

5.9 Vermischte Übungen - Lösungen

Aufgabe 18: Pulsweitenmodulation

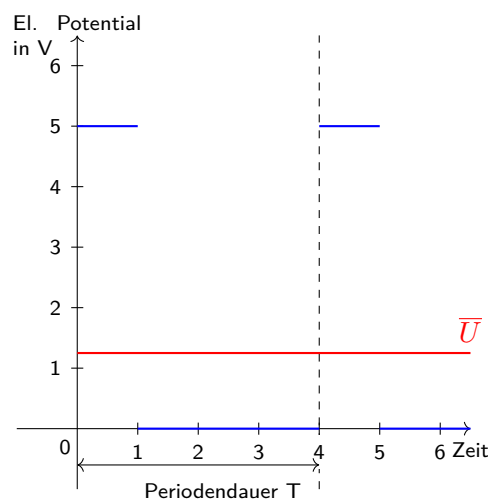
- Berechne die mittlere Spannung, die mit dem Befehl `setze PWM-Pin 5 Ausgang auf 138` ausgegeben wird.
- Mit dem in a) genannten Befehl wird eine Pulsweitenmodulation durchgeführt. Erkläre, was darunter zu verstehen ist.
- Jannik meint: „Mit dem Befehl in a) kann ich eine blaue LED auch ohne Vorwiderstand betreiben, denn die halten die berechnete Spannung aus.“ Nimm dazu Stellung.

Lösung:

- Der maximale Wert für die Pulsweitenmodulation ist 255. Die mittlere Spannung wird berechnet, indem man 138 ins Verhältnis zu 255 setzt und mit der Maximalspannung von 5 V multipliziert:

$$\frac{138}{255} \cdot 5 \text{ V} \approx 2,71 \text{ V}.$$

- Bei der Pulsweitenmodulation wechselt der ausgewählte digitale Pin sehr schnell zwischen den elektrischen Potentialen 5 V und 0 V hin und her - es ergibt sich also ein gepulstes Signal, dessen Weite (Dauer) moduliert werden kann. Aus dem Verhältnis der Zeit, in der der Pin auf einem 5 V-Potential liegt, zu der Zeit, in der der Pin auf einem 0 V-Potential liegt, ergibt sich eine mittlere Spannung (gegenüber Ground), die scheinbar am Pin anliegt.









B 5.1 Darstellung des zeitlichen Verlaufs einer Pulsweitenmodulation mit einem Tastverhältnis von 25%.

- Da zu jedem Zeitpunkt entweder 0 V oder 5 V an der LED anliegen würden, braucht man auch bei einer blauen LED einen Vorwiderstand. Die mittlere Spannung an sich ist nur das Mittel, nicht die Spannung, die tatsächlich an der LED anliegt. Jannik hat also Unrecht.

Aufgabe 19: Hexadezimalzahlen und RGB-Code







- Eine Farbe lässt sich im RGB-Farbcode zum Beispiel durch #10FFC7 codieren. Erläutere, wie dieser Code aufgebaut ist.
- Berechne die Dezimalzahlen zu dem RGB-Code aus a).
- Die Dezimalzahlen lassen sich als PWM-Werte nutzen, wenn man eine RGB-LED am Arduino anschließt. Bestimme anhand des RGB-Hexadezimal-Farbcodes die PWM-Werte für Rot, Grün und Blau in der folgenden Tabelle.

Farbe	Hex-Code	PWM-Werte	Farbe	Hex-Code	PWM-Werte
 NavyBlue	# 000080		 Aquamarine	# 7FFFD4	
 SandyBrown	# F4A460		 SeaGreen	# 2E8B57	
 Coral	# FF7F50		 DarkOrchid	# 9932CC	

Zur Kontrolle: www.farb-tabelle.de

Lösung:

- Der RGB-Farbcode beginnt mit einer Raute und gibt danach die Farbanteile von Rot, Grün und Blau in dieser Reihenfolge durch zwei Hexadezimalzahlen an. In Hexadezimaldarstellung reichen die Anteile von 00 bis FF; in Dezimaldarstellung reichen die Anteile von 0 bis 255.
- Der Anteil von Rot beträgt im angegebenen Beispiel also $10_{16} = 1 \cdot 16 + 0 \cdot 1 = 16_{10}$, der Anteil von Grün beträgt $FF_{16} = 15 \cdot 16 + 15 \cdot 1 = 255_{10}$, der Anteil von Blau beträgt $C7_{16} = 12 \cdot 16 + 7 \cdot 1 = 199_{10}$.
- Die Rechnungen verlaufen analog zu b). Für die Ergebnisse siehe folgende Tabelle:

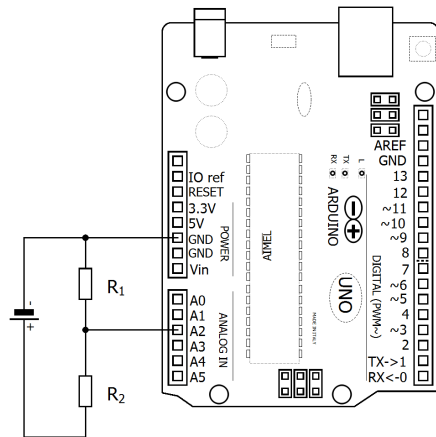
Farbe	Hex-Code	PWM-Werte	Farbe	Hex-Code	PWM-Werte
 NavyBlue	# 000080	0,0,128	 Aquamarine	# 7FFFD4	127,255,212
 SandyBrown	# F4A460	244,164,96	 SeaGreen	# 2E8B57	46,139,87
 Coral	# FF7F50	255,127,80	 DarkOrchid	# 9932CC	153,50,204

Aufgabe 20: Spannungsmessung

Mit der rechts abgebildeten Schaltung sollen am Arduino Spannungen an der Batterie bis zu 15 V gemessen werden.

- Nenne mögliche, sinnvolle Größen für die Widerstände R_1 und R_2 .
- Im analogen Eingang A2 wird ein Wert von 789 gemessen. Berechne die Spannung an der Batterie.

Lösung:



- Die Widerstände sollten recht groß sein und im Verhältnis 1 zu 2 stehen, damit die Spannung in A0 5 V nicht überschreitet. Ein geeignetes Beispiel wäre $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ und $R_2 = 20 \text{ k}\Omega$.
- Die Spannung an R_1 wird in A2 gemessen. Sie beträgt:

$$U_1 = \frac{789}{1023} \cdot 5 \text{ V} \approx 3,86 \text{ V}.$$

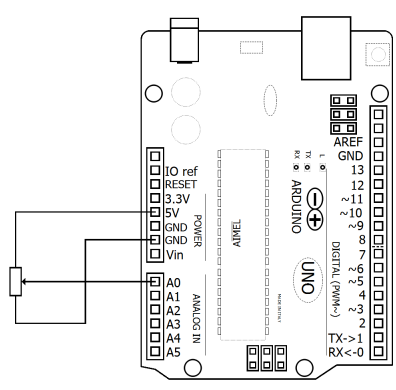
Da sich die Spannung entsprechend des Verhältnisses der Widerstände aufteilt, ist die Spannung an R_2 doppelt so groß wie U_1 ($U_2 \approx 7,71 \text{ V}$) und die Gesamtspannung drei Mal so groß wie U_1 (oder die Summe der beiden Spannungen; $U_{ges} \approx 11,58 \text{ V}$).

Aufgabe 21: Potentiometer

- Erläutere die Funktionsweise eines Potentiometers und nenne ein Einsatzbeispiel.
- Skizziere, wie man ein Potentiometer am Arduino anschließt.
- Ein Potentiometer hat einen Gesamtwiderstand von $R_{ges} = 10\text{ k}\Omega$. Der mittlere Kontakt wird im analogen Eingang A0 ausgelesen und liefert einen Analogwert von 824. Berechne, wie groß die Teilwiderstände sind.

Lösung:

- Ein Potentiometer besteht aus zwei Teilwiderständen, die in Reihe geschaltet sind. Die Größe der Teilwiderstände kann zum Beispiel durch Drehen variiert werden, während der Gesamtwiderstand immer konstant bleibt. Indem man die Größe eines Teilwiderstands (oder der daran abfallenden Spannung) als Eingangssignal für die Helligkeit einer Lampe nutzt, kann man eine Lampe dimmen.



-
-
- Am Widerstand R_1 zwischen A0 und GND fällt die Spannung $U_1 = \frac{824}{1023} \cdot 5\text{ V} \approx 4,03\text{ V}$ ab. Damit verbleibt für die Spannung U_2 am Widerstand R_2 zwischen A0 und 5V ein Wert von $U_2 = 5\text{ V} - 4,03\text{ V} = 0,97\text{ V}$.

Im Spannungsteiler gilt:

$$\frac{R_{ges}}{U_{ges}} = \frac{R_1}{U_1} = \frac{R_2}{U_2}.$$

Einsetzen der bekannten Werte liefert:

$$R_1 = \frac{R_{ges}}{U_{ges}} \cdot U_1 = \frac{10\text{ k}\Omega}{5\text{ V}} \cdot 4,03\text{ V} \approx 8,05\text{ k}\Omega,$$

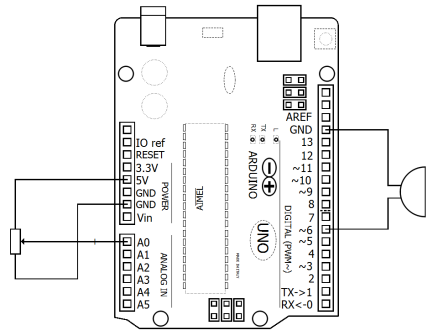
$$R_2 = \frac{R_{ges}}{U_{ges}} \cdot U_2 = \frac{10\text{ k}\Omega}{5\text{ V}} \cdot 0,97\text{ V} \approx 1,95\text{ k}\Omega.$$

Alternativ: $R_2 = 10\text{ k}\Omega - R_1 = 1,95\text{ k}\Omega$.

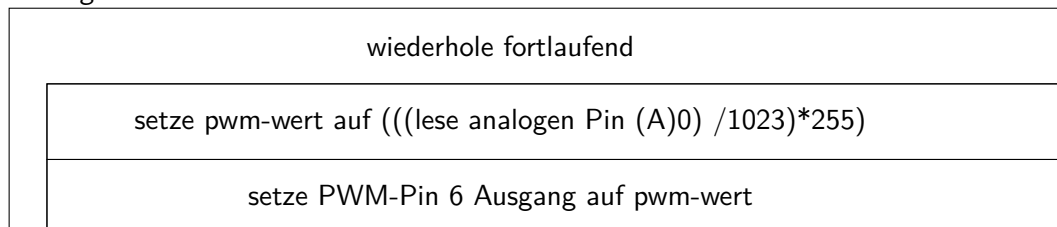
Aufgabe 22: *Dimmbarer Lautsprecher*

Der Schaltplan rechts zeigt ein Potentiometer, dessen mittlerer Kontakt am analogen Eingang A0 eines Arduino angeschlossen ist. Auf der anderen Seite ist ein Piezo-Summer an Digitalpin 6 des Arduino angeschlossen.

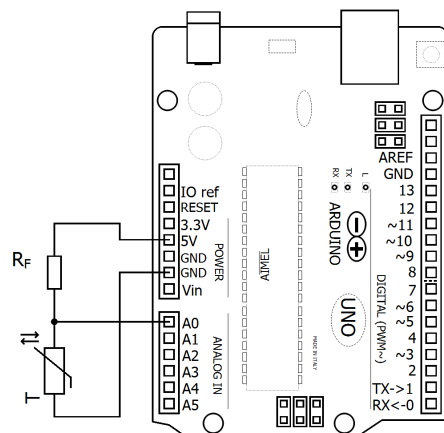
Entwickle mit den unten abgebildeten Befehlen ein Programm, das dafür sorgt, dass die Lautstärke des Piezo-Summers durch das Potentiometer gedimmt werden kann. Das Programm soll in einem Struktogramm dokumentiert werden.



Lösung:

**Aufgabe 23:** *LDR und NTC - Basics*

- Nenne jeweils einen Einsatzzweck für einen LDR und einen NTC.
- Beschreibe das Widerstandsverhalten eines LDR (eines NTC), wenn sich die Helligkeit (die Temperatur) verringert.
- Ein NTC ist in einem Spannungsteiler mit einem Festwiderstand mit $R_F = 10\text{ k}\Omega$ am Arduino angeschlossen (s. Schaltplan rechts). Im analogen Eingang A0 wird ein Wert von 643 gemessen. Berechne die Größe des Widerstands des NTC.



- d) Die Tabelle unten zeigt für den verwendeten NTC, welche Widerstandswerte R zu welcher Temperatur T gehören. Bestimme mit Hilfe einer quadratischen Regression einen funktionalen Zusammenhang zwischen R und T und berechne damit die Temperatur, die zum Widerstandswert aus Aufgabenteil c) gehört.

R/T No. 8307	T (C)	R_T/R_{25}
	5.0	2.252
Widerstand	10.0	1.8216
bei 25°:	15.0	1.4827
$R_{25} = 10 \text{ k}\Omega$.	20.0	1.2142
	25.0	1.0000
	30.0	0.82818

Lösung:

- a) Mit einem LDR lässt sich die Helligkeit messen. Dies kann zum Beispiel genutzt werden, um die Bildschirmbeleuchtung eines Handys automatisch an die Umgebungshelligkeit anzupassen, um eine Wetterstation zu bauen, um Straßenlaternen zu steuern etc.
Mit einem NTC lässt sich die Temperatur messen. Damit kann zum Beispiel ein Fieberthermometer gebaut werden, eine Wetterstation oder der NTC wird als Sensor für einen 3D-Drucker genutzt.
- b) Je größer die Helligkeit ist, desto kleiner ist der Widerstand eines LDR.
Je größer die Temperatur ist, desto kleiner ist der Widerstand eines NTC.
- c) Die Spannung am NTC beträgt $U_{NTC} = \frac{643}{1023} \cdot 5 \text{ V} \approx 3,14 \text{ V}$.
Im Spannungsteiler gilt:

$$\frac{R_F}{U_F} = \frac{R_{NTC}}{U_{NTC}} \Rightarrow R_{NTC} = \frac{R_F}{U_F} \cdot U_{NTC} = \frac{10 \text{ k}\Omega}{5 \text{ V} - 3,14 \text{ V}} \cdot 3,14 \text{ V} \approx 16,92 \text{ k}\Omega.$$

- d) Für die Regression sollten die Widerstandsverhältnisse in Widerstandswerte umgerechnet werden:

T (C)	$R_T(\text{k}\Omega)$
5.0	22.52
10.0	18.216
15.0	14.827
20.0	12.142
25.0	10.000
30.0	8.2818

Eine quadratische Regression liefert:

$$y = 0,06855 \cdot x^2 - 3,83443 \cdot x + 56,7452$$

bzw.

$$T(R) = 0,06855 \cdot R^2 - 3,83443 \cdot R + 56,7452 \quad (T \text{ in } ^\circ\text{C}, R \text{ in k}\Omega).$$

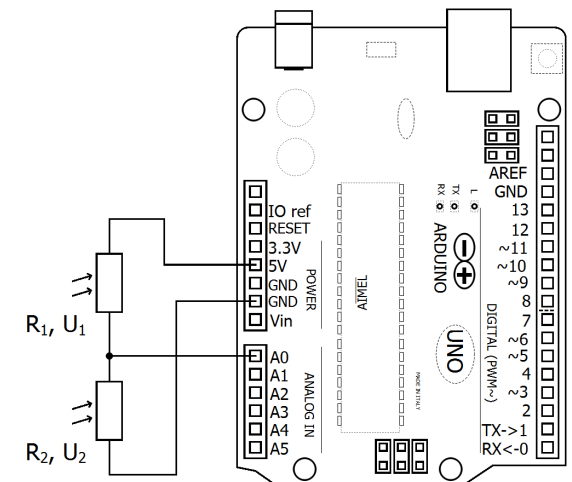
Einsetzen von $R = 16,92 \text{ k}\Omega$ liefert:

$$T(16,92 \text{ k}\Omega) \approx 11,5 ^\circ\text{C}.$$

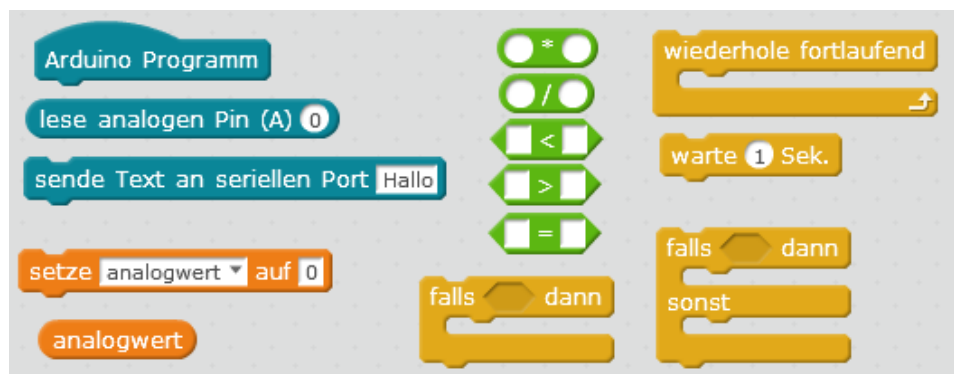
An der untersuchten Stelle ist es also ungefähr $11 ^\circ\text{C}$ bis $12 ^\circ\text{C}$ kalt.

Aufgabe 24: LDR komplex

Für ein **Moorhuhn-Lasertag** kann man zwei gleichartige LDR in Reihe schalten und wie abgebildet am Arduino anschließen. Jeder LDR soll zu einem Moorhuhn gehören. Durch Einlesen des Wertes in A0 soll ermittelt werden, welches Moorhuhn vom Laser getroffen wurde.



- Erläutere, welche Auswirkung der Laser beim Treffen eines LDR auf die Widerstände und die Spannungen hat.
- Erkläre, welcher Wert sich in A0 näherungsweise einstellen sollte, wenn gerade keiner der beiden LDR getroffen ist.
- Entwickle mithilfe der unten abgebildeten Befehle ein Programm, das auf dem seriellen Monitor ausgibt, welches Moorhuhn (welcher LDR) getroffen wurde. Das Programm soll als Struktogramm dargestellt werden.

**Lösung:**

- Wenn der Laserpointer auf LDR1 trifft, nimmt sein Widerstand stark ab, während der Widerstand von LDR2 gleich bleibt. Dadurch nimmt auch die Spannung an LDR1 stark ab. Weil die Gesamtspannung immer 5 V betragen muss, nimmt also die Spannung an LDR2 stark zu. (Diese wird in A0 gemessen.)
Wenn der Laserpointer auf LDR2 trifft, nimmt sein Widerstand stark ab, während der Widerstand von LDR1 gleich bleibt. Dadurch nimmt auch die Spannung an LDR2 stark ab. Weil die Gesamtspannung immer 5 V betragen muss, nimmt also die Spannung an LDR1 stark zu.
- Wenn keiner der LDR getroffen ist, haben beide ungefähr den gleichen Widerstand. Die Spannung, die an den LDR abfällt, sollte also jeweils ca. 2,5 V betragen. Dies entspricht einem Analogwert von $\frac{2,5V}{5V} \cdot 1023 = 512$.

c) Folgendes Programm liefert eine Lösung, die noch als Struktogramm dargestellt werden muss.



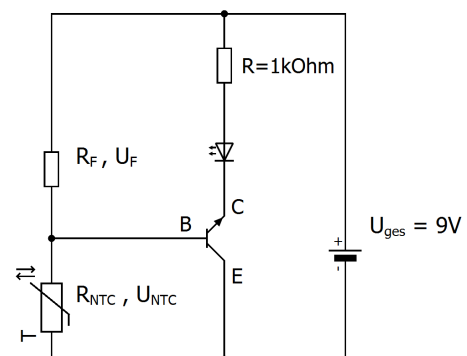
Aufgabe 25: Transistor

Der Schaltplan rechts zeigt eine Transistor-Grundschialtung, in der ein Spannungsteiler mit einem Festwiderstand R_F und ein NTC mit Widerstand R_{NTC} verbaut ist. In der folgenden Tabelle ist festgehalten, bei welcher Temperatur der NTC welchen Widerstand hat.

T in $^{\circ}\text{C}$	25	20	15
R in $\text{k}\Omega$	10	12,1	14,8

Bestimme die Größe von R_F so, dass der Transistor bei 25°C (20°C , 15°C) schaltet.

Hinweis: Der Transistor schaltet bei einer Spannung $U_{BE} = 0,7\text{ V}$.



Lösung:

Schalten bei 25°C :

Im Spannungsteiler von Festwiderstand und NTC gilt die Spannungsteilerformel:

$$\frac{R_F}{U_F} = \frac{R_{NTC}}{U_{NTC}}.$$

Bei 25°C beträgt der Widerstand des NTC (siehe Tabelle) $R(25^{\circ}\text{C}) = 10\text{ k}\Omega$.

Die Spannung am NTC ist die gleiche, die zwischen Basis und Emitter abfällt. Das heißt, der Transistor schaltet, wenn $U_{NTC} = U_{BE} = 0,7\text{ V}$. Von der Gesamtspannung $U_{ges} = 9\text{ V}$ bleiben für die Spannung am Festwiderstand dann noch $U_F = 8,3\text{ V}$ übrig.

Umformen und Einsetzen liefert:

$$R_F = \frac{R_{NTC}}{U_{NTC}} \cdot U_F = \frac{10\text{ k}\Omega}{0,7\text{ V}} \cdot 8,3\text{ V} \approx 119\text{ k}\Omega.$$

Für die anderen Temperaturen müssen nur die Werte für den Widerstand des NTC angepasst werden:
Schalten bei 20 °C:

$$R_F = \frac{R_{NTC}}{U_{NTC}} \cdot U_F = \frac{12,1 \text{ k}\Omega}{0,7 \text{ V}} \cdot 8,3 \text{ V} \approx 143 \text{ k}\Omega.$$

Schalten bei 15 °C:

$$R_F = \frac{R_{NTC}}{U_{NTC}} \cdot U_F = \frac{14,8 \text{ k}\Omega}{0,7 \text{ V}} \cdot 8,3 \text{ V} \approx 175 \text{ k}\Omega.$$