

## Základy počítačů: prednáška č.10

Join at  
**slido.com**  
**#ZPOC**



1

## Náhradné testy

```

1 0010          -CRG 0010h
2 0010 01 02 03 04 25  DB 01,02,03,04,25
3 0000          -CRG 0000h
4
5 0000 3A 10 00      LDA 0010h
6 0003 47          MOV #,A
7 0004 3A 11 00      LDA 0011h
8 0007 80          AND B
9 0008 32 12 00      STA 0012h
10 000B 76         HLT
11
    
```

Na poslednom cvičení budú otvorené znova všetky testy pre tých študentov, ktorí ich nepísali.

Druhýkrát sa písať nedá.

2

## Skúška

**Riadny termín**  
 18. 12. 2024 – CPU

**Opravný termín**  
 18. 1. 2024 v CPU



Pred skúškou  
 pokusná písomka v AISE

Po skúške  
 hodnotenie predmetu – dotazník

3

## Rýchlosť počítačov



4

## Clock Speed

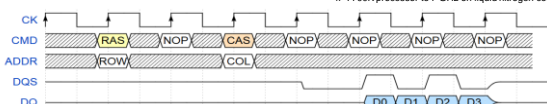
- ~ 2,7 GHz

**XI/2023:** Guinnessova kniha rekordov  
**9,04392 GHz Intel Core i9 – 14900KF**  
 chladený tekutým héliom

[https://hwbot.org/benchmark/cpu\\_frequency/halloffame](https://hwbot.org/benchmark/cpu_frequency/halloffame)



At CES 2017, overclockers managed to push Intel's latest Core i7-7700K processor to 7 GHz on liquid nitrogen cooling

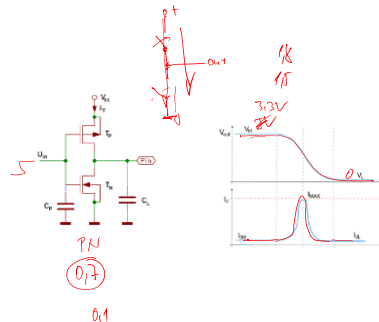


5

## Clock Speed

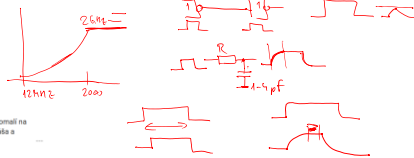
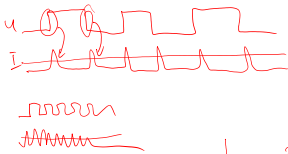


Obr. 4.1.: 6-jadrový procesor Intel Core i9-14900 (14 nm, T=2027) s rozmermi 37,5 x 37,5 mm môže bežať až na frekvencii 4,7 GHz. Jedna perióda procesorových hodin teda trvá 0,21 ns. Za ten čas prejde svetlo vzdialenosť 83,8 mm. Keby sme teda vytvárali svetelnú impulz (200 700 000 m/s) z jedného okraja čipu, tak sa na jeho druhú stranu a nie mestičke vrátiť späť z druhej strany (73mm) Foto: wikipedia



6

## Clock Speed



Anonymous  
 Pri zapnutí batérie v mobilie sa rýchlosť procesora spomalí na 70%. Ako to funguje keď sme si hovorili, že procesor iba prenáša a porovnáva dáta?

7

## CPI – clocks per instruction

Príklad:

Klasický CISC procesor má 5 typov inštrukcií:

- Load (6 cycles)
- Store (4 cycles)
- R-type (4 cycles)
- Branch (3 cycles)
- Jump (3 cycles)

Ak v programe máme:

- 50% load instructions
- 15% R-type instructions
- 25% store instructions
- 8% branch instructions
- 2% jump instructions

$$CPI = \frac{5 \times 10 + 4 \times 25 + 4 \times 15 + 3 \times 8 + 2}{100} = 4,4$$

Naproti tomu RISC procesor spravi väčšinu inštrukcií za 1 cyklus, niektoré za viac. Záleží preto na konkrétnom programe, ktorý však na RISC procesore môže byť dlhší.

8

## MIPS

- Million Instructions per Second
- Meaningless Information about Processor Speed

$$MIPS = \frac{\text{Instruction count}}{\text{Execution time} \times 10^6}$$

$MIPS = \frac{\text{Clock} \cdot 10^6}{CPI \cdot 10^6}$

Intel 8080	3 MHz	0,43 MIPS
ARM Cortex M0	50 MHz (micro.bit)	45 MIPS
Intel Core i7	2,7 GHz	49 630 MIPS

9

## FLOPS

$$FLOPS = \frac{\text{Počet FLOP}}{\text{čas}}$$

- Float Operations per Second

$$FLOPS = \text{cores} \times \text{clock} \times \frac{\text{FLOPs}}{\text{cycle}} \sim 4 \times 8$$

Bežné nové Intel procesory majú 4 FLOPs / hodinový cyklus. Lepšie, serverové, majú túto hodnotu 8.

Príklad:

Dvojjadrový server s Intel X5675 (3,06 GHz, 6 jadier)

$$6 \times 3,06 \times 8 = 146,88 \text{ GFLOPS}$$

10

## Porovnanie 1

tipnite si na Sli.do

P1: 4 GHz / 0,90 CPI /  $5,0 \cdot 10^9$  instr.  $3,1,12 \text{ s}$   
 P2: 3 GHz / 0,75 CPI /  $1,0 \cdot 10^9$  instr.

Príklad – doba behu programov:

$$T(P1) = \frac{5 \cdot 10^9}{4 \cdot 10^9} \times \frac{1}{0,9} = 1,12 \text{ s}$$

$$T(P2) = \frac{1 \cdot 10^9}{3 \cdot 10^9} \times \frac{1}{0,75} = 0,22 \text{ s}$$

25% odhad 75%

clock(P1) > clock(P2)    výkon(P1) < výkon(P2)

11

## Porovnanie

P1: 4 GHz / 0,90 CPI /  $5,0 \cdot 10^9$  instr.  
 P2: 3 GHz / 0,75 CPI /  $1,0 \cdot 10^9$  instr.

Príklad – MIPS:

$$MIPS(P1) = \frac{4 \cdot 10^9}{0,9 \cdot 10^6} = 4430$$

$$MIPS(P2) = \frac{3 \cdot 10^9}{0,75 \cdot 10^6} = 4000$$

$$\frac{4 \cdot 10^3}{0,9 \cdot 10^6} = 4430 \text{ MIPS}$$

$$\frac{3 \cdot 10^3}{0,75 \cdot 10^6} = 4000 \text{ MIPS}$$

MIPS(P1) > MIPS(P2)    výkon(P1) < výkon(P2)

12

## Porovnanie

P1: 4 GHz / 0,90 CPI /  $5,0 \cdot 10^9$  instr. z toho 40% Float / T = 1,12  
 P2: 3 GHz / 0,75 CPI /  $1,0 \cdot 10^9$  instr. -" / T = 0,25

### Príklad – MFLOPS:

$$MFLOPS(P1) = 0,4 \times 5,0 \cdot 10^9 / 1,12 = 1780 \text{ MFLOPS}$$

$$MFLOPS(P2) = 0,4 \times 1,0 \cdot 10^9 / 0,25 = 1600 \text{ MFLOPS}$$

MFLOPS(P1) > MFLOPS(P2)    výkon(P1) < výkon(P2)

13

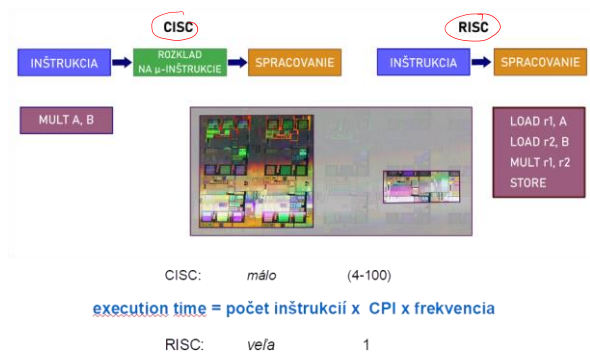
## Výkonnosť počítačov

**MIPS** Million Instructions Per Second

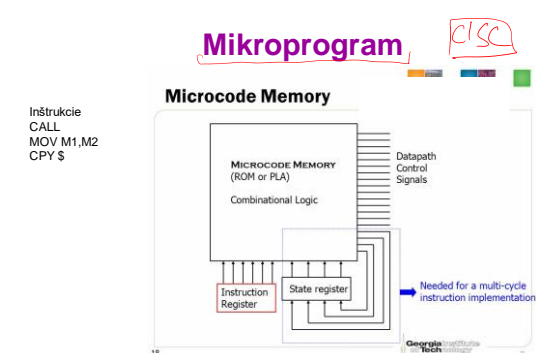
**FLOPS** Floating Point Instructions per Second

Intel 8080A	3 MHz	0.435 MIPS	0 FLOPS (no FPU)
Intel 8088 + 87	10 MHz	0.750 MIPS	0.750 MFLOPS (w FPU)
ATmega328 <i>Arduino</i>	16 MHz	4 MIPS	0.21 MFLOPS
ARM Cortex-M0 <i>Py, bit</i>	50 MHz	45 MIPS (micro.bit)	
Intel Pentium	100 MHz	188 MIPS	12 MFLOPS
Intel Core i7	2,7 GHz	49 360 MIPS	70 GFLOPS

14

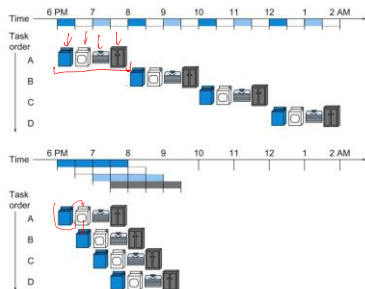


15



16

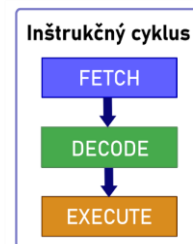
## Pipelining (ret'azenie)



17

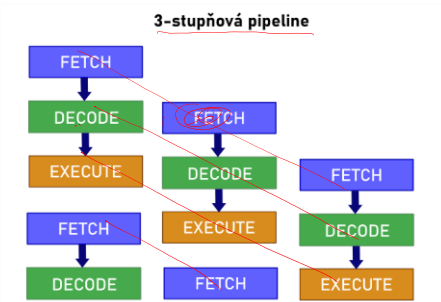
## Inštrukčný cyklus

- Výber inštrukcie z pamäte
- Dekódovanie inštrukcie
- Výber operandov
- Vykonanie požadovanej operácie
- Zápis výsledkov do pamäte



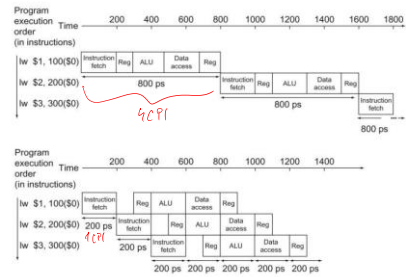
18

## Paralelizmus: pipeline



19

## Pipelining (reťazenie)



20

## 8 myšlienok

- Design for Moore's Law ✓
- Use abstraction to simplify design
- Make the common case fast
- Performance via parallelism
- Performance via pipelining
- Performance via prediction
- Hierarchy of memories
- Dependability via redundancy



§1.2 Eight Great Ideas in Computer Architecture

21