

Basisverbruikers en verlichting

Basiselektriciteit

Auteur: Wilfried Vissers

Titularis: Wilfried Vissers

Professionele Bachelor

Autotechnologie

1PBAU

Onderwijsgroep Wetenschappen en Technologie

Academiejaar 2022 - 2023



Karel de Grote
Hogeschool

Inhoud

1	Elektrische stroomkring.....	4
1.1	Elektrische ladingen	4
1.2	Opbouw van een stof	4
1.3	Elektrische stroom.....	5
1.4	Elektrische stroomkring.....	6
2	Elektrische grootheden en eenheden	8
2.1	Hoeveelheid elektriciteit: Q	8
2.2	Stroomsterkte of intensiteit: I	8
2.3	De stroomdichtheid: J	9
2.4	Spanning of potentiaalverschil: U	10
2.5	De elektrische weerstand: R	12
2.6	Elektrische arbeid of energie: W	13
2.7	Elektrisch vermogen: P	14
3	Basiswetten van de elektrische stroomkring.	16
3.1	De wet van Ohm.....	16
3.2	Eerste wet van Kirchhoff: (stroomwet).....	17
3.3	Tweede wet van Kirchhoff: (spanningswet).....	18
4	Basisschakelingen van weerstanden.	19
4.1	Serieschakeling van weerstanden	19
4.2	Parallelschakeling van weerstanden	20
4.3	Gemengde schakeling van weerstanden.....	21
5	Toepassingen op weerstandsschakelingen	24
5.1	De voorschakelweerstand.....	24
5.2	Spanningsdelers	25
5.3	De potentiometerschakeling.....	26
6	Weerstand van vaste geleiders	29
6.1	Wet van Pouillet	29
6.2	Soortelijke weerstand of resistiviteit ($\rho = \text{rho}$).....	30
6.3	Temperatuurcoëfficiënt (α).....	31
6.4	Weerstand van geleiders bij willekeurige temperatuur.....	32
6.5	Weerstand van een gloeilamp	33
6.6	Spanningsval en bijbehorend vermogensverlies in een elektrische kring	34

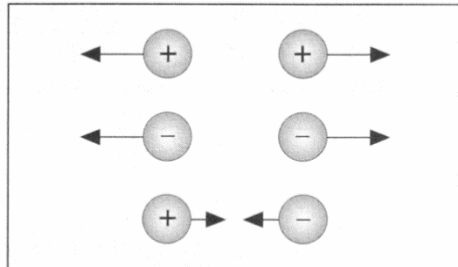
6.7	Bepalen van de doorsnede van een geleider in auto.....	36
7	Bijzondere halfgeleiderweerstand.....	39
7.1	Thermistors (NTC en PTC)	39
7.1.1	NTC-weerstand.....	39
7.1.2	PTC weerstanden:.....	41
7.2	De Voltage-Dependent Resistor (VDR).....	43
7.3	De Light-Dependent Resistor (LDR).....	44
7.4	De Magnetic-field-Dependent Resistor (MDR)	44
8	Relais	45
8.1	Functie.....	45
8.2	Opbouw en werking	45
8.3	Klemaanduidingen volgens DIN 72552	47
8.4	Knipperrelais (pinkerrelais)	49
9	Metingen met voltmeter	50
9.1	Inwendige weerstand volt meter	50
9.2	Invloed van de V-meter op de metingen	50
9.3	De zwevende meting	53
9.4	Meetoefeningen.....	54
10	Meetmethode spanningsverlies (V4 methode).....	56
10.1	Inleiding	56
10.2	Oorzaken van spanningsverliezen	56
10.3	Gevolgen van spanningsverliezen	57
10.4	Oorzaken van spanningsverliezen	57
10.5	V4 meetmethode.....	57
10.6	Het vinden van de storing	60
11	Zekeringen.....	62
11.1	Functie + werking	62
11.2	Uitvoeringsvormen.....	62
11.3	Afmetingen en kleurcodes	62
12	Schemalezen.....	64
12.1	Inleiding	64
12.2	Symbolen.....	65
12.3	Klemaanduiding.....	66
12.4	Draadnummering	67

12.5	Kleuraanduidingen van de stroomdraden.....	68
12.6	Voorbeelden van schema's	69
12.6.1	Contactslot (<i>Voorbeeld Ford Mondeo</i>)	69
12.6.2	Watervalschema.....	70
12.6.3	Schema's FORD.....	73
12.6.4	Schema's Citroën.....	83
12.6.5	Schema's Renault	86
13	Halfgeleiders.....	97
13.1	Inleiding	97
13.2	Dioden	97
13.2.1	Werking	97
13.2.2	Oefening	100
13.2.3	Toepassing.....	101
13.3	LED (Light emitting diode)	103
13.3.1	Inleiding	103
13.3.2	Berekenen van de voorschakelweerstand van een LED.....	104
14	Transistor als schakelaar	105
14.1	Symbool en aansluitingen	105
14.2	Bouwwormen en behuizingen.....	105
14.3	Vergelijking met watermodel	106
14.4	Transistor als schakelaar	106
14.4.1	De transistor in sper	106
14.4.2	De transistor is in volledige geleiding (saturatie)	107
14.4.3	Eisen van een "ideale" elektronische schakelaar	108
14.4.4	Aansturen van een transistor	109
14.4.5	Berekening van R_B	110
15	Gemiddelde waarde	112
15.1	Definitie gemiddelde waarde	112
15.2	Gemiddelde waarde blokgolf	112
15.3	Duty cycle	114
16	Oefeningen	115
	Uitkomsten oefeningen:.....	123

1 Elektrische stroomkring

1.1 Elektrische ladingen

- Er bestaan twee soorten ladingen **positieve** en **negatieve**.
- Ladingen van hetzelfde teken stoten elkaar af en ladingen van tegengesteld teken trekken elkaar aan.



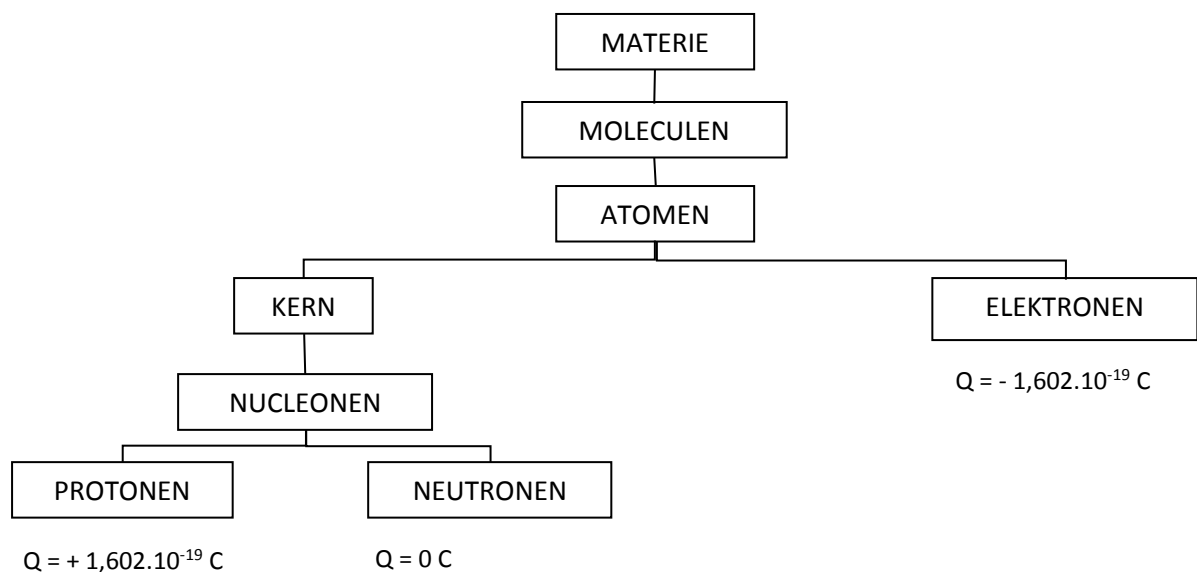
Figuur 1

- In normale toestand is een lichaam steeds **'elektrisch neutraal'** daar er een evenwicht is aan positieve en negatieve ladingen.
Is een lichaam niet neutraal, dan is het **elektrisch geladen**:
 - een lichaam is **negatief geladen** als er een **teveel aan elektronen** (= negatieve lading) is.
 - een lichaam is **positief geladen** als er een **tekort aan elektronen** is (de positieve lading overheerst).

1.2 Opbouw van een stof

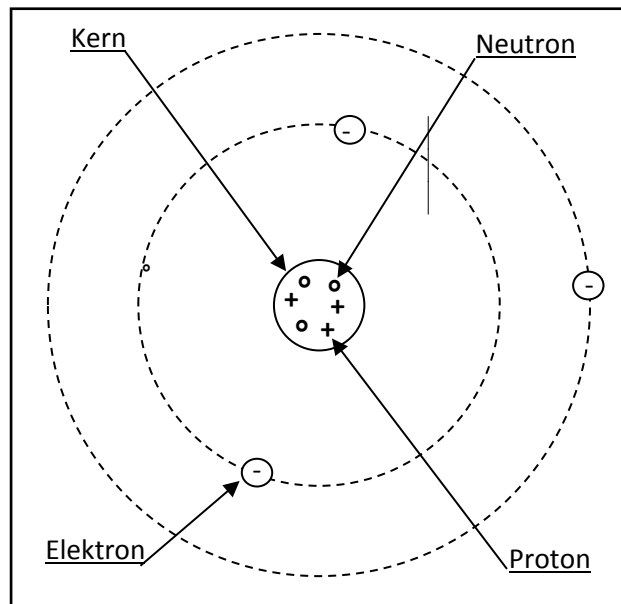
Een bepaalde stof is opgebouwd uit moleculen.

Per definitie is een moleculen het kleinste deeltje van een stof dat nog alle eigenschappen van die stof bevat (kleur, reuk...). Op zijn beurt bestaat een moleculen uit atomen welke ook wel eens de bouwelementen van een moleculen genoemd worden. Verder bestaat een atoom uit een positief geladen kern waaromheen zich de negatief geladen elektronen bewegen.



Figuur 2

Het atoom



Figuur 3

De kern bestaat uit:

- Positief geladen deeltjes of protonen.
De lading van een proton en een elektron zijn even groot maar bezitten een tegengesteld teken ($1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$).
- Ongeladen deeltjes of neutronen.

- De elektronen van al de verschillende atomen zijn dezelfde.
M.a.w. **er bestaat maar één soort elektron**, alleen hun aantal verschilt van atoom tot atoom.
- Een atoom is in normale toestand steeds elektrisch neutraal (evenveel elektronen dan protonen).
- Door energietoevoeging kunnen elektronen van het atoom loskomen. Men spreekt dan van **vrije elektronen**.
Het atoom dat achterblijft is niet meer elektrisch neutraal. Men spreekt dan van een ion i.p.v. een atoom.

1.3 Elektrische stroom.

Onder elektrische stroom verstaan we een verplaatsing van ladingen.

Een elektronenstroom in een vaste geleider bestaat uit een verplaatsing van **vrije elektronen** doorheen de materie. Een **vrij elektron** is een elektron dat losgekomen is van het atoom.

Hier spreekt men van **elektronengeleiding**.

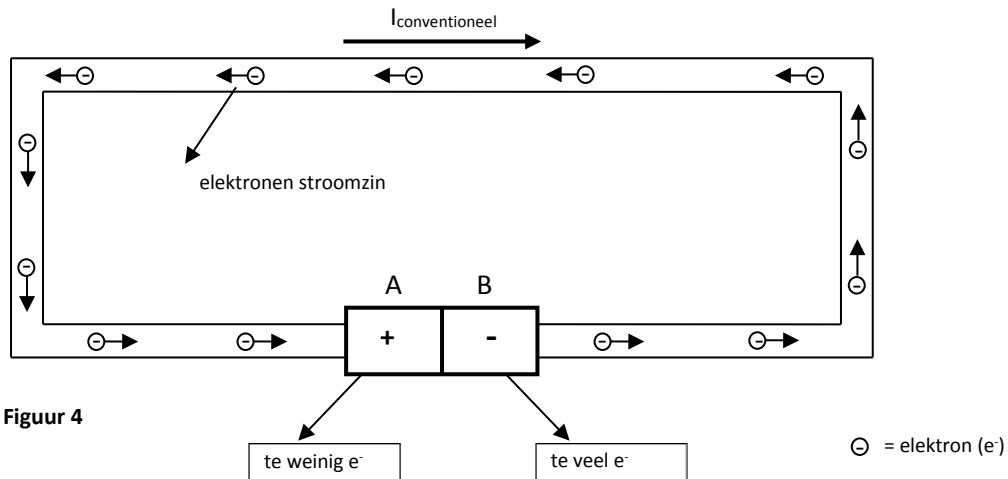
Een elektron (e^-) is een negatieve lading.

Als de stroomzin in een geleider steeds dezelfde is spreekt men van een **gelijkstroom**.

Ontstaan:

Er vloeit een elektrische stroom door twee punten (A en B), waartussen een potentiaalverschil heerst, met elkaar te verbinden via een geleidende draad.

De vrije elektronen (e^-) in de draad bewegen zich naar het punt op hoger potentiaal (tekort aan e^-) en worden aangevuld met elektronen van het punt op lager potentiaal (teveel aan e^-). Als we geen bron tussen A en B voorzien, zal na een bepaalde tijd het potentiaalverschil verdwijnen en valt de stroom weg.



Figuur 4

Stroomzin:

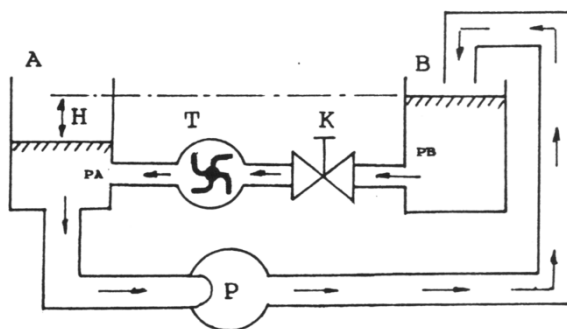
elektronenstroomzin = werkelijke beweging van de vrije elektronen.

conventionele stroomzin = tegengesteld aan de beweging van de vrije elektronen.

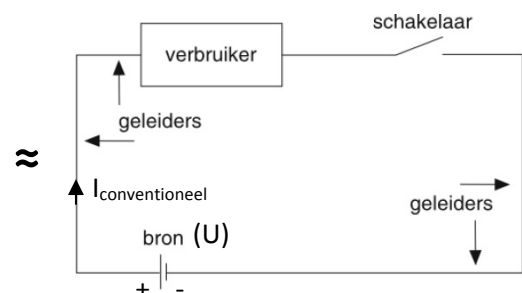
1.4 Elektrische stroomkring

De meest eenvoudige elektrische kring bestaat uit een spanningsbron, een verbruiker en twee verbinding geleiders. De kring kan eventueel onderbroken worden via een schakelaar.

Een elektrische keten met bron kan men vergelijken met een hydraulisch model (zie Figuur 5).

Hydraulische keten

Figuur 5

Elektrische keten

Hydraulische keten:

Een pomp houdt een niveauverschil H in stand tussen twee reservoirs A en B. De stroomzin van de vloeistof is te vergelijken met de conventionele elektrische stroomzin, namelijk van een hoog niveau (potentiaal) naar laag niveau (potentiaal). In de pomp (bron) stroomt de vloeistof van lage druk naar hoge druk, waardoor de pomp arbeid op de vloeistof moet uitoefenen. Bij het stilleggen van de pomp zal het hoogte verschil H snel nul worden en de stroming ophouden.

Elektrische keten:

De bron houdt het potentiaalverschil (U) in stand tussen de + pool en – pool van de bron.

M.a.w. de bron moet de elektronen die toekomen aan de + pool overzetten naar de – pool om zo het potentiaalverschil (spanningsverschil) in stand te houden.

Verbanden tussen **hydraulische** en **elektrische** keten:

Het **niveauverschil** (H) tussen beide reservoirs zorgt voor een drukverschil ($P_B > P_A$), welke in de elektrische keten kan vergeleken worden met het **potentiaalverschil** U .

POMP	—————→	_____
TURBINE (T)	—————→	_____
WATERSTROOM	—————→	_____
WATERDEBIET	—————→	_____
KRAAN	—————→	_____

2 Elektrische grootheden en eenheden

2.1 Hoeveelheid elektriciteit: Q

De **hoeveelheid elektriciteit** (Q) wordt bepaald door het aantal elektronen dat verplaatst wordt.

Eenheid:

De praktische eenheid is de **Coulomb (C)**.

In de hydraulica spreekt men over een hoeveelheid water (liter).

2.2 Stroomsterkte of intensiteit: I

De **stroomsterkte (I)** is de “hoeveelheid elektriciteit die per seconde verplaatst wordt.”

$$I = \frac{Q}{t}$$

Eenheid:

$$\text{Ampère} = \frac{\text{Coulomb}}{\text{seconde}} \quad \left(A = \frac{C}{s} \right)$$

De praktische eenheid van stroomsterkte is de **Ampère (A)**.

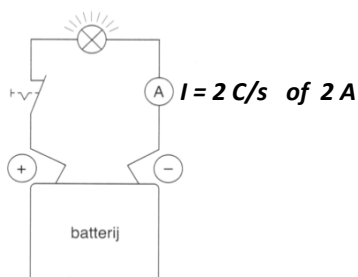
Afgeleide formule:

$$Q = I \cdot t \quad (\text{Wet van Faraday})$$

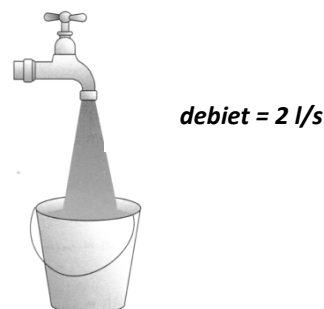
$$1C = 1A \cdot 1s = 1As$$

$$1Ah = 1A \cdot 1h = 1A \cdot 3600s = 3600 As = 3600 C$$

In de hydraulica spreekt men van debiet (l/s).



Figuur 7



Figuur 7

Opmerking:

De **capaciteit** van een batterij wordt ook uitgedrukt in **Ah**. Dit geeft weer hoeveel elektriciteit (Q) er in een batterij zit opgeslagen.



Bijvoorbeeld een 44Ah (20h) accu kan dus totaal 44 Ah afgeven, gemeten over 20 uur.

Dit is dus een gemiddelde van 2,2 Ampère, 20 uur lang. Moet de accu meer lading afgeven over een kortere tijd dan zal het aantal Ampère uur afnemen.

De meeste capaciteiten van Europese fabrikanten staan weergegeven bij een ontlading over 20 uur. Dit is de maatstaf voor de meeste Europese bedrijven.

Figuur 8

2.3 De stroomdichtheid: J

De stroomdichtheid (J) in een geleider is de maximale stroomsterkte die per oppervlakte dwarsdoorsnede (A) door de geleider mag vloeien.

$$J = \frac{I}{A}$$

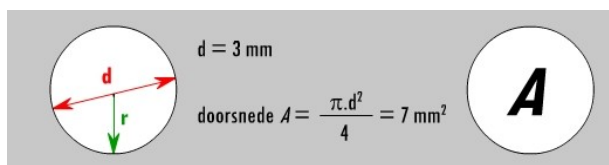
Eenheid:

$$\frac{\text{Ampère}}{\text{vierkante meter}} \left(\frac{\text{A}}{\text{m}^2} \right)$$

Dwarsdoorsnede:

De dwarsdoorsnede is de oppervlakte van de figuur die ontstaat als je een materiaal loodrecht op de lengterichting doorsnijdt.

Bij een cilindervormig materiaal zoals een draad is de dwarsdoorsnede een cirkeloppervlak.



Figuur 9

De relatie tussen draaddoorsnede en maximale stroomsterkte wordt in Tabel 1 weergegeven.

Tabel 1

Doorsnede (A) draad in mm ²	Maximaal toelaatbare permanente stroom in A
0,5	11
0,75	15
1	19
1,5	24
2,5	32
4	42
6	54
10	73
16	98
25	129
35	158
50	198
70	245
95	292
120	344

2.4 Spanning of potentiaalverschil: U

Als een bepaalde hoeveelheid elektriciteit Q (Coulomb) in een elektrische kring verplaatst wordt is daar een zekere arbeid of energie W (Joule) voor nodig.

De spanning aan de klemmen van een bron is de **energie die aan een hoeveelheid elektriciteit van 1C wordt geleverd**.

$$U = \frac{W}{Q}$$

Eenheid:

$$\text{Volt} = \frac{\text{Joule}}{\text{Coulomb}} \quad \left(V = \frac{J}{C} \right)$$

De praktische eenheid van spanning is de **Volt (V)**.

In de hydraulica spreekt men van drukverschil i.p.v. potentiaalverschil.

Zoals in een verwarmingsinstallatie de pomp zorgt voor een drukverschil zal in de elektrische kring de spanningsbron zorgen voor een potentiaalverschil. De pomp levert energie aan een liter water om door het verwarmingssysteem te kunnen vloeien. De spanningsbron levert energie aan de elektronen om zich te kunnen verplaatsen in de elektrische kring.

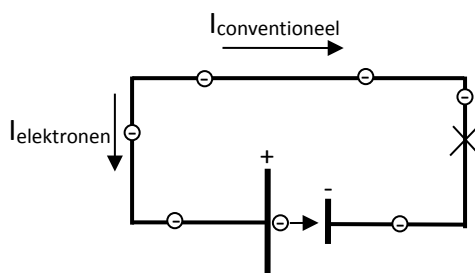
Concreet:

Een spanningsbron met $U = 5V$ betekent dat de bron aan 1 coulomb elektronen een energie geeft van 5 joule om zich te kunnen verplaatsen in de elektrische kring. Onderweg verliezen de elektronen energie (bv. onder de vorm van warmte in een verbruiker). Uiteindelijk komen ze uitgeput terug aan de bron waar ze opnieuw van de bron een energiestoot krijgen (5 joule per coulomb) waardoor ze opnieuw verder kunnen.

Spanningsbronnen:

De spanningsbron komt overeen met de pomp van de hydraulische keten (zie Figuur 5).

Zonder de pomp zal het hoogteverschil tussen beide reservoirs wegvallen waardoor de waterstroom stilvalt.



Figuur 10

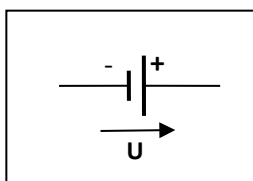
In de bron gaan de elektronen van positieve naar negatieve klem. Dit is tegen de natuurlijke bewegingszin. Er moet **arbeid** verricht worden op de elektronen om deze van de positieve naar negatieve klem te brengen waardoor het potentiaalverschil (U) behouden blijft.

Opmerking:

De **conventionele stroomzin** vloeit buiten de bron van + naar - en binnen de bron van - naar +.

De **elektronenstroomzin** vloeit buiten de bron van - naar + en binnen de bron van + naar -

In het verloop van deze cursus zal steeds de **conventionele stroomzin** aangeduid worden.



Figuur 11

De spanning van een gelijkspanningsbron wordt aangeduid met een **enkele pijl**.

De pijl wordt steeds getrokken van het laagste potentiaal naar het hoogste potentiaal (**van de - klem naar de + klem**).

2.5 De elektrische weerstand: R

Elektrische weerstand is de **tegenstand** die elektrische stroom ondervindt tijdens doorstroming in het materiaal.

Een geleider is een materiaal dat de stroom goed geleidt, dus weinig weerstand biedt aan de stroom.

Een slechte geleider is een materiaal dat de stroom moeilijk(er) doorlaat en daardoor meer weerstand biedt aan de stroom.

Fysische betekenis:

De bewegende ladingsdragers (vrije elektronen) botsen tegen de atomen van het geleidingsmateriaal. Er wordt hierdoor een zekere weerstand aan de stroom geboden.

Door deze botsingen wordt kinetische energie van de bewegende deeltjes omgezet in warmte (**joule-effect**).

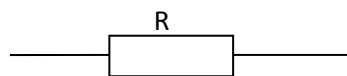
Om de deeltjes in beweging te houden moet het energieverlies aangezuiverd worden: dit kan alleen door het aanleggen van een potentiaalverschil U via de spanningsbron.

Bij een bestaande stroomsterkte I kan het potentiaalverschil U dus niet nul zijn.

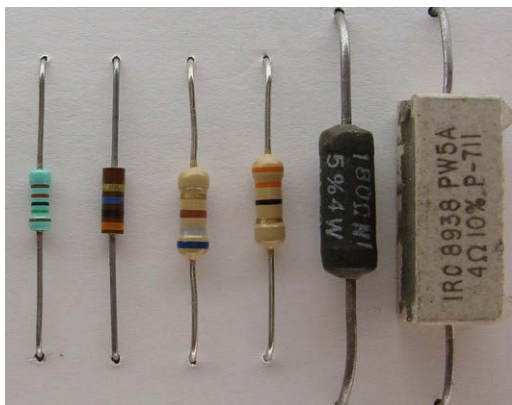
Eenheid:

Ohm (Ω)

Symbol:



De afkorting R komt van het Engelse woord “**Resistor**” of het Franse “**Résistance**”



Figuur 12



Figuur 13

2.6 Elektrische arbeid of energie: W

Een elektronenstroom kan arbeid leveren, d.w.z. dat elektrische energie omgezet kan worden in andere vormen van energie.

Op grond van de definitie van spanning $U = \frac{W}{Q}$ (zie 2.4) en de “Wet van Faraday”

$Q = I \cdot t$ (zie 2.2) kan de arbeid of energie bepaald worden door:

$$W = U \cdot Q = U \cdot I \cdot t$$

Eenheid:

($Joule = volt \cdot coulomb = volt \cdot ampère \cdot seconde = watt \cdot seconde$)

($J = V \cdot C = V \cdot A \cdot s = W \cdot s$)

De praktische eenheid van arbeid en energie is de **Joule (J)** of de **Watt.seconde (Ws)**.

Afgeleide eenheden:

1 Wh (wattuur) = 3600 Ws = 3600 J

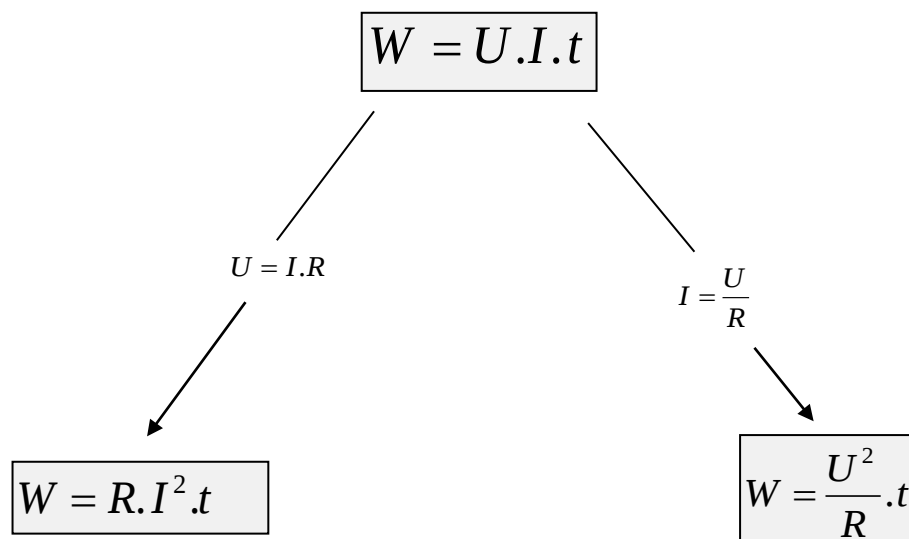
1 kWh (kilowattuur) = $1 \cdot 10^3$ Wh = $3,6 \cdot 10^6$ Ws

1MWh (Megawattuur) = $1 \cdot 10^6$ Wh

1GWh (Gigawattuur) = $1 \cdot 10^9$ Wh

Omgevormde formules:

Via de “Wet van Ohm” kan de formule van energie omgevormd worden tot:



Opmerking:

Als een elektrische stroom door een zuivere ohmse weerstand vloeit dan wordt de gehele elektrische energie in warmte omgezet. Men spreekt dan van het **joule-effect**.

2.7 Elektrisch vermogen: P

De **elektrische energie** die per seconde omgevormd wordt, noemt men het elektrisch vermogen van de verbruiker.

$$P = \frac{W}{t} \rightarrow P = \frac{U \cdot I \cdot \cancel{t}}{\cancel{t}} \rightarrow P = U \cdot I$$

Eenheid:

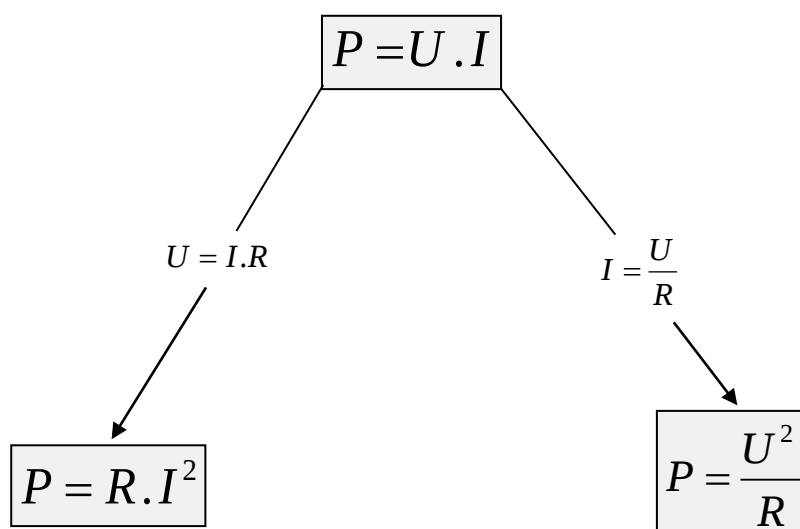
$$\left(\text{Watt} = \frac{\text{Joule}}{\text{seconde}} = \text{Volt} \cdot \text{Ampère} \right) \quad \left(W = \frac{J}{s} = V \cdot A \right)$$

De praktische eenheid van elektrisch vermogen is de **Watt (W)**.

De afkorting P komt van het Engelse woord “**Power**” of het Franse “**Puissance**”

Omgevormde formules:

Via de “Wet van Ohm” kan de formule van vermogen omgevormd worden tot:



Opmerking: “ Verlies door joule-effect “

De elektrische energie die in weerstanden, leidingen, wikkelingen van machines (bv. elektromotor) en ieder niet-verwarmingstoestel (bv. gloeilamp, transformator) in warmte wordt omgezet, betekent een ongewenste energieomvorming en bijgevolg energieverlies. Hierdoor kunnen, als de temperatuur te groot wordt, de weerstand opsmoren, isolatie van geleiders en wikkelingen verbranden, soldeerplaatsen lossmelten,

Dit kan leiden tot beschadiging of volledige onbruikbaarheid van apparaten en machines en zelfs tot brand !!!!

Zorg voor kleine verliezen

Het verlies door joule-effect in de leidingdraden moet zo klein mogelijk worden gehouden. Dit kan door een kleine leidingsweerstand.

Zijn twee of meer geleiders met elkaar verbonden hetzij door een las, hetzij door een schroefje of een ander middel, dan ontstaat in die verbinding een **overgangsweerstand**. De aftakkingen en verbindingen moeten zeer degelijk uitgevoerd worden. Ze moeten zuiver zijn en voldoende contactoppervlak en contactdruk hebben. Een gebrekkige verbinding biedt een slecht contact met een grote overgangsweerstand, zodat op de plaats van de slechte verbinding een grote warmteontwikkeling ontstaat met verhitting en brand tot gevolg.

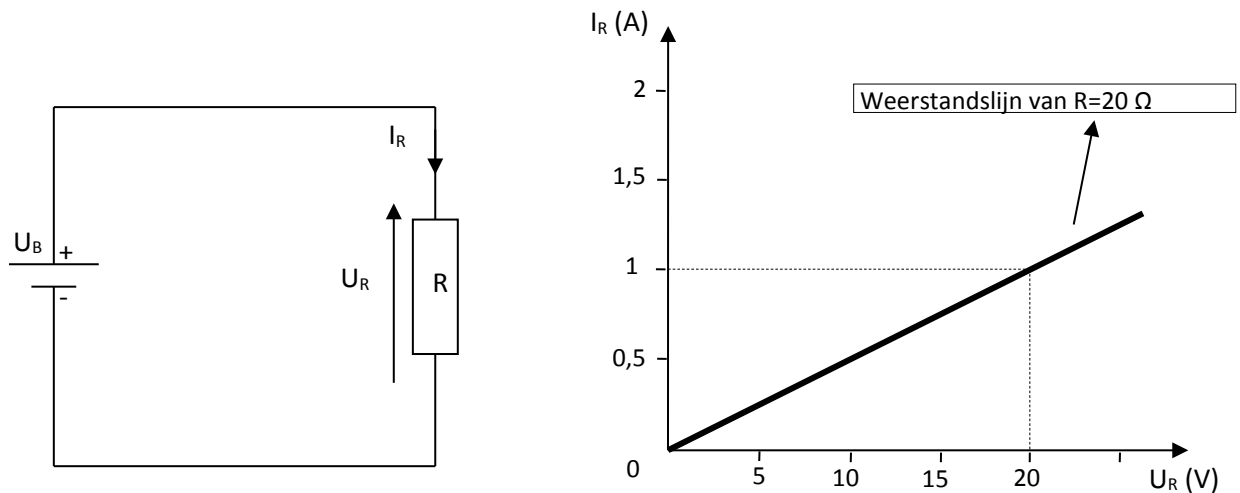
3 Basiswetten van de elektrische stroomkring.

3.1 De wet van Ohm

Als men een spanning (U) aanlegt over een weerstand (R) dan vloeit door deze weerstand een elektrische stroom (I).

Nu blijkt dat er een **constant verband** bestaat tussen de **spanning** U_R over en de **stroom** I_R door de weerstand R.

Deze **constante verhouding** noemt men de **weerstand (R)**.



Figuur 14

De **wet van Ohm** geeft het verband aan tussen de drie basisgrootheden I, U en R en luidt als volgt:

$$R = \frac{U_R}{I_R}$$

Weerstandslijn:

De “Wet van Ohm” wordt grafisch weergegeven door de **weerstandslijn** (zie Figuur 14). Deze lijn is een rechte door de oorsprong. De helling hangt af van de weerstandswaarde.

Als de spanning over de weerstand verdubbeld zal automatisch de stroom door de weerstand ook verdubbelen waardoor de verhouding $\frac{U_R}{I_R}$ constant blijft.

Afgeleide formules:

$$U_R = R \cdot I_R$$

$$I_R = \frac{U_R}{R}$$

Spanningsval:

Indien een stroom I door een weerstand vloeit ontstaat over die weerstand een **spanningsval** (spanningsverlies) U_R .

De grootte van de spanningsval kan berekend worden via :

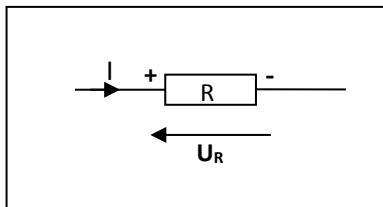
$$U_R = I_R \cdot R$$

Opmerking:

De stroom vloeit van een hoog naar laag potentiaal m.a.w. de kant waar de stroom de weerstand binnenkomt is "+" en de kant waar de stroom de weerstand verlaat is "-".

De spanningspijl wordt steeds getrokken van de **-klem** naar de **+ klem** (zie Figuur 11).

Als hulpregeltje zegt men ook dat de **spanningsvallen** steeds worden aangeduid **tegengesteld aan de stroomzin**.

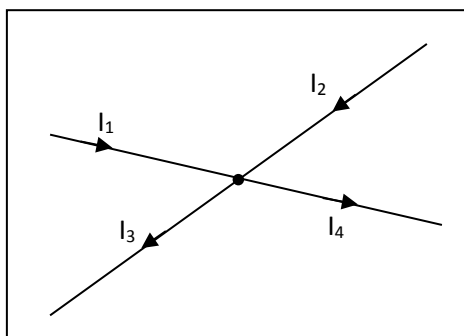


Figuur 15

3.2 Eerste wet van Kirchoff: (stroomwet)

In een willekeurig knooppunt van een elektrisch netwerk is **de som de ingaande stromen gelijk aan de som der uitgaande stromen**.

Of met andere woorden in een knooppunt is de algebraïsche som der stromen gelijk aan nul.



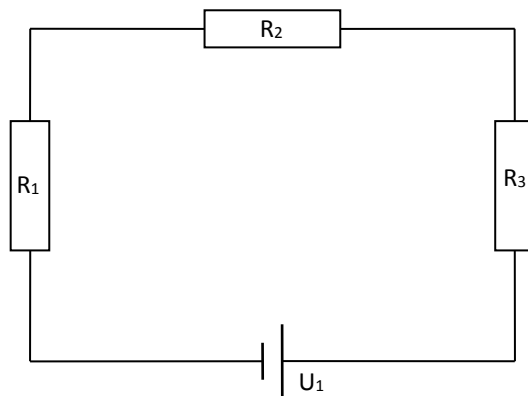
Figuur 16

$$\sum I = 0$$

De eerste wet van Kirchoff (1WVK) toegepast in Figuur 16 is:

3.3 Tweede wet van Kirchhoff: (spanningswet)

In een willekeurige gesloten keten is de **algebraïsche som van de spanningsbronnen plus de algebraïsche som van de spanningsvallen gelijk aan nul**.



$$\sum U + \sum U_R = 0$$

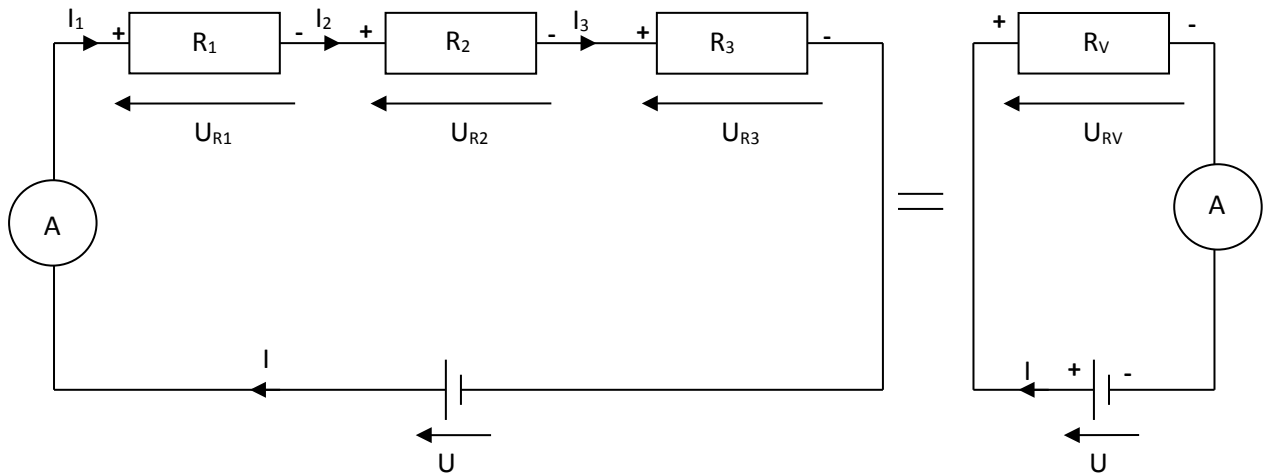
Figuur 17

Teken in Figuur 17 alle stroom- en spanningspijlen. Pas vervolgens de tweede wet van Kirchhoff (2WVK) toe.



4 Basisschakelingen van weerstanden.

4.1 Serieschakeling van weerstanden



Figuur 18

- Weerstanden staan in serie als de stroom die door de weerstanden vloeit identiek is (d.w.z. dezelfde elektronen en evenveel).

- $I = I_1 = I_2 = I_3$ (Eigenschap serieschakeling)

- $U = U_{R1} + U_{R2} + U_{R3}$ (Tweede wet van Kirchoff)

De bronspanning (U) verdeelt zich over de verschillende deelweerstand.

Vermits de stroom door alle weerstanden dezelfde is zal over de grootste weerstand de meeste spanning komen te staan.

- De **vervangweerstand** (R_V) biedt evenveel weerstand dan alle weerstanden van de schakeling samen. Dus als je alle weerstanden vervangt door R_V dan zal bij eenzelfde spanning (U) evenveel stroom (I) in de kring vloeien dan in de oorspronkelijke schakeling.

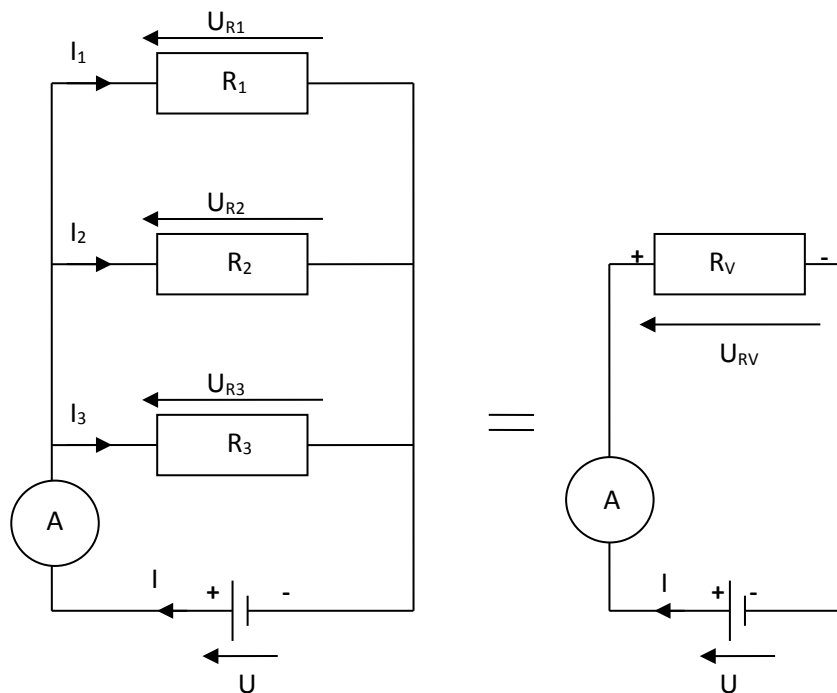
Voor een serieschakeling geldt:

$$R_V = R_1 + R_2 + R_3$$

- Voor n gelijke weerstanden (R) in serie geldt:

$$R_V = n.R$$

4.2 Parallelschakeling van weerstanden



Figuur 19

- Weerstanden staan parallel als de ene kant van de weerstanden allemaal via een draad met elkaar verbonden zijn en ook de andere kant van de weerstanden met een draad verbonden zijn.
- $$U = U_{R1} = U_{R2} = U_{R3}$$
 (Eigenschap parallelschakeling)
- $$I = I_1 + I_2 + I_3$$
 (Eerste wet van Kirchhoff)
- De **vervangweerstand** (R_V) biedt evenveel weerstand dan alle weerstanden van de schakeling samen. Dus als je alle weerstanden vervangt door R_V dan zal bij eenzelfde spanning (U) evenveel stroom (I) in de kring vloeien dan in de oorspronkelijke schakeling.

Voor een parallelschakeling geldt:

$$R_V = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

- Voor n gelijke weerstanden (R) in parallel geldt:

$$R_v = \frac{R}{n}$$

- Voor twee weerstanden parallel geldt:

$$R_v = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Opmerkingen:

- Bij een parallelschakeling van weerstanden is de vervangweerstand steeds **kleiner** dan de **kleinste deelweerstand**.
- Telkens je een weerstand parallel bijschakelt zal de totale vervangweerstand verkleinen waardoor de stroomsterkte toeneemt.

4.3 Gemengde schakeling van weerstanden

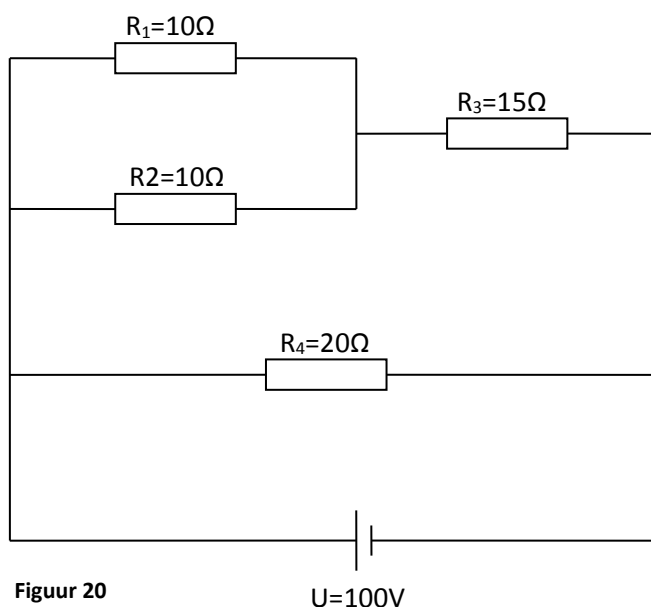
Deze schakelingen bestaan uit een seriegedeelte en een parallelgedeelte.

Afhankelijk van de opbouw van de schakeling, zal men ze trachten te herleiden tot een serieschakeling of een parallelschakeling.

Op het seriegedeelte past men de wetten van de serieschakeling toe en op het parallel-gedeelte de wetten van de parallelschakeling.

Oplossingsmethode a.d.h.v. een voorbeeld:

Bereken de **stroomsterkte** door en de **spanning** over iedere weerstand.



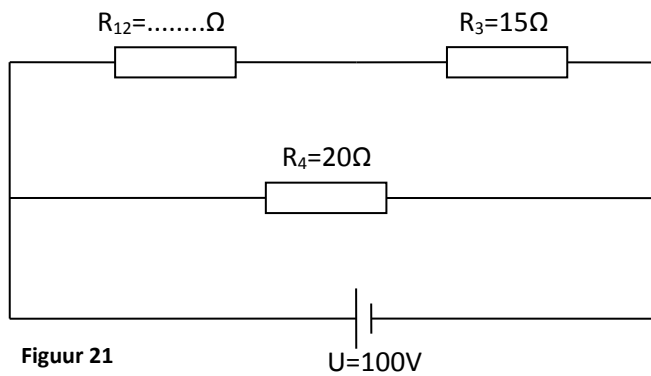
Figuur 20

$U = 100V$

We berekenen eerst de vervangweerstand:

R_1 en R_2 staan in

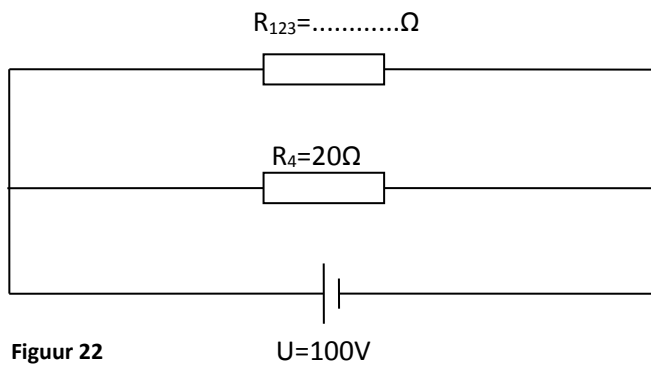
$$R_{12} = \quad = \quad =$$



Figuur 21

R_{12} en R_3 staan in

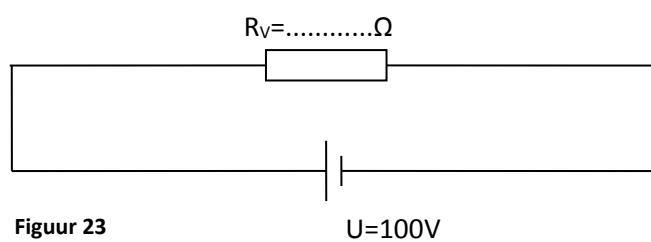
$$R_{123} = \quad = \quad =$$



Figuur 22

R_{123} en R_4 staan in

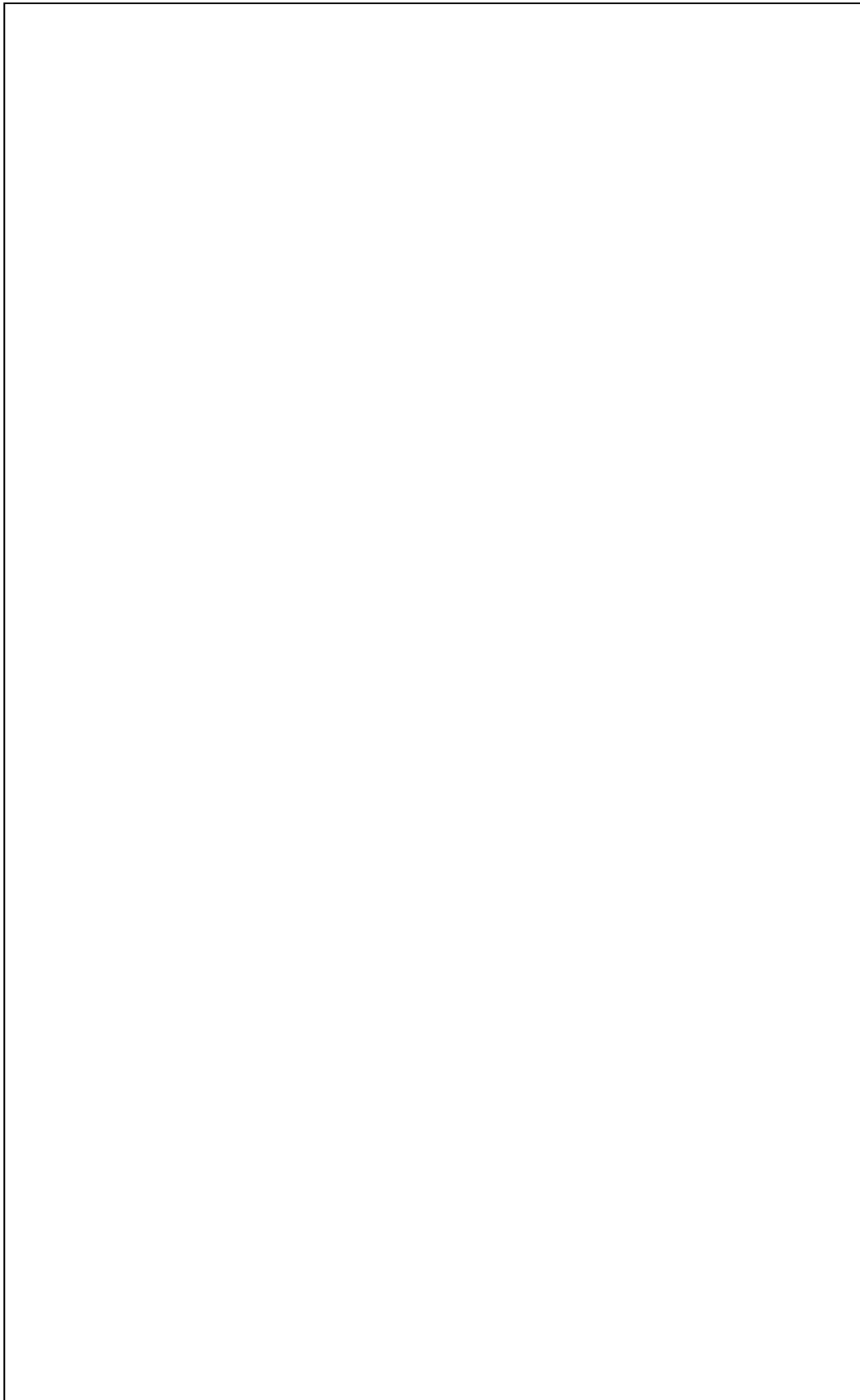
$$R_{1234} = R_V = \quad = \quad =$$



Figuur 23

Via de vervangweerstand kunnen we de totale stroomsterkte berekenen.

Via de eigenschappen van serie- en parallelschakeling + de “Wetten van Kirchoff” kunnen we de verschillende deelstromen en spanningen terugvinden.



5 Toepassingen op weerstandsschakelingen

5.1 De voorschakelweerstand

Zoals eerder gezien ontstaat er over ieder weerstand waardoor een stroom vloeit een spanning. Men spreekt hier van een spanningsval ($U_R = R \cdot I$).

Je weet dat je een verbruiker nooit rechtstreeks mag aansluiten op een spanning die groter is dan zijn werkspanning. Nochtans is het mogelijk een verbruiker te voeden met een hogere spanning door de gepaste voorschakelweerstand te plaatsen.

Een voorschakelweerstand is een weerstand die in serie geschakeld wordt met de verbruiker om over deze voorschakelweerstand een spanningsverlies te veroorzaken, en zo over de verbruiker de gewenste spanning te verkrijgen.

Opmerking:

Het inschakelen van een voorschakelweerstand om de spanning te verlagen is niet de meest energetische oplossing. Energie gaat immers verloren aan warmte (joule effect).

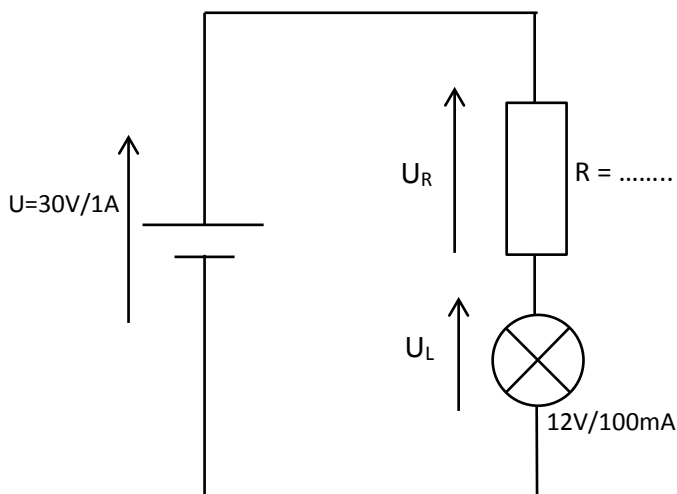
Een beter oplossing is gebruik te maken van een Duty-cycle gestuurde spanning. Men spreekt ook van PWM (Puls- Width Modulation) of in het Nederlands PBM (Puls-Breedte Modulatie) zie hoofdstuk 15.

Oefening:

Gegeven: Een gloeilampje van 12V/100 mA
Spanningsbron van 30V/1A

Gevraagd: Bereken de voorschakelweerstand (waarde + vermogen).

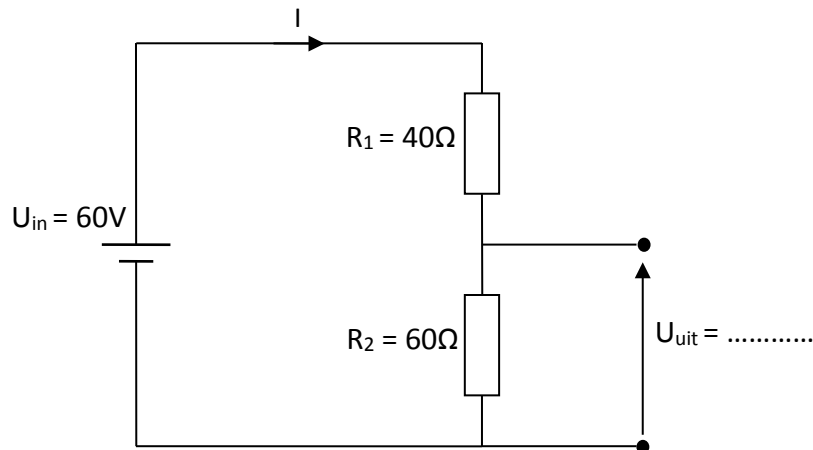
Oplossing:



Figuur 24

5.2 Spanningsdeler

Bij een spanningsdeler bekomt men een kleinere uitgangsspanning (U_{uit}) uit een grotere ingangsspanning (U_{in}). Een spanningsdeler bestaat uit twee of meer in serie geschakelde weerstanden (zie Figuur 25).



Figuur 25

$$\left. \begin{array}{ll} U_{uit} = U_{R2} = I_2 \cdot R_2 = I \cdot R_2 & (1) \\ I = \frac{U_{in}}{R_1 + R_2} = \frac{U_{in}}{R_1 + R_2} & (2) \end{array} \right\} \xrightarrow{(2) \text{ in } (1)} U_{uit} = \frac{U_{in} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Besluit:

$$U_{uit} = \frac{U_{in} \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{of} \quad U_{uit} = \frac{U_{in}}{1 + \frac{R_1}{R_2}}$$

Oefening:

Bereken de uitgangsspanning in Figuur 25.

De twee weerstanden vormen een serieschakeling en de spanning over de weerstanden wordt verdeeld in functie van hun waarde. Hun totaal is gelijk aan de voedingsspanning (= 2WVK).

Andere uitgangsspanningen kan je verkrijgen door een andere weerstandscombinatie te kiezen.

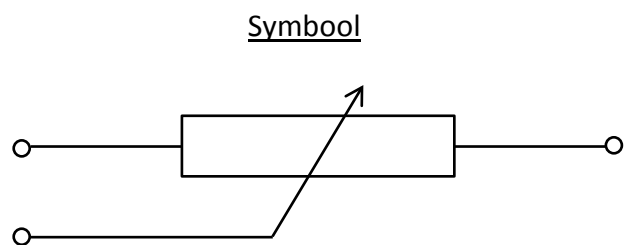
Door gebruik te maken van een regelweerstand kan je uitgangsspanning continu veranderen. Deze schakeling noemt men dan een **potentiometerschakeling**.

5.3 De potentiometerschakeling

De potentiometer is een component (zie figuur 26) met drie klemmen waarvan er twee gevoed worden met een vaste spanning. Met de derde klem kan je een regelbare spanning afnemen tussen 0 V en de voedingspanning.

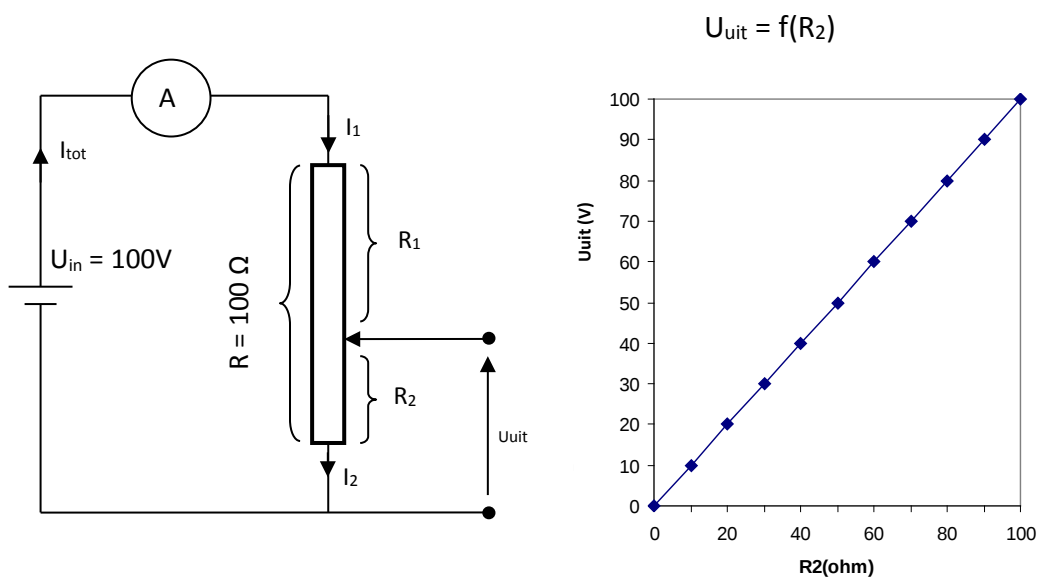


Figuur 26



Figuur 27

Het verschil met de spanningsdeler is dat de vaste aftakking vervangen is door een looper. Hierdoor kan de uitgangsspanning (U_{uit}) traploos ingesteld worden. Door het verschuiven van de looper zal zowel R_1 als R_2 wijzigen.



Figuur 28

Voorbeeld:

We nemen een potentiometer met $R=100\ \Omega$ en sluiten deze aan op een ingangsspanning $U_{in} = 100V$.

We verplaatsen de looper **van onder** ($R_2 = 0\ \Omega$) **naar boven** ($R_2 = 100\ \Omega$) met stappen van $10\ \Omega$. We berekenen telkens de uitgangsspanning en zetten deze grafisch uit.

Tabel 2

$U_{in}\ (V)$	$R\ (\Omega)$	$R_2\ (\Omega)$	$R_1\ (\Omega)$	$R_{tot}\ (\Omega)$	$I_{tot}\ (A)$	$I_1\ (A)$	$I_2\ (A)$	$U_{uit}(V)$
100	100	0	100	100	1	1	1	0
100	100	10	90	100	1	1	1	10
100	100	20	80	100	1	1	1	20
100	100	30	70	100	1	1	1	30
100	100	40	60	100	1	1	1	40
100	100	50	50	100	1	1	1	50
100	100	60	40	100	1	1	1	60
100	100	70						
100	100	80	20	100	1	1	1	80
100	100	90	10	100	1	1	1	90
100	100	100	0	100	1	1	1	100

Oefening:

Bereken alle waarden voor de rij $R_2 = 70\Omega$ uit Tabel 2.

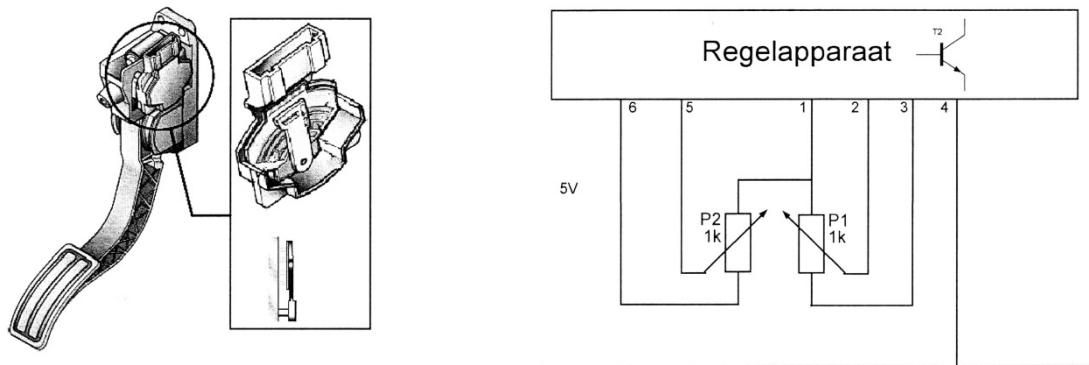
Besluit:

We zien dat er een **lineair** verband bestaat tussen de uitgangsspanning U_{uit} en de looperstand (zie Figuur 28).

De potentiometer kan dus verschillende spanningen geven afhankelijk van de stand van het sleepcontact. Je kan bijgevolg een positie- of hoekaanduiding omzetten in een welbepaalde elektrische waarde.

Toepassingen:

Kleppositie bepalen, gaspedaalsensor,....

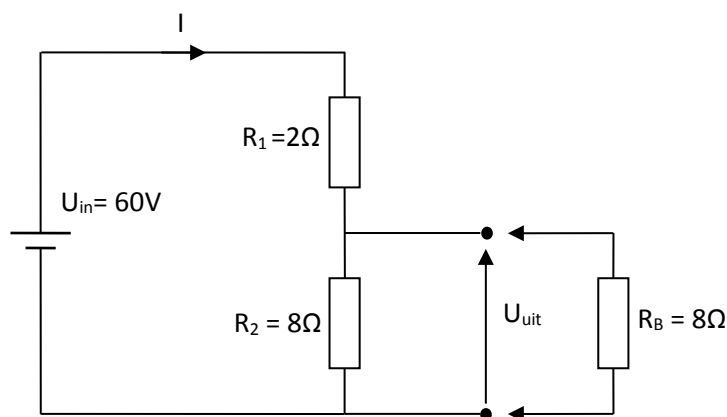


Figuur 29

Opmerking:

Als we de uitgang van een spanningsdeler of potentiometer belasten (verbruiker aansluiten) zal de uitgangsspanning dalen.

Hoe zwaarder de belasting (= hoe kleiner de weerstand van de verbruiker) hoe kleiner de uitgangsspanning wordt.

Oefening:

Figuur 30

Gevraagd:

- Bereken de uitgangsspanning als de spanningsdeler niet belast is (zonder R_B).
- Bereken de uitgangsspanning als de spanningsdeler belast is met $R_B = 8\Omega$.

6 Weerstand van vaste geleiders

6.1 Wet van Pouillet

Ook leidingen, gelieders en draden oefenen een weerstand uit, al is die heel klein. Aangezien de weerstand van geleiders en leidingen verwaarloosbaar is, beschouwt men die vaak als onbestaand. Nochtans is die weerstand niet altijd verwaarloosbaar en moet je er soms rekening mee houden (spanningsval).

Claude Pouillet (1790-1868) was een Frans natuurkundige.

Hij onderzocht de factoren die een invloed hebben op de weerstandswaarde van een stukje materiaal.

Hij kwam tot de volgende vaststelling:

De weerstand van de geleider wordt **groter** als:

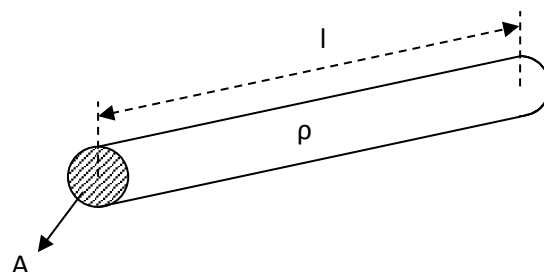
-
-
-

Je kan dit vergelijken met een waterafvoerpijp: het water vloeit veel makkelijker door een korte, gladde, brede pijp dan door een lange, ruwe, smalle pijp.

In formulevorm geeft dit:

$R = \text{_____}$

= Wet van Pouillet



Opmerking:

We hebben de invloed van de temperatuur nog buiten beschouwing gelaten.

De invloed van de temperatuur zit verscholen in de soortelijke weerstand.

Praktische toepassing:

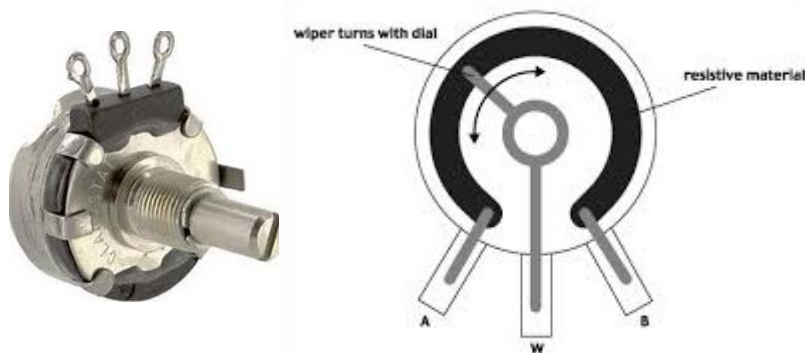
De praktische opbouw van een potentiometer is gebaseerd op de "Wet van Pouillet".

Het weerstandsmateriaal (ρ) is een koollaag met een bepaalde doorsnede (A).

De lengte (l) van het weerstandsmateriaal wordt bepaald door de positie van het sleepcontact.

Tussen de buitenste klemmen (A en B) zit altijd de volledige weerstand.

Tussen de klemmen A en W wordt maar een deel van het weerstandsmateriaal doorlopen. De lengte wordt bepaald door de positie van het sleepcontact.



Figuur 31

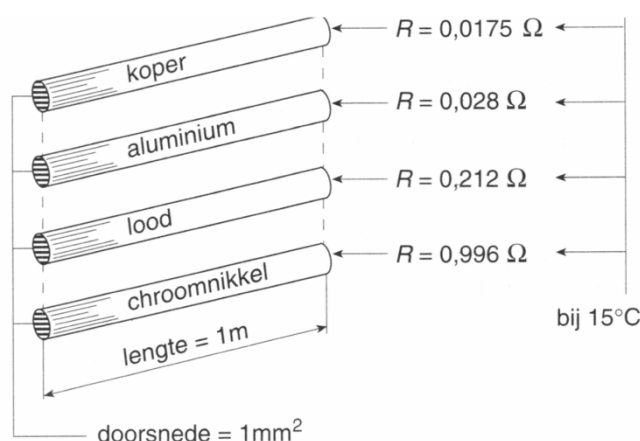
$$R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

6.2 Soortelijke weerstand of resistiviteit ($\rho = \text{rho}$)

Om de weerstand van verschillende draden te kunnen berekenen, heeft men uit iedere materiaalsoort draden vervaardigd met een lengte van **1m** en een doorsnede van **1mm²**.

Met nauwkeurige meetapparatuur heeft men steeds bij een **constante temperatuur** (bv. 15°C) de weerstand gemeten.

Deze weerstand noemt men de **soortelijke weerstand (ρ)** of **resistiviteit**.



Figuur 32

Definitie:

De soortelijke weerstand van een stof is de weerstand van de draad die vervaardigd is uit die stof, 1m lang is en een doorsnede heeft van 1mm² bij een bepaalde temperatuur bv. 15°C.

Eenheid:

$$\rho = \frac{R.A}{l} \rightarrow \frac{\Omega.m^2}{m} = \Omega.m$$

Nu gebruik je steeds de SI-eenheden. Vroeger echter gebruikte men eenheden die werden ingegeven door praktische waarden van draaddoorsneden. Vandaar dat je in sommige boeken of tabellen de soortelijke weerstand (ρ) terugvindt als een waarde uitgedrukt in:

$$\frac{\Omega.mm^2}{m}$$

Zo is: $\rho_{cu_{15}} = 0,0175 \frac{\Omega.mm^2}{m} = 0,0175.10^{-6} \Omega.m$

6.3 Temperatuurcoëfficiënt (α)

Naast de afmetingen en het soort materiaal is de soortelijke weerstand ook nog afhankelijk van de temperatuur.

Om hier rekening mee te houden werd voor ieder materiaal een **temperatuurscoëfficiënt** (α) ingevoerd.

Definitie:

De temperatuurscoëfficiënt van een geleider is de weerstandsverandering per ohm beginweerstand bij 0°C (R_0) en bij een temperatuursvariatie van één °C.

Ter verduidelijking:

Een weerstand van koper heeft bij 0°C een waarde gelijk aan 1Ω.

Door een temperatuurstijging van 1°C zal de weerstandswaarde toenemen met 0,004 Ω (= α).

De waarde van de weerstand bij 1 °C is dan 1,004 Ω.

Een weerstand van koper heeft bij 0°C een waarde gelijk aan **2Ω**.

Door een temperatuurstijging van 1°C zal de weerstandswaarde toenemen met $2 \times 0,004\Omega = 0,008\Omega$.

De waarde van de weerstand bij 1 °C is dan 2,008 Ω.

Eenheid:

De temperatuurscoëfficiënt wordt uitgedrukt in:

$$\frac{\Omega}{\Omega.^{\circ}C} = \frac{1}{^{\circ}C} = ^{\circ}C^{-1}$$

Tabel 3

materiaal	$\rho_0(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	$\rho_{15}(\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m})$	$\alpha(^{\circ}\text{C}^{-1})$
zilver	0,015	0,016	0,003 7
koper	0,0165	0,0175	0,004
goud	0,019	0,024	0,0035
aluminium	0,026	0,028	0,004 35
wolfram	0,054	0,058	0,004 7
zink	0,058	0,0625	0,004
messing	0,068	0,072	0,001 5
ijzer	0,091	0,099	0,006 25
nikkel	0,123	0,135	0,006 22
lood	0,2	0,212	0,004 11
maillechort	0,299 8	0,301	0,000 273
nikkeline	0,332 2	0,333 6	0,000 3
manganine	0,419	0,42	0,000 01
constantaan	0,481	0,480 9	-0,000 005
chromnikkel	0,986	0,996	0,000 07
kwikzilver	0,943	0,953	0,000 9
kool	65,04	64,718	-0,000 33

6.4 Weerstand van geleiders bij willekeurige temperatuur

Probleemstelling:

Hoe groot is een weerstand R_t bij $t^{\circ}\text{C}$ indien de weerstand bij 0°C gelijk is aan R_0 ?

R_0 = weerstand bij 0°C

R_t = weerstand bij $t^{\circ}\text{C}$

Oplossing:

Vanuit de definitie van temperatuurscoëfficiënt kan men de weerstandsverandering (ΔR) t.o.v.

R_0 bepalen via:

$$\Delta R = R_0 \cdot \alpha \cdot t$$

Om de eindweerstand (R_t) te kennen moet men de weerstandsverandering optellen bij de beginweerstand (R_0):

$$R_t \cong R_0 + \Delta R$$

$$R_t \cong R_0 + R_0 \cdot \alpha \cdot t$$

$$R_t \cong R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot t)$$

Oefening1:

Een weerstand vervaardigd uit koperdraad heeft bij 0°C een weerstand van 60 Ω ($R_0 = 60 \Omega$). Bereken de weerstandswaarde bij 90°C.

Oefening2:

Een weerstand vervaardigd uit wolfram heeft bij 40°C een weerstand van 80 Ω ($R_{40} = 80 \Omega$). Bereken de weerstandswaarde bij 500°C.

6.5 Weerstand van een gloeilamp

De temperatuur van de gloeidraad van een lamp kan zeer hoog oplopen (tot 2000°C). Vermits de weerstandswaarde afhankelijk is van de temperatuur is er een groot verschil van weerstand als de lamp brandt of niet brandt. M.a.w. warm of niet warm is.

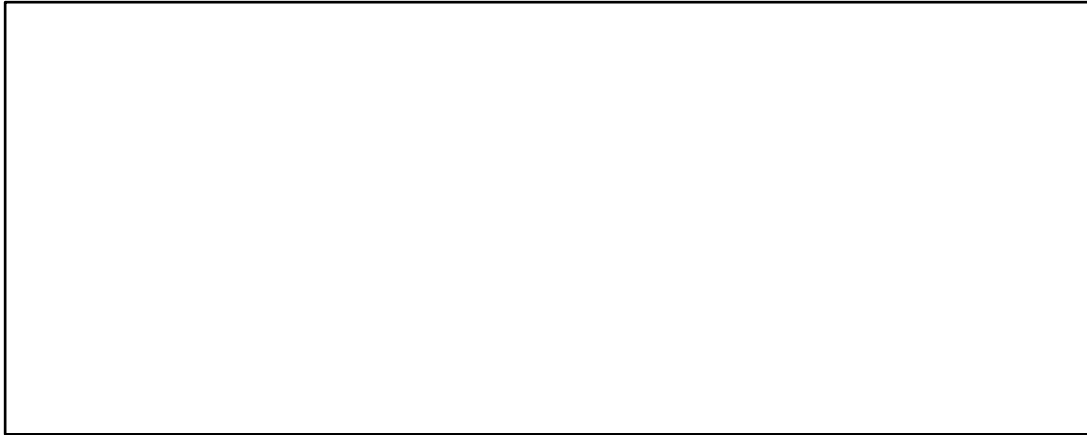
Als je de weerstand van een lamp berekent uit de lampgegevens (12V/21W) dan is dit de weerstand als de lamp is aangesloten op 12V. Deze waarde kan je nooit rechtstreeks opmeten met een ohm meter. **Een ohm meter mag je nooit schakelen in een kring onder spanning.** Je kan de weerstand van een brandende gloeilamp alleen onrechtstreeks bepalen, namelijk door de spanning en de stroom van de lamp gelijktijdig te meten en de wet van Ohm toe te passen.

Als je de ohm meter rechtstreeks aan de lamp hangt zal de lamp niet branden en bijgevolg niet warm worden. Je meet dus de weerstand van de lamp in koude toestand. Deze is veel lager dan dat de lamp zou branden.

Oefening:

Gegeven: Gloeilamp 12V/21W

Gevraagd: Bereken de weerstand van de lamp als deze is aangesloten op 12 V.

**6.6 Spanningsval en bijbehorend vermogensverlies in een elektrische kring**

Elke component van een elektrische kring bezit een weerstand. Als een stroom door zo'n component vloeit, zal over dat component een spanningsval optreden, die je kan berekenen met $U_R = I \cdot R$

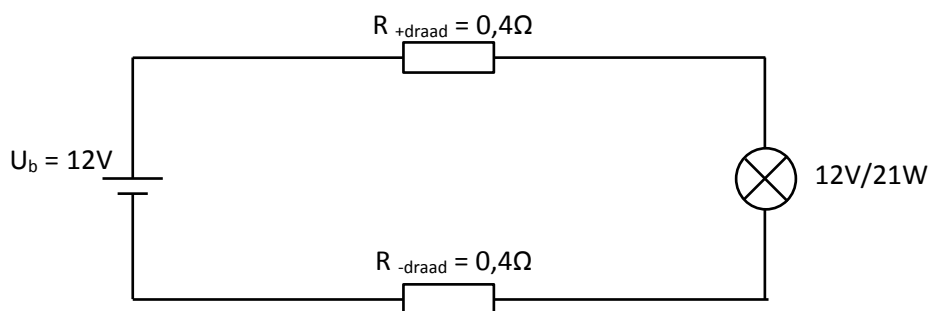
Ook de geleiders oefenen een weerstand uit, al is die heel klein. Aangezien de weerstand van geleiders verwaarloosbaar is, beschouwt men die vaak als onbestaand. Nochtans is die weerstand niet altijd verwaarloosbaar en moet je er soms rekening mee houden. Immers de spanningsval die hierover ontstaat is niet meer beschikbaar over de nuttige verbruiker (bv. lamp). Hierdoor ontstaat er ook een vermogensverlies.

Voorbeeld:

In Figuur 33 wordt een lamp van 12V/21W aangesloten op de batterij.

De weerstand van de geleiders bedraagt elk afzonderlijk $0,4\Omega$.Gevraagd:

Bereken de spanning over de lamp en het ontwikkelde vermogen in de lamp.

**Figuur 33**

Oplossing:

Weerstand van de lamp: $R_{lamp} = \frac{U^2}{P} = \frac{12^2}{21} = 6,857 \Omega$

Totale vervangweerstand: $R_v = R_{+draad} + R_{-draad} + R_{lamp} = 0,4 + 0,4 + 6,857 = 7,657 \Omega$

Totale stroom: $I = \frac{U_b}{R_v} = \frac{12}{7,657} = 1,567 A$

Spanningsval over + draad: $U_{+draad} = I \cdot R_{+draad} = 1,567 \cdot 0,4 = 0,627 V$

Spanningsval over - draad: $U_{-draad} = I \cdot R_{-draad} = 1,567 \cdot 0,4 = 0,627 V$

Spanning over lamp: $U_{lamp} = U_b - U_{+draad} - U_{-draad} = 12 - 0,627 - 0,627 = 10,746 V$

of $U_{lamp} = I \cdot R_{lamp} = 1,567 \cdot 6,857 = 10,745 V$

Vermogen ontwikkeld in lamp: $P_{lamp} = U_{lamp} \cdot I_{lamp} = 10,746 \cdot 1,567 = 16,84 W$

Of $P_{lamp} = R_{lamp} \cdot I_{lamp}^2 = 6,857 \cdot 1,567^2 = 16,84 W$

Vermogensverlies in de draden: $P_{+draad} = U_{+draad} \cdot I_{+draad} = 0,627 \cdot 1,567 = 0,98 W$

$P_{-draad} = U_{-draad} \cdot I_{-draad} = 0,627 \cdot 1,567 = 0,98 W$

Besluit:

Door de weerstand van de aansluitdraden staat er nog maar 10,746 V over de lamp en wordt er nog maar 16,84W ontwikkeld i.p.v. 21W.

Een spanningsval in een kring verkwaist een deel van de voedingsspanning, die dus niet meer helemaal beschikbaar is voor de verbruiker. Dat leidt tot een aanzienlijk vermogensverlies. Daarom moet je er goed op letten dat de spanningsvallen in de kring zo klein mogelijk zijn, want zo kan je elke negatieve invloed op het vermogen van de verbruiker vermijden.

Oorzaken van spanningsverlies in een automobielkring:

- Lange leidingen
- Onjuiste draaddoorsnede
- Defecte of slechte verbindingen
- Slechte contacten in schakelaar of relais
- Defecte massapunten

Toegelaten spanningsvallen in automobielkringen (naar Bosch):

Tabel 4

Soort geleider	Max. spanningsval in plusleiding
Verlichtingskring : van contactpunt 30 naar lamp < 15 W	0,1 V
Verlichtingskring : van contactpunt 30 naar lamp > 15 W	0,5 V
Verlichtingskring : van contactpunt 30 naar grootlicht	0,3 V
Laadkring : van alternatorpool B naar accu	0,4 V bij 12 V 0,8 V bij 24 V
Hoofdstartkring	0,5 V bij 12 V 1,0 V bij 24 V
Stuurstartkring	1,4 V bij 12 V 2,0 V bij 24 V
Andere stuurkringen : naar relais, claxon, enz.	0,5 V bij 12 V 1,0 V bij 24 V

6.7 Bepalen van de doorsnede van een geleider in auto

Verbruikers zijn via geleiders (koperen draad) verbonden met de spanningsbron.

De weerstand van de geleider is bepalend voor de optimale werking van de elektrische kring (bv. verlichtingskring).

De weerstand van de geleider wordt berekend via $R = \frac{\rho \cdot l}{A}$ (wet van Pouillet).

Het materiaal met de beste elektrische kwaliteit/prijsverhouding is **koper**.

De **afstand (lengte l)** tussen de bron en de verbruiker ligt meestal fysiek vast. Je doet altijd je best om de af te leggen weg zo kort mogelijk te houden, maar ook deze parameter is weinig flexibel en is in de praktijk al op voorhand bepaald.

De **doorsnede** (A) blijft over als enige vrije parameter.

Het berekenen van leidingen komt erop neer de minimum doorsnede (A) te bepalen, zodanig dat er geen gevaar bestaat voor beschadiging van de geleiderisolatie door te grote **warmteontwikkeling** ($P = R.I^2$) en gelijktijdig dat het **spanningsverlies** ($U_R = R.I$) binnen een vooraf bepaalde grens blijft.

Doorsnede in functie van maximaal toelaatbare stroom:

Welke is de maximale stroom die een geleider van een bepaalde doorsnede aankan zonder gevaar op beschadiging ? Het antwoord op die vraag is geformuleerd na talrijke praktische proeven. Het resultaat is weergegeven in Tabel 5.

Tabel 5

KOPERDRAAD VOOR AUTOMOBIEL	
<i>Doorsnede (A) draad in mm²</i>	<i>Maximaal toelaatbare permanente stroom in A</i>
0,5	11
0,75	15
1	19
1,5	24
2,5	32
4	42
6	54
10	73
16	98
25	129
35	158
50	198
70	245
95	292
120	344

Doorsnede in functie van maximaal toelaatbare spanningsval:

De maximaal toelaatbare spanningsval van een geleider in een verlichtingskring bedraagt volgens de normen **0,5 V**. Dit betekent dat de stroom die door de geleider vloeit aan de uiteinden ervan geen spanningsval mag veroorzaken die de genormeerde waarde van **0,5 V** overschrijdt, ongeacht de lengte van de geleider.

Oefening:

Op een voertuig met boordspanning van 12V moet je twee mistlampen met een spanning van elk 55W monteren. De draadlengte die je nodig hebt bedraagt 4 m. Welke doorsnede moet de voedingsdraad hebben als je weet dat de maximum toelaatbare spanningsval over de draad 0,5V bedraagt ?

Oplossing:

Stap1: Bereken de totale stroomsterkte door de voedingsdraad:

Een lamp van 12V en 55W vraagt een stroom van:
$$I = \frac{P}{U} = \frac{55}{12} = 4,58 \text{ A}$$

Beide lampen worden parallel gemonteerd.

De totale stroom bedraagt dan:
$$I_{\text{totaal}} = 2 \cdot I = 2 \cdot 4,58 = 9,16 \text{ A}$$

Stap2: Bereken de maximale draadweerstand:

$$R_{\text{draad (max)}} = \frac{U_{\text{draad (max)}}}{I_{\text{draad}}} = \frac{0,5}{9,16} = 0,0546 \Omega$$

Stap3: Bereken de draaddoorsnede als je weet dat de lengte 4 m is:

$$A = \frac{\rho \cdot l}{R} = \frac{0,0175 \cdot 4}{0,0546} = 1,282 \text{ mm}^2$$

De meest geschikte commerciële doorsnede is die van **1,5 mm²**

Stap4: Controle van de warmteafvoer:

Door 1,5 mm² mag 24 A vloeien. Dit is meer dan I_{totaal} (9,16A).

Dus is er geen gevaar voor oververhitting.

7 Bijzondere halfgeleiderweerstand

Behalve de “normal” weerstanden die we in de elektronica zien toegepast voor het instellen van stromen, respectievelijk spanningen, kennen we ook een aantal weerstanden met bijzondere eigenschappen, de zogenaamde niet-lineaire weerstanden.

Enkele voorbeelden:

- THERMISTORS (deze kunnen worden onderscheiden in NTC- en PTC-weerstand)
- VDR's
- LDR's
- MDR's

7.1 Thermistors (NTC en PTC)

Het woord **THERMISTOR** komt van “ **THERM**ische res**ISTOR** ” (temperatuur afhankelijke weerstand).

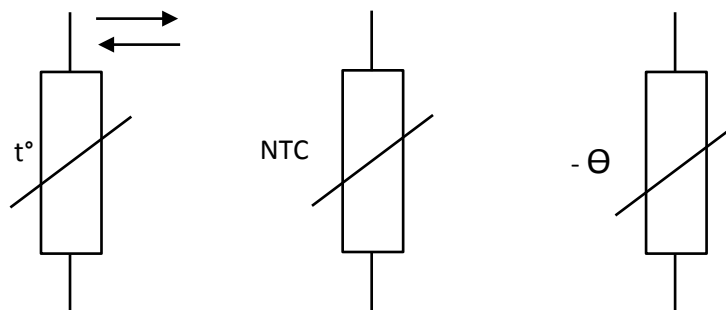
7.1.1 NTC-weerstand

De NTC-weerstand is een halfgeleiderweerstand met een negatieve temperatuurcoëfficiënt. Dat wil zeggen dat bij oplopende temperaturen de weerstandswaarde daalt.

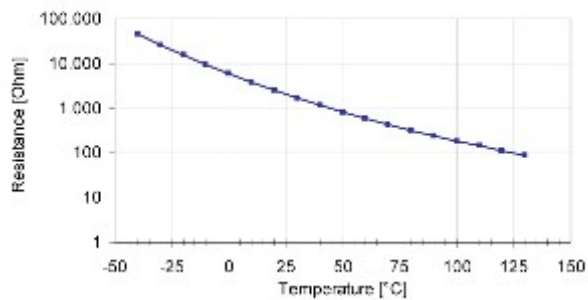
NTC-weerstand worden veelvuldig in de motorvoertuigtechniek toegepast als temperatuursensor.

De NTC-weerstand vertoont een niet lineair gedrag, dat wil zeggen dat de weerstandswaarde niet evenredig met de temperatuur afneemt. Het verband tussen de weerstand en de temperatuur verloopt logaritmisch (zie Figuur 35).

Symbool:



Figuur 34



T (°C)	R (Ω)
-30	26,114
-20	15,462
-10	9,397
0	5,896
10	3,792
20	2,500
30	1,707
40	1,175
50	834
60	596
70	436
80	323
90	243
100	187
110	144
120	113
130	89

Figuur 35

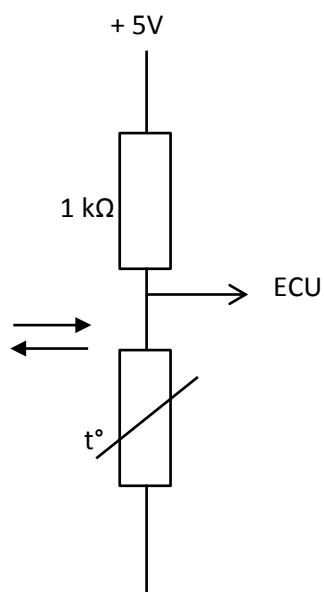
Wanneer we de NTC-weerstand als spanningsdeler schakelen dan zal op het knooppunt een spanning ontstaan die afhankelijk wordt van de temperatuur (zie Figuur 36) .

Oefening:

Bereken de spanning die door de ECU wordt binnen gelezen als de temperatuur:

- a) 0 °C is
- b) 110 °C is

Gebruik de temperatuursensor uit Figuur 35.



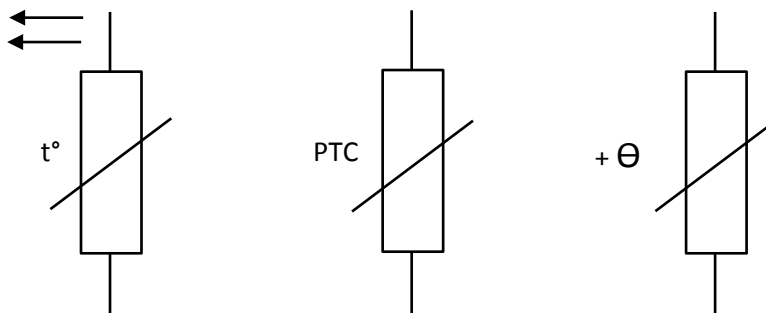
Figuur 36

7.1.2 PTC weerstanden:

PTC-weerstanden hebben een **positieve temperatuurcoëfficiënt**, dat wil zeggen dat de weerstandswaarde **toeneemt** met het oplopen van de temperatuur. Hoewel een draadgewonden metalen weerstand deze eigenschap ook heeft, beschouwen we deze niet als een PTC-weerstand.

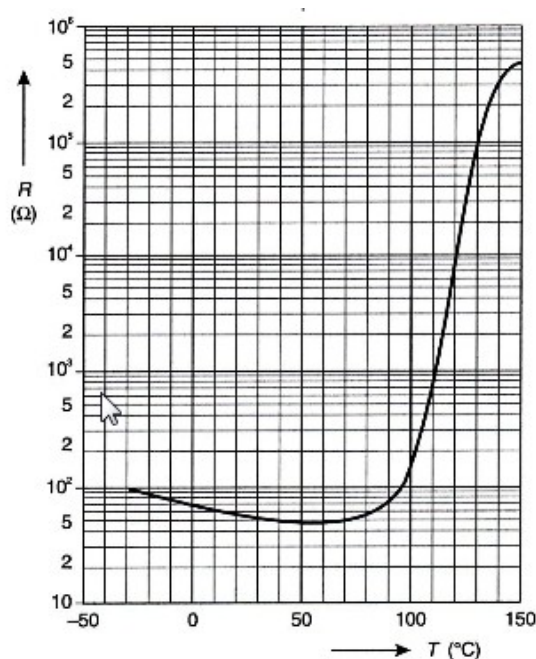
Het bijzondere van een PTC-weerstand is, dat de weerstandswaarde bij een gedefinieerde temperatuur plotseling zeer sterk gaat toenemen, terwijl de thermistor bij een normale temperatuur een betrekkelijk kleine weerstand bezit. PTC-weerstanden kunnen dus goed worden gebruikt als beveiliging en verwarming. Bij het oplopen van de stroomsterkte van bijvoorbeeld kortsluiting of overbelasting, loopt de weerstandswaarde van de PTC-weerstand ten gevolge van de warmte-ontwikkeling sterk op, waardoor de stroomsterkte in het circuit wordt begrensd.

Symbol:



Figuur 37

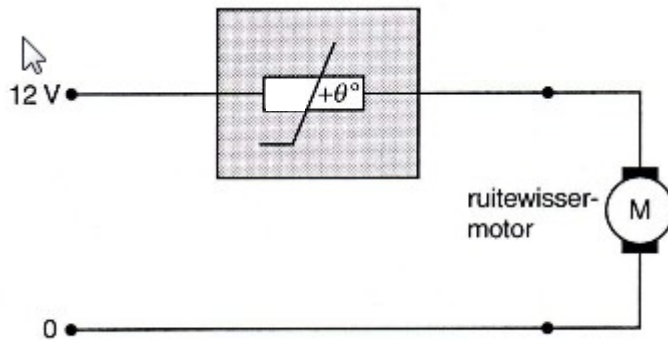
PTC –karakteristiek:



Figuur 38

Toepassingen:▪ Beveiliging ruitewissercircuit:

Bij een droge ruit zou de motor kunnen worden overbelast. De oplopende stroomsterkte zorgt ervoor dat de PTC-weerstand warmer wordt waardoor op een zeker moment de weerstandswaarde sterk toeneemt en de stroomsterkte weer daalt.



Figuur 39

▪ Als verwarmingselement:

In de autotechniek worden in diverse toepassingen weerstanden als verwarmingselement toegepast.

Dit kunnen normale draadgewonden of opgedampte weerstanden zijn met een weerstand, die nauwelijks temperatuurafhankelijk is.

Steeds vaker worden er PTC-weerstanden gebruikt als verwarmingselement.

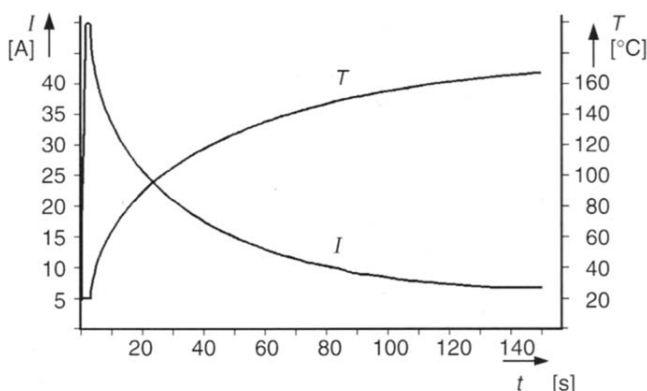
Dit worden PTC-thermistors genoemd.

Doordat de weerstand van het PTC-element sterk toeneemt bij stijgende temperatuur, zal het

gedissipeerde vermogen snel afnemen, immers:
$$P = \frac{U^2}{R}$$

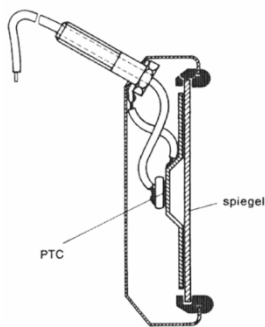
Hierdoor ontstaat er vanzelf een stabiele toestand. Er hoeft dus geen regeling te worden gemaakt om de temperatuur te begrenzen en er kan met een zeer hoge beginstroom worden gewerkt, waardoor de opwarming zeer snel kan plaatsvinden.

In onderstaande figuur is de stroom-en temperatuurtijdgrafiek van een verwarming met PTC-element weergegeven.



Figuur 40

Deze PTC-verwarmingselementen worden soms toegepast bij de inlaatluchtverwarming, brandstofverwarming, spiegelverwarming, lambda-sensorverwarming en gloeibougies.



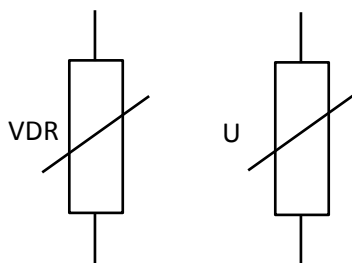
Figuur 41

De spiegelverwarming is ook een toepassing van een PTC-verwarmingselement. Is de buitentemperatuur laag, dan is de weerstand van de PTC laag en bijgevolg de stroom groot. Hierdoor zal er veel vermogen (warmte) ontwikkeld worden ($P = R \cdot I^2$) waardoor de spiegel vlug ontwasemt. Na verloop van tijd zal de PTC opwarmen waardoor de weerstand stijgt en bijgevolg de stroom daalt. Er zal minder warmte ontwikkeld worden maar de spiegel was toch al ont wasemt. We krijgen in feite een zelfregeling met de PTC.

7.2 De Voltage-Dependent Resistor (VDR)

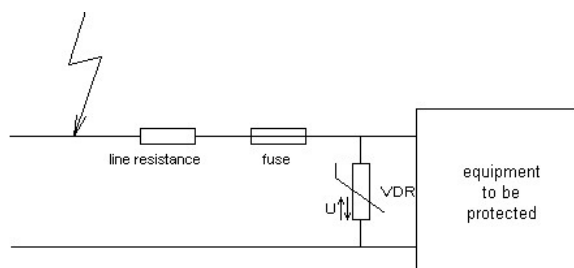
De Voltage-Dependent Resistor, ook wel **varistor** genoemd, is een weerstand, waarvan de weerstandswaarde afhangt van de spanning. Bij lage spanning over de spanningsafhankelijke weerstand is de weerstandswaarde zeer groot, bij hoge spanning neemt deze waarde zeer snel af. Ze wordt vooral toegepast in overspanningsbeveiligers voor computer- en audio- en videoapparatuur. In de auto-elektronica zullen we er weinig mee worden geconfronteerd.

Symbol:



Figuur 42

Om elektronische apparatuur te beveiligen tegen piekspanningen (bv. blikseminslag) wordt een "VDR" parallel geplaatst met het te beveiligen toetel (zie Figuur 43). Bij een piekspanning zal de weerstand van de "VDR" klein worden waardoor de stroom door de "VDR" wordt afgeleid.



Figuur 43

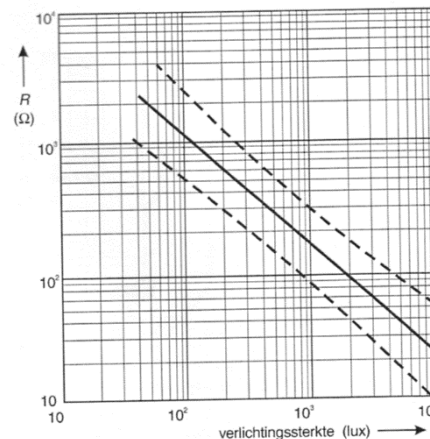
7.3 De Light-Dependent Resistor (LDR)

Deze lichtgevoelige weerstand wordt veelal ingedeeld bij de opto-elektronische componenten. LDR's werken betrekkelijk traag, waardoor ze steeds meer door andere opto-componenten worden vervangen, zoals fotodioden en fototransistoren. Door een lichtstraal op een LDR te laten vallen kan deze LDR worden gebruikt in schakelingen voor optische impulsgevers. Onderstaande afbeelding geeft het symbool alsmede de weerstandswaarde, als functie van de hoeveelheid licht.

Symbool:



Figuur 44



Figuur 45

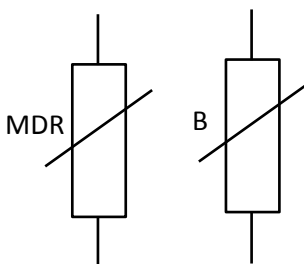
Het weerstandsverloop van een LDR is functie van de lichtsterkte. De volle lijn in Figuur 45 geeft de gemiddelde waarde aan.

7.4 De Magnetic-field-Dependent Resistor (MDR)

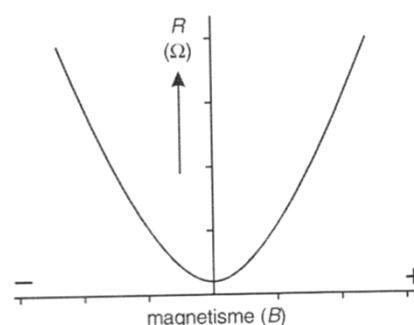
Bij de Magnetic-field-Dependent Resistor verandert de weerstand onder invloed van het magnetische veld.

Ze wordt vooral gebruikt voor allerlei soorten opnemers en impulsgevers. Een MDR, in combinatie met een permanente magneet, kan bijvoorbeeld gebruikt worden voor het nauwkeurig meten van afstanden. Laten we de magneten roteren, dan zal de weerstandswaarde van de MDR periodiek veranderen, waardoor we de afgegeven spannings- of stroomvariaties als impulsen kunnen opvatten. Daarmee kunnen we bijvoorbeeld een toerenteller of het ontstekingstijdstip sturen.

Symbool:



Figuur 47



Figuur 47

8 Relais

<http://nl.wikipedia.org/wiki/Relais>

<http://faq.6enligne.net/display.php?id=71/les-relais>

8.1 Functie

Een relais is in feite een op afstand bediende schakelaar.

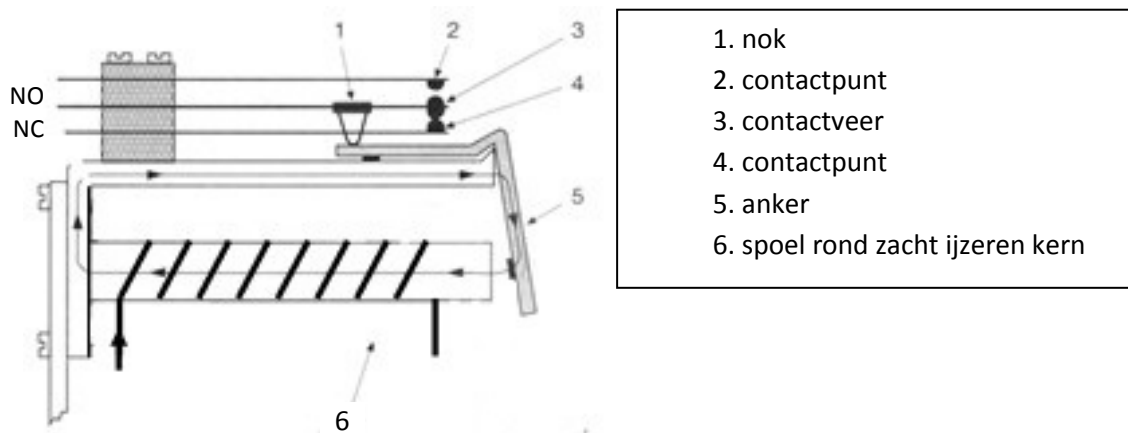
Een relais wordt gebruikt voor het in- en uitschakelen van elektrische verbruikers. Dit maakt het mogelijk om met behulp van een kleine stroom een grote stroom in of uit te schakelen.

De kleine stroom heet **stuurstroom**. De grote stroom is de **hoofdstroom**.

8.2 Opbouw en werking

Een relais bestaat uit maak en/of verbreek contacten die bediend worden door een elektromagneet. Een elektromagneet is een van koperdraad gewonden spoel die gewikkeld is op een zacht ijzeren kern (6). Meestal ligt één uiteinde van de spoel wikkeling aan massa, en wordt op de andere zijde een spanning van 12 volt gezet. Dan gaat er een stroompje (stuurstroom) lopen door die spoel, waardoor de zacht ijzeren kern magnetisch wordt en een metalen armpje (5) aantrekt.

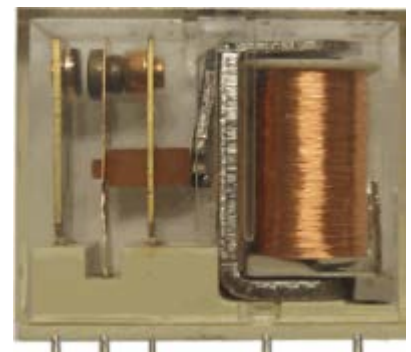
Op dat armpje rust een nok (1) dat op een contactveer (3) bevestigd is. In rust (geen stroom door spoel) rust het contact van de veer tegen een ander contactpunt (4). Zodra er spanning op de spoel komt, gaat het wisselcontact bewegen, en komt dan tegen een ander contactpunt aan.



Figuur 48

Figuur 49 laat een relais zien, met de spoel die van heel dun koperdraad is gewikkeld, aan de rechterkant, en de contacten aan de linkerkant.

De stroom die nodig is om een relais te sluiten is vrij klein, in de orde van **100- 400 mA** voor een autorelais. De contacten kunnen meestal zo'n **20-30A** schakelen. Bij de meeste relais staat dit op het plastic of metalen huisje.



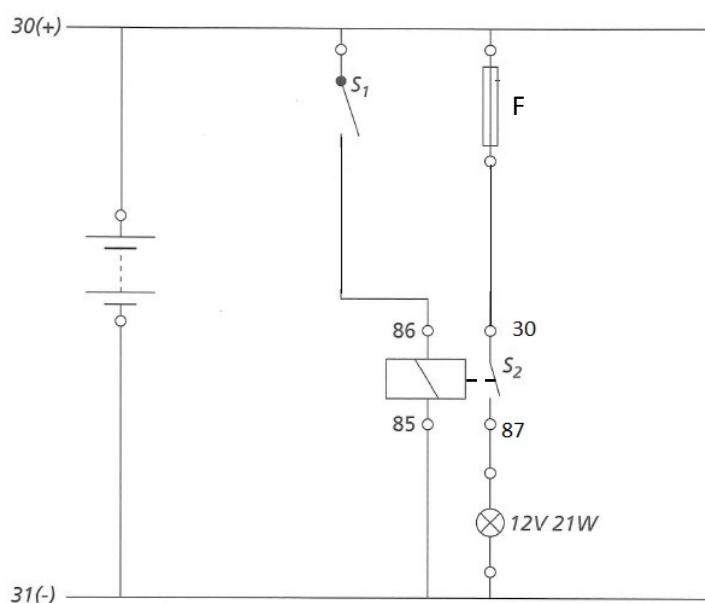
Figuur 49

Omdat de spoel maar zo weinig stroom vraagt, heb je maar een simpele schakelaar nodig, en is de lengte van de bedrading van de bedieningsschakelaar naar de spoel van de relais niet meer belangrijk.

Een ander voordeel is dat de draad die de hoge stroom van de verbruiker transporteert, zo kort mogelijk gehouden kan worden, omdat het relais overal geplaatst kan worden. De handbediende schakelaar, moet noodzakelijkerwijze verder weg geplaatst kunnen worden, om handig bedienbaar te kunnen zijn.

In Figuur 50 wordt de lamp geschakeld door een relais. De werking is als volgt:

- Als schakelaar S1 sluit, gaat er een stroom van + via S1, aansluiting 86, de spoel van het relais en aansluiting 85 naar massa
- Het magnetisch veld sluit de contacten van het relais
- De hoofdstroom wordt ingeschakeld en gaat vanaf de + via de zekering, aansluiting 30, S2, aansluiting 87 en de lamp naar massa
- De kring met het relais noemt men de “**STUURKRING**”
- De kring met de verbruiker (lamp) noemt men de “**HOOFDKRING**”



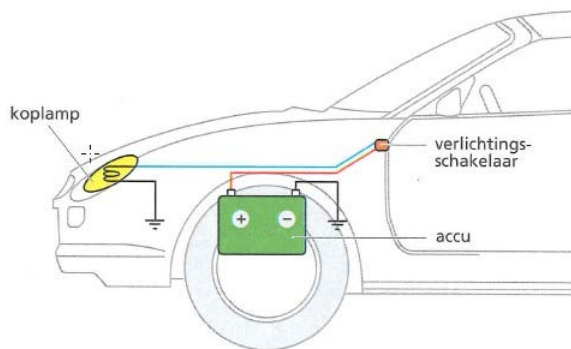
Figuur 50

Relais worden toegepast om verschillende redenen:

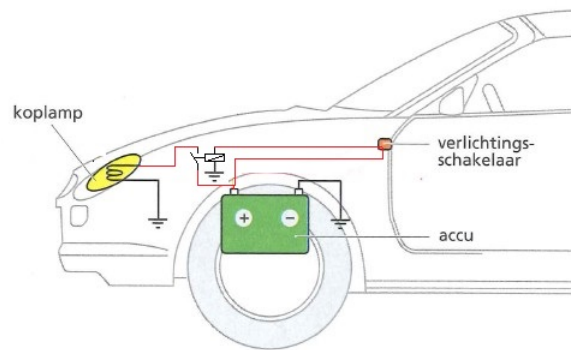
- De stroom door de schakelaar is kleiner; daardoor is er minder vonkvorming bij het openen en sluiten; de schakelaar heeft een langere levensduur.
- De kabels naar en van de schakelaar kunnen dunner zijn, omdat er een kleinere stroom doorheen gaat.
- Er is in de kring van de hoofdstroom minder spanningsverlies, omdat de kabels korter kunnen zijn.

In Figuur 51 is een koplamp aangesloten zonder dat een relais is toegepast.

In Figuur 52 is een relais toegepast.



Figuur 521



Figuur 52

8.3 Klemaanduidingen volgens DIN 72552

Gelukkig is er voor de contacten een standaard nummering, de DIN 72552, die op alle Duitse auto's wordt doorgevoerd, en ook op vele andere.

Relais met één ingang (30) voor maak- en of verbreekcontacten

85 uitgang relaisspoel :spoel (-), massa

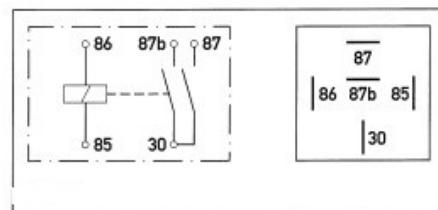
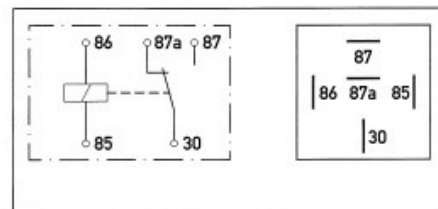
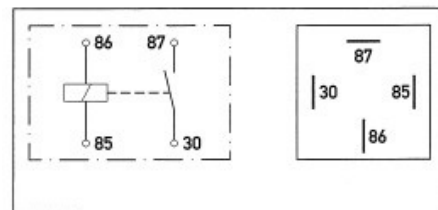
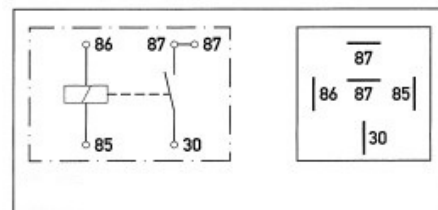
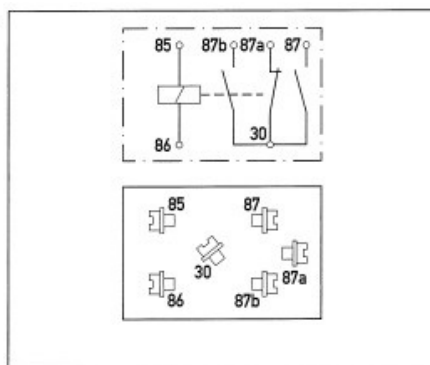
86 ingang relaisspoel :spoel (+)

30 Accu (+) of 15

87 uitgang maakcontact

87a uitgang verbreekcontact

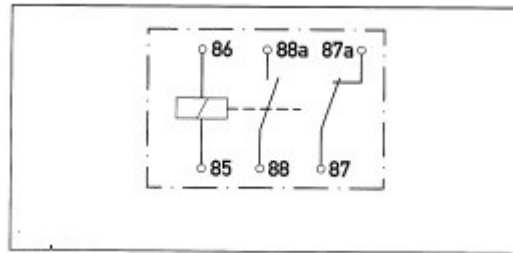
87b tweede uitgang maakcontact



Figuur 53

Relais met afzonderlijke ingang voor maak- en verbreekcontacten

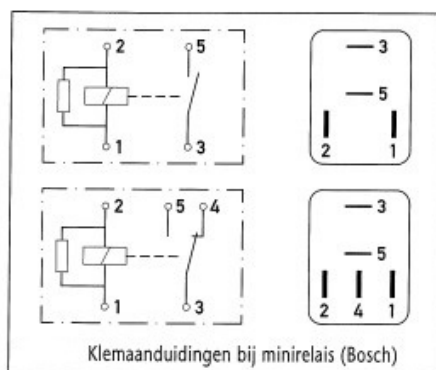
- 88** ingang maakcontact
88a uitgang maakcontact
87 ingang verbreekcontact
87a uitgang verbreekcontact



Figuur 54

Klemaanduidingen bij minirelais (Bosch)

DIN 72651	DIN 72552
1	86
2	85
3	30
4	87a
5	87



Figuur 55

De spoel contacten zijn altijd 85 en 86, terwijl de spoel in een schema aangeduid wordt door middel van een rechthoekje met een schuine streep er door, dit is ook duidelijk te zien op het huisje van het relais (Figuur 53).

De contacten in een schema worden altijd weer gegeven in de rust stand, dus als er geen spanning op de spoel staat.

De contacten bij een maak contact zijn altijd 30 en 87.

De voedingsspanning staat daarbij altijd op contact 30.

Dit kan rechtstreeks van af de accu zijn, of via een zekering, of ook vanaf een spanningsvoerende punt via het contactslot.

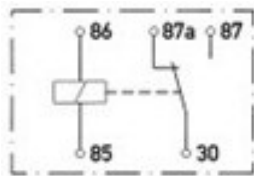
Als er ook een breekcontact is, dan is dat genummerd 87a.

Figuur 56 stelt een relais met wisselcontact voor; 85 en 86 zijn de spoel contacten, 30 het hoofd- of wisselcontact, ook wel soms aangeduid met (C) voor “common”, 87 het maak contact, ook wel soms aangeduid met (NO) “normally open”, en 87a het breek contact, ook wel soms (NC) “normally closed” genoemd.

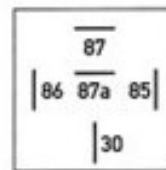
De stippellijn tussen het symbool voor de relaisspoel en het beweegbare armpje, geeft aan dat het magnetisme opgewekt in de spoel, het beweegbare contact bedient.

Nogmaals, het schema is getekend in de ruststand, dus 30 maakt nu contact met 87a, en als de spoel bekrachtigd wordt, maakt 30 contact met 87.

Figuur 57 stelt de aansluitcontacten van het relais voor.



Figuur 56



Figuur 57

8.4 Knipperrelais (pinkerrelais)

Deze knipperrelais ook wel eens “**impulsgever**” genoemd produceert een blok golf om de pinkers te laten knipperen.

Vele zijn belasting afhankelijk. Dit wil zeggen dat er een bepaalde stroom moet vloeien om behoorlijk te functioneren.

Moest er bijvoorbeeld één lamp defect zijn dan zal de belasting (= stroomsterkte) te laag zijn waardoor de knipperfrequentie verdubbeld.



Figuur 58

9 Metingen met voltmeter

9.1 Inwendige weerstand volt meter

Een V-meter plaatsen we steeds parallel over de component waarover we de spanning wensen te kennen.

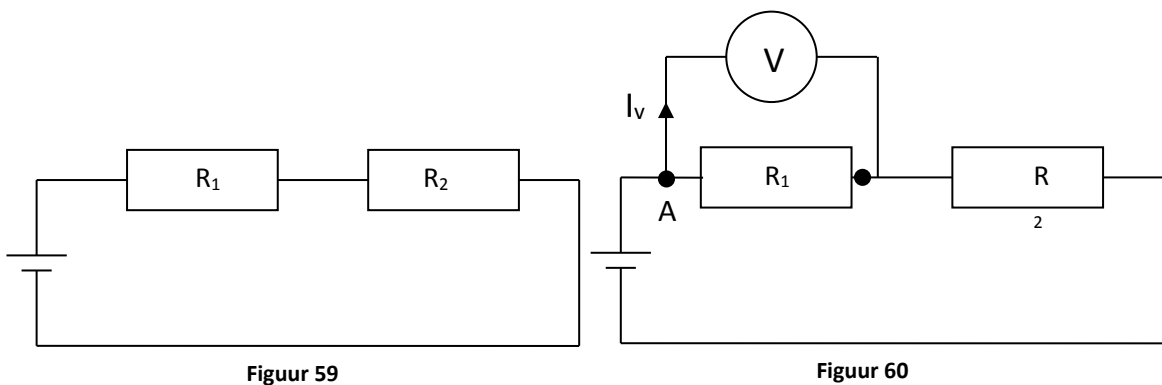
Elk meettoestel bezit een zekere inwendige weerstand.

Bij een ideale V-meter zou de kring geen verschil mogen voelen of de meter nu in de kring staat of niet.

Door het plaatsen van de V-meter in Figuur 60 zal in knooppunt 'A' een deel van de stroom splitsen en door de V-meter vloeien (I_v). In de oorspronkelijke schakeling Figuur 59 figuur was dit niet het geval.

Om de invloed van de V-meter op de schakeling te beperken moet ' I_v ' zo klein mogelijk zijn. Dit kan enkel door de inwendige weerstand van de V-meter (R_v) zo groot mogelijk te maken. Een ideale V-meter heeft een inwendige weerstand (R_v) van oneindig ohm.

De inwendige weerstand van een digitale V-meter is behoorlijk hoog , 1 à 10 M Ω .



Opmerking:

Een Ampèremeter plaatst men in serie in de kring. Om de invloed van de A-meter op de kring te beperken moet de inwendige weerstand van de A-meter (R_A) zo klein mogelijk zijn.

9.2 Invloed van de V-meter op de metingen

We moeten ons realiseren dat een meter altijd een inwendige weerstand heeft.

Op het moment dat we een meter aansluiten is het circuit niet meer hetzelfde.

Zoals eerder gezien is de inwendige weerstand van V-meter vrij groot (1M Ω).

Om je meetresultaten te kunnen interpreteren moet je de V-meter bekijken als een weerstand van 1M Ω .

Voorbeeld 1.

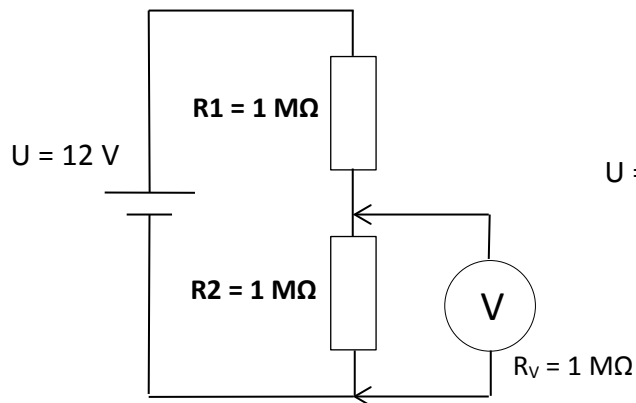
a) Bereken de spanning over R_2 in fig.61 en fig.62 zonder V-meter

b) Bereken de spanning die de V-meter zal aanduiden in Figuur 61 .

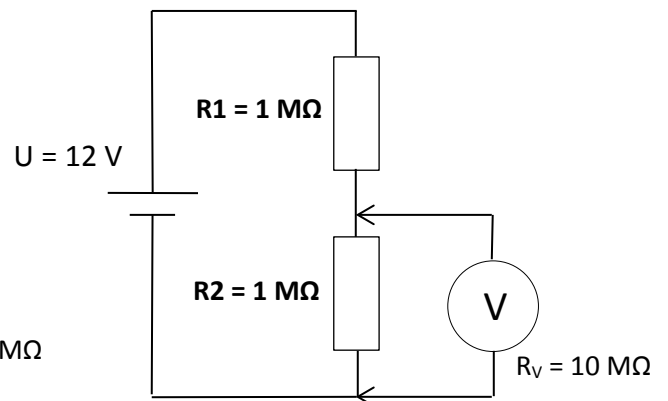
De V-meter heeft hier een inwendige weerstand van $1\text{ M}\Omega$.

c) Bereken de spanning die de V-meter zal aanduiden in Figuur 62.

De V-meter heeft hier een inwendige weerstand van $10\text{ M}\Omega$



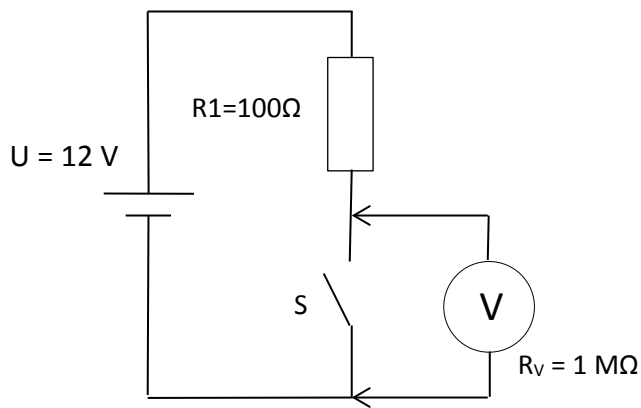
Figuur 61



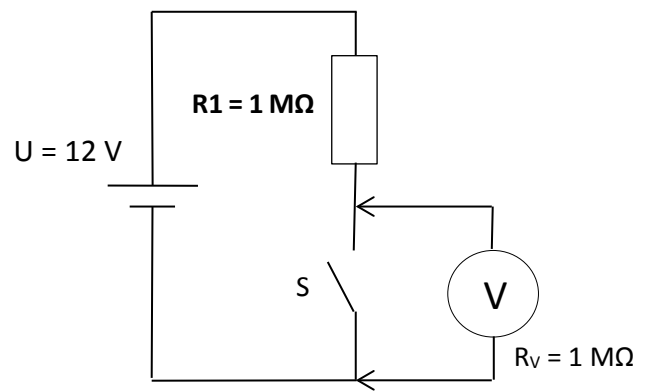
Figuur 62

Voorbeeld 2

- a) Bereken de spanning die de V-meter zal aanduiden in Figuur 63.
b) Bereken de spanning die de V-meter zal aanduiden in Figuur 64.



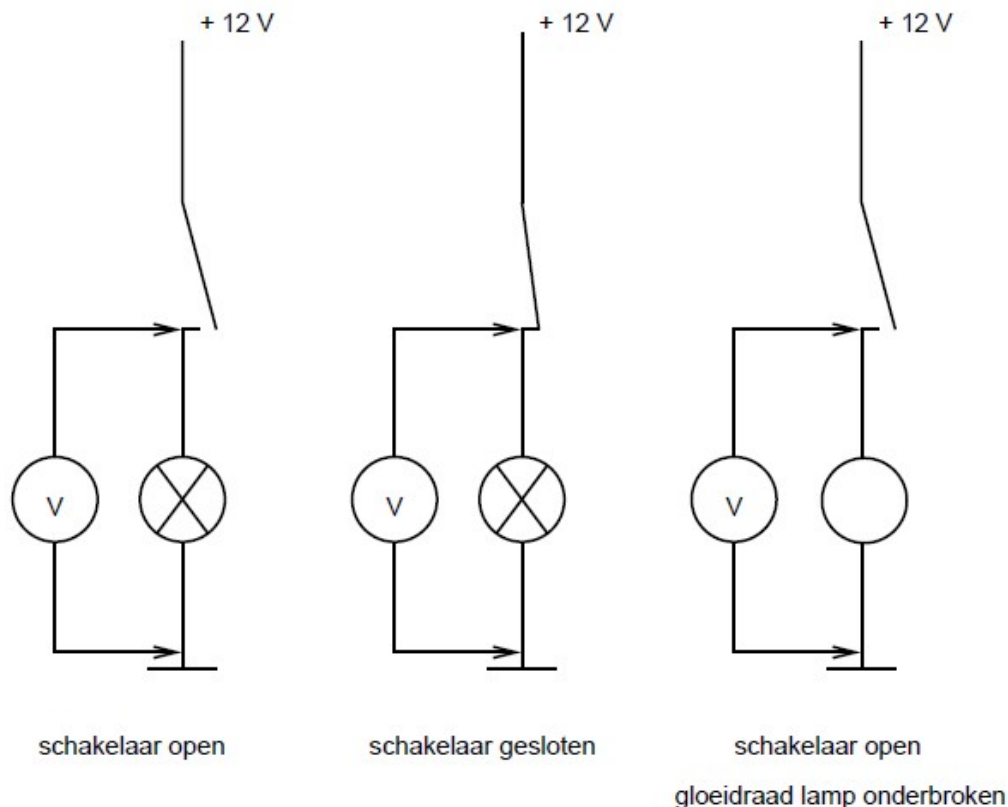
Figuur 63



Figuur 64

9.3 De zwevende meting

Een aandachtspunt betreft een zogenaamde zwevende meting. Wanneer we de meetpennen bijvoorbeeld nergens op aansluiten, dan probeert de meter toch een spanningsverschil weer te geven. De meetpennen en draden werken dan als een antenne waardoor we voornamelijk in de laagste meetschaal de digits zien verspringen. Zwevende metingen kunnen ook ongewild voorkomen. Zie hiervoor Figuur 65.



Figuur 65

In de eerste situatie zal de multimeter, als alles goed is 0V aangeven. Er is geen spanningsverschil tussen de twee punten omdat de gloeidraad van de lamp de twee meetpennen met elkaar verbindt.

In de tweede situatie is de schakelaar gesloten en zal de voltmeter 12V aangeven. De lamp “soepeert” immers de spanning geheel op.

In de derde situatie is de gloeidraad defect, het draadje is doorgebrand. De schakelaar staat nog open. Hier krijgen we weer de eerder genoemde antenne-werking. De meetpennen pikken wat spanning op en geven het verschil weer. We zien dat de display niet stabiel uitleest. Als we dit verschijnsel kennen dan kunnen we er tijdens het meten rekening mee houden.

9.4 Meetoefeningen

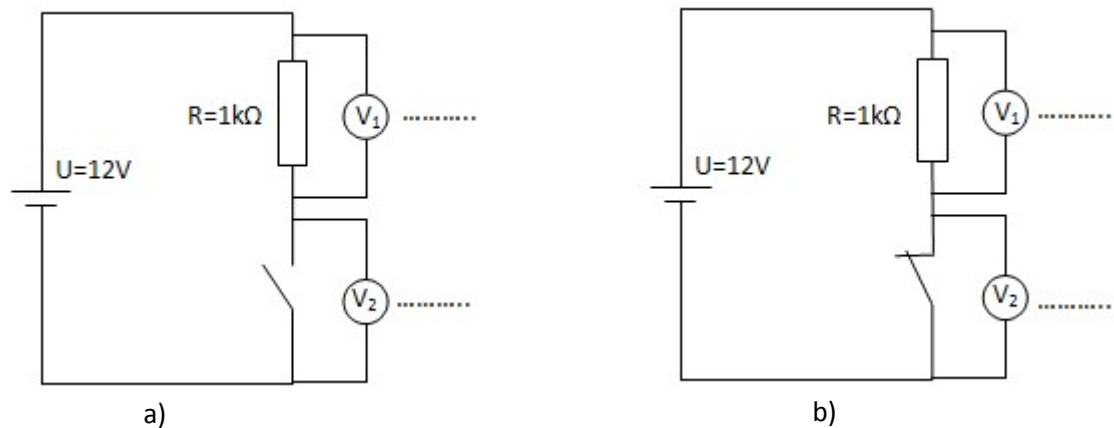
Weetjes:

- De inwendige weerstand van een digitale V- meter is zeer groot.
- Als er geen stroom door de V-meter kan vloeien duidt hij 0V aan.
- In een serie schakeling komt de meeste spanning over de grootste weerstand te staan.

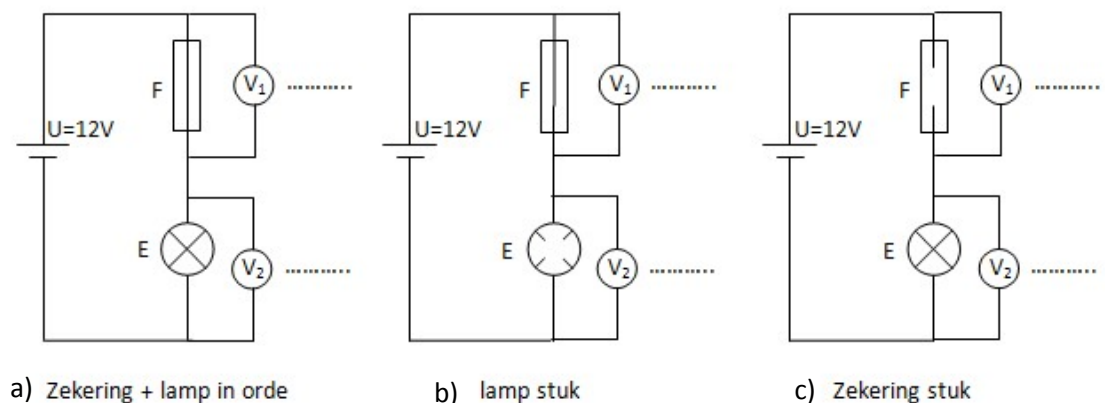
1. In onderstaande schakelingen gaan we uit van een **ideale situatie**.

D.w.z. dat de geleiders , schakelaar, zekering en overgangsweerstanden een weerstand hebben van $0\ \Omega$. We beschouwen de V-meter als ideaal ($R_v = \infty\ \Omega$).

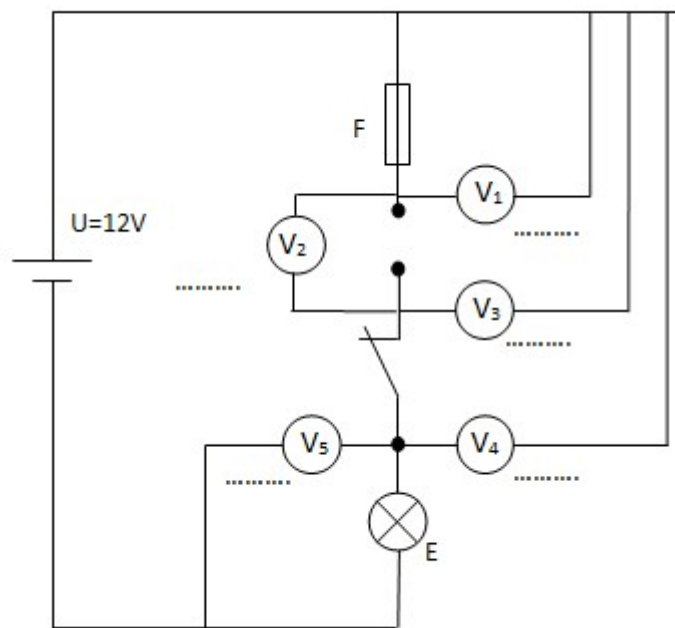
We meten telkens maar met één meter tegelijk in de kring.



Figuur 66

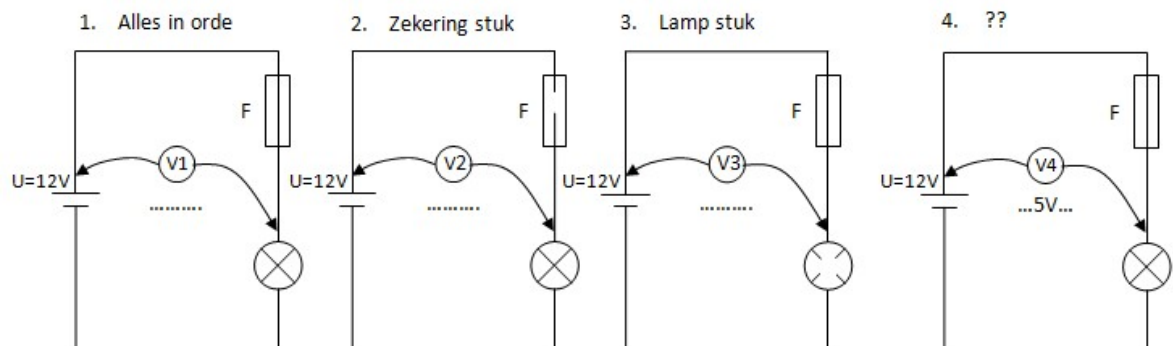


Figuur 67



Figuur 68

2. In onderstaande schakelingen gaan we uit van een werkelijke situatie. D.w.z. geleiders en zekering hebben een kleine weerstand. Ook zijn er overgangsweerstanden aanwezig.



1.
2.
3.
4.

Figuur 69

10 Meetmethode spanningsverlies (V4 methode)

10.1 Inleiding

Stel dat er een klant in de garage komt met de klacht dat de spiegelverwarming er heel lang over doet voordat de spiegel op temperatuur is of dat er een lamp zeer zwak brandt.

Je eerste conclusies zijn dan: ze werken nog wel maar niet goed

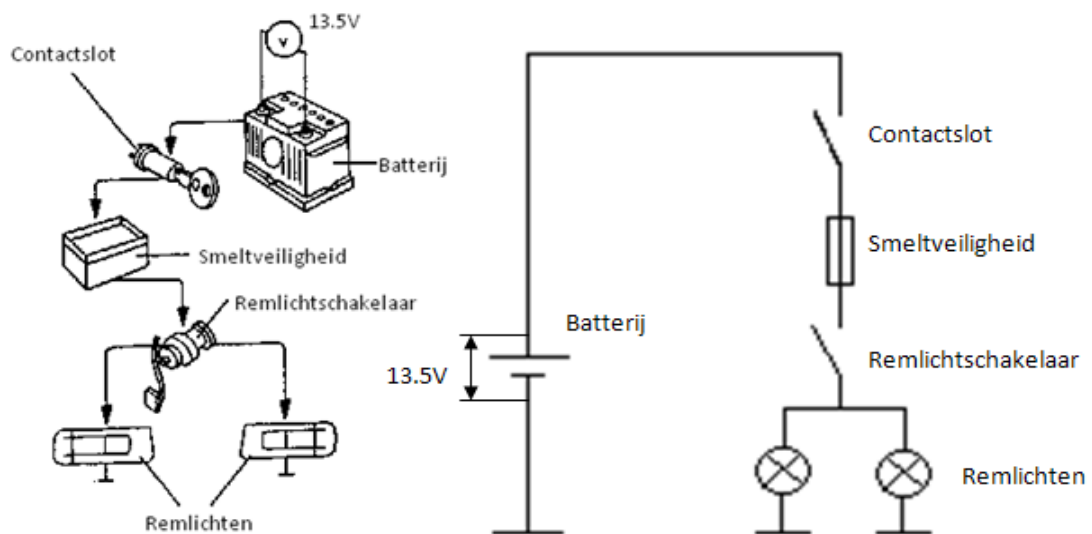
- dus de zekering is niet stuk
- we hebben ook niet te maken met een kabelbreuk
- we hebben te maken met spanningsverlies

Bij spanningsverlies krijgen de verbruikers te weinig spanning waardoor ze niet naar behoren werken. Dit spanningsverlies kan veroorzaakt worden door slechte contacten, gecorrodeerde schakelaars,

Bij een dergelijke storing kun je natuurlijk alle onderdelen van het circuit loshalen en de weerstand meten. Die methode kost echter veel tijd en is niet zo betrouwbaar. Er bestaat echter ook een praktische en snelle methode om spanningsverliezen op te sporen.

We noemen dat de **V1-V2-V3-V4 methode**.

10.2 Oorzaken van spanningsverliezen



Figuur 70

Spanningsverliezen ontstaan doordat er een weerstand in serie staat met de verbruiker. We onderscheiden twee soorten weerstanden die in serie staan met verbruikers zoals lampen:

- **Leidingweerstand** (dit is de weerstand die de stroom in de leidingen ondervindt)
- **Overgangsweerstand** (dit is de weerstand die de stroom ondervindt bij de overgang van de ene component naar de andere)

10.3 Gevolgen van spanningsverliezen

Ten gevolge van de leidingweerstand en/of de overgangweerstand is de spanning over de verbruiker niet meer de vereiste spanning, met als gevolg dat de verbruiker(s):

- Onvoldoende werken
- Af en toe werken
- Niet werken

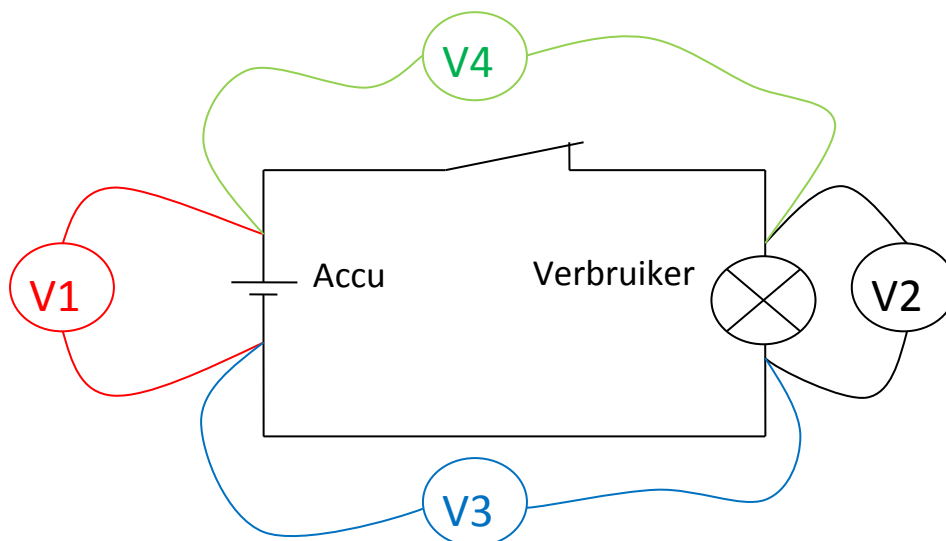
10.4 Oorzaken van spanningsverliezen

- Bedrading:
 - Te dun
 - Te lang
- Voedingsbron (accu):
 - Oxidatie van klemmen en polen
 - Onvoldoende contact met klem
- Schakelaar en relais:
 - Oxidatie aan de klemmen
 - Contactpunten ingebrand
 - Veerspanning van de schakelaar contacten => slecht
 - Slecht contact van de aansluitklemmen
- Verbindingen:
 - Oxidatie aan verbindingpunten
 - Slechte verbinding / contact

10.5 V4 meetmethode

Deze meetmethode bestaat uit 4 spanningsmetingen:

- **V1:** Klemspanning meten. Meet de spanning aan de klemmen van de accu.
- **V2:** De spanning over de verbruiker.
- **V3:** Spanningsverlies in het massa-circuit meten. Dit is de spanning over de draad van de minzijde verbruiker naar minpool accu. Deze mag maximaal 0,5V zijn.
- **V4:** Spanningsverlies in het plus-circuit meten. Dit is de spanning over de draad van de pluspool accu naar pluszijde verbruiker. Deze mag maximaal 0,5V zijn.



Figuur 71

Voorbeeld:

Een klant klaagt dat de achterrautverwarming er lang over doet alvorens de achterraut ontwasemd is.

BELANGRIJK:

Als je de V4 meetmethode toepast moet het circuit waar aan gemeten wordt, aan staan.
M.a.w. steeds onder belasting meten.

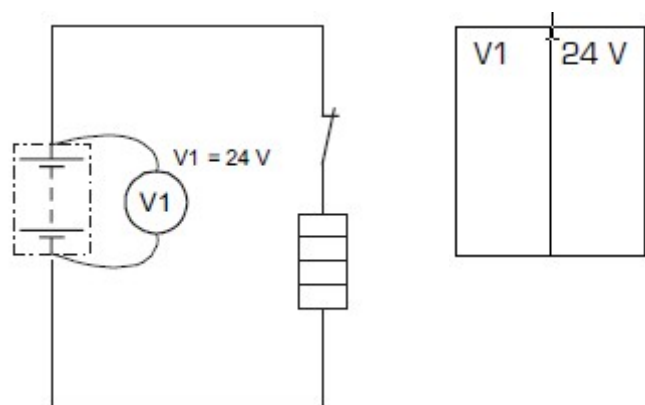
V1: Accu spanning

Als eerste meten we de accuspanning.

We meten 24V.

De accu is op spanning en dus niet de oorzaak.

V1 = 24 V



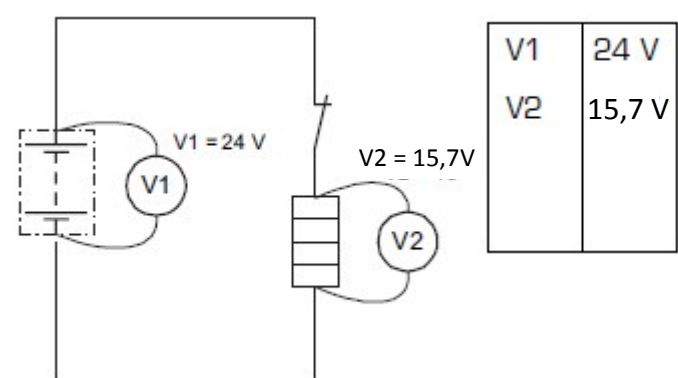
Figuur 72

V2: Spanning over de verbruiker

Daarna kijk je of de verbruiker (hier het verwarmingselement) wel voldoende spanning krijgt.

Sluit de voltmeter direct aan over de verbruiker. We meten hier 15,7 V. Er is dus ergens onderweg 8,3 V verdwenen.

V2 = 15,7 V

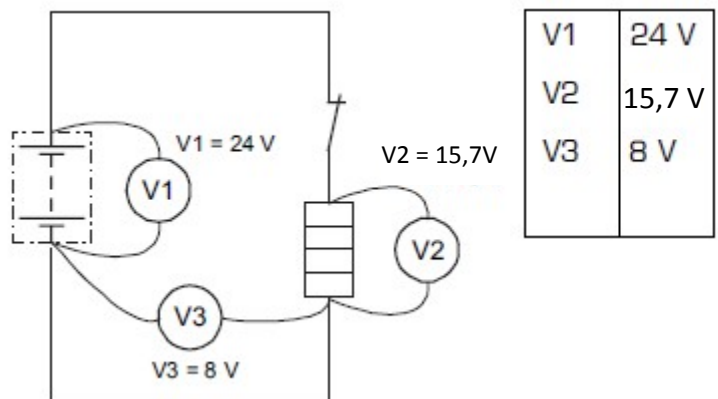


Figuur 73

V3: Spanningsverlies in massacircuit

Vervolgens meten we of er spanningsverlies in de minleiding zit. Zet het ene meetsnoer op de minklem van de accu en het andere op de massa-aansluiting van de achterruitverwarming. We meten 8V.

V3 = 8V

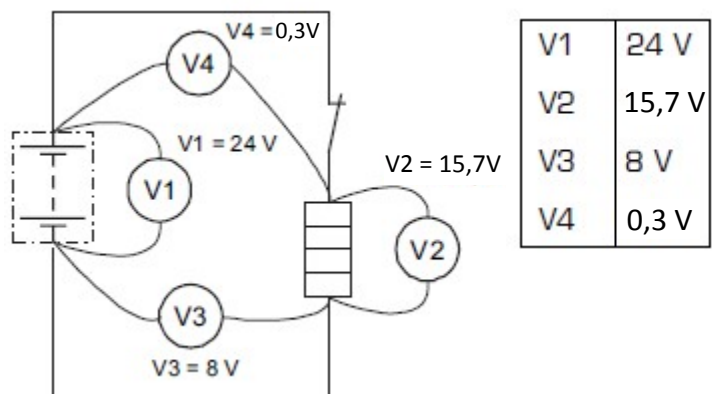


Figuur 74

V4: Spanningsverlies in pluscircuit

Tenslotte meten we of er spanningsverlies in de plusleiding zit. Sluit het ene meetsnoer aan op de plusklem van de accu en het andere op de plusaansluiting van de verwarming. Hier meten we 0,3V.

V4 = 0,3V



Figuur 75

Controle van de metingen:

Het is verstandig om de gemeten waarden even te controleren. Dit kan eenvoudig door de aangelegde spanning en de spanningsverliezen in het plus- en het massacircuit bij elkaar op te tellen. Samen moeten ze gelijk zijn aan de accuspanning. Anders gezegd:

De som van de deelspanningen moet gelijk zijn aan de accuspanning (dit is de tweede wet van Kirchhoff of de spanningswet).

In formule vorm: $V1 = V2 + V3 + V4$

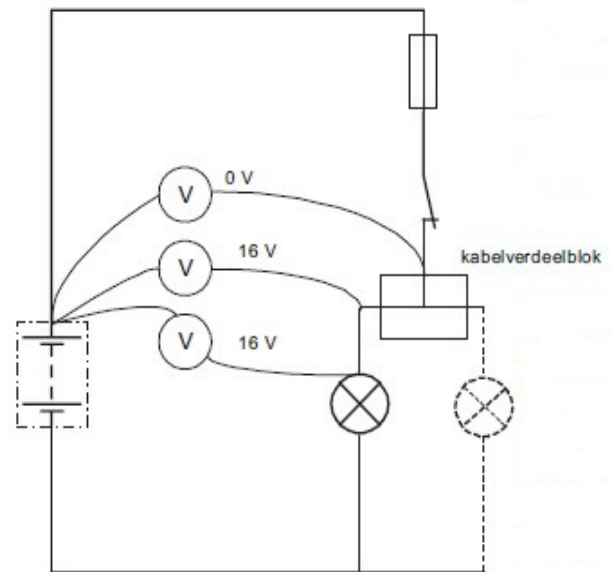
Ter controle van bovenstaand voorbeeld: $24 = 15,7 + 8 + 0,3$

Uit de meting kun je concluderen dat er een spanningsverlies in de minleiding zit. Deze is immers groter dan 0,5V.

10.6 Het vinden van de storing

Met de hierboven besproken methode kun je snel te weten komen in welk deel van de installatie een storing zit en meestal ook de oorzaak van de storing (draadbreek, defecte verbruiker, spanningsverlies). Om te weten te komen waar de storing zich precies bevindt, moet je gaan 'terugmeten'. Met onderstaand voorbeeld wordt dit uitgelegd.

Stel dat je in de plusleiding een spanningsverlies hebt gemeten van 16V (zie Figuur 76). Terugmeten gaat dan als volgt: Je meet tussen de plusaansluiting van de verbruiker en de pluspool van de accu een spanning van 16V. Daarna meet je de spanning tussen de accupool en het eerste meetpunt dat je tegenkomt als je het circuit volgt.



Figuur 76

In dit geval is dat het kabelverdeelblok. Meet aan beide kanten van het verdeelblok. Aan de ene kant van het verdeelblok meet je 16V en aan de andere kant 0V.

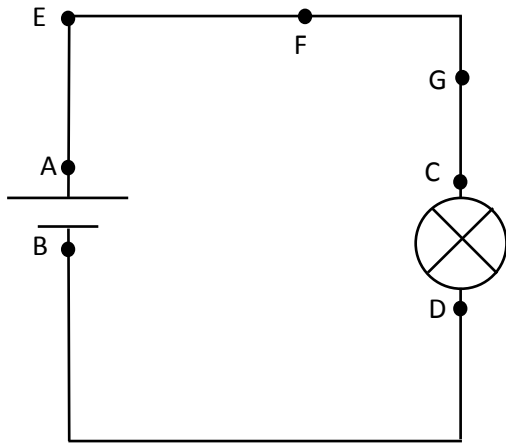
Met andere woorden: voor het verdeelblok is er geen spanningsverlies en na het verdeelblok is er 16V spanningsverlies. Het verlies treedt dus op in het verdeelblok.

Als de storing echter niet in dit kabelverdeelblok zit, ga je door met meten. Meet dan voor en na de schakelaar en vervolgens voor en na de zekering.

Oefening:

In Figuur 77 brandt de lamp niet.

Bepaal uit de meetresultaten telkens de oorzaak van de fout.



Figuur 77

A

$U_{AB} = 12V$

$U_{CD} = 0V$

$U_{AC} = 12V$

$U_{AG} = 12V$

$U_{AF} = 0V$

$U_{AE} = 0V$

B

$U_{AB} = 12V$

$U_{CD} = 12V$

$U_{AC} = 0V$

$U_{BD} = 0V$

C

$U_{AB} = 12V$

$U_{CD} = 0V$

$U_{AC} = 0V$

$U_{BD} = 12V$

$U_{AF} = 0V$

$U_{AE} = 0V$

11 Zekeringen

11.1 Functie + werking

Een zekering of smeltveiligheid wordt gebruikt om elektrische componenten te beschermen tegen overbelasting en kortsluiting. De werking ervan berust op het principe van een geijkt stripje dat smelt door een hoge stroomdoorgang. De afmetingen en het materiaal van het stripje bepalen wanneer het zal doorsmelten. De nominale stroom staat altijd op de zekering vermeld.

11.2 Uitvoeringsvormen

Er bestaan verschillende uitvoeringsvormen zie Figuur 78



Keramische, torpedo of steenzekering

steekzekering

glaszekering

Figuur 78

11.3 Afmetingen en kleurcodes

Afmetingen:

Tabel 6

Type	Afmeting l x b x h	Beschikbare amperages
Mini	10,9 x 3,6 x 16,3 mm	2, 3, 4, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25, 30
Mini laag	10,9 x 3,81 x 8,73 mm	2, 3, 4, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25, 30
Normaal	19,1 x 5,1 x 18,5 mm	1, 2, 3, 4, 5, 7,5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40
Maxi	29,2 x 8,5 x 34,3 mm	20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 100



mini

normaal

maxi

Figuur 79

Kleurcode steekzekeringen:

Tabel 7

Kleur	Ampere	Laag	Mini	Normaal	Maxi
Donkerblauw	0.5	.	.	.	.
Zwart	1	.	.	X	.
Grijs	2	X	X	X	.
Paars	3	.	X	X	.
Rose	4	.	X	X	.
Lichtbruin	5	X	X	X	.
Donkerbruin	7.5	X	X	X	.
Rood	10	X	X	X	.
Blauw	15	X	X	X	.
Geel	20	X	X	X	X
Helder	25	X	X	X	Grijs
Groen	30	X	X	X	X
Blauwgroen	35	.	.	X	Bruin
Oranje	40	.	.	X	X
Rood	50	.	.	.	X
Blauw	60	.	.	.	X
Lichtbruin	70	.	.	.	X
Helder	80	.	.	.	X
Violet	100	.	.	.	X
Paars	120	.	.	.	X

Kleurcode torpedo of steenzekeringen:

Tabel 8

Kleur	Ampere
Geel	5
Wit	8
Rood (of groen)	16
Blauw	25
Grijs	40



<http://www.carblogger.nl/auto-onderhoud/autozekering-vervangen/>

12 Schemalezen

12.1 Inleiding

In de moderne wagen nemen elektriciteit en elektronica een steeds belangrijkere plaats in. Maar als in zo'n systeem een storing optreedt, moet je die ook kunnen herstellen. Als techniek moet je weten wat je moet meten en waar je dat moet doen.

Om op een rationele wijze een storing te zoeken, moet je een volledig overzicht hebben van het defecte systeem. Je hebt een plan nodig; je hebt met andere woorden een "elektrisch stroomschema" nodig. Bijgevolg spannen de verschillende constructeurs en ook fabrikanten van sommige componenten zich in om technici te voorzien van zo volledig mogelijke elektrische stroomschema's, zodat deze laatste in staat zijn hun diagnose en herstelling correct uit te voeren.

Zowat iedere fabrikant heeft zijn eigen TI-website (technische informatie) met allerlei info voor reparatie en onderhoud doeleinden.

Enkele voorbeelden van gebruikte TI-websites:

Renault: InfoTech

Volkswagen: erWin (elektronische reparatie- en werkplaatsinformatie)

BMW: AOS (Aftersales Online System)

Hyundai: Global Service Way

Toyota; Toyote-Tech.eu

Er bestaan verschillende voorstellingen van elektrische stroombaanschema's. Elke fabrikant heeft dan ook zijn eigen voorstellingswijze. Zij proberen allemaal op een zo'n overzichtelijke manier noodzakelijke info aan te reiken om de techniek te helpen bij zijn werkzaamheden.

Dankzij de stroombaanschema's en documentatie kun je de handelingen uitvoeren die hieronder opgesomd en toegelicht zijn.

- Identificeren

Identificeren van verschillend aanwezige kringen:

- de startkring
- de verlichtingskring
- de inspuitskring
-

- Lokaliseren

Terugvinden van noodzakelijke gegevens om componenten te situeren op het schema en te lokaliseren aan het voertuig:

- draden en draadbundels
- stekerverbindingen
- verbruikers (lampen, motoren, actuatoren,)
- bedieningsorganen (schakelaars, sensoren,)
- componenten (relais, stuurdozen, accu,)
- zekeringen

- Informereren

Terugvinden van nuttige gegevens over gebruikte codes of coderingswijzen:

- codering van stekerverbindingen
- codering van draden
- codering van diverse componenten
- de gebruikte draaddoorsnede
- de polariteit van de stroom in de verschillende kringen
- de ruststand (schakelaars, relais,)

- Verklaren

Aantonen hoe verschillende kringen opgebouwd zijn en hoe ze werken.

Aantonen hoe verschillende kringen elkaar eventueel beïnvloeden.

Aantonen hoe verschillende verbruikers en sensoren werken:

- lichtwerking (lampen, leds, LDR, fototransistor,)
- temperatuurwerking (soorten temperatuursondes)
- magnetische werking (Hallgevers, inductieve sensor, ...)

Alhoewel er voor de automobiel-elektrotechniek internationale afspraken zijn gemaakt in verband met “symbolen”, “codes” en “kleuraanduidingen” hanteren verschillende voertuig-constructeurs hun eigen symbolen. Ongeacht hun oorsprong worden die symbolen echter wel op een logische manier gebruikt en met elkaar verbonden.

12.2 Symbolen

Een symbolenlijst kan je terugvinden op Canvas onder de cursus “Basisverbruikers en verlichting” en Artikels (extra info).

12.3 Klemaanduiding

Doorheen de jaren werden aansluitklemmen van elektrische componenten voorzien van een gestandaardiseerde code. Door gebruik te maken van een universeel toegepaste codering kon heel wat verwarring met betrekking tot het correct aansluiten van bedrading vermeden worden. Toch zijn er nog altijd een heel aantal merken en constructeurs die geen gebruik maken van deze universele klemnummering. Hieronder volgt een overzicht van de aansluitnummers volgens de DIN-norm.

AANSLUITNUMMERS VOLGENS DIN-NORM

BATTERIJ EN CONTACTSLOT

- 15 geschakelde plus achter batterij (uitgang contactslot)
- 15x extra uitgang contactslot
- 30 batterij plus
- 31 batterij min, massa
- 31b batterij min, massa via schakelaar

STARTSYSTEEM

- 15a uitgang startrelais naar bobine
- 17 gloei-startschakelaar (starten)
- 19 gloei-startschakelaar (voorgloeien)
- 30 hoofdstroom pluszijde
- 31 hoofdstroom minzijde
- 50 aansturing pluszijde
- E bedieningsspoel (trekspoel)
- H grendelspoel (houdspoel)

DYNAMO

- B+ dynamo pluszijde (laadstroom)
- B- dynamo minzijde (laadstroom)
- D+ dynamo pluszijde (veldstroom)
- D- dynamo minzijde (veldstroom)
- DF veldstroomaansluiting, aansluiting laadstroom voor batterij
- 61 dynamocontrole

ONTSTEKING

- 1 verbinding bobine met onderbreker
- 2 kortsluitverbinding van magneetontsteking
- 4 hoogspanningsaansluiting ontsteking
- 59 lichtspoel vliegwieldynamo

VERLICHTING EN REMLICHTEN

- 54 remlichten
- 55 mistkoplicht
- 56 koplichten
- 56a grootlicht en grootlichtcontrole
- 56b dimlicht
- 56d grootlichtsignaal
- 57a parkeerlicht
- 57L parkeerlicht links
- 57R parkeerlicht rechts
- 58 stads-, achter-, kenteken- en dashboardlichten
- 58L achterlicht en zijlicht links
- 58R achterlicht en zijlicht rechts

KNIPPERLICHTEN

- 49 ingang knipperautomaat
- 49a uitgang knipperautomaat
- C controlelamp knipperlicht
- L knipperlichten links
- R knipperlichten rechts

SCHAKELAARS

- 83 ingang meerstandenschakelaar
- 83a uitgang, stand 1
- 83b uitgang, stand 2
- 83L uitgang, stand links
- 83R uitgang, stand rechts

MASSA-SCHAKELEND RELAIS MET DRIE AANSLUITINGEN

- 84 aansturing en hoofdstroom, pluszijde
- 84a aansturing minzijde
- 84b hoofdstroom minzijde

VERBREEK- EN WISSELRELAIS

- 85 aansturing minzijde
- 86 aansturing pluszijde
- 87 hoofdstroom pluszijde
- 87a hoofdstroom minzijde (verbreekcontactzijde)
- 87b hoofdstroom minzijde, tweede contact

MAAK- EN WISSELRELAIS

- 85 aansturing minzijde
- 86 aansturing pluszijde
- 87 hoofdstroom pluszijde (wisselrelais)
- 88 hoofdstroom pluszijde (maakrelais)
- 88a hoofdstroom minzijde, (maakcontactzijde)
- 88b hoofdstroom minzijde, tweede contact

OVERIGE

- + pluszijde
- 52 constante plus voor aanhangwagen
- 53 ingang ruitewissermotor
- 53a afslag ruitewissermotor
- 53b ruitewissermotor, tweede snelheid
- 54g signaal voor aanhanger, bijv. drukluchtklep
- 75 radio, sigarette-aansteker
- 76 luidspreker

12.4 Draadnummering

Om draden gemakkelijk te kunnen herkennen worden ze soms voorzien van een specifieke draadnummer. Deze wordt gedrukt op de isolatie van de draad en is ook terug te vinden op het elektrische schema. De plaats waar de draden toekomen in een stekker is vaak ook genummerd en kan men eveneens terug vinden op het elektrische schema.

12.5 Kleuraanduidingen van de stroomdraden

Wat de kleuraanduidingen in de elektrische schema's betreft is er tussen de verschillende fabrikanten geen eenvormigheid. Men onderscheidt twee systemen: de kleur of kleurcombinatie wordt aangeduid met een cijfer, of met een afkorting van de kleurbeschrijving. Ook in deze systemen is er geen eenvormigheid. De taal van herkomst speelt daarin dikwijls een rol. Er is de overeenkomst DIN 47 002.

Kleuraanduiding met cijfers

1	zwart
2	zwart/wit
3	zwart/rood
4	wit
5	violet
6	violet/wit
7	oranje
8	grijs
9	rood
enz ...	

Kleuraanduidingen met afkortingen volgens de kleurbeschrijving

Blauw	bl of	BU of	L of	BLU
Bruin	br	BN	BR	BRN
Geel	ge	YE	Y	YEL
Grijs	gr	GY	GY	GRY
Groen	gn	GN	G	GRN
Oranje	or	OG	OR	ORG
Roos	rs	PK	P	PNK
Rood	rt	RD	R	RED
Violet/paars	vi	VT	PU	PPL
Wit	ws	WH	W	WHT
Zwart	sw	BK	B	BLK

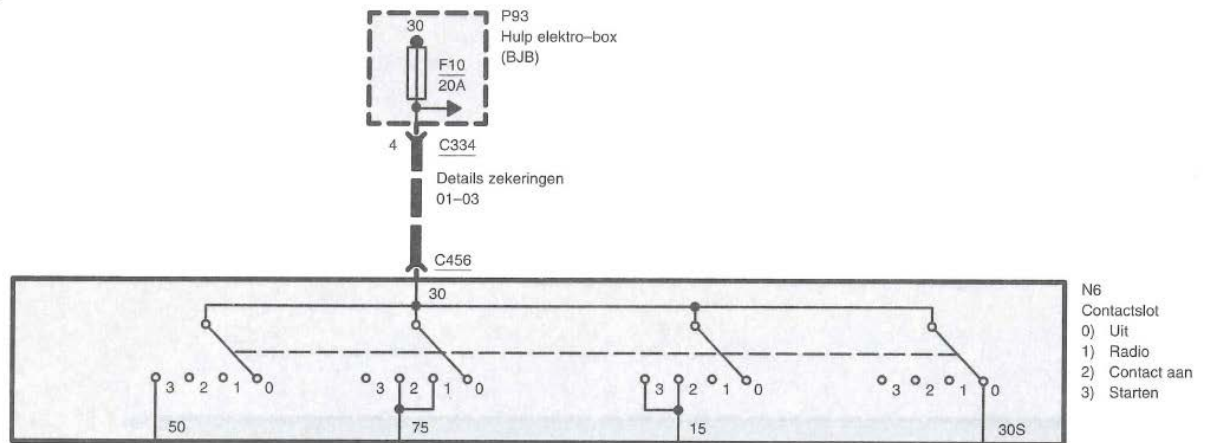
Als een draad voorzien is van een kleur met daarin strepen met een andere kleur, wordt eerst de hoofdkleur en dan de kleur van de strepen aangegeven. Bijvoorbeeld: L/W = blauwe draad met witte strepen.

Citroën gebruikt onderstaande afkortingen voor de kleuren:

BA: wit	BE: blauw
BG: beige	GR: grijs
JN: geel	MR: bruin
NR: zwart	OR: oranje
RG: rood	RS: roze
VE: groen	VI: violet
VJ: groen/geel	

12.6 Voorbeelden van schema's

12.6.1 Contactslot (Voorbeeld Ford Mondeo)



Figuur 80

Stand '0' (Uit)

Accuspanning code '30' wordt doorgegeven naar parkeerlichten

De code verandert in '**30S**'

Stand '1' (Radio)

Accuspanning code '30' wordt doorgegeven naar radio

De code verandert in '**75**'

Stand '2' (Contact aan)

Accuspanning code '30' wordt doorgegeven naar injectoren, computer, ontsteking

De code verandert in '**15**'

Stand '3' (Starten)

Accuspanning code '30' wordt doorgegeven naar relais startmotor

De code verandert in '**50**'

Samengevat:

Een draad met code:

'30': accuspanning is steeds aanwezig onafhankelijk van stand contactslot

'15': accuspanning is aanwezig met contactslot in stand '2' en '3'

'75': accuspanning is aanwezig met contactslot in stand '1' en '2'

'50': accuspanning is aanwezig met contactslot in stand '3'

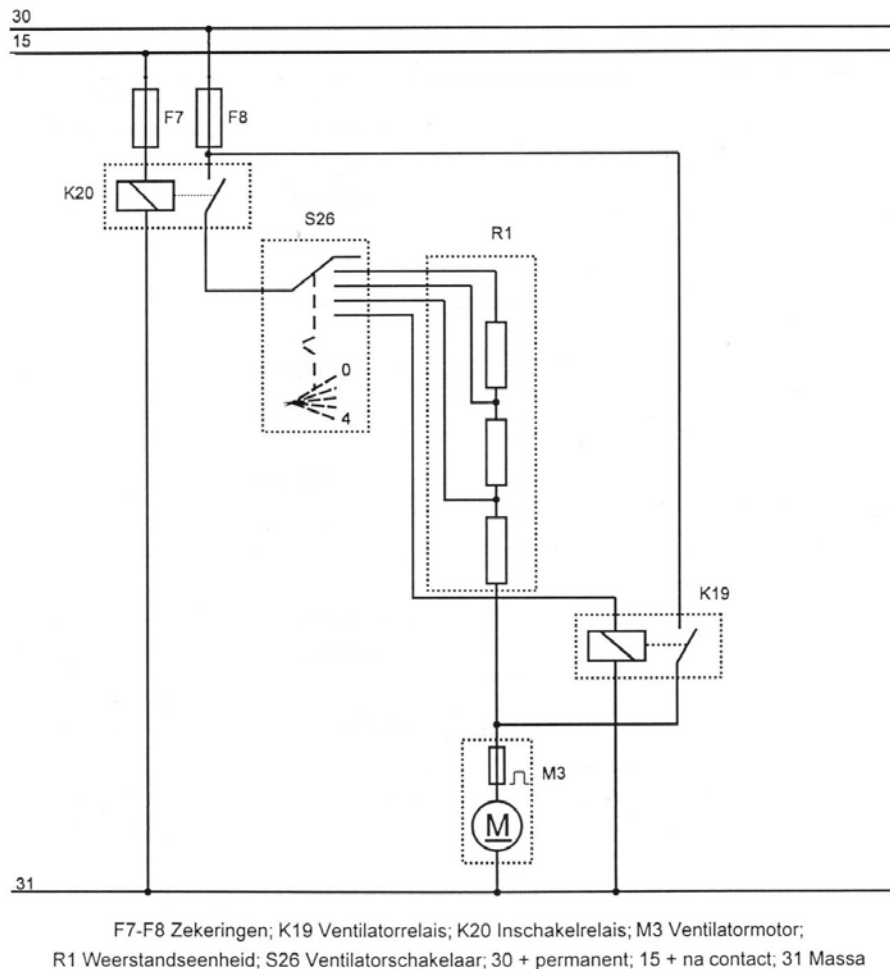
'30S': accuspanning is aanwezig met contactslot in stand '0'

'31': massadraad

12.6.2 Watervalschema

Bij een watervalschema werkt men met 3 lijnen. De bovenste lijn (lijn 30) is plus rechtstreeks van de batterij. De lijn daar net onder (lijn 15) is plus via het contactslot. Tot slot is er nog een lijn helemaal onderaan het schema (lijn 31). Deze lijn is verbonden met de massa. De stroom loopt dus als het ware van boven naar beneden, net zoals bij een waterval.

Voorbeeld 1:



Figuur 81

Vraag:

Moet het contact aan staan om de ventilator te laten draaien ? Verklaar.

Werking:

De ventilator kan alleen werken met het contact aan. Het relais K20, beschermd door F7, schakelt dan en de schakelaar S26 wordt gevoed via zekering F8.

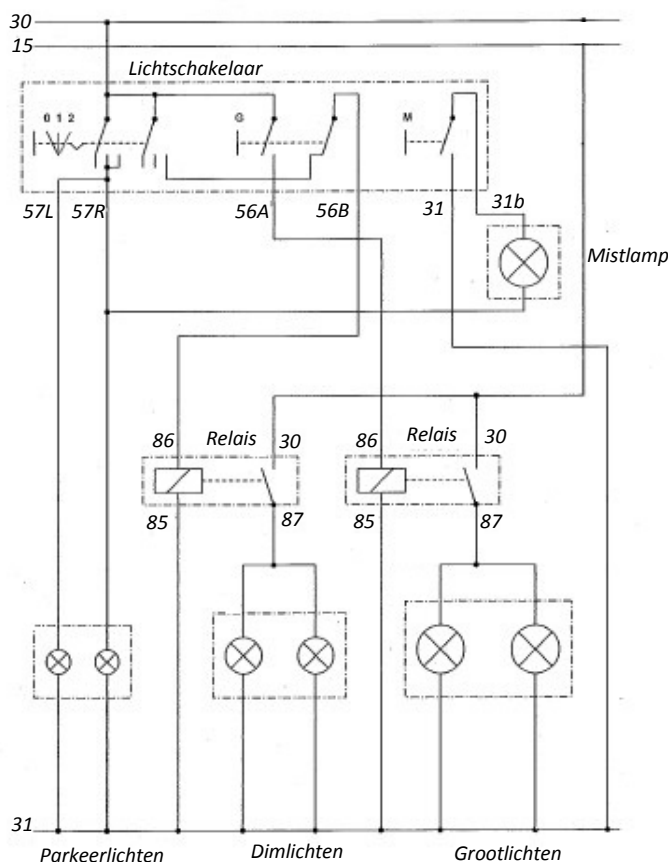
In stand 0 is S26 open. Er vloeit geen stroom; de ventilator werkt niet.

In stand 1 (één positie naar beneden) vloeit de stroom van S26 naar M3 via de weerstandseenheid R1: er ontstaat een spanningsval over de 3 weerstanden, de ventilator M3 krijgt niet de volle accuspanning waardoor hij langzaam draait.

In stand 2 vloeit er geen stroom meer door de eerste weerstand. Je hebt enkel nog een spanningsval over de twee weerstanden. De spanning over de ventilator stijgt waardoor de ventilator sneller draait.

In stand 3 is er nog enkel een spanningsval over de onderste weerstand waardoor de spanning over M3 nog stijgt en bijgevolg de ventilator nog iets sneller draait.

In stand 4 wordt de relaispoel van K19 geactiveerd, schakelt het relais en wordt M3 rechtstreeks gevoed via F8: de ventilator krijgt de volle accuspanning waardoor de draaisnelheid van M3 maximaal is. Bij de maximumsnelheid is de stroom te groot om rechtstreeks door S26 te vloeien; daarom wordt hij afgeleid via relais K19.

Voorbeeld 2:

Figuur 82

Vragen:

1. Moet het contact aanstaan om de grootlichten te kunnen laten branden ?

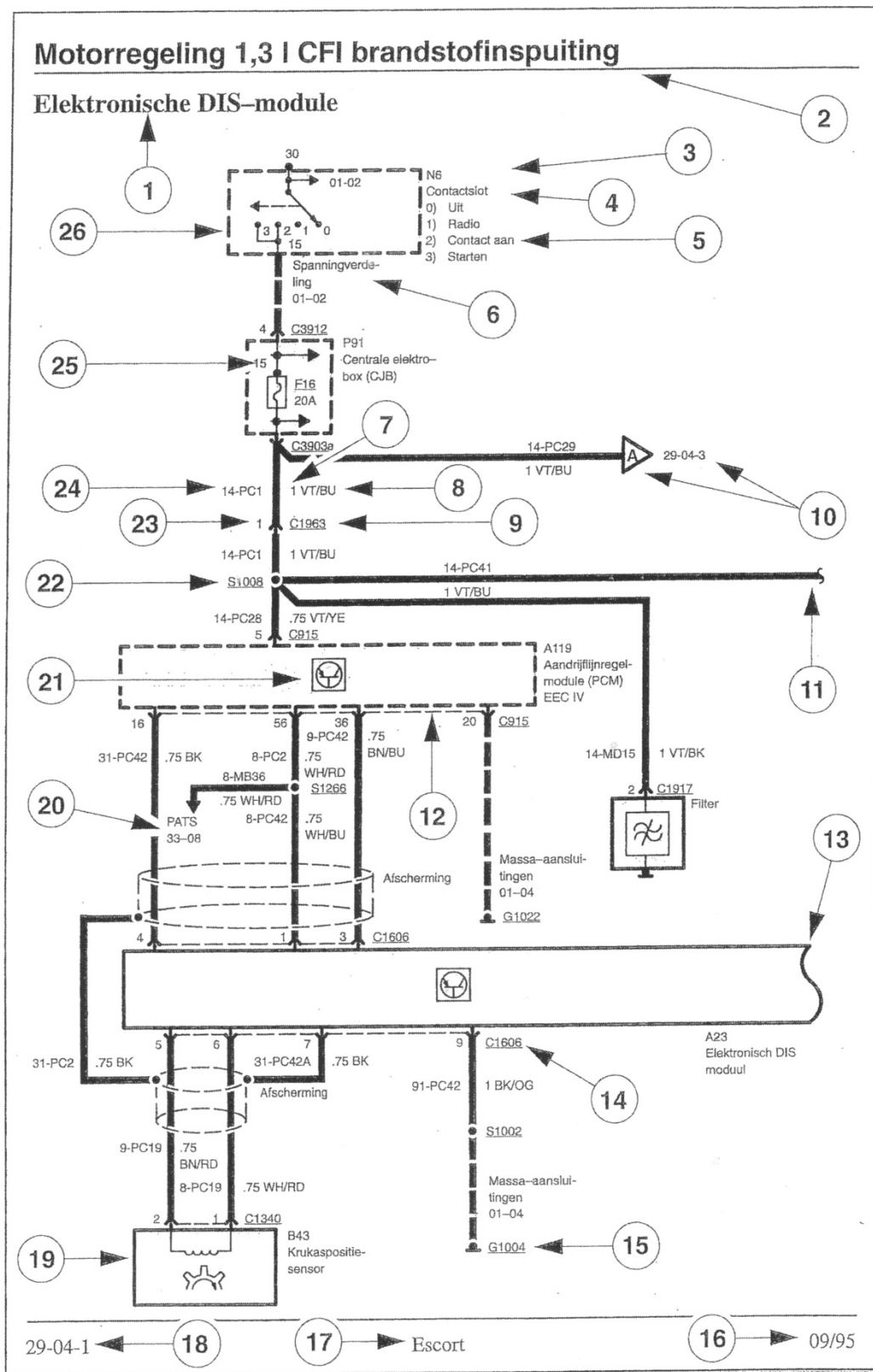
2. Aan welke voorwaarden moet voldaan zijn om de mistlamp te laten branden ?

3. Kunnen grootlichten en dimlichten tegelijk branden ?

4. Hoe schakel je dimlichten in.

12.6.3 Schema's FORD

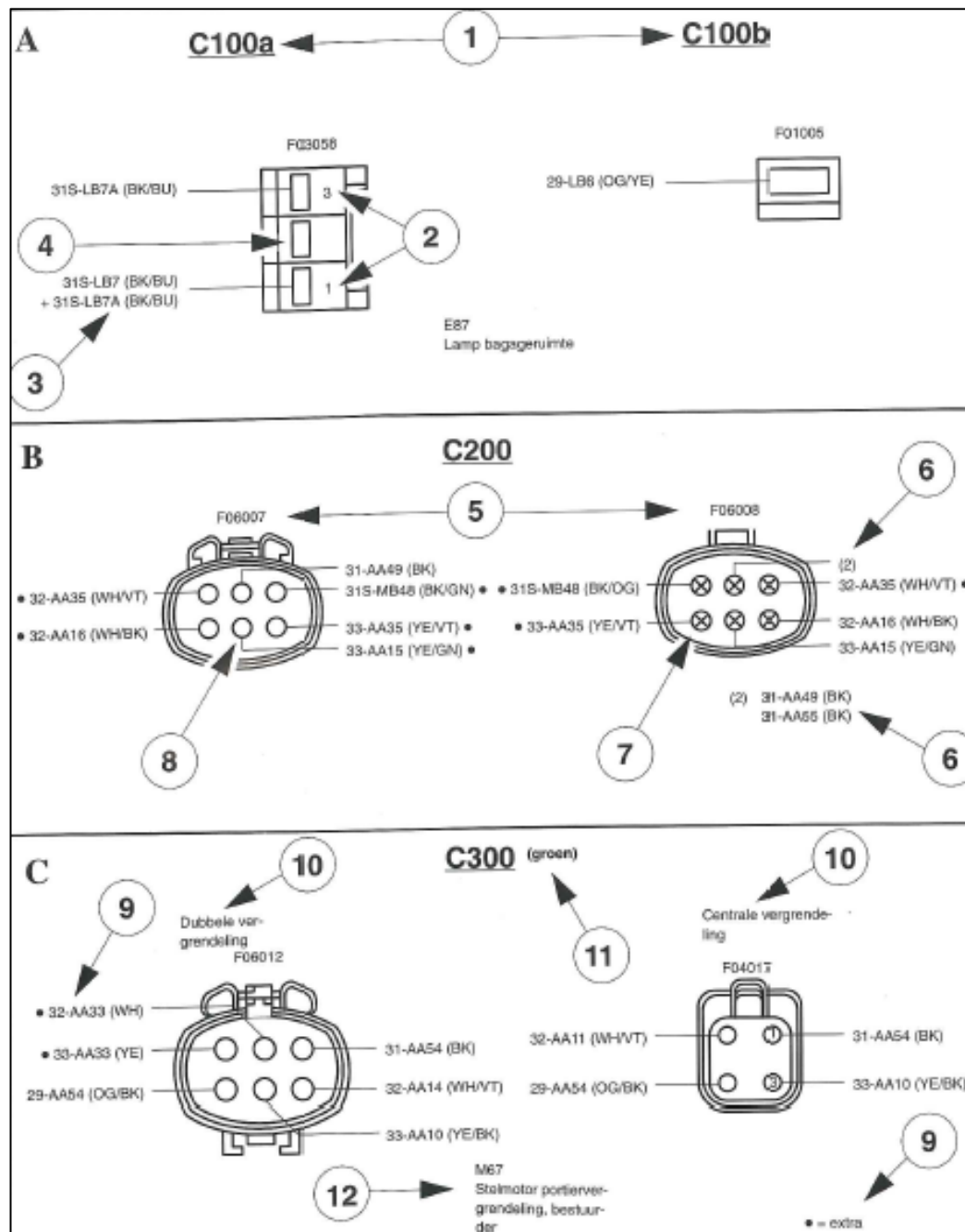
12.6.3.1 Schema elementen



Figuur 83

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Subtitel | 14 | Nummer onderdeelmultistekker |
| 2 | Naam van het hoofdstuk | 15 | Nummer massapunt |
| 3 | Onderdeelcode | 16 | Publicatiedatum |
| 4 | Naam van het onderdeel | 17 | Model |
| 5 | Verklaring van de schakelaarstanden en de bedieningsvoorwaarden | 18 | Hoofdstuknummer en pagina |
| 6 | De verbinding is in het aangegeven hoofdstuk compleet afgebeeld, in dit geval hoofdstuk 01-02 | 19 | Het gehele onderdeel is afgebeeld |
| 7 | Draaddoorsnede in mm ² | 20 | Meer informatie over de stroomloop is te vinden in het aangegeven hoofdstuk, in dit geval hoofdstuk 33-08 |
| 8 | Aderkleur | 21 | Symbool voor elektronische schakeling. Wanneer een onderdeel defect is, moet dit vervangen worden |
| 9 | Nummer verbindingsmultistekker | 22 | Soldeerpunt |
| 10 | Stroomrichting en vervolg van de stroomloop op de aangegeven pagina | 23 | Pennummer |
| 11 | Vervolg van de draad op de tegenoverliggende pagina | 24 | Identificatie van de bedrading |
| 12 | Een stippellijn betekent aansluitpunten van dezelfde multistekker | 25 | Aansluitnummer |
| 13 | Het onderdeel wordt op de tegenoverliggende pagina afgebeeld | 26 | Een gedeelte van een onderdeel is afgebeeld |

12.6.3.2 Aanzichten stekkers



Figuur 84

OPBOUW VAN DE ELEKTRISCHE SCHEMA'S

- In hoofdstuk “Aanzichten van de multistekkers” zijn alle multistekkers met drie of meer pennen (penbezetting) weergegeven. De multistekkers worden losgekoppeld, vanaf de voorzijde gezien afgebeeld, met alle variaties in penbezetting. De multistekkers staan normaal gesproken in numerieke volgorde afgebeeld.

Detail A

- Wanneer een onderdeel meerdere multistekkers heeft, waarvan er ten minste één drie of meer pennen heeft, worden alle multistekkers afgebeeld, dus ook die met minder dan drie pennen.

- 1 Multistekkernummer
- 2 Pennummer
- 3 Deze pen is met twee draden verbonden, bijvoorbeeld 31S-LB7 en 31S-LB7A.
- 4 Deze pen is niet bezet.

Detail B

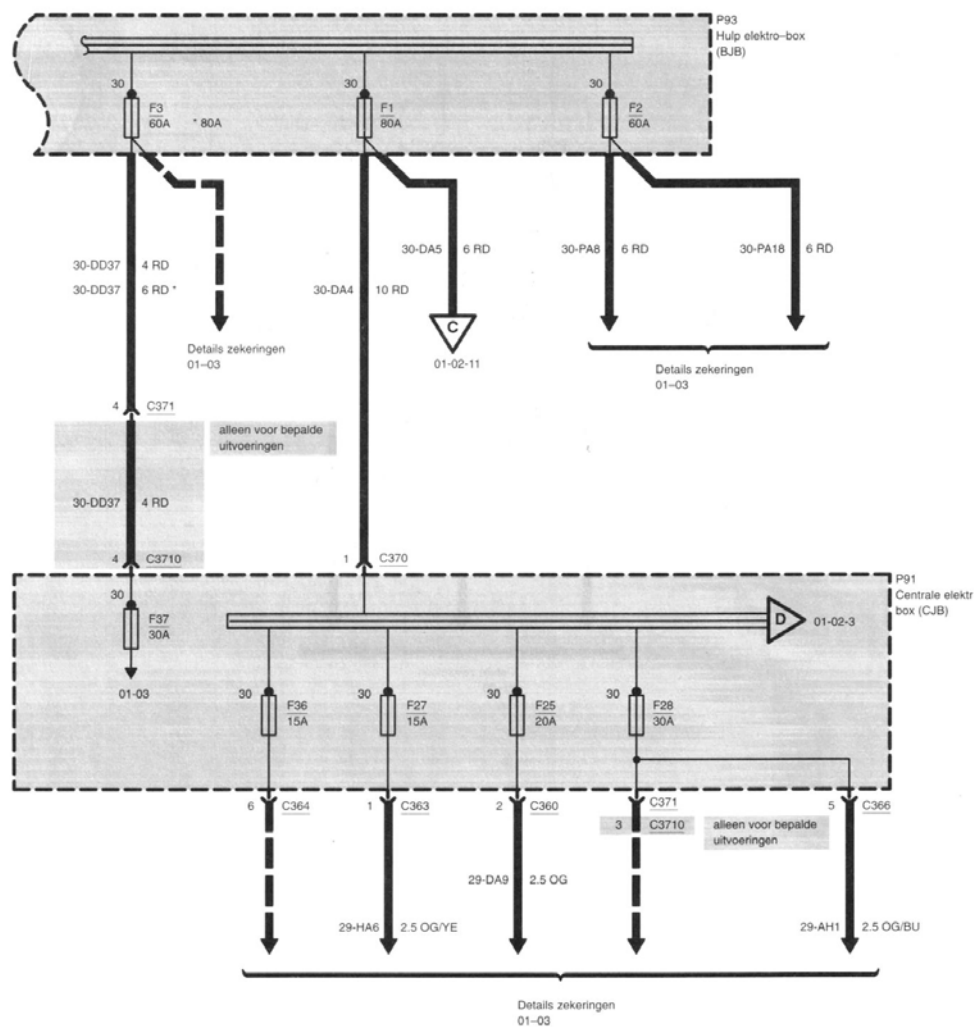
- De verbindingsmultistekkers worden losgekoppeld afgebeeld.
- 5 Intern registratienummer
 - 6 De bezetting is in de legenda aangegeven.
 - 7 Multistekker
 - 8 Multistekkerbus

Detail C

- Wanneer een onderdeel afhankelijk van de uitrusting of het model verschillende multistekkers heeft, worden de verschillende multistekkervarianten afgebeeld en wordt aangegeven welke multistekker in welk geval toegepast is.

- 9 Deze pen is afhankelijk van de uitrusting en het model bezet, bijv. 32-AA33, of niet bezet (●).
- 10 Toelichting bij welke uitvoeringen de multistekker gebruikt wordt.
- 11 Normaal gesproken wordt de kleur van het multistekkerhuis aangegeven.
- 12 Bij onderdeelmultistekkers is het onderdeel aangegeven.

N.B.: De multistekkers zijn **niet** op ware grootte afgebeeld.

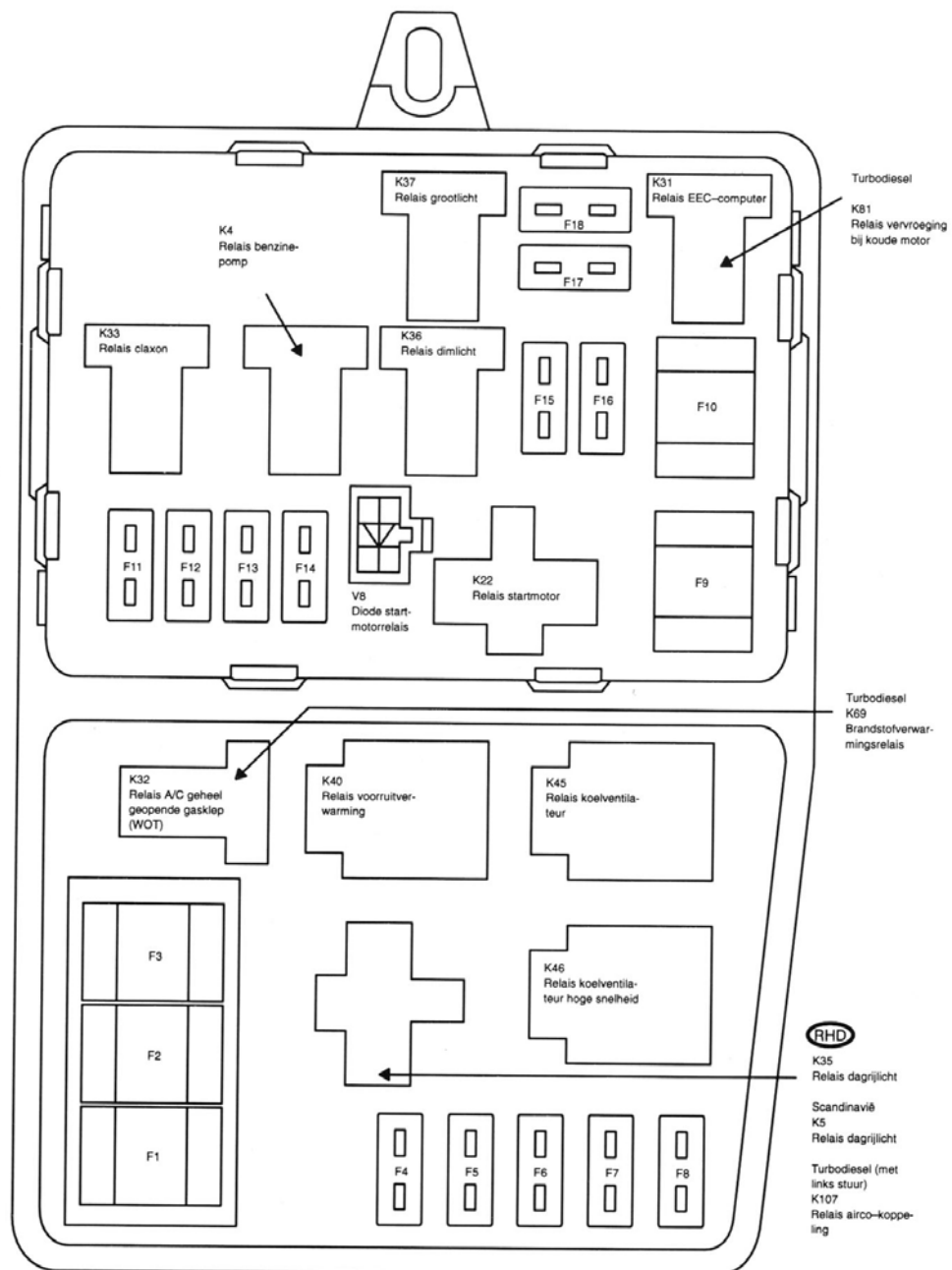


04/96

Mondeo

01-

Figuur 86

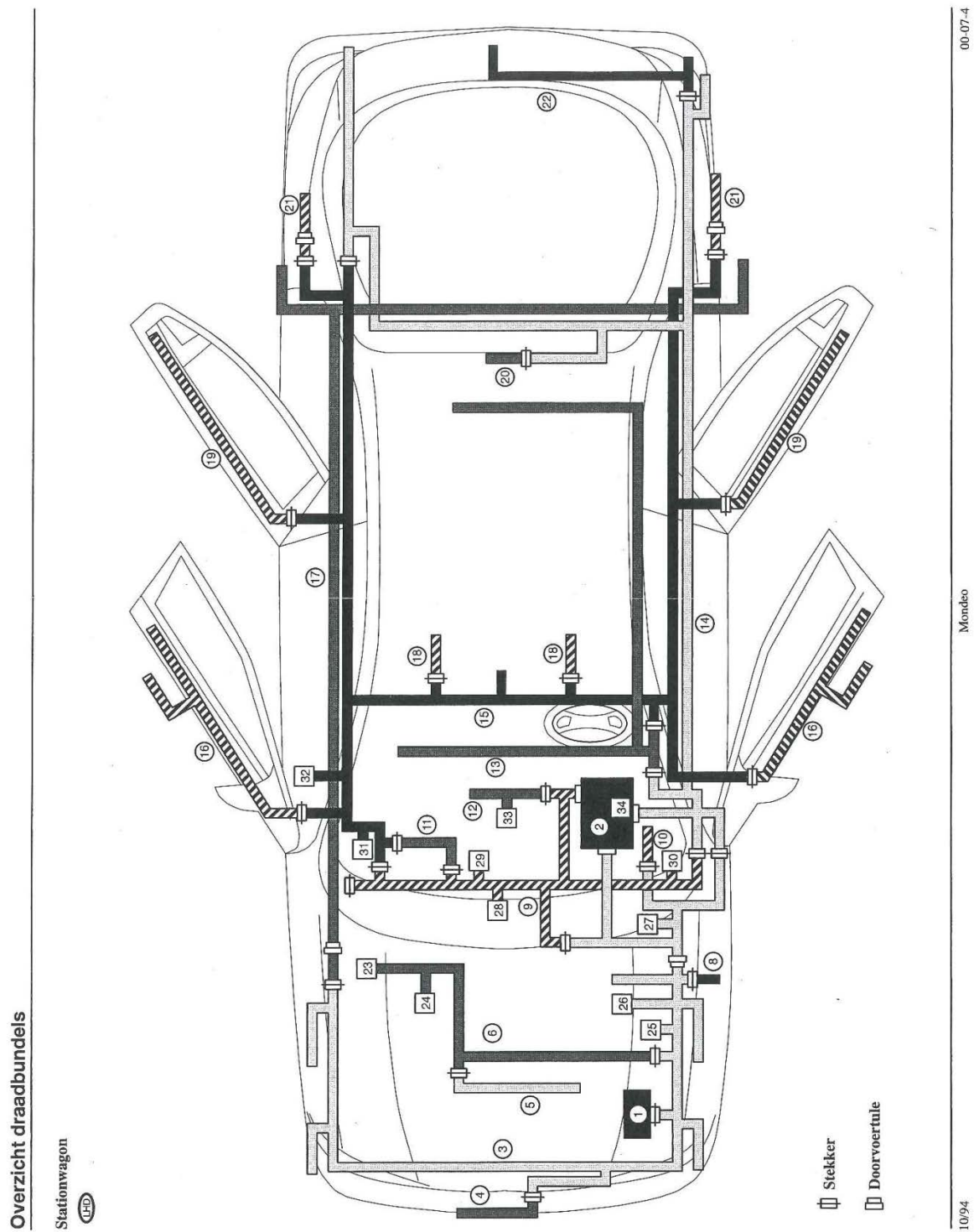
12.6.3.4 Aanzicht hulp elektro-box**Zekeringen en relais****Hulp elektro-box, bovenzijde**

01-01-1

Mondeo

10/94

Figuur 87

12.6.3.6 Overzicht draadbundels

Figuur 89

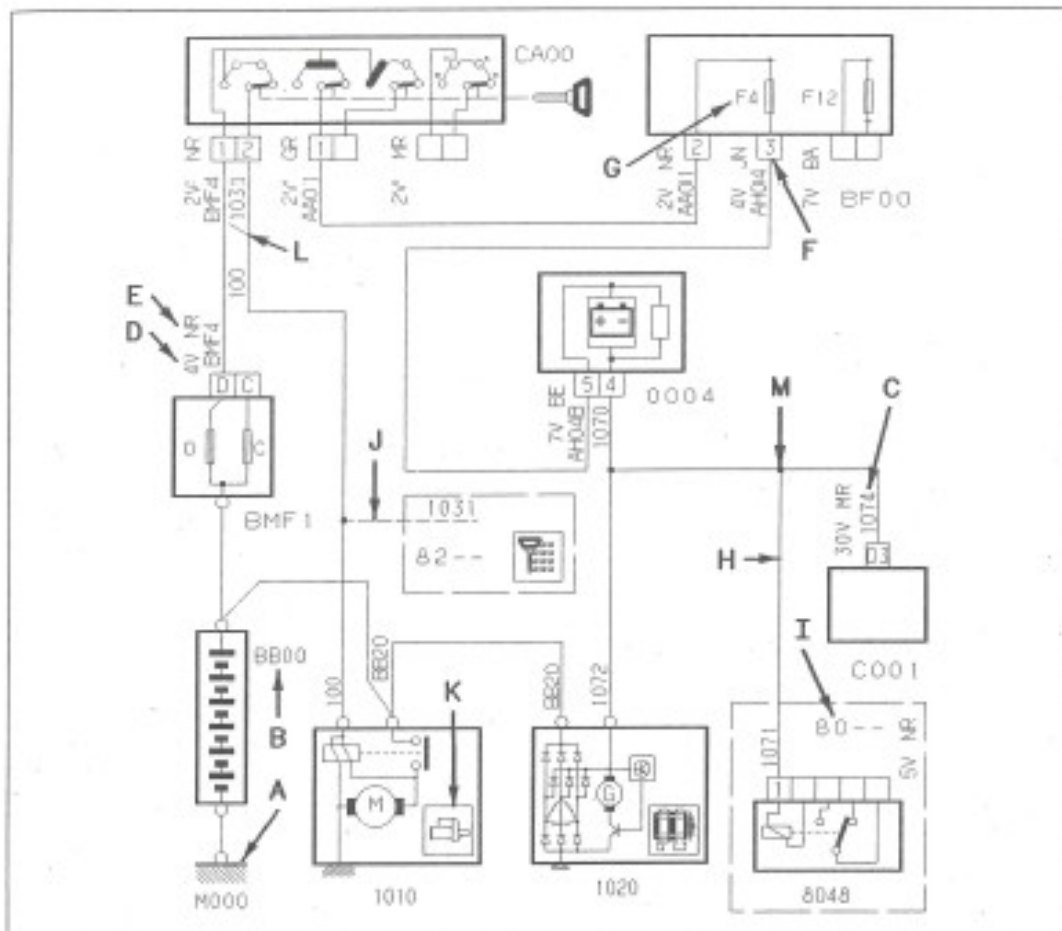
Overzicht draadbundels

Stationwagon

- 1) Hulp elektro-box (BJB)
- 2) Centrale elektro-box (CJB)
- 3) Kabelboom – Motorruimte
- 4) Kabelboom – Motorkoelventilator
- 5) Kabelboom – Motor
- 6) Kabelboom – Motorregeling
- 8) Kabelboom – Verlichting motorruimte
- 9) Kabelboom – Dashboard/instrumentenpaneel
- 10) Kabelboom – Schakelaar remlichten
- 11) Kabelboom – Radio
- 12) Kabelboom – Airbag bestuurderszijde
- 13) Kabelboom – Interieurlampen
- 14) Kabelboom – Achter
- 15) Kabelboom – Portier naar portier
- 16) Kabelboom – Voorportier
- 17) Kabelboom – Adaptieve schokdemperregeling
- 18) Kabelboom – Voorstoel
- 19) Kabelboom – Achterportier
- 20) Kabelboom – Brandstoftank
- 21) Kabelboom – Slijtagesensor remblok
- 22) Kabelboom – Achterklep
- 23) EEC IV moduul / Computer elektronische dieselregeling (EDC)
- 24) Elektronisch DIS moduul
- 25) Moduul snelheidsregeling
- 26) ABS-computer
- 27) Controlemoduul gloeilampen
- 28) Tripcomputermoduul
- 29) Moduul extra waarschuwingssysteem
- 30) Interfacemoduul instrumentenpaneel
- 31) Moduul portiervergrendeling
- 32) Stekkerblok
- 33) Airbagmoduul
- 34) Centraal timermoduul

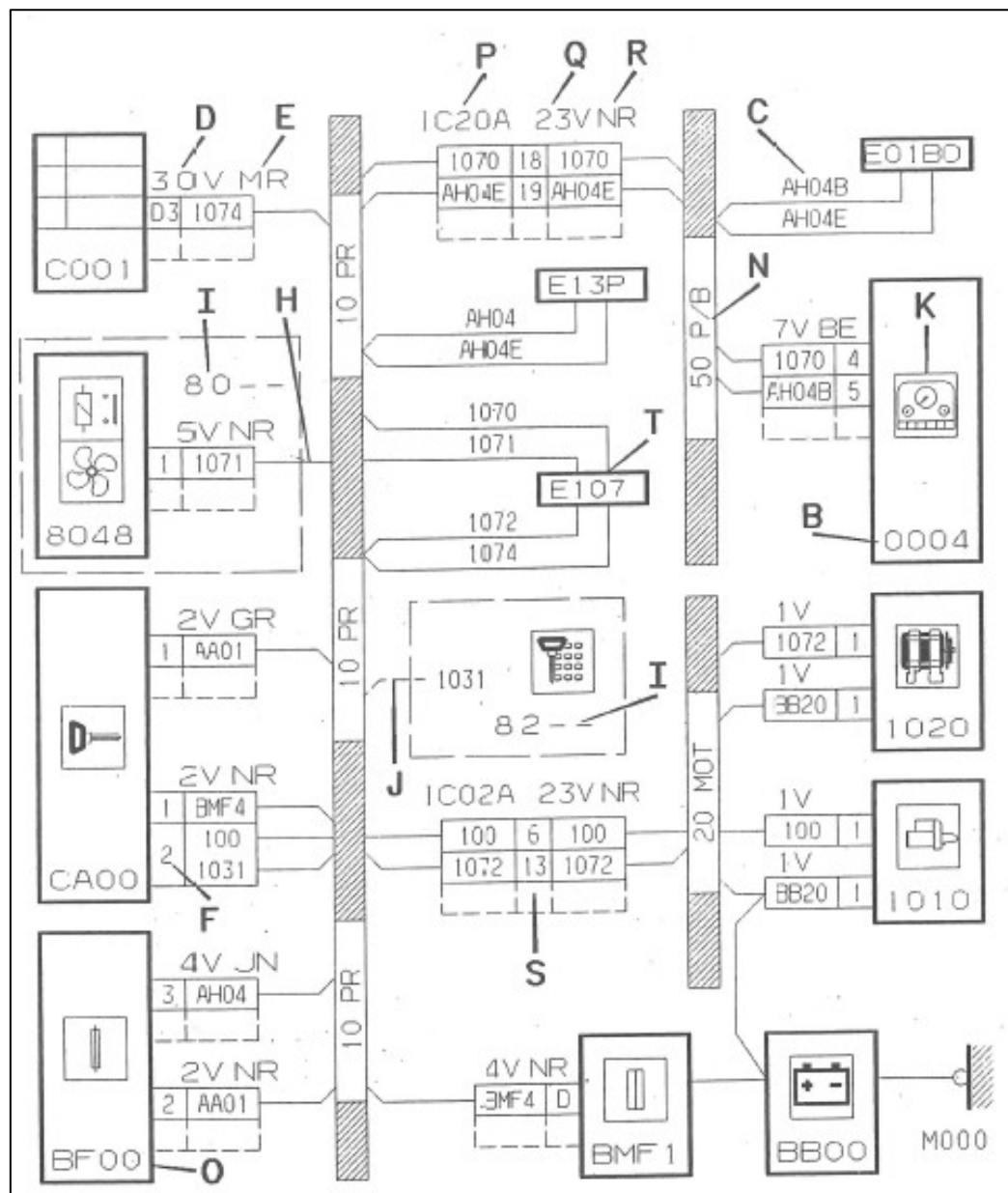
12.6.4 Schema's Citroën

12.6.4.1 Lezen van prinsipschema's



Figuur 90

- A : aanduiding van massa-aansluiting.
- B : nummer van onderdeel.
- C : nummer van draad.
- D : nummer van vak in stekker.
- E : kleur van stekker.
- F : nummer van vak in stekker.
- G : nummer van zekering.
- H : aanduiding voor informatie naar andere functie.
- I : nummer van de betreffende functie volgens opgave.
- J : aanduiding voor draad afhankelijk van uitvoering.
- K : symbool van onderdeel.
- L : gekoppelde draden.
- M : aanduiding van een draadverbinding.

12.6.4.2 Lezen van bedradingschema's

Figuur 91

N : identificatie van draadbundel.

O : weergave van een zekeringenkast.

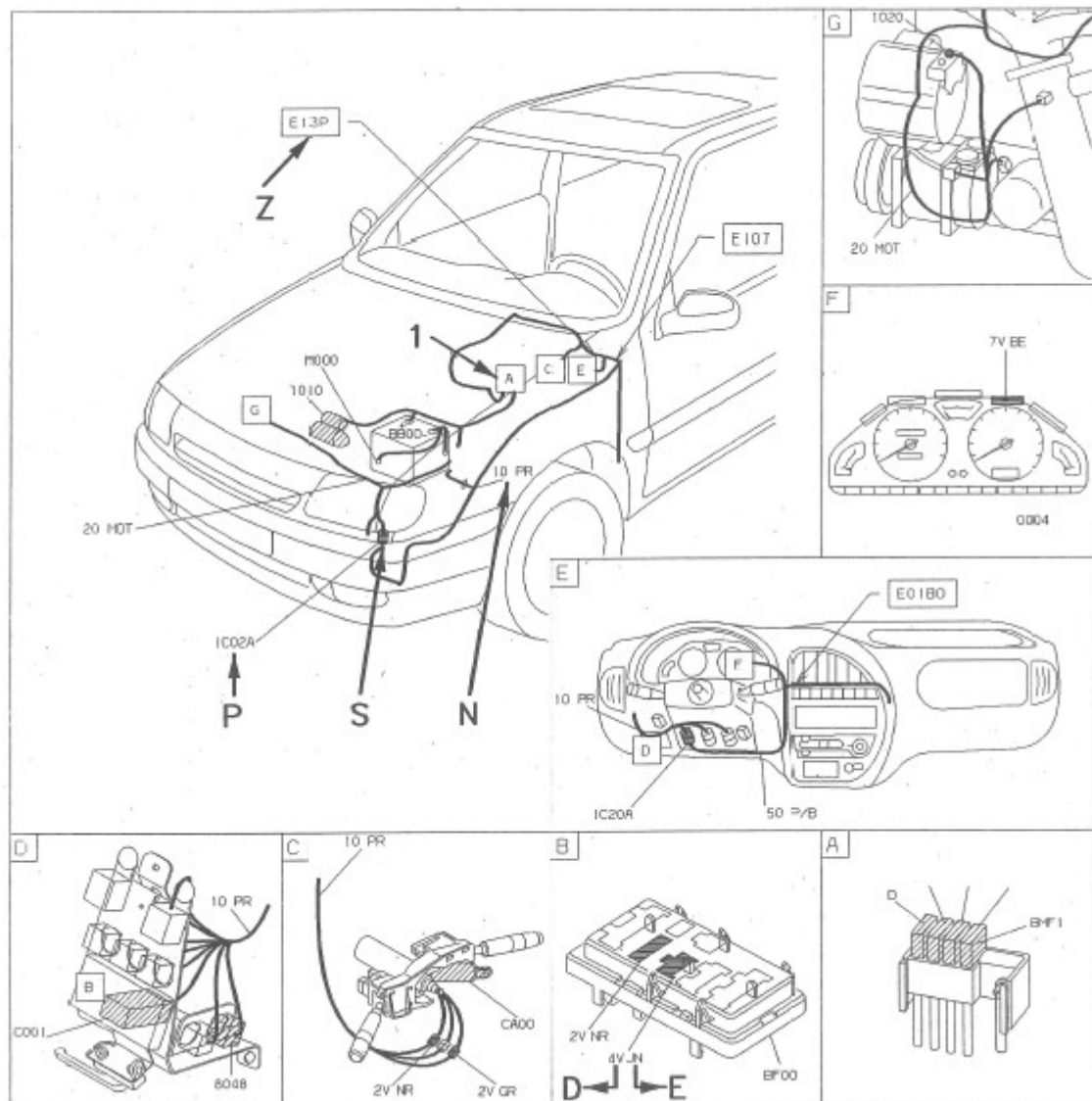
P ; nummer van doorverbindingsstekker.

Q : aantal polen van doorverbindingsstekker.

R : kleur van doorverbindingsstekker.

S : aanduiding voor een gedeeltelijke doorverbinding.

T : aanduiding van een draadverbinding.

12.6.4.3 Lezen van plaatsingsschema's

Figuur 92

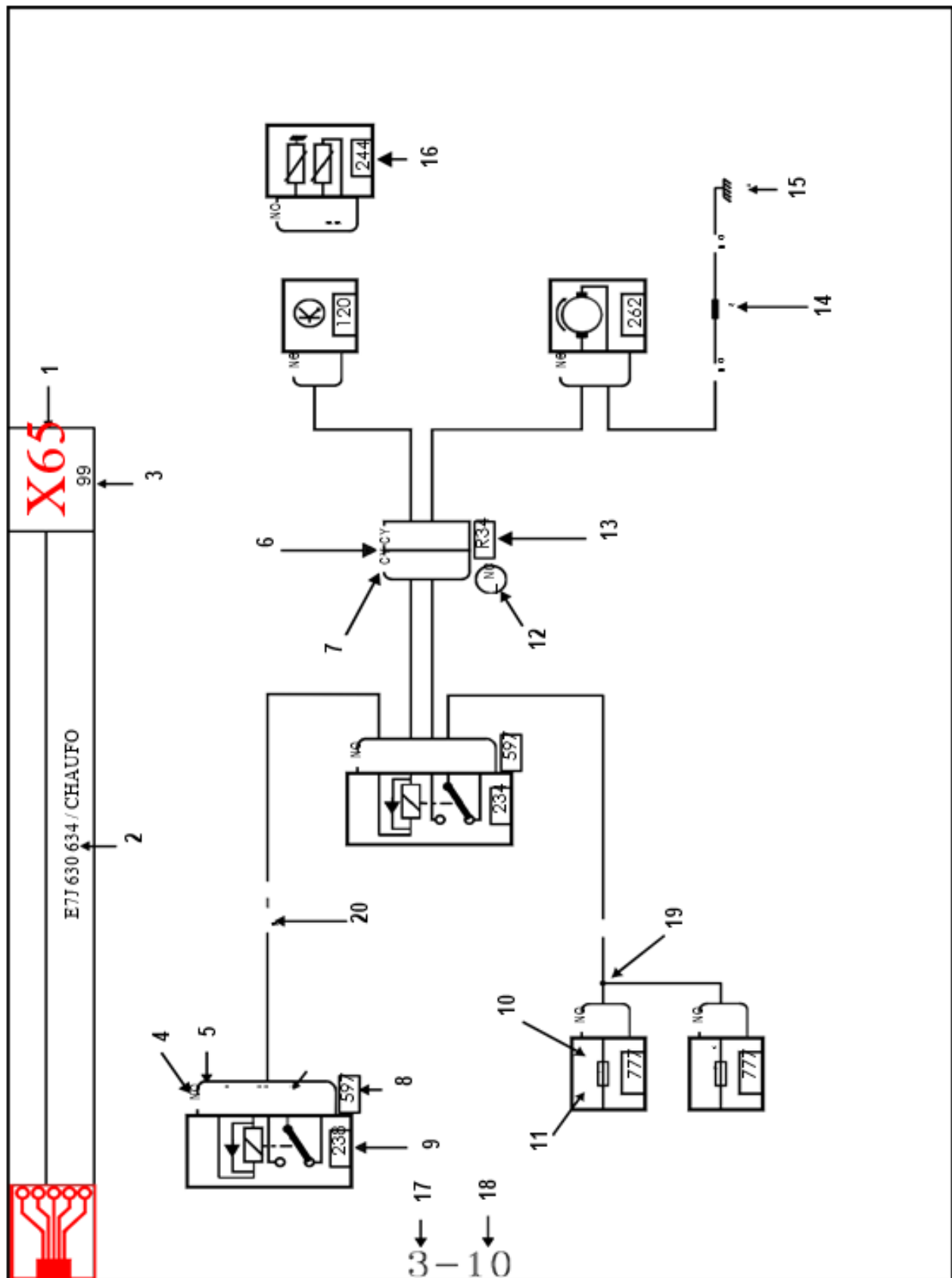
- D: aantal polen van stekker
- E: kleur van stekker
- N: identificatie van draadbundel
- P: nummer van doorverbindingsstekker
- S: aanduiding van de doorverbindingsstekker
- Z: aanduiding van een draadverbinding
- 1: zie detail in aangegeven venster

12.6.5 Schema's Renault

12.6.5.1 Hoe leest u een principeschema:

(een voorbeeld van een schema vindt u op de volgende bladzijde)

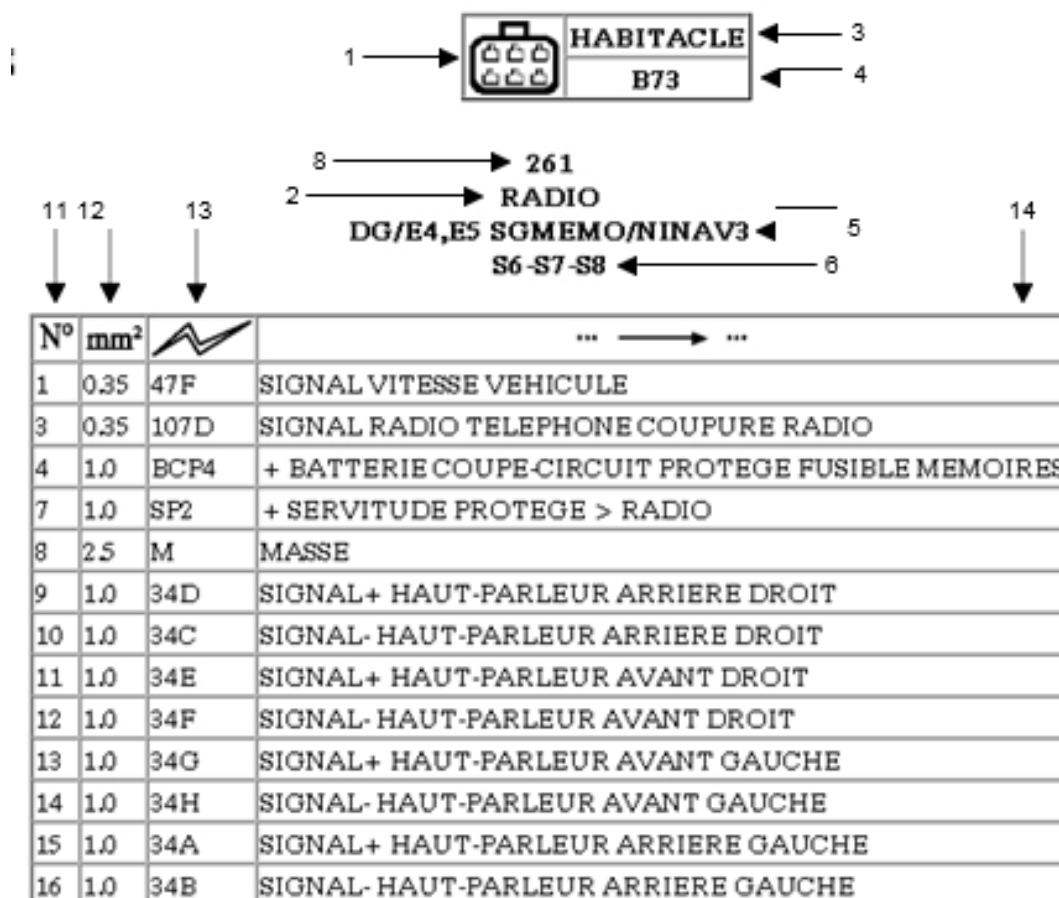
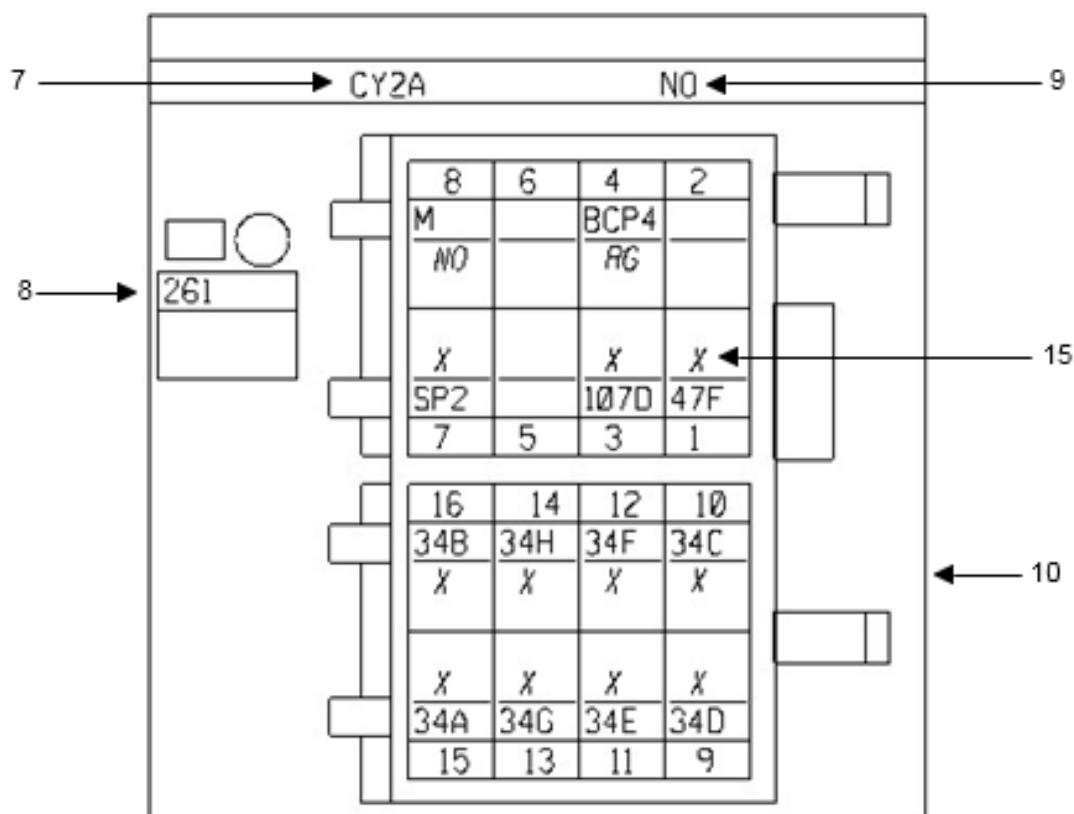
1	Familie.
2	Bijzonderheden van de auto waarop het schema betrekking heeft.
3	Modeljaar.
4	Kleur van de stekker.
5	Weergave van de stekker.
6	Weergave van een verbindingsstekker.
7	Kleur van de verbindingsstekker.
8	Nummer van de zekeringplaat waarop het orgaan is aangesloten.
9	Nummer van het orgaan.
10	Sterkte van de zekering.
11	Plaats van de zekering op de zekeringplaat.
12	Kleur van de modulehouder.
13	Nummer van de verbinding.
14	Nummer van de kabelsplitsing.
15	Nummer van de massa.
16	Secundair orgaan.
17	Nummer van het hoofdstuk.
18	Nummer van het schema.
19	Weergave van een combinatie.
20	Code van de verbinding (voor het herkennen van een draadfunctie), zie overzicht van de verbindingen.



12.6.5.2 Hoe leest u de verklaring van de draadfuncties

(een voorbeeld van een blad met draadfuncties vindt u op de volgende bladzijde)

1	Symbool dat de draadfuncties aangeeft.
2	Omschrijving van de stekker.
3	Omschrijving van de kabelbundel.
4	Algemeen criterium van de kabelbundel.
5	Bijzonderheid van de stekker
6	Nummer van de "Ligging van de kabelbundels" waarop de stekker voorkomt
7	Codering van de stekker (alleen voor de fabricage).
8	Nummer van het orgaan.
9	Kleur van de stekker.
10	Tekening van de stekker.
11	Nummer van het gebruikte stekkerdeel
12	Oppervlak van de draad in het stekkerdeel.
13	Code verbinding van de draad. (voor het herkennen van een draadfunctie) zie overzicht van de verbindingen.
14	omschrijving van de draadfunctie.
15	Het kruis geeft aan dat er een draad in het stekkerdeel zit; twee kruizen = twee draden. Alleen de elektrische hoofdfunctie worden nog weergegeven (Rood, Geel, Zwart, Blauw). Een draad met een andere kleur wordt aangegeven met een kruis in het stekkerdeel.



12.6.5.3 Voorbeeld : Rechter remlicht

CODES ORGANEN	OMSCHRIJVING ORGANEN
101	AANSTEKER
103	DYNAMO
104	STARTSCHAKELAAR
105	ELEKTROMAGNETISCHE CLAXON
107	ACCU
108	BOBINE
119	REKENEENHEID AUTOMATISCHE TRANSMISSIE
120	REKENEENHEID INSPUITSYSTEEM
133	SCHAKELAAR RUITBEDIENING RECHTS VOOR
134	SCHAKELAAR SPIEGELVERSTELLING
140	PORTIERGRENDLMOTOR LINKS VOOR
141	PORTIERGRENDLMOTOR RECHTS VOOR
145	WISSERS/SPROEIERS GEcombineerd
146	PINGELDETECTOR 1
147	OPNAME-ELEMENT SPRUITSTUKDRUK
149	OPNAME-ELEMENT VliegWiel
150	WIELOPNEMER RECHTS ACHTER
151	WIELOPNEMER LINKS ACHTER
152	WIELOPNEMER RECHTS VOOR
153	WIELOPNEMER LINKS VOOR
155	SCHAKELAAR ACHTERUITRIJLAMP
156	SCHAKELAAR HANDREM
160	REMLICHTSCHAKELAAR
163	STARTMOTOR
164	VOORZIENING KOUDE LUCHTBLAZER
165	BAGAGEVERLICHTING
166	KENTEKENPLAATVERLICHTING RECHTS
167	KENTEKENPLAATVERLICHTING LINKS
171	KOPPELING AIRCONDITIONING
172	ACHTERLICHT RECHTS
173	ACHTERLICHT LINKS
176	MISTLICHT RECHTS VOOR
177	MISTLICHT LINKS VOOR
184	MARKERINGSLICHT RECHTS
185	MARKERINGSLICHT LINKS
188	KOELVENTILATEUR
189	LUIDSPREKER RECHTS ACHTER
190	LUIDSPREKER LINKS ACHTER
193	INSPUITSTUK 1
194	INSPUITSTUK 2
195	INSPUITSTUK 3
196	INSPUITSTUK 4
197	INSPUITSTUK 5
200	ACHTERRUITVERWARMING
203	RUITHEFMOTOR BESTUURDER
204	RUITHEFMOTOR PASSAGIER

Stekker 172

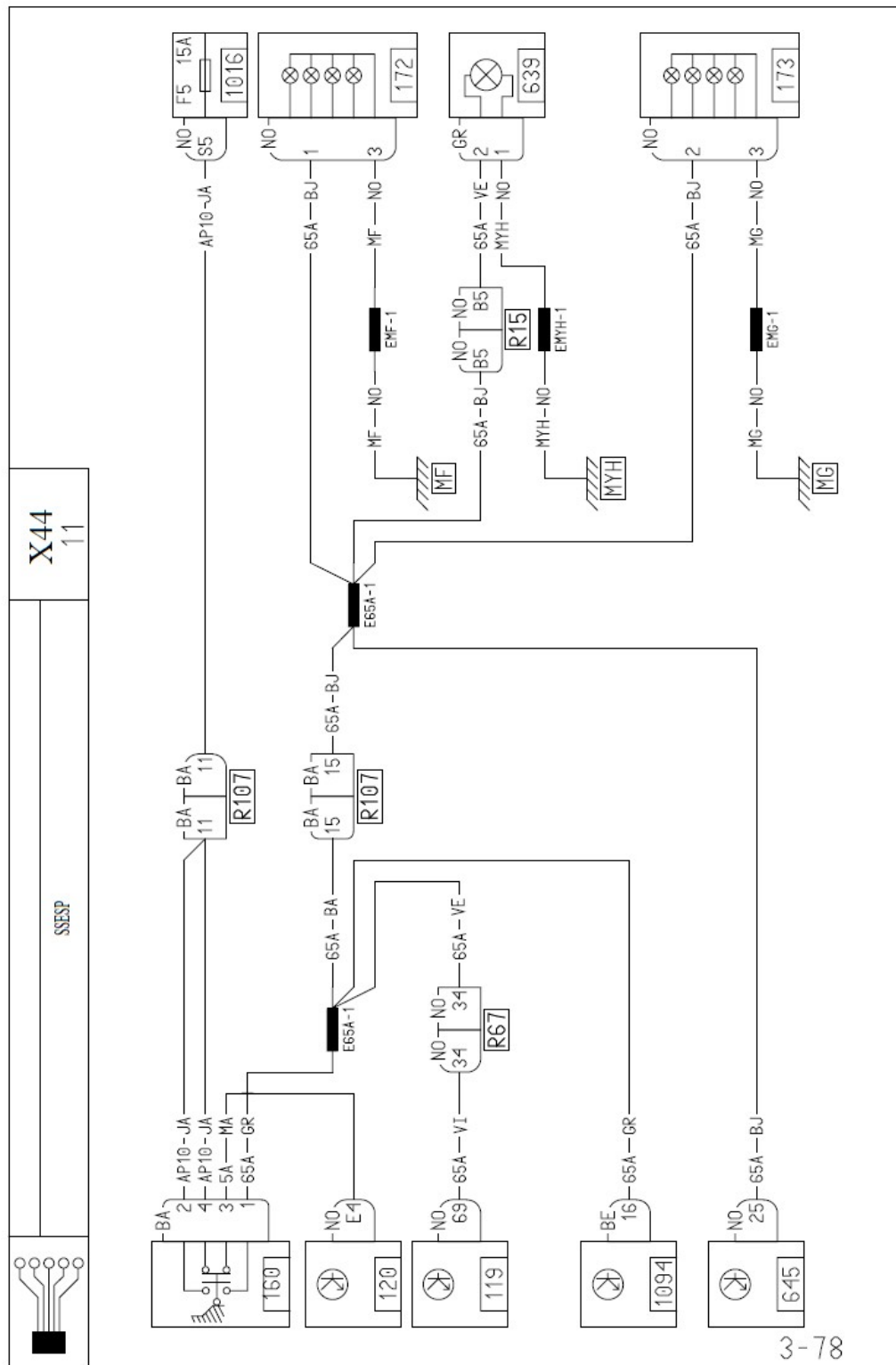
	BEDRADING DASHBOARD
	X44/DG

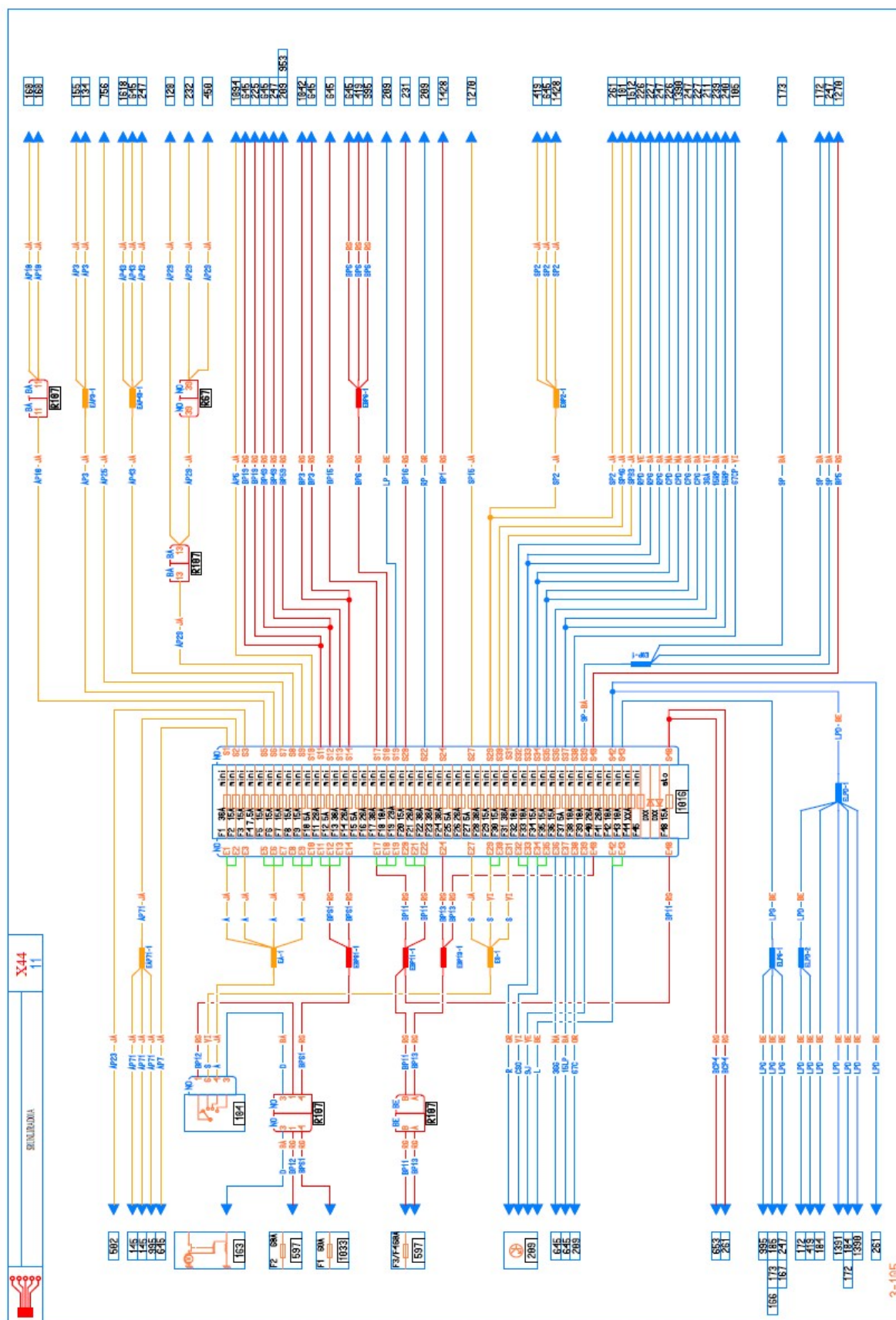
172**ACHTERLICHT RECHTS**

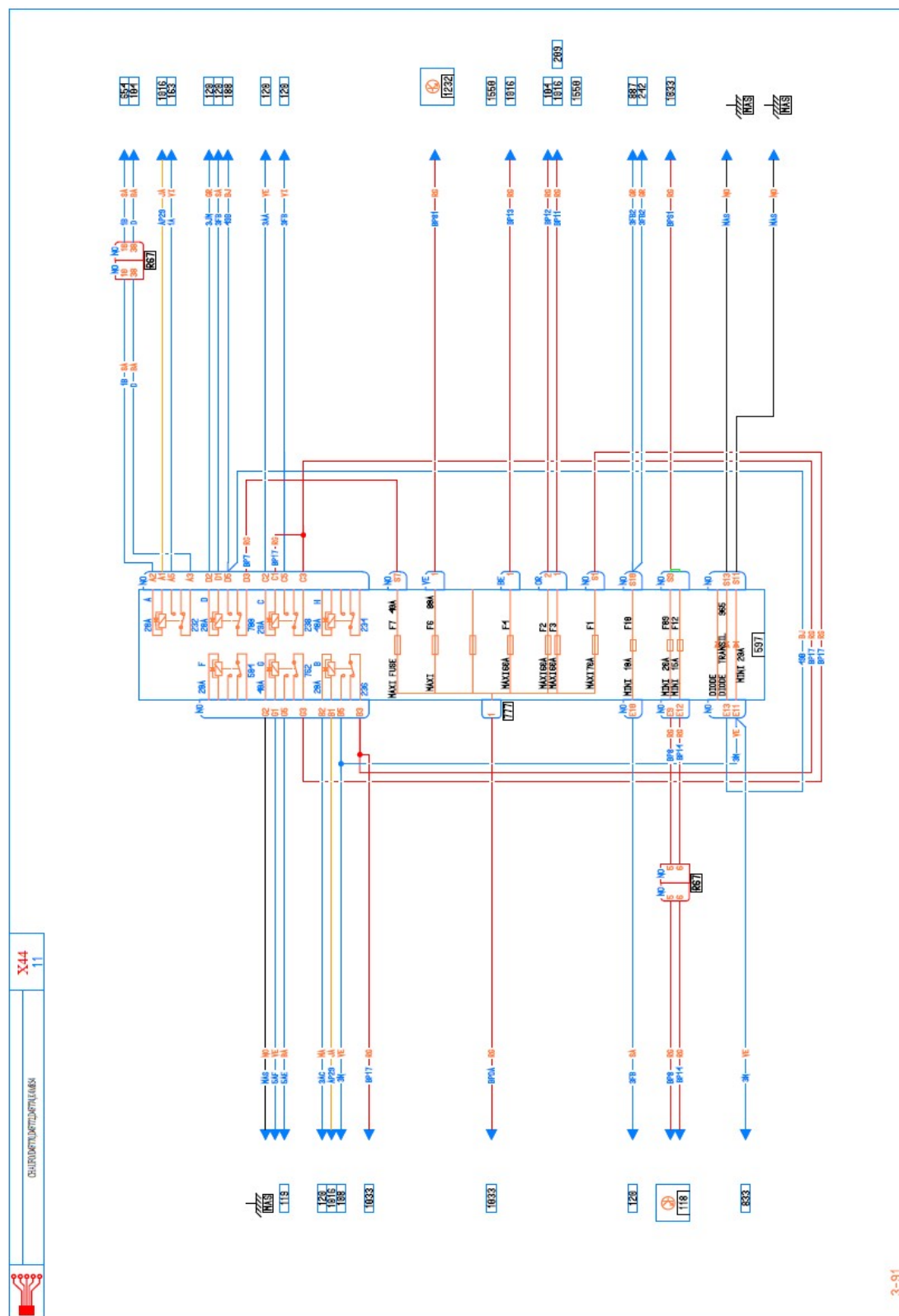
**RV/CAREG/TO/CPETIR/RET07,RET08/ABLAV/SGACHA/RAD04A/BVM5,BVR5/A
BAR01**

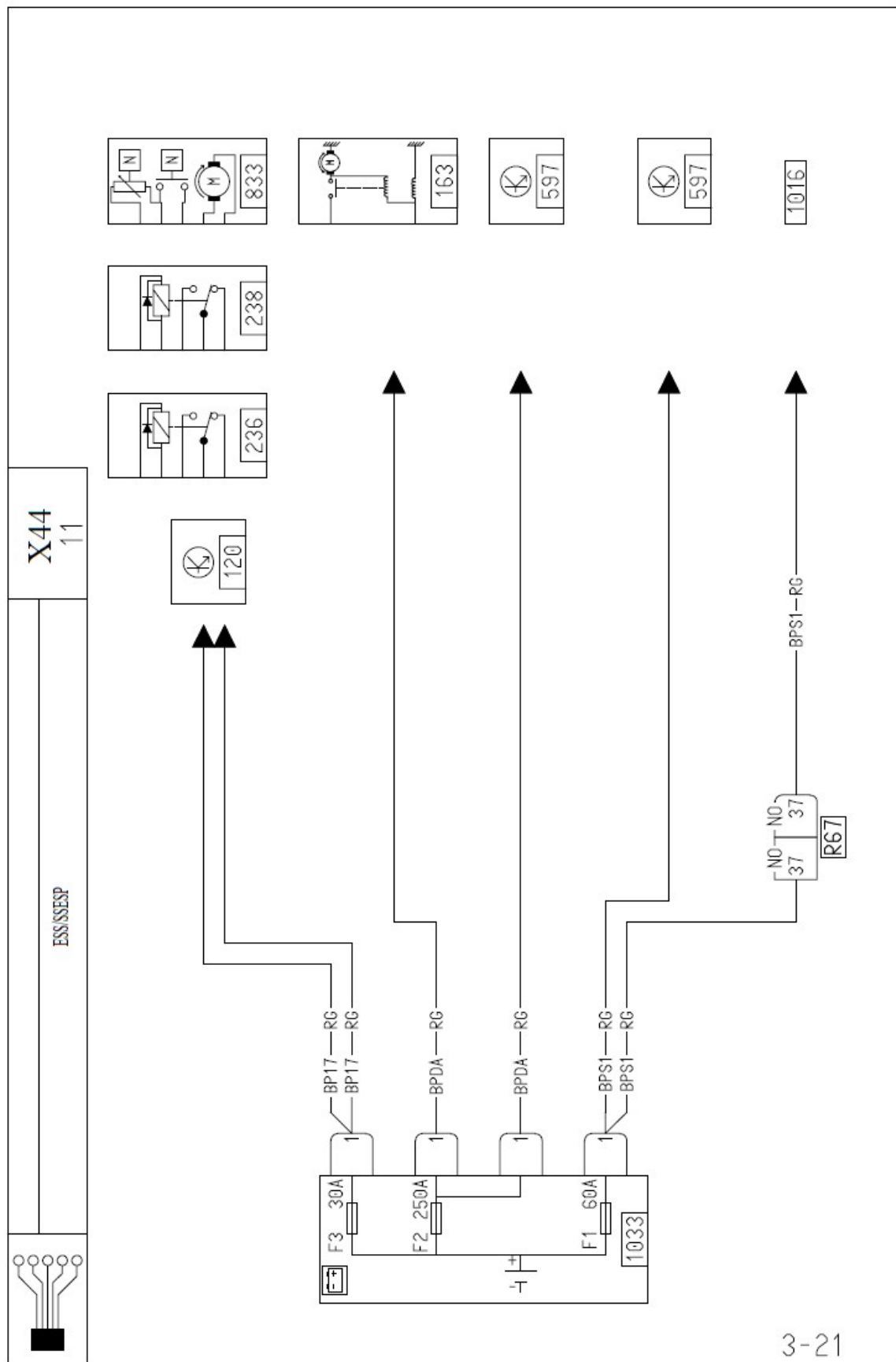
1	0.5	65A	STUURSIGNAAL+ REMLICHTEN	CI4M
2	0.5	64D	STUURSIGNAAL RICHTINGAANWIJZERS RECHTS	CI4M
3	0.75	MF	ELEKTRISCHE MASSA RECHTS ACHTER	CI4M
4	0.35	LPD	+ MARKERINGSLICHT RECHTS VIA ZEKERING	CI4M
5	0.5	9P	STUURSIGNAAL+ MISTACHTERLICHT VIA ZEKERING	CI4M

CI4M 7703297049 NO					
172	1	2	3	4	5
	65A	64D	MF	LPD	9P
	X	X	NO	BE	X



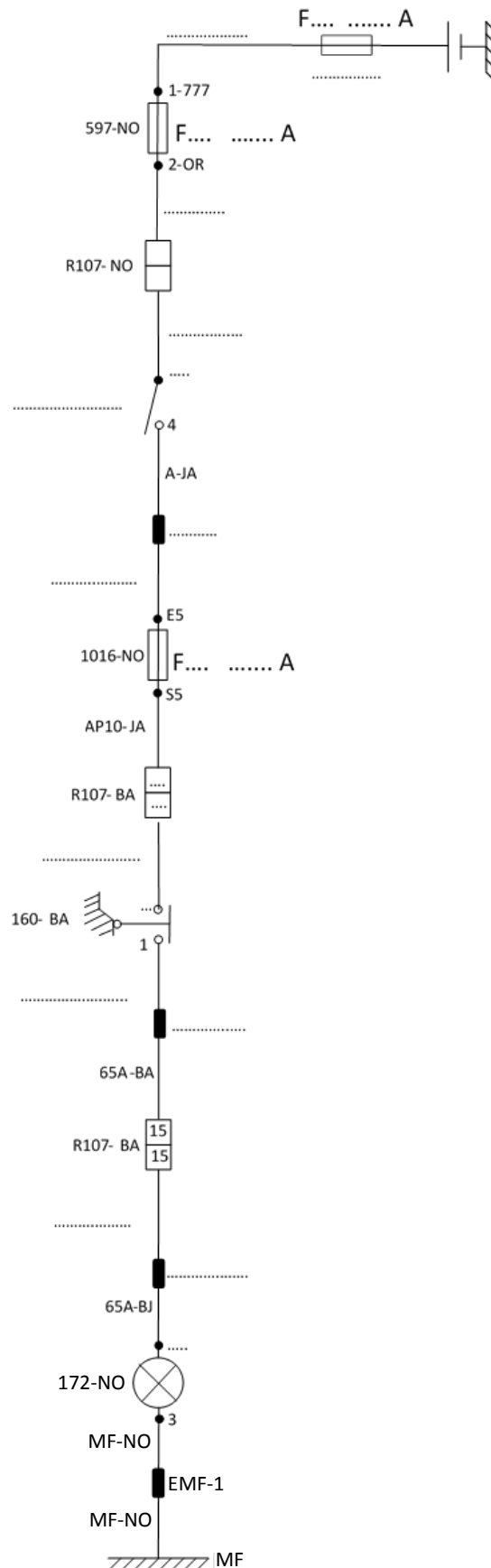






Oefening:

Teken vanuit bovenstaande prinsipeschema's het watervalschema van het rechter remlicht.



13 Halfgeleiders

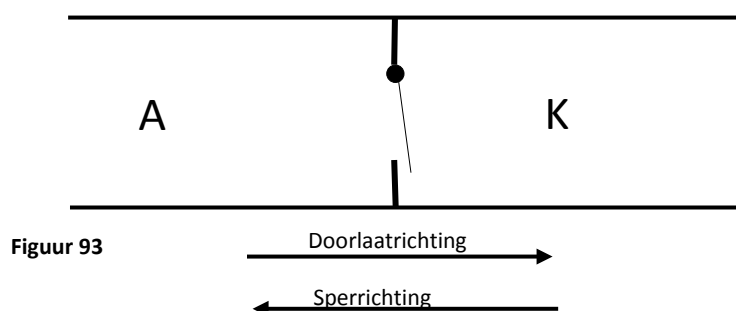
13.1 Inleiding

Alle lichamen die in de natuur voorkomen kun je onderverdelen in min of meer geleidende lichamen en min of meer isolerende lichamen. Tussen deze beide in bevindt zich de klasse van de halfgeleiders. Twee van die halfgeleiders zijn dankzij hun elektrische eigenschappen heel belangrijk geworden: 'germanium (Ge)' en vooral 'Silicium (Si)'. De twee voornaamste toepassingen van deze halfgeleiders zijn de **diode** en de **transistor**.

13.2 Dioden

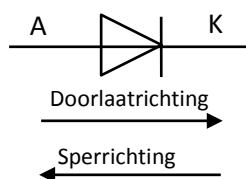
13.2.1 Werking

- Een diode heeft twee aansluitingen: De '**Anode (A)**' en de '**Kathode (K)**'.
- Een diode is een halfgeleider die de stroom in de ene richting doorlaat en hem in de andere richting spert. Ze werkt zoal een terugslagklep (zie Figuur 93). Het water kan vloeien van A naar K (doorlaatrichting) maar niet van K naar A (sperrichting).



Figuur 93

- Symbol:



Figuur 94

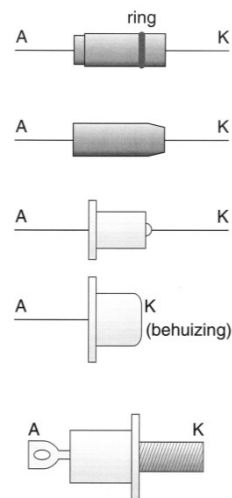
- In doorlaatrichting heb je een minimumspanning nodig om de stroom te laten vloeien. Die spanning heet 'drempelspanning' en bedraagt 0,7 V voor een **siliciumdiode** en 0,2 V voor een **germaniumdiode**.

Een diode wordt dikwijls voorgesteld als Figuur 95:
Het witte streepje duidt de kathode aan.



Figuur 95

- In Figuur 96 worden verschillend uitvoeringsvormen weergegeven.

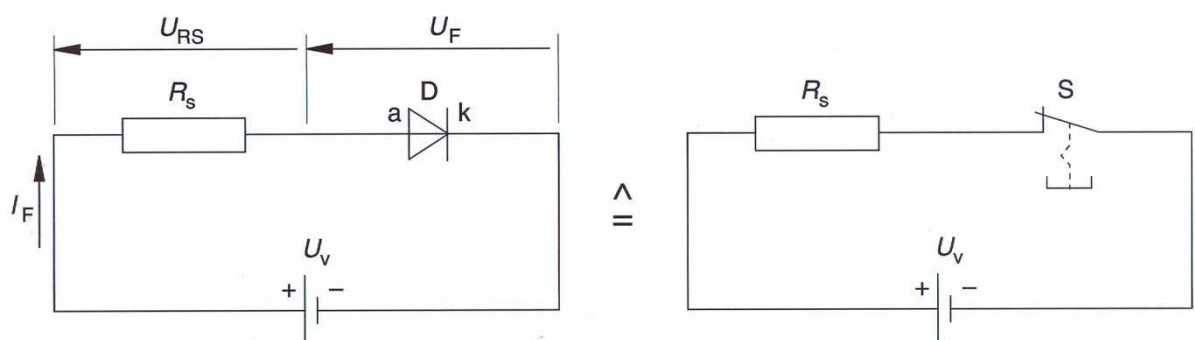


Figuur 96

- Voorwaartse polarisatie (doorlaat)

Indien de diode voorwaarts wordt aangesloten (zie Figuur 97), is geleiding mogelijk. Aan de 'anode' wordt dan een 'positieve spanning' aangesloten, aan de 'kathode' een 'negatieve spanning'. Indien de spanning U_F (U_{Forward}) over de diode stijgt boven de drempelspanning (0,7 V voor Germaniumdiode), zal er geleiding ontstaan.

De voorwaartse stroom I_F wordt dan zeer groot en enkel nog beperkt door de weerstand die in serie geplaatst is met de diode. Je kan de diode nu vergelijken met een gesloten schakelaar. **Let op: Over de diode (schakelaar) staat nu een spanning van 0,7 V .**



U_F (U_{Forward}): Dit is de spanning over de diode als ze in doorlaat is gepolariseerd.

I_F (I_{Forward}): Dit is de stroom door de diode als ze in doorlaat is gepolariseerd.

Figuur 97

Indien je deze schakeling van naderbij bekijkt, merk je op dat de vergelijking met de gesloten schakelaar niet volledig opgaat. Een schakelaar laat onafhankelijk van de spanning na het sluiten, stroom door. Een diode geleidt pas als de voedingsspanning hoger is dan de 'drempelspanning. Deze drempelspanning bedraagt ongeveer 0,7 V voor siliciumdioden en 0,3 V voor Germaniumdioden. Tenslotte bezit de diode in geleiding toch nog een kleine weerstand.

Indien de voorwaartse stroomsterkte door de diode stijgt boven de maximum toegelaten waarde, zal de diode zodanig verwarmen dat de levensduur van de diode wordt ingekort of dat er beschadiging optreedt. Daarom moet de stroomsterkte beperkt worden tot de door de fabrikant opgegeven stroomsterkte. Een diode is voorwaarts aangesloten indien de conventionele stroomzin samenvalt met de pijlpunt van de diode.

Geheugensteuntje:

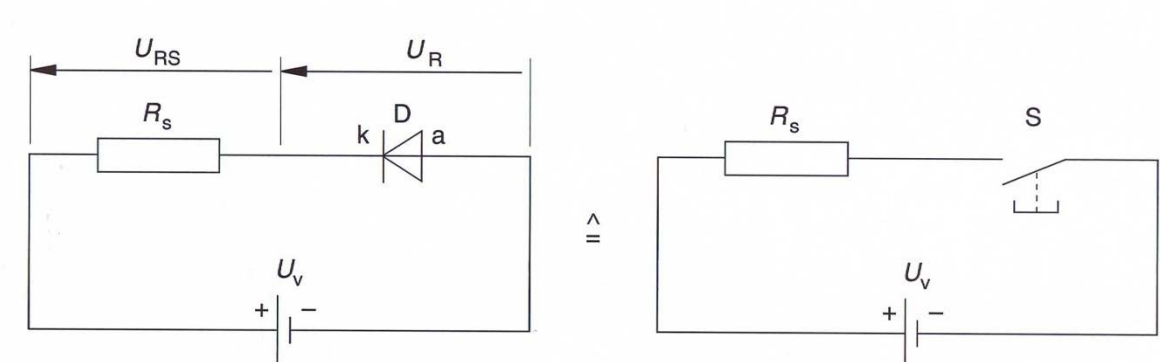
Een diode staat in doorlaat als de **K**athode **N**egatief is en de **A**node **P**ositief .

Men noemt dit het regeltje **KNAP**.

- Inverse polarisatie (sper)

Indien de diode invers wordt aangesloten, is geleiding onmogelijk. Aan de anode van de diode wordt dan een negatieve spanning aangesloten, aan de kathode een positieve spanning (zie Figuur 98). In dit geval zal er geen geleiding ontstaan.

De diode gedraagt zich nu als een open schakelaar.

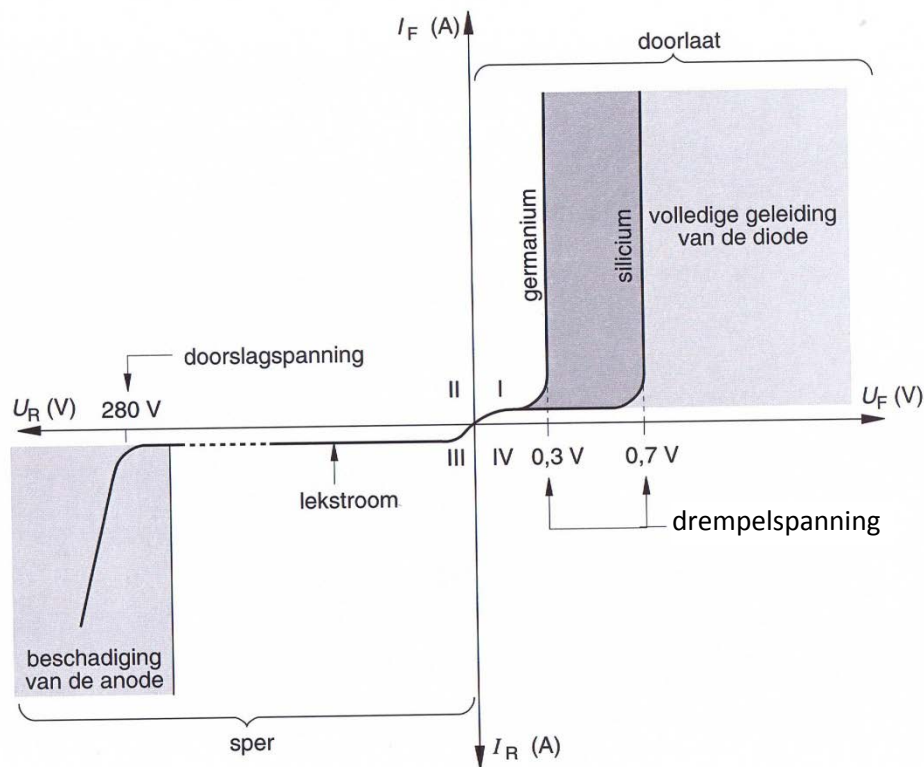


Figuur 98

Ook hier kunnen we de schakeling van naderbij bekijken en gaat de vergelijking met de open schakelaar niet volledig op. Je kan immers opmerken dat indien je een diode invers aansluit, er toch een zeer kleine lekstroom I_R (I_{Reverse}) door de diode stroomt.

Indien de inverse spanning U_R (U_{Reverse}) over de diode stijgt boven de toegelaten waarde, zal er spanningsdoorslag ontstaan. Er zal dan toch een grote inverse stroom vloeien en de diode zal onherstelbaar beschadigd worden. Daarom moet de inverse spanning over de diode steeds beperkt worden tot de door de fabrikant opgegeven waarde. Een diode is invers gepolariseerd indien de conventionele stroom tegengesteld is aan de diodepijl.

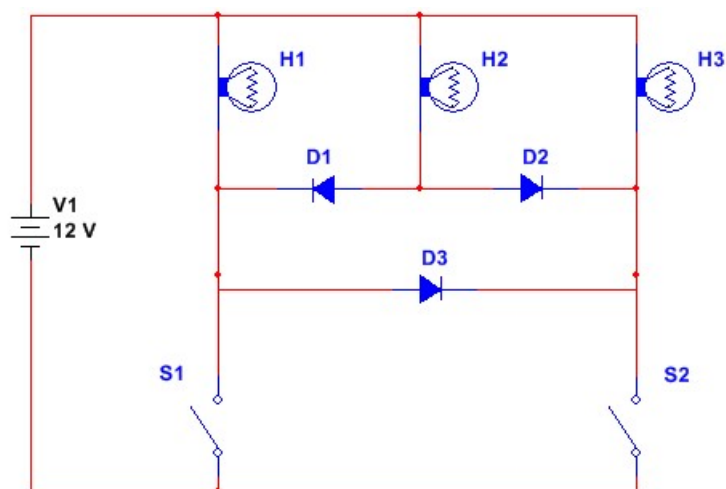
- De diodekarakteristiek (zie Figuur 99)



Figuur 99

13.2.2 Oefening

Bepaal in Figuur 100 welke lampjes er zullen oplichten bij de bijbehorende standen van de schakelaars. Doe dit door de waarheidstabel in te vullen (kleur het bolletje als de lamp brandt).



Waarheidstabel

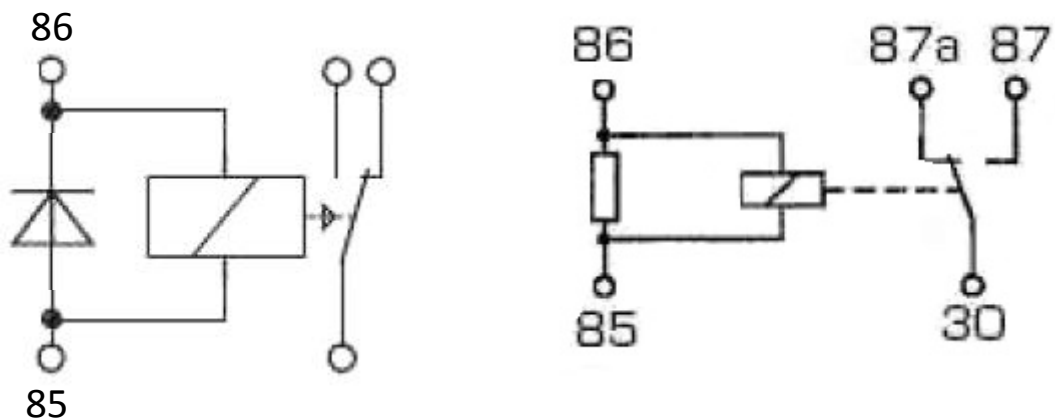
S1	S2	H1	H2	H3
0	0	O	O	O
0	1	O	O	O
1	0	O	O	O
1	1	O	O	O

Figuur 100

13.2.3 Toepassing

Soms zie je dat over de spoel van een relais een 'diode' of 'weerstand' geplaatst is, zie Figuur 101.

Ze hebben beide dezelfde functie. **Namelijk beveiliging tegen de inductiespanning.** Door het plaatsen van deze componenten wordt de inductiespanning opgewekt door de spoel kortgesloten waardoor over de schakelaar (die het relais schakelt) geen grote spanning meer komt te staan en bijgevolg vonkvorming voorkomt.



Figuur 101

Eerst even een stukje theorie van stromen door een spoel: Als er een stroom loopt door een spoel, en die stroom wordt verbroken, dan treedt er een inductiespanning (e) op, die ervoor zorgt dat de stroom nog even in dezelfde richting blijft vloeien. Dus de spoel wordt even bron en in een bron vloeit de stroom van “-” naar “+”. Deze inductiespanning is vele malen hoger dan de oorspronkelijke spanning over de spoel, en kan daardoor de contacten van het (kleine, zwakke) schakelaartje beschadigen en dat mag natuurlijk niet gebeuren.

Daarom is die weerstand parallel aan de spoel geschakeld: zodra de schakelaar die het relais bedient opent, wil de inductie spanning via de schakelcontacten van de schakelaar terug lopen, en een vonk vormen over deze contacten. Dat gebeurt nu dus niet, want de stroom gaat nu lopen via de weerstand, die als het ware de spoel kortsluit. Het gevolg is dat de schakelaar niet beschadigd wordt door de inductiespanning. Daarom wordt deze weerstand een **blusweerstand** genoemd: hij blust de vonkvorming die anders in de schakelaar zou optreden.

Een andere methode om de inductie spanning af te voeren is door middel van een diode.

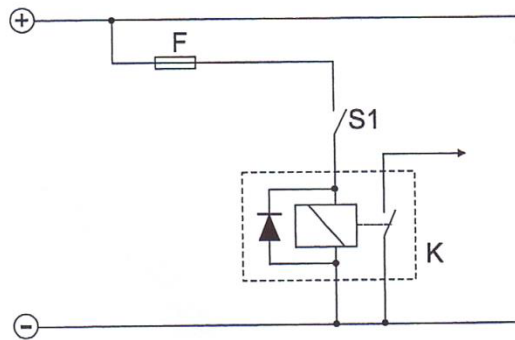
Een diode laat maar stroom door in één richting, en dat is in de richting van de driehoek zie Figuur 94.

Een dergelijke diode wordt dan ook een **blusdiode of vrijlooptdiode** genoemd.

Het is duidelijk dat de diode zo moet geschakeld worden dat hij in doorlaat (geleiding) staat op de **inductiespanning (e)** en niet op de accuspanning !!!

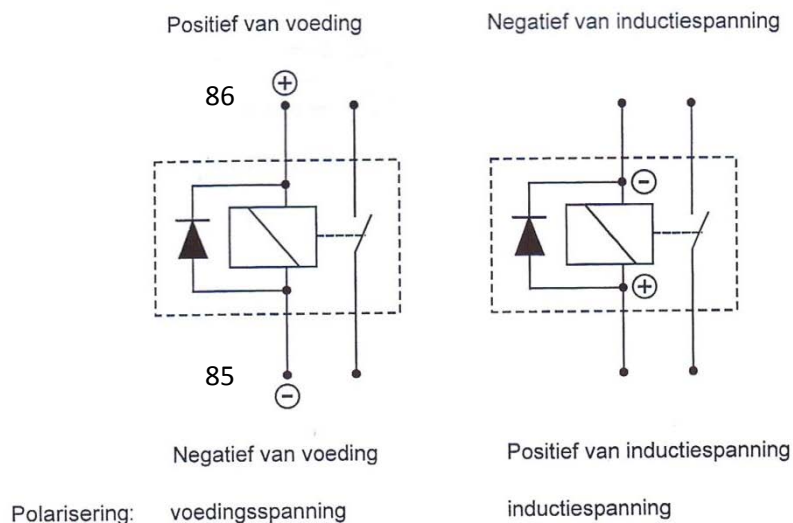
Zou in Figuur 102 de diode omgekeerd staan (foutief) dan zal bij het sluiten van de schakelaar S1 de batterij kortgesloten worden. Dus bij het aansluiten van een relais met vrijlooptdiode moet men goed opletten hoe men hem aansluit.

Als je in Figuur 102 de diode zou weglaten dan zal bij het openen van S1 er een vonk over de contacten komen te staan waardoor de contacten na verloop van tijd zouden inbranden. Door de diode zal de inductiespanning, die optreedt bij het onderbreken van stroom door een spoel, kortgesloten worden waardoor de contacten van S1 gevrijwaard worden van inbranden.



Figuur 102

In Figuur 103 zie je duidelijk dat de diode in '**SPER**' staat op de voedingsspanning (moest dit niet het geval zijn dan heb je een zuivere kortsluiting) en de diode in '**DOORLAAT**' staat op de inductiespanning.



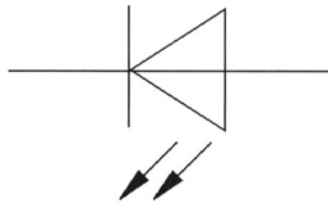
Figuur 103

13.3 LED (Light emitting diode)

13.3.1 Inleiding

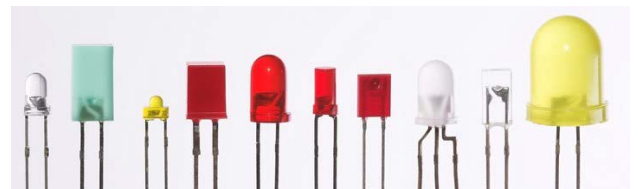
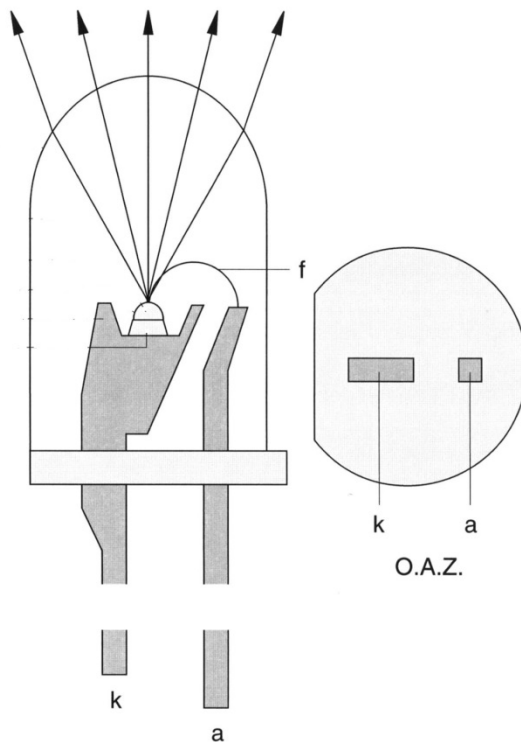
Een 'LED', afkorting van 'light-emitting diode', is een diode die licht uitstraalt van een bepaalde kleur. Die lichtkleur wordt bepaald door de technische eigenschappen van de diode. De LED behoudt alle eigenschappen van een gewone diode: ze heeft een doorlaatrichting en een sperrichting. Ze licht vanzelfsprekend op in de doorlaatrichting.

- Symbol



Figuur 104

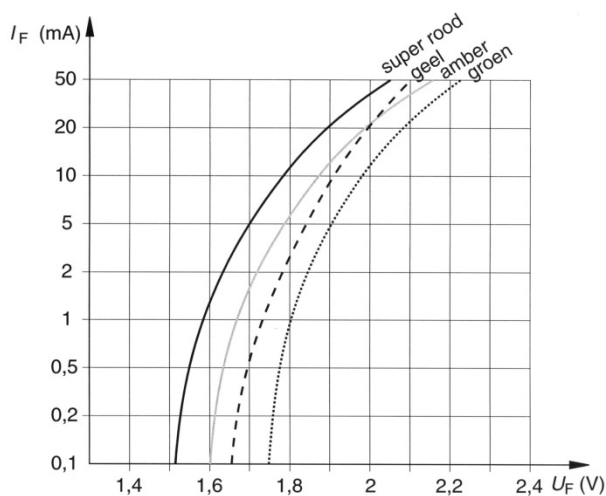
- De kathode kan je op verschillende manieren achterhalen: zie
 - het kortste beentje
 - in de behuizing het dikste beentje
 - bij onderaanzicht, het beentje aan de afgeschuinde kant van de behuizing



Figuur 105

- Spanning-stroom karakteristiek

Je weet dat een LED een diode is. De I/U-karakteristiek heeft dezelfde vorm als die van een gewone diode. In Figuur 106 wordt enkel het belangrijkste deel van de karakteristiek weergegeven, het deel waarin de LED zal werken. Zoals bij de diode is I_F de voorwaartse stroom en U_F de voorwaartse spanning. Je merkt dat voor dezelfde spanning de stroomwaarden verschillen naargelang van de kleur van het uitgezonde licht van de LED. De nominale stroom van een LED is meestal 20 mA. Deze verschilt in functie van uitvoeringsvorm en fabrikant. Opdat een LED licht uitstraalt, moet de voorwaartse spanning hoger zijn dan de drempelspanning. De drempelspanning is afhankelijk van het gebruikte halfgeleidermateriaal, ze varieert van 1,2V voor rode LED's tot 3V voor blauwe LED's



Figuur 106

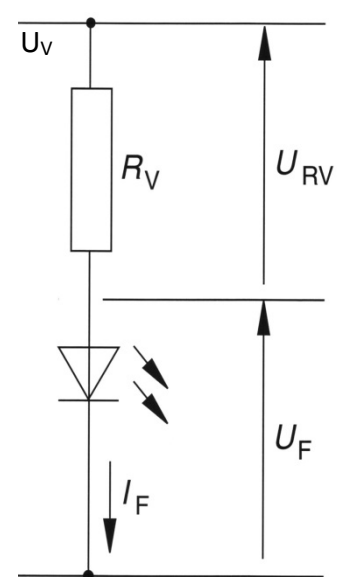
13.3.2 Berekenen van de voorschakelweerstand van een LED

Om te voorkomen dat de stroomsterkte van de LED groter wordt dan de maximale toelaatbare waarde (I_{Fmax}), plaats je een voorschakelweerstand (R_V) in serie met de LED. Afhankelijk van het type mag de voorwaartse stroom I_F een waarde tussen 10 en 50 mA aannemen. De voorwaartse spanning U_F over de LED is dan meestal begrepen tussen 1,5V en 3,5V.

Voor de LED in Figuur 107 is $I_F = 20$ mA bij een spanning U_F van 3,1V.

Oefening:

Bereken R_V als de voedingsspanning $U_V = 9$ V



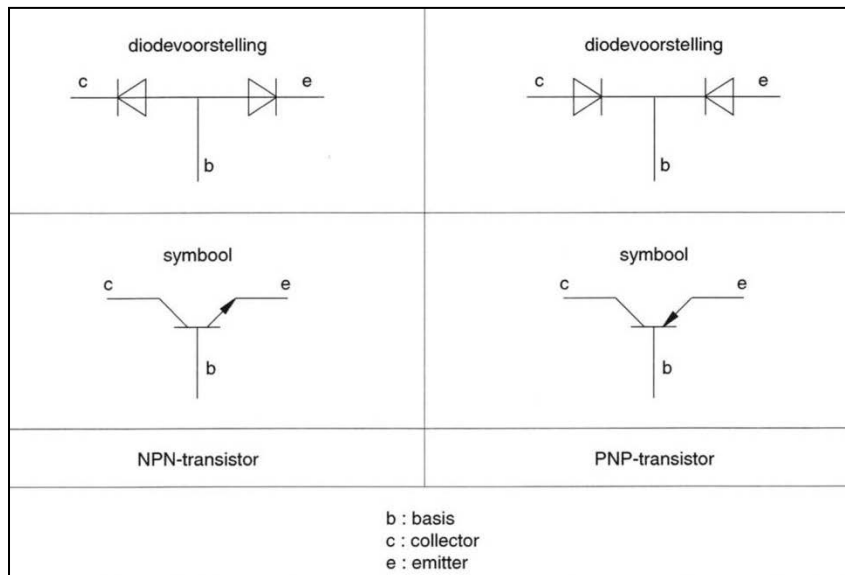
Figuur 107

14 Transistor als schakelaar

14.1 Symbool en aansluitingen

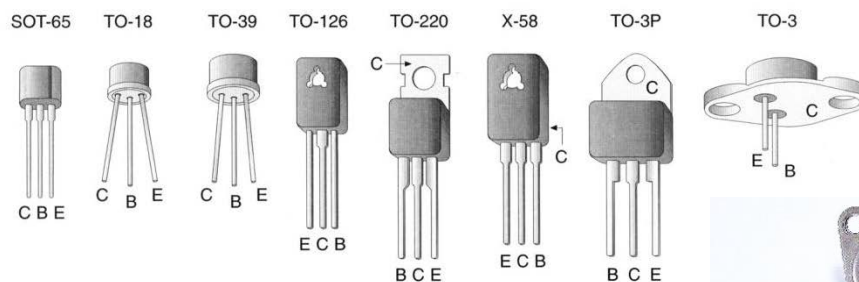
Een transistor heeft drie aansluitingen met elk een specifieke naam.

In Figuur 108 worden de verschillende aansluitdraden benoemd, c voor collector, e voor emitter en b voor basis.



Figuur 108

14.2 Bouwvormen en behuizingen



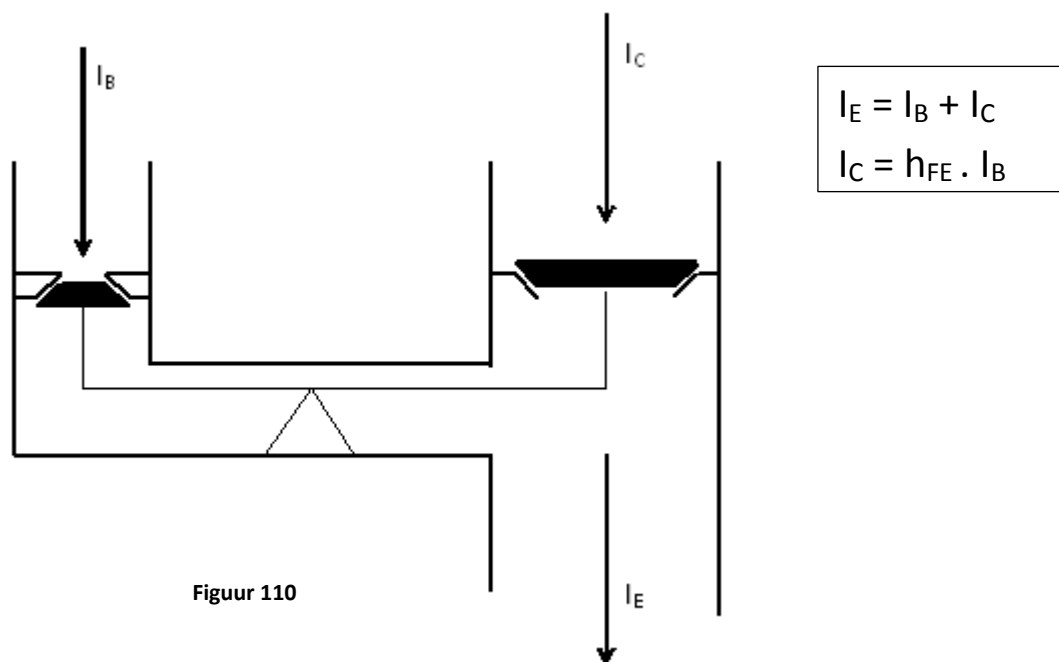
Figuur 109

14.3 Vergelijking met watermodel

In Figuur 110 wordt de transistor voorgesteld door een watermodel. De basisstroom regelt de collectorstroom.

De waterstroom in de emitter is zoals bij de transistor, gelijk aan de collectorwaterstroom plus de basiswaterstroom. We zien ook dat we slechts een zeer kleine basiswaterstroom nodig hebben om een grote collectorwaterstroom te bekomen. De collectorwaterstroom is dus een aantal malen groter dan de basiswaterstroom en versterkt dus als het ware de basiswaterstroom.

Zo ook is dit gebeuren terug te vinden in de transistor: de collectorstroom is een aantal malen groter dan de basisstroom. Het aantal malen dat de basisstroom versterkt wordt noemt men de 'versterkingsfactor' (h_{FE}) van de transistor.



14.4 Transistor als schakelaar

Bij een transistor als schakelaar komen maar twee toestanden voor:

- volledige geleiding (saturatie): De klep van de collector in Figuur 110 staat volledig open
- sper: De klep van de collector in Figuur 110 is volledig dicht

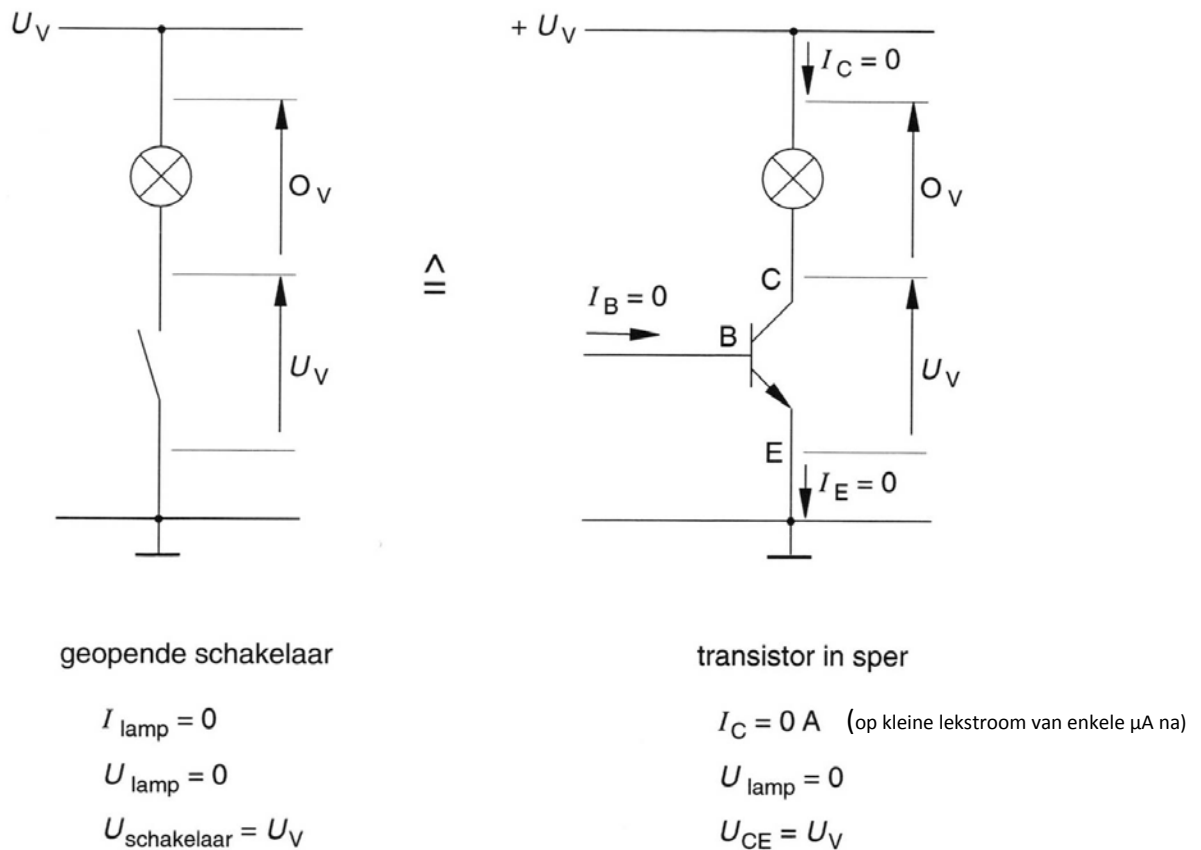
14.4.1 De transistor in sper

Wanneer je een transistor als schakelaar gebruikt en hij spert, dan kan je hem theoretisch vergelijken met een open schakelaar (Figuur 111). Een transistor spert indien je hem niet aanstuurt. De basisstroom is dan gelijk aan nul.

$$I_B = 0$$

Bijgevolg is de stroom door de transistor en de verbruiker gelijk aan nul. We moeten wel opmerken dat door de verbruiker een kleine lekstroom vloeit van enkele μA .

De spanning die over de transistor staat is gelijk aan de voedingsspanning U_V .



Figuur 111

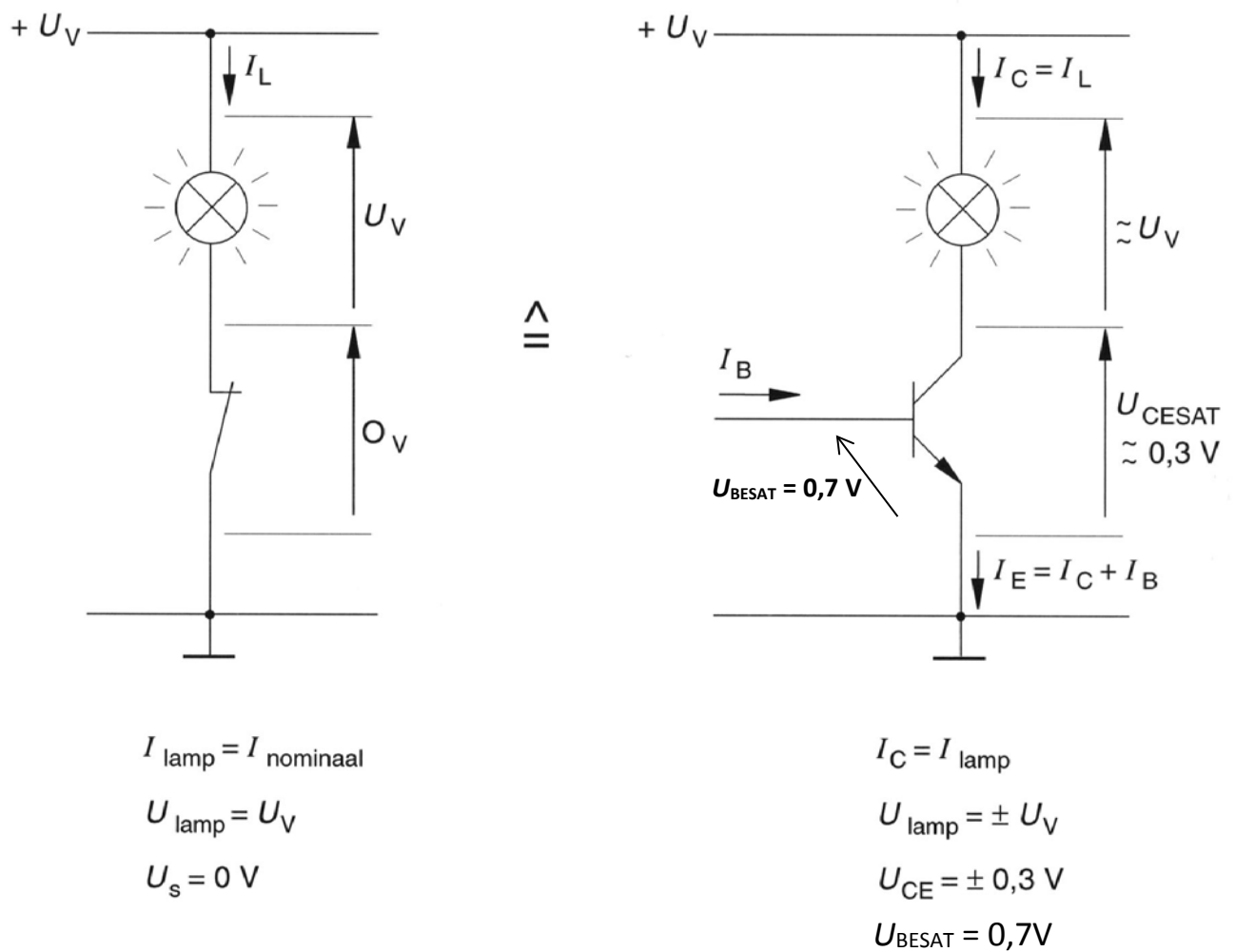
14.4.2 De transistor is in volledige geleiding (saturatie)

Als een transistor in volledige geleiding (saturatie) is, kan je hem vergelijken met een gesloten schakelaar (Figuur 112). We beschouwen hier ook weer enkel de geïdealiseerde toestand. Een transistor geleidt indien je hem aanstuurt. De basisstroom wordt zo gekozen dat de transistor volledig in geleiding is.

Een basisstroom (I_B) in de grootorde van μA is reeds voldoende om de transistor in saturatie te sturen.

Over de verbruiker staat nu ongeveer de voedingsspanning waardoor hij zijn nominale stroom uit de voeding opneemt. De spanning over de transistor is theoretisch nul. We moeten opmerken dat er over de transistor toch een kleine spanning blijft staan. Deze spanning, ook wel saturatiespanning genoemd, is ongeveer gelijk aan 0,3 V.

Als de transistor in geleiding is dan staat de BE- diode in doorlaat. Zoals bij de diode gezien bedraagt deze spanning ongeveer 0,7 V. Men spreekt van $U_{BE\text{sat}} = 0,7\text{V}$.



Figuur 112

14.4.3 Eisen van een “ideale” elektronische schakelaar

- De weerstand in doorlaatrichting moet nul zijn
- De weerstand in sperrichting moet oneindig zijn
- Het schakelen moet zonder vertraging gebeuren
- Het stuurvermogen moet uiterst gering zijn
- De afmetingen moeten klein blijven
- Geruisloos zijn
- De schakelaars moeten een lange levensduur bezitten
- De schakelaars moeten aan de hoogste betrouwbaarheidsgrenzen voldoen

De transistor komt aardig in de buurt zeker in vergelijking met een relais.

14.4.4 Aansturen van een transistor

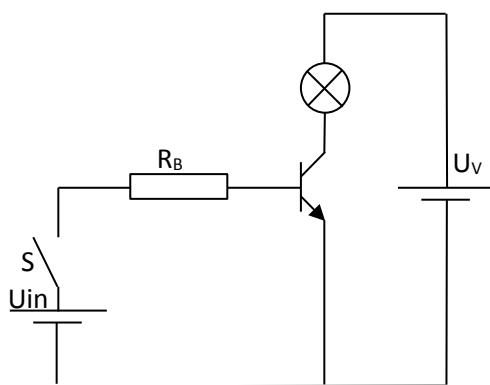
Een transistor is geen 100% ideale schakelaar vanwege de kleine lekstroom in sper en de restspanning (U_{CESAT}) in geleidende toestand.

Maar ondanks deze nadelen zal hij toch uitstekend voldoen als schakelaar.

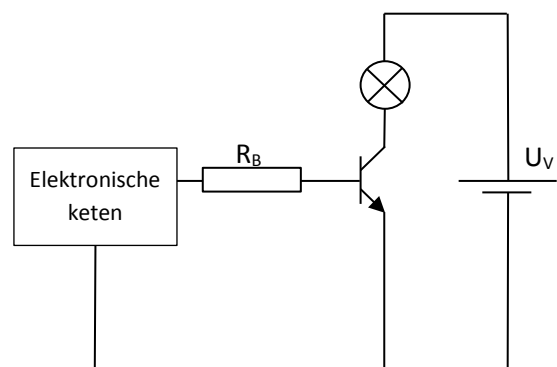
Het aansturen van de basis kan gebeuren door een schakelaar zie Figuur 113 of door een voorafgaande elektronische schakeling (bv. ECU van een auto) zie Figuur 114.

Een transistor wordt hier dan meestal als schakelaar gebruikt wanneer de stroom van de vorige elektronische keten niet groot genoeg is om de verbruiker te sturen.

De stuurstroom (I_B) van een transistor ligt in de grootorde van μA terwijl deze van een autorelais toch al vlg 100 mA bedraagt.

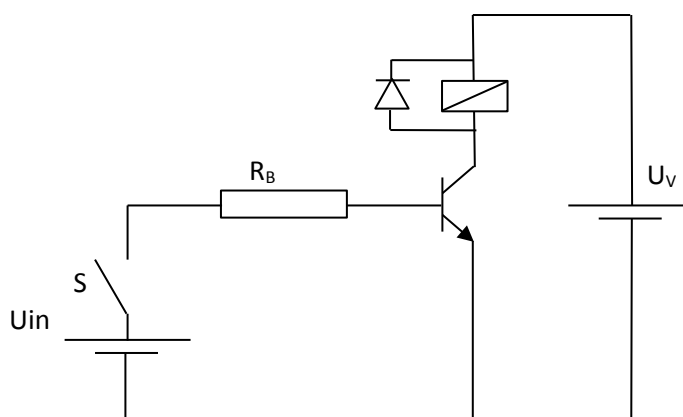


Figuur 113



Figuur 114

Dikwijls wordt een transistor gebruikt om een relais aan te sturen vanwege de lage stuurstroom die een transistor nodig heeft om te schakelen (Figuur 115). Men plaatst dan parallel over de spoel van de relais een diode met de kathode naar de pluszijde van de voeding (U_v) toe. Deze diode sluit de zelfinductiespanningen van de relais kort bij het wegvallen van de spanning over zijn klemmen. Indien we deze diode niet plaatsen krijgt de transistor deze hoge spanning over zijn klemmen (collector-emitter) aangeboden, waardoor de transistor kan stuk gaan. Dikwijls plaats men in plaats van een diode ook wel eens een weerstand met dezelfde reden (men spreekt van vrijlooptiode of blusdiode en blusweerstand).



Figuur 115

14.4.5 Berekening van R_B

Wanneer we een transistor als schakelaar gaan berekenen hebben we verschillende gegevens nodig:

- de voedingsspanning van de belasting (verbruiker)
- de uitgangsspanning van de stuurketen
- de weerstand of stroomsterkte van de belasting
- Type van transistor (versterkingsfactor (h_{FE}), U_{BESAT} , U_{CESAT})

De berekening heeft voornamelijk tot doel de basisweerstand (R_B) te berekenen. In de berekening houden we enkel rekening met de minimumwaarde van de versterkingsfactor (h_{FEMIN}).

Reden hiervoor is dat wanneer we rekening houden met h_{FEMAX} dan zou I_B veel kleiner zijn dan bij h_{FEMIN} . Dit zou tot gevolg hebben dat, als we toevallig een transistor zouden hebben met een h_{FE} gelijk aan de minimumwaarde, deze niet volledig zou open gestuurd worden. Aldus zou de gewenste collectorstroom niet bereikt worden, waardoor ook niet de volledige voedingsspanning over de belasting komt te staan. Praktisch zou dit betekenen dat de relais zou beginnen klapperen of niet aantrekken of ingeval van een lamp als verbruiker deze maar gedeeltelijk of niet zou oplichten.

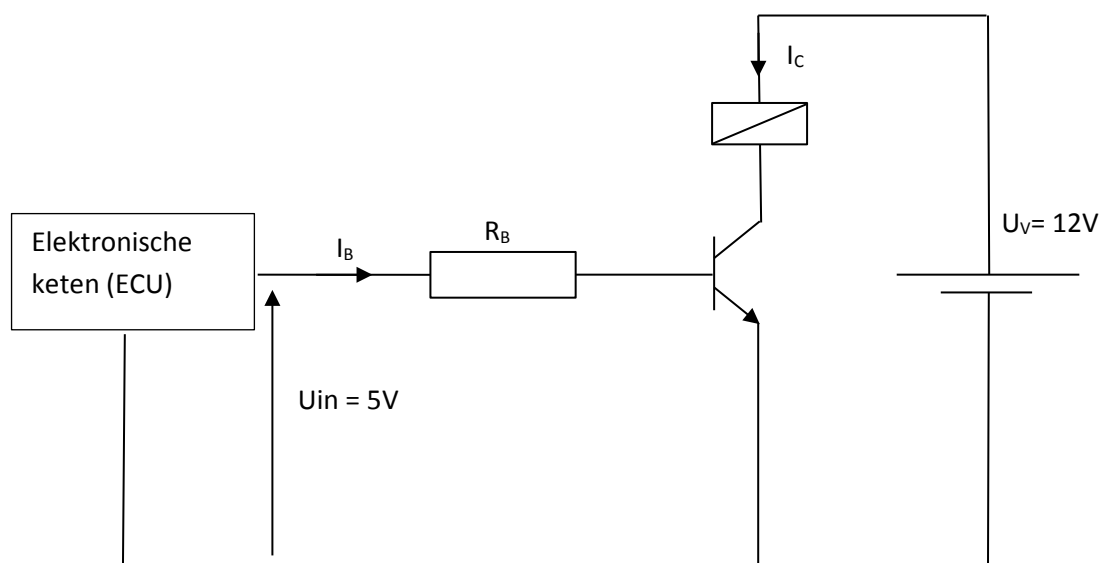
Voorbeeld: (Figuur 116)

Als de uitgang van de ECU hoog wordt (5V) moet er een relais aangetrokken worden welke op zijn beurt de koplampen aanstuurt.

Belasting : relais van 12V/100mA

Ingangsspanning stuurketen 5V (= uitgangsspanning van de ECU)

Transistor: $U_{CESAT} = 0,3V$, $U_{BESAT} = 0,7V$, $h_{FEMIN} 80$



Figuur 116

Berekening:

$$I_C = 100mA = 0,1A$$

$$I_B = \frac{I_C}{h_{FE}} = \frac{0,1}{80} = 0,00125A = 1,25mA$$

$$R_B = \frac{U_{RB}}{I_B} = \frac{U_{in} - U_{BE}}{I_B} = \frac{5 - 0,7}{0,00125} = \frac{4,3}{0,00125} = 3440 \Omega$$

15 Gemiddelde waarde

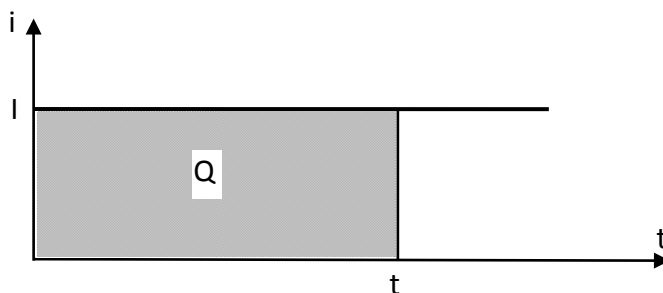
Een digitale voltmeter geeft op de stand 'DC' steeds de 'gemiddelde waarde' van het signaal weer.

15.1 Definitie gemiddelde waarde

De gemiddelde waarde van een periodiek signaal is die waarde die een constante gelijkstroom (spanning) moet hebben , om gedurende één periode evenveel lading te verplaatsen , als de beschouwde periodieke stroom (spanning).

Opmerking:

Uit de eerder geziene 'Wet van Faraday' $Q = I \cdot t$ kunnen we afleiden dat de oppervlakte onder de stroomcurve overeenkomt met het aantal verplaatste ladingen (Figuur 117).



Figuur 117

15.2 Gemiddelde waarde blokgolf

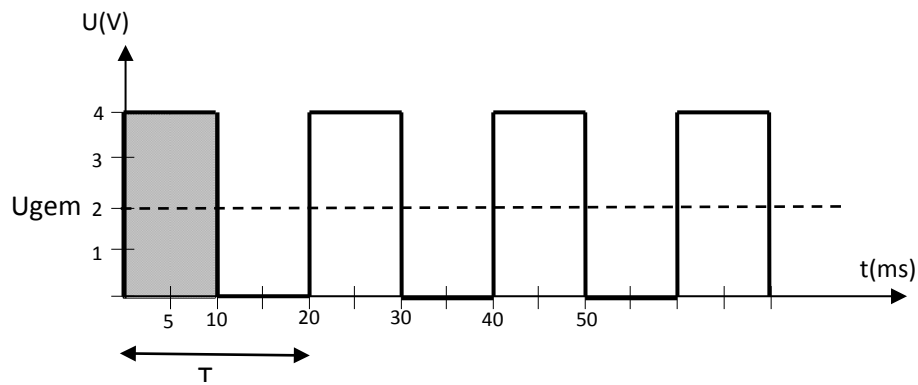
De gemiddelde waarde van een periodiek signaal is die waarde die een constante stroom (spanning) moet hebben , om gedurende één periode evenveel lading te verplaatsen , als de beschouwde periodieke stroom (spanning).

De gemiddelde waarde van een blokgolf is dus een constante stroom die over één periode evenveel ladingen zou verplaatsen als de blokgolf.

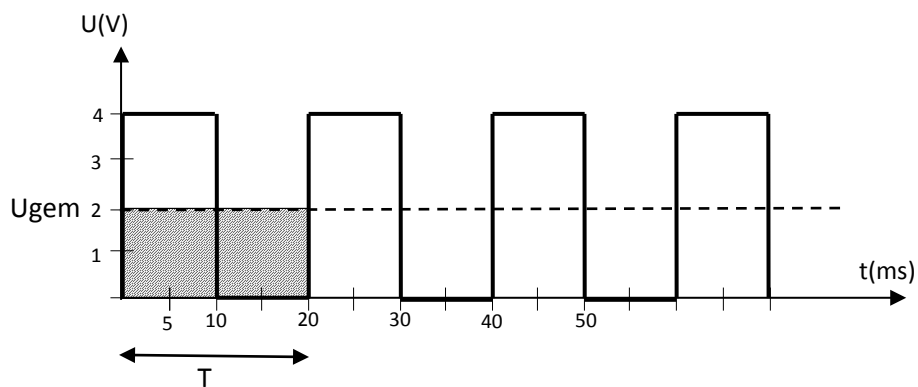
Grafisch komt dit erop neer dat de oppervlakte onder de blokgolf (Figuur 118) gelijk moet zijn aan de oppervlakte onder de gemiddelde waarde (Figuur 119) gezien over één periode T.

Besluit:

Als je de blokgolf van Figuur 118 met je digitale voltmeter op de stand 'DC' dan meet je 2V.
Dit is de gemiddelde waarde van de blokgolf.



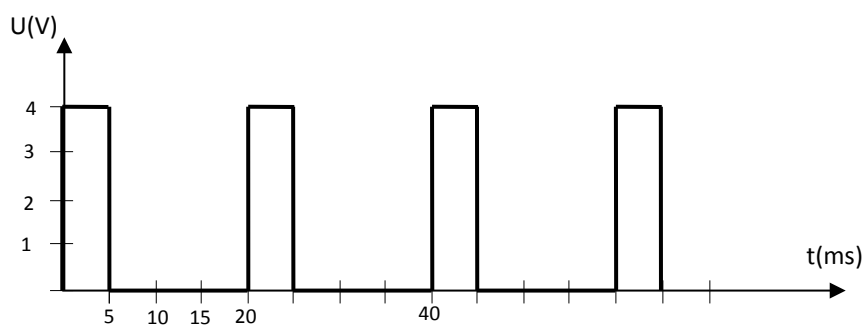
Figuur 118



Figuur 119

Oefening.

Bereken de gemiddelde waarde van de blokgolf uit Figuur 120
M.a.w. wat duidt de DMM aan op de stand DC ?

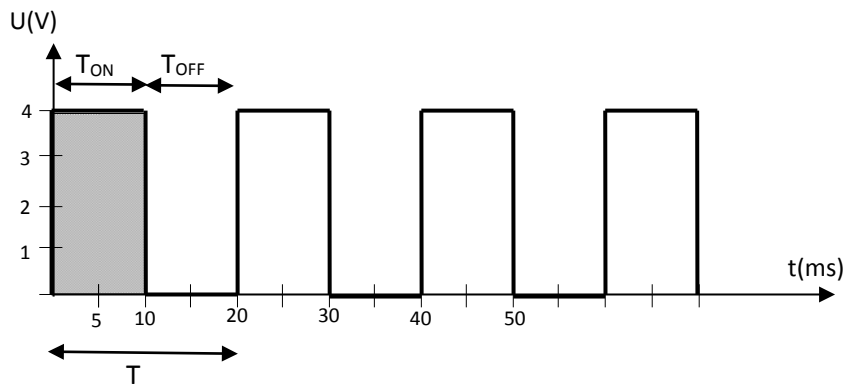


Figuur 120

15.3 Duty cycle

De duty cycle is de verhouding van de tijd dat de blok golf hoog is op de periode van de blok golf.

$$\text{Duty cycle} = \frac{T_{ON}}{T_{ON} + T_{OFF}} = \frac{T_{ON}}{T}$$



Figuur 121

Oefening:

Bereken de duty cycle van Figuur 121.

Opmerking:

De gemiddelde waarde van een blok golf kan men ook berekenen met onderstaande formule:

$$U_{gem} = \text{duty cycle} \cdot U_{max}$$

Controleer bovenstaande formule op Figuur 121.

16 Oefeningen

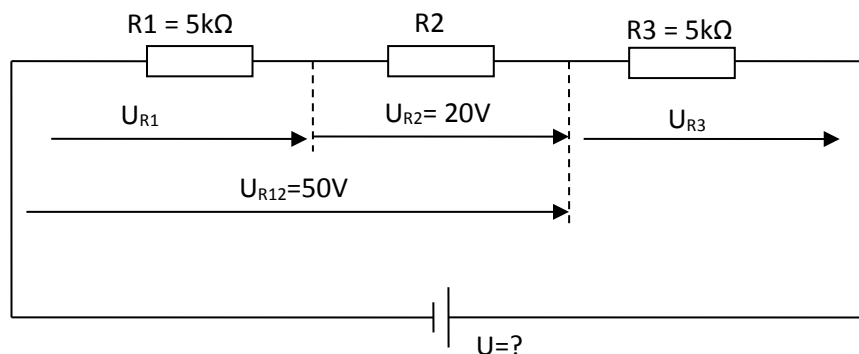
Elektrische arbeid en vermogen :

1. Door een verwarmingselement vloeit bij aansluiting gedurende één minuut op een spanning van 230V een stroom van 4,5A.
Bereken de opgenomen elektrische arbeid in joule en Wh.
2. Een verwarmingstoestel aangesloten op 230V verricht in de tijd van 1 uur een elektrische arbeid van 3,96MJ.
Bereken de stroom.
3. Een verwarmingstoestel verbruikt in één uur een elektrische arbeid van 2,7MJ.
Bereken het vermogen van dit apparaat.
4. Een elektrische radiator met vermogen van 1000W neemt gedurende 30 seconden een stroom op uit het net.
Bereken het elektrisch energieverbruik in joule en Wh.
5. Door een elektrische kookplaat met een weerstand van 40Ω vloeit bij aansluiting op de werkspanning een stroom van 5,5A.
Bereken het vermogen van die kookplaat en de werkspanning.
6. Een gloeilamp met een weerstand in bedrijf van 484Ω is aangesloten op zijn werkspanning van 230V.
Bereken het vermogen van de lamp.
7. Op het naamplaatje van een verwarmingselement staat 230V-1000W.
Bereken de weerstand van het toestel.
8. Een verwarmingsapparaat met een weerstand van $24,2\Omega$ is gedurende 60 seconden aangesloten op een spanning van 230V.
Bereken de ontwikkelde arbeid in joule en Wh.
9. Twee verwarmingselementen zijn geschikt voor 230V. De eerste heeft een vermogen van 800W, de tweede een vermogen van 1200W.
Welke element heeft de kleinste weerstandswaarde ?
10. Een apparaat met een vermogen van 600W wordt elke dag gedurende 3 uur ingeschakeld.
Bereken het energieverbruik in de maand april.
11. Op een gloeilamp staat 230V/100W.
Bereken de weerstand van de lamp.
Hoeveel is het elektrisch energieverbruik in 50 uur?
Welk bedrag moet je hiervoor betalen als **1kWh € 0,15** kost ?
12. Een boiler 230V/2500W is 6 uur in gebruik. Hoeveel arbeid is er verricht in joule en kWh ?
Hoeveel betaal je hiervoor (1kWh € 0,15)?

13. Een stroom van 5A vloeit gedurende 4 uur door een verwarmingsweerstand. Het opgenomen vermogen is 500W. Bereken de weerstandswaarde en de verrichte arbeid. Hoeveel moet je hiervoor betalen (1kWh € 0,15)?
14. Een elektrisch verwarmingstoestel met vermogen 1650W neemt uit het net een stroom van 7,7A. Bereken de weerstand van dit apparaat en de spanning waarop het is aangesloten.
15. Een elektrisch verwarmingstoestel. Waardoor een stroom vloeit van 7,5 A heeft een vermogen van 1650W. Hoe groot is de weerstand van dit toestel?
Op welke spanning is het toestel aangesloten?
16. Een toestel is gemerkt 220V/4400W.
Hoe groot is de weerstand van dit toestel?
Hoe groot is de stroom in normaalbedrijf op 220V?
Hoe groot is de stroom bij aansluiting op 110V?
Hoe groot is het vermogen bij aansluiting op 110V ?
17. Door een elektrische kookplaat met een weerstand van 40Ω vloeit bij aansluiting op de juiste spanning een stroom van 5,5A. Bereken het vermogen van de kookplaat, de spanning waarop deze is aangesloten en het energieverbruik (in kWh) na 30 minuten.
18. Een verwarmingselement is getekend 230V/500W.
Hoe groot is R?
Hoe groot is het ontwikkeld vermogen wanneer twee van deze elementen in serie geschakeld zijn op 230V?
Hoe groot is het ontwikkeld vermogen wanneer twee van deze elementen parallel geschakeld zijn op 230V?
19. Een elektrische achterrautverwarming neemt een stroomsterkte op van 6A bij een spanning van 14V.
Hoeveel energie verbruikt deze verwarming per uur?
Hoe groot is het opgenomen vermogen?
Hoe groot is de ohmse weerstand tijdens het gebruik?

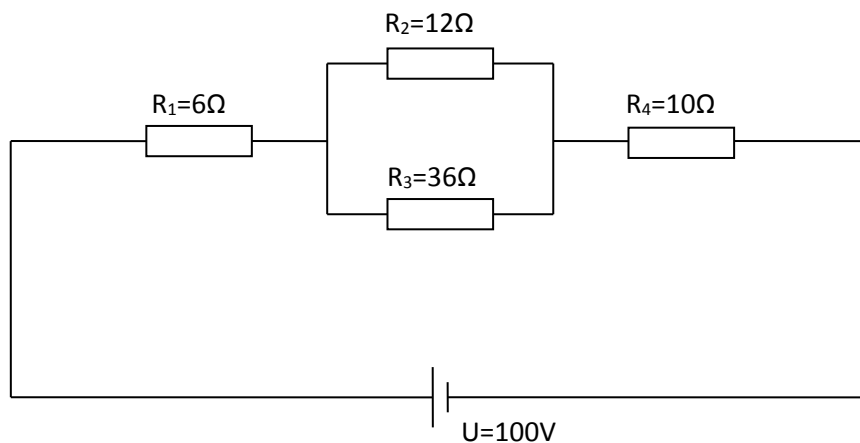
Oefeningen op gelijkstroomketens:

20. Drie weerstanden van respectievelijk 20Ω , 14Ω en 36Ω zijn in serie geschakeld. Welke vierde weerstand moet hiermee in serie geschakeld worden opdat de totale weerstand 85Ω zou zijn ?
21. Drie weerstanden van respectievelijk 200Ω , 80Ω en 120Ω zijn in serie geschakeld op een spanning van 500 V . Bereken de vervangingsweerstand de stroomsterkte en de deelspanningen.
22. Drie weerstanden van respectievelijk 4Ω , 5Ω en 6Ω zijn in serie geschakeld. De spanning aan de klemmen van de weerstand van 6Ω is 24 V . Bereken de stroom in de keten, de aangelegde spanning en de deelspanningen.
23. Op een spanning van 230V plaatsen wij in serie met 200Ω een onbekende weerstand. De stroom is dan $0,5\text{A}$. Hoe groot is deze onbekende weerstand?
24. Een serieketen bevat drie weerstanden. De spanning over de eerste weerstand die 10Ω meet bedraagt 60V . Over de tweede weerstand staat een spanning van 30V . De bronspanning is 138V . Bereken de stroom in de keten, de waarde van de derde weerstand en de spanning over zijn klemmen.
25. Bereken in onderstaande schakeling de bronspanning, R_2 en dissipatievermogen in R_3 .

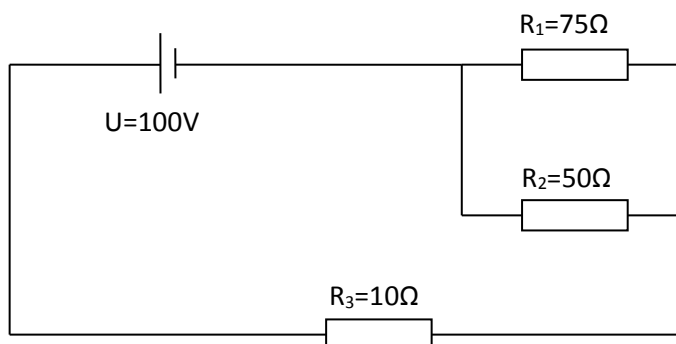


26. Drie weerstanden van respectievelijk 6Ω , 3Ω en 8Ω zijn parallel geschakeld. De bronspanning is 24 V . Bereken de totale stroomsterkte en de deelstromen.
27. Twee weerstanden zijn parallel geplaatst. R_1 heeft een waarde van 12Ω . De stroom door R_2 is 2A en de totale stroom is 6A . Bereken de bronspanning, de waarde van R_2 en de deelstroom door R_1 .
28. Twee weerstanden zijn parallel geschakeld. De totale stroom is 7A , $I_1 = 3\text{A}$ en $R_2 = 15\Omega$. Bereken I_2 , U en R_1 .

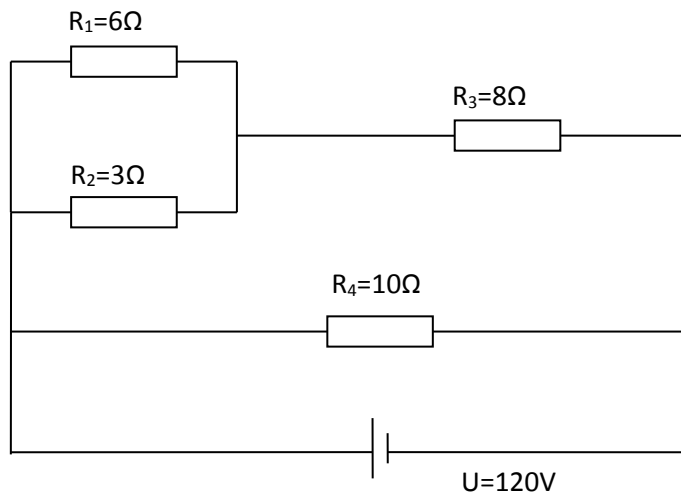
29. Een feestverlichting bestaat uit 200 gloeilampen die parallel staan op 230V.
Door elke lamp vloeit een stroom van 0,1A.
Hoe groot is de weerstand van elke lamp in bedrijf, de vervangingsweerstand van heel de feestverlichting en de totale stroom ?
30. Vier gelijke weerstanden parallel geschakeld hebben een, vervangingsweerstand van 5Ω.
Hoe groot is de totale weerstand als men deze vier weerstanden in serie plaatst?
31. Een weerstand R_1 is aangesloten op 200V. Door parallel op R_1 een weerstand R_2 van 50Ω te schakelen wordt de totale stroom 6A. Bereken R_1 .
32. Bereken in onderstaande schakeling de spanning over en de stroom door iedere weerstand.



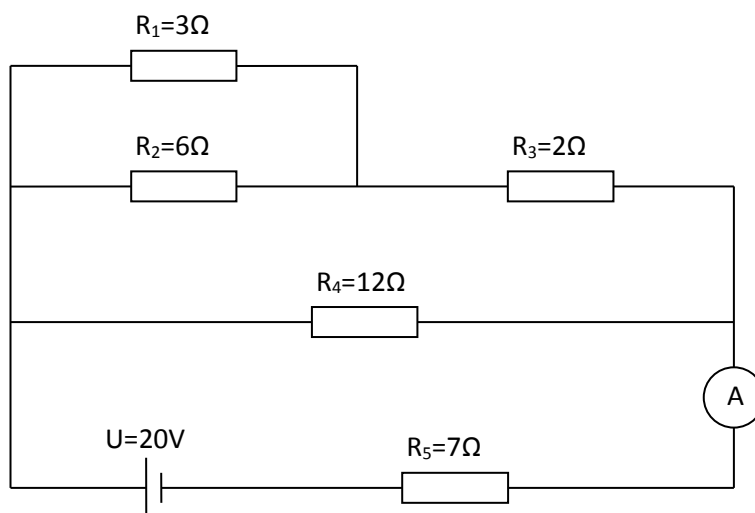
33. Bereken in onderstaande schakeling de spanning over en de stroom door iedere weerstand.



34. Bereken in onderstaande schakeling de spanning over en de stroom door iedere weerstand.



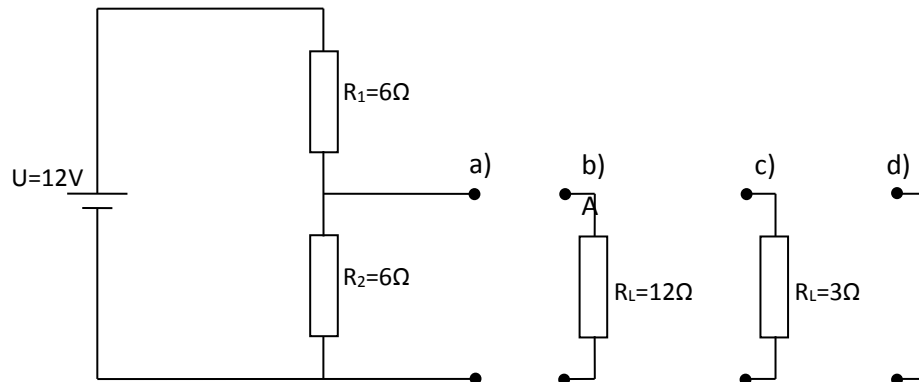
35. Bereken de waarden die de A-meter zal aanduiden in onderstaande schakeling:



Toepassingen op basisschakelingen

36. Bepaal telkens de uitgangsspanning (U_{R2}) van de spanningsdeler:

- a) onbelast ($R_L = \infty \Omega$)
- b) $R_L = 12\Omega$
- c) $R_L = 3\Omega$
- d) kortgesloten ($R_L = 0 \Omega$)



37. Een potentiometer heeft een totale waarde van 100Ω . Bij een bepaalde stand van de looper wordt de totale weerstand in twee stukken R_1 en R_2 verdeeld.

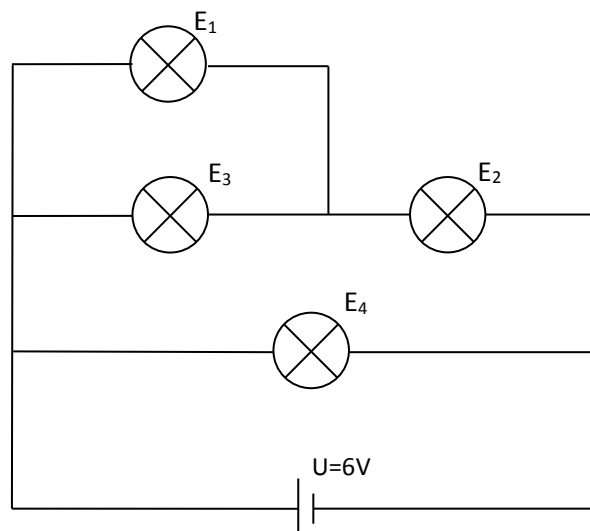
$$R_1 = 60\Omega \text{ en } R_2 = 40\Omega.$$

Bereken de spanning over R_2 wanneer aan de totale potentiometer een bron van $100V$ wordt aangesloten.

38. Bereken in voorgaande oefening opnieuw de spanning over R_2 wanneer parallel met R_2 een weerstand van 40Ω geschakeld wordt.

39. Alle lampjes zijn $6V/2W$.

- a) Je draait E_2 los, welke lampjes branden er nog ?
- b) Je plaatst nu een V-meter over het uitgedraaide lampje, wat meet je ?
- c) Je blijft de spanning over E_2 meten en je draait E_2 opnieuw in, wat meet je ?
- d) Je draait nu E_3 los, wat meet je nu over E_2 ?



Weerstandsberekening van geleiders:

40. Een verbruiker is via een koperen kabel met een doorsnede van 4mm^2 verbonden over een afstand van 200m met de bron.
Bereken de weerstand van de leiding bij 15°C .
41. Een koperdraad met een lengte van 50m heeft een weerstand van $1,75\Omega$ bij 15°C .
Bereken de doorsnede.
42. Een koperdraad met een doorsnede van $2,5\text{mm}^2$ heeft een weerstand van 7Ω bij 15°C .
Bereken de draadlengte.
43. Een geleider met een doorsnede van $2,5\text{mm}^2$ en lengte 20m heeft een weerstand van 4Ω bij 15°C .
Uit welk materiaal is die geleider vervaardigd ?
44. Bereken de soortelijke weerstand van koper bij 15°C als de soortelijke weerstand bij 0°C gegeven is.
45. Bereken de soortelijke weerstand van nikkel bij 0°C als die van 15°C gegeven is.
46. Door een ijzerdraad loopt een stroom van 1,25A. De spanning over de draad bedraagt 100V en de temperatuur 40°C .
Hoe groot zal de stroom zijn als de bedrijfstemperatuur oploopt tot 80°C .
47. Door het anker van een generator vloeit een stroom. De weerstand van de koperwikkeling bij 0°C bedraagt $1,8\Omega$. Door het joule effect is deze opgelopen tot $2,2\Omega$.
Bereken de temperatuur van de draad.
48. De veldwikkeling van een generator bestaat uit koperdraad en heeft bij 22°C een weerstand van 84Ω . Door het in bedrijf zijn van de generator wordt de wikkeling warmer, zodat de weerstand oploopt tot 92Ω .
Welke temperatuur heeft de wikkeling aangenomen ?
49. Een metaaldraadlamp van 230V en 100W heeft een gloeidraad van wolfram.
Als de lamp op normale spanning werkt, bedraagt de temperatuur van de gloeidraad 2500°C .
Bereken R bij 0°C .
Hoeveel keer groter is de weerstand bij regimetemperatuur t.o.v. 0°C ?
50. Een constantaandraad met een diameter van 2mm moet bij 15°C dezelfde weerstand hebben als een koperdraad met een lengte van 2km en doorsnede 4mm^2 .
Bereken de nodige lengte van de constantaandraad.
51. Bereken de draadlengte van een Cu-draad die een weerstandswaarde van $1,75\Omega$ heeft bij een temperatuur van 15°C . De doorsnede is 2mm^2 .
52. Hoe groot is de doorsnede van een koperdraad die een weerstandswaarde van $3,5\Omega$ en een lengte van 100m bezit. (temp = 15°C)
53. Een geleider uit koper bezit bij 0°C een weerstand van 100Ω .
Bereken de weerstand van deze draad bij 20°C .

54. Een koperdraaspoel heeft bij 20°C een weerstand van $5,4\Omega$. Door verwarming is de weerstand $6,2\Omega$ geworden. Welke temperatuur heeft dan de spoel?
55. Een verbruiker bestaat uit twee weerstanden $R_1=20\Omega$ en $R_2=40\Omega$ parallel geschakeld. De bron heeft een spanning van 100V en de afstand tussen de bron en de verbruiker is 2km . De geleider die de bron en de verbruiker verbindt, heeft een doorsnede van 2mm^2 en is opgebouwd uit koper. Bereken de spanning over en de stroom door elke verbruiker. (temp = 15°C)
56. Een verbruiker bestaat uit twee weerstanden $R_1=30\Omega$ en $R_2=90\Omega$ parallel geschakeld. De stroom door $R_2=1\text{A}$. De afstand tussen de bron en de verbruiker is 700m . De gebruikte geleider bestaat uit koper met een doorsnede van $1,5\text{mm}^2$. Bereken de bronspanning. (temp = 15°C)
57. Een tweeadelige kabel met een doorsnede van $2,5\text{ mm}^2$ voedt een lamp op een afstand van 20m . De kabel is vervaardigd uit koper. Bereken de totale weerstand van de kabel en het spanningsverlies over de kabel wanneer de stroomsterkte naar de lamp 4A bedraagt. (temp = 15°C)
58. De toevoerleiding van het stoplicht van een aanhangwagen is 20m lang en heeft een doorsnede van $2,5\text{ mm}^2$. Het gebruikte materiaal is koper. Deze leiding voedt twee lampen die tezamen een stroom opnemen van $3,5\text{A}$. De bronspanning is 14 V en de verliezen over het frame kunnen worden verwaarloosd. (temp = 15°C) Bereken het spanningsverlies over de leiding! Bereken het vermogenverlies in de leiding!

Berekenen van leidingen:

59. Op een voertuig met een boordspanning van 12 V moet je twee mistlampen van elk 55 W monteren. De draadlengte die je nodig hebt bedraagt 4 m . Welke doorsnede moet de voedingsdraad hebben?
60. Een techniekster moet 4 werklampen van elk 100W achteraan op een vrachtwagen monteren. De voedingsaccu's bevinden zich bij de cabine en de afstand bedraagt 12 m . De bronspanning bedraagt 24V en de techniekster gebruikt een koperen geleider met een doorsnede van $1,5\text{ mm}^2$. Neem een temperatuur van 15°C . Voldoet deze installatie aan de normen? Verklaar.

Uitkomsten oefeningen:Elektrische arbeid, vermogen en rendement

- 1) 62100J-17,25Wh 2) 4,78A 3) 750W 4) 30000J-8,33Wh
- 5) 1210W-220V 6) 109,3W 7) 52,9Ω 8) 131157J-36,43Wh
- 9) $R_2=44,08\Omega$ 10) 54kWh 11) 529Ω-5kWh-€0,75
- 12) $54 \cdot 10^6 \text{J}$ -15kWh-€2,25 13) 20Ω-2kWh-€0,3 14) 27,83Ω-214,3V
- 15) 29,33Ω-220V 16) 11Ω-20A-10A-1100W
- 17) 1210W-220V-0,605kWh 18) 105,8Ω-250W-1000W 19) 84Wh-84W-2,33Ω

Oefeningen op gelijkstroomketens

- 20) 15Ω 21) 400Ω-1,25A-250V-100V-150V 22) 4A-60V-16V-20V-24V
- 23) 260Ω 24) 6A-8Ω-48V 25) 80V, 3,33kΩ, 0,18W 26) 15A-4A-8A-3A
- 27) 48V-24Ω-4A 28) 4A-60V-20Ω 29) 2300Ω-11,5Ω-20A
- 30) 80Ω 31) 100Ω 32) 24V-36V-36V-40V-4A-3A-1A-4A
- 33) 75V-75V-25V-1A-1,5A-2,5A 34) 24V-24V-96V-120V-4A-8A-12A-12A 35) 2A

Toepassingen op basisschakelingen

- 36) 6V-4,8V-3V-0V 37) 40V 38) 25V 39) E4-6V-4V-3V

Weerstandsberekening van geleiders

- 40) 1,75Ω 41) 0,5 mm² 42) 1000m 43) $0,5 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m} \approx \text{contantaan}$
- 44) $0,0175 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ 45) $0,123 \cdot 10^{-6} \Omega \text{m}$ 46) 1,04A
- 47) 55,55°C 48) 47,9°C 49) 41,49Ω-12,75X 50) 57,16m
- 51) 200m 52) 0,5mm² 53) 108Ω 54) 60°C
- 55) 27,58V-1,379A-0,689A 56) 155,33V 57) 0,28Ω-1,12V 58) 0,49V-1,715W

Berekenen van leidingen

- 59) 1,28mm² 60) Neen, de spanningsval is groter dan 0,5V