

УДК 004.051

doi:10.20998/2413-4295.2018.16.07

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА ПАНОРАМНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ОБНАРУЖЕНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ ДЛЯ СЛЕПЫХ

В. Л. КОСТЕНКО¹, С. Б. КОНДРАТЬЕВ², М. В. ЯДРОВА³, Д. А. ПОПОВ⁴

¹ кафедра металлорежущих станков, метрологии и сертификации, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

² кафедра информационных систем, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

³ кафедра информационных систем, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

⁴ кафедра электронных средств и информационно-компьютерных технологий, Одесский национальный политехнический университет, Одесса, УКРАИНА

*email: kvl777@ukr.net

АННОТАЦИЯ Разработана энергоэффективная система ультразвукового обнаружения препятствий для слепых. Показана возможность повышения эффективности системы – расширения угла обзора, снижения энергопотребления, повышения времени автономной работы от элемента питания без подзарядки, за счет использования современной элементной базы, выбора оптимальной тактовой частоты и алгоритма работы микроконтроллера. Приведены результаты разработки программной модели и кода программы работы микроконтроллера. На основе данных исследований был собран и испытан макет устройства. Наличие трех ультразвуковых датчиков позволяет расширить угол обзора и определять наличие препятствий прямо перед человеком, а также слева и справа от него.

Ключевые слова: ультразвуковой датчик; микроконтроллер; звуковой излучатель; программные коды; энергопотребление.

ENERGY EFFICIENT SYSTEM OF PANORAMIC ULTRASONIC OBSTRUCTION OBSTACLES FOR THE BLIND

V. KOSTENKO¹, S. KONDRATYEV², M. YADROVA³, D. POPOV⁴

¹department of Metal-cutting machines Metrology and Certification, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

²department information systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

³department information systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

⁴department electronic means and information-computer systems, Odessa National Polytechnic University, Odessa, UKRAINE

ABSTRACT The analysis of ultrasonic obstacle detection devices for the blind was carried out. An energy efficient detection system has been developed. The possibility of increasing the efficiency of the system is shown - the expansion of the viewing angle, the reduction of power consumption, the increase in the battery life from the battery without recharging due to the use of a modern element base, the selection of the optimal clock frequency and the microcontroller operation algorithm. The results of the development of the program model and the program code of the microcontroller program in the C language are presented. The program is based on two main fragments that provide the definition of obstacles and distances to them. Programmatically creates a sequential survey of sensors and the possibility of moving the inactive sensor into silence mode, which allows to realize the energy saving mode of the device and reducing power consumption, while its battery life without recharging the battery is increased 4–5 times compared to analogues.

Based on the research data, a model of the device based on a microcontroller designed specifically for battery-powered products was assembled and tested. The device includes three ultrasonic sensors HC-SR04, a microcontroller STM8L, three sound emitters Piezo Buzzer 17855 and a standard small-sized 3-volt power supply. The presence of three ultrasonic sensors and three sound emitters allows to expand the viewing angle and provide a panoramic view – the ability to determine the presence of obstacles right in front of the person, as well as to the left and right of him. By the frequency of the sound signal, you can determine the distance to the object by ear, and by the number of the sound emitter – the direction to the obstacle.

Keywords: ultrasonic distance sensor; microcontroller; sound emitter; program codes; energy consumption.

Введение

Реабилитация слабовидящих и незрячих людей, количество которых по данным Всемирной организации здравоохранения составляет около 1 % во многом основана на разработке новых и совершенствовании известных средств обнаружения препятствий, их позиционирования и определения навигационных характеристик [1, 2]. Вместе с тем, при ориентации в пространстве незрячих людей все

большее применение получают мобильные ультразвуковые устройства, работа которых основана на цифровой обработке с помощью современных микроконтроллеров информации, полученной в результате взаимодействия я ультразвуковых волн с препятствиями, при этом устройства обнаружения препятствий для слепых превращаются в высокотехнологичные системы, включающие интегрированные на одной плате устройства получения, обработки и индикации информации [3].

Учитывая, что при оценке качества мобильных автономных систем обнаружения препятствий наряду с такими важными факторами, как мощность центрального процессора, количество портов, память, большое значение отводится также гарантированной длительности работы в автономном режиме и угол обзора пространства перед слепым, актуальными являются исследования по снижению энергопотребления таких систем и обеспечения панорамности «зрения».

Из анализа литературы следует, что в настоящее время наибольшую популярность для ориентации слепых получили ультразвуковые устройства обнаружения препятствий. Так, например, в работе [4] описано бюджетное устройство для обнаружения препятствий для незрячих на базе микроконтроллера семейства Arduino. При эффективном угле наблюдения до 15° и дальности до 1,5 м, устройство потребляет ток до 140 мА, при этом расстояние до препятствия не определяется, а среднее время автономной работы на одном заряде элемента питания составляет 8 часов. В работе [5] показано, что снижение энергопотребления ультразвукового фонаря можно решить путем автоматического отключения питания при отсутствии воздействия на внешние органы управления при обнаружении препятствий. Устройство обеспечивает обнаружение при дальности до 7 м в довольно широком эффективном секторе наблюдения – не менее 90 градусов, однако не позволяет определять расстояние до препятствия и может работать в автономном режиме не более 4 часов. Для повышения локальности обнаружения, в работе [6] предлагаются ультразвуковые перчатки для слепых, пригодные для обнаружения объектов на расстоянии до 3,5 м с эффективным сектором наблюдения не менее 30 градусов и с интегрированным процессором Arduino Pro Mini 328. При энергопотреблении от 33 мВт до 100 мВт, время автономной работы устройства составляет 4–8 часов в зависимости от используемой платы. Устройство удобно для использования внутри помещений, однако не оптимально на улице из-за необходимости постоянно направлять руки с перчатками в сторону предполагаемых препятствий. Для обнаружения препятствий на уровне подстилающей поверхности в [7] предлагается ультразвуковая «умная трость» для незрячих на базе микроконтроллера семейства Arduino. Измеряя разницу во времени между моментом генерации импульса и моментом приёма отражённого эхо-сигнала, можно определить расстояние до препятствия и преобразовать его в звуковой сигнал. Устройство также обнаруживает воду, позволяет слепым обнаруживать, есть ли свет или темнота в комнате, а также имеет еще одну расширенную функцию, позволяющую слепым найти свою трость. Обладая расширенными функциональными возможностями, данное устройство вместе с тем обеспечивает невысокий эффективный угол обзора перед собой – порядка 14–

30 градусов и обладает недостаточно большим сроком автономной работы. Это объясняется тем, что энергопотребление устройства во многом определяется энергопотреблением используемого микроконтроллера, в данном случае микроконтроллера семейства Arduino, а угол наблюдения – диаграммой направленности одного датчика. С целью повышения информативности обнаружения, в работе [8] предлагается использование системы обнаружения и позиционирования с применением трех ультразвуковых сенсоров для определения препятствия на пути слепых в трех различных направлениях, GPS и система сообщения СМС, микроконтроллер Arduino, зуммер и генератор вибраций. Недостатком систем обнаружения препятствий для слепых на базе этих плат является их сравнительно высокое энергопотребление и, соответственно, малое время работы на одном заряде элемента питания, необходимость частого заряда устройства. Потребление мощности микроконтроллеров Arduino меняется от 33 мВт (плата Arduino LilyPad USB, питание от аккумулятора 3,7 В) до 105 мВт (плата Beetle leonardo, при питании от аккумулятора 5 В) [9].

Для обеспечения стереоскопического эффекта и локализации препятствия, в [10] исследовалась возможность обнаружения препятствий с помощью микроконтроллера PIC16F87 и датчиков, расположенных на левом и правом плечах человека. Несмотря на то, что массовое производство микроконтроллера PIC16F87 обеспечивает низкую цену устройства, энергопотребление его достаточно высокое – 0,2 Вт, поэтому устройство может автономно работать с использованием энергии от стандартной батареи не более 5 часов.

В тоже время, нами ранее были исследованы особенности использования специализированного программного обеспечения [11], а также микроконтроллеров семейства STM [12] для снижения энергопотребления и расширения функциональных возможностей малогабаритных информационно-измерительных систем, в том числе систем обнаружения препятствий для слепых со звуковой индикацией [13]. В результате этих исследований было установлено, что появление на рынке современной элементной базы с минимальным энергопотреблением на основе микроконтроллеров STM, а также отсутствие сведений по их использованию в энергоэффективных системах обнаружения препятствий для слепых и особенностях их программного обеспечения обуславливают перспективность работ в этом направлении.

Цель и задачи работы

Целью данной работы является повышение качества пространственного ориентирования незрячих людей за счет усовершенствования устройств обнаружения препятствия для слепых, в

частности, увеличения угла обзора, снижения энергопотребления, повышения времени их автономной работы от элемента питания без подзарядки за счет применения энергоэффективной элементной базы и современного программного обеспечения.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- анализ известных устройств обнаружения препятствий для слепых;
- выбор элементной базы с позиции обеспечения минимального энергопотребления;
- разработка структурной схемы системы панорамного ультразвукового обнаружения препятствий на основе микроконтроллера STM8L;
- разработка программной модели и кода программы работы микроконтроллера STM8L на базе

языка C;

- реализация аппаратной и программной частей системы.

Разработка аппаратной части системы панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых

С учетом проведенных исследований, была составлена общая структурная схема системы панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых, которая включает три ультразвуковых датчика расстояния, микроконтроллер, три звуковых излучателя и стандартный малогабаритный элемент питания на 3 В (рис. 1).



Рис. 1 – Структурная схема системы панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых

В отличие от системы обнаружения, описанной в [8], в представленную систему, с целью снижения энергопотребления и стоимости, не включен блок GPS, так как практическое применение таких систем показало, что в большинстве случаев преимущество отдается экономичным и недорогим системам.

При выборе датчиков нами анализировались результаты применения в системах позиционирования для слепых инфракрасного датчика приближения, лазерного дальномера и ультразвукового дальномера [2]. С учетом соотношения цены, энергопотребления и функциональных возможностей был выбран ультразвуковой датчик HC-SR04 [14] со следующими параметрами: напряжение питания 5 В, ток потребления в режиме тишины 2 мА, ток потребления в рабочем режиме 15 мА, рабочий диапазон обнаружения 0,2–4 м, рабочий угол наблюдения 30°.

При выборе микроконтроллера было проанализировано энергопотребление целого ряда микроконтроллеров, таких как Raspberry pi B+, Arduino MEGA 2560, Arduino UNO R3, Arduino NANO 3.0, STM32F0, STM32F1, STM8S, STM8L. Ток потребления ряда микроконтроллеров в активном режиме при различных тактовых частотах приведен в табл. 1 [15–18]. На основании сравнительного анализа, был выбран микроконтроллер с самым низким

энергопотреблением STM8L [18], разработанный специально для изделий с батарейным питанием, на частоте 16 МГц его ток потребления составляет 3,54 мА. Важным моментом является также выбор оптимальной тактовой частоты, которая сильно влияет на ток потребления микроконтроллера. Проведен анализ зависимости потребляемого тока от тактовой частоты микроконтроллера и выбрана частота 1 МГц, при этом ток потребления снижается до 0,54 мА (табл. 1).

С учетом минимизации энергозатрат в качестве звукового излучателя был выбран излучатель Piezo Buzzer 17855 с током потребления не более 2 мА [19].

Рассмотрим принцип работы устройства. Микроконтроллер формирует короткий запускающий импульс, который подается поочередно на вход каждого из трех ультразвуковых датчиков. На выходе датчиков получаем импульс, длительность которого прямо пропорциональна расстоянию до объекта. На рис. 2 отображены осциллограммы работы датчиков, на рис. 2, а виден короткий запускающий импульс и выходной сигнал датчика при близком расстоянии до препятствия, на рис. 2, б – короткий запускающий импульс и выходной сигнал при далеком расстоянии до препятствия.

Таблиця 1 – Ток потребления микроконтроллеров

Тип микроконтроллера	Тактовая частота, МГц	Ток потребления, мА
STM32F100	16	9,3
	8	5,1
	4	3,2
	1	1,55
	0,125	1,1
Arduino UNO R3	16	18
Arduino NANO 3.0	16	20
STM8S	16	4,3
	8	2,1
	4	1,4
	1	0,8
	0,125	0,72
STM8L	16	3,54
	8	1,97
	4	1,16
	1	0,54
	0,125	0,35



а



б

Рис. 2 – Осциллограммы работы датчиков: а – близкое расстояние до препятствия; б – далекое расстояние до препятствия

Микроконтроллер преобразует полученный импульс в серию импульсов, длительность которых постоянна, а частота следования обратно пропорциональна расстоянию до объекта (рис. 3), верхняя диаграмма отображает серию импульсов при близком расстоянии до препятствия, нижняя диаграмма – при далеком расстоянии до препятствия. При расстоянии до препятствия 3 м частота следования импульсов составляет 1 Гц, при расстоянии – 0,02 м, частота следования импульсов увеличивается до 10 Гц. Эти импульсы поступают на один из трех звуковых излучателей, смонтированных на плате совместно с соответствующим датчиком. По частоте следования звукового сигнала можно ориентировочно определить удаленность до объекта на слух, а по номеру звукового излучателя – направление на препятствие.

На основе структурной схемы был собран и испытан макет устройства (рис. 4).

Устройство может находиться на груди незрячего человека и определять наличие препятствия прямо перед человеком, а также слева и справа от него.



Рис. 3 – Осциллограммы серии импульсов на выходе микроконтроллера

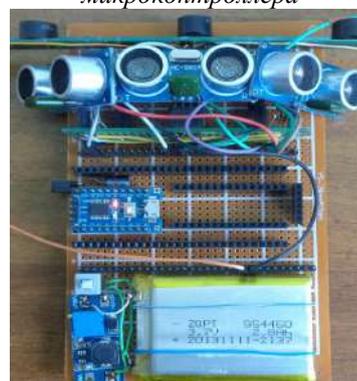


Рис. 4 – Макет устройства панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых

Разработка программной части системы

Последовательный опрос датчиков формируются программным путем. Схема алгоритма работы микроконтроллера для одного канала представлена на рис. 5.

На рис. 5, а изображена схема алгоритма в режиме измерения, т.е. формирования импульса,

длительность которого прямо пропорциональна расстоянию до препятствия, причем, если расстояние превысило 3 м, микроконтроллер переходит на работу со вторым датчиком. На рис. 5, б изображена схема алгоритма в режиме звуковой индикации, т.е. формирования звукового сигнала звуковым излучателем 1, на который микроконтроллер подает последовательность

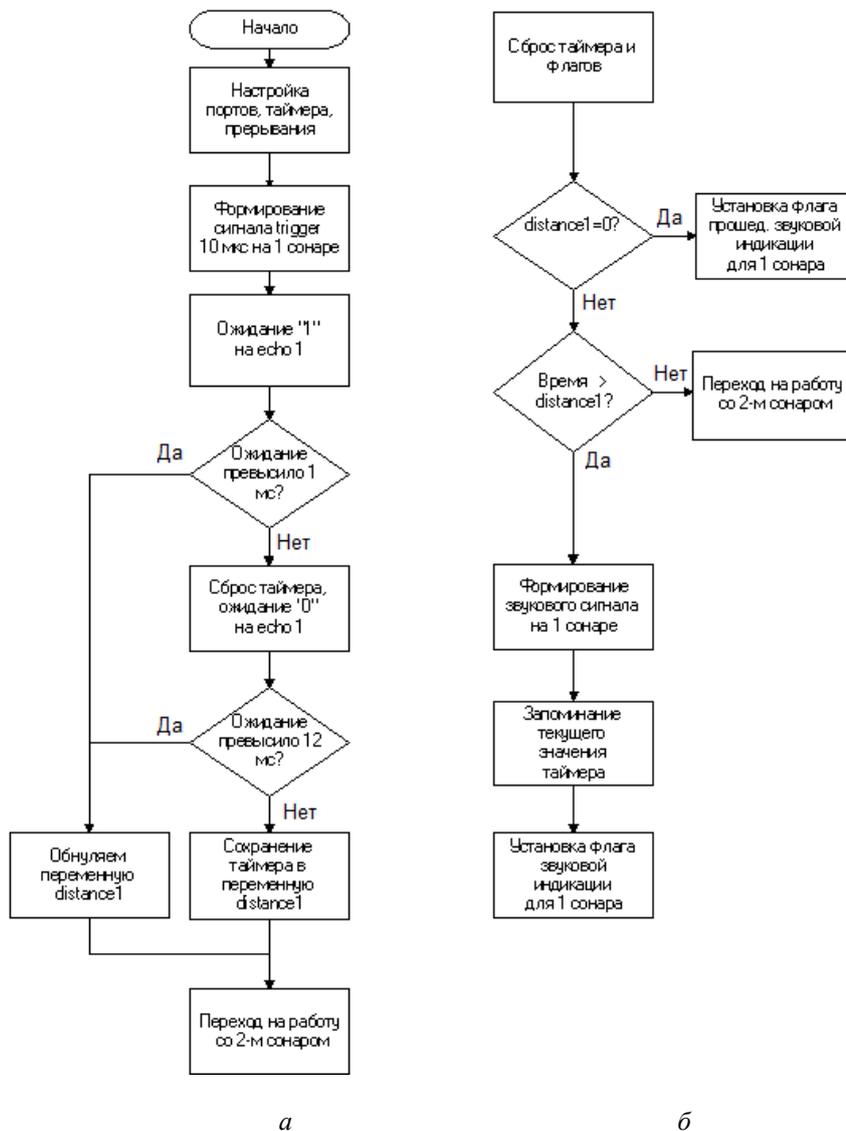


Рис. 5 – Схема алгоритма работы микроконтроллера для одного канала: а – режим измерения; б – режим звуковой индикации

импульсов, частота которых обратно пропорциональна расстоянию до препятствия, причем, если расстояние до препятствия больше 3 м, на звуковой излучатель 1 сигнал вообще не подается, переходим на работу со вторым датчиком.

Код программы написан на языке С. Программа базируется на двух основных фрагментах, которые обеспечивают определение препятствий и расстояний до них.

Основной фрагмент кода программы в режиме измерения представлен на рис. 6.

Основной фрагмент кода программы в режиме звуковой индикации представлен на рис. 7.

Три звуковых излучателя индицируют расстояние до препятствия паузами между звуковыми сигналами. Индикация заканчивается в тот момент, когда индикация самого длинного расстояния будет произведена, после этого программа производит переход на начало измерений.

```

// Сонар 1 измерение
// Запускаем Trig
GPIO_WriteBit(GPIOC, Trigger_1,
Bit_SET); //Установка вывода 9 в "1"
Delay_10us(2); // 1 - 10 us
GPIO_WriteBit(GPIOC, Trigger_1,
Bit_RESET); //Установка вывода 9 в "0"
TimingCounter = 0;
/*ждем передний фронт и находимся
в While до тех пор, пока ECHO в "0"
и таймер не превысил 1 мс*/

while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC,
Echo_1) == Bit_RESET && TimingCounter <= 100);
if(TimingCounter >= 100) //1ms –
защита, если нет ответа датчика по ECHO
{
goto error_sonar_1;
}
TimingCounter = 0;
tempCounter = 0;
/*ждем задний фронт, и находимся в
While до тех пор, пока ECHO в "1" и
таймер не превысил 12 мс*/
while(GPIO_ReadInputDataBit(GPIOC,
Echo_1) == Bit_SET && TimingCounter <= 1200);
tempCounter = TimingCounter;
// Если ожидание больше 12ms -
препятствие не найдено
if(tempCounter >= 1200)
{
/*Если таймер нахождения в "1"
превысил 12мс, то датчик отключен,
переходим ко второму датчику*/
goto error_sonar_1;
}
distance1 = tempCounter * 200;
goto sonar2;
error_sonar_1:

```

distance1=0;

Рис.6 – Основной фрагмент кода программы в режиме измерения

Анализ результатов исследования

Разработана система панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых, которая содержит три ультразвуковых датчика расстояния, микроконтроллер, три звуковых излучателя и стандартный малогабаритный элемент питания на 3 В.

На основании сравнительного анализа, был выбран микроконтроллер с низким энергопотреблением STM8L [18], разработанный специально для изделий с батарейным питанием, на частоте 16 МГц его ток потребления составляет 3,54 мА. Проведен анализ зависимости потребляемого

тока от тактовой частоты микроконтроллера и выбрана частота 1 МГц, при этом ток потребления снижается до 0,54 мА.

```

/* Работа с 1-м звуковым
излучателем. Если дистанция не
нулевая, то проверяем текущее
время индикации */
if (distance1 != 0)
{
timing_counter_now_1 =
TimingCounter -
timing_counter_was_1;
if (timing_counter_now_1 >=
distance1)
{
GPIO_WriteBit(GPIOC,
Beeper_1, Bit_SET); // Установка вывода 8 в "1"
Delay_10us(2000); // 20 ms
GPIO_WriteBit(GPIOC,
Beeper_1, Bit_RESET); // Установка
вывода 8 в "0"
beep_one_1 = 1;
timing_counter_was_1 =
TimingCounter;
}
}
if (distance1 == 0)
{
beep_one_1 = 1; // Установка
флага звуковой индикации для 1
сонара
}

```

Рис. 7 – Основной фрагмент кода программы в режиме звуковой индикации

С учетом соотношения цены, энергопотребления и функциональных возможностей выбран ультразвуковой датчик HC-SR04 [14] со следующими параметрами: напряжение питания 5 В, ток потребления в режиме тишины 2 мА, ток потребления в рабочем режиме 15 мА, рабочий диапазон обнаружения 0,2–4 м, рабочий угол наблюдения 30°.

С учетом минимизации энергозатрат в качестве звукового излучателя выбран излучатель Piezo Buzzer 17855 с током потребления не более 2 мА [19].

Программным путем формируется последовательный опрос датчиков и возможность перехода неактивного датчика в режим тишины до следующего акта измерений.

В результате, суммарный ток потребления устройства составляет 17,7 мА (рис. 8). При использовании литий-полимерного аккумулятора емкостью 2800 мАч, время работы в автономном режиме без подзарядки элемента питания составляет 80 часов, т.е. не менее 10 дней, при этом

обеспечивается уверенная фиксация препятствий в диапазоне расстояний от 0,02 до 3 м в пределах диаграммы направленности ультразвуковых датчиков. Предусмотрена возможность заряда элемента питания через USB интерфейс.

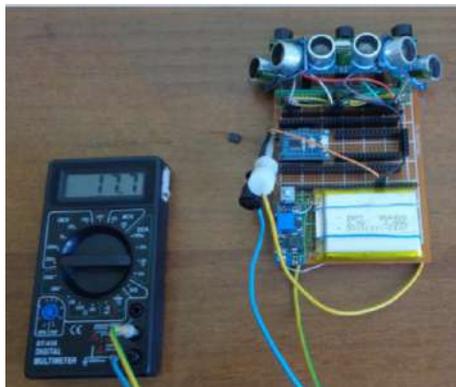


Рис. 8 – Устройство ультразвукового обнаружения препятствий для слепых с измерителем тока потребления

На основании анализа результатов исследований установлено, что энергопотребление системы по сравнению с аналогами снижено, а время работы без подзарядки элемента питания увеличено в 4–5 раз.

Наличие трех ультразвуковых датчиков и трех звуковых излучателей позволяет расширить угол обзора и обеспечить панорамность «зрения», т.е. возможность определять наличие препятствий прямо перед человеком, а также слева и справа от него. По частоте следования звукового сигнала можно ориентировочно определить удаленность до объекта на слух, при расстоянии до препятствия 3 м частота следования импульсов составляет 1 Гц, при расстоянии – 0,02 м, частота следования импульсов увеличивается до 10 Гц.

Выводы

Проведен анализ устройств ультразвукового обнаружения препятствий для слепых.

Разработана структурная схема и показана возможность снижения энергопотребления, повышения времени автономной работы за счет использования современной элементной базы, в том числе микроконтроллера STM8L с минимальным энергопотреблением, разработанного специально для изделий с батарейным питанием, выбора оптимальной тактовой частоты микроконтроллера.

Разработан алгоритм работы микроконтроллера STM8L и программа работы микроконтроллера на языке C. Приведены результаты разработки программной модели и кода программы. Программа базируется на двух основных фрагментах, которые обеспечивают определение препятствий и расстояний

до них. Программным путем формируется последовательный опрос датчиков и возможность перехода неактивного датчика в режим тишины до следующего акта измерений.

На основе данных исследований был собран и испытан макет устройства, которое включает три ультразвуковых датчика HC-SR04, микроконтроллер STM8L, три звуковых излучателя Piezo Buzzer 17855 и стандартный малогабаритный элемент питания на 3 В. Наличие трех ультразвуковых датчиков и трех звуковых излучателей позволяет расширить угол обзора и обеспечить панорамность «зрения», т.е. возможность определять наличие препятствий прямо перед человеком, а также слева и справа от него.

На основании анализа результатов исследований установлено, что энергопотребление системы по сравнению с аналогами снижено, а время работы в автономном режиме без подзарядки элемента питания увеличено в 4–5 раз, при этом обеспечивается уверенная фиксация препятствий в диапазоне расстояний от 0,02 до 3 м в пределах диаграммы направленности ультразвуковых датчиков.

Список литературы

1. **Ершов, С. О.** Системы технического зрения с не визуальным представлением пространственной информации / **С. О. Ершов, П. Майер** // *Известия вузов. Приборостроение.* – 2008. – Т. 51, № 1. – С. 42–47. – doi: 10.1109/ICDSC.2007.4357528.
2. **Ершов, С. О.** Локальные и глобальные программно-аппаратные средства позиционирования и навигации для слепых / **С. О. Ершов, П. Майер, Е. Л. Баки-Бородов** // *Информатизация и связь.* – 2011. – № 1. – С. 58–62.
3. **Jayant, Sakhardande.** Arduino Based Mobility Canel / **Jayant Sakhardande, Pratik Pattanayak, Mita Bhowmick** // *International Journal of Scientific & Engineering Research.* – 2013. – Vol. 4, Issue 4. – p. 1163–1166.
4. Бюджетное устройство на базе Arduino для незрячих. URL: <https://future.d3.ru/biudzhetnoe-ustroistvo-na-baze-arduino-dlia-nezriachikh-open-hardware-750859>.
5. Ультразвуковые фонарики «Сонар-5УФ». URL: <https://www.sites.google.com/site/tehniceskiesredstvada/slepyh/1-ultrazvukovoj-fonar-sonar-5uf>.
6. Сонар для слепых на базе Arduino Mini Pro. URL: <http://meandr.org/archives/21701>.
7. **Shubham, Adhe.** Ultrasonic Smart Stick for Visually Impaired People / **Shubham Adhe, Sachin Kunthwad, Preetam Shinde, Mrs.V.S.Kulkarni** // *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE).* – 2015. – P. 11–15. – doi: 10.14257/ijunesst.2015.8.5.05.
8. **Osama, Bader.** 3D Ultrasonic Stick for Blind / **Osama Bader, AL-Barrm, Jeen Vinouth** // *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET).* – 2014. – Vol. 3, No. 3. – p. 108–114. – doi: 10.21172.
9. Энергопотребление Arduino. URL: https://www.arduino.md/arduino_power_consumption.
10. **Sylvain, Cardin.** Wearable Obstacle Detection System for visually impaired people / **Sylvain Cardin, Daniel Thalmann and Frederic Vexo** // *VR Workshop on Haptic and Tactile Perception of Deformable Objects.* – 2005. – P.

- 50 - 55.
11. **Костенко, В. Л.** Информационно-измерительная система контроля нормированных параметров производственных факторов / **В. Л. Костенко, А. А. Николенко, Е. Д. Поперека, М. В. Ядро, К. С. Тьманюк** // *Східно-європейський журнал передових технологій. Серія «Інформаційно-управляючі системи»*. – 2014. – Т. 3, № 9 (69). – С. 51–56. – doi: 10.15587/1729-4061.2014.25419.
 12. **Костенко, В. Л.** Інформаційна система вимірювання та контролю параметрів повітряного середовища / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьєв, М. В. Ядро, Д. О. Попов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ»*. – 2017. – № 23 (1245). – С. 117-122. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19.
 13. **Костенко, В. Л.** Ультразвуковой дальномер со звуковой индикацией на основе микроконтроллера STM32F100. / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьев, А. А. Николенко, М. В. Ядро.** // *Тр. 18-й Междуна. научно-практ. конференции «Современные информационные и электронные технологии» СИЭТ-2017*. – 2017, ОНПУ, С. 61–62.
 14. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. URL: www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf.
 15. STM32F100. URL: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f100rb.pdf>.
 16. Энергопотребление arduino – ARDUINO.MD. URL: https://www.arduino.md/arduino_power_consumption/arduino.md.
 17. STM8S. URL: http://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00190271.pdf.
 18. STM8L. URL: http://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00184503.pdf.
 19. 12.5 mm Piezo Buzzer 17855. URL: <https://solarbotics.com/product/17855>.
 4. Bjudzhetnoe ustrojstvo na baze Arduino dlja nezrjachih. Alaliable at: <https://future.d3.ru/bjudzhetnoe-ustrojstvo-na-baze-arduino-dlja-nezriachikh-open-hardware-750859>.
 5. Ul'trazvukovye fonariki «Sonar-5UF». Alaliable at: <https://www.sites.google.com/site/tehniceskiesredstvavla-slepyh/1-ultrazvukovoj-fonar-sonar-5uf>.
 6. Sonar dlja slepyh na baze Arduino Mini Pro. Available at: <http://meandr.org/archives/21701>.
 7. **Shubham, Adhe, Kunthewad, Sachin, Shinde, Preetam, Kulkarni, V. S.** Ultrasonic Smart Stick for Visually Impaired People. *IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering (IOSR-JECE)*, 2015, 11–15 - doi: 10.14257/ijunesst.2015.8.5.05.
 8. **Osama, Bader, Barrm, A. L., Vinouth, Jeen.** 3D Ultrasonic Stick for Blind. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology (IJLTET)*, 2014, 3, No. 3, 108–114. – doi: 10.21172.
 9. Jenergotreblenie Arduino. Available at: https://www.arduino.md/arduino_power_consumption.
 10. **Sylvain, Cardin, Thalmann, Daniel, Vexo, Frederic.** Wearable Obstacle Detection System for visually impaired peopl. *VR Workshop on Haptic and Tactile Perception of Deformable Objects*, 2005, 50 - 55.
 11. **Kostenko, V. L., Nikolenko, A. A., Popereka, E. D., Yadrova, M. V., Tymanjuk, K. S.** Informacionno-izmeritel'naja sistema kontrolja nomirovannyh parametrov proizvodstvennyh faktorov. *Shidno-evropejskij zhurnal peredovih tehnologij. Serija «Informacionno-upravljajushhie sistemy»*, 2014, 3, № 9 (69), 51–56. – doi: 10.15587/1729-4061.2014.25419.
 12. **Kostenko, V., Kondratyev, S., Yadrova, M., Popov, D.** Information system of measurement and control parameters of the air framework. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017, 23 (1245), 117-122. – doi:10.20998/2413-4295.2017.23.19.
 13. **Kostenko, V. L., Kondrat'ev, S. B., Nikolenko, A. A., Yadrova, M. V.** Ul'trazvukovoj dal'nomer so zvukovoj indikaciej na osnove mikrokontrollera STM32F100. *Tr. 18-j Mezhdun. nauchno-prakt. konferencii «Sovremennye informacionnye i jelektronnye tehnologii» SIET-2017*, 2017, ONPU, 61–62.

Bibliography (transliterated)

1. **Ershov, S. O., Majer, P.** Sistemy tehničeskogo zrenija s nevizual'nym predstavleniem prostranstvennoj informacii. *Izvestija vuzov. Priborostroenie*, 2008, 51, № 1, 42–47. – doi:10.1109/ICDSC.2007.4357528.
2. **Ershov, S. O., Mejer, P., Baki-Borodov, E. L.** Lokal'nye i global'nye programmno-apparatnye sredstva pozicionirovanija i navigacii dlja slepyh. *Informatizacija i svjaz'*, 2011, № 1, 58–62.
3. **Jayant, Sakhardande, Pattanayak, Pratik, Bhowmick, Mita.** Arduino Based Mobility Canel. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 2013, 4, Issue 4, 1163–1166.
14. Ultrasonic Ranging Module HC-SR04. Available at: www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf.
15. STM32F100. Available at: <http://www.st.com/resource/en/datasheet/stm32f100rb.pdf>.
16. Jenergotreblenie arduino – ARDUINO.MD. Available at: https://www.arduino.md/arduino_power_consumption/arduino.md.
17. STM8S. Available at: http://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00190271.pdf.
18. STM8L. Available at: http://www.st.com/resource/en/reference_manual/cd00184503.pdf.
19. 12.5 mm Piezo Buzzer 17855. Available at: <https://solarbotics.com/product/17855>.

Сведения об авторах (About authors)

Костенко Виталий Леонидович – доктор технических наук, профессор, Одесский национальный политехнический университет; кафедра металлорежущих станков, метрологии и сертификации, г. Одесса, Украина; e-mail: kv1777@ukr.net.

Vitaliy Kostenko – doctor of Technical Sciences, Professor, Odessa National Polytechnic University, department of Metal-cutting machines Metrology and Certification, Odessa, Ukraine; e-mail: kv1777@ukr.net.

Кондратьев Сергей Борисович – старший преподаватель, Одесский национальный политехнический университет, кафедра информационных систем, г. Одесса, Украина; e-mail: kv1777@ukr.net.

Sergey Kondratyev – major teacher, Odessa National Polytechnic University, department of Information Systems, Odessa, Ukraine; e-mail: kv1777@ukr.net.

Ядрова Марина Васильевна – кандидат технических наук, доцент, Одесский национальный политехнический университет, кафедра информационных систем, г. Одесса, Украина; e-mail: yadrova@onu.ua.

Marina Yadrova – Associate Professor, Odessa National Polytechnic University, Department of Information Systems, Odessa, Ukraine; e-mail: yadrova@onu.ua.

Попов Дмитрий Александрович – аспирант, Одесский национальный политехнический университет, кафедра электронных средств и информационно-компьютерных технологий, г. Одесса, Украина; e-mail: popov.d@ukr.net.

Dmitry Popov – graduate student, Odessa National Polytechnic University, Department electronic means and information-computer technology, Odessa, Ukraine; e-mail: popov.d@ukr.net.

Пожалуйста, ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Костенко, В. Л. Энергоэффективная система панорамного ультразвукового обнаружения препятствий для слепых / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьев, М. В. Ядрова, Д. О. Попов** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серия: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 47-55. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.07.

Please cite this article as:

Kostenko, V., Kondratyev, S., Yadrova, M., Popov, D. Energy efficient system of panoramic ultrasonic obstruction obstacles for the blind. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2018, **16** (1292), 47-55, doi:10.20998/2413-4295.2018.16.07.

Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Костенко, В. Л. Энергоэффективна система панорамного ультразвукового виявлення перешкод для сліпих / **В. Л. Костенко, С. Б. Кондратьєв, М. В. Ядрова, Д. О. Попов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 16 (1292). – С. 47-55. – doi:10.20998/2413-4295.2018.16.07.

АННОТАЦІЯ Розроблена енергоефективна система ультразвукового виявлення перешкод для сліпих. Показана можливість підвищення енергоефективності системи – розширення кута огляду, зниження енергоспоживання, підвищення часу автономної роботи від елемента живлення без підзарядки, за рахунок використання сучасної елементної бази, вибору оптимальної тактової частоти та алгоритму роботи мікроконтролера. Наведені результати розробки програмної моделі та коду програми роботи мікроконтролера. На основі даних досліджень був зібраний і випробуваний макет пристрою. Наявність трьох ультразвукових датчиків відстані дозволяє розширити кут огляду і визначити наявність перешкоди прямо перед людиною, а також зліва і праворуч від неї.

Ключові слова: ультразвуковий датчик; мікроконтролер; звуковий випромінювач; програмні коди; енергоспоживання.

Поступила (received) 28.04.2018