Lehrstuhl für Connected Mobility
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

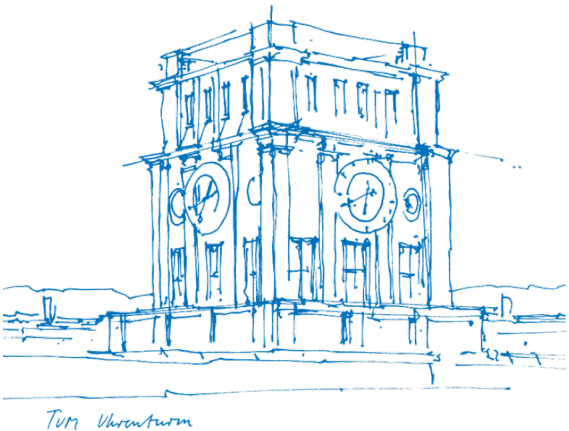
Grundlagen: Betriebssysteme und Systemsoftware

Tutorübung

Mario Delic

Lehrstuhl für Connected Mobility
School of Computation, Information and Technology
Technische Universität München

Übungswoche 1



Generelle Agenda

- Kurzes Recap der wichtigsten Vorlesungsinhalte
- Ggf. darüber hinaus relevantes Wissen
- Eventuelle Fragen von euch

- Bearbeitung vom Übungsblatt

Hinweis:
Alle Inhalte auf den Folien, die nicht von den Aufgaben- oder Lösungsblättern stammen, sind eigens von mir. Keine Gewähr oder Anspruch auf Korrektheit.

Linux, Unix, Posix - was ist das?

- **Unix**: Unix war ein frühes OS welches eine Reihe späterer OS inspiriert hat (z.B. Linux/macOS).
- **POSIX**: Das Portable OS Interface ist eine standardisierte Prorgammierschnittstelle. Es enthät wichtige Definitionen und Konzepte, spezifizierungen der C-Schnittstellen/syscalls, Hilfsprogramme und vieles mehr. Es wurde in 20 Jh. u.a. basierend auf Unix spezifiziert.
- **Unix-like**: Man nennt ein OS unix-like, wenn es in seinem verhalten im Allgemeinen dem des Unix-OS ähnelt.
- **Linux**: Linux ist ein unix-like OS (Auch wenn Linux offiziell nicht POSIX-compliant ist, kann man es als quasi solches sehen.) Linux gibt es in verschiedenen Distributionen welche sich durch ihr Desktop Environment, Packagemanager usw. unterscheiden.

Aufgabe 1 C the difference

Vorbereitung: Vorbereitend auf diese Aufgabe sollten Sie den C-Primer[1] von Jonas Pfoh lesen.

Die Programmiersprache C verhält sich in vielen Aspekten anders als die Ihnen bekannte Sprache Java. Ihr Tutor wird Ihnen anhand des folgenden Beispielprogramms zur Berechnung der Fakultät einige Grundlagen und Besonderheiten von C erläutern.

```java
import java.util.Scanner;

public class Fakultaet
{
  public static void main (String[] args)
  {
    Scanner scan = new Scanner(System.in);

    int fakultaet = fak(scan.nextInt());
    System.out.println("Fakultaet: " + fakultaet);
  }
  private static int fak(int x) {
      return x <= 1 ? 1 : (x*fak(x-1));
  }
}
```

```c
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>

int fak(int);

int main(int argc, char *argv[]) {
  char *buf = malloc(100 * sizeof(char));
  fgets(buf, 100, stdin);

  int fakultaet = fak(atoi(buf));
  printf("Fakultaet: %d\n", fakultaet);
  free(buf);
}

int fak(int x) {
  return x <= 1 ? 1 : (x*fak(x-1));
}
```

Aufgabe 1

- public static void main (String[] args) $\leftrightarrow$ int main()
- import $\leftrightarrow$ #include
- OOP Zwang $\leftrightarrow$ OOP “Verbot“
- Funktionen müssen Vorausdeklariert werden, um sie vor der Definition nutzen zu können
- Java static: objektunabhängigkeit $\leftrightarrow$ C static: encapsulation/speicherort
- Automatischer Garbagecollector $\leftrightarrow$ Manuelles Memorymanagement
- **void* malloc(size_t size)**: Sucht nach freiem Speicher $\geq$ size und gibt Pointer auf diesen zurück
- **void free(void* p)**: Gibt Speicherplatz am Pointer p frei
- Auf jedes malloc kommt exakt ein free!
- malloc loops ohne free $\rightarrow$ Memory Leak! Use-After-Free $\rightarrow$ undefined behavior!

Zahlenentwicklung:

Dezimal:	Binär:	Hex:
1	2^0 = 1	0x1
2	2^1 = 10	0x2
4	2^2 = 100	0x4
8	2^3 = 1000	0x8
16	2^4 = 1'0000	0x10
32	2^5 = 10'0000	0x20
64	2^6 = 100'0000	0x40
128	2^7 = 1000'0000	0x80
256	2^8 = 1'0000'0000	0x100
512	2^9 = 10'0000'0000	0x200
1024	2^{10} = 100'0000'0000	0x400
2048	2^{11} = 1000'0000'0000	0x800
4096	2^{12} = 1'0000'0000'0000	0x1000

Aufgabe 2 Binär- und Dezimalpräfixe

Einheitenpräfixe dienen dazu, Basiseinheiten zu skalieren. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist *k* (Kilo) in km oder kg. Im Alltag werden häufig Dezimalpräfixe verwendet, die auf Potenzen der Zahl 10 basieren.

Im Kontext von Betriebssystemen werden jedoch häufig Binärpräfixe (Potenzen von 2) verwendet.

Binär			Dezimal
Kibi	$1024 = 2^{10}$	$1000 = 10^{3}$	Kilo
Mebi	2^{20}	10^{6}	Mega
Gibi	2^{30}	10^{9}	Giga
Tebi	2^{40}	10^{12}	Tera

Aufgabe 2

a)* Übersetzen Sie von Binär- zu Dezimalpräfix: 2 KiB, 3 MiB, 4 GiB.

b)* Übersetzen Sie von Dezimal- zu Binärpräfix: 4 kB, 3 MB, 2 GB.

c)* Hersteller von Speichermedien preisen diese mit Kapazitäten an, die auf Dezimalpräfixen basieren. Das führt häufig zu Verwirrung, da Software meist Binärpräfixe verwendet, jedoch die falschen Einheiten anzeigt (z.B. GB statt GiB). Wie viel Speicherplatz wird dem Käufer einer externen 2 TB-Festplatte nach dem Anschließen an ein solches System angezeigt?

Aufgabe 2

a)* Übersetzen Sie von Binär- zu Dezimalpräfix: 2 KiB, 3 MiB, 4 GiB.

2 KiB = 2 * 1024 B = 2048 B = 2,048 kB → 1) 1 KiB sind 1024 B, also 2*1024 = 2048
3 MiB = 3 * 1024^2 B = 3145728 B ≈ 3,145 MB 2) Komma setzen (Kilo = 10^3, um 3 nach links)
4 GiB = 4 * 1024^3 B = 4294967296 B ≈ 4,294 GB

b)* Übersetzen Sie von Dezimal- zu Binärpräfix: 4 kB, 3 MB, 2 GB.

Aufgabe 2

a)* Übersetzen Sie von Binär- zu Dezimalpräfix: 2 KiB, 3 MiB, 4 GiB.

2 KiB = 2 * 1024 B = 2048 B = 2,048 kB
3 MiB = 3 * 1024^2 B = 3145728 B $\approx$ 3,145 MB
4 GiB = 4 * 1024^3 B = 4294967296 B $\approx$ 4,294 GB

b)* Übersetzen Sie von Dezimal- zu Binärpräfix: 4 kB, 3 MB, 2 GB.

4 kB = 4 * 1000 B $\approx$ 3,906 KiB
3 MB = 3 * 1000^2 B = 3000000 B $\approx$ 2929,687 KiB $\approx$ 2,861 MiB
2 GB = 2 * 1000^3 B = 2000000000 B $\approx$ 1,862 GiB

→ 1) 1 kB sind 1000 B, also 4000 B

2) Wir wollen das Ergebnis in KiB, also durch Größe von 1 KiB dividieren:

$$\frac{4000\,B}{1\,KiB} = \frac{4000\,B}{1024\,B} \approx 3,906\,KiB$$

Aufgabe 2

c)* Hersteller von Speichermedien preisen diese mit Kapazitäten an, die auf Dezimalpräfixen basieren. Das führt häufig zu Verwirrung, da Software meist Binärpräfixe verwendet, jedoch die falschen Einheiten anzeigt (z.B. GB statt GiB). Wie viel Speicherplatz wird dem Käufer einer externen 2 TB-Festplatte nach dem Anschließen an ein solches System angezeigt?

Aufgabe 2

c)* Hersteller von Speichermedien preisen diese mit Kapazitäten an, die auf Dezimalpräfixen basieren. Das führt häufig zu Verwirrung, da Software meist Binärpräfixe verwendet, jedoch die falschen Einheiten anzeigt (z.B. GB statt GiB). Wie viel Speicherplatz wird dem Käufer einer externen 2 TB-Festplatte nach dem Anschließen an ein solches System angezeigt?

1,82 TB, ihm „fehlen“ also knapp 10%

Recap
Binär- und Hexarithmethik

Dezimal:

- Basis 10: 0-9
- Umrechnung:
  Standard (Bin/Hex): Division mit Rest durch 2 bzw. 16.
  Alternativ (Bin): Zweierpotenzzerlegung.
  Alternativ (Hex): Dez zu Bin, dann Bin zu Hex.

Binär:

- Basis 2: 0-1
- Umrechnung:
  Standard (Dec): Zweierpotenzsummierung (0b11'0100 = $2^5+2^4+2^2 = 32+16+4$ = 52)
  Standard (Hex): Ein Nibble (4 Binärziffern) zur korrespondierenden Hexziffer übersetzten (0xD = 0b1101 = 13).

Hex:

- Basis 16: 0-9 und A-F
- Umrechnung:
  Standard (Dez): Sechzehnerpotenzsummierung (0xBA7 = $7*1+10*16+11*256 = 7+160+2816$ = 2983).
  Standard (Bin): Ein Nibble (4 Binärziffern) zur korrespondierenden Hexziffer übersetzten (0xC = 0b1100 = 12).

Aufgabe 3 Bin verHext

Im Verlaufe dieser Veranstaltung werden Sie mit Werten in unterschiedlichen Basen umgehen müssen, sowie diese von einer in die andere Basis überführen. In GBS sind besonders die Basen 2, 10 und 16 relevant. Das Umrechnen von Zahlen zwischen diesen Basen sollten Sie unbedingt beherrschen.

Übersetzen Sie die gegebenen Werte von einer Basis in die Andere.

a)* Binär $\rightarrow$ Hex

0b101010
0b111000111
0b1100000011011110

1=0x1 ; 1100 = 8+4+0+0 = 12 = 0xC ; 0111 = 0+4+2+1 = 7 = 0x7

0x1C7

Aufgabe 3 **Bin verHext**

Im Verlaufe dieser Veranstaltung werden Sie mit Werten in unterschiedlichen Basen umgehen müssen, sowie diese von einer in die andere Basis überführen. In GBS sind besonders die Basen 2, 10 und 16 relevant. Das Umrechnen von Zahlen zwischen diesen Basen sollten Sie unbedingt beherrschen.

Übersetzen Sie die gegebenen Werte von einer Basis in die Andere.

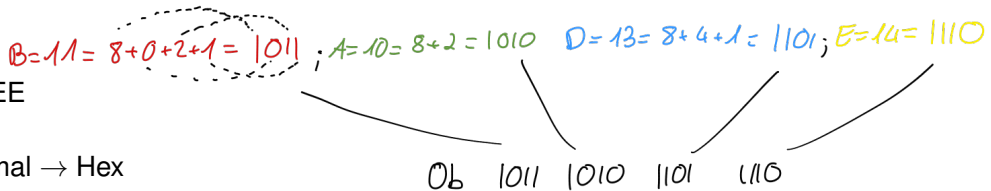
a)* Binär $\rightarrow$ Hex

0b101010 $\rightarrow$ 0x2A
0b111000111 $\rightarrow$ 0x1C7
0b1100000011011110 $\rightarrow$ 0xC0DE

Aufgabe 3

b)* Hex → Binär

0xAFFE
0xBADE
0xC0FFEE



c)* Dezimal → Hex

123
65
262

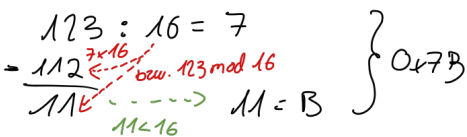
Aufgabe 3

b)* Hex → Binär

0xAFFE → 0b1010111111111110
0xBADE → 0b1011101011011110
0xC0FFEE → 0b110000001111111111101110

c)* Dezimal → Hex

123
65
262



Aufgabe 3

b)* Hex $\rightarrow$ Binär

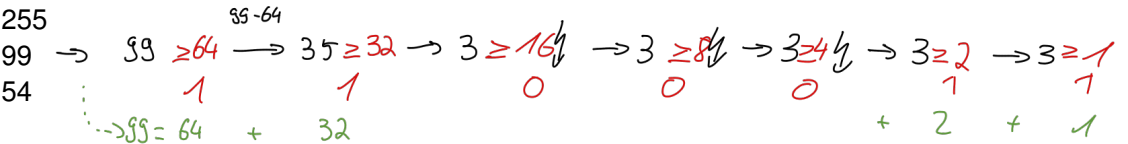
0xAFFE $\rightarrow$ 0b1010111111111110
0xBADE $\rightarrow$ 0b1011101011011110
0xC0FFEE $\rightarrow$ 0b110000001111111111101110

c)* Dezimal $\rightarrow$ Hex

123 $\rightarrow$ 0x7B
65 $\rightarrow$ 0x41
262 $\rightarrow$ 0x106

Aufgabe 3

d)* Dezimal → Binär



e)* Hex → Dezimal

0b 1100011

0xABC
0x64
0x420

Aufgabe 3

d)* Dezimal → Binär

255 → 0b11111111
99 → 0b1100011
54 → 0b110110

e)* Hex → Dezimal

0xABC → 0xA = 10 = 1010 0xB = 11 = 1011 0xC = 1100
= 0b 1010 1011 1100
0x64
0x420
↳ 0x400 = 2^{10} = 1024 + 32 = 1056
+ 0x20 = 2^5 = 32

Aufgabe 3

d)* Dezimal $\rightarrow$ Binär

255 $\rightarrow$ 0b11111111
99 $\rightarrow$ 0b1100011
54 $\rightarrow$ 0b110110

e)* Hex $\rightarrow$ Dezimal

0xABC $\rightarrow$ 2748
0x64 $\rightarrow$ 100
0x420 $\rightarrow$ 1056

*Pointer&Arithmetik

Asterisk *

In Deklarationen: Hier steht ein Pointer
Als Präfixoperator: Gib mir die Daten, auf die dieser Pointer zeigt

Ampersand &

Als Präfixoperator: Gib mir eine Pointer auf diese Daten

```c
#include <stdio.h>
int main(){
    int a = 12;
    printf(" %d \n %x \n %p \n", a, a, &a);
    return 1;
}
```

```
12
c
00000024441ffd98
```

Output

*Pointer&Arithmetik

```c
#include <stdio.h>
int afunc(int i){
    i+=5;
    return i;
}
int reffunc(int* i){
    *i+=5;
    return *i;
}
int main(){
    int a = 12;
    int* p = &a; //p = pointer auf a
    printf(" %d    \n %d        \n %d      \n %d       \n %d    \n",
           afunc(a), reffunc(&a), afunc(*p), reffunc(p), afunc(a));
    return 1;
}
```

```
17
17
22
22
27
```

Output

*Pointer&Arithmetik

Pointer können inkrementiert/dekrementiert werden.
Pointer + 1 bedeutet dabei “1 Element des Pointertyps weiter.“

- char*: +1 erhöht die Adresse um genau 1, da char 1 Byte breit
- int*: +1 erhöht die Adresse um 4, da 4 Byte breit
- void*: laut Standard **undefined behavior**, Compiler behandeln es aber **wie char***

```c
int main(){
    int* ip = 0;
    char* cp = 0;
    ip+=1;
    cp+=1;
    printf("Incremented int pointer: %p \nIncremented char pointer: %p \n", ip, cp);
    return 1;
}
```

```
Incremented int pointer: 0000000000000004
Incremented char pointer: 0000000000000001
```

Strings und Arrays

Strings sind Ketten an chars mit einem terminierenden Nullbyte.

Strings der Form “somestring“ nennt man string literal. Diese landen im (readonly-)data segment und sind unveränderlich. Wenn man einer Variable ein string literal mittels dem Assignment Opoerator = zuweist, so assigned man in Wirklichkeit nur einen Pointer.
Ausnahme: ein char-array direkt bei **initialisierung** ein string literal assignen. Hierbei wird das Array tatsächlich mit den einzelnen chars + Nullbyte befüllt.

```c
char* rodatastring = "abcde";
char stackstring[6] = "abcde";
printf("strlen(rodatastring): %ld\n", strlen(rodatastring));
printf("strlen(stackstring): %ld\n", strlen(stackstring));
printf("sizeof(rodatastring): %ld\n", sizeof(rodatastring));
printf("sizeof(stackstring): %ld\n", sizeof(stackstring));
```

```
strlen(rodatastring): 5
sizeof(rodatastring): 8
strlen(stackstring): 5
sizeof(stackstring): 6
```

Strlen zählt die chars bis zum Nullbyte, somit sind beide Strings 5 chars lang.
Sizeof liefert im ersten Fall 8, da rodatastring ein Pointer ist (welcher 8 Byte lang ist).
Im zweiten Fall weiss der Compiler, dass für stackstring 6 Byte reserviert wurden.

Strings und Arrays

Arrays in C sind sehr simpel implementierte Ketten von Elementen gleichen Typs.

Führt man Operationen mit dem Array aus wird dieses in fast allen fällen wie ein Pointer (auf das erste Element) behandelt. Man sagt, es **decayed** zu einem Pointer.

Der Operator **[]** zum Zugriff auf ein Arrayelement ist eigentlich nur eine Inkrementierung des Pointers mit anschließender Derenferenzierung:
array[index] ist also semantisch äquivalent zu ***(array+index)** (vgl. Aufgabe 4).

Arrays sind **nicht** Nullbyte-terminiert (nur strings)! U.a. deswegen kann man die Länge nicht ohne weiteres bestimmen, und sizeof liefert nur die Pointergröße. Es ist also sinnvoll, eine extra Variable für die Länge des Arrays zu führen, falls sie benötigt wird.
Ausnahme: Arrays, deren Länge zur compiletime bekannt ist (hier: stackarray).

```
int stackarray[7];
int* heaparray = malloc(7 * sizeof(int));
printf("stackarray size is %ld\n", sizeof(stackarray));
printf("heaparray size is %ld\n", sizeof(heaparray));
```

```
stackarray size is 28
heaparray size is 8
```

Aufgabe 4 Pointerarithmetik und Operatorpräzedenz

Die folgenden Deklarationen bilden die Grundlage für alle Teilaufgaben dieser Aufgabe. Verstehen Sie zunächst, welche Variablen deklariert und initialisiert werden, und welche Typen diese besitzen.

```
1  int arrayXYZ[10] = {0};
2  int i = 0, intVar = 0;
3  int *pi = 0;
4  for (i = 0; i < 10; i++)
5      arrayXYZ[i] = i;
```

a)* Was ist der Inhalt der Variable `pi` jeweils nach den folgenden Statements?

```
1  pi = &arrayXYZ[7];
2  pi = arrayXYZ;
3  pi = &arrayXYZ[0];
```

b)* Sind die folgenden Zuweisungen äquivalent? Verdeutlichen Sie sich, wie ein Array-Zugriff in C umgesetzt wird.

```
1  intVar = arrayXYZ[8];
2  intVar = *(arrayXYZ+8);
3  intVar = *(int *) ((void *) arrayXYZ+(8*sizeof(int)));
```

Aufgabe 4

c)* Kompilieren die folgenden Statements ohne Warnings oder Errors? Wenn nicht, was ist das Problem? Können Fehler zur Laufzeit auftreten? Wie würden sich diese Fehler zur Laufzeit auswirken?

```
1    i = pi;
2    intVar = i;
3    *(arrayXYZ+3) = 3;
4    arrayXYZ[1320] = "a";
5    arrayXYZ[1] = &*(arrayXYZ + 15);
```

d)* Was macht der folgende Code? Wofür wird `malloc` in C benutzt?

```
int *array123 = malloc(5 * sizeof(int));
```

Warum sollten nicht alle Werte in Variablen abgelegt werden, die in der Funktion direkt deklariert wurden?

e) Welche Rolle spielt der Operator `sizeof()`? Wieso wird an `malloc()` nicht 5 als Parameter übergeben?

f) Was hat es mit `free()` auf sich? Inwiefern verhält sich Java hier anders als C, wieso musste man diese Funktion in Java nicht nutzen?