

Что же с памятью FRAM стало?

В статье сделан обзор новых FRAM-компонентов производства Ramtron, вышедших или планируемых к выпуску в 2007 году, а также рассмотрены перспективы развития технологии FRAM в ближайшем будущем.

Илья ЗАЙЦЕВ
ilya.zc@eltech.spb.ru

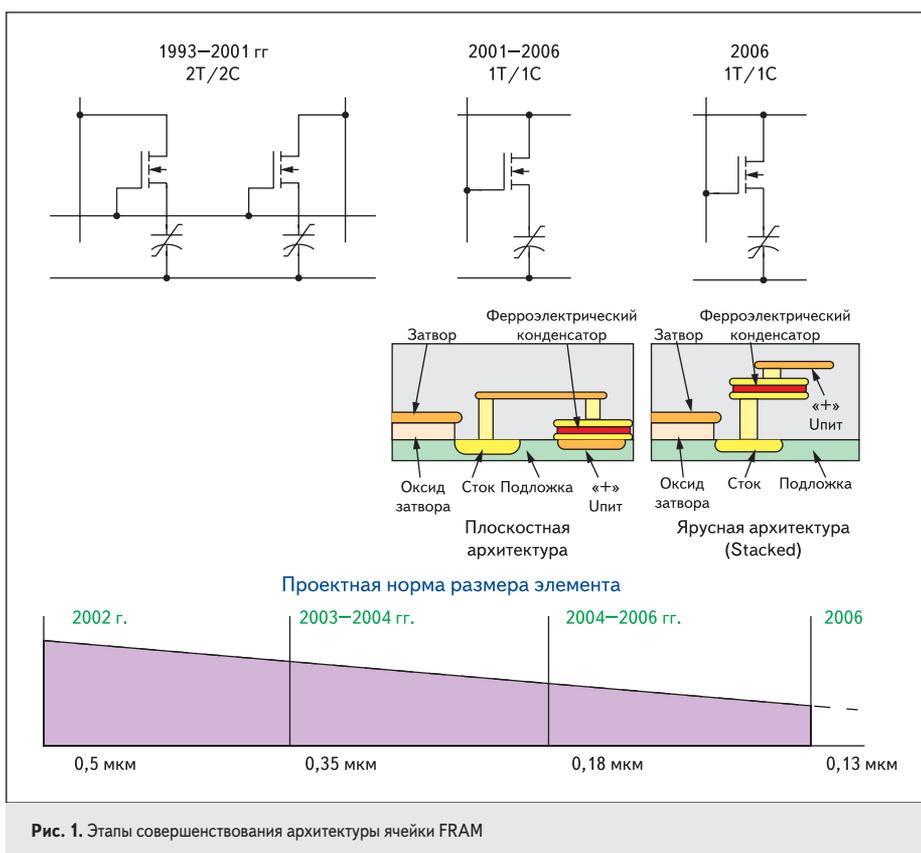
Если не применять сочетание слов «победное шествие», чтобы охарактеризовать степень распространения и объемы применения ферроэлектрической памяти FRAM в различных областях промышленной и бытовой электроники, то можно, по крайней мере, отметить полное признание ее преимуществ каждым инженером, познакомившимся с ней. Количество проектов и объемы поставок микросхем FRAM в России растут ежемесячно. На протяжении многих лет развития производства и технологий корпорация Ramtron неоднократно удостоивалась наград от авторитетных аналитических агентств, отраслевых изданий за инновации и выдающийся рост объема поставок. Некоторые продукты Ramtron были особо отмечены в списках «100 лучших продуктов».

Ramtron продолжает развивать технологию и расширять ассортимент. Текущий 2007-й год ознаменовался целым перечнем новых FRAM-продуктов во всех линиях. К выпускаемым линиям (FRAM с интерфейсами I²C, SPI, 8 бит, микроконтроллеры Versa 8051 и семейство многофункциональных ИС для микроконтроллеров Processor Companion) добавилось еще одно семейство — энергонезависимые FRAM-триггеры.

Направления развития продукции Ramtron в 2007–2008 годах

Увеличение плотности массива памяти

Это одно из стратегических направлений Ramtron. В этом году программа разработки ярусной (стековой) архитектуры ячейки FRAM с проектной нормой 130 нм, начатая в 2004 году, достигла этапа внедрения в массовое производство (рис. 1). 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 мкм². Стековая архитектура более технологична в производстве, поскольку разнородные технологические процессы, применяемые при изготовлении элементов ИС (МОП-транзисторов, горизонтальных и вертикальных соединений, ферроэлектрических конденсаторов), разделены на несколько горизонтальных слоев. Тем самым обеспечивается лучшая защита сделанного в лежащем ниже слое при



каждом последующем этапе изготовления. В результате общее количество ИС на одной кремниевой пластине и количество годных резко увеличивается, что благоприятно отражается на цене готовой ИС.

В таблице 1 приведены краткие характеристики микросхем FRAM с увеличенным объемом массива.

Особое внимание хочется обратить на две новинки из приведенного перечня.

Микросхема FRAM FM25H20-DG является одной из самых быстродействующих и ем-

ких среди ИС ЗУ с интерфейсом SPI к настоящему моменту. К возможности работы на максимальной тактовой частоте до 40 МГц добавляются общие особенности FRAM — отсутствие задержки перед записью, в десятки раз меньшее энергопотребление и неограниченное количество циклов перезаписи по сравнению с EEPROM. Для сравнения по энергопотреблению: для записи всего массива FM25L256B потребуется около 50 нА·ч, в то время как для быстродействующей (20 МГц) новинки этого года Atmel AT25256A необхо-

Таблица 1. Новые ИС FRAM с увеличенным объемом массива

Наименование	Объем массива FRAM	Интерфейс	Тактовая частота, макс. МГц	Питание, В	Тип корпуса	Статус
FM22L16-55-TG	4 Мбит	8/16 разр.	40	2,7–3,6	TSOP-II-44	образцы
FM25H20-DG	2 Мбит	SPI	40	2,7–3,6	TDFN-8, 5×6 мм	образцы
FM25L512-DG	512 кбит	SPI	20	2,7–3,6	TDFN-8, 5×6 мм	в производстве
FM24C512-G	512 кбит	I ² C	1	4,5–5,5	SOIC-8, Green	в производстве
FM24CL256	256 кбит	I ² C	1	2,7–3,6	TBD	2008

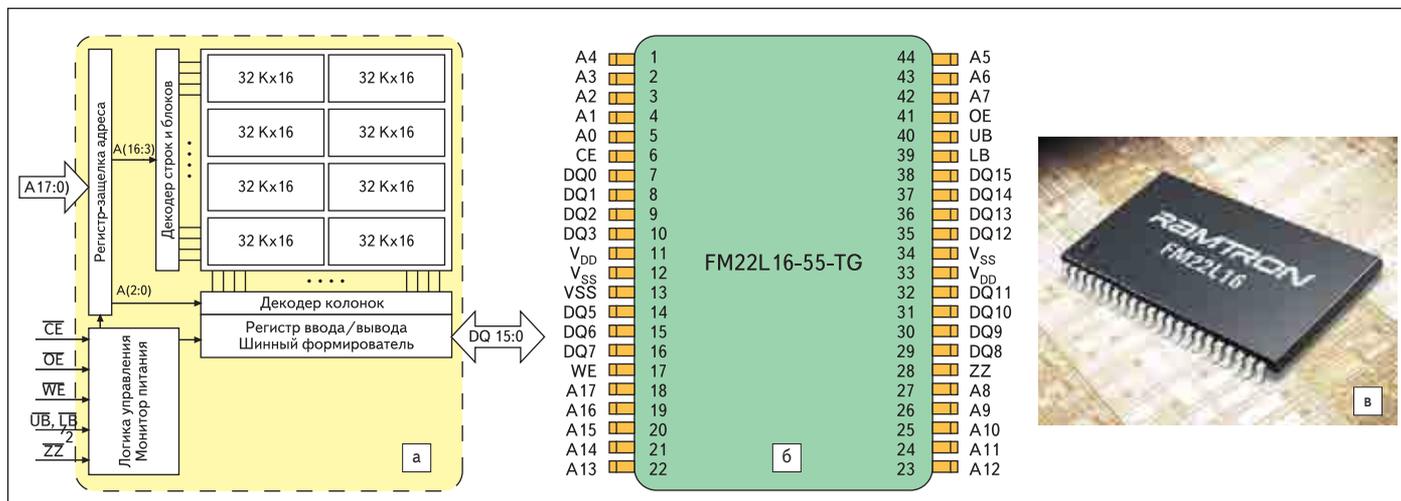


Рис. 2. а) Структурная схема; б) конфигурация выводов FM22L16-55-TG; в) внешний вид

димом порядка 8,5 мкА·ч, а для микропотребляющей Microchip 25AA(LC)256 — порядка 4,5 мкА·ч на вдвое меньшей тактовой частоте 10 МГц.

FRAM с параллельным 8/16-разрядным интерфейсом FM22L16-55-TG заслуживает внимания, поскольку это первая FRAM с объемом массива 4 Мбит (256 К×16/512 К×8), а также в силу своих функциональных особенностей. Структура FM22L16-55-TG представлена на рис. 2.

В FM22L16 применена структура массива, впервые опробованная в 1-Мбитной FM20L08. Массив разделен на 8 блоков по 32 К×16, каждый из которых может быть программно защищен от случайной модификации. 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, в финале алгоритма, вновь блокирует его от случайного доступа. Таким образом, в одной микросхеме FRAM может храниться как постоянная информация (коды программ, таблицы преобразования и т. п.), так и оперативная.

Для надежной сохранности данных в FM22L16 встроен монитор питания, блокирующий доступ к массиву при низком напряжении питания. Эта проблема актуальна 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 мониторы питания и супер-

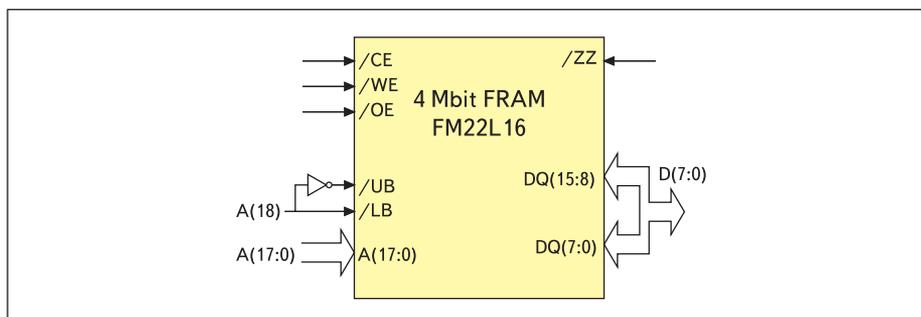


Рис. 3. Подключение FM22L16 к 8-разрядной шине данных

визоры. Однако, как показывает опыт многих инженеров, не всегда удается избежать порчи данных в ЗУ, причиной которой является несанкционированный доступ при низком напряжении. Поэтому дополнительный рубеж защиты данных в FRAM FM22L16 и FM20L08 увеличивает надежность сохранности информации.

Интерфейс данных FM22L16 может быть как 16-, так и 8-разрядным. Для управления разрядностью интерфейса служат входы /UB и /LB. Они определяют доступ к старшей и младшей половине 16-разрядного слова. Чтобы организовать 8-разрядный интерфейс микросхемы, надо подавать на эти входы взаимно инверсные уровни и объединить парно выходы данных D0–D7 и D8–D15, как показано на рис. 3.

Новые типы малогабаритных корпусов

Многие преимущества FRAM, такие как энергонезависимость, неограниченное количество циклов перезаписи, низкое энергопотребление и возможность хранения постоянной и оперативной информации в одной микросхеме, наиболее ярко раскрываются в портативной, мобильной технике и автономных удаленных устройствах. Общим требованием подобных устройств является минимизация габаритов их компонентов. Поэтому компания Ramtron начала выпус-

кать ИС FRAM и интегрированных устройств в корпусах с минимальными габаритами. Так, в серии низковольтных FRAM FM18L08 появилась версия в корпусе стандарта TSOP 8,0×11,8 мм с 32 выводами FM18L08-70-TG.

В последние два года многие производители ИС энергонезависимой памяти стали использовать новые стандартные типы малогабаритных корпусов DFN и TDFN (Thin Dual Flat No-lead: тонкий, с двумя рядами плоских контактов). По топологии посадочной площадки микросхемы Ramtron в новых корпусах TDFN аналогичны обычным типам SOIC, SSOP и TSOP, но имеют меньшую высоту корпуса и меньшую площадь контактов, располагающихся под корпусом по двум сторонам. Уменьшенная высота корпуса (0,75 мм) предоставляет лучшие возможности для использования таких ИС в узкопрофильных устройствах, например наладонных КПК, мобильных телефонах, терминалах и т. п.

На рис. 4 представлены внешний вид и габаритные размеры новых типов корпусов.

Сертификация FRAM для автомобильных применений

Одно из наиболее широкомасштабных применений FRAM — в автомобильной электронике. Там она применяется в системах безопасности (подушки безопасности, анти-блокировка колес, противоугонные системы),

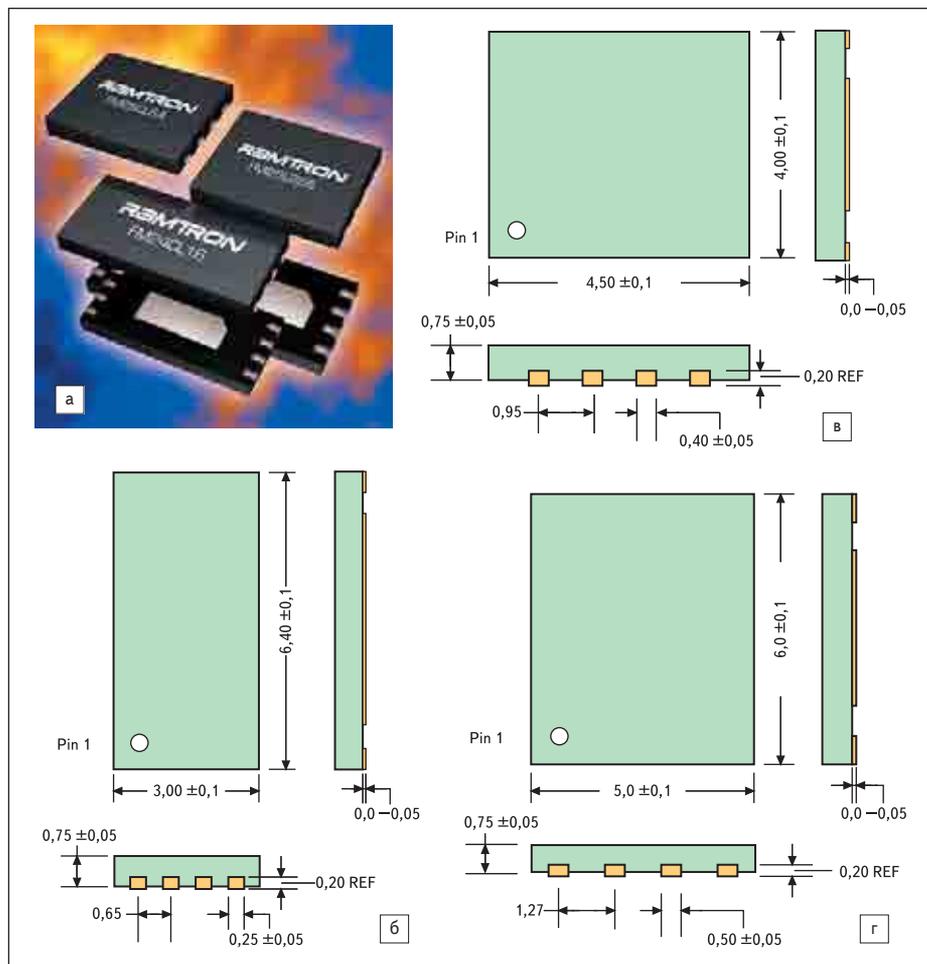


Рис. 4. а) Внешний вид корпусов типа TDFN;
 б) габаритные размеры корпусов TDFN 3,0×6,4 мм ИС FM24CL16, FM25L04, FM25L16 и FM3130;
 в) габаритные размеры корпусов TDFN 4,0×4,5 мм ИС FM24CL64, FM25L256B и FM25CL64;
 г) габаритные размеры корпусов TDFN 5,0×6,0 мм ИС FM25L512 и FM25H20



Рис. 5. Применение FRAM в автомобильной электронике: а) FM25CL64-GA; б) FM25C160

Таблица 2. Сертификация ИС FRAM для автомобильных применений

Наименование	Питание, В	Объем массива FRAM	Interface	Grade 3 (+85 °C)	Grade 1 (+125 °C)
FM25256B	4,0–5,5	256 кбит	SPI	2008	—
FM25640	4,0–5,5	64 кбит	SPI	в производстве	IV кв. 2007
FM25CL64	3,0–3,6	64 кбит	SPI	—	в производстве
FM25C160	4,5–5,5	16 кбит	SPI	в производстве	в производстве
FM25L16	3,0–3,6	16 кбит	SPI	IV кв. 2007	—
FM25040A	4,5–5,5	4 кбит	SPI	—	III кв. 2007
FM25L04	3,0–3,6	4 кбит	SPI	—	III кв. 2007
FM24CL16	3,0–3,6	16 кбит	I ² C	в производстве	—
FM24CL64	2,7–3,6	64 кбит	I ² C	IV кв. 2007	—

управления движением (динамическая трансмиссия, измерение давления в шинах), в аудиосистемах и системах управления комфортом пассажиров (кондиционеры, форма кресел и т. п.). Поэтому инженеры Ramtron ведут работы по приведению параметров FRAM в соответствие с требованиями автомобильных стандартов.

В настоящее время рассматриваются две градации FRAM для автомобильных применений (рис. 5): AEC-Q100 Grade 1 (+125 °C) и Grade 3 (+85 °C), различающиеся допустимым диапазоном температур эксплуатации и уровнем надежности по наработке. В микросхемах FRAM для автомобильных применений используются CMOS-технология и материалы корпусов, отличные от FRAM промышленного применения. Сейчас FM25C160-GA и FM25CL64-GA, сертифицированные по AEC-Q100 Grade 1 (+125 °C), гарантированно обеспечивают более 9000 часов эксплуатации при экстремальной температуре +125 °C. Сертифицированы на повышенную надежность и диапазон температур эксплуатации –40...+85 °C по требованиям AEC-Q100 Grade 3 (+85 °C) FM25640-G, FM25C160-G, FM24CL16-G. Перечень ИС FRAM, включенных в программу сертификации для автомобильных применений, приведен в таблице 2.

Улучшение характеристик FM25(L)256

Выпущившиеся до текущего года FRAM с интерфейсом SPI и объемом массива 32 килобайта FM25256 (5В) и FM25L256 (3В) имели некоторые эксплуатационные ограничения: FM25256 рассчитана на тактовые частоты только до 15 МГц, FM25L256 была разделена на две версии — для диапазона температур от 0 до +70 °C (FM25L256-GC) и от –25 до +85 °C (FM25L256-G). В этом году инженеры Ramtron переработали эти ИС. Новые версии получили наименование с буквенным индексом В — FM25256B-G и FM25L256B-G. Обе рассчитаны на эксплуатацию в полном промышленном диапазоне температур и на тактовых частотах до 20 МГц. Новые версии ИС имеют несколько больший ток потребления (например, максимальный ток потребления FM25L256B-G составляет 10 мА, а FM25L256-G — 5,0 мА), поэтому Ramtron пока продолжает поставки ИС без буквенного индекса В и рекомендует потребителям провести ревизию разработанных устройств в части, касающейся источников питания и расчетных эксплуатационных параметров.

Расширение семейства микроконтроллеров Versa

Микроконтроллеры семейства Versa с однокристальным быстрым ядром 8051 — это новая линия продуктов Ramtron. Сейчас в массовом производстве находятся VRS51L2070 и VRS51L3074. Микроконтроллеры аналогичны друг другу по составу функциональных узлов. VRS51L3074 отличается наличием встроенного массива FRAM объемом 8 кбайт

с тактовой частотой обращения до 20 МГц и неограниченным количеством циклов перезаписи.

Сравнительно молодое семейство Versa нашло применение в российских разработках в таких областях, как сложные приборы учета электроэнергии, в телекоммуникационных системах и приборных панелях систем промышленной автоматизации. Первый этап внедрения нового контроллера в российские разработки стал успешным благодаря нескольким основным причинам:

- хорошо известному российским разработчикам ядру 8051;
- высокому быстродействию — тактовая частота до 40 МГц, аппаратный умножитель/делитель и регистр кольцевого сдвига;
- наличию встроенной FRAM как энергонезависимой памяти с произвольным доступом;
- минимальным затратам на модернизацию оправдавших себя разработок.

Однако архитектура микроконтроллеров семейства обладает большим потенциалом. Подробнее об особенностях и параметрах микроконтроллеров семейства Versa читайте в [1].

Новый в семействе Versa микроконтроллер VRS51L3174-40-QG является версией VRS51L3074-40-QG (также содержит блок FRAM 8 кбайт) в корпусе QFP-44, совместимом по выводам с промышленным стандартом 8051.

В ближайшей перспективе семейство Versa будет расширено за счет МК VRS51L3072 и VRS51L3078 с объемом встроенной FRAM 2 и 32 кбайта соответственно.

Долговременная стратегия развития семейства микроконтроллеров Ramtron ориентирована на три направления: микропотребляющие МК, МК со встроенными АЦП/ЦАП и узкоспециализированные МК.

Новое семейство энергонезависимых триггеров FM11xx

Подтверждая поговорку «Все новое — это хорошо забытое старое» и отвечая на возобновившийся интерес, Ramtron открывает семейство энергонезависимых триггеров FM11xx



Рис. 6. Внешний вид энергонезависимых триггеров FM11xx

Таблица 3. Краткие технические характеристики энергонезависимых FRAM-триггеров

Наименование	Кол-во триггеров в корпусе	Напряжение питания, В	Ток потребления, мкА при $f_{\text{CLK}} = 1 \text{ МГц}$		Нагрузочная способность выходов, мА	Время восстановления выхода Power-on, макс., нс	Задержка распр., нс	Тактовая частота, макс. МГц	Рабочий диапазон температур, °С	Тип корпуса
			Active	Standby						
FM1105	2	4,5–5,5	825	15	10	500	50	1	–40...+85	SOT23-8
FM1106	2	2,7–3,6	550	5						
FM1107	2	2,7–3,6	550	1						
FM1110	4	4,5–5,5	1650	30						QFN-16 4x4 мм
FM1112	4	2,7–3,6	1100	10						
FM1114	4	2,7–3,6	1100	2						

(рис. 6). Дело в том, что до 2001 года Ramtron выпускала энергонезависимые 8-разрядные регистры с защелкой FM573 и FM574, аналогичные по функциям регистрам из стандартной логики 74xxx573 и 74xxx574. ИС FM573 и FM574 даже вошли в перечень «100 лучших продуктов» 1999 года. Однако их применение не стало достаточно широким, и выпуск прекратился в 2001 году.

Серия FM11xx отличается от FM57xx существенно лучшими параметрами и нацеленностью на гораздо более широкий спектр применений. К настоящему времени серия состоит из 6 наименований двоенных и четверных FRAM-триггеров. Краткие технические характеристики компонентов нового семейства приведены в таблице 3.

Основными особенностями новинок являются неограниченный ресурс циклов изменения состояния (5-вольтовые FM1105 и FM1110 обеспечивают более 1 трлн циклов), нагрузочная способность выходов до 10 мА, срок энергонезависимого сохранения состояния не менее 45 лет и восстановление сохраненного состояния при подаче питания менее чем за 500 нс.

FRAM-триггеры могут использоваться в цепях управления силовыми ключами, реле, светодиодной индикацией, для регистрации состояния и флагов ошибок, в энергонезависимых счетчиках, как замена механических DIP-переключателей и джамперов, для динамического сохранения конфигурации коммутационных систем и многого другого.

FRAM-триггеры могут обеспечивать энергонезависимое хранение и практически мгновенное восстановление конфигурации системы при включении питания без необходимости в операциях чтения из массива памяти, задействования вычислительной мощности и портов микроконтроллера, тем самым сокращают время инициализации и экономят программные ресурсы.

Они также предоставляют возможность программного управления установками без необходимости использования ручных операций и доступа внутрь приборов, устраняют избыточность любой ИС ЗУ, когда надо сохранить всего несколько битов или байт данных.

При возникновении сбоев в электропитании или в других случаях FRAM-триггеры

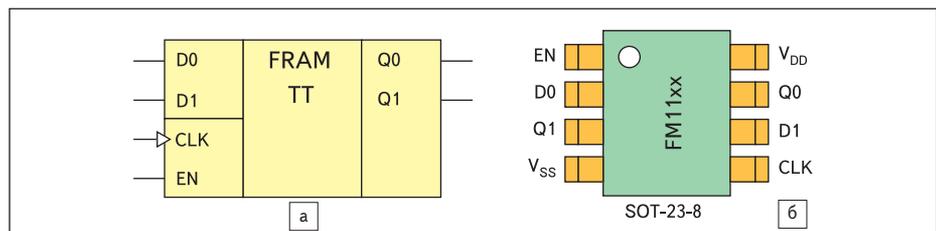


Рис. 7. Условное графическое обозначение двоенных FRAM-триггеров: а) FM1105, FM1106; б) FM1107

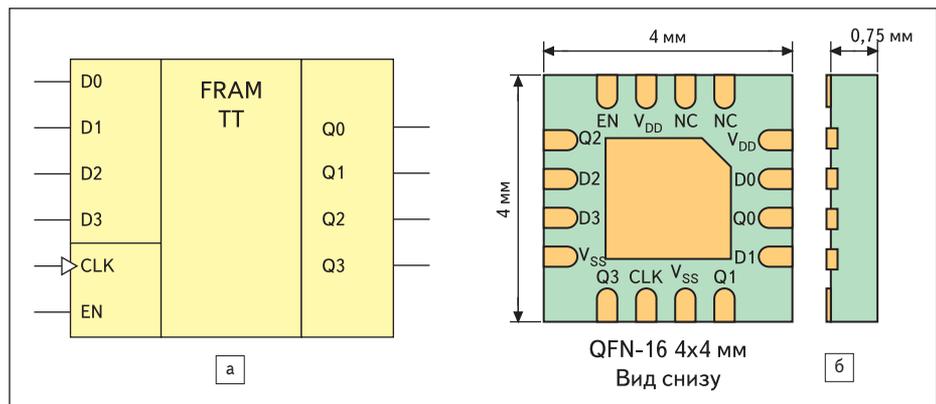


Рис. 8. Условное графическое обозначение четверных FRAM-триггеров: а) FM1110, FM1112; б) FM1114

позволяют провести диагностику системы по ее реальному последнему состоянию, например, с подачей питания на цепи диагностики отдельно от питания основной системы.

На рис. 7 и 8 показаны условные графические обозначения FRAM-триггеров и эскизы корпусов.

Расширение семейства Processor Companion

Это семейство многофункциональных ИС является одним из самых массово потребляемых продуктов Ramtron во всем мире, благодаря сочетанию функций, которые востребованы в большинстве микроконтроллерных систем. Одна из наиболее широких областей применения микросхем семейства в России — приборы учета расхода электроэнергии, воды, регистрации параметров потока на нефте- и газопроводах. Описание ИС семейства было опубликовано в [2].

Уже вышли в массовое производство FM3130 (версия FM3164 в уменьшенных корпусах SOIC и DFN с 8 выводами), а также положено начало новой серии в семействе Processor Companion — FM33xx с более быстрым последовательным интерфейсом SPI — до 16 МГц. Изменения коснулись также архитектуры новинок. Изменен состав функций и параметры таймера реального времени:

- добавлена функция Clock Alarm («Будильник») с точностью установки момента срабатывания 1 с;
- выход CAL/PFO, который в ИС серии FM31xx предыдущего поколения используется как выход калибровки часов в ходе наладки и как выход компаратора раннего обнаружения аварий по питанию, теперь используется для трех функций:
 - выхода сигнала Clock Alarm;
 - выхода сигнала 512 Гц в режиме калибровки;
 - выхода прямоугольных импульсов с программируемой периодичностью: 1, 512, 4096 или 32 768 Гц;
- изменились требования к параметрам внешнего кварцевого резонатора — он должен быть рассчитан на емкостную нагрузку 12,5 пФ, что открывает возможности ис-

пользования гораздо более доступных резонаторов, поставляемых в массовых количествах многими производителями;

- диапазон напряжения питания FM3130, FM3316 и FM33256 составляет 2,7–3,6 В;
- изменены пороги срабатывания монитора питания — 2,6, 2,75, 2,9 и 3,0 В;
- в FM3130 функции монитора питания, компаратор PFI/PFO и счетчик внешних событий отсутствуют.

В ближайшее время намечено добавить еще несколько компонентов в семейство Processor Companion: таймер истечения времени, версии ИС семейства со встроенным кварцевым резонатором, а также специализированную для приборов учета расхода ресурсов версию ИС Processor Companion с термокомпенсированным часовым генератором. Около 8 новых ИС семейства должны выйти в IV квартале 2007 года — I и II квартале 2008 года.

Поддержка экологических инициатив

Перевод продукции на бессвинцовую технологию производства (в соответствии с директивой RoHS) Ramtron осуществляет совершенно безболезненно для постоянных потребителей — при необходимости возможна поставка обычных компонентов, содержащих свинец, со склада производителя или локального дистрибьютора, а также производство по специальному заказу. ■

Литература

1. Зайцев И. П. Микроконтроллеры 8051 со встроенной памятью FRAM — классика и современность в одном кристалле // Компоненты и технологии. 2006. № 6.
2. Зайцев И. П. Какой компаньон нужен вашему контроллеру // Компоненты и технологии. 2004. № 2.
3. Automotive Applications. [ht tp://w ww.ramtron.c om/doc/Applications/Automotive.asp](http://www.ramtron.com/doc/Applications/Automotive.asp)
4. Intelligent data acquisition with Ramtron MCUs. [ht tp://w ww.ramtron.c om/doc/Products/Microcontroller/](http://www.ramtron.com/doc/Products/Microcontroller/)
5. Nonvolatile State Saver. [ht tp://w ww.ramtron.c om/doc/Products/StateSaver/](http://www.ramtron.com/doc/Products/StateSaver/)