



Ev Takibi İçin Fonksiyonel Bir Medikal Cihaz Tasarımı

Design Of A Functional Medical Device For Home Monitoring

Kadir Eker¹, M. Kemal Kıymık²

¹Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Kastamonu Üniversitesi, Kastamonu, Türkiye
keker@kastamonu.edu.tr

²Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, Türkiye
mkemal@ksu.edu.tr

Özetçe

Bu çalışmada hastaların ev takibinde kullandığı glukometre, termometre, tansiyon gibi biyomedikal cihazların yaptığı işlevleri tek cihazla gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Önerilen sistem ile kan basıncı, kan şekeri ve vücut ısısı gibi biyolojik işaretler ölçülebilmekte ve ölçüm sonuçları kayıt edilebilmektedir. Kan basıncı ölçümü için osilometrik yöntem tercih edilmiş, böylelikle düşük ve yüksek tansiyon değerlerinin ölçülmesi mümkün kılınmıştır. Vücut sıcaklığını ölçmek için MLX 90614 temassız sıcaklık sensörü, kan şekeri ölçümü için elektrokimyasal test şerhisi kullanılmıştır. Tasarlanan cihaz gerçek zamanlı saat bilgisini DS1307 modülü ile çekmektedir. Böylece her ölçüm ile birlikte saat ve tarih bilgileri de mikro SD karta kayıt edilmektedir. Sistem temel olarak; arduino mega kartı, 3.6 inç dokunmatik ekran, basınç sensörü, temassız sıcaklık sensörü, elektrokimyasal test şerhisi, batarya, mikro SD kart, motor ve vana sürücü devresi, gerçek zamanlı saat modülü, filtre katı ve akım-voltaj dönüştürücü devresinden oluşmaktadır.

Anahtar Kelimeler — kan basınç ölçümü; kan şekeri ölçümü; vücut sıcaklığı ölçümü.

Abstract

In this study, biomedical devices which is used by patient at home such as glucometer, thermometer, blood pressure meter intended to be performed with the functions of a single device. Biological signals such as blood pressure, blood sugar and body temperature can be measured and the measurement results can be recorded with proposed system. Oscillometric method is preferred for blood pressure measurement, thereby making it possible to measure hypotension and hypertension levels. MLX90614 non-contact temperature sensor used for measuring the body temperature, the electrochemical test strip is used for measuring blood sugar. Designed system gets real time clock information utilizing DS 1307 module. Thus, the time and date information with each measurement is also recorded on the micro SD card. The system basically consist of arduino mega card, 3.6 inch touch screen, pressure sensor, non-contact temperature sensors, electrochemical test strip, battery, micro SD cards, motor and

valve driver circuit, real-time clock module, filter stage and current-voltage converter circuit.

Keywords — blood pressure measurement; blood sugar measurement; body temperature measurement.

1. GİRİŞ

Diyabet, tansiyon gibi kronik hastalıkların belli aralıklar ile ölçülüp kayıt edilmesi gerekir. Diyabetli hastanın evde kendi kendine takip yapması ve bunu belli aralıklarla sağlık ekibiyle paylaşması, hipoglisemi ve hiperglisemi ataklarının tespiti, gerekli önlemlerin alınması, komplikasyonların önlenmesi açısından önemlidir. Evde şeker takibi hastaneye yatış sıklığını ve yatış süresini azaltır, daha esnek ve güvenli bir yaşam olanağı sağlar [1].

Hipertansiyon tedavisinde, hastanın tedavi planına daha iyi uyması ve olası tehditlerden korunması için evde kan basıncı takibinin yapılması gerekmektedir [2].

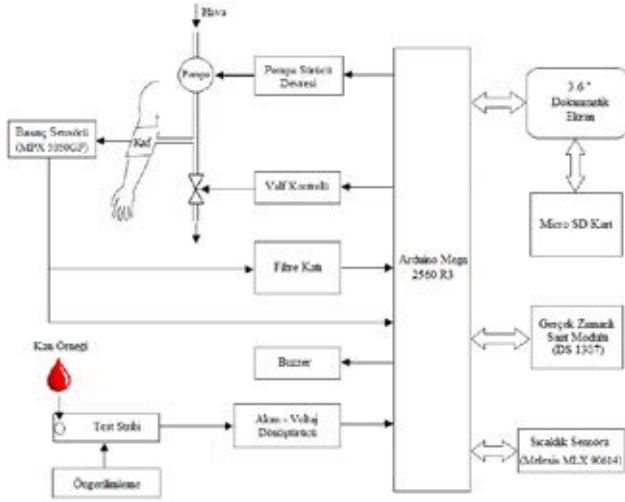
Ev takibinde kullanılan biyomedikal aletler yukarıdaki nedenler ile önem arz etmektedir. Bu çalışmada hasta bireyin evinde kendi olanakları ile kan basıncı (tansiyon), kan şekeri (diyabet) ve vücut ısısını ölçebilmesini sağlayan bir fonksiyonel medikal cihaz geliştirilmiştir. Ölçülen veriler tasarlanan sistemde bulunan mikro SD karta kayıt edilerek, geçmişe dönük veriler saklanabilmekte ve gerektiğinde doktora gösterilebilmektedir. Böylece doktor hastalığın seyri hakkında bilgi sahibi olacak ve tedaviyi düzenleyebilecektir.

2. SİSTEM MİMARİSİ

Tasarlanan cihaz hastaya ait tansiyon, kan şekeri ve ateş verilerini ölçmekte ve üzerindeki mikro SD hafıza kartına kayıt etmektedir. Şekil 1'de tasarlanan sistemin blok diyagramı gösterilmiştir.

Cihaz Tasarımı 2

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma



Şekil 1. Tasarlanan sistemin blok diyagramı

Tasarlanan sistemde hastanın yaşamsal işaretlerin ölçen donanımlar arduino mega üzerinde bulunan atmega 2560 mikrodenetleyici tarafından kontrol edilmektedir. Bu mikrodenetleyici tasarlanan cihazın her modülü ile bağlantı halindedir. Sistemde bulunan arduino mega 2560 ile RTC ve temassız sıcaklık modüllerinin veri iletişimi I²C haberleşme protokolü sağlanmıştır. Her I²C slave biriminin kendine has 7 bitlik bir adresi veya ID numarası vardır. Master birimi iletişim kurduğunda her slave birimine bir ID gönderir. Böylece aynı veri yolu ile birden fazla slave birimi iletişim kurulur. Burada arduino kartı master, RTC ile temassız sıcaklık modülü ise slave olarak görev yapmaktadır. Ölçüm sonuçlarının kaydedilmesi dokunmatik TFT ekran modülü üzerinde bulunan SD kart yuvası kullanılarak mikro SD karta text (.txt) dosyası olarak kaydedilmektedir. Böylelikle ölçüm sonuçları saklanmış ve güvenli bir şekilde taşınması sağlanmıştır. SD kart modülünün arduino mega 2560 ile iletişimi SPI haberleşme protokolü üzerinde sağlanmaktadır.

Kan basıncının ölçülmesinde dolaylı ölçüm yöntemlerinden biri olan osilometrik yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemde sistolik basınç değerinin üzerine çıkarılan kolluk basıncı yavaşça azaltılır. Kolluk basıncında osilasyonun başladığı değer sistolik basıncı ve osilasyonun bittiği değer ise diyastolik basıncı verir. Basınç sensörü ile kolluk basıncındaki salınımlar tespit edilir. Mikrodenetleyici basınç sensöründe gelen bilgiyi yorumlayarak ekranda gösterir.

Kan şekeri ölçümü için elektrokimyasal test sribi kullanılmıştır. Kan örneği, test sribine temas ettirildiğinde sribin uçlarında mikroamper mertebesinde akım oluşur. Oluşan bu akımın genliği, kan şekerinin konsantrasyonu ile doğrudan ilişkilidir. Kan şekeri yoğunluğu ile oluşan bu akım değeri bir akım-voltaj dönüştürücü kullanılarak analog voltaja dönüştürülür. Analog gerilim mikrodenetleyicinin ADC kanalı ile sayısala çevrilir. Yazılım ile sayısal veri işlenerek şeker bilgisi elde edilir.

Kullanılan elektronik bileşenler ayrıntılı olarak alt bölümlerde açıklanmıştır.

2.1. Arduino Mega 2560 R3 Kartı

Bu çalışmada atmega 2560 mikrodenetleyicisinin gömülü olarak bulunduğu arduino mega 2560 R3 kartı kullanılmıştır. Atmega 2560, atmel firmasının yüksek performanslı, düşük güçlü, AVR tabanlı 8 bitlik bir mikrodenetleyicidir. RISC mimarisine sahip bu denetleyicide dahili olarak 256 Kbytes flash bellek, 4 Kbytes EEPROM ve 8 Kbytes SRAM bulunmaktadır. Ayrıca 8 bitlik 12 tane PWM çıkışı, 8 kanal 10 bit ADC, 4 tane programlanabilir seri USART, master slave SPI seri arayüz, analog karşılaştırıcı, 8 adet uyku modu ve 54 kanal programlanabilir giriş çıkış ucu bulunur [3]. Arduino mega 2560 R3 kartı dâhili olarak sahip oldukları voltaj regülâtörleri sayesinde 6 ile 20 volt DC gibi geniş bir besleme aralığına sahiptir. Bu özelliği ile 6 voltluk şarj edilebilir bir batarya kullanılarak tasarlanan cihaz taşınabilir kılınmıştır.

2.2. Mikro SD Kart Modülü

Ölçüm sonuçlarının kaydedilmesi için dokunmatik TFT ekran modülü üzerinde bulunan SD kart yuvası kullanılmıştır. SD kart modülünün arduino mega 2560 ile bağlantısı SPI haberleşme protokolü üzerinde sağlanmaktadır. SD kart modülünün DO, DI, CLK, CS bağlantı uçları sıra ile arduino mega kartının 50, 51, 52, 53 uçlarına bağlanmıştır. Hafıza kartı 2 GB'a kadar FAT16, 2 GB'dan büyük kapasiteler için ise FAT32 formatı kullanılmalıdır. Diğer formatlarda arduino'nun SD kütüphanesi okuma yazma işlemini desteklemez.

2.3. Dokunmatik TFT Ekran

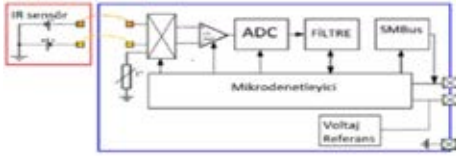
Tasarlanan cihazda 3,6 inçlik dokunmatik ekran kullanılmıştır. Bu dokunmatik ekranın boyutları 240x400 pixel ve 262K-18 bit renk çözünürlüğüne sahiptir. Dokunmatik ekran modülünün içerisinde ILI9327 LCD ekran sürücüsü, ADS7843 dokunmatik panel kontrolleri ve SD kart okuyucu mevcuttur [4]. Dokunmatik panel kontrolü ve kart okuyucu SPI veri yolu kullanarak iletişim sağlarken, ILI9327 LCD ekran sürücüsü paralel veri iletişimi kullanır.

2.4. Temassız Sıcaklık Sensörü

Vücut sıcaklığını ölçmek için arduino'nun GY-906 kızılötesi sıcaklık modülü kullanılmıştır. Modül üzerinde melexis markasının MLX 90614 termopil temassız sıcaklık sensörü bulunmaktadır [5]. Bu sensör 3.6 mm yarıçapında olması, kalibrasyon ve ilave bileşen gerektirmemesi sebebiyle tercih edilmiştir. Bu sensörün blok diyagramı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Cihaz Tasarımı 2

2. Gün / 28 Ekim 2016, Cuma



Şekil 2. MLX 90614 temassız sıcaklık sensörü blok diyagramı

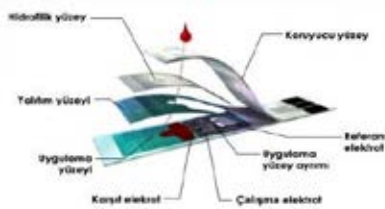
IR sensör ile ölçülen değer gömülü mikrodenetleyici ile işlenerek ve filtrelenerek I²C uyumlu SMBus haberleşme protokolü ile dijital olarak sıcaklık verisini iletilmektedir. 16 bit çözünürlüklü analog dijital çeviricisi ile 0.01 çözünürlüğe ve $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ 'ye sahip doğruluğa sahiptir. I²C protokolü ile MLX 90614 sıcaklık sensörünün 0xB7 hafıza adresine ölçülüp kaydedilen sıcaklık verisi okunur [6].

2.5. Gerçek Zamanlı Saat Modülü

DS1307 entegresi saniye, dakika, saat, gün, ay ve yıl bilgisini sürekli olarak içinde tutabilen bir RTC entegresidir. Seri olarak SCLK ucu üzerinden sürekli olarak çıkış verebilen modül başta arduino olmak üzere birçok mikrodenetleyici sistemi ile rahatlıkla kontrol edilir.

2.6. Test Stribi

Kan şekeri ölçümü için lifescan firmasının ürettiği onetouch select test stribi kullanılmıştır. Bu test stribi tek kullanımlıdır. Strip elektrokimyasal esaslı bir biyosensördür. Biyosensörün çalışma, referans ve karşıt elektrot olmak üzere üç elektrotu vardır. Şekil 3'de elektrokimyasal esaslı biyosensör gösterilmiştir.

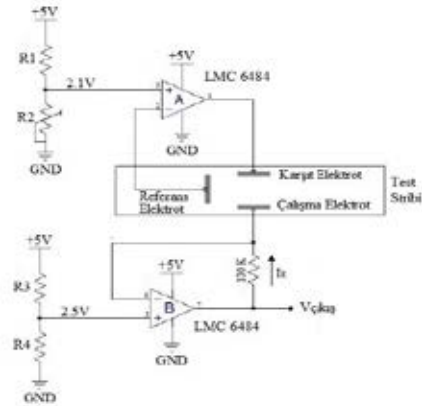


Şekil 3. Elektrokimyasal esaslı biyosensör

Test stribin uygulama yüzeyinde glikoza duyarlı enzim ve kimyasal maddeler bulunur. Strip ucundaki uygulama yüzeyine kan damlatıldığında glukoz, çalışma elektrodundaki enzim tarafından okside olur. Çalışma ve referans elektrotları arasında sabit bir gerilim uygulanması oksijeni indirgemek için yeterlidir. Glikoz konsantrasyonu ile orantılı oluşan akım, indirgenme reaksiyonuna bağlı olarak elde edilir. Bu akım değeri akım-voltaj dönüştürücü devresi ile gerilim değerine çevrilir [7].

2.7. Öngerilimleme Katı ve Akım-Voltaj Dönüştürücü

Şekil 4'de öngerilimleme katı ve akım-voltaj dönüştürücü açık devre şeması verilmiştir. Bu katta LMC 6484 op-amp entegresi kullanılmıştır. Bu entegre elektriksel karakteristiği ve düşük güç tüketimi nedeniyle tercih edilmiştir. Devrede bulunan dirençler ile biyosensörün ön gerilim değerleri ayarlanmıştır.



Şekil 4. Öngerilimleme ile akım-voltaj dönüştürücüsünün açık devresi

Referans elektrot gerilimi 2,1 volta, çalışma elektrot da 2,5 volta sabitlenmiştir. Böylece biyosensörün referans ve çalışma elektrotları arasında 400mV gerilim farkı oluşmakta ve karşıt elektrotun varlığı ile sabit kalmaktadır. Referans elektrotunun bağlı olduğu eviren girişin empedansı yüksek olduğu dolayı elektrokimyasal reaksiyon sonucunda oluşacak akım, biyosensörün çalışma elektrotundan karşıt elektroda doğru akar. Bu akım 100K direnç üzerinden geçerek gerilim değerine dönüştürülür. Bu devrede çıkış gerilimi zahiri toprakta gözükken 2.5V ile 100K geçen akımın oluşturduğu gerilimin toplamına eşittir [8].

$$V_{\text{çıkış}} = 2.5V + IR \cdot 100K \quad (1)$$

2.8. Basınç Sensörü

Kan basıncını ölçmek için motorola freescale markasının ürettiği MPX 5050GP serisi basınç sensörü kullanılmıştır. Bu sensör 0kPa ile 50kPa ölçüm aralığında uygulanan basınç değerlerine uygun olarak yüksek doğrulukta ve 0,2V ile 4,7V arasında doğrusal olarak çıkış gerilimi verir [9].

2.9. Filtre Katı

Bu katta bant geçiren filtre devresi tercih edilmiştir. Bunun nedeni gerekli olan frekans değerlerini göz önünde bulundurmak istememizdir. Bu değer ise kalbin damar duvarlarına yaptığı basıncın sonucunda oluşan frekans değerleridir. Devre elemanlarının değerleri ilgili kesim frekansını sağlayacak şekilde hesaplanarak bulunmuştur. Hesaplar pratik uygulamada test edilerek gereken değerlere çekilmiştir [10].

2.10. Pompa ve Vana Sürücü Katı

Bu katta hava motoru ve tahliye vanası, IRF 1405 çoğaltan tip mosfet kullanarak sürülmüştür. Arduino mega kartının 32 numaralı ucu hava motorunu, 33 numaralı ucu ise tahliye vanasını sürmek için gerekli olan darbe sinyalini sağlar.

3. UYGULAMA

Tasarlanan cihazda tansiyon ölçümleri 5 farklı denekte tok karnına olarak uygulanmıştır. Piyasada bulunan Omron marka tansiyon ölçer ile karşılaştırılarak sonuçlar kaydedilmiştir. Ölçümler deneklerde 5 dakikada bir peş peşe ikişer ölçüm alınarak elde edilmiştir. Toplam 10 ölçüm sonucu Tablo 1'de gösterilmiştir. Sıcaklık ölçümü de 5 farklı denek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Cihazın ölçüm sonuçlarını karşılaştırması için piyasada kullanılan nimomed temassız ateş ölçer kullanılmıştır. Sıcaklık ölçüm sonuçları da Tablo 2'de gösterilmiştir. Kan şekeri ölçümü de yine 5 farklı denek üzerinde gerçekleştirilmiştir. Cihazın ölçüm sonuçlarını karşılaştırması için piyasada kullanılan contour ts şeker ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kan şekeri ölçüm sonuçları da Tablo 3'de gösterilmiştir. Tasarlanan cihazın menüsü ile ölçüm ekranları görüntüleri Şekil 5'da gösterilmiştir.

Tablo 1. Tasarlanan cihaz ile omron marka tansiyon ölçerin ölçüm sonuçları

Denekler	Tansiyon Ölçüm Sonuçları			
	Tasarlanan Cihaz		Omron Marka Dijital Tansiyon Aleti	
	Yüksek Tansiyon	Düşük Tansiyon	Yüksek Tansiyon	Düşük Tansiyon
1.Denek	116 mmHg	81 mmHg	117 mmHg	82 mmHg
2.Denek	126 mmHg	83 mmHg	125 mmHg	85 mmHg
3.Denek	127 mmHg	89 mmHg	132 mmHg	93 mmHg
4.Denek	125 mmHg	86 mmHg	129 mmHg	87 mmHg
5.Denek	134 mmHg	92 mmHg	135 mmHg	94 mmHg

Tablo 2. Tasarlanan cihaz ile omron marka tansiyon ölçerin ölçüm sonuçları

Denekler	Sıcaklık Ölçüm Sonuçları	
	Tasarlanan Cihaz	Nimomed Temassız Ateş Ölçer
1.Denek	36,2 °C	36,3 °C
2.Denek	36,0 °C	36,0 °C
3.Denek	35,4 °C	35,6 °C
4.Denek	36,1 °C	36,1 °C
5.Denek	35,8 °C	35,9 °C

Tablo 3. Tasarlanan cihaz ile contour ts şeker ölçüm cihazının ölçüm sonuçları

Denekler	Kan Şekeri Ölçüm Sonuçları	
	Tasarlanan Cihaz	Contour TS Şeker Ölçüm Cihaz
1.Denek	81 mg/dL	87 mg/dL
2.Denek	111 mg/dL	112 mg/dL
3.Denek	96 mg/dL	104 mg/dL
4.Denek	109 mg/dL	116 mg/dL
5.Denek	125 mg/dL	121 mg/dL



Şekil 5. Tasarlanan cihazın menüsü ve ölçüm ekranları

4. SONUÇ

Bu bildiriye, kan basıncı, kan şekeri ve vücut ısısını ölçen ve bu ölçümleri kayıt etme olanağı tanıyan bir fonksiyonel medikal cihaz tasarlanmıştır. Sistemin menüsü Türkçe olarak tasarlandığından hastalara kullanımı konusunda kolaylık sağlanmıştır. Tasarlanan cihaz ile elde edilen sonuçlar piyasada bulunan medikal cihazlar ile karşılaştırılmış ve birbirine yakın sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Ölçüm sonuçları mikro SD karta kayıt edilerek, kullanıcıdan kaynaklanan hataların da önüne geçilmiştir. Çalışmada kan basıncı ölçülürken sistolik-diastolik değerler ile birlikte kalp atış hızı da ölçülebilir. Bir sonraki çalışmada bir kablosuz iletişim/internet/ağ modülü eklenerek ölçüm sonuçlarının internet üzerinden hastanenin veri tabanına gönderilmesi hedeflenmektedir.

5. KAYNAKÇA

- [1] Erdoğan, S., Olgun, N., Yıldırım, N., Bilgili, H., Keser, A., Saruhan, S., Yassıbaş, E., "Çocukluk Çağı Diyabeti Eğitimci Rehberi", T.C. Sağlık Bakanlığı, 944, Ankara, 2014.
- [2] Evde Sağlık Çözümleri, http://www.trimpeks.com/downloads/Plusmed_Product_Catalogue_TR_2015.pdf, Erişim Haziran 2016.
- [3] ATmega2560 kılavuzu, https://data.emotion-tech.com/ftp/Datasheets_et_sources/Datasheets_electronique/ATmega2560.pdf, Erişim Haziran 2016.
- [4] 3.6 inç TFT LCD Dokunmatik Ekran Kılavuzu, <http://www.ebay.com/itm/TFT-LCD-3-6-inch-Display-Touch-Screen-Module-Arduino-UNO-R3-Board-Plug-and-Play-/361538912387>, Erişim Haziran 2016.
- [5] Melexi MLX90614 kılavuzu, https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/MLX90614_rev001.pdf, Erişim Haziran 2016.
- [6] Mert A., Seçkin Ö. ve Akan A., "Sürekli vücut sıcaklığı ölçümü için biyoteleometri cihaz tasarımı", *TIPTEKNO 2014*, 2014, 312-315.
- [7] Saha S., Sarker N. ve Hira A., "Design & Implementation of a Low Cost Blood Glucose Meter with High Accuracy", *ICEEICT 2014*, Dhaka, 10-12 April 2014.
- [8] Glucose meter, <http://isim.olin.edu/labs/lab6/lab6.pdf>, Erişim Haziran 2016.
- [9] MPX5050GP kılavuzu, http://www.nxp.com/files/sensors/doc/data_sheet/MPX5050.pdf, Erişim Haziran 2016.
- [10] Öcal H., Tansiyon ve Vücut Sıcaklığını Ölçen Cihazın Tasarımı., Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2010, 287465.