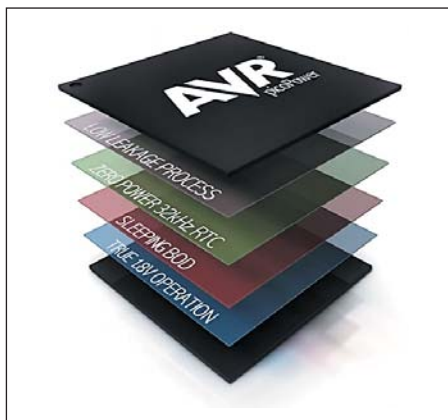


8-разрядные микроконтроллеры AVR корпорации Atmel:

НОВИНКИ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

Елена ЛАМБЕРТ
elena@efo.ru

Для корпорации Atmel подразделение микроконтроллеров является одним из приоритетных. Ориентируясь на широкий спектр задач, Atmel Corp. предлагает микросхемы различного ценового диапазона, удовлетворяя потребности рынка как дешевыми устройствами с минимальной функциональностью, так и более дорогими мощными процессорами (рис. 1). В данной статье представлены новинки и новые отладочные средства, описаны тенденции развития для популярных 8-разрядных микроконтроллеров AVR.



В статье рассмотрены новые технологии, применяемые при производстве микроконтроллеров AVR (picoPower, обновление этой технологии), сплавы, используемые для финишного покрытия выводов, новинки микроконтроллеров и отладочных средств.

Технология picoPower

В последние годы усилия фирмы Atmel по развитию архитектуры AVR были сконцентрированы на мероприятиях по снижению энергопотребления кристаллов. Разработанные технологии были объединены под общим названием picoPower, а в обозначении микросхем появился суффикс "P" (например, ATmega169P).

Оптимизация энергопотребления в энергосберегающих режимах была выбрана приоритетным направлением. Можно выделить следующее:

- Снижены токи утечки за счет оптимизации технологического процесса производства кристаллов.
- Расширен диапазон питающего напряжения микроконтроллеров. Нижний порог питающих напряжений снижен с 2,7 до 1,8 В и составляет теперь 1,8–5,5 В. Память (Flash, EEPROM, ОЗУ) и периферийные узлы, в том числе и аналоговая часть, работают

при напряжении питания от 1,8 В, что позволяет снизить энергопотребление.

- На кристалл интегрирован низкочастотный тактовый генератор 32 кГц, потребление которого незначительно по сравнению с суммарным энергопотреблением в режиме Power-Save.
 - Предусмотрена возможность отключения блока контроля питания (Brown-out Detection, BOD) при переходе в режим энергосбережения.
- Совершенствование технологического процесса при производстве кристаллов и расширение функциональных возможностей позволили заметно снизить энергопотребление микроконтроллеров AVR и в активном режиме работы. Из реализованных компанией Atmel механизмов можно выделить:

- Отключение тактового сигнала (Clock gating):
 - Возможность останова каждого отдельного периферийного блока микроконтроллера благодаря регистрам снижения энергопотребления (Power Reduction Register, PRR), обеспечивающим отключение тактового сигнала от периферийных узлов.
 - Содержимое регистров обновляется только при изменении входных данных.
- Питание Flash-памяти включается только на время выборки команды (Flash sampling).
- Добавлены регистры запрещения буфера цифрового ввода для линий ввода/вывода общего назначения (Digital Input Disable Registers, DIDR).

Обновленный технологический процесс

В 2008 году были представлены новые версии микроконтроллеров с улучшенными показателями энергопотребления, которые получены за счет дополнительного усовершен-

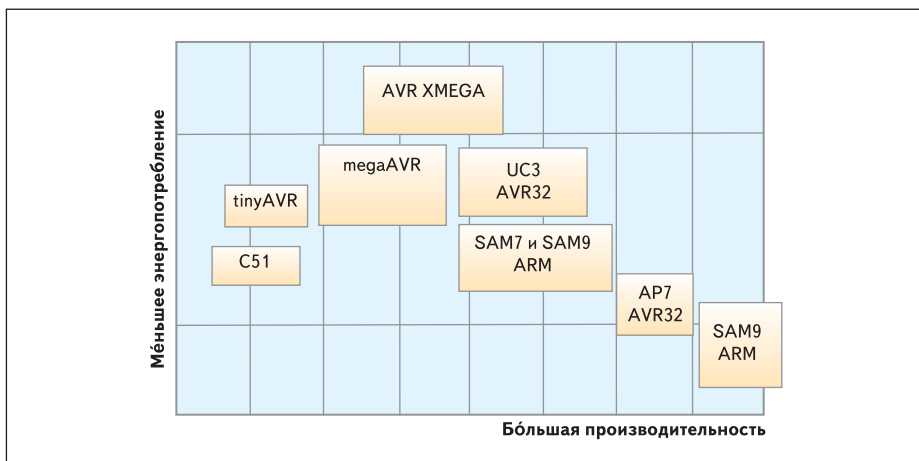


Рис. 1. Спектр предлагаемых микроконтроллеров корпорации Atmel

ствования технологического процесса производства микросхем. Обновленный технологический процесс будет использоваться:

- В микроконтроллерах, выпускаемых по технологии *ricoPower* (в наименовании суффикс "P" будет заменен на суффикс "PA", например, ATmega324PA). Новые версии микроконтроллеров будут иметь меньший ток потребления: в активном режиме на 30–45% и в энергосберегающих режимах на 42–54% (пример приведен в таблице 1).

Таблица 1. Сравнение энергопотребления ATmega324P и ATmega324PA

Режим	Условия	ATmega324P	ATmega324PA	Изменение
Active	VCC = 2 В, f = 1 МГц	0,42 мА	0,3 мА	-29%
	VCC = 3 В, f = 4 МГц	2,4 мА	1,5 мА	-38%
	VCC = 5 В, f = 8 МГц	8,0 мА	5,2 мА	-35%
Idle	VCC = 2 В, f = 1 МГц	0,13 мА	0,06 мА	-54%
	VCC = 3 В, f = 4 МГц	0,6 мА	0,35 мА	-42%
	VCC = 5 В, f = 8 МГц	2,3 мА	1,3 мА	-43%

- В микроконтроллерах, выпускаемых ранее без применения технологии *ricoPower* (в наименовании прибавится суффикс "A", например, ATtiny13A). У новых версий этих микроконтроллеров ток потребления уменьшится: в активном режиме на 12–45%, а в энергосберегающих режимах — на 13–90% (пример приведен в таблице 2).

Таблица 2. Сравнение энергопотребления ATtiny13 и ATtiny13A

Режим	Условия	ATtiny13	ATtiny13A	Изменение
Active	VCC = 1,8 В, f = 1 МГц	240 мкА	190 мкА	-20%
	VCC = 5,5 В, f = 20 МГц	13 мА	8,8 мА	-30%
Idle	VCC = 1,8 В, f = 1 МГц	220 мкА	24 мкА	-90%
	VCC = 5,5 В, f = 20 МГц	4,0 мА	1,7 мА	-60%
Reset	VCC = 1,8 В, f = 1 МГц	7 мкА	5 мкА	-30%
	VCC = 5,5 В, f = 20 МГц	2,9 мА	1,25 мА	-60%

- В новых сериях микроконтроллеров (суффикс "A" в наименовании использоваться не будет, например, ATtiny48/88).

Для микроконтроллеров, выпускаемых по обновленному технологическому процессу, будет использоваться унифицированное наименование. Микроконтроллеры, которые ранее выходили в двух вариантах исполне-

Таблица 3. Унифицированное наименование для новой версии микроконтроллера ATmega48

Старые версии	Обновленная технология <i>ricoPower</i>
ATmega48-20xU (4,5–5,5 В, 0–20 МГц)	ATmega48PA-xU (1,8–5,5 В, 0–20 МГц)
ATmega48P-20xU (4,5–5,5 В, 0–20 МГц)	
ATmega48V-10xU (1,8–5,5 В, 0–10 МГц)	
ATmega48PV-10xU (1,8–5,5 В, 0–10 МГц)	

ния (с диапазоном напряжения питания 4,5–5,5 В и 1,8–5,5 В), теперь имеют один код для заказа и расширенный диапазон питания 1,8–5,5 В. При этом рекомендуемая рабочая частота при напряжении питания 1,8 В не должна превышать 4 МГц. Пример формирования нового унифицированного наименования для ATmega48 приведен в таблице 3.

Все микроконтроллеры, которые производятся с применением новых технологий, по выводу и функционально совместимы с предыдущими версиями. Выпускаются специальные руководства по применению, описывающие различия в кристаллах. Старые версии микроконтроллеров будут постепенно сниматься с производства. Приведем список анонсированных на середину 2009 года микроконтроллеров, которые будут выпускаться по обновленной технологии:

- ATtiny48;
- ATtiny88;
- ATtiny13A;
- ATtiny24A;
- ATtiny44A;
- ATtiny861A;
- ATmega48PA;
- ATmega88PA;
- ATmega16A;
- ATmega32A;
- ATmega16U2;
- AT90USB162A;
- ATmega168PA;
- ATxmega164A;
- ATmega165PA;
- ATmega169PA;
- ATmega324PA;
- ATmega328P;
- ATmega128A;
- ATmega1284P;
- ATmega64A.

Финишное покрытие выводов

Еще одна тенденция, которую можно отметить, это все большее использование для финишного покрытия выводов состава NiPdAu (никель-палладий-золото). NiPdAu позволяет уменьшить вероятность возникновения дефекта кристаллических образований («усов») и, соответственно, предохраняет от возникновения короткого замыкания при использовании микросхем с малым шагом выводов.

Благодаря высокому качеству финишного покрытия NiPdAu, его использование становится общей тенденцией не только у корпорации Atmel, но и у других производителей. Корпуса с финишным покрытием выводов NiPdAu

полностью соответствуют стандарту RoHS. Описание химического состава и финишного покрытия выводов в процентном соотношении для различных корпусов микросхем Atmel можно найти по ссылке: <http://www.atmel.com/green/pmdds.asp#NiPdAuPlating>.

Условия хранения и пайки микросхем, включая микросхемы с финишным покрытием NiPdAu, регулируются стандартом JEDEC: документы J-STD-020D [1] и J-STD-033B. Наиболее распространенным на данный момент у корпорации Atmel является финишное покрытие Matte Sn (чистое олово). Поскольку термопрофили, используемые для монтажа компонентов с финишными покрытиями NiPdAu и Matte Sn, одинаковы, неудобства при монтаже с переходом на другое финишное покрытие не возникнет.

Финишное покрытие выводов NiPdAu в наименовании микросхемы будет обозначаться буквой H (для промышленного диапазона), например ATtiny13A-SH вместо ATtiny13A-SU.

Новые микроконтроллеры AVR в 2009 году

Корпорация Atmel анонсировала в этом году 3 принципиально новых линейки микроконтроллеров в семействе *tiny* (табл. 4)

Новые микроконтроллеры ATtiny48/88 призваны заполнить промежуток между семействами *tiny* и *mega* и представляют собой упрощенную версию ATmega48/88. Это микроконтроллер в корпусе с 32 выводами, он содержит интерфейсы TWI (I²C), SPI, 28-линейный ввод/вывод общего назначения, 10-разрядный АЦП. Как и все новые микроконтроллеры, он выпускается с использованием технологии *ricoPower* и содержит регистры PRR и DIDR, BOD с возможностью отключения в спящем режиме.

Новые микроконтроллеры AVR ATtiny23U/43U имеют ультранизкий порог питающего напряжения. Благодаря встроенному импульсному повышающему преобразователю, они могут работать от 0,7 В, идеально подходят для приложений с батарейным питанием и могут получать питание, например, от одной батареи типа AAA. Микроконтроллеры ATtiny23U/43U содержат 2К/4К Flash-памяти, 64 байт EEPROM, 128/256 байт ОЗУ, два 8-разрядных таймера/счетчика, сторожевой таймер, аналоговый компаратор, BOD, датчик температуры, 10-разрядный АЦП, интерфейсы SPI, USI. Отладка приложений и программирование (за исключением fuse-битов) может осуществляться по интерфейсу debugWire.

Таблица 4. Новые микроконтроллеры AVR

Наименование	Flash, кбайт	RAM, байт	EEPROM, байт	VCC, В	Корпус	Особенности
ATtiny23U/43U	2/4	128/256	64	0,7–5,5	SOIC20, QFN20	Низкопотребляющий (питание от одной батареи AAA)
ATtiny48/88	4/8	256/512	64	1,8–5,5	PDIP28, TQFP32, MLF32, MLF28	Упрощенная версия mega48/88
ATtiny10	1	32	–	1,8–5,5	SOT23-6	Миниатюрный, для бюджетных приложений, альтернатива tiny11

Новый кристалл AVR ATtiny10 является первым микроконтроллером, выпущенным корпорацией Atmel в миниатюрном корпусе SOT23-6 размером 2,9×1,6 мм, который имеет всего 6 выводов. Микроконтроллер предназначен для бюджетных приложений и может служить альтернативой снятому с производства ATtiny11. ATtiny10 содержит 1 кбайт Flash-памяти программ, 32 байт SRAM, 8-разрядный АЦП, аналоговый компаратор, 16-разрядный таймер/счетчик с ШИМ, сторожевой таймер. Напряжение питания составляет 1,8–5,5 В, максимальная рабочая частота — 12 МГц.

ATtiny10 совместим по выводу с микроконтроллерами семейства PIC10F компании Microchip. По сравнению с PIC10F, ATtiny10 имеет более высокую степень интеграции (16-разрядный таймер/счетчик с ШИМ, наличие АЦП и аналогового компаратора, больший объем памяти SRAM), более высокую производительность.

Программирование микроконтроллера ATtiny10 осуществляется по 3-проводному интерфейсу TPI (Tiny Programming Interface) с помощью стартового набора ATSTK600 и интегрированной среды разработки AVR Studio (начиная с версии 4.16 и старше). Программатор ATAVRISP2 и внутрисхемный эмулятор ATJTAGICE2 фирмы Atmel не поддерживают интерфейс TPI.

ATtiny10 не является в прямом смысле внутрисхемно-программируемым, тем не менее, программирование в системе (in-system) возможно. Для программирования по интерфейсу TPI необходимо напряжение 5 В. Если устройство работает от 1,8 В, для программирования необходимо увеличивать это напряжение до 5 В. Также следует учесть, что при программировании используются 2 линии ввода/вывода и вывод RESET (интерфейс TPI). Внешний программатор должен иметь возможность использовать эти выводы, при том, что линий ввода/вывода у этого микроконтрол-

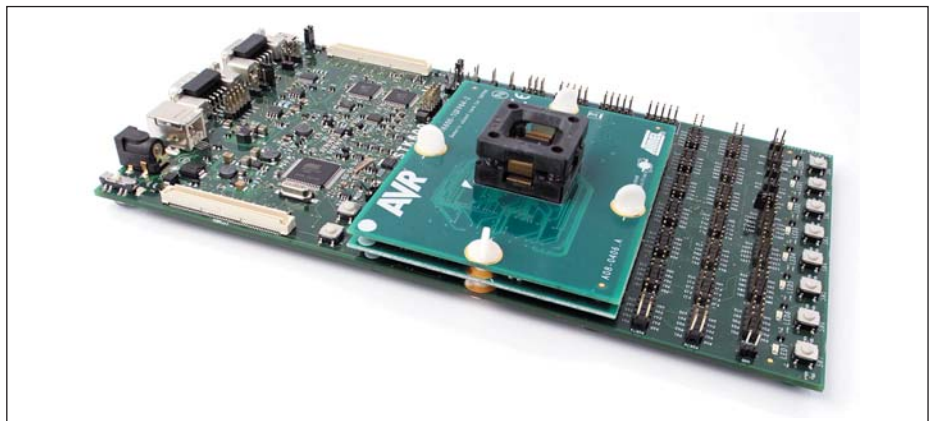


Рис. 2. Отладочная плата STK600

лера всего четыре. То есть программирование в системе возможно, но не очень удобно. В настоящее время Atmel не предлагает своего внешнего программатора для ATtiny10, программировать микросхему можно только установкой ATtiny10 на плату стартового набора STK600.

Для серийного производства есть еще один вариант программирования ATtiny10 — запись прошивки в микроконтроллер ATtiny10 на фабрике Atmel. Такую услугу оказывают для партий объемом не менее 200 тысяч штук.

Отладочные средства

Стартовый набор STK600

Стартовый набор STK600 может служить основой для разработчика при работе с 32-разрядными микроконтроллерами UC3A/UC3B и 8-разрядными AVR (tiny/mega/XMEGA). Он построен аналогично STK500 для AVR: базовая плата + мезонинный модуль. Базовая плата содержит: разъемы RS-232, JTAG, USB (device), mini-USB (OTG), преобразователи физического уровня CAN и LIN, 8 светодиодов, 8 кнопок, память DataFlash 2 Мбит. Все

порты микроконтроллеров выведены на отдельные разъемы на плате (рис. 2).

Мезонинные платы содержат панели с нулевым усилием (ZIF) для установки микроконтроллера. Для поддержки разных микроконтроллеров в одинаковых корпусах, но с различным расположением выводов, мезонины устанавливаются в базовую плату через переходные платы (рис. 3).

В штатной комплектации (код для заказа ATSTK600) поставляется базовая плата с мезонинной платой, на которой распаян микроконтроллер ATmega2560 (STK600-ATMEGA2560). Мезонинные модули для других микроконтроллеров (укомплектованные переходными платами) заказываются отдельно. Доступные на момент написания статьи варианты наборов мезонинных плат приведены в таблице 5.

STK600 позволяет осуществлять как последовательное внутрисхемное, так и параллельное высоковольтное программирование. Последнее доступно для микроконтроллеров, установленных в STK600. Последовательное внутрисхемное программирование осуществляется для микроконтроллеров, как установленных в STK600, так и на целевой плате.

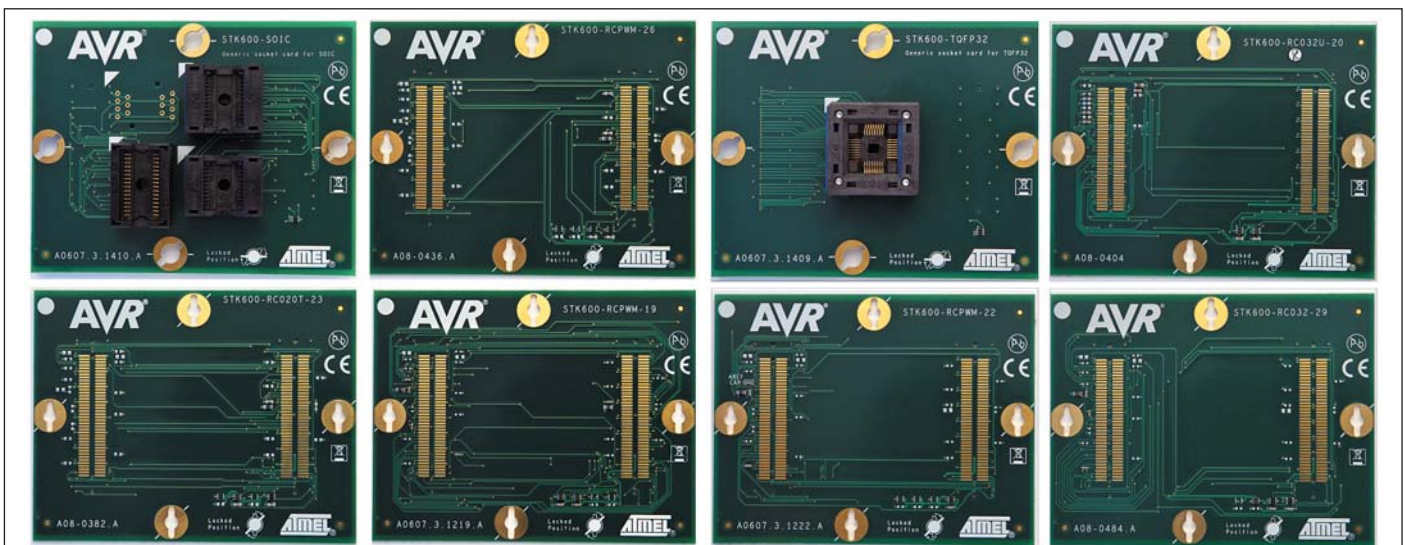


Рис. 3. Примеры наборов мезонинных плат для STK600

Таблица 5. Варианты мезонинных наборов для STK600

Наименование мезонинной платы	ZIF-панель для корпуса	Управляющая программа	Поддерживаемые микроконтроллеры
STK600-DIP	универсальная DIP	AVR Studio	AVR (tiny, mega)
STK600-TQFP32	TQFP32	AVR Studio	AVR (tiny, mega)
STK600-TQFP44	TQFP44	AVR Studio	AVR (tiny, mega, XMEGA)
STK600-TQFP48	TQFP48	AVR32 Studio	UC3B/L
STK600-TQFP64	TQFP64	AVR Studio	AVR (tiny, mega, XMEGA)
STK600-TQFP64-2	TQFP64	AVR32 Studio	UC3B
STK600-TQFP100	TQFP100	AVR Studio	AVR (tiny, mega, XMEGA)
STK600-TQFP144	TQFP144	AVR32 Studio	UC3A
STK600-SOIC	SOIC20, SOIC24, SOIC32	AVR Studio	AVR (tiny, mega)
STK600-UC3144	TQFP144	AVR32 Studio	UC3A
STK600-SSOP44	TSSOP44	AVR Studio	ATmega32HVB
STK600-UC3-144	TQFP144	AVR32 Studio	UC3A
STK600-MLF64	MLF64	AVR Studio	ATXMEGA256A3B
STK600-ATTINY10	SOT23-6	AVR Studio	ATtiny10
STK600-tinyX3U	*	AVR Studio	ATtiny43U
STK600-ATMEGA2560	*	AVR Studio	ATmega2560

Примечание. * — микроконтроллер распаян на плате.

Интерфейсы программирования: SPI, TPI, JTAG или PDI.

Внутрисхемный эмулятор AVRONEKIT

Универсальный внутрисхемный эмулятор AVRONEKIT (рис. 4) предназначен для всех микроконтроллеров AVR и AVR32: он поддерживает программирование по интерфейсам SPI, JTAG, PDI и внутрисхемную отладку по интерфейсам JTAG, debugWire, PDI и Nexus.

В отличие от JTAGICE2 и AVRDragon, AVRONEKIT содержит буфер трассировки 128 Мбайт и поддерживает высокоскоростное потоковое или буферизируемое считывание трассы по интерфейсу Nexus. AVRONEKIT также позволяет осуществлять запись трассы в момент выполнения программы. Анализ трассы при отладке сегмента кода позволяет в дальнейшем оценить поведение кристалла в реальной системе на максимальных предусмотренных скоростях.

AVRONEKIT поддерживает функцию Live debug, позволяющую входить в режим отладки выполняющегося на микроконтроллере XMEGA приложения (не генерируя RESET и не меняя содержимого регистров и памяти).

Заключение

Популярная линейка 8-разрядных микроконтроллеров AVR продолжает активно развиваться и совершенствоваться: снижается энергопотребление кристаллов, появляются микроконтроллеры с новыми возможностями и новым функционалом, выпускаются



Рис. 4. Внутрисхемный эмулятор AVRONEKIT

новые отладочные средства и программные средства.

Литература

1. <http://www.jedec.org/download/search/JSTD020D-01>
2. Микроконтроллеры AVR и AVR32: перспективные новинки. ООО «ЭФО», 2009.