

Standardní knihovny C. Kódovací příklady.

Jan Faigl

Katedra počítačů

Fakulta elektrotechnická

České vysoké učení technické v Praze

Přednáška 07

BAB36PRGA – Programování v C

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 – Kódovací příklady

Kódovací příklad – goto

Kódovací příklad – struct

Kódovací příklad – Načítání a ukládání složeného typu struct

Makefile

- Část 3 – Zadání 6. domácího úkolu (HW6)

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`.
Viz např. `ldd a.out`.
 - **Hlavičkové soubory** – obsahují prototypy funkcí, definici typů, makra a konstanty a vkládají se 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 dat v paměti (`memcpy`)
- `locale.h` – Internacionalizace
- `time.h` – Datum a čas

Standardní knihovny (POSIX)

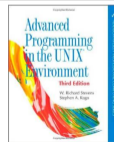
Komunikace s operačním systémem (OS).

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";

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 }
```

`lec07/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);
```

[lec07/file_scanf.c](#)

Zápis do textového souboru

- Zápis po znaku – `int putc(int c, FILE *file);`
- Formátovaný výstup `int fprintf(FILE *file, const *format, ...);`

```
1 int main(int argc, char *argv[])
2 {
3     char *fname = argc > 1 ? argv[1] : "out.txt";
4     FILE *f;
5     if ((f = fopen(fname, "w")) == NULL) {
6         fprintf(stderr, "Error: Open file '%s'\n", fname);
7         return -1;
8     }
9     fprintf(f, "Program arguments argc: %d\n", argc);
10    for (int i = 0; i < argc; ++i) {
11        fprintf(f, "argv[%d]='%s'\n", i, argv[i]);
12    }
13    if (fclose(f) == EOF) {
14        fprintf(stderr, "Error: Close file '%s'\n", fname);
15        return -1;
16    }
17    return 0;
18 }
```

lec07/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 prvků o velikosti `size`.

- 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>

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 }
```

lec07/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 true`, program se ukončí a vypíše jméno zdrojového souboru a číslo řádku.
- Makro vloží příslušný kód do programu.

*Relativně jednoduchý způsob indikace chyby, např. nevhodným argumentem funkce, posloupností volání, ale jako **strukturální chyba programu**, nikoliv hodnot definovaných za běhu.*

- Vložení makra lze zabránit kompilací s definováním makra `NDEBUG`. [man assert](#)
- Makro `assert` má význam zejména při ladění program.

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <assert.h>
3
4 int main(int argc, char *argv[])
5 {
6     assert(argc > 1);
7     printf("program argc: %d\n", argc);
8     return 0;
9 }
```

`lec07/assert.c`

- Uvedený příklad pouze demonstruje použití `assert()`.
- Není vhodné testovat proměnné definované za běhu programu.
- Test `assert()` nebude do programu vložen při kompilaci s `NDEBUG`.

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
```

[lec07/assert.c](#)

Test alokace paměti a předčasné ukončení programu

- Dynamické přidělení paměti (`malloc`) je vhodné vždy kontrolovat.
- Pragmaticky můžeme očekávat typický průběh program bezchybný, včetně dynamické alokace paměti.
- Pak může být vhodné přidělení paměti kontrolovat, ale předčasně program ukončit v případě chyby.
- Nicméně stále je vhodné dát uživateli možnost dozvědět se, proč se program předčasně ukončil.
- Můžeme si tak napsat vlastní funkci (makro) `my_assert`, které ovšem nelze vyřadit kompilaci s `-NDEBUG`.

```

1 #ifndef __MY_ASSERT_H__
2 #define __MY_ASSERT_H__
3
4 #include <stdio.h> //because of fprintf()
5 #include <stdlib.h> //because of exit() and malloc
6
7 #define my_assert(x, line, file) \
8     if (!(x)) {\
9         fprintf(stderr, "my_assert fail, line: %d,\
10            file %s\n", line, file);\
11            exit(-1);\
12            }
13 #endif

```

lec07/my_assert.h

```

1 #include "my_assert.h"
2 ...
3 int *a = malloc(SIZE * sizeof(*a));
4 my_assert(a, __LINE__, __FILE__);
5 ...

```

lec07/demo-my_assert.c

```

$ clang demo-my_assert.c -o demo-my_assert
$ ulimit -v 10240
$ ./demo-my_assert
my_assert fail, line: 14, file demo-my_assert.c

```

- Při chybě dokážeme ve zdrojovém souboru dohledat místo a důvod chyb.

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
13 int compute(int x, int y) {
14     if (y == 0) {
15         longjmp(jb, 1);
16     } else {
17         x = (x + y * 2);
18         return (x / y);
19     }
20 }
21 void error_handler(void) {
22     printf("Error\n");
23 }
```

Část II

Část 2 – Kódovací příklady

Kódovací příklad – Ne úplně čitelné použití goto

- Použití `goto` souvisí zejména s čitelností kódu, může jej využít reakci na návratové hodnoty.

```
1  #include <stdio.h>

3  int main(void)
4  {
5      int c = getchar();
6      if (c >= '0' && c <= '9') {
7          goto print_digit;
8      }
9      goto print_error;
10 print_digit:
11     printf("User input '%c' that has ASCII code value %d\n", c, c);
12     goto leave;
13 print_error:
14     fprintf(stderr, "ERROR: Expected input value is '0'--'9'\n");
15 leave:
16     return 0;
17 }
```

 [Low Level Learning: why is it illegal to use "goto"?](#)

- Uvedený příklad je funkční, ale načitelnosti úplně nepřidává.

V našem případě se plně obejdeme bez `goto`, obecně ale může být jeho použití užitečné, např. pokud testujeme postupně volání funkcí.

Kódovací příklad – struct 1/3

- Implementujme složený typ s dvěma položkami typu pole znaků `username` a `number`, kde první položku chceme interpretovat jako textový řetězec (*null terminated*), ale ve druhém případě pouze jako pole znaků.

Ukázkový příklad, jehož hlavní motivace je uložení paměti do souboru a náhled na obsah souboru.

```

1 #define USERNAME_SIZE 8
2 #define NUMBER_DIGITS 4

4 struct record {
5     char username[USERNAME_SIZE + 1];
6     char number[NUMBER_DIGITS];
7 };

9 int main(void) {
10     struct record records[] = {
11         { .username = "user01" },
12         { .username = "user02" },
13         { .username = "admin" },
14         { .username = "root" },
15         { .username = '\0' } // null terminating array
16     };

18     fprintf(stderr, "DEBUG: size of struct %lu\n",
19             sizeof(struct record));
20     fprintf(stderr, "DEBUG: size of records %lu\n",
21             sizeof(records));

```

- Položka `username` je o jeden znak delší, uložení `'\0'`.
- Položka `number` je zápis čísla o maximální hodnotě 9999 (počet řádů 4) v textové podobě (0000–9999).
- Velikost složeného typu je dána velikostí jednotlivých položek.
- Pole záznamů inicializujeme se zarážkou (poslední prvek obsahuje prázdný řetězec v položce `username`).

```

$ clang struct.c && ./a.out
DEBUG: size of struct 13
DEBUG: size of records 6

```

- Na příkladu si ukážeme, jak převést celé číslo na textovou reprezentaci, k čemuž použijeme několik pomocných funkcí.
- Implementujeme si funkce pro tisk záznamu a pole záznamů.
- Položku `number` naplníme programově z celého čísla s kontrolou, zdali se číslo vejde do `NUMBER_DIGITS`.
- Složený typ a implementaci funkcí realizujeme v samostatném modulu `record.h` a `record.c`.

Kódovací příklad – struct 2/3

```

1 #ifndef __RECORD_H__
2 #define __RECORD_H__
3
4 #define USERNAME_SIZE 8
5 #define NUMBER_DIGITS 4
6
7 struct record {
8     char username[USERNAME_SIZE + 1];
9     char number[NUMBER_DIGITS];
10 };
11
12 void print_record(const struct record * record);
13 void print(const struct record * const records);
14
15 unsigned int fill_numbers(struct record * const records);
16
17 #endif
record.h

```

- V C nemůžeme přetěžovat jména funkcí, proto máme funkci `print_record()` a `print()`.
- Funkce `fill_numbers()` vyplní položky `numbers` v posloupnosti hodnot typu `struct record`.

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <limits.h>
3 #include <assert.h> // strukturální testy
4
5 #include "record.h"
record.c
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33 void print_record(const struct record * record)
34 {
35     if (record) {
36         printf("Record\n");
37         printf("|- username: \"%s\"\n", record->username);
38         printf("|- number: ");
39         print_chars(NUMBER_DIGITS, record->number);
40         printf("\n\n");
41         // printf("|- number: %s\n\n"); // Vyzkoušejte!
42     }
43 }
44
45 void print(const struct record * const records)
46 {
47     struct record const *cur = records;
48     while (cur && cur->username[0]) {
49         print_record(cur);
50         cur += 1; // pointer arithmetic
51     }
52 }
record.c

```

Kódovací příklad – struct 3/3

```

7 static unsigned short get_max_number(unsigned int digits)
8 {
9     unsigned int number = 1;
10    assert(sizeof(short) < sizeof(int)); // 16 vs. 32?
11    for (unsigned int i = 0; i < digits; ++i) {
12        number *= 10;
13    }
14    assert(number <= USHRT_MAX); // short
15    return number - 1;
16 }

18 static void fill_record_number(unsigned short n, int
19     digits, char *number)
20 { //number needs to be at least digits large
21     for (int i = digits - 1; i >= 0; --i) {
22         number[i] = (n % 10) + '0';
23         n = n / 10;
24     }

```

record.c

```

26 static void print_chars(size_t digits, const char *number)
27 { // number je ukazatel na konstantní hodnotu
28     for (size_t i = 0; i < digits; ++i, ++number) {
29         putchar(*number);
30     }
31 }

```

record.c

```

54 unsigned int fill_numbers(struct record * const records)
55 {
56     struct record *cur = records;
57     unsigned short n = 0;
58     const short max_number = get_max_number(NUMBER_DIGITS);

60     while (cur && cur->username[0]) {
61         assert(n <= max_number); // Vyplňujeme programově
62         fill_record_number(n, NUMBER_DIGITS, cur->number);
63         n += 1;
64         cur += 1;
65     }
66     return n;
67 }

```

record.c

- V programu máme snahu testovat velikost paměťové reprezentace.

- Lokální pomocné funkce jsou `static`.
- Hodnoty položky `number` vyplňujeme programově inkrementálně od hodnoty 0000.

Kódovací příklad – Načítání a ukládání struct 1/4

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 #include "record.h"
5
6 int main(void) {
7     int ret = EXIT_SUCCESS;
8
9     struct record records[] = {
10         { .username = "user01" },
11         { .username = "user02" },
12         { .username = "admin" },
13         { .username = "root" },
14         { .username = "jf" },
15         { .username = '\0' } // null terminating array
16     };
17
18     fprintf(stderr, "DEBUG: size of struct %lu\n",
19             sizeof(struct record));
20     fprintf(stderr, "DEBUG: size of records %lu\n",
21             sizeof(records));
22
23     unsigned int n = fill_numbers(records); // number!
24     print(records);

```

```

24     const char *fname = "records.dat";
25     FILE *fd = fopen("records.dat", "w"); // uložení records
26     if (fd) {
27         size_t saved = fwrite(records, sizeof(struct record), n, fd);
28         size_t size = n * sizeof(struct record);
29         printf("DEBUG: saved bytes %lu out of %lu\n", saved * sizeof(struct
30             record), size);
31     } else {
32         fprintf(stderr, "ERROR: Cannot open \"%s\" for writing\n", fname);
33         ret = EXIT_FAILURE;
34     }
35     return ret;
36 };

```

save_struct.c

```

$ clang -c record.c -o record.o
$ clang save_struct.c record.o -o save && ./save
DEBUG: size of struct 13
DEBUG: size of records 78
Record
|- username: "user01"
|- number: 0000
...
Record
|- username: "jf"
|- number: 0004

DEBUG: saved bytes 65 out of 65

```

Kódovací příklad – Načítání a ukládání struct 2/4

- Obsah uloženého souboru můžeme zkusit přímo otevřít v textovém editoru nebo použijeme program `hexdump`.

```
$ clang -c record.c -o record.o
$ clang save_struct.c record.o -o save
$ ./save 1>/dev/null
DEBUG: size of struct 13
DEBUG: size of records 78
$ hexdump -C records.dat
00000000  75 73 65 72 30 31 00 00  00 30 30 30 30 75 73 65  |user01...0000use|
00000010  72 30 32 00 00 00 30 30  30 31 61 64 6d 69 6e 00  |r02...0001admin.|
00000020  00 00 00 30 30 30 32 72  6f 6f 74 00 00 00 00 00  |...0002root.....|
00000030  30 30 30 33 6a 66 00 00  00 00 00 00 00 30 30 30  |0003jf.....000|
00000040  34                                     |4|
00000041
```

- V případě, že vytvořenému souboru `records.dat` odebereme práva zápisu, např. `chmod 0 records.dat`, program selže.

```
$ chmod 0 records.dat
$ ./save 1> /dev/null; echo $?
DEBUG: size of struct 13
DEBUG: size of records 78
ERROR: Cannot open file "records.dat" for writing
```

1

Kódovací příklad – Načítání a ukládání struct 3/4

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3
4 #include "record.h"
5
6 #define NUM_RECORDS 2
7
8 int main(void) {
9     const char *fname = "records.dat";
10
11     FILE *fd = fopen(fname, "r");
12     if (!fd) {
13         perror("Error open file");
14         goto error;
15     }
16     struct record *records = malloc(NUM_RECORDS
17     * sizeof(struct record));
18     if (!records) {
19         perror("Error malloc");
20         fclose(fd); // Korektně soubor zavíráme.
21         goto error;
22     }
23     ssize_t loaded;
24
25     load_struct.c

```

```

23 while ((loaded = fread(records, sizeof(struct record), NUM_RECORDS, fd)) {
24     fprintf(stderr, "DEBUG: loaded records %lu\n", loaded);
25     for (size_t i = 0; i < loaded; ++i) {
26         print_record(&records[i]);
27     }
28 }
29 free(records);
30 fclose(fd);
31 goto leave;
32 error:
33     fprintf(stderr, "ERROR: during reading from the file \"%s\"\n", fname);
34     return 1;
35 leave:
36     return 0;
37 }

```

save_struct.c

```

$ clang load_struct.c record.o -o load && ./load
DEBUG: loaded records 2
...
Record
|- username: "root"
|- number: 0003

DEBUG: loaded records 1
Record
|- username: "jf"
|- number: 0004

```

- Načtení bloku dat funkcí `fread()`.

Kódovací příklad – Načítání a ukládání struct 4/4 (lépe)

```

1  #include <stdio.h>
2  #include <stdlib.h>

4  #include "record.h"

6  #define NUM_RECORDS 2

8  enum { ERROR_FILE = 101, ERROR_MEM = 102};

10 void print_error(int error);

12 int main(void) {
13     int ret = EXIT_SUCCESS;
14     const char *fname = "records.dat";

16     FILE *fd = fopen(fname, "r");
17     if (!fd && (ret = ERROR_FILE)) { // ret!
18         goto leave;
19     }
20     struct record *records = malloc(
21         NUM_RECORDS * sizeof(struct record));
22     if (!records && (ret = ERROR_MEM)) { // ret!
23         goto leave;
24     }
25     ssize_t loaded;

```

```

25     while ((loaded = fread(records, sizeof(struct record), NUM_RECORDS, fd)) {
26         fprintf(stderr, "DEBUG: loaded records %lu\n", loaded);
27         for (size_t i = 0; i < loaded; ++i) {
28             print_record(&records[i]);
29         }
30     }
31     free(records);

33 leave:
34     if (fd) {
35         fclose(fd);
36     }
37     print_error(ret);
38     return ret;
39 }

41 void print_error(int error)
42 {
43     switch (error) {
44         case ERROR_FILE:
45             fprintf(stderr, "ERROR: open file\n");
46             break;
47         case ERROR_MEM:
48             fprintf(stderr, "ERROR: mem allocation\n");
49             break;
50     }
51 }

```

Pravidla překladačů v gmake / make

- Pro řízení překladačů použijeme pravidlový předpis programu GNU make. `make` nebo `gmake`
- Pravidla se zapisují do souboru `Makefile`.

<http://www.gnu.org/software/make/make.html>

- Pravidla jsou deklarativní ve tvaru definice cíle, závislostí cíle a akce, která se má provést.

cíl : závislosti

dvojtečka

akce

tabulátor

- Cíl (podobně jako závislosti) může být například symbolické jméno nebo jméno souboru.

tload.o : tload.c

clang -c tload.c -o tload.o

- Předpis může být napsán velmi jednoduše.

Například jako v uvedené ukázce.

Flexibilita použití však spočívá především v použití zavedených proměnných, vnitřních proměnných a využití vzorů, neboť většina zdrojových souborů se překládá identicky.

Příklad – Makefile

- Definujeme pravidlo pro vytvoření souborů `.o` z `.c` z aktuálních souborů v pracovním adresáři s koncovkou `.c`.

```
CC:=ccache $(CC)
```

```
CFLAGS+=-O2
```

```
OBJS=$(patsubst %.c,%.o,$(wildcard *.c))
```

```
TARGET=tload
```

```
bin: $(TARGET)
```

```
$(OBJS): %.o: %.c
```

```
$(CC) -c $(CFLAGS) $(CPPFLAGS) -o $@
```

```
$(TARGET): $(OBJS)
```

```
$(CC) $(OBJS) $(LDFLAGS) -o $@
```

```
clean:
```

```
$(RM) $(OBJS) $(TARGET)
```

ccache

CC=clang make vs CC=gcc make

- Při linkování záleží na pořadí souborů (knihoven)!**
- Jednou z výhod dobrých pravidel je možnost paralelního překladu nezávislých cílů .

Část III

Část 3 – Zadání 6. domácího úkolu (HW6)

Zadání 6. domácího úkolu HW6

Téma: Maticové počty

Povinné zadání: **4b**; Volitelné zadání: **4b**; Bonusové zadání: **5b**

- **Motivace**: Získání zkušenosti s dvojrozměrným polem.
- **Cíl**: Osvojit si práci s polem variabilní délky a předávání ukazatelů.
- **Zadání**: <https://cw.fel.cvut.cz/wiki/courses/bab36prga/hw/hw6>
 - Načtení vstupních hodnot dvou matic a znaku operace (`'*'` – násobení).
 - **Volitelné zadání** rozšiřuje úlohu o další operace s maticemi sčítání (`'+'`) a odčítání (`'-'`), které mohou být zapsány ve výrazu.
 - **Bonusové zadání** pak řeší zpracování celého výrazu, ve kterém jsou však jednotlivé matice uvedeny jako symboly, které jsou nejdříve definovány načtením hodnot matic ze standardního vstupu.

Využití `struct` a dynamické alokace může být výhodnou, není však nutné.

- **Termín odevzdání**: 20.04.2024, 23:59:59 PDT.
- **Bonusová úloha**: 24.05.2024, 23:59:59 CEST.

Shrnutí přednášky

Diskutovaná témata

- Standardní knihovny C
- Čtení a ukládání z/do souboru
- Ošetření chybových stavů - `assert()`, `errno`, `setjmp()`, `longjmp()`
- Kódovací příklady

- **Příště: Spojové struktury.**