

Alle begin...

...verwelkomt de diode

Eric Bogers (Elektor)

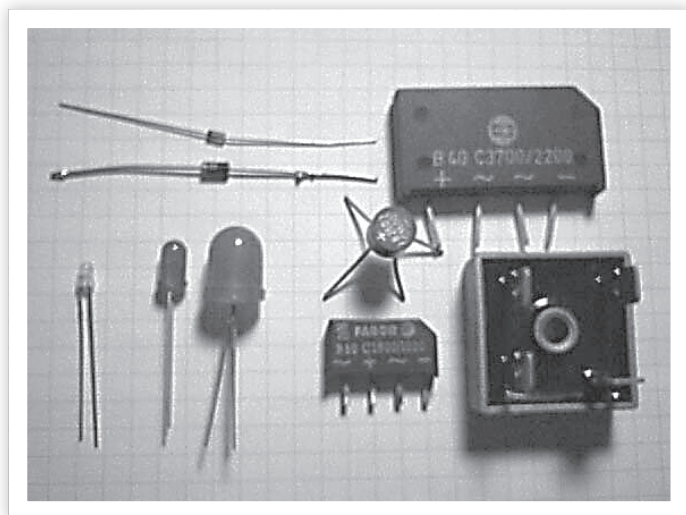
Het heeft een poosje geduurd, maar we hebben eindelijk onze bespreking van de 'passieve' onderdelen afgerond. In deze aflevering beginnen we onze bespreking van enkele 'actieve' componenten – de halfgeleiders, om precies te zijn. Nu wordt het pas echt interessant!



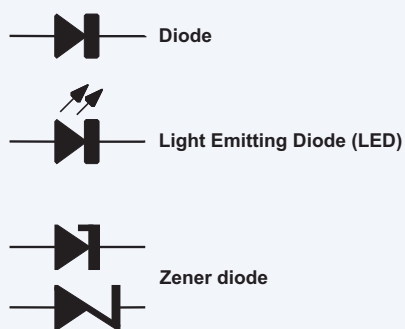
We beginnen onze bespreking van de actieve onderdelen met de diode en aanverwante componenten. Toegegeven, men kan eindeloos discussiëren over de vraag of een diode een actief of een passief onderdeel is – actieve onderdelen heten zo omdat ze een signaal kunnen versterken, en een diode versterkt niet. Maar omdat het halfgeleidercomponenten zijn (vroeger elektronenbuizen, maar die laten we in deze artikelreeks buiten beschouwing) gooien we

ze op één hoop met de transistor en andere actieve onderdelen. Wanneer we een 'echt' leerboek zouden schrijven, zouden we eerst vele bladzijden moeten vullen met informatie over halfgeleidermaterialen (silicium, germanium, seleen en andere), dotering, PN-overgangen en wat dies meer zij; maar deze artikelreeks is bestemd voor de beginnende elektronicus en niet voor fysici of halfgeleiderfabrikanten. En die beginnende elektronicus is vooral geïnteresseerd in de vraag welke functie een onderdeel vervult en hoe hij of zij dat in een ontwerp kan gebruiken – en veel minder in de vraag hoe en waarom de betreffende component doet wat hij doet.

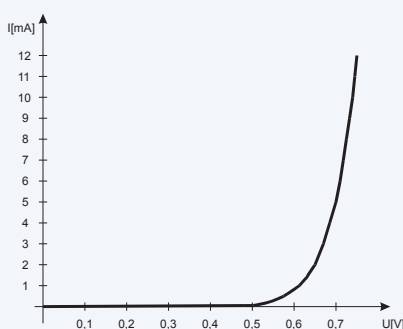
In **figuur 1** ziet u enkele veelvoorkomende uitvoeringen van diodes. Linksboven twee 'gewone' diodes: een 1N4148 en een 1N4001. Linksonder drie LED's (*light emitting diodes* = lichtgevende diodes), en wel met diameters van 3 mm, 5 mm en 10 mm. Rechts ontwaart u een viertal bruggelijkrichters – dat zijn combinaties van vier diodes in één behuizing. Deze worden op grote schaal in (net-)voedingen toegepast. Het exemplaar helemaal rechtsonder heeft een metalen behuizing en is bedoeld voor montage op een koellichaam; deze gelijkrichter kan dan een stroom van maar liefst 25 A verwerken.



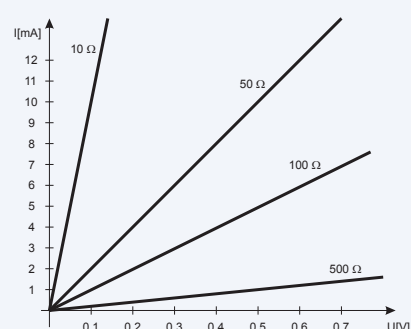
Figuur 1. Enkele diodes en bruggelijkrichters.



Figuur 2. Schemasymbolen van enkele veelvoorkomende diodes.



Figuur 3. De U/I-karakteristiek van een diode.



Figuur 4. U/I-diagrammen van een viertal weerstanden.

De diode

Een diode kan als een soort ventiel voor de elektrische stroom worden beschouwd: de component geleidt in de ene richting maar niet in de andere richting. In **figuur 2** ziet u de schemasymbolen van enkele diodes; van boven naar beneden een gewone diode, een lichtgevend diode (LED) en daaronder twee versies van het symbool van een zenerdiode (in het onderste symbool valt de 'Z' van zener te herkennen). Het diodesymbool doet aan een pijl denken die in de richting wijst waarin de stroom wordt doorgelaten. De linker aansluiting in figuur 2 wordt de anode genoemd en de rechter aansluiting (het streepje) heet de kathode.

Een (silicium)diode komt in geleiding zodra de anode ongeveer 0,6 V positiever is dan de kathode – dat is enigszins vergelijkbaar met een mechanisch ventiel waar ook een zeker drukverschil moet bestaan voordat het ventiel opent. En voordat u zich gaat afvragen waar die 0,6 V vandaan komt: die wordt bepaald door het materiaal, in dit geval silicium. Bij een germaniumdiode bedraagt die minimale spanning ongeveer 0,3 V. Een natuurkundige kan ongetwijfeld haarfijn uitleggen hoe dat precies zit, maar dat zal ons hier verder salami wezen. We onthouden alleen deze beide spanningen: 0,6 V voor silicium en 0,3 V voor germanium.

Het wordt interessant wanneer we een grafiek maken van de stroom door een diode als functie van de spanning over die diode.

Figuur 3 geeft een voorbeeld. In zo'n U/I-diagram is de spanning op de horizontale as uitgezet en de stroom op de verticale as. Ter vergelijking geeft **figuur 4** de U/I-karakteristiek van enkele gewone weerstanden – dat zijn rechte lijnen door de oorsprong van de grafiek. Bij een weerstand met kleine waarde loopt deze lijn steil, bij een grote waarde veel vlakker.

Wanneer we figuur 3 nader bekijken, zien we dat er tot een spanning van 0,5 V nauwelijks iets gebeurt – er loopt zo goed als geen stroom door de diode. Voorbij 0,5 V echter krijgt de curve snel een steeds steiler verloop; de helling wordt vanaf daar vooral bepaald door de inwendige weerstand van de diode.

Voor de goede orde: de curve van figuur 3 is gemeten bij een siliciumdiode van het type 1N4148, maar de U/I-curven van andere Si-diodes vertonen een vergelijkbaar verloop.

De belastbaarheid van een diode

Voor een diode wordt door de fabrikant in elk geval de maximale stroom in doorlaatrichting opgegeven en de maximale spanning

over de diode in sperrichting (waarbij dus de kathode positiever is dan de anode). Vaak ook wordt het maximale verliesvermogen (de maximale dissipatie) in de diode vermeld.

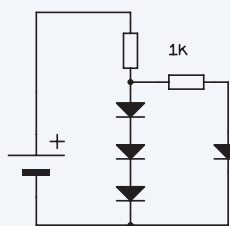
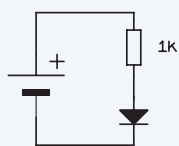
De maximale stroom door de hier als voorbeeld gebruikte 1N4148 (een 'typische' kleinsignaaldiode) bedraagt 100 mA, terwijl de maximale dissipatie 500 mW is.

Omgekeerd is een diode ook niet in staat willekeurig hoge spanningen te sperren. Als de maximale sperspanning wordt overschreden, dan begint de diode ook in sperrichting te geleiden. Als in dat geval de stroom niet sterk wordt begrensd, zal de diode oververhit raken waardoor het silicium-halfgeleiderkristal smelt – en daarna zal de diode tot in alle eeuwigheid in beide richtingen geleiden... Die hoge spanning heeft ook een grote dissipatie tot gevolg, zodat een diode al door een betrekkelijk geringe stroom in sperrichting kan worden vernield.

Stabilisatie van spanningen

Met behulp van gewone diodes kan op eenvoudige wijze een redelijk stabiele spanning worden verkregen – zie **figuur 5**. Eerst de linker schakeling van figuur 5: hier is een diode via een serieweerstand van 1 kΩ op een gelijkspanningsbron aangesloten. Bij een spanning van 7,5 V loopt er een stroom van iets minder dan 7 mA, en over de diode meten we een spanning van 0,715 V. Nu verdubbelen we de ingangsspanning (de voedingsspanning) tot 15 V. De stroom neemt dan uiteraard toe, en wel tot iets meer dan 14 mA, maar de spanning over de diode neemt slechts in geringe mate toe: we meten 0,761 V. Conclusie: bij verdubbeling van de voedingsspanning neemt de spanning over de diode met slechts ongeveer 6% toe. Wanneer we een 'tweetraps-schakeling' (figuur 5 rechts) gebruiken, wordt de spanning nog beter gestabiliseerd. Met behulp van de drie in serie geschakelde diodes wordt een spanning van ongeveer 2 V opgewekt. Met deze al redelijk gestabiliseerde spanning wordt dan een tweede diode gevoed.

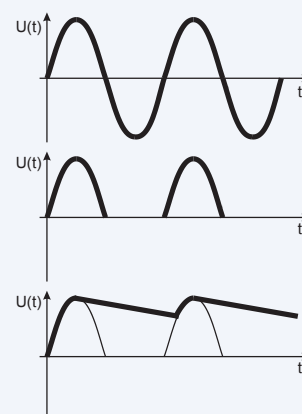
Hier meten we bij een ingangsspanning van 7,5 V een spanning van 0,617 V, en bij een ingangsspanning van 15 V meten we een spanning van 0,662 V. Een verdubbeling van de ingangsspanning (dus een toename met 100%) resulteert in deze schakeling in een verhoging van de spanning over de tweede diode met slechts 0,8%. Stabilisering van spanningen met behulp van gewone diodes gebeurt daar waar we slechts lage spanningen nodig hebben. Voor hogere gestabiliseerde spanningen gebruiken we zenerdiodes, die in een volgende aflevering aan de orde komen.



Figuur 5.
Spanningsstabilisatie
met gewone diodes.



Figuur 6. Enkelzijdige
gelijkrichter.



Figuur 7.
Spanningsvormen
bij de enkelzijdige
gelijkrichter.

Voedingsschakelingen

Een van de belangrijkste toepassingen van diodes is die van gelijkrichter in voedingsschakelingen. Elektronische schakelingen (apparaten) hebben voor hun voeding een gelijkspanning nodig die, afhankelijk van het apparaat, tussen 1,5 V en 150 V kan liggen. Het lichtnet levert echter een wisselspanning van 230 V. Deze spanning moet dus eerst tot een acceptabele waarde omlaag worden getransformeerd, vervolgens worden gelijkgericht en afgevlakt en in de meeste gevallen ook nog worden gestabiliseerd.

Enkelzijdige gelijkrichters

De kreet 'enkelzijdig' (zie **figuur 6**) heeft niets met zijanten of zo te maken, maar wil niets anders zeggen dat telkens slechts één van de beide halve perioden van de ingangswisselspanning wordt doorgelaten – en wel de positieve halve periode – en dan nog alleen gedurende de relatief korte tijd dat de trafospanning hoger is dan de spanning over de elco plus de doorlaatspanning van de diode (die ongeveer 0,7 V bedraagt).

We hebben dit geschetst in **figuur 7**. De bovenste grafiek toont de wisselspanning zoals die door de trafo wordt geleverd. Als we de buffer- of afvlakelco even wegdenken, dan staat er over de weerstand (de belasting) een pulserende gelijkspanning zoals getekend in de middelste grafiek.

De onderste grafiek van **figuur 7** is eigenlijk het interessantst. Deze grafiek toont de spanning over de bufferelco. Tijdens de positieve halve perioden van de wisselspanning wordt deze elco steeds kortstondig op- of bijgeladen; gedurende de rest van de tijd wordt hij door de belasting ontladen. In de praktijk is die belasting meestal geen simpele weerstand maar een complete elektronische schakeling die met een gelijkstroom gevoed wenst te worden. In de volgende aflevering gaan we wat aan deze (en andere) gelijkrichters rekenen.. 

220003-03

De artikelreeks "Alle begin..." is gebaseerd op het boek "Basiscursus elektronica" van Michael Ebner, dat bij Elektor is verschenen.

Een bijdrage van

Idee en illustraties: **Michael Ebner**

Tekst en redactie: **Eric Bogers**

Layout: **Giel Dols**

Vragen of opmerkingen?

Hebt u technische vragen of opmerkingen naar aanleiding van dit artikel? Stuur een e-mail naar de redactie van Elektor via redactie@elektor.com.



GERELATEERDE PRODUCTEN

- > **Boek:**
Basiscursus elektronica
www.elektor.nl/13950
- > **E-boek:**
Basiscursus elektronica
www.elektor.nl/18232

