

Микросхемы памяти

компании STMicroelectronics

В статье продолжается рассмотрение различных видов памяти, разрабатываемых и производимых компанией STMicroelectronics, одним из мировых лидеров по производству электронных компонентов, в том числе микросхем памяти, и обладающей уникальной технологией производства Flash-памяти и программируемых систем памяти на одном кристалле (см. «КиТ» № 6–7'2003).

Анатолий Юдин,
к. т. н.

info@stmicro.ru

Микросхемы энергонезависимой памяти с произвольной выборкой (NVRAM)

Компания STMicroelectronics (ST) является одной из немногих компаний, осуществляющих разработку и производство микросхем памяти данного вида. Решение ST, позволяющее обеспечить сохранность данных ОЗУ при сбоях и потери внешнего питания, заключается в использовании резервного питания (миниатюрной литиевой батареи), располагаемой непосредственно сверху микросхемы или на системной плате. Исходя из задач, решаемых с использованием ОЗУ, различают четыре типа микросхем NVRAM: супервизоры, ZEROPOWER NVRAM, последовательные часы реального времени (Serial RTC) и TIMEKEEPER NVRAM. Рассмотрим особенности микросхем всех этих типов.

Супервизоры

Существует два класса супервизоров: супервизоры микропроцессоров (Microprocessor supervisor) и супервизоры энергонезависимых ПЗУ (NVRAM supervisor), кроме того, возможна комбинация обоих классов.

Рассмотрим сначала супервизор микропроцессора. Основными его функциями являются мониторинг напряжения и функция сторожевого таймера. Большинство супервизоров микропроцессоров включает эти функции. В комбинированных микросхемах возможна интеграция и других функций.

Монитор напряжения (рис. 1) предохраняет микропроцессор (и систему), контролирует напряжение источника питания (V_{CC}) и генерирует сигнал СБРОС (RESET) для перехода микропроцессора в начальное состояние при недопустимом значении V_{CC} , так как при слишком низком напряжении питания микропроцессор может вести себя неустойчиво. Когда напряжение питания V_{CC} падает ниже определенного граничного значения напряжения (V_{REF}), выдается сигнал RESET. Эта опция называется Low Voltage Detect (LVD) — обнаружение низкого напряжения.

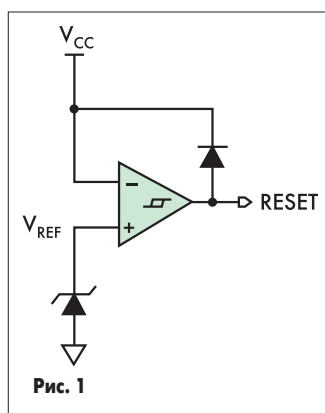


Рис. 1

Помимо этого, при включении питания монитор напряжения выдает сигнал RESET до тех пор, пока напряжение питания V_{CC} не стабилизировалось. Эта опция называется Power-on Reset (POR) — сброс при включении питания.

Сторожевой таймер — это специальный таймер (рис. 2), который сбрасывает микропроцессор в начальное состояние при простоях. В рабочем режиме микропроцессора для предотвращения такого состояния сторожевой таймер должен периодически сбрасываться программным обеспечением. При сбоях программного обеспечения сторожевой таймер сбросит микропроцессор для восстановления надежного функционирования системы.

Супервизоры NVRAM превращают стандартные маломощные ОЗУ (SRAM) в энергонезависимые ПЗУ с управлением и функциями резервирования питания при существенном уменьшении стоимости и размеров. Основными функциями супервизора NVRAM являются переключение батареи и защита записи.

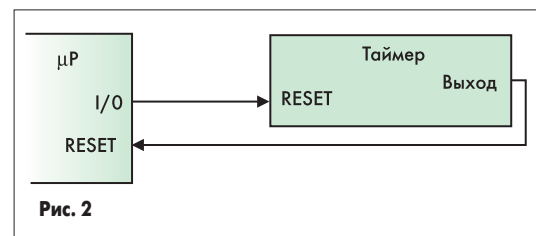


Рис. 2

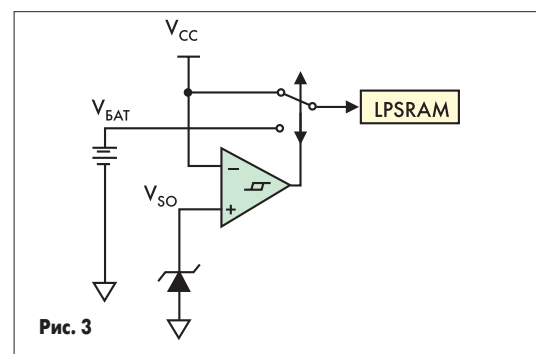


Рис. 3

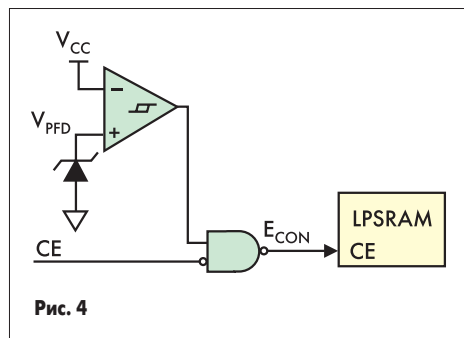


Рис. 4

Схема переключения батареи (рис. 3) контролирует напряжение внешнего источника питания V_{CC} и, когда оно падает ниже порога переключения V_{SO} , производит переключение на батарейное питание, что обеспечивает непрерывную подачу напряжения к маломощному статическому ОЗУ (LPSRAM) для сохранения в нем данных.

Схема защиты записи (рис. 4) контролирует напряжение внешнего источника питания V_{CC} и, если это напряжение падает ниже некоторого порогового напряжения V_{PFD} (обнаружение сбоя питания), закрывает доступ к LPSRAM.

Так как при низком напряжении питания микропроцессор может работать неустойчиво, то схема защиты записи запрещает доступ к LPSRAM, чтобы предотвратить запись ошибочных данных из-за сбоя питания.

Иногда для получения энергонезависимого ОЗУ разработчики решают задачу их создания вместо использования имеющихся в наличии модулей. Стандартное маломощное ОЗУ (SRAM) может быть преобразовано в NVRAM путем приключения батареи питания, схемы защиты записи и схемы переключения батарейного питания. Компания ST имеет несколько устройств, которые интегрируют все эти функции. Кроме того, батарея и кварцевый генератор интегрированы в корпусе SNAPHAT, что упрощает задачу разработки NVRAM-решения (рис. 5).

Комбинированные супервизоры объединяют функции NVRAM и супервизора микропроцессора. Многие из контрольных функций, описанных выше, очень похожи. Фактически, некоторые из этих функций могут быть легко объединены с очень небольшими изменениями. Например, переноса внутренний сигнал защиты записи к выходному контакту, схема защиты записи может одновременно использоваться для дополнительного обеспечения функций POR и LVD (рис. 6). Поэтому многие супервизоры NVRAM ком-

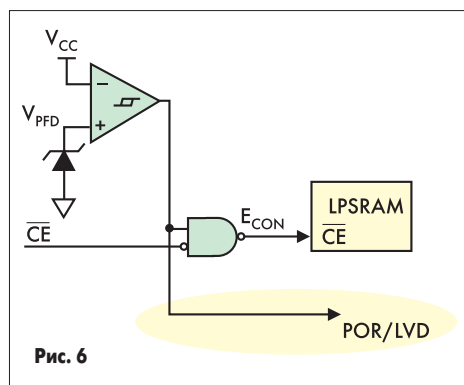


Рис. 6

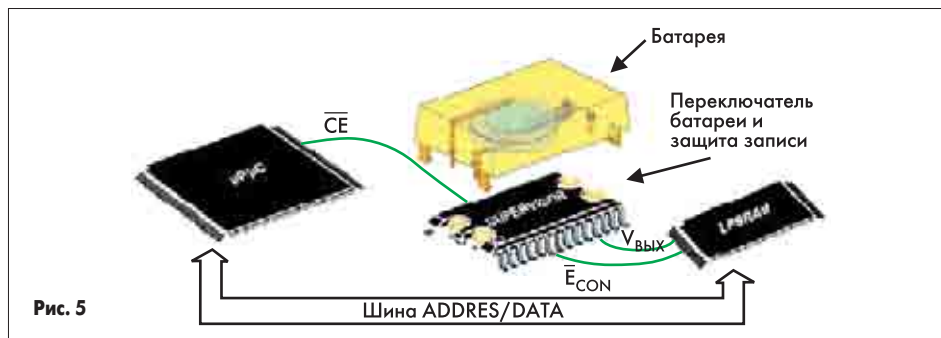


Рис. 5

пании ST включают и функцию супервизора микропроцессора.

Часы реального времени (Real-Time Clock). Так как для бесперебойного питания часов реального времени требуется переключатель батареи и цепь защиты записи, то это естественно вызывает желание иметь часы реального времени в супервизоре NVRAM. У ST есть три микросхемы, которые имеют такую комбинацию: M41ST85, M48T201, и M48T212. Все эти три устройства включают также функции супервизора микропроцессора: POR, LVD и сторожевого таймера. Супервизоры NVRAM, включающие часы реального времени, имеют название «супервизор TIMEKEEPER».

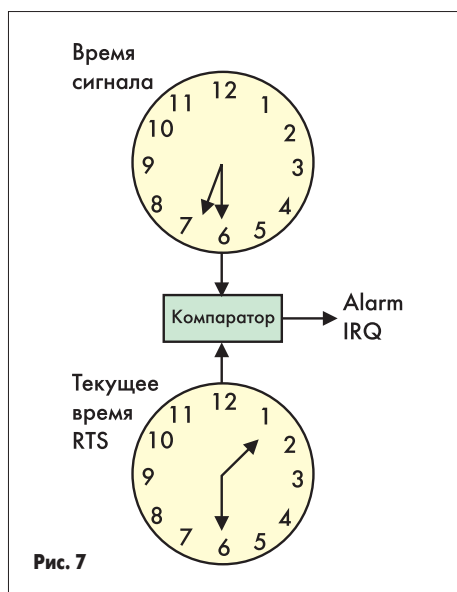


Рис. 7

Дополнительные функции супервизора

Микросхемы супервизоров ST могут включать и ряд других контрольных функций:

1. Аварийный сигнал (Alarm). Схема, обеспечивающая функцию Alarm, работает так же как обыкновенные сигнальные часы. Пользователь программирует сигнальное время,

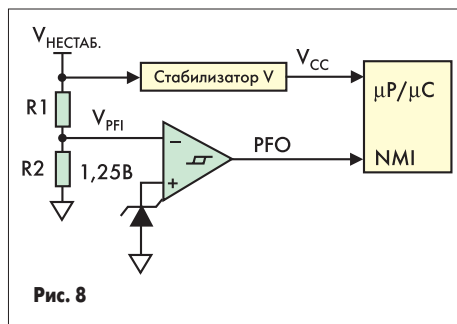


Рис. 8

и когда текущее время становится равным сигнальному времени, то генерируется прерывание микропроцессора (рис. 8).

2. Раннее предупреждение о сбое питания. Эта схема, называемая Power-fail In/Power-fail Out (PFI-PFO) — сбой питания по входу-выходу — также основана на применении компаратора и источника опорного напряжения. Она используется для контроля значения нестабилизированного напряжения источника электропитания и выдачи раннего предупреждения о надвигающемся сбое питания. Имея в запасе несколько миллисекунд раннего предупреждения, система способна сохранить любые основные параметры в NVRAM и плавно закрыться.

Когда нестабилизированное напряжение питания ($V_{НЕСТАБ}$) только начинает падать, стабилизированное напряжение питания (V_{CC}) продолжает оставаться на прежнем уровне (рис. 9). В конечном счете, если $V_{НЕСТАБ}$ продолжает падать, то и V_{CC} начнет падать. Время между этими двумя событиями можно использовать для плавного завершения работы системы.

Пороговое напряжение (V_{PFI}) зависит от резисторов R1 и R2. Когда нестабилизированное напряжение $V_{НЕСТАБ}$ достигает порогового значения V_{PFI} , то для микропроцессора выдается сигнал раннего предупреждения PFO. Спустя некоторое время после снижения $V_{НЕСТАБ}$ стабилизированное напряжение V_{CC} также начнет уменьшаться, и через некоторое время допуск V_{CC} (обычно приблизительно 10% ниже номинала) будет выдан сигнал RESET, который резко переводит систему в начальное состояние. Промежуток времени «tsave» (между выдачей сигналов PFO и RESET) может использоваться для сохранения важной информации о состоянии

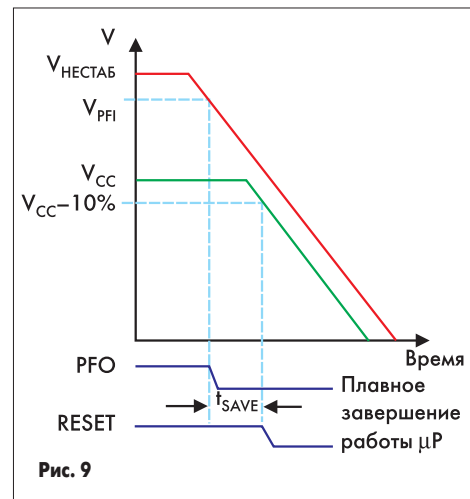


Рис. 9

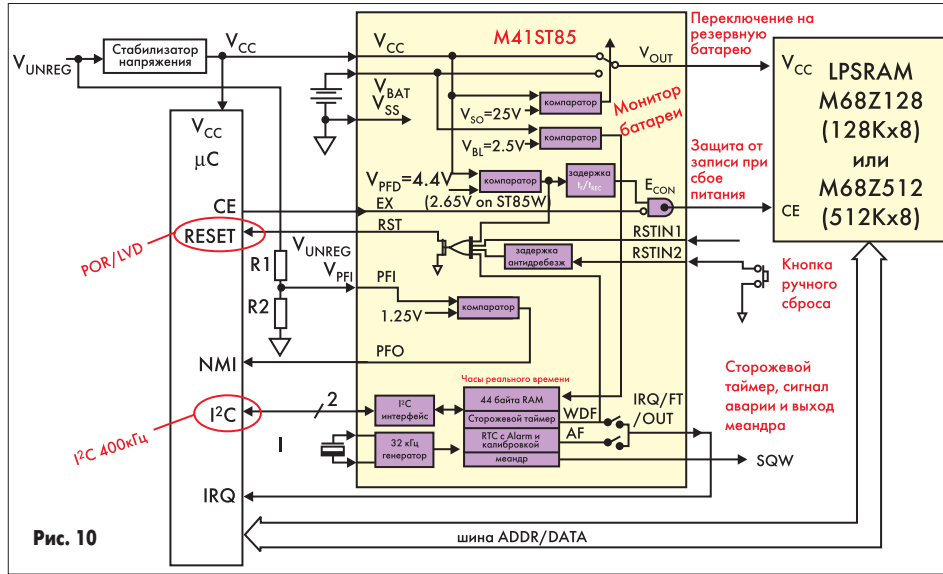


Рис. 10

системы и параметров. Оно зависит от величины тока в нагрузке и параметров емкости стабилизатора. Это время может изменяться в широких пределах, достигая 10 мс и более.

Супервизоры компании STMicroelectronics обладают высоким уровнем интеграции, что можно наглядно продемонстрировать на примере супервизора M41ST85 (рис. 10).

Таблица 1. Супервизоры ZEROPOWER

Обозначение	#Chip Select/Outputs	Vcc (V)	Vpfd (V) ¹	Опции супервизора системы или микропроцессора				Chip Enable Gate	Vвых	-40...85 °C	Корпус	
				POR-LVD выход ²	/Reset Входы	PFI-PFO ³	Монитор батареев				Hatless	SNAPHAT
M40Z300W	4	2,7-3,6	2,60/2,90	•		•	•	•	•	SO16	SOH28	
M40SZ100W ⁴	1	2,7-3,6	н/а	•	•	•	•	•	•	SO16		
M40Z111W	1	2,7-3,6	2,60/2,90					•	•		SOH28	
M40Z111	1	4,5-5,5	4,35/4,60					•	•		SOH28	

Примечания:

1. Напряжение порога обнаружения сбоя питания.
2. POR-LVD: Power-on Reset/Low Voltage Detect.
3. PFI-PFO: предварительное предупреждение о сбое питания (Power-fail In/Power-fail Out).
4. Другое напряжение и корпус по заказу на ST.

Таблица 2. Супервизоры TIMEKEEPER

Обозначение	Объем NVRAM	Шина RTC	#Chip Select/выходы	Vcc (V)	Опции супервизора системы или микропроцессора						Chip Enable Gate	Vout	-40...85 °C	Корпус		
					Alarm/Watchdog	POR-LVD Выход ¹	PFI-PFO ²	/Reset Входы	Монитор батареев	Выход меандра				Hatless	SNAPHAT	Примечания
M41ST95W ³	44 В	SPI	1	2,7-3,6	•	•	•	2	•	•	•	•	SOX28 ³		500 нА I бат; выход 32 кГц	
M41ST87W ³	128 В	400 кГц I ² C	1	2,7-3,6	•	•	2	2	•	•	•	•	SOX28 ³		Обнаружение НСД; очистка RAM; уникальный номер; супервизор NVRAM; выход 32 кГц	
M41ST87Y ³	128 В	400 кГц I ² C	1	4,5-5,5	•	•	2	2	•	•	•	•	SOX28 ³			
M41ST85W	44 В	400 кГц I ² C	1	2,7-3,6	•	•	•	2	•	•	•	•	SOX28 ³	SOH28		
M41ST85Y	44 В	400 кГц I ² C	1	4,5-5,5	•	•	•	2	•	•	•	•	SOX28 ³	SOH28		
M41T315V	Phantom		1	3,0-3,6				1						SOH28		
M48T201V	8b		1	3,0-3,6	•	•		2	•	•	•	•				
M48T201Y	8b		1	4,5-5,5	•	•		2	•	•	•	•				
M48T212V	8b		2	3,0-3,6	•	•		2	•	•	•	•		SOH28		

Примечания:

1. POR-LVD: Power-on Reset/Low Voltage Detect.
2. PFI-PFO: Early Power-fail Warning (Power-fail In/Power-fail Out).
3. Доступность по заказу на ST.

Микросхема M41ST85 интегрирует много контрольных функций, включая POR/LVD, PFO и Watchdog. Она также имеет встроенный переключатель батареи и защиту от записи для внешнего LPSRAM и плюс к этому, содержит последовательные часы реального времени с аварийным сигналом.

Имеется несколько корпусов для микросхем супервизоров. Основной технологией упаковки для NVRAM компании ST является SNAPHAT — маломощный КМОП-кристалл в монолитном корпусе SOIC с располагаемым сверху корпусом SNAPHAT, в котором размещается батарея, а при необходимости и кварц.

Есть две версии корпусов SNAPHAT SOIC — с 28 штырьками и с 44 штырьками (рис. 11). Они имеют одинаковые внешние размеры, позволяющие располагать сверху батарею SNAPHAT.

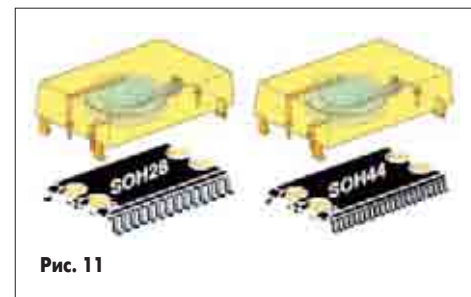


Рис. 11

SNAPHAT предлагает беспрецедентное интегрирование. Одновременно в одном небольшом по размеру модуле пользователь может иметь батарею, кварц, супервизор микропроцессора, часы реального времени и супервизор NVRAM. Для разработки высокоплотных приложений с поверхностным монтажом NVRAM остается только добавить LPSRAM и соединить их.

Данные микросхемы также доступны и без верхней батареи в узком корпусе SO16 и в корпусе SO44 (рис. 12). Их называют «hatless», так как они не используют сверху батарею SNAPHAT. Пользователь может располагать батарею (и кварц) отдельно на плате. При этом подключение батареи (и кварца) производится через стандартные штырьки микросхемы супервизора, а верхние выводы не используются.

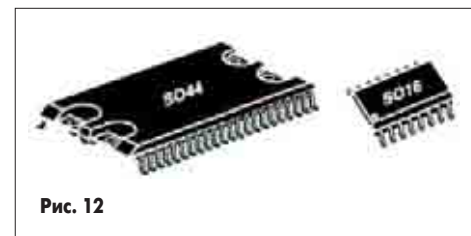


Рис. 12

Обобщенные данные о супервизорах ZEROPOWER приведены в таблице 1, а о супервизорах TIMEKEEPER — в таблице 2.

Одной из последних разработок ST является микросхема M41ST87 в корпусе SOX28, в котором кроме кристалла размещен и кварц, что очень удобно при использовании данных схем в кассовых машинах. Этот супервизор предназначен для приложений, требующих высокой степени защиты данных и безопасности. Микросхемы M41ST87 комбини-

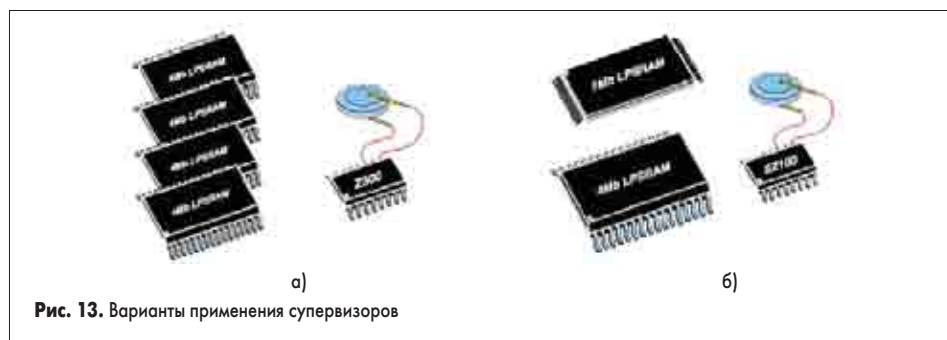


Рис. 13. Варианты применения супервизоров

рованы со схемами обнаружения несанкционированного доступа со стиранием содержания памяти внутри супервизора для обеспечения безопасности удаленных устройств типа кассовых терминалов и терминалов кредитных карточек. У них в одном новом 28-штырьковом корпусе компании ST типа SOIC (SOX28) интегрированы супервизор NVRAM, последовательные часы реального времени и микропроцессорный супервизор. В корпусе SOX28 кроме кристалла размещен и кварц на 32 кГц, что уменьшило профиль и размер контактной площадки микросхемы. Доступные по питанию в версиях на 3 и 5 В, микросхемы M41ST87 интегрируют множество различных функций и используют свой резервный источник питания от внешней батареи, обычно имеющейся в системах, экономя еще и стоимость.

Схема обнаружения несанкционированного доступа имеет два независимых ввода, каждый из которых может быть конфигурирован для нескольких различных схем подключения, что дает пользователю много гибкости. После обнаружения явления несанкционированного доступа возможна очистка внутренних 128 байтов RAM, посылка прерывания к системному микропроцессору и специальный вывод сигнала для очистки внешней RAM. Эти функции в случае вторжения предотвращают доступ к уязвимым данным (например, пароль пользователя), содержащимся в любой оперативной памяти, а прерывание проинформирует системный процессор о прорыве защиты. Эти функции обеспечиваются также при работе микросхем M41ST87 в режиме с батарейным питанием. Другие опции защиты включают обнаружение сбоя генератора и автоматическую временную метку при обнаружении несанкционированного доступа. Кроме того, M41ST87 снабжает пользователя уникальным 64-разрядным порядковым номером.

Корпус микросхем M41ST87 со встроенным кварцем также способствует обеспечению безопасности. Помимо экономии пространства и стоимости, связанной с системотехническими работами, кварц закрыт от доступа извне. Кроме того, он лучше огражден от воздействий природной среды. С учетом всех факторов можно утверждать, что такое решение позволяет уменьшить стоимость системы в целом.

Супервизор NVRAM микросхем M41ST87 может использоваться для управления маломощным ОЗУ. Здесь применяются следующие схемы: схема автоматического переключения батареи, схема разрешения доступа (Chip-Enable Gate) для защиты ОЗУ от запи-

си и монитор батареи. Это дает возможность пользователю создать NVRAM, используя резервную батарею M41ST87 для дублирования питания LPSRAM.

В основе микросхемы M41ST87 лежат программируемые часы реального времени с батарейным питанием, которые имеют регистры счетчиков, отслеживающие время и дату с разрешающей способностью в пределах от сотых долей секунд до ста лет. Обращение к ним осуществляется по интерфейсу I²C с частотой 400 кГц. Сформированные с использованием маломощной КМОП-технологии, ОЗУ схемы часов реального времени M41ST87 организовано как 256×8 бит с регистрами по 21 байт и имеет 128 байт собственной NVRAM плюс 8 байт — на уникальный порядковый номер.

Микропроцессорный супервизор микросхем M41ST87 включает две независимые схемы предварительного предупреждения о сбое питания (PFI/PFO) с опорным напряжением компараторов 1,25 В, схему сброса, которая может запускаться от нескольких источников по двум входам, и схему обнаружения падения стабилизированного напряжения питания с выдачей сигнала сброса. В качестве источника сброса может использоваться также и сторожевой таймер с программируемым временем ожидания от 62,5 мс до 128 с. Кроме того, в качестве источников сброса могут быть сконфигурированы и цепи обнаружения несанкционированного доступа. Одну или обе цепи PFI/PFO можно использовать не только для предварительного предупреждения о сбое питания, но и для уп-

равления цепями повторного включения. Таким образом, при использовании M41ST87 можно контролировать до трех различных напряжений питания (включая V_{CC}).

Низкопрофильный корпус SOX28 занимает мало места на плате (2,4×10,42 мм, включая выводы). Микросхемы M41ST87 работают в промышленном диапазоне температур от -40 до +85 °С.

Для решений с поверхностным монтажом и высокой плотности ОЗУ компания ST предлагает использовать отдельно супервизор и несколько LPSRAM. Такое многокристальное решение часто требует меньшее количество места на плате, чем другие решения, и намного ниже по стоимости, чем гибридные DIP.

Пользователи могут подключать к соответствующему супервизору NVRAM компании ST различное количество LPSRAM, что позволяет конфигурировать широкое разнообразие плотностей и возможностей. Типовые комбинации включают:

- 16 Мбит, 3 или 5 В SMT-решение, использующее супервизор M40Z300 без верхней батареи с четырьмя маломощными ОЗУ типа M68Z512 (рис. 13, а);
- 1 Мбит или 4 Мбит, 3 В SMT-решение, использующее SNAPHAT-супервизор M40SZ100W и маломощные SRAM типа M68Z128W или M68Z512W (рис. 13, б).

ZEROPOWER NVRAM

NVRAM — энергонезависимое ПЗУ. По скорости доступа для чтения и записи они соответствуют обычному ОЗУ, но энергонезависимы подобно EEPROM и Flash-памяти. Обычно такие микросхемы находят применение в тех приложениях, где требуется частое обновление данных и их сохранение в течение пропадания сетевого напряжения. Своё название ZEROPOWER они получили за способность сохранять данные при отсутствии внешнего сетевого питания. Они состоят из двух основных компонентов: маломощного ОЗУ (LPSRAM) и супервизора NVRAM (рис. 14). Типовое ОЗУ типа LPSRAM потребляет обыч-

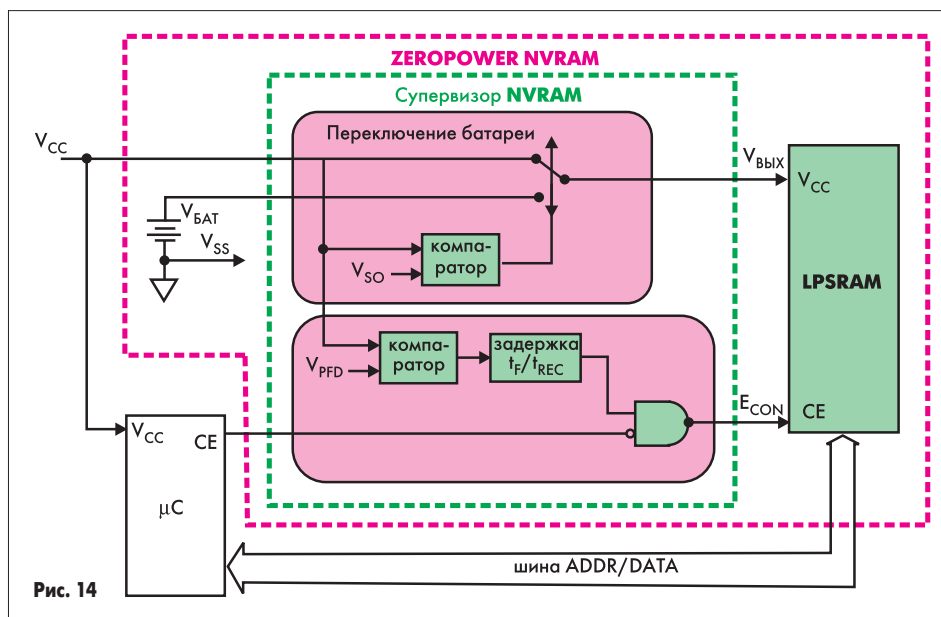


Рис. 14

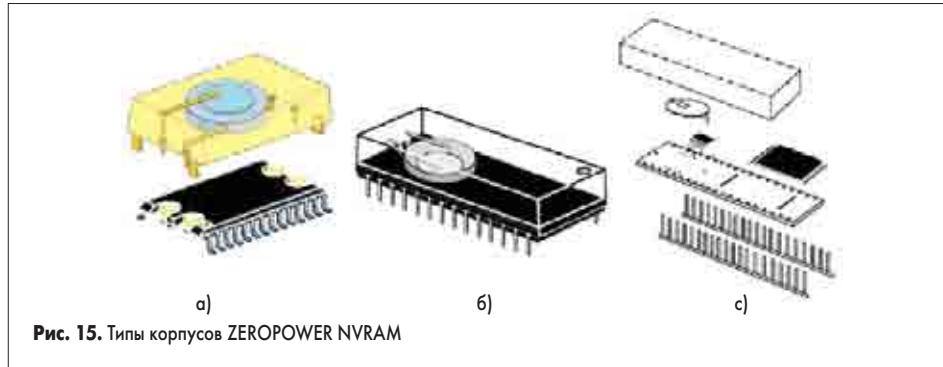


Рис. 15. Типы корпусов ZEROPOWER NVRAM

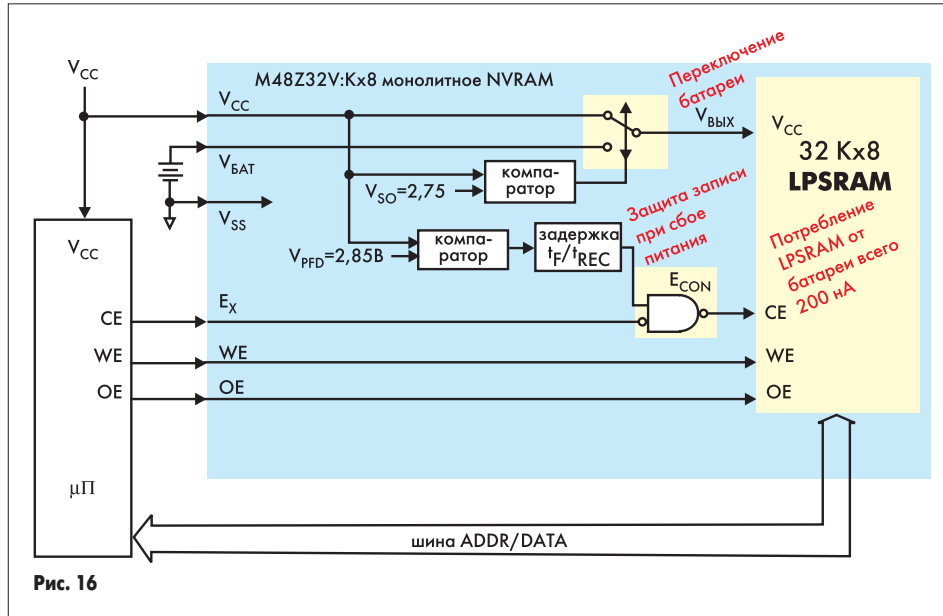


Рис. 16

но менее одного мкА при работе только с батарей и может сохранять данные в течение нескольких лет при использовании для питания миниатюрной литиевой батарейки.

Супервизор NVRAM состоит из двух основных схем: схемы переключения батареи и схемы защиты записи. Схема переключения батареи переключает питание LPSRAM от системного стабилизированного источника питания (V_{CC}) на батарейное питание (V_{BAT}). Эта схема осуществляет контроль за V_{CC} и, когда оно начинает падать, питание LPSRAM переключается на резервную батарею.

При снижении V_{CC} менее некоторого порогового значения микропроцессор может вести себя неустойчиво, и это может привести к ошибочным записям и даже очистить содержание ОЗУ. Схема защиты записи закрывает микропроцессору доступ к LPSRAM для предотвращения такой ситуации.

Все микросхемы ZEROPOWER NVRAM компании обладают такими возможностями, и никаких внешних схем при этом не требуется. В настоящее время выпускаются микросхемы с интегрированными на одном кристалле супервизором NVRAM и LPSRAM с плотностью до 256 кбит и ниже. Для более высоких плотностей пока используются две отдельные микросхемы.

Микросхемы компании доступны в различных корпусах. Основным корпусом для поверхностного монтажа (SMT) является корпус SNAPHAT (рис. 15, а). Микросхема в корпусе SOH28 имеет стандартное расположение выводов SRAM, а батарея крепится

сверху на застёжках, что обеспечивает ее легкую замену. Корпус типа CAPHAT (рис. 15, б) имеет неотсоединяемую батарею. Он рекомендуется для приложений, использующих монтаж в отверстия.

Для решений с монтажом в отверстия и высокой плотности ОЗУ предлагается гибридный DIP-корпус, в котором LPSRAM и супервизор — отдельные микросхемы, установленные на общей печатной плате вместе с батареей (рис. 15, в). В настоящее время доступны плотности ОЗУ до 16 Мбит.

С учетом потребностей разработчиков, одним из последних ZEROPOWER NVRAM является микросхема M48Z32V (рис. 16) в низкопрофильном корпусе. Микросхема M48Z32V имеет LPSRAM с плотностью памяти 32 К×8 и питанием 3,3 В. Низкопрофильный корпус SOIC с 44 пятачками возвышается над мон-

тажной платой всего на 0,12" (3,05 мм), что предоставляет пользователям большую гибкость при компоновке платы и снимает для проектировщиков проблемы габарита по высоте.

Микросхема M48Z32V включает батарейный коммутатор и цепи защиты от записи при сбоях питания, совмещенные с 256 кбит маломощной SRAM. Потребляя только 200 нА (тип. при 40 °С), M48Z32V может сохранять данные в течение десятилетнего срока службы батареи с емкостью 18 мА/ч. Эта микросхема совместима с системами, уже содержащими литиевые батареи на плате. Сочетание низкопрофильного корпуса со стоимостью M48Z32V позволяет использовать ее как удачное решение NVRAM во многих приложениях.

При использовании своих контактов для подключения к любому батарейному питанию, микросхема M48Z32V может использоваться как обыкновенное асинхронное статическое ОЗУ для любого микропроцессора или микроконтроллера.

Микросхема M48Z32V производится в корпусе SO44, который аналогичен корпусу ST SOH44 SNAPHAT, но без верхней батареи. Она питается от источника 3,3 В ($\pm 10\%$) и работает в коммерческом диапазоне температур (от 0 до 70 °С).

Основными особенностями данной микросхемы являются 32 К×8 ZEROPOWER NVRAM, потребление тока от батареи 200 нА (тип. при 40 °С), интегрированные схемы переключателя батареи и защиты записи, низкопрофильный корпус SO44 и работа в коммерческом диапазоне температур. Время доступа для этих микросхем составляет 35 нс для M48Z32V-35MT1 и 70 нс для M48Z32V-70MT1.

Основными сферами применения данных микросхем являются сохранение данных (дисковые накопители), серверы, системы с интерфейсом SCSI, медицинские приборы, сетевые маршрутизаторы и шлюзы, игровые приставки.

Обобщенные данные об основных параметрах микросхем типа ZEROPOWER NVRAM компании ST представлены в таблице 3.

При подготовке статьи использованы материалы, предоставленные компанией STMicroelectronics и технические описания микросхем. Дополнительную информацию можно получить на сайте кампании STMicroelectronics <http://www.st.com/nvram/> и в Техничко-консультационном центре STMicroelectronics.

Таблица 3. ZEROPOWER NVRAM

Плотность	Обозначение	Vcc (В)	Проверка батареи	Корпус			-40... 85 °С	Примечания
				SNAPHAT	DIP	Другой		
16 Мб (2М×8)	M48Z2M1	5,0			36			
4 Мб (512 К×8)	M48Z512AY	5,0			32			
1 Мб (128 К×8)	M48Z129V	3,3	•		32		Выход Reset	
	M48Z128Y	5,0			32			
256 Кб (32 К×8)	M48Z35AV	3,3	•	SOH28	28		•	
	M48Z35	5,0		SOH28	28			
	M48Z32	3,3				SO44	Низкопрофильный корпус	
64 Кб (8 К×8)	M48Z58	5,0		SOH28	28		•	
	M48Z18	5,0			28		Z18: 5 В ±10%	
	M48Z08	5,0			28		Z08: 5 В +10/-5%	
16 Кб (2 К×8)	M48Z12	5,0			24		Z12: 5 В ±10%	
	M48Z02	5,0			24		• Z02: 5 В +10/-5%	