

HOLTER MONITORING TIZIMI: YURAKNING UZLUKSIZ ELEKTROKARDIOGRAFIK NAZORATI VA UNING KLINIK AHAMIYATI

Tashtemirov Akbarjon Sodiq o'g'li

Qo'qon davlat universiteti „Elektr texnologiyalari“ magistranti
tashtemirovakbarjon1927@gmail.com +998770771927

Komiljonova Nilufar Odilbek qizi

Qo'qon davlat universiteti Elektronika va asbobsozlik yo'nalishi talabasi
nilufarkomiljonova67@gmail.com

Annotatsiya

Mazkur maqolada yurak-qon tomir tizimi faoliyatini uzoq muddatli nazorat qilishda qo'llaniladigan Holter monitoring tizimining nazariy asoslari, ishlash prinsipi, texnik tuzilishi va klinik ahamiyati tahlil qilingan. Tadqiqot davomida AD8232 elektrokardiografik sensor moduli va ESP32 mikrokontrolleri asosida yurakning bioelektrik signallarini real vaqt rejimida qayd etuvchi monitoring qurilmasi ishlab chiqildi. Taklif etilgan tizim yurak urish tezligini aniqlash, elektrokardiografik signallarni qayta ishlash hamda monitoring natijalarini OLED displey, Telegram Bot va Web Server orqali masofadan uzatish imkoniyatiga ega. Qurilmaning apparat va dasturiy ta'minoti ishlab chiqilib, uning funksional imkoniyatlari amaliy sinovlar asosida baholandi. Olingan natijalar ishlab chiqilgan tizimning yurak ritmi buzilishlarini aniqlash, bemor holatini masofadan kuzatish va telemeditsina texnologiyalarini joriy etishda samarali yechim bo'lishi mumkinligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: Holter monitoring, elektrokardiografiya, yurak ritmi, AD8232, ESP32, biomeditsina muhandisligi, masofaviy monitoring, Telegram Bot, Web Server, telemeditsina, IoT texnologiyalari.

Kirish

Yurak-qon tomir kasalliklari (YuQTK) bugungi kunda inson salomatligiga jiddiy xavf tug'diruvchi kasalliklar qatoriga kiradi hamda dunyo miqyosida o'lim va nogironlikning asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti ma'lumotlariga ko'ra, har yili millionlab insonlar aynan yurak-qon tomir tizimi bilan

bog‘liq kasalliklar oqibatida hayotdan ko‘z yumadi. Shu sababli yurak faoliyatini erta tashxislash, doimiy nazorat qilish va kasalliklarni dastlabki bosqichlarda aniqlash zamonaviy tibbiyotning ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi.

Yurak faoliyatini baholashning eng keng tarqalgan usullaridan biri elektrokardiografiya (EKG) bo‘lib, u yurak mushaklarida hosil bo‘ladigan bioelektrik signallarni qayd etishga asoslangan. EKG tekshiruvi yurak ritmi, o‘tkazuvchanlik tizimi va miokard holati haqida muhim diagnostik ma‘lumotlarni taqdim etadi. Biroq an‘anaviy elektrokardiografik tekshiruv odatda qisqa vaqt oralig‘ida amalga oshiriladi va ayrim hollarda vaqt-vaqti bilan kuzatiladigan aritmiyalar, o‘tkinchi ishemik holatlar hamda boshqa funksional buzilishlarni aniqlash imkonini bermaydi.

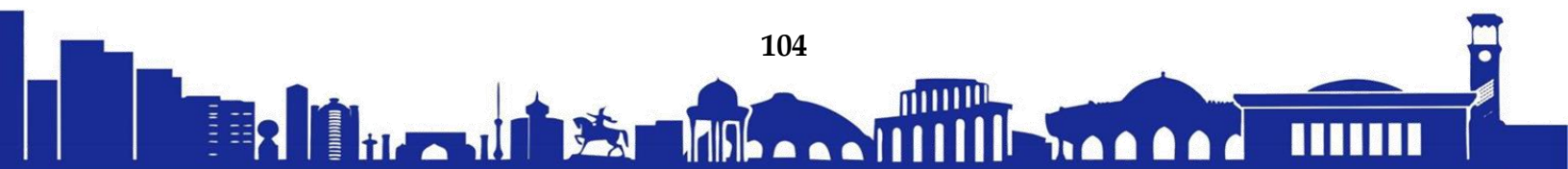
Mazkur muammoni bartaraf etish maqsadida yurak faoliyatini uzoq muddat davomida uzluksiz kuzatishga mo‘ljallangan Holter monitoring tizimi ishlab chiqilgan. Ushbu usul yurakning elektr faolligini yigirma to‘rt (24) soatdan qirq sakkiz (48) soatgacha yoki undan ham uzoq muddat davomida qayd etish imkonini beradi. Holter monitoring yordamida yurak ritmi buzilishlari, ekstrasistoliyalar, taxikardiya va bradikardiya holatlari, miokard ishemiyasi belgilari hamda yurak stimulyatorlari faoliyatini baholash mumkin.

So‘nggi yillarda mikroprotessor texnologiyalari, simsiz aloqa vositalari va Internet of Things (IoT) texnologiyalarining rivojlanishi yurak monitoring tizimlarini yanada takomillashtirish imkonini yaratdi. Xususan, ESP32 mikrokontrolleri kabi zamonaviy platformalar yordamida yurak signallarini real vaqt rejimida qayta ishlash, saqlash va internet orqali uzatish imkoniyati paydo bo‘ldi. Bunday tizimlar telemeditsina sohasida bemorlarni masofadan monitoring qilish samaradorligini sezilarli darajada oshirmoqda.

Ushbu maqolada Holter monitoring tizimining nazariy asoslari, ishlash prinsipi va klinik ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, AD8232 yurak monitoring sensori va ESP32 mikrokontrolleri asosida ishlab chiqilgan, OLED display, Telegram Bot hamda Web Server bilan integratsiyalashgan zamonaviy yurak monitoring qurilmasining apparat va dasturiy ta‘minoti hamda uning amaliy qo‘llanish imkoniyatlari yoritiladi.

2.ASOSIY QISM

2.1. Holter monitoring tizimining umumiy tavsifi



Holter monitoring tizimi yurakning elektr faoliyatini uzoq muddat davomida uzluksiz qayd etishga mo'ljallangan ambulator diagnostik usul hisoblanadi. Ushbu usul amerikalik biofizik olim Norman J. Holter tomonidan ishlab chiqilgan bo'lib, bugungi kunda kardiologik diagnostikaning muhim vositalaridan biri sifatida keng qo'llanilmoqda.

An'anaviy elektrokardiografiya yurak faoliyatini qisqa vaqt oralig'ida qayd etsa, Holter monitoring yurakning elektr faolligini yigirma to'rt (24) soatdan qirq sakkiz (48) soatgacha, ayrim hollarda esa bir necha kun davomida uzluksiz kuzatish imkonini beradi. Ushbu texnologiya yordamida vaqt-vaqti bilan yuzaga keladigan yurak ritmi buzilishlari, miokard ishemiyasi va boshqa patologik holatlar aniqlanadi.

Holter monitoring tizimi odatda elektrodlar, signal kuchaytirgich, ma'lumotlarni saqlash qurilmasi va tahlil dasturidan tashkil topadi. Zamonaviy tizimlarda esa mikrokontrollerlar, simsiz aloqa texnologiyalari va internet tarmoqlari yordamida ma'lumotlarni masofadan uzatish imkoniyatlari ham mavjud.

2.2. Holter monitoring tizimining ishlash prinsipi

Holter monitoring yurak mushaklarida hosil bo'ladigan bioelektrik signallarni qayd etish prinsipiga asoslanadi. Yurakning qisqarishi va bo'shashishi jarayonida miokard hujayralarida elektr potensiallari hosil bo'ladi. Ushbu potensiallar teriga o'rnatilgan elektrodlar yordamida qabul qilinadi.

Qabul qilingan signallar kuchaytirgich orqali qayta ishlanadi va raqamlashtiriladi. So'ngra ular xotira qurilmasiga yoziladi yoki masofaviy serverga uzatiladi. Maxsus dasturiy ta'minot yordamida EKG signallari tahlil qilinib, yurak urish tezligi, ritm buzilishlari va boshqa diagnostik parametrlar aniqlanadi.

Yurak urish tezligi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$HR = \frac{60}{RR} \times 60$$

Bu yerda:

- HR – yurak urish tezligi (bpm);
- RR – ketma-ket R cho'qqilari orasidagi vaqt oralig'i (sekund).

Holter monitoring yordamida yurak ritmi, ekstrasistoliyalar, taxikardiya, bradikardiya va ST segmentidagi o'zgarishlar aniqlanadi.



2.3. ESP32 va AD8232 asosidagi qurilma tavsifi

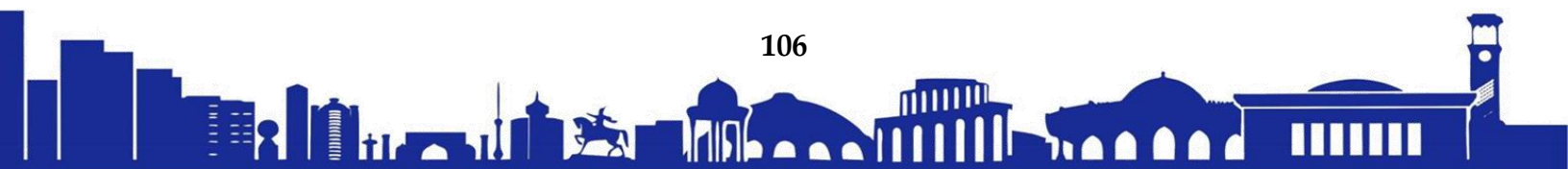
Mazkur tadqiqot doirasida yurak faoliyatini real vaqt rejimida monitoring qilish uchun ESP32 mikrokontrolleri va AD8232 yurak monitoring sensori asosida maxsus qurilma ishlab chiqildi.

AD8232 moduli yurakning bioelektrik signallarini qabul qilish va kuchaytirish vazifasini bajaradi. ESP32 mikrokontrolleri esa signalni raqamlashtirib, qayta ishlaydi hamda natijalarni foydalanuvchiga uzatadi.

Ishlab chiqilgan qurilma quyidagi asosiy qismlardan iborat:

- AD8232 EKG sensori;
- ESP32 mikrokontrolleri;
- OLED display;
- Wi-Fi aloqa moduli;
- Telegram Bot;
- Web Server;
- Elektrodlar tizimi.

Qurilma yurak urish tezligini aniqlash bilan birga EKG signalini kuzatish va saqlash imkoniyatiga ham ega.



1-rasm. Ishlab chiqilgan Holter monitoring qurilmasining umumiy ko‘rinishi.

2.4. Telegram Bot va Web Server integratsiyasi

Tizimning muhim afzalliklaridan biri uning internet texnologiyalari bilan integratsiyalashganligidir. ESP32 mikrokontrollerining Wi-Fi moduli yordamida monitoring natijalari internet orqali uzatiladi.

Telegram Bot foydalanuvchiga yurak urish tezligi haqidagi ma’lumotlarni masofadan olish imkonini beradi. Bot orqali BPM qiymatini ko‘rish, qurilma holatini tekshirish va zarur hollarda ogohlantirish xabarlarini qabul qilish mumkin.

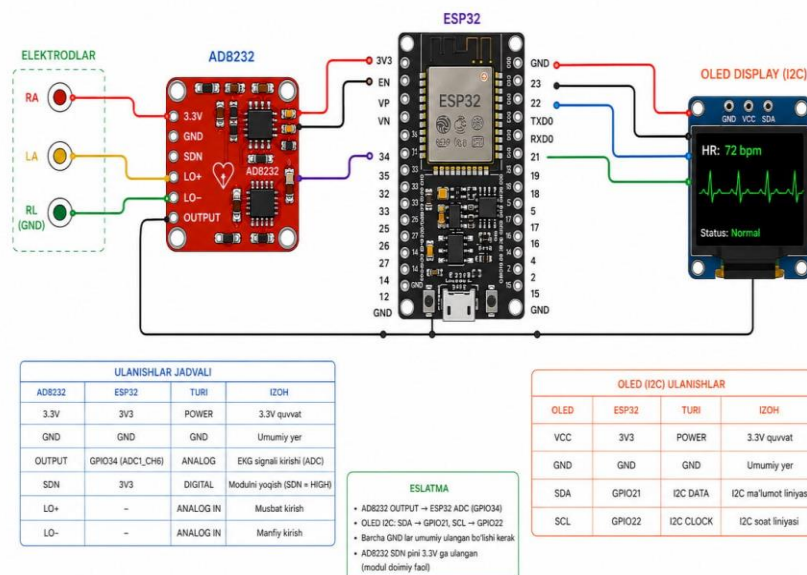
Web Server esa foydalanuvchiga internet brauzeri orqali monitoring natijalarini kuzatish imkonini beradi. Veb interfeysda:

- Yurak urish tezligi;
- EKG signalining grafigi;
- Qurilma holati;
- Monitoring davomiyligi

haqidagi ma’lumotlar aks ettiriladi.

PRINSIPIAL ELEKTR SXEMASI

(AD8232 – ESP32 – OLED)



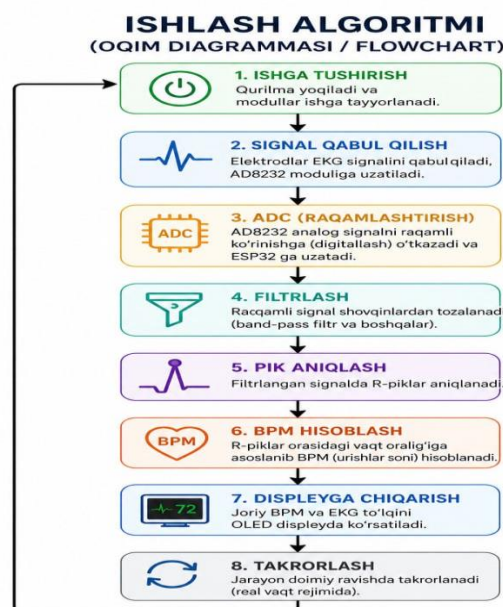
2-rasm. ESP32 asosidagi monitoring tizimining elektr sxemasi.

2.5. Tajriba natijalari

Ishlab chiqilgan qurilma laboratoriya sharoitida sinovdan o'tkazildi. Sinov jarayonida AD8232 sensori yordamida yurakning bioelektrik signallari muvaffaqiyatli qayd etildi va ESP32 mikrokontrolleri tomonidan qayta ishlanib OLED displeyda aks ettirildi.

Tajriba davomida yurak urish tezligi oltmish besh (65) bpm dan sakson besh (85) bpm gacha bo'lgan diapazonda aniq qayd etildi. Telegram Bot va Web Server orqali uzatilgan ma'lumotlar OLED displeydagi natijalar bilan mos kelishi kuzatildi.

Olingan natijalar ishlab chiqilgan tizimning barqaror ishlashini va yurak monitoringi uchun samarali ekanligini tasdiqladi.



3-rasm. Qurilmaning ishlash algoritmi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda Holter monitoring tizimining nazariy asoslari va klinik ahamiyati o'rganildi. Shuningdek, AD8232 yurak monitoring sensori va ESP32 mikrokontrolleri asosida yurak faoliyatini real vaqt rejimida kuzatishga mo'ljallangan zamonaviy monitoring qurilmasi ishlab chiqildi.

Qurilmada OLED display, Telegram Bot va Web Server texnologiyalarining qo'llanilishi monitoring jarayonini yanada qulay va samarali tashkil etish imkonini berdi. O'tkazilgan tajribalar natijasida tizimning yurak urish tezligini aniq aniqlashi va ma'lumotlarni masofadan uzatishi tasdiqlandi.

Ishlab chiqilgan qurilma telemeditsina, masofaviy diagnostika va yurak-qon tomir kasalliklarini erta aniqlash tizimlarida qo'llash uchun istiqbolli yechim hisoblanadi. Kelgusida tizimni mobil ilovalar va bulutli ma'lumotlar bazalari bilan integratsiyalash orqali uning funksional imkoniyatlarini yanada kengaytirish mumkin.

Adabiyotlar

1. Holter N.J. *New Method for Heart Studies: Continuous Electrocardiography of Active Subjects Over Long Periods*. Science Journal, 1961.
2. Webster J.G. *Medical Instrumentation: Application and Design*. 4th Edition. New York: John Wiley & Sons, 2009.
3. Guyton A.C., Hall J.E. *Textbook of Medical Physiology*. 14th Edition. Philadelphia: Elsevier, 2021.
4. Hampton J.R. *The ECG Made Easy*. 9th Edition. Elsevier, 2019.
5. Braunwald E. *Braunwald's Heart Disease: A Textbook of Cardiovascular Medicine*. 12th Edition. Elsevier, 2022.
6. Rangayyan R.M. *Biomedical Signal Analysis*. IEEE Press, 2015.
7. Khandpur R.S. *Biomedical Instrumentation: Technology and Applications*. McGraw-Hill Education, 2014.
8. Fraden J. *Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications*. Springer, 2016.
9. Espressif Systems. *ESP32 Technical Reference Manual*. Espressif Systems, 2024.
10. Analog Devices Inc. *AD8232 Heart Rate Monitor Front End Datasheet*. Analog Devices, 2023.
11. Monk S. *Programming ESP32 with Arduino IDE*. McGraw-Hill Education, 2022.



12. Banzi M., Shiloh M. *Getting Started with Arduino*. Maker Media, 2022.
13. Bashshur R., Shannon G. *Telemedicine and e-Health*. Springer, 2021.
14. Journal of Electrocardiology. *Recent Advances in Ambulatory ECG Monitoring Technologies*, 2023.
15. World Health Organization (WHO). *Cardiovascular Diseases Fact Sheet*. Geneva, 2024.