

УДК 615.47

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ СИНХРОННОЙ РЕГИСТРАЦИИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ И ФОТОПЛЕТИЗМОГРАММЫ

© Вершинин Д.А., Серко П.А.

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

Научный руководитель: Акулов С.А., канд. техн. наук, доцент
*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация*

e-mail: demid.vershinin2018@yandex.ru

Ключевые слова: электрокардиограмма, фотоплетизмограмма, пульсовая волна.

В статье приводится описание разработки устройства регистрации электрокардиограммы и фотоплетизмограммы, состоящего из специализированного модуля AD8232 фирмы Analog Devices, модуля XD-58C и платформы Arduino Nano. Приведена структурная схема, основные характеристики разработанного устройства и результаты проведенных испытаний.

Исследование параметров гемодинамики играет важную роль при ранней диагностике заболеваний сердечно-сосудистой системы. Параметры электрокардиограммы несут важную количественную информацию о синхронной работе отделов сердца, в то время, как параметры фотоплетизмограммы используются при оценке состояния сосудистого русла крупных сосудов [1].

Одним из таких показателей является скорость распространения пульсовой волны, процесс измерения которой состоит из следующих процедур:

- регистрация ЭКГ и ФПГ
- оцифровка сигналов при помощи микроконтроллера;
- вывод сигналов через последовательный порт на экран/монитор;
- обработка сигнала и вычисление временной задержки между R-зубцом и максимумом пульсовой волны.

В качестве ключевых требований к аппаратуре регистрации вышеуказанных сигналов можно выделить высокую степень интеграции компонентов, малые габаритные размеры, низкое энергопотребление и малый уровень шумов [2].

Были проанализированы ряд схемотехнических решений с учетом выделенных требований. При построении канала регистрации ЭКГ был сделан выбор в пользу модуля AD8232 Analog Devices. AD8232 – это интегрированный блок обработки сигналов для ЭКГ. Он предназначен для регистрации, усиления и фильтрации биопотенциалов в условиях помех, например, вызванных движением или удалённым расположением электродов. Используемый в работе модуль XD-58C – это оптический датчик сердечного ритма (пульсометр), построенный на принципе отраженной фотоплетизмографии. В качестве контроллера была выбрана платформа Arduino Nano с процессором Atmega328 (аналоговый вход – 10 разрядный АЦП).

Структурная схема разработанного устройства приведена на рисунке 1. Устройство состоит из модуля AD8232, состоящего из 3-полюсного ФНЧ, подавляющего высокочастотные шумы мышечного сокращения, 2-полюсного ФВЧ, устраняющего артефакты движения, встроенного фильтра ВЧ, опорного генератора, подавляющего дополнительные помехи, выходного буфера и инструментального усилителя с коэффициентом подавления синфазного сигнала 80 дБ и 3 отводов для электродов.

Модуль XD-58C состоит из зеленого светодиода, фотодиода, операционного усилителя, усиливающего слабый сигнал с фотодиода и ФНЧ.

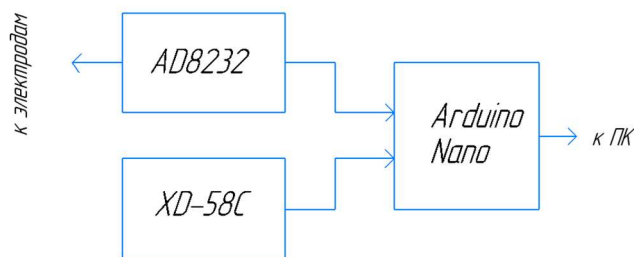


Рисунок 1 – Структурная схема регистратора ЭКГ-сигнала и ФКГ-сигнала

Микроконтроллер обеспечивает аналого-цифровое преобразование и передачу дискретизированного сигнала через последовательный порт на ПК.

Питание осуществляется от батареи из двух аккумуляторов LitoKala ёмкостью 3200 мАч с выходным напряжением 7.4 вольта.

Разработанное устройство полностью удовлетворяет заданным техническим требованиям.

Разработанное устройство показано на рисунке 2.



Рисунок 2 – Разработанной устройством

В ходе испытаний были получены стабильные сигналы ЭКГ и ФПГ с частотой дискретизации 100 Гц. Проведены измерения задержки распространения пульсовой волны у группы испытуемых: 6 человек в возрасте 19 – 20 лет, датчик пульса располагался на верхней фаланге указательного пальца. Уровни шумов каналов ЭКГ и ФПГ составили менее 30 и 50 мкВ соответственно.

Библиографический список

1. Laurent, S. Expert consensus document on arterial stiffness: methodological issues and clinical applications / S. Laurent, J. Cockcroft, L. Van Bortel, P. Boutouyrie, C. Giannattasio, D. Hayoz, B. Pannier, C. Vlachopoulos, I. Wilkinson, H. Struijker-Boudier // European Heart Journal. – 2006. – Vol. 27, № 21. – DOI: 10.1093/eurheartj/ehl254.
2. Karimpour, P. Photoplethysmography for the Assessment of Arterial Stiffness / P. Karimpour, J.M. May, P.A. Kyriacou // Sensors (Basel). – 2023. – Vol. 23, № 24. – DOI: 10.3390/s23249883.