



Ukladanie údajov - USB, pamäťové karty - rozhrania, spôsoby záznamu

Milan Klimek

3. ročník



Obsah

- 1 Ukladanie údajov – USB kľúč
- 2 Ukladanie údajov - pamäťová karta
- 3 Časová os vývoja USB kľúčov
- 4 Časová os vývoja SK kariet
- 5 Ako funguje NAND flash pamäť
- 6 Typy NAND flash pamätí
- 7 Diagnostika a správa USB a SD
- 8 Budúcnosť pamäťových technológií

Ukladanie údajov – USB kľúč



USB kľúč

Rozhranie: USB (Universal Serial Bus) – štandardne USB 2.0, 3.0 alebo novšie.

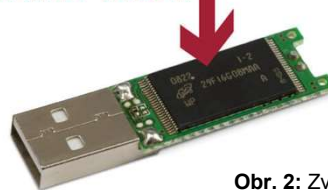
Spôsob záznamu: Flash pamäť typu NAND.

NAND flash je typ pamäte, ktorá uchováva dáta aj bez napájania. Umožňuje rýchly zápis a čítanie dát v blokoch a je odolná voči mechanickým poškodeniam.

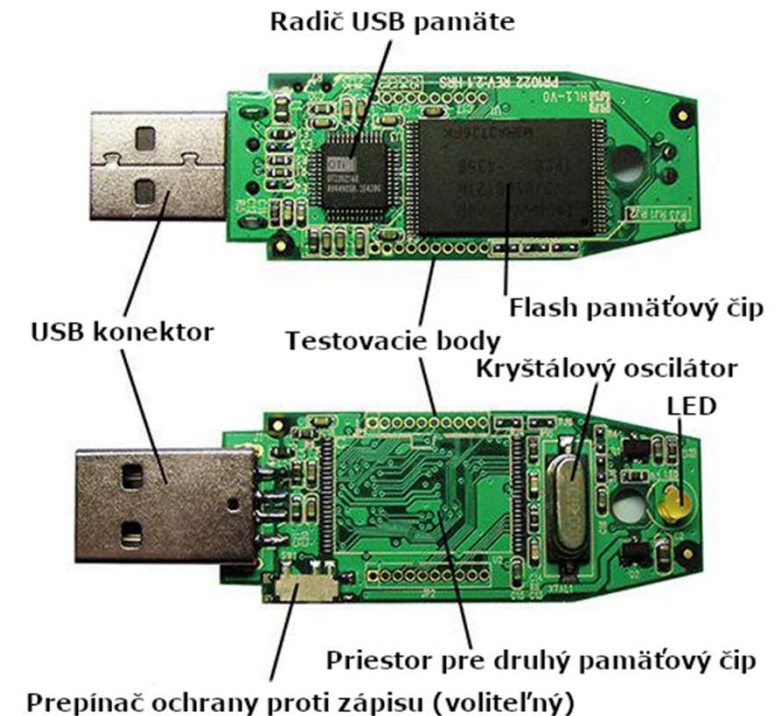
Funkčnosť:

- Dáta sa ukladajú do pamäťových buniek, ktoré uchovávajú elektrický náboj (aj po odpojení napájania). Ide o nevolatilnú pamäť.
- Ovládač (controller) riadi komunikáciu medzi pamäťou a počítačom.
- Vďaka USB rozhraniu je možné pripojenie bez nutnosti inštalácie ovládačov.

NAND flash



Obr. 2: Zvýraznený NAND flash čip – nevolatilná pamäť používaná na ukladanie dát



Obr. 1: Rozobratý USB kľúč s vyznačenými hlavnými komponentmi

Ukladanie údajov - pamäťová karta



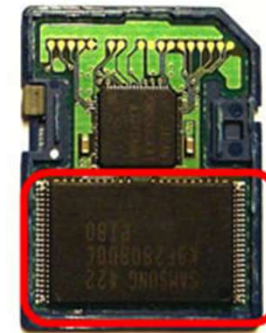
Pamäťová karta

Rozhranie: SD rozhranie, UHS (Ultra High Speed), alebo cez adaptér na USB.

Spôsob zápisu: NAND flash pamäť, ktorá uchováva dáta aj bez napájania (nevolatilná). Ukladanie prebieha do blokov pomocou elektrického náboja v tzv. plávajúcich hradlách (floating gate).

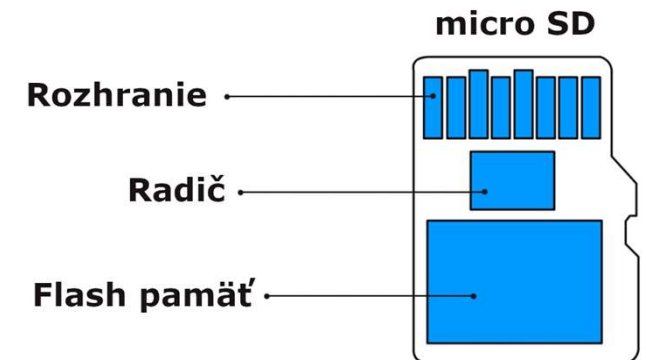
Funkčnosť:

- NAND pamäť zapisuje a číta dáta v celých blokoch. Vďaka tomu je rýchla a vhodná pre mobilné zariadenia.
- Používa sa wear leveling, čo je technika rovnomerného rozloženia zápisov, aby sa bunky neopotrebovali príliš skoro.
- Zabudovaný radič (controller) riadi zápis, čítanie, kontrolu chýb a zabezpečenie dát.
- Rozhranie SD/UHS alebo SD Express určuje rýchlosť prenosu a kompatibilitu pamäťovej karty.
- Novšie triedy ako UHS-II, UHS-III a SD Express dosahujú prenosové rýchlosti až niekoľko stoviek MB/s až do 4 GB/s (pri SD Express), čo umožňuje plynulý prenos 4K/8K videa a rýchle ukladanie veľkých súborov.



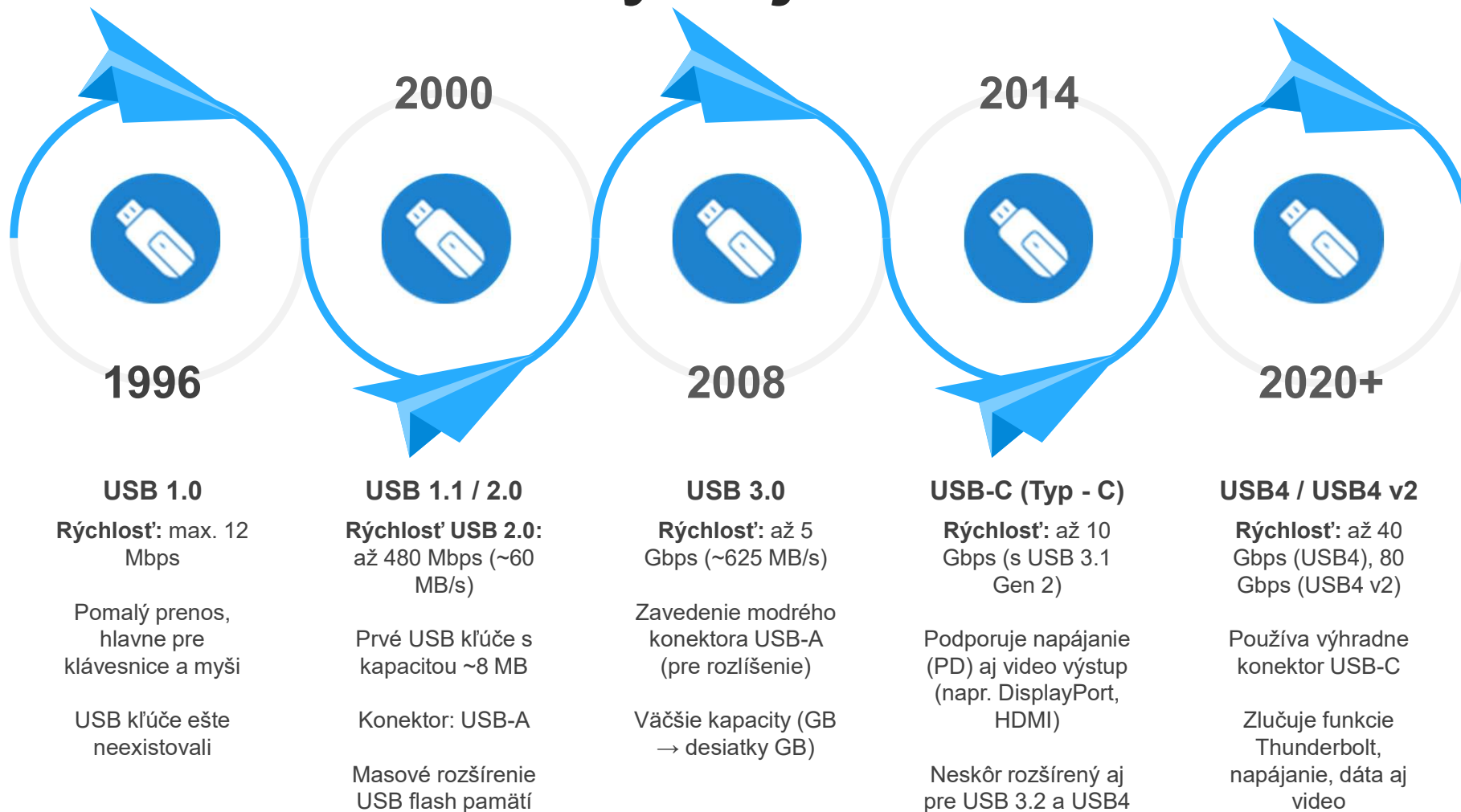
NAND

Obr. 3: Rozobratá pamäťová karta so zvýrazneným NAND flash čipom

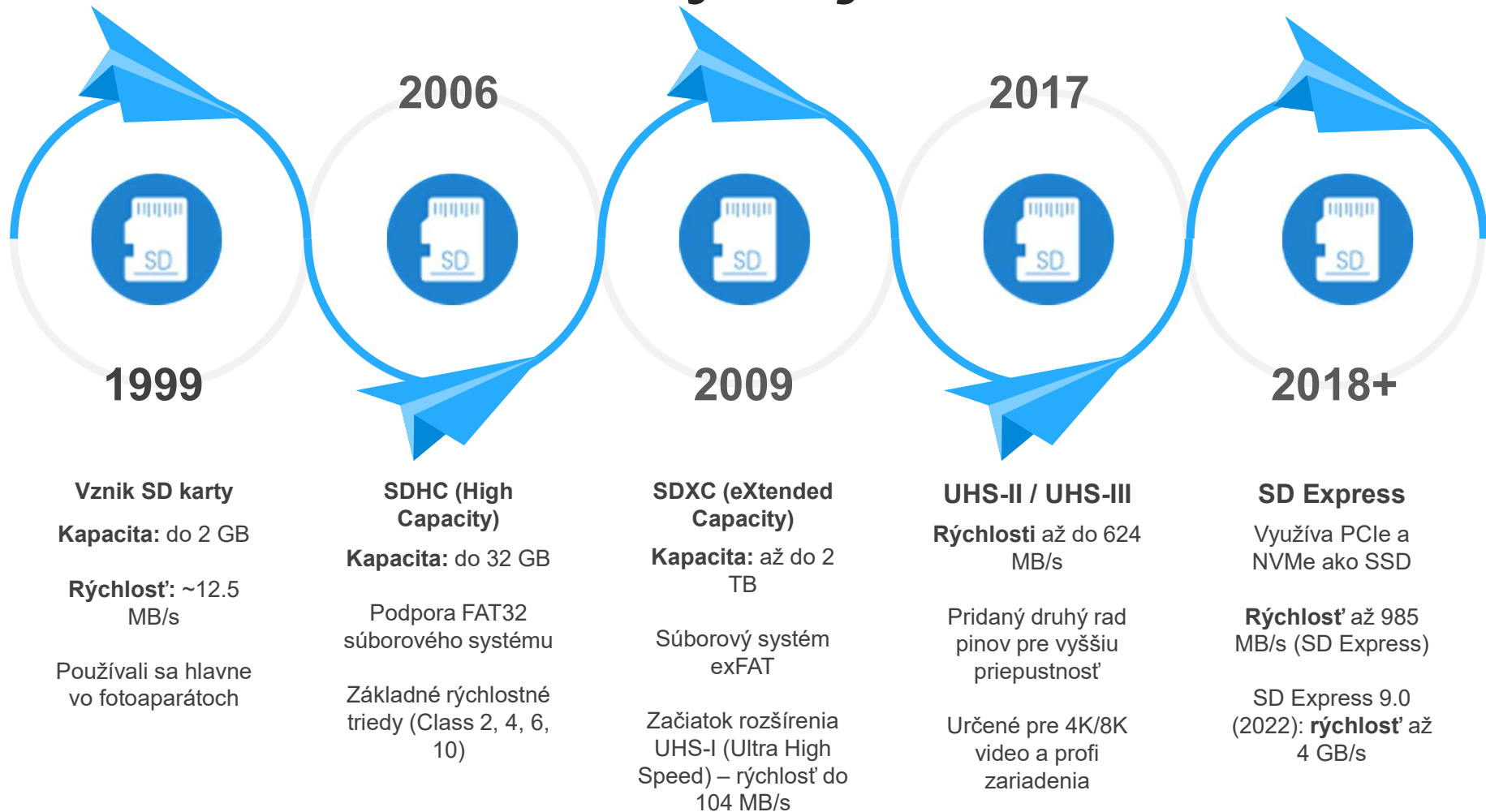


Obr. 4: Schéma microSD karty znázorňujúca hlavné časti: rozhranie, radič a pamäťový čip

Časová os vývoja USB kľúčov



Časová os vývoja SD kariet



Ako funguje NAND flash pamäť

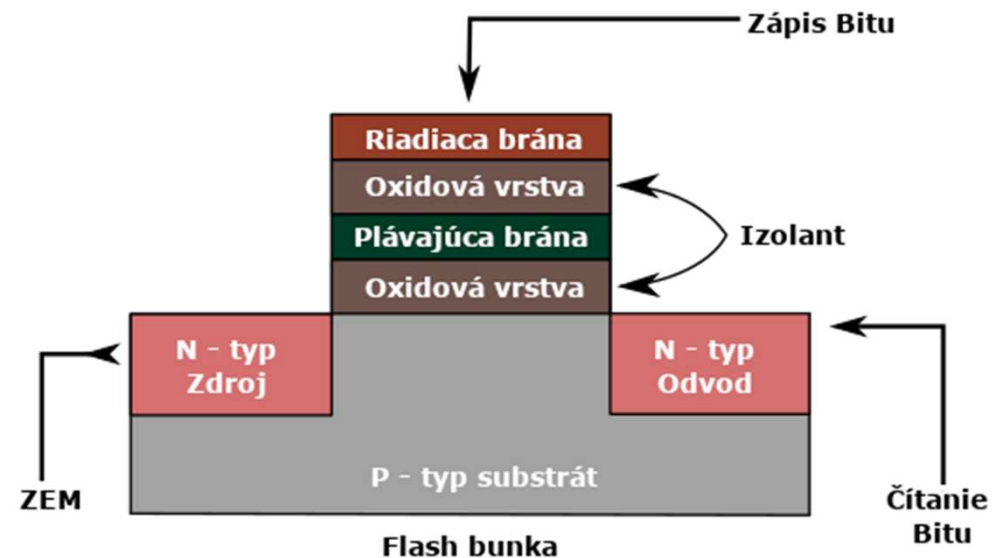
Anatómia NAND bunky

Základ tvorí MOSFET tranzistor:

- **Riadiaca brána (Control Gate)**
 - Riadi, či bude vodivý kanál medzi Zdrojom a Odvodom – aktivuje bunku.
- **Plávajúca brána (Floating Gate)**
 - Uchováva elektróny = pamäťový prvok – rozhoduje o tom, či je uložený bit 0 alebo 1.
- **Oxidové vrstvy**
 - Izolujú plávajúcu bránu, aby elektróny ostali zachytené – kľúč k trvalému uchovaniu dát.
- **N-tyt Zdroj (Source)**
 - Vstup pre elektróny – miesto, kde elektróny vstupujú do tranzistora.
- **N-tyt Odvod (Drain)**
 - Výstup pre elektróny – miesto, kde by elektróny odchádzali, ak im v tom nič nebráni.
- **P-tyt substrát**
 - Základ polovodičovej štruktúry – umožňuje vytvárať vodivý kanál medzi Source a Drain.

Uloženie dát:

Bity sú reprezentované prítomnosťou alebo absenciou elektrónov v plávajúcej bráne.



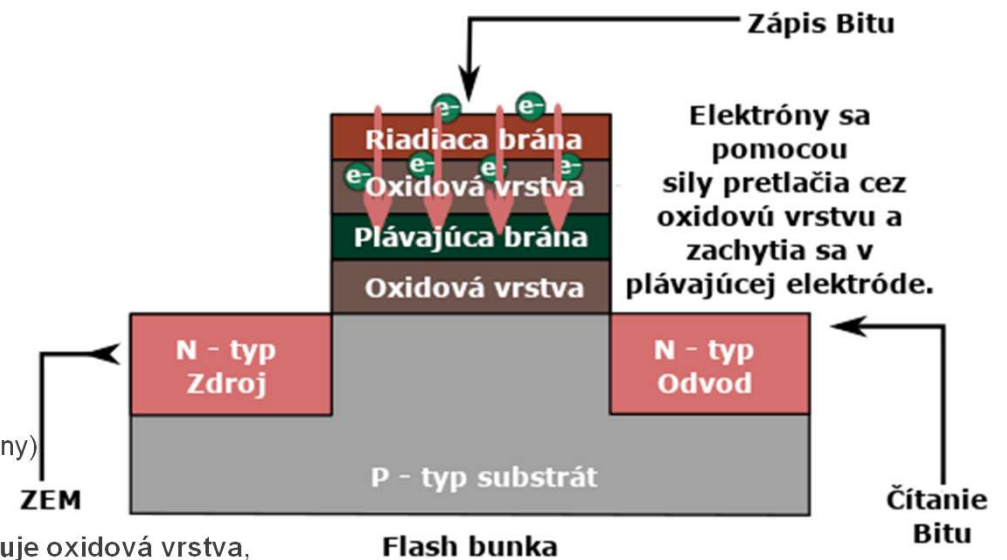
Obr. 5: Štruktúra NAND flash bunky – základné časti MOSFET tranzistora

Ako funguje NAND flash pamäť



Zápis do NAND flash bunky

- Na Riadiacu bránu sa aplikuje **vysoké napätie**.
- Toto napätie spôsobí, že elektróny z Riadiacej brány získajú dostatočnú energiu.
- Elektróny sa pretlačia cez tenkú oxidovú vrstvu (tunelovací jav – **Fowler-Nordheim tunneling**).
- Zachytia sa v **Plávajúcej bráne**, kde ostanú uväznené.
- Takto zapísaný stav sa neskôr pri čítaní rozpozná ako **bit 0**.
- Proces zápisu je **nevratný bez vymazania** – ak je raz bunka naprogramovaná (bit 0), musí sa najskôr vymazať (odstrániť elektróny) aby sa mohla znovu použiť.
- Zápis je **záťažový proces** – pri každom zápise sa mierne **poškodzuje** oxidová vrstva, čím sa skracuje životnosť bunky.
- Z tohto dôvodu sa používa tzv. **wear-leveling algoritmus**, ktorý rozkladá zápisy rovnomerne na celé úložisko.
- NAND pamäť sa programuje po stránkach, ale maže sa po blokoch – to je dôvod, prečo je mazanie pomalšie ako zápis.

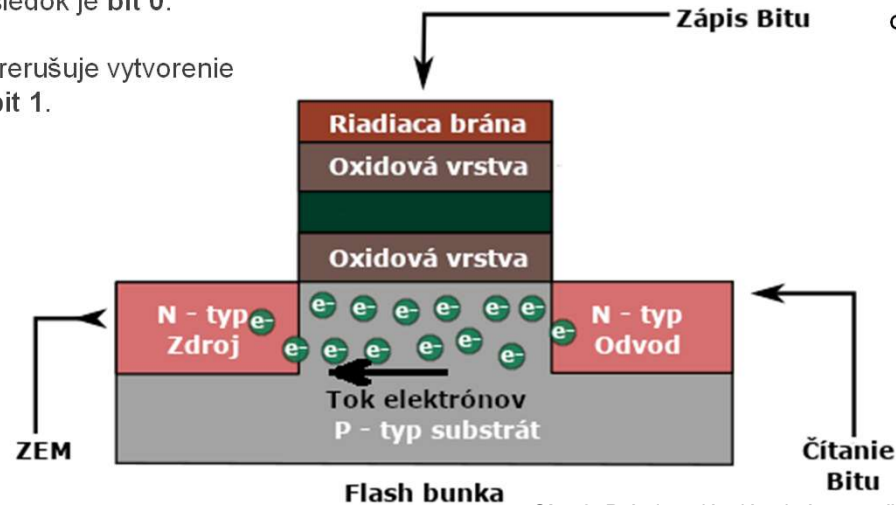
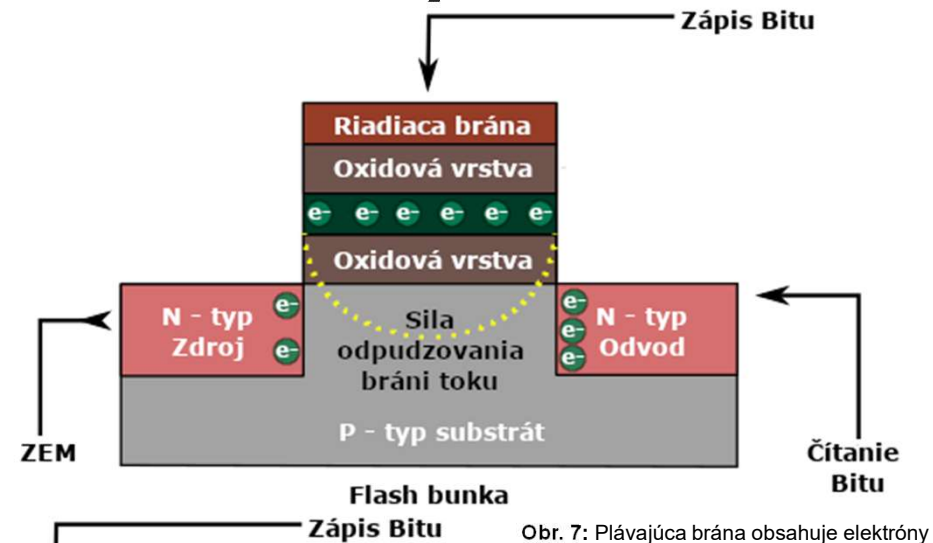


Obr. 6: Proces zápisu do NAND flash bunky

Ako funguje NAND flash pamäť

Čítanie bitu z NAND flash bunky

- Na **Riadiacu bránu** sa privedie **nízke napätie**, ktoré nestačí na zápis, ale umožňuje overiť, či je medzi **Zdrojom** a **Odvodom** **vodivý kanál**.
- Systém zisťuje, **či elektrický prúd môže tiecť** medzi **Zdrojom** (**Source**) a **Odvodom** (**Drain**) cez substrát.
- Ak sa v **Plávajúcej bráne** nachádzajú **elektróny**, vytvoria **odpuďujúcu silu**, ktorá **zablokuje tok elektrónov** → vodivý kanál sa neotvorí → **prúd netečie** → výsledok je **bit 0**.
- Ak je **Plávajúca brána prázdna**, nič neprerušuje vytvorenie kanálu → **prúd pretečie** → výsledok je **bit 1**.



Typy NAND flash pamätí



Rôzne typy buniek podľa počtu bitov:

Každá NAND bunka môže uchovávať rôzne množstvo bitov podľa technológie. To ovplyvňuje rýchlosť, životnosť, cenu aj kapacitu úložiska.

SLC (Single-Level Cell)

Ukladá 1 bit na bunku (0 alebo 1)

- Najrýchlejšia, najspoľahlivejšia, ale najdrahšia
- Kapacita je nižšia (napr. do 64 GB)

MLC (Multi-Level Cell)

Ukladá 2 bity na bunku (00, 01, 10, 11)

- Vyššia kapacita
- Nižšia výdrž a rýchlosť než SLC

TLC (Triple-Level Cell)

3 bity na bunku (8 stavov: 000–111)

- Veľmi vysoká kapacita
- Nízka výdrž, pomalší zápis

QLC (Quad-Level Cell)

4 bity na bunku (16 stavov: 0000–1111)

- Najvyššia kapacita
- Najnižšia výdrž a rýchlosť



Obr. 9: Grafické znázornenie typov NAND flash buniek podľa počtu bitov na bunku

Typ bunky	Bitov na bunku	Výdrž (Endurance)	Počet P/E cyklov	Rýchlosť	Kapacita	Cena
SLC	1	▲ Najvyššia	50 000 – 100 000	▲ Rýchla	▼ Nízka	▲ Vysoká
MLC	2	Stredná	3 000 – 10 000	Stredná	Vyššia	Nižšia
TLC	3	▼ Nízka	500 – 3 000	▼ Pomalšia	Vysoká	● Lacná
QLC	4	▼▼ Najnižšia	100 – 1 000	▼▼ Pomalá	▲ Najvyššia	●● Najlacnejšia

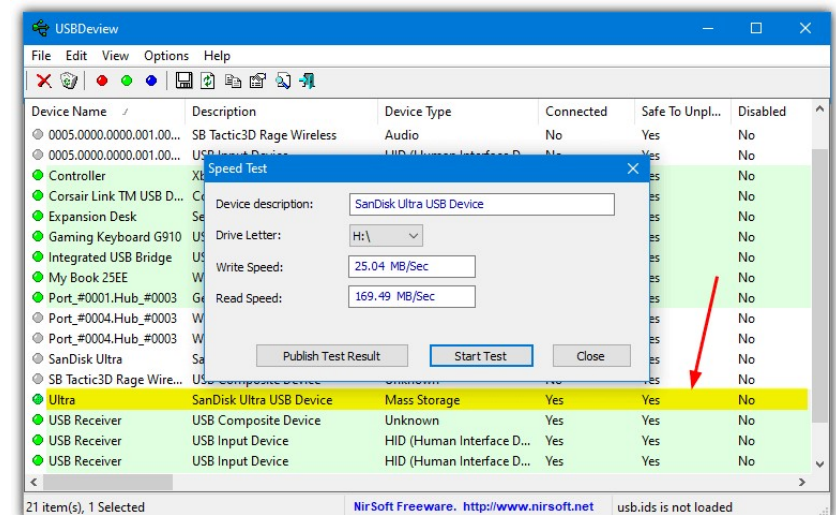
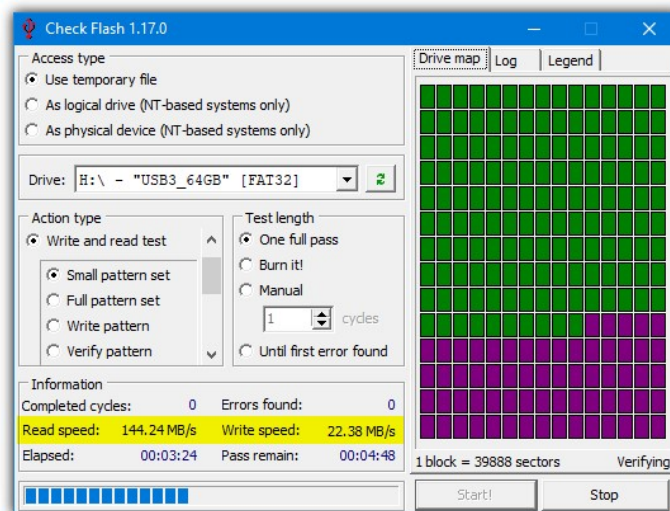
Tab. 1: Porovnanie vlastností NAND typov

Diagnostika a správa USB a SD



Diagnostické nástroje:

- ChipGenius / **USBDeview** – info o čipe, výrobcach, ovládačoch
- H2testw / FakeFlashTest – test kapacity a funkčnosti (odhalí falošné USB/SD)
- Flash Drive Tester – zisťuje rýchlosť, chyby pri zápise/čítaní
- **Check Flash** (ChkFlash) – overenie spoľahlivosti sektora po sektore



Obr. 12: Nástroj USBDeview zobrazuje podrobnosti o USB zariadeniach vrátane výrobcu, typu, ovládačov a rýchlosti prenosu dát

Obr. 12: Diagnostický nástroj Check Flash pri testovaní USB

Budúcnosť pamäťových technológií

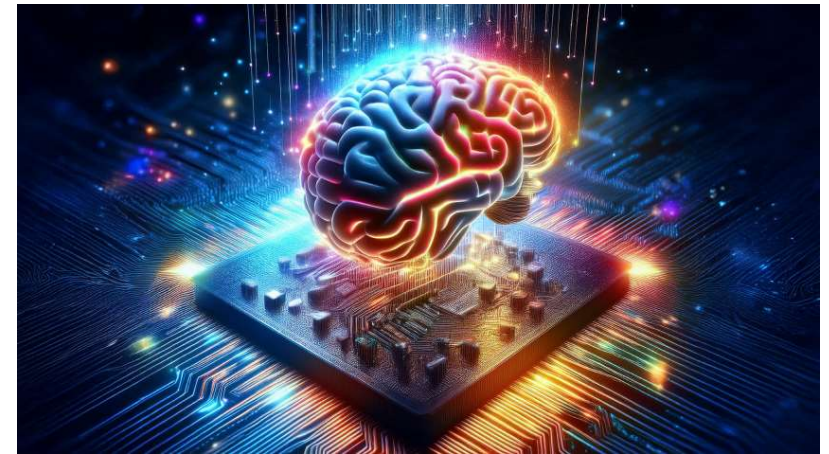


Zatiaľ čo NAND ešte neskončila, výskumníci už dnes pracujú na pamätiach, ktoré nebudú len rýchlejšie, ale budú myslieť, učiť sa a žiť stovky rokov. Budúcnosť pamäte nebude o elektrónoch, ale o molekulách a synapsiách.

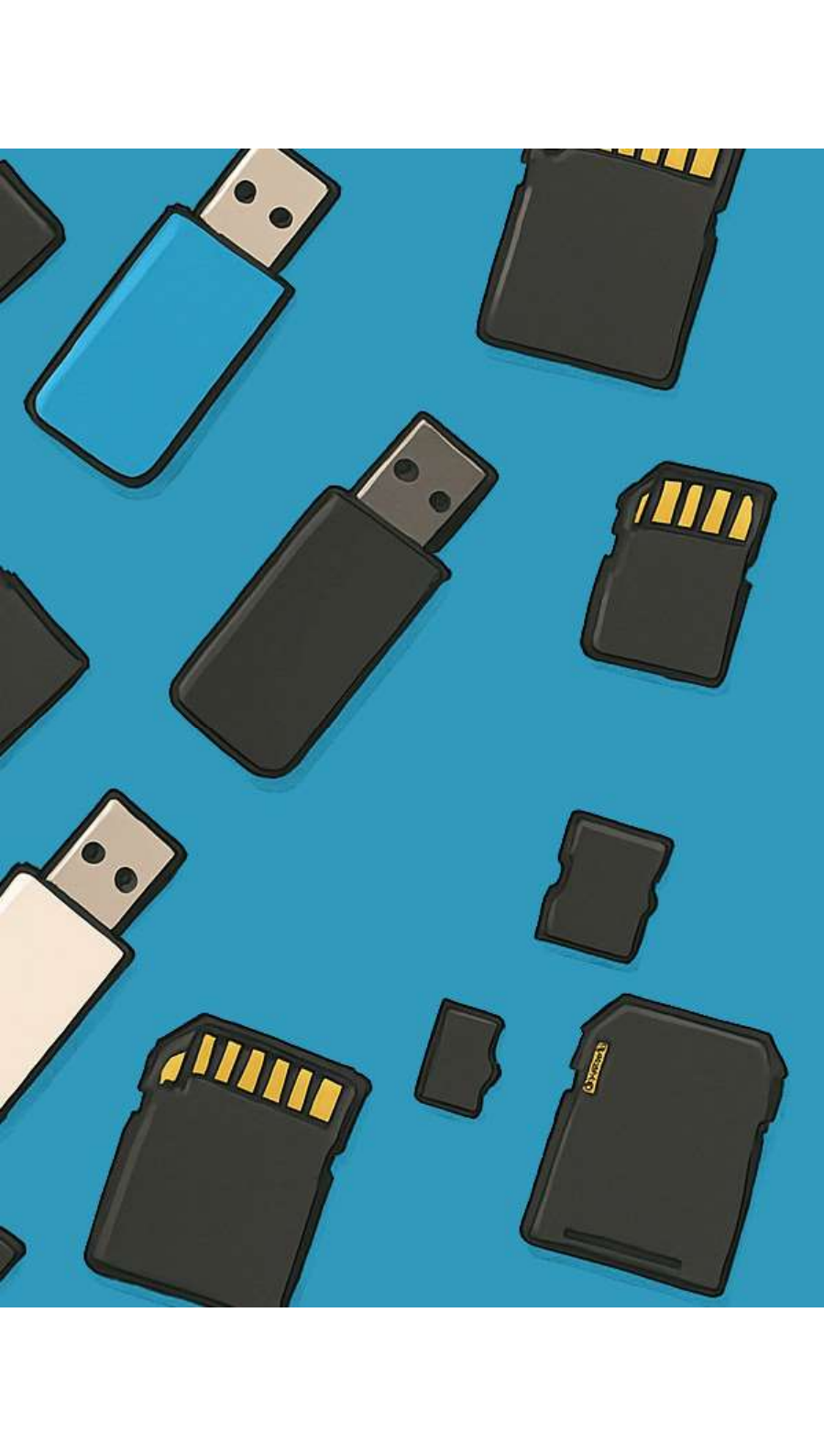
Neuromorfné pamäte – pamäť ako mozog

- Inšpirované **biológiou nervového systému**.
- Cieľ: **napodobniť neuróny a synapsie** – pamäť a výpočty v jednej architektúre.
- Používajú tzv. **memristory** – komponenty, ktoré si pamätajú svoj stav odporu.
- Výhoda:
 - Extrémne **nízka spotreba**
 - **Učenie priamo v pamäti** (edge AI, neuromorfné čipy)
- Použitie:
 - Pokročilá AI, **robotika, zariadenia s adaptívnym správaním**

V budúcnosti nebudeme ukladať len dáta, ale aj správanie. Neuromorfná pamäť umožní, aby zariadenia „mysleli“ priamo tam, kde si pamätajú.“



Obr. 10: Vizualizácia neuromorfného pamäťového čipu – spojenie umelej inteligencie a pamäťového čipu



Zdroje

RS Online. *Everything You Need to Know About NAND Flash*. DesignSpark, [online]. Dostupné na: <https://www.rs-online.com/designspark/everything-you-need-to-know-about-nand-flash> [Cit. 27. 3. 2025].

Flashbay. *NAND Flash FAQ*. [online]. Dostupné na: <https://www.flashbay.co.uk/support/faq/NAND-flash> [Cit. 27. 3. 2025].

SparkFun. *SD Cards and Writing Images*. [online]. Dostupné na: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/sd-cards-and-writing-images> [Cit. 27. 3. 2025].

SanDisk. *What is a USB Flash Drive*. [online]. Dostupné na: <https://shop.sandisk.com/topics/usb-flash-drives/what-is-a-usb-flash-drive> [Cit. 27. 3. 2025].

WhatSoftware. *Test read and write speed of USB flash drives with USBDeview*. [online]. Dostupné na: <https://whatsoftware.com/test-read-and-write-speed-of-usb-flash-drives-with-usbdeview/> [Cit. 27. 3. 2025].

SSD Tester. *USB Flash Drive Test*. [online]. Dostupné na: https://ssd-tester.com/usb_flash_drive_test.php [Cit. 27. 3. 2025].

Počítače za babku. *Jak se vyznat v USB: srovnání verzí a generací*. [online]. Dostupné na: <https://www.pocitacezababku.cz/clanky/jak-se-vyznat-v-usb-srovnani-verzi-a-generaci-usb.html> [Cit. 27. 3. 2025].

UserBenchmark. *USB Flash Drive Comparison*. [online]. Dostupné na: <https://usb.userbenchmark.com/> [Cit. 27. 3. 2025].



Ďakujem za
pozornosť