



Юрий Широков

Вспомнить всё: современные технологии хранения цифровой информации

В статье рассказывается о современных методах хранения информации в обычных и промышленных ЭВМ. Сравниваются технологии, преимущества и недостатки накопителей на жёстких магнитных дисках (НЖМД) и твердотельных накопителей (SSD), приводятся примеры современных накопителей, представленных на нашем IT-рынке.

От патефона до терабайтного диска

Конец 19-го века, богатый на научно-технические открытия, подарил человечеству ряд технологий, без которых немислима современная жизнь. Была среди них и технология записи информации на магнитные носители — революционное изобретение, вся значимость которого проявилась далеко не сразу. Принцип магнитной записи информации был открыт и продемонстрирован инженером Копенгагенской телефонной компании Вальдемаром Поульсеном в 1889 году. Магнитным носителем в первых опытах выступала стальная проволока, а впоследствии стала использоваться бумажная лента с ферромагнитным покрытием в виде нанесённого на неё стального порошка. То был прообраз цифровой ленты 21-го века, в которой в качестве основы используется полиэтилентерефталат (лавсан), а в качестве магнитного слоя материал феррит бария (BaFe). Отсутствие технологий электронного усиления сигнала и подавления помех накладывало непреодолимые ограничения на возможности первых устройств магнитной записи, воспринимавшихся современниками, скорее, как экзотические игрушки. Всё изменилось в 1934 году, когда в Германии появился первый электронный магнитофон, произведший настоящий фурор. Почувствовав огромные рыноч-

ные перспективы, многие европейские и американские компании подключились к активному исследованию и совершенствованию как самой звукозаписи, так и производства магнитных носителей. Во многом благодаря этой работе уже во второй половине восьмидесятых годов 20-го века появляются бытовые видеомэгнитофоны, а в 1987 году (всего через 50 с небольшим лет от момента рождения первого магнитофона) разрабатывается стандарт R-DAT (Digital Audio Tape), давший зелёный свет цифровой записи на магнитную ленту. С последовавшим за этим бурным развитием цифровой вычислительной техники возникла необходимость сохранять большие массивы данных. Вот тут и пригодился весь накопленный опыт записи информации на магнитные носители, поскольку главным кандидатом стала именно эта технология. Магнитная лента в качестве носителя информации используется и сегодня. Компьютерные ленты выглядят и функционируют так же, как обычные аудиоленты: информация сохраняется в виде намагниченных доменов с различной полярностью. Ленты в настоящее время используются почти исключительно для долгосрочного и особо надёжного хранения данных. В то время как жёсткие диски подвержены механическим проблемам, а ОЗУ компьютера нуждается в постоянном ис-

точнике питания, ленты могут храниться в течение многих лет, не теряя информацию. Главный недостаток магнитных лент состоит в большом времени доступа к информации: перед чтением требуемого фрагмента нужно перемотать ленту и найти место начала записи, а затем уже считать данные. Задержка может быть очень значительной, но после позиционирования передача данных происходит уже на скорости, соизмеримой с обычным НЖМД. Лента является очень ёмким хранилищем. Например, непрерывно совершенствуемая технология записи на ленту LTO (Linear Tape-Open) позволяет сохранять до 6 Гбайт несжатых данных в одном компактном ленточном картридже и, по некоторым прогнозам, имеет потенциал повышения ёмкости ещё на несколько порядков. Жёсткие диски лишены недостатка, присущего лентам, поэтому очень распространены. Кстати, идея записи информации именно на стальной диск, а не на ленту, принадлежит всё тому же Вальдемару Поульсену, выдвинувшему её около 1910 года. Именно эта его базовая концепция до сих пор с успехом применяется во всех современных НЖМД.

Объёмы информации и интенсивность её генерации нарастают экспоненциально. Всё большее число компаний начинают понимать, что информационная эффективность является серь-

ёзным конкурентным преимуществом. Согласно данным исследования консалтинговой фирмы McKinsey, в нашем информационно-ориентированном мире, где важна мгновенная доступность данных, применение более совершенных технологий обработки и хранения информации даёт выигрыш до 20% по отношению к конкурентам. Именно поэтому новым материалам и технологиям хранения цифровых данных уделяется такое внимание. Твердотельные накопители, или SSD, как и НМЖД, прочно вошли в нашу жизнь и заняли место внутри компьютерных корпусов. Без них уже нельзя представить высокопроизводительные офисные, игровые и даже промышленные компьютеры. В частности, российский производитель ЭВМ AdvantiX, собирающий компьютеры под собственной торговой маркой, при оснащении своей продукции уже достаточно широко использует твердотельные накопители.

В SSD сочетается несколько важных для каждого пользователя ПК преимуществ, отодвигающих на задний план стоимость, существенно большую, чем у традиционных магнитных накопителей. Секрет успеха SSD заключён в совершенно иных физических основах записи, чтения и хранения информации. Итак, что же привлекает пользователей в твердотельных накопителях и НМЖД? Каковы их преимущества и недостатки? Какие технологии записи и хранения больших объёмов данных доступны сегодня, и какие из них имеют все шансы стать лидерами в недалеком будущем? Рассмотрим это подробнее.

Плоды эволюции НМЖД

В 2016 году жёсткий диск отметил свой 60-летний юбилей. Выпущенный в 1956 году компанией IBM первый в истории НМЖД был лишь очень отдалённо похож на своих современных собратьев. По нынешним меркам он был просто огромным: занимал большой шкаф, состоял из пятидесяти 24-дюймовых «блинов» и при этом имел ёмкость всего-то 5 Мбайт. Это устройство, работавшее в составе революционной для тех времён ЭВМ IBM 350, было чрезвычайно дорогим и капризным. Тем не менее, именно оно задавало концептуальное направление развития магнитных накопителей на многие годы вперёд. В настоящее время старый добрый магнитный диск остаётся самым распространённым и наиболее дешёвым (не считая магнитной ленты) носи-

телем для долговременного хранения данных из расчёта мегабайт за доллар. Современные диски стали компактными, плотность записи и скорости чтения/записи многократно возросли благодаря применению новых магнитных материалов, интеллектуальных алгоритмов кодирования и позиционирования головок, высокоскоростных приводов. Бытовым винчестером ёмкостью 1 Тбайт давно никого не удивишь. Но остаются ограничения, связанные с физикой процессов магнитной записи и с механической частью устройства: время доступа к информации лимитировано угловой скоростью вращения диска (повышение которой также сопряжено с техническими сложностями) и скоростью позиционирования головок, а достижимая линейная плотность записи — суперпарамагнитным пределом используемых материалов. Однако все названные ограничения в настоящее время имеют скорее технологический, нежели абсолютный характер. Исследователи не без оснований считают их преодолимыми в ближайшем будущем. И действительно, уже не раз мы были свидетелями качественных скачков после коммерциализации экспериментальных технологий, сначала благодаря технологии PMR (Perpendicular Magnetic Recording), впоследствии — с появлением на рынке так называемых гибридных накопителей — SSHD, которые позволили значительно снизить среднее время доступа к данным. Затем новый прорыв — технология высокоплотной записи SMR (Shingle Magnetic Recording) с частичным перекрытием магнитных дорожек. Помимо повышения плотности записи примерно на 25% идея SMR ценна ещё и тем, что она реализуема на той же традиционной аппаратной базе чисто программным путём. Диски SMR обладают несколько более низкой скоростью записи, но вполне применимы для дата-центров, где главная нагрузка приходится на считывание информации. Жёсткие диски заполняют гелием вместо обычного воздуха, что создаёт меньшее сопротивление вращению пластин и позволяет «упаковать» в тот же



Рис. 1. Внешний вид механического жёсткого диска со снятой крышкой

объём при тех же условиях для охлаждения большее число дисковых «блинов». В погоне за плотностью записи порядка 1,5 Тбит на квадратный дюйм и более эксперты из Seagate Technology возлагают большие надежды на технологию термомагнитной записи (HAMR), при которой поверхность носителя в области записи будет почти мгновенно разогреваться лучом лазера до высоких температур порядка +450°C. По их прогнозам, 2,5-дюймовый новый диск будет иметь ёмкость до 12–15 Тбайт.

Несмотря на внедрение перечисленных новшеств, с момента изобретения конструкция НМЖД принципиальных изменений не претерпела. Это всё тот же вращающийся металлический «блин» — пластина с магнитным покрытием, данные на который записываются магнитной головкой записи/чтения (рис. 1). Расстояние от поверхности пластины до головки составляет порядка 3 нм. Столь малый зазор обеспечивается тем, что головка буквально парит над пластиной на воздушной подушке, создаваемой потоком воздуха при быстром вращении диска. Стирание или запись информации происходит путём намагничивания или размагничивания очень малых участков поверхности диска — магнитных доменов. В одном жёстком диске обычно содержится несколько соосных «блинов», каждый с одной или двумя головками чтения/записи. Как мы уже говорили, скорость работы НМЖД зависит от ряда факторов. В первую очередь, это скорость вращения шпинделя диска, скорость перемещения головки, объём внутренней кэш-памяти, алгоритм работы его внутреннего контроллера. Базовые технические параметры НМЖД указываются в спецификациях. Рассмотрим для примера, каковы эти параметры у

Таблица 1

Сравнение параметров двух SATA-дисков для настольных рабочих станций

Основные характеристики	Модель накопителя	
	ST4000DM000	ST1800MM0078
Интерфейс	SATA 6 Гбит/с	SAS 12 Гбит/с
Кэш-память	64 Мбайт	128 Мбайт
Максимальная скорость передачи информации от поверхности диска	180 Мбайт/с	241 Мбайт/с
Скорость вращения шпинделя	–	10000 об./мин
Среднее время доступа	–	2,9 мс
Плотность записи	625 Гбит/дюйм	644,6 Гбит/дюйм
Число головок/пластин	8/4	3/6
Лимит рабочей нагрузки	55 Тбайт/год	–
Средняя потребляемая мощность	5,6 Вт	7,8 Вт
Гарантия	2 года	5 лет

стандартного SATA-диска (табл. 1) для настольных рабочих станций Seagate Desktop HDD ST4000DM000 ёмкостью 4 Тбайт и у их серверного собрата ST1800MM0078 с интерфейсом SAS. Главное узкое место в схеме работы НЖМД — это скорость передачи информации от магнитных поверхностей до контроллера, который отправляет информацию в компьютер. Как мы видим из приведённой таблицы, цифры не сильно различаются у дисков разных классов, как не происходит и кардинального увеличения скорости. Достоинства жёстких дисков очевидны: они весьма дешёвы в расчёте на гигабайт и на сей момент способны хранить весьма большое количество информации. Эти накопители отлично подходят для домашнего и корпоративного использования, а также занимают достойное место в серверных решениях всех уровней там, где не важна скорость произвольного доступа к данным. Добавим к этому безальтернативность НЖМД как ёмкого встраиваемого в компьютер хранилища информации на протяжении последних десятилетий.

Скорости вычислений и пропускные способности компьютерных шин данных постоянно растут, тем самым подстёгивая рост ёмкости хранилищ и повышение скоростей чтения/записи. Может показаться, что прогресс технологий НЖМД всегда будет поспевать за текущими потребностями, тем не менее, полностью преодолеть недостатки НЖМД и совершить качественный прорыв сможет лишь принципиально иная, немеханическая концепция.

Полупроводники теснят механику

Развитие полупроводниковых технологий привело к изобретению полевого

транзистора, функционирующий прототип которого был представлен еще в 1953 году, но промышленный образец энергонезависимой памяти с произвольным доступом на его основе был анонсирован лишь через 30 лет японским инженером Фудзиро Масуокой из компании Toshiba.

Укоренившееся название памяти “Flash” было предложено его коллегой, который увидел сходство в процессе стирания данных из электронной памяти электрическим импульсом с засвечиванием фотовспышкой. Архитектура ячеек флэш-памяти может различаться в зависимости от применяемой технологии, но по сути (в подавляющем большинстве случаев) они представляют собой массив всё тех же полевых транзисторов с плавающим затвором — разновидность полевого МОП-транзистора. Запись и хранение информации в ячейке происходит путём накопления и сохранения заряда на затворе транзистора, как на обкладке микроскопического конденсатора. Наличие либо отсутствие заряда на затворе изменяет состояние транзистора — открыт/закрыт, которое можно определить по его текущей проводимости. Таким образом, этот тип памяти является энергонезависимым при хранении данных и экономичным при записи, а считывание информации происходит весьма быстро. Современные твердотельные накопители основаны на трёх типах архитектур ячеек флэш-памяти. Это одноуровневые (SLC), двухуровневые (MLC) и трёхуровневые (TLC) ячейки хранения информации. Различные технологии позволяют запоминать разное количество бит информации в одной ячейке и обеспечивают разное время хранения и число циклов перезаписи. Самыми долговечными, надёжными и дорогими

были и остаются одноуровневые ячейки. Самыми недолговечными, зато и самыми доступными по цене являются трёхуровневые. Ранее в журнале «СТА» уже приводился список достоинств твердотельной памяти. Это и малое энергопотребление, и существенно возросшая скорость передачи данных, и сверхмалое время доступа, и отсутствие движущихся частей, подверженных механическому износу, и отсутствие зависимости скорости передачи данных от физического положения на поверхности, и сверхмалое время произвольного доступа. Отдельно стоит упомянуть очень малый вес и габариты электронных компонентов.

Несмотря на то что зарядовая память уступает энергонезависимой оперативной памяти в быстродействии, благодаря указанным преимуществам карты флэш-памяти необычайно популярны. Сегодня флэш-память используется повсеместно, особенно в портативных устройствах типа фото- и видеокамер, MP3-плееров. Широко применяют флэш-память и в твердотельных (SSD) накопителях — альтернативе НЖМД. Наиболее распространена в SSD-накопителях память типа NAND.

На начальном этапе освоения технологии флэш-накопители большой ёмкости были крайне дороги, поэтому у инженеров, сталкивающихся с созданием доступных, ёмких и быстродействующих накопителей, не могла не возникнуть идея совместить достоинства НЖМД и SSD. Так на свет появились гибридные жёсткие диски. Идея устройства такова: традиционный жёсткий диск большой ёмкости совмещается в одном корпусе с твердотельным накопителем сравнительно небольшого объёма. Твердотельный накопитель в данном случае играет роль интеллектуальной кэш-памяти. В более быстродействующем электронном диске контроллер накопителя сохраняет данные, обращение к которым происходит чаще всего. Таким образом, доступ на чтение в среднем осуществляется намного быстрее, чем в случае обращения к пластинам напрямую. Мы получаем, с одной стороны, повышение быстродействия, а с другой — относительно невысокую стоимость и большую ёмкость. Далее в статье будет показано, как эта идея эволюционировала в приложении к твердотельным дискам.

Конечно же, развитие механических накопителей тоже продолжается. Но для достижения наивысшей производи-



Panasonic

BUSINESS

Многофункциональный и надёжный Panasonic Toughbook CF-20



Полностью защищённое гибридное устройство, объединившее в себе лучшие характеристики ноутбука и планшета

TOUGHBOOK

- Операционная система Windows 10 Pro
- Процессор 6-го поколения Intel® Core™ m5-6Y57 vPro™
- Дисплей 10,1 дюйма высокой яркости WUXGA (1920×1200) до 800 кд/м²
- Ёмкостный экран, поддерживающий технологию multitouch (до 10 точек)
- Пыле- и влагонепроницаемый (IP65)*
- До 20 часов автономной работы с использованием дополнительной батареи (MobileMark™ 2007)
- Возможность «горячей» замены батареи
- Лёгкая конструкция, вес 1,76 кг
- Стандартная гарантия 3 года

* Тестирование проводилось независимой лабораторией в соответствии со стандартами MIL-STD-810G и IEC 60529, разделами 13.4, 13.6.2, 14.2.5 и 14.3. Intel и логотипы Intel, IntelCore, Intel vPro, Core Inside, vPro Inside являются товарными знаками компании Intel Corporation в США и других странах.

ПРЕМЬЕР-ПАРТНЁР КОМПАНИИ PANASONIC

PROSOFT®

МОСКВА

С.-ПЕТЕРБУРГ

ЕКАТЕРИНБУРГ

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru

Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru

Тел.: (343) 376-2820 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru



тельности на практике твердотельный накопитель сегодня альтернативы не имеет. В частности, некоторые промышленные компьютеры AdvantiX уже переведены на них с целью повышения производительности и надёжности. Давайте рассмотрим сильные и слабые стороны SSD-накопителей.

Большая проблема маленькой ячейки памяти

Вообще SSD — сравнительно молодая и очень динамично развивающаяся технология. В чем же её привлекатель-

ность? Полное отсутствие в SSD механических компонентов позволяет строить бесшумные вычислительные устройства с кондуктивным теплоотводом. Ещё одна немаловажная деталь — форм-фактор. Одна из замечательных особенностей твердотельных накопителей состоит в том, что при их использовании в качестве носителей информации можно отойти от привычных всем форм-факторов — коробок жёстких дисков 3,5" и 2,5". Всё очень просто — нет стандартных пластин с их механикой, а есть набор микросхем памяти и

контроллера интерфейса, которые можно располагать, как угодно разработчику, в том числе, даже просто рассредоточенно напаивать на платы для увеличения надёжности. Стоит упомянуть и о лучшей защищённости SSD от сбоев питания, которые могут стать причиной потери информации в классическом НЖМД, а также об отсутствии высоких пусковых токов, характерных для механических систем с электроприводом. А ещё у SSD время доступа к информации не зависит от её физического расположения на носителе и является практически детерминированной величиной. Перечисленные преимущества раскрываются не только в многодисковых серверных системах, где критична скорость считывания/записи, но и в традиционных мобильных компьютерах, где важно низкое энергопотребление и ударостойкость. Кроме этого твердотельная память хорошо подходит для устройств, работающих в неблагоприятных вибрационных условиях: там, где сбоят и выходят из строя традиционные жёсткие диски, твердотельная память чувствует себя прекрасно. При этом флэш-память очень быстро совершенствуется. Такие компании, как Intel и Samsung, успешно экспериментируют с памятью 3D-NAND, где ячейки флэш-памяти упакованы в трёхмерный массив. Это позволяет добиваться высокой плотности хранения данных. Intel, например, предсказывает создание в скором будущем накопителя SSD 1 Тбайт в мобильном форм-факторе, который станет гораздо более конкурентоспособным по сравнению с потребительскими жёсткими дисками той же ёмкости, а к 2018 году — сопоставимых по параметрам с НЖМД 10 Тбайт твердотельных накопителей корпоративного класса.

Помимо таких стандартных параметров, как скорость передачи информации в головное устройство и скорость доступа (которая у SSD значительно превосходит аналогичную у НЖМД), в силу совершенно иной физики хранения информации твердотельные накопители характеризуются непохожими на ГТХ от НЖМД параметрами. Общим, пожалуй, является лишь один — ёмкость носителя. Итак, перечислим параметры SSD:

- **TBW — Total Bytes Written** — основная характеристика SSD-накопителя. Она показывает то количество информации, которое можно записать на носитель за всё время его жизни (работы). Напомним, что количество

PROSOFT®

Системы безопасности и визуализации



Комплексные поставки и инсталляции специализированного аудиовидеоборудования для применения в системах наблюдения и контроля состояния

■ Применение

- Диспетчерские
- Центры управления технологическими процессами
- Центры ГО и ЧС
- Транспортная инфраструктура
- Системы безопасности

■ Поставляемое оборудование

- Бесшовные видеостены
- Профессиональные мониторы
- Интерактивные мониторы
- Системы трансляции и управления информационным контентом



Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640
avs@prosoft.ru • www.secviz.ru

Реклама

циклов перезаписи ячейки SSD ограничено, поэтому у самых выносливых (и у самых дорогих) SLC-ячеек этот параметр наиболее высокий;

- **DWPD – Drive Write Per Day** – параметр обозначает то количество информации, которое можно записывать в день на носитель, по отношению к его объёму в течение гарантийного периода. То есть если DWPD равно 1, а ёмкость 320 Гбайт, то в день на SSD можно записать 320 Гбайт.

Казалось бы, SSD-накопитель – образец совершенного устройства, по всем параметрам превосходящего НЖМД. Чего же ещё желать? А желать можно устранения существенных недостатков, которых он, к сожалению, тоже не лишён. Самый досадный из них становится очевиден при более пристальном рассмотрении приведённых эксклюзивных параметров твердотельного накопителя: его ячейки памяти обладают весьма ограниченным ресурсом циклов перезаписи, то есть читать из ячейки можно практически неограниченное число раз, а вот с каждой перезаписью наноразмерная структура постепенно утрачивает свои физические свойства, она буквально растворяется под действием изменяющихся электрических зарядов. В процессе записи и стирания информации в памяти типа NAND происходит перенос электронов из области плавающего затвора в область истока при участии диэлектрика в соответствии с теорией квантового туннелирования Фаулера-Нордхейма. При этом электроны проникают в затвор, преодолевая диэлектрический барьер ячейки памяти, что и приводит к постепенному нарушению структуры ячейки. Этот необратимый процесс называют деградацией р–n-переходов. По мере «растворения» вероятность ошибки при записи/чтении информации повышается, и наступает момент, когда ячейка становится совершенно непригодна к работе. Даже у надёжнейших на сегодняшний день SLC-ячеек число циклов перезаписи порядка сотни тысяч, а для более дешёвых многоуровневых ячеек этот параметр исчисляется единицами тысяч циклов. Таким образом, отдельные ячейки памяти могут выходить из строя довольно непредсказуемо. Со временем это создаёт многочисленные бреши в непрерывном пространстве памяти SSD и, соответственно, проблемы с достоверностью хранимых данных. Чтобы исключить ошибки при обращении к «битым» ячейкам, а также равномерно распределить нагруз-

ку на весь массив памяти, обеспечив максимальное время службы накопителя в целом, необходимы контроллеры SSD. Такой контроллер постоянно тестирует подопечную память, динамически обновляя карту неисправных элементов. Контроллер SSD также определяет и задаёт минимально необходимый уровень напряжения для надёжного программирования (стирания и записи) ячеек памяти. Это позволяет эксплуатировать их в щадящем режиме, снижая риск преждевременного выхода из строя. Кроме того, контроллер стремится

минимизировать число обращений на запись данных для каждого сегмента памяти, а считанные данные проверяются на достоверность с применением кодов коррекции ошибок. Ячейки флэш-памяти объединяются в кластеры по типу кластеров НЖМД. С одной стороны, это резко упрощает управление массивом памяти, но с другой, создаёт и дополнительные проблемы. Например, отсутствие возможности произвести битовую операцию над отдельной ячейкой порождает необходимость перезаписи целого блока, в который входят её ни в чём

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ СЕРВЕРЫ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ
С РЕЗЕРВИРОВАННЫМ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ
К ETHERNET**

-40...+70°C

ADVANTECH
Enabling an Intelligent Planet

Серии EKI-1500, EKI-1200

- Два порта Ethernet 10/100Base-TX с функцией резервирования
- Преобразование Modbus RTU/ASCII в Modbus TCP (серия EKI-1200)
- Режимы: виртуальный COM-порт, сервер/клиент TCP и UDP, Serial Tunnel
- Множественный доступ к COM-портам
- Автоматическое восстановление соединения
- Скорость передачи до 926,1 кбит/с
- Защита портов от электростатического разряда до 15 кВ постоянного тока



EKI-1521
1 порт RS-232/422/485



EKI-1222
Шлюз Modbus
RTU/ASCII в Modbus TCP



EKI-1524
4 порта RS-232/422/485



EKI-1526
16 портов RS-232/422/485

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ ADVANTECH

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама

не повинные собраты, ресурс циклов записи которых из-за этого также снижается. Как ни странно это звучит, но именно совершенствование алгоритмов управления массивами ячеек памяти вносит сегодня основной вклад в продление срока жизни твердотельной памяти.

В стремлении к удешевлению SSD в точности повторяют путь гибридных НЖМД: используя более высокий ресурс ячеек типа SLC, некоторые производители применяют гибридные технологии, встраивая в относительно дешёвые MLC/TLC-накопители кэш в формате SLC. Идея здесь совершенно такая же, как у гибридных НЖМД. Такие устройства требуют более сложных алгоритмов управления и дорогих контроллеров, зато они значительно надёжнее и долговечнее. Стоит упомянуть также о чувствительности дисков SSD к электростатическим разрядам, способным повредить информацию, записанную в их ячейках памяти.

Прочитав всё это, можно подумать, что устройства, в основе которых лежат столь капризные технологии, весьма ненадёжны и недолговечны в принципе. Но на практике это не так. При

стандартной домашней нагрузке даже обычный бытовой накопитель на основе многоуровневой памяти гарантированно прослужит более десяти лет, а после полной выработки ресурса его контроллер позаботится о сохранности записанных на диск данных.

Чтобы составить представление о свойствах твердотельных накопителей, используемых в промышленных компьютерах, в частности, в AdvantiX, давайте сходим на рынок.

СХОДИМ НА РЫНОК

Рассмотрим несколько современных представителей семейства SSD, построенных на основе MLC-ячеек, на примере продукции компаний Kingston, Intel, Innodisk и Apacer. Эти накопители либо уже применяются, либо перспективны и планируются к установке в промышленные ЭВМ, в частности, серии AdvantiX.

Intel SSD DC S3500 Series 120 Гбайт

Накопитель производства одной из самых крупных IT-компаний в мире был представлен в конце 2013 года, но и сейчас как проверенное решение нахо-

дит своё место внутри корпусов промышленных ЭВМ (рис. 2). Его ячейки выполнены по технологии 20 нм флэш-памяти Intel® NAND MLC. Интерфейс SATA III, 6 Гбит/с. Устройство устанавливается в стандартный 2,5" отсек. Скорости последовательного чтения/записи составляют 445 и 135 Мбайт/с. Количество операций случайного доступа (блоками по 4 кбайт) составляет 75 000 на чтение и 4 600 на запись. О надёжности данного устройства свидетельствуют следующие характеристики: гарантийный период работы накопителя составляет 5 лет, за это время на SSD можно записать 75 Тбайт информации – именно такое значение параметра TBW даёт производитель. Вероятность невозможной битовой ошибки (UBER): 1 сектор на 1017 прочитанных бит. Среднее время наработки на отказ (MTBF) составляет 2 000 000 часов.

Innodisk SSD 3MG2-P 128 Гбайт

Этот твердотельный накопитель классического форм-фактора 2,5" показан на рис. 3. Он основан на MLC-ячейках с 4-канальным контроллером. Пиковые скорости линейных операций составляют 520/450 Мбайт/с для чтения/

innodisk

ДЕЙСТВУЙ НА ОПЕРЕЖЕНИЕ

Компактные твердотельные накопители с интерфейсом SATA III, характеризующиеся более высокой скоростью передачи данных

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ INNODISK

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама



Рис. 2. SSD-накопитель Intel SSD DC S3500 Series 120 Гбайт



Рис. 3. SSD-накопитель Innodisk SSD 3MG2-P 128 Гбайт

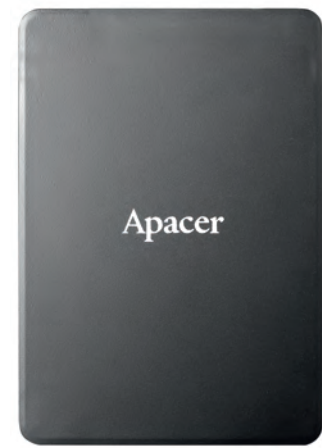


Рис. 4. SSD-накопитель Apacer SM130-25 1 Тбайт

записи, в операциях случайного доступа (блоками по 4 кбайт) эти показатели соответствуют 76 000/80 000 IOPS. Кроме отличной производительности SSD обладает всем необходимым для успешного использования в компьютерных системах AdvantiX для ответственных применений: расширенный диапазон рабочих температур (-55...+95°C), устойчивость к вибрации 20g при 7–2000 Гц и ударам 1500g в течение 0,5 мс. Всего на него можно записать 124,67 Тбайт, имен-

но такое значение имеет параметр TBW. В штатном режиме работы SSD-диск 3MG2-P потребляет всего 6 Вт, но он поддерживает и энергосберегающий режим (DEVSLP), в котором обеспечивается беспрецедентно низкое энергопотребление устройства – всего 3 мВт.

Apacer SM130-25 1 Тбайт

Так же, как и предыдущие, этот NAND MLC флэш-накопитель (рис. 4) имеет традиционный форм-фактор 2,5".

Его параметр TBW равен 1,708 Тбайт. Интерфейс SATA III 600. Скорости последовательного чтения 520 Мбайт/с, записи 500 Мбайт/с. Ресурс 3000 циклов записи, а MTBF составляет более 1 000 000 часов. Устройство весьма устойчиво к вибрации и ударам: допустимое ударное ускорение составляет 1500g, а вибрационное – 15g. Диск доступен в исполнении для расширенного диапазона рабочих температур -40...+80°C. Его применение оправдан-

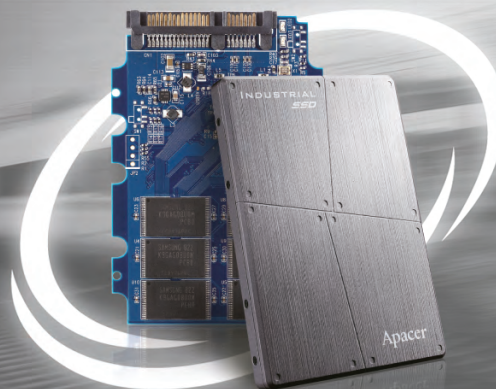
Apacer®

НАДЕЖНОЕ ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ
в экстремальных условиях

- Дополнительная защита от пыли и влаги - IP57
- Исполнение в расширенном диапазоне температур -40...+85°C

Промышленная флэш-память

- Промышленные SSD:
SATA SSD, PATA SSD, PCIe, USB, CFast, CompactFlash
- Промышленные модули памяти DRAM:
для ноутбуков, серверов и настольных ПК



Почему Apacer?

- 📈 Лидирующие позиции на рынке
- ✅ Гарантия качества — до 3 лет
- 💡 Широкие возможности заказных разработок
- 👍 Квалифицированная техническая поддержка

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ APACER

PROSOFT®

Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru



Реклама



Рис. 5. SSD-накопитель Kingston SSDNow M.2 SATA G2 Drive 120 Гбайт

но в промышленных отказоустойчивых системах локального хранения и для оперативной обработки больших объёмов информации при работе в жёстких условиях.

Kingston SSDNow M.2 SATA G2 Drive 120 Гбайт

M.2 — наиболее интересный, скоростной и перспективный формат. По задумке разработчиков он предназначен для подключения не только накопителей, но и другой периферии.

M.2 (ранее известный как Next Generation Form Factor — NGFF) — спецификация компактных компьютерных карт расширения и их разъёмов. Он был создан как универсальная замена MiniPCI-E и mSATA. M.2 поддерживает выведение на физический разъём как PCI Express, так и SATA-интерфейсов. В M.2 имеются PCI Express 4x (4 линии) и один порт SATA 3.0 со скоростью до 6 Гбит/с, поэтому в форм-факторе M.2 могут быть реализованы как устройства PCI Express, так и накопители SATA, всё зависит от типа контроллера.

В нашем случае с Kingston M.2 120 Гбайт (рис. 5) имеем устройство с интерфейсом SATA 600 и скоростью передачи данных на чтение/запись 550/200 Мбайт/с. Произвольное чтение/запись блоками по 4 кбайт — 90000/48000 операций ввода-вывода в секунду.

Устройство построено на MLC-чипах с износостойкостью 3000 циклов записи при температуре до +70°C. Производитель заявляет на него параметры DWPD 0,5 и TBW 150. Ширина модуля 22 мм, длина 80 мм. Благодаря малым габаритам носитель будет востребован в компактных отказоустойчивых системах с пассивным охлаждением, в частности, в новых изделиях AdvantiX ER.

Что в перспективе ?

Учёные из Саутгемптонского университета научились записывать информацию лучом фемтосекундного лазера на наноструктурированном стекле. Такой носитель теоретически способен хранить данные без потерь миллиарды лет. Их работу продолжили исследователи из компании Hitachi, разработавшие технологию сохранения данных в толще стекла в виде серии микроскопических «пузырьков», созданных лазерным лучом. В таком носителе данные легко доступны, защищены от пожара, химического воздействия и прочих нападений. Стеклопластина имеет толщину 2 мм и площадь 2 см². Точки в ней располагаются в 4 слоя, в результате чего плотность данных удалось довести до 40 Мбайт на дюйм². Не слишком много пока, но Hitachi имеет планы по увеличению объёма хранимых данных.

Учёные почти расшифровали последовательность ДНК мамонта, пролежавшего в вечной мерзлоте в течение тысяч лет. Это доказывает надёжность хранения информации в ДНК — старейшем и эффективнейшем на Земле накопителе информации, патент на который природа получила многие миллионы лет назад. И вот люди опять бросили вызов природе. Исследователи из многих стран смогли продемонстрировать возможность записи на молекулы ДНК произвольных данных в виде специально разработанных кодов. При этом теоретическая плотность записанной информации такова, что в объёме одной чайной ложки вещества можно уместить всю накопленную в мире на сегодняшний день информацию (примерно 2,2 Пбайт на грамм), а надёжность этого хранилища позволит не терять данные на протяжении десятков и сотен тысяч лет. Проблема на сего-

дняшний день в сложности, медленно и чрезвычайно дороговизне записи/считывания, составляющей десятки тысяч долларов за записанный мегабайт данных. Но это, как показывает практика, вполне вероятно преодолеть в недалеком будущем.

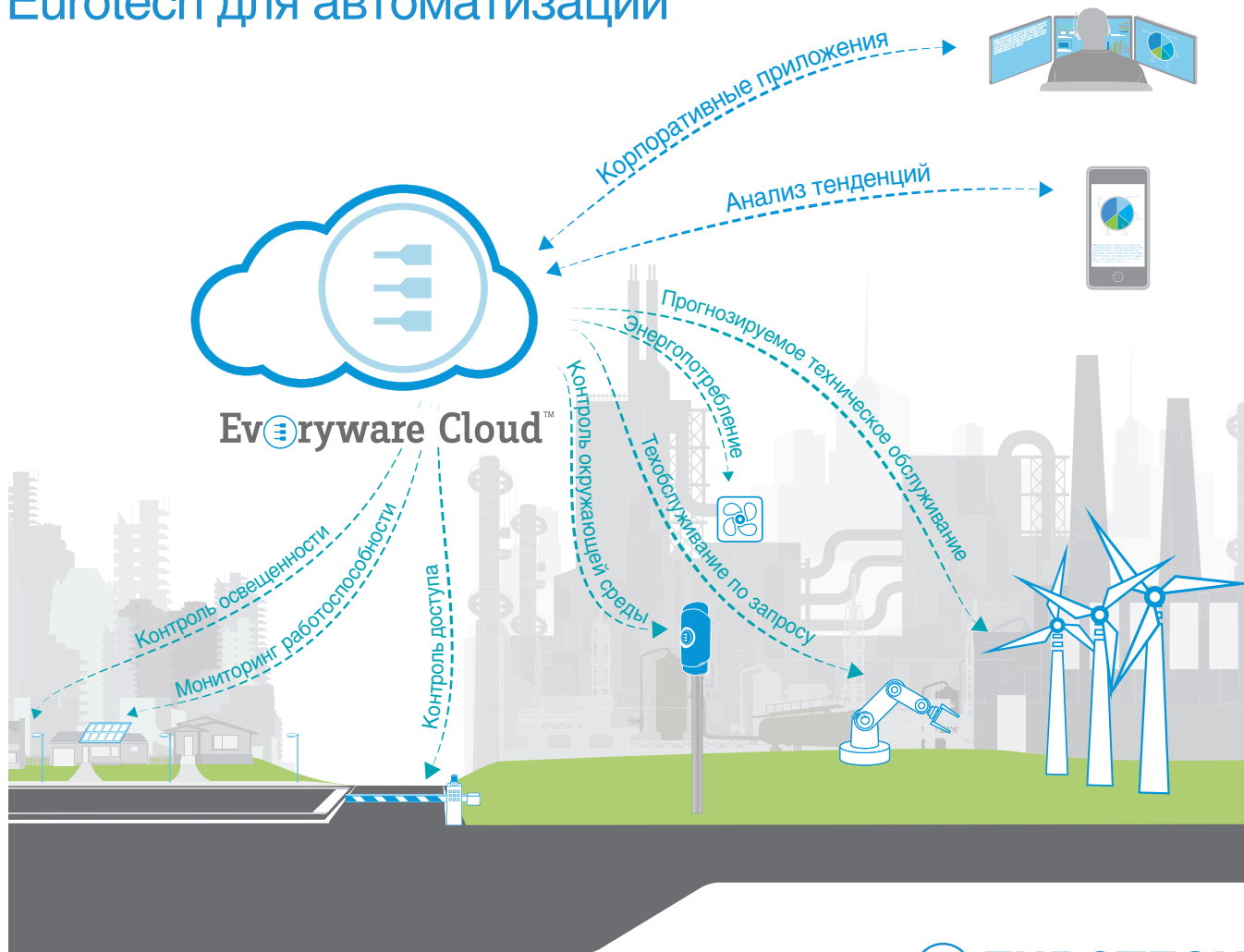
Мемристоры — ещё одно подтверждение истины, что всё новое — хорошо забытое старое. Теория мемристора (резистора с памятью) была разработана американским учёным Леоном Чуа в далёком 1971 году. Этот прибор представляет собой пассивный электронный элемент, способный изменять (и сохранять) своё сопротивление в зависимости от силы и направления протекавшего через него заряда. Он обладает свойством гистерезиса, что и позволяет использовать его в качестве энергонезависимого запоминающего элемента. Реализовать прибор на практике удалось далеко не сразу, тем не менее, мемристоры уже не теория: учёным удалось подтвердить их работоспособность. Колоссальными преимуществами мемристора являются практически неограниченное число циклов перезаписи и долгое время хранения информации. Несмотря на то что мемристоры сегодня лишь предмет изучения, теоретически они способны затмить собою все известные ныне полупроводниковые технологии запоминания данных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Превращение экспериментальных технологий в промышленные — дело дня завтрашнего, а рыночная конкуренция по-прежнему будет происходить между флэш-накопителями и дисковыми системами хранения данных и в ближайшем будущем определит развитие обоих направлений. Флэш-накопители имеют явное преимущество в производительности и точнее следуют закону Мура по соотношению ёмкость/габариты, но серьёзно отстают пока в количестве циклов перезаписи. С другой стороны, жёсткий диск имеет неоспоримое преимущество в стоимости и ёмкости, что в ближайшее время и будет основным фактором его привлекательности. В заключение скажем, что в статье были отмечены достоинства и недостатки как жёстких дисков, так и твердотельных накопителей, о которых не следует забывать при выборе оптимального инструмента для решения своих задач. ●

E-mail: iqrater@gmail.com

Облачные технологии Eurotech для автоматизации



Решения Eurotech позволяют заказчикам удобно и безопасно подключать оборудование и датчики к корпоративным программным приложениям с помощью **Everyware Cloud™** — M2M-платформы.

Выполняемые функции

- Управление устройством
- Приложение для устройства и управления жизненным циклом
- Контроль состояния устройства/связи в режиме реального времени
- Поддержка промышленных протоколов
- Простая интеграция с корпоративными приложениями
- Сбор потоков данных с различных устройств в реальном времени
- Анализ данных в реальном времени, их хранение и предоставление исторических данных



ОФИЦИАЛЬНЫЙ ДИСТРИБЬЮТОР ПРОДУКЦИИ EUROTECH

PROSOFT®

МОСКВА Тел.: (495) 234-0636 • Факс: (495) 234-0640 • info@prosoft.ru • www.prosoft.ru
С.-ПЕТЕРБУРГ Тел.: (812) 448-0444 • Факс: (812) 448-0339 • info@spb.prosoft.ru • www.prosoft.ru
АЛМА-АТА Тел.: (727) 220-7140/7141 • sales@kz.prosoft.ru • www.prosoft-kz.com
ВОЛГОГРАД Тел.: (8442) 260-048 • volgograd@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЕКАТЕРИНБУРГ Тел.: (343) 376-2820; 356-5111 • Факс: (343) 310-0106 • info@prosoftsystems.ru • www.prosoftsystems.ru
КАЗАНЬ Тел.: (843) 203-6020 • Факс: (843) 203-6020 • info@kzn.prosoft.ru • www.prosoft.ru
КРАСНОДАР Тел.: (861) 224-9513 • Факс: (861) 224-9513 • krasnodar@prosoft.ru • www.prosoft.ru
Н. НОВГОРОД Тел.: (831) 215-4084 • nnovgorod@prosoft.ru • www.prosoft.ru
НОВОСИБИРСК Тел.: (383) 202-0960; 335-7001/7002 • Факс: (383) 230-2729 • info@nsk.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ОМСК Тел.: (3812) 286-521 • Факс: (3812) 315-294 • omsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru
ПЕНЗА Тел.: (8412) 494-971; (958) 550-1133 • Факс: (8412) 494-971 • penza@prosoft.ru • www.prosoft.ru
САМАРА Тел.: (846) 277-9166 • Факс: (846) 277-9165 • info@samara.prosoft.ru • www.prosoft.ru
УФА Тел.: (347) 292-5216/5217 • Факс: (347) 292-5218 • info@ufa.prosoft.ru • www.prosoft.ru
ЧЕЛЯБИНСК Тел.: (351) 239-9360 • chelyabinsk@prosoft.ru • www.prosoft.ru