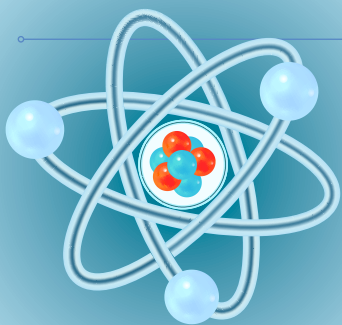




Alle begin...

...hoeft niet zo moeilijk te zijn

Eric Bogers

Als beloofd in de vorige aflevering uit deze serie gaan we ons nu met 'tastbare' componenten bezighouden – met weerstanden om precies te zijn. Daarover valt meer te vertellen dan u wellicht zou denken: er zijn weerstanden, en weerstanden, en weerstanden, en...

Weerstanden

Weerstanden worden tot de passieve componenten gerekend omdat daarmee (in tegenstelling tot actieve componenten) geen signalen kunnen worden versterkt. Passieve componenten zijn weerstanden, condensatoren en spoelen; actieve componenten zijn onder andere transistoren, triacs – en ja, ook diodes worden tot de actieve componenten gerekend. Eigenlijk klopt dat niet (een diode versterkt immers niet) maar omdat we alle halfgeleiders van oudsher op één hoop gooien, worden diodes ook 'actief' genoemd. Dit gezegd zijnde, zullen we eerst eens kijken hoe weerstanden er eigenlijk uit zien. In **figuur 1** hebben we de bekendste verte-

genwoordigers geportretteerd. Helemaal onderaan ziet u een metaalfilmweerstand en daarboven een koelfilmweerstand, beide met een belastbaarheid van 0,25 W. Met belastbaarheid wordt bedoeld het maximale vermogen dat in de weerstand in warmte kan worden omgezet zonder dat die weerstand kapot gaat. Dat is iets om in de gaten te houden!

Voor weerstanden geldt niet alleen een maximale belastbaarheid, maar ook een maximale spanning; als die wordt overschreden kan er overslag optreden en gaat de weerstand in elk geval kapot. Bij de huis-, tuin- en keukenweerstanden die doorgaans in hobbyprojecten worden gebruikt, bedraagt de maximale spanning meestal 250 V; daar hoeven we ons in de praktijk dus niet zoveel zorgen over te maken.

Terug naar figuur 1: midden links twee weerstanden met een grotere belastbaarheid (0,5 W en 1 W), en helemaal boven een gecementeerd exemplaar van 39 Ω dat 11 W kan verwerken. De vermogensweerstand midden rechts is een exemplaar dat op een koellichaam wordt geschroefd en dan maar liefst 25 W kan verwerken.

Normale weerstanden voor dagelijks gebruik zijn klein (de twee onderste in figuur 1) – zo klein dat het onmogelijk is de waarde ervan in leesbare vorm er op te drukken. (Er zijn tegenwoordig nog veel kleinere componenten op de markt, zogenaamde SMD's of *Surface Mounted Devices*, maar omdat deze artikelreeks voor de elektronica-beginner is bedoeld en SMD's werkelijk niet voor een eerste kennismaking geschikt zijn, gaan we daar niet op in. We blijven bij de vertrouwde 'bedrade' en goed hanteerbare componenten.) Daarom wordt de waarde met gekleurde ringen aangegeven.

De kleurcode

Er zijn weerstanden met vier en met vijf kleurringen. De eerste twee of drie ringen geven de waarde van de weerstand aan, die nog vermenigvuldigd moet worden met een (decimale) factor die door de één-na-laatste ring wordt aangegeven. De laatste ring tenslotte geeft de

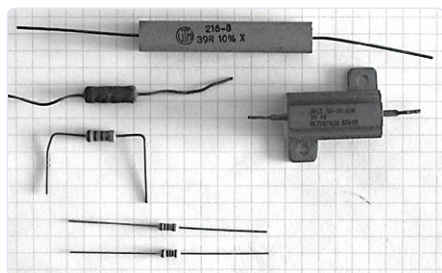
tolerantie aan. Tolerantie? Jazeker: wanneer we een partij weerstanden van 1000 Ω nemen en die met een uiterst nauwkeurige ohmmeter nameten, zien we dat geen twee weerstanden exact dezelfde waarde hebben. De ene zal 1001,3 Ω zijn, de andere 998,6 Ω enzovoort. Dat komt door onvermijdelijke kleine fabricage-afwijkingen. Met de tolerantie wordt aangegeven tussen welke uiterste waarden de werkelijke waarde van een weerstand ligt. Bij een 1000- Ω -weerstand met een tolerantie van 5% (dat is een 'normale' koelfilmweerstand) ligt de werkelijke waarde tussen 950 Ω en 1050 Ω ; bij een 1%-exemplaar (een metaalfilmweerstand) ligt de werkelijke waarde tussen 990 Ω en 1010 Ω . (Met dien verstande dat nog altijd uitschieters mogelijk zijn waarvan de waarde buiten de tolerantiegrenzen valt, maar dat komt niet vaak voor.)

Terzijde: voor de meeste toepassingen zijn 5%-koelfilmweerstanden goed genoeg; alleen als het werkelijk heel nauwkeurig moet (in filterschakelingen bijvoorbeeld) en/of als de schakeling zo ruisarm mogelijk moet worden opgebouwd (bijvoorbeeld een high-end audioversterker) gebruiken we de (duurdere) metaalfilmweerstanden.

Tabel 1 geeft de kleurcode van weerstanden. Een 1%-metaalfilmweerstand van 1 k Ω draagt overeenkomstig tabel 1 de kleurcode bruin, zwart, zwart, bruin, bruin. Jammer genoeg is het in dit geval niet op het eerste gezicht duidelijk in welke richting de code gelezen moet worden – omgekeerd gelezen zou het een weerstand van 110 Ω kunnen zijn... (Niet al te snel de moed opgeven – oefening baart kunst en in geval van twijfel biedt de ohmmeter uitkomst.)

Een ander nadeel van de gekleurde ringen is dat bijvoorbeeld de kleuren rood en oranje soms lastig te onderscheiden zijn. Ook hier: in geval van twijfel de ohmmeter ter hand nemen.

Weerstanden worden (om voor de hand liggende redenen) niet in elke denkbare waarde geproduceerd, maar in genormeerde reeksen. De waarden van die reeksen zijn zo gekozen dat de maximale positieve tolerantie van een waarde aansluit op de maximale



Figuur 1. Enkele weerstanden.

Tabel 1. Kleurcode van weerstanden

waarde				factor	tolerantie
4 ringen	1 ^e ring	2 ^e ring	-	3 ^e ring	4 ^e ring
5 ringen	1 ^e ring	2 ^e ring	3 ^e ring	4 ^e ring	5 ^e ring
zwart	-	0	0	1	
bruin	1	1	1	10	±1%
rood	2	2	2	100	±2%
oranje	3	3	3	1 k	
geel	4	4	4	10 k	
groen	5	5	5	100 k	±0,5%
blauw	6	6	6	1 M	
violet	7	7	7	10 M	
grijs	8	8	8	100 M	
wit	9	9	9	1 G	
goud	-	-	-	0,1	±5%
zilver	-	-	-	0,01	±10%

negatieve tolerantie van de eersthogere waarde. De meestvoorkomende reeksen zijn de zogenaamde E-reeksen (zie **tabel 2**) die op hun beurt weer in verschillende decaden worden geproduceerd (bijvoorbeeld 2,2 Ω, 22 Ω, 220 Ω, 2,2 kΩ, 22 kΩ, 220 kΩ en 2,2 MΩ). (Tussen haakjes: er bestaan ook zogenaamde R-reeksen, maar de kans dat u daar ooit mee te maken krijgt is uiterst klein. Die laten we daarom voor wat ze zijn.)

In elk geval moge duidelijk zijn: wanneer u ooit een uiterst nauwkeurige en tegelijk uiterst 'kromme' waarde (daarmee bedoelen we een waarde die in geen van de E-reeksen voorkomt) nodig hebt, dan valt die met een geschikt gekozen parallel- en/of serieschakeling van E24-weerstanden wel te realiseren. Of u gebruikt natuurlijk een variabele weerstand...

Variabele weerstanden

Potentiometers (potmeters) en instelpotmeters zijn weerstanden waarvan de waarde gewijzigd kan worden. Potentiometers zijn voorzien van een as die door een gat in de behuizing van een apparaat steekt, en kunnen door de gebruiker worden bediend. Het bekendste voorbeeld is natuurlijk de volumeregelaar van een versterker (hoewel – in het huidige digitale tijdperk worden daarvoor vaak pulsgevers (encoders) gebruikt). Instelpotmeters bevinden zich daarentegen in een apparaat (meestal op de print) en zijn bedoeld voor éénmalige afregeling (met een kleine schroevendraaier of een speciaal trimmeleutje).

Figuur 2 toont enkele voorbeelden van (instel) potmeters. Rechts ziet u de vooral in mengpanelen toegepaste schuifregelaar of fader. In

het midden twee gewone potmeters, boven een mono- en onder een stereo-exemplaar. Zo'n stereo-potmeter bestaat eigenlijk uit twee mono-potmeters met een gemeenschappelijke as.

Vaak wordt bij een draaipotmeter een sleepcontact over een koolstofbaan heen en weer bewogen. Door veroudering en vervuiling gaat zo'n potmeter op een gegeven moment 'kraken' en vooral bij versterkers is dit uiterst ongewenst. Als de potmeter in kwestie niet hermetisch is afgesloten, kan een speciale spray tijdelijk uitkomst bieden (met de nadruk op tijdelijk). Anders kunt u proberen de as enkele malen krachtig van de ene aanslag naar de andere te draaien en weer terug – maar ook dit brengt in het beste geval slechts kort soelaas.

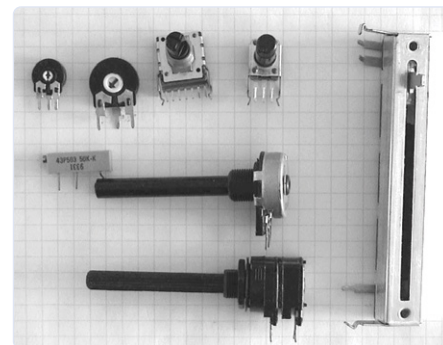
Cermet-potmeters zijn minder gevoelig voor deze ouderdomsverschijnselen (en zijn dan ook duurder); in figuur 2 ziet u midden boven twee exemplaren (rechts mono en links stereo).

Linksboven in figuur 2 tenslotte nog twee instelpotmeters (in gesloten uitvoering, die zijn iets minder gevoelig voor stof en vuil).

Lineair of logaritmisch?

In onderdelenlijsten staat achter potentiometers vaak de afkorting log of lin. Dat staat voor logaritmisch resp. lineair, en daarmee wordt aangegeven hoe de weerstandswaarde als functie van de verdraaiing verandert. Logaritmische potmeters worden vooral als volumeregelaar van versterkers gebruikt omdat ons gehoor ook een min of meer logaritmische karakteristiek heeft.

In **figuur 3** ziet u de schemasymbolen voor

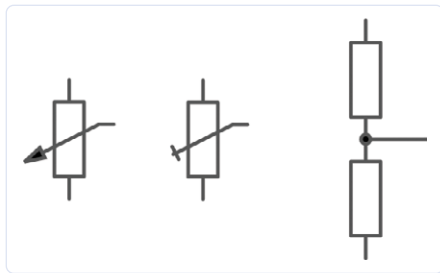


Figuur 2. Potentiometers en instelpotmeters.

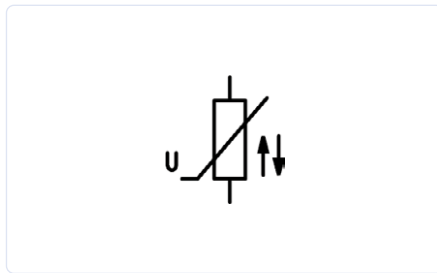
potmeters: links een potentiometer, in het midden een instelpotmeter en rechts het vervangingsschema. Afhankelijk van de stand van het sleepcontact (de middelste aansluiting

Tabel 2.
Genormeerde weerstandswaarden

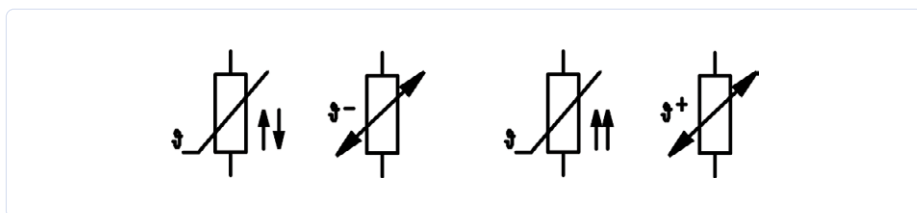
E3	E6	E12	E24
1	1	1	1
			1,1
		1,2	1,2
			1,3
	1,5	1,5	1,5
			1,6
		1,8	1,8
			2,0
2,2	2,2	2,2	2,2
			2,4
		2,7	2,7
			3,0
	3,3	3,3	3,3
			3,6
		3,9	3,9
			4,3
4,7	4,7	4,7	4,7
			5,1
		5,6	5,6
			6,2
	6,8	6,8	6,8
			7,5
		8,2	8,2
			9,1



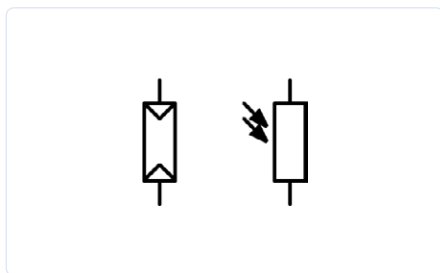
Figuur 3. Potentiometers: schemasymbolen.



Figuur 4. Spanningsafhankelijke weerstand (VDR).



Figuur 5. NTC- en PTC-weerstanden.



Figuur 6. Lichtgevoelige weerstand (LDR).

in het schemasymbool) varieert de waarde van de beide deelweerstand. Net als bij gewone weerstanden geldt ook voor potmeters een maximale belastbaarheid.

Speciale weerstanden

Er bestaat een hele reeks weerstanden waarvan de waarde afhankelijk van een bepaalde fysische grootheid varieert. De meestvoorkomende komen hieronder kort aan de orde.

Figuur 4 toont het schemasymbool van een spanningsafhankelijke weerstand (**Voltage Dependent Resistor** – VDR). Zodra een bepaalde spanning wordt overschreden wordt een VDR zeer laagohmig; de component kan op die manier andere onderdelen tegen overspanning beschermen. Vaak worden VDR's gebruikt om nettrafo's tegen overspanning te beschermen (wat kan gebeuren bij een verkeerd aangesloten nulleider). Door de VDR loopt dan zoveel stroom dat de netzekering zal aanspreken en het gevaar

geweken is. Daarna moet de VDR echter meestal worden vervangen.

In **figuur 5** zien we enkele vertegenwoordigers van het genus 'temperatuurgevoelige weerstand'. De twee symbolen ter linkerzijde staan voor een NTC-weerstand (negatieve temperatuurcoëfficiënt); de bij beide symbolen rechts staan voor PTC-weerstanden (positieve temperatuurcoëfficiënt). Bij een NTC-weerstand neemt de weerstandswaarde af naarmate de weerstand warmer wordt; bij een PTC-weerstand is dat natuurlijk precies omgekeerd. NTC-weerstanden worden soms gebruikt om inschakelstromen te begrenzen: in conventionele eindversterkers zitten meestal zware nettransformatoren en dikke afvlakcondensatoren die op het moment van inschakelen nog ongeladen zijn. Er loopt dan direct na het inschakelen een extreem grote stroom die in het ergste geval de netzekering kan doen aanspreken. Een NTC kan dit probleem verhelpen door de stroom in eerste instantie te begrenzen; naarmate de NTC warmer wordt (ten gevolge van de stroom die er doorheen loopt) neemt de stroom toe tot deze uiteindelijk de nominale waarde bereikt. Meestal worden deze stroombegrenzende weerstanden na enkele seconden door een (elektromechanisch) relais overbrugd zodat er dan geen vermogen meer in de NTC-weerstand verloren gaat.

Tenslotte toont **figuur 6** de lichtgevoelige weerstand (**Light Dependent Resistor**, LDR). Naarmate er meer licht op deze LDR valt, neemt de weerstandswaarde ervan steeds meer af. In het verleden werden deze

Vragen of opmerkingen?

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

weerstand vaak in lichtsluizen toegepast; het nadeel ervan was en is echter dat ze relatief traag reageren op een lichtverandering. Tegenwoordig worden daarvoor bij voorkeur zogenaamde fotodioden of fototransistoren gebruikt.

Hiermee komen we aan het eind van onze bespreking van de weerstanden; volgende keer gaan we verder met condensatoren. 

200551-01

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



GERELATEERDE
PRODUCTEN

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