



OPERAČNÁ PAMÄŤ

Univerzita sv. Cyrila a Metoda

Fakulta prírodných vied

Ústav počítačových technológií a informatiky

Matej Červenec 2. ročník

OBSAH

- Úvod
- Technické parametre
- Rozdelenie
- Pamäťové moduly
- História
- Aktuálne použitie
- Vývoj a budúcnosť
- Diagnostika a správa

ÚVOD

- Základné rozdelenie pamäte
- Čo je operačná pamäť
- Nevyhnutnosť
- Rýchlosť systému
- Generačné rozdiely
- Multitasking
- Hierarchia

$$\text{Latencia(ns)} = \frac{\text{CAS Latency} * 1000}{\text{Frekvencia (MHz)}}$$

$$\text{Latencia(ns)} = \frac{\text{CAS Latency} * 2000}{\text{Frekvencia (MT)}}$$

Priepustnosť = *Frekvencia* *
Šírka zbernice * *Počet prenosov*
za takt

- Fyzický faktor (PC / NTB)
- Generácia (DDR4, DDR5 ...)
- Kapacita (GB)
- Rýchlosť (frekvencia – MHz / MT/s)
- Latencia (CAS) – čas oneskorenia (RAM – CPU)
- Šírka zbernice (64 b / 8B)
- Priepustnosť
- Architektúra systému pri PC (32b – 64b)
- Kanály (Základná/materská doska)

ROZDELENIE

1

SRAM

Statická RAM

2

DRAM

Dynamická RAM

Asynchrónna
Synchrónna

3

CACHE

4

REGISTRE

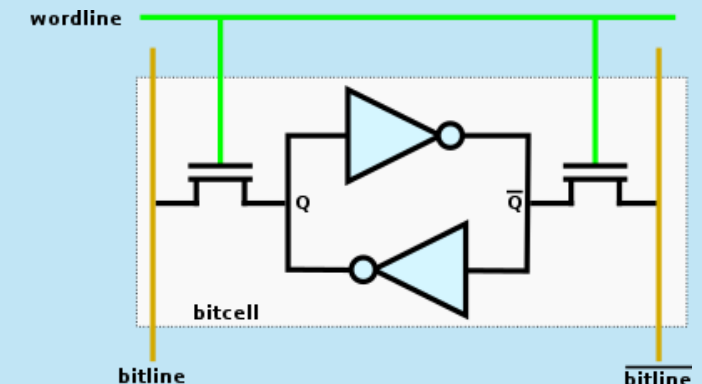
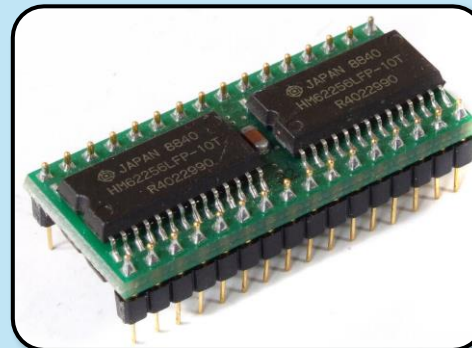
ROZDELENIE

1

SRAM

Statická RAM

- Flip-FLOP(klopné) obvody
- 1 Bunka = 6 tranzistorov
- Bez nutnosti „osvieženia“
- Vysoká rýchlosť a spoľahlivosť
- Prístup 1ns-4ns, 4ns-8ns
- Vyššia cena a komplexnosť
- Menšia pamäťová veľkosť
- Používaná ako Cache pamäť



ROZDELENIE

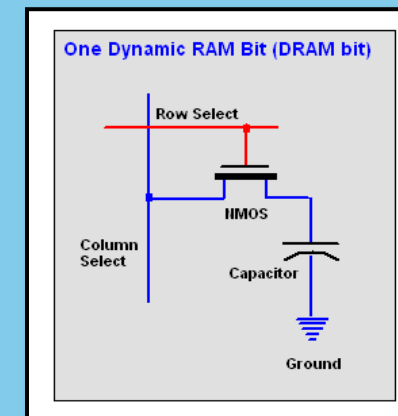
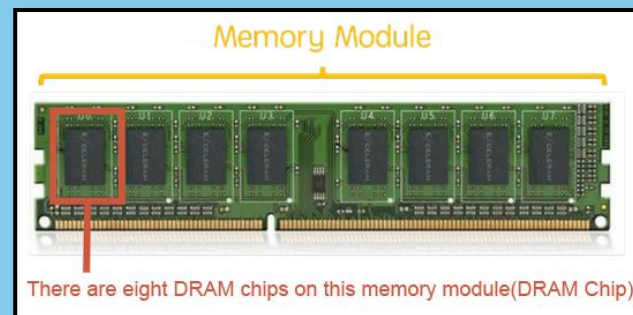
2

DRAM

Dynamická RAM

Asynchrónna
Synchronná

- Kondenzátory + tranzistory
- 1 bunka = 1C + 1T
- Periodické refreshe (64ms default)
- Jednoduchšie zostavenie
- Vyššia kapacita pamäte
- Menšia cena a rýchlosť
- Prístup desiatky ns (10 – 60)
- Pre bežné PC



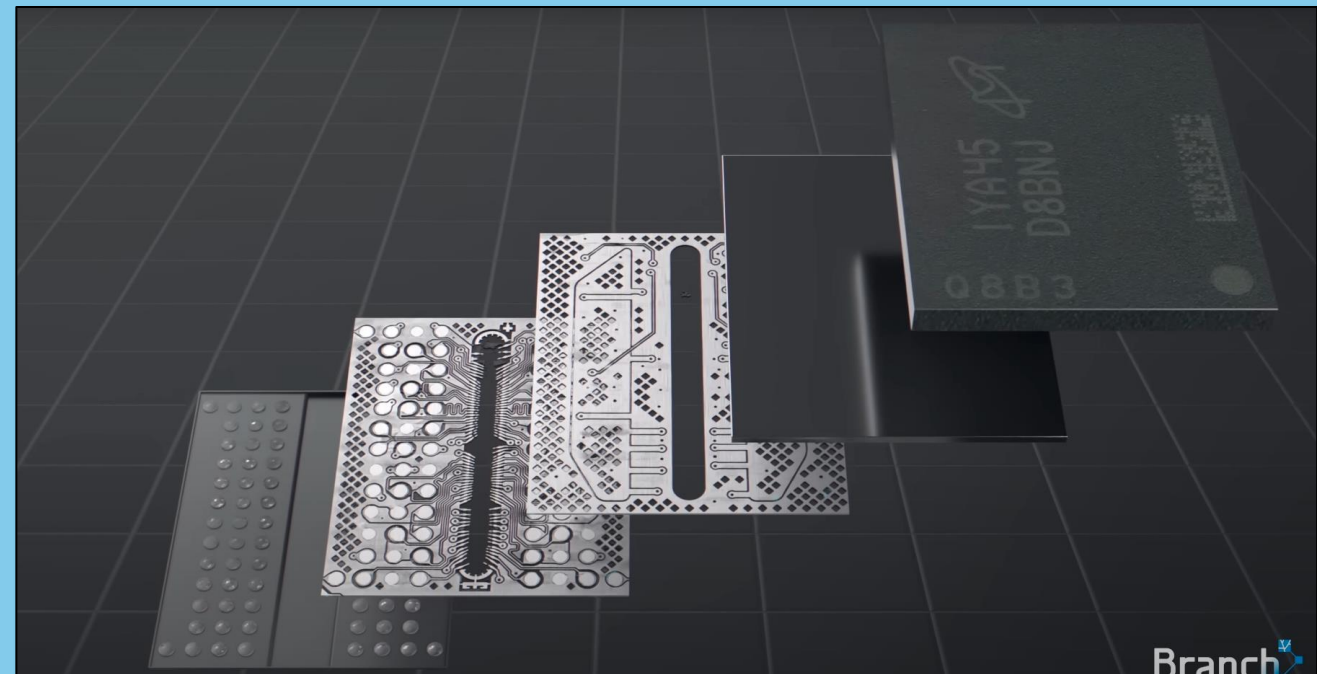
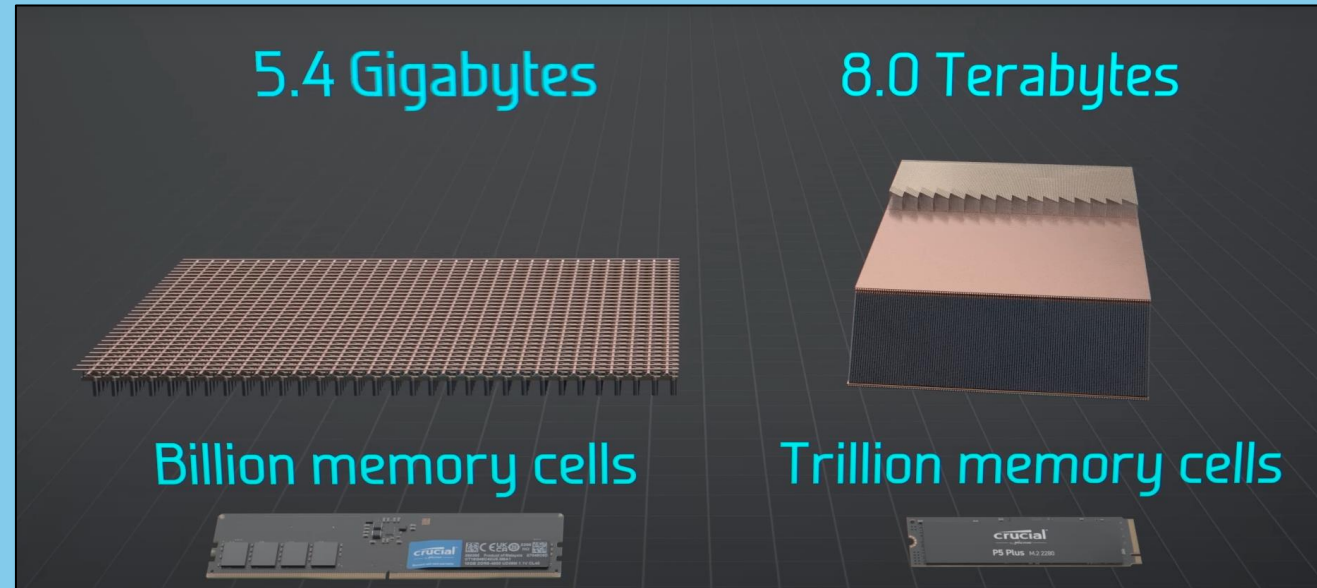
ROZDELENIE

2

DRAM

Dynamická RAM

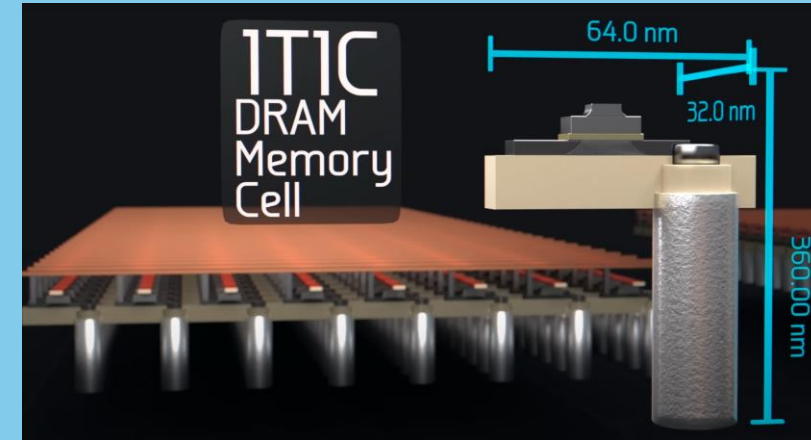
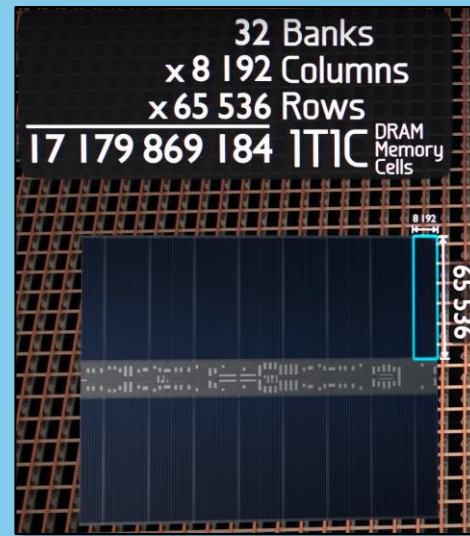
Asynchrónna
Synchronna



ROZDELENIE

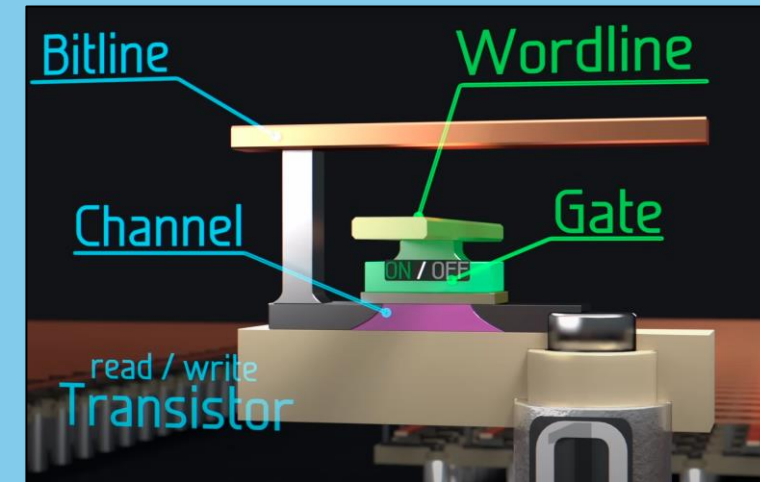
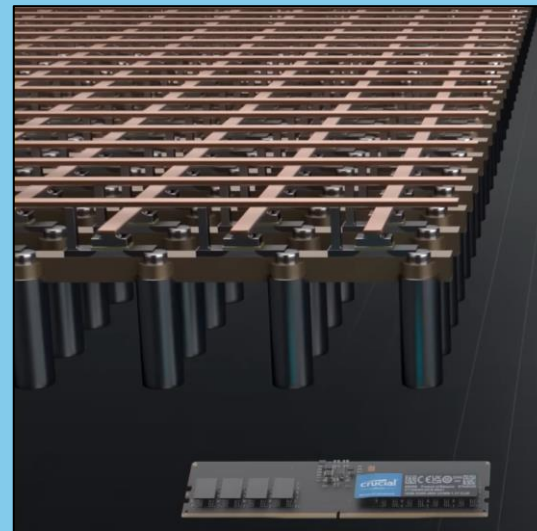
2

DRAM



Dynamická RAM

Asynchrónna
Synchronna



ROZDELENIE

3

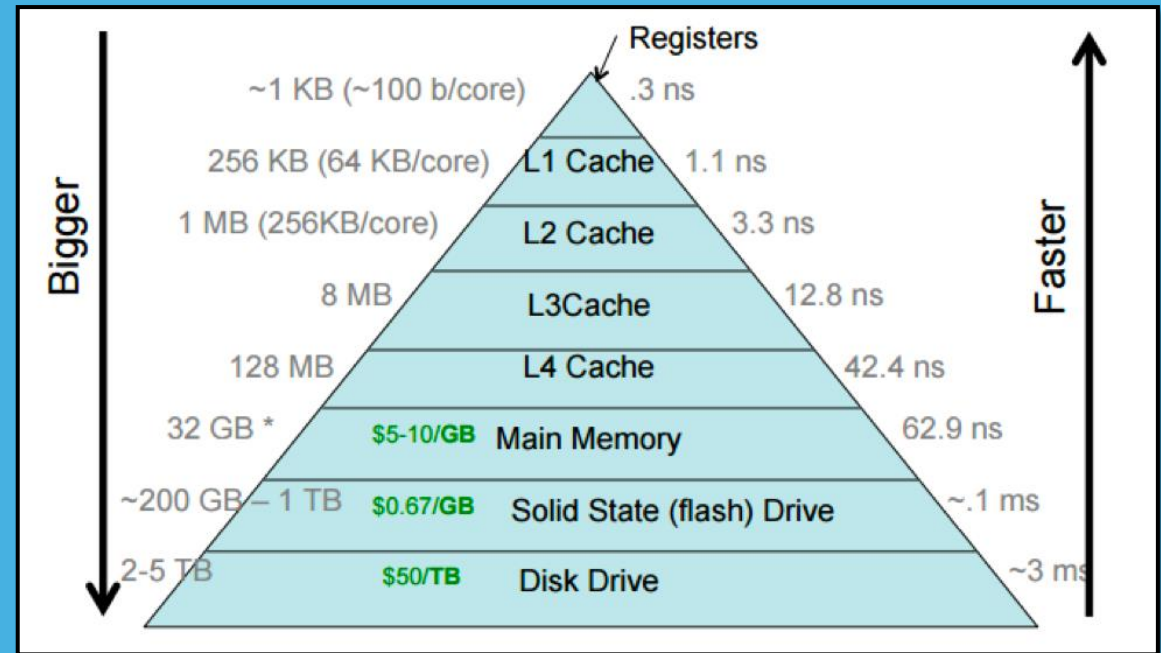
CACHE

- V princípe SRAM
- Kópia RAM dát
- Často používané/opakujúce sa dáta
- Predvídanie budúcnosti (cykly...)
- Rýchlosť prístupu (1ns – 10ns)
- 3 úrovne (L1,L2,L3, „L4“)
- L1 – priamo v jadre (inštrukčná a dátová časť)
- L2 – medzi pamäť v blízkosti jadier (buffer)
- L3 – zdieľaná medzi jadrami CPU (väčší buffer)
- L4 – umiestnená na čipe, zriedkavá (GPU, serverové CPU)

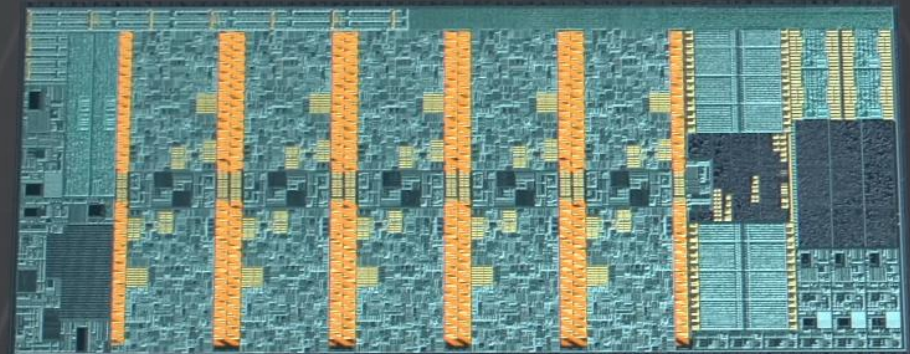
ROZDELENIE

3

CACHE



Cache Memory

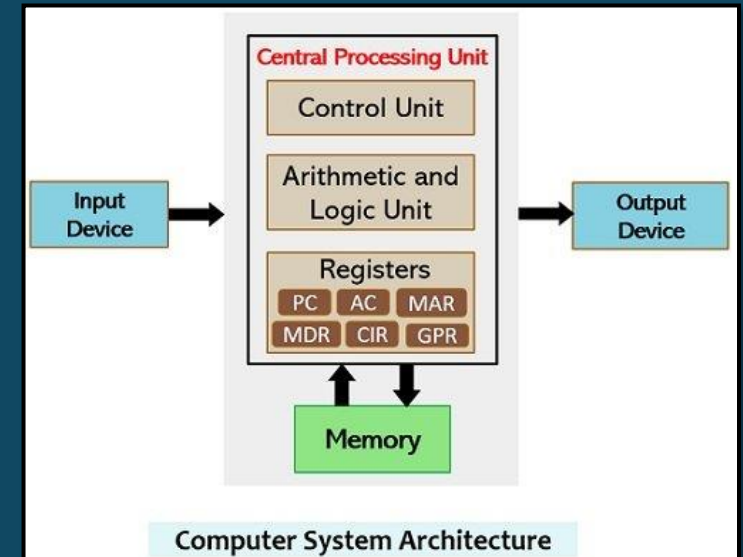


ROZDELENIE

4

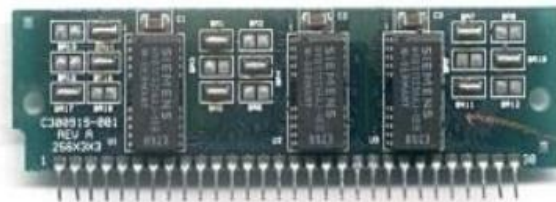
REGISTRE

- Priamo v CPU jadre
- Priamo napojené na ALU
- Extrémne rýchle
- Okamžité dáta k dispozícií
- Premenné, výsledky
- $A+B = C$ ($5+5 = ?$) -> presun do registrov



PAMÄŤOVÉ MODULY

DIP



SIPP 30 pin



SIMM 30-pin



SIMM 72-pin



DIMM 168-pin



DDR 184-pin



SIPP 30-pin



SIMM 30-pin



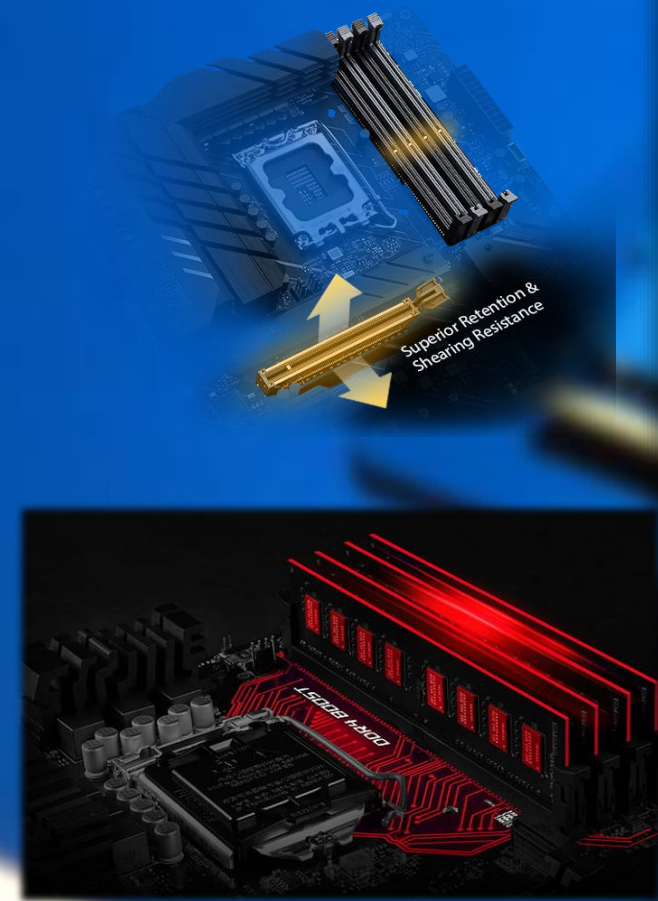
SIMM 72-pin



DIMM 168-pin



DDR 186-pin



HISTÓRIA ZAČIATKY

1940

Prvé pamäte mechanické
a magnetické

1946

Williamsova trubica,
katódové trubice CRT



1949

Magnetická bubnová
pamäť
Rotujúci magnetický
bubon

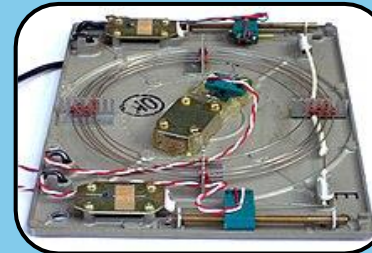


1950

Prvé pamäte skutočné
RAM – Ferritové jadrá

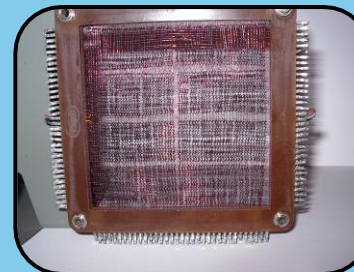
1951

Pamäť z oneskorovacej
linky
zvukové vlny v ortuti



1952

Ferritová jadrová pamäť
prvá spoľahlivá RAM do 70.
rokov

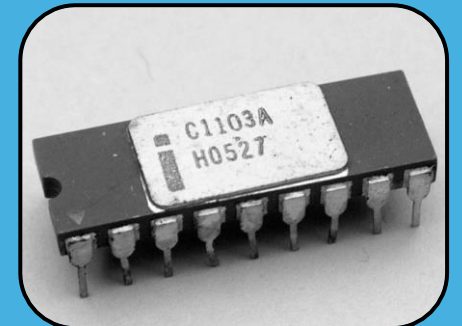


1960

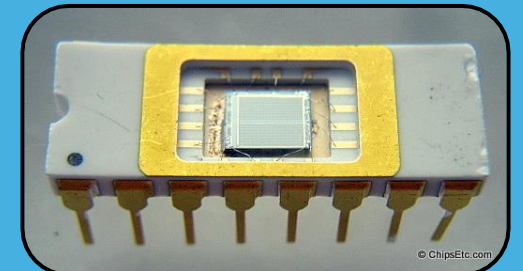
Polovodičové RAM (SRAM
a DRAM)

1968

Vývoj prvej DRAM



1969 Prvá komerčná
SRAM

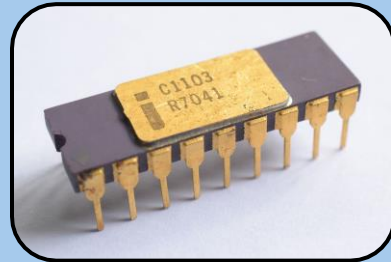


HISTÓRIA MODERNÉ ČIPY

1970

Prvé moderné DRAM čipy

1970
Intel - 1103 prvý
komerčne úspešný
DRAM čip



1973
MOS Technology -
multiplexované
adresovanie

1978
IMB – Error correcting
code pamäte

1980

SIMM moduly

1983
Prvé SIMM modulárne
RAM



1987
Prvá FPM DRAM
zrýchlený prístup k
stránkam

PD(ns) ~ **100**
RP(Mbps) 25-
40

1990

SDRAM a DDR revolúcia

1993
Prvý SDRAM čip,
synchronizácia s CPU



1998
DDR SDRAM



NEDÁVNA HISTÓRIA

Názov	Veľkosť	Počet PIN-ov	Počet Bit-ov	Frekvencia	Priepusnosť	Rok
SIMM	256kB-128MB	30, 72	8, 16, 32	-	-	1987
DIMM	16-256MB	72, 144	64	66-133	533	1995
SDR	16-512MB	168	64	66-150	1200	1997
DDR	16MB-2GB	184	64	200-400	4800	2002
DDR2	1-8BG	240	64	400-1066	8500	2004
DDR3	1-32BG	240	64	800-2133	17000	2007
DDR4	2-64GB	288	64	3000-	20000	2014

AKTUÁLNE POUŽITIE

- DDR4
- DDR5
- LPDDR4,
LPDDR5
- HBM2E,
HBM3

DDR SDRAM Standard	Internal rate (MHz)	Bus clock (MHz)	Prefetch	Data rate (MT/s)	Transfer rate (GB/s)	Voltage (V)
SDRAM	100-166	100-166	1n	100-166	0.8-1.3	3.3
DDR	133-200	133-200	2n	266-400	2.1-3.2	2.5/2.6
DDR2	133-200	266-400	4n	533-800	4.2-6.4	1.8
DDR3	133-200	533-800	8n	1066-1600	8.5-14.9	1.35/1.5
DDR4	133-200	1066-1600	8n	2133-3200	17-21.3	1.2

Types	HBM1	HBM2	HBM2E	HBM3	HBM3E
Bandwidth (GB/s)	128	307	460	819	1000
Stacking Height (layers)	4	4/8	4/8	8/12	8/12
Capacity (GB)	1	4/8	8/16	16/24	24/36

Funkcia	DDR5 RAM	DDR4 RAM
Rýchlosť	4800 MT/s - 8400 MT/s	2133 MT/s - 4266 MT/s
Kapacita	16 GB - 128 GB na modul	4 GB - 64 GB na modul
Napätie	1,1V	1,2 V

AKTUÁLNE POUŽITIE

- DDR4
- DDR5
- LPDDR4,
LPDDR5
- HBM2E,
HBM3



★★★★★ 5,0 55×

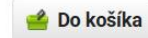


**Kingston FURY 32GB KIT DDR5
6000MT/s CL30 Beast Black EXPO**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC5-48000,
pasívny chladič a AMD EXPO

106,90 €

Od 3,30 € mesačne



★★★★★ 4,9 50×



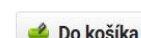
**Corsair 32 GB KIT DDR5 6000 MHz
CL30 Vengeance Grey EXPO**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC5-48000,
CL30-36-36-76, napätie 1,4 V, pasívny chladič
a AMD EXPO

ISIC ZĽAVA -1 %

124,09 €

125,90 €



★★★★★ 4,9 112×



**G.SKILL 32GB KIT DDR5 6000MHz
CL30 Trident Z5 NEO RGB AMD EXPO**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC5-48000,
CL30-38-38-96, napätie 1,35 V, AMD EXPO

133,90 €

Od 4,14 € mesačne



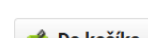
★★★★★ 4,9 532×



**Kingston FURY 32 GB KIT DDR4 3200
MHz CL16 Beast Black**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC4-25600,
CL16, napätie 1,35 V, pasívny chladič a XMP
2.0

61,90 €



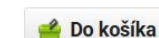
★★★★★ 4,9 81×



**Corsair 32 GB KIT DDR4 3600 MHz
CL16 Vengeance LPX Black**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC4-28800,
CL16-19-19-36, napätie 1,35 V, pasívny
chladič a XMP 2.0

63,90 €



★★★★★ 4,8 115×

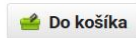


**G.SKILL 32GB KIT DDR4 3200 MHz
CL16 Gaming series Aegis**

Operačná pamäť – 2× 16 GB, PC4-25600,
CL16-18-18-38, napätie 1,35 V, Unbuffered a
XMP 2.0

SUPER CENA

52,90 €



VÝVOJ A BUDÚCNOSŤ

DDR5

Očakávaný
štandard



DDR6

12,8 GT/s – 20 GT/s

256GB modul

Menšia spotreba

Viacej kanálov na
základnej doske



HBM

Rozsiahlejšie
použitie

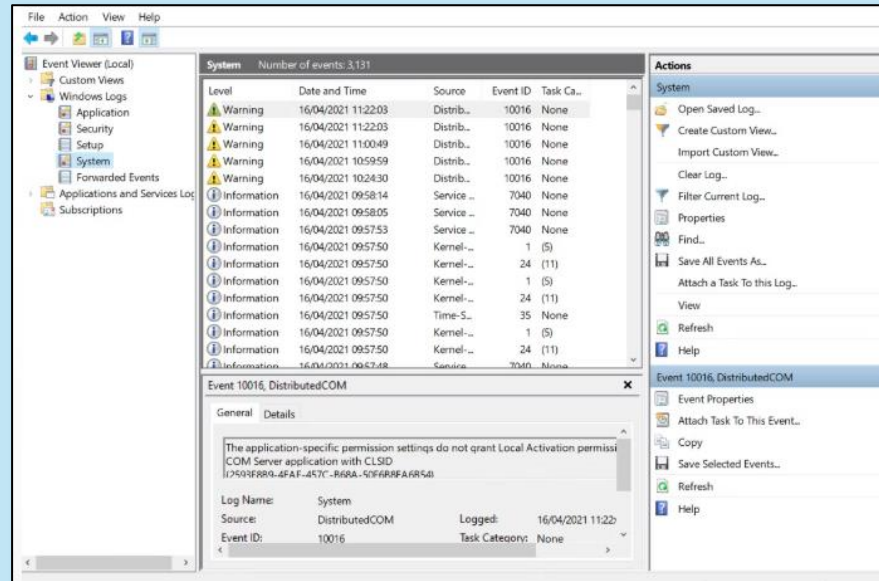
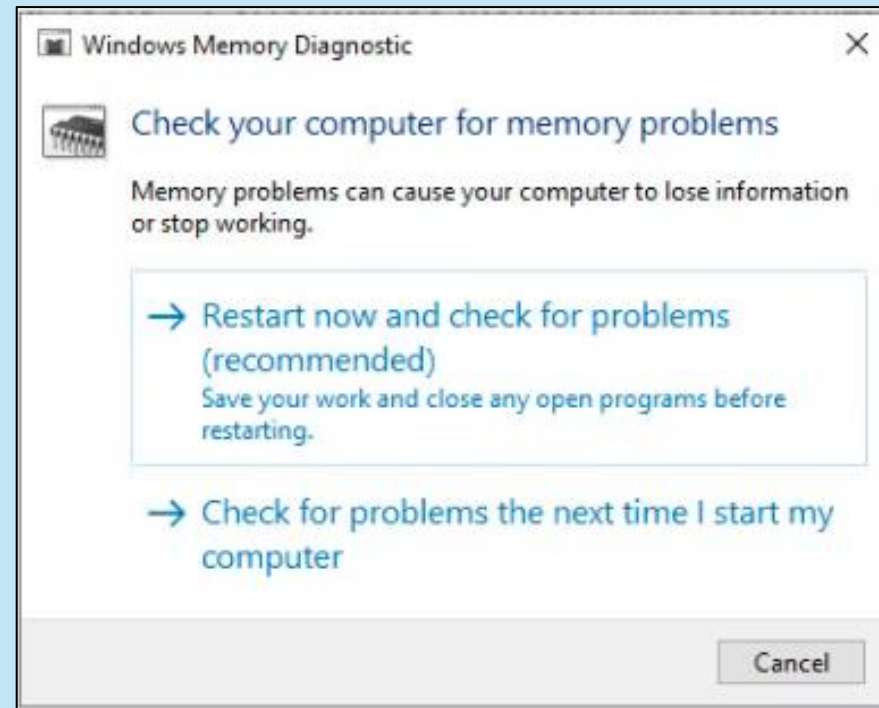


QRAM

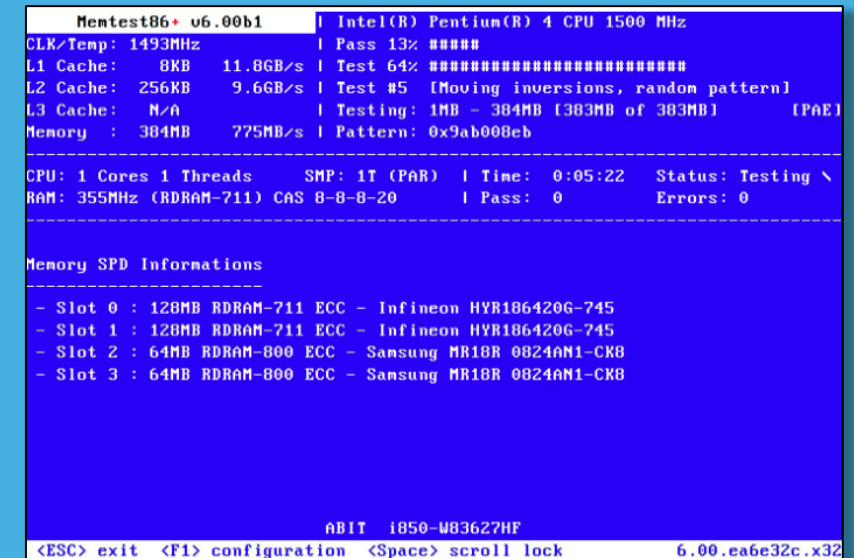
Quantum RAM

Superpozície

DIAGNOSTIKA A SPRÁVA



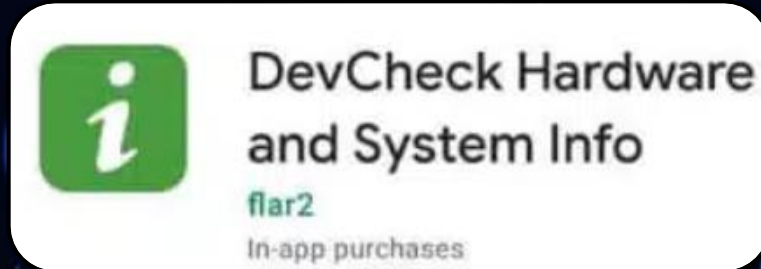
- Bios nastavenia (XMP, napätie, latencia) – POZOR NESTABILITA



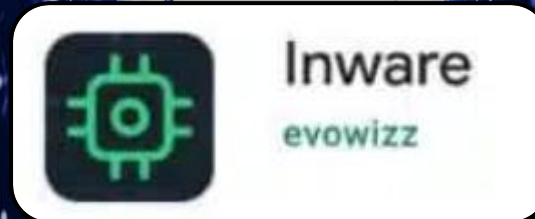
DIAGNOSTIKA A SPRÁVA

Android

- DevCheck – Google play



- Inware – Google play



- XNUMX – Vývojár systému

iPhone

- Geekbench – App store
- Antutu – App store

iPhone model	RAM size
IPHONE 16 PRO AND 16 PRO MAX	8GB
iPhone 16 and 16 Plus	8GB
iPhone 15 Pro and 15 Pro Max	8GB (LPDDR5)
iPhone 15 and 15 Plus	6GB (LPDDR5)
iPhone 14 Pro and 14 Pro Max	6GB (LPDDR5)
iPhone 14 and 14 Plus	6GB (LPDDR4X)
iPhone 13 Pro and 13 Pro Max	6 GB (LPDDR4X)
iPhone 13 and 13 mini	4 GB (LPDDR4X)
iPhone SE 3rd gen	4 GB (LPDDR4X)
iPhone 12 Pro and 12 Pro Max	6 GB (LPDDR4X)
iPhone 12 and 12 mini	4 GB (LPDDR4X)

ZÁVER

- Neoddeliteľná súčasť systémov
- Architektúry dnešných RAM
- Ako vybrať RAM
- Ako spravovať RAM

POUŽITÁ LITERATÚRA

Elektronické dokumenty a webové stránky:

- TECHTARGET. Memory [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/memory>
- HARDWARE.WBL.SK. Typy pamäte RAM [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <http://www.hardware.wbl.sk/typy-pamate-RAM.html>
- FS COMMUNITY. Static Random Access Memory (SRAM) [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://community.fs.com/encyclopedia/-static-random-access-memorysram-.html>
- WIKIPÉDIA. Pamäť s priamym prístupom [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: https://sk.wikipedia.org/wiki/Pam%C3%A4%C5%A5_s_priamym_pr%C3%ADstupom
- IC COMPONENTS. Types of RAM and their differences [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.ic-components.sk/blog/types-of-ram-and-their-differences.jsp>
- TECHRADAR.SK. Ako vybrať správnu pamäť RAM pre váš počítač? [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://techradar.sk/ako-vybrat-spravnu-pamat-ram-pre-vas-pocitac/>
- TECHBOX.SK. Čo je to cache v CPU a na čo je to dobré? [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.techbox.sk/co-je-to-cache-v-cpu-a-na-co-je-to-dobre>
- ALZA.SK. Cache v procesore [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.alza.cz/slovník/cache-v-procesoru-art13119.htm>
- ALZA.SK. Čo sú registre procesora a ako fungujú? [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.alza.sk/co-su-registre-procesora-a-ako-funguju>
- BENNE. História operačných pamätí [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <http://www.benne.6f.sk/historia-operacnych-pamati/>

POUŽITÁ LITERATÚRA

- THOUGHTCO. History of computer memory [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.thoughtco.com/history-of-computer-memory-1992372>
- SVET HARDWARE. Vývoj modulov DRAM a operačnej pamäte [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.svethardware.cz/vyvoj-modulu-dram-a-operacni-pameti/15115-3>
- SIMMS. What is HBM (High Bandwidth Memory)? [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.simms.co.uk/tech-talk/what-is-hbm-high-bandwidth-memory/>
- DIRECTMACRO. DDR6 release date [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://directmacro.com/blog/post/ddr6-release-date?srsltid=AfmBOorD4kQYWpUT6lg3RqbJBn1l3gSf84LI-V2Q4J0EPeJlbmkMC6tV>
- EQSYSTEM. Ako otestovať váš počítač na zlyhávajúci hardvér? [online]. [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: https://www.eqsystem.sk/ako-otestovat-vas-pocitac-na-zlyhavajuci-hardver?srsltid=AfmBOorRJuDy84zV9QJTtPL_Whzk57lfHxBgvi6r6SElrh64sNB2390v
- 91mobiles.com. How to check iPhone RAM: Here's how much RAM your iPhone has. [online]. [cit. 2025-04-10]. Dostupné na: <https://www.91mobiles.com/hub/how-to-check-iphone-ram/>
- A7la-Home.com. Ako skontrolovať typ pamäte RAM, rýchlosť a pracovnú frekvenciu na telefóne Android. [online]. [cit. 2025-04-10]. Dostupné na: <https://sk.a7la-home.com/check-android-phone-ram-type-speed-and-operating-frequency/>

Audiovizuálne dokumenty – YouTube videá:

- YT Channel. RAM Explained [video online]. YouTube, 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=7J7X7aZvMXQ&t>
- YT Channel. DRAM vs. SRAM [video online]. YouTube, 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=VToZeD5HhoM>

POUŽITÁ LITERATÚRA

Audiovizuálne dokumenty – YouTube videá:

- YT Channel. RAM Explained [video online]. YouTube, 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=7J7X7aZvMXQ&t>
- YT Channel. DRAM vs. SRAM [video online]. YouTube, 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=VToZeD5HhoM>
- YT Channel. How RAM Works [video online]. YouTube, 2025 [cit. 2025-04-01]. Dostupné na: <https://www.youtube.com/watch?v=ku9iPjMCArM>



**ĎĀKUJEM ZA
POZORNOST**