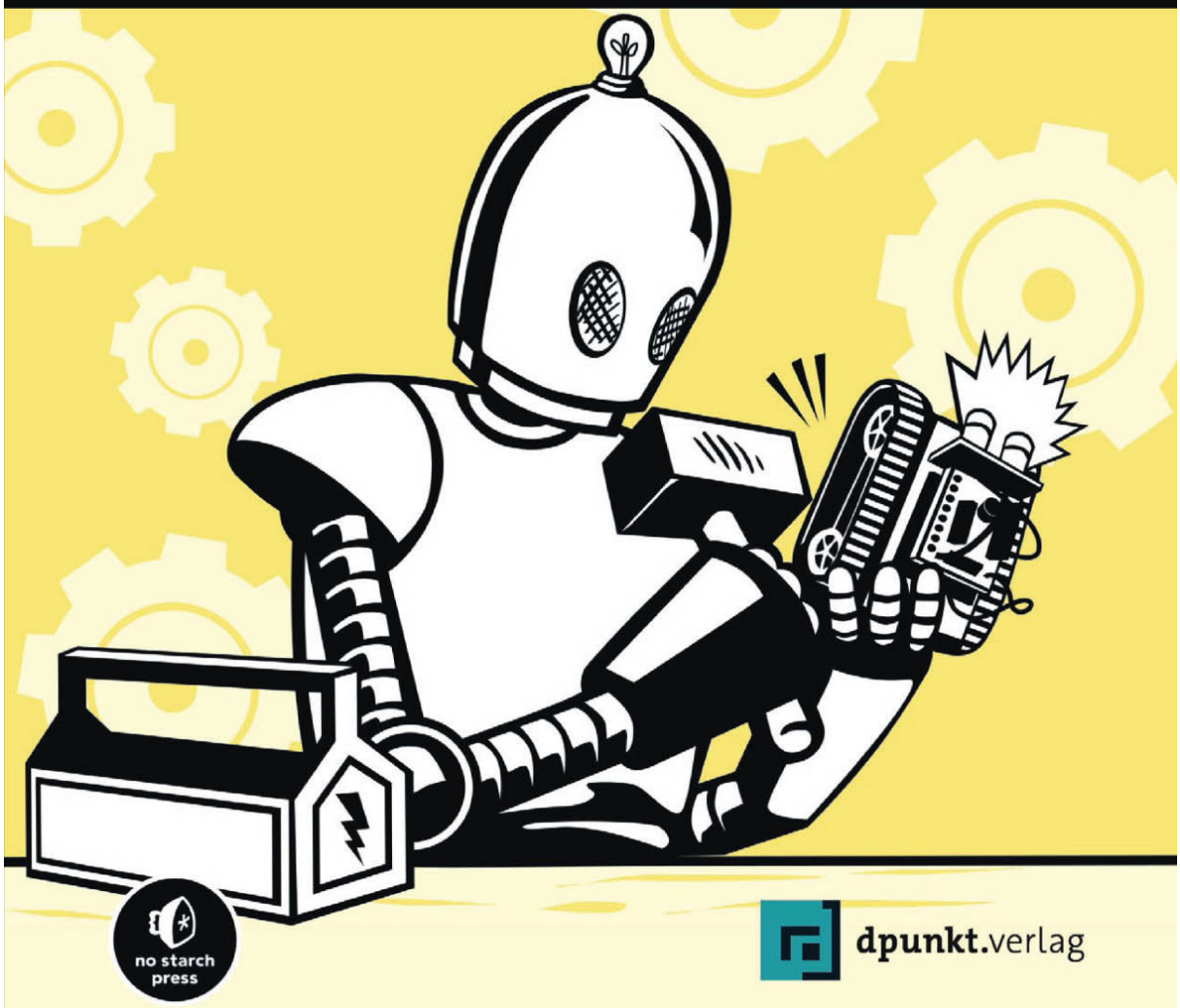
2. Auflage

Arduino-Workshops

Eine praktische Einführung mit 65 Projekten

John Boxall



no starch press

dpunkt.verlag

Inhalt

4

Grundbausteine

In diesem Kapitel lernen Sie Folgendes:

- Lesen von Schaltplänen, der »Sprache« von elektronischen Schaltungen
- Grundlagen von Kondensatoren
- Arbeiten mit Eingangspins
- Verwenden von arithmetischen Operationen und Testwerten
- Entscheidungen mithilfe von `if`-Anweisungen
- Unterschied zwischen analog und digital
- Messen von analogen Spannungsquellen mit unterschiedlicher Genauigkeit
- Grundlagen von regelbaren Widerständen, piezoelektrischen Summern und Temperatursensoren
- Anwenden des Gelernten durch die Konstruktion einer Ampel, eines Batterieprüfgeräts und eines Thermometers

Der Stoff in diesem Kapitel hilft Ihnen, das wahre Potenzial des Arduino zu erkennen. Sie lernen noch mehr über Elektronik – über weitere Bauteile, über das Lesen von Schaltplänen (den »Landkarten« von elektronischen Schaltungen) und die Art der Signale, die Sie messen können. Außerdem sehen wir uns weitere Funktionen des Arduino an: das Speichern von Werten, die Durchführung mathematischer Operationen, das Fällen von Entscheidungen. Schließlich wenden Sie das Gelernte in praktischen Projekten an.

Schaltpläne

In Kapitel 3 haben wir den Aufbau der Schaltungen anhand von fotografischen Plänen erklärt, auf denen die Steckplatine und die darauf montierten Bauteile zu

sehen waren. Das mag zwar wie die einfachste Möglichkeit aussehen, um eine Schaltung darzustellen, aber je mehr Komponenten Sie hinzufügen, umso unübersichtlicher wird dies. Da die Schaltungen, die wir im Folgenden aufbauen, schon etwas komplizierter sind, verwenden wir zu ihrer Darstellung ab jetzt *Schaltpläne* wie den aus Abbildung 4–1.

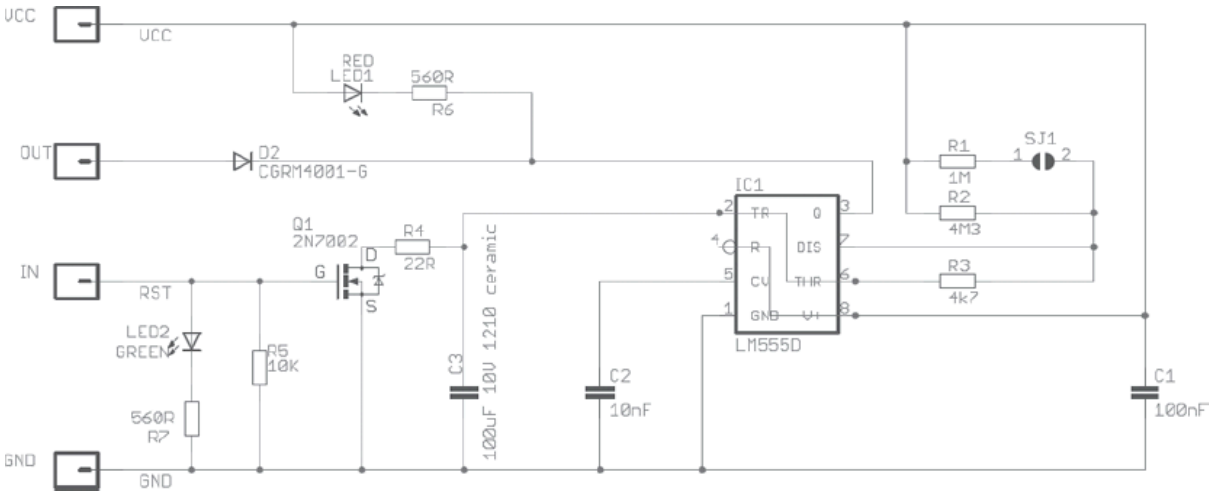


Abb. 4–4 *Beispiel eines Schaltplans*

Schaltpläne sind einfache »Landkarten« elektronischer Schaltungen, die den Weg zeigen, den der Strom durch die einzelnen Bauteile nimmt. Anstelle fotografischer Darstellungen der Elemente und Drähte werden Symbole und Linien verwendet.

Symbole für die Bauteile

Wenn Sie wissen, was die einzelnen Symbole bedeuten, ist das Lesen eines Schaltplans ganz einfach. Als Erstes wollen wir uns die Symbole für die Bauteile ansehen, die wir bereits verwendet haben.

Der Arduino

Abbildung 4–2 zeigt das Symbol für den Arduino. Darin sind alle Anschlüsse eingezeichnet und beschriftet.

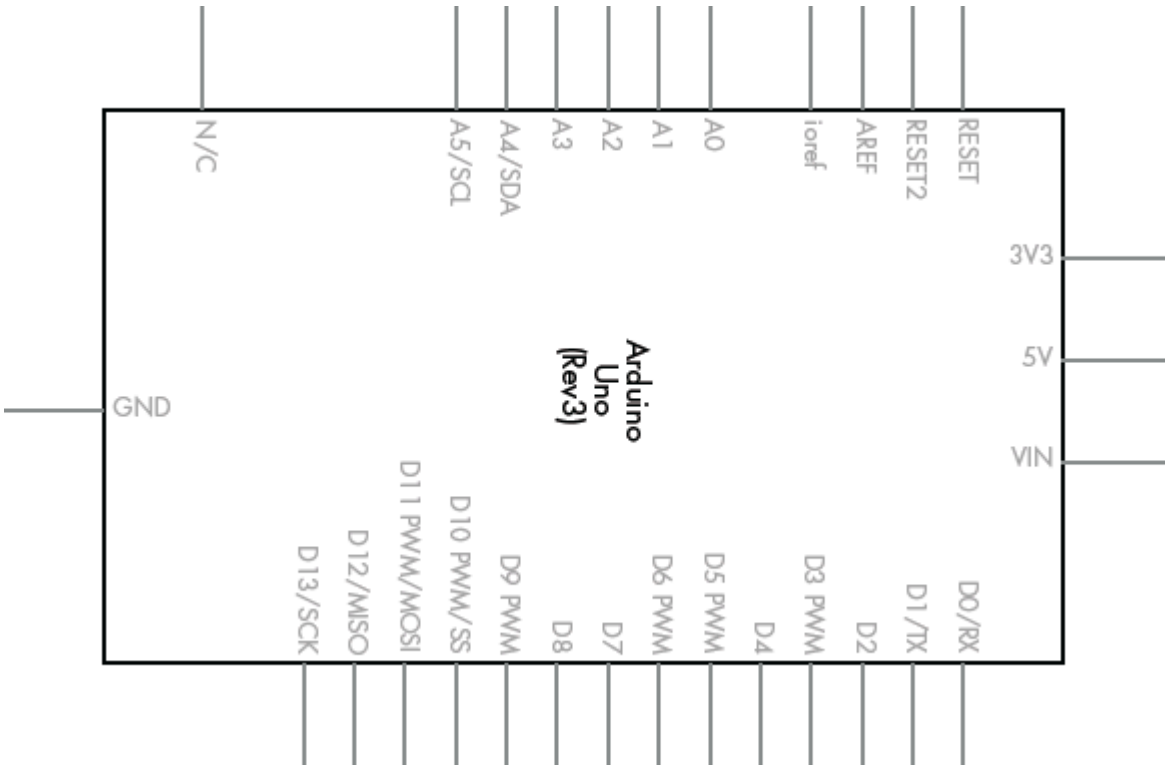


Abb. 4–4 *Das Symbol für den Arduino Uno*

Widerstände

Das Symbol für einen Widerstand sehen Sie in Abbildung 4–3.

Abb. 4–4 *Das Symbol für einen Widerstand*

Es ist sinnvoll, neben dem Symbol auch den Widerstandswert und die Bezeichnung des Bauteils anzugeben (in diesem Beispiel 220 Ω und R1). Das macht es leichter, dem Schaltplan zu folgen – sowohl für andere als auch für Sie selbst. Es kann vorkommen, dass Sie in Schaltplänen auch *R* statt Ω lesen, also beispielsweise eine Angabe wie 220 R.

Gleichrichterdioden

Das Symbol für eine Gleichrichterdiode sehen Sie in Abbildung 4–4.

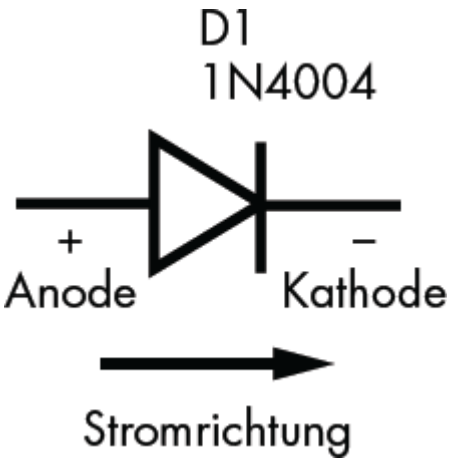


Abb. 4–4 *Das Symbol für eine Gleichrichterdiode*

Wie Sie in Kapitel 3 gelernt haben, sind Dioden gepolt: Der Strom fließt von der Anode zur Kathode. Auf dem Symbol in Abbildung 4–4 befindet sich die Anode links und die Kathode rechts. Das lässt sich leicht merken, indem Sie sich das Dreieck als eine Pfeilspitze vorstellen, die die Stromrichtung angibt. In die umgekehrte Richtung kann der Strom nicht fließen, da er von der senkrechten Linie »blockiert« wird.

Leuchtdioden

Das Symbol für eine LED sehen Sie in Abbildung 4–5.

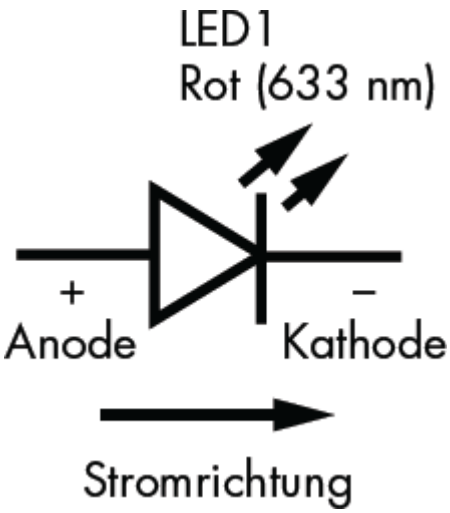


Abb. 4–4 *Das Symbol für eine Leuchtdiode*

Alle Arten von Dioden haben das gleiche Grundsymbol, das aus einem Dreieck und einer senkrechten Linie besteht. Bei LEDs sind jedoch zusätzlich zwei parallele Pfeile zu sehen, die von dem Dreieck wegzeigen. Damit wird das ausgestrahlte Licht symbolisiert.

Transistoren

Das Symbol für einen Transistor sehen Sie in Abbildung 4–6.

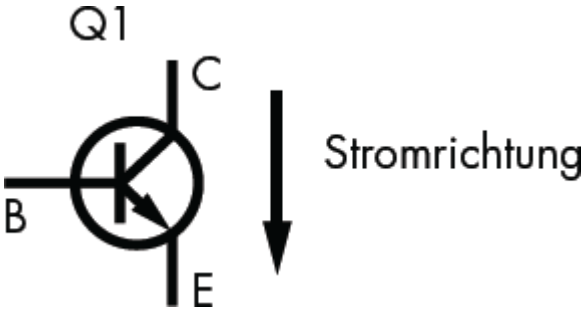


Abb. 4–4 *Das Symbol für einen Transistor*

Die mit *C* beschriftete senkrechte Linie oben am Symbol steht für den Kollektor, die waagerechte Linie auf der linken Seite (*B*) für die Basis und die untere Linie (*E*) für den Emitter. Da der Pfeil innerhalb des Symbols nach unten rechts zeigt, haben wir es hier mit einem *NPN-Transistor* zu tun, bei dem der Strom vom Kollektor zum Emitter fließt. (Bei *PNP-Transistoren* läuft der Strom vom Emitter zum Kollektor.)

Bei der Durchnummerierung von Transistoren verwenden wir den Buchstaben *Q* (wie das *R* für Widerstände).

Relais

Das Symbol für ein Relais sehen Sie in Abbildung 4–7.

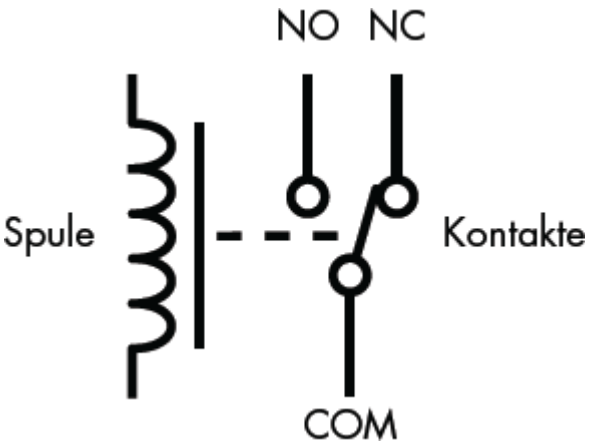


Abb. 4–4 *Das Symbol für ein Relais*

Relaissymbole gibt es in verschiedenen Formen und sie können auch mehr als einen Satz Kontakte aufweisen. Ihnen allen sind aber bestimmte Elemente gemeinsam, nämlich erstens die *Spule*, die als gewundene senkrechte Linie auf der linken Seite dargestellt wird, und zweitens die *Kontakte*. Der Kontakt *COM*

(für *common*, also »allgemein« oder »gemeinsam«) dient meistens als Eingang, die Kontakte *NO* (*normally open*, »im Normalzustand geöffnet«) und *NC* (*normally closed*, »im Normalzustand geschlossen«) als Ausgänge.

Das Relaissymbol wird stets im ausgeschalteten Zustand gezeigt, in dem die Spule nicht *bestromt* ist. Damit sind die Anschlüsse *COM* und *NC* miteinander verbunden. Bei bestromter Spule sind *COM* und *NO* verbunden.

Leitungen in Schaltplänen

Sich kreuzende oder miteinander verbundene Drähte werden in Schaltplänen auf eine ganz bestimmte Weise gezeichnet, wie die folgenden Beispiele zeigen.

Nicht verbundene kreuzende Leitungen

Wenn sich zwei Leitungen kreuzen, aber nicht miteinander verbunden sind, wird dies auf die beiden in Abbildung 4–8 dargestellten Weisen dargestellt. Keine davon ist falsch, es handelt sich nur um verschiedene Varianten.

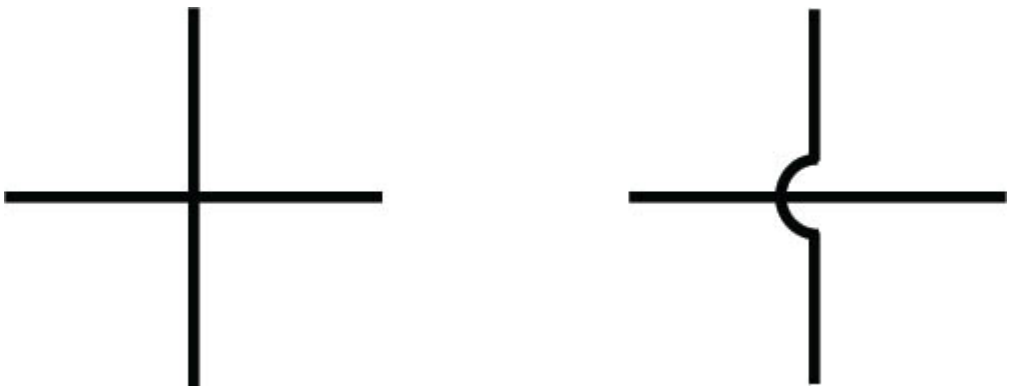


Abb. 4–4 *Nicht verbundene kreuzende Leitungen*

Verbundene Leitungen

Sind Leitungen physisch verbunden, wird der Kreuzungspunkt durch einen *Verbindungspunkt* gekennzeichnet, wie Sie in Abbildung 4–9 sehen.

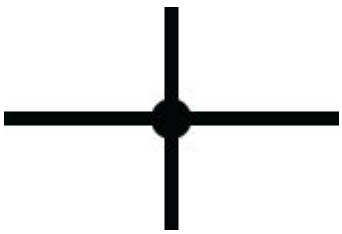


Abb. 4–4 *Zwei miteinander verbundene Leitungen*

Masseanschluss

Ist eine Leitung mit Erde oder Masse verbunden (*GND*), wird dies mit dem Symbol aus Abbildung 4–10 ausgedrückt.

Abb. 4–4 *Das **GND**-Symbol*

Wenn dieses Symbol in einem Schaltplan am Ende einer Linie steht, heißt dies, dass der Draht physisch an den *GND*-Pin des Arduino angeschlossen ist.

Schaltpläne analysieren

Nachdem Sie jetzt die Symbole für die verschiedenen Bauteile und Verbindungen kennen, wollen wir uns den Schaltplan für Projekt 1 ansehen. Dabei ging es darum, fünf LEDs nacheinander vorwärts und rückwärts aufleuchten zu lassen.

Wenn Sie den Schaltplan aus Abbildung 4–11 mit der Darstellung in Abbildung 3–13 vergleichen, werden Sie mir wahrscheinlich zustimmen, dass der Schaltplan die übersichtlichere Form der Darstellung bildet.

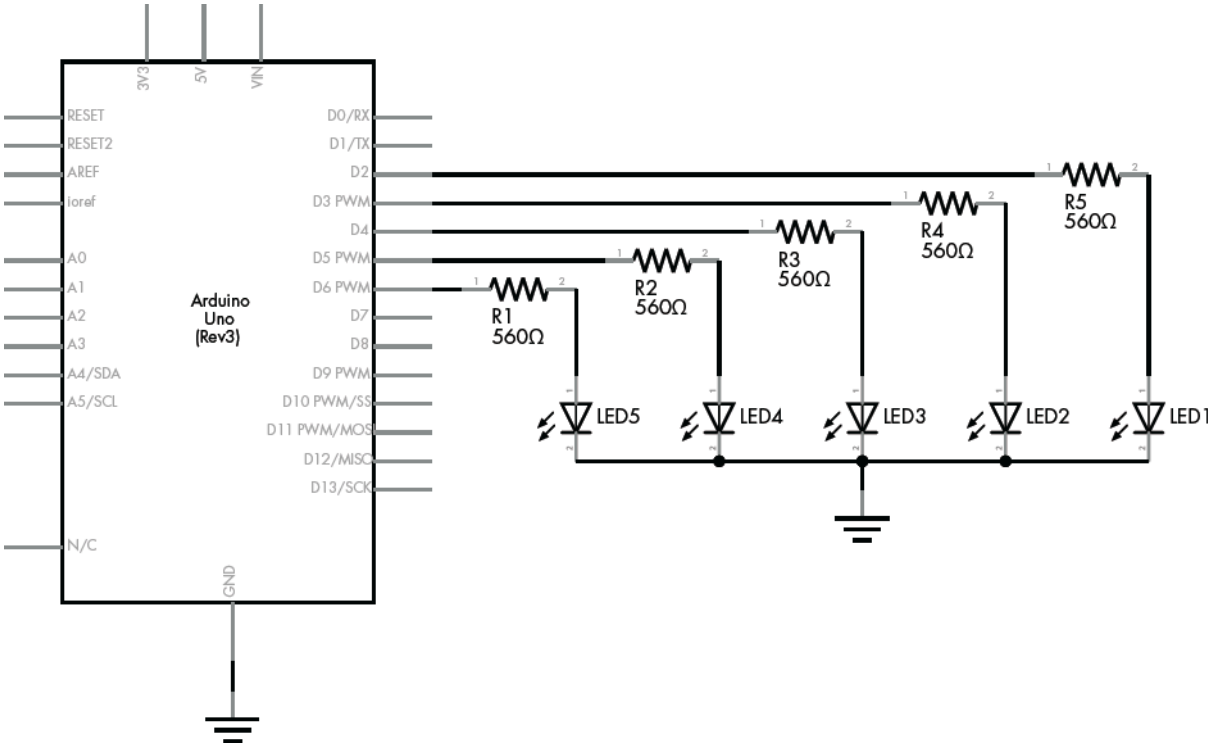


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 1*

Von jetzt an werden wir den Aufbau von Schaltungen anhand solcher Schaltpläne beschreiben. Bei der Einführung weiterer Bauteile lernen Sie auch gleich die Symbole dafür kennen.

HINWEIS

Wenn Sie Schaltpläne am Computer erstellen möchten, probieren Sie dazu das Programm Fritzing aus, das Sie kostenlos auf ***http://www.fritzing.org/*** *erhalten*.

Kondensatoren

Ein *Kondensator* ist ein Gerät, das eine elektrische Ladung speichert. Er besteht aus zwei Metallplatten mit einer Isolierschicht dazwischen, die es ermöglicht, dass sich zwischen den beiden Platten eine elektrische Ladung aufbaut. Fließt kein Strom mehr, verbleibt die Ladung dort und kann aus dem Kondensator austreten (man spricht hier vom *Entladen* des Kondensators), sobald ein neuer Weg eröffnet wird, den der Strom nehmen kann.

Die Kapazität von Kondensatoren

Die *Kapazität* eines Kondensators – also die Ladung, die er bei der anliegenden Spannung aufnehmen kann –, wird in *Farad* angegeben, wobei ein Farad (1 F)

schon eine sehr große Menge ist. Daher wird die Kapazität von Kondensatoren meistens in Pico- oder Mikrofarad ausgedrückt. Ein *Picofarad* (pF) entspricht 0,000000000001 F, ein *Mikrofarad* (µF) 0,000001 F. Bei der Fertigung werden Kondensatoren auf eine bestimmte Maximalspannung ausgelegt. In diesem Buch arbeiten wir ausschließlich mit Kondensatoren für geringe Spannung, die nicht mehr als 10 V verkraften können. Es ist jedoch kein Problem, in Schaltungen niedriger Spannungen auch Kondensatoren zu verwenden, die für höhere Spannungen gedacht sind. Übliche Werte sind 10, 16, 25 und 50 V.

Kapazitätswerte ablesen

Den aufgedruckten Wert eines Keramikkondensators abzulesen, erfordert ein wenig Übung, da die Angabe gewissermaßen in einem Code vorliegt. Die ersten beiden Stellen stehen für einen Wert in Picofarad, die dritte gibt den Multiplikator in Vielfachen von Zehn an. Der Kondensator in Abbildung 4–12 beispielsweise ist mit *104* beschriftet. Das steht für eine Zehn, gefolgt von vier Nullen, also 100.000 pF. Dieser Wert kann auch als 100 nF (Nanofarad) oder 0,1 µF (Mikrofarad) ausgedrückt werden.

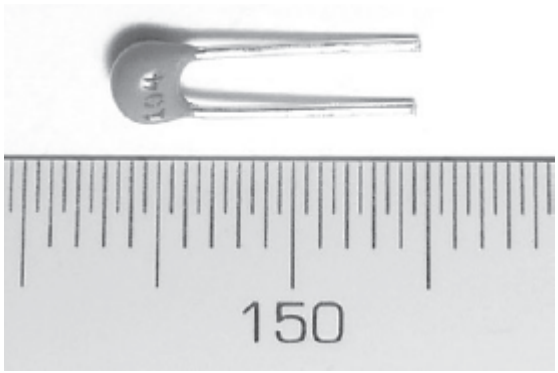


Abb. 4–4 *Ein Keramikkondensator mit einer Kapazität von 0,1 µF*

HINWEIS

Die Umrechnung zwischen den verschiedenen dezimalen Vielfachen kann etwas verwirrend sein. Auf ***http://www.justradios.com/uFnFpF.html*** *finden Sie eine hervorragende Umrechnungstabelle, die Sie sich ausdrucken können.*

Arten von Kondensatoren

In unseren Projekten verwenden wir zwei Typen von Kondensatoren: Keramik- und Elektrolytkondensatoren.

Keramikkondensatoren

Keramikkondensatoren wie der aus Abbildung 4–12 sind sehr klein und können daher nur wenig Ladung aufnehmen. Sie sind nicht gepolt und lassen sich daher in beiden Richtungen verwenden. Das Schaltplansymbol für nicht gepolte Kondensatoren sehen Sie in Abbildung 4–13.

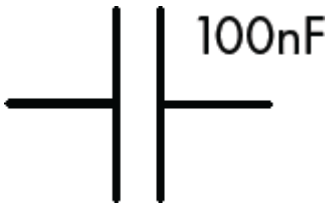


Abb. 4–4 *Das Symbol für einen nicht gepolten Kondensator mit der Angabe der Kapazität oben rechts*

Keramikkondensatoren eignen sich sehr gut für Hochfrequenzschaltungen, da sie aufgrund ihrer geringen Kapazität schnell geladen und entladen werden können.

Elektrolytkondensatoren

Elektrolytkondensatoren wie der aus Abbildung 4–14 haben eine größere Bauform als die Keramikvariante. Sie bieten eine höhere Kapazität, sind aber gepolt. Auf der Ummantelung ist entweder die positive oder die negative Seite markiert. In Abbildung 4–14 können Sie den Streifen mit dem Minussymbol erkennen, der die negative Seite kennzeichnet. Wie bei Widerständen müssen Sie auch bei den Werten von Kondensatoren mit einer gewissen Toleranz rechnen. Das Bauteil in Abbildung 4–14 hat eine Kapazität von 100 µF und eine Toleranz von 20 %.

Das Symbol für Elektrolytkondensatoren sehen Sie in Abbildung 4–15. Das Pluszeichen dient dazu, die Polung anzugeben.

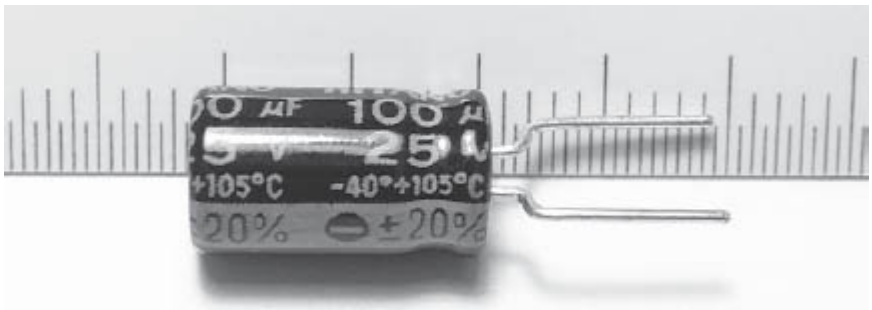


Abb. 4–4 *Elektrolytkondensator*

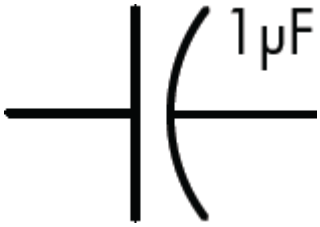


Abb. 4–4 *Symbol für einen gepolten Kondensator*

Elektrolytkondensatoren werden oft verwendet, um größere elektrische Ladungen zu speichern und die Spannung von Stromquellen auszugleichen. Wie kleine Kurzzeitbatterien können sie in der Nähe von Schaltkreisen oder Bauteilen, die in kurzer Zeit hohe Stromstärken von der Quelle beziehen, für eine gleichmäßige Versorgung und für Stabilität sorgen. Das verhindert unerwartete Aussetzer und Rauschen in Schaltungen. Dankenswerterweise sind die Kapazitätswerte von Elektrolytkondensatoren in Klartext auf der Ummantelung aufgedruckt und erfordern keine Dekodierung oder Deutung.

Am Beispiel der LEDs haben Sie schon den grundlegenden Umgang mit den Ausgängen des Arduino kennengelernt. Jetzt ist es an der Zeit, Signale von außen an den Arduino zu senden und die Messwerte an den digitalen Eingängen für Entscheidungen heranzuziehen.

Digitale Eingänge

In Kapitel 3 haben wir die digitalen E/A-Pins als Ausgänge genutzt, um LEDs ein- und auszuschalten. Dieselben Anschlüsse lassen sich aber auch verwenden, um Eingangssignale zu registrieren, beispielsweise um zu erkennen, ob eine Drucktaste betätigt wurde.

Wie die Ausgänge können auch die digitalen Eingänge zwei Zustände aufweisen, *high* und *low*. Die einfachste Form eines digitalen Eingangssignals liefern *Drucktasten* wie die in Abbildung 4–16. Sie können sie unmittelbar in die Steckplatine einsetzen. Wird eine solche Taste gedrückt, kann eine Spannung oder ein Strom durchgehen. An den digitalen Eingangspins können Sie dann messen, ob eine Spannung anliegt, und somit bestimmen, ob die Taste gedrückt wurde.

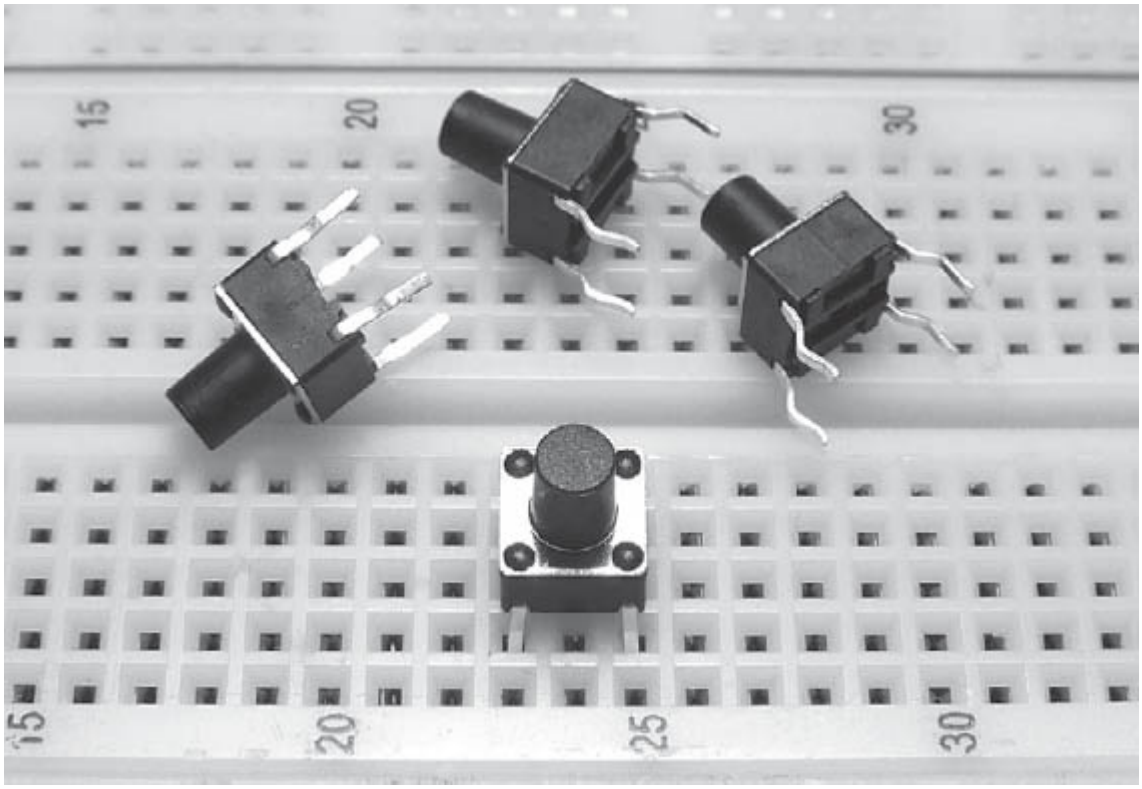


Abb. 4–4 *Einfache Drucktasten auf einer Steckplatine*

Beachten Sie, wie die Taste unten in der Abbildung in die Steckplatine eingeführt ist und dabei die Zeilen 23 und 25 überbrückt. Bei Betätigung der Taste werden die beiden Reihen verbunden. Das Schaltplansymbol für diese Art von Drucktaste sehen Sie in Abbildung 4–17. Es zeigt die beiden Seiten der Taste. Wird die Taste gedrückt, werden die beiden Hälften verbunden, sodass Spannung bzw. Strom durchgelassen wird. Durchnummeriert werden Tasten mit dem Präfix S.

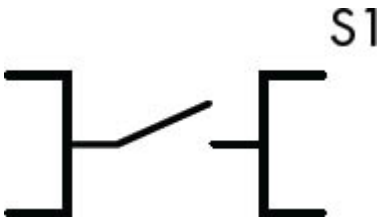


Abb. 4–4 *Das Symbol für eine Drucktaste*

KONTAKTPRELLEN MIT EINEM DIGITALEN SPEICHEROSZILLOSKOP SICHTBAR MACHEN

Drucktasten weisen ein besonderes Verhalten auf, das sogenannte Kontaktprellen oder kurz Prellen: Sie neigen dazu, mehrmals ein- und auszuschalten, wenn der Benutzer sie ein einziges Mal drückt. Die Metallkontakte im Inneren der Taste sind

so winzig, dass sie nach der Freigabe der Taste vibrieren, weshalb es zu den schnellen Schaltvorgängen kommt.

Das Kontaktprellen können Sie mit einem digitalen Speicheroszilloskop sichtbar machen. Dieses Gerät zeigt Spannungsänderungen im Verlauf der Zeit an. In Abbildung 4–18 sehen Sie das Phänomen des Kontaktprellens auf einem solchen Messinstrument.

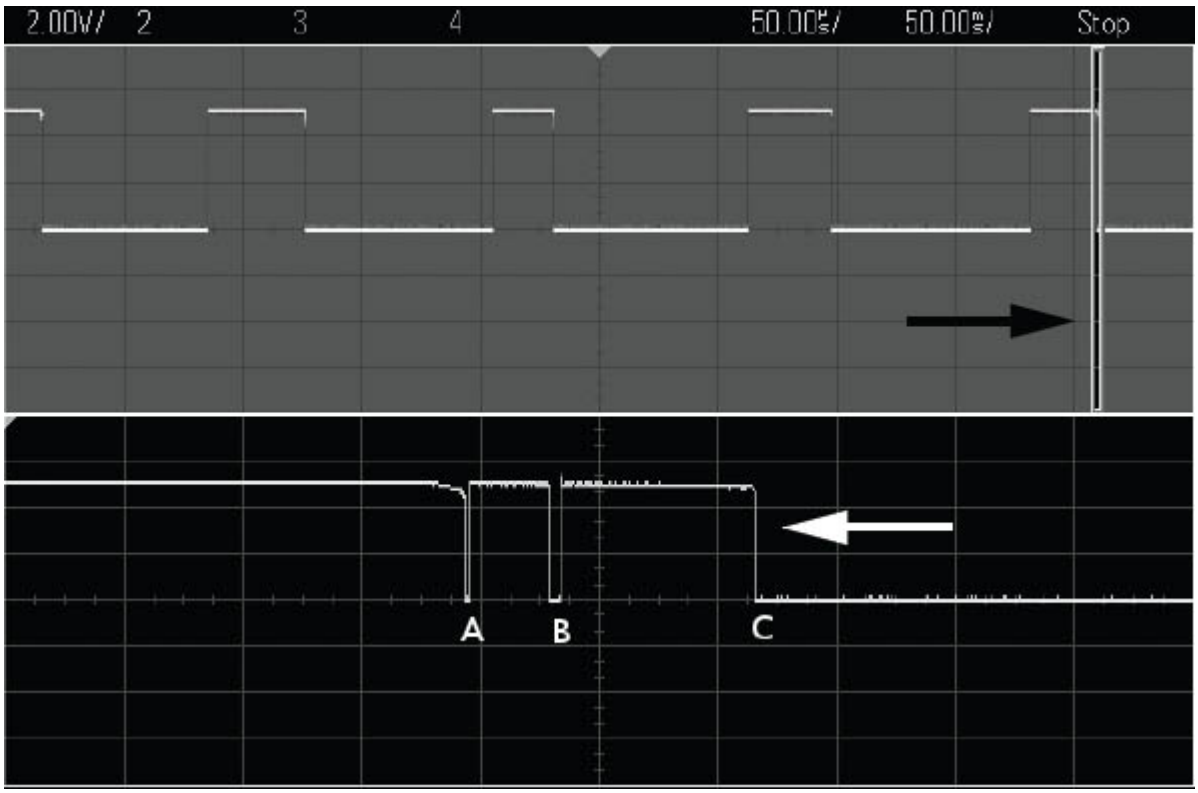


Abb. 4–4 *Kontaktprellen messen*

In der oberen Hälfte der Anzeige aus Abbildung 4–18 sehen Sie, was passiert, wenn die Taste mehrmals gedrückt wird. An den oberen Auslenkungen der Spannungskurve (bei 5 V) befindet sich die Taste im Zustand ***Ein****, sodass die Spannung durchgeht. Unter dem Wort* ***Stop*** *in der Anzeige ist durch die beiden senkrechten Linien und den Pfeil die Stelle markiert, an der die Taste ausgeschaltet wurde. Der Verlauf der Spannung ist in der unteren Hälfte der Abbildung mit gestreckter Zeitachse dargestellt. An Punkt A lässt der Benutzer die Taste los, weshalb die Spannung auf 0 V sinkt. Aufgrund der Vibration der Kontakte steigt die Spannung wieder auf 5 V, bis Punkt B erreicht ist, wo der Kontakt zurückschwingt. Bei Punkt C kommen die Kontakte endlich zur Ruhe, sodass die Spannung auf 0 V fällt und endlich der Zustand* ***low*** *(also* ***Aus****) erreicht*

ist. Anstatt also das Signal für eine Tastenbetätigung an den Arduino zu senden, haben wir in diesem Fall unbeabsichtigt gleich drei geschickt.

Projekt Nr. 4: Beispiel für digitale Eingänge

Bei diesem Projekt besteht das Ziel darin, dass eine LED bei Betätigung einer Taste eine halbe Sekunde lang aufleuchtet.

Der Algorithmus

Unser Algorithmus sieht wie folgt aus:

1. Prüfe, ob die Taste gedrückt wurde.
2. Wenn die Taste gedrückt wurde, schalte die LED eine halbe Sekunde lang ein und dann wieder aus.
3. Wenn die Taste nicht gedrückt wurde, tue gar nichts.
4. Wiederhole den Vorgang unendlich oft.

Die Hardware

Für dieses Projekt brauchen Sie folgende Teile:

- eine Drucktaste
- eine LED
- einen 560-Ω-Widerstand
- einen 10-kΩ-Widerstand
- einen 100-nF-Kondensator
- Verbindungsdrähte
- eine Steckplatine
- Arduino und USB-Kabel

Der Schaltplan

Als Erstes bauen wir auf der Steckplatine den Schaltkreis nach dem Schaltplan aus Abbildung 4–19 auf. Beachten Sie, wie der 10-kΩ-Widerstand zwischen *GND* und Digitalpin 7 angeordnet ist. Es handelt sich hierbei um einen *Pulldown*-Widerstand, da er die Spannung an dem Digitalpunkt auf fast 0 V senkt

(»herabzieht«). Durch den 100-nF-Kondensator, den der 10-kΩ-Widerstand überspannt, haben wir außerdem eine einfache *Entprellschaltung* gebaut, die das Kontaktprellen der Taste auszufiltern hilft. Wird die Taste gedrückt, geht das Signal am digitalen Pin sofort auf »high«. Beim Loslassen der Taste wird der Pin über den 10-kΩ-Widerstand auf *GND*-Niveau gesenkt, wobei der Kondensator für eine kleine Verzögerung sorgt. Da das Sinken der Spannung auf *GND*-Niveau verlangsamt wird, werden effektiv alle Prellpulse abgedeckt und dadurch die meisten Falschmessungen aufgrund schwankender Spannung und unvorhergesehenen Tastenverhaltens ausgeschlossen.

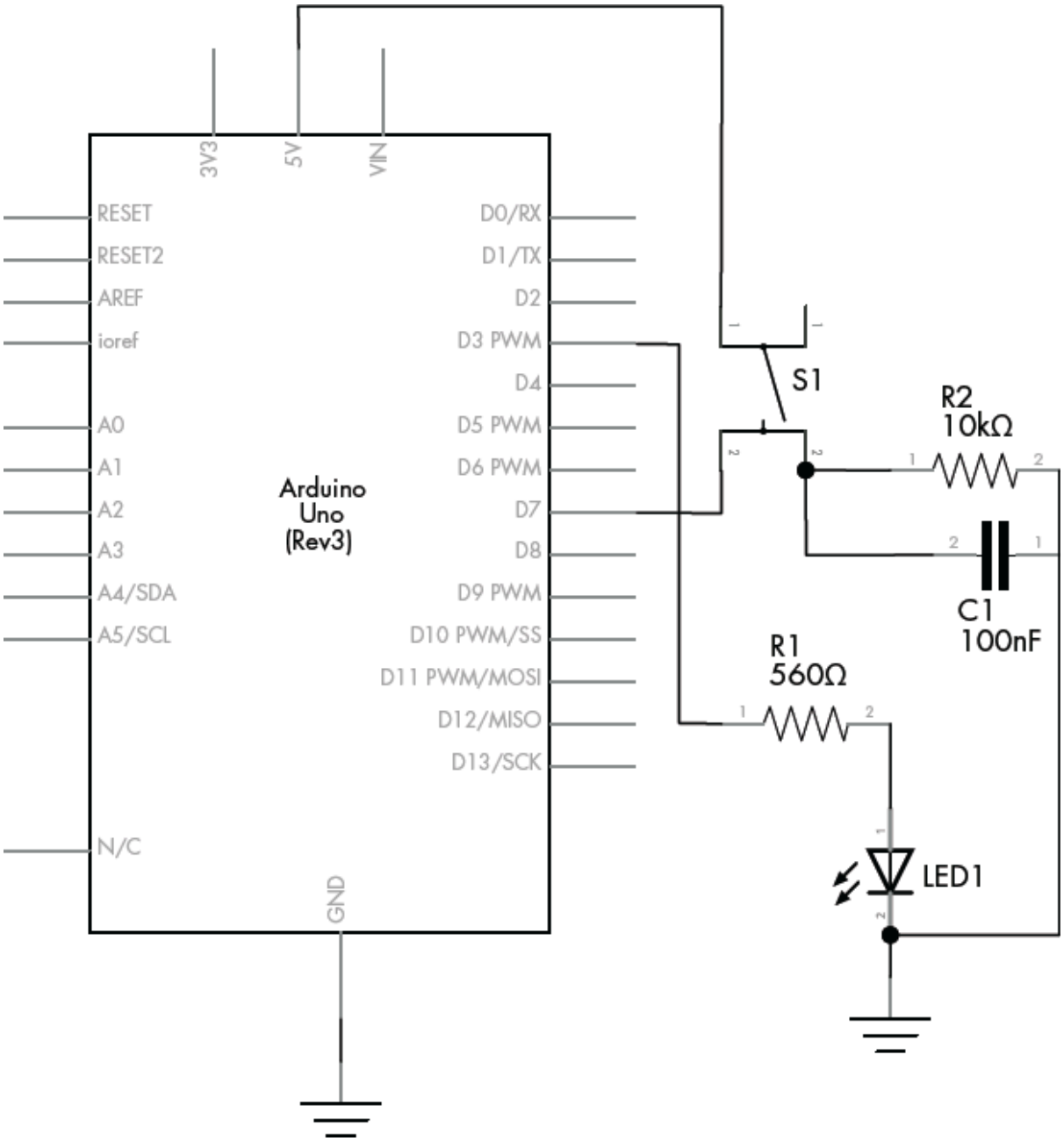


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 4*

Da dies das erste Mal ist, dass Sie eine Schaltung nach einem Schaltplan aufbauen, geben wir zusätzlich die folgende schrittweise Anleitung, mit deren Hilfe Sie genauer nachvollziehen können, wie die einzelnen Teile verbunden sind:

1. Bringen Sie die Drucktaste an der Steckplatine an, wie in Abbildung 4–20 gezeigt.

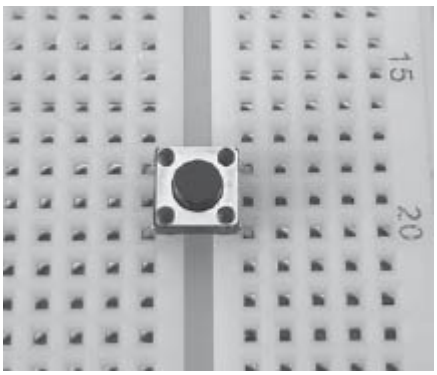


Abb. 4–4 *Die Drucktaste auf der Steckplatine*

2. Drehen Sie die Steckplatine um 90° gegen den Uhrzeigersinn und bauen Sie, wie in Abbildung 4–21 gezeigt, den 10-kΩ-Widerstand, einen kurzen Verbindungsdraht und den Kondensator ein.

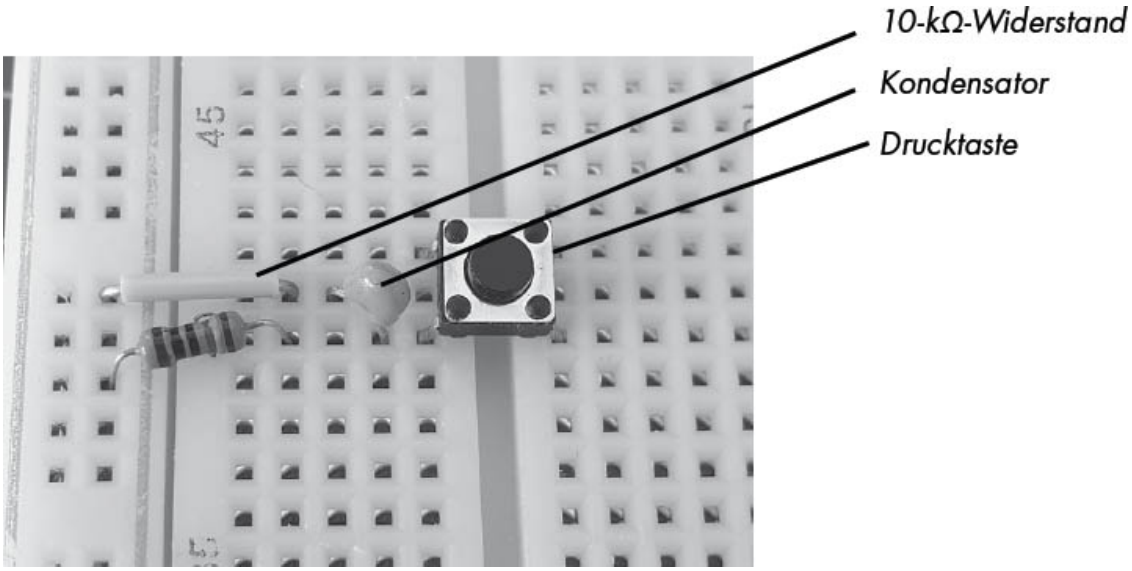


Abb. 4–4 *10-kΩ-Widerstand, Kondensator und Drucktaste*

3. Verbinden Sie das Kabel vom 5-Volt-Anschluss des Arduino mit der linken vertikalen Reihe der Steckplatine und das Kabel vom *GND*-Pin des Arduino mit der vertikalen Reihe rechts daneben (siehe Abb. 4–22).

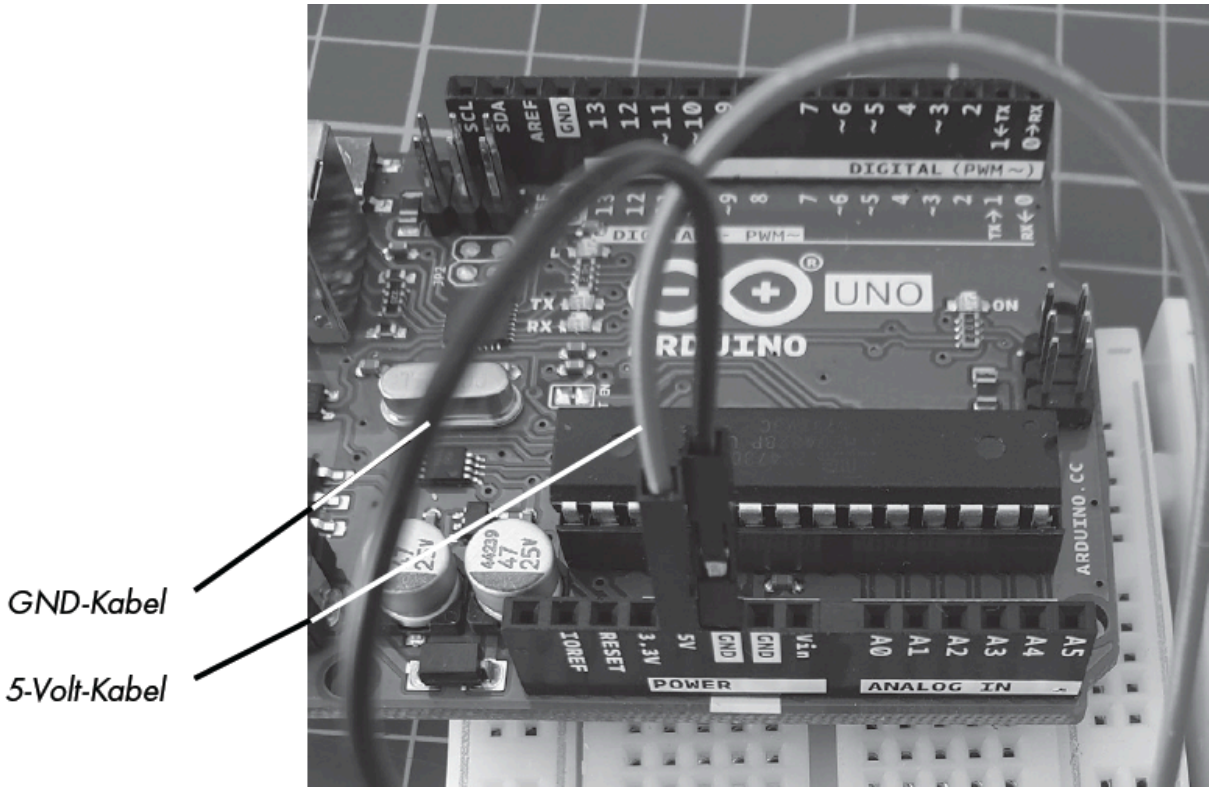


Abb. 4–4 *Das 5-Volt-Kabel (rot) und das* ***GND****-Kabel (schwarz)*

4. Führen Sie ein Kabel vom Digitalpin 7 des Arduino zur rechten oberen Ecke der Drucktaste auf der Steckplatine (siehe Abbildung 4–23).

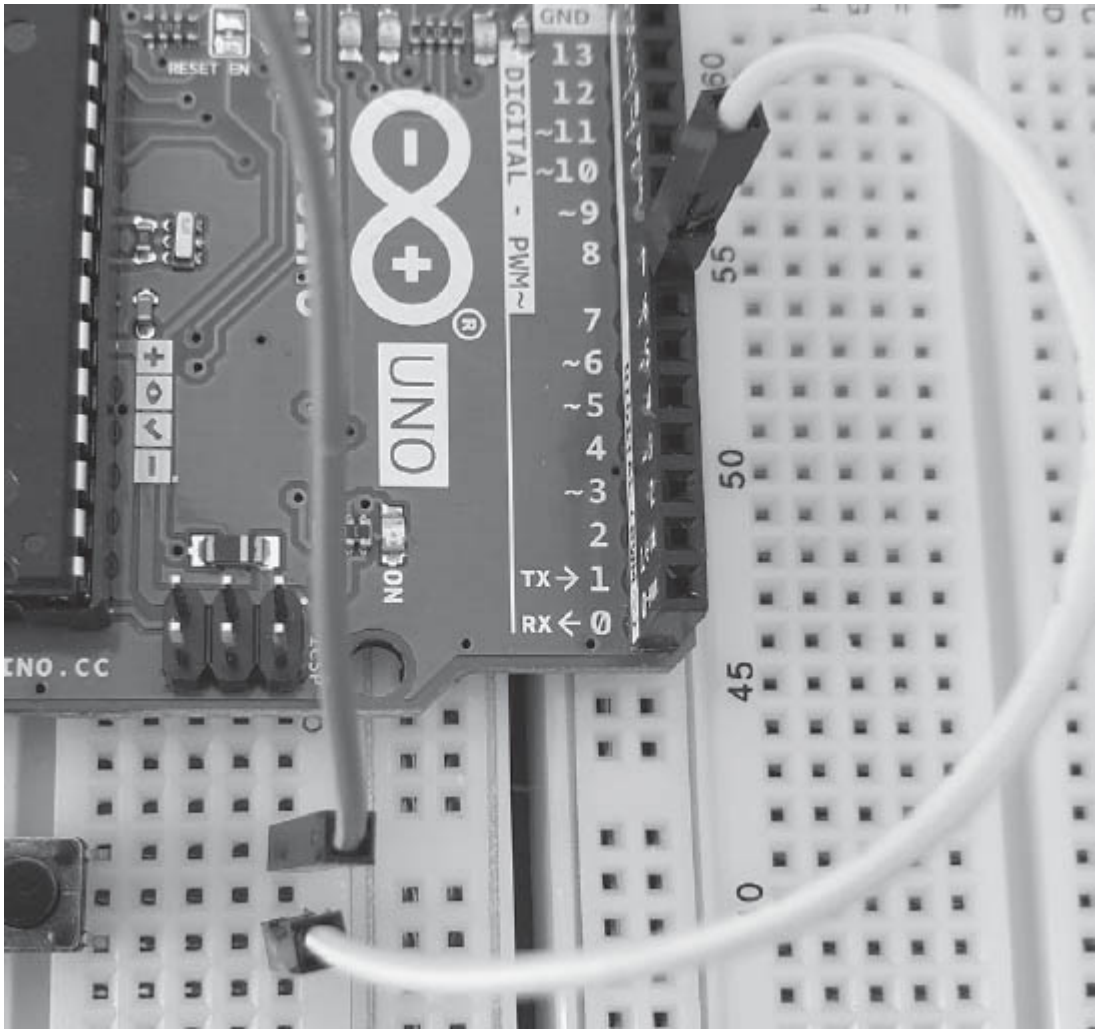


Abb. 4–4 *Die Drucktaste mit dem digitalen Eingang verbinden*

5. Stecken Sie die LED mit dem kurzen Bein (der Kathode) in die *GND*-Zeile der Platine und mit dem langen Bein (Anode) in eine Reihe rechts daneben. Bauen Sie anschließend den 560-Ω-Widerstand rechts neben der LED ein (siehe Abbildung 4–24).

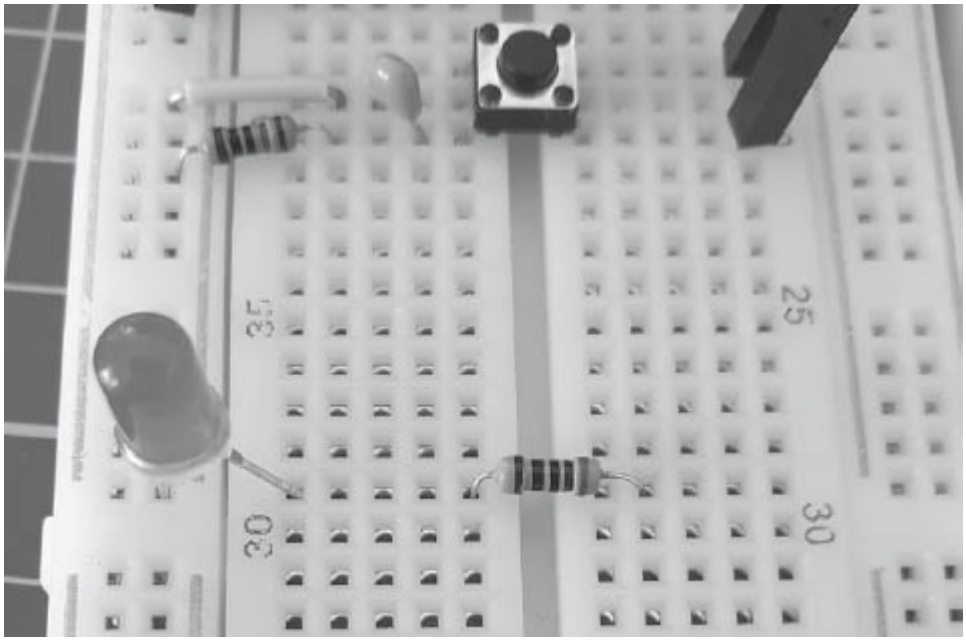


Abb. 4–4 *Die LED und den 560-Ω-Widerstand einfügen*

6. Führen Sie ein Kabel von der rechten Seite des 560-Ω-Widerstands zum Digitalpin 12 am Arduino (siehe Abb. 4–25).

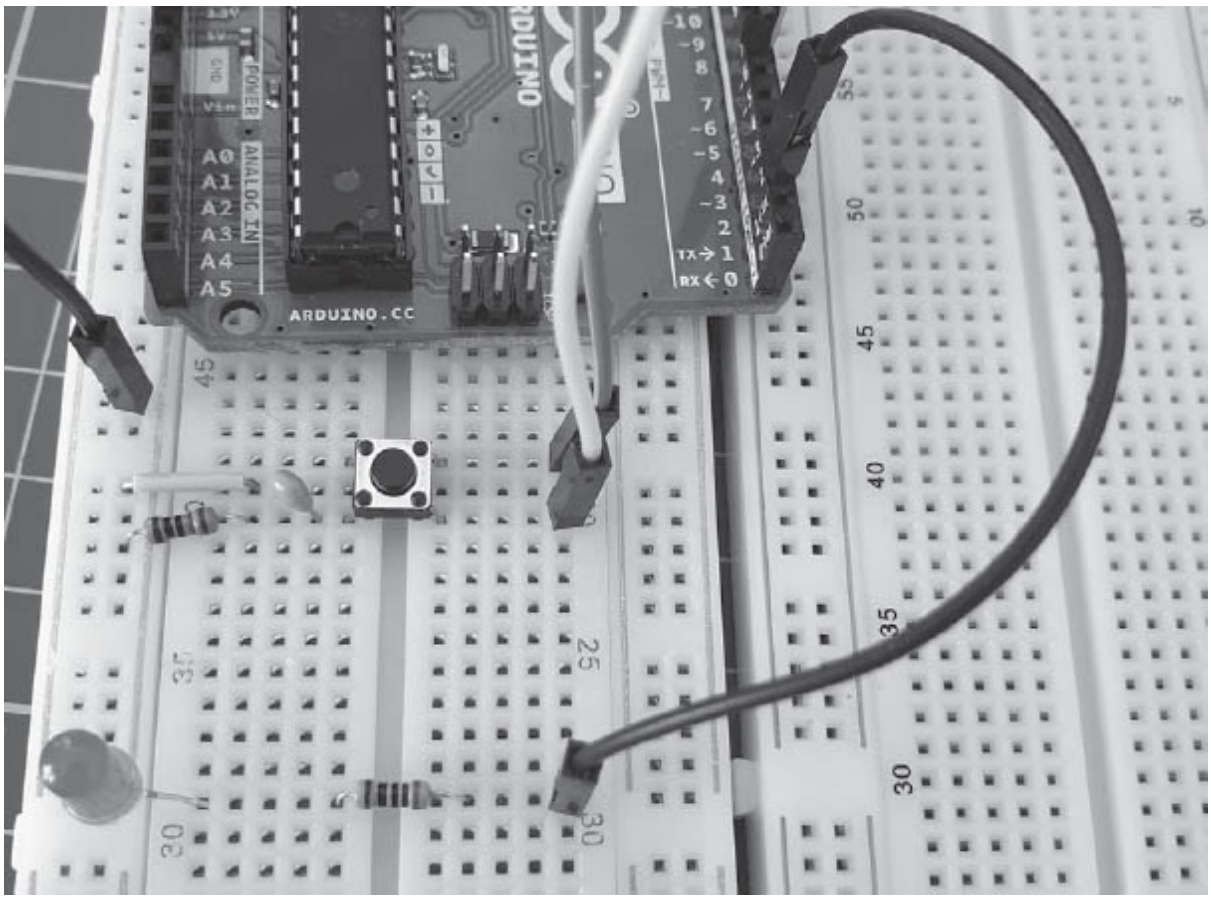


Abb. 4–4 *Den LED-Zweig mit dem Arduino verbinden*

Bevor Sie weitermachen, schauen Sie sich noch einmal den Schaltplan an und prüfen, ob Sie die Bauteile korrekt verdrahtet haben. Vergleichen Sie den Plan mit der Schaltung auf der Platine.

Der Sketch

Als Sketch geben Sie den Code von Listing 4–1 ein und laden ihn hoch:

```
// Projekt 4 - Beispiel für digitale Eingänge

#define LED    12    ❶

#define BUTTON 7

void setup()

{

   pinMode(LED, OUTPUT);          // Ausgang für die LED    ❷

   pinMode(BUTTON, INPUT);        // Eingang für die Taste

}

void loop()

{

   if ( digitalRead(BUTTON) == HIGH )

   {

      digitalWrite(LED, HIGH);    // Schaltet die LED ein

      delay(500);                 // Wartet 0,5 s
```

```
        digitalWrite(LED, LOW);     // Schaltet die LED aus

    }

}
```

Listing 4–1 *Digitale Eingänge*

Nachdem Sie den Sketch hochgeladen haben, tippen Sie kurz auf die Drucktaste. Die LED sollte jetzt eine halbe Sekunde lang aufleuchten.

Den Sketch verstehen

Als Nächstes sehen wir uns die neuen Elemente in dem Sketch von Projekt 4 detaillierter an – genauer gesagt, `#define`, die Befehle für die digitalen Eingangspins und die Funktion `if`.

Konstanten mit #define erstellen

Vor `void setup()` verwenden wir an der Stelle ❶ `#define`-Anweisungen, um feste Variablen zu erstellen. Wenn der Sketch kompiliert wird, ersetzt die IDE jedes Vorkommen des definierten Worts durch die darauf folgende Zahl. Beispielsweise erkennt die IDE bei ❷ `LED` und ersetzt dies durch die Zahl `3`.

Im Grunde genommen verwenden wir den Befehl `#define` hier, um die Digitalpins für die LED und die Taste im Sketch mit Namen zu versehen. Beachten Sie, dass hinter der Wertangabe in `#define` kein Semikolon steht. Es ist eine gute Idee, Pinnummern und andere feste Werte (etwa eine zeitliche Verzögerung) auf diese Weise zu benennen, denn wenn sie in einem Sketch wiederholt vorkommen, müssen sie so bei einer Änderung nur an einer Stelle bearbeitet werden. In diesem Beispiel wird `LED` dreimal in dem Sketch verwendet. Um den Wert zu ändern, müssen wir lediglich einmal die Definition in der `#define`-Anweisung austauschen.

Digitale Eingangspins messen

Um den Status einer Drucktaste zu bestimmen, definieren wir zunächst in `void setup()` wie folgt einen digitalen E/A-Pin als Eingang:

```
pinMode(BUTTON, INPUT); // Eingang für die Taste
```

Um zu ermitteln, ob die Taste eine Spannung an den digitalen Eingang anlegt (ob sie also gedrückt ist), verwenden wir `digitalRead(`*Pin*`)`, wobei *Pin* für die Nummer des abzulesenden Digitalpins steht. Die Funktion gibt entweder `HIGH` (die Spannung am Pin liegt bei 5 V) oder `LOW` zurück (die Spannung am Pin liegt bei 0 V).

Entscheidungen mit if

Mit `if` können wir in unserem Sketch Entscheidungen fällen und den Arduino anweisen, je nachdem, wie die Entscheidung ausgefallen ist, unterschiedlichen Code auszuführen. Beispielsweise haben wir in Projekt 4 den Code aus Listing 4–2 verwendet:

```
if ( digitalRead(BUTTON) == HIGH )

{

   digitalWrite(LED, HIGH);    // Schaltet die LED ein

   delay(500);                 // Wartet 0,5 s

   digitalWrite(LED, LOW);     // Schaltet die LED aus

}
```

Listing 4–2 *Ein einfaches Beispiel für eine* `if-then`*-Anweisung*

Die erste Zeile in diesem Code beginnt mit `if`, um eine Bedingung zu prüfen. Ist die Bedingung wahr (ist die Spannung also `HIGH`), so bedeutet dies, dass die Taste gedrückt wurde, weshalb der Code in den geschweiften Klammern ausgeführt wird.

Um zu bestimmen, ob die Taste gedrückt worden ist (ob also `digitalRead(BUTTON)` auf `HIGH` gesetzt ist), verwenden wir einen *Vergleichsoperator*, ein doppeltes Gleichheitszeichen (`==`). Wenn wir in dem

Sketch `==` durch `!==` (nicht gleich) ersetzen, wird die LED beim Drücken der Taste abgeschaltet. Probieren Sie es aus!

HINWEIS

Ein häufig gemachter Fehler besteht darin, in einer Testanweisung nur ein einzelnes Gleichheitszeiten (=) zu verwenden, was aber »mach dies gleich« bedeutet. Benötigt wird aber ein doppeltes Gleichheitszeichen (==) für »prüfe, ob es gleich ist«. Möglicherweise erhalten Sie bei diesem Versäumnis keine Fehlermeldung, aber die `if`*-Anweisung funktioniert dann trotzdem nicht*.

Wenn Sie ein paar Erfolge verzeichnen können, versuchen Sie die Dauer, während der die LED angeschaltet ist, zu ändern. Andernfalls können Sie auch zurück zu Projekt Nr. 3 gehen und dort die Drucktastensteuerung implementieren. (Bitte nehmen Sie die Schaltung nicht auseinander, sie wird noch für das nächste Beispiel gebraucht.)

Mehr Entscheidungsmöglichkeiten mit if-else

Mit `else` können Sie einer `if`-Anweisung noch eine weitere Aktion hinzufügen. Wenn Sie den Code aus Listing 4–1 beispielsweise wie in Listing 4–3 mit zusätzlichem `else` umschreiben, wird die LED eingeschaltet, *wenn* (`if`) die Taste gedrückt wurde, *anderenfalls* (`else`) aber ausgeschaltet. Die Verwendung von `else` zwingt den Arduino dazu, einen anderen Codeausschnitt auszuführen, wenn die in der `if`-Anweisung geprüfte Bedingung nicht wahr ist.

```
// Listing 4-3

#define LED    3

#define BUTTON 7

void setup()

{

   pinMode(LED, OUTPUT);       // Ausgang für die LED
```

```
    pinMode(BUTTON, INPUT);     // Eingang für die Taste
}
void loop()
{
    if ( digitalRead(BUTTON) == HIGH )
    {
        digitalWrite(LED, HIGH);
    }
    else
    {
        digitalWrite(LED, LOW);
    }
}
```

Listing 4–3 *Ergänzung um* `else`

Boolesche Variablen

Manchmal müssen Sie festhalten, ob sich irgendetwas in einem von zwei möglichen Zuständen befindet, etwa ein/aus oder heiß/kalt. Hierzu eignen sich *boolesche Variablen*, die legendären Computer-»Bits«, deren Wert nur 0 (falsch, `false`) oder 1 (wahr, `true`) sein kann. Daher sind boolesche Variablen so

nützlich: Sie können nur entweder wahr oder falsch sein. Wie alle anderen Variablen müssen wir sie zunächst deklarieren, bevor wir sie verwenden können:

```
boolean raining = true;   // Erstellt die Variable "raining"
und

                          // setzt sie auf true
```

Innerhalb des Sketches können Sie den Zustand der booleschen Variable dann durch eine einfache Neuzuweisung ändern:

```
raining = false;
```

Die Verwendung von booleschen Variablen zur Entscheidungsfindung erfolgt ganz einfach mithilfe einer `if`-Teststruktur. Da boolesche Vergleiche entweder wahr oder falsch ergeben, können dafür wie im folgenden Beispiel die Vergleichsoperatoren herangezogen werden:

```
if ( raining == true )

{

   if ( summer != true )

   {

      // Es regnet, und es ist nicht Sommer

   }

}
```

Logische Vergleichsoperatoren

Um Entscheidungen über zwei oder mehr boolesche Variablen oder andere Zustände zu treffen, können wir verschiedene Operatoren heranziehen. Dazu gehören *not* (`!`), *and* (&&) und *or* (`||`).

Not

Der Operator *not* wird durch ein Ausrufezeichen ausgedrückt und dient als Abkürzung, um zu prüfen, ob irgendetwas *nicht wahr* ist. Betrachten Sie dazu das folgende Beispiel:

```
if ( !raining )

{

   // Es regnet nicht (raining == false)

}
```

And

Der logische Operator *and* wird durch && ausgedrückt. Er hilft die Anzahl einzelner `if`-Tests zu verringern. Betrachten Sie dazu das folgende Beispiel:

```
if (( raining == true ) && ( !summer ))

{

   // Es regnet und es ist nicht Sommer

   // (raining == true and summer == false)

}
```

Or

Der logische Operator *or* wird durch `||` ausgedrückt. Seine Verwendung ist ganz einfach. Betrachten Sie dazu das folgende Beispiel:

```
if (( raining == true ) || ( summer == true ))

{

   // Es regnet oder es ist Sommer

}
```

Zwei und mehr Vergleiche

Sie können auch zwei oder mehr Vergleiche in ein und derselben `if`-Anweisung unterbringen, wie das folgende Beispiel zeigt:

```
if ( snow == true && rain == true && !hot )

{

   // Es schneit, es regnet, und es ist nicht heiß

}
```

Die Operationsreihenfolge legen Sie mithilfe von Klammern fest. Im nächsten Beispiel wird zuerst der Vergleich in den Klammern verarbeitet und das Ergebnis, `true` oder `false`, dann mit dem Rest der `if-then`-Anweisung verglichen:

```
if (( snow == true || rain == true ) && hot == false))

{
```

```
    // Es regnet oder schneit, und es ist nicht heiß

}
```

Ebenso wie in den Beispielen, in denen der *not*-Operator (`!`) unmittelbar vor einem Wert stand, können Sie auch einfache Tests auf `true` und `false` durchführen, ohne dabei jedes Mal ausdrücklich `== true` oder `== false` schreiben zu müssen. Der folgende Code funktioniert genauso wie das vorhergehende Beispiel:

```
if (( snow || rain ) && !hot )

{

    // Es regnet oder schneit, und es ist nicht heiß

    // ( snow is true OR rain is true ) AND it is not hot

}
```

Wie Sie sehen, kann der Arduino mithilfe von booleschen Variablen und Vergleichsoperatoren eine Menge von Entscheidungen treffen. Wenn Sie zu komplizierteren Projekten übergehen, wird sich diese Möglichkeit als äußerst nützlich erweisen.

Projekt Nr. 5: Eine Verkehrsampel

Wir wollen unsere neuen Kenntnisse jetzt zur Lösung eines hypothetischen Problems einsetzen. Stellen Sie sich vor, Sie sind Stadtplaner in einer ländlichen Gegend und haben ein Problem mit einer einspurigen Brücke über einen Fluss: Dort kommt es jede Woche zu ein oder zwei nächtlichen Unfällen, wenn übermüdete Fahrer über die Brücke rasen, ohne erst anzuhalten und nachzusehen, ob der Weg frei ist. Sie haben schon angeregt, Ampeln zu installieren, aber der Bürgermeister möchte erst eine Vorführung sehen, bevor er das Budget für die Anschaffung der Ampeln absegnet. Nun könnten Sie zwar eine mobile Ampelanlage leihen, aber das wäre zu teuer. Stattdessen bauen Sie

mithilfe von LEDs und einem Arduino ein Modell der Brücke mit funktionierenden Ampeln.

Das Ziel

Das Ziel besteht darin, an jedem Ende der einspurigen Brücke eine Dreifarben-Verkehrsampel aufzustellen, sodass der Verkehr immer nur in eine Richtung auf einmal fließen kann. Wenn Sensoren an einem Ende der Brücke erkennen, dass dort ein Auto an einer roten Ampel wartet, springen die Ampeln um, sodass der Verkehr in die entgegengesetzte Richtung fließen kann.

Der Algorithmus

Um die Fahrzeugsensoren an den beiden Enden der Brücke zu simulieren, verwenden wir zwei Drucktasten. Jede Ampel verfügt über eine rote, eine gelbe und eine grüne LED. Zu Anfang soll das System den Verkehr von Westen nach Osten durchlassen, sodass die westliche Ampel Grün zeigt und die östliche Rot.

Wenn sich ein Fahrzeug der Brücke nähert (was wir durch Drücken der Taste simulieren) und die Ampel rot ist, schaltet das System die Ampel auf der gegenüberliegenden Seite von Grün über Gelb auf Rot um und wartet dann einen zuvor festgelegten Zeitraum, damit Fahrzeuge, die sich schon auf der Brücke befinden, noch passieren können. Dann blinkt das gelbe Licht auf der Seite des wartenden Fahrzeugs, um dem Fahrer das Signal zu geben, sich fertig zu machen, und schließlich schaltet die Ampel auf Grün. Sie bleibt grün, bis sich ein Fahrzeug der anderen Seite nähert und sich der Vorgang wiederholt.

Die Hardware

Für dieses Projekt brauchen Sie folgende Teile:

- zwei rote LEDs (LED1 und LED2)
- zwei gelbe LEDs (LED3 und LED4)
- zwei grüne LEDs (LED5 und LED6)
- sechs 560-Ω-Widerstände (R1 bis R6)
- zwei 10-kΩ-Widerstände (R7 und R8)
- zwei 100-nF-Kondensatoren (C1 und C2)
- zwei Drucktasten (S1 und S2)

- eine mittelgroße Steckplatine
- Verbindungsdrähte
- Arduino und USB-Kabel

Der Schaltplan

Da wir nur sechs LEDs steuern und Eingangssignale von zwei Drucktasten empfangen, ist der Aufbau nicht allzu kompliziert. Abbildung 4–26 zeigt den Schaltplan für dieses Projekt.

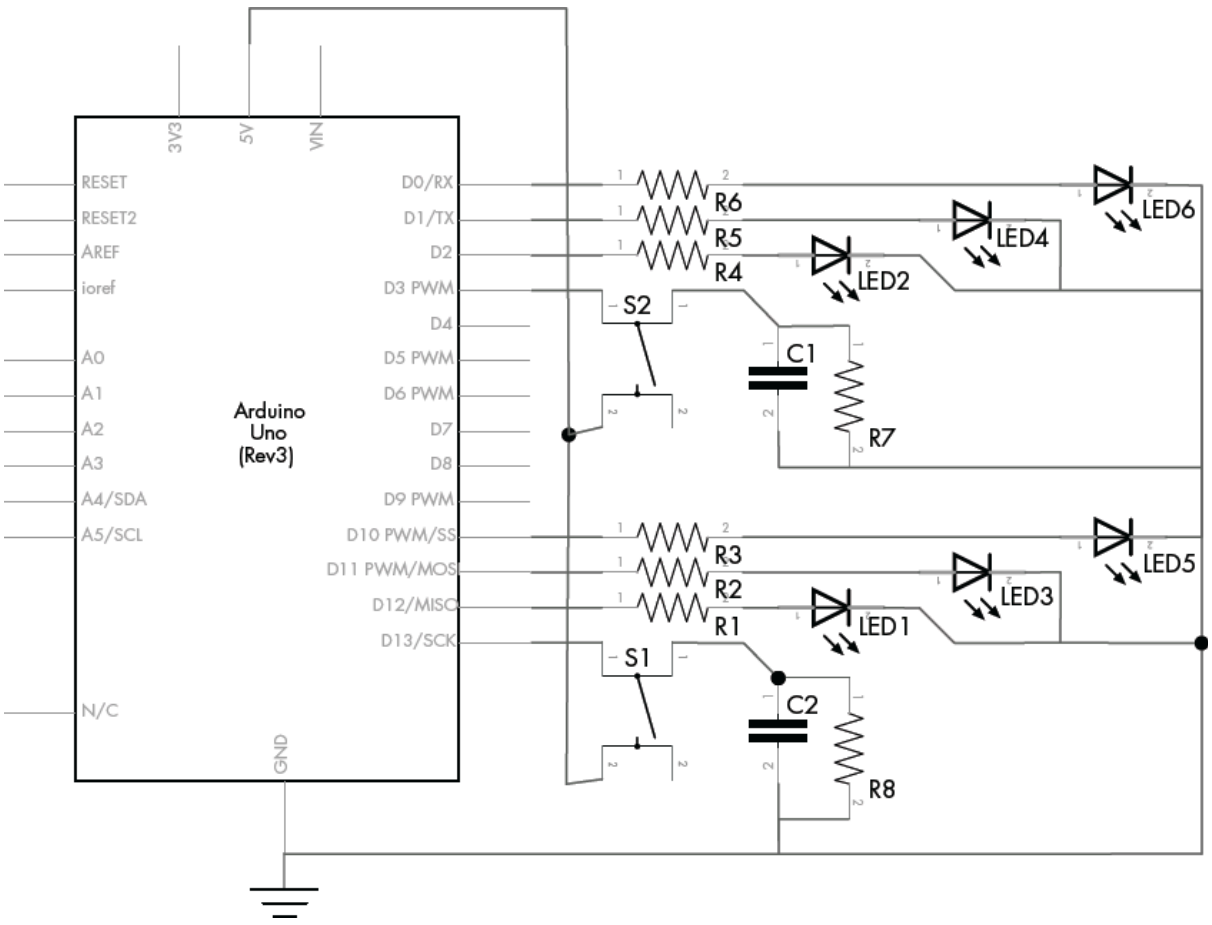


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 5*

Im Grunde genommen handelt es sich bei dieser Schaltung um eine erweiterte Version des Drucktasten- und LED-Aufbaus von Projekt 4 mit mehr Widerständen, mehr LEDs und einer weiteren Taste.

Achten Sie darauf, die LEDs in der richtigen Richtung einzubauen: Die Anoden müssen mit den Widerständen verbunden sein, die Kathoden mit dem *GND*-Pin des Arduino (siehe Abb. 4–27).

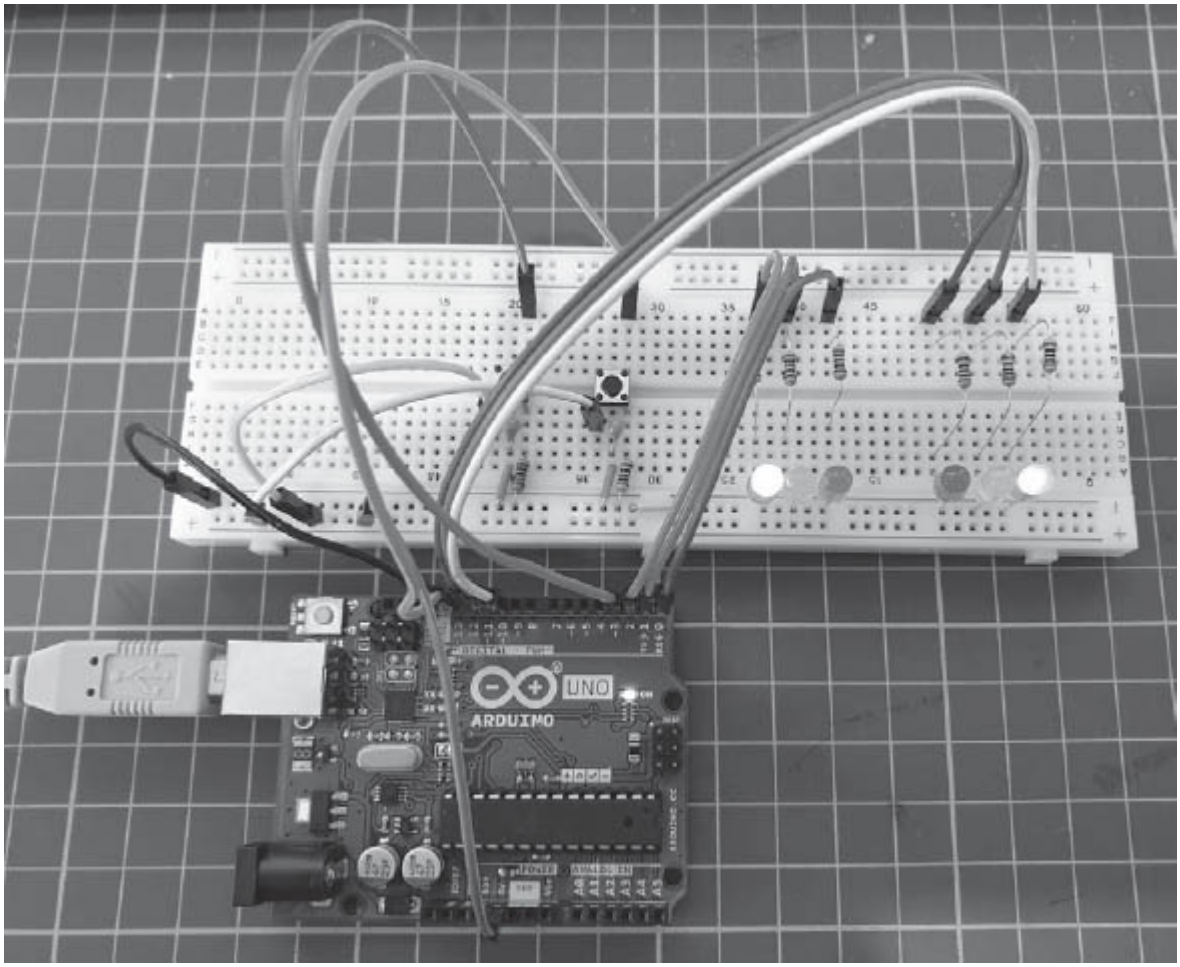


Abb. 4–4 *Die vollständige Schaltung*

Der Sketch

Kommen wir jetzt zum Sketch. Können Sie erkennen, wie er den Algorithmus umsetzt?

```
// Projekt 5 - Eine Verkehrsampel

// Definiert die Pins, mit denen die Tasten und LEDs
verbunden sind:

#define westButton 3     ❶

#define eastButton 13

#define westRed 2
```

```
#define westYellow 1

#define westGreen 0

#define eastRed 12

#define eastYellow 11

#define eastGreen 10

#define yellowBlinkTime 500   // Lässt die gelbe LED 0,5 s
blinken

boolean trafficWest = true;   // West = true, Ost = false
❷

int     flowTime = 10000;     // Zeitraum, in dem der
Verkehr fließt    ❸

int     changeDelay = 2000;   // Zeitraum zwischen
Farbwechseln        ❹

void setup()

{

   // Richtet die digitalen E/A-Pins ein

   pinMode(westButton, INPUT);

   pinMode(eastButton, INPUT);

   pinMode(westRed, OUTPUT);
```

```
    pinMode(westYellow, OUTPUT);

    pinMode(westGreen, OUTPUT);

    pinMode(eastRed, OUTPUT);

    pinMode(eastYellow, OUTPUT);

    pinMode(eastGreen, OUTPUT);

    // Legt den Anfangszustand der LEDs fest, im Westen
    zuerst grün

    digitalWrite(westRed, LOW);

    digitalWrite(westYellow, LOW);

    digitalWrite(westGreen, HIGH);

    digitalWrite(eastRed, HIGH);

    digitalWrite(eastYellow, LOW);

    digitalWrite(eastGreen, LOW);

}

void loop()

{

    if ( digitalRead(westButton) == HIGH )   // Fordert
    Verkehrsfluss

                            // von West nach Ost an
```

```
{

   if ( trafficWest != true )

   // Fährt nur fort, wenn der Verkehr

   // in die entgegengesetzte Richtung fließt (Osten)

   {

      trafficWest = true; // Ändert Verkehrsflussflag von
      West nach Ost

      delay(flowTime); // Räumt Zeit für den Verkehr ein

      digitalWrite(eastGreen, LOW);    // Schaltet die
      Ostampel

                     // von Grün über Gelb auf Rot

      digitalWrite(eastYellow, HIGH);

      delay(changeDelay);

      digitalWrite(eastYellow, LOW);

      digitalWrite(eastRed, HIGH);

      delay(changeDelay);

      for ( int a = 0; a < 5; a++ ) // Gelbe LED blinkt

      {
```

```
            digitalWrite(westYellow, LOW);

            delay(yellowBlinkTime);

            digitalWrite(westYellow, HIGH);

            delay(yellowBlinkTime);

         }

         digitalWrite(westYellow, LOW);

         digitalWrite(westRed, LOW); // Schaltet Westampel
         von Rot auf Grün

         digitalWrite(westGreen, HIGH);

      }

   }

   if ( digitalRead(eastButton) == HIGH )   // Fordert
   Verkehrsfluss

                        // von Ost nach West an

   {

      if ( trafficWest == true )

      // Fährt nur fort, wenn der Verkehr in die
      entgegengesetzte

      // Richtung fließt (Westen)
```

```
{

   trafficWest = false; // Ändert Verkehrsflussflag
   von West nach Ost

   delay(flowTime); // Räumt Zeit für den Verkehr ein

   digitalWrite(westGreen, LOW);

   // Schaltet die Ostampel von Grün über Gelb auf Rot

   digitalWrite(westYellow, HIGH);

   delay(changeDelay);

   digitalWrite(westYellow, LOW);

   digitalWrite(westRed, HIGH);

   delay(changeDelay);

   for ( int a = 0 ; a < 5 ; a++ )    // Gelbe LED
   blinkt

   {

      digitalWrite(eastYellow, LOW);

      delay(yellowBlinkTime);

      digitalWrite(eastYellow, HIGH);

      delay(yellowBlinkTime);

   }
```

```
            digitalWrite(eastYellow, LOW);

            digitalWrite(eastRed, LOW); // Schaltet Westampel
            von Rot auf Grün

            digitalWrite(eastGreen, HIGH);

        }

    }

}
```

Unser Sketch beginnt bei ❶ mit `#define`, um die Nummern der digitalen Pins für die LEDs und die beiden Drucktasten mit Bezeichnungen zu versehen. Für die West- und die Ostseite der Brücke gibt es jeweils eine rote, eine gelbe und eine grüne LED sowie eine Taste. Mit der bei ❷ definierten booleschen Variable `trafficWest` halten wir fest, in welche Richtung der Verkehr fließt – bei `true` von Westen nach Osten, bei `false` von Osten nach Westen.

HINWEIS

Beachten Sie, dass wir die Verkehrsrichtung mit einer einzigen Variable festhalten (`trafficWest`*), die entweder* `true` *oder* `false` *ist. Diese Vorgehensweise anstatt der Verwendung von zwei Variablen (eine für Verkehr Richtung Osten, die andere für Verkehr Richtung Westen) bietet den Vorteil, dass nicht versehentlich beide Richtungen wahr sein können. Das hilft uns, Zusammenstöße zu vermeiden!*

Die bei ❸ definierte Integervariable `flowTime` gibt an, wie viel Zeit die Fahrzeuge mindestens haben, um die Brücke zu überqueren. Wenn ein Fahrzeug an einer roten Ampel zum Stehen kommt, wartet das System diesen Zeitraum ab, um dem entgegenkommenden Verkehr die Gelegenheit zu geben, über die Brücke zu fahren. Die bei ❹ definierte Integervariable `changeDelay` enthält den Zeitraum, den die Ampeln brauchen, um von Grün über Geld auf Rot umzuschalten.

Bevor der Sketch in den Abschnitt von `void loop()` eintritt, wird er in `void setup()` für die Verkehrsrichtung von West nach Ost eingerichtet.

Den Sketch ausführen

Wenn der Sketch läuft, tut er zunächst nichts, bis eine der Tasten gedrückt wird. Handelt es sich dabei um die Osttaste, sorgt die folgende Zeile dafür, dass die Ampeln nur dann umgeschaltet werden, wenn der Verkehr in die entgegengesetzte Richtung fließt:

```
if ( trafficWest == true )
```

Der Rest dieses Codeabschnitts besteht aus einer einfachen Abfolge von Wartevorgängen und Ein-/Aus-Schaltbefehlen für die einzelnen LEDs, um den Betrieb von Verkehrsampeln zu simulieren.

Analoge und digitale Signale

In diesem Abschnitt lernen Sie den Unterschied zwischen analogen und digitalen Signalen kennen und erfahren, wie Sie analoge Signale an den analogen Eingangspins messen.

Bis jetzt haben wir in unseren Sketchen nur digitale elektrische Signale verwendet, die ausschließlich zwei diskrete Pegel annehmen können: Wir haben mit `digitalWrite(pin, HIGH)` und `digitalWrite(pin, LOW)` eine LED zum Blinken gebracht und mit `digitalRead()` gemessen, ob an einem Digitalpin eine Spannung anliegt (`HIGH`) oder nicht (`LOW`). Abbildung 4–28 zeigt den Verlauf eines digitalen Signals, das abrupt zwischen hohem und niedrigem Pegel wechselt.

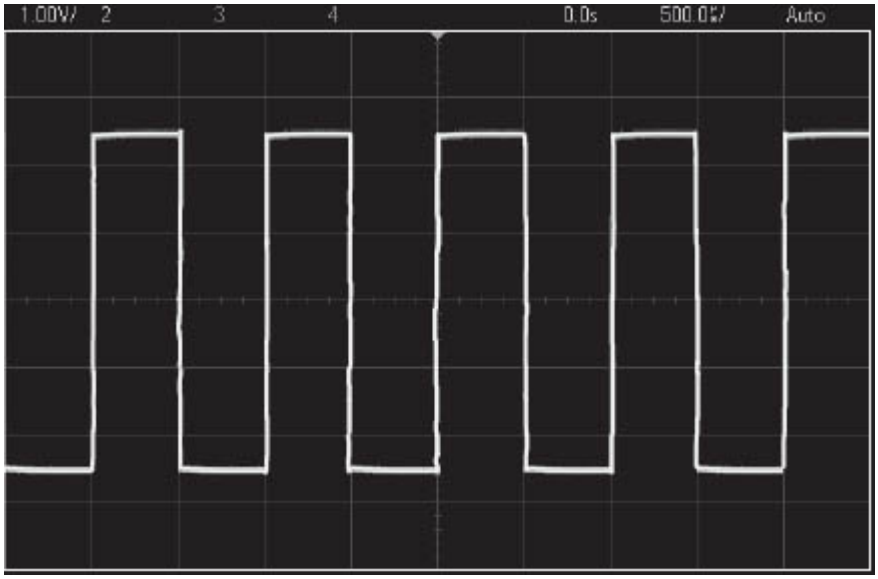


Abb. 4–4 *Ein digitales Signal, wobei die beiden möglichen Pegel in Form von horizontalen Linien dargestellt werden,* `HIGH` *oben und* `LOW` *unten*

Im Gegensatz zu den digitalen Signalen können die analogen unendlich viele Werte zwischen hohem und niedrigem Pegel annehmen. In Abbildung 4–29 sehen Sie als Beispiel ein analoges Signal in Form einer Sinuskurve. Im Verlauf der Zeit wechselt der Spannungspegel fließend zwischen hoch und niedrig.

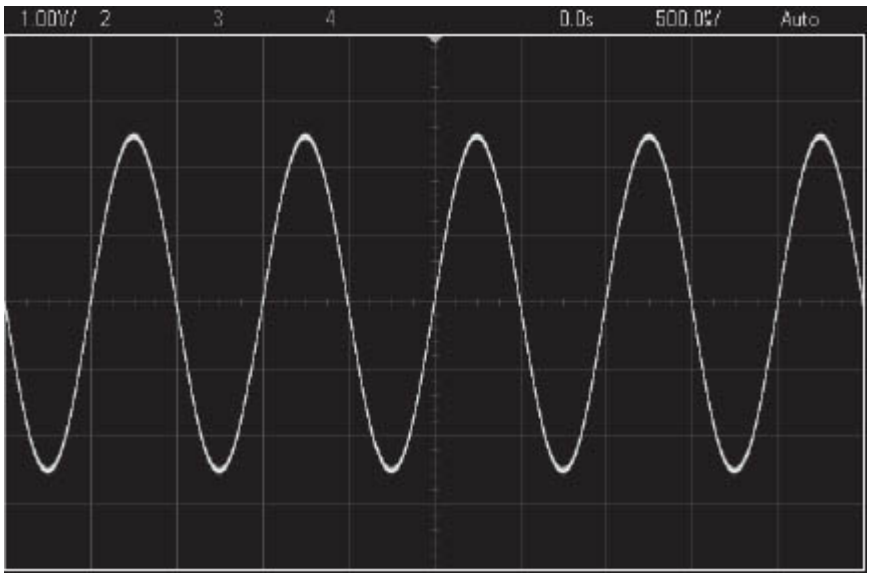


Abb. 4–4 *Ein analoges Signal in Form einer Sinuskurve*

Beim Arduino liegt der hohe Pegel näher an 5 V und der niedrige näher an 0 V oder *GND*. Die Spannungswerte von analogen Signalen können wir am Arduino an den sechs analogen Eingangspins messen, die Sie in Abbildung 4–30 sehen. Dies ist gefahrlos im Bereich zwischen 0 V (*GND*) und maximal 5 V möglich.

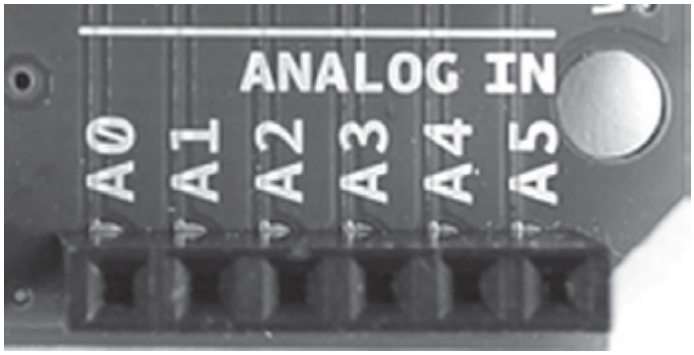


Abb. 4–4 *Die analogen Eingangspins am Arduino Uno*

Wenn Sie die Funktion `analogRead()` verwenden, gibt der Arduino proportional zu der an dem abgefragten Analogpin anliegenden Spannung eine Zahl zwischen 0 und 1023 zurück. Im folgenden Beispiel sehen Sie, wie Sie mit `analogRead()` den Wert des Analogpins 0 in der Integervariable `a` speichern:

```
a = analogRead(0);    // Liest den analogen Eingangspin 0
(A0)

                      // Gibt einen Wert zwischen 0 und 1023
                      zurück,

                      // was gewöhnlich 0,000 bis 4,995 V
                      entspricht
```

Projekt Nr. 6: Ein Testgerät für Einzelzellenbatterien

Verbreitung und Verwendung der klassischen Batterien sind zwar zurückgegangen, aber in den meisten Haushalten gibt es immer noch einige Geräte, in denen AA-, AAA-, C- oder D-Zellen zum Einsatz kommen, z. B. für Fernbedienungen, Wanduhren oder Kinderspielzeuge. Die Spannung solcher Batterien liegt weit unter 5 V, weshalb wir sie mit unserem Arduino messen können, um den Zustand der Batterie zu ermitteln. In diesem Projekt bauen wir ein Batterietestgerät.

Das Ziel

Einzelzellenbatterien wie AA-Zellen haben im Neuzustand gewöhnlich eine Spannung von 1,6 V, die im Verlauf der Nutzungsdauer abnimmt. Wir wollen die

Spannung messen und den Zustand der Batterie optisch über LEDs anzeigen. Dazu rechnen wir das Messergebnis von `analogRead()` in Volt um. Die höchste Spannung, die wir messen können, beträgt 5 V, weshalb wir 5 durch 1024 dividieren (die Anzahl der möglichen Werte), was 0,0048 ergibt. Wenn `analogRead()` beispielsweise 512 zurückgibt, müssen wir diesen Wert mit 0,0048 multiplizieren, wodurch wir auf 2,4576 V kommen.

Der Algorithmus

Der Algorithmus für unseren Batterienprüfer sieht wie folgt aus:

1. Lies von Analogpin 0.
2. Multipliziere den Messwert mit 0,0048, um den Spannungswert in Volt zu erhalten.
3. Ist die Spannung größer oder gleich 1,6 V, dann schalte kurz die grüne LED ein.
4. Ist die Spannung größer als 1,4 V *und* kleiner als 1,6 V, dann schalte kurz die gelbe LED ein.
5. Ist die Spannung kleiner als 1,4 V, dann schalte kurz die rote LED ein.
6. Wiederhole den Vorgang unendlich oft.

Die Hardware

Für dieses Projekt benötigen Sie folgende Teile:

- drei 560-Ω-Widerstände (R1 bis R3)
- einen 2,2-kΩ-Widerstand (R4)
- eine grüne LED (LED1)
- eine gelbe LED (LED2)
- eine rote LED (LED3)
- eine Steckplatine
- Verbindungsdrähte
- Arduino und USB-Kabel

Der Schaltplan

Den Schaltplan für den Einzelzellenprüfer sehen Sie in Abbildung 4–31. Beachten Sie die beiden mit + und − bezeichneten Anschlusspunkte auf der linken Seite. Verbinden Sie sie mit dem *gleichnamigen* Pol der zu prüfenden Batterie, also Plus mit Plus und Minus mit Minus.

WARNUNG

Versuchen Sie auf keinen Fall, einen Wert von mehr als 5 V zu messen. Vertauschen Sie auch nicht die Pole! Dadurch beschädigen Sie den Arduino.

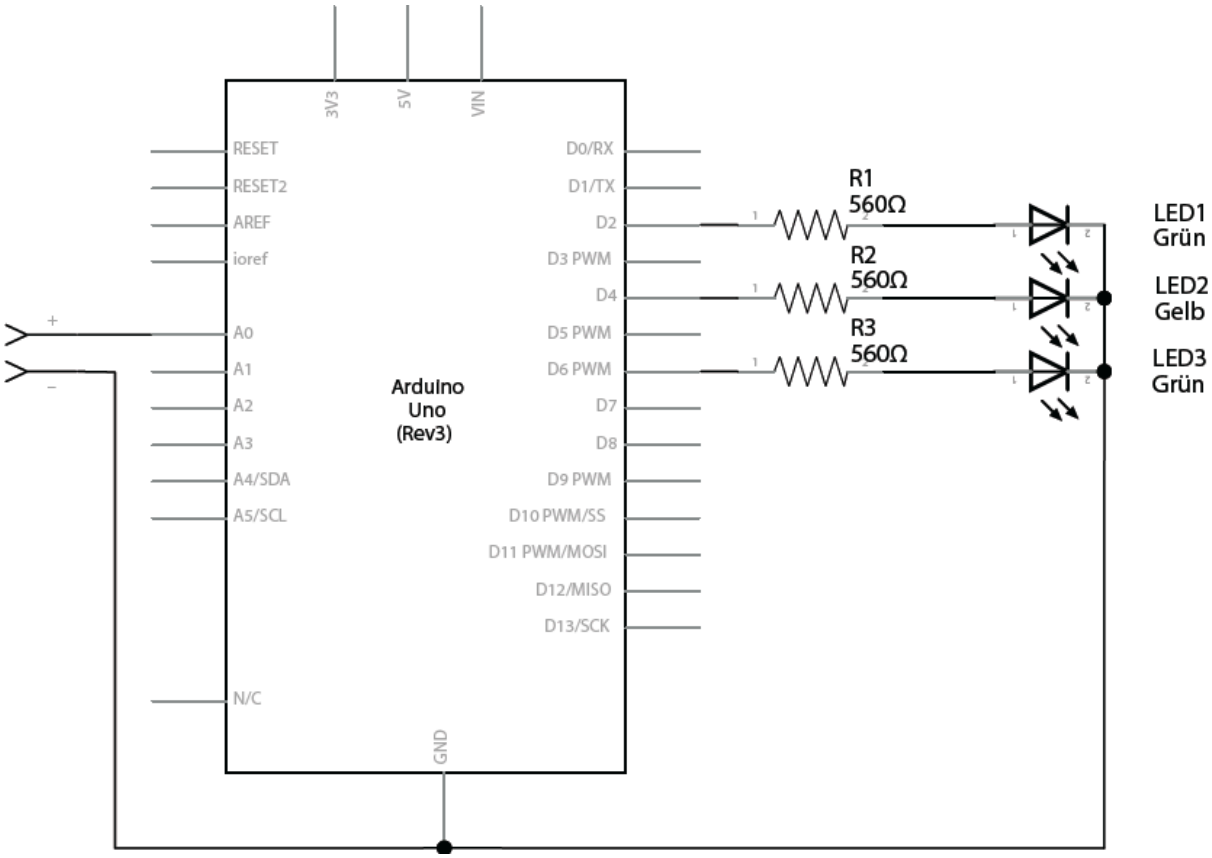


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 6*

Der Sketch

Und hier der Sketch: Da analoge Werte sich oft zwischen ganzen Zahlen bewegen, verwenden wir nun einen neuen Variablentyp namens ***float***, welcher Bruch- oder Dezimalwerte enthalten kann.

```
// Projekt 6: Ein Testgerät für Einzelzellenbatterien
```

```
#define newLED 2     // Grüne LED "neu"

#define okLED 4      // Gelbe LED "ok"

#define oldLED 6     // Rote LED "alt"

int analogValue = 0;

float voltage = 0;  ❶

int ledDelay = 2000;

void setup()

{

   pinMode(newLED, OUTPUT);

   pinMode(okLED, OUTPUT);

   pinMode(oldLED, OUTPUT);

}

void loop()

{

   analogValue = analogRead(0);     ❷

   voltage = 0.0048*analogValue;    ❸

   if ( voltage >= 1.6 )            ❹
```

```
{
   digitalWrite(newLED, HIGH);
   delay(ledDelay);
   digitalWrite(newLED, LOW);
}
else if ( voltage < 1.6 && voltage > 1.4 )    ❺
{
   digitalWrite(okLED, HIGH);
   delay(ledDelay);
   digitalWrite(okLED, LOW);
}
else if ( voltage <= 1.4 )    ❻
{
   digitalWrite(oldLED, HIGH);
   delay(ledDelay);
   digitalWrite(oldLED, LOW);
}
```

```
}
```

In dem Sketch für Projekt 6 liest der Arduino bei ❷ den Wert von Analogpin 0 und wandelt ihn bei ❸ in einen Spannungswert um. Was es mit dem neuen Variablentyp `float` auf sich hat, der bei ❶ auftritt, erfahren Sie im nächsten Abschnitt, welcher nicht nur das Rechnen mit dem Arduino beinhaltet, sondern auch den Vergleichsoperatoren für Zahlenwerte.

Rechnen mit dem Arduino

Wie ein Taschenrechner kann der Arduino arithmetische Operationen wie Multiplikation, Division, Addition und Subtraktion durchführen:

```
a = 100;

b = a + 20;

c = b - 200;

d = c + 80;   // d ist gleich 0
```

Fließkommavariablen

Für Zahlen mit Dezimalstellen können Sie den Variablentyp `float` verwenden. Damit ist es möglich, Zahlen zwischen 3,4028235 x 10^{38} und –3,4028235 x 10^{38} zu speichern. Die Genauigkeit ist gewöhnlich auf sechs bis sieben Dezimalstellen beschränkt. In Berechnungen können Sie ganze Zahlen (Integer) und Fließkommazahlen (`float`) mischen. Im folgenden Beispiel wird erst die Fließkommazahl `f` zum Integer `a` addiert und das Ergebnis dann in der `float`-Variable `g` gespeichert:

```
int a = 100;

float f;
```

```
float g;

f = a / 3; // f = 33.333333

g = a + f; // g = 133.333333
```

Vergleichsoperatoren für Berechnungen

Für die `if`-Anweisungen und digitalen Eingangssignale in Projekt 5 haben wir Vergleichsoperatoren wie `==` und `!=` verwendet. Daneben gibt es auch noch folgende Operatoren zum Vergleich von Zahlen und numerischen Variablen:

`<` kleiner als

`>` größer als

`<=` kleiner oder gleich

`>=` größer oder gleich

Diese Operatoren haben wir im Sketch von Projekt 6 zum Vergleich von Zahlenwerten in den Zeilen ❹, ❺ und ❻ verwendet.

Die Genauigkeit der Analogmessung durch eine Bezugsspannung verbessern

Wie Sie in Projekt 6 gesehen haben, gibt die Funktion `analogRead()` einen Wert zurück, der proportional zur Spannung zwischen 0 V und 5 V ist. Der obere Wert (5 V) ist die *Bezugsspannung*, also die höchste Spannung, die der analoge Eingang des Arduino akzeptiert und für die er den höchsten Wert (1023) zurückgibt.

Um die Genauigkeit bei der Messung niedrigerer Spannungen zu erhöhen, können Sie eine geringere Bezugsspannung verwenden. Beträgt die Bezugsspannung 5 V, so stellt `analogRead()` mit den Werten zwischen 0 und 1023 den gesamten Bereich bis 5 V dar. Wollen wir aber nur Spannungen mit maximal 2 V messen, können wir die Ausgabe des Arduino so ändern, dass nur der Bereich bis 2 V durch die Werte von 0 bis 1023 wiedergegeben wird, was eine genauere Messung ermöglicht. Dazu können Sie sowohl eine externe als auch

eine interne Bezugsspannung heranziehen, wie Sie im folgenden Abschnitt erfahren.

Externe Bezugsspannung

Die erste Methode, um eine Bezugs- oder Referenzspannung vorzugeben, bietet der Pin *AREF* (für *a*naloge *Ref*erenz), den Sie in Abbildung 4–32 sehen.

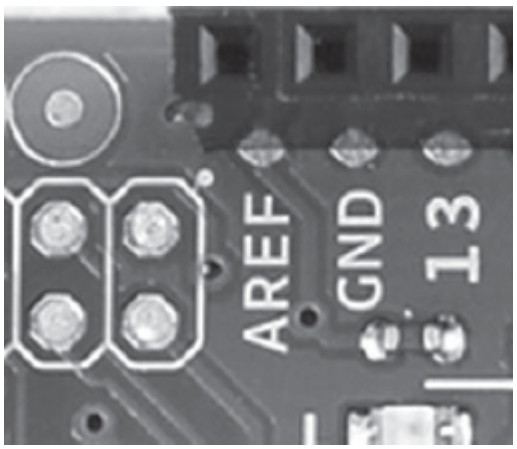


Abb. 4–4 *Der **AREF**-Pin auf dem Arduino Uno*

Um eine neue Bezugsspannung einzuführen, verbinden Sie die Spannungsquelle mit dem *AREF*-Pin und den zugehörigen *GND*-Anschluss mit *GND* auf dem Arduino. Beachten Sie, dass Sie damit nur eine niedrigere und keine höhere Bezugsspannung festlegen können, da eine am Arduino Uno angelegte Spannung nicht höher sein darf als 5 V. Eine einfache Möglichkeit, um eine niedrigere Bezugsspannung einzurichten, besteht darin, aus zwei Widerständen einen *Spannungsteiler* zu bauen, wie Sie in Abbildung 4–33 sehen.

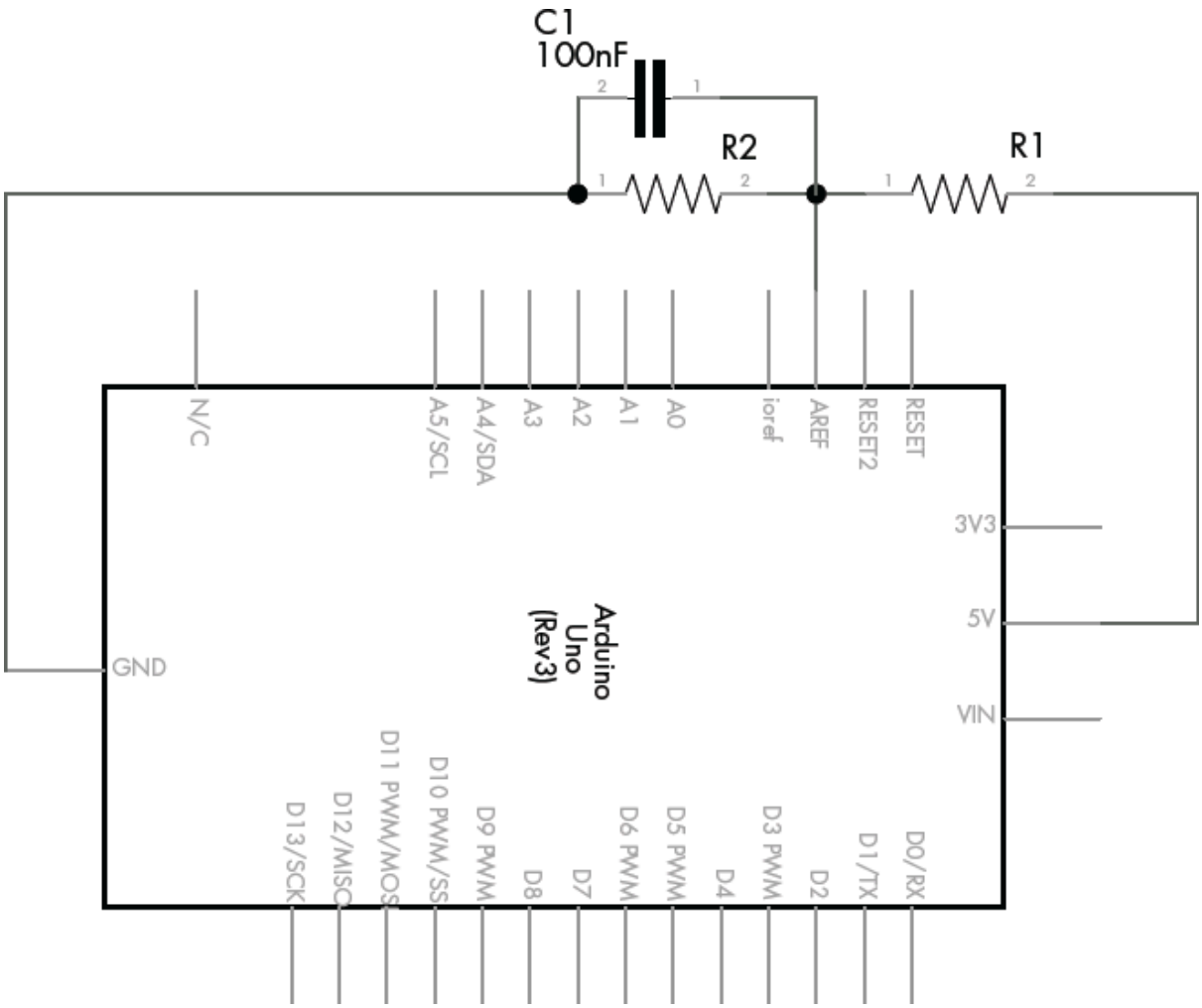


Abb. 4–4 *Spannungsteiler*

Die Werte *R1* und *R2* bestimmen die Bezugsspannung nach folgender Formel:

$$V_{out} = V_{in}\left(\frac{R2}{R1 + R2}\right)$$

Abb. 4–4 *Formel für die Referenzspannung*

Dabei ist V_{out} die Bezugsspannung und V_{in} die Eingangsspannung, in diesem Fall also 5 V. *R1* und *R2* sind die Widerstandswerte in Ohm.

Die einfachste Möglichkeit besteht darin, V_{in} zu halbieren, indem Sie *R1* und *R2* auf denselben Wert setzen, z. B. je 10 kΩ. Dabei sollen Sie Widerstände mit möglichst geringer Toleranz verwenden, z. B. 1 %. Messen Sie die tatsächlichen Widerstandswerte mit einem Multimeter und verwenden Sie diese Werte in den Berechnungen. Außerdem ist es sinnvoll, zwischen *AREF* und *GND* einen 100-nF-Kondensator einzubauen, um ein Rauschen am *AREF* und instabile analoge Messungen zu verhindern.

Bei der Verwendung einer externen Bezugsspannung müssen Sie in den Abschnitt `void setup()` im Sketch folgende Zeile einfügen:

```
analogReference(EXTERNAL); // Wählt den AREF-Pin als
Bezugsspannung aus
```

Interne Bezugsspannung

Der Arduino Uno verfügt auch über eine interne 1,1-Volt-Bezugsspannung. Wenn das für Ihren Bedarf geeignet ist, brauchen Sie keine zusätzliche Hardware. Fügen Sie einfach folgende Zeile zu `void setup()` hinzu:

```
analogReference(INTERNAL);   // Wählt die interne

                             // 1,1-Volt-Bezugsspannung aus
```

Regelbare Widerstände

Regelbare Widerstände oder *Potenziometer* (»Poti«) können im Allgemeinen von 0 Ω bis zum Nennwert eingestellt werden. Das Schaltplansymbol sehen Sie in Abbildung 4–35.

Abb. 4–4 *Schaltplansymbol für einen regelbaren Widerstand (Potenziometer)*

Bei einem regelbaren Widerstand finden Sie drei Kontaktstifte: einen in der Mitte und zwei an den Seiten. Wenn Sie die Mittelachse drehen, wird der Widerstand zwischen der einen Seite und der Mitte erhöht und der Widerstand zwischen der Mitte und der anderen Seite verringert.

Es gibt *linear* und *logarithmisch* regelbare Widerstände. Bei den linearen Modellen ändern sich der Widerstandswert beim Drehen mit konstanter Rate, bei den logarithmischen erst langsam und dann immer schneller. In Audioverstärkerschaltkreisen werden meistens logarithmische Potenziometer verwendet, da sie den Verlauf des menschlichen Hörvermögens nachbilden. Ob ein Potenziometer logarithmisch oder linear ist, können Sie an den

Markierungen auf der Rückseite ablesen: Ein A steht in diesem Fall für logarithmisch und ein B für linear.

Dagegen kommen in Arduino-Projekten eher linear regelbare Widerstände wie der aus Abbildung 4–36 zum Einsatz.

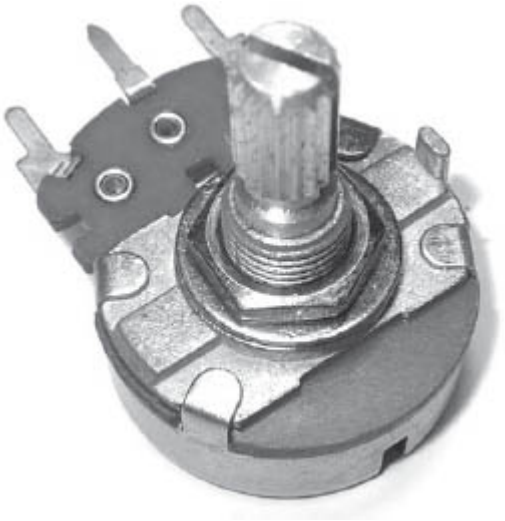


Abb. 4–4 *Ein typischer linear regelbarer Widerstand*

Es gibt auch Miniaturversionen von regelbaren Widerständen, sogenannte *Trimmpotenziometer* oder *Trimmer* (siehe Abb. 4–37). Aufgrund ihrer Größe sind sie vor allem für die Widerstandsregelung in »richtigen« Schaltkreisen sehr nützlich. Da sie eingesteckt werden können, eignen sie sich aber auch für die Arbeit auf der Steckplatine.

Abb. 4–4 *Verschiedene Modelle von Trimmpotenziometern*

HINWEIS

Schauen Sie sich die verschiedenen Modelle genau an, wenn Sie Trimmpotenziometer kaufen. Wahrscheinlich sind für Ihre Zwecke die Varianten geeignet, die sich mit einem handelsüblichen Schraubendreher einstellen lassen. Außerdem sind die in Abbildung 4–37 gezeigten geschlossenen Typen haltbarer als die billigen Versionen mit offenen Kontakten.

Piezoelektrische Summer

Ein *piezoelektrischer Summer* ist ein kleines rundes Bauteil, mit dem Sie laute und nervtötende Töne erzeugen können – ideal für Alarmanlagen oder um Spaß zu haben. Abbildung 4–38 zeigt ein typisches Beispiel, den TDK PS1240, neben einer Münze, um Ihnen einen Eindruck von der Größe zu geben.

Im Gehäuse eines Piezosummers befindet sich ein sehr dünnes Plättchen, das sich beim Anlegen eines elektrischen Stroms bewegt. Bei Wechselstrom (ein … aus … ein … aus …) vibriert das Plättchen, was Schallwellen erzeugt.

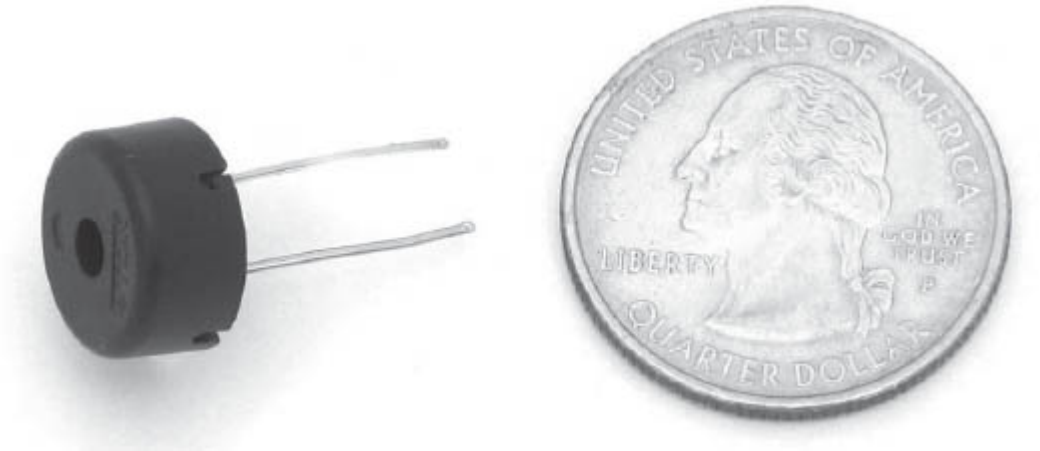


Abb. 4–4 *Der Piezosummer TDK PS1240*

Da sich Piezosummer wie LEDs ein- und ausschalten lassen, können Sie sie auf ganz einfache Weise in Arduino-Projekten verwenden. Diese Elemente sind nicht gepolt, sondern können in beliebiger Richtung eingebaut werden.

Das Schaltplansymbol

Das Schaltplansymbol für einen Piezosummer sieht wie ein Lautsprecher aus (siehe Abb. 4–39), was es sehr leicht erkennbar macht.

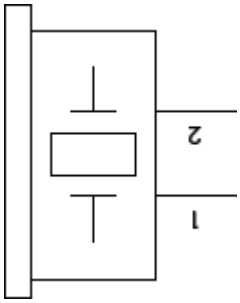


Abb. 4–4 *Das Schaltplansymbol für einen Piezosummer*

HINWEIS

Beim Einkauf der Piezosummer für dieses Projekt müssen Sie darauf achten, dass Sie einen Typ erwischen, der ***nur aus dem Piezoelement*** *besteht. Es gibt auch Modelle, die zwar so aussehen wie das Bauteil in Abbildung 4–38, aber über einen Tonsteuerungsschaltkreis im Gehäuse verfügen. Da wir den Ton direkt vom Arduino aus steuern wollen, können wir diesen Summertyp nicht gebrauchen*.

Projekt Nr. 7: Einen Piezosummer ausprobieren

Wenn Sie einen Piezosummer zur Hand haben und ausprobieren wollen, schließen Sie ihn zunächst zwischen Arduino-GND und den digitalen Pins D3 bis einschließlich D0 an. Laden Sie anschließend den folgenden Sketch auf Ihren Arduino hoch:

```
// Projekt 7: Einen Piezosummer ausprobieren

#define PIEZO 3  // Pin 3 ist PBM-fähig und eignet sich

                 // für die Tonsteuerung

int del = 500;

void setup()

{

   pinMode(PIEZO, OUTPUT);
```

```
}

void loop()

{

   analogWrite(PIEZO, 128);   // Tastverhältnis 50%    ❶

   delay(del);

   digitalWrite(PIEZO, LOW);  // Schaltet den Piezosummer
   aus

   delay(del);

}
```

In diesem Sketch nutzen wir eine Pulsbreitenmodulation am Digitalpin 3. Um die Lautstärke zu ändern, geben Sie bei ❶ ein anderes Tastverhältnis in der Funktion `analogWrite()` an (zurzeit steht es auf 128, also 50 %).

Wollen Sie die Maximallautstärke des Summers erhöhen, müssen Sie eine höhere Spannung anlegen. Sie ist zurzeit auf 5 V beschränkt, aber bei 9 V oder 12 V ist der Summer viel lauter. Da Sie höhere Spannungen nicht vom Arduino beziehen können, brauchen Sie eine externe Stromquelle für den Summer, etwa eine 9-Volt-Batterie, und müssen einen Transistor als elektronischen Schalter verwenden, um die Versorgung des Summers zu regeln. Die erforderliche Schaltung dafür sehen Sie in Abbildung 4–40. Den Sketch für dieses Projekt müssen Sie dazu nicht verändern.

Der mit `12 V` beschriftete Teil des Schaltplans stellt den Pluspol der externen Spannungsquelle dar. Den Minuspol müssen Sie mit dem *GND*-Pin des Arduino verbinden.

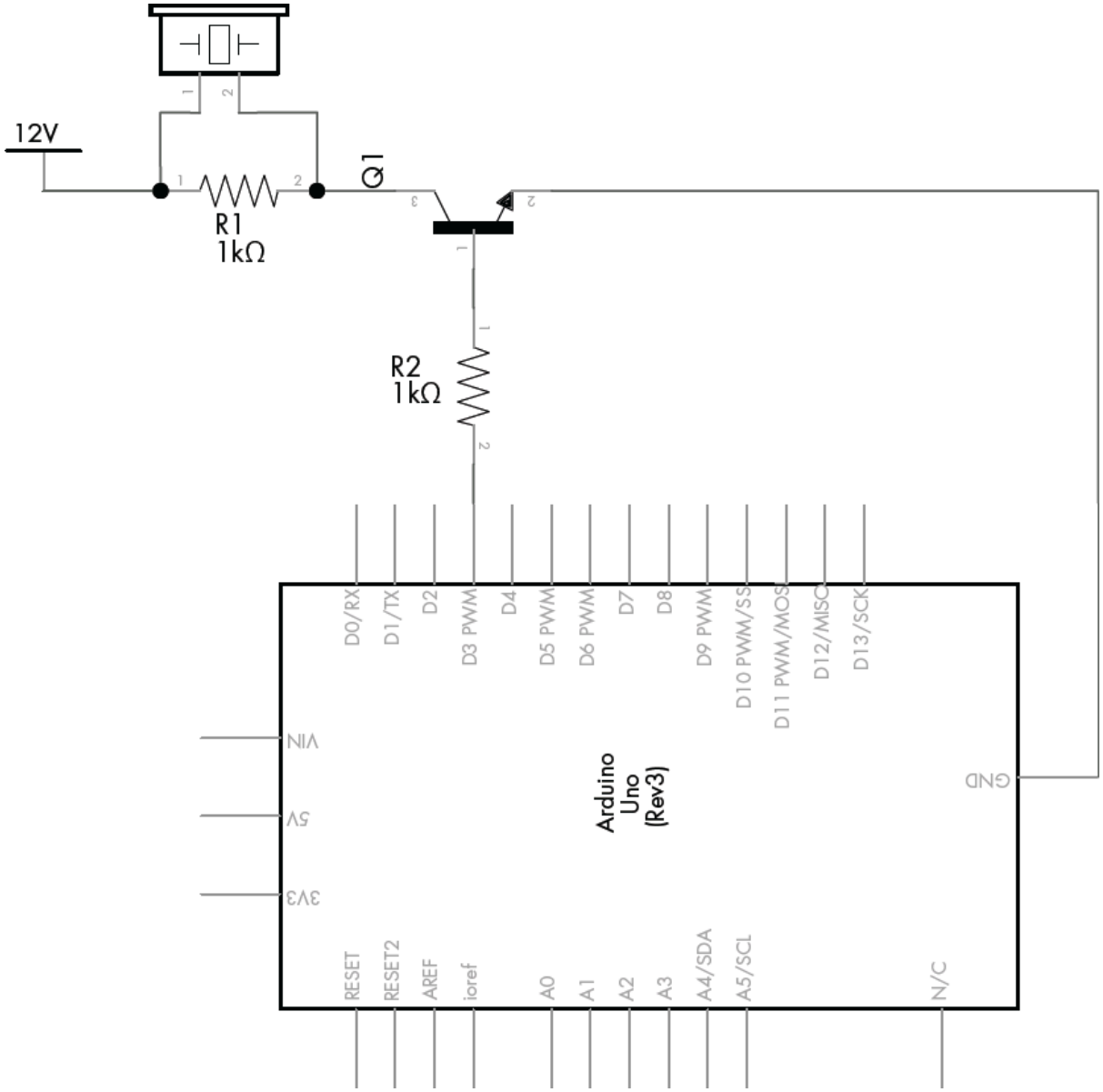


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 7*

Projekt Nr. 8: Ein Thermometer mit Ampelanzeige

Temperatur kann durch ein analoges Signal dargestellt werden. Zur Messung verwenden wir den Temperatursensor TMP36 mit Spannungsausgang von Analog Devices (*http://www.analog.com/tmp36/*), den Sie in Abbildung 4–41 sehen.

Abb. 4–4 *Der Temperatursensor TMP36*

Der TMP36 sieht so aus wie der Transistor BC548, den wir schon in der Relaissteuerschaltung von Kapitel 3 verwendet haben. Er gibt eine Spannung proportional zur Temperatur aus, sodass Sie mit einer einfachen Berechnung die vorliegende Temperatur bestimmen können. Beispielsweise beträgt die Ausgangsspannung bei 25 °C 750 mV. Jede Temperaturänderung um 1 °C führt zu einer Spannungsänderung von 10 mV. Der TMP36 kann Temperaturen zwischen –40 °C und +125 °C messen.

Die Funktion `analogRead()` gibt einen Wert zwischen 0 und 1023 zurück, der einer Spannung zwischen 0 mV und knapp unter 5000 mV (5 V) entspricht. Wenn Sie den Rückgabewert von `analogRead()` mit 5000/1024 multiplizieren, erhalten Sie den vom Sensor ausgegebenen Spannungswert. Anschließend subtrahieren wir davon 500 (dies ist ein Versatz, den der TMP36 nutzt, um auch Temperaturen unter null angeben zu können) und teilen das Ergebnis durch zehn, wodurch wir die Temperatur in Grad Celsius bekommen. (Wenn Sie mit Fahrenheit arbeiten wollen, multiplizieren Sie den Celsius-Wert mit 1,8 und addieren 32 zum Ergebnis.)

Das Ziel

In diesem Projekt bauen wir auf der Grundlage des TMP36 ein Thermometer mit Ampelanzeige. Bei Temperaturen unter 20 °C soll eine blaue LED aufleuchten, zwischen 20 und 26 °C eine grüne und über 26 °C eine rote.

Die Hardware

Für dieses Projekt brauchen Sie folgende Teile:

- drei 560-Ω-Widerstände (R1 bis R3)

- eine rote LED (LED1)
- eine grüne LED (LED2)
- eine blaue LED (LED3)
- einen Temperatursensor TMP36
- eine Steckplatine
- Verbindungsdrähte
- Arduino und USB-Kabel

Der Schaltplan

Der Aufbau der Schaltung ist einfach. Wenn Sie auf die beschriftete Seite des TMP36 blicken, gehört der linke Anschluss an den 5-Volt-Ausgang, der mittlere (der Spannungsausgang) an den Analogeingang und der rechte an *GND* (siehe Abb. 4–42).

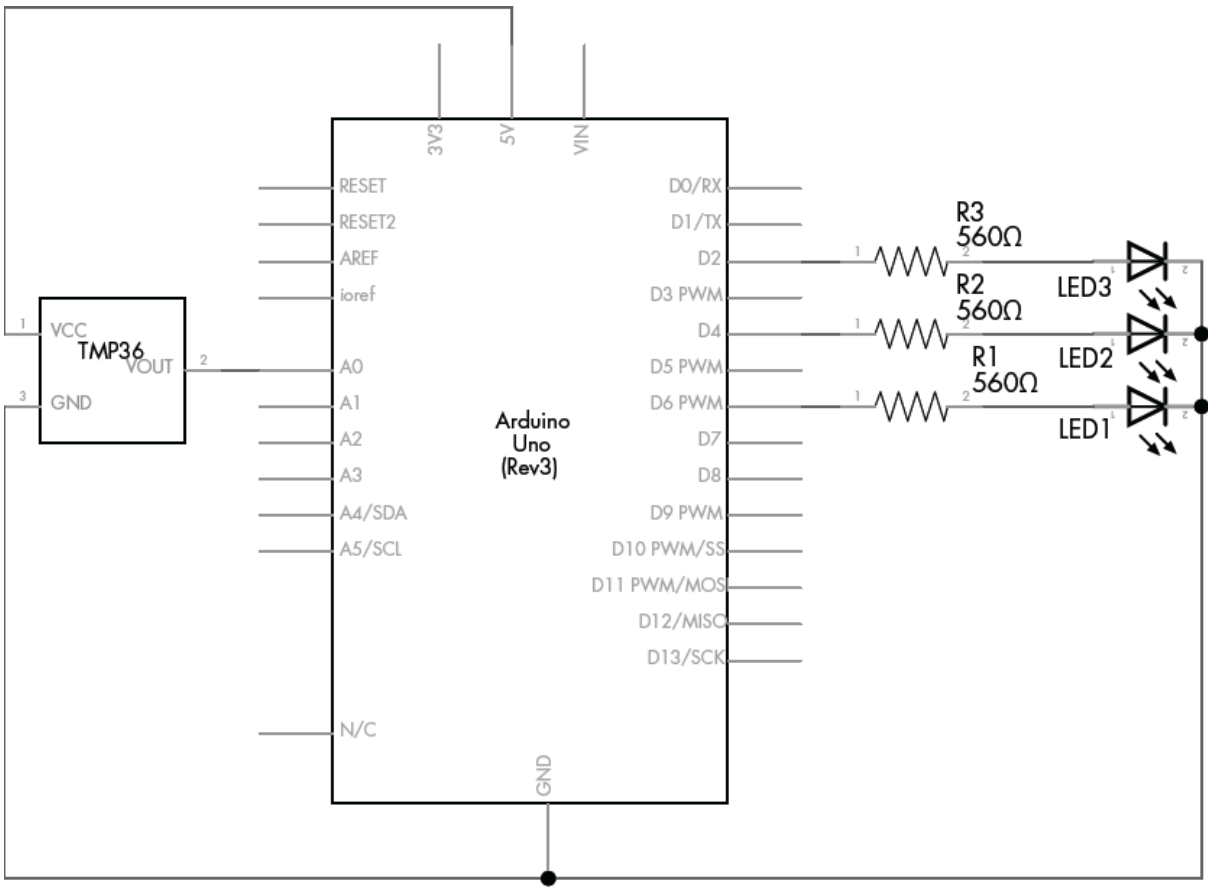


Abb. 4–4 *Schaltplan für Projekt 8*

Der Sketch

Hier sehen Sie den Sketch:

```
// Projekt 8: Ein Thermometer mit Ampelanzeige

// Definiert die Pins, mit denen die LEDs verbunden sind:

#define HOT 6

#define NORMAL 4

#define COLD 2

float voltage = 0;

float celsius = 0;

float hotTemp = 26;

float coldTemp = 20;

float sensor = 0;

void setup()

{

   pinMode(HOT, OUTPUT);

   pinMode(NORMAL, OUTPUT);

   pinMode(COLD, OUTPUT);

}
```

```
void loop()

{

   // Liest den Temperatursensor ab und rechnet das Ergebnis

   // in Celsiuswerte um

   sensor = analogRead(0);     ❶

   voltage = (sensor*5000)/1024;    // Rechnet Sensorrohwert
   in mV um

   voltage = voltage-500;           // Entfernt Versatz

   celsius = voltage/10;            // Rechnet mV- in
   Celsiuswert um

   // Reagiert je nach Temperaturbereich

   if ( celsius < coldTemp )    ❷

   {

      digitalWrite(COLD, HIGH);

      delay(1000);

      digitalWrite(COLD, LOW);

   }

   else if ( celsius > coldTemp && celsius <= hotTemp )    ❸
```

```
    {
        digitalWrite(NORMAL, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(NORMAL, LOW);
    }
    else
    {
        // Temperatur ist > hotTemp
        digitalWrite(HOT, HIGH);
        delay(1000);
        digitalWrite(HOT, LOW);
    }
}
```

In diesem Sketch wird als Erstes die Spannung vom Sensor TMP36 abgelesen und dann bei ❶ in Celsius-Temperaturwerte umgerechnet. Danach vergleicht er mit den `if-else`-Funktionen bei ❷ und ❸ die vorliegende Temperatur mit den Werten für heiß und kalt und schaltet die jeweils zugehörige LED ein. Mit `delay(1000)` wird verhindert, dass die Leuchtdioden hektisch blinken, wenn die Temperatur schnell zwischen zwei Bereichen wechselt. Sie können mit dem Thermometer experimentieren, indem Sie kühle Luft darüber blasen, um die Temperatur zu senken, oder indem Sie mit zwei Fingern den TMP36-Sensor reiben, um Wärme zu erzeugen.

Ausblick

Damit sind wir am Ende von Kapitel 4 angelangt. Sie haben jetzt eine Menge weiterer Möglichkeiten kennengelernt, darunter digitale Ein- und Ausgänge, neue Arten von Variablen und verschiedene mathematische Funktionen. Im nächsten Kapitel werden Sie noch mehr mit LEDs arbeiten, lernen, wie Sie eigene Funktionen schreiben können, ein Computerspiel und einen elektronischen Würfel konstruieren usw.

Index

Symbole

A

B

C

D

E

F

G

H

I

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

V

W

Z