

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	8
Глава 1. Знакомство с семейством Mega	10
1.1. Общие сведения	10
1.2. Отличительные особенности	10
1.3. Характеристики процессора	11
1.4. Характеристики подсистемы ввода/вывода	11
1.5. Периферийные устройства	12
1.6. Архитектура ядра	12
1.7. Цоколевка и описание выводов	13
Глава 2. Архитектура микроконтроллеров семейства Mega	87
2.1. Общие сведения	87
2.2. Организация памяти	101
2.2.1. Память программ	103
2.2.2. Память данных	105
2.2.3. Энергонезависимая память данных (EEPROM)	160
2.3. Счетчик команд и выполнение программы	165
2.3.1. Счетчик команд	165
2.3.2. Функционирование конвейера	166
2.3.3. Команды типа «проверка/пропуск» (Test & Skip)	167
2.3.4. Команды условного перехода	167
2.3.5. Команды безусловного перехода	167
2.3.6. Команды вызова подпрограмм	169
2.3.7. Команды возврата из подпрограмм	171
2.4. Стек	171
Глава 3. Система команд	172
3.1. Общие сведения	172
3.2. Операнды	172
3.3. Типы команд	174
3.3.1. Команды логических операций	175
3.3.2. Команды арифметических операций и команды сдвига	175

3.3.3. Команды битовых операций	175
3.3.4. Команды пересылки данных	176
3.3.5. Команды передачи управления	176
3.3.6. Команды управления системой	178
3.4. Сводные таблицы команд	179
3.5. Описание команд	185
Глава 4. Тактирование, режимы пониженного энергопотребления и сброс	251
4.1. Общие сведения	251
4.2. Тактовый генератор	251
4.2.1. Генератор с внешним резонатором	254
4.2.2. Низкочастотный кварцевый генератор	256
4.2.3. Внешний сигнал синхронизации	256
4.2.4. Генератор с внешней RC-цепочкой	256
4.2.5. Внутренний калиброванный RC-генератор	257
4.2.6. Внутренний RC-генератор на 128 кГц	259
4.2.7. Управление тактовой частотой	259
4.3. Управление электропитанием	262
4.3.1. Режимы пониженного энергопотребления	262
4.3.2. Управление тактовыми сигналами модулей	268
4.3.3. Общие рекомендации по уменьшению энергопотребления	271
4.4. Сброс	273
4.4.1. Сброс по включению питания	277
4.4.2. Аппаратный сброс	278
4.4.3. Сброс от сторожевого таймера	279
4.4.4. Сброс при снижении напряжения питания	279
4.4.5. Управление схемой сброса	281
Глава 5. Прерывания	291
5.1. Общие сведения	291
5.2. Таблица векторов прерываний	291
5.3. Обработка прерываний	306
5.4. Внешние прерывания	308
Глава 6. Порты ввода/вывода	320
6.1. Общие сведения	320
6.2. Регистры портов ввода/вывода	321
6.3. Конфигурирование портов ввода/вывода	323
Глава 7. Таймеры	329
7.1. Общие сведения	329
7.2. Назначение выводов таймеров/счетчиков	330
7.3. Прерывания от таймеров/счетчиков	333
7.4. Предделители таймеров/счетчиков	338
7.4.1. Управление предделителями	339
7.4.2. Использование внешнего тактового сигнала	341

7.5. Восьмибитные таймеры/счетчики	342
7.5.1. Управление тактовым сигналом	352
7.5.2. Режимы работы	353
7.5.3. Асинхронный режим	360
7.6. 16-битные таймеры/счетчики	363
7.6.1. Обращение к 16-битным регистрам	372
7.6.2. Управление тактовым сигналом	373
7.6.3. Режимы работы	373
7.7. Модулятор	385
7.8. Сторожевой таймер	386
Глава 8. Аналоговый компаратор	395
8.1. Общие сведения	395
8.2. Функционирование компаратора	396
Глава 9. Аналого-цифровой преобразователь	401
9.1. Общие сведения	401
9.2. Функционирование модуля АЦП	402
9.3. Результат преобразования	415
9.4. Повышение точности преобразования	416
9.5. Параметры АЦП	417
Глава 10. Последовательный периферийный интерфейс SPI	419
10.1. Общие сведения	419
10.2. Функционирование модуля SPI	419
10.3. Режимы передачи данных	424
10.4. Использование вывода SS	426
Глава 11. Двухпроводный последовательный интерфейс TWI	427
11.1. Общие сведения	427
11.2. Принципы обмена данными по шине TWI	428
11.3. Обзор модуля TWI	433
11.4. Взаимодействие прикладной программы с модулем TWI	440
11.5. Режимы работы модуля TWI	443
11.5.1. Режим «Ведущий-передатчик»	443
11.5.2. Режим «Ведущий-приемник»	448
11.5.3. Режим «Ведомый-приемник»	452
11.5.4. Режим «Ведомый-передатчик»	457
11.5.5. Комбинирование различных режимов	461
11.5.6. Арбитраж	461
11.6. Параметры интерфейса TWI	463
Глава 12. Универсальный последовательный интерфейс USI	465
12.1. Общие сведения	465
12.2. Использование модуля USI	466
12.3. Режимы работы модуля USI	470

12.3.1. Трехпроводный режим	470
12.3.2. Двухпроводный режим	473
12.3.3. Альтернативное использование модуля USI	476
Глава 13. Универсальный синхронный/асинхронный приемо-передатчик	477
13.1. Общие сведения	477
13.2. Использование модулей USART	479
13.2.1. Скорость приема/передачи	486
13.2.2. Формат кадра	492
13.2.3. Передача данных	493
13.2.4. Прием данных	495
13.3. Мультипроцессорный режим работы	500
13.4. Модуль USART в режиме MSPi	501
13.4.1. Управление модулем USART в режиме MSPi	501
13.4.2. Инициализация режима MSPi	505
13.4.3. Передача данных в режиме MSPi	506
Глава 14. Программирование микроконтроллеров AVR семейства Mega	508
14.1. Общие сведения	508
14.1.1. Защита кода и данных	509
14.1.2. Конфигурационные ячейки	511
14.1.3. Идентификатор	516
14.1.4. Калибровочные ячейки	517
14.1.5. Организация памяти программ и данных	517
14.2. Программирование по последовательному каналу	518
14.2.1. Переключение в режим программирования	525
14.2.2. Управление процессом программирования FLASH-памяти	525
14.2.3. Управление процессом программирования EEPROM-памяти	526
14.3. Параллельное программирование	526
14.3.1. Переключение в режим параллельного программирования	532
14.3.2. Стирание кристалла	533
14.3.3. Программирование FLASH-памяти	533
14.3.4. Программирование EEPROM-памяти	535
14.3.5. Программирование конфигурационных ячеек	537
14.3.6. Программирование ячеек защиты	538
14.3.7. Чтение конфигурационных ячеек и ячеек защиты	538
14.3.8. Чтение ячеек идентификатора и калибровочных ячеек	539
14.4. Программирование по интерфейсу JTAG	539
14.4.1. Общие сведения об интерфейсе JTAG	539
14.4.2. Использование интерфейса JTAG для программирования кристалла	542
14.4.3. Команды JTAG, используемые при программировании	543
14.4.4. Алгоритм программирования	545
14.5. Самопрограммирование микроконтроллеров семейства Mega	554
14.5.1. Общие сведения	554
14.5.2. Области RWW и NRWW	555
14.5.3. Функционирование загрузчика	557

Приложения	564
Приложение 1. Сводная таблица микроконтроллеров AVR семейства Mega	564
Приложение 2. Чертежи корпусов микроконтроллеров AVR семейства Mega	574
Приложение 3. Параметры микроконтроллеров AVR семейства Mega	577
Предметный указатель	582

Предисловие

Книга, которую вы держите в руках, посвящена одному из семейств микроконтроллеров AVR фирмы Atmel. Эти 8-битные RISC-микроконтроллеры для встраиваемых приложений являются, пожалуй, наиболее интересным направлением, развиваемым фирмой. Они представляют собой мощный инструмент, прекрасную основу для создания современных высокопроизводительных и экономичных встраиваемых контроллеров многоцелевого назначения.

Несмотря на то что микроконтроллеры AVR появились на рынке около 10 лет назад, их популярность до сих пор очень высока. С каждым годом они захватывают все новые и новые ниши на рынке. Не последнюю роль в этом играет соотношение показателей цена/быстродействие/энергопотребление, до сих пор являющееся едва ли не лучшим на рынке 8-битных микроконтроллеров. Кроме того, постоянно растет число выпускаемых сторонними производителями разнообразных программных и аппаратных средств поддержки разработок устройств на их основе. Все это позволяет говорить о микроконтроллерах AVR как об индустриальном стандарте среди 8-битных микроконтроллеров.

В настоящее время в рамках единой базовой архитектуры микроконтроллеры AVR подразделяются на несколько семейств:

- Tiny AVR;
- Mega AVR;
- Mega AVR для специальных применений;
- ASIC/FPGA AVR.

Данная книга посвящена семейству Mega. Микроконтроллеры этого семейства имеют наиболее развитую периферию, наибольшие среди всех микроконтроллеров AVR объемы памяти программ и данных. Они предназначены для использования в мобильных телефонах, в контроллерах различного периферийного оборудования (такого как принтеры, сканеры, современные дисковые накопители, приводы CD-ROM/DVD-ROM и т. п.), в сложной офисной технике и т. д.

Микроконтроллеры семейства Mega поддерживают несколько режимов пониженного энергопотребления, имеют блок прерываний, стороже-

вой таймер и допускают программирование непосредственно в готовом устройстве.

В предлагаемой вашему вниманию книге представлена вся информация, необходимая для изучения микроконтроллеров AVR семейства Mega. Вместе с тем следует заметить, что всеобъемлющим справочником данная книга не является, хотя и написана на основе документации, предоставляемой фирмой Atmel. Поэтому, прежде чем приступить к практическому использованию рассматриваемых микроконтроллеров, рекомендуется обратиться к официальной информации, размещенной на Web-сайтах фирмы (www.atmel.com, www.atmel.ru).

1.1. Общие сведения

Как и все микроконтроллеры AVR фирмы Atmel, микроконтроллеры семейства Mega являются 8-битными микроконтроллерами, предназначенными для использования во встраиваемых приложениях. Они изготавливаются по малопотребляющей КМОП-технологии, которая в сочетании с усовершенствованной RISC-архитектурой позволяет достичь наилучшего соотношения стоимость/быстродействие/энергопотребление. Микроконтроллеры описываемого семейства являются наиболее развитыми представителями микроконтроллеров AVR общего применения.

1.2. Отличительные особенности

К особенностям микроконтроллеров AVR семейства Mega можно отнести:

- FLASH-память программ объемом от 8 до 256 Кбайт (число циклов стирания/записи не менее 10 000);
- оперативная память (статическое ОЗУ) объемом от 512 байт до 8 Кбайт;
- память данных на основе ЭСППЗУ (EEPROM) объемом от 256 байт до 4 Кбайт (число циклов стирания/записи не менее 100 000);
- возможность защиты от чтения и модификации памяти программ и данных;
- возможность программирования непосредственно в системе через последовательные интерфейсы SPI и JTAG;
- возможность самопрограммирования;
- возможность внутрисхемной отладки в соответствии со стандартом IEEE 1149.1 (JTAG), а также наличие собственного однопроводного интерфейса внутрисхемной отладки debugWire¹⁾;
- разнообразные способы синхронизации: встроенный RC-генератор с внутренней или внешней времязадающей RC-цепочкой, встроенный

¹⁾ Не во всех моделях.

генератор с внешним кварцевым или пьезокерамическим резонатором, внешний сигнал синхронизации;

- наличие нескольких режимов пониженного энергопотребления;
- наличие детектора пониженного напряжения питания (Brown-Out Detector — BOD);
- возможность программного снижения частоты тактового генератора¹⁾.

1.3. Характеристики процессора

Основными характеристиками процессора микроконтроллеров AVR семейства Mega являются:

- полностью статическая архитектура, минимальная тактовая частота равна нулю;
- арифметико-логическое устройство (АЛУ) подключено непосредственно к регистрам общего назначения (32 регистра);
- большинство команд выполняются за один период тактового сигнала;
- векторная система прерываний, поддержка очереди прерываний;
- большое число источников прерываний (до 45 внутренних и до 32 внешних);
- наличие аппаратного умножителя.

1.4. Характеристики подсистемы ввода/вывода

Подсистема ввода/вывода микроконтроллеров AVR семейства Mega имеет следующие особенности:

- программное конфигурирование и выбор портов ввода/вывода;
- выходы могут быть запрограммированы как входные или как выходные независимо друг от друга;
- входные буферы с триггером Шмитта на всех выводах;
- имеется возможность полного отключения цифрового порта ввода/вывода от физического вывода микросхемы²⁾;
- на всех входах имеются индивидуально отключаемые внутренние подтягивающие резисторы сопротивлением 20...50 кОм.

¹⁾ Не во всех моделях.

²⁾ В новых моделях.

1.5. Периферийные устройства

Микроконтроллеры семейства Mega имеют богатый набор периферийных устройств (ПУ):

- один или два 8-битных таймера/счетчика. Во всех моделях с двумя 8-битными таймерами/счетчиками один из них может работать в качестве часов реального времени (в асинхронном режиме);
- от одного до четырех 16-битных таймеров/счетчиков;
- сторожевой таймер;
- одно- и двухканальные генераторы 8-битного ШИМ-сигнала (один из режимов работы 8-битных таймеров/счетчиков);
- двух- и трехканальные генераторы ШИМ-сигнала регулируемой разрядности (один из режимов работы 16-битных таймеров/счетчиков). Разрешение формируемого сигнала может составлять от 1 до 16 бит;
- аналоговый компаратор;
- многоканальный 10-битный АЦП последовательного приближения, имеющий как несимметричные, так и дифференциальные входы;
- последовательный синхронный интерфейс SPI;
- последовательный двухпроводный интерфейс TWI (полный аналог интерфейса I²C);
- от одного до четырех полнодуплексных универсальных синхронных/асинхронных приемо-передатчиков (USART). В ряде моделей эти приемо-передатчики могут использоваться в качестве ведущего устройства шины SPI;
- универсальный последовательный интерфейс USI, который может использоваться в качестве интерфейса SPI или I²C. Кроме того, USI может использоваться в качестве полудуплексного UART или 4/12-битного счетчика.

1.6. Архитектура ядра

Ядро микроконтроллеров AVR семейства Mega выполнено по усовершенствованной RISC-архитектуре (enhanced RISC) (**Рис. 1.1**), в которой используется ряд решений, направленных на повышение быстродействия микроконтроллеров.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ), выполняющее все вычисления, подключено непосредственно к 32 рабочим регистрам, объединенным в регистровый файл. Благодаря этому, АЛУ может выполнять одну операцию (чтение содержимого регистров, выполнение операции и запись результата обратно в регистровый файл) за такт. Кроме того, практически

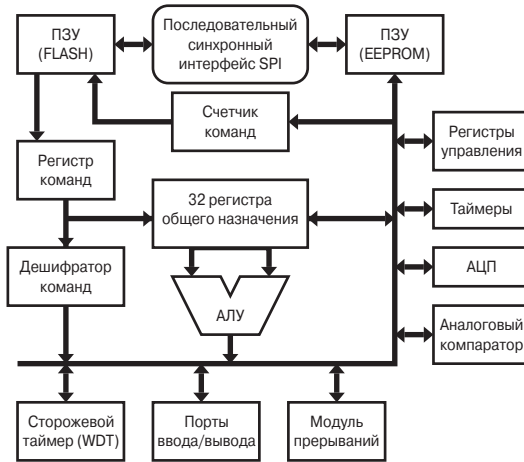


Рис. 1.1. Архитектура ядра микроконтроллеров AVR

каждая из команд (за исключением команд, у которых одним из операндов является 16-битный адрес) занимает одну ячейку памяти программ.

В микроконтроллерах AVR реализована Гарвардская архитектура, характеризующаяся отдельной памятью программ и данных, каждая из которых имеет собственные шины доступа. Такая организация позволяет одновременно работать как с памятью программ, так и с памятью данных. Разделение информационных шин позволяет использовать для каждого типа памяти шины различной разрядности, причем способы адресации и доступа к каждому типу памяти также различаются. В сочетании с двухуровневым конвейером команд такая архитектура позволяет достичь производительности в 1 MIPS на каждый МГц тактовой частоты.

1.7. Цоколевка и описание выводов

В семейство Mega на сегодняшний день входит в общей сложности 24 модели микроконтроллеров, которые делятся на 4 группы.

1. Микроконтроллеры в 32-выводных корпусах типа TQFP и MLF (также выпускаются в 28-выводных корпусах типа DIP) с максимальным числом контактов ввода/вывода, равным 23:

- ATmega8, ATmega8L (Рис. 1.2) — имеют FLASH-память программ объемом 8 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Эти модели полностью (по цоколевке и функцио-

нально) обратно совместимы со снятыми с производства микроконтроллерами семейства Classic AT90S4433 и могут использоваться для их замены в новых разработках;

- ATmega48, ATmega48V (**Рис. 1.3**) — имеют FLASH-память программ объемом 4 Кбайт, ОЗУ объемом 512 байт и EEPROM-память данных объемом 256 байт;
 - ATmega88, ATmega88V (**Рис. 1.3**) — имеют FLASH-память программ объемом 8 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт;
 - ATmega168, ATmega168V (**Рис. 1.3**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт.
2. Микроконтроллеры в 44-выводных корпусах типа TQFP и MLF (также выпускаются в 40-выводных корпусах типа DIP) с максимальным числом контактов ввода/вывода, равным 35 (модели с возможностью подключения внешнего ОЗУ) или 32 (остальные модели):
- ATmega8515, ATmega8515L (**Рис. 1.4**) — имеют FLASH-память программ объемом 8 Кбайт, ОЗУ объемом 512 байт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Выпускаются также в 44-выводном корпусе типа PLCC. Эти модели по цоколевке полностью совместимы со снятыми с производства микроконтроллерами семейства Classic AT90S4414/8515. Кроме того, в них предусмотрен режим совместимости с моделями AT90S4414/8515 (в этом режиме обеспечивается их полная функциональная совместимость);
 - ATmega8535, ATmega8535L (**Рис. 1.5**) — имеют FLASH-память программ объемом 8 Кбайт, ОЗУ объемом 512 байт и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Выпускаются также в 44-выводном корпусе типа PLCC. Эти модели по цоколевке полностью совместимы со снятыми с производства микроконтроллерами семейства Classic AT90S8535. Кроме того, в них предусмотрен режим совместимости с моделями AT90S8535 (в этом режиме обеспечивается их полная функциональная совместимость);
 - ATmega16, ATmega16L (**Рис. 1.6**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 32. Эти модели полностью (по цоколевке и функционально) обратно совместимы со снятыми с производства микроконтроллерами семейства ATmega163(L) и могут использоваться для их замены в новых разработках;

- ATmega162, ATmega162V (**Рис. 1.7**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 32. Эти модели по цоколевке полностью совместимы со снятыми с производства микроконтроллерами ATmega161(L). Кроме того, в них предусмотрен режим совместимости с моделями ATmega161x (в этом режиме обеспечивается их полная функциональная совместимость);
 - ATmega164, ATmega164V (**Рис. 1.8**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт;
 - ATmega32, ATmega32L (**Рис. 1.6**) — имеют FLASH-память программ объемом 32 Кбайт, ОЗУ объемом 2 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 1 Кбайт. Эти модели полностью (функционально и по цоколевке) обратно совместимы с микроконтроллерами ATmega323(L) и могут использоваться для их замены в новых разработках;
 - ATmega324, ATmega324V (**Рис. 1.8**) — имеют FLASH-память программ объемом 32 Кбайт, ОЗУ объемом 2 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 1 Кбайт;
 - ATmega644, ATmega644V (**Рис. 1.9**) — имеют FLASH-память программ объемом 32 Кбайт, ОЗУ объемом 4 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 2 Кбайт.
3. Микроконтроллеры в 64-выводных корпусах типа TQFP и MLF:
- ATmega165, ATmega165V (**Рис. 1.10**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 1 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 512 байт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 53;
 - ATmega325, ATmega325V (**Рис. 1.11**) — имеют FLASH-память программ объемом 32 Кбайт, ОЗУ объемом 2 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 1 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 53;
 - ATmega645, ATmega645V (**Рис. 1.11**) — имеют FLASH-память программ объемом 16 Кбайт, ОЗУ объемом 4 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 2 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 53;
 - ATmega64, ATmega64L (**Рис. 1.12**) — имеют FLASH-память программ объемом 64 Кбайт, ОЗУ объемом 4 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 2 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 53;

- ATmega128, ATmega128L (**Рис. 1.12**) — имеют FLASH-память программ объемом 128 Кбайт, ОЗУ объемом 4 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 53;
 - ATmega1281, ATmega1281V (**Рис. 1.13**) — имеют FLASH-память программ объемом 128 Кбайт, ОЗУ объемом 8 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 54;
 - ATmega2561, ATmega2561V (**Рис. 1.13**) — имеют FLASH-память программ объемом 256 Кбайт, ОЗУ объемом 8 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 54.
4. Микроконтроллеры в 100-выводных корпусах типа TQFP:
- ATmega3250, ATmega3250V (**Рис. 1.14**) — имеют FLASH-память программ объемом 32 Кбайт, ОЗУ объемом 2 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 1 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 68;
 - ATmega6450, ATmega6450V (**Рис. 1.14**) — имеют FLASH-память программ объемом 64 Кбайт, ОЗУ объемом 4 Кбайт и EEPROM-память данных объемом 2 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 68;
 - ATmega640, ATmega640V (**Рис. 1.15**) — имеют FLASH-память программ объемом 64 Кбайт, ОЗУ объемом 8 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 86;
 - ATmega1280, ATmega1280V (**Рис. 1.15**) — имеют FLASH-память программ объемом 128 Кбайт, ОЗУ объемом 8 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 86;
 - ATmega2560, ATmega2560V (**Рис. 1.15**) — имеют FLASH-память программ объемом 128 Кбайт, ОЗУ объемом 8 Кбайт (с возможностью подключения внешнего ОЗУ объемом до 64 Кбайт) и EEPROM-память данных объемом 4 Кбайт. Максимальное число контактов ввода/вывода равно 86.

Основные параметры всех микроконтроллеров семейства, такие как объем памяти (программ и данных), число контактов ввода/вывода, тип

корпуса, диапазон рабочих частот и напряжения питания, приведены в Табл. 1.1. Полная информация по каждой модели приведена в Приложении 1. Дополнительно следует отметить, что одни модели микроконтроллеров семейства выпускаются как в коммерческом (диапазон рабочих температур 0...+70°C), так и в промышленном (диапазон рабочих температур -40...+85°C) исполнениях, а другие — только в промышленном.

Таблица 1.1. Основные параметры микроконтроллеров AVR семейства Mega

Обозначение	Память программ (FLASH) [Кбайт]	Память данных (ОЗУ) [байт]	Память данных (EEPROM) [байт]	Количество контактов ввода/вывода	Напряжение питания [В]	Тактовая частота [МГц]	Тип корпуса
ATmega48	4	512	256	23	2.7...5.5	0...10	DIP-28 TQFP-32 MLF-32
ATmega48V					4.5...5.5	0...20	
ATmega8515	8	512	512	35	1.8...5.5	0...4	DIP-40 TQFP-44 PLCC-44 MLF-44
ATmega8515L					2.7...5.5	0...8	
ATmega8535	8	512	512	32	4.5...5.5	0...16	DIP-40 TQFP-44 PLCC-44 MLF-44
ATmega8535L					2.7...5.5	0...8	
ATmega8	8	1K	512	23	4.5...5.5	0...16	DIP-28 TQFP-32 MLF-32
ATmega8L					2.7...5.5	0...8	
ATmega88	8	1K	512	23	2.7...5.5	0...10	DIP-28 TQFP-32 MLF-32
ATmega88V					4.5...5.5	0...20	
ATmega16	16	1K	512	32	1.8...5.5	0...4	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega16L					2.7...5.5	0...10	
ATmega162	16	1K	512	35	4.5...5.5	0...16	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega162V					2.7...5.5	0...8	
ATmega164	16	1K	512	32	2.7...5.5	0...10	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega164V					4.5...5.5	0...20	
					1.8...5.5	0...4	
					2.7...5.5	0...10	

Таблица 1.1. Основные параметры микроконтроллеров AVR семейства Mega (продолжение)

Обозначение	Память программ (FLASH) [Кбайт]	Память данных (ОЗУ) [байт]	Память данных (EEPROM) [байт]	Количество контактов ввода/вывода	Напряжение питания [В]	Тактовая частота [МГц]	Тип корпуса
ATmega165	16	1К	512	53	2.7...5.5	0...8	TQFP-64 MLF-64
ATmega165V					4.5...5.5	0...16	
ATmega168	16	1К	512	23	2.7...5.5	0...10	DIP-28 TQFP-32 MLF-32
ATmega168V					4.5...5.5	0...20	
ATmega168V					1.8...5.5	0...4	
ATmega32	32	2К	1К	32	2.7...5.5	0...10	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega32L					4.5...5.5	0...20	
ATmega32L					1.8...5.5	0...4	
ATmega324	32	2К	1К	32	2.7...5.5	0...10	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega324V					4.5...5.5	0...20	
ATmega324V					1.8...5.5	0...4	
ATmega324V					2.7...5.5	0...10	
ATmega325	32	2К	1К	53	2.7...5.5	0...8	TQFP-64 MLF-64
ATmega325V					4.5...5.5	0...16	
ATmega325V					1.8...5.5	0...4	
ATmega325V					2.7...5.5	0...8	
ATmega3250	32	2К	1К	68	2.7...5.5	0...8	TQFP-100
ATmega3250V					4.5...5.5	0...16	
ATmega3250V					1.8...5.5	0...4	
ATmega3250V					2.7...5.5	0...8	
ATmega64	64	4К	2К	53	2.7...5.5	0...8	TQFP-64 MLF-64
ATmega64L					4.5...5.5	0...16	
ATmega64L					1.8...5.5	0...4	
ATmega64L					2.7...5.5	0...8	
ATmega640	64	8К	4К	86	2.7...5.5	0...8	TQFP-100
ATmega640V					4.5...5.5	0...16	
ATmega640V					1.8...5.5	0...4	
ATmega640V					2.7...5.5	0...8	
ATmega644	64	4К	2К	32	2.7...5.5	0...10	DIP-40 TQFP-44 MLF-44
ATmega644V					4.5...5.5	0...20	
ATmega644V					1.8...5.5	0...4	
ATmega644V					2.7...5.5	0...10	
ATmega645	64	4К	2К	53	2.7...5.5	0...8	TQFP-64 MLF-64
ATmega645V					4.5...5.5	0...16	
ATmega645V					1.8...5.5	0...4	
ATmega645V					2.7...5.5	0...8	

Таблица 1.1. Основные параметры микроконтроллеров AVR семейства Mega (продолжение)

Обозначение	Память программ (FLASH) [Кбайт]	Память данных (ОЗУ) [байт]	Память данных (EEPROM) [байт]	Количество контактов ввода/вывода	Напряжение питания [В]	Тактовая частота [МГц]	Тип корпуса
ATmega6450	64	4К	2К	68	2.7...5.5	0...8	TQFP-100
ATmega6450V					4.5...5.5	0...16	
ATmega128	128	4К	4К	53	1.8...5.5	0...4	TQFP-64
ATmega128L					2.7...5.5	0...8	
ATmega1280	128	8К	4К	86	2.7...5.5	0...8	TQFP-100
ATmega1280V					4.5...5.5	0...16	
ATmega1281	128	8К	4К	54	1.8...5.5	0...4	TQFP-64
ATmega1281V					2.7...5.5	0...8	
ATmega2560	256	8К	4К	86	2.7...5.5	0...8	TQFP-100
ATmega2560V					4.5...5.5	0...16	
ATmega2561	256	8К	4К	54	1.8...5.5	0...4	TQFP-64
ATmega2561V					2.7...5.5	0...8	

В **Табл. 1.2...1.15** для каждой линейки микроконтроллеров приведены обозначения выводов и указаны их функции (как основные, так и дополнительные). Кроме того, для каждого вывода в таблицах указан его тип (вход, выход, вход/выход, вывод питания).

В таблицах использованы следующие обозначения:

- I — вход;
- O — выход;
- I/O — вход/выход;
- P — вывод питания;
- ША — шина адреса;
- ШД — шина данных.

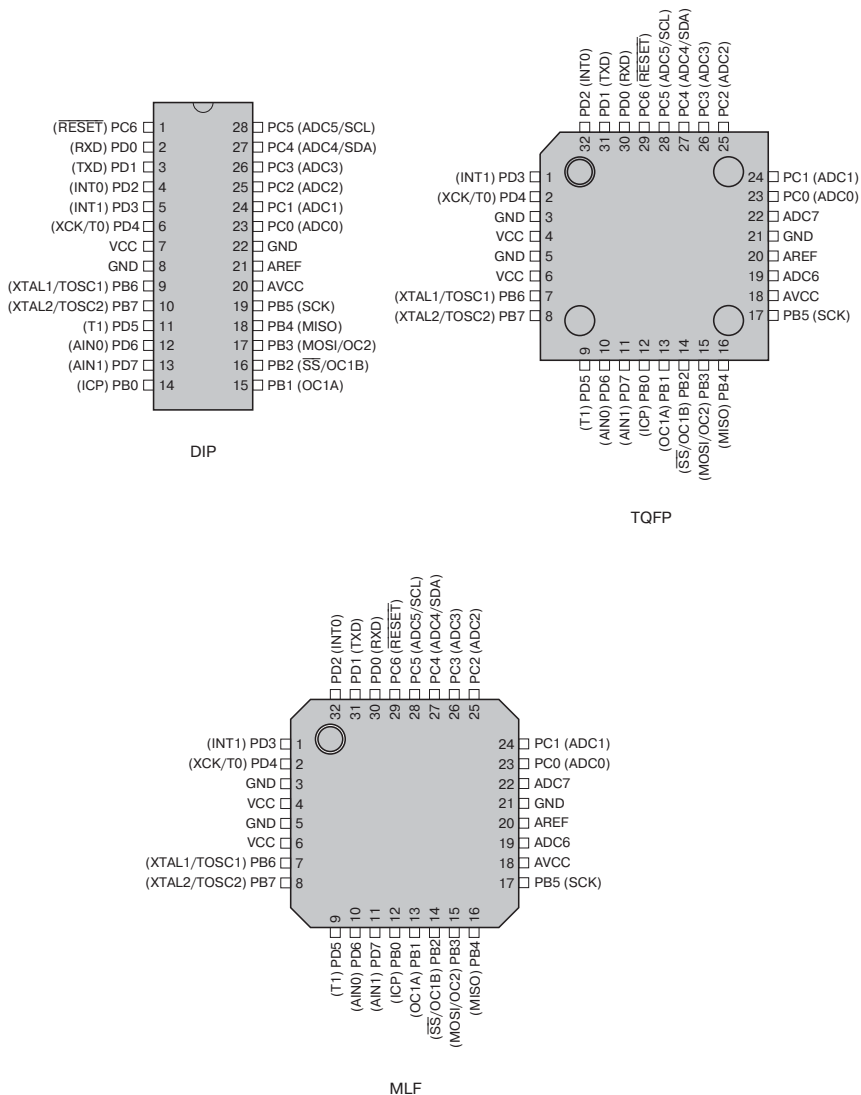


Рис. 1.2. Расположение выводов (вид сверху) моделей ATmega8x

Таблица 1.2. Описание выводов моделей ATmega8x

Обозначение	Номер вывода		Тип вывода	Описание
	DIP	TQFP MLF		
Порт В. 8-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами				
PB0 (ICP)	14	12	I/O	0-й бит порта В Вход захвата таймера/счетчика T1
PB1 (OC1A)	15	13	I/O	1-й бит порта В Выход А таймера/счетчика T1
PB2 (\overline{SS} /OC1B)	16	14	I/O	2-й бит порта В Выбор Slave-устройства на шине SPI Выход В таймера/счетчика T1
PB3 (MOSI/OC2)	17	15	I/O	3-й бит порта В Выход (Master) или вход (Slave) данных модуля SPI Выход таймера/счетчика T2
PB4 (MISO)	18	16	I/O	4-й бит порта В Вход (Master) или выход (Slave) данных модуля SPI
PB5 (SCK)	19	17	I/O	5-й бит порта В Выход (Master) или вход (Slave) тактового сигнала модуля SPI
PB6 (XTAL1/TOSC1)	9	7	I/O	6-й бит порта В Вход тактового генератора Вывод для подключения резонатора к таймеру/счетчику T2
PB7 (XTAL2/TOSC2)	10	8	I/O	7-й бит порта В Выход тактового генератора Вывод для подключения резонатора к таймеру/счетчику T2
Порт С. 7-битный двунаправленный порт ввода/вывода с внутренними подтягивающими резисторами				
PC0 (ADC0)	23	23	I/O	0-й бит порта В Вход АЦП
PC1 (ADC1)	24	24	I/O	1-й бит порта В Вход АЦП
PC2 (ADC2)	25	25	I/O	2-й бит порта В Вход АЦП
PC3 (ADC3)	26	26	I/O	3-й бит порта В Вход АЦП

Конец ознакомительного фрагмента.
Приобрести книгу можно
в интернет-магазине
«Электронный универс»
e-Univers.ru