

AVR-микроконтроллеры riscPower компании Atmel с ультранизким потреблением

Роман ГОРЕЛКОВ
gri@rainbow.com.ua

В современных приложениях микроконтроллеров все большее значение придается потребляемой ими мощности. Многие приложения используют батарейное питание или питание от линии связи. Все эти разработки объединяет общее требование — малая потребляемая мощность, но при этом достаточная производительность. Для соответствия этим требованиям компания Atmel анонсировала новые AVR-микроконтроллеры семейства riscPower с использованием энергосберегающей технологии, обеспечивающей работу устройства с батарейным питанием в течение нескольких лет без замены батареи. В статье приводятся технологические решения компании Atmel, реализованные в этих микроконтроллерах с целью снижения потребления.

Компания Atmel разработала технологию и архитектуру для достижения минимальных значений потребляемой мощности в индустрии — riscPower, она использована при создании новых 8-разрядных AVR-микроконтроллеров.

Энергосберегающие технологии riscPower в «спящем» режиме

«Реальное» питание 1,8 В

AVR-микроконтроллеры поддерживают напряжение питания в диапазоне от 1,8 до 5,5 В. «Реальное» питание 1,8 В означает, что все аналоговые модули, flash-память, EEPROM и ОЗУ работают при напряжении питания 1,8 В, позволяя получить меньшее потребление, а также работать при снижении напряжения батареи до 1,8 В.

Минимизированный ток утечки

Компания Atmel использует собственные технологические процессы, специально разработанные для маломощных приложений на основе многолетнего опыта. Ток утечки AVR-микроконтроллеров семейства riscPower имеет величину менее 100 нА.

Замена BOD (brown-out detector) на «спящий» BOD

Хотя малопотребляющие BOD (подобно применяемым в микроконтроллерах TI серии MSP430) могут дать значительное снижение потребляемого тока, главным их недостатком является низкая скорость реакции (до миллисекунды). Схема BOD, используемая в микроконтроллерах Atmel, имеет скорость реакции 2 микросекунды, но ее ток потребления составляет 20 мкА. Решением этой проблемы компанией Atmel в рамках техно-

логии riscPower стало простое выключение схемы BOD тогда, когда в ней нет необходимости. В результате было получено минимальное потребление при максимальной производительности с точным детектированием напряжений 1,8, 2,7 и 4,5 В. Поэтому в режимах Extended Standby, Standby, Power Save и Power Down схема BOD AVR-микроконтроллеров серии riscPower может быть отключена.

Кварцевый генератор 32 кГц с ультранизким потреблением

Так как время работы микроконтроллера в активном режиме может быть незначительным по сравнению со временем в энергосберегающем режиме Power Save, ток потребления в этом режиме является важной характеристикой микроконтроллера. Последние разработки кварцевых генераторов AVR-микроконтроллеров позволили получить уменьшение потребляемого тока до величины, сравнимой с током потребления в режиме Power Down. При напряжении питания 1,8 В технология AVR riscPower позволила получить потребляемый ток на уровне 650 нА с включенным генератором 32 кГц и «спящим» BOD.

Энергосберегающие технологии riscPower в активном режиме

Главными факторами, влияющими на потребление микроконтроллера в активном режиме, являются частота переключения, нагрузочная емкость и напряжение питания. Ток потребления аналоговых модулей и ток утечки цифровой части оказывают малое влияние на ток потребления в активном режиме.

Частота переключения может быть представлена с помощью количества логических элементов, переключающихся для выполнения поставленной задачи. Для минимизации тока потребления необходимо уменьшение количества логических элементов и количества их переключений. Для этого используется управление тактовыми сигналами (clock gating). AVR-микроконтроллеры имеют три уровня управления тактовыми сигналами.

1-й уровень — работа в «спящих» режимах

В режиме Idle отключается тактовый сигнал процессорного ядра и flash-памяти, в то время как периферия и система обработки продолжают функционирование.

В режиме ADC noise reduction АЦП продолжает работать, в то время как отключены тактовые сигналы большинства периферийных блоков, а также процессорного ядра и flash-памяти.

В режиме Power Down отключены все тактовые сигналы AVR, разрешен только асинхронный режим работы. Внешний генератор также остановлен.

Режим Power Save аналогичен режиму Power Down, за исключением того, что разрешена работа асинхронного таймера.

Режим Standby аналогичен режиму Power Down, за исключением того, что тактовый генератор продолжает работать.

Режим Extended Standby аналогичен режиму Power Save, за исключением того, что тактовый генератор продолжает работать.

2-й уровень — регистр управления мощностью

Вторым уровнем управления тактовыми сигналами является регистр управления мощ-

ностью (PRR — Power Reduction Register). Большинство периферийных модулей используется только на короткие периоды времени или вообще не используются. В регистре PRR содержатся контрольные биты, отключающие неиспользуемые периферийные модули при отключении тактирования этих модулей. Это является более эффективным по сравнению с обычным отключением модулей, так как с помощью регистра PRR отключаются регистры ввода-вывода периферийных модулей.

3-й уровень — автоматическое управление тактовым сигналом

Автоматическое управление тактовым сигналом разрешает поступление тактового сигнала только на те регистры, которые меняют свое состояние. Если регистр не меняет свое состояние, тактовый сигнал к нему не поступает.

Однофазная система управления тактовыми сигналами

AVR-микроконтроллеры имеют однофазную систему управления тактовыми сигналами, имеющую меньшее потребление по сравнению с двухфазными системами управления тактовыми сигналами, используемыми в других микроконтроллерах.

Буферы задержки

Для компенсации рассогласования тактовых сигналов между регистрами необходимы буферы задержки, потребляющие часть мощности из-за емкостной нагрузки. В AVR-микроконтроллерах количество буферов задержки минимизировано.

Технологии и процессы

AVR-микроконтроллеры изготавливаются с использованием flash-процессов с малой утечкой и библиотек, содержащих много комплексных ячеек. Последние имеют более короткие соединения, более низкую емкостную нагрузку и меньшую частоту переключения из-за оптимизированной структуры с меньшим количеством транзисторов.

Отключаемые аналоговые модули

Новые AVR-микроконтроллеры имеют высококачественные аналоговые модули, имеющие сравнительно большое потребление. Однако если эти модули не используются, предусмотрена возможность их отключения, что минимизирует потребление без ухудшения точности и производительности.

Потребление flash-памяти

При малых значениях тактовой частоты время считывания flash-памяти меньше периода тактирования, поэтому для уменьшения потребления возможно отключение flash-памяти. А при частотах порядка нескольких МГц и менее в AVR-микроконтроллерах используется техника Flash sampling, включающая flash-память только на время около 10 нс, а затем отключающая ее, что уменьшает ее потребление.

Работа при напряжении питания 1,8 В

AVR-микроконтроллеры имеют напряжение питания в диапазоне от 1,8 до 5,5 В,

Таблица 1. Потребление в режиме Power Save с включенным генератором 32 кГц

Прибор	Типичное значение при 2,2 В и 25 °С	Максимальное значение при 2,2 В и 85 °С	Комментарий
MSP430F435	1,1 мкА	6 мкА	Малопотребляющий BOR
MSP430F2131	0,8 мкА	2,3 мкА	Малопотребляющий BOR
ATmega165P	0,65 мкА	Нет данных	«Спящий» BOD

Таблица 2. Потребление в режиме Power Down

Прибор	Типичное значение при 3,0/5,0 В и 25 °С	Максимальное значение при 3,0/5,0 В и 85 °С	Комментарий
78КО/Кх2 5.0 V	НД/1 мкА	НД/20 мкА	Нет данных для 3,0 В
R8C/tiny 3.0/5.0 V	0,7 мкА/0,8 мкА	3 мкА/3 мкА	
MSP430F4xxx	0,1 мкА/НД	3,5 мкА/НД	Макс. Vcc 3,6 В
MSP430F2xxx	0,1 мкА/НД	1,9 мкА/НД	Макс. Vcc 3,6 В
ATmega165P	0,1 мкА/0,6 мкА	2 мкА/НД	Нет данных для 5 В

Таблица 3. Краткие характеристики микроконтроллеров серии picoPower

Наименование	Flash-память, кБ	EEPROM, байт	ОЗУ, байт	Линии ввода-вывода	Vcc, В	Частота, МГц	Краткое описание
ATmega164P	16	512	1024	32	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega324P	32	1024	2048	32	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega644P	64	2048	4096	32	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega48P	4	256	512	23	1,8–5,5	20	Общего применения
ATmega88P	8	512	512	23	1,8–5,5	20	Общего применения
ATmega168P	16	512	1024	23	1,8–5,5	20	Общего применения
ATmega165P*	16	512	1024	54	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega325P	32	1024	2048	54	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega3250P	32	1024	2048	69	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega645P	64	2048	4096	54	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega6450P	64	2048	4096	69	1,8–5,5	16	Общего применения
ATmega169P*	16	512	1024	54	1,8–5,5	16	Контроллер ЖКИ 4×25
ATmega329P	32	1024	2048	54	1,8–5,5	16	Контроллер ЖКИ 4×25
ATmega3290P	32	1024	2048	69	1,8–5,5	16	Контроллер ЖКИ 4×25
ATmega649P	64	2048	4096	54	1,8–5,5	16	Контроллер ЖКИ 4×25
ATmega6490P	64	2048	4096	69	1,8–5,5	16	Контроллер ЖКИ 4×25

* «Спящий» BOD у микроконтроллеров ATmega165P и ATmega169P отсутствует.

причем в этом диапазоне работают все аналоговые модули, flash-память, EEPROM и ОЗУ. Это позволяет получить более длительный срок работы устройств с батарейным питанием.

Утечки выводов и регистр разрешения работы цифровых входов

AVR-микроконтроллеры имеют мультиплексированные линии цифровых входов и входов АЦП, что увеличивает гибкость прибора, но дает повышенное потребление входного буфера при поступлении на вход аналогового сигнала. Эта проблема решена с помощью регистра DIDR (Dedicated Input Disable Register), имеющего возможность раздельного отключения любого из цифровых входов от аналогового входа. Это способствует снижению общего потребления микроконтроллера.

Выводы

Параметры потребления микроконтроллеров семейства picoPower говорят сами за себя. В таблицах 1, 2 для сравнения приведены па-

раметры низкопотребляющих микроконтроллеров ведущих компаний — TI (серия MSP430) и Atmel (серия picoPower).

Перспективы технологии picoPower

Основные AVR-микроконтроллеры компании Atmel скоро перейдут на технологию picoPower, новые продукты также будут выпускаться с применением этой технологии. Микроконтроллеры серии picoPower будут иметь букву «P» в конце наименования (например, ATmega169P). В настоящее время анонсированы микроконтроллеры ATmega169P, ATmega165P, ATmega164P, ATmega324P (2006 г.) и ATmega644P (нач. 2007 г.). До конца 2007 г. планируется увеличение серии picoPower до 16 микроконтроллеров. Краткие характеристики микроконтроллеров этой серии приведены в таблице 3.

Более детальную информацию о технологии picoPower компании Atmel можно найти на сайте www.atmel.com/products/AVR/picopower/.