



Elektrokardiyogram İşareti Üreten Referans Devre Tasarımı Reference Circuit Design Producing Electrocardiogram Signal

Özge Küçükkurt¹, Saliha Çelik¹, Zeynep Ayyıldız¹, Fatma Uysal¹, Eda Karacaoğlan¹, Mahmut Tokmakçı¹

¹Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Erciyes Üniversitesi, Kayseri

{ozgekucukkurt95, salihacelik1, ayyildizzeynep611}@gmail.com

{ fatmauysal, edakaracaoğlan, tokmakci }@erciyes.edu.tr

Özetçe— Elektrokardiyogram (EKG), kalbin elektriksel aktivitesinin vücut yüzeyine yerleştirilen elektrotlar yardımıyla elde edilmesi işlemidir. EKG kayıtları kalp hastalıklarının tanısında kullanılan en kullanılan araçlardan biridir. Yapılan çalışmada EKG işareti üreten referans devre tasarımı gerçekleştirilmiştir. Simülasyonu yapılacak olan sinyaller örneklenmiş ve hesaplanan değerler darbe genişlik modülasyonu çıkışlarına dönüştürülüp Arduino'ya aktarıldı. Simüle edilen sinyallere ait analog sinyal çıkışları osiloskopta izlenmiştir. Gerçekleştirilen simülasyon sayesinde sinyallerin dalga formları doğru bir şekilde oluşturulduğu için EKG cihazlarının kalibrasyonu sırasında ya da eğitim amaçlı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler — EKG sinyali; EKG simülatörü; biyosinyal;

Abstract— Electrocardiogram (ECG) is the process of recording the electrical activity of the heart with help of the electrodes placed on the skin surface. ECG recordings are one of the most useful tools used to diagnose heart diseases. In this study reference circuit design which produces ECG signal was performed. Signals which are simulated were sampled and the calculated values were converted into pulse width modulation outputs and transferred to Arduino. Analog signal outputs of the simulated signals were observed on the oscilloscope. Because the waveforms of the signals are generated correctly by the simulator, it can be used during the calibration of ECG devices or for educational purpose.

Keywords — ECG signal; ECG simulator; biosignal

I. GİRİŞ

Kalbin elektriksel aktivitesini gösteren Elektrokardiyogram (EKG) sinyalleri günümüz tıbbında en değerli tanı araçlarından biri haline gelmiştir [1, 2]. Kalbin elektriksel aktivitesi deriye yerleştirilen küçük metal diskler (elektrotlar) vasıtasıyla ölçülmektedir. Elektrotlar seçilen derivasyon tipine göre hastanın göğsüne, kollarına

ve bacaklarına yerleştirilmektedir. Kullanılan elektrotlar, elektriksel aktiviteyi kâğıt üzerindeki şekle dönüştüren cihaza bağlanmaktadır. Kâğıt üzerindeki bulgular da hekimler tarafından değerlendirilmektedir.

EKG sinyali kalp genişlemesi, kalp büyümesi, kalbe giden kan miktarındaki azalma, yeni veya eski kalp hasarları, kalp ritim problemleri ve kalbi saran zar hastalıkları hakkında önemli bilgiler verebilmektedir [3].

EKG simülatörü, kalbin elektriksel aktivitesini kararlı bir şekilde verebilecek sinyaller üreten cihazdır. Elektrotların cihaza bağlanması ile istenilen dalga şekilleri simüle edilebilir. Simülasyonun çalışması en basit anlatım ile basit bir sinyal üretici olarak düşünülebilir. Üretilen sinyal QRS dalga şeklinde olmaktadır. Simülasyon hafızasında farklı derivasyon tiplerine ait değişik dalga formlarında EKG dalga şekilleri kayıtlı bir mikro denetleyici bulunur. Kuvars kristalli osilatör yardımı ile mikroişlemci kontrol edilir. Bu sayede çıkış dalga şekli istenilen nitelikte sabit olmaktadır. Mikroişlemcinin ürettiği dijital sinyal dijital analog dönüştürücü (D/A) yardımı ile analog sinyale çevrilir ve filtrelendir [4, 5].

EKG simülatörü daha çok portatif olarak üretilmektedir. Kalibrasyonu yapılacak cihazlara daha kolay erişim sağlayacağı yanı sıra ağırlık ve boyut özelliklerinin çok küçük olması avantajlarındandır. En az 3 derivasyon verecek şekilde 3 çıkışlı veya maksimum 12 çıkışlı olarak tüm derivasyonları kapsayacak çıkış üretecek şekilde sistem tasarlanmalıdır. EKG simülatörleri bu derivasyonların yanı sıra hafızasında taşikardi, bradikardi, ventriküler fibrilasyon gibi birden fazla ritim bozukluklarını da barındırabilmektedir.

Gerçekleştirilen sistem dijital EKG sinyallerini bilgisayar ortamında analog karşılıklarına dönüştürmektedir. Tasarlanan simülasyon birden fazla dalga formuna sahip sinyali simüle edebilmekte ve gerçek zamanlı olarak ekranda gösterebilmektedir. Elde edilen dalga formlarının doğruluğu bilindiği için EKG

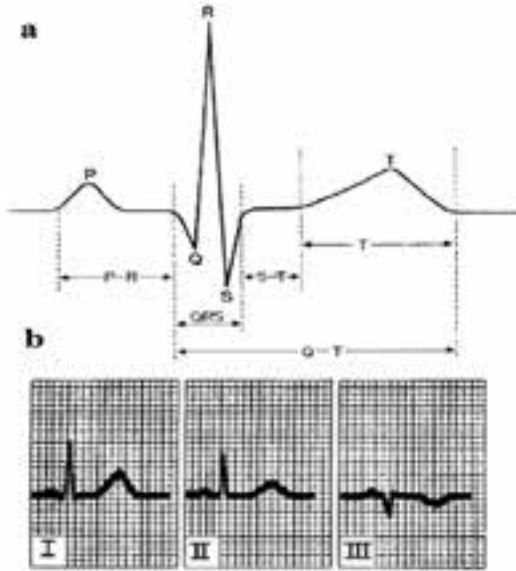
İnteraktif Sunumlar 1

Poster Alanı

cihazlarının kalibrasyonu sırasında rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca maliyetinin ucuz olması sebebiyle eğitim amaçlı da rahatlıkla kullanılabilir.

II. METOT

Bu çalışmada standart bipolar ekstremite derivasyonları olarak isimlendirilen derivasyon 1 (D1), derivasyon 2 (D2), derivasyon 3 (D3) için ayrı ayrı 30, 60, 80, 120 atımları ve aritmi türlerinden; ventriküler fibrilasyon, atrial fibrilasyon, asistol, ventriküler taşikardi sinyallerinin simülasyonları gerçekleştirilmiştir. EKG sinyaline ait bileşenler ve 3 derivasyona ait dalga formları Şekil 1. a ve b'de verilmiştir.



Şekil 1. a. EKG sinyali bileşenleri b. Derivasyon I, II ve III'e ait EKG dalga formları [6]

Öncelikle sinyallerin hepsi EKG kağıdı üzerine detaylı bir şekilde çizilip her atım için frekanslar hesaplandı ve sinyallerin genlikleri dizi haline getirildi. Bu dizi değerlerini Arduino'dan analog olarak almak için Arduino üzerinde bulunan Darbe Genişlik Modülasyonu (Pulse Width Modulation-PWM) pinleri kullanıldı. Bu değerler, bazı hesaplamalar yapılarak PWM çıkışlarına dönüştürüldü.

Kullanılan yöntem temelde üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada Arduino yazılımı yer almaktadır. İkinci aşamada sinyallerin hesaplanan genlik değerleri Arduino'ya aktarılıp PWM çıkışı alınmaktadır. Son aşamada ise PWM çıkışı alçak geçiren filtreden geçirilerek, analog çıkış osiloskopta gözlemlenmektedir.

III. SİSTEM KISIMLARI

A. Arduino

Arduino, açık kaynak kodlu bir mikrodenetliyiçi karttır. Kart ile robotik ve elektronik uygulamalar kolayca gerçekleştirilebilir.

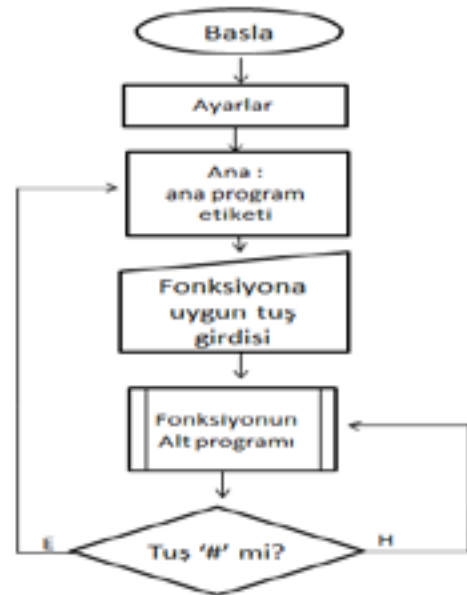
B. Yazılım

Bu aşamada sinyallerin atım değerlerine göre frekansları hesaplanmıştır. Sinyallerin genlikleri dizi haline getirilmiştir. PWM değerlerine dönüştürülen değerler, koda dizi şeklinde aktarılmıştır. Her bir sinyal için kendi adını taşıyan alt programlar oluşturulmuştur. İstenilen çıkışlar için tuş takımı girdisi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Farklı Derivasyon Ve Atımlara Ait Simülasyon Tuşlar				
	30 Atım	60 Atım	80 Atım	120 Atım
D1	1&A	1&B	1&C	1&D
D2	2&A	2&B	2&C	2&D
D3	3&A	3&B	3&C	3&D
Ritim Bozuklukları Simülasyon Tuşları				
Ventriküler Fibrilasyon (VF)	4			
Atriyal Fibrilasyon (AF)	5			
Ventriküler Taşikardi (VT)	6			
Asistoli (AS)	7			
Çıkış	#			

Tablo 1. Tuş takım kılavuzu

Şekil 2'de yapılan yazılıma ait bir akış şeması verilmiştir.



Şekil 2. Programa ait akış şeması

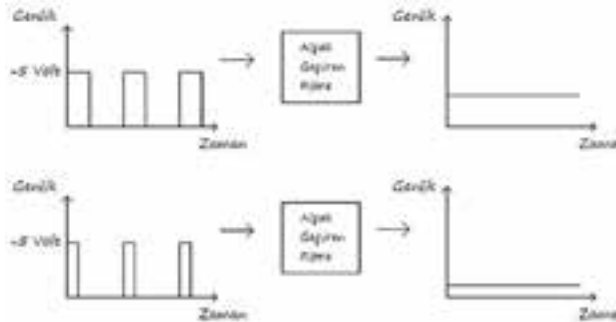
İnteraktif Sunumlar 1

Poster Alanı

Akış şemasında ayarlar kısmında derivasyon ve aritmiler için dizi değerleri ve tuş takımı kütüphanesi tanımlanmıştır. Ana program etiketi, alt programlardaki fonksiyonlardan çıkışta dönülen noktadır. İlk tuş girdisi ile Tablo 1'e uygun derivasyon veya aritmi seçilir. Derivasyon seçilirse (1-2-3 tuşları) ikinci tuş girdisi ile dizi değerleri arasındaki bekleme süresi yani dakikadaki atım sayısı seçilir (A-B-C-D tuşları). Tuş girdisinden sonra derivasyon veya aritminin alt programına gider ve '#' tuşuna basılana kadar sonsuz döngüye girer.

C. PWM Çıkışı

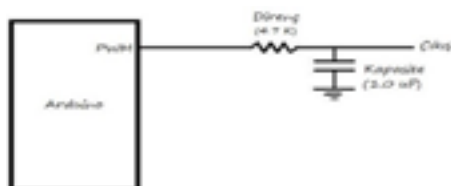
Arduino pinleri çıkış olarak ayarlandığında 0 veya 5 volt verebilir. Arduino üzerinden 0 ile 5 volt arasında çıkış gerilimi verebilmek için analog sinyal üretmesi gerekir. Bu sinyali Arduino'nun tüm pinleri üretememektedir. Bu sinyalin üretimi için seçilecek pinlerin PWM çıkışa sahip olması gerekir. Şekil 3'te analog sinyalden PWM'ye geçiş gösterilmiştir. Arduino üzerinden üretilen analog sinyal aslında bir PWM sinyalidir. Analog çıkışın gerilimi, PWM sinyalinin görev zamanıyla (duty cycle) doğru orantılı olarak değişmektedir.



Şekil 3. Analog sinyalden PWM'ye geçiş

D. Filtreleme

Arduino pininden PWM sinyali üretildiği için, bazı uygulamalarda alçak geçiren filtre kullanılması gerekebilir. Alçak geçiren filtre, yüksek frekansa sahip sinyalleri süzerek sadece düşük frekanstaki sinyallerin kullanılmasını sağlar, yani sinyali yumuşatır. Bu filtre PWM sinyaline uygulandığında dalga tepeleri ve çukurlarını birleştirerek, dalga tepesi ve çukurları oranında sabit bir çıkış gerilimi sağlamaktadır. Diğer bir deyişle dijital sinyal, analog sinyale dönüştürülmektedir. Şekil 4'te PWM çıkışından alınan sinyale ait alçak geçiren filtre devresi verilmiştir.



Şekil 4. Filtre devresi

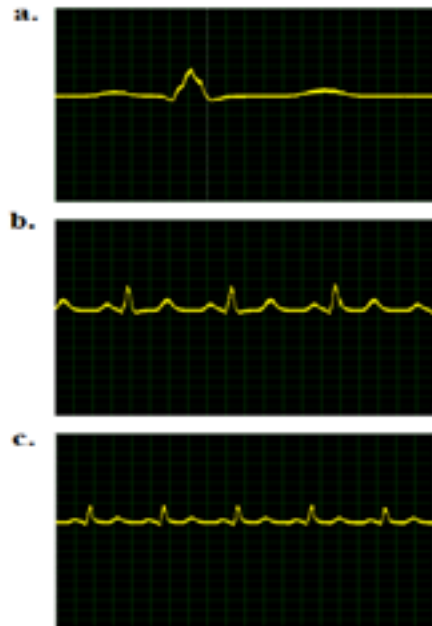
Tasarlanan EKG simülatörü Şekil 5'te verilmiştir. Verilen şekilde Arduino, filtre devresi ve tuş takımı görülmektedir.



Şekil 5. Tasarlanan EKG simülatörü

IV. SİMÜLASYON SONUÇLARI

Simülatör çıkışından alınan farklı derivasyonlara ait EKG sinyallerinin osiloskop görüntüleri aşağıdaki Şekil 6 a, b ve c'de gösterilmiştir.



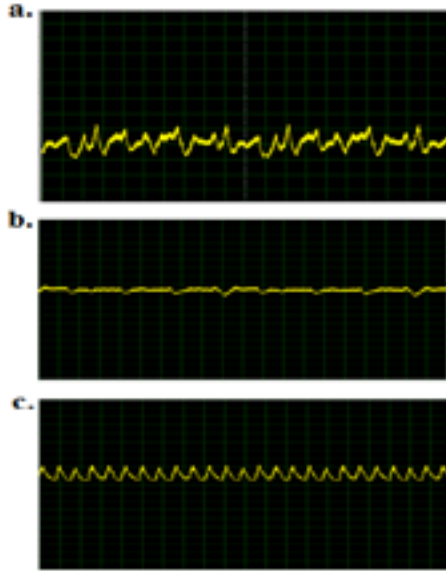
Şekil 6. Farklı derivasyonlara ait EKG sinyalleri a. D1 derivasyonu 30 atım b. D2 derivasyonu 80 atım c. D3 derivasyonu 120 atım



İnteraktif Sunumlar 1

Poster Alanı

Gerçekleştirilen simülasyon ile çeşitli ritim bozuklukları da gösterilebilmektedir. Şekil 7 a, b ve c'de ritim bozukluklarına ait elde edilen sinyaller verilmiştir.



Şekil 7. Farklı ritim bozukluklarına ait EKG sinyalleri a. ventriküler fibrilasyon b. atrial fibrilasyon c. ventriküler taşikardi

V. SONUÇ

Bu çalışmada standart bipolar ekstremite derivasyonlarına ait atımları gerçekleştirebilen ayrıca daha önce bahsedilen ritim bozukluklarını da simüle edebilen bir sistem gerçekleştirilmiştir. Tasarlanan sistem doğru sonuçlar vermesi ve maliyetinin de oldukça ucuz olması sebebiyle pek çok uygulamada özellikle EKG cihazlarının kalibrasyonu ya da laboratuvarlarda eğitim amaçlı olarak kullanılabilir. Çalışmanın bundan sonraki aşamalarında yalnızca standart bipolar ekstremite derivasyonları değil tüm derivasyonları içerecek şekilde 12 çıkışlı olarak gerçekleştirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca daha önce bahsedilen 4 ritim bozukluğuna ek olarak farklı ritim bozukluklarını da içeren bir devre tasarımı gerçekleştirmek bu çalışma ile ilgili gelecek planlarımız arasındadır.

KAYNAKÇA

- [1] Suzuki, Y.. "Self-organizing QRS-wave recognition in ECG using neural networks", *IEEE Transactions on Neural Networks*, 6(6):1469-1477, 1995.
- [2] Burke, M. J., & Nasor, M., "An accurate programmable ECG simulator", *Journal of medical engineering & technology*, 25(3): 97-102, 2001.
- [3] Mana Sucu SEZCİ, Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü Bülten , syf. 2-3

- [4] Karayalçın, S., Yüksekaya, M., & Yazgi, S., "ECG simulator". In *Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 15th National* (pp. 1-4), IEEE, 2010.
- [5] Demir, B. E., Yorulmaz, F., & Güler, İ., "Microcontroller controlled ECG simulator", In *Biomedical Engineering Meeting (BIYOMUT), 15th National* (pp. 1-4). IEEE, 2010.
- [6] Caner, C., Engin, M., & Engin, E. Z. "The programmable ECG simulator", *Journal of Medical Systems*, 32(4):355-359, 2008.