

## Развитие рынка промышленных твердотельных накопителей

Дмитрий КАБАЧНИК

**В статье анализируются ключевые различия между промышленными и бытовыми SSD. Рассмотрены основные тенденции развития рынка и технологий промышленных твердотельных накопителей. Особое внимание уделено заказным разработкам для клиентов, которые позволяют существенно экономить средства на создание изделий в условиях кризиса.**

Проведем небольшой экскурс в недавнюю историю развития твердотельных накопителей (SSD). В начале 2010-х годов на рынке были представлены SSD-накопители объемом 64, 80, 120, 256, 512 Гбайт, отдельные модели имеют емкость 0,7, 0,8, 1, 1,6 Тбайт или более. Основными интерфейсами подключения стали SATA III (до 6 Гбайт/с), набирали популярность интерфейсы на базе PCI Express (до 0,5, 1 или 2 Гбайт/с для PCIe Gen.2, 1–4 Гбайт/с для PCIe Gen.3). Компактные накопители для ноутбуков начали переход от mSATA на NGFF (M.2) (рис. 1). За 2012 год совокупные поставки SSD в мире составили около 34 млн устройств, основные рынки: потребительский, серверный, промышленные применения.



Рис. 1. SSD-накопитель формата M.2

Сегодня существует большое количество твердотельных накопителей. Они изготавливаются в различных формфакторах и с самыми разными интерфейсами подключения — от слегка устаревшего PATA, самого распространенного SATA до скоростных CFast и PCI Express.

### Что такое промышленный твердотельный накопитель и чем он отличается от обычного бытового

Основной функцией промышленного твердотельного накопителя (solid state drive — SSD), так же как и обычного бытового SSD, является долгосрочное энергозависимое хранение данных. Различия промышленного и бытового накопителя начинаются еще на стадии проектирования и изготовления устройства (рис. 2). Производители, которые ориентируются на потребителя из категории промышленных или ответственных применений, закладывают в проект накопителя

максимально надежные компоненты, в том числе рассчитанные на расширенные температурные диапазоны ( $-40...+85\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), если это необходимо для заказчика. Помимо своей надежности компоненты должны находиться в производстве довольно длительное время, чтобы компания-изготовитель могла гарантировать неизменность компонентной базы (так называемый Fixed BOM, fixed Bill Of Materials — перечень материалов/компонентов) в течение 5–10 лет. Зачастую подобные требования обусловлены долгим жизненным циклом изделий — встраиваемых, бортовых, промышленных мобильных ПК и другой продукции, где необходимы твердотельные накопители.

### Особенности производства промышленных накопителей

Кроме неизменности компонентной базы, производители промышленных накопителей, как правило, обеспечивают качественную техническую поддержку своих пользо-

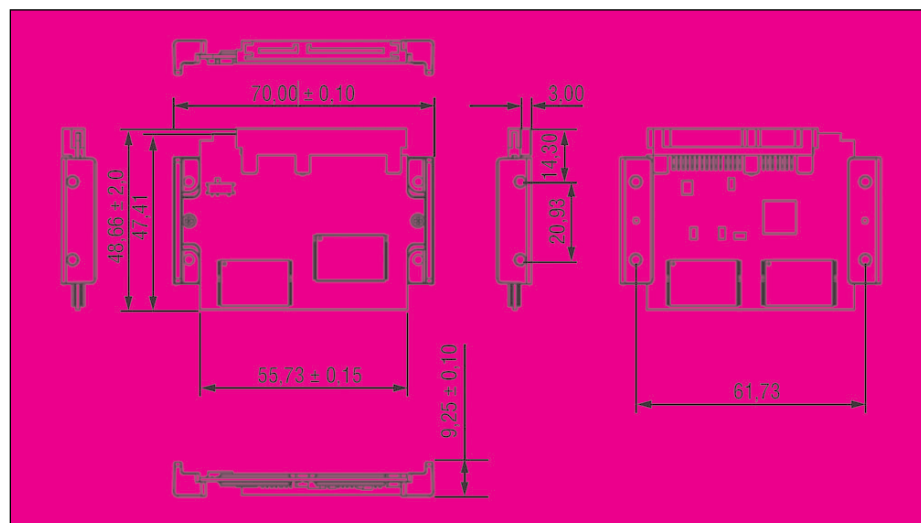


Рис. 2. Размеры накопителя Apsacer SAFD25M4

вателей. Распространены такие сервисы, как информирование клиента о прекращении выпуска заказного изделия определенного номера и формирование склада компонентов для производства старой модели вплоть до окончания проекта у заказчика.

Зачастую из-за особенностей применяемого ПО или других требований заказчика необходимо на этапе проектирования устройства провести тестирование всей системы в сборе — промышленного ПК, накопителей в нем, оперативной памяти и других элементов системы. Производители твердотельных накопителей, ориентированные на промышленный рынок, например Arascer Technology, всегда идут на встречу своим клиентам в подобных вопросах и предоставляют образцы продукции вкупе с технической поддержкой и консультацией по выбору изделий.

Для бытового применения — ноутбуков, планшетов, смартфонов и т. д., обычно используются MLC-решения (Multi-level cell, многоуровневые ячейки памяти), имеющие довольно ограниченное количество циклов перезаписи (гарантируется в среднем 3000 циклов), но которых, тем не менее, вполне достаточно для бытовых применений, когда жизненный цикл изделия не превышает двух-трех лет.

В промышленных же задачах часто предпочтительнее более дорогой вариант флэш-памяти — SLC (SLC, Single-level cell, одноуровневые ячейки памяти), где количество циклов перезаписи достигает 100 000 (обычно гарантируется 50 000–60 000 циклов). Из-за существенной разницы в стоимости компания Arascer предложила своим клиентам промежуточное решение — технологию SLC-lite (рис. 3), основанную на архитектуре MLC, но с производительностью и надежностью улучшенными в несколько раз (гарантированное количество циклов перезаписи составляет 15 000) с помощью специального встроенного программного обеспечения. При этом стоимость такого решения примерно на 40–50% ниже, чем стоимость продукции с SLC-архитектурой.

Arascer проверяет каждую ячейку микросхем всех изготовленных модулей. Полное, 100%-ное тестирование означает, что вы всегда приобретаете только проверенные модули. Это наиболее тщательная проверка в данной отрасли. Компания Arascer поставляет лишь проверенные и совместимые решения. Поэтому SSD-накопители и оперативная память от Arascer указаны как рекомендованные продукты у многих производителей промышленных и встраиваемых ПК. В ходе создания продукции компания применяет ряд технологий, которые и позволяют соответствовать требованиям производителей промышленных ПК, призванных повысить надежность и сопротивляемость модулей различным неблагоприятным средам и угрозам.

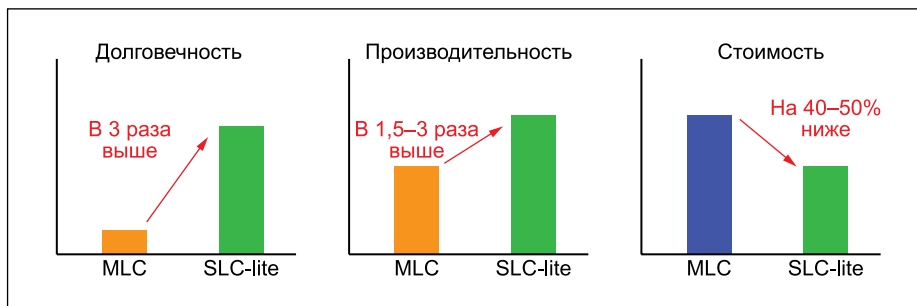


Рис. 3. Сравнение характеристик флэш-памяти на базе технологий SLC-lite и MLC

### Технические характеристики промышленных твердотельных накопителей

Промышленным твердотельным накопителям обычно присущи несколько особых технических характеристик, которые должны быть подтверждены соответствующими испытаниями. Производители промышленных накопителей предпринимают целый комплекс мер для достижения требуемой надежности.

Основной характеристикой безусловно является диапазон рабочих температур — наиболее простой и понятный критерий, позволяющий идентифицировать принадлежность изделия к промышленному классу. Диапазон рабочих температур промышленной флэш-памяти составляет  $-40+85^{\circ}\text{C}$ , а температура ее хранения  $-50...+95^{\circ}\text{C}$ . Обычные твердотельные накопители обладают также весьма неплохим диапазоном рабочих температур:  $0...+70^{\circ}\text{C}$ , однако его не всегда достаточно для промышленной эксплуатации. Характеристики влажности и атмосферного давления у обоих типов памяти практически одинаковы: 5–95% (10–90%) влажности без конденсата и 21 км над уровнем моря. Обычно такие показатели вполне приемлемы для эксплуатации SSD в авиационной сфере.

Наработка на отказ (MTBF, Mean Time Between Failures — расчетный параметр) определяется качеством микросхемы флэш-памяти и эффективностью коррекции случайных ошибок ECC, а также алгоритмами управления дефектными блоками, которые зависят в том числе и от контроллера, применяемого в SSD-диске. Кроме того, схемотехника и программное обеспечение контроллеров промышленных SSD сложнее, нежели у бытовых или коммерческих твердотельных накопителей. Для промышленных флэш-устройств наработка на отказ превышает 2 млн ч.

Механические испытания проводятся, как правило, по американскому военному стандарту MIL-STD-810G, сменившему стандарт MIL-STD-810F в октябре 2008 года. Основными критериями, по которым тестируются промышленные твердотельные накопители, являются вибрация (15g), удар-

ная прочность (1500g) и свободное падение на любую грань или угол с высоты более 1,5 м. Металлический корпус позволяет обеспечить для промышленной флэш-памяти высокий уровень защиты от проникновения воды и пыли, вплоть до классов защиты IP57. Улучшить степень механической и электрической защиты позволяет нанесение на печатную плату и микросхемы специального конформного покрытия (conformal coating), которое не применяется в бытовых устройствах флэш-памяти, подробнее об этом способе мы расскажем в следующем разделе статьи.

### Заказные разработки

Заказные разработки можно назвать одной из важнейших тенденций рынка твердотельных накопителей, поскольку развитие компьютерной техники постоянно бросает все новые и новые вызовы производителям комплектующих — уменьшение размера компьютерных устройств, жесткие условия эксплуатации и многое другое. Поэтому компании, изготавливающие промышленные накопители, всегда готовы рассмотреть особые требования к своим изделиям. Так, Arascer обладает собственным научно-исследовательским центром, который помимо разработки новых серийных продуктов может осуществить специальную разработку или доработку под уникальные условия клиента.

Инженерная группа компании Arascer Technology, занимающаяся созданием твердотельных накопителей, включает высококлассных специалистов, способных разработать надежное высокоскоростное оборудование для хранения данных. Вследствие этого изделия, предлагаемые производителем на современном рынке, признаны одними из лучших в отрасли. Непрерывно осуществляя конструкторские инновации, компания Arascer совершенствует надежность, безопасность и иные характеристики изделий, значительно увеличивая привлекательность своей продукции.

Простейшими вариантами заказных разработок может служить пыле- и влагозащитное исполнение твердотельных накопителей, так как применение твердотельных накопителей в промышленных вычислительных

системах часто связано с суровыми условиями эксплуатации. Затраты на такую защиту минимальны, при этом накопителям может быть присвоен рейтинг защиты вплоть до IP57. Помимо пыли и влаги возможно обеспечить накопитель защитой от воздействия различных химических элементов и даже радиации. Более подробно о технологиях пыли- и влагозащиты читатели могут ознакомиться в предыдущей статье, посвященной продукции Apacer («Компоненты и технологии» № 8'2015).

Например, подобное решение потребовалось международной компании Thalys — оператору скоростных поездов, выполняющему перевозки по линии Париж — Брюссель — Кельн — Амстердам. Фирма Apacer изготовила бескорпусные твердотельные накопители формата 2,5" с пылевлагозащитой IP23 и расширенным температурным диапазоном -40...+85 °С. Помимо этого, было доработано программное обеспечение для мониторинга рабочего состояния твердотельного накопителя.

Довольно часто производителю накопителей приходится сталкиваться и с ограничениями по габаритам для своих накопителей, в частности для встраиваемых систем высотой 1U. Результатами решения подобных проблем стали целые линейки продуктов — например, серия SDM от компании Apacer (рис. 4).

Необходимость в заказных разработках возникает не только из-за ограничений в размерах накопителя или других требований, вынуждающих прибегать к дополнительному проектированию, которые предполагают определенные затраты для заказчика. Ярким примером кастомизации, удешевляющей используемое устройство, может служить примененное компанией Apacer решение для одного из отделений Siemens. Для реализации своих задач клиентом использовались две карты памяти SD-формата с различным доступом — с защитой от перезаписи и удаления информации, куда устанавливалось программное обеспечение заказчика, и без такового, куда загружался медиаконтент.

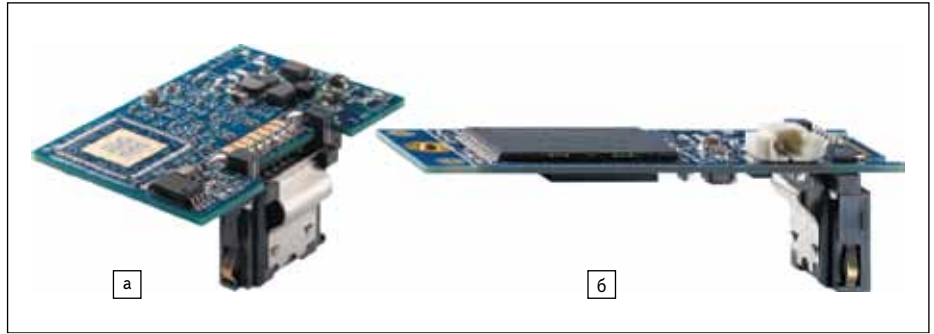


Рис. 4. Накопители серии SDM с креплением под 90°: а) SDM5 7P/90D LP2; б) SDM5 7P/90D MP

Компания Apacer предложила одну SD-карту памяти с двумя разделами с аналогичными режимами доступа. Таким образом, стоимость конечного решения сократилась почти вдвое.

Еще один интересный пример уменьшения итоговой стоимости изделия за счет кастомизации — создание компанией Apacer накопителя Combo SSD для чешского предприятия Akkerman. Было предложено использование комбинированного накопителя на основе SLC- и MLC-дисков емкостью 2 и 128 Гбайт соответственно, что также позволило снизить стоимость решения на 30–40%. Кроме того, были созданы специальные антивибрационные кронштейны, что позволило еще больше повысить надежность крепления и защиту от вибрации.

### Дополнительное программное обеспечение

Другой тренд в развитии рынка промышленных SSD — создание и совершенствование производителем собственного программного обеспечения для различных платформ и ОС, которое позволяет осуществлять контроль и диагностику твердотельного накопителя в реальном времени.

Программное обеспечение компании Apacer состоит из двух компонентов — CoreAnalyzer и SSD Widget. Apacer CoreAnalyzer — это инновационная технология, призванная помо-

гать клиентам применять оптимальные SSD и проектировать еще более надежные системные решения. Благодаря этой технологии CoreAnalyzer SSD может сам записывать фактические сценарии использования, включая сценарии последовательного/случайного чтения или записи, анализировать пользовательское поведение, нагрузку и структуру данных (рис. 5). Это приложение позволяет анализировать актуальные сценарии эксплуатации и получать советы по записи/удалению данных. По сути, такое ПО помогает подобрать оптимальное SSD-решение под каждое конкретное применение.

Утилита SSD Widget представляет собой ПО для мониторинга состояния SSD-диска в реальном времени на различных ОС, в том числе и для iOS от компании Apple. Администратор может получать важные данные с помощью клиента, установленного на настольном компьютере. С развитием мобильных и облачных технологий имеющиеся программные средства пополнились уникальными мобильными приложениями для смартфонов и планшетных компьютеров. После установки такого приложения администратор будет в режиме реального времени получать информацию о состоянии развернутых в системах твердотельных накопителей независимо от их местоположения и времени суток (рис. 6).



Рис. 5. Приложение CoreAnalyzer



Рис. 6. Информация о текущем состоянии SSD-диска в приложении SSD Widget



Рис. 7. Доступ к функции CoreEraser в приложении SSD Widget

Подобное ПО позволяет отслеживать возможные неполадки в работе SSD-дисков и обеспечить сохранность важных данных. Мобильная версия приложения предоставляет доступ к важным данным системы также независимо от местоположения и времени суток. При развертывании твердотельных накопителей Apacer в различных странах заказчики могут централизованно контролировать их работу и управлять ими с помощью мобильной версии приложения с удобным интерфейсом. Кроме того, SSD Widget предлагает доступ к функциям быстрого удаления информации — CoreEraser (рис. 7). Функция очистки накопителя ис-

пользуется в том случае, если пользователь намерен утилизировать твердотельный накопитель, но опасается утечки данных.

### SSD и защищенные мобильные ПК

Твердотельные накопители прекрасно известны на рынке защищенных и мобильных ПК, но до относительно недавнего времени были слишком дороги для использования в подобной технике, поскольку увеличивали и без того немаленькую стоимость защищенных ноутбуков и планшетов. Проблема с ограниченным количеством циклов записи решается с помощью архитектуры SLC и SLC Lite, что способствуют все более широкому распространению SSD в мобильной защищенной технике. Дополнительным стимулом для продвижения SSD-накопителей на рынке защищенных мобильных ПК является и то, что наблюдается тенденция к удешевлению флэш-памяти.

Для многих практических приложений важны меньшие по сравнению с жесткими дисками масса и размер флэш-накопителей, при сохранении того же объема информации и пониженная чувствительность к электромагнитным излучениям. Особенно важно в полевых условиях более низкое энергопотребление твердотельных накопителей.

Неоспоримо и то, что использование SSD в мобильной защищенной технике куда предпочтительнее, нежели жестких дисков: ведь в SSD нет движущихся и механических частей, которые могут быть повреждены при

падении ноутбука или планшета, что постоянно происходит при их эксплуатации.

Очень важна и удобная функция быстрого уничтожения данных при угрозе ее утечки, доступная на SSD. Ведь чтобы уничтожить информацию на HD-диске, требовалось либо физически его уничтожить, либо размагнитить, что не так уж просто и в любом случае занимает слишком много времени, а это неприемлемо при ответственных применениях.

В завершение хочется также сказать, что в операционных системах старше Windows 8 уже проведена специальная оптимизация для работы с твердотельными накопителями и реализована функция быстрого старта, что зачастую имеет большое значение в промышленных и оборонных применениях.

### Заключение

Подводя итог, отметим, что на данный момент рынок SSD продолжает расти ударными темпами, постепенно вытесняя традиционные жесткие диски и отводя им роль хранилищ информации с минимальной долей в мобильной, в том числе и защищенной технике. Рынок промышленных SSD помимо традиционных направлений развития, таких как увеличение емкости и надежности, характерных и для рынка коммерческих накопителей, развивается в сторону выпуска кастомизированной продукции, создания и совершенствования специализированного программного обеспечения. ■