

DOI: 10.31319/2519-2884.42.2023.13**УДК 616-093****Багрій В.В.**, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0001-8817-9217, e-mail: vvbagry@ukr.net**Трикiло А.І.**, к.т.н., доцент, ORCID: 0000-0002-5203-5948, e-mail: 3kilo@i.ua**Волошин Р.В.**, старший викладач, e-mail: volosinruslan4276@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

Bagriy Viktor, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**Trikilo Alik**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor**Voloshin Ruslan**, senior lecturer

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИЛАД ДЛЯ ОТРИМАННЯ БІОЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Метою дослідження є розробка мікропроцесорного пристрою для отримання, відображення, реєстрації електрокардіосигналу та подальшої його обробки. Фізичні методи дослідження біопотенціалів, що генеруються тканинами та органами людини, дозволяють одержувати інформацію про стан фізіологічних процесів та відображають функціональний стан організму людини. Особливу значущість на сьогодні мають наукові дослідження серцево-судинної системи, яка безпосередньо впливає на середню тривалість життя людини. У сучасних медичних дослідженнях, направлених на вирішення задач діагностики, продовжує зберігатися великий інтерес до методів аналізу електрокардіограм. Вирішення поставленої задачі реалізовано на концепції віртуального приладу, що можливо внаслідок використання програмного середовища графічного програмування LabVIEW яке широко використовується в промисловості і науково-дослідних лабораторіях як стандартний інструмент для збору даних і управління приладами.

Ключові слова: кардіосигнал; графічна мова програмування; Arduino, мікроконтролер; LabVIEW.

The purpose of the study is to develop a microprocessor device for receiving, displaying, recording the electrocardiogram and its further processing. Physical methods of biopotentials studying generated by human tissues and organs make it possible to obtain information about the state of physiological processes and reflect the functional state of the human body. Scientific studies of the cardiovascular system, which directly affects the average life expectancy are of particular importance today. There is still great interest in the methods of analysis of electrocardiograms in modern medical research aimed at solving diagnostic problems. The solution of this problem is implemented on the concept of a virtual device, which is possible due to the use of software environment LabVIEW which is widely used in industry and research laboratories as a standard tool for data collection and device management.

Keywords: cardiac signal; graphic programming language; Arduino; microcontroller; LabVIEW.

Постановка проблеми

Фізичні методи дослідження біопотенціалів, що генеруються тканинами та органами людини, надають можливість одержувати інформацію про стан фізіологічних процесів. Так функціональний стан організму людини відображується певною електричною активністю. Реєстрація та аналіз цієї електричної активності дає можливість проводити біофізичні і медико-біологічні дослідження з метою вивчення роботи органів та тканин. Таким чином, електричні процеси, що протікають в живому організмі є найбільш потужними та інформативними.

Особливу значущість на сьогодні мають наукові дослідження серцево-судинної системи. Важливість системи пояснюється тим, що скорочення серцевого м'яза забезпечує надійний

кровоток. Це необхідно для всіх процесів життєдіяльності в органах та тканинах і без цього існування організму людини неможливе. Захворювання серцево-судинної системи є найважливішим чинником, що знижує середню тривалість життя людини та підвищує загальносвітову статистику смертності з цієї причини [1, 2]. Багато захворювань виліковні або контрольовані, якщо їх своєчасно діагностувати. Саме тому діагностика роботи серця потребує уваги та певної періодичності не тільки при наявності скарг на стан здоров'я, а навіть і при їх відсутності.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

У сучасних медичних дослідженнях, направлених на вирішення задач діагностики, продовжує зберігатися великий інтерес до методів аналізу електрокардіограм. Метод електрокардіографії (ЕКГ) дозволяє реєструвати активність серця як контактним так і безконтактним способом протягом визначеного періоду часу. На підставі даних ЕКГ проводяться просторово-кількісні дослідження електричного поля серця внаслідок відстеження електричних процесів, що протікають як всередині серця та і на різних ділянках його поверхні [3, 4]. Використання оцінювання отриманих результатів дозволяє діагностувати широкий діапазон серцевих захворювань від незначних до небезпечних для життя.

Аналіз літературних джерел про методи та засоби діагностики електричної активності серця свідчать про те, що дослідження розвивалися переважно в двох напрямках: аналіз ЕКГ в часовій [3—5] та частотній [6—8] областях. Перший напрямок — це дослідження та аналіз традиційної часової кардіограми, яка являє собою графічний запис зміни у часі сумарного електричного потенціалу, що відбувається у серцевому м'язі внаслідок руху іонів через біологічну мембрану. Кожен нормальний серцевий цикл містить у собі ряд зубців, які відображують стадії збудження окремих ділянок серцевого м'язу і мають певні параметри. Дослідження ЕКГ в частотній області дозволяє отримати додаткову діагностичну інформацію. Для цього використовують методи спектрального аналізу, що надають можливість оцінити амплітуду, частоту, та початкову фазу гармонічних складових сигналу. В основі спектральних методів лежить метод перетворення Фур'є, зокрема, швидкого перетворення Фур'є [9]. Останній використовується для фільтрації частотних перешкод, що спотворюють ЕКГ. Однак традиційний шлях вирішення цієї задачі стикається з проблемою «розтікання» спектру гармонічної перешкоди. Перетворення Фур'є залежить від частоти та не залежить від часу, тому не дозволяє локалізувати у часі частотні компоненти кардіосигналу і придатне тільки для аналізу стаціонарних сигналів. Для обробки тривалих записів реальних ЕКГ потрібно забезпечити відносно високу роздільну здатність сигналу по частоті і за часом.

Комп'ютерна обробка ЕКГ в фазовому просторі дозволяє усунути недоліки частотних методів та розширити діагностичні можливості кардіографії. В основі методу лежить спосіб дослідження поведінки динамічної системи, що описується кінцевим набором параметрів системи, коли аналіз проводиться в n -мірному просторі [10]. Фазові портрети однієї і той же ЕКГ, побудовані різними методами, розрізняються по формі, але мають загальну властивість згруповуватися в обмеженій області фазового простору відносно атрактору у вигляді граничного циклу. При цьому на фазових портретах спостерігаються характерні «петлі», що відповідають основним відхиленням імпульсів представленим за один серцевий цикл. Комп'ютерний аналіз фазового портрету ЕКГ дозволяє отримувати більш повну інформацію по діагностичним признакам ЕКГ ніж при традиційному аналізі, а також ефективно вирішувати важливу діагностичну задачу — селекцію нетипових циклів, які потрібно виключати при здійсненні процедури усереднювання в процесі обробки кардіограми [11].

Інформацію про біоелектричні процеси у серці отримують за допомогою різноманітних електрокардіографів, якими обладнані медичні установи. Однак доволі часто трапляються ситуації, коли кардіограф є недоступним. Традиційна система моніторингу дозволяє безперервно контролювати життєво важливі параметри та у багатьох випадках, коли пацієнтові потрібно постійне спостереження, це потребує тривалого перебування в лікарнях.

Тому дослідження в галузі розробки малогабаритного, недорогого персонального пристрою для отримання біомедичної інформації про роботу серця є актуальними. Такі пристрої дозволяють робити можливою ранню діагностику порушень роботи серця, діагностувати відхилення на початкових стадіях і в деяких випадках без безпосередньої участі лікаря.

Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є розробка компактного мікропроцесорного пристрою для реєстрації та подальшої обробки кардіосигналу.

Виклад основного матеріалу

Вирішення поставлених задач реалізовано на концепції віртуального приладу, що можливо внаслідок використання програмного середовища графічного програмування LabVIEW. Такий підхід широко використовується в науково-дослідних лабораторіях промисловості, як стандартний інструмент для виміру, збору даних, контролю, діагностики і управління приладами практично будь-якої складності [13, 14]. Сутність віртуального приладу полягає в тому, що система реалізується у вигляді програмної моделі реально існуючого приладу, причому програмно реалізується не лише середовище управління, але і логіка роботи приладу.

Для проведення дослідження розроблена схема модульного кардіографу, яка дозволяє поєднувати модуль електрокардіографічного приладу з модулями зняття та обробки біосигналів. Система в основному складається з датчиків, блоку збору даних, мікроконтролера і програмного забезпечення (LabVIEW). Структурна схема ЕКГ комплексу представлена на рис. 1.

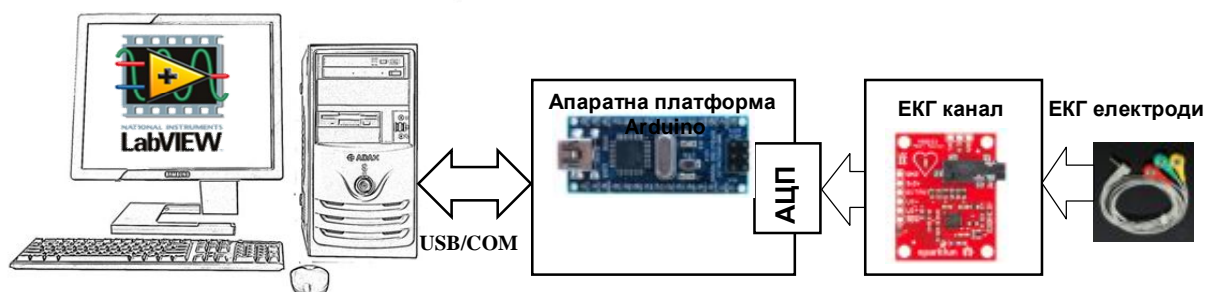


Рис. 1. Структурна схема ЕКГ комплексу

До апаратної частини комплексу включено дві складові:

- 1) модуль генерації сигналу для ЕКГ та інших біопотенціальних вимірювань;
- 2) платформа контролера Arduino, для виведення ЕКГ сигналу на ПК.

Електрокардіосигнал вимірюється на поверхні тіла за допомогою розташованих певним чином електродів. Сигнал отриманий від електродів має відносно малу амплітуду і його рівень коливається в межах ± 2 мВ. Закон зміни електрокардіосигналу в часі можна вважати квазіперіодичним з періодом 0.1...3 с. Частотний діапазон знаходиться в смузі від 0.05 до 800 Гц. Крім того, вимір сигналу такого малого рівня відбувається в умовах дії безлічі перешкод. Слід виділити такі перешкоди, як: імпульсні перешкоди та високочастотні шуми електродів і підсилювачів, мережеві перешкоди, артефакти руху, м'язовий тремор, дрейф ізоляції.

В наслідок цього на параметри вхідних каскадів, які визначають точність вимірів накладаються жорсткі вимоги. Навіть незначні погрішності можуть призвести до невірної інтерпретації стану здоров'я пацієнта. При підключенні електродів, закріплених на пацієнті, на входи електрокардіографа окрім вимірюваного сигналу поступатиме однаковий по модулю і фазі сигнал перешкоди, що призводить до необхідності застосовувати у вхідних каскадах диференціальний підсилювач із малим рівням шуму.

Виходячи з урахування перелічених факторів у якості вхідного інтегрованого блоку формування кардіосигналів обрано модуль на базі мікросхеми AD8232 (рис. 2а). Конструктивно модуль являє собою малогабаритну плату розмірами 28×36 мм (рис. 2б). На платі, крім мікросхеми, розташовані контакти, що забезпечують доступ до виводів мікросхеми AD8232, 3—контактний роз'єм підключення кабелю та світлодіодний індикатор відображення ритму пульсу. Контакти LO+, LO-, SDN, OUTPUT, GND, 3.3V забезпечують необхідні зв'язки між мікросхемою та іншими вузлами розробки. Кабель сполучений з трьома електродами датчика ЕКГ, які мають позначення: LA (ліва рука), RA (права рука) і RL (права нога). Два перших електрода використовується для зняття потенціалів з поверхні шкіри. Додатковий третій електрод для подавлення синфазних перешкод розміщується на правій нозі або справа на животі.

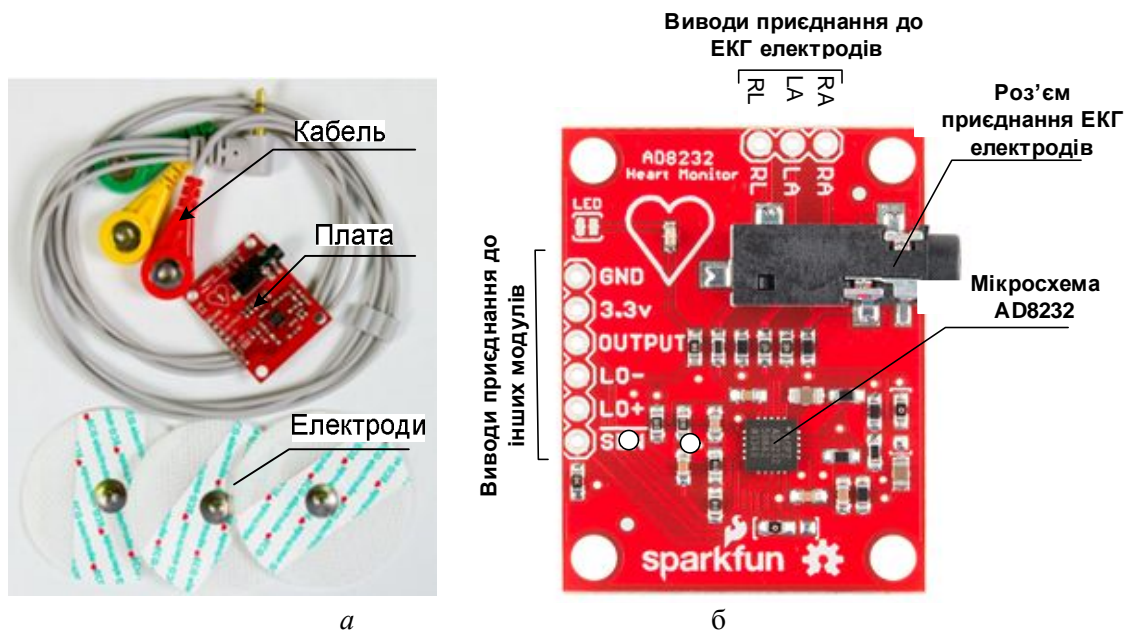


Рис. 2. Модуль на базі AD8232: а — загальний вигляд, б — плата модуля

Для зняття показань використовуються самоклеючі біомедичні сенсорні прокладки з кнопковою фіксацією до відповідних кінців кабелю. Таким чином, модуль повністю інтегрований блок ЕКГ з одинарним відведенням для двох- або трьохелектродних конфігурацій.

Основа модуля, мікросхема AD8232 вхідний аналоговий компонент вимірювання біоелектричного потенціалу, в тому числі для здійснення моніторингу електричної активності серця [14]. До складу AD8232 входять чотири підсилювачі, що дозволяє реалізувати цілий ряд важливих функціональних можливостей:

- загальний коефіцієнт підсилення становить більш 1000 та регулюється в залежності від амплітуди вхідного сигналу (варується в залежності розташування електродів) і діапазону сигналу входу АЦП;
- вихідний каскад із архітектурою Rail-to-Rail, що розширює діапазон вихідного сигналу;
- протидія коливанням напруги синфазного сигналу між мікросхемою і пацієнтом, що покращує швидкість придушення цього сигналу та дозволяє отримати коефіцієнт послаблення 80 дБ;
- фільтрація височастотних перешкод, до яких відносяться мережева перешкода і м'язовий тремор;
- фільтрація низькочастотних перешкод, до яких відносяться дрейф ізоляції і артефакт руху;
- детектор контакту електродів включає в себе схему виявлення його відключення;
- функція швидкого відновлення і повернення до нормальної реєстрації сигналів для запобігання тривалій затримки, що виникає після підключення електродів до об'єкту;
- вбудований еталонний буфер створює віртуальну землю, яка дозволяє роботу з джерелом живлення однополярної напруги від 2,0 В до 3,0 В та низьким споживанням струму до 170 мкА.

Таким чином, вибраний модуль дозволяє вирішувати задачі вилучення, посилення слабких біосигналів та їх фільтрацію, яка ефективно пригнічує перешкоди і не спотворює сам сигнал. Електроди, підключені до тіла, вимірюють сигнали викликані електричною активністю серцевої тканини. Ці сигнали обробляються в аналоговому модулі і поступають на його вихід, як аналогові показання. Для можливості використання методів цифрової обробки необхідно їх перетворення в цифрову форму.

В даній розробці, з аналогового каналу виміру сигнал поступає на плату модуля Arduino Nano. Платформа Arduino, призначена для створення електронних пристроїв з можливістю при-

йому сигналів від цифрових і аналогових датчиків, а також для побудови систем управління. Відносна простота, відкритість вихідного коду, можливості програмного і апаратного розширення, зрозумілість вирішення задач на всіх операційних системах, надали цій платформі широкого попиту для використання в багатьох проєктах [15, 16]. Значущим фактором для даної розробки є і мініатюрні розміри плати Arduino Nano: 18×45 мм.

Базовою основою модуля Arduino Nano є 8-бітний мікроконтролер сімейства AVR — ATmega328P із тактовою частотою 16 МГц. Апаратна плата Arduino складається не тільки з мікроконтролера, а має і все необхідне для підключення до зовнішніх периферійних пристроїв. Мікроконтролер ATmega328P має 8 аналогових портів підключених до АЦП з роздільною здатністю 10 біт, що дозволяє вимірювати напругу в діапазоні від 0 до значення напруги живлення мікроконтролера або до встановленої опорної напруги.

Згідно прийнятим схемотехнічним рішенням для даного приладу посилений наднизький корисний аналоговий сигнал, що генерується електричною активністю в тканині серця, надходить до модуля мікроконтролера, де перетворюється в цифрову форму і в такому вигляді передається на комп'ютер (рис. 3). Мікроконтролер в даному випадку використовується тільки для збору даних, їх перетворення і передачі на комп'ютер для подальшого аналізу. Управління процесом відбувається за допомогою програмного середовища LabVIEW встановленого на комп'ютері.

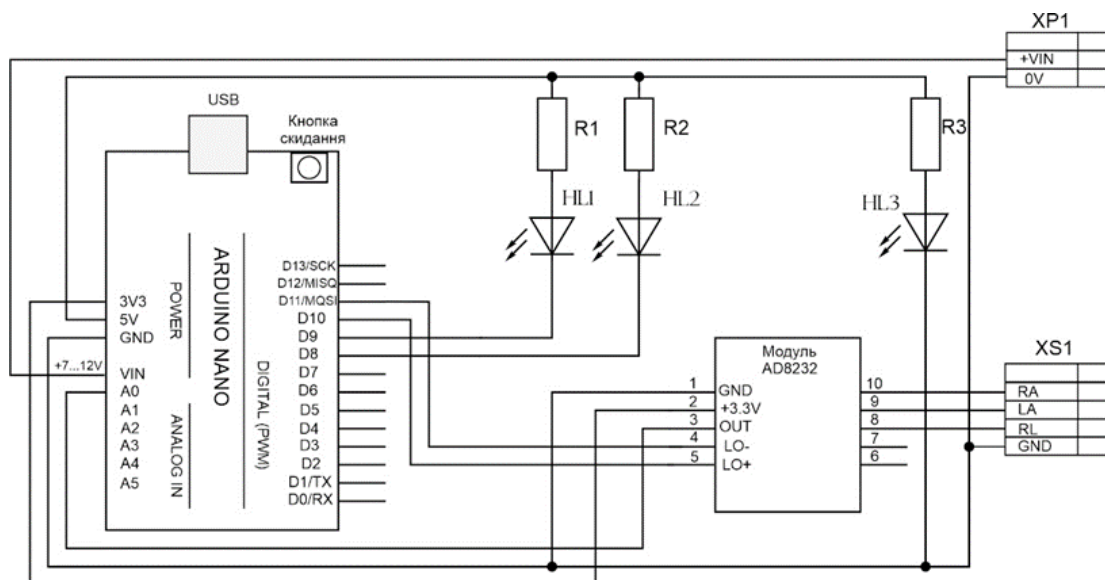


Рис. 3. Схема з'єднань модулів ЕКГ

Розробка алгоритмічного та програмного забезпечення виконувалось із врахуванням вимог на функціонування пристрою та вибраних модулів для його реалізації і зв'язку між ними. В реалізації поставлених задач проєкту застосовувались наступні програмні середовища: Arduino IDE, LabVIEW та NI—VISA. Інтегроване середовище Arduino IDE використовувалось при створенні власного програмного коду для платформи Arduino [14]. Середовище дозволяє не тільки писати власні програми але і скомпілювати та завантажити їх на задіяний мікроконтролер ATmega328. Завантажена в мікроконтролер програма реалізує циклічний алгоритм, в ході виконання якого йде безперервне опитування визначеного аналогового порту для зчитування мікросхеми зняття ЕКГ та передача перетворених даних на ПК. Обмін даними між платою Arduino і комп'ютером відбувається за рахунок з'єднання послідовного порту Serial із USB-портом комп'ютера. При такому підключенні модуль мікроконтролера ідентифікується як віртуальний COM-порт.

В даному проєкті функціонування мікроконтролера не є автономним, а потребує реалізації його взаємодії із програмним середовищем LabVIEW, що працює на комп'ютері. Для налаштування обміну інформацією між Arduino та LabView використовується пакет інструмента-

льних драйверів NI—VISA [14, 15]. Набір програмних засобів, що містяться в пакеті драйверів ініціює послідовне з'єднання і встановлює швидкість передачі даних. В даному випадку, обмін даними здійснюється із швидкістю 9600 біт/с. Організація взаємодії та підтримка операції введення-виведення даних відбувається у формі запит-відповідь. Комп'ютер відправляє специфічну для конкретного приладу команду-запит та чекає відповіді від приладу.

Процес об'єднаної взаємодії платформи Arduino з середовищем LabVIEW надало можливості спростити реалізацію проекту. Програмування в середовищі базується на принципах моделі потоку даних та використуванні візуальної графічної мови. Графічна програма отримується шляхом з'єднання входів і виходів графічних блоків відповідно до функціональних схем, що дозволяє приховати складності програмного та апаратного забезпечення. До кожного проекту розробленого в LabView входять вікно інтерфейсу програми та вікно програмного коду. Вікно програмного коду або блок діаграма відображує графічний вихідний код, який визначає функціонування віртуального інструменту. Таким чином, блок діаграма відображує собою саму програму.

Вікно інтерфейсу для програми або лицьова панель уявляє собою зовнішній вигляд інтерфейсу користувача програми. На цій панелі розміщуються блоки, що можуть бути або пристроями введення даних, засобами керування процесом або засобами відображення даних. Загальний вигляд лицьової панелі та блок діаграма для розробленого проекту системи наведено на відповідно на рис. 4 та рис. 5.

Розроблений пристрій дозволяє здійснювати вибірковий контроль та реєстрацію ЕКГ в режимі реального часу з одночасною візуалізацією даних, запис результатів проведеного дослідження і даних про пацієнта у файл. У пристрої реалізована можливість запису ЕКГ у вибрані моменти часу, що відбувається шляхом натиснення на кнопку на лицьовій панелі. Біоелектричні сигнали в середовищі LabVIEW обробляються наявними цифровими фільтрами, що дає змогу відфільтрувати шум і виділити корисну складову. Взаємодія Arduino із LabVIEW дозволила не тільки виконувати функції збору даних та їх відображення, а відкриває і можливості розширення функцій пристрою. В цьому напрямку значну роль відіграє програмне середовище де сконцентровано велику кількість бібліотек функцій забезпечення збору даних, обробки сигналів, математичних функцій та інших корисних додатків [6—15]. Задіяний програмний інструментарій дозволяє вирішувати задачі обробки сигналів без залучення додаткового програмного забезпечення. Таким чином, виникає можливість підвищити ефективність досліджень за рахунок нових сучасних комп'ютерних діагностичних технологій та впроваджені цифрових методів обробки даних.

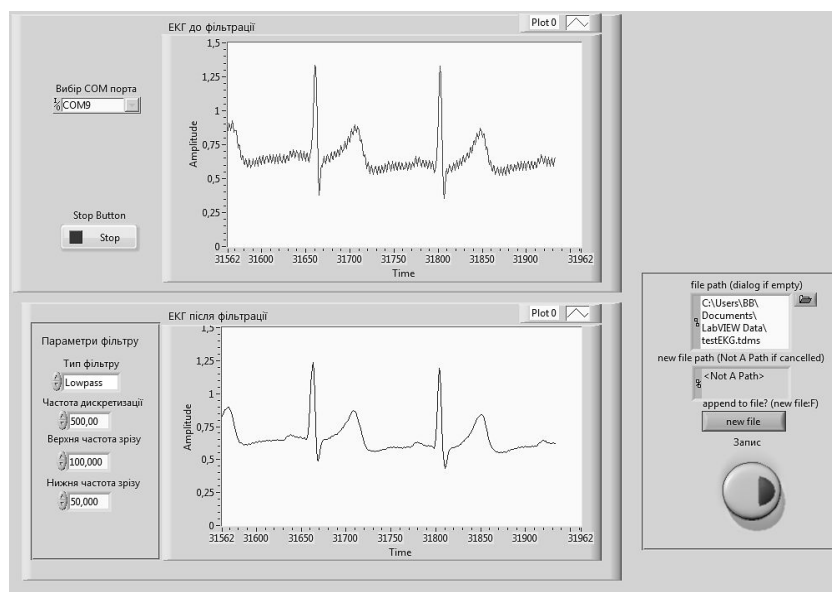


Рис. 4. Лицьова панель ВП ЕКГ

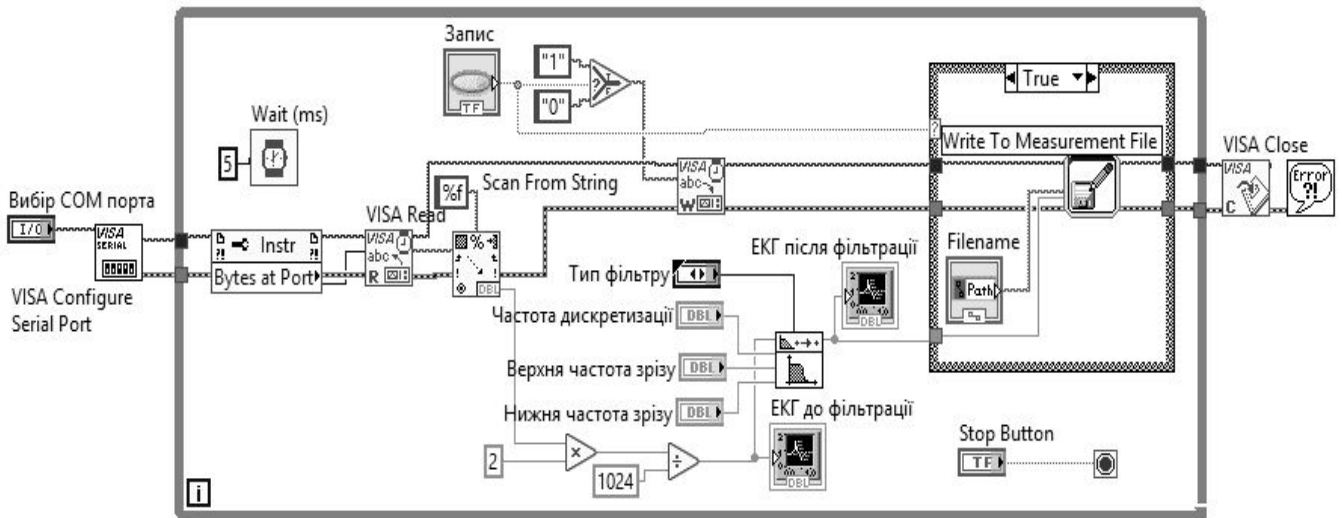


Рис. 5. Блок діаграма ВП ЕКГ

Прикладом застосування цього напрямку є реалізація в проекті обробки сигналу методом фазографії. Метод заснований на переході від скалярного представлення одноканальної ЕКГ, що реєструється в часовій області, до векторного представлення у вигляді фазового портрета цього кардіосигналу. Координатами фазового простору виступає сам сигнал в часовій області та його перша похідна. Програмне кодування відповідно до алгоритму вирішення задачі зводилось до застосування доступних методів графічної побудови блок діаграми (рис. 6).

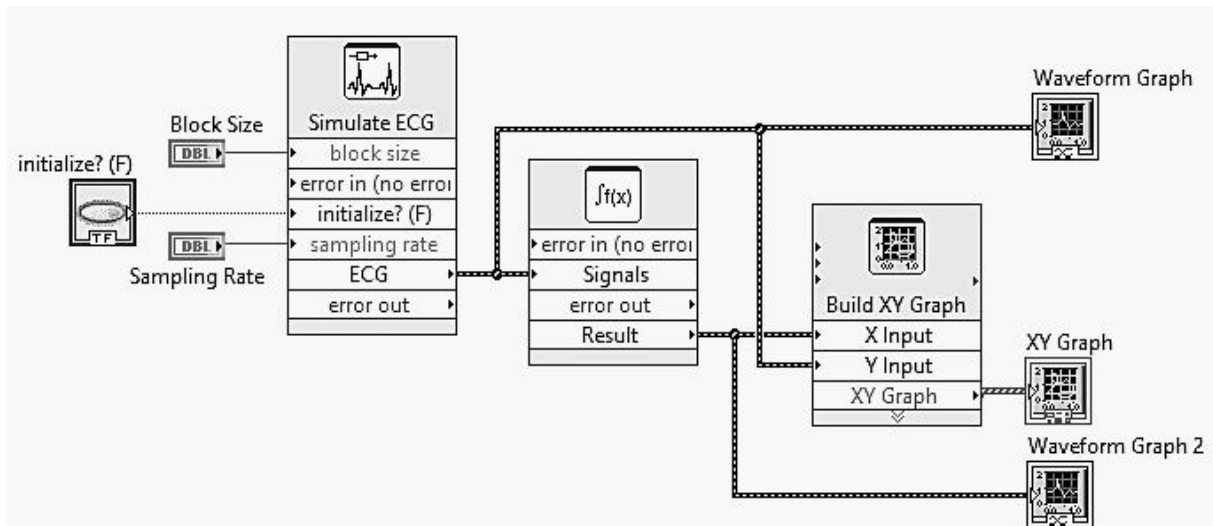
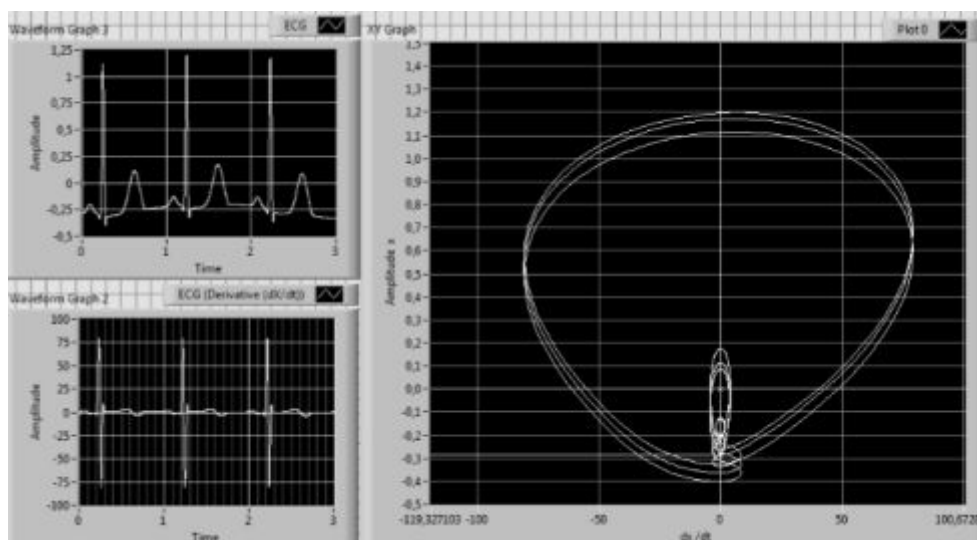
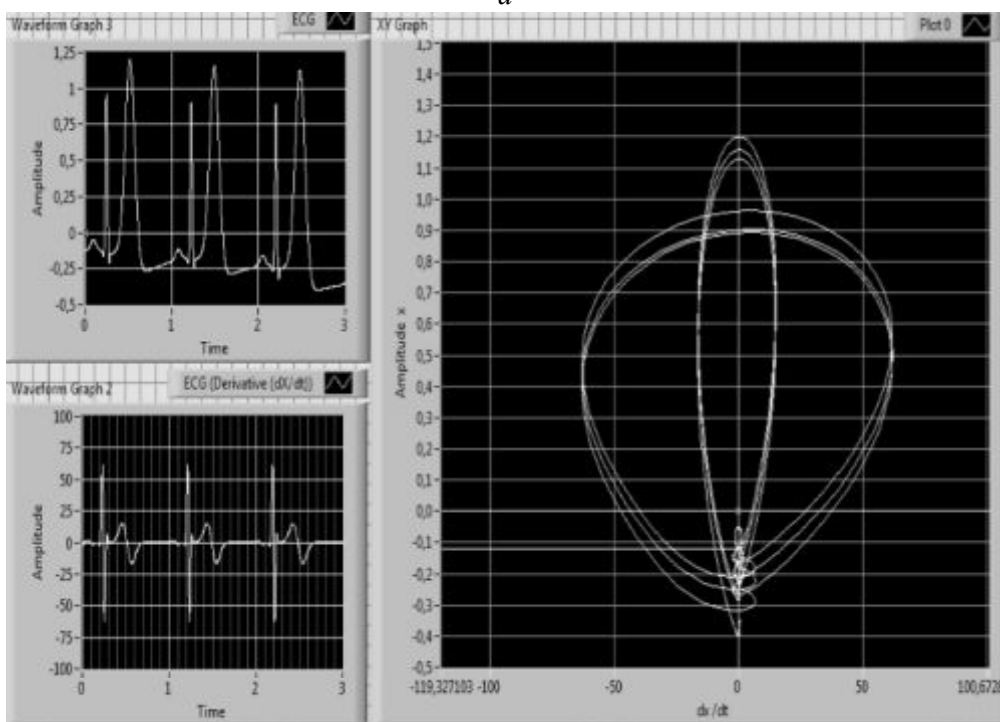


Рис. 6. Блок діаграма ВП побудови фазового портрету сигналу

Використання інтелектуальної технології обробки сигналів значно розширює діагностичні можливості, підвищує чутливість і специфічність ЕКГ-діагностики. Аналіз результатів отриманих методом обробки одноканальної ЕКГ у фазовому просторі координат, незважаючи на обмеженість інформативності, підтверджує придатність для оперативного контролю функціонального стану серцевої діяльності та дозволяє виявляти приховані ознаки порушень (рис. 7).



а



б

Рис. 7. Приклади фазових портретів кардіосигналів: здорової (а) та хворої (б) людини

В результаті використання методу обробки кардіосигналів у фазографії можна отримати еталонний фазовий портрет в якому відбиваються характерні діагностичні ознаки. Крім того, фазовому портрет має специфічні особливості, які належать тільки конкретній особі. Персоніфіковані фазові портрети можуть не мати змін на протязі тривалого періоду життя. Значні зміни відбуваються при ураженні серцевого м'язу, що дозволяє діагностувати захворювання. Фазографія має суттєві можливості в реалізації діагностики фізіології серцевої діяльності та виявлення можливих ризиків патології. При цьому діагностичні рішення приймаються, як на основі порівняння поточних даних із загальними нормами так і з фазовим портретом норми кожної конкретної особи.

Висновки

Розроблений портативний мікропроцесорний пристрій дозволяє здійснювати вибірковий контроль та реєстрацію ЕКГ в режимі реального часу з одночасною візуалізацією даних на екрані монітора комп'ютера, запис результатів проведеного дослідження та даних для кожного конкретного пацієнта у файл. Аналіз експериментального зразка пристрою підтвердив правильність прийнятих схемотехнічних та програмних рішень та відповідність до заданих функціональних можливостей. Завдяки малим розмірам прилад можна розміщувати у безпосередній близькості від серця людини, що підвищує амплітуду кардіосигналу та послаблює прояв артефактних перешкод. Вимірювальна інформація, що отримується за допомогою приладу має діагностичне значення.

Прилад не відноситься до медичного обладнання, а призначений для ознайомлення з принципами ЕКГ та діагностичного контролю серцевої діяльності в умовах виробництва або в домашніх умовах без участі медичного працівника. Діагностика направлена на оцінку можливостей серця задовольняти потреби організму користувача, як в стані спокою так і за умов впливу різних психоемоційних та фізичних навантажень. Це дозволяє управляти своїм здоров'ям і виявляти початкові ознаки відхилень в роботі серця.

Прийняті рішення дозволяють використовувати пристрій, як приставку до побутового комп'ютера для об'єктивної самооцінки функціонального стану та накопичення даних для можливих наступних консультацій з лікарем. Апаратні та програмні особливості приладу дозволяють використовувати його, як базову основу для побудови системи динамічного контролю над станом здоров'я із застосуванням комп'ютерних технологій та впроваджені цифрових методів обробки даних.

Розроблена мікропроцесорна ЕКГ система поєднує сучасні технології приладобудування та програмної обробки отриманої діагностичної інформації і може бути застосовані у якості лабораторного стенду в освітньому процесі опанування спеціальних дисциплін за освітньо-професійною програмою «Мікро- та наносистемна техніка».

Список використаної літератури

1. Корнацький В.М. Проблеми здоров'я суспільства та продовження життя: Київ: Інститут кардіології ім. М.Д. Стражеска, 2006. 46 с.
2. Воробьев Л.В. Анализ ЭКГ здорового человека: Кременчуг: 2017. 102 с.
3. Мурашко В.В., Струтинский А.В. Электрокардиография: Москв.: Медицина, 1991. 288 с.
4. Кипенский А.В., Шамардина В.Н., Дейнеко Д.М. Электрокардиография: Харьков: Учебно-методическое пособие: НТУ «ХПИ»: 2002. 52 с.
5. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии: Москва: ООО «Медицинское информационное агентство», 1997. 528 с.
6. Калиниченко А.Н., Гончаренко Ю.И., Родин А.И. Анализ спектральных параметров вариабельности сердечного ритма в реальном масштабе времени. Биотехнические системы в медицине и биологии: СПб: Политехника, 2002. 238 с.
7. Иванов Г.Г. Новые методы анализа электрокардиограммы: Москва: Функциональная диагностика, 2008. 260 с.
8. Омельченко В.А. Основы спектральной теории распознавания сигналов: Киев: Высшая школа, 1983. 156 с.
9. Файнзильберг Л.С. ФАЗАГРАФ® — эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца: *Клиническая информатика и телемедицина*. 2010. Т. 6, Вып. 7. С. 22–30.
10. Пейч Л. И., Точилин Д. А., Поллак Б. П. LabVIEW для новичков и специалистов: М.: Горячая линия, Телеком. 2004. 384 с.
11. Блюм П. LabVIEW: стиль программирования: М.: ДМК Пресс, Приборкомплект. 2010. 450 с.
12. Джон Хофман. Освоение Arduino. Проектный подход к электронике, схемам и программированию: Самиздат, 2018. 306 с.

13. Блум Джереми. Изучаем Arduino: инструменты и методы технического волшебства: СПб., БХВ-Петербург, Пер. с англ. 2015. 336 с.
14. Arduino IDE [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Arduino. Мова: англійська. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, (дата звернення 09.02.2022).
15. LabVIEW user manual. National Instruments corp., 2010. 78 p.
16. Суранов А. Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям: М.: ДМК Пресс, 2007. 536 с.

MICROPROCESSOR DEVICE FOR OBTAINING BIOELECTRIC INFORMATION

Abstract

The purpose of the study is to develop a microprocessor device for receiving, displaying, recording the electrocardiogram and its further processing. Physical methods of biopotentials studying generated by human tissues and organs make it possible to obtain information about the state of physiological processes and reflect the functional state of the human body. Scientific studies of the cardiovascular system, which directly affects the average life expectancy are of particular importance today. There is still great interest in the methods of analysis of electrocardiograms in modern medical research aimed at solving diagnostic problems. The solution of this problem is implemented on the concept of a virtual device, which is possible due to the use of software environment LabVIEW which is widely used in industry and research laboratories as a standard tool for data collection and device management.

The main aspects of development are considered, key nodes of the device are described and the radio element base is offered, the algorithm of operation of the device software is described. The module for recording bioelectric potentials (ECG) uses a specialized chip from Analog Devices AD8232. The chip is an interface module for monitoring heart rate with one leading and is designed to receive, amplify and filter weak biosignals in conditions of strong interference.

The hardware basis of the device in this work is the hardware and software complex Arduino Nano based on the microcontroller ATmega168, which is used only for collecting input data, their conversion and transmission to a PC. The control of the device and the logic of its operation of the device is determined by VP LabVIEW. The hardware and software features of the device allow the processing of diagnostic information by the method of phasography, in which the standard cardiogram is replaced by a phase portrait of the cardio signal. This significantly expands the diagnostic capabilities, increases the sensitivity and specificity of ECG diagnostics. The developed experimental sample of the virtual single-channel cardiograph combines modern technologies of instrument making industry and software processing of the received diagnostic information and can be applied as a laboratory board in educational process of special disciplines mastering on the educational and professional program "Micro- and nanosystem engineering".

References

- [1] Kornac'kij V.M. (2006) *Problemi zdorov'ya suspil'stva ta prodovzhennya zhittya [Problems of health and wellness and life]*. Kyiv: Ukraine, Institut kardiologii im. M. D. Strazheska, 46 p. [in Ukrainian].
- [2] Vorob'ev L.V. (2017) *Analiz EKG zdorovogo cheloveka [Analysis of the ECG of a healthy person]*. Kremenchug: Ukraine, 102 p. [in Ukrainian].
- [3] Murashko V.V., Strutinskij A.V. (1991) *Elektrokardiografiya [Electrocardiography]*. Moscow, Russia: Medicina, 288 p. [in Russian].
- [4] Kipenskij A.V., SHamardina V.N., Dejneko D.M. (2002) *Elektrokardiografiya [Electrocardiography]* Kharkov, Ukraine: Uchebno-metodicheskoe posobie, NTU «HPI», 52 p. [in Ukrainian].
- [5] Orlov V.N. (1997) *Rukovodstvo po elektrokardiografii [Guide to Electrocardiography]*. Moscow, Russia: OOO «Medicinskoe informacionnoe agentstvo», 528 p. [in Russian].
- [6] Kalinichenko A.N., Goncharenko YU.I., Rodin A.I. (2002) *Analiz spektral'nyh parametrov va-*

- riabel'nosti serdechnogo ritma v real'nom masshtabe vremeni. Biotekhnicheskie sistemy v medicine i biologii [Analysis of the spectral parameters of heart rate variability in real time. Biotechnical systems in medicine and biology].* Saint Petersburg, Russia: Politekhnik, 238 p. [in Russian].
- [7] Ivanov G.G. (2008) *Novye metody analiza elektrokardiogrammy [New methods of electrocardiogram analysis].* Moscow, Russia: Funkcional'naya diagnostika, 260 p. [in Russian].
- [8] Omel'chenko V.A. (1983) *Osnovy spektral'noj teorii razpoznavaniya signalov [Fundamentals of the spectral theory of signal recognition].* Kyiv, Ukraine: Vysshaya shkola, 156 p. [in Ukrainian].
- [9] Fajnzil'berg L.S. (2021) FAZAGRAF® — effektivnaya informacionnaya tekhnologiya obrabotki EKG v zadache skringa ishemicheskoy bolezni serdca [FASAGRAPH® is an effective information technology for ECG processing in the task of screening for coronary heart disease] *Kremenchug: Ukraine: Klinicheskaya informatika i telemedicina – Clinical informatics and telemedicine*, T. 6, №7. P. 22–30. [in Ukrainian].
- [10] Peich, L. Y., & Tochylyn, D. A., & Pollak B. P. (2004) *LabVIEW dlia novychkov y spetsyalystov [LabVIEW for beginners and experts].* Moscow: Horiachaia lynyia, Telekom, 384 p. [in Russian].
- [11] Blium P. (2010) *LabVIEW: styl prohrammyrovaniya [LabVIEW: programming style].* Moscow: DMK Press, Pryborkomplekt. 450 p. [in Russian]
- [12] Dzhon Khofman. (2018) *Osvoenye Arduino. Proektnyi podkhod k elektronike, skhemam y prohrammyrovaniyu [Mastering Arduino. Design approach to electronics, circuits and programming].* Moscow: Samydat, 306 p. [in Russian].
- [13] Blum Dzheremy. (2015) *Yzuchaem Arduino: ynstrumenti y metodi tekhnicheskoho volshebstva [Learning Arduino: Tools and Techniques for Tech Wizardry].* St. Petersburg: BKhV-Peterburh, Per. s anhl. 336 p. [in Russian].
- [14] Arduino IDE (19.10.2020). Ofitsiyni sait Arduino [Arduino IDE]. URL: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>, (data zvernennia 09.02.2023).
- [15] LabVIEW user manual (2021) National Instruments corp., 78 p.
- [16] Suranov, A.Ya. (2007) *LabVIEW 8.20: Spravochnyk po funktsiyam [LabVIEW 8.20: Function Reference].* Moscow: DMK Press, 536 p. [in Russian].

Надійшла до редколегії 03.03.2023