

Automatische Notbeleuchtung und Kühlschranksicherung

Projekte für Elektronikeinsteiger

Teil 6

Sensoren gehören zu den wichtigsten Bauelementen in der Elektronik. Sie können Temperaturen erfassen und Druck oder Feuchtigkeit messen. Aus einigen Sensoren haben sich sogar ganz eigene Teilgebiete der Elektronik entwickelt. Die sogenannte Optoelektronik beispielsweise beschäftigt sich mit der Messung und Erfassung von Licht- und Helligkeitswerten. Die Geschichte der lichtempfindlichen Bauelemente reicht weit zurück. Sogenannte lichtabhängige Widerstände (LDRs für Light Dependent Resistors) sind bereits seit den 1930er-Jahren bekannt. Deutlich modernere Bauelemente sind Fotodioden oder Transistoren. Sie ermöglichen nicht nur die Erfassung von Umgebungshelligkeiten, sondern bilden auch die Grundlage so wichtiger Anwendungen wie Infrarotfernbedienungen oder Lichtschranken. Auch moderne Telekommunikation wäre ohne optoelektronische Bauelemente nicht möglich. In diesem Beitrag soll eine Fotodiode genauer untersucht werden. Als Anwendungen werden so interessante Schaltungen wie eine Notbeleuchtung oder ein Kühlschrankschrankalarm vorgestellt.



Über den Autor

Dr. Günter Spanner ist als Autor zu den Themen Elektronik, Sensortechnik und Mikrocontroller einem weiten Fachpublikum bekannt. Schwerpunkt seiner hauptberuflichen Tätigkeit für verschiedene Großkonzerne wie Siemens und ABB ist die Projektleitung im Bereich Entwicklung und Technologie-Management. Der Dozent für Physik und Elektrotechnik hat zudem zahlreiche Fachartikel und Bücher veröffentlicht sowie Kurse und Lernpakete erstellt.

Erforderliches Material:

- Fotodiode, z. B. BPW34
- LED oder LED-Cluster
- Widerstand, 1 k Ω
- Widerstand, 100 k Ω
- Transistor, z. B. Modul BC847 oder BC547

Notbeleuchtung

Eine Notbeleuchtung dient dazu, im Falle eines Stromausfalls oder anderer Notfallsituationen eine ausreichende Beleuchtung sicherzustellen, um Menschen die sichere und schnelle Evakuierung eines Gebäudes zu ermöglichen, z. B. im Falle eines Brandes oder Erdbebens. Sie hilft dabei, Fluchtwege, Treppen und Notausgänge sichtbar zu machen. Zudem verursacht Dunkelheit häufig Panik und Orientierungslosigkeit. Eine gut platzierte Notbeleuchtung trägt dazu bei, Ruhe zu bewahren und ermöglicht es, Menschen geordnet zu evakuieren. Notbeleuchtungssysteme werden daher oft in Fluchtwegen, Treppenhäusern und anderen Bereichen installiert, um sicherzustellen, dass diese Wege auch bei einem Stromausfall gut beleuchtet sind.

Auch zu Hause kann eine Notbeleuchtung eingesetzt werden. Kommt es beispielsweise zu einem unerwarteten Stromausfall, kann man sich in einem entsprechend gesicherten Kellerraum immer noch problemlos orientieren.

Die Fotodiode als Sensor

Will man elektronisch feststellen, ob es in einer bestimmten Umgebung hell oder dunkel ist, dann ist eine Fotodiode das Mittel der Wahl. Fotodioden sind elektronische Bauteile, die Licht in elektrische Signale umwandeln. Sie werden häufig in elektronischen Geräten wie Kameras, Lichtschranken, Solarzellen und anderen optoelektronischen Anwendungen verwendet.

Eine Fotodiode basiert auf dem Prinzip des photoelektrischen Effekts, der auftritt, wenn Licht auf ein Material trifft und Elektronen in diesem Material freisetzt. Die Fotodiode besteht aus einem Halbleitermaterial wie Silizium oder Germanium. Wenn Licht auf die Fotodiode fällt, werden Photonen, also Lichtteilchen, vom Halbleitermaterial absorbiert. Die absorbierten Photonen geben Energie an Elektronen im Halbleiter ab, wodurch diese Elektronen von ihrem ursprünglichen Platz gelöst werden. Die freigesetzten Elektronen erzeugen im Halbleiter sogenannte Elektronen-Loch-Paare. Elektronen sind

negativ geladen, und Löcher („fehlende Elektronen“) entsprechen einer positiven Ladung.

Durch das Anlegen einer Spannung an die Fotodiode werden die Elektronen und Löcher zu den jeweiligen Elektroden (positiv geladene Elektrode für Elektronen und negativ geladene Elektrode für Löcher) bewegt. Der Fluss dieser Ladungsträger durch die Fotodiode erzeugt einen elektrischen Strom, der proportional zur Lichtintensität ist. Dieser Strom kann dann als elektrisches Signal genutzt werden.

Ein oft verwendeter Fotodiodentyp ist die BPW34 (Bild 1). Dieser Typ wird sehr häufig sowohl in Hobbyanwendungen als auch in der Industrie verwendet.

Das Schaltbild einer Fotodiode ähnelt dem einer normalen Diode. Zwei zusätzliche Pfeile deuten an, dass die Diode lichtempfindlich ist.

Die BPW34 ist eine sogenannte „PIN“-Fotodiode. PIN steht für die Anordnung der Schichten im Halbleitermaterial (Positiv, Intrinsisch, Negativ). PIN-Dioden zeichnen sich durch hohe Geschwindigkeit und hohe Empfindlichkeit aus. Der eigentliche Chip befindet sich in einem flachen Gehäuse mit klarem Kunststoff. Die Diode arbeitet sowohl mit sichtbarem Licht als auch mit unsichtbarem Infrarotlicht. Diese Diode wird in den verschiedensten Anwendungen eingesetzt, z. B.

- in Lichtdetektoren
- zur Helligkeitsmessung
- in Lichtschranken
- als Belichtungsmesser für Kameras
- bei automatischen Helligkeitsregelungen
- zur optischen Kommunikation
- bei optischen Positionssensoren

Die BPW34 funktioniert nach dem oben beschriebenen Prinzip einer Fotodiode. Sie erzeugt einen elektrischen Strom, wenn Licht auf sie trifft, und dieser Strom kann dann zur Detektion von Licht oder zur Erzeugung elektrischer Signale verwendet werden.

Wichtigste Kenndaten der BPW34:

Maximale Sperrspannung:	60 V
Maximale Verlustleistung:	215 mW
Dunkelstrom:	2 pA (typ.)
Photostrom bei 1000 lux:	75 μ A
Photostrom bei 1 mW/cm ² , λ = 950 nm:	50 μ A

Praktischer Einsatz

Die folgende Tabelle zeigt einige typische Beleuchtungsstärken.

	Beleuchtungsstärke	Photostrom BPW34
Durchschnittliches Tageslicht	10000 lx	750 μ A
Büro- oder Zimmerbeleuchtung	1000 lx	75 μ A
Typische Flurbeleuchtung	100 lx	7,5 μ A
Absolute Dunkelheit	0 lx	2 pA

Die Fotodiode liefert also gut messbare Ströme für häufig vorkommende Lichtstärken. Sie eignet sich damit bestens, wenn es darum geht, alltägliche Lichtstärken zu erfassen. Auch die in der Einführung erwähnte Notbeleuchtung kann mit einer BPW34 problemlos realisiert werden. Neben dem Sensor ist dann nur noch eine passende Lichtquelle erforderlich. Ein sogenannter LED-Cluster leistet hier hervorragende Dienste. Solche Cluster bestehen aus mehreren einzelnen LEDs. Meist werden hierfür LEDs mit hoher Lichtleistung eingesetzt. Moderne LED-Cluster (siehe Bild 2) können sogar konventionelle Flutlichter ersetzen.

Für das Notlicht soll eine etwas kleinere Ausführung zum Einsatz kommen. Diese reicht jedoch problemlos aus, um einen Raum so weit zu beleuchten, dass man sich darin gut orientieren kann. Das LED-Modul in Bild 3 zeigt einen solchen „Mini-Cluster“.

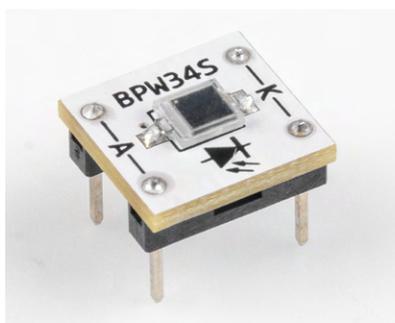


Bild 1: Fotodiode BPW34 auf einer PAD-Trägerplatine



Bild 2: Leistungsstarker LED-Cluster

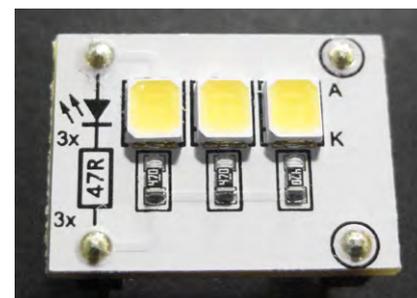


Bild 3: Mini-LED-Cluster als PAD-Modul

Um diesen Cluster anzusteuern, ist ein einfacher Kleinleistungstransistor wie z. B. ein BC847 vollkommen ausreichend. Bild 4 zeigt einen passenden Schaltplan dazu. Die praktische Ausführung dazu kann sehr kompakt ausfallen (Bild 5).

Die Schaltung läuft mit Spannungen zwischen 4,5 und 6 V. Als Spannungsquelle können Akkus oder Batterien eingesetzt werden, aber auch ein einfaches (USB-)Steckernetzteil ist geeignet.

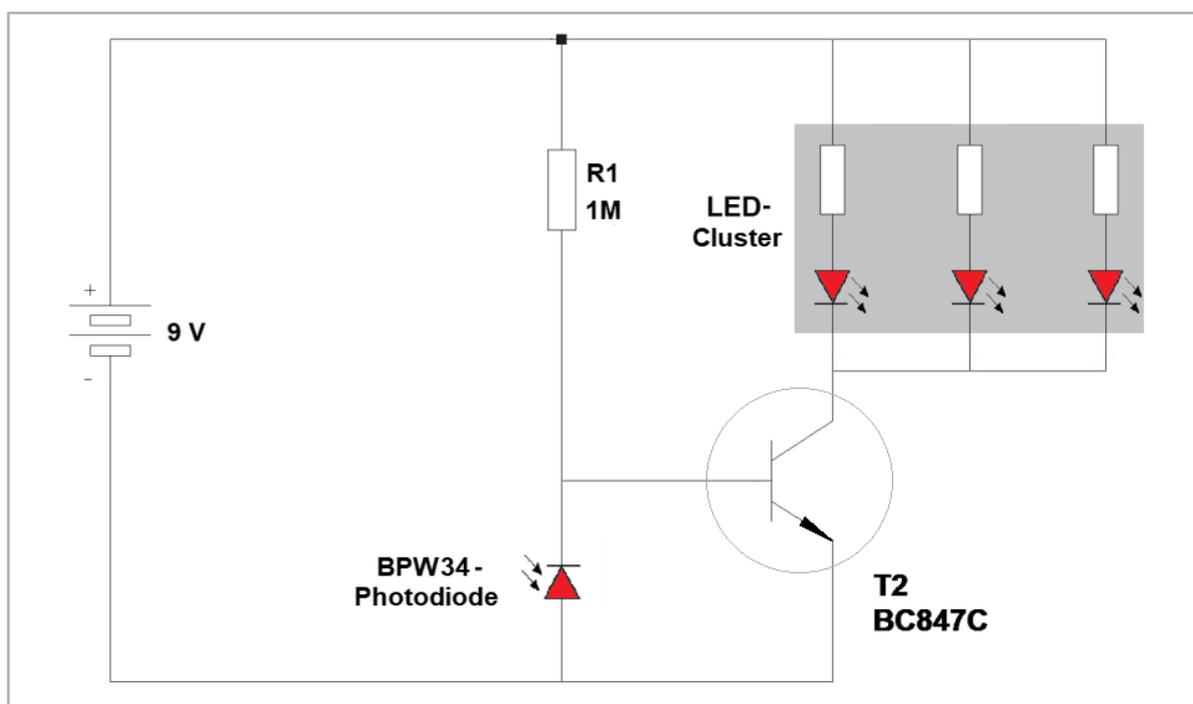


Bild 4: Schaltplan für eine automatische Notbeleuchtung

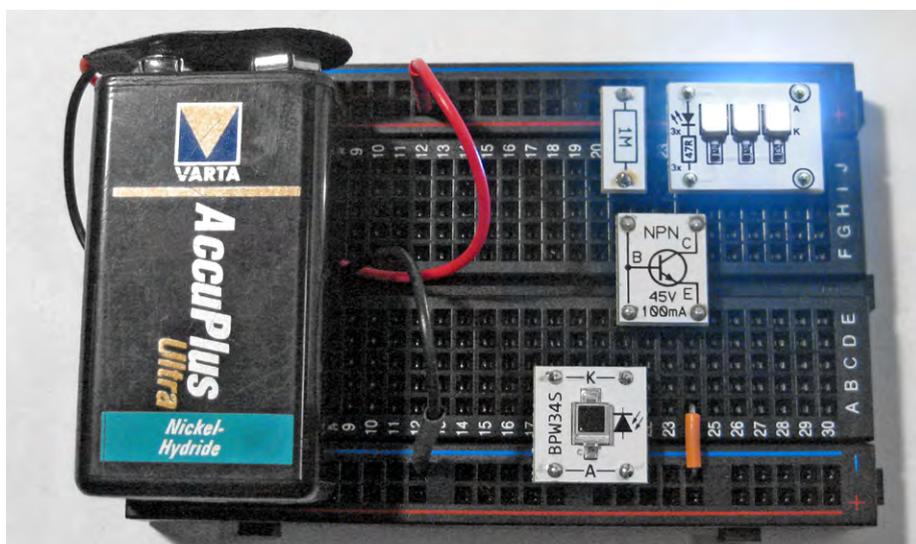


Bild 5: Praktischer Aufbau einer Notbeleuchtung

In **Bild 6** wurde für den Dauereinsatz der Akku durch ein 5-V-USB-Netzteil ersetzt. Dabei ist darauf zu achten, dass sich dieses Netzteil nicht automatisch abschaltet. Einige USB-Ladegeräte gehen in den Ruhemodus, wenn kein Strom entnommen wird. Bei diesen Geräten kann es vorkommen, dass sich das Notlicht nicht mehr automatisch einschaltet.

Kühlschrank- oder Bonbondosensicherung

Mit minimalen Änderungen kann man das Notlicht auch als Kühlschrank- oder Bonbondosensicherung verwenden. Dazu muss man lediglich den LED-Cluster durch einen aktiven Buzzer ersetzen. Da ein Buzzer mehr Strom benötigt als der LED-Cluster, ist es zudem sinnvoll, eine weitere Transistorstufe hinzuzufügen. Mit der Schaltung nach **Bild 6** entsteht dann eine nützliche Sicherungseinrichtung. Das Prinzip der Schaltung beruht darauf, dass es sowohl in einem Kühlschrank als auch in einer Keksdose dunkel ist, solange Deckel bzw. Tür geschlossen sind. Beim Öffnen dagegen dringt Licht in den Schrank bzw. die Dose. Dies kann man nutzen, um sich gegen unerwünschte Zugriffe zu schützen.

Im Gegensatz zum Notlicht ist die Fotodiode nun mit dem Pluspol der Versorgungsspannung verbunden. Das bewirkt, dass bei einfallendem Licht ein Photostrom entsteht, der die Transistoren zum Leiten bringt. Dadurch wird schließlich der Buzzer aktiviert. Wird die Schaltung im Kühlschrank oder in einer Dose (**Bild 8**) untergebracht, ertönt der Buzzer so lange, bis den Sensor kein Licht mehr erreicht, also nur noch, wenn die Tür oder der Deckel nicht geschlossen sind. Wenn die Behälter z. B. durch Unbefugte geöffnet werden, ertönt das Alarmsignal und die anderen Mitbewohner werden gewarnt, dass sich jemand eventuell ohne Erlaubnis an die Vorräte heranmacht.



Bild 6: Notbeleuchtung im Einsatz

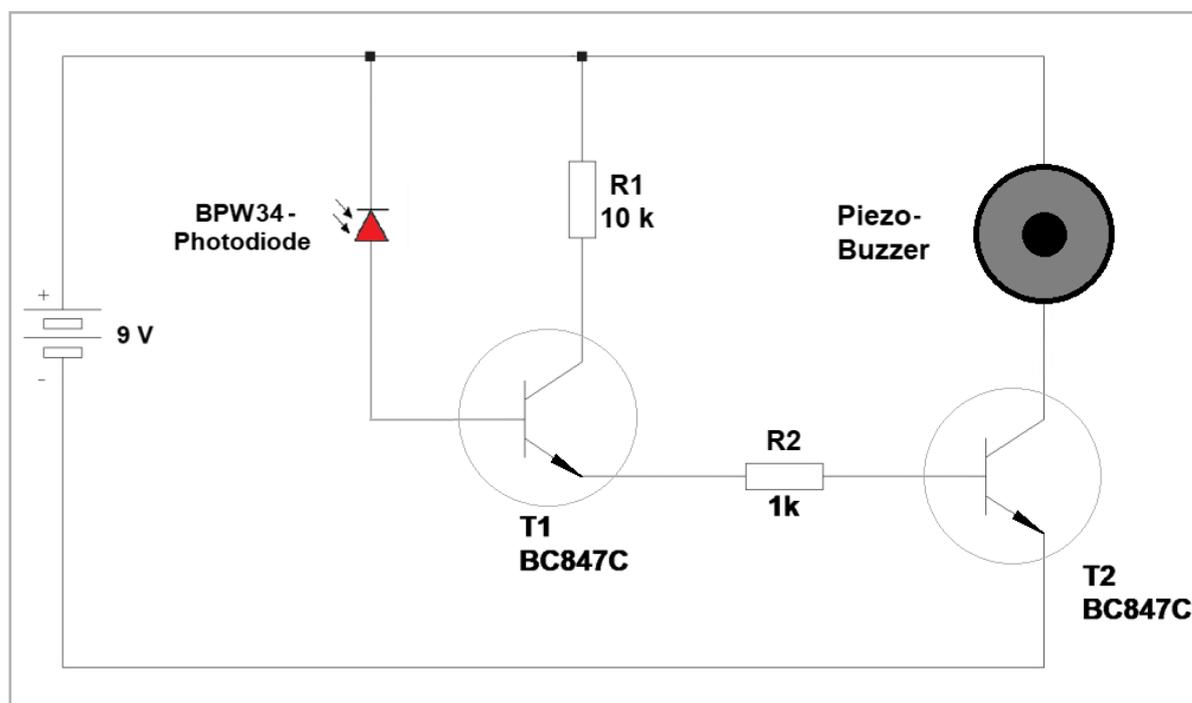


Bild 7: Schaltplan zur Bonbondosensicherung



Bild 8: Bonbondosensicherung im Einsatz

Höhere Stromverstärkung durch die Darlington-Schaltung

Die in Bild 7 verwendete Kopplung von zwei Transistoren ist auch als Darlington-Schaltung bekannt. Sie besteht aus zwei Transistoren, die direkt miteinander verbunden sind, um eine hohe Stromverstärkung zu erreichen. Diese Schaltung ist nach dem britischen Elektronikingenieur Sidney Darlington benannt, der sie in den 1950er-Jahren entwickelte. Die Darlington-Schaltung wird häufig verwendet, wenn besonders hohe Stromverstärkungen erforderlich sind.

Die grundlegende Struktur der Darlington-Schaltung besteht aus zwei Transistoren vom NPN-Typ, die in Kaskade geschaltet sind. Die Emitter des ersten Transistors (T1) und der Basis des zweiten Transistors (T2) sind miteinander verbunden. Die Basis des ersten Transistors und der Kollektor des zweiten Transistors sind die Ausgänge der Darlington-Schaltung.

Der Vorteil der Darlington-Schaltung ist, dass sie mit geringsten Eingangsströmen hohe Ausgangsströme steuern kann. Dies macht sie besonders geeignet für Anwendungen, bei denen ein hoher Stromverstärkungsfaktor erforderlich ist, wie zum Beispiel bei Mikrofonverstärkern oder für Sensoren die nur sehr geringe Ströme liefern können.

Ein der Darlington-Schaltung entsprechender Aufbau mit einem NPN-Transistor und einem PNP-Transistor wird übrigens als Sziklai-Schaltung (nach dem amerikanisch-ungarischen Ingenieur George Clifford Sziklai) bezeichnet. Der Vorteil dieser Kombination liegt darin, dass sie sich sehr ähnlich wie ein einzelner Transistor mit sehr hoher Stromverstärkung verhält. Insbesondere wird eine höhere lineare

Verstärkung im Vergleich zur Darlington-Schaltung erreicht. Dies ist besonders nützlich in Anwendungen, in denen eine präzise Signalverstärkung erforderlich ist.

Experimente und Anregungen

- Wie kann man die Lichtempfindlichkeit der Schaltung nach Bild 4 verändern?
- Wozu dient der Widerstand R2 in der Schaltung nach Bild 7?
- Wie könnte man dafür sorgen, dass sich ein USB-Ladegerät nicht automatisch abschaltet? Ist die naheliegende Lösung sinnvoll, wenn man den Energieverbrauch betrachtet?

Ausblick

Nachdem in diesem Beitrag ein erster Sensor vorgestellt wurde, soll im nächsten Beitrag ein weiteres Sensorelement im Mittelpunkt stehen. Neben der Lichtintensität ist die Temperatur einer der wichtigsten Werte, die man elektronisch messen kann. Sogenannte NTC-Widerstände können zum Bau elektronischer Thermometer verwendet werden. Damit lassen sich nicht nur Temperaturen anzeigen, sondern auch interessante Geräte wie Feuermelder oder Frostwarngeräte aufbauen. **ELV**

Piezo-Signalgeber mit integrierter Treiberschaltung	Artikel-Nr. 111365
Breadboard	Artikel-Nr. 251467
Transistoren, LED-Cluster und Fototransistor sind im Professional PAD-PRO-EXSB enthalten	Artikel-Nr. 158980