Principy vyšších programovacích jazyků

Jitka Kreslíková, Aleš Smrčka

2023

Fakulta informačních technologií
Vysoké učení technické v Brně

IZP – Základy programování

Principy vyšších programovacích jazyků

- Ukládání informací
- Zpracování informací

Ukládání informací

- Reprezentace údajů.
- Datové struktury.
- Datové typy.
- Prvky programovacích jazyků.
- Proměnné, konstanty.

Zpracování informací

- Proměnné a deklarace.
- Operátory a výrazy
  - Aritmetické operátory
  - Logické a relační operátory
  - Bitové operátory
  - Adresové operátory
  - Operátor přetypování
  - Operátor sizeof
  - Podmíněný operátor (ternární)
  - Operátor volání funkce
  - Přístupové operátory
  - Operátor čárka
  - Priorita operátorů

Proměnné a deklarace

Datový objekt – obecné označení jakéhokoliv údaje uloženého v operační paměti.

!!! Nezaměňovat s pojmem *objekt* v objektově orientovaném programování !!!.

Při programování potřebujeme uchovávat data.

Mohou to být:

- údaje zadané uživatelem (jeho jméno, věk, adresa, posloupnost čísel, kterou chce uživatel seřadit, …),

Proměnné

- údaje načtené z diskového souboru (textové, číselné, …),
- různé dočasné a pomocné hodnoty (počet opakování),
- operandy, výsledky operací.

- Paměťová místa ve kterých uchováváme data označujeme jako **proměnné**.
- Proměnná je datový objekt určitého typu, hodnota tohoto objektu se může za běhu programu měnit.

Proměnné a deklarace

Deklarace proměnné je konstrukce, která přidělí proměnné jméno a typ, ale nevytvoří ji. Najdeme je někdy v hlavičkových souborech, i když jejich použití tímto způsobem je neobvyklé.
Definice proměnné je v jazyce C současně deklarací a kromě jména a datového typu přidělí proměnné i paměťový prostor.

Příklady:
```
int i, j;
char znak;
float podil,odmocnina;
```

Inicializace proměnné
Pokud již při definování proměnné víme, jakou bude mít počáteční hodnotu, můžeme ji inicializovat.

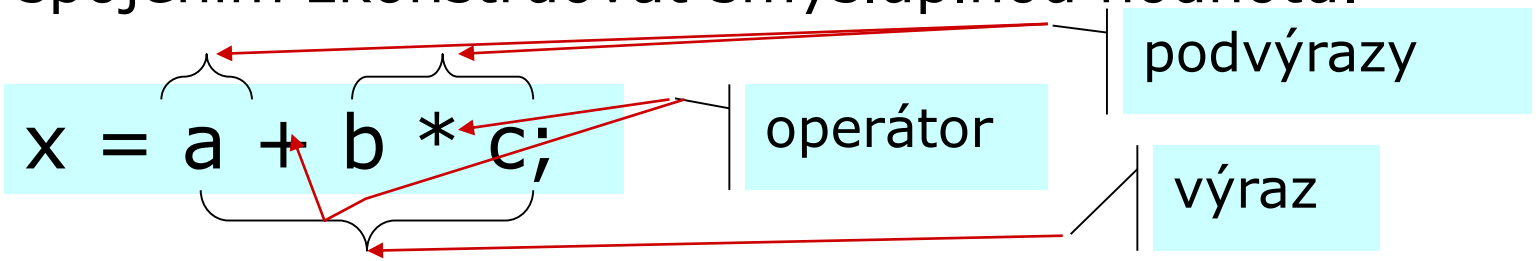
Příklady:
```
char znak = 'a';
int rozmer = 100;
```

Operátory a výrazy

- **Výraz** – konstrukce jazyka, která má hodnotu (nějakého datového typu).
- **Operand** – je částí výrazu na kterou je aplikován jeden z legálních operátorů.
  - Má také hodnotu konkrétního datového typu.
  - Někdy se operandům říká podvýrazy, protože operandem může být i složitější výraz, např. (a+b)*(c+d).

Operátory a výrazy

- **Operátor** – určuje, jakým způsobem se z operandů získá hodnota výrazu.
  - Pořadí vyhodnocování podvýrazů ve výrazu je dáno prioritami jednotlivých operátorů nebo závorkami, pokud byly použity.
  - Datové typy operandů určují, které operátory je možné v daném okamžiku použít.
  - Na konkrétním typovém systému jazyka záleží, zda se aplikace operátoru na různé datové typy vyhodnotí jako chybná konstrukce nebo zda je možno tímto spojením zkonstruovat smysluplnou hodnotu.



Operátory a výrazy

- **Výraz x příkaz**
  - Rozdíl
    - výraz nabývá dále použitelné hodnoty,
    - primárním úkolem příkazu je vykonat nějaký kód.
  - Pokud je výsledkem kódu v příkazu nějaká hodnota a nejde o výraz s přiřazením, hodnota se zahodí (nepoužije, bude se ignorovat).
  - V jazyce C se z výrazu stane příkaz tím, že jej ukončíme středníkem (samozřejmě v místě, kde to dává smysl - uprostřed podmínky cyklu to samozřejmě nejde).
  - Samotný středník (;) představuje prázdný příkaz (null statement), který se někdy používá například v cyklech.

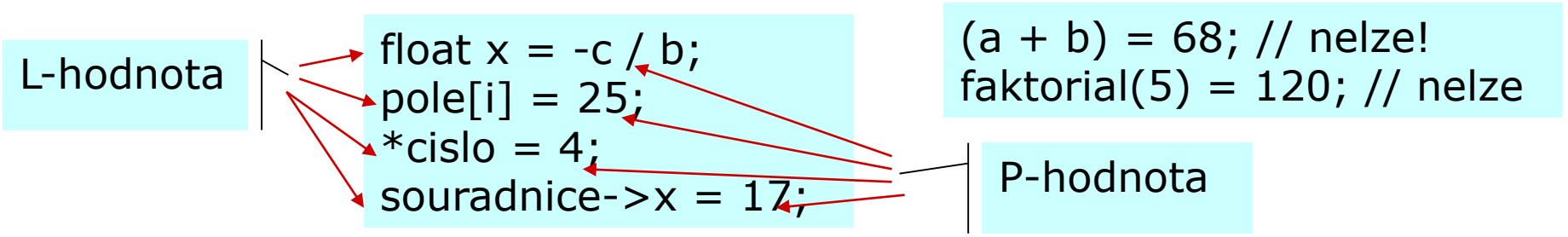
```
x = 64 // výraz s přiřazením
x = 64; // příkaz
printf("Hello world!"); // příkaz
a + b; // příkaz – výsledek výrazu se "zahodí"/nepoužije
```

"mrtvý kód"

Operátory a výrazy

Operátor přiřazení, L-hodnota a P-hodnota

- Operátor přiřazení (=) kopíruje hodnotu výrazu na své pravé straně do proměnné na levé straně.
- V této souvislosti se mluví o L-hodnotě a P-hodnotě (anglicky L-value a R-value).
- **L-hodnota** – je objekt v paměti, kterému lze přiřadit hodnotu.
  - proměnná, prvek pole či struktury nebo paměť odkazovaná přes ukazatel.
- **P-hodnota** – výraz, který má vždy hodnotu a který vystupuje na pravé straně přiřazovacího operátoru.



Operátory a výrazy

- **Přiřazení**
  - V jazyce C zavedeno jako operátor (=).
  - V praxi to znamená, že operace přiřazení má vlastní hodnotu, kterou lze použít dále ve složitějším výrazu.
  - Může se tedy vyskytovat i v P-výrazech.

používat opatrně

Příklad:

```
x1 = x2 = -c/b;
```

P-hodnota

Operátory a výrazy

- Jazyk C ještě poskytuje celou kolekci rozšířených přiřazovacích operátorů, které zjednodušují zápis často používaných výrazů typu:

  L-hodnota = L-hodnota *operátor* výraz;

- V jazyce C jsou definovány tyto rozšířené přiřazovací operátory:

  +=, -=, *=, /=, %=, >>=, <<=, &=, ^=, |=

Příklad:

x *= a + b; je totéž jako x = x * (a + b);

x * = c + b;

// syntaktická chyba – mezi operátorem a = nesmí být mezera

Aritmetické operátory

- V jazyce C definovány nad číselnými datovými typy.
- Tři skupiny:
  - unární,
  - binární aritmetické operátory,
  - speciální unární operátory.

Aritmetické operátory

[HePa13]

- unární,

Unární plus	Unární mínus
+	-

  - Ke změně znaménka výrazu.
  - Lze použít jak s celočíselnými tak i s racionálními typy.

Příklad:
```
i = -5;
```

Aritmetické operátory

[HePa13]

- binární aritmetické operátory,

sčítání	odčítání	násobení	dělení	modulo
+	-	*	/	%

  - Operátor modulo (%)
    - zbytek po celočíselném dělení
    - jen s celočíselnými typy.

Pozor! V jazyce C může operace modulo produkovat i záporné hodnoty (-2%4 == -2).

Příklad:

```
x = a * b;
```

Aritmetické operátory

- Operátory (+ - * /) fungují kontextově podle datového typu operandů.

`int` op `int` … celočíselné dělení – výsledkem je `int`
`int` op `float` … dělení v pohyblivé řádové čárce – výsledkem je `float`
`float` op `int` … dělení v pohyblivé řádové čárce – výslekem je `float`
`float` op `float` … dělení v pohyblivé řádové čárce – výsledkem je `float`

- Multiplikativní operátory (*, /, %) mají vyšší prioritu než aditivní operátory (+, -), takže matematické výrazy můžeme zapisovat přirozeným způsobem:

```
x = 10 + 2*3; // výsledkem je 16
```

Aritmetické operátory

[HePa13]

- speciální unární operátory,

Unární přičtení jedničky	Unární odečtení jedničky
++	--

  - Oba existují jako předpony (prefix) a jako přípony (suffix). Obě verze se liší svým významem

L-hodnota++

  - inkrementace po použití hodnoty
  - nejprve vrátí původní hodnotu (pokud je použit ve výrazu) a poté přičte k L-hodnotě jedničku

```
i++; // inkrementace proměnné i
```

Aritmetické operátory

[HePa13]

++ L-hodnota

- inkrementace před použitím hodnoty.
- nejprve přičte jedničku a teprve potom vrátí hodnotu výsledku (pokud je použit ve výrazu),
- tyto operátory lze použít výhradně na L-hodnotu, protože do ní ukládají výsledek.

28++ … nelze
--(a + b) … nelze

i = i++; // POZOR! Nedefinovaná hodnota – není jasné, v jakém pořadí se bude modifikovat hodnota proměnné i

Logické a relační operátory

- Pracují s logickými hodnotami.
- V jazyce C produkují výsledky typu **int**
  - C interpretuje hodnotu 0 jako nepravdu,
  - nenulovou hodnotu jako pravdu.
- ISO C99 – datový typ **bool** (**false, true**)
  - kompatibilní s typem **int**
  - nutno dovézt rozhraní <stdbool.h>
  - identifikátor **true** je definován jako konstanta s hodnotou 1
    - Nikdy nedělejte toto: if (vyraz == true)

Logické a relační operátory [HePa13]

Logický součin	Logický součet	Logická negace
&&	||	!

Rovnost	Nerovnost	Menší než	Menší nebo rovno	Větší než	Větší nebo rovno
==	!=	<	<=	>	>=

Zkrácené vyhodnocování výrazů

- Jazyk C používá zkrácené vyhodnocování (short circuit) logických výrazů.

Logické a relační operátory

- Logické výrazy se vyhodnocují zleva doprava a jakmile je jistý výsledek, vyhodnocování se ukončí.

```
if (x != 0 && y / x < z)
```

- Zde nedojde k dělení nulou, protože pokud x je rovno nule, po vyhodnocení podvýrazu x != 0, je jasný výsledek celého výrazu a druhá část už se nebude vyhodnocovat.
- V jazyce C je priorita aritmetických a relačních operátorů vyšší než priorita logických operátorů => logické výrazy není třeba přehnaně závorkovat.

Bitové operátory

[HePa13]

- Pro práci s čísly na úrovni jednotlivých bitů.
- Jazyk C poskytuje šest bitových operátorů.
- Tyto operátory mají odlišnou funkci od logických operátorů!

Bitový součin (AND)	Bitový součet (OR)	Bitová negace (NOT)	Bitový exkluzivní součet (XOR)	Bitový posuv vlevo	Bitový posuv vpravo
&	|	~	^	<<	>>

Bitové operátory

- Výsledkem je číselná hodnota!
- Výsledkem není logická hodnota!

Příklady:

```
0xF0 && 0x88  // logický součin – výsledkem je true (1)

0xF0 & 0x88 // bitový součin – výsledkem je 0x80
```

Adresové operátory

[HePa13]

- Ve spojení s ukazateli.

Referenční operátor	Dereferenční operátor
&jmeno	**ukazatel*

- Referenční operátor - vrací adresu proměnné.
- Dereferenční operátor - vrací hodnotu paměťového místa, odkazovaného ukazatelem.

Příklady:

```
int *uCislo = &cislo;
// (int *) typ ukazatel na int, ne dereferenční operátor
int hodnota = *uCislo; // nyní jde o dereferenční operátor
```

Operátor přetypování [HePa13]

(typ)výraz

- Pro explicitní změnu datového typu výrazu.
- Programátor přebírá zodpovědnost za chování typového systému jazyka.
- Nevhodné použití explicitních konverzí způsobuje problémy!
- Programátor by si měl být vědom, jaké dopady bude mít tato násilná změna datového typu.

Operátor přetypování

- Často používán s ukazateli, zejména s obecným ukazatelem (void *).

Příklady:
(char)ordinální_hodnota … získání znaku z ordinální hodnoty

(int)výraz_float … oříznutí desetinné části (Pozor! Problémy s velkými čísly. Raději trunc(), round(), …)

(float)výraz_int … převod na racionální typ

Operátor sizeof

[HePa13]

sizeof(typ)

sizeof(výraz)

- Vrací počet bajtů, které zabírá konkrétní datový typ nebo výraz.
- Norma jazyka nezaručuje přesnou velikost číselných datových typů!

Operátor sizeof

- Operátor vrací velikost v bajtech.

Příklady:

```
sizeof(int) // 2, 4 nebo 8 – záleží na procesoru
sizeof(promenna) // rozměr datového typu proměnné
```

- Zvláštní význam má u polí – vrací součet velikostí jeho jednotlivých položek.
  - Ale ne u polí tvořených přes ukazatel!

Příklad:

```
int pole[10];
sizeof(pole) // == 10*sizeof(int)
             // == 40 – pokud sizeof(int) == 4
```

Podmíněný operátor (ternární)

- Pro vytváření výrazů, jejichž výsledek závisí na vstupní podmínce.
- Syntaxe:

  podmínka **?** *varianta_true* **:** *varianta_false*
- Pokud je podmínka pravdivá, má výraz hodnotu *varianta_true*, jinak má hodnotu *varianta_false*.

Příklad:

```
int max = (a > b)? a : b; // maximum z a, b
```

!! Co když se a rovná b?

Podmíněný operátor (ternární)

Doporučení:

- Používat pouze ve výrazech.
- Nezneužívat jako náhradu příkazu if.
- Nevnořovat ternární operátory do sebe – vede k nesrozumitelnému kódu.

Operátor volání funkce

jméno_funkce()

jméno_funkce(parametry)

- V jazyce C je pro zavolání funkce nutné použít operátor volání funkce, a to i pro funkce, které nemají žádné parametry.
- Identifikátor funkce bez závorek má význam ukazatele na tuto funkci.

Příklad:

```
getchar();
printf("HELLO.");
```

Přístupové operátory

[HePa13]

Indexování	Přístup k prvku struktury	Přístup k prvku struktury přes ukazatel na strukturu
[]	**.**	**->**

Příklad:

```
pole[i+2] = pole[i+1]+pole[i];
souradnice.x = 10;
souradnice.y = 20;
```

(*ukazatel).prvek ekvivalentní s ukazatel->prvek

Operátor čárka

Výraz, výraz

- Vyhodnocuje se zleva doprava a celkový výraz nabývá hodnoty nejpravějšího podvýrazu.
- Používá se například v příkazu `for`.

!! zde to není operátor přiřazení

Příklad:

```
for (int i = 0, j = 10; i != j; i++, j--) // i++, j-- - použití operátoru čárka

int vysledek = (a+b, c+d); // výsledkem je c + d, a+b se zahodí
vysledek = a+b , c+d;   // výsledkem je a+b, c+d je mrtvý kód
```

priorita "=" > priorita ","

Zásada:

raději nepoužívat, smysluplně se dá použít jen v minimálním počtu případů.

Priorita operátorů

- Udává pořadí vyhodnocení podvýrazů.
- Vhodně zavedená hierarchie priorit operátorů dovoluje značně redukovat počet závorek ve výrazech.
- Pomocí závorek lze měnit pořadí vyhodnocení výrazu podle potřeby.
- Ve všech jazycích je přesně specifikována priorita všech operátorů, (v některých jsou však priority navrženy neprakticky – viz Pascal).
- Platí pravidlo:

"Nejsi-li si jistý prioritou operátorů, závorkuj."

Příklad:

```
X = 3+2*10; // výsledek 23
x = (3+2) * 10; // výsledek 50
```

Priorita operátorů

[HePa13]

Priorita	**Operátory**	**Asociativita**	**skupina op.**
1.	() [] -> .	zleva doprava	primární
2.	! ~ ++ -- + - (typ) * & **sizeof**	zprava doleva	unární
3.	* / %	zleva doprava	multiplikativní
4.	+ -	zleva doprava	aditivní
5.	<< >>	zleva doprava	posuny
6.	< <= > >=	zleva doprava	relační
7.	== !=	zleva doprava	relační
8.	&	zleva doprava	bitový součin
9.	^	zleva doprava	exkl. bit. souči.
10.	|	zleva doprava	bitový součet
11.	&&	zleva doprava	logický součin
12.	||	zleva doprava	logický součet
13.	?:	zprava doleva	ternární podm.
14.	= += -= *= /= %= >>= <<= &= |= ^=	zprava doleva	přiřazení
15.	,	zleva doprava	op. čárka

Priorita operátorů

[HePa13]

Priorita	**Operátory**	**Asociativita**	**skupina op.**
1.	() [] -> .	zleva doprava	primární
2.	! ~ ++ -- + - (typ) * & **sizeof**	**zprava doleva**	unární
3.	* / %	zleva doprava	multiplikativní
4.	+ -	zleva doprava	aditivní
5.	<< >>	zleva doprava	posuny
6.	< <= > >=	zleva doprava	relační
7.	== !=	zleva doprava	relační
8.	&	zleva doprava	bitový součin
9.	^	zleva doprava	exkl. bit. souči.
10.	|	zleva doprava	bitový součet
11.	&&	zleva doprava	logický součin
12.	||	zleva doprava	logický součet
13.	?:	**zprava doleva**	ternární podm.
14.	= += -= *= /= %= >>= <<= &= |= ^=	**zprava doleva**	přiřazení
15.	,	zleva doprava	op. čárka

Priorita operátorů

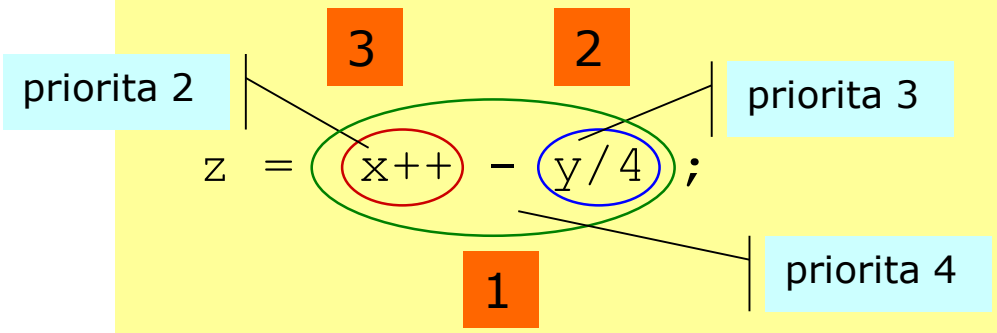
- Čím nižší číslo skupiny, tím vyšší priorita

Příklad:

```
#include <stdio.h>
int main(void)
{
  signed int z, x=3, y=9;

  z = x++ - y/4;

  printf("%d \n",z);
  return 0;
}
```



Principy vyšších programovacích jazyků

Kontrolní otázky

1. Uveďte druhy operátorů.
2. K čemu slouží operátor *sizeof*?
3. Jak probíhá vyhodnocení výrazů?

Úkoly k procvičení

Zadání úkolů:

- Zapište v jazyce C:
  - podmínky: $x \in <0,1)$, $x \notin (5,10>$, $x \in \{2,5,8\}$, $x \notin \{1,5\}$, $x \neq \pm 1$, c je dělitelné 5, b je sudé, $x \geq 1 \wedge x$ je liché, c je dělitelné 2 nebo 3.
  - negaci výrazů (bez použití operátoru (!)): $A>0$, $A+B \geq C$, $X*Z=Z*A$, $(A>0) \wedge (B>0)$, $(A=0) \vee (B=0)$, $\neg(A>B)$,