

# KABLOSUZ EKG VE PULSE OKSİMETRE UYGULAMASI SİSTEM TASARIMI

Sevgi Nur Bilgin<sup>1</sup> ve Ali Yılmaz Çamurcu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Biyomedikal Mühendisliği Bölümü

<sup>2</sup>Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi - Mühendislik Fakültesi - Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

34445 Beyoğlu, İstanbul, [sevginur.bilgin@stu.fsm.edu.tr](mailto:sevginur.bilgin@stu.fsm.edu.tr), [ycamurcu@fsm.edu.tr](mailto:ycamurcu@fsm.edu.tr)

## Özetçe

Hastalık teşhislerinde biyolojik sinyallerinin hızlı ve doğru ölçümünün önemi büyüktür. Günümüzde ölçümler yapılırken kablolu bağlantıdan oluşan karmaşanın giderilmesi sebebiyle kablosuz vücut ağları ile sağlık alanında çalışmalar yapılmaktadır. Yapılan çalışmalarda medikal cihazlar arasındaki iletişim kablolu olmaktan çıkıp daha ergonomik şekilde kullanılabilir hale gelmiştir[1]. Bu çalışmanın amacı Telsiz Vücut Ağları Uygulamaları (Body Area Networks) ile vücutta yerleştirilecek çeşitli sensörlerin (Elektrokardiyografi(Ekg), pulse oksimetre, sıcaklık) bir ağ içerisinde çalıştırılmasıdır. Bu çalışma ile birlikte giyilebilir teknoloji yardımıyla ölçüm yapılırken hasta kişi yatağa bağlı olmaktan veyahut sürekli hastaneye gitmekten kurtulacak olup normal yaşamsal faaliyetlerine devam edecektir. Projede Ekg çıktısı, sıcaklık, kan saturasyonu ve kalp atım sayısı elde edilmiştir ve bu çıktılar bluetooth modülü ile eş zamanlı olarak telefona gönderilmiştir. Bu amaçla Lilypad, HC05 bluetooth modülü, Ftdi kart, MAX30100 pulse oksimetre sensörü, Lilypad sıcaklık sensörü kullanılmıştır.

## 1. Giriş

Giyilebilir teknolojiler günümüzde pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Acil servisler, arama kurtarma, eğlence, tıp, evde bakım, doğal afet ve yardım alanları giyilebilir teknolojilerin yararlandığı sektörlerdendir. Giyilebilir teknolojilerden kullanım kolaylığı sebebiyle sağlık alanında çoğu biyolojik verilerin ölçümünde kullanılmaktadır[2].

Tıp alanında giyilebilir teknolojiler ile kablosuz vücut ağları kullanılarak medikal alanda cihaz tasarımları yapılmaktadır. Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) vücut üzerine yerleştirilen ve etrafında bulunan sistemlerle haberleşebilen cihazlardır. Sürekli haberleşmeyi sağlayan bu cihazlar hastanın anlık izlenmesini sağlar [3]. Yatağa bağlı hastalarda ölçüm kolaylığı sağlayan bu yöntem kablolar sayesinde oluşabilecek enfeksiyonları da önler. KVAA sistem dizaynında kullanılan yapıların ucuz, enerji tüketimi az, diğer yapılarla kolaylıkla iletişim halinde olabilmesi gerekmektedir. Biyolojik sensörler bluetooth bağlantısı ile dışarıdan enerjisi sağlanması koşuluyla işlemci ve biyolojik sistem arasında veri iletimini sağlar [4,5].

Medikal alanda sürekli olarak biyolojik veri aktarımı tele-sağlık projeleri ile günümüzde adını sıkça duyuran

sistemler olarak ele alınmaktadır. Giyilebilir teknolojiler kullanım kolaylığı sebebiyle çoğu alanda kullanılmaktadır. Kablosuz vücut ağları ile insan vücudu ile elektronik cihazlar arasında veri transferi yapılması genel olarak amaçlanmıştır. Bu sistemlerin ilk aşaması biyolojik sinyallerin vücuttan alınmasıdır. Sinyallerin vücuttan alınıp iletilmesini sensörler sağlamaktadır. Sensörler vücut içerisindeki elektro-kimyasal değişimleri algılar ve buna bağlı olarak elektriksel bir çıktı oluşturur. Bu sensörler hedef yapı ve yerleştirilecek yer bakımından çeşitlilik gösterirler. Ekg ölçümlerinde, elektrot ve vücut arasındaki kapasitif etkiyi kaldırmak ve vücut direncini azaltmak için jeller kullanılır. Böylelikle daha az gürültü içeren sonuçlar elde edilir. Elde edilen analog sinyaller elektronik devrelerle beraber işlenerek, yükseltme, izolasyon ve filtreleme benzeri işlemler yapılır.

Bildiri kapsamında çalışılan Ekg verilerinin anlık olarak görüntülenmesi, kalp rahatsızlığı olan hastalar için büyük önem arz etmektedir. Kardiyovasküler hastalıklar dünya genelinde yaygın olarak ölüme sebebiyet verirler Türkiye’de kalp hastalıklarına bağlı olan ölümler, toplam ölümlerin %45’ini oluşturur [6]. Kardiyovasküler sistemde oluşan herhangi bir hastalıkta zaman çok önemlidir. Hastada oluşan anomaliler hızla belirlenmeli ve sağlık çalışanlarına iletilmelidir. Bu sebeple sürekli zamanlı yapılan Ekg çekimlerinin kardiyovasküler sistemde sıkıntısı olan, kalp rahatsızlığı olan hastalarda hayati önem teşkil etmektedir.

Bu tür medikal çalışmalara örnek olarak KTÜ (Karadeniz Teknik Üniversitesi) ile ortaklaşa yapılan TEYDEB (1003) “Giyilebilir Ağlar ve Uzaktan Hasta Takip Sistemi” projesiyle hastalar üzerinden kaydedilen Ekg, SPO2(kan saturasyonu), ısı ve tansiyon işaretlerinin kablosuz vücut alan ağları ile aktarımı ve kablosuz ekg sistem tasarımı başarılı birer örneğidir[7,8].Teknolojinin giderek gelişmesiyle birlikte bu çalışmalar hız kazanmıştır, fakat ne yazıkki maliyet ve gerekli altyapı sebebiyle bu tür uygulamalar büyük kitleler üzerinde kullanılamamış, gerçekleştirilememiştir.

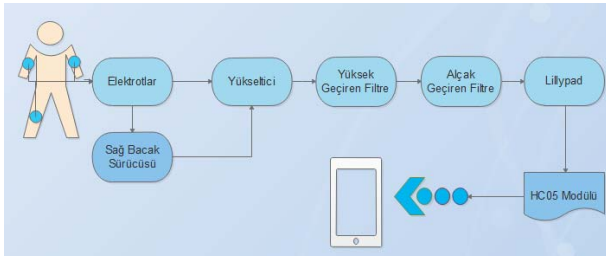
Gerçekleştirilen bu çalışmada, Ekg grafiği, kalp atım sayısı, vücut sıcaklık ve SpO<sub>2</sub> parametreleri eş zamanlı olarak izlenmiştir. HC-05 bluetooth modülü yardımıyla iletilen veriler mobil cihaz yardımıyla gözlemlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

Ekg kalbin elektriksel aktivitesinin görüntülenme işlemine denilmektedir. Vücut üzerinde farklı derivasyonlardan ölçülen Ekg sinyali, gerilim farkından meydana gelir. Proje yazılım ve donanım olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Donanım kısmında Ekg devresi tasarlanmıştır, yazılım kısmında ise Lilypad Hc05 modülü iletişimi kurulup, bluetooth ile mobil veri akışı sağlanmıştır. Çalışma sırasında planlanan aşamalar:

1. Vücuttan alınan ekg sinyallerinin elektrodlar sayesinde alınması,
2. Alınan bu biyolojik sinyallerin yükseltilmesi, filtrelenmesi,
3. Filtrelenen analog sinyalin dijital hale çevrilmesi,
4. Dijital sinyalin işlemci sayesinde belirli frekanslarla okunması ve grafiksel olarak görüntülenmesi,
5. MAX30100 ve Lilypad sıcaklık sensörünün arduino yardımıyla kodlanması,
6. Görüntülenen sinyallerin cep telefonunda izlenmesidir.

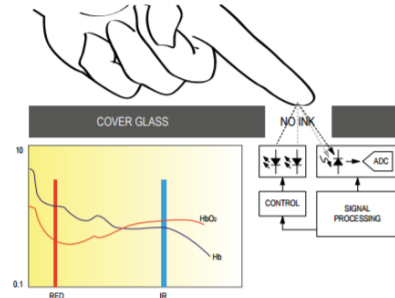
Ekg için proje blok diyagramı Şekil 1'de görüldüğü üzeredir.



Şekil 1. Giyilebilir ekg sistemi blok diyagramı

Sistem tasarımına öncelikli olarak ekg kart dizaynı ile başlanılmıştır. Ekg devresi sırasıyla sağ bacak sürücüsü, yükseltici, yüksek geçiren filtre ve alçak geçiren filtreden oluşmaktadır.

Kandaki oksijen miktarının ölçümünü yapan alete pulse oksimetre denir. Kanın rengi içerisinde taşımış olduğu oksijen miktarına göre değişir. Kanın bu özelliğine bağlı olarak SpO<sub>2</sub> ölçümü yapılır ve buna bağlı olarak nabız ölçümü yapılmıştır. Cihaz fototransistör ve kızılötesi ışık yayan bir ledten oluşmaktadır. Parmağa takılan prob sayesinde sensöre ulaşan ışın miktarına bağlı olarak SpO<sub>2</sub> değeri ölçülür [9]. Çalışmada sensör olarak MAX30100 kullanılmıştır. Şekil 2'de MAX30100 sensörünün çalışma prensibi görülmektedir.

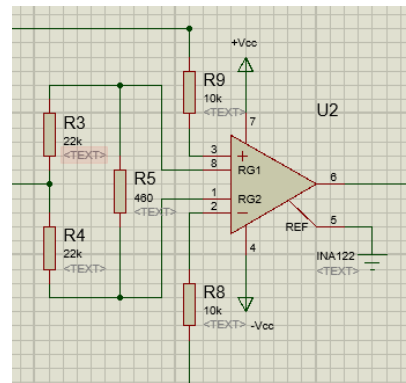


Şekil 2. MAX30100 çalışma sistemi blok diyagramı[10]

Vücut sıcaklığı ölçümü içinse Lilypad vücut sıcaklığı sensörü kullanılmıştır.

### 2.1. Elektronik Devre

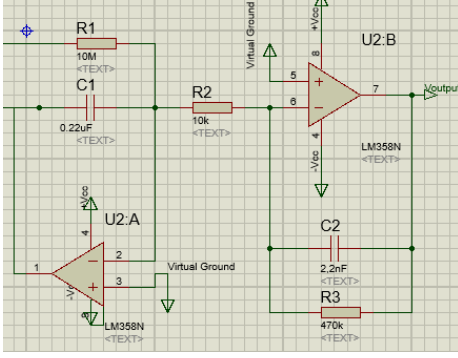
Giyilebilir ekg devresinde tek gerilim beslemeli(single supply), düşük güç tüketimli enstrumantasyon yükseltici (Micropower Instrumentation Amplifier) olan INA 122 kullanılmıştır. Elektronik devre tasarımı proteus devre tasarım programı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 3'te devrede kullanılmış olan yükseltici devresi görülmektedir. Kullanılma sebepleri boyutunun küçük olması, CMRR(Ortak İşaret Bastırma Oranı/ Common Mode Rejection Ratio) oranının ayarlanabilir olmasıdır. Taşınabilir sisteme uygun olmasından dolayıdır. Vücuttan alınan sinyalimiz düşük genlikte olduğu için devrede sinyalimizi yükseltmeye yardımcı olur. Sinyal yükseltirilip lilypadin algılayabileceği sınır değerlere ulaştırılır. Elde edilen sinyalden alçak ve yüksek geçiren filtre yardımıyla gürültüler arındırıldı.



Şekil 3. Yükseltici devresi ısıs görünümü

Yükseltici kazancı  $G = 5 + \frac{200k\Omega}{R_g}$  olarak hesaplanır.

Filtre tasarımı için ise, işlemsel yükselteç olan LM358 kullanılmıştır ve içerisinde iki adet işlemsel kuvvetlendirici bulunduran bu entegre yer tasarrufu sağlamıştır. Devre tasarımı Şekil 3'te görüldüğü üzeredir.



Şekil 4. Filtrelerin Isis görünümü

## 2.2. Yazılım

Projenin elektronik devre sonucu elde edilen analog veriler Lilypad'ın analog girişi yardımıyla işleme konulmuştur. Lilypad sistemde analog veriyi alır ve onu dijitalize ederek bilgisayara aktarır. Altı analog girişi bulunmakta ve ayrıca giyilebilir olması sebebiyle projede kullanılmaya karar verilmiştir. Lilypad özellikleri aşağıda verilen Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Lilypad teknik özellikleri

Mikroişlemci	Atmega168
Çıkış Gerilimi	2.7-5.5V(Volt)
Giriş Gerilimi	2.7-5.5V(Volt)
Digital Giriş-Çıkış Pinleri	14
PWM Kanal Sayısı	6
Analog Giriş Kanal Sayısı	6
Flash Hafıza	16kB(kilobayt)
EEPROM	512 bayt

Lilypad analog girişine elektronik devrenin çıkışı bağlanmıştır. Arduino'da bluetooth ile iletişim haline geçebilmek için gerekli kodlamalar yapıp verinin bluetoothla iletilmesi sağlanmıştır. Bu iletim sırasında HC05 bluetooth modülü kullanılmıştır.

Bluetooth kısa mesafeli haberleşmeler için geliştirilmiş, 2,4 – 2,48 GHz(Giga Hertz) ISM(Endüstriyel Medikal Cihaz Bandı) bandını kullanan bir haberleşme protokolüdür. Mesafe yaklaşık 20 metre olarak belirlenmiştir. Çalışmada HC05 bluetooth modülü kullanılmıştır. HC05 hem yönetici hem de köle modunda çalışabilir. Bluetooth modülünün üzerinde VCC(besleme), GND(toprak), Rx(alıcı) ve Tx(verici) olmak üzere dört adet pin bulunmaktadır. Arduino tarafından yollanan komutlar Bluetooth modülü tarafından alınabilmesi için, Arduino'nun Tx pini Bluetooth modülünün Rx ayağına takılması gerekmektedir [11].

## HC-05 Bluetooth Modülü Özellikleri:

- 2,4 GHz haberleşme frekansı (ISM)

- Hassasiyet:  $\leq -80$  dBm(Desibel miliwatt)
- Çıkış gücü:  $\leq +4$  dBm
- Asenkron hız: 2,1 MBps(Saniye başına Megabit) / 160 KBps
- Senkron hız: 1 MBps / 1 MBps
- Çalışma gerilimi: 1,8 - 3,6 V (Önerilen 3,3 V)
- Akım: 50 mA
- Kimlik doğrulama ve şifrelemedir [11].

Ekg devre çıkışı olarak alınan analog voltaj değeri ve MAX30100 ve lilypad sıcaklık sensörü çıktıları analog giriş olarak arduinoya iletilmiş kodlanmıştır. Rx ve Tx pinleri kullanılarak bluetooth modülü ile iletilmiştir. Bluetoothtan alınan veriler android studioda graphview ve bluetooth kütüphaneleri kullanılarak işlenip ekg verileri dalga şekline dönüştürülmüştür. Kalp atım sayısı, SpO<sub>2</sub> ve sıcaklık değerleri arayüzde anlık olarak görüntülenmiştir.

## 3. Sonuçlar ve Değerlendirme

Gerçekleştirilen bu çalışmada hastaları hastanelerde meydana gelen kablo karmaşasında kurtarmak, yaşamsal faaliyetlerini rahatça yerine getirebilir hale getirmek ve yatalak hastaların evlerinde hastaneye gitmeden ekg görüntülerinin, SpO<sub>2</sub>, vücut sıcaklığı ve kalp atım parametrelerinin bluetooth yardımıyla android bir cihaza iletilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla elektronik kart tasarımı ve android yazılımı yapılmıştır (Şekil 5).

Sisteme ek olarak çeşitli biyolojik sensörlerle biyolojik ölçümler yapıp tek bir ortamda toplanabilir. İleriki çalışmalarda sisteme uzaktan da erişim sağlanması üzerine çalışılabilir.



Şekil 5. Pcb(baskılı devre) dizaynı yapılmış ekg devresi görünümü ve analog uygulama çıkışı

## KAYNAKLAR

- [1] Barnes, K., "Health wearables: Early days", PwC Health Research Institute Report.,2014.
- [2] Chan, M., Esteve, D., Fourniols, J. Y., Escriba, C., Campo, E., "Smart wearable systems: Current status and future challenges". Artificial intelligence in medicine.137-156, 2012.
- [3] A. Sevin, A. Akgül, M. Çakıroğlu," Kablosuz vücut alan ağlarında ortam erişim protokolleri",2013.
- [4] T.Tuncer," Kablosuz Vücut Alan Ağlarında Rf Ve Rf Dışı İletişim",2014.
- [5] M. M. Baig, H. Gholamhosseini, M. J. Connolly, "A comprehensive survey of wearable and wireless ECG monitoring systems for older adults", doi 10.1007/s11517-012-1021-6.
- [6] Z. Liu, X. Liu , "Progress on Fabric Electrodes Used in ECG Signals Monitoring" ,2015.
- [7]<http://www.anketek.com.tr/goster.php?id=365>  
Accessed:07.01.2017 .
- [8] K. Kaya, "Kablosuz Ekg Sistem Tasarımı",2010,26-38.
- [9] S.Bozkurt," Designing A Chest Pulse Oximeter To Measure Blood Oxygen Level",2015.
- [10]<http://www.alldatasheet.com/datasheetpdf/pdf/879178/MAXIM/MAX30100.html>  
Accessed: 13.03.2017 .
- [11]<https://gelecegiyazanlar.turkcell.com.tr/konu/arduino-egitim/arduino-201/bluetooth-ile-iletisim>  
Accessed: 13.01.2017.