

СЕГНЕТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ОЗУ ФИРМЫ RAMTRON INTERNATIONAL

БЫСТРОРАЗВИВАЮЩАЯСЯ ЭНЕРГОНЕЗАВИСИМАЯ ПАМЯТЬ

С.Добрусенко

Ramtron International – стремительно развивающаяся компания и мировой лидер в сфере разработки и производства электронных компонентов самого различного назначения по запатентованной технологии создания энергонезависимых сегнетоэлектрических ОЗУ (FRAM). Основанная в 1984 году корпорация выпустила первые коммерческие 4-Кбит FRAM в 1993-м. В 2001-м фирма перешла от структуры ячейки памяти на основе двух транзисторов и двух конденсаторов (2Т/2С) к структуре ячейки с одним транзистором и одним конденсатором (1Т/1С). А совершенствование сегнетоэлектрических материалов привело к появлению коммерческих 256-Кбит FRAM на напряжение питания 3,0 В с высоким ресурсом по циклам записи/считывания ($10^{16} - 10^{19}$). В число лицензиатов или партнеров по освоению FRAM-технологии входят такие крупные компании, как Texas Instruments, Rohm, Fujitsu, Toshiba, Samsung, Hitachi, NEC, Asahi Chemical, Infineon.

ЧТО ТАКОЕ FRAM?

FRAM – оперативное энергонезависимое ЗУ, сочетающее высокое быстродействие и малую потребляемую мощность, присущие ОЗУ, со свойством хранения данных и в отсутствие приложенного напряжения, но без их периодического восстановления, что необходимо для схем постоянной памяти. Таким образом, в отличие от ОЗУ, FRAM не требует аварийного батарейного питания. В сравнении же с ЭСРПЗУ и флэш-памятью время записи данных в ЗУ этого типа и потребляемая им мощность намного меньше (менее 70 нс против нескольких миллисекунд), а ресурс по циклам записи намного выше (не менее 10^{11} против $10^5 - 10^6$ циклов для ЭСРПЗУ). Объясняется это тем, что традиционные энергонезависимые микросхемы памяти представляют собой приборы с плавающим потенциалом затвора, и операция записи требует высокого напряжения для "проталкивания" электронов через барьерный слой оксида. К тому же, эта операция длительна, вызывает высокие механические напряжения в оксиде, что сокращает долговечность и ухудшает надежность прибора.

Необычные и столь ценные свойства FRAM обеспечивает сегнетоэлектрик (перовскит), используемый в качестве диэлектрика накопительного конденсатора ячейки памяти. При этом сегнетоэлектрическое ЗУ хранит данные не только в виде заряда конденсатора (как в традиционных ОЗУ), но и в виде электрической поляризации



кристаллической структуры сегнетоэлектрика. В отсутствие электрического поля подвижный атом удерживается высокоэнергетическим уровнем в середине кристалла. В присутствии электрического поля подвижный атом перемещается в направлении вектора этого поля. Схема считывания выполняет дампы содержимого памяти, сравнивает его с данными опорного устройства и регистрирует ячейку, заряд которой отличается от заряда опорного устройства (т.е. сформирован зарядом самого конденсатора и сегнетоэлектрического диэлектрика). Время изменения состояния сегнетоэлектрика составляет около 1 нс, время выборки данных – менее 70 нс. Поскольку каждая операция считывания приводит к изменению состояния материала, схема памяти должна хранить это измененное состояние, что требует дополнительной операции – предварительной зарядки опорного конденсатора. Длительность этой операции – менее 50 нс. При изменении направления вектора электрического поля направление перемещения атома также изменяется. Но в отсутствие поля положение атома остается неизменным. Таким образом, сегнетоэлектрический кристалл имеет два стабильных состояния, которые могут соответствовать логическому 0 и логической 1. При этом разница в уровнях логического 0 и логической 1 намного больше, чем в запоминающем элементе ЭСРПЗУ. Благодаря этому FRAM характеризуются повышенной устойчивостью к различным электромагнитным помехам, наводкам и излучениям, что в целом ряде применений оказывается их неоспоримым достоинством. Значения времени и мощности, требуемые для переключения между устойчивыми состояниями, малы. К тому же, условия окружающей среды не оказывают сильного воздействия на параметры ЗУ.

Представляем автора статьи

ДОБРУСЕНКО Сергей Александрович. Окончил КБГУ, г. Нальчик. Учредитель и председатель совета директоров фирмы Key Component Inc (www/keycomponent.ru). Круг научных интересов – экономические и технологические вопросы создания интерактивного Интернет-инструмента для дистанционного и коллективного проектирования РЭА. Контактный телефон: (87822) 4-45-60. E-mail: sergedobrusenko@keycomponent.ru

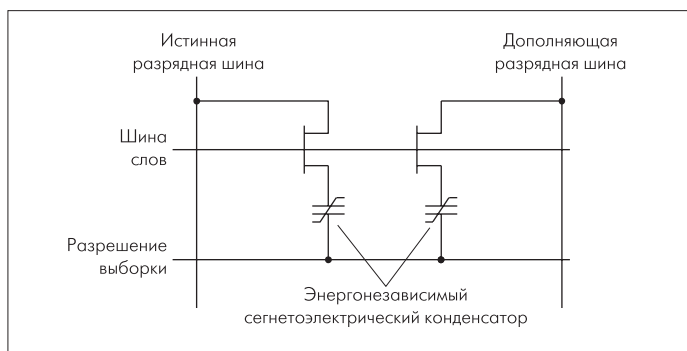


Рис.1. Ячейка памяти типа 2Т/2С

Операция записи аналогична операции считывания. Она проста и не требует непроизводительных задержек, в отличие от ЭСРПЗУ, нуждающихся в дополнительных программных циклах (формируемых управляющим микроконтроллером). Значения времени изменения состояния кристалла, доступа и предварительной зарядки – те же, что и при считывании. По значению времени записи FRAM намного превосходят ЭСРПЗУ.

Первые FRAM, выпущенные в 1993 году, имели 2Т/2С-архитектуру (рис. 1), на основе которой выполняется и большинство современных микросхем сегнетоэлектрической памяти. Ячейка такого типа, в которой каждому биту соответствует индивидуальный опорный бит, позволяет определять разницу зарядов с высокой точнос-

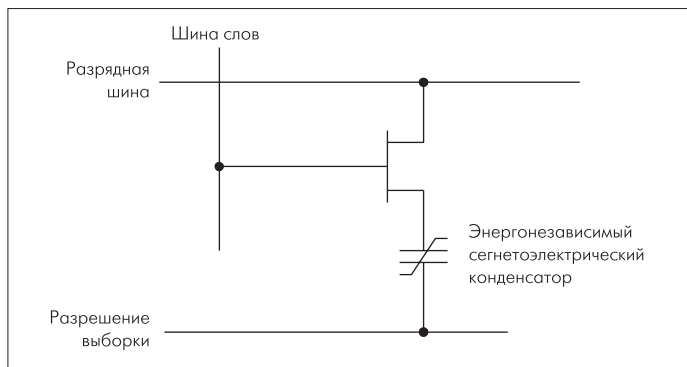


Рис.2. Ячейка памяти типа 1Т/1С

тью. А благодаря считыванию дифференциального сигнала ячейки исключается влияние разброса параметров конденсаторов ячеек. В 2001 году на рынке появились FRAM с архитектурой 1Т/1С (рис.2) – 256-Кбит FM24C256 на напряжение 5 В с последовательным двухпроводным интерфейсом на частоту до 1 МГц. Достоинство микросхем с такой архитектурой – меньшая, чем в обычных схемах, площадь ячейки и, следовательно, меньшая стоимость микросхемы в пересчете на единицу хранимой информации.

ОСОБЕННОСТИ FRAM

Как уже указывалось, одна из важных отличительных особенностей FRAM – полное отсутствие каких-либо задержек при считывании и записи информации, выполняемых со скоростью передачи данных системной шины. Полный цикл считывания или записи занимает меньше времени, чем единственный тактовый цикл шины, так что любая операция может начинаться немедленно после цикла записи данных или адресации. Опроса для подтверждения окончания операции – техники, используемой в ЭСРПЗУ, – не требуется. Допустима и запись информации в FRAM-ячейки памяти в конвейерном режиме с использованием каналов прямого доступа к памяти и/или последовательных шин микроконтроллеров, обеспечивающих аппа-

ратную поддержку передачи данных по шинам последовательных двухпроводного или периферийного (SPI) интерфейсов.

Еще одна важная отличительная особенность FRAM – практически одинаковые токи, потребляемые в режимах считывания и записи. Так как напряжение, необходимое для записи информации, не превышает напряжения питания FRAM, мощность, потребляемая памятью в динамическом режиме, намного меньше, чем у любых ЭСРПЗУ. В результате и требования, предъявляемые к источнику питания микросхем, могут быть менее жесткими. Кроме того, благодаря возможности применения источника питания с низким напряжением, электромагнитный шум и помехи, генерируемые FRAM на шинах питания и интерфейса, намного меньше, чем у стандартных ЭСРПЗУ.

Все FRAM фирмы Ramtron полностью программно и аппаратно совместимы с большинством стандартных ЭСРПЗУ, поставляемых на рынок ведущими изготовителями энергонезависимых ЗУ, такими как Microchip Technology, STMicroelectronics, а также соответствуют всем отраслевым стандартам на микросхемы памяти. Все это обуславливает их широкое применение.

ГДЕ ПРИМЕНЯЮТСЯ FRAM?

В ЭСРПЗУ при шуме в цепях питания или интерфейсах, как и после отключения питающего напряжения, из-за длительного времени восстановления данных возникает так называемое "окно уязвимости", в течение которого записываемые данные могут быть искажены. FRAM благодаря высокому быстродействию лишены этого недостатка. Учитывая этот фактор, а также повышенную долговечность и отсутствие проблемы потери информации при сбое питания или сильном электромагнитном шуме, FRAM весьма перспективны для замены ЭСРПЗУ **в энергонезависимых системах сбора и регистрации данных** (в том числе изменяемых во времени). В таком качестве FRAM широко используются в различных счетчиках (электроэнергии, газа, воды и т.п.), ВЧ-системах идентификации, контрольно-измерительном оборудовании, системах управления подушками безопасности автомобилей, портативном промышленном оборудовании, предназначенном для работы в сильно зашумленных средах и при сильных электромагнитных помехах.

Способность хранить конфигурационные данные в реальном времени, а не только при отключении питания, позволяет применять FRAM **в качестве конфигурационной памяти**. Такие системы памяти должны регистрировать изменения состояния системы во времени и при восстановлении питания, восстанавливать хранимые данные или идентифицировать причину сбоя. В качестве такой памяти FRAM применяются в лазерных принтерах и копировальных системах, сетевом оборудовании, модемах, цифровых телевизионных приставках.

Благодаря малому времени записи и высокой износостойкости сегнетоэлектрическая память перспективна для выполнения **функций буфера** при пересылке данных другой системе (возможно, с памятью большего объема). Сейчас FRAM в основном выполняют эту функцию в банковских системах, в частности банкоматах. В будущем они смогут использоваться в накопителях на магнитных дисках с обменом данными через энергонезависимый кэш.

Для сокращения габаритов, энергопотребления и в некоторых случаях стоимости многих портативных систем и систем на базе микроконтроллеров младших моделей применяются различные типы памяти – ПЗУ, ОЗУ, ЭСРПЗУ. Самый распространенный пример этого – встроенный микроконтроллер с внешним последовательным ЭСРПЗУ. В таких системах FRAM могут заменить ЭСРПЗУ и выполнять дополнительные функции СОЗУ. Таким образом, они могут

Таблица 1. FRAM с быстрым последовательным двухпроводным интерфейсом

Марка	Емкость, бит	Организация	Тактовая частота, МГц	Ресурс по числу циклов записи	Время записи байта, мкс	V _{DD} , В	Корпус	Состояние
FM24CL1024-S	1М	131072 x 8	1	—	—	2,7–3,6	—	Освоение производства
FM24CL256-S	256К	32768 x 8	1	—	—	2,7–3,6	SOIC8	Освоение производства
FM24C256-SE	256К	32768 x 8	1	10 ¹¹	12,5	5,0	SOIC8	Производство
FM24CL64-S	64К	8192 x 8	1	Не ограничен	12,5	2,7–3,6	SOIC8	Производство
FM24C64-S	64К	8192 x 8	1	10 ¹⁰	12,5	5,0	SOIC8	Производство
FM24C64-P	64К	8192 x 8	1	10 ¹⁰	12,5	5,0	PDIP8	Производство
FM24CL16-S	16К	2048 x 8	1	Не ограничен	12,5	2,7–3,6	SOIC8	Производство
FM24C16A-S	16К	2048 x 8	1	10 ¹²	12,5	5,0	SOIC8	Производство
FM24C16-S	16К	2048 x 8	400 кГц	10 ¹⁰	20	5,0	SOIC8	Производство
FM24C16-P	16К	2048 x 8	400 кГц	10 ¹⁰	20	5,0	PDIP8	Производство
FM24CL04-S	4К	512 x 8	1	Не ограничен	12,5	2,7–3,6	SOIC8	Поставка опытных образцов
FM24C04A-S	4К	512 x 8	1	10 ¹²	12,5	5,0	SOIC8	Производство
FM24C04-S	4К	512 x 8	400 кГц	10 ¹⁰	20	5,0	SOIC8	Производство
FM24C04-P	4К	512 x 8	400 кГц	10 ¹⁰	20	5,0	PDIP8	Производство

использоваться для замены СОЗУ, обеспечивая энергонезависимое хранение данных без аварийной батареи. Монтировать FRAM в систему проще, и стоимость этой операции ниже. К тому же, FRAM в монтируемых на поверхность корпусах, в сравнении с СОЗУ (часто поставляемых в "старомодных", громоздких DIP-корпусах для повышения ударопрочности) занимают на 25% меньшую площадь печатной платы. Они более устойчивы к вибрациям, ударному воздействию и кратковременным выбросам отрицательного напряжения, следовательно, их надежность выше.

Таким образом, FRAM можно разделить на две основные категории: схемы памяти для систем сбора и хранения данных (традиционная область применения) и энергонезависимые ОЗУ, предназначенные либо для непосредственного программирования и репрограммирования системы, либо для программирования ее в ходе сборки. Последнее упрощает проектирование аппаратных и программных средств системы, обеспечивает своевременный выпуск изделия и удешевляет его.

ОСНОВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ ФИРМЫ RAMTRON

Микросхемы сегнетозлектрических ОЗУ фирмы выпускаются с различными интерфейсами. FRAM для работы со многими хозяевами и многими подчиненными устройствами имеют последовательный двухпроводной интерфейс с последовательной шиной тактовых импульсов и последовательной шиной данных. В устройствах, требующих высокой скорости передачи (зачастую не обеспечиваемую двухпроводными интерфейсами), применяются FRAM с последовательным периферийным интерфейсом (SPI). Параллельные FRAM – микросхемы памяти с побайтовой организацией, совместимые по разводке выводов со стандартными СОЗУ. Кроме того, Ramtron выпускает и так называемые изделия, "решающие проблемы приборов". Это – 256-Кбит FRAM с параллельным или последовательным интерфейсом, встроенными часами реального времени и супервизором системы, работающие при напряжении питания 5 В.

Сегодня фирма производит широкую номенклатуру последовательных (двухпроводных, SPI) и параллельных FRAM с числом циклов записи от 10¹⁰ и практически до бесконечности (так называемые устройства с неограниченным числом циклов считывания/записи). Они рассчитаны на непрерывную эксплуатацию в промышленном диапазоне температур (-40...85°C) в течение 10 лет. Рассмотрим отдельные классы FRAM фирмы Ramtron.

В семейство FRAM с быстрым последовательным двухпроводным интерфейсом входят микросхемы памяти емкостью от 4К до 256 Кбит, изготавливаемые с 0,5–0,35-мкм топологичес-

кими нормами (табл. 1). Минимальное время записи байта в память – 12,5 мкс, минимальное число циклов записи – 10¹⁰. В 2002 году выпущены микросхемы FM24CL04, FM24CL16 и FM24CL64 с неограниченным числом циклов считывания/записи. В ближайшем будущем планируется освоить выпуск 3,0-В FRAM этого типа емкостью до 1 Мбит.

Подробнее ключевые характеристики микросхем памяти этого семейства можно проиллюстрировать на примере 64-Кбит FRAM типа FM24CL64-S – старшей в серии последовательных 3,0-В устройств с двухпроводной шиной. Это одна из первых в мире коммерческих FRAM такого типа с неограниченным числом циклов считывания/записи. Память работает под управлением протокола двунаправленной двухпроводной шины, элементами управления которого являются переходные состояния сигналов SDA (последовательные данные/адрес) и SCL (последовательный тактовый импульс). Состояний четыре – "старт", "стоп", "бит данных" и "подтверждение".

Операция записи заканчивается после передачи восьмого разряда. Если необходимо прервать запись, не изменяя содержимого памяти, достаточно установить состояние "старт" или "стоп" до окончания передачи всего байта данных. Данные записываются непосредственно в массив сегнетозлектрической памяти без буферизации (рис.3). В микросхеме предусмотрена защита от несанкционированной записи, для чего на соответствующий вывод подается высокое напряжение V_{DD}. При подаче на вывод низкого напряжения V_{SS} защита снимается.

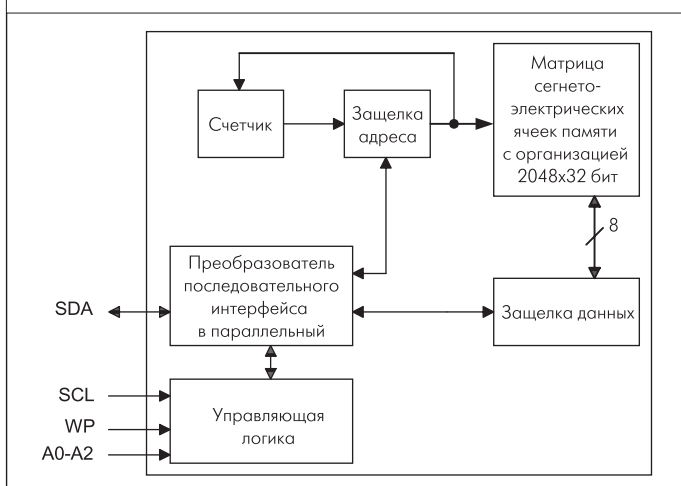


Рис.3. Блок-схема микросхемы FM24CL64

Таблица 2. Характеристики FRAM с быстрым последовательным SPI-интерфейсом

Марка	Емкость, бит	Организация	Тактовая частота, МГц	Ресурс по числу циклов записи	Время записи байта, мкс	V _{DD} , В	Корпус	Состояние
FM25CL1024-S	1М	131072 x 8	20	—	—	2,7–3,6	—	Освоение производства
FM25CL256-S	256К	32768 x 8	20	—	—	2,7–3,6	—	Освоение производства
FM25CL64-S	64К	8192 x 8	20	Не ограничен	0,4	3,0–3,6	SOIC8	Поставка опытных образцов
FM25CL16-S	16К	2048 x 8	20	—	—	3,0–3,6	SOIC8	Разработка
FM25CL04-S	4К	512 x 8	20	—	—	3,0–3,6	SOIC8	Разработка
FM25C160-S	16К	2048 x 8	5	10 ¹⁰	1,6	5	SOIC8	Производство
FM25C160-P	16К	2048 x 8	5	10 ¹⁰	1,6	5	PDIP8	Производство
FM25640-S	64К	8192 x 8	5	10 ¹⁰	1,6	5	SOIC8	Производство
FM25640-P	64К	8192 x 8	5	10 ¹⁰	1,6	5	PDIP8	Производство
FM25160-S	16К	2048 x 8	2,1	10 ¹⁰	3,8	5	SOIC8	Производство
FM25160-P	16К	2048 x 8	2,1	10 ¹⁰	3,8	5	PDIP8	Производство
FM25040-S	4Кб	512 x 8	2,1	10 ¹⁰	3,8	5	SOIC8	Производство
FM25040-P	4К	512 x 8	2,1	10 ¹⁰	3,8	5	PDIP8	Производство

Считывание информации в микросхеме FM24CL64-S может выполняться по одной из двух основных операций: считывание данных текущего адреса и данных выборочного (произвольного) адреса. В первом случае адресацию обеспечивает встроенная защелка адреса, во втором пользователь должен задать нужный адрес.

Напряжение питания микросхемы FM24CL64-S составляет 3 В, потребляемый ток на частоте 100 кГц в активном режиме – 75 мкА, в пассивном режиме – 1 мкА. Гарантируемый срок хранения данных микросхемы – 10 лет. FM24CL64-S легко каскадируются и полностью совместимы по разводке выводов и системе команд со стандартными ЭСРПЗУ типа 24С64. Поставляется микросхема в восьмивыводном корпусе SOIC-типа. Цена при закупке партии в 10 тыс. шт. – 1,41 долл.

FM24CL64-S перспективна для построения энергонезависимой памяти в системах, где требуется частая или быстрая запись данных, – например в системах сбора данных или системах управления промышленными процессами. Она также находит применение в системах, работающих в условиях высокой зашумленности. Пригодна память и для ВЧ-систем идентификации. Она может использоваться для быстрой отладки программных средств разрабатываемого оборудования, что способствует сокращению сроков его доработки, а также для отслеживания состояния систем с целью своевременного проведения технического обслуживания. В последнем случае двухпроводной интерфейс позволяет распределять микросхемы FM24CL64-S по всей системе с минимальными дополнительными ресурсами (к одной шине, работающей с двухпроводным протоколом, может быть подключено до восьми FM24CL64-S).

В семейство **FRAM с быстрым последовательным SPI-интерфейсом** входят изделия емкостью от 4К до 64 Кбит (табл.2). Достоинство схем памяти этого типа – возможность прямого высокопроизводительного подключения к хост-микроконтроллеру. В ближайшем будущем планируется освоить производство 3,0-В FRAM емкостью до 1 Мбит. Максимальное время записи байта микросхем этого типа – 0,4 мкс, ресурс по циклам записи – от 10¹⁰ до неограниченного числа. Приборы изготавливаются по 0,5-мкм технологическим нормам.

В 2002 году выпущена микросхема 64-Кбит FRAM типа FM25CL64-S – старшая в серии последовательных FRAM с SPI-шиной и одна из первых коммерческих FRAM этого типа с неограниченным числом циклов считывания/записи (рис.4). Большая часть функций FM25CL64-S выполняется под управлением SPI-интерфейса или автоматически схемами на плате. Поскольку FRAM выполняет операции со скоростью передачи данных шины, в них, в отличие от ЭСРПЗУ с SPI-интерфейсом, не требуется регистр страниц.

В микросхемах этого семейства предусмотрена возможность частичной и полной защиты от несанкционированной записи. Достигается это путем записи в энергонезависимый регистр статуса соответствующих команд, задающих защищаемые блоки памяти и разрешающих ввод данных в регистр.

FM25CL64-S – 64-Кбит энергонезависимое ОЗУ со стандартным SPI-интерфейсом. Скорость передачи данных SPI-шины, а следовательно и скорость считывания/записи, может составлять 20 МГц. Напряжение питания FM25CL64-S равно 3–3,65 В, ток, потребляемый на частоте 20 МГц в режиме считывания/записи, – 5 мА, в пассивном режиме – 1 мкА. Гарантируемый срок хранения данных микросхемы – 10 лет. FRAM совместима по разводке выводов и системе команд со стандартным ЭСРПЗУ типа 25С64. Поставляется в восьмивыводном корпусе SOP по цене 1,41 долл. при закупке партии в 10 тыс. шт. Предназначена микросхема FM25CL64-S для автомобильных электронных систем, интегрированного оборудования обработки и передачи информации, беспроводных средств связи.

В семейство **FRAM с параллельным интерфейсом** входят микросхемы емкостью от 64К до 256 Кбит (табл.3). В скором времени планируется освоить производство 3,0-В FRAM емкостью до 1 Мбит. Минимальное время записи (считывания) байта для схем памяти этого семейства 70 нс. Ресурс памяти по числу циклов записи – от 10¹⁰ до практически неограниченного. Приборы изготавливаются по 0,5-мкм топологическим нормам.

Микросхемы этого семейства совместимы по разводке выводов со стандартными СОЗУ с аварийным батарейным питанием и имеют побайтовую организацию. Принципы функционирования FRAM

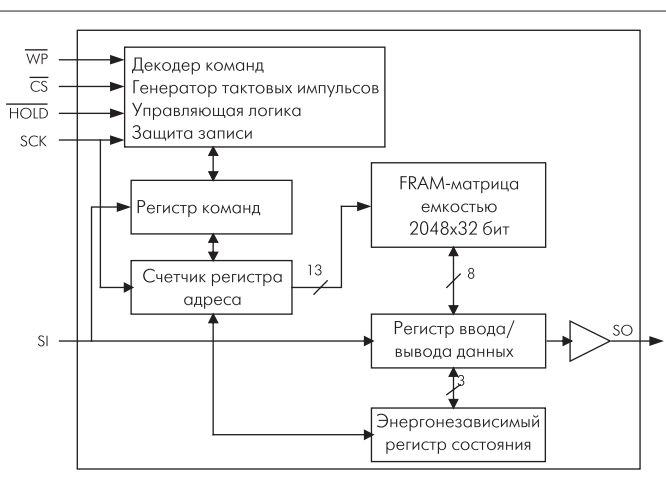


Рис.4. Блок-схема микросхемы FM25CL64

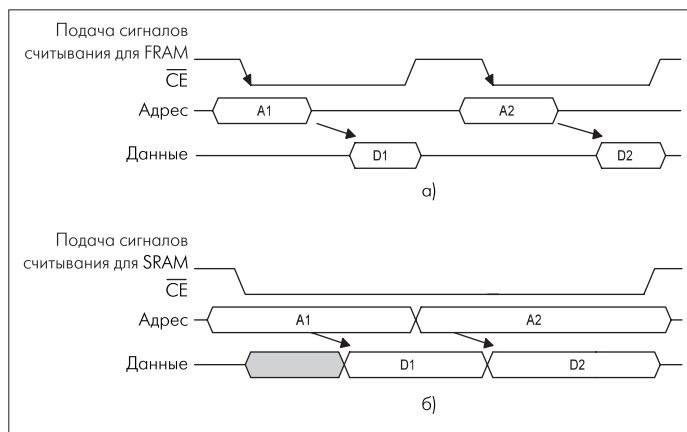


Рис.5. Соотношение сигналов при считывании данных FRAM (а) и СОЗУ (б)

те же, что и СОЗУ. Но есть и различия. В схемах обоих классов каждый цикл считывания/записи начинается с задания нового адреса до изменения уровня сигнала разрешения с высокого на низкий. Для каждого цикла обращения к сегнетоэлектрической памяти необходима операция предварительной зарядки. Эта операция инициируется путем установления высокого уровня сигнала разрешения чипа (/CE), который должен оставаться таковым по крайней мере в течение минимального указанного в спецификации времени

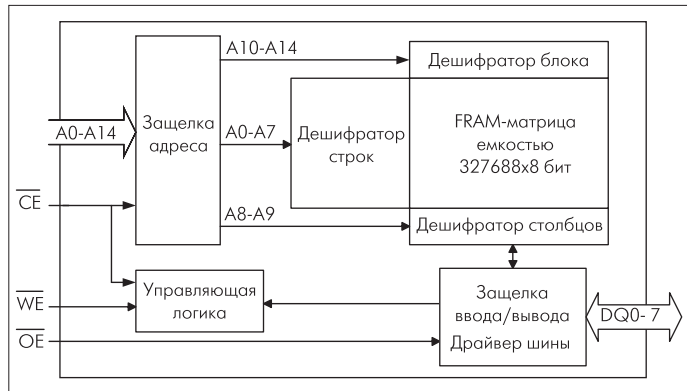


Рис.6. Блок-схема микросхемы FM18L08

предварительной зарядки. В результате, в отличие от СОЗУ, значения времени выборки и цикла памяти не равны (рис.5). При замене СОЗУ на FRAM необходимо проверить контроллер памяти на временную совместимость сигналов, поступающих на выводы адресации и управления. Для обеспечения последующего доступа к памяти в СОЗУ уровень сигнала /CE остается низким до изменения состояния адресной шины. В FRAM каждый адрес блокируется при прохождении заднего фронта импульса /CE. Поэтому в отличие от СОЗУ в FRAM вывод /CE заземлять нельзя.

В 2002 году Ramtron выпустила микросхему 256-Кбит FRAM типа FM18L08 со стандартной параллельной организацией и неограни-

ченным числом циклов считывания/записи (рис.6). Микросхема совместима по разводке выводов с 32Кх8 СОЗУ/ЭСРПЗУ стандарта JEDEC. Время считывания/записи – 140 нс, напряжение питания – 3,0–3,65 В (допускается эксплуатация при напряжении питания от 2,7 В, при этом гарантируются все электрические параметры в диапазоне температур 0°...+85°С), ток в режиме считывания/записи – 15 мА, в пассивном режиме – 15 мкА. FM18L08 гарантирует 10 лет хранения данных и поставляется в 28-выводных корпусах SOIC или PDIP-типа.

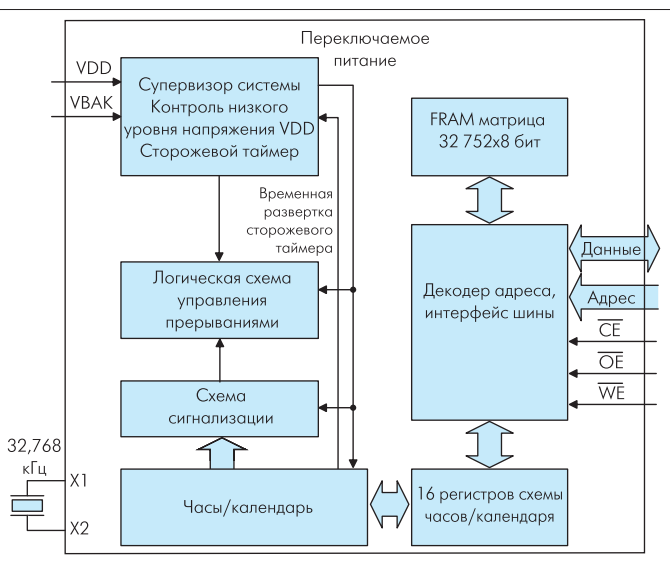


Рис.7. Блок-схема микросхемы FM3808

FM18L08 разрабатывался в первую очередь для непосредственной замены СОЗУ с аварийным батарейным питанием, но нашел массу самостоятельных применений. Следует отметить, что в отличие от типичного модуля СОЗУ со встроенной батареей аварийного питания, типовые испытания которого проводятся при 60°С и относительной влажности 90% в отсутствие смещения и давления, FRAM квалифицируются по программе ускоренных испытаний на прочность (HAST), проводимых при полном напряжении питания V_{DD} , температуре 120°С, относительной влажности 85% и давлении 24,4 psi (1,7 кг/см²).

В 2002 году фирма начала опытные поставки так называемых "решающих проблемы приборов" FRAM – микросхем памяти с такими встроенными устройствами, как супервизор, сторожевой таймер и часы реального времени. Сейчас в это семейство входят три схемы. Первым прибором в этой серии была микросхема FM3808. В этой микросхеме 256-бит FRAM-матрица (32 блока с организацией 1Кх8 бит) объединена со схемой часов реального времени и супервизором системы (рис.7,8). Функцию хронометрирования обеспечивает внешний кристаллический генератор на частоте 32,768 кГц. Для сохранения установленных значений времени и

Таблица 3. Характеристики FRAM с параллельным интерфейсом

Марка	Емкость, бит	Организация	Время выборки, нс	Ресурс по числу циклов записи/стирания	Время записи байта, мкс	V_{DD} , В	Корпус	Состояние
FM20L08	128Кх8	131072х8	–	–	–	2,7–3,6	–	Освоение производства
FM18L08-70-S	32Кх8	32768х8	70	Не ограничен	140	2,7–3,6	SOIC28	Производство
FM18L08-70-P	32Кх8	32768х8	70	Не ограничен	140	2,7–3,6	PDIP28	Производство
FM1808-70-S	32Кх8	32768х8	70	10^{10}	130	5	SOIC28	Производство
FM1808-70-P	32Кх8	32768х8	70	10^{10}	130	5	PDIP28	Производство
FM1808-120-S	32Кх8	32768х8	70	10^{10}	180	5	SOIC28	Производство
FM1808-120-P	32Кх8	32768х8	70	10^{10}	180	5	PDIP28	Производство
FM1608-120-S	8Кх8	8192х8	120	10^{10}	180	5	SOIC28	Производство
FM1608-120-P	8Кх8	8192х8	120	10^{10}	180	5	PDIP28	Производство

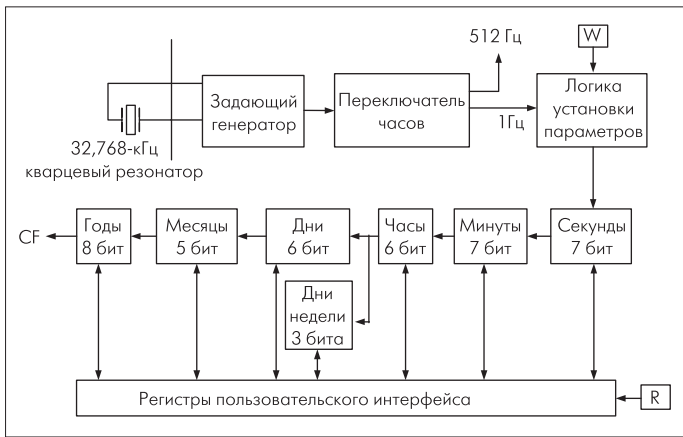


Рис.8. Блок-схема узла ядра часов реального времени

даты в отсутствие питания используется батарея (как правило, 3-В литиевая) или конденсатор (последний предпочтительней, поскольку дешевле). При этом матрица памяти не зависит от работы вспомогательного источника питания схемы хронометрирования. Кроме того, в микросхеме предусмотрен супервизор системы, предназначенный для сохранения низкого уровня V_{DD} , а также выполнения функций сигнализации и сторожевого таймера. Доступ к FRAM-матрице, схеме хронометрирования и супервизору обеспечивает интерфейс памяти, верхние 16-адресные ячейки которой предназначены для регистров хронометрирования, сигнализации и функций супервизора. Время выборки FRAM FM3808 с организацией 32 753x8 бит составляет 70 нс, время цикла – 130 нс, ресурс по циклам считывания/записи – 10^{11} , гарантированный срок хранения данных – 10 лет. Схема хронометрирования, как и во всех остальных микросхемах памяти семейства, отсчитывает секунды в двоично-десятичном формате до 2099 года и отслеживает смену високосных годов. Напряжение питания матрицы памяти и часовой схемы – 5 В, напряжение батареи аварийного питания – не менее 2,5 В. Ток, потребляемый в активном режиме, – 25 мА, в пассивном режиме – 1 мкА. Поставляется микросхема FM3808 в 32-выводном корпусе TSOP-типа.

Для быстрого освоения и проектирования устройств с применением FM3808 выпускается комплект разработки/отладки – FM3808DK, поставляемый в 32-выводном корпусе PDIP-типа. Комплект содержит все необходимые дискретные элементы для

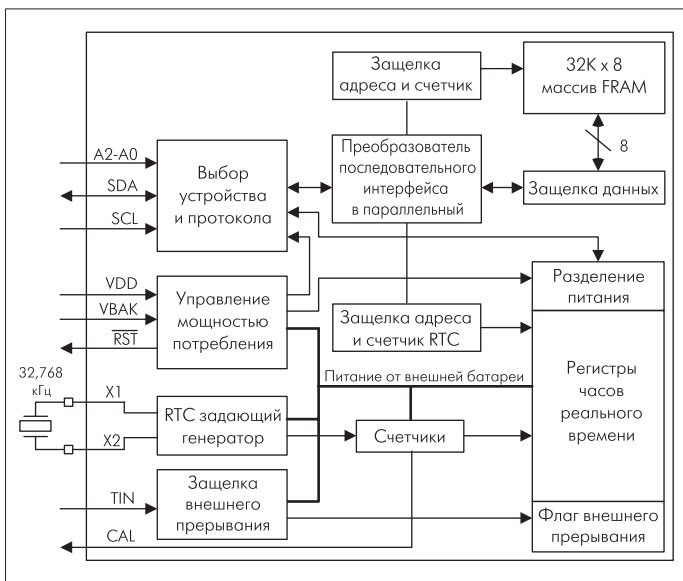


Рис.9. Блок-схема микросхемы FM30C256

функционирования часов реального времени. Разводка крайних 28 выводов соответствует разводке микросхемы FM1808 и стандарту СОЗУ.

Серию "решающих проблемы приборов" FRAM продолжает прибор FM30C256 – микросхема подсистемы сбора данных, содержащая 256-Кбит FRAM, часы реального времени, устройство "сохранения времени", супервизор центрального процессора и систему внешних прерываний (рис.9). Микросхема имеет быстрый последовательный двухпроводной внешний интерфейс на частоту до 1 МГц, ресурс по циклам считывания/записи – 10^{10} , гарантированный срок хранения данных в отсутствие питания – 10 лет. Особенность микросхемы FM30C256 – наличие программной калибровки часов и внешнего прерывания хронометрирования. Ток в активном режиме составляет 1,5 мА при частоте шины 1 МГц, в пассивном режиме – 1 мкА. Поставляется микросхема FM30C256 в 20-выводном корпусе SOIC-типа.

ИСПЫТАНИЯ FRAM НА НАДЕЖНОСТЬ

Специалисты компании Ramtron постоянно и успешно развивают и совершенствуют FRAM-технологии в тесном сотрудничестве с ведущими производителями полупроводниковых схем памяти – Texas Instruments, Rohm, Fujitsu, Toshiba, Samsung, Hitachi, NEC, Infineon. С ними заключены лицензионные соглашения и ведутся совместные проекты по созданию новых FRAM большой емкости. Такое взаимодействие оказалось весьма плодотворным, о чем свидетельствуют результаты испытаний FRAM службой качества фирмы и независимыми экспертами, подтвердившие потенциальные возможности технологии и высокие показатели надежности, присущие схемам памяти этого типа. Так, результаты типовых ускоренных испытаний на прочность (HAST) при температуре 200°C и полном функциональном контроле работоспособности 64-Кбит FRAM показали, что в худшем случае выход годных приборов равен 93,7% (среднее значение 99,7%). В результате квалификационных испытаний около 700 64-Кбит приборов: в динамическом режиме ($V_{CC} = 3,6$ В) при 125°C, на хранение данных при 150°C, на воздействие влаги (при 85°C и относительной влажности 85%) и циклического термоудара (от 0 до 100°C, 200 циклов), был зарегистрирован всего один отказ. А в ходе квалификационных испытаний около 2 тыс. 3-В FRAM, изготовленных с 0,5-мкм топологическими нормами, не было выявлено ни одного отказа. Следует отметить, что это – результаты лишь некоторых, наиболее интересных на взгляд авторов, тестов, проводимых ежемесячно службами качества компании.

В начале 2002 года запатентованная сегнетоэлектрическая технология и вся выпускаемая фирмой Ramtron продукция были сертифицированы на соответствие международному стандарту ISO9000. Следует отметить также изменения, внесенные в 2002 году в перечень приводимых в спецификациях характеристик приборов и в техническую информацию, представляемую на сайте фирмы www.ramtron.com. Так, и для разработчиков, и для эксплуатационников весьма полезна представленная во всех спецификациях табличная информация, отражающая все внесенные за время жизни каждого FRAM (с начала выпуска опытных образцов до настоящего времени) изменения и дату их принятия. В разделе Errata Sheets представлены также спецификации по отклонениям параметров опытных образцов.

Для более детального знакомства с микросхемами рекомендуем обратиться к соответствующим спецификациям, доступным на сайте фирмы www.ramtron.com