

Память от фирмы Atmel: на все случаи жизни

Фирма Atmel хорошо известна на мировом и российском рынке как производитель широкого спектра микросхем, содержащих энергонезависимую память на кристалле. Например, микросхемы программируемой логики серий ATF16V8/20V8/22V10 и AFT15xx содержат EEPROM ПЗУ конфигурации, микроконтроллеры AT89C имеют Flash ПЗУ программ, а AVR-микроконтроллеры используют и Flash, и EEPROM на одном кристалле. В перечне микросхем фирмы Atmel есть, например, двухбанковая Flash-память, поддерживающая пакетный режим, а также «слоеные» микросхемы, где в одном корпусе, но на разных «слоях» размещаются кристаллы параллельной ПЗУ, последовательной ПЗУ и ОЗУ. Данная статья, не претендующая на исчерпывающую полноту изложения, посвящена микросхемам ПЗУ фирмы Atmel в «чистом виде».

Николай Королев

korolev@argussoft.ru

Дмитрий Королев

atmel@argussoft.ru

Фирма Atmel — новатор в производстве микросхем энергонезависимой памяти: она первая в 1989 году выпустила микросхемы Flash-памяти с напряжением программирования 5 В; первая в мире стала производить Flash-память на 3,3, 2,7 и 2,5 В; в 1997 году корпорация Atmel первая предложила Flash-память с последовательным интерфейсом. И список можно продолжать...

Выпускаемые в настоящее время фирмой Atmel микросхемы энергонезависимой памяти имеют диапазон емкости от 1 Кбит до 256 Мбит, в ближайшее время начнется выпуск микросхем емкостью 1 Гбит. В номенклатуре выпускаемых изделий есть микросхемы с 8- и 16-битным параллельным интерфейсом, а также микросхемы с двух- и трехпроводным последовательным интерфейсом.

Микросхемы с параллельным интерфейсом

Раньше других были выпущены микросхемы серии AT27 с 8-битным интерфейсом, которые фактически являлись аналогами микросхем ПЗУ с ультрафиолетовым стиранием, однако кристаллы фирмы Atmel упакованы в пластиковые корпуса, что существенно снизило себестоимость микросхем. Цена «дешевизны» — невозможность по-

вторного перепрограммирования. Когда актуальной стала необходимость обновления содержимого микросхемы памяти в системе, например для обновления версии, Atmel предложила три серии микросхем параллельного ПЗУ с электрическим стиранием.

Серия AT28, основанная на EEPROM-технологии, имеет функцию независимой перезаписи каждого байта, что обуславливает увеличение площади кристалла и, соответственно, цены микросхемы. В сериях AT29 и AT49, построенных на основе Flash-технологии, реализован другой подход — здесь возможна перезапись блоками, называемыми секторами. Размер сектора у микросхем памяти AT29 меньше, чем у микросхем других производителей, что повышает гибкость использования. Серия AT49 содержит несколько секторов относительно большого размера и, как следствие, имеет меньшую площадь кристалла и самую низкую удельную стоимость. В отличие от микросхем серии AT28, когда для стирания на нее надо подавать напряжение 12 В, более современные AT29 и AT49 не требуют дополнительного источника напряжения для стирания и перепрограммирования. Удобным технологическим решением является организация в массиве памяти загрузочного блока (boot block) с отдельными командами защиты его от стирания. В этой области памяти обычно размещается программа-загрузчик, которая может также включать в себя утилиту, выполняющую функцию программирования основного массива ПЗУ, например от последовательного порта. Такое построение системы позволяет производить модификацию содержимого Flash-ПЗУ без использования внешнего программатора. Второе преимущество — можно использовать малогабаритные микросхемы в корпусах TSSOP и отказаться от панелек для ПЗУ.

Микросхемы вышеперечисленных семейств выпускаются для трех напряжений питания: стандартные пятивольтовые микросхемы, микросхемы для

Таблица 1

Название	Емкость, кбит	Скорость, нс	Корпус
AT49BV512	64K x 8	90 - 120	DIP32, PLCC32, TSOP32
AT49BV001(N)(T)	128K x 8	70 - 90	DIP32, PLCC32, TSOP32
AT49BV002(N)(T)	256K x 8	90 - 120	DIP32, PLCC32, TSOP32
AT49BV040	512K x 8	70 - 90	PLCC32, TSOP32
AT49BV008A(T)	1M x 8	100 - 110	TSOP40
AT49BV161(T)	1M x 16/2M x 8	70 - 90	TSOP48, CBGA48
AT49BV321(T)	2M x 16/4M x 8	85 - 110	TSOP48, CBGA48

* N или T — boot block по нижним или по верхним адресам.

Таблица 2

Название	Емкость, байт	Размер стр., байт	Корпус
AT24C01/01A	128x8	8	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C02/02A	256x8	8	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C04/04A	512x8	16	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C08/08A	1Kx8	16	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C16/16A	2Kx8	16	
AT24C32/32A	4Kx8	32	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C64/64A	8Kx8	32	DIP8, SOIC8, TSSOP8
AT24C128	16Kx8	64	DIP8, SOIC8, TSSOP14
AT24C256	32Kx8	64	DIP8, SOIC8, TSSOP14
AT24C512	64Kx8	128	DIP8, SOIC8, TSSOP14
AT24C1024	128Kx8	256	DIP8, SOIC8, BGA8

Диапазон напряжения питания и программирования — от 1,8 до 5,5 В;

Диапазон емкостей — от 1 Кбит до 1 Мбит.

Тактовая частота — 100 кГц при питании 1,8 В, 400 кГц при питании 2,7–5 В.

работы при напряжении питания 3,3 В (маркируются буквами LV) и 2,7 В (маркируются буквами BV).

Основные параметры типовых микросхем ПЗУ серии AT49BV приведены в табл. 1.

Микросхемы с параллельным интерфейсом используются в основном для хранения программы микропроцессора, которая выполняется непосредственно из ПЗУ, если скорость микропроцессора относительно невелика, или перед началом выполнения копируется в ОЗУ, что характерно для современных микропроцессоров. «Параллельные» микросхемы ПЗУ можно также использовать для хранения данных. Для этого применялись даже однократные или стираемые ультрафиолетовым излучением микросхемы, а с появлением первых Flash-ПЗУ наступило раздолье для разработчиков систем сбора данных.

Однако у микросхем с параллельным интерфейсом есть и недостатки, обусловленные самой архитектурой. Для проведения операций записи-чтения необходимо работать с тремя шинами: адреса, данных и управления. Если у микроконтроллера используется мультиплексированная шина адрес-данные, приходится на плате устанавливать дополнительные регистры-защелки для хранения адреса, по которому в следующем такте будет произведено обращение к памяти. Но даже если микроконтроллер имеет отдельные шины адреса и данных, надо все цепи «разложить» на печатной плате. Для микросхемы емкостью 1 Мбайт требуется 20 проводников для адреса и 8 проводников для данных, если используется микросхема с байтовым интерфейсом, плюс управляющие сигналы, что иногда занимает существенную площадь печатной платы, особенно если к разрабатываемому устройству предъявляются повышенные требования в части габаритных размеров.

Другой недостаток — повышенная потребляемая мощность устройства. Известно, что существенная часть электрической мощности, потребляемой микросхемой, используется ее выходными каскадами, которые должны обеспечить хорошие фронты сигнала при работе на внешнюю шину, имеющую достаточно большую емкость. Кардинальным решением проблемы является отказ от параллельной шины в принципе и переход к последовательному обмену данными.

Микросхемы с последовательным интерфейсом

В связи с общим стремлением к снижению потребляемой мощности и миниатюризации радиоэлектронных устройств актуальным стало использование микросхем памяти с последовательным интерфейсом. О популярности микросхем последовательных ПЗУ фирмы Atmel красноречиво говорит тот факт, что фирмой выпущено более миллиарда таких микросхем. Фирма Atmel выпускает универсальные микросхемы памяти с интерфейсами I2C, SPI и Microware, а также специализированные микросхемы конфигурационной памяти серии AT17, предназначенные для загрузки микросхем программируемой логики типа FPGA. Эти микросхемы могут быть многократно перепрограммированы в системе. Примечательно, что микросхемы AT17 могут использоваться не только для загрузки собственных FPGA фирмы Atmel — AT6000 и AT40K, но и для загрузки FPGA, выпускаемых фирмами Xilinx и Altera. Для загрузки последних предназначено семейство AT17A, по выводам совместимое с микросхемами EPC фирмы Altera. Стоит отметить, что по времени начала серийного производства новых микросхем конфигурационной памяти повышенной емкости фирма Atmel опережает другие фирмы. В частности, она первая в мире выпустила низковольтную микросхему емкостью 2 Мбит в 8-выводном планарном корпусе.

Универсальные микросхемы последовательных ПЗУ с достаточной степенью условности можно разделить на «медленные» и «быстрые». К первой категории относятся микросхемы серии AT24 с интерфейсом I²C.

Таблица 3

Название	Емкость, кбит	Страница, байт	Тактовая частота, МГц	Корпус
AT25010/20/40	1/2/4	8	до 2,1	8P3, 8S1
AT25080/160/320/640	8/16/32/64	32	до 2,1	8P3, 8S1, 14T
AT25128/256	128/256	64	до 3	8C, 8P3, 8S2
AT25HP256/512	256/512	128	до 10	8C 8P3, 16S2
AT25P1024	1024	128	до 2,1	20S2
AT25F512/1024	512/1024	32768	до 20	8S1

Диапазон напряжения питания и программирования — от 1,8 до 5,5 В;

Типовой потребляемый ток в активном режиме (2,7 В) — менее 2 мА;

Типовой потребляемый ток в режиме ожидания (2,7 В) — менее 2 мкА.

Этот двухпроводный интерфейс, разработанный фирмой Philips, очень удобен для обмена небольшими порциями данных на частотах, не превышающих сотни килогерц. Типичный пример — бытовой телевизор или монитор компьютера с памятью настроек. Микросхемы серии AT24 характеризуются большим количеством циклов перезаписи — до миллиона раз. Удобным качеством является возможность наращивания числа микросхем на шине до 4–8 штук без добавления дополнительных сигналов управления. Для этого на микросхемах предусмотрены два или три адресных вывода, которые распаиваются соответствующим образом. Номенклатура микросхем AT24 достаточно широка. Микросхемы отличаются возможностью программной защиты от записи всего массива памяти или его части (половина или четверть общей емкости микросхемы).

Основные параметры типовых микросхем серии AT24 приведены в табл. 2.

В приложениях, требующих повышенной скорости обмена данными, оптимальным является использование микросхем памяти с интерфейсом SPI, разработанным фирмой Motorola. Микросхемы фирмы Atmel с интерфейсом SPI имеют тактовую частоту от 2 до 50 МГц. Следует пояснить, что есть две характеристики скорости работы микросхем: вышеупомянутая, показывающая скорость обмена между внешним устройством и буфером микросхемы ПЗУ, и скорость физического копирования содержимого буфера в массив памяти.

Для обмена с SPI ПЗУ используются четыре сигнала: тактовые импульсы, входные данные, выходные данные и сигнал «выбор микросхемы». Такая архитектура позволяет значительно экономить место на печатной плате, особенно при использовании в устройстве нескольких микросхем.

Atmel выпускает два семейства ПЗУ с интерфейсом SPI: серия AT25, построенная по технологии EEPROM, и серия AT45, построенная по Flash-технологии. В серии AT25 есть представители, основанные на Flash-технологии — это микросхемы AT25F512/1024. У Flash-микросхем серии AT25 более высокая скорость обмена, но меньшее число циклов записи (10 000 раз).

Основные параметры микросхем серии AT25 приведены в таблице 3.

Наиболее интересна история развития микросхем семейства AT45, которое построено на основе патентованной архитектуры DataFlash®, являющейся собственностью фирмы Atmel.

Таблица 4

Название	Емкость, Мбит	Страница, байт	Тактовая частота, МГц	Корпус
AT45DB011B	1	264	20	9C1, 28R, 8S2, 28TSOP
AT45DB021B	2	264	20	9C1, 28R, 8S2, 28TSOP
AT45DB041B	4	264	20	14C1, 28R, 8S2, 28TSOP
AT45DB081B	8	264	20	14C1, 28R, 28TSOP
AT45DB161B	16	528	20	14C1, 28R, 28TSOP
AT45DB321B	32	528	20	44C1, 28R, 32TSOP
AT45DB642	64	1056	20/5	40TSOP
AT45DB1282	128	1056	50/40	40TSOP, CBGA
AT45DB2562	256	2112	50/40	48TSOP
AT45DC002/4/8	16/32/64	528/1056	20	MultiMediaCard

Диапазон напряжения питания и программирования — от 2,7 до 3,6 В;

Типовой потребляемый ток в активном режиме (2,7 В) — менее 4 мА;

Потребляемый ток в режиме ожидания — менее 2 мкА;

Скорость записи данных в буфер — до 5,8 Мбайт/с;

Скорость записи данных из буфера в память — до 700 Кбайт/с

Это семейство уже пережило несколько поколений в своем развитии. Микросхемы первого поколения AT45D011 — AT45D161 изготавливались по технологии 0,35 мкм и имели напряжение питания 5 В (эти микросхемы в настоящее время уже не производятся). Три цифры в названии микросхем означают следующее: первые две — емкость микросхемы в мегабайтах, третья — количество портов ввода-вывода. Размеры кристалла были достаточно велики, поэтому они упаковывались в корпуса SOIC28, причем большая часть выводов оставалась неподключенной. Таким образом, на одно и то же место можно было устанавливать микросхему любой емкости. Вскоре Atmel освоила выпуск микросхем с низковольтным напряжением питания AT45DB011 — AT45DB321. Последняя микросхема была выпущена в корпусе TSSOP32. После перехода на технологию 0,25 мкм площадь кристалла существенно сократилась, и теперь микросхемы емкостью 1, 2 и 4 Мбит выпускаются даже в корпусах SOIC8.

Хотя при переходе на технологию 0,25 мкм скорость обмена данными по интерфейсу SPI увеличилась до 20 МГц, для микросхем большой емкости этого было недостаточно. Чтобы ликвидировать «узкое место», микросхемы емкостью 64 Мбит и выше стали оснащать дополнительным 8-битным интерфейсом. Таким образом, к микросхеме AT45DB642 можно обращаться одновременно по двум портам, причем тактовая частота при последовательном обращении составляет 20 МГц, при параллельном — 5 МГц.

Новые микросхемы DataFlash® AT45DB1282 и AT45DB2562 емкостью соответственно 128 и

256 Мбит изготавливаются по технологии 0,18 мкм. Эта технология позволила увеличить скорость обмена до 50 МГц по интерфейсу SPI и до 40 МГц по байтовому интерфейсу. Если типовыми корпусами для микросхем AT45 прежних поколений считались корпуса SOIC, то для новых микросхем повышенной емкости стандартными стали корпуса TSOP.

Микросхемы выпускаются в корпусах разного размера (TSOP32, TSOP40 и TSOP48), тем не менее они совместимы при монтаже на печатную плату. Если посмотреть на цоколевку микросхем в вышеперечисленных корпусах, можно увидеть, что в корпусе TSOP40 восемь крайних выводов (по четыре с каждого края) не используются. Аналогичная ситуация наблюдается и для корпуса TSOP48, только количество свободных выводов здесь — шестнадцать. Таким образом, если на печатной плате разведен корпус TSOP48, на эту плату можно установить микросхему емкостью 64, 128 или 256 Мбит.

Линейка микросхем AT45, выпускаемых в настоящее время, имеет диапазон емкостей от 1 Мбит до 256 Мбит. В процессе подготовки к промышленному производству по технологии 0,13 мкм находятся микросхемы емкостью 512 и 1024 Мбит. Кроме собственно микросхем памяти с интерфейсом SPI, фирма Atmel предлагает также модули формата MMC (MultiMediaCard) емкостью 2, 4 и 8 Мбайт с 7-контактным разъемом и соответствующим интерфейсом.

Использование интерфейса SPI позволяет разработчику с минимальными усилиями перейти к использованию микросхем большей

```
#include <iom103.h>
#include <ina90.h>

#define AT45D081A
#include «at45.h»

void main(void)
{
    unsigned char x;
    unsigned int i;
    unsigned int pageaddr;

    x = 0xa5; // test

    // first time initialization
    AT45_init();

    // full erase
    AT45_erase_all();

    // memory programming with buffer demo
    AT45_write_buffer_begin(0,0); // fill buffer 0
    for(i = 0; i < AT45_PAGE_SIZE; i++)
        AT45_write(x);
    AT45_write_buffer_end();
    AT45_buf_to_mem(pageaddr,0); // transfer it to memory

    // memory read without buffer demo
    AT45_read_mem_begin(pageaddr);
    for(i = 0; i < AT45_PAGE_SIZE; i++)
        x = AT45_read();
    AT45_read_mem_end();

    // memory read with buffer demo
    AT45_mem_to_buf(pageaddr,0); // transfer memory page to buffer 0
    AT45_read_buffer_begin(0,0); // read buffer 0 from address 0
    for(i = 0; i < AT45_PAGE_SIZE; i++)
        x = AT45_read();
    AT45_read_mem_end();
}
```

Пример. Функция работы с памятью серии AT45

емкости. Как правило, для этого достаточно изменить в программе работы с SPI ПЗУ две константы — размер страницы и число страниц в данной микросхеме.

В отличие от микросхем Flash-памяти большой емкости других производителей, микросхемы фирмы Atmel не содержат дефектные биты в массиве памяти, при этом отпадает необходимость в процедуре контроля качества записи данных. Микросхемы AT45 имеют пятивольтовые толерантные входы-выходы, что позволяет напрямую подключать их к пятивольтовым микроконтроллерам.

Основные параметры микросхем серии AT45 приведены в табл. 4.

В заключение статьи приведен пример функции работы с памятью серии AT45. В качестве управляющего процессора использован AVR-микроконтроллер. Программа написана на языке Си для компилятора фирмы ImageCraft Company. 30-дневную демо-версию этого компилятора можно найти на сайте Atmel по адресу <http://atmel.argussoft.ru/soft.htm>. Объем файла составляет 3,9 Мбайт. Подключаемый файл at45.h находится по адресу <http://atmel.argussoft.ru/us-mega.htm>.