1. Minimální program

– do souboru main.c uložíme následující kód a pomocí „F9“ ho zkompilujeme a spustíme:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main()
{
    printf("Hello world!\n");
    return 0;
}
```

Vypíše na obrazovku „Hello world!“ bez uvozovek a odřádkuje.

Ukončí program. Nula znamená, že vše proběhlo bez chyby.

2. Výpis do konzole

```
printf("Text");
```

– vypíše na obrazovku slovo Text (bez uvozovek)
– pokud chceme vypsat některý speciální znak nebo znak se speciálním významem, musíme ho tzv. oescapovat tak, že před něj napíšeme zpětné lomítko (\ ):

\n	Nový řádek (new line)
\t	Tabulátor (několik mezer za sebou)
\a	Pípnutí (alert)
\"	Dvojitá uvozovka
\\	Zpětné lomítko

```
printf("Text %d text %d …", číslo1, číslo2, …);
```

– vypíše text v uvozovkách, ale znaky „%d“ nahradí postupně číslem 1, 2 atd.
– znak za procentem určuje, v jakém formátu se má číslo vypsat:

%d	Vypíše číslo v desítkové soustavě.
%o	Vypíše číslo v osmičkové soustavě.
%x	Vypíše číslo v šestnáctkové soustavě malými písmeny.
%X	Vypíše číslo v šestnáctkové soustavě velkými písmeny.
%%	Vypíše znak procenta.

3. Komentáře

= texty ignorované překladačem
– používají se pro psaní poznámek nebo zakomentování části kódu, který nechceme vykonat

Řádkový komentář
– začíná dvěma lomítky a končí koncem řádku
– lze ho napsat na prázdný řádek i za příkaz

```
// komentář na prázdném řádku
printf("Hello world!"); // komentář za příkazem
```

Blokový komentář
– začíná znaky „/*“ a končí znaky „*/“
– mezi hvězdičkami může být libovolný počet řádků
– může obsahovat i řádkové komentáře

```
/*Komentář*/
/*
  Několika řádkový
  Komentář obsahující
  // řádkový komentář
*/
```

---

2. lekce

---

4. Celočíselné proměnné

Definování proměnné

```
int i, cislo1;
int j;
```

– po definování proměnné je v ní náhodná hodnota, před prvním použitím např. ve výpočtu nebo výpisu je potřeba do ní uložit nějakou hodnotu

Uložení hodnoty do proměnné

```
i = 5;                 // v proměnné i je 5
cislo1 = i * 2 – 6;    // v proměnné cislo1 je 5 (5 * 2 – 6)
```

Načtení hodnoty do proměnné z klávesnice

```
scanf("%d", &i);
scanf("%d %d", &i, &cislo);
```

– před názvy proměnných se musí psát ampersand (&) !!!
– jednotlivé proměnné ve formátovacím řetězci oddělovat vždy jen mezerou, ačkoliv je možné používat i jiné znaky, ale pokud je pak uživatel přesně nezadá, tak se program začne chovat neočekávaně
– při čtení znaků z klávesnice se jako mezera interpretuje jakýkoliv **bílý znak** (mezera, konec řádku, tabelátor)
– znaky se nečtou přímo z klávesnice, ale z **klávesnicového bufferu**, takže pokud jsme při předchozím psaní na klávesnici toho napsali více, tak se text navíc použije pro následující volání funkce scanf

Adresa proměnné
– proměnné se ukládají do operační paměti (RAM)
– při programování se na proměnné odkazujeme jejich názvy, ale počítač používá jejich adresy
– aktuálně použitou adresu proměnné zjistíme přidáním ampersandu před název proměnné, např. &i
– adresa proměnné může být při každém spuštění programu jiná
– adresa proměnné je pořadové číslo prvního bytu proměnné v paměti
– byte (česky bajt) = 8 bitů; značení 1 B = 8 b
– do jednoho bytu se vejde pouze číslo od 0 do 255
– např. proměnná int má 4 byty, takže se do ní vejde číslo od 0 do 4 294 967 295 (cca 4.3 miliardy)

```
int i;
i = 5;
printf("Hodnota proměnné i: %d\n", i);  // vypíše 5
printf("Adresa proměnné i: %d\n", &i);  // náhodné číslo, např. 23624
```

5. Celočíselné dělení

– celočíselné dělení je dělení ve stylu „13 děleno 5 je 2 zbytek 3“
– celočíselné dělení se dělá pomocí znaku lomítka (/), zbytek po dělení se nazývá **dělení modulo** a značí se procentem (%)

```
i = 13 / 5; // do proměnné i se uloží 2
i = 13 % 5; // do proměnné i se uloží 3; čteme 13 děleno modulo 5
```

6. Desetinná čísla

– na počítači se zapisují vždy s desetinnou tečkou, místo české čárky (např. 3.52 místo 3,52)
– definují se pomocí klíčového slova **float** (používá se ve většině programovacích jazyků)
– desetinná čísla se na počítači ukládají v různých formátech; slovo float znamená, že se číslo uloží tzv. s plovoucí (float) desetinnou tečkou
– v printf a scanf se místo %d použije %f

```
float cislo;           // definování proměnné cislo
cislo = 3.52;          // uložení čísla 3,52 do proměnné cislo
printf("%f", cislo);   // vypsaní čísla
scanf("%f", &cislo);   // načtení desetinného čísla z klávesnice
```

– pokud chceme určit, kolik má funkce printf vypsat číslic, používáme modifikovanou syntaxi %f:
```
printf("%7.3f", cislo);
```
– vypíše vždy alespoň sedm znaků (započítává se i desetinná tečka)
– zokrouhlí číslo tak, aby mělo tři desetinná místa
– pokud je číslo příliš krátké, vypíšou se před něj mezery tak, aby mělo sedm znaků; pokud je naopak číslo delší než sedm znaků, tak se vypíše delší, ale pořád bude mít tři desetinná místa

Například
```
printf("%6.2f\n", 123.45);
printf("%6.2f\n", 1.5);
printf("%6.2f\n", 2.47612);
printf("%6.2f\n", 17);
printf("%6.2f\n", 111222.6666);
```
vypíše
```
123.45        … číslo má přesně 6 znaků
  1.50        … číslu se doplnila nula a přidaly se před něj dvě mezery
  2.48        … číslo se zaokrouhlilo
 17.00        … číslu se doplnila desetinná místa
111222.67     … číslo bylo příliš dlouhé, tak se vypsalo celé (říkáme, že přeteklo)
```

– pokud bychom chtěli před kratší čísla vypsat místo mezer nuly, tak se místo "%6.2f" zadá "%06.2f"
```
printf("%06.2", 1.37);    // vypíše 001.37
```

– podobně lze tyto zápisy použít i pro celá čísla, jen se vynechá počet desetinných míst, např.
```
printf("%5d\n", 12345);
printf("%5d\n", 12);
printf("%05d\n", 12);
```
vypíše
```
12345
   12
00012
```

– pokud bychom chtěli pouze specifikovat počet desetinných míst, tak se místo "%6.2f" zadá jen "%.2f"

```
printf("%.2f", 123.4);   // vypíše 123.40
```

---

3. lekce

---

7. Logické (pravdivostní) operátory

Pravdivostní hodnoty

- pravda (true) = jakékoliv nenulové číslo (typicky 1)
- nepravda (false) = nula

Pravdivostní operátory

- A || B = „A nebo B“ = výsledek je nepravdivý, pouze pokud je nepravdivá hodnota A i B
- A && B = „A a současně B“ = výsledek je pravdivý, pouze pokud je pravdivé A i B
- !A = „negace A“ = výsledek má opačnou pravdivost, než A

8. Priorita operátorů

– udává, které operátory mají přednost před kterými

* / %	(nejvyšší priorita)
+ –	
< > <= >= == !=	
&& ||	(nejnižší priorita)

– operátory s vyšší prioritou se vyhodnocují dříve než operátory s nižší prioritou (patrné z pozice * a +)
– pokud mají operátory stejnou prioritu, tak se vyhodnocují zleva doprava tak, jak jsou zapsané v kódu
– pokud si nejsem jistý prioritou operátoru nebo pokud jí chci změnit, tak stačí výraz ozávorkovat
– tabulka je zjednodušená

9. Větvení programu

Syntaxe 1

```
if (podmínka) {
  ... příkazy ...
}
```

– příkazy ve složených závorkách se provedou, pouze pokud je podmínka splněná (je true)

Syntaxe 2

```
if (podmínka) {
  ... příkazy pro true ...
}
else {
  ... příkazy pro false ...
}
```

– pokud je podmínka splněna (je true), provedou se pouze příkazy v prvních složených závorkách
– pokud podmínka není splněna (je false), provedou se pouze příkazy z druhých složených závorek

– příkazy ve složených závorkách se nazývají **blok**
– příkazy v bloku je kvůli přehlednosti kódu dobré odsazovat o dvě mezery vpravo

10. Zkrácené zapisování bloků

– prázdný blok { } lze zapsat, jako samotný středník
– pokud je v bloku jen jeden příkaz, lze vynechat složené závorky

Příklad. Delší verze kódu:
```
  if (i > 0) {

  }
  else {
    printf("Cislo neni kladne.");
  }
```

Zkrácená verze kódu:
```
  if (i > 0)
    ;
  else
    printf("Cislo neni kladne.");
```

11. Konstrukce else if

```
if (i == 1) {
  // i je 1
}
else if (i == 2) {
  // i je 2
}
else if (i == 3) {
  // i je 3
}
else {
  // i je cokoliv jiného než 1, 2 a 3
}
```

12. Podmíněný výraz

– jediný **ternární operátor** v C (= operátor se třemi operandy)
– syntaxe: (*podmínka*) ? *splněno* : *nesplněno*
– výsledkem operace je *splněno*, pokud je *podmínka* true, jinak je výsledkem *nesplněno*
– tento operátor má jednu z nejnižších priorit vůbec, takže jednotlivé části jsou vyhodnoceny vždy jako první a proto je není třeba závorkovat; závorku kolem podmínky doporučuji psát jen kvůli přehlednosti

Příklad. Následující dva kódy jsou rovnocenné:
```
// Dlouhá verze
if (i > 0)
  i = 10;
else
  i = 20;

// Krátká verze
i = (i > 0) ? 10 : 20;
```

13. Zkrácené zápisy aritmetických operací

Dlouhý zápis	Zkrácený zápis	Poznámka
`i = i + 1`	`i++`	„inkrementace proměnné“
`i = i - 1`	`i--`	„dekrementace proměnné“
`i = i + 5`	`i += 5`	
`i = i - 5`	`i -= 5`	
`i = i * 5`	`i *= 5`	

... atd. pro většinu operátorů (viz tabulka priorit operátorů)

14. While cyklus

```
while (podmínka) {
  ... příkazy ...
}
```

– příkazy se opakovaně vykonávají tak dlouho, dokud je splněná podmínka za slovem while
– pokud podmínka není splněná ani na začátku, tak se příkazy nevykonají vůbec
– závorka kolem podmínky je povinná

Příklad.

```
int i = 5;
while (i <= 10) {
  if (i > 5)
    printf(", ");
  printf("%d", i);
  i++;
}
printf(";%d", i);
```

– program vypíše čárkou oddělený seznam čísel od 5 do 10 včetně; pak vypíše středník a číslo 11

---

5. lekce

---

15. Řízení běhu cyklu

– běh každého cyklu lze řídit pomocí těchto příkazů:
break – okamžitě ukončí cyklus tím, že skočí za ukončovací složenou závorku těla cyklu
continue – ukončí se současná iterace cyklu tak, že se skočí za poslední příkaz cyklu před ukončovací složenou závorku; cyklus pokračuje dál

Příklady.

```
int i = 5;
while (i <= 10) {
  if (i == 7)
    continue;
  printf("%d ", i);
}
```

– vypíše čísla od 5 do 10 včetně, ale vynechá číslo 7

```
int i = 5;
while (i <= 10) {
  if (i == 7)
    break;
  printf("%d ", i);
}
```

– vypíše pouze čísla 5 a 6

16. Cyklus do-while

```
do {
  ... příkazy ...
} while (podmínka);
```

– opakovaně provádí příkazy ve složených závorkách a to tak dlouho, dokud je splněná podmínka
– pořadí je takové, že se nejdřív provedou příkazy a pak se teprve testuje splnění podmínky; pokud je splněná, tak cyklus opět provede příkazy a pak opět testuje podmínku; pokud není splněná, cyklus skončí a běh programu pokračuje za cyklem
– cyklus běží vždy alespoň jednou
– alternativní zápis pomocí while:

```
... příkazy ...
while (podmínka) {
  ... stejné příkazy ...
}
```

Příklad: srovnání while cyklu a cyklu do-while

```
1) int i = 5;
   while (i < 2) {
     printf("%d ", i);
     i++;
   }
   printf(":%d", i);

2) int i = 5;
   do {
     printf("%d ", i);
     i++;
   } while (i < 2);
   printf("%d", i);
```

– první program vypíše pouze číslo pět
– druhý program vypíše číslo pět mezeru a číslo šest

16. For cyklus

– velmi časté použití while cyklu:

```
int i; // iterační proměnná
i = 1; // inicializace proměnné
while (i <= 10) { // podmínka
  ... příkazy ...
  i++; // inkrementace / změna iterační proměnné
}
```

– zkrácený zápis pomocí syntaxe cyklu for:

```
int i;
for (i = 1; i <= 10; i++) {  // inicializace ; podmínka ; inkrementace
  ... příkazy ...
}
```

– oba zápisy fungují naprosto rovnocenně
– for má v závorce středníkem oddělené tři části: inicializaci, podmínku a inkrementaci
– část inicializace se provádí pouze jednou a to hned na začátku ještě před testováním podmínky
– po vykonání inicializace se provádějí jednotlivé iterace cyklu
– iterace cyklu se skládá z testování podmínky, provedení příkazů a inkrementace proměnné
– pokud je podmínka pravdivá, tak se provedou příkazy a následně inkrementace proměnné

– pokud je podmínka nepravdivá, tak se nic neprovádí a cyklus okamžitě skončí
– pokud je podmínka nepravdivá hned na začátku, tak se před jejím testováním provede pouze inicializace, ale příkazy cyklu a část inkrementace se vůbec neprovádí
– pokud se použije v příkazech příkaz **break**, tak se cyklus okamžitě ukončí; podmínka se již netestuje a neprovádí se inkrementace
– pokud se použije v příkazech **continue**, tak se ukončí současné vykonávání příkazů a skočí se na inkrementaci a testování proměnné a cyklus běží dál

Příklady.

```
int i;
for (i = 0; i < 5; i++) {
  printf("%d ", i);
}
```
– vypíše čísla 0 až 4; v proměnné „i" je po skončení cyklu číslo 5

```
int i;
for (i = 0; i < 5; i++) {
  if (i == 3)
    break;
  printf("%d", i);
}
```
– vypíše čísla 0 až 2; v proměnné „i" je po skončení cyklu číslo 3

```
int i;
for (i = 0; i < 5; i++) {
  if (i == 3)
    continue;
  printf("%d", i);
}
```
– vypíše čísla 0, 1, 2 a 4; v proměnné „i" je po skončení cyklu číslo 5

– ačkoliv má každá část za slovem for svůj logický význam, tak může být programátorem vyplněna libovolným výrazem, který vůbec nemusí souviset s faktickým významem této části a dokonce může být zcela vynechána:

`for (i = 1; j < 10; k--)`	… každá část se provádí s jinou proměnnou
`for ( ; i < 10; i++)`	… neprovádí inicializaci
`for (i = 1; i < 10;)`	… po vykonání příkazů se neprovádí inkrementace
`for (i = 1; ; i++)`	… při vynechání podmínky se podmínka bere jako splněná
`for ( ; ; )`	… nekonečný cyklus

– do části inkrementace se obvykle dává `i++; i--; i += 2` apod.

17. Funkce

Příklad definice funkce:

```
double mocnina(double zaklad, int exponent)
{
  int i;
  double vysledek = 1.0;

  for (i = 0; i < exponent; i++)
    vysledek *= zaklad;

  return vysledek;
}
```

Poznámky k funkci z příkladu:
– funkce se jmenuje „mocnina“
– návratový typ funkce je double, tj. funkce vrací výsledek typu double
– má dva argumenty: základ a exponent
– volání funkce a uložení výsledku do proměnné x:

```
x = mocnina(2.5, 3);
```

– funkční prototyp funkce (viz dále):

```
double mocnina(double zaklad, int exponent);
```

– první řádek se nazývá **hlavička** funkce
– příkazy mezi složenými závorkami se nazývají **tělo** funkce
– celý zápis hlavička + tělo se nazývá **definice** funkce
– pokud potřebujeme funkci volat ještě před její definicí (například pokud funkci voláme v main(), ale máme jí definovanou až za main()) tak na začátek souboru, vně kterékoliv funkce, zapíšeme **deklaraci** funkce
– **deklarace** funkce = sdělení překladači, jak se funkce jmenuje, jaký má návratový typ a argumenty; dělá se pomocí **funkčního prototypu** funkce = hlavička bez těla ukončená středníkem
– jakékoliv proměnné definované uvnitř těla funkce jsou přístupné pouze uvnitř této funkce; takové proměnné nazýváme jako **lokální**
– jakékoliv proměnné definované vně funkce ještě před její definicí jsou uvnitř funkce přístupné také; takové proměnné nazýváme jako **globální**
– ve funkci nejsou přístupné proměnné z funkce, která funkci zavolala; např. pokud ve funkci main() nadefinujeme proměnnou cislo a pak z ní zavoláme funkci test(), tak ve funkci test() nebude proměnná cislo existovat
– pokud ve funkci nadefinujeme proměnnou, jejíž název se shoduje s názvem již existující globální proměnné, tak lokální definice překryje globální definici, čili ve funkci nebude přístupná globální proměnná, ale pouze ta nová lokální
– lokální proměnné funkce vznikají při jejím zavolání a přestanou existovat s jejím ukončením; to znamená, že když funkci voláme znovu, tak její proměnné neobsahují hodnoty z předchozího volání, ale náhodné hodnoty
– **procedura** = funkce, která nevrací žádnou hodnotu; v hlavičce funkce místo návratového typu použijeme klíčové slovo **void**, např.:

```
void tisknihvezdy(int pocet)
```

– pokud funkce nemá argumenty, tak se v deklaraci funkce do závorky napíše klíčové slovo **void** a funkce se pak volá s prázdnými závorkami:

```
int nahodnecislo(void); // deklarace
x = nahodnecislo();     // volání
```

– za klíčové slovo **return** se napíše výraz, jehož hodnota má být funkcí vrácena jako výsledek její činnosti; současně s tím se ukončí její běh (podobně jako po break v cyklech)

– main() je rezervovaný název funkce, která musí být vždy přítomná v kódu a volá se s jeho spuštěním; vykonání **return** způsobí ukončení celého programu a předávaná hodnota je předána operačnímu systému; nula znamená, že vše proběhlo bez chyb, jiné číslo znamená chybu

18. Preprocesor

– textově zpracovává kód ještě před jeho kompilací

Makra

– definování **symbolické konstanty** (konstanty; makra bez parametrů):

```
#define název hodnota
#define M_PI  3.14
```

– definování **makra** (makra s parametry):

```
#define nadruhou(x)  ((x)*(x))
#define obvodobdelnika(a, b)   (2 * (a) + 2 * (b))
```

– oddefinování makra

```
#undef název_makra
```

– symbolická konstanta může být definována s vynecháním hodnoty; využívá se např. ve spojení s #ifdef, viz níže
– při definování makra s parametry je žádoucí dát kód makra do závorky a současně dávat závorky i kolem všech argumentů, aby nedošlo k nečekané interpretaci:

```
#define nadruhou(x)  x * x
printf("%d", nadruhou(10-1)); // vypíše –1, protože se preprocesorem rozvine do:
                                 printf("%d", 10 – 1 * 10 – 1);
```

Soubory

– vložení obsahu souboru na místo zadání příkazu:

```
#include "cesta k souboru"
```

– zahrnutí knihovny do souboru:

```
#include <název souboru knihovny>
#include <stdio.h>
```

Podmíněný překlad

```
1) #ifdef název_makra
      // tato část se zahrne do finálního souboru, pokud makro existuje
   #endif

2) #ifndef název_makra
      // tato část se zahrne, pokud makro neexistuje
   #endif

3) #if výraz
      // tato část se zahrne, pokud je výraz pravdivý
      // výraz smí obsahovat jen operátory, konstanty, další makra
   #endif


4) #ifdef název_makra // identická syntaxe je pro #ifndef
      // tato část se zahrne do finálního souboru, pokud makro existuje
   #else
      // tato část se zahrne do finálního souboru, pokud makro neexistuje
   #endif
```

```
5) #if výraz
      // tato část se zahrne, pokud je výraz pravdivý
   #elif výraz
      // pokud je první nepravdivý a druhý pravdivý
      // #elif může být použito několikrát, popřípadě zcela vynecháno
   #else
      // pokud byly všechny výrazy nepravdivé
   #endif
```

Speciální příkazy

`__LINE__` = současný řádek
`__FILE__` = současný soubor
`#error zpráva` = ukončí preprocessing a vypíše chybovou hlášku

19. Číselné soustavy

Převod z dvojkové do desítkové soustavy

– všimni si, jak lze z číslic 2, 5, 7, 3 a 4 vypočítat číslo 25 734:

2	5	7	3	4

$= 2 \cdot 10\,000 + 5 \cdot 1\,000 + 7 \cdot 100 + 3 \cdot 10 + 4 = 25\,734$
$= 2 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^3 + 7 \cdot 10^2 + 3 \cdot 10^1 + 4 \cdot 10^0 = 25\,734$

– podobně můžeme „vyčíslit“ (převést do desítkové soustavy) i čísla z ostatních soustav; máme-li číslo ve dvojkové soustavě, tak se používají mocniny dvou:

1	0	1	0	0	1	1	1

$= 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$
$= 2^7 + 2^5 + 2^2 + 2^1 + 2^0$
$= 128 + 32 + 4 + 2 + 1 = 167$

– podobně jako v desítkové soustavě říkáme, že máme číslici v řádu jednotek, desítek, stovek, tisíců atd., tak ve dvojkové soustavě říkáme, že máme číslici na **n-tém bitu**; např. číslo 1010 0111 má jedničku v 0., 1., 2., 5. a 7. bitu

číslo ve dvojkové soustavě:	1	0	1	0	0	1	1	1
bit:	7.	6.	5.	4.	3.	2.	1.	0.
mocnina:	2^7		2^5			2^2	2^1	2^0
vypočtená mocnina:	128		32			4	2	1
součet:	128 + 32 + 4 + 2 + 1							
číslo v desítkové soustavě:	167							

– pro snadný převod je dobré si zapamatovat tabulku základních mocnin:

2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
128	64	32	16	8	4	2	1

– když převádíme, tak si v hlavě odpočítáváme 1, 2, 4, 8, 16, 32, atd., ale píšeme jen ty čísla, které mají jedničku v odpovídajícím bitu:
0001 1010 ≡ 2 + 8 + 16 = 26
1000 0111 ≡ 1 + 2 + 4 + 128 = 135
0110 0100 ≡ 4 + 32 + 64 = 100

Převod dvojkových čísel skládajících se pouze z jedniček na desítková

– zapíšeme si číslo o jedna větší, které je ve dvojkové soustavě ve tvaru jedna jednička a za ní samé nuly; toto číslo převedeme do desítkové soustavy jako 2^n a konečný výsledek o jedničku snížíme, takže dostaneme $2^n - 1$, např.:
$11111 = 100000 - 1 \triangleq 2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$
$11111111 = 10000000 - 1 \triangleq 2^8 - 1 = 256 - 1 = 255$

Převod malých čísel z desítkové soustavy do dvojkové

– pro počítání zpaměti s malými čísli (typicky do 8 bitů) lze použít trik, ve kterém rozložíme číslo v desítkové soustavě na součet druhých mocnin tak, že se každá mocnina dvojky vyskytuje v součtu pouze jednou:
173 = 128 + 32 + 8 + 4 + 1
– příklad jsem si v hlavě počítal následovně:
173 = 128 + zbytek 45
45 = 32 + zbytek 13
13 = 8 + zbytek 5
5 = 4 + zbytek 1
– když mám číslo rozložené, tak zapisuji jedničku pouze na těch bitech, které mají svou mocninu v součtu; bity, které nemají svou mocninu v součtu zapisuji jako nulu:
173 = 128 + 32 + 8 + 4 + 1 ≡ 1010 1101 (128 ano, 64 ne, 32 ano, 16 ne, 8 ano, 4 ano, 2 ne, 1 ano)

– další příklady:
25 = 16 + 8 + 1 ≡ 11001
130 = 128 + 2 ≡ 10000010
62 = 32 + 16 + 8 + 4 + 2 = 111110

Převod velkých čísel z desítkové soustavy do dvojkové – metoda I

– všimněme si, jak by šlo z čísla 25 734 výpočtem získat cifry 2, 5, 7, 3 a 4:

25 723 / 10	=	2 572	zbytek 3
2 572 / 10	=	257	zbytek 2
257 / 10	=	25	zbytek 7
25 / 10	=	2	zbytek 5
2 / 10	=	0	zbytek 2

– výpočet děláme tak dlouho, dokud nevyjde výsledek dělení nula
– sepíšeme zbytky pozpátku od posledního k prvnímu: 25 723

– totéž teď zkusíme pro číslo 167 (1010 0111):

167 / 2	=	83	zbytek 1
83 / 2	=	41	zbytek 1
41 / 2	=	20	zbytek 1
20 / 2	=	10	zbytek 0
10 / 2	=	5	zbytek 0
5 / 2	=	2	zbytek 1
2 / 2	=	1	zbytek 0
1 / 2	=	0	zbytek 1

– sepsáním zbytků pozpátku opravdu dostáváme 1010 0111
– nevýhodou této metody je, že číslice vycházejí v opačném pořadí, než se pak zapisují; následující metoda tuto nevýhodu nemá

Převod velkých čísel z desítkové soustavy do dvojkové – metoda II

– zkusíme opět z čísla 25 734 získat cifry 2, 5, 7, 3 a 4, ale tentokrát trochu jinak:

25 735 / 10 000 = 2 zbytek 5 735
5 735 / 1 000 = 5 zbytek 735
735 / 100 = 7 zbytek 35
35 / 10 = 3 zbytek 5
5 / 1 = 5 zbytek 0

– výpočet končí, když je zbytek 0
– sepsáním výsledků dělení od prvního k poslednímu dostáváme 25 735
– nevýhodou této metody je, že musíme na začátku určit, kterým číslem začneme dělit; nevadí ale, pokud zvolíme číslo příliš velké, protože to bude mít za následek jen to, že nám vyjdou nuly před číslem, které stačí ve výpise vynechat

25 735 / 1 000 000 = 0 zbytek 25 735
25 735 / 100 000 = 0 zbytek 25 735
25 735 / 10 000 = 2 zbytek 5 735
5 735 / 1 000 = 5 zbytek 735
…

Šestnáctková soustava

DEC	BIN	HEX
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

– máme číslice 0, 1, …, 9, A, B, C, D, E a F (celkem 16 číslic); písmeno A odpovídá desítce, písmeno B jedenáctce atd.; pro rychlé převádění si stačí uvědomit, že písmena jsou číslována od nuly, tj. A je pro 1-0, B je pro 1-1, C je pro 1-2 atd.
– v programovacích jazycích se obvykle před šestnáctkové číslo píše předpona 0x, např. 0x3F; pokud bychom měli číslo v osmičkové soustavě, tak se obvykle píše s nulou na začátku (proto nesmíme u běžných desítkových čísel psát před ně nuly!); např.:
52 = číslo 52 v desítkové soustavě
052 = číslo 42 v osmičkové soustavě
0x52 = číslo 82 v šestnáctkové soustavě
– pro převod čísla z šestnáctkové soustavy do desítkové používáme stejný algoritmus, jako u dvojkové soustavy:
0x5C0B $\triangleq 11 \cdot 16^0 + 0 \cdot 16^1 + 12 \cdot 16^2 + 5 \cdot 16^3 = 23\,563$
– podobně můžeme stejně jako u dvojkové pomocí dělení převádět z desítkové do šestnáctkové:

23 563 / 16 = 1 472 zbytek 11 = B
1 472 / 16 = 92 zbytek 0
92 / 16 = 5 zbytek 12 = C
5 / 16 = 0 zbytek 5

– nejčastěji se ale převádí mezi šestnáctkovou a dvojkovou soustavou; jak to efektivně dělat ukáže následující kapitola

Převod mezi šestnáctkovou a dvojkovou soustavou

– chceme-li převést číslo z dvojkové soustavy do šestnáctkové, stačí si ho rozdělit po čtveřicích a každou čtveřici převést samostatně do desítkové soustavy (0 až 15) a zapsat jí pomocí jedné šestnáctkové číslice (0 až F):

Dvojková soustava:	0101	1100	0000	1011
Desítková soustava:	1+4	4+8	0	1+2+8
	5	12	0	11
Šestnáctková soustava:	5	C	0	B

– dostáváme, že 0101 1100 0000 1011 ≙ 0x5C0B
– skutečnost, že šestnáctkové číslice 0 až F lze reprezentovat dvojkově jako 0000 až 1111 je důvod, proč se šestnáctková soustava používá

– opačná konverze je stejně jednoduchá:

Šestnáctková soustava:	5	C	0	B
Desítková soustava:	5	12	0	11
	4+1	8+4	0	8+2+1
Dvojková soustava:	0101	1100	0000	1011

Shrnutí

Základ	Česká název	Počeštěný anglický název	Značka	Číslice	Prefix
2	Dvojková	Binární	BIN	0, 1	0b (nefunguje v C)
8	Osmičková		OCT	0 – 7	0
10	Desítková		DEC	0 – 9	žádný
16	Šestnáctková	Hexadecimální	HEX	0 – 9, A – F	0x

20. Bajty

– anglicky **byte**, česky bajt
– značí se B, např. 1024 B = 1024 bajtů (bit se oproti tomu značí malým b, např. 8 b = 8 bitů)
– bajtem rozumíme osmici bitů; protože v raných začátcích počítačů mohl mít na některých strojích bajt i jiný počet bitů než osm, tak se v některých starších specifikacích (např. internetových protokolů) uvádí místo slova bajt pojem **oktet**
– řekneme-li např. že máme 2 bajtové číslo, myslíme tím, že máme číslo, které má 16 bitů nebo-li 16 číslic ve dvojkové soustavě
– 0. bitu v bajtu (bitu nejvíce vpravo) říkáme nejméně významný bit, anglicky **least significant bit** (LSB)
– 7. bitu v bajtu (bitu nejvíce vlevo) říkáme nejvýznamnější bit, anglicky **most significant bit** (MSB)
– příklad pro číslo 10100111:

7.			4.	3.			0.
1	0	1	0	0	1	1	1
MSB							LSB

Převody jednotek

– kvůli efektivnímu ukládání bajtů v paměti počítače se typicky paměť rozděluje na bloky o velikostech mocnin čísla dvě; kvůli tomuto faktu se zavádí trochu odlišný způsob chápání předpon jednotek
– ze soustavy SI jsme zvyklí na to, že předpona kilo znamená 1 000, takže např. 4 km = 4 000 m, 1 kN = 1 000 N apod., ale 1 000 není mocnina dvou; nejbližší mocnina dvou je 2^{10} = 1024, takže na počítači se obvykle rozumí, že1 kB = 1024 B; aby se tato rozdílná interpretace předpony kilo odlišila, tak se často píše s velkým k: 1 KB = 1024 B; problém je v tom, že další předpony jako mega, giga, tera atd. se už velkým písmenem píší, takže např. ze samotného zápisu MB nejde vyčíst, o kterou z následujících dvou situací se jedná a musíme to určit z kontextu:

1 MB = 1 000 kB = 1000 0000 B nebo
1 MB = 1024 KB = 1 048 576 B

– kvůli nejednoznačnosti byla formálně zavedena soustava předpon, která označuje fakt, že se nejedná o násobky 1 000, ale násobky 1 024, ale v praxi se příliš nepoužívá:

Desítková soustava			Dvojková soustava		
k	kilo	$10^3 = 1000$	Ki	kibi	$2^{10} = 1024$
M	mega	10^6 = milión	Mi	mebi	2^{20} = 1024 Ki
G	giga	10^9 = miliarda	Gi	gibi	2^{30} = 1024 Mi
T	tera	10^{12}	Ti	tebi	2^{40} = 1024 Gi

– pak lze jednoznačně psát, že např. 1 MiB (mebibajt) = 1 024 KiB (kibibajtů) = 1 048 576 B (bajtů)
– uvedený systém se používá i pro bity, takže typicky např.
1 Mb (megabit) = 1 024 Kb (kilobitů) = 1 048 576 b (bitů)

---

8. lekce

---

21. Rozsah neznaménkových celých čísel

– máme několikabitové číslo a chceme zjistit, jaká všechna čísla v desítkové soustavě může reprezentovat
– pro jednoduchost si nejdřív vše ukážeme např. na 5 bitovém čísle:

Počet bitů: 5
Rozsah čísel binárně: 00000 až 11111
Největší číslo desítkově: $11111 = 100000 - 1 \triangleq 2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$ (tento trik si zapamatuj)
Rozsah čísel desítkově: 0 až 31, tj. 0 až $2^5 - 1$
Celkem čísel: 32, tj. 2^5

– podobně lze určit rozsahy několikabajtových čísel:

Bajtů	Bitů	Hodnot	Rozsah	Vyčíslený rozsah
1 B	8 b	$2^8 = 256$	0 až $2^8 - 1$	0 – 255
2 B	16 b	2^{16} = 65 536	0 až $2^{16} - 1$	0 – 65 535
4 B	32 b	2^{32} = 4 294 967 296 = 4 Gi	0 až $2^{32} - 1$	0 – cca $4.3 \cdot 10^9$
8 B	64 b	2^{64} = 18 446 744 073 709 551 616 $\doteq 1.8 \cdot 10^{19}$	0 až $2^{64} - 1$	0 – cca $1.8 \cdot 10^{19}$

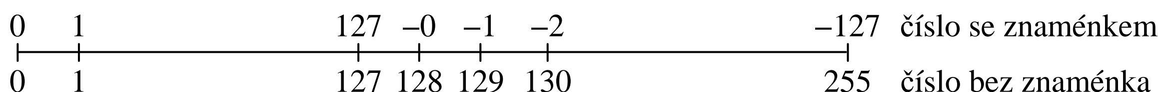
22. Kódování znaménka celého čísla pomocí nejvýznamnějšího bitu

– znaménko ukládáme do nejvýznamnějšího bitu čísla (0 = plus, 1 = mínus)

Příklad 1
Máme 1 bajtovou proměnnou, která reprezentuje celé číslo se znaménkem uloženým v nejvýznamnějším bitu. Jaká všechna čísla může tato proměnná reprezentovat?

Kladná čísla: 0000 0000 – 0111 1111 (0 – 127)
Záporná čísla: $-0 \triangleq$ 1000 0000 $\triangleq$ 128
$-1 \triangleq$ 1000 0001 $\triangleq$ 129
$-2 \triangleq$ 1000 0010 $\triangleq$ 130
…
$-127 \triangleq$ 1111 1111 $\triangleq$ 255

7.	6. … 0.
Z	číslo bez znaménka



Příklad 2
Máme 6-bitovou proměnnou. Jaké číslo do ní musíme uložit, aby reprezentovala číslo −11 se znaménkem uloženým v nejvýznamnějším bitu?

6-bitová proměnná:	??? ???
Číslo 11:	001 011 (8 + 2 + 1)
Znaménko:	100 000
Číslo −11:	101 011 ≙ 1 + 2 + 8 + 32 = **43**

Příklad 3
Jaké číslo bude reprezentovat 2-bajtová proměnná, uložíme-li do ní hodnotu 0xC0A7?

Číslo 0xC0A7 ve dvojkové soustavě:	C:0:A:7 ≙ 12:0:10:7 ≙ 8+4:0:8+2:4+2+1
	1100 0000 1010 0111
Znaménko:	mínus (15. bit je 1)
Číslo bez znaménka:	0100 0000 1010 0111 ≙ $2^{14} + 2^{7} + 2^{5} + 4 + 2 + 1$ ≙ 16 551
Číslo reprezentované proměnnou:	−16 551

Výhody této metody kódování čísel:
- číselný obor je symetrický (má stejný počet kladných i záporných čísel; každé číslo má opačné číslo reprezentovatelné stejnou proměnnou)
- snadno se zjišťuje znaménko čísla (stačí zjistit hodnotu nejvýznamnějšího bitu)
- snadno se zjistí absolutní hodnota čísla (vynulováním nejvýznamnějšího bitu)

Nevýhody:
- dvě nuly (kladná a záporná)
- komplikovanější aritmetika s těmito čísly: aby se dala čísla např. sčítat, tak se nejdřív musí odstranit znaménko, pak podle původních znamének a velikosti čísel bez znamének rozhodnout, zda budeme čísla sčítat nebo odčítat a udělat to a nakonec do výsledku opět znaménko doplnit; celá operace tak bude několikrát pomalejší než obyčejné sečtení nebo odečtení čísel bez znaménka

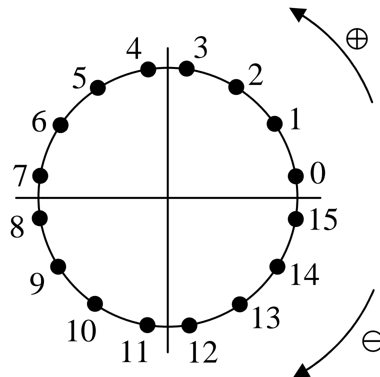
22. Kódování znaménka celého čísla pomocí dvojkového doplňku

Přetečení proměnné

– mějme n-bitovou proměnnou
– do proměnné lze uložit hodnoty od 0 do $2^n - 1$
– pokusíme-li se do proměnné uložit větší hodnotu, než jakou může maximálně uchovat, tak se do proměnné uloží pouze n dolních bitů takového čísla (dojde k jeho oříznutí); tuto hodnotu lze také vypočítat jako zbytek čísla po vydělení rozsahem proměnné, tj. číslem 2^n
– pokusíme-li se k proměnné přičíst takové číslo, že výsledek je větší, než maximální možná hodnota, kterou proměnná může uchovat, tak říkáme, že došlo k **přetečení** proměnné
– pokusíme-li se od proměnné odečíst větší hodnotu, než jaká je v ní uložená, tak dojde k **podtečení** proměnné

Model s kružnicí

– všechny hodnoty, které proměnná může uchovat, vyneseme na kružnici (jako na obrázku níže, kde je situace zakreslená pro 4 bitovou proměnnou)
– posunem kladným směrem rozumíme posun ve směru, kterým se čísla zvyšují; záporný směr je obráceně
– čísla ukládáme do proměnné tak, že odpočítáme od nuly v kladném směru tolik jednotek, kolik je hodnota čísla
– k proměnné přičítáme hodnoty tak, že odpočteme ze současné pozice v kladném směru tolik jednotek, kolik máme přičíst
– od proměnné odčítáme hodnoty tak, že ze současné pozice popojdeme o tolik jednotek v záporném směru, kolik je hodnota odčítaného čísla



Příklad 1

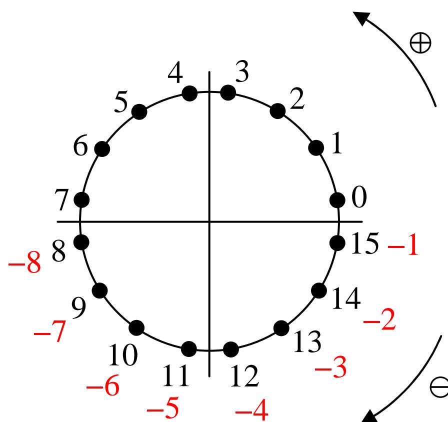
Mějme 4-bitovou proměnnou, která je znázorněna na obrázku výše. Do proměnné lze uložit pouze hodnoty od 0 do 15. Pokusíme- li se do proměnné uložit např. hodnotu $46 = 101110_2$, tak se do proměnné ve skutečnosti uloží pouze spodní 4 bity, tj. hodnota $14 = 1110_2$. K tomuto výsledku můžeme také dojít tak, že vypočteme zbytek čísla po vydělení 16, tj. 46 % 16 = 14.
Graficky si celou situaci můžeme představit tak, že si stoupneme na číslo nula a ujdeme 46 jednotek v kladném směru (proti směru hodinových ručiček). Po ujití 16 prvních jednotek se dostaneme opět na nulu. Pak ujdeme dalších 16 jednotek a skončíme opět na nule. Nakonec nám zbyde 14 jednotek a tudíž skončíme na čísle 14 (46 = 0 + 16 + 16 + 14).

Příklad 2

Budeme mít ve stejné proměnné uložené číslo 13 a přičteme k ní číslo 7. Jakou hodnotu dostaneme?
Když se ze 13 posuneme o 2 v kladném směru, skončíme na čísle 15. Pak popojdeme o jedna a dojde k přetečení a my skončíme na nule. Zbývá popojít o 4 a tudíž skončíme na čísle 4.
Téhož výsledku bychom dosáhli numericky tak, že bychom čísla sečetli bez přetečení (13 + 7 = 20) a vypočítali zbytek po dělení 16 (20 % 16 = 4).

Příklad 3
Do stejné proměnné uložíme číslo 3 a odečteme od něj číslo 9. Jaká hodnota bude v proměnné?
Začneme na čísle 3. Posuneme se o 3 jednotky v záporném směru a skončíme na čísle 0. Pak se posuneme o další jednotku a proměnná podteče na číslo 15. Posunutím o dalších 5 jednotek skončíme na čísle 10. Celkem jsme se posunuli o 3 + 1 + 5 = 9 jednotek v záporném směru a skončili na čísle 10.

Pozorování z příkladu
– celé kolo oběhneme, když přičteme číslo 16 (počet všech hodnot proměnné); přičtení 16 je tedy stejné jako přičtení nuly $\Rightarrow 16 \hat{=} 0$
– odečteme-li od nuly jedničku, dostaneme matematicky −1, ale v proměnné bude číslo 15; budeme-li číslo 15 prezentovat jako −1, tak dostaneme správný výsledek; správný výsledek dostaneme i pokud k této mínus jedničce (= 15) přičteme zpátky jedničku: dostaneme správně číslo nula
– odečteme-li od nuly jedničku, dvojku, trojku, atd., dostaneme čísla 15, 14, 13, atd., která budeme při výpise proměnné reprezentovat jako záporná čísla –1, –2, –3 atd. (viz obrázek níže)



– pokud se budeme pohybovat pouze od –8 do 7, tak všechny příklady, ve kterých přičítáme nebo odčítáme budou vycházet správně, i když s nimi budeme počítat tak, jako by se jednalo o celá čísla od 0 do 15 bez znaménka

Příklad 4
Na kružnici si ověříme, že správně vyjdou následující příklady:
a) –5 + 2 = –3
K číslu –5, což je ve skutečnosti číslo 11, přičteme 2. Dostaneme 11 + 2 = 13, což je pro nás číslo –3.
b) –4 + 9 = 5
K číslu –4, což je číslo 12, přičteme nejdříve 3 a tím dostaneme 15. Přičtením jedničky přetečeme na nulu a pak přičteme zbývajících 5. Dohromady jsme přičetli 3 + 1 + 5 = 9 a skončili na čísle 5.
c) –5 – 2 = –7
Od čísla 11 odečteme 2 a dostaneme 8, což je prezentováno jako číslo –7.

Pozorování z příkladu
Vezmeme-li například číslo 3 a přičteme k němu počet všech hodnot bez jedné (16 – 1 = 15), tak dostaneme číslo 2, což lze chápat tak, že jsme od čísla 3 odečetli jedničku a dostali číslo 2. Protože číslo 15 reprezentujeme jako –1, tak příkladem 3 + 15 = 2 vlastně počítáme příklad 3 + (–1) = 2. Jakékoliv odčítání můžeme předělat na sčítání tak, že přičteme číslo reprezentované jako číslo s obráceným znaménkem.
Příklad: Pomocí sčítání vypočtěte 5 – 7.
Řešení: K číslu 5 stačí přičíst –7, což je číslo 9. Dostaneme 14, což je číslo –2 a správný výsledek.

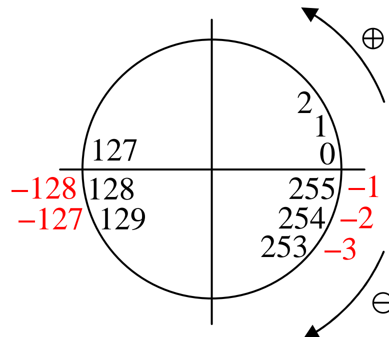
Pozorování z příkladu
Záporné číslo vytvoříme pomocí jeho hodnoty bez znaménka tak, že jej odečteme od 16.
Příklad: Co musíme uložit do proměnné, aby reprezentovala hodnotu –5?
Řešení: 16 – 5 = 11.

Dvojkový doplněk (pokud není tento odstavec jasný, tak to nevadí)
Máme-li n-bitovou proměnnou x a chceme vypočítat $2^n - x$ (čili určit hodnotu, která prezentuje záporné číslo x), tak stačí vypočítat: $(\sim x) + 1$ (vlnka znamená číslo s obrácenými hodnotami bitů v dvojkové reprezentaci čísla). Proto tomuto způsobu reprezentace záporných čísel říkáme dvojkový doplněk.

Důkaz: $x + (\sim x) = 2^n - 1$ (sečteme-li dvě čísla s opačnými hodnotami nul a jedniček, dostaneme samé jedničky, což je číslo $2^n - 1$).

$(\sim x) + 1 = 2^n - x$ (od obou stran rovnice jsme odečetli x a přičetli jsme jedničku)

Příklad pro shrnutí
Máme jednobajtovou proměnnou, která reprezentuje celé číslo se znaménkem pomocí dvojkového doplňku.



Všimněme si, že
– záporných čísel je přesně polovina ($128 = 2^7$), ale kladných čísel je o jedno méně ($127 = 2^7 - 1$)
– záporné číslo −x dostanu jako $2^8 - x$ (např. $-3 \triangleq 256 - 3 = 253$)
– číslo −1 jsou ve dvojkové soustavě samé jedničky (pro libovolně n-bitovou proměnnou)
– největší kladné číslo je největšího číslo, které se vejde do proměnné o n – 1 bitech
– nejmenší záporné číslo (–128) je největší kladné číslo (127) plus jedna

Rozsahy znaménkových čísel kódovaných pomocí dvojkového doplňku

Velikost	Nejmenší číslo	Největší číslo
1B	$-2^7 = -128$	$2^7 - 1 = 127$
2B	$-2^{15} = -32\,768$	$2^{15} - 1 = 32\,767$
4B	$-2^{31} = -2\,147\,483\,648$	$2^{31} - 1 = 2\,147\,483\,647$
8B	$-2^{63} = -9\,223\,372\,036\,854\,775\,808 \doteq -9{,}2 \cdot 10^{18}$	$2^{63} - 1 \doteq 9{,}2 \cdot 10^{18}$

24. Bitové operace

– neplést bitové operátory s logickými operátory (! && ||)

Bitový součin A & B (and, a současně)
– počítá se po jednotlivých bitech jako klasické násobení
– příklad: 0xAC & 0x69 = 0x28

```
  1010 1100 … 0xAC
& 0110 1001 … 0x69
  0010 1000 … 0x28
```

A	B	A & B	A | B
0	0	0	0
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	1

Bitový součet A | B (or, nebo)
– počítá se po jednotlivých bitech jako klasické sčítání, až na to, že $1 + 1 \neq 2$, ale 1
– příklad: 0xAC & 0x69 = 0xED

```
  1010 1100 … 0xAC
& 0110 1001 … 0x69
  1110 1101 … 0xED
```

Bitová negace ~A (not, doplněk)
– provede se logická negace každého bitu ($0 \Rightarrow 1$, $1 \Rightarrow 0$)
– příklad: ~0xAC = 0x53

```
~ 1010 1100 … 0xAC
  0101 0011 … 0x53
```

Bitový posun vlevo A << n
– posune bity čísla A o n pozic vlevo; zprava se vždy doplňuje nulami (srovnej s posunem vpravo)
– odpovídá násobení čísla A číslem 2^n
– příklad: 0x69 << 2 = 0xA4

```
0110 1001 << 2
1010 0100
```

Bitový posun vpravo A >> n (aritmetický/logický posun)
– odpovídá dělení čísla A číslem 2^n
– posune bity čísla A o n pozic vpravo; zleva se doplňuje podle toho, zda A je signed či unsigned
– pokud je A unsigned, tak se doplňuje nulami, jako u posunu vlevo – nazýváme jako **aritmetický posun**
– pokud je A signed, tak se doplňuje hodnotou nejvyššího bitu (aby se zachovalo znaménko u záporného čísla a operace odpovídala pořád dělení) – nazýváme jako **logický posun**
– příklad: 0x69 >> 2 = 0x1A

```
0110 1001 >> 2
0001 1010
```

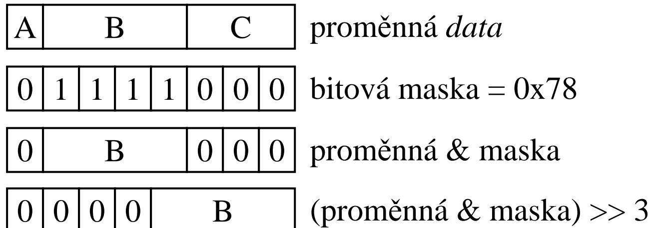
```
1010 1100 >> 3
0001 0101 (pokud bylo číslo unsigned)
1111 0101 (pokud bylo číslo signed)
```

25. Maskování bitů

Příklad
Máme 1 bajtovou proměnnou *data*, která je rozdělená na tři skupiny bitů:
Skupina A = 0. až 2. bit
Skupina B = 3. až 6. bit
Skupina C = 7. bit

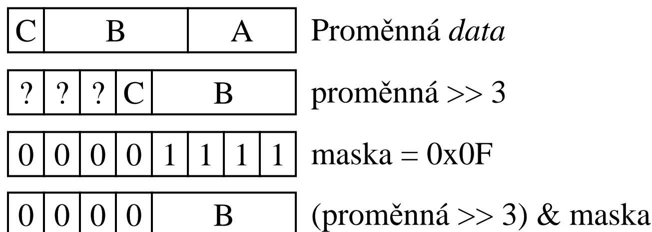
Úloha 1: Ulož do proměnné *skB* obsah skupiny B proměnné *data*.

Řešení I
Toto řešení bude funkční pouze pokud je proměnná *data* unsigned.




```
skB = (data & 0x78) >> 3;
```

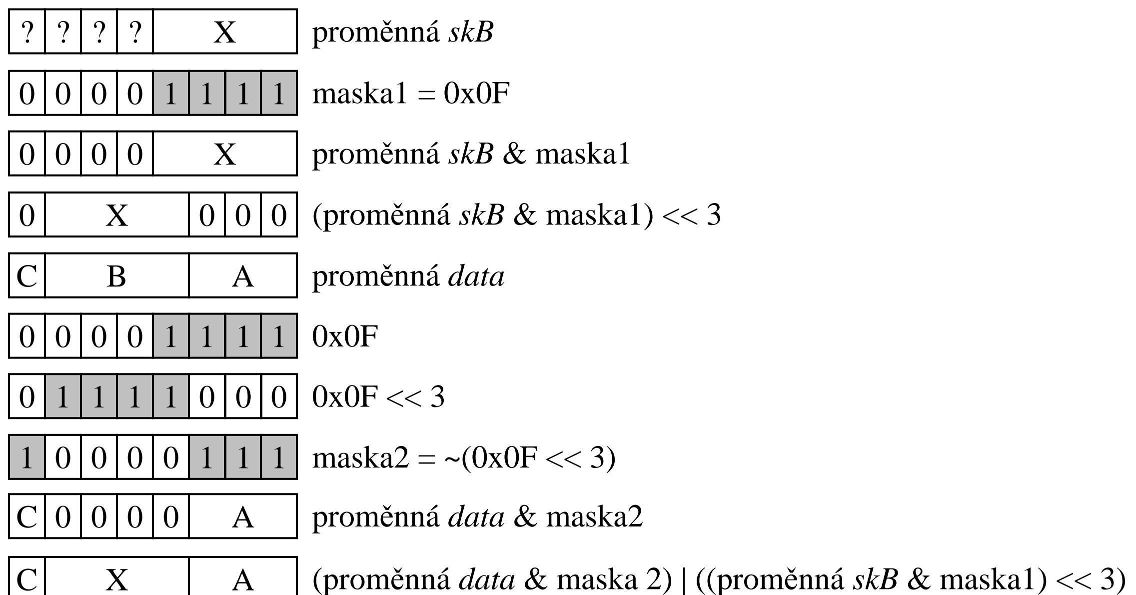
Řešení II
Toto řešení bude funkční vždy.




```
skB = (data >> 3) & 0x0F;
```

Úloha 2: Ulož do proměnné *data* do skupiny B obsah proměnné *skB*, ale ostatní části proměnné *data* ponech beze změny.

Řešení




```
data = (data & (~(0x0F << 3))) | ((skB & 0x0F) << 3);
```

Úloha 3: Napiš podmínku, zda je bit C proměnné *data* nastaven na 1.

C	B				A			proměnná *data*
0	0	0	0	0	0	0	1	0x1
1	0	0	0	0	0	0	0	maska = 0x1 << 7
C	0	0	0	0	0	0	0	proměnná *data* & maska

```
if (data & (0x1 << 7)) {
  ...
}
```