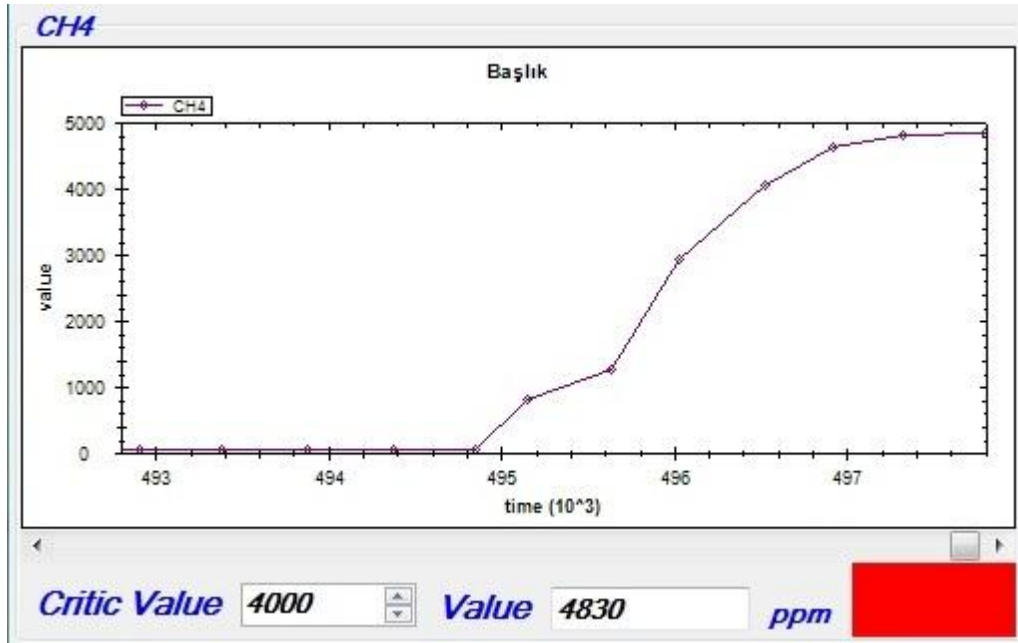


(b)

Şekil Ek A.2. Karbonmonoksit sensörüne ait a) normal şartlarda, b) kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri.

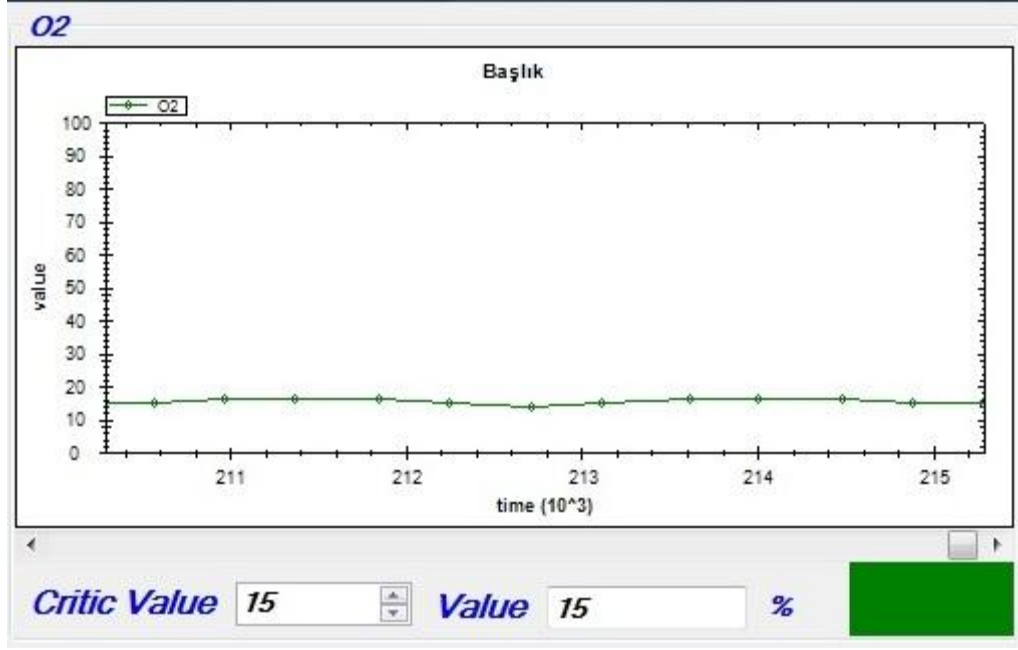


(a)

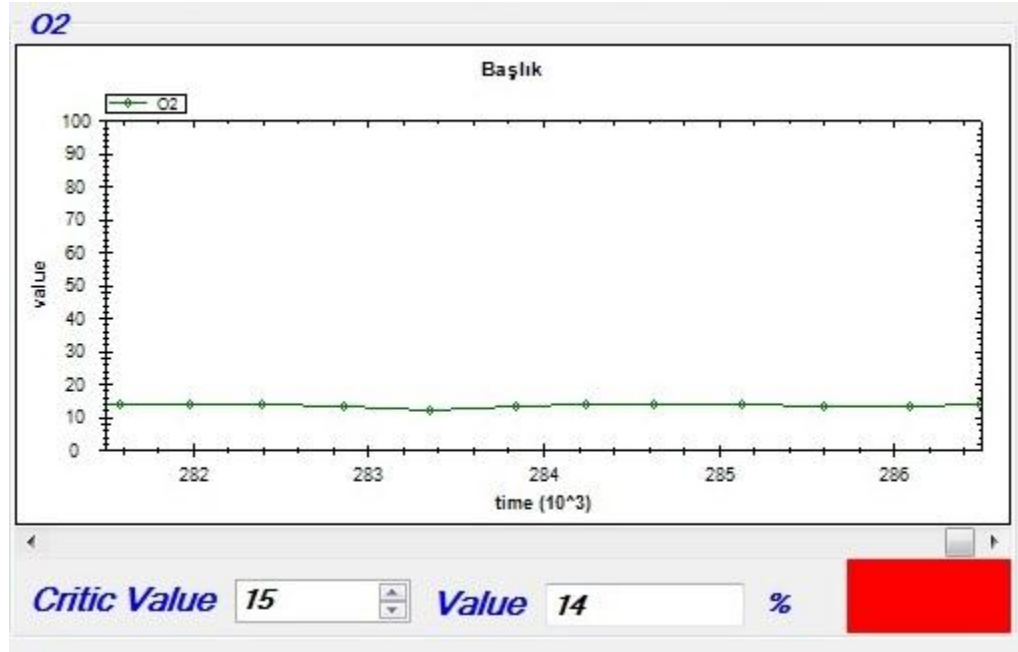


(b)

Şekil Ek A.3. Metan sensörüne ait a) normal şartlarda, b) kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri.

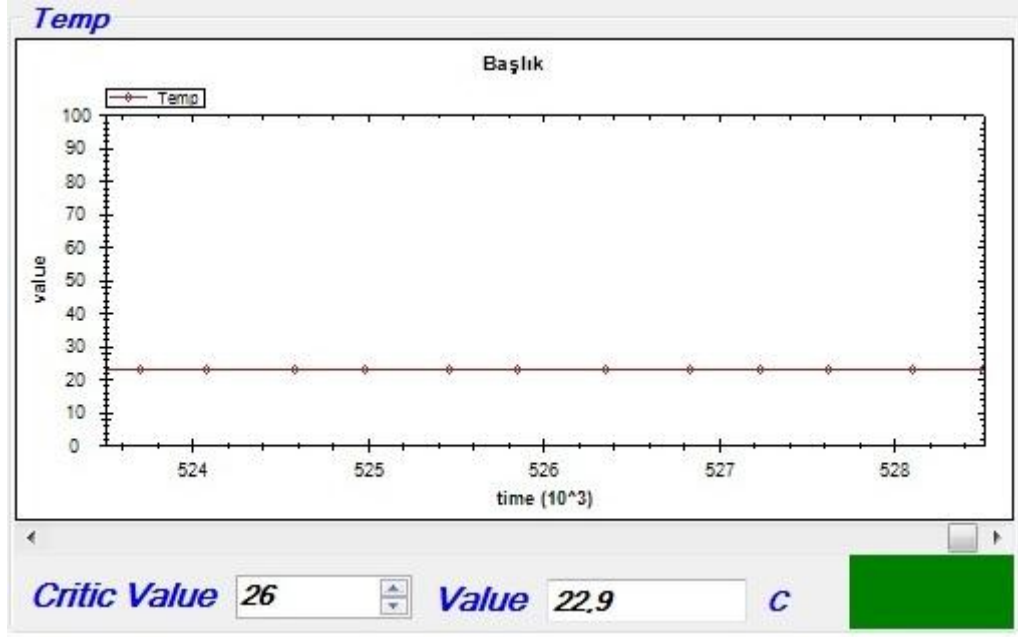


(a)

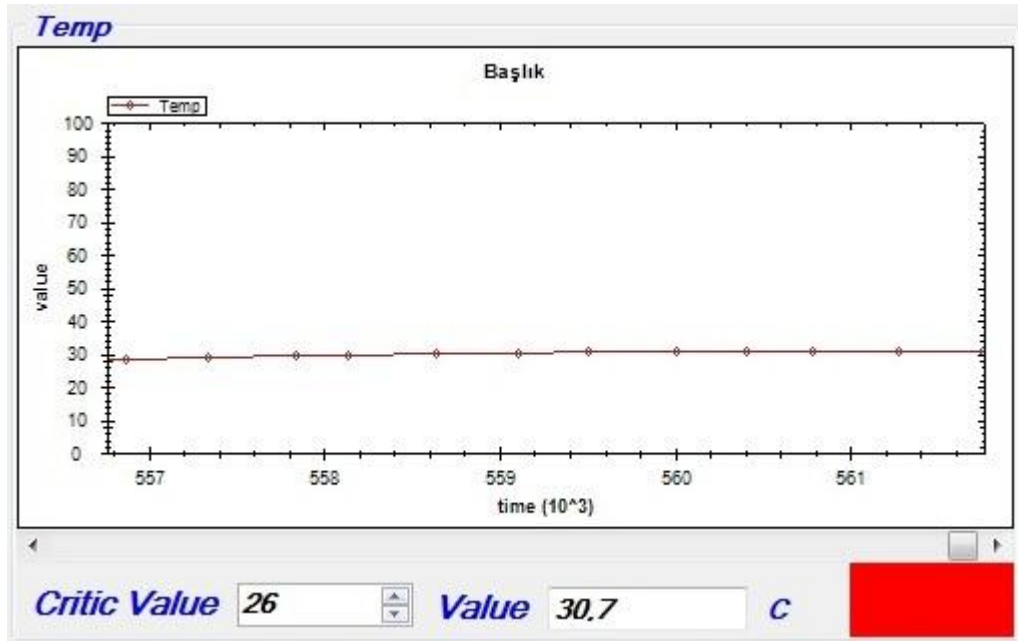


(b)

Şekil Ek A.4. Oksijen sensörüne ait a) normal şartlarda, b) kritik değerler aşıldığında, ölçüm değerleri.

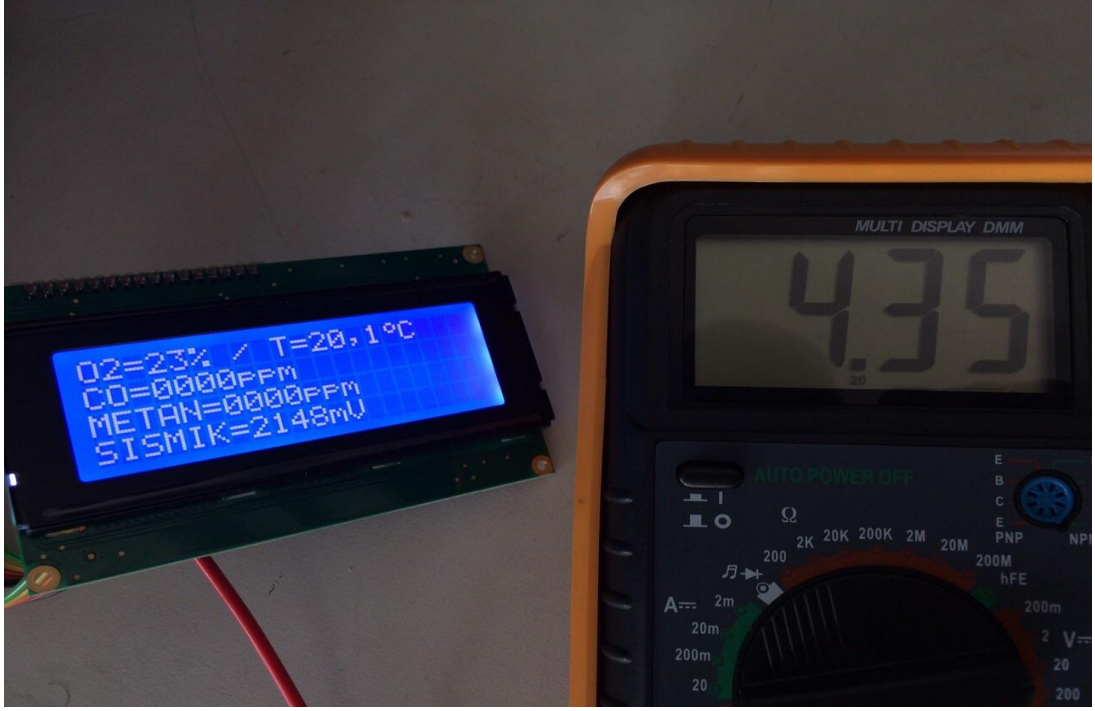


(a)



(b)

Şekil Ek A.5. Sıcaklık sensörüne ait a) normal şartlarda, b) kritik seviye aşıldığında, ölçüm değerleri.



(a)



(b)

Şekil Ek A.6. Oksijen sensörüne ait a) normal şartlarda, b) seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.



(a)



(b)

Şekil Ek A.7. Karbonmonksit sensörüne ait a) normal şartlarda, b) seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.





(a)

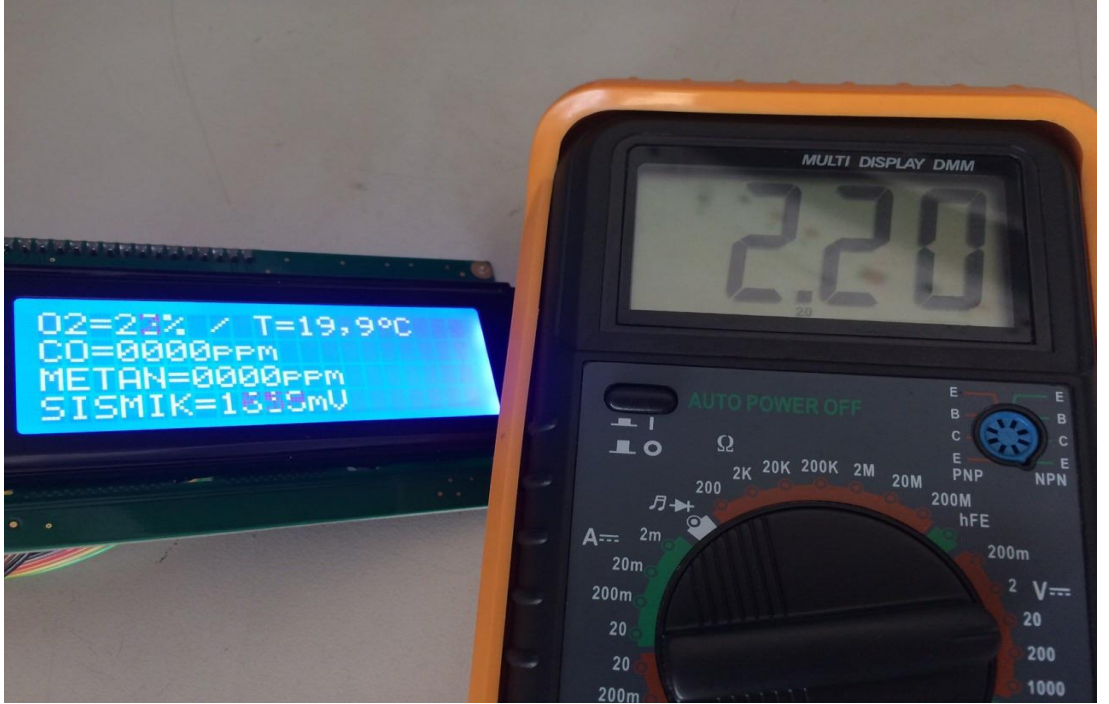


(b)

Şekil Ek A.8. Metan sensörüne ait a) normal şartlarda, b) seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.

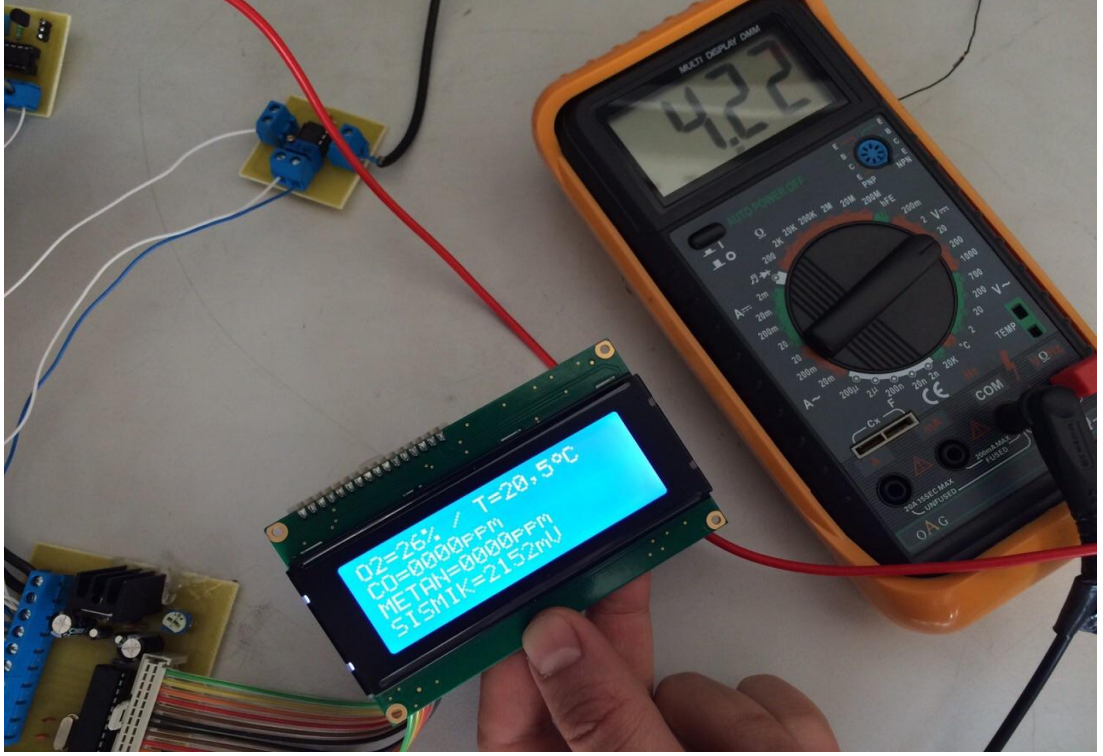


(a)

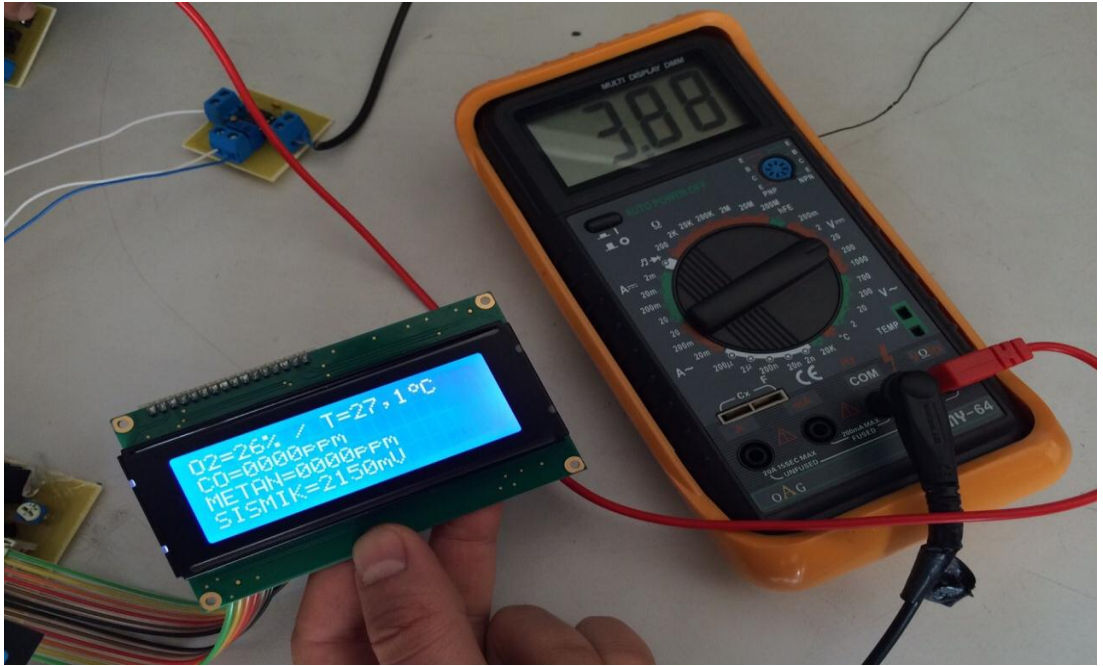


(b)

Şekil Ek A.9. İvme sensörüne ait a) normal şartlarda, b) seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.



(a)

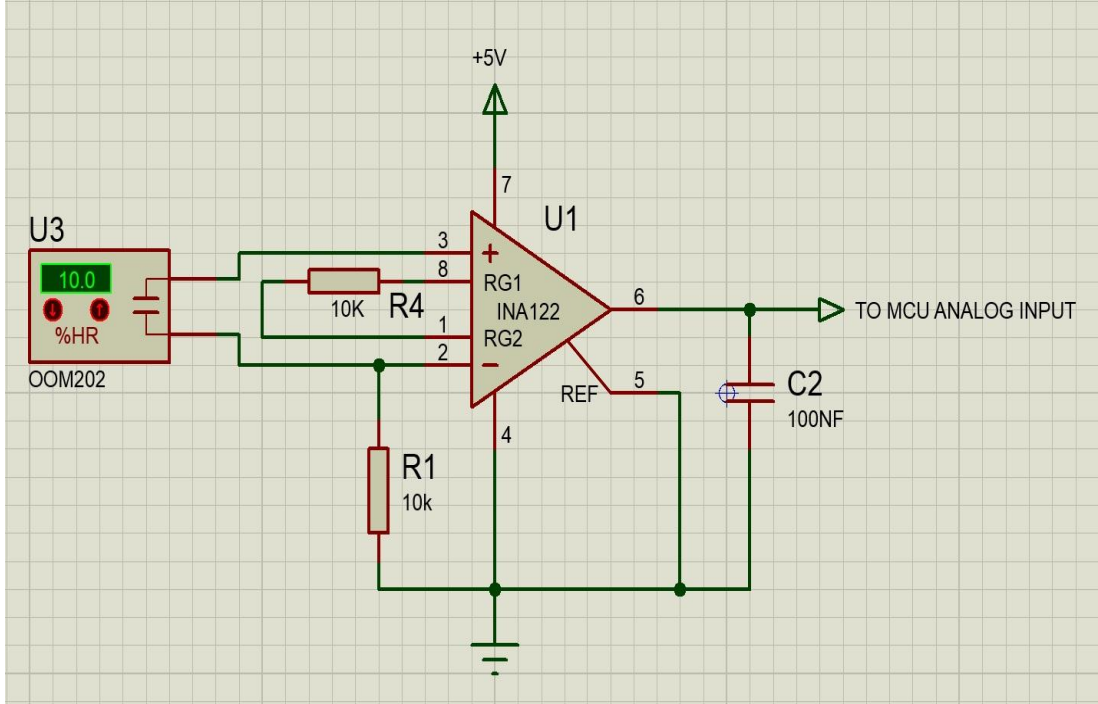


(b)

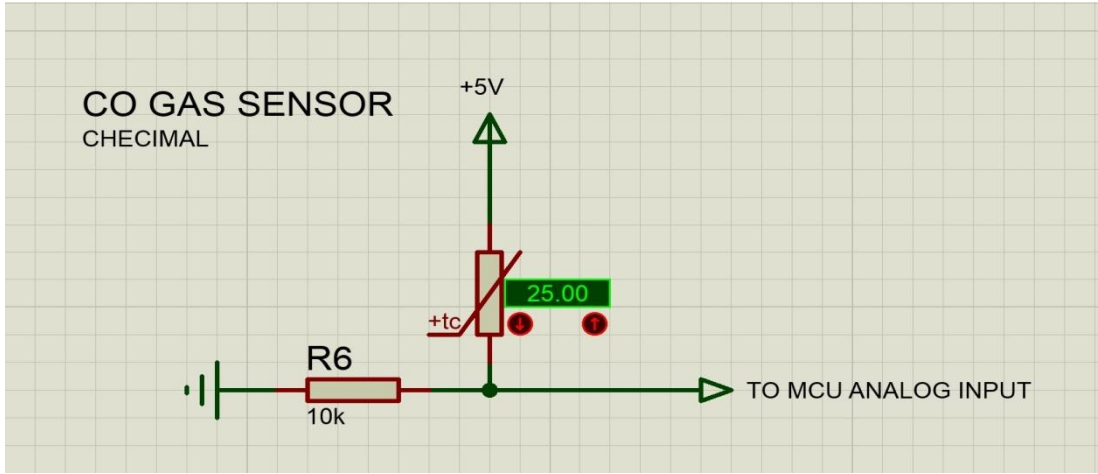
Şekil Ek A.10. Sıcaklık sensörüne ait a) normal şartlarda, b) seviye değiştiğinde, gerilim değerleri.

**EK AÇIKLAMALAR B.**

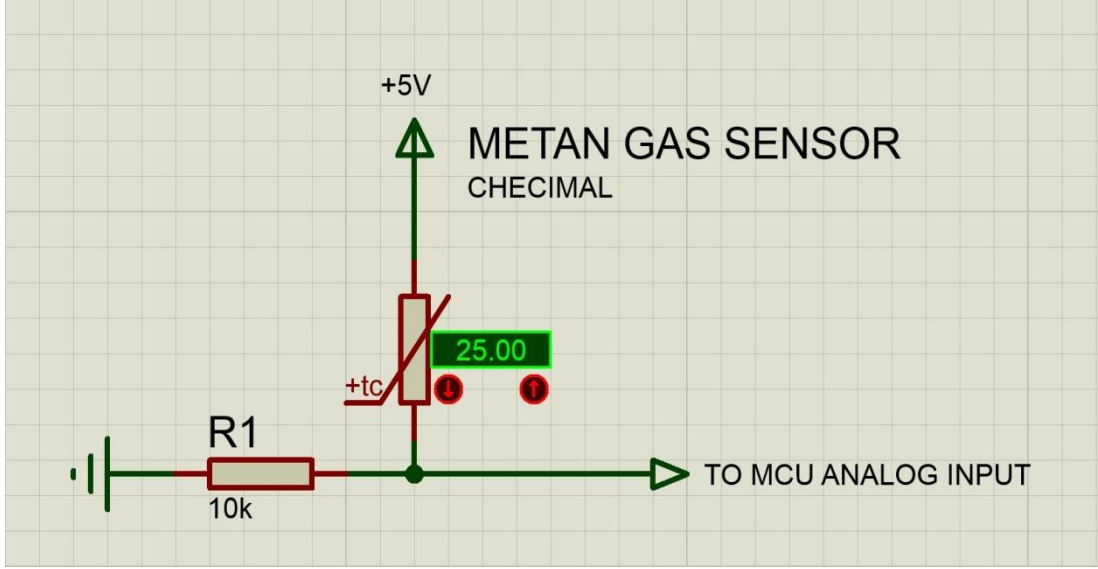
**GERÇEKLEŞTİRİLEN TASARIMA AİT DEVRE ŞEMALARI**



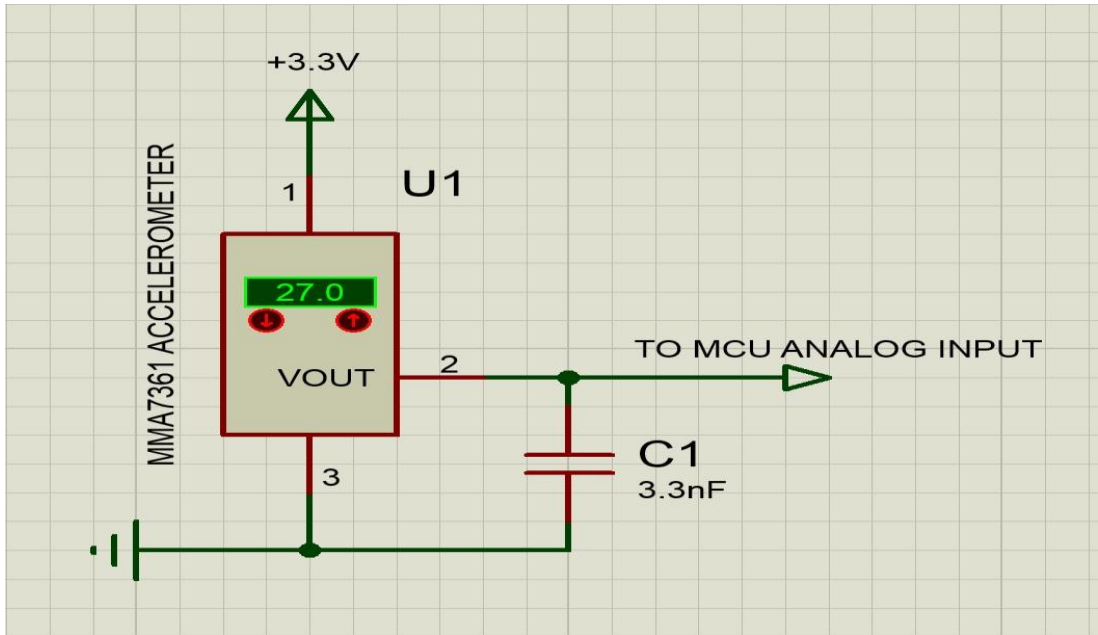
Şekil Ek B.1. OOM202 Oksijen sensörü devre bağlantısı.



Şekil Ek B.2. CO Karbonmonoksit gazı sensörü bağlantı şeması.

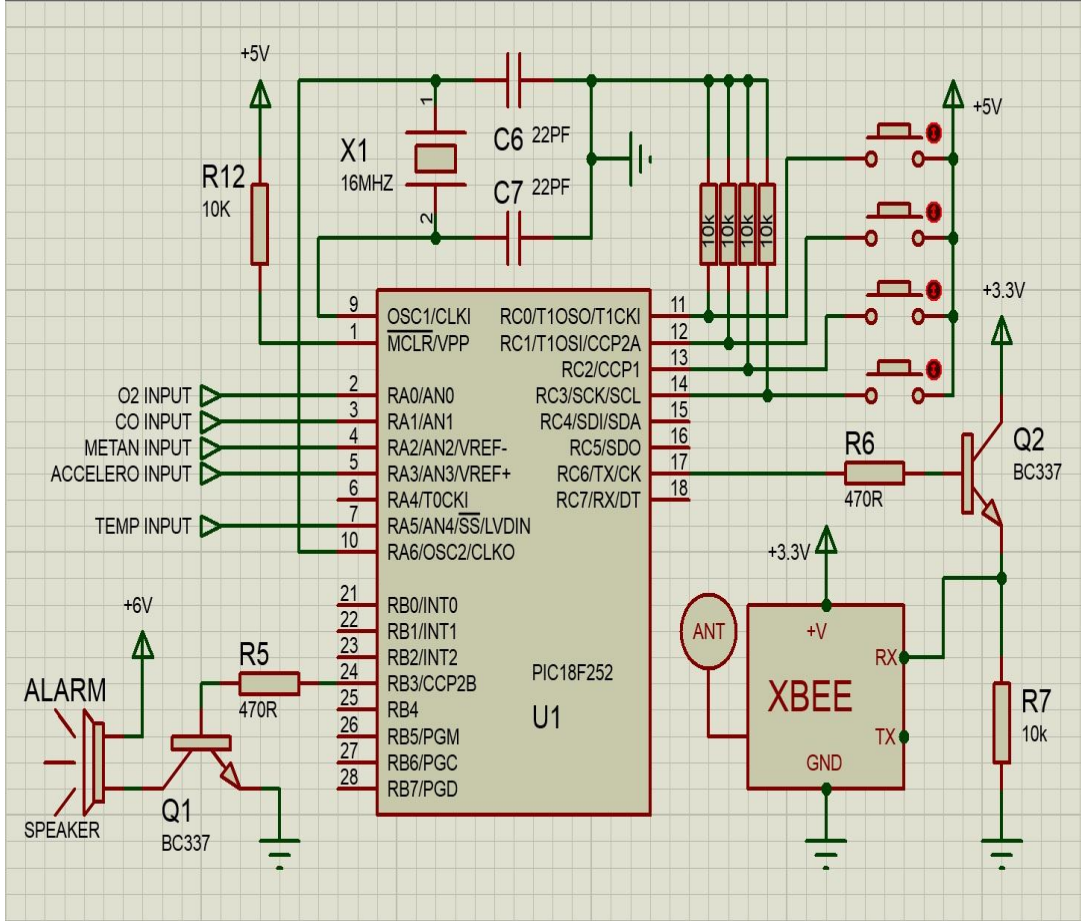


Şekil Ek B.3. Metan gazı sensörü bağlantı şeması.

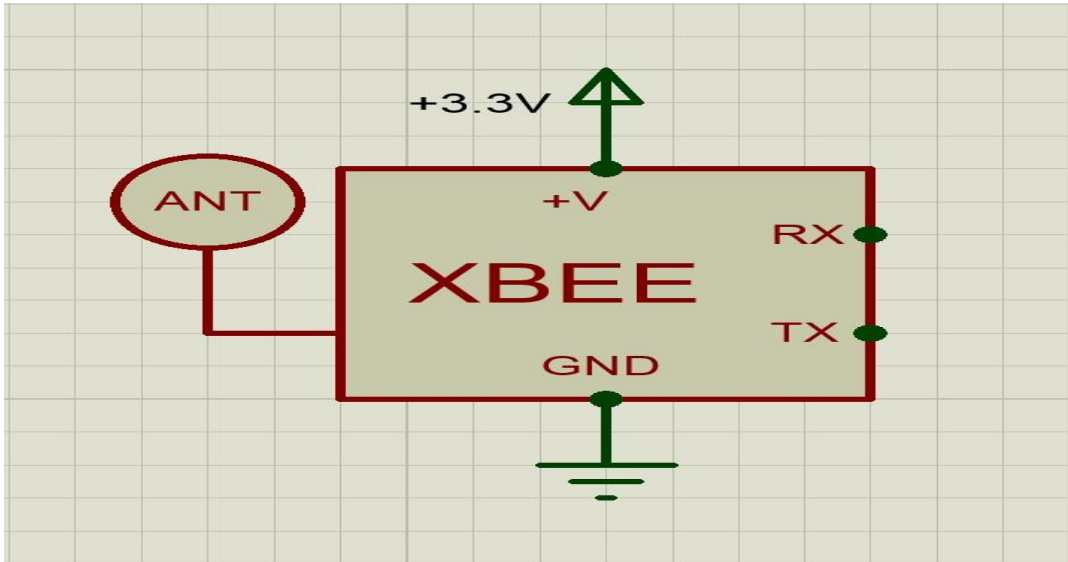


Şekil Ek B.4. Akselometre bağlantı şeması.



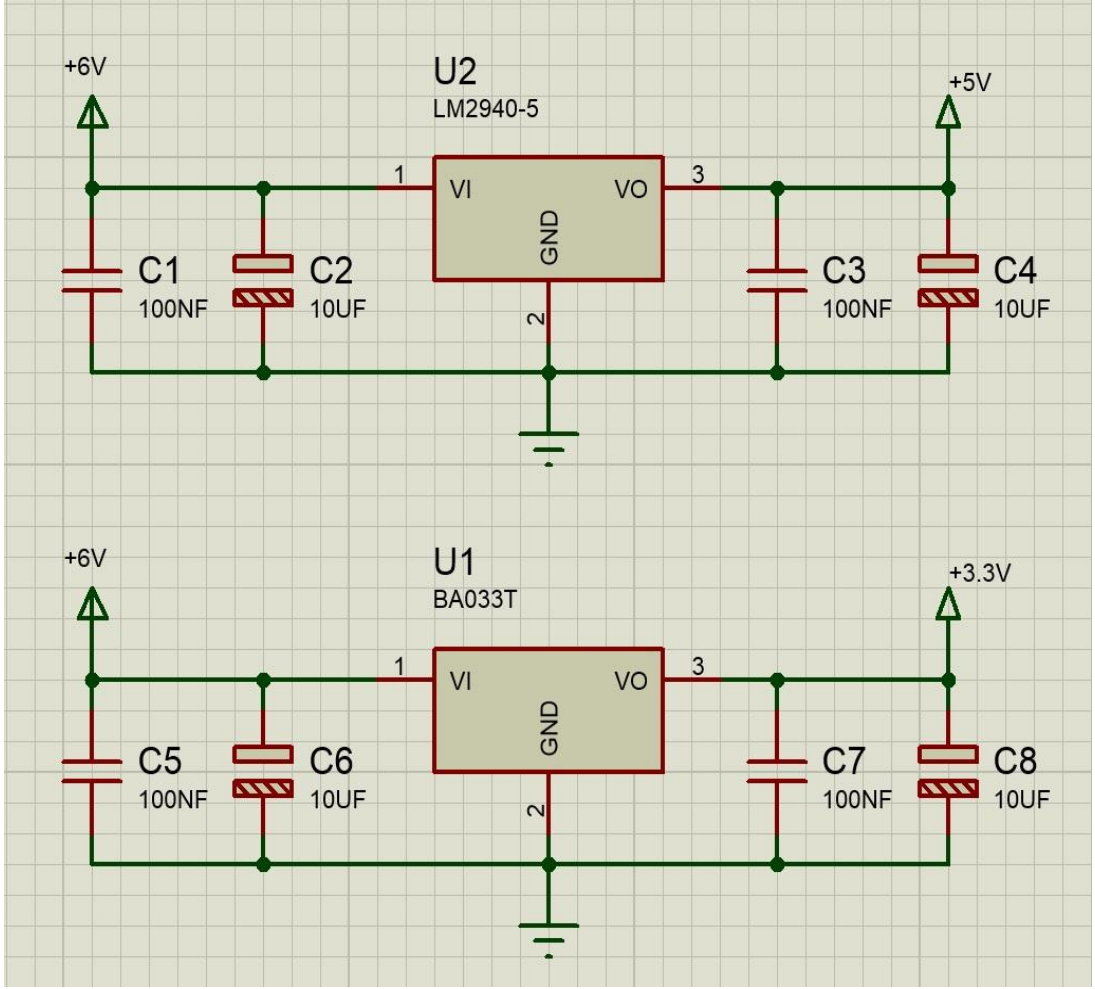


Şekil Ek B.7. Kontrol devre bağlantı şeması.



Şekil Ek B.8. Router devre bağlantı şeması.

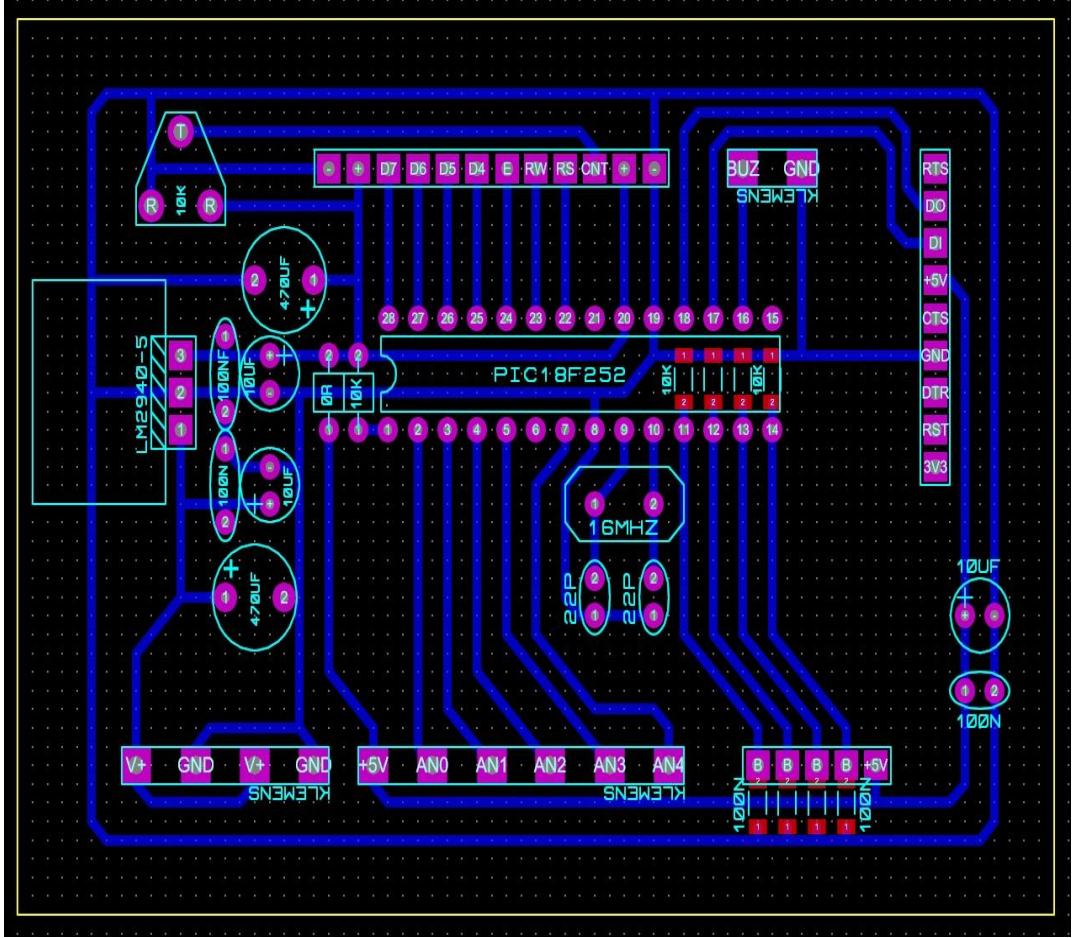




Şekil Ek B.9. Güç devre bağlantı şeması.

**EK AÇIKLAMALAR C.**

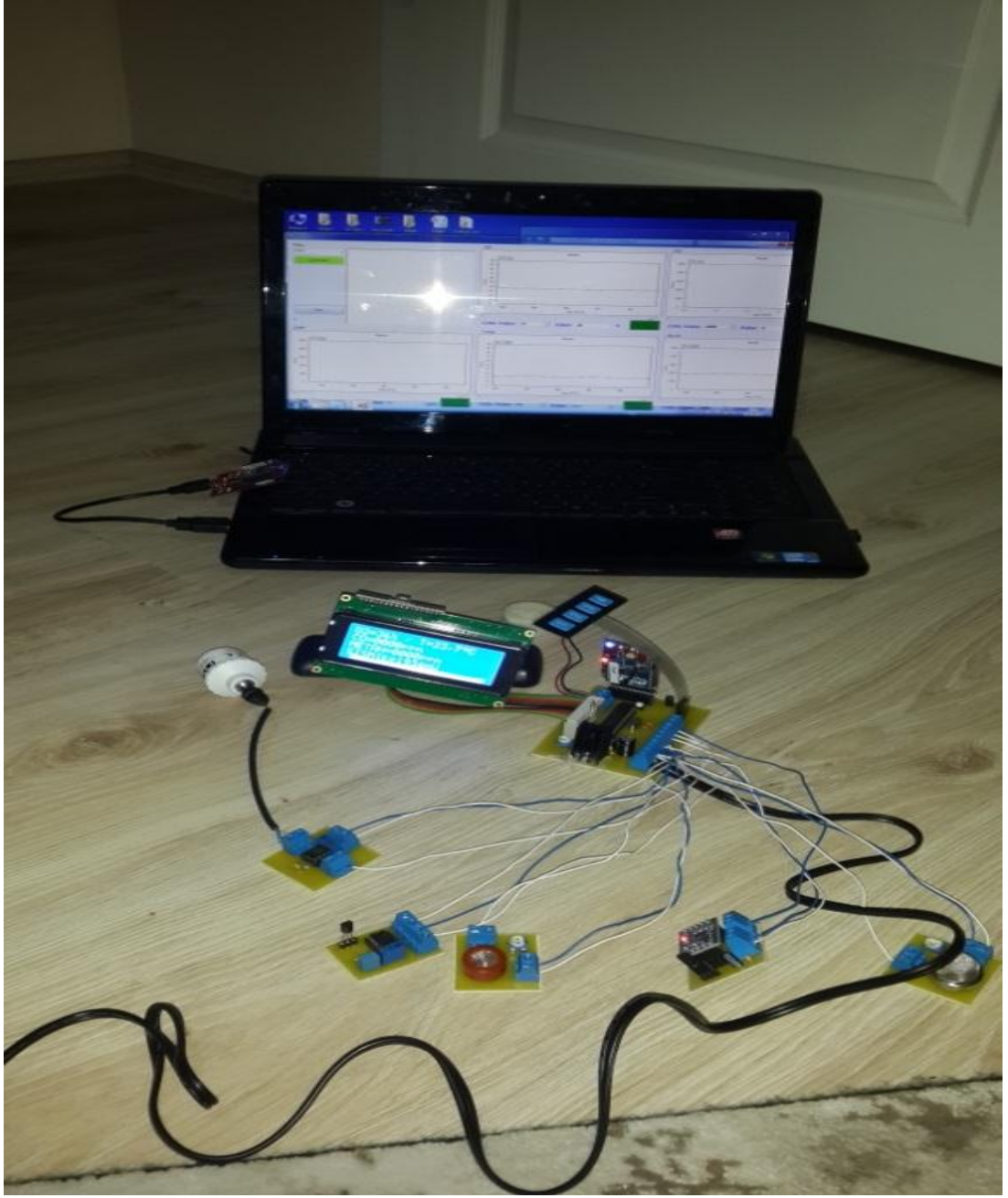
**KONTROL DEVRESİNE AİT BASKI DEVRE ŞEMASI**



Şekil Ek C.1. Kontrol devresine ait baskı devre şeması.

**EK AÇIKLAMALAR D.**

**TASARIMIN GÖRÜNÜMÜ**



Şekil Ek D.1. Tasarımın görünümü.

**EK AÇIKLAMALAR E.**

**PIC 18F252 PROGRAMLAMA KODU**

#CONFIG

```
CONFIG OSC = HS           ; HS oscillator
CONFIG OSCS = OFF        ; Oscillator system clock switch option is disabled
(main oscillator is source)
CONFIG PWRT = ON         ; PWRT enabled
CONFIG BOR = ON          ; Brown-out Reset enabled
CONFIG BORV = 20         ; VBOR set to 4.2V
CONFIG WDT = OFF         ; WDT disabled
CONFIG WDTPS = 128       ; 1:128
CONFIG CCP2MUX = ON      ; CCP2 input/output is multiplexed with RC1
CONFIG STVR = ON         ; Stack Full/Underflow will cause RESET
CONFIG LVP = OFF         ; Low Voltage ICSP disabled
CONFIG DEBUG = OFF       ; Background Debugger disabled. RB6 and RB7
configured as general purpose I/O pins.
CONFIG CP0 = OFF         ; Block 0 (000200-001FFFh) not code protected
CONFIG CP1 = OFF         ; Block 1 (002000-003FFFh) not code protected
CONFIG CP2 = OFF         ; Block 2 (004000-005FFFh) not code protected
CONFIG CP3 = OFF         ; Block 3 (006000-007FFFh) not code protected
CONFIG CPB = OFF        ; Boot Block (000000-0001FFFh) not code protected
CONFIG CPD = OFF         ; Data EEPROM not code protected
CONFIG WRT0 = OFF        ; Block 0 (000200-001FFFh) not write protected
CONFIG WRT1 = OFF        ; Block 1 (002000-003FFFh) not write protected
CONFIG WRT2 = OFF        ; Block 2 (004000-005FFFh) not write protected
CONFIG WRT3 = OFF        ; Block 3 (006000-007FFFh) not write protected
CONFIG WRTC = OFF        ; Configuration registers (300000-3000FFFh) not
write protected
CONFIG WRTB = OFF        ; Boot Block (000000-0001FFFh) not write ...
protected
CONFIG WRTD = OFF        ; Data EEPROM not write protected
CONFIG EBTR0 = OFF       ; Block 0 (000200-001FFFh) not protected from
Table Reads executed in other blocks
CONFIG EBTR1 = OFF       ; Block 1 (002000-003FFFh) not protected from
Table Reads executed in other blocks
CONFIG EBTR2 = OFF       ; Block 2 (004000-005FFFh) not protected from
Table Reads executed in other blocks
CONFIG EBTR3 = OFF       ; Block 3 (006000-007FFFh) not protected from
Table Reads executed in other blocks
CONFIG EBTRB = OFF       ; Boot Block (000000-0001FFFh) not protected
from Table Reads executed in other blocks
```

#ENDCONFIG

-----  
-----  
TRISA=%00101111  
TRISB=%00000000  
TRISC=%10001111

Ek E. (devam ediyor.)

PORTA=0 : PORTB=0 : PORTC=0

'-----

-----  
DEFINE OSC 16

DEFINE HSER\_SPBRG 25

DEFINE HSER\_SPBRGH 0

DEFINE HSER\_RCSTA 90h

DEFINE HSER\_TXSTA 20h

DEFINE HSER\_CLROERR 1

DEFINE LCD\_DREG PORTB 'LCD data bacakları hangi porta bağlı?

DEFINE LCD\_DBIT 4 'LCD data bacakları hangi bitten başlıyor?

DEFINE LCD\_EREG PORTB 'LCD Enable Bacağı Hangi Porta bağlı?

DEFINE LCD\_EBIT 3 'LCD Enable Bacağı Hangi bite bağlı ?

DEFINE LCD\_RWREG PORTB 'LCD read/write Bacağı Hangi Porta bağlı?

DEFINE LCD\_RWBIT 2 'LCD read/write Bacağı Hangi bite bağlı ?

DEFINE LCD\_RSREG PORTB 'LCD RS Bacağı Hangi Porta bağlı ?

DEFINE LCD\_RSBIT 1 'LCD RS bacağı Hangi Bite bağlı ?

DEFINE LCD\_BITS 4 'LCD 4 bit mi yoksa 8 bit olarak bağlı?

DEFINE LCD\_LINES 2 'LCD Kaç sıra yazabiliyor

DEFINE ADC\_BITS 10 'A/D çevirim sonucu kaç bit olacak

DEFINE ADC\_CLOCK 3 'Clock kaynağı (3=rc)

DEFINE ADC\_SAMPLEUS 50 'Örnekleme zamanı mikro saniye cinsinden.

'-----

-----

ADCON1=%10000010

'-----

-----

O2 VAR WORD

T VAR WORD

T\_TAM VAR BYTE

CO VAR WORD

METAN VAR WORD

SISMIK VAR WORD

O2\_LIM VAR WORD ;LIMIT DEĞERLER

T\_LIM VAR WORD

T\_LIM\_TAM VAR BYTE

CO\_LIM VAR WORD

METAN\_LIM VAR WORD

SISMIK\_LIM VAR WORD

I VAR BYTE

TOTAL VAR WORD

BUZER VAR PORTC.5

BMENU VAR PORTC.1



```

Ek E. (devam ediyor.)
BARTI   VAR PORTC.0
BEKSI   VAR PORTC.3
BGERI   VAR PORTC.2

```

```

-----
TOTAL=0 : I=0 : BUZER=0
-----

```

```

;*****
*****
*****

```

```

LCDOUT $FE,$70,6,9,9,6,0,0,0,0   'Derece 6
EEPROM 1,[$00,$0F,$01,$90,$0F,$A0,$0F,$A0,$03,$E8] ; O2=15 / T=40,0 /
CO=4000 / METAN=4000 / SISMIK=1000
READ
1,O2_LIM.BYTE1,O2_LIM.BYTE0,T_LIM.BYTE1,T_LIM.BYTE0,CO_LIM.BYT
E1,CO_LIM.BYTE0,METAN_LIM.BYTE1,METAN_LIM.BYTE0,SISMIK_LIM.
BYTE1,SISMIK_LIM.BYTE0

```

```

T_LIM_TAM=T_LIM/10
DONGU0:

```

```

HIGH BUZER
lcdout $FE,$80,"KABLOSUZ MADEN OCAGI"
LCDOUT $FE,$C0,"SENSOR IZLEME      "
LCDOUT $FE,$94,"VE UYARI SISTEMI   "
LCDOUT $FE,$D4,"                  "
PAUSE 1000
LOW BUZER
FOR I=1 TO 150
  lcdout $FE,$80,"O2 = ",DEC2 O2_LIM,"% / T = ",DEC2 T_LIM_TAM,6,"C "
  LCDOUT $FE,$C0,"CO = ",DEC4 CO_LIM,"ppm      "
  LCDOUT $FE,$94,"METAN = ",DEC4 METAN_LIM,"ppm  "
  LCDOUT $FE,$D4,"SISMIK = ",DEC4 SISMIK_LIM,"mV  "
  PAUSE 20

```

```

IF BMENU=1 THEN
  WHILE BMENU=1
    lcdout $FE,$80,"  MENU      "
      LCDOUT $FE,$C0,"          "
      LCDOUT $FE,$94,"          "
      LCDOUT $FE,$D4,"          "
      PAUSE 100
    WEND
  GOTO MENU1

```

```

Ek E. (devam ediyor.)
ENDIF
NEXT I

```

```

;*****
*****
*****

```

```

DONGU1:

```

```

-----
-----
CALL ADC_OLCUM
-----

```

```

LCDOUT $FE,$80,"O2=",DEC2 O2,"% / T=",DEC2 T_tam,",",DEC1 T,6,"C  "
LCDOUT $FE,$C0,"CO=",DEC4 CO,"ppm      "
LCDOUT $FE,$94,"METAN=",DEC4 METAN,"ppm    "
LCDOUT $FE,$D4,"SISMIK=",DEC4 SISMIK,"mV    "
-----

```

```

-----
HSEROUT [$2D,$4F,O2.BYTE1,O2.BYTE0]
PAUSE 80
HSEROUT [$2D,$54,T.BYTE1,T.BYTE0]
PAUSE 80
HSEROUT [$2D,$43,CO.BYTE1,CO.BYTE0]
PAUSE 80
HSEROUT [$2D,$4D,METAN.BYTE1,METAN.BYTE0]
PAUSE 80
HSEROUT [$2D,$41,SISMIK.BYTE1,SISMIK.BYTE0]
PAUSE 80
-----

```

```

-----
IF O2<O2_LIM OR T>T_LIM OR CO>CO_LIM OR METAN>METAN_LIM
OR SISMIK<SISMIK_LIM THEN
HIGH BUZER
ENDIF
IF O2>=O2_LIM AND T<=T_LIM AND CO<=CO_LIM AND
METAN<=METAN_LIM AND SISMIK>=SISMIK_LIM THEN
LOW BUZER
ENDIF
-----

```

```

-----
IF BMENU=1 THEN
WHILE BMENU=1
LCDOUT $FE,$80,"  MENU  "
LCDOUT $FE,$C0,"      "
LCDOUT $FE,$94,"      "

```

Ek E. (devam ediyor.)

```
LCDOUT $FE,$D4," "
```

```
  PAUSE 100
```

```
  WEND
```

```
  GOTO MENU1
```

```
ENDIF
```

```
'-----  
-----
```

```
GOTO DONGU1
```

```
,*****  
,  
*****  
*****
```

```
ADC_OLCUM:
```

```
'-----  
-----
```

```
  FOR I=1 TO 50
```

```
    ADCIN 0,O2
```

```
    TOTAL=TOTAL+O2
```

```
  NEXT I
```

```
  O2=TOTAL/40
```

```
  TOTAL=0
```

```
  O2=O2/10
```

```
'-----  
-----
```

```
  FOR I=1 TO 50
```

```
    ADCIN 1,T
```

```
    TOTAL=TOTAL+T
```

```
  NEXT I
```

```
  T=TOTAL/50
```

```
  TOTAL=0
```

```
  T_TAM=T/10
```

```
'-----  
-----
```

```
  FOR I=1 TO 50
```

```
    ADCIN 2,CO
```

```
    TOTAL=TOTAL+CO
```

```
  NEXT I
```

```
  CO=TOTAL/10
```

```
  TOTAL=0
```

```
  CO=CO-100
```

```
  IF CO>10000 THEN CO=0
```

```
'-----  
-----
```

```
  FOR I=1 TO 50
```

```
    ADCIN 3,METAN
```

```
  TOTAL=TOTAL+METAN
```

Ek E. (devam ediyor.)  
NEXT I

METAN=TOTAL/10  
TOTAL=0

METAN=METAN-100  
IF METAN>10000 THEN METAN=0

-----  
FOR I=1 TO 50  
  ADCIN 4,SISMIK  
  TOTAL=TOTAL+SISMIK  
NEXT I

SISMIK=TOTAL/10  
TOTAL=0

-----  
RETURN

\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*  
\*\*\*\*\*

MENU1:

-----  
LCDOUT \$FE,\$80," LIMIT DEGER MENU "  
LCDOUT \$FE,\$C0,"                    "  
LCDOUT \$FE,\$94,"O2 = ",DEC2 O2\_LIM,"%        "  
LCDOUT \$FE,\$D4,"                    "  
PAUSE 20

-----  
IF BARTI=1 AND O2\_LIM<>25 THEN  
  WHILE BARTI=1  
    PAUSE 100  
  WEND  
  O2\_LIM=O2\_LIM+1  
ENDIF

-----  
IF BEKSI=1 AND O2\_LIM<>1 THEN  
WHILE BEKSI=1  
  PAUSE 100  
  WEND  
  O2\_LIM=O2\_LIM-1  
ENDIF

```

Ek E. (devam ediyor.)
IF BMENU=1 THEN
  WHILE BMENU=1
    lcdout $FE,$80,"    MENU    "
    LCDOUT $FE,$C0,"          "
    LCDOUT $FE,$94,"          "
    LCDOUT $FE,$D4,"          "
    PAUSE 100
  WEND
  WRITE 1,O2_LIM.BYTE1,O2_LIM.BYTE0
  GOTO MENU2
ENDIF
;-----
-----
IF BGERI=1 THEN
  WHILE BGERI=1
    lcdout $FE,$80,"    GERI    "
    LCDOUT $FE,$C0,"          "
    LCDOUT $FE,$94,"          "
    LCDOUT $FE,$D4,"          "
    PAUSE 100
  WEND
  WRITE 1,O2_LIM.BYTE1,O2_LIM.BYTE0
  GOTO DONGU0
ENDIF
;-----
-----
GOTO MENU1
;*****
;*****
;*****
MENU2:
;-----
-----
LCDOUT $FE,$80," LIMIT DEGER MENU "
LCDOUT $FE,$C0,"          "
LCDOUT $FE,$94,"T = ",DEC2 T_LIM_TAM,6,"C          "
LCDOUT $FE,$D4,"          "
PAUSE 20
;-----
-----
IF BARTI=1 AND T_LIM<>900 THEN
  WHILE BARTI=1
    PAUSE 100
  WEND
  T_LIM=T_LIM+10
  T_LIM_TAM=T_LIM/10
ENDIF

```

Ek E. (devam ediyor.)

```
;-----  
-----  
IF BEKSI=1 AND T_LIM<>100 THEN  
  WHILE BEKSI=1  
    PAUSE 100  
  WEND  
  T_LIM=T_LIM-10  
  T_LIM_TAM=T_LIM/10  
ENDIF  
;-----  
-----  
IF BMENU=1 THEN  
  WHILE BMENU=1  
    lcdout $FE,$80,"  MENU  " "  
    LCDOUT $FE,$C0,"      " "  
    LCDOUT $FE,$94,"      " "  
    LCDOUT $FE,$D4,"      " "  
    PAUSE 100  
  WEND  
  WRITE 3,T_LIM.BYTE1,T_LIM.BYTE0  
  GOTO MENU3  
ENDIF  
;-----  
-----  
IF BGERI=1 THEN  
  WHILE BGERI=1  
    lcdout $FE,$80,"  GERI  " "  
    LCDOUT $FE,$C0,"      " "  
    LCDOUT $FE,$94,"      " "  
    LCDOUT $FE,$D4,"      " "  
    PAUSE 100  
  WEND  
  WRITE 3,T_LIM.BYTE1,T_LIM.BYTE0  
  GOTO DONGU0  
ENDIF  
;-----  
-----  
GOTO MENU2  
;*****  
*****  
*****  
MENU3:  
;-----  
-----  
LCDOUT $FE,$80," LIMIT DEGER MENU " "  
LCDOUT $FE,$C0,"      " "  
LCDOUT $FE,$94,"CO = ",DEC4 CO_LIM,"ppm  " "  
LCDOUT $FE,$D4,"      " "
```

Ek E. (devam ediyor.)

```
    PAUSE 20
;-----
    IF BARTI=1 AND CO_LIM<>5000 THEN
    WHILE BARTI=1
        PAUSE 100
WEND
    CO_LIM=CO_LIM+10
    ENDIF
;-----
    IF BEKSI=1 AND CO_LIM<>100 THEN
    WHILE BEKSI=1
        PAUSE 100
    WEND
    CO_LIM=CO_LIM-10
    ENDIF
;-----
    IF BMENU=1 THEN
    WHILE BMENU=1
        lcdout $FE,$80,"    MENU    "
        LCDOUT $FE,$C0,"          "
        LCDOUT $FE,$94,"          "
        LCDOUT $FE,$D4,"          "
        PAUSE 100
    WEND
    WRITE 5,CO_LIM.BYTE1,CO_LIM.BYTE0
    GOTO MENU4
    ENDIF
;-----
    IF BGERI=1 THEN
    WHILE BGERI=1
        lcdout $FE,$80,"    GERI    "
        LCDOUT $FE,$C0,"          "
        LCDOUT $FE,$94,"          "
        LCDOUT $FE,$D4,"          "
        PAUSE 100
    WEND
    WRITE 5,CO_LIM.BYTE1,CO_LIM.BYTE0
GOTO DONGU0
    ENDIF
;-----
GOTO MENU3
```

Ek E. (devam ediyor.)

```
*****  
*****  
*****
```

MENU4:

```
-----  
-----
```

```
LCDOUT $FE,$80," LIMIT DEGER MENU "  
LCDOUT $FE,$C0,"          "  
LCDOUT $FE,$94,"METAN = ",DEC4 METAN_LIM,"ppm  "  
LCDOUT $FE,$D4,"          "  
PAUSE 20
```

```
-----  
-----
```

```
IF BARTI=1 AND METAN_LIM<>5000 THEN  
  WHILE BARTI=1  
    PAUSE 100  
  WEND  
METAN_LIM=METAN_LIM+10  
ENDIF
```

```
-----  
-----
```

```
IF BEKSI=1 AND METAN_LIM<>100 THEN  
  WHILE BEKSI=1  
    PAUSE 100  
  WEND  
  METAN_LIM=METAN_LIM-10  
ENDIF
```

```
-----  
-----
```

```
IF BMENU=1 THEN  
  WHILE BMENU=1  
    lcdout $FE,$80,"  MENU  "  
    LCDOUT $FE,$C0,"      "  
    LCDOUT $FE,$94,"      "  
    LCDOUT $FE,$D4,"      "  
    PAUSE 100  
  WEND  
  WRITE 7,METAN_LIM.BYTE1,METAN_LIM.BYTE0  
  GOTO MENU5  
ENDIF
```

```
-----  
-----
```

```
IF BGERI=1 THEN  
WHILE BGERI=1  
  lcdout $FE,$80,"  GERI  "  
  LCDOUT $FE,$C0,"      "  
LCDOUT $FE,$94,"      "  
  LCDOUT $FE,$D4,"      "
```



Ek E. (devam ediyor.)

```
PAUSE 100
WEND
WRITE 7,METAN_LIM.BYTE1,METAN_LIM.BYTE0
GOTO DONGU0
ENDIF
```

-----  
-----

GOTO MENU4

```
,*****
,*****
*****
```

MENU5:

-----  
-----

```
LCDOUT $FE,$80," LIMIT DEGER MENU "
LCDOUT $FE,$C0,"          "
LCDOUT $FE,$94,"SISMIK = ",DEC4 SISMIK_LIM,"mV  "
LCDOUT $FE,$D4,"          "
PAUSE 20
```

-----  
-----

```
IF BARTI=1 AND SISMIK_LIM<>5000 THEN
  WHILE BARTI=1
    PAUSE 100
  WEND
  SISMIK_LIM=SISMIK_LIM+10
ENDIF
```

-----  
-----

```
IF BEKSI=1 AND SISMIK_LIM<>100 THEN
  WHILE BEKSI=1
    PAUSE 100
  WEND
  SISMIK_LIM=SISMIK_LIM-10
ENDIF
```

-----  
-----

```
IF BMENU=1 THEN
  WHILE BMENU=1
    lcdout $FE,$80,"      MENU      "
    LCDOUT $FE,$C0,"          "
    LCDOUT $FE,$94,"          "
  LCDOUT $FE,$D4,"          "
    PAUSE 100
  WEND
  WRITE 9,SISMIK_LIM.BYTE1,SISMIK_LIM.BYTE0
  GOTO MENU1
```

Ek E. (devam ediyor.)

```
ENDIF
;-----
-----
IF BGERI=1 THEN
  WHILE BGERI=1
    lcdout $FE,$80,"   GERI   "
    LCDOUT $FE,$C0,"       "
    LCDOUT $FE,$94,"       "
    LCDOUT $FE,$D4,"       "
  PAUSE 100
  WEND
  WRITE 9,SISMIK_LIM.BYTE1,SISMIK_LIM.BYTE0
  GOTO DONGU0
ENDIF
;-----
-----
GOTO MENU5
,*****
*****
*****
*****
END
```

## ÖZGEÇMİŞ

Onur KARAOĞLU 1988'de Karabük'te doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Kuleli askeri Lisesi'nden 2006 yılında mezun olduktan sonra 2007 yılında Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü'ne girdi. 2011'de "iyi" derece ile mezun olduktan sonra Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nda Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak göreve başladı. Halen; 2011 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

### **ADRES BİLGİLERİ**

Adres: Kemerköprü Mah.Elmalık Sok.  
No:21/4 Merkez / BARTIN  
Tel: (507) 642 77 86  
E-posta: onurkaraoglu\_7888@hotmail.com