

# Raspberry-Pi ile EKG Sinyallerinin Gerçek Zamanlı İzlenmesi

## Real Time Monitoring the ECG Signals using Raspberry-Pi

Özkan Kafadar<sup>1</sup>, Adnan Sondaş<sup>2</sup>

1. Bilgisayar Programcılığı Bölümü,  
Kocaeli Üniversitesi  
okafadar@kocaeli.edu.tr

2. Bilişim Sistemleri Mühendisliği Bölümü,  
Kocaeli Üniversitesi  
asondas@kocaeli.edu.tr

### Özetçe

*Bu çalışmada, hastanın elektrokardiyografisinin (EKG) izlenebileceği portatif bir EKG cihazı tanıtılmıştır. Elektronik donanım; Raspberry Pi, ön yükseltici, alçak ve yüksek geçişli filtreler, kazanç ünitesi, DC seviye kaydırıcı ve analog-dijital dönüştürücü devrelerinden oluşmaktadır. Deri yüzeyine yapıştırılan elektrotlar ile elde edilen EKG sinyali öncelikle INA128P operasyonel yükselteci kullanılarak yükseltilmekte, daha sonrada sırasıyla sinyal filtrelenmekte, kazanç uygulanmakta ve DC ofset eklenmektedir. Elde edilen analog sinyalin, dijital hale dönüştürülmesi için MCP3208 ADC entegrasyonu kullanılmaktadır. Bu sayede, EKG sinyali 12 bitlik dijital işarete dönüştürülerek Raspberry-Pi'nin GPIO portuna gönderilmiştir. Python dili kullanılarak geliştirilen bir yazılım sayesinde de elde edilen EKG sinyali gerçek zamanlı olarak görüntülenmektedir.*

### Abstract

*In this study, a portable ECG device was introduced to monitor the patient's electrocardiogram (ECG). Electronic hardware consists of Raspberry Pi and signal processing circuit. The signal processing circuit consists of preamplifier, low-pass and high pass filters, gain unit, DC level shifter and analog-digital converter circuits. ECG signal is obtained by the electrodes which attached to the skin surface was amplified by the INA128P operational amplifier. Then, the signal was filtered, amplified and added DC offset, respectively. MCP3208 was used to convert the result signal from analog to digital. By this way, ECG signal was converted to 12-bit digital signal and sent to the GPIO port of the Raspberry-Pi. ECG signal was shown at the portable device's screen via a developed software using the Python language.*

### Giriş

Nüfusun artması ile sağlık hizmetlerinde yaşanan sıkıntılar, ülkelerin büyük problemi haline gelmiştir. Hastanelerdeki yatak sayısının yetersiz kalması veya insanların sağlık problemlerini önemsemedikleri için kontrole gitmemeleri çok fazla yaşanır olmuştur [1]. Günümüzde insanlar, kontrole gitmek yerine, portatif ve kullanımı kolay olan cihazlar kullanarak kendi sağlıklarını izlemeyi tercih etmektedirler. Bundan dolayı medikal firmaları da; bütün insanların rahatlıkla kullanabileceği tansiyon aleti, şeker ölçme aleti, vb. cihazları üretmeye başlamışlardır. Böylece ufak bir tansiyon ölçme işlemi için dahi sağlık birimlerine gitme problemi çözülmüş ve sağlık birimlerinin işi dolaylı da olsa azaltılmıştır.

Sağlık sektöründe en çok rastlanan problemlerden birisi de koroner kalp rahatsızlıklarıdır. Dünya genelindeki ölüm sebepleri arasında ilk sıralarda yer alan koroner kalp rahatsızlıklarının teşhis edilebilmesinde EKG sinyallerinin izlenmesi çok önemli bir role sahiptir. EKG sinyalleri kalp atımları sırasında kalp kasları tarafından üretilen ve kalbin elektriksel aktivitesini gösteren biyolojik işaretlerdir. Sinyallerin genlikleri, süreleri ve frekansları (tekrarlama sıklıkları) kalbin fizyolojik durumu ve tedavi yöntemi hakkında bilgi verebilmektedir [2]. Bu nedenle EKG sinyallerinin işlenmesi, saklanması ve iletilmesi çağdaş klinik uygulamalarında büyük önem taşımaktadır.

Elektrokardiyograf cihazı ise kalp aktivitesi sonucunda deri yüzeyinde oluşan 1-4 mV seviyelerindeki elektriksel sinyali algılayarak ekranda gösteren bir aygittir [1, 2]. Bu bildiride, hastaların günlük yaşam içerisindeki aktivitelerini bozmadan EKG sinyallerini izlemeye imkan sağlayan prototipin geliştirilmesi anlatılmaktadır.

Bildiride, öncelikle cilt yüzeyinden ölçülen çok düşük gerilim değerindeki EKG işaretlerinin yükseltilmesi ve işlenmesi için tasarlanan yükselteçlerin ve süzgeç devrelerinin uygulanması açıklanmıştır. Daha sonra da sinyalin ekranda görüntülenmesi için Python dilinde yazılmış olan programın kodları verilmiştir.

## 1. Tasarım ve Uygulama

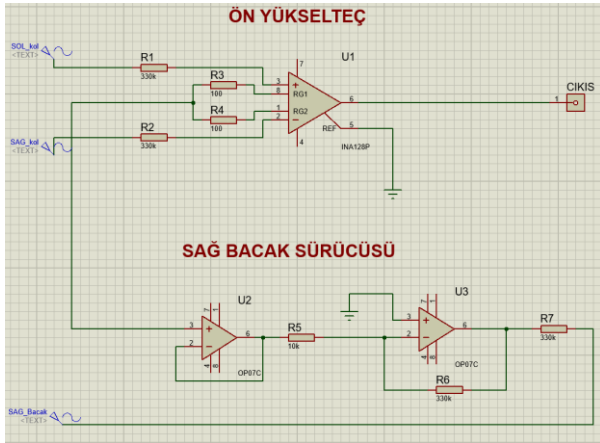
### 1.1. Elektronik Tasarım

Kalbin kasılmaları sonucunda vücut yüzeyinde oluşan 1-4 mV seviyelerindeki elektriksel sinyal, sağ kol, sol kol ve sağ bacağına yapıştırılan elektrotlar aracılığı ile elde edilmektedir. Cilt yüzeyinden elde edilen kalp sinyalleri çok düşük bir genliğe sahip olduğu için sinyallerin yükseltilmesi gerekmektedir. Bu nedenle sinyal işleme devresinin giriş bölümü bir ön yükseltici devresi içermektedir. Kullanılan ön yükselteç devresi Şekil 1’de yer almaktadır. Ön yükseltici devresinde, piyasadan kolaylıkla temin edilebilecek olan INA128P işlemsel yükselteci kullanılmıştır. INA128P, üç işlemsel yükselteçten oluşan bir diferansiyel yükselteçtir.

EKG sinyali 0.5Hz ile 150Hz arası frekans bandında ve 1-4 mV arası genlik değerindedir [1-3]. Bu kazancı ayarlamak için INA128P entegresinin 1 ve 8 no’lu bacakları arasına iki adet 100  $\Omega$ ’luk direnç harici olarak bağlanmıştır. Bu dirençler sayesinde INA128P yükseltecinin kazancı 251 olarak ayarlanmış (1) ve giriş sinyali bu oranda yükseltilmiştir [4].

$$G = 1 + \frac{50k\Omega}{R_3 + R_4} = 1 + \frac{50k\Omega}{100\Omega + 100\Omega} = 251 \quad (1)$$

Şekil 1’ de görüldüğü üzere, ön yükseltici katında sağ bacak sürücüsü olarak isimlendirilen bir devre yer almaktadır. Bu devre sayesinde, vücuttan alınan ortak moddaki işaretler ters fazda  $R_7$  direnci üzerinden vücuda uygulanmaktadır. Böylece vücutta oluşan ortak moddaki işaretler azaltılabilmekte, farksal moddaki işaretler üzerinde ise çevrimin bir etkisi olmamaktadır [5]. Sağ bacak sürücüsünde ise düşük gürültülü OP07C işlemsel yükselteçleri kullanılmıştır.



Şekil 1: EKG devresinde ön yükselteç ve sürücü devresi

### 1.2. Filtre Tasarımları

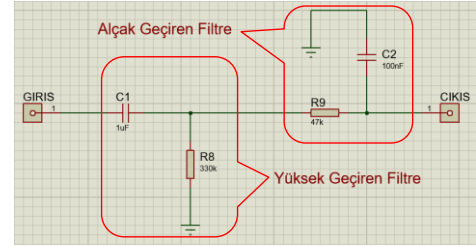
INA128P çıkışında yükseltilmiş olan sinyalin içerisinde EKG sinyali yanında farklı biyolojik işaretler de bulunmaktadır. Bu gürültülerden kurtulabilmek için 0.05-150 Hz bandı dışında kalan sinyallerin ve elektrik şebekesinden kaynaklanan 50 Hz’lik sinyalin süzülmesi gerekmektedir [1]. Bunun için de farklı filtre tasarımları INA128P çıkışında

kullanılmalıdır. Bildirideki devrede, basitleştirmek ve daha az eleman kullanmak için birinci dereceden pasif filtreler tercih edilmiş ve bunların yeterli olduğu görülmüştür. R ve C elemanlarından oluşturulmuş olan filtrelerin rezonans frekansı ( $f_r$ ), (2) nolu denklem kullanılarak hesaplanabilir.

$$f_r = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

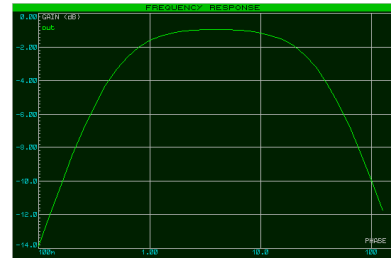
Filtre devresinde,  $C_1$  ve  $R_8$  elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiş olan 0.5 Hz yüksek geçiren filtre ile  $C_2$  ve  $R_9$  elemanları kullanılarak gerçekleştirilmiş olan 34 Hz alçak geçiren filtre tasarımları tercih edilmiştir (Şekil 2). 34 Hz alçak geçiren filtrenin kullanılması sayesinde şebekeden kaynaklanabilecek parazitler de engellenmiş olmaktadır.

Daha yüksek frekanslı alçak geçişli filtre kullanılması durumunda, sistemde bir de 50 Hz’lik bant durduran filtre ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Böyle bir durumda devreye yeni elemanların eklenmesi gerekmekte ve devrenin güç tüketimi artmaktadır. Fakat bildiride kullandığımız hali ile EKG sinyali üzerindeki gürültü makul seviyelerde olduğu için ek bir filtre sistemine ihtiyaç duyulmamıştır.



Şekil 2: EKG devresinde kullanılan filtre devreleri

Kullanılan filtre yapısının frekans cevabı Şekil 3’te verilmiştir. Görüldüğü üzere ilgili filtreler, beklenildiği üzere 0.5–34 Hz aralığında bant geçiren filtre karakteristiği sergilemektedir

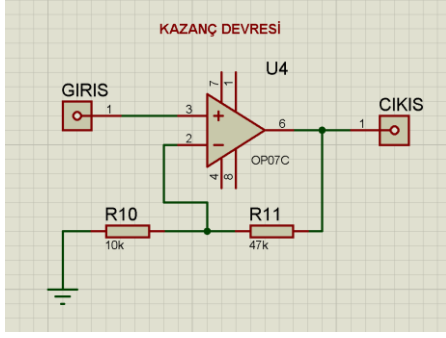


Şekil 3: Kullanılan filtre yapısının frekans cevabı

### 1.3. Kazanç Devresi

Sistemde, sinyal genliklerini yükseltmek için ek bir evirmeyen kazanç devresi kullanılmıştır (Şekil 4). Şekil 4’ te görülen yükseltecin çıkış empedansı giriş empedansına eşittir ve kazancı (3) ise 5.7’dir.

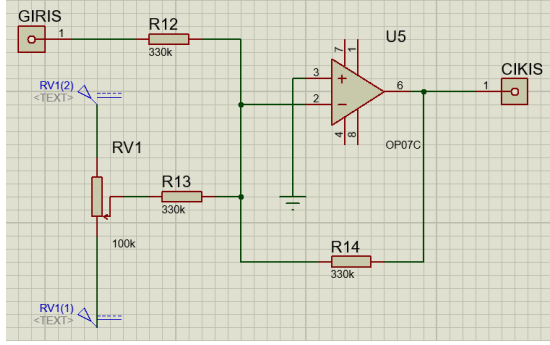
$$G = 1 + \frac{R_{11}}{R_{10}} = 1 + \frac{47k\Omega}{10k\Omega} = 5.7 \quad (3)$$



Şekil 4: Kazanç devresi

#### 1.4. Toplayıcı Devresi

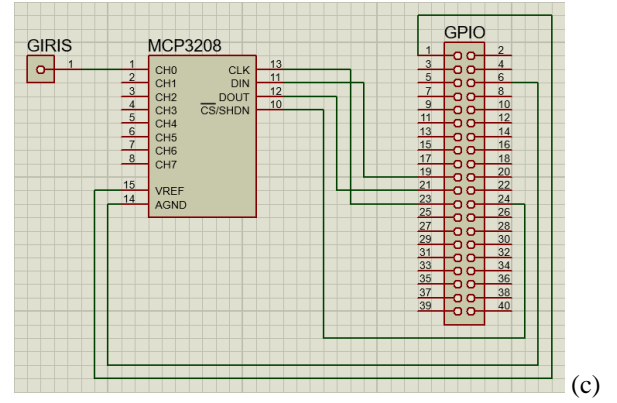
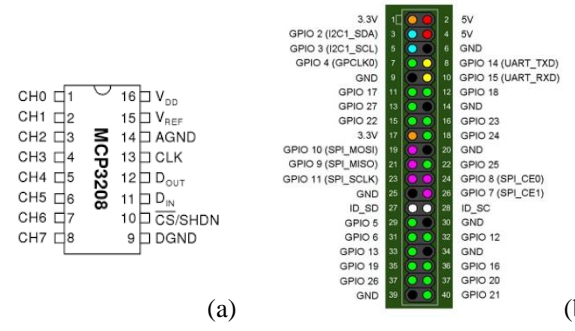
Yükselteç çıkışında elde edilen sinyalin negatif gerilimli değerleri de bulunmaktadır. Sinyalin negatif kısımlarının da mikrodenetleyici tarafından okunabilmesi için, filtrelerin çıkışında toplayıcı devresine ihtiyaç duyulmaktadır (Şekil 5). Toplayıcı devre ile sinyale bir DC ofset kazandırılarak sinyalin negatif kısımlarının da okunabilmesi sağlanmıştır.



Şekil 5: EKG sinyalinin kaydırılmasını sağlayan toplayıcı devresi

#### 1.5. Analog-Dijital Dönüşüm

Toplayıcı devresi çıkışında yükseltilmiş ve filtrelenmiş olarak elde edilen EKG sinyalinin Raspberry-Pi'de işlenebilmesi için sinyalin dijital hale dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için 12 bit çözünürlüğe sahip, 8 kanallı MCP3208 ADC entegresi [6] kullanılmıştır. Entegrenin bacak bağlantıları Şekil 6-a'da verilmiştir. Tasarlanan bu devre sayesinde, analog EKG sinyali dijitala dönüştürülmekte ve Raspberry-Pi'nin GPIO09 (SPI\_MISO) girişine aktarılmaktadır. Raspberry-Pi'nin GPIO pinleri ve devrenin bağlantı şeması sırasıyla Şekil 6-b ve Şekil 6-c'de verilmiştir.



Şekil 6: Analog-dijital dönüştürücü ve Raspberry-Pi bağlantı şeması

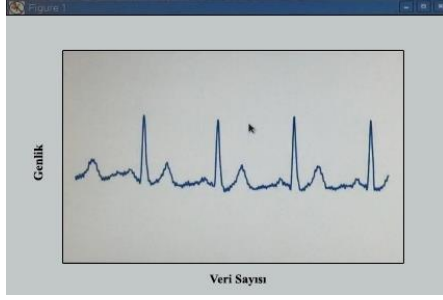
#### 1.6. Raspberry-Pi Python Yazılımı

Sistemin çalışma esnasındaki görüntüsü Şekil 7'de görülmektedir. Görüldüğü üzere, sistem 12 V'luk bir güç kaynağı ile beslenmiş, DC-DC dönüştürücü yardımıyla da simetrik +5 V ve -5 V'luk gerilimler elde edilmiştir. Ön yükseltici, yüksek ve alçak geçişli filtreler, kazanç kontrol ve DC kaydırma devreleri, analog dijital dönüştürücü ve Raspberry-Pi kullanılarak ta EKG sinyalleri ekranda görüntülenmiştir. Elde edilen kalp sinyalinin görüntüsü Şekil 8'de yer almaktadır.

Şekil 8'de görülen pencere, Python programlama dilinde yazılmış bir programın çıktısıdır. Veri transferi, zamanlama, grafik işlemleri ve diğer işlemler için matplotlib, numpy, spidev, time ve Rpi.GPIO kütüphaneleri kullanılmıştır. Programın kaynak kodları ise Tablo 1'de yer almaktadır.



Şekil 7: Sistemin çalışma esnasındaki görüntüsü



Şekil 8: Tasarlanan sistem kullanılarak elde edilmiş kalp sinyalleri

Tablo 1: Kaynak kodlar

```
import matplotlib.pyplot as plt
import numpy as np
import spidev, time
import RPi.GPIO as GPIO

# read adc function
def analog_read(channel):
    r = spi.xfer2([4 | 2 | (channel >> 2), (channel & 3) << 6, 0])
    adc_out = ((r[1] & 15) << 8) + r[2]
    return adc_out

spi = spidev.SpiDev()
spi.open(0, 0)
fig = plt.figure()
ax = fig.add_subplot(111)
x = np.arange(500)
y = [0 for iii in range(500)]
li, = ax.plot(x, y)
plt.ylim([0, 3.3])
fig.canvas.draw()
plt.show(block=False)
# convert adc function
def St():
    for ii in range(1, 501):
        reading = analog_read(0)
        voltage = reading * 3.3 / 4096
        time.sleep(0.005)
        vv = ("%3.3f" % (voltage))
        x[ii-1] = ii-1
        y[ii-1] = vv
    while True:
        St()
        li.set_ydata(y)
        fig.canvas.draw()
```

## 2. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, EKG sinyalinin izlenebileceği portatif bir cihaz tanıtımı yapılmıştır. Deri yüzeyine yapıştırılan elektrotlar ile elde edilen EKG sinyali, INA128P yükseltici-kullanılarak yükseltilmiştir. Daha sonra, sinyal filtrelenerek ve seviyesi kaydırılarak işlenebilir hale getirilmiştir. Elde edilen analog sinyal, MCP3208 ADC entegresi kullanılarak 12 bitlik dijital sinyale dönüştürülmüş Raspberry-Pi'nin GPIO portuna gönderilmiştir. Python dilinde geliştirilmiş bir yazılım sayesinde de, EKG sinyali gerçek zamanlı olarak görüntülenmiştir.

Çok sayıda elektronik eleman kullanımı ve fazla güç sarfiyatını engellemek amacıyla, tasarlanan sistemde yüksek dereceli aktif filtreler yer verilmemiştir. Bu sistem, ev ve iş yerinde sağlık takibinde kullanılabilecek portatif EKG cihazları için bir prototip olma özelliği taşımaktadır. Gerçekleştirilen prototipe farklı sensörler eklenerek cihaza yeni yetenekler de (sıcaklık, oksijen seviyesi, vs.) kazandırılabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Kocaeli Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Birimi (2015-109HD) tarafından desteklenmektedir.

## Kaynaklar

- [1] M. R. Canal, O. Özkaraca, ve Ç. Hisar, "Labview Tabanlı, Bilgisayar Destekli Gerçek Zamanlı EKG Cihazının Tasarımı", *2011 Akademik Bilişim Konferansı (AB'11)*, s. 1-8, Malatya, 2011.
- [2] V. Aslantaş, ve R. Kurban, "Cep Bilgisayarı (PDA) Tabanlı Taşınabilir Kablosuz Elektrokardiyogram İzleme ve Alarm Sistemi", *Elektrik, Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu*, s. 288-292, Bursa, 2006.
- [3] G. Doğal Çetin, "İnternet Üzerinden İzlenebilir Kablosuz Taşınabilir Tıbbi İzleme Sistemi Tasarımı ve Uygulanması", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 2011.
- [4] INA128 Datasheet: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/ina128.pdf>, 04.07.2016.
- [5] E. Yazgan ve M. Korürek, "Tıp Elektronik", *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 1996.
- [6] MCP3208 Datasheet: <http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/21298c.pdf>, 13.07.2016.