

"УМНЫЙ ДОМ"

НОВЫЙ УРОВЕНЬ УДОБСТВА И КОМФОРТА

В.Беляев, д.т.н., профессор vic_belyaev@mail.ru, **К.Нессемон** nekedo@mail.ru,
В.Корольков vikorolkov@gmail.com, **Д.Суарес** douglas170667@gmail.com

"Умный дом" – интеллектуальная система автоматизации/автоматики, которая в соответствии с внешними и внутренними условиями отслеживает и задает режимы работы всех инженерных устройств и электроприборов дома и обеспечивает пользователям комфорт (в том числе безопасность) и ресурсосбережение [1–9]. Она распознает конкретные ситуации, происходящие в доме, и соответствующим образом на них реагирует, управляя работой устройств по заранее заданным алгоритмам. При помощи одного дисплея системы управления или нескольких выключателей можно регулировать освещение, отопление, средства сигнализации и работу многих других приборов. Рассмотрим основные требования к системе "умный дом", проблемы построения средств управления и ее элементную базу.

РЫНОК ТЕХНОЛОГИЙ "УМНОГО ДОМА"

Развитие технологий "умного дома" началось 20 лет назад – в середине 1990-х годов. Сегодня аналитические компании, выполняющие маркетинговые исследования в этой области, единодушно оценивают этот рынок (с учетом продаж аппаратуры, услуг и установки) как быстро развивающийся. Если в 2014 году, по данным компании HIS Technology, доля "умных домов" в мире не превышала 1%, то к 2018 году этот показатель увеличится в три-четыре раза, и к этому времени будет установлено 45 млн. таких домов. Правда, стоимостная оценка рынка варьируется от 12 млрд. долл. в 2018 году (HIS Technology) до 71 млрд. долл. (Juniper Research – английская компания, изучающая развитие средств телекоммуникации и их применения).

К 2020 году, согласно прогнозам компании Allied Market Research, мировой рынок "умных домов"

и зданий достигнет 35,3 млрд. долл. (среднегодовые темпы роста за 2014–2020 годы – 29,5%). Его развитие частично стимулирует рост спроса на планшетные компьютеры, которые приверженцы принципа "сделай сам" (Do It Yourself, DIY) широко используют как эффективное средство реализации "умного дома". Снижение цен на устройства "умного дома", внимание и беспокойство потребителей относительно состояния окружающей среды и безопасности также способствуют увеличению объема их продаж [10].

Согласно оценкам шведской компании Berg Insight, специализирующейся в области маркетинговых исследований систем межмашинного взаимодействия и Интернета вещей, наиболее широкое распространение "умные дома" получили в Северной Америке. К концу 2012 года в этом регионе их было установлено 3,5 млн. Из них 0,7 млн. представляли собой многофункциональные

системы или системы полного обслуживания дома, тогда как 2,8 млн. – выполняли только какую-либо конкретную функцию, например контроль климата или охраны. Поскольку в доме могут использоваться несколько "умных технологий", указанное число установленных систем соответствует наличию ~2,9 млн. "умных домов" в рассматриваемом регионе. В 2012 году рынок систем "умного дома" в стоимостном выражении составлял 1,6 млрд. долл. За период 2012–2017 годов, по прогнозам Berg, их число в Северной Америке возрастет до 31,4 млн. (совокупный среднегодовой темп роста, CAGR – 55%) и объем продаж составит 9,4 млрд. долл. (CAGR – 42%).

Европейский рынок систем "умного дома" пока только начал формироваться и отстает от американского примерно на три года. К концу 2012 года в 29 странах Европейского союза было установлено 1,06 млн. таких систем, из них 0,15 млн. представляли собой многофункциональные устройства, а остальные 0,91 млн. – однофункциональные. Продажи составили 0,52 млрд. долл. (0,39 млрд. евро). К 2017 году число установленных систем в странах Европейского союза достигнет 17,4 млн. (CAGR – 56%), объем продаж – 3,4 млрд. долл. (2,6 млрд. евро) при CAGR 46% [11].

Система "умного дома" состоит из разнообразных аппаратных и программных средств. В 2014 году многие гиганты, производящие бытовую технику, объявили о своем желании занять ниши развивающегося рынка относительно недорогих приборов и систем "умного дома". Однако они испытывают конкуренцию со стороны операторов телекоммуникационных услуг, поставщиков средств охраны, электронных приборов и программного обеспечения, а также энергокомпаний. Это привело к формированию сложной экосистемы, в которую вошли поставщики таких систем и платформ умного дома. Помимо традиционных поставщиков систем полного обслуживания дома – Crestron, Control4, Cira и Jung – на рынке появились новые крупные изготовители таких систем – Vivint, ADT, Comcast и Vera Controls в Северной Америке и eQ-3 и SFR в Европе. Комплектное оборудование для систем "умного дома" поставляют такие промышленные лидеры, как Honeywell, Whirlpool, ASSA ABLOY, Somfy, Philips и Sony. Требование обеспечения взаимосвязи компонентов системы привело к появлению приборов нового типа и пересмотру проектов таких устройств, как системы охраны и интеллектуальные термостаты. В результате на рынок вышли компании D-Link, Sonos, Belkin, Ecobee, Nest и Numera. Ведущие поставщики

программного обеспечения систем умного дома – iControl, Alarm.com и AlertMe. Но они начали испытывать конкуренцию со стороны таких крупных компаний, как Ardis, Amdocs и Technicolor.

Принять участие в гонке решили и поставляющие альтернативное программное обеспечение компании Apple и Google. В январе 2014 года Google объявила о заключении соглашения на приобретение за 3,2 млрд. долл. компании Nest Labs [12], создавшей популярный самообучающийся термостат Nest Learning Thermostat, автоматически регулирующий расход электроэнергии в зависимости от изменения внешних условий среды. В конце года владельцы термостата уже могли управлять им с помощью речевых команд, используя смартфоны с ОС iOS или Android. Google также ведет разработки домашних систем охраны [13].

Apple работает над созданием платформы программного обеспечения для системы управления устройствами "умного дома" и ведет переговоры с группой ритейлеров по использованию ее в их приборах. По горячим следам тенденции формирования "умных домов" компания в начале 2015 года объявила о создании системы HomeKit с ОС iOS 8, язык которой понимают приборы "умного дома" любого изготовителя. Система HomeKit поддерживает интеллектуальный персональный помощник и вопросно-ответную систему Siri, обрабатывающую естественную речь. На выставке бытовой электроники CES 2015 были представлены разнообразные совместимые с HomeKit изделия – от интеллектуальных систем регулировки водоснабжения до интеллектуальных дверных замков [14]. Правда, высказывается опасение, смогут ли такие разработки стимулировать приобретение системы "Умный дом", то есть предлагаемый функционал действительно необходим, или это просто топовый и модный бренд.

Что же собой представляют современные системы "умного дома"?

ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ "УМНЫЙ ДОМ"

В сущности, "умный дом" должен соответствовать образу жизни хозяев. Он устроен так, что все коммунальные системы (водоснабжения, энергообеспечения, вентиляции, кондиционирования, отопления и прочие) работают в комплексе и подчинены одной цели – обеспечить жильцам максимальный комфорт и защищенность. Система "Умный дом" должна включать в себя следующие объекты автоматизации:



Рис.1. Структура системы "Умный дом"

- управление всей домовой инфраструктурой, включая освещение, водоснабжение и прочее;
- централизованное управление системами безопасности и охранно-пожарной сигнализации, в том числе контроль доступа, нагрузок и аварийных состояний;
- климат-контроль, включая управление системой вентиляции и кондиционирования;
- управление связью и компьютерной сетью, включая беспроводную;
- управление аудиовизуальной и развлекательной бытовой техникой;
- средства медицинской помощи и мониторинга активности в доме.

Функции общего текущего контроля данных и регулирования системы "Умный дом" выполняет специальный автоматизированный интеллектуальный электронный блок управления встроенными микроконтроллерами, осуществляющими сбор и обработку данных и беспроводную связь с другими компонентами системы. При необходимости с помощью интеллектуального блока можно опускать жалюзи или шторы, включать кондиционер или систему отопления, подключать устройства охранно-пожарной сигнализации, а в случае крайней опасности сообщать пользователю об аварийной ситуации и принимать меры по предотвращению ее последствий.

Устройства, необходимые для создания "умного дома", можно объединить в несколько групп (рис.2). При желании можно подключать новые устройства в дополнение к имеющимся.

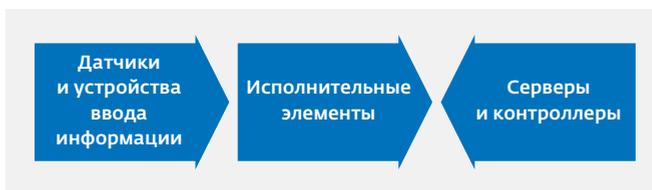


Рис.2. Группы устройств, входящих в систему "Умный дом"

ЭЛЕМЕНТНАЯ БАЗА СИСТЕМЫ "УМНЫЙ ДОМ"

Выделим основные компоненты централизованной автоматизированной системы "Умный дом", обеспечивающие ее успешное функционирование (рис.3). Наиболее важные и необходимые компоненты системы: управляющая программно-аппаратная платформа, микроконтроллерные исполнительные модули, различные датчики (температуры, освещения, влажности), средства охранно-пожарной сигнализации.

Программно-аппаратная платформа управления системой

Перспективным электронным блоком управления системой "Умный дом" считается программно-аппаратная платформа под торговой маркой Arduino – электронная плата со свободным программным обеспечением, выполненная на основе удобных в использовании аппаратных вычислительных устройств и интегрированной среды разработки (Integrated Development Environment, IDE). Базируются платформы Arduino на микроконтроллерах AVR компании Atmel – ATmega328, ATmega168, ATmega2560, ATmega32U4 с тактовой частотой 16 или 8 МГц. В предыдущих версиях применялись микроконтроллеры ATmega8, ATmega1280 и другие. Большинство плат программируются через USB [15].

Особенность Arduino – возможность установления специальных дополнительных плат расширения, так называемых шилдов (shields), подобно слоям бутерброда поверх платформы Arduino для придания ей новых возможностей. Так, существуют платы расширения для подключения к локальной сети (Ethernet Shield), для управления мощными моторами (Motor Shield), для получения координат и времени со спутников GPS (модуль GPS) и многие другие [16].

Выпущено несколько версий базовых платформ Arduino. Одна из последних – плата Arduino UNO R3, сердцем которой является микроконтроллер ATmega16U2 с тактовой частотой 16 МГц. Плата имеет 14 цифровых входов/выходов (шесть

из которых – выходы ШИМ), шесть аналоговых входов на постоянный ток 40 мА, флеш-память объемом 32 Кбайт, электрически стираемое программируемое ПЗУ (ЭСППЗУ) объемом 1 Кбайт и 2-Кбайт СОЗУ. Отличается плата от предыдущих версий наличием конвертера USB-UART [17].

Предлагается также базовая плата Arduino DUE R3 на основе 32-разрядного Cortex M3 процессора AT91SAM3X8E с тактовой частотой 84 МГц. Плата имеет 54 цифровых входа/выхода (14 из которых – выходы ШИМ), 16 аналоговых входов. В отличие от большинства плат Arduino, рабочее напряжение Arduino Due R3 составляет 3,3 В, а не 5 В. На плате установлено два разъема micro-USB: один для отладки, а другой для поддержки функции USB-хост и подключения к контроллеру внешних USB-устройств: мыши, клавиатуры, смартфонов и т. п. [18].

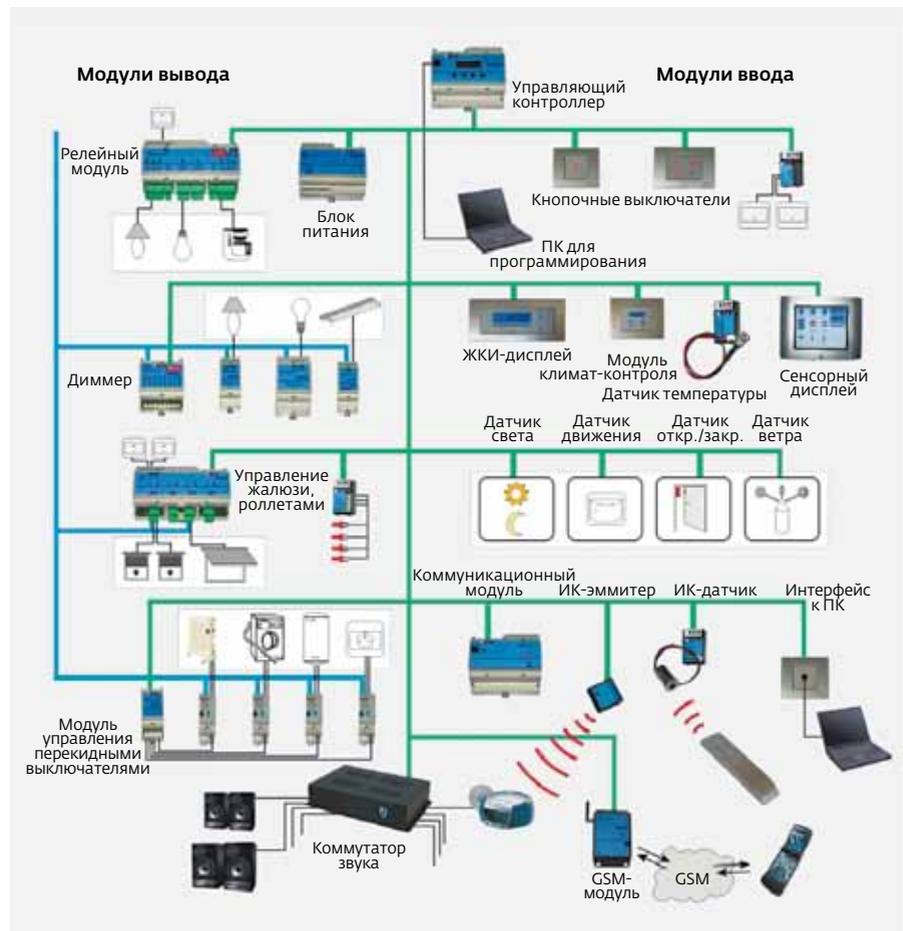


Рис.3. Блоки системы управления "умным домом"

Концепция программирования платформы Arduino

Программирование платформы осуществляется через собственную специальную интегрированную среду разработки IDE, позволяющую составлять управляющие программы (скетчи) для платы. В IDE входят текстовый редактор программного кода, компилятор и модуль для установки новых прошивок платы. Для загрузки программ и установления связи среда разработки подключается к аппаратной части Arduino. IDE написана на языке Java на основе проекта Processing, работает под ОС Windows, Mac OS X и Linux. Язык программирования Ардуино – стандартный C++. Программы, написанные с помощью Arduino, обрабатываются препроцессором, а затем компилируются.

Микроконтроллерный исполнительный модуль

Исполнительные блоки системы "Умный дом" в основном построены на основе микроконтроллеров AVR с RISC-архитектурой, работающих согласованно с дискретным приемопередатчиком или беспроводной системой связи на кристалле [19]. В зависимости от построения системы, сложности

программно-аппаратного обеспечения и требуемого форм-фактора ARM-микроконтроллер может быть 8- или 32-разрядным. Более широкие внутренние шины и совершенные периферийные устройства 32-разрядного микроконтроллера обеспечивают более высокое быстродействие системы управления по сравнению с 8-разрядным контроллером. Для приложений с рабочим циклом "ускоренно работай, а потом спи" (Run Fast, Then Sleep, RFTS), применение 32-разрядного устройства обеспечивает более короткий рабочий период и повышенную энергоэффективность.

Программы AVR-микроконтроллеров хранятся во флеш-памяти объемом от 1 до 256 Кбайт. Память данных контроллеров разделена на три части:

- регистровую память – 32 регистра общего назначения;
- статическую оперативную память (СОЗУ) объемом от 64 байт до 4 Кбайт. Для сохранения данных при отключении питания контроллера возможно применение внешнего СОЗУ объемом до 64 Кбайт;

- энергонезависимую память на основе ЭСППЗУ объемом от 64 байт до 4 Кбайт.

Периферия микроконтроллеров AVR включает от трех до 48 линий ввода и вывода, блок поддержки внешних прерываний, таймеры-счетчики, сторожевой таймер, аналоговые компараторы, 10-рядный восьмиканальный АЦП, устройство сброса по понижению питания, широтно-импульсные модуляторы. Для связи с внешними устройствами помимо портов ввода/вывода в микроконтроллерах предусмотрены универсальный последовательный приемопередатчик (UART или USART), а также возможность использования последовательных двухпроводных интерфейсов TWI или SPI.

Микроконтроллерные модули должны стоять в каждой комнате, работать от напряжения питания 7-40 В и обеспечивать возможность подключения различных датчиков и кнопок типа "сухой контакт" (герконов, кнопок, датчиков движения). Микроконтроллеры, управляющие внешними устройствами, способны выполнять простейшие действия без участия сервера (включать свет по кнопке, по данным датчика движения, геркона).

Подсистема климат-контроля

Подсистема управления климатом поддерживает и изменяет значения температуры и влажности, а также контролирует циркуляцию свежего воздуха снаружи и внутри помещения. Функции климат-контроля системы "Умный дом" выполняются с помощью трех систем: отопления, вентиляции

Типичные значения освещенности помещения в зависимости от условий среды

| Условие окружающей среды | Уровень освещенности, лк |
|---|--------------------------|
| Ночь | 0,001–0,02 |
| Свет луны | 0,02–0,3 |
| Сплошная облачность | 5–50 |
| Кучевые облака | 50–500 |
| Слабое солнечное освещение | 100–1000 |
| Солнечное освещение в летний день | 10 ⁶ |
| Освещение, необходимое при чтении книг и документов | 50–60 |
| Освещение при воспроизведении видеозаписи | 1400 |

и кондиционирования. Эти инженерные системы в результате интеграции работают как единое целое, создавая комфортные климатические условия в помещении. Работу системы обеспечивает набор разнообразных датчиков, фиксирующих текущее состояние микроклимата в доме (температуру, влажность, наличие дыма, состав и скорость движения воздуха, а при необходимости – освещенности, инсоляции, состояния окон и дверей и т.п.), а также средства управления – переключатели и дисплейные панели. Последние применяются для установления требуемого режима работы климатических систем и отображения текущих показателей.

Возможна индивидуальная регулировка микроклимата для каждого жилья дома, за счет условного разделения помещения на зоны, для каждой из которых задается требуемый режим (сценарий) и устанавливаются соответствующие значения управляемых и контролируемых параметров. При необходимости задается порядок изменения параметров во времени. Тот или иной исполняемый подсистемой климат-контроля сценарий для каждой зоны выбирается автоматически (например, в соответствии с датой, днем недели, временем суток, сезоном) или вручную. Кроме того, подсистема управления климатом может контролировать наличие в среде вредных и опасных реагентов: задымленности, угарного газа. Наконец, подсистема должна следить за состоянием оборудования – кондиционеров, котлов, средств отопления и вентиляции.

Данные многочисленных датчиков (например, температуры теплоносителя в системе отопления, мощности, потребляемой тем или иным сегментом теплого пола, состояния вентиляторов и шиберов вентиляционной системы, режимов работы кондиционеров) передаются подключенным к ним локальным контроллерам (регуляторам). Объекты

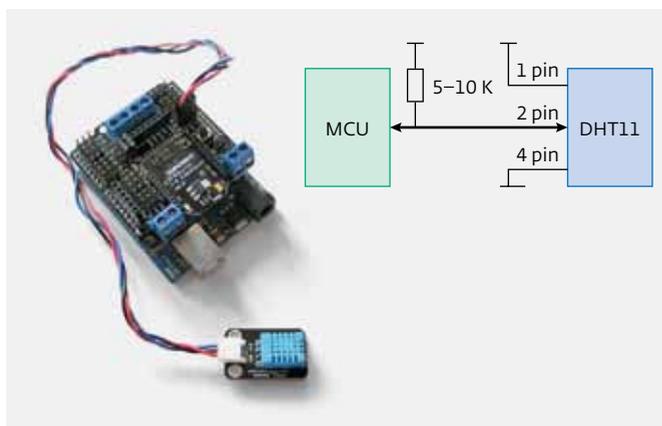


Рис.4. Модуль Arduino с подключенным датчиком DHT11

управления системы климат-контроля – инженерные системы, механизмы и устройства, оказывающие воздействие на климатические параметры. Основные характеристики объектов с точки зрения управления – коэффициент передачи, инерционность и запаздывание передачи данных.

Подсистема охранно-пожарной сигнализации

Подсистема охранно-пожарной сигнализации – сложный комплекс технических средств, служащих для своевременного обнаружения возгорания и предотвращения несанкционированного проникновения в охраняемую зону. Как правило, устройство охранно-пожарной сигнализации входит в комплекс, объединяющий системы безопасности и инженерные системы здания, обеспечивая достоверной адресной информацией средства оповещения, пожаротушения, дымоудаления, контроля доступа и др. [20].

Каждое устройство охранно-пожарной сигнализации оснащено извещателями, контролирующими различные физические параметры среды. Широко используются пассивные и периметральные активные ИК-извещатели, магнитоконтактные, приборы извещения о разбитом стекле, комбинированные активные устройства. В системах пожарной сигнализации применяются тепловые, дымовые, световые, ионизационные, комбинированные и ручные извещатели.

В зависимости от способов выявления тревоги и формирования сигналов извещатели и системы охранно-пожарной сигнализации подразделяют на следующие типы:

- неадресные с фиксированным порогом чувствительности. Извещатели этого типа входят в общий шлейф устройства охранно-пожарной сигнализации. В результате при срабатывании



Рис.5. Файл Ethernet экрана системы Arduino с показаниями температуры и влажности датчика DHT11

одного из приборов формируется обобщенный сигнал тревоги;

- адресные, данные которых содержат адрес прибора охранно-пожарной сигнализации, что позволяет определить зону пожара с точностью до места нахождения извещателя;
- адресно-аналоговые – наиболее информативные и совершенные. Текущие значения контролируемого параметра вместе с адресом извещатель передает по шлейфу охранно-пожарной сигнализации. Такие устройства используются для раннего обнаружения тревожной ситуации, получения данных о необходимости технического обслуживания приборов вследствие их загрязнения или других факторов. Кроме того, адресно-аналоговые системы позволяют, не прерывая работу подсистемы охранно-пожарной сигнализации, программно изменять фиксированный порог чувствительности извещателя при необходимости его адаптации к условиям эксплуатации.

Подсистема регулировки освещения

Подсистема создает условия комфортного освещения различных помещений "умного дома", исходя из наружной освещенности, потребностей пользователей и других параметров. Модуль регулирования освещенности "умного дома" учитывает типичные значения освещенности при разных условиях (см. табл.).

Система регулировки освещения рассчитана на работу с экономичными источниками света,

в основном преимущественно полупроводниковыми светодиодами. В частности, могут использоваться светильники, разработанные с участием одного из авторов [21, 22].

ПОДКЛЮЧЕНИЕ ДАТЧИКОВ К ПЛАТФОРМЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ

Для подключения различных датчиков к модулю Arduino используются имеющиеся в модуле цифровые и аналоговые порты ввода/вывода. В стандартном базовом модуле Arduino 20 контактов ввода-вывода (GPIO) [23]. При необходимости подключения большего набора датчиков в порт ввода-вывода Arduino могут быть включены различные платы расширения.

Проводные решения системы "Умный дом"

Проводные решения предусматривают соединение всех элементов системы "Умный дом", будь то датчики, центральное управляющее устройство, лампа или вентиль батареи, с помощью проводов. Достоинство проводного решения – практически неограниченный функционал: система отличается высокой скоростью работы, надежностью и отличной защищенностью от внешних воздействий. Еще одним немаловажным плюсом

является абсолютная независимость в выборе производителей конечного оборудования, поскольку система позволяет интегрировать практически любые устройства.

Рассмотрим примеры датчиков с проводным подключением к управляющему модулю Arduino.

Датчик температуры и влажности DHT11

Цифровой датчик температуры и влажности DHT11 (рис.4) представляет собой составное устройство калиброванного цифрового выходного сигнала, соответствующего контролируемой температуре и влажности (рис.5). Отличается высокой надежностью и долговременной стабильностью работы. Датчик содержит резистивный сенсор влажности и компоненты структуры с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (NTC-структуры).

Характеристики датчика DHT11:

диапазон измеряемых температур, °C 0–50;
погрешность измерения температуры, °C ±2;
диапазон измеряемой влажности, % 20–90;
погрешность измерения влажности, % ±5;
ток питания
измерения, мА 0,3;
ожидания, мкА 60.



Рис.6. Датчик освещенности BH1750 для Arduino

DHT11 взаимодействует с принимающей платой Arduino по собственному протоколу. Коммуникация – двунаправленная:

- микроконтроллер сообщает датчику о готовности считывания показаний, для чего на некоторое время устанавливает сигнальную линию в 0, а затем – в 1;
- датчик подтверждает готовность передать данные, для чего в аналогичном порядке устанавливает сигнальную линию в 0, затем – в 1;
- после этого датчик посылает микроконтроллеру 5 байт данных. Первые два описывают температуру, следующие два – влажность, последний – контрольную сумму, подтверждающую отсутствие ошибок считывания.

Благодаря тому, что датчик выполняет измерения только по запросу, достигается высокая энергоэффективность: в отсутствие коммуникаций потребляемый ток невелик.

Датчик имеет стандартный трехпроводной интерфейс, может легко подключаться к пассивной плате расширителя (IO Shield) [24].

Датчик интенсивности освещения BH1750

BH1750 (рис.6) – микросхема цифрового датчика внешней освещенности со встроенным 16-бит АЦП, подключаемым к I²C-интерфейсу. Датчик напрямую выводит цифровой сигнал без дополнительных расчетов. Его выходной сигнал непосредственно считывается люксметром. Через интерфейс I²C возможен выбор адресов двух ведомых устройств.

Датчик пригоден для измерения интенсивности фар автомобиля, фонарей, фотографических ламп, цифровых фотоаппаратов, настройки ЖК-дисплея и подсветки клавиатуры мобильного телефона [25].

Характеристики датчика BH1750:

напряжение питания
по постоянному току, В..... 3-5;
диапазон измерения, лк..... 1,1-10⁵;
разрешение, лк..... 1-65535;
рабочая температура, °С..... -40...85;
ток в режиме ожидания, мкА..... 0,01;
рассеиваемая мощность, мВт..... 260;
интерфейс..... I²C
размер, мм..... 21×16×3,3.

Цифровой датчик движения HC-SR501.

Основное назначение датчиков движения – автоматическое включение или отключение нагрузки в заданном интервале времени при появлении движущихся объектов в его зоне чувствительности. Он учитывает также уровень освещенности.

HC-SR501 представляет собой модуль пирозлектрического ИК-датчика движения (Pyroelectric InfraRed sensor, PIR), собранного на основе высокопроизводительной микросхемы обработки сигнала датчика BISS0001 с чувствительным элементом FIR800 (рис.7а). При включении питания модуля в течение 1-2 с формируется изображение комнаты, если после этого в помещении происходит движение, срабатывает устройство сигнализации.

Модуль может работать в двух режимах, устанавливаемых с помощью переключки:

- повторного запуска – H, при котором каждый раз при регистрации движения замер восстанавливается. При срабатывании датчика несколько раз подряд на его выходе (OUT) сохраняется высокий логический уровень;
- одиночного запуска – L: после срабатывания и регистрации движения в течение заданного времени датчик отключается, даже если детектор по-прежнему регистрирует данные и на выходе появляется отдельный импульс.

В модуле используются два подстроечных резистора: один – для регулировки чувствительности (от 3 до 7 м), другой – задания времени, в течение которого при обнаружении движения на выходе будет установлена логическая единица "1" (от 5 до 300 с) (рис.7б).

У PIR-датчик движения HC-SR501 один трехконтактный штыревой интерфейс для подключения к микроконтроллеру. Напряжение питания – 4,5-20 В обеспечивает Arduino контроллер, другое управляющее микропроцессорное устройство или внешний источник питания.

К управляющему микроконтроллеру (или другим микросхемам) модуль рекомендуется (хотя

и необязательно) подключать через транзистор и подтягивающий резистор с сопротивлением 10 кОм.

Характеристики датчика HC-SR501:

входное напряжение, В.....3-5;

выходной ток, мкА 50;

напряжение на выходе 3,3-В TTL-схемы, В

высокий уровень..... 4;

низкий уровень..... 0,4;

угол обнаружения, градус 120-140;

время блокировки до следующего замера, с ..2,5;

рабочая температура, °С -20...80;

размер, мм 32×24×18;

масса, г.....25.

Детектор движения удобен для применения в арт-инсталляциях, интерактивных стендах и в случаях, когда нужен дешевый способ обнаружения присутствия людей [26].

Применение проводной технологии доставляет определенное неудобство как проектировщикам систем, так и пользователям, которым приходится прятать провода под полом, плинтусом или в стенах.

Беспроводное подключение датчиков

Для создания системы "Умный дом" с беспроводным подключением датчиков лучше всего подходит система связи стандарта ZigBee. Стандарт ориентирован на создание больших сетей (до 65536 узлов), требующих гарантированной безопасной передачи данных при относительно небольших скоростях (250 Кбит/с) и возможности длительной работы устройств от автономных источников питания (более одного года от батареи).

Среди свойств ZigBee следует выделить поддержку стандартом сложных топологий сетей (рис.8) [27], благодаря которой при относительно малой дальности связи двух соседних устройств, можно обеспечить большую зону покрытия сети. Другая отличительная особенность стандарта - возможность самовосстановления сети в случае выхода

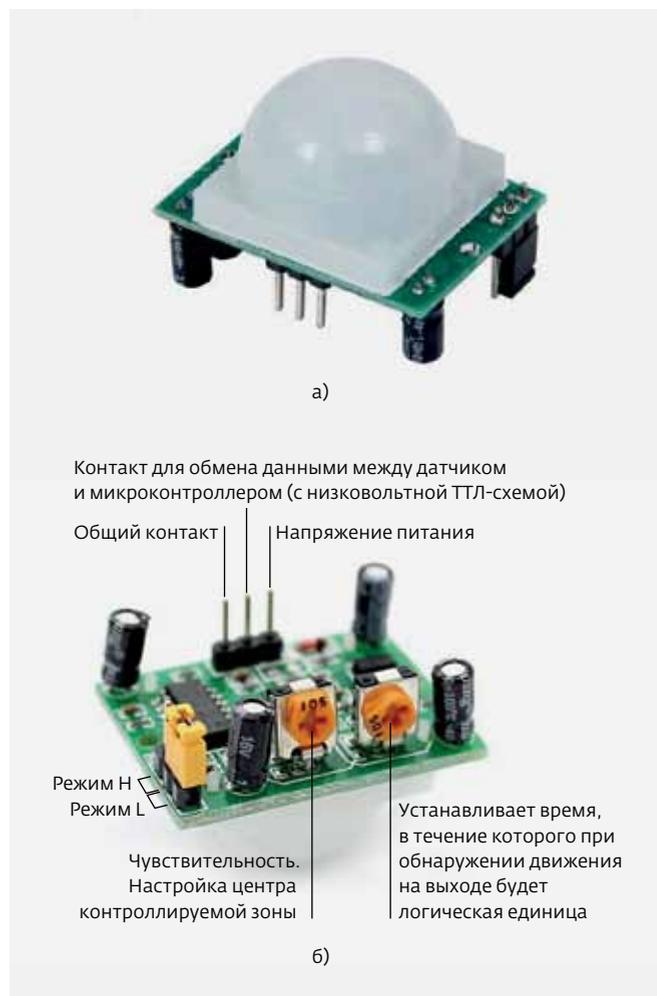


Рис.7. Цифровой ИК-датчик движения HC-SR501 (а), назначение выводов датчика HC-SR501 (б)

из строя отдельных ее узлов. Это свойство основано на том, что каждый узел следит за соседними и на основе оценки мощности принятых от них сигналов постоянно обновляет маршрутные таблицы. В результате при изменении пространственного расположения соседей или выходе из сети одного

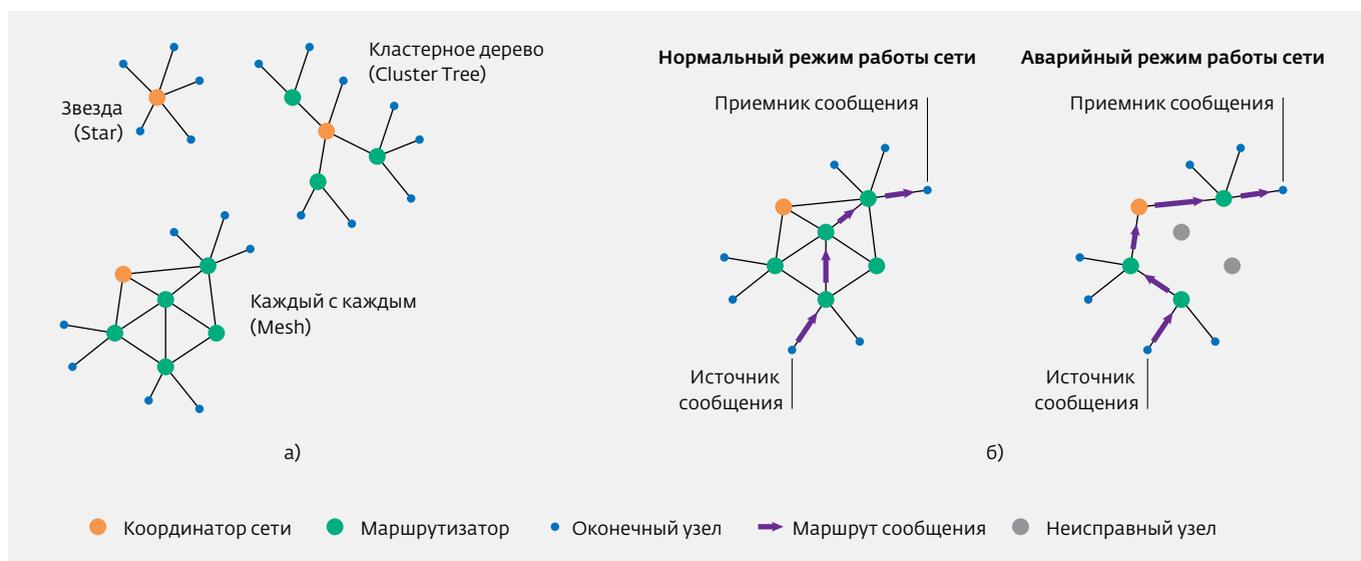


Рис.8. Топологии сетей ZigBee с учетом возможности самовосстановления (а) и режимы работы сети (б)

из устройств, вычисляется новый маршрут передачи сообщения. Это свойство исключительно важно в сетях, функционирующих на промышленных объектах в жестких условиях эксплуатации и при наличии промышленных помех, а также в тех случаях, когда часть узлов находится на движущихся устройствах.

Для подключения датчиков к системе мониторинга "умного дома" полезно применять специальные дополнительные расширительные платы - XBee Shield и модули XBee компании Maxstream. Отметим, что Maxstream предлагает весьма обширный перечень модификаций модулей XBee с различными значениями выходной мощности и чувствительности приемника, а также

с различной конструкцией антенны. Они представляют собой достаточно развитые устройства, работающие под управлением собственного микроконтроллера MC9S08.

В системе "Умный дом" беспроводная связь, как правило, необходима когда датчики и исполнительные устройства находятся в удаленных или труднодоступных местах.

WEB-сервер системы "Умный дом"

Для удаленного доступа к информации системы мониторинга "Умный дом" ее необходимо подключить к WEB-серверу или IP-менеджеру. Благодаря соединению системы с сетью Интернет можно контролировать все системы потребления электроэнергии в доме, устанавливать, где горит свет, какая температура в комнатах, какой прибор находится под напряжением, а также фиксировать передвижения по дому. При необходимости с помощью мобильной телефонии, КПК, iPhone или iPad можно подавать управлять и контролировать всю систему жизнеобеспечения жилища, даже находясь на значительном расстоянии от дома.

Для практической реализации недорогого WEB-сервера совместно с модулем Arduino рекомендуется использовать модуль Ethernet Shield (рис.9).

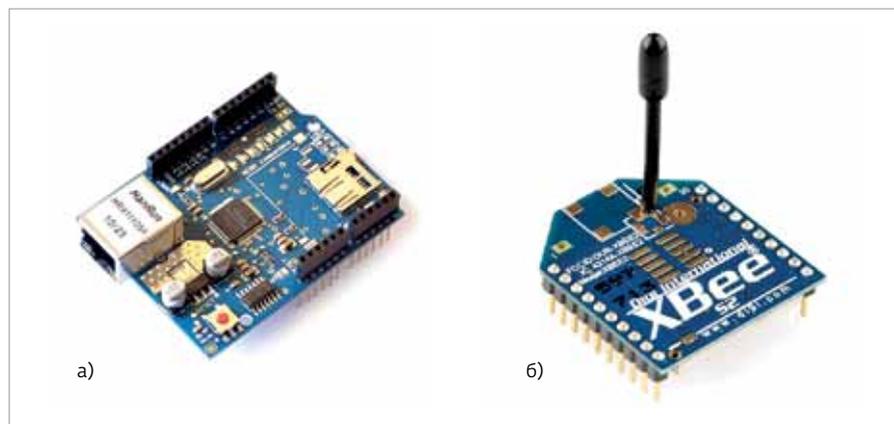


Рис.9. Модуль Arduino с дополнительными платами XBee Shield (а) и Ethernet Shield (б)

Многочисленные микросхемы беспроводных систем связи для управления всеми функциями "умного дома", разрабатывает и производит итальянская компания Miprot [28]. К настоящему времени продано более 20 млн. таких модулей.

* * *

"Умный дом" – экономичная и удобная система, выполняющая функции под контролем центрального электронного блока управления. Однако число функций и их автоматическая реализация зависят от будущего хозяина.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Елисеев Н.** Технология x10: управление "умным домом". – Электроника: НТБ, 2007, № 7, с. 32–36.
2. **Федоров А.** I-House – технология Power-over-Ethernet. – Электроника: НТБ, 2007, № 7, с. 38–39.
3. **Минаков Д.** Интегрированные системы управления: области применения. – Электроника: НТБ, 2007, № 7, с. 40–42.
4. **Сафонов А.** Интеллектуальное здание. – Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2004, № 1, с. 44–45.
5. Электроника для умного дома: взгляд системного интегратора. Рассказывает генеральный директор компании "Архитектурная Электроника" А.Г.Горошко. – Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 18–21.
6. **Кокорева И.** Системы "Интеллектуальное здание" и "Умный дом": эффективные решения и новейшие разработки. – Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 22–27.
7. **Лукичева Д.** Системы домашней автоматизации от компании TELETASK. – Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 36–38.
8. Система "Умный дом": обзор технологий и домашних систем автоматизации. – buildingsmarthome.ru/smarthome/technology/smarthome-technologies-review.
9. **Елисеев Н.** EnOcean – океан энергии для "умного дома". – Электроника: НТБ, 2008, № 7, с. 40–43.
10. Устройство микроконтроллеров AVR. – схема.my1.ru/publ/skhemy_ustrojstv_na_mikrokontrollerakh/ustrojstva_na_mk/ustrojstvo_mikrokontrollerov_avr/29-1-0-1675.
11. The Smart Home Intelligent Home Automation. – www.entrepreneurial-insights.com/smart-home-intelligent-home-automation.
12. Smart Homes and Home Automation. M2M Research Series from Berg Insight. – www.berginsight.com/ReportPDF/ProductSheet/bi-sh2-ps.pdf.
13. Google buys Nest Labs for \$3.2 billion. – money.cnn.com/2014/01/13/technology/google-nest.
14. Google integrates Nest Learning Thermostat with iOS, Android – tech.firstpost.com/news-analysis/google-integrates-nest-learning-thermostat-with-ios-android-245822.html.
15. **Bettters E.** Apple HomeKit explained: What is it, and how does it work? – www.pocket-lint.com/news/129922-apple-homekit-explained-what-is-it-and-how-does-it-work.
16. en.wikipedia.org/wiki/Arduino.
17. amperka.ru/page/what-is-arduino.
18. www.chipdip.ru/product/arduino-uno-r3.
19. arduino.cc/en/Main/arduinoBoardDue.
20. cxema.my1.ru/publ/skhemy_ustrojstv_na_mikrokontrollerakh/ustrojstva_na_mk/ustrojstvo_mikrokontrollerov_avr/29-1-0-1675.
21. Структура охранно-пожарной сигнализации. – secandsafe.ru/stati/pojarnaya_bezopasnost/struktura_okhranno_pozharnoi_sighnalizatsii.
22. **Андрянова И.В., Щербатова М.П., Беляев В.В.** Модульный светодиодный светильник. – Патент РФ на полезную модель № 107572. Приоритет 20.08.2011.
23. **Попов И.В., Беляев В.В., Лехин В.П., Леонисова И.В.** Управляемый концентратор света. – Патент РФ № 116600, 20.05.2012.
24. Среда разработки Arduino. – www.arduino.ru/Arduino_environment.
25. Подключение датчика температуры и влажности DHT11 к Arduino. – wiki.amperka.ru/%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%81%D0%BE%D1%80%D1%8B: dht.
26. Датчик света Light Sensor-BH1750 для Arduino. – arduino-kit.com.ua/product_883.html.
27. Датчик движения (PIR Motion sensor) HC-SR501. – digitalchip.ru/datchik-dvizheniya-pir-motion-sensor-hc-sr501.
28. **Ван Чао.** Проектирование системы автоматического беспроводного счетчика учета расхода воды на базе технологии ZigBee. – tudocs.exdat.com/docs/index-47903.html.
29. www.miprot.com.

