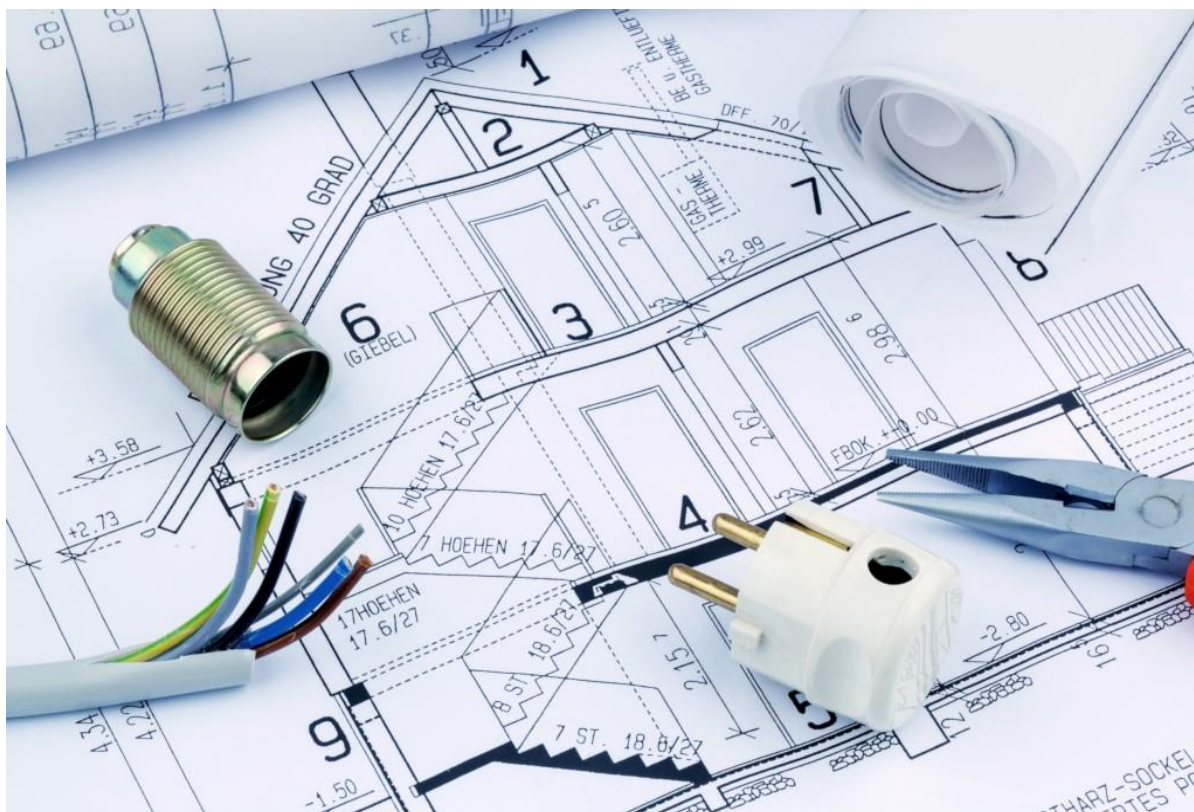


# Leeruitkomst 8 E, Meten aan elektrische schakelingen weerstanden en halfgeleiders (T1.59)



Alex Diepstra (S1004569), [a.diepstra@windesheim.nl](mailto:a.diepstra@windesheim.nl)

Fokke Post (S1134865), [fokke.post@windesheim.nl](mailto:fokke.post@windesheim.nl)

Docent: Roy van de Laan

Opleiding: Lerarenopleiding PIE

Niveau: Bachelor/ 2e graads

Datum: 8-11-2021

## Inhoud

Inleiding .....	3
Opdracht 1. Basisschakeling lampen en weerstand:.....	4
Uitwerking: .....	4
Stroomkringschema: .....	4
Berekeningen: .....	5
Gemeten waarden en verklaringen van de schakeling: .....	6
Opdracht 2. Basisschakeling weerstand (serie, parallel en gemengde schakelingen):.....	7
2. Maak de schakeling, bereken en meet de schakeling Uab .....	7
Stroomkringschema: .....	7
Verklaring: .....	7
3. Vervang R4 door de weerstand 2k2, .....	8
Stroomkringschema: .....	8
Berekening en verklaring:.....	8
Uitleg begrippen:.....	10
Opdracht 3: Basisschakeling halfgeleidertechnologie (diode):.....	13
Uitwerkingen en verklaringen:.....	13
Stroomkringschema: .....	13
Gemeten waarden:.....	13
Verklaring gemeten waarden:.....	14
Uitleg begrippen:.....	14
Opdracht 4. Basisschakeling halfgeleidertechnologie (zenerdiode). .....	16
Stroomkringschema: .....	16
Gemeten waarden:.....	16
Verklaringen en uitgangspunten .....	17
Opdracht 5. Basisschakeling halfgeleidertechnologie (transistor).....	18
De transistor .....	18
Stroomkringschema's:.....	20
Verklaring gemeten waarden:.....	20
Literatuur:.....	21

## Inleiding

In dit verslag staan de uitkomsten van de uitgevoerde opdrachten in het kader van P3 Leeruitkomst 8 E, Meten aan elektrische schakelingen weerstanden en halfgeleiders

We hebben in overleg met de docenten Roy van de Laan en Henk Spaan de opdrachten uitgewerkt op een practicumbord. We kregen als taak om een elektrische installatie samen te stellen waarin het leerdoel als volgt luidt:

*“De student kan metingen verrichten aan een practicum opstelling en berekeningen hiervoor maken”.*

De benodigheden hiervoor waren:

- Regelbare voeding (max 30 Volt)
- Meetkoffer met losse componenten voor basisschakelingen
- 2 multimeters
- Boek (Elektrotechniek voor werktuigbouwkundigen en andere technici, 2015)

Een aantal opdrachten hebben we tevens uitgewerkt in het programma crocodile clips, om zo een duidelijke weergave van de stroomkringschema's en de uitgevoerde metingen te krijgen.

We hebben gebruik gemaakt van de materialen die beschikbaar gesteld werden door Windesheim.



## Opdracht 1. Basisschakeling lampen en weerstand:

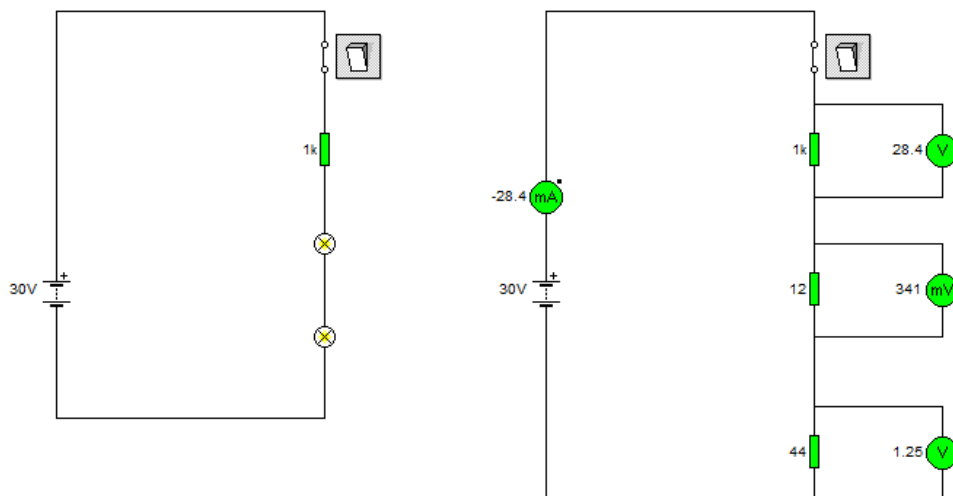
In deze opdracht ga je proefopstellingen berekenen, meten en verklaren van een basisschakeling met lampen en een weerstand.

- 1 lamp van 24V
- 1 lamp van 12 V
- 1 weerstand  $R=1k\Omega$  (1000 $\Omega$ )

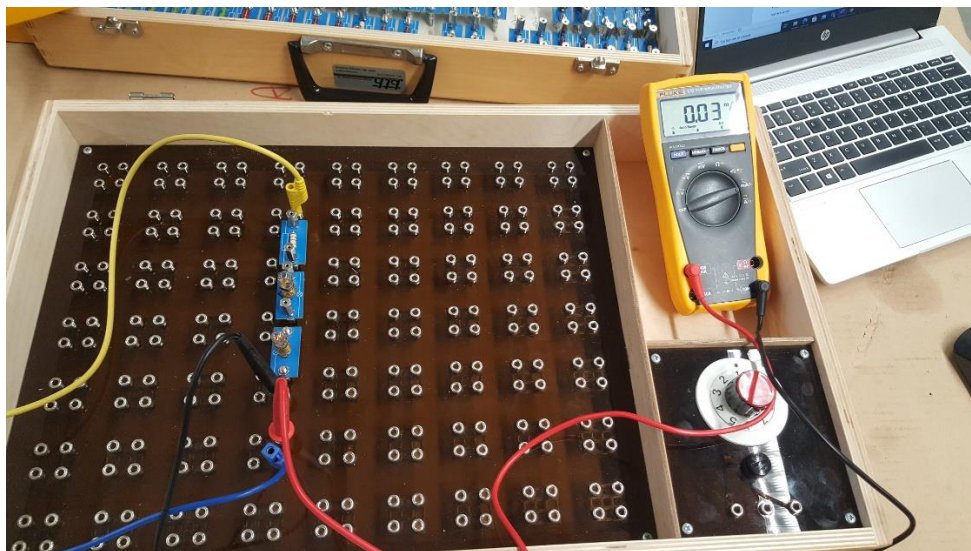
Uitwerking:

Stroomkringschema:

Het onderstaande stroomkringschema is getekend in crocodile clips. Van de gebruikte lampen hebben we de weerstand gemeten met een multimeter en vervolgens hebben we de lampen als weerstanden getekend in het schema.



Figuur 1 stroomkringschema opdracht 1



Figuur 2 uitgevoerde meting opdracht 1

### Berekeningen:

In de opstelling hebben we de weerstand van de lampen gemeten met de multimeter.

Bij de lamp van 12V is de  $R = 12 \Omega$ , bij de lamp van 24V is de  $R = 44 \Omega$

**De totale weerstand (kringweerstand)** binnen de schakeling is dus:

$$R_{\text{totaal}} = 1000 + 12 + 44 = \mathbf{1056 \Omega}$$

Willen we dan de stroomsterkte binnen de schakeling weten dan kunnen we deze uitrekenen met de wet van Ohm. De **wet van Ohm** is een formule die wordt gebruikt om de relatie te berekenen tussen elektrische spanning (U), elektrische stroom (I) en weerstand (R) in een stroomkring.

Voor mensen die leren over elektronica is de wet van Ohm,  $U = I \times R$ , net zo belangrijk als de relativiteitstheorie van Einstein ( $E = mc^2$ ) is voor natuurkundigen.

De weerstanden staan in serie, in een serieschakeling is de stroom I door alle weerstanden gelijk.

$$\mathbf{\text{Stroomsterkte I: } I = U : R = 30 / 1056 = 0,0284 \text{ A} = \mathbf{28 \text{ mA}}}$$

$$\mathbf{\text{Spanning over R1 (1K } \Omega): U = I \times R = 0,0284 \times 1000 = \mathbf{28,4 \text{ V}}}$$

$$\mathbf{\text{Spanning over R2 (12 } \Omega) \text{ (lamp 12V): } U = I \times R = 0,0284 \times 12 = \mathbf{0,336 \text{ V}}}$$

$$\mathbf{\text{Spanning over R3 (44 } \Omega) \text{ (lamp 24V): } U = I \times R = 0,0284 \times 44 = \mathbf{1,232 \text{ V}}}$$

De som van alle deelspanningen in een gesloten stroomkring is altijd gelijk aan de aangelegde spanning.

$$\mathbf{U_1 + U_2 + U_3 = U_{\text{totaal}}}$$

In ons geval komt dat neer op  $28,4 + 0,336 + 1,232 = \mathbf{29,968 \text{ V}}$ .

De kleine afwijking t.o.v. de aangelegde spanning van 30 Volt komt door afrondingen van berekende resultaten.

### Gemeten waarden en verklaringen van de schakeling:

Bij het testen van de schakeling viel op dat alleen de lamp van 24V heel zwak brandde.

Een verklaring hiervoor is dat over de lamp van 12V slechts een spanning staat van 0,336V t.o.v. van de 1,232V die over de lamp 24V staat.

Zou je beide lampen willen laten branden dan zou weerstand  $R_1$  lager moeten worden. Het voltage in lamp 3 neemt dan iets toe, en de stroomsterkte neemt ook toe. Hierdoor zal het vermogen in de stroomkring ook toenemen waardoor uiteindelijk door een te hoog vermogen schade kan ontstaan aan lampen en weerstanden.

wanneer  $R_1$  met de helft verlaagd wordt verdubbeld het vermogen bijna:

**$R_1=1K \Omega$ :**

**Vermogen:**  $P = U \times I = 30 \times 0,028 = 0,84W$

**$R_1=500 \Omega$ :**

**$R_{\text{totaal}} = 500 + 12 + 44 = 556 \Omega$**

**Stroomsterkte I:**  $I = U : R = 30 / 556 = 0,054 A = 54mA$

**Vermogen:**  $P = U \times I = 30 \times 0,054 = 1,62W$

De gemeten waarden zijn als volgt:

- $U_{R1}$ : 23,8 V
- $U_{R2}$ : 0,932 V
- $U_{R3}$ : 5,8 V
- I: 0,03mA (zie foto)

De door ons gemeten waarden wijken nogal af van de berekende waarden. Dit kan een aantal oorzaken hebben:

- Inwendige weerstand van het schakelbord.
- Multimeter defect of niet juist gekalibreerd?
- De weerstand van de lampen verandert door ontstane temperatuur van het branden.

## Opdracht 2. Basisschakeling weerstand (serie, parallel en gemengde schakelingen):

In deze opdracht ga je proefopstellingen berekenen, meten en verklaren van een basisschakeling met weerstanden.

- 3\* weerstand  $1\text{k}\ \Omega$
- 2\* weerstand  $220\ \Omega$
- 1\* weerstand  $2\text{k}2$  ( $2200\ \Omega$ )

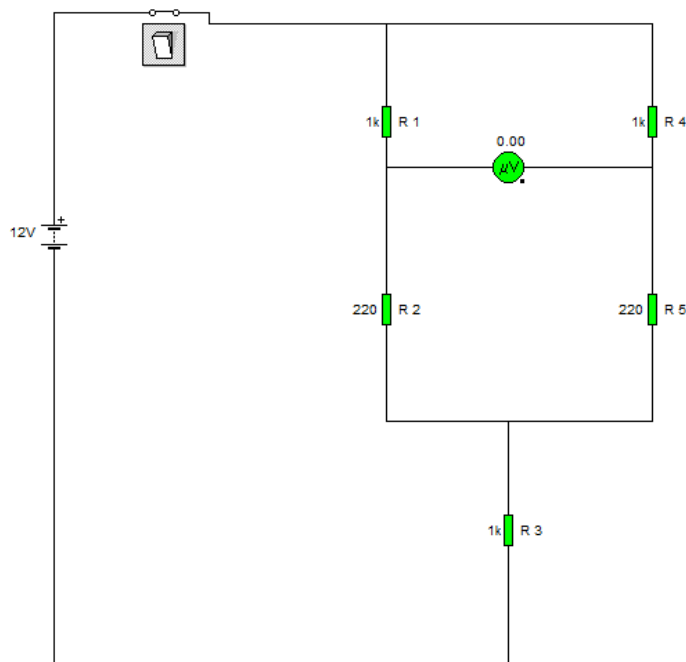
### 2. Maak de schakeling, bereken en meet de schakeling $U_{ab}$

$$U = 12\text{ V}$$

$$R_1 = R_3 = R_4 = 1\text{k}\ \Omega$$

$$R_2 = R_5 = 220\ \Omega$$

Stroomkringschema:



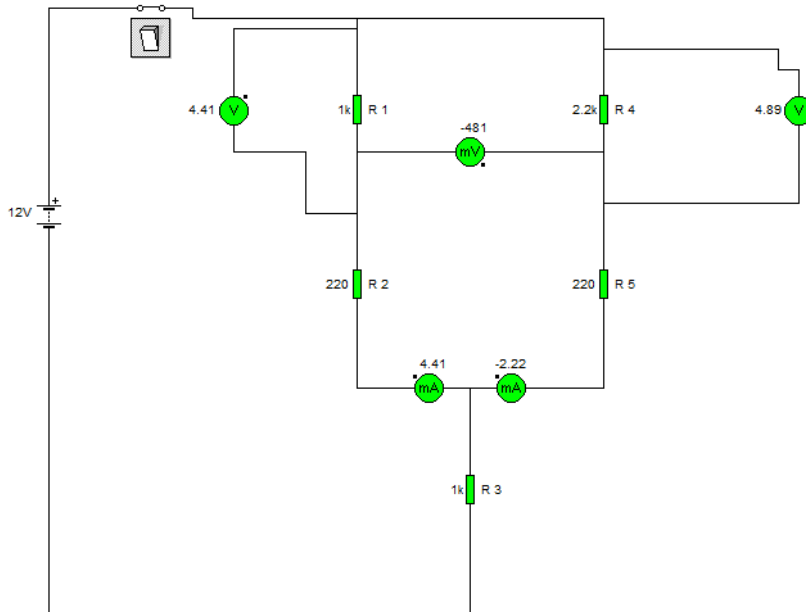
*Figuur 3 stroomkringschema 2*

Verklaring:

De door ons gemeten spanning was 0 Volt. Dit is verklaarbaar; omdat de weerstand gelijk is, is er geen potentiaalverschil, en dus geen spanning.

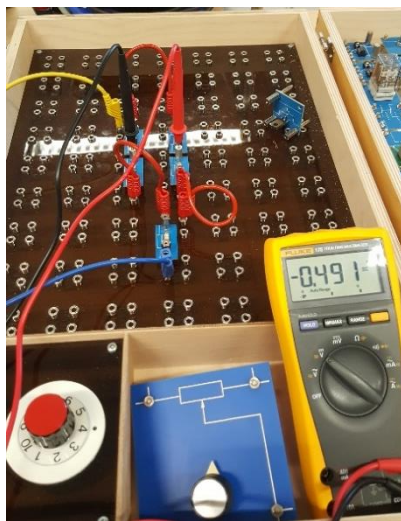
3. Vervang R4 door de weerstand 2k2,  
Maak de schakeling, bereken en meet de schakeling Uab

Stroomkringschema:



Figuur 4 stroomkringschema en simulatie opdracht 2

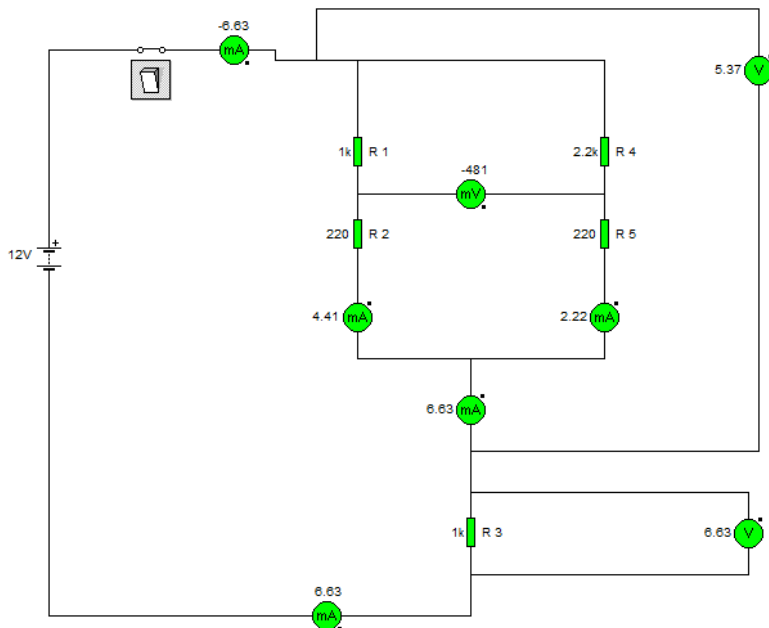
Berekening en verklaring:



Figuur 5 uitgevoerde meting opdracht 2

De door ons gemeten spanning bedraagt 0,49 V. Doordat er nu verschillende weerstanden gebruikt zijn is er een potentiaalverschil. De gemeten spanning tussen R1 en R4 is het verschil in spanning R1 en R4. Wanneer we de schakeling simuleren in crocodile clips zien we een vergelijkbaar resultaat. Wanneer we de spanning over R1 (4,41V) optellen bij de spanning tussen R1 en R4 (0,481V) komen we op 4,891 V, wat afgerond op hetzelfde neer komt als de gemeten waarde.





Figuur 6 opgebouwde schakeling met deelspanningen en stromen

In figuur 6 zien we dat de som van de deelspanningen (voltmeters rechts) overeenkomt met de bronspanning van 12 Volt, dit komt overeen met hetgeen de tweede wet van Kirchhof stelt, de som van alle spanningen in een gesloten lus is 0.

Verder zien we in de gehele stroomkring een gemeten stroomsterkte van 6,63mA. R1 en R2 staan parallel met R4 en R5, over R1-2 loopt 4,41 mA en over R4-5 loopt 2,22 mA, bij het knooppunt tussen de parallel geschakelde weerstanden (R1, R2, R4 en R5) en R3 zien we dat de stroomsterkte weer 6.63mA bedraagt. (4,41 + 2,22). Dit komt overeen met de eerste wet van Kirchhof; in elk knooppunt van de schakeling is de som van ingaande stromen in het knooppunt gelijk is aan de som van de uitgaande stromen.

Met bovenstaande gegevens is met behulp van de wet van Ohm eenvoudig de vervangingsweerstand van R1,2,4,5 uit te rekenen. Dit kunnen we doen door met de spanning en stroomsterkte de totale weerstand uit te rekenen en daarvan R3 af te trekken:

$$R_{\text{totaal}} = U/I = 12/0,00663 = 1810 \Omega$$

De vervangingsweerstand R1,2,4,5 is dan  $1810 - 1000 = 810 \Omega$

We kunnen de vervangingsweerstand ook op een andere manier uitrekenen. We tellen dan eerst de weerstanden die in serie staan bij elkaar op waaruit volgt  $R_{1,2} = 1220 \Omega$  en  $R_{4,5} = 2420 \Omega$ .

$$\frac{1}{RV} = \frac{1}{1220} + \frac{1}{2420}$$

$$RV = 811 \Omega$$

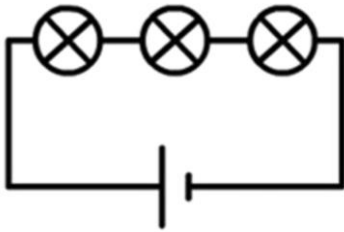
Het verschil in beide antwoorden bedraagt 1  $\Omega$ , waarschijnlijk komt dit door afrondingen in de berekening en/of meetwaarden.

## Uitleg begrippen:

### Serie:

Als verschillende elektrische componenten in serie zijn geschakeld, dan wil dit zeggen dat de componenten achter elkaar aan zijn geschakeld. Zie het als een lange kralenketting, waarin de draad van de ketting in dit geval de stroomdraad voorstelt en de kralen de elektrische componenten. Een voorbeeld van een serieschakeling zijn de lampjes in een kerstboom. Het grootste probleem met een serieschakeling is dat als er één component stuk gaat, de stroomkring verbroken is en daardoor alle andere componenten ook niet meer werken.

### Serieschakeling



Figuur 7 serieschakeling

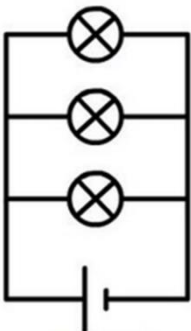
Componenten die in serie zijn geschakeld, kun je ook vervangen door één component. De regels hiervoor zijn als volgt:

- De stroomsterkte door elk van de componenten is hetzelfde. Als we de lampjes hierboven zouden nummeren van links naar rechts krijgen we:  $I_t = I_1 = I_2 = I_3$  waarin  $I_t$  de stroom is die wordt geleverd door de spanningsbron.
- De spanning op de verschillende componenten tellen bij elkaar op:  $U_t = U_1 + U_2 + U_3$ . Oftewel: de som van de spanning van de componenten kan nooit meer zijn dan de spanning die wordt geleverd door de bron. Als je meerdere batterijen in serie schakelt, dan kun je dus een grote spanning opwekken doordat de spanning van componenten in serie bij elkaar optelt.
- De weerstand van de verschillende componenten tel je bij elkaar op:  $R_t = R_1 + R_2 + R_3$ . Je kunt dit ook afleiden uit de formule voor de weerstand  $R = U / I$  en het feit dat de spanning  $U$  bij elkaar optelt, terwijl de stroomsterkte  $I$  gelijk blijft.

### Parallel:

In een parallelschakeling zijn componenten naast elkaar geschakeld. Je kunt dit zien als een grote straat met kleine zijstraten; de zijstraten zijn dan de componenten en komen aan het einde weer uit op een andere grote straat. Hieronder zie je een schakelschema van 3 lampjes en een spanningsbron die parallel zijn geschakeld.

### Parallelschakeling



Het voordeel van een parallelschakeling ten opzichte van een serieschakeling is het feit dat wanneer 1 component stuk gaat, de andere componenten nog wel een gesloten stroomkring vormen en dus blijven werken.

Figuur 8 parallelschakeling

De rekenregels voor parallelschakelingen zijn:

- De stroomsterkte door de verschillende componenten tel je bij elkaar op:  $I_t = I_1 + I_2 + I_3$ . Dit is te vergelijken met auto's die afslaan van een straat: er kunnen nooit meer auto's uit een straat komen dan er ingaan.
- De spanning over de verschillende componenten is altijd gelijk:  $U_t = U_1 = U_2 = U_3$ .
- De weerstand van de componenten is dan als volgt:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{I_t}{U_t} = \frac{I_1 + I_2 + I_3}{U_t} = \frac{I_1}{U_t} + \frac{I_2}{U_t} + \frac{I_3}{U_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Figuur 9 Rekenen met parallelschakelingen

(bron: examenoverzicht.nl)

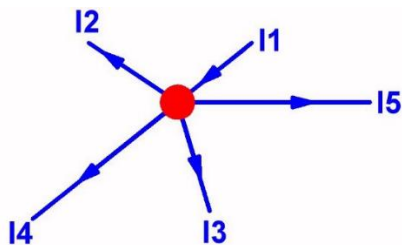
#### Potentiaalverschil:

Potentiaalverschil is het spanningsverschil tussen twee geleiders in Volt. Potentiaalverschil is een term om spanningsverlies (en dus energieverlies) te meten. Op 2 verschillende punten wordt de potentiaal gemeten, en daarmee kan dus gemeten worden hoeveel spanning onderweg verloren gaat.

(bron: startpagina.nl)

#### Eerste wet van Kirchhoff:

De eerste wet van Kirchhoff, ook wel bekend als de stroomwet van Kirchhoff, stelt dat in elk knooppunt van de schakeling de som van ingaande stromen in het knooppunt gelijk is aan de som van de uitgaande stromen. Het  $\Sigma$  teken (sigma) is het symbool voor de som. Als bij een knooppunt verschillende stromen aankomen en weggaan, is de som van al die stromen nul. De stromen naar het knooppunt toe, noem je positief, er vanaf negatief.



Figuur 10 voorbeeld 1

In voorbeeld 1 zien we een knooppunt en 5 stromen. I1 stroomt naar het knooppunt en is 20 A. I2 (3 A), I3 (5 A) en I4 (6 A) stromen weg en zijn samen  $3 + 5 + 6 = 14$  A en omdat ze wegstromen noemen we ze -14A.

$$\Sigma I_n = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5$$

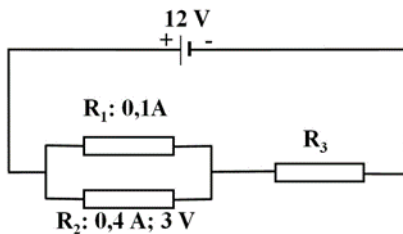
$$\Sigma I_n = 20 - 3 - 5 - 6 + I_5 = 0$$

$I_5 = -6$ A en stroomt van het knooppunt af.

### Tweede wet van Kirchoff:

De tweede wet van Kirchoff, ook wel bekend als de spanningswet van Kirchoff, stelt dat de som van de spanningen in een gesloten lus altijd gelijk is aan nul. ( $\sum U_n = 0$ )

De spanning van de spanningsbron wordt positief berekend (hij voegt spanning toe). De spanning die in de weerstanden worden negatief meegenomen in de berekening (ze laten de spanning afnemen). Als je tegen de stroomrichting in gaat, keer je ook positief en negatief om.



Figuur 11 voorbeeld 2

### Voorbeeld 2

De spanningsbron is 12 V en over R2 staat 3V. Je kunt twee rondjes maken.

1: Door R2 en R3. De totale spanning is dan  $U_{\text{bron}} + U_2 + U_3 = 0 \rightarrow 12 - 3 - U_3 = 0 \rightarrow U_3 = 9 \text{ V}$ .

2: Door R1 en R3. De totale spanning is dan  $U_{\text{bron}} + U_1 + U_3 = 0 \rightarrow 12 - U_1 - 9 = 0 \rightarrow U_1 = 3 \text{ V}$ .

Voor een uitgebreidere uitleg klik dan op de link. <https://www.youtube.com/watch?v=dg7c7TZJm8>

### Opdracht 3: Basisschakeling halfgeleidertechnologie (diode):

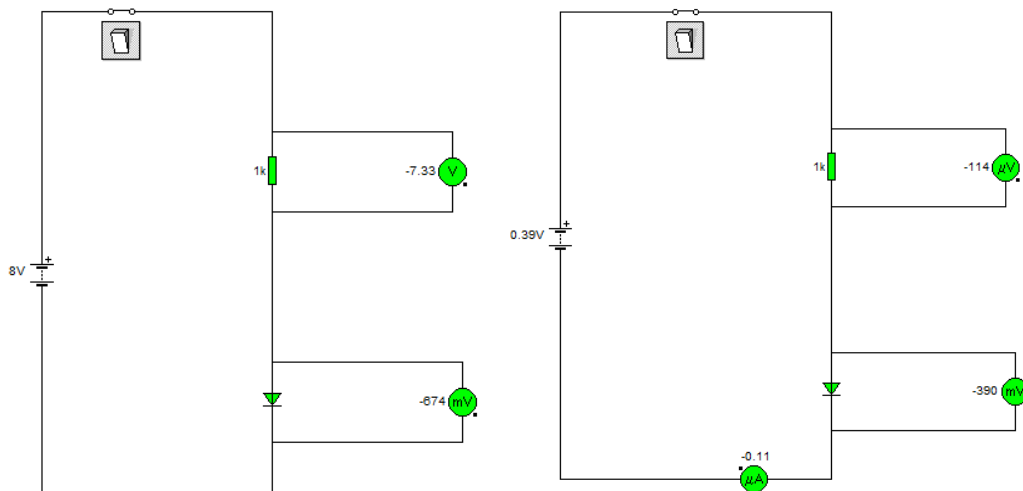
In deze opdracht ga je proefopstellingen berekenen, meten en verklaren van een basisschakeling met een weerstand en een diode.

- 1\* weerstand 1k  $\Omega$
- 1\* diode 4. Maak een serie schakeling, van een diode en een voorschakelweerstand.

Breng de bronspanning van 0 tot 8 volt. Meet en bereken de spanning over de weerstand en de diode.

Uitwerkingen en verklaringen:

Stroomkringschema:



Figuur 12 stroomkringschema's opdracht 3

Gemeten waarden:

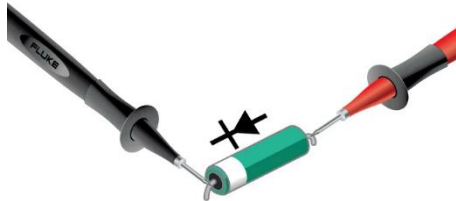
U bron	U weerstand	U diode
1v	0,751	0,557
2v	1,585	0,591
3v	2,543	0,613
4v	3,491	0,628
5v	4,549	0,640
6v	5,599	0,650
7v	6,546	0,657
8v	7,560	0,664

## Verklaring gemeten waarden:

De gemeten diode heeft een drempelspanning van 660mV. We zien dat bij het opvoeren van de spanning de gemeten spanning over de diode steeds rond 600 mV bedraagt. Komen we onder de 600 mV dan daalt de gemeten waarde van de spanning naar een spanning die vrijwel gelijk is aan de bronspanning. Zie figuur 12.

## Uitleg begrippen:

### Diode:

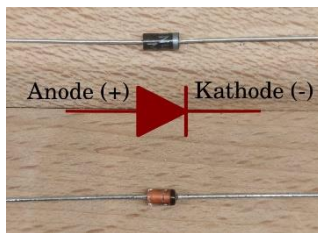


Figuur 13 diode

Een diode is een halfgeleidercomponent die een soort eenrichtingsschakelaar voor stroom vormt. Hij laat stroom in de ene richting gemakkelijk vloeien, maar nauwelijks in de tegenovergestelde richting.

Diodes worden ook wel gelijkrichters genoemd, omdat ze wisselstroom (AC) omzetten in pulserende gelijkstroom (DC). Diodes worden ingedeeld op basis van het type, de spanning en de stroomcapaciteit.

Diodes zijn polair: ze hebben een anode (positieve zijde) en een kathode (negatieve zijde). De meeste diodes laten alleen stroom vloeien wanneer de stroom van de anode (+) naar de kathode (-) van de diode loopt. De plaats van de kathode (-) van de diode wordt aangegeven met gekleurde ring. Dit is in het plaatje hieronder duidelijk te zien:



Figuur 14 anode en kathode



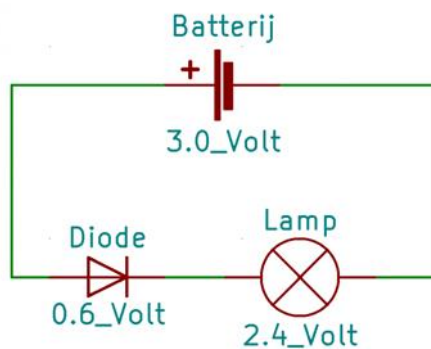
Figuur 15 symbool diode



Figuur 16 Diodes zijn verkrijgbaar in verschillende configuraties. V.l.n.r.: metalen behuizing, schroefdiode, kunststof behuizing met band, kunststof behuizing met afschuining, glazen behuizing.

(Fluke.com)

### Drempelspanning:



Een diode heeft een drempelspanning. Dit is de spanning waarbij de diode in geleiding komt (en dus stroom doorlaat). Deze is meestal ongeveer 0,6V. Sluit je een spanning aan van minder dan de drempelspanning, dan geleidt de diode dus niet. De doorlaatspanning geeft bovendien ook aan hoeveel volt de diode zal gebruiken. Wanneer we dus een stroomkring zouden maken met een lampje, een diode en een 3 volt batterij, dan zal het lampje een spanning van 2,4 volt krijgen.

Figuur 17 drempelspanning

### Doorslagspanning:

Naast een doorlaatspanning heeft een diode ook een doorslagspanning. De doorslagspanning geeft aan hoeveel volt een diode in de sperrichting (de niet-geleidende richting) kan weerstaan totdat er toch stroom door zal lopen. Het is dus eigenlijk hetzelfde als de doorlaatspanning, maar dan in de andere richting. De doorslagspanning zal echter wel veel hoger zijn dan de doorlaatspanning. Het is dus belangrijk om bij het uitkiezen van een diode rekening te houden met de doorslagspanning. Wanneer de doorslagspanning overtreden wordt kan er namelijk kortsluiting ontstaan.

Deze kortsluiting kan in sommige gevallen juist bruikbaar zijn. Een voorbeeld is de flyback diode. Dit is een diode die aangesloten is op een motor, deze is aangesloten in de richting dat hij niet zal geleiden. Wanneer de motor echter een grote spanningspiek veroorzaakt zal de doorslagspanning van de diode worden overschreden. De diode zal stroom doorlaten totdat deze piek verdwenen is. Hierdoor zal deze hoge spanning niet door de andere componenten lopen, het circuit wordt door de diode dus beschermd. Ook zal een diode wanneer de doorslagspanning niet bereikt is, toch een beetje stroom in de sperrichting doorlaten. Deze stroom wordt ook wel de lekstroom genoemd. De lekstroom zal over het algemeen maar enkele milliampère bedragen.

### Toepassing blusdiode:

Een blusdiode wordt toegepast bij inductieve belastingen zoals relaispoelen. De blusdiode wordt antiparallel geplaatst. Het effect van de diode (kortsluiten van de door de spoel opgewekte negatieve spanning) is het grootst als hij zo dicht mogelijk bij de spoel wordt aangesloten. Bij een relais wordt hij niet gebruikt om vonkvorming te voorkomen maar als bescherming tegen de hoge negatieve spanning voor de elektronica die het relais aanstuurt.

(junioriot.nl)

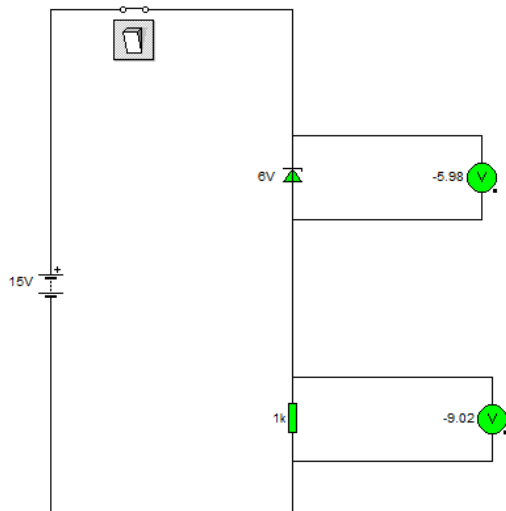
## Opdracht 4. Basisschakeling halfgeleidertechnologie (zenerdiode).

In deze opdracht ga je proefopstellingen berekenen, meten en verklaren van een basisschakeling met een weerstand en een zenerdiode.

- 1\* weerstand 1k  $\Omega$
- 1\* zenerdiode

Maak een schakeling, van een zenerdiode (sluit deze in sperrichting aan) en een weerstand. Meet en bereken de spanning over de weerstand en de zenerdiode. Voer de bronspanning op tot 15 volt.

Stroomkringschema:



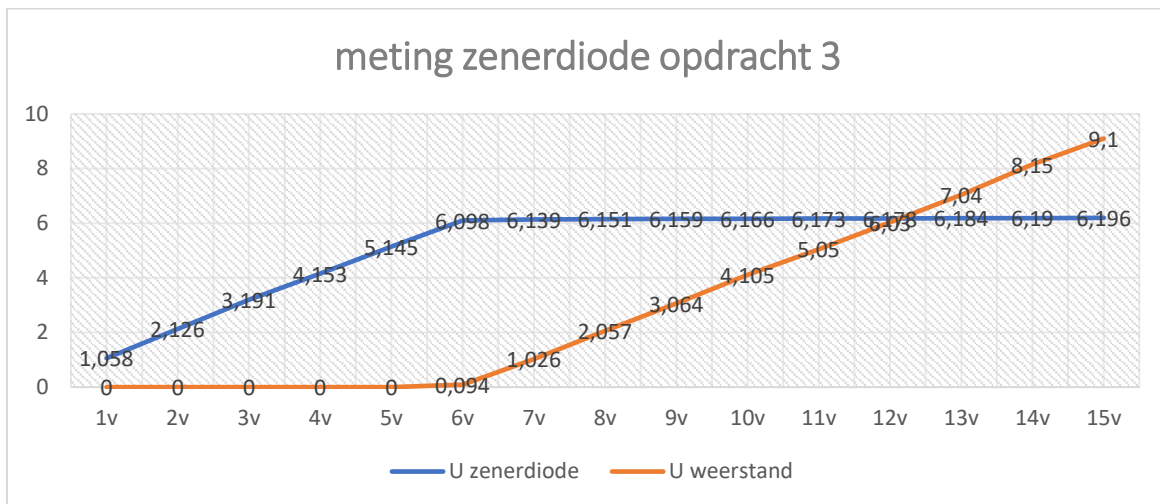
Figuur 18 stroomkringschema

Gemeten waarden:

U bron	U zenerdiode	U weerstand
1v	1,058	0,0
2v	2,126	0,0
3v	3,191	0,0
4v	4,153	0,0
5v	5,145	0,0
6v	6,098	0,094
7v	6,139	1,026
8v	6,151	2,057
9v	6,159	3,064
10v	6,166	4,105
11v	6,173	5,050
12v	6,178	6,030
13v	6,184	7,040
14v	6,190	8,150
15v	6,196	9,100



## Verklaringen en uitgangspunten



Aan de grafiek is duidelijk te zien wat de zenerdiode doet; wanneer de drempelwaarde van 6Volt is bereikt begint de zenerdiode pas spanning door te geven richting de weerstand.

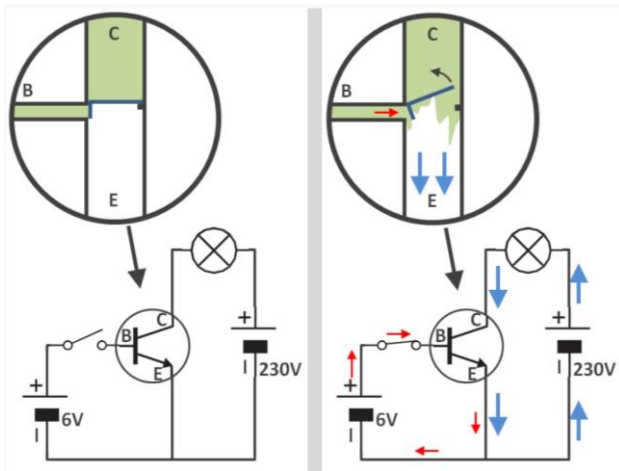


Een zenerdiode is een halfgeleiderdiode die zo geconstrueerd is dat de spanning over de diode in sperrichting, na het bereiken van de zenerspanning over een relatief groot bereik van de stroomsterkte, constant blijft. Deze eigenschap berust op het zenereffect. De karakteristiek van de diode verloopt over dat bereik min of meer parallel met de as voor de stroomsterkte (zie figuur). Deze eigenschap maakt een zenerdiode onder meer geschikt voor toepassing als spanningsstabilisator.

(Zenerdiode - Wikipedia)

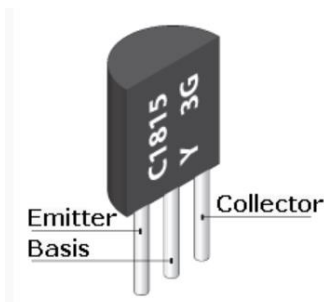
Figuur 19 zenderdiode





Figuur 21 werking van de transistor

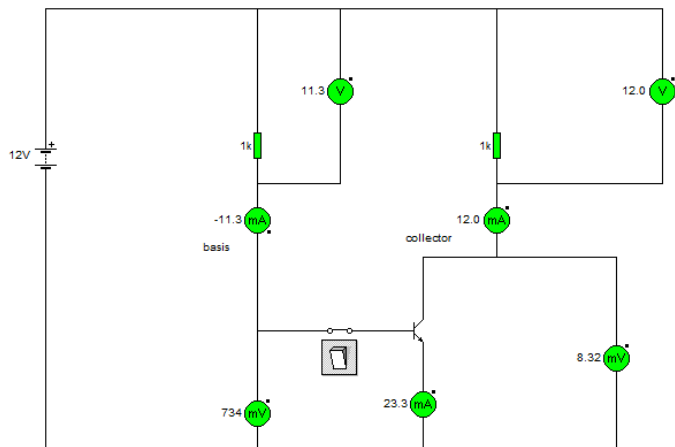
In de afbeelding zien we een schakeling met twee stroomkringen. In één van de stroomkringen zit een spanningsbron van 6 volt. De ander heeft een spanningsbron van 230 volt. In de linker schakeling wordt de stroom van de spanningsbron van 230 volt geblokkeerd door de transistor. In de uitvergroting is het principe van de transistor zichtbaar. De grote stroom duwt tegen een deur die zichzelf sluit. Wanneer de schakelaar gesloten wordt is de situatie zoals in de rechter schakeling. Er gaat een kleine stroom lopen vanaf de spanningsbron van 6 volt. Deze stroom opent de transistor. De kleine stroom duwt het deurtje open en de grote stroom kan erdoor. Samengevat; Een klein stroompje op de B=basis laat een grotere stroom lopen van de C=collector naar de E=emitter.



Figuur 22 plaats van de basis, collector en emitter

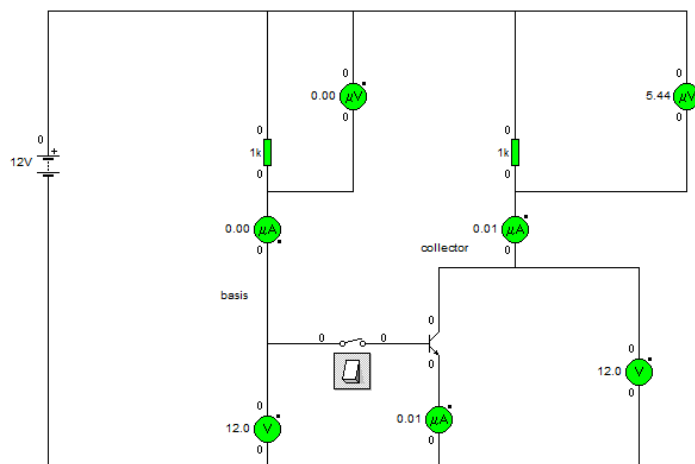
(bron: 4nix.nl)

## Stroomkringschema's:



basis / collector = hfe

Figuur 23 basisstroom ingeschakeld



basis / collector = hfe

Figuur 24 basisstroom uitgeschakeld

## Verklaring gemeten waarden:

Wanneer we een spanning van 12 Volt op de basis zetten zien we bij de collector een stroom van 12mA. Bij de emitter zien we dat deze een stroom doorlaat van 23,3mA. Hieruit valt op te maken dat de transistor in deze schakeling fungeert als ene versterker. Wanneer de basisstroom onderbroken is zien we dat bij de emitter geen stroom doorgelaten wordt.

## Literatuur:

Scheltinga, L., & Hoek, R. v. (2015). *Elektrotechniek voor werktuigbouwkundigen en andere technici*. Groningen: Noordhoff Uitgevers.

## Bronnen:

- Fluke.com
- <https://www.4nix.nl/transistor.html>
- [Zenerdiode - Wikipedia](#)
- junioriot.nl)
- <https://www.youtube.com/watch?v=dg7c7cTZJm8>
- examenoverzicht.nl