

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Хакасский государственный университет им. Н. Ф. Катанова»  
Колледж педагогического образования, информатики и права  
ПЦК естественнонаучных дисциплин, математики и информатики

## РЕФЕРАТ

на тему:  
Изучение Флэш-памяти: Типы и принципы работы.

Автор реферата: \_\_\_\_\_ Е.Ю.Федосеева  
(подпись) (инициалы, фамилия)

Специальность: 09.02.03 - Программирование в компьютерных системах

Курс: II  
Группа: И-21  
Зачет/незачет: \_\_\_\_\_

Руководитель: \_\_\_\_\_ Ю.А. Кончакова  
(подпись, дата) (инициалы, фамилия)

г. Абакан, 2015 г.

## Содержание

|   |    |
|---|----|
| Введение.....   | 3  |
| 1. История создания Flash –памяти.....                  | 4  |
| 2. Предназначения Flash –памяти.....                    | 6  |
| 2.1. Организация flash памяти.....                      | 6  |
| 2.2. Выяснение понятий туннелирования и стирания.....   | 7  |
| 3. Типы Flash -памяти.....                              | 9  |
| 4. Достоинства и недостатки.....                        | 11 |
| 4.1. Достоинства.....                                   | 11 |
| 4.2. Недостатки.....                                    | 11 |
| 5. Применение Flash -памяти в цифровых устройствах..... | 13 |
| 6. Технические характеристики флэш-устройств.....       | 14 |
| Заключение.....   | 16 |
| Список литературы.....                                  | 17 |

## **Введение**

Flash -память – это очень важное и очень популярное понятие в мире высоких технологий. Это тип памяти, который на длительное время сохраняет определенную информацию на своей плате, не используя при этом питания. Запоминающие устройства завоевали огромную популярность в наше время. Уже всем известные компьютерные Flash-накопители – миниатюрные брелки с разъёмом под USB. Flash-накопители превратились в универсальное средство для хранения и переноса различной информации. Без карты памяти нельзя представить цифровой фотоаппарат, или графический планшет. Так слотами для сменных флэш-карт оснащаются всё больше мобильных телефонов, плееров и других портативных и уже даже стационарных устройств, таких как DVD проигрыватели – это увеличивает их функции и даёт пользователям больше удобства неограниченной внешней памяти. Действительно, по практичности им практически нет равных. Секретами большого успеха флэшек на рынке являются большой и часто растущий объём, который измеряется высокими гигабайтами; высокое быстродействие и хорошая надёжность хранения данных; еще одним большим плюсом - компактность Flash -карт; так же неприхотливость к внешней среде и отсутствие подвижных деталей; низкое энергопотребление и, наконец, удобство подключения и использования. Все это сказывается на массовом выпуске и повсеместной доступности этих уже популярных изделий.

Целью написания данного реферата является выяснение основных принципов работы, предназначения Flash -памяти и история ее создания, так же рассмотрение технологии изготовления.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- Собрать необходимую литературу о флэш-памяти.
- Проанализировать собранные данные о флэш-памяти.
- Рассмотреть типы флеш-памяти.

- Изучить принципы работы флеш-памяти.
- Выяснить что такое "туннелирование" и "стирание" в флеш-памяти.

## 1. История создания Flash -памяти

Первой энергонезависимой памятью была ROM (ПЗУ) - Read Only Memory. Данный тип имел единственный цикл записи. Он осуществлялся сразу при производстве, путем нанесения алюминиевых дорожек между ячейками ROM литографическим способом. Наличие такой дорожки означает 1, отсутствие 0. Этот вид памяти не приобрел большой популярности из-за того, что процесс изготовления микросхемы ROM занимает длительное время (обычно от 4 до 8 недель). Но, стоимость памяти довольно низкая, а информацию с нее можно стереть только молотком или паяльной лампой. Вскоре возникла новая необходимость в перезаписи памяти, а каждый раз выпускать ПЗУ с новыми данными было дорого. Поэтому ROM сменила PROM (Programmable ). Микросхему с такой памятью можно было подвергнуть повторному (только единственному) прожигу с помощью программатора. PROM производилась немного по другой технологии. Дорожки между ячейками были заменены плавкими перемычками, они могли быть разрушены путем подачи высокого напряжения на микросхему. Таким образом, появился единственный цикл перезаписи.

ROM и PROM относятся к виду неперезаписываемой энергонезависимой памяти. В 1971 году Intel выпускает новую микросхему памяти - EPROM (Erasable Programmable). Эту микросхему можно было подвергать неоднократной перезаписи с помощью облучения чипа рентгеновскими и ультрафиолетовыми лучами. Повторная запись данных осуществляется также на программаторах (как в ROM и EPROM). Вообще, EPROM была основана на МОП (металл-оксид-полупроводник) транзисторах. Запись данных в ячейки данного транзистора производилась методом лавинной инжекции заряда. Этот метод давал возможность неоднократно перезаписывать данные в памяти (хотя количество циклов было ограниченным). Вместе с EPROM рождается поколение NVRWM, что расшифровывается как NonVolatile Read-Write Memory. Но, несмотря на новую технологию, этот вид был вытеснен с продаж другими видами памяти.

Через восемь лет, в 1979 году после выхода EPROM, фирма Intel разрабатывает новый вид памяти, он мог быть перезаписан частями. С помощью электрического тока становится возможным изменение данных в определенной ячейке микросхемы. Это новшество уменьшало время программирования и позволяло отказаться от внешних устройств-программаторов. Чтобы записать данные в память, достаточно было подключить к системной шине микропроцессора, это значительно упрощало работу с микросхемой. Но стоимость EEPROM была очень высокой. Это неудивительно, потому что процесс производства такой памяти был очень сложным. В отличие от предыдущего EPROM, увеличивалось количество циклов перезаписи информации.

Сама флеш-память была создана задолго до появления первого USB Flash Drive. Ее история берет начало в 1984 году, когда инженер компании Toshiba Фудзио Масуока представил свою разработку на конференции IEEE в Сан-Франциско. Само название flash было придумано коллегой Масуоки, Сёдзи Ариидзуми, который сравнил процесс стирания данных из памяти со вспышкой (англ. flash — вспышка). Спустя четыре года Intel выпускает свой вариант Flash-памяти (поэтому иногда ее создание незаслуженно приписывают этой компании). Сразу после этого начался интенсивный процесс развития этого вида, хотя EEPROM еще долгое время имел популярность на рынке.

## 2. Предназначения Flash -памяти

Flash -память служит для хранения обновляемых программ и данных, которые можно изменять, в самых разных системах, включая мобильные телефоны, модемы, цифровые фото и видео камеры, и многое другое. Так, в разработках сотовых телефонов параметрические блоки Flash -памяти используют для хранения номеров в телефоне (SIM-карта). Flash -память преобразуется электрически внутрисистемно, но подобно ПЗУ, флэш энергонезависима и хранит данные даже после отключения питания. Однако, Flash нельзя переписывать побайтно. Flash -память читается и записывается байт за байтом и предъявляет новое требование: ее нужно стереть перед тем, как записывать новые данные.

### 2.1 Организация flash-памяти

Ячейки флэш-памяти бывают как на одном, так и на двух транзисторах. 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. 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 тунеллирования. Как правило, наличие заряда на транзисторе понимается как логический "0", а его отсутствие - как логическая "1". Современная флэш-память обычно изготавливается по 0,13- и 0,18-микронному техпроцессу.

Общий принцип работы ячейки флэш-памяти. Рассмотрим простейшую ячейку флэш-памяти на одном n-p-n транзисторе. Ячейки подобного типа чаще всего применялись во flash-памяти с NOR архитектурой, а также в микросхемах EPROM. Поведение транзистора зависит от количества электронов на "плавающем" затворе. "Плавающий" затвор играет ту

же роль, что и конденсатор в DRAM, т. е. хранит запрограммированное значение. Помещение заряда на "плавающий" затвор в такой ячейке производится методом инъекции "горячих" электронов (CHE - channel hot electrons), а снятие заряда осуществляется методом квантомеханического туннелирования Фаулера-Нордхейма. При чтении, в отсутствие заряда на "плавающем" затворе, под воздействием положительного поля на управляющем затворе, образуется n-канал в подложке между истоком и стоком, и возникает ток. Наличие заряда на "плавающем" затворе меняет вольт-амперные характеристики транзистора таким образом, что при обычном для чтения напряжении канал не появляется, и тока между истоком и стоком не возникает. При программировании на сток и управляющий затвор подаётся высокое напряжение (причём на управляющий затвор напряжение подаётся приблизительно в два раза выше). "Горячие" электроны из канала инжектируются на плавающий затвор и изменяют вольт-амперные характеристики транзистора. Такие электроны называют "горячими" за то, что обладают высокой энергией, достаточной для преодоления потенциального барьера, создаваемого тонкой плёнкой диэлектрика. [pic] При стирании высокое напряжение подаётся на исток. На управляющий затвор (опционально) подаётся высокое отрицательное напряжение. Электроны туннелируют на исток.

## **2.2 Выяснение понятий туннелирования и стирания**

Туннелирование используется для изменения распределения электронов в плавающем затворе. К нему прикладывают электрическое напряжение от 10 до 13 Вольт. Заряд поступает со столбца до плавающего затвора и стекает на землю. Это приводит к тому, что транзистор с плавающим затвором начинает работать как электронная пушка. Возбужденные электроны проталкиваются через тонкий оксидный слой и задерживаются на противоположной стороне, тем самым добавляя ему отрицательный заряд. Эти отрицательно заряженные электроны действуют как барьер между управляющим и плавающим затворами. Устройство,

называемое cell sensor (сенсор ячейки), следит за уровнем заряда, проходящего через плавающий затвор. Если через затвор проходит более 50 процентов заряда, он имеет значение 1. Если проходит менее 50 процентов заряда, значение меняется на 0. В незаписанном EEPROM все затворы открыты, то есть каждая ячейка имеет значение 1. Электроны ячеек чипов Flash -памяти могут вернуться в нормальное состояние, если приложить электрическое поле с зарядом более высокого напряжения. Внутри Flash -памяти имеется встроенная схема, которая предназначена для того, чтобы подавать нужное электрическое поле на весь чип, либо на заранее определенные для него секции или блоки. Подача данного электрического поля приводит к стиранию записанной информации на участке чипа, потом можно перезаписывать информацию на этом участке. Flash -память работает намного быстрее, чем обычная память EEPROM, поскольку, вместо стирания одного бита в каждый определенный момент времени, стирается сразу целый блок или даже весь чип, после чего на этом месте информация перезаписывается.

### 3. Типы Flash -памяти

На сегодня производители выпускают накопители на Flash-памяти нескольких типов:

- карты Compact Flash,
- SmartMedia, MultiMedia Card,
- SecureDigital Card, Memory Stick,
- USB-ключи.

Первыми накопителями на флэш-памяти, которые появились на рынке, были карты ATA Flash. Они изготавливаются в виде стандартных карт PC Card. В ATA Flash устанавливается ATA-контроллер, и при работе они имитируют IDE-диск. Карты ATA Flash не получили широкого распространения и в настоящее время используются крайне редко. Карты Compact Flash были предложены компанией SanDisk в качестве более компактной и удобной в работе альтернативы картам ATA Flash (1994 г). Все карты данного типа имеют 50-контактный параллельный интерфейс. Существуют карты CF двух типов — Type I и Type II. Карты Type II на два миллиметра толще и появились потому, что раньше корпуса карт первого типа не позволяли разместить внутри флэш-память большого объема для изготовления вместительных носителей CF. На данный момент такой необходимости нет и карты Type II уже уходят с рынка. В накопители для карт Type II можно устанавливать карты Type I, но обратный процесс невозможен. Карты SmartMedia (SM) очень просты. В карте SM нет встроенного контроллера интерфейса и одна или две микросхемы памяти, «упакованные» в пластиковый кожух. Стандарт SM был разработан компаниями Toshiba и Samsung в 1995 г. Интерфейс этих карт SM — параллельный, из 22 контактов, но из всех для передачи данных используется лишь восемь линий. Multi-Media Card (MMC) имеют 7-контактный последовательный интерфейс, разрабатываемый на частоте до 20 МГц. Внутри пластикового корпуса карты помещена микросхема флэш-памяти и контроллер MMC-интерфейса. SecureDigital Card (SD) самый молодой стандарт флэш-карт,

который был разработан в 2000 г. компаниями Matsushita, SanDisk и Toshiba. Фактически SD — это последующее развитие MMC, поэтому карты MMC можно устанавливать в накопители SD. Интерфейс SD — 9-контактный, последовательно-параллельный, данные которых могут передаваться по одной, двум или четырем линиям одновременно, работа на частоте до 25 МГц. Карты оснащаются переключателем для защиты всего содержимого от записи. Memory Stick - Стандарт флэш-карт с 10-контактным последовательным интерфейсом, работающим на частоте до 20 МГц, так же имеет переключатель для защиты от записи. MS активно продвигается на рынок компанией Sony, которая предложила его в 1998 г. USB- Flash -память — новый тип носителей Flash -памяти, появившийся на рынке совсем недавно, в 2001 г. По форме USB-память напоминает брелок продолговатой формы, который состоит из двух половинок — защитного колпачка и накопителя с USB-разъемом, внутри которого размещаются одна или две микросхемы флэш-памяти и USB-контроллер. Работать с этой очень удобно, для этого не требуется никаких дополнительных устройств. Достаточно иметь под рукой ПК с незанятым USB -портом, чтобы за пару минут запустить содержимого этого накопителя. В худшем случае нужно установить драйверы USB-памяти, в лучшем — новое USB-устройство и логический диск появятся в системе автоматически. Применение USB-флэш-памяти, несомненно, более удобное решение для переноса данных, чем флэш-карты, для них не требуется дополнительных флэш-накопителей. Благодаря большой скорости, объёму и компактным размерам USB флеш-накопители уже вытеснили с рынка дискеты. Например, компания Dell с 2003 года больше не выпускает компьютеры с дисководом гибких дисков. В данный момент выпускается очень широкий ассортимент USB флеш-накопителей, разных форм, цветов и размеров. На рынке присутствуют флешки с автоматическим шифрованием записываемых на них данных. Японская компания Solid Alliance выпускает флешки даже в виде еды.

## **4. Достоинства и недостатки**

### **4.1 Достоинства**

Для хранения данных не требуется какой-либо дополнительной энергии, то есть flash-память - энергонезависимое устройство. Энергия требуется для записи данных, так как совсем без затрат тут не обойтись. По сравнению с компакт-дисками или дискетами затрат энергии при работе с flash-устройством гораздо меньше. Поэтому flash-память является очень экономной с точки зрения затрат энергии. Для записи данных на flash-микросхему требуется в 10-20 раз меньше энергии, чем при тех же действиях с компакт-дисками или дискетой. Flash-микросхема позволяет многократно (но не бесконечно) перезаписывать данные. То есть flash-память, это перезаписываемое устройство для хранения данных. Накопитель на основе flash-микросхем не содержит в себе никаких движущихся механических узлов и устройств, так как это твердотельная память. Flash-устройства отличаются устойчивостью к механическим воздействиям: нет механики, значит нечему и ломаться. Например, flash-накопитель способен выдержать удары в 10-20 раз более сильные, чем те, которые просто “убивали” бы компьютерный винчестер. И не только выдержать, но даже работать в условиях тряски и жесткого “избиения”. Компактность – еще одно важное преимущество накопителей на flash-памяти, которое предопределило использование flash-устройств в разнообразных малогабаритных гаджетах и устройствах. Информация, записанная на флэш-память, как правило, может храниться очень длительное время (от 10, а по некоторым данным, и до 100 лет). Получается, что flash-микросхема является устройством для долговременного хранения данных.

### **4.2 Недостатки**

flash-память стоит дороже, чем дискеты, компакт-диски или компьютерные винчестеры. Flash-память работает намного медленнее, чем оперативная память на основе микросхем SRAM и DRAM. И даже по сравнению с жестким диском flash-накопитель является аутсайдером. Например, средняя скорость считывания данных с flash-накопителя составляет 5 Мб/с, а записи – 3 Мб/с.

В то же время жесткий диск может обмениваться данными со скоростью до 30 Мб/с. Еще одним серьезнейшим недостатком, который уже упоминался выше является–ограничение flash-памяти по количеству циклов перезаписи. Предел колеблется от 10 000 до 1 000 000 циклов для различных типов микросхем. И даже если миллион операций записи/стирания – это немало, наличие физического предела использования микросхемы памяти считается серьезным недостатком flash-устройств.

## **5. Применение Flash -памяти в цифровых устройствах**

Благодаря таким свойствам как компактность, низкая себестоимость, хорошая механическая прочность, высокая скорость работы и низкое энергопотребление флэш-память широко используется в цифровых портативных устройствах и различных носителях информации. В видео и фотокамерах, в диктофонах, в MP3-плеерах, в мобильных телефонах, смартфонах и коммуникаторах. Этот тип памяти практически полностью завоевал почти все области бытовой и промышленной электроники. Если телевизор "запоминает" номер программы и параметры настройки даже после того, как его выключили от электрической розетки, значит в нем обязательно присутствует микросхема флэш-памяти.

## 6. Технические характеристики флэш-устройств

Скорость записи чтения. 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). Указанная скорость в 100 означает  $100 \times 150 \text{ КБ/с} = 15\,000 \text{ КБ/с} = 14.65 \text{ МБ/с}$ . Объём памяти - одна из главных характеристик флэш-устройств. В основном объём чипа флеш-памяти измеряется от килобайт до нескольких гигабайт. При возможности записи и хранения на накопители такого большого объёма информации все большую роль играет скорость ее воспроизведения. Обычно, скорость записи составляет 5-7 мб/сек., а скорость чтения в полтора раза больше. Скорость чтения/записи зависит еще от специфики самой информации. Не важно, за сколько десятых секунды нужный файл передастся на компьютер. Другое дело – копирование музыкальных коллекций или фильмов. Запись одного фильма займет больше времени.

В 2005 году некоторые компании, которые изготавливают флэш-устройства, представили NAND чипы объёмом 1 ГБ, выполненные по технологии многоуровневых ячеек, где один транзистор хранит несколько бит, используя разный уровень электрического заряда на плавающем затворе. Для увеличения объёма в устройствах часто применяется массив из нескольких чипов. К 2007 году флэш-устройства и карты памяти уже имели объём от 512 МБ до 64 ГБ. Самый большой объём устройств составлял 4 ТБ. Преимущество флэш-карт очевидно и в надёжности хранения данных. Информация, записанная на флэш-память, способна выдерживать значительные механические нагрузки (в 5-10 раз превышающие предельно допустимые для обычных жёстких дисков). Кроме этого, она очень компактна. Размер Flash-карты составляет от 20 до 40 мм в длину и ширину, толщина от 3 мм, а вес – от 2,2 грамм. Современная Flash -память выдерживает до 100 000 операций записи на сектор. Если каждый день пользователь будет полностью перезаписывать содержимое Flash -устройства, то диск выдержит десятки лет. Но при использовании его в качестве рабочего,

количество циклов записи может измеряться десятками и сотнями в день, в зависимости от используемой программы. Средний срок службы Flash -устройств, определяемый их производителями – 10 лет. Также некоторые флэш-устройства имеют встроенный контроллер, который производит обнаружение и исправление ошибок и старается равномерно использовать ресурс перезаписи флеш-памяти.

## **Заключение**

В заключении можно сказать, что Flash-память на данный момент является очень удобной и полезной, объединяющая в себе черты, которые присущи одновременно и постоянной и оперативной памяти. С помощью flash-памяти можно увеличить объем у многих малогабаритных запоминающих устройств. Это обеспечивает их пользователей различными возможностями по хранению данных, их размер ограничен только количеством имеющихся в наличии flash-накопителей.

## Список литературы

1. Дмитриев А. Принцип работы флэш-памяти // Hobbyits.com. – 2012. 20 февраля [Электронный ресурс]. URL: <http://hobbyits.com/cifrovye-tekhnologii/princip-raboty-i-ustrojstvo-flesh-pamyati.html> (Дата обращения: 23.01.2016).
2. Мигачев И. Флэш-память: типы и принципы // Bestreferat.ru. – 2005. 26 сентября [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bestreferat.ru/referat-421.html> (Дата обращения: 21.01.2016).
3. Билецкий П. Flash память // Библиофонд. – 2003. 25 марта [Электронный ресурс]. URL: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=134692> (Дата обращения: 21.01.16).
4. Трегубова Е. Флэш-память. Принципы работы // allbest. – 2011. 27 ноября [Электронный ресурс]. URL: <http://knowledge.allbest.ru/programming/3c0a65635a2bc78a5d43b88521216d27.html> (Дата обращения: 21.01.16).
5. Достов В. Как работают флэш-карты // Guru.ua. – 2011. 9 августа [Электронный ресурс]. URL: [http://enc.guru.ua/?title\\_id=6](http://enc.guru.ua/?title_id=6) (Дата обращения: 21.01.16).
6. Кузьмин А. flash память // А. Кузьмин. – М.: Изд-во Горячая линия – телеком, 2005. – 80 стр.
7. Флэш-память // Википедия. – 2010. 25 сентября [Электронный ресурс]. URL: <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/342620> (Дата обращения: 21.01.16).
8. Наконечный А. Флэш-память// А. Наконечный. – М.: Изд-во Электронные книги, 2009. – 538с.
9. Кожемяко А. Карта памяти SanDisk Ultra microSDXC 200 ГБ и некоторые другие сопутствующие вопросы // IXBT.com. – 2015. 11 ноября [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ixbt.com/data/flash/> (Дата обращения: 21.01.16).
10. Мигачев И.Б. Флэш-память // Ремонт и настройка ПК. – 2009. 24 октября [Электронный ресурс]. URL: [http://allpc.ucoz.ru/publ/ustrojstva\\_pk/flesh\\_pamjat\\_flash\\_memory/3-1-0-52](http://allpc.ucoz.ru/publ/ustrojstva_pk/flesh_pamjat_flash_memory/3-1-0-52) (Дата обращения: 21.01.16).