

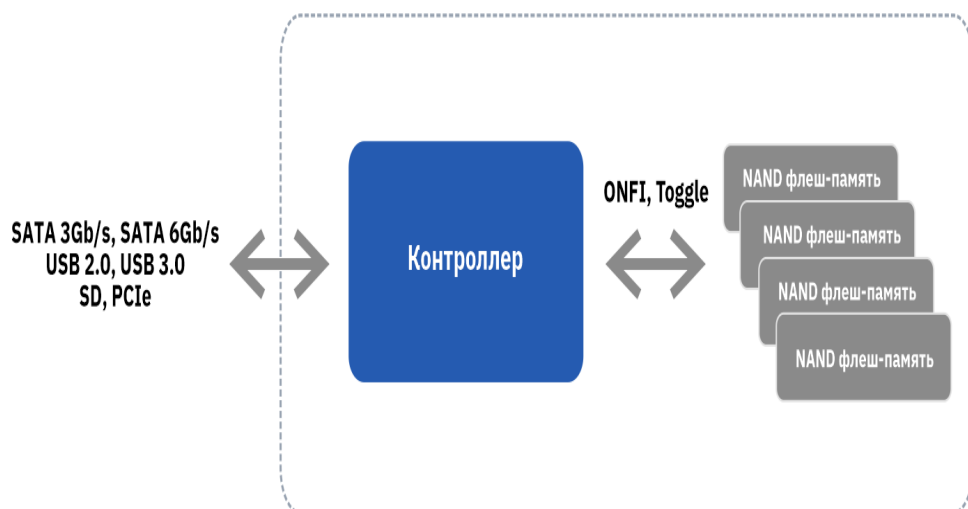


Школа _____ Класс _____

IT направление

7 – 9 классы

Твердотельные накопители. Внутреннее устройство и принципы их построения

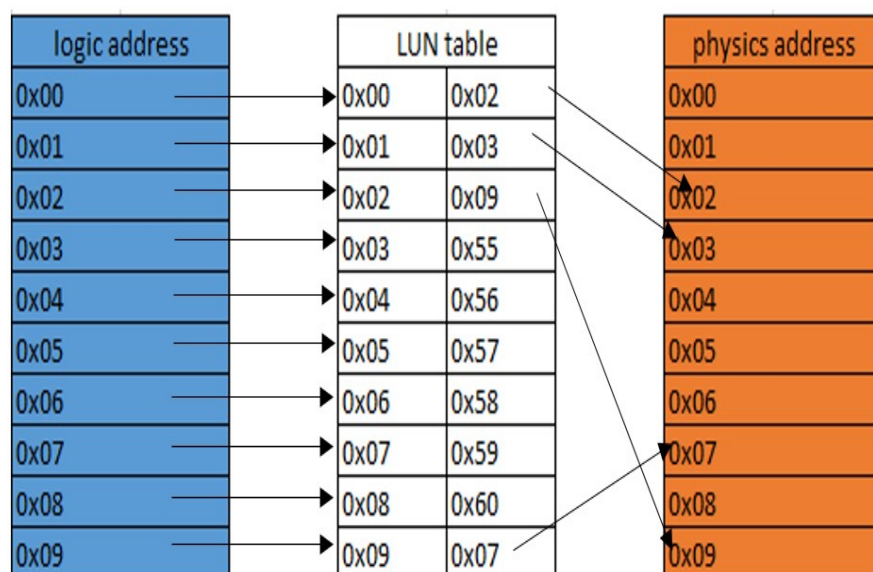


USB-флешки, карты памяти microSD и SSD-накопители кажутся разными устройствами, но на самом деле они устроены очень похоже. Все они являются твердотельными накопителями — это значит, что они хранят информацию в электронных микросхемах, а не на вращающихся магнитных дисках, как это происходит в старых жёстких дисках, которые называются HDD. Название «SSD-диск» — это просто привычное выражение, оставшееся от тех времён, когда в накопителях действительно были диски. На самом деле никаких дисков внутри SSD нет.

Внутри флешек, SD-карт и SSD-накопителей можно выделить две главные части: контроллер и NAND флеш-память. Контроллер — это своего рода мини-компьютер или процессор, который управляет всем устройством. Он решает, куда и как записывать информацию, как её считывать, проверяет, правильно ли всё работает, и исправляет возможные ошибки. NAND-память — это специальные микросхемы, в которых и хранятся все данные: фотографии, видео, документы, игры и так далее. Контроллер играет роль диспетчера: он связывает память с компьютером или телефоном и следит за тем, чтобы данные записывались и читались быстро и без ошибок.

Вся память в таких накопителях устроена определённым образом. Её можно сравнить с библиотекой или архивом: есть полки, книги и страницы. Память делится на блоки, а блоки — на страницы. Блок — это как толстая книга, в которой много страниц с данными. Обычно один блок содержит несколько мегабайт информации. Страница — это отдельный кусочек данных объёмом примерно 16–32 килобайта. Важно понимать, что данные в NAND-памяти нельзя просто взять и переписать. Чтобы изменить даже маленький фрагмент, нужно сначала стереть весь блок целиком, а затем записать в него новые данные. Еще одна особенность — информация хранится в виде

электрического заряда в ячейках памяти, и со временем этот заряд может уменьшаться, из-за чего данные становятся нечитаемыми. Это как чернила, которые со временем выцветают на бумаге.



Компьютеры работают с накопителями, как будто это простая таблица, где у каждой ячейки есть свой номер: 1, 2, 3 и так далее. Такие адреса называются логическими блоками или LBA. Но реальная память внутри накопителя устроена не так просто, и чтобы компьютер мог правильно работать с ней, нужен своеобразный переводчик. Этим переводчиком является специальная система под названием FTL — Flash Translation Layer. Она преобразует логические адреса в физические и помогает контроллеру находить нужные данные, записывать новую информацию туда, где есть свободное место, делать вид, что данные были перезаписаны, хотя на самом деле они просто перемещены, и в целом продлевать срок службы памяти.

Существует два основных способа, которыми FTL может работать. Первый — это блочная адресация. В этом случае контроллер работает с целыми блоками памяти. Такой способ экономит память контроллера, но неудобен, если нужно часто изменять маленькие кусочки данных. Именно поэтому блочную адресацию чаще всего используют в простых и дешёвых устройствах вроде флешек и SD-карт. Второй способ — это постраничная адресация. Здесь контроллер работает с отдельными страницами, и это позволяет быстрее выполнять записи и изменения. Однако при этом требуется больше памяти для хранения таблиц адресов. Такой способ применяется в более продвинутых накопителях — например, в SSD. На практике часто используют комбинированный подход: большую часть данных обрабатывают по блокам, а те, которые часто изменяются, — по страницам. Это позволяет достичь хорошего баланса между скоростью и экономией ресурсов.

Кроме управления записью и чтением, контроллер также использует буферную память. Это небольшой участок очень быстрой памяти, куда временно складываются данные перед записью. В обычных флешках этот буфер маленький и встроенный, а в SSD он часто представлен отдельной микросхемой объёмом 128 мегабайт и больше. Кроме того, контроллер использует технологию DMA — прямой доступ к памяти. Это позволяет передавать данные быстрее, без участия основного процессора накопителя.

Флеш-память имеет много плюсов: она маленькая, не боится тряски и падений, потребляет мало энергии. Но у неё есть и минусы: она не вечна — данные можно стереть и записать только ограниченное количество раз, и работать с ней напрямую сложно. Поэтому накопители нуждаются в умных алгоритмах и специальной прошивке — встроенной программе, которая управляет всем этим

«за кулисами». Прошивка контроллера может даже обновляться, как программа на компьютере, чтобы устройство работало лучше и надёжнее.

Задания

1. Прочитайте текст и, используя содержащуюся в нём информацию, сформулируйте как минимум **три проблемы**, которые возникнут, если **убрать контроллер** из SSD-накопителей.
2. В тексте встречаются названия следующих устройств: **USB-флешки, карты памяти microSD и SSD**. Где в реальной жизни вы с ними встречались? Приведите по **два примера** для **каждого типа** накопителя.
3. Опираясь на данные из текста, предположите, **сколько может быть страниц** в SSD объемом **128 ГБ**. Кратко поясните свой ответ.
4. В двух-трех предложениях, используя текст, объясните, **что такое накопители данных**, после чего предположите, **почему компьютеры не смогут без них работать**.
5. Проанализировав таблицу из текста и описание работы алгоритма FTL, кратко объясните, **зачем нужна LUN table**.
6. Обычно один блок NAND-памяти имеет объем 4 МБ, а одна страница — 16 КБ. В одном таком блоке — 256 страниц. Буферная память SSD может составлять, например, 128 МБ, а скорость записи — около 500 МБ/с. Также известно, что ресурс ячейки памяти ограничен: одну ячейку можно перезаписать не более 3000 раз. Контроллер использует выравнивание износа, чтобы продлить срок службы.

Используя приведённые выше условия, решите задачи:

- а) Если в накопителе **1 ГБ** памяти, которая состоит из **256 блоков**, и каждый блок можно стереть **3000 раз**, **сколько раз всего можно записать данные** в память, прежде чем она выйдет из строя?
 - б) Сколько раз всего можно записать данные, прежде чем выйдет из строя **первый блок**, если алгоритм записи будет **оптимальным**?
 - в) Сколько блоков нужно стереть и записать заново, чтобы изменить данные на **32 КБ**, если используется блочная адресация и блоки по **4 МБ**?
7. В двух-трех предложениях объясните, **почему важные данные стараются хранить на HDD, а не на SSD**.
 8. Придумайте **два случая**, когда может пригодиться свойство FTL делать вид, что данные были **перезаписаны**, хотя на самом деле они просто **перемещены**.