

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARLA YAŞAMSAL İŞARETLERİN TAKİBİ

VOLKAN GÖREKE

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI  
YRD. DOÇ.DR. YAVUZ TÜRKAY

SİVAS  
2011

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan Doç. Dr. Rafael HUSEYNOV.....  
Üye (Danışman) Yrd. Doç. Dr. Yavuz TÜRKAY.....  
Üye Yrd.Doç.Dr. Ahmet Gürkan YÜKSEK.....

ONAY

Bu tez çalışması, 30/06/2011 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 7 sayılı toplantısında kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

## ÖZET

### KABLOSUZ ALGILAYICI AĞLARLA YAŞAMSAL İŞARETLERİN TAKİBİ

Volkan GÖREKE

Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Yavuz TÜRKAY

2011, 72 sayfa

Sanayiden ev kontrol sistemlerine kadar çok geniş alanda uygulamaları mevcut olan RF tabanlı haberleşme sistemleri, birbirinden bağımsız olarak çalışan ve farklı ortamlardaki ısı, ışık, basınç, nem titreşim gibi fiziksel veya çevresel koşullara ait verilerin ölçülüp kablosuz olarak iletimini sağlayan kablosuz algılayıcı ağlarının da (Wireless Sensor Network) temelini oluşturur.

Uzaktan ölçüm sistemleri, çeşitli ölçüm noktalarındaki verilerin ölçülüp bir merkeze aktarılması amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemler özellikle medikal alanda kullanılmaya başlanmasıyla tele tıp kavramı ortaya çıkmıştır

Bu çalışmada hastalara ait tansiyon, nabız ve ateş verilerini ölçen ve bu verileri ISM bandındaki 915 MHz frekansında bilgisayara bağlı ana düğüme ileten birbirinden bağımsız olarak çalışan algılayıcı devreleri geliştirilmiştir. Her bir algılayıcı düğümü için, kendi içerisinde Vücut Alan Ağı (Body Network Area) olarak bilinen PIC 16F876 mikro denetleyici temelli I2C seri haberleşme standardını kullanan bir kablolu haberleşme ağı geliştirilmiştir. Burada, hastalar üzerine bağlı algılayıcı düğümleriyle ana düğüm arasındaki kablosuz haberleşme ağı görsel programlama dili VB6.0

ortamından geliştirilen yazılım tarafından yönetilmekte ve verilerin takibi yine bu program aracılığıyla yapılmaktadır.

Çalışmada, verilerin doğru bir şekilde iletilip iletilmediği de doğrulama yöntemleriyle test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: algılayıcı, kablosuz sensör ağ, protokol

## ABSTRACT

### VITAL SIGNS MONITORING WITH WIRELESS SENSOR NETWORKS

Volkan GÖREKE

Master of Science Thesis, Department of Electric-Electronic Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Yavuz TÜRKAY

2011, 72 pages

RF based communications systems which have wide range of applications from industry to home control systems are the basis of wireless sensor networks that work independently from each other .They measure data such as heat, light, pressure, humidity, vibration in different environments and transmit using wireless way.

Remote measuring systems are developed with the aim of measuring data from different points and transmitting them to a certain centre. The concept of tele medicine has been emerged when these systems were being used especially in medicine.

In this study sensor circuits which measure patient's vital signs such as blood pressure, heat, pulse and transmit vital signs wirelessly in 915 MHz frequency have been developed. Each sensor circuits have a wired network that are called BAN and consist of a PIC16F876 micro controller. Working of the BAN is based on I2C serial communication standard. Wireless communication network is managed by a computer software that has been developed using VB6.0.

RF communication test has been done to verify developed wireless communication protocol.

Key words: sensor, wireless sensor network, protocol

## TEŞEKKÜR

Danışmanım Yrd. Doç. Dr. Yavuz TÜRKAY'a tez boyunca yaptığı katkılardan dolayı teşekkür ederim.

Yüksek lisans derslerinden bazılarını kendilerinden aldığım Doç.Dr. Rafael HUSEYNOV ve Doç.Dr.Manafeddin NAMAZOV'a teşekkür ederim.

Programlama aşamasında yardımlarından dolayı SMYO Bilgisayar Programcılığı Bölüm Başkanı Öğr.Gör. Hasan Hüseyin BAŞ'a teşekkür ederim.

Elektronik posta yoluyla ulaştığım haberleşme yüksek mühendisi Bülent Bora SUYABATMAZ'a yakın ilgisi ve yardımları için teşekkür ederim.

Ayrıca tüm yaşantım boyunca bana destek olan Annem'e çok teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
SİMGELER DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1 GİRİŞ.....	1
2 YAŞAMSAL İŞARETLER.....	3
2.1 Yaşamsal İşaret.....	3
2.1.1 Elektrik kökenli yaşamsal işaretlerin özellikleri.....	3
2.1.2 Elektrik kökenli olmayan yaşamsal işaretlerin özellikleri.....	3
2.2 Tansiyon.....	3
2.3 Nabız.....	4
2.4 Kan Basıncının Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler.....	5
2.4.1 Doğrudan Ölçüm Yöntemi.....	5
2.4.2 Dolaylı Ölçüm Yöntemi.....	5
2.4.2.1 Dokunma Yöntemi.....	5
2.4.2.2 Osilometrik Yöntem.....	5
2.4.2.3 Dinleme (Oskültasyon) Yöntemi.....	6
2.4.2.4 Flush Yöntemi.....	7
2.4.2.5 Ultrasonik Yöntem.....	7
3 TASARIM BİLEŞENLERİ.....	9
3.1 CC1000 868 MHZ PPK.....	9
3.1.1 Özellikler.....	9
3.1.2 CC1000 Basitleştirilmiş Blok Şeması.....	10
3.1.3 Modülün Alıcı ve Verici Olarak Programlanması.....	11
3.1.4 CC1000 Kaydedicileri.....	11
3.1.5 CC1000 Yapılandırma İşlemi.....	12
3.1.6 Mikro Denetleyici CC1000 Ara Yüzü.....	13
3.1.7 Eş zamanlı NRZ Kodlama.....	14
3.1.8 Eş zamanlı Manchester Kodlama.....	15
3.1.9 Eş zamansız UART Kodlama.....	17
3.1.10 Alıcı Hassasiyeti.....	18
3.1.11 Frekans Programlama.....	19
3.1.12 Yapılandırma İşlemi.....	20
3.2 Kullanılan Mikro Denetleyici ve Özellikleri.....	22
3.2.1 Pic Mikro Denetleyici I2C Haberleşme Protokolü.....	23
3.2.2 SSP Modülünün I2C Slave Özel Fonksiyon Kaydedicileri.....	24
3.2.3 SSP Olayları.....	25



3.2.4	USART Modül.....	26
3.2.4.1	USART Eş Zamansız Mod.....	26
3.2.5	ADC Modül.....	27
3.3	DS18B20 1 Wire Sayısal Termometre.....	28
3.3.1	1 Wire Bus Sistemi.....	28
3.3.2	DS18B20.....	29
3.4	MPX2200 200 kPa Basınç Algılayıcı.....	30
3.4.1	Kullanım Alanları.....	31
3.4.2	MPX2200 Algılayıcının Çalışması.....	31
3.5	TL072 Düşük Gürültülü Dual JFET İşlemsel Yükselteç.....	32
3.6	LM358 Dual İşlemsel Yükselteç.....	32
3.7	LM386 Voltage Audio Power İşlemsel Yükselteç.....	33
3.8	Elektret Mikrofon.....	33
3.8.1	Özellikleri.....	34
3.9	MAX232 Dual EIA-232 Sürücü/Alıcı.....	34
4	ANALOG DEVRELER.....	36
4.1	Pasif Filtreler.....	36
4.2	Aktif Filtreler.....	36
4.2.1	İkinci Derece Alçak Geçirgen Filtre.....	36
4.2.2	Birinci Derece Yüksek Geçiren Tersleyici Filtre.....	37
4.3	Evirmeyen Yükselteç.....	38
4.4	Fark Yükseltici.....	39
5	SİSTEM YAPISI.....	41
5.1	Ateş Ölçümü.....	41
5.2	Nabız Ölçümü.....	42
5.3	Tansiyon Ölçümü.....	44
5.4	Kablosuz Algılayıcı Düğüm.....	48
5.5	Bilgisayar Ünitesi.....	51
6	KABLOSUZ HABERLEŞME TESTİ.....	56
7	SONUÇ.....	58
	KAYNAKLAR.....	59
	ÖZGEÇMİŞ.....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1	Sistolik ve diastolik basınç.....	4
Şekil 2.2	Dokunma yöntemi.....	5
Şekil 2.3	Osilometrik yöntem.....	6
Şekil 2.4	Dinleme yöntemi.....	7
Şekil 2.5	Ultrasonik yöntem.....	8
Şekil 3.1	CC1000 Modül görüntüsü.....	9
Şekil 3.2	Modülün blok diyagramı.....	10
Şekil 3.3	SmartRF Studio ara yüzü.....	12
Şekil 3.4	Yazma işlemi zamanlama diyagramı.....	13
Şekil 3.5	Okuma işlemi zamanlama diyagramı.....	13
Şekil 3.6	Mikro denetleyici CC1000 pin bağlantıları.....	14
Şekil 3.7	NRZ kodlama verici durum zamanlama diyagramı.....	14
Şekil 3.8	NRZ kodlama alıcı durum zamanlama diyagramı.....	15
Şekil 3.9	Manchester kodlama .....	15
Şekil 3.10	Manchester kodlamaya tabi tutulmuş RF sinyali.....	16
Şekil 3.11	DIO pinindeki NRZ kodlu veri .....	16
Şekil 3.12	Verici durum eş zamansız UART kodlama.....	17
Şekil 3.13	Alıcı durum eş zamansız UART kodlama.....	17
Şekil 3.14	CC1000 yongasının FSK çalışması.....	20
Şekil 3.15	Yapılandırma algoritması akış şeması.....	21
Şekil 3.16	PIC16F876 Paket yapısı.....	22
Şekil 3.17	I2C Yazma işlemi zamanlama diyagramı.....	24
Şekil 3.18	I2C Okuma işlemi zamanlama diyagramı.....	24
Şekil 3.19	Eş zamansız veri gönderme.....	27
Şekil 3.20	Eş zamansız veri alma.....	27
Şekil 3.21	Analog sayısal dönüşüm grafiği.....	28
Şekil 3.22	DS18B20 Harici kaynakla besleme.....	29
Şekil 3.23	Sıcaklık kaydedici format.....	30
Şekil 3.24	Basınç algılayıcı blok yapısı.....	31
Şekil 3.25	Diferansiyel basınca bağlı çıkış gerilim grafiği.....	32
Şekil 3.26	TL072 paket yapısı.....	32
Şekil 3.27	LM358 paket yapısı.....	33
Şekil 3.28	LM386 paket yapısı.....	33
Şekil 3.29	Elektret mikrofon yapısı.....	34
Şekil 3.30	MAX232 paket yapısı.....	35
Şekil 3.31	MAX232 pin bağlantısı.....	35
Şekil 4.1	İkinci derece alçak geçiren filtre.....	37
Şekil 4.2	1.Derece yüksek geçiren tersleyici filtre.....	38
Şekil 4.3	Evirmeyen yükselteç.....	39
Şekil 4.4	Fark yükseltici.....	40
Şekil 5.1	Ateş ölçüm akış diyagramı.....	42

Şekil 5.2 Nabız ölçüm devre diyagramı.....	43
Şekil 5.3 Nabız ölçümü akış şeması.....	44
Şekil 5.4 Tansiyon ölçüm devresi blok diyagramı.....	46
Şekil 5.5 Düzeneğin mekanik kısmı.....	46
Şekil 5.6 Tansiyon ölçüm akış şeması.....	47
Şekil 5.7 Kablosuz algılayıcı düğüm.....	48
Şekil 5.8 Kablosuz algılayıcı düğüm PCB devre.....	49
Şekil 5.9 Kablosuz algılayıcı düğüm devre fotoğrafı.....	49
Şekil 5.10 Veri paket yapısı.....	50
Şekil 5.11 Kablosuz veri gönderme akış şeması.....	51
Şekil 5.12 Veri paket yapısı.....	52
Şekil 5.13 Bilgisayar ünite blok diyagramı.....	53
Şekil 5.14 RS232 kablosuz düğüm bağlantı fotoğrafı.....	53
Şekil 5.15 Devre PCB fotoğrafı.....	53
Şekil 5.16 Mikro denetleyici yazılımı akış şeması.....	54
Şekil 5.17 Bilgisayar yazılımı akış şeması.....	55
Şekil 5.18 Bilgisayar yazılımı ekran görüntüsü.....	55

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 CC1000 modülünün pin tanımlamaları.....	10
Çizelge 3.2 64 KHZ yayılım frekansı için Alıcı Hassasiyeti.....	18
Çizelge 3.3 20 KHZ yayılım frekansı için Alıcı Hassasiyeti.....	18
Çizelge 6.1 Kablosuz haberleşme test sonuçları.....	57

## SİMGELER DİZİNİ

$\mu\text{V}$	mikro volt, voltaj
mV	mili volt, voltaj
mmHg	milimetre civa, basınç
Hz	frekans,hertz
MHz	frekans,megahertz
C	santigrat derece,sıcaklık
KBaud	kilo baud, veri iletim hızı
mA	mili amper,akım
ms	mili saniye,zaman
kPa	kilo paskal,basınç
K	birimsiz,kazanç
R	ohm,direnç
a	birimsiz,açısal frekansa bağlı katsayı

## KISALTMALAR DİZİNİ

IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
OSI	The Open Systems Interconnection
WLAN	Wireless Local Area Network
FCC	Federal Communications Commission
ISM	Industrial, Scientific and Medical
SRD	Short Range Device
EKG	Elektrokardiyografi
RF	Radio Frequency
EMG	Elektromiyografi
EEG	Elektroensefalografi
DC	Direct Current
UHF	Ultra High Frequency
FSK	Frequency-Shift Keying
VCO	Voltage Controlled Oscillator
NRZ	Non Return to Zero
UART	Universal Asynchronous Receiver/Transmitter
FREQ	Frequency
FSEP	Frequency Separation
I2C	Inter Integrated Circuit
USART	Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter
ADC	Analog-to-Digital Converter
SSP	Synchronous Serial Port
MSSP	Master Synchronous Serial Port
IC	Integrated Circuit
ACK	Acknowledgement
NACK	Not Acknowledgement
LSB	Least Significant Bit
SPI	Serial Peripheral Interface
SCI	Serial Communications Interface
CRT	Cathode Ray Tube
ROM	Read Only Memory
FM	Frequency Modulation
AM	Amplitude Modulation
TTL	Transistor transistor Logic
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
BAN	Body Area Network

## 1.GİRİŞ

Genel olarak IEEE bünyesinde oluşturduğu özel çalışma grupları aracılığıyla var olan kablosuz ağ teknolojilerini standartlaştırmakla birlikte yeni ve gelişmiş kablosuz ortamlar içinde OSI katmanlarında (veri bağı katmanı, fiziksel katman) standartlar oluşturmaktadır. Kablosuz teknolojilerin en yaygın olarak bilinenleri IEEE 802.11 teknolojileridir. IEEE 802.11 standardı, kablosuz cihaz ara yüzleri ile bunların iletişim kurduğu erişim noktaları arasındaki uzlaşmayı sağlayarak WLAN içinde fiziksel katman seviyesinde ve MAC katmanı seviyesinde ara yüz standartlarını tanımlar. 802.11 teknolojileri kullandıkları frekans aralıkları ve desteklediği veri oranları bakımından farklılıklar gösterir. U.S. Federal Communications Commission (FCC) frekans kullanım kuralları gereğince lisans istenmeden kullanılan frekanslar endüstriyel, bilimsel, medikal ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandı frekansları olarak tanımlanmıştır.

Günümüz teknolojisinde kablosuz haberleşme sistemlerinin kullanımı pek çok alanda yaygınlaşarak artmaktadır. Bunda üretim teknolojilerindeki ilerleme ile birlikte üretim maliyetlerinin azalması bir etkidir. Bu gelişmelerle birlikte ISM bandında çalışan SRD (short range device) cihazlarla pek çok alanda farklı uygulamalar geliştirilmiştir. Bunlara örnek olarak ev otomasyon sistemleri, kablosuz alarm ve güvenlik sistemleri ve uzaktan ölçüm (telemetry) sistemlerinden söz edilebilir.

Uzaktan ölçüm sistemleri, çeşitli ölçüm noktalarındaki verilerin ölçülüp bir merkeze aktarılması amacıyla geliştirilmiştir. Bu sistemler özellikle medikal alanda kullanılmaya başlanmasıyla tele tıp kavramı ortaya çıkmıştır. Tele tıp, bilgi iletişim tekniklerinin tıp alanında kullanılması doktor ile hasta arasındaki birebir iletişimin ortadan kalkması olarak tanımlanır [1]. Bu alanda yapılan çalışmalarda hasta üzerindeki algılayıcılar yardımıyla elde edilen EKG, tansiyon, nabız türü yaşamsal işaretler bluetooth, IEEE 802.11 standardında haberleşme yapmaktadır [1]. Sağlık izleme sistemlerinde kullanılan tıbbi algılayıcı ağlar ev veya hastane ortamında yaşamsal işaretlere ilişkin verilerin takibini sağlayan giyilebilir algılayıcılardan oluşur [1]. Bu konuda çalışmalara örnek olarak,

- WiiSARD ekibinin geliştirdiği IEEE 802.11 standardını kullanan pulse oximeter prototipi [1].
- SMART ekibinin giyilebilir EKG sistemi [1].
- CodeBlue ekibinin giyilebilir sağlık izleme sistemi verilebilir [1].

Hastane ortamında her bir hasta üzerindeki bu algılayıcı ağlar aracılığıyla hastaya ait yaşamsal parametrelerin izlenmesi hem hastaya olan mşdahale sşresini kısaltmakta hem de personel iş gşcşnş azaltmaktadır [2].

Sanayiden ev kontrol sistemlerine kadar çok geniş alanda uygulamaları mevcut olan RF tabanlı haberleşme sistemleri, birbirinden bağımsız olarak çalışan ve farklı ortamlardaki ısı, ışık, basınç, nem titreşim gibi fiziksel veya çevresel koşullara ait verilerin lşlşp kablosuz olarak iletimini sağlayan kablosuz algılayıcı ağlarının da (Wireless Sensor Network) temelini oluşturur.

Bu çalışmada hastalara ait tansiyon, nabız ve ateş verilerini ölçen ve bu verileri ISM bandındaki 915 MHz frekansında bilgisayara bağlı ana dřđřme ileten birbirinden bağımsız olarak çalışan algılayıcı devreleri geliştirilmiştir. Her bir algılayıcı dřđřmř için, kendi içerisinde vşcut alan ağı olarak (Body Network Area) [19] bilinen PIC 16F876 mikro denetleyici temelli I2C seri haberleşme standardını kullanan bir kablolu haberleşme ağı geliştirilmiştir. Burada hastalar şzerine bağlı algılayıcı dřđřmleriyle ana dřđřm arasındaki kablosuz haberleşme ağı görsel programlama dili VB6.0 ortamından geliştirilen yazılım tarafından yönetilmekte ve verilerin takibi yine bu program aracılığıyla yapılmaktadır.

Bu çalışmada yaşamsal işaretlerin lşmş için birbirleriyle I2C protokolşnde haberleşen mikro denetleyici tabanlı algılayıcı dřđřmř oluşturulacak ve elde edilen verilerin geliştirilen haberleşme protokolşne uygun olarak RF modşl aracılığıyla bilgisayara aktarılmasını sağlanacaktır. Ayrıca verilerin doğru bir şekilde iletilip iletilmediği doğrulama yöntemleriyle test edilecektir.



## 2. YAŞAMSAL İŞARETLER

### 2.1 Yaşamsal İşaret

İnsan vücudundan elektrotlar ya da dönüştürücüler yardımıyla algılanan EMG, EEG, EKG gibi işaretler elektrik kökenli kan basıncı, vücut sıcaklığı, nabız sesleri ise elektrik kökenli olmayan işaretlerdir.

#### 2.1.1 Elektrik kökenli yaşamsal işaretlerin özellikleri

- Elektrotlar yardımıyla canlı vücudundan algılanırlar
- Genlikleri küçüktür  $100 \mu\text{V}$ - $1 \text{ mV}$
- Spektrumu alçak frekans bölgesindedir.  $0,1 \text{ Hz}$ - $200 \text{ Hz}$
- Gürültülü işaretlerdir.  $50 \text{ Hz}$ 'lik şebeke gürültüleri, diğer yaşamsal işaret gürültüleri, elektronik eleman gürültüleri

#### 2.1.2 Elektrik kökenli olmayan yaşamsal işaretlerin özellikleri

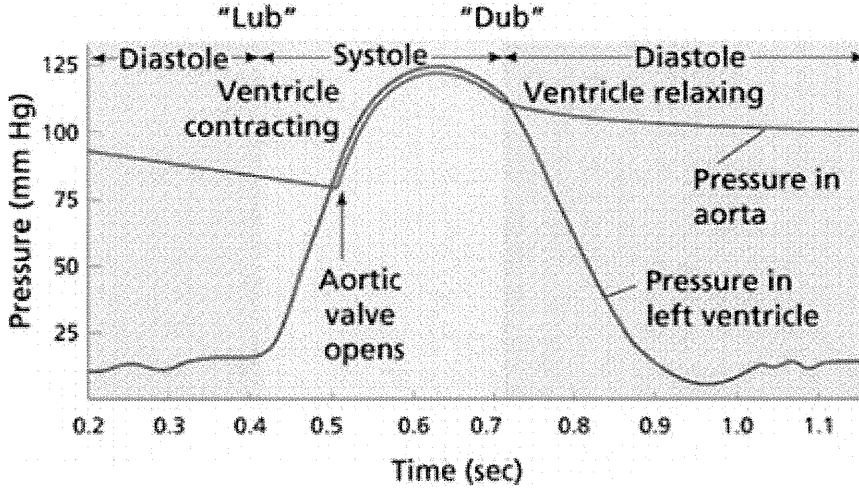
- Kan basıncı  $10 \text{ mmHg}$ - $200 \text{ mmHg}$  DC- $20 \text{ Hz}$
- Kalp sesleri  $5$ - $200 \text{ Hz}$
- Vücut sıcaklığı  $36,5$  - $40 \text{ C}$  [3]

### 2.2 Tansiyon

Vücuttaki hücrelerin gereksinim duydukları yakıt ve oksijenin hücrelere taşınması ile oluşan atıkların ve karbondioksitin hücreden atılması kan tarafından gerçekleşir. Akciğerlerde temizlenen kanın atar damarlar aracılığıyla hücrelere ulaşması ise kalbin bir pompa gibi çalışmasıyla sağlanır. Kirlenen kan ise toplardamarlar yoluyla tekrar kalbe döner. Kalp her attığında kanı önce pompalar sonra kanın yeniden kalbe dolma için dinlenmeye geçer.

Tansiyon kanın damar duvarlarını zorlamasıdır. Kalbin kanı pompalaması anındaki damar duvarlarına yaptığı basınç ile dinlenme sırasında yaptığı basınç birbirinden farklıdır. Kanın damara pompalanması anındaki basınç sistolik basınç (büyük tansiyon) ve dinlenme anındaki basınç ise diastolik basınç (küçük

tansiyon) olarak adlandırılır. Sistolik ve diastolik basınç değerlerini gösteren grafik şekil 2.1’de verilmiştir.



Şekil 2.1 Sistolik ve diastolik basınç

Bu değerler  $1\text{cm}^2$  taban alanına sahip bir cıva sütununun tabanına yaptığı basınçla karşılaştırılarak belirlenir. Örneğin tansiyon için 120 değeri, 120 mm yüksekliğindeki cıva sütununun tabanına yaptığı basınçla eş değerdir.

### 2.3 Nabız

Kalbin kulakçıklarından gelen kan karıncıklar yoluyla büyük ve düşük dolaşıma pompalanır. Bu pompalama vücudun çeşitli bölgelerinde nabız atması şeklinde hissedilir. Nabız sol karıncıktan atılan temiz kanın bu damarlarda oluşturduğu basınçtır [3].

Kan basıncının ölçülmesiyle kalbin fonksiyonel durumu ve dolaşım sistemi hakkında önemli bilgiler elde edilir. Bu bilgiler kalp hastalıklarının belirlenmesinde yararlı olmaktadır. Kan basıncının sistolik ve diastolik değerlere yaşa, cinsiyete ve diğer özel sebeplere bağlı olarak değişmesine rağmen normal yetişkin insanlar için;

Sistolik Basınç : 95 mmHg - 130 mmHg (ortalama 120 mmHg)

Diastolik Basınç : 60 mmHg - 90 mmHg (ortalama 75 mmHg) olarak alınmaktadır.

## 2.4 Kan Basıncının Ölçülmesinde Kullanılan Yöntemler

### 2.4.1 Doğrudan Ölçüm Yöntemi

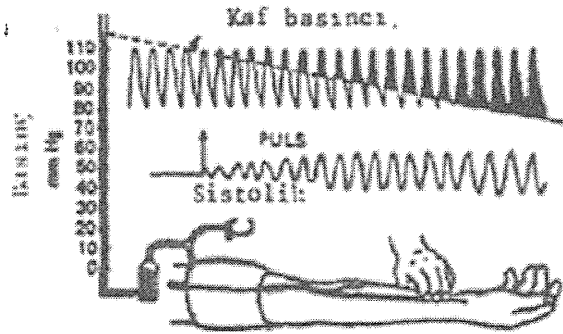
Bu yöntem iki farklı şekilde kullanılır. Bir kateter yardımıyla arter veya basıncın ölçüleceği noktaya ulaşılır kateterin ucuna yerleştirilmiş minyatür dönüştürücülerle basınç ölçülür. Ölçüm yapılacak noktadaki basınç Kateterin içine konmuş saline (damar yoluyla verilmek üzere hazırlanmış eriyik) yardımıyla vücudun dışına taşınır ve ölçüm vücudun dışındaki dönüştürücü tarafından gerçekleştirilir.

### 2.4.2 Dolaylı Ölçüm Yöntemi

Kan basıncının ölçülmesinde tıkaçıcı düzenler kullanılır. Yaygın kullanımda bu içi hava ile doldurulan lastik bir torbadır.

#### 2.4.2.1 Dokunma Yöntemi

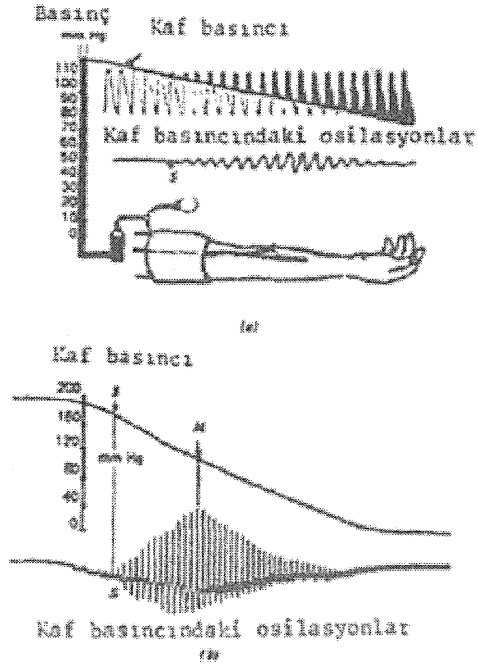
Şekil 2.2’de görüldüğü gibi kolu saran kafın basıncı sistolik basıncın üzerine çıkarılır. Basıncın zamana bağlı olarak azalması sağlanır. Kafın aşağısında (bilek) parmakla arterden darbelerin hissedildiği basınç sistolik basınç olarak belirlenir [3].



Şekil 2.2 Dokunma yöntemi [3]

#### 2.4.2.2 Osilometrik Yöntem

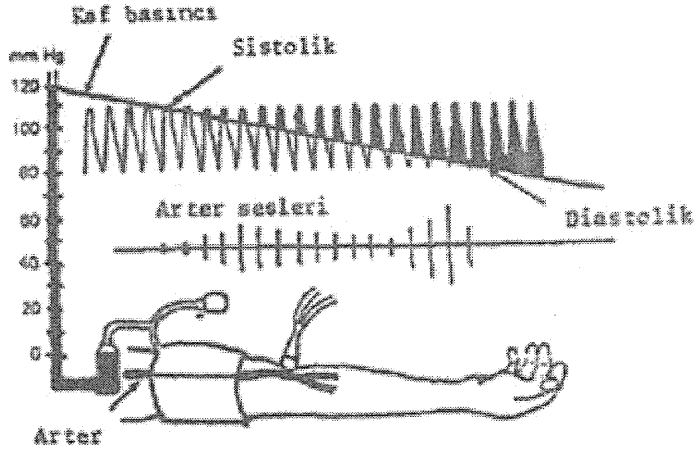
Şekil 2.3’de görüldüğü gibi sistolik basınç değerinin üzerine çıkan kaf basıncı azaltılırken kaf basıncında osilasyonun başladığı değer sistolik basınç, osilasyonun maksimuma ulaştığı değer ortalama basınç ve osilasyonun bittiği noktadaki basınç diastolik basınç olarak tanımlanır [3].



Şekil 2.3 Osilometrik yöntem [3]

#### 2.4.2.3 Dinleme (oskültasyon) Yöntemi

Şekil 2.4'te görüldüğü gibi oskültasyon bir organda meydana gelen sesi dinlemek demektir. Kaf yardımıyla üzerinde basınç ölçülecek arter tıkanır. Basınç yavaşça azaltılırken arter içerisinde kesikli akan kanın oluşturduğu ses dinlenir. Sesin başladığı ve bittiği noktadaki basınç sistolik ve diastolik basınç değerlerini verir. Dinleme işlemi kaftan sonra arter üzerinde bir stetoskop yardımıyla gerçekleştirilir. Bu sesler Rus doktoru Korotkoff'un adına izafeten korotkoff sesleri olarak adlandırılmıştır [4].



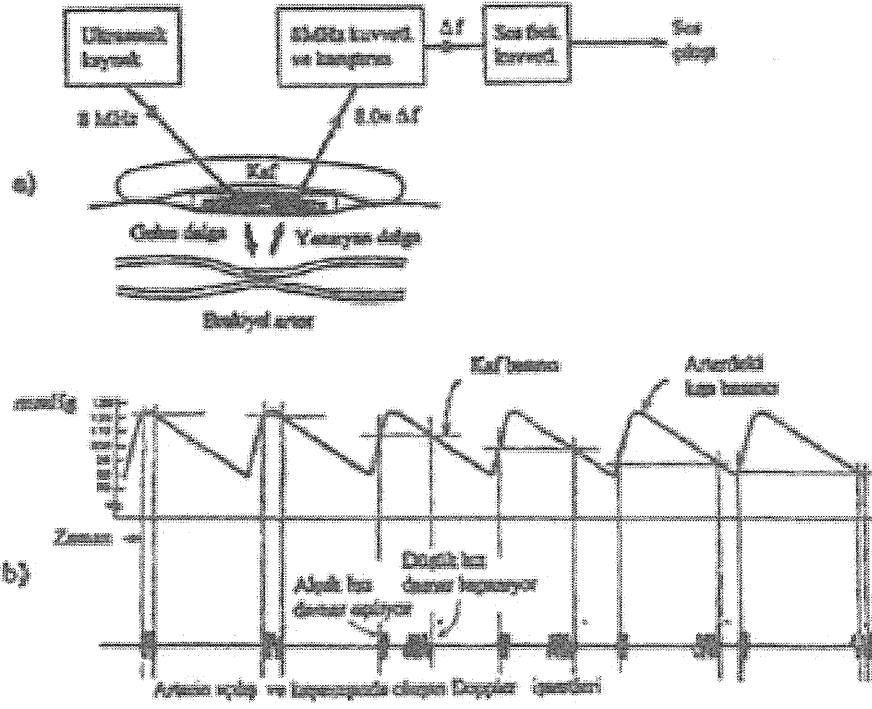
Şekil 2.4 Dinleme yöntemi [3]

#### 2.4.2.4 Flush Yöntemi

Üzerinde basınç ölçümü yapılacak organ ucundan başlayarak bant ile sıkıca sarılır ve o bölge kansız bırakılır. Organın alt kısmına kaf bağlanır ve basınç sistolik basıncın üzerine çıkarılır. Bant açılır ve kafın basıncı yavaşça azaltılır. Sistolik basınca ulaşıncaya kansız bölgeye kesikli olarak kan gelmeye başlar ve bu durumda kansız bölge renk değiştirmeye başlar [3].

#### 2.4.2.5 Ultrasonik Yöntem

Şekil 2.5'te görüldüğü gibi bu yöntemle kan basıncı hem manuel hem de otomatik olarak ölçülebilir. Piezoelektrik kristaller hasta kolu ile kaf arasına yerleştirilmiştir. Damar duvarlarının, kaf basıncının sistolik ve diastolik basınca eşit olduğu anlarda hareketli olması sonucu yaşanan ultrasonik dalganın frekansında Doppler olayı nedeniyle kayma olur. Bu değişim kan akışının başlaması anında 200-500 Hz, akışın kesilmesi anında 25-100 Hz kadardır. Bu frekans kaymasının tespit edildiği andaki basınç sistolik basınç ve frekans kaymasının bittiği andaki basınç ise diastolik basınçtır [3].

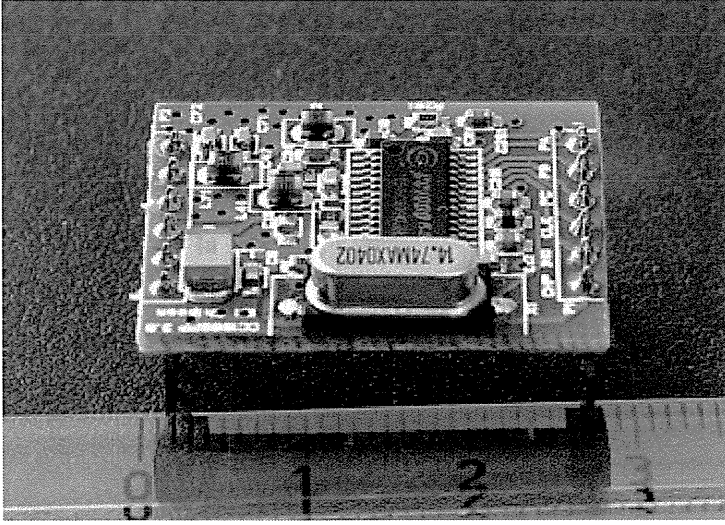


Şekil 2.5 Ultrasonik yöntem [3]

### 3. TASARIM BİLEŞENLERİ

#### 3.1 CC1000 868 MHZ PPK

Şekil 3.1’de gösterilen CHIPCON firması tarafından geliştirilmiş olan modül çok düşük çalışma gerilimi ve gücü gerektiren UHF alıcı verici CC1000 yongasını içeren tümleşik yapıya sahiptir. 300 ile 1000 MHz arasındaki frekans aralığında çalışması için mikro denetleyici tarafından seri haberleşme yolu üzerinden programlanmaktadır. 28 mm x 20 mm boyutlara sahip olan modül çalışması için gerekli tüm RF komponentlerini üzerinde barındırmaktadır.



Şekil 3.1 CC1000 Modülünün görüntüsü

#### 3.1.1 Özellikler

- Çok düşük akım sarfiyatı
- Dâhili bit eş zamanlayıcı
- Yüksek alma hassasiyeti
- Programlanabilir çıkış gücü
- Alıcı-verici için ortak tek noktadan anten bağlantısı
- 76.8 KBaud’a kadar FSK modülasyonlu çalışabilme
- Frekans atlamalı çalışabilme

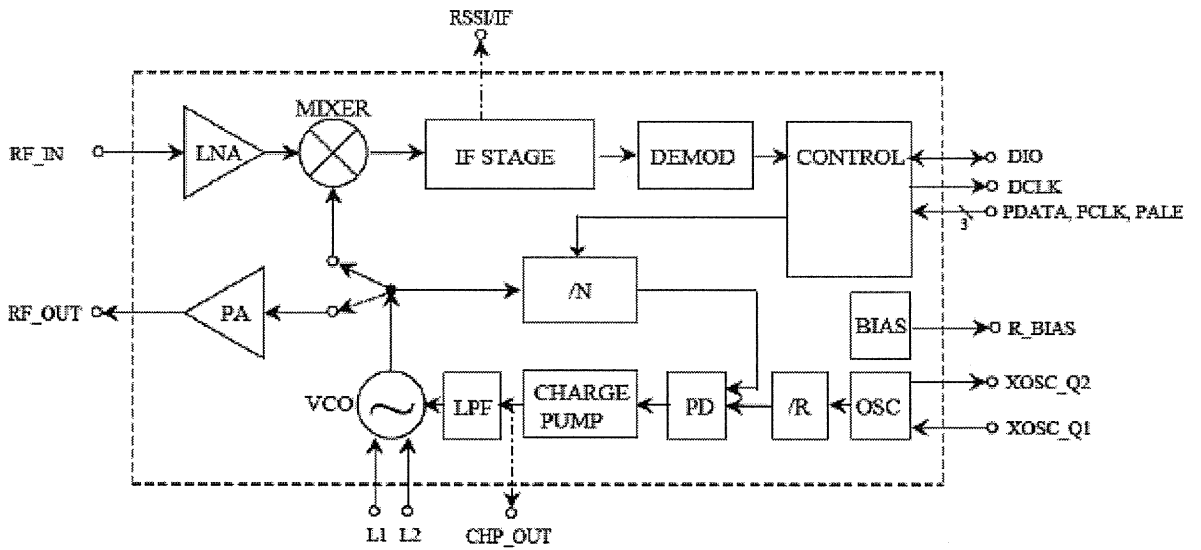
CC1000'in pin yapısı çizelge 3.1'de gösterildiği şekilde olup bu pin bağlantıları doğrultusunda modülün sisteme bağlantısı gerçekleştirilmiştir [5].

Çizelge 3.1 CC1000 modülünün pin tanımlamaları

P1		P2	
PİN	FONKSİYON	PİN	FONKSİYON
1	PALE	1	GND
2	PDATA	2	ANTEN
3	PCLK	3	GND
4	DCLK	4	VDD
5	DIO	5	RSSI/IF
6	CHO_OUT/LOCK	6	GND

### 3.1.2 CC1000 Basitleştirilmiş Blok Şeması

Çizelge 3.1'de pin yapısı verilen CC1000 modülünün blok diyagramı şekil 3.2'de verildiği gibidir. Modül alıcı olarak yapılandırıldığında RF\_IN RF işareti için giriş, verici olarak yapılandırıldığında RF\_OUT RF işareti için çıkıştır.



Şekil 3.2 Modülün blok diyagramı



### 3.1.3 Modülün Alıcı ve Verici Olarak Programlanması

Modülün alıcı veya verici olarak programlanması PDATA, PCLK, PALE pinleri ile mikro denetleyici arasında oluşturulan 3 telli seri ara yüz ile mikro denetleyici tarafından gerçekleştirilir.

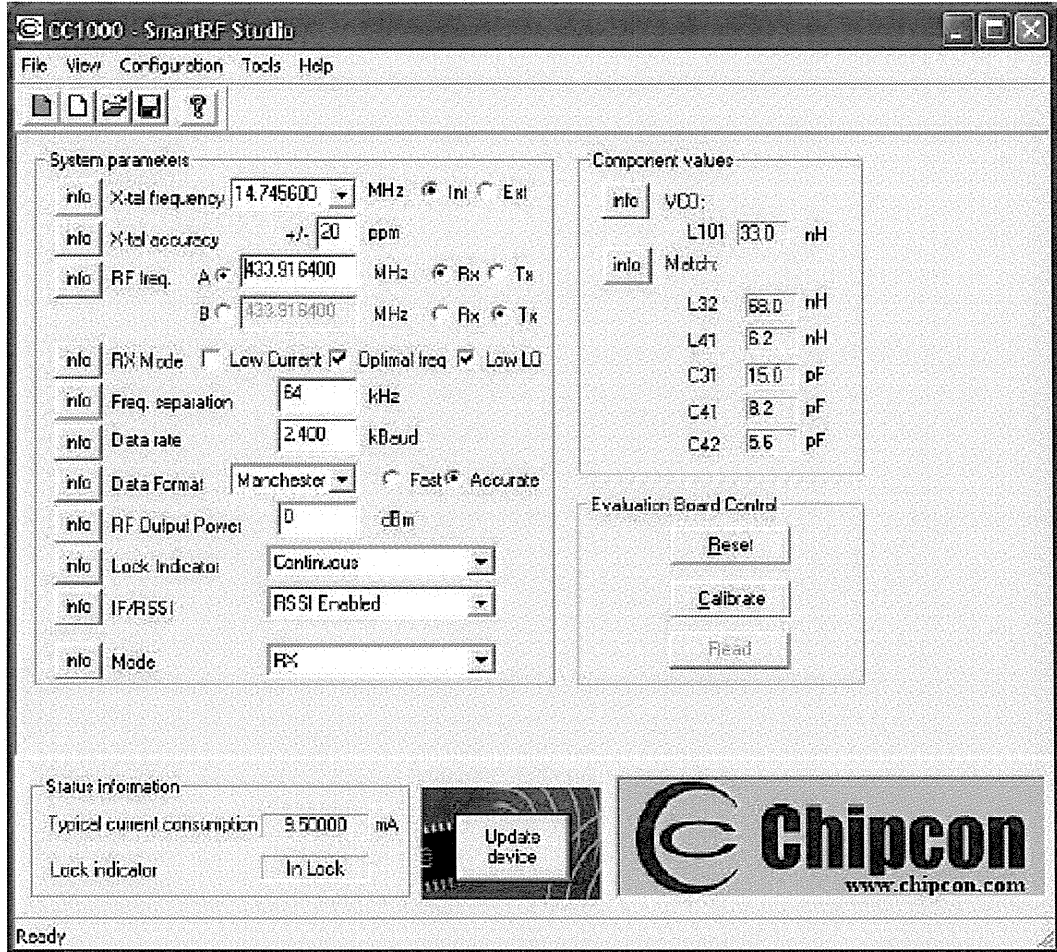
CC1000 alıcı olarak programlandığında, antenden gelen RF sinyali LNA (low noise amplifier) tarafından yükseltilerek MIXER katına gönderilir. Burada yerel osilatör tarafından üretilen sinyal ile çarpılarak ara frekans değeri elde edilir. Buradan elde edilen ara frekans değeri IF Stage katında yükseltilerek filtrelenir. Elde edilen sinyal DEMODÜLATÖR katında sayısal olarak demodülasyona tabi tutulur. Demodülasyon işlemi ile birlikte oluşturulan veri CC1000 modülün DIO pinine eş zamanlama(clock) sinyali ise DCLK pinine aktarılır.

CC1000 verici olarak programlandığında, VCO tarafından üretilen sinyal doğrudan POWER AMPLIFIER katına aktarılır. Burada VCO tarafından üretilen sinyalin frekansı PLL' e ait N bölücüsünün değeri DIO pinindeki verinin 0 veya 1 olmasına göre değiştirilmektedir. VCO tarafından üretilen sinyalin frekansının DIO pinindeki sayısal bit değerine göre değişmesiyle de FSK modülasyonuna tabi tutulmuş bir RF sinyali elde edilmektedir [6].

### 3.1.4 CC1000 Kaydedicileri

Modülün alıcı veya verici olarak çalışabilmesi için belirlenen çalışma koşullarına ait değerlerin CC1000 yongasına ait 28 adet yazmacın tamamına yazılması gerekir. Burada belirlenen çalışma koşulları için her yazmacın alması gereken değerler üretici firma tarafından geliştirilen SmartRF Studio programı tarafından belirlenmektedir.

Bu ara yüz yardımıyla optimal frekans belirlenmesi, çıkış gücü, veri formatı ve veri iletişim hızı modülün alıcı veya verici olma durumu gibi parametreler belirlenmektedir. Şekil 3.3'de SmartRF Studio programının ekran görüntüsü verilmiştir.

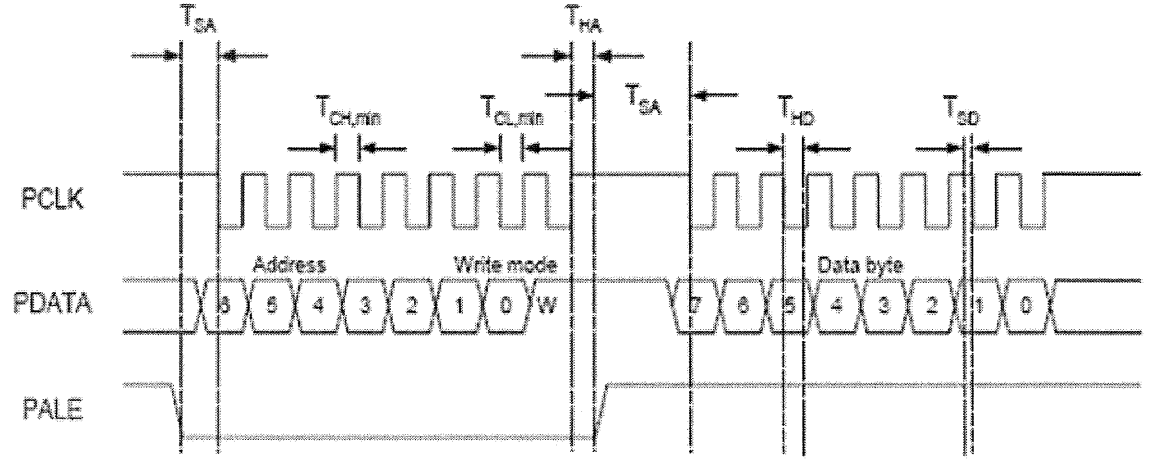


Şekil 3.3 SmartRF Studio ara yüzü

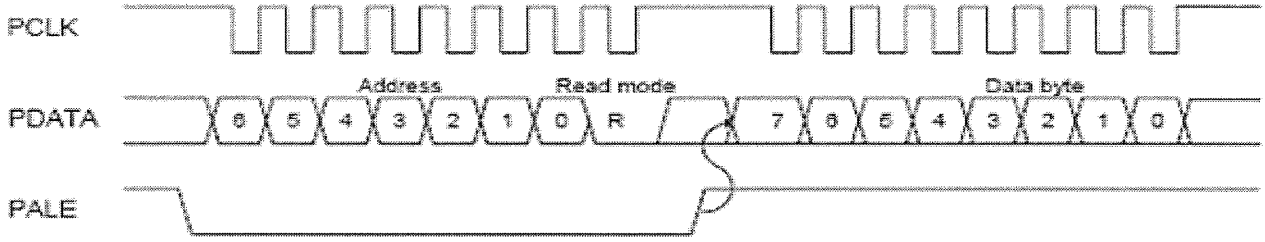
### 3.1.5 CC1000 Yapılandırma İşlemi

CC1000 yongasının yapılandırma işlemi, PCLK, PDATA, PALE pinleri üzerinden mikro denetleyici aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Bu 3 telli seri ara yüz ile her biri 8 bit olan 28 adet kaydedici üzerinde okuma ve yazma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Yonganın programlanması için 16 bitlik veri çerçevesi kullanılır. Bu çerçevenin en yüksek değerlikli 7 biti kaydedici adreslerini, 8. Bit kaydedici üzerine yapılacak işlemin türünü (okuma/yazma) belirler. Çerçevenin düşük değerlikli 8 biti ise belirtilen yazmaca yazılacak değeri içerir. Yapılandırmanın tamamlanması için gereken süre PCLK hızına bağlı olarak değişecektir. Üretici firmanın konu ile ilgili datasheetlerde vermiş olduğu örnekte, 10MHz'lik bir PCLK hızı için bu sürenin 46 mikro saniyeden az olduğu yönündedir [6].

Şekil 3.4 ve şekil 3.5’de yazma ve okuma işlemleri için zamanlama diyagramları verilmiştir.



Şekil 3.4 Yazma işlemi zamanlama diyagramı

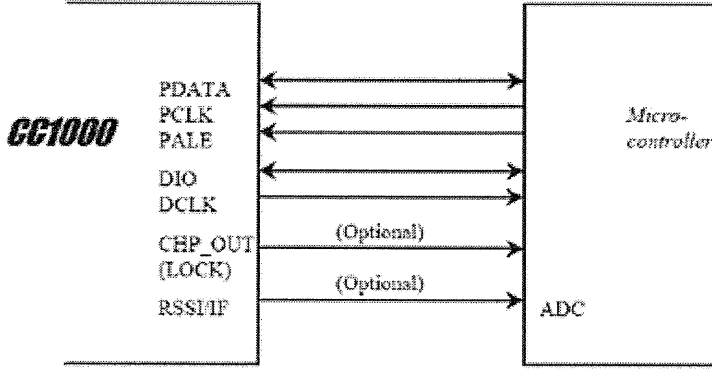


Şekil 3.5 Okuma işlemi zamanlama diyagramı

### 3.1.6 Mikro Denetleyici CC1000 Ara Yüzü

Şekil 3.6’da mikro denetleyici ve CC1000 yongası arasındaki pin bağlantıları verilmiştir. Yonganın programlanması ve RF verisinin değerlendirilmesi için kullanılan mikro denetleyicinin 5 adet sayısal girişe sahip olması yeterlidir. Bunun yanında PLL kilitlenmesinin izlenmesi gibi farklı amaçlar için CHP\_OUT pininin bağlanacağı bir adet sayısal giriş ve RF sinyal seviyesinin izlenmesi içinse RSSI/IF pininin bağlanacağı bir adet analog giriş olması gerekmektedir fakat bu pinler opsiyonel olarak tanımlanmış ve RF

iletişimi için kullanılması zorunlu değildir. Modülün DIO pini alınacak ve gönderilecek veri için kullanılan pindir. DCLK pini bu işlem için CC1000 tarafından üretilen eş zamanlama sinyali için kullanılan pindir [7].



Şekil 3.6 Mikro denetleyici CC1000 pin bağlantıları

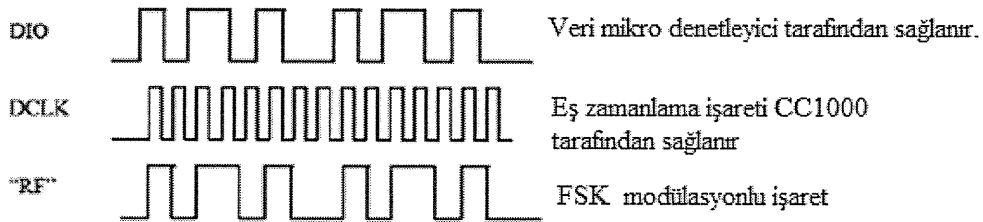
CC1000 yongası veri iletimi için 3 farklı kodlama tekniği kullanabilir [6].

- Eş zamanlı NRZ kodlama
- Eş zamanlı Manchester kodlama
- Eş zamansız UART kodlama

### 3.1.7 Eş zamanlı NRZ Kodlama

Şekil 3.7'deki zamanlama diyagramında görüldüğü gibi yonga verici olarak programlandığında mikro denetleyiciden gelen veri (1/0) DIO pinine aktarılır ve modül tarafından oluşturulan eş zamanlama sinyalinin yükselen kenarında herhangi bir kodlama işlemi yapılmadan RF sinyali modülasyonunda kullanılır. Bu çalışma koşulları altında modül 78.6 KBits/sn hızına kadar veri iletişimi gerçekleştirebilir [6].

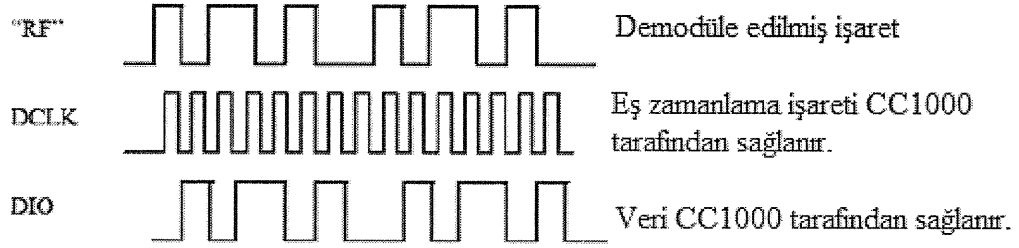
Verici tarafı :



Şekil 3.7 NRZ kodlama verici durum zamanlama diyagramı

Şekil 3.8'deki zamanlama diyagramında görüldüğü üzere yonga alıcı olarak programlandığında ise, RF sinyalinde NRZ ile kodlanmış veri ve eş zamanlama sinyali elde edilir ve veri DCLK pinindeki eş zamanlama sinyali ile mikro denetleyiciye aktarılır [6].

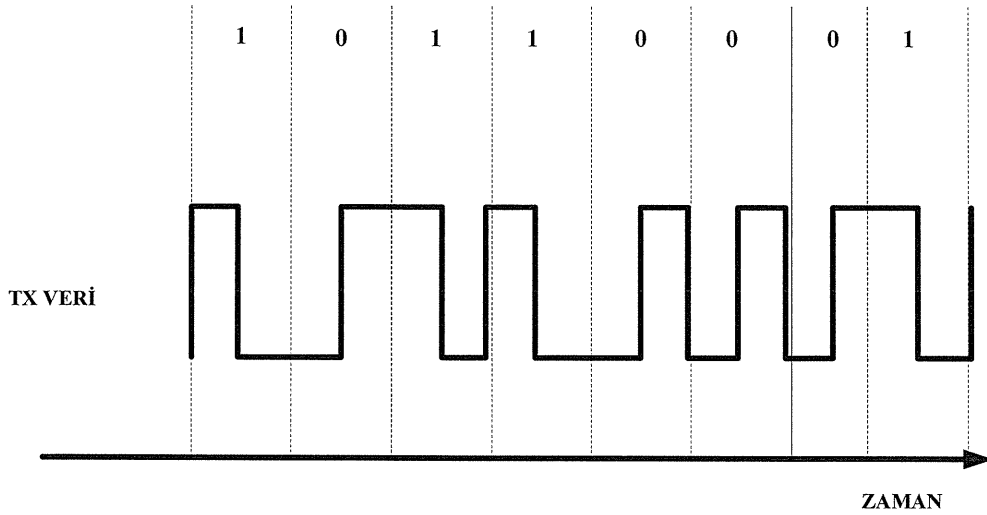
Alıcı tarafı:



Şekil 3.8 NRZ kodlama alıcı durum zamanlama diyagramı

### 3.1.8 Eş zamanlı Manchester Kodlama

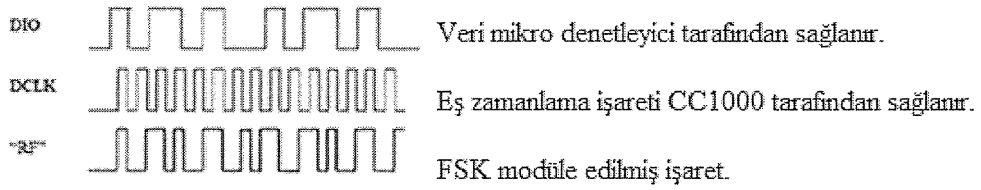
Bu kodlama şeklinde sayısal 0 verisi sayısal 0'dan sayısal 1'e geçiş, sayısal 1 verisi ise sayısal 1'den sayısal 0'a geçiş olarak tanımlıdır. Şekil 3.9'da Manchester kodlamaya ait zamanlama diyagramı verilmiştir.



Şekil 3.9 Manchester kodlama

Yonga verici olarak programlandığında mikro denetleyici tarafından DCLK pinindeki eş zamanlama sinyalinin yükselen kenarında modüle aktarılan sayısal veri (1/0) VCO tarafından üretilen RF sinyalinin modülasyonunda kullanılmadan önce kodlanmaktadır. Burada DIO pinine mikro denetleyici tarafından aktarılan veri daima NRZ yapısındadır. Kodlama yonga içerisinde gerçekleşir ve RF sinyal üzerinde değişikliğe sebep olur [6]. Şekil 3.10'da yonga içerisinde manchester kodlamaya tabi tutulmuş RF sinyaline ait zamanlama diyagramı verilmiştir.

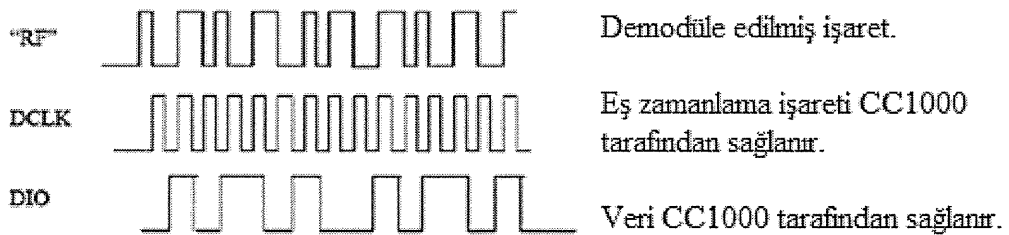
Verici tarafı:



Şekil 3.10 Manchester kodlamaya tabi tutulmuş RF sinyali

Yonga alıcı olarak programlandığında, alınan RF sinyali demodülasyona tabi tutulur. Daha sonra manchester kodu çözülür ve NRZ kodlu veri DCLK pini üzerindeki eş zamanlama verisi ile DIO pini üzerinden mikro denetleyiciye aktarılır. Şekil 3.11'de yonga alıcı durumdayken DIO pinindeki NRZ kodlu veriye ait diyagram görülmektedir.

Alıcı tarafı:



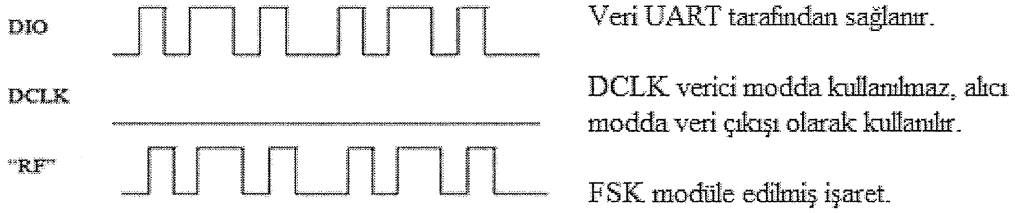
Şekil 3.11 DIO pinindeki NRZ kodlu veri

### 3.1.9 Eş zamansız UART Kodlama

Şekil 3.12 ve 3.13'de sırasıyla yonganın verici ve alıcı durumdaki veri iletişimde kullandığı eş zamansız UART kodlama zamanlama diyagramları verilmiştir.

Yonga verici olarak programlandığında, DIO pinindeki veri kodlanmadan ve eş zamanlama sinyali üretilmeden VCO tarafından üretilen sinyalin modülasyonunda kullanılır.

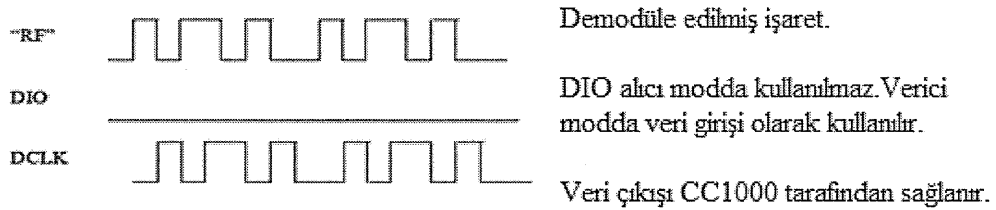
Verici tarafı:



Şekil 3.12 Verici durum eş zamanlı UART kodlama

Yonga alıcı olarak programlandığında, alınan RF sinyali önce demodülasyona tabi tutulur ve herhangi bir kod çözme işlemine tabi tutulmadan DCLK pinine aktarılır [6].

Alıcı tarafı:



Şekil 3.13 Alıcı durum eş zamanlı UART kodlama

### 3.1.10 Alıcı Hassasiyeti

Alıcı hassasiyetinin belirlenmesinde, FSK modülasyonunda kullanılan frekans yayılmasının yanı sıra kodlama şekli, veri iletim hızı ve frekans birer etkindir. Aşağıdaki çizelgelerde 20 KHz ve 64 KHz'lik frekans yayılmalarındaki alıcı hassasiyetleri verilmiştir.

Çizelge 3.2 64 KHz yayılım frekansı için Alıcı Hassasiyeti

Veri oranı [kBaud]	Yayılma [kHz]	433 Mhz			868 Mhz		
		NRZ Mod	Manchester Mod	UART Mod	NRZ Mod	Manchester Mod	UART Mod
0.6	64	-113	-114	-113	-110	-111	-110
1.2	64	-111	-112	-111	-108	-109	-108
2.4	64	-109	-110	-109	-106	-107	-106
4.8	64	-107	-108	-107	-104	-105	-104
9.6	64	-105	-106	-105	-102	-103	-102
19.2	64	-103	-104	-103	-100	-101	-100
38.4	64	-102	-103	-102	-98	-99	-98
76.8	64	-100	-101	-100	-97	-98	-97
Akım tüketimi		9.3 mA			11.8 mA		

Çizelge 3.3 20 KHz yayılım frekansı için Alıcı Hassasiyeti

Veri oranı [kBaud]	Yayılma [kHz]	433 Mhz			868 Mhz		
		NRZ Mod	Manchester Mod	UART Mod	NRZ Mod	Manchester Mod	UART Mod
0.6	20	-109	-111	-109	-106	-108	-106
1.2	20	-108	-110	-108	-104	-106	-104
2.4	20	-106	-108	-106	-103	-105	-103
4.8	20	-104	-106	-104	-101	-103	-101
9.6	20	-103	-104	-103	-100	-101	-100



19.2	20	-102	-103	-102	-99	-100	-99
38.4	20	-98	-100	-98	-98	-99	-98
76.8	20	-94	-98	-94	-94	-96	-94
Akım tüketimi		9.3 mA			11.8 mA		

### 3.1.11 Frekans Programlama

CC1000 yongasında FREQA ve FREQB olma üzere her biri 3 byte uzunluğunda iki adet kaydedici vardır. Modülün alıcı veya verici olma durumuna göre bu kaydedici içeriğine SmartRF Studio programı tarafından hesaplanan bilgi yazılır. Alıcı veya verici durum için kaydedici değerleri ara yüz programındaki mode seçeneği kullanılarak belirlenir. 3 byte'lık bu değerlerin hesaplanmasında datasheet bilgisi olarak verilen eşitlikler 3.1, 3.2 ve 3.1 kullanılır [6].

Eşitlik 3.3'deki TXDATA alıcı modülün alıcı olarak programlanmasında 0 olarak alınır. Verici olarak programlandığında ise iletilecek olan sayısal 0 ve sayısal 1 değeridir.  $f_{REF}$  değeri kristal osilatör frekansının PLL yazmacındaki REFDIV değerine bölünmesiyle elde edilir ve PLL döngüsündeki referans frekansını oluşturur.

$f_{VCO}$ , modülün alıcı olarak programlandığında kullandığı yerel osilatör frekansını, verici olarak programlandığında FSK modülasyonunun alt frekans ( $f_0$ ) değerini ifade eder. Modülasyonda kullanılan üst frekans ( $f_1$ ) değeri ise aşağıdaki gibi hesaplanır.

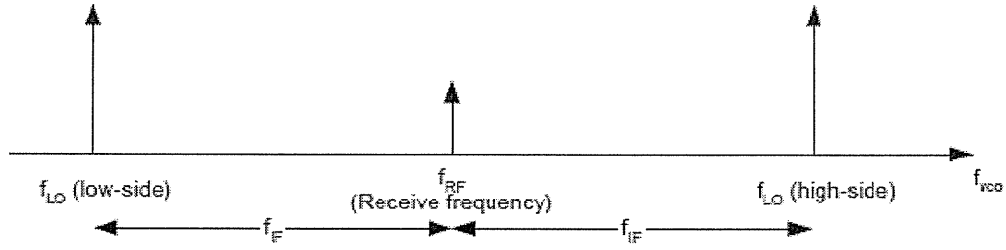
Eşitlikteki  $f_{sep}$  değeri FSK modülasyonundaki sayısal 1 ve sayısal 0 için üretilen iki frekans arasındaki farktır. Diğer bir ifadeyle modülasyondaki frekans yayılmasıdır. CC1000 yongasının alıcı ve verici durumda FSK çalışması şekil 3.14'de verilmiştir.

$$f_1 = f_0 + f_{sep} \quad f_{REF} = \frac{f_{XOSC}}{REFDIV} \quad [3.1]$$

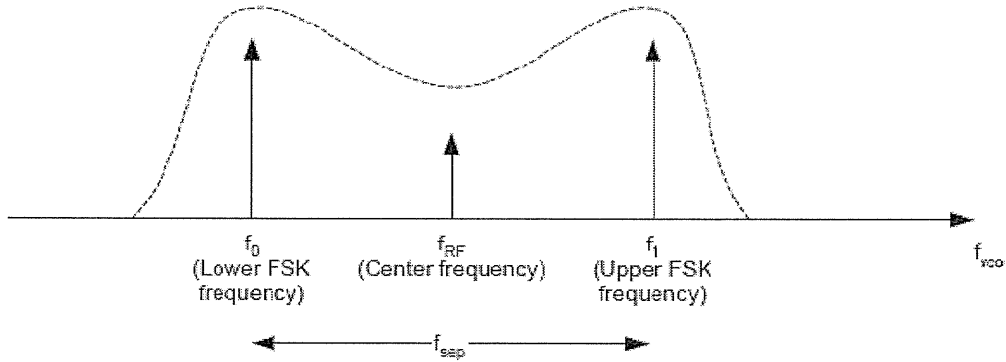
$$1.0MHz \leq f_{REF} \leq 2.46MHz \quad [3.2]$$

$$f_{VCO} = f_{REF} \cdot \frac{FREQ + FSEP.TXDATA + 8192}{16384} \quad [3.3]$$

RX mode:



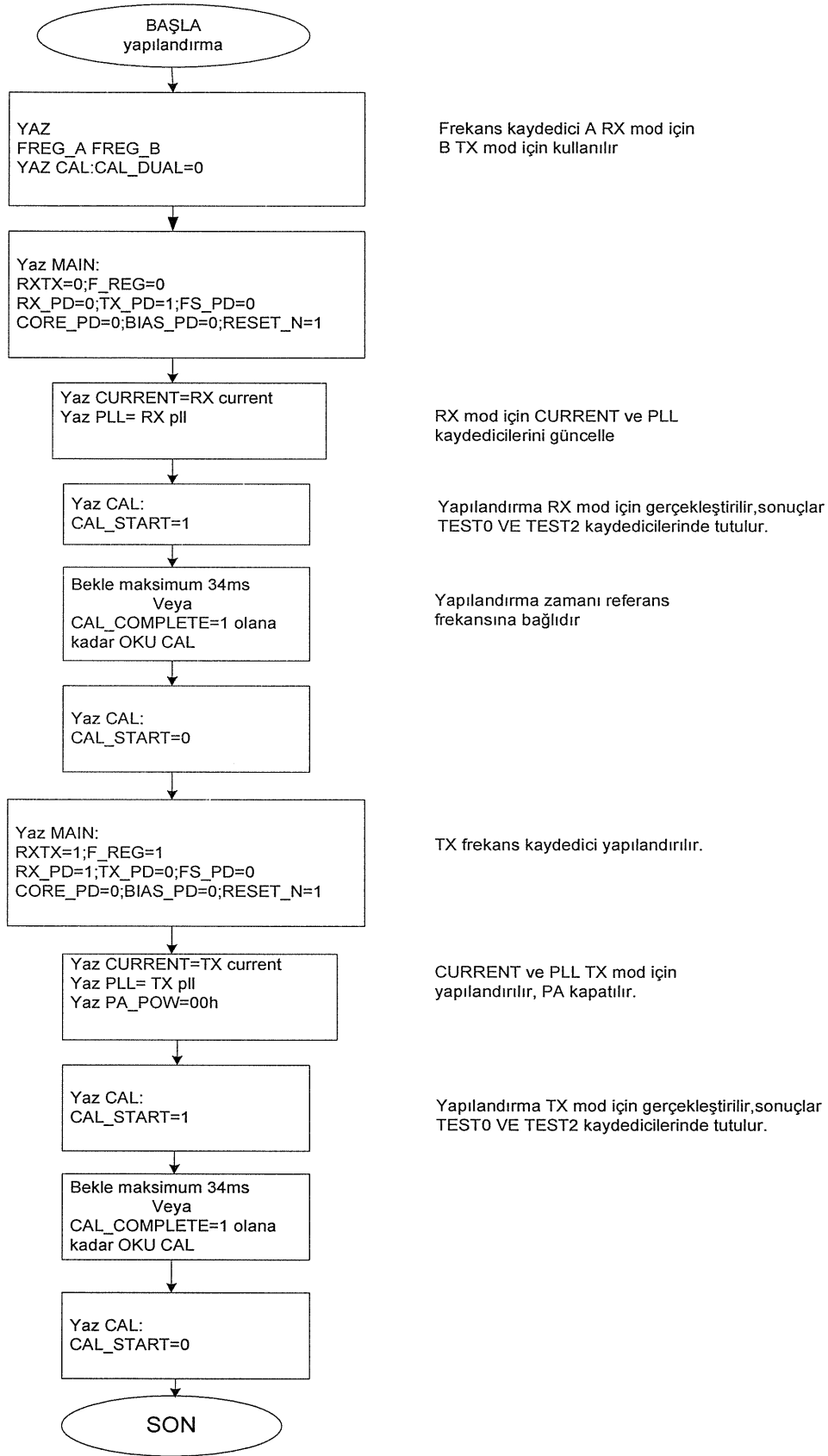
TX mode:



Şekil 3.14 CC1000 yongasının FSK çalışması

### 3.1.12 Yapılandırma İşlemi

İstenilen çalışma şartlarına ilişkin değerler kaydedicilere aktarıldıktan sonra, CC1000 yongası VCO'nun çalışacağı frekans aralığını maksimum yapmak ve PLL akımını otomatik olarak ayarlayacaktır. Bu işleme kalibrasyon ismi verilir. Kalibrasyonun başlaması için CAL yazmacına ait CAL\_START biti sayısal 1 yapılır. Kalibrasyon işleminin tamamlanması için maksimum 34 ms yeterli olmaktadır. Mikro denetleyici programı içerisinde bu işlem 34ms'lik bir gecikme kodu kullanılarak gerçekleştirilebileceği gibi işlemin tamamlanıp tamamlanmadığı CAL\_COMPLETE bitinin değeri kontrol edilerek de öğrenilebilir. Bu aşamada önemli nokta yapılandırma işlemi tamamlandıktan sonra CAL\_START bitinin tekrar sayısal 0 yapılmasıdır. Şekil 3.15'de yapılandırma algoritmasına ilişkin akış şeması verilmiştir [6].

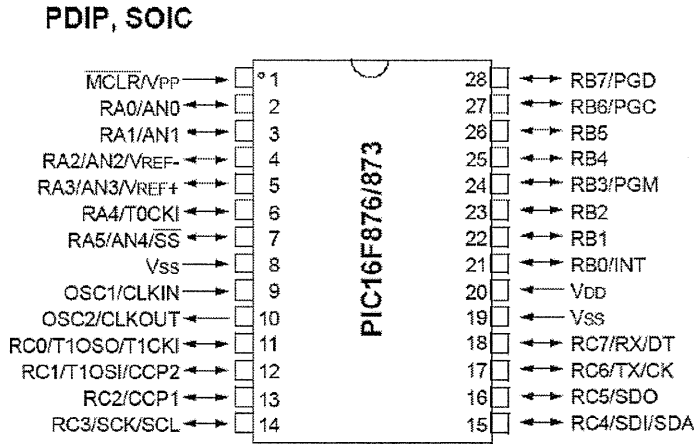


Şekil 3.15 Yapılandırma algoritması akış şeması

### 3.2 Kullanılan Mikro Denetleyici ve Özellikleri

Tasarımda gerek RF modülün programlanması gerekse algılayıcı devrelerinde şekil 1’de pin yapısı verilen PIC 16F876 mikro denetleyicisi kullanılmıştır. Mikro denetleyicilerin programlanması MikroBasic derleyicisi kullanılmıştır. Kullanılan mikro denetleyici I2C ve SPI eş zamanlı seri haberleşme standartlarını destekleyen MSSP modülü, eş zamansız seri haberleşme standardını destekleyen USART modülü ve 10 bit 8 kanal ADC modülü içermektedir. Denetleyiciye ait diğer bazı özellikler ise aşağıda sıralanmıştır [8]. Mikro denetleyiciye ait paket yapısı şekil 3.16’da verilmiştir.

- 8Kx14 word program hafızası
- 368x8 byte veri hafızası
- 256x8 byte kalıcı veri hafızası
- 14 adet interrupt kaynağı
- Güç tasarrufu için geliştirilmiş SLEEP modu
- Maksimum 20 MHz çalışma frekansı
- 25 mA sink/source akımı
- Minimum 2,5 V maksimum 5 V besleme gerilimi



Şekil 3.16 PIC16F876 Paket yapısı

### 3.2.1 Pic Mikro Denetleyici I2C Haberleşme Protokolü

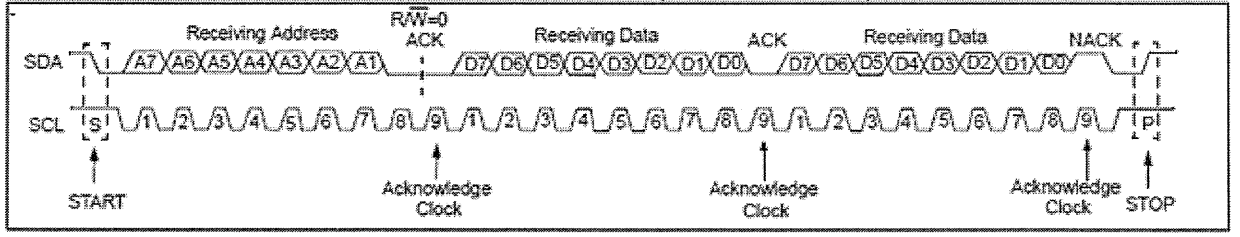
Pic serisi içindeki pek çok mikro denetleyici SSP( synchronous serial port) ve MSSP çevre birimlerine sahiptir. Bu birimler SPI ve I2C haberleşme protokollerini destekleyen uygulamalarda kullanılabilir. Programlanmaya bağlı olarak denetleyici BUS üzerinde master ünite veya slave ünite olarak çalışabilir.

Inter-Integrated-Circuit (I2C) bus spesifikasyonu IC' ler arasında veri transferi için PHILIPS tarafından geliştirilmiştir. Bus için fiziksel ara yüz iki (open-collector line) hattan oluşur. Hatlardan biri eş zamanlama sinyalinin taşındığı SCL diğeri verinin taşındığı SDA hattıdır. Bus bir master çoklu slave yapılandırmaya sahip olabileceği gibi çoklu master yapılandırmaya da sahip olabilir. Master cihaz slave cihazlar için eş zamanlama sinyalinin oluşturulmasından sorumludur [9].

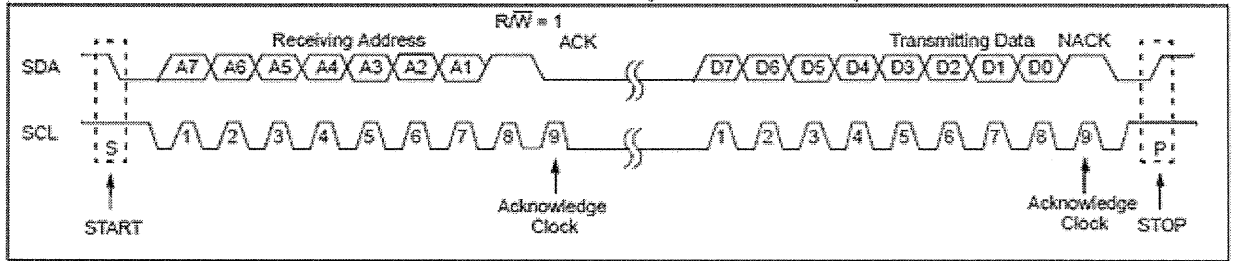
I2C protokolü 7 bit adresleme modu veya 10 bit adresleme modunu destekleyebilir. 7 bit adresleme modunda 128 cihaz, 10 bit adresleme modunda 1023 cihaz bus üzerinde master cihazla haberleşebilir. Pratikte ise 7 bit adresleme modunda ancak 112 cihaz slave olarak bağlanabilmektedir.

Bus üzerindeki veri transferi master cihaz tarafından başlatılır ve tek seferde MSB biti ilk bit olmak üzere 1 byte olarak gerçekleşir. I2C protokolü bir handshaking mekanizmasına sahiptir. Her bir 8 bitlik veri transferinden sonra master tarafından 9. Eş zamanlama sinyali gönderilir, veri gönderen cihaz SDA hattını serbest bırakır ve alıcı cihaz veriyi kabul eder. Veri başarı ile hedefe ulaşmış ise bir ACK sinyali yollar (SDA hattı sayısal 0'da tutularak ) verinin alıcı tarafa ulaşmaması durumunda ise NACK sinyali yollar.

SDA hattındaki bütün değişiklikler SCL hattı sayısal 0 da iken gerçekleştirilmelidir. SCL hattı sayısal 1 seviyesindeyken SDA hattının master tarafından sayısal 0 seviyesine çekilmesi BAŞLANGIÇ dizisini başlatır. BAŞLANGIÇ dizisi hattaki bütün slave cihazlara adres bilgisinin gönderildiğini anlatır. BİTİŞ dizisi SCL hattı sayısal 1 seviyesindeyken SDA hattının sayısal 1'e çekilmesiyle oluşur ve haberleşmenin bittiğini anlatır. 7 bit adresleme moduna ait veri yazma ve okuma işlemine ait zamanlama diyagramları sırası ile şekil 3.17 ve 3.18'de verilmiştir [8].



Şekil 3.17 I2C Yazma işlemi zamanlama diyagramı



Şekil 3.18 I2C Okuma işlemi zamanlama diyagramı

### 3.2.2 SSP Modülünün I2C Slave Modda kullandığı özel fonksiyon kaydedicileri

**SSPADD:** Slave denetleyici adreslenmesi adres verisinin SSPADD yazmacına yazılmasıyla gerçekleştirilir. 1. ile 7. Bit arasındaki değer adres bilgisini oluşturur. LSB biti ise okuma ve yazma işleminin belirlenmesinde kullanılır.

**SSPSTAT:** SSPSTAT. BF biti SSPBUF yazmacı okunduğunda veya 1 byte'lık veri yazma modunda tamamen iletildiğinde otomatik olarak temizlenir. SSPSTAT. UA biti sadece 10 bit adresleme modunda kullanılır. Adres bilgisi 2 byte uzunluktadır. Adresin düşük değerlikli byte'ının SSPADD yazmacına yüklenmesini işaret eder. SSPSTAT.2 master cihaz tarafından yapılan işlemin okuma ya da yazma olduğunu gösterir. SSPSTAT. S başlangıç koşulu oluştuğunda set edilir. SSPSTAT. P bitiş koşulu oluştuğunda set edilir. SSPSTAT. D/A son byte'ın veri ya da adres olduğunu işaret eder.

**SSPCON:** SSPCON. SSPOV biti önceki veri tutuluyorken yeni bir verinin alındığını işaret eder. Bu durumda SSP modülü ACK sinyali oluşturmaz ve SSPBUF yeni veri ile update edilmez. SSPCON.7 önceki veri iletim halindeyken

SSPBUF üzerine veri yazılmaya çalışıldığı durumda set edilir yazılım tarafından bu bit temizlenmelidir. sspcon. sspen I/O pinlerini seri port pinleri olarak konfigüre eder. SSPCON.<3:0> bitleri SSP modülünü SPI veya I2C protokolünde çalışması için konfigüre eder. SSPCON. CKP biti sayısal 0 değerini aldığı zaman slave cihaz SCL hattını sayısal 0 seviyesinde tutar (clock stretching) bu süre boyunca master eş zamanlama sinyali gönderemez. Bu teknik slave gelen veriyi yeteri kadar hızlı okuyamadığı durumlarda yararlıdır.

PIR1:PIR1.SSPIF biti bir I2C olayının tamamlandığını belirtir SSP interrupt flag bitidir. Program tarafından temizlenmesi (sayısal 0'a set edilmesi) gerekir [18].

### 3.2.3 SSP Olayları

SSPIF bitinin sayısal 1 değerine set edilmesi bus üzerinde bir I2C olayının tamamlandığını işaret eder. SSPIF biti bir interrupt kaynağı olarak kullanılabilir. SSPIF bitinin sayısal 1 değerini aldığı her durumda I2C olayı SSPSTAT içeriği test edilerek tanımlanmalıdır.

1. Master yazar son byte adres

SSPSTAT. S=1 SSPSTAT.R/W=0 SSPSTAT.D/A=0 SSPSTAT.BF=1

2. Master yazar son byte veri

SSPSTAT. S=1 SSPSTAT.R/W=0 SSPSTAT.D/A=1 SSPSTAT.BF=1

3. Master okur son byte adres

SSPSTAT. S=1 SSPSTAT.R/W=1 SSPSTAT.D/A=0 SSPSTAT.BF=0

4. Master okur son byte veri

SSPSTAT. S=1 SSPSTAT.R/W=1 SSPSTAT.D/A=1 SSPSTAT.BF=0

5. Master NACK sinyali gönderir

SSPSTAT. S=1 SSPSTAT.R/W=0 SSPSTAT.D/A=1 SSPSTAT.BF=0

### 3.2.4 USART Modül

USART mikro denetleyicideki iki seri I/O modülünden biridir. Seri haberleşme ara yüzü SCI olarak da bilinir. Bilgisayar, CRT gibi çevre birimleriyle full duplex eş zamansız haberleşebilecek şekilde yapılandırılabilir.

Yapılandırma modları :

- Eş zamansız (full dublex)
- Eş zamanlı master (half dublex)
- Eş zamanlı slave (half dublex)

USART için TX/CK ve RX/DT pinlerinin yapılandırılması için SPEN (RCSTA<7>) bitinin VE TRIS bitlerinin ayarlanması gerekir.

USART veri hızı jeneratörü ( baud rate generator-BRG)

BRG USART modülün hem eş zamanlı hem de eşzamansız çalışma türünü destekler. Eş zamansız modda BRGH biti (TXSTA<2>) veri hızını belirler.

SPBRG kaydedici 8 bit serbest çalışan bir zamanlayıcının periyodunu kontrol eder [8].

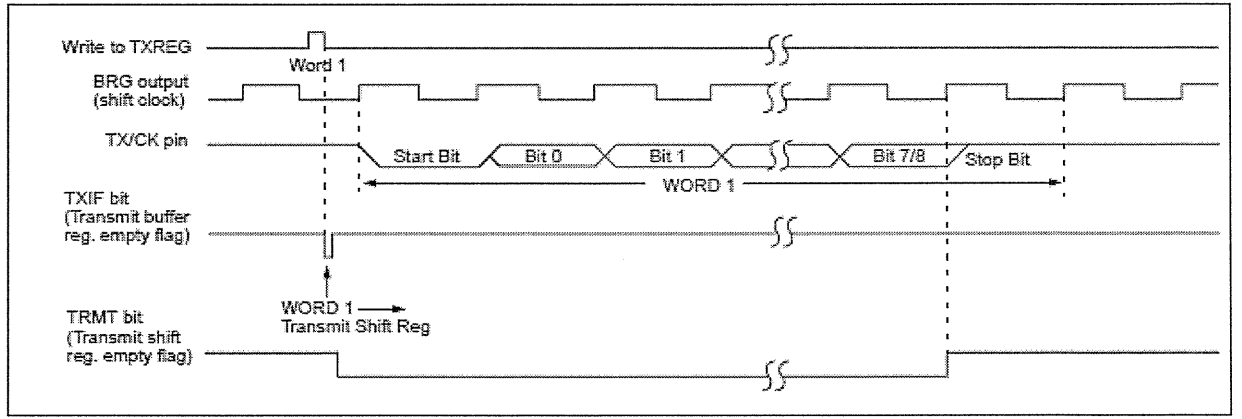
#### 3.2.4.1 USART Eş Zamansız Mod

Bu modda USART standart NRZ veri formatını kullanılır.( 1 başlangıç,8 veri,1 bitiş biti) USART veriyi iletirken ve alırken işleme ilk olarak LSB bitinden başlar. USART'ın alıcı verici kısmı bağımsız olmakla beraber aynı veri iletim hızını kullanırlar. Eş zamansız mod SYNC (TXSTA<4>) bitinin sayısal sıfıra ayarlanmasıyla seçilir.

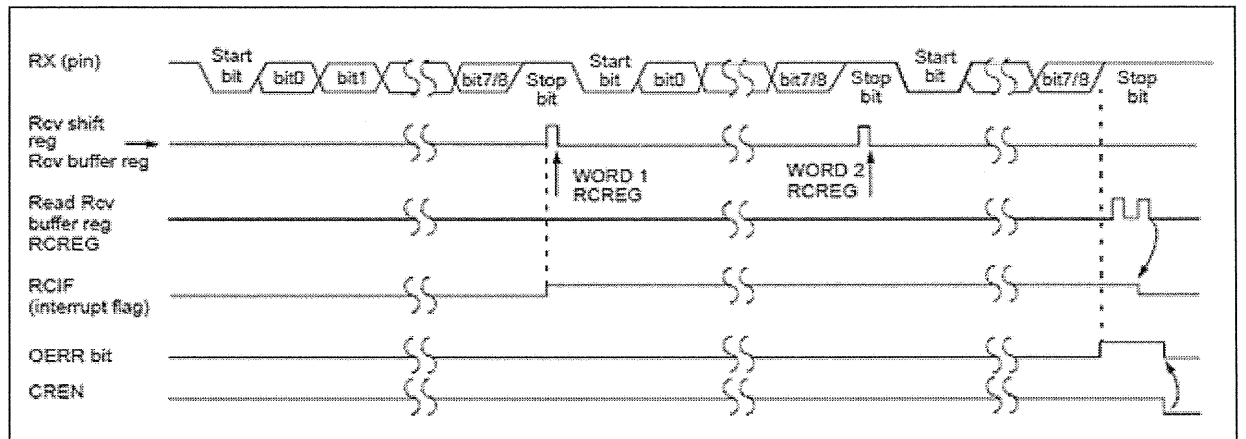
USART Eş zamansız modül aşağıdaki önemli elemanlardan oluşur. Şekil 3.19 ve 3.20'da UART eşzamansız veri gönderme ve alma işlemine ait zamanlama diyagramları verilmiştir [8].

- Baud rate jeneratör
- Örnekleme devresi
- Eş zamansız verici
- Eş zamansız alıcı





Şekil 3.19 Eş zamansız veri gönderme



Şekil 3.20 Eş zamansız veri alma

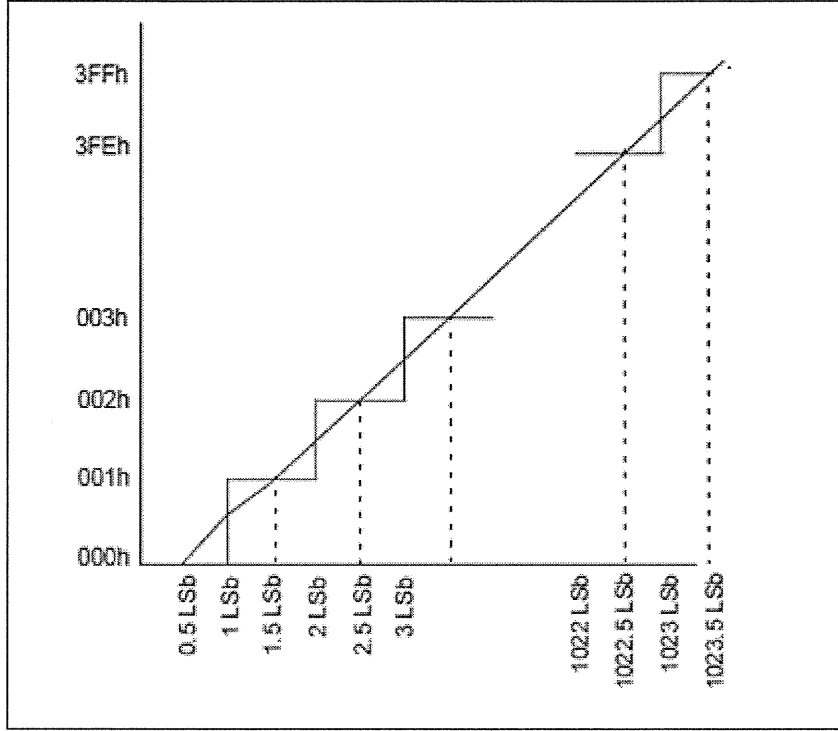
### 3.2.5 ADC Modül

Analog/Sayısal dönüştürücü modül bir denetleyici için sekiz adete kadar girişe sahip olabilir. Her bir analog giriş kanal olarak adlandırılır. Her bir analog giriş bir örnekleme ve tutma kapasitörünü yükler. Örnekleme ve tutma kapasitörünün çıkışı dönüştürücü için giriştir. Dönüştürücü girişindeki analog seviyeye göre bir sayısal sonuç üretir. Analog giriş işaretinin bu A/D dönüşümü, 10 bitlik sayısal bir değer ile sonuçlanır [8].

A/D modül aşağıdaki dört kaydediciye sahiptir.

- ADRESH (sonucun yüksek seviyeli bitlerinin kaydedildiği kaydedici)
- ADRESL (sonucun düşük seviyeli bitlerinin kaydedildiği kaydedici )
- ADCON0 (A/D işlemi kontrol eden kaydedici)
- ADCON1 (port pinlerini yapılandıran kontrol kaydedici)

Şekil 3.21’de 10 bitlik çözünürlüğe ait analog sayısal dönüşüm grafiği verilmiştir.



Şekil 3.21 Analog sayısal dönüşüm grafiği

### 3.3 DS18B20 1 Wire Sayısal Termometre

#### 3.3.1 1 Wire Bus Sistemi

Dallas Semiconductor tarafından geliştirilen haberleşme standardı, adreslenebilen röle sürücülerinden eeprom belleklere ve ADC'lere kadar pek çok üründe kullanılır. Tüm veri alış verişinin iki yönlü olarak tek tel üzerinden sağlandığı bu haberleşme standardında tek tel üzerine farklı pek çok cihaz yerleştirilebilir.

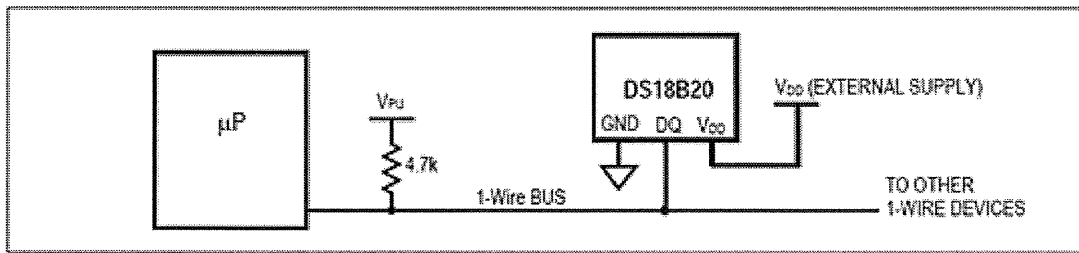
Bir master ünite bir veya daha çok slave ünite hatta olabilir. Bir master ve bir slaveden oluşan yapı "single-drop" olarak bilinir. Bütün veri ve komutlar LSB bitinden başlanarak hatta iletilir. Her bir master veya slave cihaz hatta "open drain" veya "3-state" olarak bağlanır. Bir 1 Wire bus sistemi yaklaşık 5K'lık bir pull-up direncine gereksinim duyar. İşlem dizisi 3 adımda gerçekleşir. Bu adımlar başlatma, ROM komutları ve DS18B20 fonksiyon komutlarıdır.

Başlatma: 1 wire üzerindeki bütün işlemler bir başlatma dizisiyle başlar. Başlatma işlemi slave tarafından gönderilen hazır bulunma (presence) sinyalini takiben master tarafından hatta iletilen reset sinyali ile gerçekleşir.

ROM komutları: master hazır bulunma sinyalini tesbit ettikten sonra bir ROM komutunu yayımlayabilir.

### 3.3.2 DS18B20

9 ile 12 bit çözünürlükte sıcaklık ölçen ds18b20 mikro denetleyici ile haberleşmesi için sadece bir adet veri hattına ( ve toprak) gereksinim duyar. -55 ile +125 derece aralığındaki sıcaklıkları  $\pm 0.5$  derece doğrulukla ölçer. Isı algılayıcının çözünürlüğü kullanıcı tarafından 9,10,11 ve 12 bit olarak yapılandırılarak 0.5,0.25,0.125,0.0625 derece hassasiyete sahip olacak şekilde belirlenebilir. Başlangıç çözünürlüğü 12 bittir. Sıcaklık ölçümü ve analog sayısal dönüşümün başlaması için master ünite olan mikro denetleyici tarafından Convert T [44] komutunun gönderilmesi gerekir. Sıcaklığa ait veri işaretli olarak 2 byte sıcaklık kaydedicisinde saklanır. İşaret biti sıcaklığın pozitif veya negatif olduğunu gösterir. Algılayıcı 12 bit olarak yapılandırıldığında tüm bitler veriyi ifade eder. 11 bit çözünürlükte bit 0 tanımsızdır. 10 bit çözünürlükte bit 0 ve bit 1 tanımsızdır. Şekil 3.22’de DS18B20 ısı algılayıcının mikro denetleyici ile 1 wire ara yüz bağlantısı ve harici kaynakla besleme şekli görülmektedir. Şekil 3.23’de ise sıcaklık verisinin hassasiyete bağlı sayısal dönüşüm formatının kaydedici yapısındaki görüntüsü verilmiştir [10].



Şekil 3.22 DS18B20 harici kaynakla besleme

	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0
LS BYTE	2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>
	BIT 15	BIT 14	BIT 13	BIT 12	BIT 11	BIT 10	BIT 9	BIT 8
MS BYTE	S	S	S	S	S	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>

S = SIGN

Şekil 3.23 Sıcaklık kaydedici formatı

Çizelge 3.3 Sıcaklık veri ilişkisi

SICAKLIK C	SAYISAL ÇIKIŞ	
	BINARY	HEX
+125	0000 0111 1101 0000	07D0
+85	0000 0101 0101 0000	0550
+25.0625	0000 0001 1001 0001	0191
+10.125	0000 0000 1010 0010	00A2
+0.5	0000 0000 0000 1000	0008
0	0000 0000 0000 0000	0000
-0.5	1111 1111 1111 1000	FFF8
-10.125	1111 1111 0101 1110	FF5E
-25.0625	1111 1110 0110 1111	FE6F
-55	1111 1100 1001 0000	FC90

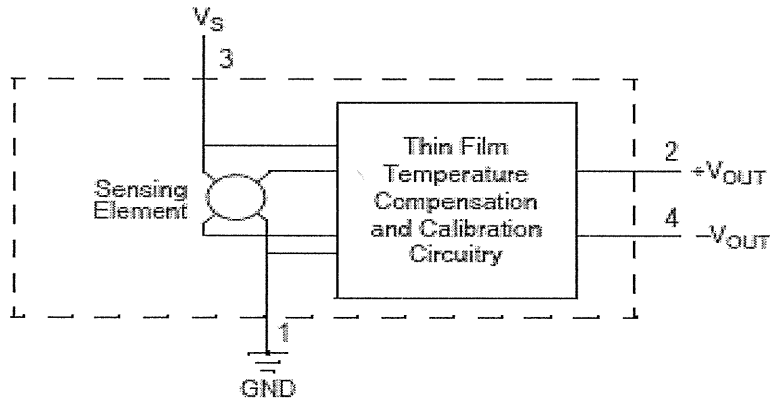
### 3.4 MPX2200 200 kPa Basınç Algılayıcı

Şekil 3.24'de blok yapısı verilen Freescale firması tarafından üretilen basınç algılayıcı P1 basınç ve P2 vakum olmak üzere iki yüzeye sahiptir. Basınç yüzeyi çekirdeği çevreden izole edilmiş jel ile kaplıdır.

Uygulanan basınç değerine uygun olarak yüksek doğrulukta ve doğrusal çıkış gerilimi veren piezo dirençli algılayıcıdır. Tek monolitik silikon diyaframa sahip olup strain gauge yapıdadır. 0 ile 200 kPa (1 kPa=7.5 mmHg) arası basınçları algılayabilir. Maksimum 40 mV çıkış gerilimine sahiptir [12].

### 3.4.1 Kullanım Alanları

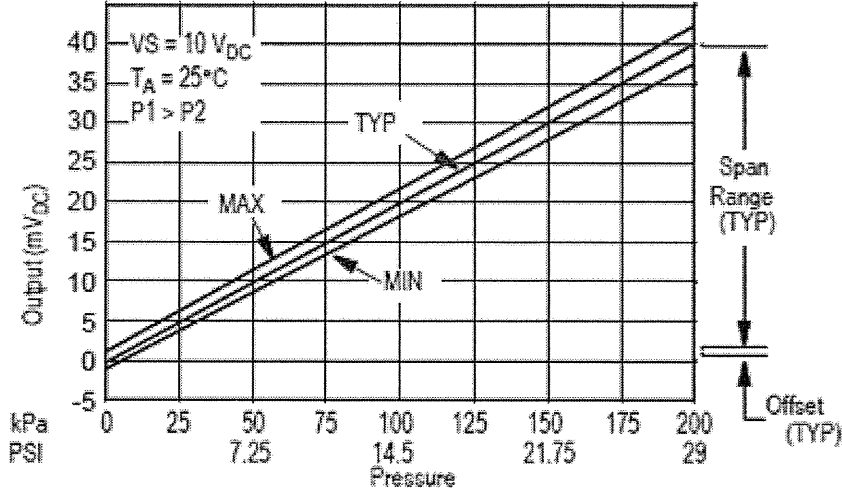
- Robotik uygulamalar
- Pompa ve motor kontrol uygulamaları
- Seviye seziciler
- Basınç kontrollü anahtarlama
- Barometreler
- Tıbbi teşhis uygulamalarıdır.



Şekil 3.24 Basınç algılayıcı blok yapısı

### 3.4.2 MPX2200 Algılayıcının Çalışması

Algılayıcıya uygulanan diferansiyel basınç ile orantılı olarak diferansiyel çıkış gerilimi verir. Diferansiyel çıkış gerilimi P1 tarafına uygulanan pozitif basınç ile artar ( $P_1 > P_2$ ). Şekil 3.25'deki grafik artan diferansiyel basınca bağlı olarak değişen çıkış gerilimini göstermektedir. Şekilde tipik, minimum ve maksimum değerlere ilişkin üç ayrı grafik yapısı verilmiştir [12].

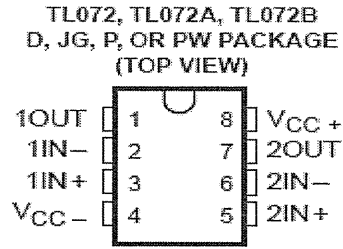


Şekil 3.25 Diferansiyel basınca bağlı çıkış gerilim grafiği

### 3.5 TL072 Düşük Gürültülü Dual JFET İşlemsel Yükselteç

TL07x serisi yükselteçler TL08x serisi yükselteçlerin düşük gürültülü versiyonu olarak üretilmiştir. Çalışma sırasında düşük harmonik bozulma ve gürültüye sahiptir. Ses ön yükselteç uygulamalarında güvenilirliği yüksektir [13].

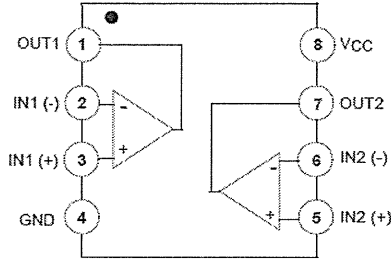
Şekil 3.26'da TL072 işlemsel yükseltece ait paket yapısı verilmiştir.



Şekil 3.26 TL072 paket yapısı

### 3.6 LM358 Dual İşlemsel Yükselteç

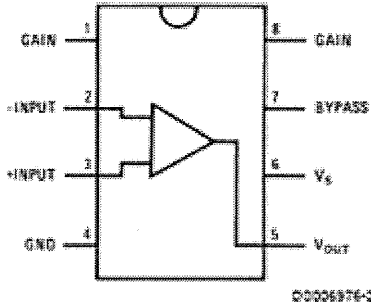
Şekil 3.27'de paket yapısı verilen geniş besleme gerilim aralığına sahip LM358 iki bağımsız işlemsel yükselteçten oluşur. Dönüştürücülerden elde edilen işaretlerin yükseltilmesinde DC kazanç bloklarında ve tekli besleme gerektiren bütün geleneksel işlemsel yükselteç uygulamalarında kullanılabilir.



Şekil 3.27 LM358 paket yapısı

### 3.7 LM386 Voltage Audio Power İşlemsel Yükselteç

Paket yapısı şekil 3.28’de verilmiş olan LM386 düşük gerilim tüketen uygulamalarda kullanılmak için üretilmiştir. FM, AM radyo yükselteçleri, tv ses sistemleri, ultrasonik sürücüler, küçük servo sürücüler ve güç çeviricileri gibi uygulama alanlarında kullanılır. Pin1 ve pin 8 arasına eklenecek direnç ve kapasitör yardımıyla kazanç 20 ile 200 arasındaki değerler için ayarlanabilir [11].

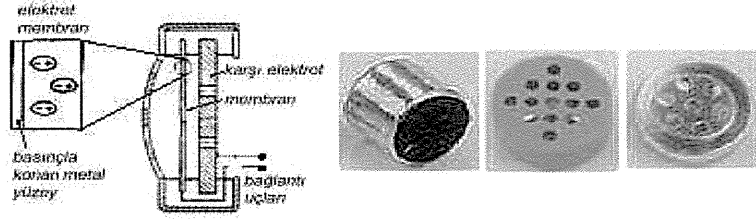


Şekil 3.28 LM386 paket yapısı

### 3.8 Elektret Mikrofon

Rondelâ (halka) biçimindeki ince bir yarı iletken maddenin iki yüzü, üretim aşamasında elektrostatik yöntem kullanılarak artı (+) ve eksi (-) ile yüklenir. Bu elektrik yükü yarı iletkenin maddenin özelliğinden dolayı yıllarca aynı değerde kalır. Elektret kapsül, kristal mikrofonlarda olduğu gibi diyaframa bağlanmıştır. Diyafram titreştiğinde, elektret de hareket eder. Bu da kapsülün moleküler yapısını değiştirerek elektrotlar arasında bir gerilim oluşmasını sağlar. Şekil ve

resimde elektret mikrofonların yapısı verilmiştir. Şekil 3.29'da elektret mikrofona ait yapı ve resimler görülmektedir.



Şekil 3.29 Elektret mikrofon yapısı

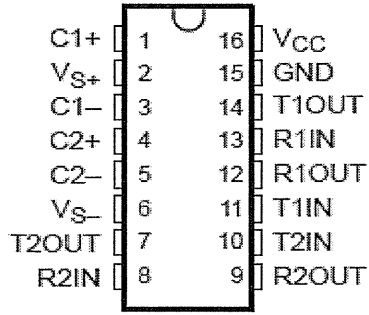
### 3.8.1 Özellikleri

- Dirençleri (empedansları) yüksektir.
- Boyutları küçük olduğundan yaka mikrofonu olarak kullanılmaya uygundur.
- Hassasiyetleri yüksektir.
- İlave bir DC üreticiyle besleme yapmaya gerek duymazlar.
- Frekans bantları geniştir. Yani alçak ve yüksek frekanslı sinyalleri dengeli olarak algırlarlar.

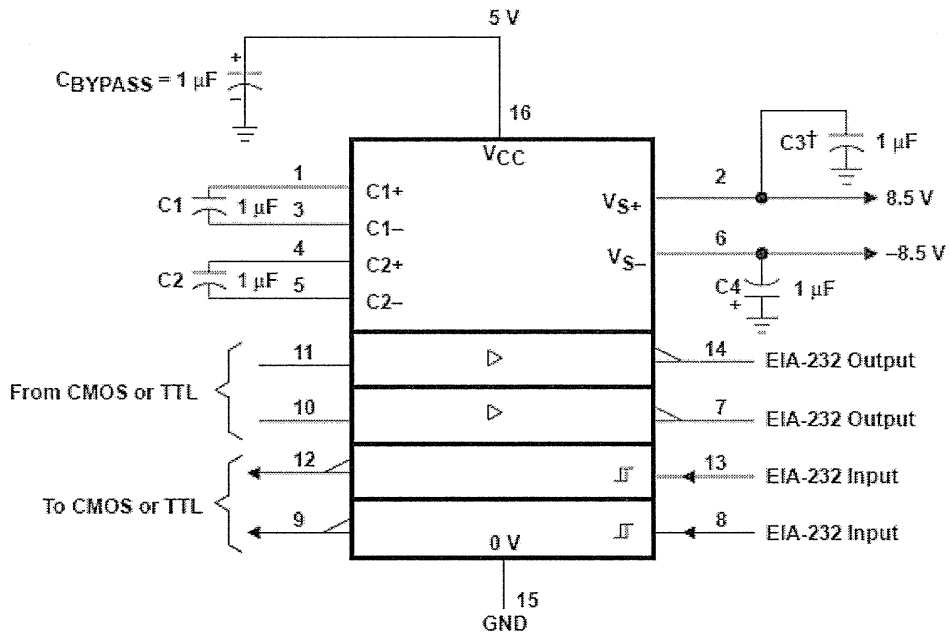
### 3.9 MAX232 Dual EIA-232 Sürücü/Alıcı

Max232 yongası 5 voltluk tek bir kaynaktan, EIA-232 gerilim seviyelerini sağlamak için kapasitif gerilim jeneratörü içeren bir dual sürücü/alıcıdır. Her bir alıcı EIA-232 girişlerini 5 volt TTL/CMOS seviyesine dönüştürür. Tipik olarak 1.3 voltluk eşik gerilim seviyesine sahiptir.  $\pm 30$  volt giriş gerilimini kabul edebilir. Her bir sürücü TTL/CMOS giriş gerilim seviyesini EIA-232 seviyesine dönüştürür. Terminaller, modemler ve bilgisayar sistemleri alanındaki uygulamalarda kullanılır [15-18]. Şekil 3.30'da max232 yongasına ait paket yapısı, 3.31'de ise kullanım için gerekli eleman ve pin bağlantıları verilmiştir.





Şekil 3.30 MAX232 paket yapısı



Şekil 3.31 MAX232 pin bağlantıları

## 4. ANALOG DEVRELER

### 4.1 Pasif Filtreler

Filtreler belirli bir frekanstaki elektrik sinyallerini geçiren cihazlardır. 1Mhz'den yüksek frekans değerlerinin filtrelenmesinde LRC filtre olarak isimlendirilen bobin, kondansatör ve dirençten oluşan yapılar kullanılır. Sinyal üzerinde herhangi bir yükseltme etkisi olmadığından dolayı bu tarz yapılar pasif filtreler olarak bilinir [16].

### 4.2 Aktif Filtreler

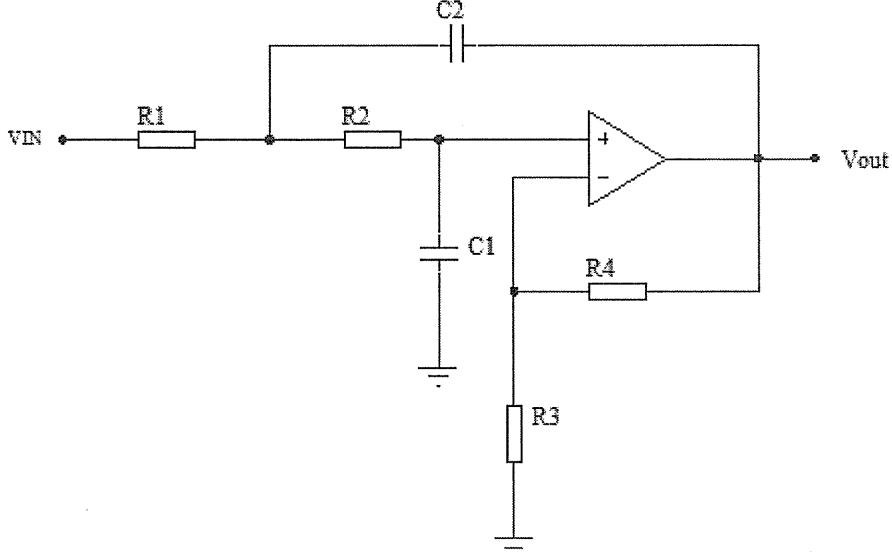
Bir işlemsel yükselteç ile oluşturulmuş filtreler ise aktif filtrelerdir. Aktif tanımı almasının nedeni filtreme işlevinin yanında giriş sinyali üzerinde yükseltme yapabilmesidir. Bu nedenle geçirgen olduğu frekanslarda sinyalde herhangi bir zayıflama olmaz.

Giriş empedansının yüksek olması sinyal kaynağı ve yük arasında iyi bir yalıtım sağlar. Tasarımda bobin kullanılmaması maliyeti düşürür ve tasarım kolaylığı sağlar.

Kesim frekansının altındaki frekans değerlerine sahip sinyalleri çıkışa ileten filtreler alçak geçirgen (low-pass filter), kesim frekansının üzerindeki frekanslara sahip sinyalleri çıkışa ileten filtreler ise yüksek geçirgen (high-pass) filtreler olarak adlandırılır. Belirli bir frekans bandındaki sinyalleri çıkışa ileten filtre yapıları ise bant geçiren (band-pass) filtreler olarak adlandırılır. Bir yüksek geçirgen ve alçak geçirgen filtre yapıları birlikte kullanılarak bant geçiren bir aktif filtre tasarlanabilir [16].

#### 4.2.1 İkinci Derece Alçak Geçirgen Filtre

Şekil 4.1'de görülen ikinci derece alçak geçirgen filtre için iki farklı topoloji vardır. Bunlar Sallen-Key ve Multiple Feedback olarak adlandırılır. Aşağıdaki şekilde Sallen-Key topolojisine ait yapı görülmektedir. Eşitlik 4.1 devreye ait transfer fonksiyonunu verir. Eşitlik 4.2 devre kazancını ve eşitlik 4.3 kesim frekansını vermektedir [16].



Şekil 4.1 İkinci derece alçak geçiren filtre

Transfer fonksiyonu;

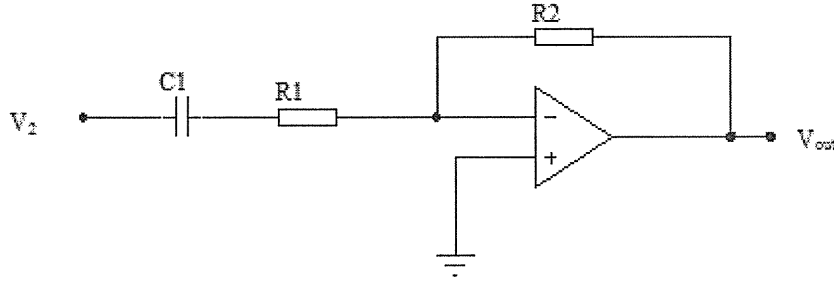
$$A(s) = \frac{K}{1 + \omega_c [C_1(R_1 + R_2) + (1-K)R_1C_2]s + \omega_c^2 R_1R_2C_1C_2s^2} \quad [4.1]$$

Kazanç  $K = 1 + R_4 / R_3$  [4.2]

Kesim frekansı  $f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1C_1R_2C_2}}$  [4.3]

#### 4.2.2 Birinci Derece Yüksek Geçiren Tersleyici Filtre

Şekil 4.2’de verilen 1. Derece yüksek geçiren filtre kesim frekansının üstündeki frekanslarda olan işaretleri çıkışa iletir. Eşitlik 4.4 filtreye ait transfer fonksiyonu eşitlik 4.5 seri direnç değeri ve devre kazancının hesaplamasında kullanılır. Transfer fonksiyonundaki eksi işaret giriş işareti ile çıkış işareti arasında 180 derece faz farkı olduğunu gösterir. Eşitlik 4.6 ise kesim frekansının değerinin ve açısız frekansa bağlı katsayı değerinin hesaplanmasında kullanılır [16].



Şekil 4.2 1.Derece yüksek geçiren tersleyici filtre

Transfer fonksiyonu;

$$A(s) = -\frac{\frac{R_2}{R_1}}{1 + \frac{1}{\omega_c R_1 C_1} \cdot \frac{1}{s}} \quad [4.4]$$

$$R_1 = -\frac{1}{2\pi f_c a_1 C_1} \quad K = \frac{-R_2}{R_1} \quad [4.5]$$

$$f_c = -\frac{1}{2\pi R_1 a_1 C_1} \quad a_1 = \frac{1}{\omega_c R_1 C_1} \quad [4.6]$$

### 4.3 Evirmeyen Yükselteç

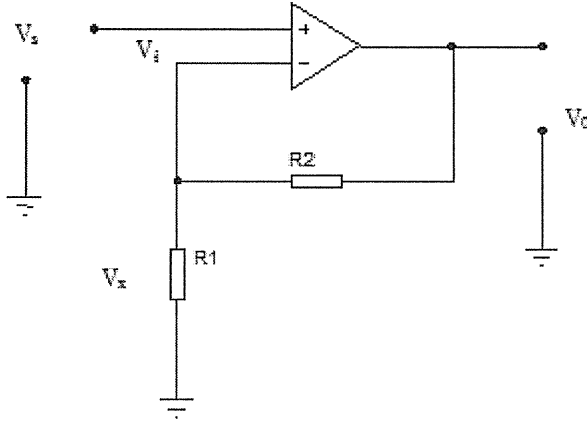
Şekil 4.3’de görülen evirmeyen yükselteç devresinde giriş işareti işlemsel yükselteç’in evirmeyen (+) girişine bağlanır. Negatif giriş gerilimi, pozitif giriş gerilimiyle aynı değerde olmak zorunda olduğu için giriş ofset gerilimi sıfırdır. Giriş gerilimini kazanca bağlı olarak yükselterek evirmeden çıkışa aktaran analog yapılarıdır. Açık çevrim kazancı  $a$  olarak ifade edilirse, devrenin transfer fonksiyonu aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bulunur [16].

$$V_i = \frac{V_o}{a} \quad [4.7]$$

$$V_x = V_0 \left( \frac{R1}{R1 + R2} \right) = V_s - \frac{V_0}{a} \quad [4.8]$$

$$\frac{aR1}{R1 + R2} \gg 1 \quad [4.9]$$

$$\frac{V_0}{V_s} = \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \frac{\frac{aR1}{R1 + R2}}{1 + \frac{aR1}{R1 + R2}} \approx \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \quad [4.10]$$



Şekil 4.3 Evirmeyen yükselteç

#### 4.4 Fark Yükselteci

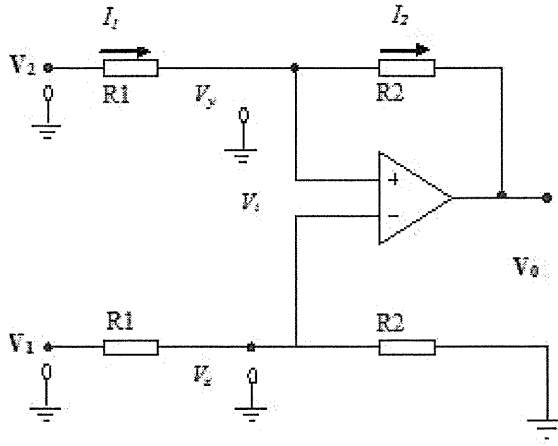
Şekil 4.4'te verilen fark yükselteci girişe uygulanan iki gerilim arasındaki farkı yükseltmek için kullanılır. Giriş gerilimlerine bağlı olarak devrenin çıkış gerilimi aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır [17].

$$V_x = V_1 \left( \frac{R2}{R1 + R2} \right) \quad [4.11]$$

$$I_1 = \left( \frac{V_2 - V_y}{R1} \right) = I_2 \quad [4.12]$$

$$V_0 = V_y - I_2 R2 \quad [4.13]$$

$$V_0 = \frac{R2}{R1} (V_1 - V_2) \quad [4.14]$$



Şekil 4.4 Fark yükselteci

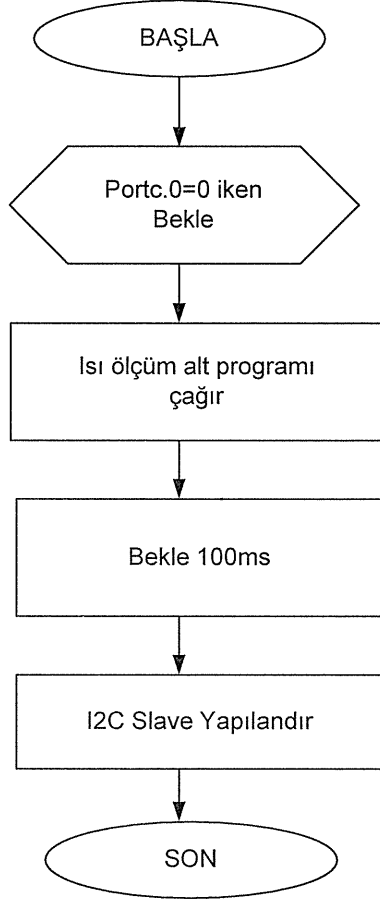
## 5. SİSTEM YAPISI

Tasarlanan sistem hastaya ait nabız, tansiyon ve ateş verilerinin ölçülüp bilgisayar ortamına kablosuz olarak aktarılması işlemini yerine getirmektedir. Donanım ve yazılım olarak alt bileşenlerden oluşan sistemin mekanik kısmı hasta koluna bağlı bir stetoskop ve tansiyon aleti kafından oluşmaktadır. Çalışmanın ilk aşamasında hastaya ait yukarıda sözü edilen yaşamsal işaretlerin ölçülmesi için gerekli algılayıcı devrelerinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Vücut ateşi ile nabız ve tansiyon ölçümü için iki ayrı mikro denetleyici tabanlı algılayıcı devre bulunmaktadır. Bu iki mikro denetleyici RF modülü kontrol eden mikro denetleyici ile I2C seri haberleşme standardında haberleşmektedir. Burada RF modüle bağlı denetleyici kablolu haberleşme ağını kontrol eden master ünite algılayıcıların bağlı olduğu denetleyiciler ise slave üniteleri oluşturmaktadır. RF modüle kadar tasarlanan yapı Vücut Alan Ağını (BAN) oluşturmaktadır. Bu işlemleri yerine getirmek için kullanılan analog elemanların yapısı ve çalışması bölüm 3 ve 4'de anlatılmıştır. Her bir denetleyiciden gelen veriler bu haberleşme standardında RF modüle bağlı denetleyiciye iletilmektedir. İkinci aşamada bilgisayara bağlı düğümle hastalara bağlı RF düğümleri arasındaki kablosuz haberleşme trafiğini yönetmek ve hastalara ait yaşamsal işaretlerin görsel olarak takibi için bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bilgisayar programı ile RF modül arasındaki veri alış verişi bilgisayarın RS232 portu aracılığıyla sağlanmaktadır.

### 5.1 Ateş Ölçümü

Vücut ateşi ölçümünde algılayıcı olarak 1 wire haberleşme standardını kullanan DS18B20 sayısal termometre kullanılmıştır. Bu tip algılayıcının tercih edilmesindeki neden ölçülen analog niceliğin sayısala dönüşümünün algılayıcının kendi yapısı içerisinde gerçekleşmesidir. Ölçüm hassasiyeti  $0.5\text{ C}^{\circ}$  olarak belirlenmiştir. Ölçümün başlatılması ve elde edilen sayısal verinin vücut ağındaki master denetleyiciye I2C standardını kullanarak iletilmesi algılayıcının bağlı olduğu mikro denetleyici tarafından sağlanmaktadır. Burada kullanılan mikro denetleyici I2C haberleşmesinde slave ünitelerden birini oluşturmaktadır.

Mikro denetleyicinin işlemi yerine getirmesi için geliştirilen program akış diyagramı şekil 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 Ateş ölçüm akış diyagramı

## 5.2 Nabız Ölçümü

Nabız ölçümünde kullanılan yöntem iki nabız atışı arasındaki periyodu hesaplanmasıdır. Nabız ölçümü için kullanılan mikro denetleyici programına ait akış şeması şekil 5.3’de görülmektedir. İlk aşama nabız seslerinin elektronik olarak algılanmasıdır. Bu yöntemde sağlık görevlilerinin de hastaya ait vücut seslerini dinlemede kullandıkları stetoskop tasarımının mekanik bileşeni oluşturur. Stetoskop başlığının uç kısmına yerleştirilen bir elektret mikrofon sayesinde nabız sesi elektriksel işarete dönüştürülerek sisteme aktarılmıştır.

Mikrofon çıkışından elde edilen gerilim seviyesi mikro denetleyicinin kullanacağı sayısal 1 değeri için anlamlı bir gerilim seviyesi değildir. Aynı zamanda mikrofon tarafından sadece nabıza ait seslerin algılanması



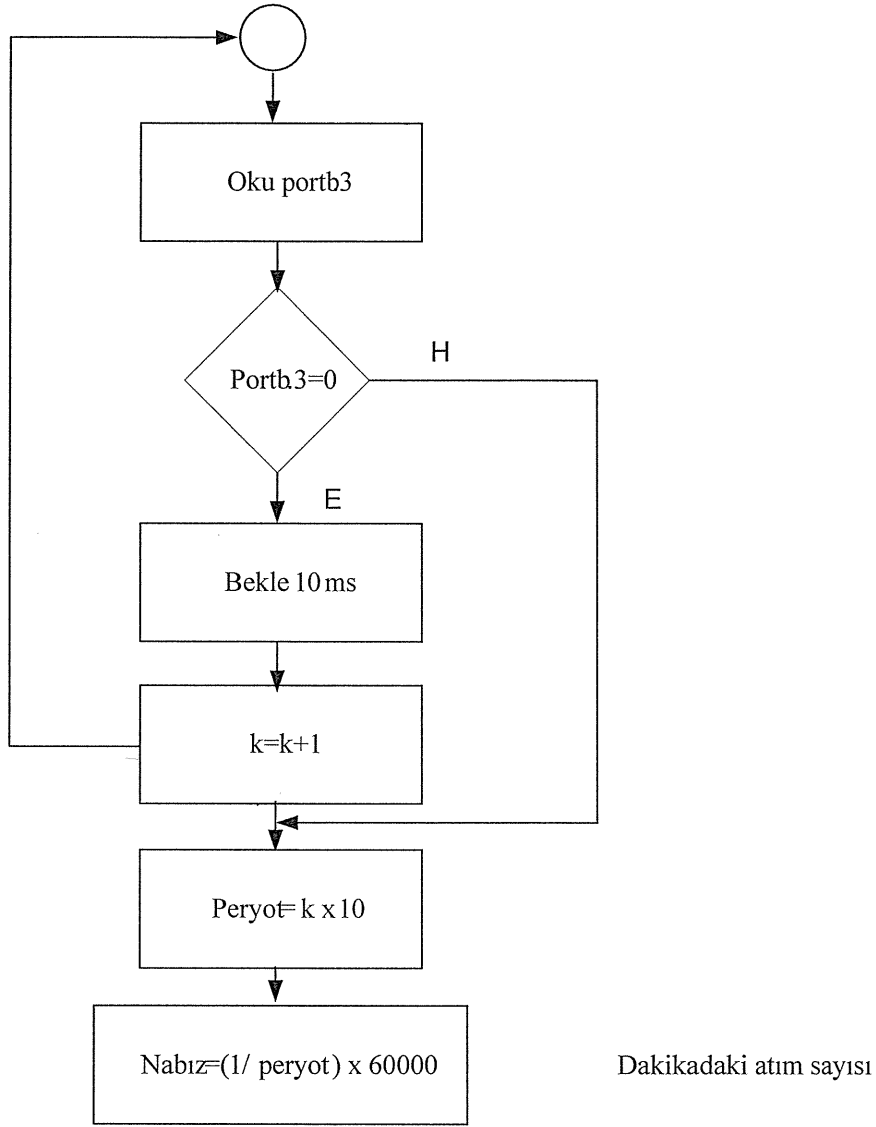
gerekmektedir. Bu yüzden ikinci aşamada nabız sesine ait elektriksel işaret bölüm 4’de anlatılan aktif filtre yapıları ile yükseltilecek mikro denetleyicinin I/O portlarına ait  $V_{IH}$  (minimum 2 volt,  $V_{dd} \cdot 0.25 + 0.8$  volt) [8] değerinin üzerine çekilmiş ve filtrelenmiştir. Şekil 5.2’de tasarlanan yapıya ilişkin blok diyagram görülmektedir.



Şekil 5.2 Nabız ölçüm devre diyagramı

Bölüm 4’de verilen eşitlik 8 ve 9 kullanılarak yüksek geçiren aktif filtreye ait parametreler, eşitlik 5 ve 6 kullanılarak alçak geçiren aktif filtreye ait parametreler hesaplanmıştır.

Yüksek geçiren filtreye ait parametreler; Kesim frekansı = 15.2 Hz, Kazanç = 21  
Alçak geçiren filtreye ait parametreler; Kesim frekansı = 102.6 Hz, Kazanç = 1.5



Şekil 5.3 Nabız ölçümü akış şeması

### 5.3 Tansiyon Ölçümü

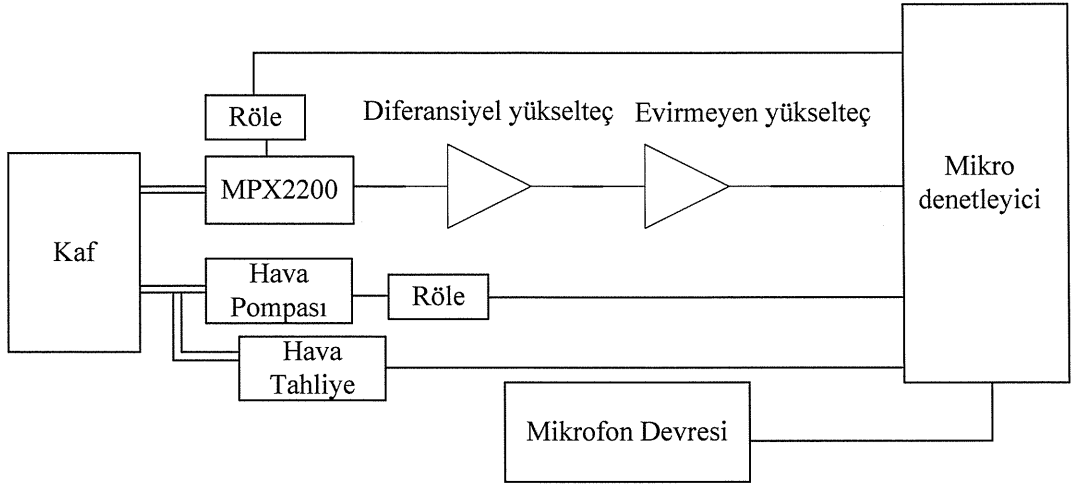
Tansiyon ölçümünde kullanılan düzeneğin mekanik kısmını sol kol dirseğinin iç kısmına (damar üzerine gelecek şekilde) yerleştirilmiş çıkışına mikrofon bağlı bir stetoskop ve kolu saran kaf oluşturmaktadır. Ölçümde kullanılan yöntem kafın belirli bir basınç değerine kadar şişirilmesinden sonra içindeki havanın yavaş yavaş tahliye edilmesi ve bu sırada nabız atışlarının dinlenmesi şeklindedir. Nabız atışının ilk duyulduğu andaki basınç sistolik basınç (büyük tansiyon) son duyulduğu andaki basınç ise diastolik basınç (küçük tansiyon) değerini vermektedir. Şekil 5.5’de verilen düzeneğin mekanik kısmına

ait fotoğrafta kaf, hava pompası, boşaltma valfi, kaf hortumuna monte edilmiş basınç algılayıcı, steteskop çıkışına eklenmiş mikrofon görülmektedir.

Burada nabız ölçümünde kullanılan mikrofon devresi aynı zamanda büyük tansiyon ve küçük tansiyon değerlerinin belirlenmesinde nabız sesinin başladığı ve bittiği noktayı mikro denetleyiciye bildiren yapıdır.

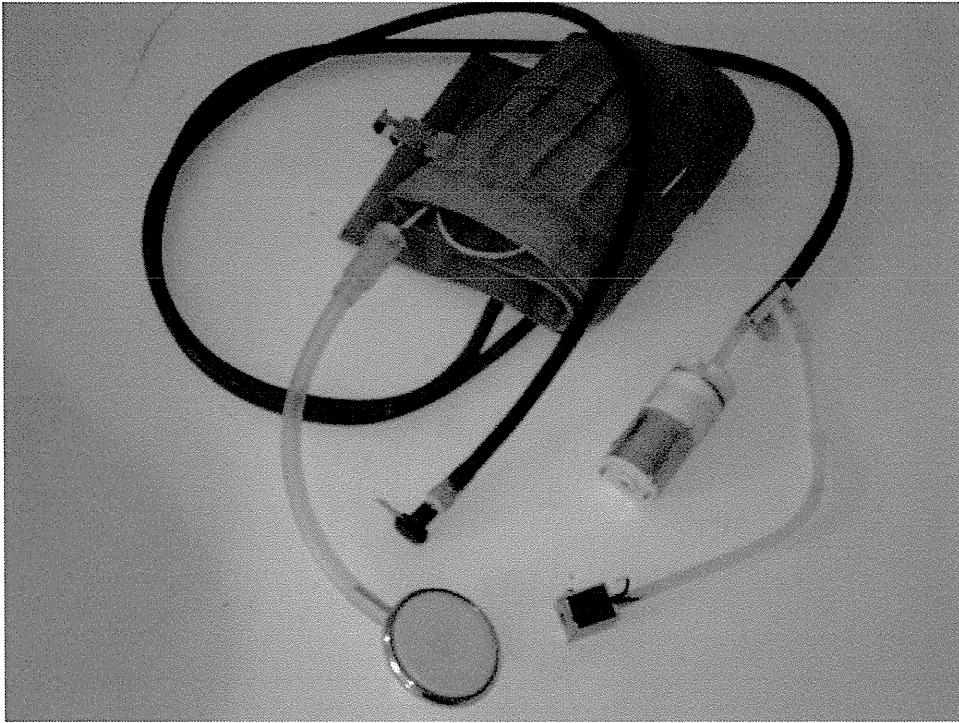
Kafın şişirilmesi için 12 voltluk bir dc hava pompası kullanılmıştır. Kafa bağlı iki adet hortum vardır. Bunlardan bir tanesi hava pompası ve tahliye valfine diğeri ise hava basıncını ölçmek için kullanılan MPX2200 basınç algılayıcıya bağlanmıştır. Algılayıcı çıkışından elde edilen diferansiyel gerilim mili voltlar seviyesindedir. Bu değerler mikro denetleyiciye aktarılmadan önce tasarlanan bir diferansiyel yükselteç devresi ve evirmeyen yükselteç devresi ile yükseltilmiştir.

Basınç algılayıcının teknik özellikleriyle ilgili üretici firma ile yapılan yazışmalarda 1 atmosferlik basınç altında yaklaşık 20mv'luk bir çıkış geriliminin olduğu ifade edilmiştir. Bu değer elbette algılayıcının kullanıldığı coğrafi konumun rakım seviyesi ile değişecektir. MPX2200 ile yapılan test ölçümlerinde ise algılayıcıya besleme gerilimi bağlandıktan sonra ölçülen başlangıç çıkış gerilim değerinin zamana bağlı olarak sürekli azaldığı gözlemlenmiştir. Sürekli beslemede kalan algılayıcının başlangıç çıkış geriliminin sabit olmaması ise analog sayısal dönüşümde hatalı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bu da ölçülen tansiyon değerlerinin yanlış olmasına neden olmaktadır. Bu olumsuzluğun aşılması için algılayıcıya yalnızca ölçüm sırasında besleme verilmiş ve işlem sona erdiğinde beslemesi kesilmiştir. Bu işlem mikro denetleyici tarafından kontrol edile bir röle ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca analog sayısal dönüşümde kullanılan başlangıç gerilimi için bir değer belirlenmiş. Mikro denetleyici algılayıcıdan gelen analog değeri sürekli kontrol etmekte ve algılayıcıya besleme gerilimi verildiği anda belirlenen değer üzerindeki gerilim azalarak başlangıç değerine ulaşıldığı anda kafı şişiren hava pompası çalıştırılmaktadır. Eviren yükselteç çıkışından elde edilen analog değerler mikro denetleyicinin A/D modülüne ait pine aktarılmakta ve 10 bit çözünürlükte sayısala dönüştürülmektedir. Şekil 5.4'de tasarlanan sisteme ilişkin blok diyagram verilmiştir. Sistemi kontrol eden mikro denetleyici programına ait akış şeması şekil 5.6'da görülmektedir.

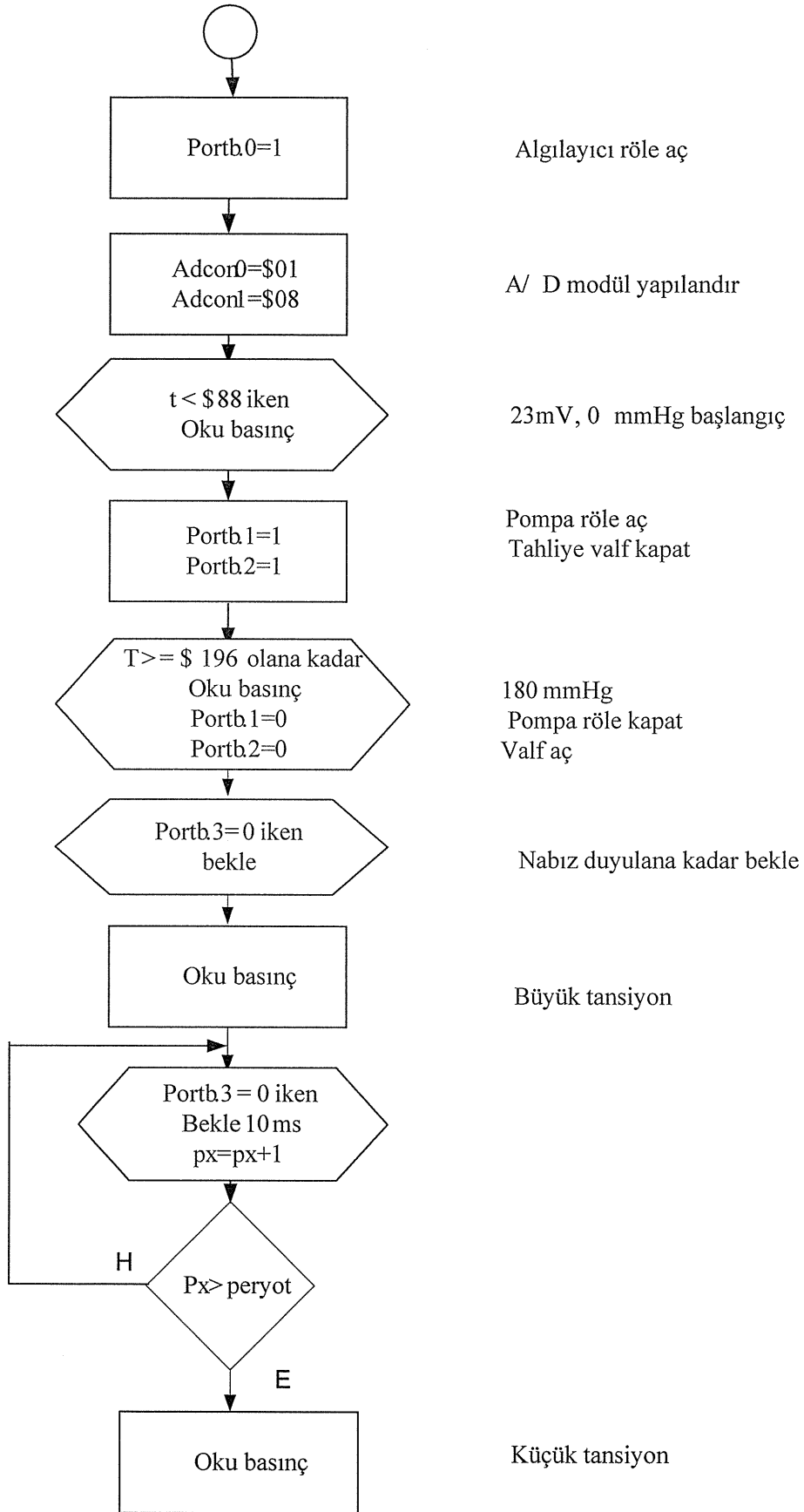


Şekil 5.4 Tansiyon ölçüm devresi blok diyagramı

Diferansiyel ve evirmeyen yükselteçlere ait kazanç değerleri bölüm 4'deki eşitlik 17 ve eşitlik 13'e göre hesaplanmıştır. Burada devre kazancını belirleyen yükselteç yapılarında kullanılan direnç değerleridir. Diferansiyel yükselteç devresi ve evirmeyen yükselteç devresine ait kazanç parametreleri sırasıyla 1 ve 101 değerindedir.



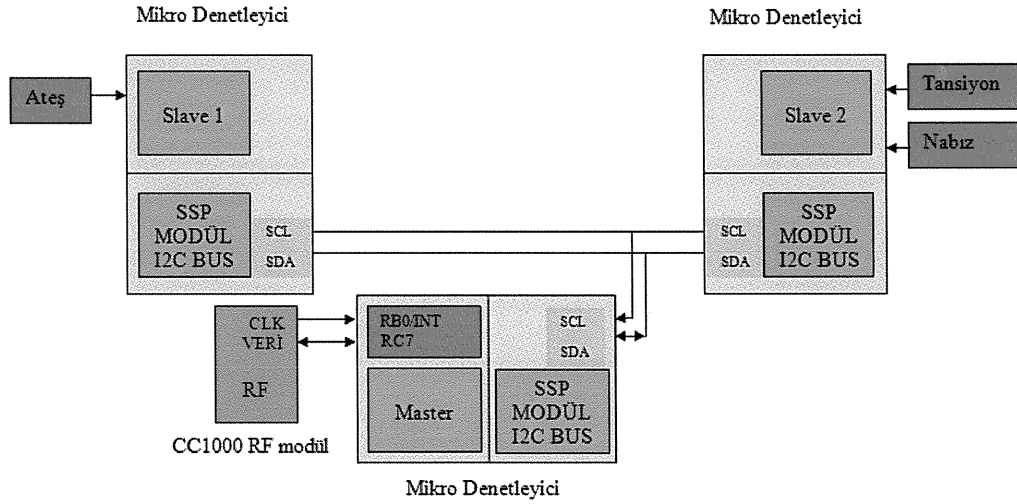
Şekil 5.5 Düzeneğin mekanik kısmı



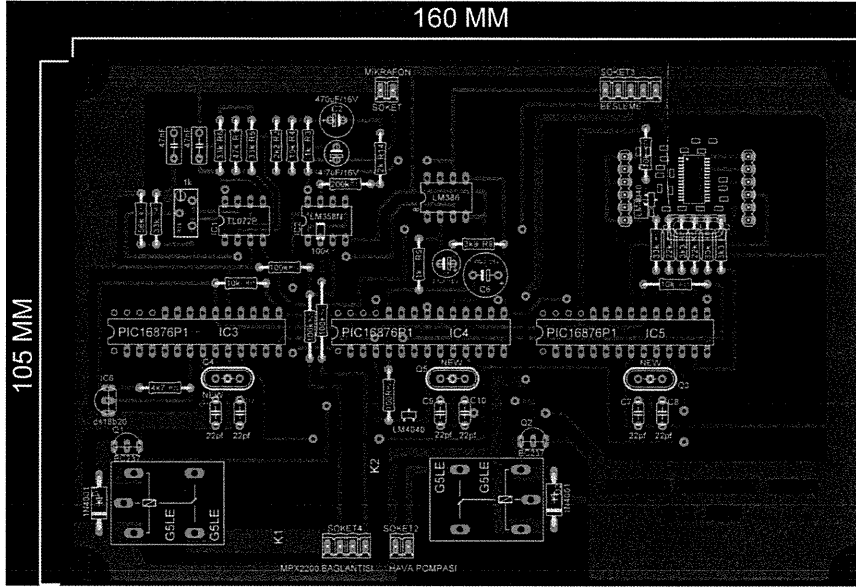
Şekil 5.6 Tansiyon ölçüm akış şeması

## 5.4 Kablosuz Algılayıcı Dügüm

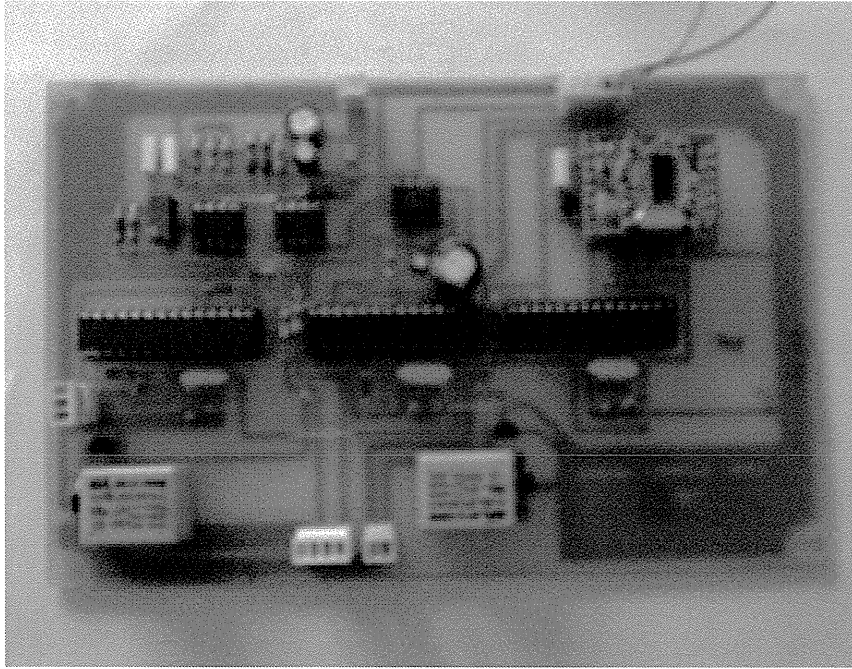
Vücut ateşi algılayan devre ile tansiyon ve nabız algılayan mikro denetleyici tabanlı devreler CC1000 RF modülü ile I2C standardında veri alış verişi yapmak üzere bir araya getirilerek kablosuz algılayıcı düğüm oluşturulmuştur. RF modüle bağlı mikro denetleyici I2C haberleşmede master üniteyi oluşturmaktadır. Master ünite hasta vücuduna bağlı mikro denetleyici tabanlı algılayıcı devrelerin oluşturduğu vücut alan ağındaki kablolu haberleşmeyi yöneten ünitedir. Master ünite adreslenen slave ünitelerden gelen verileri geliştirilen kablosuz veri alış veriş protokolüne göre CC1000 RF modül tarafından bilgisayara bağlı RF ünitesine aktarmaktadır. Vücut Alan Ağını oluşturan kablosuz algılayıcı düğümüne ilişkin yapının blok diyagramı şekil 5.7’de verilmiştir. Devreye ait PCB ve devre fotoğrafları şekil 5.8’de ve şekil 5.9’da verilmiştir.



Şekil 5.7 Kablosuz algılayıcı düğüm



Şekil 5.8 Kablosuz algılayıcı düğüm devre PCB görüntüsü



Şekil 5.9 Kablosuz algılayıcı düğüm devre fotoğrafı

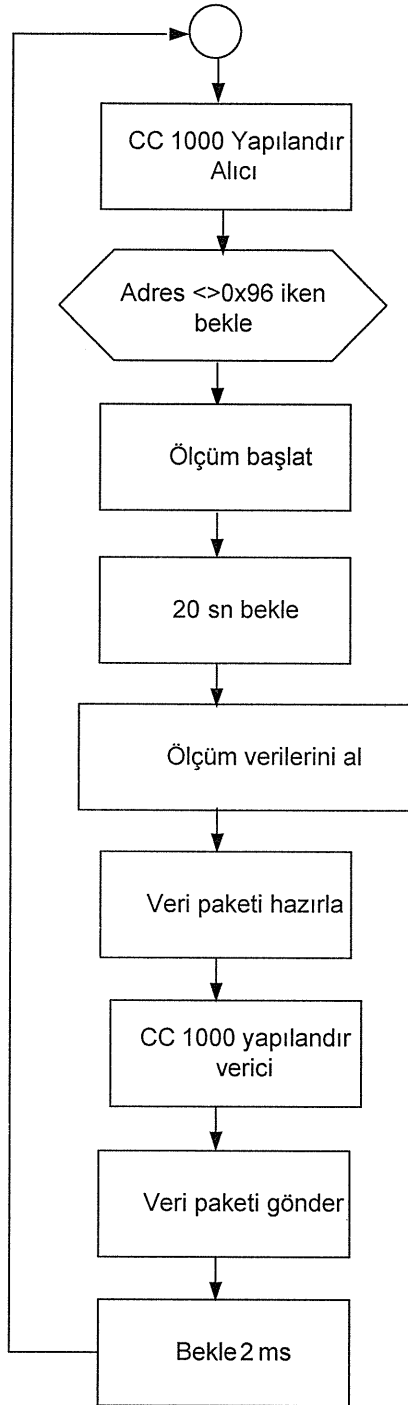
Kablosuz haberleşmede her bir master ünite için bir adres atanmıştır. Master mikro denetleyici tarafından programlanan RF modül başlangıçta alıcı olarak RF beklemekte ve bilgisayara bağlı RF ünitesi aracılığıyla gönderilen adres bilgisini kendi adres bilgisiyle sürekli karşılaştırmaktadır. Master ünite kendi adres bilgisini aldığı anda slave 1 ve slave 2'ye bir kontrol işareti göndererek yaşamsal

işaretlerin bu üniteler tarafından ölçümünü sağlamaktadır. Ölçümler bittiğinde ve yaşamsal işaretlere ilişkin veriler okunduğunda RF modülü verici olarak yapılandırılarak belirlenen veri paket yapısına uygun şekilde bilgisayara bağlı RF ünitesine göndermektedir. Şekil 5.10'da veri paket yapısı görülmektedir. Şekil 5.11'de geliştirilen kablosuz veri gönderme programına ait akış şeması verilmiştir.

30 byte preamble	1 byte nabız	1 byte b.tansiyon	1 byte k.tansiyon	1 byte ateş
------------------	--------------	-------------------	-------------------	-------------

Şekil 5.10 Veri paket yapısı





Şekil 5.11 Kablosuz veri gönderme akış şeması

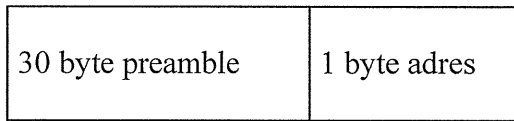
## 5.5 Bilgisayar Ünitesi

Tasarlanan sistemde kablosuz veri alış verişini bilgisayarın RS232 portuna bağlı mikro denetleyici tabanlı RF modül sağlamaktadır. Kablosuz haberleşme trafiğinin yönetilmesi ve hastalara ait yaşamsal işaretlerin bilgisayar ortamında takibi ise Visual Basic 6.0 görsel programlama dili ile geliştirilen yazılım

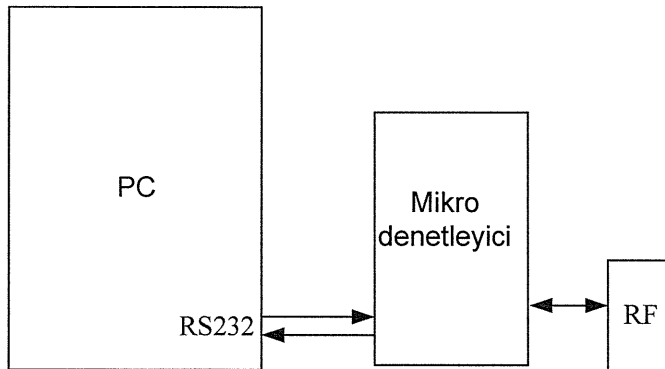
aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Programa ait ekran görüntüsü şekil 5.18’de verilmiştir. Visual Basic 6.0 seri port haberleşmesi için MSComm nesnesine sahiptir. MSComm nesnesi kullanılarak RS232 portu üzerinden bilgisayar ile çevre birimleri arasından asenkron seri iletişim standardında veri alış verişi yüksek performansta gerçekleştirilmiştir [20]. Bu işlem için tasarlanan devreye ait fotoğraf ve PCB fotoğrafı şekil 5.14’de ve şekil 5.15’de verilmiştir.

Yazılıma ait akış şeması şekil 5.17’de verilmiştir.

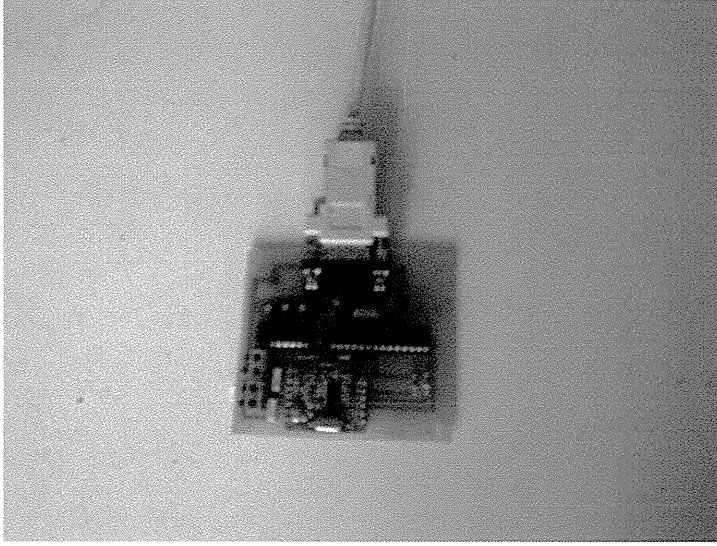
Hastalara ait yaşamsal işaretlerin takibi hasta vücuduna bağlı kablosuz algılayıcı düğüme ait master ünite adresinin geliştirilen bilgisayar yazılımı tarafından mikro denetleyiciye aktarılması ile başlamaktadır. Adres bilgisini alan mikro denetleyici kablosuz veri paketini oluşturduktan sonra RF üniteyi verici olarak yapılandırmakta ve kablosuz algılayıcı düğümlere bu veri paketini göndermektedir. Şekil 5.12’de verilen veri paketinin gönderilmesinden sonra RF modül alıcı olarak yapılandırılmaktadır. RF modül tarafından yaşamsal işaretleri içeren veri paketi alındıktan sonra mikro denetleyici tarafından yaşamsal işaretlere ait veriler ayrıştırılarak bilgisayar yazılımına aktarılmakta ve görsel olarak takibi yapılmaktadır. RF modülü kontrol eden mikro denetleyiciye ait yazılımın akış şeması şekil 5.16’da sistemin donanımsal yapısı ise blok diyagram olarak şekil 5.13’de verilmiştir.



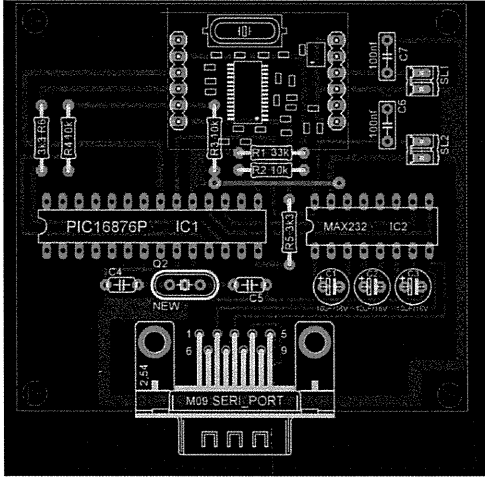
Şekil 5.12 Veri paket yapısı



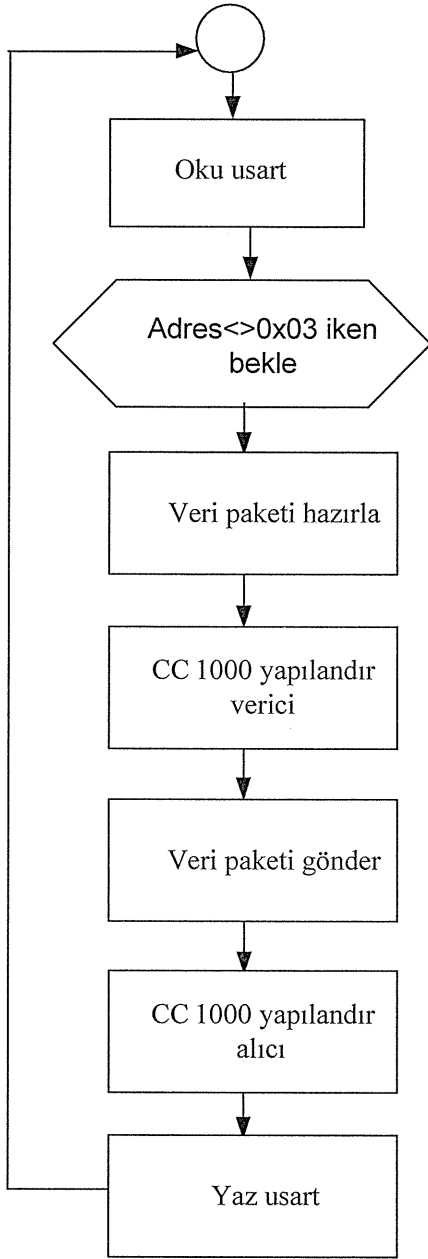
Şekil 5.13 Bilgisayar ünite blok diyagramı



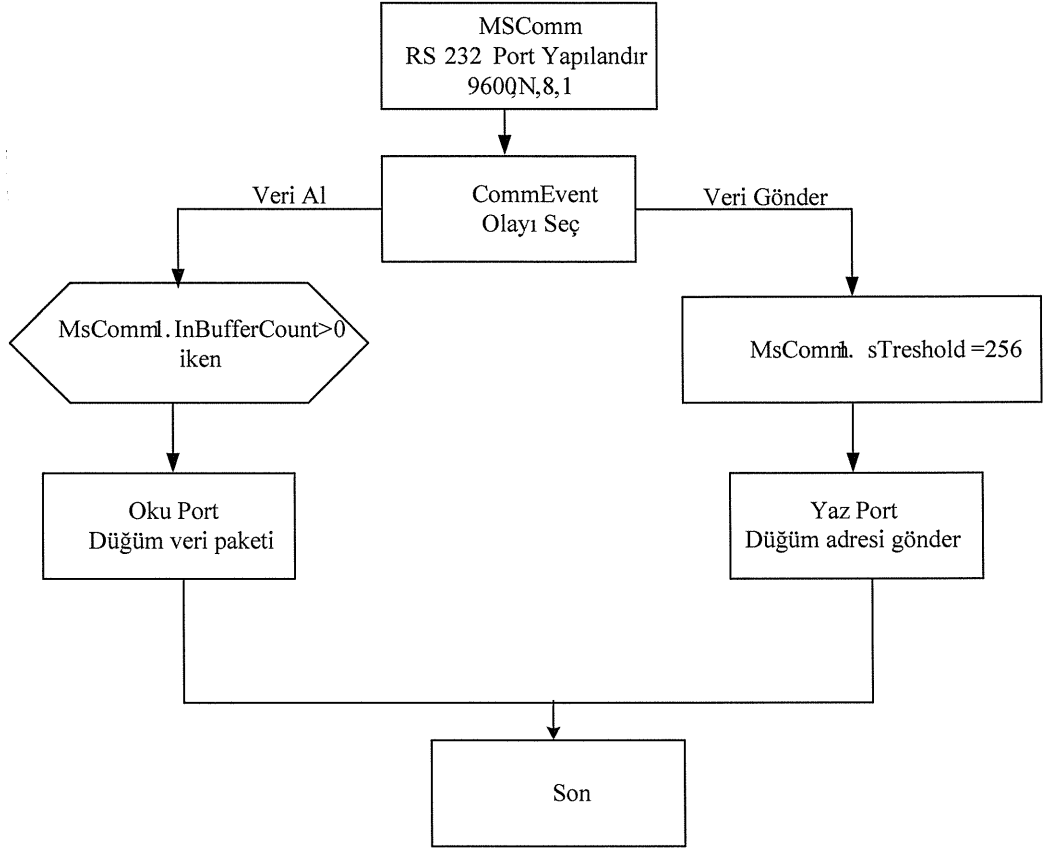
Şekil 5.14 RS232 kablosuz düğüm bağlantı fotoğrafı



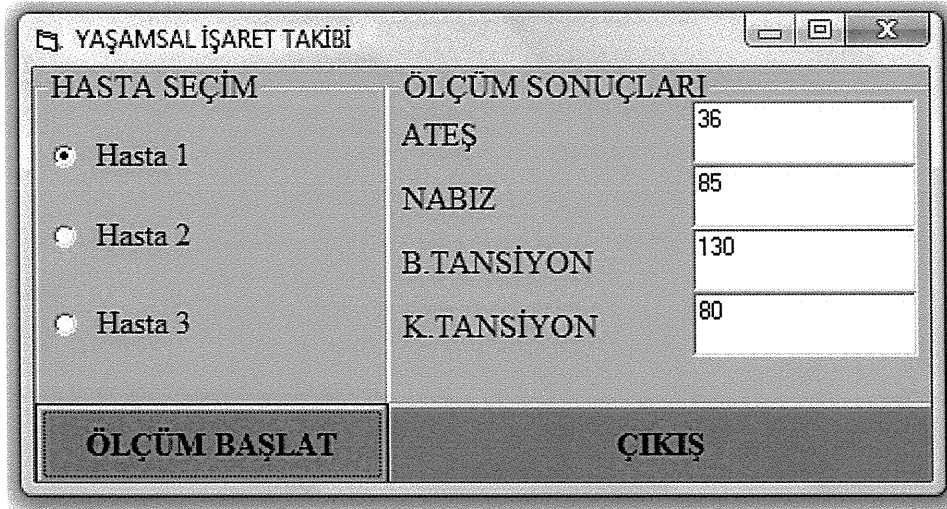
Şekil 5.15 Devre PCB fotoğrafı



Şekil 5.16 Mikro denetleyici yazılımı akış şeması



Şekil 5.17 Bilgisayar yazılımı akış şeması



Şekil 5.18 Bilgisayar yazılımı ekran görüntüsü

## 6. KABLOSUZ HABERLEŞME TESTİ

Geliştirilen kablosuz haberleşme yapısı ve veri doğruluğu sistemde kullanılan RF modüller ile test edilmiştir. Testte veri doğruluğu iletilen ve alınan sabit verilerin mikro denetleyicide karşılaştırılmasıyla gerçekleşmekte karşılaştırma sonucu mikro denetleyicinin I/O pinlerinin alacağı sayısal değerlerle gözlenmektedir. Burada sabit verileri, tasarlanan veri paketleri içerisindeki kablosuz algılayıcı dğđm adresi ve yaşamsal işaretler için kullanılan 4 byte'lık veri oluşturmaktadır. Testte RF modüllerin yapılandırılması için kullanılan değerler geliştirilen sistemin kullandığı değerlerle aynıdır. Geliştirilen sistem hastane ortamında kullanılmak üzere olduğu için test kapalı alanda gerçekleştirilmiştir. Mesafe olarak modüllerin bir birleri arasındaki duvar sayıları ölçü alınmıştır.

Test işleminin başlangıcında RF modüllerden biri verici olarak diğer alıcı olarak yapılandırılmıştır. Verici olarak yapılandırılan modülü kontrol eden mikro denetleyici 30 byte'lık preamble ardından 1 byte'lık adres bilgisini içeren veri paketini göndermekte ve modülü alıcı olarak yapılandırmaktadır. Alıcı olarak yapılandırılan modülü kontrol eden mikro denetleyici gelen veri paketi içerisindeki preamble verilerini ayırdıktan sonra 1 byte'lık adres verisini kontrol etmekte eğer kendine atanan adres değerleriyle aynı veri ise modülü verici duruma geçirmekte ve 30 byte'lık preamble ardından 4 byte'lık veri içeren paketini göndermektedir. Alıcı duruma geçen modülü kontrol eden denetleyici preamble verisini veri paketi içerisinden ayırdıktan sonra gelen 4 byte'lık veriyi test amaçlı belirlenen sabit 4 byte'lık verinin her bir byte'ı ile karşılaştırmakta her doğru byte için mikro denetleyicinin farklı bir pinine sayısal 1 göndermektedir.

Test sonucunda modüller arasındaki 3 duvar mesafesine kadar kablosuz haberleşmenin hatasız olarak çalıştığı gözlemlenmiştir. Mesafe 4 duvar olduğunda bazı verilerde hata gözlemlenmiş, 5 duvar mesafesinde ise doğru veri iletimi gerçekleşmemiştir.

Test sonucunda elde edilen sonuçlar izelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Kablosuz haberleşme test sonuçları

Mesafe Duvar	Modül Durum		Adres Doğrulama Modül 2	Modül Durum Değişirme		Modül 1 Veri Doğrulama
	Modül 1	Modül 2		Modül 1	Modül 2	
1	Verici	Alıcı	Hata Yok	Alıcı	Verici	Hata Yok
				Hata Yok		
2	Verici	Alıcı	Hata Yok	Alıcı	Verici	Hata Yok
				Hata Yok		
3	Verici	Alıcı	Hata Yok	Alıcı	Verici	Hata Yok
				Hata Yok		
4	Verici	Alıcı	Nadiren Hata Var	Alıcı	Verici	Nadiren Hata Var
				Nadiren Hata Var		
5	Verici	Alıcı	Hata Var	Alıcı	Verici	Hata Var
				Hata Var		

## 7. SONUÇ

Bu çalışmada insan vücuduna ait nabız, ateş ve tansiyon gibi yaşamsal işaretleri algılayan mikro denetleyici tabanlı algılayıcı devreleri tasarlanmıştır. Tansiyon ölçümü için kullanılan dinleme yönteminde kol hareketine bağlı olarak oluşan bir takım sesler ölçüm sonucunu etkilemiştir. Ölçüm yönteminin değiştirilmesi ve daha hassas filtre yapılarının tasarlanması bu olumsuzluğun giderilmesi için bir çözüm olabilir.

Yaşamsal işaretlerin algılanması için düğüm içerisinde I2C standardında bir biriyle haberleşen mikro denetleyici tabanlı bir kablolu ağ yapısı da oluşturulmuştur. Bu sayede EKG ölçümü yapacak tasarımların da düğüm içerisine eklenmesi son derece kolay olacaktır.

Kablosuz haberleşme için kullanılan RF modüllerin besleme voltajının çok kararlı olması gerekmektedir. Modüllerin yapılandırması sırasında voltajdaki küçük değişikliklerin işlemi olumsuz olarak sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle daha kararlı çalışan voltaj regülâtörlerinin kullanılması sistem kararlılığını olumlu yönde etkileyecektir.

Tasarlanan devrelerin daha profesyonel ortamlarda çok katmanlı olarak üretilmesi kablosuz algılayıcı düğüme ait devre boyutlarının küçülmesine olanak sağlayacaktır.

Geliştirilen bilgisayar programının amacı haberleşme trafiğini yönetmek ve verilerin bilgisayar ortamında takibini yapmak olduğundan programın görselliği üzerinde durulmamıştır. Ticari bir uygulamanın söz konusu olması halinde program hastalara ait verilerin ölçüm zamanlarıyla birlikte bir veri tabanına aktarılabilmesi gibi hem daha işlevsel hem de görsellik açısından daha iyi bir yapıya getirilmesi mümkündür.

Geliştirilen bu sistem sadece bir hemşire veya hekimin hastane ortamında kablosuz algılayıcı ağa dâhil olan pek çok hastaya ait yaşamsal işaretleri hastalar farklı katlarda olsa dahi istediği zaman ölçebilmesine ve bir bilgisayar ekranından takibini yapabilmesine olanak sağlamaktadır. Sistem, günümüzde sağlık sektöründe çalışan hemşire ve hekimlerin iş yoğunluğunun azaltılması konusuna bir çözüm sağlayabilecektir.



## KAYNAKLAR

1. Kurban,R. (2006). Kablosuz Taşınabilir Uzaktan İzleme sistemi.Y.Lisans Tezi.
2. Tunçkanat, M., Ayen, A., Aslantaş, V., Karaboğa, D., Sağıroğlu, Ş., Afet.( 22-25 EYLÜL 2005). kriz yönetimi ve ulusal afet ağı Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği, 11. ULUSAL KONGRESİ ve FUARI, Şişli – İSTANBUL.
3. Yazgan,E.,Korurek,M.(Ekim 1995) “Biyolojik işaretlerin oluşumu ve algılama yöntemleri” İstanbul.
4. J.Allen, A.Murray (1997 )“Time-Frequency Analysis Of Korotkoff Sounds” The Institution of Electrical Engineers, IEEE).
5. Chipcon AS.( Şubat 2003). CC1000PP User Manual ( Rev. 1.22 ).
6. Chipcon AS.( Ağustos 2005). CC1000 Data Sheet ( Rev. 2.3 ).
7. Chipcon AS.( Ekim 2005). AN009 CC1000 Microcontroller Interfacing,( Rev. 3.0 ).
8. Microchip.( 2001) .PIC 16F87X DataSheet.
9. Matoušek, T. ,( January 2000). I2C bus Inter Integrated Circuits bus by Philips Semiconductors. The I2C Bus Specification, version 2.1 <http://www.semiconductors.philips.com/buses/i2c>
10. Dallas Semiconductor Maxim.(2008). DS18B20 Programmable Resolution1-Wire Digital Thermometer.
11. National Semiconductor.(2000). LM386 Low Voltage Audio Power Amplifier.
12. Freescale Semiconductor. (10/2008). 200 kPa On-Chip Temperature Compensated Silicon Pressure Sensors.
13. Texas Instruments.( 1996) TL072 Low-Noise Jfet-Input Operational Amplifiers.
14. Fairchild Semiconductor.(2002) LM358 Dual Operational Amplifier.
15. Texas Instruments.(2004). MAX232 Dual EIA-232 Driver/Receiver.
16. Kugelstadt,T (2008).Texas Instruments Active Filter Design Techniques.
17. Gray,P.,Hurst,P.,Lewis,S.,Meyer,R.(2001). Analysis and Design of Analog Integrated Circuits.

18. Bowling,S.(2000). Microchip Technology Incorporated,Using the PICmicro® SSP for Slave I2C Communication.
19. Dokovsky,N. Halteren, A.,Widya,I. (2003). BANip: Enabling remote healthcare monitoring with Body Area Networks, University of Twente.
20. Axelson,J. (2000). Serial Port Complete.

## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel bilgiler

Adı Soyadı Volkan Göreke  
Doğum Yeri ve Tarihi Sivas, 27/04/1976  
Medeni Hali Bekar  
Yabancı Dil İngilizce  
İletişim Adresi Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas MYO  
E-posta Adresi [vgoreke@cumhuriyet.edu.tr](mailto:vgoreke@cumhuriyet.edu.tr)

### Eğitim ve Akademik Durumu

Lise Sivas Lisesi, 1993  
Lisans Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Elektronik  
Mühendisliği 1998  
Yüksek Lisans Cumhuriyet Üniversitesi, 2011

### İş Tecrübesi

Cumhuriyet Üniversitesi Öğretim Görevlisi, 2002-