

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ МІКРОКОНТРОЛЕРНОГО ЕЛЕКТРОКАРДІОГРАФА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі розглядаються особливості побудови мікроконтролерного електрокардіографа та вимоги до нього. Проаналізовано принцип його роботи, розроблено узагальнену структурну схему пристрою та описано його складові частини.

Ключові слова: електрокардіограф, мікроконтролер, біомедична апаратура, пристрій, структурна схема.

Abstract

In this paper the features of construction of a microcontroller electrocardiograph and requirements to it are considered. The principles of ECG performing are analyzed, the generalized structural scheme of the device is developed and its constituent parts are described.

Keywords: electrocardiograph, microcontroller, biomedical equipment, device, structural scheme.

Вступ

В наш час різноманітна цифрова техніка досить популярна. Висока швидкість обробки цифрової інформації, зручність її зберігання та передавання, відображення сприяє невпинному зростанню рівня використання цифрової техніки в усіх галузях народного господарства. Цифрові комутаційні системи та системи вимірювання та контролю зустрічаються скрізь.

Простота та гнучкість в програмуванні, можливість побудови різних систем сприяють широкому використанню мікропроцесорної техніки в усіх сферах суспільного життя. Крім того, при використанні мікропроцесорної техніки зменшується вплив людського фактору на процес керування чи обробки інформації, зменшується ймовірність помилок, збільшується швидкість роботи [1].

Не є винятком і пристрої біомедичної апаратури, зокрема електрокардіографи, що являють собою медичні електровимірювальні прилади, за допомогою яких вимірюють і реєструють різницю потенціалів між характерними точками поверхні тіла людини. Прямим результатом роботи електрокардіографа є отримання електрокардіограми (ЕКГ) – графічного представлення різниці потенціалів, що виникають в результаті роботи серця і проводяться на поверхню тіла. Використання у складі його конструкції мікроконтролера (МК), що є основою побудови пристрою, спрощує побудову, розширює функціональні можливості та збільшує надійність електричної схеми [2].

Основна частина

Вхідні ланцюги електрокардіографа повинні підсилювати дуже слабкі сигнали від тіла людини, які знаходяться в діапазоні від 0,5 мВ до 5 мВ в поєднанні з постійною складовою величиною ± 300 мВ, яка виникає при контакті електродів зі шкірою (це явище називається шкірно-гальванічною реакцією), плюс синфазна складова між електродами і загальним (земляним) проводом величиною до 1,5 В. Смуга частот, що підлягає обробці й аналізу, становить, залежно від виду дослідження, від 0,5 Гц до 50 Гц (в пристроях моніторингу під час інтенсивної терапії), і до 1 кГц. Стандартний клінічний апарат ЕКГ працює зі смугою частот 0,05 – 100 Гц.

Так як сигнали від тіла дуже слабкі, у першу чергу їх необхідно підсилити. Підсилювачі, які використовуються в біомедицині для роботи з сигналами, мають дуже невеликі коливання напруги разом з напругою зміщення, називаються інструментальними операційними підсилювачами. Інструментальні підсилювачі мають високу ступінь завадостійкості від синфазних перешкод, що означає здатність до диференціального підсилення сигналу на входах «+» і «-». Найвідомішими виробниками інструментальних підсилювачів є Texas Instruments і Analog Devices [3].

При стисненні передсердя і шлуночків, а також від контактів електродів і інших електронних пристроїв виникає певний шум. Для фільтрації шуму необхідний смуговий фільтр (він обмежує сигнал зверху і знизу).

Далі сигнал необхідно перетворити з аналогового сигналу в цифровий за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). АЦП перетворює вихідний сигнал мікросхеми інструментального підсилювача в цифровий код і зазвичай розташовується у складі структури МК.

АЦП будь-якого мікроконтролера здатний вимірювати тільки напругу. Сигнал завжди вимірюється відносно точки, що називається опорною напругою, ця ж точка є максимумом, який можна виміряти. В якості джерела опорної напруги (ДОН) зазвичай обирається дуже стабільне джерело напруги, інакше всі вимірювання будуть нестабільними.

Однією з найважливіших характеристик є роздільна здатність, яка впливає на точність вимірювання. Весь діапазон вимірювання розбивається на частини. Мінімум – нуль, максимум – напруга ДОН. Для 8-ми бітного АЦП це: $2^8 = 256$ значень; для 10 бітного: $2^{10} = 1024$ значення. Таким чином, чим вища розрядність, тим точніше можна вимірювати сигнал.

Електроди, встановлені на тілі людини, реєструють електричні коливання (зміни різниці потенціалів), та передають їх на мікросхему інструментального підсилювача, яка виконує функції фільтра високих частот і підсилювача одночасно. Вона опрацьовує отриману напругу, формує аналоговий сигнал ЕКГ і передає його на АЦП мікропроцесора. Оцифрований сигнал може записуватися на microSD, SD – карту через послідовний інтерфейс SPI.

Для живлення схеми необхідний відповідний блок живлення, а для стабільної роботи мікропроцесора – кварцовий резонатор.

Програмується мікроконтролер за допомогою завантажувача UART.

Для зручного користування електрокардіографом часто використовують індикаторні світлодіоди. Червоний – для відображення рівня живлення, зелений – для контролю коректного зняття ЕКГ.

Всі компоненти розміщуються на спеціально розробленій і виготовленій друкованій платі.

Розроблена в роботі загальна структурна схема типового мікроконтролерного електрокардіографа наведена на рисунку 1.

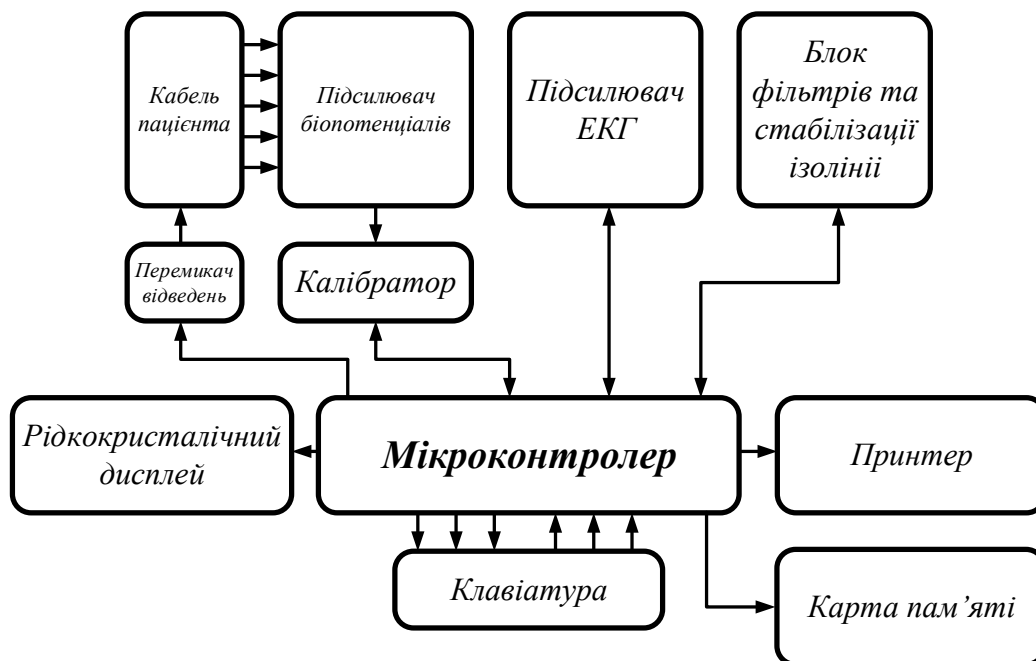


Рисунок 1 – Структурна схема мікроконтролерного електрокардіографа

Загалом прилад можна умовно розділити на такі блоки:

- електроди – за допомогою відповідної кількості електродів проводиться реєстрація електрокардіограми по чотирьох відведеннях (кабель пацієнта), перемикач між якими, здійснюється блоком перемикачів відведень, який керується мікроконтролером;
- підсилювачі – блоки операційних підсилювачів кардіосигналу (біопотенціалів та ЕКГ);

- калібратор – блок, що регулює та узгоджує з МК коефіцієнт підсилення блоку підсилювача біопотенціалів;
- фільтри – блок активних і пасивних фільтрів, які служать для фільтрації сигналу від завад та артефактів;
- мікроконтролер – основний блок електрокардіографа, який керує роботою приладу та проводить первинну обробку даних;
- ОЗП – оперативно запам'ятовуючий пристрій (міститься у складі МК);
- ПЗП – постійно запам'ятовуючий пристрій – мікросхема Flash-пам'яті на яку записується електрокардіограма (міститься у складі МК);
- рідкокристалічний дисплей – дисплей на якому висвітлюється меню керування приладом, а також різні системні повідомлення;
- гальванічна розв'язка – блок гальванічної розв'язки ЕОМ з приладом, зібраний на оптопарах;
- принтер використовується для виведення ЕКГ на паперову стрічку;
- карта пам'яті використовується для запису результатів досліджень [4].

Висновок

В роботі розроблена узагальнена структурна схема мікроконтролерного електрокардіографа, який може використовуватись в складі універсальних медичних інформаційних систем [5], на мобільних станціях швидкої допомоги, в скринінгових центрах для моніторингу стану здоров'я населення та навіть як побутовий діагностичний прилад.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мілих В. І. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка : підручник/ В. І. Мілих, О. О. Шавьолкін. – К. : Каравела. – 2007. – 688 с.
2. Мурашко В. В. Электрокардиография / В. В. Мурашко, А. В. Струтынский. – 9-е изд. – М. : Медпресс-информ, 2008. – 320 с.
3. Борьба с помехами на собранном электрокардиографе [Электронный ресурс] / Студенческая библиотека. – Режим доступа : http://studbooks.net/2129730/matematika_himiya_fizika/borba_pomehami_sobranom_elektrokardiografe (дата звернення 18.03.18). – Назва з екрана.
4. Илясов Л. В. Биомедицинская измерительная техника : учеб. пособие для вузов / Л. В. Илясов. – М. : Высшая школа, 2007. – 342 с.
5. Медична система прийняття та підтримки прийняття рішень / Д. Х. Штофель, Л. Г. Коваль, С. М. Злепко, Л. В. Космач // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Серія: Інформатика та моделювання. – 2013. – № 19 (992). – С. 167–172.

Крекотень Євген Геннадійович – студент групи РАМ–14б, факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Штофель Дмитро Хуанович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua.

Навроцька Ксенія Сергіївна – асистент кафедри біомедичної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: ksysha33@ukr.net.

Evgen G. Krekoten – student of group RAM-14b, Faculty of Infocommunications, Electronics and Nanosystems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ra14b.krekoten@gmail.com.

Dmytro Kh. Shtofel – Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor in Biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shtofel@vntu.edu.ua.

Ksenia S. Navrotska – assistant lecturer, department of biomedical engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ksysha33@ukr.net.