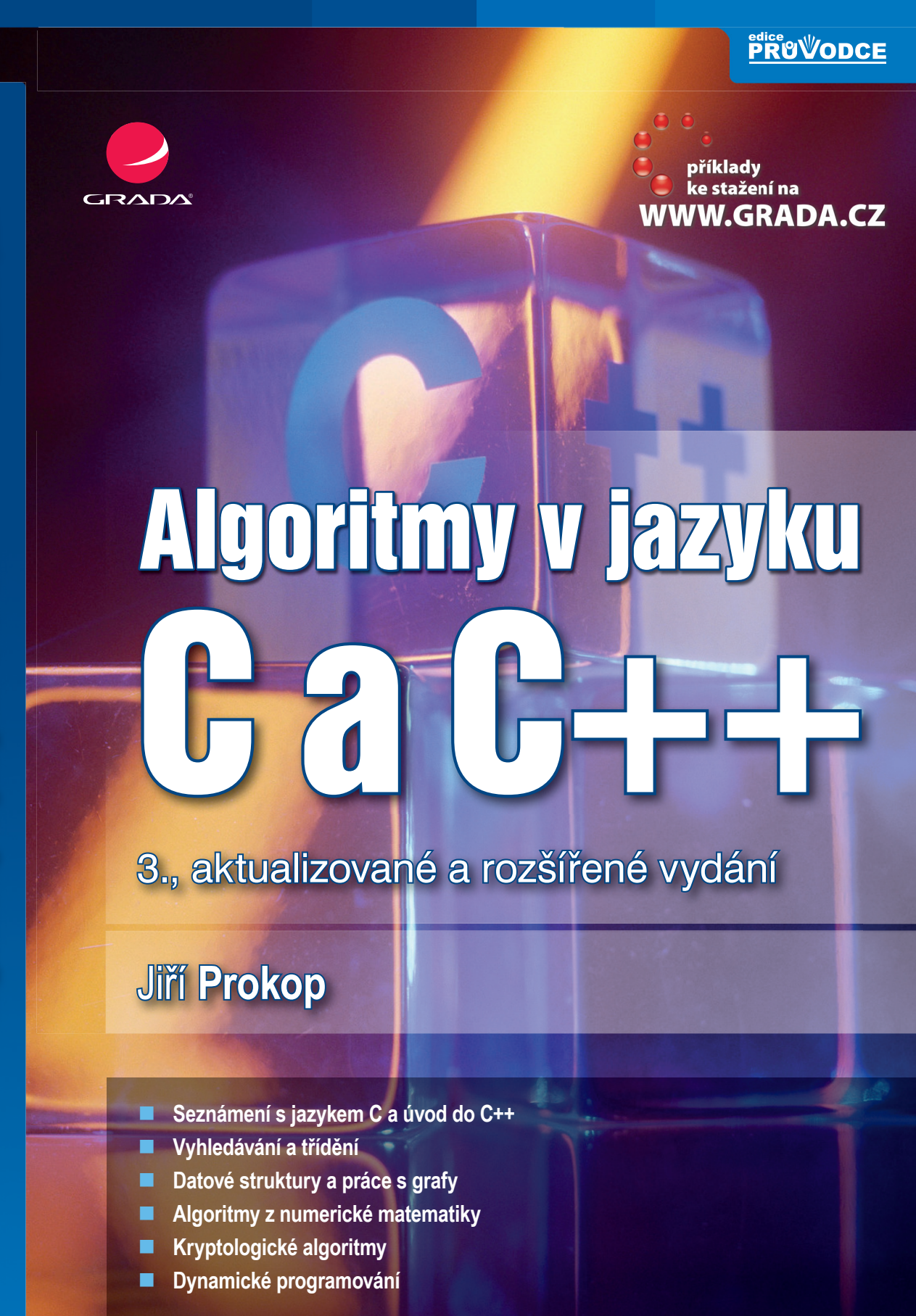
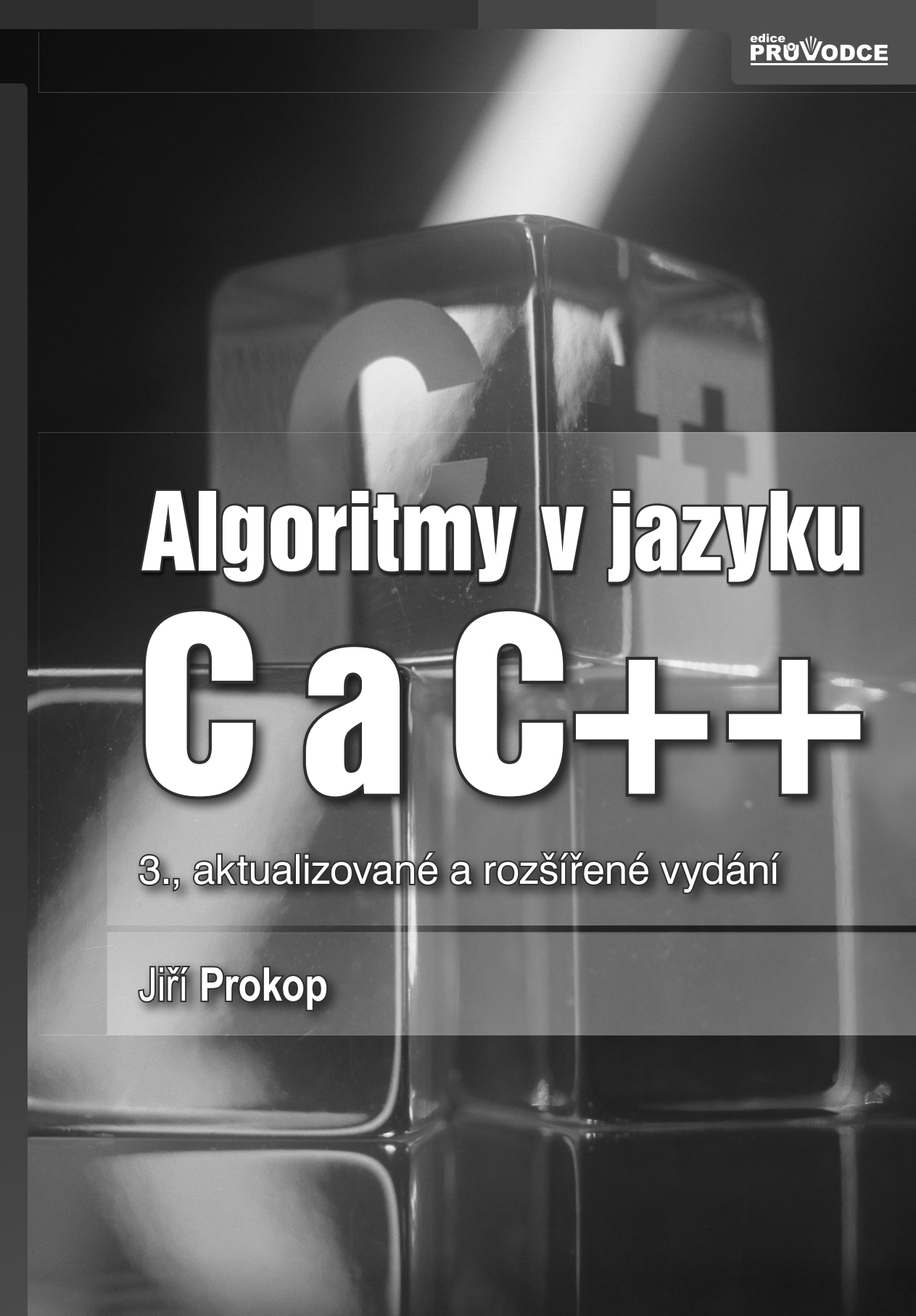

edice
PRŮVODCE
GRADA
příklady
ke stažení na
WWW.GRADA.CZ
Algoritmy v jazyku
C a C++
3., aktualizované a rozšířené vydání
Jiří Prokop
Seznámení s jazykem C a úvod do C++
Vyhledávání a třídění
Datové struktury a práce s grafy
Algoritmy z numerické matematiky
Kryptologické algoritmy
Dynamické programování


GRADA


edice
PRŮVODCE
Algoritmy v jazyku
C a C++
3., aktualizované a rozšířené vydání
Jiří Prokop

Algoritmy v jazyku C a C++

3., aktualizované a rozšířené vydání

Jiří Prokop

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, **www.grada.cz**
tel.: +420 234 264 401, fax: +420 234 264 400
jako svou 5855. publikaci

Odpovědný redaktor Petr Somogyi
Sazba Petr Somogyi
Počet stran 200
Třetí vydání, Praha 2015

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a.s.

ISBN 978-80-247-5467-3 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-9746-5 (elektronická verze ve formátu PDF)
ISBN 978-80-247-9747-2 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Obsah

Úvod

V roce 2002, kdy jsem na Gymnáziu Christiana Dopplera poprvé vedl seminář „Programování v jazyku C", neexistovala na našem knižním trhu učebnice, jež by se věnovala algoritmům a používala jazyk C. Algoritmy byly po řadu let prezentovány téměř výlučně v jazyku Pascal, např. [Wir89] a [Top95]. Musel jsem tedy během šesti let pro účely výuky naprogramovat potřebné algoritmy – a tak vznikl základ této knihy.

Kniha nechce být učebnicí jazyka C, i když může být k užitku všem, kdo jazyk právě studují. Dobrých učebnic jazyka je dostatek, doporučit lze např. [Her04] nebo [Ka01], pro C++ pak [Vi02], [Vi97]. Přesto jsem do knihy zařadil alespoň stručný přehled jazyka C a také úvod do C++. Je to proto, aby čtenář měl při studiu knihy vše potřebné pro porozumění zdrojovým textům algoritmů po ruce a nemusel hledat informace jinde.

Kdo je s jazykem C seznámen do té míry, že zná nejdůležitější operátory, výrazy a přiřazení, příkazy pro řízení programu, příkazy vstupu a výstupu, funkce a vedle jednoduchých datových typů ještě pole, je už ke studiu jednoduchých algoritmů dostatečně vybaven. Potřebný přehled jazyka obsahuje právě první kapitola, následně lze studovat druhou, věnovanou rekurzi, a třetí, která se zabývá třídicími algoritmy. Teprve v kapitole 4 je pro studium datových struktur nutné rozšířit zatím popsanou podmnožinu jazyka o struktury a dynamické přidělování paměti. Tyto znalosti jsou pak potřebné i pro pochopení algoritmů na grafech a pro vyhledávání pomocí binárních stromů. Stromy se využívají rovněž k reprezentaci aritmetických výrazů a pro počítačové řešení hlavolamů a her. Popsaná podmnožina jazyka je v těchto kapitolách dále podle potřeby rozšiřována. Algoritmy z kapitol 1 až 8 jsou napsány v jazyku C, teprve 9. kapitola je úvodním popisem C++, algoritmy v dalších kapitolách jsou již v C++.

Z tohoto stručného průvodce obsahem knihy vyplývá samozřejmé doporučení studovat jednotlivé kapitoly postupně, bez přeskakování, protože v každé kapitole se už počítá s tím, co si čtenář osvojil z kapitol předchozích. Výjimkou jsou části přidané ve druhém vydání této knihy, ty je možné při prvním čtení přeskočit. Jedná se o podkapitoly 1.3 (Permutace), 6.5 (AVL stromy), o kapitolu 9 (Kryptologické algoritmy) a podkapitolu 11.4 (Numerické integrování). Podobně je možné přeskočit některé části, o něž bylo rozšířeno vydání třetí (například podkapitoly 8.3, 13.1 a 13.2). Rovněž mohu vřele doporučit aktivní studium, pomůže k tomu fakt, že všechny algoritmy rozdělené podle kapitol najdete na webových stránkách nakladatelství Grada (*www.grada.cz*). Zdrojové texty tedy není potřeba pracně vkládat, čtenář může provádět v programech úpravy (mnohde k tomu zdrojový text přímo vybízí tím, že jeho části jsou „ukryté" v komentářích). Často lze algoritmus snáze pochopit, zobrazíme-li některé mezivýsledky. Aktivní způsob studia je kromě toho určitě mnohem zajímavější. Algoritmy byly ověřeny s použitím kompilátoru Dev C++, některé i pomocí kompilátoru Microsoft Visual C++.

Třetí vydání, které držíte v rukou, bylo rozšířeno o kapitolu 8 (další algoritmy na grafech), dále pak o podkapitoly 1.2, 2.4, 4.1.2, 12.3.2, 13.1 a 13.2. Pro toto vydání byly rovněž připraveny nové kvalitnější ilustrace, za což patří poděkování mým kolegům Mgr. Ondřeji Machů a Mgr. Michaele Švecové. Čtenář, který by měl ke knize jakékoli připomínky, mě může kontaktovat na e-mailové adrese *Jiri.Prokop40@seznam.cz*.

Na závěr už jen zbývá popřát všem čtenářům mnoho úspěchů při studiu!

1. Jazyk C

1.1 Stručný přehled jazyka C

Jazyk C rozlišuje velká a malá písmena. „Prog“, „prog“ a „PROG“ jsou tedy tři různé identifikátory. Identifikátory sestávají z písmen, číslic a podtržítka, číslice nesmí být na prvním místě. Pro oddělování klíčových slov, identifikátorů a konstant slouží oddělovače (tzv. „bílé znaky“). Všude tam, kde mohou být oddělovače, může být komentář.

```
/* toto je komentář */
```

Struktura programu: direktivy preprocesoru, deklarace, definice, funkce. V každém programu je právě jedna funkce hlavní (main), jež se začne po spuštění programu vykonávat.

1.1.1 Deklarace

Deklarace jsou povinné. Deklaraci jednoduché proměnné tvoří specifikátor typu a jméno (identifikátor proměnné).

```
int a; /* deklarace celočíselné proměnné a */
int b=1; /* definice proměnné b */
```

Podle umístění dělíme deklarace na globální (na začátku programu) a lokální (v těle funkce). Lokální proměnné nejsou implicitně inicializovány a obsahují náhodné hodnoty. Specifikátory typu pro celá čísla: `int`, `char`, `short int` (nebo jen `short`), `long int` (nebo jen `long`). Každý z nich může být `signed` (se znaménkem) nebo `unsigned` (bez znaménka), implicitně je `signed`.
Specifikátory typu pro racionální proměnné: `float` (32 bitů), `double` (64), `long double` (80).
U konstant je typ dán způsobem zápisu. Pomocí klíčového slova `const` můžeme deklarovat konstantní proměnnou, jejíž obsah nelze později měnit:

```
const float pi=3.14159;
```

1.1.2 Výrazy a přiřazení

Výrazy jsou v jazyce C tvořeny posloupností operandů a operátorů. Operátory dělíme podle arity (počet operandů) na unární, binární a ternární, podle funkce na aritmetické: `+`, `–`, `*`, `/`, `%` pro zbytek po dělení (operátor `/` má význam reálného nebo celočíselného dělení podle typů operandů), relační: `>`, `<`, `>=`, `<=`, `==` (rovnost), `!=` (nerovnost), logické: `||` (log. součet), `&&` (log. součin), `!` (negace).
Jazyk C nezná logický typ, nenulová hodnota představuje `true`, nulová `false`.
Podmíněný operátor ? (jediný ternární operátor):

```
x=(a<b) ? a:b;
```

má stejný význam jako

```
if (a<b) x=a; else x=b;
```

Obecně:

```
v1 ? v2 : v3
```

`v1` je výraz, jehož hodnota je po vyhodnocení považována za logickou. Je-li `true`, vyhodnotí se výraz `v2` a vrátí se jeho hodnota, je-li `false`, pak se vyhodnotí `v3` a vrátí se jeho hodnota. `v2` a `v3` jsou jednoduché výrazy.
Operátory přiřazení:

```
a=a+b;
a+=b; /* má význam a=a+b; */
```

Na místě + může být –, `*`, `/`, `%`, `&` a další, o nichž zatím nebyla řeč.
Operátory inkrementace a dekrementace:

```
a++;  /* postfixová verze */
--a;  /* prefixová verze */
```

Příklad:

```
a=10;
x=++a; /* x bude mít hodnotu 11, a také */
y=a--; /* y=11, a=10 */
```

Unární operátory: adresní operátor `&`, operátor dereference `*`, unární +, unární –, logická negace `!` a prefixová inkrementace ++ a dekrementace `--`. K postfixovým operátorům patří operátor přístupu k prvkům pole `[ ]`, operátor volání funkce `( )`, postfixová inkrementace ++ a dekrementace `--` a operátory přístupu ke členům struktury, jimž se budu věnovat později.
Operátor přetypování předvedeme na příkladu (`i1` a `i2` jsou celočíselné proměnné, ale my chceme reálné dělení):

```
f=(float) i1/i2;
```

Operátor `sizeof` pro zjištění velikosti: argumentem operátoru může být jak název typu, tak identifikátor proměnné.

1.1.3 Priorita a asociativita operátorů

Prioritu a asociativitu operátorů zachycuje následující tabulka.

Priorita	Operátory		Vyhodnocuje se
1	( ) [ ] -> postfix. ++ --		zleva doprava
2	! - pref. ++ -- + - (typ) * & sizeof		zprava doleva
3	* / %	(multiplikativní operátor)	zleva doprava
4	+ -	(aditivní operátory)	zleva doprava
5	<< >>	(operátory posunů)	zleva doprava
6	< <= > >=	(relační operátory)	zleva doprava
7	== !=	(rovnost, nerovnost)	zleva doprava
8	&	(operátor bitového součinu)	zleva doprava
9	^	(exkluzivní nebo)	zleva doprava
10	|	(operátor bitového součtu)	zleva doprava
11	&&	(operátor logického součinu)	zleva doprava
12	||	(operátor logického součtu)	zleva doprava
13	?:	(ternární podmínkový operátor)	zprava doleva
14	= += -= *= /= %= >>= &= |= ^=		zprava doleva
15	,	(operátor čárky)	zleva doprava

Tabulka 1.1: Priorita a asociativita operátorů

1.1.4 Příkazy a bloky

Napíšeme-li za výraz středník, stává se z něj příkaz, jako je tomu v následujících příkladech:

```
float x,y,z;
x=0;
a++;
x=y=z;
y=z=(f(x)+3); /* K hodnotě vrácené funkcí f je přičtena hodnota 3. */
              /* Součet je přiřazen jak proměnné z, tak y.         */
```

Příkazy v jazyce C můžeme sdružovat do tzv. bloků nebo složených příkazů. Blok může na počátku obsahovat deklarace proměnných a dále pak jednotlivé příkazy. Začátek a konec bloku je vymezen složenými závorkami. Složené příkazy používáme tam, kde smí být použit pouze jeden příkaz, ale potřebujeme jich více. Za uzavírací složenou závorku se nepíše středník.

Příkaz if má dvě podoby:

```
if (výraz) příkaz
```

nebo

```
if výraz příkaz1 else příkaz2;
```

Složitější rozhodovací postup můžeme realizovat konstrukcí `if else if`. Každé `else` se váže vždy k nejbližšímu předchozímu `if`.

Příkaz switch a break:

```
switch(výraz)
{
  case konst_výraz1:
    /* příkazy, které se provedou, když výraz=výraz1 */
    break;
  case konst_výraz2:
    /* příkazy, které se provedou, když výraz=výraz2 */
    …
    break;
  default: /* příkazy, které se provedou, není-li výraz
      roven žádnému z předchozích konstantních výrazů */
}
```

Příkaz `break` říká, že tok programu nemá pokračovat následujícím řádkem, nýbrž prvním příkazem za uzavírající složenou závorkou příkazu `case`. V těle příkazu `switch` budou provedeny všechny vnořené příkazy počínaje tím, na nějž bylo předáno řízení, až do konce bloku (pokud některý z příkazů nezpůsobí něco jiného – např. `break`). Tím se `switch` značně liší od příkazu `case` v Pascalu.

Příkaz while:

```
while (výraz) příkaz;
```

Výraz za `while` představuje podmínku pro opakování příkazu. Není-li podmínka splněna už na začátku, nemusí se příkaz provést ani jednou. Je-li splněna, příkaz se provede a po jeho provedení se znovu testuje podmínka pro opakování cyklu.

Příkaz do-while zajistí alespoň jedno provedení těla cyklu, protože podmínka opakování se testuje na konci cyklu:

```
do příkaz while (výraz);
```

Příkaz for má nejčastější podobu `for (i=0;i<n;i++)`, kde `i` je proměnná cyklu, inicializační výraz jí přiřadí počáteční hodnotu 0, opakování cyklu bude probíhat s hodnotou proměnné zvýšenou o 1 tak dlouho, dokud bude `i < n`. Obecný tvar příkazu `for` vypadá následovně:

```
for(inicializační_výraz;podmíněný výraz;opakovaný výraz) příkaz
```

Tento tvar je ekvivalentní zápisu:

```
inicializační výraz;
while (podmíněný výraz)
{
  příkaz
  opakovaný výraz
}
```

Inicializační výraz může být vypuštěn, zůstane po něm však středník. Stejně může být vynechán i podmíněný výraz a opakovaný výraz. Příkaz `continue` je možné použít ve spolupráci se všemi uvedenými typy cyklů. Ukončí právě prováděný průchod cyklem a pokračuje novým průchodem. Podobně i příkaz `break` může být použit ve všech typech cyklů k jejich ukončení.

Příkaz goto a návěští: příkaz `goto` přenese běh programu na místo označené návěštím (identifikátor ukončený dvojtečkou). Jsou situace, kdy může být výhodný, např. chceme-li vyskočit z vnitřního cyklu z více vnořených cyklů.

Prázdný příkaz se používá všude tam, kde je prázdné tělo, a má podobu:

```
;
```

Funkce system() umožňuje vyvolat z programu příkaz operačního systému. Nejčastěji ji použijeme na konci programu těsně před jeho ukončením, a to v podobě:

```
system("PAUSE");
```

1.1.5 Preprocesor

Preprocesor zpracuje zdrojový text programu před překladačem, vypustí komentáře, provede záměnu textů (například identifikátorů konstant) za odpovídající číselné hodnoty a vloží texty ze specifikovaných souborů. Příkazy pro preprocesor začínají znakem # a nejsou ukončeny středníkem. Nejdůležitějšími příkazy jsou `#define` a `#include`. Příkaz `#define ID hodnota` říká, že preprocesor nahradí všude v textu identifikátor `ID` specifikovanou hodnotou, například:

```
#define PI 3.14159
#include <stdio.h>
```

znamená příkaz vložit do zdrojového textu funkce vstupu a výstupu ze systémového adresáře. Další příkaz:

```
#include "filename"
```

znamená, že preprocesor vloží text ze specifikovaného souboru v adresáři uživatele. Některé standardní knihovny jsou následující:

- `stdio.h` funkce pro vstup a výstup,
- `stdlib.h` obecně užitečné funkce,
- `string.h` práce s řetězci,
- `math.h` matematické funkce v přesnosti double,
- `time.h` práce s datem a časem.

+

1.1.6 Funkce

Každá funkce musí mít definici a

- má určené jméno, jehož pomocí se volá,
- může mít parametry, v nichž předáme data, na kterých se budou vykonávat operace,
- může mít návratovou hodnotu poskytující výsledek,
- má tělo složené z příkazů, které po svém vyvolání vykoná. Příkazy jsou uzavřeny ve složených závorkách `{}`.

Příkaz `return vyraz;` vypočte hodnotu `vyraz`, přiřadí ji jako návratovou hodnotu funkce a funkci ukončí.
Příklad:

```
int max(int a, int b)  /* hlavička */
{
  if (a>b) return a;
  return b;
}
```

Nevrací-li funkce žádnou hodnotu, píšeme v místě typu návratové hodnoty `void`. Nepředáváme-li data, uvádíme jen kulaté závorky nebo `void`. Neznáme-li definici funkce a přesto ji chceme použít, musíme mít deklaraci funkce (prototyp), která určuje jméno funkce, paměťovou třídu a typy jejích parametrů. Na rozdíl od definice funkce již neobsahuje tělo a je vždy ukončena středníkem:

```
int max(int a, int b);
```

Nebo jen:

```
int max(int,int);
```

Pokud neuvedeme paměťovou třídu, je automaticky přiřazena třída `extern`. Je-li funkce definována v paměťové třídě `extern` (explicitně nebo implicitně), můžeme definici funkce umístit do jiného zdrojového souboru. Funkce je společná pro všechny moduly, z nichž se výsledný program skládá, a může být volána v libovolném modulu. Je-li deklarována ve třídě `static`, musí její definice následovat ve stejné překladové jednotce a je dostupná pouze v jednotce, ve níž je deklarována a definována.
Volání funkcí vypadá následovně:

```
výraz(seznam skutečných parametrů);
```

Nemá-li funkce žádné parametry, musíme napsat `()`. Parametry se vždy předávají hodnotou, jsou tedy následně překopírovány do formálních parametrů funkce. Rekurzivní funkce jsou v C dovoleny.

1.1.7 Vstup a výstup

Standardní vstup a výstup má tuto podobu: `stdin`, `stdout`. Standardní vstup a výstup znaků vypadá takto:

```
int getchar(void);       /* načte 1 znak   */
int putchar(int znak);   /* výstup 1 znaku */
```

Pro načtení a výstup celého řádku znaků:

```
char *gets(char *radek);
int puts(const char *radek);
```

Funkce `gets` načte znaky ze standardního vstupu, dokud nenarazí na přechod na nový řádek. Ten už není do pole zapsán. Návratovou hodnotou je ukazatel předaný funkci jako parametr. Pokud došlo k nějaké chybě, má hodnotu `NULL`. Na řádku nesmíme zadat více znaků, než je velikost pole.

Funkce `puts` vypíše jeden řádek textu, za který automaticky přidá přechod na nový řádek. Samotný řetězec nemusí tento znak obsahovat. V případě, že výstup dopadl dobře, vrátí funkce nezápornou hodnotu, jinak `EOF`.

Formátovaný vstup a výstup: použijeme funkce `printf` a `scanf` s následujícími deklaracemi:

```
int printf(const char *format,…);
int scanf(const char *format,…);
```

Obě funkce mají proměnný počet parametrů, který je určen prvním parametrem – formátovacím řetězcem. Formátovací řetězec funkce `printf` může obsahovat dva typy informací. Jednak jde o běžné znaky, které budou vytištěny, dále pak o speciální formátovací sekvence znaků začínající znakem `%` (má-li být `%` jako obyčejný znak, je třeba jej zdvojit). K tisknutelným znakům patří i escape sekvence, například `\n`. Funkce `scanf` se liší tím, že formátovací řetězec smí obsahovat jen formátovací sekvence, a dále pak tím, že druhým a dalším parametrem je vždy ukazatel na proměnnou (adresa proměnné).

Formátovací sekvence (`printf`) vypadá následovně:

```
%[příznak] [šířka] [přesnost] [F] [N] [h] [l] [L] typ
```

Typ:

`d`, `i`	znaménkové decimální číslo typu `int`,
`o`	neznaménkové oktalové číslo typu `int`,
`u`	neznaménkové decimální číslo typu `int`,
`x`, `X`	neznaménkové hexadecimální číslo typu `int`, pro `x` tištěno `a`, `b`, `c`, `d`, `e`, `f`; pro `X` pak `A`, `B`, `C`…,
`f`	znaménkové racionální číslo formátu `[-] dddd.dddd`, `float` i `double`,
`e`, `E`	znaménkové racionální číslo ve formátu s exponentem `[-d]d.ddde[+|-]ddd`,
`g`, `G`	znaménkové racionální číslo ve formátu bez exponentu nebo s exponentem (v závislosti na velikosti čísla),
`c`	jednoduchý znak,
`s`	ukazatel na pole znaků ukončené nulovým znakem,
`p`	tiskne argument jako ukazatel,
`n`	ukazatel na číslo typu `int`, do něhož se uloží počet vytištěných znaků.

Příznak:

–	výstup zarovnán zleva a doplněn zprava mezerami,
+	u čísel vždy znaménko,
mezera	kladné číslo mezera, záporné minus,
#	závisí na typu.

Šířka:

`n`	alespoň `n` znaků se vytiskne doplněno mezerami,
`0n`	je vytištěno alespoň `n` znaků doplněných zleva nulami,
*	šířka dána následujícím parametrem.

Přesnost:

(nic)	je různá podle části typ,
`.0`	standardní,
`.n`	`n` desetinných míst,
*	přesnost dána následujícím parametrem,
`h`	argument funkce chápán jako `short int` – pouze pro `d`, `i`, `o`, `u`, `x`, `X`,
`l`	`long int`,
`L`	`long double`.

Formátovací sekvence (`scanf`) pak má tuto podobu:

```
%[*][šířka][F|A][h|l|L]typ
```

Typ:

d	celé číslo,
u	celé číslo bez znaménka,
o	oktalové číslo,
x	hexadecimální číslo,
i	celé číslo (s předponou o oktalové, 0x hexadecimální),
a	počet přečtených znaků do aktuálního okamžiku,
e, f, g	racionální čísla typu float, lze modifikovat pomocí l, L,
fl	racionální čísla typu double,
s	řetězec znaků na vstupu oddělený mezerou od ostatních znaků,
c	jeden znak,
*	přeskočení dané položky vstupu,
šířka	maximální počet znaků vstupu pro danou proměnnou.

Příkazy sprintf a sscanf realizují formátovaný vstup a výstup z paměti. Potřebují textový řetězec, který se bude chovat jako standardní vstup/výstup:

```
int sprintf(char *buffer,const char *format,…);
int sscanf(char *buffer,const char *format,…);
```

1.1.8 Ukazatele

Ukazatel je proměnná, jejíž hodnotou je adresa jiné proměnné nebo funkce. Deklarace ukazatele se skládá z uvedení typu, na nějž ukazujeme, a jména ukazatele, doplněného zleva hvězdičkou.

```
int *pCeleCis;  /* může ukazovat na libovolné místo, kde je
                   uložena proměnná typu int */
float *pReal1, *pReal2; /* ukazatele na libovolné proměnné typu float */
```

Ukazatel po svém založení neukazuje na žádnou platnou proměnnou a označujeme ho jako neinicializovaný ukazatel. S hodnotou neinicializovaného ukazatele nesmíme nikdy pracovat. Inicializaci ukazatele můžeme provést například pomocí operátoru &, který slouží k získání adresy objektu.

```
int Cislo=7;
int *pCislo;
pCislo=&Cislo;
```

Jakmile ukazatel odkazuje na smysluplné místo v paměti, můžeme s ním pracovat. K tomu potřebujeme ještě operátor *, kterému říkáme operátor dereference.

```
int x, y=8;
int *pInt;
pInt=&y;
x=*pInt; /* v x je 8 */
y=*pInt+20;  /* do y se uloží součet obsahu proměnné, na kterou
                ukazuje pInt, a konstanty 20 */
```

1.1.9 Adresní aritmetika

Význam aritmetických operací s ukazateli spočívá ve zvýšení přehlednosti a zrychlení chodu programu. Aritmetika ukazatelů je omezena na operace sčítání, odčítání, porovnání a unární operace inkrementace a dekrementace. Jestliže p je ukazatel, p++ inkrementuje p tak, že zvýší jeho hodnotu nikoli o jedničku, nýbrž o počet bytů představující velikost typu, na který ukazatel p ukazuje.

```
y=*(pInt+50); /* zde zvětšuji hodnotu ukazatele o 50*sizeof(int) */
```

1.1.10 Ukazatele a funkce

Má-li funkce vrátit více než jednu hodnotu, použijeme ukazatele:

```
void vymen(int *px, int *py)
{
  int pom; pom=*px; *px=*py; *py=pom;
}
int a=7,b=4;
vymen(&a, &b);/* tím vlastně dosáhneme předání odkazem */
```

Ukazatel na funkci a funkce jako parametry funkcí: Definice `double (*pf)();` definuje `pf` jako ukazatel na funkci vracející hodnotu typu `double`. Dvojice prázdných závorek je nezbytná, jinak by `pf` byl ukazatel na `double`. Závorky kolem jména proměnné jsou také nutné, protože `double *pf()` znamená deklaraci funkce `pf`, která vrací ukazatel na `double`. Přiřadíme-li ukazateli `pf` jméno funkce, můžeme tuto funkci vyvolat příkazem `pf(); i (*pf)();`. Jméno funkce je tedy adresou funkce, podobně jako jméno pole je adresou pole. Ukazatel, jemuž jsme přiřadili jméno funkce, může být předán i jako parametr jiné funkci. Příklad užitečné aplikace této možnosti si popíšeme v podkapitole 3.8.

1.1.11 Pole

Pole je datová struktura složená z prvků stejného datového typu. Deklarace pole vypadá obecně takto:

```
typ id_pole [pocet];
```

V hranatých závorkách musí být konstantní výraz, který udává počet prvků pole. Pole v jazyku C začíná vždy prvkem s indexem nula, nejvyšší hodnota indexu je počet prvků minus 1. Jazyk C zásadně nekontroluje meze polí! K prvkům pole přistupujeme pomocí indexu, například `id_pole[0]` pro první prvek pole. Indexem může být výraz. Pole můžeme při deklaraci inicializovat konstantami uvedenými mezi složenými závorkami a oddělovanými čárkou:

```
int pole[5]={6,7,8,9,10}
```

Počet inicializátorů by měl být menší nebo roven počtu prvků pole. Má-li pole být parametrem funkce, bude formální parametr tvořen typem a identifikátorem pole, následovaným prázdnými hranatými závorkami, například `double pole[]`. Jako skutečný parametr stačí jméno pole, tedy adresa začátku pole. Pole se tedy předává (na rozdíl od jednoduchých proměnných) odkazem. Pole nemůže být typem návratové hodnoty funkce (i když struktura obsahující pole jím být může). S polem jako celkem není možné provádět žádné operace, s výjimkou určení velikosti pole operátorem `sizeof` a určení adresy pole operátorem `&`.

```
int b[8]; int i=sizeof(b);  /*  8*sizeof(int)  */
```

1.1.12 Ukazatele a pole

```
int x[12];        /* deklarace pole o 12 prvcích, indexy jsou 0 až 11 */
                  /* &x[i] = adresa pole x + i * sizeof(typ) */
int *pData;
pData=&data[0];   /* není totéž jako pData=&data */
for(i=0;i<12;i++)
  (pData+i)=0;    /* nulování pole - přičítá se i-násobek délky
                  typu - adresní aritmetika */
```

Inicializaci ukazatele `pData` můžeme zapsat i takto:

```
pData=data;
```

což je stejné jako:

```
pData=&data[0];.
```

Máme-li deklaraci:

```
int i, *pi, a[N]; /* a[0] je totéž jako &a[0], a, anebo a+0 */
```

`a+i` je totéž jako `&a[i]`, `*(a+i)` je totéž jako `a[i]`. Je-li `N=100` a přiřadíme-li `pi=a;`, mají výrazy uvedené níže stejný význam:

```
a[i], *(a+i), pi[i], *(pi+i)
```

1.1.13 Řetězce znaků

Řetězec je jednorozměrné pole znaků ukončené speciálním znakem `'\0'`, který má funkci zarážky. Řetězcové konstanty píšeme mezi dvojici uvozovek, uvozovky v řetězcové konstantě musíme uvést zpětným lomítkem. `"abc"` je konstanta typu řetězec délky 3+1 znak, `"a"` je rovněž řetězcovou konstantou délky 1+1, `'a'` je znaková konstanta délky 1.
Překopírování textového řetězce provedeme následovně:

```
void strcpy(char cil[ ],char zdroj[ ]) /* pro funkci strcpy je potřebné
                                       #include <string.h> */
{
  int i;
for (i=0; zdroj[i]!='\0'; i++)
  cil[i]=zdroj[i];
cil[i]='\0';
}
```

Alternativně lze postupovat takto:

```
void strcpy(char *cil, char *zdroj)
{
while(*cil++ = *zdroj++);
}
```

Nejdříve dojde k přiřazení odpovídajících buněk polí, oba ukazatele jsou pak posunuty a výsledek přiřazení je rovněž chápán jako logická hodnota. Nastal-li konec řetězce, cyklus dále nepokračuje.

1.1.14 Vícerozměrná pole

Jazyk C zná pouze jednorozměrné pole. Prvky pole mohou ovšem být libovolného typu, tedy například opět pole, a to umožňuje pracovat s vícerozměrnými poli. Příklad deklarace dvojrozměrného pole:

```
int pole2d [10][20];
```

Uložení v paměti je po řádcích. Ve funkcích, kde je pole parametrem, nemusíme předat nejvyšší rozměr, všechny ostatní ano. Práci s vícerozměrným polem demonstrujme na příkladu: máme překlopit čtvercovou matici podle hlavní diagonály, tedy vyměnit vzájemně prvky a_{ij} a a_{ji} pro všechna `i` různá od `j`.

```
void Preklop(float m[][3])
/* překlopení čtvercové matice 3 x 3 podle hlavní diagonály */
{
  int i,j;
  float pom;
  for(i=0;i<2;i++)
    for(j=1;j<2;j++)
  {
    pom=m[i][j]; m[i][j]=m[j][i]; m[j][i]=pom;
  }
}
```

V hlavním programu jsou deklarace:

```
float a[3][3];
int pocet = 3;
```

Funkce je volána příkazem:

```
Preklop(a);
```

Nedostatkem je, že může být překlopena jen matice 3 × 3. Následující funkce je obecnější, využívá toho, že matice je uložena po řádcích, a dovoluje překlopení matice `nxn`:

```
void Preklop(float *m, int n)
/* překlopení čtvercové matice n x n podle hlavní diagonály */
{
  int i,j;
  float pom;
  for(i=0;i<n-1;i++)
    for(j=i+1;j<n;j++)
    {
      pom=m[i*n+j]; m[i*n+j]=m[j*n+i]; m[j*n+i]=pom;
    }
}
```

V hlavním programu může vypadat deklarace například takto:

```
float a[4][4];
int pocet=4;
```

Funkce se volá příkazem:

```
Preklop(a,pocet);
```

1.2 Algoritmy a jejich programování

Algoritmus je konečná posloupnost kroků, po jejichž provedení dojdeme k určitému předem danému cíli (například ke správnému výsledku). Je nutné, aby splňoval následující vlastnosti: musí být konečný, tzn. skončit po konečném počtu kroků (to je sice požadavek velmi samozřejmý, ale všichni, kdo mají zkušenost s praktickým programováním, dobře vědí, jak snadno lze udělat chybu, která způsobí uváznutí v nekonečné smyčce), musí být hromadný, tedy řeší nikoli jednu úlohu, nýbrž celou třídu podobných úloh. Jednotlivé kroky algoritmu musí být definovány jednoznačně. Po každém kroku proces buď skončí – a pokud ne, je známo, kterým krokem pokračuje. Algoritmus je nejlépe popsán zápisem v programovacím jazyce, kde je význam příkazů přesně definován. Často