

УДК 681.5

О разработке технологического и пользовательского приложения для мобильного электрокардиографа на основе смартфона

Дробышев М.А., Козлов Д.Ю., Останин С.А.

АлтГУ, г. Барнаул

На сегодня практически стандартным способом обследования работы сердца является электрокардиография – неинвазивная методика регистрации и исследования электрических полей, образующихся при работе сердца. Мобильные электрокардиографы – это легкие переносные аппараты ЭКГ для регистрации электрокардиографического сигнала на месте нахождения пациента (не обязательно в больнице). Мобильный электрокардиограф предполагает использование смартфона для сбора, анализа и передачи данных ЭКГ, при этом замеры происходят с использованием внешнего устройства – кардиофлешки. ООО «Алтайский геофизический завод» [1] для решения проблемы слабой насыщенности рынка доступными российскому потребителю домашних и мобильных ЭКГ собирается выпустить ряд подобных мобильных устройств.

На рынке присутствует ряд готовых аппаратных решений для сбора кардиосигнала, например, интегральная плата MAX30003 [2], линейка микросхем ADS12**[3–4] и т.д. Данные решения поддерживают протокол SPI [5], предназначенный для обеспечения простого и недорогого высокоскоростного сопряжения микроконтроллеров и периферии, и позволяют получать данные по каждому из каналов по одному измерению с заданной в конфигурации частотой. Для работы смартфона с данными решениями нужен USB – SPI мост. Существует несколько вариантов создания моста:

1. Использование готового моста, например, MCP2210 [6].
2. Использование микроконтроллера STM32 [7], Atmega328 [8] и др.

Была поставлена задача разработать мобильное приложение с минимальной поддерживаемой версией Android 4.4 (Android API 19) для работы с мобильными электрокардиографами на основе микросхем MAX30003 (работает в одноканальном режиме), ADS1293 (позволяет работать 5-канальном режиме, однако в этой задаче достаточно и 3 каналов) и ADS1298 (позволяет работать в 8-канальном режиме) через мост MCP2210. К приложению были выдвинуты следующие требования по функционалу: необходимо собирать данные файл с

возможностью его последующей передачи стандартными средствами ОС Android (через электронную почту, мессенджеры и т.п.), а также уметь визуализировать данные.

Для программирования микроконтроллера был выбран язык C++ и среда разработки Arduino IDE, а при разработке мобильного приложения использовалась среда разработки IntelliJ IDEA и язык программирования Kotlin.

Разработанное на данном этапе приложение не обеспечивало требуемую скорость работы. Дополнительное тестирование показало, что узким местом в рабочем процессе является мост MCP2210. В силу этого, был произведён переход на микроконтроллер STM32, что дало ряд дополнительных преимуществ, в частности, возможность использования библиотеки – USB-serial-for-Android [9] с поддержкой высоких скоростей обмена данными.

После этого, к окончанию первой итерации процесса разработки был реализован первый прототип приложения, которое позволяло работать с одноканальной микросхемой MAX30003 и поддерживало запись в файл, а также визуализировало данные с электрокардиографа. В приложении и прошивке микроконтроллера был реализован универсальный протокол обмена данными между ними.

Вместе с тем, был выявлен ряд недостатков, а именно: текущая визуализация кардиосигнала не подходила для последующих разработок.

Возникали проблемы при добавлении более 600 точек на график в секунду; при работе с микросхемой ADS1293 максимально получалось получить не более 3500 отсчетов данных на канал вместо требуемых 4276. Также возникала проблема с накоплением данных для сохранения в файл, и при длительной записи у приложения сильно деградировала производительность.

Вторая итерация разработки была посвящена исправлению выявленных проблем, в ходе которой:

1. Была заменена графическая библиотека.
2. Код для микросхемы ADS1293 был переписан и оптимизирован, в конечном итоге нужная частота сбора данных была достигнута.
3. Была оптимизирована работа с файлами за счёт внутренних очередей.

На рисунке 1 представлен мобильный электрокардиограф на базе подключённой микросхемы ADS1293.

Интерфейс разработанного мобильного приложения изображен на рисунке 2, при этом виден сгенерированный микроконтроллером

тестовый синусоидальный сигнал. Графики ЭКГ на экране смартфона можно приближать для более подробного анализа.

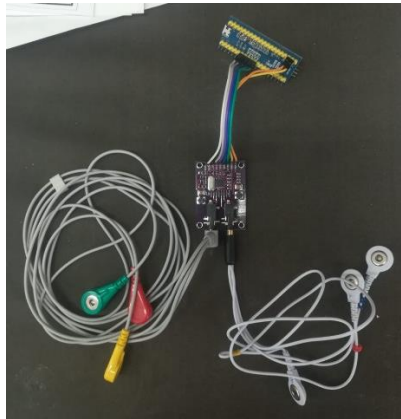


Рисунок 1. 3-х каналный мобильный электрокардиограф. Подключенная к микроконтроллеру STM32 микросхема ADS1293

Таким образом, было разработано мобильное приложение, которое удовлетворяет выдвинутым функциональным требованиям, а также совместимо с выше указанными микросхемами. Разработанное приложение и прошивки были протестированы на ООО «Алтайский геофизический завод». Данное тестирование проводят для проверки соответствия электрокардиографов требованиям международного стандарта IEC 60601-2-25:2011 (ГОСТ Р МЭК 60601-2-25-2016) [10]. В ходе тестирования сравнивалось отображение различных сигналов специальной формы, подаваемых от генератора, на осциллографе и в мобильном приложении. Результаты тестирования оказались удовлетворяющими указанному стандарту.

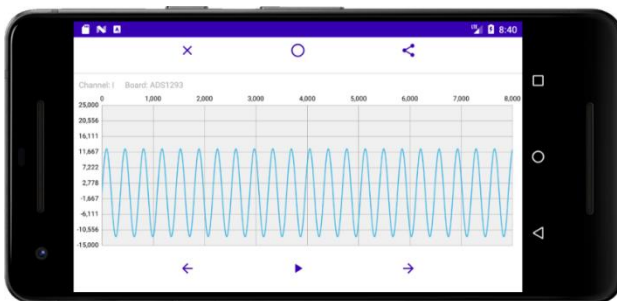


Рисунок 2. Рабочее окно мобильного приложения электрокардиографа

Библиографический список

1. Официальный сайт ООО «Алтайский геофизический завод» [электронный ресурс] URL: <https://www.agfz.ru/>
2. Документация MAX30003 [электронный ресурс] URL: <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX30003.pdf>
3. Документация ADS1293 [электронный ресурс] URL: <https://www.ti.com/lit/gpn/ads1293>
4. Документация ADS1298 [электронный ресурс] URL: <https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ads1298.pdf>
5. Пользовательский гайд по архитектуре SPI [электронный ресурс] URL: <https://www.ti.com/lit/ug/sprugp2a/sprugp2a.pdf>
6. Документация MCP2210 [электронный ресурс] URL: <https://ru.mouser.com/datasheet/2/268/22288A-79829.pdf>
7. Документация по STM32F103C8 [электронный ресурс] URL: <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32f103c8.html>
8. Документация по ATmega328 [электронный ресурс] URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega328>
9. Репозиторий библиотеки usb-serial-for-android [электронный ресурс] URL: <https://github.com/mik3y/usb-serial-for-android>
10. Medical electrical equipment - Part 2-25: Particular requirements for the basic safety and essential performance of electrocardiographs, IEC 60601-2-25:2011 [электронный ресурс] URL: <https://webstore.iec.ch/publication/2636>

УДК 579.64

**Структурно-феноменологическая реологическая
модель для инженерных расчетов течений полимерных
сред**

А.А. Лаас¹, Г.О. Рудаков²

¹*Алтайский государственный университет, Барнаул,
проспект Ленина, 61*

²*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, Барнаул, проспект Ленина, 46*

Широкое внедрение полимеров и продуктов на их основе в повседневной практике приводит к увеличению внимания к их производству и переработке. Спрос на полимерные материалы объясняется легкостью их переработки, а также уникальными