

Vzporedni (paralelni) računalniki

Von Neumann: zaporedno izvajanje ukazov

Mnogi problemi po svoji naravi dovoljujejo istočasno oz. paralelno izvajanje več operacij

Zato so von Neumann-ov model razširili

Flynn-ova klasifikacija (1966) uporablja 2 kriterija:

- tok ukazov (instruction stream): koliko ukazov se izvršuje naenkrat
- tok podatkov (data stream): koliko ponovitev operandov* en ukaz obdeluje naenkrat

Npr.,

ADD A1, A2, A3 ; $A1 \leftarrow A2 + A3$

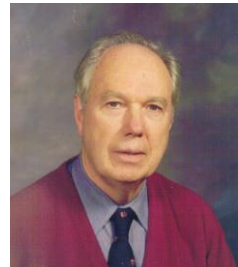
N paralelnih ponovitev:

$A1(i) \leftarrow A2(i) + A3(i), \quad i = 1, \dots, N$

Flynn-ova klasifikacija

Flynn-ova klasifikacija računalnikov:

- **SISD** (Single Instruction stream, Single Data stream)
 - izvajajo naenkrat en ukaz na eni zbirki operandov
 - najbolj zmogljivi so vektorski računalniki
- **SIMD** (Single Instruction stream, Multiple Data stream)
 - izvajajo en ukaz na več zbirkah operandov (N)
 - imajo eno kontrolno enoto in N ALE ter N množic registrov
- **MISD** (Multiple Instruction stream, Single Data stream)
 - ne obstajajo (najbližje temu so 'stream' procesorji, ki podobno cevovodu izvajajo različne operacije na istem toku ukazov)
- **MIMD** (Multiple Instruction stream, Multiple Data stream)
 - izvajajo več ukazov na več zbirkah operandov
 - multiprocesorji, multiračunalniki



MIMD: več CPE

- *tesno povezani* (tudi shared memory): skupen pomnilnik
- *rahlo povezani* (tudi distributed memory): povezani preko V/I enot

Večjedrne (multicore) računalnike (več CPE na istem čipu) lahko štejemo med tesno povezane MIMD

- “pravi” oz. veliki MIMD pa imajo po več tisoč jeder (rekord je trenutno nekaj milijonov)

SPMD: Single Program – Multiple Data:

- Programi na MIMD pogosto tečejo tako, da isti program teče na več procesorjih (oz. jedrih), pogojni stavki pa določajo, kaj se izvaja na posameznem procesorju

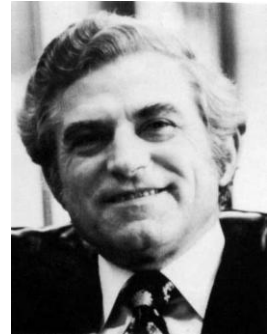
SIMD in MIMD so **paralelni računalniki**

- najbolj zmogljivi superračunalniki so paralelni
- zmogljivost se običajno meri v številu operacij v plavajoči vejici na sekundo
 - GFLOPS (Giga FLOPS – Floating Point Operations Per Second) pomeni 10^9 operacij / s
 - Cray 1988, 1GFLOPS
 - TFLOPS (Tera FLOPS) pomeni 10^{12} operacij / s
 - PFLOPS (Peta FLOPS) pomeni 10^{15} operacij / s
 - trenutno je rekord 34 PFLOPS
- od leta 1988 se povečuje zmogljivost za 2x na leto
- današnji PCji: nekaj GFLOPS

Amdahlov zakon

Vzemimo, da pohitrismo delovanje določenega dela operacij

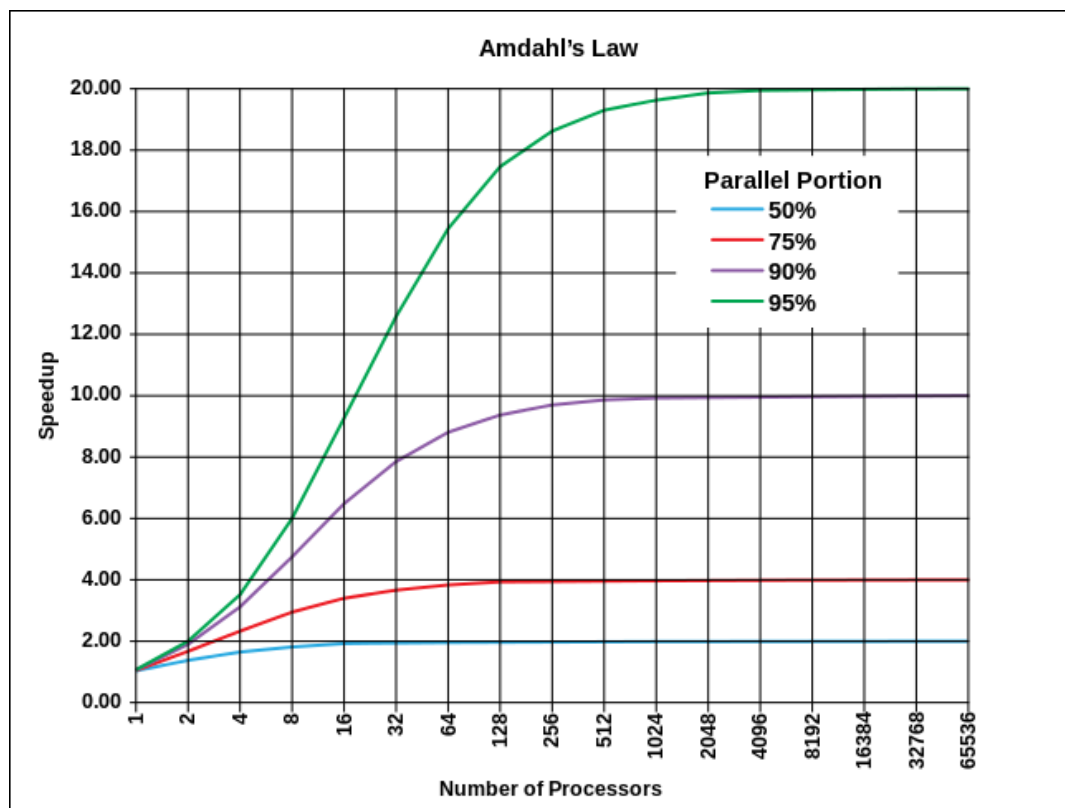
- f je zaporedni del(ež) programa
- $1 - f$ je vzporedni del(ež) programa
 - pri njem je delovanje N -krat hitrejše (npr. paralelno izvajanje N procesorjev)



Povečanje hitrosti računalnika je tedaj (Gene Amdahl, 1967):

$$S(N) = \frac{1}{f + (1 - f)/N} = \frac{N}{1 + (N - 1)f}$$

- npr. če je $f = 0,1$, hitrosti računalnika ne moremo povečati za več kot 10-krat, tudi če preostalih 90% časa zmanjšamo na 0 (pohitrismo za faktor $N \rightarrow \infty$)
- koliko nam paralelni računalnik koristi, je odvisno od problema



Gustafsonov zakon

Gustafsonov zakon:

- lahko pa rešimo večji problem
- če povečujemo problem, se zaporedni del f zmanjšuje in pohitritev postane skoraj linearna:

$$S(N) \approx N$$



Gustafsonov zakon je poskus, da se obide omejitve, ki jih postavlja Amdahlov zakon

- ne morem te prepeljati hitreje, lahko pa vas gre 5
- ni vedno možno ☹️