

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Flash память

***Учебно-методическое пособие
по дисциплине
«Технические средства информатизации»***

**Набережные Челны
2018**

Flash память: учебно-методическое пособие по дисциплине
«Технические средства информатизации» / сост. Хазиев Э.Л.
– Набережные Челны: НЧИ КФУ, 2018. – 16 с.

Рассматриваются принципы работы твердотельной Flash памяти. Приведены контрольные вопросы.

Для студентов направлений подготовки «Информатика и вычислительная техника», «Программная инженерия».

Рецензенты:

д.т.н., профессор Дмитриев Сергей Васильевич;

к.т.н., доцент Зубков Евгений Витальевич.

Печатается по решению учебно-методической комиссии отделения информационных технологий и энергетических систем Набережночелнинского института (филиала) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет».

© КФУ, 2018

© Хазиев Э.Л. 2018

Flash-память (флэш-память)-особый вид энергонезависимой перезаписываемой полупроводниковой памяти EEPROM, она:

- Энергонезависимая - не требующая дополнительной энергии для хранения данных (энергия требуется только для записи).
- Перезаписываемая - допускающая изменение (перезапись) хранимых в ней данных.
- Полупроводниковая - не содержащая механически движущихся частей, построенная на основе интегральных микросхем.

Flash-память впервые была разработана компанией Toshiba в 1984 году. Flash -память получила свое название благодаря тому, как производится стирание и запись данного вида памяти. Основное объяснение: название было дано компанией Toshiba во время разработки первых микросхем флэш-памяти как характеристика скорости стирания микросхемы флэш-памяти: "in a flash" - в мгновение ока. Два других (менее правдоподобных) объяснения:

1. Процесс записи на флэш-память по-английски называется flashing (засвечивание, прожигание) - такое название осталось в наследство от предшественников флэш-памяти.
2. Запись/стирание данных во флэш-памяти производится блоками-кадрами (flash - короткий кадр)

Устройство flash-памяти

По устройству чип флэш-памяти отдаленно напоминает микросхему динамической энергонезависимой памяти, только вместо конденсаторов в ячейках памяти установлены полупроводниковые приборы – транзисторы. При подаче напряжения на выводы транзистора он принимает одно из фиксированных положений – закрытое или открытое. И остается в этом положении до тех пор, пока на выводы транзистора не будет подан электрический заряд, изменяющий его состояние. Таким образом, последовательность логических нулей и единиц формируется в этом типе памяти подобно ПЗУ – закрытые для прохождения электрического тока ячейки распознаются как логические единицы, открытые – как логические нули.

Ячейки флэш-памяти бывают как на одном, так и на двух транзисторах.

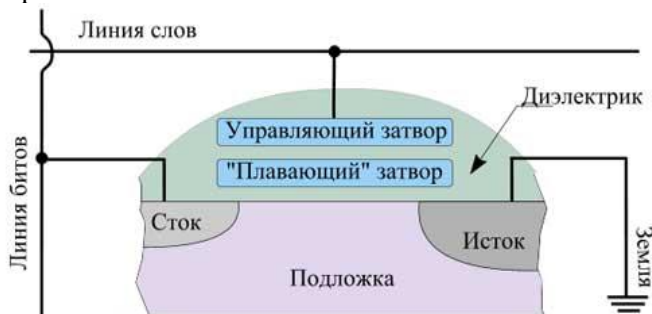


Рисунок 1 - Элементарная ячейка Flash-памяти

В простейшем случае каждая ячейка хранит один бит информации и состоит из одного полевого транзистора со специальной электрически изолированной областью ("плавающим" затвором - floating gate), способной хранить заряд многие годы. Этот термин возник из-за того, что потенциал этой области не является стабильным, что позволяет накапливать в ней электроны. Выше плавающего находится управляющий затвор, который является неотъемлемой частью при процессе записи/стирания данных памяти.

Наличие или отсутствие заряда кодирует один бит информации.

При записи заряд помещается на плавающий затвор одним из двух способов (зависит от типа ячейки): методом инжекции "горячих" электронов или методом туннелирования электронов. Стирание содержимого ячейки (снятие заряда с "плавающего" затвора) производится методом туннелирования.

Как правило, наличие заряда на транзисторе понимается как логический "0", а его отсутствие - как логическая "1".

Flash-память имеет ограничение на количество циклов перезаписи (от 10 тыс. до 1млн. раз для разных типов памяти).

Общий принцип работы ячейки Flash -памяти

Рассмотрим простейшую ячейку флэш-памяти на одном n-p-n транзисторе.

Поведение транзистора зависит от количества электронов на "плавающем" затворе. "Плавающий" затвор хранит запрограммированное значение.

Помещение заряда на "плавающий" затвор в такой ячейке производится методом инжекции "горячих" электронов (CHE - channel hot electrons), а снятие заряда осуществляется методом туннелирования Фаулера-Нордхейма (Fowler-Nordheim).

При чтении, в отсутствие заряда на "плавающем" затворе (рисунок 2), под воздействием положительного поля на управляющем затворе, образуется n-канал в подложке между истоком и стоком, и возникает ток.

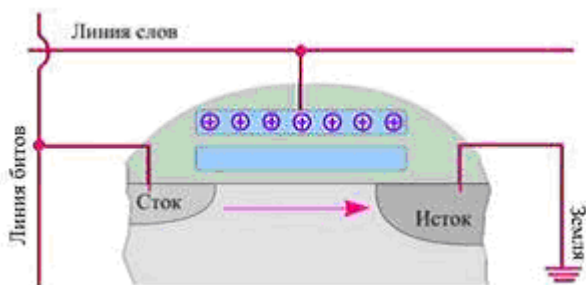


Рисунок 2 - Чтение ячейки при отсутствии заряда на "плавающем" затворе

Наличие заряда на "плавающем" затворе меняет вольтамперные характеристики транзистора таким образом, что при обычном для чтения напряжении канал не появляется, и тока между истоком и стоком не возникает.

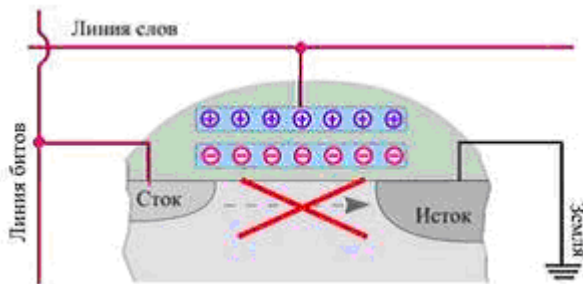


Рисунок 3 - Чтение ячейки при наличии заряда на "плавающем" затворе

При программировании на сток и управляющий затвор по-падает высокое напряжение (причем на управляющий затвор напряжение подается приблизительно в два раза выше). "Горячие" электроны из канала инжектируются на плавающий затвор и изменяют вольтамперные характеристики транзистора. Такие электроны называют "горячими" за то, что обладают высокой энергией, достаточной для преодоления потенциального барьера, создаваемого тонкой плёнкой диэлектрика.

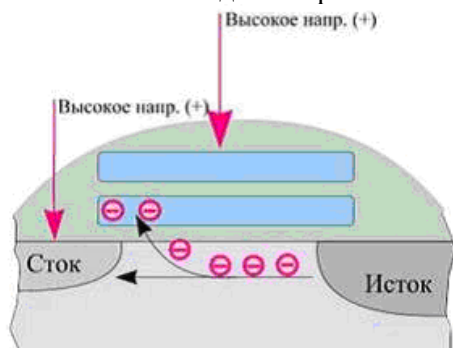


Рисунок 4 - Процесс программирования (запись)

При стирании высокое напряжение подается на исток. На управляющий затвор (опционально) подаётся высокое отрицательное напряжение. Электроны туннелируют на исток.

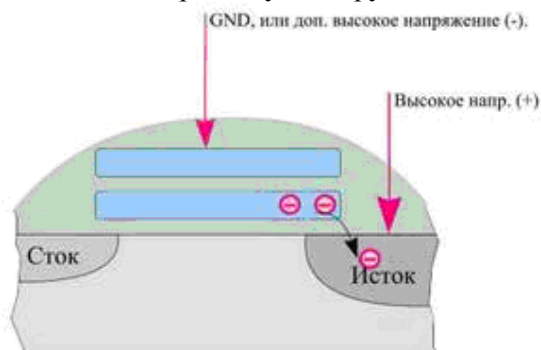


Рисунок 5 - Процесс стирания

Процедуры стирания и записи сильно изнашивают ячейку флэш-памяти, поэтому в новейших микросхемах некоторых производителей применяются специальные алгоритмы, оптимизирующие процесс стирания-записи, а также алгоритмы, обеспечивающие равномерное использование всех ячеек в процессе функционирования.

Доступ к флэш-памяти

Существует три основных типа доступа:

- обычный (Conventional): произвольный асинхронный доступ к ячейкам памяти.
- пакетный (Burst): синхронный, данные читаются параллельно, блоками по 16 или 32 слова. Считанные данные передаются последовательно, передача синхронизируется. Преимущество перед обычным типом доступа - быстрое последовательное чтение данных. Недостаток - медленный произвольный доступ.
- страничный (Page): асинхронный, блоками по 4 или 8 слов. Преимущества: очень быстрый произвольный доступ в пределах текущей страницы. Недостаток: относительно медленное переключение между страницами.

Примечание: В последнее время появились микросхемы флэш-памяти, позволяющие одновременную запись и стирание (RWW - Read While Write или Simultaneous R/W) в разные ячейки памяти.

Карты памяти (флэш-карты)

Наиболее распространенные типы карт памяти:

CompactFlash (CF) (I,II), MultiMedia Card, SD Card, Memory Stick, SmartMedia, xD-Picture Card, PC-Card (PCMCIA или ATA-Flash).

Флэш-карты бывают двух типов: с параллельным (parallel) и с последовательным (serial) интерфейсом.

Параллельный:

- PC-Card (PCMCIA или ATA-Flash)
- CompactFlash (CF)
- SmartMedia (SSFDC)

Последовательный:

- MultiMedia Card (MMC)
- SD-Card (Secure Digital - Card)
- Sony Memory Stick

1. PC-Card (PCMCIA) или ATA Flash

Интерфейс: параллельный



Рисунок 6 - Вид PC-Card (PCMCIA или ATA-Flash)

Самым старым и самым большим по размеру следует признать PC. Карта снабжена ATA контроллером. Благодаря этому обеспечивается эмуляция обычного жесткого диска. В настоящее время флэш-память этого типа используется редко. PC Card бывает объемом до 2GB.

Существует три типа PC Card ATA (I, II и III). Все они отличаются толщиной (3,3 5,0 и 10,5 мм соответственно). Все три типа обратно совместимы между собой (т.е. в слот типа III можно вставить карты типа II и типа I, но не наоборот).

Карты флэш-памяти этого формата применяются в ноутбуках и в некоторых профессиональных моделях цифровых фотоаппаратов. При использовании специального проводника эти карты работают с компьютерами Pocket PC, Handheld PC. Компьютер и его операционная система видит карту флэш-памяти этого формата как обычный сменный накопитель, т.е. дополнительный диск.

ПК способен работать с такими картами флэш-памяти посредством контроллера, устанавливаемого во внутренний слот PCI либо при помощи внешних адаптеров – ридеров, подключаемых к разъему шины USB. Неудобство карт формата PC-Card в больших размерах.

2. Compact Flash (CF)

Интерфейс: параллельный, 50-ти контактный. Стандарт разработан компанией SanDisk в 1994 году.



Рисунок 7 - Вид CompactFlash

Карты Compact Flash - самый распространенный и недорогой тип сменной flash-памяти.

Карты бывают двух типов: I и II (первого и второго типа). Карты типа II толще карт типа I на 2 мм. В конструктивах Compact FlashType I выпускается карта flash-памяти, а в конструктивах Compact FlashType II выпускается разнообразная периферия: модемы, винчестеры, адаптеры, спутниковые навигаторы GPS, модули высокочастотной радиосвязи, ближнего радиуса связи Bluetooth и т.д.

В карты памяти Compact Flash встроен контроллер, упрощающий конструкцию слота, поэтому наличие слота Compact Flash почти не сказывается на стоимости портативного цифрового устройства, а переходники PC-card оказываются простыми и дешевыми. С картой памяти Compact Flash можно работать также, как со сменным накопителем.

3. SmartMedia (SSFDC - Solid State Floppy Disk Card)

Интерфейс: параллельный, 22-х контактный. Разработана в 1995 году компаниями Toshiba и Samsung.

8 из 22-х контактов карты используются для передачи данных, остальные используются для питания микросхемы, управления и несут на себе другие вспомогательные функции.

Толщина карты всего лишь 0,76мм.

SmartMedia - формат флэш-карт, не имеющий встроенного контроллера.

На карте имеется специальное углубление (в форме кружочка). Если в это место приклеить соответствующей формы токопроводящий стикер, то карта будет защищена от записи.



Рисунок 8 - Вид SmartMedia

4. xD-Picture Card

Интерфейс: параллельный, 22-х контактный. Анонсирован в 30 июля 2002 года компаниями Fujifilm и Olympus.



Рисунок 9 - xD-Picture Card

По словам разработчиков, XD следует расшифровывать как eXtreme Digital. Теоретически емкость карт xD может достигать 8ГБ.

Сообщается, что скорость записи данных на xD будет достигать 3 Мбайт/с, а скорость чтения - 5 Мбайт/с.

Размеры карты: 20 x 25 x 1,7 мм. Контакты у XD расположены, так же как и у SmartMedia, на лицевой части карты. Как и SmartMedia, xD не содержит контроллера.

Карта разработана в качестве замены SmartMedia и продается по сравнимой со SmartMedia цене (из-за отсутствия встроенного контроллера).

5. MMC (MultiMedia Card)

Интерфейс: последовательный, 7-ми контактный. Разработана в 1997 году компаниями Hitachi, SanDisk и Siemens.



Рисунок 10 - MMC

Внешне карта памяти MMC примерно вдвое меньше, чем карта CF. В карте MMC тоже присутствуют элементы контроллера, но основным отличием является механический переключатель блокировки, как у A-3,5.

Кроме описанного обычного MMC, существуют еще несколько стандартов карт MMC, такие как: RS-MMC, HS-MMC, CP-SMMC, PIN-SMMC.

6. SD Card

Интерфейс: последовательный, 9-ти контактный. Формат разработан компаниями Matsushita, SanDisk, Toshiba в 2000 году.



Рисунок 11 - SD Card

Фактически карточки SD являются дальнейшим развитием стандарта MMC. Флэш-карты SD обратно совместимы с MMC (в устройство с разъемом SD можно вставить MMC, но не наоборот).

Основные отличия от MMC:

По сравнению с MMC, в SD на 2 контакта больше. Оба новых контакта используются как дополнительные линии передачи данных. Эта особенность переводит карту из разряда карт с чисто последовательным интерфейсом в разряд карт с последовательно-параллельным интерфейсом.

В отличие от MMC, карты SD содержат т.н. механизм защиты авторских прав. Именно по этой причине карты и получили

свое название: SD-Card - SecureDigital Card [Secure - охранять, обезопасить].

На карточке присутствует переключатель защиты от записи - write protection switch (как на дискетах).

Обычно карточка несколько толще и тяжелее MMC.

7. Sony Memory Stick

Интерфейс: последовательный, 10-ти контактный. Разработана в 1998 году компанией Sony.

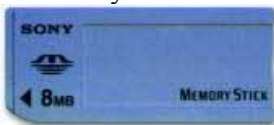


Рисунок 12 - Memory Stick

Особенных преимуществ перед картами flash-памяти других типов MemoryStick не имеет.

До недавнего времени голубые "палочки памяти" использовалась исключительно в цифровой фото-, аудио- и видео- технике фирмы Sony. В настоящее время Sony активно продвигает свой формат, и лицензирует технологию другим производителям.

Существует разновидность Memory Stick - Memory Stick Magic Gate (сокращенно MG). От обычного Memory Stick, MG отличается лишь цветом (цвет карточки - белый) и поддержкой механизма "защиты авторских прав".

Пытаясь угнаться за малым весом и размерами конкурирующих форматов (SD/MMC), в 2000 году Sony разработала ещё один формат - Memory Stick Duo.

8. MicroSD (Trans Flash)



Рисунок 13 - MicroSD

Осенью 2004 года компания SanDisk представила стандарт TransFlash, предназначенный прежде всего для мобильных телефонов.

Размерами новые карты были сравнимы с ногтем большого пальца, и поэтому сразу заинтересовали производителей мобильных телефонов. Первым заказчиком SanDisk стала Motorola, обеспечившая поддержку TransFlash в целой линейке продукции. Затем к лагерю приверженцев этого стандарта примкнула Samsung, затем LG Electronics. Размеры карт microSD составляют 11x15x1 мм, вес – около 1 грамма. Безусловно, такие показатели делают этот стандарт лучшим выбором для сверхпортативных устройств. SecureDigital Card Association заявила, что ставит перед собой цель сделать microSD стандартом де-факто для мобильных телефонов. К сегодняшнему дню на рынке появились карты microSD емкостью от 512 Мбайт до 8 Гб.

9. Memory Stick Micro (M2)



Рисунок 14 - Memory Stick Micro

В 2005 году компания Sony анонсировала выход в свет карты памяти нового стандарта - Memory Stick Micro. Выход этой карты - требование времени, времени глобальной миниатюризации цифровых устройств. Карты памяти Memory Stick Micro M2, будут использоваться как носитель информации во всех новых моделях мобильных телефонов под маркой Sony Ericsson (в частности K850i, K910i, W890i). Micro M2 полностью совместима с технологией защиты авторских прав "Magic Gate" от Sony. Точные габариты карты составляют: 12,5x15,0x1,2 миллиметров, вес – всего один грамм. Максимальная скорость передачи данных заявлена Sandisk 10 Мб/сек при чтении, 3Мб/сек при записи. Memory Stick Micro M2 работает в диапазоне напряжений 1,8-3,3 вольт. Максимальная емкость карты 8Гб памяти этого вида реа-

лизована в продукте компании SanDisk Corporation – Memory Stick Micro (M2) 8GB.

Другие форм-факторы флэш-памяти

Часто можно встретить флэш-память в виде устройств, заменяющих обычные жёсткие диски (Disk On Module (DOM)-накопители). Такие накопители имеют стандартный интерфейс IDE и используются в устройствах, работающих в экстремальных условиях (повышенная тряска, пыль и т.п.) – там, где обычные жесткие диски, по тем, или иным причинам применять нежелательно.

Для переноса данных удобно использовать накопители с интерфейсом USB. Примером такого портативного накопителя является USB JetFlash.

Контрольные вопросы

1. Объясните устройство и принцип работы Flash-памяти.
2. Какие типы карт Flash-памяти существуют?

Рекомендуемые источники

1) Максимов Н. В. Технические средства информатизации [Электронный ресурс] : учебник / Н. В. Максимов. – Москва: Издательство "ФОРУМ", 2013. – 608 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-91134-763-5. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=410390>.

2) Шишов О. В. Современные технологии и технические средства информатизации [Электронный ресурс] : Учебник / О. В. Шишов. – Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2012. – 462 с. – ISBN 978-5-16-005369-1. – Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=263337>.

