9
Še nekaj principov delovanja računalnikov
(Nadaljevanje poglavja 3)

Vhod in izhod

- Osnovna naloga V/I sistema je pretvorba informacije iz ene oblike v drugo
  - izjema so naprave za shranjevanje informacije, ki tudi spadajo v to skupino
    - rečemo jim pomožni pomnilniki (npr. magnetni disk, optični disk, magnetni trak)
      - cena, obstojnost informacije
- Osnovni način delovanja V/I sistema je prenos podatkov
  - med GP in V/I napravami ali
  - med CPE in napravami
- Razlike med rač. glede izvedbe V/I so velike
  - pri znanstvenem računanju malo V/I prenosov
  - pri poslovnem veliko

- 2 skupini izvedb V/I sistema :
  1. **Programski vhod/izhod** (**programmed I/O**)
     - z V/I napravo komunicira CPE
     - vsak podatek se prenese iz GP v CPE in nato v napravo ali obratno
     - prenos je realiziran z zaporedjem ukazov
     - hiba je počasnost in zasedenost CPE
  2. **Neposredni dostop do pomnilnika** (**direct memory access - DMA**)
     - naprava komunicira neposredno z GP
     - zato rabimo **DMA krmilnik**, ki nadomesti CPE
     - posebna izvedba DMA krmilnikov so **vhodno/izhodni procesorji**

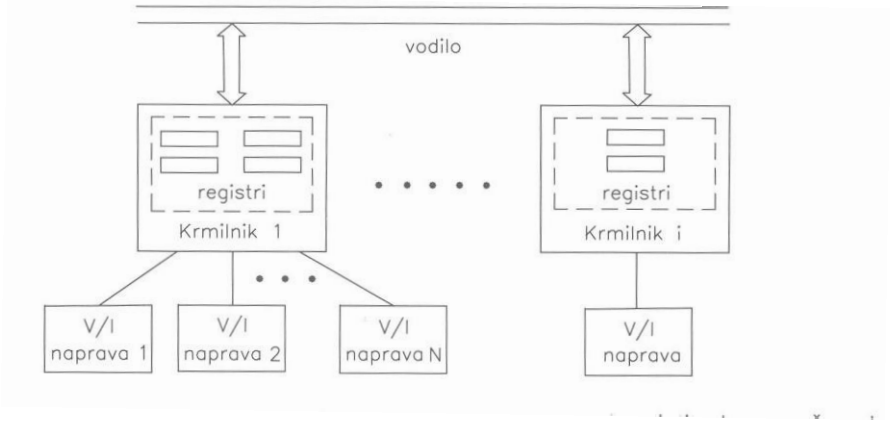
3

- Pri mnogih računalnikih srečamo oba načina dostopa
  - za počasne naprave je primeren programski vhod/izhod
  - za hitre oz. podatkovno zahtevne je nujen DMA, ker bi bil programski prepočasen

4

- Vsaka V/I naprava je priključena preko **krmilnika naprave** (device controller)
  - vezje, ki omogoča prenos podatkov v napravo in iz nje
    - lahko preprost (register), lahko kompliciran (specializiran računalnik)
  - na nekatere krmilnike je mogoče priključiti več naprav
  - s krmilnikom komuniciramo preko njegovih registrov
    - pisanje in branje pri njih sproži neko operacijo v napravi ali odraža stanje po prejšnji operaciji
      - npr. s pisanjem v ukazni register krmilnika magnetnega diska dosežemo premik bralno-pisalne glave na določeno sled
      - z branjem statusnega registra pa lahko ugotovimo, kdaj je premik končan

5



Krmilniki in vhodno/izhodne naprave

6

- Registri krmilnikov so lahko v istem naslovnem prostoru kot GP, lahko pa v posebnem
- Ločimo 3 izvedbe:
  1. **Pomnilniško preslikan vhod/izhod** (**memory mapped I/O**)
     - registri krmilnikov so v pomnilniškem naslovnem prostoru
     - iz CPE so videti kot pomnilniške lokacije
     - iz njih bere in vanje piše z ukazi za dostop do pom.
     - ni posebnih V/I ukazov

7

  2. **Ločen vhodno/izhodni prostor**
     - registri krmilnikov so v posebnem naslovnem prostoru
     - za dostop do registrov so potrebni *posebni V/I ukazi*
     - pri tem CPE aktivira tudi določen(e) signal(e), ki pove(jo), da se naslavlja V/I naslovni prostor
  3. **Posredno preko vhodno/izhodnih procesorjev**
     - tudi tu so registri krmilnikov v posebnem naslovnem prostoru, ki pa iz CPE ni neposredno dostopen
     - vmes so še vhodno/izhodni procesorji (razbremenijo CPE)
     - pri velikih računalnikih

8

Lokalnost pomnilniških dostopov

- Pojav, da programi večkrat uporabijo iste ukaze in operande in da pogosteje uporabljajo ukaze in operande, ki so v pomnilniku blizu trenutno uporabljanim
  - tipičen program 90% časa uporablja samo 10% ukazov
- Lokalnost pomnilniških dostopov močno vpliva na arhitekturo današnjih računalnikov
  - omogoča, da GP zamenjamo s **pomnilniško hierarhijo**.

9

- Štirinivojska pomnilniška hierarhija
  - M_1: predpomnilnik 1. nivoja (SRAM)
  - M_2: predpomnilnik 2. nivoja (SRAM)
  - M_3: GP (DRAM)
  - M_4: pomožni pomnilnik (magnetni disk)
- Pomnilniški prostor nivoja *i* je (v principu) podmnožica prostora na nivoju *i*+1
  - Če informacije ni v M_1, se naredi dostop do M_2; če je tudi v M_2 ni, se naredi dostop do M_3, ...
  - To se izvaja samodejno (ne da bi moral programer skrbeti za to)

10

- Zaporedje naslovov A(1), ..., A(*N*)
  - pri *N* dostopih do pom. je število različnih naslovov << *N*

- 2 vrsti lokalnosti:
  1. Prostorska
     - zaporedje ukazov je večinoma na zaporednih lokacijah
     - podatkovne strukture (npr. polja) se običajno obdeluje po zaporednih indeksih
  2. Časovna
     - zanke, začasne spremenljivke

11

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

12

- Npr.,

  ADD A1,A2,A3

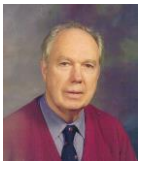
  A1 ← A2 + A3

  N paralelnih ponovitev:

  A1(*i*) ← A2(*i*) + A3(*i*), $i = 1, ..., N$

13

- **Flynn-ova klasifikacija**:
  - **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
  - **MIMD** (Multiple Instruction stream, Multiple Data stream)
    - izvajajo več ukazov na več zbirkah operandov
    - multiprocesorji, multiračunalniki



14

- 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 3 milijone)

15

- 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

16

Amdahlov zakon

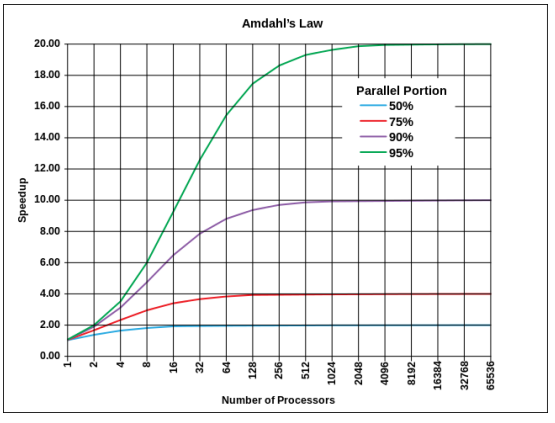
- Vzemimo, da pohitrimo delovanje določenega dela operacij
  - *f* je *zaporedni del(ež)* programa
  - *1-f* je *vzporedni del(ež)* programa
    - pri njem je delovanje *N*-krat hitrejše
      - npr. paralelno izvajanje *N* procesorjev

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

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

17

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



18

- Gustafsonov zakon
  - lahko pa rešimo večji problem
  - če povečujemo problem, se zaporedni del f zmanjšuje in pohitritev postane skoraj linearna: $S(N) \approx N$

- Poskus, da se obide omejitve, ki jih postavlja Amdahlov zakon
  - ne morem te prepeljati hitreje, lahko pa vas gre 5
  - ni vedno možno ☹

19

Računalnik kot zaporedje navideznih računalnikov

- Večine uporabnikov arhitektura računalnika (pravzaprav) posebno ne zanima
  - programske jezike lahko implementiramo na različnih računalnikih
- Tanenbaum, 1984:
  - Računalnik kot zaporedje navideznih računalnikov
  - Vsak nivo si lahko predstavljamo kot navidezni računalnik, ki ima za “strojni” jezik kar jezik tega nivoja (večina uporabnikov se spodnjih nivojev niti ne zaveda)

20

6 nivojev:

- Nivo 5: Višji prog. jezik
  - prevajanje ali interpretiranje
- Nivo 4: Zbirni jezik
  - prevajanje
- Nivo 3: Operacijski sistem
  - interpretiranje
- Nivo 2: Strojni jezik
  - interpretiranje
- Nivo 1: Mikroprogramski jezik
  - interpretiranje
- Nivo 0: Digitalna logika

21

- 2 mehanizma za prehod med nivojema:
  - prevajanje
    - izvorni program v enem jeziku
    - ciljni program (object program) v drugem (nižjem) jeziku
      - izvornega načelno ne rabimo več
  - interpretacija
    - izvorni program se prevaja sproti
      - ukaz se prevede in izvrši
      - rabimo ga ves čas
      - bolj fleksibilno
      - večja prenosljivost
      - manjša hitrost

22

  - delno prevajanje
    - prevajanje v vmesno kodo, ki se jo interpretira
      - npr. Java

Programa:

- prevajalnik
- interpreter

23

Strojna in programska oprema računalnika

- Delitev
  - hardware
  - software
  - firmware
- Strojna in programska oprema sta funcionalno ekvivalentni
  - poljuben računalnik bi se dalo realizirati samo z elektroniko (dovolj kompleksno)

24