

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И УПРАВЛЕНИЯ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Кафедра информатики и управления в технических системах

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ IOT В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Методические указания

к выполнению лабораторной работы по дисциплине
"Разработка IoT приложений и сервисов"
для студентов направления подготовки
27.04.04 – Управление в технических системах



Севастополь
СевГУ
2021

УДК 004.738.5(076.5)
ББК 32.973.202я73
П270

Р е ц е н з е н т :

В. Н. Мирянова – доцент кафедры "Информатика и управление в технических системах", кандидат техн. наук, доцент

Составитель: А. Е. Осадченко

П270 Передача информации IoT в беспроводных сетях : методические указания к выполнению лабораторной работы по дисциплине "Разработка IoT приложений и сервисов" для студентов направления подготовки 27.04.04 – Управление в технических системах / Севастопольский государственный университет, Институт информационных технологий и управления в технических системах, кафедра информатики и управления в технических системах ; сост. А. Е. Осадченко. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 15 с. – Текст : электронный.

В методических указаниях приводится описание лабораторной работы, целью которой является моделирование системы передачи информации в беспроводных сетях интернета вещей.

УДК 004.738.5(076.5)
ББК 32.973.202я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры "Информатика и управления в технических системах", протокол № 9 от 15 июня 2021 г.

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании ученого совета Института информационных технологий и управления в технических системах, протокол № 6 от 16 июня 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ.....	4
2.1 СЕНСОРНЫЕ СЕТИ.....	4
2.2 БЕСПРОВОДНЫЕ СЕНСОРНЫЕ СЕТИ	5
2.3 СЕНСОРНЫЕ УЗЛЫ	6
2.4 ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В БСС.....	7
2.5 МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ СЕТИ.....	8
2.4 ПРИМЕР МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ БЕСПРОВОДНОЙ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ОТ ДАТЧИКОВ	9
3. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ	11
4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ	11
5. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ.....	11
6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ	11
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	13
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	14

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Моделирование системы передачи информации в беспроводных сетях интернета вещей.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

2.1. Сенсорные сети

Сенсорная сеть – система распределенных сенсорных узлов, взаимодействующих между собой, а также с другими сетями для запросов, обработки, передачи и предоставления информации, полученной от объектов реального физического мира с целью выработки ответной реакции на данную информацию [1].

Основными понятиями сенсорных сетей являются: сенсор, датчик, актуатор, сенсорный узел.

Сенсор (англ., sensor) – устройство, которое воспринимает контролируемое воздействие (свет, давление, температуру и т. п.), измеряет его количественные и качественные характеристики и преобразует данные измерения в сигнал. Сигнал может быть электрический, химический или другого типа.

Датчик (англ., transducer) – устройство, которое используется для преобразования одного вида энергии в другой. Следовательно, сенсор также является датчиком, который преобразует физическую информацию в электрическую, которая может быть передана вычислительной системе или контроллеру для обработки.

Актуатор (англ., actuator) – исполнительное устройство, которое реагирует на поступивший сигнал для изменения состояния управляемого объекта. В актуаторе происходит преобразование типов энергии, например, электрическая энергия, либо энергия сжатого (разреженного) воздуха (жидкости, твёрдого тела) преобразуется в механическую.

Сенсорный узел (англ., sensornode) – это устройство, которое состоит, по крайней мере, из одного сенсора (может также включать один или нескольких актуаторов), и имеет вычислительные и проводные или беспроводные сетевые возможности.

Основной областью применения сенсорной сети является контроль и мониторинг измеряемых параметров физических сред и объектов и в некоторых случаях – управление этими объектами (активация в них определенных процессов).

Область покрытия сенсорной сети может составлять от нескольких метров до нескольких километров за счёт способности ретрансляции сообщений от одного элемента сети к другому.

Сенсорная сеть обладает способностью к ретрансляции сообщений по цепочке от одного узла к другому, что позволяет в случае выхода из строя одного из узлов организовать передачу информации через соседние узлы без потери качества.

Основные действия, выполняемые при работе сенсорных сетей, представлены на рис. 1.

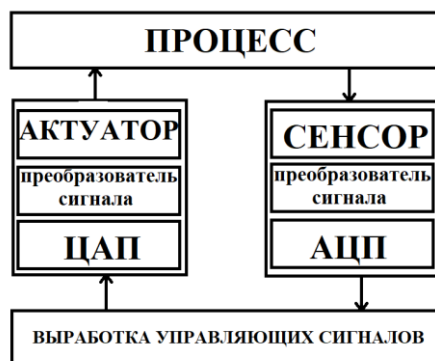


Рис. 1 – Работа сенсорных сетей

2.2. Беспроводные сенсорные сети

Беспроводная сенсорная сеть (БСС) (англ. WSN –WirelessSensorNetwork) – распределённая, самоорганизующаяся сенсорная сеть множества сенсоров и исполнительных устройств, объединённых между собой посредством радиоканалов.

Самоорганизующаяся (лат. *ad hoc* – «по месту») сеть связи – сеть, в которой число узлов является случайной величиной во времени и может изменяться от 0 до некоторого максимального значения. Взаимосвязи между узлами в такой сети также случайны во времени и образуются для передачи информации между подобными узлами и во внешнюю сеть связи.

БСС имеют следующие достоинства:

- способность к самовосстановлению и самоорганизации;
- способность передавать информацию на значительные расстояния при малой мощности передатчиков (путем ретрансляции);
- низкая стоимость узлов и их малый размер;
- низкое энергопотребление и возможность электропитания от автономных источников;
- простота установки, отсутствие необходимости в прокладке кабелей (благодаря беспроводной технологии и питанию от батарей);
- возможность установки таких сетей на уже существующий и эксплуатирующийся объект без проведения дополнительных работ;
- низкая стоимость технического обслуживания.

Стандартизацией сенсорных сетей занимаются многие международные организации, среди которых ISO, IEC, ITU-T, IEEE и др.

Исследовательская группа по сенсорным сетям SGSN (Study Group on Sensor Networks) объединённого технического комитета №1 ISO/IEC JTC 1 (Joint Technical Committee 1) определила их базовую архитектуру.

В соответствии с базовой архитектурой, сенсорная сеть состоит из:

- аппаратного обеспечения;
- базового программного обеспечения;
- прикладного программного обеспечения.

В составе архитектуры определены четыре базовых интерфейса.

Интерфейс между базовым и прикладным программным обеспечением сенсорного узла.

Интерфейс между базовым программным обеспечением и аппаратным обеспечением сенсорного узла (сенсоры, актуаторы и/или коммуникационный узел и т.д.).

Беспроводные или проводные интерфейсы между узлами в сенсорной сети.

Интерфейс между сенсорной сетью и внешней средой (провайдеры услуг, пользователи).

2.3. Сенсорные узлы

БСС состоят из миниатюрных вычислительных устройств, снабжённых датчиками, актуаторами и трансиверами (приемопередатчиками), работающими в заданном диапазоне радиочастот. Такой узел БСС называют сенсорным узлом или просто сенсором. Сенсорный узел представляет собой устройство обычно имеющего объем не более нескольких кубических сантиметров (рис. 2).

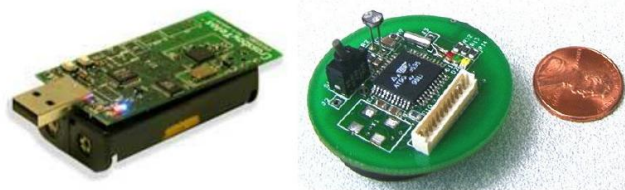


Рис. 2 – Внешний вид сенсорных узлов

На плате размещаются процессор, память - флэш и оперативная, цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи, радиочастотный приемопередатчик, источник питания и различные датчики, актуаторы. Таким образом, аппаратная часть узла беспроводной сети может быть разделена на следующие четыре подсистемы:

- **коммуникационная подсистема** – обеспечивает беспроводные соединения с другими узлами в сенсорной сети и содержит радио приемопередатчик;
- **вычислительная подсистема** – обеспечивает обработку данных и функциональность узла и состоящая из микроконтроллера MCU, в состав которого входят процессор, оперативная SRAM, энергонезависимая EEPROM и флэш-память, аналого-цифровой преобразователь ADC, таймер, порты ввода/вывода;
- **сенсорная подсистема** – обеспечивает соединение сенсорного беспроводного узла с внешним миром, в состав которой могут входить аналоговые и цифровые сенсоры, актуаторы;
- **подсистема электропитания** – обеспечивает энергетическое снабжение всех элементов беспроводного сенсорного узла и включает устройства генерации и аккумуляирования энергии, а также регулировки напряжения.

Сенсоры БСС могут быть различных видов.

Чаще других используются датчики температуры, давления, влажности, освещенности, вибрации, местоположения, реже – магнитоэлектрические, химические (например, измеряющие содержание CO, CO₂, уровень радиационного фона), звуковые и некоторые другие.

Набор применяемых датчиков зависит от функций, выполняемых беспроводными сенсорными сетями.

Полученные от датчика электрические сигналы часто не готовы для обработки, поэтому они проходят в моте через стадию преобразования.

Например, сигнал часто требует усиления для увеличения амплитуды, возможно применение фильтров для устранения нежелательного шума в определенных диапазонах частот и т.п.

Преобразованный сигнал трансформируется при помощи аналого-цифрового преобразователя (АЦП) в цифровой сигнал.

В итоге сигнал получается в цифровой форме, и он готов к дальнейшей обработке в процессоре и хранению в памяти микроконтроллера. При наличии исполнительных механизмов возможна также передача управляющих воздействий от узлов сети к внешней среде через актуатор.

Питание сенсорного узла осуществляется обычно от небольшой батареи.

Помимо размера, есть и другие жесткие ограничения для узлов БСС.

Они должны:

- потреблять очень мало энергии;
- работать с большим количеством узлов на малых расстояниях;
- иметь низкую стоимость производства;
- быть автономными и работать без обслуживания;
- адаптироваться к окружающей среде.

Для выполнения функций на каждый сенсорный узел устанавливается специализированная операционная система (ОС).

Сенсорные узлы могут закрепляться стационарно, а также иметь относительную мобильность, то есть произвольно перемещаться друг относительно друга в некотором пространстве, не нарушая при этом логической связанности сети. В последнем случае сенсорная сеть не имеет фиксированной постоянной топологии, и ее структура динамически меняется с течением времени.

2.4. Передача данных в БСС

В сенсорной сети узлы обычно общаются посредством беспроводной связи. Связь может осуществляться посредством радио, инфракрасного излучения (ИК-порта) или оптических сигналов.

Одним из наиболее распространенных вариантов радиосвязи является использование полос частот для промышленных, научных и медицинских целей ISM (Industrial, Scientific and Medical), которые определены сектором радиосвязи Международного союза электросвязи ITU-R и доступны без лицензий в большинстве стран.

Некоторые из этих частот уже используются в беспроводных локальных сетях (WLAN).

Аппаратные ограничения и нахождения компромисса между эффективностью антенны и потреблением энергии накладывают определенные ограничения на выбор частоты передачи в диапазоне сверхвысоких частот.

Чаще всего используются следующие частоты ISM - 433 МГц в Европе и 915 МГц в Северной Америке.

Основными преимуществами использования радиочастот ISM является широкий спектр частот и доступность по всему миру. Они не привязаны к конкретному стандарту, тем самым дают большую свободу для реализации энергосберегающих стратегий в сенсорных сетях.

В России на основании Решения Государственной комиссии по радиочасто-

там (ГКРЧ) № 08-24-01-001 от 28.04.2008 и № 07-20-03-001 от 07.05 2007 в качестве ISM выделены частотные диапазоны:

- LPD (англ. Low Power Device) 433,075 - 434,750 МГц;
- PMR (англ. Private Mobile Radio) 446,00625 - 446,09375 и 868,7 - 869,2 МГц.

Эти радиочастоты могут использоваться без оформления специального разрешения ГКРЧ и совершенно бесплатно при условии соблюдения требований по ширине полосы, излучаемой мощности (до 10 мВт в районе частоты 434 МГц, до 500 мВт в районе частоты 446 МГц и до 25 мВт в районе частоты 868 МГц) и назначению радиопередающего изделия.

Другим возможным способом связи в сенсорных сетях является использование ИК- портов. ИК-связь имеет следующие достоинства:

- доступна без лицензии и защищена от помех электрических приборов;
- передатчики дешевле и проще в производстве.

Многие из сегодняшних ноутбуков, КПК и мобильных телефонов используют ИК-интерфейс для передачи данных. Основным недостатком такой связи является требование прямой видимости между отправителем и получателем. Это делает ИК-связь нежелательной для использования в сенсорных сетях из-за среды передачи.

Имеются также узлы БСС, которые используют для передачи оптическую среду. Применяются две схемы передачи – пассивная с использованием светоотражателя CCR (Corner-CubeRetroreflector) и активная с использованием лазерного диода и управляемых зеркал. В первом случае не требуется интегрированный источник света, для передачи сигнала используется конфигурации из трех зеркал CCR.

Активный метод использует лазерный диод и систему активной лазерной связи для отправки световых лучей приемнику. Особые требования к применению сенсорных сетей делают выбор среды передачи сложной задачей. Морские приложения требуют использования водной среды передачи, при этом нужно использовать длинноволновые излучения, которые могут проникать сквозь поверхность воды.

2.5. Моделирование беспроводной сети

Рассмотрим возможности системы автоматизированного проектирования электронных схем Proteus Design Suite, которая является разработкой компании Labcenter Electronics (Великобритания)[2], для моделирования беспроводной сети.

Proteus позволяет проводить моделирование работы программируемых устройств: датчиков, микропроцессоров, микроконтроллеров, в том числе плат Arduino. Библиотека компонентов системы содержит справочные данные большого числа выпускаемой электронных компонентов, кроме того, возможно подключение внешних библиотек. Пакет является коммерческим. Бесплатная ознакомительная версия характеризуется полной функциональностью, но не имеет возможности сохранения файлов.

В Proteus 8 версии есть встроенные библиотеки микроконтроллеров arduino, которые можно подключить при создании нового проекта.

Для моделирования беспроводной сети в Proteus существуют дополнительные библиотеки для радиомодулей приемников и передатчиков, например проект THE ENGINEERING PROJECTS[3]. Произвести загрузку библиотек модулей беспроводной сети также можно с сетевого ресурса TheElectronics [4]

Создать ПО микроконтроллера можно используя Arduino IDE — программную среду разработки, предназначенную для программирования всех плат Ардуино [5].

Программная среда Arduino IDE позволяет осуществлять ввод программного кода через последовательный порт компьютера в плату Arduino кроме того можно создать бинарный файл с расширением **hex** который может быть в дальнейшем использован в системе моделирования Proteus.

Стандартная библиотека системы PROTEUS содержит некоторые датчики, например цифровой термометр ds18b20 компании Dallas Semiconductor, при необходимости можно добавить сторонние библиотеки датчиков других типов (газа, огня, инфракрасного излучения и др.). Проект THE ENGINEERING PROJECTS предоставляет библиотеки различных датчиков.

2.6. Пример моделирования системы беспроводной передачи информации от датчиков

Для моделирования системы беспроводной сети используется дополнительная библиотека для PROTEUS с ресурса TheElectronics [4], которая содержит файлы MODULO_RF.LIB, RX.MDF, TX.MDF.

Файл MODULO_RF.LIB необходимо поместить в каталог LIBRARY программы PROTEUS 8 (например C:\ProgramData\Labcenter Electronics\Proteus 8 Professional\Data\LIBRARY). Файлы RX.MDF, TX.MDF необходимо поместить в каталог MODELS программы PROTEUS 8. После запуска программы PROTEUS модули беспроводной сети будут доступны в библиотеке элементов, как показано на рис. 3.

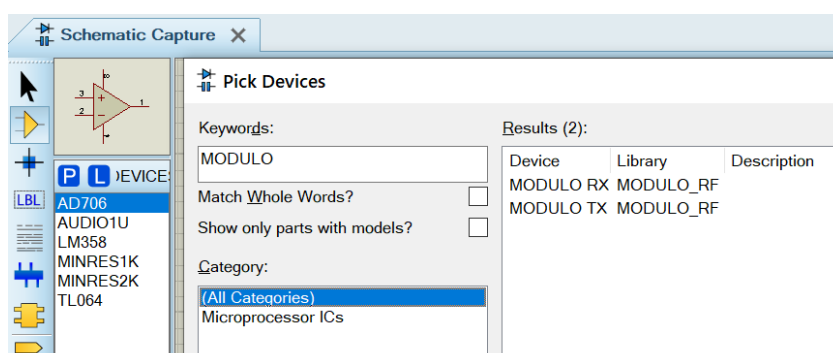


Рис. 3 – Беспроводные модули в библиотеке PROTEUS 8

Модель передачи данных от датчиков температуры и газа при помощи беспроводной сети показана на рис. 4.

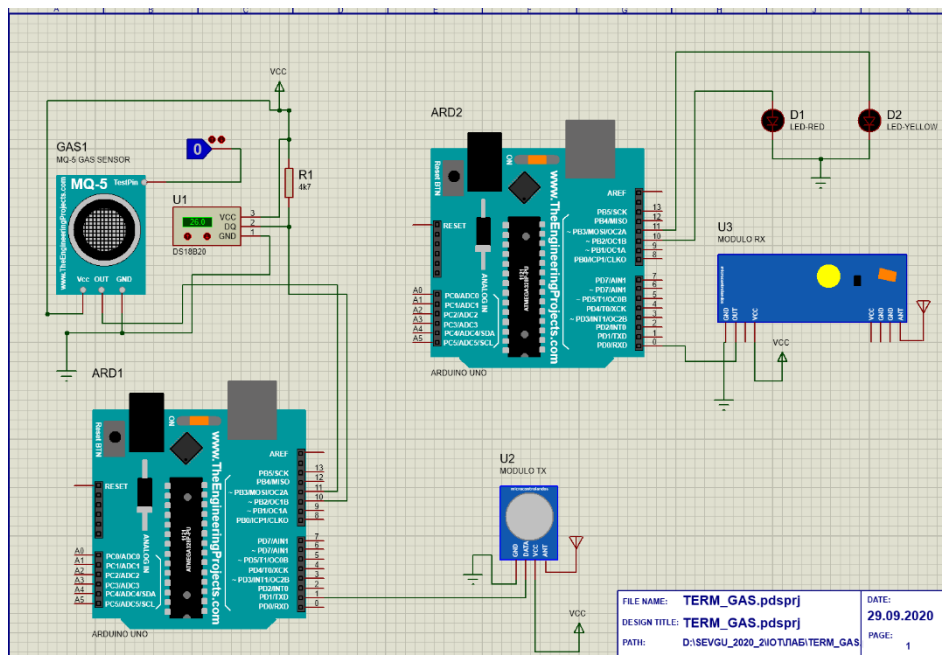


Рис. 4 – Модель передачи данных при помощи беспроводной сети

Модель, показанная на рис. 4 демонстрирует сбор данных от датчиков температуры и газа обработку их на микроконтроллере и передачу результата в другой микроконтроллер по беспроводной сети. Микроконтроллер, принимающий данные по беспроводной сети, осуществляет индикацию состояния датчиков при помощи светодиодов. Зажигание красного светодиода означает превышение заданного значения температуры, зажигание желтого светодиода – наличие газа.

На рис. 5 приведен текст программы для микроконтроллера, принимающего данные.

```
// Прием данных по сети

int res = 0; // переменная для хранения полученного байта

void setup() {
    Serial.begin(9600); // устанавливаем последовательное соединение

    pinMode(10, OUTPUT);
    pinMode(11, OUTPUT);
}

void loop() {
    if (Serial.available() > 0) { //если есть доступные данные
        // считываем байт
        res = Serial.read()-48; //байт преобразуем в цифру

        if (res>1){digitalWrite(10, HIGH);} else {digitalWrite(10, LOW);} // температура превышена
        if ((res&1)>0){digitalWrite(11, HIGH);} else {digitalWrite(11, LOW);} // газ
    }
}
```

Рис. 5 – Программа для принимающего данные микроконтроллера

Текст программы для микроконтроллера, принимающего данные от датчиков приведен в приложении А.

3. ЗАДАНИЕ НА ЛАБОРАТОРНУЮ РАБОТУ

Необходимо построить программную модель приема данных от датчиков различных типов в соответствии с вариантами задания, их обработки и передачи результатов по беспроводной сети.

Варианты задания приведены в таблице 1.

Система должна осуществлять светодиодную индикацию превышения температуры над заданной, а также состояния других датчиков. Программа должна быть откомпилирована в среде Arduino IDE, а бинарный файл загружен в программную модель микроконтроллера в PROTEUS.

Номер варианта задания соответствует номеру студента в списке группы.

Таблица 1 – Варианты заданий

№ варианта	Заданное значение для датчика температуры	Датчик 2	Датчик 3
1	5 °С	природного газа	пирометр
2	10 °С	пирометр	газа CO ₂
3	15 °С	влажности	задымления
4	20 °С	газа CO ₂	природного газа
5	25 °С	задымления	пирометр
6	30 °С	природного газа	газа CO ₂
7	35 °С	пирометр	влажности
8	40 °С	влажности	газа CO ₂
9	45 °С	газа CO ₂	влажности
10	50 °С	задымления	газа CO ₂
11	55 °С	природного газа	пирометр
12	60 °С	влажности	природного газа
13	65 °С	пирометр	задымления
14	70 °С	влажности	задымления

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчёт должен содержать:

- титульный лист;
- цель лабораторной работы;
- схемы экспериментов;
- программный код для микроконтроллера с пояснениями;
- выводы.

Отчёт по лабораторной работе должен быть выполнен в соответствии требованиями ГОСТ.

5. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ РАБОТЫ

Защита производится при наличии отчета и состоит в демонстрации работающей программной модели и ответах на контрольные вопросы.

6. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сенсорная сеть?
2. Что такое актуатор?
3. Что такое сенсор?

4. Что такое датчик?
5. Что такое беспроводная сенсорная сеть?
6. Какие задачи решает сенсорный узел?
7. Из каких подсистем состоит сенсорный узел?
8. Какими способами может осуществляться передача данных в БСС?
9. Какие достоинства и недостатки имеет ИК-связь?
10. Какие требования предъявляются к электропотреблению элементов БСС?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Электронный ресурс МСЭ-Т Y.2060. Глобальная информационная инфраструктура, аспекты протокола интернет и сети последующих поколений. — URL: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-R&type=items (дата обращения: 10.06.2021).
2. Электронный ресурс для системы автоматизированного проектирования электронных схем Proteus Design Suite. — URL: <https://www.labcenter.com> (дата обращения: 10.06.2021).
3. Электронный ресурс THE ENGINEERING PROJECTS. — URL: <http://www.theengineeringprojects.com/2015/12/arduino-library-proteus-simulation.html> (дата обращения: 10.06.2021).
4. Электронный ресурс TheElectronics. — URL: <https://www.theelectronics.co.in/2020/11/arduino-rf-module-simulation-proteus.html> (дата обращения: 10.06.2021).
5. Электронный ресурс для Arduino IDE: программная среда для разработки под Ардуино. — URL: <https://arduinoplus.ru/arduino-ide-opisanie-gde-skachat> (дата обращения: 10.06.2021).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Текст программы для микроконтроллера

```

#include <OneWire.h>
OneWire ds(10); // on pin 10 (a 4.7K resistor is necessary)
void setup(void) {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(11, INPUT);
}
void loop(void) {
  byte i;
  byte gas;
  byte out;
  byte inf;
  byte pir;
  byte present = 0;
  byte type_s;
  byte data[12];
  byte addr[8];
  float celsius;
  if ( !ds.search(addr)) {
    ds.reset_search();
    delay(250);
    return;
  }
  for( i = 0; i< 8; i++) {
  }
  if (OneWire::crc8(addr, 7) != addr[7]) {
    Serial.print("!");
    return;
  }
  // the first ROM byte indicates which chip
  switch (addr[0]) {
    case 0x10:

type_s = 1;
    break;
    case 0x28:

type_s = 0;
    break;
    case 0x22:

type_s = 0;
    break;
    default:

    return;
  }

  ds.reset();
  ds.select(addr);
  ds.write(0x44, 1);    // start conversion, with parasite power on at the end

```

```

delay(1000); // maybe 750ms is enough, maybe not
// we might do a ds.depower() here, but the reset will take care of it.

present = ds.reset();
ds.select(addr);
ds.write(0xBE); // Read Scratchpad

for ( i = 0; i< 9; i++) { // we need 9 bytes
  data[i] = ds.read();
}

// Convert the data to actual temperature
// because the result is a 16 bit signed integer, it should
// be stored to an "int16_t" type, which is always 16 bits
// even when compiled on a 32 bit processor.
int16_t raw = (data[1] << 8) | data[0];
if (type_s) {
  raw = raw << 3; // 9 bit resolution default
  if (data[7] == 0x10) {
    // "count remain" gives full 12 bit resolution
    raw = (raw & 0xFFF0) + 12 - data[6];
  }
} else {
  byte cfg = (data[4] & 0x60);
  // at lower res, the low bits are undefined, so let's zero them
  if (cfg == 0x00) raw = raw & ~7; // 9 bit resolution, 93.75 ms
  else if (cfg == 0x20) raw = raw & ~3; // 10 bit res, 187.5 ms
  else if (cfg == 0x40) raw = raw & ~1; // 11 bit res, 375 ms
  //// default is 12 bit resolution, 750 ms conversion time
}
celsius = (float)raw / 16.0;

gas = digitalRead(11); //читаем вход датчика газа

out=0;
if (celsius>25) {out=2;}
if (gas>0) {out=out+1;}

Serial.print(out, HEX);
}

```

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ IOT В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

Методические указания

*Составитель: **Осадченко** Александр Евгеньевич*

В авторской редакции

Изд. № 141/2021. Объём 1 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО "Севастопольский государственный университет"