

Дата: 29.09.2023

Група: 24

Предмет: Інформаційні системи

УРОК 28

ТЕМА: «Флеш-пам'ять. Принципи роботи флеш-пам'яті. Типи пристроїв флеш-пам'яті»

МЕТА:

- Розглянути поняття «флеш пам'яті»
- Вивчити типи пристроїв флеш-пам'яті
- Опанувати принцип роботи флеш пам'яті
- Виховати інформаційно-освічену особу, цікавість до обраної професії, дисципліну та уважність

Вивчення нового матеріалу:

1. Основні відомості

Флеш-пам'ять — це тип довготривалої комп'ютерної пам'яті, вміст якої можна видалити чи перепрограмувати електричним методом.

На відміну від англ. Electronically Erasable Programmable Read-Only Memory, дії стирання виконуються лише блоками, на які розділений весь об'єм флеш-пам'яті. У перших розробках флеш-пам'яті весь об'єм складався лише з одного блока, її чип повинен був очищуватись повністю за один раз. При значно меншій ціні та значно більших об'ємах флеш-пам'яті у порівнянні з EEPROM, вона стала домінуючою технологією у випадку, коли необхідно довготривале, стійке збереження інформації. Приклади її застосування найрізноманітніші: від цифрових аудіоплеєрів, камер до мобільних телефонів і КПК. Флеш-пам'ять також використовується в USB флеш-дисках («пальчикового» або «переносного диску»), які зазвичай використовуються для збереження та передавання даних між двома комп'ютерами. Деяку популярність вона отримала в геймерському світі, де часто використовували EEPROM'и чи залежну від живлення SDRAM пам'ять для збереження інформації щодо прогресу гри.



Флеш пам'ять — це один з типів пам'яті, яка може на довготривалий час зберігати певну інформацію, зовсім не використовуючи живлення. Крім цього, флеш-пам'ять має високу швидкість доступу до даних (хоча вона не настільки висока як у DRAM), кращий опір до зовнішніх впливів (кінетичний шок, вібрація, температура) та менше енергоспоживання, ніж у жорстких дисків. Ці характеристики пояснюють популярність флеш пам'яті для приладів, що залежать від батарейного живлення. Носії пам'яті, виконані з використанням флеш пам'яті (наприклад, карти пам'яті), набагато краще переносять зовнішні впливи та мають менший фізичний розмір, ніж інші носії даних (жорсткі диски, CD-ROM, DVD-ROM, магнітні стрічки). Основне слабке місце флеш-пам'яті - кількість циклів перезапису. Ситуація погіршується також у зв'язку з тим, що ОС часто записує дані в один і той же місце. Наприклад, часто оновлюється таблиця файлової системи, так що перші сектора пам'яті витратять свій запас значно раніше. Розподіл навантаження дозволяє істотно продовжити термін роботи пам'яті.



2. Типи флеш-пам'яті

Існують кілька типів карт пам'яті, використовуваних в портативних пристроях:

- **MMC (MultiMedia Card):** Картка в форматі MMC має невеликий розмір - $24 \times 32 \times 1,4$ мм. Розроблено спільно компаніями SanDisk і Siemens. MMC містить контролер пам'яті і володіє високою сумісністю з пристроями самого різного типу. У більшості випадків карти MMC підтримуються пристроями зі слотом SD.
- **RS-MMC (Reduced Size MultiMedia Card):** Карта пам'яті, яка вдвічі коротша стандартної карти MMC. Її розміри становлять $24 \times 18 \times 1,4$ мм, а вага - близько 6 г, всі інші характеристики не відрізняються від MMC. Для забезпечення сумісності зі стандартом MMC при використанні карт RS-MMC потрібен адаптер. **DV-RS-MMC (Dual Voltage Reduced Size MultiMedia Card):** Карти пам'яті DV-RS-MMC з подвійним живленням (1,8 і 3,3 В) відрізняються зниженим енергоспоживанням, що дозволить працювати мобільному телефону трохи довше. Розміри карти збігаються з розмірами RS-MMC, $24 \times 18 \times 1,4$ мм. **MMCmicro:** Мініатюрна карта пам'яті для мобільних пристроїв з розмірами $14 \times 12 \times 1,1$ мм. Для забезпечення сумісності зі стандартним слотом MMC необхідно використовувати перехідник.
- **SD Card (Secure Digital Card):** Підтримується фірмами Panasonic і: Старі карти SD так звані Trans-Flash і нові SDHC (High Capacity) і влаштування їх читання розрізняються обмеженням на максимальну ємність носія, 2 ГБ для Trans-Flash і 32 ГБ для High Capacity (Високої Ємності). Пристрої читання SDHC сумісні з SDTF, тобто SDTF карта буде без проблем прочитана в пристрої читання SDHC, але в пристрої SDTF побачиться тільки 2 ГБ від



ємності SDHC більшої ємності, або не буде читатися зовсім. Передбачається, що формат TransFlash буде повністю витіснений форматом SDHC. Обидва суб-формату можуть бути представлені в будь-якому з трьох форматів фіз. розмірів (Стандартний, mini і micro). **miniSD (Mini Secure Digital Card)**: Від стандартних карт Secure Digital відрізняються меншими розмірами 21,5 × 20 × 1,4 мм. Для забезпечення роботи карти в пристроях, оснащених звичайним SD-слотом, використовується адаптер. **microSD (Micro Secure Digital Card)**: Є на даний момент (2008) найкомпактнішими знімними пристроями флеш-пам'яті (11 × 15 × 1 мм). Використовуються, в першу чергу, в мобільних телефонах, комунікаторах, і т. П., Так як, завдяки своїй компактності, дозволяють істотно розширити пам'ять пристрою, не збільшуючи при цьому його розміри. Перемикач захисту від запису винесено на адаптер microSD-SD.



Флеш-пам'ять найбільш відома застосуванням в USB флеш-носіях (англ. *USB flash drive*). В основному застосовується NAND тип пам'яті, яка підключається через USB по інтерфейсу USB mass storage device (USB MSC). даний інтерфейс підтримується всіма ОС сучасних версій.

Завдяки великій швидкості, обсягом і компактним розмірами USB флеш-носії повністю витіснили з ринку дискети. Наприклад, компанія 2003 року припинила випускати комп'ютери з дисководом гнучких дисків.

В даний момент випускається широкий асортимент USB флеш-носіїв, різних форм і кольорів. На ринку присутні флешки з автоматичним шифруванням записуються на них дані. Японська компанія Solid Alliance навіть випускає флешки у вигляді їжі.

3. Принцип дії

Елементарної осередок зберігання даних флеш-пам'яті являє собою транзистор з плаваючим затвором. Особливість такого транзистора в тому, що він вміє утримувати електрони (заряд). Ось на його основі і розроблені основні типи флеш-пам'яті **NAND** і **NOR**. Конкуренції між ними немає, тому що кожен з типів має своєю перевагою і недоліком. До речі, на їх основі будують гібридні версії такі як **DiNOR** і **superAND**.

Флеш пам'ять зберігає інформацію в масиві «комірок», кожна з яких традиційно зберігає по одному біту інформації. Кожна комірка — це транзистор із плавающим затвором. Новіші пристрої (інколи їх ще називають багатозарядними пристроями) можуть містити більше, ніж 1 біт в комірці, використовуючи два чи більше рівні електричних зарядів, розташованих при плаваючому затворі комірки.

У флеш пам'яті типу NOR кожна комірка схожа на стандартний MOSFET (оксидний напівпровідниковий польовий транзистор), але у ній є не один затвор, а два. Як і будь-який інший польовий транзистор, вони мають контрольний затвор (КЗ), а,

окрім нього, ще й інший — плаваючий (ПЗ), замкнений всередині оксидного шару. ПЗ розташований між КЗ і підкладкою. Оскільки ПЗ відокремлений власним заіольованим шаром оксиду, будь-які електрони, що попадають на нього відразу потрапляють в пастку, що дозволяє зберігати інформацію. Захоплені плаваючим затвором електрони змінюють (практично компенсують) електричне поле контрольного затвору, що змінює порогову напругу (V_p) затвору. Коли з комірки «зчитують» інформацію, до КЗ прикладають певну напругу, в залежності від якої в каналі транзистора протікатиме або не протікатиме електричний струм. Ця напруга залежить від V_p комірки, яка в свою чергу контролюється числом захоплених плаваючим затвором електронів. Величина порогової напруги зчитується і перекодовується в одиницю чи нуль. Якщо плаваючий затвор може мати кілька зарядових станів, то зчитування відбувається за допомогою вимірювання сили струму в каналі транзистора.

Для запису інформації в "комірку" NOR необхідно зарядити плаваючий затвор. Цього досягають за допомогою тунельного ефекту, пропускаючи через канал транзистора порівняно високий струм, та подаючи на контрольний затвор підвищену напругу. При цьому виникають гарячі електрони, що мають достатню енергію для подолання оксидного шару та потрапляння на іольований затвор.

Для очищення плаваючого затвору від електронів (стирання інформації) між контрольним затвором та стоком прикладають значну напругу зворотньої, ніж при запису, полярності, яка створює сильне електричне поле. Захоплені плаваючим затвором електрони висмоктуються цим полем, тунелюючи через оксидний шар.

У приладах з однотипною напругою (теоретично всі чипи, які доступні нам на сьогоднішній день) ця висока напруга створюється генератором підкачки заряду. Більшість сучасних компонентів NOR-пам'яті розділені на чисті сегменти, які часто називають блоками чи секторами. Всі комірки пам'яті в блоці повинні бути очищені одночасно. На жаль, метод NOR може в загальному випадку обробляти лише одну частину інформації типу byte чи word.

NAND-пам'ять використовує тунельну інжекцію для запису і тунельний випуск для вилучення. NAND'ова флеш-пам'ять формує ядро легкого USB-інтерфейсу запам'ятовуючих приладів, які також відомі як USB-флешки.

Тоді, коли розробники збільшують густину флеш приладів, індивідуальні комірки діляться і кількість електронів в будь-якій комірці стає дуже малою. Парування між суміжними плаваючими затворами може змінити характеристики запису комірки. Нові реалізації, такі як заряджені пастки флеш-пам'яті, намагаються забезпечити кращу ізоляцію між суміжними комірками.

4. Історія

Флеш пам'ять (обидва типи — NOR та NAND) була винайдена доктором Фуджіо Масуока, коли він працював на компанію Toshiba у 1984 р. Якщо вірити

Toshiba, назва «Флеш» прийшла на думку колезі доктора Масуока — містеру Шої Аріїзумі, оскільки процеси видалення вмісту пам'яті нагадували йому спалах фотокамери (англ. flash). Доктор Масуока репрезентував винахід у 1984 році на зустрічі про Міжнародні Електронні Прилади (IEDM), яка відбулася в місті Сан-Хосе, Каліфорнія. Intel побачив високий потенціал цього винаходу і випустив перший комерційний чіп NOR флеш пам'яті у 1988 році.

Пам'ять, що базується на NOR має довготривалі цикли запису-видалення інформації, проте повноцінний адресний/інформаційний інтерфейс, який дає довільний доступ до будь-якої локації. Це робить його ідеальним для збереження бінарного програмного коду, який не потрібно часто оновлювати. Прикладом є комп'ютерний BIOS або програмне забезпечення різноманітних приладів. Цей інтерфейс витримує від 10 000 до 1 000 000 циклів вилучення інформації. Цей тип пам'яті став базою найперших переносних медіа; CompactFlash з самого початку базувався на ньому, хоча потім перейшов на дешевший варіант — NAND пам'ять.

NAND-флеш-пам'ять, яку Toshiba представила на ISSCC у 1989 році стала наступною. У ній швидше проходять цикли видалення-запису, вона має більшу внутрішню мережу, меншу ціну, і в 10 раз міцніша за свого попередника. Проте її інтерфейс вводу/виводу надає лише послідовний доступ до інформації. Саме тому її можна використовувати для пристроїв запису масової інформації, таких, як PC карточки, різні карти пам'яті і, в дещо меншій мірі, для комп'ютерної пам'яті. Перша картка, що базувалась на форматі NAND була SmartMedia, а після неї з'явилися: Multimedia Card, Secure Digital, Memory Stick та xD-Picture карти пам'яті. Нове покоління цих форматів стає реальністю з RS-MMC, мікро та miniSD варіанти Secure Digital і нова USB-карта-пам'яті Intelligent Stick. Нові формати поставляються в значно зменшених розмірах, зазвичай менше, ніж 4 см².



5. Доступ на низькому рівні

Низькорівневий доступ до фізичної флеш-пам'яті драйвером даного приладу відрізняється від доступу до інших типів пам'яті. Де звична RAM-пам'ять просто буде відповідати на запити читання та запису інформації і повертати результат цих

операцій в ту ж мить, там флеш-пам'ять потребує додаткового часу, особливо коли використовується програмна пам'ять на кшталт ROM'а.

Коли зчитування даних може бути здійснене на індивідуальних адресах пам'яті NOR (але не NAND), операції розблокування (яка робить дії запису і видалення доступними), видалення і запису виконуються не однаково на різних видах флеш-пам'яті. Типовий розмір блоку становить 64, 128 або 256 Кб.

Одна група, яка носить назву ONFI (відкрита група по вдосконаленню NAND інтерфейсу) спрямована на розробку стандартизованого низькорівневого NAND-флеш-інтерфейсу, що зробить доступним можливість взаємодії між NAND-приладами від різних вендорів. Мета цієї групи включає розробку стандартизованого інтерфейсу на рівні чипа (схема розподілу виходів) для NAND-пам'яті, стандартний набір команд і механізм самоідентифікації. Специфікацію планують викласти в маси наприкінці 2006 року.

6. Пам'ять типу NOR

Режим читання NOR-пам'яті схожий до зчитування зі звичайної пам'яті, забезпечені адреси та шина даних вірно прив'язані, тому пам'яті типу NOR виглядають майже так само як і будь-яка залежна від адреси пам'ять. Флеш-пам'ять NOR може бути використана як пам'ять типу XIP (execute-in-place), а це означає що вона веде себе як ROM-пам'ять, прив'язуючись до конкретних адрес. Флеш пам'ять NOR немає впорядкування внутрішніх поганих блоків, тому коли флеш-блок втрачає свою внутрішню структуру, тоді або програма, яка використовує його повинна вчинити деякі дії, або прилад зупиняє роботу.

Розблоковуючи, видаляючи чи записуючи на NOR пам'ять спеціальні команди записуються на першу сторінку прив'язаної пам'яті. Ці команди визначають Загальний Стандартний інтерфейс (CFI), заснований Intel'ом, і флеш-область представить список всіх доступних команд фізичного драйвера.

Крім використання в ролі ROM'а, NOR пам'яті можуть, звичайно, також бути розділені файловою системою і тоді використовуватись у будь-якому приладі. Проте файлові системи NOR зазвичай дуже повільні при записі, якщо порівнювати із файловими системами, які побудовані на NAND пам'яті.

7. Пам'ять типу NAND

NAND флеш пам'яті не можуть забезпечити принцип «миттєвий запис» (XIP) через інші конструкційні принципи. Доступ до цієї пам'яті може бути здійснений методом блокових приладів, таких як вінчестери та карти пам'яті. Розмір блоків зазвичай має 512 або 2048 байт. В кожному блоці зарезервовано деяку кількість байт (зазвичай від 12 до 16), які зберігають різноманітні помилки і контрольну суму блоку.

Прилади типу NAND зазвичай залежать від програмної обробки блоків. Це означає, що коли зчитують логічний блок, він прив'язується до фізичного блоку, і що коли прилад має деяку кількість блоків, встановлених за своїми межами, вони

встановлюються зі зміщенням, компенсуючи втрату поганих блоків і зберігають первинну і вторинну таблицю прив'язки.

Методи виправлення помилок та визначення контрольної суми зазвичай виявляють помилку, де один біт інформації в блоці невірний. Коли це трапляється, блок позначається як поганий в таблиці логічного розміщення, і його вміст (ще непошкоджений) копіюється у новий блок, а таблиця логічного розміщення знову змінюється. Якщо у пам'яті пошкоджено більш, ніж 1 блок, тоді вміст блоку практично втрачений, тобто стає неможливо відновити оригінальний вміст. Деякі прилади можуть навіть постачатись в комплекті з вже запрограмованою таблицею поганих блоків від виробника, оскільки деколи просто неможливо виробити безпомилкові пам'яті типу NAND.

Перший, вільний від помилок фізичний блок (блок № 0) завжди гарантує свою прочитність, і не може бути пошкодженим. З цього випливає, що всі життєво важливі вказівники для розподілення пам'яті і впорядкування поганих блоків приладу повинні бути розміщені всередині цього блоку (зазвичай вказівник на погані таблиці блоків, і т. д.). Якщо прилад використовується, щоб завантажувати ОС, цей блок повинен містити Таблицю завантаження (Master Boot Record).

Коли запускати програмне забезпечення з пам'яті NAND, використовується стратегія віртуальної пам'яті: вміст пам'яті спочатку нумерується, або просто копіюється в розподілену пам'ять RAM, а тоді вже звідти виконується.

По цій причині деякі системи будуть використовувати комбінації пам'ятей NOR та NAND, де менша NOR пам'ять використовуватиметься як програмний ROM, а більша NAND пам'ять розбивається на розділи файловою системою, щоб зберігати різну інформацію.

8. Швидкість

Флеш-пам'ять доступна у декількох швидкостях. Деякі визначають швидкість приблизно в 2 Мб/с, 12 Мб/с, і т. д. Проте інші карточки просто мають рейтинг 100×, 130×, 200×, і т. д. Для таких карток за 1× беруть швидкість 150 Кб/с. Це була швидкість, якою могли передавати інформацію перші CD прилади, і її запозичили флеш картки пам'яті. Хоча коли порівнювати 100× карточку до карточки, яка передає зі швидкістю в 12 Мб/с використовують такі перетворення: $150 \text{ Кб} \times 100 = 15\,000 \text{ Кб/с}$

Щоб перетворити Кб в Мб, ділимо на 1024: $15\,000 \text{ Кб} \div 1024 = 14.65 \text{ Мб/с}$

Хоча насправді 100x картки на 2.65 Мб/с швидші, ніж картки, які вимірюються у швидкості в 12 Мб/с.

Що потрібно знати про маркуваннях флеш-накопичувачів

При покупці необхідно звертати увагу на маркування цифри і написи, зазначені на корпусі флеш-пристроїв.

1. Обов'язково має бути присутнім назва компанії-виробника або її логотип.
2. На носії повинен бути написаний обсяг флеш-пам'яті.
3. На корпусі повинен бути зазначений клас флеш-пристрою. Часто виробники модулів USB клас вказують на упаковці товару, що ні забороняється законодавством.

У продажу можна зустріти карти флеш-пам'яті без маркування, але з довгим номером, який дрібним шрифтом набитий на корпусі пристрою. Таким чином, виробник вказує партійний номер, за яким покупець може знайти пристрій в мережі інтернет та ознайомитися з його технічними характеристиками.

Швидкість пропорційна ціні, але не ефективності

Чим вище клас флеш-пам'яті, тим вище його швидкість запису, і тим більше ціна. А чи варто купувати найшвидшу пам'ять?

1. Нульовий клас. Швидкість запису не менше 0,6 Мб в секунду. У магазинах можна купити, не побачивши відсутність маркування. Підійде для зберігання документації.
2. Класи 2 і 4, зі швидкостями запису 2 і 4 Мб в секунду відповідно, теж відносяться до розділу офісних і призначені для зберігання і перенесення документації.
3. Шостий і восьмий класи зі швидкістю 6 і 8 Мб в секунду будуть цікаві всім покупцям, які працюють з фото, музикою, відео. Ці типи флеш-пам'яті розкривають потенціал в роботі з мультимедіа.
4. Десятий клас і вище, включаючи Ultra, показують швидкості запису понад 10 Мб в секунду. Застосовуються в роботі з мультимедіа, в якості додаткових накопичувачів для робочих станцій, використанні в якості оперативної пам'яті. Там, де критична швидкість читання і запису на носій інформації.



Серйозні бренди, такі як Pretec і Corsair, роблять високошвидкісні пристрої з можливістю запису близько 25 Мб в секунду, маркуючи їх восьмим або десятим класом. Ціна на модулі дуже висока, але в світі ІТ такі бренди дуже поважаються користувачами.

Які різні обсяги флеш-пам'яті?

Ще один критерій, від якого залежить ціна на накопичувач, - обсяг флеш-пам'яті. Нехай, технології не стоять на місці, але все-таки існують деякі межі. Коли для збільшення обсягу пам'яті необхідно змінити техпроцес, виникає дилема - зберігши низьку ціну, зупинитися на досягнутому результаті або розвиватися далі, шукаючи багатих покупців. У світі настало певне затишся - покупцям пропонують купити

карти пам'яті з максимальним об'ємом в 64 гігабайти, при великому бажанні, під замовлення можна стати власником 128 Гб і 256 Гб, але для цього доведеться сильно розщедритися. Невідомо, скільки часу буде потрібно на перехід до нових технологій і доступність на ринку карт великого обсягу, але відомо одне - 64 Гб цілком достатньо, щоб задовольнити будь-яке завдання рядового користувача.

9. Пошкодження інформації та її відновлення

Найбільшою поширеною помилкою втрати інформації картки флеш-пам'яті є те, що її витягують із пристрою, коли інформація ще продовжується писатись. Ситуація погіршується, якщо використовувати несумісні файлові системи, що не розроблені для приладів, які виймаються, або якщо існує асинхронізація (коли інформація ще стоїть в черзі на запис, а в той момент відключають пристрій).

В деяких випадках можливо відновити інформацію з флеш пам'яті. Евристичний метод та метод Грубого втручання є прикладами відновлення, які можуть повернути загальну інформацію, збережену на карті флеш пам'яті.

10. Виробники флеш пам'яті Samsung Intel Atmel Qimonda STMicroelectronics Spansion Sharp Corporation Toshiba Sandisk Micron Technology SimpleTech Kingston Technology SK Hynix Winbond Excel Semiconductor SST Macronix Lexar Eon Silicon Solution Inc. (ESSI) AMIC Technology



Домашнє завдання:

- Законспектувати матеріал уроку
- Читати: 3) тема 10
- Для зворотнього зв'язку використовувати e-mail: 2573562@ukr.net