

## МЕТОДЫ РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕРФЕЙСА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ В МИКРОКОНТРОЛЛЕРАХ С ОГРАНИЧЕННЫМ ЧИСЛОМ ЛИНИЙ ВВОДА/ВЫВОДА

Д. А. Матвеев, А. В. Мускатиньев

Мордовский государственный университет им. Н. П. Огарева

**Аннотация.** В статье анализируются и предлагаются способы построения клавиатурного интерфейса, совмещенного с системой индикации, для реализации которых требуется меньшее количество линий ввода/вывода по сравнению с традиционными способами схемотехнического решения.

**Ключевые понятия:** микроконтроллер, дисплей, матричная клавиатура.

### Постановка задачи

Во многих случаях для реализации управляющих систем на основе микроконтроллера (МК) требуются не автономные МК системы, а интерактивные, требующие вмешательства человека для ввода в МК оперативной информации и ее отображения с помощью дисплея на семисегментных или других индикаторах<sup>1</sup>. В качестве устройств ввода/вывода (в/в) информации используют клавиатуры различного типа (цифровые, алфавитно-цифровые).

Существуют простые способы подключения кнопок клавиатуры и устройств отображения информации в МК, основанные на их прямом присоединении к портам в/в. Такой способ весьма удобен и прост когда число свободных линий в/в достаточно. При этом количество кнопок и знакомест дисплея обычно не превышает трех.

Наибольшее распространение получили матричные клавиатуры, представляющие собой матрицу двоичных переключателей, располагающихся на пересечении строк и столбцов матрицы. Столбцы матрицы подключаются через токоограничивающие резисторы к источнику питания МК. Для обслуживания матричной клавиатуры используется динамический метод опроса кнопок, заключающийся в том, что поочередно на каждую строку матрицы подается уровень логического нуля (бегущий ноль), во время действия которого осуществляется опрос (чтение) состояния столбцов. Если в какой то момент будет нажата клавиша, то потенциал соответствующего столбца станет равным нулю, и возникает возможность идентификации кода нажатой клавиши программным путем. Следует отметить, что программа обслуживания клавиатуры в общем случае может обеспечивать реализацию таких функций, как: защиту от дребезга контактов, защиту от одновременного нажатия двух клавиш, индикацию звука

и режим автоповтора (непрерывную выдачу кода символа при длительном нажатии на одну клавишу).

Несмотря на то, что число линий ввода/вывода для обслуживания такой клавиатуры невелико (например, для матрицы кнопок 4x4 требуется 8 линий), загрузка процессора значительна, и использование его для решения дополнительных задач, в частности обслуживание дисплея на несколько разрядов, становится проблематичным.

В статье предлагаются и обсуждаются способы совместного обслуживания клавиатуры и многоразрядного дисплея с использованием 8 разрядных МК, в том числе и в компактных корпусах с малым числом линий ввода/вывода.

### Метод решения

Принципиальная схема интерфейса пользователя для обслуживания 7 сегментного индикатора на 9 разрядов и клавиатуры из 10 кнопок представлена на рис. 1. Интерфейс реализован на базе МК AT89C51, имеющего 4 двунаправленных 8 разрядных порта в/в, из которых использовано только 13 линий в/в. Так как нагрузочная способность порта МК невелика, то с целью уменьшения потребления, применен индикатор АЛС318А (9 разрядов с общим катодом), ток свечения сегмента которого не превышает 5-7мА, что вполне приемлемо для микросхем стандартной логики.

Для сокращения числа линий ввода/вывода 9 разрядный индикатор используется в динамическом режиме, а все 10 кнопок клавиатуры соединены по схеме линейно-матричной структуры, состоящей из 10 строк и 1 столбца. Опрос строк производится синхронно с выбором очередного разряда индикатора. Общий вывод столбца клавиатуры подключен к внешнему входу запроса на прерывания МК, на который через внутренний подтягивающий резистор подается напряжение питания МК. Такое включение позволяет отказаться от затрат микропроцессорного времени на опрос клавиатуры и оперативно реагировать на нажатие кнопки с помощью подпрограммы обработки прерывания.

Формирование инверсного скан-кода осуществляется с помощью двоично-десятичного дешифратора DD1, на 4 входа которого поступает адрес выбранного разряда индикатора/клавиши (строки матрицы). Разряды индикатора HD1 имеют схему включения с общим катодом. Код отображаемого символа непосредственно выводится через 8 линий порта МК и подается на входы (a-b-c-d-e-f-g-h) индикатора, это позволяет кроме символов цифр дополнительно отображать и некоторые символы латинского алфавита.

Работа рассмотренной схемы была исследована и смоделирована в системе **ISIS Proteus 7**. Эта система позволяет эмулировать работу устройств на МК и представлять отладочную информацию для выявления и исправления ошибок в программе МК.

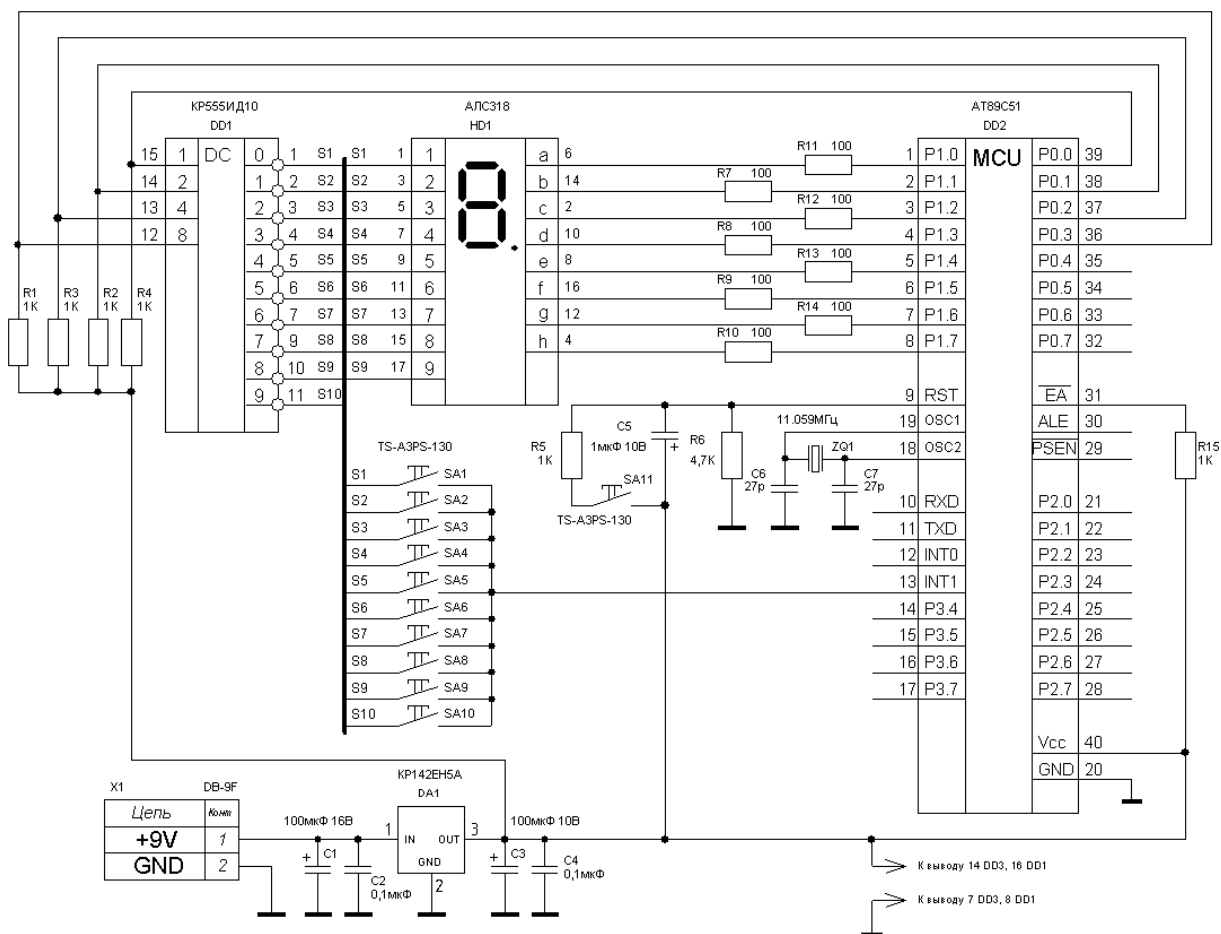


Рис. 1. Принципиальная схема интерфейса пользователя на МК АТ89С51

Предложенная реализации интерфейса пользователя на основе 13 линий в/в в крайнем случае может применяться с МК АТ89С2051 (20-выводной корпус, 15 линий в/в), или с семейством 20-выводных МК типа Tiny/46/86 (с количеством линий в/в равным 16), взамен АТ89С51 или АТ89С52 (40-выводной корпус, 32 линии в/в).

Согласно статистическим данным 8-разрядные МК занимают на сегодняшний день около 40% рынка микроэлектронных устройств, предназначенных для встраиваемых систем<sup>2</sup>. В большинстве недорогих массовых применений 8-разрядные архитектуры по-прежнему остаются самыми востребованными, что объясняется спецификой данных приложений – важны не столько производительность МК, а его функциональные возможности. В противовес вычислительным машинам, встраиваемая система создается вокруг исполнительных устройств и датчиков, а микроконтроллер, хоть и играет управляющую роль в такой системе, является лишь средством, обеспечивающим функционирование всех входящих в систему компонентов и необходимые интерфейсы для связи с внешним миром.

На данный момент в развитии 8-разрядных МК определилась явная тенденция, проявляющаяся в создании простых и дешевых микроконтроллеров в **маловыводных** корпусах, которые позволяют заказчику с минимальными затратами создавать интеллектуальные устройства, тем самым стимулируя про-

никновения МК в новые области применения. Несмотря на малое количество выводов такие МК обладают чрезвычайно развитой системой периферийных устройств. В качестве примера следует отметить новые линейки МК фирмы ATMEL. Это семейство 8-выводных МК типа Tiny25/45/85, имеющее 6 линий ввода/вывода, семейство 14-выводных МК типа Tiny24/44/84 с количеством линий в/в равным 12. К микроконтроллерам подобного типа можно отнести семейство серии MC9S08QGx фирмы Freescale, выпускаемое в 8 и 16 выводных корпусах и 8-выводные МК типа PIC12Fxx фирмы MICROCHIP. Практически все указанные МК имеют встроенный многоходовой 10 разрядный АЦП, аналоговый компаратор, подсистему таймеров/счетчиков с функцией ШИМ и др. При широком использовании в приложениях периферийных устройств, для реализации интерфейса пользователя остается ограниченное число линий в/в. Поэтому разработка интерфейса пользователя с использованием минимального количества линий в/в для указанных МК является актуальной задачей.

Один из способов решения этой проблемы заключается в сокращении линий, необходимых для вывода информации на сегменты индикатора. С этой целью в приведенной ранее схеме требуется добавить сдвиговый регистр DD1.1, DD1.2 (рис. 2), основной задачей которого является преобразование данных выводимых с МК через последовательную шину в параллельную, соединенную с сегментами индикатора.

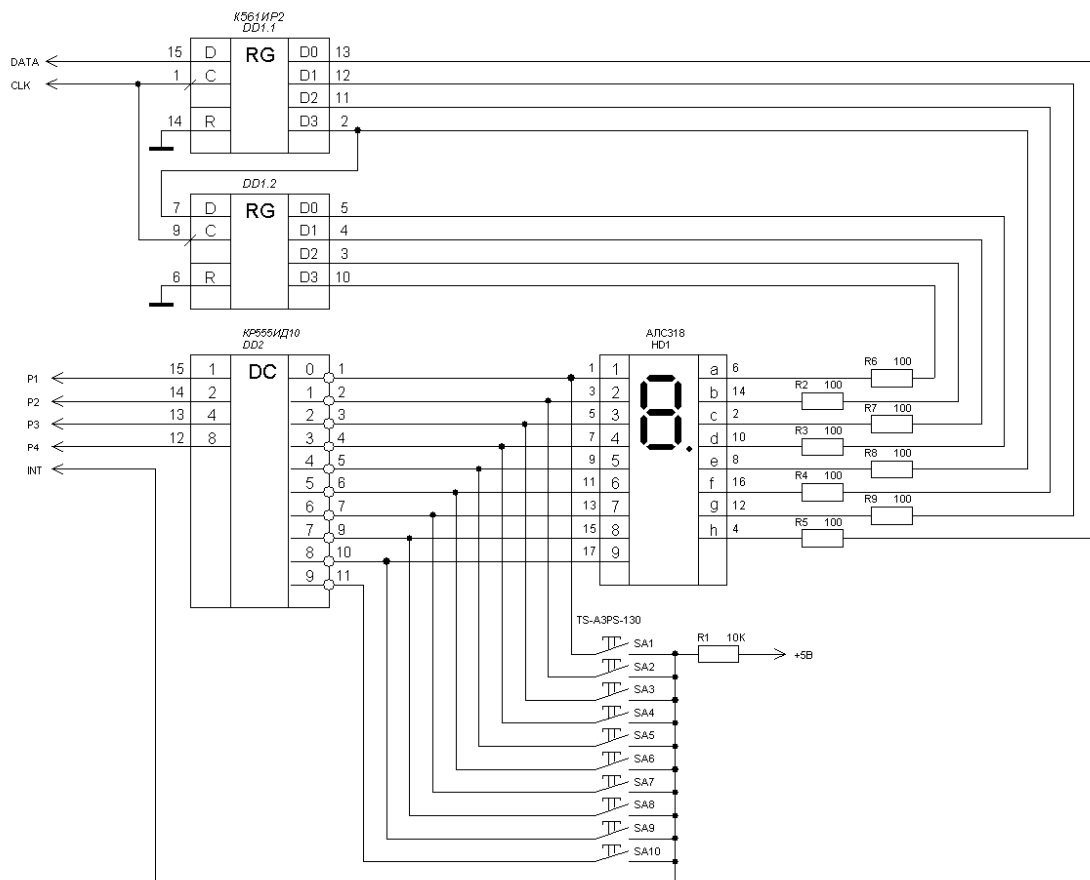


Рис. 2. Схема интерфейса с использованием сдвигового регистра

Сдвиговой регистр может быть реализован на двух 4-разрядных регистрах, входящих в состав микросхемы К561ИР2. В результате этого 8 разрядная шина динамического управления сегментами (abcdefgh) индикатора может быть сокращена до двух разрядов, один из которых служит для последовательной передачи данных, а второй для сигналов синхронизации. Результирующая емкость шины интерфейса пользователя теперь составляет 7 линий в/в, что вполне допустимо для 14 и 16-выводных МК. Однако в приложениях, где широко используются периферийные узлы МК, реализация рассмотренного интерфейса может быть затруднена.

Рассмотрим дополнительные возможности уплотнения интерфейса пользователя по числу линий в/в. Если проанализировать структуру схемы, то можно выявить еще один элемент – дешифратор DD2, занимающий четыре линии порта МК. Основной задачей присутствующего в схеме дешифратора является преобразование кода программно реализованного счетчика разрядов в унитарный десятичный код, который выглядит как “бегущий ноль”. Для минимизации этот элемент можно заменить микросхемой К561ИЕ8, совмещающей в своей структуре десятичный счетчик и дешифратор. Такое решение позволяет формировать коды выбора разрядов индикатора подачей импульсов управления только на счетный вход микросхемы (рис.3).

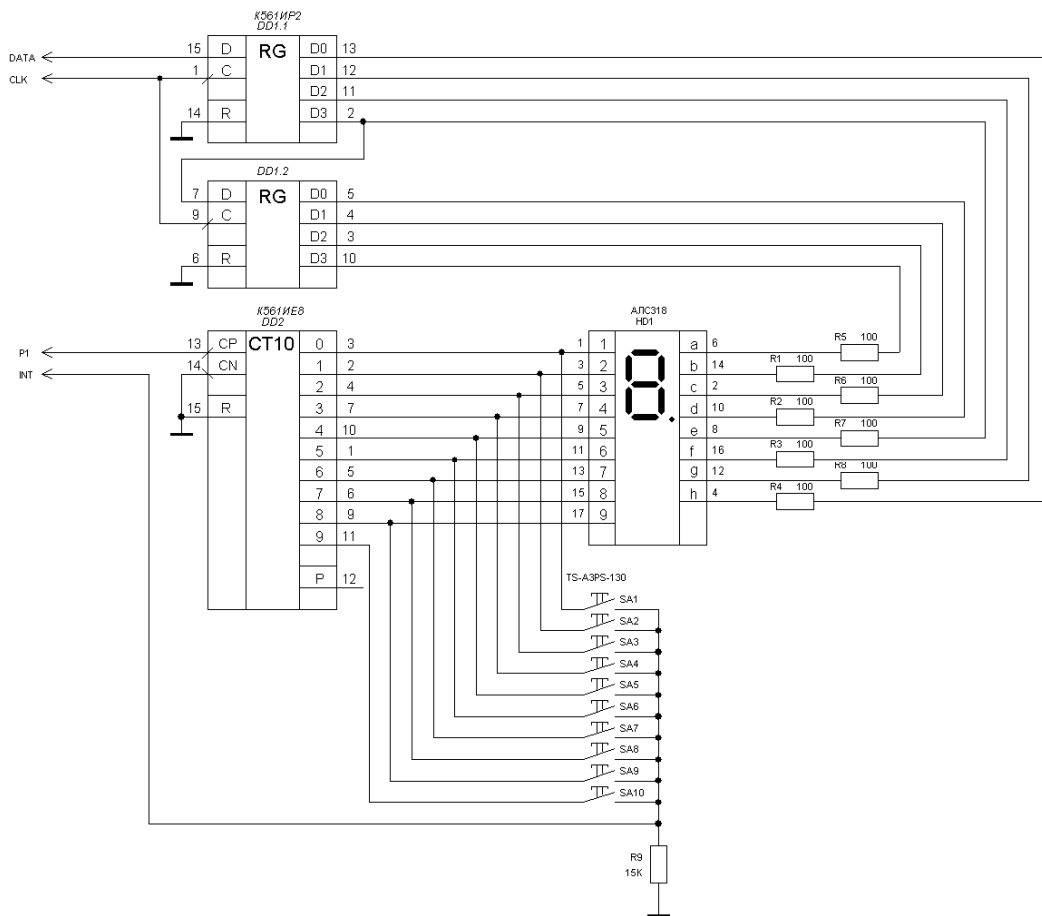


Рис. 3. Схема интерфейса с использованием счетчика-дешифратора

При такой реализации интерфейса программная часть его обслуживания упрощается, а также появляется возможность практически не ограниченно на-

ращивать число кнопок и разрядов индикатора. При этом суммарное число линий, требующееся, для организации интерфейса пользователя составит всего четыре (Data-вход последовательных данных сегментов, CLK-вход импульсов синхронизации, P1-вход импульсов счетчика-дешифратора, INT-выход столбца клавиатуры). Следует учитывать, что при такой реализации интерфейса схему индикатора следует поменять на АЛС318Б (схема с общим анодом), а сегменты индикатора управлять инверсным кодом.

Число линий в/в можно сократить до 3х (рис. 4) если учесть, что практически у всех современных МК порты являются двунаправленными. Поэтому линии DATA и выход столбца клавиатуры можно объединить вместе, поскольку сдвиговый регистр реагирует на уровень на своем входе только в момент стробирования импульсом синхронизации при передаче данных. В остальное время состояние на линии DATA не изменяет состояние разрядов регистра. Если на это время линию порта перенастроить на ввод, то ее можно использовать для определения нажатой клавиши клавиатуры (в это время разрешен запрос на прерывание).

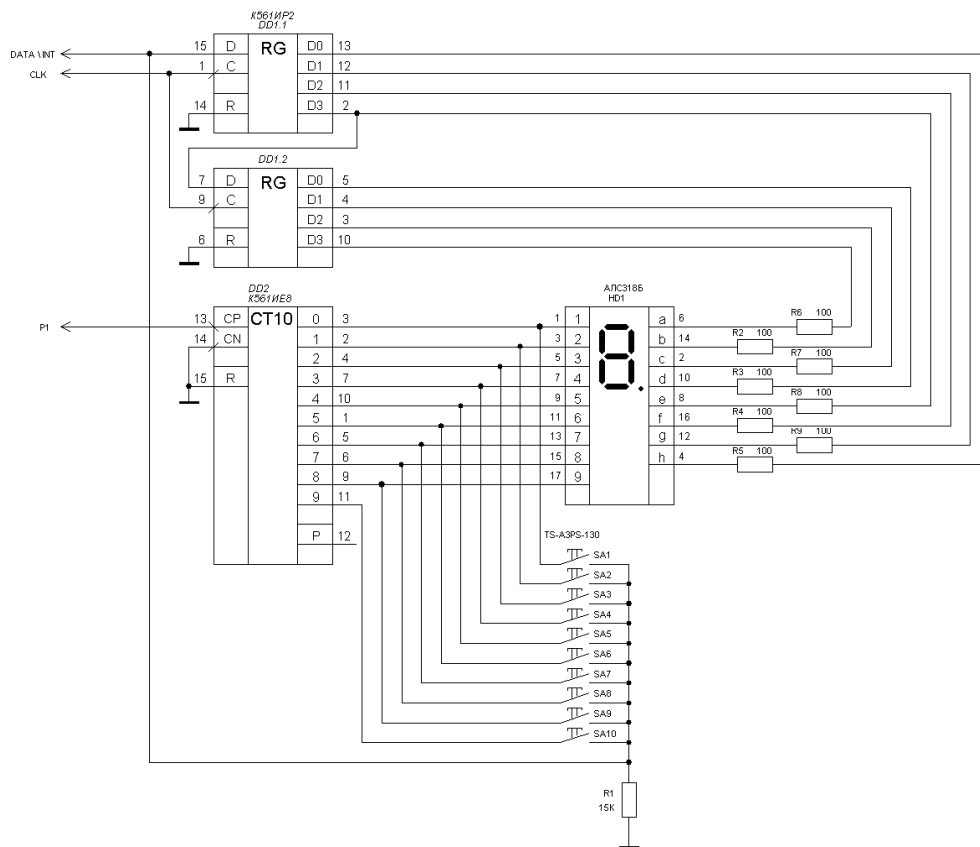


Рис. 4. Схема интерфейса с совмещенными линиями DATA и INT

Для 8-выводных МК с числом линий в/в не более шести можно предложить метод для реализации интерфейса пользователя с использованием всего двух разрядов порта МК. Суть данного метода (рис. 5) заключается в замене сдвиговых регистров, предназначенных для вывода информации на сегменты, микросхемой К561ИЕ4, которая содержит в себе десятичный счетчик и дешифратор в код 7 сегментного индикатора. Однако в этом случае утрачивается воз-

возможность вывода символов латинского алфавита, а с помощью клавиатуры придется ограничиться только цифровым набором. Отображаемая в соответствующем разряде цифра будет определяться числом импульсов, поданных на счетный вход микросхемы DD1. Выход столбца клавиатуры в данном случае требуется соединить с линией P1 (тактовый вход счетчика DD2). Клавиатура не будет мешать работе, т.к. переключение счетчика происходит по отрицательным фронтам импульсов, в то время как нажатие клавиши будет производить перевод линии в состояние лог.1 (лог.0 обеспечивается резистором R2). Однако данный метод требует более сложного программного обработчика прерывания и большего числа ячеек ОЗУ.

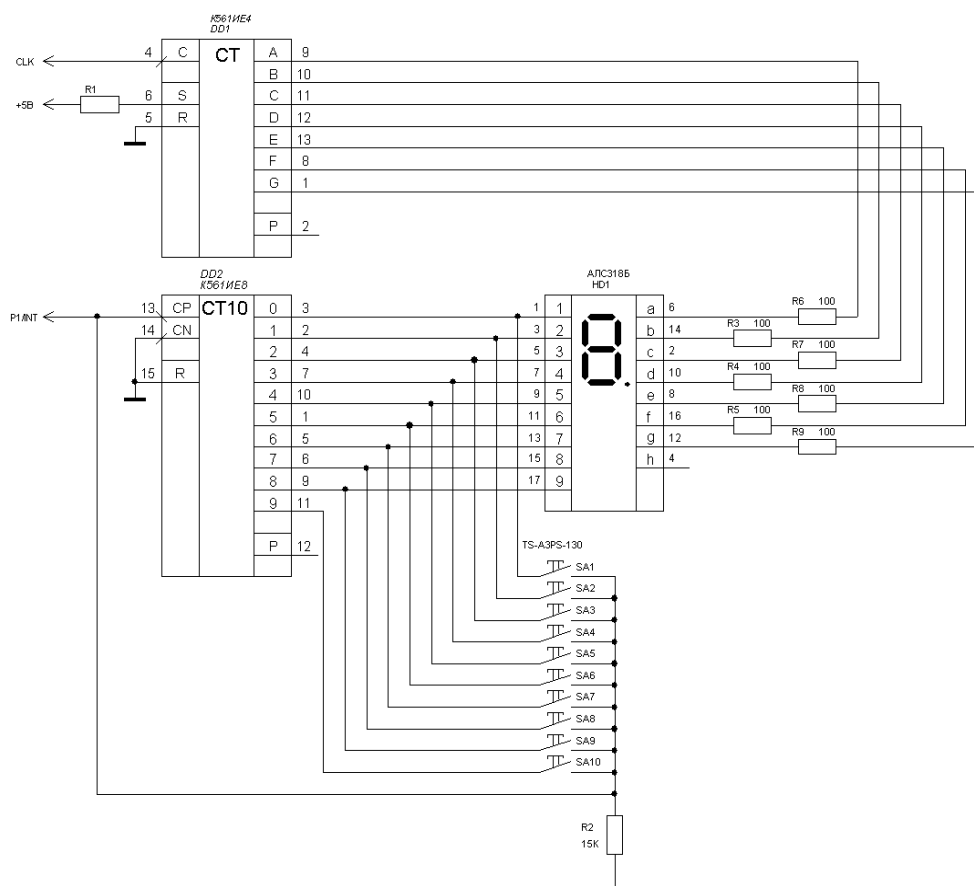


Рис. 5. Схема двухпроводного интерфейса пользователя

Все описанные выше методы и схемотехнические решения были опробованные в среде ISIS Proteus 7, содержащей обширную библиотеку элементов цифровой логики, а также учитывающие особенности реализации тех или иных компонентов интерфейса. Результаты моделирования интерфейсов подтвердили возможность их технической реализации.

### Заключение

Уменьшение количества линий ввода/вывода необходимых для реализации клавиатурного интерфейса, совмещенного с системой индикации, является

актуальной задачей в случае использования МК в маловыводных корпусах. Положительное решение этой проблемы, как правило, связано с применением дополнительных компонентов (регистры, счетчики, дешифраторы), что в определенной степени может усложнять схемотехническую реализацию интерфейса. Однако с точки зрения цены изделия существует несомненный выигрыш по сравнению с применением более мощного МК с большим числом выводов.

### **Список использованной литературы**

<sup>1</sup> Сташин, В. В. Проектирование цифровых устройств на однокристальных микроконтроллерах / В. В. Сташин, А. В. Урусов, О. Ф. Мологонцева. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 224 с.

<sup>2</sup> Чепурин, И. Перспективы 8-разрядных микроконтроллеров / И. Чепурин // Компоненты и технологии. – 2006. – № 4. – С. 98–101.

### **Сведения об авторах**

*Матвеев Дмитрий Алексеевич* – студент Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарёва, e-mail: dimitry88@mail.ru

*Мускатиньев Александр Валентинович* – кандидат технических наук, доцент, кафедра автоматики Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева, e-mail: muskatav@mail.ru