



příklady
ke stažení na
WWW.GRADA.CZ

Algoritmy v jazyku **C a C++**

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



Algoritmy v jazyku **C a C++**

Jiří Prokop

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Algoritmy v jazyku C a C++ 2., rozšířené a aktualizované vydání

Jiří Prokop

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
jako svou 4705. publikaci

Odpovědný redaktor Pavel Němeček
Sazba Tomáš Brejcha
Počet stran 176
První vydání, Praha 2012

© Grada Publishing, a.s., 2012

V knize použité názvy programových produktů, firem apod. mohou být ochrannými známkami nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.

Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

ISBN 978-80-247-3929-8 (tištěná verze)
ISBN 978-80-247-7715-3 (elektronická verze ve formátu PDF)
ISBN 978-80-247-7716-0 (elektronická verze ve formátu EPUB)

Úvod	9
------------	---

1.

Jazyk C

1.1 Stručný přehled jazyka C	11
1.1.1 Deklarace	11
1.1.2 Výrazy a přiřazení	11
1.1.3 Priorita a asociativita operátorů	12
1.1.4 Příkazy a bloky	13
1.1.5 Preprocesor	14
1.1.6 Funkce	15
1.1.7 Vstup a výstup	16
1.1.8 Ukazatele	17
1.1.9 Adresní aritmetika	18
1.1.10 Ukazatele a funkce	18
1.1.11 Pole	18
1.1.12 Ukazatele a pole	19
1.1.13 Řetězce znaků	19
1.1.14 Vícerozměrná pole	20
1.2 Jednoduché algoritmy	21
1.2.1 Vyhledání minimálního prvku v neseřtříděném poli	21
1.2.2 Vyhledání zadaného prvku v neseřtříděném poli	21
1.2.3 Určení hodnoty Ludolfova čísla pomocí rozvoje $\pi = 4(1 - 1/3 + 1/5 - 1/7 + 1/9 - \dots)$	21
1.2.4 Mzdová výčetka	22
1.2.5 Největší společný dělitel dvou čísel	23
1.2.6 Pascalův trojúhelník	23
1.2.7 Kalendář	25
1.3 Permutace	26
1.3.1 Násobení permutací	27
1.3.2 Inverzní permutace	30

2.

Rekurze

2.1 Hanojské věže	31
2.2 W-křivky	32
2.3 Fibonacciho čísla	35

3.

Algoritmy pro třídění

3.1 Třídění výběrem (selectsort)	37
3.2 Třídění vkládáním (insertsort)	38
3.3 Bublínkové třídění (bubblesort)	38
3.4 Časová a paměťová složitost	40

3.5 Třídění slučováním (mergesort)	40
3.6 Třídění rozdělováním (quicksort)	41
3.7 Shellův algoritmus	42
3.8 Třídící algoritmy obecněji	42
3.9 Metoda „Rozděl a panuj“	43

4.

Datové struktury

4.1 Dynamické datové struktury	45
4.1.1 Lineární spojový seznam	46
4.1.2 Lineární spojový seznam setříděný	47
4.1.3 Setřídění vytvořeného lineárního seznamu	49
4.2 Zásobník a fronta	52
4.3 Nerekurzivní verze quicksortu	53

5.

Práce s grafy

5.1 Úvod do teorie grafů	55
5.2 Topologické třídění	62
5.3 Minimální kostra grafu	64
5.4 Bipartitní graf	65
5.5 Práce se soubory dat	67
5.5.1 Datové proudy	67
5.5.2 Proudý a vstup/výstup znaků	68
5.5.3 Proudý a vstup/výstup řetězců	68
5.5.4 Formátovaný vstup/výstup z/do proudu	68
5.5.5 Proudý a blokový přenos dat.	68
5.5.6 Další užitečné funkce	69
5.6 Vzdálenosti v grafu	70
5.7 Hledání nejkratší (nejdelší) cesty v acyklickém orientovaném grafu	73

6.

Vyhledávací algoritmy

6.1 Binární hledání v setříděném poli	77
6.2 Binární vyhledávací strom	77
6.3 Vynechání vrcholu v binárním vyhledávacím stromu	80
6.4 Procházení stromem	87
6.5 AVL stromy	87
6.6 Transformace klíče	94
6.7 Halda	95
6.8 Využití haldy pro třídění – heapsort	97

7.	Reprezentace aritmetického výrazu binárním stromem	
	7.1 Vyhodnocení výrazu zadaného v postfixové notaci	99
	7.2 Převod infixové notace na postfixovou	102
	7.3 Převod postfixové notace na binární strom	105

8.	Průchod stavovým prostorem	
	8.1 Prohledávání do šířky	109
	8.2 Prohledávání s návratem (backtracking)	111
	8.3 Osm dam na šachovnici	115
	8.4 Sudoku	116
	8.5 Hry pro 2 hráče	119

9.	Kryptologické algoritmy	
	9.1 Základní pojmy	121
	9.2 Jednoduchá (monoalfabetická) substituční šifra	121
	9.3 Playfairova šifra	126
	9.4 Vigenèrova šifra	128
	9.5 Transpoziční šifry	130
	9.6 Jednorázová tabulka (Vernamova šifra)	130
	9.7 Moderní šifrování	131

10.	Úvod do C++	
	10.1 Nové možnosti jazyka	133
	10.2 Objektové datové proudy	133
	10.3 Objektově orientované programování	134
	10.4 Šablony	137

11.	Algoritmy numerické matematiky	
	11.1 Řešení nelineární rovnice $f(x)=0$	141
	11.1.1 Hornerovo schéma	141
	11.1.2 Metoda půlení intervalu (bisekce)	141
	11.1.3 Metoda třetiv (regula falsi)	143
	11.1.4 Newtonova metoda (metoda tečen)	145
	11.2 Interpolace	147
	11.2.1 Newtonův interpolační vzorec	147
	11.2.2 Lagrangeova interpolace	149
	11.3 Soustavy lineárních rovnic	151
	11.3.1 Gaussova eliminační metoda	151
	11.3.2 Iterační (Jacobiho) metoda	152
	11.3.3 Gauss-Seidelova metoda	154
	11.4 Numerické integrování	156

12.

Dynamické programování	161
-------------------------------------	-----

13.

Vyhledání znakového řetězce v textu

13.1 „Naivní“ algoritmus	163
13.2 Zjednodušený Boyer-Mooreův algoritmus	164
13.3 Karp-Rabinův algoritmus	165

Literatura	167
Rejstřík	168

Úvod

V roce 2002, kdy jsem začal na Gymnáziu Christiana Dopplera vést seminář „Programování v jazyku C“, neexistovala na našem knižním trhu učebnice, která 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 algoritmy pro účely výuky naprogramovat, a tak vznikl základ této knihy.

Kniha nechce být učebnicí jazyka C, i když může být k užítku všem, kteří jazyk právě studují. Dobrých učebnic jazyka je dostatek, doporučit lze např. [Her04] nebo [Ka01], pro C++ [Vi02], [Vi97]. Jestliže jsem přesto zařadil do knihy 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 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, stačí mu to už ke studiu jednoduchých algoritmů. Takový přehled jazyka obsahuje právě první kapitola, a pak lze studovat druhou, věnovanou rekurzi, a třetí, která se zabývá třídicími algoritmy. Teprve pro studium datových struktur je nutno v kapitole 4 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 také k reprezentaci aritmetických výrazů a pro počítačové řešení hlavolamů a her. Popsaná podmnožina jazyka je v těchto kapitolách dále rozšiřována podle potřeby. Algoritmy z kapitol 1 až 8 jsou napsány v jazyku C, teprve kapitola 9 je úvodním popisem C++, a algoritmy v dalších kapitolách jsou 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 odstavce přidané ve druhém vydání této knihy, ty je možno při prvním čtení přeskochit. Jedná se o odstavce 1.3 Permutace, odstavec 6.5 AVL stromy, kapitolu 9 Kryptologické algoritmy a odstavec 11.4 Numerické integrování. Dalším doporučením je studium aktivní, usnadňuji ho tím, že všechny algoritmy rozdělené podle kapitol knihy lze najít na webových stránkách www.grada.cz. Zdrojové texty tedy nemusí nikdo pracně vkládat, čtenář může provádět v programech úpravy, mnohde k tomu zdrojový text přímo vybízí tím, že části zdrojového textu jsou „ukryty“ v komentářích. Často lze algoritmus snáze pochopit, zobrazíme-li si některé mezivýsledky. Aktivní způsob studia je kromě toho určitě mnohem zajímavější. Algoritmy jsou ověřeny s použitím kompilátoru Dev C++, některé i kompilátoru Microsoft Visual C++. Čtenář, který by měl ke knize jakékoli připomínky, může je sdělit na emailovou adresu Jiri.Prokop40@seznam.cz. Na závěr přeji svým čtenářům mnoho úspěchů v jejich 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), která 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 bytů), `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 `-`, `*`, `/`, `%`, & 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 taky */
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 ukáží na příkladu (`i1` a `i2` jsou celočíselné proměnné, ale chci 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

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

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 obsahovat deklarace proměnných na svém počátku 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 který bylo předáno řízení, až do konce bloku (pokud některý z příkazů nezpůsobí něco jiného – např. `break`). Tím se `switch` značně liší od pascalského `case`.

Příkaz while

```
while (výraz) příkaz;
```

Výraz za `while` představuje podmínku pro opakování příkazu. Nemí-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 aspoň jedno provedení těla cyklu, protože podmínka opakování se testuje na konci cyklu.

```
do příkaz while (výraz);
```

Příkaz `for`

Nejčastější podoba příkazu je `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
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 možno 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 návěstím (identifikátor ukončený dvojtečkou). Jsou situace, kdy může být výhodný, např. chceme-li vyskočit z vnitřního cyklu z více vnořených cyklů.

Prázdný příkaz

```
;
```

Použití všude tam, kde je prázdné tělo.

1.1.5 Preprocesor

Preprocesor zpracuje zdrojový text programu před překladačem, vypustí komentáře, provede změnu textů, např. 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`.

```
#define ID hodnota
```

Říká, že preprocesor nahradí všude v textu identifikátor `ID` specifikovanou hodnotou, např.

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

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

```
#include "filename"
```

znamená, že preprocesor vloží text ze specifikovaného souboru v adresáři uživatele.

Některé standardní knihovny:

<code>stdio.h</code>	funkce pro vstup a výstup
<code>stdlib.h</code>	obecně užitečné funkce
<code>string.h</code>	práce s řetězci
<code>math.h</code>	matematické funkce v přesnosti double
<code>time.h</code>	práce s datem a časem

1.1.6 Funkce

Každá funkce musí mít definici a:

- má určeno jméno, pomocí kterého 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, ze kterých se výsledný program skládá a může být v libovolném modulu volána. Je-li deklarována ve třídě `static`, musí její definice následovat ve stejné překladové jednotce a je dostupná pouze v jednotce, ve které je deklarována a definována.

Volání funkcí:

```
vyraz(seznam skutečných parametrů);
```

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

1.1.7 Vstup a výstup

Standardní vstup a výstup: `stdin`, `stdout`

Standardní vstup a výstup znaků

```
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 není přechod na nový řádek. Ten už není do pole zapsán. Návrátovou hodnotou je ukazatel předaný funkci jako parametr. Když došlo k nějaké chybě, má hodnotu `NULL`. Na řádku nesmíme zadat více znaků než je velikost pole. Funkce `puts` vypíše 1 řádek textu, za který automaticky přidá přechod na nový řádek. Řetězec samotný nemusí tento znak obsahovat. V případě, že výstup dopadl dobře, vrátí funkce nezápornou hodnotu, jinak `EOF`.

Formátovaný vstup a výstup

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 speciální formátovací sekvence znaků začínající `%` (má-li být `%` jako obyčejný znak, musím jej zdvojit). K tisknutelným znakům patří také escape sekvence, např. `\n`.

`scanf` se liší tím, že formátovací řetězec smí obsahovat jen formátovací sekvence, a tím, že druhým a dalším parametrem je vždy ukazatel na proměnnou (adresa proměnné).

Formátovací sekvence (printf)

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

typ

d,i	znaménkové decimální číslo typu <code>int</code>
o	neznam. oktalové číslo typu <code>int</code>
u	neznam. decimální číslo typu <code>int</code>
x,X	neznam. hexadecimální číslo typu <code>int</code> , pro <code>x</code> tištěno <code>a</code> , <code>b</code> , <code>c</code> , <code>d</code> , <code>e</code> , <code>f</code> , pro <code>X</code> pak <code>A</code> , <code>B</code> , <code>C</code> ...
f	znam. racionální číslo formátu <code>[-] dddd.ddd</code>
e,E	znam. rac. č. v exp. formátu <code>[-d] d. ddde [+ -] ddd</code>
g,G	znam. rac. č. 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 <code>int</code> , do kterého 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	stand
.n	n des. míst
*	přesnost dána následujícím parametrem
h	argument funkce chápán jako <code>short int</code> – pouze pro d, i, o, u, x, X
l	long int
L	long double

Formátovací sekvence (scanf)

`%[*][šířka][F|A][h|l|L]typ`

typ

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

`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 hodnota je adresa jiné proměnné nebo funkce. Deklarace ukazatele se skládá z uvedení typu, na který ukazujeme, a jména ukazatele, doplněného zleva hvězdičkou.

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

Ukazatel po svém založení neukazuje na žádnou platnou proměnnou a označujeme jej neinicializovaný ukazatel. S hodnotou neinicializovaného ukazatele nesmíme nikdy pracovat. Inicializaci ukazatele můžeme provést např. 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); /* tady 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 dosáhnou 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 také předán jako parametr jiné funkci. Příklad užitečného využití této možnosti uvidíme v odstavci 3.9.

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 a nejvyšší hodnota indexu je počet-1. Jazyk C zásadně nekontroluje meze polí! K prvkům pole přistupujeme pomocí indexu, např. `id_pole[0]` pro první prvek pole. Indexem může být výraz. Pole můžeme při jeho deklaraci inicializovat konstantami, uvedenými mezi složenými závorkami a oddělovanými čárkou:

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