PV109: Historie a vývojové trendy ve VT

Základní části počítačů, paměti

Eva Hladká

Fakulta informatiky Masarykovy univerzity

podzim 2013

CZ.1.07/2.2.00/28.0041
Centrum interaktivních a multimediálních studijních opor pro inovaci výuky a efektivní učení

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní části počítače

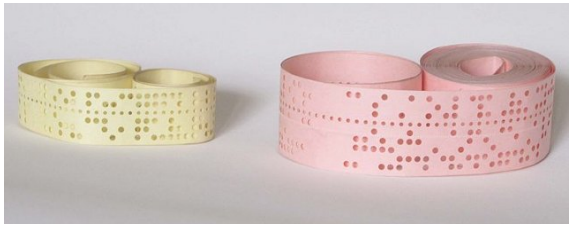
- Základní koncept počítačů najdeme už u analytických kalkulátorů (např. Ch. Babbage).
- Mezi hlavní části patří:
  - **aritmetická (aritmeticko logická) jednotka** – zpracovává zadaná data a výsledky ukládá do paměti;
  - **zařízení pro vstup a výstup** – umožňují kontakt s okolím, zadávání dat a prezentace výsledků;
  - **řídicí jednotka** – řídí provádění sekvence instrukcí (programu);
  - **paměť** – pro uchování instrukcí, mezivýsledků i výsledků, vnitřní/vnější.
- Termín *procesor* se obvykle nepoužíval.

Rozdělení pamětí

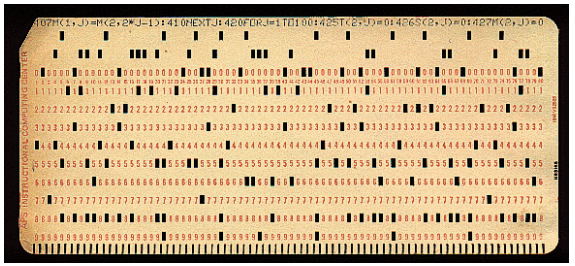
- Vnitřní paměti
  - Mechanické a elektromechanické paměti
  - Zpožďovací linky
  - Elektrostatické paměti (Willsonova trubice)
  - Feritové paměti
  - Paměti na bázi klopných obvodů
  - *Volatilní vs. non-volatilní paměť*
- Vnější paměti
  - Děrné štítky a pásky
  - Magnetické paměti (magnetické bubny, pásky, disky)
  - Optická média

Děrné štítky a pásky

- Používané od poloviny 17. století (viz 2. přednáška) téměř do konce 20. stol.
- Různé formy (tvar i materiál) – štítky, pásky
- Problémy:
  - pásky se snadno trhaly,
  - většinou byl program na mnoha lístcích – nutné dodržet pořadí,
  - zdlouhavé zadávání.
- Výhody:
  - trvanlivost,
  - nízká cena.



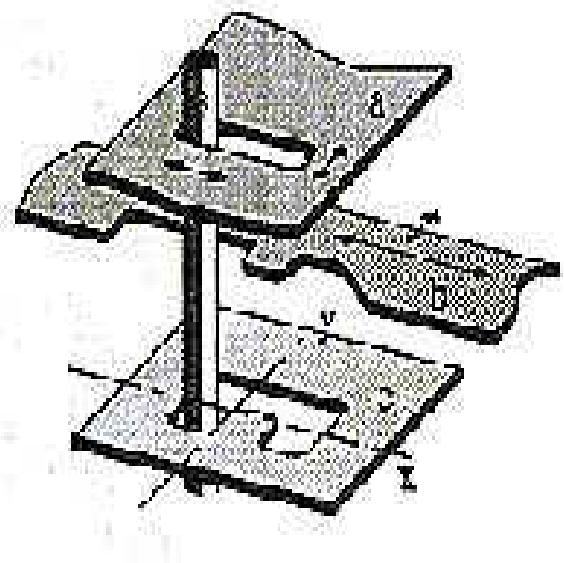
Zdroj: `http://www.gym-karvina.cz`



Zdroj: `http://ncssm.edu`

Mechanické paměti

- Objevily se již v Analytical Engine, počátkem 20. stol. v počítačích Z1 a Z2 K. Zuseho.
- Přístupová doba byla vysoká, ve srovnání s rychlostí tehdejších počítačů však postačovala.
- Mechanická paměť K. Zuseho
  - Slovo délky 22 bitů.
  - Bit byl reprezentován jako soustava pevné tyčky protínající kovové plíšky.
  - Dvě pozice reprezentující 0 a 1.



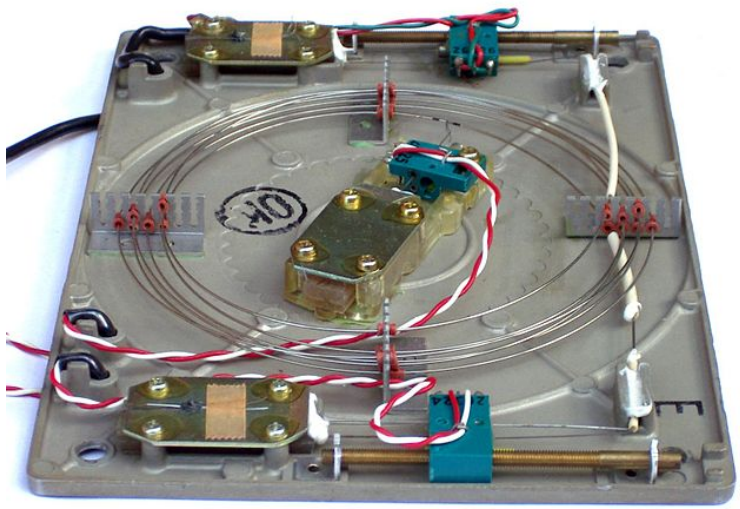
Zdroj: `http://www.xnumber.com`

Elektromechanické paměti

- Založeny zpravidla na relé (0. generace – např. Z3)
- Kapacity pamětí v řádu jednotek kB.
- Nejjednodušší implementace – přepínací relé
  - Jednou cívkou se docílí přepnutí do stavu 0, druhou cívkou do stavu 1.
- Pomalé, náchylné k poruchám $\longrightarrow$ ztráta informace.

Zpožďovací linky I.

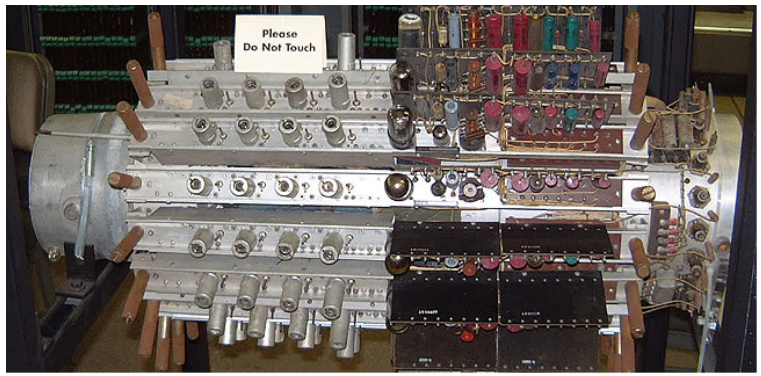
- Používány od I. generace počítačů (UNIVAC I, EDVAC apod.) až do 70. let
- Vynálezce W. Shockley z Bell Labs (mj. autor tranzistoru).
- 40. léta 20 stol, J. P. Eckert – další zdokonalení umožnilo využít je jako hlavní paměť v počítačích.
- Přenosové médium:
  - válec naplněný rtutí (v počátcích),
  - magnetorestriktivní cívka,
  - piezoelektrický krystal.



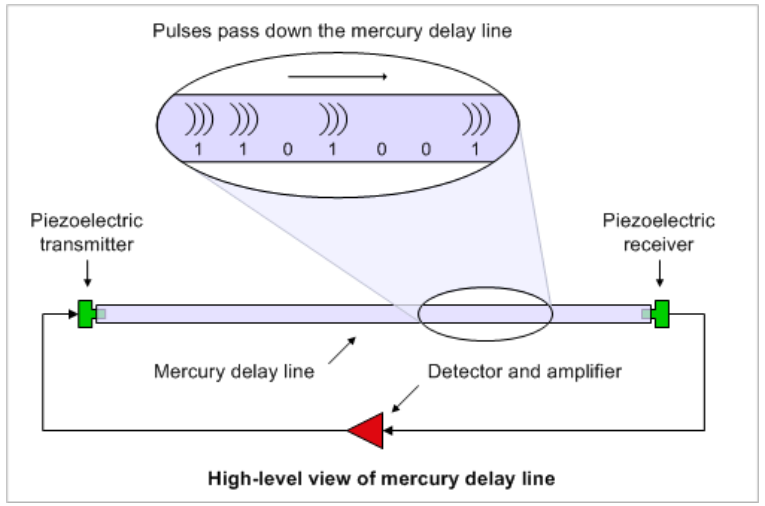
Magnetorestriktivní cívka (60. léta)
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Zpožďovací linky II.

- El. pulsy se měnily na mechanické (pomalejší, v řádku μs).
- Po dosažení konce přenosového média byly vlny přeměněny zpět na el. pulsy.
- Médium mohlo přenášet stovky či tisíce vln (i opakovaně).
- Problémy rtuťových zpožďovacích linek:
  - Zajištění přenosu signálu z trubice do krystalu na přijímací straně.
  - Problém s rychlostí šíření signálu s ohledem na teplotu rtuti.



Zpožďovací linka počítače UNIVAC I
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`



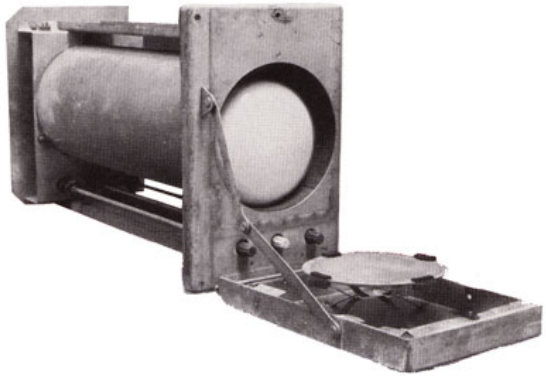
Schematické znázornění
Zdroj: `http://diycalculator.com`

Elektrostatické paměti

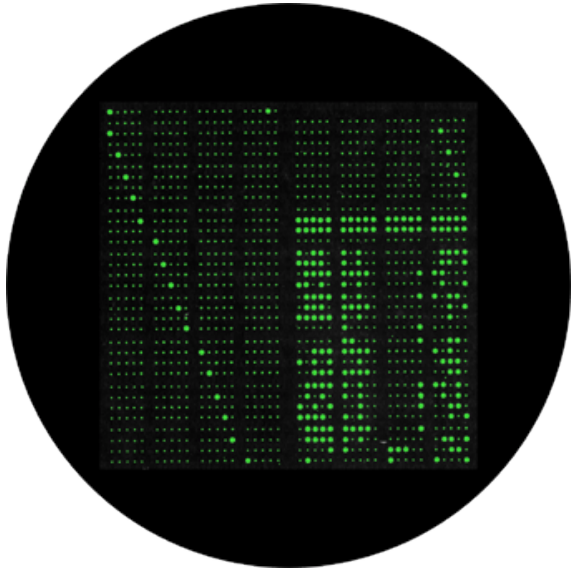
- Princip stejný jako u CRT monitorů – emise elektronů ve vakuu na stínítko.
- Dva hlavní zástupci:
  - Williamsova trubice
  - Selectron
- První paměti s náhodným přístupem (RAM)
- Nástup feritových pamětí zcela vytlačil z trhu elektrostatické počátkem 50. let 20. stol.

Williamsova trubice

- Též Williams-Kilburn tube, sestrojena během let 1946–1947.
- Konstrukčně podobná osciloskopu, základem je katodová trubice.
- Před stínítkem je umístěna kovová mřížka určená pro zpětné čtení zapsaných informací.
- Používané v počítačích vyrobených do poloviny 50. letch – např. IBM 701/702
- Nevýhody:
  - malá kapacita – $\times 100$ – 1000 bitů
  - nutnost kalibrace trubice před použitím



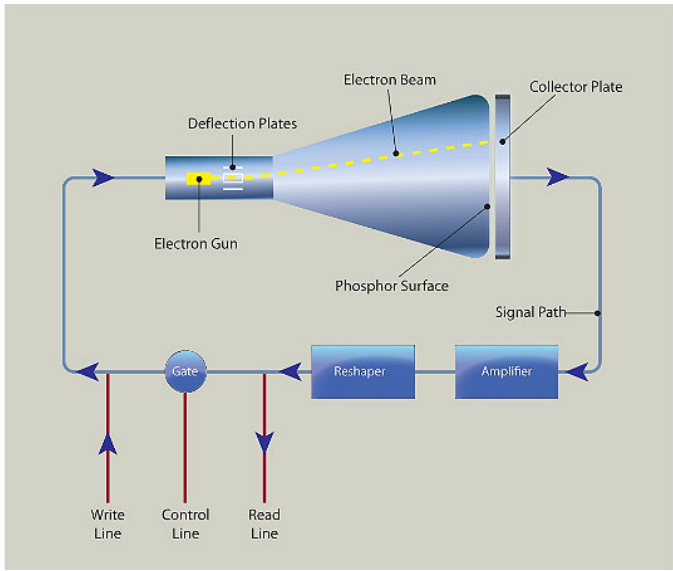
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`



Zdroj: `http://http://www.science.uva.nl/`

Williamsova trubice – princip

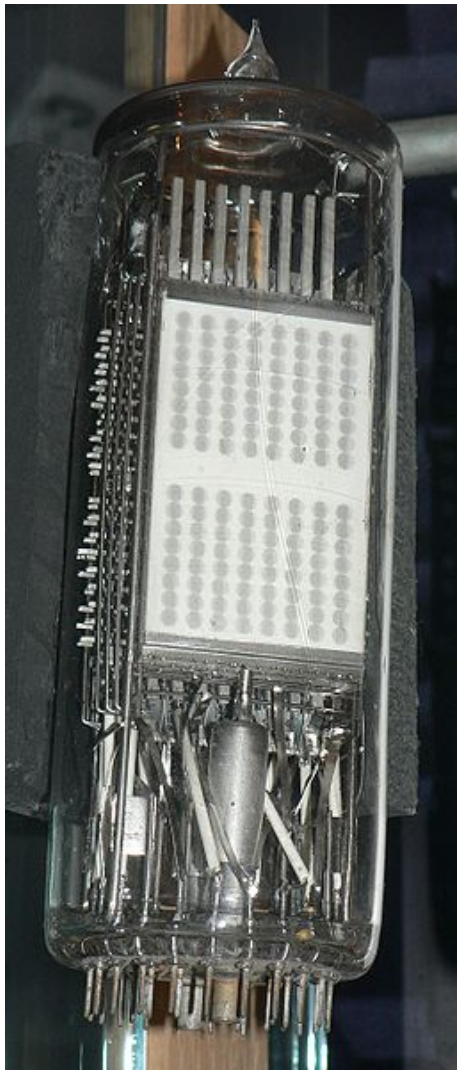
- Princip činnosti:
  - Informace jsou zaznamenány na obrazovku ve formě bitové mapy pomocí elektronového paprsku (1 = rozsvícený bod).
  - V místě dopadu paprsku vzniká nábojový rozdíl mezi ním a okolím, který zůstává stabilní několik stovek ms.
  - Čtení je destruktivní.



Zdroj: `http://computerhistory.org`

Selectron – slepá větev vývoje

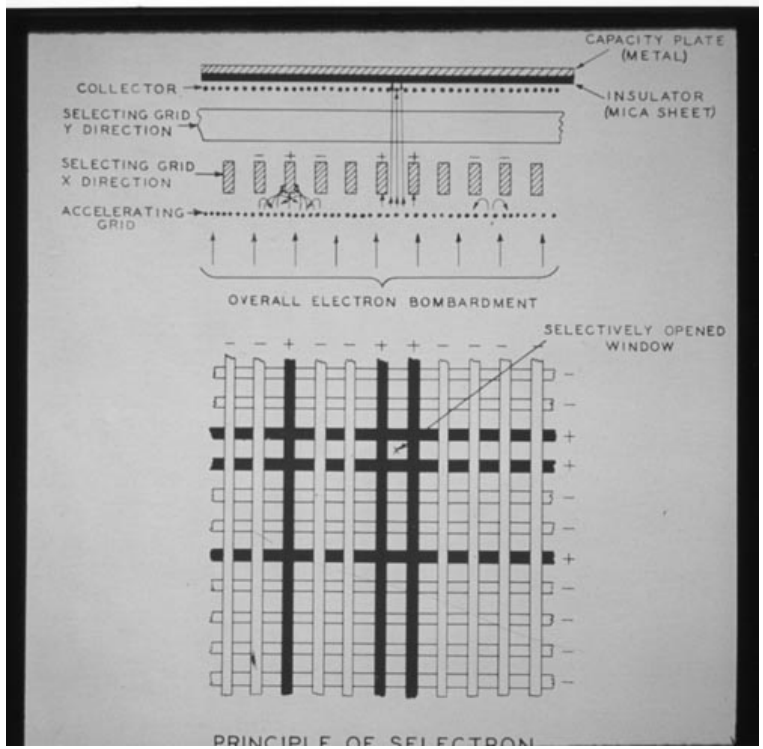
- Idea: rychlá paměť s velkou kapacitou (původně se uvažovalo o 4096 bitů).
- Komerčně dostupná nakonec pouze 256b verze (cena $500).
- Kvůli vysoké ceně a dlouhému vývoji se nakonec neprosadila.
- Použita pouze v jediném počítači – JOHNNIAC.



Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Selectron – princip

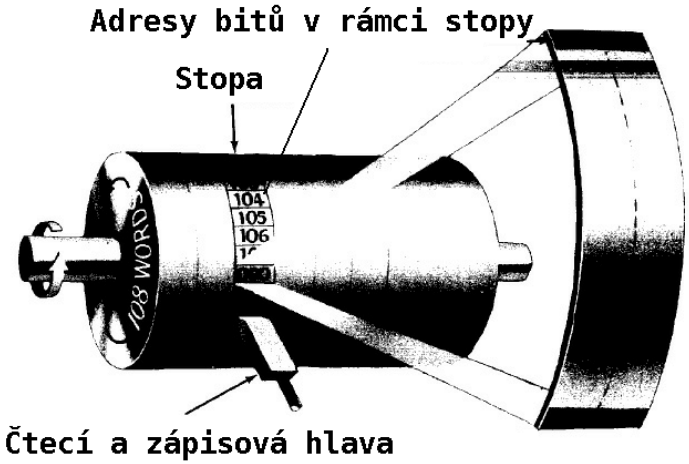
- Katoda obklopená metalickou mřížkou s kladným nábojem (dvě ortogonální pole) a vnější dielektrikum (stínítko).
- Výběr bitu – dva přilehlé vodiče s kladným nábojem $\longrightarrow$ elektron dopadl na dielektrikum.
- Zápis – výběr bitu, následované vysláním signálu (+ nebo -) na stínítko. Podle náboje byly elektrony buď odpuzovány (-) nebo přitahovány (+) dielektrikem (místo dopadu bylo nabito statickým nábojem).
- Čtení – výběr bitu následovaný vysláním signálu z katody. Pokud na dielektriku byl náboj, byl signál přečten jako krátký napěťový puls na stínítku. Absence pulsu znamenala místo bez náboje.



Zdroj: `http://computerhistory.org`

Magnetický buben I.

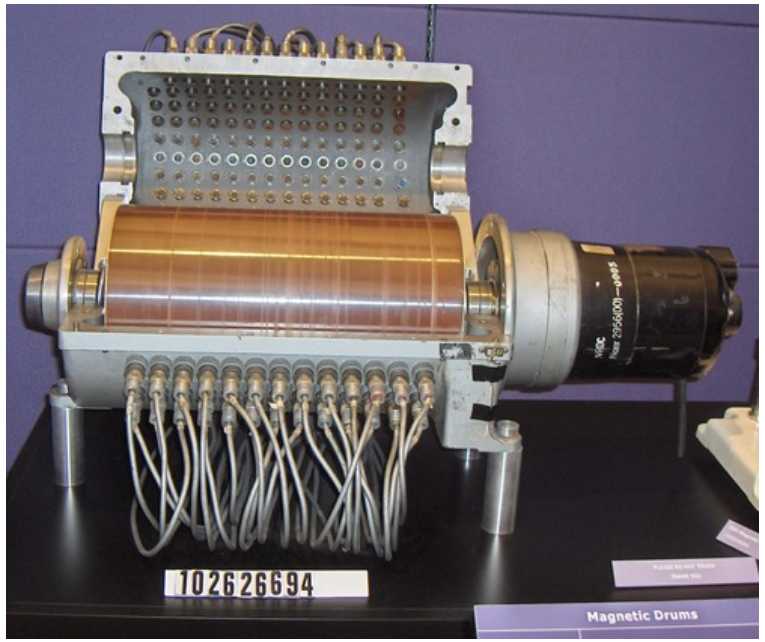
- Vynález již z roku 1932 (G. Tauschek, Rakousko), jako operační paměť v počítačích používán od 40. let.
- Konstrukčně jednoduché řešení – jeden motor, který otáčí válcem konstantní rychlostí.
- Válec z nemagnetického materiálu potažený feromagnetickou vrstvou (podobně jako magnetofonové pásky či HDD).
- K povrchu jsou přitlačovány čtecí a zápisové hlavy.
- Počet hlav odpovídal zpravidla délce slova – paralelní čtení/zápis.



Zdroj: `http://root.cz`

Magnetický buben

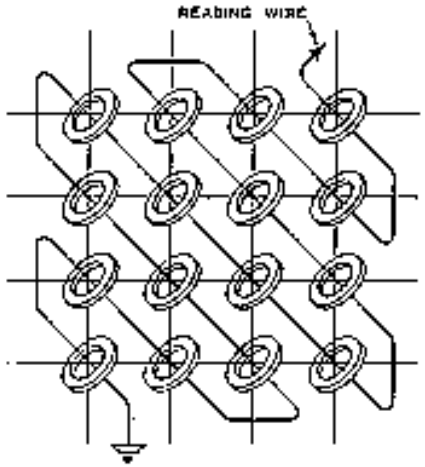
- Používán jako operační paměť, kapacita v řádu kB.
- Přístupová doba = doba poloviny otáčky bubnu.
- Hlavní nevýhodou byla citlivost na magnetické a mechanické vlivy.
- Výhodou napak velmi nízká cena a jednoduchost konstrukce (žádné krokové motory).

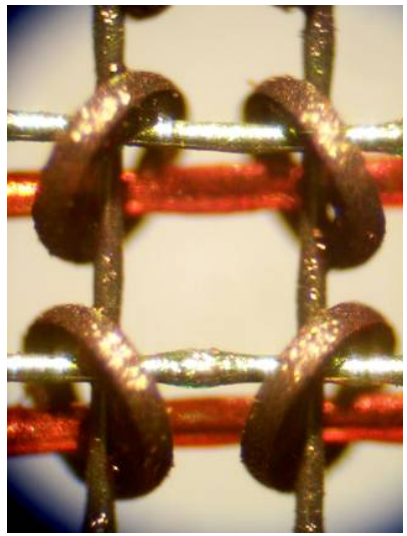


Zdroj: http://computerhistory.org

Feritová paměť I.

- Matice feritových jader, které byly magnetizovány.
- Používány v počítačích téměř 20 let jako hlavní paměť.
- Čtení – na adresové vodiče je přiveden proud, na čtecím vodiči se zjistí míra indukce.
- Čtení je destruktivní – jadérko musí být znovu zmagnetizováno.
- Zápis – zmagnetizováním feritového jadérka

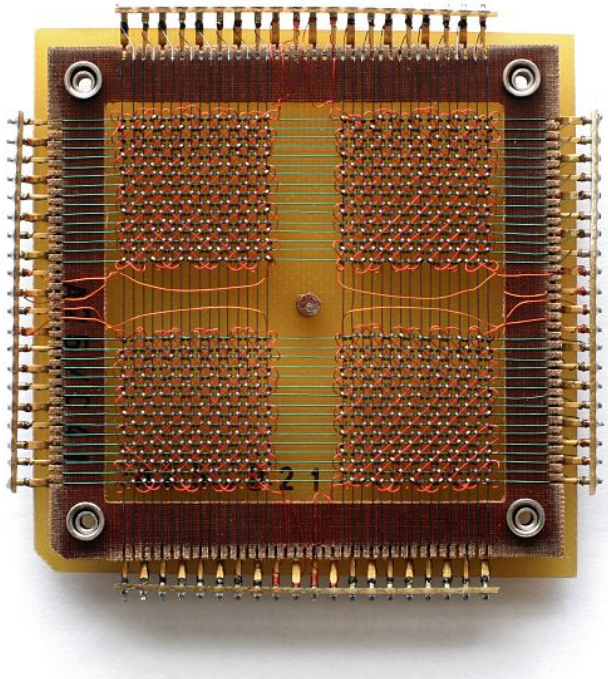




Detail čtyř buněk paměti (adresové vodiče a červený čtecí vodič)
Zdroj: `http://root.cz`

Feritová paměť II.

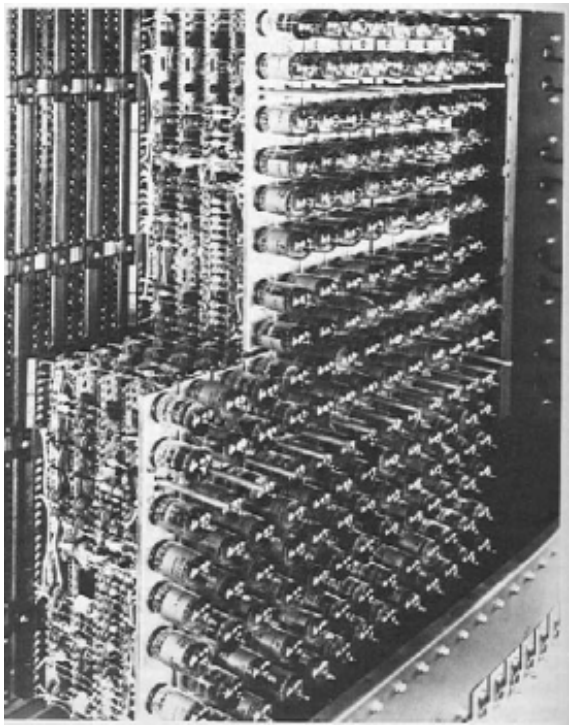
- Paměť je non-volatilní (náboj vydrží několik desítek minut po vypnutí)
- Pojem *core dump* – zjištění stavu programu před pádem
- Odolnost vůči různým druhům záření – není nutné drahé stínění, využito např. při kosmickém programu.



Feritová paměť o kapacitě 32 × 32 b
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

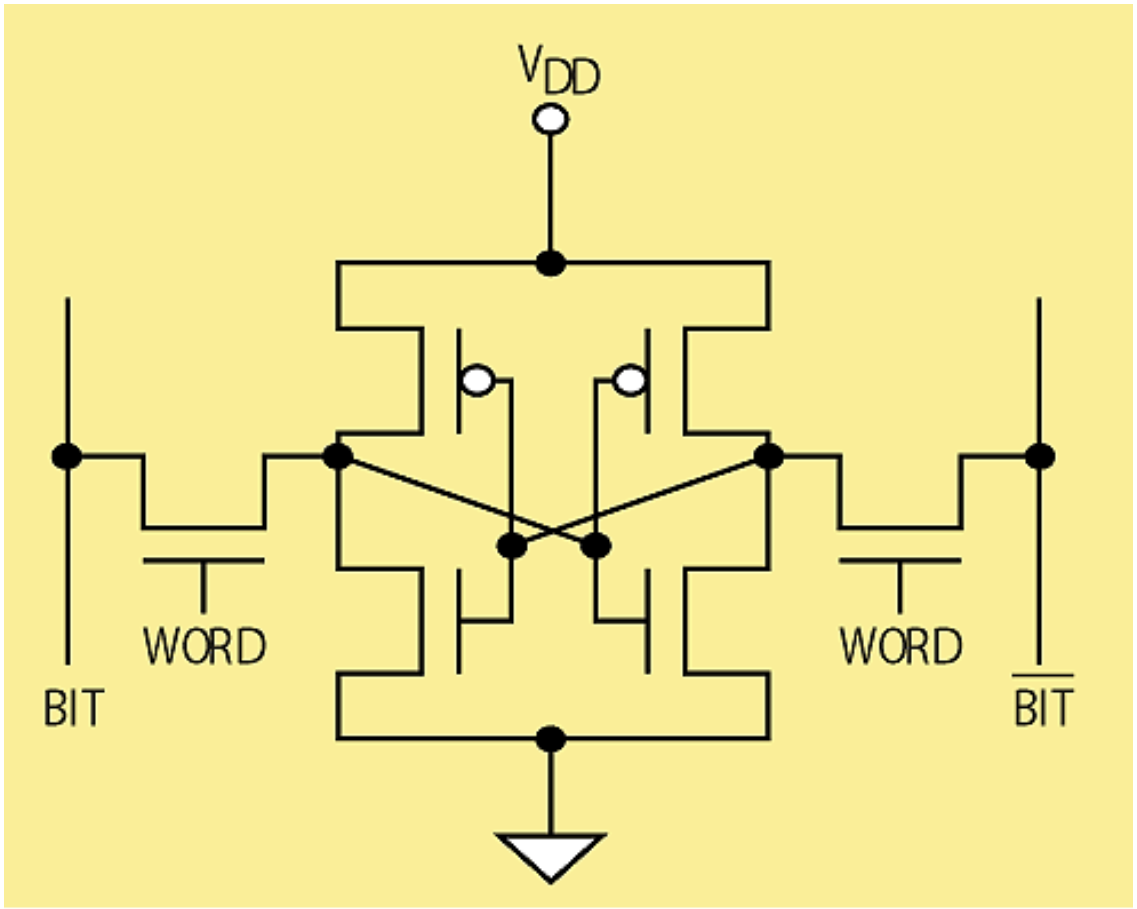
Klopné obvody – použité technologie

- **triody**
  - Typ elektronky, dva režimy práce – zesilovač (tranzistor) a spínač (relé).
  - Kombinací 2 triod a několika pasivních součástek lze sestavit paměťovou buňku o kapacitě 1 b.
  - Používány pro pracovní registry doplňující bubnovou paměť.
- **tranzistory**
  - Původně se používaly bipolární, později unipolární tranzistory.
  - Na 1 paměťovou buňku je třeba min. 2 tranzistorů bipolárních nebo 6 unipolárních.
  - Oproti triodám jsou menší, levnější a mají vyšší rychlost.
- **integrované klopné obvody**



Větší blok operační paměti sestavený z triod
Zdroj: `http://root.cz`

Klopné obvody

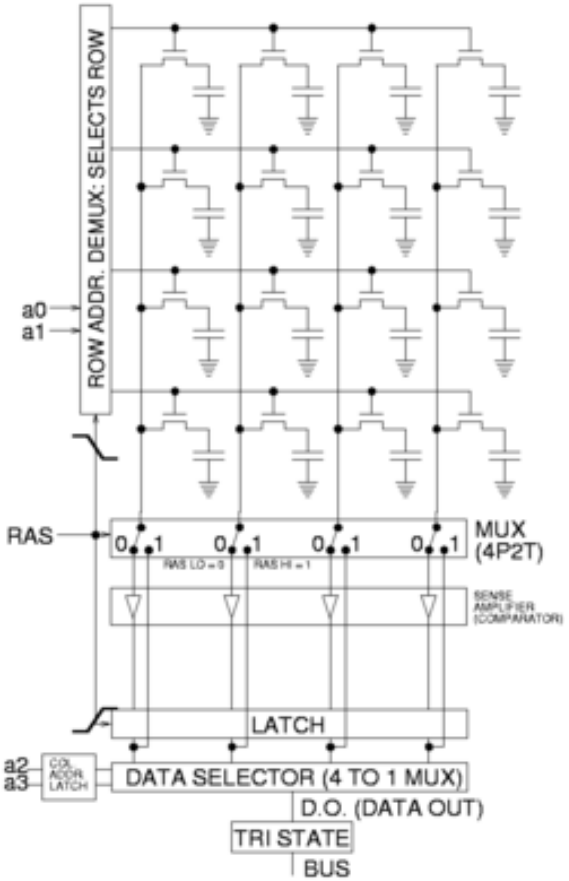


1. A six-transistor CMOS SRAM cell, like the one shown in this diagram, is the basic building block of a memory array.

Jednobitová paměťová buňka sestavená z šesti tranzistorů NMOS a PMOS
Zdroj: `http://root.cz`

Integrované klopné obvody

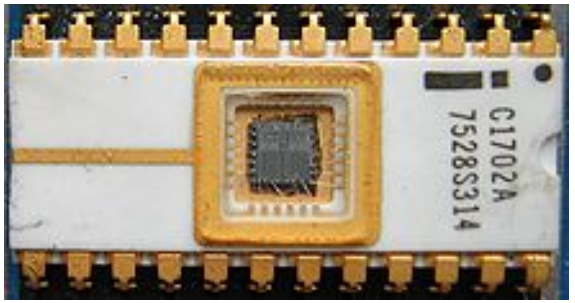
- 70. léta – integrace několika obvodů do jednoho pouzdra (čipu).
- Tranzistorové paměti byly nahrazovány paměťovými čipy, např. CMOS.
- Výsledkem paměťi typu SRAM (Static RAM)
  - volatilní paměť
  - nedestruktivní čtení
  - složitější konstrukce (až 6 tranzistorů na 1 bit) → vyšší cena
- DRAM (Dynamic RAM)
  - konstrukčně jednodušší (tranzistor+kondenzátor)
  - náboj v kondenzátoru je nutné obnovovat, čtení je destruktivní



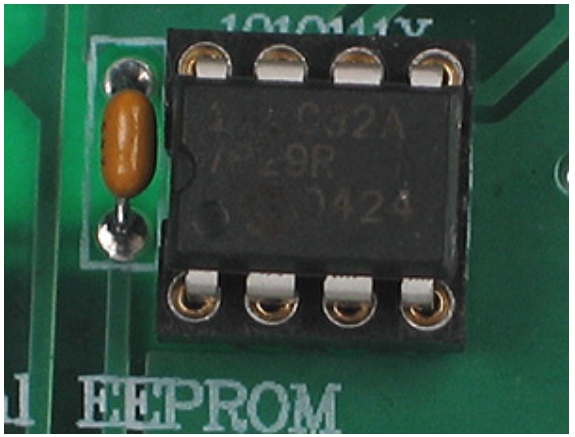
Blok paměťových buněk v paměti DRAM
Zdroj: `http://root.cz`

Paměti typu ROM

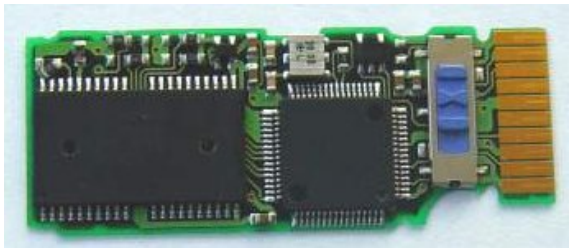
- Read Only Memory – paměť pouze pro čtení
- Non-volatilní paměť, zpravidla předprogramovaná (maska používaná při výrobě)
- Používala se např. pro uložení firmware již od 60. let.
- Různé typy
  - PROM – Programmable ROM (1956), programovatelná (pouze jednou)
  - EPROM – Erasable PROM (1971), umožnila smazat program pod UV světlem
  - EEPROM – Electrically EPROM (1983), nebylo nutné paměť vyjímat z počítače
  - Flash – základ dnešních paměťových karet
- Více o pamětech např. v PV094 - Technické vybavení počítačů (dr. Pelikán)



Zdroj: http://cs.wikipedia.org



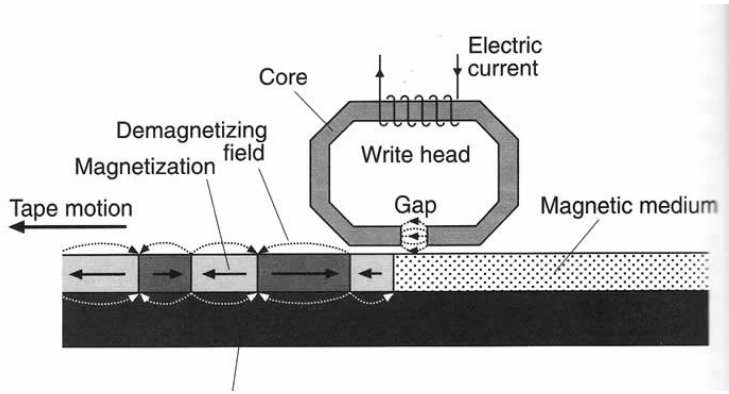
Zdroj: http://futurlec.com



Zdroj: http://build-your-own-computer.net

Magnetické paměti

- Princip: na médiu je nanesena feromagnetická vrstva, povrch je rozdělen na *magnetické regiony* (sub-mikrometrové velikosti).
- Čtení/zápis zajišťuje čtecí/zapisovací hlava (cívka).
- Non-volatilní paměť, zpravidla používané jako vnější úložiště dat
- Různé formy:
  - Magnetický buben – původně operační, posléze i jako vnější paměť
  - Magnetické pásky
  - Magnetické disky



Magnetické pásky

- Poprvé nasazeny u počítače UNIVAC 1 v roce 1951, hustota záznamu byla 128 znaků na palec na 8 stopách.
- Hlavní záznamové médium vnější paměti u mainframů.
- 8bitové počítače používaly klasické magnetofonové audio pásky (kapacita cca 500 kB – 1 MB)
- Používané dodnes pro zálohu dat (páskový robot).
- Výhody: velká kapacita, přepisovatelné médium (na rozdíl např. od děrných štítků), vysoká životnost.
- Nevýhody: sekvenční přístup, řádově vyšší doba pro vystavení dat, přetržení pásky.

Zdroj:
http://computersciencelab.com

Diskové paměti

- Rotující pevný/pružný disk, pohyblivá čtecí hlava.
- Stopy jsou uloženy v soustředných kružnicích.
- Čtyři kategorie
  1. disketové paměti (pružný disk)
  2. diskové paměti s výměnným svazkem disků (používají se pevné disky, dnes prakticky bez významu)
  3. diskové paměti s nevýměnným svazkem disků (klasické harddisky)
  4. kazetové diskové paměti (pamětníci je většinou znají z výpočetních center)

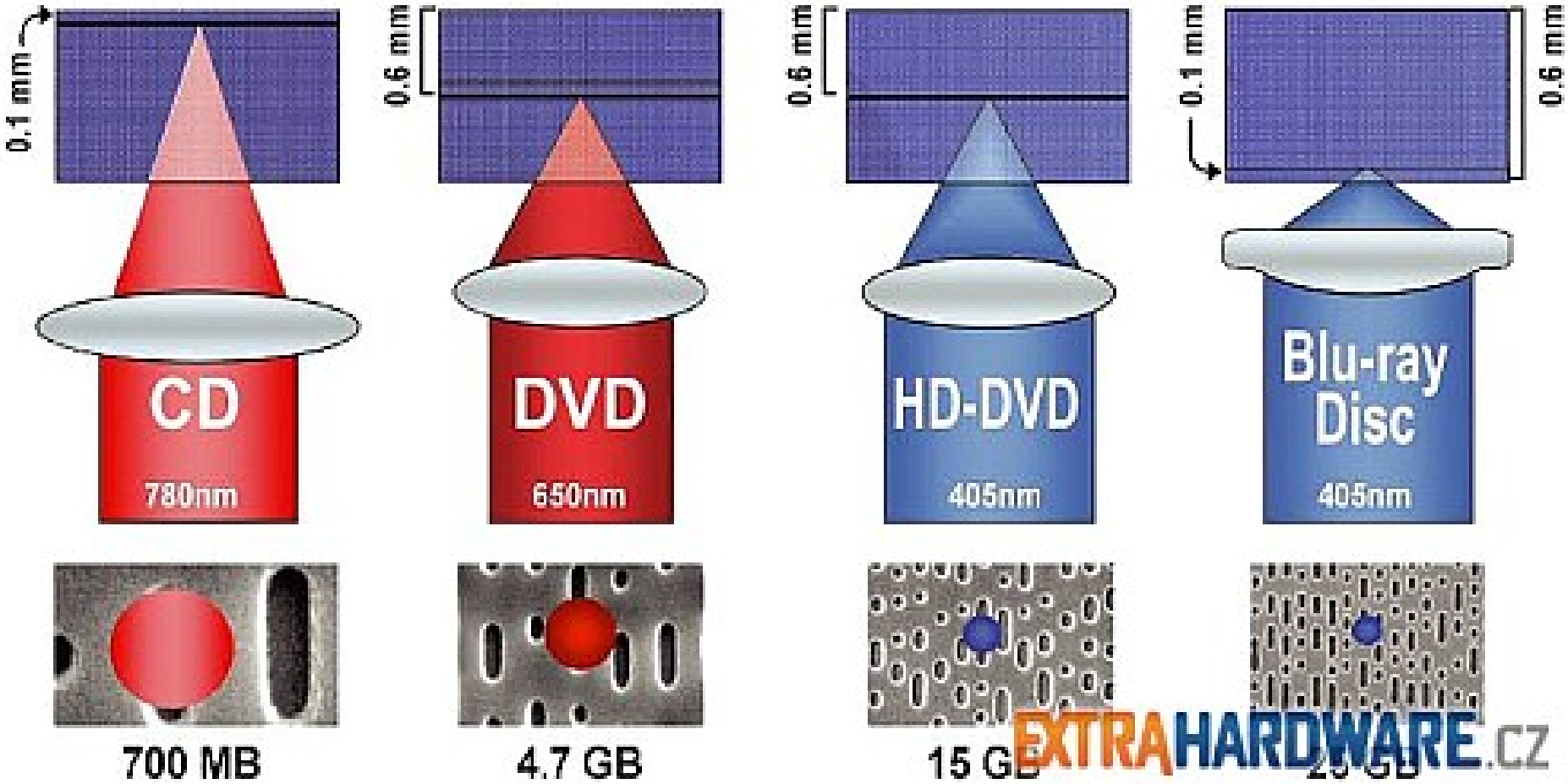
8", 5,25" a 3,5" diskety

8", 5.25", 3.5", 2.5", 1.8", a 1" pevné disky
Zdroj: `http://en.wikipedia.org`

Optická média

- První optický disk byl vynalezen již v roce 1958, původně analogové.
- Kompaktní disky tak, jak je známe dnes, byly vyvinuty až roku 1979 (Sony+Philips).
- Datová stopa ve tvaru spirály, začíná u středu.
- Průměr média je 12 nebo 8 cm.
- Čtení: Laserové světlo snímá povrch (prohlubně).
- Zápis: lisováním matrice při výrobě nebo laserem do chemické vrstvy.
- Nástupci: DVD (1995), Blue-ray (2000).

Hustota zápisu na optických médiích

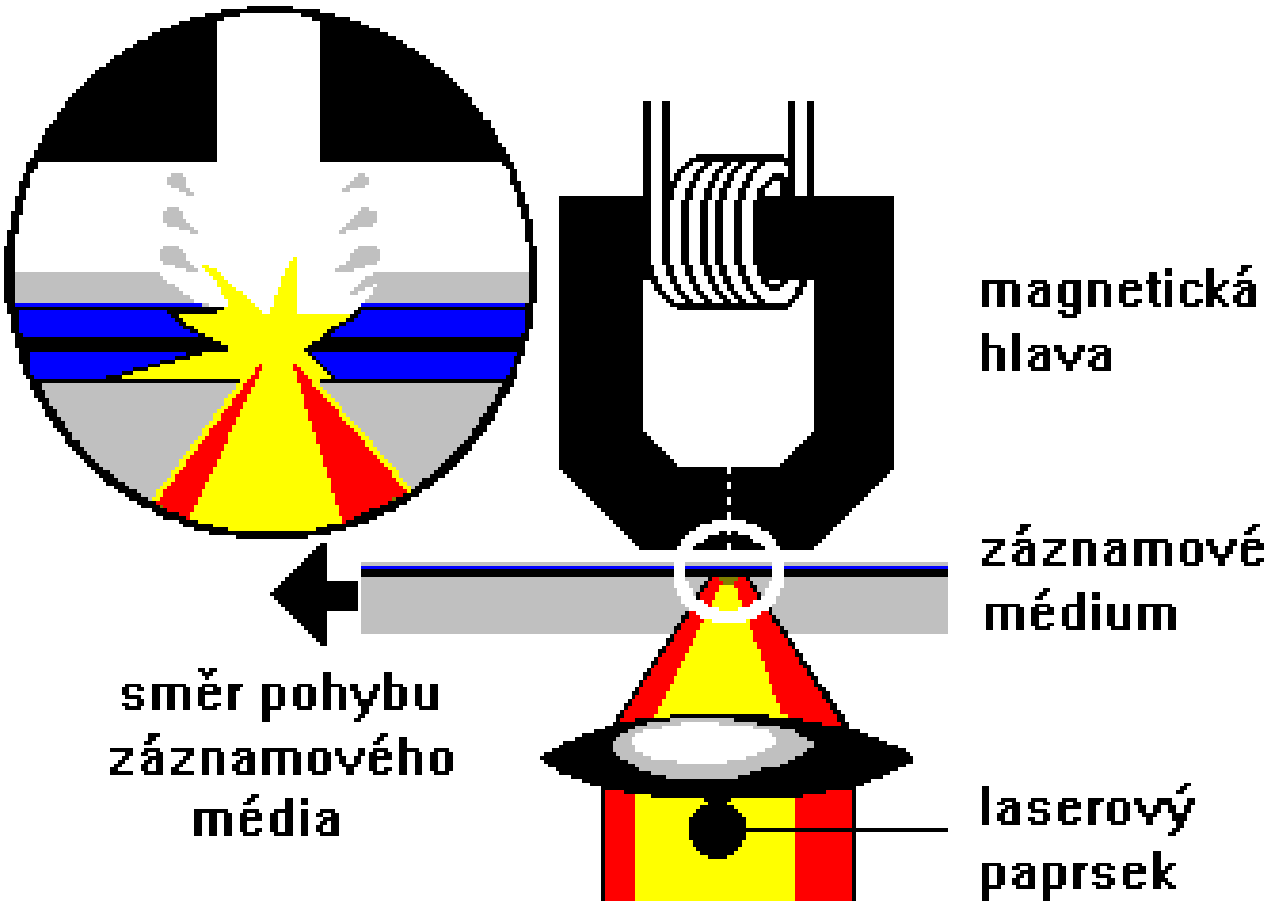


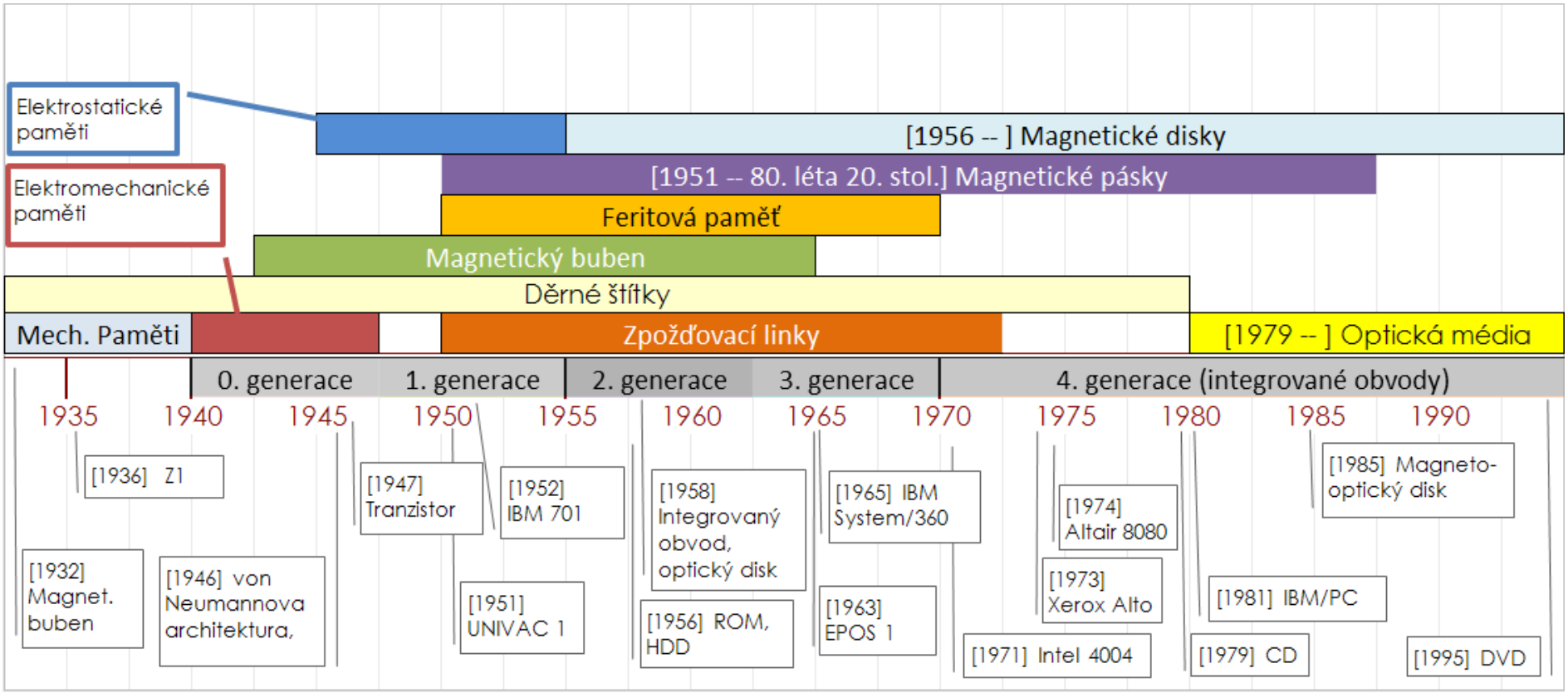
Zdroj: `http://extrahardware.cnews.cz`

Magnetooptická média

- Kombinace optických a magnetických médií, vynalezena v roce 1985.
- Řádově vyšší kapacita při stejné velikosti jako magnetické disky (1,44 MB (FDD) vs. až 9 GB (MO) při velikosti 3,5")
- Čtení: laserový paprsek dopadá na zmagnetizovanou vrstvu. Dochází ke stáčení polarizační roviny odraženého světla, polarizační filtry na čtecí hlavě pak rozlišují 0 nebo 1 bit.
- Zápis:
  1. laserový paprsek zahřeje místo feromagnetického materiálu na Currieovu teplotu (dochází ke změně struktury látky)
  2. Magnetická hlava nejprve zapíše logické 0 následně 1.
  3. Ohřáté lokace se rychle ochlazují, magnetické domény tak zůstávají ,,zmrazeny" ve feromagnetické vrstvě.

Záznam na MO disk



Zdroj: `http://www.umel.feec.vutbr.cz/~adamek/komp/KOMPFRAM.HTM`

Historický vývoj pamětí