

Введение

На данный момент высокий темп жизни человека приводит к ухудшению здоровья по причине невнимательности, забывчивости или не своевременной реакции на сигналы собственного организма.

Для предотвращения заболевания или усугубления уже имеющейся болезни человеку необходимо принимать соответствующие медицинские препараты. Но все тот же человеческий фактор не позволяет сделать это своевременно. Решение данной проблемы стало основной целью данной работы.

По данным ВОЗ на территории Российской Федерации ежегодно умирает 517 человек из 100000 от сердечно-сосудистой недостаточности и 21 человек из 100000 от хронической астмы, и это далеко не весь список заболеваний, для которых важно своевременное принятие мер по предотвращению осложнений [7]. Также нельзя не учитывать людей попадающих в зону риска: курильщиков, людей страдающих ожирением или повышенным кровяным давлением. Для более объективной оценки рассмотрим самую распространенную причину, влияющую на риск вызывающие осложнения. По статистическим данным ВОЗ в Российской Федерации 59% мужчин и 24% женщин в возрасте от 15 лет и старше, являются курильщиками [7]. По заявлению Росстат население Российской Федерации равно 146,3 млн. человек, из которых 67,8 млн. мужчин и 78,5 млн. женщин соответственно. На рисунке 1 представлено графическое представление население Российской Федерации попадающих в группу высокого риска получения осложнений.

Население РФ 146,3 млн.

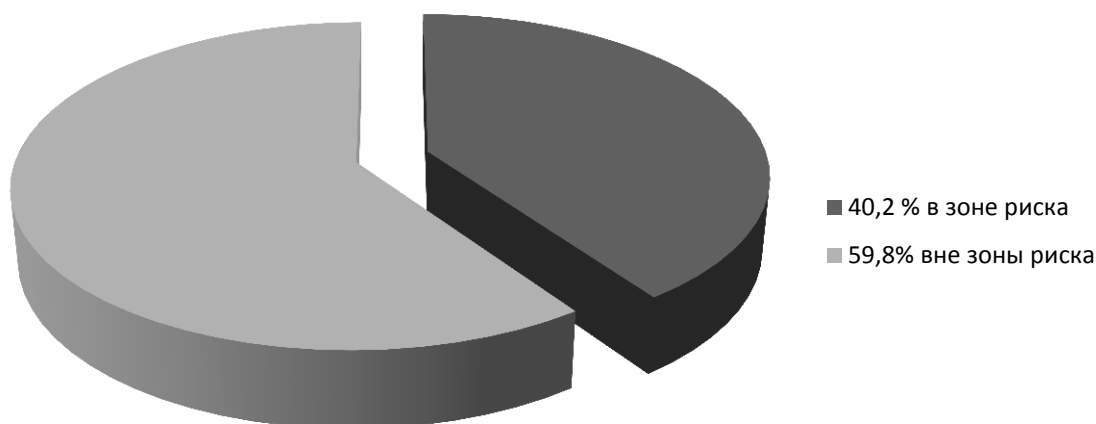


Рисунок 1. – Диаграмма группы высокого риска

Следующим этапом является определение процента людей способных пользоваться разрабатываемым устройством. Для этого необходимо рассмотреть ранее разработанную концепцию устройства дозирования выдачи медицинских препаратов больным. Устройство представлено в разряде носимой электроники получающую с каждым годом все большую популярности и повсеместность. Также оно является дополнительным для уже имеющегося мобильного устройства.

Для более удобной работы с устройством пользовательский интерфейс был перенесен на мобильное устройство, следовательно, в роли пользователя необходимо будет рассматривать активно пользующимися им. Проведем анализ распространения и активности пользователей мобильными устройствами.

По данным российской исследовательской компании Ipsos Comcon на начало 2016 года 96 % россиян имеют мобильное устройство. Не стоит забывать о том, что не каждое мобильное устройство может иметь возможность работы через ВТ интерфейс, поэтому мы будем анализировать только смартфоны (мобильные устройства способные реализовать передачу

данных по данному интерфейсу). По приведенным значениям в той же публикации 51 % всех мобильных устройств в РФ являются «умными»
рисунок 2 [8].

Мобильные устройства в РФ 140,4 млн.

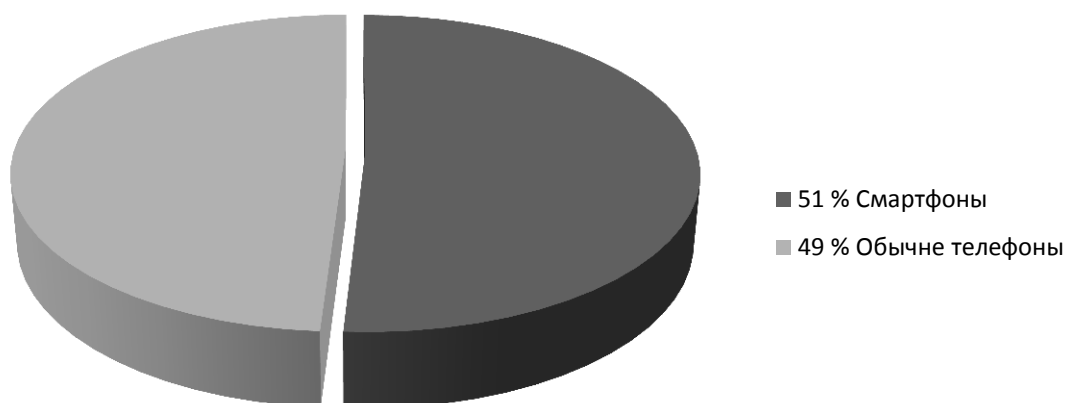


Рисунок 2. – Диаграмма группы высокого риска

Хотелось бы отметить, что наличие смартфона определяет только возможность пользования разрабатываемым устройством. Поэтому следует ограничить это значение, взяв за основания то, что активным пользователем смартфона являться использующий его для выхода в интернет. Именно этот показатель представлен в статистических данных российской компании Synovate Comcon и равен 78 % от пользователей смартфонов рисунок 3 [8].

Пользователи смартфонов РФ 71,6 млн.

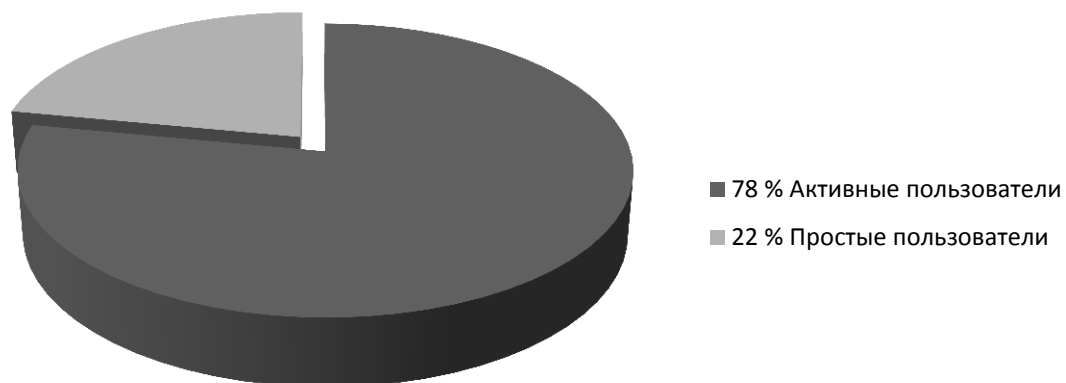


Рисунок 3. – Диаграмма активности пользователей

По приведенным выше всем статистическим данным можно рассчитать приблизительное количественное значение людей проживающих на территории РФ, которые являются потенциальными пользователями и оно равно 28,8 млн. человек.

1. Патентный анализ

Патентный поиск показал, что на данный момент в России ближайшим аналогом устройства для решения ранее описанной проблемы является Электронная таблетница-будильник номер патента RU 2014112460 [4]. Также было рассмотрен Кардиобраслет номер патента RU 93 043 498 [5]. Оба устройства относятся к техническим решениям снижения риска получения осложнений вызванных не своевременным принятием медицинских препаратов.

Рассмотрим более подробно первое устройство. Устройство представляет собой контейнер с 3 смежными полостями две из которых в свою очередь поделены на 12 сегментов, предназначенных для определенного времени приема медицинского препарата. Устройство также оснащено двойным семи сегментным индикатором для удобства задания реального времени с помощью кнопок. Кнопки имеют блокировку для предотвращения случайного нажатия. После установки реального времени и блока кнопок управления устройство начинает работать по принципу будильника, оповещая пользователя каждый час о необходимости принять лекарство. Оповещение происходит с помощью звукового и светового сигналов [4].

Второе устройство представляет собой браслет, на котором расположены система безыгольного введения медицинского препарата, элемент управления в виде кнопки запуска и одноразовый картридж с медицинским препаратом. Принцип работы Кардиобраслета заключается в следующем. При нажатии на кнопку запускается встроенный одноразовый химический газогенератор вследствие чего производится мгновенное введение экстренного медицинского препарата, снижающего риск фатального исхода [5].

Рассмотрим сильные и слабые стороны имеющихся решений.

Сильными сторонами первого устройства является возможность переноса большого количества медицинских препаратов, простота в

использовании. Минусами этого устройства являются не эргономичность, приводящая к дискомфорту во время использования, неудобный пользовательский интерфейс.

Второе устройство в отличие от первого имеет преимущества в эргономике, но не предоставляет пользовательского интерфейса. Также кардиобраслет не способен использовать стандартизированные медицинские препараты, что делает невозможным его работу с лекарствами, не предусмотренными производителями.

Проанализировав материалы можно сделать вывод что, на российском рынке отсутствуют устройства выполняющие задачу своевременного оповещения пользователя о необходимости принять медицинский препарат, основываясь на показаниях состояния организма человека. Следовательно, отсутствуют устройства комплексного решения поставленных задач.

Таким образом, можно определить направление научного исследования в разработке устройства дозирования выдачи медицинских препаратов больным. В данной работе будет представлено исследование по созданию алгоритма для оповещения пользователя о необходимости принять медицинский препарат по заданным ранее параметрам приема (зависимость сердечного ритма от пройденного расстояния, заданное время).

2. Подбор рекомендуемой элементной базы

В иной работе, дизайнером была спроектирована 3D модель будущего прототипа, следовательно, есть ограничения по габаритным размерам блока управления, блока связи и элементу питания.

Необходимо отметить, что все элементы должны поддерживать технологию поверхностного монтажа SMD для уменьшения занимаемого пространства.

В первую очередь необходимо подобрать элемент питания, с наибольшей емкостью исходя из выделяемого на это пространства 45x30x4мм для максимизации времени работы. По электронному каталогу электронных компонентов был подобран литий-ионный полимерный аккумулятор емкостью 1200мА/ч и напряжением 3.7 В. [3].

Так как разрабатываемую устройству потребуется обрабатывать информацию о состоянии пользователя (функции шагомера, пульсометра, таймера), то необходимо использовать для этого микроконтроллер. Устройство также должно иметь возможность связи с мобильным устройством пользователя для передачи данных.

Уделим особое внимания энергопотреблению. Рассмотрим варианты трех основных производителей микроконтроллеров со встроенным модулем связи (Bluetooth), предоставляющие на данный момент серию с пониженным энергопотреблением. Таким образом мы сможем минимизировать затраты выделяемого пространства. Сравнительный анализ, данных микроконтроллеров, по основным требуемым параметрам представлен в таблице 2 на основании соответствующей технической документации.

Таблица 2. – Сравнительный анализ микроконтроллеров

	Freescale Semiconductor, MKW41Z512VHT4	Nordic semiconductor, nRF51822	Texas Instruments, CC2541
Напряжение работы	0.9-4.2 В	2.5-3 В	3-3.8 В
Максимальная частота работы	42 МГц	32 МГц	32 МГц
Частота работы в режиме пониженного энергопотребления	42 МГц	16 кГц	32 кГц
Потребление тока в обычном режиме работы	6.2 мА	20 мА	18.2 мА
Потребление тока в режиме пониженного энергопотребления	6.2 мА	4.2 мкА	1 мкА
Габаритные размеры	-	3.5X3.33X2мм	4.5X4.5X1мм
ПЗУ	128 Кбайт	256 Кбайт	256 Кбайт

По итогам анализа можно наблюдать, что микроконтроллер MKW41Z512VHT4 имеет само большое потребление, но и самое низкое значение напряжение. Также в документации по этому микроконтроллеру отсутствует информация о его габаритных размерах. Микроконтроллер компании nRF51822 является конкурентно способным для возможности использования его в устройстве 2 исполнения. Это обусловлено тем, что он имеет интегрированную RTC схему, о которой будет говориться далее. По ранее определенным критерием из таблице 2 наилучшем вариантом будет микроконтроллер CC2541.

Для наилучшего выполнения задач и уменьшения возможности появления ошибки отсчет времени будет производиться на отдельной электронной микросхеме. Под решение этой задачи подходит микросхема RTC. Данное решение позволит оставаться микроконтроллеру в режиме пониженного энергопотребления большей период времени.

Подбор оставшихся компонентов проводился по такому же принципу, но включал в себя еще пункт о совместимости с микроконтроллером. В частности по итогам, в скомпонованной принципиальной электрической схеме, представленной в Приложении А можно заметить, что для связи микросхемы RTC используется интерфейс I2C, а для связи акселерометра и пульсометра аналоговые выходы микроконтроллера, так как аналоги этих датчиков с цифровым интерфейсом потребляют в 4,9 раза больше электроэнергии.

Во время подбора сенсора для измерения шагов (скорости движения) было рассмотрено 2 различных по принципу работы датчика: гироскоп и акселерометр в конечном итоге предпочтение было отдано аналоговому акселерометру за кратно наименьшее энергопотребление.

Для оповещения пользователя в центральном блоке установлено вибромотор и пьезодинамик. Управления вибромотором производится через оптопара позволяющую не допустить прохождение через микроконтроллер превышающих его возможности токи. Потребление на коммутацию оптопары заложено в потребление микроконтроллера и вибромотора. Это упрощает дальнейший расчет времени работы устройства. Пьезодинамики не отличаются по потреблению тока, в случае подбора данного элемента по габаритным параметром.

Также в схеме представлены элементы, не располагаемые на центральной секции. На каждой секции расположен свой параллельно подключенный сдвиговый регистр, подобранный по тем же принципам что и микроконтроллер. Сдвиговые регистры необходимы для упрощения пользования устройством, так как при их параллельном подключении исключается зависимость последовательности подключения контейнеров с лекарством.

После подбора всех рекомендуемых компонентов становится возможным создания оптимального алгоритма для увеличения продолжительности работы устройства.

4. Разработка алгоритма работы

Основным критерием при разработке алгоритма является выполнения поставленных задач, следовательно, необходимо озвучить эти задачи:

- Общение с пользователем
- Снятие показаний состояния пользователя
- Принятие решения о необходимости употребления лекарства на основании заданных параметров
- Уведомления о конкретном кейсе с лекарством, из которого необходимо принять

Рассмотрим первую задачу, которая в свою очередь делится на подзадачи:

- Алгоритм должен определять подключение пользователя
- Предоставлять возможность пользователю задать режим (автономной работы, режим загрузки) работы
- Предоставлять пользователю информацию (показания состояния пользователя) при ее запросе

На основании поставленных подзадач можно преступить к разработке алгоритма и для удобства восприятия представленный в виде блок-схеме.

Так как наш алгоритм работы должен работать с разной периферией и получать множество внешних данных нам понадобятся некоторое множество глобальных переменных для переноса информации между разными режимами работы. Одним из примеров является переменные уже преобразованных данных с сенсоров для предоставления информации пользователю. Таким образом, при первом запуске нам необходимо объявить данные переменные. Также говоря немного вперед в режиме автономной работы для более четких показаний с сенсоров нам придется делать несколько итераций по их считыванию с рассчитываемым периодом, во времени зависящим от частоты работы и количеству элементарных операций в цикле.

Также для начала нашему алгоритму необходимо распознать о подключении пользователя к устройству, поэтому сделаем условие о проверки подключения.

Пользователь не всегда сможет иметь инструкцию под рукой или сразу ее запомнить, поэтому после подключения пользователя должно предоставить ему в информационном сообщении пример команд для работы.

После получения команд алгоритм ожидает выбора режима работы часть режимов представлены в виде процедур и будут расписаны после представления на рисунке 6 общего вида основного алгоритма. В случае бездействия пользователя более 5 секунд или отсутствие подключения, алгоритм должен перейти в автономный режим.

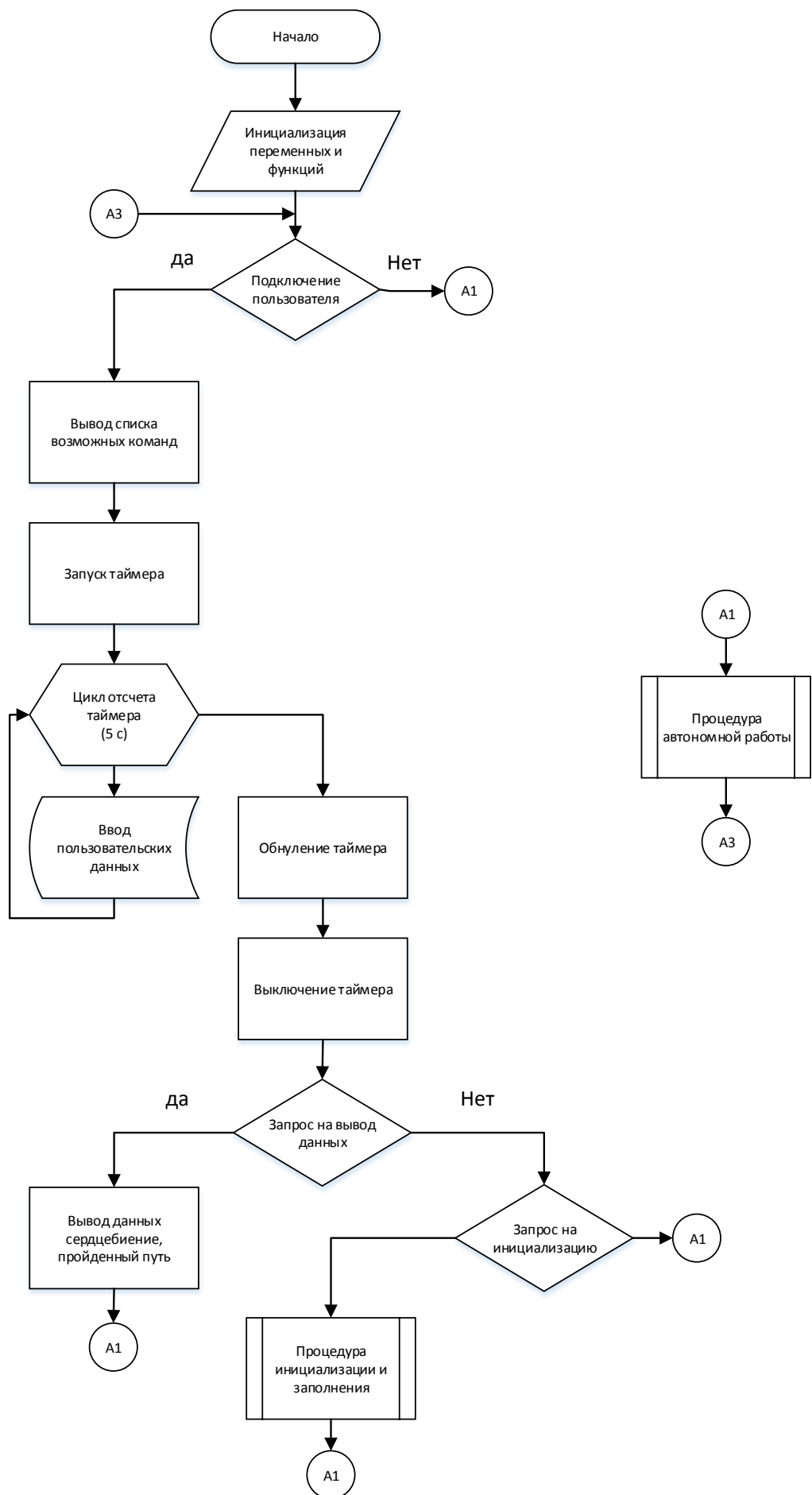


Рисунок 6. – Блок – схема основного алгоритма

На рисунке 7 и 8 представлена процедура автономной работы решающая основную, 2 задачу, которая в свою очередь делится на подзадачи:

- Снижение потребляемой электроэнергии
- Снятие показаний состояния пользователя
- Преобразование полученной информации в необходимую форму
- на основании преобразованных данных принять решение о необходимости принять лекарство.

Разбирая эту процедуру подробнее обратим внимание для переход нашего микроконтроллера в энергосберегающий режим. Наш микроконтроллер имеет два режима пониженного энергопотребления.

Первый основывается на внешнем прерывании с потребляемым током 0,4 мкА/ч, но мы не можем воспользоваться его преимуществами, так как нам необходимо работать с постоянно изменяющимися во времени параметрами пользователя.

Второй вариант снижение тактовой частоты с 32 МГц на 32 кГц и перехода в режим работы одного таймера с потреблением 1 мкА/ч, от которого и будет вестись отсчет времени пребывания в данном режиме. Снижение тактовой частоты производится изменением значения тактового делителя, чем ниже частота, тем меньше потребление, но и производительность контроллера уменьшается. Также не стоит забывать про отключение всей периферии.

Время нахождения устройства в этом режиме определяется по таймеру и значению выхода из цикла сна определяемое по количеству операций на выполнение одной итерации цикла и тактовой частоте контроллера.

После выхода из цикла сна определяющего время энергосберегающего режима необходимо обнулить таймер присвоив ему значение 0, так как в дальнейшем мы будем использовать этот же таймер для других циклов.

Повысив тактовую частоту на максимум для увеличения количества итераций цикла снятия и обработки информации о пользователе которое по времени не должно превышать 0,25 секунды и в то же время принести максимум информации. Записываем показания аналоговых сигналов в массив для возможности работы в будущем с предыдущим значением и определять более точно пики.

Также в цикле производится вычисления скорости движения пользователя и его сердцебиение в зависимости от времени t между снятыми показаниями.

После выхода из цикла снятия показания и анализа измерений обнуляем, выключаем таймер и переходим к обращению к схеме реального времени по интерфейсу I2C производится запись реального.

Теперь мы имеем все необходимые данные для проверки необходимости принятия лекарства по каждому из кейсов. Начинается цикл, проходящий по каждому из кейсов проверка каждого из условий (времени, сердцебиение в зависимости от нагрузки) и если одно из условий выполняется, происходит переход к процедуре принятия лекарства или происходит выход из цикла.

Также более подробно представлена процедур приема лекарства (Рисунок 9).

Задачи процедуры используя представленную в главе 3 периферию сообщить пользователю о необходимости принятия лекарство в доступной форме и точности.

Для доступности информация представлена воздействием на 3 органа чувств человека слух, тактильное и зрительное ощущения. Для воздействия на слуховую систему пользователя необходимо подать на пьезодинамик синусоиду заданной частоты длиной 5 секунд, а на управляющую вибромотором оптипару достаточно подать единичный сигнал длиной также 5 секунд. Со сдвиговым регистром дела обстоят чуть сложнее, так как для его работы необходимо задать ему тактовую частоту и после этого отправить на него необходимую команду для запуска конкретного звена (кейса).

Избегая ситуации, когда пользователь не успел отреагировать на данный ему сигнал итерация должна повторяться до получения по обратной связи информации об изъятии лекарства из кейса.

Для исключения ситуации срабатывания на уже использованный кейс его параметры изменяются на параметры отсутствующего кейса.

В дальнейшем любая процедура будет представлена в более простой форме, так как не нуждается в подобном рассмотрении.

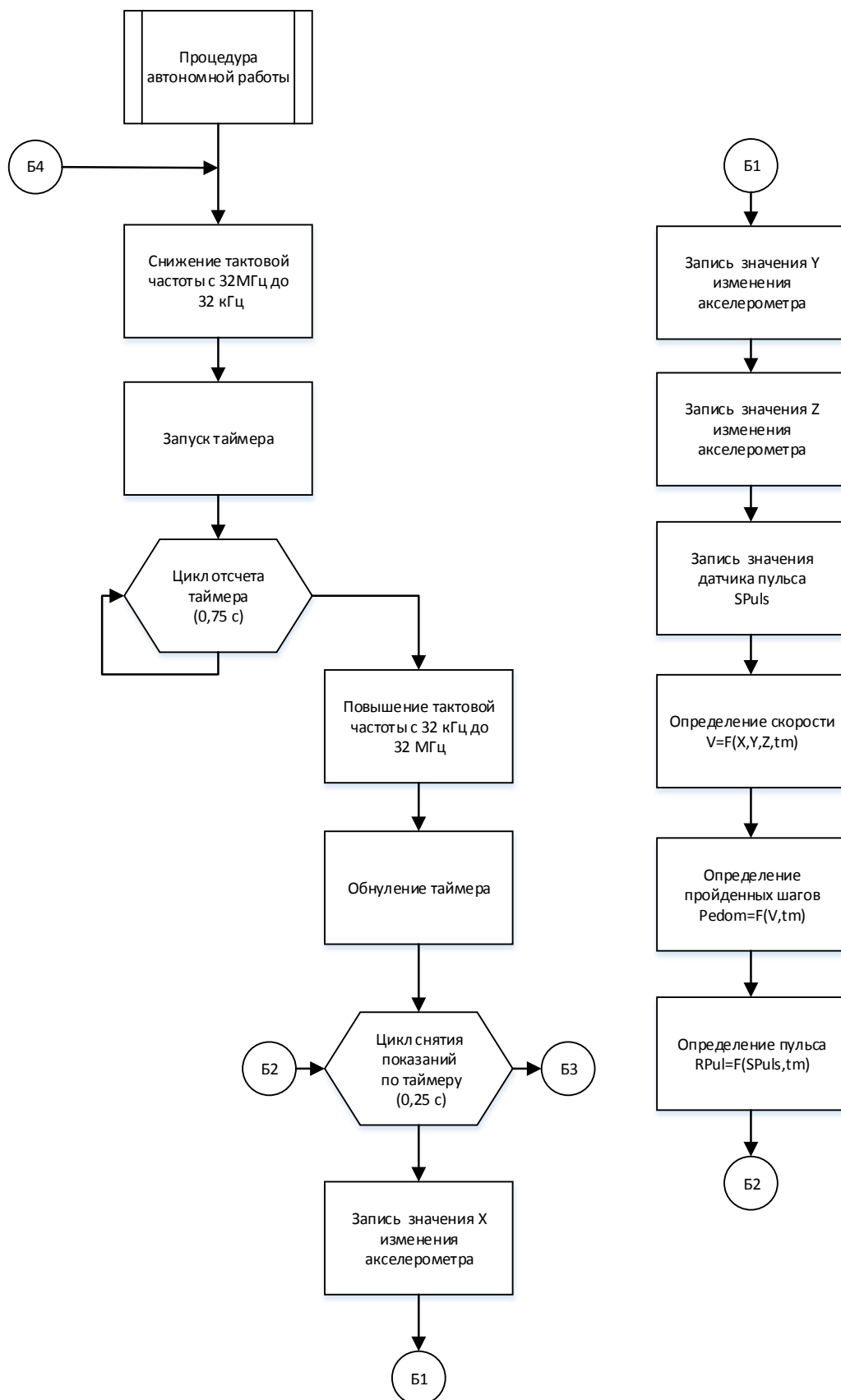


Рисунок 7. – Блок-схема процедуры автономной работы

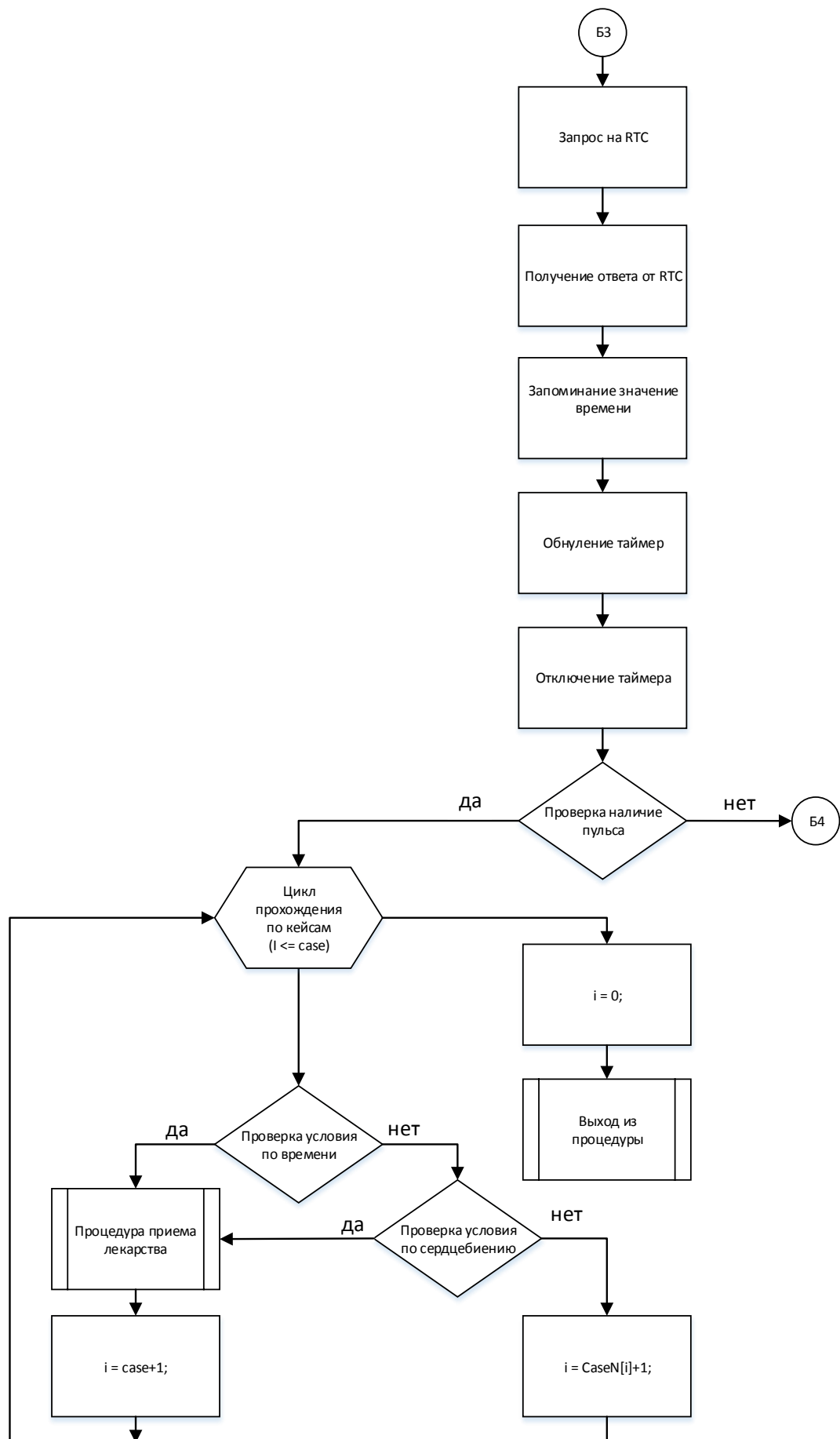


Рисунок 8. – Блок-схема процедуры автономной работы

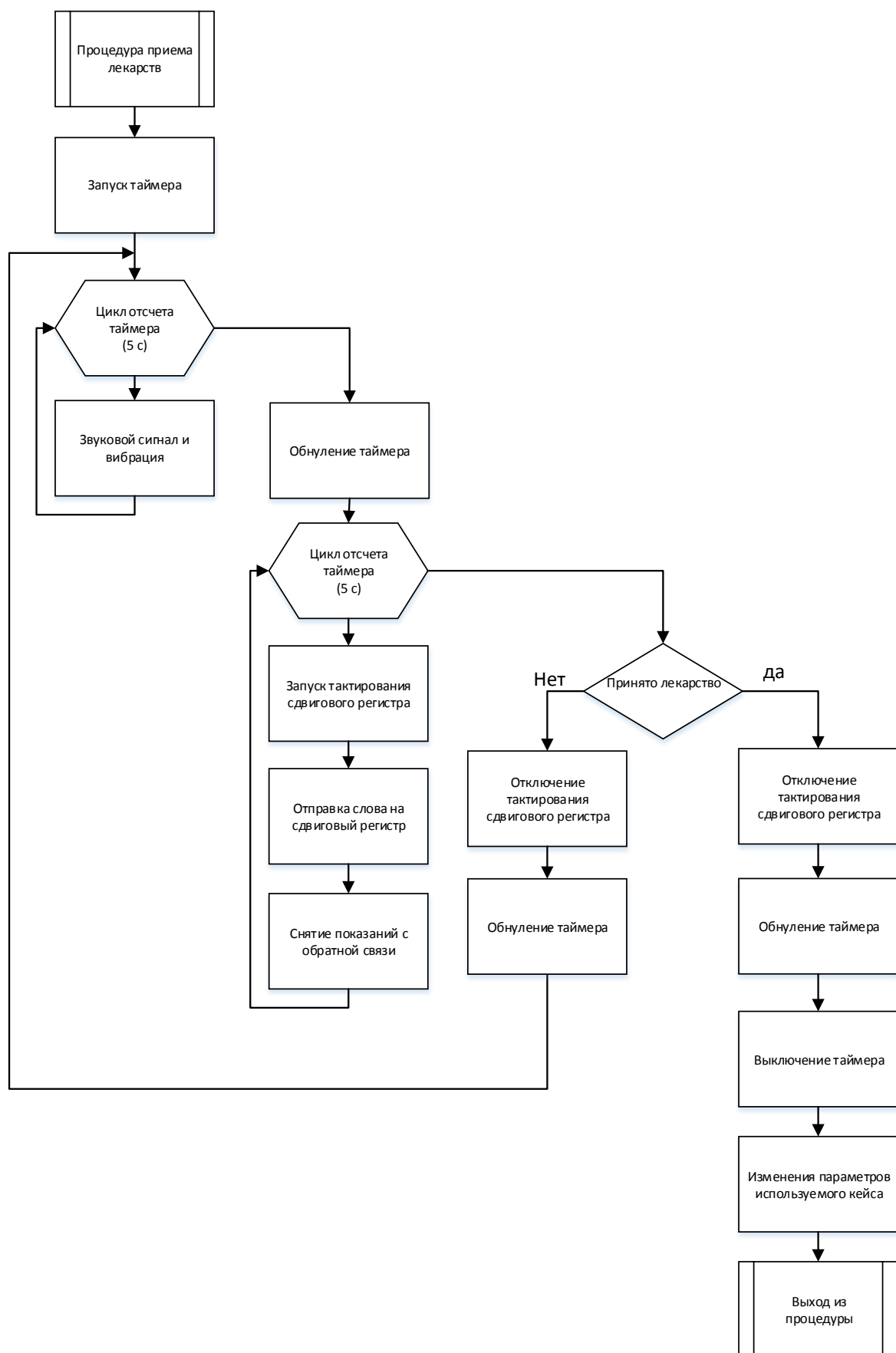


Рисунок 9. – Блок – схема процедуры приема лекарств

На рисунке 10 представлена процедура, представляющая собой один из режимов работы. В ходе этого режима производится последовательное изменение подачи сигнала на каждую отдельную емкость и получение по обратной связи информации, при анализе которой делается заключение о подключении выбранной в этот момент емкости и её заполнении. В случае выполнения двойного условия производится запрос на введение данных для приема конкретного лекарства, которое было загружено в конкретную емкость. Итерации повторяются до момента заполнения всех емкостей. Если емкость только подключена, то микроконтроллер запоминает до ее заполнения емкости номер.

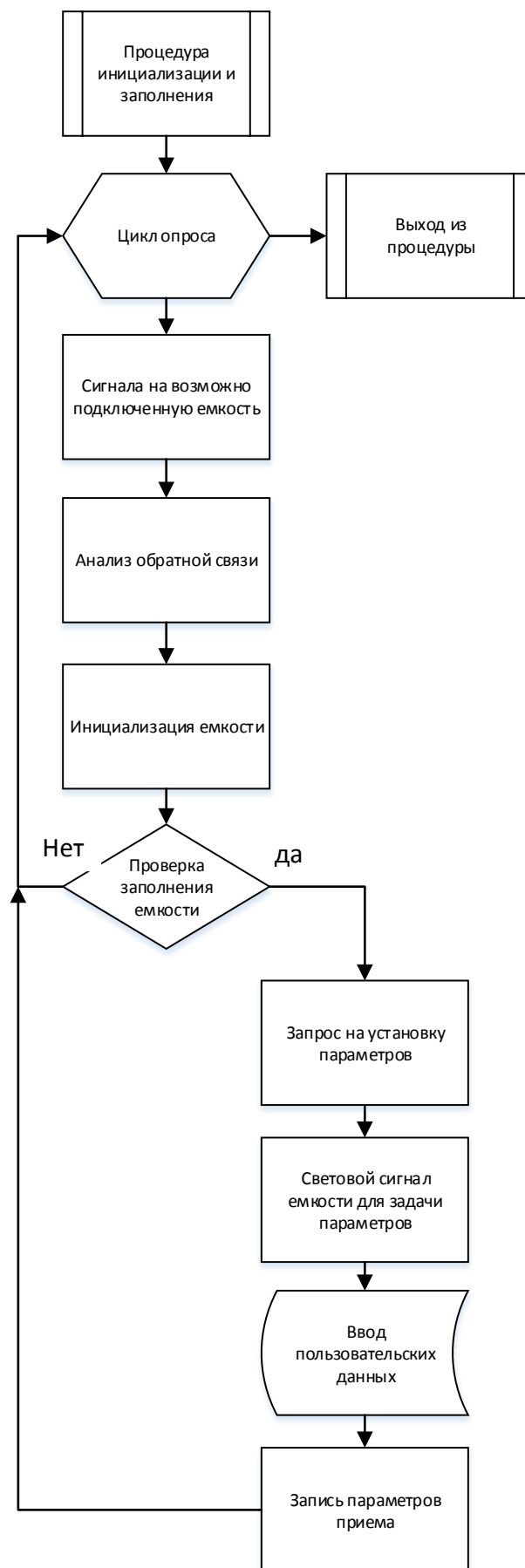


Рисунок 10. – Процедура инициализации и заполнения

5. Расчет времени работы

Проведенные ранее анализ, подбор компонентов и разработка алгоритма помогает сформировать полное понимание о процессе работы устройства и произвести расчет времени работы устройства.

Известные данные приведены ниже в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнительный анализ микроконтроллеров

Элемент	Потребление, мА/ч	Количество, шт	Время в день, ч	Потребление в день, мА
Микроконтроллер CC2541	20,2	1	6	121,2
Микроконтроллер CC2541	0,001	1	18	0,018
Схема реального времени (bq32000)	0,1	1	24	2,4
Вибромотор	54,3	1	0,017	1
Пьезодинамик (SCS-17P10)	1	1	0,017	0,017
Оптопара (512-H11AA1M)	0,05	1	0,017	0,00085
Акселерометр DRV-ACC16- EVM	0,35	1	6	2,1
Сдвиговый регистр (74НС595)	20	6	0,017	0,34
Датчик пульса	0,0024	1	6	0,0144
			Итого в день:	127,1

В таблице также учитывается потребление светодиодов на контейнерах, их потребление включено в потребление сдвигового регистра. Приведены расчеты при своевременной принятии пользователем после 2 сигнала.

По данным из таблицы 3 и зная емкость аккумулятора, приблизительное время работы устройства от зарядки до зарядки составляет 8 дней с учетом запаса в 0,5 дня.

В случае не реагирования на сигналы устройства в течении всего периода работы по такому же принципу как описан выше ринтеревочное время работы составляет 0,8 дня.

Заключение

По выполнению курсового проекта были достигнуты результаты, перечисленные ниже:

- Обоснована актуальность разработки.
- Произведен патентный поиск.
- Подобраны компоненты.
- Сформирована принципиальная электрическая схема
- Разработан алгоритм работы.
- Рассчитано время работы устройства

В рамках курсового проекта поставленная цель была достигнута.

Также хотелось бы отметить, что данный проект имеет перспективы по внедрению в сферу здравоохранения с заменой интерфейса связи на Wi-Fi для управления группой устройств в специализированных учреждениях (больнице, дома престарелых и т.д.).

Список литературы

1. Микроконтроллер ATtiny43U. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.atmel.com/images/doc8048.pdf>
2. Микроконтроллер Ы. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www2.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/42/c0/ab/e5/71/7a/47/0b/DM00206508.pdf/files/DM00206508.pdf/jcr:content/translations/en.DM00206508.pdf>
3. Каталог электронных компонентов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://ru.mouser.com/Electronic-Components/>
4. Оптопара. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.mouser.com/ds/2/149/H11AA1M-889273.pdf>
5. EZ430-Chronos. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://processors.wiki.ti.com/index.php/EZ430-Chronos>
6. Измерение пульса на Arduino. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://team.simplab.ru/proektyi-simplab/izmerenie-pulsa-na-arduino>
7. Понижение энергопотребление микроконтроллера. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://student-proger.ru/2013/10/energopotreblenie-arduino/>
8. Работа с Bluetooth [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://cxem.net/arduino/arduino63.php>

9. Программирование микроконтроллеров C++ [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://robocraft.ru/blog/arduino/45.html>

10. ГОСТ 19.001-77 Единая система программной документации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://guap.ru/guap/standart/kach/espd_19.001-19.781.pdf

11. Часы с шагомером на базе Arduino. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.instructables.com/id/Arduino-Watch-With-Altitude-Temperature-Compass-An/?ALLSTEPS>

12. Микроконтроллер CC2541. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: http://www.ti.com/lscds/ti/wireless_connectivity/bluetooth_bluetooth-ble/overview.page?DCMP=BluetoothLowEnergy&HQS=Bluetoothlowenergy

13. Акселерометр DRV-ACC16-EVM. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.ti.com/lit/ug/slou402/slou402.pdf>

14. Количество активных смартфонов и планшетов превысило население Земли. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://tjournal.ru/p/more-phones-than-people>

15. Количество людей имеющих хронические заболевания. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.aif.ru/society/healthcare/1414177>

16. analogRead(). [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <https://www.arduino.cc/en/Reference/AnalogRead>

17. Часы реального времени. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс:

<http://wiki.amperka.ru/%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F:rtc-%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80>

18. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://docs.cntd.ru/document/gost-2-702-2011-eskd>

19. VBA Разработка алгоритма. Блок-схема. Структуры алгоритмов [Электронный ресурс]. Режим доступа: свободный. Ссылка на ресурс: <http://www.mini-soft.ru/document/elektronnyy-uchebnik-po-vba-excel-2>

http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/# росстат

http://ipsos-comcon.ru/content/v_rossii_sravnyalis_doli_vladeltsev_smartfonov_i_obychnykh_mobilnykh_telefonov по смартфонам

<https://rg.ru/2015/03/19/smartphone-site-anons.html> публикация статистики в газете