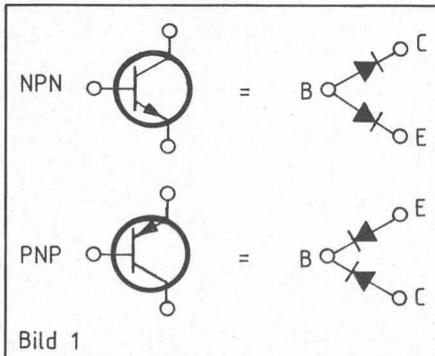


Si oder Ge, NPN oder PNP — schnell zu unterscheiden

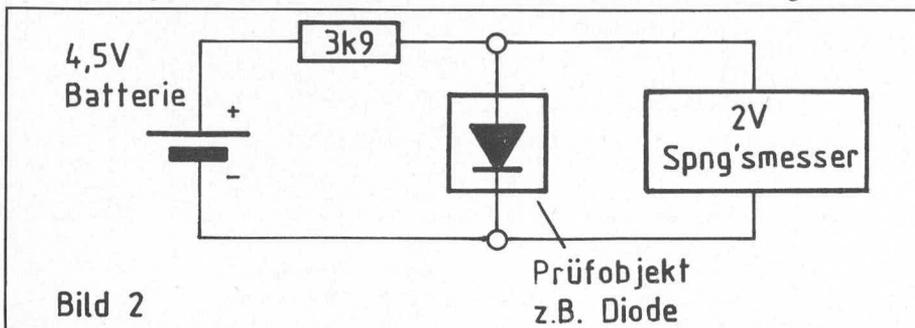
Dr.-Ing. K. H. Hauck

Die Notwendigkeit, Dioden, Transistoren und FETs zu identifizieren, besteht nicht nur in dem „Unglücksfall“, daß einem die Schachtel mit den sortierten Bauelementen auf den Fußboden gefallen, wobei alles durcheinander gekommen ist, sondern auch dann, wenn die Beschriftungen unleserlich geworden oder nicht vorhanden sind. Außerdem ist es oft sinnvoll, gebrauchte Bauelemente vor dem erneuten Einbau noch einmal auf ordnungsgemäße Funktion zu überprüfen, um sich eine spätere Fehlersuche zu ersparen.

Hier soll eine einfache Methode vorgestellt werden, zu deren Anwendung nur ein Digital-Multimeter erforderlich ist, das in einem der Ω -Meßbereiche einen Meßstrom von 1 mA verwendet. Das ist z. B. beim ELV DVM 7107 der Fall wie auch bei dem LCD-Meßgerät „Supertester 680 D“, das auch die Bezeichnung „Multimeter 600 D“ trägt – jeweils in ihrem 2 k Ω -Bereich. Bei einem Strom von 1 mA, der in Durchlaßrichtung fließt, zeigen nämlich alle Dioden und auch die in Transistoren zu denkenden Dioden (Bild 1), schließlich auch Selen (Se)- und Kupferoxydul (Cu₂O)-Gleichrichter gerade in etwa die Schleusenspannung an. Was wir also am Multimeter – als k Ω angezeigt – ablesen, entspricht in diesem Falle ziemlich genau der Schleusenspannung der Diode.



Bei 1 mA Meßstrom ist die Ablesung des Widerstandswertes gleich dem Spannungsabfall an der gemessenen Diodenstrecke:



$$\begin{aligned} \text{Nach } U &= I \cdot R \\ \text{mit } I &= 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A und} \\ R &= 0,700 \text{ k}\Omega \text{ (als Ablesebeispiel)} \\ &= 0,7 \cdot 10^3 \Omega \text{ ergibt sich:} \\ U &= 1 \cdot 10^{-3} \cdot 0,7 \cdot 10^3 = 0,7 \text{ V} \end{aligned}$$

Besitzt man ein Multimeter, das auch bei Widerstandsmessungen lediglich mit Spannungen von max. 0,2 Volt arbeitet, kann der Ohmbereich zur Messung nicht eingesetzt werden. In diesem Fall muß hilfsweise eine getrennte Spannungsquelle (z. B. 4,5 V Batterie) mit einem entsprechenden Vorwiderstand herangezogen werden. Spannungen über 5 V sollten bei Messungen an Transistoren nicht zum Einsatz kommen, da die Basis-Emitter-Strecken in Sperrichtung hier empfindlich reagieren können. Wie gemessen wird, zeigt die nachstehende kleine Schaltung. Der Vorwiderstand beträgt bei Einsatz einer 4,5 V-Batterie ca. 3,9 k Ω , wobei die an dem zu prüfenden Bauelement (z. B. Diode) abfallende Spannung im 2 V-Bereich gemessen wird.

Auch wenn der abgelesene Wert nicht supergenau mit der wirklichen Schleusenspannung übereinstimmt, gab es bei zahlreichen Messungen in keinem Fall einen Zweifel, um welches Gleichrichtermaterial es sich handelte.

Ohnehin sind die Angaben in der Literatur über die Schleusenspannungen von Dioden recht unterschiedlich! Zur weiteren „Verwirrung“ werden sie außerdem auch noch als Diffusionsspannungen, Schwellspannungen oder Durchlaßspannungen bezeichnet. Hier eine Zusammenstellung der gelesenen Literaturangaben und eigener Messungen nach vorstehend beschriebener Methode (Tabelle 1):

Die Tabelle zeigt, daß nur bei der Unterscheidung von Ge- und Se-Dioden ähnliche und darum nicht direkt auswertbare Meßwerte erhalten wurden. Da aber in Sperrichtung für Ge-Dioden ein unendlich großer und für Se-Dioden ein noch gut meßbarer

Widerstand zu unterstellen ist, sind auch diese beiden Typen zu unterscheiden. Das kann mit demselben Digital-Multimeter festgestellt werden, das dann auf den größeren Bereich von 200 k Ω umzuschalten ist: Man mißt dann in Sperrichtung bei der Se-Ldiode (z. B. in einem handelsüblichen Brückengleichrichter) etwa 150 k Ω , während die Germaniumdiode in Sperrichtung einen unendlich großen Ohmwert (Überlauf) zur Anzeige bringt. Bild 3 zeigt, welche Anschlüsse z. B. bei einem Brückengleichrichter zu benutzen sind, wenn die Schleusenspannung bestimmt werden soll. Mit umgekehrter Polung findet man den Widerstand in Sperrichtung.

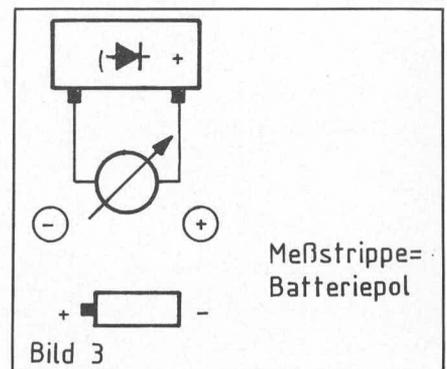


Bild 3 weist sicherheitshalber noch einmal auf die bekannte Regel hin, daß bei den meisten Multimetern (mit eingebauter Batterie) an der Meßstripe – (meist schwarz) der +Pol der Batterie und an der Meßstripe + (meist rot) der -Pol der Batterie liegt, woran man bei allen Messungen und ihren Deutungen immer wieder denken muß.

Anode und Katode von Dioden und die Basis von Transistoren sind bei der Typprüfung (Feststellung der Schleusenspannung) daher schnell gefunden. Im Sinne von Bild 1 sind nur von der Basis eines Transistors aus zwei Schleusenspannungen (B-E und B-C) zu messen, wogegen der C-E- und der E-C-Übergang einen sehr großen Ohmwert zeigen sollen. Aber auch Collector und Emitter sind bei dieser Messung interessanterweise schon zu orten.

Da die Collectorschicht eines Transistors immer einen etwas größeren Querschnitt hat als die Emitterschicht, muß der kleinere Durchlaßwiderstand immer zum B-C-Übergang und der größere Durchlaßwiderstand immer zum B-E-Übergang gehören. Das bestätigen dieselben Messungen mit genauer Ablesung am Multimeter im 2 k Ω Meßbereich (1 mA Meßstrom). Die in Tabelle 2 eingetragenen Werte sind mit drei Stellen hinter dem Komma abgelesen, wäh-

Tabelle 1:
Schleusenspannungen in V

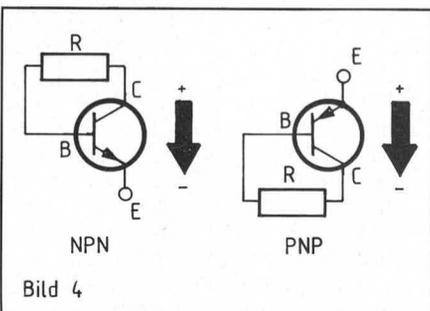
| Diodenmaterial | Literaturangaben | eigene Messungen | |
|-------------------|----------------------|------------------|--------------|
| | | Dioden | Transistoren |
| Cu ₂ O | 0,2 | 0,26-0,29 | 0,15-0,16 |
| Ge | 0,2-0,25-0,3-0,4-0,5 | 0,24 | |
| Se | 0,4-0,5-0,6-1,5 | 0,54-0,62 | 0,69-0,72 |
| Si | 0,5-0,6-0,7-0,8-1,1 | 1,54 | |
| GaAs | 1,5-1,6-2,2 | | |

Tabelle 2:
Schichtübergangswiderstände in kΩ
(Meßbereich 2 kΩ, Meßstrom 1 mA)

| angelegte Spannung | + | | - | | + | | - | | + | | - | |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|--|---|--|---|--|
| | B - E | B - C | E - B | C - B | C - E | E - C | | | | | | |
| Übergang | | | | | | | | | | | | |
| Si - NPN | 0,698 | 0,694 | 0,715 | 0,711 | | | | | | | | |
| Si - PNP | | | | | | | | | | | | |
| Ge - NPN | 0,152 | 0,146 | 0,155 | 0,148 | | | | | | | | |
| Ge - PNP | | | | | | | | | | | | |

rend in Tabelle 1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nur die gerundeten Werte aufgeführt wurden. Bei der gleichen Messung an Transistoren muß man also zunächst „in Volt denken“, um die Schleusenspannung zu ermitteln, dann muß man „in Ω denken“, um den hochohmigeren B-E-Übergang (bei NPN-Typen) bzw. E-B-Übergang (bei PNP-Typen) zu finden.

Die abzulesenden Differenzen sind – insbesondere bei Si-Transistoren – nicht sehr groß, zur E- und C-Ortung aber doch meist ausreichend. Wem das nicht genügt, oder auch in Zweifelsfällen, der kann sich nach der bekannten Methode Sicherheit verschaffen, bei der ein Si-Transistor durch hochohmige Überbrückung der B-C-Strecke etwas in den Leitzustand gebracht wird. Dieser Überbrückungswiderstand R kann entweder ein 1 MΩ Widerstand oder auch der Finger sein (Bild 4).



Ge-Transistoren haben diesen Überbrückungswiderstand nicht nötig, denn bei ihnen ist schon durch einen einfachen Widerstandsvergleich festzustellen, daß der E-C-Übergang bei PNP-Transistoren und der C-E-Übergang bei NPN-Transistoren weit besser leitend ist, als in umgekehrter Richtung gemessen. Für die Ge-Transistoren AC 187 K (= NPN) und AC 188 K (= PNP) ergaben sich mit dem Digital-Multimeter im Meßbereich 200 kΩ (Meßstrom = 10 μA) folgende Werte (Tabelle 3):

Tabelle 3 am Schluß

Tabelle 3:
Übergangswiderstände in kΩ bei Ge-Transistoren
(Meßbereich 200 kΩ, Meßstrom 10 μA)

| angelegte Spannung | + | | - | |
|--------------------|-------|-------|---|--|
| | E - C | C - E | | |
| Übergang | | | | |
| NPN | 2,5 | 1,3 | | |
| PNP | 1,1 | 2,0 | | |

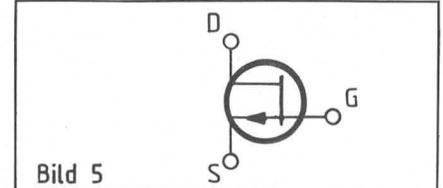
Si-Transistoren mit Überbrückungswiderstand R werden besser im 2000 kΩ Meßbereich des Digital-Multimeters untersucht (Meßstrom 1 μA), wobei sich z. B. folgende Werte an den Typen BC 172 B (= NPN) und BC 252 B (= PNP) ergaben (Tabelle 4):

Tabelle 4:
Übergangswiderstände in kΩ bei Si-Transistoren
(Meßbereich 2000 kΩ, Meßstrom 1 μA)

| angelegte Spannung | R = 1 MΩ | | R = Finger | |
|--------------------|----------|-------|------------|-------|
| | E - C | C - E | E - C | C - E |
| Übergang | | | | |
| NPN | | 473 | | 415 |
| PNP | 454 | | 460 | |

Nachdem Halbleitermaterialien in Dioden, Gleichrichtern und Transistoren und die Anschlüsse der Transistoren behandelt sind, noch einige Worte zu Feldeffekttransistoren:

Zwischen G(+)-S(-) und G(+)-D(-) (siehe Bild 5) ist mit dem Digital-Multimeter im Meßbereich 2 kΩ ebenfalls die Schwellenspannung der in G befindlichen Si-Diode meßbar (~0,770 V = 0,770 kΩ Ablesung), wenn die - Strippe des Meßgerätes = +Pol der Batterie an G gelegt wird.



Da in der S-D-Strecke keine Diode vorhanden ist, wird hier in beiden Richtungen S-D und D-S der Widerstand des Halbleitermaterials meßbar, der im Laufe der Messung fallende Tendenz zeigt. (Beim Typ BF 245 B z. B. von 0,4 kΩ abfallend auf 0,2 kΩ). Die Anschlüsse von S und D sind aber nicht zu unterscheiden, dagegen ist dieses Verhalten anders als bei E-C- und C-E-Messungen an Transistoren, so daß FETs leicht erkennbar sind.

Zusammenfassung der Testmöglichkeiten mit dem Digital-Multimeter

(Meßbereich: 2kΩ, Meßstrom: 1 mA)

1. Schleusenspannung

In Flußrichtung von Dioden (auch von solchen, die in Transistoren, FETs oder Brückengleichrichtern zu denken sind) wird der in kΩ abgelesene Wert als Schleusenspannung in V gedeutet.

- + Batterie (= - Meßstrippe) an Anodenseite, bzw. an Basis von NPN-Transistoren oder das Gate von n-Kanal FETs
- Batterie (= + Meßstrippe) an Katodenseite, bzw. an Basis von PNP-Transistoren

Zu erwartende Werte etwa:

- Germanium (Ge) 0,15-0,3
- Selen (Se) 0,2-0,3
- Silicium (Si) 0,5-0,75
- Galliumarsenid (GaAs) 1,5 (= LEDs)

In Zweifelsfällen – ob Ge- oder Se-Dioden vorliegen – evtl. Kontrolle im 200 kΩ Meßbereich (siehe Text).

2. Emitter und Collector von Transistoren

Der B-E-Übergang bei NPN-Typen bzw. der E-B-Übergang bei PNP-Typen bringt größere Werte als die entsprechenden B-C-Übergänge. (Nachkontrolle evtl. entsprechend Beschreibung zu Bild 4).

3. n-Kanal FETs

Nach Messung der Schleusenspannung zwischen G-D bzw. G-S (0,5-0,8 V für Silicium) wird zwischen D-S bzw. S-D ein während der Messung abfallender, aber nicht signifikanter Wert ablesbar. Das ist anders als bei der Messung an Transistoren, wo zwischen C-E bzw. E-C ein „Überlauf“ im Ablesefeld erscheint. Drain und Source von FETs sind nicht zu orten.