



## Флеш-память

**Флеш-память** - особый вид *энергонезависимой перезаписываемой полупроводниковой памяти.*

Энергонезависимая - не требующая дополнительной энергии для хранения данных (энергия требуется только для записи).

Перезаписываемая - допускающая изменение (перезапись) хранимых в ней данных.

Полупроводниковая (твердотельная) - не содержащая механически движущихся частей (как обычные жёсткие диски или CD), построенная на основе интегральных микросхем

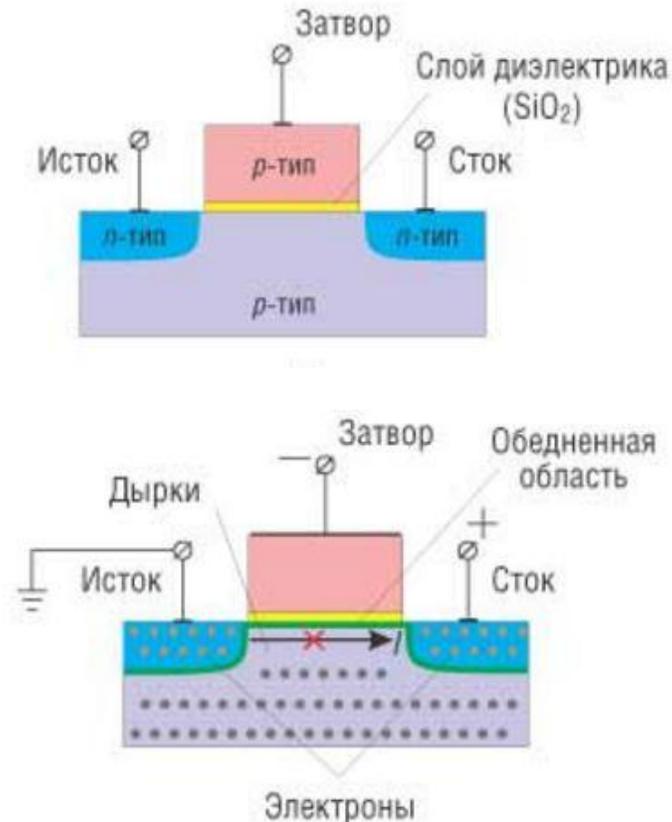


Название флэш-памяти было дано во время разработки первых микросхем (в начале 1980-х годов) как **характеристика скорости стирания** флэш-памяти (от англ. «in a flash» - в мгновение ока).

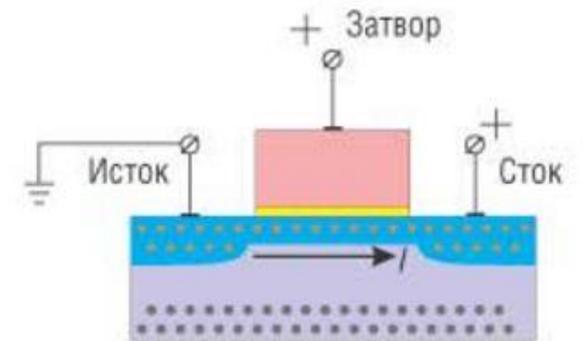
# Принцип записи и считывания информации на устройствах флеш-памяти

Между флэш-памятью и динамической RAM-памятью (ОЗУ), равно как и ROM-памятью (ПЗУ), есть много общего. Принципиальное различие заключается прежде всего в строении самой элементарной ячейки. Если в динамической памяти элементарной ячейкой является конденсатор, то во флэш-памяти роль ячейки памяти выполняет КМОП-транзистор особой архитектуры. И если в обычном КМОП-транзисторе имеется три электрода (сток, исток и затвор), то во флэш-транзисторе (в простейшем случае) добавляется еще один затвор, называемый плавающим.

## Структура обычного КМОП-транзистора



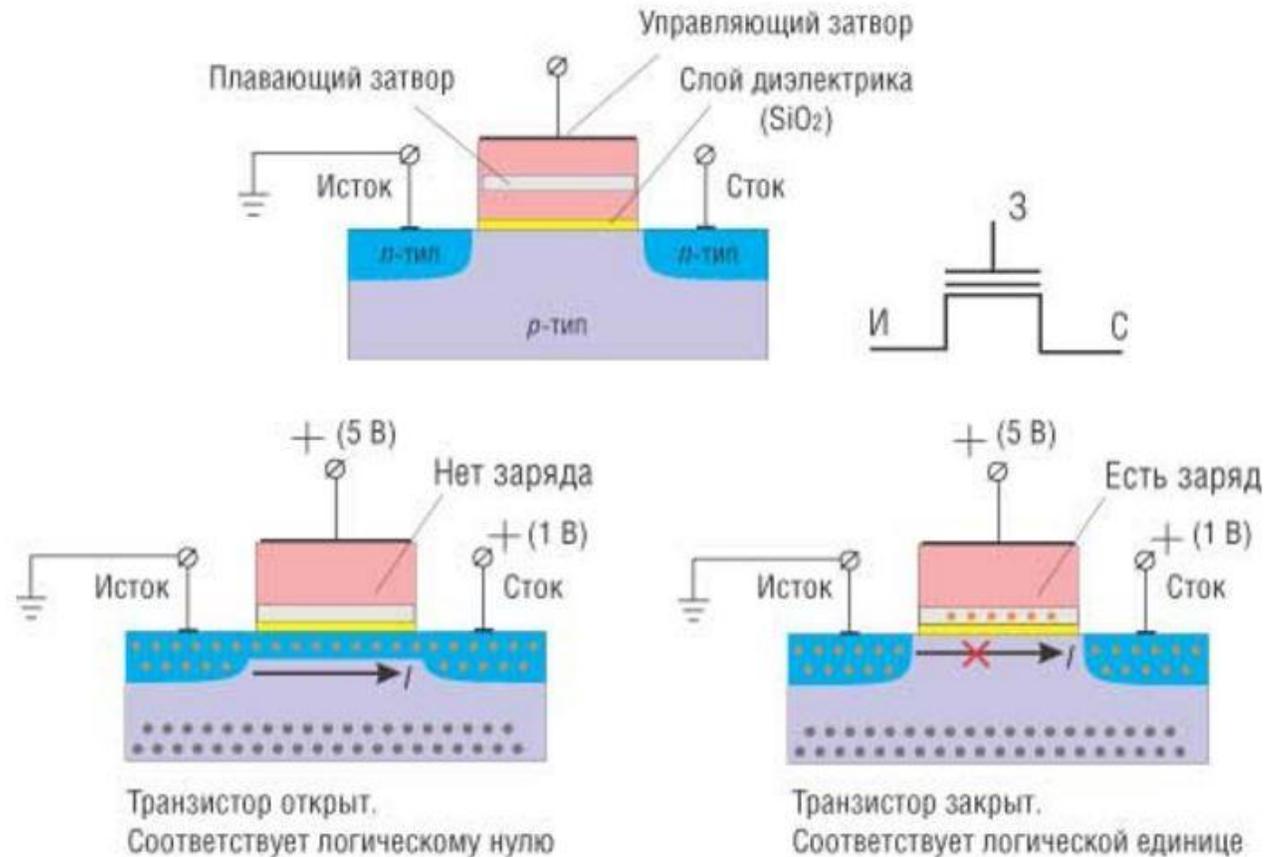
За счет дрейфа дырок и электронов, а также под воздействием электрического поля затвора на границах  $p$ - $n$ -переходов и в подзатворной области образуется обедненный слой, препятствующий переносу заряда от истока к стоку. Транзистор находится в закрытом состоянии



Под воздействием электрического поля затвора в подзатворной области образуется  $n$ -канал, способствующий переносу электронов от истока к стоку. Транзистор находится в открытом состоянии

Если на управляющий затвор подается положительное напряжение, то при отсутствии заряда на плавающем затворе транзистор открыт и напряжение между стоком и истоком мало, что соответствует логическому нулю. Если же на плавающем затворе имеется отрицательный заряд, своим полем экранирующий поле, создаваемое управляющим затвором, то транзистор оказывается в закрытом состоянии, что соответствует высокому напряжению между стоком и истоком (логическая единица). Получается своеобразная элементарная ячейка памяти, способная сохранять один информационный бит.

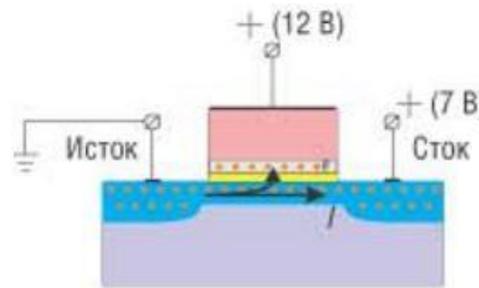
## Структура КМОП-транзистора с плавающим затвором



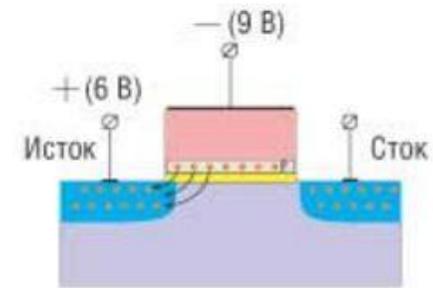
Помещение заряда на плавающий затвор (процесс записи) реализуется либо методом инжекции горячих электронов (CHE-Channel Hot Electrons), либо методом туннелирования Фаулера-Нордхейма

Для удаления заряда с плавающего затвора (процесс стирания ячейки памяти) на управляющий затвор подается высокое (порядка 9 В) отрицательное напряжение, а на область истока — положительное напряжение (рис. 4). Это приводит к тому, что электроны туннелируют из области плавающего затвора в область истока (квантовое туннелирование Фаулера-Нордхейма — Fowler-Nordheim, FN).

## Процесс записи и стирания информации



Перенос заряда в область плавающего затвора (процесс записи) происходит за счет квантового эффекта туннелирования электронов через слой диэлектрика



Снятие заряда (стирание) осуществляется методом квантомеханического туннелирования Фаулера-Нордхейма (Fowler-Nordheim)

Ячейка флэш-памяти на основе транзистора с плавающим затвором, способная сохранять один бит информации, может использоваться для создания массивов энергонезависимой памяти. Для этого нужно только соответствующим образом объединить в единый массив множество ячеек, то есть создать архитектуру памяти. Существует несколько типов архитектур флэш-памяти, но наибольшее распространение получили архитектуры NOR и NAND.

# Архитектура флеш-памяти

Существует несколько типов архитектур флэш-памяти, но наибольшее распространение получили архитектуры NOR и NAND.

## NOR

Устройства энергонезависимой памяти относительно небольшого объёма, требующие быстрого доступа по случайным адресам и с гарантией отсутствия сбойных элементов:

- Встраиваемая память программ однокристальных микроконтроллеров. Типовые объёмы — от 1 кбайта до 1 Мбайта.
- Стандартные микросхемы [ПЗУ](#) произвольного доступа для работы вместе с микропроцессором.
- Специализированные микросхемы начальной загрузки компьютеров ([POST](#) и [BIOS](#)), процессоров [ЦОС](#) и [программируемой логики](#). Типовые объёмы — единицы и десятки мегабайт.

Максимальное значение объёмов микросхем NOR — до 256 [Мбайт](#)

## NAND

В первую очередь NAND флеш-память применяется во всевозможных мобильных носителях данных и устройствах, требующих для работы больших объёмов хранения. В основном, это [USB-брелоки](#) и [карты памяти](#) всех типов, а также мобильные устройства, такие, как телефоны, фотоаппараты, медиаплееры.

Скорость стирания варьируется от единиц до сотен миллисекунд. Скорость записи — десятки-сотни микросекунд. Обычно скорость чтения для NOR-микросхем нормируется в десятки наносекунд. Для NAND-микросхем скорость чтения составляет десятки микросекунд.

## Карты памяти и USB флеш-накопители

**Флэш-память** представляет собой микросхему, помещенную в миниатюрный плоский корпус.

Микросхемы флэш-памяти могут содержать миллиарды ячеек, каждая из которых хранит 1 бит информации.

Информационная емкость карт флэш-памяти может достигать **сотен Гбайт**.

Информация записанная на флэш-память, может очень **долго храниться** (от 20 до 100 лет).



**USB-флеш-накопитель** - запоминающее устройство, использующее в качестве носителя флэш-память, и подключаемое к компьютеру или иному считывающему устройству по интерфейсу USB.

# Твердотельные накопители SSD

**Твердотельный накопитель** (англ. **SSD**, *solid-state drive*) — компьютерное немеханическое запоминающее устройство на основе микросхем памяти. Кроме них, SSD содержит управляющий контроллер.



*Различают два вида твердотельных накопителей:*

- SSD на основе памяти, подобной оперативной памяти компьютеров
- SSD на основе флэш-памяти.

В настоящее время твердотельные накопители используются в компактных устройствах: ноутбуках, нетбуках, коммуникаторах и смартфонах, но могут быть использованы и в стационарных компьютерах для повышения производительности по сравнению с жесткими дисками (винчестерами).

## Достоинства и недостатки SSD

Главный недостаток SSD — ограниченное количество циклов перезаписи.

Обычная (MLC, Multi-level cell, многоуровневые ячейки памяти) флеш-память позволяет записывать данные примерно 10 000 раз.

Более дорогостоящие виды памяти (SLC, Single-level cell, одноуровневые ячейки памяти) — более 100 000 раз.

Для борьбы с неравномерным износом применяются схемы балансирования нагрузки.

Контроллер хранит информацию о том, сколько раз какие блоки перезаписывались и при необходимости «меняет их местами».

Данный недостаток отсутствует у RAM SSD, а также у относительно новой технологии FRAM, где ресурс хоть и ограничен, но практически недостижим в реальной жизни числом циклов перезаписи (до 40 лет в режиме непрерывного чтения/записи).

Преимущества:

Отсутствие движущихся частей, отсюда:

Полное отсутствие шума (уровень шума — 0 дБ);

- Высокая механическая стойкость (порядка 1500 g);
- Стабильность времени считывания файлов

Высокая скорость чтения/записи, нередко превосходящая пропускную способность интерфейса жесткого диска и ещё более высокая скорость чтения/записи относительно недорогих распространенных жестких дисков.

## Заключение

Запоминающие устройства на основе флеш-памяти обладают как преимуществами так и недостатками.

К преимуществам можно отнести высокую скорость обработки информации и меньшую хрупкость по сравнению с оптическими дисками и винчестерами, а также отсутствие шума, низкое энергопотребление и компактность.

К недостаткам можно отнести ограниченное число перезаписи информации и высокую стоимость по сравнению с другими запоминающими устройствами.



## Источники информации

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Флеш-память>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Твердотельный\\_накопитель](https://ru.wikipedia.org/wiki/Твердотельный_накопитель)
3. <https://www.youtube.com/channel/UCFI31dsn8yхаarw6LZpSHWw>
4. <http://compress.ru/article.aspx?id=12401>