

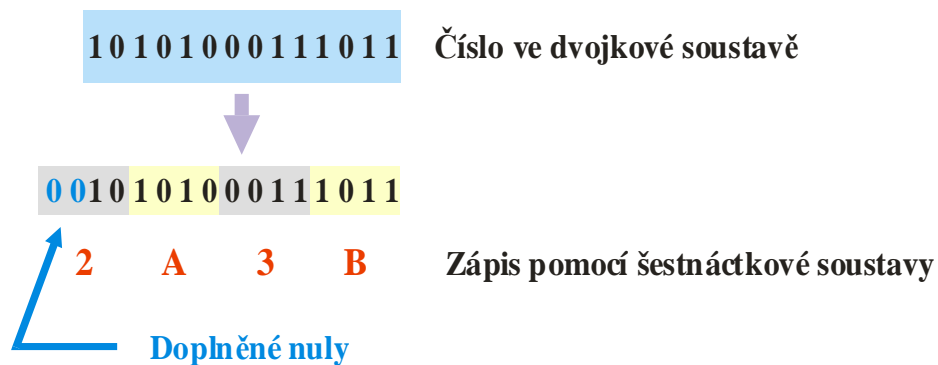
# Práce s čísly

## v aritmetické jednotce počítače

### (Opakování)

## Dvojková, osmičková a šestnáctková soustava (1)

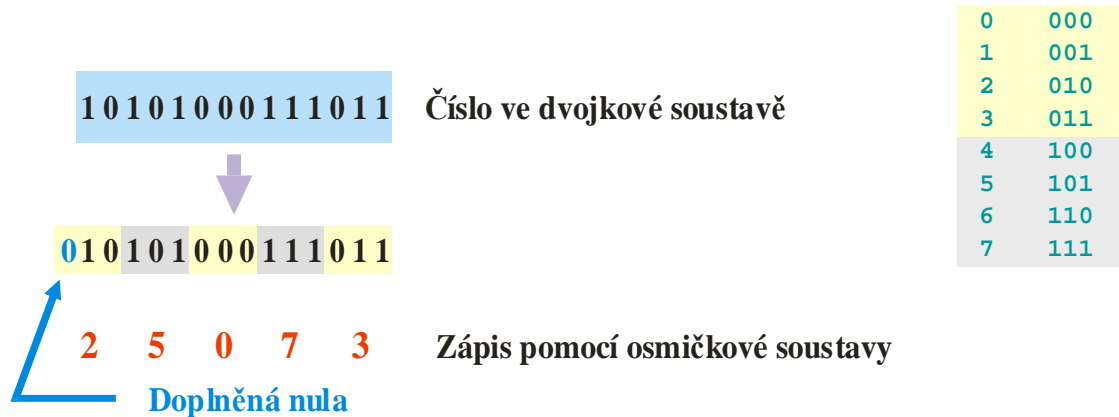
- Osmičková nebo šestnáctková soustava se používá ke snadnému zápisu binárních čísel.



0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
A	1010
B	1011
C	1100
D	1101
E	1110
F	1111

## Dvojková, osmičková a šestnáctková soustava (2)

- Osmičková nebo šestnáctková soustava se používá ke snadnému zápisu binárních čísel.

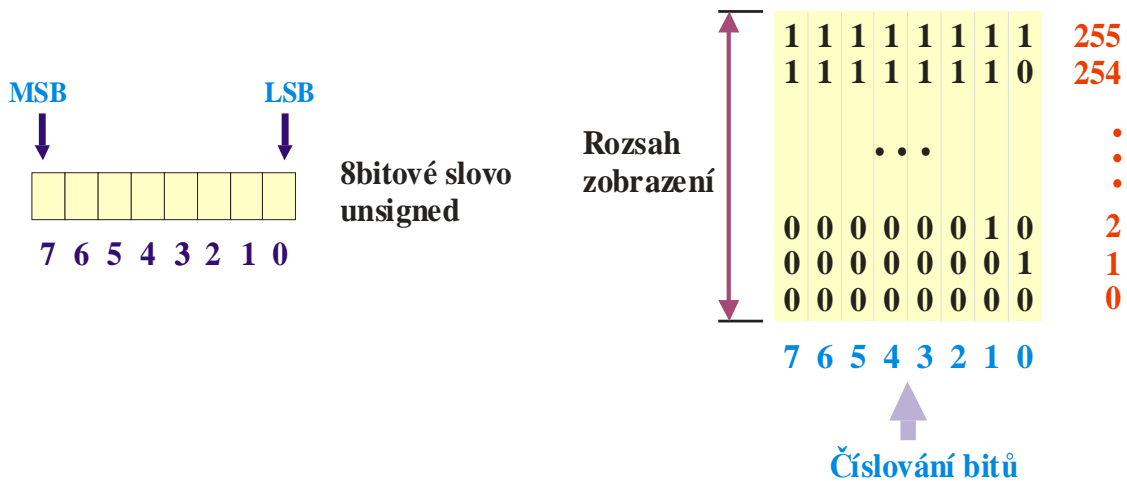


## Způsoby zobrazení čísel

- Podle rozsahu a způsobu použití mohou být čísla uložena v některém z následujících formátů:
  - Celá čísla bez znaménka (unsigned integer).
  - Celá čísla se znaménkem (signed integer).
  - Celá čísla v BCD kódu.
  - Čísla v pohyblivé řádové čárce (float).
- Každý formát má při provádění aritmetických operací různá omezení, která musí programátor respektovat.

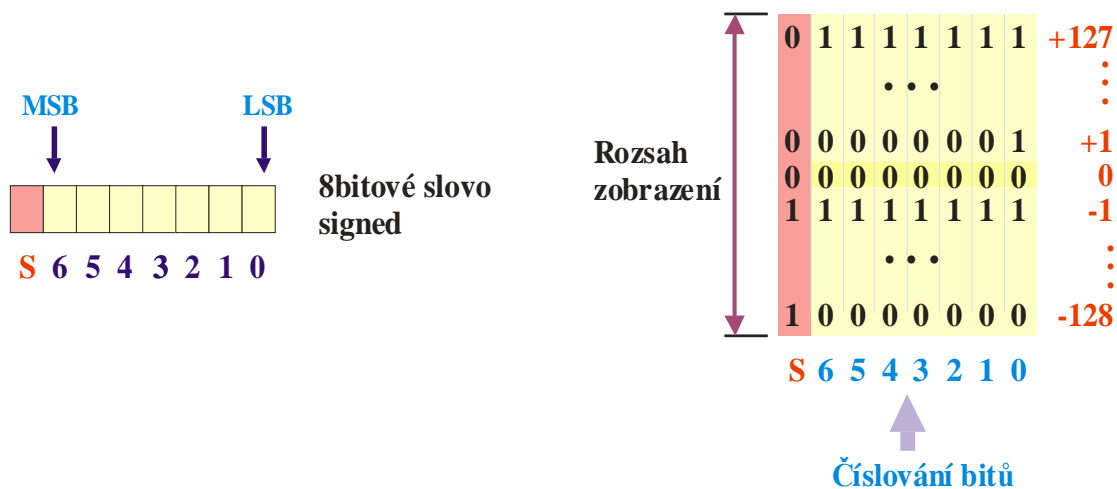
## Čísla „unsigned integer“

- Na **n** bitech lze zobrazit číslo v rozsahu  $0 \dots 2^n - 1$ .



## Čísla „signed integer“

- Pro záporná čísla se používá doplňkový kód.
- Na **n** bitech lze zobrazit číslo v rozsahu  $-2^{n-1} \dots 2^{n-1} - 1$ .

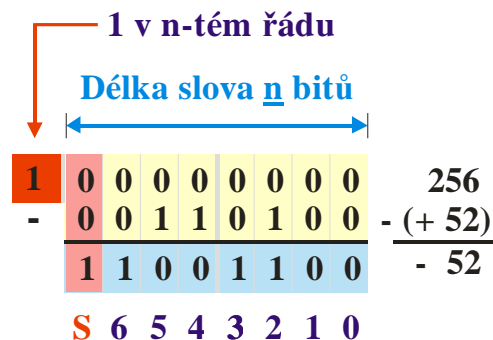


## Odvození čísla „signed integer“

- Pro zobrazení na **n** bitech:

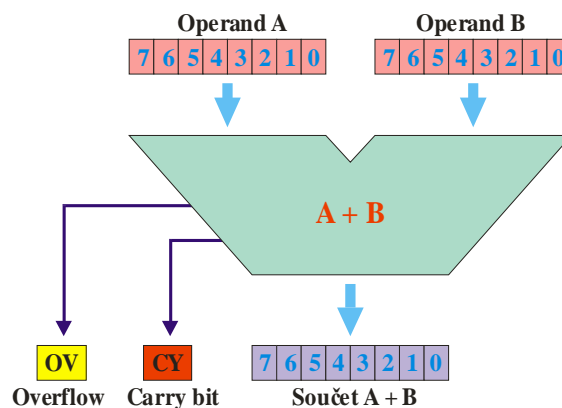
Kladné číslo se odečte od čísla  $2^n$  (tj. **1** v řádu, který je mimo rozsah zobrazení).

Příklad: číslo -52:



## Jednoduchá sčítačka

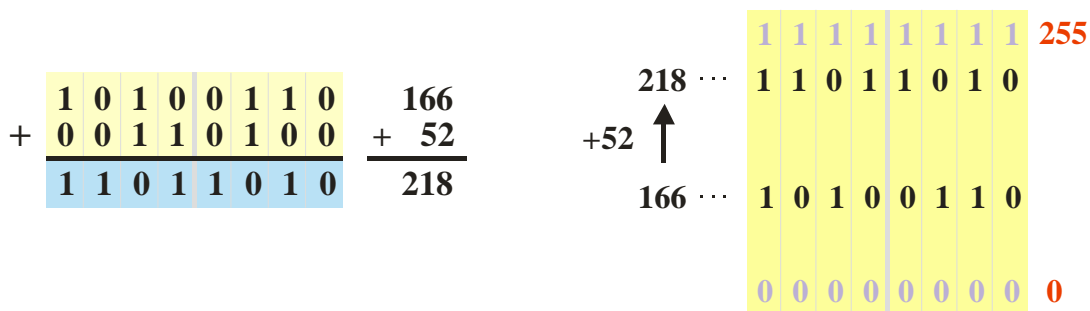
- Sčítačka (a odčítačka) pro 8bitová čísla integer.
- Kromě 8bitového výsledku generuje dva příznakové bity:
  - **Carry bit** – přenos do vyššího řádu.
  - **Overflow** – příznak přetečení čísel signed integer.



Sčítačka pracuje stejně s čísly unsigned integer i signed integer (!).

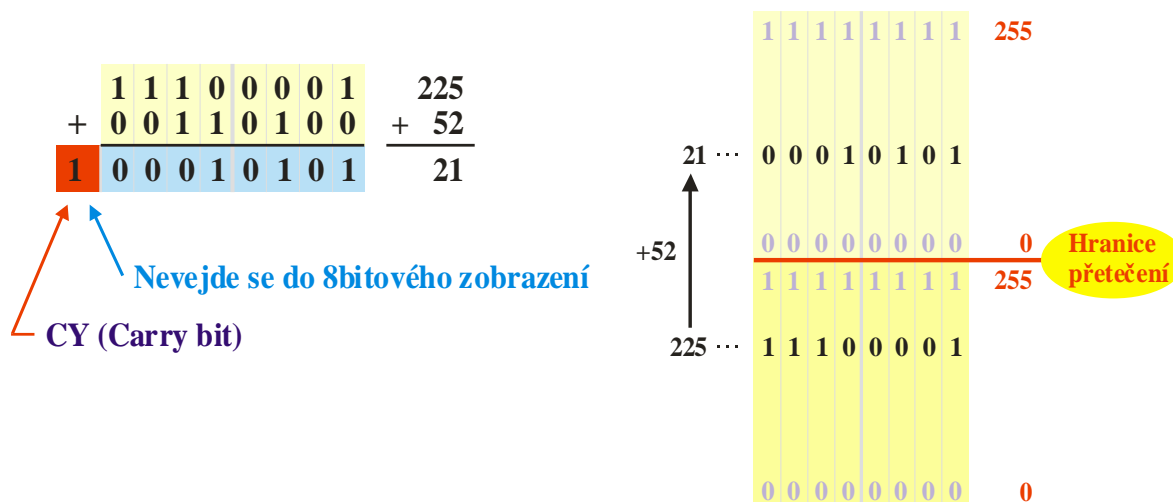
## Sečítání čísel „unsigned integer“

- Délka slova operandů i výsledku je omezena na 8 bitů



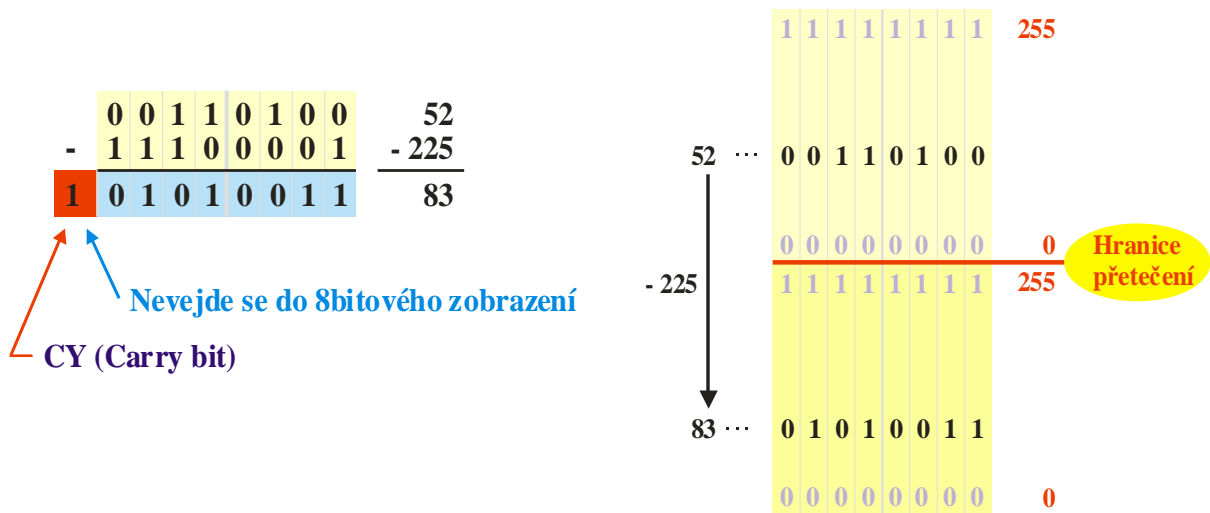
## Sečítání čísel „unsigned integer“

- Při překročení rozsahu zobrazení dojde k přetečení ⇒ dostaneme nesprávný výsledek.
- Přetečení je indikováno příznakovým bitem **CY**.



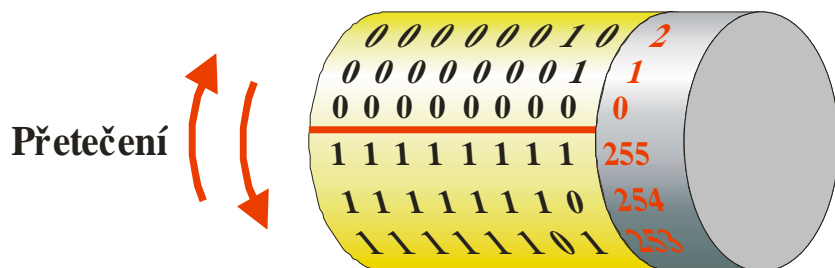
## Odečítání čísel „unsigned integer“

- Při překročení rozsahu zobrazení dojde k přetečení ⇒ dostaneme nesprávný výsledek.



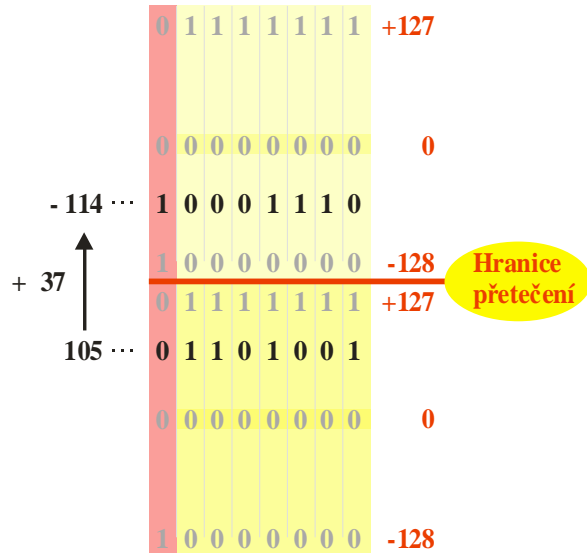
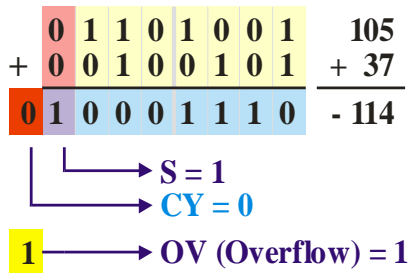
## Rozsah zobrazení pro „unsigned integer“

- Hranice přetečení (pro 8bitové zobrazení) je mezi čísly 0 a 255.



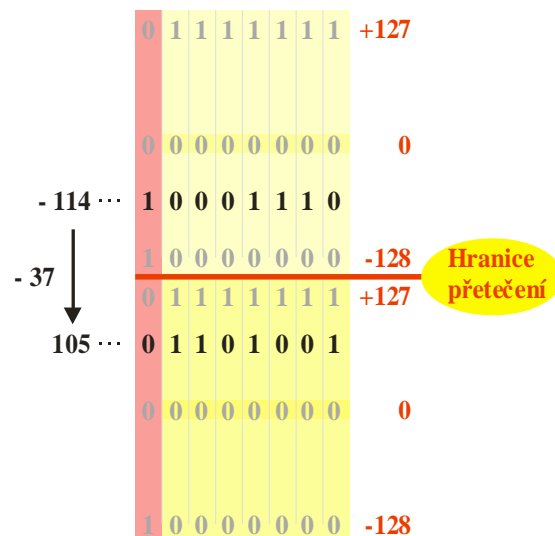
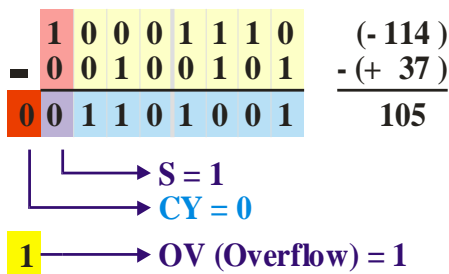
## Sečítání čísel „signed integer“

- Přetečení je indikováno příznakovým bitem Overflow (OV).



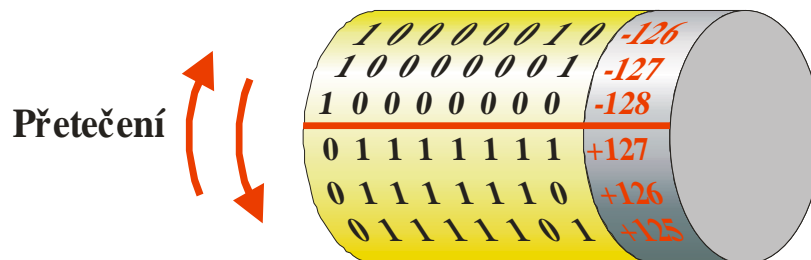
## Odečítání čísel „signed integer“

- Přetečení je indikováno příznakovým bitem Overflow (OV).



## Rozsah zobrazení pro „signed integer“

- Hranice přetečení (pro 8bitové zobrazení) je mezi čísly +127 a -128.



## Podmínky pro nastavení bitu OV

Příznakový bit **OV** se nastavuje podle typu operace a znamének operandů a výsledku.

Znaménko 1. operandu	Znaménko 2. operandu	Znaménko výsledku	Operace	OV
+	+	+	ADD	0
+	+	-	ADD	1
-	-	-	ADD	0
-	-	+	ADD	1
+	-	+	SUB	0
+	-	-	SUB	1
-	+	-	SUB	0
-	+	+	SUB	1
+	-	×	ADD	0
-	-	×	SUB	0
+	+	×	SUB	0



## Shrnutí (1)

- Sčítačka pracuje stejně s čísly signed i unsigned.
- Výsledek a význam bitů **CY** a **OV** se liší podle toho, jsou-li operandy interpretovány jako číslo signed nebo unsigned.

$  \begin{array}{r}  11100001 \\  + 00110100 \\  \hline  100010101  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  225 \\  + 52 \\  \hline  21  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  - 31 \\  + 52 \\  \hline  21  \end{array}  $
<b>CY = 1</b> <b>OV = 0</b>	<b>Unsigned</b>	<b>Signed</b>

## Shrnutí (2)

- Sčítačka pracuje stejně s čísly signed i unsigned.
- Výsledek a význam bitů **CY** a **OV** se liší podle toho, jsou-li operandy interpretovány jako číslo signed nebo unsigned.

$  \begin{array}{r}  01101001 \\  + 00100101 \\  \hline  010001110  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  105 \\  + 37 \\  \hline  142  \end{array}  $	$  \begin{array}{r}  105 \\  + 37 \\  \hline  - 114  \end{array}  $
<b>CY = 0</b> <b>OV = 1</b>	<b>Unsigned</b>	<b>Signed</b>

# Porovnávání čísel integer

- Při porovnávání se musí rozlišovat mezi čísly unsigned a signed.

1 1 1 0 0 0 0 1 A = 225

0 0 1 1 0 1 0 0 B = 52

Unsigned:  $A > B$

Pro unsigned se používají operace „nad“ a „pod“ (above / below).

1 1 1 0 0 0 0 1 A = -31

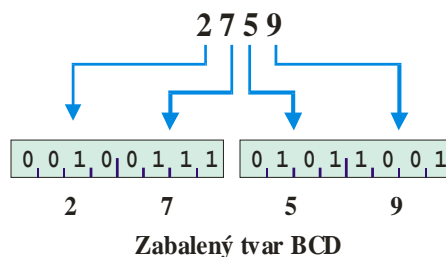
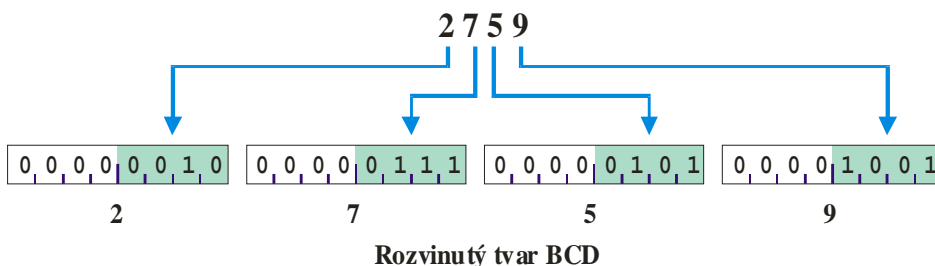
0 0 1 1 0 1 0 0 B = 52

Signed:  $A < B$

Pro signed se používají operace „větší“ a „menší“ (greater / less).

# BCD kód

- Jednotlivé dekadické číslice se ukládají v binárním tvaru.



## Sečítání BCD čísel (1)

- Musí se provádět dekadická korekce:

Příklad:  $3 + 5 = 8$

**Sečtení (ADD)**

0	0	0	0	0	0	1	1	3
0	0	0	0	0	1	0	1	+ 5
0	0	0	0	1	0	0	0	<b>8</b> < 9

**H** → **H = 0**

**Dekadická korekce (DAA)**

0	0	0	0	1	0	0	0	8
0	0	0	0	0	0	0	0	+ 0
0	0	0	0	1	0	0	0	8

**H** → **H = 0**

H = Half Carry

**H = 0, 8 < 9**

⇒ DAA neprovede úpravu výsledku

## Sečítání BCD čísel (2)

- Musí se provádět dekadická korekce:

Příklad:  $7 + 5$

**Sečtení (ADD)**

0	0	0	0	0	1	1	1	7
0	0	0	0	0	1	0	1	+ 5
0	0	0	0	1	1	0	0	<b>C</b> > 9

**H** → **H = 0**

**Dekadická korekce (DAA)**

0	0	0	0	1	1	0	0	C
0	0	0	0	0	1	1	0	+ 6
0	0	0	1	0	0	1	0	12

**H** → **H = 1**

H = Half Carry

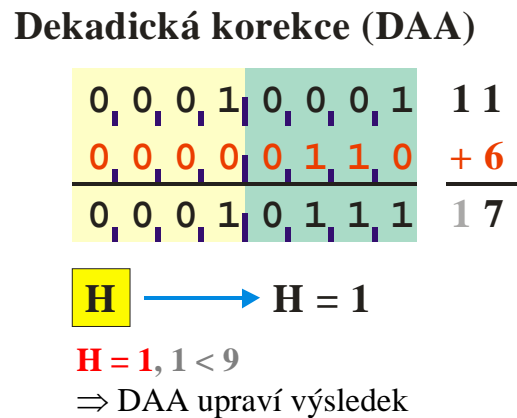
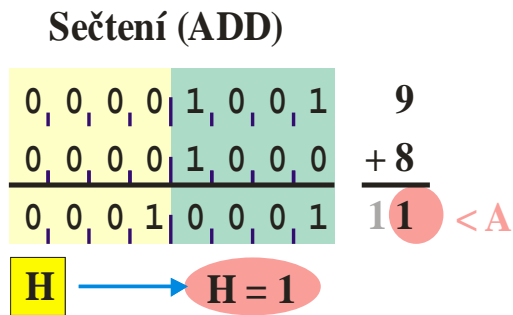
**H = 0, C > 9**

⇒ DAA upraví výsledek

## Sečítání BCD čísel (3)

- Musí se provádět dekadická korekce:

Příklad:  $9 + 8$

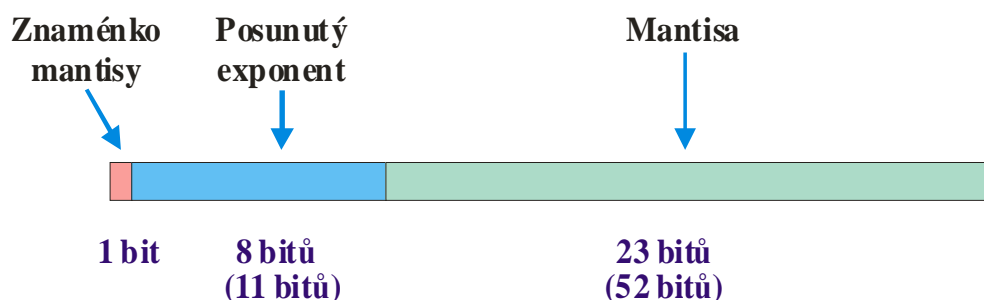


## Číslo v pohyblivé řádové čárce

- Před uložením jsou převedena do normalizovaného tvaru:

$$1.ddd\dots d \times 2^{\text{exp}}$$

- Formát uloženého čísla (podle IEEE 854):
  - Podle přesnosti je číslo uloženo na 32 nebo 64 bitech.



## Převod čísla do normalizovaného tvaru

- Příklad: normalizace čísla  $+6.625_{10}$  .

$$+6.625_{10} = 110.101_2$$

- Normalizovaný tvar:

$$110.101 = 1.10101 \times 2^2$$

## Dvojkový exponent

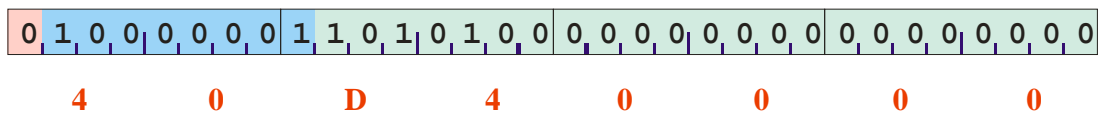
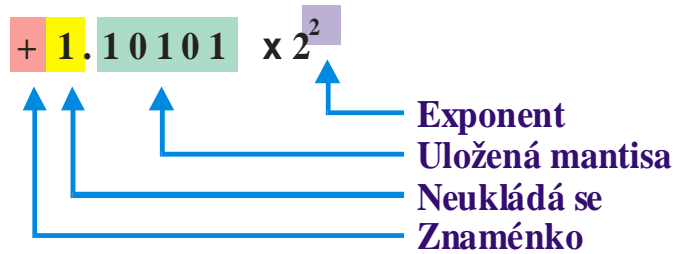
- Exponent se ukládá na 8 (resp. 11) bitech v posunutém tvaru.

$$\text{Posunutý exponent} = \text{Exponent} + 127$$

Exponent	Posunutý exponent
Zvláštní význam	1111 1111
+ 127	1111 1110
+ 1	1000 0000
0	0111 1111
- 126	0000 0001
Zvláštní význam	0000 0000

# Mantisa

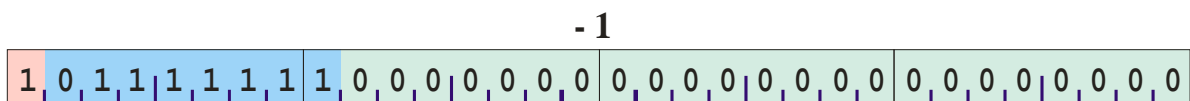
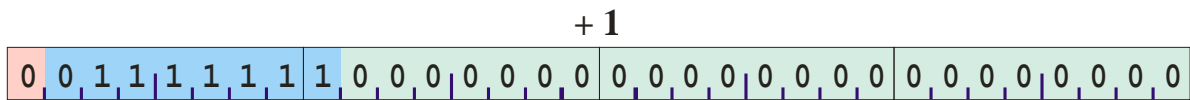
- Zobrazuje se v přímém kódu.
- Číslice **1** před řádovou čárkou se neukládá.



Úplné zobrazení čísla 6.625 ⇒ 40D40000

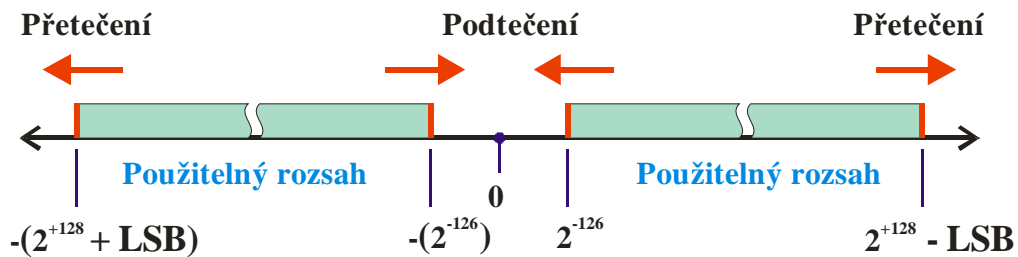
# Příklady zobrazení (1)

$$1 = 1.0 \times 2^0$$





## Rozsah zobrazení



## Speciální kombinace exponent/mantisa

Exponent	Mantisa	Význam
0000 0000	000...0	$\pm 0$ (Nula)
0000 0000	... 1 ...	„Denormal“
1111 1111	000...0	$\pm \infty$ (Nekonečno)
1111 1111	... 1 ...	NaN (Not a Number)



