



2023

13. Diodes

R2: SCRAPY-gids

Projectnummer: **2021-1-FR01-KA220-SCH-000031617**



 **Co-funded by
the European Union**

De steun van de Europese Commissie voor de productie van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud, die uitsluitend de standpunten van de auteurs weergeeft, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gehouden voor het gebruik van de informatie die erin is vervat.

ECAM EPMI
30/04/2023

Inhoudsopgave

1 Inleiding.....	2
2 Ideale diodes.....	2
3 Circuit Symbool.....	3
4 Echte diode-eigenschappen	4
4.1 Stroom-spanningsrelatie	5
4.2 Voorwaartse spanning	5
4.3 Onderbrekingsspanning.....	6
4.4 Datasheets diodes	6
5 Soorten diodes	8
5.1 Vermogensdiodes.....	9
5.2 Lichtgevende diodes (LED's!)	9
5.3 Schottky diodes	11
5.4 Zenerdiodes.....	12
5.5 Fotodiodes.....	13
6. Diodetoepassingen.....	13
6.1 Gelijkrichters.....	13
6.2 Bescherming tegen omgekeerde stroom.....	15
6.3 Logische poorten	15
7. Flybackdioden en spanningspiekonderdrukking	16
8 Conclusie	17

1 Inleiding

Als je eenmaal afgestudeerd bent van de eenvoudige, passieve componenten zoals weerstanden, condensatoren en inductoren, is het tijd om de wondere wereld van de halfgeleiders binnen te stappen. Een van de meest gebruikte halfgeleidercomponenten is de diode.

Diode

In deze les behandelen we:

- Wat is een diode?
- Theorie van diodewerking
- Belangrijke diode-eigenschappen
- Verschillende soorten diodes
- Hoe diodes eruit zien
- Typische diodetoepassingen

Sommige concepten in deze les bouwen voort op eerdere elektroniekennis. Voordat je in deze les springt, kun je overwegen deze eerst te lezen (of op zijn minst door te nemen):

- Wat is een circuit?
 - Elk elektrisch project begint met een stroomkring. Weet je niet wat een stroomkring is? Wij helpen je graag.
- Spanning, stroom, weerstand en de wet van Ohm
 - Leer meer over de Wet van Ohm, een van de meest fundamentele vergelijkingen in de elektrotechniek.
- Wat is elektriciteit?
 - We kunnen elektriciteit in actie zien op onze computers, als verlichting in onze huizen, als blikseminslag in onweer, maar wat is het eigenlijk? Dit is geen gemakkelijke vraag, maar deze tutorial zal er wat licht op werpen!
- Serieschakelingen en parallelschakelingen
 - Een inleiding tot serie- en parallelschakelingen.

2 Ideale diodes

De belangrijkste functie van een ideale diode is het regelen van de stroomrichting. Stroom die door een diode loopt, kan maar in één richting gaan, de voorwaartse richting. Stroom die in de omgekeerde richting probeert te stromen, wordt geblokkeerd. Ze zijn als het ware de eenrichtingsklep van de elektronica.

Als de spanning over een diode negatief is, kan er geen stroom lopen* en ziet de ideale diode eruit als een open circuit. In zo'n situatie is de diode uitgeschakeld of in sperrichting geschakeld.

Zolang de spanning over de diode niet negatief is, zal hij "aangaan" en stroom geleiden. Idealiter* gedraagt een diode zich als een kortsluiting (0V erover) als hij stroom geleidt. Wanneer een diode stroom geleidt, is hij voorwaarts gericht (elektronic jargon voor "aan").



De stroom-spanningsrelatie van een ideale diode. Elke negatieve spanning produceert nul stroom - een open circuit. Zolang de spanning niet negatief is, lijkt de diode op een kortsluiting.

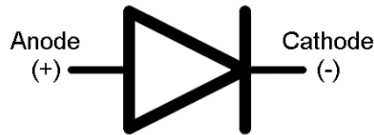
Ideale diode-eigenschappen

Werkingsmodus	Aan (voorwaarts gericht)	Uit (omgekeerd vooringesteld)
Stroom door	$I > 0$	$I = 0$
Spanning over	$V = 0$	$V < 0$
Diode ziet eruit als	Kortsluiting	Open circuit

3 Circuit Symbool

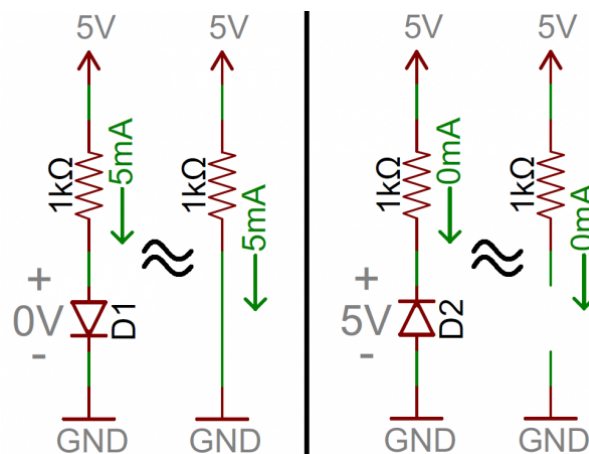
Elke diode heeft **twee aansluitingen** -- aansluitingen aan elk uiteinde van de component -- en die aansluitingen zijn **gepolariseerd**, wat betekent dat de twee aansluitingen duidelijk verschillend zijn. Het is belangrijk om de aansluitingen op een diode niet door elkaar te halen. Het positieve uiteinde van een diode wordt de **anode** genoemd en het negatieve uiteinde de **kathode**. Stroom kan van de **anode** naar de **kathode** stromen, maar niet de andere kant op. Als je vergeet in welke richting de stroom door een diode loopt, probeer dan het geheugensteuntje ACID te onthouden: "anodestroom in diode" (ook anode-kathode is een diode).

Het schakelsymbool van een standaarddiode is een driehoek tegen een lijn. Zoals we later in deze tutorial zullen behandelen, zijn er verschillende soorten diodes, maar meestal ziet hun circuitsymbool er ongeveer zo uit:



Het diodesymbool

De aansluiting die de platte rand van de driehoek ingaat, stelt de anode voor. Er stroomt stroom in de richting die de driehoek/pijl op wijst, maar het kan niet de andere kant op.



Een eenvoudig voorbeeld van een diodecircuit

Hierboven staan een paar eenvoudige voorbeelden van diodeschakelingen. Links is diode D1 forward-biased en laat stroom door het circuit lopen. Het lijkt op een kortsluiting. Rechts is diode D2 in sperrichting geschakeld. Er kan geen stroom door het circuit lopen en het ziet eruit als een open circuit.

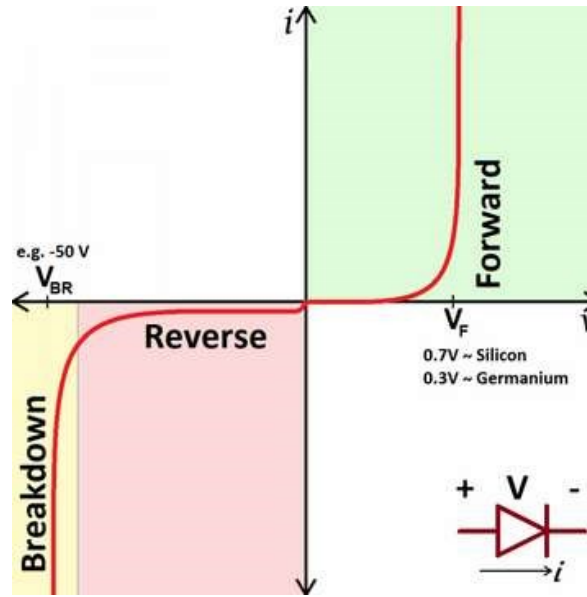
*Caveat! Asterisk! Niet helemaal waar... Helaas bestaat er niet zoiets als een ideale diode. Maar maak je geen zorgen! Diodes zijn echt, ze hebben alleen een paar eigenschappen waardoor ze iets minder goed werken dan ons ideale model...

4 Echte diode-eigenschappen

In het ideale geval blokkeren diodes elke stroom die in de omgekeerde richting loopt, of werken ze als een kortsluiting als de stroom vooruit loopt. Helaas is het gedrag van diodes in de praktijk niet helemaal ideaal. Diodes verbruiken een bepaalde hoeveelheid stroom als ze voorwaartse stroom geleiden en ze blokkeren niet alle omgekeerde stroom. Echte diodes zijn iets gecompliceerder en ze hebben allemaal unieke eigenschappen die bepalen hoe ze werken.

4.1 Stroom-spanningsrelatie

De belangrijkste diode-eigenschap is de stroom-spanningsverhouding (i-v). Deze bepaalt wat de stroom is die door een component loopt, gegeven de spanning die erover wordt gemeten. Weerstanden hebben bijvoorbeeld een eenvoudige, lineaire i-v-relatie... **de Wet van Ohm**. De i-v-curve van een diode is echter volledig niet-lineair. Hij ziet er ongeveer zo uit:



De stroom-spanningsrelatie van een diode. Om een paar belangrijke punten in de grafiek te overdrijven, zijn de schalen in zowel de positieve als de negatieve helft niet gelijk.

Afhankelijk van de spanning die erop staat, werkt een diode in één van drie gebieden:

1. Voorsprong: Wanneer de spanning over de diode positief is, is de diode "aan" en kan er stroom lopen. De spanning moet groter zijn dan de voorwaartse spanning (V_F) om de stroom iets significant te laten zijn.
2. Omgekeerde bias: Dit is de "uit"-modus van de diode, waarbij de spanning lager is dan V_F maar hoger dan $-V_{BR}$. In deze modus is de stroom (grotendeels) geblokkeerd en staat de diode uit. Een zeer kleine hoeveelheid stroom (in de orde van nA) -- de zogenaamde omgekeerde verzadigingsstroom -- kan in omgekeerde richting door de diode stromen.
3. Uitval: Als de spanning die over de diode staat erg groot en negatief is, kunnen er veel stromen in omgekeerde richting lopen, van de kathode naar de anode.

4.2 Voorwaartse spanning

Om een diode "aan" te zetten en stroom in voorwaartse richting te geleiden, moet er een bepaalde hoeveelheid positieve spanning op staan. De typische spanning die nodig is om de diode aan te zetten, wordt de voorwaartse spanning (V_F) genoemd. Deze spanning kan ook de inschakelspanning of inschakelspanning worden genoemd.

Zoals we weten van de i-v-curve zijn de stroom door en de spanning over een diode van elkaar afhankelijk. Meer stroom betekent meer spanning en minder spanning betekent minder stroom. Als de spanning echter eenmaal rond de nominale voorwaartse spanning ligt, zou een grote toename in stroom nog steeds slechts een zeer kleine toename in spanning moeten betekenen. Als een diode volledig geleidend is, kan meestal worden aangenomen dat de spanning erover gelijk is aan de doorlaatspanning.



Een multimeter met een diode-instelling kan worden gebruikt om (het minimum van) de spanningsval van een diode te meten.

De VF van een specifieke diode hangt af van het halfgeleidermateriaal waarvan hij gemaakt is. Gewoonlijk heeft een siliciumdiode een VF van ongeveer 0,6-1V. Een diode op basis van germanium kan lager zijn, rond 0,3 V. Het type diode is ook van belang bij het bepalen van de voorwaartse spanningsval; lichtgevende diodes kunnen een veel grotere VF hebben, terwijl Schottky diodes speciaal ontworpen zijn om een veel lagere voorwaartse spanning te hebben.

4.3 Doorslagspanning

Als er een voldoende grote negatieve spanning op de diode wordt gezet, zal deze bezwijken en stroom in omgekeerde richting toelaten. Deze grote negatieve spanning wordt de doorslagspanning genoemd. Sommige diodes zijn ontworpen om in het doorslaggebied te werken, maar voor de meeste normale diodes is het niet erg gezond om ze bloot te stellen aan grote negatieve spanningen.

Voor normale diodes is deze doorslagspanning ongeveer -50V tot -100V, of zelfs nog negatiever.

4.4 Datasheets diodes

Alle bovenstaande eigenschappen moeten voor elke diode in de datasheet staan. Deze datasheet voor een 1N4148 diode vermeldt bijvoorbeeld de maximale voorwaartse spanning (1V) en de doorslagspanning (100V) (naast een heleboel andere informatie):

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1000	mV
Reverse current	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
	$V_R = 20\text{ V}, T_J = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5	μA
Breakdown voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}, t_p/T = 0.01, t_p = 0.3\text{ ms}$	$V_{(BR)}$	100			V
Diode capacitance	$V_R = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}, V_{HF} = 50\text{ mV}$	C_D			4	pF
Rectification efficiency	$V_{HF} = 2\text{ V}, f = 100\text{ MHz}$	η_r	45			%
Reverse recovery time	$I_F = I_R = 10\text{ mA}, i_R = 1\text{ mA}$	t_{rr}			8	ns
	$I_F = 10\text{ mA}, V_R = 6\text{ V}, i_R = 0.1 \times I_R, R_L = 100\text{ }\Omega$	t_{rr}			4	ns
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)						
PARAMETER	TEST CONDITION	SYMBOL	VALUE	UNIT		
Repetitive peak reverse voltage		V_{RRM}	100	V		
Reverse voltage		V_R	75	V		
Peak forward surge current	$t_p = 1\text{ }\mu\text{s}$	I_{FSM}	2	A		
Repetitive peak forward current		I_{FRM}	500	mA		
Forward continuous current		I_F	300	mA		
Average forward current	$V_R = 0$	$I_{F(AV)}$	150	mA		
Power dissipation	$l = 4\text{ mm}, T_L = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	440	mW		
	$l = 4\text{ mm}, T_L \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	P_{tot}	500	mW		

Een diodegegevensblad

Een datasheet kan je zelfs een zeer bekend uitzijnde stroom-spanningsgrafiek laten zien, om meer details te geven over hoe de diode zich gedraagt. Deze grafiek uit de datasheet van de diode vergroot het bochtige, voorwaartse deel van de i-v-curve. Merk op dat meer stroom meer spanning vereist:

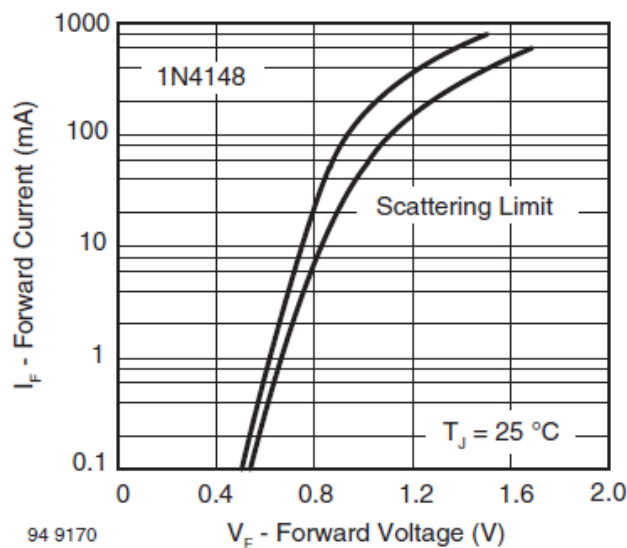


Fig. 2 - Forward Current vs. Forward Voltage

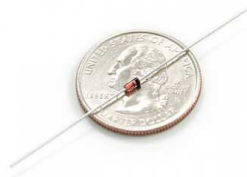
Stroom-spanningsgrafiek

Die grafiek wijst op een andere belangrijke diode-eigenschap -- de maximale voorwaartse stroom. Net als elk ander onderdeel kunnen diodes maar een beperkte hoeveelheid stroom dissiperen voordat ze ontploffen. Alle diodes moeten hun maximale stroom, sperspanning en vermogensdissipatie vermelden. Als een diode wordt blootgesteld aan meer spanning of stroom dan hij aankan, verwacht dan dat hij warm wordt (of erger; smelt, rookt,...). Sommige diodes zijn zeer geschikt voor hoge stromen -- 1A of meer -- andere, zoals de 1N4148 diode voor kleine signalen die hierboven is afgebeeld, is slechts geschikt voor ongeveer 200mA. Die 1N4148 is slechts een kleine greep uit alle verschillende soorten diodes die er zijn. Hierna zullen we onderzoeken welke verbazingwekkende verscheidenheid aan diodes er is en waar elk type voor dient.

5 soorten diodes

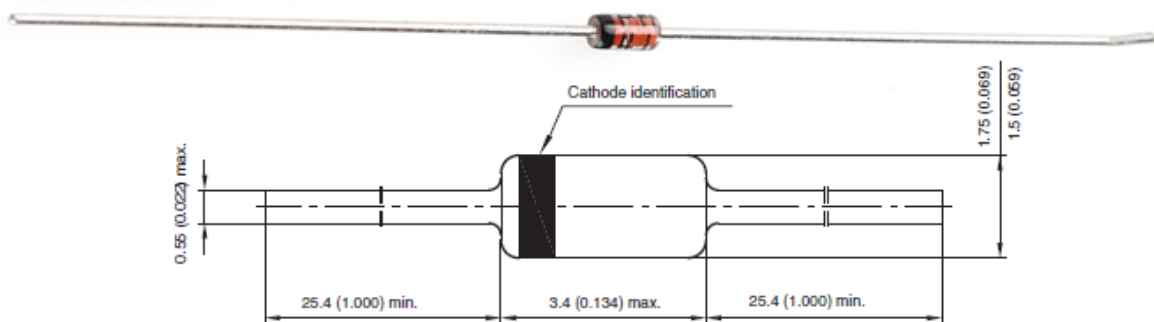
Normale diodes-Signaaldiodes

Standaard signaaldiodes behoren tot de meest elementaire, gemiddelde diodes zonder franje. Ze hebben meestal een gemiddeld hoge spanningsval en een lage maximale stroom. Een veelvoorkomend voorbeeld van een signaaldiode is de **1N4148**.



Standaard signaaldiodes

Hij is zeer geschikt voor algemene doeleinden, heeft een typische spanningsval van 0,72 V en een maximale stroom van 300 mA.



Een diode voor kleine signalen, de 1N4148. Let op de zwarte cirkel rond de diode, die aangeeft welke van de klemmen de kathode is.

5.1 Vermogensdiodes

Een gelijkricht- of vermogensdiode is een standaarddiode met een veel hogere maximale stroomsterkte. Deze hogere stroomsterkte gaat meestal ten koste van een grotere voorwaartse spanning. De 1N4001 is een voorbeeld van een vermogensdiode.

De 1N4001 heeft een stroomsterkte van 1A en een voorwaartse spanning van 1,1V.



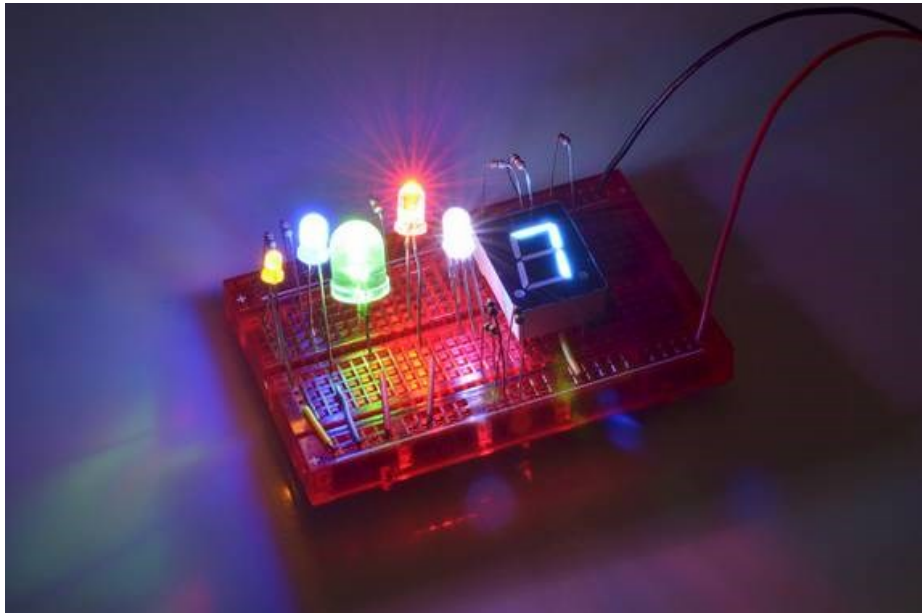
Een 1N4001 PTH-diode.



Een 1N4001 PTH-diode. Deze keer geeft een grijze band aan welke pin de kathode is.

5.2 Lichtgevende diodes (LED's!)

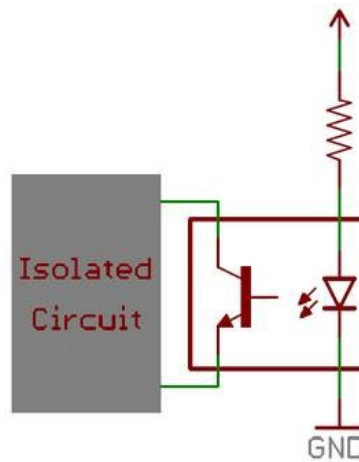
Het meest flitsende lid van de diodefamilie is ongetwijfeld de lichtgevende diode (LED). Deze diodes lichten letterlijk op wanneer er een positieve spanning op wordt gezet.



Een handvol doorlopende LED's. Van links naar rechts: een gele 3mm, blauwe 5mm, groene 10mm, superheldere rode 5mm, een RGB 5mm en een blauwe 7-segment LED.

Net als gewone diodes laten LED's maar in één richting stroom door. Ze hebben ook een nominale voorwaartse spanning, dat is de spanning die nodig is om ze te laten oplichten. De VF-waarde van een LED is meestal hoger dan die van een normale diode (1,2~3V) en hangt af van de kleur die de LED uitstraalt. De nominale doorlaatspanning van een Super Bright Blue LED is bijvoorbeeld ongeveer 3,3 V, terwijl die van een even grote Super Bright Red LED slechts 2,2 V is.

Je vindt LED's meestal in verlichtingstoepassingen. Ze zijn blinkend en leuk! Maar meer nog, hun hoge efficiëntie heeft geleid tot een wijdverspreid gebruik in straatverlichting, beeldschermen, achtergrondverlichting en nog veel meer. Andere LED's zenden licht uit dat niet zichtbaar is voor het menselijk oog, zoals infrarood-LED's, die de ruggengraat vormen van de meeste afstandsbedieningen. Een ander veelgebruikt gebruik van LED's is het optisch isoleren van een gevaarlijk hoogspanningssysteem van een laagspanningscircuit. Opto-isolatoren koppelen een infrarode LED aan een fotosensor, die stroom laat lopen wanneer deze het licht van de LED detecteert. Hieronder zie je een voorbeeldschakeling van een opto-isolator. Merk op hoe het schematische symbool voor de diode verschilt van de normale diode. LED-symbolen voegen een paar pijlen toe die uit het symbool steken.



Een optoisolator

5.3 Schottky diodes

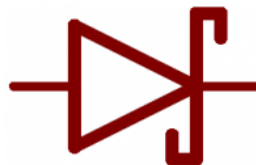
Een andere veelgebruikte diode is de Schottky-diode.



Een Schottky-diode

De halfgeleidersamenstelling van een Schottky-diode is iets anders dan die van een normale diode en dit resulteert in een veel **kleinere spanningsval**, die meestal tussen 0,15V en 0,45V ligt. Ze hebben echter nog steeds een zeer grote doorslagspanning.

Schottky diodes zijn vooral nuttig bij het beperken van verliezen wanneer elk beetje spanning *moet worden* gespaard. Ze zijn uniek genoeg om een eigen circuitsymbool te krijgen, met een paar bochten aan het uiteinde van de kathodelijn.



Een Schottky-diode symbool

5.4 Zenerdiodes

Zenerdiodes zijn de vreemde verschoppeling van de diodefamilie. Ze worden meestal gebruikt om opzettelijk omgekeerde stromen te geleiden.

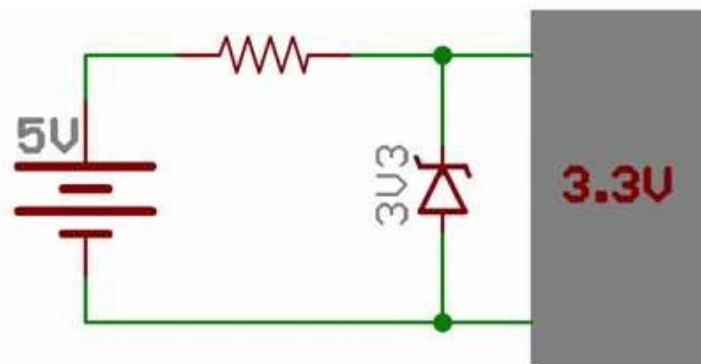


Een Zenerdiode

Zeners zijn ontworpen om een zeer precieze doorslagspanning te hebben, die de Zener doorslagspanning of Zener-spanning wordt genoemd. Als er voldoende stroom in omgekeerde richting door de Zener loopt, blijft de spanningsval over de Zener constant op de doorslagspanning.

Zenerdiodes maken gebruik van hun doorslageigenschappen en worden vaak gebruikt om een bekende referentiespanning te creëren op precies hun Zenerspanning. Ze kunnen worden gebruikt als spanningsregelaar voor kleine belastingen, maar ze zijn niet gemaakt om de spanning te regelen van circuits die grote hoeveelheden stroom trekken.

Zener is speciaal genoeg om een circuitsymbool te krijgen, met golvende uiteinden op de kathodelijn. Het symbool kan zelfs definiëren wat precies de Zenerspanning van de diode is. Hier is een 3,3V Zenerdiode die een solide 3,3V spanningsreferentie creëert:



3,3V Zenerdiode die een solide 3,3V spanningsreferentie creëert.

5.5 Fotodiodes

Fotodiodes zijn speciaal geconstrueerde diodes die energie opvangen uit fotonen van licht (zie Natuurkunde, kwantum) om elektrische stroom op te wekken. Ze werken als een soort anti-LED.



Een BPW34 fotodiode (niet het kwartje, maar het kleine dingetje erbovenop). Zet hem onder de zon en hij kan ongeveer een paar μW vermogen opwekken!

Zonnecellen profiteren het meest van fotodiodetechnologie. Maar deze diodes kunnen ook worden gebruikt om licht te detecteren of zelfs om optisch te communiceren.

6. Diodetoepassingen

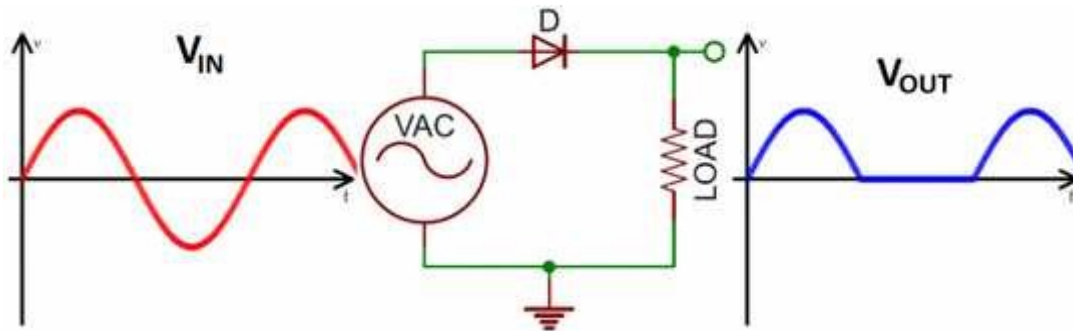
Voor zo'n eenvoudig onderdeel hebben diodes enorm veel toepassingen. Je vindt een soort diode in ongeveer elk circuit. Ze kunnen in van alles voorkomen, van digitale logica met kleine signalen tot een stroomconversieschakeling met hoge spanning. Laten we eens een paar van deze toepassingen bekijken.

6.1 Gelijkrichters

Een gelijkrichter is een schakeling die wisselstroom (AC) omzet in gelijkstroom (DC). Deze omzetting is cruciaal voor allerlei soorten huishoudelijke elektronica. Wisselsignalen komen uit de stopcontacten in je huis, maar gelijkstroom voedt de meeste computers en andere micro-elektronica.

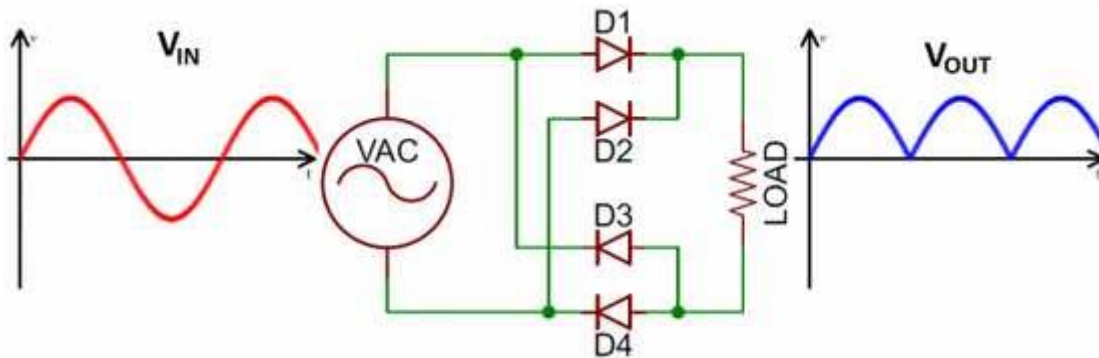
Stroom in wisselstroomcircuits wisselt af -- wisselt snel tussen stroom in de positieve en negatieve richting -- maar stroom in een gelijkstroomsignaal loopt maar in één richting. Om AC naar DC om te zetten hoef je er dus alleen maar voor te zorgen dat de stroom niet in de negatieve richting kan lopen. Klinkt als een taak voor DIODES!

Een halfgolfgelijkrichter kan worden gemaakt uit slechts één diode. Als een wisselspanningssignaal, zoals een sinus, door een diode wordt gestuurd, wordt elke negatieve component van het signaal weggefilterd.



Ingangs- (rood/links) en uitgangsspanningsgolfvormen (blauw/rechts) nadat ze door het circuit van de halvegolfgelijkrichter zijn gegaan (midden).

Een full-wave bruggelijkrichter gebruikt vier diodes om die negatieve hobbels in het AC signaal om te zetten in positieve hobbels.



Het circuit van de bruggelijkrichter (midden) en de uitgangsgolfvorm die het creëert (blauw/rechts).

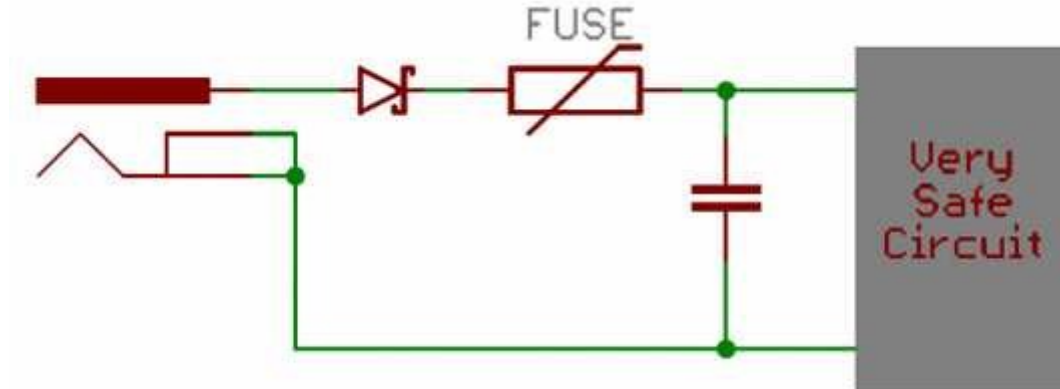
Deze circuits zijn een kritisch onderdeel van AC-naar-DC voedingen, die het 120/240VAC signaal van het stopcontact omzetten in 3,3V, 5V, 12V, enz. DC-signalen. Als je een **wart** uit elkaar haalt, zie je waarschijnlijk een handvol diodes die het signaal gelijkrichten.



Zie je de vier diodes die een bruggelijkrichter vormen in deze wart?

6.2 Bescherming tegen omgekeerde stroom

Ooit een batterij op de verkeerde manier geplaatst? Of de rode en zwarte stroomdraden verwisseld? Als dat het geval is, kan het aan een diode liggen dat je circuit nog leeft. Een diode in serie met de positieve kant van de voeding wordt een omgekeerde beveiligingsdioden genoemd. Hij zorgt ervoor dat de stroom alleen in de positieve richting kan stromen en dat de voeding alleen een positieve spanning op je circuit zet.



Bescherming tegen omgekeerde stroom

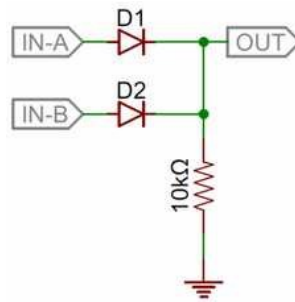
Deze diodetoepassing is handig wanneer een voedingsconnector niet gepolariseerd is, waardoor het gemakkelijk is om te knoeien en per ongeluk de negatieve voeding aan te sluiten op de positieve van het ingangscircuit.

Het nadeel van een omgekeerde beveiligingsdioden is dat er wat spanningsverlies optreedt als gevolg van de voorwaartse spanningsval. Dit maakt Schottky diodes een uitstekende keuze voor diodes met sperbeveiliging.

6.3 Logische poorten

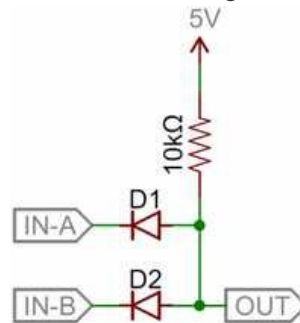
Vergeet transistors! Eenvoudige digitale logische poorten, zoals de AND of de OR, kunnen worden opgebouwd uit diodes.

Een diode met twee ingangen kan bijvoorbeeld opgebouwd worden uit twee diodes met gedeelde kathodeknopen. De uitgang van het logische circuit bevindt zich ook op dat knooppunt. Wanneer één van beide ingangen (of beide) een logische 1 is (hoog/5V), wordt de uitgang ook een logische 1. Als beide ingangen een logische 0 (laag/0V) zijn, wordt de uitgang laag getrokken door de weerstand.



Diode twee-ingang OR

Een AND-poort is op dezelfde manier opgebouwd. De *anodes* van beide diodes zijn verbonden, waar de uitgang van de schakeling zich bevindt. Beide ingangen moeten logisch 1 zijn, zodat de stroom naar de uitgangspen loopt en deze ook hoog wordt. Als een van beide ingangen laag is, loopt de stroom van de 5V-voeding door de diode.



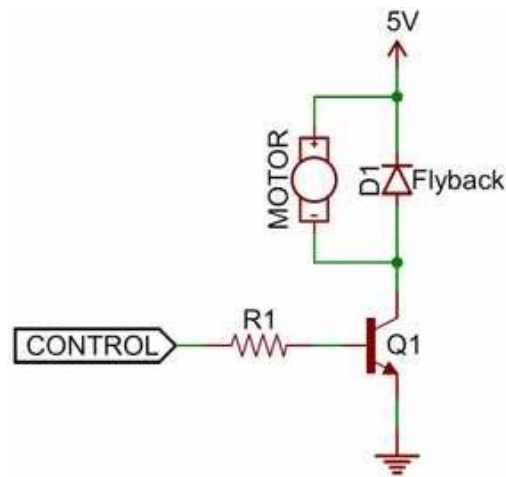
Diode met AND-poort

Voor beide logische poorten kunnen meer ingangen worden toegevoegd door slechts één diode toe te voegen.

7. Flybackdioden en spanningspiekonderdrukking

Diodes worden vaak gebruikt om potentiële schade door onverwachte grote spanningspieken te beperken. Transient-voltage-suppression (TVS) diodes zijn speciale diodes, zoals meer zen diodes -- lage doorslagspanningen (vaak rond de 20V) -- maar met zeer grote vermogens (vaak in de orde van kilowatts). Ze zijn ontworpen om stromen af te leiden en energie te absorberen wanneer spanningen hun doorslagspanning overschrijden.

Flyback diodes hebben een vergelijkbare functie in het onderdrukken van spanningspieken, met name spanningspieken die worden veroorzaakt door een inductieve component, zoals een motor. Wanneer de stroom door een spoel plotseling verandert, ontstaat er een spanningspiek, mogelijk een zeer grote, negatieve piek. Een flyback diode geplaatst over de inductieve belasting zal dat negatieve spannings signaal een veilige weg geven om te ontladen, waarbij het in feite steeds opnieuw door de spoel en diode loopt totdat het uiteindelijk uitdooft.



Flyback diode

Dat is nog maar een handvol toepassingen voor deze geweldige kleine halfgeleidercomponent.

8 Conclusie

Nu je diodes onder de knie hebt, wil je meer halfgeleiders onderzoeken:

- Transistors
- LED's
- Of leer meer over geïntegreerde schakelingen, zoals:
 - 555-timers
 - Operationele versterkers
 - Verschuivingsregisters

Of ontdek enkele andere veelgebruikte elektronische onderdelen:

- Weerstanden
- Condensatoren
- Inductoren
- Spanningsregelaars