

Jazyk C – Část II

Jan Faigl

Katedra počítačů
Fakulta elektrotechnická
České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 9

A0B36PR2 – Programování 2

Část 1 – Příklad – Pracujeme s ukazateli

Příklad práce s ukazateli

Část 2 – Jazyk C - struktury a uniony

Typy

Struktury

Proměnné se sdílenou pamětí

Standardní knihovny

Část 3 – Jazyk C - základní knihovny, dynamická alokace paměti, soubory

Dynamická alokace paměti

Práce se soubory

Práce s textovými řetězci

Zpracování chyb

Matematické funkce

Část I

Část 1 – Příklad – Pracujeme s ukazateli

Pravidla

1. - - - - → - * -
2. * - - - → - - - -
3. - * - - → - - * -
4. * * - - → - * - -
5. - - * - → - - - -
6. * - * - → - * - -
7. - * * - → - - * -
8. * * * - → - * * -

lec09/lec09-demo.c

Zadání

- Implementuje program, který bude simulovat jednoduchý 1D binární celulární automat
- Automat je reprezentovaný řádkem o `SIZE` znacích
- Každá buňka nabývá hodnoty `'-'` nebo `'*'`
- Hodnota buňky v dalším stavu je určena na základě 1 okolí buňky a definovanými pravidly
- Uvažujte řádek „uzavřený“ do kruhu, tj.
 - Předchozí buňka první buňky je buňka poslední
 - Následující buňka poslední buňky je buňka první

lec09/lec09-demo.c

Definice pravidel v programu

```

char *rules_definition[] = { "-*-", "---", "--*", "-*-", "
  ---", "-*-", "--*", "-**" };
void generate_patterns(char *patterns, int n, int s) {
    char *cur = patterns;
    int v[s], b[s], wb[s];
    for(int i = 0; i < s; ++i) {
        v[i] = 1<<i; b[i] = 0; wb[i] = 1;
    }
    for(int i = 0; i < n; ++i) {
        for(int j = 0; j < s-1; ++j) {
            *(cur++) = b[j] ? ACTIVE : EMPTY;
            if (wb[j] >= 0 && (wb[j] % v[j]) == 0) {
                b[j] = !b[j];
            }
            wb[j]++;
        }
        *(cur++) = '\0';
    }
}

char patterns[8*4];
generate_patterns(patterns, 8, 4);

```

lec09/lec09-demo.c

Pomocné funkce

```
#define SIZE 100
#define ACTIVE '*'
#define EMPTY '-'

void random_line(char *line, int size) {
    for(int i = 0; i < size; ++i) {
        line[i] = (random() % 50 < 25) ? ACTIVE : EMPTY;
    }
}

void print_line(char *line, int size) {
    for(int i = 0; i < size; ++i) {
        putchar(*(line++));
    }
    putchar('\n');
}

void swap(char **s1, char **s2) {
    char *s = *s1;
    *s1 = *s2;
    *s2 = s;
}
```

lec09/lec09-demo.c

Nalezení pravidla

```
int find_pattern(char *start, char *patterns, int
patterns_size) {
    int pattern_idx = -1;
    for(int i = 0; i < patterns_size; ++i) {
        int ok = 1;
        char *cur_pattern = patterns + i * 4; /
        char *c = start;
        while(*cur_pattern != '\0') {
            if (*cur_pattern != *c) {
                ok = 0;
                break;
            }
            cur_pattern++;
            c++;
        }
        if (ok) {
            pattern_idx = i;
            break;
        }
    }
    return pattern_idx;
}
```

lec09/lec09-demo.c

Změna stavu

```
void evolve_line(char *src, char *dst, int line_size, char *
patterns, char *rules, int rule_size) {

    /* replicate last character to prev of the 1st one */
    *src = *(src + line_size);

    /* replicate 1st character as the next of the last one */
    *(src + line_size + 1) = *(src + 1);
    for(int i = 0; i < line_size; ++i) {
        int r = find_pattern(src++, patterns, rule_size);
        if (r != -1) {
            *(++dst) = *(rules + r * 4 + 1);
        } else {
            fprintf(stderr, "Pattern does not match!\n");
        }
    }
}
```

lec09/lec09-demo.c

Inicializace pravidel a výpisy

- Velikost pole `rules_definition` je větší než $8 * 4$

Viz dále

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    printf("rules size %lu\n", sizeof(rules_definition));
    char *cu = rules_definition[0];
    for(int i = 0; i < 8; ++i) {
        char c = *(cu++);
        printf("rul def[%d] - %s\n", i, rules_definition[i]);
    }
    char rules[8*4]; /* because of padding */
    char *rules_p = rules;
    for(int i = 0; i < 8; ++i) {
        for(int j = 0; j < 4; ++j) {
            *(rules_p++) = rules_definition[i][j];
        }
    }
    for(int i = 0; i < 8; ++i) {
        printf("rule[%d] - %s\n", i, rules + i * 4);
    }
}
```

lec09/lec09-demo.c

Inicializace vzorů

- Vzory (levé strany pravidel) vygenerujeme

```
/* +2 for prev and next of the first and last character */
char lines[2][SIZE + 2];
for(int i = 0; i < 2; ++i) {
    lines[i][SIZE + 1] = '\0'; /* null termination for print */
}
random_line(lines[0] + 1, SIZE); /* +1 -- 1st is for prev */
printf("Random line '%s'\n", lines[0]+1);
print_line(lines[0]+1, SIZE);
putchar('\n');

char patterns[8*4];
generate_patterns(patterns, 8, 4);
char *cur = patterns;
for(int i = 0; i < 8; ++i) {
    printf("Patterns[%d] = '%s'\n", i, cur);
    cur += 4;
}
```

lec09/lec09-demo.c

Část II

Část 2 – Jazyk C - struktury a uniony

Alternace řádků lines [] []

```
char *lines1 = lines[0];
char *lines2 = lines[1];

printf("Evolve lines\n");
while(1) {
    print_line(lines1 + 1, SIZE);
    evolve_line(lines1, lines2, SIZE, patterns, rules, 8);
    print_line(lines2 + 1, SIZE);
    swap(&lines1, &lines2);
}
```

lec09/lec09-demo.c

Modifikátor typu const

- Uvedením klíčového slova **const** můžeme označit proměnnou jako konstantu

Překladač kontroluje přiřazení

- Můžeme použít pro definici konstant, např.


```
const float pi = 3.14159265;
```
- Na rozdíl od symbolické konstanty


```
#define PI 3.14159265
```
- mají konstantní proměnné typ a překladač tak může provádět **typovou kontrolu**

Ukazatele na konstantní proměnné a konstantní ukazatele

- Klíčové slovo `const` můžeme zapsat před jméno typu nebo před jméno proměnné
- Dostáváme 3 možnosti jak definovat ukazatel s `const`
 - (a) `const int *ptr;` – ukazatel na konstantní proměnnou
 - Nemůžeme použít pointer pro změnu hodnoty proměnné
 - (b) `int* const ptr;` – konstantní ukazatel
 - Pointer nemůžeme nastavit na jinou adresu než tu při inicializaci
 - (c) `const int* const ptr;` – konstantní ukazatel na konstantní hodnotu
 - Kombinuje předchozí dva případy

`lec09/const_pointers.c`

Příklad – Konstantní ukazatel

- Hodnotu konstantního ukazatele nelze po inicializaci měnit
- Zápis `int *const ptr;` můžeme číst zprava doleva
 - `ptr` – proměnná, která je
 - `*const` – konstantním ukazatelem
 - `int` – na proměnnou typu `int`

```

1 int v = 10;
2 int v2 = 20;
3 int *const ptr = &v;
4 printf("v: %d *ptr: %d\n", v, *ptr);
5
6 *ptr = 11; /* We can modify addressed value */
7 printf("v: %d\n", v);
8
9 ptr = &v2; /* THIS IS NOT ALLOWED! */

```

`lec09/const_pointers.c`

Příklad – Ukazatel na konstantní proměnnou

- Prostřednictvím ukazatele na konstantní proměnnou tuto proměnnou měnit nemůžeme

```

1 int v = 10;
2 int v2 = 20;
3
4 const int *ptr = &v;
5 printf("*ptr: %d\n", *ptr);
6
7 *ptr = 11; /* THIS IS NOT ALLOWED! */
8
9 v = 11; /* We can modify the original variable */
10 printf("*ptr: %d\n", *ptr);
11
12 ptr = &v2; /* We can assign new address to ptr */
13 printf("*ptr: %d\n", *ptr);

```

`lec09/const_pointers.c`

Příklad – Konstantní ukazatel na konstantní proměnnou

- Hodnotu konstantního ukazatele na konstantní proměnnou nelze po inicializaci měnit a ani nelze prostřednictvím takového ukazatele měnit hodnotu adresované proměnné
- Zápis `const int *const ptr;` můžeme číst zprava doleva
 - `ptr` – proměnná, která je
 - `*const` – konstantním ukazatelem
 - `const int` – na proměnnou typu `const int`

```

1 int v = 10;
2 int v2 = 20;
3 const int *const ptr = &v;
4
5 printf("v: %d *ptr: %d\n", v, *ptr);
6
7 ptr = &v2; /* THIS IS NOT ALLOWED! */
8 *ptr = 11; /* THIS IS NOT ALLOWED! */

```

`lec09/const_pointers.c`

Ukazatel na funkci

- Implementace funkce je umístěna někde v paměti a podobně jako na proměnnou v paměti může ukazatel odkazovat na paměťové místo s definicí funkce
- Můžeme definovat **ukazatel na funkci** a dynamicky volat funkci dle aktuální hodnoty ukazatele
- Součástí volání funkce jsou předávané parametry, které jsou též součástí typu ukazatele na funkci
- Funkce (a volání funkce) je identifikátor funkce a `()`, tj.
`typ_návratové_hodnoty funkce(parametry funkce);`
- Ukazatel na funkci definujeme jako

```
typ_návratové_hodnoty (*ukazatel)(parametry funkce);
```

Příklad – Ukazatel na funkci 2/2

- V případě funkce vracující ukazatel postupujeme identicky

```
1 double* compute(int v);
2
3 double* (*function_p)(int v);
4     ~~~~~----- substitute a function name
5
6 function_p = compute;
```

- Příklad použití ukazatele na funkci – [lec09/pointer_fnc.c](#)
- Ukazatele na funkce umožňují realizovat dynamickou vazbu volání funkce identifikované za běhu programu

V objektově orientovaném programování je dynamická vazba klíčem k realizaci polymorfismu.

Příklad – Ukazatel na funkci 1/2

- Používáme dereferenční operátor `*` podobně jako u proměnných

```
1 double do_nothing(int v); /* function prototype */
2
3 double (*function_p)(int v); /* pointer to function */
4
5 function_p = do_nothing; /* assign the pointer */
6
7 (*function_p)(10); /* call the function */
```

- Závorky `(*function_p)` „pomáhají“ číst definici ukazatele
Můžeme si představit, že závorky reprezentují jméno funkce. Definice proměnné ukazatel na funkci se tak v zásadě neliší od prototypu funkce.
- Podobně je volání funkce přes ukazatel na funkci identické běžnému volání funkce, kde místo jména funkce vystupuje v závorce jméno ukazatele na funkci

Definice typu – typedef

- Operátor `typedef` umožňuje definovat nový datový typ
- Slouží k pojmenování typů, např. ukazatele, struktury a uniony
- Například typ pro ukazatele na `double` a nové jméno pro `int`:

```
1 typedef double* double_p;
2 typedef int integer;
3 double_p x, y;
4 integer i, j;
```

- je totožné s použitím původních typů

```
1 double *x, *y;
2 int i, j;
```

- Zavedením typů operátorem `typedef`, např. v hlavičkovém souboru, umožňuje systematické používání nových jmen typů v celém programu
Viz např. [inttypes.h](#)

- Výhoda zavedení nových typů je především u složitějších typů jako jsou ukazatele na funkce nebo struktury

Struktura – struct

- Struktura je konečná množina prvků (proměnných), které nemusí být stejného typu
- Skladba struktury je definovaná uživatelem jako nový typ sestavený z již definovaných typů
- K prvkům struktury **přístupujeme tečkovou notací**
- K prvkům můžeme přistupovat přes ukazatel operátorem `->`
- Pro struktury stejného typu je definována operace přiřazení

```
struct1 = struct2;
```

Pro proměnné typu pole není přímé přiřazení definováno, pouze po prvcích.
- Struktury (jako celek) **nelze** porovnávat relačním operátorem `==`
- Struktura může být funkci předávána hodnotou i odkazem
- Struktura může být návratovou hodnotou funkce

Příklad struct – Inicializace

- Struktury:

| | |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <pre>struct record { int number; double value; };</pre> | <pre>typedef struct { int n; double v; } item;</pre> |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
- Proměnné typu struktura můžeme inicializovat prvek po prvku


```
struct record r;
r.value = 21.4;
r.number = 7;
```
- nebo podobně jako pole lze inicializovat přímo


```
item i = { 1, 2.3 };
```

lec09/struct.c

Příklad struct – Definice

- Bez zavedení nového typu (`typedef`) je nutné před identifikátor jména struktury uvádět klíčové slovo `struct`

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <pre>struct record { int number; double value; }; record r; /* THIS IS NOT ALLOWED!*/ /* Type record is not known */ struct record r; /* Keyword struct is required */ item i; /* type item defined using typedef */</pre> | <pre>typedef struct { int n; double v; } item;</pre> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|

- Zavedením nového typu `typedef` můžeme používat typ struktury již bez uvádění klíčového slova `struct`

lec09/struct.c

Příklad struct jako parametr funkce

- Struktury můžeme předávat jako parametry funkcí hodnotou


```
void print_record(struct record rec) {
    printf("record: number(%d), value(%lf)\n",
        rec.number, rec.value);
}
```
- Nebo odkazem


```
void print_item(item *v) {
    printf("item: n(%d), v(%lf)\n", v->n, v->v);
}
```
- Při předávání parametru
 - **hodnotou** se vytváří nová proměnná a původní obsah předávané struktury se kopíruje na zásobník
 - **odkazem** se kopíruje pouze hodnota ukazatele (adresa) a pracujeme s původní strukturou

lec09/struct.c

Příklad struct – Přřazení

- Hodnoty proměnné stejného typu struktury můžeme přiřadit operátorem =

```

struct record {
    int number;
    double value;
};

typedef struct {
    int n;
    double v;
} item;

struct record rec1 = { 10, 7.12 };
struct record rec2 = { 5, 13.1 };
item i;
print_record(rec1); /* number(10), value(7.120000) */
print_record(rec2); /* number(5), value(13.100000) */
rec1 = rec2;
i = rec1; /* THIS IS NOT ALLOWED! */
print_record(rec1); /* number(5), value(13.100000) */

```

lec09/struct.c

Struktura struct a velikost

- Vnitřní reprezentace struktury nutně nemusí odpovídat součtu velikostí jednotlivých prvků

```

struct record {
    int number;
    double value;
};

typedef struct {
    int n;
    double v;
} item;

printf("Size of int: %ld size of double: %ld\n", sizeof
(int), sizeof(double));
printf("Size of record: %ld\n", sizeof(struct record));
printf("Size of item: %ld\n", sizeof(item));

Size of int: 4 size of double: 8
Size of record: 16
Size of item: 16

```

lec09/struct.c

Příklad struct – Přímá kopie paměti

- Jsou-li dvě struktury stejně veliké, můžeme přímo kopírovat obsah příslušné paměťové oblasti

Například funkcí memcopy() z knihovny string.h

```

struct record r = { 7, 21.4};
item i = { 1, 2.3 };
print_record(r); /* number(7), value(21.400000) */
print_item(&i); /* n(1), v(2.300000) */
if (sizeof(i) == sizeof(r)) {
    printf("i and r are of the same size\n");
    memcopy(&i, &r, sizeof(i));
    print_item(&i); /* n(7), v(21.400000) */
}

V tomto případě je interpretace hodnot v obou strukturách
identická, obecně tomu však být nemusí

```

lec09/struct.c

Struktura struct a velikost 1/2

- Při kompilaci zpravidla dochází k zarovnání prvků na velikost slova příslušné architektury
Např. 8 bytů v případě 64-bitové architektury.
- Můžeme explicitně předepsat kompaktní paměťovou reprezentaci, např. direktivou `__attribute__((packed))` pro překladače `clang` a `gcc`

```

struct record_packed {
    int n;
    double v;
} __attribute__((packed));

```

lec09/struct.c

Struktura struct a velikost 2/2

- Nebo

```
typedef struct __attribute__((packed)) {
    int n;
    double v;
} item_packed;
```

- Příklad výstupu:

```
printf("Size of int: %ld size of double: %ld\n", sizeof(int),
      sizeof(double));
printf("record_packed: %ld\n", sizeof(struct record_packed));
printf("item_packed: %ld\n", sizeof(item_packed));
```

```
Size of int: 4 size of double: 8
Size of record_packed: 12
Size of item_packed: 12
```

lec09/struct.c

- Zarovnání zpravidla přináší rychlejší přístup do paměti, ale zvyšuje paměťové nároky

<http://www.catb.org/esr/structure-packing>

Příklad union 1/2

- Union složený z proměnných typu: `char`, `int` a `double`

```
1 int main(int argc, char *argv[]) {
2     union Numbers {
3         char c;
4         int i;
5         double d;
6     };
7     printf("size of char %ld\n", sizeof(char));
8     printf("size of int %ld\n", sizeof(int));
9     printf("size of double %ld\n", sizeof(double));
10    printf("size of Numbers %ld\n", sizeof(union Numbers));
11
12    union Numbers numbers;
13
14    printf("Numbers c: %d i: %d d: %lf\n", numbers.c,
          numbers.i, numbers.d);
```

- Příklad výstupu:

```
size of char 1
size of int 4
size of double 8
size of Numbers 8
Numbers c: 48 i: 740313136 d: 0.000000
```

lec09/union.c

Proměnné se sdílenou pamětí – union

- **Union** je množina prvků (proměnných), které nemusí být stejného typu

- Prvky unionu sdílejí společně stejná paměťová místa

Překrývají se

- Velikost unionu je dána velikostí největšího z jeho prvků

- Skladba unionu je definována uživatelem jako nový typ sestavený z již definovaných typů

- K prvkům unionu se přistupuje tečkovou notací

- Pokud nedefinujeme nový typ je nutné k identifikátoru proměnné unionu uvádět klíčové slovo `union`

```
1 union Nums {
2     char c;
3     int i;
4 };
5 Nums nums; /* THIS IS NOT ALLOWED! Type Nums is not known! */
6 union Nums nums;
```

Příklad union 2/2

- Proměnné sdílejí paměťový prostor

```
1 numbers.c = 'a';
2 printf("\nSet the numbers.c to 'a'\n");
3 printf("Numbers c: %d i: %d d: %lf\n", numbers.c, numbers.i,
4       numbers.d);
5 numbers.i = 5;
6 printf("\nSet the numbers.i to 5\n");
7 printf("Numbers c: %d i: %d d: %lf\n", numbers.c, numbers.i,
8       numbers.d);
9 numbers.d = 3.14;
10 printf("\nSet the numbers.d to 3.14\n");
11 printf("Numbers c: %d i: %d d: %lf\n", numbers.c, numbers.i,
12       numbers.d);
```

- Příklad výstupu:

```
Set the numbers.c to 'a'
Numbers c: 97 i: 1374389601 d: 3.140000

Set the numbers.i to 5
Numbers c: 5 i: 5 d: 3.139999

Set the numbers.d to 3.14
Numbers c: 31 i: 1374389535 d: 3.140000
```

lec09/union.c

Standardní knihovny

- Jazyk C sám osobě neobsahuje prostředky pro vstup/výstup dat, složitější matematické operace ani:
 - práci z textovými řetězci
 - správu paměti pro dynamické přidělování
 - vyhodnocení běhových chyb (run-time errors)
- Tyto a další funkce jsou obsaženy ve standardních knihovnách, které jsou součástí překladače jazyka C
 - [Knihovny](#) – přeložený kód se připojuje k programu, např. `libc.so`
 - [Hlavičkové soubory](#) – obsahují prototypy funkcí, definici typů, marka a konstanty a vkládají se do zdrojových souborů příkazem preprocesoru `#include <jmeno_knihovny.h>`

Např. `#include<stdio.h>`

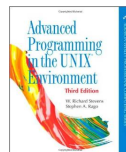
Standardní knihovny (POSIX)

Komunikace s operačním systémem (OS)

- [stdlib.h](#) – Funkce využívají prostředků OS
- [signal.h](#) – Asynchronní události, vlákna
- [unistd.h](#) – Procesy, čtení/zápis souborů, ...
- [pthread.h](#) – Vlákna (POSIX Threads)
- [threads.h](#) – Standardní knihovna pro práci s vlákny (C11)



Advanced Programming in the UNIX Environment, 3rd edition, *W. Richard Stevens, Stephen A. Rago* Addison-Wesley, 2013, ISBN 978-0-321-63773-4



Standardní knihovny

- [stdio.h](#) – Vstup a výstup (formátovaný i neformátovaný)
- [stdlib.h](#) – Matematické funkce, alokace paměti, převod řetězců na čísla, řazení (`qsort`), vyhledávání (`bsearch`), generování náhodných čísel (`rand`)
- [limits.h](#) – Rozsahy číselných typů
- [math.h](#) – Matematické funkce
- [errno.h](#) – Definice chybových hodnot
- [assert.h](#) – Zpracování běhových chyb
- [ctype.h](#) – Klasifikace znaků (`char`)
- [string.h](#) – Řetězce, blokové přenosy dat v paměti (`memcpy`)
- [locale.h](#) – Internacionalizace
- [time.h](#) – Datum a čas

Část III

Část 3 – Jazyk C - základní knihovny, dynamická alokace paměti, soubory

Dynamická alokace paměti

- `void* malloc(size);` – přidělení bloku paměti z haldy (heap)

- Velikost alokované paměti je uložena ve správci paměti
- **Není však součástí ukazatele**
- Je plně na uživateli (programátorovi), jak bude s pamětí zacházet

- Příklad alokace pole 10 proměnných typu `int`

```
1 int *int_array;
2 int_array = (int*)malloc(10 * sizeof(int));
```

- Práce s polem je identická jako se statickým polem

- Používáme pointerovou aritmetiku

Pro statické pole používáme `int_array[i]`

- `void* free(pointer);` – Uvolnění paměti zpět do haldy

- Správce paměti uvolní paměť asociovanou k ukazateli
- Hodnotu ukazatele však nemění

Příklad alokace dynamické paměti 2/3

- Pro vyplnění hodnot pole alokovaného dynamicky nám postačuje předávat hodnotu adresy paměti pole

```
1 void fill_array(int* array, int size) {
2     for(int i = 0; i < size; ++i) {
3         *(array++) = random();
4     }
5 }
```

- Po uvolnění paměti odkazuje ukazatel stále na původní adresu, proto můžeme explicitně nulovat

```
1 void deallocate_memory(void **ptr) {
2     if (ptr != NULL && *ptr != NULL) {
3         free(*ptr);
4         *ptr = NULL;
5     }
6 }
```

`lec09/malloc_demo.c`

Příklad alokace dynamické paměti 1/3

- Alokace se nemusí nutně povést
- Pro vyplnění adresy alokované paměti předáváme proměnnou ukazatele odkazem

```
1 #include <stdlib.h>
2 #include <stdio.h>
3
4 void* allocate_memory(int size, void **ptr) {
5     *ptr = malloc(size);
6     if (*ptr == NULL) {
7         fprintf(stderr, "Error: allocation fail");
8         exit(-1); /* exit program if allocation fail */
9     }
10    return *ptr;
11 }
```

`lec09/malloc_demo.c`

Příklad alokace dynamické paměti 3/3

- Příklad použití

```
1 int main(int argc, char *argv[]) {
2     int *int_array;
3     const int size = 4;
4
5     allocate_memory(sizeof(int) * size, (void**)&
6     int_array);
7     fill_array(int_array, size);
8     int *cur = int_array;
9     for(int i = 0; i < size; ++i, cur++) {
10        printf("Array[%d]=%d\n", i, *cur);
11    }
12    deallocate_memory((void**)&int_array);
13    return 0;
14 }
```

`lec09/malloc_demo.c`

Základní práce se soubory – otevření souboru

- Knihovna `stdio.h`
- Přístup k souboru `FILE *f`;
- Otevření souboru


```
FILE *fopen(char *filename, char *mode);
```
- Práce s binárními i textovými soubory
- Soubory jsou čteny/zapisovány sekvenčně
 - Se soubory se pracuje jako s proudem dat
 - Aktuální „pozici“ v souboru si můžeme představit jako kurzor
 - Při otevření souboru se kurzor nastavuje na začátek souboru
- Režim práce se souborem je dán hodnotou proměnné `mode`
 - `"r"` – režim čtení,
 - `"w"` – režim zápisu

Vytvoří soubor, pokud neexistuje, jinak smaže obsah souboru
 - `"a"` – režim přidávání do souboru

Kurzor je nastaven na konec souboru.
- Můžeme otevřít s příznakem `+`, např. `"+r"` pro otevření souboru pro čtení i zápis

viz [man fopen](#)

Příklad – čtení souboru znak po znaku

- Čtení znaku: `int getc(FILE *file)`;
- Hodnota znaku (`unsigned char`) je vrácena jako `int`

```
1 int count = 0;
2 while ((c = getc(f)) != EOF) {
3     printf("Read character %d is '%c'\n", count,
4         c);
5     count++;
}
```

`lec09/read_file.c`
- Pokud nastane chyba nebo konec souboru vrací funkce `getc` hodnotu `EOF`
- Pro rozlišení chyby a konce souboru lze využít funkce `feof()` a `ferror()`

Testování – otevření/zavření souboru

- Testování otevření souboru


```
1 char * fname = "file.txt";
2
3 if ((f = fopen(fname, "r")) == NULL) {
4     fprintf(stderr, "Error: open file '%s'\n",
5         fname);
6 }
7
```
- Zavření souboru – `int fclose(FILE *file)`;


```
1 if (fclose(f) == EOF) {
2     fprintf(stderr, "Error: close file '%s'\n",
3         fname);
4 }
```
- Dosažení konce souboru – `int feof(FILE *file)`;

Formátované čtení ze souboru

- `int fscanf(FILE *file, const char *format, ...)`;
- Analogie formátovanému výstupu – hodnoty jsou předávány odkazem
- Vrací počet přečtených položek, například pro vstup


```
record 1 13.4
```
- Příkaz: `int r = fscanf(f, "%s %d %lf\n", str, &i, &d)`;
- Bude hodnota proměnné


```
r == 3
```
- Při čtení textového řetězce je nutné zajistit dostatečný paměťový prostor pro načítaný textový řetězec, např. omezením velikosti řetězce


```
char str[10];
int r = fscanf(f, "%9s %d %lf\n", str, &i, &d);
```

`lec09/file_scanf.c`

Zápis do souboru

- Po znaku – `int putc(int c, FILE *file);`
- Formátovaný výstup

```
int fprintf(FILE *file, const *format, ...);

int main(int argc, char *argv[]) {
    char *fname = argc > 1 ? argv[1] : "out.txt";
    FILE *f;
    if ((f = fopen(fname, "w")) == NULL) {
        fprintf(stderr, "Error: Open file '%s'\n", fname);
        return -1;
    }
    fprintf(f, "Program arguments argc: %d\n", argc);
    for(int i = 0; i < argc; ++i) {
        fprintf(f, "argv[%d]='%s'\n", i, argv[i]);
    }
    if (fclose(f) == EOF) {
        fprintf(stderr, "Error: Close file '%s'\n", fname);
        return -1;
    }
    return 0;
}
```

lec09/file_printf.c

- Identicky lze použít `stdin`, `stdout`, `stderr`

Binární čtení/zápis z/do souboru

- Pro čtení a zápis bloku dat můžeme využít funkce `fread` a `fwrite` z knihovny `stdio.h`
- Načtení `nmemb` prvků, každý o velikosti `size` bajtů se souboru `size_t fread(void* ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);`
- Zápis `nmemb` prvků, každý o velikosti `size` bajtů do souboru `size_t fwrite(const void *ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);`
- Funkce vrací počet přečtených/zapsaných bajtů
- Pokud došlo k chybě nebo detekci konce souboru funkce vrací menší než očekávaný počet bajtů

Náhodný přístup k souborům – `fseek()`

- Nastavení pozice kurzoru v souboru relativně vůči `whence` v bajtech
- `int fseek(FILE *stream, long offset, int whence);`, kde `whence`
 - `SEEK_SET` – nastavení pozice od začátku souboru
 - `SEEK_CUR` – relativní hodnota vůči současné pozici v souboru
 - `SEEK_END` – nastavení pozici od konce souboru
- `fseek()` vrací 0 v případě úspěšného nastavení pozice
- Nastavení pozice v souboru na začátek


```
void rewind(FILE *stream);
```

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 řetězců:


```
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);`

Zpracování chyb

- Základní chybové kódy jsou definovány v `errno.h`
- Tyto kódy jsou ve standardních C knihovnách používány jako příznaky nastavené v případě selhání volání funkce v globální proměnné `errno`
- Například otevření souboru `fopen()` vrací hodnotu `NULL`, pokud se soubor nepodařilo otevřít
- Z této hodnoty, ale nepoznáme proč volání selhalo
- Pro funkce, které nastavují `errno`, můžeme podle hodnoty identifikovat důvod chyby
- Textový popis číselných kódů pro standardní knihovnu C je definován v `string.h`
- Řetězec můžeme získat voláním funkce


```
char* strerror(int errnum);
```

Testovací makro `assert`

- Do kódu můžeme přidat podmínky na hodnoty proměnných, které jsou nutné pro další běh programu
- Při nesplnění podmínky program vypíše jméno souboru a řádek, kde došlo chybě
- Takový test je definován jako makro `assert` v knihovně `assert.h`
- Makro vloží příslušný kód do programu
- Vložení makra lze zabránit kompilací s definováním makra `NDEBUG`

[man assert](#)
- Příklad

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

int main(int argc, char *argv[]) {
    assert(argc > 1);
    printf("program start argc: %d\n", argc);
    return 0;
}
```

[lec09/assert.c](#)

Příklad použití `errno`

■ Otevření souboru

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <errno.h>
3 #include <string.h>
4
5 int main(int argc, char *argv[]) {
6     FILE *f = fopen("soubor.txt", "r");
7     if (f == NULL) {
8         int r = errno;
9         printf("Open file failed errno value %d\n", errno);
10        printf("String error '%s'\n", strerror(r));
11    }
12    return 0;
13 }
```

[lec09/errno.c](#)

■ Výstup při neexistujícím souboru

```
Open file failed errno value 2
String error 'No such file or directory'
```

■ Výstup při pokusu otevřít soubor bez práv přístupu k souboru

```
Open file failed errno value 13
String error 'Permission denied'
```

Příklad použití makra `assert`

■ Kompilace s makrem a spuštění program bez/s argumentem

```
clang assert.c -o assert
./assert
Assertion failed: (argc > 1), function main, file assert.c
, line 5.
zsh: abort      ./assert

./assert 2
start argc: 2
```

■ Kompilace bez makra a spuštění program bez/s argumentem

```
clang -DNDEBUG assert.c -o assert
./assert
program start argc: 1
./assert 2
program start argc: 2
```

[lec09/assert.c](#)

Matematické funkce

- `math.h` – základní funkce pro práci s „reálnými“ čísly
 - Výpočet odmocniny nečelého čísla `x`
`double sqrt(double x);, float sqrtf(float x);`
V C funkce nepřetěžujeme, proto jsou jména odlišena
 - `double pow(double x, double y);` – výpočet obecné mocniny
 - `double atan2(double y, double x);` – výpočet *arctan* `y/x` s určením kvadrantu
 - Symbolické konstanty – `M_PI`, `M_PI_2`, `M_PI_4`, atd.
 - `#define M_PI 3.14159265358979323846`
 - `#define M_PI_2 1.57079632679489661923`
 - `#define M_PI_4 0.78539816339744830962`
 - `isfinite()`, `isnan()`, `isless`, ... – makra pro porovnání reálných čísel.
- `complex.h` – funkce pro počítání s komplexními čísly
ISO C99
- `fenv.h` – funkce pro řízení zaokrouhlování a reprezentaci dle IEEE 754.

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Jazyk C – Modifikátor `const`
- Jazyk C – Ukazatel na konstantní proměnnou
- Jazyk C – Konstantní ukazatel
- Jazyk C – Ukazatel na funkci
- Jazyk C – Definice typu `typedef`
- Jazyk C – Struktury a uniony
- Jazyk C – Dynamická alokace paměti
- Jazyk C – Práce se soubory
- Jazyk C – Funkce standardní knihovny C

- **Příště: příklad programu v C**