

УДК 621.3.087.47

А. К. Алимуратов, П. П. Чураков, Ю. С. Квитка

УСТРОЙСТВО ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ДОМАШНЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ Z-WAVE

A. K. Alimuradov, P. P. Churakov, Yu. S. Kvitka

DEVICE VOICE CONTROL HOME AUTOMATION SYSTEM Z-WAVE

А н н о т а ц и я. Приведен обзорный анализ современного состояния инженерных систем, элементов управления, платформ и протоколов передачи данных систем домашней автоматизации. Подробно рассмотрены и проанализированы современные элементы управления, платформы и протоколы передачи данных. Определено направление развития систем домашней автоматизации путем внедрения речевых технологий управления и использования беспроводного протокола передачи данных Z-Wave. Предложены структурная схема и программно-аппаратная реализация разрабатываемого устройства голосового управления для системы домашней автоматизации Z-Wave.

A b s t r a c t. The article gives an overview of the current state of engineering systems, controls, platforms and protocols for data transfer home automation systems. Discussed in detail and analyzed modern controls, platforms and data transfer protocols. The direction of development of home automation systems through the introduction of speech technology management and use of wireless data transmission protocol Z-Wave. The structural scheme and the hardware and software implementation of the developed device voice control for home automation system Z-Wave.

К л ю ч е в ы е с л о в а: система домашней автоматизации, речевые технологии, голосовое управление, протокол передачи данных Z-Wave.

К e y w o r d s: system of home automation, speech technology, voice control, data transfer protocol for the Z-Wave.

Обзорный анализ современного состояния СДА

В каждом современном жилом здании в той или иной степени функционирует оборудование, обеспечивающее быт, комфорт, связь и безопасность жителей (граждан), помогающее адаптироваться и создать благоприятную среду обитания. Интеграция оборудования в единый комплекс с целью расширения его функциональных возможностей позволяет создать систему домашней автоматизации (СДА).

СДА – это автоматизированный комплекс, контролирующий работу инженерных систем (технических устройств домов, квартир, офисов и др.), объединяющий их в одну высокоинтеллектуальную систему. СДА состоит из трех основных составляющих: инженерных систем, элементов управления, платформ и протоколов передачи данных.

1. СДА включает следующие инженерные системы [1]: *инженерная климатическая система, инженерная система безопасности, инженерная энергетическая система, инженерная система мониторинга и управления, связи, инженерная система механизации.*

Все инженерные системы регистрируют, обрабатывают, передают и хранят информацию от подключенных к ним технических средств и в зависимости от информации осуществляют выдачу управляющих сигналов на исполнительные элементы. Основным элементом СДА является модуль обработки, к которому посредством порта обмена информацией подключаются все технические средства инженерных систем. На рис. 1 представлена расширенная структурная схема СДА, которая может меняться в зависимости от используемых технических средств.

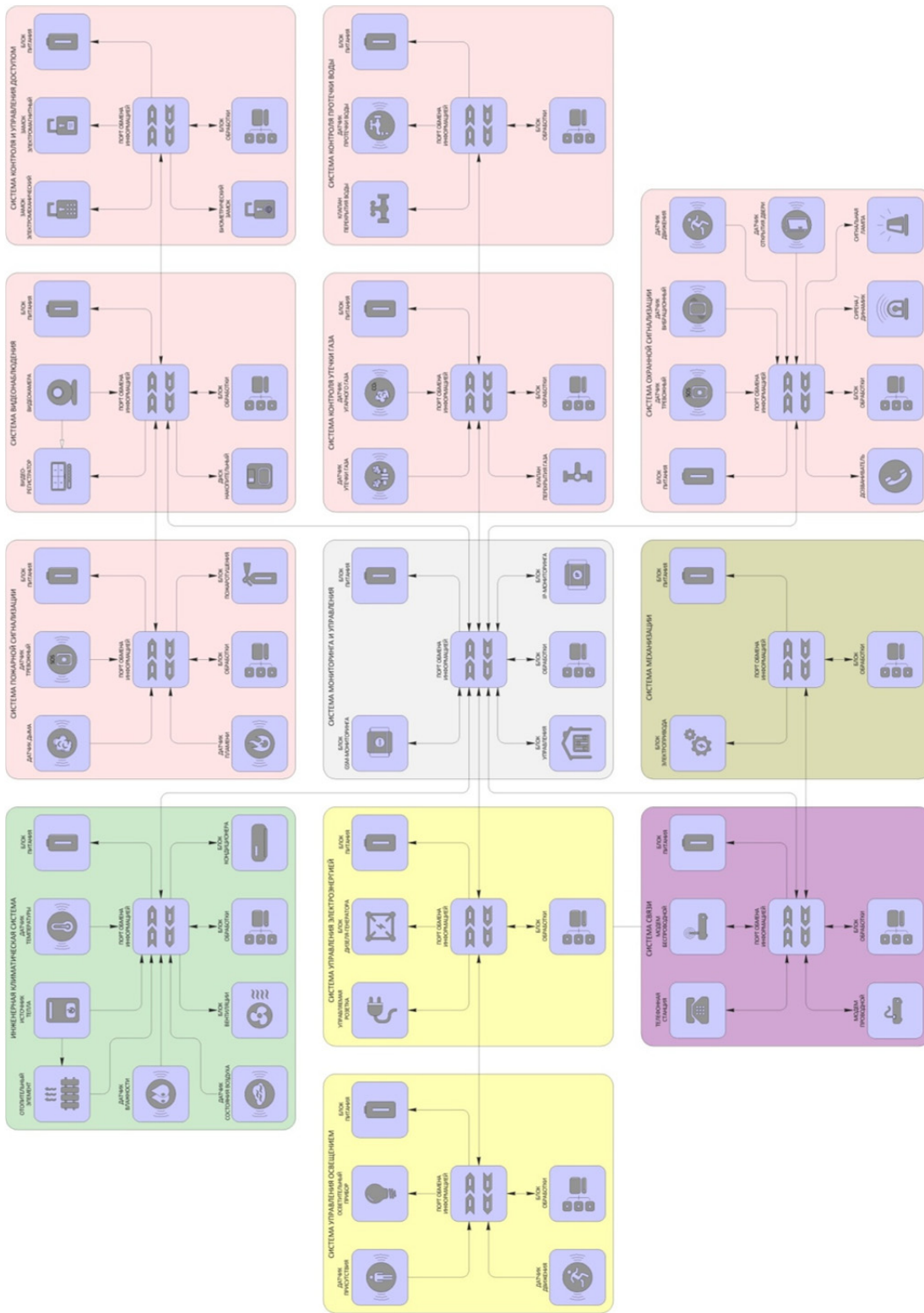


Рис. 1. Расширенная структурная схема СДА

Режимы работы СДА устанавливаются с помощью блока управления. В современных СДА применяются следующие виды управления [2]:

- дистанционное управление с помощью универсального пульта;
- местное управление с помощью графической сенсорной панели;
- удаленное управление с помощью смартфона, персонального компьютера по сети Internet;
- голосовое управление посредством специальных программно-аппаратных средств.

Универсальные пульты дистанционного управления и графические сенсорные панели – наиболее распространенные управляющие устройства. Через порт обмена информацией они передают управляющие команды на блок обработки, который в свою очередь преобразует их в управляющие сигналы. Использование пультов и панелей управления достаточно удобно – из любой точки помещения можно управлять работой инженерных систем.

Удаленное управление реализуется с помощью смартфона или персонального компьютера по локальной сети: с одной стороны сервер встраивается в локальную сеть помещения, с другой стороны подключается к информационной системе управления. Сервер перенаправляет команды, пришедшие по локальной сети от пользователя к управляющим устройствам дома, и наоборот, он собирает информацию от устройств инженерных систем дома и отправляет по локальной сети. Если локальная сеть подключена к сети Internet, то управлять СДА можно удаленно.

Голосовое управление СДА – это управление инженерными системами с помощью речевых команд. Команды фиксируются дополнительным периферийным оборудованием, усиливаются, преобразовываются и передаются на блок обработки СДА, который их распознает и перенаправляет на исполнительные устройства в виде управляющих команд.

На рис. 2 представлен сравнительный анализ потребительских свойств средств управления, который показывает, что наиболее перспективным управлением является голосовое управление.



Рис. 2. Сравнительный анализ потребительских свойств видов управления СДА

Для организации взаимодействия инженерных систем в СДА применяются платформы и протоколы двух видов: проводные и беспроводные. Наибольшую популярность среди проводных получили [3–7]:

1. *EIB* – стандартный протокол передачи данных через общий канал, шину. Скорость передачи составляет 9,6 кбит/с. Работоспособность сети обеспечивают блоки питания, интерфейсные модули, шинные соединители, повторители и др., включая панели и логические модули. Максимальное количество технических средств в сети может достигать 58 000 [3].

2. *1-Wire* – двунаправленная шина связи, в которой данные передаются по цепи питания. Таким образом, для передачи данных в такой сети используется всего один провод. Максимальная скорость передачи составляет 125 кбит/с. Датчики и приборы связаны в одну сеть,

Сравнительные характеристики протоколов *X10*, *One-net* и *Z-Wave*

Параметры / Протоколы	<i>X10</i>	<i>One-net</i>	<i>Z-Wave</i>
Рабочий диапазон частот	433 МГц	865–868 МГц	869 МГц
Скорость передачи информации	1 команда за 0,7–1 с	38,4–230 кБ/с	До 40 кБ/с
Потребляемая мощность	–	Маломощные устройства	Маломощные устройства
Максимальное количество технических средств в сети	–	2 ¹² узлов с возможностью расширения сети	До 232 устройств с возможностью расширения сети
Совместимость	Возможны конфликты разных производителей и несанкционированный доступ к устройствам по электросети	Нет	Есть
Возможность огибания преград	Нет	Нет	Есть

Скорость передачи данных в беспроводных системах мала по сравнению со скоростью, достигаемой в проводных системах. Но поскольку СДА не требует передачи видео, музыки и других, больших по объему данных, то она допустима и неощутима при передаче управляющих команд. Максимальное количество подключаемых технических средств по каждому протоколу велико, однако оно также не играет большой роли, когда речь идет о СДА. Для нормального функционирования СДА необходимо, чтобы устройства, работающие по определенному протоколу, от разных производителей были совместимы. Устройства *One-net* не обладают такой совместимостью, устройства *X10* разных производителей совместимы, однако существует вероятность возникновения конфликтов и несанкционированного доступа к устройствам. В этом плане преимущество у устройств *Z-Wave*, так как существует *Z-Wave Alliance* – открытый консорциум, объединяющий около 200 производителей, которые создают продукцию и услуги на основе стандарта беспроводного управления *Z-Wave*, обладающие полной совместимостью. Проблема беспроводных СДА – отсутствие устойчивости к физическим преградам. Для систем, основанных на протоколах *X10* и *One-net*, эта проблема не решена, чего нельзя сказать о *Z-Wave*. В системе *Z-Wave* реализована возможность огибания преград благодаря ячеистой структуре сети.

Анализируя все вышеизложенное, делаем вывод, что наиболее оптимальным для беспроводной СДА является использование протокола *Z-Wave*.

СДА на *Z-Wave*

Z-Wave представляет собой полностью беспроводную технологию, в основе которой лежит ячеистая mesh-сеть [13]. Каждое устройство в сети *Z-Wave* является приемопередатчиком, что увеличивает ее надежность. Так, при выходе из строя одного устройства сигнал транслируется через соседнее устройство, находящееся в радиусе действия. Прохождение сигнала управления при подаче с блока управления команды на включение света в комнате 3 представлено на рис. 4.

Каждое устройство в сети *Z-Wave* имеет индивидуальный код, известный центральному контроллеру, что обеспечивает возможность программирования функций управления устройствами. Таким образом, чтобы создать такую сеть достаточно иметь лишь главный контроллер и одно исполнительное устройство. После запуска сети к ней можно подключить дополнительные дистанционные пульты управления и новые устройства *Z-Wave*, что позволяет строить систему управления по мере роста потребностей.

Технология *Z-Wave* доступна в виде чипа, именуемого *Single Chip* (рис. 5), а также в виде модуля с интегрированным радиочастотным трактом и антенной. В чип *Z-Wave* используется процессор 8051, флэш-память, SDRAM, контроллер Triac, радиомодуль, ввод/вывод, АЦП, UART. Система управления на основе *Z-Wave* представляет собой mesh-сеть с дуплексной беспроводной радиосвязью.

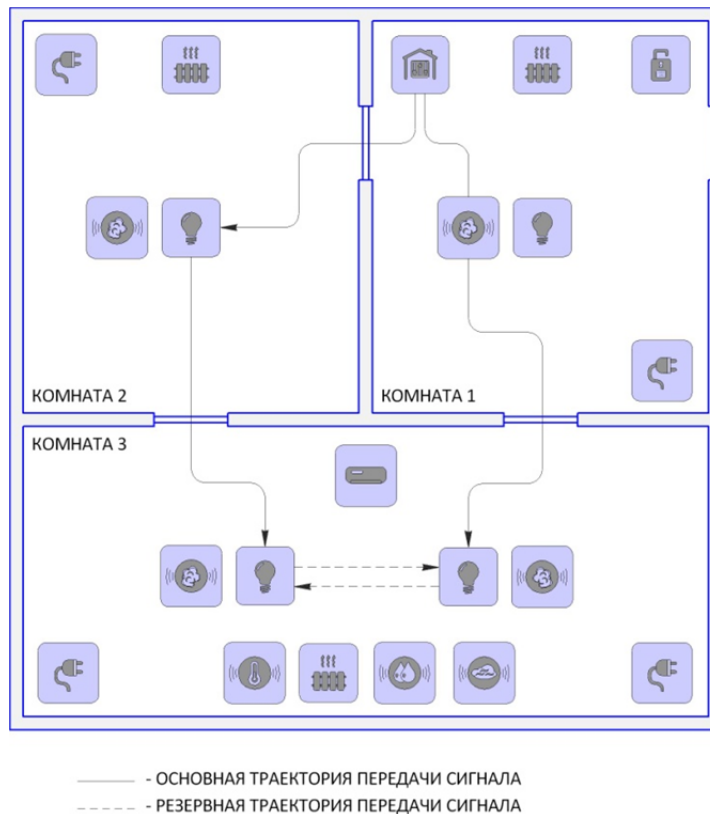


Рис. 4. Прохождение сигнала в ячеистой сети Z-Wave



Рис. 5. Single Chip Z-Wave

Авторами данной статьи систематизирована и унифицирована информация о предлагаемых устройствах Z-Wave. Для удобства все возможности применения технологии Z-Wave в быту поделены на основные системы:

1. Энергетическая инженерная система Z-Wave включает возможность регулировки яркости света, дистанционного управления нагрузкой сети и жалюзи с помощью специальных механизмов управления, а также контроль энергопотребления с помощью соответствующих датчиков. Среди устройств Z-Wave энергетической инженерной системы выделяют: диммеры, выключатели, модули управления нагрузкой, устройства управления жалюзи, радионакладки.

2. Инженерная система безопасности Z-Wave включает возможность обнаружения дыма, угарного газа, протечки воды и вибрационных воздействий, определение присутствия человека и открытия двери, а также контроль освещения с помощью соответствующих датчиков. Частью системы является система видеонаблюдения, которая позволяет записывать происходящее внутри и снаружи помещения посредством видеорегистраторов и дает возможность определять гостя с помощью видеорегистратора. Под контролем системы находятся управление замком и включение сирены (уточнить возможность индивидуального оповещения посредством беспроводного дверного звонка) по заданному сценарию. Сценарий действий задается для любого устройства после его подключения в общую систему домашней автоматизации Z-Wave. Среди устройств Z-Wave инженерной безопасности системы выделяют: датчики дыма,

протечки воды и газа, угарного газа, присутствия, вибрации, освещения и открытия двери, видеорегистраторы, видеокамеры и видеодомофоны.

3. Климатическая инженерная система *Z-Wave* включает контроль температуры и влажности, возможность регулирования тепла посредством термостатов батареи и «теплого пола», а также кондиционирование воздуха с помощью настенного проветривателя. Среди устройств *Z-Wave* климатической инженерной системы выделяют: датчики температуры, влажности, термостаты, регуляторы теплого пола, центральный контроллер и проветриватель.

4. Инженерная система мониторинга, управления и связи *Z-Wave* включает варианты главных блоков управления, необходимых для создания и управления полноценной СДА *Z-Wave*, дополнительные блоки управления для более комфортного пользования системой, а также модемы и маршрутизаторы, основной задачей которых является индивидуальное оповещение о состоянии дома при нахождении пользователя за его пределами по заданному сценарию [14]. Среди устройств *Z-Wave* инженерной системы мониторинга, управления и связи выделяют: контроллер управления, универсальный пульт дистанционного управления, адаптер USB для ПК, плату расширения для ПК, беспроводной 3G модем, маршрутизатор и роутер.

Представленные устройства позволяют создать СДА на *Z-Wave* в зависимости от установленных требований, начиная от решения типичных небольших задач, таких как дистанционное управление, освещение, заканчивая возможностью полноценного управления всеми четырьмя основными системами СДА.

Устройство голосового управления СДА Z-Wave

В последнее десятилетие разработка и внедрение современных информационных технологий в социальную и промышленную сферы позволяет существенно оптимизировать работу большинства технических и технологических процессов домашнего быта. Наибольший интерес в мире проявляется к речевым технологиям, которые получили повсеместное применение в медицине, быту, производстве, компьютерных технологиях, сфере защиты и управления данными автоматизированных систем [15].

Речевые технологии позволяют существенно упростить рабочий процесс информационно-измерительной системы при решении следующих задач: распознавание команд и синтез голосовых сообщений, распознавание команд в зашумленной среде, преобразование речи в текст, общение с помощью автоматического переводчика, обработка переговоров и голосовая навигация, диагностика состояния здоровья и сфера защиты и управления данными автоматизированных систем. При распознавании речевых сигналов, как правило, оперируют не исходным звуковым сигналом, а его акустическими и информационными параметрами. При цифровой обработке речи необходимо владеть информацией о параметрах, которые позволяют отделить речь от промежутков пауз, определить начало и конец фразы, определить конкретный звук и сложить из звуков слова, а также выявить уникальные особенности речи диктора. Распознавание отдельных команд несколько проще распознавания слитного текста и не требует значительных вычислительных мощностей, поэтому на сегодняшний день доступен широкий выбор программного обеспечения и оборудования, имеющих небольшую стоимость и высокое качество распознавания команд.

Первыми устройствами, использующими голосовое управление, стали смартфоны и персональные компьютеры: программа «Google Voice», предназначенная для «серфинга» в Internet с персонального компьютера, а также программы «Siri» и «Google Now», служащие для получения информации со смартфона. Среди технологий голосового управления СДА можно выделить: «Релкон», «Ева» и «Дом Интел» [16–18]. Все они имеют незначительные различия: если в системе «Ева» пользователь способен сам устанавливать управляющие фразы, то в системе «Дом Интел» они фиксированы. Однако каждая из этих систем интегрирована в полноценную и дорогостоящую СДА, что делает их недоступными для большинства пользователей. Технологии распознавания речи уже созрели для массового применения, но компании не готовы тратить необходимые средства на качественное и доступное оборудование. Оптимального подхода к данной проблеме нет, поэтому проблема голосового управления СДА актуальна до сих пор.

Авторами статьи предлагается разработать устройство голосового управления СДА *Z-Wave*. Структурная схема предлагаемого авторами устройства голосового управления системой домашней автоматизации на *Z-Wave* представлена на рис. 6.

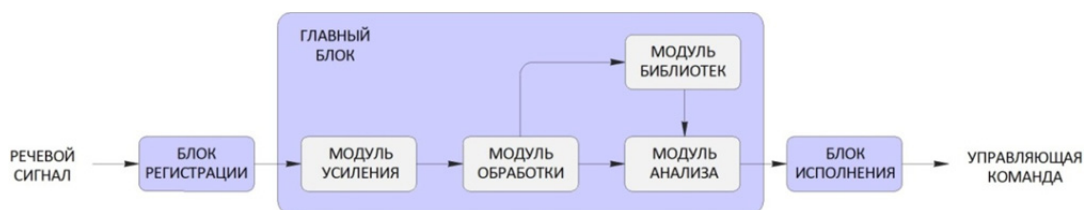


Рис. 6. Структурная схема устройства голосового управления системой домашней автоматизации на *Z-Wave*

Блок регистрации. Благодаря данному блоку происходит аудиозахват акустического сигнала, преобразование его в электрический и оцифровка. Блок регистрации реализован в виде микрофона (микрофонных решеток), аналогового микрофонного усилителя и аналого-цифрового преобразователя.

Главный блок реализован на плате Raspberry Pi, который состоит из следующих модулей: усиления, обработки, анализа и библиотек.

В модуле усиления осуществляется автоматическая регулировка усиления оцифрованного речевого сигнала. Это необходимо для нормализации уровней сигналов, зарегистрированных с разными амплитудами.

В модуле обработки осуществляются задачи предварительной коррекции, фильтрации, сегментации и определения информативных параметров. Предварительная коррекция речевого сигнала представляет собой выравнивание частотного спектра, что необходимо в связи с особенностями речевого аппарата человека. Фильтрация представляет собой удаление шумов и помех в речевых сигналах. Сегментация заключается в выделении информативных участков: «сигнал/пауза», «вокализованный/невокализованный». Определение информативных параметров заключается в вычислении статических, временных и спектральных характеристик речевой команды.

Модуль библиотек представляет собой массивы данных эталонов и шаблонов речевых команд.

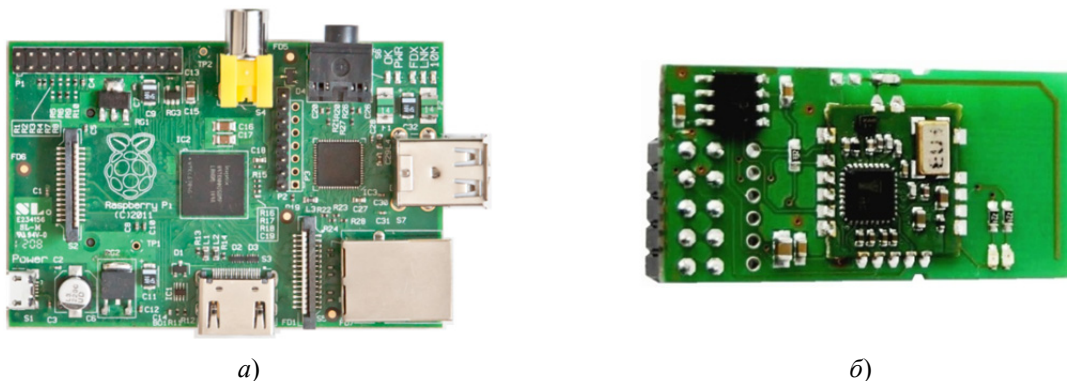
В модуле анализа происходит сопоставление речевого сигнала с эталонами, представленными в модуле библиотек.

Работа главного блока реализуется на программном уровне. Программируемый алгоритм записывается на носитель информации и устанавливается в порт для карт памяти SD.

Блок исполнения. В данном блоке осуществляется преобразование речевой команды в код исполнения по протоколу *Z-Wave*. Блок исполнения реализован на плате расширения RaZberry.

Аппаратную часть устройства предлагается разработать на основе готовых аппаратных решений – бескорпусного малогабаритного компьютера Raspberry и миниатюрной платы расширения RaZberry.

В Raspberry установлено программное обеспечение *Z-Way*, позволяющее компьютеру Raspberry Pi управлять оборудованием *Z-Wave* и создавать сценарии работы СДА (рис. 7,а). На сегодняшний день у Raspberry Pi нет аналогов. Ее уникальностью являются наличие операционной системы (ОС) Linux и возможность ее расширения с помощью входов и выходов общего назначения (GPIO) и портов USB и Ethernet, которая позволяет создавать надстройки поверх платы [19]. Таким образом, можно запрограммировать Raspberry Pi на распознавание речевых сигналов по определенным алгоритмам. Дополнительным плюсом Raspberry Pi является дешевизна.



а)

б)

Рис. 7. Устройство голосового управления СДА *Z-Wave*:
а – плата Raspberry Pi; б – плата RaZberry

Для того чтобы плата могла работать с устройствами *Z-Wave*, необходимо использовать плату расширения RaZberry, устанавливаемую в верхней части GPIO Raspberry Pi [20].

RaZberry представляет собой плату с установленными на ней *Z-Wave* приемопередатчиком, антенной с фильтром, электрически перепрограммируемым постоянным запоминающим устройством и индикаторами состояния (см. рис. 7,б). Данная плата имеет открытый интерфейс прикладного программирования, что позволяет создавать необходимые для обеспечения возможности голосового управления сценарии работы СДА.

В данной статье авторами предложено решение актуальной проблемы доступности и удобства использования системы домашней автоматизации в бытовых условиях и разработана структурная схема устройства голосового управления СДА на *Z-Wave*, реализуемого на основе готовых аппаратных решений – бескорпусного малогабаритного компьютера Raspberry Pi и миниатюрной платы расширения RaZberry.

Список литературы

1. Структура и подробное описание системы Умный Дом. – 2004–2013. – URL: <http://www.topdom.ru/houses/#1>
2. Методы автоматического управления Умным Домом. – 2008–2014. – URL: <http://www.moluch.ru/archive/28/3087/>
3. Умный Дом EIB/KNX/Описание технологии. – 2014. – URL: http://www.ge-el.ru/description_technology_eib_knx/
4. Что такое 1-Wire? – 2006–2014. – URL: <http://www.benuks.ru/oborud.html>
5. LanDrive. Insyte. – 2004–2009. – URL: <http://www.greenvision.ru/?do=menu&id=17891>
6. Описание системы LanDrive 2. – URL: http://www.support.insyte.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=31:-landrive-2
7. Технология SMART-BUS G4 (S-BUS). – 2011–2013. – URL: <http://smarthomegroup.ru/smart-bus-sbus-technology.html>
8. DALI Explained. – 2010. – URL: <http://www.dalibydesign.us/DALI.html>
9. Протокол X10. – 2005. – URL: <http://www.iq-home.ru/tech/x10.html>
10. Верхулевский, К. Открытый стандарт беспроводной сети *One-net* и аппаратные решения на его основе / К. Верхулевский, Ю. Шаропин // Современная экономика. – 2008. – № 8. – С. 12–15.
11. *Z-Wave home control*. – 2014. – URL: http://z-wave.sigmadesigns.com/new_to_z-wave
12. Безлицензионные диапазоны частот 433/868 МГц для радиомодемов и аналоговой радиосвязи. – 2006–2014. – URL: <http://radio-modem.ru/information/artikles/?433-868mhz>
13. Умный Дом на базе *Z-Wave*. – 2006–2014. – URL: <http://habrahabr.ru/post/160493/>
14. *Z-Wave* Магазин. – URL: <http://shop.z-waver.ru/>
15. Речевые технологии: на пороге важных событий. – 1991–2014. – URL: <http://www.cm.ru/numbers/spec-numbers/detail.php?ID=79646>
16. Голосовое управление Умным Домом. – 2000–2012. – URL: <http://www.re-e.ru/control/golos/>
17. Голосовое управление Умного Дома. – 2011. – URL: <http://www.dom-intel.ru/novosti/arihi-novostei/golosovoe-upravlenie-umnogo-doma.html>
18. Голосовое управление. Система «Ева». – 2005–2014. – URL: <http://uhome.ru/offers/eva/>
19. Raspberry Pi. – URL: <http://www.raspberrypi.org>
20. RaZberry. – URL: <http://razberry.z-wave.me/>

Алимурадов Алан Казанферович

соискатель ученой степени
кандидата технических наук,
кафедра информационно-измерительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: alansapfir@yandex.ru

Alimuradov Alan Kazanferovich

candidates for a degree
of candidate of technical sciences,
sub-department of information
and measuring equipment,
Penza State University

Чураков Петр Павлович

доктор технических наук, профессор
кафедры информационно-измерительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: iit@pnzgu.ru

Churakov Petr Pavlovich

doctor of technical sciences, professor
of sub-department of information
and measuring equipment,
Penza State University

Квитка Юрий Сергеевич

студент,

Пензенский государственный университет

E-mail: aravikfleur@gmail.com

Kvitka Yuriy Sergeevich

student,

Penza State University

УДК 621.3.087.47

Алимурадов, А. К.

Устройство голосового управления системой домашней автоматизации Z-Wave / А. К. Алимурадов, П. П. Чураков, Ю. С. Квитка // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2014. – № 2 (8). – С. 48–57.