

UKLADANIE ÚDAJOV

USB, Pamäťové karty – Rozhrania a spôsoby záznamu

Martin Peschl · 2025/2026

Fakulta prírodných vied, UCM Trnava

Princíp Flash pamäte

Ako Flash pamäť uchováva dáta?

- Polovodičová pamäť
- Tranzistor s plávajúcim hradlom - MOSFET
- Fowler-Nordheim Tunneling
- Binárny stav bunky
- Blokové mazanie
- Životnosť

Typy Flash pamäťových buniek

SLC

Bits/bunka:

1 bit/bunku

Program/Erase cycle:

100 000

Rýchlosť:

Najvyššia

Použitie:

Priemysel, serverové SSD

MLC

Bits/bunka:

2 bity/bunku

Program/Erase cycle:

10 000

Rýchlosť:

Vysoká

Použitie:

Výkonnostné SSD, pro

TLC

Bits/bunka:

3 bity/bunku

Program/Erase cycle:

3 000

Rýchlosť:

Stredná

Použitie:

Bežné USB, SD karty

QLC

Bits/bunka:

4 bity/bunku

Program/Erase cycle:

1 000

Rýchlosť:

Nižšia

Použitie:

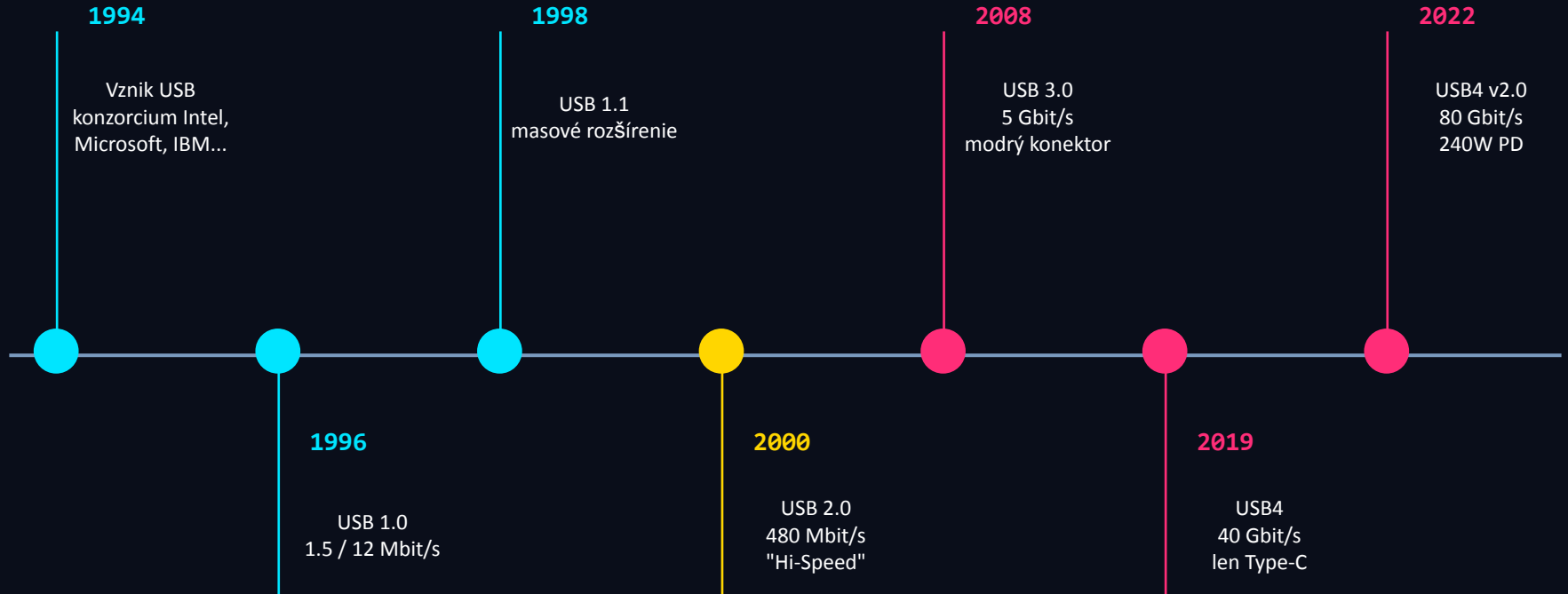
Veľkokapacitné úložiská

Princíp USB

Základné vlastnosti rozhrania USB:

- Sériová komunikácia
- Master-Slave komunikácia
- Plug-and-Play
- Štandardy USB

Historický vývoj USB – Timeline



Prehľad verzií USB štandardov

Verzia	Rok	Max rýchlosť	Konektor	Napájanie
USB 1.1	1998	12 Mbit/s	Type-A / B	5V / 500mA
USB 2.0	2000	480 Mbit/s	Type-A / B / Mini	5V / 500mA
USB 3.0 (3.2 Gen1)	2008	5 Gbit/s	Type-A / B / Micro-B	5V / 900mA
USB 3.1 (3.2 Gen2)	2013	10 Gbit/s	Type-C	5V / 3A
USB 3.2 Gen2x2	2017	20 Gbit/s	Type-C	20V / 5A (PD)
USB4 v1.0 (Gen3x2)	2019	40 Gbit/s	Type-C	100W (PD)
USB4 v2.0	2022	80 Gbit/s	Type-C	240W (PD 3.1)

Typy pamäťových kariet

SD / SDHC / SDXC

Štandard.
Veľkosť 32×24 mm.

microSD / microSDXC

15×11 mm – mobilné zariadenia, drony,
akčné kamery, IoT.

CFexpress Type B

Pro foto/video.
NVMe rozhranie.
Rýchlosť zápisu >2 000 MB/s.

CFexpress Type A

Sony kompaktný formát.
800 MB/s zápis.
Pre Alpha fotoaparáty.

XQD

Predchodca CFexpress.
PCIe rozhranie.
Kamery Nikon

CompactFlash (CF)

Historický formát.
Stále v starých EOS kamerách.

Typy paměťových karet



Diagnosticke nástroje pre USB & SD karty

CrystalDiskMark 8

Benchmark rýchlostí čítania/zápisu na Windows

Rufus 4.x

Vytváranie bootovateľných USB, overenie integrity ISO

H2testw 1.4

Test skutočnej kapacity – odhalenie falošných kapacít

SD Formatter

SD Association – správne formátovanie SD kariet

F3 (Fight Flash Fraud)

Linux/macOS ekvivalent H2testw pre SD a USB

SMART (S.M.A.R.T.)

Sledovanie stavu SSD s Flash pamäťou (CrystalDiskInfo)

Check Flash

Kontrola chybných sektorov a spoľahlivosti Flash pamäte

Možné poškodenia Flash pamäťových zariadení

Fyzické poškodenie

Zlomený konektor, prasklý PCB, poškodená NAND čip

Elektrické preťaženie

ESD, prepätie na USB porte – trvalé poškodenie čipov

Vyčerpanie P/E cyklov

TLC: ~3000, QLC: ~1000 cyklov – bunky prestanú zapisovať

Korózia kontaktov

Vlhkosť, oxidácia zlatých kontaktov karty/USB

Logická korupcia

Násilné odpojenie, výpadok prúdu počas zápisu – FAT/exFAT korupcia

Tepelné poškodenie

Prehrievanie (>85°C) – znížená spoľahlivosť, bit errors

Servis a obnova dát z Flash médií

Softvérová obnova:

- Recuva – freeware, FAT/exFAT/NTFS obnova
- Disk Drill – deep scan, RAW recovery
- TestDisk & PhotoRec – open source obnova
- R-Studio – profesionálny, RAID podpora
- GetDataBack Pro – Windows filesystemy

Preventívna ochrana:

- Vždy správne odpojiť (Safely Remove Hardware)
- Záloha 3-2-1: 3 kópie, 2 médiá, 1 offsite
- Sledovanie SMART / wear indicator
- Neprenášaj USB v teplých vreckách
- Kontakty čistiť izopropanolom
- Nevystavovať magnetickým poliam ani UV

Čo ovplyvňuje rýchlosť zápisu

Základné vlastnosti rozhrania USB:

- Typ prenášaných dát
- SLC Cache
- Thermal Throttling
- Kvalita kontroléra
- Súbežné procesy

Bezpečnosť a Šifrovanie dát

Základné vlastnosti rozhrania USB:

- Softvérové šifrovanie
- Hardvérové šifrovanie
- WORM (Write Once, Read Many)
- Životnosť a integrita dát
- Fyzická bezpečnosť

Budúcnosť ukladacích technológií

USB4 v2.0 & Thunderbolt 5

Rýchlosti 80 / 120 Gbit/s
Možnosť nabíjania cez 240W napájanie
Potenciálna rozšírená adaptácia

3D NAND & PLC (5 bit/cell)

5 bitov na bunku
Exponenciálne väčšie úložisko
Potenciálne zlepšenie Životnosti daných pamätí

PCIe 5.0 SD Express 9.0

Ďalšia generácia SD kariet s rýchlosťou >3 500 MB/s

DNA Storage

1 gram DNA = 215 PB dát
Životnosť DNA je niekoľko tisíc rokov
Možnosť zapisovať logické 1 a 0 do DNA (A, C, G, T)

Holografická pamäť

10 TB sklenený disk, 1 000 rokov trvanlivosť
Využíva celý objem materiálu
Zápis dát laserom v 3D priestore

Kvantové úložiská

Je vo fáze výskumu
Cieľom je využívať stavy atómov na ukladanie informácií

Textové zdroje

<https://www.tme.eu/sk/news/library-articles/page/68624/pamat-flash-struktura-a-fungovanie/>

<https://computer.howstuffworks.com/flash-memory.htm>

<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/fowler-nordheim-tunneling>

<https://ratings.pandorarecovery.com/best-usb-repair-tools/>

<https://eclecticlight.co/2025/03/17/why-ssds-slow-down-and-how-to-avoid-it/>

https://en.wikipedia.org/wiki/SD_card

<https://en.wikipedia.org/wiki/CFexpress>

https://en.wikipedia.org/wiki/XQD_card

https://sk.wikipedia.org/wiki/Univerz%C3%A1lna_s%C3%A9riov%C3%A1_zbernica

Zdroje obrázkov

<https://neven.static.s6.upgates.com/z/z63be9185c6bcf.jpg>

<https://www.sandisk.com/content/dam/store/en-us/assets/products/memory-cards/extreme-pro-uhs-ii-v90-sd/gallery/extreme-pro-uhs-ii-v90-sd-64gb-front.png>

<https://www.sandisk.com/content/dam/store/en-us/assets/products/memory-cards/microsd-express-memory-card/gallery/microsd-express-memory-card-256gb-front.png.thumb.1280.1280.png>

<https://www.sony.sk/image/5427b04755291763c1cb4e8659848167?fmt=png-alpha>

<https://www.sandisk.com/content/dam/store/en-us/assets/products/memory-cards/pro-cinema-cfexpress-type-a-memory-card/gallery/sandisk-pro-cinema-cfexpress-type-a-480gb-front.png.thumb.1280.1280.png>

<https://www.digitalcamerawarehouse.com.au/assets/full/32250.jpg?20211001093703>