

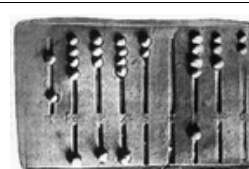
História počítačov [*]

Predhistória

Počítanie a počítače sú úzko prepojené s číslami a číselnými sústavami. Donedávna sa v Európe používali rímske číslice. Napr. číselná sústava používaná v Babylone bola šesťdesiatková. Na zápis čísel od 1 po 59 im stačili dva znaky: jeden pre JEDNOTU a jeden pre DESIATKU. Používali pozičný systém zápisu čísiel. Nepoznali ešte nulu, ale používali na miesto nej „medzeru“. Nulu ako číslicu a číslo začali používať indický matematici. Ich práce sa dostali na západ k Arabom, ktorý už používali pozičný systém s desiatimi číslicami. Taliansky matematik Fibonacci doniesol tieto nové myšlienky do EURÓPY. V bežnom živote používame dnes dekadický zápis čísel. Počítače nerozumejú takto zapísaným číslam. Počítače používajú binárne zobrazenie čísel.

ABACUS (cca 2400 BC) <http://en.wikipedia.org/wiki/Abacus>

Prvým zariadením určeným na počítanie bol ABACUS, ktorý bol pravdepodobne vynájdený v Babylone. Používa sa dodnes v Číne, Japonsku, Rusku, ...



Obr. 1

Edmund Gunter(1624) <http://www.cs.transy.edu/kylek/gunterbio.html>

Anglický matematik Edmund Gunter zostrojil predchodcu logaritmického pravítka. Toto zariadenie vedelo spočítavať, odpočítavať, násobiť a deliť. V Európe sa používa až do rozšírenia počítačov – 20 storočie.

Mechanické počítače (1600 – 1940)[*]

Wilhelm Schickard (1623) http://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Schickard

Astronóm a matematik. Dávno pred Pascalom a Leibnitzom navrhol mechanické počítadlo, ktoré dokázalo spočítavať a odčítavať 6 miestne desiatkové celé čísla. Pretečenie výpočtu hlásil zazvonením. Toto počítadlo prezývali „počítacie hodiny“. Na obrázku je replika.



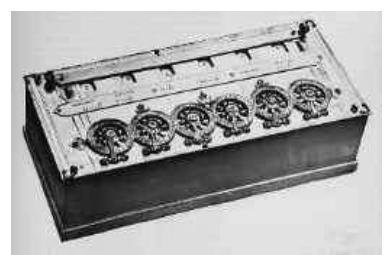
Obr. 2

Blaise Pascal (1642-1645) http://www.thocp.net/biographies/pascal_blaise.html

Matematik. Pascal navrhol hromadne vyrábané zariadenie, pomenované „PASCALINE“, a určené na spočítavanie a odčítavanie (50 kópií). Toto zariadenie pozostávalo z dvoch sád prevodov. Každá sada obsahovala šesť počítacích koliesok. Každé koliesko predstavovalo desiatkovú číslicu. Každá sada koliesok bola vo funkcii registra na dočasné uloženie čísla. Jedna zo sád mala funkciu akumulátora. Za hlavný prínos tohoto počítacieho stroja možno považovať:

- Automatický prenos medzi rádmi.
- Odčítavanie realizoval ako spätné pričítanie, čo možno považovať za zobrazenie čísla v doplnkovom kóde. Násobenie a delenie sa dalo realizovať ako postupné pričítanie, resp. odčítanie.

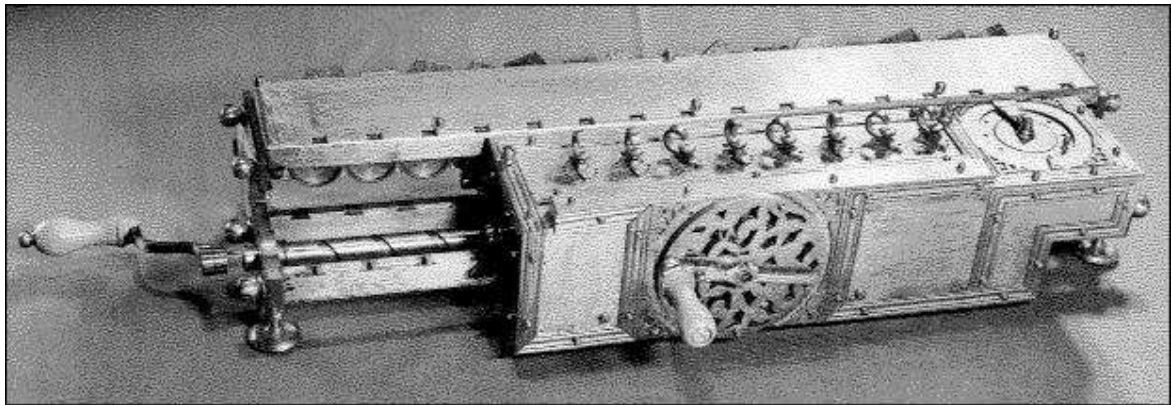
Princíp použitý v Pascalovom počítacom stroji je základom všetkých dnes používaných mechanických kalkulatorov.



Obr. 3 Pascaline

Gottfried Leibnitz (1673)

Matematik a vynálezca. Zaviedol binárne čísla. Vylepšil Pascalov počítací stroj. Automaticky spočítaval, odpočítaval, násobil a delil. Leibnitzov počítací stroj bol predchodca kalkulačiek so štyrmi základnými operáciami.



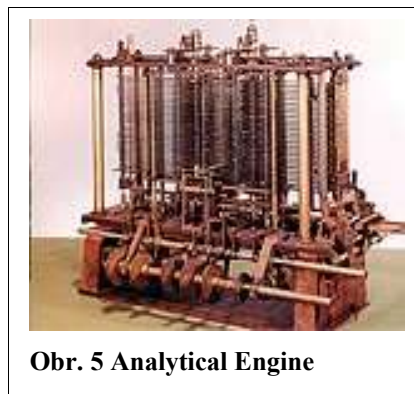
Obr. 4

Joseph Jacquard (1801)

Francúzsky vynálezca. Na riadenie tkáčskeho stroja použil sadu diernych štítkov. Tento revolučný čin umožnil jednoduchú zmenu vzoru tkanej látky.

Charles Babbage (1822 (1834))

Matematik. Otec moderného počítača - mechanického. Najskôr navrhol „Difference Engine“ a neskôr aj „Analytical Engine“. Podstatou „Difference Engine“ je nasledovné: Každú spojitú funkciu môžeme približne nahradiť polynómom. Babbage počítal tabuľky pre námorníkov a astronómov. Túto prácu si uľahčil tak, že výpočet zložitých funkcií previedol na mechanické spočítavanie. Príklad: Vypočítajme $f(x) = 2x^2 + 3x + 10$ pre $x = 0, 1, 2, 3, 4, \text{atd.}$ Je zrejmé, že aj v takto jednoduchom prípade máme:



Obr. 5 Analytical Engine

jednu druhú mocninu, dve násobenia a dve spočítania. Vyjadríme prvú diferenciu $\Delta f(x) = f(x) - f(x-1) = 4x + 1$. Z tohto zápisu môžeme vyjadriť $f(x) = \Delta f(x) + f(x-1)$. Vo vzťahu pre $\Delta f(x)$ máme násobenie a spočítanie. Vyjadríme druhú diferenciu $\Delta^2 f(x) = \Delta f(x) - \Delta f(x-1) = 4$. Výraz pre $f(x)$ môžeme zapísať nakoniec ako tri súčty $f(x) = 4 + f(x-1) + \Delta f(x-1)$.

x	0	1	2	3	4	5
$\Delta f(x) = 4 + \Delta f(x-1)$	1	5	9	13	17	21
$\Delta^2 f(x) = 4$	4	4	4	4	4	4
$f(x)$	10	15	24	37	54	75

Analytical Engine je považovaný za predvoj moderných počítačov. Tento mechanický počítač sa od moderných počítačov líšil v nasledovnom: Namiesto elektroniky boli použité mechanické komponenty. Program nebol uložený v pamäti ale na diernych štítkoch. Dnes by sme ho pomenovali „programovateľný kalkulátor“. Čisto mechanický stroj mal mať dva registre, pamäť na 100 čísiel a dokázal aj podmienené skoky. Procesor, ktorý Babbage volal „mlyn“, počítal so štyridsaťmiestnymi číslami a sčítanie mu trvalo 3 sekundy; násobenie a delenie 2 až 4 minúty. Babbage stroj nikdy celkom nedokončil – Nemal dosť peňazí na dokončenie.

George Boole (1847)

Britský matematik. Zadefinoval binárnu algebru. Podľa neho dostala meno Booleova algebra. Táto algebra sa o storočie neskôr stala základom výpočtov v počítačoch. Postaral sa o to v roku 1938 Claude Shannon, ktorý použil Boolovu algebru pri návrhu prepojovacej siete telefónnej ústredne.

Mechanické počítače - prehľad

Mechanické počítače boli navrhované tak, aby redukovali čas potrebný na výpočet a zvyšovali presnosť výpočtov.

Nevýhody:

- Rýchlosť vykonávania operácií bola obmedzená zotrvačnosťou pohybujúcich sa častí (Prevody a remenice).
- Mechanické počítače boli ťažkopádne neskladné, nespoľahlivé a drahé, náročné na prevádzku.



Obr. 6

Elektronické počítače

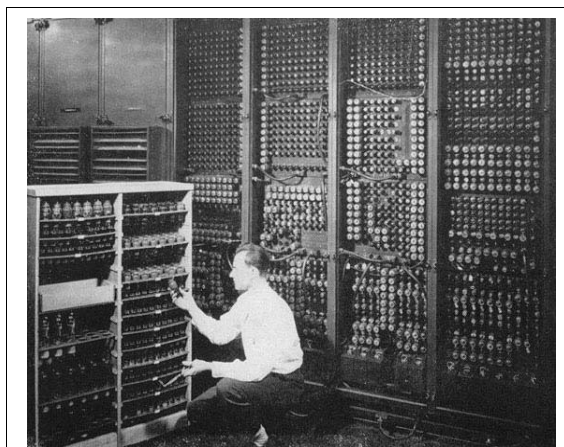
Generácia 0 (... – 1945)

Niekedy sa počítače z obdobia druhej svetovej vojny považujú za počítače nulte generácie.

Alan M. Turing (1937) <http://www.turing.org.uk/turing/>

Britský matematik Alan Turing vypracoval v roku 1937 teóriu známu pod menom Turing-ov stroj, v ktorej uviedol teoretický základ moderných počítačov.

Pod Turingovým vedením bol v Anglicku v roku 1943 skonštruovaný COLOSSUS. Pomocou tohoto stroja dekodovali správy zakódované nemeckým kódovacím prístrojom Enigma. Najnovšie „výskumy“ považujú tento stroj za prvý elektronický počítač. Pôvodne bol považovaný za prvý počítač ENIAC.



Obr. 7

John W. Mauchly a John P. Eckert (1943)

Skonštruovali na „University of Pennsylvania“ počítač s názvom – ENIAC [1] (Electronic Numerical Integrator and Calculator). Bol vyvinutý pre výpočet delostreleckých tabuliek.

ENIAC zaberá plochu 9x 15 m² (30 x 50 feet) a vážil 30ton. Bol zostrojený z 18000 elektróniek, 70000 odporov, 10000 kondenzátorov a 6000 prepínačov. Pracovná frekvencia bola 100kHz. Príkon zariadenia bol 140 kW. Na chladenie sa používali dva letecké motory. Čísla boli reprezentované v dekadickej sústave. Ako príklad: násobenie trvalo cca 3 ms. ENIAC sa programoval ručne nastavením prepínačov a poprepávaním jednotlivých blokov navzájom pomocou káblov.

Konrad Zuse (1938 - 41)

Nemec Konrad Zuse konštruuje v Berlíne mechanické stroje V1 a V2 a neskôr elektromechanický V3. Tieto počítače sú po vojne premenované na Z1, Z2 a Z3. Počítače pracovali v dvojkovej sústave s pohyblivou rádovou čiarkou. Zuse nepoznal Babbageho práce, čo malo za následok, že do svojho projektu nezahrnul podmienené skoky. Pôvodne bol Zuseho počítač vyvíjaný pre armádu, ale pre malý výkon sa nevyužívali.

[Z3] (1941) bol prvým fungujúcim programovo riadeným počítačom, ktorý obsahoval až 2600 relé. Program sa ukladal na diernu pásku. Dĺžka slova bola 22 bitov. Pamäť mala kapacitu 64 slov. Dáta sa zadávali ručne z klávesnice. Výstup bol na žiarovkový zobrazovač. Počítač bol v roku 1944 zničený pri leteckom nálete.

Howard Aiken (1943)

Aiken na rozdiel od Zuse-ho poznal prácu Babbage-ho. Na vývoji počítača začal pracovať v 1939 a funkčný počítač bol hotový 1944. Podobne ako Babbage používal dekadické zobrazovanie čísel. Kapacita pamäte bola 72 23-miestnych dekadických čísel. Inštrukcie sa ukladali na dierovaný papierový pásik. Aiken na rozdiel od Babbage-ho mal „operácie“ aj „premenné“ na jednom médiu. Každá inštrukcia mala formát:

A1 A2 OP. Kde OP boli operácie typu: +, -, *, /, a A1 a A2 boli registre, v ktorých boli uložené operandy. Jednoduché spočítanie mu trvalo 6sekúnd a delenie 12sekúnd.



Obr. 8

Von Neumann (1946) [von N]

Von Neumann Američan maďarského pôvodu a Goldstine prevzali základné princípy ENIAC-u a navrhli ukladať program do pamäte. Táto architektúra sa preslávila pod názvom “von Neumann” architektúra a stala sa prakticky základom všetkých neskôr vyvinutých počítačov. Táto architektúra bola dôsledne použitá až pri vývoji počítača EDSAC (Electronic Delay Storage Automatic Calculator) na univerzite v Pensylvánii v roku 1949.

Dá sa povedať, že pri zrode moderného počítača boli tri krajiny:

- **Nemecko.** Mnoho Zuse-ho prác bolo zničených pri náletoch na Berlín. Koniec v roku 1945.
- **USA.** Dve vetvy vývoja.
 - Základom Aiken-ových počítačov MARK I a II boli relé. Keďže sa táto technológia ukázala ako zastaralá, vývoj sa ukončil v roku 1947.
 - Základom druhej vetvy bola práca Atanasoff-a a Berry-ho, ktorí ako prví použili elektrónky. Elektrónky boli použité aj v počítači ENIAC. Teoreticky túto vetvu zavíšil Von Neumann a v spojení s prácami britských vedcov vzniká moderný počítač.
- **Anglicko.** Angličania prispeli Turing-ovými prácami a počítačom COLOSSUS.

Generácia 1 (1945 - 1958)

- Základom počítačov 1. generácie bola elektrónka, ktorú v roku 1906 vyvinul Lee De Forest v USA. Elektrónka bola základ bez zotrvačných prepínačov a pamäťových prvkov.
- Dáta a inštrukcie (program) sú uložené v tej istej pamäti typu: read-write memory.

- Obsah pamäte je adresovateľný umiestnením bez ohľadu na obsahu samotnom. Inštrukcie sa spracovávajú postupne – sériovo.
- Jedna centrálna procesorová jednotka (CPU – Central Processor Unit)
- CPU realizuje všetky pamäťové a vstupno výstupné operácie.
- Komplikovaná inicializácia.
- Rýchlosť výpočtov: cca 40 000 OP/sek.
- Programové prostriedky: Strojový kód, assembler. Ešte sa nepoužívajú vyššie programovacie jazyky. Neexistujú operačné systémy. Do pamäte sa zavedie vždy len jeden program.
- Veľká zastavaná plocha.

Generation 2 (1958 - 1964)

- Zmena technológie. Namiesto elektrónky je použitý tranzistor. Tranzistor bol objavený v 1948 v: Bell Laboratories, USA. Vykonával rovnakú funkciu ako elektrónka, avšak s oveľa menším napätím, prúdom a celkovým vyžiatým teplom. Odborníci tej doby sa o tranzistore vyjadrovali nasledovne: Je to pekné, ale nenahradí to elektrónku. Tranzistor je vyrobený z polovodičového materiálu. Prúd prechádzajúci medzi kolektorom a emitorom je ovládaný nábojom privedeným na bázu. Ako operačná pamäť sa začala používať feritová pamäť.
- Aritmetika v pohyblivej rádovej čiarke.
- Vstupno výstupné operácie vykonáva I/O jednotka (I/O procesor).
- Rýchlosť výpočtov: cca 200 000 OP/sek.
- Programové prostriedky: Problémovo orientované programovacie jazyky. COBOL, FORTRAN, ALGOL.
- Vznikajú jednoduché operačné systémy, začiatok uplatňovania filozofie pridelovania času a jednoduchých prerušovacích systémov, dávkový spôsob prístupu používateľa k počítaču.

Generation 3 (1964 - 1974)

- Základom počítačov 3. generácie sú integrované obvody – [\[IC\]](#)s a polovodičové pamäte. Prvý integrovaný obvod vznikol tak, že na polovodičový materiál výskumníci dali niekoľko tranzistorov a prepojenia medzi nimi boli realizované na samotnom polovodičovom materiály. Po zistení, že kúsok polovodičového „vodiča“ dokáže uchovávať elektrický náboj sa začali vyrábať polovodičové pamäte.
- Mikroprogramové riadenie CPU.
- Prúdové spracovanie informácií (pipelining).
- Vyrovnávacie pamäte typu cache. Slúžia na vyrovnanie rýchlostí medzi hlavnou pamäťou a CPU.
- Multiprogramovanie podporuje viacpoužívateľský prístup pomocou prekrývania činnosti CPU a I/O blokov.
- Rýchlosť výpočtov: cca 1 000 000 OP/sek .
- Programové prostriedky: vývoj a používanie operačných systémov podporujúcich virtuálny pamäťový priestor.
- Aplikácie v riadiacich systémoch pracujú v reálnom čase.
- Existujú rodiny počítačov.

Generation 4 (1974 – až do súčasnosti)

- Prvková základňa: obvody LSI (Large scale integration) a VLSI. Mikroprocesory. Polovodičové pamäte.
- Rýchlosť výpočtov: cca 10 000 000 OP/sek

- Programové prostriedky: Distribuované systémy – počítačové siete.

Generation 5 (? Súčasná budúcnosť ?)

- VLSI / ULSI
- Počítačové siete.
- Umelá inteligencia – komunikácia s človekom, automatické opravy programu, ...
- Paralelné spracovanie. Počítače „non von Neumann“ koncepcie.

Architektúra počítačov

Pod pojmom počítač rozumieme stroj určený na spracovanie dát číslcovým spôsobom. Všetky typy počítačov pracujú na podobnom princípe – podľa tej istej architektúry:

Von Neumannov počítač - architektúra

je vytvorený z piatich funkčných blokov :

1. Riadiaca jednotka (CU) – slúži na výber inštrukcií z pamäte.
2. Aritmeticko logická jednotka (ALU) - na základe inštrukcie vykoná operácie na údajmi.
3. Pamäť – ukladajú sa do nej inštrukcie a údaje.
4. Zariadenie pre vstup a výstup údajov.
5. Napájací zdroj.

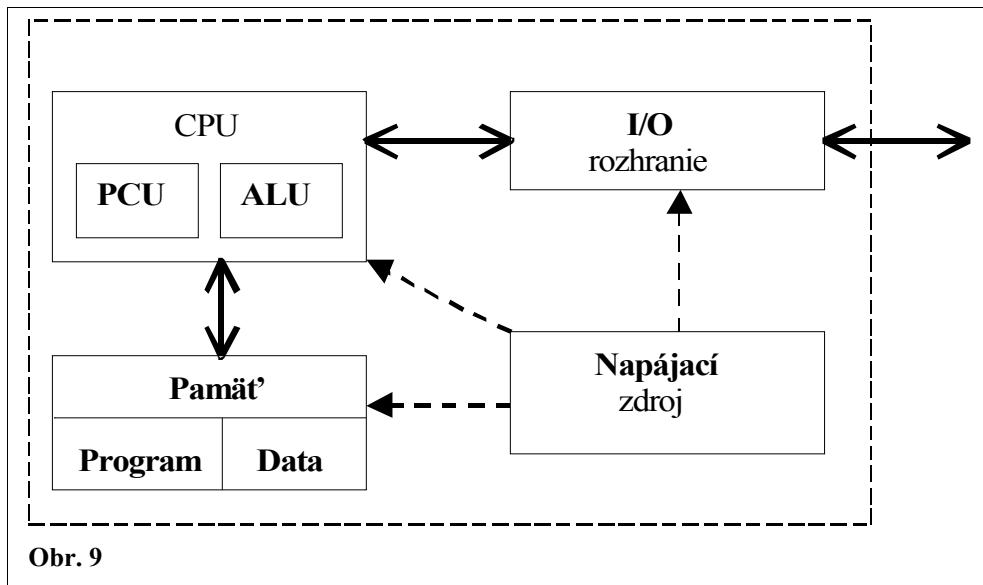
Riadiaca jednotka a aritmeticko logická jednotka sú zvyčajne realizované ako jeden funkčný blok ktorý sa nazýva centrálna procesorová jednotka (CPU) alebo skrátené procesor.

Aby mohli tieto bloky pracovať ako počítač, treba zvonku zaviesť a uložiť do pamäte návod na spracovanie – príkazy - **program**. Bez programu je počítač len „železo“.

Program (my) a dáta (údaje, výsledky) sa ukladajú do tej istej pamäte - v tvare binárnych čísel. Ak by inštrukcia prikazovala vstup či výstup dát, potom sa táto operácia uskutoční pomocou vstupno-výstupných obvodov (I/O – input/output). Pamäť programu je rozdelená na rovnako veľké bunky, ktoré sú priebežne číslované. Pomocou tohto čísla (adresy) môžeme obsah bunky prečítať, resp. zmeniť. Po sebe nasledujúce príkazy ukladáme do pamäte za sebou. Prístup k nasledujúcej inštrukcii dosiahneme tak, že riadiaca jednotka zvýši – inkrementuje obsah čítača inštrukcií. Priebežné spracovávanie programu sa dá zmeniť pomocou inštrukcií skoku.

Počítač dokáže spracovávať inštrukcie typu:

- aritmeticko-logické inštrukcie
- prenos dát
- a ďalšie

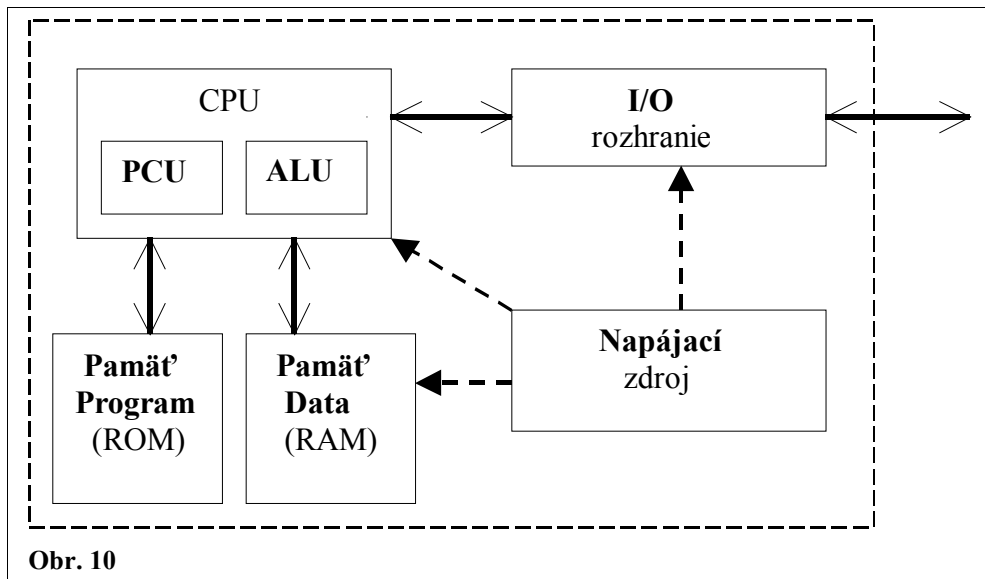


Ak sa pozeráme na počítač ako na zariadenie spracovávajúce údaje tak, že z pamäte procesor vyberá nielen údaje, ale aj to čo s nimi treba robiť, potom nám bude zrejmé, že všetky tieto informácie sa musia neustále presúvať medzi procesorom (rýchly) a pamäťou (veľká). Toto neustále presúvanie informácií sa v počítačovej literatúre nazýva „von Neumannov bottleneck“.[\[*\]](#) Prenos medzi procesorom a pamäťou je kritickým miestom von Neumannovej koncepcie. Pojem „von Neumann bottleneck“ zaviedol John Backus v roku 1977.

Hardvardská architektúra

Hardvardská koncepcia na rozdiel od von Neumanovej predpokladá existenciu dvoch oddelených pamätí. V prvej sú uložené programy a v druhej sú uložené dáta. Programový kód a dáta sú uložené v oddelene adresovaných oblastiach pamäte. Z tohto dôvodu sa môže prekrývať čítanie a vykonávanie inštrukcií. Priechodnosť inštrukcií a dát možno zvýšiť:

- minimalizovaním času potrebného na vykonanie inštrukcie;
- rozdelením jednotlivých inštrukcií na menšie úseky, prekrývanie cyklov.



Klasifikácia počítačov podľa Flynna (1966) [1]

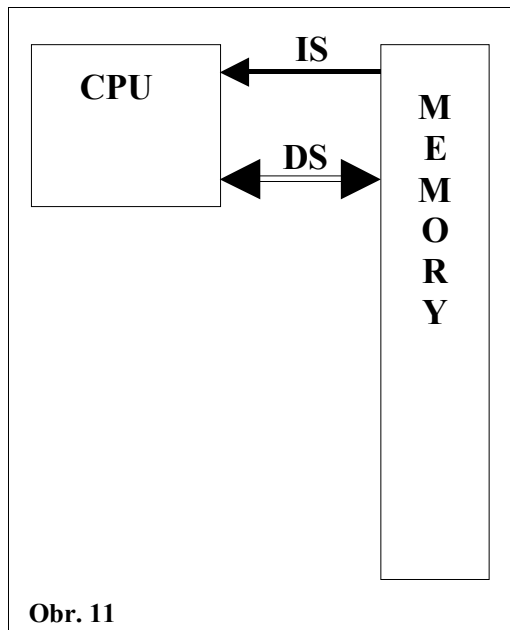
(V ruštine <http://parallel.ru/computers/taxonomy/flynn.html>)
<http://en.wikipedia.org/wiki/SISD>

Ľubovoľný počítač, sériový alebo paralelný vykonáva operácie nad dátami. Prúd inštrukcií (algoritmus)- hovorí počítaču čo má robiť. Prúd údajov (vstupy) je spracovávaný inštrukciami. V závislosti na počte prúdov máme štyri triedy počítačov.

1. Single Instruction Stream, Single Data Stream : [SISD](#).
2. Multiple Instruction Stream, Single Data Stream : [MISD](#).
3. Single Instruction Stream, Multiple Data Stream : [SIMD](#).
4. Multiple Instruction Stream, Multiple Data Stream : [MIMD](#).

SISD Computers

Je to štandardný sériový počítač. Jedna procesorová jednotka spracováva jeden prúd údajov jedným inštrukčným prúdom.

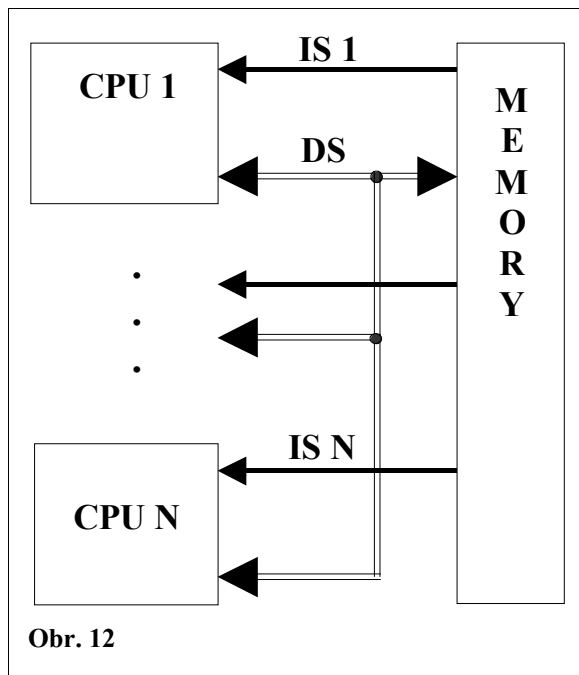


Obr. 11

Príklad: Vypočítať sumu A čísel $a_1, a_2, \dots, a_N$. Procesor musí prístupiť k pamäti postupne N -krát a vykonať $N-1$ súčtov.

Algoritmus pre počítač SISD neobsahuje v sebe žiadne paralelizmy. Takýto počítač má len jeden procesor.

MISD Computers



Obr. 12

N procesorov, každý s vlastnou riadiacou jednotkou, spoločná pamäť. N inštrukčných prúdov (algoritmus / program) a jeden prúd údajov. Paralelizmus je dosiahnutý tak, že procesory v rovnakom čase vykonávajú rôzne funkcie s tým istým údajom.

MISD počítač je vhodný pre výpočty kde jeden vstup je spracovaný niekoľko krát rôznym spôsobom.

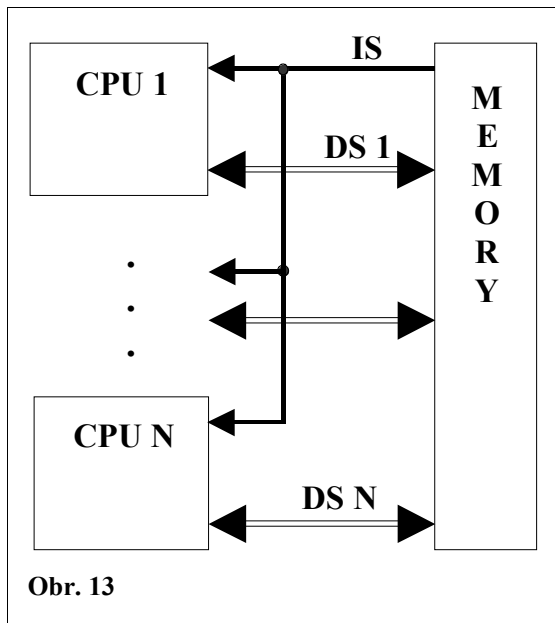
Príklad: Treba zistiť, či Z je prvočíslo. Jednoduché riešenie je také, že vyskúšame všetky možné delenia čísla Z . Predpokladajme, že máme k dispozícii $N = Z - 2$ procesorov. Každý procesor bude mať priradené jedno číslo, ktorým podelí číslo Z .

V takomto prípade môžeme na jeden krát zistiť, či je Z prvočíslo. Ak je $N < Z - 2$ potom je každému procesoru priradená skupina čísiel a výsledok získame trochu neskôr.

Priemyselne sa procesory s touto štruktúrou nevyrábajú.

SIMD Computers

N rovnakých procesorov je riadených tým istým prúdom inštrukcií. Cez každý procesor prechádza iný údajový prúd. T.j. máme N dátových prúdov.



Procesory pracujú synchronne, tj. používajú spoločné hodinové signály. V každom kroku všetky procesory vykonávajú rovnakú inštrukciu, ale každý s inými údajmi.

Do tejto kategórie procesorov patria maticové procesory, napr.: ICL DAP (Distributed Array Processor) a vektorové procesory, napr.: CRAY 1 & 2 a CYBER 205.

SIMD počítače sú obzvlášť vhodné na riešenie úloh, ktoré majú pravidelnú štruktúru. Tj. rovnaká inštrukcia sa vykoná so skupinou dát.

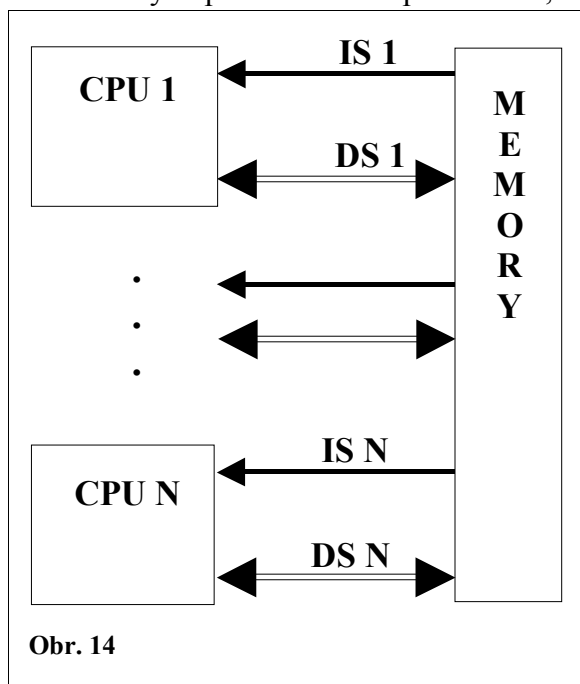
Príklad: Spočítajme dve matice $\bar{C} = \bar{A} + \bar{B}$. Nech $\bar{A}$ a $\bar{B}$ sú druhého rádu. Majme štyri procesory. Každý

nech vykoná tú istú operáciu súčasne – spočítanie dvoch čísiel. $C_{11} = A_{11} + B_{11}$, $C_{12} = A_{12} + B_{12}$, $C_{21} = A_{21} + B_{21}$, $C_{22} = A_{22} + B_{22}$ Tj. počítaču so štruktúrou SIMD úloha trvá jeden takt a počítaču SISD štyri takty.

Niekedy môžeme požadovať, aby len niektoré procesory vykonali danú inštrukciu. Takáto informácia môže byť zakódovaná v samotnej inštrukcii a danému procesoru oznámi či má byť aktívny, resp. pasívny v danom okamžiku – čakať na príchod ďalšej inštrukcie.

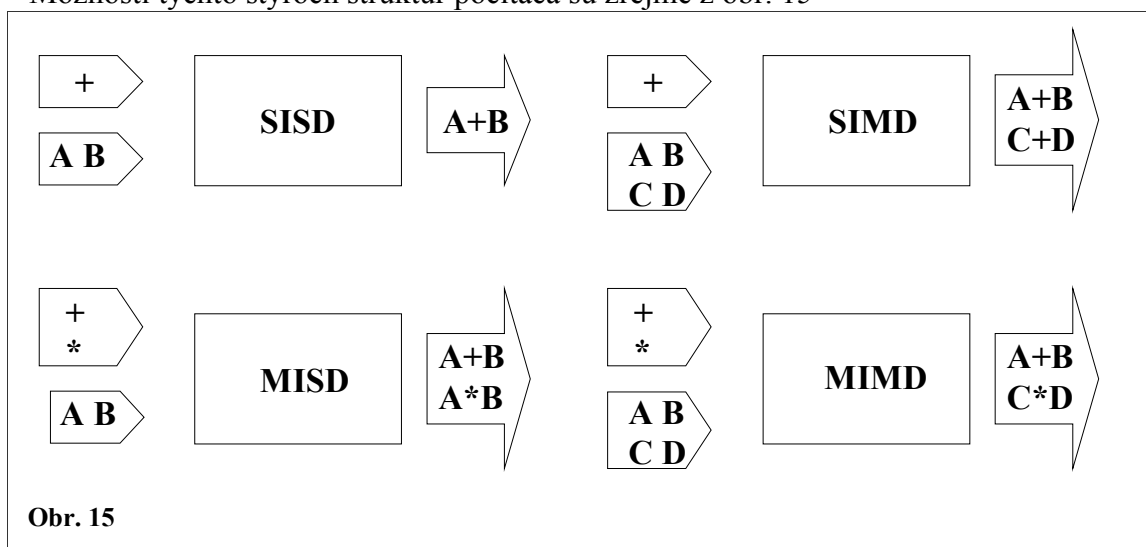
MIMD Computers (multiprocessors / multicomputers)

Takýto počítač má N procesorov, N inštrukčných prúdov a N dátových prúdov.



Každý procesor je riadený vlastným inštrukčným prúdom a pracuje nad vlastnými údajmi. To znamená, že procesory pracujú asynchrónne. Ináč povedané: v rovnakom čase môžu robiť rôzne veci nad rôznymi údajmi. Podobne ako pri SIMD počítačoch si aj MIMD počítače odovzdávajú údaje medzi procesormi pomocou zdieľanej pamäte. MIMD počítače so zdieľanou pamäťou sa nazývajú **multiprocessory**, napr.: ENCORE, MULTIMAX, SEQUENT & BALANCE.

Možnosti týchto štyroch štruktúr počítača sú zrejmé z obr. 15



Literatúra:

Milan Jelšina. Architektúry počítačových systémov, ELFA Košice 2002

William Stalling. Computer organization and Architecture, Principles of Structure and Function, New York: Macmillan