

«Микропроцессорные средства и СИСТЕМЫ»

Лекция №4



СШФ СФУ
П. Черёмушки
2017год

«Микроконтроллеры ATMEGA AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Общие принципы работы микропроцессорной системы

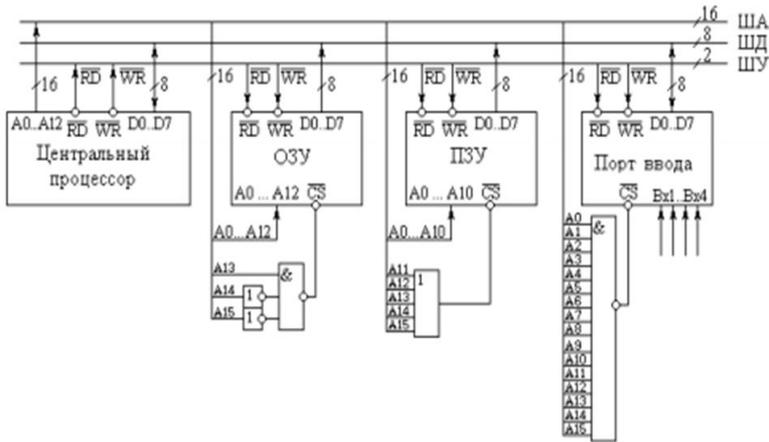
В данной лекции будут рассмотрены **структурные схемы подключения к микропроцессору различных устройств**. Микропроцессор, это только инструмент решения задач управления какими-либо объектами или обработки сигналов.

В данной лекции мы **рассмотрим узлы микропроцессорной системы, позволяющие микропроцессору получать информацию извне и воздействовать на окружающую среду (в том числе и на человека)**. При решении задач управления или обработки сигналов очень важно, чтобы решения процессора были согласованы во времени с окружающими событиями. Поэтому будут рассмотрены узлы микропроцессорной системы, позволяющие организовывать взаимодействие с окружающей средой в реальном времени. Пожалуй, **одним из самых значительных событий в развитии цифровой техники была разработка системной шины, позволяющей передавать информацию между различными блоками цифрового устройства**. Системная шина предназначена для обмена информацией между микропроцессором и любыми внутренними устройствами микропроцессорной системы (контроллера или компьютера). **В качестве обязательных устройств, которые входят в состав любой**

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

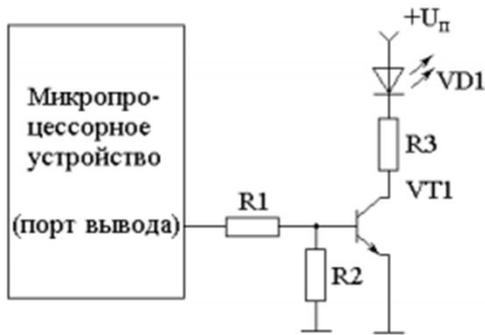
Общие принципы работы микропроцессорной системы

В состав системной шины в зависимости от типа процессора входит одна или несколько шин адреса, одна или несколько шин данных и шина управления. Несколько шин данных и адреса применяются для увеличения производительности системы и используются, как правило, в сигнальных процессорах.



В универсальных процессорах и контроллерах обычно применяется одна шина адреса и одна шина данных даже при реализации гарвардской структуры. По шине данных информация передается либо к процессору, либо от процессора в зависимости от операции (записи или чтения), выполняемой микропроцессором в данный момент. В любом случае все сигналы, необходимые для работы системной шины, формируются или опрашиваются микросхемой процессора, как это рассматривалось при изучении операционного блока. То есть без микропроцессора системная шина функционировать не может. Более того, когда в микропроцессорной системе говорят об операции чтения, то предполагается, что это микропроцессор читает данные. Если в этой системе говорят об операции записи, то запись данных осуществляет именно микропроцессор.

«Микроконтроллеры ATMEЛ AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



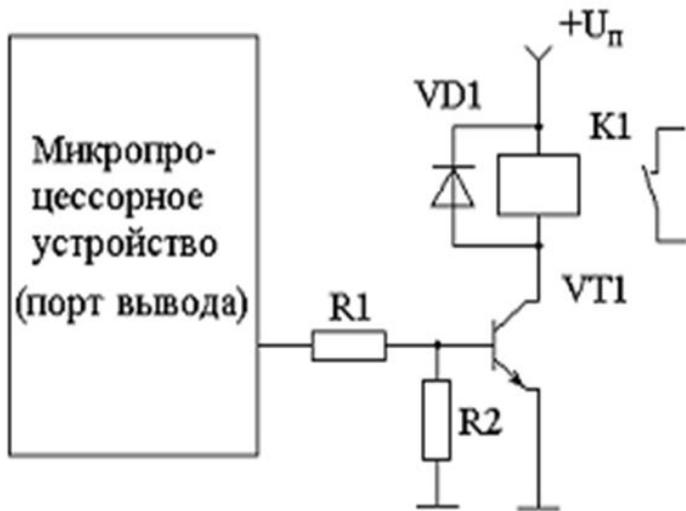
Общие принципы работы микропроцессорной системы

Подключение внешних устройств к микропроцессору

Внешними устройствами называются любые устройства, которыми управляет, от которых получает или которым передает информацию микропроцессор. В качестве внешних устройств может выступать принтер или дисплей, клавиатура или

передатчиков (в том числе построенные на базе сигнальных процессоров), микросхемы синтезаторов частоты или постоянные запоминающие устройства с электрическим стиранием. **Согласование сигналов цифровых микросхем между собой не представляет трудностей, т. к. практически все современные цифровые микросхемы по входу и выходу согласованы с TTL-уровнями.** Если же это не так, то для согласования нестандартных уровней с TTL-уровнями выпускаются специальные микросхемы. Несколько иначе обстоит дело с индикаторами и исполнительными устройствами. **В качестве простейшего единичного индикатора рассмотрим светодиодный индикатор.** Простой светодиодный индикатор позволяет отображать двоичную информацию, такую как состояние устройства (включено или выключено), наличие или отсутствие сигнала и т. д. Для отображения цифровой информации используются 7-сегментные индикаторы. Подключение одного сегмента такого индикатора не отличается от

«Микроконтроллеры ATMEЛ AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Общие принципы работы микропроцессорной системы Подключение внешних устройств к микропроцессору

Несколько сложнее выглядит **схема подключения внешних исполнительных электромеханических устройств**. Чаще всего такие исполнительные устройства являются индуктивной нагрузкой. В качестве примера можно назвать такие устройства, как электромагнитное реле или электромагнит.

Схема, позволяющая работать на индуктивную нагрузку, приведена на рисунке. Диод VD1 в этой схеме служит для ограничения напряжения импульсов эдс самоиндукции, **которые могут вывести из строя силовой транзистор VT1**. Резистор R1 ограничивает входной ток, а резистор R2 служит для надежного запираания транзистора VT1 при отсутствии сигнала включения.

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Общие принципы работы микропроцессорной системы

Подключение внешних устройств к микропроцессору

При вводе информации из внешнего устройства **возникают подобные**

проблемы (защита микропроцессора от повреждения).

Источники дискретной информации могут иметь различную функциональную природу. Они могут находить отражение в программном обеспечении от контроллера микропроцессорной системы. **Практически всегда при работе с внешними датчиками требуется гальваническая развязка датчиков и управляющей микропроцессорной системы.** Для решения указанных проблем все датчики выполняются так, что с точки зрения электрической схемы представляют собой контакты, работающие на замыкание. Поэтому схемы подключения датчика и кнопки не различаются. **Со стороны микропроцессорного устройства надо преобразовать замыкание/размыкание контактов в логические уровни, необходимые для правильной работы микропроцессорного устройства.** Эту

функцию выполняет схема, приведенная на рисунке.

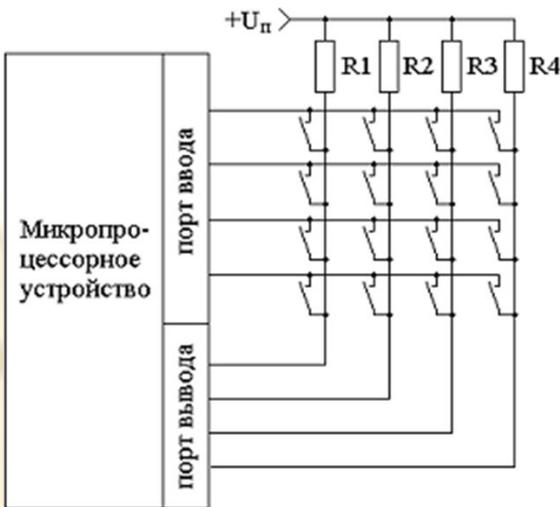
«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Общие принципы работы микропроцессорной системы

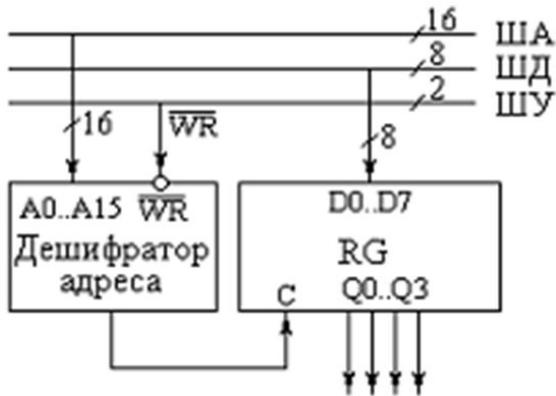
Подключение внешних устройств к микропроцессору

Иногда требуется **вводить информацию с большого количества кнопок**. В этом случае для уменьшения количества линий ввода-вывода используется клавиатура,

представляющая собой двухмерную матрицу кнопок, **Для подключения клавиатуры используется два порта: ввода и вывода**. Схема подключения клавиатуры приведена на рисунке. Подключение клавиатуры отличается от схемы подключения одиночной кнопки тем, что **потенциал общего провода на опрашиваемые кнопки подается не непосредственно, а через порт вывода**. В каждый момент времени сигнал логического 0 подается только на один столбец кнопок. **Двоичные сигналы, присутствующие при этом на строках клавиатуры, считываются через порт ввода микропроцессорной системы.**



«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

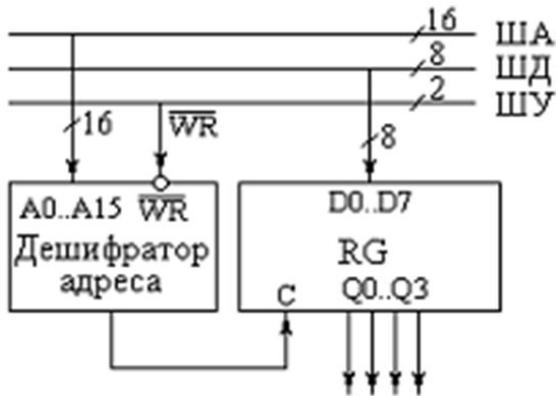


Подключение внешних устройств к микропроцессору

Принципы построения параллельного порта
Параллельные порты предназначены для обмена многоразрядными двоичными данными между микропроцессором и внешними устройствами. В качестве

служить любой объект управления или источник информации (различные кнопки, датчики, микросхемы приемников, синтезаторов частот, дополнительной памяти, исполнительные механизмы, двигатели, реле и т. д.). Иногда в качестве внешнего устройства может выступать другой компьютер или микропроцессор. Параллельные порты позволяют согласовывать низкую скорость работы внешнего устройства и высокую скорость работы системной шины микропроцессора. С точки зрения внешнего устройства порт представляет собой обычный источник или приемник информации со стандартными цифровыми логическими уровнями (обычно ТТЛ), а с точки зрения микропроцессора — это ячейка памяти, куда можно записывать данные или где сама собой появляется информация. В зависимости от направления передачи данных параллельные порты называются портами ввода, портами вывода или портами ввода-вывода информации.

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



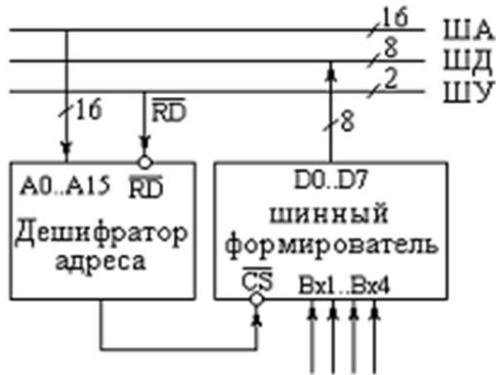
Подключение внешних устройств к микропроцессору

Принципы построения параллельного порта

В качестве простейшего порта вывода может быть использован параллельный регистр, т. к. он позволяет запоминать данные, выводимые микропроцессором, и

хранить их до тех пор, пока подается питание. Все это время сигналы с выходов этого параллельного регистра поступают на внешнее устройство. В порт вывода возможна только запись. Данные с системной шины микропроцессора записываются в параллельный регистр по сигналу «WR». Выходы «Q» регистра могут быть использованы как источники логических уровней для управления внешними устройствами. **Этот регистр называется регистром данных порта вывода.** Для отображения регистра параллельного порта вывода информации только в одну ячейку памяти адресного пространства микропроцессорного устройства совместно с портом вывода всегда используется дешифратор адреса.

«Микроконтроллеры ATMEGA AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Подключение внешних устройств к микропроцессору

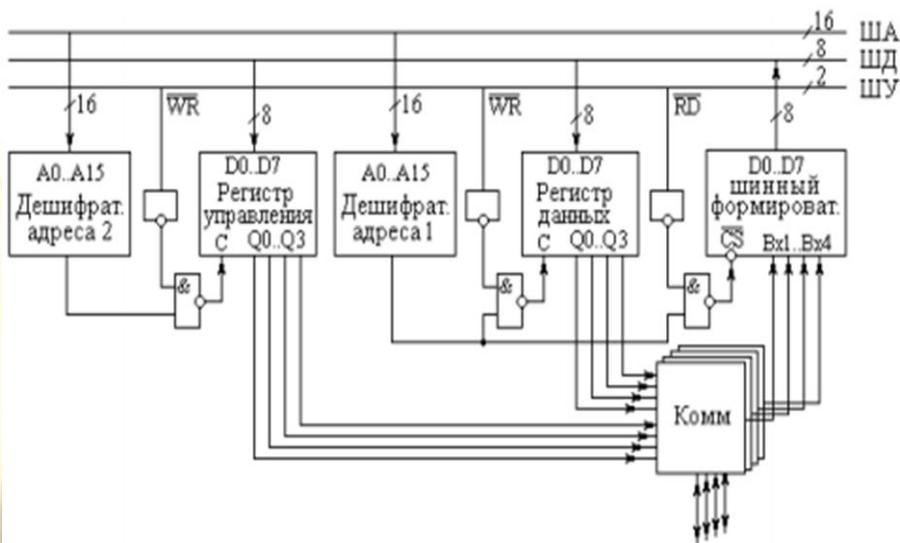
Принципы построения параллельного порта

В качестве порта ввода может быть использована схема с открытым коллектором или с третьим (Z) состоянием. В настоящее время обычно используются схемы с третьим

состоянием. Микросхема, объединяющая несколько таких элементов, называется шинным формирователем. Из порта ввода возможно только чтение информации. Для построения порта ввода выход шинного формирователя подключается к внутренней шине данных, а на его вход подключаются сигналы, которые нужно ввести в микропроцессорную систему. **Значение сигнала с внешнего вывода порта передается на шину данных (считывается) по управляющему сигналу «RD».** Для отображения шинного формирователя порта ввода только в один адрес в пространстве адресов микропроцессорного устройства совместно с портом ввода используют дешифратор адреса. **Выделяемый им адрес шинного формирователя порта ввода называют адресом регистра данных порта ввода.** Важно, что из порта ввода возможно только чтение, а в порт вывода возможна только запись. Поэтому для портов ввода и вывода можно отводить один и

«Микроконтроллеры ATMEL AVR

Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Подключение внешних устройств к микропроцессору

Принципы построения параллельного порта

Порты выпускаются в качестве универсальных микросхем, но на заводе, где производятся эти микросхемы, неизвестно, сколько на самом деле потребуется линий ввода информации и сколько потребуется линий

вывода информации. Количество же выводов у микросхем ограничено. Поэтому в одной универсальной микросхеме размещаются и порт ввода, и порт вывода информации. Настройку линий порта на ввод или вывод информации предоставляют конечному пользователю. Такие порты называются портами ввода-вывода информации. Для подключения портов ввода или портов вывода информации к внешним выводам микросхемы используется коммутатор. Управляет этим коммутатором еще один (внутренний) параллельный порт вывода, регистр данных которого называется регистром управления параллельного порта ввода-вывода. Регистру управления и регистрам данных порта ввода-вывода обычно назначаются соседние адреса. Следует отметить, что обычно то, что регистр управления подключается через внутренний параллельный порт, не указывается, и вся схема, сколько бы в ней ни присутствовало портов,

«Микроконтроллеры ATMEGA AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Подключение внешних устройств к микропроцессору

Принципы построения последовательного порта

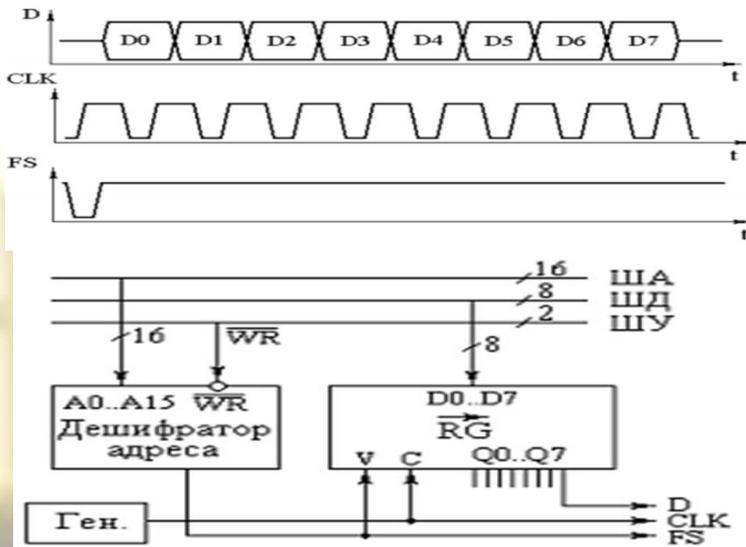
Последовательные порты предназначены для обмена информацией между микропроцессорами, а также между микропроцессорами и внешними устройствами, если критично количество соединительных проводов. В настоящее время широко используются два вида последовательных портов:

- **синхронные последовательные порты;**
- **асинхронные последовательные порты.**

Синхронные последовательные порты

При рассмотрении работы параллельного порта в режиме обмена данными с другим компьютером или принтером уже рассматривался режим последовательной передачи байтов. В последовательном порте режим последовательной передачи применяется не только к байтам, но и к отдельным битам внутри байта. В этом случае для передачи данных достаточно только одного провода. Передаваемая и принимаемая информация обычно представляется в виде однобайтовых или многобайтовых слов. Вес каждого бита в слове различен, поэтому кроме битовой синхронизации, аналогичной байтовой синхронизации для параллельного порта, требуется кадровая синхронизация. Она позволяет однозначно определять номер каждого бита в передаваемом слове.

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



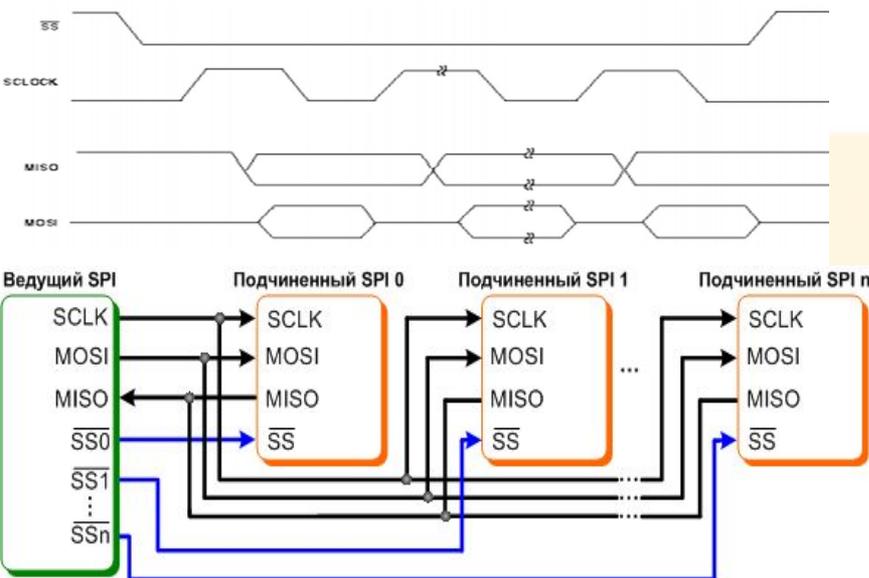
Подключение внешних устройств к микропроцессору

Принципы построения последовательного порта

Приведенная временная диаграмма характерна для синхронных последовательных портов, которые используются чаще всего в сигнальных процессорах для обмена информацией с кодеками речи, аналого-цифровыми и цифроаналоговыми

На временной диаграмме показаны два синхросигнала: тактовой синхронизации CLK и кадровой синхронизации FS. Кадровый синхросигнал формируется аппаратно из сигнала WR# при записи очередного байта в параллельный порт вывода. Полярность сигналов синхронизации зависит от конкретного типа применяемых микросхем, поэтому в большинстве последовательных портов возможна настройка полярности сигналов синхронизации. Упрощенная схема синхронного последовательного порта приведена на рисунке. Для того чтобы на приёмном конце этот сигнал принимался без ошибок, каждый бит должен сопровождаться синхронизирующим импульсом. При этом чтобы отличать синхросигналы друг от друга, импульсы, сопровождающие информационные биты, стали называть тактовой синхронизацией (CLK), а сигнал, отмечающий момент записи в

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Подключение внешних устройств к микропроцессору

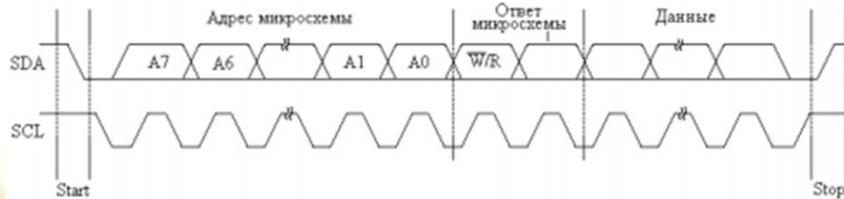
SPI (3-wire) интерфейс

SPI (3-wire) - популярный интерфейс для последовательного обмена данными между микросхемами. Шина SPI организована по принципу 'ведущий-подчиненный'. В качестве ведущего шины обычно выступает микроконтроллер, но им также может быть

программируемая логика.

Основное отличие этого интерфейса заключается в том, что **сигналы тактовой синхронизации передаются только в момент действия импульса кадровой синхронизации**. Активный уровень сигнала кадровой синхронизации длится до окончания передачи последнего бита в передаваемом кадре. **По одним и тем же линиям передачи данных: MISO (вход для главного, выход для ведомого); и MOSI (выход для главного, вход для ведомого), может передаваться информация к совершенно различным микросхемам**. Выбор среди микросхем, подключенных к одному и тому же порту, той, для которой предназначена информация, производится **сигналом SS (выбор ведомого)**. В SPI-интерфейсе в приемнике не требуется счетчик тактовых импульсов. **Запись принятой информации в параллельный регистр данных производится по окончании кадрового**

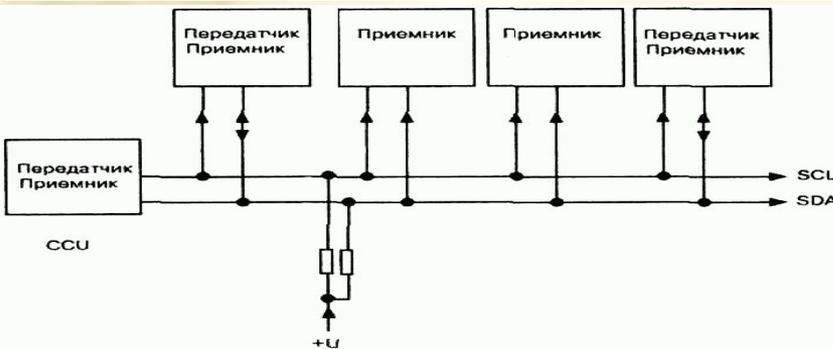
«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Подключение внешних устройств к микропроцессору

I²C - интерфейс

Если в устройстве используется много микросхем, то в SPI-интерфейсе количество линий выбора ведомого становится значительным, поэтому в таких случаях используется еще один вид синхронного последовательного интерфейса: I²C. В I²C-интерфейсе прием и передача данных, а также передача адреса микросхемы и адреса регистра

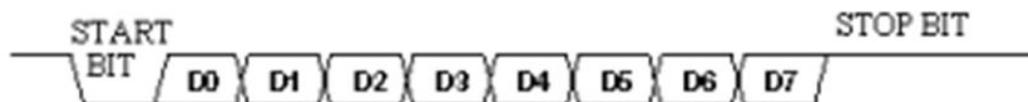


внутри микросхемы, к которому осуществляется обращение, производятся по одной и той же линии данных SDA. **Для подключения к этой линии используются микросхемы с открытым коллектором.** Нагрузкой для всех микросхем, подключенных к линии SDA, служит внешний резистор. Естественно, что скорость передачи данных по такому интерфейсу будет ниже, чем в случае SPI. Сигнал тактовой синхронизации в I²Cшине передается по линии SCL. **Начало работы** с микросхемой обозначается особой комбинацией сигналов SDA и SCL (**переход 01 SDA при высоком уровне SCL**), которая называется условием старта. Эта же комбинация одновременно осуществляет кадровую синхронизацию. **Завершение работы** с микросхемой обозначается еще одной комбинацией сигналов SDA и SCL — **переходом 01 SDA при высоком уровне SCL.**

«Микроконтроллеры ATMEGA AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Подключение внешних устройств к микропроцессору Асинхронные последовательные порты

Синхронные последовательные порты позволяют достигнуть больших скоростей передачи данных, но линия, по которой ведется передача синхросигнала, практически не несет информации. Такой сигнал можно было бы сформировать и на приемном конце линии передачи, если заранее договориться о скорости передачи. Проблема, возникающая при таком способе обмена данными, — это невозможность **добиться от двух внутренних генераторов, осуществляющих синхронизацию передачи данных на приемном и передающем концах линии, одинаковой частоты и фазы генерируемых сигналов.** Проблема решается принудительной синхронизацией тактового генератора на приемном конце при помощи особого условия начала асинхронной передачи — стартового бита. Все время, пока не ведется передача информации, на линии присутствует **Стоп-сигнал единичного уровня.**

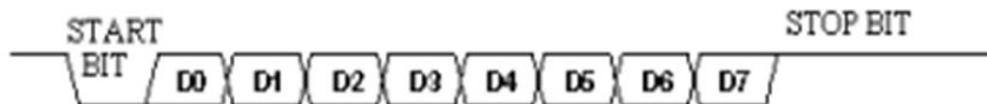


«Микроконтроллеры ATMEGA AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Подключение внешних устройств к микропроцессору

Асинхронные последовательные порты

Перед началом передачи каждого байта передается стартовый бит, сигнализирующий приемнику о начале посылки данных, за которым следуют информационные биты. Стартовый бит всегда передается нулевым уровнем с длительностью, как у информационных битов. Внутренний генератор синхронизации приемника использует счетчик делитель опорной частоты, обнуляемый в момент приема начала стартового бита. **Этот счетчик генерирует внутренние стробы**, по которым приемник фиксирует последующие принимаемые биты. В некоторых случаях после передачи битов данных может передаваться бит паритета (четности). **Завершается передача данных стоп-сигналом**. Минимальная длительность стопового сигнала должна быть 1,5 длительности информационных битов, но обычно используют паузу между соседними пакетами данных, равную двум длительностям информационного бита.



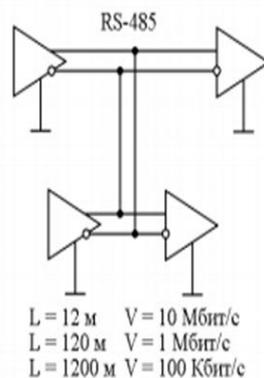
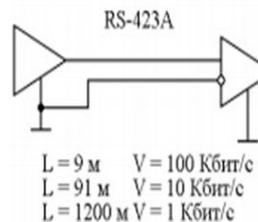
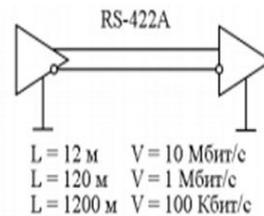
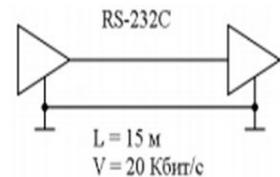
«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Подключение внешних устройств к микропроцессору

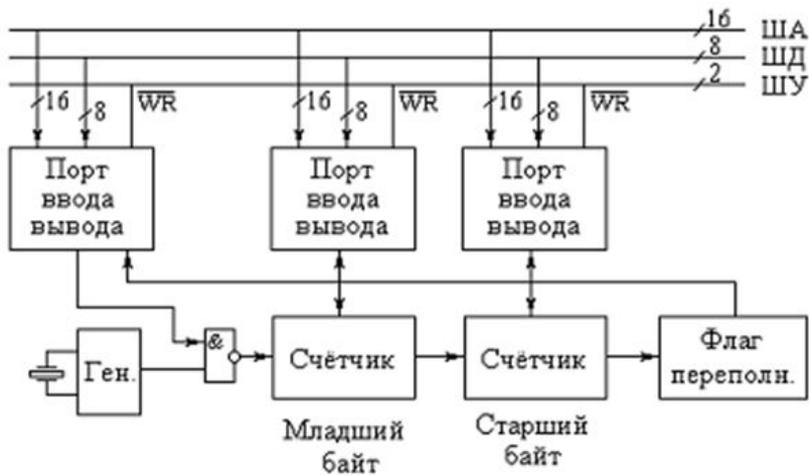
Интерфейс RS232

Наиболее распространенным в настоящее время является последовательный асинхронный порт, работающий по стандарту RS232. Существует ряд международных стандартов на асинхронные последовательные

RS232C, RS423A, RS422A и RS485. На рисунке приведены схемы соединения приемников и передатчиков, а также показаны ограничения на длину линии (L) и максимальную скорость передачи данных (V) по этим интерфейсам. Несимметричные линии интерфейсов RS232C и RS423A имеют самую низкую защищенность от синфазной помехи, хотя дифференциальный вход приемника RS423A несколько смягчает ситуацию. Лучшие параметры имеет двухточечный интерфейс RS422A и его магистральный (шинный) аналог RS485, работающие на симметричных линиях связи. В них для передачи каждого сигнала используются дифференциальные сигналы с отдельной (витой) парой проводов.



«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



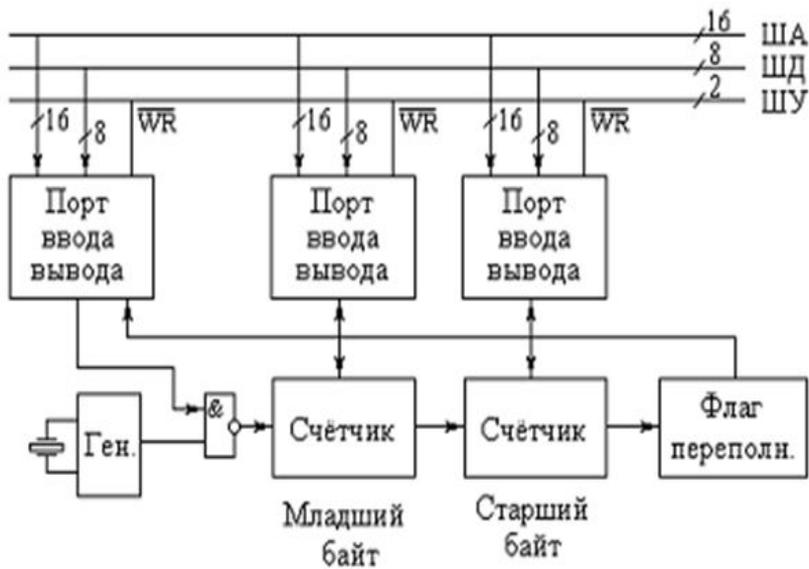
Принципы построения таймеров

Таймеры предназначены для формирования временных интервалов, позволяя микропроцессорной системе работать в режиме реального времени. Таймеры представляют собой цифровые счетчики, которые подсчитывают импульсы от стабильного генератора частоты. К системной шине микропроцессора таймеры подключаются при помощи параллельных портов. **Генератор периодических импульсов, входящий**

в состав таймера определяет минимальный интервал

времени, который может формировать таймер. Интервалы времени, задаваемые таймером, могут устанавливаться только из дискретного набора допустимых интервалов времени. Их значения тоже определяются частотой задающего генератора. Разрядность цифрового счетчика, входящего в состав таймера, определяет максимальный интервал времени, который может формировать таймер. Обычно используются 16-разрядные таймеры, поэтому для их подключения требуется два параллельных порта. Кроме того, таймером нужно управлять, для чего используется дополнительный порт. С его помощью таймер можно включать и выключать. **Факт переполнения можно запомнить в триггере, подключенном к выходу переноса счетчика таймера.** Выходной сигнал этого триггера называется флагом переполнения таймера. **Сигнал с выхода триггера (флаг) включения и выключения таймера и флаг переполнения таймера подключают к системной шине**

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Принципы построения таймеров

В зависимости от типа использованного цифрового счетчика таймеры бывают суммирующие (с суммирующим счетчиком) или вычитающие (с вычитающим счетчиком). **Использование вычитающего счетчика позволяет проще задавать интервалы времени.** В этом случае записываемый в таймер код $Code_{sub}$ будет соответствовать длительности временного интервала T_{timer} вырабатываемого таймером:

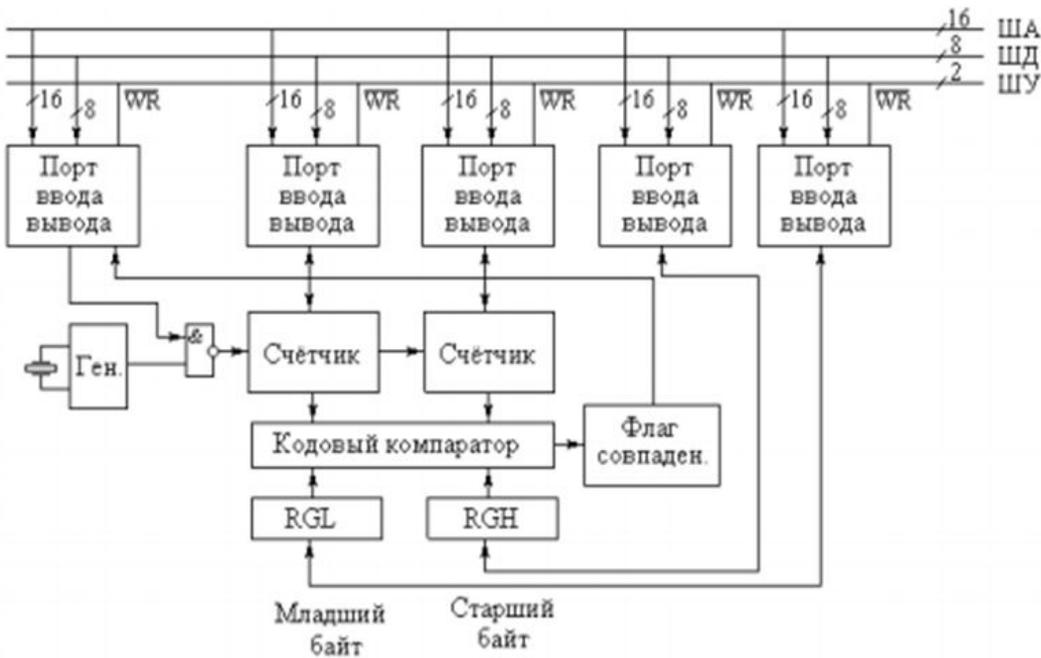
$$T_{timer} = Code_{sub} * T_{gen}$$

Где, T_{gen} - период импульсов внутреннего генератора. **В случае использования суммирующего таймера код, записываемый в таймер для задания интервала времени T_{timer} определяется из другой формулы:**

$$T_{timer} = (Code_{max} - Code_{sum}) * T_{gen}$$

В этой формуле код $Code_{sum}$, который заносится в таймер, представляет собой **дополнение кода интервала времени до максимального кода $Code_{max}$** , который можно записать в таймер. Максимальный код $Code_{max}$ определяется разрядностью таймера. В рассмотренном примере разрядность таймера равна 16. Это означает, что **максимальный код равен $Code_{max} = 2^{16} =$**

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Принципы построения таймеров

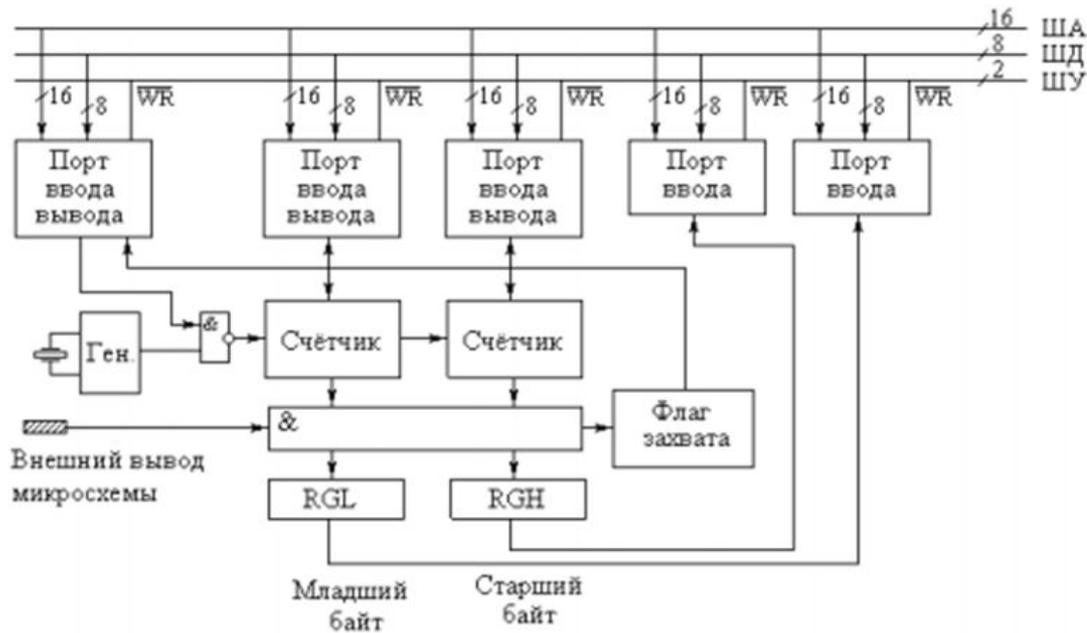
Достаточно часто применяются **свободно бегущие суммирующие таймеры**. Свободно бегущие таймеры используются как системные часы, задающие время внутри микропроцессорной системы. **Для задания промежутков времени микропроцессор считывает значение текущего системного времени и суммирует с ним код задаваемого промежутка времени.** Полученный результат записывается в

регистр сравнения таймера.

При совпадении значений таймера и регистра сравнения устанавливается флаг совпадения. **Значение этого флага можно определить программным опросом или воспользоваться механизмом прерывания работы процессора.** То есть работа со свободнобегущим таймером похожа на работу с обычным будильником, к которому мы привыкли в обычной жизни.

Часто с одним свободно бегущим таймером работает несколько модулей сравнения. Это похоже на использование часов с несколькими будильниками.

«Микроконтроллеры ATMEL AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».



Принципы построения таймеров

Кроме модулей сравнения, со свободно бегущим таймером работают модули захвата, которые позволяют аппаратно запоминать состояния внутренних счетчиков в момент какого-либо внешнего события (как, например, фронта входного сигнала при измерении его периода) без участия центрального процессора.

Структурная схема свободно бегущего таймера с модулем захвата приведена на рисунке. Использование модулей захвата позволяет повысить точность измерения времени каких-либо событий, т. к. на нее перестает влиять такой нестабильный параметр, как время реакции программы и она будет определяться только быстродействием цифровых микросхем свободно бегущего таймера.

«Микроконтроллеры ATMEЛ AVR Общие принципы работы микропроцессорной системы».

Литература:

1. Микушин А. В. Занимательно о микроконтроллерах. — СПб.: БХВПетербург, 2006. — 432 с: ил.

2. Микропроцессорные системы [Электронный ресурс] : электрон . учеб . посо бие / О . В . Непомнящий, Е . А . Вейсов, Г . А . Скотников, М . В . Савицкая. – Электрон. дан. (4 Мб). – Красноярск : ИПК СФУ, 2009.

3. <http://avr.ru/ready/inter/usart/uart>

4. <http://chipenable.ru/index.php/programmingavr/item/193uchebnyukursavranalogovyukomparator.htm>

5. http://lifeprog.ru/2_78673_universalniyasinhronniypriemoperedatchikUARTmkAVR.html

6. <http://nauchebe.net/2011/03/rabotaposledovatelnogokanalaspinamkavr>

**Благодарю за внимание, готов ответить
на Ваши вопросы**



**А.М. Волошин
Ст. преподаватель
СШФ СФУ**