

# Standardní knihovny C. Rekurze.

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 08

**B0B36PRP – Procedurální programování**

# Přehled témat

- Část 1 – Standardní knihovny, čtení/zápis ze/do souboru

Standardní knihovny

Práce se soubory

Zpracování chyb

*S. G. Kochan: kapitola 16, Appendix B*

- Část 2 – Rekurze

Faktoriál

Obrácený výpis

Hanojské věže

Rekurze

Fibonacciho posloupnost

- Část 3 – Zadání 7. domácího úkolu (HW07)

# Část I

## Část 1 – Standardní knihovny, čtení/zápis ze souboru

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

*Viz např. `ldd a.out`.*

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

# Standardní knihovny (POSIX)

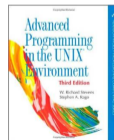
Komunikace s operačním systémem (OS).

*POSIX – Portable Operating System Interface*

- `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



## Základní práce se soubory – otevření souboru

- Knihovna `stdio.h`.
- Přístup k souboru je prostřednictvím ukazatele `FILE*`.
- Otevření souboru `FILE *fopen(char *filename, char *mode);`.
- Práce s textovými a binárními (*modifikátor "b"*) soubory.
- Soubory jsou čteny/zapisovány sekvenčně.
  - Se soubory se pracuje jako s proudem dat — postupné načítání/zápis.
  - *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;  
*"r" – čtení textového souboru, "rb" – čtení binárního souboru*
  - `"w"` – režim zápisu;  
*Vytvoří soubor, pokud neexistuje, jinak smaže obsah souboru*
  - `"a"` – režim přidávání do souboru.  
*Kurzor je nastaven na konec souboru.*
  - Můžeme kombinovat s dalšími režimy otevření souboru, 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", fname);
5 }
```

- Zavření souboru – `int fclose(FILE *file);`

```
1 if (fclose(f) == EOF) {
2     fprintf(stderr, "Error: close file '%s'\n", fname);
3 }
```

- 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, c);
4     count++;
5 }
```

`lec08/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 z textového souboru

- `int fscanf(FILE *file, const char *format, ...);`
- Analogie formátovanému vstupu.

*Pro vyplnění hodnot proměnných předáváme ukazatel.*

- Vrací počet přečtených položek, například pro vstup

```
record 1 13.4
```

- příkaz: `int r = fscanf(f, "%s %d %lf\n", str, &i, &d);`
- vrátí v případě úspěšného čtení hodnotu 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);
```

[lec08/file\\_scanf.c](#)

## Zápis do textového souboru

- Zápis 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;
}
```

lec08/file\_printf.c

- Identicky k `stderr` lze použít `stdout` a `stdin` pro čtení.

## 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 pozice 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

- Otevření souboru s příznakem "b".

*Vliv na řetězce, řídicí znaky např. "\0", \n nebo EOF či EOT – Ctrl+Z.*

- Pro čtení a zápis bloku dat můžeme využít funkce `fread()` a `fwrite()` z knihovny `stdio.h`.
- Načtení `nmemb` prvků, každý o velikosti `size` bajtů.  
`size_t fread(void* ptr, size_t size, size_t nmemb, FILE *stream);`
- Zápis `nmemb` prvků, každý o velikosti `size` bajtů.  
`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.

## 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 (chyba při otevření souboru)

```
1  #include <stdio.h>
2  #include <errno.h>
3  #include <string.h>
4
5  int main(int argc, char *argv[])
6  {
7      FILE *f = fopen("soubor.txt", "r");
8      if (f == NULL) {
9          int r = errno;
10         printf("Open file failed errno value %d\n", errno);
11         printf("String error '%s'\n", strerror(r));
12     }
13     return 0;
14 }
```

lec08/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 lze přidat podmínky na nutné hodnoty proměnných.
- Testovat můžeme makrem `assert(expr)` z knihovny `<assert.h>`.
- Pokud není `expr` logická 1 (`true`) program se ukončí a vypíše jméno zdrojového souboru a číslo řádku.
- Makro vloží příslušný kód do programu.

*Získáme tak relativně jednoduchý způsob indikace případné chyby, např. nevhodným argumentem funkce.*

- Vložení makra lze zabránit kompilací s definováním makra `NDEBUG`. [man assert](#)
- Makro `assert` má význam zejména při ladění, např. testování hodnot předávaných parametrů.

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

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

[lec08/assert.c](#)



## Příklad použití makra `assert()`

- Kompilace s makrem a spuštění programu 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 programu bez/s argumentem.

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

lec08/assert.c

## Příkazy dlouhého skoku

- Příkaz `goto` je možné použít pouze v rámci jedné funkce.
- Knihovna `<setjmp.h>` definuje funkce `setjmp()` a `longjmp()` pro skoky mezi funkcemi.
- `setjmp()` uloží aktuální stav registrů procesoru a pokud funkce vrátí hodnotu různou od 0, došlo k volání `longjmp()`.
- Při volání `longjmp()` jsou hodnoty registrů procesoru obnoveny a program pokračuje od místa volání `setjmp()`.

*Kombinaci `setjmp()` a `longjmp()` lze využít pro implementaci ošetření výjimečného stavu podobně jako `try-catch` v jiných programovacích jazycích.*

```
1  #include <setjmp.h>
2  jmp_buf jb;
3  int compute(int x, int y);
4  void error_handler(void);
5  if (setjmp(jb) == 0) {
6      r = compute(x, y);
7      return 0;
8  } else {
9      error_handler();
10     return -1;
11 }

12 int compute(int x, int y) {
13     if (y == 0) {
14         longjmp(jb, 1);
15     } else {
16         x = (x + y * 2);
17         return (x / y);
18     }
19 }
20 void error_handler(void) {
21     printf("Error\n");
22 }
```

## Část II

### Část 2 – Rekurze

## Výpočet faktoriálu

### ■ Iterace

$$n! = n(n-1)(n-2)\dots 2 \cdot 1$$

```
int factorialI(int n)
{
    int f = 1;
    for (; n > 1; --n) {
        f *= n;
    }
    return f;
}
```

### ■ Rekurze

$$n! = 1 \text{ pro } n \leq 1$$

$$n! = n(n-1)! \text{ pro } n > 1$$

```
int factorialR(int n)
{
    int f = 1;
    if (n > 1) {
        f = n * factorialR(n-1);
    }
    return f;
}
```

lec08/demo-factorial.c

## Příklad výpis posloupnosti 1/3

- Vytvořte program, který přečte posloupnost čísel a vypíše ji v opačném pořadí.
- Rozklad problému:
  - Zavedeme abstraktní příkaz: „*obrat' posloupnost*“.
  - Příkaz rozložíme do tří kroků:

1. Přečti číslo;

**Číslo uložíme pro pozdější „obrácený“ výpis.**

2. Pokud není detekován konec posloupnost „*obrat' posloupnost*“.

**Pokračujeme ve čtení čísel.**

3. Vypiš číslo.

**Vypíšeme uložené číslo.**

## Příklad výpis posloupnosti 2/3

```
1 void reverse()
2 {
3     int v;
4     if (scanf("%i", &v) == 1) {
5         reverse();
6         printf("%3d ", v);
7     }
8 }
9 int main(void)
10 {
11     fprintf(stderr, "Enter a sequence of numbers (use Ctrl+D for the end of
12     the sequence)\n");
13     reverse();
14     printf("\n");
15     return 0;
16 }
```

Ctrl+D ~ EOT – End-Of-Transmission (konec přenosu)

lec08/demo-revert\_sequence.c

## Příklad výpis posloupnosti 3/3

- `lec08/demo-revert_sequence.c`

- Vytvoření posloupnosti.

```
./generate_numbers.sh | tr '\n' ' ' | cat > numbers.txt  
clang demo-revert_sequence.c  
./a.out < numbers.txt 2>/dev/null > numbers-r.txt  
./a.out < numbers-r.txt 2>/dev/null > numbers-rr.txt
```

- Příkaz pro výpis obsahu souborů.

```
for i in numbers.txt numbers-r.txt numbers-rr.txt; do echo "$i"; cat  
    $i; echo ""; done
```

- Výpis obsahu souborů.

```
numbers.txt  
10 4 20 8 8 5 18 6 7 7  
numbers-r.txt  
7 7 6 18 5 8 8 20 4 10  
numbers-rr.txt  
10 4 20 8 8 5 18 6 7 7
```

## Příklad Hanojské věže

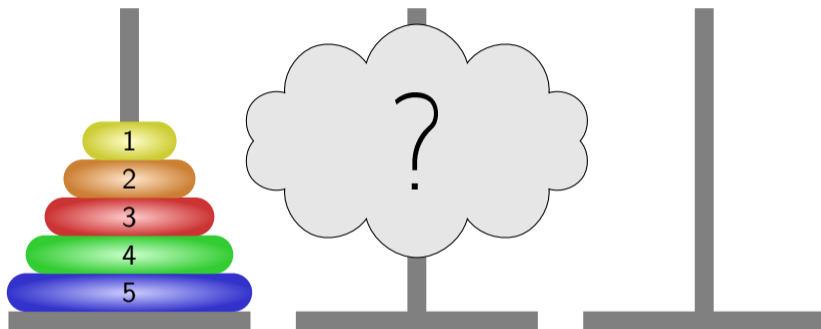


- Přemístit disky na druhou jehlu s použitím třetí (pomocné) jehly za dodržení následujících pravidel.
  1. V každém kroku můžeme přemístit pouze jeden disk a to vždy z jehly na jehlu.

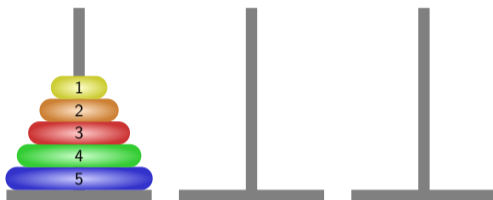
*Disky nelze odkládat mimo jehly.*
  2. Položit větší disk na menší není dovoleno.



## Hanojské věže – 5 disků



## Návrh řešení



- Zavedeme abstraktní příkaz `moveTower(n, 1, 2, 3)` realizující přesun  $n$  disků z jehly 1 na jehlu 2 s použitím jehly 3.
- Pro  $n > 0$  můžeme příkaz rozložit na tři jednodušší příkazy:
  1. `moveTower(n-1, 1, 3, 2);` Přesun  $n - 1$  disků z jehly 1 na jehlu 3.
  2. „přenes disk z jehly na jehlu 2“; *Přesun největšího disku na cílovou pozici.*
  3. `moveTower(n-1, 3, 2, 1);` *abstraktní příkaz*  
Přesun  $n - 1$  disků na cílovou pozici.

## Příklad řešení

```
1 void moveTower(int n, int from, int to, int tmp)
2 {
3     if (n > 0) {
4         moveTower(n-1, from, tmp, to); //move to tmp
5         printf("Move disc from %i to %i\n", from, to);
6         moveTower(n-1, tmp, to, from); //move from tmp
7     }
8 }
9
10 int main(int argc, char *argv[])
11 {
12     int numberOfDiscs = argc > 1 ? atoi(argv[1]) : 5;
13     moveTower(numberOfDiscs, 1, 2, 3);
14     return 0;
15 }
```

lec08/demo-towers\_of\_hanoi.c

## Příklad výpisu

### ■ `lec08/demo-towers_of_hanoi.c`

```
clang demo-towers_of_hanoi.c
./a.out 3
Move disc from 1 to 2
Move disc from 1 to 3
Move disc from 2 to 3
Move disc from 1 to 2
Move disc from 3 to 1
Move disc from 3 to 2
Move disc from 1 to 2
```

```
clang demo-towers_of_hanoi.c
./a.out 4
Move disc from 1 to 3
Move disc from 1 to 2
Move disc from 3 to 2
Move disc from 1 to 3
Move disc from 2 to 1
Move disc from 2 to 3
Move disc from 1 to 3
Move disc from 1 to 2
Move disc from 3 to 2
Move disc from 3 to 1
Move disc from 2 to 1
Move disc from 3 to 2
Move disc from 1 to 3
Move disc from 1 to 2
Move disc from 3 to 2
```

## Rekurzivní algoritmy

- Rekurzivní funkce jsou přímou realizací rekurzivních algoritmů.
- Rekurzivní algoritmus předepisuje výpočet „**shora dolů**“.
- V závislosti na velikosti vstupních dat je výpočet předepsán:
  - Pro nejmenší (nejjednodušší) vstup je výpočet předepsán přímo;
  - Pro obecný vstup je výpočet předepsán s využitím téhož algoritmu pro menší vstup.
- Výhodou rekurzivních funkcí je jednoduchost a přehlednost.

## Rekurzivní vs iteračními algoritmy

- Nevýhodou rekurzivních algoritmů může být časová náročnost způsobená např. zbytečným opakováním výpočtu.
- Řadu rekurzivních algoritmů lze nahradit iteračními, které počítají výsledek „**zdola nahoru**“, tj. od menších (jednodušších) vstupních dat k větším (složitějším).
- Pokud algoritmus výpočtu „**zdola nahoru**“ nenajdeme, např. při řešení problému Hanojských věží, lze rekurzivitě odstranit pomocí zásobníku.

*Např. zásobník využijeme pro uložení stavu řešení problému.*

# Rekurze

*“To iterate is human, to recurse divine.”*

L. Peter Deutsch

<http://www.devtopics.com/101-great-computer-programming-quotes>

## Elegance vs obtížnost rekurze

*I've often heard people describe understanding recursion as one of those "got it" moments, when the universe opened its secret stores of knowledge and gifted the mind of a burgeoning developer with a very powerful tool. For me, recursion has always been hard. Each time I'm able to peer more into its murky depths, I am humbled to see how little I feel like I really appreciate and understand its power and elegance.*

Rick Winfrey, 2012

<http://selfless-singleton.rickwinfrey.com/2012/11/27/to-iterate-is-human-to-recurse-divine>



# Fibonacciho posloupnost

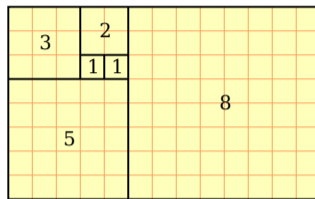
- 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, ...

*Nebo 0, 1, 1, 2, 3, 5, ...*

- $F_n = F_{n-1} + F_{n-2}$

- pro  $F_1 = 1, F_2 = 1$

*Nebo  $F_1 = 0, F_2 = 1$*



- Nekonečná posloupnost přirozených čísel, kde každé číslo je součtem dvou předchozích.
- Limita poměru dvou následujících čísel Fibonacciho posloupnosti je rovna **zlatému řezu**.
  - Sectio aurea – ideální poměr mezi různými délkami.
  - Rozdělení úsečky na dvě části tak, že poměr větší části ku menší je stejný jako poměr celé úsečky k větší části  $\varphi = \frac{1+\sqrt{5}}{2} \approx 1,618\ 033\ 988\ 749\ 894\ 848\ \dots$

## Fibonacciho posloupnost – historie

- Indičtí matematici (450 nebo 200 BC).
- Leonardo Pisano (1175–1250) popis růstu populace králíků.

*Italský matematik známý také jako Fibonacci.*

- $F_n$  – velikost populace po  $n$  měsících za následujících předpokladů.
  - První měsíc se narodí jediný pár.
  - Narozené páry jsou produktivní od 2. měsíce svého života.
  - Každý měsíc zplodí každý produktivní pár jeden další pár.
  - Králíci nikdy neumírají, nejsou nemocní atd.
- Henry E. Dudeney (1857–1930) – popis populace krav.
  - „Jestliže každá kráva vyprodukuje své první tele (jalovici) za rok a poté každý rok jednu další jalovici, kolik budete mít krav za 12 let, jestliže žádná nezemře a na počátku budete mít jednu krávu?“

*Po 12 let je k dispozici jeden či více býků.*

## Fibonacciho posloupnost – rekurzivně

- Platí:

$$f_0 = 1$$

$$f_1 = 1$$

$$f_n = f_{n-1} + f_{n-2}, \text{ pro } n > 1$$

```
1 int fibonacci(int n) {  
2     return n < 2  
3         ? 1  
4         : fibonacci(n - 1) + fibonacci(n - 2);  
5 }
```

Zápis je elegantní, jak je však takový výpočet efektivní?

## Fibonacciho posloupnost – příklad 1/2

- Počet operací při výpočtu Fibonacciho čísla  $n$ .

```
1 long counter; // store number of individual operations
2
3 long fibonacciRecursive(int n) {
4     counter += 1; // jedno porovnání
5     return n < 2 ? 1 : fibonacciRecursive(n - 1) + fibonacciRecursive(n -
6     2);
7 }
8 long fibonacciIterative(int n) {
9     long fibM2 = 1;
10    long fibM1 = 1;
11    long fib = 1;
12    for (int i = 2; i <= n; ++i) {
13        fibM2 = fibM1;
14        fibM1 = fib;
15        fib = fibM1 + fibM2;
16        counter += 3; // dvě přiřazení, jeden součet
17    }
18    return fib;
19 }
```

lec08/demo-fibonacci.c

## Fibonacciho posloupnost – rekurzivně 2/2

```
1 int main(int argc, char *argv[])
2 {
3     int n = argc > 1 ? atoi(argv[1]) : 25;
4     counter = 0; // reset counter
5     long fibR = fibonnaciRecursive(n);
6     long counterR = counter;
7
8     counter = 0; // reset counter
9     long fibI = fibonnaciIterative(n);
10    long counterI = counter;
11
12    printf("Fibonacci number recursive: %li\n", fibR);
13    printf("Fibonacci number iteration: %li\n", fibI);
14    printf("Counter recursive: %li\n", counterR);
15    printf("Counter iteration: %li\n", counterI);
16
17    return 0;
18 }
```

lec08/demo-fibonacci.c

```
clang demo-fibonacci.c && ./a.out 30
Fibonacci number recursive: 1346269
Fibonacci number iteration: 1346269
Counter recursive: 2692537
Counter iteration: 87
```

## Fibonacciho posloupnost – rekurzivně vs iteračně

- Rekurzivní výpočet:
  - Složitost roste exponenciálně s  $n \sim 2^n$ .
- Iterační algoritmus:
  - Počet operací je proporcionální  $n \sim 3n$ .

`lec08/demo-fibonacci-stats.c`, `lec08/fibonacci.sh`

- Skutečný počet operací závisí na konkrétní implementaci, programovacím jazyku, překladači a hardware.
- Složitost algoritmů proto vyjadřujeme asymptoticky jako funkci velikosti vstupu.
  - Například v tzv. „Big O“ notaci:
    - rekurzivní algoritmus výpočtu má složitost  $O(2^n)$ ;
    - iterační algoritmus výpočtu má složitost  $O(n)$ .

*Efektivní algoritmy mají polynomiální složitost.*

## Vsuvka – Vykreslení grafu

- Jednoduchou úpravou vypíšeme počty operací na řádek.

```
printf("%u\t%6.3e\t%6.3e\n", n,
      (double)counterR, (double)counterI);
```

lec08/demo-fibonacci-stats.c

- Program zkompilujeme a spustíme.

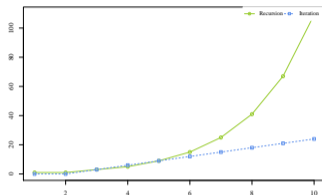
```
clang demo-fibonacci-stats.c
```

```
./a.out 10 > fibonacci.dat &&
./fibonacci.sh fibonacci.dat fibonacci-n10.pdf
```

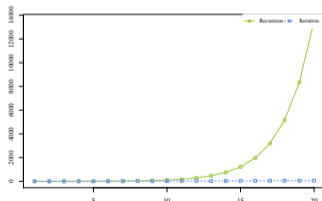
```
./a.out 20 > fibonacci.dat &&
./fibonacci.sh fibonacci.dat fibonacci-n20.pdf
```

Přesměrovaný standardní výstup do souboru `fibonacci.dat` představuje tabulku hodnot, která je vykreslena do grafu skriptem `fibonacci.sh` s využitím nástroje **R** – <https://www.r-project.org/>.

lec08/demo-fibonacci-stats.c, lec08/fibonacci.sh



fibonacci-n10.pdf



fibonacci-n20.pdf

## Vsuvka – Kompilace s optimalizací

- Můžeme rekurzivní výpočet urychlit kompilací s optimalizacemi kódu?

```
clang demo-fibonacci.c && time ./a.  
out 50
```

```
Fibonacci number recursive:  
20365011074
```

```
Fibonacci number iteration:  
20365011074
```

```
Counter recursive: 40730022147  
Counter iteration: 147
```

```
real    1m35.912s  
user    1m35.824s  
sys     0m0.000s
```

```
clang -O2 -march=native demo-fibonacci.c && time ./a.  
out 50
```

```
Fibonacci number recursive:  
20365011074
```

```
Fibonacci number iteration:  
20365011074
```

```
Counter recursive:  
40730022147
```

```
Counter iteration: 147
```

```
real    1m16.042s  
user    1m15.968s  
sys     0m0.008s
```

- Ano, můžeme. V tomto případě je však zrychlení zanedbatelné.
- V tomto případě je rozhodující asymptotická složitost  $O(2^n)$  vs  $O(n)$ .

*Obecně se pro odladěné a výpočetně náročné programy vyplatí kompilovat s optimalizací. Nárůst výkonů může být i několikanásobný.*



## Část III

### Část 2 – Zadání 7. domácího úkolu (HW07)

## Zadání 7. domácího úkolu HW07

### Téma: Hledání textu v souborech

Povinné zadání: **3b**; Volitelné zadání: **3b**; Bonusové zadání: **není**

- **Motivace:** Dekomponovat výpočetní úlohu na dílčí výpočetní kroky.
- **Cíl:** Osvojit si práci se soubory.
- **Zadání:** <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/b0b36prp/hw/hw07>
  - Zpracování vstupu po řádcích a detekce textového řetězce ve vstupním souboru.
  - **Volitelné zadání** rozšiřuje úlohu o zpracování tří základních kvantifikátorů regulárních výrazů (pouze pro předcházející znak).
    - Znaky pro kvantifikátory: `?`, `*`, `+`.
- **Termín odevzdání:** **05.12.2020, 23:59:59 PST.**

# Shrnutí přednášky

## Diskutovaná témata

- Standardní knihovny C
- Čtení a ukládání z/do souboru
- Ošetření chybových stavů - `assert()`, `errno`, `setjmp()`, `longjmp()`
- Rekurze a rekurzivní řešení problémů
- Kompilace programu s optimalizacemi
  
- **Příště: Spojové struktury.**