

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА BEAGLEBONE

А.С. Гопоненко, И.Г. Матвеев, А.В. Юрченко, М.К. Ковалев

*В данной работе рассматривается интеллектуальная система освещения на основе микрокомпьютера Beaglebone. Проведен анализ существующих датчиков движения и присутствия, на основе которого выбраны оптимальные датчики для проектирования системы детектирования. Разработана система детектирования и соответствующая ей схема подключения для интеллектуальной системы освещения, проведены экспериментальные исследования.*

*Ключевые слова: интеллектуальная система освещения, микрокомпьютер Beaglebone, датчик движения, датчик присутствия.*

### ВВЕДЕНИЕ

Современные системы освещения города имеют повышенные требования к энергоэффективности и ресурсоэффективности из-за возрастающих энергетических затрат на освещение города. Таким требованиям удовлетворяют интеллектуальные системы освещения.

Преимущества интеллектуальной системы освещения перед обычными:

– стандартные системы освещения имеют заданное время освещения, которое не зависит от времени фактического светового дня и погодных условий, что решается в интеллектуальной системе освещения использованием данной зависимости и принятием соответствующих мер;

– включение и выключение повсеместно используемых систем освещения не зависят

от наличия пешеходов и движущихся автомобилей, от чего энергия может быть потрачена впустую в течение длительного времени [1].

Для управления интеллектуальными системами освещения используются встроенные системы, которые осуществляют контроль уровня освещения, обработку информационных сигналов с датчиков и связь друг с другом. Тип используемых датчиков определяет состав и функционирование всей системы, так как информационный сигнал с датчика в конечном счете сигнализирует о необходимости корректировки освещения, что осуществляется реакцией большинства блоков системы.

### Структура системы освещения

Система освещения представляет собой сочетание центрального устройства и соединённых с ним уличных фонарей (рисунок 1).



Рисунок 1 – Структура интеллектуальной системы освещения

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА BEAGLEBONE

В качестве центрального управляющего устройства выступает микрокомпьютер Beaglebone. В каждом фонаре находится система коммуникации и детектирования. Первая система служит для связи фонаря с Beaglebone, вторая – для обнаружения объекта контроля (проходящего мимо фонаря пешехода). При вхождении пешехода в область контроля, а следовательно при его обнаружении датчиком, сигнал поступает на Beaglebone, который в свою очередь включит близлежащие к пешеходу фонари.

В соответствии с аппаратной частью используется программная часть. Разработанная программа выполняется Beaglebone, который подает соответствующие сигналы управления на фонари. Сложность этого заключается в создании надежного метода распознавания того или иного объекта. Такой вызов бросает нам уровень разработки датчиков движения, используемых в системах освещения – в настоящее время они часто ложно срабатывают либо ошибочно не срабатывают, а также прекращают работу при остановке объекта наблюдения. Решение данной проблемы возможно найти с помощью комбинированных датчиков и совершенных алгоритмов обработки информации.

После обработки информации данные поступают на сервер базы данных и подаются диспетчеру.

### Обзор датчиков

#### *Акустический (ультразвуковой) датчик*

Датчики акустического типа используют принцип активной локации, то есть сканирование окружающего пространства (зоны контроля) посредством звуковых волн в ультразвуковом диапазоне. Параметры принятых волн постоянно контролируются датчиком.

Посредством пьезоэлектрического элемента генерируется волны с частотой 20-60 кГц, которые излучаются в зону контроля и, отразившись от окружающих объектов, поступают обратно на пьезоэлемент.

При появлении в зоне обнаружения ультразвукового датчика движения появляется движущийся объект, частота отраженной от объекта волны изменяется (эффект Доплера), что регистрируется приемником датчика и от него поступает сигнал на выполнение заложенной в ультразвуковой датчик движения функции [2, 3].

Ультразвуковой датчик порой недостаточно чувствителен, чтобы определять присутствие человека, и обладает малой дальностью действия, но, в то же время, не подвержен влиянию изменений внешних условий.

#### *Радиоволновой (СВЧ) датчик*

Радиоволновой датчик содержит СВЧ-модуль, в состав которого входят излучатель и приемник высокочастотных колебаний. Радиоволновые детекторы являются активными устройствами, так как излучают в пространство СВЧ колебания (обычно 5 - 8 ГГц), которые, отражаясь от окружающих объектов, регистрируются сенсором. Полученный сигнал усиливается и фильтруется, чтобы исключить регистрацию объектов, перемещающихся или слишком медленно, или слишком быстро. Выделяются только те скорости (от 1 до 5 км/ч), которые присущи движению человека. Смесительный диод складывает излучаемые (эталонные) и отраженные волны [4].

В отличие от ультразвукового датчика радиоволновой обладает высокой чувствительностью и большей дальностью действия, что может явиться причиной ложных срабатываний – например от оборудования, создающего вибрацию, и мелких животных. Работоспособность СВЧ-датчиков в большей степени зависит от температуры окружающей среды, а также такие датчики на порядок дороже аналогов.

#### *Инфракрасный датчик*

Действие инфракрасного датчика основано на регистрации изменения инфракрасного (ИК) излучения, вызванного движением или присутствием человека в зоне контроля датчика, с помощью сенсора, на который линзами фокусируется ИК излучение. Чем больше линз в системе датчика движения, тем выше его чувствительность. По степени чувствительности инфракрасные датчики делятся на датчики движения и датчики присутствия.

Инфракрасные датчики обладают большой чувствительностью, которая с легкостью может быть изменена, и низкой стоимостью по сравнению с другими датчиками. Однако, инфракрасные датчики зависимы от температуры окружающей среды [5].

Учитывая характеристики инфракрасных датчиков, реализация системы освещения с использованием инфракрасных датчиков для автоматизированного управления проблематична и возможна лишь при комбинации с датчиками другого типа, способствующих компенсации негативных эффектов от инфракрасных датчиков.

Анализируя базу датчиков, их преимущества и недостатки можно выделить комбинацию «инфракрасный датчик – ультразвуковой датчик» как одну из наиболее оптимальных.

Высокая зависимость ИК-датчика от внешней среды преодолевается с помощью

использования ультразвукового датчика, а низкую чувствительность ультразвукового датчика можно улучшить за счет ИК-датчика.

### Экспериментальные исследования

Датчики, используемые в системе детектирования, – это ультразвуковой датчик SRF08 и инфракрасный датчик SEN08630.

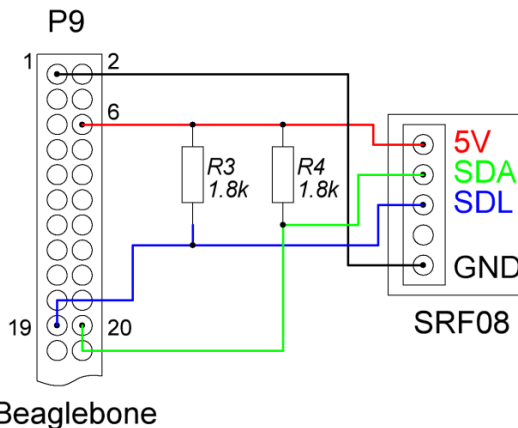
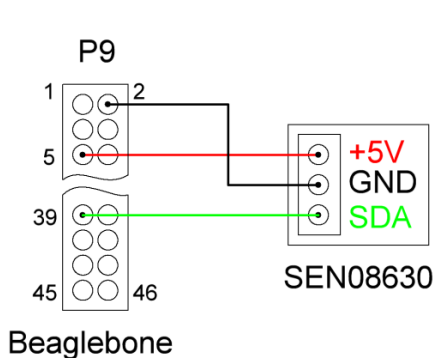


Рисунок 2 – Схема подключения датчиков SRF08 и SEN08630 к Beaglebone

В начале работы микрокомпьютер инициализирует адрес датчика, подключенного посредством протокола I2C [6]. Для выполнения сканирования датчиком зоны контроля, выполняется команда, которая отправляет определенное значение в командный регистр SRF08. Следующим этапом является считывание данных с регистров датчика. Данные поступают в шестнадцатеричном формате и несут информацию о расстоянии до объекта в сантиметрах (рисунок 3).

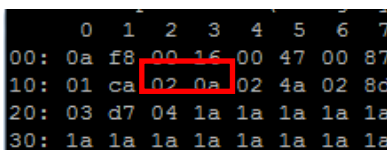


Рисунок 3 – Данные о расстоянии до объекта (ячейки 0x02 – старший бит и 0x03 – младший бит),  $0x16_{16}=22_{10}$  см

Каждое сканирование проводится через 65 мс (минимальное время между измерениями, которое ограничивается характеристиками датчика). Измеренное значение сравнивается с предыдущим и при появлении стороннего объекта в зоне обнаружения, возникает разница между полученными значениями, которая говорит о наличии тела в зоне контроля.

Рассмотрим подключение инфракрасного датчика SEN08630 (рисунок 2).

Рассмотрим подключение ультразвукового датчика SRF08 (рисунок 2).

Ультразвуковой датчик SRF08 подключается к микрокомпьютеру BeagleBoneBlack с использованием последовательной шины данных I2C.

Сигнальный вывод инфракрасного датчика подключается к аналоговому входу микрокомпьютера (максимальное напряжение 1,8 В). Амплитуда выходного сигнала датчика составляет приблизительно 42 мВ в состоянии покоя и 2,7 мВ при обнаружении движения в зоне контроля (рисунок 4). Для обработки сигнала с датчика была написана программа, которая индицирует о наличии движения при уровне сигнала на уровне 2 мВ.

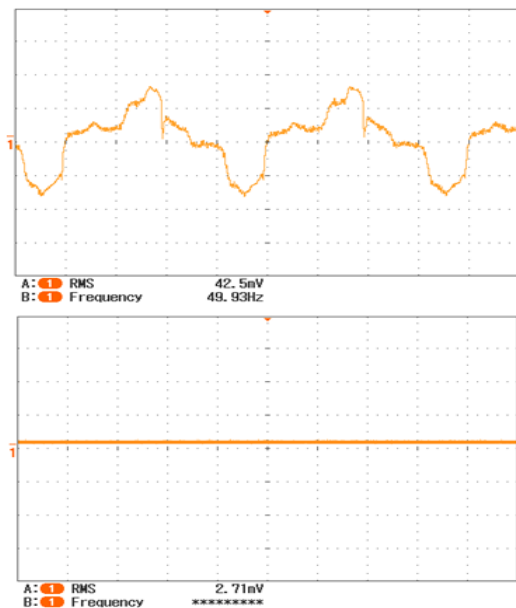


Рисунок 4 – Осциллограмма сигнала датчика при состояниях покоя и движения

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРА BEAGLEBONE

Была собрана экспериментальная модель интеллектуальной системы освещения, где в качестве источника освещения выступает светодиод. Для увеличения эффективности обнаружения человека в зоне контроля, ультразвуковой и инфракрасный датчики были объединены в систему, управляемую микрокомпьютером BeagleBoneBlack. На языке C++ была разработана программа управления светодиодом, которая обрабатывает сигналы с датчиков и включает светодиод, если движение было зарегистрировано хотя бы одним сенсором (рисунок 5).

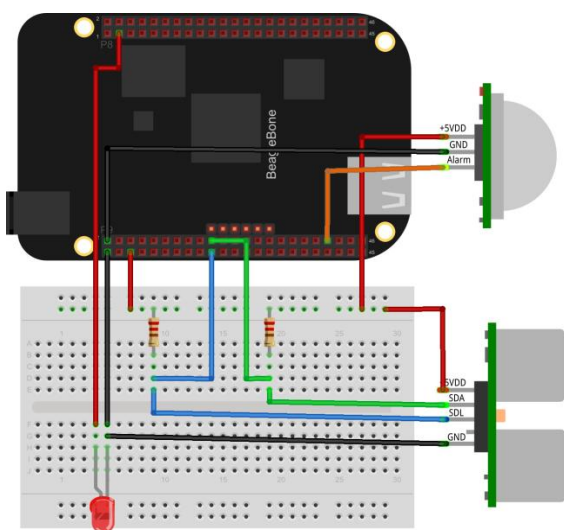


Рисунок 5 – Экспериментальная модель интеллектуальной системы освещения

### ВЫВОДЫ

В ходе проведенного исследования были проанализированы основные методы обнаружения движения и присутствия человека. Определена наиболее оптимальная пара датчиков для использования в интеллектуальной системе освещения. Использование комбинации методов обнаружения позволяет увеличить точность и чувствительность работы системы освещения.

Разработаны схемы и алгоритмы подключения датчиков к микрокомпьютеру BeagleBoneBlack, на основе которых проведены экспериментальные исследования. В результате была создана и апробирована модель интеллектуальной системы освещения, которая успешно решает задачу обнаружения движения и управления освещением.

На основе полученной модели планируется разработка решений по увеличению точности срабатывания и чувствительности системы детектирования.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Srivatsa, D. K. Proceedings of 2013 Texas Instruments India Educators' Conference (TIIEC) / D. K. Srivatsa, B. Preethi, R. Parinitha, G. Sumana, A. Kumar. – 2013. – P. 103–106. DOI: 10.1109/TIIEC.2013.25
2. Технические средства обнаружения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nicohrana.ru/forum/viewtopic.php?f=18&t=28> – Загл. с экрана – Дата обращения: 20.01.2015
3. Датчики движения. Основные виды и их особенности. Области применения [Электронный ресурс]. – URL: <http://rozetkaonline.ru/poleznie-statii-rozetkah-i-vikluchateliah/item/54-datchiki-dvizheniya-osnovnye-vidy-i-ikh-osobennosti-oblasti-primeneniya#ultra> – Загл. с экрана – Дата обращения: 23.01.2015
4. Радиоволновые и комбинированные детекторы движения. [Электронный ресурс]. – URL: <http://library.espec.ws/books/guard/CHAPTER3/3-3.htm> – Загл. с экрана – Дата обращения: 29.01.2015
5. Власюк, Н. П. Пассивный инфракрасный датчик движения / Радиоаматор. – 2006. – № 5. – С. 31–37.
6. Derek Molloy. Tools and Techniques for Building with Embedded Linux, John Wiley & Sons, Inc. 2015.

**Гопоненко А.С.** – магистрант кафедры информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета, тел. 8-913-863-00-43, [andreigoponenko@gmail.com](mailto:andreigoponenko@gmail.com).

**Матвеев И.Г.** – магистрант кафедры информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета, тел. 8-923-402-17-54, [Necator94@gmail.com](mailto:Necator94@gmail.com).

**Юрченко А.В.** – д.т.н., профессор кафедры информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета, [niiip@inbox.ru](mailto:niiip@inbox.ru).

**Ковалев М.К.** – аспирант кафедры информационно-измерительной техники Национального исследовательского Томского политехнического университета, [Kovalev@tpu.ru](mailto:Kovalev@tpu.ru).