

## 4.1. Musterlösung

### Grundlagen

- 1) Laut Datenblatt beträgt bei einem unkalibrierten Temperatursensor und der Temperatur von 25°C der maximale Temperaturmessfehler 6°C, sodass der Fehler im ungünstigsten Fall eine ca. 24%-Abweichung von dem tatsächlichen Messwert darstellt.
- 2) Während die vorausgehende Betrachtung sich auf eine bestimmte Temperatur (25°C) bezog, steht hier der gesamte Temperaturmessbereich im Vordergrund. In diesem Bereich, der zwischen der minimalen und maximalen Messtemperatur liegt, beträgt der Temperaturmessfehler 9°C.
- 3) Dem relativ hohen Temperaturmessfehlern kann, wie bereits in der Aufgabenstellung dargestellt, durch die Kalibrierung der Temperatursensoren entgegengewirkt werden. Da der Temperatursensor mit einer Temperatur von 25°C kalibriert wird, beträgt der Messfehler bei dieser Temperatur 0°C.
- 4) Bei einem kalibrierten Messsensor beträgt der maximale Temperaturmessfehler über den gesamten Temperaturmessbereich 2°C.
- 5) Der vom Hersteller vorgesehene Temperaturmessbereich des Temperatursensors liegt zwischen -40°C und 100°C. Eine Vergrößerung des Temperaturmessbereichs auf -40°C bis 125°C kann zur **Senkung der Lebensdauer des Sensors** führen („Continuous operation at these temperatures [...] may decrease life expectancy of the device“ (Quelle: Datenblatt des Temperatursensors LM135)).
- 6) Bereits der Überblick über die Merkmale und Eigenschaften des Mikrocontrollers (Featureliste) auf der ersten Seite des Datenblattes liefert Informationen über die Anzahl der A/D-Wandler, wobei an dieser Stelle 6 bzw. 8 Kanäle genannt werden. Die Anzahl der A/D-Wandler ist somit vom Gehäuse abhängig, in dem der ATmega8 ausgeliefert wird. In unserem Fall haben wir Euch einen ATmega8 in einem PDIP-Gehäuse zur Verfügung gestellt (vgl. Seite 2 des Datenblattes), sodass Euer ATmega8 über 6 A/D-Wandler-Kanäle verfügt, die sich am **Port C** (Pin 23 – Pin 28) befinden.
- 7) Für die Darstellung der Werte, die von dem A/D-Wandler geliefert werden, sind jeweils **10 Bits** vorgesehen. Da jedes Register des Mikrocontrollers nur jeweils 8 Bits speichern kann, werden die einzelnen Werte von dem A/D-Wandler in zwei internen Registern mit der Breite 8 gespeichert (ADCH, ADCL).
- 8) Um die Spannung des Temperatursensors zu bestimmen, muss zunächst beachtet werden, dass die Abhängigkeit zwischen Spannung und Temperatur in Kelvin angegeben wird (10 mV/K). Aus diesem Grund muss die Temperatur 0°C in die Kelvin-Temperaturskala umgesetzt werden. Da zwischen beiden Temperaturskalen ein Unterschied von 273,15 besteht, entspricht die Temperatur 0°C der Temperatur 273,15 K. Nun kann der Wert eingesetzt werden, um die Spannung zu bestimmen:

$$U_{\text{Sensor}} = 273,15 \text{ K} * 10 \frac{\text{mV}}{\text{K}}$$

Der Temperatursensor liefert somit eine Spannung von **2,73 V**.

- 9) Bevor die Umrechnung der Spannungswerte betrachtet wird, widmen wir uns der Auflösung der A/D-Wandlers. Während der 4-Bit-Datenwandler eine Auflösung von  $\frac{1}{16}$  ( $\frac{1}{2^4} = \frac{1}{16}$ ) hat, beträgt die Auflösung des 10-Bit-A/D-Wandlers  $\frac{1}{1024}$  ( $\frac{1}{2^{10}} = \frac{1}{1024}$ ).
- 10) Der 4-Bit-A/D-Wandler unterteilt den gesamten Spannungsbereich von 0 bis 5V in 16 Spannungsstufen, sodass eine Spannungsstufe 312,5 mV beträgt. Bei einem 10-Bit-A/D-Wandler hat eine Spannungsstufe die Größe von **4,88 mV**, da der Spannungsbereich von 0 bis 5 V in 1024 Spannungsstufen unterteilt wird.
- 11) Bei einer Eingangsspannung von 0 V liefert der A/D-Wandler die Zahl 000000000<sub>2</sub>. Sobald die Eingangsspannung den Wert 4,88 mV überschreitet, erhalten wir die 000000001<sub>2</sub> usw. Die Eingangsspannung 2761,5 mV ist größer als die Spannung von 2757,2 mV (= 565 Stufen\*4,88 mV/Stufe) und kleiner als 2762,1 mV (= 566 Stufen\*4,88 mV/Stufe), sodass der A/D-Wandler den Wert **565** liefert.
- 12) Um den Strompreis zu bestimmen, der für den Betrieb der Schaltung bezahlt werden muss, wird zunächst die von der Schaltung aufgenommene Leistung bestimmt:

## 4.1. Musterlösung

$$P_{\text{Schaltung}} = U_B * I_{\text{Schaltung}}$$

$$P_{\text{Schaltung}} = 5 \text{ V} * 70 \text{ mA}$$

$$P_{\text{Schaltung}} = 350 \text{ mW}$$

Nun kann der Energiebedarf in einem Jahr bestimmt werden:

$$E_{\text{Schaltung}} = 350 \text{ mW} * 8760 \text{ h}$$

$$E_{\text{Schaltung}} = 350 \text{ mW} * 1 \text{ a} * 365 \frac{\text{d}}{\text{a}} * 24 \frac{\text{h}}{\text{d}}$$

$$E_{\text{Schaltung}} = 3066 \text{ Wh}$$

Und schließlich können wir den gesamten Strompreis bestimmen:

$$K_{\text{Energie,Schaltung}} = E_{\text{Schaltung}} * k_{\text{Strom}}$$

$$K_{\text{Energie,Schaltung}} = 3,066 \text{ kWh} * 21,05 \frac{\text{Cent}}{\text{kWh}}$$

$$K_{\text{Energie,Schaltung}} = 3066 \text{ Wh} * 21,05 \frac{\text{Cent}}{\text{kWh}}$$

$$K_{\text{Energie,Schaltung}} = 64,5 \text{ Cent}$$

Neben den Anschaffungskosten müssen somit **64,5 Cent** pro Jahr aufgebracht werden, um die Schaltung zu betreiben.

- 13) Der Betrieb des Temperatursensors direkt an einer Versorgungsspannung von 5 V ist nicht möglich, sodass in unserer Schaltung ein Vorwiderstand verwendet wird und in der Kostenbetrachtung einbezogen werden muss. Die gesamte Schaltung (Temperatursensor und Vorwiderstand) wird an der Versorgungsspannung  $U_B$  betrieben. Da es sich um eine Reihenschaltung handelt fließt durch den Vorwiderstand und den Temperatursensor identischer Strom  $I$ , sodass folgende Berechnung möglich ist:

$$E_{\text{Temperatursensor}} = P_{\text{Temperatursensor}} * t_{\text{Betrieb}}$$

$$E_{\text{Temperatursensor}} = U_B * I_{\text{Temperatursensor}} * t_{\text{Betrieb}}$$

$$E_{\text{Temperatursensor}} = 5 \text{ V} * 1 \text{ mA} * 8760 \text{ h}$$

$$E_{\text{Temperatursensor}} = 43,8 \text{ Wh}$$

$$K_{\text{Temperatursensor}} = E_{\text{Temperatursensor}} * k_{\text{Strom}}$$

$$K_{\text{Temperatursensor}} = 43,8 \text{ Wh} * 21,05 \frac{\text{Cent}}{\text{kWh}}$$

$$K_{\text{Temperatursensor}} = 0,92 \text{ Cent}$$

Einen anderen und einfacheren Weg stellt die Betrachtung des Anteils, den der Temperatursensor an dem gesamten Energiebedarf hat:

$$n = \frac{U_B * I_{\text{Temperatursensor}}}{U_B * I_{\text{Schaltung}}}$$

$$n = \frac{I_{\text{Temperatursensor}}}{I_{\text{Schaltung}}}$$

$$n = \frac{1 \text{ mA}}{70 \text{ mA}}$$

$$n = \frac{1}{70}$$

Den gleichen Anteil hat der Temperatursensor an den gesamten (laufenden) Kosten, die beim Betrieb entstehen:

$$K_{\text{Temperatursensor}} = n * K_{\text{Energie,Schaltung}}$$

$$K_{\text{Temperatursensor}} = \frac{1}{70} * 64,5 \text{ Cent}$$

Beide Berechnungen führen zu dem Ergebnis, dass der Temperatursensor **0,92 Cent** pro Jahr an Kosten verursacht.

Bei einer genaueren Betrachtung der Schaltung wird deutlich, dass der Vorwiderstand sowohl durch den Strom, der durch den Temperatursensor fließt, als auch der Strom durchflossen wird, der in den Eingang des A/D-Wandlers fließt. Aufgrund der Tatsache, dass der Eingangsstrom des A/D-Wandlers gering ist, darf dieser bei der Berechnung vernachlässigt werden.

## 4.2. Musterlösung

### Die 7-Segment-Anzeige

- 1) In jeder elektrischen Schaltung gelten die Kirchhoffsche Gesetze bzw. Regeln. Nach der sogenannten Maschenregel, ist die Summe aller Spannungen in einer Masche (unverzweigter Stromkreis) gleich Null:

$$U_B - U_{R_1} - U_{LED} = 0$$

Bei der Addition der einzelnen Spannungen muss eine Umlaufrichtung festgelegt werden. In unserem Beispiel haben wir eine Umlaufrichtung gewählt, die entgegengesetzt zur Uhrzeigerichtung ist, sodass die Betriebsspannung als positiv und die restlichen Spannungen als negative Spannungen betrachtet werden. Eine Umstellung der Gleichung und das einsetzen der Werte liefert als Ergebnis eine Spannung  $U_{R_1}$  von **7V**:

$$U_{R_1} = U_B - U_{LED}$$

$$U_{R_1} = 9\text{V} - 2\text{V}$$

- 2) Nach dem Ohmschen Gesetz beträgt der Strom  $I$ , der durch den Widerstand fließt, ca. **14,9 mA**.

$$I = \frac{U_{R_1}}{R_1}$$

$$I = \frac{7\text{V}}{470\Omega}$$

$$I \approx 14,9\text{mA}$$

- 3) Bei der Schaltung handelt es sich um **eine Reihenschaltung** aus dem Vorwiderstand  $R_1$  und der Leuchtdiode. Aus diesem Grund fließt der Strom  $I$  durch alle Bauelemente der Schaltung und beträgt **14,9 mA**.

- 4) Ausgehend von den Betrachtungen in der Aufgabe 1) und 2) müssen folgende Berechnungen durchgeführt werden, um die Leistungsaufnahme zu bestimmen:

$$P_{R_1} = U_{R_1} * I$$

$$P_{R_1} \approx 7\text{V} * 14,9\text{mA}$$

$$P_{R_1} \approx 104\text{mW}$$

$$P_{LED} = U_{LED} * I$$

$$P_{LED} \approx 2\text{V} * 14,9\text{mA}$$

$$P_{LED} \approx 29,8\text{mW}$$

- 5) Es ist selbstverständlich möglich die Schaltung unter der Verwendung vom Ohmschen Gesetz zu berechnen. Eine andere Möglichkeit ist es die Erkenntnisse aus der vorausgehenden Aufgabe zu verwenden. Bei der Schaltung in Abbildung 3 handelt es sich um eine Parallelschaltungen von zwei Reihenschaltungen, die ihrerseits der Schaltung aus der Abbildung 2 entsprechen. Die Gesamtleistungsaufnahme der Schaltung kann somit durch die Addition der Leistungsaufnahmen der einzelnen Reihenschaltungen bestimmt werden. Da es sich um zwei identische Reihenschaltungen handelt, kann deren Leistungsaufnahme mit dem Faktor 2 multipliziert werden, um die Gesamtleistungsaufnahme zu erhalten:

$$P_{Gesamt} = 2 * (P_{LED} + P_{R_1})$$

$$P_{Gesamt} \approx 2 * (104\text{mW} + 29,8\text{mW})$$

$$P_{Gesamt} \approx 268\text{mW}$$

- 6) Auch hier gilt die Maschenregel, sodass die Spannung am Widerstand wie folgt berechnet werden kann:

$$U_B - U_{R_3} - U_{LED1} - U_{LED2} = 0$$

$$U_{R_3} = U_B - U_{LED1} - U_{LED2}$$

Aufgrund der Tatsache, dass zwei identische Leuchtdioden verwendet werden, kann die Gleichung vereinfacht werden:

$$U_{R_3} = U_B - 2 * U_{LED}$$

$$U_{R_3} = 9\text{V} - 2 * 2\text{V}$$

## 4.2. Musterlösung

$$U_{R_3} = 5 \text{ V}$$

- 7) Die Bestimmung des Widerstandes  $R_3$  kann nun mit dem Ohmschen Gesetz erfolgen:

$$R_3 = \frac{U_{R_3}}{I}$$

$$R_3 = \frac{5 \text{ V}}{15 \text{ mA}}$$

$$R_3 \approx 333 \Omega$$

- 8) Die Leistungsaufnahme kann analog zu den vorausgegangenen Betrachtungen vorgenommen werden:

$$P_{\text{Gesamt}} = I * U_{R_3} + 2 * I * U_{\text{LED}}$$

$$P_{\text{Gesamt}} = I * (U_{R_3} + 2 * U_{\text{LED}})$$

$$P_{\text{Gesamt}} = 15 \text{ mA} * (5 \text{ V} + 2 * 2 \text{ V})$$

$$P_{\text{Gesamt}} = 135 \text{ mW}$$

Der Unterschied zwischen den Gesamtleistungsaufnahmen ist wie folgt:

$$\Delta P_{\text{Gesamt}} = P_{\text{Gesamt,Reihenschaltung}} - P_{\text{Gesamt,Parallelschaltung}}$$

$$\Delta P_{\text{Gesamt}} \approx 135 \text{ mW} - 268 \text{ mW}$$

$$\Delta P_{\text{Gesamt}} \approx -133 \text{ mW}$$

Aufgrund dieser Berechnung wird deutlich, dass die Reihenschaltung um ca. **133 mW weniger** Leistung aufnimmt, obwohl die beiden Dioden mit einem Strom von 15 mA durchflossen werden. In der Parallelschaltung werden die Dioden ebenfalls mit einem ähnlich großen Strom durchflossen und leuchten somit identisch hell. Der Ersparnis ist vor allem auf die zusätzliche Leistungsaufnahme des zweiten Widerstandes innerhalb der Parallelschaltung zurückzuführen.

- 9) Bei der Lösung dieser Aufgabe sind mehrere Konstellationen denkbar. Eine Möglichkeit ist die reine Reihenschaltung von drei Leuchtdioden, wobei hier der Vorwiderstand wie folgt berechnet werden kann:

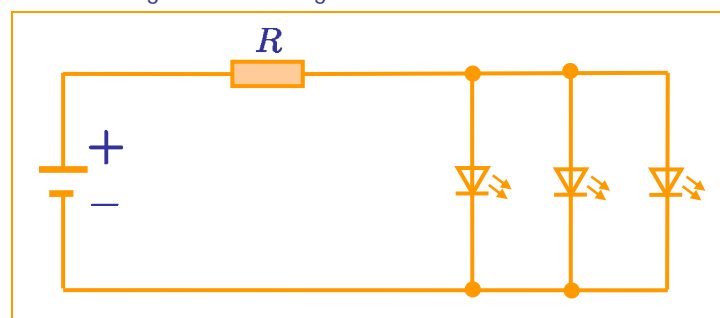
$$R = \frac{U_B - 3 * U_{\text{LED}}}{I}$$

$$R = \frac{9 \text{ V} - 3 * 2 \text{ V}}{15 \text{ mA}}$$

$$R = 200 \Omega$$

Im Hinblick auf den Aufbau einer 7-Segment-Anzeige ist die reine Reihenschaltung nur dann realisierbar, wenn die Leuchtdioden aus unterschiedlichen 7-Segment-Anzeigen verwendet werden, da die einzelnen Leuchtdioden innerhalb einer 7-Segment-Anzeige eine gemeinsame Kathode aufweisen. Um die nächste Aufgabe zu lösen, kann somit die reine Reihenschaltung nicht verwendet werden, auch wenn sie in dieser Aufgabe als richtige Lösung angesehen wird. Eine verwendbare Lösung wäre durch eine erweiterte Schaltung aus Abbildung 3 mit einem dritten Zweig möglich. In einer solchen Schaltung würden wir **drei 470-Ohm-Widerstände**<sup>1</sup> benötigen (vgl. Aufgabe 2)).

Eine weitere Möglichkeit ist die Parallelschaltung von den drei Leuchtdioden und die Verwendung eines Vorwiderstandes, wie die nachfolgende Abbildung es darstellt.



<sup>1</sup> Um die exakte Stromstärke von 15 mA einzustellen, müssten drei 467-Ohm-Widerstände verwendet werden.

## 4.2. Musterlösung

Durch den Vorwiderstand fließt dabei der dreifache Strom, sodass folgende Berechnung durchgeführt werden muss:

$$R = \frac{U_B - U_{LED}}{3 \cdot I}$$

$$R = \frac{9V - 2V}{3 \cdot 15mA}$$

$$R = 155 \Omega$$

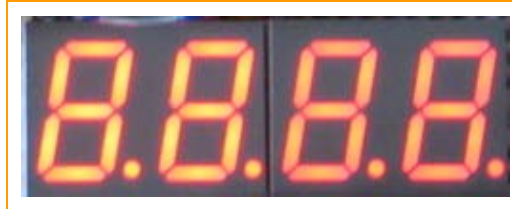
- 10) In unserer Schaltung haben wir uns entschieden die zweite Möglichkeit aus der Aufgabe 9) zu verwenden. Da in unserem Bausatz keine 470-Ohm-Widerstände vorhanden sind, verwenden wir folgende Widerstände: 560 Ohm, 680 Ohm und eine Reihenschaltung aus 430-Ohm- und 56-Ohm-Widerständen, um sicher zu stellen, dass ein kleinerer Strom als 15 mA durch die Leuchtdioden fließt. Aufgrund der unterschiedlichen Vorwiderstände für die einzelnen Segmente der 7-Segment-Anzeige, ist die Helligkeit der einzelnen Segmente geringfügig unterschiedlich.



## 4.3. Musterlösung

### Elektronischer Thermometer

1)



- 2) Das Verbinden der Eingänge a, b, c, d, e, f mit der Betriebsspannung führt dazu, dass alle Segmente außer dem mittleren Segment sowie des Dezimalpunktes leuchten würden, sobald die gemeinsame Kathode der 7-Segment-Anzeige mit der Masse verbunden wird. Da lediglich der Eingang  $E_2$  angesteuert wird, wird der entsprechende Transistor leitend und es leuchte auf der zweiten 7-Segment-Anzeige von links eine „0“.
- 3) Die Versorgungsspannung für die Schaltung ist in dieser Aufgabe nicht definiert, sodass der Spannungsabfall nicht durch die Maschenregel, sondern über das Ohmsche Gesetz für den ersten Fall ( $I = 10 \text{ mA}$ ) bestimmt werden kann:

$$U_{R,I} = I_I * R$$

$$U_{R,I} = 10 \text{ mA} * 120 \Omega$$

$$U_{R,I} = 1,2 \text{ V}$$

Für die beiden weiteren Fälle ( $I = 15 \text{ mA}$  und  $I = 20 \text{ mA}$ ) ergibt sich jeweils eine höhere Spannung an dem Widerstand:

$$U_{R,II} = 1,8 \text{ V}$$

$$U_{R,III} = 2,4 \text{ V}$$

Nun kann die jeweilige Verlustleistung an den jeweiligen Vorwiderständen bestimmt werden:

$$P_{R,I} = I_I * U_{R,I}$$

$$P_{R,I} = 1,2 \text{ V} * 10 \text{ mA}$$

$$P_{R,I} = 12 \text{ mW}$$

$$P_{R,II} = 27 \text{ mW}$$

$$P_{R,III} = 48 \text{ mW}$$

Es wäre natürlich eine direkte Bestimmung der Verlustleistung möglich:

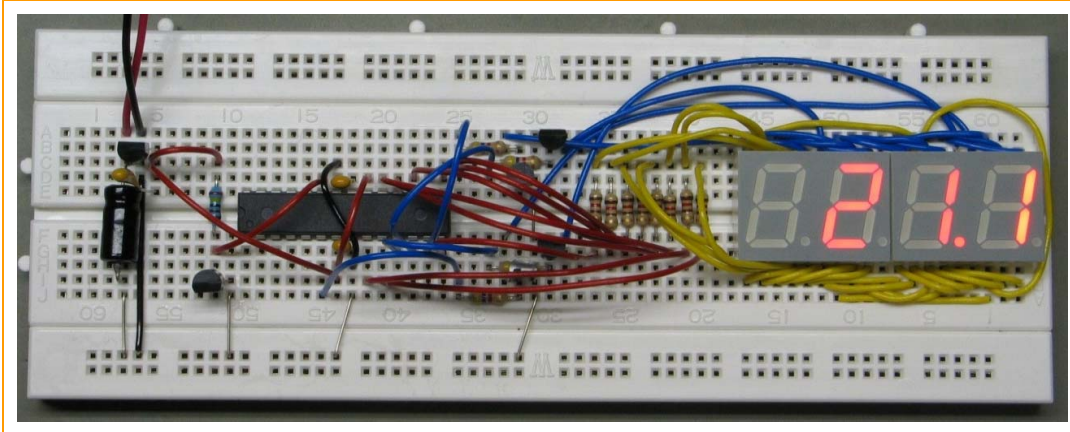
$$P_{R,I} = I_I * U_{R,I}$$

$$P_{R,I} = I_I * (I_I * R)$$

$$P_{R,I} = I_I^2 * R \dots$$

### 4.3. Musterlösung

- 4) Die Messung der Umgebungstemperatur kann unterschiedliche Werte liefert, sodass hier nur eine mögliche Lösung dargestellt wird.



- 5) In dieser Aufgabe soll zum einen die Körpertemperatur und zum anderen die Umgebungstemperatur gemessen werden, während der Temperatursensor angepuset wird. Im folgenden werden zwei mögliche Lösungen von zwei Teams dargestellt:



- 6) Die Unterschiede zwischen Eurem selbstgebauten Thermometer und einem anderen (nicht-selbstgebauten) Thermometer, können unterschiedlich groß sein. Der jeweilige Messfehler, der u. U. temperaturabhängig ist, ist auf die Fertigungstoleranzen des unkalibrierten Temperatursensors und die (in den meisten Fällen geringe) Messtoleranzen des von Euch verwendeten „Referenzthermometers“ zurückzuführen. Der Temperaturmessfehler unserer Schaltung lag in einem Bereich von 1°C – 2°C.
- 7) Bei der Bestimmung des Stromes durch den Widerstand R1 muss davon ausgegangen werden, dass die Temperatur, die von dem Temperatursensor gemessen wird, für beide Fälle identisch ist. In diesem Fall ist auch die Spannung an dem Temperatursensor konstant: Bei der Verwendung des Widerstandes von 2 kOhm ergibt sich folgender Spannungsabfall am Temperatursensor, wobei hier beachtet werden muss, dass die Betriebsspannung für die Reihenschaltung aus dem Temperatursensor und Vorwiderstand R<sub>1</sub> aufgrund der Verwendung des Festspannungsreglers 78L05 lediglich 5 V beträgt:

$$U_{\text{Temperatursensor}} = U_B - U'_{R_1}$$

$$U_{\text{Temperatursensor}} = U_B - R'_1 * I'$$

$$U_{\text{Temperatursensor}} = 5 \text{ V} - 2 \text{ k}\Omega * 1 \text{ mA}$$

$$U_{\text{Temperatursensor}} = 3 \text{ V}$$

Mit dieser Erkenntnis und dem Ohmschen Gesetz kann der Strom durch die Reihenschaltung aus Temperatursensor und dem „neuen“ Vorwiderstand bestimmt werden:

## 4.3. Musterlösung

$$I = \frac{U_B - U_{\text{Temperatursensor}}}{R_1}$$

$$I = \frac{5\text{V} - 3\text{V}}{2,4\text{ k}\Omega}$$

$$I \approx 833\ \mu\text{A}$$

## 4.4. Musterlösung

### Codierung von digitalen Zahlen

- 1) Für den A/D-Wandler und die Anzeigesteuerung werden insgesamt **13 Pins** benötigt (Pin 6, Pin 9 – Pin 19, Pin 23).
- 2) Für den A/D-Wandler wird **ein Pin** und für die Anzeigesteuerung **12 Pins** benötigt.
- 3)

Eingänge				Code	
E <sub>3</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>0</sub>	BCD-	Hexadez.-
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1
0	0	1	0	2	2
0	0	1	1	3	3
0	1	0	0	4	4
0	1	0	1	5	5
0	1	1	0	6	6
0	1	1	1	7	7
1	0	0	0	8	8
1	0	0	1	9	9
1	0	1	0	n.d.	A
1	0	1	1	n.d.	B
1	1	0	0	n.d.	C
1	1	0	1	n.d.	D
1	1	1	0	n.d.	E
1	1	1	1	n.d.	F

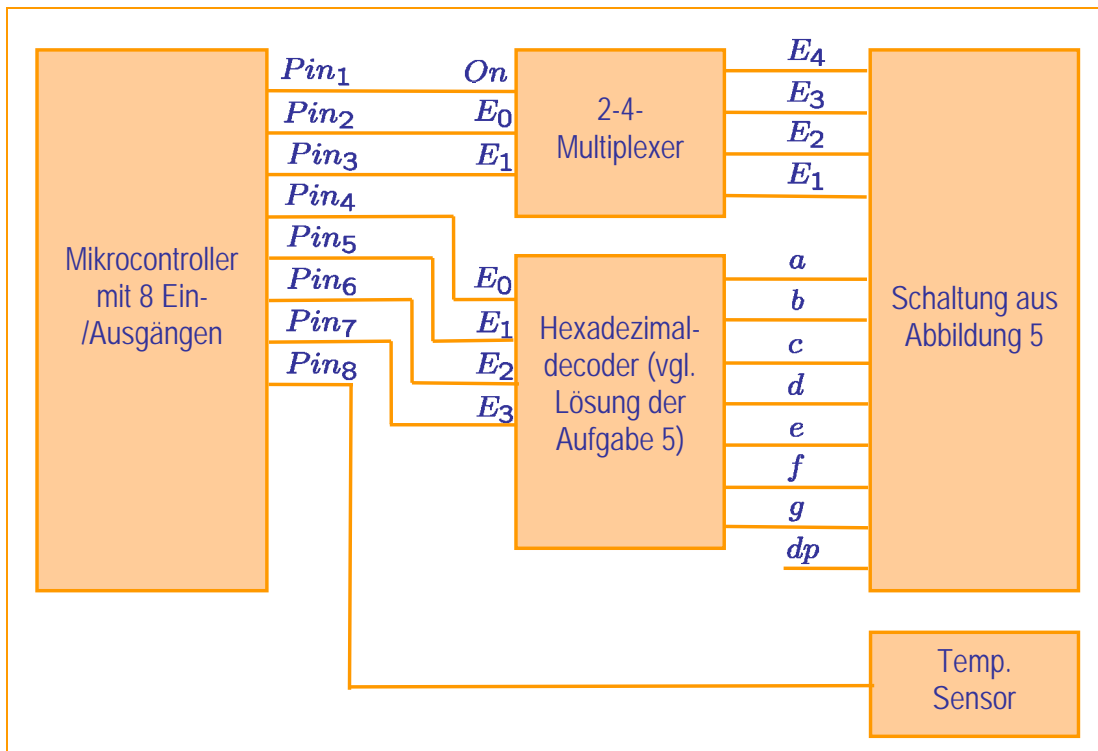
- 4) Die in der vorausgegangenen Aufgabe ausgefüllte Tabelle liefert die Antwort auf die Frage. Es ist **möglich** einen BCD- bzw. Hexadezimaldecoder zu verwenden, da der BCD- bzw. Hexadezimalcode alle Zeichen erhält, der durch den Thermometer aus Aufgabe 4.3 benötigt wird.
- 5)

Eingang	Ausgänge						
Hexadez.-Code	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1

## 4.4. Musterlösung

Eingang	Ausgänge						
	a	b	c	d	e	f	g
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1/0	0	1	1
A	1	1	1	0	1	1	1
B	0	0	1	1	1	1	1
C	1	0	0	1	1	1	0
D	0	1	1	1	1	0	1
E	1	0	0	1	1	1	1
F	1	0	0	0	1	1	1

- 6) Wie bereits in der Aufgabenstellung erwähnt, gibt es mehrere Möglichkeiten die Aufgabe zu lösen, sodass wir an dieser Stelle zwei Möglichkeiten darstellen möchte und freuen uns auf Eure Vorschläge:
- Eine Laufschrift, wodurch zunächst die Zahlen und anschließend ein C oder ein F dargestellt werden.
  - Abwechselnde Darstellung der letzten Ziffer der Temperatur und des Buchstaben C bzw. F.
- 7) Auch für diese Aufgabe gibt es u. U. mehrere Lösungen, sodass an dieser Stelle eine Möglichkeit dargestellt wird:



## 4.4. Musterlösung

Die Ein-/Ausgänge des Mikrocontrollers haben folgende Funktion:

Pin	E/A	Funktion
1	A	Deaktivieren der Anzeige (optional)
2	A	A0 – Ansteuerung des 2-4-Multiplexers
3	A	A1 – Ansteuerung des 2-4-Multiplexers
4	A	A0 – Ansteuerung des Hex.-Decoders
5	A	A1 – Ansteuerung des Hex.-Decoders
6	A	A2 – Ansteuerung des Hex.-Decoders
7	A	A3 – Ansteuerung des Hex.-Decoders
8	E	A/D-Wandler-Eingang

Der Hexadezimaldecoder wird somit mit vier Pins angesteuert und erzeugt die notwendige Ansteuerung der Eingänge a-g. Es bleiben nun noch die Eingänge  $E_0 - E_3$  übrig, die mit maximal 3 Ausgängen angesteuert werden können. Diese Aufgabe kann mit einem sogenannten 2-4-Multiplexer gelöst werden, der eine Ansteuerung der Ausgänge  $E_0 - E_3$  mit zwei Pins des Mikrocontrollers ermöglicht. Die Wahrheitstabelle des 2-4-Multiplexers ist wie folgt:

$E_1$	$E_0$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

Es wäre zusätzlich möglich mit einem weiteren Eingangs des 2-4-Multiplexers die Anzeige vollständig zu deaktivieren, sodass es sich folgende erweiterte Wahrheitstabelle ergibt:

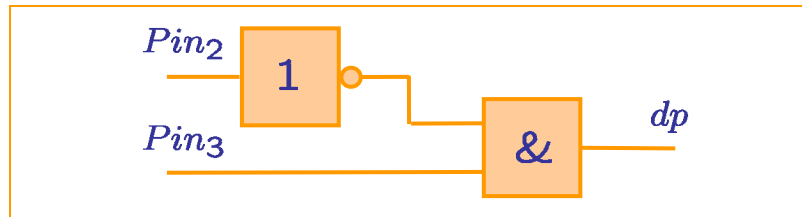
On	$E_1$	$E_0$	$A_3$	$A_2$	$A_1$	$A_0$
0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	1	0	0	1	0
1	1	0	0	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0

Es soll jedoch beachtet werden, dass eine solche Deaktivierung nicht unbedingt notwendig ist.

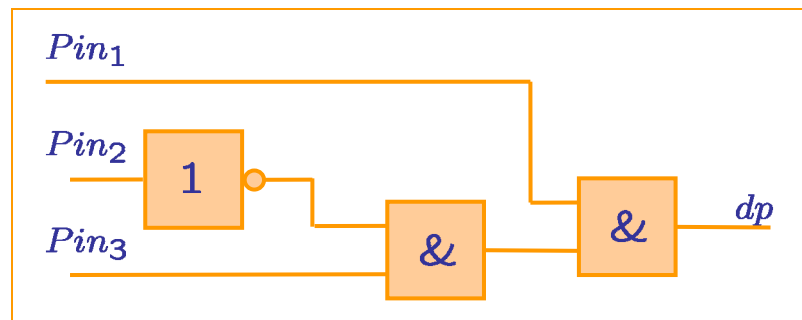
Überdies sei an dieser Stelle angemerkt, dass die Tabellen und eine derart genaue Darstellung der Lösung nicht gefordert waren und hier lediglich der Erläuterung unseres Ansatzes dienen.

## 4.4. Musterlösung

- 8) Die Lösung dieser Aufgabe hängt stark von der Lösung der Aufgabe 7) ab. Falls in der vorausgegangenen Aufgabe lediglich sieben Pins des Mikrocontrollers verwendet werden, kann an dieser Stelle eine direkte Ansteuerung des Eingangs *dp* durch den Mikrocontroller verwendet werden. Falls dies nicht der Fall ist, kann folgende Schaltung verwendet werden, wobei hier von einer Pinbelegung ausgegangen wird, die in Aufgabe 7 festgelegt wurde:



Diese Schaltung stellt sicher, dass nur der Punkt angesteuert wird, der zu dem Eingang  $E_2$  der Anzeigeschaltung gehört. Die restlichen Punkte bleiben dunkel. Falls eine Deaktivierung des Punktes gewünscht ist, muss die Schaltung geringfügig angepasst werden:



Eine weitere (noch einfachere) Möglichkeit, ist das Verbinden der Eingänge *dp* und  $E_2$ , der Anzeigensteuerung.

Das gesamte Intel® Leibniz Challenge Team bedankt sich für Eure Teilnahme ganz herzlich.

Über einen Feedback zu den Aufgaben und den gesamten Wettbewerb würden wir uns sehr freuen!