

# Ramtron:

## новые продукты с F-RAM-памятью

Илья ЗАЙЦЕВ  
ramtron@eltech.spb.ru

**Внедрять новое в условиях кризиса может показаться рискованным делом. Но для активных кризис — это повод находить новые возможности. И молодые компании, и те, что «с историей», могут использовать это трудное время так, чтобы подойти к неизбежному периоду роста с новыми, конкурентоспособными технологиями и изделиями.**

Компания Ramtron, автор технологии энергонезависимой ферроэлектрической памяти с произвольным доступом, подошла к началу 2009 года с целым рядом новых продуктов. С ними наши разработчики получают большее быстродействие, большие объемы памяти, меньшее энергопотребление и расширенную функциональность.

Ramtron производит 4 основных семейства продуктов, основанных на технологии F-RAM:

- микросхемы памяти;
- многофункциональные ИС;
- микроконтроллеры 8051;
- F-RAM-триггеры.

В 2008 году существенно пополнились семейства микросхем памяти и многофункциональных интегрированных компонентов серии Processor Companion. О новинках в семействе Processor Companion — серии FM3127x и ее отличиях от «предшественницы», серии FM31xx — подробно рассказано в [1]. Отдельного рассмотрения заслуживает Event Data Recorder FM6124 [2] — специализированная многофункциональная ИС для регистрации внешних событий и времени их возникновения по 12 независимым каналам. Но автор в этой статье ограничился обзором новых компонентов в семействе микросхем памяти.

Для Ramtron увеличение плотности массива ферроэлектрической памяти — стратегическое направление развития технологии F-RAM. К наступившему году Ramtron уже внедрил в массовое производство технологию с размером элементов 130 нанометров и стековой архитектурой.

За счет размещения ферроэлектрического конденсатора непосредственно над стоком МОП-ключа, а не в одной плоскости с ним, удалось уменьшить размер ячейки памяти до 0,71 мкм<sup>2</sup>. С использованием этого достижения Ramtron планирует производить в скором времени микросхемы памяти с объемом массива до 8–16 Мбит.

Стековая архитектура позволяет создавать узлы ИС, более компактные в проекции на плоскость. Эта архитектура также более технологична в производстве именно F-RAM.

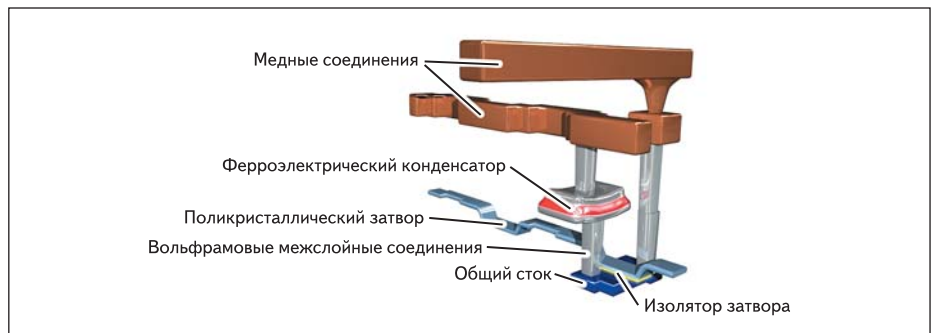


Рис. 1. Ячейка F-RAM по технологическому процессу 130 нм со стековой архитектурой

Трудность и особенность производства F-RAM заключается в том, что при изготовлении элементов ИС (МОП-транзисторов, горизонтальных и вертикальных соединений, ферроэлектрических конденсаторов) применяются плохо совмещаемые материалы.

Инженеры-технологи микроэлектронного производства называют подобные процессы «грязными», не имея в виду возможный вред окружающей среде: для полупроводника любой другой материал является примесью, меняющей его свойства, и может испортить все микроэлектронное изделие, если останется в «неположенном» месте кристалла.

Стековая архитектура решает эту проблему: объемная структура создается за несколько этапов, послойно. Каждый созданный слой защищается изолирующим покрытием.

Таким образом, существенно снижается вероятность взаимного проникновения несовместимых материалов.

В семействе микросхем памяти F-RAM Ramtron выпускает ИС с интерфейсами 8/16 бит, I<sup>2</sup>C и SPI. В первую очередь хочется отметить разработку 2008 года — низковольтные ИС F-RAM.

### F-RAM для низкого напряжения питания

Новые серии микросхем получили в наименовании индекс V. Их основная особенность — способность работать при напряжении питания от 2,0 В. Низковольтные F-RAM представлены со всеми типами интерфейсов. В таблице 1 приведен перечень новых микросхем и их основные параметры.

Таблица 1. Низковольтные F-RAM

Наименование	Интерфейс	Объем F-RAM	Быстродействие	Ресурс	Напряжение питания, В	Типы корпусов	Статус производства
FM28V020	8 бит	32 кбайт	33 МГц (60 нс)	100 трлн циклов	2,0–3,6	SOIC28	разработка
FM28V050		64 кбайт				TSOP32	разработка
FM28V100		128 кбайт				Нет данных	разработка
FM24V(R,N)05	I <sup>2</sup> C	512 кбит	3,4 МГц			SOIC32	разработка
FM24V(R,N)10		1 Мбит				TSOP32	в производстве
FM24V(R,N)02		256 кбит				SOIC8 TDFN 4,5×4 мм	образцы
FM25V(R,N)05	SPI	512 кбит	образцы				
FM25V(R,N)10		1 Мбит	образцы				
FM25V(R,N)02		256 кбит	40 МГц	в производстве			
							в производстве
							образцы

Новым свойством F-RAM V-серий является наличие функции Device-ID, которая идентифицирует производителя, объем массива, наименование и модификацию прибора. Многие производители микросхем предусматривают наличие такой функции. Она служит, с одной стороны, для защиты от контрафактной продукции, а с другой — для использования предоставляемых ею данных встроенным программным обеспечением (ПО). Такое ПО может быть единым для различных модификаций проектируемого устройства и делает более простым удаленное обновление.

F-RAM V-серий с последовательными интерфейсами SPI и I<sup>2</sup>C выпускаются с двумя дополнительными опциями: индекс R в наименовании означает наличие встроенной функции Reset, а индекс N — наличие программируемого при производстве массива из 8 байт, в которых хранится уникальный серийный номер микросхемы. Причем два старших байта массива могут быть запрограммированы производителем по заказу потребителя, а младший байт содержит код CRC — контрольную сумму этого блока.

Следует также отметить повышенное быстродействие последовательных F-RAM новой серии: тактовые частоты для FM25Vxx (SPI) могут достигать 40 МГц, независимо от типа операции. До сих пор только один SPI-прибор Ramtron мог работать на такой высокой частоте — 2-мегабитная SPI FM25H20, поставляемая уже около полутора лет. А для микросхем V-серии с интерфейсом I<sup>2</sup>C FM24Vxx максимальная тактовая частота составляет 3,4 МГц. Это предел, декларированный стандартом интерфейса I<sup>2</sup>C.

Энергопотребление микросхем новой серии также стало меньше, чем это было возможно в продукции старшего поколения: на максимальной тактовой частоте 40 МГц (для FM25Vxx) оно не превышает 1,5 мА при 3,3 В. А для ИС FM28V100 с параллельным интерфейсом — не более 7 мА при 3,3 В.

### Хорошая новость для производителей приборов учета расхода ресурсов и регистраторов

Производители приборов регистрации и учета расхода ресурсов (электроэнергии, воды, газа, тепла) в предыдущие годы отдавали наибольшее предпочтение микросхемам F-RAM FM24C256. 32 кбайт энергонезависимой памяти с произвольным доступом и простой интерфейс I<sup>2</sup>C, легко сопрягаемый с подавляющим большинством 8-разрядных микроконтроллеров, наилучшим образом отвечали технико-экономическим требованиям к приборам этого класса. Миллионы счетчиков с их применением были выпущены в России в период с 2002 года по настоящее время.

Но все меньше и меньше становится устройств с питанием 5 В. Их вытесняют низковольтные приборы, которые потребляют

Таблица 2. Микросхемы F-RAM емкостью 2 и 4 Мбит

Наименование	Интерфейс	Объем F-RAM	Быстродействие	Ресурс	Напряжение питания, В	Тип корпуса	Статус производства
FM21L16	8/16	128 кбайт×16	60 нс	100 трлн	2,7–3,6	TSOPII-44	в производстве
FM22L16		256 кбайт×16	55 нс	100 трлн	2,7–3,6	TSOPII-44	в производстве
FM22LD16		256 кбайт×16	55 нс	100 трлн	2,7–3,6	FBGA-48	образцы
FM25H20	SPI	2 Мбит	40 МГц	100 трлн	2,7–3,6	TDFN-8	в производстве
FM25L512		512 кбит	20 МГц	неогр.	3,0–3,6	TDFN-8	в производстве
FM25V(R,N)05		512 кбит	40 МГц	100 трлн	2,0–3,6	SOIC-8	в производстве
FM25V(R,N)10		1 Мбит	40 МГц	100 трлн	2,0–3,6	SOIC-8	в производстве
FM24V(R,N)05		512 кбит	3,4 МГц	100 трлн	2,0–3,6	SOIC-8	образцы
FM24V(R,N)10	I <sup>2</sup> C	1 Мбит	3,4 МГц	100 трлн	2,0–3,6	SOIC-8	образцы
FM24C512		512 кбит	1 МГц	10 млрд	4,5–5,5	SOIC-8	в производстве

меньше энергии, работают на более высоких тактовых частотах, для них становится все больше сочетаемых по напряжению микросхем меньшей стоимости.

Производство счетчиков является массовым, его рентабельность очень чувствительна к стоимости комплектующих. До сих пор в этой области применялись решения с наименьшей стоимостью и сложностью, которые обеспечивались 5-вольтовыми микросхемами. Низковольтные решения использовались, преимущественно, в более сложных и дорогих промышленных приборах учета с применением SPI F-RAM FM25L256. Однако в последние годы объем производства и ассортимент низковольтных микросхем стали существенно больше, чем тех, что выпускаются для диапазона питания 5 В, а их стоимость снизилась.

Отвечая назревшей потребности, Ramtron выпустила 3-вольтовую F-RAM FM24L256 с интерфейсом I<sup>2</sup>C, объемом массива 256 кбит и неограниченным ресурсом циклов перезаписи. Она может служить прямой аппаратной заменой для стандартных I<sup>2</sup>C EEPROM, предоставляя при этом существенно лучшие параметры по быстродействию, надежности, долговечности и энергопотреблению. А также может заменить свою успешную 5-вольтовую «предшественницу» FM24C256 в разработках, модернизируемых к более низкому напряжению питания.

### Рекордсмены по объему F-RAM

Самые «емкие» на данный момент микросхемы F-RAM с параллельным интерфейсом содержат массив памяти 2 и 4 Мбит, а с последовательным — 0,5; 1 и 2 Мбит. В таблице 2 приведен их перечень и основные характеристики.

Конфигурация выводов F-RAM с параллельным интерфейсом соответствует стандартному расположению выводов статической памяти SRAM (рис. 2). Это позволяет заменять аналогичные микросхемы статической памяти или памяти с батарейным резервным питанием BBSRAM (Battery Backed SRAM). Последний пример применения F-RAM вместо BBSRAM наиболее эффективен, поскольку F-RAM в 2–3 раза дешевле, а по совокупности параметров надежности и долговечности многократно превосходит BBSRAM.

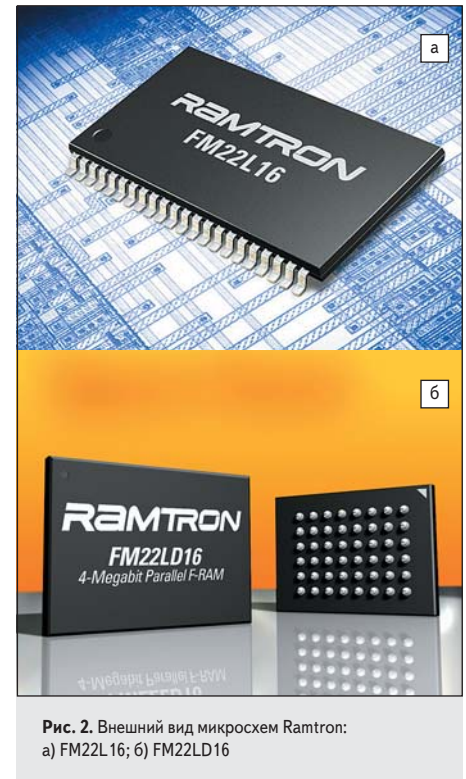


Рис. 2. Внешний вид микросхем Ramtron: а) FM22L16; б) FM22LD16

Еще одна особенность «больших» F-RAM с параллельным интерфейсом предопределила их широкое применение в криптографии, телекоммуникациях, одноплатных промышленных компьютерах и микропотребляющих сложных автономных контроллерах. Для большинства разработчиков оказалась весьма востребованной возможность хранить в одной микросхеме одновременно постоянную и оперативную информацию без риска случайного искажения. Такую возможность предоставляют параллельные F-RAM с функцией поблочной защиты от случайной модификации.

Массив памяти F-RAM в FM28V100, FM2xL(D)16 разделен на 8 блоков, каждый из которых может быть программно защищен от случайной модификации (рис. 3).

Алгоритм установки защиты представляет собой простую последовательность нескольких операций чтения и записи по фиксированным адресам. В процессе исполнения алгоритма встроенный блок менеджера доступа распознает тип операции, открывает доступ к регистру конфигурации защиты и,

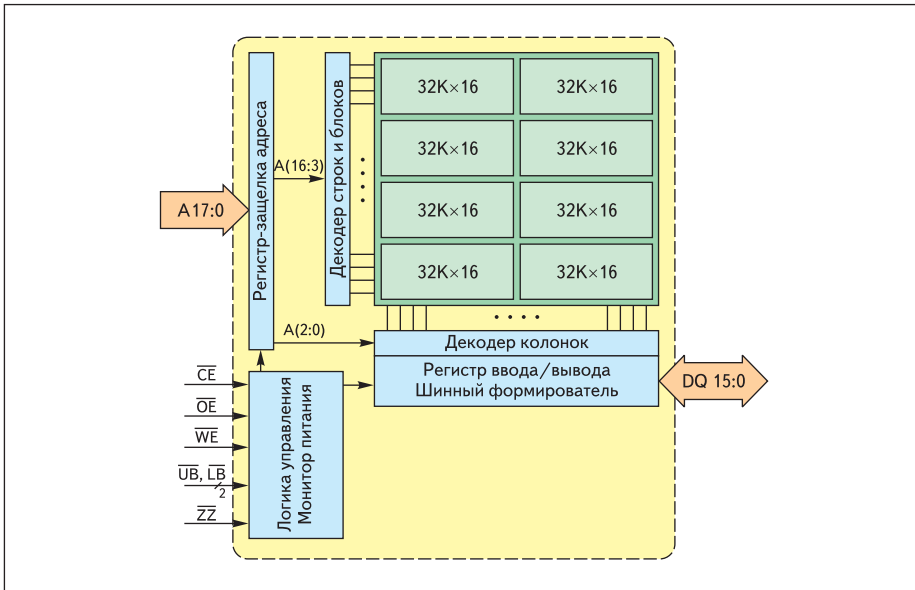


Рис. 3. Структурная схема F-RAM FM22L16

**Примечание.** Структурная схема низковольтной FM28V100 отличается 8-разрядной шиной данных и некоторыми функциями блока управления.

в финале алгоритма, вновь блокирует регистр от случайного доступа. Таким образом, в одной микросхеме F-RAM может храниться как постоянная (коды программ, таблицы преобразования или т. п.), так и оперативная информация.

Для надежной сохранности данных в FM22L16 и FM21L16 встроен монитор питания, блокирующий доступ к массиву при низком напряжении питания. Это проблема, актуальная для ЗУ любого типа (за исключением, может быть, только масочных ЗУ и ЗУ с пережигаемыми перемычками). Она заключается в том, что некоторые типы микроконтроллеров при низком напряжении питания выдают на шину неуправляемые, хаотически изменяющиеся импульсы, которые могут инициировать случайные операции записи в ЗУ и испортить хранящиеся данные.

Обычно для подавления этой особенности микроконтроллеров используются внешние или встроенные в микроконтроллер монито-

ры питания и супервизоры. Однако, как показывает опыт многих инженеров, не всегда удается избежать искажения данных в ЗУ, причиной которого является некорректный доступ при низком напряжении. Поэтому дополнительный рубеж защиты данных в FM22L16 и FM21L16 увеличивает надежность сохранности информации.

Шина данных FM22L16 и FM21L16 может быть как 16-, так и 8-разрядной. Для управления разрядностью интерфейса служат входы /UB и /LB. Они определяют доступ к старшей или младшей половине 16-разрядного слова. Чтобы организовать 8-разрядный интерфейс микросхемы, надо подавать на эти входы взаимно инверсные уровни и объединить попарно выходы данных D0–D7 и D8–D15, как показано на рис. 4. В этом случае объединенные выходы UB/LB могут рассматриваться и использоваться как дополнительная линия адреса.

Высокое быстродействие и энергонезависимость F-RAM с параллельным 16-разрядным

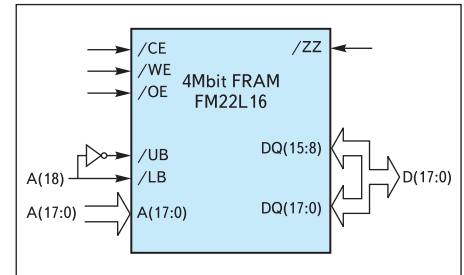


Рис. 4. Подключение 16-разрядных F-RAM к 8-разрядной шине данных

интерфейсом (FM21(22)L16) сделали эффективным использование этих микросхем в качестве универсальной памяти в одноплатных промышленных компьютерах. В одном из примеров применения (серия модулей в формате PC-104 *active104*, разработанных немецкой компанией *fimicro* ([www.fimicro.com](http://www.fimicro.com))) на F-RAM возложена функция хранения часто изменяемых параметров коммуникационных каналов, фреймов данных обмена и программных модулей операционной системы. Возможность сохранения данных «на лету» при внезапном прерывании питания обеспечивает высокую скорость восстановления каналов и предотвращение потери информации. В этой разработке F-RAM заменила собой одновременно три типа полупроводниковой памяти — Flash, SRAM и BB-SRAM.

Следующей версией таких F-RAM для применения в связи и телекоммуникациях, видимо, станут микросхемы со встроенной функцией криптографической защиты данных. Можно также ожидать уже в наступившем году появления параллельной F-RAM с объемом массива 8 Мбит — FM23xxx с разрядностью интерфейса 16 и 32 линии.

## Заключение

В предложенной статье освещены не все особенности и преимущества новых приборов. Например, не упомянуто о режиме микроразбора ZZ или о быстром пакетном режиме обращения, заложенных в микросхемах FM2xL16. Уже более 10 лет технология F-RAM и продукция Ramtron показывают примеры успешного внедрения и быстрого распространения. Пусть этот факт послужит поводом ознакомиться с оригинальными описаниями продукции Ramtron и позволит найти новые идеи для разработок наших инженеров. ■

## Литература

1. Processor Companion фирмы Ramtron — рекомендации для разработчиков // Мир электронных компонентов. 2009. № 1.
2. <http://www.ramtron.com/products/integrated/specialty-product.aspx?id=101>
3. <http://www.ramtron.com/support/datasheets.aspx>