

Pole, ukazatel, textový řetězec, vstup a výstup programu

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 05

BOB36PRP – Procedurální programování

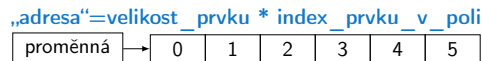
Pole

- Datová struktura pro uložení **více hodnot stejného typu**
- Slouží k reprezentaci posloupnosti hodnot v paměti

Hodnoty uloženy v souvislém bloku paměti

- Jednotlivé prvky mají identickou velikost a jejich relativní adresa vůči počátku pole je jednoznačně určena
 - Prvky můžeme adresovat pořadím prvku v poli

Relativní „adresa“ vůči prvnímu prvku

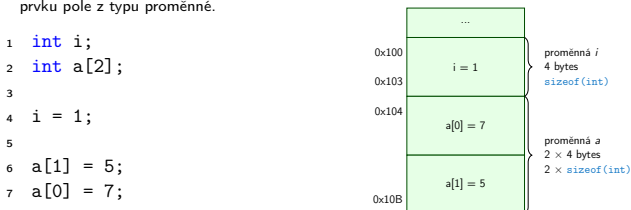


- Proměnná typu pole reprezentuje adresu vyhrazeného paměťového prostoru, kde jsou hodnoty uloženy
 - $Adresa_prvku = adresa_prvního_prvku + velikost_typu * index_prvku_v_poli$
- Definici proměnné dochází k alokaci paměti pro uložení definovaného počtu hodnot příslušného typu
- Velikost pole statické délky nelze měnit**

Garance souvislého přístupu k položkám pole

Pole – Příklad vizualizace alokace přiřazení hodnot

- Proměnná typu pole odkazuje na začátek paměti, kde jsou alokovány jednotlivé prvky pole.
- Přístup k prvkům je prostřednictvím indexového operátoru `[]`, který určí adresu konkrétního prvku pole z typu proměnné.



Pro účely vizualizace začíná alokace proměnných na adrese 0x100. Automatické proměnné na zásobníku jsou však zpravidla alokovány od horní adresy k adresám nižším.

Přehled témat

- Část 1 – Pole, ukazatele a řetězce
 - Pole
 - Ukazatele
 - Funkce a předávání parametrů
 - Vstup a výstup programu
 - Ukazatele a pole
 - Textové řetězce

*S. G. Kochan: kapitoly 7, 10, 11
P. Herout: kapitola 10, 11, 12, 13*

- Část 2 – Zadání 4. domácího úkolu (HW04)

Definice pole

- Hodnota proměnné typu pole je odkaz (adresa) na místo v paměti, kde je pole uloženo
- Definice proměnné typu pole se skládá z typu prvků, jména proměnné a hranatých závorek `[]`
 - typ proměnná [];**
- Závorky `[]` slouží také k přístupu (adresaci) prvku
 - proměnná_typu_pole [index_prvku_pole]**

Příklad definice proměnné typu pole hodnot typu int. Alokace paměti pro až 10 prvků pole.

```
int array[10]; // Tj. 10 * sizeof(int)

printf("Size of array %lu\n", sizeof(array));
printf("Item %i of the array is %i\n", 4, array[4]);

Size of array 40
Item 4 of the array is -5728 // Hodnoty pole nejsou inicializovány!
```

Pole – Příklad 1/3

- Definice **jednorozměrného** a **dvourozměrného** pole
 - `/* jednorozmerne pole prvku typu char */`
`char simple_array[10];`
 - `/* dvourozmerne pole prvku typu int */`
`int two_dimensional_array[2][2];`
- Přístup k prvkům pole
 - `m[1][2] = 2*1;`
- Příklad definice pole a tisk hodnot prvků

```
1 #include <stdio.h>
2 Item[0] = 1
3 int main(void)
4 {
5     int array[5];
6     printf("Size of array: %lu\n", sizeof(array));
7     for (int i = 0; i < 5; ++i) {
8         printf("Item[%i] = %i\n", i, array[i]);
9     }
10    return 0;
11 } // lec05/array.c
```

Část I

Pole a ukazatele

Pole (array)

- Pole je posloupnost prvků **stejného typu**
- K prvkům pole se přistupuje pořadovým číslem prvku
- Index prvního prvku je vždy roven 0**
- Prvky pole mohou být proměnné libovolného typu
 - I strukturované typy, viz další přednáška*
- Pole může být **jednorozměrné** nebo **vícerozměrné**
 - Pole poli (...) prvků stejného typu.*

- Prvky pole určuje: **jméno, typ, počet prvků**
- Prvky pole tvoří v paměti souvislou oblast!**
- Velikost pole (v bajtech) je dána počtem prvků pole *n* a **typem** prvku, tj. `n * sizeof(typ)`
- Textový řetězec je pole typu `char`, kde poslední prvek je `'\0'`
 - C nekontroluje za běhu programu, zdali je index platný!**

Pole – Příklad 2/3

- Příklad definice pole

```
1 #include <stdio.h>
2 array[0]=+0 array2[0]= 0
3 int main(void)
4 {
5     int array[10];
6     array[2]=+2 array2[2]= -2
7     array[3]=+3 array2[3]= -9
8     array[4]=+4 array2[4]= -20
9     for (int i = 0; i < 10; i++) {
10        array[i] = i;
11        array[5]=+5 array2[5]= -35
12        array[6]=+6 array2[6]= -54
13        array[7]=+7 array2[7]= -77
14        array[8]=+8 array2[8]= -104
15        array[9]=+9 array2[9]= -135
16    }
17    printf("Size of array: %lu\n", sizeof(array));
18    for (int i = 0; i < 10; ++i) {
19        printf("array[%i]=%+2i \t array2[%i]=%6i\n", i,
20            array[i], i, array2[i]);
21    }
22    return 0;
23 } // lec05/demo-array.c
```

Pole – Příklad 3/3

- Příklad definice pole s inicializací

```
1 #include <stdio.h>
2 int main(void)
3 {
4     int array[5] = {0, 1, 2, 3, 4};
5     printf("Size of array: %lu\n", sizeof(array));
6     for (int i = 0; i < 5; ++i) {
7         printf("Item[%i] = %i\n", i, array[i]);
8     }
9     return 0;
10 }
11
12
```

Size of array: 20
Item[0] = 0
Item[1] = 1
Item[2] = 2
Item[3] = 3
Item[4] = 4

lec05/array-init.c

- Inicializace pole

```
double d[] = { 0.1, 0.4, 0.5 }; // inicializace pole hodnotami
char str[] = "hallo"; // inicializace pole textovým literálem
char s[] = { 'h', 'a', 'l', 'l', 'o', '\0' }; //inicializace prvků
int m[3][3] = { { 1, 2, 3 }, { 4, 5, 6 }, { 7, 8, 9 } };
char cmd[][10] = { "start", "stop", "pause" };

```

Ukazatel (pointer)

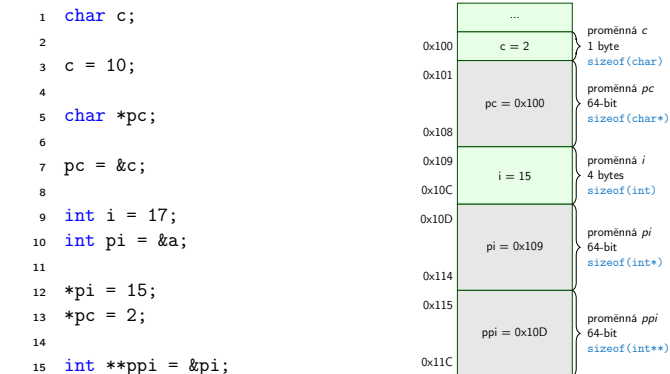
- Ukazatel (pointer) je proměnná jejíž **hodnota je adresa** paměti jiné proměnné
- Pointer *odkazuje* na jinou proměnnou
Odkazuje na oblast paměti, kde je uložena hodnota proměnné
- Ukazatel má typ proměnné, na kterou může ukazovat
Důležité pro ukazatelovou aritmetiku
 - Ukazatel na hodnoty (proměnné) základních typů: `char`, `int`, ...
 - „Ukazatel na pole“; ukazatel na funkci; [ukazatel na ukazatele](#)
- Ukazatel může být též bez typu (`void`)
 - Velikost proměnné nelze z vlastnosti ukazatele určit
 - Pak může obsahovat adresu libovolné proměnné
- Prázdná adresa ukazatele je definovaná hodnotou konstanty `NULL`
Textová konstanta (makro) preprocesoru definovaná jako „null pointer constant“
C99 – lze též použít „int“ hodnotu 0

C za běhu programu nekontroluje platnost adresy (hodnoty) ukazatele.

Ukazatele umožňují psát efektivní kódy, při neobezřetném používání mohou vést k chybám. Proto je důležité osvojit si princip nepřímého adresování a pochopit organizaci a přístup do paměti.

Ukazatele – Příklad vizualizace alokace přiřazení hodnot

- Ukazatele jsou proměnné, které uchovávají adresy jiných proměnných



Pro účely vizualizace začíná alokace proměnných na adrese 0x100. Automatické proměnné na zásobníku jsou však zpravidla alokovány od horní adresy k adresám nižším.

Pole variabilní délky

- C99 umožňuje definovat tzv. pole variabilní délky – délka pole je určena za běhu programu

V předchozích verzích bylo nutné znát délku při kompilaci.

- Délka pole tak může např. být argument funkce

```
void fce(int n)
{
    // int local_array[n] = { 1, 2 }; inicializace není dovolena
    int local_array[n]; // variable length array

    printf("sizeof(local_array) = %lu\n", sizeof(local_array));
    printf("length of array = %lu\n", sizeof(local_array) / sizeof(int));
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        local_array[i] = i * i;
    }
}

int main(int argc, char *argv[])
{
    fce(argc);
    return 0;
}

```

lec05/fce_var_array.c

- Pole variabilní délky však nelze v definici inicializovat

Referenční a dereferenční operátor

- Referenční operátor – `&`
 - Vrací adresu paměti, kde je uložena hodnota proměnné, před kterou je uveden **&proměnná**
- Dereferenční operátor – `*`
 - Vrací **l-hodnotu** (l-value) odpovídající hodnotě na adrese ukazatele ***proměnná typu ukazatel**
 - Umožňuje číst a zapisovat hodnotu na adrese dané obsahem ukazatele, např. ukazatel na hodnotu typu `int` (tj. `int *`)
`*p = 10;` // zápis hodnoty 10 na adresu uloženou v proměnné `p`
`int a = *p;` // čtení hodnoty z adresy uložené v `p`
 - Pro tisk hodnoty ukazatele (adresy) lze ve funkci `printf()` použít řídicí řetězec `“%p”`
`int a = 10;`
`int *p = &a;`

`printf("Value of a %i, address of a %p\n", a, &a);`
`printf("Value of p %p, address of p %p\n", p, &p);`

Value of a 10, address of a 0x7fffffff95c
Value of p 0x7fffffff95c, address of p 0x7fffffff950

Ukazatel (pointer) – příklady 2/2

```
printf("i: %d -- pi: %p\n", i, pi); // 10 0x7fffffff8fc
printf("&i: %p -- *pi: %d\n", &i, *pi); // 0x7fffffff8fc
10
printf("*(&i): %d -- &(*pi): %p\n", *(&i), &(*pi));
printf("i: %d -- *pj: %d\n", i, *pj); // 10 10
i = 20;
printf("i: %d -- *pj: %d\n", i, *pj); // 20 20

printf("sizeof(i): %lu\n", sizeof(i)); // 4
printf("sizeof(pi): %lu\n", sizeof(pi)); // 8

long l = (long)pi;
printf("0x%lx %p\n", l, pi); // print l as hex -- %lx */
// 0x7fffffff8fc 0x7fffffff8fc

l = 10;
pi = (int*)l; // possible but it is nonsense */
printf("l: 0x%lx %p\n", l, pi); // 0xa 0xa

```

lec05/pointers.c

Pole ve funkci a jako argument funkce

- Lokálně definované pole ve funkci má rozsah platnosti pouze v rámci funkce (bloku)
`void fce(int n)`
{
 `int array[n];` // počítání s array
 {
 `int array2[n*2];`
 } // po skončení bloku array2 automaticky zaniká
 // zde již není array2 přístupné
} // po skončení funkce, pole array automaticky zaniká
- Pole je automaticky vytvořeno a po skončení bloku (funkce) automaticky zaniká (paměť je uvolněna)
Více o paměťových třídách na 6. přednášce
- Lokální proměnné jsou ukládány na tzv. zásobník, který má zpravidla relativně malou velikost, proto pro velká pole může být vhodnější alokovat paměť dynamicky a použít **ukazatele**
- Pole může být argumentem funkce
`void fce(int array[]);`
hodnota je však předávána jako **ukazatel!**

Proměnné typu ukazatel (pointer) – příklady

```
int i = 10; /* i -- promenna typu int
            &i -- adresa promenne i */

int *pi; /* definice promenne typu pointer
          pi -- pointer na promenu typu int
          *pi -- promenna typu int */

pi = &i; /* do pi se ulozi adresa promenne i */

int b; /* promenna typu int */

b = *pi; /* do promenne b se ulozi obsah adresy
         ulozene v ukazeteli pi */

```

Ukazatele (pointery), proměnné a jejich hodnoty

- Proměnné jsou názvy adres, kde jsou uloženy hodnoty příslušného typu
- Kompilátor pracuje přímo s adresami
Přestože se v případě kompilace zpravidla jedná o adresy relativní.
- Ukazatel (pointer) je proměnná, ve které je uložena adresa. Na této adrese se pak nachází hodnota nějakého typu (např. `int`).
- Ukazatele realizují tzv. **nepřímé adresování** (**indirect addressing**)
- Dereferenční operátor `*` přistupuje na proměnnou adresovanou hodnotou ukazatele
- Operátor `&` vrací adresu, kde je uložena hodnota proměnné

Ukazatele (pointery) a kódovací styl

- Typ ukazatel se značí symbolem *
- * můžeme zapisovat u jména typu nebo jména proměnné
- Preferujeme zápis u proměnné, abychom předešli omylům
`char* a, b, c;` `char *a, *b, *c;`
Pointer je pouze a Všechny tři proměnné jsou ukazatele
- Zápis typu ukazatele na ukazatel `char **a;`
- Zápis pouze typu (bez proměnné): `char*` nebo `char**`
- Ukazatel na proměnnou prázdného typu zapisujeme jako
`void *ptr`
- Prokazatelně neplatná adresa má symbolické jméno `NULL`
Definovaná jako makro preprocesoru (C99 lze použít 0)
- Proměnné v C nejsou automaticky inicializovány a ukazatele tak mohou odkazovat na neplatnou paměť, proto může být vhodné explicitně inicializovat ukazatele na 0 nebo `NULL`. *Např. `int *i = NULL;`*

Funkce main a její tvary

- Základní tvar funkce `main`
`int main(int argc, char *argv[]) { ... }`
- Alternativně pak také
`int main(int argc, char **argv) { ... }`
- Argumenty funkce nejsou nutné
`int main(void) { ... }`
- Rozšířená funkce o nastavení proměnných prostředí
Pro Unix a MS Windows
`int main(int argc, char **argv, char **envp) { ... }`
*Přístup k proměnným prostředí funkcí `getenv()` z knihovny `<stdlib.h>`.
*lec05/main_env.c**
- Rozšířená funkce o specifické parametry Mac OS X
`int main(int argc, char **argv, char **envp, char **apple);`

Interakce programu s uživatelem

- Funkce `int main(int argc, char *argv[])`
 - Při spuštění programu lze předat parametry (textové řetězce)
 - Při ukončení programu lze předat návratovou hodnotu
Konvence 0 bez chyb, ostatní hodnoty chybový kód
 - Při běhu programu lze číst ze standardního vstupu a zapisovat na standardní výstup
Např. `scanf()` nebo `printf()`
 - Při spuštění programu lze vstup i výstup přeměřovat z/do souboru
Program tak nečeká na vstup uživatele (stisk klávesy „Enter“)
 - Každý program (terminálový) má standardní vstup (`stdin`) a výstup (`stdout`) a dále pak standardní chybový výstup (`stderr`), které lze v shellu přeměřovat
`./program <stdin.txt >stdout.txt 2>stderr.txt`
- Alternativou k `scanf()` a `printf()` lze využít `fscanf()` a `fprintf()`.
 - Funkce mají první argument soubor jinak, je syntax identická
 - Soubory `stdin`, `stdout` a `stderr` jsou definována v `<stdio.h>`

Funkce a předávání parametrů

- V C jsou **parametry funkce předávány hodnotou**
- Parametry jsou lokální proměnné funkce (alokované na zásobníku), které jsou inicializované na hodnotu předávanou funkcí
Více o volání funkci a paměti v 6. přednášce

```
void fce(int a, char *b)
{ /*
  a - je lokální proměna typu int (uložena na zásobníku)
  b - je lokální proměna typu ukazatel na proměnou
      typu char (hodnota je adresa a je také na zásobníku)
  */
}
```
- Lokální změna hodnoty proměnné neovlivňuje hodnotu proměnné vně funkce
- Při předání ukazatele, však máme přístup na adresu původní proměnné, kterou můžeme měnit
- Ukazatelem tak realizujeme volání odkazem**

Argumenty funkce main

- Základní tvar funkce `main`
`int main(int argc, char *argv[]) { ... }`
- `argc` – obsahuje počet argumentů programu
Včetně jména spouštěného programu
- `argv` – pole ukazatelů na hodnoty typu `char`
Typ „čteme“ zprava doleva
 - Pole `argv` má velikost (počet prvků) daný hodnotou `argc`
 - Každý prvek pole `argv[i]` obsahuje adresu, kde je uložen textový řetězec argumentu (tj. typ `char*`)
 - Textový řetězec (argument) je posloupnost znaků (typ `char`) zakončený znakem `'\0'`. *„null character“ – konec textového řetězce*
 - Alokace paměti pro uložení argumentů (textových řetězců) je provedena při spuštění programu
V případě programu pro OS zajišťuje zavaděč programu („loader“) a standardní knihovna C.

Příklad programu s výstupem na stdout a přeměřováním

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(int argc, char *argv[])
4 {
5     int ret = 0;
6
7     fprintf(stdout, "Program has been called as %s\n", argv[0]);
8     if (argc > 1) {
9         fprintf(stdout, "1st argument is %s\n", argv[1]);
10    } else {
11        fprintf(stdout, "1st argument is not given\n");
12        fprintf(stderr, "At least one argument must be given!\n");
13        ret = -1;
14    }
15    return ret;
16 }
```

lec05/demo-stdout.c

Příklad výstupu – `clang demo-stdout.c -o demo-stdout`

```
./demo-stdout; echo $?          ./demo-stdout 2>stderr
Program has been called as ./demo-stdout    Program has been called as ./demo-stdout
1st argument is not given          1st argument is not given
At least one argument must be given!      ./demo-stdout ARGUMENT 1>
255                                     stdout; echo $?
0
```

Funkce a předávání parametrů – příklad

- Proměnná `a` realizuje volání hodnotou
- Proměnná `b` realizuje volání odkazem

```
void fce(int a, char* b)
{
  a += 1;
  (*b)++;
}
int a = 10;
char b = 'A';
printf("Before call a: %d b: %c\n", a, b);
fce(a, &b);
printf("After call a: %d b: %c\n", a, b);
```
- Výstup
 Before call a: 10 b: A
 After call a: 10 b: B
lec05/function_call.c

Předávání parametrů programu

- Při spuštění programu můžeme předat parametry programu prostřednictvím argumentů

```
1 #include <stdio.h>
2
3 int main(int argc, char *argv[])
4 {
5     printf("Number of arguments %i\n", argc);
6     for (int i = 0; i < argc; ++i) {
7         printf("argv[%i] = %s\n", i, argv[i]);
8     }
9     return argc > 0 ? 0 : 1;
10 }
```

clang demo-arg.c -o arg
./arg one two three
Number of arguments 4
argv[0] = ./arg
argv[1] = one
argv[2] = two
argv[3] = three
lec05/demo-arg.c
- Voláním `return` ve funkci `main()` vracíme z programu návratovou hodnotu, se kterou můžeme dále pracovat
Např. v interpretu příkazů (shellu).
 - Návratová hodnota programu je uložena v proměnné `$?`, kterou lze vypsat příkazem `echo`
 - `>/dev/null` přsměruje standardní výstup do `/dev/null`

Pointery a pole

- Pointer ukazuje na vyhrazenou část paměti proměnné
Předpokládáme správné použití
- Pole je označení souvislého bloku paměti

```
int *p; //ukazatel (adresa) kde je uložena hodnota int
int a[10]; //souvislý blok paměti pro 10 int hodnot

sizeof(p); //pocet bytu pro ulozeni adresy (8 pro 64bit)
sizeof(a); //velikost alokovaneho pole je 10*sizeof(int)
```
- Obě proměnné odkazují na paměť, kompilátor s nimi však pracuje rozdílně
 - Proměnná typu pole je symbolické jméno pro místo v paměti, kde jsou uloženy hodnoty prvků pole
Kompilátor nahrazuje jméno přímo paměťovým místem
 - Ukazatel obsahuje adresu, na které je příslušná hodnota (nepřímé adresování)
- Při předávání pole jako parametru funkce je předáváno pole jako pointer (ukazatel)**
Viz kompilace souboru `main_env.c` překladačem `clang`

Příklad kompilace funkce s předáváním pole 1/2

- Argument funkce je pole

```
1 void fce(int array[])
2 {
3     int local_array[] = { 2, 4, 6 };
4     printf("sizeof(array) = %lu -- sizeof(local_array) = %lu\n",
5           sizeof(array), sizeof(local_array));
6     for (int i = 0; i < 3; ++i) {
7         printf("array[%i]=%i local_array[%i]=%i\n", i, array[i],
8               i, local_array[i]);
9     }
10    ...
11    int array[] = { 1, 2, 3 };
12    fce(array);
```

lec05/fce_array.c

- Po překladu (gcc -std=c99) na amd64

- sizeof(array) vrátí velikost 8 bajtů (64-bitová adresa)
- sizeof(local_array) vrátí velikost 12 bajtů (3x4 bajty – int)

- Pole se funkcím předává jako ukazatel na první prvek

Příklad kompilace funkce s předáváním pole 2/2

- Kompilátor clang (ve výchozím nastavení) upozorňuje na záměnu int* za int[]

```
clang fce_array.c
fce_array.c:7:16: warning: sizeof on array function parameter
will return size
of 'int *' instead of 'int []' [-Wsizeof-array-argument]
sizeof(array), sizeof(local_array));
^
fce_array.c:3:14: note: declared here
void fce(int array[])
^
1 warning generated.
```

lec05/fce_array.c

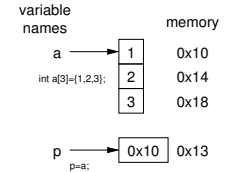
- Program lze zkompileovat, ale nelze se spoléhat na velikost sizeof

- Ukazatel nese informaci o velikosti alokované paměti!

Pole ano „hlídá za nás kompilátor“.

Ukazatele a pole

- Proměnná pole int a[3] = {1,2,3}; a odkazuje na adresu prvního prvku pole
- Proměnná ukazatel int *p = a; ukazatel p obsahuje adresu prvního prvku pole



- Hodnota a[0] přímo reprezentuje hodnotu na adrese 0x10.
- Hodnota p je adresa 0x10, kde je uložena hodnota 1. prvku pole.
- Přiřazení p = a je legitimní

Kompilátor zajistí přiřazení adresy prvního prvku do ukazatele.

- Přístup k 2. prvku lze použít jak a[1] tak p[1]
- Oběma přístupy se dostaneme na příslušné prvky pole, způsob je však odlišný — Ukazatele využívají tzv. pointerovou aritmetiku

<http://eli.thegreenplace.net/2009/10/21/are-pointers-and-arrays-equivalent-in-c>

Ukazatelová (pointerová) aritmetika

- S ukazately (pointery) lze provádět aritmetické operace + a -, tj. přičítat nebo odčítat celé čísla

- ukazatel = ukazatel stejného typu + (nebo -) a celé číslo (int)
- Nebo lze používat zkrácený zápis např. ukazatel += 1 a unární operátory např. ukazatel++

- Aritmetické operace jsou užitečné pokud ukazatel odkazuje na více položek daného typu (souvislý blok paměti)

- Např. pole položek příslušného typu
- Dynamicky alokovaný souvislý blok paměti

- Přičtením hodnoty celého čísla k pointeru „posouváme“ hodnotu pointeru na další prvek, např.

```
int a[10];
int *p = a;
```

```
int i = *(p+2); //odkazuje na hodnotu 3. prvku pole a
```

- Podle typu ukazatele se hodnota adresy příslušně zvýší
- (p+2) je ekvivalentní adrese p + 2*sizeof(int)
- Příklad použití viz lec05/pointers_and_array.c

Příklad ukazatele a pole

```
1 int a[] = { 1, 2, 3, 4 };
2 int b[] = { [3] = 10, [1] = 1, [2] = 5, [0] = 0 }; //initialization
3
4 // b = a; It is not possible to assign arrays
5 for (int i = 0; i < 4; ++i) {
6     printf("a[%i] = %3i b[%i] = %3i\n", i, a[i], i, b[i]);
7 }
8
9 int *p = a; //you can use *p = &a[0], but not *p = &a
10 a[2] = 99;
11
12 printf("\nPrint content of the array 'a' with pointer arithmetic\n");
13 for (int i = 0; i < 4; ++i) {
14     printf("a[%i] = %3i p+%i = %3i\n", i, a[i], i, *(p+i));
15 }
```

```
a[0] = 1 b[0] = 0
a[1] = 2 b[1] = 1
a[2] = 3 b[2] = 5
a[3] = 4 b[3] = 10
```

```
Print content of the array 'a' using pointer arithmetic
a[0] = 1 p+0 = 1
a[1] = 2 p+1 = 2
a[2] = 99 p+2 = 99
a[3] = 4 p+3 = 4
```

lec05/array_pointer.c

Příklad předání ukazatele na pole

- Předáním pole jako ukazatele nemáme informaci o počtu prvků
- Proto můžeme explicitně předat počet prvků v proměnné n

```
1 #include <stdio.h>
2
3 void fce(int n, int *array) // array je lokální proměnná
4 { // typu ukazatel, můžeme změnit obsah paměti proměnné
5     // definované v main()
6     int local_array[] = {2, 4, 6};
7     printf("sizeof(array) = %lu, n = %i -- sizeof(local_array) =
8           %lu\n",
9           sizeof(array), n, sizeof(local_array));
10    for (int i = 0; i < 3 && i < n; ++i) { //testujeme take n!
11        printf("array[%i]=%i local_array[%i]=%i\n", i, array[i],
12              i, local_array[i]);
13    }
14 }
15 int main(void)
16 {
17     int array[] = {1, 2, 3};
18     fce(array, sizeof(array)/sizeof(int)); // pocet prvku
19     return 0;
20 }
```

lec05/fce_pointer.c

- Přes ukazatel array v fce() máme přístup do pole z main()

Příklad předání pole včetně velikosti využitím VLA

- VLA (Variable Length Array) – délka pole určena za běhu programu
- Nezaměň to, že můžeme měnit velikost již jednou alokovaného pole, ale že velikost při alokaci může být určena za běhu programu, např. výpočtem, uživatelským vstupem atd.

- Při předání pole můžeme rovnou použít pro definici délky pole
- Pole je však stále předáváno jako ukazatel, získáváme tak především přehlednost kódu

```
1 void print_array(int n, int a[n])
2 {
3     printf("Size of the array a is %lu\n", sizeof(a));
4     for (int i = 0; i < n; ++i) {
5         printf("array[%i]=%i\n", i, a[i]);
6     }
7 }
8
9 int main(int argc, char *argv[])
10 {
11     int n = 10;
12     if (argc > 1 && sscanf(argv[1], "%d", &n) != 1) {
13         fprintf(stderr, "Warning: cannot parse number from argv[1]!\n");
14     }
15     printf("Size of the array is %lu\n", sizeof(array));
16     int array[n]; //vla array size depends on n
17     for (int i = 0; i < n; ++i) {
18         array[i] = 2*i;
19     }
20     print_array(n, array);
21     return 0;
22 }
```

lec05/fce_vla.c

Vícerozměrná pole

- Pole můžeme definovat jako vícerozměrná, např. 2D matice

```
int m[3][3] = {
    { 1, 2, 3 },
    { 4, 5, 6 },
    { 7, 8, 9 }
};

printf("Size of m: %lu == %lu\n", sizeof(m), 3*3*sizeof(int));

for (int r = 0; r < 3; ++r) {
    for (int c = 0; c < 3; ++c) {
        printf("%3i", m[r][c]);
    }
    printf("\n");
}
```

lec05/matrix.c

Vícerozměrná pole a vnitřní reprezentace

- Vícerozměrné pole je vždy souvislý blok paměti
- Např. int a[3][3]; reprezentuje alokovanou paměti o velikosti 9*sizeof(int), tj. zpravidla 36 bajtů. Operátor [] nám tak především zjednodušuje zápis programu.

```
int *pm = (int *)m; // ukazatel na souvislou oblast m
printf("m[0][0]=%i m[1][0]=%i\n", m[0][0], m[1][0]); // 1 4
printf("pm[0]=%i pm[3]=%i\n", m[0][0], m[1][0]); // 1 4
```

lec05/matrix.c

- Dvourozměrné pole lze také definovat jako ukazatel na ukazatele (pole ukazatelů) na hodnoty konkrétního typu, např.

- int **a; – ukazatel na ukazatele
- V obecném případě však takový ukazatel nemusí odkazovat na souvislou oblast, kde jsou alokovány jednotlivé prvky.
- Proto při přístupu jako do jednorozměrného pole int *b = (int *)a; nelze garantovat přístup do druhého řádku jako v přechozím příkladě.

Pole a vícerozměrná pole jako parametr funkce

- Parametr funkce je ukazatel na pole, např. typu `int`

```
int (*p)[3] = m; // pointer to array of int      Size of p: 8
                                                Size of *p: 12
printf("Size of p: %lu\n", sizeof(p));
printf("Size of *p: %lu\n", sizeof(*p)); // 3 * sizeof(int) = 12
```

- Funkci nelze deklarovat s argumentem typu `int a[]` např.

```
int fce(int a[]);
```

neboť kompilátor nemůže určit adresu pro přístup na `a[i][j]`, neboť se používá adresová aritmetika odpovídající 2D poli

Pro `int m[row][col]` totiž `m[i][j]` odpovídá hodnotě na adrese `*(m + col * i + j)`

- Je však možné funkci deklarovat například jako

- `int g(int a[])`; což odpovídá deklaraci `int g(int *a)`;
- `int fce(int a[][13])`; – je znám počet sloupců
- nebo `int fce(int a[3][3])`;

Textový řetězec

- Textový řetězec můžeme inicializovat jako pole znaků, tj. `char[]`

```
char str[] = "123";          Size of str 4
char s[] = {'5', '6', '7'};  Size of s 3
                             str '123'
                             s '567123'
printf("Size of str %lu\n", sizeof(str));
printf("Size of s %lu\n", sizeof(s));
printf("str '%s'\n", str);
printf(" s '%s'\n", s);      lec05/array_str.c
```

- Pokud není řetězec zakončen znakem `'\0'`, jako v případě proměnné `char s[]`, pokračuje výpis řetězce až do nejbližšího znaku `'\0'`

- Na textový řetězec lze odkazovat ukazatelem na znak `char*`

```
char *sp = "ABC";
printf("Size of ps %lu\n", sizeof(sp));      Size of ps 8
printf(" ps '%s'\n", sp);                    ps 'ABC'
```

- Velikost ukazatele je 8 bytů (pro 64-bit OS)
- Textový řetězec musí být zakončen znakem `'\0'`

Alternativně lze řešit vlastní implementací s explicitním uložením délky řetězce

Práce s textovými řetězci

- V C jsou řetězce pole znaků zakončené znakem `'\0'`

- Základní operace jsou definovány v knihovně `<string.h>`, například pro kopírování nebo porovnání řetězců

- `char* strcpy(char *dst, char *src)`;
- `int strcmp(const char *s1, const char *s2)`;
- Funkce předpokládají dostatečný rozsah alokovaných polí
- Funkce s explicitním limitem na maximální délku řetězcu: `char* strncpy(char *dst, char *src, size_t len)`; `int strncmp(const char *s1, const char *s2, size_t len)`;

- Převod řetězce na číslo – `<stdlib.h>`

- `atoi()`, `atof()` – převod celého a necelého čísla
- `long strtol(const char *nptr, char **endptr, int base)`;
- `double strtod(const char *nptr, char **restrict endptr)`;
- Funkce `atoi()` a `atof()` jsou „obsolete“, ale mohou být rychlejší
- Alternativně také např. `sscanf()`

Více viz `man strcpy, strcmp, strtol, strtod, sscanf`

Inicializace pole

- Při definici můžeme hodnoty prvků pole inicializovat postupně nebo indexovaně

2D pole jsou inicializována po řádcích

- Při částečné inicializaci jsou ostatní prvky nastaveny na 0

```
#define ROWS 3
#define COLS 3
void print(int rows, int cols, int m[rows][cols])
{
    for (int r = 0; r < rows; ++r) {
        for (int c = 0; c < cols; ++c) {
            printf("%4i", m[r][c]);
        }
        printf("\n");
    }
}

int m0[ROWS][COLS];
int m1[ROWS][COLS] = { 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 };
int m2[ROWS][COLS] = { 1, 2, 3 };
int m3[ROWS][COLS] =
{ [0][0] = 1, [1][1] = 2, [2][2] = 3 };

print(ROWS, COLS, m0);
print(ROWS, COLS, m1);
print(ROWS, COLS, m2);
print(ROWS, COLS, m3);

lec05/array-inits.c
```

Načítání textových řetězců

- Správnost alokace vstupních argumentů je zajištěna při spuštění

```
int main(int argc, char *argv[])
```

- Načtení textového řetězce funkcí `scanf()`

- Použitím `%s` může dojít k přepsu paměti

```
char str0[4] = "PRP"; // +1 \0
char str1[5]; // +1 for \0
printf("String str0 = '%s'\n", str0);
printf("Enter 4 chars: ");
scanf("%s", str1);
printf("You entered string '%s'\n", str1);
printf("String str0 = '%s'\n", str0);

lec05/str_scanf-bad.c
```

Příklad výstupu programu:

```
String str0 = 'PRP'
Enter 4 chars: 1234567
You entered string '1234567'
```

- Načtení maximálně 4 znaků zajistíme řídicím řetězcem `"%4s"`

```
char str0[4] = "PRP";
char str1[5];
scanf("%4s", str1);
printf("You entered string '%s'\n", str1);
printf("String str0 = '%s'\n", str0);

lec05/str_scanf-limit.c
```

Příklad výstupu programu:

```
String str0 = 'PRP'
Enter 4 chars: 1234567
You entered string '1234'
String str0 = 'PRP'
```

Řetězcové literály

- Formát – posloupnost znaků a řídicích znaků (escape sequences) uzavřená v uvozovkách

"Řetězcová konstanta s koncem řádku\n"

- Řetězcové konstanty oddělené oddělovači (white spaces) se sloučí do jediné, např.

"Řetězcová konstanta " " s koncem řádku\n"

se sloučí do

"Řetězcová konstanta s koncem řádku\n"

- Typ

- Řetězcová konstanta je uložena v poli typu `char` a zakončená znakem `'\0'`

Např. řetězcová konstanta `"word"` je uložena jako

```
'w', 'o', 'r', 'd', '\0'
```

Pole tak musí být vždy o 1 položku delší než je vlastní text!

Zjištění délky textového řetězce

- Textový řetězec v C je pole (`char[]`) nebo ukazatel (`char*`) odkazující na část paměti, kde je uložena příslušná posloupnost znaků.

- Textový řetězec je zakončen znakem `'\0'`

- Délku textového řetězce lze zjistit sekvenčním procházením znak po znaku až k `'\0'`

```
int getLength(char *str)
{
    int ret = 0;
    while (str && (*str++) != '\0') {
        ret += 1;
    }
    return ret;
}

for (int i = 0; i < argc; ++i) {
    printf("argv[%i]: getLength = %i -- strlen = %lu\n",
        i, getLength(argv[i]), strlen(argv[i]));
}

lec05/string_length.c
```

- Funkce pro práci s řetězci jsou ve standardní knihovně `<string.h>`

- Délka řetězce – `strlen()`

- Dotaz na délku řetězce má lineární složitost $O(n)$.

Nebo jen `while (*str++) ret ++;`

Část II

Část 2 – Zadání 4. domácího úkolu (HW04)

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Jednorozměrná a vícerozměrná pole a jejich inicializace
- Ukazatel
- Textový řetězec
- Rozdíl mezi polem a ukazatelem
- Předávání polí funkcím
- Vstup a výstup programu - argumenty programy a návratová hodnota

- **Příště: Ukazatele, paměťové třídy a volání funkcí**