

Aufgabe 1: Ganzzahlen (10 Punkte)

Im Folgenden sollen Zahlen aus unterschiedlichen Stellenwertsystemen dekodiert und verarbeitet werden. Für jede Teilaufgabe mit Binärzahlen ist in Klammern angegeben, wie diese interpretiert werden sollen (Positiv, Vorzeichenbit, B1- oder B2-Komplement) und wie viele Bit zur Speicherung (inklusive Vorzeichen) zur Verfügung stehen.

1. [6-Bit, positiv] Wie wird die gegebene Dezimalzahl binär kodiert?

$$(49)_{10} = (\text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ })_2$$

2. [6-Bit, positiv] Welche Dezimalzahl wird durch die gegebene Bit-Sequenz kodiert?

$$(101110)_2 = (\text{ } \text{ })_{10}$$

3. [24-Bit, B1] Welche (**genau eine**) der Eigenschaften trifft auf die jeweilige Zahl zu?

– $(1010\ 0000\ 1011\ 1110\ 0110\ 0010)_2$
 Gerade Negativ > -256 Primzahl $= \sqrt{2}$

– $(1111\ 1111\ 1111\ 1111\ 0111\ 1101)_2$
 Positiv > -65536 Primzahl 28-Bit Teiler: 2, 8

4. [6-Bit, B2] Berechnen Sie binär (im **B2-Komplement**) die Summe $29 + 5$ sowie den Dezimalwert des gespeicherten Ergebnisses.

$$(\text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ })_2 = 29_{10}$$

$$+ (\text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ })_2 = 5_{10}$$

$$((\text{ } \text{ }) \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ } \text{ })_2 = (\text{ } \text{ })_{10}$$

5. Berechnen Sie im **Hexadezimalsystem** $41_{10} + 77_{10}$.

$$(\text{ } \text{ })_{16} = 41_{10}$$

$$+(\text{ } \text{ })_{16} = 77_{10}$$

$$(\text{ } \text{ })_{16} = 118_{10}$$

Aufgabe 2: Graphen (20 Punkte)

1. Zeichnen Sie den Graphen, der durch die unten abgebildete Adjazenzmatrix beschrieben wird.

	A	B	C	D	E
A	1	∞	∞	3	5
B	∞	∞	7	∞	∞
C	5	7	∞	∞	∞
D	3	∞	∞	∞	∞
E	∞	∞	∞	∞	∞

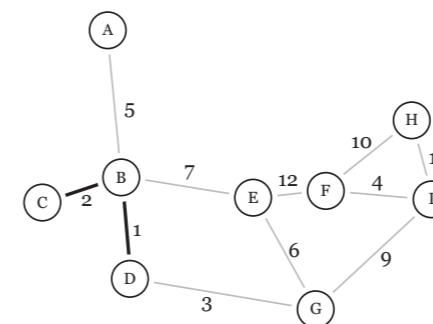
2. Gegeben ist folgende Dijkstra-Tabelle (für einen ungerichteten, nicht abgebildeten Graph).

- (a) Wie **lang** ist der kürzeste Weg von A nach C:

- (b) Was ist der kürzeste **Pfad** von D nach C:

A	B	C	D	E	F	G
∞	∞	0	∞	∞	∞	∞
∞	∞		∞	∞	6	∞
20	10		∞	∞		8
20	10		∞	12		
13			16	12		
13			14			
			14			

- 3.



Verwenden Sie den Algorithmus von **Prim**, um den minimalen Spannbaum des links abgebildeten Graphen zu bestimmen. Geben Sie an, in welcher Reihenfolge die Kanten in den Spannbaum aufgenommen werden.

BD, BC,

d) Welche der folgenden Aussagen bzgl. der Interruptsteuerung ist richtig?

2 Punkte

- Wurde gerade ein Flanken-gesteuerter Interrupt ausgelöst, so muss erst ein Pegelwechsel der Interruptleitung stattfinden, damit erneut ein Interrupt ausgelöst werden kann.
- Interrupts sind eine Besonderheit von AVR-Mikroprozessoren. Auf anderen Architekturen müssen externe Ereignisse durch Pollen abgefragt werden.
- Pegelgesteuerte Interrupts müssen durch Pollen des Pegels abgefragt werden.
- Pegelgesteuerte Interrupts werden bei jedem Wechsel des Pegels ausgelöst.

e) Welchen Wert hat die Variable `i` nach Ausführung der folgenden Zeilen Code:

2 Punkte

```
uint8_t i = 0x21;
i <= 4;
```

- 10
- 16
- 0x25
- 0x84

f) Gegeben ist folgendes Makro:

```
#define MAX(x,y) (x > y) ? (x) : (y)
```

2 Punkte

Wie ist das Ergebnis des folgenden Ausdrucks

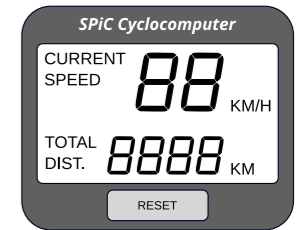
```
MAX(5, 3) * 2
```

- 3
- 5
- 6
- 10

Aufgabe 4: Fahrradcomputer (30 Punkte)

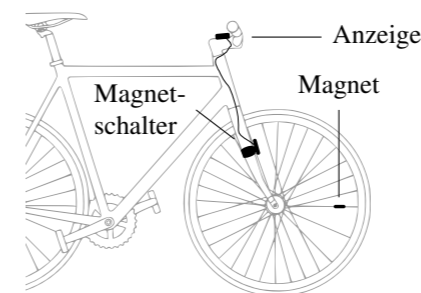
Sie dürfen diese Seite zur besseren Übersicht bei der Programmierung heraustrennen!

Erlangen gilt als eine der fahrradfreundlichsten Städte Deutschlands. Um die eigene Fahrleistung zu messen, bietet sich ein Fahrradcomputer an. Schreiben Sie ein Programm für den AVR-Mikrocontroller, welches die aktuelle Geschwindigkeit und die zurückgelegte Strecke misst. Durch einen Druck auf die *RESET*-Taste soll die zurückgelegte Strecke wieder gelöscht (auf 0 zurück gesetzt) werden.



Prinzip:

Ein am Vorderrad in den Speichen befestigter Magnet löst beim Passieren der Gabel den dort befestigten Magnetschalter aus – einmal pro voller Radumdrehung.



Die zurückgelegte Distanz pro Radumdrehung ist abhängig von der Größe des Reifens. Für 27 Zoll Reifen beträgt er zum Beispiel 215 cm. Wurden nun beispielsweise $n = 500$ Umdrehungen erkannt, so beträgt die zurückgelegte Distanz

$$s = n \cdot U = 500 \cdot 215 \text{ cm} = 107\,500 \text{ cm} \approx 1 \text{ km}$$

(Zur Erinnerung: 100 000 cm entsprechen 1 km)

Misst man die Zeitdauer einer Radumdrehung, kann die momentane Geschwindigkeit ermittelt werden, z.B. bei 400 ms für eine Umdrehung ($n = 1$)

$$v = \frac{n \cdot U}{t} = \frac{1 \cdot 215 \text{ cm}}{400 \text{ ms}} = 36 \cdot \frac{215 \text{ km}}{400 \text{ h}} \approx 19 \text{ km/h}$$

(Hinweis: die Geschwindigkeit in cm/ms kann durch Multiplikation mit 36 in km/h umgerechnet werden)

Im Detail soll Ihr Programm wie folgt funktionieren:

- Initialisieren Sie die Hardware in der Funktion **void init(void)**. Treffen Sie hierbei keine Annahmen über den initialen Zustand der Hardware-Register.
- Ein 8-Bit Timer soll so konfiguriert werden, dass im Millisekundentakt ein Interrupt ausgelöst wird. Dieser kann benutzt werden, um die Dauer einer Radumdrehung zu messen.
- Das Display soll die momentane Geschwindigkeit (in km/h) und die zurückgelegte Distanz (in km) anzeigen.
 - Das Display wird einmalig mit der Bibliotheksfunktion **void display_enable(void)** aktiviert (es zeigt noch keine sinnvollen Werte an).
 - Mit der Bibliotheksfunktion **void display_show(field, uint16_t)** können Werte auf der Anzeige aktualisiert werden. Der erste Parameter gibt dabei das entsprechende Feld an, **SPEED** für die Geschwindigkeit und **DISTANCE** für den Kilometerzähler.
 - Da die Kommunikation mit dem Display einige Zeit dauern kann, sollen die Bibliotheksfunktionen **nicht im Interruptkontext** aufgerufen werden und der Kilometerzähler nur aktualisiert werden, wenn sich der Wert geändert hat.
 - Die Anzeige für die Geschwindigkeit erfolgt als Ganzzahl (abgerundet) und soll nur zwei Stellen (00–99) berücksichtigen. Eine Fehlerbehandlung für höhere Geschwindigkeiten oder Standzeiten ist nicht erforderlich.
 - Die Distanz wird ebenfalls als abgerundete Ganzzahl angezeigt, sie soll beim Erreichen von 10 000 km wieder auf 0 km zurück gesetzt werden.
- Ein Druck der *RESET*-Taste setzt (nur) den Kilometerzähler wieder auf 0 zurück.
- Um die Laufzeit des Fahrradcomputers zu maximieren, soll auf Polling verzichtet werden und der Mikrocontroller so viel Zeit wie möglich im Schlafmodus verbringen.

// Unterbrechungsbehandlungsfunktionen

// Ende Unterbrechungsbehandlungsfunktionen

U:

// Funktion main

// Initialisierung und lokale Variablen

// Hauptschleife

// Warten auf Ereignisse

M:

// Ausgabe auf dem Display

// Ende der Main

O:

// Initialisierungsfunktion

// Ende Initialisierungsfunktion

I:

Aufgabe 5: Zeiger und Felder (10 Punkte)

Das folgende Programm wird ohne Optimierungen übersetzt und auf einem 8-Bit AVR/ATmega32 Mikrocontroller ausgeführt.

Hinweis: Lesen Sie zuerst die Aufgabenstellung – ein vollständiges Verständnis des Programms ist zur Bearbeitung der Aufgabe nicht notwendig.

```

1 #include <stdint.h>
2
3 static uint8_t * min(const uint8_t array[], uint8_t size){
4     uint8_t min = *array;
5     while (--size > 0){
6         if (array[size] < min){
7             min = array[size];
8         }
9     }
10    return &min;
11 }
12
13 void main(void) {
14     uint8_t a = 13;
15
16     // Aufgabe a)
17     uint8_t b = 1;
18     uint8_t * c = &a;
19     *c *= b + 1;
20     uint8_t d[3] = {3, 7};
21     uint8_t e = *(d + b) * 3;
22     // Ende Aufgabe a)
23
24     // Aufgabe d)
25     uint8_t *m = min(d, 4);
26     uint8_t n = 42;
27     n += *m;
28
29     /* ... */
30
31 }
    
```

Dazugehöriger Stack (Auszug):

Variable	Inhalt	Adresse
	⋮	
	...	← 0x091f
a	13	← 0x091e
		← 0x091d
		← 0x091c
		← 0x091b
		← 0x091a
		← 0x0919
		← 0x0918
		← 0x0917
		← 0x0916
		← 0x0915
		← 0x0914
	⋮	

a) Obige Grafik zeigt einen Speicherauszug des Stacks nach der Ausführung der Zuweisung in Zeile 14 an. Ändern / erweitern Sie die Grafik um einen möglichen Aufbau des Stacks (Variable und Inhalt) nach der Ausführung der Zeilen 16 bis 22. (4 Punkte)

b) Die Funktion `min()` erhält als ersten Parameter ein `array`. Wie wird in C ein Feld als Funktionsparameter übergeben? Was bewirkt im Beispiel das Schlüsselwort `const`? (2 Punkte)

c) Erklären Sie den Unterschied zwischen den Typen `const uint8_t *` und `uint8_t * const`. (2 Punkte)

d) Die Funktion `min` soll das kleinste Element eines Feldes (Arrays) finden. Welches Problem kann bei der Verarbeitung des Rückgabewertes von `min` (Zeile 24ff) auftreten? Wieso? (2 Punkte)
