**АННОТАЦИЯ**

Отчет включает: страниц –; рисунков – ;список используемых источников; приложений – 4.(расстояние 12 пт)

Объектом исследования является приложение-эмулятор устройства, генерирующее и передающее с помощью Bluetooth Low Energy ЭКГ волну на базе ОС Android. Цель работы — создания программного комплекса для генерирования ЭКГ данных с Android устройства, а так же чтения и визуализации полученных данных на другом Android устройстве. Представлена программная реализация описанного алгоритма на языке Java, с использованием среды разработки Android Studio. Показана программная реализация модулей программного средства, документированы основные классы и методы модулей входящих в состав программного средства.

**ANNOTATION**

The report includes: pages - 71; figures - 8; block-diagram - 3; applications - 4.

The object of the study is an application-emulator device that generates and transmits using Bluetooth Low Energy ECG wave based on the Android OS. The goal of the work is to create a software package for generating ECG data from an Android device, as well as reading and visualizing the data on another Android device. A software implementation of the described algorithm in the Java language is presented, using the Android Studio development environment. The software implementation of software modules is shown, the main classes and methods of the modules included in the software are documented.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Лист

09.03.04.580000.000.ПЗ

Разраб.

Булгаков И.Е.

Руководит.

Гнедина О.А.

Нормокон.

Гнедина О.А.

Утверд.

Карапетянц А. Н.

Эмулятор ЭКГ устройства на базе операционной системы Android

Пояснительная записка

Лит.

Листов

«ПОВТ и АС»

[ВВЕДЕНИЕ 7](#_Toc454233976)

[1 Аналитический обзор состояния вопроса 9](#_Toc454233977)

[2 Математическое обоснование алгоритма генерирования электрокардио волны 16](#_Toc454233984)

[3 Алгоритмическое конструирование программного средства 20](#_Toc454233988)

[3.1 Схема общей работы программного средства 20](#_Toc454233989)

[3.2 Выводы по главе 22](#_Toc454233990)

[4 Программное конструирование программного средства 23](#_Toc454233991)

[4.1 Выбор языка программирования 23](#_Toc454233992)

[4.2 Выбор операционной среды 24](#_Toc454233993)

[4.3 Выбор среды разработки 26](#_Toc454233994)

[4.4 Описание основных модулей программы 27](#_Toc454233995)

[4.5 Основные классы UML – диаграммы 29](#_Toc454233996)

[4.6 Выводы по главе 30](#_Toc454233997)

[5 Тестирование модулей программного средства 31](#_Toc454233998)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 47](#_Toc454234005)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 48](#_Toc454234006)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А](#_Toc454234007) [Техническое задание на программное средство 49](#_Toc454234008)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б](#_Toc454234009) [Исходный код программного средства 57](#_Toc454234010)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В](#_Toc454234011) [Акт приемки/сдачи программного средства 70](#_Toc454234012)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г](#_Toc454234013) [Протокол предзащиты 71](#_Toc454234014)

# ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения передачи между Android устройствами, используют множество технологий, но самой перспективной является технология Bluetooth Low Energy. Это одна из самых используемых технологий на сегодняшний день, которая позволяет передавать данные между устройствами, поддерживающими технологию Bluetooth 4.0, а так же снизить затраты на использование ресурсов батареи устройства.

Технология Bluetooth Low Energy появилась на рынке в 2011 году как Bluetooth 4.0. Говоря о различиях Bluetooth Low Energy и Bluetooth можно сказать в низком энергопотреблении Bluetooth 4.0. Хотя это может звучать как что-то негативное, но на самом деле это очень позитивно, когда речь идет о связи M2M. С потреблением энергии Bluetooth LE приложения могут работать с небольшим уровнем заряда батареи в течение четырех-пяти лет. Хотя это и не идеально подходит для разговоров по телефону, для приложений очень важно периодически обмениваться небольшими объемами данных.

Как и Bluetooth, BLE работает в диапазоне 2,4 ГГц ISM. В отличие от классического Bluetooth, BLE остается в спящем режиме постоянно, за исключением случаев, когда инициируется соединение. Фактическое время соединения составляет всего несколько миллисекунд, в отличие от Bluetooth, который принимает приблизительно 100 миллисекунд. Причина столь коротких соединений заключается в том, что скорость передачи данных достигает 1 Мбит / с.

Bluetooth  Low Energy ориентирован на новые перспективные приложения и рынки: здоровье и спорт, потребительская медицинская электроника, энергосбережение, промышленная автоматизация и безопасность.  Рассматривая приборы для отслеживания состояния здоровья, особое внимание привлекают приборы для отображения и анализа пульса, электрокардиограммы, давления.

В настоящее время на рынке представлены электрокардиографы, которые рассчитаны не только на распечатку или индикацию на экране монитора (ЭКГ), но и электрокардиографы со встроенными системами обработки ЭКГ сигналов для проведения измерений и выдачи интерпретационных диагностических заключений.

В данной выпускной квалификационной работе будет представлено описание создания программного комплекса из двух мобильных приложений:

* приложение для эмуляции работы ЭКГ-прибора и для взаимодействия со смартфоном;
* приложение для подключения к устройству-эмулятору, получения и отображения ЭКГ данных с устройству-эмулятору.

Приведены основные блок схемы программного комплекса и описание классов.

# 1 Аналитический обзор

## 1.1 Обзор технологии Bluetooth Low Energy

Bluetooth Low Energy - это простой, мощный и наиболее перспективный протокол взаимодействия между устройствами с низким уровнем энергопотребления. Начиная с Android 4.3, устройствам представляется встроенная поддержка Bluetooth Low Energy.

### 1.1.1 Архитектура Bluetooth Low Energy

BLE используется для установления связи между двумя или более устройствами, и обменам данными между ними. Каждое устройство во время общения может иметь одну из двух основных ролей:

* Generic Attribute Profile (GATT) клиент;
* Generic Attribute Profile (GATT) сервер.

Данный протокол похож на традиционную архитектуру клиент-сервер, где устройства-сервера имеют данные, необходимые другим устройствам, а так же запросы для получения этих данных. Устройство-клиент имеет возможность сканировать пространство вокруг себя на наличие BLE устройств, подключаться к найденным устройствам и взаимодействовать с службами устройства для получения необходимых данных. Устройство-сервер может начать рекламировать себя, после чего становится видимым для устройства-клиента. Далее, после того как устройство-клиент устанавливает соединение, периферийное устройство предоставляет набор сервисов, используемых периферией для получения данных. После того, как периферийное устройство устанавливает соединение, устройство-сервер предоставляет набор сервисов, используемых периферией для получения данных.

Сервис - это совокупность характеристик, представляющих определенный набор данных. Каждый сервис состоит из набора характеристик, которые в свою очередь состоят из значения и дескрипторов, относящихся к конкретной характеристике (см. Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – «Структура Bluetooth сервиса»

Характеристики могут быть одного из трех типов:

* allows reading - разрешается чтение данных из данной характерстики;
* allows writing - позволяет записывать значения в данную характеристику;
* allows notifyin - разрешает подписку на характеристику. Устройство-клиент будет уведомляться каждый раз, когда изменяется значение характеристики.

### 1.1.2 Сравнительная характеристика Bluetooth и BLE

Рассматривая различия между данными технологиями можно выделить следующие преимущества. BLE рассчитан на 1 Мбит/с, с практической пропускной способностью 305 Кбит/с. Это приблизительно 38 килобайт в секунду. Он имеет задержку при подключении или передаче данных меньше 6 миллисекунд, по сравнению с классическим Bluetooth, скорость подключения в котором составляет приблизительно 100 миллисекунд. Он экономит энергию, только будучи включенным, когда фактически передает данные, вместо того, чтобы удерживать подключение активным постоянно, как в случае с классическим Bluetooth.

Говоря о том, что BLE неэффективна при непрерывной передаче данных, нужно учитывать, что это относится к потоковым данным в диапазоне сотен килобит, то есть к аудио или видео. Различия между двумя технологиями представлены в таблице №1.

Таблица № 1 – «Различия между BLE и классическим Bluetooth»

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Технические параметры | Классический Bluetooth | Bluetooth Low Energy |
| Рабочая частота | 2400 MГц | 2400 MГц |
| Дистанция | 10 м | 50 м |
| Скорость передачи | До 3 Мб/сек | 1 Мб/сек |
| Скорость полезная | 0.7 – 2.1 Мб/сек | ~0.1 Мб/сек |
| Количество узлов | До 7 | До 800 |
| Шифрование | От 56 до 128 бит | AES 128 |
| Задержки | > 100 мс | < 3 мс |
| Передача голоса | ДА | НЕТ |
| Только передатчик | НЕТ | ДА |
| Потребление энергии | 100% | 1% |
| Размер кода (FLASH/RAM) | 100/30 | 40/3 |

## 1.2 Схематическое строение электрокардиограммы

Электрокардиограммы широко используются в биомедицинской обработке сигналов, для диагностики патологического функционирования сердца. Многие алгоритмы были сконструированы для анализа, измерения и сжатия этих сигналов. Эти методы трудно проверить, потому что реальные сигналы ЭКГ искажаются несколькими типами шума. В данной работе представлен алгоритм, который генерирует реалистичные, синтетические сигналы ЭКГ. Этот алгоритм, может быть использован для тестирования новых методов обработки ЭКГ.

Используя числовые и геометрические параметры, которые являются диагностическими значениями, генерируемый сигнал можно интерпретировать как биомедицинский сигнал с важными диагностическими интервалами, такими как QRS, QT, PR и т. д.

С другой стороны, эта модель дает строго математический контроль над сигналом. В нашей интерпретации сигналы ЭКГ являются кривыми с заданными параметрами, включая производные, кривизну и т. д.

### 1.2.1 Теоретические сведения о строении электрокардиограммы

В медицинской обработке сигналов электрокардиограмма представляет собой электрическую деятельность сердца. В одном такте сигнал ЭКГ регистрирует разность потенциалов между двумя электродами, расположенными на поверхности кожи. Есть несколько типов записи данных, которые различаются лишь местом расположения электродов.

Роль цифровой обработки сигнала в анализе ЭКГ – это неоценимая помощь кардиологам для выявления и диагностики заболеваний. Особенно важно для тех пациентов, которым требуется 24 часа наблюдения.

Существует два разных способа тестирования и сравнения этих методов. Первый - использовать большие базы данных ЭКГ, такие как Physionet, для оценки алгоритмов. К сожалению, настоящие электрокардиограммы обычно искажают данные из-за шума, поэтому трудно проверить точность протестированных процедур.

### 1.2.2 Структура ЭКГ волны

Сигнал ЭКГ может быть сегментирован в сердцебиение. Каждое сердцебиение состоит из пяти стандартных волн, помеченных буквами P, Q, R, S, T. Эти волны указывают деполяризацию и фазу реполяризации сердечных мышц. Кроме этого, существует еще пять межволновых интервалов, называемых сегментом PR, QRS, QT, и сегментом ST (см. Рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – «Основные характеристики кривой ЭКГ»

Рассмотрим все составляющие ЭКГ волны поэлементно.

Р-волны обычно представляют собой слабо амплитудные характеристики, которые представляют собой деполяризацию предсердий до сокращения предсердий.

QRS комплекс отражает деполяризацию желудочков. Это наиболее значимая волна ЭКГ из-за большой мышечной массы желудочков. Таким образом, его можно легко обнаружить и часто использовать для определения частоты сердцебиения.

T-волна представляет собой реполяризацию желудочков. Это восстановление фазы сердечной мышцы. Форма этой волны несет в себе много информации о сердечных аномалиях. Поэтому важно проанализировать его геометрические свойства, такие как симметрия, асимметрия и наклон. PR интервал: это время, прошедшее между началом волны P и началом следующего комплекса QRS. Это отражает проведение через узел AV1.

PR сегмент - это плоский, обычно изоэлектрический сегмент между концом волны P и началом комплекса QRS. Большая задержка в сегменте PR происходит в AV-узле.

Сегмент ST представляет период от конца деполяризации желудочков к началу реполяризации желудочков

## 1.3 Схематизация и строение ЭКГ волны

Один способ сгенерировать электрокардиограмму состоит в том, чтобы использовать динамические модели. В этом случае кривая ЭКГ представляет траекторию, определенную дифференциалом. Это также возможный способ вести долгосрочные записи, такие как 24-часовые ЭКГ, беря во внимание вариабельность сердечного ритма. На частоту сердечных сокращений может значительно влиять симпатическими и парасимпатические действия. Например, сердце повышения ставки во время ингаляции и уменьшения во время выдоха.

Так же для генерирования ЭКГ волны принято использовать кусочное многочленное приближение. Кусочный подход приближения обладает следующими преимуществами:

* геометрические параметры кривой могут быть отрегулированы от элемента к элементу;
* возможность установить диагностические параметры ECG независимо его геометрических параметров.

Рассмотрим алгоритм полиномиальной аппроксимации. Представим одно сердцебиение с электрокардиограммы через 15 базовых точек. Обозначив эти точки через   
, мы должны найти сплайн S, который удовлетворяет следующее уравнение:

где f: R → R - изменяющаяся во времени функция, которая представляет кривую ЭКГ. Это может быть легко решено методом классической Эрмитовой интерполяции. Главный вопрос, на который нужно ответить, - как выбрать базовые точки? Они должны быть связаны с диагностическими параметрами, поскольку они определяют диагностические интервалы и амплитуды волн ЭКГ.

Необходимо различать диагностические и геометрические параметры. 15 диагностических параметров можно разделить на два класса. Первая группа содержит диагностические интервалы: PR, PR сегмент, QRS, QT, сегмент ST. Второй класс включает амплитуды волн P, Q, R, S, T.

Касательные и кривые являются геометрическими параметрами. Они могут быть установлены на некоторых, но не на всех базовых точках. Например, кривизна может быть установлена только в экстремумах, но касательные могут меняться на всех не экстремальных точках. В конечных точках, , , мы требуем только интерполяционные ограничения. Переменные параметры суммируются в списке ниже:

Заметим, что кривизна как геометрический параметр легко вычисляется как производная:

где κ () - кривизна функции f в точке .

### 1.3.1 Математическое обоснование алгоритма генерирования электрокардио волны

Сигналы ЭКГ играют жизненно важную роль в продвинутых диагностических методах различных сердечно-сосудистых заболеваний. Они предоставляют критическую медицинскую информацию о полном состоянии здоровья пациента. Типичный сигнал ЭКГ показывает колебания между кардиальными сокращениями (систола) и релаксацией (диостала), что отражено в частоте сердечных сокращений (HR). Таким образом сигнал ЭКГ определяет количество сердечных ударов в минуту.

Много важных событий характеризуют кардиальные функции. Типичный сигнал ЭКГ изображает серию волн определенной формы, которые происходят в повторяющемся цикле. Основные особенности сигнала ЭКГ, обычно обозначаемыми буквами P, Q, R, S и T.

Одно сердцебиение представлено тремя формами волны, которые начинаются с P - волны, сопровождаемой комплексом QRS и концами с T - волной. Относительно маленькая P - волна начинается деполяризацией предсердных мышц и связана с их сокращением. Большой комплекс QRS-волны, состоит из трех волн, и вызывается деполяризацией желудочков, а так же связан с их сокращением. Предсердная реполяризация происходит во время деполяризации желудочков, но ее слабый сигнал не виден на ЭКГ. T - волна вызывается током, текущим во время реполяризации желудочков. Нормальный кардиальный цикл человека, в покое, состоящий из волн всех форм (формируют P − T волны), охватывает приблизительно 0.8 секунды.

Сигналы ЭКГ можно регистрировать, используя электрокардиографы. Такие сигналы обычно искажаются несколькими источниками шума, которые вызываются электрическим вмешательством оборудования (например, питания от сети).

## 1.4 Внедрение технологии Bluetooth Low Energy в электрокардиографы

Bluetooth LE является популярным протоколом для связи с медицинскими устройствами и не без оснований: в дополнение к низкому энергопотреблению, он также относительно недорог и предлагает возможность подключения к большинству смартфонов.

Можно выделить четыре фактора, которые указывают на лаконичность использования BLE в медицинских устройствах:

* количество информации и латентность важны. Традиционный Bluetooth был разработан, чтобы хорошо передавать потоковые данные, такие как аудио, в то время как Bluetooth LE экономит энергию, обычно отправляя небольшие пакеты данных с нечастыми интервалами. Это дает нам возможность отправлять маленькие пакеты данных каждые пару секунд, при этом экономя значительную часть заряда батареи;
* существует возможность запрограммировать интервал соединения BLE от доли секунды до нескольких секунд;
* BLE работает на большинстве смартфонов. Стандарт Bluetooth LE вышел в 2010 году, поэтому большая часть смартфонов сегодня выпускается с поддержкой данной технологии. Если вы хотите приобрести приложение для смартфонов для своего медицинского устройства, Bluetooth LE может быть отличным вариантом - огромным преимуществом подключения в сфере фитнес-устройств и нерегулируемых потребительских медицинских продуктов.

## 1.5 Сравнительный анализ аналогов на рынке электрокардиографов

На сегодняшний день, на рынок электрокардиографов с большим успехом врываются устройства, поддерживающие беспроводную передачу данных с помощью технологии BLE, что в свою очередь влечет появления большой конкуренции.

### 1.5.1. BLE электрокардиографов «Rejiva - Health and Stress Biofeedback Patch»

Одним из самых перспективных электрокардиографов с поддержкой BLE является устройство компании Rijuven “Rejiva - Health and Stress Biofeedback Patch”. Данное устройство измеряет частоту сердечных сокращений, вариабельность сердечного ритма (HRV), частоту дыхания, время сна, индекс дыхания и уровень энергии для анализа состояния автономной нервной системы (ANS). Это первое устройство, которое фиксирует общее состояние здоровья, помогает управлять стрессом, оценивает процесс старения и отслеживает уровень энергии организма(см. рисунок 1.3). Так же при покупке устройства Rejiva, покупатель автоматически бесплатно получает программное обеспечение для смартфона для взаимодействия с устройством. Данное устройство будет стоить приблизительно 14234 рубля или 248 долларов США.



Рисунок 1.3 – «Наглядное представление устройства Rejiva»

### 1.5.2 BLE электрокардиографов «eMonition ECG»

Конкуренцию устройству Rejiva может составить устройство компании Mega “ eMonition ECG ”(см. рисунок 1.4). EMotion ECG - это система дистанционного мониторинга электрокардиографии (ЭКГ), которая делает возможным отслеживания изменения сердечного ритма. Постоянный мониторинг в реальном времени может выполняется как дома так и на работе, что позволяет без каких либо препятствий следить за своим здоровьем не внося больших изменений в повседневную жизнь.



Рисунок 1.4 – «Наглядное представление устройства eMotion ECG»

Данная система работает следующим образом - данные ЭКГ передаются от датчика ЭКГ на мобильный телефон через BLE модуль. Телефон перенаправляет данные через мобильную сеть на сервер, где хранятся данные. Данные могут обрабатываться двумя способами: с помощью веб-браузера для анализа или с помощью монитора в режиме реального времени. С помощью веб-браузера специалист может детально изучить и проанализировать сохраненные ЭКГ данные. Отчет об анализе можно отправить в электронное письмо пациента сразу же после его завершения. Мониторинг зрения позволяет контролировать несколько пациентов одновременно. Частота сердечных сокращений у пациента может быть видна на экране мобильного телефона.

При покупке устройства eMotion ECG, покупатель автоматически бесплатно получает программное обеспечение для смартфона, чтобы взаимодействовать с устройством. Цена данного устройства варьируется в приделах 234705 рубля или 4105 долларов США.

## 1.6. Выводы по главе

# 2 Алгоритмическое конструирование

Для разработки программного средства для устройства-клиента были разработаны следующие алгоритмы:

* алгоритм поиска и визуализации BLE устройств;
* алгоритм подключение, получения и визуализации BLE данных.

Для разработки программного средства для устройства-эмулятора были разработаны следующие алгоритмы:

* алгоритм рекламирования в качестве BLE устройства;
* алгоритм генерирования ЭКГ волны с помощью динамических функций;
* алгоритм передачи данных подключенным BLE устройствам;

## 2.1 Алгоритм поиска и визуализации BLE устройств

Перед началом поиска BLE устройств, необходимо выполнить проверку на то, является ли Bluetooth модуль активным, и если он не активен, необходимо предложить пользователю включить его. После того как Bluetooth модуль включен, необходимо начать сканирование BLE устройств, и локально сохранять найденные устройства в список. Причем, из-за особенности реализации Bluetooth модуля, каждое устройство, рекламирует себя приблизительно один раз в секунду, поэтому необходимо выполнять проверку, на наличия каждого найденного BLE устройства в локальном списке устройств. После выполнения вышеперечисленных действий, необходимо отобразить полученные данные на экране. Блок-схема алгоритма поиска BLE устройств, представлена на рисунке 2.1.



Рисунок 2.1 – «Блок-схема алгоритма поиска и визуализации BLE устройств»

## 2.2 Алгоритм подключение, получения и визуализации данных из BLE устройства

После нахождения BLE устройства, пользователь может подключится к нему, используя возможности протокола BLE. После подключения, на устройство-эмулятор будет отправлена команда для начала передачи ЭКГ данных, и уровня заряда батареи. Обработав данную команду, устройство-эмулятор начнет отправку соответствующих данных.

Для постоянного получения и обработки входящих данных, было выбрано использование паттерна наблюдатель-подписчик (с англ. observable-subscriber). Данный паттерн подразумевает получение подписчиком данных от наблюдателя, только тогда, когда он подписался на получение соответствующих данных. В случаи отписки от получения данных, подписчик автоматически перестает получать данные.

Подписавшись на получения данных, будет ожидаться получения соответствующих данных. После прихода пакета данных, будет определен тип пакета, и согласное ему, будут визуализированы те или иные данные. Если тип пакета - это ЭКГ данные, то они будут отображена на графике, если же тип – это уровень заряда батареи, то будет значение соответственно.

Блок-схема алгоритма подключение, получения и визуализации данных из BLE устройства, представлена на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2 – «Блок-схема алгоритма подключение, получения и визуализации данных из BLE устройства»

## 2.3 Алгоритм рекламирования в качестве BLE устройства

Для рекламирования Android устройства как BLE устройства, необходимо активировать Bluetooth адаптер, а так же настроить и запустить Bluetooth Gatt Server(BGS).

Настройка BGS заключается в добавлении сервисов и характеристик, которые будут использоваться устройствами-клиентами, для получения необходимых данных. После настройки необходимо активировать режим рекламирования и запустить BGS, чтобы взаимодействовать с устройствами.

Блок-схема алгоритма рекламирования в качестве BLE устройства представлен на рисунке 2.3.



Рисунок 2.3 – «Блок-схема алгоритма рекламирования в качестве BLE устройства»

## 2.4 Алгоритм генерирования ЭКГ волны с помощью динамических функций

Чтобы устранить проблему искажение шумом сигналов ЭКГ, используют динамические функции. Такие функции обычно – основанные на дифферинциальных уравнениях. Особо значимые работы посвященные данной проблеме проведены Макшарри и Клифордом, которые использовали дифференциальные уравнения, чтобы сгенерировать сигналы ЭКГ.

Макшарри и Клифорд использовали спектральные особенности интервалов RR от биения к биению или RR тахограммы. Данная функция(2.1) состоит й из суммы двух Гауссовских функций.

где и – две значения, и и - соответствующие отклонения. В спектральном анализе RR рассматривают тахограмму двух групп критической частоты, обычно называемую группой низкой частоты (LF) (0.04 к 0.15 Гц) и группой высокой частоты (HF) (0.15 к 0.4 Гц). Питание в LF и группах HF обозначено и соответственно, и различие представлено = + . Следовательно, отношение LF/HF равно /.

Функция S(f) дает спектр временного ряда, обозначенного T(t). Чтобы получить T(t), необходимо выполнить обратное преобразование Фурье над последовательностью комплексных чисел, амплитудами которых является функция S(f), такая, что фазы в произвольном порядке распределены между интервалом 0 и 2π. Это позволяет получить любое требуемое среднее значение для временного ряда T(t) на основе начального ряда. Получающийся ряд наследует те же временные и спектральные свойства оригинала.

Математическая модель представлена следующей системой дифференциальных уравнений:(12пт до формулы и после)

Где ,

является четырьмя квадрантными арктангенсами элементов x и y, располагающегося по [−π, π], и ω - угловая частота траектории движения точки вокруг предельного цикла и связана с частотой сердечных сокращений равной 2πf. Коэффициенты управляют величиной пиков, в то время как определяет ширину каждого пика. Есть возможность введения базового блуждания, когда базовое значение в (2.3) связано с дыхательной частотой по формуле:(12пт до формулы и после)

(2.3)

В результате при генерирования волны получается требуемая ЭКГ волна с заданными пиками и почти без искажений, т.е. без посторонних шумов. Блок-схема алгоритма генерирования ЭКГ волны представлена на рисунке 2.4(вынести в приложения, 12пт до картинки и после)

Рисунок 2.4 – «Блок-схема алгоритма генерирования ЭКГ волны с помощью динамических функций»

## 2.5. Алгоритм передачи данных подключенным BLE устройствам

После подключения устройства-клиента к устройству-эмулятору, последний должен, после получения команды для начала отправки, должен начать передавать соответствующие данные. Это будет осуществляться путем запуска в отдельной задаче передачи сгенерированных данных ЭКГ в характеристику, и последующей отправке в BGS, для передачи устройству-клиенту.

Блок-схема алгоритма передачи подключенным BLE устройствам представлена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – «Блок-схема алгоритма передачи подключенным BLE устройствам»

## 2.6 Выводы по главе

# 3 Программное конструирование

## 3.1 [Обоснование выбора средств разработки](#_Toc414135388)

Разрабатываемый программный комплекс делится на две составляющие:

* программное средство для устройств-клиента;
* программное средство для устройства-эмулятора.

Для реализации поставленных задач был выбран следующий язык программирования и среда разработки соответственно: Java и Android Studio соответственно.

Android Studio – это интегрированная среда разработки (IDE) от Google, которая предоставляет инструменты, которые позволяют создавать приложения для устройств под управлением ОС Android. Android Studio доступна для скачивания на Windows, Mac и Linux. Создателями Android Studio является на IntelliJ IDE.

## 3.2 Основные классы и методы программного средства для устройства-клиента

### 3.2.1 Класс MainActivity

Данный класс является одним из основных классов всего программного средства клиентской части и содержит все необходимые данные для отображения данных полученных по Bluetooth протоколу из устройства-эмулятора.

Класс содержит поля:

* Subscription subscription\_ecg – переменная предназначенная для выполнения операции подписки для получения ЭКГ данных, при условии, что удалось подключится к устройству-эмулятору;
* Subscription subscription\_battery - переменная предназначенная для выполнения операции подписки для получения уровня заряда батареи, при условии, что удалось подключится к устройству-эмулятору;
* int xValue – переменная предназначенная для хранения данных об абсциссе на графике ЭКГ;

Методы класса представлены в Таблице 3.1

Таблица 3.1 – «Методы класса MainActivity»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Имя метода | Входные параметры и их описание | Описание метода | Возвращаемое значение |
| 1 | 2 | 3 | 4 |

## 3.6 Выводы по главе

# 4 Заключение

# 5 Список используемых источников

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**

# Техническое задание на программное средство

СОГЛАСОВАНО УТВЕРЖДЕНО

Ст. пр. каф. «ПОВТ и АС» Зав. каф. «ПОВТ и АС»

\_\_\_\_\_\_\_\_\_ /О.А. Гнедина/ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_/А.Н. Карапетянц/

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г. «\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г.

## А.1 Введение

## А.1.1 Наименование разрабатываемого программного средства

Полное название – «Эмулятор ЭКГ устройства на базе операционной системы Android», краткое «Эмулятор ЭКГ».

## А.1.2 Область применения

Областью применения является сфера разработки мобильных приложения для ОС Android.

## А.2 Основание для разработки

Разработка проводится на основании задания на преддипломную работу, выданного руководителем, ст. пр. кафедры «ПОВТ и АС» ДГТУ Гнедина О.А. так же на основании документа «Учебный план для студентов ВУЗа», факультета «Информатика и вычислительная техника», обучающихся по специальности 09.03.04 «Программная инженерия», в соответствии с которым студенты, заканчивающие ВУЗ, должны предоставить к защите работу, выполненную в ходе разработки выпускной квалификационной работы.

## А.3 Назначение разработки

## А.3.1 Функциональное назначение

Функциональное назначение заключается в замене медицинских портативных устройств ЭКГ, устройством под управлением ОС Android.

## А.3.2 Эксплуатационное назначение

Эксплуатационное назначение в использовании на мобильных устройствах конечных пользователей.

## А.4 Требования к программе

## А.4.1 Требования к функциональным характеристикам

Программный комплекс будет состоять из двух приложений:

* приложение для генерирования и передачи с помощью Bluetooth Low Energy API ЭКГ волны;
* приложение для визуализации данных принимаемых с устройства-эмулятора;

Основными функциями приложения-эмулятора являются:

* формирование ЭКГ данных;
* формирование значения уровня заряда батареи;
* взаимодействие с клиентским устройством с помощью Bluetooth Low Energy API;
* передача ЭКГ данных с помощью Bluetooth Low Energy API;
* передача уровня заряда батареи устройства Bluetooth Low Energy API.

Основными функция приложения-клиента являются:

* подключение к устройству-эмулятору с помощью Bluetooth Low Energy API;
* чтение ЭКГ данных с устройства;
* чтение уровня заряда батареи устройства;
* визуализация полученных данных.

## А.4.2 Требования к надежности

Требования к обеспечению надежного функционирования программы: Надежное функционирование программы должно быть обеспечено выполнением совокупности организационно-технических мероприятий, перечень которых приведен ниже:

* организацией правильного использования Android устройства;
* организацией правильного использования BLE модулей;
* регулярным выполнением требований ГОСТ 51188-98. Защита информации. Испытания программных средств на наличие компьютерных вирусов.

Так же обрабатываются отказы из-за некорректных действий пользователей системы.

## А.4.3 Условия эксплуатации

Для функционирования программного продукта необходимо соблюдение всех требований и правил эксплуатации мобильной техники.

Требования к персоналу, работающему с данным программным продуктом:

* общие знания вычислительной техники;
* знание предметной области формирования пользовательского интерфейса приложения;
* знание операционной системы Android;
* знание основных понятий работы с BLE API;
* понимание того, что из себя представляет ЭКГ данные.

## А.4.4 Требования к составу и параметрам технических средств

В состав технических средств должно входить мобильное устройство производителей системы Android, включающее в себя:

* емкостную сенсорную панель ввода;
* оперативную память объемом не менее 512 Мбайт;
* операционную систему семейства Android 5.0 и выше;
* встроенные библиотеки Android API, Bluetooth Low Energy API;
* разрешение экрана по диагонали более 4’ дюймов.

Дополнительных требований и ограничений не вводится.

## А.4.5 Требования к программной совместимости

## А.4.5.1 Определение структуры входных и выходных данных

Входными данными приложения-клиента являются список доступных устройств для подключения. Входными данными для приложения-эмулятора являются задание данных для генерирования ЭКГ волны.

Выходными данными приложения-клиента являются визуализация данных полученных из устройства-эмулятора. Выходными данными приложения-эмулятора является сгенерированная ЭКГ волна.

Входные данные и выходные данные выводятся в соответствующих окнах приложения мобильного устройства.

## А.4.5.2 Язык программирования

Для корректного функционирования программного продукта необходима операционная система Android. Языком программирования выбран Java.

## А.4.5.3 Операционная система

Программное средство должно работать под управлением ОС Android. Так же требуется наличие мобильного устройства под управлением данной операционной системы.

## A.4.6 Требование к упаковке и маркировке

Требования к упаковке и маркировке программного средства не предъявляется.

## А.4.7 Требования к транспортировке и хранению

Условия транспортирования, места хранения, условия складирования и сроки хранения в различных условиях должны соответствовать требованиям, предъявляемым к носителям информации на которых будет содержаться данное программное изделие.

Допустимы все способы транспортирования и хранения, не нарушающие целостность используемого носителя данных.

Программное средство может храниться на любом носителе информации, имеющее возможность подключения к персональному компьютеру или мобильному устройству, и позволяющее производить установку с данного носителя.

## А.4.8 Специальные требования

Оценочные требования к функционалу программного средства и уровню его реализации сведены в таблицу А.4.1.

Таблица А.4.1 - Функционал программного средства

| № | Реализуемые программным средством функции | Степень самостоятельности разработки | | |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Мат. модель | Алгоритм | ПС |
| 1 | Выполнения сканирования устройством-клиентом на нахождения BLE устройств | - | модиф. | новое |
| 2 | Подключение устройством-клиентом к найденным устройствам | - | новое | новое |
| 3 | Визуализация полученных данных | - | новое | новое |
| 4 | Выполнения BLE рекламирования устройством-эмулятором | - | новое | новое |
| 5 | Выполнения передачи данных к устройству-клиенту | - | новое | новое |
| 6 | Генерация ЭКГ данных | + | модиф. | модиф. |

## А.5 Требования к программной документации

Программная документация должна состоять из следующих пунктов:

* задание на преддипломную практику;
* техническое задание по ГОСТ 19.201-78 ЕСПД;
* руководство системного программиста по ГОСТ 19.503-79 ЕСПД;
* руководство программиста по ГОСТ 19.504-79 ЕСПД;
* руководство оператора по ГОСТ 19.505-79 ЕСПД.

## A.6 Стадии и этапы разработки

Системный анализ (с 16.04.2016 по 28.04.2016):

* изучение предметной области;
* определение области применения и целей использования разрабатываемого программного средства;
* поиск вариантов решения поставленных задач;
* определение ограничений и диапазонов функционирования разрабатываемого программного средства;
* подготовка технического задания.

Общесистемное проектирование (с 27.04.2016 по 01.05.2016):

* определение структуры программного средства;
* определение структуры алгоритмов и модулей.

Подготовка технологических средств (02.05.2016 по 10.05.2016):

* выбор языка программирования;
* выбор среды разработки программного средства;
* выбор и подготовка инструментальных средств и средств отладки;
* разработка инструкций к применению методов.

Программная реализация, рабочий проект (с 11.05.2016 по 27.05.2016):

* разработка алгоритмической части;
* разработка текстов программных модулей;
* разработка документации;
* проектирование пользовательского интерфейса.

Отладка программного средства в статике (c 28.05.2016 по 13.06.2016):

* тестирование программных модулей;
* комплексирование модулей, поэтапное сведение в единый комплекс;
* локализация ошибок;
* корректировка исходных текстов, информационных потоков;
* перекомпиляция программного средства;
* тестирование ПС.

## А.7 Порядок контроля и приемки

Порядок и контроль приёмки определяются заведующим кафедрой «ПОВТ и АС» и основаны на демонстрации знаний технологии и умении создавать программные средства для различных предметных областей.

Главным требованием к приемке является наличие правильно работающего комплекса модулей с тестовым примером и отчета, представленного в печатном виде.

Разработчик технического задания /Булгаков Илья Евгеньевич/

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2017 г. \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись)