

Flash-Memory

# [ Общие сведения ]

- Флеш-память (англ. Flash-Memory) — разновидность твердотельной полупроводниковой энергонезависимой перезаписываемой памяти.



# Общие сведения

- Она может быть прочитана сколько угодно раз, но писать в такую память можно лишь ограниченное число раз (максимально — около миллиона циклов). Распространена флеш-память, выдерживающая около 100 тысяч циклов перезаписи — намного больше, чем способна выдержать дискета или CD-RW.
- Не содержит подвижных частей, так что, в отличие от жёстких дисков, более надёжна и компактна.

# Общие сведения

- Благодаря своей компактности, дешевизне и низкому энергопотреблению флеш-память широко используется в цифровых портативных устройствах — фото- и видеокамерах, диктофонах, MP3-плеерах, КПК, мобильных телефонах, а также смартфонах и коммуникаторах. Кроме того, она используется для хранения встроенного программного обеспечения в различных устройствах (маршрутизаторах, мини-АТС, принтерах, сканерах, модемах), различных контроллерах.

# Общие сведения

- Также в последнее время широкое распространение получили USB флеш-накопители («флешка», USB-драйв, USB-диск), практически вытеснившие дискеты и CD. Одним из первых флэшки JetFlash в 2002 году начал выпускать тайваньский концерн Transcend.

# Общие сведения

- На конец 2008 г. основным недостатком, не позволяющим устройствам на базе флеш-памяти вытеснить с рынка жёсткие диски, является высокое соотношение цена/объём, превышающее этот параметр у жестких дисков в 2-3 раза. В связи с этим и объёмы флеш-накопителей не так велики. Хотя работы в этих направлениях ведутся. Удешевляется технологический процесс, усиливается конкуренция. Многие фирмы уже заявили о выпуске SSD накопителей объёмом 256 ГБ и более.

# Общие сведения

- Ещё один недостаток устройств на базе флеш-памяти по сравнению с жёсткими дисками — как ни странно, меньшая скорость. Несмотря на то, что производители SSD накопителей заверяют, что скорость этих устройств выше скорости винчестеров, в реальности она оказывается ощутимо ниже. Конечно, SSD накопитель не тратит подобно винчестеру время на разгон, позиционирование головок и т. п.
- Но время чтения, а тем более записи, ячеек флеш-памяти, используемой в современных SSD накопителях, больше. Что и приводит к значительному снижению общей производительности. Справедливости ради следует отметить, что последние модели SSD накопителей и по этому параметру уже вплотную приблизились к винчестерам. Однако, эти модели пока слишком дороги.

# История

- Флеш-память была изобретена инженером компании Toshiba Фудзио Масуокой в 1984 году. Название «флеш» было придумано также в Toshiba коллегой Фудзио, Сёдзи Ариидзуми, потому что процесс стирания содержимого памяти ему напомнил фотовспышку (англ. flash). Масуока представил свою разработку в 1984 на International Electron Devices Meeting (IEDM), проходившей в Сан-Франциско, Калифорния. Intel увидела большой потенциал в изобретении и в 1988 году выпустила первый коммерческий флеш-чип NOR-типа.



# [ История ]

- На конец 2008 года, лидерами по производству флеш-памяти являются Samsung (31 % рынка) и Toshiba (19 % рынка, включая совместные заводы с Sandisk). (Данные согласно iSupply на Q4'2008). Стандартизацией чипов флеш-памяти типа NAND занимается Open NAND Flash Interface Working Group (ONFI). Текущим стандартом считается спецификация ONFI версии 1.0[2], выпущенная 28 декабря 2006 года. Группа ONFI поддерживается конкурентами Samsung и Toshiba в производстве NAND чипов: Intel, Hynix и Micron Technology.



# Характеристики

- Скорость некоторых устройств с флеш-памятью может достигать до 100 МБ/с. В основном флеш-карты имеют большой разброс скоростей и обычно маркируются в скоростях стандартного CD-привода (150 КБ/с).
- Так, указанная скорость в 100x означает  $100 - 150 \text{ КБ/с} = 15\,000 \text{ КБ/с} = 14.65 \text{ МБ/с}$ .

# [ Характеристики ]

- В основном объём чипа флеш-памяти измеряется от килобайт до нескольких гигабайт.
- В 2005 году Toshiba и SanDisk представили NAND чипы объёмом 1 ГБ, выполненные по технологии многоуровневых ячеек, где один транзистор может хранить несколько бит, используя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе.

# Характеристики

- Компания Samsung в сентябре 2006 года представила 8 ГБ чип, выполненный по 40-нм технологическому процессу.
- В конце 2007 года Samsung сообщила о создании первого в мире MLC (multi-level cell) чипа флеш-памяти типа NAND, выполненного по 30-нм технологическому процессу. Ёмкость чипа также составляет 8 ГБ. Ожидается, что в массовое производство чипы памяти поступят в 2009 году.

# [ Характеристики ]

- Для увеличения объёма в устройствах часто применяется массив из нескольких чипов.

- К 2007 году USB устройства и карты памяти имели объём от 512 МБ до 64 ГБ. Самый большой объём USB устройств составлял 4 ТБ.



# [ Принцип действия ]

---

- Программирование флеш-памяти
- Стирание флеш-памяти

# [ Принцип действия ]

- Флеш-память хранит информацию в массиве транзисторов с плавающим затвором, называемых ячейками (англ. cell). В традиционных устройствах с одноуровневыми ячейками (англ. single-level cell, SLC), каждая из них может хранить только один бит.
- Некоторые новые устройства с многоуровневыми ячейками (англ. multi-level cell, MLC) могут хранить больше одного бита, используя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе транзистора.

# [ Принцип действия ]

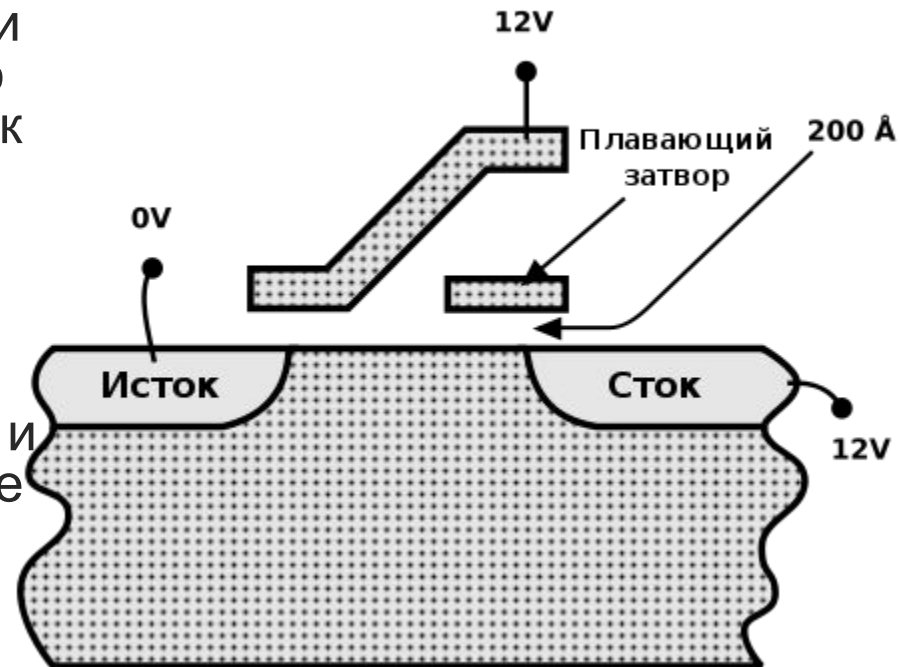
- NOR
- В основе этого типа флеш-памяти лежит ИЛИ-НЕ элемент (англ. NOR), потому что в транзисторе с плавающим затвором низкое напряжение на затворе обозначает единицу.



# [ Принцип действия ]

- Транзистор имеет два затвора: управляющий и плавающий. Последний полностью изолирован и способен удерживать электроны до 10 лет. В ячейке имеются также сток и исток. При программировании напряжением на управляющем затворе создаётся электрическое поле и возникает туннельный эффект. Некоторые электроны туннелируют через слой изолятора и попадают на плавающий затвор, где и будут пребывать. Заряд на плавающем затворе изменяет «ширину» канала сток-исток и его проводимость, что используется при чтении.

Программирование инжекцией электронов



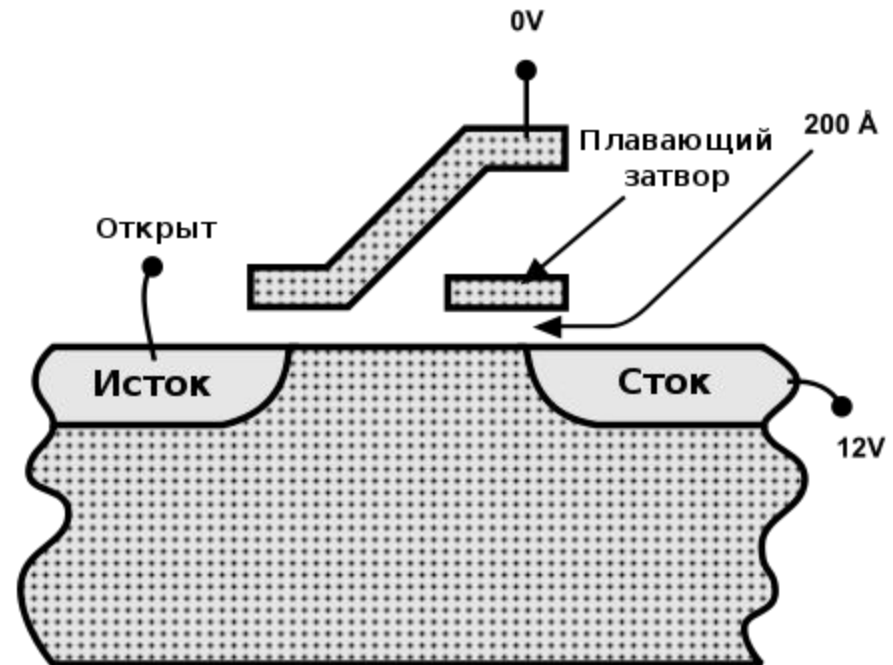
# Принцип действия

- Программирование и чтение ячеек сильно различаются в энергопотреблении: устройства флеш-памяти потребляют достаточно большой ток при записи, тогда как при чтении затраты энергии малы.

- Для стирания информации на управляющий затвор подаётся высокое отрицательное напряжение, и электроны с плавающего затвора переходят (туннелируют) на исток.

- В NOR архитектуре к каждому транзистору необходимо подвести индивидуальный контакт, что увеличивает размеры схемы. Эта проблема решается с помощью NAND архитектуры.

Стирание через туннельный эффект



# Принцип действия

- NAND
- В основе NAND типа лежит И-НЕ элемент (англ. NAND). Принцип работы такой же, от NOR типа отличается только размещением ячеек и их контактами. В результате уже не требуется подводить индивидуальный контакт к каждой ячейке, так что размер и стоимость NAND чипа может быть существенно меньше. Так же запись и стирание происходит быстрее. Однако эта архитектура не позволяет обращаться к произвольной ячейке.
- NAND и NOR архитектуры сейчас существуют параллельно и не конкурируют друг с другом, поскольку находят применение в разных областях хранения данных.

# Флеш-карты разных типов

- Флеш-память наиболее известна применением в USB флеш-накопителях (англ. USB flash drive).
- В основном применяется NAND тип памяти, которая подключается через USB по интерфейсу USB mass storage device (USB MSC). Данный интерфейс поддерживается всеми ОС современных версий.

# Флеш-карты разных типов

- Благодаря большой скорости, объёму и компактным размерам USB флеш-накопители полностью вытеснили с рынка дискеты. Например, компания Dell с 2003 года перестала выпускать компьютеры с дисководом гибких дисков.
- В данный момент выпускается широкий ассортимент USB флеш-накопителей, разных форм и цветов. На рынке присутствуют флешки с автоматическим шифрованием записываемых на них данных. Японская компания Solid Alliance даже выпускает флешки в виде еды.
- Есть специальные дистрибутивы GNU/Linux и версии программ, которые могут работать прямо с USB носителей, например, чтобы пользоваться своими приложениями в интернет-кафе.

# Флеш-карты разных типов

- Технология ReadyBoost в Windows Vista способна использовать USB-флеш накопитель или специальную флеш-память, встроенную в компьютер, для увеличения быстродействия.
- На флеш-памяти также основываются карты памяти, такие как SecureDigital (SD) и Memory Stick, которые активно применяются в портативной технике (фотоаппараты, мобильные телефоны). Флеш-память занимает большую часть рынка переносных носителей данных.

# Флеш-карты разных типов

- NOR тип памяти чаще применяется в BIOS и ROM-памяти устройств, таких как DSL модемы, маршрутизаторы и т. д. Флеш-память позволяет легко обновлять прошивку устройств, при этом скорость записи и объём для таких устройств не так важны.



# [ Типы карт памяти ]

- CF (Compact Flash): карты памяти CF являются старейшим стандартом карт флеш-памяти. Первая CF карта была произведена корпорацией SanDisk в 1994 году. Этот формат памяти очень распространен. Чаще всего в наши дни он применяется в профессиональном фото и видео оборудовании, так как ввиду своих размеров (43x36x3,3 мм) слот расширения для Compact Flash карт физически проблематично разместить в мобильных телефонах или mp3 плеерах. Зато ни одна карта не может похвастаться такими скоростями, объемами и надежностью, как CF.



# [ Типы карт памяти ]

- MMC (MultiMedia Card): карта в формате MMC имеет небольшой размер — 24-32-1,4 мм. Разработана совместно компаниями SanDisk и Siemens. MMC содержит контроллер памяти и обладает высокой совместимостью с устройствами самого различного типа. В большинстве случаев карты MMC поддерживаются устройствами со слотом SD.
- RS-MMC (Reduced Size MultiMedia Card): карта памяти, которая вдвое короче стандартной карты MMC. Её размеры составляют 24-18-1,4 мм, а вес — около 6 г, все остальные характеристики не отличаются от MMC. Для обеспечения совместимости со стандартом MMC при использовании карт RS-MMC нужен адаптер.

# [ Типы карт памяти ]

- DV-RS-MMC (Dual Voltage Reduced Size MultiMedia Card): карты памяти DV-RS-MMC с двойным питанием (1,8 и 3,3 В) отличаются пониженным энергопотреблением, что позволит работать мобильному телефону немного дольше. Размеры карты совпадают с размерами RS-MMC, 24-18-1,4 мм.
- MMCmicro: миниатюрная карта памяти для мобильных устройств с размерами 14-12-1,1 мм. Для обеспечения совместимости со стандартным слотом MMC необходимо использовать переходник.

# Типы карт памяти

- SD Card (Secure Digital Card): поддерживается фирмами SanDisk, Panasonic и Toshiba. Стандарт SD является дальнейшим развитием стандарта MMC. По размерам и характеристикам карты SD очень похожи на MMC, только чуть толще (32-24-2,1 мм). Основное отличие от MMC — технология защиты авторских прав: карта имеет криптозащиту от несанкционированного копирования, повышенную защиту информации от случайного стирания или разрушения и механический переключатель защиты от записи. Несмотря на родство стандартов, карты SD нельзя использовать в устройствах со слотом MMC.

# [ Типы карт памяти ]

- SD и SDHC (SD High Capacity): Старые карты SD (SD 1.0, SD 1.1) и новые SDHC (SD 2.0) (SD High Capacity) и устройства их чтения различаются ограничением на максимальную ёмкость носителя, 4 ГБ для SD и 32 ГБ для SD High Capacity (Высокой Ёмкости). Устройства чтения SDHC обратно совместимы с SD, то есть SD карта будет без проблем прочитана в устройстве чтения SDHC, но в устройстве SD карта SDHC не будет читаться вовсе. Оба варианта могут быть представлены в любом из трёх форматов физ. размеров (Стандартный, mini и micro).

# [ Типы карт памяти ]

- miniSD (Mini Secure Digital Card): От стандартных карт Secure Digital отличаются меньшими размерами 21,5-20-1,4 мм. Для обеспечения работы карты в устройствах, оснащённых обычным SD-слотом, используется адаптер.
- microSD (Micro Secure Digital Card): являются на настоящий момент (2008) самыми компактными съёмными устройствами флеш-памяти (11-15-1 мм). Используются, в первую очередь, в мобильных телефонах, коммуникаторах, и т. п., так как, благодаря своей компактности, позволяют существенно расширить память устройства, не увеличивая при этом его размеры. Переключатель защиты от записи вынесен на адаптер microSD-SD.

# [ Типы карт памяти ]

- MS Duo (Memory Stick Duo): данный стандарт памяти разрабатывался и поддерживается компанией Sony. Корпус достаточно прочный. На данный момент — это самая дорогая память из всех представленных. Memory Stick Duo был разработан на базе широко распространённого стандарта Memory Stick от той же Sony, отличается малыми размерами (20-31-1,6 мм.).
- Memory Stick Micro (M2): Данный формат является конкурентом формата microSD (по аналогичному размеру), сохраняя преимущества карт памяти Sony.
- xD-Picture Card: используются в цифровых фотоаппаратах фирм Olympus, Fujifilm и некоторых других.

# [ Конец ]

- Сейчас активно рассматривается возможность замены жёстких дисков на флеш-память. В результате увеличится скорость включения компьютера, а отсутствие движущихся деталей увеличит срок службы. Например, в ХО-1, «ноутбуке за 100 \$», который активно разрабатывается для стран третьего мира, вместо жёсткого диска будет использоваться флеш-память объёмом 1 Гигабайт|ГБ.
- Распространение ограничивает высокая цена за Гигабайт|ГБ и меньший срок службы, чем у жёстких дисков из-за ограниченного количества циклов записи.