

Princípy počítačového inžinierstva

1. ZÁKLADNÁ KONCEPCIA POČÍTAČOVÝCH SYSTÉMOV

Informatika: veda o

- získavaní
- zbere
- prenose
- triedení
- ukladaní
- uchovávaní
- aktualizovaní
- spracovaní
- vyhodnocovaní
- využívaní informácií

Princípy počítačového inžinierstva

- Informatika je technická vedná disciplína, ktorá študuje počítačové výpočty a spracovanie informácií po hardverovej aj softvérovej stránke (má extrémne široký záber a rýchly vývoj)
- **Počítačové inžinierstvo** zahŕňa:
 - Návrh
 - Konštrukciu
 - Implementáciu
 - Údržbupočítačov a počítačmi riadených zariadení.
- Počítačové inžinierstvo zahŕňa aspekty:
 - elektrotechniky (elektrické siete, elektronika, návrh čipov,...)
 - informatiky (algoritmy, údajové štruktúry, operačné systémy,...)
 - priestor, kde sa tieto domény stretávajú (digitálna logika, návrh PC)

1.1. PRINCÍPY POČÍTAČOV

- Základné pojmy:
 - POČÍTAČ
 - VÝPOČTOVÝ PROCES
 - HARDVÉR
 - SOFTVÉR
 - program – postupnosť inštrukcií a údajov
 - POČÍTAČOVÝ SYSTÉM
 - PC + doplnkový hardvér + softvér

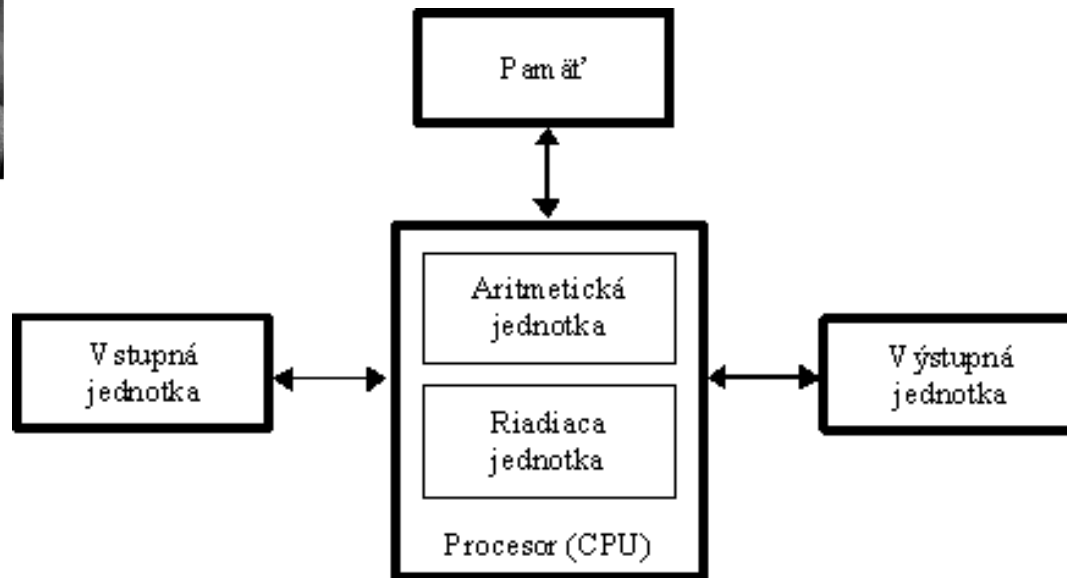
1.1. PRINCÍPY POČÍTAČOV

PRINCETONSKÁ architektúra

- John von Neumann (1946) - architektúra počítača riadeného postupnosťou inštrukcií (univerzita Princeton)

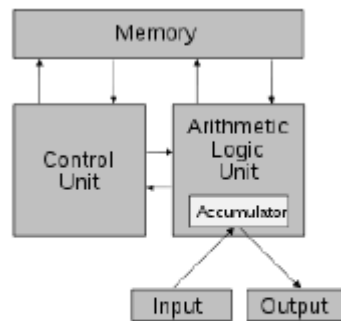


John von Neumann
(1903-1957)

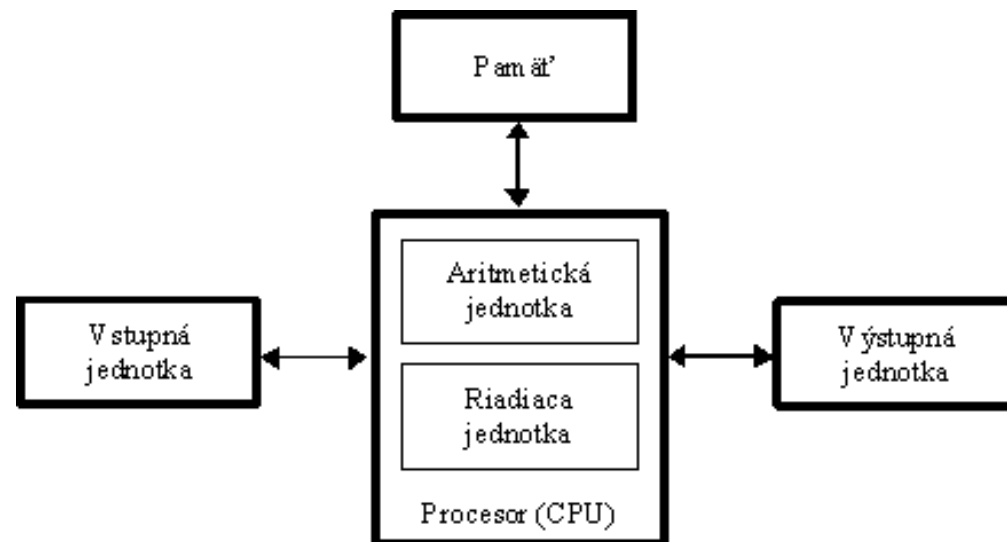


Vlastnosti:

- *Pamäť* je použitá na uloženie *inštrukcií* aj *údajov*.
- *Riadiaca jednotka* je použitá na výber inštrukcií z pamäte.
- *Aritmetická jednotka* je použitá na vykonávanie špecifikovaných operácií nad údajmi.
- *Vstupná jednotka* je použitá na vstup údajov.
- *Výstupná jednotka* je použitá na výstup údajov.

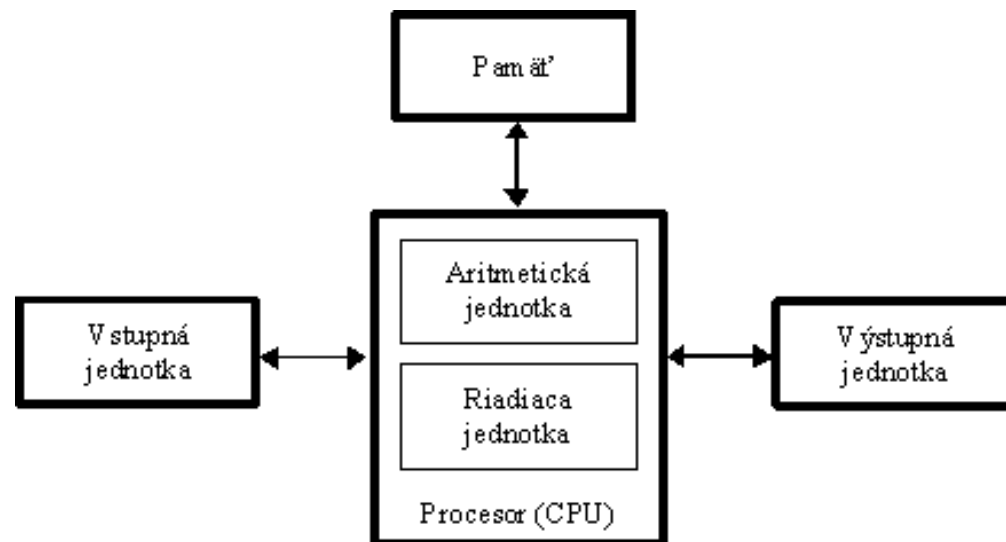


Von Neumannova architektúra



Význačné črty von Neumannovej architektúry

- *Program a spracovávané údaje sú uložené v tej istej pamäti.*
- *Spracovanie údajov je dané postupnosťou inštrukcií.*
- *Prístup k pamäti je rovnaký pre inštrukcie a údaje.*
- *Používajú sa tie isté adresové, údajové a riadiace signály.*
- *Používa sa dvojková číselná sústava.*



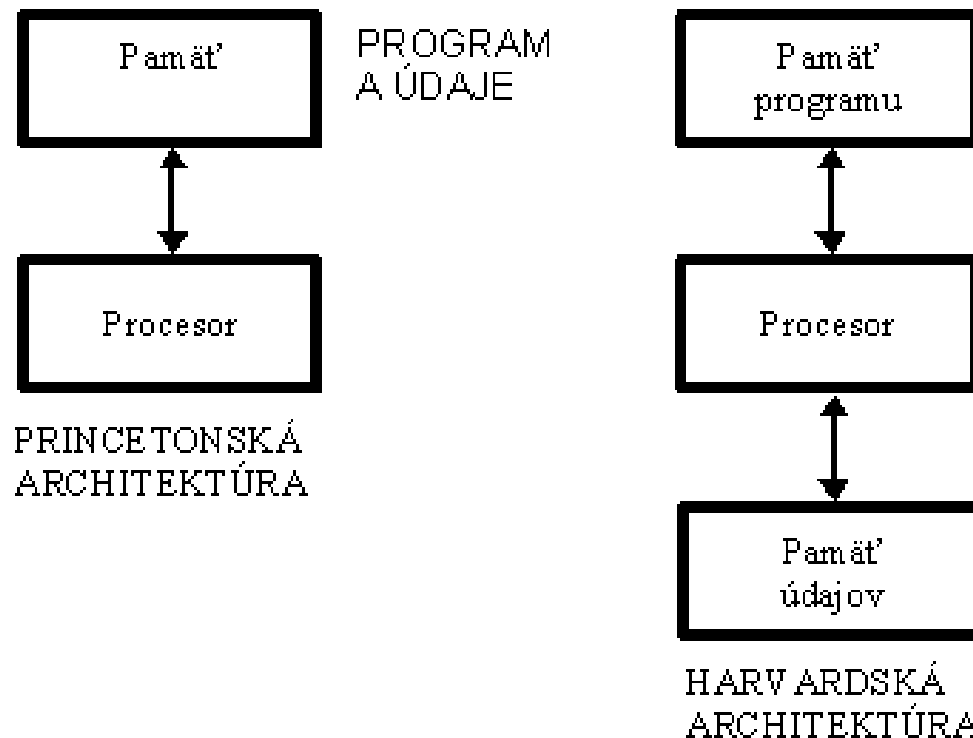
PPI 1. Základná koncepcia počítačových systémov

HARVARDSKÁ architektúra

- Má oddelený adresový priestor pre programy a údaje

(1944 / počítač MARK 1)

- Porovnanie architektúr



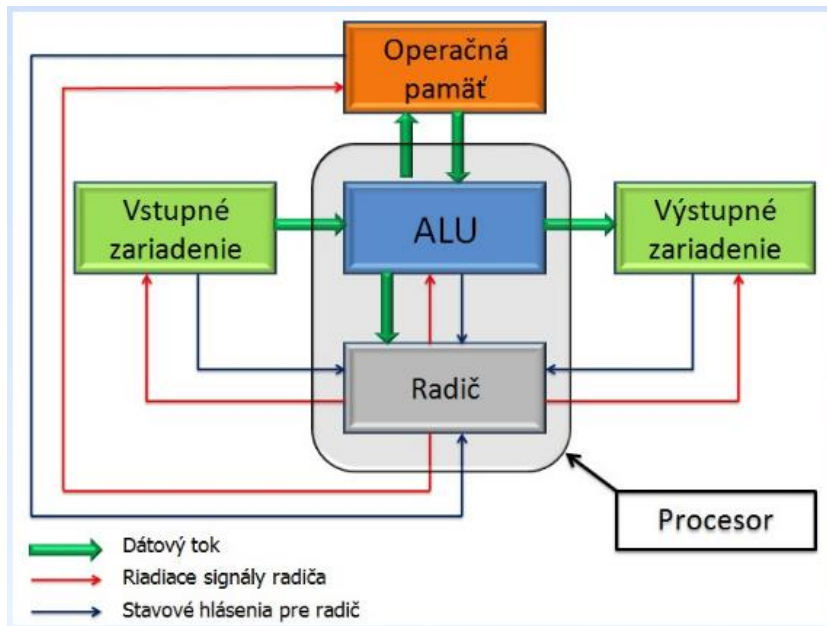
Howard Aiken

PPI 1. Základná koncepcia počítačových systémov

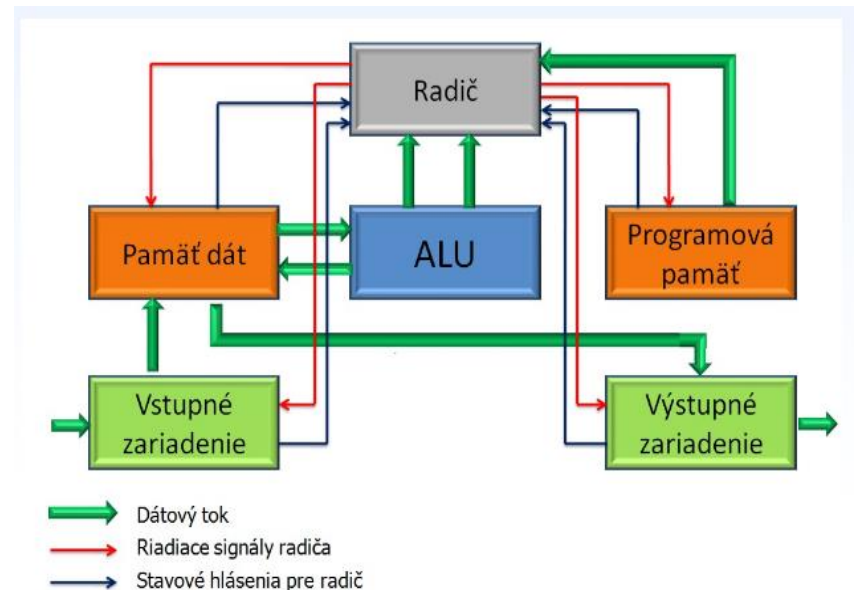
Von Neumann vs. Harvard

Porovnanie architektúr

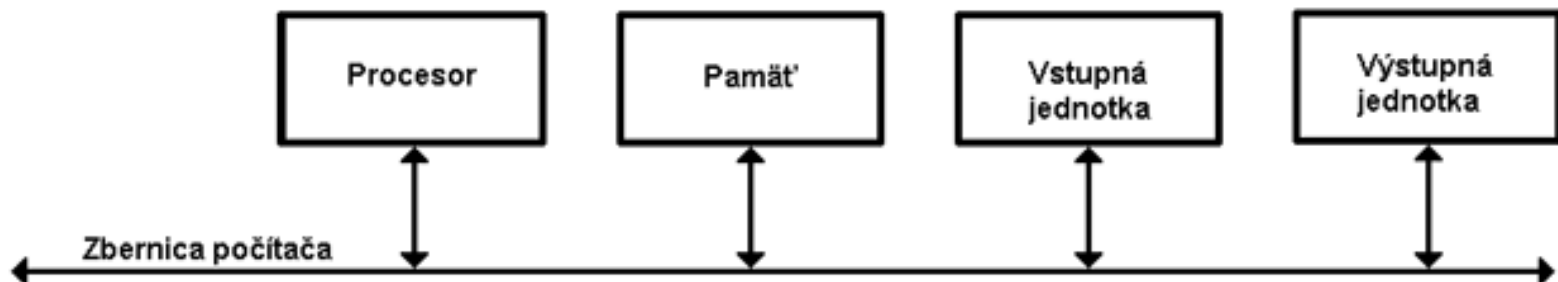
Von Neumannova architektúra



Harvardská architektúra



1.2. POČÍTAČOVÝ SYSTÉM V SÚČASNOSTI



- **Procesor**
- **Pamäť** (hlavná pamäť, sekundárna pamäť)
- **Vstupná a výstupná jednotka**
 - **vstupné zariadenia** (klávesnica, myš, dotyk. obrazovka, tablet,...)
 - **výstupné zariadenia** (tlačiareň, terminál, zvukový výstup, obrazovky,...)
 - **komunikačné zariadenia** (sieťové zariadenia, Wifi, IR, NFC, modemy, faxy,...)

Dnes tvoria spolu moderný **vstupno-výstupný podsystem**

PPI 1. Základná koncepcia počítačových systémov

1.3. KLASIFIKÁCIA POČÍTAČOV

Kritéria:

- aplikačné parametre
- technické parametre
- používateľský prístup
- spracovávané informácie
- architektúra, spôsob pamätania údajov
- spôsob riadenia
- kapacita hlavnej pamäte
-

Klasifikácia podľa aplikačného určenia:

- univerzálne
- problémovo orientované
- špecializované

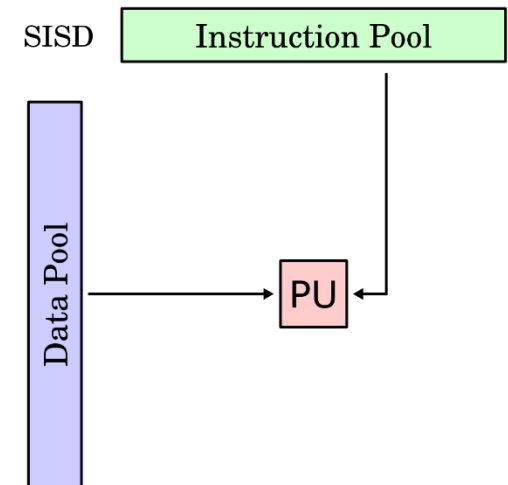
Klasifikácia

- **podľa architektúry, spôsobu pamätania údajov (základná klasifikácia):**
 - princetonská architektúra (J. von Neumann)
 - harvardská architektúra
- **klasifikácia podľa architektonickej koncepcie - Flynn**
 - *Flynnova klasifikácia* vychádza z počtu súčasne spracúvaných tokov inštrukcií a tokov údajov v počítači. Na základe tohto kritéria Flynn klasifikuje **4** triedy počítačov (r.1966)

Flynnova klasifikácia

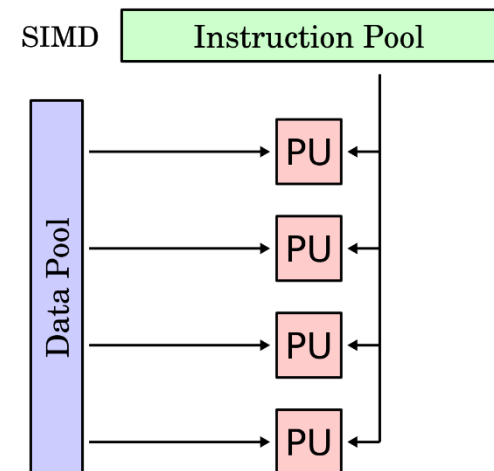
1. **SISD** (single instruction stream, single data stream)

- je to sériový počítač, jednoprocessorový
- predstaviteľom je PC von Neumanovskej architektúry
 - Staršie PC, mainframe



2. **SIMD** (single instruction stream, multiple data stream)

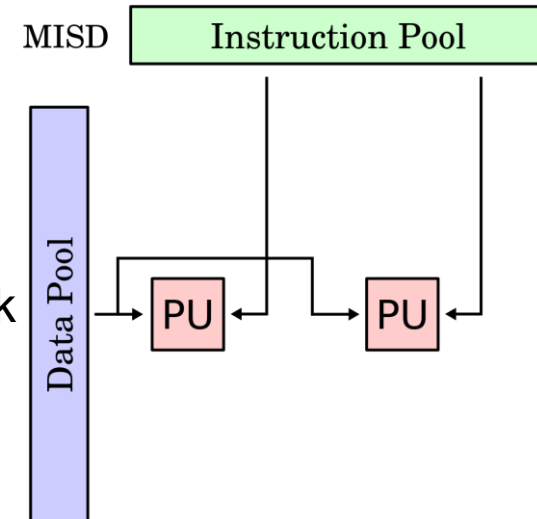
- viacprocesorový, paralelný počítač (maticový počítač)
- výpočty na grafických kartách



Flynnova klasifikácia

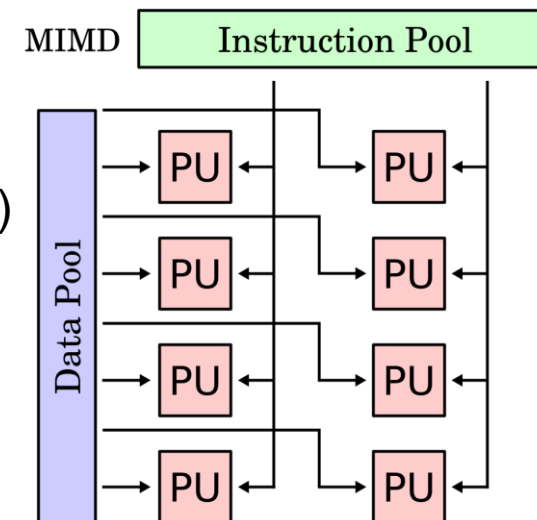
3. MISD (multiple instruction stream, single data stream)

- viacprocesorový počítač (prúdové spracovanie)
- vysoký stupeň spoľahlivosti
 - Výpočty nad rovnakými dátami = rovnaký výsledok
 - Vesmírne technológie



4. MIMD (multiple instruction stream, multiple data stream)

- viacprocesorový, paralelný počítač
- distribuované počítače



Flynnova klasifikácia (1966)

▣ SISD

- Single Instruction
Single Data

▣ MISD

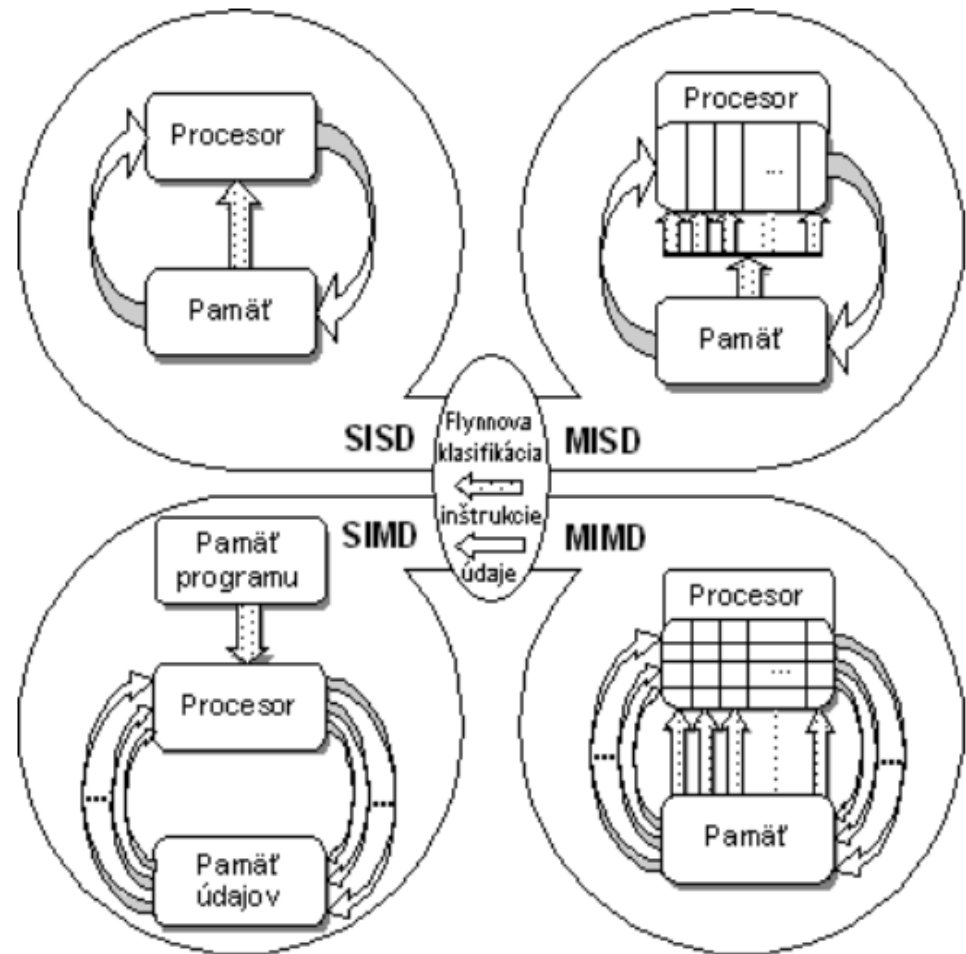
- Multiple Instruction
Single Data

▣ SIMD

- Single Instruction
Multiple Data

▣ MIMD

- Multiple Instruction
Multiple Data



Klasifikácia podľa spôsobu riadenia

- riadenie tokom inštrukcií (control flow)
 - Von Neumannov typ
- riadenie tokom údajov (data flow)
- riadenie tokom požiadaviek (demand flow)

Klasifikácia podľa typu procesora

CISC, RISC a NISC procesory

CISC (Complex Instruction Set Computer)

RISC (Reduced Instruction Set Computer)

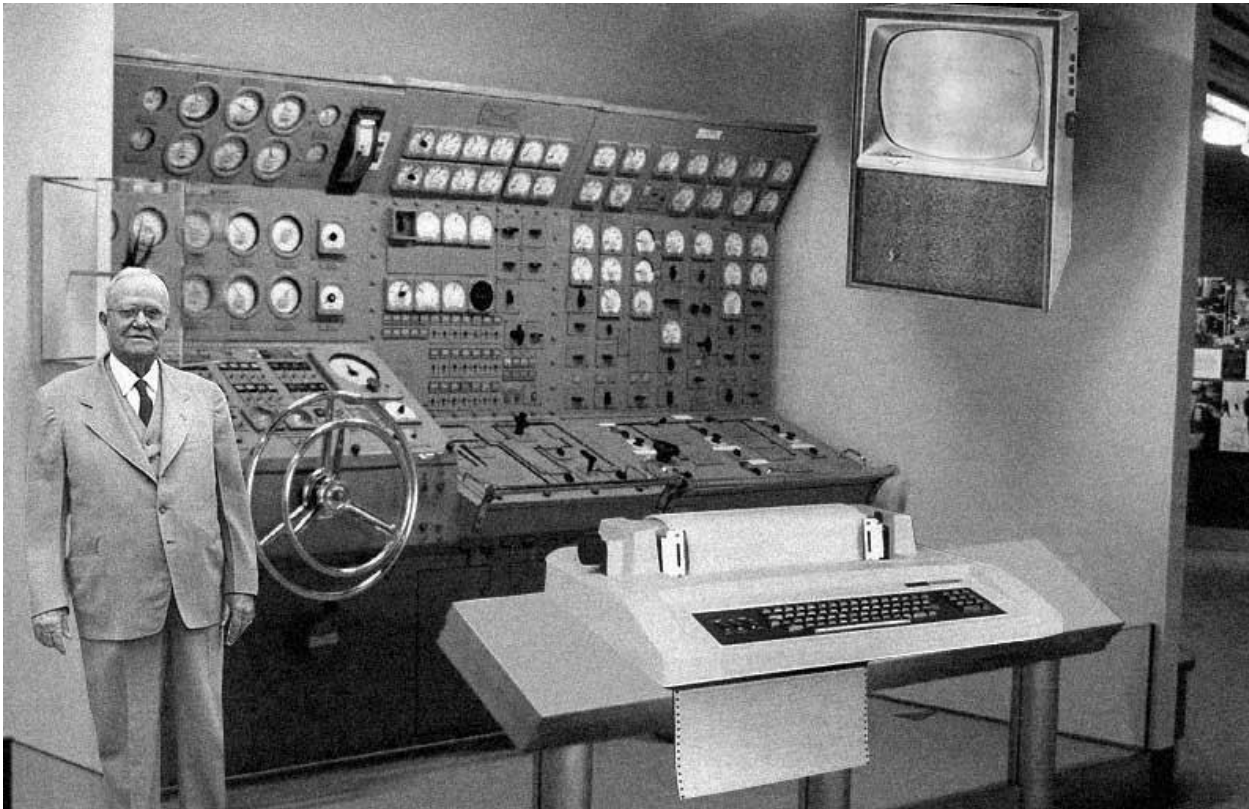
NISC (No Instruction Set Computer)

PPI 1. Základná koncepcia počítačových systémov

Na záver jedno zamyslenie a pousmianie:

Článok z časopisu „**Popular Mechanics**“ z roku 1954:

Vedci zo spoločnosti RAND vytvorili model domáceho počítača, ako by mohol vyzerat' v roku 2004. Potrebné technológie však nebudú pre priemernú domácnosť ekonomicky dosiahnuteľné. Vedci tiež priznávajú, že tento počítač bude ku svojej činnosti potrebovať doteraz ešte nevynajdené technológie, ale dá sa očakávať, že technický pokrok tieto problémy za 50 rokov vyrieši.



Čo k tomu povedať?

Rozvoj v informačných technológiách predbehol aj veľmi smelé predpovede.

„A miesto kormidla máme
myš“ 😊

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Na úvod k tejto kapitole opakovanie a základné pojmy až po stavbu zložitejších systémov (Prechod od výrokov k formálnej Boolovskej algebre a logickým obvodom).

Výrok je oznamovacia veta, o ktorej má zmysel hovoriť, či je pravdivá alebo nepravdivá.

Výrok je výraz, ktorý má práve jednu pravdivostnú hodnotu. Výrokmi nie sú opytovacie, rozkazovacie, zvolacie a neúplné vety.

V matematickej logike je výrok

- čokoľvek v jazykovom tvare, čo vyjadruje nejaké tvrdenie
- čokoľvek v jazykovom tvare, čomu možno priznať pravdu alebo nepravdu.

Výrok je taká gramatická veta, pre ktorú má zmysel otázka na jej platnosť (správnosť, pravdivosť), t. j. otázka, či ten výrok platí, alebo či ten výrok neplatí.

Namiesto slov *platí* a *neplatí* používajú sa aj slová *správny* a *nesprávny* alebo *pravdivý* a *nepravdivý*.

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Ktoré z nasledovných viet sú výroky?

a) $-2 \cdot 3 + 32 > 24$ ✓

b) Streda je prvý deň v týždni. ✓

c) Počkaj na mňa! ✗

d) Obsah kruhu s polomerom r je $2\pi r$. ✓

e) Je možné vypočítať obsah obdĺžnika so stranami a , b pomocou vzťahu $S=a \cdot b$? ✗

f) Dobré ráno. ✗

g) Obsah obdĺžnika so stranami a , b určíme pomocou vzťahu $S=a \cdot b$. ✓

Pravdivý výrok označujeme znakom 1, nepravdivý výrok označujeme znakom 0.

Hovoríme, že výrok má pravdivostnú hodnotu 1, (0).

Označujeme napr. $p(\text{výrok}) = 1$.



George Boole

Boolovská algebra (B-algebra)

Zásluhou anglického matematika George Boola (1815-1864) bola výroková logika preformulovaná do tvaru algebry. Logika sa takto stala algebraickou disciplínou.

Pravidlá B-algebry —>

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Pre ľubovoľné výrazy A,B platí: (formalizáciou zápisu výroku vznikne výraz)

- *Komutatívnosť*
 - $A+B = B+A$
 - $A.B = B.A$
- *Asociatívnosť*
 - $A+(B+C) = (A+B)+C$
 - $A.(B.C) = (A.B).C$
- *Distributívnosť*
 - $A+B.C = (A+B).(A+C)$
 - $A.(B+C) = A.B+A.C$
- $A+A+...+A = A$ *viacnásobný logický súčet*
- $A.A.....A = A$ *viacnásobný logický súčin*
- *de Morganové pravidlá*
 - $\overline{A+B} = \bar{A}.\bar{B}$
 - $\overline{A.B} = \bar{A}+\bar{B}$

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Pre ľubovoľné výrazy A,B platí:

- *Pravidlá o dvojnásobnej a viacnásobnej negácii*
 - $\bar{\bar{A}} = A$
 - $\bar{\bar{\bar{A}}} = \bar{A}$
- *Pravidlá o komplemente*
 - $A + \bar{A} = 1$
 - $A \cdot \bar{A} = 0$
- *Pravidlá o agresívnosti hodnôt 0 a 1*
 - $A + 1 = 1$
 - $A \cdot 0 = 0$
- *Pravidlá o neutrálnosti hodnôt 0 a 1*
 - $A + 0 = A$
 - $A \cdot 1 = A$

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Pre ľubovoľné výrazy A,B platí:

- *Pravidlá spojovania*
 - $(A + B).(\bar{A} + B) = B$
 - $A.B + \bar{A}.B = B$
- *Pravidlá absorpcie*
 - $A + A.B = A$
 - $A.(A + B) = A$
- $A + \bar{A}.B = A + B$
- $A.(\bar{A} + B) = A.B$
- *Konsenzus teorem*
 - $A.B + \bar{A}.C + B.C = A.B + \bar{A}.C$
 - $(\bar{A} + \bar{B}).(\bar{B} + \bar{C}).(A + \bar{C}) = (\bar{A} + \bar{B}).(A + \bar{C})$

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Boolovské výrazy obsahujú základné operátory *OR*, *AND* a *NOT*

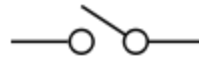
Logické výrazy a ich prevod na Boolovské výrazy

- *NOR*
 - $\bar{x} \cdot \bar{y} = \overline{x + y} = x \downarrow y$
- *XOR*
 - $\bar{x} \cdot y + x \cdot \bar{y} = x \oplus y$
- *XNOR*
 - $\bar{x} \cdot \bar{y} + x \cdot y = \overline{x \oplus y}$
- *NAND*
 - $\bar{x} + \bar{y} = \overline{x \cdot y} = x \uparrow y$
- *Inhibícia*
 - $\bar{x} + y = y \rightarrow x$

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Technická, elektronická interpretácia výrokov (a ich pravdivosti) v počítačových (všeobecne číslicových) systémoch

Spínač



Akúkoľvek logickú funkciu dokážeme vyjadriť pomocou troch základných logických funkcií, ktorým sú **logický súčet**, **logický súčin** a **logická negácia**.

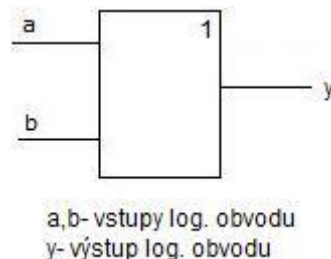
Akékoľvek zapojenie logických obvodov dokážeme zapojiť pomocou základných logických obvodov **OR**, **AND**, **NOT**, ktoré realizujú základné logické funkcie.

1. Logický súčet (OR)

Zápis logickej funkcie: $y=a+b$

a,b- vstupné logické premenné
y- výstupná premenná

Schématická značka

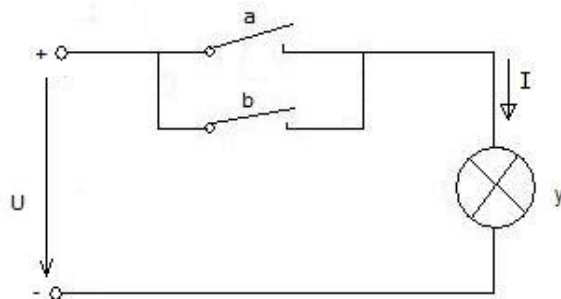


Pravdivostná tabuľka

a	b	y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Pravdivý (log. 1), ak je aspoň jeden vstup pravdivý

Zapojenie logickej funkcie pomocou spínačov a žiarovky



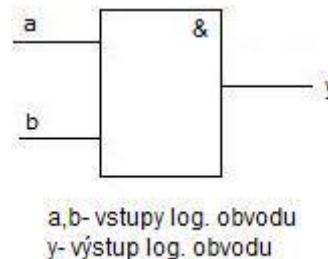
a=0- spínač rozopnutý
a=1- spínač zopnutý
b=0- spínač rozopnutý
b=1- spínač zopnutý
y=0- žiarovka nesvieti
y=1- žiarovka svieti

2. Logický súčin (AND)

Zápis logickej funkcie: $y = a * b$

a, b- vstupné logické premenné
y- výstupná premenná

Schématická značka



Pravdivostná tabuľka

a	b	y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Pravdivý len vtedy, ak sú pravdivé oba vstupy

Zapojenie logickej funkcie AND pomocou spínačov a žiarovky



a=0- spínač rozopnutý
a=1- spínač zopnutý
b=0- spínač rozopnutý
b=1- spínač zopnutý
y=0- žiarovka nesvieti
y=1- žiarovka svieti

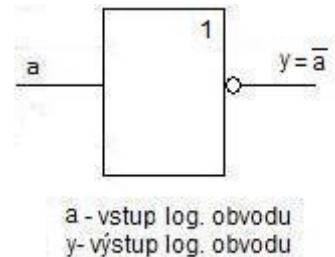
1. Logická negácia (NOT)

Zápis logickej funkcie: $y = \bar{a}$

a- vstupná logická premenná

y- výstupná premenná

Schématická značka

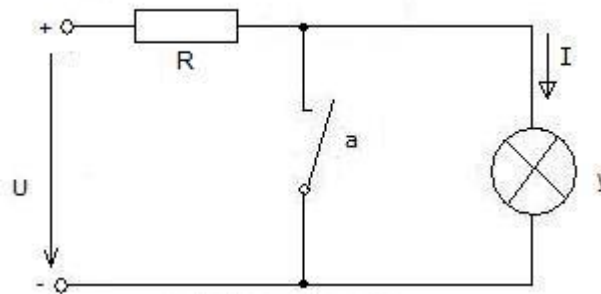


Pravdivostná tabuľka

a	y
0	1
1	0

Pravdivý práve vtedy, ak je vstup nepravdivý

Zapojenie logickej funkcie NOT pomocou spínača a žiarovky



a=0- spínač rozopnutý

a=1- spínač zopnutý

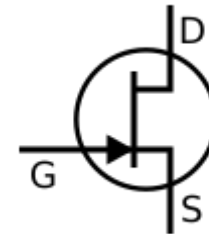
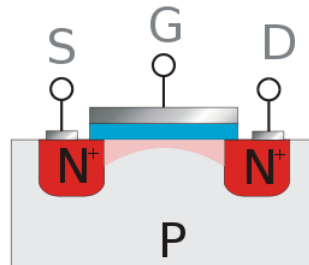
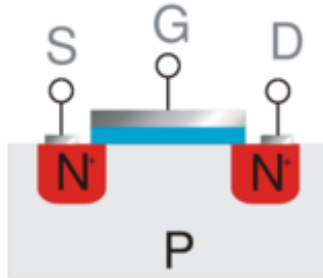
y=0- žiarovka nesvieti

y=1- žiarovka svieti

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Dva typy vodivosti

Ak máme substrát P a elektródy (S a D) N, medzi ktorými je P substrát, tak je tento tranzistor normálne nevodivý. Ale nad substrátom je elektróda G. Na tú keď privedieme kladné napätie, tak k nej pritiahneme elektróny a zo substrátu P sa v blízkosti elektródy vytvorí N. Tak vznikne medzi S a D most a tranzistor je otvorený.



Dôležitá je izolačná vrstva medzi hradlovou elektródou a substrátom.

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Ako sa dnes vyrábajú integrované obvody, čipy?

Čip (z angl. *chip*) je:

pôvodne: platnička z polovodiča (najmä kremíka), na ktorej je tranzistor, dióda alebo monolitický [integrovaný obvod](#).

dnes často: [integrovaný obvod](#) vrátane tejto platničky; ak ide o malý a výkonný integrovaný obvod počítačov, nazýva sa aj mikročip

Postup:

Základným materiálom platničky je spravidla kremičitý piesok, ktorý postupne prechádza zložitými procesmi chemickej rafinácie, monokryštalický materiál.

Z týchto procesov vzíde tzv. kremíková tyč (ingot).



PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

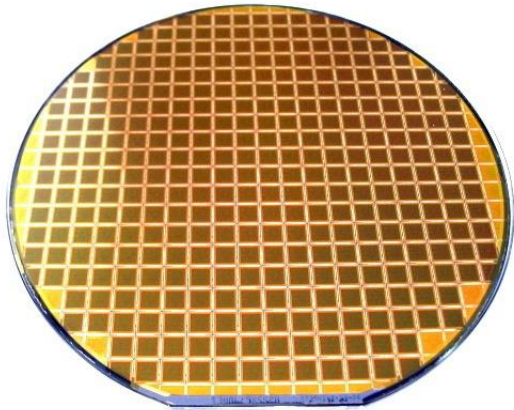
Kremíkovú tyč rozreže špeciálna píla na plátky, ktoré sa potom brúsia a leštia.



PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

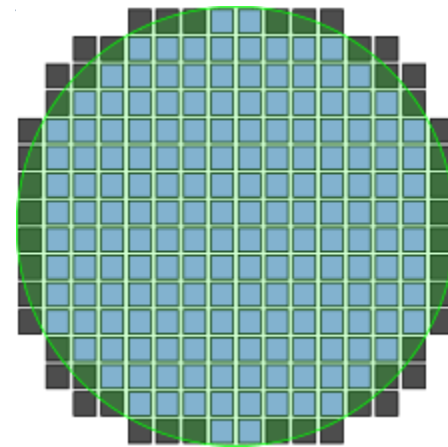
Potom sa vo výrobnom procese na technologickej linke pomocou navrhnutých pripravených masiek a oxidáciou, implantáciou a difúziou na plátku vytvárajú jednotlivé vrstvy (prepájacie vodiče, aktívne prvky, tranzistory a podobne).

wafer



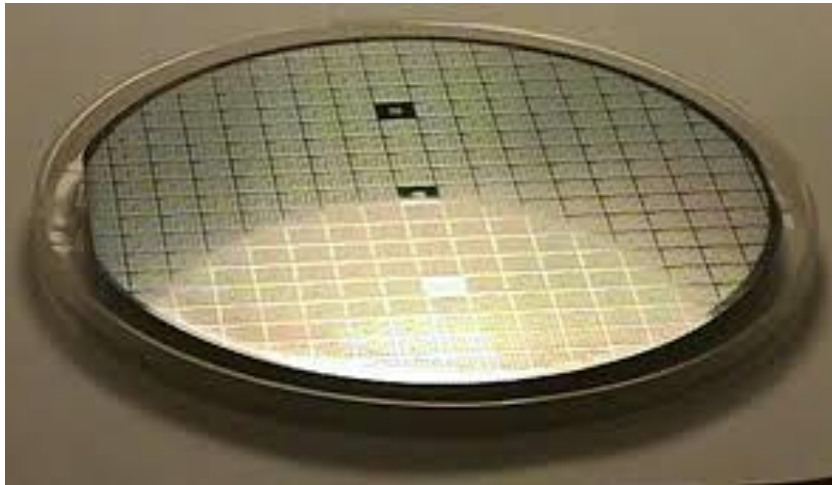
© ChipsEtc.com

V plátkoch pomocou lasera alebo diamantu sa urobia ryhy, ktoré oddeľujú jednotlivé obvody.

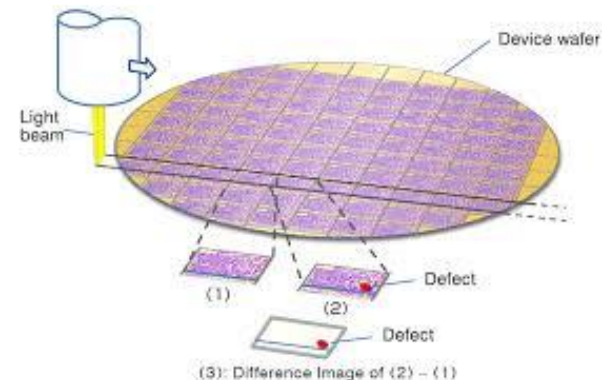


PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Nasleduje testovanie procesu výroby a funkčnosti jednotlivých obvodov.



Plátok sa otestuje, potom sa rozláme pozdĺž rýh na jednotlivé čipy, vylúčia sa označené defektné kusy.



PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Pripoja sa pripojovacie vývody ku kontaktným plôškam a uskutoční sa proces zapuzdrenia do plastového alebo keramického puzdra.



PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Integrovaný obvod (skratka IO, [angl. Integrated Circuit](#) - skratka IC) je zložitá alebo jednoduchá [elektronická](#) súčiastka, ktorá v relatívne malom puzdre obsahuje viacero (pri [procesoroch](#) až niekoľko sto miliónov) prvkov (predovšetkým [tranzistorov](#), [diód](#), [rezistorov](#) a [kondenzátorov](#)).

Integrované obvody sa dnes používajú prakticky vo všetkých oblastiach ľudskej činnosti, kde sa využívajú elektronické prístroje.

Príklady

RISC ARM procesory



Exynos 9810 – púzdro 676 vývodov BG, 8 jadier, **10 nm** výrobný proces

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov



Exynos 9820 (8 nm výrobný proces)

ponúka takzvanú DynamIQ architektúru, ktorá zahŕňa tri skupinky odlišných procesorových jadier. Štyri sú Cortex-A55, dva Cortex-A75 (respektíve A76) a dva novo vyvinuté Exynos M4.

Posledné dve jadrá majú za úlohu zabezpečovať prvotriedny výpočtový výkon, prvé štyri sa postarajú o energetický manažment.

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Exynos 9825

7 nm výrobný proces, nižšia spotreba energie, frekvencia 2,4 GHz

Čipset tvorí 8 jadier. Dve M4 Cheetah, dve Cortex-A75 a štyri Cortex-A55.

Rýchlejší grafický čip Mali-G76 MP12

Exynos 9830

Exynos 9840 (2100) 5 nm výrobný proces 8 jadier

1 x Cortex-X1, 2,91 GHz, 3 x Cortex-A78, 2,81 GHz

4 x Cortex-A55, 2,2 GHz, Mali G-78 MP14, 854 MHz

+ 40 % rýchlejší

Exynos 2200 zdvojnásobnený výkon oproti 2100

4 nm 8 jadier lepšia grafika Xclipse 920



Qualcomm Snapdragon 8 Gen 3

Navýšenie výkonu, nižšia spotreba



Čo ďalej?

Urýchľovanie nových návrhov čipov, použitie v najnovších zariadeniach

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

Procesory novinky

Intel

- **Hybridná architektúra** – viac typov jadier - zvyšovanie počtu P a E jadier - až 24 jadier / 32 vlákien 13. generácia
- **Dlaždicová architektúra čipu** (čiplety) – kombinácia rôznych výrobných procesov – zdokonalená bude v 14. generácii
- DDR5
- 16 x PCIe
- 5,8 GHz
- Výkon
> 41 %

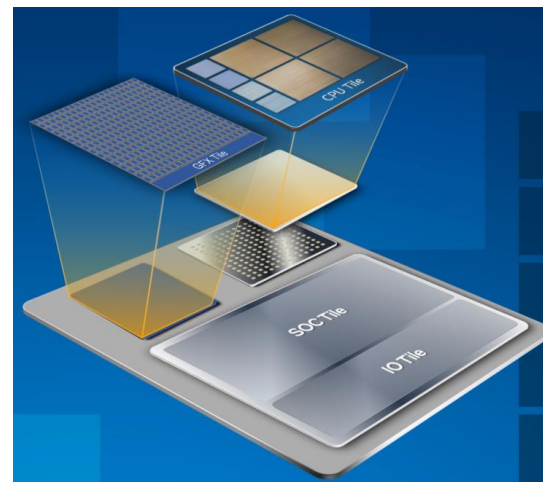


Procesory novinky

- **Čipy ako skladačka**

zmena koncepcie system-on-chip (SoC) na nový typ modulárnej konštrukcie system-on-package, ktorá počíta s rozdelením čipu aktuálne v podobe jediného kusu kremíka na niekoľko menších čipov - „čiplety“ (dlaždice)

- „Čiplety“ pritom môžu byť vyrábané rôznymi výrobnými procesmi v rôznych fabrikách po svete. Následne budú skladané do jedného funkčného celku v rámci jediného puzdra, kde sú uložené vedľa seba a vzájomne prepojené vysokorýchlostným rozhraním.



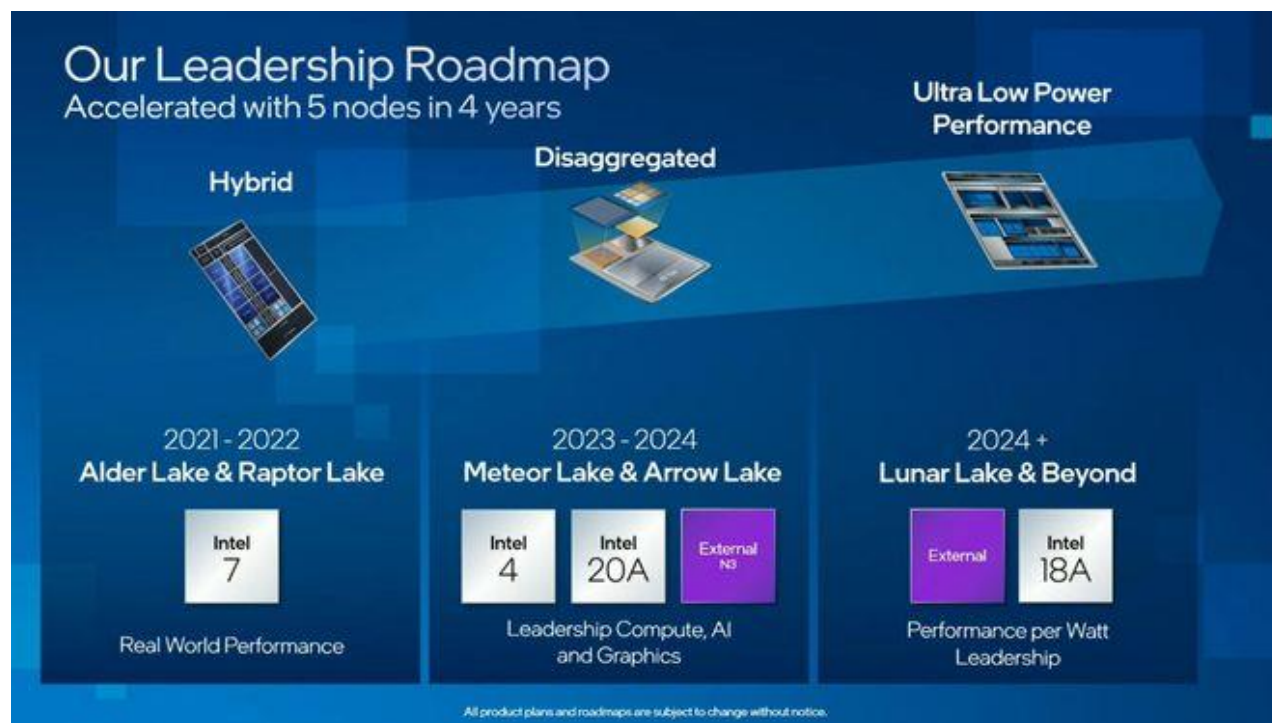
PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových

Procesory novinky

- Intel

- Comet Lake 10. gen
- Tiger Lake 11. gen
- Alder Lake 12. gen
- Raptor Lake 13. gen
- Meteor Lake 14. gen

kombinácia čipletov, výkonnosť, zníženie spotreby



2.1. LOGICKÉ OBVODY

Logické obvody – elektronické obvody, ktoré pracujú s **dvojhodnotovými premennými**

LOG.“0” – NIE – FALSE – LOW(L)

LOG.“1” – ÁNO – TRUE – HIGH(H)

x_1, x_2, \dots, x_n - vstupné premenné

y_1, y_2, \dots, y_m – výstupné premenné

Vstupné slovo (vstup)

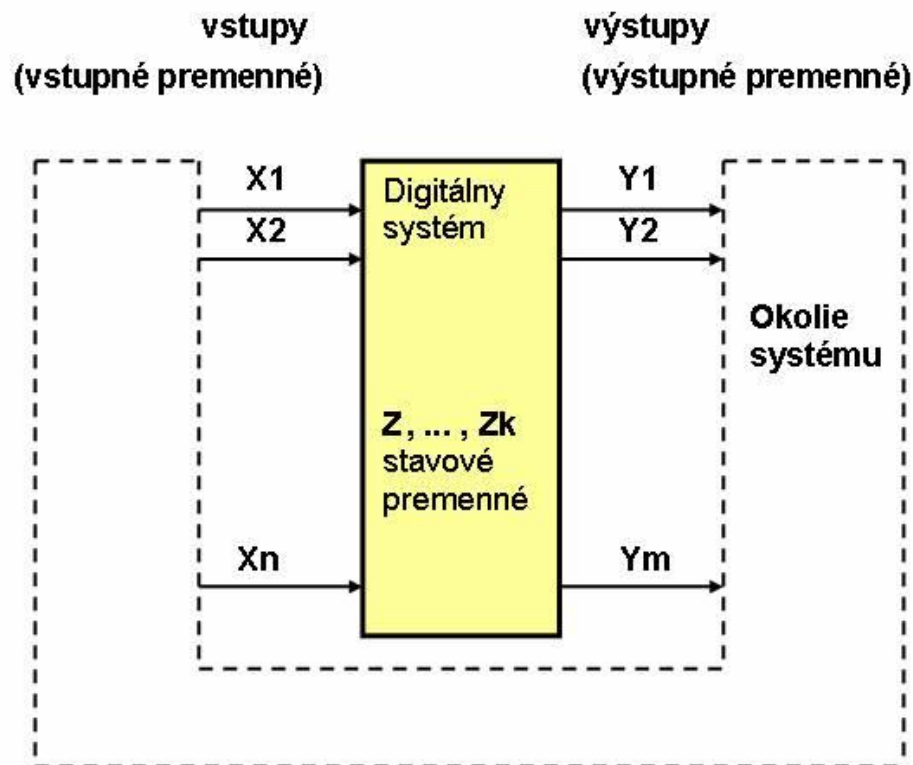
$X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 2^n možností

Výstupné slovo (výstup)

$Y = (y_1, y_2, \dots, y_m)$ 2^m možností

Funkcia - zobrazenie

$$F : X \rightarrow Y$$



Logický obvod

- diskretný dynamický systém, ktorý sa vyznačuje
 - vstupným slovom
 - výstupným slovom
 - správaním obvodu (opis dynamických vlastností)
 - štruktúrou obvodu (súbor logických členov a ich pripojení)

Pri práci s logickými obvodmi existujú tieto úlohy:

ANALÝZA

SYNTÉZA

DIAGNOSTIKA (testovanie, kontrola funkcie obvodu)

LOGICKÝ NÁVRH Z HĽADISKA DIAGNOSTIKY (design for testability)

ZABUDOVANÉ PROSTRIEDKY DIAGNOSTIKY

SIMULÁCIA (alebo **VERIFIKÁCIA**)

PPI 2. Logická úroveň a stavba počítačových systémov

2.1. LOGICKÉ OBVODY

2.1.1. KOMBINAČNÉ LOGICKÉ OBVODY

Spôsoby zápisu Booleovských funkcií (B-funkcií)