

## Лабораторная работа 3

### РАБОТА С ТАЙМЕРАМИ-СЧЁТЧИКАМИ

#### Цель работы

Получение практических навыков по работе с таймерами-счётчиками и применению механизма прерываний.

#### Теоретические сведения

Микроконтроллеры AVR имеют в своём составе от 1 до 4 таймеров-счётчиков с разрядностью 8 или 16 бит, которые могут работать и как таймеры от внутреннего источника тактовой частоты, и как счётчики внешних событий.

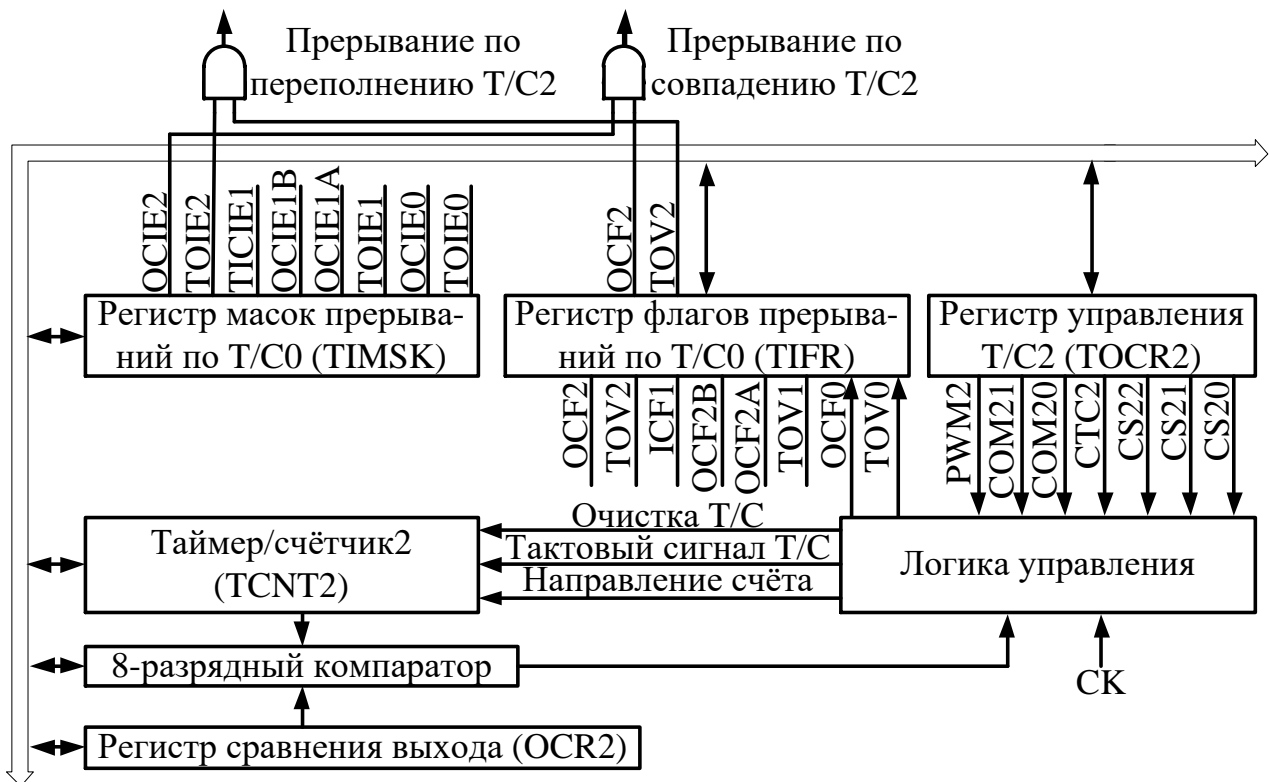


Рис. 1. Схема работы восьмиразрядного таймера TMR0

Таймеры-счётчики можно использовать для точного формирования временных интервалов, подсчёта импульсов на выводах микроконтроллера, формирования последовательности импульсов, тактирования приёмопередатчика последовательного канала связи. В режиме широтно-импульсной модуляции (ШИМ, PWM) таймер-счётчик используется для генерирования сигнала с программируемой частотой и скважностью. Таймеры-счётчики способны вырабатывать запросы

прерываний, переключая процессор на их обслуживание по событиям и освобождая его от необходимости периодического опроса состояния таймеров.

Значение таймера можно прочитать или изменить программным образом в произвольный момент времени. Далее рассматривается конфигурирование таймера T0 микроконтроллера ATmega32.

### Таймеры-счётчики

За конфигурацию таймера-счётчика T0 отвечает регистр TCCR0, он определяет источник тактирования таймера, коэффициент делителя, режим работы таймера-счётчика T0 и поведение вывода OC0.

Биты CS02, CS01, CS00 (Clock Select) – определяют источник тактовой частоты для таймера T0 и задают коэффициент делителя. Все возможные состояния описаны в спецификации контроллера.

7	6	5	4	3	2	1	0
FOC0	WGM00	COM01	COM00	WGM01	CS02	CS01	CS00
W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W

Рис. 2. Регистр TCCR0 (Timer/Counter Control Register)

Биты WGM01, WGM00 (Wave Generator Mode) – определяют режим работы таймера-счётчика T0. Всего их может быть четыре – нормальный режим (Normal), сброс таймера при совпадении (CTC), и два режима широтно-импульсной модуляции (FastPWM и Phase Correct PWM).

WGM01	WGM00	Режим работы таймера-счётчика
0	0	Normal
0	1	PWM, Phase correct
1	0	CTC
1	1	Fast PWM

Биты COM01, COM00 (Compare Match Output Mode) – определяют поведение вывода OC0. Если хоть один из этих битов установлен в единицу, то вывод OC0 перестаёт функционировать как обычный вывод общего назначения и подключается к схеме сравнения таймера счётчика T0. Однако при этом он должен быть ещё настроен как выход.

Поведение вывода OC0 зависит от режима работы таймера-счётчика T0. В режимах normal и CTC вывод OC0 ведёт себя одинаково, а вот в режимах широтно-импульсной модуляции его поведение отличается.

Бит регистра *TCCR0* – это бит *FOC0* (Force Output Compare). Этот бит предназначен для принудительного изменения состояния вывода *OC0*. Он работает только для режимов Normal и CTC. При установке бита *FOC0* в единицу состояние вывода меняется соответственно значениям битов *COM01*, *COM00*. *FOC0* бит не вызывает прерывания и не сбрасывает таймер в CTC режиме.

Регистр *TCNT0* – восьми разрядный счётный регистр. Когда таймер работает, по каждому импульсу тактового сигнала значение *TCNT0* изменяется на единицу. В зависимости от режима работы таймера, счётный регистр может или увеличиваться, или уменьшаться.

Регистр *TCNT0* можно как читать, так и записывать. Последнее используется, когда требуется задать его начальное значение. Когда таймер работает, изменять его содержимое *TCNT0* не рекомендуется, так как это блокирует схему сравнения на один такт.

Регистр *OCR0* – восьмиразрядный регистр сравнения. Его значение постоянно сравнивается со счётным регистром *TCNT0*, и в случае совпадения таймер может выполнять какие-то действия – вызывать прерывание, менять состояние вывода *OC0* и т.д. в зависимости от режима работы. Значение *OCR0* можно как читать, так и записывать.

## **Содержание отчёта**

1. Схема установки (задействованные узлы отладочной платы).
2. Блок-схема алгоритма работы программы.
3. Комментированный листинг программы на языке ассемблера.
4. Ответы на контрольные вопросы.

## **Контрольные вопросы**

1. Посредством каких регистров производится конфигурирование таймера-счётчика?
2. Какие источники импульсов могут применяться для увеличения таймера-счётчика и для каких целей?
3. В каких режимах могут работать таймеры-счётчики?
4. Как рассчитать начальное значение таймера-счётчика по заданному времени, которое должен отмерить таймер-счётчик до своего переполнения?
5. В чём состоит отличие работы таймера-счётчика в режиме таймера и в режиме счётчика?

## Общее описание и требования к программе

**Не допускается** применение функции `delay_ms()` и подобных, для реализации временных задержек необходимо использовать прерывания таймеров-счётчиков T0-T2 по переполнению (`_OVF`) и/или сравнению (`_COMP`). Точность временных интервалов должна достигаться за счёт правильного выбора предделителей таймеров-счётчиков и применением глобальных переменных. В различных режимах таймеры могут решать различные задачи, например, отсчёт временных промежутков и обеспечение «визуально одновременного» вывода информации на семисегментные индикаторы.

Номер варианта	Задание
1	<p>Секундомер. Программа должна предоставлять возможность запуска секундомера, сохранения зафиксированных значений, отображения текущего и сохранённых значений секундомера на блоке из четырёх семисегментных индикаторов (формат ММ.СС, где ММ – минуты, СС – секунды). Используемые кнопки:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>– кнопка PD2 (прерывание INT0) – запуск/останов/возобновление секундомера;</li><li>– кнопка PD0 – сохранение текущего значения секундомера (работает только при запущенном секундомере);</li><li>– кнопка PD1 – циклическое пролистывание сохранённых значений на семисегментных индикаторах с первого до последнего (работает только при остановленном секундомере);</li><li>– кнопка PD3 (прерывание INT1) – останов и сброс секундомера в состояние 0 минут, 0 секунд, удаление сохранённых значений.</li></ul>
2	<p>Модуль настройки ПИН-кода. Программа должна предоставлять возможность по настройке четырёхзначного ПИН-кода. ПИН-код должен храниться в EEPROM, считываться при запуске МК и сохраняться при каждом изменении. Для отображения ПИН-кода используется блок из четырёх семисегментных индикаторов. Ввод четырёхзначного ПИН-кода осуществляется поразрядно, от младшего к старшему. Для изменения значения вводимой цифры ПИН-кода используются</p>

	<p>кнопки PD0 и PD1, позволяющие соответственно увеличить или уменьшить вводимое значение, изменение циклическое, то есть при увеличении цифра 9 переходит в цифру 0 и наоборот, изменение значений происходит следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на единицу;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,25 с.</li> </ul> <p>При срабатывании прерывания INT1 (кнопка PD3) во время настройки 1-3 разряда ПИН-кода программа перейдёт к настройке следующего разряда, если выполнялась настройка 4 разряда – программа завершится, сохранив новое значение ПИН-кода в EEPROM. При срабатывании прерывания INT0 (кнопка PD2) во время настройки 2-4 разряда ПИН-кода программа перейдёт к настройке предыдущего разряда. Изначально отображается предыдущее значение ПИН-кода, настраиваемый разряд мигает с частотой 2 Гц.</p>
3	<p>Модуль часов. Программа должна предоставлять возможность настройки текущего времени и отображения времени на блоке из четырёх семисегментных индикаторов (формат «ЧЧ.ММ.» или «ММ.СС», где ЧЧ – часы, ММ – минуты, СС – секунды). Использование внешних прерываний: кнопка PD2 (прерывание INT0) – переключение между режимами настройки и отображения, кнопка PD3 (прерывание INT1) – переход между форматами «ЧЧ.ММ.» или «ММ.СС» в режиме отображения и циклическое переключение между настраиваемыми элементами ЧЧ → ММ → СС → ЧЧ в режиме настройки. В режиме настройки текущий настраиваемый элемент должен мигать с частотой 2 Гц. Изменение значения элемента должно осуществляться с помощью кнопок PD0 и PD1, которые соответственно должны увеличивать и уменьшать значение следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на единицу;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,2 с;</li> </ul>

	<p>– если кнопка зажата дольше 4-х секунд, то, начиная со 4-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,1 с;</p> <p>после отпускания кнопки изменение немедленно прекращается.</p>
4	<p>Модуль настройки ПИН-кода. Программа должна предоставлять возможность по настройке четырёхзначного ПИН-кода. ПИН-код должен храниться в EEPROM, считываться при запуске МК и сохраняться при каждом изменении. Для отображения ПИН-кода используется блок из четырёх семисегментных индикаторов. Для ввода цифры ПИН-кода используются кнопки, подключённые к PORTA и PORTB: PB0 – цифра 0, PB1 – 1, PB2 – 2, PB3 – 3, PB4 – 4, PB5 – 5, PB6 – 6, PB7 – 7, PA6 – 8, PA7 – 9. Ввод четырёхзначного ПИН-кода осуществляется поразрядно, от младшего к старшему, если в течение 10 секунд с момента ввода 1-3 цифры ПИН-кода не была введена следующая цифра программа возвращается к началу ввода ПИН-кода, изображение на семисегментных индикаторах замещается сохранённым ранее в EEPROM. Изначально отображается предыдущее значение ПИН-кода, младший разряд мигает с частотой 2 Гц, сразу после ввода нового значения для младшего разряда (нажатия на соответствующую кнопку PORTA / PORTB) значение разряда обновляется, а мигание переносится на следующий разряд. После ввода старшего разряда новое значение ПИН-кода сохраняется в EEPROM, настройка ПИН-кода завершается. При срабатывании прерывания INT0 (кнопка PD2) во время настройки 2-4 разряда ПИН-кода программа перейдёт к настройке предыдущего разряда. При срабатывании прерывания INT1 (кнопка PD3) во время настройки 1-3 разряда ПИН-кода программа перейдёт к настройке следующего разряда, если выполнялась настройка 4 разряда – программа завершится, сохранив новое значение ПИН-кода в EEPROM.</p>
5	<p>Таймер. Программа должна предоставлять возможность настройки, запуска и приостановки таймера, отображения настраиваемого и текущего значений таймера на блоке из четырёх семисегментных индикаторов (формат «ММ.СС», где ММ – минуты, СС – секунды). Использование внешних</p>

	<p>прерываний: кнопка PD2 (прерывание INT0) – запуск/приостановка/возобновление таймера, кнопка PD3 (прерывание INT1) – переход между режимами настройки и работы таймера. Изменение значения таймера в режиме настройки должно осуществляться с помощью кнопок PD0 и PD1, которые соответственно должны увеличивать и уменьшать значение следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на одну секунду;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 секунду каждые 0,2 с;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 4-х секунд, то, начиная со 4-й секунды, значение начинает изменяться на 1 секунду каждые 0,1 с;</li> <li>– после отпускания кнопки изменение немедленно прекращается.</li> </ul> <p>Когда таймер доходит до нулевого значения отсчёт прекращается, на семисегментном индикаторе отображается значение 00.00, мигая с частотой 2 Гц.</p>
6	<p>Модуль часов. Программа должна предоставлять возможность настройки текущего времени и отображения времени на блоке из четырёх семисегментных индикаторов (формат «ЧЧ.ММ.» или «ММ.СС», где ЧЧ – часы, ММ – минуты, СС – секунды). Использование внешних прерываний: кнопка PD2 (прерывание INT0) – переключение между режимами настройки и отображения, кнопка PD3 (прерывание INT1) – переход между форматами «ЧЧ.ММ.» или «ММ.СС» в режиме отображения и циклическое переключение между настраиваемыми элементами ЧЧ → ММ → СС → ЧЧ в режиме настройки. В режиме настройки текущий настраиваемый элемент должен мигать с частотой 2 Гц. Изменение значения элемента должно осуществляться с помощью кнопок PD0 и PD1, которые соответственно должны увеличивать и уменьшать значение следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на единицу;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,2 с;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 4-х секунд, то, начиная со 4-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,1 с;</li> </ul> <p>после отпускания кнопки изменение немедленно прекращается.</p>
7	<p>Модуль проверки ПИН-кода. Программа должна предоставлять возможность по проверке введённого ПИН-кода на соответствие заданному. ПИН-код должен храниться в EEPROM и считываться при запуске МК (запись ПИН-кода в EEPROM следует выполнять с помощью AVRFlash). Для отображения проверяемого ПИН-кода используется блок из четырёх семисегментных индикаторов. Для ввода цифры ПИН-кода используются кнопки, подключённые к PORTA и PORTB: PB0 – цифра 0, PB1 – 1, PB2 – 2, PB3 – 3, PB4 – 4, PB5 – 5, PB6 – 6, PB7 – 7, PA4 – 8, PA5 – 9. При вводе неправильного ПИН-кода загорается светодиод RA6 на 20 секунд, после чего программа возвращается к началу ввода ПИН-кода для проверки. При вводе неправильного ПИН-кода три раза подряд загораются светодиод RA7 и RA6, а программа перестаёт работать. При вводе правильного ПИН-кода загорается светодиод RA7, вернуться к началу режима проверки ПИН-кода (завершить текущий сеанс) можно с помощью прерывания INT1 (кнопка PD3) – выполнится очистка семисегментных индикаторов и погаснет светодиод RA7. Ввод четырёхзначного ПИН-кода осуществляется поразрядно, если в течение 7 секунд с момента ввода 1-3 цифры ПИН-кода не была введена следующая цифра программа возвращается к началу ввода ПИН-кода для проверки. Ввод ПИН-кода осуществляется от младшего разряда к старшему. В начале работы программы на семисегментном индикаторе нет цифр, сразу после ввода каждой цифры она дописывается на семисегментный индикатор.</p>
8	<p>Секундомер. Программа должна предоставлять возможность запуска секундомера, сохранения зафиксированных значений, отображения текущего и сохранённых значений секундомера на блоке из четырёх</p>



	<p>семисегментных индикаторов (формат ММ.СС, где ММ – минуты, СС – секунды). Используемые кнопки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– кнопка PD2 (прерывание INT0) – запуск/останов/возобновление секундомера;</li> <li>– кнопка PD0 – сохранение текущего значения секундомера (работает только при запущенном секундомере);</li> <li>– кнопка PD1 – циклическое пролистывание сохранённых значений на семисегментных индикаторах с первого до последнего (работает только при остановленном секундомере);</li> <li>– кнопка PD3 (прерывание INT1) – останов и сброс секундомера в состояние 0 минут, 0 секунд, удаление сохранённых значений.</li> </ul>
9	<p>Модуль проверки ПИН-кода. Программа должна предоставлять возможность по проверке введённого ПИН-кода на соответствие заданному. ПИН-код должен храниться в EEPROM и считываться при запуске МК (запись ПИН-кода в EEPROM следует выполнять с помощью AVRFlash). Для отображения проверяемого ПИН-кода используется блок из четырёх семисегментных индикаторов. настраиваемый разряд мигает с частотой 4 ГЦ. Ввод четырёхзначного ПИН-кода осуществляется поразрядно, от младшего к старшему. Для изменения значения вводимой цифры ПИН-кода используются кнопки PD0 и PD1, позволяющие соответственно увеличить или уменьшить вводимое значение, изменение циклическое, то есть при увеличении цифра 9 переходит в цифру 0 и наоборот, изменение значений происходит следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на единицу;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 каждые 0,25 с.</li> </ul> <p>При срабатывании прерывания INT0 (кнопка PD2) во время настройки 2-4 разряда ПИН-кода программа перейдёт к настройке предыдущего разряда. При срабатывании прерывания INT1 (кнопка PD3) во время ввода 1-3 разряда ПИН-кода программа перейдёт к вводу следующего разряда, если выполнялась настройка 4 разряда – ввод ПИН-кода завершится,</p>

	<p>а программа сверит введённое значение ПИН-кода со значением в EEPROM. При вводе неправильного ПИН-кода загорается светодиод РА6 на 20 секунд, после чего программа возвращается к началу ввода ПИН-кода для проверки. При вводе неправильного ПИН-кода три раза подряд загораются светодиод РА7 и РА6, а программа перестаёт работать. При вводе правильного ПИН-кода загорается светодиод РА7, программа завершает работу (переходит в бесконечный цикл, отключаются прерывания INT0 и INT1. В начале работы программы на семисегментном индикаторе отображено значение «0000».</p>
10	<p>Таймер. Программа должна предоставлять возможность настройки, запуска и приостановки таймера, отображения настраиваемого и текущего значений таймера на блоке из четырёх семисегментных индикаторов (формат «ММ.СС», где ММ – минуты, СС – секунды). Использование внешних прерываний: кнопка PD2 (прерывание INT0) – запуск/приостановка/возобновление таймера, кнопка PD3 (прерывание INT1) – переход между режимами настройки и работы таймера. Изменение значения таймера в режиме настройки должно осуществляться с помощью кнопок PD0 и PD1, которые соответственно должны увеличивать и уменьшать значение следующим образом:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– в момент нажатия кнопки значение сразу изменяется на одну секунду;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 2-х секунд, то, начиная со 2-й секунды, значение начинает изменяться на 1 секунду каждые 0,2 с;</li> <li>– если кнопка зажата дольше 4-х секунд, то, начиная со 4-й секунды, значение начинает изменяться на 1 секунду каждые 0,1 с;</li> <li>– после отпускания кнопки изменение немедленно прекращается.</li> </ul> <p>Когда таймер доходит до нулевого значения отсчёт прекращается, на семисегментном индикаторе отображается значение 00.00, мигая с частотой 2 Гц.</p>