

## **Изменения в программе производства микроконтроллеров семейства AVR®.**

1. Общая информация (стр. 1).
2. Сводное описание изменений в новых микроконтроллерах (стр. 2).
3. Практические рекомендации по замене (стр. 5).

### **Общая информация.**

В связи с переходом в 2001-2002г. фирмой "Atmel" на технологические нормы производства 0.35мкм изменена номенклатура выпускаемых микроконтроллеров семейства AVR®. Новые контроллеры имеют увеличенное 2 раза быстродействие, до 10000 циклов перезаписи на страницу увеличен ресурс памяти команд (Flash) и добавлена возможность её перепрограммирования встроенными средствами микроконтроллера. Также добавлены новые периферийные узлы, такие как:  
Аппаратный умножитель 8\*8 (команда умножения выполняется за 2 такта);  
Периферийный интерфейс TWI (I<sup>2</sup>C);  
Интерфейс JTAG для внутрисхемной отладки и программирования;  
Контроллер символьного ЖКИ (контроллер ATmega169L/V – без аналогов);  
Система контроля напряжения питания.

Исправлены имевшиеся ошибки и улучшены характеристики следующих узлов:

Асинхронный (UART/USART) и синхронный (SPI) интерфейсы;  
АЦП (введён встроенный ИОН, программируемое выравнивание результата вправо или влево, возможность дифференциальных измерений, в том числе с усилением в 20 и 100 раз);  
Энергонезависимая память данных (EEPROM);  
Таймеры/счётчики общего назначения;  
Сторожевой таймер;  
Тактовый генератор (введены дополнительные режимы работы).

В новых контроллерах сохранена полная совместимость по разводке выводов и исполняемому коду (кроме 90S4433 -> mega8) с предыдущими моделями. Подробности смотрите:

1. В фирменной документации на новые микроконтроллеры (на сайтах [www.atmel.ru](http://www.atmel.ru) и [www.atmel.com](http://www.atmel.com), с фрагментами исходных текстов на ассемблере и Си);
  2. Фирменных рекомендациях по замене (там-же);
  3. Сводном описании замен (на русском языке, [www.atmel.ru](http://www.atmel.ru));
- Или запрашивайте необходимую документацию по факсу (095 9563943) или электронной почте ([atmel@fulcrum.ru](mailto:atmel@fulcrum.ru)).

Микроконтроллеры (старый -> новый)	Совместимость по		
	выводам	программированию	исполняемому коду
90S2333/4433 -> mega8	+	-	-
90S4414/8515 -> mega8515	+	-	Бит конфигурации
90S4434/8535 -> mega8535	+	-	Бит конфигурации

mega161 -> mega162	+	-	+ / Бит конфигурации
mega163 -> mega16	+	+ / -	+
mega323 -> mega32	+	+ / -	+
mega103 -> mega64/128	+	-	Бит конфигурации

"-" - требуется обновление ПО программатора

Также на 2003..2004 год запланировано:

Выпуск микроконтроллера ATtiny13 (полный аналог ATtiny15 со встроенным ОЗУ объёмом 64 байта - для оптимизации написания программ на Си); Прекращение выпуска микроконтроллеров AT90S2323/2343 (возможная замена - серийно выпускающийся микроконтроллер ATtiny12); Прекращение выпуска микроконтроллеров AT90S1200/2313 (замена - новый микроконтроллер ATtiny2313).

#### ***Сводное описание изменений в новых микроконтроллерах семейства AVR®.***

Если не указано дополнительно, то изменения относятся ко всем новым микроконтроллерам: ATmega8, ATmega8515, ATmega8535, ATmega16, ATmega162, ATmega32, ATmega64/128.

1. Устранены все имевшиеся в процессорном ядре AVR и периферийных узлах ошибки (описания ошибок приведены в документах "... Errata" на соответствующие модели старых процессоров).

2. В фирменной документации изменены наименования некоторых регистров ввода-вывода и их битов. Данные изменения никак не повлияют на этап создания ПО, так как во включаемых файлах с описанием внутренних регистров новых микроконтроллеров наряду с новыми обозначениями сохранены и старые. Таким образом, при переносе проекта на новый микроконтроллер, достаточно корректно заменить имя включаемого файла с описанием микроконтроллера.

3. В микроконтроллерах ATmega8515, ATmega8535, ATmega162 и ATmega64/ATmega128 введены биты конфигурации обеспечивающие полную совместимость по исполняемому коду с предыдущими моделями AT90S8515, AT90S8535, ATmega161 и ATmega103.

4. В новых микроконтроллерах значительно переработан блок задающего генератора. Добавлена возможность работы от низкочастотного кварцевого резонатора (с частотой до 32768Гц), внешней частотоподающей RC-цепи или встроенного калиброванного RC-генератора, возможен выбор размаха выходного сигнала генератора (снижение энергопотребления при малом размахе или повышение устойчивости к помехам при большом). Расширен выбор значений времени удержания внутреннего сигнала сброса системой сторожевого таймера. Также введены дополнительные режимы энергосбережения:

"Standby" и "Extended standby" - аналогичны режимам "Power down" и "Power save" соответственно, но без остановки основного тактового генератора;

"ADC noise reduction" - для повышения точности аналого-цифрового преобразования.

***В микроконтроллерах ATmega8 изменено по сравнению с AT90S2333/4433 расположение битов отвечающих за выбор режимов пониженного энергопотребления, что требует изменений в исходном тексте программы и перекompilляции.***

5. Разводка выводов в новых микроконтроллерах полностью совпадает с разводкой старых за исключением:

ATmega8. Для контроллеров в корпусах TQFP и MLF добавлены дополнительные входы АЦП (каналы 6 и 7 на выводах 19 и 22 соответственно) и выводы питания (Vcc на выводе 6 и GND – на 3). Также, в зависимости от установки битов конфигурации контроллера, вывод !Reset может выполнять альтернативную функцию как вход-выход общего назначения PC6, вывод XTAL1 – как вход внешнего тактового сигнала, вход для подключения частотозадающей RC-цепи, вход инвертирующего усилителя кварцевого генератора или вход-выход общего назначения PB6, вывод XTAL2 – как выход инвертирующего усилителя кварцевого генератора или вход-выход общего назначения PB7. **Внимание:** При переводе вывода !Reset на выполнение альтернативной функции дальнейшее программирование микроконтроллера через интерфейс SPI будет невозможно.

ATmega8515. Добавлен 3-х разрядный порт ввода-вывода, разделяющий альтернативные функции с выходами !WR, !RD и ALE, доступный только при отключенном режиме совместимости с AT90S8515.

ATmega64/128. Добавлен 5-и разрядный порт ввода-вывода, разделяющий альтернативные функции с входом TOSC1 и выходами TOSC2, !WR, !RD и ALE. Порты C и F – двунаправленные. Все новые порты доступны только при отключенном режиме совместимости с ATmega103.

Таким образом, даже с учётом изменений в разводке выводов, в подавляющем большинстве случаев новые микроконтроллеры могут быть установлены на имеющиеся печатные платы без их переделки.

6. Также переработана система сторожевого таймера. В новых микроконтроллерах частота генератора сторожевого таймера изменяется не более чем на 10..15% при изменении напряжения питания в диапазоне от 2.7 до 5.5В. Для повышения надёжности работы добавлен дополнительный бит конфигурации, включающий таймер постоянно. Также изменена процедура изменения периода работы таймера (при отключенном режиме совместимости с предыдущими моделями).

**Единственный новый микроконтроллер в котором эти изменения приводят к несовместимости по исполняемому коду – ATmega8. В исходном тексте программ для микроконтроллера AT90S2333/4433 должны быть заменены фрагменты относящиеся к выключению или изменению периода работы таймера.**

7. Изменено назначение некоторых выводов и алгоритмы при параллельном программировании – проконсультируйтесь с изготовителем используемого программатора и получите обновление.

При последовательном программировании через интерфейс SPI добавлены дополнительные команды в связи с большим числом битов конфигурации и защиты.

Незначительно изменен алгоритм автопрограммирования памяти команд (Flash) микроконтроллеров ATmega16, ATmega162 и ATmega32 по сравнению с предыдущими моделями – ATmega163, ATmega161 и ATmega323 соответственно. Память команд разделена на 2 области отличающиеся алгоритмом работы команд SPM, добавлено прерывание по завершению выполнения команды SPM, изменены наименования некоторых битов управления и условия обработки некоторых флагов. **Если начальный загрузчик для предыдущих версий микроконтроллеров был написан с учётом рекомендаций по расширению на следующие модели, то переписывать исходный код не потребуется.**

8. В блоке таймеров-счётчиков новых микроконтроллеров введены новые возможности работы:  
синхронный сброс предварительных делителей;  
увеличено количество каналов сравнения и ШИМ;  
дополнительные режимы ШИМ.

Незначительно изменена логика работы системы сравнения текущего значения таймера с заданным при включенном предварительном делителе.

9. В аналого-цифровом преобразователе устранены имевшиеся в некоторых старых моделях микроконтроллеров ошибки, а также введены: выбор источника опорного напряжения (внутренний, внешний, напряжение питания);

программное выравнивание результата преобразования вправо или влево; возможность произведения дифференциальных измерений (в том числе с усилением в 20 и 100 раз);

добавлен дополнительный режим повышения точности преобразования (с остановкой тактирования ядра и большинства периферийных узлов микроконтроллера).

10. В микроконтроллерах ATmega8, ATmega8515, ATmega8535 и ATmega64/128 увеличена в 2 раза максимальная скорость передачи через синхронный интерфейс SPI.

11. В микроконтроллерах ATmega8, ATmega8515, ATmega8535, ATmega16, ATmega162 и ATmega64/128 изменён блок асинхронного интерфейса UART. Изменены наименования некоторых регистров и битов управления, имеется возможность работы на повышенной в 2 раза скорости, введен "Полнодуплексный синхронный режим" (USART), 3-х уровневый буфер типа FIFO для принимаемых данных и флагов ошибок приёма, а также режим многопроцессорной связи (ATmega8515, ATmega8535 и ATmega64/128). По сравнению с ATmega103 в микроконтроллерах ATmega64/128 имеется дополнительный блок USART.

12. В микроконтроллерах ATmega8515, ATmega162 и ATmega64/128 введены дополнительные режимы работы интерфейса с внешним ОЗУ (доступные при отключенном режиме совместимости с предыдущими моделями):

4 варианта циклов ожидания при доступе к внешнему ОЗУ;

Разделение адресного пространства внешнего ОЗУ на 2 области с программируемым количеством циклов ожидания для каждой;

Ограничение разрядности адреса, выдаваемого на линии A15..8 (порт "C");

Программируемые функции "Pull up" или "Bus keeper" на линиях AD7..0 (порт "A").

Также, при отключенном режиме совместимости, в микроконтроллерах ATmega162 и ATmega64/ATmega128 из-за увеличения числа регистров ввода-вывода часть их отображается на адресное пространство внутреннего ОЗУ, что приводит к изменению карты памяти. Адреса начала внутреннего и внешнего ОЗУ пропорционально увеличиваются.

13. Время записи данных в энергонезависимую память данных (EEPROM) в новых моделях микроконтроллеров не зависит от напряжения питания и составляет 8.5мС (типовое значение).

14. Во всех новых микроконтроллерах имеются дополнительные периферийные узлы:

Аппаратный умножитель для 8-и битных знаковых и беззнаковых чисел в целочисленном и дробном форматах. 16-и битный результат формируется за 2 такта системной частоты;

Интерфейс TWI (I<sup>2</sup>C) с тактовой частотой до 400кГц, 7-разрядной адресацией в режиме "ведомый" и выводом из режимов пониженного энергопотребления при совпадении адреса, поддержкой арбитража шины и фильтрами помех на линиях данных и синхронизации;

Интерфейс JTAG (соответствующий стандарту IEEE 1149.1) для внутрисхемного программирования и отладки (кроме ATmega8).

Оригинальная документация на новые микроконтроллеры:

ATmega8: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2486.pdf>

ATmega8515:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2512.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2512.pdf</a>
ATmega8535:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2502.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2502.pdf</a>
ATmega16:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2466.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2466.pdf</a>
ATmega162:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2513.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2513.pdf</a>
ATmega32:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2503.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2503.pdf</a>
ATmega64/128:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2467.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2467.pdf</a>
ATmega169:	<a href="http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2514.pdf">http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2514.pdf</a>

**Рекомендации по применению новых микроконтроллеров  
в имеющихся разработках.**

1. Внимательно ознакомьтесь с документацией на используемый программатор в части касающейся программирования конфигурации микроконтроллера. Обязательно учитывайте, что по документации состояние «запрограммирован» для всех битов конфигурации соответствует записи «0». В большинстве программаторов используется нотация "Atmel" при записи битов конфигурации, то-есть установка «галочки», значения «включен» или "ON" приводит к записи «0».

2. Задающий генератор, система контроля напряжения питания и запуска при включении питания.

Новые микроконтроллеры выпускаются с заводов запрограммированными на тактирование от встроенного RC-генератора с частотой 1МГц. Таким образом, при использовании их в имеющихся разработках предварительное перепрограммирование режима работы задающего генератора является обязательным.

В связи с большим разнообразием режимов работы тактового генератора, при внутрисхемном программировании через интерфейс SPI возможна ситуация, когда ошибочно записанная конфигурация тактового генератора приводит к неработоспособности устройства и невозможности дальнейшего перепрограммирования. **В этом случае можно:**

- а. Перепрограммировать микроконтроллер в нужный режим на параллельном программаторе или через интерфейс JTAG.
- б. Понизить тактовую частоту интерфейса SPI при программировании.
- в. Подать внешний тактовый сигнал (частота 1..4МГц, через резистор сопротивлением в 0.33-0.51кОм) на вывод XTAL1 и перепрограммировать контроллер через интерфейс SPI.

Ситуация неработоспособности устройства также может возникнуть при ошибочном программировании режима работы встроенной системы контроля напряжения питания (программирование уровня срабатывания на 4В при использовании меньшего напряжения питания).

3. Сторожевой таймер.

В новых микроконтроллерах имеется возможность постоянного разрешения работы сторожевого таймера (независимо от установки бита совместимости с предыдущими моделями) путём программирования бита конфигурации WDTON. Также изменена процедура изменения периода работы таймера. При отключенном режиме совместимости изменение периода должно производиться при установленном бите WDCE (WDTOE), таким-же образом как и выключение таймера. Единственный новый микроконтроллер, в котором из-за этого потребуются переписывать исходный текст программы – ATmega8.

4. Универсальный асинхронный интерфейс (UART).

Несмотря на значительное расширение режимов работы, изменения названий регистров и некоторых битов управления программы для работы с UART полностью совместимы с новыми микроконтроллерами, так как во включаемых файлах для них сохранены также и старые наименования. Единственный новый микроконтроллер, в котором может потребоваться переписывать исходный текст программы – ATmega8. Если в работе используется старшая половина регистра UBRR, определяющая скорость пе-

редачи, то с старом проекте должен быть использован новый включаемый файл (содержащий изменённый адрес этого регистра).

5. Изменение названий, числа и позиций управляющих битов в некоторых регистрах.

Прежде всего это относится к микроконтроллеру ATmega8, имеющему большее количество режимов энергосбережения по сравнению с AT90S2333/4433, что приводит к несовместимости по исполняемому коду. Установка SM=0 для AT90S2333/4433 эквивалентна установке SM[2..0]=000 для ATmega8. Установка SM=1 эквивалентна SM[2..0]=010.

Изменения в именах регистров ввода-вывода не представляют собой проблемы, так как во включаемых файлах с описанием внутренних регистров новых микроконтроллеров наряду с новыми обозначениями сохранены и старые. Таким образом, при переносе проекта на новый микроконтроллер, достаточно корректно заменить имя включаемого файла с описанием микроконтроллера. **Например**, заменить строку ".include "8515def.inc" на ".include "m8515def.inc".

**Пример №1:** Типовое состояние битов конфигурации при замене микроконтроллера AT90S8515 на ATmega8515:

А. S8515C=0, BOOTRST=1, WDTON=1 (полная совместимость с AT90S8515 по исполняемому коду).

Б. При использовании внешней системы контроля напряжения питания - BODEN=1, BODLEVEL=x. При её отсутствии и отсутствии ограничений по току потребления в режиме "Power Down" - BODEN=0 (разрешить работу встроенной системы контроля), BODLEVEL=1 (при напряжении питания от 2.7В ) или BODLEVEL=0 (при напряжении более 4В).

В. При работе в условиях сильных помех или тактировании от генератора контроллера других устройств SKOPT=0, иначе SKOPT=1.

Исходное состояние		Рекомендуемые установки битов CKSEL[3..1]
Тип резонатора и состояние бита FSTRT	Частота резонатора (МГц)	
Керамический, FSTRT=0	0.4 - 0.9	101
	0.9 - 3.0	110
	3.0 - 8.0	111
Кварцевый, FSTRT=1	0.9 - 3.0	110
	3.0 - 8.0	111

Исходное состояние		Рекомендуемые установки битов CKSEL[0] и SUT[1..0]
Тип резонатора	Наличие системы контроля нарастания напряжения питания и скорость его нарастания	
Керамический	Нет, высокая	000, 011
	Нет, низкая	001, 100
	Есть	010
Кварцевый	Есть	010, 101
	Нет, высокая	011, 110
	Нет, низкая	100, 111

Значения битов CKSEL[0] и SUT[1..0] указанные вторыми, обеспечивают старт программы микроконтроллера при более стабильном значении тактовой частоты чем первые. Время запуска программы при этом увеличивается.

Г. Состояние остальных битов конфигурации (EESAVE, BOOTSZ1 и BOOTSZ0) может быть любым.

**Пример №2:** Типовые изменения в исходном тексте программы и установка битов конфигурации при замене микроконтроллера AT90S2333/4433 на ATmega8 (исходный текст программы - ассемблер):

Исходный текст:

```
.include "4433def.inc"
; файл именами регистров ввода-
; вывода и их битов
.....
.....

ldi temp1,(1<<WDE)+(1<<WDP2)
wdr
; изменение периода работы
; сторожевого таймера на 0.75с

out WDTCR,temp1

.....
.....

ldi temp1,(1<<SE)+(1<<SM)
out MCUCR,temp1
sleep
; Перевод процессора в режим
; "Power down"
```

Изменённый текст:

```
.include "m8def.inc"
; файл с изменёнными именами
; и адресами регистров и
; позициями битов
.....
.....

cli
ldi temp1,(1<<WDCE)+(1<<WDE)
out WDTCR,temp1
ldi temp1,(1<<WDE)+(1<<WDP2)
wdr
out WDTCR,temp1
sei

.....
.....

ldi temp1,(1<<SE)+(1<<SM1)
out MCUCR,temp1
sleep
; Перевод процессора в режим
; "Power down"
```

А. Установить BOOTRST=1, WDTON=1, RSTDISBL=1. Состояние битов BODEN и BODLEVEL – то-же, что использовалось для AT90S2333/4433.

Б. При работе в условиях сильных помех или тактировании от генератора контроллера других устройств SKOPT=0, иначе SKOPT=1.

Исходное состояние		Рекомендуемые установки битов CKSEL[3..1]
Тип резонатора	Частота резонатора (МГц)	
Керамический	0.4 – 0.9	101
	0.9 – 3.0	110
	3.0 – 8.0	111
Кварцевый	0.9 – 3.0	110
	3.0 – 8.0	111

Исходное состояние		Рекомендуемые установки битов CKSEL[0] и SUT[1..0]
Тип резонатора	Наличие системы контроля нарастания напряжения питания, скорость его нарастания и состояние битов CKSEL[2..0]	
Керамический	Нет, высокая, 110	000, 011
	Нет, низкая, 101	001, 100
	Есть, 111	010
Кварцевый	Есть, 100	010, 101
	Нет, высокая, 011	011, 110
	Нет, низкая, 010	100, 111

Значения битов CKSEL[0] и SUT[1..0] указанные вторыми, обеспечивают старт программы микроконтроллера при более стабильном значении тактовой частоты чем первые. Время запуска программы при этом увеличивается.

В. Состояние остальных битов конфигурации (EESAVE, BOOTSZ1 и BOOTSZ0) может быть любым.

Оригинальные рекомендации по замене:

AT90S4433-ATmega8: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2515.pdf>

AT90S8515-ATmega8515: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2519.pdf>

AT90S8535-ATmega8535: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2520.pdf>  
ATmega163-ATmega16: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2517.pdf>  
ATmega161-ATmega162: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2516.pdf>  
ATmega323-ATmega32: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2518.pdf>  
ATmega103-ATmega64/128: <http://www.atmel.ru/Atmel/acrobat/doc2501.pdf>

*Станислав Лещинский ака «Точка опоры», [atmel@fulcrum.ru](mailto:atmel@fulcrum.ru)  
ООО «МФК Точка Опоры», Москва.  
26.III.2003*