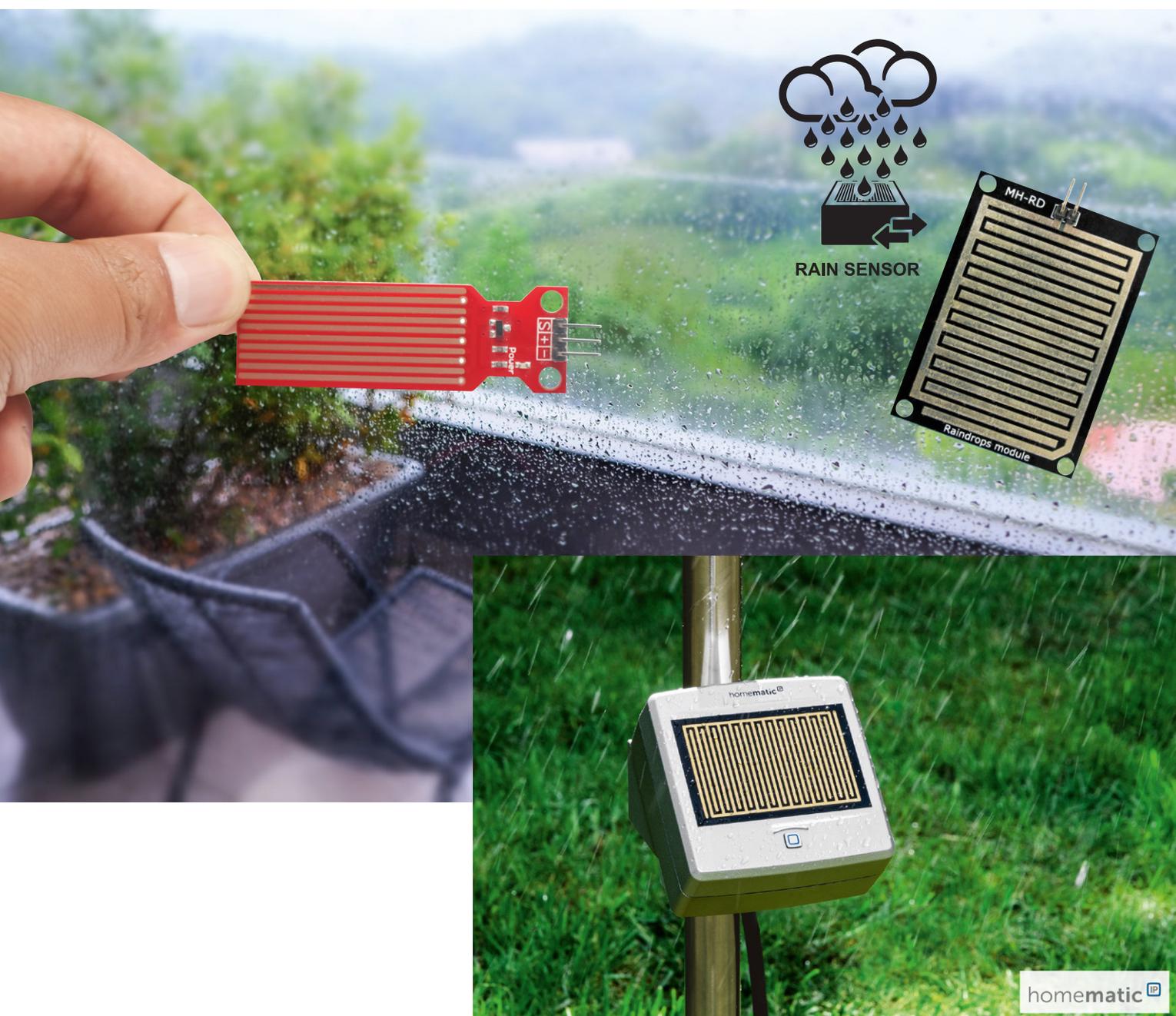


Regenmelder und Sensortasten

Projekte für Elektroneinsteiger

Teil 2

Ein Regensensor ist praktisch, wenn man wissen will, ob es sich lohnt, an einem bestimmten Tag früh aufzustehen. Oft kann man vom Bett aus gar nicht erkennen, ob es regnet oder nicht. Der Regensensor meldet dagegen immer zuverlässig, ob es draußen trocken ist und ob es daher eine gute Idee ist, aufzustehen und den schönen Tag zu nutzen. Mit Regensensoren eng verwandt sind sogenannte Berührungssensoren. Diese reagieren nicht auf Regentropfen, sondern auf die Berührung mit der Fingerspitze. In diesem Artikel sollen beide Varianten etwas näher betrachtet werden.



homematic

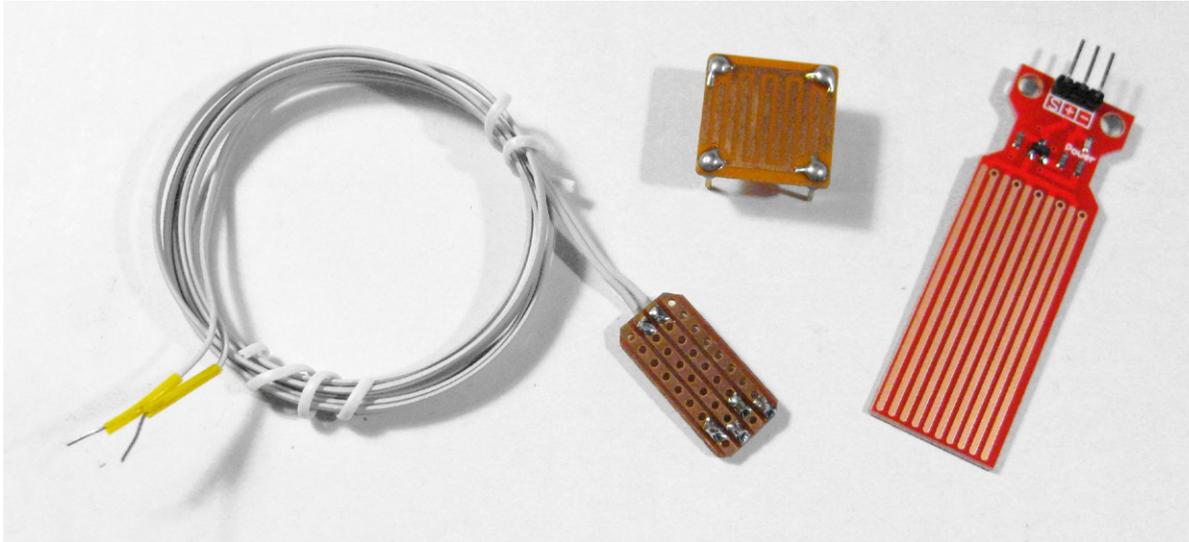


Bild 1: Selbst gebaute (links) und kommerzielle (rechts) Feuchtesensoren

Regensensoren in der Praxis

Ein Regensensor ist eine Vorrichtung zur Erkennung von Regen oder Feuchtigkeit. Regensensoren werden vielfältig eingesetzt, um als Reaktion auf Regen entsprechende Aktionen auszulösen. Zur Anwendung kommen sie hier:

- **Automobilindustrie:** Regensensoren werden in modernen Fahrzeugen eingesetzt, um automatisch die Scheibenwischer zu aktivieren und die Wischgeschwindigkeit entsprechend der Intensität des Regens anzupassen. Dies ermöglicht eine optimale Sicht für den Fahrer und erhöht die Verkehrssicherheit.
- **Bewässerungssysteme:** Regensensoren werden in Garten- oder Blumenbewässerungssystemen verwendet, um die Bewässerung automatisch zu stoppen, wenn es regnet. Dadurch wird eine Überbewässerung vermieden und Wasserressourcen effizienter genutzt.
- **Gebäudeautomation:** Regensensoren können in Gebäudeautomationssystemen verwendet werden, um Dachfenster, Markisen oder Jalousien automatisch zu schließen, wenn Regen erkannt wird, um das Eindringen von Wasser in das Gebäude zu verhindern.
- **Alarm- und Überwachungssysteme:** Regen- bzw. Wassersensoren können in Sicherheits- oder Überwachungssystemen eingesetzt werden, um das Vorhandensein von Feuchtigkeit zu erkennen und bei Bedarf Alarm auszulösen, z. B. bei undichten Dächern, Wasserschäden oder Überschwemmungen.
- **Wetterstationen:** Regensensoren sind auch ein wichtiger Bestandteil von Wetterstationen, um die Niederschlagsmenge und -intensität zu messen und Wetterdaten zu erfassen.
- **Markisenalarm:** Mithilfe eines Regensensors können empfindliche Markisen automatisch eingefahren werden, sobald die ersten Regentropfen fallen.

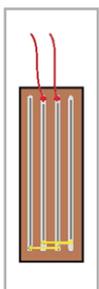


Bild 2: Schematische Darstellung zu Bild 1

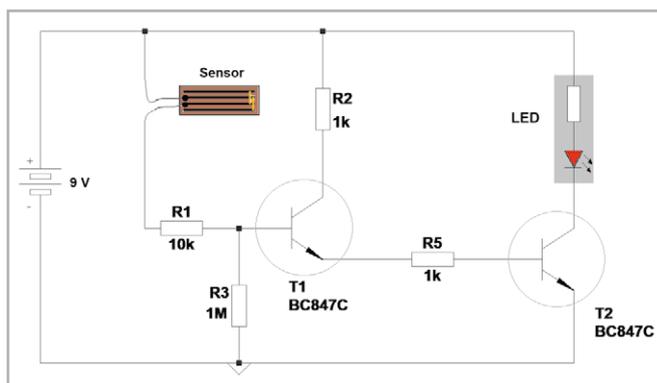


Bild 3: Schaltung zum Regenmelder

Ein selbst gebauter Regenmelder

Den eigentlichen Sensor für einen Regenmelder kann man leicht selbst erstellen. Man benötigt dafür lediglich ein Stück Streifenrasterplatine. Auf dieser Platine verbindet man den ersten und dritten Streifen mit einer verlöteten Drahtbrücke, und dasselbe macht man mit dem zweiten und vierten Streifen usw. Die beiden so entstandenen Streifengruppen werden mit jeweils einem Anschlussdraht versehen. Bild 1 zeigt, wie ein solcher Sensor aussehen könnte, in Bild 2 ist die schematische Darstellung dazu zu sehen. Neben den selbst hergestellten Sensoren zeigt Bild 1 auch kommerzielle Varianten.

Die Schaltung (Bild 3) besteht aus zwei hintereinander geschalteten Transistoren. Dadurch multipliziert sich die Verstärkung der einzelnen Stufen. Ein Aufbau mit Elementen aus den Prototypenadaptersets (s. „Material“) kann so aussehen wie in Bild 4.

Wenn die Schaltung aufgebaut und überprüft ist, kann die Batterie angeschlossen werden. Zunächst leuchtet die LED nicht. Sobald jedoch ein Wasser- oder Regentropfen auf den Sensor gelangt, leuchtet die rote LED hell auf. Erst wenn der Sensor vollständig getrocknet ist, erlischt die Leuchtdiode wieder.

Wird der Sensor nun im Freien platziert, zeigt er zuverlässig an, ob es regnet. Stellt man die Schaltung neben das Bett, erkennt man morgens nach dem Aufwachen sofort, ob es draußen regnet oder trocken ist. Je nachdem kann man sofort aufstehen und etwas unternehmen oder vielleicht noch etwas länger schlafen ...

Badewannenalarm und Blumenwächter

Der Sensor kann für viele weitere Anwendungen genutzt werden. Eine Möglichkeit ist die Verwendung als Badewannenalarm, Überlaufsensor oder Nässemelder für Kellerräume. Wenn in diesen Fällen die LED-Anzeige nicht ausreicht, kann man auch einen Buzzer statt der LED einsetzen. Allerdings muss ein sogenannter aktiver Buzzer verwendet werden, der bereits einen Ton abgibt, wenn er mit Spannung versorgt wird (siehe dazu „Material“ am Ende des Artikels).

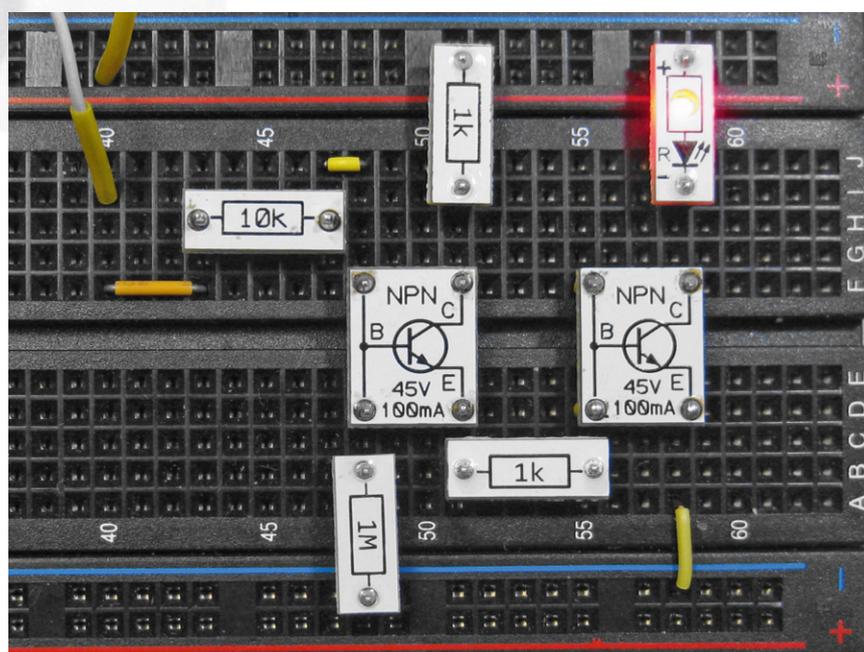
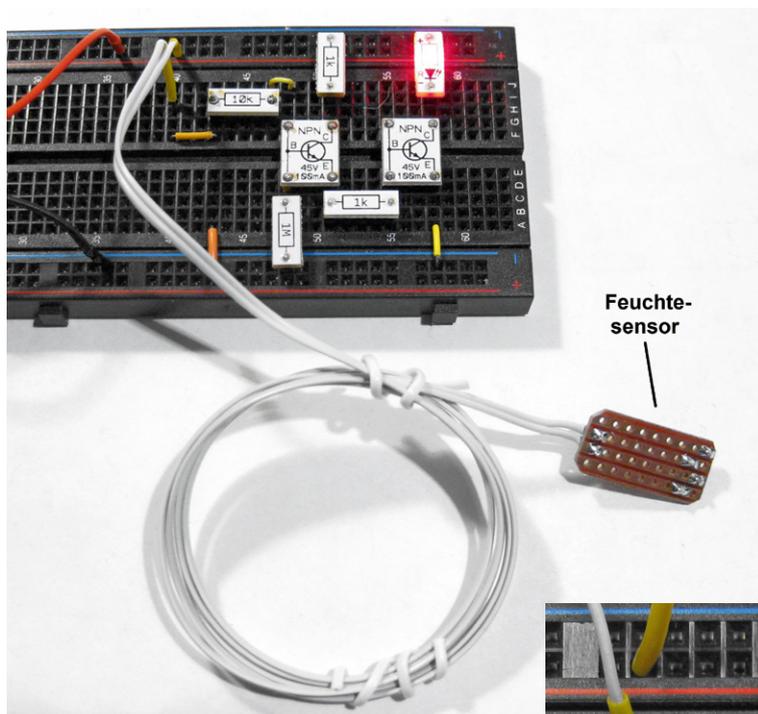


Bild 4: Aufbau zur Regenmelderschaltung

Der Sensor kann auch als Feuchtigkeitssensor für Blumentöpfe verwendet werden (Bild 5). Dazu müssen lediglich der 1-Megaohm-Widerstand und der Sensor vertauscht werden. Nun leuchtet die LED, wenn der Sensor trocken ist. Sobald er ausreichend feucht wird, erlischt die LED. Es genügt nun, wenn man den Sensor durch zwei Drähte mit abisolierten Enden ersetzt. Die Enden der blanken Drähte werden dann in die Blumenerde gesteckt. Sobald die Blumenerde ausreichend feucht ist, erlischt die LED. Wird die Erde nach einiger Zeit zu trocken, leuchtet die LED auf und signalisiert so, dass die Pflanze gegossen werden muss.

Wird die Funktion einer Schaltung umgedreht, indem man einfach einige Bauteile vertauscht, spricht man in der Elektronik übrigens auch davon, dass der Eingang „invertiert“ wurde.

Mit der nötigen Erfahrung kann man mit dem Blumenwächter Zimmerpflanzen mit optimaler Bodenfeuchtigkeit haben. Das kann bei empfindlichen Pflanzen wie z. B. Orchideen durchaus von entscheidender Bedeutung sein. Allerdings sollte man diese Erfahrung zunächst an einfachen Pflanzen gewinnen, bevor man die Technik bei einer wertvollen Orchideenzucht einsetzt. Zudem ist zu beachten, dass die Drähte nicht langzeittauglich sind. Sie sollten also öfter erneuert werden, um eine zuverlässige Funktion zu gewährleisten.



Bild 5: Blumenwächter

Wie funktioniert der Regenmelder?

Der Regenmelder funktioniert aufgrund der elektrischen Leitfähigkeit von Wasser. Wenn Regen oder Wasser auf den Sensor gelangt, wird die elektrische Leitfähigkeit des Sensors verändert. Dies führt zu einer Änderung des elektrischen Widerstands des Sensors. Da Regenwasser sehr rein ist, weist es nur eine geringe Leitfähigkeit auf, weshalb der Sensorstrom mit zwei Transistoren verstärkt werden muss.

Die hier verwendeten Transistoren haben eine typische Stromverstärkung von bis zu 500. Da die beiden Transistoren hintereinander geschaltet sind, ergibt sich ein Verstärkungsfaktor von etwa 250000. Da die LED bereits bei einem Strom von weniger als einem Milliampere zu leuchten beginnt, ist ein Sensorstrom von nur $4 \mu\text{A}$ - das entspricht 4 Millionstel Ampere - ausreichend, um die LED zum Aufleuchten zu bringen. Dieser Strom wird selbst bei sehr reinem Regenwasser erreicht. Damit kann die Schaltung zuverlässig erkennen, wenn es regnet.

Kommerzielle Sensoren

Die im Bild 1 gezeigten Sensoren haben einen gewissen Nachteil: Sie sind nicht wirklich für den dauerhaften Praxiseinsatz geeignet. Je nachdem wie oft sie tatsächlich feucht werden oder wie aggressiv das örtliche Wasser ist, zeigen sie bereits innerhalb von Wochen oder Monaten Korrosionserscheinungen. Man kann diese etwas reduzieren, indem man die Lötkontakte mit Lack abdeckt. Eine weitere Möglichkeit ist die Verwendung hochwertiger Leiterplatten.

Eine wirklich dauerhafte Lösung bieten nur kommerziell erhältliche Sensoren (Bild 6). Durch eine spezielle Beschichtung der Leiterbahnen oder auch durch eine Goldauflage werden diese vor Korrosionseffekten geschützt (siehe dazu auch „Material“ am Ende des Artikels). Allerdings haben derartige Sensortypen natürlich auch ihren Preis. Während die einfache Variante für weniger als einen Euro hergestellt werden kann, wird für professionelle Geräte leicht der hundertfache Preis fällig.



Bild 6: Kommerzieller Regensensor

Sensortasten erleichtern das Leben

Der Regenmelder kann auch als sogenannte Sensortaste verwendet werden. Sensortasten werden in der Elektronik seit Langem eingesetzt. Bereits in den 1960er- und 1970er-Jahren wurden die ersten Vorläufer entwickelt. Hierzu gehören sogenannte resistive Sensoren, bei denen die Leitfähigkeit der Haut genutzt wird. Diese Technologie wird bis heute häufig in der Industrie und auch in militärischen Anwendungen eingesetzt.

Aber auch in privaten Anwendungen waren und sind Sensortasten weit verbreitet. Seit den 70er-Jahren werden sie vor allem in TV-Geräten und Stereoanlagen eingesetzt. Sensortasten ersetzen dabei herkömmliche mechanische Tasten und gestatten eine einfache Bedienung elektronischer Geräte, indem sie auf Berührung oder Annäherung reagieren.

Sensortasten in TV-Geräten und Stereosystemen (Bild 7) können verwendet werden, um die Lautstärke zu regeln, Kanäle zu wechseln, Eingänge zu ändern, Menüoptionen auszuwählen oder andere Funktionen auszuführen. Die Methode bietet viele Vorteile für die Bedienung von Geräten, z. B.:

- hohe Benutzerfreundlichkeit
- modernes Design
- einfache Reinigung
- lange Haltbarkeit

Später wurden kapazitive Touchscreens entwickelt, bei denen die Berührung durch die Veränderung der Kapazität an der Touch-Oberfläche erkannt wurde. Kapazitive Touchscreens ermöglichen eine höhere Genauigkeit und sind im Vergleich zu den resistiven Vorgängern weniger anfällig für Verschmutzung.

Mit dem Aufkommen mobiler Geräte wie Tablets und Handys wurden Sensortasten zunehmend populärer. Hierbei kamen berührungsempfindliche Schaltflächen und Tasten zum Einsatz, die auf kapazitiver oder resistiver Technologie basierten. Sensortasten wurden auch in Haushaltsgeräten wie Mikrowellen oder Waschmaschinen eingesetzt, um die Bedienung zu vereinfachen und die Haltbarkeit zu verbessern. Sie bieten zahlreiche Vorteile wie Benutzerfreundlichkeit, Ästhetik, einfache Reinigung und Haltbarkeit.

Sensortasten werden nach wie vor weiterentwickelt und finden in immer mehr Anwendungen ihren Einsatz:

- zur Steuerung elektronischer Geräte wie Smartphones, Tablets, Fernseh- oder Haushaltsgeräte
- In industriellen Anwendungen eingesetzt dienen Sensortasten zur Maschinen- und Produktionssteuerung.
- In medizinischen Geräten oder Instrumenten werden Sensortasten vor allem verwendet, um die Hygiene zu verbessern, da geschlossene Oberflächen leichter zu reinigen sind als Taster oder Schalter.



Bild 7: Sensortasten an einem 1970er-Grundig TV (Quelle: Walter Cicchetti, stock.adobe.com)

- Sensortasten werden auch in Fahrzeugen eingesetzt, um Funktionen wie Klimaanlagesteuerung, Audioeinstellungen, Fensterheber oder Fahrzeuglichter zu steuern.
- In öffentlichen Einrichtungen wie Aufzügen, Geldautomaten oder Parkscheinautomaten etc. sind Sensortasten oftmals robuster und langlebiger als klassische Schaltelemente.

Der Regenmelder als Sensortaste

Auch der Regenmelder kann als Sensortaste verwendet werden. Meist genügt es, wenn man die Leiterbahnen des Sensors mit der Fingerspitze berührt. Bei Menschen mit sehr trockener Haut kann es erforderlich sein, den Finger vorher anzufeuchten.

Das Funktionsprinzip ist das gleiche wie beim Regensensor. Auch die Hautoberfläche eines Menschen hat eine gewisse Leitfähigkeit. Bei den hier gegebenen Verhältnissen erreicht man typischerweise einen Berührungswiderstand von 1 bis 5 M Ω . Beim Betrieb an 5 V ergibt sich ein Strom von einigen Mikroampere, der durch die Transistoren auf die für die LED erforderliche Stromstärke verstärkt wird.

Die Leitfähigkeit des menschlichen Körpers ist auch der Grund dafür, dass hohe Spannungen gefährlich sein können. Schon bei Spannungen ab etwa 30 V kann es unter Umständen zu lebensgefährlichen Situationen kommen.

Insbesondere wenn Wechselspannung im Spiel ist, ist daher im Umgang mit höheren Spannungen stets höchste Vorsicht geboten.

Häufig sind Spannungen ab 50-V-Wechselspannung oder 120-Volt-Gleichspannung als maximale Grenze für den menschlichen Körper festgelegt. Dennoch sollten auch bei Spannungen unterhalb dieser Grenzwerte immer geeignete Schutzmaßnahmen wie z. B. das Tragen von Schutzhandschuhen oder die Absicherung von Stromkreisen vorgenommen werden, um das Risiko von Stromunfällen zu minimieren.

Aus diesem Grund dürfen die hier gezeigten Schaltungen und Experimente auch nur mit Batterien durchgeführt werden.

Bei Verwendung von Netzteilen besteht immer die Gefahr, dass bei einem plötzlichen Isolationsfehler lebensgefährliche Spannungen an nicht isolierten Schaltungsteilen anliegen.

Wie funktionieren die Schaltungen?

Beide Schaltungen nutzen die Leitfähigkeit von Flüssigkeiten aus. Einige Flüssigkeiten wie zum Beispiel Salzwasser leiten den elektrischen Strom sehr gut, während andere wie etwa sauberes Regenwasser den Strom nur sehr schlecht leiten. Daher muss der Sensorstrom hier stark verstärkt werden. Bei der Sensortaste spielt der Hautwiderstand eine wesentliche Rolle. Dieser ist relativ hoch, weshalb auch hier hohe Stromverstärkungen erforderlich sind.

Material	Artikel-Nr.
ELV Bausatz Homematic IP Regensensor	154910
Die erforderlichen elektrischen Bauteile sind z. B. enthalten im ELV Experimentierset	
Professional PAD-PRO-EXSB	158980
Aktiver Buzzer	111363
Breadboard mit 830 Kontakten	250986

Ein einzelner Transistor reicht in diesem Fall nicht aus, um die Ströme im Mikroampere-Bereich ausreichend zu verstärken. Deshalb werden zwei Transistoren hintereinander geschaltet. Entsprechende Schaltungen kommen in der Elektronik häufig zum Einsatz und werden als Darlington-Schaltungen bezeichnet. Der Name stammt von ihren Entwicklern, den Brüdern Sidney und Harrold Darlington.

Die Grundidee hinter einer Darlington-Schaltung ist die Kaskadierung von zwei Transistoren, um ihre Verstärkung zu multiplizieren. Die beiden Transistoren werden so geschaltet, dass der Ausgang des ersten Transistors direkt mit der Basis des zweiten Transistors verbunden ist. Dadurch verhält sich die Darlington-Schaltung ähnlich wie ein einzelner Transistor mit einer sehr hohen Verstärkung.

Die Widerstände R1, R2 und R5 in der hier vorgestellten Schaltungsversion dienen der Strombegrenzung, um die Transistoren vor Überlastung zu schützen. Der Widerstand R3 sorgt dafür, dass die Transistoren sperren, wenn der eingesetzte Sensor nicht leitet. Ist er nicht vorhanden, kann die Schaltung bereits durch geringste Störungen Fehlalarme auslösen.

Die Darlington-Schaltung wird häufig in Anwendungen eingesetzt, bei denen eine hohe Verstärkung und ein hoher Eingangswiderstand erforderlich sind, wie beispielsweise in Leistungstreibern, Schaltern, Spannungsreglern und bei der Steuerung von Motoren. Durch die hohe Verstärkung ermöglicht die Darlington-Schaltung auch die Steuerung größerer Lasten mit geringen Steuerströmen.

Wird anstelle der beiden NPN-Transistoren ein NPN/PNP-Paar verwendet, erhält man eine Sziklai-Schaltung. Diese wird auch als Komplementär-Darlington-Schaltung bezeichnet und wurde nach dem amerikanisch-ungarischen Ingenieur George Sziklai benannt.

Experimente und Anregungen

Empfindlichkeitstest:

Die extreme Empfindlichkeit der Schaltung nach Bild 3 kann demonstriert werden, indem man einen angefeuchteten Finger lediglich in die Nähe des Sensors bringt. Schon ab einem Abstand von etwa 5 mm beginnt die LED zu leuchten. Der körperwarme Finger erzeugt eine Wasserdampf-Atmosphäre die bereits vom Sensor erfasst werden kann!

Weitere Stufen?

Könnte man die Schaltungen noch empfindlicher machen, indem man ein dritte Transistorstufe einbaut? Wie steht es mit noch mehr (vier, fünf) Stufen? Wo liegt die Grenze?

Ausblick

Im nächsten Beitrag zur Serie „Elektronik für Einsteiger“ wird es um Zeitschalter und Timer gehen. Werden kürzere Schaltzeiten von einigen Sekunden benötigt, können diese sehr einfach mit Transistoren und Kondensatoren aufgebaut werden.

Als praktische Anwendungen werden eine Zahnputzuhr und eine automatische Nachttischlampe vorgestellt.