

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Высшая школа электроники и компьютерных наук
Кафедра «Электронные вычислительные машины»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Г.И. Радченко
« ___ » _____ 2018 г.

Разработка аппаратной системы «Браслет экстренной помощи»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУРГУ-090301.2018.131 ПЗ ВКР

Руководитель работы,
к.т.н., доцент
«Электронные
Вычислительные машины»
_____ П.О. Шабуров
« ___ » _____ 2018 г.

Автор работы
студентка группы КЭ-484
_____ А.А. Бабкина
« ___ » _____ 2018 г.

Нормоконтролёр, ст. преп. каф.
«Электронные вычислительные
машины»
_____ В.В. Лурье
« ___ » _____ 2018 г.

Аннотация

Автор А.А. Бабкина. Разработка аппаратной системы «Браслет экстренной помощи». – Челябинск: ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) ВШЭКН; 2018, 99 с., 29 ил. Библиографический список – 58 наименований.

Работа посвящена разработке аппаратной системы, которая сможет реагировать на изменение состояния здоровья человека и в случае ситуации, угрожающей пользователю системы, будет отправлять SMS-оповещение на указанный номер.

Данная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка, приложений.

В первой главе представлен анализ задачи, выявление необходимого функционала, обзор мировых аналогов. Во второй главе разработаны технические требования, пути решения задачи, разработка структуры системы. В третьей главе осуществлен подбор необходимых датчиков, модулей, микроконтроллеров. Также представлены электрические схемы, макетная плата и 3D-модель. В четвертой главе – алгоритм работы, содержание SMS-сообщения и описание среды разработки.

| | | | | | | | | |
|------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------------|---------------------------------|--|-------------|---------------|
| | | | | | <i>ЮУрГУ-090301.2018.131 ПЗ</i> | | | |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Лист</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | | |
| <i>Разраб.</i> | | <i>А. А. Бабкина</i> | | | | <i>Лит.</i> | <i>Лист</i> | <i>Листов</i> |
| <i>Пров.</i> | | <i>П. О. Шабуров</i> | | | | | 3 | 99 |
| <i>Рецензент</i> | | | | | | ФГАОУ ВО «ЮУрГУ» (НИУ) Кафедра ЭВМ | | |
| <i>Н. контр.</i> | | <i>В.В. Лурье</i> | | | | | | |
| <i>Утв.</i> | | <i>Г. И. Радченко</i> | | | | | | |

Оглавление

| | | |
|--------|--|----|
| | ВВЕДЕНИЕ..... | 6 |
| 1 | АНАЛИЗ РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ | 7 |
| 1.1 | Актуальность задачи | 7 |
| 1.2 | Цель выпускной квалификационной работы | 7 |
| 1.3 | Выявление необходимого функционала | 7 |
| 1.4 | Этапы решения задачи | 12 |
| 1.5 | Обзор аналогов | 12 |
| 2 | СТРУКТУРА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ | 16 |
| 2.1 | Постановка задачи | 16 |
| 2.2 | Технические требования | 16 |
| 2.3 | Пути решения задачи | 17 |
| 2.4 | Выбор средств реализации функционала..... | 18 |
| 2.5 | Общая структура аппаратной части комплекса..... | 19 |
| 3 | ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ..... | 21 |
| 3.1 | Общие положения | 21 |
| 3.2 | Проектирование браслета | 21 |
| 3.2.1 | Датчик пульса | 21 |
| 3.2.2 | Датчик падения и судорог..... | 26 |
| 3.2.3 | Датчик артериального давления..... | 30 |
| 3.2.4 | Кнопка | 32 |
| 3.2.5 | Устройство беспроводной передачи данных..... | 34 |
| 3.3 | Проектирование анализатора..... | 40 |
| 3.3.1 | Датчик вредных газов | 41 |
| 3.3.2 | Динамик | 44 |
| 3.3.3. | Датчики для определения координат местоположения и отправки данных близким людям..... | 48 |
| 3.4 | Проектирование системы..... | 51 |
| 3.4.1 | Выбор макетных плат и микроконтроллеров | 51 |
| 3.4.2 | Выбор элементов питания..... | 54 |

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 4 |

| | | |
|-------|--|----|
| 3.4.3 | Расчет веса системы | 59 |
| 3.5 | Разработка электрических схем..... | 61 |
| 3.5.1 | Разработка электрической схемы для браслета | 61 |
| 3.5.2 | Разработка электрической схемы для анализатора | 61 |
| 3.6 | Разработка макетной платы | 62 |
| 3.7 | Разработка 3D-модели браслета | 62 |
| 3.8 | Расчет стоимости системы..... | 65 |
| 3.8.1 | Расчет стоимости браслета | 65 |
| 3.8.2 | Расчет стоимости анализатора..... | 65 |
| 4 | ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА | 66 |
| 4.1 | Разработка алгоритма работы | 66 |
| 4.2 | Содержание SMS-сообщения | 70 |
| 4.3 | Программирование в Arduino IDE..... | 73 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 74 |
| | БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК..... | 75 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ..... | 80 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ А..... | 80 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Б | 81 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ В..... | 83 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Г | 84 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Д..... | 86 |
| | ПРИЛОЖЕНИЕ Е | 87 |

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день остро стоит проблема в постоянном контроле состояния здоровья людей с ограниченными возможностями. Например, пенсионеров, инвалидов, эпилептиков, особенно если эти люди живут одиноко.

По разным причинам, когда люди из рассматриваемой категории остаются одни, им сложно сообщить о ситуации, которая может угрожать их здоровью или жизни. Часто они не могут вызвать скорую, не могут позвонить близким, так как двигательная способность в момент приступа ограничена. Потеря сознания или эпилепсия, паника и другие ситуации, угрожающие жизни, могут произойти в любое время суток и в любом месте. Также возможны приступы разных категорий во время сна, принятия ванны и других моментов жизни, когда человек может даже не успеть отреагировать на резкое ухудшение своего состояния, не то что совершить звонок близким.

Создание системы «Браслет экстренной помощи» может помочь решить главную проблему вышерассмотренных экстренных ситуаций – своевременное реагирование на изменение жизненно важных показателей здоровья пользователя.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 6 |

1 АНАЛИЗ РЕШАЕМОЙ ЗАДАЧИ

1.1 Актуальность задачи

Контроль за состоянием здоровья людей, неспособных помочь себе в экстренной ситуации – актуальная и важная тема. Особенно, это касается инвалидов и одиноко живущих пенсионеров. Главная цель – это вовремя и незамедлительно среагировать на ситуацию, которая может негативно сказаться на здоровье пользователя и жизнеспособности в целом. Ведь зачастую причиной инвалидности или смерти является не оказанная медицинская помощь в первые минуты/часы после ухудшения самочувствия. И устройство, которое могло бы отслеживать изменения состояния здоровья или же реагировать, например, на падение, оказалось одним из основных помощников в жизни людей с ограниченными возможностями.

1.2 Цель выпускной квалификационной работы

Целью выпускной квалификационной работы является аппаратная разработка макета системы «Браслет экстренной помощи» на базе печатной платы Arduino.

Для достижения поставленной цели необходимо создать программно-аппаратный комплекс. Аппаратная часть которого будет состоять из двух устройств: браслет и анализатор. В браслете будут размещены датчики, измеряющие показания состояния здоровья пользователя, а в анализаторе будут размещаться датчики, которые будут отвечать за мониторинг окружающей среды.

С помощью программной части комплекса будет осуществлена возможность диагностики состояния здоровья пользователя, которая будет работать на сравнении текущих показателей с критическими, при которых необходима незамедлительная помощь пользователю.

1.3 Выявление необходимого функционала

Сначала нужно понять кто такой будущий пользователь разрабатываемой системы. Пользователь – это:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 7 |

- одиноко живущие пожилые люди;
- эпилептики;
- инвалиды-колясочники;
- лежачие больные;
- беременные женщины;
- люди, подверженные риску инфаркта, инсульта, анафилактического шока;
- люди, работающие на высоте;
- люди, работающие в одиночестве.

Для выявления необходимого функционала разрабатываемой системы необходимо понять какие жизненно важные показатели есть у человека, которые можно измерить устройством небольшого размера в виде браслета.

В первую очередь, это пульс и артериальное давление. По этим показателям можно судить о текущем состоянии Пользователя. Можно понять взволнован или спокоен человек, спит или гуляет в парке, как чувствует себя: плохо или нормально. Эти показатели взаимосвязаны. Например, магнитные бури у метеозависимых людей снижают артериальное давление. Чтобы его восстановить, организм увеличивает частоту сердечных сокращений. Также напряженный пульс может говорить о резких перепадах артериального давления.

В качестве жизненно важного показателя можно было бы рассмотреть температуру тела, ведь если человек заболел, то у него это вызовет жар. Но в работе не включен данный показатель по нескольким причинам. Во-первых, если у человека жар или просто повышенная температура, то частота сердечных сокращений тоже увеличивается, соответственно, можно делать выводы исходя из показаний пульса. Во-вторых, погрешность датчика температуры может быть очень высокой. Например, в условиях зимы на Южном Урале. Если человек выйдет в магазин рядом с домом без перчаток, понимая, что ему хватит времени дойти и не замерзнуть, то датчик это не

поймет и покажет понижение температуры (с учетом тепла тела) примерно 25°C. А если будет дуть ветер, то показания могут быть и ниже. Также можно рассмотреть ситуацию, что Пользователь любит часто проветривать жилое помещение. В домашних условиях на нем не будет куртки, которая будет сохранять тепло в рукаве. Кожные покровы от проветривания в холодное время года могут стать чуть холоднее, но это не говорит об ухудшении состояния здоровья Пользователя. Поэтому датчика температуры в разрабатываемой системе нет.

Необходимо понимать, кто должен помочь пользователю. Это близкие люди – родственники, соседи, социальные работники. Основной фактор – это наличие ключей у человека от помещения, где находится пользователь системы. Ведь если сигнал об опасной ситуации будет поступать тому, кто не имеет доступа в помещение, например, сразу в пункт скорой помощи, то по приезду бригада медиков никак не сможет помочь, т.к. доступ в квартиру или дом будет невозможен.

Помимо жизненно важных показателей здоровья необходимо рассмотреть всевозможные ситуации, которые могут произойти с разными категориями Пользователей в повседневной жизни.

В первую очередь, если близкому человеку поступит информация о том, что Пользователю системы плохо, но не известно где он находится, то полученная информация теряет смысл, ведь оказать незамедлительную помощь невозможно. Следовательно, в системе должен присутствовать датчик местоположения.

Также информация должна каким-то образом отправляться и быть доставлена с минимальными задержками. Это можно реализовать с помощью мобильной связи.

Далее можно рассмотреть более детально отдельные категории людей с ограниченными возможностями. В первую очередь, это пожилые одиноко живущие люди. Часто они страдают проблемами с памятью. Забывают

выключить газ на кухне, утюг, другие электрические приборы, которые могут вызвать пожар. А если Пользователь курит, то непотушенная сигарета тоже может стать причиной пожара. Особую опасность это представляет, если Пользователь спит во время пожара, он не успеет среагировать и спасти свою жизнь. Тогда для решения этой ситуации необходим датчик задымленности и чистоты воздуха помещения. В случае пожара или утечки газа будет оповещён как близкий человек Пользователя, так и сам Пользователь с помощью громкого звукового сигнала из динамика, который разбудит Пользователя и даст сигнал о том, что в помещении утечка газа или возгорание.

Немаловажным решением задачи будет являться ответ на вопрос: «Где может произойти экстренная ситуация?» Правильный ответ: где угодно. Если это людное место, например, магазин, то человеку помогут другие люди и вызовут скорую помощь. Но что если это квартира или частный дом? Пользователь может упасть и не встать, т.е. совершение звонка невозможно, т.к. телефон может быть далеко или на другом этаже, доползти туда нельзя. Решением этого вопроса – наличие кнопки экстренной помощи «SOS». По ее нажатию будет отправляться информация близким людям о необходимости помочь. Более частный случай места в доме, где Пользователю стало плохо – это ванная комната. Мобильный телефон может быть рядом, но его нельзя взять с собой в душевую кабину, т.к. он придет в негодность. Следовательно, Браслет экстренной помощи должен быть водонепроницаемым, чтобы с ним можно было ходить в душ, спокойно мыть руки, не боясь намочить устройство.

Также необходимо рассмотреть возможность варианта падения. Если человек потеряет сознание и упадет, то самостоятельно он не сможет нажать кнопку, а показатели пульса и артериального давления могут не выйти за пределы нормы, но информация о такой ситуации должна быть отправлена. Решением этой задачи является датчик падения и судорог. Тогда при падении не типично для нормального ритма жизни будет изменяться положение руки человека в пространстве, что может быть свидетельством о критической ситуации. Но нужно учитывать, что человек может просто резко взмахнуть

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 10 |

рукой, тогда датчик тоже может среагировать на относительно быстрое изменение положения в пространстве. Тогда нужно проверять, есть ли движение после резкого изменения координат. Если оно есть и равно средним изменениям при обычном ритме жизни, то сигнал можно не подавать. А если же движения нет или оно слишком мало (попытки человека пошевелиться), тогда отправить сигнал о помощи.

Другая категория пользователей – эпилептики. У них есть свои особенности. Например, тремор – это непроизвольное дрожание рук, также судороги, конвульсии. Для отслеживания этого показателя также подойдет датчик падения и судорог.

Еще одна немаловажная группа пользователей – инвалиды-колясочники разного возраста. Самая простая ситуация – это падение из коляски или дивана/кроватьи. Если они не могут подняться самостоятельно, при этом все показатели их здоровья в норме, то, им все равно необходимо сообщить о том, что им требуется помощь. Решение – уже вышерассмотренная кнопка экстренной помощи «SOS».

Также, пользователями могут быть люди, которые работают на высоте, например, мойщики окон высоток, строители высотных зданий, и люди, работающие в одиночестве, например, пастух. Для них необходимо как наличие экстренной кнопки, так и автоматическая отправка данных об ухудшении самочувствия.

Таким образом, можно сказать, что подразумевается под понятием опасная ситуация:

- критическое значение пульса;
- критическое значение артериального давления;
- эпилептический приступ (припадок, конвульсия, судорога);
- падение пользователя;
- задымление помещения/утечка газа;
- нажатие кнопки экстренной помощи.

Критические значения настраиваются для каждого пользователя индивидуально

Основная идея устройства – это браслет. Но если вдруг у инвалида нет рук, то устройство может крепиться с помощью регулируемого пояса на грудную клетку.

1.4 Этапы решения задачи

Для достижения цели выпускной квалификационной работы необходимы выполнить несколько этапов:

1. Анализ существующих решений.
2. Выявление достоинств и недостатков существующих устройств.
3. Разработка программно-аппаратной части комплекса:

разработка структуры системы;

- выбор компонентов схемы;
- синтез принципиальной схемы;
- макетирование устройства;
- написание управляющей программы для микроконтроллера;
- тестирование работы комплекса в реальных условиях.
- проектирование электрической схемы для изготовления опытного образца;
- проектирование и разводка печатной платы для изготовления опытного образца;
- проектирование конструкции элементов системы опытного образца.

1.5 Обзор аналогов

На данный момент в мире есть несколько видов устройств, которые частично могут помочь в решении проблемы постоянного контроля за людьми с ограниченными возможностями. Они представлены в таблице 1.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 12 |

Таблица 1. Аналоги разрабатываемого устройства

| | Изображение | Достоинства | Недостатки |
|---|---|---|--|
| <p>Детский браслет</p> <p>Цена: около 3 000 руб. [1]</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Отслеживание местоположения – Кнопка SOS – Звонок на один(два) телефонных номера | <ul style="list-style-type: none"> – Измерение пульса – Измерение артериального давления – Измерение температуры тела – Измерение чистоты воздуха в помещении – Реакция на падение – Реакция на судороги |
| <p>Браслет для эпилептиков Embrace</p> <p>Цена: около 27 000 руб. [2]</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Измерение температуры тела – Отслеживание положения человека в пространстве – Реакция на падение – Измерение гальванического | <ul style="list-style-type: none"> – Измерение пульса – Измерение артериального давления – Измерение чистоты воздуха в помещении – Кнопка SOS – Высокая стоимость |

| | | | |
|--|--|-------------|--|
| | | заряда кожи | |
|--|--|-------------|--|

Продолжение таблицы 1

| | | | |
|---|---|--|--|
| <p>Кнопка жизни</p> <p>Цена: 5 000 руб. + ежемесячное обслуживание [3]</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Отслеживание местоположения – Кнопка SOS – Реакция на падение | <ul style="list-style-type: none"> – Измерение пульса – Измерение артериального давления – Измерение температуры тела – Измерение чистоты воздуха в помещении – Реакция на судороги |
| <p>Фитнесс-трекер с измерением артериального давления, например, Rooti W/Me2</p> <p>Цена: около 20 000 руб. [4]</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Отслеживание местоположения – Измерение пульса – Измерение артериального давления – Измерение температуры тела – Звонок на один(два) | <ul style="list-style-type: none"> – Измерение чистоты воздуха в помещении – Реакция на падение – Реакция на судороги – Кнопка SOS – Высокая стоимость |

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |


ЮУрГУ-090301.2018.131

Лист

14

| | | | |
|--|--|----------------------|--|
| | | телефонных номера | |
|--|--|----------------------|--|

Продолжение таблицы 1

| | | | |
|--|---|---|--|
| <p>Фитнесс-трекер без измерения артериального давления</p> <p>Цена: около 3 000 руб. [5]</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Отслеживание местоположения – Измерение пульса – Измерение температуры тела | <ul style="list-style-type: none"> – Реакция на падение – Реакция на судороги – Кнопка SOS – Измерение артериального давления – Измерение чистоты воздуха в помещении |
|--|---|---|--|

Таким образом, безупречного аналога для постоянного контроля состояния здоровья людей с ограниченными возможностями пока не представлено на мировом рынке. В разрабатываемом устройстве необходимо учесть преимущества и недостатки рассмотренных аналогов.

2 СТРУКТУРА АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

2.1 Постановка задачи

Задача состоит в разработке программно-аппаратного комплекса, реализованного на основе современных микропроцессорных систем, состоящего из двух устройств: анализатора и браслета для различных областей применения:

1. В быту. Такими людьми как:

- пожилые люди, особенно одиноко живущие;
- эпилептики, особенно одиноко живущие;
- инвалиды-колясочники, особенно одиноко живущие;
- лежачие инвалиды, особенно, в ситуациях, когда родственник/сиделка не находится рядом;
- беременные женщины.

2. В домах престарелых для контроля состояния человека.

3. В больницах.

4. На опасных предприятиях, где человек может находиться в одиночестве далеко от других людей, но где будет доступна сотовая связь.

5. Для людей, работающих на высоте.

6. Для людей, работающих в одиночестве.

2.2 Технические требования

1. Получение данных о местоположении с помощью средств системы GPS.

2. Получение данных о давлении с помощью датчика, работающего в диапазоне давлений 7,5...19 мм ртутного столба, диапазоне температур -10...40°.

3. Получение данных о пульсе с помощью датчика, работающего в диапазоне 30-210 сердечных ударов в минуту, диапазоне температур -10...40°.

4. Получение данных о падении.

5. Получение данных о судорогах.

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 16 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ЮУрГУ-090301.2018.131 | | | | |

6. Получение данных о задымлении помещения с диапазоном измерения частиц размером 0,01-2000 мкм.

7. Получение данных об утечке газа.

8. Громкость оповещения о утечке газа или задымления должна быть не менее 85 Дб.

9. Связь между анализатором и браслетом должна осуществляться на расстоянии не более 10м.

10. Водонепроницаемость браслета.

11. Отсутствие проводной связи.

12. Реакция на нажатие кнопки экстренной помощи за промежуток времени равный 1,5 секундам.

13. Падение браслета и анализатора без риска повреждения с высоты не менее 1,5м.

14. Работа браслета без подзарядки не менее 30 часов.

15. Работа анализатора без подзарядки не менее 30 часов.

16. Вес браслета не должен превышать 65 грамм.

17. Вес анализатора не должен превышать 260 грамм.

18. Наличие у анализатора места для крепления на пояс или шнурка для ношения на шее.

2.3 Пути решения задачи

Исходя из п. 2.1. и п. 2.2. для выполнения поставленной задачи был реализован данный функционал:

- регистрация и обработка значения артериального давления;
- регистрация и обработка значения пульса;
- регистрация и обработка значения чистоты воздуха;
- регистрация и обработка наличия падения;
- регистрация и обработка наличия судорог;
- регистрация и обработка значения местоположения;
- регистрация и обработка нажатия кнопки;

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 17 |

- незамедлительная отправка SMS-оповещения;
- связь между браслетом и анализатором по Bluetooth;
- подача звукового сигнала для оповещения задымления помещения или при утечке газа.

2.4 Выбор средств реализации функционала

Выявленный в пункте 2.3. функционал аппаратной части может быть реализован с помощью:

- двух микроконтроллеров;
- GSM датчика;
- GPS датчика;
- датчика падения и судорог;
- датчика чистоты воздуха;
- датчика пульса;
- датчика артериального давления;
- датчика связи между устройствами;
- кнопки.

Выявленный в пункте 2.3 функционал программной части системы, а также проектирование системы могут быть реализованы с помощью:

- компьютерная программа «Arduino IDE 1.8.5.0» для программирования микроконтроллера;
- компьютерный пакет программ «DipTrace 3.2.0.1» для создания электрической схемы, макетной платы;
- компьютерная программа системного автоматизированного проектирования «КОМПАС 3D» для создания 3d модели;
- онлайн-сервис «Draw.io» для создания блок схем;
- онлайн-сервис «Sketchboard.io» для создания UML-диаграмм.

2.5 Общая структура аппаратной части комплекса

Для наглядного представления разрабатываемой системы была разработана UML-диаграмма.

UML – это унифицированный язык моделирования, в котором с помощью диаграмм и схем можно разрабатывать различные модели систем.

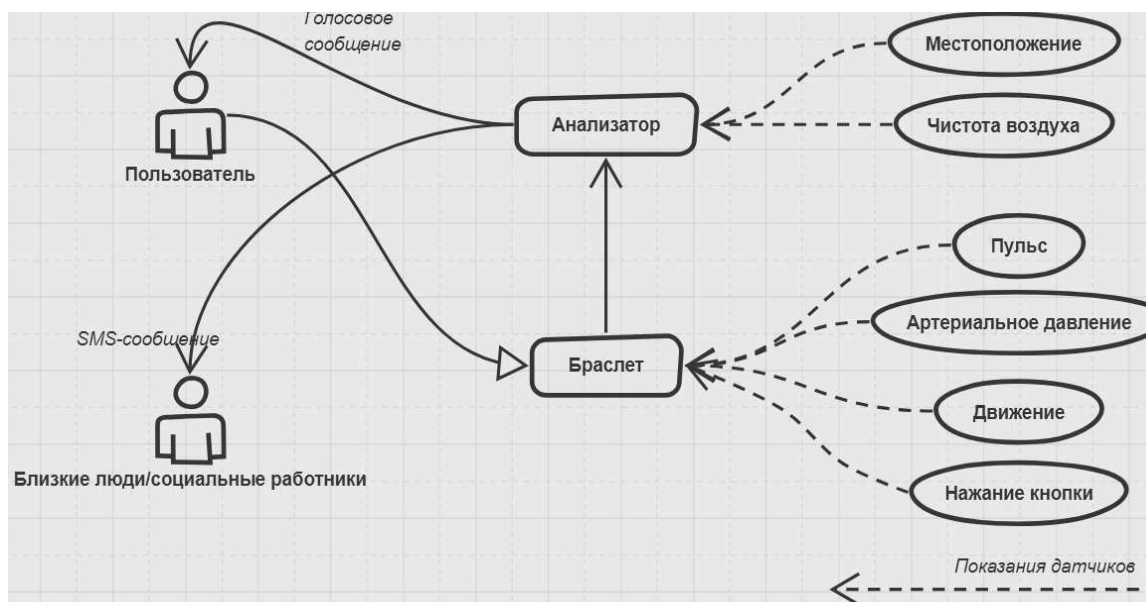


Рисунок 2.1 – UML-диаграмма разрабатываемой системы

В схеме представлены:

- 2 актора: пользователь и близкие люди/социальные работники;
- 2 прецедента: браслет и анализатор.

Разрабатываемая система будет состоять из двух устройств: браслет и анализатор. Данное разделение необходимо по следующим причинам:

- если это будет одно устройство, то оно будет слишком громоздким;
- если это будет одно устройство, то оно будет потреблять очень много энергии, потребуются постоянная подзарядка или замена питательных элементов, что понесет большие неудобства при использовании устройства забывчивыми пожилыми людьми;
- если это будет одно устройство, то оно не сможет быть водонепроницаемым.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

Если система состоит из двух устройств, то они должны каким-то образом взаимодействовать между собой. Это возможно реализовать с помощью протокола Bluetooth. В каждом устройстве будет находиться датчик Bluetooth, который будет обеспечивать передачу данных между браслетом и анализатором.

Ниже на рисунке 2.2 представлена структурная схема разрабатываемой системы устройств.

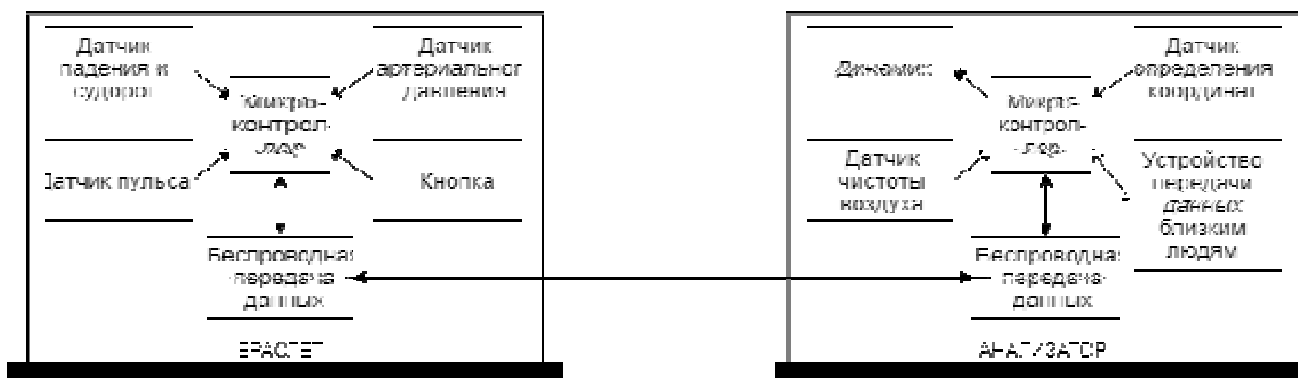


Рисунок 2.2 – Структурная схема разрабатываемой системы устройств

В браслете представлено пять функциональных элемента, необходимых для осуществления всех заявленных требований: датчик падения и судорог, датчик пульса, датчик артериального давления, кнопка, устройство для беспроводной передачи данных.

В анализаторе тоже представлено пять функциональных элементов, необходимых для осуществления всех заявленных требований: динамик, датчик вредных газов, датчик определения координат местоположения, устройство передачи данных об экстренной ситуации близким людям, устройство для беспроводной передачи данных.

3 ПОДБОР КОМПОНЕНТОВ И РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ СХЕМЫ АППАРАТНОЙ ЧАСТИ СИСТЕМЫ

3.1 Общие положения

Следующим этапом разработки аппаратной части комплекса является преобразование структурных схем модулей в схемы электрические принципиальные. В этом разделе рассмотрены основные моменты выбора элементов модуля и некоторые особенности работы аппаратной части комплекса. Основным критерием разработки принципиальных схем является минимум стоимости конечного продукта, минимальные размеры и энергопотребления, не в ущерб надежности работы. Эти критерии накладывают отпечаток на выбор компонентов схемы.

3.2 Проектирование браслета

Для проектирования браслета необходимо выбрать пять компонентов, рассмотренных в пункте 2.5: датчик пульса, датчик падения и судорог, датчик артериального давления, кнопка, устройство беспроводной передачи данных.

Перед выбором компонентов, необходимо понимать принцип работы каждого из составляющих будущего браслета. Поэтому сначала был рассмотрен принцип действия устройства, а после этого выбран датчик с помощью сравнительного анализа.

3.2.1 Датчик пульса

3.2.3.1 Теоретическая часть

Сердце – это автономный мышечный орган, который обеспечивает непрерывный ток крови в кровеносных сосудах путем ритмичных сокращений. В сердце имеется участок, в котором генерируются импульсы, ответственные за сокращение мышечных волокон, так называемый водитель ритма (pacemaker). В нормальном состоянии, при отсутствии патологий, этот участок полностью определяет частоту сердечных сокращений. В результате образуется сердечный цикл – последовательность сокращений (систола) и расслаблений (диастола)

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 21 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ЮУрГУ-090301.2018.131 | | | | |

сердечных мышц, начиная от предсердий и заканчивая желудочками. В общем случае под пульсом понимают частоту, с которой повторяется сердечный цикл.

В электрокардиографии пульс вычисляется по сигналу электрической активности сердца — электрокардиосигналу (ЭКС) путем замеров длительности интервала (в секундах) между соседними R зубцами ЭКС с последующим пересчетом в удары в минуту по простой формуле: $ВРМ = 60/(RR\text{-интервал})$. Соответственно нужно помнить, что это желудочковый пульс, т.к. период сокращения предсердий (РР интервал) может немного отличаться.

Существует несколько способов измерения пульса.

1. По электрокардиосигналу.

Данный способ был разработан Виллем Эйнтховен (Willem Einthoven) в 1902 году.

При проектировании носимых гаджетов и различных спортивных тренажеров система отведений была упрощена до двух точек-электродов. Самым известным вариантом реализации такого подхода являются спортивные нагрудные мониторы в виде ремешка-кардиомонитора. Другим вариантом реализации двух электродной системы является разнесение электродов на две руки, но без постоянного подключения одной из них. В таких устройствах один электрод закрепляется на запястье в виде задней стенки часов или браслета, а другой выносится на лицевую часть устройства. Чтобы измерить пульс, нужно свободной рукой коснуться лицевого электрода и подождать несколько секунд.

2. На основе плетизмографии.

Это самый распространённый способ измерения пульса в клинике и быту. Существует множество разнообразных устройств. Метод плетизмографии основан на регистрации изменения объемов кровенаполнения органа. Результатом такой регистрации будет пульсовая волна. Определение пульса на основе плетизмографии может быть реализовано двумя основными способами: импедансным и оптическим.

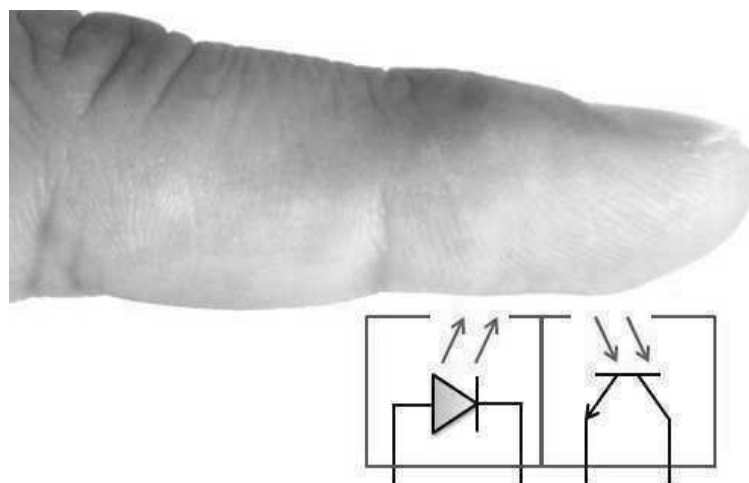


Рисунок 3.1 – Базовая отражательная способность фотоплетизмографии

На рисунке 3.1 показана базовая отражательная способность фотоплетизмографии – зонд для извлечения импульсного сигнала из пальца. Палец подсвечивается с помощью инфракрасного светодиода. Больше или меньше света поглощается, в зависимости от ткани и объема крови. Следовательно, интенсивность отраженного света зависит от пульсирующей крови согласно биению сердца. [6]

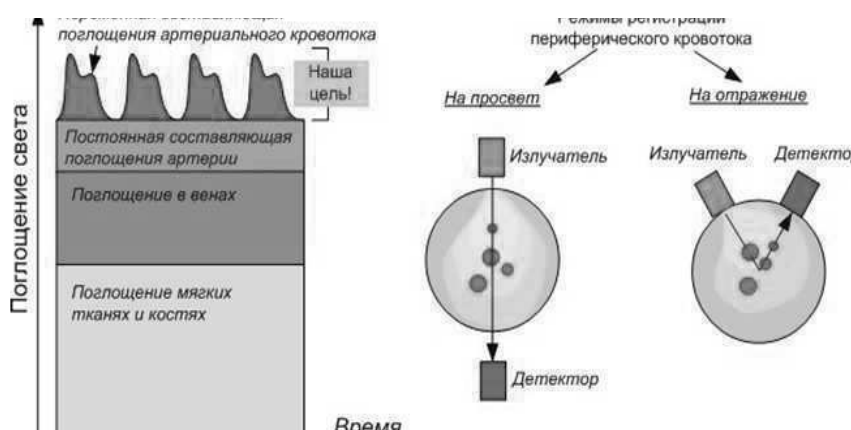


Рисунок 3.4 – Иллюстрация принципа работы фотоплетизмографии

Для измерения пульса выбирается длина волны, где поглощение максимально – это диапазон от 500 до 600 нм. Обычно выбирается значение 525 нм (зеленый цвет) или с небольшим смещением – 535 нм.

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

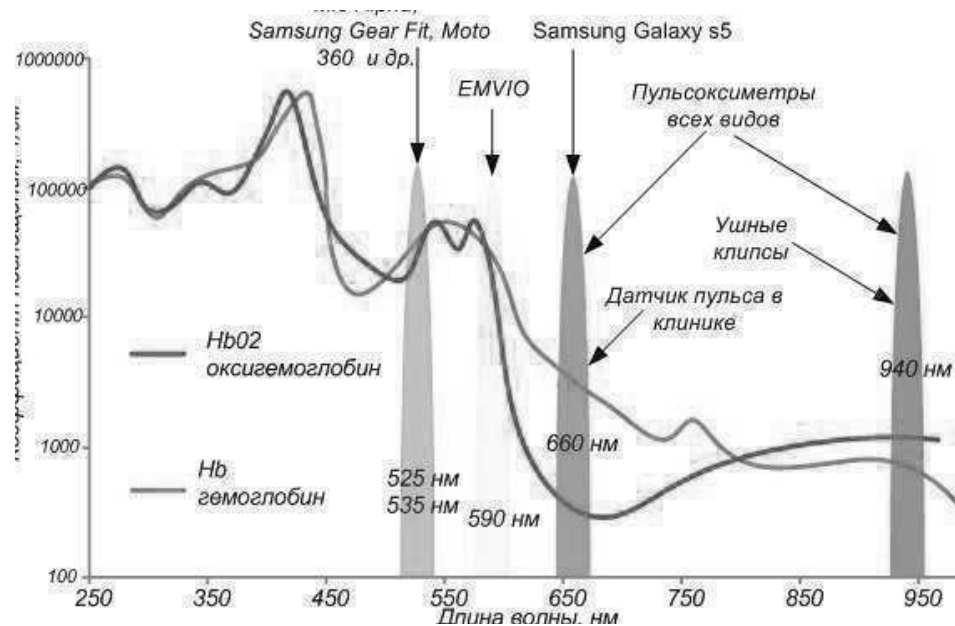


Рисунок 3.5 – Кривая поглощения света гемоглобином и основные спектры излучения пульсовых фотоплетизмографических датчиков. [7]

3.2.3.2 Выбор датчика



Рисунок 3.6 – Датчик пульса

Мною был выбран самый популярный и часто встречающийся в магазинах датчик пульса. Данный датчик совместим с Arduino и в интернете на него есть большое количество обзоров, уроков, других наработок. Также он удовлетворяет всем необходимым техническим требованиям по входному напряжению, потребляемому току, габаритам и весу.

Принцип работы датчика:

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|------|------|----------|---------|------|

свободного падения меняет направление по отношению к датчику. Это четвертый признак падения (сравните величины проекций ускорений на оси в зонах 3 и 4 на рисунке 3.8).

Рассмотрим измерение величины перемещения и определения судорог. В случае судорог происходит синусоидальные колебания частей тела человека, их амплитуду достаточно просто вычислить. В случае синусоидальных колебаний амплитуда ускорения, частота и амплитуда колебаний связаны формулой: $x_0 = \frac{a_0}{\omega^2}$, где x_0 – амплитуда колебаний, a_0 – амплитуда ускорения, ω – круговая частота колебаний.

Если необходимо определить текущее положение прибора с акселерометром, а движение не является равноускоренным, следует дважды провести интегрирование по времени с учетом начальных значений ускорения свободного падения, положения и скорости, как показано на рисунке 3.9. [11]

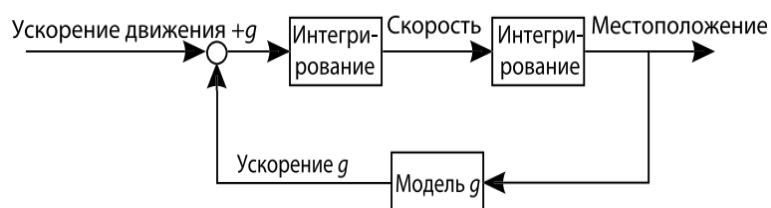


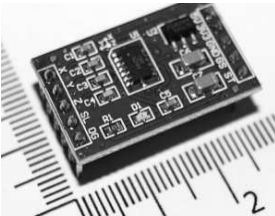
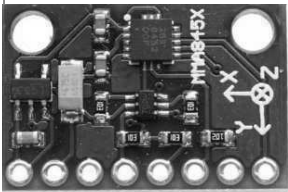
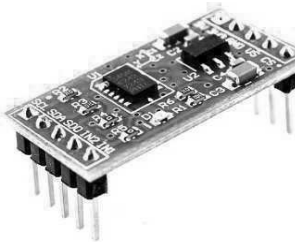
Рис.3.9 – Определение текущего местоположения датчика

3.2.2.2 Выбор датчика

В качестве рассматриваемых датчиков сравнивались MMA7361, MMA8451, ADXL345. Сравнительная таблица приведена ниже. Были рассмотрены датчики, которые совместимы с Arduino и по которым уже есть наработки другими пользователями.

Таблица 2 – Сравнительная таблица акселерометров

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|--------|----------|------|------|
|-------|--------|----------|------|------|

| | | | | |
|---|-------------------|--|---|---------------------------|
| 1 | MMA7361 | <p>Энергопотребление: 3мкА~400мкА</p> <p>Питание: 2,0-3,6 В</p> <p>Габариты: 27.9 (мм) x 16.8 (мм)</p> |  | около 300 руб. [12] |
| 2 | GY-45 MMA8452Q | <p>Энергопотребление: 6мкА~165мкА</p> <p>Питание: 3,0-5,0 В</p> <p>Габариты: 14,5 мм x 21 мм</p> |  | около 300 руб. [13] |
| 3 | ADXL345 | <p>Энергопотребление: 40мкА~150мкА</p> <p>Питание: 2,0-3,6 В</p> <p>Габариты: 13,5x2x3 мм</p> |  | около 110 руб. [14] |

Был выбран датчик ADXL345, поскольку он самый дешевый из рассматриваемых,

Характеристики ADXL345:

- диапазон рабочих напряжений питания: 2,0-3,6 В;
- ток потребления в рабочем режиме 40-150 мкА, в зависимости от частоты опроса;
- разрешающая способность 10-13 разрядов (при измерении ускорения $\pm 16g$);
- рабочий диапазон температур: $-40-85^{\circ}\text{C}$;
- интерфейс SPI или I2C;
- габариты: 13,5x 27x3 мм;
- вес: 3г;
- микромеханический принцип;

Измерение кровяного давления осуществляется с помощью механический тонометра (плечевая манжета, нагнетатель воздуха – груша, манометр) и стетоскопа.

Звуки, слышимые при измерении кровяного давления, отличаются от сердечных, которые обусловлены вибрациями внутри желудочков вследствие закрытия клапанов. Если стетоскоп поместить на проекцию плечевой артерии в локтевой ямке у здорового человека (без сосудистых болезней), то звука не будет слышно. Во время сердцебиения эти сокращения мягко передаются с помощью ламинарного (нетурбулентного) потока крови через артерии, поэтому звук отсутствует. Аналогично, если манжета сфигмоманометра надета на плечо и накачана выше уровня систолического давления пациента, звук будет отсутствовать. Это обусловлено достаточно высоким давлением в манжете прибора, которое полностью перекрывает кровоток, что похоже на сильное сдавление гибкой трубы.

Если давление падает до уровня, равного систолическому давлению пациента, будет слышен первый тон Короткова. Пока давление в манжете прибора совпадает с давлением, создаваемым сердцем, кровь сможет проходить по плечу в момент систолы, поскольку в этот момент давление в артерии повышается. Кровь в этот момент проходит рывками, поскольку давление в артерии становится даже выше, чем в манжете, а затем падает, пройдя окруженный манжетой участок, вызывая турбулентный поток со слышимым звуком.

Пока давление в манжете находится на уровне между систолическим и диастолическим, будут слышны глухие звуки, поскольку артериальное давление становится то выше, то ниже давления в манжете в разные моменты сердечного цикла.

В конце концов, давление в манжете падает еще сильнее, звук изменяется, становится приглушенным и исчезает окончательно. Это

| | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Лист |
| | | | | | | | | | 31 |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | | | |

происходит из-за того, что давление манжеты стало ниже диастолического, поэтому манжета не создает никаких ограничений для потока крови, который вновь становится плавным, теряет турбулентность и не производит слышимого звука. [17]

Но данный способ измерения артериального давления очень громоздкий и требует непосредственного участия пользователя, показатели не снимаются автоматически. Этот метод не подходит для разрабатываемой системы.

3.2.3.2 Выбор датчика

В настоящее время уже существуют небольшие устройства, которые легко уместятся у человека на ладони, способные измерять артериальное давление. Например, Samsung Simband, W/me2, Geak Watch, Scanadu, Sensotrack. [18] Это значит, что измерять артериальное давление с помощью компактного устройства возможно, но, к сожалению, мною не были найдены конкретные датчики, которые можно приобрести для изготовления макетного образца. Вероятнее всего датчики не находятся в открытой продаже, поскольку данная сфера компактного измерения артериального давления только начинает свое развитие и любые компании, создающие такие устройства стремятся сохранить коммерческую тайну для получения максимальной выгоды. В дальнейшем планируется приложить все усилия, чтобы найти производителя и принцип действия компактных датчиков артериального давления.

3.2.4 Кнопка

Главным критерием для кнопки является минимальная высота. А накладка на кнопку должна иметь такую площадь и текстуру поверхности, с которой будет удобно будет работать любому человеку в любой ситуации. Например, и молодому человеку с хорошим зрением, и пожилому слабовидящему человеку, и слепому; человеку в спокойном состоянии, и в состоянии приступа, судорог; когда кнопка сухая и когда мокрая.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 32 |

Таблица 3 – Сравнительная таблица кнопок

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|-----------------------------|--|---|----------------|
| 1 | KLS7- TS6601-9.5- 180 | Напряжение питания: 12 В Потребляемый ток: 0,05 А Габариты: 6x6x9,5 мм |  | 5 руб. [19] |
| 2 | TVAF11 | Напряжение питания: 12 В Потребляемый ток: 0,05 А Габариты: 3x4x2,5 мм |  | 8 руб. [20] |
| 3 | ТС-0120 | Напряжение питания: 12 В Потребляемый ток: 0,05 А Габариты: 3x6x4,3 мм |  | 5 руб. [21] |
| 4 | ТС-12ЕТ | Напряжение питания: 12 В Потребляемый ток: 0,05 А Габариты: 12x12x7 мм |  | 9 руб. [22] |

Наименьшие габариты из рассмотренных кнопок имеет KLS7-TS3401-2,5-180 (TVAF11), поэтому она была выбрана.

Проанализировав необходимые требования наклейки для кнопки были сделаны выводы, что она должна иметь рельеф, чтобы человек, например, слепой или слабовидящий мог ее нащупать. Кнопка должна быть выполнена из силикона, чтобы не было скольжения во время нажатия, когда кнопка мокрая. Также наклейка должна иметь диаметр не меньше 15 мм, если она будет иметь круглую форму и диагональ не меньше 21 мм, если это будет квадратная форма.

3.2.5 Устройство беспроводной передачи данных

Перед выбором датчика для беспроводной передачи информации был осуществлен сравнительный анализ различных технологий.

Таблица 4 – Общая классификация основных стандартов беспроводной передачи данных

| | ZigBee | Bluetooth | Wi-Fi | 434/868 МГц |
|---------------------------------------|----------------|--|-----------------------|----------------|
| Частотный диапазон, МГц | 2400–2483 | 2400–2483 | 2412–2484 | 434/868 |
| Скорость передачи данных, кбит/с | 250 | 721 | 11000/54000 | 500 |
| Дальность связи, м | 200 | класс 1 — 100; класс 2 — 10; класс 3 — 1 | 100 | 1000 |
| Потребление тока, active мА/sleep мкА | 30/1 | 70/20 | 450 | 30/1 |
| Модуляция, доступ к среде | DSSS | FHSS | DSSS | FHSS |
| Топология системы | «точка–точка», | «точка–точка», | «точка–точка», звезда | «точка–точка», |

| | | | | |
|--|----------------|----------------|--|----------------|
| | «звезда», сеть | «звезда», сеть | | «звезда», сеть |
|--|----------------|----------------|--|----------------|

В таблице 4 приведена общая классификация наиболее актуальных на данный момент стандартов беспроводной передачи данных.

Существуют три технических параметра, которые наиболее часто определяют область применения того или иного стандарта группы технологий беспроводной связи на коротких расстояниях: энергопотребление, дальность связи и скорость передачи данных. По значению этих параметров можно условно выделить следующих лидеров:

- Wi-Fi обладает максимальной скоростью передачи данных;
- ZigBee и технологии 434/868 МГц обладают минимальным энергопотреблением;
- технологии 434/868 МГц обладают максимальной дальностью действия в прямой видимости.

Сразу можно сказать, что технология Wi-Fi очень энергозатратная, в сравнении с другими рассматриваемыми вариантами. Поэтому она не рассматривается в качестве предлагаемой технологии в разрабатываемом устройстве.

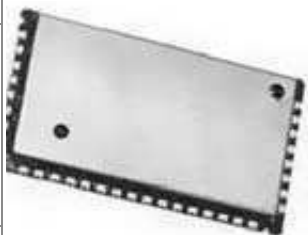

В разрабатываемой системе устройств очень важен ток потребления, он должен быть как можно меньше. Лидеры в этом параметре ZigBee и технологии 434/868 МГц. Их частотный диапазон примерно одинаков, топология сети тоже одинаковая, а вот в таких параметрах как «Скорость передачи данных» технологии 434/868 МГц опережают ZigBee в 2 раза, а в «Дальность связи» в 5 раз. Поэтому рассмотрим особенности и существующие датчики технологии 434/868 МГц.

Устройства для передачи данных на этих радиочастотах имеют следующие отличительные особенности:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 35 |

- Отсутствие стандартизации. Каждый разработчик может создавать свой стек протоколов взаимодействия между устройствами радиосети.
- Большое разнообразие компонентов. Разработчик всегда может подобрать компоненты, оптимальным образом соответствующие требованиям проекта по цене, степени интеграции, способу монтажа и т. д.
- Большая дальность действия по сравнению с устройствами диапазона 2,4 ГГц. Радиоволны высокочастотного диапазона менее интенсивно затухают при распространении в различных средах и лучше огибают физические препятствия.
- Относительно невысокая скорость по сравнению с устройствами диапазона 2,4 ГГц.

Таблица 5 – Модули компаний Telit (семейства Tiny и XE50) и SimCom

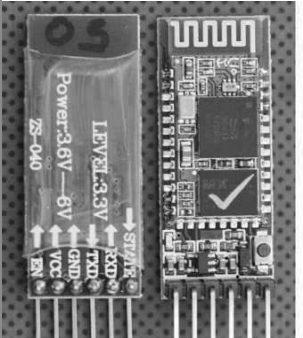
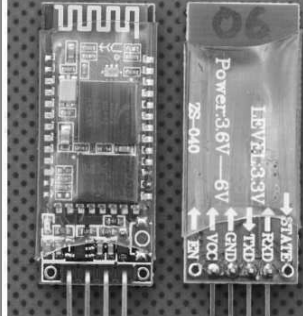

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|----------------------|---|--|-------------------------------|
| 1 | Tiny Pro (Telit) | Мощность до 500 мВт. Чувствительность –105 дБм. Размер 38×21×4 мм. |  | - |
| 2 | Tiny Plus (Telit) | Мощность до 25 мВт. Чувствительность –105 дБм. Размер 38×21×4 мм. | | - |
| 3 | Tiny Lite (Telit) | Мощность до 7 мВт. Чувствительность –100 дБм. Размер 38×21×4 мм. | | - |
| 4 | ME50 (Telit) | Только 868 МГц. Стек протоколов Wireless M-Bus. Размер 21×14,2×2,2 мм. |  | около 1780 руб. [23] |

Продолжение таблицы 5

Стандарт Bluetooth является компромиссным с точки зрения соотношения параметров экономичность/дальность/скорость. По своей функциональности и возможности применения в различных приложениях он имеет наибольшее число пересечений с другими рассматриваемыми технологиями. [26]

В таблице 7 представлены рассматриваемые модули. [27]

Таблица 7 – Bluetooth модули

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|--------|---|--|---------------------------|
| 1 | HC-05 | Энергопотребление 8мА-40мА Покрытие до 10 метров Питание 1,8-3,6 В |  | около 500 руб. [28] |
| 2 | HC-06 | Энергопотребление 8мА-40мА Покрытие до 10 метров Питание 1,8-3,6 В |  | около 500 руб. [29] |
| 3 | HM-10 | Энергопотребление: 90мА~400мА Покрытие до 60 метров Питание: 3.6В-6В |  | около 500 руб. [30] |

Bluetooth_HM-10 не был выбран, несмотря на то, что диапазон его действия до 60 метров, но его потребляемый ток в диапазоне 90мА ~ 400мА, а это слишком большое значение.

Выбор стоял между Bluetooth модулями HC-05 и HC-06. Был выбран Bluetooth HC-05 по причине того, что ему доступны оба режима работы: ведомый (master) и ведущий (slave). HC-06 работает только ведомым, то есть он не способен находить другие устройства и самостоятельно устанавливать связь с ними.

Полные характеристики Bluetooth HC-05:

- диапазон частот радиосвязи: 2,4–2,48 ГГц;
- мощность передачи: 0,25–2,5 мВт;
- чувствительность: 80 dBm;
- напряжение питания: 3,3–5 В;
- потребляемый ток: 40 мА в режиме подключения, 8мА в режиме работы;
- радиус действия: до 10 метров;
- интерфейс: последовательный порт;
- режимы: master, slave;
- температура хранения: –40...85 °С;
- рабочий диапазон температур: –25...75 °С;
- габариты: 27 x 13 x 2,2 мм;
- вес: 4 г.

Датчик имеет 6 выводов стандарта 2,54 мм :

- VCC — (питание 3,6 – 6 В);
- GND — (земля).
- TXD, RXD — UART интерфейс;
- STATE — индикатор состояния;
- KEY — контакт для входа в режим программирования.

3.3 Проектирование анализатора

Для проектирования анализатора необходимо выбрать пять компонентов, рассмотренных в пункте 2.5: датчик чистоты воздуха, динамик,

| | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|--|-----------------------|------|
| | | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | | 40 |

датчик определения координат, датчик передачи информации близким людям, устройство беспроводной передачи данных.

Перед выбором компонентов, необходимо понимать принцип работы каждого из составляющих будущего анализатора. Поэтому сначала был рассмотрен принцип действия устройства, а после этого выбран датчик с помощью сравнительного анализа.

3.3.1 Датчик вредных газов

При выборе датчика вредных газов, необходимо, чтобы датчик реагировал на несколько вредных газов. Самые важные параметры для отслеживания: реакция на бытовой газ и дым от пожара.


3.3.1.1 Теоретическая часть.

Нагревательный элемент датчика нагревает газочувствительную полупроводниковую плёнку, которая в нагретом состоянии, вступает в химические реакции с детектируемыми газами и способна менять своё электрическое сопротивление пропорционально концентрации этих газов в окружающем воздухе. [31]

3.3.1.2 Выбор датчика.

Были рассмотрены датчики, которые совместимы с Arduino и по которым уже есть наработки другими пользователями: MQ-7, MQ-6 и MQ-135.

Таблица 8 – Сравнительная таблица датчиков чистоты воздуха

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|--------|--|---|---------------------------|
| 1 | MQ-7 | Напряжение питания нагревателя: 5 В Напряжение питания: 3,3–5 В Потребляемый ток: 150 мА Реакция на газы: угарный газ |  | около 170 руб. [32] |

Датчик вредных газов MQ-135 применяется для постоянного контроля качества воздуха в промышленных или бытовых помещениях. Характеризуется высокой чувствительностью к озону в широком диапазоне.

Этот датчик подходит для разрабатываемой системы, т.к. он сможет отреагировать на 2 важнейших вредных газа: бытовой и угарный газ от возгорания.

Датчик имеет два выхода: аналоговый и цифровой. Когда концентрация газов превысит заранее заданное значение, на цифровом выходе появится логическая единица и загорится зелёный светодиод. Это значение задаётся с помощью подстроечного резистора.

Напряжение на аналоговом выходе пропорционально концентрации измеряемых газов. Из-за этого конкретного значения содержания газов не узнать, но работа с датчиком при этом упрощается, никакие библиотеки не требуются. Для более точного измерения можно использовать внешний АЦП с большой разрядностью (у встроенного в Arduino – 10 бит).

При работе датчик будет греться, и это нормально: для обнаружения газов требуется нагревательный элемент. Хотя температура и не высокая, модуль оборудован специальной сеткой для защиты от возгорания газов. Подобная защита раньше использовалась в керосиновых шахтёрских лампах.

Перед первым реальным использованием датчик нужно прогреть в течение суток, подав на него питание. Датчик быстро реагирует на появление регистрируемых газов – менее чем за 10 секунд. [36]

Полные характеристики MQ-135:

- Рабочее напряжение: 5В
- Выходы: аналоговый и цифровой (0 или 1)
- Детектируемый газ: NH₃, бензол, спирт, дым, аммиак, ароматические соединения, соединения серы и другие вредные газы

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

- Диапазон чувствительности: 10-300ppm NH₃ 10-1000ppm бензол 10-600ppm спирт 1%/м-10%/м дым
- R_s (сопротивление чувствительного элемента): 1...2кОм на 100ppm NH₃
- Чувствительность: (R в воздухе)/(R в присутствии характерного газа) ≥ 5
- Время отклика: ≤ 10 с (70%)
- Время восстановления: ≤ 30 с (70%)
- V_h (напряжение нагревателя): 5В \pm 0,2В перемен. или пост.
- R_h (сопротивление нагревателя): 31 Ω \pm 3 Ω
- P_h (мощность нагревателя): ≤ 900 мВт
- V_c (напряжение схемы): ≤ 24 В перемен. или пост.
- I_h (ток нагревателя): ≤ 180 мА

Стандартные рабочие условия:

- Температура: -10 ~ +50°C,
- влажность: $\leq 95\%$ RH,
- концентрация кислорода: 21%

Условия хранения:

- Температура: -20 ~ +70°C,
- влажность: $\leq 70\%$ RH

3.3.2 Динамик

3.3.2.1 Теоретическая часть.

Человек слышит звуки в диапазоне от 16 до 20 000 Гц. Верхний предел имеет свойство понижаться с возрастом. Большинство взрослых людей не могут слышать звук частотой выше 16 000 Гц. Ухо само по себе не реагирует на частоты ниже 20 Гц, но они могут ощущаться через органы осязания.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 44 |

Диапазон громкости воспринимаемых звуков огромен. Но барабанная перепонка в ухе чувствительна только к изменению давления. Уровень давления звука принято измерять в децибелах (дБ). Нижний порог слышимости определён как 0 дБ (20 микропаскаль), а определение верхнего предела слышимости относится скорее к порогу дискомфорта и далее — к нарушению слуха, контузии и т. д. Этот предел зависит от того, как долго по времени мы слушаем звук. Ухо способно переносить кратковременное повышение громкости до 120 дБ без последствий, но долговременное восприятие звуков громкостью более 80 дБ может вызвать потерю слуха. [37]

В таблице 9 приведены значения громкости звуков в дБ.

Таблица 9 – Значения громкости звуков в дБ [38]

| Звук | Уровень громкости, фоны (дБ) |
|------------------------------|------------------------------|
| Порог слышимости | 0 |
| Шелест листьев | 10 |
| Шепот | 20 |
| Тиканье часов | 30 |
| Тихая комната | 40 |
| Тихая улица | 50 |
| Разговор | 60 |
| Шумная улица | 70 |
| Опасный для здоровья уровень | 75 |
| Пневматический молоток | 90 |
| Поезд метро | 100 |
| Громкая музыка | 110 |
| Болевой порог | 120 |



Продолжение таблицы 9

| | |
|---------------------|-----|
| Сирена | 130 |
| Старт ракеты | 150 |
| Смертельный уровень | 180 |
| Шумовое оружие | 200 |

3.3.2.2. Выбор датчика.

Для выбора динамика главным критерием будет громкость звука, которую он может издавать.

Таблица 10 – Сравнительная таблица динамиков

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|---------------------------------|---|---|------------------|
| 1 | Пьезоизлучатель звука НРА17А | Частота: 4 000 Гц Интенсивность: 78 дБ (радиус 10 см) Напряжение питания: 5 В Размер: 16,5x13,5 мм Мощность: 0,1 Вт |  | 90 руб. [39] |
| 2 | Динамик 40 мм 4 - Ом - 5 В | Частота: 200 - 20000 Гц Интенсивность: 90 дБ Напряжение питания: 5 В Размер: 40x20 мм Мощность: 3 Вт |  | 175 руб. [40] |

Для системы был выбран динамик №2, так как он мощнее, чем пьезоизлучатель звука НРА17А, а значит, громкость звука будет выше, что является основным критерием при выборе динамика, поскольку важно, чтобы, например, сигнал о задымлении помещения разбудил даже слабослышащего пожилого пенсионера.

Характеристики динамика 40 мм 4 - Ом - 5 В:

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 46 |

- Номинальное рабочее напряжение: 2.5-5 В;
- предельное рабочее напряжение 5.5 В;
- вес: 3 гр;
- цена: 60 руб. [41]

3.3.3. Датчики для определения координат местоположения и отправки данных близким людям

3.3.3.1 Теоретическая часть.

GPS (Global Positioning System — система глобального позиционирования) — спутниковая система навигации, обеспечивающая измерение расстояния, времени и определяющая местоположение во всемирной системе координат WGS 84. Позволяет в любом месте Земли (исключая приполярные области), почти при любой погоде, а также в околоземном космическом пространстве определять местоположение. Система разработана, реализована и эксплуатируется Министерством обороны США, при этом в настоящее время доступна для использования для гражданских целей. [42]

В GPS основным элементом являются две дюжины спутников, движущихся каждый по своей орбите на высоте около 17 000 км над поверхностью Земли. Несмотря на большую скорость движения спутников, параметры орбиты и их текущее местонахождение с высокой точностью известны бортовым компьютерам.

Важной частью любого GPS-навигатора является обычный радиоприемник, работающий на фиксированной частоте и постоянно "прослушивающий" сигналы, передаваемые самими спутниками. Каждый из спутников постоянно излучает радиосигнал, в котором содержатся данные о параметрах его орбиты, состоянии бортового оборудования, информацию о точном времени. Из всех этих данных, информация о точном бортовом времени является наиболее важной: GPS-приемник с помощью встроенного

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 48 |

процессора вычисляет промежуток времени между посылкой и получением сигнала, затем умножает его на скорость распространения радиоволн и таким образом, узнает расстояние между спутником и приемником. Результатом последующих вычислений являются координаты местоположения. [43]

GPRS – это технология обмена пакетами. Он может обеспечивать скорость передачи данных в пределах 56-114 кбит/сек. На GPRS полагается множество технологий, среди которых есть стандарт SMS.

GSM – это международный стандарт для мобильной связи. Аббревиатуру можно перевести как «Глобальная система для мобильных коммуникаций». Также стандарт GSM иногда называют 2G, так как это сотовая связь второго поколения. Используя с платформой Arduino GSM модуль, информацию о внештатной или экстренной ситуации можно передать максимально быстро. Для обеспечения этих целей используется доступ к сети одного из мобильных операторов. [44]

3.3.3.2 Выбор датчика.



Было найдено несколько вариантов датчиков для отправки SMS-оповещений. Такие как: AiThinker A6, SIM800L.

В качестве GPS модуля были найдены: GY-NEO6MV2, VK16E SIRF III.

Также были найдены датчики, совмещающие в себе GPS и GSM – AiThinker A7 и SIM808. Они и были рассмотрены.

Таблица 11 – Сравнительная таблица датчиков для определения координат местоположения и отправки данных близким людям

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 49 |

| Номер | Модуль | Описание | Фото | Цена |
|-------|--------------------------|--|---|----------------------------|
| 1 | Плата AiThinker A7 | Напряжение питания: 3,3–5 В Питание в спящем режиме: 3 мА Размер платы: 44 x 34 x 21 мм |  | около 800 руб. [45] |
| 3 | Плата SIM808 | Напряжение питания: 3,3–5 В Питание в спящем режиме: 0,1 мА Размер платы: 50 x 30,5 x 1,6 мм |  | около 2500 руб. [46] |

В качестве датчика для анализатора был выбран AiThinker A7, поскольку он в три раза дешевле SIM808, его легче найти и приобрести. Также он сочетает в себе и GSM, и GPS. Что очень удобно, так как придется подключать только 1 датчик, значит это займет меньше места и цена за данный чип меньше, чем за 2 отдельных датчика.

Полные характеристики AiThinker A7:

- Габариты: 22.8x19.8x2.5мм;
- Температура работы: -30° - +80°;
- Рабочее напряжение: 3.3V-4.2V;
- Напряжение для начала работы: >3.4V;
- Поддержка четырех диапазонов GSM/GPRS, включая 850, 900, 1800, 1900 МГц;
- Поддержка голосовых вызовов;
- Поддержка SMS-сообщений;
- Поддержка услуг передачи данных GPRS, максимальная скорость передачи данных, загрузка 85,6 Кбит / с, передача 42.8Kbps;

| | | | | | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|--|--|--|------|----|
| | | | | | | | | | Лист | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | ЮУрГУ-090301.2018.131 | | | | | 50 |

- Поддерживаемые стандарты GSM07.07, 07.05 AT команды и расширенные команды Ai Thinker;
- Есть 2 последовательных порта: последовательный порт для загрузки и порт для AT команд;
- AT-команды поддерживают стандартный AT и командный интерфейс TCP / IP;
- Поддерживает GPS+AGPS;
- Информация о местоположении GPS поддерживает отдельный последовательный выход NEMA и считывается AT. [47]

3.4 Проектирование системы

3.4.1 Выбор макетных плат и микроконтроллеров

Для проектирования макетного образца браслета и анализатора необходимо было выбрать макетную плату исходя из количества требуемых входов-выходов микроконтроллера.

Необходимые выводы для браслета:

1. Датчик пульса – аналоговый сигнал – 1 вывод.
2. Акселерометр – SPI или I2C – 2 вывода.
3. Bluetooth модуль – интерфейс UART – 2 вывода.
4. Кнопка – цифровой вход – 1 вывод.

Необходимые выводы для анализатора:

1. Датчик вредных газов – аналоговый сигнал – 1 вывод.
2. GPS/GSM модуль – интерфейс UART – 2 вывода.
3. Bluetooth модуль – интерфейс UART – 2 вывода.
4. Динамик – цифровой выход – 1 вывод.

Исходя из требуемых выводов были выбраны макетные платы для опытного образца Arduino NANO с микроконтроллером ATmega328P и Arduino Mega с микроконтроллером ATmega2560.

- доступность программного обеспечения;
- бесплатное программное обеспечение;
- кросс-платформенность – программное обеспечение Arduino работает под ОС Windows, Macintosh OSX и Linux, в то время как большинство микроконтроллеров ограничивается ОС Windows [49];
- полностью открытая архитектура;
- доступность в цене;
- это запрограммированный микропроцессор с пользовательским загруженным программным кодом, который никак нельзя видоизменить извне;
- большая база знаний, накопленная пользователями по всему миру.

[50]

В Arduino MEGA представлен микроконтроллер ATmega2560, но в разрабатываемой системе такой микроконтроллер имеет избыточный функционал. Основным критерием для выбора микроконтроллера является наличие двух UART интерфейсов. Подходящим является ATmega162-16AU.

Таблица 12 – Выбранные микроконтроллеры

| | | |
|--|------------|----------------|
| | ATmega328P | ATmega162-16AU |
|--|------------|----------------|

Исходя из выбранных компонентов было подсчитано количество потребляемого тока I_{Π} при напряжении питания 3,3В по формуле:

$$I_{\Pi} = \sum_{i=1}^p I_{\Pi i} = I_{\text{МК}} + I_{\text{bt.inert}} + I_a + I_{\text{пульс}}$$

Микроконтроллер: $I_{\text{МК}} = 0,2\text{мА}$.

Bluetooth-модуль: $I_{\text{bt.inert}} = 8\text{мА}$ в режиме работы и $I_{\text{bt.activ}} = 40\text{мА}$ в режиме подключения.

Акселерометр: $I_a = 0,12\text{мА}$.

Датчик пульса: $I_{\text{пульс}} = 5\text{мА}$.

$$I_{\Pi} = 0,2 + 8 + 0,12 + 5 = 13,32 \text{ мА}$$

Итого необходимо: 13,32 мА в час.

Следовательно, для бесперебойной работы браслета в течении одного дня необходимо $13,32(\text{мА}) * 24(\text{ч}) = 319,68 \text{ мА/день}$.

При выборе источника питания для браслета очень важную роль играют эргономические характеристики. Источник питания должен быть небольших размеров, таких, чтобы не было дискомфорта при ношении браслета (тяжесть, громоздкость).

Таким образом был выбран:

Аккумулятор литий-ионный 16340 FENIX ARB-L16 700 (700mAh).



Рисунок 3.12 – FENIX ARB-L16 700

Характеристики:

- размер аккумулятора – 16340;
- напряжение 3,7 В;
- защита от избыточного заряда или разряда;
- защита от перегрева и короткого замыкания;
- ёмкость – 700 мАч;
- диаметр аккумулятора – 18,6 миллиметров;
- длина батареи – 35,5 мм;
- вес 17,4 г;
- цена – 360 рублей;
- производители снабдили аккумулятор несколькими степенями защиты от перегревания, переразряда, перезаряда, короткого замыкания или механических повреждений. Для этого со стороны анода и катода в аккумулятор встроены специальные протекторные пластины. Еще одна такая пластина расположена посередине аккумулятора. [55]

Таким образом одного такого аккумулятора хватит примерно на $700/320 \approx 52,5$ часа непрерывной работы.

Для удобства использования подразумевается минимум 2 аккумулятора, чтобы один находился на подзарядке, а второй находился в устройстве.

3.4.2 Выбор элементов питания для анализатора

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 56 |

Исходя из выбранных компонентов было подсчитано количество потребляемого тока I_{Π} при напряжении питания 5 В по формуле:

$$I_{\Pi} = \sum_{i=1}^p I_{\Pi i} = (I_{\text{МК}} + I_{\text{bt.inert}} + I_{\text{a7}}) * 24 + I_{\text{д}} + I_{\text{в}}$$

Микроконтроллер: $I_{\text{МК}} = 2\text{мА}$.

Bluetooth-модуль: $I_{\text{bt.inert}} = 8\text{мА}$ в режиме работы и $I_{\text{bt.activ}} = 40\text{мА}$ в режиме подключения.

AiThinker A7: $I_{\text{a7}} = 3\text{мА}$.

Динамик и усилитель: $I_{\text{д}} = 10\text{ мА}$.

Датчик чистоты воздуха: $I_{\text{в}} = 150\text{ мА}$.

Для расчета тока потребления динамиков был рассмотрен вариант проигрывания звука в течение 60 секунд. Таким образом, $\frac{0,6\text{А} * 60\text{ сек}}{3600} = 0.01\text{ А} * \text{ч} = 10\text{мА} * \text{ч}$. Потребление для динамиков не подразумевается постоянно, поэтому $I_{\text{д}}$ считается 1 раз за сутки.

Следовательно, для бесперебойной работы анализатора в течении одного дня необходимо:


$$I_{\Pi} = (2 + 8 + 3) * 24 + 10 + 150 = 472\text{ мА/день}$$

Габариты для анализатора важны, но не так критично, как для браслета, поэтому можно позволить поместить емкий аккумулятор, не смотря на габариты.

Было рассмотрено несколько вариантов:

Таблица 13 – Сравнительная таблица аккумуляторов для анализатора

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 57 |

| Номер | Аккумулятор | Описание | Фото | Цена |
|-------|---------------------|---|--|-------------------|
| 1 | Tiger TG22002S25 | Ёмкость: 2200 мА Напряжение: 7,4 В Размер: 102x38x14 мм Вес: 116 г |  | 900руб. [56] |
| 2 | Tiger TG15002S25 | Емкость: 1500 мА Напряжение: 7,4 В Размер: 72x35x15 мм Вес: 100 г |  | 1000 руб. [57] |
| | Tiger TG45002S45 | Емкость: 4500 мА Напряжение: 7,4 В Размер: 140x50x20 мм Вес: 300 г |  | 1200 руб. [58] |

Если делать выбор из рассмотренных аккумуляторов по формулам коэффициента эффективности и плотности:

$$K_9 = \frac{Q}{Ц * \rho} ,$$

$$\rho = \frac{m}{V} ,$$

тогда,

1. Tiger TG22002S25:

$$\rho = \frac{116}{54.264} = 2.1377 \text{ гр/см}^2$$

$$K_э = \frac{2200}{900 * 2.1377} = 1.1434$$

2. Tiger TG15002S25:

$$\rho = \frac{100}{37,8} = 2.6455 \text{ гр/см}^2$$

$$\text{Коэффициент эффективности} = \frac{1500}{1000 * 2.6455} = 0,567$$

3. Tiger TG45002S45:

$$\rho = \frac{300}{140} = 2.1429 \text{ гр/см}^2$$

$$K_э = \frac{4500}{1200 * 2.1429} = 1.75$$

По полученным коэффициентам Tiger TG45002S45 имеет больший коэффициент эффективности, но он имеет большую массу и может быть тяжелым для пенсионеров и инвалидов. Поэтому был выбран Tiger TG22002S25.

Таким образом, аккумулятора Tiger TG22002S25 должно хватить почти на 112 часов, бесперебойной работы, а это 4 суток 16 часов.

Для удобства использования подразумевается минимум 2 аккумулятора, чтобы один находился на подзарядке, а второй находился в устройстве.

3.4.3 Расчет веса системы

Теоретический вес конечного разрабатываемого устройства был подсчитан исходя из указанного веса каждого датчика. Вес корпуса не учитывался.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 59 |

3.4.3.1 Расчет веса браслета

Расчет веса браслета был сделан по следующей формуле:

$$P_{\text{б}} = \sum_{i=1}^p P_{\text{би}} = P_{\text{МК}} + P_{\text{bt}} + P_{\text{а}} + P_{\text{пульс}} + P_{\text{акк}}$$

Микроконтроллер: $P_{\text{МК}} = 2,5$ г.

Bluetooth-модуль: $P_{\text{bt}} = 4$ г.

Акселерометр: $P_{\text{а}} = 3$ г.

Датчик пульса: $P_{\text{пульс}} = 2$ г.

Аккумулятор: $P_{\text{акк}} = 17,4$ г.

$$P_{\text{б}} = 2,5 + 4 + 3 + 2 + 17,4 = 28,9 \text{ г}$$

Итого вес браслета без корпуса: 28,9 г.

Если учесть, что вес корпуса будет находиться в диапазоне 20-30 г, то данный вес является оптимальным для ношения человеком без причинения дискомфорта.

3.4.3.2 Расчет веса анализатора

$$P_{\text{ан}} = \sum_{i=1}^p P_{\text{ани}} = P_{\text{МК}} + P_{\text{bt}} + P_{\text{а7}} + P_{\text{д}} + P_{\text{акк}} + P_{\text{в}}$$

Микроконтроллер: $P_{\text{МК}} = 2,5$ г.

Bluetooth-модуль: $P_{\text{bt}} = 4$ г.

AiThinker A7 (с антеннами) : $P_{\text{а7}} = 30$ г.

Динамик и усилитель: $P_{\text{д}} = 29$ г.

Аккумулятор: $P_{акк} = 116$ г. Датчик вредных газов: $P_{в} = 11$ г.

$$P_{г} = 2,5 + 4 + 30 + 29 + 116 + 11 = 192,5 \text{ г}$$

Итого вес анализатора без корпуса: 192,5 г.

3.5 Разработка электрических схем

3.5.1 Разработка электрической схемы для браслета

Для проектирования электрической схемы браслета было использовано программное обеспечение «DipTrace 3.2.0.1». Схема представлена в ПРИЛОЖЕНИИ А, спецификация в ПРИЛОЖЕНИИ Б.

Основные элементы:

- U1 – микроконтроллер ATmega328P;
- U2 – стабилизатор напряжения LP2980AIM5-x3.3;
- U3 – акселерометр ADXL345;
- U4 – датчик пульса;
- U5 – модуль Bluetooth HC-05;
- CR1 – аккумулятор FENIX ARB-L16 700;
- B1 – кнопка.

3.5.2 Разработка электрической схемы для анализатора

Для проектирования электрической схемы анализатора было использовано программное обеспечение «DipTrace 3.2.0.1». Схема представлена в ПРИЛОЖЕНИИ В, спецификация в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

Основные элементы:

- U1 – стабилизатор напряжения LF50CV;
- U2 – модуль Bluetooth HC-05;
- U3 – датчик вредных газов MQ-135;

- U4 – микроконтроллер ATmega162-16AU;
- U5 – модуль Ai Thinker A7;
- U6 – усилитель звука PAM8403;
- CR1 – аккумулятор Tiger TG22002S25;
- LS1 – динамик.

3.6 Разработка макетной платы

Для проектирования макетной платы браслета было использовано программное обеспечение «DipTrace 3.2.0.1». Макетная плата представлена с двух сторон в ПРИЛОЖЕНИИ Д.

Макетная плата для анализатора не разрабатывалась, так как габариты для этого устройства не так критичны и важны, как для браслета.

3.7 Разработка 3D-модели браслета

Для разработки 3D-модели браслета использовалось программное обеспечение КОМПАС-3D v16.

При разработке 3D-модели были схематично отрисованы все датчики на основе разработанной макетной платы. Все было размещено максимально оптимальным образом, чтобы вся конструкция занимала как можно меньшие размеры. Таким образом, получилась конструкция размерами 38,5x42,6x18,6 мм. На рисунках ниже представлена конструкция разрабатываемой системы в шести плоскостях.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|----------------|-------------|-----------------------|-------------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | <i>Лист</i> |
| <i>Изм.</i> | <i>Лист</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Подпись</i> | <i>Дата</i> | | 62 |

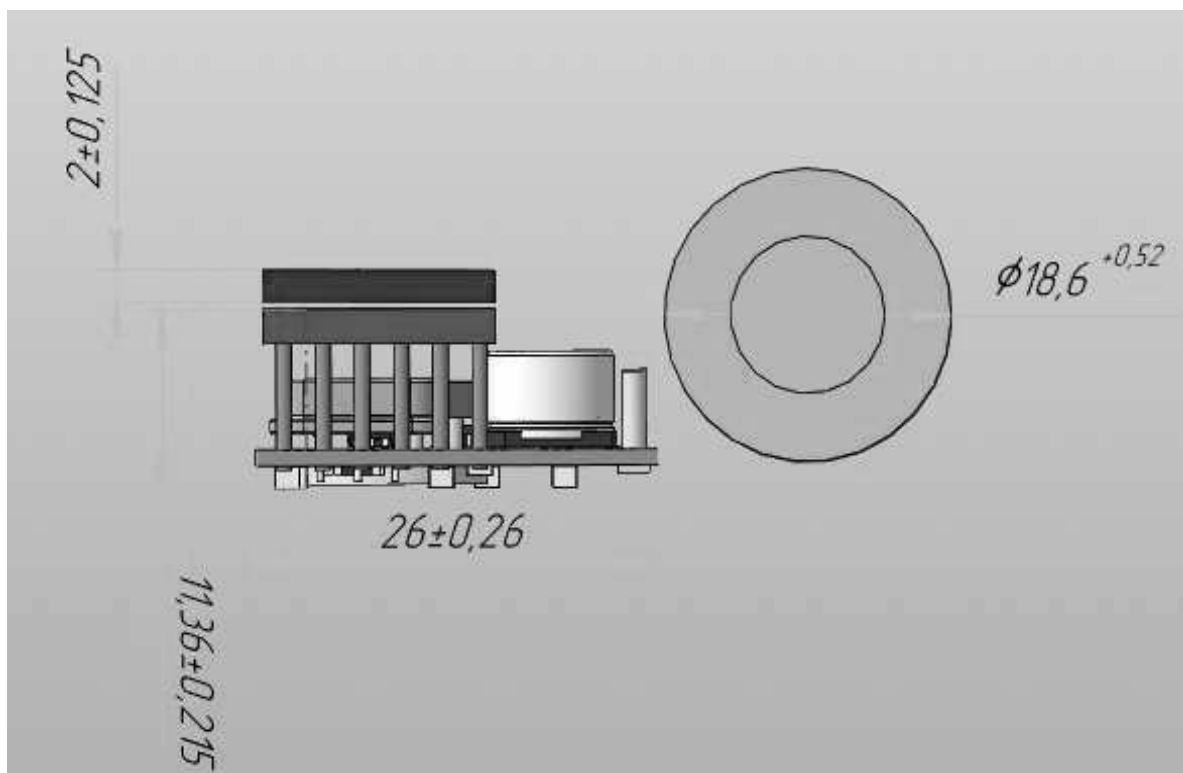


Рисунок 3.13 – 1 плоскость, сбоку

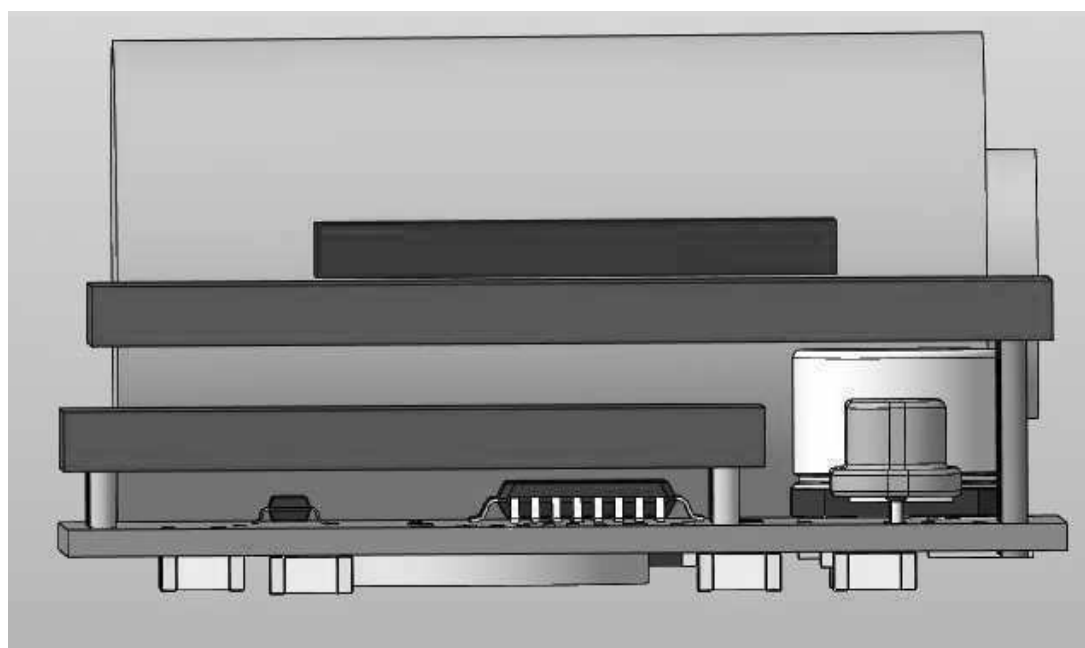


Рисунок 3.14 – 2 плоскость, сбоку

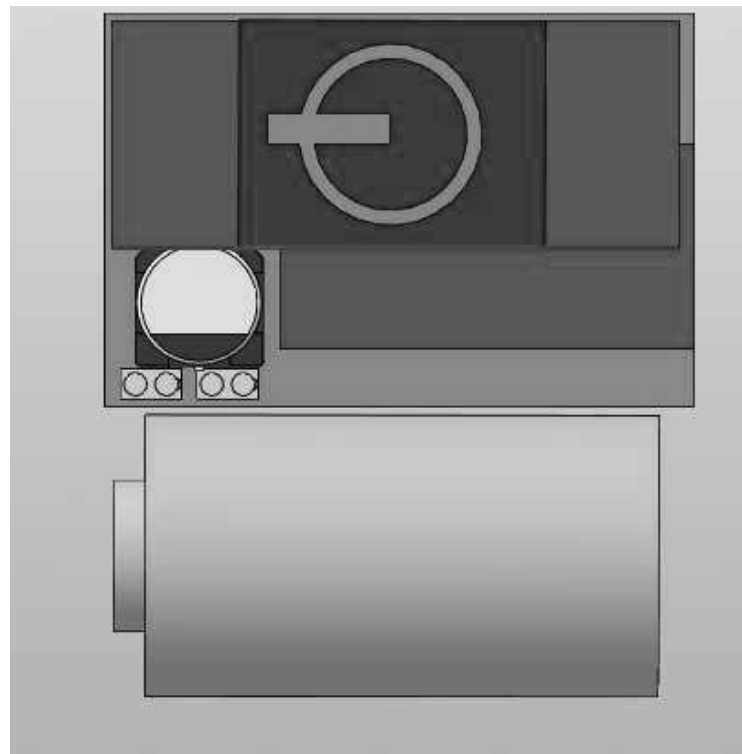


Рисунок 3.15 – 3 плоскость, сверху

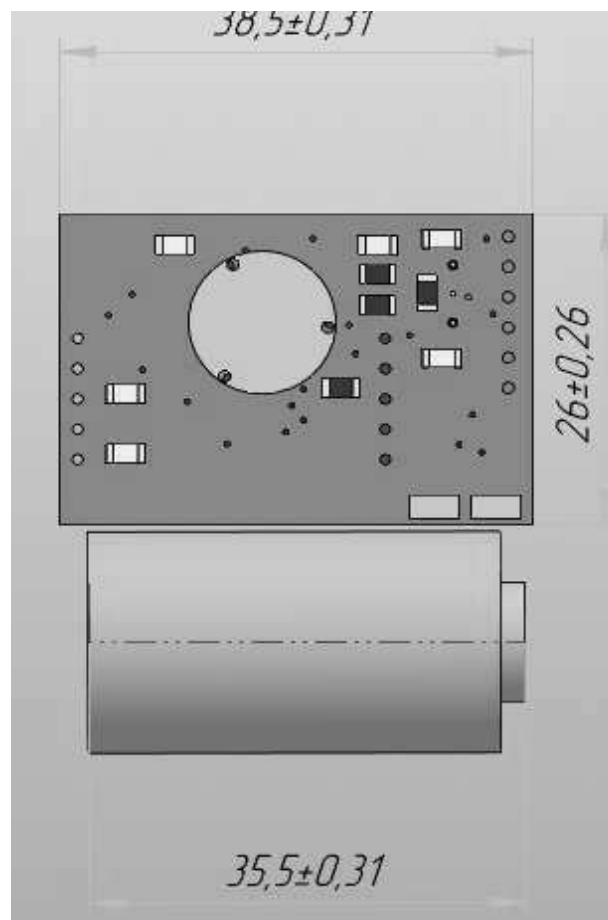


Рисунок 3.16 – 4 плоскость, снизу

3.8 Расчет стоимости системы

3.8.1 Расчет стоимости браслета

Стоимость браслета указана без учета стоимости корпуса, крепёжных элементов, поскольку внешний вид устройства не разрабатывался. Также в стоимость не была включена стоимость датчика артериального давления, так как он пока не был найден.

$$C_{\text{б}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{би}} = C_{\text{МК}} + C_{\text{bt}} + C_{\text{а}} + C_{\text{пульс}} + C_{\text{акк}}$$

$$C_{\text{б}} = 130 + 490 + 110 + 165 + 360 = 1255 \text{ рублей}$$

3.8.2 Расчет стоимости анализатора

Стоимость анализатора указана без учета стоимости корпуса, крепёжных элементов, поскольку внешний вид устройства не разрабатывался.

$$C_{\text{ан}} = \sum_{i=1}^k C_{\text{ани}} = C_{\text{МК}} + C_{\text{bt}} + C_{\text{а7}} + C_{\text{д}} + C_{\text{акк}} + C_{\text{в}}$$

$$C_{\text{ан}} = 200 + 490 + 800 + 235 + 900 + 200 = 2825 \text{ рублей}$$

Таким образом, итоговая стоимость системы без корпусов составляет около 4080 рублей.

4 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

4.1 Разработка алгоритма работы

Для разработки программного обеспечения разрабатываемой системы необходимо составить блок-схему с алгоритмом работы программы.

Была разработана первоначальная блок-схема работы системы.

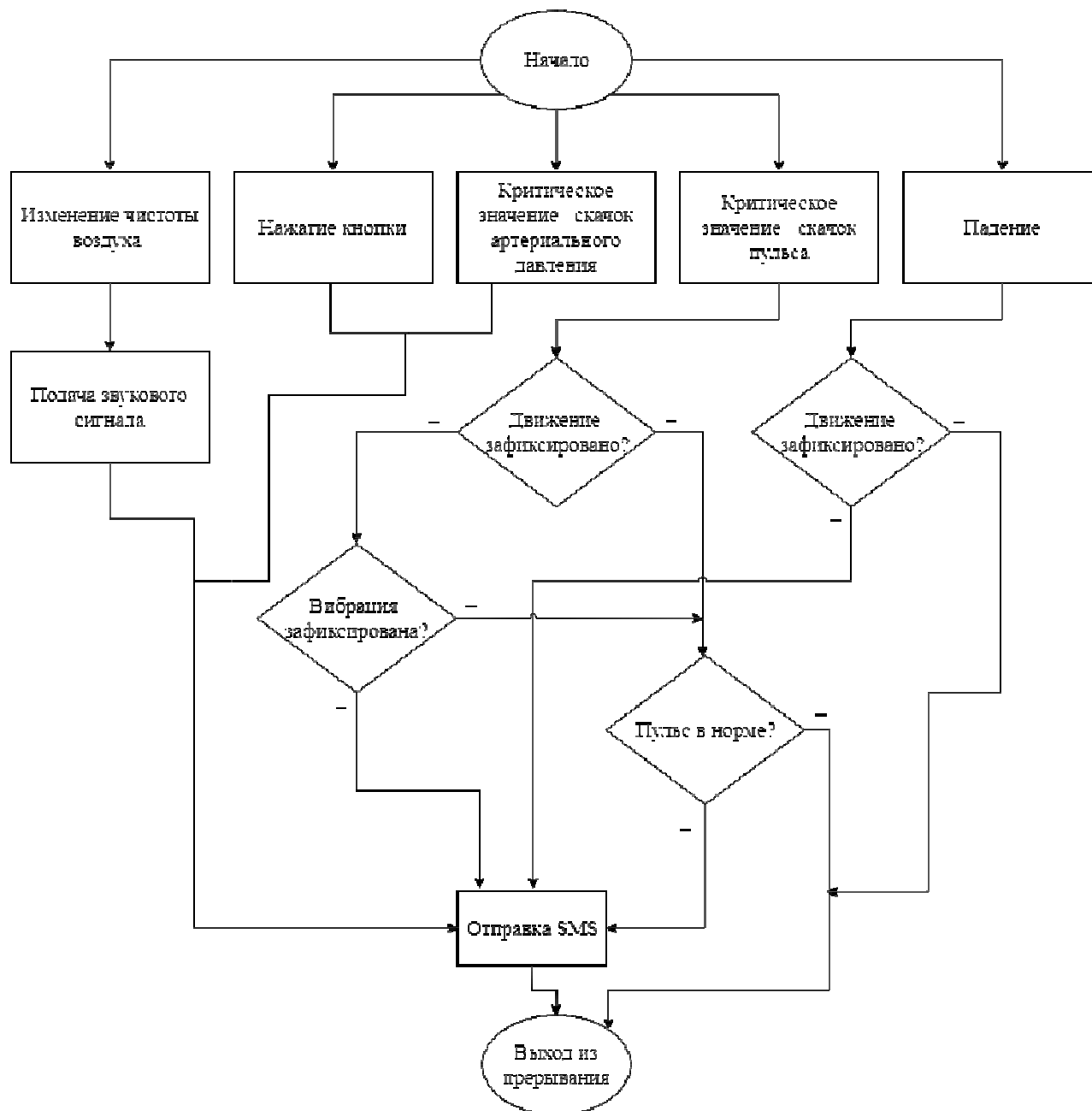


Рисунок 4.1– первоначальная блок-схема работы системы

Но так как датчик артериального давления не был найден, первоначальная блок-схема была модифицирована и скорректирована в итоговую блок-схему с имеющимися компонентами системы.

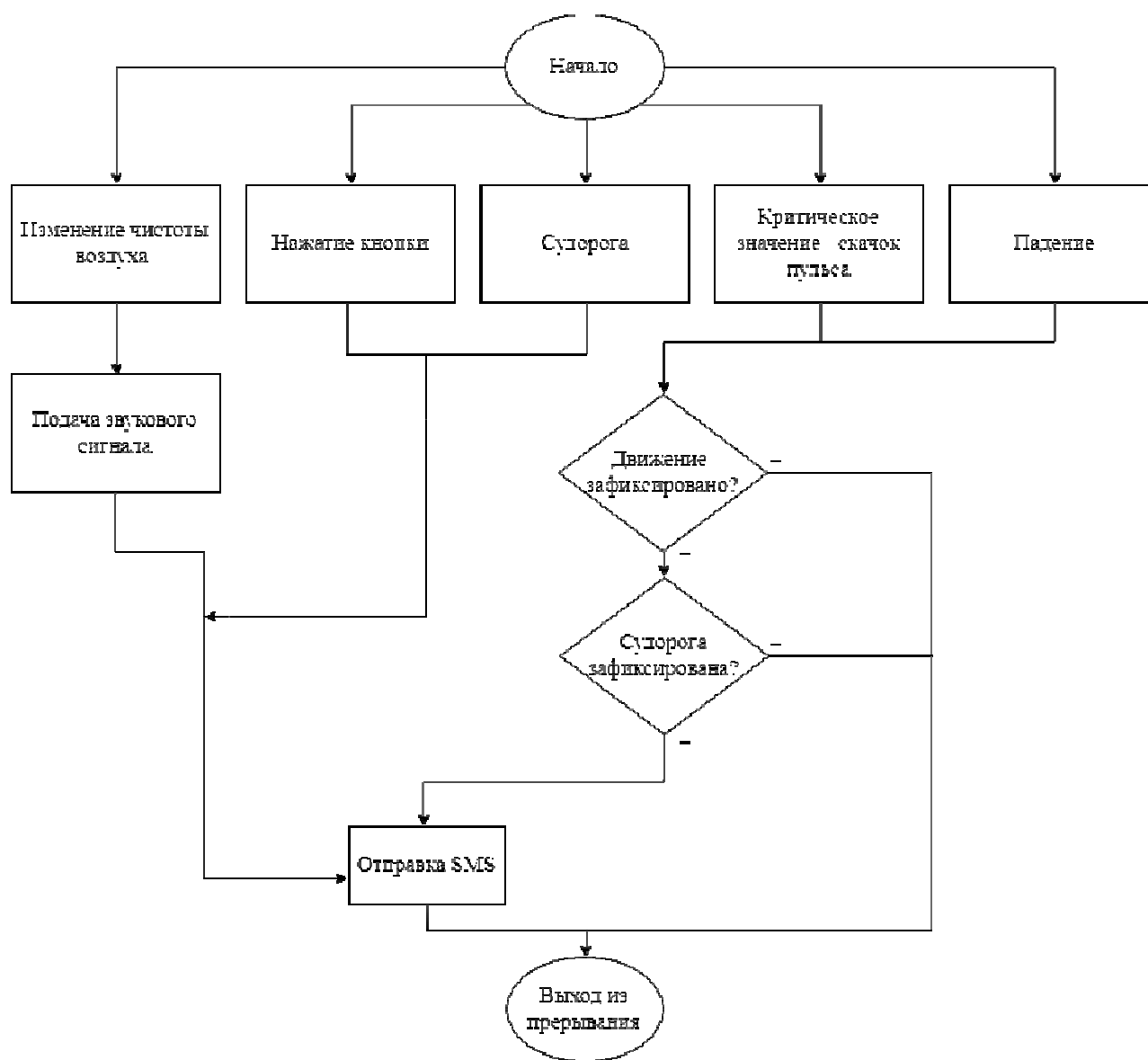


Рисунок 4.2 – итоговая блок-схема работы системы

Поскольку в системе два устройства, следовательно, для каждого должна быть своя программа. Значит необходимо разработать две блок-схемы с алгоритмом работы двух программ для браслета и для анализатора.

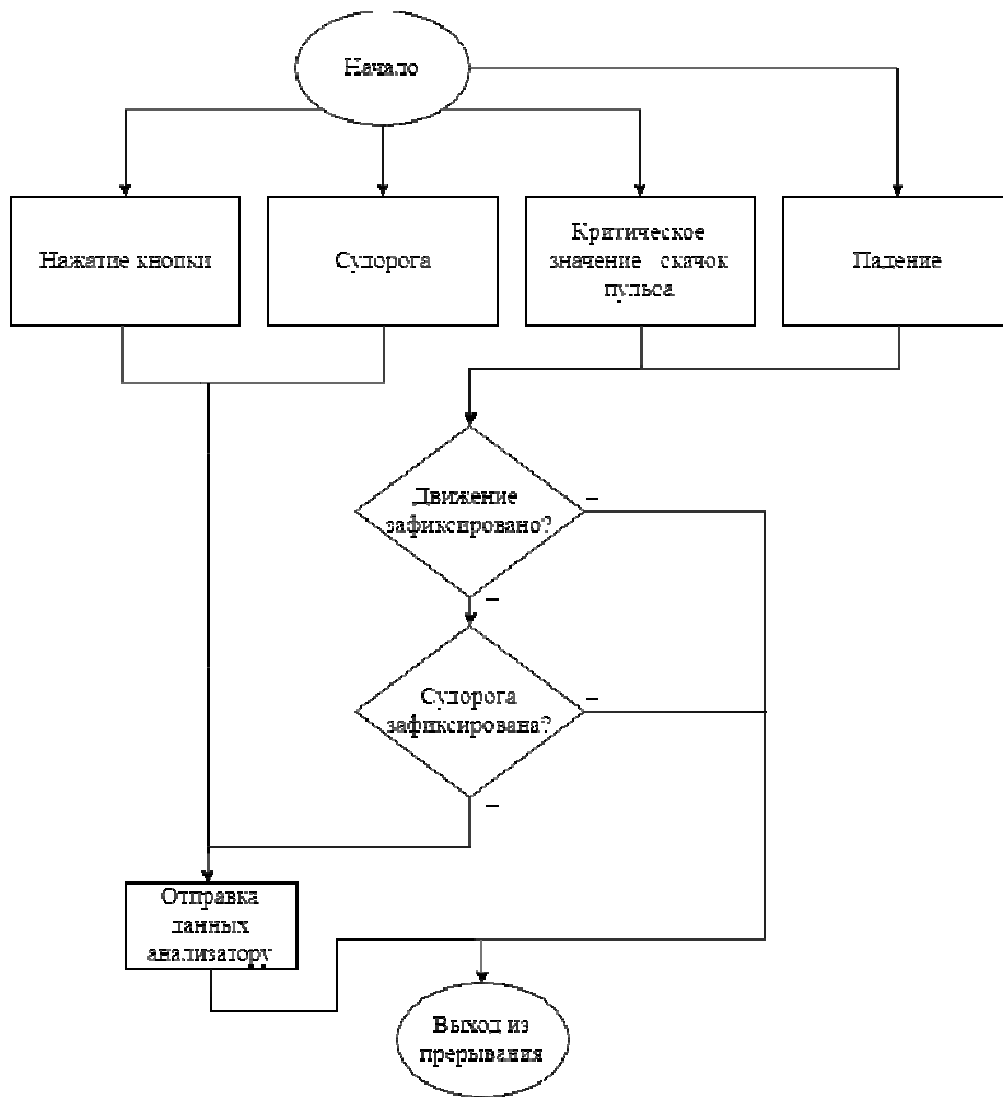


Рисунок 4.3 – итоговая блок-схема работы браслета

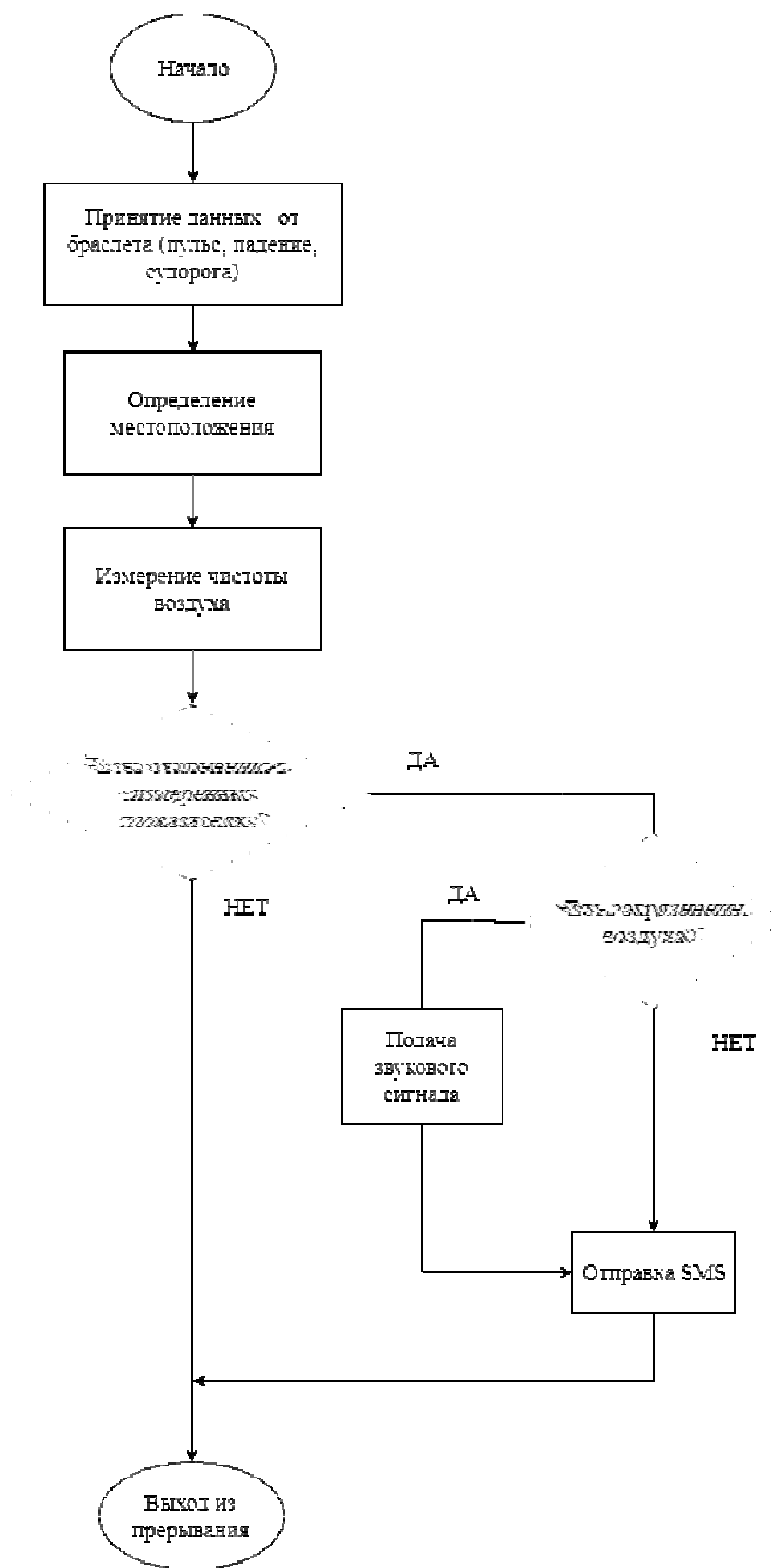


Рисунок 4.4 – итоговая блок-схема работы анализатора

| | | | | |
|------|------|----------|---------|------|
| | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |

4.2 Содержание SMS-сообщения

Основным назначением разрабатываемой системы является отправка SMS-оповещения близким людям в случае критических значений показателей здоровья пользователя. Поэтому был определен ряд показателей, информация о которых должна передаваться с помощью SMS-сообщений:

- местоположение пользователя;
- есть ли судорога у пользователя;
- было ли падение пользователя;
- значение пульса пользователя;
- присутствует ли загрязнение воздуха газами, угрожающее здоровью пользователя;
- причина отправки SMS-оповещения;
- заряд аккумулятора браслета;
- заряд аккумулятора анализатора.

Информация о критической информации будет передаваться только с показателями, которые вышли за пределы нормы. Если же близкий человек хочет запросить информацию о пользователе, то необходимо совершить звонок на номер SIM-карты, которая вставлена в браслет пользователя.

Если пользователь системы нажал на кнопку, то необходима обратная связь от близкого человека. Например, при передаче SMS-сообщения могла нарушиться связь. Эта ситуация может быть решена следующим образом: если близкий человек не совершит звонок в течении 90 секунд после отправки SMS-оповещения продолжительностью не менее 8 секунд на номер пользователя, тогда сигнал о помощи отправиться повторно.

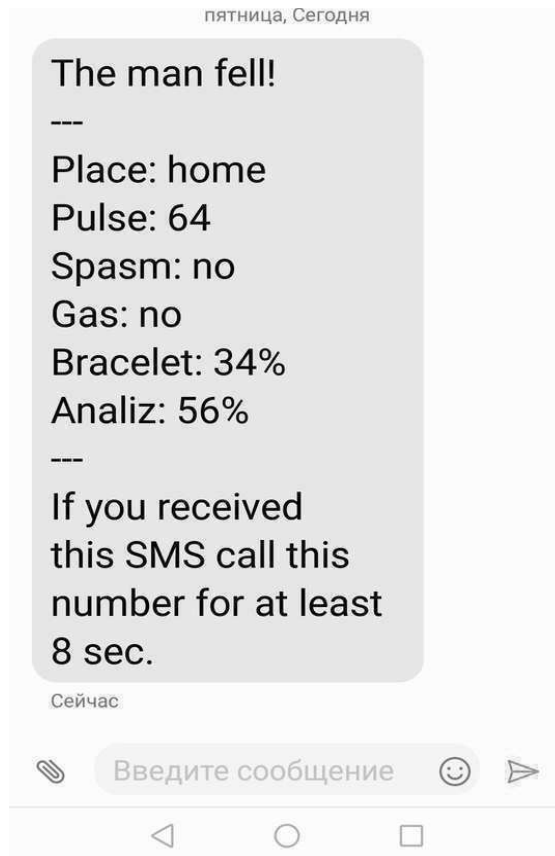


Рисунок 4.5 – пример SMS-сообщения в случае падения пользователя

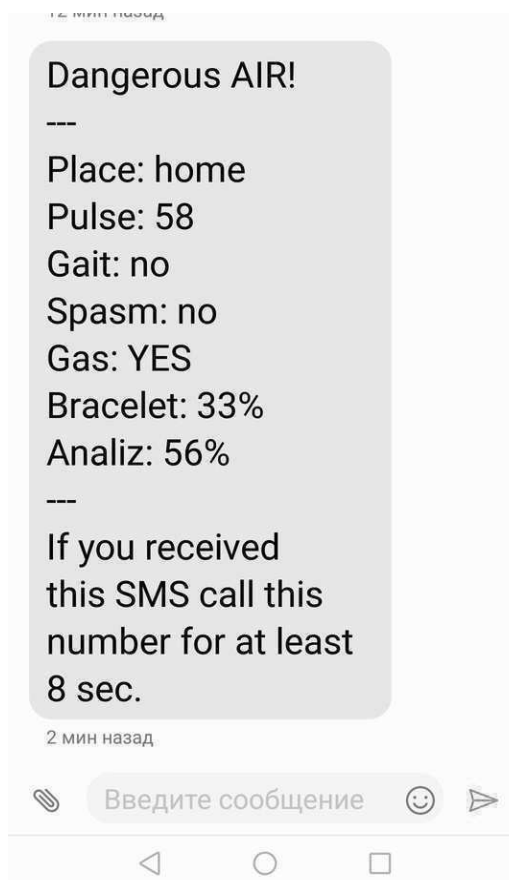


Рисунок 4.6 – пример SMS-сообщения в случае загрязнения воздуха

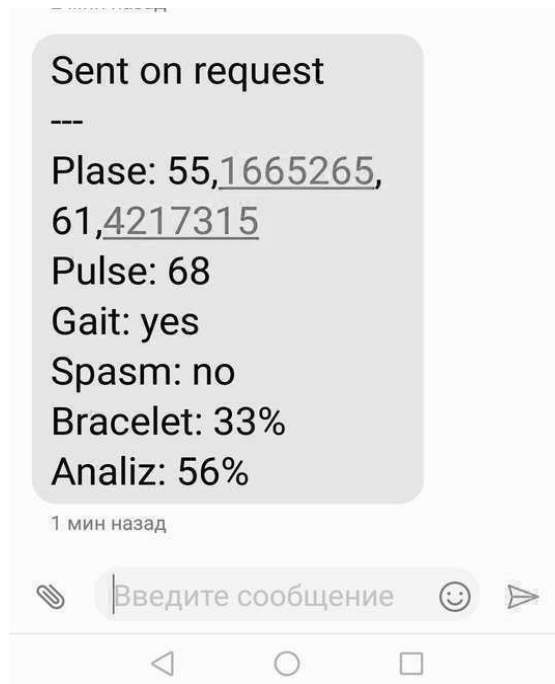


Рисунок 4.7 – пример SMS-сообщения в случае запроса близким человеком

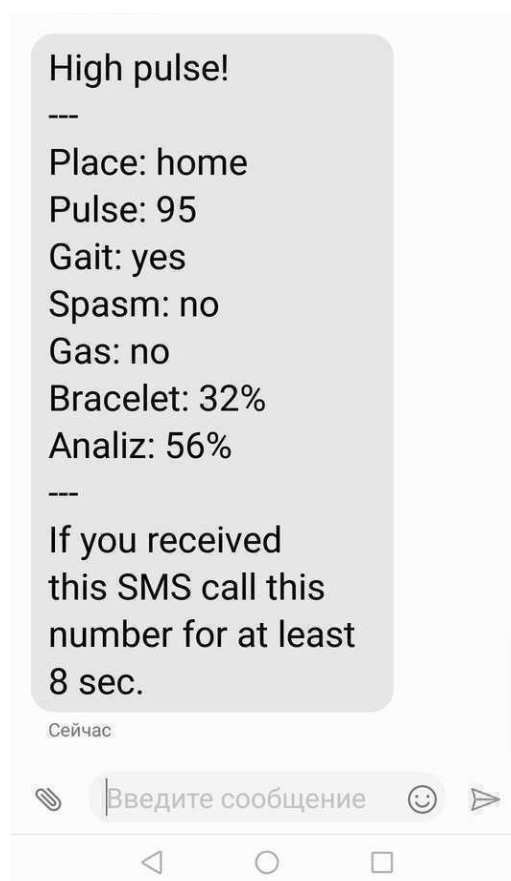


Рисунок 4.8 – пример SMS-сообщения в случае падения пользователя

4.3 Программирование в Arduino IDE

Arduino IDE – это среда разработки, которая представляет собой программу, в которой есть: текстовый редактор программного кода, область сообщений, монитор порта (консоль), панель инструментов. Для загрузки программ и связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino, компилирует их в машинный код и загружает его на все версии Arduino. Приложение является официальным и полностью бесплатным. Программы пишутся на языке C++, который дополнен функциями ввода/вывода на контактах. На официальном сайте Arduino представлены библиотеки для работы с датчиками, есть примеры работ с кодом и видео-результатом, что упрощает процесс разработки программ.

Исходный код для браслета и анализатора представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 73 |

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При разработке выпускной квалификационной работы был проведен анализ существующих устройств, способных частично выполнять поставленную задачу. Были выявлены достоинства и недостатки, принято решение о разработке нового устройства. Проанализировав необходимый функционал, был составлен полный список требований ко всем частям разрабатываемого комплекса.

Исходя из требований, была разработана архитектура будущей системы, разработаны электрические схемы, спроектирована печатная плата и 3D-модель для браслета для создания опытного образца. Также было написано программное обеспечение, код отлажен на макете, проверена работоспособность некоторых функциональных узлов.

По итогам выполнения выпускной квалификационной работы было сделано следующее:

- 1) Поставлена задача.
- 2) Проведен анализ существующих устройств.
- 3) Сделан вывод о необходимости создания нового устройства.
- 4) Разработаны требования.
- 5) Осуществлено проектирование архитектуры.
- 6) Произведен подбор компонентов.
- 7) Составлены электрические схемы.
- 8) Выбраны средства программной разработки.
- 9) Осуществлено написание программной части.
- 10) Произведено тестирование работоспособности некоторых функциональных узлов на макете.

В пояснительной записке к выпускной квалификационной работе отображены все основные этапы проектирования системы.

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 74 |

42 GPS. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS> (дата обращения 20.04.2018).

43 Как работает GPS-навигатор. [Электронный ресурс]. URL: http://lib.ru/TURIZM/GPS/howgpsworks.txt_with-big-pictures.html (дата обращения 20.04.2018).

44 Gsm-модули в структуре курса интернет вещей для специальности «автоматизация производственных процессов» в опорном ВУЗе / А.А. Закалюжный, С.Б. Кудряшев // Образовательные технологии и общество: сб. науч. тр. – Казань: ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», 2017. – С. 401 – 406.

45 GSM / GPRS / GPS модуль A7. [Электронный ресурс]. URL: http://roboshop.spb.ru/A7_GSM_GPS (дата обращения 20.04.2018).

46 SIM808 GPS GSM GPRS Module For Arduino Starter. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.itead.cc/sim808-gsm-gprs-gps-module.html> (дата обращения 20.04.2018).

47 AiThinker A7 (Datasheet). [Электронный ресурс]. https://www.makerfabs.com/desfile/files/A6_A7_A6C_datasheet-EN.pdf (дата обращения 20.04.2018).

48 Краткий обзор и перспективы применения микропроцессорной платформы Arduino / Е.Я. Омельченко, В.О. Танич, А.С. Маклаков, Е.А. Карякина // Электротехнические системы и комплексы: сб. науч. тр. – Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», 2013. – С. 28 – 33.

49 Микроконтроллеры. Arduino и IDE среда разработки / Р.А. Аджиев, Д.В. Картавец // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций: сб. науч. тр. – Воронеж: Воронежский институт ГПС МЧС России, 2015. – С. 10 – 12.

50 Перспективы мобильной робототехники / К.Ю. Колыванов // Интерэкспо Гео-Сибирь: сб. науч. тр. – Новосибирск: ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», 2017. – С. 22 – 25.

51 ATmega328p-au in qfp package. [Электронный ресурс]. URL: <http://hobbycomponents.com/ics/602-atmega328p-au-in-qfp-package> (дата обращения 20.04.2018).

52 ATmega162 (Datasheet). [Электронный ресурс]. URL: https://www.promelec.ru/pdf/ATmega162_V.pdf (дата обращения 20.04.2018).

53 ATmega328P-AU. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chipdip.ru/product/atmega328p-au> (дата обращения 20.04.2018).

54 ATMEGA162-16AU. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.promelec.ru/product/88554/>
<http://www.platan.ru/shop/part/ATMEGA162-16AU.html> (дата обращения 20.04.2018).

55 FENIX ARB-L16 700. [Электронный ресурс]. URL: <https://fenix-russia.ru/akkumulyator-16340-fenix-arb-l16-700mah/> (дата обращения 30.04.2018).

56 Tiger TG22002S25. [Электронный ресурс]. URL: https://supereyes.ru/catalog/Akkumulyatory_Li_litievye/Akkumulyator_litij_polimer_nyj_Tiger_TG22002S25_2200_mAch_2S_25C/ (дата обращения 30.04.2018).

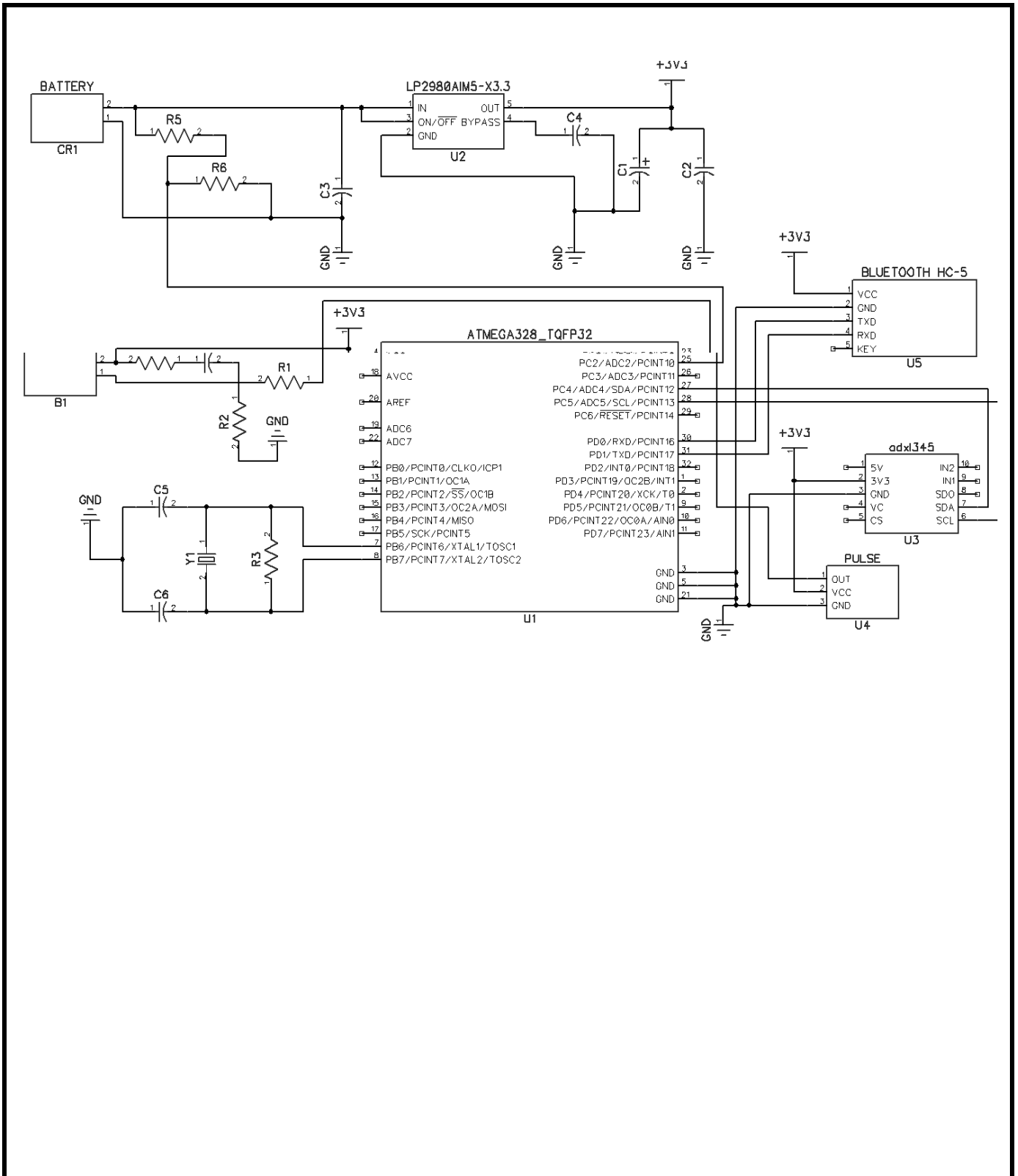
57 Tiger TG15002S25. [Электронный ресурс]. URL: https://supereyes.ru/catalog/Akkumulyatory_Li_litievye/Akkumulyator_litij_polimer_nyj_Tiger_TG15002S25_1500_mAch_2S_25C/ (дата обращения 30.04.2018).

58 Tiger TG45002S45. [Электронный ресурс]. URL: https://supereyes.ru/catalog/Akkumulyatory_Li_litievye/Akkumulyator_litij_polimer_nyj_Tiger_TG45002S45_4500_mAch_2S_45C/ (дата обращения 30.04.2018).

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 79 |

ПРИЛОЖЕНИЕ А

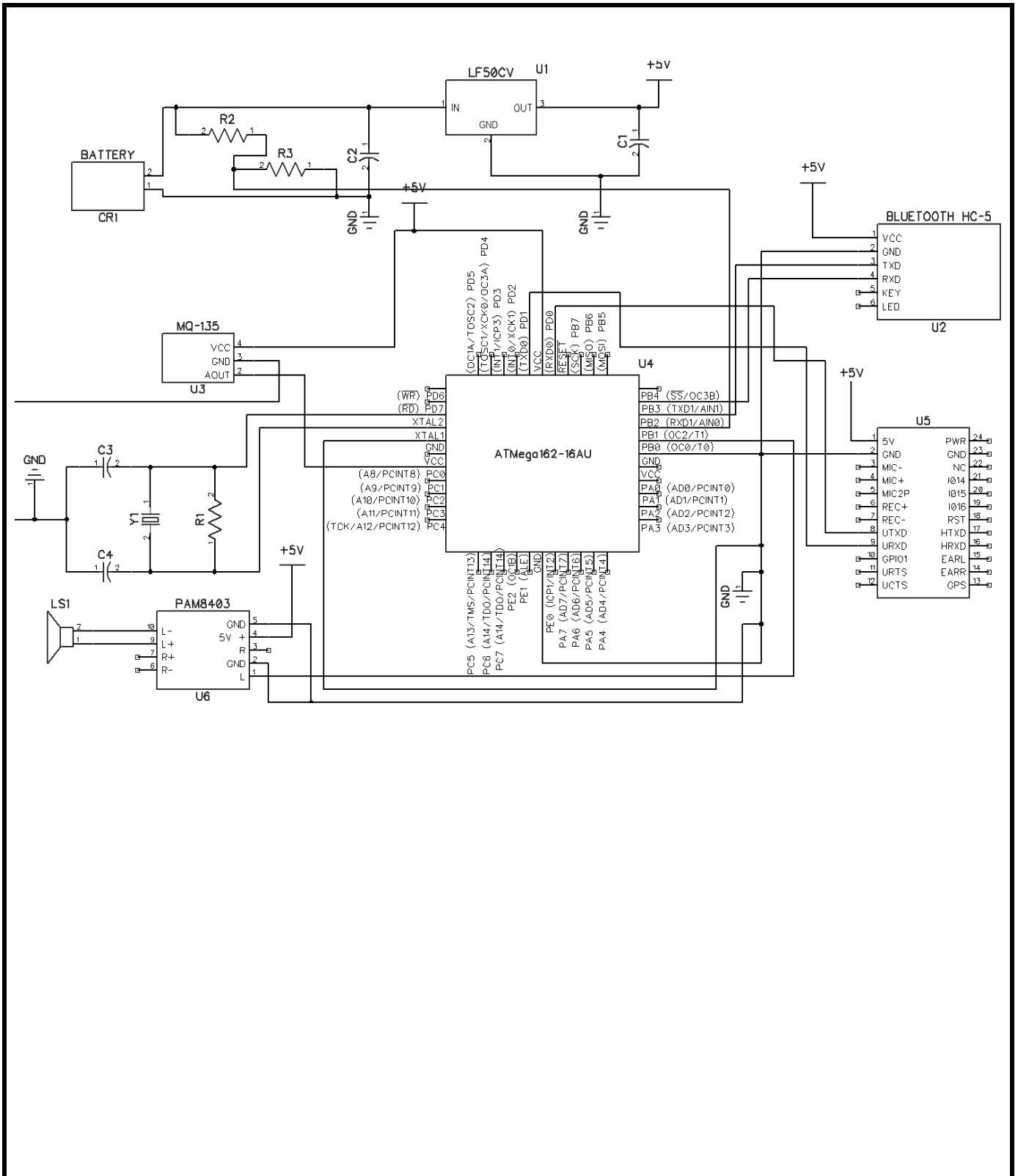
Схема электрическая принципиальная браслета



| | | | | |
|--|---------------|----------|--|------|
| ЮУрГУ-09.03.01.2018.131 ПЗ ВКР | | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
| Разраб. | А.А. Бабкина | | | |
| Пров. | П.О. Шабуров | | | |
| Н. Контр. | В.В. Лурье | | | |
| Утв. | Г.И. Радченко | | | |
| Разработка аппаратной системы «Браслет экстренной помощи» Схема электрическая принципиальная браслета | | | Лит. | Лист |
| | | | Д | 80 |
| | | | ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ЭВМ | |

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Схема электрическая принципиальная анализатора



ЮУрГУ-09.03.01.2018.131 ПЗ ВКР

| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата |
|-----------|------|---------------|---------|------|
| Разраб. | | А.А. Бабкина | | |
| Пров. | | П.О. Шабуров | | |
| Н. Контр. | | В.В. Лурье | | |
| Утв. | | Г.И. Радченко | | |

Разработка аппаратной системы «Браслет экстренной помощи»
Схема электрическая принципиальная анализатора

| Лит. | Лист | Листов |
|---------------------------------------|------|--------|
| Д | 83 | |
| ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ЭВМ | | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Спецификация для анализатора

| Поз. обозн. | Наименование | Кол | Примечание |
|---|-------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | <u>Динамик</u> | | |
| LS1 | ДИНАМИК 40 мм | 1 | 4 Ом, 5 В |
| | | | |
| | <u>Конденсаторы</u> | | |
| C1-C2 | CC1206KRX7R9BB104 | 2 | SMD 1206 X7R 0.1uF ±10% 50V |
| C3-C4 | CC1206JRNPO9BN220 | 2 | SMD 1206 NPO 22pF ±5% 50V |
| | | | |
| | <u>Источник питания</u> | | |
| CR1 | Tiger TG22002S25 | 1 | Аккумулятор, 7,4 В |
| | | | |
| | <u>Резисторы</u> | | |
| R1 | RC1206FR-071M0L | 1 | SMD 1206 1M ±1% |
| R2,R3 | RC1206FR-07500KL | 2 | SMD 1206 500K ±1% |
| | | | |
| | <u>Кварц</u> | | |
| Y1 | HC49S | 1 | 16000kHz |
| | | | |
| | <u>Микросхемы</u> | | |
| U1 | LF50CV | 1 | TO-220 |
| ЮУрГУ-09.03.01.2018.131 ПЗ ВКР | | | |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись |
| Изм. | Лист | № докум. | Дата |
| Разраб. | А.А. Бабкина | | |
| Пров. | П.О. Шабуров | | |
| Н. Контр. | В.В. Лурье | | |
| Утв. | Г.И. Радченко | | |
| Разработка аппаратной системы «Браслет экстренной помощи» | | Лит. | Лист |
| Перечень элементов для анализатора | | Д | 84 |
| | | ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» Кафедра ЭВМ | |

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Фрагменты исходного кода аппаратной части системы

Листинг Е.1 – Исходный код для браслета

```
#include <iarduino_SensorPulse.h>
#include <UTFT.h>

// Библиотеки для работы с Bluetooth
#include <SoftwareSerial.h>
#define BT_SERIAL_RX 11
#define BT_SERIAL_TX 10
SoftwareSerial BluetoothSerial(BT_SERIAL_RX, BT_SERIAL_TX);

// Подключение датчика пульса к контакту А0
iarduino_SensorPulse Pulse(C0);

/*
 * Класс, работающий с датчиком "Акселерометер"
 */
class Accelerometer
{
private:
    // Калибровка датчика
    int dx = 357;
    int dy = 385;
    int dz = 178;

public:
    bool testFalling()
    {
        int x, y, z;
        x = analogRead(A0) - this->dx;
        y = analogRead(A1) - this->dy;
        z = analogRead(A2) - this->dz;

        // Проверяется резкий скачек акселерометра
        if(abs(z) >= 1000 || abs(y) >= 1000 || abs(x) >= 1000) {
            return 1;
        }

        return 0;
    }
}
```

```
bool testSpasm()
{
    int x, y, z;
    x = analogRead(A0) - this->dx;
    y = analogRead(A1) - this->dy;
    z = analogRead(A2) - this->dz;

    int j = 0;

    // В течение временного промежутка измеряем амплитуду
    for (int i = 0; i < 100; i++) {
        if(abs(z) >= 700 || abs(y) >= 700 || abs(x) >= 700) {
            j++
        }

        delay(100);
    }

    // Если колебания были постоянны большую часть временного
    промежутка - значит судороги были
    if (j >= 50) {
        return 1;
    }

    return 0;
}

};

/*
 * Кдасс, работающий с модуле Bluetooth
 */
class Bluetooth
{
public:
    Bluetooth()
    {
        BluetoothSerial.begin(9600);
    }

    // Метод для отправки данных
    void sendData(int* params)
```

```
{
    char str[1025];

    // Конвертация массива параметров в строку
    sprintf(str, "%d,%d,%d,%d,%d", paramsp[0], paramsp[1],
paramsp[2], paramsp[3], paramsp[4]);
    BluetoothSerial.write(str);
}

};

/*
 * Массив, для хранения измеренных браслетом параметров
 пациента
 * calculatedParams[0] - падение (1 - падение было, 0 -
 падения не было)
 * calculatedParams[1] - судорога (1 - судороги были, 0 -
 судорог не было)
 * calculatedParams[2] - значение пульса
 * calculatedParams[3] - заряд аккумулятора браслета
 * calculatedParams[4] - нажата ли кнопка
 */
float calculatedParams[5] = {0,0,0,0,0};

/* Объекты классов, работающих с датчиками */
Accelerometer* acl;
Bluetooth* blth;

void setup() {
    Serial.begin(9600);

    // Запуск датчика пульса
    Pulse.begin();

    // Инициализация на вход ножки порта, с которого считывается
 значение заряда батареи
    pinMode(A5, INPUT);

    // Экземпляр класса, работающего с акселерометром
    acl = new Accelerometer();
    // Экземпляр класса для работы с bluetooth
    blth = new Bluetooth();
}
```

```
}  
  
void loop() {  
    // Проверка, было ли падение  
    calculatedParams[0] = acl->testFalling();  
    // Проверка, были ли судороги  
    calculatedParams[1] = acl->testSpasm();  
  
    /* Определение пульса */  
    if (Pulse.check(ISP_VALID)==ISP_CONNECTED){  
        calculatedParams[2] = Pulse.check(ISP_PULSE);  
    } else {  
        // Когда не удалось определить пульс  
        calculatedParams[2] = 0;  
    }  
  
    /* Заряд аккумулятора */  
    float k = 2*1.12;  
    float voltage = k*4.5f / 1024 * analogRead(A5);  
    float chargeLevel_procents;  
    float chargeLevel;  
    float y;  
    int z;  
  
    float A_v = voltage;  
    float A_K = 0.3;  
    static float A_y;  
  
    // Сглаживание и перевод в проценты  
    A_y = A_y - A_K * (A_y - A_v);  
    calculatedParams[3] = A_y / 8.4 * 100;  
  
    // Обработка нажатия кнопки  
    calculatedParams[4] = (digitalRead(buttonPort) == HIGH);  
  
    // Отсылаем данные на анализатор  
    blth->sendData(calculatedParams);  
  
    delay(10000);  
}
```

Листинг Г.2 – Исходный код для анализатора


```
// Библиотеки для работы с Bluetooth
#include <SoftwareSerial.h>
#include <sstream>
#define BT_SERIAL_RX 11
#define BT_SERIAL_TX 10
SoftwareSerial BluetoothSerial(BT_SERIAL_RX, BT_SERIAL_TX);

// Работа с GPS
#include <TinyGPS++.h>
static const int RXPin = 8, TXPin = 9;
static const uint32_t GPSBaud = 9600;
TinyGPSPPlus gps;
SoftwareSerial ss(RXPin, TXPin);

// Датчик газа
const int analogSignal = A0;
const int digitalSignal = 8;
boolean noGas;
int gasValue = 0;

/*
 * Кдасс, работающий с модуле Bluetooth
 */
class Bluetooth
{
public:
    Bluetooth()
    {
        BluetoothSerial.begin(9600);
    }
};
```

```
    pinMode(2, OUTPUT);
}

// Метод для считывания данных
int* readData()
{
    int params[5] = {0, 0, 0, 0, 0};
    string mess;

    while(Serial.available())
    {
        message+=char(Serial.read());
    }

    if(!Serial.available())
    {
        if(message != "")
        {
            digitalWrite(2, HIGH);
            //Декодируем полученные параметры
            int i = 0;
            stringstream ssin(message.c_str());

            while (ssin.good() && i < 5){
                ssin >> params[i];
                ++i;
            }
        }
    }
}
```

```
    }

    return params;
}

};

/**
 * Класс, отвечающий за работу с СМС
 */
class Sms
{
private:
    char[1024] phone;
    char end_c[2];
public:
    SMS(const char* phoneNumber)
    {
        this->phone = phoneNumber;
        this->end_c[0]=0x1a;
        this->end_c[1]='\0';
    }

    void sendMess(const char* str)
    {
        delay(1000);
        Serial.println("AT+CMGD=1,4\r");
        delay(1000);
    }
}
```

```
Serial.println("AT+CMGF=1\r");
delay(2000);

Serial.println("AT+CMGS = \");
Serial.println(this->phone);
Serial.println("\");
delay(1000);

Serial.println(str);

Serial.println(this->end_c);
Serial.println();

delay(10000);
}
};

/*
 * Config
 */
char[1024] phoneNumber = "+79995882580";
SMS sms;
Bluetooth blth;

float homeLat = 55.1514321;
float homeLong = 61.42544123;

// Пин пьезоизлучателя
```

| | | | | | | |
|------|------|----------|---------|------|-----------------------|------|
| | | | | | ЮУрГУ-090301.2018.131 | Лист |
| Изм. | Лист | № докум. | Подпись | Дата | | 94 |

```
int soundPin = 3;

void setup() {
    pinMode(digitalSignal, INPUT);
    sms = new SMS(phoneNumber);
    blth = new Bluetooth();

    ss.begin(GPSBaud);

    pinMode(soundPin, OUTPUT);
}

void loop() {
    bool sendSms = 0;
    string smsReason;
    string smsParams;

    // Считываем данные, переданные браслетом по Bluetooth
    int breceletParams[5];
    breceletParams = blth->readData();

    // Определение геолокации
    float lat = gps.location.lat();
    float lng = gps.location.lng();

    if (lat == homeLat && lng == homeLong)
    {
        smsParams = "Place: home";
    }
}
```

```
} else {
    char latLong[10];
    sprintf(latLong, "%3f,%3f", lat, long);

    smsParams = "Place: " + latLong;
}

//Задымленность
if (digitalRead(digitalSignal) == 1) {
    smsParams += "Gas: yes";
    smsReason = "High gas concentration";
    sendSms = 1;

    // Звуковой сигнал
    analogWrite(soundPin, 50);
    delay(60000);
    analogWrite(soundPin, 0);
    delay(1000);
} else {
    smsParams += "Gas: no";
}

//Параметны с браслета
char tmpStr[10];
sprintf(tmpStr, "%d", breceletParams[2]);
smsParams += "Pulse: " + pulseStr;
```

```
if (breceletParams[2] > 75) {
    smsReason = "High Pulse";
    sendSms = 1;
}

if (breceletParams[2] < 60) {
    smsReason = "Low Pulse";
    sendSms = 1;
}

if (breceletParams[0] == 1 || breceletParams[1] == 1) {
    smsParams += "Spasm: yes";
    smsReason = "Spasm";
    sendSms = 1;
} else {
    smsParams += "Spasm: no";
}

if (breceletParams[4] == 1) {
    smsParams += "Button: true";
    smsReason = "Pressed button";
    sendSms = 1;
} else {
    smsParams += "Button: false";
}

sprintf(tmpStr, "%d", breceletParams[3]);
smsParams += "Bracelet: " + tmpStr + "%";
```

```
if (breceletParams[3] < 20) {
    smsReason = "Low battey";
    sendSms = 1;
}

// Заряд анализатора
float k = 2*1.12;
float voltage = k*4.5f / 1024 * analogRead(A5);
float chargeLevel_procents;
float chargeLevel;
float y;
int z;

float A_v = voltage;
float A_K = 0.3;
static float A_y;

A_y = A_y - A_K * (A_y - A_v);
float analyerCharge = A_y / 8.4 * 100;
sprintf(tmpStr, "%d", analyerCharge);
smsParams += "Analiz: " + tmpStr + "%";

if (analyerCharge < 20) {
    smsReason = "Low battey";
    sendSms = 1;
}

if (sendSms == 1) {
```



```
// Отправка СМС
string fullSms = smsReason.c_str() + "\n --- \n" +
smsParams.c_str() + "\n --- \n" + "If you've received this
SMS, call the number in 8 sec";
sms->sendMess(fullSms.c_str());
}

delay(180000)
}
```