

УДК 681.32

А.Б. Бережной, Д.К. Деревянко, С.Ю. Миронов, С.В. Теплинский
Донецкий национальный технический университет
кафедра компьютерных наук и технологий

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА-ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ КООРДИНАЦИИ ДВИЖЕНИЙ

Аннотация

А.Б. Бережной, Д.К. Деревянко, С.Ю. Миронов, С.В. Теплинский
Разработка медицинского тренажера. Выполнен обзор разработки
медицинского тренажера для восстановления координации движений.

Ключевые слова: опорно-двигательный аппарат, гироскоп, акселерометр,
bluetooth-модуль, микроконтроллер.

Введение.

В настоящее время, лечение сложных заболеваний опорно-двигательного аппарата таких как ДЦП, производственные травмы, нарушения после инсульта, невозможно представить себе без компьютерной техники, которая применяется как для диагностики, так и для лечения.

В данной работе описывается основная концепция и процесс разработки устройства-тренажера для развития и восстановления координации движений на базе датчика ускорения (акселерометра) и гироскопа. Устройство способно выполнять следующие базовые функции:

1. Динамический сбор данных о производимом движении с помощью блока регистрации движений.
2. Передача данных по радиоканалу от блока к основной станции.
3. Вывод на телеэкран тренировочной обучающей программы, заставляющей пациента проделывать определенные манипуляции конечностью (рукой).
4. Отправка данных о движении в персональный компьютер, с целью анализа и сравнения с эталонными значениями.
5. Загрузка тренировочной программы в виде отдельного модуля с внешнего носителя (SD-карты).

Структурная схема устройства и принцип действия

Устройство состоит из двух частей: основной блок и блок регистрации движения. Структурная схема устройства приведена на рисунке 1.

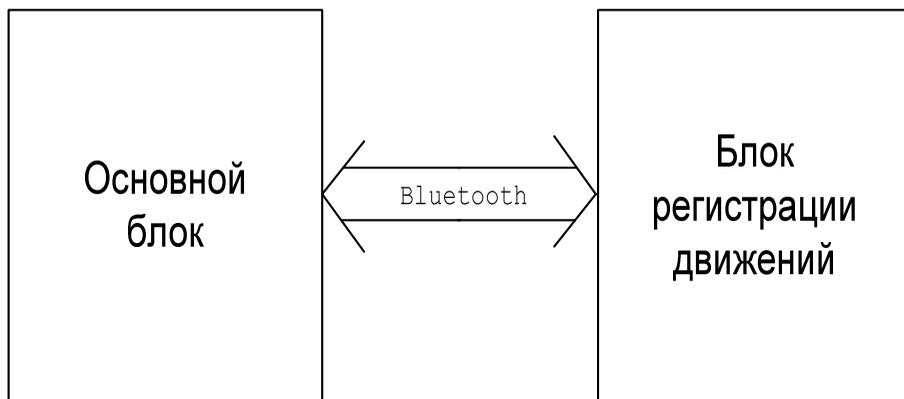


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Устройство работает по следующему принципу. При запуске основного блока на экране телевизора появляется тренировочная программа, которая заставляет пациента выполнять определенные действия (движения) поврежденной конечностью. Данные о движении с помощью закрепленного на конечности блока регистрации движений оцифровываются и отправляются по радиоканалу в основной блок, где в зависимости от этих данных происходит изменения в логике работы тренировочной программы, которые отражаются на телеэкране в виде перемещения каких-либо объектов, их совмещения и т.д.

Медицинский эффект в данном случае достигается за счет многократных циклических повторений определенных движений, что приводит к развитию двигательных навыков, закреплению динамических стереотипов и тренировке координации движений. Поскольку в ходе выполнения разучиваемого движения оно оцифровывается, то имеется возможность сравнить его с оцифрованной моделью эталонного движения. При этом о прогрессе в лечении будет свидетельствовать приближение показателей к эталонной модели движения.

Описание блока регистрации движений

Данная часть устройства предназначена для замеров и фиксации параметров перемещения руки в пространстве. В качестве датчиков было выбрано два прибора: гироскоп и акселерометр.

Акселерометр - чувствительный элемент, который измеряет ускорение; ускорение – норма изменения скорости относительно времени. Ускорение – вектор, который имеет величину и направление. Единица измерения акселерометра g – ускорение свободного падения, которое равно 9.81. Акселерометры используются для измерения статического ускорения

(гравитация), наклонного положения объекта, динамического ускорения, рывков объекта, скорости, положение и вибрации объекта.

Гироскопом называется быстровигающееся вокруг своей оси (симметрии) тело; ось, вокруг которой происходит вращение, может изменять свое положение в пространстве. В электронике используются вибрационные микромеханические гироскопы — датчики угловой скорости.

С помощью сенсоров (гироскоп, акселерометр) выполняется контроль за перемещением руки в пространстве. С заданной частотой, данные передаются через последовательный интерфейс SPI в микроконтроллер, где фиксируются и преобразовываются к нужному виду. После этого информация поступает на вход Bluetooth-модуля через последовательный порт UART. Bluetooth-модуль служит для беспроводной передачи данных в главное устройства. На рисунке 2 изображена функциональная схема блока регистрации движений.

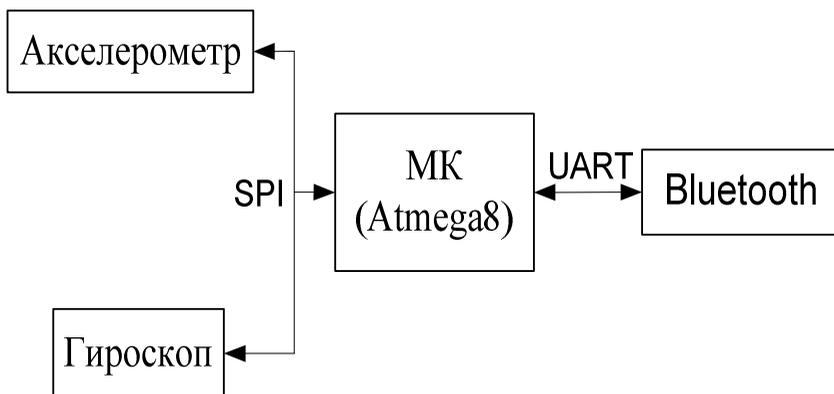


Рисунок 2 – Функциональная схема блока регистрации движений

Конструктивно блок состоит из следующих элементов:

1. *МК ATmega8L*. Управляет работой устройства, поддерживает перепрограммирование, что позволяет значительно модернизировать устройство без схемотехнических изменений. Обладает свойствами пониженного энергопотребления за счет снижения уровня питающего напряжения до 3,3 В. При этом имеет довольно высокое быстродействие (до 8 МГц с использованием внешнего кварцевого резонатора), 8Кb flash-памяти и 1Кb оперативной памяти.

2. *Гироскоп*. Реагирует на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета. Позволяет определять углы крена, тангажа и рысканья. Имеет встроенный

блок оперативной памяти и выход с цифровыми интерфейсами SPI/I²C, выбор которых определяется подключением микросхемы. Поддерживает несколько режимов работы (сквозной, потоковый, FIFO и т.д.).

3. *Акселерометр*. Измеряет проекцию кажущегося ускорения (разность между абсолютным ускорением объекта и гравитационным ускорением, точнее ускорением свободного падения). Имеет встроенные фильтры, поддерживает режимы пониженного энергопотребления и выход со скоростными интерфейсами SPI/I²C (до 10MHz), а также выходы внешних прерываний по завершению преобразования.

4. *Bluetooth-модуль*. Выполняет беспроводную передачу измеренных и обработанных данных непосредственно в главный модуль устройства.

5. *Кварцевый резонатор с частотой пульсации 8 МГц*. Генерация задающих импульсов для функционирования МК.

6. *Источник питания*.

Описание основного блока

Данный блок предназначен для обработки полученных данных и выполнение кода тренировочной программы, загружаемой с внешнего носителя (SD-карты). Блок имеет несколько режимов работы:

- тренировочный
- режим диагностики
- смешанный режим

В режиме тренировки блок выполняет код тренировочной программы, в зависимости от принятых данных о движении и организует вывод на телевизор изображение тренировочной программы.

В режиме диагностики блок принимает данные о движении от блока регистрации движений, и передает их на персональный компьютер по интерфейсу USB.

На персональном компьютере данные обрабатываются, систематизируются и сравниваются с эталонной моделью движения. Также по принятым данным строятся графики, позволяющие проанализировать плавность и точность движения. Схема блока изображена на рисунке 3.

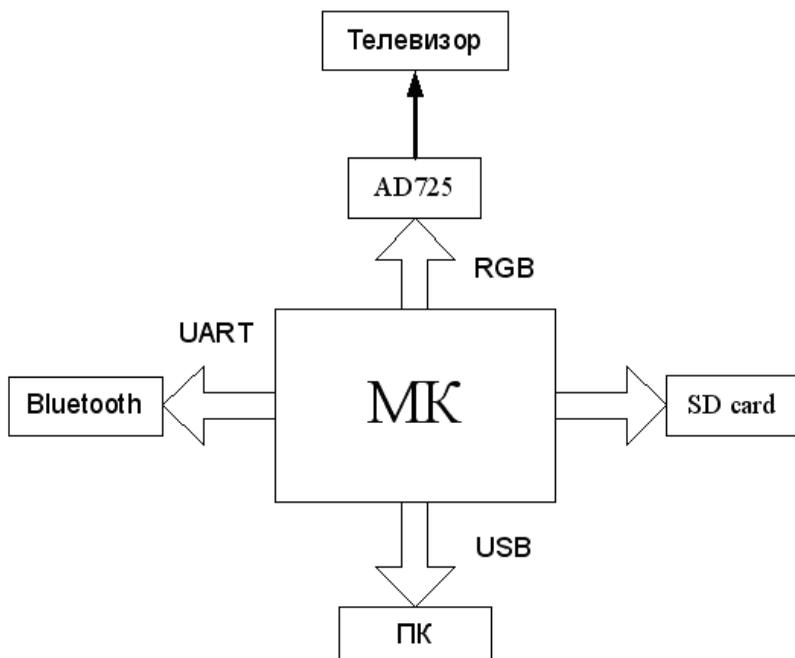


Рисунок 3– Функциональная схема основного блока устройства

Блок состоит из четырех основных частей:

1. **Микроконтроллер LPC2387FBD100.551.** Базируется на ядре ARM7, с разрядностью 32 бита и частоту 70 МГц. Объем flash-памяти контроллера составляет 1Мб. Оперативная память контроллера имеет ёмкость зависящую от используемой периферии, минимальный объем собственно оперативной памяти составляет 64 Кб, помимо этого имеется ещё два блока памяти по 16Кб, которые используются для работы с USB и Ethernet протоколами. Однако, при отсутствии необходимости в использовании какого-либо интерфейса данные блоки памяти могут использоваться как обычная оперативная память. Поскольку в данном устройстве нет необходимости в передаче данных по Ethernet протоколу, то объем оперативной памяти устройства составит $64+16=80$ Кб. Имеет встроенные интерфейсы UART,SD/MMC,USB, что существенно облегчает подключение периферии.

2. **RGB-NTCS конвертер AD725.** Позволяет преобразовывать цвета из формата RGB в телевизионный формат NTCS. Это позволит организовать вывод графического интерфейса тренировочной программы на телевизор. Таким образом, необходимость в персональном компьютере практически отпадает.

3. **Bluetooth модуль.** Представляет собой законченное устройство, которое позволяет организовать беспроводную передачу данных по радиоканалу от блока регистрации движения к основному блоку. Связь с модулем может быть организована по нескольким интерфейсам таким как: UART, SPI, USB. Был выбран интерфейс UART, как самый простой в работе, он позволит организовать довольно быструю скорость передачи. Работа с модулем будет заключаться в отправке данных от микроконтроллера к модулю по UART, модуль же в свою очередь отправит их по радиоканалу без посторонней помощи.

4. **SD-карта.** Представляет собой законченное устройство хранения данных подключаемое по интерфейсу SD/MMC к микроконтроллеру. На ней будут храниться и подгружаться в память микроконтроллера тренировочные программы.

Дополнительный функционал

Данное устройство представляет собой медицинский тренажер, однако оно может быть трансформировано в устройство другого типа, например манипулятор для работы с компьютером, или игровую приставку подключаемую к телевизору. Для этого необходимо реализовать на базе основного блока устройства систему с виртуальной машиной, которая позволит выполнять код программ записанных на SD-карту из оперативной памяти микроконтроллера, вместо кода, записанного во Flash-памяти.

Вывод

В ходе разработки данного устройства были изучены многие особенности схемотехники подобных устройств, также были изучены принципы работы с микроконтроллерами семейства ARM, а также основы передачи данных по радиоканалу с использованием Bluetooth-модуля. В заключении необходимо сказать, что разработка устройств подобного типа требует комплексного подхода к решению поставленной задачи, и имеет огромный потенциал для реализации любых идей.

Список литературы

1. Редькин П.П. 32/16-битные микроконтроллеры ARM7 семейства AT91SAM7 фирмы Atmel. – Додэка, 2008. – 704 с.
2. <http://easyelectronics.ru/category/avr-uchebnyj-kurs/>
3. <http://avrlab.com/>
4. Также использовалась техническая документация на электронные компоненты и документация по программной части:
5. datasheet на микроконтроллер Atmega8
6. datasheet на микроконтроллер LPC2387FBD100.551