

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

Jazyk C – 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

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,
 - Předchozí buňka první buňky je buňka poslední
 - Následující buňka poslední buňky je buňka první

`lec09/lec09-demo.c`

Pravidla

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

`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

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`

Část II

Část 2 – Jazyk C - struktury a uniony

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
 - (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 – 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

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

lec09/const_pointers.c

Příklad – Konstantní ukazatel na konstantní proměnnou

- Hodnotu konstantního ukazatele na konstantní proměnnou nelze po inicializaci měnit ani 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 const int *const ptr = &v;  
2  
3 v = 10;  
4 printf("v: %d *ptr: %d\n", v, *ptr);  
5  
6 ptr = &v2; /* THIS IS NOT ALLOWED! */  
7 *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 1/2

- Používáme derefenční 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

Příklad – Ukazatel na funkci 2/2

- V případě funkce vracející 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.

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
`struc1 = 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` – Definice

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

```
struct record {
    int number;
    double value;
};

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

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 */
```

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

`lec09/struct.c`

Příklad `struct` – Inicializace

- Struktury:

```
struct record {  
    int number;  
    double value;  
};  
  
typedef struct {  
    int n;  
    double v;  
} item;
```

- 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` 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 proměnné 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) */
le09/struct.c
```

Příklad `struct` – Přímá kopie paměti

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

Například funkcí `memcpy()` 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");
    memcpy(&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

- 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

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 předeepsat 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>

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 Numbers is not known! */
6 union Nums nums;
```

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](#)

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 dát, 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 se vkládají do zdrojových souborů příkazem preprocesoru `#include <jmeno_knihovny.h>`

Např. `#include<stdio.h>`

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 daty v paměti (`memcpy`)
- `locale.h` – Internacionalizace
- `time.h` – Datum a čas

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



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 paměti 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 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 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 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;
}
```

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 hodnotu 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 pro s příznakem `+`, např. `"+r"` pro otevření souboru pro čtení i zápis

viz [man fopen](#)

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 }
```

■ 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);`

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++;
6 }
```

`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()`

Formátované čtení ze souboru

- `int fscanf(FILE *file, const char *format, ...);`
- Analogie formátovanému výstupu – hodnoty jsou předávané 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`

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);`

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

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);`

`man strcpy, man strncmp, strtol, strtod`

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);
```

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'
```

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`
- Příklad

[man assert](#)

```
#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 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 necelého 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**