

EKG SİNYALLERİNİN ALGILANMASI VE İŞLENMESİ İÇİN BİR VERİ TOPLAMA SİSTEMİNİN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Sadık KARA, M. Emin YÜKSEL,
Erciyes Üniversitesi, Müh. Fak., Elektronik Böl. 38090 KAYSERİ

ÖZET

Bu çalışmada, insan vücudundan elektrokardiyografik sinyalin algılanması ve bir kişisel bilgisayar ile görüntülenmesi konu edilmektedir.

Kalp hücre dışında pozitif iyonlar, hücre içinde de negatif iyonlar çoğunluktadır. Çeşitli etkilerle, transmembran potansiyeli negatif seviyede olan hücrenin iyon dengesi bozulur ve pozitif kayar. Bu olay sonucu aksiyon potansiyeli doğar. Aksiyon potansiyeli karakteristik bir eğri çizer.

Vücuttan elektrotlarla alınan küçük genlikli elektrokardiyografi (EKG) sinyali, bir ön kuvvetlendirici (opamp) devresine girerek, kuvvetlendirici çıkışından genliği yükseltilmiş halde alınır. Ancak bu sinyalin üzerinde 50Hz. lik şebeke gürültüsü mevcut olduğundan şebeke frekansının etkisini yok etmek için merkez frekansı 50Hz olan bir çentik filtre (Notch filter) kullanılmıştır. Ayrıca diğer gürültüleri de yok etmek için sinyal, 0.05 - 150Hz lik bir band geçiren filtre üzerinden süzülmuştür.

Giriş/Çıkış (G/Ç) kartı üzerinde bipolar olan EKG sinyalini pozitif bölgeye kaydıran bir öteleme devresi, analog EKG sinyalini dijitalle çeviren 8 bitlik bir Analog Dijital Çevirici ve dijitalle dönüştürülmüş olan sinyali paralel olarak bilgisayara aktaran bir arabirim tüm devresi (8255) bulunmaktadır. Gerçekleştirilen G/Ç kartı ile bilgisayarın veri yoluna aktarılan EKG sinyali merkezi işlem birimine (CPU) ulaşmaktadır.

Pascal programlama dilinde hazırlanan bir yazılım paketiyle CPU'ya ulaşan EKG sinyalinin monitörde gerçek zamanda (Real time monitoring) görüntülenmesine, ayrıca ekranda devam etmekte olan grafik görüntüsünün herhangi bir anda dondurulup diske kaydedilmesi ve yazıcıdan çıktılarının alınmasına imkan sağlamıştır.

IMPLEMENTATION OF A DATA ACQUISITION SYSTEM FOR COLLECTION AND PROCESSING OF ECG SIGNALS

SUMMARY

This paper presents a data acquisition system designed primarily for sensing and monitoring electrocardiogram (ECG) signal. But, the system contains additional input ports which may readily be used for measurement of some other physiological parameters such as heart rate, body temperature, etc.

The ECG signal is obtained from human body by means of special skin-surface electrodes and preamplified before processing. After preamplification, the ECG signal is filtered using a fourth order bandpass filter, cutoff frequencies of which are 0.05Hz and 150Hz. Additionally, in order to reduce the power line interference, the signal is filtered again using a notch filter whose center frequency is 50Hz.

The analog bipolar ECG signal is then shifted to 0-5V range for ensuring that it is within the conversion range of analog-to-digital converter (ADC). Having shifted the ECG signal, the signal is sampled and digitized using a 8-bit ADC and passed into a personal computer via a 285 based interface card. The card is designed as a multiport input output interface board for personal computers. A dedicated software running on the PC takes the samples of the ECG signal and appropriately displays it. Some of the capabilities provided by the software are to hold the display on the screen at any time, to save a desired number of ECG cycles at any time, and to load a previously saved ECG recording. The user can open two windows to compare two different ECG recordings. Hardcopies of ECG recordings may also be obtained from the printer.

1.GİRİŞ

Kalpdeki özel mekanizmalar, kalbin ritmik çalışmasını ve aksiyon potansiyellerinin bütün kalp kasına yayılmasını sağlayarak ritmik kalp atımlarına neden olur.

Kardiyak çevriminin mekanik işlevleri elektriksel olaylarla başlar ve onlarla paraleldir. Bu ilişki kalbin anatomik ve fizyolojik özellikleri incelenerek açıklanabilir.

Kalp dört ayrı pompadan oluşur; bunlar iki primer pompa, atriyumlar (Kulakçık) ve iki güç pompası, ventriküllerdir (Karınık). Dokulardan gelen kirli kan sağ kulakçığa, akciğerlerden gelen temiz kan sol kulakçığa girer. Kulakçıkların kasılmasıyla kan karınıklara

geçer. Kurmelıkların kasılmasıyla, kirli kan akciğer atardamarına, temiz kan aorta damarı yoluyla vücuda aktarılır. [1]

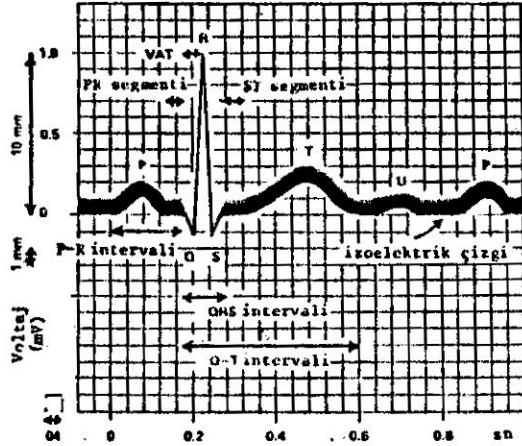
Kalbin diyastol denen gevşeme periyodu ile onu izleyen ve sistol denen kasılma periyodu, bir kalp dönemi olarak adlandırılır. [2]

Erişkin insan kalbi normal olarak dakikada yaklaşık 60-100 kez ritmik olarak kasılır. Kalbin kasılmalarını kontrol eden özel uyarı ve ileti sisteminde, normal ritmik uyarıların doğduğu *Sinoatriyal (S-A)* düğüm, impulsun S-A düğümünden *Atriyovenriküler (A-V)* düğümüne iletiildiği İnternodal yollar, uyarının atriyumlardan ventriküllere geçerken gecikmeye uğradığı A-V düğümü, uyarıyı atriyumlardan ventriküllere ileten *A-V demeti* ve uyarıyı ventriküllerin bütün bölünlerine ileten sağ ve sol dallar ile bunların uç dalları olan purkinje lifleri vardır.

Kalpde iletilen elektriksel akımlar aynı zamanda kalbi çevreleyen dokulara ve küçük bir bölümü de vücut yüzeyine yayılır. Vücut yüzeyine elektrodlar yerleştirilerek oluşan elektriksel potansiyelleri kaydetmek mümkündür. Böyle bir kayda *Elektrokardiyogram* denir. (Şekil 1)

Şekil 1 de görülen elektrokardiyogramdaki P dalgası depolarizasyonun atriyumlarda yayılmasıyla oluşur ve onu P dalgasının başlangıcından yaklaşık 0.16 sn. sonra ventriküllerin depolarizasyonu ile beliren QRS dalgaları takip eder.

Son olarak, elektrokardiyogramda ventriküler T dalgası gözlenir. Bu ventriküllerin repolarizasyonu dönemini temsil eder. Bu sırada ventrikül kası gevşemeye başlar ve T dalgası ventrikül kasılmasının sona ermesinden hemen önce tamamlanır.



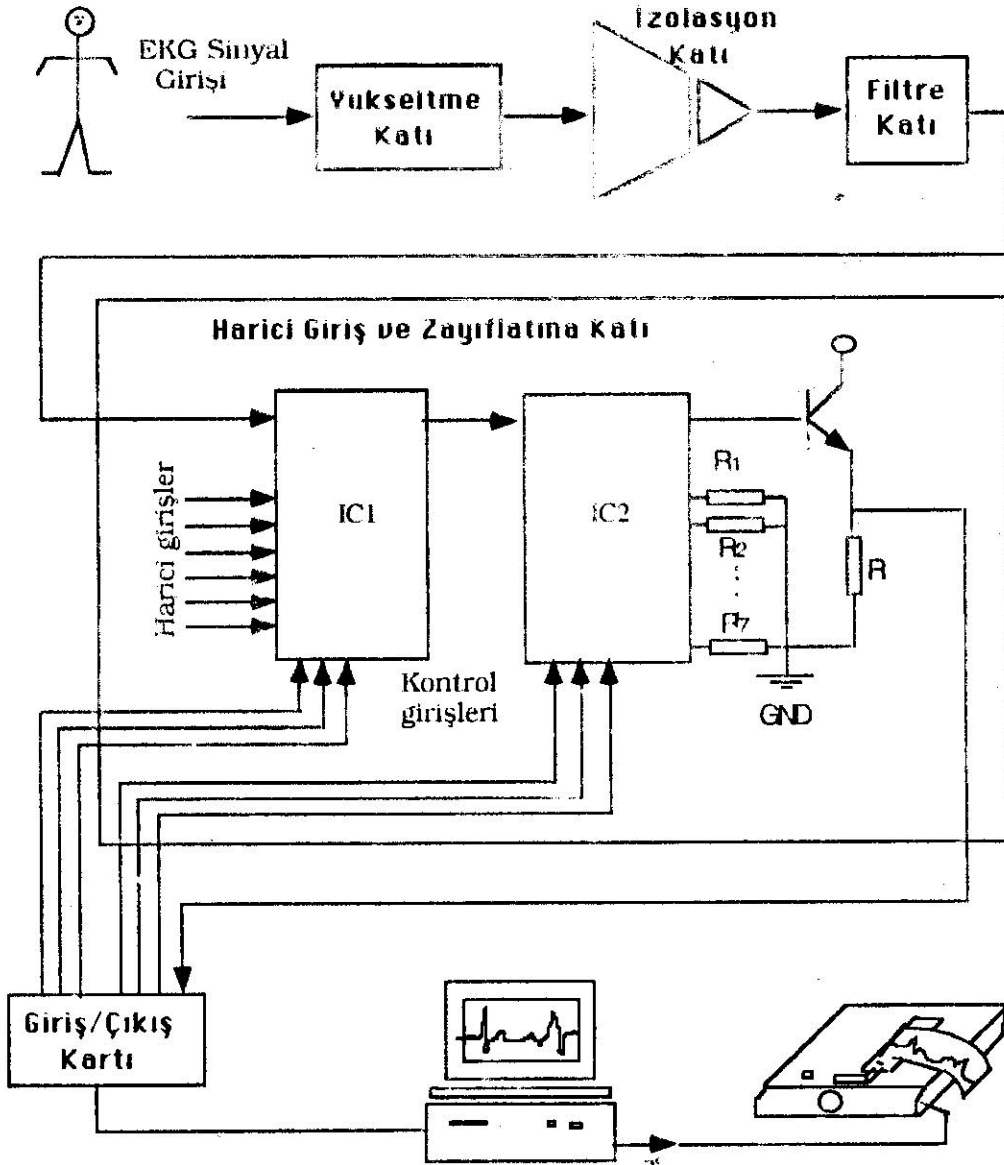
Şekil 1 Normal bir Elektrokardiyogram

2. EKG POTANSİYELLERİNİ ALGILAYAN VE GÖRÜNTÜLEYEN SİSTEM

Şekil 2 de EKG sinyalinin insan vücudundan algılanıp bilgisayarda gerçek zamanda görüntülenmesini sağlayan sistemin blok şeması gösterilmektedir.

Vücut yüzeyine yerleştirilen gümüş kaplı bakır elektrodlarla alınan EKG işareti, henüz çok küçük genlikli olduğu için kuvvetlendirilmesi gerekmektedir. Elektrodlardan koaksiyel kablo aracılığı ile ön kuvvetlendirici ve kuvvetlendiriciye iletilen işaret bu kuvvetlendirme katının çıkışından genliği yükseltilmiş şekilde alınır. (Ve buradan hastanın güvenliğini sağlamak İşaretin üzerine 50 Hz.'lik bir şebeke frekansı gürültüsü binmiş olduğundan, EKG işaretini bu gürültünün etkisinden kurtarmak için merkez frekansı 50Hz olan bir band durduran filtre kullanılmıştır.) Ayrıca kuvvetlendirilmiş bu işaret 0.05 - 150 Hz.'lik bir bandgeçiren filtreden geçirilmiştir. [2],[3]

EKG Sinyallerinin Alınması



Şekil 2 EKG işaretlerinin alınması ve işlenmesi için kullanılan veri toplama sisteminin blok şeması

Şekildeki (IC1) analog çoğullayıcının 9, 10, 11 nolu girişleri yazılım desteğiyle bilgisayar tarafından kontrol edilerek, 7 giriş/çıkış kanalından herhangi biri seçilebilmekte ve Giriş/Çıkış (G/Ç) kartına irtibatlandırılmaktadır. (Bu seçilen kanallar, EKG'si yazdırılacak hastanın vücut ısı, kan basıncı, nabız sayısı veya ölçüm yapılan odanın sıcaklığı vs. büyüklükler uygun dönüştürücüler vasıtasıyla algılanıp elde edilen elektriksel işaretlerin girmesine imkan tanımaktadır.) (IC2) analog çoğullayıcısında kontrol girişleri hazırlanan programla kontrol edilmektedir. Bu tümdevre G/Ç kartına gönderilecek işareti istenilen oranda zayıflatarak kazanç ayarını sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Kazancı ayarlanmış işaret bir tampon transistörünü sürmektedir. Bu katın çıkışından alınan EKG işareti ve diğer kanallar bir konnektör ve kablo aracılığı ile G/Ç kartına irtibatlandırılmaktadır.

3. GİRİŞ - ÇIKIŞ (G/Ç) KARTI

Gerçekleştirilen G/Ç kartı bilgisayarla çevre birimleri arasında paralel bilgi aktarımını sağlamaktadır. Kartta paralel iletişimi sağlamak üzere programlanabilir genel amaçlı bir G/Ç arabirim tümdevresi - (8255) ve bu tümdevreye Chip Select (CS) sinyali gönderen iki adet kodçözücü (74138), karta ulaşan analog işareti sayısala dönüştüren bir Analog/Dijital çevirici (ADC0804) ve işaretleri pozitif bölgeye kaydıran bir öteleyici devre kullanılmıştır. Burada kullanılan ADC 8 bitlik SAR tipi bir çeviricidir. Çıkış tutuculudur ve arabirim tümdevresi aracılığı ile veri yoluna bağlanmıştır.

Kullanılan arabirim tümdevresinin 3 adet sekizer bit'lik Latch/Buffer düzenine sahip portları vardır. Bu portlar, değişik modlarda koşullanarak bilginin bilgisayardan çevre birimlerine veya çevre birimlerinden bilgisayara aktarılmasını sağlamaktadır.

Gerçekleştirilen sistemde sayısala dönüştürülmüş EKG işareti G/Ç entegresinin A portuna girmektedir. Buradan da veri yoluna aktarılmaktadır. B portu IC1 ve IC2 - Analog

çoğullayıcı devrelerinin kontrol girişleriyle ilişkilidir. C portu yardımıyla da ayrıca bir harici giriş/çıkışa imkân tanımlanabilir.

4. SİSTEM ÇIKIŞINDA ELDE EDİLEN BİR ELEKTROKARDİYOGRAMIN İNCELENMESİ

Elektriksel gerilimleri beden üzerinden alabilmek için çeşitli EKG derivasyonları (aktarma türleri) vardır. Bunlar, değişik aktarma noktalarına bağlanarak birbirinden farklılık gösterirler. Örneğin bulucusunun adı uyarınca "Einthoven üçgeni" olarak tanımlanan 3 derivasyonun bağlantıları birbirinden şu şekilde farklılık gösterirler.

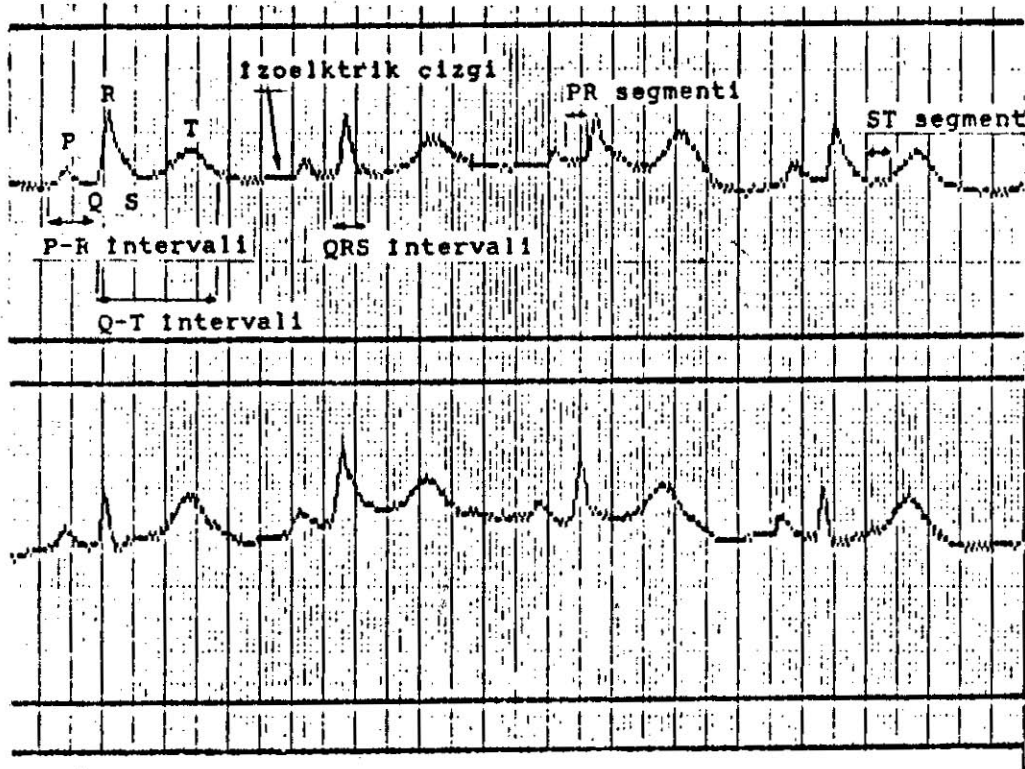
I. derivasyonda elektrodlar sol ve sağ kollara, toprak elektroduda ayağa bağlanır. II. derivasyonda sağ kolla sol ayağa elektrodlar bağlanarak aralarındaki potansiyel fark ölçülür. Bir aktarma işlemi gerçekleştirmek için her zaman iki aktarma noktası gereklidir.

Şekil 3 de görülen EKG eğrisi, Einthoven'in D III derivasyonunda kaydedilmiştir. Yani elektrodlar sol kol ve sol ayağa bağlanmış, toprak elektroduda sağ ayağa bağlanmıştır. Kayıt yapan kişi 36 yaşında olup dakikadaki kalp atım sayısı 72 olarak tespit edilmiştir.

Eğri üzerindeki aralıkların sürelerini belirleyebilmek için çıktılar milimetrik kağıda alınmıştır. Şekildeki eğri incelendiğinde iki QRS dalgası arasının (bir periyodun) 39mm olduğu görülür. Bu periyodun saniye cinsinden uzunluğu ise $60/72=0.83s$ olarak bulunabilir. Böylece 1mm ye karşılık gelen süre $0.83/39=0.0212s$. olarak hesaplanabilir. Buradan da interval ve segmentlerin süreleri çıkış eğrisi üzerinden Tablo 1 deki gibi hesaplanmıştır.

Dalgalar ve intervaller	Bulunan Değerler	Standart Aralıklar	
		En Küçük	En Büyük
P Dalgası süresi (sn)	0.12	0.06	0.15
P - R intervali (sn)	0.16	0.10	0.20
QRS intervali (sn)	0.10	0.05	0.11
Q - T intervali (sn)	0.40	0.24	0.47

Tablo 1 Dalga ve interval süreleri.



Şekil 3 Sistem çıkışında elde edilen EKG eğrisi

5. PROGRAM ALGORİTMASI

Giriş/çıkış kartından merkezi işlemci ünitesine ulaşan EKG işaretini görüntüleyebilmek için Pascal programlama dilinde hazırlanmış bir yazılım kullanılmıştır. Bu yazılım belli bir anda kaydedilen elektrokardiyogramın diskte saklanabilmesine, istenildiği zaman çıktı alınabilmesine ve monitörde gerçek zamanda iki aktif pencereden izlenebilmesine imkan tanımaktadır.

Bu fonksiyonları gerçekleştiren program algoritması aşağıda verilmiştir.

1. Değişken sabit ve tiplerin tanımlanması;
Klavyeden girilen tuşların değerlendirilmesi, grafik ekranının maksimum genişliğinin hesaplanması.
2. Altprogramların tanımlanması;
Ekranı istenilen pozisyonda yazı yazma, verilen koordinatlara uygun köşegen çerçeve oluşturulması, rengin değiştirilmesi, klavyeden karakter okunması.
3. Grafik ekrana geçilmesi
4. Menü değişkenlerine değerleri atanır.
5. Grafik sayısının sabitleri hesaplanır.
6. Grafik ekran sayfasının ekran dizaynı yapılır.
7. Arabirim tümdevresinin üç portunu kontrol edebilmek için kontrol kelimesi yazılır.
8. Sonsuz döngü başlatılır.
9. Ekranda iki adet grafik penceresi olduğundan birisi seçilir ve içi boşaltılır.
10. Grafiğin soldan sağa uzunluğu ayarlanır.
11. Grafiğin geçiş hızı ayarlanır.
12. İkinci pencere seçilir.
13. Program sonu döngüsüyle tekrar port seçimine döner.(8. Adım)

6. SONUÇLAR VE YORUM

Bu çalışmada değişik hastalara ait karakteristik EKG eğrileri bir PC bilgisayar monitöründe gerçek zamanda aktif iki pencereden izlenmiştir. Ölçüm anında monitörde aynı anda ardarda 8 kalp atımı görüntülenebilmektedir. Ayrıca yapılan donanım ve yazılım desteğiyle de ölçüm yapılan hastaya ait çeşitli bilgilerin (Nabız sayısı, vücut ısısı, kan basıncı vs.) bilgisayara girilmesine imkan verilmiştir. Ancak söz konusu bilgilerin toplanabilmesi için uygun dönüştürücü elemanların kullanılması zorunludur.

Elektrodlar bağlı ve cihaz açık iken herhangi bir anda ekrandaki görüntü hastanın adına diske kaydedilip, yazıcıdan çıktısı alınabilmektedir.

Piyasada yaygın olarak bulunan ve çok pahalı olmayan elemanlardan yapılan bu sistem performans açısından oldukça iyi sonuçlar vermiştir.

7. KAYNAKLAR

- [1] A. C. Guyton, "Textbook of Medical Physiology", W.B. Saunders Company.
- [2] S. Kara., "EKG işaretlerinin algılanması ve bilgisayar ile görüntülenmesi", Yüksek Lisans Tezi, E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 1991.
- [3] H. Erol, "Elektrokardiyografi", Ankara, 1988.