

Сегнетоэлектрическая память (FRAM) и интегральные решения на ее основе

Часть 1

Артем Козлов, инженер НТО ООО «БИС-Электроник»

E-mail: artem_kozlov@bis-el.kiev.ua

Компания Ramtron International Corporation — автор технологии и мировой лидер производства сегнетоэлектрической памяти (FRAM — Ferroelectric random access memory). Технология FRAM — это высокое быстродействие (сравнимое со скоростью SRAM), низкое энергопотребление (до 1 мкА в режиме хранения), способность длительного (до 10 лет) хранения информации при отсутствии питания и, практически, неограниченное число циклов перезаписи (до 10^{16}).

Современные инженерные решения в области микроэлектроники требуют производительных, надежных и экономных по питанию электронных компонентов. Компания Ramtron предлагает микросхемы памяти типа FRAM и другие решения с этим типом памяти. Основные свойства данного типа памяти таковы, что в случае замены FRAM на EEPROM, Flash или SRAM, эффективность и надежность работы системы заметно возрастает.

Главными преимуществами памяти типа FRAM являются:

- **отсутствие задержки в цикле записи** позволяет осуществлять запись в сотни раз быстрее, чем в любом устройстве EEPROM;
- высокая скорость записи часто допускает эффективную замену модулями FRAM устройств EEPROM/Flash и SRAM, и даже заменять одним модулем FRAM комбинацию устройств ОЗУ-ПЗУ;
- число циклов перезаписи (до 10^{16}) позволяет производить запись по каждому адресу с частотой миллион раз в секунду в течение нескольких сотен лет без ухудшения технических характеристик!

Спектр выпускаемой продукции компании Ramtron на сегодня составляют:

- микросхемы памяти FRAM с параллельным 8-разрядным интерфейсом;
- микросхемы памяти FRAM с последовательными I²C и SPI интерфейсами;
- комбинированные устройства Processor Companion;
- микроконтроллеры 8051 со встроенной памятью FRAM.

МИКРОСХЕМЫ ПАМЯТИ С ПАРАЛЛЕЛЬНЫМ И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ

Перечень микросхем FRAM памяти Ramtron с основными параметрами приведен в табл.1. К главным особенностям этих микросхем следует отнести:

- стандартный промышленный интерфейс;
- совместимы по выводам со многими микросхемами SRAM/EEPROM;
- нет задержки при записи: чтение и запись происходит на скорости шины обмена данными;
- длительный срок хранения >10 лет (при $U_{пит} = 3 В$ не ограниченно);
- низкий ток покоя < 20 мкА;
- низкое энергопотребление, одинаковое при чтении и записи;

- рабочий диапазон температур — 40...+85°.

В этом году корпорация Ramtron объявила о начале производства микросхем FRAM памяти FM24C512 (рис.1). Это энергонезависимая память с произвольным доступом к массиву 512 Кбит (65536×8 бит) по стандартному двухпроводному интерфейсу I²C (сохраняется соответствие спецификации I²C при частотах 100 и 400 КГц). Микросхема совместима по выводам со стандартными EEPROM I²C.

Операции чтения и записи могут осуществляться с одинаковой скоростью, без задержек, с частотой тактирования шины до 1 МГц. Ресурс операций чтения/записи 10 млрд циклов. Срок энергонезависимой сохранности данных 45 лет.

Рабочее напряжение питания микросхемы составляет 5 В ±10%. Ток потребления в режиме ожидания 120 мкА. Ток потребления в активном режиме 250 мкА (100 КГц), 1.5 мА (1 МГц). Рабочий диапазон температур -40...+85 °С. Выпуск микросхем будет осуществляться по бессвинцовой технологии (RoHS).



Рисунок 1 Микросхема FM24C512

Таблица 1. Микросхемы памяти FRAM

| Наименование | Емкость, бит | Корпус | Частота шины, МГц | Время доступа, нс | U _{пит} , В | Тип интерфейса |
|--------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------------|
| FM24C512 | 512K | SOIC8E | 1 | – | 5 | I ² C |
| FM24C256 | 256K | SOIC8E | 1 | – | 5 | I ² C |
| FM24CL64 | 64K | SOIC8 (DFN8) | 1 | – | 2.7–3.6 | I ² C |
| FM24C64 | 64K | SOIC8 | 1 | – | 5 | I ² C |
| FM24CL16 | 16K | SOIC8 (DFN8) | 1 | – | 2.7–3.6 | I ² C |
| FM24C16A | 16K | SOIC8 | 1 | – | 5 | I ² C |
| FM24CL04 | 4K | SOIC8 | 1 | – | 2.7–3.6 | I ² C |
| FM24C04A | 4K | SOIC8 | 1 | – | 5 | I ² C |
| FM25L512 | 512K | TDFN8 | 20 | – | 3.0–3.6 | SPI |
| FM25256 | 256K | SOIC8 | 15 | – | 4.0–5.5 | SPI |
| FM25L256 | 256K | SOIC8 (DFN8) | 25 | – | 2.7/3.0–3.6 | SPI |
| FM25CL64 | 64K | SOIC8 (DFN8) | 20 | – | 2.7–3.6 | SPI |
| FM25640 | 64K | SOIC8 | 5 | – | 5 | SPI |
| FM25C160 | 16K | SOIC8 | 20 | – | 5 | SPI |
| FM25L16 | 16K | SOIC8 (DFN8) | 18 | – | 2.7–3.6 | SPI |
| FM25040A | 4K | SOIC8 | 20 | – | 5 | SPI |
| FM25L04 | 4K | SOIC8 | 14 | – | 2.7–3.6 | SPI |
| FM20L08 | 128K×8 | TSOP32 | – | 60 | 3.3 (+10%, -5%) | параллельный |
| FM18L08 | 32K×8 | SOIC28 (DIP28) | – | 70 | 3...3.6 | параллельный |
| FM1808 | 32K×8 | SOIC28 (DIP28) | – | 70 | 5 | параллельный |
| FM1608 | 8K×8 | SOIC28 (DIP28) | – | 120 | 5 | параллельный |

Преимущества новинки наиболее полно раскрываются в системах сбора данных реального времени. В области применения микросхемы входят измерительные и регистрирующие системы, приборы учета расхода ресурсов (счетчики электроэнергии, воды, нефтепродуктов и т.п.), параметрические регистраторы («черный ящик», медицинские регистраторы физиологических данных и т.п.), кольцевые регистраторы событий (журнал операций ККМ, торгового автомата, регистратор пропусков турникета).

СЕМЕЙСТВО МИКРОСХЕМ PROCESSOR COMPANION

Всякая микроконтроллерная и микропроцессорная система состоит из вычислительного ядра и периферийных устройств. Периферия, в свою очередь,

включает функциональные узлы, определяющие специфическое назначение системы в целом, а также ряд устройств, реализующих общесистемные вспомогательные функции. Последние, как правило, присутствуют в большинстве микроконтроллерных систем, какое бы назначение они не имели. В их числе память, оперативная и энергонезависимая, схемы мониторинга питания, системного сброса, различные таймеры — сторожевой, временных интервалов, реального времени (часы-календарь) и целый ряд других.

В интегральном исполнении каждая из этих функций представлена в арсенале большинства производителей. Компания Ramtron предлагает свои интегральные решения, которые разработаны для работы в паре с микроконтроллером, расширяя его функции. Микросхемы марки **Processor Companion**



Рисунок 2 Микросхемы серии FM31xxx

объединяют ряд периферийных, системных и функциональных устройств на одном кристалле.

В дополнение к наличию FRAM памяти эти микросхемы выполняют многие функции, необходимые в каждой микроконтроллерной системе.

Семейство Processor Companion сочетает высокую скорость операций чтения и записи с практически неограниченным ресурсом циклов обращения к FRAM. Все функции доступны по стандартному промышленному интерфейсу I²C, допускающему, при необходимости, подключение к шине множества устройств. В табл.2 показаны основные функции данных устройств.

К примеру, серия микросхем Processor Companion **FM31xxx** от Ramtron сочетает на одном кристалле ряд системных функций и энергонезависимую память FRAM (рис.2). В структуру кристалла микросхем входят:

- **FRAM.** Неограниченное количество циклов записи/чтения. Доступны четыре модели в серии, которые различаются объемом массива 4 кбит, 16 кбит, 64 кбит и 256 кбит. Реализована гибкая программируемая система защиты массива от случайной записи: полная защита, защита 1/2 или 1/4 адресного пространства, полный доступ. Хранение данных — до 10 лет.
- **Real-time Clock/Calendar** (часы реального времени). Ток потребле-

Таблица 2. Микросхемы марки Processor Companion

| Наименование | Емкость FRAM | Комментарий | Корпус |
|--------------|--------------|--|--------|
| FM31256 | 256K | RTC + WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3164 | 64K | RTC + WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3116 | 16K | RTC + WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3104 | 4K | RTC + WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM32256 | 256K | WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3264 | 64K | WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3216 | 16K | WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM3204 | 4K | WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |
| FM30C256 | 256K | RTC+супервиз+сч событий | SOIC20 |
| FM4005 | N/A | WDT + PSM + Reset-генератор + Manual Reset + PFI/PFO + сч. событий | SOIC14 |

ния от резервного источника менее 1 мкА. Дата и время хранятся в BCD формате (дискретность 1 секунда), используется стандартный кварц 32.768 kHz. Вывод подключения резервного источника может быть программно включен в режим заряда батареи (при использовании литиевой батареи заряд обязательно запрещают).

- **Сторожевой таймер** с программируемой через SFR задержкой от 100 мсек. до 3-х секунд с шагом 100 мсек.
- **PSM** (монитор питания). Уровни срабатывания 2.6 В, 2.9 В, 3.9 В, 4.4 В задаются в SFR
- **Серийный номер** (64-битный программируемый пользователем регистр). Защита от изменения устанавливается в SFR пользователем однократно (например, на конечной стадии изготовления изделия). Защиту нельзя отменить после установки.
- **Счетчик внешних событий.** Состоит из 2-х пар байтовых энергонезависимых регистров. Счет событий продолжается и при питании от резервного источника. Каждая пара имеет свой счетный вход. Че-

рез SFR можно задать их каскадное соединение. В этом случае для счёта событий активным остается один вход и обеспечивается счет до 232 событий.

- **Генератор сигнала сброса.** Управляется от Watchdog и PSM. Допускает реализацию ручного сброса (Manual reset).
- **Компаратор.** Может быть использован, например, для раннего обнаружения аварии по питанию и генерации немаскируемого прерывания. Инвертирующий вход компаратора обеспечен внутренним опорным напряжением 1.2 В. Неинвертирующий вход и выход выведены на внешние контакты.

Микросхемы серии FM31xxx также имеют последовательный двухпроводный интерфейс I²C, работают на тактовой частоте до 1 МГц. Напряжение питания 2.7...5.5 В (основное), 2.0...3.75 В (резервное). Потребляемые токи (при U_{пит} = 5.5 В) — 500 мкА при 100 кГц, 900 мкА при 400 кГц, 1.5 мА при 1 МГц. Потребление в режиме ожидания — 150 мкА (от резервного источника — до 1 мкА). Диапазон рабочих температур -40...+85 °С. Корпус SOIC14.

Семейство Processor Companion может быть интересным для очень широкого спектра применений. Но учитывая ключевые преимущества — высокое быстродействие, энергонезависимое хранение, низкое энергопотребление, малые габариты, однокристальное сочетание общесистемных функций и невысокую стоимость, — областями его наиболее эффективного применения являются носимые или удаленные сетевые терминалы сбора данных, регистраторы, расходомеры, весы-дозаторы, счетчики электроэнергии и многие другие приборы, общими свойствами которых являются критичное отношение к энергопотреблению, габаритам и удельной стоимости.

Литература:

1. Зайцев И. Какой компаньон нужен вашему контроллеру? // Компоненты и технологии, 2004, № 2, с. 82-84.
2. Пиндюра В. Интегральные решения с памятью типа FRAM от компании Ramtron // Радиокomпоненты, 2006, № 4, с. 10-13.
3. www.ramtron.com
4. www.bis-el.kiev.ua