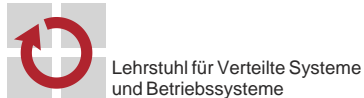


Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Wintersemester 2022

Übung 7

Phillip Raffeck
Maximilian Ott

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Fehlerbehandlung

Fehlerursachen



- Fehler können aus unterschiedlichsten Gründen auftreten
 - Systemressourcen erschöpft
 - ⇒ `malloc(3)` schlägt fehl
 - Fehlerhafte Benutzereingaben (z.B. nicht existierende Datei)
 - ⇒ `fopen(3)` schlägt fehl
 - Vorübergehende Fehler (z.B. nicht erreichbarer Server)
 - ⇒ `connect(2)` schlägt fehl

Fehlerbehandlung



- Gute Software:
 - Erkennt Fehler
 - Führt angebrachte Behandlung durch
 - Gibt aussagekräftige Fehlermeldung aus
- Kann ein Programm trotz Fehler sinnvoll weiterlaufen?

Beispiel 1: Ermittlung des Hostnamens zu einer IP-Adresse, um beides in eine Logdatei einzutragen

⇒ IP-Adresse ins Log eintragen, Programm läuft weiter

Beispiel 2: Öffnen einer zu kopierenden Datei schlägt fehl

- ⇒ Fehlerbehandlung: Kopieren nicht möglich, Programm beenden
- ⇒ Oder den Kopiervorgang bei der nächsten Datei fortsetzen
- ⇒ Entscheidung liegt beim Softwareentwickler



- Fehler treten häufig in libc Funktionen auf
 - Erkennbar i.d.R. am Rückgabewert (Manpage)
 - Fehlerüberprüfung essentiell
- Fehlerursache steht meist in `errno` (globale Variable)
 - Einbinden durch `errno.h`
 - Fehlercodes sind > 0
 - Fehlercode für jeden möglichen Fehler (siehe `errno(3)`)
- `errno` nur interpretieren, wenn Fehler signalisiert wurde
 - Funktionen dürfen `errno` beliebig verändern
 - ⇒ `errno` kann auch im Erfolgsfall geändert worden sein

3

- Fehlercodes ausgeben:
 - `perror(3)`: Ausgabe auf `stderr`
 - `strerror(3)`: Umwandeln in Fehlermeldung (String)

Beispiel:

```

01 char *mem = malloc(...);
02
03 // Fehlerfall
04 if(NULL == mem) {
05     fprintf(stderr, "%s:%d: malloc failed with reason: %s\n",
06             __FILE__, __LINE__-5, strerror(errno));
07     //alternativ: perror("malloc");
08
09     exit(EXIT_FAILURE);
10 }

```

4



- Signalisierung durch Rückgabewert nicht immer möglich
- Rückgabewert EOF: Fehlerfall **oder** End-Of-File

```

01 int c;
02 while ((c=getchar()) != EOF) { ... }
03 /* EOF oder Fehler? */

```

- Erkennung bei I/O Streams: `ferror(3)` bzw. `feof(3)`

```

01 int c;
02 while ((c=getchar()) != EOF) { ... }
03 /* EOF oder Fehler? */
04 if(ferror(stdin)) {
05     /* Fehler */
06     ...
07 }

```

Debuggen

5



- Übersetzen mit Debug-Symbolen (-g) & ohne Optimierungen (-O0)

```
01 gcc -g -pedantic -Wall -Werror -O0 -std=c11 -D_XOPEN_SOURCE=700
```

- **Wichtig:** Vor der Abgabe wieder mit Optimierungen testen!
- SPiC IDE hat eine graphische Variante des GDB integriert
- Alternativ: Starten des Debuggers per Kommandozeile

```
01 gdb ./concat
02 # alternativ ...
03 cgdb --args ./concat arg0 arg1 ...
```

- Kommandos
 - b(reak): Breakpoint setzen
 - r(un): Programm bei main() starten
 - n(ext): nächste Anweisung (nicht in Unterprogramme springen)
 - s(tep): nächste Anweisung (in Unterprogramme springen)
 - p(rint) <var>: Wert der Variablen var ausgeben
- ⇒ **Debuggen ist (fast immer) effizienter als Trial-and-Error!**

Die Funktion main()

- Informationen über:
 - Speicherlecks (malloc/free)
 - Zugriffe auf nicht gültigen Speicher
- Ideal zum Lokalisieren von Segmentation Faults (SIGSEGV)
- Aufrufe:
 - valgrind ./concat
 - valgrind --leak-check=full --show-reachable=yes
 ↪ --track-origins=yes ./concat

6

7

Die Funktion main()



- Funktion main(): Einsprungstelle für ein C Programm
- Signatur nach Anwendungszweck:
 - AVR: Nur ein Programm
 ⇒ void main(void)
 - Linux: Mehrere Programme
 ⇒ int main(void)
 ⇒ int main(int argc, char *argv[])
- Parameter und Rückgabewert zur Kommunikation

8



- Kommandozeilenparameter: Argumente für Programme
- main() erhält sie als Funktionsparameter:
 - argc: Anzahl der Argumente
 - argv: Array aus Zeigern auf Argumente
⇒ Array von Strings
- Erstes Argument: Programmname

```

01 #include <stdio.h>
02 #include <stdlib.h>
03
04 int main(int argc, char *argv[]) {
05     for(int i = 0; i < argc; ++i) {
06         printf("argv[%d]: %s\n", i, argv[i]);
07     }
08
09     return EXIT_SUCCESS;
10 }

```

```

01 $ ./commandline
02 argv[0]: ./commandline
03 $ ./commandline Hallo Welt
04 argv[0]: ./commandline
05 argv[1]: Hallo
06 argv[2]: Welt

```

9

10



- Rückgabestatus: Information für den Aufrufenden
- Übliche Codes:
 - EXIT_SUCCESS: Ausführung erfolgreich
 - EXIT_FAILURE: Fehler aufgetreten

```

01 #include <stdio.h>
02 #include <stdlib.h>
03
04 int main(int argc, char *argv[]) {
05     if(argc == 1) {
06         fprintf(stderr, "No parameters given!\n");
07         return EXIT_FAILURE;
08     }
09
10     // [...]
11
12     return EXIT_SUCCESS;
13 }

```

```

01 $ ./exitcode
02 No parameters given!
03 $ echo $?
04 1
05 $ ./exitcode Hallo Welt
06 $ echo $?
07 0

```

11

12



Aufgabe: concat

- Zusammensetzen der übergebenen Kommandozeilenparameter zu einer Gesamtzeichenfolge und anschließende Ausgabe
- Ablauf:
 - Bestimmung der Gesamtlänge
 - Dynamische Allokation eines Puffers
 - Schrittweises Befüllen des Puffers
 - Ausgabe der Zeichenfolge auf dem Standardausgabekanal
 - Freigabe des dynamisch allokierten Speichers
- Reimplementierung der Stringfunktionen der `string.h`:
- Wichtig: Identisches Verhalten (auch im Fehlerfall)

```
01  size_t str_len(const char *s)
02  char  *str_copy(char *dest, const char *src)
03  char  *str_cat(char *dest, const char *src)
```

13



- `malloc(3)` allokiert Speicher auf dem Heap
 - reserviert mindestens `size` Byte Speicher
 - liefert Zeiger auf diesen Speicher zurück
 - schlägt potenziell fehl
- `free(3)` gibt Speicher wieder frei

```
01  char* s = (char *) malloc(...);
02  if(s == NULL) {
03      perror("malloc");
04      exit(EXIT_FAILURE);
05  }
06
07  // [...]
08
09  free(s);
```

```
01  char *get_some_string(void);
02
03  int main(void) {
04      short i = strlen(get_some_string());
05      printf("Size of string: %hd\n", i);
06
07      return EXIT_SUCCESS;
08  }
```

14

15



```

01 char *get_some_string(void);
02
03 int main(void) {
04     short i = strlen(get_some_string());
05     printf("Size of string: %hd\n", i);
06
07     return EXIT_SUCCESS;
08 }

```

- Ausgeben der Länge eines Strings:
- Reicht ein short (meist 32KB adressierbar)?

```

01 char *get_some_string(void);
02
03 int main(void) {
04     int i = strlen(get_some_string());
05     printf("Size of string: %d\n", i);
06
07     return EXIT_SUCCESS;
08 }

```

- Ausgeben der Länge eines Strings:
- Reicht ein int (meist 2GB adressierbar)?

15

15



```

01 char *get_some_string(void);
02
03 int main(void) {
04     unsigned int i = strlen(get_some_string());
05     printf("Size of string: %u\n", i);
06
07     return EXIT_SUCCESS;
08 }

```

- Ausgeben der Länge eines Strings:
- Reicht ein unsigned int (meist 4GB adressierbar)?
- Wie groß ist der größte mögliche String?
- Oder allgemeiner: Wie groß ist das größte Datenobjekt?

- Größe von Datenobjekten wird in size_t angegeben
 - size_t strlen(const char *s);
 - void *malloc(size_t size);
- Breite von size_t ist architekturabhängig

15

16



- Größe von Datenobjekten wird in size_t angegeben
 - size_t strlen(const char *s);
 - void *malloc(size_t size);
- Breite von size_t ist architekturabhängig

```
01 int main(void) {
02     printf("Size of size_t: %zu\n",      sizeof(size_t));
03     printf("Size of unsigned int: %zu\n", sizeof(unsigned int));
04
05     return EXIT_SUCCESS;
06 }
```

```
01 # 32-Bit Linux
02 $> gcc -o print_sizes print_sizes.c
03 $> ./print_sizes
04     Size of size_t:      4
05     Size of unsigned int: 4
```

- Größe von Datenobjekten wird in size_t angegeben
 - size_t strlen(const char *s);
 - void *malloc(size_t size);
- Breite von size_t ist architekturabhängig

```
01 int main(void) {
02     printf("Size of size_t: %zu\n",      sizeof(size_t));
03     printf("Size of unsigned int: %zu\n", sizeof(unsigned int));
04
05     return EXIT_SUCCESS;
06 }
```

```
01 # 64-Bit Linux
02 $> gcc -o print_sizes print_sizes.c
03 $> ./print_sizes
04     Size of size_t:      8
05     Size of unsigned int: 4
```

16

16

Hands-on: file-concat

Hands-on: file-concat



- Konkateniert den Inhalt mehrerer Dateien
 - ⇒ Übergebene Dateien öffnen & nacheinander auf stdout ausgeben
- Hilfreiche Funktionen:
 - fopen(3) ⇒ Öffnen der Datei
 - fgetc(3) ⇒ Einlesen einzelner Zeichen
 - fputc(3) ⇒ Ausgeben einzelner Zeichen
 - fclose(3) ⇒ Schließen der Datei
- Sinnvolle Fehlerbehandlung beachten
 - Fehlende Dateien melden und überspringen
 - Fehlermeldungen auf stderr ausgeben
- Erweiterung
 - Behandlung von „-“ Zeichen als speziellen Parameter - vgl. cat(1)
 - ⇒ Zeichen von stdin einlesen (und auf stdout ausgeben) bis EOF
 - Verwendung: ./file-concat test1.txt - test2.txt

17