



Твердотельные диски — надёжное решение для ответственных применений

Альберт Баишев

В статье проведён сравнительный анализ эффективности применения накопителей информации на твердотельных и жёстких дисках, сделан обзор существующих форматов твердотельных дисков. Описаны проблемы, характерные для NAND-памяти, и показано, как на основе программного обеспечения TrueFFS® можно справиться с этими проблемами, сделав достоинства NAND-памяти по ёмкости, производительности, надёжности и цене доступными для потребителей.

Часть 1

ВСТУПЛЕНИЕ

В области мобильных и встраиваемых систем увеличивается число приложений, предъявляющих повышенные требования к запоминающим устройствам. Так как рынок требует всё большей производительности, ёмкости, устойчивости к внешним воздействиям и всё более надёжной конструкции, развитие технологий производства твердотельных дисков происходит очень высокими темпами. На сегодняшний день лучшей технологией для хранения больших объёмов данных является технология NAND, но и она обладает рядом недостатков, препятствующих производителям добиться того качества, которого требуют современные условия применения.

Компания M-Systems, с недавнего времени ставшая частью крупнейшего холдинга SanDisk, давно работает на рынке твердотельных дисков большой ёмкости и является признанным лидером в этой области. Для решения проблем, связанных с использованием технологии NAND при производстве твердотельных дисков, компания

M-Systems разработала специальное программное обеспечение — TrueFFS®.

HDD ПРОТИВ SSD

Механические жёсткие диски HDD — сравнительно недорогие устройства хранения данных большой ёмкости. Но магнитный носитель и вращающийся механизм очень чувствительны к жёстким условиям эксплуатации, к пространственной ориентации и поэтому недостаточно надёжны и могут стать причиной потери данных в ответственных приложениях. Под воздействием сильных ударов, вибраций, давления и высоких температур

механические жёсткие диски теряют свою работоспособность.

SSD — это твердотельные диски, в которых отсутствуют движущиеся части. Как и механические диски, они обладают большой ёмкостью для хранения данных и сохраняют данные при отключении питания. Но, в отличие от механических дисков, SSD не требуют строго горизонтального или вертикального расположения, они гораздо менее чувствительны к жёстким условиям эксплуатации, не теряют работоспособность под воздействием сильных ударов, вибрации, давления и высоких температур.

Сравнительные характеристики накопителей HDD и SSD представлены в табл. 1.

Для оценки эффективности эксплуатации можно использовать такой параметр, как совокупная стоимость владения (Total Cost of Ownership — TCO), который подсчитывается на основе калькуляции всех затрат, связанных с эксплуатацией устройства на протяжении определённого отрезка времени. Этот метод используется в ИТ, телекоммуникациях, военных технологиях и других ответственных областях для выявления наиболее надёжного и выгодного варианта.

С позиций TCO накопители HDD, обладая низкой входной стоимостью, существенно проигрывают SSD по всем остальным параметрам. Ожидаемый срок службы для HDD составляет



Твердотельные диски компании SanDisk (M-Systems)

Таблица 1

Сравнительные характеристики HDD и SSD

Параметры	HDD	SSD	
Условия эксплуатации (предельные значения параметров)	Рабочая температура	+5...+55°C	-40...+85°C
	Температура хранения	-40...+70°C	-40...+85°C
	Удар	От 20g до 125g	До 1500g
	Вибрация	1g (22...500 Гц)	16g (20...2000 Гц)
	Влажность	5-90%	5-95%
	Высота над уровнем моря	4572 м (15000 футов)	24384 м (80000 футов)
	Шум (собственный)	2,9 Б	0
Соответствие стандартам на условия эксплуатации	MIL-STD-810	Не соответствует	Соответствует
	NEBS: GR-63-CORE и GR-1089-CORE	Не соответствует	Соответствует
Надёжность	MTBF	<70000 часов	>700000 часов
Ресурс	Число циклов записи/стирания	—	>5 миллионов (>10 лет при непрерывности циклов записи/стирания)
Производительность	Среднее время позиционирования	3,0...5,0 мс	0,02...0,5 мс
	Среднее время задержки	2,5...5,0 мс	—
	Установившаяся скорость чтения	30,0...55,0 Мбайт/с	8,0...45,0 Мбайт/с
	Установившаяся скорость записи	20,0...45,0 Мбайт/с	8,0...40,0 Мбайт/с
Потребляемая мощность	В режиме ожидания	0,8...5,0 Вт	0,035...3,0 Вт
	В режиме чтения/записи	5,0...10,0 Вт	0,325...5,0 Вт
Безопасность	Функция быстрого уничтожения записанных данных без возможности их восстановления	Функция не поддерживается, для уничтожения данных необходимо размагнитить или физически уничтожить накопитель	Функция поддерживается в соответствии со стандартами NISPOМ 5220.22-М, NSA 130-2, Air Force AFSSI 5020, Army 380-19, Navy NAVSO P-5239-26 и IREC (IRIG) 106 и др.
Объём	Форм-фактор 3,5"	40-500 Гбайт	От 128 Мбайт до 176 Гбайт
	Форм-фактор 2,5"	40-80 Гбайт	От 128 Мбайт до 128 Гбайт
Закупочная стоимость		От \$70 до \$300	<\$250/Гбайт

2-4 года в зависимости от условий эксплуатации и загруженности, для SSD — 10 лет и более. В среднем 15% жёстких дисков выходят из строя после первого года работы, что неприемлемо для ответственных применений, так как стоимость времени простоя при необходимости замены диска, а также ущерб при потере информации могут многократно превышать входную стоимость диска. Для SSD эта цифра составляет менее 1%. Использование SSD снижает затраты на электроэнергию, так как HDD потребляют в среднем в 3 раза больше энергии и к тому же требуют охлаждения. Производители SSD дают гарантию на 5 лет, на HDD гарантийный период не более 1-3 лет.

На основании перечисленных характеристик можно сделать вывод, что эффективность использования SSD существенно выше и, несмотря на высокую входную стоимость, вся совокупная стоимость владения меньше, чем для HDD. Выбор SSD в качестве устройства хранения данных большого объёма для оборудования, работающего в жёстких условиях и используемого в ответственных применениях, является единственно верным шагом.

Основные характеристики твердотельных дисков компании SanDisk (M-Systems), использующих различные виды интерфейсов, представлены в табл. 2 и 3.

Технология производства твердотельной памяти NAND

В настоящее время существуют две доминирующие технологии производства энергонезависимой твердотельной памяти: NOR и NAND.

Технология NOR была впервые предложена компанией Intel в 1988 году, вызвав революцию на рынке, и стала доминирующей технологией для устройств EPROM и EEPROM. Технология NAND была представлена на рынке в 1989 году компанией Toshiba. На рис. 1 показаны архитектуры NOR и NAND. Долгое время большинство инженеров не делали различий между двумя этими технологиями. И, как правило, когда говорили о твердотельной памяти, подразумевалась архитектура NOR. Так продолжалось до тех пор, пока на рынке не стали востребованы твердотельные запоминающие устройства большой ёмкости и производительности. Дело в том, что флэш-память NOR, обеспечивающая высокую

скорость чтения, поддерживающая функцию XIP (eXecutive In Place — спецификация, позволяющая приложениям или ОС исполняться прямо из флэш-памяти без предварительной загрузки в ОЗУ) и, самое главное, отличающаяся низкой стоимостью при небольших объёмах памяти (1...4 Мбайт), обладает очень низкой скоростью за-

писи и стирания, в то время как флэш-память NAND предлагает высокую плотность ячеек, большой объём памяти, а также высокую скорость записи и стирания (для сравнения: NAND — 2 мс, NOR — 4 с).

Есть много других отличий между двумя технологиями, но даже уже перечисленных параметров достаточно,

Таблица 2

Основные характеристики дисков SSD ATA/IDE/SATA

Параметр	SSD Ultra ATA	SSD IDE 4000	SSD IDE Plus	SSD Serial ATA (SATA)
Форм-фактор	2,5"	1,8"; 2,5"	2,5"; 3,5"	2,5"
Ёмкость	1...128 Гбайт	От 128 Мбайт до 8 Гбайт	2,5": от 256 Мбайт до 45 Гбайт; 3,5": от 256 Мбайт до 36 Гбайт	1...128 Гбайт
Скорость чтения/записи (Мбайт/с)	100	16,7	16,7	150
Установившаяся скорость чтения (Мбайт/с)	45	3,8	8	44
Установившаяся скорость записи (Мбайт/с)	40	3,4	8	40
Режим передачи	PIO, DMA, UDMA	PIO, DMA	PIO, DMA	—
Высота корпуса (мм)	9,4...29,9	7,4	2,5": 8,5...26,6; 3,5": 25,4	9,5...30,5
TrueFFS®	√	—	√	√
Контроль уровня износа ячеек	√	√	√	√
SMART-мониторинг	√	—	√	√
Возможность быстрого уничтожения данных	√	—	√	√
Гарантия (лет)	5	3	5	5

Таблица 3

Основные характеристики дисков SSD SCSI

Параметр	Ultra 320 SCSI	Ultra Wide SCSI	Ultra Wide SCSI	Ultra Narrow SCSI	Narrow SCSI
Форм-фактор	3,5"	2,5"	3,5"	2,5"; 3,5"	3,5"
Ёмкость	1...176 Гбайт	1...3 Гбайт	От 512 Мбайт до 34,8 Гбайт	2,5": От 256 Мбайт до 15,3 Гбайт; 3,5": от 512 Мбайт до 34,8 Гбайт	От 128 Мбайт до 5 Гбайт
Скорость чтения/записи (Мбайт/с)	320	40	40	20	10
Установившаяся скорость чтения (Мбайт/с)	40	28	30	17	3,6
Установившаяся скорость записи (Мбайт/с)	40	12	20	11,5	2
Интерфейс SCSI	SCSI-2, SCSI-3	SCSI-2, SCSI-3	SCSI-2, SCSI-3	SCSI-2, SCSI-3 (SCSI-1)	SCSI-2, (SCSI-1)
Разъём	68/80-контактный	68/80-контактный	68/80-контактный	50-контактный	50-контактный
TrueFFS®	√	√	√	√	√
Контроль уровня износа ячеек	√	√	√	√	√
Возможность быстрого уничтожения данных	√	√	√	√	√
Гарантия (лет)	5	5	5	5	5

чтобы строго дифференцировать области применений соответствующих устройств. NOR используется в основном в качестве ПЗУ объёмом, как правило, не более 4 Мбайт. Для NAND же открываются двери, чтобы стать наиболее предпочтительным на сегодняшний день решением для твердотельных накопителей новых приложений, таких как многофункциональные мобильные устройства, потребительские электронные устройства, ноутбуки и т.д., которые получают преимущества NAND, обеспечивающие высокую производительность и высокую ёмкость для данных, загружаемой ОС и исполняемого кода.

Но поставщики флэш-памяти и их потребители понимают, что преимущества NAND не даются бесплатно. Проблемы надёжности, долговечности и сохранности данных, многие из которых описываются далее, могут сделать многоуровневую NAND-память очень сложной в обращении.

С каждым новым поколением NAND-памяти плотность ячеек увеличивается, а функциональные узлы уменьшаются, из-за этого флэш-память становится всё более и более склонной к ошибкам и требует сложных методов управления для обеспечения приемлемого уровня производительности, надёжности и сохранности данных. Сегодня около 80% всех приложений, применяющих NAND,

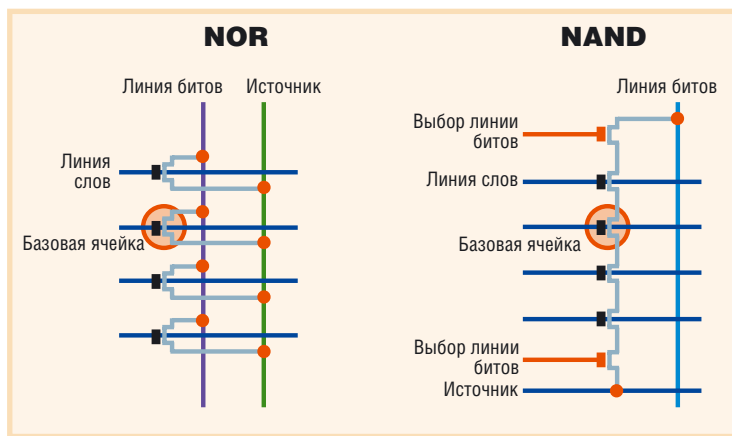


Рис. 1. Архитектура флэш-памяти NOR и NAND

используют мощный контроллер для обеспечения работы программы, управляющей флэш-памятью, или не гарантируют высокой надёжности (например, простые MP3-плееры).

Чтобы отвечать требованиям рынка, производители концентрируют свои усилия на разработке и поставке NAND-памяти с наиболее высокой

плотностью и в как можно более короткие сроки, не беспокоясь при этом о совместимости поколений данных устройств и соответствующих технологий. Кроме того, из-за конкретных особенностей процесса производства и используемых кремниевых компонентов разных поставщиков каждый производитель фактически выдаёт свой сорт NAND-памяти с уникальными свойствами, которые к тому же изменяются от одного поколения устройств к другому. Всё это, несмотря на растущее стремление производителей к сокращению времени разработки и к поставке на рынок новых надёжных устройств с ёмкой и недорогой памятью, отнюдь не способствует повышению качества накопителей NAND. В этих условиях только передовые методы управления памятью, такие как

TrueFFS, могут решить проблемы производительности, надёжности, сохранности данных и совместимости новейших устройств NAND-памяти, делая их наиболее доступным, лёгким в реализации и недорогим решением для разработок и применений, требующих большой ёмкости для хранения данных, ОС и исполняемого кода. Именно такие методы при-

меняются сегодня в оставшихся 20% приложений, использующих NAND при решении наиболее ответственных задач. ●

**Автор — сотрудник
фирмы ПРОСОФТ
119313 Москва, а/я 81
Телефон: (495) 234-0636
Факс: 234-0640
E-mail: info@prosoft.ru**