

Hardwarenahe Programmierung

Übungsaufgaben – 17. Dezember 2018

Diese Übung enthält Punkteangaben wie in einer Klausur. Um zu „bestehen“, müssen Sie innerhalb von 100 Minuten unter Verwendung ausschließlich zugelassener Hilfsmittel 18 Punkte (von insgesamt 36) erreichen.

Aufgabe 1: Fakultät

Die Fakultät $n!$ einer ganzen Zahl $n \geq 0$ ist definiert als:

$$\begin{aligned} &1 \quad \text{für } n = 0, \\ &n \cdot (n - 1)! \quad \text{für } n > 0. \end{aligned}$$

Mit anderen Worten: $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$.

Die folgende Funktion `fak()` berechnet die Fakultät *rekursiv* (Datei: [aufgabe-1.c](#)):

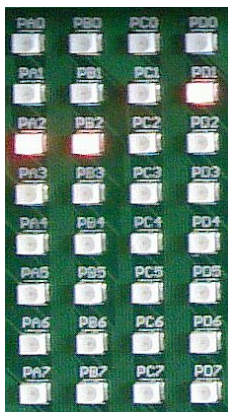
```
int fak (int n)
{
    if (n <= 0)
        return 1;
    else
        return n * fak (n - 1);
}
```

- (a) Schreiben Sie eine Funktion, die die Fakultät *iterativ* berechnet, d. h. mit Hilfe einer Schleife anstelle von Rekursion. (3 Punkte)
- (b) Wie viele Multiplikationen (Landau-Symbol) erfordern beide Versionen der Fakultätsfunktion in Abhängigkeit von n ? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)
- (c) Wieviel Speicherplatz (Landau-Symbol) erfordern beide Versionen der Fakultätsfunktion in Abhängigkeit von n ? Begründen Sie Ihre Antwort. (3 Punkte)

Aufgabe 2: Lauflicht

An die vier Ports eines ATmega16-Mikrocontrollers sind Leuchtdioden angeschlossen:

- von links nach rechts
an die Ports A, B, C und D,
- von oben nach unten
an die Bits Nr. 0 bis 7.



Wir betrachten das folgende C-Programm (Datei: [aufgabe-2.c](#)) für diesen Mikrocontroller:

```
#include <avr/io.h>
#include <avr/interrupt.h>

int counter = 0;

ISR (TIMER0_COMP_vect)
{
    PORTA = 1 << ((counter++ >> 6) & 7);
}

int main (void)
{
    cli ();
    TCCR0 = (1 << CS01) | (1 << CS00);
    TIMSK = 1 << OCIE0;
    sei ();
    DDRA = 0xff;
    while (1);
    return 0;
}
```

Das Programm bewirkt ein periodisches Lauflicht in der linken Spalte von oben nach unten. Eine Animation davon finden Sie in der Datei [aufgabe-2.gif](#).

- (a) Wieso bewirkt das Programm überhaupt etwas, wenn doch das Hauptprogramm nach dem Initialisieren lediglich eine Endlosschleife ausführt, in der *nichts* passiert? (3 Punkte)
- (b) Erklären Sie, wie die Anweisung

```
PORTA = 1 << ((counter++ >> 6) & 7);
```

das LED-Blinkmuster hervorruft. (6 Punkte)
Hinweis: Zerlegen Sie die eine lange Anweisung in mehrere kürzere.
Wenn nötig, verwenden Sie zusätzliche Variable für Zwischenergebnisse.
- (c) Was bedeutet „`ISR (TIMER0_COMP_vect)`“? (1 Punkt)
- (d) Wieso leuchten die Leuchtdioden PB2 und PD1? (2 Punkte)

Aufgabe 3: Länge von Strings

Diese Aufgabe ist eine Neuauflage von Aufgabe 3 der Übung vom 5. November 2017, ergänzt um die Teilaufgaben (f) und (g).

Strings werden in der Programmiersprache C durch Zeiger auf `char`-Variable realisiert.

Beispiel: `char *hello_world = "Hello,_world!\n"`

Die Systembibliothek stellt eine Funktion `strlen()` zur Ermittlung der Länge von Strings zur Verfügung (`#include <string.h>`).

- (a) Auf welche Weise ist die Länge eines Strings gekennzeichnet? (1 Punkt)
- (b) Wie lang ist die Beispiel-String-Konstante `"Hello,_world!\n"`, und wieviel Speicherplatz belegt sie? (2 Punkte)
- (c) Schreiben Sie eine eigene Funktion `int strlen (char *s)`, die die Länge eines Strings zurückgibt. (3 Punkte)

Wir betrachten nun die folgenden Funktionen (Datei: [aufgabe-3.c](#)):

```
int fun_1 (char *s)
{
    int x = 0;
    for (int i = 0; i < strlen (s); i++)
        x += s[i];
    return x;
}
```

```
int fun_2 (char *s)
{
    int i = 0, x = 0;
    int len = strlen (s);
    while (i < len)
        x += s[i++];
    return x;
}
```

- (d) Was bewirken die beiden Funktionen? (2 Punkte)
- (e) Schreiben Sie eine eigene Funktion, die dieselbe Aufgabe erledigt wie `fun_2()`, nur effizienter. (4 Punkte)
- (f) Von welcher Ordnung (Landau-Symbol) sind die beiden Funktionen hinsichtlich der Anzahl ihrer Zugriffe auf die Zeichen im String? Begründen Sie Ihre Antwort. Sie dürfen für `strlen()` Ihre eigene Version der Funktion voraussetzen. (3 Punkte)
- (g) Von welcher Ordnung (Landau-Symbol) ist Ihre effizientere Funktion? Begründen Sie Ihre Antwort. (1 Punkt)

Viel Erfolg!