**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕНЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.Шухова»**

**(БГТУ им. В.Г.Шухова)**

Кафедра приколов

Выпускная квалификационная работа

Тема: Имеется

Выполнил: студент группы ВТ-41

Фаракшин Н.Р.

Проверил: Проверил.

Белгород 2021

# Содержание

[1 Содержание 2](#_Toc69739092)

[1 Введение 3](#_Toc69739093)

[2 Основная часть 3](#_Toc69739094)

[2.1 Предметная область, задачи, анализ, методы решения 3](#_Toc69739095)

[2.2 Проектирование аппаратного обеспечения 3](#_Toc69739096)

[2.3 Проектирование программного обеспечения 3](#_Toc69739097)

[2.4 Программная реализация 3](#_Toc69739098)

[3 Заключение 3](#_Toc69739099)

[4 Список литературы 3](#_Toc69739100)

# Введение

В настоящее время быстрыми темпами развиваются системы, основанные на идеях интернета вещей (IoT, Internet of Things), предназначенные для автоматизации различных сфер жизни человека. Автоматизация широко распространяется на производственных предприятиях, в инфраструктуре города (умный город) и в быту. Потребность в технологиях домашней автоматизации, то есть, систем умного дома, создает новый и динамически растущий рынок устройств и программно-аппаратного обеспечения для умных домов.

Вследствие молодости рынка устройств умного дома здесь существуют ниши, в которых большинство производителей не могут предложить удобных для покупателя решений. Крупные производители систем ориентированы на модель использования, предполагающую внедрение элементов умного дома в существующую инфраструктуру домовладения без ее перепланирования. Такими устройствами являются умные розетки, чайники, лампы, и т.д., общими чертами которых является отсутствие необходимости прокладывать дополнительные линии передачи данных и питания. Помимо элементов системы производитель предоставляет сервис для управления системой, как правило, на базе облачных решений. У такого подхода имеются определенные достоинства:

- пользователи могут опробовать простые сценарии домашней автоматизации, не изменяя существующей инфраструктуры

- установка, настройка и эксплуатация таких устройств не представляет сложности, т.к. настройка системы производится через простой интерфейс, предоставляемый производителем на базе облачных решений

Однако стоит отметить и недостатки:

- требование возможности работы с облачным сервисом требует от устройств поддержки полного стека сетевых протоколов для выхода в сеть Интернет, что усложняет конструкцию и программное обеспечение

- автономное питание не позволяет обеспечить мощность, требуемую для работы некоторых актуаторов, основанных на двигателях или мощных переключателей, выполняющих такие действия, как управление шторами или отопительными приборами; а переход на питание от бытовой электросети требует встраивания блоков питания и проведения дополнительных линий питания

- зависимость от наличия подключения к сети Интернет делает систему умного дома крайне уязвимой при непредвиденных обстоятельствах

- данные, передаваемые через Интернет, могут стать доступными третьим лицам, следовательно, системы, не предоставляющие достаточно надежный уровень безопасности, могут быть атакованы, что представляет опасность для пользователей

Отдельно следует заметить проблему, связанную с отсутствием единого общепринятого стандарта для взаимодействия элементов системы умного дома. В настоящее время существует несколько широко распространенных протоколов передачи данных, использующихся в системах умного дома: ZigBee, Bluetooth, Wi-Fi, LoRa, (todo: пересмотреть этот момент, добавить прикладные протоколы). Однако ни один из них невозможно назвать стандартом де-факто в индустрии. Производители устройств стремятся создать собственные экосистемы, работающие по проприетарным протоколам прикладного уровня, тем самым закрывая возможность расширения системы. Таким образом, у пользователей нет возможности создавать свою систему из устройств разных производителей; он вынужден использовать устройства из одной экосистемы.

Исходя из обозначенных недостатков, можно сформировать задачу создания комплекса устройств, которые предлагают следующие возможности:

- ориентирована на построение систем "с нуля", то есть, формирование инфраструктуры умного дома, интегрированной с инфраструктурой традиционных коммуникаций и снабжения

- имеет низкую стоимость построения инфраструктуры, что подразумевает как сами устройства, так и линии питания и передачи данных

- количество внешних факторов, влияющих на надежность системы, сведено к минимуму

- использование в качестве основы открытых стандартов; открытость разрабатываемых протоколов.

## Описание разделов работы

Предметная область, задачи, анализ, методы решения – описываются основные понятия и принципы, закладываемые в системы домашней автоматизации; анализируются существующие решения, проводится выявление существующих проблем и предлагаются варианты их решения.

Проектирование аппаратного обеспечения – процесс проектирования схемотехники аппаратной платформы, сенсоров и актуаторов на ее основе, обоснование выбора компонентов.

Проектирование программного обеспечения – процесс проектирования прикладных протоколов для системы автоматизации и алгоритмов работы устройств.

Программная реализация – спецификации подпрограмм и блок-схемы алгоритмов, описание структур данных, и т.д.

# Введение

В настоящее время быстрыми темпами развиваются системы, основанные на идеях интернета вещей (IoT, Internet of Things), предназначенные для автоматизации различных сфер жизни человека. Автоматизация широко распространяется на производственных предприятиях, в инфраструктуре города (умный город) и в быту.

Потребность в технологиях домашней автоматизации, или системах "Умный дом" (Smart Home), создает новый и динамически растущий рынок устройств и программно-аппаратного обеспечения для умных домов.

Маркетинговые исследования говорят о том, что потребители заинтересованы в продукции, связанной с умным домом, и рынок ожидает устойчивый рост.

Исследователи называют системы умного дома и умного города ключевой составляющей развития конкуренции в цифровой экономике.

В новых перспективах заинтересованы как крупные компании, желающие диверсифицировать активы, так и новые игроки, стремящиеся войти на формирующийся рынок.

Целью большинства крупных производителей является создание экосистемы, предоставляющей пользователю удобство использования продуктов, принадлежащих к одной линейке устройств. Такой подход привносит преимущества в виде удобства установки и настройки системы, простоты использования и поддержки со стороны производителя. Но ориентированные на существование в экосистеме устройства имеют определенные недостатки: "привязанность" к одному производителю неудобна для пользователя, стремящегося к построению сложной системой, включающей в себя различные типы датчиков и актуаторов. Ассортимент каждого из производителей в отдельности не удовлетворяет требованиям к системе в целом. Сочетание решений из различных линеек устройств или от различных производителей сильно затруднено из-за различий стандартов связи, питания, прикладных протоколов, и т. д.

Среди других недостатков существующих систем можно назвать связанные с использованием для функционирования сети устройств облачных решений, предоставляемых поставщиком оборудования, потенциальные проблемы с безопасностью и конфиденциальностью, а также зависимость от внешних факторов: наличия надежного подключения к сети Интернет и постоянной доступности сервиса.

Унификация решений умного дома затруднена тем, что не существует единого стандарта де-факто на построение систем автоматизации. По мере распространения систем возникает потребность в создании единых протоколов связи для взаимодействия устройств. В настоящее время существует некоторое количество распространенных протоколов проводной и беспроводной связи: 1-Wire, KNX, ZigBee, Bluetooth, однако сложно назвать какой-либо из них доминирующим на рынке.

Можно сделать вывод, что на рынке систем умного дома существует незанятая ниша для устройств, соответствующих какому-либо единому открытому стандарту, позволяющему легко расширять систему за счет устройств любого производителя, следующего спецификациям. Такая система не должна зависеть от единственного поставщика услуг и предоставлять пользователю возможность контролировать сервис, обеспечивающий связь и правильное функционирование устройств.

Задачей данной работы является проектирование комплекса устройств и протокола связи, формирующих систему умного дома, которая удовлетворяет требованиям к открытости, расширяемости и независимости от внешних сервисов.

Первая глава данной работы посвящена анализу существующих решений на рынке систем домашней автоматизации. Выявляются преимущества и недостатки имеющихся комплексов и предлагаются способы решения этих проблем. Также в данной главе осуществляется обзор существующих протоколов связи и выбор инструментов для решения поставленных задач.

Вторая глава предназначена для описания процесса проектирования схемотехники и печатных плат устройств и обоснования выбора компонентов в их составе.

Третья глава посвящена процессу проектирования и спецификации прикладных протоколов сети умного дома, структур данных и алгоритмов работы актуаторов и сенсоров.

Глава 4 описывает процесс реализации программного обеспечения, спецификации подпрограмм; содержит описание используемых сторонних библиотек и зависимостей, руководство пользователя и процесс тестирования готового ПАК.

# Основная часть

## Описание предметной области, обзор аналогов

### Актуальность проблемы

Интернет вещей - это новая тема, имеющая важное техническое, социальное и экономическое значение. Потребительские товары, товары длительного пользования, автомобили и грузовики, промышленные и энергетические компоненты, датчики и другие предметы повседневной жизни проектируются с подключением к Интернету и с мощными функциями анализа данных, что обещает полностью изменить наш стиль работы, образ жизни и развлечения.

Система умного дома строится с целью повысить уровень комфорта, обеспечить безопасность жилища от вторжений извне; позволяет контролировать инженерные системы здания с целью защиты от аварийных ситуаций и эффективного использования энергетических ресурсов.

Распространению технологии умного дома, согласно исследованиям маркетологов, препятствуют:

* высокая цена устройств;
* отсутствие в продаже модулей с интересующими функциями;
* проблемы с установкой и использованием;
* “сырость” технологий.

Решив данные проблемы, можно создать устройства умного дома, которые найдут применение в новых системах, удовлетворяющих требованиям пользователей.

### Постановка задачи

Цель работы - создать систему, включающую в себя устройства для построения умного дома и протокол для связи устройств в сети. Система должна включать датчики и актуаторы для управления инфраструктурой и безопасностью здания.

Для достижения данной цели требуется выполнить следующие задачи:

* Проанализировать имеющиеся решения в сфере домашней автоматизации; определить их недостатки и преимущества
* Проанализировать существующие стандарты связи в сфере автоматизации; выбрать подходящий низкоуровневый протокол связи устройств
* Описать прикладной протокол, использующийся для передачи информации внутри системы
* Разработать алгоритмы работы сенсоров и актуаторов, входящих в систему
* Спроектировать аппаратную составляющую устройств, принципиальную схему и печатную плату
* Разработать программное обеспечение, включающее реализацию протокола связи
* Отладить и протестировать разработанное решение

### Анализ существующих решений

Проведем анализ распространенных на рынке средств домашней автоматизации по следующим критериям: вид подключения: проводное или беспроводное; используемые протоколы связи: прикладной - соответствующий 7 уровню модели OSI, и используемый в качестве транспорта нижележащий протокол; организация питания устройств; сервис, обеспечивающий функционирование сети - удаленный или находящийся внутри локальной сети.

Строим таблицу: стандарт связи, прикладной протокол, тип связи, тип питания, возможно, ассортимент устройств, стоимость, кто управляет ?

Большинство рассматриваемых семейств решений домашней автоматизации нацелены на использование беспроводных технологий связи. Можно выделить такие преимущества данного подхода, как:

* простота внедрения системы в существующую инфраструктуру, отсутствие необходимости проводить работы по прокладке линий связи и питания
* возможность быстрого изменения конфигурации системы: легкое добавление и удаление новых устройств, а также перемещение в пределах досягаемости беспроводной сети

Недостатки такого подхода:

* поддержка беспроводных стандартов связи диктует усложнение конструкции устройств, и, как следствие, более высокую стоимость, по сравнению с проводными решениями
* наличие большого количества одновременно вещающих беспроводных устройств приводит к деградации сети из-за большого количества возникающих помех.

Ситуация усугубляется тем, что большинство распространенных стандартов радиосвязи используют частоты 2.4 ГГц, разрешенные для свободного применения.

Это означает, что беспроводные сети всегда подвержены внешним помехам со стороны других работающих сетей.

Для проводного подключения преимуществами являются:

* Надежность связи; при правильном проектировании и эксплуатации сети вероятность возникновения обрывов связи или помех сведена к минимуму
* Более простые по сравнению с беспроводными устройствами схемотехнические решения для канала связи, что положительно влияет на стоимость
* Возможность включения в инфраструктуру линий питания совместно с линиями передачи данных

Недостатками проводных сетей, соответственно, являются необходимость проектирования и построения инфраструктуры и сложность ее изменения.

Использование беспроводной связи для подключения устройств предполагает также питание от аккумуляторов или батарей для полной реализации возможностей беспроводного подключения. Современные микроконтроллеры с малым потреблением энергии, применяемые в таких устройствах, позволяют им работать без замены или перезарядки элементов питания долгое время. Но использование такого источника питания ограничивает мощность остальных компонентов; что ограничивает применение портативных источников питания. Для использования актуаторов, потребляющих большую, чем может обеспечить элемент питания, мощность, таких, как реле, двигатели и т.д., требуется обеспечить питание от бытовой сети или шины питания. При этом преимущества, предоставляемые беспроводным подключением, становятся бесполезными из-за необходимости прокладки дополнительных проводов; а интеграция блока питания в устройство поднимает его стоимость.

Использование предоставляемого производителем сервиса для управления системой также имеет свои преимущества и недостатки. Такой сервис позволяет пользователю в краткие сроки получить рабочую систему без специальных знаний; используя минимальную конфигурацию. Благодаря применению облачных технологий сервис позволяет пользователю использовать систему с помощью Интернет из любого места без дополнительной настройки домашней сети. Но использование внешних сервисов создает зависимость нормального функционирования умного дома от неконтролируемых факторов, таких, как отсутствие подключения домашней сети к Интернет или сбои в сервисе провайдера. В пример можно привести сообщения пользователей о сбое в функционировании умных замков вследствие аварии на стороне провайдера, из-за чего двери оказывались заблокированы. Использование сервера умного дома внутри сети накладывает дополнительную сложность в конфигурации системы и создает еще одну зону ответственности для пользователя, но при этом исключает возможность возникновения подобной ситуации и уменьшает зависимость от внешних факторов.

Кроме стабильности функционирования системы, следует рассматривать вопрос безопасности и конфиденциальности. Согласно исследованиям, большая часть IoT-систем подвержена различным атакам из-за применения слабых схем шифрования, ошибок конфигурации и т.д. Учитывая, что сеть умного дома напрямую связана с устройствами, обеспечивающими безопасность пользователя и доступ к конфиденциальным данным, проблема защиты сети от вмешательства извне должна быть решена. Расположение сервера внутри сети позволяет создать закрытый контур, изолированный от сети Интернет полностью или частично, что позволяет обезопасить систему от утечек информации и перехвата управления.

### Анализ стандартов связи

!!! Вставить сюда большую таблицу из статьи

Для проектируемой системы решено использовать проводной стандарт связи. Это позволяет снизить стоимость конечных устройств благодаря использованию более простой схемотехники и легкодоступных аппаратных компонентов. При подготовке инфраструктуры для развертывания системы возможна организация шины питания совместно с шиной передачи данных, благодаря чему станет возможным упростить цепи питания устройств, подключенных к шине, еще сильнее снижая их стоимость.

Системы проводной связи, поддерживающие топологию подключения "общая шина", являются более предпочтительным выбором, так как сложность построения инфраструктуры для подключения большого количества устройств по топологии "звезда" существенно выше, чем при использовании шины.

В результате сравнения приведенных в таблице стандартов проводных технологий связи было решено использовать стандарт CAN. Выбор обусловлен доступностью предназначенных для работы с CAN контроллеров, использование в качестве физического канала витой пары, высокой надежностью и поддержкой различных конфигураций.

Протокол CAN поддерживает построение сетей, поддерживающих быструю передачу данных (до 1 мбит/с) или функционирующих на больших расстояниях (до 5 км). В рамках построения сети умного дома длина шины имеет меньшее значение, чем скорость передачи данных, но это свойство CAN позволяет при необходимости организовать сеть на большом расстоянии, не изменяя аппаратную составляющую устройств, и требует при этом только конфигурации программного обеспечения для работы с сетью.

Основными преимуществами CAN перед другими протоколами является надежность передачи данных. Это обеспечивается предусмотренным стандартом контролем ошибок, включающим в себя контроль передачи, дополняющие биты, использование контрольной суммы и проверку полей при приеме.

Шина CAN определяет алгоритм арбитража доступа, основанный на подавлении рецессивных сигналов доминантными. Алгоритм осуществляет арбитраж без потери пропускной способности сети.

Существуют две архитектуры системы управления “умным домом”, централизованная и распределенная. Централизованная система состоит из центрального контроллера с подключенными к нему модулями. К централизованным системам относятся Crestron, Lutron, AMX и др. В распределенных системах управления “умным домом”, устройства не зависят

друг от друга. Эта архитектура строит системы на шине. К распределенным системам относятся EIB/KNX, Clipsal (C-Bus), LonWorks(LON), ModBus(Landiver) и др.

Достоинства централизованных систем:

* Позволяет строить сложные системы управления. Центральный контролер обладает достаточной производительностью и несет актуальную информацию о подключенных к нему модулей.
* Скорость обработки информации выше у централизованных систем, так как сбором информации с модулей, центральный контроллер занимается единолично миную модульную обработку.
* Модули (датчики, исполняемые устройства) компактны, дешевы и имеют простую техническую реализацию.

Недостатки централизованных систем:

* Основным недостатком является ненадежность таких систем. При выходе из строя центрального контроллера, вся система перестает функционировать.
* Высокая цена центрального модуля.

Достоинства распределенных систем:

* Из-за отсутствия центрального контроллера, выход из строя одного или нескольких модулей, существенно не повлияет на работу системы в целом. Т.е распределенная система отличается повышенной надежностью.
* Распределенные системы просты в расширении. На имеющуюся шину добавляются новые модули, поддерживающие протокол передачи данных данной шины.

Недостатки распределенных систем:

* Модули (датчики, исполняемые устройства), имеют собственные контроллеры обработки данных из-за чего становятся технически сложными, громоздкими. Стоимость таких модулей выше, чем в централизованных системах.
* Скорость работы таких систем ниже из-за обработки данных в разных модулях.

Для проектируемой системы выбрана централизованная модель, позволяющая строить сложные сценарии автоматизации на базе простых конечных устройств.

Центральным компонентом в устройствах сети умного дома является микроконтроллер.

Микроконтроллеры характеризуются относительно ширины шины, набора команд и структуры памяти.

Классификация в соответствии с количеством бит

a) 8-разрядный микроконтроллер: означает, что CPU или ALU могут обрабатывать 8-битные данные за раз. Примерами 8-разрядных микроконтроллеров являются Intel 8031/8051. Они используются в системах управления положением, управления скоростью.

2) 16-разрядный микроконтроллер: он обеспечивает большую точность и производительность по сравнению с 8-разрядными. Они разработаны для высокоскоростных приложений, таких как, робототехника и т. д. Некоторые примеры 16-разрядного микроконтроллера - это 16-разрядные микроконтроллеры, которые расширяют семейства Intel 8096 и Motorola MC68HC12.

3) 32-разрядный микроконтроллер использует 32-битные инструкции для выполнения арифметических и логических операций. Они разработаны для очень высокоскоростного применения при обработке изображений, телекоммуникациях, интеллектуальной системе управления и т.д. Некоторые примеры - семейство Intel / Atmel 251, PIC3x, ARM

Сегодня стоимость мк на базе ARM Cortex сопоставима с уровнем цен на 8- и 16-разрядные мк. для микроконтроллеров на базе ARM Cortex-M доступны недорогие или даже бесплатные наборы разработчика. Переход с 8-разрядных мк на ARM-микроконтроллеры может обеспечить значительно более высокую производительность и позволит разработать сложное программное обеспечение с малыми затратами.

ARM-микроконтроллеры на базе ядра Cortex-M потребляют меньше энергии, чем многие 8- и 16-разрядные микроконтроллеры. в ARM-процессорах реализованы многие методы, позволяющие снизить потребляемую мощность. Например, процессоры Cortex-M0 и Cortex-M3 поддерживают различные дежурные режимы работы и функцию sleep-on-exit (которая позволяет процессору возвращаться в спящий режим сразу по завершении обработки прерывания).

Разработка программного обеспечения для мк на базе Cortex-M может быть выполнена значительно проще, чем для 8-разрядных устройств. Процессоры на базе Cortex-M полностью программируются на C, а также содержат различные усовершенствованные функции отладки, помогающие обнаружить в программе какие-либо проблемы. кроме того, в интернете существует огромное число примеров и руководств, а также дополнительных ресурсов, включая наборы разработчиков.

МК на базе ядра Cortex-M обеспечивают высокий уровень совместимости программного обеспечения. хотя существует множество поставщиков микроконтроллеров, каждый из которых предлагает собственные библиотеки драйверов устройств, а также много поставщиков компиляторов C, программное обеспечение можно легко портировать с помощью стандарта Cortex Microcontroller Software Interface Standard (CMSIS).

Линейка доступных микроконтроллеров на ядре Cortex-M3 производства STM включает модели с поддержкой интерфейса CAN, для использования которого достаточно подключить внешнюю микросхему-трансивер. Помимо этого, STM предлагает набор библиотек HAL (Hardware Abstraction Layer), облегчающих написание ПО для поддерживаемых микроконтроллеров.

Основная часть

## Предметная область, задачи, анализ, методы решения

? Как сделать так чтобы введение и эта часть не дублировалась ?

## Проектирование аппаратного обеспечения

### Разработка принципиальной схемы

### Разработка печатной платы

## Проектирование программного обеспечения

### Разработка методов решения задач

### Разработка и описание алгоритмов

### Разработка структур данных

## Программная реализация

### Описание модульной структуры программы

### Спецификации подпрограмм

### Описание использованных внешних компонент и библиотек

### Руководство пользователя

### Тестирование программно-аппаратного комплекса

### Оценка качества разработанного комплекса

# Заключение

# Список литературы