



2023

4. Elektrisch vermogen

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 Theorie Wat is elektrische stroom?	2
3. Producenten en consumenten.....	3
4. Wattage.....	3
5. Vermogen berekenen.....	4
6. Vermogen berekenen in weerstandscircuits	5
7. Vermogen	5
7.1 Vermogenswaarden weerstanden.....	6
8 Conclusie	8

1 Inleiding

Waarom geven we om vermogen? Vermogen is de meting van energieoverdracht in de tijd, en energie kost geld. Batterijen zijn niet gratis en dat spul dat uit je stopcontact komt ook niet. Vermogen meet dus hoe snel de centen uit je portemonnee verdwijnen!

Energie is ook... energie. Het komt in vele, potentieel schadelijke, vormen -- hitte, straling, geluid, nucleair, enz. -- en meer vermogen betekent meer energie. Het is dus belangrijk om een idee te hebben met wat voor soort energie je werkt als je met elektronica speelt. Gelukkig kun je bij het spelen met Arduino's, het aansteken van LED's en het laten draaien van kleine motortjes, als je niet weet hoeveel stroom je gebruikt, alleen een weerstand laten roken of een IC laten smelten.

Wordt in deze les behandeld:

- De definitie van macht
- Voorbeelden van elektrische energieoverdracht
- Watts, de SI-eenheid van vermogen
- Vermogen berekenen met behulp van spanning, stroom en weerstand
- Maximale vermogens

2 Wat is elektrische stroom?

Er zijn veel soorten kracht -- fysieke, sociale, super, geurblokkering en liefde -- maar in deze les richten we ons op elektrische kracht. Dus, wat is elektrische kracht?

In algemene natuurkundige termen wordt vermogen gedefinieerd als de snelheid waarmee energie wordt overgedragen (of getransformeerd).

Wat is energie en hoe wordt het overgedragen? Het is moeilijk om het eenvoudig te zeggen, maar energie is het vermogen van iets om iets anders te bewegen. Er zijn vele vormen van energie: mechanische, elektrische, chemische, elektromagnetische, thermische en vele andere.

Energie kan nooit worden gecreëerd of vernietigd, alleen worden overgedragen naar een andere vorm. Veel van wat we in de elektronica doen is het omzetten van verschillende vormen van energie naar en van elektrische energie. Lichtgevende LED's zetten elektrische energie om in elektromagnetische energie. Draaiende motoren zetten elektrische energie om in mechanische energie. Zoemende zoemers maken geluidsenergie. Een circuit voeden met een 9V alkalinebatterij zet chemische energie om in elektrische energie. Dit zijn allemaal vormen van energieoverdracht.

Geconverteerd energietype	Geconverteerd door
Mechanisch	Elektrische motor
Elektromagnetisch	LED
Warmte	Weerstand
Chemisch	Batterij
Wind	Windmolen

Bijvoorbeeld elektrische componenten, die elektrische energie overbrengen naar een andere vorm.

Elektrische energie in het bijzonder begint als elektrische potentiële energie -- wat we liefkozend spanning noemen. Wanneer elektronen door die potentiële energie stromen, verandert deze in elektrische energie. In de meeste bruikbare schakelingen wordt die elektrische energie omgezet in een andere vorm van energie. Elektrisch vermogen wordt gemeten door te combineren hoeveel elektrische energie er wordt overgedragen en hoe snel die overdracht gebeurt.

3. Producenten en consumenten

Elke component in een circuit verbruikt of produceert elektrische energie. Een verbruiker zet elektrische energie om in een andere vorm. Wanneer bijvoorbeeld een LED brandt, wordt elektrische energie omgezet in elektromagnetische energie. In dit geval verbruikt de gloeilamp stroom. Elektrische energie wordt geproduceerd wanneer energie van een andere vorm wordt omgezet in elektriciteit. Een batterij die stroom levert aan een circuit is een voorbeeld van een stroomproducent.

4. Wattage

Energie wordt gemeten in joules (J). Omdat vermogen een maat is voor energie over een bepaalde tijd, kunnen we het meten in **joules per seconde**. De SI-eenheid voor joules per seconde is de **watt**, afgekort als *W*.

$$watt = W = \frac{joule}{second} = \frac{J}{s}$$

Het is heel gebruikelijk om "watt" voorafgegaan te zien door een van de standaard SI-voorvoegsels: microwatts (μW), milliwatts (mW), kilowatts (kW), megawatts (MW) en gigawatts (GW) komen allemaal voor, afhankelijk van de situatie.

Voorvoegsel Naam	Voorvoegsel Afkorting	Gewicht
Nanowatt	nW	10-9
Microwatt	μW	10-6
Milliwatt	mW	10-3
Watt	W	100
Kilowatt	kW	103
Megawatt	MW	106
Gigawatt	GW	109

Microcontrollers, zoals de Arduino, werken meestal in het μW - of mW-bereik. Laptopcomputers en desktopcomputers werken in het standaard wattbereik. Het energieverbruik van een huis ligt meestal in het kilowattbereik. Grote stadions kunnen

werken in het megawattbereik. En gigawatts worden gebruikt voor grootschalige energiecentrales en tijdmachines.

5. Vermogen berekenen

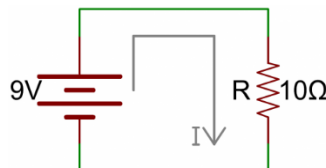
Elektrisch vermogen is de snelheid waarmee energie wordt overgedragen. Het wordt gemeten in joules per seconde (J/s) -- een watt (W). Hoe kunnen we, gegeven de paar basiselektriciteits termen die we kennen, het vermogen in een circuit berekenen? Nou, we hebben een zeer standaard meting met betrekking tot potentiële energie -- volt (V) -- die worden gedefinieerd in termen van joules per eenheid van lading (coulomb) (J/C). Stroom, een andere favoriete elektriciteits term, meet de ladingstroom in de tijd in termen van ampère (A) -- coulomb per seconde (C/s). Voeg de twee samen en wat krijgen we dan! Stroom!

Om het vermogen van een bepaalde component in een circuit te berekenen, vermenigvuldig je de spanningsval erover met de stroom die er doorheen loopt.

$$P = VI \quad \text{power} = \text{volts} \times \text{amperes} = \frac{\text{joules}}{\text{coulomb}} \times \frac{\text{coulomb}}{\text{second}} = \text{watt}$$

Bijvoorbeeld

Hieronder staat een eenvoudig (maar niet bijzonder functioneel) circuit: een 9V batterij aangesloten over een weerstand van 10Ω.



Een eenvoudig circuit

Hoe berekenen we het vermogen over de weerstand? Eerst moeten we de stroom vinden die er doorheen loopt. Makkelijk zat...de wet van Ohm!

$$I = \frac{V}{R} = \frac{9V}{10\Omega} = 0.9A = 900mA$$

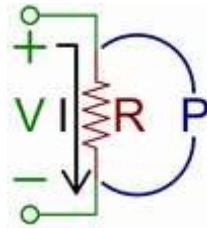
Oké, er loopt 900mA (0,9A) door de weerstand en er staat 9V overheen. Wat voor vermogen wordt er dan op de weerstand gezet?

$$P = I \times V = 9V \times 0.9A = 8.1W$$

Een weerstand zet elektrische energie om in warmte. Dit circuit zet dus elke seconde 8,1 joule elektrische energie om in warmte.

6. Vermogen berekenen in weerstandscircuits

Als het gaat om het berekenen van vermogen in een puur resistief circuit, is het kennen van twee van de drie waarden (spanning, stroom en/of weerstand) alles wat je nodig hebt.



A Weerstandscircuits

Door de wet van Ohm ($V=IR$ of $I=V/R$) in onze traditionele vermogensvergelijking te stoppen, kunnen we twee nieuwe vergelijkingen maken. De eerste, puur in termen van spanning en weerstand:

$$P = \frac{V^2}{R}$$

In ons vorige voorbeeld is $9V^2/10\Omega$ (V^2/R) dus 8,1W en hoeven we nooit de stroom door de weerstand te berekenen.

Een tweede vermogensvergelijking kan alleen worden gevormd in termen van stroom en weerstand:

$$P = I^2 \times R$$

Waarom maken we ons druk om het vermogen dat op een weerstand wordt gezet? Of welke andere component dan ook. Onthoud dat vermogen de overdracht is van energie van het ene type naar het andere. Wanneer die elektrische energie van de stroombron de weerstand raakt, wordt de energie omgezet in warmte. Meer warmte dan de weerstand aankan. Dit brengt ons bij... vermogenswaardes.

7. Vermogenswaardes

Alle elektronische componenten brengen energie over van het ene type naar het andere. Sommige energieoverdrachten zijn gewenst: LED's die licht uitzenden, motoren die draaien en batterijen die worden opgeladen. Andere energieoverdrachten zijn ongewenst, maar ook onvermijdelijk. Deze ongewenste energieoverdrachten zijn **vermogensverliezen**, die meestal zichtbaar worden in de vorm van warmte. Te veel energieverlies -- te veel warmte op een component -- kan zeer ongewenst worden.

Zelfs wanneer energieoverdracht het hoofddoel is van een component, zullen er nog steeds verliezen zijn naar andere vormen van energie. LED's en motoren produceren bijvoorbeeld nog steeds warmte als bijproduct van hun andere energieoverdracht.

De meeste componenten hebben een waarde voor het maximale vermogen dat ze kunnen dissiperen en het is belangrijk om ze onder die waarde te laten werken. Zo voorkom je wat we liefkozend "de magische rook laten ontsnappen" noemen.

7.1 Vermogenswaarden weerstanden

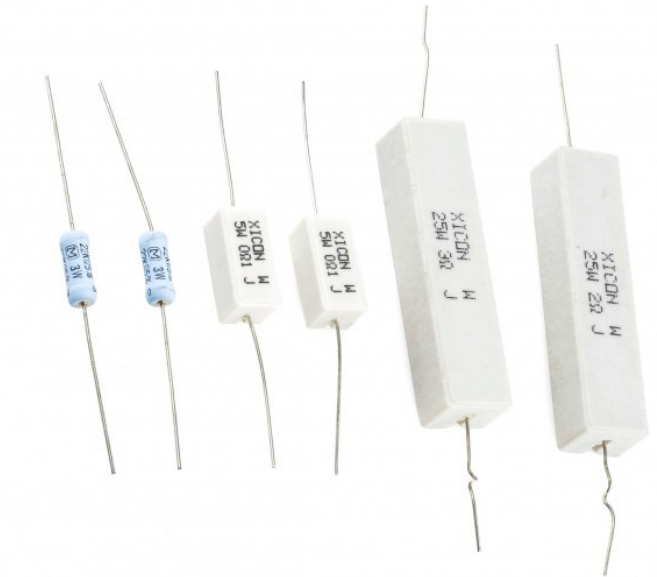
Weerstand zijn enkele van de meest beruchte veroorzakers van vermogensverlies. Wanneer je spanning over een weerstand laat lopen, zorg je er ook voor dat er stroom overheen gaat lopen. Meer spanning betekent meer stroom, wat meer vermogen betekent.

Herinner je je ons eerste voorbeeld van vermogensberekening, waarbij we ontdekten dat als er 9V over een weerstand van 10Ω zou vallen, die weerstand 8,1W zou dissiperen. 8.1 is veel watt voor de meeste weerstanden. De meeste weerstanden hebben een vermogen van $\frac{1}{8}W$ (0,125W) tot $\frac{1}{2}W$ (0,5W). Als je 8W over een standaard $\frac{1}{2}W$ weerstand laat vallen, haal dan een brandblusser tevoorschijn.



Als je al eens weerstanden hebt gezien, dan heb je deze ook gezien. De bovenste is een $\frac{1}{2}W$ weerstand en daaronder een $\frac{1}{4}W$. Deze zijn niet gemaakt om veel vermogen te dissiperen.

Er zijn weerstanden gemaakt om grote vermogensdalingen op te vangen. Deze worden specifiek **vermogensweerstand** genoemd.

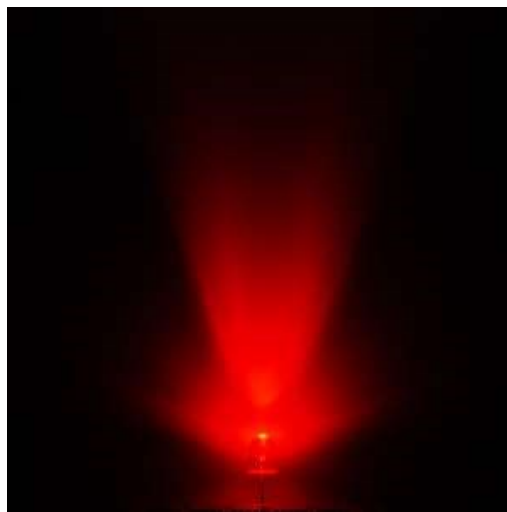


Deze grote weerstanden zijn gemaakt om veel vermogen te dissiperen. Van links naar rechts: twee 3W 22k Ω weerstanden, twee 5W 0,1 Ω weerstanden en 25W 3 Ω en 2 Ω weerstanden.

Als je ooit een weerstandswaarde moet kiezen. Houd dan ook rekening met het vermogen. En, tenzij het je doel is om iets te verwarmen (verwarmingselementen zijn weerstanden met een hoog vermogen), probeer het vermogensverlies in een weerstand te minimaliseren.

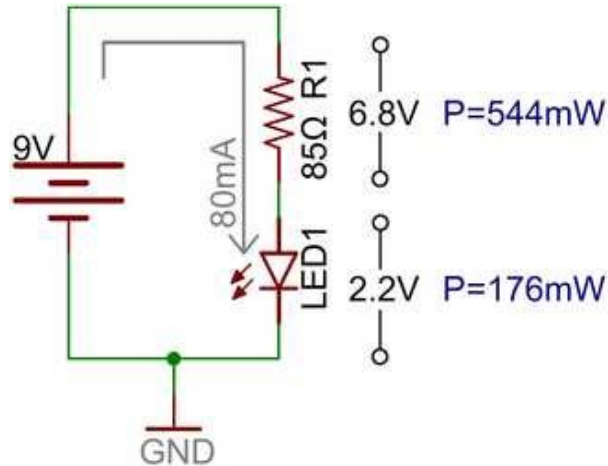
Bijvoorbeeld

Vermogenswaarden van weerstanden kunnen een rol spelen wanneer je een waarde probeert te bepalen voor een LED stroombegrenzende weerstand. Stel bijvoorbeeld dat je een superheldere rode LED van 10 mm op maximale helderheid wilt laten branden met een 9V-batterij.



superheldere rode LED

Die LED heeft een maximale voorwaartse stroom van 80mA en een voorwaartse spanning van ongeveer 2,2V. Om 80mA aan de LED te leveren, heb je dus een weerstand van 85Ω nodig.



LED heeft een maximale voorwaartse stroom van 80 mA

Als er 6,8V op de weerstand valt en er 80mA doorheen loopt, betekent dit dat er 0,544W ($6,8V \cdot 0,08A$) vermogen verloren gaat. Een halve-watt-weerstand zal dat niet erg leuk vinden! Hij zal niet smelten, maar wel **heet worden**. Speel op veilig en ga over op een weerstand van 1W (of bespaar stroom en gebruik een resolute LED-driver).

8 Conclusie

Weerstand zijn zeker niet de enige componenten waarbij rekening moet worden gehouden met maximale vermogens. Elke component met een weerstandseigenschap zal thermische vermogensverliezen veroorzaken. Als je werkt met componenten die vaak worden blootgesteld aan hoge vermogens, zoals spanningsregelaars, diodes, versterkers en motordrivers, moet je extra aandacht besteden aan vermogensverlies en thermische belasting.