

4.5 Sensoren

4.5.1. Analoge Sensoren

Temperaturwiderstände (*Negative Temperature Coefficient Resistor NTC*) und **Photowiderstände** (*Light Dependent Resistor LDR*) sind Halbleiter, deren **Widerstand** mit zunehmender Strahlungsintensität der Wärmestrahlung bzw. des sichtbaren Lichtes **abnimmt**. Häufig handelt es sich um **Diode**n mit zwei verschieden dotierten Schichten. In diesen Fällen muss die **Polung der Anschlüsse** beachtet werden! Ihre Kathode kommt an den Masseanschluss (GND), ihre Anode mit **Vorwiderstand** an einen analogen 10 bit-Eingang, z.B. A0.

Die Vorwiderstände sind **1 kΩ für den NTC** (links) und **10 kΩ für die LDR** (rechts)



4.5.2. Piezo-Elemente

Schall- Druck- und Kraftsensoren bestehen dagegen häufig aus **Piezo-Elementen**, die in Abhängigkeit von (Schall-)Druck in bestimmten Richtungen des Piezokristalls durch Verschiebung der Ionen eine elektrische **Spannung** erzeugen (**Piezomikrofon**).

Umgekehrt kann der Kristall durch elektrische Spannung in bestimmte Richtungen ausgedehnt bzw. zusammen gezogen werden. Bei entsprechender Wechselspannung erhält man so einen **Piezo-Lautsprecher**. Auch hier muss in der Regel auf die **Polung** geachtet werden. Die Piezo-Kristalle sind **Nichtleiter**, d.h. es fließt kein schädlicher Strom und man benötigt keinen Vorwiderstand.

Den Piezo-Lautsprecher kann man bequem mit der `tone`-Funktion steuern. `tone(Pin, Frequenz, Dauer)` erzeugt am Pin `Pin` Spannungspulse mit der Frequenz `Frequenz` in Hz für eine Dauer von `Dauer` in Millisekunden.

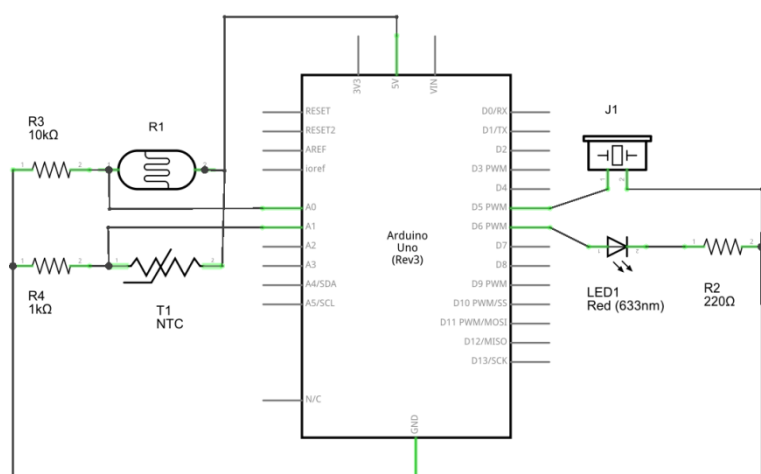
Beispiel:

`tone(0, 440, 2000)` erzeugt an Pin 0 eine Frequenz von 440 Hz (Kammerton a) für eine Dauer von 2000 ms = 2 Sekunden.

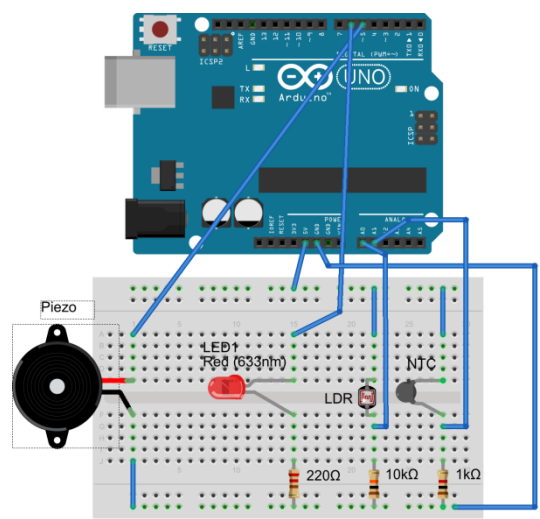


4.5.3. Aufbau

Die folgende Anlage kombiniert Temperatur- und Lichtsensoren als Eingabegeräte mit LED und Piezo-Lautsprecher als Ausgabegeräten: Wenn es heller wird, leuchtet die LED stärker; wenn es heißer wird, tönt der Lautsprecher höher.



fritzing



fritzing

4.5.4. Sketch

Die **Empfindlichkeit** der Sensoren wurde früher mühsam mit Vorwiderständen geregelt. Dank der Digitaltechnik können wir die Sensoren elektronisch mit Hilfe des **Serial Monitors** und der **map-Funktion** justieren.

Bei der **Frequenz** beginnt man mit der minimalen Empfindlichkeit, die den vollen Bereich [0; 1023] des 10-bit-Temperatur-Eingangs auf den vollen Wahrnehmungsbereich [50; 800] Hz des menschlichen Ohres proportional abbildet: $\text{Frequenz} = \text{map}(\text{Temperatur}, 0, 255, 50, 800)$. Nachdem der Sketch kompiliert und übertragen wurde, ruft man den **Serial Monitor** auf und verschafft sich einen Überblick über die tatsächlich auftretenden Temperaturwerte. Sie liegen meistens zwischen 80 (Raumtemperatur) und 120 (ziemlich heiß). Durch die entsprechende Einschränkung des Eingangsbereiches auf z.B. [80; 120] bzw. $\text{map}(\text{Temperatur}, 80, 120, 50, 800)$; lässt sich nun die Empfindlichkeit anpassen.

Ebenso kann man natürlich auch den **Frequenzbereich** des Lautsprechers regulieren. Die **Lautstärke** muss man allerdings wie früher mit einem zwischengeschalteten **Potentiometer** regeln.

Ebenso geht man bei der Belichtungsmessung und-anzeige vor.

```

int Piezopin = 9;
int Frequenz = 0;
int LEDpin = 10;
int LEDwert = 0;
int Temperaturpin = 0;
int Temperatur = 0;
int Lichtpin = 1;
int Licht = 0;
void setup()
{
  pinMode(Piezopin, OUTPUT);
  pinMode(LEDpin, OUTPUT);
  pinMode(Temperaturpin, INPUT);
  pinMode(Lichtpin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  Temperatur = analogRead (Temperaturpin);
  Frequenz = map(Temperatur, 70, 100, 50, 800);
  tone(Piezopin, Frequenz, 100);
  Licht = analogRead (Lichtpin);
  LEDwert = map(Licht, 200, 900, 0, 255);
  analogWrite(LEDpin, LEDwert);
  Serial.print("Licht ");
  Serial.println(Licht);
  Serial.print("Temperatur ");
  Serial.println(Temperatur);
  delay(100);
}

```

Übungen: Aufgaben zu Sensoren Nr. 1 und 2

4.5.5. Transistoren

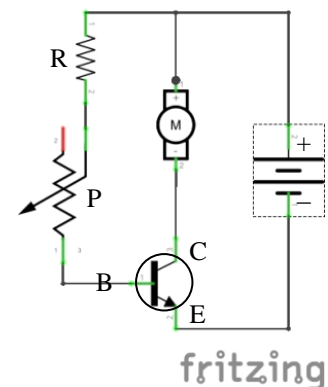
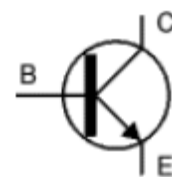
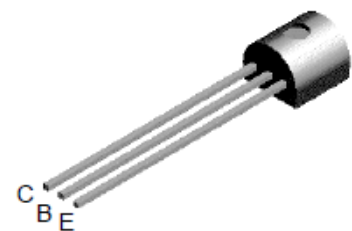
Transistoren sind Halbleiterverstärker, bei denen ein kleiner **Steuerstrom** I_B durch die **Basis B** den großen **Laststrom** I_{CE} zwischen **Emitter E** und **Kollektor C** steuert. Der Laststrom ist in weiten Bereich proportional zum Steuerstrom mit einem

Verstärkungsfaktor von typischerweise $\frac{I_{CE}}{I_B} \approx 100$.

Ein NPN-Transistor entspricht in Pfeilrichtung von B nach E einer **Diode** mit geringem Widerstand. Von C nach B dagegen ist der Widerstand sehr hoch, d.h., der Transistor sperrt, solange die Basis nicht angeschlossen ist. Der Laststrom setzt erst ein, wenn ein minimaler Steuerstrom in die Basis geleitet wird.

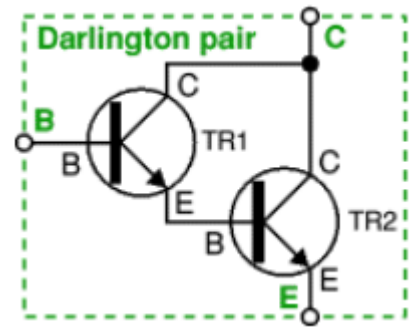
Transistoren sind die Grundlage aller Verstärkerschaltungen in z.B. Sendern und Empfängern von **Mobiltelefonen**.

In der nebenstehenden Schaltskizze wird ein kleines billiges Potentiometer P benutzt, um einen großen Motor M zu steuern. Das Potentiometer ist parallel zum Motor geschaltet und durch einen großen Vorwiderstand R vor der großen Betriebsspannung U des Motors bzw. dem entsprechenden Strom geschützt. Dreht man das Potentiometer langsam auf bzw. verringert seinen Widerstand, so sperrt der Transistor, bis der Schwellenwert von I_B erreicht ist. Nun verringert sich sein Widerstand schlagartig und ist nun antiproportional zum Basisstrom. Der Laststrom bzw. die Motorleistung ist dann proportional zum Steuerstrom und ca. 100 mal so groß.



4.5.6. Der Berührungssensor

Berührt man die Drahtenden, so leuchtet die LED auf. Der zwischen den zwei Drahtenden an der Hautoberfläche fließende winzige Strom wird durch **zwei hintereinander geschaltete** NPN-Transistoren S 8050 in ein messbares Signal verstärkt, welches über den Mikroprozessor die LED zum Leuchten bringt. Dieses **Darlington-Pair** verhält sich wie ein einziger Transistor mit der Verstärkung $100 \cdot 100 = 10\,000$. (siehe rechts)

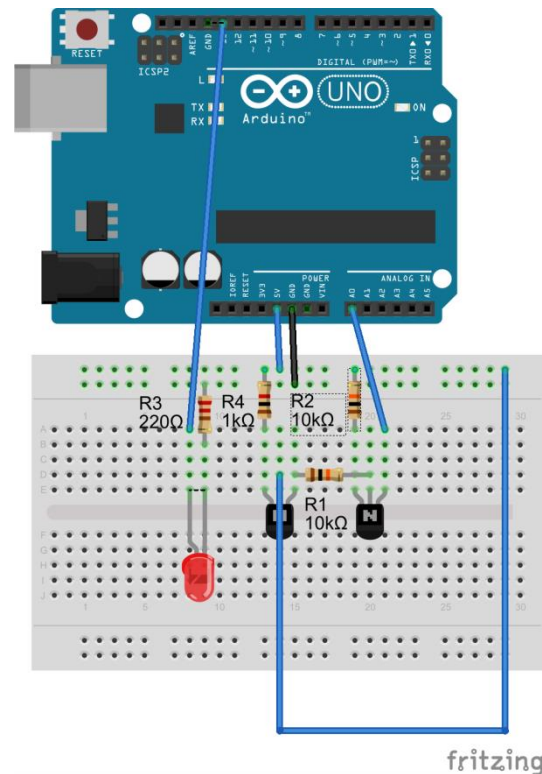
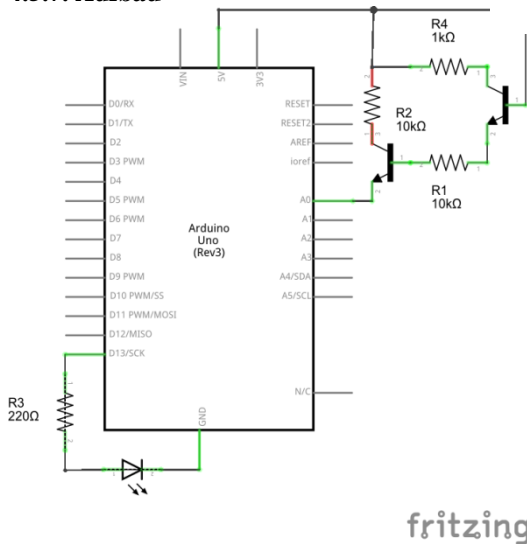


Um die Transistoren gegen Kurzschlüsse zu sichern, sind zwei $10\text{ k}\Omega$ und ein $1\text{ k}\Omega$ -Widerstand eingefügt. Dadurch fließt die Ladung so langsam ab, dass die LED eventuell weiterleuchtet, auch wenn die Drähte schon wieder getrennt sind. **Zur Entladung berührt man daher Kollektor und Emitter kurz mit der Hand und sperrt dadurch den Transistor wieder (siehe Video).**

Der korrekte Anschluss der beiden Transistoren ist nicht ganz einfach, denn es gibt mehrere Verwechslungsmöglichkeiten:

1. Es müssen wirklich die beiden NPN-Transistoren mit der Aufschrift S 8050 sein und **nicht der PNP-Transistor S 850**, der ebenfalls in der Packung enthalten ist.
2. C und E dürfen nicht vertauscht werden. Achte genau auf die Zuordnung in der Abbildung oben. In dem folgenden Aufbau ist die **runde Seite nach vorne** und die **flache Seite nach hinten** gerichtet.
3. Die drei Widerstände (zweimal $10\ \Omega$ und einmal $1\text{ k}\Omega$) dürfen ebenfalls nicht vertauscht werden!

4.5.7. Aufbau



4.5.8. Sketch

```
int LEDPin = 13;
int BeruehrungsPin = 0;
int Beruehrungswert = 0;
void setup() {
  pinMode(LEDPin, OUTPUT);
  pinMode(BeruehrungsPin, INPUT);
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
  Beruehrungswert = analogRead(BeruehrungsPin);
  Serial.println(Beruehrungswert);
  if(Beruehrungswert > 900)
  {
    digitalWrite(LEDPin, HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(LEDPin, LOW);
  }
  delay(100);
}
```

<http://www.poenitz-net.de/Informatik/4.Mikrocontroller/4.5.Beruehrungssensor.mp4>