

2201: Architektúra počítačov

Prednášky: Chamraz, Ravas

Cvičenia: Balogh

Letný semester

Počet kreditov 6.00

Prednáška/Cvičenie: 3.00/2.00 [hod./tyždeň]

<http://www.kar.elf.stuba.sk/predmety/ap/>

Literatúra

2. Jelšina, M.: Architektúry počítačových systémov, Princípy, ... ELFA 2002
3. Frištacký, N. Jelšina, M.: Číslicové počítače, ALFA 1993
4. Stalling, W.: Computer Organization and Architecture, principles ...,
5. Hlavička, J.: Architektura počítačů. ČVUT 1998
6. Dvořák, V., Drábek V.: Architektura procesoru. Vutium, Brno, 1999
7. Krajčovič, T.: Počítače. STU FEI 2000
8. Horák, J.: Hardware- učebnice pro pokročilé, ... 2005
9. Gook, M.: Hardwarová rozhraní, Průvodce programátora, ... 2006
10. Mostafa Abd-EI-Barr, Hesham EI-Rewin: Fundamentals of Computerr Organizatio and Architecture, WILEY INTERSCIENCE 2005
11. Messmer H.P., Dembovski K.: HARDWARE architektura, funkce, programování, CP Books, Brno 2005

Základný stavebný prvok počítačov:

Počítač na spodnej úrovni pracuje ako elektronické zariadenie vytvorené z tranzistorov.

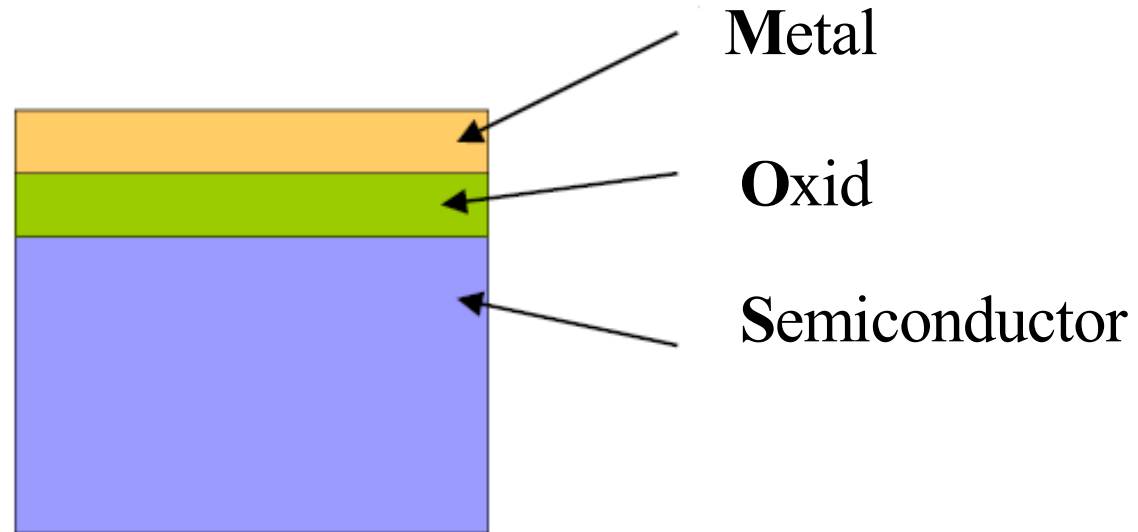
Základný režim činnosti tranzistora je: Spínací režim. Tento môžeme z fyzikálnej podstaty popísať ako: Tranzistor prúd vedie, resp. nevedie. Jednotlivým stavom tranzistora môžeme priradiť logické úrovne odpovedajúce dvojkovej číslici (bit), označené ako log.0 a log.1.

Základom IC sú tranzistory:

- bipolárne (dva typy nosiča - elektróny a diery)
- unipolárne (jeden typ nosiča)

Súčasné počítače využívajú unipolárne tranzistory

FET – Field Effect Transistor

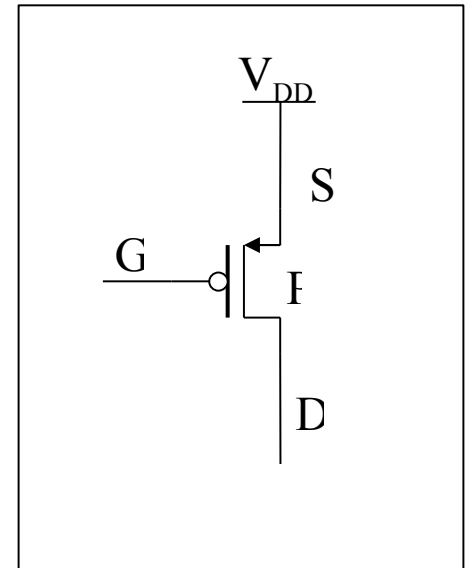
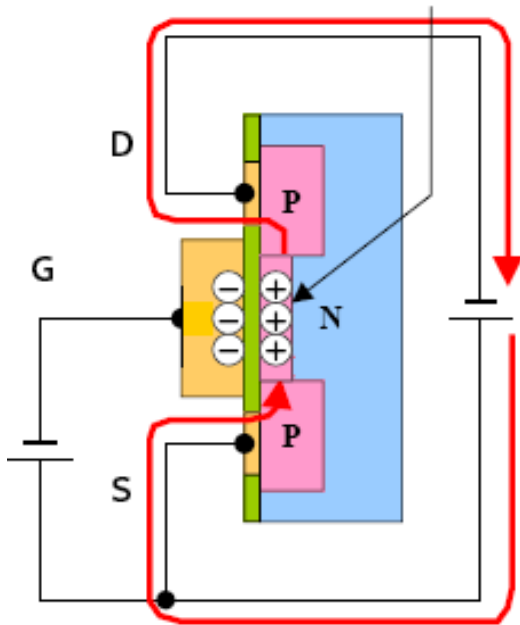


Metal Oxid Semiconductor (MOS)

Historicky najstaršia technológia:

PMOS (MOS tranzistor s kanálom P),

Nevýhody: nízka rýchlosť a zlá zlučiteľnosť s TTL obvodmi

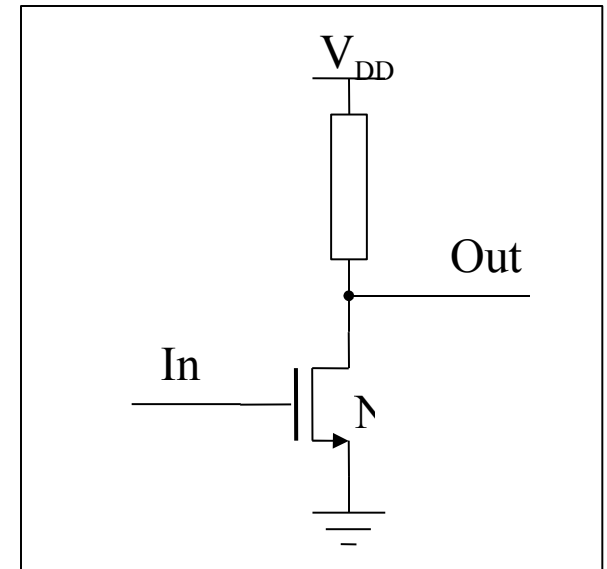
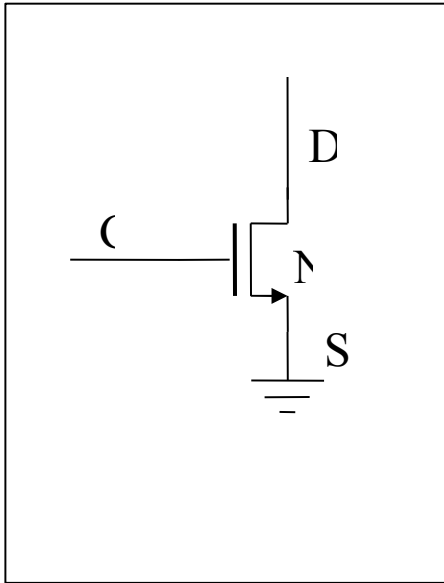
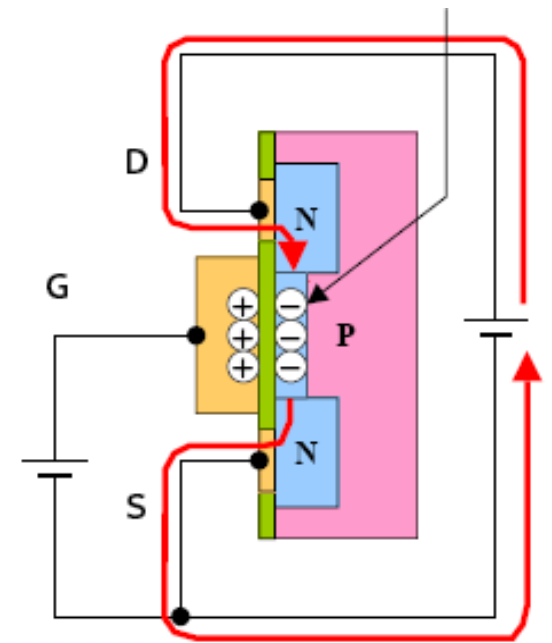


Náhrada: NMOS (MOS tranzistor s kanálom N).

Technológia NMOS

Výhody: rýchlejšie,
zlučiteľné s TTL

Nevýhody: „straty“

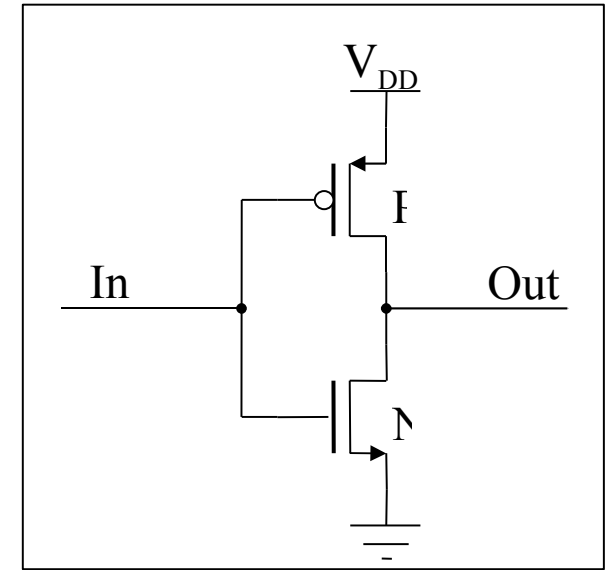


Náhrada: CMOS

Technológia CMOS (Complementary MOS)

Výhody:

minimalizované straty
zlučiteľné s TTL



Logické úrovne:

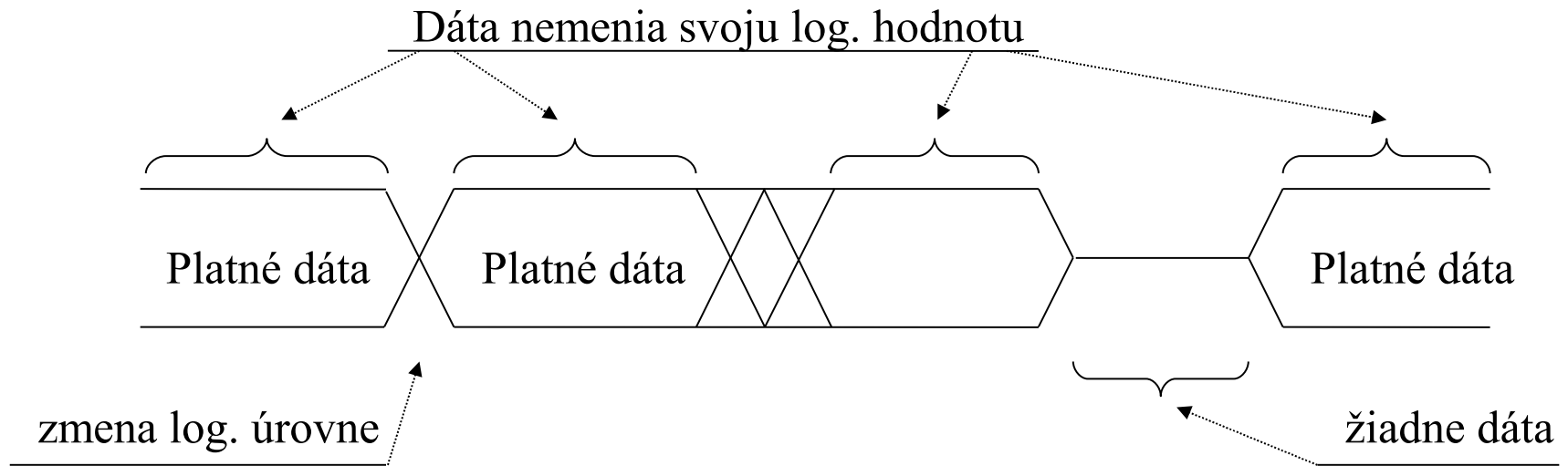
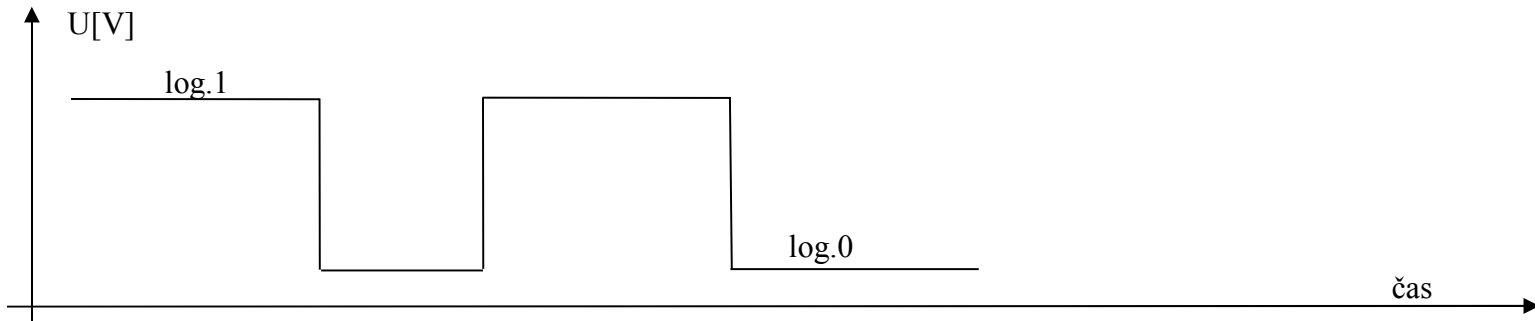
log. 0 = 0.0V až $0.3 * V_{DD}$. Ak $V_{DD} = 5.0V$ (0.0 až 1.5V)

log. 1 = $0.7 * V_{DD}$ až V_{DD} . Ak $V_{DD} = 5.0V$ (3.5 až 5.0V)

- Okrem $V_{DD} = 5.0V$ sa používa aj

$V_{DD} = 3.3V$ a $V_{DD} = 2.9V$

Logické úrovne – “napätie”



TTL obvody: logické úrovně

Výstup:

Logická hodnota:

„0“

„1“

Analogová hodnota:

0V

0.4V

2.8V

5.0V

Vstup:

Logická hodnota:

„0“

„1“

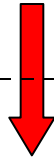
Analogová hodnota:

0V

0.8V

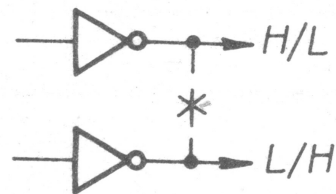
2.0V

5.0V



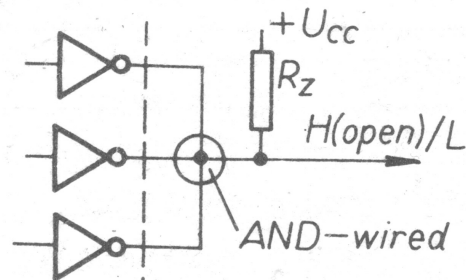
Zapojenie výstupov IC -

1. výstup



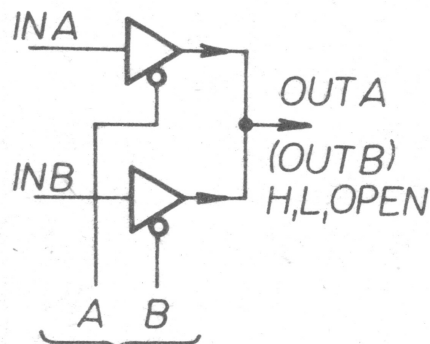
a)

výstupy open



b)

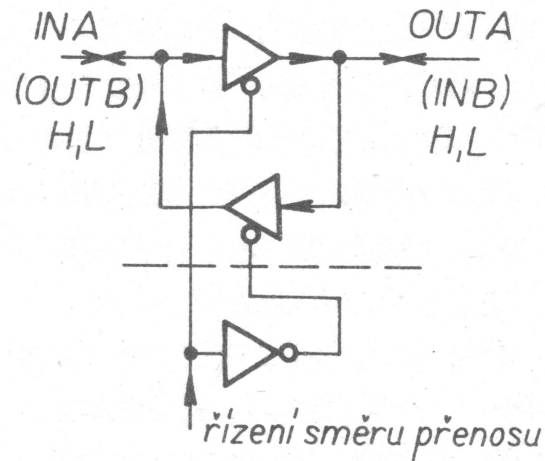
výstupy tri-state



aktivace výstupů

c)

výstupy tri-state

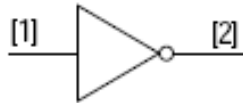


d)

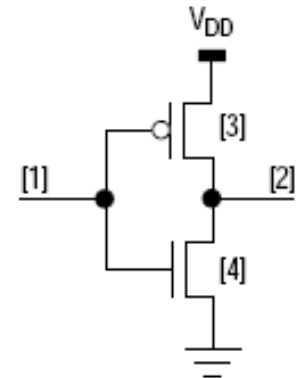
Základné stavebné prvky počítačov sú vytvorené :

1) z kombinačných obvodov (výstup = funkcia(vstupu), nemajú pamäť):

Invertor:



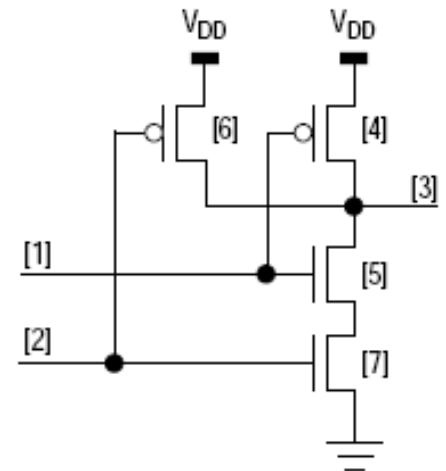
Input		Output	
[1]		[2]	
0		1	
1		0	



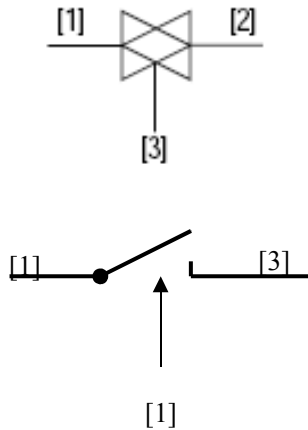
NAND:



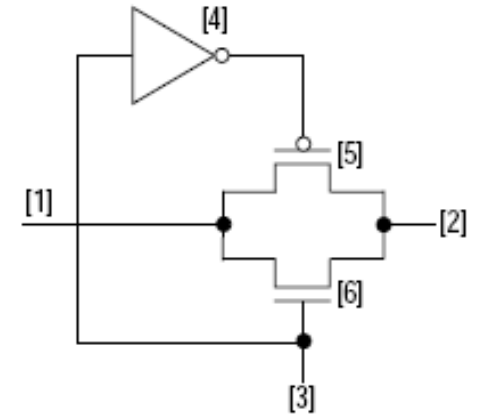
Input		Output
[1]	[2]	
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



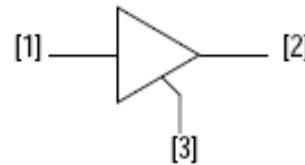
Spínač:



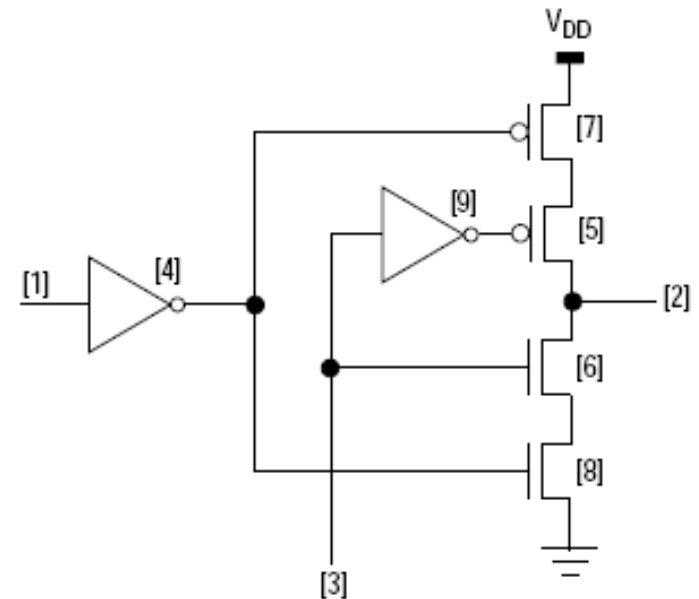
Control [3]	Input [1]	Output [2]
0	0	Hi-Z
0	1	Hi-Z
1	0	0
1	1	1



Trojstavový budič:

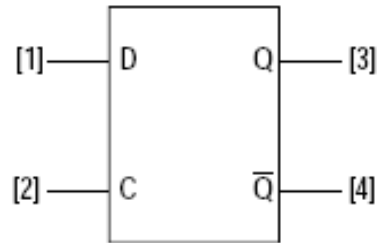


Control [3]	Input [1]	Output [2]
0	0	Hi-Z
0	1	Hi-Z
1	0	0
1	1	1

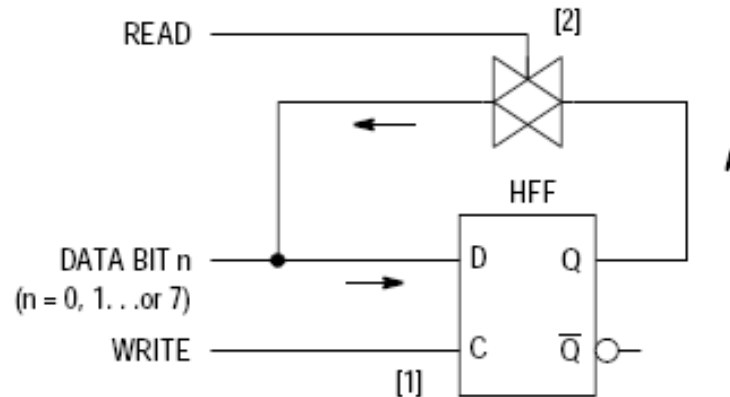


2) zo sekvenčných obvodov (výstup = funkcia (vstupu, stavu)):

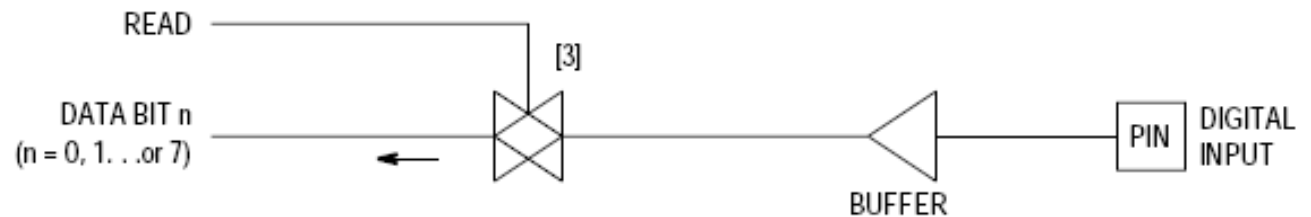
D – klopný
obvod:



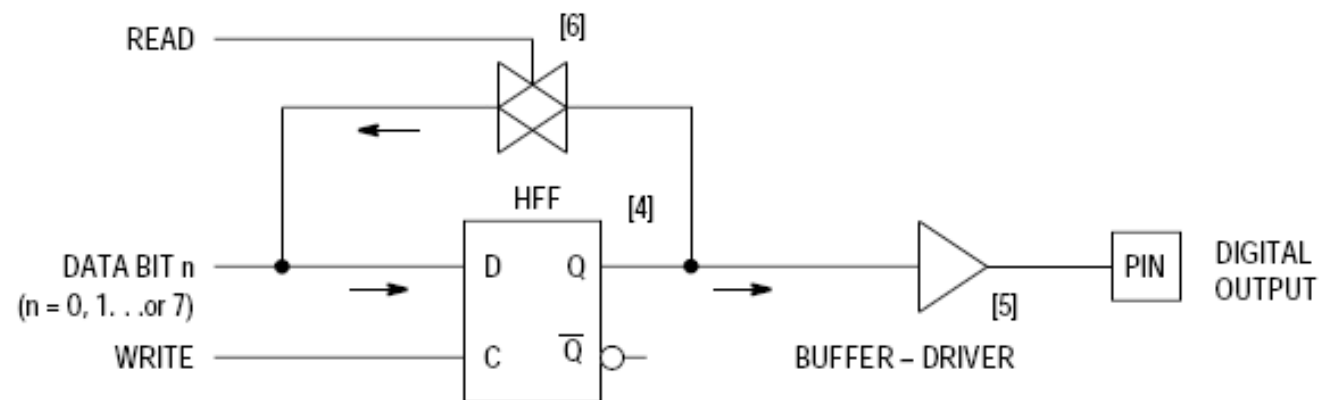
Bit pamäte
RAM:



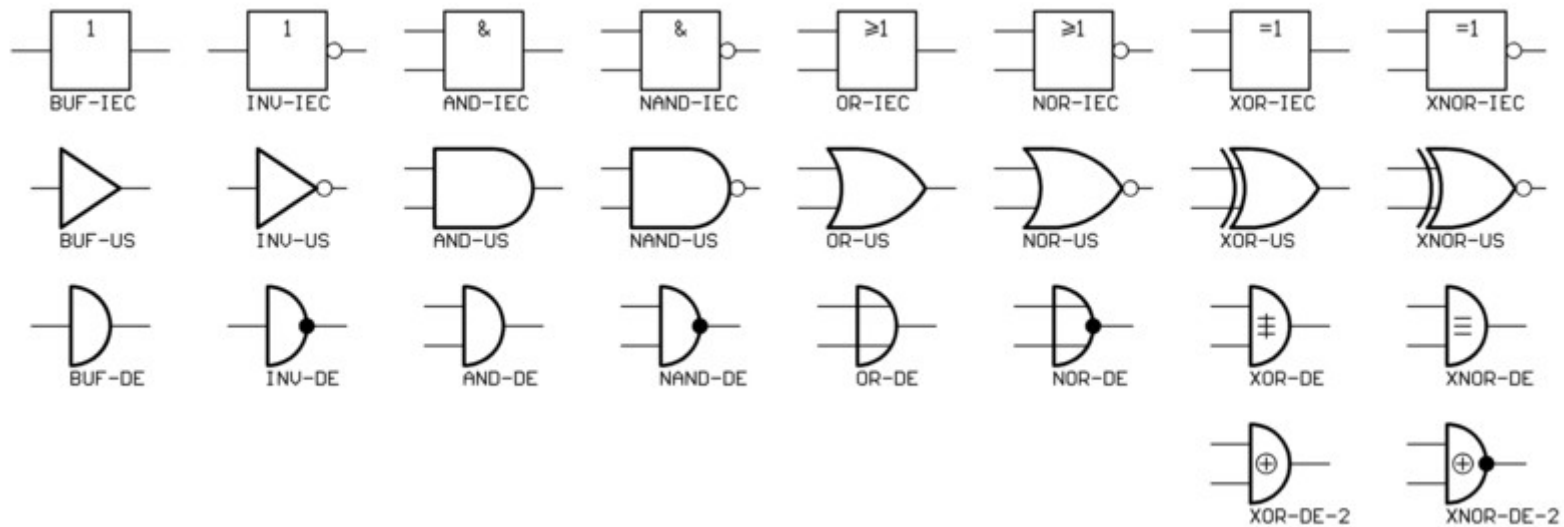
Vstupný port:



Výstupný port: (s možnosťou spätného čítania)



Značky, rôzne normy:



Zobrazenie informácie v počítači:

- **Organizácia informácií v počítači:**
Bajtová
- **Číselné sústavy**
- **Reprezentácia údajov**
- **Kódovanie údajov**

Bajtová organizácia informácií:

Kódovanie v dvojkovom (binárnom) kóde:

bit – (**binary digit**) - najmenšia údajová jednotka, ktorá môže byť spracovávaná ČP (hodnoty 0 alebo 1)

K rôznych objektov $\Rightarrow$ **K** rôznych kódov vyjadriteľné pomocou usporiadanej m -tice binárnych symbolov $m = \log_2 K$

bajt (**byte**) – skupina 8 bitov, súčasné mikroprocesory a minipočítače sú bajtovo orientované – dĺžka strojového slova je celočíselný násobok bajtu (8, 16, 32, 64 ...t.j. 1-,2-,4-,8-bajtové slovo)

Veľkosť strojového slova závisí od architektúry procesora, ktorá je ovplyvnená:

- dĺžkou inštrukcie
- dĺžkou adresy
- orientáciou úloh (teda aj charakterom údajov), pre ktorý je určený

Cray-1 supercomputer	64 bits
ICL 1900 series mainframe	24 bits
UNIVAC 1100 mainframe	36 bits
PDP-11 minicomputer	16 bits
VAX minicomputer	32 bits
8085, Z80, 6802, 6809 microprocessors	8 bits
8086 microprocessor	16 bits
Third-generation Intel and Motorola microprocessors	32 bits
Fourth-generation microprocessors	64 bits
Special-purpose graphics processors	128 bits
Some microcontrollers	4 bits

Číselné sústavy :

Zobrazenie čísla pomocou definovanej množiny symbolov-číslic nazývame číselnou sústavou

Delíme ich na :

- **polyadické** (pozičné) číselné sústavy PČS, ktoré môžeme rozvinúť do mocninového radu
- **nepolyadické** (nepozičné) ČS,
napr.: rímska číselná sústava (IX, X, XIV)

Pozičné číselné sústavy :

Hodnotu celého nezáporného čísla N_z vyjadríme v tvare polynómu:

$$(N)_z = \sum_{i=0}^{n-1} (a_i)z^i$$

Kde: z - základ sústavy $z \geq 2$ (**2**, **8**, **10**, **16**)

a_i - číslice $(0 \leq a_i < z)$

ak z je prirodzené číslo, potom **0**, **1**, ..., **z-1**

poloha číslice určuje **rád číslice**, ktorý je definovaný **váhou** $v_i = z^i$

$n - 1$ - je rád sústavy

Ak potrebujeme vyjadriť **racionálne číslo** (väčšinu)

použijeme záporné mocniny až do rádu k :

$$(N)_z = \sum_{i=-k}^{n-1} (a_i)z^i$$

Skrátený zápis **racionálneho čísla**

N_z vyjadríme v tvare:

$$N_z = \pm a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0, a_{-1}a_{-2} \cdots a_{-k}$$

*Pozn.: Rozšírenie na záporné čísla, použitím znamienka „-“
pred číslo je vhodné pre ľudí,
v žiadnom prípade to nie je vhodný zápis pre počítač.*

Pre: $z = 2$ získame dvojkovú – binárnu sústavu (0,1)

$z = 8$ získame osmičkovú – oktálovú sústavu (0,1,2, ... , 7)

$z = 10$ získame desiatkovú – dekadickú sústavu (0,1,2, ... , 9)

$z = 16$ získame šestnástkovú – hexadecimálnu sústavu
(0,1,2, ... , 9,A,B,C,D,E,F)

Slovo *hexadecimálny* pochádza z gréckeho (*hexi* - šesť)
a latinského (*decem* - desať)

číslo	Z = 2	Z = 8	Z = 10	Z = 16
0	0000	00	00	00
1	0001	01	01	01
2	0010	02	02	02
3	0011	03	03	03
4	0100	04	04	04
5	0101	05	05	05
6	0110	06	06	06
7	0111	07	07	07
8	1000	10	08	08
9	1001	11	09	09
10	1010	12	10	0A
11	1011	13	11	0B
12	1100	14	12	0C
13	1101	15	13	0D
14	1110	16	14	0E
15	1111	17	15	0F

Vlastnosti PČS: $N_z = \pm a_{n-1}a_{n-2} \cdots a_1a_0, a_{-1}a_{-2} \cdots a_{-k}$

1. Maximálne zobraziteľné číslo:

$$N_{\max} = z^n - z^{-k} \quad \text{pre celé čísla: } N_{\max} = z^n - 1$$

$$\text{pre desatinné: } N_{\max} = 1 - z^{-k}$$

2. Minimálne číslo v absolútnej hodnote rôzne od nuly: $N_{\min} = z^{-k}$

3. Krok diskretnosti: $h = z^{-k}$

4. Kapacita číselnej sústavy pre m-rádové čísla: $K = z^m = z^{(n+k)}$

Pr.: $z = 10, m = 3$ **K= 1000** možných čísiel (0..999)

5. Počet zobrazujúcich rádov: $m = \log_z(K + 1)$

6. Desetinná čiarka, bodka si vo všetkých číselných sústavách odpovedá. Samostatne môžeme prevádzať obe časti (celu i zlomkovú)

Napr. číslo $(2345,37)_{10}$ je číslo zobrazené v **pozičnej dekadickej sústave**

$$(2345,37)_{10} = 2 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 4 \cdot 10^1 + 5 \cdot 10^0 + 3 \cdot 10^{-1} + 7 \cdot 10^{-2}$$

v tomto prípade hodnoty číslic sú

$$[2]_3 = 2000 \quad [3]_2 = 300 \quad [4]_1 = 40 \quad [5]_0 = 5 \quad [3]_{-1} = 0,3 \quad [7]_{-2} = 0,07$$

Pozičné číselné sústavy – Prevody:

Prevod z desiatovej sústavy do číselnej sústavy so základom z :

Prevod sa vykonáva zvlášť pre

- celočíselnú časť čísla a
- desatinnú časť čísla

Prevod celočíselného dekadického čísla do sústavy so základom z :

Metóda je založená na postupnom celočíselnom delení dekadického N číslom z . Celočíselné delenie:

$$\frac{N}{z} = M + R$$

Kde: M - delenec, z - deliteľ, M – podiel a R - zvyšok
sú celé čísla

$$(N)_Z = a_{n-1}z^{n-1} + a_{n-2}z^{n-2} + \dots + a_1z + a_0$$

$$(N_1)_Z = \frac{(N)_Z}{z} = a_{n-1}z^{n-2} + a_{n-2}z^{n-3} + \dots + a_1 \quad ((N)_Z \% z) = a_0 \quad (N)_Z (\bmod z) = a_0$$

$$(N_2)_Z = \frac{(N_1)_Z}{z} = a_{n-1}z^{n-3} + a_{n-2}z^{n-4} + \dots + a_2 \quad ((N_1)_Z \% z) = a_1$$

Pr. Prevod do 8-vej sústavy :

$$4629 \div 8 = 578 \quad R = 5$$

$$578 \div 8 = 72 \quad R = 2$$

$$72 \div 8 = 9 \quad R = 0$$

$$9 \div 8 = 1 \quad R = 1$$

$$1 \div 8 = 0 \quad R = 1$$

$$4629_{10} = 11025_8$$

$$53241 \div 16 = 3327 \quad R = 9$$

$$3327 \div 16 = 207 \quad R = 15_{10} = F_{16}$$

$$207 \div 16 = 12 \quad R = 15_{10} = F_{16}$$

$$12 \div 16 = 0 \quad R = 12_{10} = C_{16}$$

$$53241_{10} = CFF9_{16}$$

Pr.: Prevod do binárnej sústavy:

$$123 \div 2 = 61 \quad R = 1 \quad \text{LSB (Least - significant bit)}$$

$$61 \div 2 = 30 \quad R = 1$$

$$30 \div 2 = 15 \quad R = 0$$

$$15 \div 2 = 7 \quad R = 1$$

$$7 \div 2 = 3 \quad R = 1$$

$$3 \div 2 = 1 \quad R = 1 \quad \uparrow$$

$$1 \div 2 = 0 \quad R = 1 \quad \text{MSB (Most - significant bit)}$$

$$123_{10} = 1111011_2$$

$$123 \quad 1 \quad \text{LSB}$$

$$61 \quad 1$$

$$30 \quad 0$$

$$15 \quad 1$$

$$7 \quad 1$$

$$3 \quad 1 \quad \uparrow$$

$$1 \quad 1 \quad \text{MSB}$$

$$0$$

Prevod z číselnej sústavy so základom z do desiatkovej sústavy:

Vychádza zo vzťahu pre hodnotu čísla vyjadreného v danom základe číselnej sústavy (zápis hodnoty je formálne zhodný so zápisom čísla v dekadickéj sústave)

$$(N)_z = a_{n-1}z^{n-1} + a_{n-2}z^{n-2} + \dots + a_1z + a_0$$

alebo

$$(N)_z = (\dots(((a_{n-1}z + a_{n-2})z + a_{n-3})z + \dots)z + a_1)z + a_0$$

Pr. : Preved'me binárne číslo 1010111 do dekadickéj sústavy

Prvý spôsob :

$$\begin{aligned}(1010111)_2 &= 1*2^6 + 0*2^5 + 1*2^4 + 0*2^3 + 1*2^2 + 1*2^1 + 1*2^0 = \\ &= 1*64 + 0*32 + 1*16 + 0*8 + 1*4 + 1*2 + 1*1 = 87 = 87_{10}\end{aligned}$$

Druhý spôsob :

$$\begin{array}{ccccccc}
 2^* & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\
 & \searrow & & & & & & \\
 & 2 & & & & & & \\
 2^* & & 2 & & & & & \\
 & & \searrow & & & & & \\
 & & 4 & & & & & \\
 & & & 5 & & & & \\
 & & & & 10 & & & \\
 & & & & \frac{10}{10} & & & \\
 & & & & & 20 & & \\
 & & & & & \frac{20}{21} & & \\
 & & & & & & 42 & \\
 & & & & & & \frac{42}{43} & \\
 & & & & & & & 86 \\
 & & & & & & & \frac{86}{87}
 \end{array}$$

$$1010111_2 = 87_{10}$$

Prevod $(6437)_8$
do dekadické sústavy :

$$\begin{array}{cccc}
 8^* & 6 & 4 & 3 & 7 \\
 & \searrow & & & \\
 & 48 & & & \\
 & \frac{48}{52} & & & \\
 & & 416 & & \\
 & & \frac{416}{419} & & \\
 & & & 3352 & \\
 & & & \frac{3352}{3359}
 \end{array}$$

$$6437_8 = 3359_{10}$$

Prevod z číselnej sústavy so základom z do číselnej sústavy so základom w :

Pri prevode zo sústavy so základom z do číselnej sústavy so základom w sa všeobecne používa schéma

$$(N)_z = (N_1)_{10} = (N_2)_w$$

Výnimkou sú prevody medzi sústavami pri základe $z = 2^n$

Prevod z binárnej sústavy do oktálovej alebo hexadecimálnej sa vykoná tak, že sa binárne znaky rozdelia „odzadu“ na trojíc alebo štvoríc, a skupiny sa kódujú osobitne

Prevod $()_2 \longrightarrow ()_x$

Majme binárne číslo: $011\ 0100\ 0111_2$

rozdelíme na trojice

skupiny binárnych číslíc $01\ |\ 101\ |\ 000\ |\ 111$

kódy oktálových číslíc $1\ \quad 5\ \quad 0\ \quad 7$

$$(01101000111)_2 = (1507)_8$$

rozdelíme na štvorice $011\ |\ 0100\ |\ 0111$

kódy hexadecimálnych číslíc $3\ \quad 4\ \quad 7$

$$(01101000111)_2 = (347)_{16}$$

Prevod $()_x \longrightarrow ()_2$

Majme $(775)_8$

kódy oktálových číslíc	7	7	5
skupiny binárnych číslíc	111	111	101

$(775)_8 = (111111101)_2$

majme $(775)_{16}$

kódy hexadecimálnych číslíc	7	7	5
skupiny binárnych číslíc	0111	0111	0101

$(775)_{16} = (011101110101)_2$

V tomto prípade je mechanizmus prevodu založený na prevode cez binárnu sústavu.

Prevod desatinnej časti dekadického čísla do sústavy so základom z

Metóda je založená na postupnom násobení desatinnej časti dekadického N číslom z

$$D \cdot z = M + D_1$$

$$kde \quad |D| < 1 \quad |D_1| < 1$$

a M je celé číslo

$$(N)_Z = a_{-1}z^{-1} + a_{-2}z^{-2} + \dots + a_{-k}z^{-k} \quad |(N)_Z| < 1$$

$$(N)_Z \cdot z = a_{-1} + (N_1)_Z \quad a_{-1} - \text{cele cislo} \quad |(N_1)_Z| < 1$$

$$(N_1)_Z \cdot z = a_{-2} + (N_2)_Z \quad a_{-2} - \text{cele cislo} \quad |(N_2)_Z| < 1$$

Príklady : Prevedieme číslo $0,12_{10}$ do osmičkovej sústavy,
 číslo $0,6875_{10}$ a $0,1_{10}$ do dvojkovej sústavy

$$\begin{array}{lcl}
 0,12 * 8 = \mathbf{0}, & 96 \\
 0,96 * 8 = \mathbf{7}, & 68 \\
 0,68 * 8 = \mathbf{5}, & 44 \\
 0,44 * 8 = \mathbf{3}, & 52 \\
 0,52 * 8 = \mathbf{4}, & 16 \\
 0,16 * 8 = \mathbf{1}, & 28 \\
 \dots\dots\dots & \\
 0,12_{10} \approx 0,075341_8
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 0,6875 * 2 = \mathbf{1}, & 3750 \\
 0,3750 * 2 = \mathbf{0}, & 7500 \\
 0,7500 * 2 = \mathbf{1}, & 5000 \\
 0,5000 * 2 = \mathbf{1}, & 0000 \\
 0,0000 * 2 = \mathbf{0}, & 0000 \quad \textit{koniec}
 \end{array}$$

$$0,6875_{10} = 0,1011_2$$

$0,1000 * 2 = \mathbf{0}, 2000$
 $0,2000 * 2 = \mathbf{0}, 4000$
 $0,4000 * 2 = \mathbf{0}, 8000$
 $0,8000 * 2 = \mathbf{1}, 6000$
 $0,6000 * 2 = \mathbf{1}, 2000$
 $0,2000 * 2 = \mathbf{0}, 4000$
 $0,4000 * 2 = \mathbf{0}, 8000$
 $0,8000 * 2 = \mathbf{1}, 6000$
 $0,6000 * 2 = \mathbf{1}, 2000$

$$0,1_{10} = 0,000110011..._2 = 0,0\overline{0011}_2$$

Dôsledky :

Napr. kód v jazyku C

```
double x;
for ( x = 0; x != 1; x+=0.1){
    }
je nekonečným cyklom !!
```

Preto správne by malo byť :

```
double x;
for ( x = 0; x <=1; x+=0.1){
    }
```

Číslo $0,1_{10}$ sa nedá vyjadriť konečným počtom binárnych čísl !!

Nepozičné číselné sústavy:

V nepozičných číselných sústavách neplatí vždy $[a_i]_i = (a_i)z^i$

Rímská číselná sústava (najznámejšia nepolyadická sústava).

Skladá sa zo 7 symbolov: IVXLCDM.

I = 1, V = 5, X = 10, L = 50, C = 100, D = 500, M = 1000.

Zápis: Zprava doľava. Výnimka: Ak zapíšeme číslice I, X, C pred väčšiu číslicu, potom menšiu od väčšej odčítame.

Napr: $\text{MMXMIV} = 1000 + 1000 + (1000 - 10) + (5 - 1) = 2994$

Napr.: Číslo $(215)_{10}$ zobrazené v rímskej číselnej sústave je zapísané ako číslo CCXV

Číslice V, L, D môžu byť zapísané len raz a číslice I, X, C najviac trikrát za sebou. M sa

môže opakuvať ľubovoľne krát.

$$[(C)]_3 = 100 \quad [(C)]_2 = 100 \quad [(X)]_1 = 10 \quad [(V)]_0 = 5$$