

УДК 004.51

Многоязычное устройство вывода информации для людей с проблемами зрения*

Е.А. БАРАБАНОВА¹, С.С. ГРАНКИН², Н.И. ШАПОШНИКОВА³

¹ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь». E-mail: ElizavetaAlexB@yandex.ru.

² 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, студент, направление «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». E-mail: tel.nex@yandex.ru.

³ 414056, РФ, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, Астраханский государственный технический университет, магистрант 1-го года обучения, направление «Инфокоммуникационные технологии и системы связи». E-mail: elvis-melvis@mail.ru

В настоящее время люди с проблемами зрения вынуждены страдать от массы неудобств при работе на компьютере. С бурным развитием информационных технологий мировое сообщество стало предлагать различные пути для решения данной проблемы, основанные как на аппаратном, так и на программном уровнях. Все их разработки сводились к тому, чтобы в значительной мере упростить процесс взаимодействия слабовидящего или полностью лишённого зрения человека с персональным компьютером (ПК). В работе приводится обзор разнообразных устройств вывода для слабовидящих и полностью лишённых зрения людей. В существующих устройствах найдены две основные проблемы, такие как высокая стоимость и ограничение в количестве символов, которые могут быть выведены на экран одновременно. Данные проблемы успешно решаются с помощью современных исследований в области экранов Брайля. Технологическая сложность производства, высокая стоимость сырья, а также ограниченные инвестиции привели к высокой себестоимости экранов Брайля, столь востребованных аппаратных устройств для людей с проблемами зрения. В статье описывается процесс проектирования и разработки устройства многоязычного экрана (дисплея) Брайля, который позволит пользователям читать текстовые файлы с ПК, особенно поможет слабовидящим студентам в университетах. Устройство будет иметь возможность воспроизводить звук, который соответствует отображаемому символу. То есть аудиосистема поможет незрячим людям различать схожие символы при их выводе на экран. Связь устройства и ПК будет осуществляться по USB-шине. В статье сформулировано проектное решение такого устройства, которое состоит из аппаратной части и программного обеспечения (ПО) для трансляции текста на экран, настройки и мониторинга. Также приводятся материалы и методы, используемые для реализации многоязычного экрана (дисплея) Брайля. Для наглядного представления аппаратной части и назначения каждого комплектующего рассматривается структурная схема устройства. Авторами затронута задача тестирования устройства, решаемая в два этапа: на первом этапе – тестирование ПО, на втором – аппаратных составляющих. Непрерывное развитие подобных устройств является необходимым условием для полноценного взаимодействия людей с про-

* Статья получена 11 октября 2016 г.

блемами зрения с ПК. Основными преимуществами данной разработки являются ее низкая себестоимость, поддержка нескольких языков, звуковые функции. Кроме того, многие функции будут программируемыми, т. е. будет возможность настроить устройство под каждого пользователя в отдельности.

Ключевые слова: многоязычный дисплей Брайля, устройство вывода, передача данных, аппаратные составляющие, микросхемы, шрифт Брайля, ячейки Брайля, пьезоэлементы, электроактивные полимеры, программа управления дисплеем Брайля, структура устройства, тестирование устройства

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-4-110-120

ВВЕДЕНИЕ

Идея создания шрифта для незрячих принадлежит Луи Брайлю. В 1824 году, будучи лишенным зрения еще в юном возрасте, он разработал рельефно-точечный шрифт для людей с проблемами зрения [1]. В 1852 году его методом пользовались в основном в стенах Королевского Института для слепых и немногочисленные энтузиасты за его пределами. Но уже в 1854 году метод Брайля был официально признан во Франции и начал распространяться в европейских странах.

А в 1878 году на Всемирном конгрессе в Риме метод Брайля был утвержден как наиболее подходящий метод чтения и письма для слепых людей. В настоящее время данный метод используется во всем мире.

В России о шрифте Брайля в середине XIX века сначала узнали слепые-одиночки. Первая же книга, напечатанная по системе Брайля, была издана в 1885 году. В 1895 году Петербургский институт слепых приобрел три наборные машины и приступил к изданию книг по системе Брайля [1–3].

Система Брайля представляет собой метод, который преобразует буквы в комбинации точек. Вся система комбинаций состоит из пяти основных строк и двух дополнительных: в первых пяти строках по десять знаков, в первой дополнительной – шесть знаков, во второй – семь. Всего в системе 63 знака.

Первая строка системы является основной. Знаки на этой строке состоят из комбинаций, составленных из 1-й, 2-й, 4-й, 5-й точек. На ее основе построены последующие четыре строки. Вторая строка создавалась путем добавления 3-й точки к каждому знаку первой строки. Добавлением 3-й и 6-й точек к знакам первой строки создавалась третья строка системы. Четвертая строка была образована из первой строки с добавлением к ней только одной 6-й точки. Пятая строка была образована путем смещения точек первой строки на вторую и третью горизонтали шеститочия, т. е. знаки состоят из комбинаций 2-й, 3-й, 5-й и 6-й точек.

Первая дополнительная строка состоит из шести знаков, образованных из комбинаций 3-й, 4-й, 5-й и 6-й точек. Вторая дополнительная строка состоит из семи знаков и образована из комбинаций 4-й, 5-й и 6-й точек.

Пятая строка была взята для обозначения знаков препинания, скобок, кавычек, звездочек. Знаки первой дополнительной строки предназначены для использования отдельных обозначений в математике и брайлевом письме. Последняя строка была взята для обозначения октав в нотной системе. Для обозначения цифр была взята первая строка системы, но чтобы не спутать буквы с цифрами, перед цифрами ставится особый знак (цифровой знак).

В музыке кроме семи октавных знаков для обозначения нотного письма используется все многообразие обозначений системы Брайля. То же самое можно сказать и о записях по химии, физике, математике и другим наукам. Все это было введено в систему, чтобы сделать чтение более динамичным и быстрым [1–3].

В настоящий момент еще не придумали технологию, которая могла бы заменить систему Брайля. Использование шрифта Брайля позволяет незрячим людям тактильно считывать текстовую информацию. Считывание может происходить как по шести, так по восьми тактильным точкам. Расположение и наличие точек кодируется таким образом, чтобы соответствовать каждому символу алфавита [4].

Быстрое развитие информационных технологий подтолкнуло инженеров и программистов к созданию подобных систем с целью облегчить взаимодействие незрячих и плохо видящих людей при работе на ПК. Однако стоимость на такие устройства остается высокой по сей день, что препятствует их доступности конечным пользователям.

Многоязычный дисплей Брайля со встроенной аудиосистемой может оказать значительную помощь слабовидящим при работе на компьютере; это особенно поможет слабовидящим студентам в университетах. Кроме того, аудиосистема помогает незрячим людям различать схожие символы при их выводе на экран.

Следовательно, разработка многоязычного устройства вывода информации для людей с проблемами зрения является актуальной задачей [5].

ПОИСК АНАЛОГОВ

За последние десятилетия инженерами со всего мира было спроектировано и разработано большое количество разнообразных устройств вывода для слабовидящих и полностью лишенных зрения людей. В конце 1990 года на свет появилось устройство, названное «Брайль Лайт» (Braille Lite), производства Blazie Engineering (Великобритания). Устройство могло выводить до 18 динамически обновляемых символов, что позволяло незрячим и слабовидящим бегло ознакомиться с содержанием текстового документа. Тем не менее цена на устройство оставалась достаточно высокой, что затрудняло приобретение его людьми с проблемами зрения.

Компания Telesensory (Сингапур), чтобы хоть как-то помочь людям с проблемами зрения, разработала устройство под названием Optacon. Это устройство создавало объемный шрифт, позволяя пользователям тактильно определить и прочесть букву и текст в целом. Это было реализовано с помощью вибрационных металлических стержней, которые перемещались по печатной странице, преобразовывая изображение на письме в тактильные импульсы. Устройство оказалось крайне непрактичным для использования, вызывая массу неудобств при чтении документа.

В 2001 году Scott Stoffel разработал устройство под названием Palm Braille. Это устройство подключалось к параллельному порту компьютера и, считывая символы из файла, позволяло выводить их на экран. Пользователи устройства тактильно определяли, какой символ сейчас выведен на дисплей. Проблема Palm Braille была в том, что он мог считывать по одному символу с большой задержкой [6].

Для того чтобы облегчить незрячим чтение книг, компания Benetech (США) перевела более 7000 книг в шрифт Брайля и выложила их в открытый доступ в сети Интернет. Это действительно помогло людям с проблемами зрения, они скачивали книгу, распечатывали ее на принтере Брайля и читали ее уже с печатных листов [7].

Кроме того, в 2001 году компания Optelec (Нидерланды) представила Alva Refreshable Braille вместе с Alva 570 Satellite Pro. Alva Refreshable Braille была оснащена обновляемыми восемью точечными клетками и подсоединялась по USB-шине к ПК. Alva 570 Satellite Pro содержала уже 80 клеток, что позволяло незрячим и слабовидящим полноценно читать текст. С одной стороны, появление двух этих устройств должно было решить проблемы, которые раньше стояли на первом месте; с другой стороны, стоимость данных устройств значительно возросла и составляла порядка 5000 долларов США, что и сейчас является очень дорого [8].

Проблема старых устройств заключалась в том, что для вывода информации на дисплей затрачивалось большое количество времени. Использование динамически обновляемых клеток решило эту проблему, к тому же дисплеи Брайля теперь состояли либо из 40, либо из 80 клеток, что значительно упрощало чтение текста, и для подключения к ПК теперь использовалась USB-шина.

Современная инновационная разработка, которая обеспечивает эффективный процесс чтения, носит название Rotating Text to Braille. Это устройство делает процесс чтения непрерывным, так как все символы расположены на крутящейся пластине, скорость вращения которой регулируется самим пользователем. Основным преимуществом этого устройства является то, что оно стоит немного больше, чем 2000 долларов, что дешевле по сравнению с ранее описанными устройствами. Однако данное устройство имеет серьезный недостаток: пользователи не могут вернуться к той части текста, которую они уже читали, так как диск постоянно вращается в одном направлении.

Современные исследования в области дисплеев Брайля решают две основные проблемы, найденные в существующих устройствах. Первая из них – высокая стоимость устройств, вторая – небольшое количество символов, которые могут быть отображены дисплеем одновременно.

Новая концепция разрабатывается исследователями в государственном университете Северной Каролины, США. Эта концепция называется «гидравлический и замковый механизм». Этот механизм использует электроактивные полимеры как приводы. Точки можно рассматривать как крошечные контейнеры, наполненные жидкостью. При подаче напряжения стенки контейнеров будут сжиматься и выдавливать жидкость вверх, создавая небольшое вздутие в верхней части. После чего замковый механизм фиксирует положение точки и выдерживает тем самым нагрузку, создаваемую пальцами читающего. Полимеры, используемые в данном проекте, довольно дешевы по сравнению с пьезоэлементами, используемыми в классических дисплеях Брайля. Данная концепция решает главную проблему, связанную с конечной ценой устройства. Данный механизм позволит создавать целые страницы с тактильно-точечным шрифтом, а также выводить изображения и другие данные [9].

К сожалению, концепция «гидравлического и замкового механизма» все еще находится в стадии разработки. Не было проведено экспериментов, доказывающих справедливость этой теории, хотя исследователи представили свои доклады о гидравлической части концепции, доказывающей целесообразность этой технологии, однако фиксирующий механизм все еще нуждается в весомых аргументах о правильности данной теории.

Промышленная эксплуатация концепции «гидравлического и замкового механизма» решит все проблемы, связанные с устройствами отображения шрифта Брайля. Во-первых, электроактивные полимеры, которые используются в качестве приводов, дешевы; таким образом, решается вопрос стоимости устройства. Во-вторых, целая страница может отображаться с помощью этого механизма. Это решает проблему низкого качества символов, которые могут быть отображены одновременно в современных устройствах. В-третьих, этот механизм может также решить проблему графического представления информации. Это позволит выводить изображения на тактильные дисплеи. Изображения будут представлены в виде выпуклых точек, каждая из которых представляет собой пиксель.

АППАРАТНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО УСТРОЙСТВА

Предлагаемое проектное решение создания данного устройства условно можно разделить на две составные части: само устройство и программное обеспечение. Аппаратная часть данного устройства будет содержать в себе управляемые элементы, такие как ячейки вывода символов, также вычислительно-коммутационную часть, реализованную на базе 8-битного микроконтроллера, а также двойную систему питания: на 5 и 120 вольт. В этом разделе подробно рассмотрены материалы и методы, используемые для создания данного устройства.

На рис. 1 показана 8-точечная ячейка вывода символов Брайля фирмы Metec AG (Штутгарт, Германия), которая представляет собой пьезоэлектрический привод, известный также под названием Braille cell P20. При подаче определенного сигнала (комбинация логических единиц и нулей) на вход ячейка образует соответствующий символ шрифта Брайля [10].

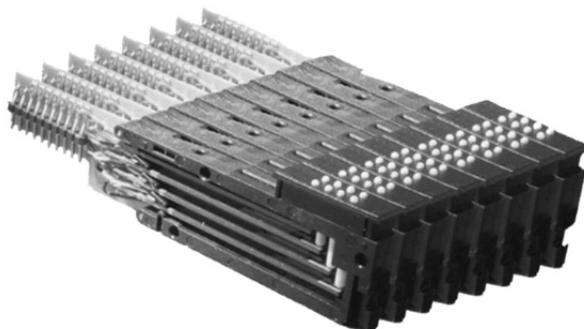


Рис. 1. Внешний вид ячеек Брайля Braille cell P20

Микросхемы HV507 (64 канала) и HV9308 (32 канала) производства Supertex Inc. (США) представляют собой параллельные сдвиговые регистры в каскадном исполнении. Они позволяют, используя всего 3 пина микроконтроллера, увеличить число выходов до 96, которые используются для управления ячейками Брайля [11, 12].

ATmega328P – это однокристалльный 8-разрядный микроконтроллер компании Atmel Corporation (США). Данный микроконтроллер отвечает за все вычисления, которые производит устройство. Микроконтроллер принимает входные данные, обрабатывает их и посылает импульсы для управления выходной мощностью [13].

Для написания кода, отвечающего за взаимодействие компьютера с устройством посредством USB-порта, используется язык программирования Си.

Двойной блок питания используется для преобразования входного напряжения 220 В переменного тока в 5 В и 200 В постоянного тока, необходимого для функционирования микроконтроллера и ячеек Брайля соответственно. Источники питания состоят из одного повышающего и двух понижающих трансформаторов, выпрямителя и сглаживающего фильтра.

Устройство управляется с помощью нескольких клавиш управления: контрольные переключатели «Вкл.» и «Выкл.», кнопки со стрелками, которые контролируют, какие символы будут отображаться. Кроме того, добавлена кнопка, чтобы побудить произнесение выводимых символов. Необходим персональный компьютер или ноутбук, работающий на операционной системе Windows XP/7-10.

Посредством последовательной шины USB осуществляется обмен данными между ПК и дисплеем Брайля. Устройство спроектировано и собрано в соответствии с международными мерами электрической безопасности. Технологии, используемые для реализации проекта, делятся на две части: программное обеспечение и аппаратная часть [14].

ПРОГРАММА УПРАВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВОМ

Программное обеспечение, написанное на языке Си, позволяет транслировать текстовый файл на дисплей Брайля, а также производить настройку и мониторинг устройства. Программа имеет возможность взаимодействовать с приложениями экранного доступа, такими как NVDA, выбрать режим кодирования символов (6 или 8 точек), выбрать язык, включить и выключить звуковые функции и многое другое. На рис. 2 показан внешний вид программы управления дисплеем Брайля.

Программа позволяет одновременно работать с NVDA и производить чтение текстового файла, при этом навигация по файлу будет осуществляться с помощью функциональных клавиш на панели устройства.

После того как программа произвела чтение файла, она преобразует каждый символ текста в соответствующий двоичный код. Каждые десять обработанных символа по USB шине передаются в память микроконтроллера и выводятся на дисплей. После каждой такой операции микроконтроллер формирует три потока данных, которые содержат в себе информацию о состоянии управляющих клавиш, отчет об ошибках и состоянии самого устройства [15].

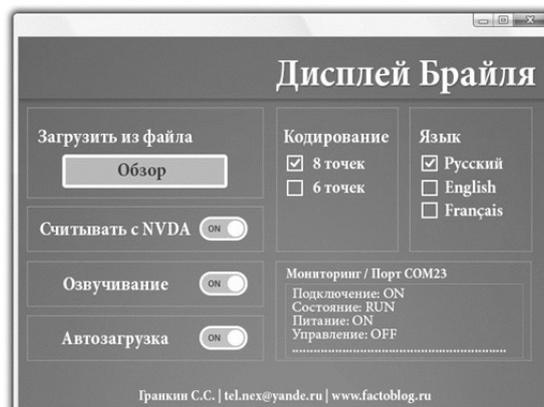


Рис. 2. Внешний вид программы управления дисплеем Брайля

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА

Показанная на рис. 3 структурная схема аппаратной части позволяет наглядно понять назначения каждой комплектующей части устройства. Данные в двоичном формате передаются от ПК по USB-порту в память микроконтроллера, после чего отправляются в сдвиговый регистр. Данный сдвиговый регистр мультиплексирует пришедшие к нему данные и последовательно транслирует их на 80 выводов. Каждый 8 каналов адресованы определенной ячейке Брайля, и каждый канал, в свою очередь, соединен с определенной точкой (штифтом) ячейки. Таким образом, когда определенный канал дает высокое напряжение 5 В, то напряжение 200 В, подаваемое на блок управления ячейкой Брайля, заставляет соответствующий контакт подняться. Соответственно, при подаче напряжения 0 В соответствующий контакт опускается.



Рис. 3. Структурная схема устройства

У пользователя имеется 6 кнопок управления: клавиши навигации по тексту, звуковая клавиша и кнопка включения. Клавиши навигации позволяют выводить следующие (предыдущие) десять символов, а также перемещаться от одного предложения к другому. Данная функция должна помочь слабовидящим быстро находить нужную информацию в большом объеме текста. В случае если пользователь не может понять, какой символ сейчас выведен на экран, то он может воспользоваться звуковой клавишей, команда

от которой воспроизведет на ПК последние десять символов, выведенных на дисплей устройства. Внешний вид устройства показан на рис. 4.

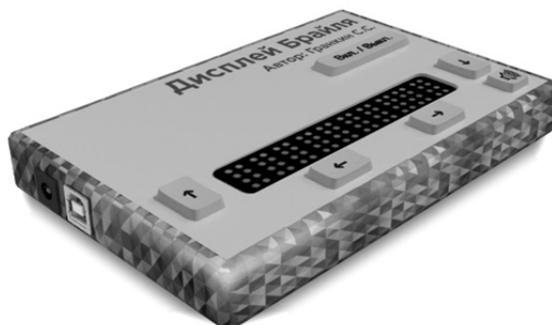


Рис. 4. Внешний вид устройства

Двойной блок питания с входным напряжением в 220 В предназначен для подачи напряжения в 5 В на микроконтроллер и в 200 В на ячейки Брайля.

Предполагается, что тестирование устройства будет проходить в два этапа. Первый этап предполагает тестирование программного обеспечения для компьютера. Планируется подать большое количество символов на вход. Программа, в свою очередь, должна будет конвертировать все символы в двоичный код, который соответствует определенному символу шрифта Брайля. С помощью командной строки необходимо проследить за данным процессом и на основании полученных данных сравнить результаты с табличными данными.

Вторая часть этапа предполагает тестирование аппаратных комплектующих, при условии что сборка выполнена верно и механических дефектов не наблюдается. В случае если первый этап прошел успешно, с помощью встроенных средств мониторинга в программу необходимо протестировать работу вывода информации на дисплей, работу всех клавиш и звуковых функций. Также необходимо с помощью контрольно-измерительных приборов замерить максимальную потребляемую мощность устройства, она не должна превышать 1 Ватта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Слабовидящие люди в России составляют важную часть российского общества. Несмотря на высокий уровень развития информационных технологий, они по-прежнему испытывают значительные трудности при работе на ПК. К тому же тщательный анализ рынка устройств для слепых показал незначительную озабоченность мирового сообщества в этом вопросе. В связи с этим и возник вопрос об отечественной разработке многоязычного дисплея Брайля. Низкая стоимость конечного устройства должна сделать его более доступным для людей с ограниченными возможностями по сравнению с зарубежными аналогами.

Разработанный в ходе данного исследования многоязычный дисплей является важной составной частью программно-аппаратного комплекса для обучения людей с ограниченными возможностями [16]. Использование ин-

терактивной системы в сочетании с многоязычным дисплеем Брайля позволит слабовидящим и слепым получать полноценное высшее образование на базе учебных кабинетов или дистанционно, посредством сети Интернет.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петров Ю.И.* Обучение взрослых слепых письму и чтению по брайлю: методическое пособие. – М.: ВОС, 1998. – 25 с.
2. *Никулина Г.В.* Обучение письму и чтению по системе Брайля. – СПб.: Речь, 2010. – 576 с.
3. *Рогошин В.К.* Основные принципы создания «Русской азбуки для слепых детей» в контексте новой методики их обучения брайлевской грамоте // Современные подходы к обучению, воспитанию и реабилитации детей с глубокими нарушениями зрения: материалы городской научно-практической конференции. – СПб., 2002. – С. 35–41.
4. *Фирсов М.В., Студенова Е.Г.* Теория социальной работы: учебное пособие для вузов. – М.: Владос, 2008. – 423 с.
5. *Курбатов В.И.* Социальная работа. – Ростов н/Д.: Феникс, 2009. – 576 с.
6. The design and development of a multi-lingual Braille system output device with audio enhancement / M.J. Owayjan, T.Z. Wehbe, E.Y.B. Daher, O.A. Ayoub // Journal of Software Engineering and Applications. – 2013. – N 6. – P. 289–295. – doi: 10.4236/jsea.2013.65036.
7. *Kapperman G., Sticken J.* Using the Braille Lite to study foreign languages // Journal of Visual Impairment & Blindness. – 2003. – Vol. 97, N 11. – P. 1–13.
8. The integration of novel EAP-based Braille cells for use in a refreshable tactile display / N. Di Spigna, P. Chakraborti, D. Winick, P. Yang, T. Ghosh, P. Franzone // Proceedings of the 12th International Conference on Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2010. – San Diego, 2010. – 9 p.
9. *Bryant J.F.* Louis Braille, teacher of the blind. – New York: Chelsea House Publ., 1994. – 111 p.
10. Modul P16. Datasheet [Electronic resource]. – URL: <http://www.metec-ag.de/P16.pdf> (дата обращения: 14.12.2016).
11. 64-Channel serial to parallel converter with high voltage push-pull outputs [Electronic resource]. – URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/hv507.pdf> (accessed: 14.12.2016).
12. 32-Channel serial to parallel converter with high voltage push-pull outputs [Electronic resource]. – URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/HV9308%20B072213.pdf> (accessed: 14.12.2016).
13. *Paulson L.D.* Blind, deaf engineer develops computerized Braille machine // Computer. – 2002. – Vol. 35, N 12. – P. 27.
14. *Рассел Д.* Шрифт Брайля. – М.: ВОС, 2012. – 88 с.
15. Мультиязычный конвертер символов шрифта Брайля: свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2016611888 / С.С. Гранкин. – Зарег. 12.02.16.
16. *Мальцева Н.С., Барабанова Е.А., Гранкин С.С.* Методика интерактивного обучения лиц с ограниченными возможностями // Вестник АГТУ. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2015. – № 3. – С. 122–128.

Барабанова Елизавета Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – перспективные высокоскоростные коммутационные системы. Имеет более 30 публикаций, в том числе 2 монографии. E-mail: ElizavetaAlexB@yandex.ru.

Гранкин Сергей Сергеевич, студент Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – сети инфокоммуникаций. Имеет одну публикацию. E-mail: tel.nex@yandex.ru.

Шапошникова Наталья Ивановна, магистрант 1-го года обучения кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета. Основное направление научных исследований – сети инфокоммуникаций, моделирование сетей связи. Не имеет публикаций. E-mail: elvis-melvis@mail.ru.

A multilingual output device for people with eyesight problems*

E.A. BARABANOVA¹, S.S. GRANKIN², N.I. SHAPOSHNIKOVA³

¹ Astrakhan State Technical University, 16 Tatischeva Street, 414056, Astrakhan, Russian Federation, PhD (Eng.) associate professor. E-mail: ElizavetaAlexB@yandex.ru.

² Astrakhan State Technical University, 16 Tatischeva Street, 414056, Astrakhan, Russian Federation, student. E-mail: tel.nex@yandex.ru.

³ Astrakhan State Technical University, 16 Tatischeva Street, 414056, Astrakhan, Russian Federation, 1st year master student. E-mail: elvis-melvis@mail.ru.

Nowadays people with problems of sight suffer from many inconveniences during work on the computer. With rapid development of information technologies, the world community began to offer various ways of solving this problem based on both hardware and software levels. All the developments were aimed to considerably simplify the process of interaction of visually impaired or blind people with the personal computer (PC). An overview of various output devices for the visually impaired and blind people is presented in the paper. Two main problems such as a high cost and the limitation on the number of characters which can be displayed at the same time are found in the existing devices. Current research in the field of Braille's screens help to successfully solve these problems. The technological complexity of production, a high cost of raw materials, as well as limited investments resulted in a high cost value of Braille's screens which people with sight problems need so much. The article describes the process of designing and developing the device with the Braille multilingual screen (display) which will allow visually impaired users, especially visually impaired students at universities, to read text files on PC screens. The device will have an ability to reproduce sounds which correspond to the displayed symbols. Thus the audio system will help blind people to differentiate similar symbols displayed on the screen. Communication of the device with the PC will be performed by the USB-bus. The design of such a device including its hardware and software to translate texts to the screen as well as to set and monitor the process is described in the article. In addition, the materials and methods to implement the Braille multilingual screen (display) are reported in the article. The block diagram of the device to visualize the hardware and the function of each accessory is considered. The authors also address the problem of testing the device which is solved in two stages. At the first stage software is tested and at the second stage hardware components are tested. Continuous development of similar devices is a necessary condition for full interaction of people with sight problems with the PC. The main benefits of the proposed device are its low cost value, support of several languages, and sound functions. Besides, many functions will be programmable, i.e. there will be an opportunity to adjust the device to every user.

Keywords: multilingual Braille's display, output device, data transmission circuits, hardware components, chips, Braille's font, Braille's cells, piezoelectric elements, electroactive polymers, program of Braille's display control, structure of the device, testing of the device

DOI: 10.17212/1814-1196-2016-4-110-120

* Received 11 October 2016.

The work was supported by the Ministry of education and science of the Russian Federation, project no 7.559.2011, state registration number of scientific research works 01201255056.

REFERENCES

1. Petrov Yu.I. *Obuchenie vzroslykh slepykh pis'mu i chteniyu po brailyu* [Adult education of the blind to read and write in Braille]. Moscow, VOS Publ., 1998. 25 p.
2. Nikulina G.V. *Obuchenie pis'mu i chteniyu po sisteme Brailya* [Training in the letter and reading in Braille]. St. Petersburg, Rech' Publ., 2010. 576 p.
3. Rogushin V.K. [The basic principles of creation of "The Russian alphabet for blind children" in the context of a new technique of their training in the Braille diploma]. *Sovremennye podkhody k obucheniyu, vospitaniyu i reabilitatsii detei s glubokimi narusheniyami zreniya: materialy gorodskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Materials city it is scientific-practical conference "Modern approaches to training, education and rehabilitation of children with deep violations of sight"]. St. Petersburg, 2007, pp. 31–41. (In Russian)
4. Firsov M.B., Studenova E.G. *Teoriya sotsial'noi raboty* [Theory of social work]. Moscow, Vlados Publ., 2008. 423 p.
5. Kurbatov V.I. *Sotsial'naya rabota* [Social work]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2009. 576 p.
6. Owayjan M.J., Wehbe T.Z., Daher E.Y.B., Ayoub O.A. The design and development of a multi-lingual Braille system output device with audio enhancement. *Journal of Software Engineering and Applications*, 2013, no. 6, pp. 289–295. doi: 10.4236/jsea.2013.65036
7. Kapperman G., Sticken J. Using the Braille Lite to study foreign languages. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 2003, vol. 97, no. 11, pp. 1–13.
8. Spigna N. di., Chakraborti P., Winick D., Yang P., Ghosh T., Franzon P. The integration of novel EAP-based Braille cells for use in a refreshable tactile display. *Proceedings of the 12th International Conference on Electroactive Polymer Actuators and Devices (EAPAD) 2010*. San Diego, 2010. 9 p.
9. Bryant J.F. *Louis Braille, teacher of the blind*. New York, Chelsea House Publ., 1994. 111 p.
10. *Modul P16. Datasheet*. Available at: <http://www.metec-ag.de/P16.pdf> (accessed 14.12.2016)
11. *64-Channel serial to parallel converter with high voltage push-pull outputs*. Available at: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/hv507.pdf> (accessed 14.12.2016)
12. *32-Channel serial to parallel converter with high voltage push-pull outputs*. Available at: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/HV9308%20B072213.pdf> (accessed 14.12.2016)
13. Paulson L.D. Blind, deaf engineer develops computerized Braille machine. *Computer*, 2002, vol. 35, no. 12, p. 27.
14. Russell J. *Shrift Brailya* [Braille's font]. Moscow, VOS Publ., 2012. 88 p. (In Russian)
15. Grankin S.S. *Mul'tiyazychnyi konverter simvolov shrifta Brailya* [Multi converter Braille characters]. The Certificate on official registration of the computer program. No. 2016611888, 2016. (In Russian, unpublished)
16. Mal'tseva N.S., Barabanova E.A., Grankin S.S. Metodika interaktivnogo obucheniya lits s ogranichennymi vozmozhnostyami [The technique of interactive training of persons with disabilities]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika – Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*, 2015, no. 3, pp. 122–128.