

ABZ-Lösungen ET 04/21: Elektronik

Lösung Aufgabe 1

Stoffe, deren elektrische Leitfähigkeit zwischen der von Leitern und von Nichtleitern (Isolierstoffen) liegt, nennt man Halbleiter. Sie werden für Bauelemente der Elektronik verwendet. Halbleiter sind z.B. Silicium und Germanium (Grundstoffe) oder chemische Verbindungen.

Halbleiterwerkstoffe müssen ausserordentlich rein sein. Man erreicht bei der Herstellung Reinheitsgrade, bei denen auf 10^{10} Atome nur ein einziges Fremdatom kommt.

Bei sehr tiefen Temperaturen sind die Halbleiterwerkstoffe Nichtleiter. Die Leitfähigkeit lässt sich durch Zersetzen von Fremdstoffen oder durch äussere Einflüsse, z.B. durch Lichtstrahlung und durch elektrische oder magnetische Felder, stark verändern. Bei Raumtemperatur schwingen die Atome im Kristallgitter um ihre Ruhelage ungeordnet hin und her (Wärmebewegung). Dadurch brechen einige der Atombindungen auf. Einzelne Valenzelektronen entfernen sich von ihren Atomen und sind innerhalb des Kristalls frei beweglich. Eine am Halbleiterkristall angelegte Spannung bewirkt ein elektrisches Feld und treibt diese freien Elektronen von Minus- zum Pluspol (wird leitfähig).

Lösung Aufgabe 2

Valenzelektronen (oft auch Aussenelektronen genannt) sind in der Chemie die Elektronen, die sich in der äussersten Atomschale aufhalten und sich an Bindungen («Valenzen») zwischen Atomen beteiligen können. Sind Valenzelektronen (s- und p-Orbitalen) an Bindungen beteiligt, so sind sie damit auch Bindungselektronen. Sie können aber auch nichtbindend sein und sind dann keine Bindungselektronen, d.h. die Anzahl der Valenzelektronen stimmt – abhängig vom chemischen Zustand des entsprechenden Atoms – nicht immer mit der Anzahl der tatsächlich an Bindungen beteiligten Elektronen überein. Anhand der Gruppen im Periodensystem kann die Anzahl der Valenzelektronen bestimmt werden.

Lösung Aufgabe 3

Eine Diode ist ein elektronisches Bauelement, das Strom in einer Richtung passieren lässt und in der anderen Richtung den Stromfluss sperrt. Daher wird von Durchlassrichtung und Sperrrichtung gesprochen. Die Bezeichnung Diode wird üblicherweise für Halbleiterdioden verwendet.

Dioden werden unter anderem zur Gleichrichtung, der Umwandlung von Wechselspannung zu Gleichspannung eingesetzt. Daneben zeigt der Halbleiterübergang weitere nutzbare Eigenschaften, die z.B. in Zener-, Photo-, Leuchtdioden und Halbleiterdetektoren ausgenutzt werden.

Lösung Aufgabe 4

Ein Heissleiter (NTC-Widerstand) ist ein temperaturabhängiger Widerstand mit negativen Temperaturkoeffizienten α . Sein Widerstandswert nimmt mit zunehmender Temperatur ab. Heissleiter leiten im warmen Zustand besser. Ein Heissleiter kann seinen Widerstand durch zwei Einflüsse verändern:

- von aussen durch die Umgebungstemperatur (fremderwärmter Heissleiter) oder
- von innen durch die Wärme, die infolge des durchfliessenden Stromes entsteht (eigen erwärmter Heissleiter)

Ein fremderwärmter Heissleiter darf der durchfliessende Strom nur unmerklich aufheizen. Ein eigen erwärmter Heissleiter dagegen darf die Umgebungstemperatur kaum beeinflussen.

Lösung Aufgabe 5

Bei Silicium werden Fremdatome mit niedriger, z.B. drei Valenzelektronen, oder höherer Wertigkeit, z.B. fünf Valenzelektronen, zugefügt. (von dotare lat. = ausstatten, mitgeben). Fügt man dem reinen Halbleiterwerkstoff einen ganz geringen Fremdstoffanteil zu (Störstellenleitung), z.B. ein einziges Bor-Atom auf 10^5 Siliciumatome, steigt die Leitfähigkeit um das Tausendfache (dotieren).

Lösung Aufgabe 6

Ein Thyristor ist im Prinzip, wie das Schaltzeichen bereits andeutet, eine steuerbare Diode. Im Grundzustand sperrt ein Thyristor in beide Richtungen; er lässt allerdings in Vorwärtsrichtung durch einen kleinen Stromimpuls über den Steueranschluss («Gate») in den leitenden Zustand versetzen; man spricht auch vom «Zünden» des Thyristors. In Sperrrichtung verhält sich ein Thyristor wie eine gewöhnliche Diode.

Die drei Anschlüsse eines Thyristors werden als Kathode (2), Anode (3) und Gate (1) bezeichnet. Die ersten beiden Anschlussbezeichnungen stimmen mit denen einer Diode überein, der Gate-Anschluss dient zum Ansteuern des Thyristors.

Anwendungen: Leistungselektronik für Drehzahl- und Frequenzsteuerung, als Gleichrichter und Schalter.

Lösung Aufgabe 7

Transistoren werden in vielen Anwendungen eingesetzt. Je nach Einsatzgebiet werden Transistoren zum Anpassen von Spannungen, Schalten grosser Lasten und Verstärken kleiner Signale (Spannungen und Ströme) verwendet. Für alle Anwendungen des Transistors ist folgendes zu beachten:

- Der Transistor wird über die Basis-Emitter-Strecke gesteuert. Dazu muss die Basis-Emitter-Strecke in Durchlassrichtung betrieben werden.
- Für den Betrieb ist der Transistor immer an Gleichspannung zu legen.
- Die Transistorströme sind zu begrenzen.
- Die Verlustleistung darf nicht überschritten werden.
- Je nach Anwendung sind die notwendigen Gleichspannungswerte (Arbeitspunkte) einzustellen.

Der Transistor ist so auszuwählen, dass im Betriebsfall keine Grenzwerte überschritten werden. Transistoren werden heutzutage in nahezu allen elektronischen Schaltungen verwendet.

- RAM-Speichern
- Flash-Speichern
- Mikrocontroller
- Mikroprozessoren
- Operationsverstärker
- Signalgeneratoren
- Endstufen
- Schaltnetzteile
- Wechselrichter
- Frequenzumformer

Lösung Aufgabe 8

Varistoren sind spannungsabhängige Widerstände, d.h. dass der Widerstand abhängig ist von der angelegten Spannung. Der Widerstand eines Varistors ist bei angelegter niedriger Spannung gross und bei hoher Spannung klein. Varistoren können beispielsweise Spannungen begrenzen. Sie dienen hauptsächlich zum Unterdrücken von Überspannungsimpulsen, seltener zur Spannungsstabilisierung. Durch einen Überspannungsimpuls verringert der Varistor seinen Widerstandswert schlagartig von einigen Megaohm auf wenige Ohm. Weiter können sie auch zum Schutz von Abbrand von Schaltkontakten (z.B. Schütze) eingesetzt werden. Die am Ende der Bauteilbezeichnung stehende Zahl gibt die maximal zulässige Betriebsspannung des Varistors an.

Lösung Aufgabe 9

Alle digitalen Steuerungsaufgaben (Zustand 0 oder 1 möglich) lassen sich mit den drei Grundverknüpfungen AND, OR, NAND lösen. Die AND-Verknüpfung hat am Ausgang nur dann den Wert 1, wenn alle Eingangssignale gleichzeitig den Wert 1 haben. Ein typischer Anwendungsfall für eine AND-Verknüpfung ist die Zweihandbedienung, z.B. bei Pressen. Die Presse lässt sich mit dieser Schaltung (AND-Verknüpfung) nur in Betrieb nehmen, wenn die beiden getrennt angeordneten Sicherheitstaster gleichzeitig betätigt werden (Unfallverhütung).

Lösung Aufgabe 10

Kaltleiter (PTC-Widerstände) sind temperaturabhängige Widerstände mit einem positiven Temperaturkoeffizienten. Zu ihnen zählen alle Metalle. Kaltleiter aus Halbleiterwerkstoffen zeigen jedoch ein untypisches Verhalten. Zunächst nimmt der Widerstand des Kaltleiters bei ansteigender Temperatur ab, wie bei jedem Halbleiter. Bei der Ausgangstemperatur ϑ_A ist der geringste Widerstand R_{\min} erreicht. Weiter erwärmt nimmt der Widerstandswert sprunghaft um das über Tausendfache bis zum Endwiderstand R_E zu. Bei der Bemessungstemperatur ϑ_N beginnt der Steilanstieg des Widerstandes. In einem begrenzten Temperaturbereich steigt der Widerstand eines Kaltleiters steil an.

Lösung Aufgabe 11

$$U_V = U_1 - U_Z = 14.4V - 5.5V = 8.9V$$

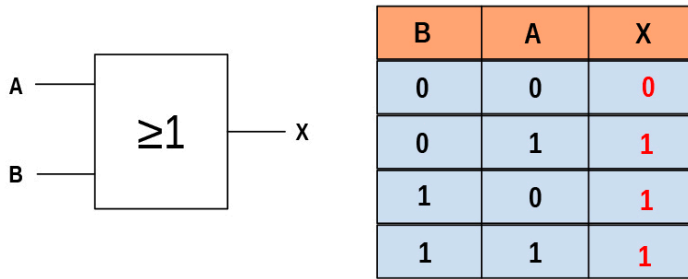
$$R_V = \frac{U_V}{I} = \frac{8.9V}{0.0748A} = \mathbf{118.98\Omega}$$

Lösung Aufgabe 12

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{300\,000\,000}{400 \cdot 10^{12}} = 0.00000075m ; 750nm$$

Aufpassen: Bei der Anwendung der Potenzregel. λ = Wellenlänge in m ; c = Ausbreitungsgeschwindigkeit der Wellen in m/s ; f = Frequenz in Hz

Lösung Aufgabe 13



Lösung Aufgabe 14

Zur Gleichrichtung von Wechselfspannungen ist der fertige Brückengleichrichter unbedingt einzelnen Gleichrichterdioden vorzuziehen. Die Brückengleichrichterschaltung ist die meist verwendete Gleichrichterschaltung. Sie kann für Verbraucherleistungen bis in den kW-Bereich eingesetzt werden.

