

**РАЗРАБОТКА БЕСПРОВОДНОГО ЦИФРОВОГО ДАТЧИКА СОПРОТИВЛЕНИЯ****Янушкевич В.А., Новикова А.А., Цололо С.В.**

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина

[vadik.ya@gmail.com](mailto:vadik.ya@gmail.com), [luna9299@ya.ru](mailto:luna9299@ya.ru)**Аннотация:****Янушкевич В.А., Новикова А.А. Беспроводной цифровой датчик сопротивления.**

Разработано беспроводное устройство измерения сопротивления. В комбинации с любым датчиком, а в самом простом случае с потенциометром, дает возможность измерять, оцифровывать, передавать на компьютер и немедленно обрабатывать измеряемый сигнал. Устройство питается от 4 пальчиковых батареек. Со стороны компьютера используется стандартный HID драйвер, поэтому дополнительная установка драйверов не требуется.

**Введение**

Существует множество различных способов измерения сопротивления и оцифровки сигнала. Наиболее распространённым способом оцифровки сигнала является использование коммерческих готовых микросхем АЦП[1]. В данной работе рассматривается другой способ — измерение сопротивления, путём измерения скорости разряда конденсатора. Реализация этого способа значительно дешевле, чем использование коммерческих АЦП, а скорость работы устройства приемлема для многих задач. Для передачи на компьютер используется контроллер беспроводной клавиатуры, а управляет работой всей схемы микроконтроллер ATmega32.

**Управление клавиатурой с помощью цифрового сигнала**

Контроллер стандартной клавиатуры имеет 26 контактов, используемых для опроса состояний клавиш. Они разделены по назначению на 2 группы, по 13 контактов в каждой. Условно назовем их порт А и порт В. Часть платы контроллера клавиатуры изображена на рисунке 1.

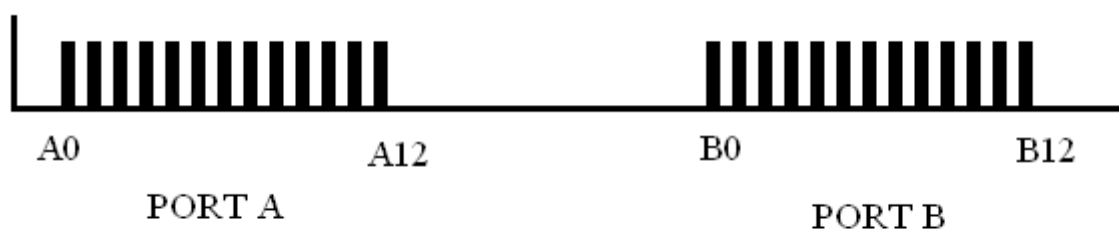


Рис. 1 – Контакты контроллера клавиатуры

К каждой клавише на клавиатуре подведен один из контактов порта А и один из контактов порта В. Если задействовать все пары контактов контроллера, то максимально возможное число клавиш  $13 * 13 = 169$ . При нажатии на клавишу соответствующие контакты портов А и В замыкаются. В контроллере порт А является портом ввода с подтягивающим резистором, это значит что у него высокое выходное сопротивление (порядка 40 кОм) и если он ни к чему не подключен, то на его выходе высокий уровень (3 вольта). Порт В является портом вывода, выходное сопротивление порядка 20 Ом. Большую часть времени все контакты порта В находятся в высоком уровне (на выходе 3 В).

Чтобы проверить состояние группы клавиш, связанных с конкретным контактом порта В, контроллер опускает напряжение на этом контакте в логический 0 (0В). Если нажата клавиша, связанная с этим контактом порта В, то низкий уровень пройдет через неё на соответствующий контакт порта А. Контроллер прочтает значение порта А, и таким образом определит, какие клавиши нажаты[2].

На рисунке 2 приведены контакты, используемые в данной работе для организации передачи данных. Так же, написанный рядом символ соответствует нажимаемой клавише в английской раскладке клавиатуры. Опрос клавиш контроллер проводит непрерывно, на частоте 200 Гц.

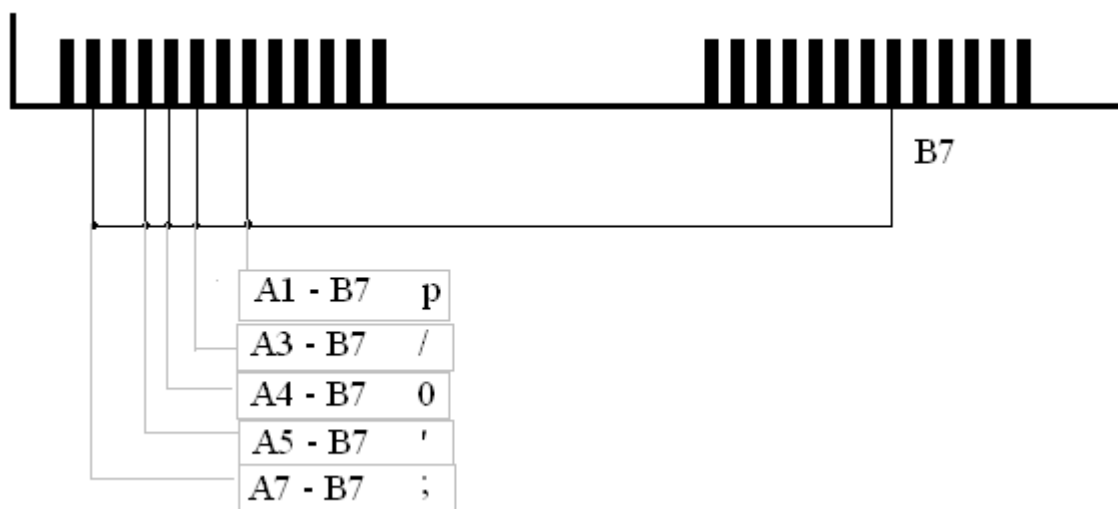


Рис. 2 — Используемые контакты и соответствующие им символы

Для того, что бы иметь возможность с помощью внешнего цифрового электрического сигнала (принимающего значения 0В и 5В) замыкать и размыкать контакты, используется схема, приведенная на рисунке 3.

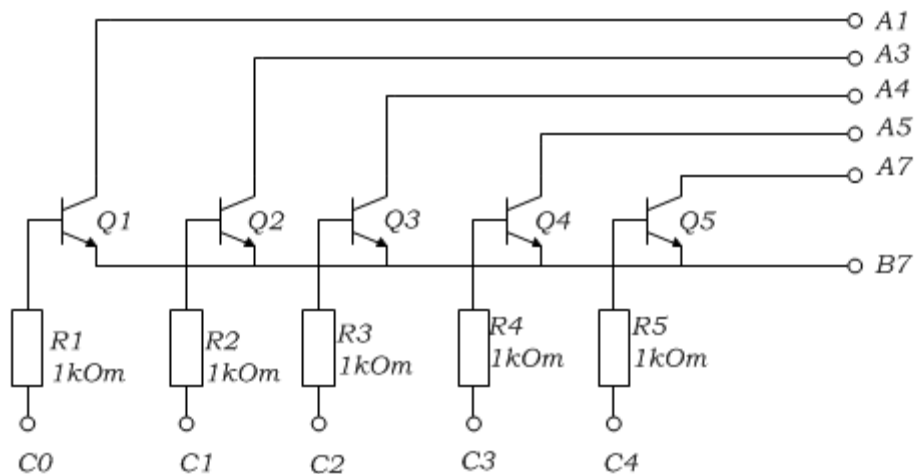


Рис.3 — Схема управления клавиатурой

Принцип действия схемы: напряжение на управляющих контактах C0..C4 может быть только 0В или 5В. Рассмотрим работу схемы для управляющего сигнала C0. Для остальных схема работает абсолютно аналогично. Когда C0 = 0В, то независимо от напряжения на выходе В7 транзистор Q1 закрыт, и его присутствие не влияет на работу схемы, цепь разомкнута. Если C0 = 5В, то транзистор Q1 находится в режиме насыщения при любом допустимом напряжении на линии В7 (от 0 до 3В). При этом напряжение на коллекторе Q1 полностью повторяет напряжение на эмиттере, что выглядит как замкнутая цепь.

### Измерение текущего сопротивления потенциометра

Для измерения сопротивления используется следующий способ: конденсатор подключен к цифровому порту ввода-вывода микроконтроллера. Он заряжается до напряжения питания через низкое сопротивление (порт в режиме вывода), потом запускается отчет времени, и конденсатор разряжается через потенциометр, порт при этом переключается в режим ввода, которому характерно высокое выходное сопротивление. Когда напряжение на конденсаторе упадет до 1.4В, значение логического уровня переключится, и отчет времени прекращается. Полученное время разряда пропорционально текущему сопротивлению потенциометра. Схема измерения приведена на рисунке 4. А0, А1 — ножки МК, цифровой порт А.

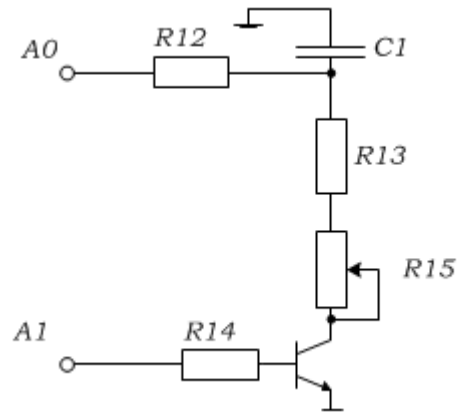


Рис.4 — Схема измерения сопротивления потенциометра

Транзистор в схеме применяется для того, что бы отключить на время заряда конденсатора цепь потенциометра, и таким образом напряжение, до которого зарядится конденсатор, не будет зависеть от текущего положения потенциометра.

Для обеспечения хорошей точности измерения необходимо выбрать элементы схемы таким образом, что бы время разряда при крайних положениях потенциометра отличалось примерно на порядок.

Формула времени разряда конденсатора через резистор:

$$V_C(t) = V(1 - e^{-\frac{t}{RC}}) \quad (1)$$

Необходимо подобрать R и C таким образом, что бы обеспечить время разряда с 5В (ВУ) до 1.4В (переключения логического уровня в 0) за время 0.02сек при максимальном сопротивлении, и за время 0.002сек при минимальном сопротивлении. При этом величина ёмкости постоянна в обоих случаях, а R отличается на 50кОм (сопротивление потенциометра). Время было выбрано из соображений точности, скорости работы микроконтроллера, и подобрано для наиболее точного соответствия реальным номиналам резисторов и конденсаторов.

Подставив значения в формулу 1, и решая систему уравнений, определяем значение резистора R13 и конденсатора C1.

$$\begin{aligned} (5 - U_{cen})(1 - e^{-\frac{0.002}{RC}}) + U_{cen} &= 1.4 \\ (5 - U_{cen})(1 - e^{-\frac{0.02}{(R+50000)C}}) + U_{cen} &= 1.4 \\ U_{cen} &= 0.1 \end{aligned} \quad (2)$$

Решая систему уравнений 2 относительно R и C, получаем приближенные номиналы резистора и ёмкости:

$$R13 = 5.5k\Omega, C = 1.1\mu F$$

Окончательный выбор номиналов элементов схемы:

$R12 = 220 \text{ Ом}$ ;  $R13 = 6.8 \text{ кОм}$ ;  $R14 = 1 \text{ кОм}$ ;  $R15 = 0..50 \text{ кОм}$ ;  $C1 = 1 \text{ мкФ}$ .

Измерения производятся с точностью 8 бит, для масштабирования измеренного времени в диапазон 1 байта используется программный коэффициент, при этом сопротивление  $R15=0$  принимается за 0, а сопротивление  $R15=50\text{кОм}$  за 255. На рисунке 5 приведена общая схема устройства.

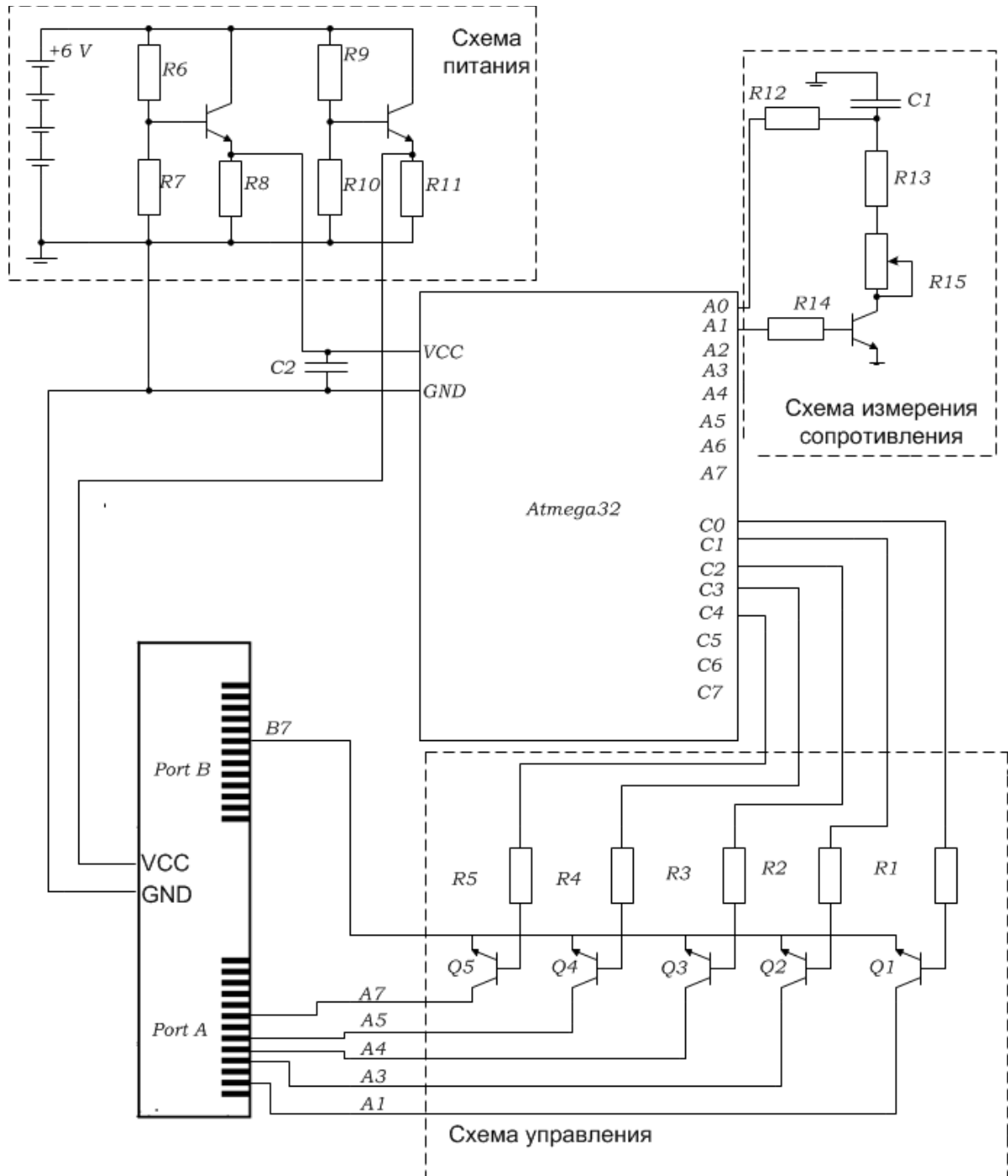


Рис.5 — Общая схема устройства оцифровки и передачи сигнала

Схема питания построена на батарейках и делителях напряжения. Номиналы резисторов:  $R6=110\text{Ом}$ ,  $R7=1.5\text{кОм}$ ,  $R8=5.6\text{кОм}$ ,  $R9=1.5\text{кОм}$ ,  $R10=2\text{кОм}$ ,  $R11=2.2\text{кОм}$ .

## Передача данных на компьютер

Разработанный протокол передачи данных предполагает возможность передачи одного байта за одну транзакцию.

Устройство разработано таким образом, что имеет возможность передавать только различные 5 символов. При этом символ A7 – B7 (контакт C4, значение в английской раскладке – ‘;’) используется как признак начала транзакции. Он используется для предотвращения отказа работы системы из-за одиночного сбоя. На принимающей стороне при получении этого символа необходимо завершить операцию приема байта и начать прием нового. Оставшиеся четыре символа используются для передачи информационной части байта. Каждый символ кодирует по 2 разряда. Передача начинается со старших разрядов.

Кодировка символов:

A7 – B7 (;) - старт передачи

A1 – B7 (p) - 00

A3 – B7 (\) - 01

A4 – B7 (0) - 10

A5 – B7 (') - 11

Например, пусть контроллером были переданы символы

;p'\

Тогда переданное число равняется  $00111101b = 0x3D = 61$ . Передача идет непрерывно и достигает скорости нескольких байт в секунду. Основное ограничение по скорости передачи, это частота опроса состояния клавиш контроллером клавиатуры.

## Выводы

В работе рассмотрены способы измерения сопротивления потенциометра и передача измеренного значения на компьютер с помощью беспроводной клавиатуры. Предложен способ измерения аналогового сигнала путем измерения скорости разряда конденсатора цифровым входом микроконтроллера. Преимуществом этого способа, перед использованием коммерческих АЦП, является цена. Точность измерения порядка 8 бит, время измерения – 0.02 секунды. Разработано устройство, реализующее измерение и передачу сигнала через беспроводной канал передачи, посредством клавиатуры. Скорость работы устройства ограничена, но удовлетворяет потребностям систем контроля, не требующих измерения чаще, чем несколько раз в секунду. Увеличить скорость работы можно, изменив протокол передачи и добавив дополнительные символы для кодирования передаваемого байта.

## Литература

1. Волович Г.И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств: Додэка-XXI, 2007.
2. SK5100/SK5101 FlexMatrix Keyboard Controller. – Sprintek Corporation, 2010. – 27с.