

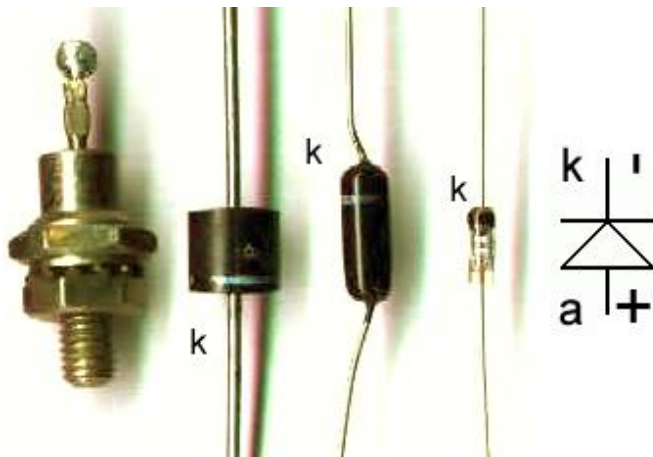
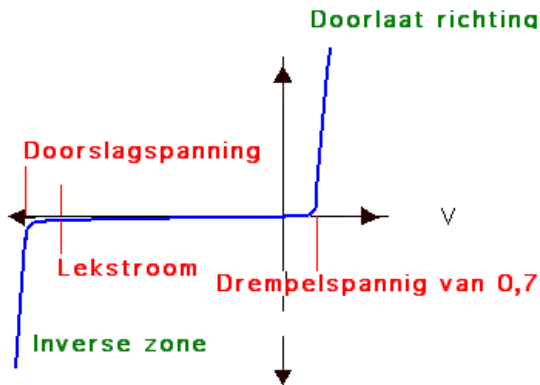
Halfgeleiders

Inhoud

Diode	3
Testen van een diode	3
Characteristiek van een diode	4
Soorten diode behuizingen	4
Diodes in brug-gelijkrichters	5
Zenerdiode	6
Testen van een zenerdiode	6
Characteristiek van een zenerdiode	6
Transistor	7
Transistor NPN	7
Transistor PNP	8
Transistors testen met een multimeter	8
Voorbeeld: transistor BC309	8
Types van transistor behuizingen met benaming	10
Relais	11
SSR	11
Toepassingen van relais	11
Thyristor	12
Toepassing	12
Testen van een thyristor	13
Triac	14
Circuit voor het testen van een triac	14
Sturing van een triac	15
Toepassing	16
Operationele versterkers	16
Bekende types van opamp's	16
Verschillende types van opamp's	17
Inwendige basis structuur van een operationele versterker	18
Symmetrische voeding van een opamp	19
Asymmetrische voeding van een opamp	19
Openlusversterking	20
Ingangen hangen los	20
Ingangen aan GND (R=100k)	20
Ingangen aan GND maar R=10k aan N.inv.	20
Ingangen aan GND maar R=10k aan Inv.	20
Opamp als comparator	21
Werking	21

Toepassing.....	21
Opamp als versterker	22
Inverterende versterker.....	22
Niet-inverterende versterker	22
Opamp als spanningsvolger	23
Opamp als sommatoren-schakeling met 3 ingangen.....	23
Opamp als differentiële versterker met 2 ingangen	23
Opamp als stroombron.....	23
Opamp als integrator.....	24
Opamp als differentiator	24
URL's	24

Diode



Een diode is een elektronisch onderdeel dat de elektrische stroom zeer goed in één richting geleidt, maar praktisch niet in de andere.

Dit is echter een enigszins vereenvoudigde voorstelling van zaken. Ook in de doorlaatrichting van een diode gaat pas stroom vloeien als de spanning over de diode een bepaalde waarde heeft bereikt. Pas boven deze waarde gaat de diode zich als een laagohmige weerstand gedragen. Deze doorlaatspanning is afhankelijk van het type diode.

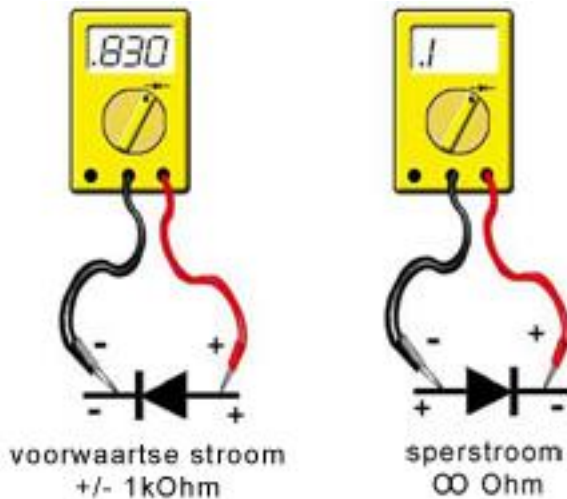
De kathode zijde van de diode is de negatieve kant en wordt aangeduid op de behuizing met een streep.

Bij de metalen behuizing wordt het diode symbool bedrukt op het cilindrisch oppervlak van de diode.

De behuizing van de diode is sterk afhankelijk van zijn toepassing (zwakstroom, sterkstroom) en fabrikant.

De behuizing kan glas, kunststof of metaal zijn.

Testen van een diode



Om diodes te kunnen testen, zetten we de functieschakelaar van onze multimeter op "diode-test".

Hierna kunnen we de testsnoeren aansluiten. Verbind het zwarte snoer met de kathode en het rode snoer met de anode. Het display zal nu ongeveer 0.6V (600mV) aangeven. Als we de testsnoeren verwisselen, geeft het display een overflow-indicatie.

Wanneer we een diode testen die in een schakeling zit, dan kunnen we afwijkende waarden te zien krijgen; er kunnen nog andere componenten parallel aan de diode zitten. Zorg er tevens voor dat het te testen apparaat uitstaat en dat eventuele condensators zijn ontladen!

Zie eveneens:

<http://www.electrospot.com/technical-resources/library/diagnosis/pdf/diode-testing-guide.pdf>

Characteristiek van een diode

Electrical Characteristics

$T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified

Parameter	Test condition	Symbol	Min	Typ.	Max	Unit
Forward voltage	$I_F = 10\text{ mA}$	V_F			1	V
Breakdown Voltage	$I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$	V_R	100			V
Peak reverse current	$V_R = 75\text{ V}$	I_R			5.0	μA
	$V_R = 20\text{ V}, T_j = 150\text{ }^{\circ}\text{C}$	I_R			50	μA
	$V_R = 20\text{ V}$	I_R			25	nA
Diode capacitance	$V_R = 0, f = 1\text{ MHz}$	C_D			4	pF
Reverse recovery time	$I_F = 10\text{ mA}$ to $I_R = 1\text{ mA}$, $V_R = 6\text{ V}, R_L = 100\text{ }\Omega$	t_{rr}			4	ns

Typical Characteristics ($T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ unless otherwise specified)

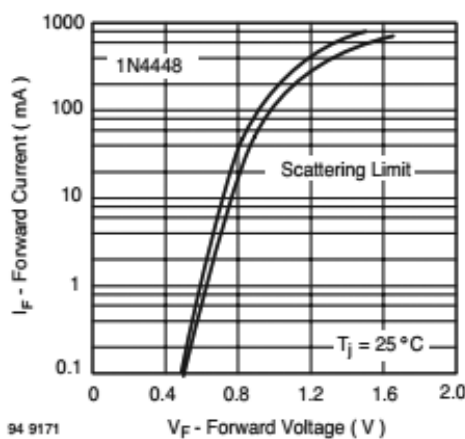


Figure 1. Forward Current vs. Forward Voltage

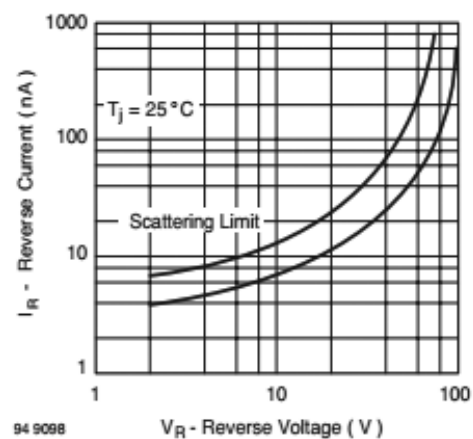
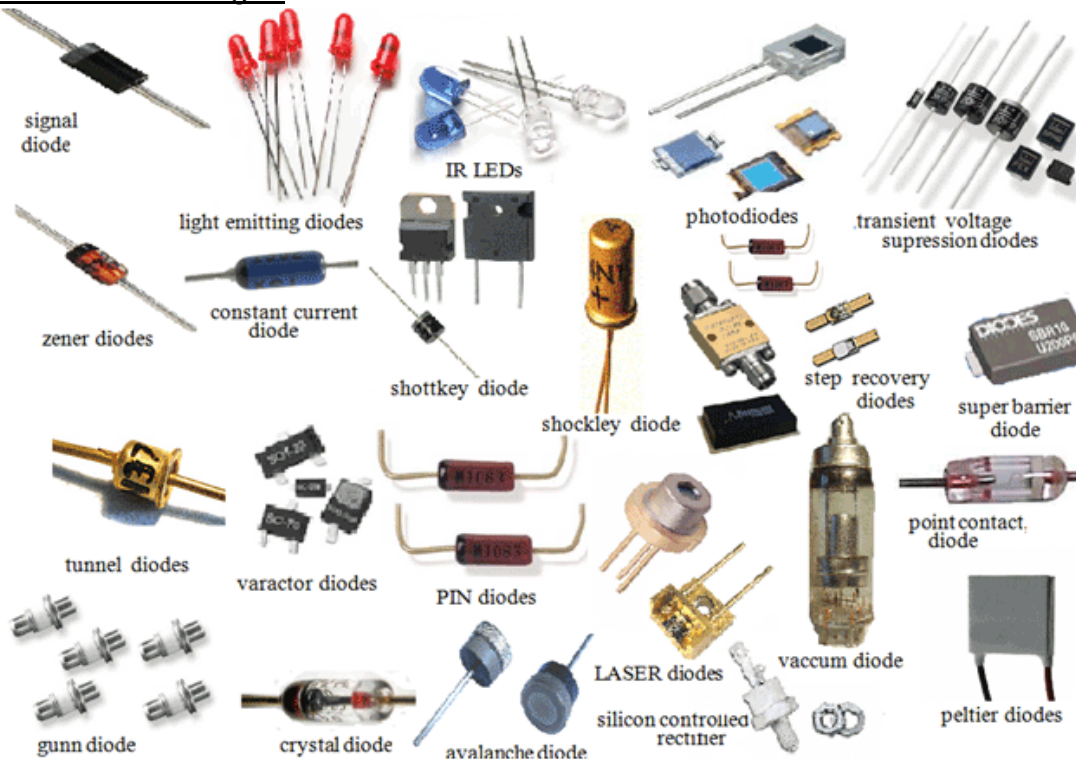


Figure 2. Reverse Current vs. Reverse Voltage

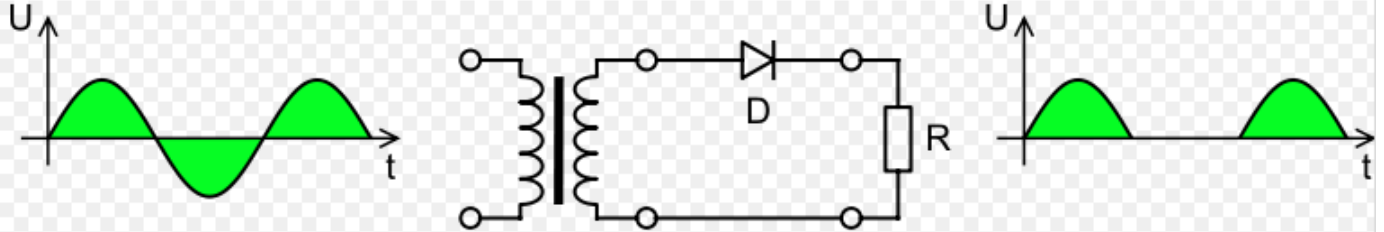
Soorten diode behuizingen



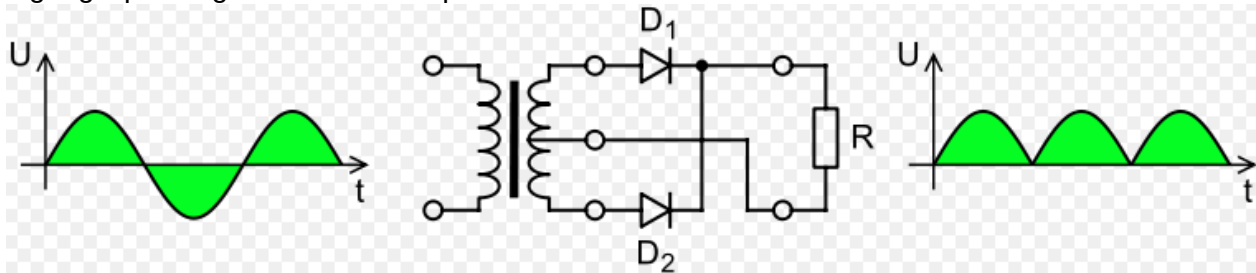
Diodes in brug-gelijkrichters

Een bruggelijkrichter, naar zijn uitvinder Leo Graetz ook Graetzschakeling genoemd, bestaat uit vier diodes die een wisselspanning (bijvoorbeeld van een transformator) omzetten naar een pulserende gelijkspanning.

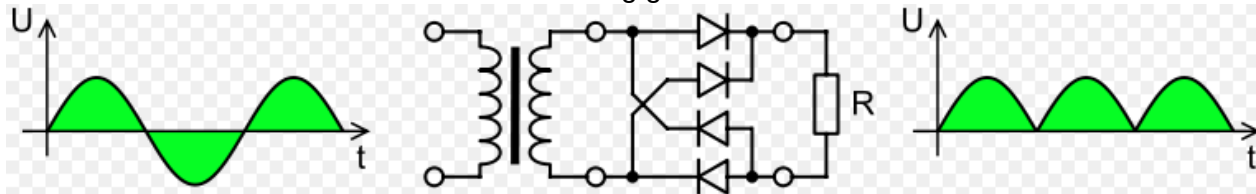
Enkelzijdige gelijkrichting gebeurt met behulp van een diode die de positieve of negatieve zijde van een wisselstroom doorlaat en de andere zijde tegenhoudt. De rimpel bij deze vorm van gelijkrichting is relatief groot en de resulterende effectieve spanning zal bij enige belasting relatief laag zijn.



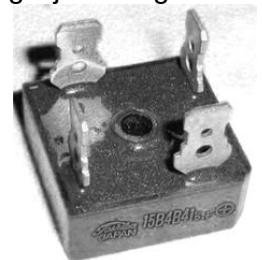
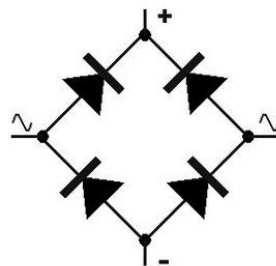
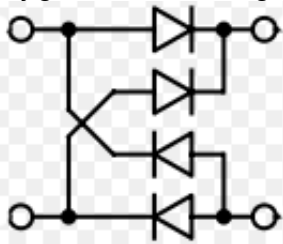
Bij dubbelzijdige gelijkrichting worden zowel de positieve als de negatieve componenten van de ingangsspanning benut. Dit kan op meerdere manieren:



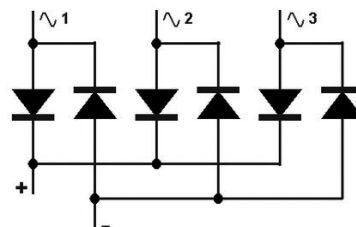
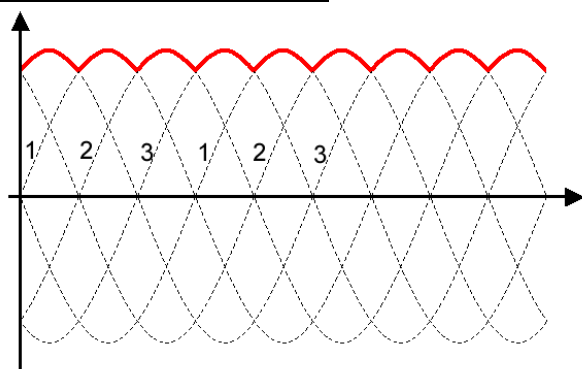
Men kan een transformator met middenaftakking gebruiken en dan volstaan twee diodes.



Bij gebruik van een gewone transformator zijn vier diodes nodig voor dubbelzijdige gelijkrichting.



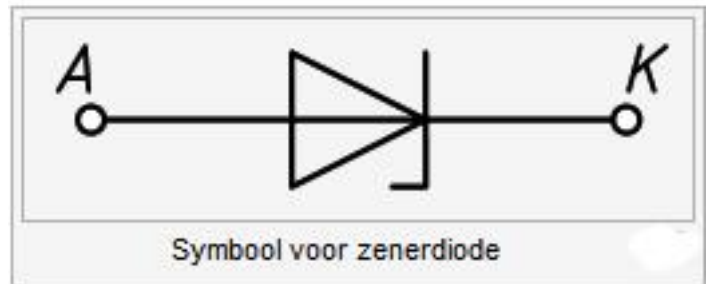
Driefasenbruggelijkrichter



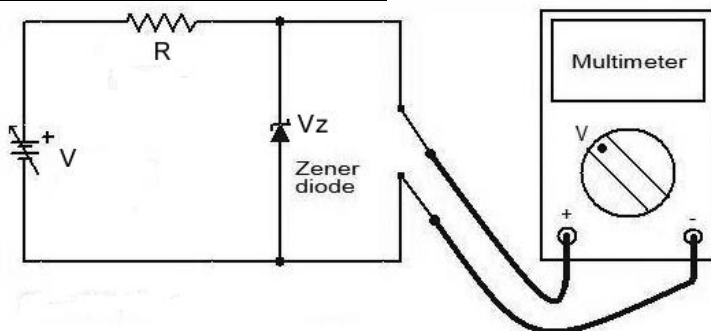
Zenerdiode

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

Gebruikelijke spanningen zijn: 2,4 - 2,7 - 3,3 - 3,9 - 4,3 - 4,7 - 5,1 - 5,6 - 6,2 - 6,8 - 7,5 - 8,2 - 9,1 - 10 - 11 - 12 - 13 - 15 - 18 - 20 - 22 - 24 - 27 - 30 - 36 - 39 - 47 - 75 V. De opgegeven spanning geldt vrijwel altijd bij flinke stromen (ongeveer 200 mA), maar bij ongeveer de helft van de spanning begint er al stroom te lopen.



Testen van een zenerdiode

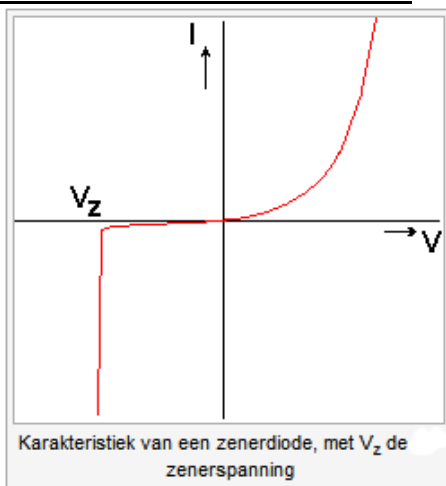


Voor het uittesten van een zenerdiode is een schakeling zoals hier naast noodzakelijk. Naast de te testen zener is een regelbare V/A voeding, een multimeter en een weerstand nodig. De weerstand "R" bepaald de stroom door de zener. Raadpleeg betreffende datasheet van de type zenerdiode.

Testmethode;

- zenerdiode data: $V_z = 9,1$ / $I_z = 50\text{mA}$
- $R = V_z / I_z = 9,1\text{V} / 0,05\text{A} = 182\ \Omega$ (dit is de minimum waarde voor R)
- Verhoog langzaam de voedingspanning V tot 11 a 12V
- Eenmaal de voedingspanning hoger dan 9,1V komt dan moet de spanning over de zenerdiode 9,1V constant blijven.

Charakteristiek van een zenerdiode

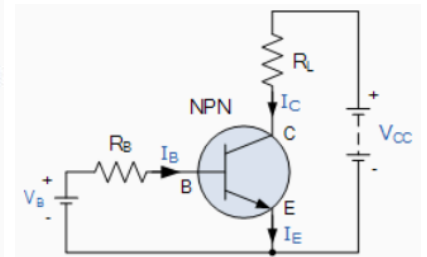
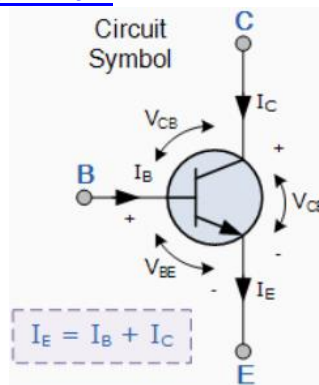
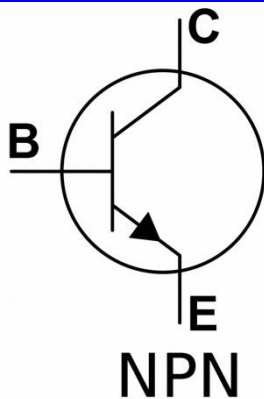


Transistor

Zie: <http://alltransistors.com/>

Transistor NPN

http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_2.html



C = collector (verbruiker aansluiting naar +)
 B = base (stuur ingang, zeer kleine stroom)
 E = emitter (min punt t.o.v. collector)

Voorbeeld: basis schakeling

$$V_b = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{cc} \quad (\text{spanningsdeler } R_1, R_2)$$

$V_b = 9.83V$ (bij deze schakeling)

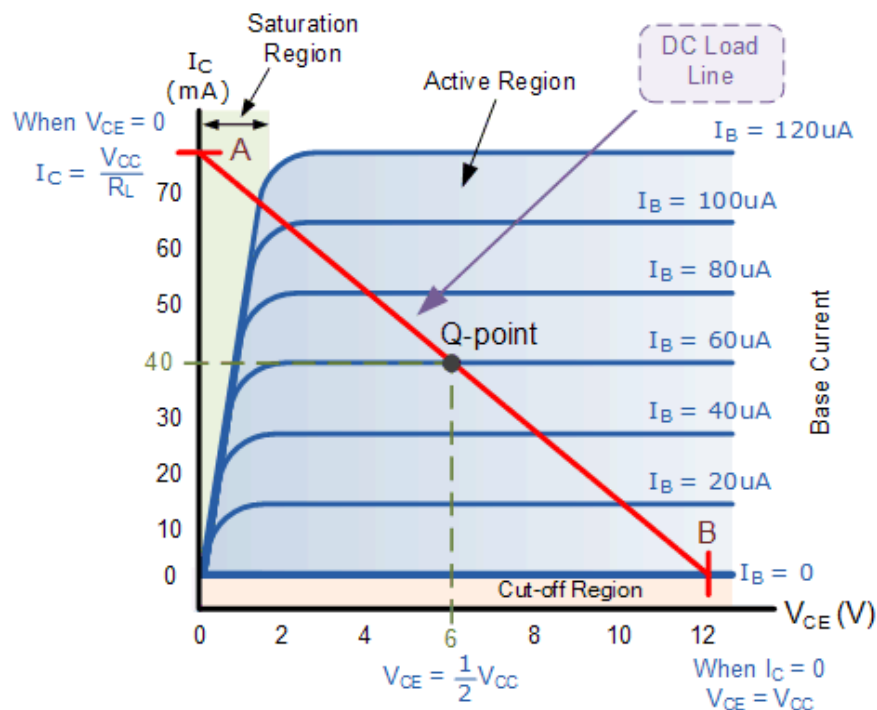
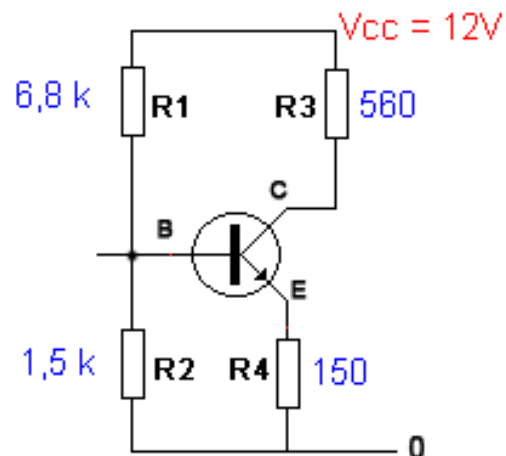
$$V_e = V_b + 0,7$$

$$U_{R3} = V_{cc} - V_b$$

$$U_{Re} = U_{R4} = V_{cc} - V_e$$

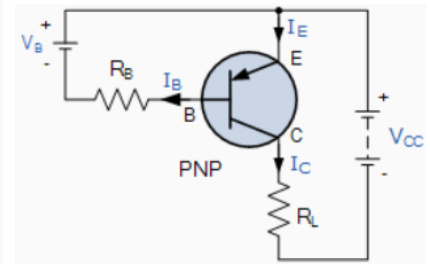
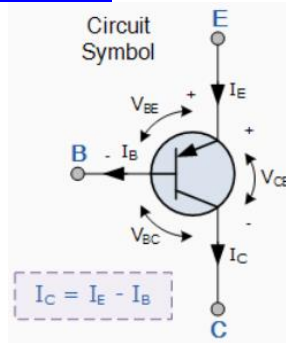
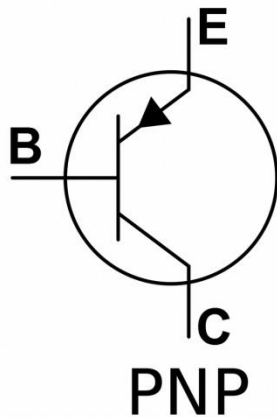
$$I_e = \frac{V_e}{R_3} = \frac{V_b + 0,7}{R_3}$$

$$I_e = 2.63 \text{ mA}$$



Transistor PNP

http://www.electronics-tutorials.ws/transistor/tran_3.html



Voorbeeld; basis schakeling

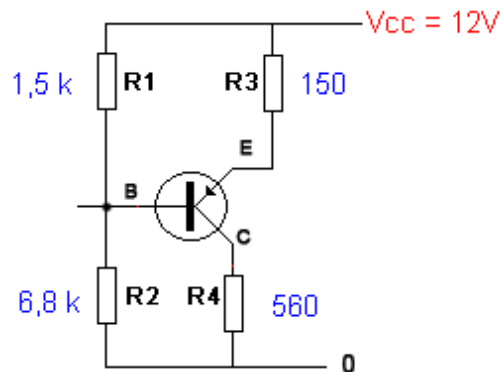
$$V_b = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \text{ (spanningsdeler } R_1, R_2)$$

$V_b = 2.17V$ (bij deze schakeling)

$$V_e = V_b - 0,7$$

$$I_e = \frac{V_e}{R_4} = \frac{V_b - 0,7}{R_4}$$

$$I_e = 2.63 \text{ mA}$$



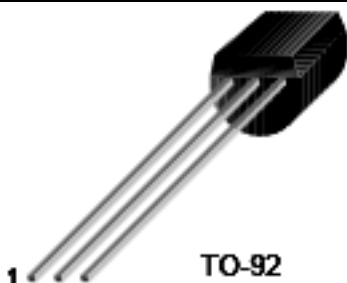
Bij gebruik van een PNP transistor bevindt de basis zich op een lagere spanning als de emitter (als V_{CC} positief).

Transistors testen met een multimeter

Wanneer we beschikken over een meter met een transistorvoetje, zetten we de functieschakelaar op hFE en prikken we de pootjes van de transistor in de juiste contacten van het voetje. Om erachter te komen welk type (NPN/PNP) transistor we in onze handen hebben en welk pootje de B, C en E is, gebruiken we de datasheet van de transistor. Het display toont nu de stroomversterking (hFE) van de transistor.

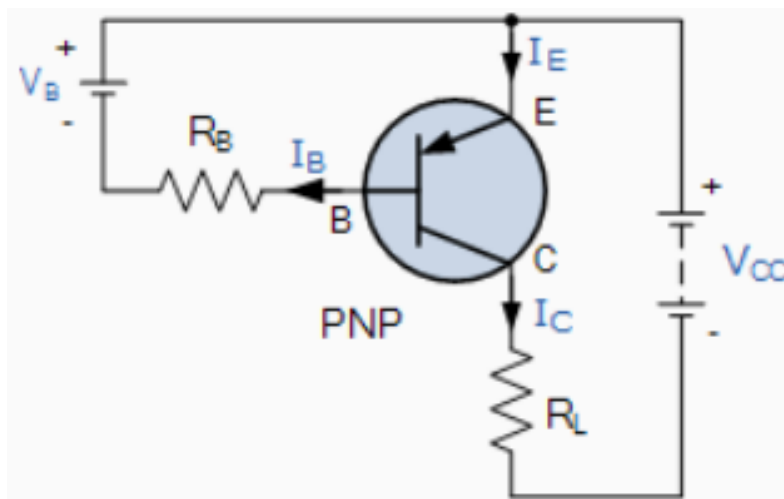
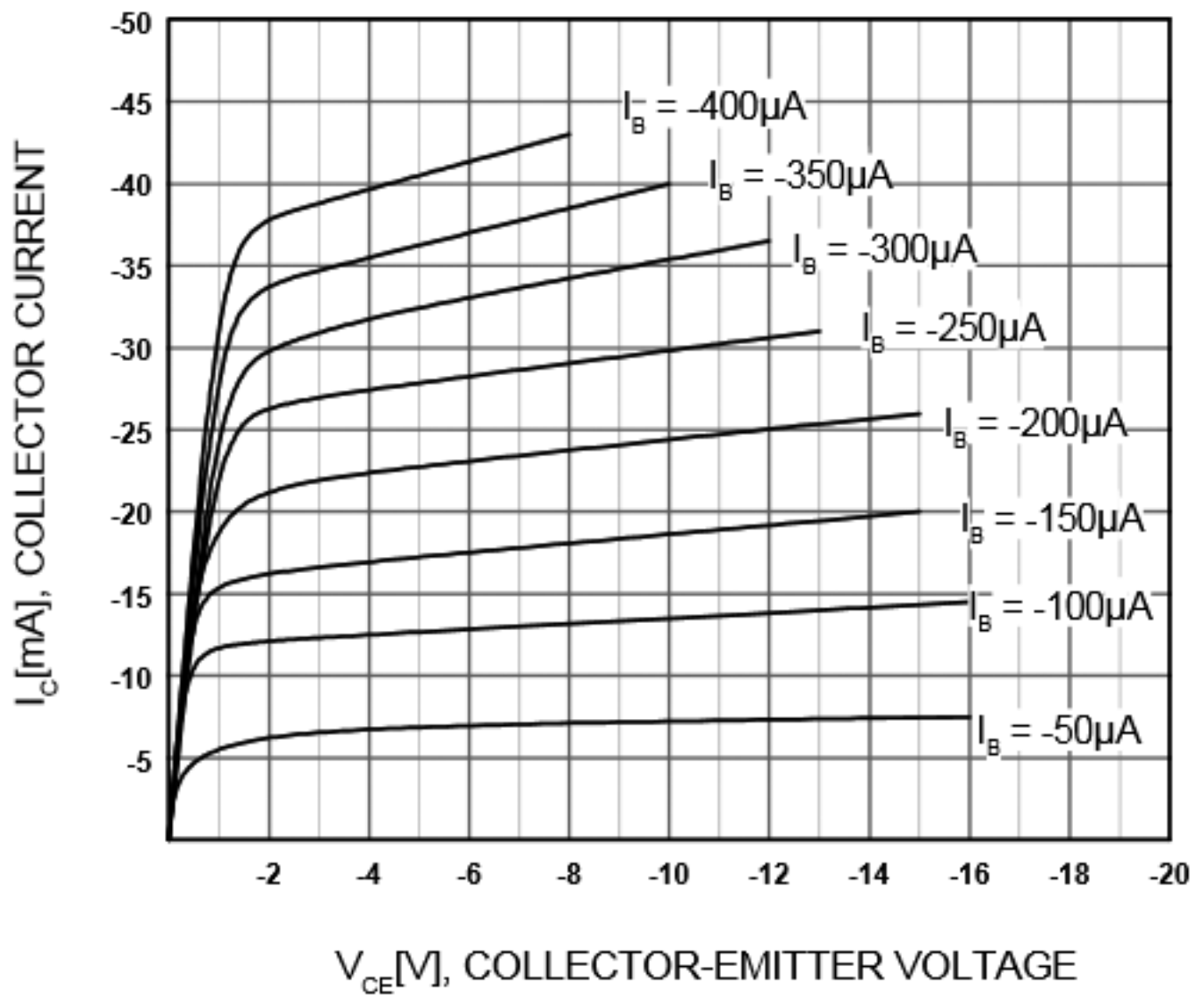
Als we geen meter met hFE-test hebben, kunnen we in elk geval wel de BE- en CB-diodes testen met de diodetest.

Voorbeeld: transistor BC309

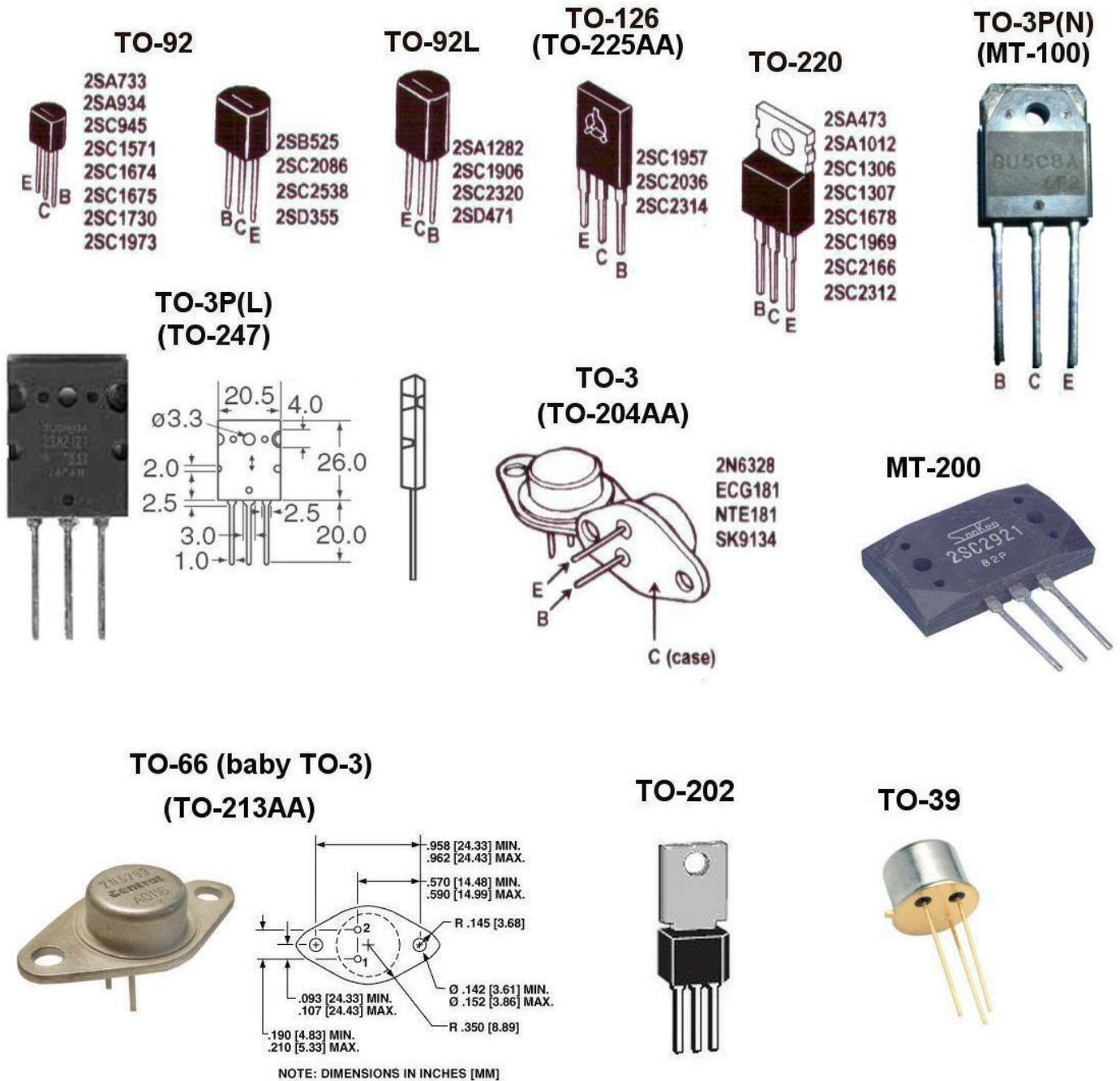


1. Collector 2. Base 3. Emitter PNP transistor

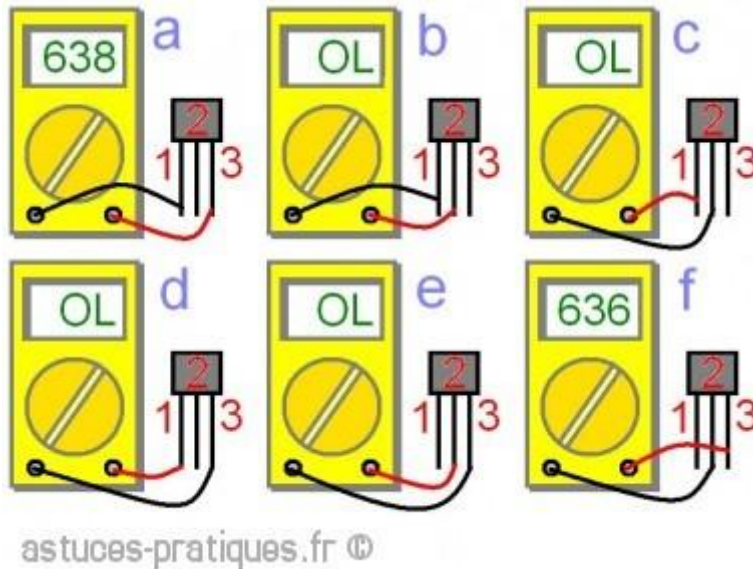
Data sheet: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50725/FAIRCHILD/BC309.html>



Types van transistor behuizingen met benaming.



Testen van een transistor



Het uitmeten van een onbekende transistor met een universeel meter op stand "diode".

Hier voor zij zes verschillende metingen noodzakelijk:

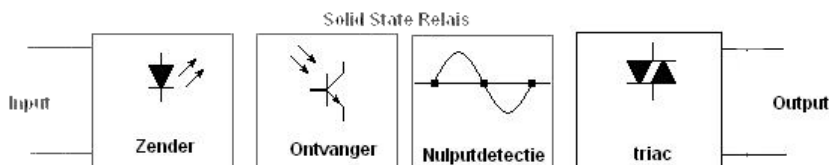
- a- meten tussen punten 1(-) & 3(+) → display waarde een getal
- b- meten tussen punten 1(-) & 2(+) → display waarde geen, OL of 1.
- c- meten tussen punten 1(+) & 2(-) → display waarde geen, OL of 1.

Conclusie: deze transistor is een niet defect en is een NPN-transistor

Relais

SSR

Een halfgeleiderrelais (Engels: **Solid-State Relay**, SSR) is principieel gezien geen relais want het heeft geen bewegende delen. We kunnen deze component toch als relais beschouwen omdat het mogelijk is een secundaire kring te schakelen door een vastgelegd signaal op de ingang aan te leggen.



Toepassingen van relais

Relais worden bijvoorbeeld toegepast om met een microschakelaar een groot elektrisch apparaat in werking te stellen. De microschakelaar hoeft namelijk alleen de stroom en spanning naar de spoel te dragen, niet de grote stroom voor het geschakelde apparaat. De 'klik' in de elektronische thermostaat (van een centrale verwarming) die te horen is als de verwarming aanslaat of uitschakelt, is het (bistabiele) relais.

Het startcircuit van een auto is uitgerust met een relais. De stroom door de startmotor is te groot om enkel met het startslot te schakelen. Ook andere lasten in auto's worden meestal via relais geschakeld, hierbij geldt dat spoel en belasting op dezelfde spanning werken, 12 Vdc voor de personenauto en 24 Vdc voor de vrachtauto.

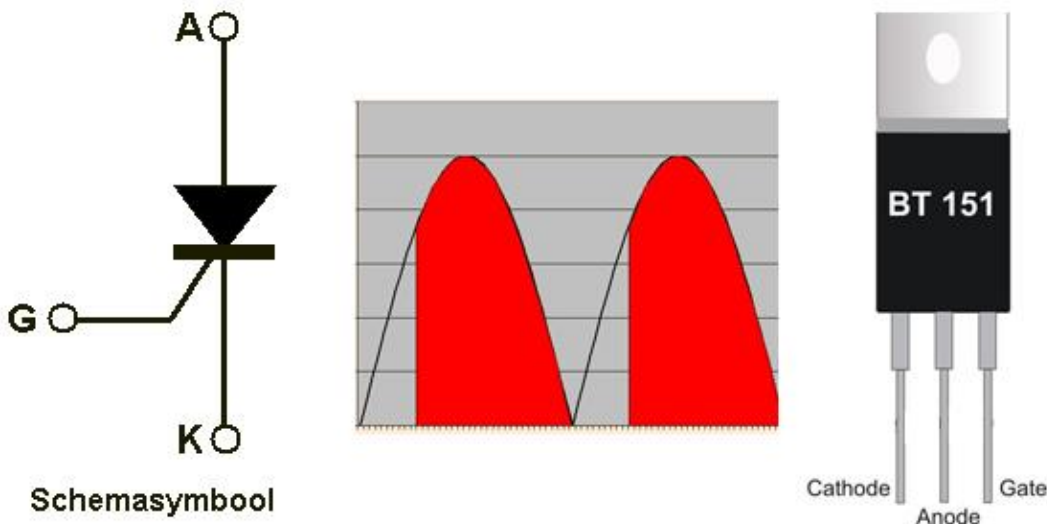
Thyristor

De thyristor of het aansnijding van gelijkgerichte wisselspanning.

Een thyristor is een halfgeleider met de werking van een elektronische schakelaar die geschikt is om grote vermogens bij hoge spanningen met betrekkelijk weinig verlies te schakelen.

Een thyristor gedraagt zich als een schakelbare diode, die met een extra stuur aansluiting (de z.g. gate), te bedienen is.

De kathode wordt gemeenschappelijk gebruikt voor hoofdstroom en stuurstroom. Bij het aanleggen van een positieve gelijkspanning op de anode ten opzichte van de kathode kan de thyristor door een triggerpuls op de gate in geleiding gebracht worden; er loopt dan een stroom door de thyristor en door de belasting.



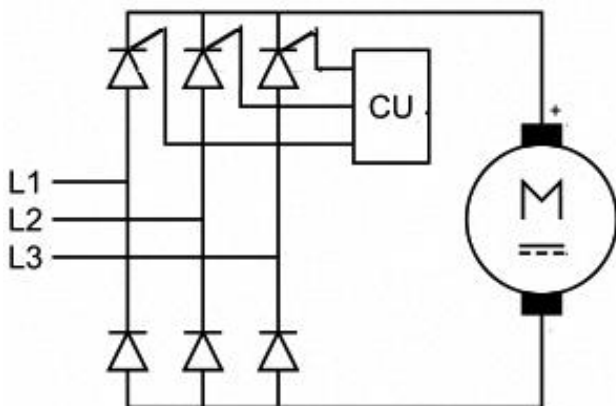
Schemasymbool

Als er eenmaal stroom loopt blijft deze lopen ongeacht de spanning op de gate. Dit is goed te zien in het vervangingsschema: beide transistoren sturen elkaar open. Wel neemt de dissipatie (warmte-ontwikkeling) in de thyristor toe naarmate er meer stroom door de gate loopt. Daarom wordt in professionele regelingen een reeks korte pulsen (pulstrein) gebruikt. De thyristor schakelt pas weer uit als de stroom erdoor onder een minimumwaarde daalt. Deze grens wordt de houdstroom (I_H) genoemd en verschilt per type thyristor. Een thyristor kan daarom alleen bij gelijkgerichte wisselspanning worden gebruikt, want tijdens de nuldoorgang is de stroom kleiner dan de houdstroom, zie afbeelding. Als de anodespanning negatief wordt gedraagt de thyristor zich als isolator.

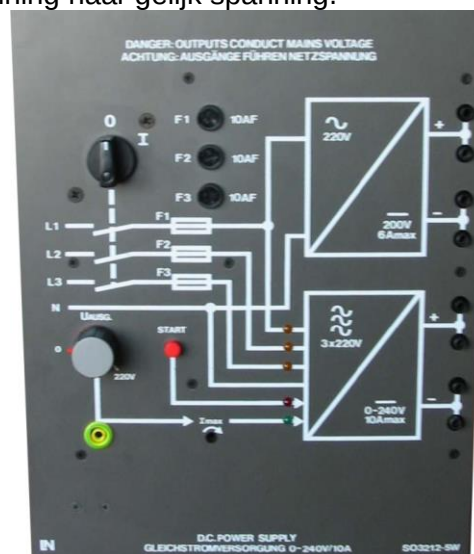
Toepassing

Thyristoren worden gebruikt bij gestuurde wisselspanning naar gelijk spanning.

3-fase thyristorbrug voor een gelijkstroommotor



De thyristor wordt veel gebruikt binnen de vermogenselektronica, waar door middel van faseaansnijding gelijkstroommotoren aangestuurd worden (een gelijkstroommotor is een elektromotor).



Een 3-fase thyristorbrug is vergelijkbaar met een 3-fase diodebrug. Enkel is de uitgangsspanning bij een thyristorbrug regelbaar: zo kan men het toerental en het koppel van de aan te sturen motor laten variëren. De directe aansturing door middel van thyristoren wordt de laatste jaren minder toegepast, omdat er steeds meer driefasige asynchrone motoren gebruikt worden; deze kunnen geregeld worden met een frequentieregelaar of een frequentieomvormer. Alleen voor grote vermogens, in de orde-grootte van een megawatt (onder andere bij locomotieven NS 1600 en GTL8- en ICM-materieel), worden uitsluitend thyristorchoppers met forse LC-resonante stroomcommutatie toegepast.

Bij een thyristorbrug is er sprake van zes thyristoren in één robuuste behuizing. De aansturing hiervan is vrij complex, want de gatespanning voor elk element moet met de kathodespanning 'meelopen'. Voor kleine regelingen zoals in boormachines, stofzuigers en lichtdimmers worden vaker triacs gebruikt, omdat daarbij de gatesturing uitermate simpel is.

Testen van een thyristor

Test van de thyristor uit de schakeling.

Verbind de universeelmeter in de stand "Ohm" zoals in fig. hiernaast (de plus op de kathode en de min op de anode).

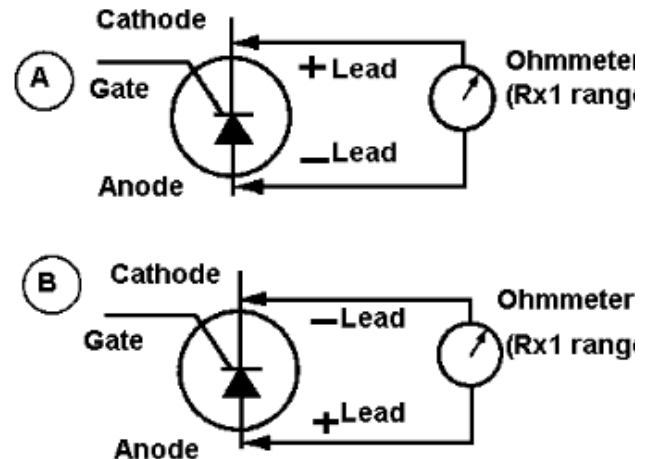
De meetwaarde op de universeelmeter moet groter zijn dan 1 MegaOhm.

Vervolgens wisselen de draden, de min op de kathode en de plus op de anode en de gate op de anode).

De meetwaarde op de universeelmeter moet kleiner zijn dan 1 kiloOhm.

Bron:

<http://www.ab.com/support/abdrives/documentation/fb/1012.pdf>



Triac

<http://www.circuitstoday.com/how-to-test-a-triac>

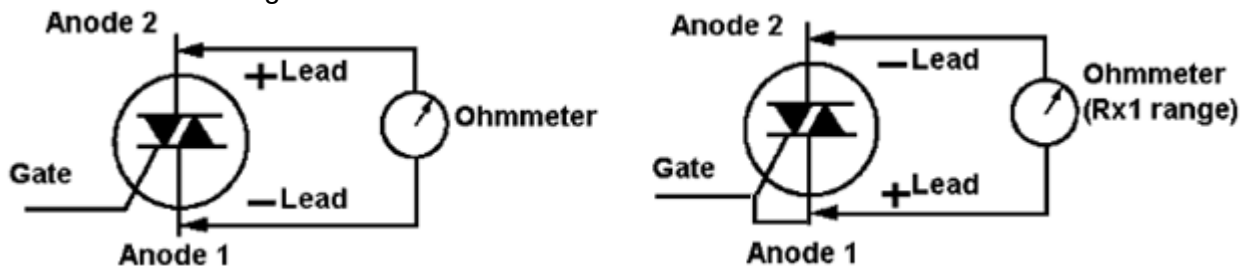
Testen van een triac met een multimeter.

Een multimeter kan worden gebruikt om de gezondheid van een triac testen.

Zet de multimeter keuzeschakelaar in een hoge weerstand modus (bvb 100K Ω) en sluit vervolgens de positieve draad van de multimeter aan de anode-1 van de triac en negatieve draad op de anode-2 van triac (er is geen probleem als je de verbinding te keren).

De multimeter zal een hoge weerstand aangeven (open circuit).

Zet nu de keuzeschakelaar naar een lage weerstand werkt, sluit de anode-1 en de gate naar positieve draad en anode-2 aan negatieve draad.



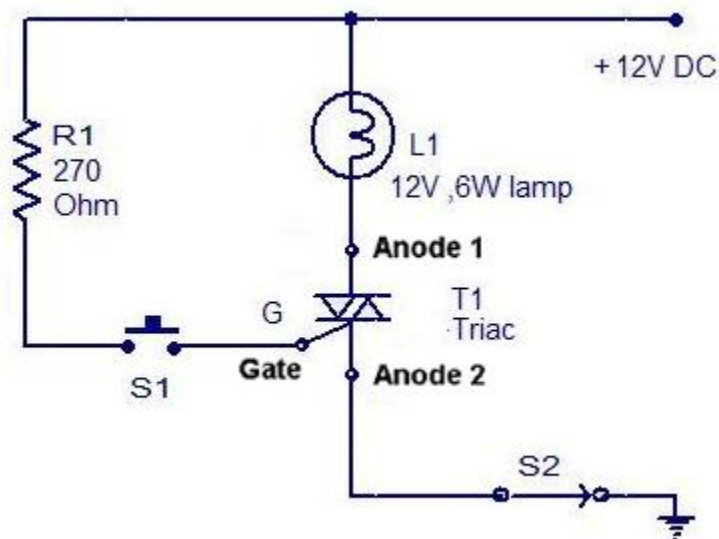
De multimeter toont nu een lage weerstand te lezen (met vermelding van de schakelaar ON).

Als bovengenoemde tests positief zijn dan kunnen we aannemen dat de triac is goed is.

Hoe dan ook deze test is niet toepasbaar op triacs met hoge gate spanning en stroom.

Circuit voor het testen van een triac.

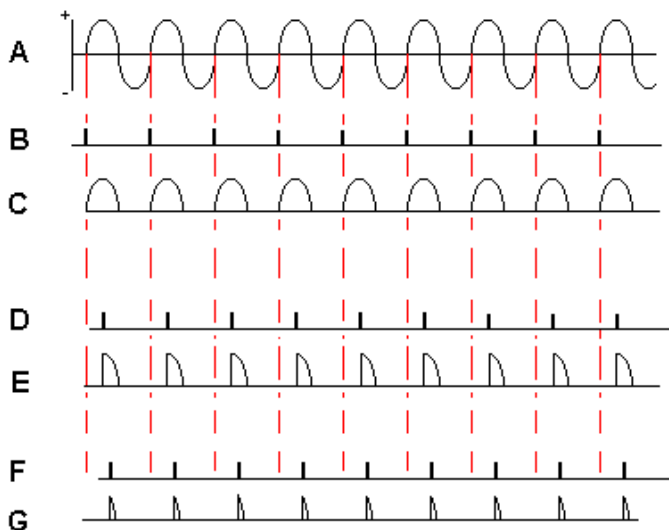
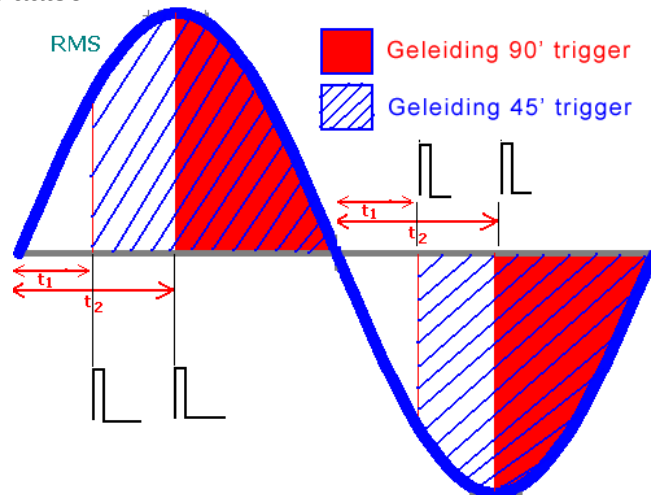
Dit is een andere aanpak voor het testen van een triac. Bijna alle soorten triacs kan worden getest met behulp van dit circuit. Dit circuit is niets anders dan een eenvoudige regeling voor de elementaire werking van een triac demonstreren. Sluit triac om het circuit zoals in schema en zet S2 ON. De lamp moet niet gloeien. Druk nu op de drukknop S1. The lamp moet branden met vermelding van het inschakelen van triac. Wanneer u de drukknop loslaat, kunt u de lamp blussen zien. Als de bovenstaande tests positief kunt u ervan uitgaan dat de triac is gezond.



Sturing van een triac

De triac wordt gestuurd door een trigger puls te geven aan de gate van de triac, hier mee zal de triac voor een halve periode (van 0 tot 180° of van 180 tot 360°) gedeeltelijk in geleiding zijn.

Telkens de spanning nul wordt (bij 0° en 180°) komt de triac in cut-off, er moet terug een trigger komen om de triac in geleiding te plaatsen.



A = spanning $[U \cdot \sin(\omega \cdot t)]$

B = gate trigger op 0°

Resultaat:

C = spanning over de belasting

D = gate trigger op 90°

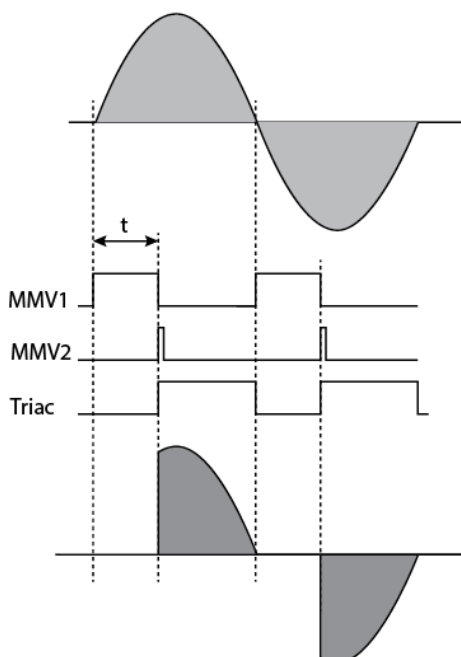
Resultaat:

E = spanning over de belasting

F = gate trigger op 160°

Resultaat:

G = spanning over de belasting



spanning $[U \cdot \sin(\omega \cdot t)]$

multivibrator MMV1 verzorgt de nul-detectie en de trigger tijd

multivibrator MMV2 maakt de trigger puls

Resultaat:

spanning over de belasting

Toepassing

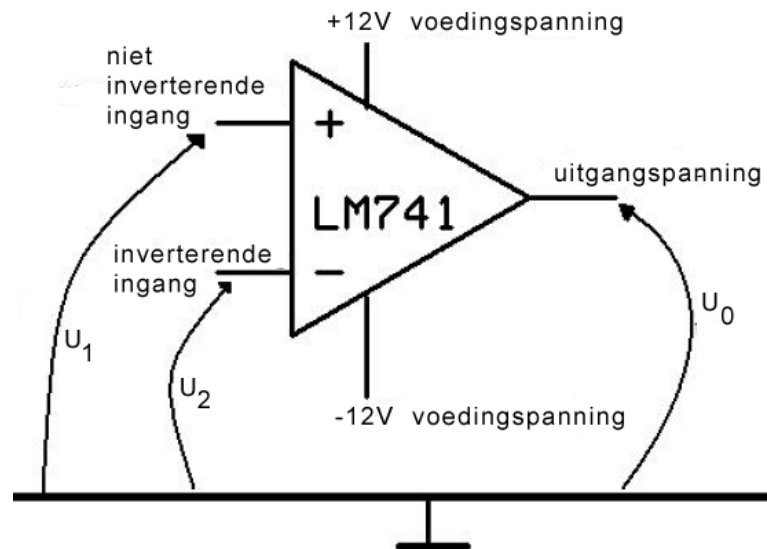
Triac's worden gebruikt bij.

- Lichtdimmers en discolichtsturingen
- Zuigkrachtregelingen in stofzuigers.
- Toerentalregeling van elektrische wisselstroommachines
- Regeling van elektrische verwarming
- SSR of solid state relais

Operationele versterkers

Bron: <http://users.skynet.be/HenryGIP/School/Cursus%20OpAmp.pdf>

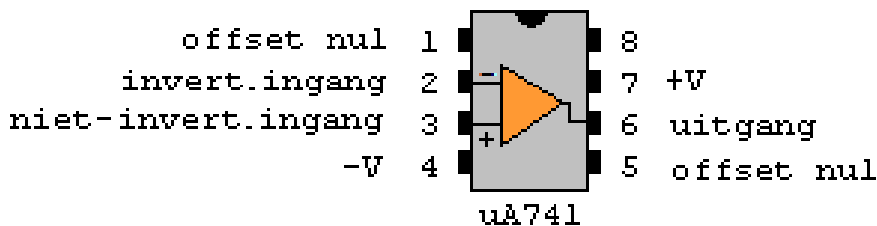
Symbolische schets van een operationele versterker en aansluitingen



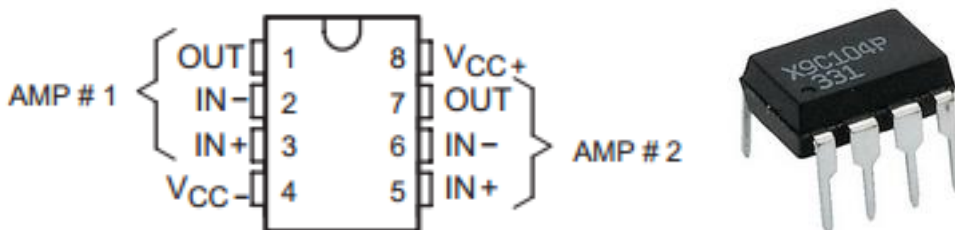
Bekende types van opamp's.

741 opamp of LM 741 Lineaire IC LM 741 DIP Soort behuizing DIL 8 Uitvoering Operationele versterker.

pin 8 is niet aangesloten

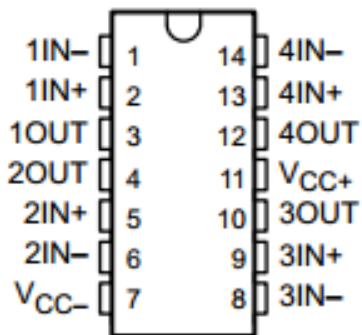


Texas Instruments RC4559P Operationele versterker (standaard) Soort behuizing DIP-8
Uitvoering Dual OP



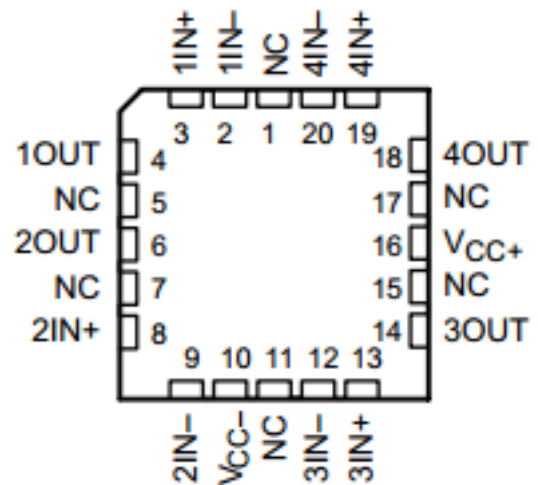
Texas Instruments RC 4136 N Operationele versterker (standaard) Soort behuizing DIP 14 Uitvoering 4-voudige OP

RM4136 ... J OR W PACKAGE
ALL OTHERS ... D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)



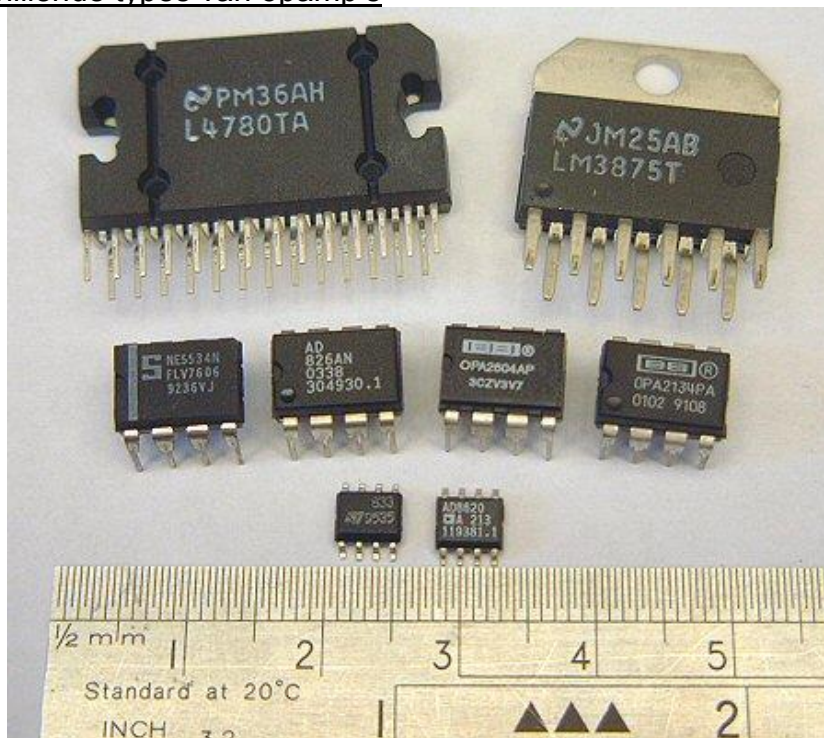
Pin "1" is steeds de eerste pin na de nok in wijzerzin (eveneens bij DIL-behuizingen)

RM4136 ... FK PACKAGE
(TOP VIEW)

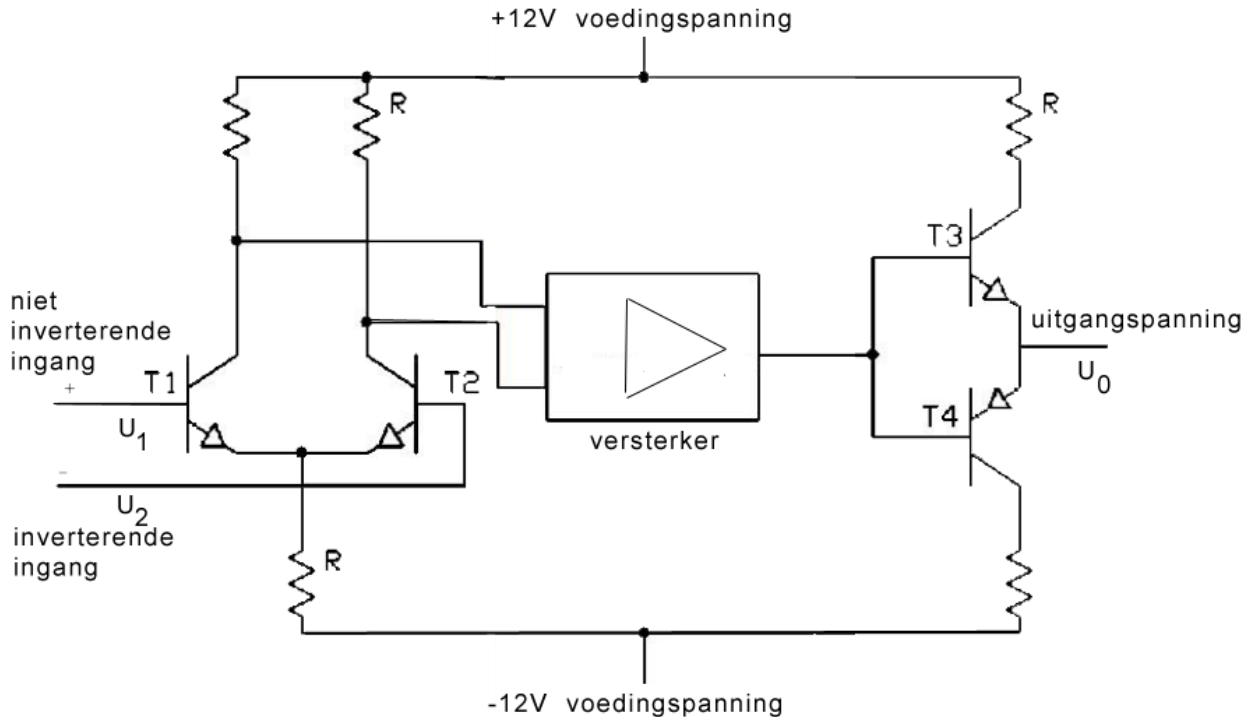


Pin "1" is Not Connected, controleer altijd de data sheet, de derde pin in tegen wijzerzin is pin "1"

Verschillende types van opamp's



Inwendige basis structuur van een operationele versterker



De operationele versterker (OpAmp) heeft 2 ingangen

- De niet inverterende ingang (+)
- De inverterende ingang (-)

Zij sturen de basissen aan van T1&T2 die als verschilversterker geschakeld zijn.

De spanning op de collectoren zal verschillen als de ingangsspanningen niet gelijk zijn.

De versterker die daarop volgt heeft een grote inwendige versterking, hij geeft alleen spanning uit als er een verschilspanning doorkomt.

De eindtrap bestaat uit T3(NPN) & T4(PNP), is de uitgangsspanning positief van de versterker dan gaat T3 in geleiding en komt er positieve spanning op de uitgang.

Bij een negatieve uitgang van de versterker zal T5 in geleiding en komt er een negatieve spanning op de uitgang.

Bij 0 volt gaat zowel T3 als T4 niet in geleiding => uitgang 0V

Betekenis ingangen

1) Niet inverterende ingang (+): als deze ingang positiever is dan de andere dan is de uitgang ook positief of als deze ingang stijgt, stijgt ook de uitgang.

2) Inverterende ingang(-): als deze ingang positiever is dan de andere dan is de uitgang negatief, ingang stijgt, uitgang daalt.

De polariteit van de uitgangsspanning hangt dus af van de polariteit van de versschilspanning aan de ingang van de OpAmp.

!! De ingangsspanningen mogen nooit groter worden dan de voedingsspanning.

Voorbeeld

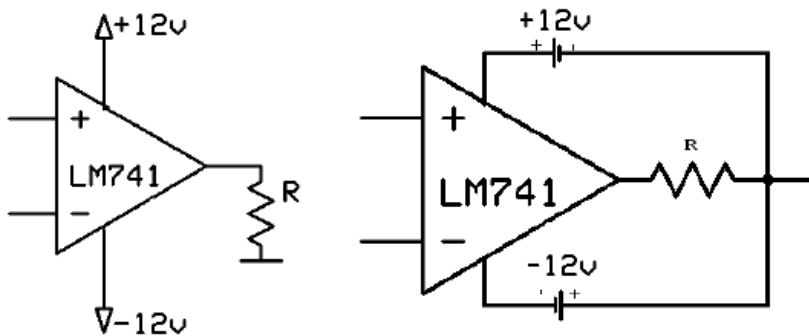
U_1	U_2	U_o
+200mV	+150mV	Positief (+12V)
+200mV	+250mV	Negatief(-12V)
-200mV	-250mV	Positief (+12V)
-200mV	-150mV	Negatief(-12V)
+200mV	-100mV	Positief (+12V)
-200mV	+200mV	Negatief(-12V)

Besluit: Als $U(+)$ - $U(-)$ positief is dan is U_o Positief.

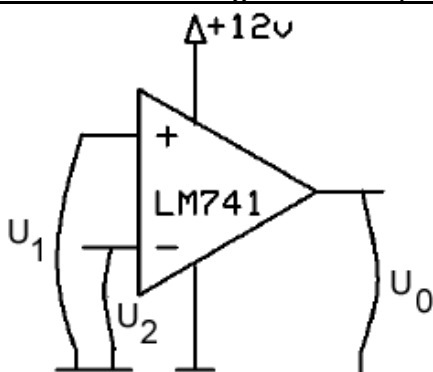
Als $U(+)$ - $U(-)$ negatief is dan is U_o Negatief.

We weten dat de stroom geleverd wordt door T3 of T4, een te grote uitgangsstroom kan deze transistoren vernietigen.

In veel gevallen is er een interne stroombegrenzing aanwezig, voor de "741" is dit +/-25mA
(Het is best de belasting aan de uitgang te beperken tot max 1k Ω)

Symmetrische voeding van een opamp

De uitgangsspanning kan hier tot maximum +11V & -11V dit is de saturatiespanning (verlies inwendig ~ 1V)

Asymmetrische voeding van een opamp

Als U_1 het grootst is gaat U_o tot +11V

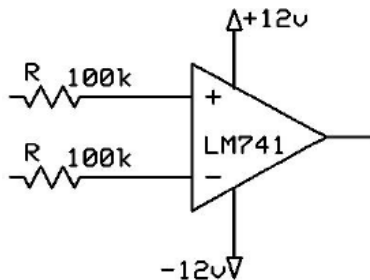
Als U_2 het grootst is gaat U_o to +1V

U_o kan alleen variëren tussen +11 en +1V

Openlusversterking

Ingangen hangen los

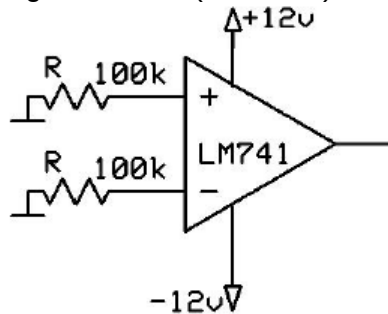
De verschilversterker is niet heel symmetrisch waardoor een kleine verschilspanning ontstaat doordat de ingangen loshangen. de uitgang kan op $\pm 12V$ saturatie zitten (11V) hieruit blijkt een zeer grote interne versterking.



Ingangen aan GND (R=100k)

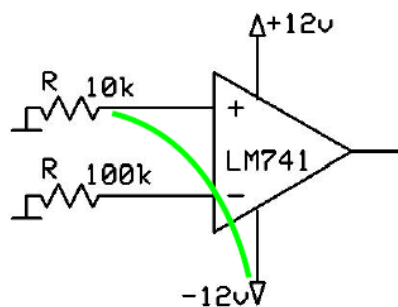
Ondanks een gelijke spanning aan de ingangen gaat de uitgang naar + of -12V.

Oorzaak: de asymetrie van de verschilversterker geeft een klein verschil + de grote inwendige versterking = Saturatie(+11/-11V)



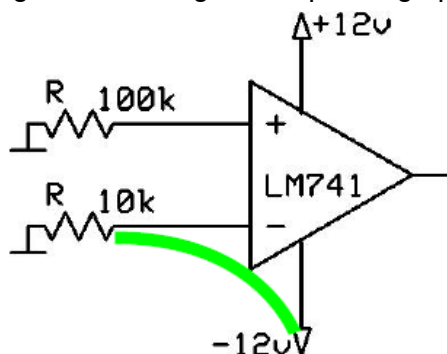
Ingangen aan GND maar R=10k aan N.inv

Stroom I1 is grootst = een grotere spanning aan N.inv ingang => Uo gaat naar +11V (door grote inw.versterking)



Ingangen aan GND maar R=10k aan Inv.

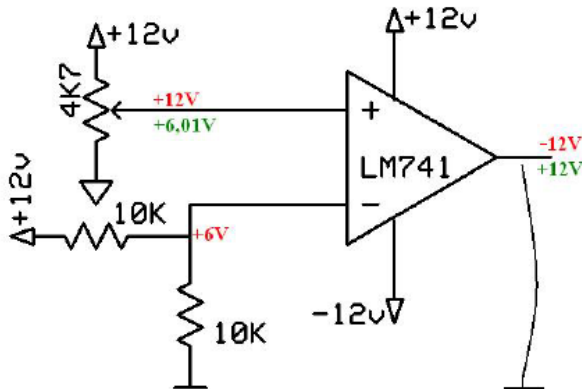
I2 is het grootst = een grotere spanning op inv. => Uo gaat naar -11V



Besluit

Het vermoeden van een zeer hoge interne versterking is juist, de fabrikant spreekt van "Open Loop" of "Open Lus" versterking (A_{ol} = Amplification Open Loop).

Bij Open loop is er geen verbinding van de uitgang naar de ingang om de versterking te beïnvloeden.

Opamp als comparatorWerking

Aan de inverterende klem wordt +6V aangeboden. (Spanningsdeler $2 \times 10k$)

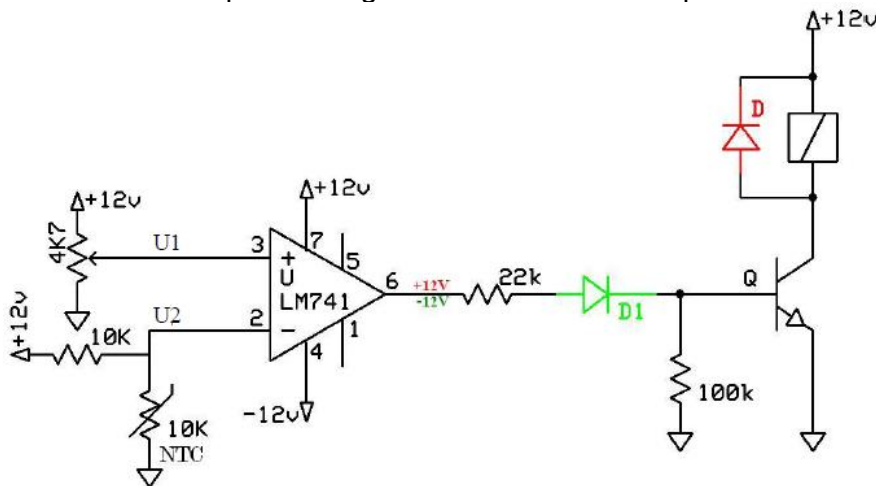
→ Is de niet inverterende klem, lager dan +6V bv. 5,99 $\Rightarrow U_o = -12V$

→ Is de niet inverterende klem, hoger dan +6V bv. 6,001V $\Rightarrow U_o = +12V$

De comparator of vergelijker herkennen we doordat de volle Open Loop versterking gebruikt wordt. Er zijn geen terugkoppelweerstand van de uitgang naar de inverterende ingang (-)

Toepassing.

voorbeeld: "On/Off" temperatuurregelaar met een NTC temperatuur sensor

Werking

Temperatuur $\Rightarrow$ weerstand NTC met weerstand van 10k met NTC geeft een spanningsdeler U2.

Weerstand 4k7 is een regelbare weerstand ook potentiometer genoemd.

Met deze potentiometer wordt de gewenste temperatuur waarde ingesteld.

Als $U_2 < U_1 \Rightarrow U_o$ op pin 6 van de 741 $\Rightarrow +12V$

Temperatuur $\Rightarrow$ weerstand NTC $\Rightarrow U_2$

Als $U_2 > U_1 \Rightarrow U_o \Rightarrow -12V$

!! Diode D1 dient om de basis-emitter diode te beschermen tegen de -12V van de uitgang U_o van de OpAmp.

!! $R=100k$ dient om de basis op massa te houden "Clampen" als $U_o = -12V$ (kathode "zweeft")

!! Diode D beschermt transistor tegen inductie spanningen (temk) van het relais.

Opamp als versterker

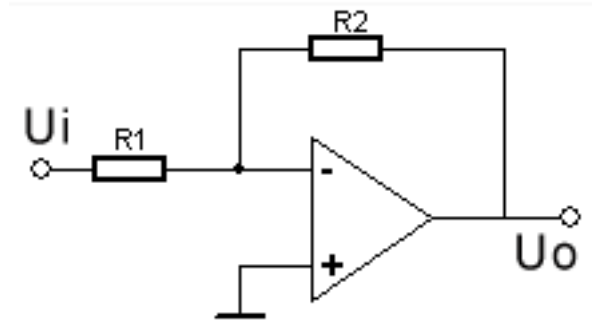
Inverterende versterker

Deze schakeling heeft de volgende eigenschappen:

- Versterkingsfactor: $A = -R_2 / R_1$
- Ingangsimpedantie: R_1
- Uitgangsimpedantie: laag (low)

$$A = \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_o = A * U_i = \frac{R_2}{R_1} * U_i$$



Werking:

Door de zeer hoge versterking van de opamp zal een geringe spanning tussen de beide ingangen de uitgang tot aan de voedingsspanning sturen.

De terugkoppeling voorkomt dit.

De uitgang levert zo veel stroom door R_2 als nodig is om de spanning op de inverterende ingang gelijk te maken aan die op de niet-inverterende ingang (0 Volt).

R_1 en R_2 vormen een soort hefboom rond het spanningsniveau op de inverterende ingang.

Een inverterende versterker zorgt ook voor een faseverschuiving van 180 graden.

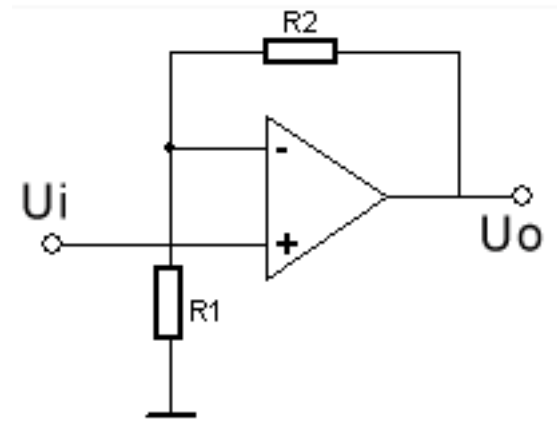
Niet-inverterende versterker

Niet-inverterende versterker eigenschappen:

- Versterking: $A = 1 + (R_2 / R_1)$
- Ingangsimpedantie: zeer hoog
- Uitgangsimpedantie: laag

$$A = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

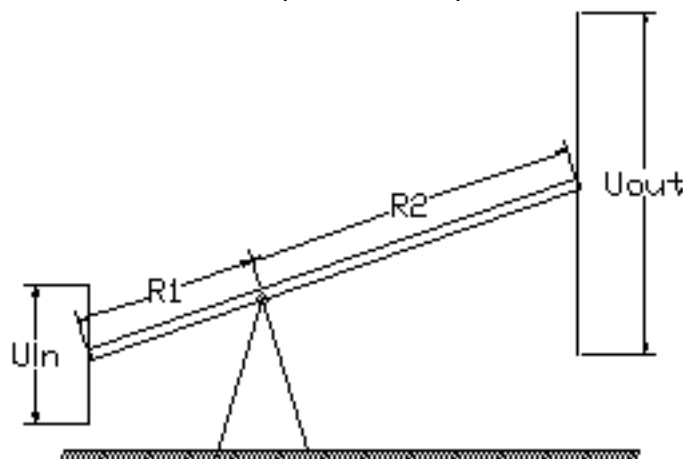
$$U_o = A * U_i = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) * U_i$$



Werking :

De weerstanden R_2 en R_1 vormen samen een spanningsdeler die ervoor zorgt dat op de inverterende ingang (-) dezelfde spanning komt te staan als op de niet-inverterende ingang (+).

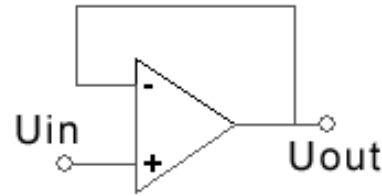
Het geheel werkt als een hefboom met als draaipunt het aardpunt.



Opamp als spanningsvolger

Eigenschappen:

- Versterking: $A = 1$
- Niet-inverterende versterker



Werking:

De opamp regelt de uitgangsspanning naar dezelfde waarde als de ingangsspanning.

De ingang trekt vrijwel geen stroom; alle stroom wordt door de uitgang geleverd.

Het nut hiervan is om twee delen van een netwerk te scheiden.

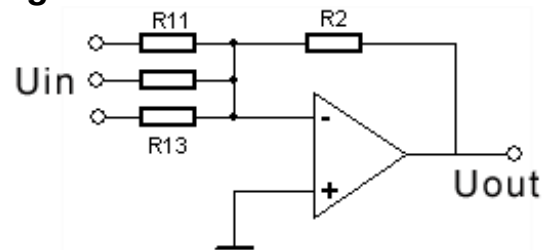
Wordt vaak gebruikt als buffer; vanwege de zeer hoge ingangsimpedantie wordt de bron vrijwel niet belast.

Opamp als sommatorschakeling met 3 ingangen

Een sommatie kan een aantal signalen ieder met een eigen vermenigvuldigingsfactor bij elkaar optellen. Het is eigenlijk een uitbreiding op de inverterende versterker.

Het aantal ingangen is uitbreidbaar.

$$-U_{out} = \frac{R_2}{R_{11}} * U_{i1} + \frac{R_2}{R_{12}} * U_{i2} + \frac{R_2}{R_{13}} * U_{i3}$$



Opamp als differentiële versterker met 2 ingangen

Hier gaat het erom dat alleen het verschil tussen $-U_{i1}$ en $+U_{i2}$ versterkt wordt.

Het gemeenschappelijke signaal op $-U_{i1}$ en $+U_{i2}$ dient zo weinig mogelijk doorgegeven te worden.

Dat gaat goed als $R_2/R_1 = R_4/R_3$.

De versterking is dan R_4/R_1 .

Deze schakeling heeft 2 nadelen die het toepassingsgebied beperken.

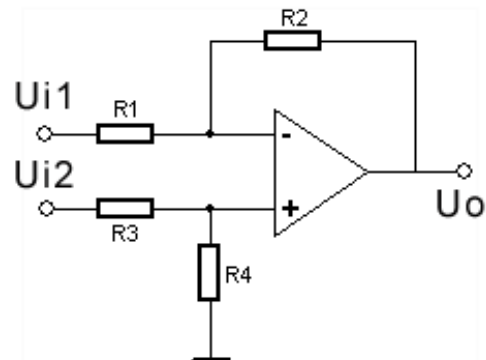
1/ De onderdrukking van het gemeenschappelijke signaal (common mode suppressie) hangt volledig af van de nauwkeurigheid van de weerstanden.

Als de hierboven gegeven verhouding van de weerstanden niet precies klopt zal een gemeenschappelijk signaal op de beide ingangen enigermate doorgegeven worden.

2/ De ingangsimpedantie van de $+U_{i2}$ en de $-U_{i1}$ ingangen is verschillend, en nooit bijzonder groot.

Je kunt dit voor een groot deel in orde brengen door $R_3 + R_4$ gelijk te maken aan R_1 .

Bij wat hogere frequenties gaan er echter toch wat verschillen ontstaan door de parasitaire capaciteiten.



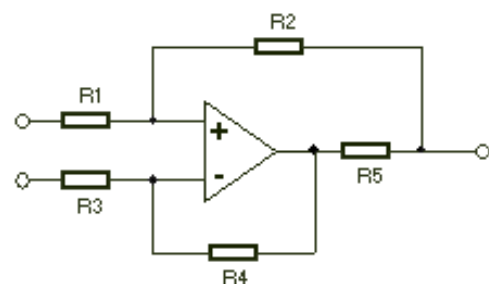
Opamp als stroombron

De differentiële versterker kan met een weerstand worden uitgebreid tot bidirectionele stroombron.

De uitgangsstroom vloeit door R_5 en zal door de twee spanningsdelers R_1/R_2 en R_3/R_4 in vaste relatie worden gehouden met de verschilspanning aan de beide ingangen.

In normale toepassingen hebben deze weerstanden alle een gelijke waarde, zodat de waarde van R_5 bepalend is voor de overzetverhouding.

$$i = (V_{in+} - V_{in-}) / R_5$$



Opamp als integrator

Bij de integrator vindt terugkoppeling plaats via een condensator.

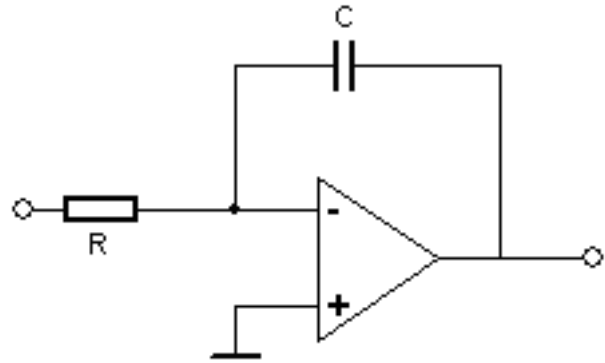
Om bij een gelijkblijvende spanning op de ingang de verschilspanning op nul Volt te houden, zal de integrator een constante elektrische stroom naar de condensator sturen.

Hierdoor zal de uitgangsspanning lineair stijgen of dalen (net zo lang totdat de maximale uitsturing is bereikt).

De integrator integreert de ingangsspanning volgens onderstaande formule:

$$U_a = -\frac{1}{C \cdot R} \cdot U_e \cdot t$$

De integrator wordt in de meet- en regeltechniek toegepast, en in het verleden ook in analoge computers.



Opamp als differentiator

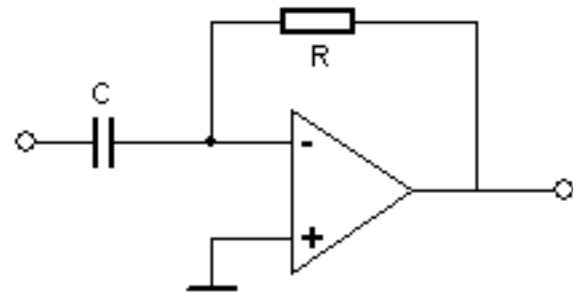
ij de differentiator wordt net zoals bij de integrator een condensator toegepast, alleen niet in de terugkoppelweg, maar aan de ingang.

Wanneer er een spanningsverandering aan de ingang optreedt, zal er een laad- of ontlaadstroom door de condensator lopen, en zal de uitgangsspanning variëren.

De differentiator differentieert de ingangsspanning volgens onderstaande formule:

$$U_a = -C \cdot R \cdot \frac{\Delta U_e}{\Delta t}$$

De differentiator wordt, net als de integrator, toegepast in de meet- en regeltechniek, en in het verleden ook in analoge computers.



URL's

<http://alltransistors.com/>

<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/50725/FAIRCHILD/BC309.html>

<http://www.electrospport.com/technical-resources/library/diagnosis/pdf/diode-testing-guide.pdf>

http://docweb.khk.be/Jan%20Kuypers/derde_jaar/opamps.pdf

<http://www.astuces-pratiques.fr/electronique/le-transistor-bipolaire-test-au-multimetre>

http://nl.wikipedia.org/wiki/Operationele_versterker

<http://www.breem.nl/fldbasis/pgbasis-06.htm>