

Labocursus

Elektronische Netwerken

Mario Wyns – Patrik Debbaut

Dirk Claus – Evi Van Nechel

Maxim De Donder

1. Labopakket 1: Inleiding	6
1.1 Inleiding	6
1.1.1 Afspraken	6
1.1.2 Tips voorbereiding en verslag	8
1.2 Basismeetapparatuur	11
1.2.1 Digitale multimeter	12
1.2.2 DC laboratoriumvoeding	14
1.2.3 Functiegenerator	17
1.2.4 Oscilloscoop	18
2. Labopakket 2: Weerstanden	19
2.1 Theoretische achtergrond	19
2.2 Vereiste voorkennis	19
2.3 Doel van de proef	19
2.4 Materiaal	19
2.5 Voorbereiding	19
2.6 Inleiding weerstanden	19
2.7 Voorbereiding	27
2.8 Opdracht - kleurcode en tolerantie van weerstanden en gebruik ohmmeter	30
2.9 Opdracht - meten van spanning	31
2.10 Opdracht - meten van stroom	31
2.11 Opgave – de niet-temperatuurgevoelige weerstand	32
2.12 De temperatuurgevoelige weerstand	34
3. Labopakket 3: Serie- en parallelschakelingen van weerstanden	36
3.1 Theoretische achtergrond	36
3.2 Vereiste voorkennis	36
3.3 Doel van de proef	36
3.4 Materiaal	36
3.5 Te raadplegen bronnen	36
3.6 Voorbereiding	36
3.7 Inwendige weerstand van meettoestellen	41
3.8 Opgave serieschakeling	41
3.9 Opgave parallelschakeling	45
3.10 Invloed inwendige weerstand	49
4. Labopakket 4: De condensator	50
4.1 Theoretische achtergrond	50
4.2 Voorbereiding	50
4.3 De condensator – inleiding	51
4.4 Opgave – laden van de condensator	55
4.5 Opgave – ontladen van de condensator	56
4.6 Verwerking resultaten – besluiten	57
5. Labopakket 5: De oscilloscoop	62
5.1 Theoretische achtergrond	62
5.2 Vereiste voorkennis	62
5.3 Voorbereiding	62
5.4 Meettoestellen	62

5.4.1	De oscilloscoop	62
5.4.2	De functiegenerator	63
5.5	Voorbereiding vragen	69
5.6	Opgave	71
6.	Labopakket 6: De diode	76
6.1	Inleiding	76
6.2	Diodetest.....	77
6.3	Geleiden en sperren.....	78
6.4	Diodekarakteristieken.....	80
6.5	LED's	85
6.6	Belastingslijn (optioneel)	87
6.7	Instelpunt (optioneel)	89
7.	Labopakket 7: Gedrag van R, L en C op AC	90
7.1	Theoretische achtergrond.....	90
7.2	voorbereiding	90
7.3	Opgave	91
7.4	Verwerkingen metingen, besluiten	97
7.5	RC-seriekring	99
8.	Labopakket 8: Gelijkrichterschakelingen	102
8.1	Inleiding	102
8.2	Eenfasige enkelzijdige gelijkrichter	102
8.2.1	Diodegegevens.....	102
8.2.2	Uitgangsspanning.....	103
8.2.3	Spanning over de diode	105
8.2.4	Transferkarakteristiek	106
8.3	Eenfasige enkelzijdige gelijkrichter met afvlakcondensator	107
8.3.1	Uitgangsspanning.....	107
8.3.2	Invloed van de afvlakcondensator op de rimpelspanning	110
8.3.3	Invloed van de belasting op de uitgangsspanning	111
8.3.4	Spanning over de diode	111
8.4	Bruggelijkrichter	112
8.5	Bruggelijkrichter met afvlakcondensator	113
8.5.1	Uitgangsspanning.....	113
8.5.2	Belastingskarakteristiek	115
9.	Labopakket 9: Spanningsstabilisatie	117
9.1	Inleiding	117
9.2	Spanningsstabilisatie met zenerdiode	118
9.2.1	Gegevens zenerdiodes	118
9.2.2	Karakteristiek zenerdiode	118
9.2.3	Instelpunt bij maximaal dissipatievermogen	121
9.2.4	Belastingskarakteristiek	122
9.2.5	Stabilisatie bij variabele ingangsspanning	125
9.2.6	Stabilisatiefactor	126
9.2.7	Eenvoudige voeding	127
10.	Labopakket 10: Transistor als schakelaar	130
10.1	Voorbereiding.....	130
10.2	Uittesten transistors	131

10.3	LED schakeling	131
10.4	Motorschakeling	132
10.5	H-brug met transistors	133
10.6	L293D	134
11.	Labopakket 11: Montage- en soldeeroefening	135
11.1	Montage en solderen PCB's	135
11.1.1	Materiaal.....	135
11.1.2	Controle onderdelen	136
11.1.3	Soldeerstation klaarmaken voor gebruik.....	136
12.	Bronnen	139

Onder voorbehoud van eventuele lesverschuivingen is dit het verloop van het labo elektronische netwerken:

Labosessie	Onderwerp
1	Inleiding
2	Weerstanden
3	Serie- en parallelschakelingen van weerstanden
4	De condensator
5	De oscilloscoop
6	De diode
7	Gedrag van R,L en C op AC
8	Gelijkrichterschakelingen
9	Spanningsstabilisatie
10	De transistor als schakelaar
11	Montage- en soldeeroefening
12	Reserve voor eventuele inhaalsessies

1. Labopakket 1: Inleiding

1.1 Inleiding

1.1.1 Afspraken

Het practicum elektronische netwerken heeft de volgende hoofddoelstellingen:

- Verduidelijken van de theorie
- Aanleren van mettechnische vaardigheden
- Een adequate kritische rapportering leren maken
- Bijbrengen van praktische componentenkennis

We hopen bovenstaande doelstellingen te kunnen realiseren in een aangename sfeer via de zelfwerkzaamheid van de studenten die samenwerken in team.

Het practicum elektronische netwerken gaat voor de studenten Elektronica- ICT door in een labo op de derde verdieping van blok B. Ter illustratie is een beeld van het labo elektronica weergegeven op onderstaande foto.



Foto 1: labo elektronica

Om het practicum zo vlot mogelijk te laten verlopen worden naast het **algemeen laboreglement** nog de volgende afspraken gemaakt.

Gedurende één semester worden er twaalf labosessies van drie uur voorzien. Dit is uiteraard niet zo veel zodat men zich niet kan permitteren om tijd te verliezen. Om zo efficiënt mogelijk gebruik te maken van de beschikbare tijd wordt er gevraagd aan de studenten om de laboproeven **individueel en op voorhand degelijk voor te bereiden**. Wat houdt dit precies in?

Deze begeleidende syllabus voor het practicum elektronische netwerken is opgevat als een werkboek. De opgaven vormen een volledige leidraad voor het doorlopen van de proeven. Er wordt in de opgaven regelmatig gevraagd om voorspellingen te maken, om bepaalde zaken op te zoeken en op voorhand te berekenen Er wordt gevraagd om dit schriftelijk te doen. Op de opgavenbladen zelf is daarvoor ruimte voorzien. Bij eventueel plaatsgebrek kan men altijd de achterzijde van deze bladen gebruiken.

De voor te bereiden zaken werden in de opgave telkens gemarkeerd met  in de marge (zie hiernaast).

De proeven worden deels uitgevoerd op universele experimenteerbordjes (breadboard) en deels op oefenprinten. Om de proeven uit te kunnen voeren is er een basisuitrusting nodig zoals draadjes, schroevendraaiers, tangetjes ... Deze basisuitrusting hoef je als student niet zelf aan te kopen, daar ze voor iedereen beschikbaar is in het labo. **Het breadboard en mm-papier , voor het maken van grafieken, breng je wel zelf mee.** Maak dus dat je dit elke labosessie bij hebt!

De laboproeven sluiten zeer nauw aan bij de theorie. Het is dus handig om de cursus elektronische netwerken bij de hand te hebben om bepaalde zaken op te kunnen zoeken.

Individueel wordt er een labomap bijgehouden zodat de labomap ten allen tijde gecontroleerd kan worden! Deze labomap is niets anders dan een degelijk bijgehouden werkboek waarin, naast het logboek en de voorbereidingen, ook de verwerking van de meetresultaten en de besluiten zijn genoteerd. Het spreekt voor zich dat de labomap een zeer belangrijk instrument is dat altijd in orde moet zijn.

Tijdens de metingen worden de meetresultaten in de labomap genoteerd. Wanneer er grafieken moeten gemaakt worden, is het aan te raden om tijdens de metingen zelf reeds een klad van deze grafieken te tekenen (dit om vroegtijdig eventuele fouten te kunnen detecteren). Je kan de grafieken thuis uitwerken via, bijvoorbeeld, excel.

Bij bijna alle laboproeven wordt er gevraagd naar allerhande verklaringen en besluiten. Het is de bedoeling dat men de voorbereidingen, de meetresultaten en de betreffende theorie nog eens grondig doornemt om tot zinvolle en kritische verklaringen en besluiten te kunnen komen.

De begeleidende docent zal op geregelde tijdstippen de labomappen opvragen. Maak dus dat je steeds in orde bent. Zorg er ook voor dat het voorblad van elke laboproef degelijk is ingevuld wanneer je de labomap afgeeft.

Denk eraan dat de aanwezigheid op elke labosessie **verplicht** is. Elke afwezigheid moet gewettigd worden door een geldig attest. Vergeet niet om deze attesteren voor te leggen aan de begeleidende docent.

Om reden van veiligheid hebben de studenten alleen toegang tot het labo tijdens hun labozitting en onder begeleiding van een docent.

Alles kan stuk gaan, een meettoestel dus ook. Aarzel niet om de docent op de hoogte te brengen indien dit het geval is.

Er zijn speciale ruimtes voorzien om iets te eten of te drinken. Dit doen we dus **niet** in het labo.

Om beschadigingen aan de tafelbladen te voorkomen plaatsen we de boekentassen op de grond. Indien aanwezig hang je jas aan de voorziene kapstok.

Het vroegtijdig verlaten van het labo wordt niet toegestaan, behalve wanneer de student een schriftelijke toestemming van de directie kan voorleggen.

Bij het beëindigen van een labozitting wordt er altijd voldoende tijd voorzien om de apparatuur netjes in de kasten op te bergen. Er wordt gevraagd om alles op zijn oorspronkelijke plaats terug te zetten en om eventuele tekorten of abnormaliteiten onmiddellijk aan de docent te melden. Laat ons samen proberen om het labo in een nette en ordentelijke staat achter te laten. **Pas na een controle van de docent kunnen na diens toestemming de studenten het lokaal verlaten.**

Denk eraan: goede afspraken maken goede vrienden...

Veel succes met je laboproeven!

1.1.2 Tips voorbereiding en verslag

1.1.2.1 Voorbereiding

Om een goed labo te doorlopen is een goede voorbereiding van essentieel belang! Om vlot en efficiënt te kunnen werken wordt er verwacht dat **beide** studenten elke labosessie persoonlijk voorbereid hebben door de laboproef en de theorie rond deze laboproef te bestuderen en de vragen uit de voorbereiding te beantwoorden. Deze **individuele** voorbereiding (dus 1 exemplaar per student) kan te allen tijde gecontroleerd worden door de docent. Hierbij kan je ook ondervraagd worden over de betreffende proef. Je antwoorden en de voorbereiding tellen mee in de quitering van deze sessie. **De toegang tot het labo kan geweigerd worden indien je niet beschikt over je labovoorbereiding, de score voor het labo bedraagt dan 0/20.**

1.1.2.2 Verslag

Denk goed na over de bedoeling van de proef en toets je theoretische kennis aan de praktijk

- Volg steeds de aangegeven meetprocedure.
- Ga na of de meetresultaten zinvol zijn en overeenkomen met de voorbereiding.
- Spoor de oorzaken van de afwijkingen op en herhaal desnoods de metingen.

Formuleer je bedenkingen (= antwoorden op vragen, besluiten) zo duidelijk, dat zelfs een buitenstaander die niet over de opgavenbladen beschikt toch in staat zou zijn om de volledige proef te volgen en te begrijpen waarover het gaat.

Teken altijd **het schema** van de betreffende opstelling en vergeet niet de plaatsing van de meettoestellen aan te geven. Vermeld hierbij ook altijd het ingestelde bereik van de gebruikte meettoestellen.

Laat steeds opnieuw zien hoe je tewerk gaat bij het **maken van berekeningen**:

- Schrijf de toegepaste formule neer (in symbolen)
- Vul de betreffende waarden in (met eenheden)
- Werk uit
- Geef de uitkomst met eenheid

Noteer de gemeten- en berekende waarden altijd op een **technische** manier. (*vb. niet 0,005 A of $5 \cdot 10^{-3}$ A maar wel: 5 mA*)

Specificeer ook of het gaat om een zuivere gelijkspanning of -stroom, een gemiddelde waarde, een amplitude (topwaarde) of een effectieve waarde.

Vaak wordt gevraagd om metingen te doen bij vooraf in te stellen waarden. Indien deze waarde enkel een richtwaarde is, kan je om tijd te winnen en toch nauwkeurig blijven te werken naar besluiten toe, een extra kolom bijvoegen en opsplitsen in "streefwaarde" en "ingestelde waarde".

Voorbeeld	Streefwaarde	Ingestelde waarde	Meting stroom
	0 V	0,00 V	
	3 V	2,98 V	
	6 V	6,01 V	
	9 V	8,97 V	

Grafieken zijn een belangrijk element in een verslag; zij dienen met de nodige zorg en nauwkeurigheid afgewerkt te worden.

Een grafiek omvat steeds **minimaal** volgende elementen:

- Titel (eventueel subtitel) in woorden en/of formulevorm

- Legende (indien meerdere curves).
- Assenstelsel (met nulpunt).
- Assen met schaalverdeling, vermelding van grootheden en eenheden.
- Meetpunten.
- Best passende curve. (Accentueer enkel de meetpunten, verbind deze niet zomaar).

Teken de grafieken zo groot mogelijk. Gebruik mm-papier wanneer je niet met de pc werkt.

[!]TIP → Als je grafieken in een spreadsheet maakt (vb. Excel) zijn volgende functies vaak nuttig voor een correcte en vlot leesbare grafiek : grafiektype “spreiding”, eventueel invoegen van een “secundaire as”, invoegen van een “trendlijn”....

Voor oscilloscoopbeelden maak je best gebruik van de scherm-afbeeldingen in de labocursus. De koppelwijze (AC of DC) , de tijdbasis en gevoeligheid van de scoop moet steeds vermeld worden. Duid ook het nul-niveau (GND) aan.

1.2 Basismeetapparatuur

Tijdens het practicum elektronische netwerken zullen we voortdurend gebruik maken van diverse meettoestellen. De basismeetset (foto 1.2) bestaat uit een laboratoriumvoeding, één of meerdere multimeters, een functiegenerator en een oscilloscoop. In dit eerste hoofdstuk wordt het gebruik en de bediening van deze toestellen nog eens onder de loep genomen. Om het uitvoeren van de proeven tot een goed einde te brengen is het beheersen van een verantwoord gebruik van de meettoestellen onontbeerlijk. Hoe gaan we te werk?

- De syllabus bevat een basishandleiding van de gebruikte toestellen. Er wordt van u als student verwacht dat je deze handleiding grondig doorneemt. Voor studenten die zich verder willen verdiepen in één of ander meettoestel zijn de volledige handleidingen ter beschikking.
- Tijdens de eerste laboproef wordt er grondig ingegaan op het praktisch gebruik van de voeding, de multimeter, de generator en de oscilloscoop.

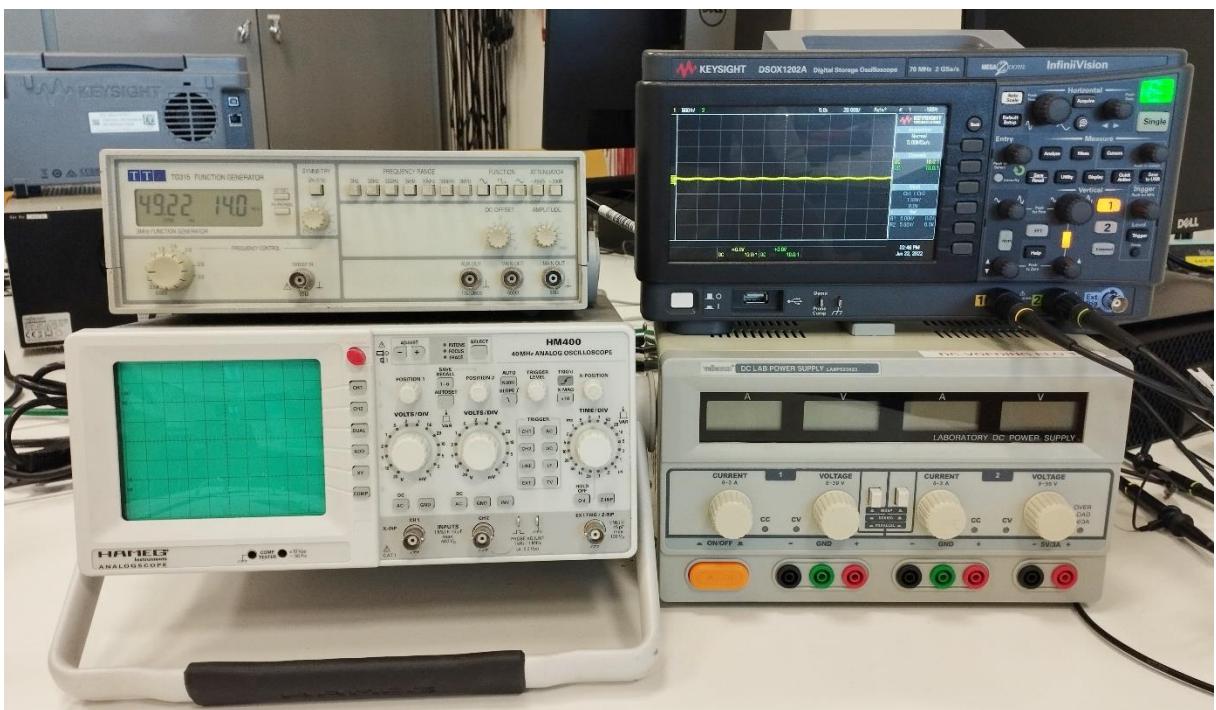


Foto 1.2: basismeetset

1.2.1 Digitale multimeter

De multimeter wordt gebruikt om heel wat elektrische grootheden te meten. Tot de mogelijkheden behoren meestal het meten van gelijkspanning, wisselspanning, gelijkstroom, wisselstroom, weerstand, capaciteit, frequentie, diodetest, stroomversterkingsfactor van bipolaire transistoren, geleidingsstest Bij de goedkopere types moet de gebruiker zelf het juiste meetbereik kiezen, terwijl auto ranging bij de duurdere uitvoeringen gebruikelijk is. Bij deze laatste kiest het meettoestel automatisch het meest geschikte meetbereik.

1.2.1.1 Amprobe 34XR-A



Foto 1.3: Amprobe 34XR-A

1.2.1.1.1 Meten van spanning

- Verbind het rode testsnoer met de V/Ω-ingang en het zwarte met de COM-ingang.
- De V-meter wordt in parallel geplaatst met de verbruiker.

- Kies het juiste spanningsbereik met de draaischakelaar $V=$ voor gelijkspanning en $V\sim$ voor wisselspanning.
- Als de grootte van de te meten spanning niet gekend is, begin dan op het hoogste bereik en kies daarna een lager bereik tot de aflezing goed is.
- Wanneer een “-“ op het display verschijnt, is de polariteit omgekeerd. De rode klem is dan negatief t.o.v. de zwarte klem.

1.2.1.1.2 Meten van stroom

- Voor een stroommeting wordt het meettoestel in serie geplaatst met de verbruiker.
- Verbind het rode meetsnoer met de mA-ingang voor metingen tot 200 mA. Voor metingen boven 200 mA dient het testsnoer met de 20 A-ingang verbonden te worden. Het zwarte snoer wordt met de COM-ingang verbonden.
- Afhankelijk of er gelijkstroom of wisselstroom gemeten wordt, wordt er respectievelijk gekozen voor $A=$ of $A\sim$. Ook hier wordt veiligheidshalve best gestart met het grootste bereik.

ATTENTIE

Bij het meten van stromen is de inwendige weerstand van de A-meter zeer laag. Ga dus nooit spanningen meten met de meetkabels in de mA of A-ingang, want op die manier ontstaat er kortsluiting!

1.2.1.1.3 Meten van weerstand

- Verbind het rode meetsnoer met de V/Ω -ingang en het zwarte met de COM.
- Kies het juiste meetbereik met de draaischakelaar (Ω -sector).
- Indien de weerstand groter is dan het meetbereik, zal het display “OL” of “1” aangeven. Schakel in dat geval over op een groter meetbereik.

1.2.1.1.4 Geleidingstest

Bij deze test wordt een zoemgeluid geproduceerd bij een laag-ohmige verbinding. Deze functie is bijzonder handig bij het controleren van kabels, printbanen enz.

- Zet de draaischakelaar op diode.
- Gebruik het toestel op dezelfde manier als een ohmmeter.
- Het toestel zoemt als een verbinding wordt gemeten.

1.2.1.1.5 Diodetest

- Verbind het rode snoer met de V/Ω-ingang en het zwarte met de COM.
- Zet de schakelaar op de diodefunctie.
- Verbind de rode meetpen met de anode en de zwarte met de kathode van de te testen diode. De uitlezing toont nu de drempelspanning in doorlaatrichting (ongeveer 0,7 V).
- In sperrichting geeft de meter “OL” of “1” aan.

INTERPRETATIE

- Wanneer in beide richtingen “OL” of “1” aangegeven wordt, dan heeft de diode een onderbreking.
- Toont de uitlezing in beide richtingen “OOO”, dan heeft de diode een kortsluiting.

1.2.1.1.6 H_{FE} -meting

In deze stand wordt de stroomversterkingsfactor H_{FE} (β) van een bipolaire transistor gemeten.

- Plaats de keuzeschakelaar in de stand NPN of PNP afhankelijk van het type te testen transistor.
- Plaats de transistor in de EBCE-klemmen. Let daarbij op een juiste aansluiting!
- Lees de H_{FE} -waarde af op het display.

1.2.2 DC laboratoriumvoeding

Een laboratoriumvoeding wordt gebruikt om elektronische circuits van gelijkspanning te voorzien. Het is een gestabiliseerde voeding zodat de uitgangsspanning quasi onafhankelijk is van de aangesloten belasting. Naast het precies instellen van de gelijkspanning kan de maximale leverbare stroom ook ingesteld worden. Dit laatste is belangrijk i.v.m. de beveiliging van onze te onderzoeken schakelingen. Naast twee regelbare spanningen is er dikwijls nog een vaste 5 V-uitgang aanwezig.

1.2.2.1 AFX9660SB



Foto 1.4: laboratoriumvoeding AFX9660SB

De AFX9660SB herbergt twee regelbare voedingen en één vaste 5 V voeding. Beide regelbare voedingen kunnen zowel in “constant voltage” (CV) als “constant current” (CC) mode gebruikt worden. De twee uitgangen kunnen ook in serie of parallel geschakeld worden om respectievelijk een groter spanning- of stroombereik te bekomen. De maximum uitgangsspanning in serie bedraagt 60 V en de maximum stroom in parallel is 6 A. De vaste 5 V-voeding kan een maximale stroom van 3 A leveren.

1.2.2.1.1 Onafhankelijk gebruik van de twee regelbare voedingen

- Maak dat de twee drukknoppen niet ingedrukt zijn.
- De voeding wordt normaal gebruikt in CV-mode (constant voltage). Hierbij wordt de spanning geregeld met de VOLTAGE-knoppen en brandt de CV-led.
- Een andere mogelijkheid is de CC-mode (constant current). In deze mode wordt de stroom gelimiteerd en constant gehouden op de met “CURRENT” ingestelde waarde. De CC-led licht dan op.
- Meestal gebruiken we de CV-mode, maar om veiligheidsredenen gaan we de maximale stroom beperken met de CC-potentiometer.

1.2.2.1.2 Instellen van de maximale stroom in de CV-mode

- Stel de voeding in op een paar volt met de VOLTAGE-knop.
- Stel de CURRENT-potentiometer in op de minimale waarde van de stroom (volledig linksom).
- Sluit de uitgang van de voeding kort.
- Regel de CURRENT-potentiometer totdat de gewenste maximale stroom bereikt is.
- Kortsluiting verbreken.

1.2.2.1.3 De twee regelbare voedingen in serie

- Druk de linker drukknop in en laat de rechter drukknop uit.
- Verdraai de master-potentiometer en je stelt vast dat de slave-voeding automatisch volgt (tracking). Men kan nu spanningen van maximaal 60 V bereiken. **Hou er rekening mee dat 60 V bij aanraking reeds gevaarlijk kan zijn!** Normaal gezien moet de negatieve klem van de “master” via een kabel verbonden worden met de positieve klem van de “slave”. Bij een kleine belastingsstroom is dit echter niet nodig, daar deze punten reeds inwendig verbonden worden door de serieschakelaar. De stroombegrenzing van beide voedingen blijft onafhankelijk van elkaar in te stellen.

1.2.2.1.4 De twee regelbare voedingen in parallel

- Druk beide drukknoppen in.
- De uitgangsspanning wordt geregeld met de MASTER-draaipotentiometer.
- De uitgangsspanning is op beide uitgangen dezelfde.
- De CC-led van de SLAVE licht op.
- In de parallelmode kunnen stromen tot 6 A geleverd worden.

1.2.3 Functiegenerator

Om elektronische schakelingen te testen hebben we nood aan diverse soorten ingangssignalen. Naast gelijkspanningen maken we regelmatig gebruik van sinus-, blokgolf- en driehoeksignalen over een groot frequentie- en amplitudebereik. Het toestel dat deze signalen of een combinatie ervan kan genereren, noemt men een functiegenerator.

Je zal in de loop van dit semester alle functies leren bedienen. Afhankelijk van waar het labo doorgaat, kan je met de volgende toestellen leren werken. De handleidingen zijn beschikbaar op Toledo.

- **GW Insteek AFG-2112 Arbitrary Function Generator** (in het labo Uitvoeringstechnieken **B307**)



Foto 1.5: GW Insteek AFG-2112 Arbitrary Function Generator

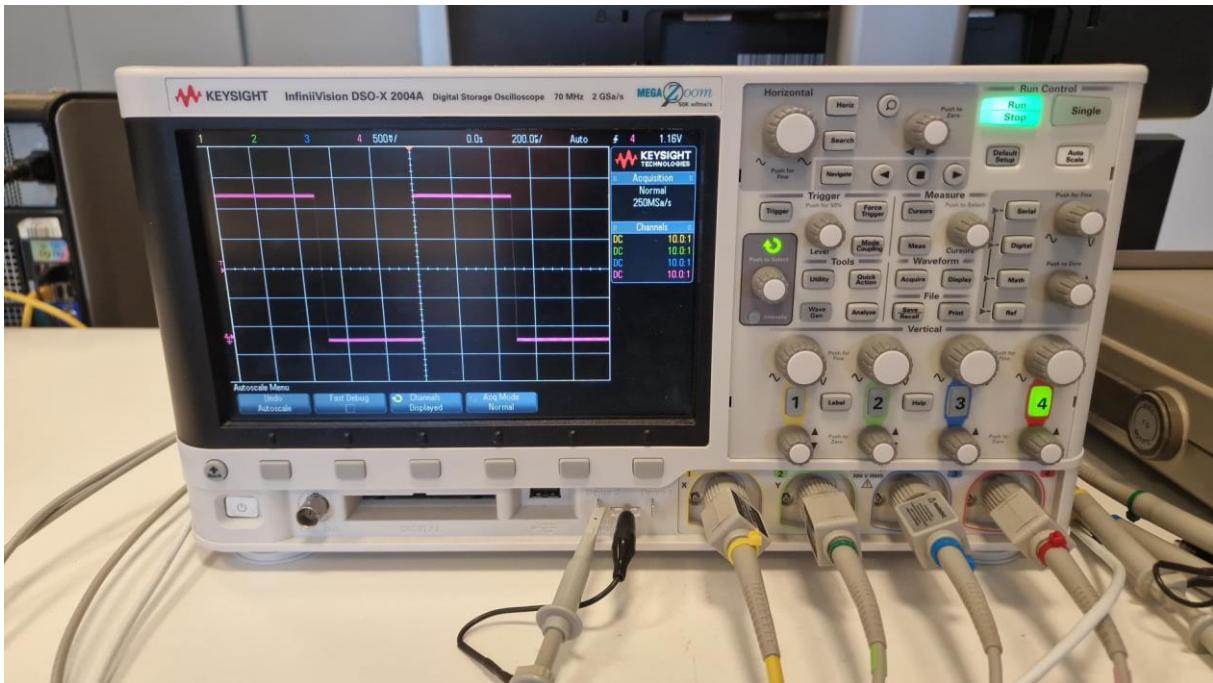
- **TTI TG315 Function Generator** (in het labo Elektronica **B310**)



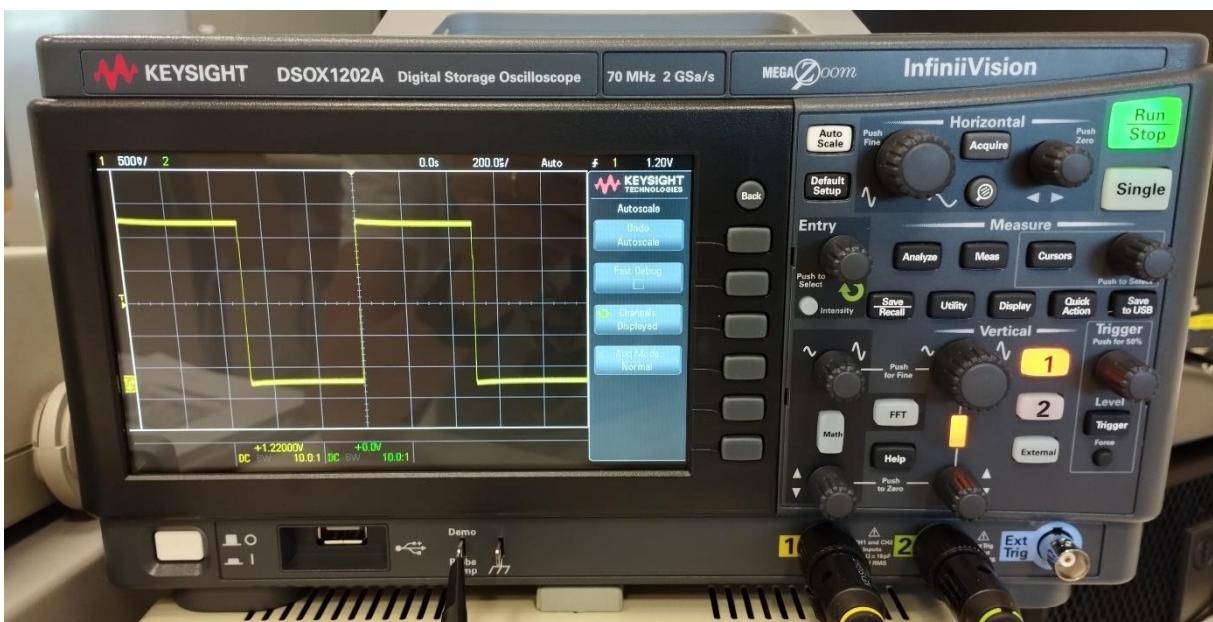
1.2.4 Oscilloscoop

De oscilloscoop is ongetwijfeld het meest veelzijdige meettoestel in het elektronicalab. Vooral het feit dat men de elektrische “trillingen” kan “zien”, maakt het gebruik bijzonder interessant. Voor het practicum elektronica maken we gebruik van een dubbelkanaal oscilloscoop. Je zal in de loop van dit semester alle functies leren bedienen. Afhankelijk van waar het labo doorgaat, kan je met de volgende toestellen leren werken. De handleidingen zijn beschikbaar op Toledo.

- Keysight DSO-X-2004A (in het labo Telecommunicatietechnieken B306)



- Keysight DSOX1202A (in het labo Elektronica B310)



2. Labopakket 2: Weerstanden

2.1 Theoretische achtergrond

Deze proef handelt over de eigenschappen van een vaste weerstand. We onderscheiden in deze proef twee soorten vaste weerstanden, namelijk de temperatuurgevoelige weerstand en de niet-temperatuurgevoelige weerstand.

2.2 Vereiste voorkennis

Om deze proef uit te voeren, de meetresultaten te verwerken en de gestelde vragen te beantwoorden is de volgende voorkennis vereist:

- Kleurencode en kengetallen weerstand, correct schakelen van meettoestellen.
- Wet van ohm, formules vermogen, formules temperatuursinvloed bij weerstanden
- Opgedane kennis uit vorig labo (de opstelling van een tweedimensionale grafiek, de instelling en aflezing van een analoog- en een digitaal meettoestel...). Neem de handleiding van het meettoestel door zodat je de werking begrijpt.

2.3 Doel van de proef

Verdere ervaring opdoen bij het gebruik van meettoestellen en opbouwen van eenvoudige schakelingen. Meer inzicht krijgen in de in de hierboven vermelde formules en theoretische principes. Meetresultaten correct verwerken in grafieken. Kleurcode en kengetallen weerstanden leren kennen.

2.4 Materiaal

- Proefbord en snoeren.
- Analoge multimeter.
- Digitale multimeter.
- DC voeding (als spanningsbron).

2.5 Voorbereiding

Lees aandachtig deel 2.6 en vul de vragen van deel 2.7 in.



2.6 Inleiding weerstanden

Een weerstand wordt meestal gedefinieerd door zijn weerstandswaarde [Ω], eventueel aangevuld met een tolerantie [%] en een maximum vermogen [W]. In plaats van een maximum vermogen kan ook een maximum stroom [A] vermeld worden.

Maximaal toelaatbaar vermogen

Als gevolg van het feit dat er stroom vloeit door de weerstand, stijgt de temperatuur in de weerstand. De temperatuur mag hierbij niet te hoog worden. Het vermogen (P) dat gedissipeerd wordt in een weerstand wordt berekend als $P = U \cdot I$, met U de spanning over de weerstand en I de stroom door de weerstand. Gebruik makend van de wet van Ohm ($U = R \cdot I$), kan het vermogen ook berekend worden als $P = R \cdot I^2$.

Een voorbeeld: Een weerstand van 1000Ω heeft een maximaal toelaatbaar vermogen van 250 mW .

De maximale stroom die door deze weerstand kan vloeien is dus: $I_{max} = \sqrt{\frac{P_{max}}{R}} = \sqrt{\frac{0,250 \text{ W}}{1000 \Omega}} = 15,811 \text{ mA}$

Tolerantie

De toelaatbare afwijking die er bestaat op de vermelde nominale weerstandswaarde.

Een voorbeeld: een tolerantie van 5% op een weerstand van $1 \text{ k}\Omega$, wil zeggen dat de werkelijke waarde van deze weerstand maximaal 5% kleiner of 5% groter is dan de nominale waarde van $1 \text{ k}\Omega$. De werkelijke waarde ligt dus gegarandeerd tussen 950Ω en 1050Ω .

Nominale weerstandswaarde

De nominale weerstandswaarde wordt bij elektronische weerstanden vaak aangegeven door een kleurcode op de weerstand (linkse figuur), voor "vermogenweerstanden" wordt de waarde van de weerstand op de weerstand zelf vermeld (rechtse figuur). Ook voor SMD weerstanden met kleine afmetingen is een aangepaste codering voorzien.



De E12 reeks

Weerstanden worden meestal gekozen uit een standaard reeks van waarden, bijvoorbeeld de veelgebruikte E12-reeks. Die bevat weerstanden van 10, 12, 15, 18, 22, 27, 33, 39, 47, 56, 68 en 82 ohm als basiswaarde. Ook de basiswaarden vermenigvuldigd met 1, 10, 100, .. zijn beschikbaar.

Bij de keuze van weerstanden ben je dus beperkt tot de in de handel beschikbare groottes.

Hierna zijn de E12-reeks samen met andere reeksen weergegeven.

E6 (20%)	E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E192 (0.5%, 0.25%, 0.1%)	E6 (20%)	E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E192 (0.5%, 0.25%, 0.1%)	E6 (20%)	E12 (10%)	E24 (5%)	E48 (2%)	E96 (1%)	E192 (0.5%, 0.25%, 0.1%)
				100	100 101 102 104 105 106 107 109				215 215 221 223		464 464 475 481				464 470 475 481		
			100	100	100 102 104 105 106 107 109			220	226 226 232 234		470 470				487 493 499 505		
		100		100	110 111 113 114 115 117 118 120			220	237 237 243 246 249 249 255 258				511 511 523 530			511 517 523 530	
100				110	110 111 113 114 115 117 118 120			220	240 240 243 246 249 249 255 258				536 536 542 549			536 542 549 556	
				110	121 123 124 126 127 129 130 132			220	261 261 267 271		470			562 562			562 569 576 583
				120	121 123 124 126 127 129 130 132			220	270 270 274 274 280				560 560			560 576 583	
				120	133 135 137 138 140 142 143 145			220	287 287 294 294 301 301 309 312				590 590			590 597 604 612	
				130	133 135 137 138 140 142 143 145			220	300 300 301 301 309 309 312				604 604			604 612	
				130	147 149 150 152 154 156 158 160			220	316 316 324 328				619 619			619 626 634	
				150	147 149 150 152 154 156 158 160			220	330 330 332 332				620 620			620 634	
				150	162 164 165 167 169 169 172 174			220	330 330 348 348 357 357				649 649			649 657	
				150	162 164 165 167 169 169 172 174			220	330 330 360 360 365 365				649 649			649 657	
				150	178 180 182 184 187 187 189 191			220	330 330 390 390 402 402				680 680			680 698	
				150	178 180 182 184 187 187 189 191			220	330 330 390 390 402 402				715 715			715 723	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				750 750			750 759	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				750 750			750 759	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				787 787			787 796	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				806 806			806 816	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				820 820			820 825	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				820 820			820 825	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				866 866			866 876	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				887 887			887 898	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				909 909			909 920	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				909 909			909 920	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				910 910			910 931	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				910 910			910 931	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				953 953			953 965	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				953 953			953 976	
				150	196 198 200 203 205 208 210 213			220	390 390 430 430 442 442				976 976			976 988	

Codering

Bij **cijfercodering** past men bijvoorbeeld volgende schrijfwijze toe:

10 E	= 10Ω	5k6	= $5,6 \text{ k}\Omega$
8E2	= $8,2 \Omega$	10 M	= $10 \text{ M}\Omega$
1 k	= $1 \text{ k}\Omega$	2M2	= $2,2 \text{ M}\Omega$

Bij **kleurcodering** zal men de weerstandswaarde aangeven door gekleurde ringen. Elke kleur stemt overeen met een bepaalde getalwaarde.

<i>kleur</i>	<i>Getal</i>
Zwart	0
Bruin	1
Rood	2
Oranje	3
Geel	4
Groen	5
Blauw	6
Violet	7
Grijs	8
Wit	9

TIP: Je kan de beginletters eenvoudig onthouden via de zin: **Zij Bracht Rozen Op Gerrits Graf Bij Vies Grijs Weer.**

Men zal bijvoorbeeld 3 kleurringen weergeven: 2 voor het aangeven van de grootte, 1 voor de vermenigvuldigingsfactor en 1 voor de tolerantie.

Kleur	1 ^e ring Grootte	2 ^e ring Grootte	3 ^e ring Vermenigvuldigingsfactor	tolerantie
Zwart		0	10 ⁰	
Bruin	1	1	10 ¹	1%
Rood	2	2	10 ²	2%
Oranje	3	3	10 ³	
Geel	4	4	10 ⁴	
Groen	5	5	10 ⁵	0,5%
Blauw	6	6	10 ⁶	0,25%
Violet (paars)	7	7	10 ⁷	0,1%
Grijs	8	8	10 ⁸	0,05%
Wit	9	9	10 ⁹	
Zilver			0,01	10%
Goud			0,1	5%
			Geen	20%

Praktisch:

- Beginnen lezen vanaf de kleur het dichtst bij de rand v.d. weerstand.
- Zilver en goud worden **NOOIT** gebruikt als waardecijfer. Begin in voorkomend geval steeds te lezen vanaf de andere zijde.
- Er bestaan ook weerstanden met een extra 4^e kleurring voor de grootte, het systeem blijft gelijkaardig. De drie eerste ringen geven een getalwaarde, de vierde ring geeft de vermenigvuldigingsfactor.
- Bij twijfel tussen het lezen vanaf links naar rechts of vice versa kan je beide waarden vergelijken met de bestaande standaardreeksen (E12, E24, ...). De waarde die niet voorkomt kan je zeker schrappen!

Een voorbeeld:



Een weerstand heeft als kleurcode geel-violet-rood-goud. De nominale weerstandwaarde bepaal je dan als volgt:

- geel = 4
- violet = 7
- rood = $\times 10^2$ (2 nullen)

De nominale weerstandswaarde is dan 4700Ω of dus $4,7 \text{ k}\Omega$. De vierde ring is goud, wat overeenkomt met een tolerantie van 5%.

SMD weerstanden zal men gewoonlijk coderen met een numeriek equivalent van de kleurencode. De eerste twee (of drie) cijfers geven de basiswaarde weer, het derde (of vierde) cijfer geeft een vermenigvuldigingsfactor met een macht van 10 weer.

Weerstanden kleiner dan 10Ω hebben een "R" om de positie van de komma weer te geven.
Enkele voorbeelden:

met drie cijfers

330 is 33 ohm - *niet* 330 ohm

221 is 220 ohm

683 is 68000 ohm, of $68 \text{ k}\Omega$

105 is 1000000 ohm, of $1 \text{ M}\Omega$

8R2 is $8,2 \Omega$

met vier cijfers

1000 is 100 ohm - *niet* 1000 ohm

4992 is 49900 ohm, of $49,9 \text{ k}\Omega$

1623 is 162000 ohm, of $162 \text{ k}\Omega$

0R56 of R56 is $0,56 \Omega$

223
 $= 22 \times 10^3$
 $= 22,000 \text{ Ohm}$
 $= 22 \text{ KOhm}$

Three-Digit Resistor

8202
 $= 820 \times 10^2 \text{ Ohm}$
 $= 82,000 \text{ Ohm}$
 $= 82 \text{ KOhm}$

Four-Digit Resistor

4R7
 $= 4.7 \text{ Ohm}$

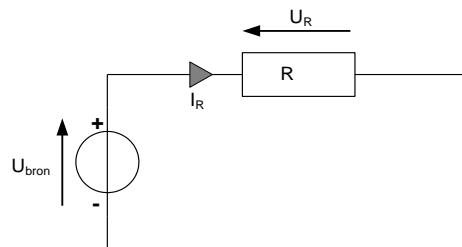
Resistor With Radix Point

0R22
 $= 0.22 \text{ Ohm}$

Resistor With Radix Point

Indien de code bestaat uit **3 cijfers** heeft de weerstand een tolerantie van **5%**.
Bestaat de code uit **4 cijfers** heeft de weerstand een tolerantie van **1%**.

Wij gebruiken onderstaande schakeling nu als uitgangspunt om het **meten** van weerstand, spanning en stroom te illustreren.

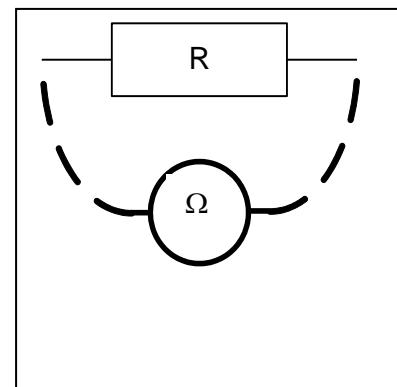


Meten van weerstanden

Je kan de grootte van de weerstand meten, of enkel meten of er geleiding is ("beptest").

Gezien je moet vermijden onvrijwillig andere delen uit de schakeling mee te meten maak je de uit te meten component best los van de rest van de schakeling.

[!] opgelet : weerstandsmetingen gebeuren steeds spanningsloos !



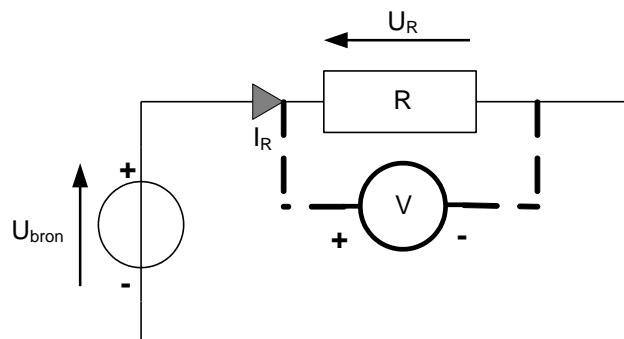
Meten van spanningen

De voltmeter wordt **parallel** geschakeld.

Bemerk dat je aan de oorspronkelijke schakeling niets hoeft te wijzigen, de voltmeter kan ten allen tijde eenvoudig over de te meten spanning geplaatst worden en weer weggehaald worden.

Indien de voltmeter een zeer hoge inwendige weerstand heeft, beïnvloedt de voltmeter de schakeling weinig.

Voor een positieve aflezing moet de "COM" klem van de voltmeter langs de zijde van de laagste potentiaal staan (-bron).



Meten van stromen

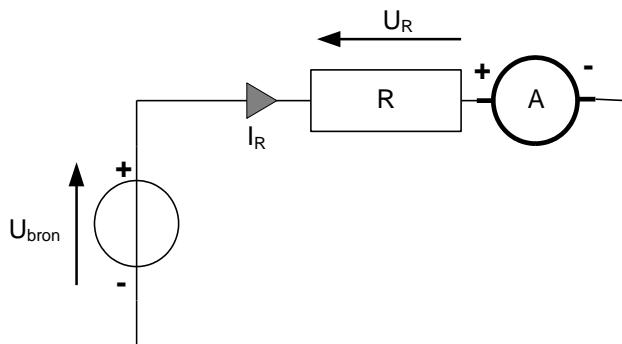
De ampèremeter wordt in serie geschakeld.

Bemerk dat je de oorspronkelijke schakeling moet openen om de ampèremeter in de kring te kunnen opnemen, en dat je de kring daarna natuurlijk weer sluit om stroomdoorgang toe te laten.

Ook om de ampèremeter te verwijderen moet je de kring openen.

Indien de ampèremeter een zeer kleine inwendige weerstand heeft, beïnvloedt de ampèremeter de schakeling weinig.

Voor een positieve uitwijking moet de stroom de A-meter binnenvloeien langs de + klem.



2.7 Voorbereiding

Bereken de maximaal toegelaten stroom en spanning bij volgende weerstanden als voor het maximum vermogen van elke weerstand 1 watt wordt opgegeven.

- a) $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
- b) $R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega$

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega / 1 \text{ W}$	
I_{\max}	U_{\max}

$R_2 = 2,2 \text{ k}\Omega / 1 \text{ W}$	
I_{\max}	U_{\max}

Hoe groot is de maximum spanning indien de weerstanden R1 en R2 respectievelijk in serie- of parallel geplaatst worden? Motiveer je antwoord met de nodige berekeningen.

$U_{\max \text{ serie}} = \dots$ $U_{\max \text{ parallel}} = \dots$

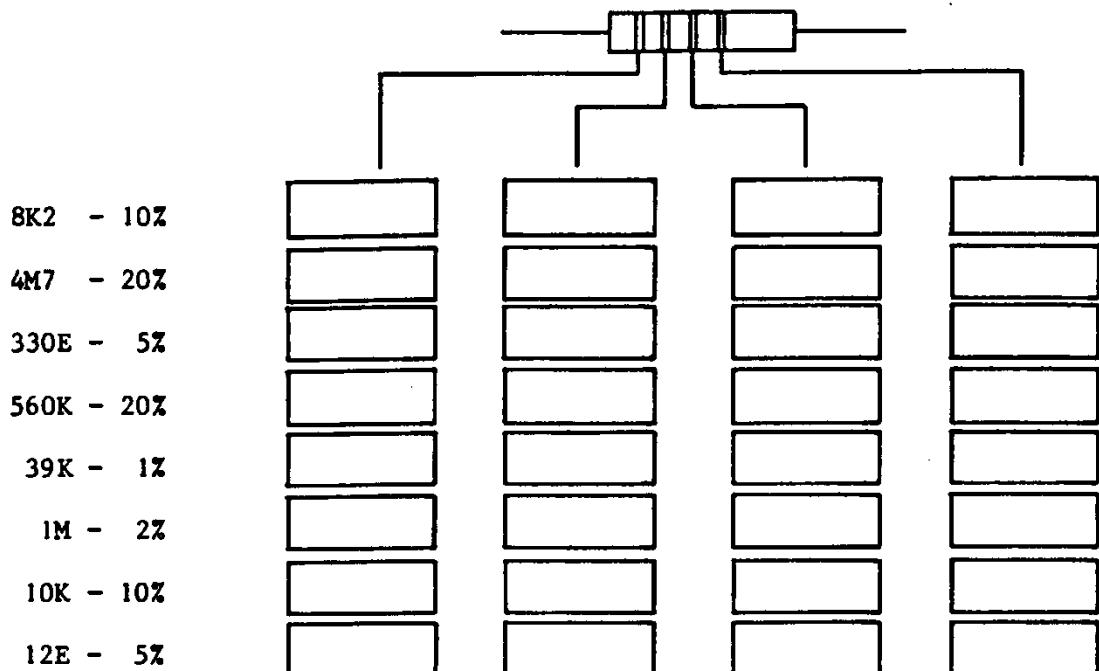
Opdracht - kleurcode van weerstanden

- Hieronder staan de kleurcodes van 10 weerstanden. Geef in onderstaande tabel de nominale waarde en de tolerantie van de weerstandswaarden.
- Weerstand 1: grijs – rood – rood – zilver
 - Weerstand 2: groen – blauw – oranje – goud
 - Weerstand 3: bruin – zwart – geel – rood
 - Weerstand 4: rood – rood – rood - goud
 - Weerstand 5: groen – blauw – bruin – goud
 - Weerstand 6: geel – paars – bruin - goud
 - Weerstand 7: bruin – zwart – groen – bruin - bruin
 - Weerstand 8: oranje – wit – groen – zilver
 - Weerstand 9: blauw – grijs – zwart – zilver
 - Weerstand 10: groen – wit – zwart – oranje – bruin

Weerstand nummer	Nominale waarde	Tolerantie in %
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		

Opdracht - kleurcode van weerstanden.

- Noteer in de open vakken de bijhorende kleurcode voor de gegeven weerstandswaarden.



Herhalingsvragen

1. Een ohmmeting

- a) gebeurt bij voorkeur op een spanningsloze component
- b) gebeurt met de component in de schakeling ingebouwd
- c) gebeurt met de uit te meten component afgezonderd
- d) noemt men ook beoptest

2. Een voltmeter plaats je

- a) in serie voor de te meten spanning
- b) in serie na de te meten spanning
- c) parallel boven de te meten spanning
- d) parallel onder de te meten spanning

3. Een ampèremeter plaats je

- a) in serie voor de te meten stroom
- b) in serie na de te meten stroom
- c) parallel boven de te meten stroom
- d) parallel onder de te meten stroom

4.Voor welk meettoestel hoef je in een bestaande schakeling geen verbindingen los te maken

- a) voltmeter
- b) ampèremeter
- c) ohmmeter
- d) oscilloscoop

5.Een weerstand met kleurcode bruin zwart rood zilver wil zeggen : weerstandswaarde tussen

- a) $950 \Omega \dots 1050 \Omega$
- b) $900 \Omega \dots 1100 \Omega$
- c) $95 \Omega \dots 105 \Omega$
- d) $90 \Omega \dots 110 \Omega$

2.8 Opdracht - kleurcode en tolerantie van weerstanden en gebruik ohmmeter

➤ Zoek op het componentenbord onderstaande weerstanden; geef de kleurcode, de gemeten waarde en ga tot besluit na of de gemeten waarde binnen de verwachte tolerantiegrenzen is.

Nominale waarde	Kleurcode	Gemeten waarde	Minimaal toegestane waarde	Maximaal toegestane waarde
330Ω				
$1 k\Omega$				
$2,2 k\Omega$				

➤ Besluit :

2.9 Opdracht - meten van spanning

Schakel de DC voeding in .

Zet de stroomknop (“current”) ongeveer 1/3 open.

Draai aan de spanningsknop zodat je ongeveer 12 V afleest op het display.

Meet nu de spanning met de digitale multimeters en met de analoge multimeter (indien beschikbaar).

[!] Opgelet : kies op je meettoestel eerst de juiste spanningssoort “DC” en het juiste meetbereik (net boven 12 V).

Noteer je resultaten en het gebruikte meetbereik:

display voeding:	afgelezen waarde
digitaal meettoestel Amprobe:	gemeten waarde
digitaal meettoestel Uni-T :	gemeten waarde

2.10 Opdracht - meten van stroom

Teken volgende schakeling in 4 stappen, gebruik voor elke stap een andere kleur:

- 1) Over een weerstand van $1\text{ k}\Omega$ staat over spanning van 12 V afkomstig van de spanningsbron.
- 2) Zet een V-meter (Amprobe) in je schakeling die de bronspanning controleert, zet een A-meter (UNI-T of Amprobe) in je schakeling die de stroom door de kring meet.
- 3) Duid de polariteiten (+/-) aan bij alle toestellen, voor een positieve aflezing en correcte uitwijking van de meettoestellen.
- 4) Neem een zekering van 50 mA op in de kring, onmiddellijk na de + klem van de bron.

schema :

Meet met de ohmmeter de waarde van de weerstand en de zekering die je gaat gebruiken.

zekering Ω weerstand Ω

Leg je schema ter controle voor aan de docent.

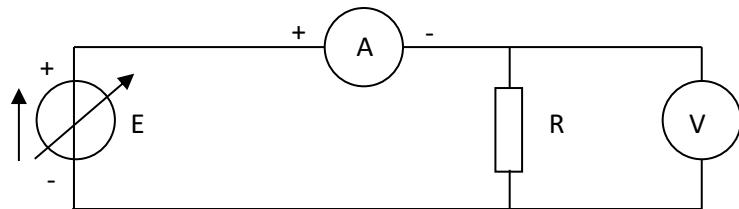
Na goedkeuring voer je het schema uit, en meet je de stroom en de spanning in de schakeling.

spanning V

stroom A meetbereik A

2.11 Opgave – de niet-temperatuurgevoelige weerstand

- Stap 1: Opbouw van de schakeling



Zorg ervoor dat de voeding is uitgeschakeld. Draai de spanning en stroomknop van de voeding volledig in tegenwijzerzin zodat $U = 0 \text{ V}$ en $I = 0 \text{ A}$.

Realiseer de hierboven getekende schakeling.

[TIP] We vertrekken bij de + klem van de voeding naar de ampèremeter, van de ampèremeter naar de weerstand en van de weerstand terug naar de – klem van de bron. Vervolgens plaatsen we de voltmeter parallel over de weerstand.

- Stap 2: Opnemen van de karakteristieken .

Neem de stroomspanning karakteristieken ($I = f(U)$) op van de 2 kleurencodewestanden van $1 \text{ k}\Omega$ en $2,2 \text{ k}\Omega$ en van hun serie- en parallelschakeling gebruik makend van de hiervoor opgestelde schakeling.

Zet de gelijkspanningsbron aan en draai de stroomknop $\frac{1}{4}$ open terwijl de spanning nog steeds op 0 V blijft. Regel nu de voedingsspanning, terwijl wordt afgelezen op de digitale voltmeter, in 5 stappen van 0 V tot 10 V. Lees telkens de stroom door de analoge meter af en vul deze waarde in de linkerhelft van de tabel in. Vermeld ook de passende eenheid bovenaan in de tabel (.).

[TIP] Noteer naast de streefwaarden (tussen de haakjes) van 0 tot 10 V de echt afgelezen spanning. Bij de streefwaarde van 2 V is dit bijvoorbeeld 1,98 V of 2,00 V of 2,04 V.... Voor je besluiten , berekeningen en grafieken is het handig om te weten in hoeverre je afwijkt van de streefwaarden.

Bereken nu uit je meetresultaten het overeenkomstig vermogen en vul dit in de rechterhelft van de tabel in.

U (V)	I (....)				P (....)			
	R ₁	R ₂	R ₁ +R ₂	R ₁ //R ₂	R ₁	R ₂	R ₁ +R ₂	R ₁ //R ₂
0 (.....)								
2 (.....)								
4 (.....)								
6 (.....)								
8 (.....)								
10 (.....)								

- Stap 3: Teken de karakteristieken.

Teken de $I = f(U)$ karakteristieken (*op een eerste blad mm-papier*) en de $P = f(U)$ karakteristieken (*op een tweede blad mm-papier*).

Kies je schalen zodanig dat de grootste waarde telkens overeenstemt met min. $\frac{1}{4}$ van de hoogte, respectievelijke breedte van het blad mm-papier.

Volg verder de richtlijnen uit labopakket 1 nauwkeurig op.

- Stap 4: Besluiten

Trek je besluiten uit de vorm en ligging van de verschillende karakteristieken, en ga na of de meetresultaten overeenstemmen met de theoretisch verwachte resultaten. Motiveer je antwoord.

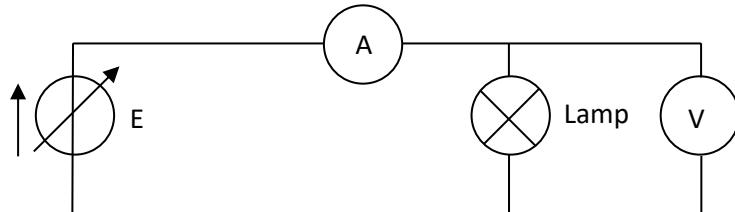
2.12 De temperatuurgevoelige weerstand

- Step 1: Meet de weerstand van koude gloeidraad.

Op het componentenbord vind je twee groene lampjes. (6 V – 50 mA). Meet met een multimeter de weerstand van de gloeidraad van de twee te gebruiken lampjes bij kamertemperatuur.

$$R_{L1} = \dots \Omega \quad R_{L2} = \dots \Omega$$

- Step 2: Opnemen van de karakteristieken



Realiseer bovenstaande schakeling met **uitgeschakelde** voeding. Draai vervolgens, voor het aanschakelen, de voedingsspanning op 0 V.

Neem nu de stroom - spanning karakteristieken ($I=f(U)$) op voor lampje L1, lampje L2, de serieschakeling van L1 en L2 en de parallelschakeling van L1 en L2.

Regel telkens de spanning van 0 tot 6 V (tot 12 V voor serie) in stappen van 1 V. Noteer alle gegevens in tabelvorm.

U (....)	I (....)				
	L ₁	L ₂	L ₁ + L ₂	L ₁ // L ₂	
0 (.....)	
1 (.....)	
2 (.....)	
3 (.....)	
4 (.....)	
5 (.....)	
6 (.....)	
7 (.....)	Niet boven 6V gaan !		Niet boven 6V gaan !	
8 (.....)	Niet boven 6V gaan !		Niet boven 6V gaan !	
9 (.....)	gaan !		gaan !	
10 (.....)				
11 (.....)				
12 (.....)				

Bereken nu alle overeenkomstige waarden van R en P en zet ze in onderstaande tabel. Vermeld ook de passende eenheid.

U (...)	R (....)				P (....)			
	L ₁	L ₂	L ₁ +L ₂	L ₁ /L ₂	L ₁	L ₂	L ₁ +L ₂	L ₁ /L ₂
0								
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								

Noteer hieronder je gebruikte formules:

➤ Step 3: Teken de karakteristieken

Teken nu op de 3 bladen mm-papier de drie assenstelsels voor I = f(U), R = f(U) en P = f(U). Teken nu in elk assenstelsel 4 karakteristieken (L₁, L₂, L₁+L₂, L₁/L₂).

➤ Step 4: Besluiten

Geef je besluiten over de meetresultaten, de berekening, de vorm en de onderlinge ligging van de karakteristieken.

3. Labopakket 3: Serie- en parallelschakelingen van weerstanden

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

3.1 Theoretische achtergrond

In het vorige labo werd het begrip serie- en parallel al gebruikt. Hier wordt specifiek verder ingegaan op de spanningsdeler en de stroomdeler en andere eigenschappen van serie- en parallelschakeling. Tevens wordt een eerste keer gekeken naar het feit dat ook een meettoestel een inwendige weerstand bezit, en naar de gevolgen van deze inwendige weerstand op de rest van de schakeling bij het uitvoeren van metingen.

3.2 Vereiste voorkennis

Eigenschappen serie- en parallelschakeling kennen.

3.3 Doel van de proef

Eigenschappen serie- en parallelschakeling proefondervindelijk vaststellen en toetsen aan de theoretische eigenschappen. De invloed van meettoestellen op een schakeling ervaren, en hieruit passende conclusies trekken wat betreft de vereiste inwendige weerstand en het te kiezen meettoestel.

3.4 Materiaal

- Proefbord en snoeren.
- Analoge multimeter.
- Digitale multimeter.
- DC voeding (als spanningsbron).

3.5 Te raadplegen bronnen

Cursus elektronische netwerken hoofdstuk gelijkstroomtheorie.

3.6 Voorbereiding

Ga na wat de eigenschappen zijn van de serie- en parallelschakeling zijn. Maak van deze  eigenschappen gebruik om de vragen van de invulbladen te beantwoorden.

Voorbereiding Deel A: serieschakeling



Gegeven :

- drie weerstanden $R_1 = 180 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- bronspanning 12 V

Gevraagd :

Indien bovenvermelde componenten een **serieschakeling** vormen, bereken dan de stroom door elke weerstand en de spanning over elke weerstand. Bereken ook de vervangweerstand. Teken een duidelijk schema.

$I_1 =$	$U_1 =$	$R_v =$
$I_2 =$	$U_2 =$	
$I_3 =$	$U_3 =$	

Berekeningen + schema hieronder aub:

Voorbereiding Deel B: parallelschakeling



Gegeven :

- drie weerstanden $R_1 = 180 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$, $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$
- bronspanning 12 V

Gevraagd :

Indien bovenvermelde componenten een **parallelschakeling** vormen, bereken dan de stroom door elke weerstand, de totale stroom (I_{tot}) en de spanning over elke weerstand. Bereken ook de vervangweerstand (R_v). Teken een duidelijk schema.

$I_1 =$	$U_1 =$	$R_v =$
$I_2 =$	$U_2 =$	$I_{\text{tot}} =$
$I_3 =$	$U_3 =$	

Berekeningen + schema hieronder aub:

Voorbereiding Deel C: Spanningsdeler



De vaste bronspanning van 30 V moet verdeeld worden over een weerstand van 2200Ω waarover maximaal 20 V mag staan, en een te bepalen voorschakelweerstand.

Bepaal de meest geschikte voorschakelweerstand "Rvoor" om de spanningsverdeling te realiseren. Bereken dit eerst zuiver theoretisch, en kies daarna de best aansluitende waarde uit de **E12 reeks**. Teken een duidelijk schema.

Rvoor (theo) =	Rvoor (E12) =
----------------	---------------

Berekeningen + schema hieronder aub:

Voorbereiding Deel D: Gemengde schakeling



Teken het bijhorende schema en bereken de vervangweerstand van volgende combinatie :

Een weerstand R_1 van 500Ω en een weerstand R_2 van $1 \text{ k}\Omega$ zijn in serie geschakeld, parallel met de grootste weerstand wordt vervolgens een weerstand R_3 van $1 \text{ k}\Omega$ bijgeschakeld. De stroom die de schakeling binnenvloeit bedraagt 3 A. Bereken de stroom door elke weerstand.

$I_1 =$	$I_2 =$	$I_3 =$
---------	---------	---------

Berekeningen + schema hieronder aub:

3.7 Inwendige weerstand van meettoestellen

Elk meettoestel heeft een inwendige weerstand. Deze kan zeer klein zijn (ordegrootte $m\Omega$) of net zeer groot zijn (ordegrootte $M\Omega$), afhankelijk van het toestel of van het ingestelde meetbereik op eenzelfde toestel. Dit is omdat het meettoestel de schakeling zo weinig mogelijk zou beïnvloeden, en de te meten waarden niet zouden wijzigen door toevoegen van het meettoestel in de schakeling. Je kan in dit kader stellen dat een voltmeter best een zo hoog mogelijke weerstand heeft, en een ampèremeter best een zo laag mogelijke weerstand.

3.8 Opgave serieschakeling

Realiseer volgende serieschakeling :

Bronspanning 12 V, $R_1 = 180 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$, $R_3 = 1 k\Omega$

Een multimeter wordt in de kring opgenomen als A-meter. Een andere multimeter wordt gebruikt als V-meter om de spanning over elke weerstand te meten. Je hoeft hiervoor geen 3 multimeters vast op te nemen in de kring als V-meter, je kan gebruik maken van snoeren met meetpinnen en telkens de V-meter verplaatsen.

- Teken het schema (met A-meter en 3 V-meters):

- Bereken de stroom en de spanning over elke weerstand en vul in in onderstaande tabel. 
- Meet nu ook de spanning over elke weerstand en de stroom door elke weerstand.
- Meet ook of er een spanningsval meetbaar is over de A-meter (U_A).

berekend	gemeten	berekend	gemeten	gemeten
$I =$	$I =$	$U_1 =$	$U_1 =$	$U_A =$
		$U_2 =$	$U_2 =$	
		$U_3 =$	$U_3 =$	

- Stemmen de berekende waarden overeen met de gemeten waarden ? Verklaar eventuele afwijkingen. (TIP : meet alle weerstandswaarden eens na).

- Controleer (bereken) of de som van de spanningen over de weerstanden (A-meter niet meerekenen) gelijk is aan de bronspanning.

- Controleer (bereken) of de som van de spanningen over de weerstanden en A-meter gelijk is aan de bronspanning.

- Besluit i.v.m. vorige twee berekeningen en eigenschappen serieschakeling ?

- Waarom noemt men een serieschakeling in sommige toepassingen een spanningsdeler? Welke weerstand (algemeen) krijgt het grootste stuk van de totale spanning?
-
- Bepaal uit je metingen de inwendige weerstand van de A-meter.
-
- Haal de A-meter uit de kring en meet de inwendige weerstand (op het meetbereik dat je gebruikte) met een digitale multimeter.
-
- Zoek in de handleiding van het toestel de waarde van de inwendige weerstand op en vergelijk met je vorige berekening en meting. (Tip: gebruik “voltage drop en de wet van Ohm”).



- Besluit : - geven de verschillende methodes om de inwendige weerstand te bepalen een gelijkaardig resultaat ? Is de inwendige weerstand groot ?

- Heeft de inwendige weerstand invloed op de meetresultaten, met andere woorden verklaar of je zonder A-meter andere spanningen en stromen in de schakeling zou hebben en druk het verschil procentueel uit ?

- Hoe groot zou de inwendige weerstand voor een ideale ampèremeter moeten zijn ?

3.9 Opgave parallelschakeling

Realiseer volgende parallelschakeling :

Bronspanning 12 V, $R_1 = 180 \Omega$, $R_2 = 330 \Omega$, $R_3 = 1 k\Omega$

Een multimeter wordt in de kring opgenomen als A-meter om de stroom door elke weerstand te meten. We gaan hiervoor geen 3 multimeters gebruiken, om de verschillende stromen te meten zal je de meter moeten verplaatsen voor elke meting.

Een andere multimeter wordt gebruikt als V-meter

- Teken het schema (met V-meter en 3 A-meters) :

- Bereken de stroom en de spanning over elke weerstand, alsook de totaalstroom. Vul  in, in onderstaande tabel.
➤ Meet nu ook de spanning over elke weerstand en de stroom door elke weerstand.
➤ Meet ook of er een stroom is door de V-meter (I_V).

berekend	Gemeten	berekend	gemeten	gemeten
$I_1 =$	$I_1 =$	$U_1 =$	$U_1 =$	$I_V =$
$I_2 =$	$I_2 =$	$U_2 =$	$U_2 =$	
$I_3 =$	$I_3 =$	$U_3 =$	$U_3 =$	
$I =$	$I =$			

- Stemmen de berekende waarden overeen met de gemeten waarden ? Verklaar eventuele afwijkingen.
- Controleer (bereken) of de som van de stromen door de weerstanden gelijk is aan de totale stroom vanuit de bron.
- Besluit i.v.m. vorige berekening en eigenschappen parallelschakeling ?

- Haal de V-meter uit de kring en meet de inwendige weerstand (op het meetbereik dat je gebruikte in voorgaande proef) met een digitale multimeter.
- Zoek in de handleiding op Toledo de waarde van de inwendige weerstand op en vergelijk met je vorige berekening en meting.
- Besluit : - geven de verschillende methodes om de inwendige weerstand te bepalen een gelijkaardig resultaat ? Is de inwendige weerstand groot ?

- Heeft de inwendige weerstand invloed op de meetresultaten, met andere woorden verklaar of je zonder V-meter andere spanningen en stromen in de schakeling zou hebben ?

- Hoe groot zou de inwendige weerstand voor een ideale voltmeter moeten zijn ?

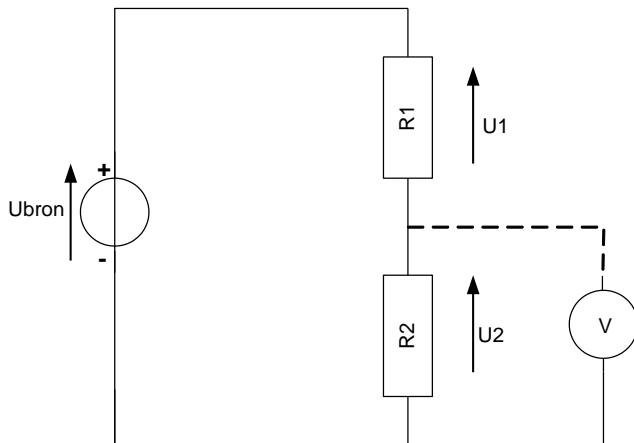
3.10 Invloed inwendige weerstand

In volgende schakeling zijn de waarden zodanig gekozen dat de invloed van de voltmeter op de schakeling (te) groot is.

Bouw de schakeling eerst op zonder voltmeter.

Bij gebruik van een **digitale** voltmeter gebruik je weerstanden van **10 MΩ**.

(Nog niet aansluiten).



- Meet met de multimeter de spanning over de bron, en regel de bron zodat de spanning 3 V bedraagt.
- Welke spanning verwacht je normaal – zonder te meten – over elke weerstand ?

$$U_{R1} = \dots \quad U_{R2} = \dots$$

- Maak de voltmeter los van de bron - houd de voltmeter op het meetbereik van 3 V - meet nu de spanning over R1 en R2.

$$U_{R1} = \dots \quad U_{R2} = \dots$$

- Verklaar (met duidelijke en volledige berekening) waarom de gemeten spanning afwijkt van de te verwachten spanning.
(TIP : zoek de inwendige weerstand van de voltmeter op voor het meetbereik 3 V)

4. Labopakket 4: De condensator

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

4.1 Theoretische achtergrond

Enige elementaire basiskennis over de condensator is opgenomen onder paragraaf 4.3. Het is de bedoeling je deze leerstof als zelfstudiepakket doorneemt. Het kan nuttig zijn de grafieken bij de theoriecursus te voegen om een beter inzicht te krijgen.

4.2 Voorbereiding



Hoe lang duurt het (ont)laadproces in het algemeen?

Theoretisch praktisch

Geef de waarde van het getal e (grondgetal natuurlijk logaritme) =

Hoe lang duurt het (ont)laadproces voor $R = 1 \text{ k}\Omega$ en $C = 100 \mu\text{F}$ praktisch? s

Stel dat je in bovenstaande situatie een ongeladen condensator laat opladen met een bron van 10 V. Hoeveel bedraagt de spanning over de condensator dan na 0,3 seconden?

..... V (drie cijfers na de komma)

Berekening:

Stel dat je in bovenstaande situatie een ongeladen condensator laat opladen met een bron van 10 V. Hoeveel bedraagt de spanning over de condensator dan na 5τ ?

..... V (drie cijfers na de komma)

Berekening:

Twee condensatoren van $100 \mu\text{F}$ staan in serie geschakeld.

Bereken hun vervangwaarde μF .

Drie condensatoren van $100 \mu\text{F}$ staan parallel geschakeld.

Bereken hun vervangwaarde μF .

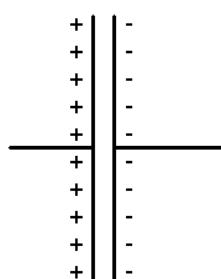
[TIP] Als uitdaging voor de creatievelingen (niet verplicht) : ontwerp een spreadsheet waar je de grootte van R , C , U ingeeft. Op basis hiervan wordt een tabel berekend met U_R , U_C , I in functie van de tijd. Ook de bijhorende grafieken ("laadcurven") worden hierbij gegenereerd.

Zelfde vraag voor het ontladproces.

4.3 De condensator – inleiding

Opbouw:

Een condensator is opgebouwd uit twee geleiders die over een bepaalde oppervlakte parallel gelegen zijn met ertussen een isolerend materiaal. Door het aanleggen van een spanning over deze twee platen worden er negatieve ladingen weggetrokken aan de ene zijde (deze zijde wordt dus positief geladen) en worden er positieve ladingen weggetrokken (of elektronen aangevoerd) aan de andere zijde (deze zijde wordt dus negatief geladen). Een condensator is bijgevolg in staat om een hoeveelheid lading op te slaan.



De grootte van de condensator of zijn capaciteit kan bepaald worden met volgende formule :

$$C = \frac{\epsilon \cdot A}{d}$$

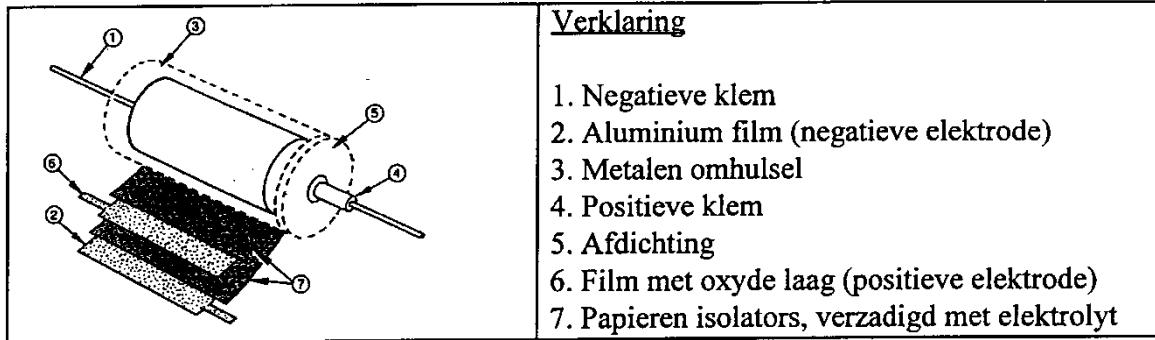
Hierbij is

ϵ : diëlektrische constante van de middenstof [F/m]

A : oppervlakte van de platen [m^2]

d : afstand tussen de platen [m]

De meeste commerciële condensatoren bestaan uit twee metaalfolies die opgerold zijn met ertussen een kunststoffolie om op die manier een zo groot mogelijke oppervlakte te bekomen in een zo klein mogelijk volume.



Eenheid:

De eenheid van capaciteit van een condensator is de **Farad** (of Coulomb per Volt). Aangezien de Farad een grote eenheid is wordt de capaciteit van een condensator dikwijls weergegeven in de grootteorde van microfarad : μF (10^{-6} F); nanofarad: nF (10^{-9} F); picofarad: pF (10^{-12} F).

Eigenschappen:

Een condensator kan een elektrisch lading opslaan en achteraf weer afgeven.
De lading die wordt opgeslagen wordt in formulevorm gegeven door:

$$q = u_c \cdot C$$

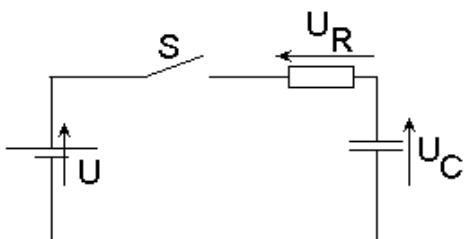
u_c : spanning tussen de platen [V]

C : capaciteit [F]

q : lading [C][Coulomb]

Laden van een condensator

Beschouwen wij onderstaand schema:



Bij het sluiten van de schakelaar S ($t = 0$) is de spanning over de condensator U_c gelijk aan 0 (volledig ontladen) en is de spanning over de weerstand gelijk aan de bronspanning.

Hierdoor is $i(0) = U/R$. Naarmate deze stroom vloeit zal de + plaat van de condensator positief geladen worden en de - plaat negatief.

Dit heeft tot gevolg dat er een spanning ontstaat over de condensator en de stroom doorheen de kring zal afnemen:

$$i(t) = \frac{U - U_c}{R}$$

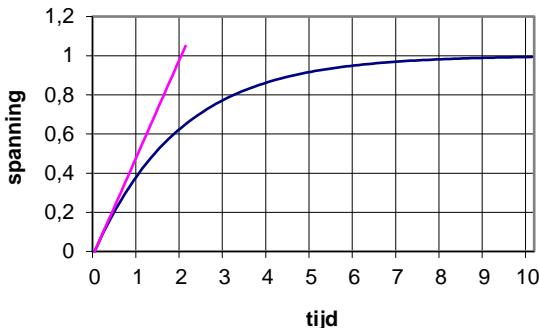
Aangezien U_c steeds verder stijgt zal de stroom verder afnemen tot nul.

Volgende formules kunnen afgeleid worden

$$u_C(t) = U(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$u_R(t) = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{en} \quad i(t) = \frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Oplaadcurve condensator



Uitgezet in grafiek geeft dit nevenstaande grafiek voor de spanning U_C over de condensator..

In theorie duurt het laadproces oneindig lang.

Praktisch neemt men aan dat de condensator na 5 maal de tijdsconstante volledig is opgeladen. In deze voorbeeldcurve merken we op dat de tijdsconstante gelijk is aan 2 tijdseenheden.

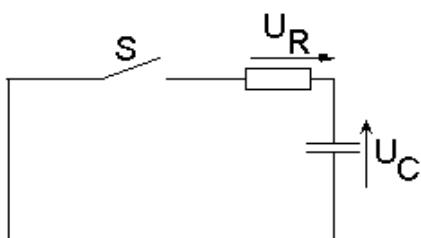
Voor de laadcurve van een condensator is de tijdsconstante $\tau = R \cdot C$ [s]

$$\tau = \text{"tau"}$$

Grafische bepaling van de tijdsconstante van een eerste orde curve:

Teken de raaklijn aan de curve in het nulpunt. Bepaal het snijpunt van deze raaklijn met de maximale y-waarde (maximale spanningswaarde na opladen, in bovenstaand voorbeeld is dit spanningswaarde "1") van de curve. Breng dit punt omlaag naar de tijdsas, deze tijd is de tijdsconstante.

Ontladen van een condensator:



Wanneer een condensator volledig of gedeeltelijk is opgeladen kan via een weerstand de condensator opnieuw worden ontladen. (Indien je geen idee hebt van de spanning waarop de condensator is opgeladen, dient dit voorzichtig uitgevoerd te worden en niet door een rechtstreekse doorverbinding tussen de twee aansluitklemmen van de condensator.

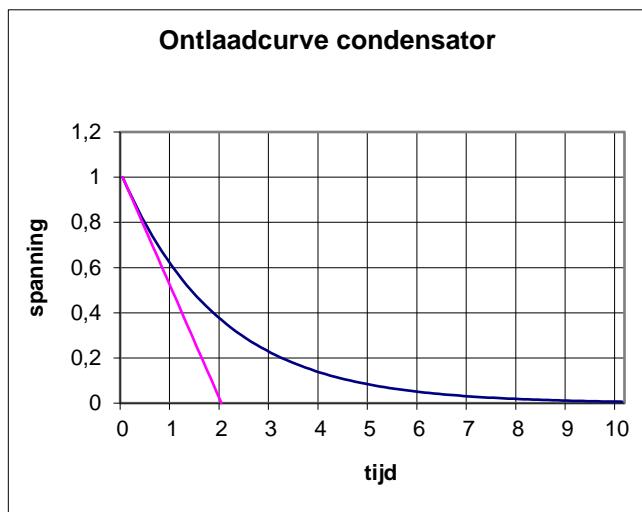
Op $t = 0$ staat er over de condensator een spanning U_C . Bij het sluiten van de schakelaar vloeit er een stroom doorheen de weerstand. Op ieder ogenblik is de spanning over de weerstand gelijk aan de spanning over de condensator. Door het verplaatsen van de elektronen zal de spanning over de condensator dalen waardoor ook de stroom door de kring steeds verder afneemt. Theoretisch beschouwd duurt het ontladen van een condensator oneindig lang. Indien de weerstand tijdens het

ontladen van de condensator gelijk is aan de weerstand tijdens het opladen dan is de tijdsconstante van het ontladen gelijk aan de tijdsconstante van het opladen van de condensator.

Volgende formules kunnen afgeleid worden

$$u_C(t) = U \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

$$u_R(t) = -U \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad \text{en} \quad i(t) = -\frac{U}{R} \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$



Uitgezet in grafiek geeft dit nevenstaande grafiek voor de spanning U_C over de condensator.

In theorie duurt het laadproces oneindig lang.

Praktisch neemt men aan dat de condensator na 5 maal de tijdsconstante volledig is ontladen. In deze voorbeeldcurve merken we op dat de tijdsconstante gelijk is aan 2 tijdseenheden.

Voor de ontlaadcruise van een condensator is de tijdsconstante

$$\tau = R \cdot C \quad [\text{s}]$$

Serie- en parallelschakeling van condensatoren

Parallelschakeling:

$$C_V = \sum_{i=1}^n C_i$$

Bij een parallelschakeling van meerdere condensatoren kan men de totale capaciteit van het geheel berekenen door de som te maken van de verschillende capaciteiten.

Serieschakeling:

$$\frac{1}{C_V} = \sum_{i=1}^n \frac{1}{C_i}$$

Bij een serieschakeling van meerdere condensatoren kan men de totale capaciteit van het geheel berekenen door nevenstaande formule te gebruiken.

4.4 Opgave – laden van de condensator

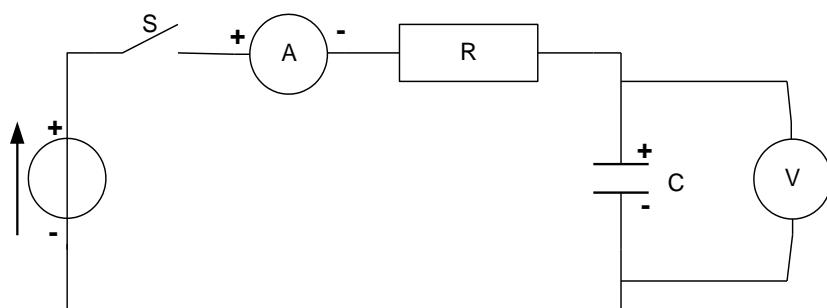
[!] **Oogelet:** de hier gebruikte condensatoren van $100 \mu F$ zijn elco's waarbij de polariteit (+/-) zeer belangrijk is.

Je kan de polariteit als volgt herkennen :

+ langs deze kant zit een inkeping op het cilindrisch gedeelte,

-- deze kant van de condensator is afgesloten met een metalen plaatje.

- Realiseer volgend schema (spanningsloos opbouwen !), let goed op de polariteiten.



Voor een eerste reeks metingen is $R = 100 \text{ k}\Omega$ en $C = 100 \mu F$. (schakeling a)

Controleer dat de schakelaar open is.

Overbrug de condensator met een snoer (paar seconden) om zeker te zijn dat hij ontladen is. Neem de overbrugging daarna weg. (Overbrugging staat niet op bovenstaand schema). De voltmeter moet nu 0 V aanduiden.

Schakel de bron in, regel de bron af op 10 V, gebruik hiervoor een digitale multimeter. Noteer de aangelezen waarde.

- Houd je nu klaar om te chronometreren en i en u_C te meten. Je start van zodra je de schakelaar sluit. Je meet om de 10 seconden, gedurende een periode van $5\tau + 10$ seconden. Je kan gebruik maken van de tabel achteraan het labopakket.
Je moet een stijgende spanning en een dalende stroom waarnemen.

Open de schakelaar. Schakel de bron uit.

4.5 Opgave – ontladen van de condensator

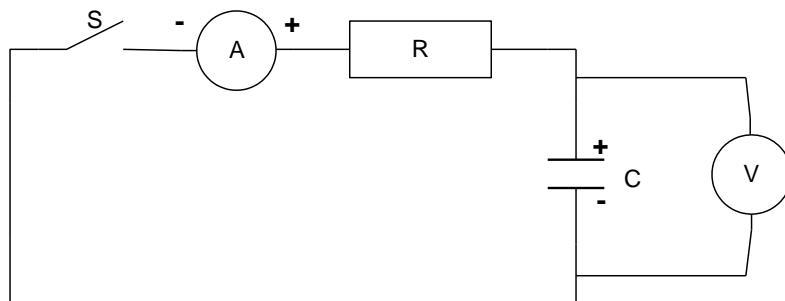
Je hebt nu bovenstaand schema voor je liggen met een open schakelaar en een opgeladen condensator.

In bovenstaand schema neem je bron weg uit de schakeling, en sluit je de kring.

De schakelaar blijft nog steeds open. (Anders begint het ontladproces reeds).

Je poolt de A-meter om (bij gebruik van de analoge ampèremeter).

- Je hebt nu onderstaand schema gerealiseerd. Let goed op de polariteiten en de open schakelaar !



- Houd je nu klaar om te chronometreren en i en u_C te meten. Je start van zodra je de schakelaar sluit. Je meet om de 10 seconden, gedurende een periode van $5\tau + 10$ seconden. Je kan gebruik maken van de tabel achteraan dit labopakket. Je moet een dalende spanning en stroom waarnemen.
- Om de invloed van veranderingen in grootte R en C op het (ont)laadproces duidelijk waar te nemen, herneem je nu je metingen nog driemaal met telkens andere waarden voor R en C . Uiteindelijk moet de tabel achteraan dit labopakket vervolledigd zijn. Je hebt dan onderstaande combinaties voor laden en ontladen gebruikt.

	R	C
schakeling a	100 kΩ	100 µF
schakeling b	200 kΩ	100 µF
schakeling c	100 kΩ	200 µF
schakeling d	200 kΩ	200 µF

4.6 Verwerking resultaten – besluiten

Betreft **laadproces**.

- Teken op één assenstelsel de gemeten gegevens, 4 grafieken voor $u_c = f(t)$ en 4 grafieken voor $i = f(t)$. Doe dit zo groot mogelijk en gebruik aangepaste schalen voor i en u_c . Benoem elke grafiek duidelijk. Extrapoleer eventueel ontbrekende beginwaarden. **Gebruik dezelfde tijdsas!**

Betreft **ontlaadproces**.

- Teken op één assenstelsel de gemeten gegevens, 4 grafieken voor $u_c = f(t)$ en 4 grafieken voor $i = f(t)$. Doe dit zo groot mogelijk en gebruik aangepaste schalen voor i en u_c . Benoem elke grafiek duidelijk. Extrapoleer eventueel ontbrekende beginwaarden. **Gebruik dezelfde tijdsas!**
Let op : de stroomzin is nu omgekeerd ten opzichte van de stroom bij het laadproces, verwerk dit in je grafieken. Vraag eventueel info aan de docent.

Beantwoord volgende vragen, **motiveer telkens je antwoord** aan de hand van je waarnemingen. De grafieken zijn hierbij een handig instrument.

Betreft **het laadproces**.

- Heeft de grootte van R invloed op de spanning die de condensator bereikt na 5τ ? Waarom?
- Heeft de grootte van C invloed op de spanning die de condensator bereikt na 5τ ? Waarom?

- Wat (welke parameter of welke instelling) moet je wijzigen om de eindspanning over de condensator te laten stijgen/dalen?

- Controleer of de wiskundige formules bovenstaande conclusies bevestigen. Bespreek kort.

Betreft laden en ontladen.

- Heeft de grootte van R invloed op de maximale stroom ? Waarom?

- Heeft de grootte van C invloed op de maximale stroom ? Waarom?

- Heeft de grootte van R invloed op de duur van het (ont)laden ? Waarom?

- Heeft de grootte van C invloed op de duur van het (ont)laden ? Waarom?

Betreft laadproces voor $R = 100 \text{ k}\Omega$ en $C = 200 \mu\text{F}$.

Tot hoeveel procent van de bronspanning is de condensatorspanning gestegen na 1τ , 3τ , 5τ ? Bereken de theoretische waarde, alsook de procentuele waarde van de voedingsspanning die je op dat moment bekomt via je metingen.

Theoretisch:

$1\tau \dots \dots \dots \%$ $3\tau \dots \dots \dots \%$ $5\tau \dots \dots \dots \%$

berekening hieronder vermelden aub

Berekend uit meetwaarden:

$1\tau \dots \dots \dots \%$ $3\tau \dots \dots \dots \%$ $5\tau \dots \dots \dots \%$

berekening hieronder vermelden aub

Betreft laadproces voor $R = 100 \text{ k}\Omega$ en $C = 200 \mu\text{F}$.

- Vergelijk je metingen met de theoretisch verwachte waarden uit de formules. Verklaar eventuele afwijkingen.

		berekende waarden		gemeten waarden	
	tijd [s]	u_c	i	u_c	i
1τ					
3τ					
5τ					

MEETWAARDEN LADEN

	schakeling a		schakeling b		schakeling c		schakeling d	
	bronspanning [....]		bronspanning [....]		bronspanning [....]		bronspanning [....]	
tijd [s]	uc [....]	i [....]						
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210								

MEETWAARDEN ONTLADEN

	schakeling a		schakeling b		schakeling c		schakeling d	
	bronspanning [....]		bronspanning [....]		bronspanning [....]		bronspanning [....]	
tijd [s]	uc [....]	i [....]						
0								
10								
20								
30								
40								
50								
60								
70								
80								
90								
100								
110								
120								
130								
140								
150								
160								
170								
180								
190								
200								
210								

5. Labopakket 5: De oscilloscoop

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

5.1 Theoretische achtergrond

Het werkingsprincipe en de instelmogelijkheden van de oscilloscoop wordt in de volgende bladzijden kort uitgelegd. Tot slot volgt nog enige uitleg over het instellen van de functiegenerator.

5.2 Vereiste voorkennis

De student moet het werkingsprincipe en de instelmogelijkheden van de scoop kennen. De student kent de begrippen in verband met gelijk- en wisselspanning. De student moet de instelmogelijkheden van de functiegenerator doorgenomen hebben.

5.3 Voorbereiding

Neem de volgende bladzijden van deze proef door en beantwoord de vragen in deel 5.5.



Op Toledo kan je de handleidingen van de toestellen raadplegen.

5.4 Meettoestellen

[!] Belangrijke opmerking : bij het overnemen van scoopbeelden →

- het beeld zo groot mogelijk weergeven (afleesfout beperken), maar zodanig dat je bij een periodiek signaal toch nog een volle periode ziet. (Tenzij gevraagd werd een bepaald detail van het beeld uit te vergroten.)
- de instellingen V/div en time/div vermelden
- de ingestelde nullijn aanduiden in een andere kleur en markeren als "GND".

5.4.1 De oscilloscoop

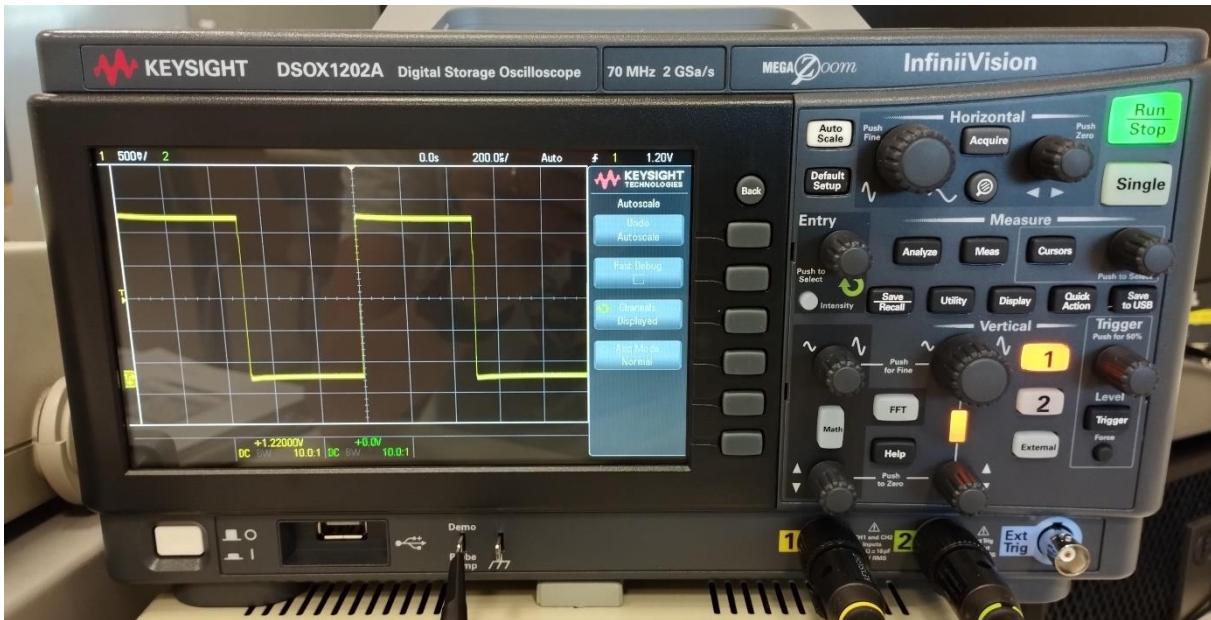
Met de oscilloscoop kun je niet alleen spanningen meten (grootte), maar ook en vooral het verloop van de elektrische spanning (vorm) zichtbaar maken.

In deze zin is de oscilloscoop een belangrijk meetinstrument om verschillende fysische grootheden te bestuderen (spanning, stroom, trillingen, drukgolven, ...). De enige voorwaarde is dat je deze grootheden eerst kan omvormen naar een spanning.

In de hiernavolgende tekst wordt van een oscilloscoop beknopt en vereenvoudigd het werkingsprincipe en de basisinstellingen besproken.

5.4.1.1 Uitzicht oscilloscoop

Hieronder zie je een afbeelding van een digitale oscilloscoop. Deze oscilloscopen worden gebruikt in het labo Elektronica B310.



De bediening van de scoop wordt uitgelegd tijdens een demo in het labo.

5.4.2 De functiegenerator

De functiegenerator is een toestel dat verschillende spanningsvormen kan genereren. Je kan het toestel beschouwen als een regelbare spanningsbron, waarvan niet enkel de grootte van de spanning regelbaar is, maar ook de frequentie en de spanningsvorm.

Hieronder volgt een zeer beknopte algemene methode om de basisinstellingen van het toestel te gebruiken in de labo's.

Toestel aanzetten.

→ **Function** kies de spanningsvorm (drukknop): sinus, blokgolf, zaagtand.

→ **Frequency range** en **frequency** kies de gewenste frequentie.

Bepaal eerst de grootte-orde van de frequentie (drukknop), regel daarna bij (met de linkse draaiknop) om de exacte frequentie te bereiken. De frequentie wordt aangegeven op een schermpje op de generator. Indien de generator geen schermpje heeft, controleer je de frequentie met behulp van een scoop (door berekening $f=1/T$).

→ **Amplitude** regel de grootte of de amplitude van het signaal met de draaiknop "ampl(itude)".

→ **Main Out 50 Ω** gebruik ALTIJD de uitgang "50 ohm output".

Alle toestellen hebben tevens een aantal instelmogelijkheden die voor deze proef NIET moeten gebruikt worden. Controleer dan ook of deze instelmogelijkheden **UITgeschakeld** zijn en op nulstand staan.

Raadpleeg nu de korte handleiding hierna voor uw toestel. Dit is laboafhankelijk en het labo kan je bij twijfel terugvinden op uw lessenrooster!

Voor de TTI TG315 Function Generator (in het labo Elektronica B310)



1. Golfvorm en de amplitude

- De signaalvorm kan gekozen worden met de FUNCTION-knopen.
- Met de AMPLITUDE-potentiometer kan de signaalgrootte worden ingesteld.
- Soms hebben we nood aan kleine signaaltjes. In dat geval is het uitgangssignaal, zelfs met de AMPLITUDE-regelaar helemaal linksom gedraaid, niet klein genoeg. We maken dan gebruik van de ATTENUATOR -20 dB knop of -40 dB knop of beiden. ATTENUATOR -20 dB ingedrukt betekent dat het uitgangssignaal met een factor 10 verzwakt wordt.

2. DC OFFSET

Indien gewenst kan men een DC-component toevoegen aan het uitgangssignaal. Standaard is deze functie uitgeschakeld en dient de potentiometer dus op 0 te staan (inkeping bovenaan - je voelt dit aan als het juist staat).

Door de DC OFFSET knop naar links of naar rechts te draaien, kan men de grootte en de polariteit van deze DC-component instellen. Het repetitieve uitgangssignaal wordt dan op een DC-niveau gesuperponeerd.

Als je op de knop OFFSET drukt (rechts van het schermpje), dan kan je de ingestelde waarde aflezen.

3. SYMMETRY (of duty-cycle)

Met SYMMETRY bedoelt men de symmetrie van de golfvorm. Zo kan men de duty cycle van een blokgolf veranderen. De symmetrie staat standaard met de knop SYMMETRY in de uit-positie (dus niet ingedrukt) m.a.w. op 50% ingesteld. D.w.z. dat bij een blokgolf de duty-cycle op 50% wordt ingesteld.

Wil men toch een andere waarde, dan wordt de SYMMETRY-knop ingeduwd en met de potentiometer eronder naar links of rechts gedraaid tot de gewenste waarde bereikt wordt. Bemerk dat bij het indrukken van de SYMMETRY-knop de oorspronkelijk ingestelde frequentie 10 keer kleiner wordt!

4. Frequentie

Voor de grofinstelling van de frequentie gebruiken we **eerst** de FREQUENCY RANGE-drukknoppen en **dan** als fijnregeling de grote draaiknop links onderaan.

De frequentie wordt bepaald door de waarde die afgelezen wordt op de schaal van de draaiknop te vermenigvuldigen met de gekozen vermenigvuldigingsfactor van de FREQUENCY RANGE. Links op het display kan je natuurlijk de waarde ook eenvoudig aflezen...

5. MAIN OUT 50Ω

De MAIN OUT 50Ω is de standaard uitgang die we gebruiken. Op deze BNC connector kan je in het labo verschillende soorten kabels aansluiten die ook een BNC-connector hebben. **Sluit hier nooit een meetprobe op aan, een probe mag je enkel op een oscilloscoop aansluiten (= meettoestel)!**

6. SYNC OUT

De SYNC OUT uitgang levert een blokgolf met dezelfde frequentie en fase als het eigenlijke uitgangssignaal aan de OUTPUT-connector. Het SYNC OUT signaal kan gebruikt worden om andere toestellen te synchroniseren (in de pas laten lopen) met het OUTPUT-signaal. In het eerste jaar mag je deze BNC-aansluiting NIET gebruiken.

Samengevat:

Toestel aanzetten	De schakelaar staat aan de achterzijde in het midden.
FUNCTION	Golfvorm instellen (hier meestal sinus)
FREQUENCY RANGE + potmeter	Frequentie instellen.
MAIN OUT 50 Ω	Deze BNC uitgang zullen we ALTIJD gebruiken voor deze labo's!
DC OFFSET	Voegt een DC component toe aan het gekozen signaal.
SYMMETRY	Hiermee kan de duty-cycle of de symmetrie van het opgewekte signaal aangepast worden. Tegelijk wordt de frequentie een factor 10 kleiner. Deze knop staat meestal uit.
ATTENUATOR	Verzwakt het signaal met 40 dB of 20 dB. Deze knoppen staan meestal uit.
MAIN OUT 600 Ω	Niet gebruiken
AUX OUT TTL/CMOS	Niet gebruiken (deze zullen we wel gebruiken in het 2 ^e semester voor de OLA Digitale Technieken)
SWEEP IN	Niet gebruiken

Raadpleeg de complete handleiding op Toledo voor nog meer informatie!

Voor de GW Insteek AFG-2112 (12 MHz) Arbitrary Function Generator (in het labo
Uitvoeringstechnieken B307)



Foto 5.1: GW Insteek AFG-2112 Function Generator

Je kan het toestel aanzetten door de POWER knop in te drukken. Deze staat rechts onderaan.

1. Golfvorm en de amplitude

- De signaalvorm kan gekozen worden met de FUNC-knop. Je ziet de ingestelde vorm bovenaan op het display.
- Met de AMPL-knop kan de signaalgrootte worden ingesteld.

2. DC OFFSET

Indien gewenst kan men een DC-component toevoegen aan het uitgangssignaal. Door de knop OFST in te drukken, kan men de grootte en de polariteit van deze DC-component instellen. Het repetitieve uitgangssignaal wordt dan op een DC-niveau gesuperponeerd. De ingestelde waarde kan je ook op het display zien.

3. DUTY

Met DUTY bedoelt men de symmetrie van de golfvorm. Zo kan men de duty cycle van een blokgolf veranderen. De symmetrie staat standaard op 50% ingesteld. D.w.z. dat bij een blokgolf de duty cycle op 50% wordt ingesteld.

4. Frequentie

Voor de instelling van de frequentie gebruiken we de knop FREQ. Je kan de waarde ingeven. Tijdens de metingen kan je de frequentie steeds aflezen.

5. MAIN 50Ω OUTPUT

De MAIN 50Ω OUTPUT is de standaard uitgang die we gebruiken. Op deze BNC connector kan je in het labo verschillende soorten kabels aansluiten die ook een BNC-connector hebben. **Sluit hier nooit een meetprobe op aan, een probe mag je enkel op een oscilloscoop aansluiten (= meettoestel)!**

6. SYNC 50Ω OUTPUT

De SYNC 50Ω OUTPUT is een uitgang die een blokgolf met dezelfde frequentie en fase levert als het eigenlijke uitgangssignaal aan de MAIN 50Ω OUTPUT-connector. Het SYNC OUT signaal kan gebruikt worden om andere toestellen te synchroniseren (in de pas laten lopen) met het OUTPUT-signaal. In het eerste semester van het eerste jaar mag je deze BNC-aansluiting NIET gebruiken.

Raadpleeg de complete handleiding op Toledo voor nog meer informatie!

5.5 Voorbereiding vragen

Vul volgende vragen in of duid het juiste antwoord aan. Meerdere juiste antwoorden zijn mogelijk.

1. De scoop schakel je steeds:
 - a) in serie als een ampèremeter,
 - b) parallel als een voltmeter.
2. Een scoop is een toestel om rechtstreeks
 - a) spanningen te meten,
 - b) stromen te meten,
 - c) weerstand te meten.
3. Op het scoopscherm zie je
 - a) effectieve waarden
 - b) gemiddelde waarden,
 - c) maximumwaarden,
 - d) ogenblikswaarden.
4. Als je een pulserende gelijkspanning signaal volledig wil zichtbaar krijgen op het scoopscherm gebruik je de stand
 - a) AC
 - b) DC
 - c) GND
5. De grootste ingangsspanning (effectieve waarde) die je rechtstreeks kan meten bedraagt
 - a) 150V
 - b) 220V
 - c) 282V
 - d) 400V
6. Veronderstel dat je een periodiek signaal op je scherm ziet en je wil meer periodes tegelijk zien, dan ga je:
 - a) Volt/div verhogen,
 - b) Volt/div verlagen,
 - c) time/div verhogen,
 - d) time/div verlagen.
7. Veronderstel dat je een signaal meet dat qua topwaarde buiten je scherm valt. Wat ga je dan doen om het signaal toch volledig op het scherm te krijgen:
 - a) Volt/div verhogen,
 - b) Volt/div verlagen,
 - c) time/div verhogen,
 - d) time/div verlagen.

8) Met de instelling AC/DC in de stand DC meet je

- a) gelijkspanning en wisselspanning,
- b) gelijkspanning zonder wisselspanning,
- c) wisselspanning zonder gelijkspanning.
- d) het meetsignaal onverzwakt.

9) Met de instelling GND (of GD) kan je

- a) een willekeurig signaal van nul volt meten,
- b) een referentielijn voor latere metingen vastleggen,
- c) de calibratie van de scoop wijzigen.

10) Als je in XY mode meet

- a) gebruikt de scoop een zaagtandspanning als tijdsbasis,
- b) gebruikt de scoop een blokgolf als tijdsbasis,
- c) gebruikt de scoop het signaal van kanaal 1 als tijdsbasis,
- d) gebruikt de scoop het signaal van kanaal 2 als tijdsbasis

11) De trigger filtering

- a) heeft geen invloed op het meetsignaal,
- b) beïnvloedt het meetsignaal,
- c) geeft het signaal onveranderd maar in een stabielere vorm weer,
- d) beschermt de scoop tegen spanningspieken.

5.6 Opgave

Beantwoord onderstaande vragen, niet alleen op basis van de geziene theorie hiervoor, maar ook door op het toestel zelf na te gaan wat er gebeurt.

Deel 1: afregelen scoop

Zet de scoop aan.

Gebruik de basisinstelling als startpositie.

Gebruik kanaal 1.

Zet de time/div op de hoogste stand en op de laagste stand. Wat neem je in beide gevallen waar.
Verklaar.

Hoogste staand →

Laagste stand →

Hoe verschuif je het beeld naar onder en boven ?

Hoe verschuif je het beeld naar links en rechts?

Positioneer de lijn nu als “nullijn” perfect horizontaal, op het midden van het scherm en volledig zichtbaar.

Dit is een gemakkelijke positie om metingen uit te voeren.

De scoop genereert **inwendig** een testsignaal. Gebruik banaan / banaan meetsnoeren of een probe om dit testsignaal binnen te brengen op kanaal 1. (**Opgelet:** vraag info aan de docent indien je niet weet hoe het testsignaal aan te sluiten !)

[!] HERHALING [!] Belangrijke opmerking : bij het overnemen van scoopbeelden →

- het beeld zo groot mogelijk weergeven (afleesfout beperken), maar zodanig dat je bij een periodiek signaal toch nog een volle periode ziet. (Tenzij gevraagd werd een bepaald detail van het beeld uit te vergroten.)
- de stand van de schakelaars V/div en time/div vermelden
- de ingestelde nullijn aanduiden in een andere kleur en markeren als "GND".

Deel 2: bekijken van het testsignaal

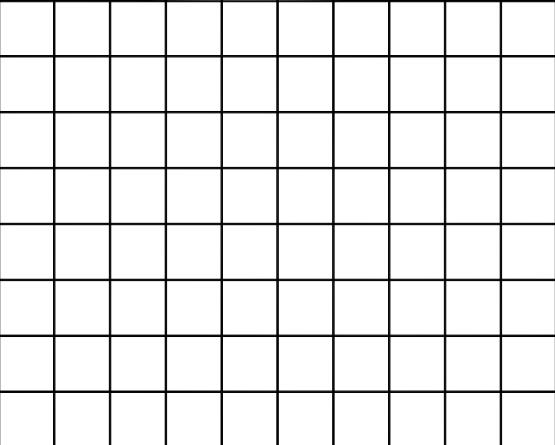
Welke schakelaar(s) heb je nodig om het signaal zichtbaar te maken ?

Regel de scoop zodanig dat je één periode mooi zichtbaar en zo groot mogelijk op het scherm krijgt.
Welke knoppen gebruik je hiervoor?

Periode →

Grootte →

Neem dit signaal over op het scoopraster en **bereken de frequentie en de amplitude** van het signaal.

 Kanaal1:V/div Tijdsbasis:s/div Kanaal2:V/div	Berekening freq. / amplitude. $f =$
	$U_m =$

Controleer of je de berekende waarden terug vindt op de scoop, noteer je bevindingen.

[!] HERHALING [!] Belangrijke opmerking : bij het overnemen van scoopbeelden →

- het beeld zo groot mogelijk weergeven (afleesfout beperken), maar zodanig dat je bij een periodiek signaal toch nog een volle periode ziet. (Tenzij gevraagd werd een bepaald detail van het beeld uit te vergroten.)
- de stand V/div en time/div vermelden.
- de ingestelde nullijn aanduiden in een andere kleur en markeren als "GND".

Deel 3: bekijken van een meetsignaal.

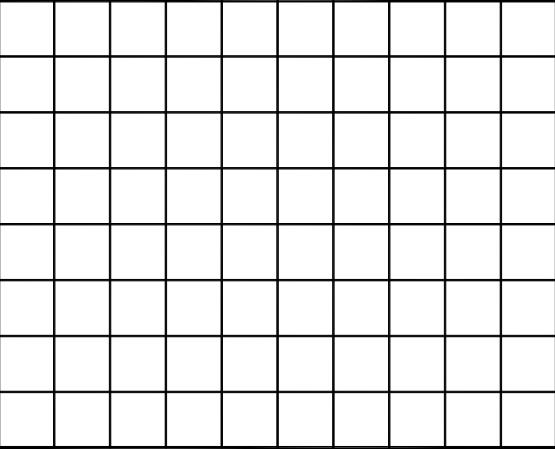
We schakelen nu over naar bnc/bnc of bnc/banaan meetsnoeren om signalen van de functiegenerator naar de oscilloscoop te brengen.

Gebruik een functiegenerator om een sinus met een frequentie van 400 Hz en een **effectieve** waarde van 5 V via kanaal 1 op de scoop zichtbaar te maken.

Hoe stel je de frequentie nauwkeurig in als het frontpanel van de generator niet zichtbaar is ?

Hoe (met welk toestel) controleer je de instelling van 5 **Veff** zo snel en eenvoudig mogelijk ?

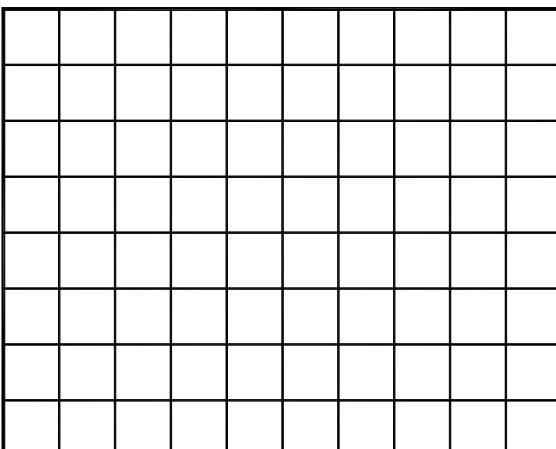
Noteer hieronder het beeld (minimaal één periode en zo groot mogelijk) en de scoopinstellingen, controleer de ingestelde frequentie en bereken de amplitude.

	Controle frequentie en berekening amplitude.
Kanaal1:V/div Kanaal2:V/div	$f =$ $U_m =$

Wat gebeurt er als je de instelling AC/DC achtereenvolgens op AC en DC zet ? Wat verandert er wel/niet? Verklaar. Tip, gebruik de DC-offset van de functiegenerator om het verschil tussen de beide instellingen duidelijk waar te nemen.

Deel 4: XY mode

Probeer een schuine lijn van 45° op het scherm van de scoop te bekomen. Beschrijf de genomen stappen in woorden en het bekomen resultaat.

	Genomen stappen:
Kanaal1:V/div Tijdsbasis:s/div Kanaal2:V/div	

Deel 5: Arduino

Genereer twee signalen met de functie `analogWrite()` op je Arduino.

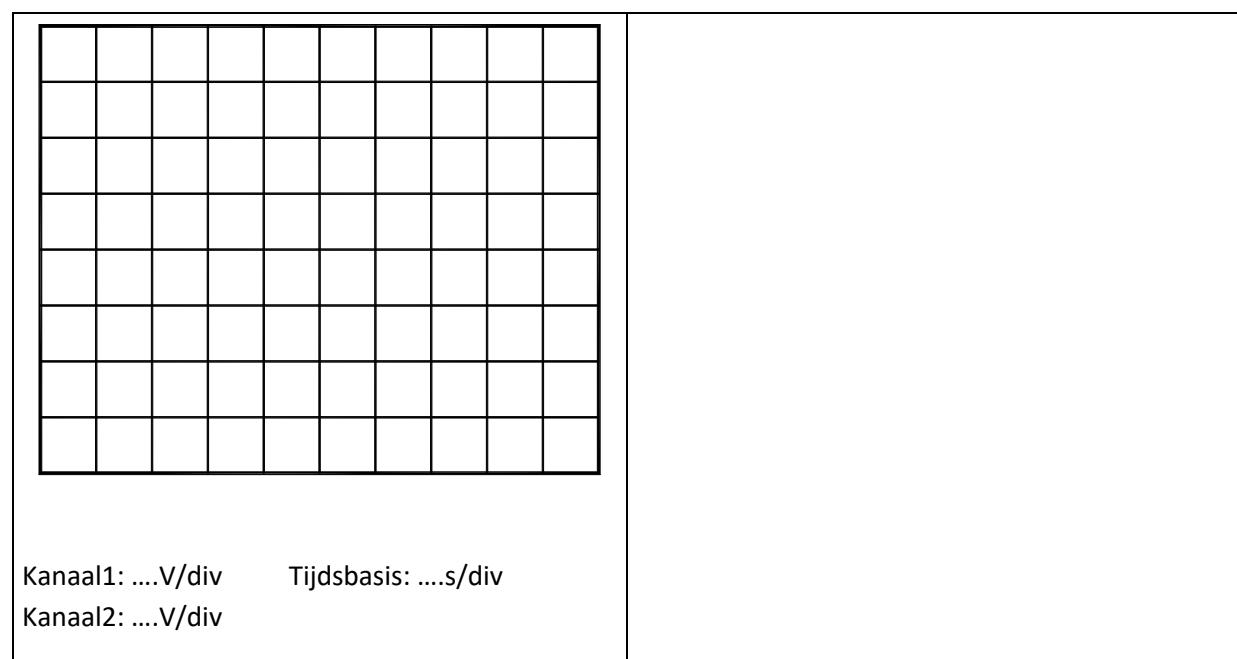
Gebruik hiervoor de volgende code in de `setup()` functie:

```
analogWrite(10,127);  
analogWrite(11,63);
```

Dit zal een blokgolf signaal genereren op pin 10 met een duty-cycle van 50% en op pin 11 met een duty-cycle van 25%.

Meet eerste beide signalen afzonderlijk en tel ze daarna op met de functie *Math* op de oscilloscoop.

Schets hieronder het opgetelde signaal.



Wat is de frequentie van het signaal?

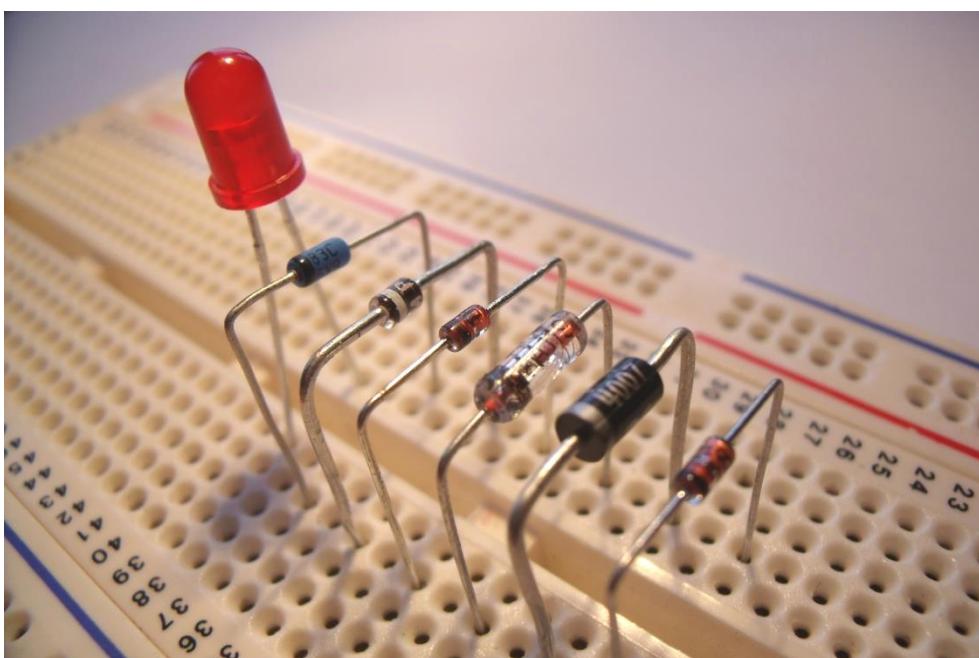
Hoe groot is de opgetelde peak-to-peak waarde?

6. Labopakket 6: De diode

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

6.1 Inleiding

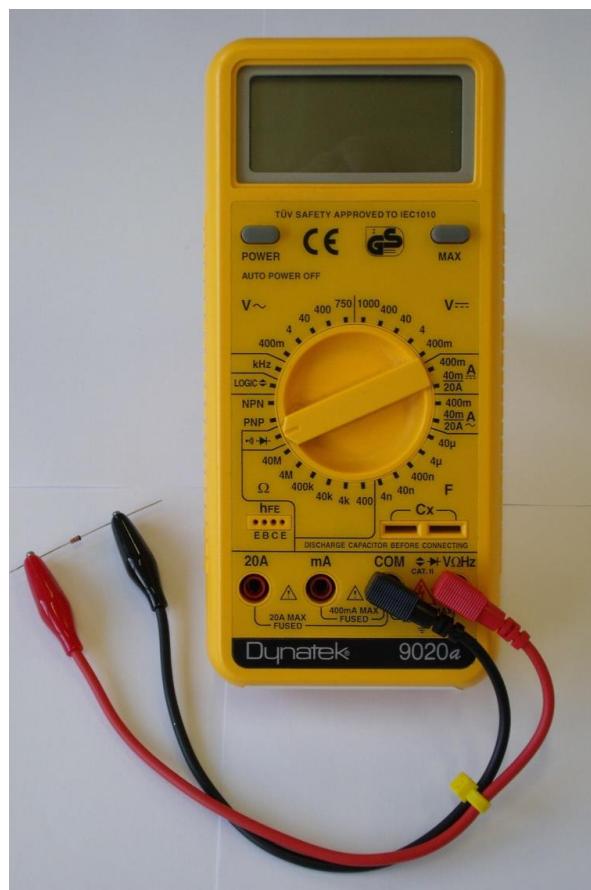
De halfgeleidercomponent die we onderzoeken in dit practicum is de diode. Eerst leren we de anode en de kathode herkennen en vervolgens doen we een eenvoudige diodetest met de multimeter. Vervolgens plaatsen we enkele diodes in een eenvoudige schakeling waarmee we nagaan wanneer een diode geleidt of spergt. Dan bouwen we de schakeling om zodat we de diodekarakteristiek kunnen opnemen. We zullen van de gelegenheid gebruik maken om enkele verschillende types te onderzoeken. Naast het opnemen van de karakteristieken in doorlaatzin en in sper bepalen we ook de statische en dynamische weerstand. Nadien testen we enkele LED's.



Figuur 6.1: te onderzoeken dioden

6.2 Diodetest

- Neem een diode van het type 1N4148.
- Maak hieronder een schets van de diodebehuizing en het schemasymbool en duid de anode en de kathode aan. 
- Zoek in de datasheets op waarvoor deze diode hoofdzakelijk gebruikt wordt. 



Figuur 6.2: multimeter met diodetest

- Verbind het rode snoer met de V/Ω-ingang en het zwarte met de COM.
- Zet de schakelaar op de diodefunctie (zie figuur 6.2).
- Verbind de rode meetpen met de anode en de zwarte met de kathode van de te testen diode. De uitlezing toont nu de drempelspanning in doorlaatrichting (ongeveer 0,7 V).
- Hoe groot is de drempelspanning?

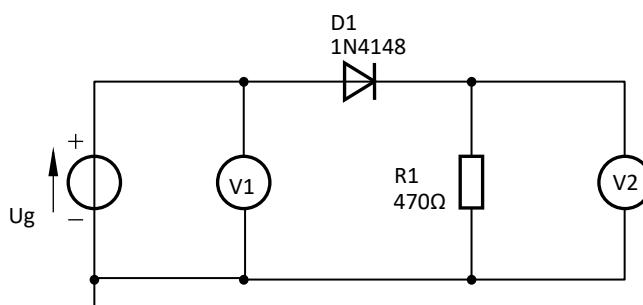
- Is dit een silicium- of een germaniumdiode? Waarom?
- Warm de diode op door ze even vast te nemen. Wat stel je vast i.v.m. de drempelspanning? Verklaar.
- Draai de diode om en ga na wat er verandert. Verklaar.
- Vervang de diode door een type 1N4007, AA119, BAT85 en BYD33. Noteer telkens de drempelspanning en het soort diode (toepassingsgebied).

Diode	Drempelspanning	Soort
1N4148		
1N4007		
AA119		
BAT85		
BYD33		

Tabel 6-1

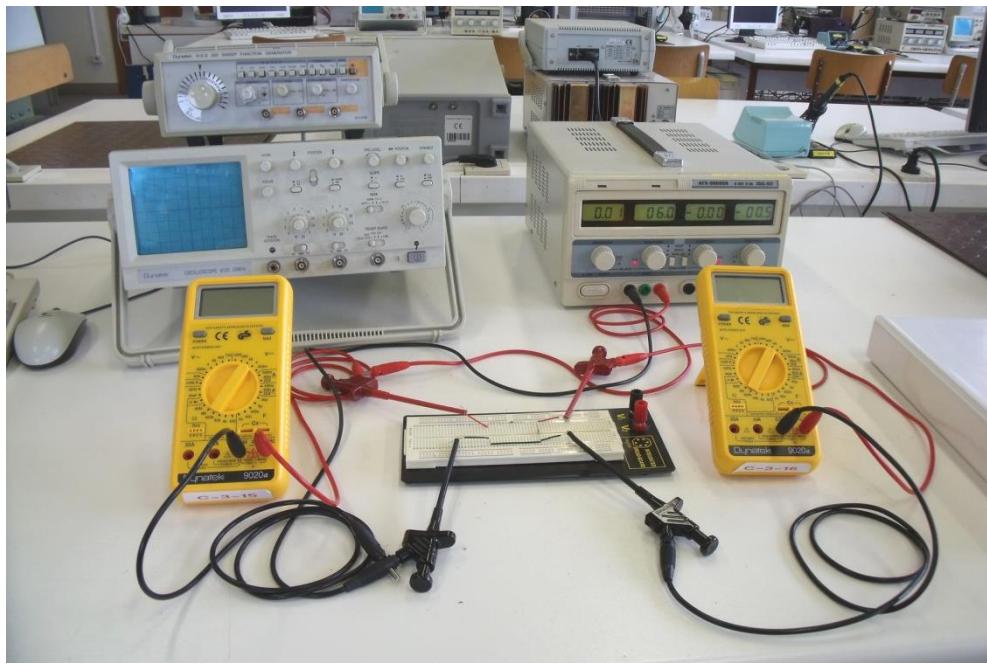
6.3 Geleiden en sperren

- We bouwen vervolgens het schema op zoals in figuur 6.3.

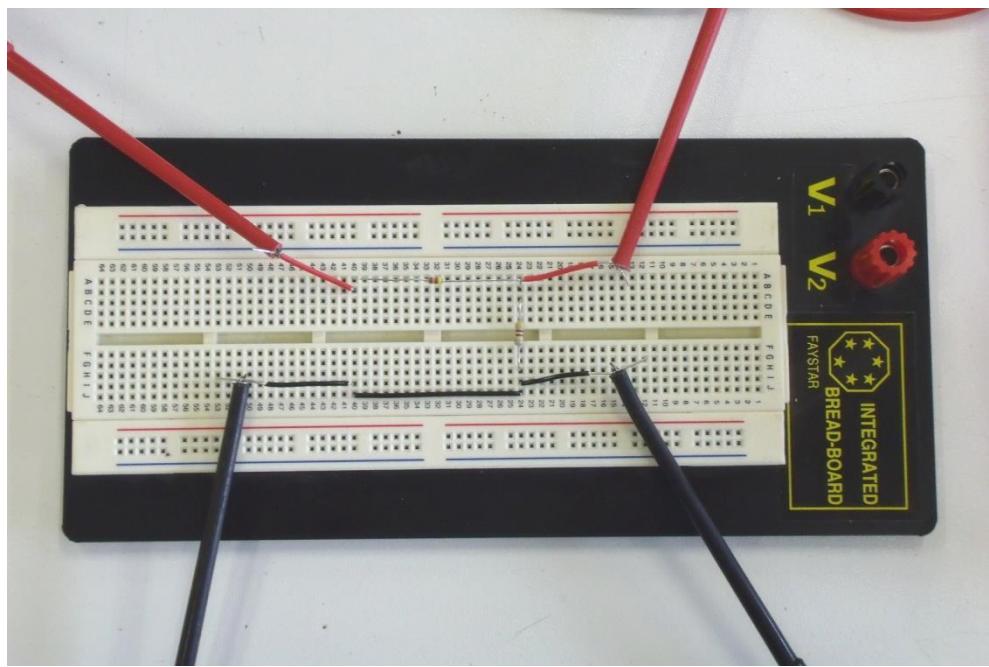


Figuur 6.3: schema voor geleiden en sperren van een diode

- Op figuur 6.4 is de volledige opstelling te zien.
- Figuur 6.5 toont de opstelling in detail.



Figuur 6.4: opstelling voor geleiden en sperren van een diode



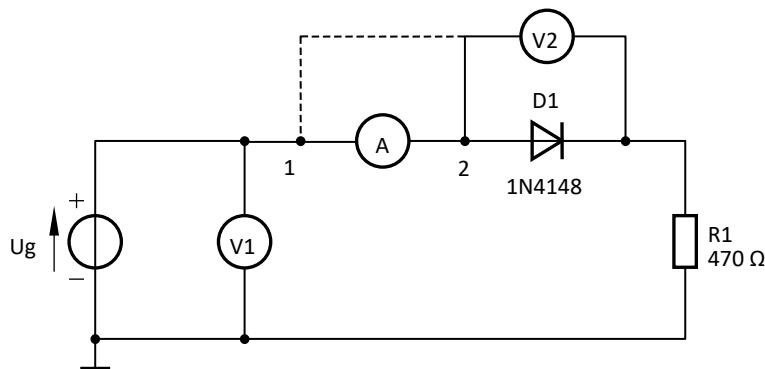
Figuur 6.5: detail van de breadboard-opstelling

- Draai alle potentiometers van de voeding volledig linksom, zodat alle spanningen en stromen zeker nul zijn.
 - Schakel de multimeters in en zet ze op gelijkspanningsmeting. Kies daarbij het meetbereik voldoende hoog.
 - Zet de voeding op INDEPENDENT d.m.v. de druktoetsen.
 - Schakel de voeding in. Normaal moet nu de CC-LED branden omdat de stroombegrenzing geactiveerd is (constant current).
 - Draai de CURRENT-potentiometer ongeveer een kwartslag naar rechts zodat er een kleine stroom kan vloeien. Normaal moet de CC-LED nu doven en de CV-LED oplichten (constant voltage). De voeding kan nu spanning leveren, maar de maximum stroom is begrensd.
 - Stel de voedingsspanning U_g in op 6 V met de VOLTAGE-knop.
 - Welke spanning lees je af over R_1 ?
- Is diode D_1 in geleiding of niet? Leg uit.

- Schakel de voeding uit en draai diode D_1 om.
- Herhaal vorige meting. Wat stel je vast? Verklaar.

6.4 Diodekarakteristieken

- Bouw de volgende testschakeling.

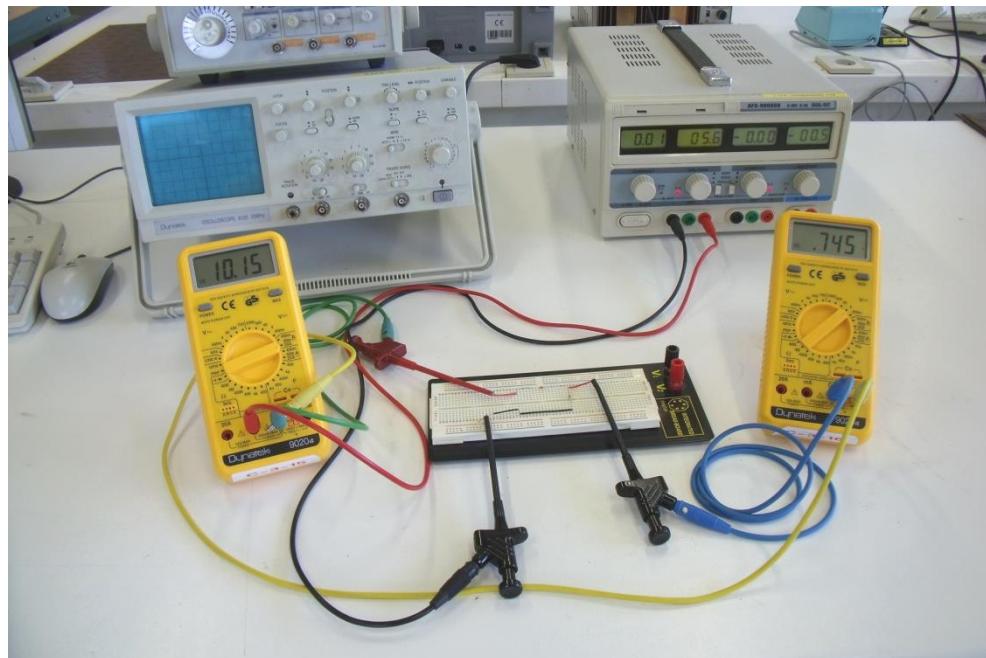


Figuur 6.6: schema diodekarakteristieken

- Je kan de opstelling zien op figuur 6.7.

Opgelet!

Laat de opstelling eerst nakijken door de begeleidende docent alvorens de voeding en de meettoestellen aan te schakelen!



Figuur 6.7: opstelling diodekarakteristieken

Opgelet!

Plaats om te beginnen de voltmeter V_2 over de diode en de A-meter (keuze 1). Pas wanneer de diode D1 begint te geleiden, dus als I_f begint te stijgen, plaats je de voltmeter V_2 enkel over de diode (keuze 2)!

- Waarom doen we bovenstaande handelingen?

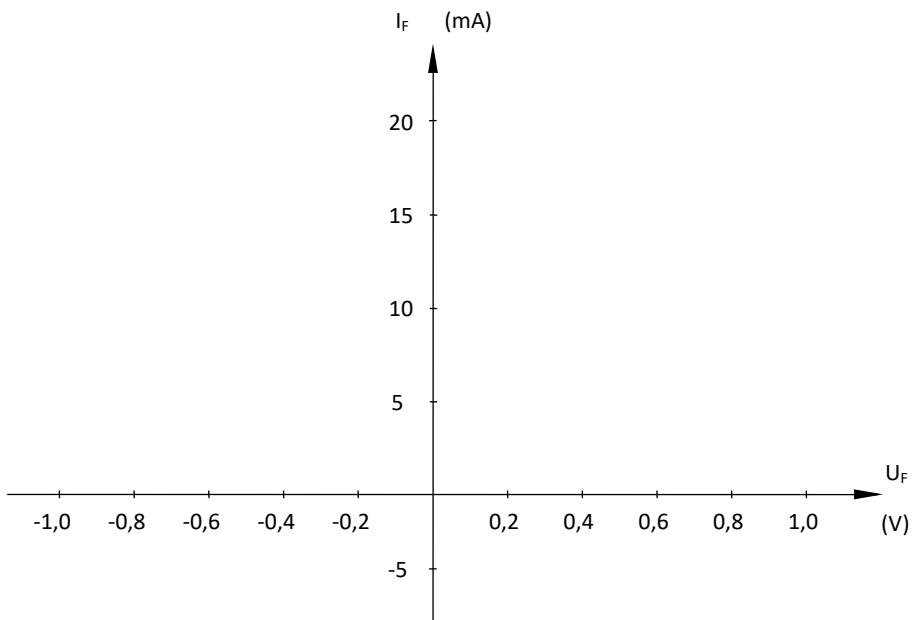


- Schakel de meettoestellen in en kies voor de A-meter een bereik van 40 mA.
- Start de voeding en stel de voedingsspanning in op een waarde te beginnen van 0 V t.e.m. 10 V. Deze waarde lees je af op voltmeter V_1 .

- Kies de meetpunten zorgvuldig zodat je het buigpunt in de grafiek precies kunt opmeten en noteer de gemeten waarden van U_F en I_F in tabel 6.2.
- Schets de gemeten diodekarakteristiek op figuur 6.8. Duid duidelijk de meetpunten aan met een bolletje en teken daardoor de best passende kromme.
- Bepaal voor elke meting uit de tabel de statische weerstand R_F . Welke formule gebruik je daarvoor? 
- Bepaal de dynamische weerstand r_F van de diode uit de metingen bij een I_F van 10 mA. Leg uit hoe je dit doet. 

1N4148	Diode in doorlaat			Diode in sper			
	U_g (V)	U_F (V)	I_F (mA)	R_F (Ω)	U_R (V)	I_R (mA)	R_R (Ω)
0							
10							

Tabel 6-2: : diodekarakteristiek 1N4148



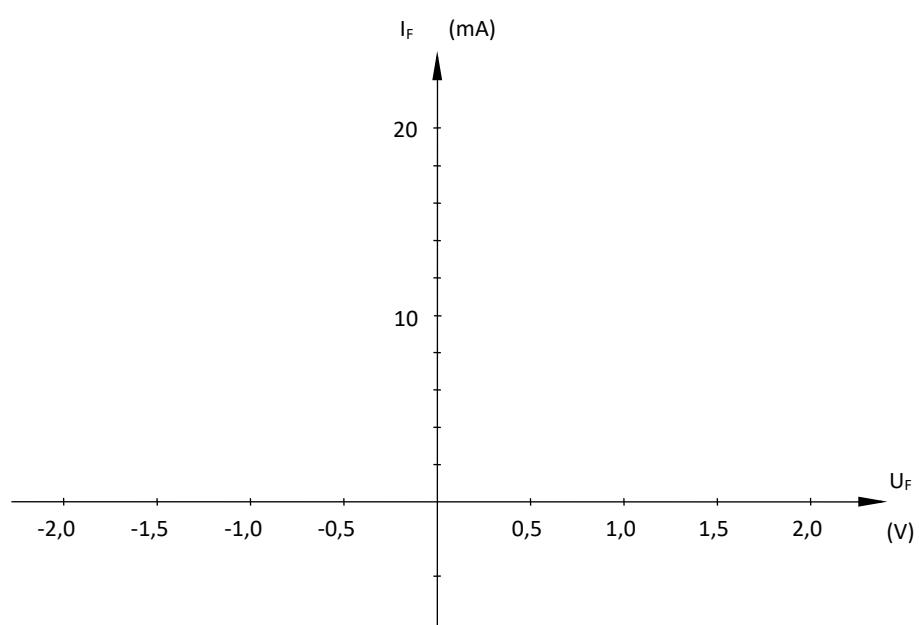
Figuur 6.8: diodekarakteristiek 1N4148

- Draai de diode om en herhaal vorige metingen (V-meter V_2 over de A-meter en de diode).
- Besluiten.

- Schakel de voeding uit en vervang diode D_1 door een type AA119.
- Neem terug nauwkeurig de volledige diodekarakteristiek op van de diode. Volg daarbij dezelfde methode als bij de vorige metingen.
- Noteer de gemeten waarden voor U_F en I_F in de volgende tabel 6.3.
- Schets de gemeten diodekarakteristiek op figuur 6.9. Duid duidelijk de meetpunten aan met een bolletje en teken daardoor de best passende kromme.
- Bepaal voor elke meting uit de tabel de statische weerstand R_F en vul deze in.
- Draai de diode om en bepaal de diodekarakteristiek in sper (opgelet: plaats V-meter V_2 ?).

AA119	Diode in doorlaat				Diode in sper		
	U _g (V)	U _F (V)	I _F (mA)	R _F (Ω)	U _R (V)	I _R (mA)	R _R (Ω)
0							
10							

Tabel 6-3: diodekarakteristiek AA119



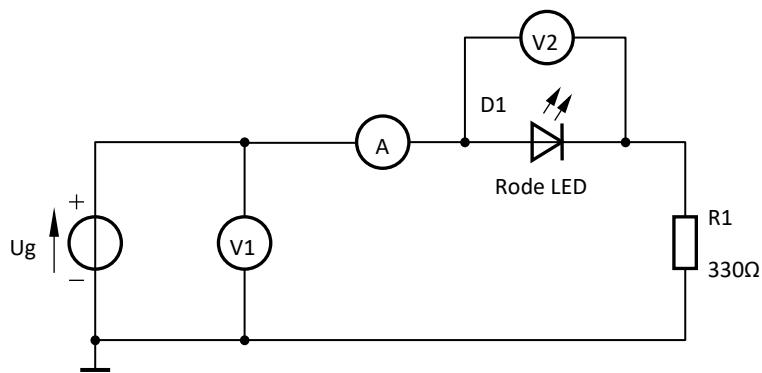
Figuur 6.9: diodekarakteristiek AA119

- Wat besluit je wanneer je de gedane metingen vergelijkt met de metingen van een 1N4148 diode?

6.5 LED's

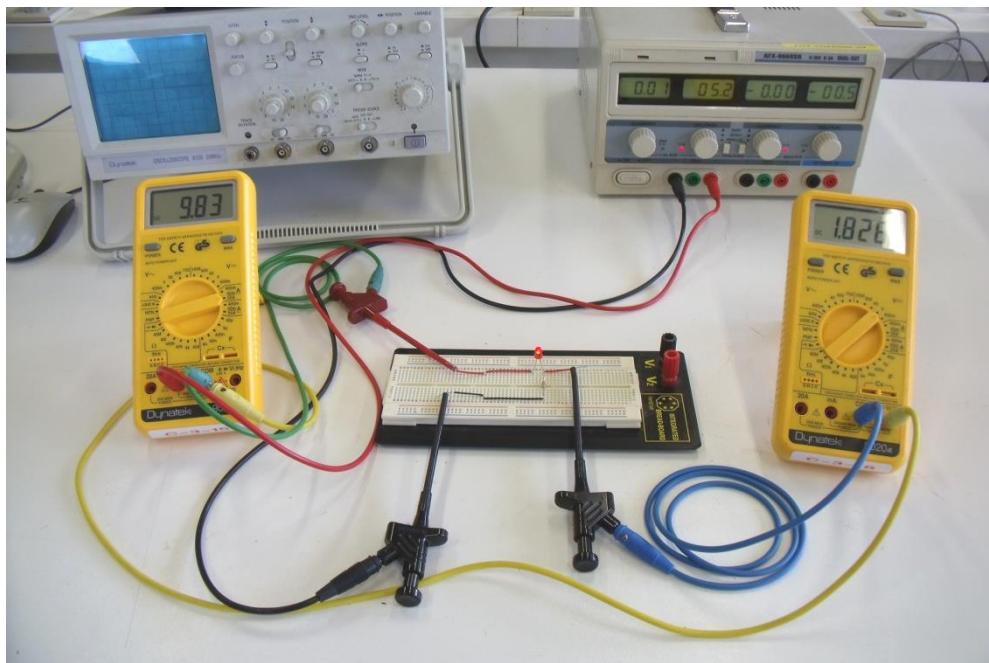
- Maak hieronder een duidelijke schets van de gebruikte LED, teken het LED-symbool en geef op beiden de anode- en de kathode aan.

- Bouw de volgende opstelling.

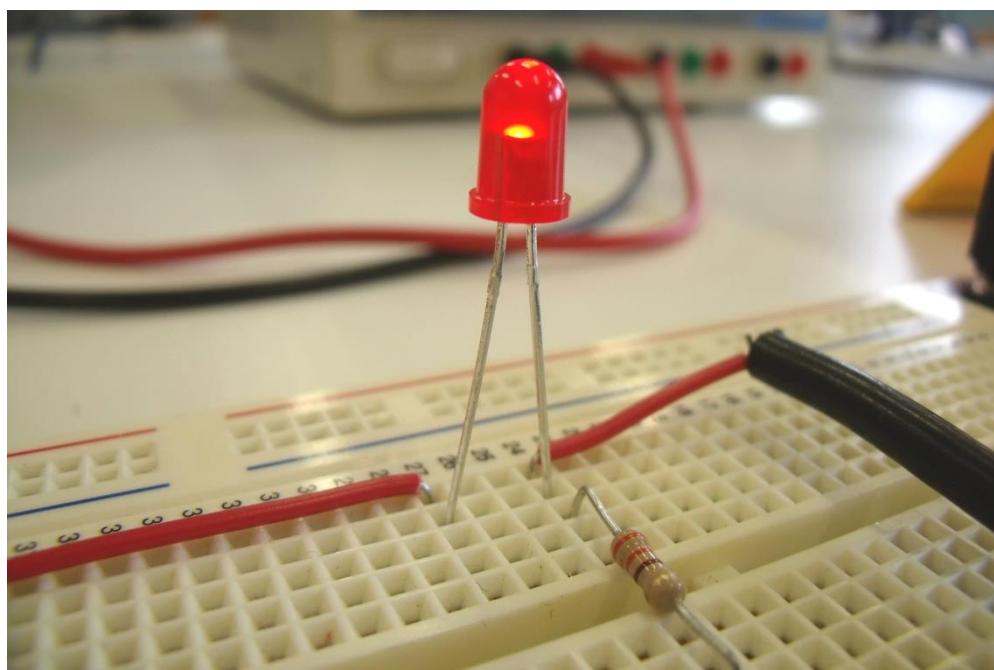


Figuur 6.10: schema LED

- Schakel de meettoestellen in en kies voor de A-meter een bereik van 40 mA.
- Start de voeding en stel de voedingsspanning in op een waarde zodat de stroom door de rode LED 20 mA bedraagt.
- Hoe groot is de drempelspanning over de rode LED?
- Vergelijk deze waarde met de vorige diodes. Verklaar.



Figuur 6.11: opstelling LED



Figuur 6.12: oplichtende rode LED

- Herhaal voorgaande stappen voor enkele andere kleuren en vul de tabel aan.

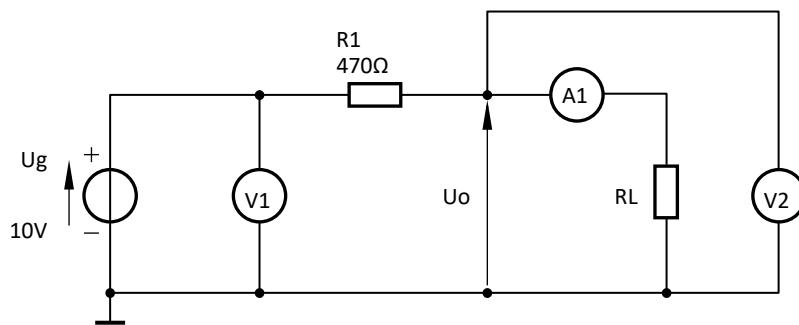
LED-kleur	Drempelspanning U_F (V)
Rood	
Groen	
Geel	
Paars	

Tabel 6-4: drempelspanningen LED's

- Wat is er met de paarse LED aan de hand?

- Geef een toepassing voor de laatste LED.

6.6 Belastingslijn (optioneel)



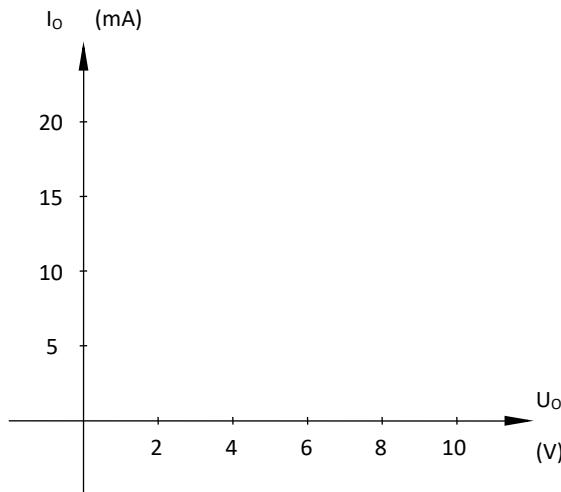
Figuur 6.13: opnemen belastingslijn

- Neem de belastingslijn op van bovenstaande schakeling. Gebruik hierbij een 11-tal waarden voor R_L . Voor elke waarde van R_L lees je de uitgangsspanning en de uitgangsstroom af.
- Vul tabel 6.5 aan.

$R_L (\Omega)$	$U_o (V)$	$I_o (mA)$
∞		
4700		
1800		
1000		
680		
470		
330		
220		
120		
56		
0		

Tabel 6-5

- Teken de gemeten belastingslijn op figuur 6.14.



Figuur 6.14: belastingslijn:

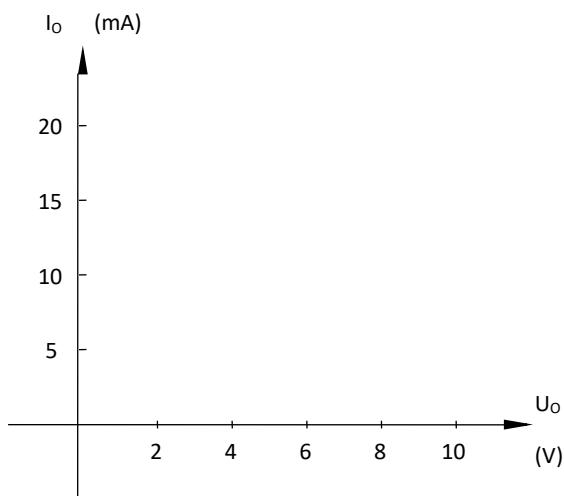
- Wat stelt de belastingslijn eigenlijk voor?



- Bepaal de belastingslijn ook zuiver theoretisch en ga na of dit klopt met de gemeten waarden.
Hoe ga je te werk? Besluit.



6.7 Instelpunt (optioneel)



Figuur 6.15: instelpunt weerstandsnetwerk

- Teken de theoretische belastingslijn van de opstelling volgens figuur 6.13.
- Op figuur 6.15 tekenen we ook de theoretische weerstandslijn van een R_L van 330Ω .
- Bepaal grafisch het theoretische instelpunt (U_{RL} , I_{RL} en U_{R1}) van de schakeling.
- Bouw de schakeling en meet het instelpunt na.
- Besluit.



BELANGRIJK!

Controleer of alle items behoorlijk zijn ingevuld vooraleer het verslag wordt ingediend!

7. Labopakket 7: Gedrag van R, L en C op AC

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

7.1 Theoretische achtergrond

In laboproef wordt gewerkt met de componenten R, L, C als circuitelement op wisselspanning. In een eerste fase wordt per component apart de berekening van de impedantie in functie van de frequentie, het verband (grootte en faseverschuiving) tussen spanning en stroom aangeleerd.

7.2 voorbereiding

Geef de formule om de impedantie van een zuivere weerstand, spoel en condensator te  bepalen als functie van de frequentie.

weerstand: $\bar{R} = \dots$

spoel: $\bar{X}_L = \dots$

condensator: $\bar{X}_C = \dots$

Geef bij R, L en C de formule die het verband geeft tussen spanning en stroom.

Zowel in formulevorm (“wet van Ohm”) als het vectordiagram. (Qua ligging van de vectoren, grootte vrij te kiezen). Leg de spanningsvector steeds op 0° .

Weerstand (R)	Spoel (L)

Condensator (C)	

[!] Herinnering : vermelde getalwaarden →

Alle hieronder vermelde spanningen zijn zuivere symmetrische sinusvormige wisselspanningen en zijn vermeld in effectieve waarden.

[!] Herinnering : bij het overnemen van scoopbeelden →

- het beeld zo groot mogelijk weergeven (afleesfout beperken), maar zodanig dat je bij een periodiek signaal toch nog een volle periode ziet. (Tenzij gevraagd werd een bepaald detail van het beeld uit te vergroten.)
- de stand van de schakelaars V/div en time/div vermelden.
- de ingestelde nullijn aanduiden in een andere kleur en markeren als "GND".

7.3 Opgave

[!] Controleer voor je start eerst en vooral of de zekering en de spoelen op je proefbord niet doorgebrand zijn.

Indien je bij een van deze componenten een oneindige weerstand meet, verwittig dan ONMIDDELIJK de docent bij het begin van het labo.

Meet met de scoop en de digitale multimeter rechtstreeks op de functiegenerator.

Controleer of je voedingsspanning een zuivere sinusvorm is.

Controleer of er verschil is tussen de spanning op het display van de generator en de gemeten spanning. Gebruik hiervoor een sinus van 100 Hz en een effectieve waarde van 5 V.

- effectieve waarde =

(gemeten waarde multimeter)

- amplitude =

(gemeten waarde scoop)

- effectieve waarde =

(afgelezen waarde generator)

(eff. = rms)

Kanaal1:V/div

Tijdsbasis:s/div

Kanaal2:V/div

Bouw nu een eenvoudige schakeling op met de functiegenerator als bron en achtereenvolgens de weerstand, spoel of condensator als verbruiker (elk afzonderlijk schakelen, niet samen).

Je kan zo het gedrag van elke van deze componenten op wisselspanning bestuderen.

In elke schakeling voorzie je ook een zekering van 50 mA direct na de generator !

Het is de bedoeling dat in een eerste reeks metingen de invloed van spanningsverandering na te gaan, en in een tweede reeks metingen de invloed van frequentieveranderingen na te gaan. Hiervoor wordt telkens de grootte van spanning en stroom gemeten, en de impedantie berekend.

Voor de meting van de spanning mag je niet betrouwen op de aflezing van de display van de generator, veiligheidshalve moet je de bronspanning controleren met de digitale multimeter.

De belaste generator zal immers een lagere klemspanning hebben dan de opeenklemspanning die op het display vermeld staat.

Bij stijgende stroomvraag kan de klemspanning van de generator dalen, constant controleren en eventueel bijregelen zal dus nodig zijn. In de gevraagde waarden niet haalbaar zijn, werk dan met de hoogst haalbare bronspanning en pas de meettabel hierna aan.

De te testen componenten zijn:

A) Weerstand

$$R = 2,2 \text{ k}\Omega$$

B) Condensator

$$C = 0,47 \mu\text{F}$$

C) Spoel

$L = 121 \text{ mH}$ (of de grootst mogelijke inductantie die je kan maken door de spoelen op het proefbord in serie te schakelen).

Voer metingen uit, zodat de volgende tabel kan vervolledigd worden :

A) Weerstand

	U_{eff} (gemeten)	I_{eff} (gemeten)	Z = U/I (berekend uit metingen)	Impedantie berekend op basis van formule i.f.v. f
Metingen bij vaste frequentie 400 Hz				
2 V				
4 V				
6 V				
Metingen bij vaste spanning 5 V_{eff}				
50 Hz				
100 Hz				
200 Hz				
400 Hz (*)				

B) Condensator

	Ueff (gemeten)	Ieff (gemeten)	Z = U/I (berekend uit metingen)	Impedantie berekend op basis van formule i.f.v. f
Metingen bij vaste frequentie 400 Hz				
2 V				
4 V				
6 V				
Metingen bij vaste spanning 5 Veff				
50 Hz				
100 Hz				
200 Hz				
400 Hz (*)				

C) Spoel

	Ueff (gemeten)	Ieff (gemeten)	Z = U/I (berekend uit metingen)	Impedantie berekend op basis van formule i.f.v. f
Metingen bij vaste frequentie 400 Hz				
2 V				
4 V				
6 V				
Metingen bij vaste spanning 5 Veff				
50 Hz				
100 Hz				
200 Hz				
400 Hz (*)				

Bij een beperkt aantal meetwaarden wordt tevens ook de faseverschuiving tussen spanning en stroom gecontroleerd. Deze metingen zijn in vorige tabel gemerkt met (*). Je gebruikt hiervoor de scoop. (TIP : $T = 1/f = 360^\circ$).

Zoals je weet kan een scoop enkel spanningen meten. Indien je de stroom in een schakeling wil visualiseren kan dit via een omweg. Je hebt op de plaats waar je de stroom wil meten een weerstand nodig.

Je meet de spanning over deze weerstand en je kan er dan van uitgaan dat

- de vorm van de spanning representatief is voor de stroom; een weerstand geeft immers geen faseverschuiving tussen spanning en stroom,
- de grootte van de stroom bepaald wordt door $I = U / R$.

Indien je in de schakeling geen weerstand ter beschikking hebt op een geschikte plaats, kan je een extra "meetweerstand" invoegen. Deze meetweerstand moet dan zo klein mogelijk zijn, zodat hij het gedrag van de oorspronkelijke schakeling (qua faseverschuiving en qua stroomgrootte) niet teveel beïnvloedt.

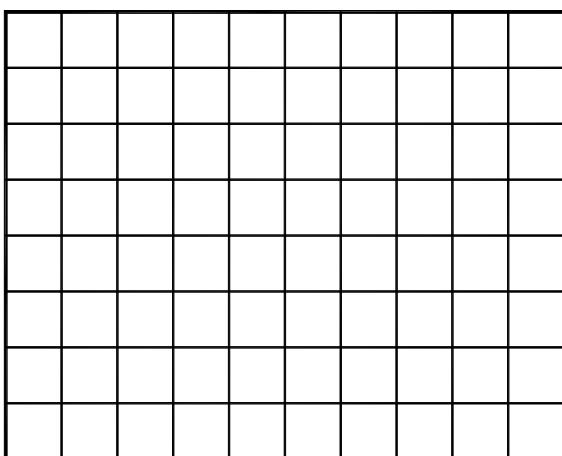
Gebruik nu in vorige schakeling de scoop om het faseverschil tussen bronspanning en stroom te bepalen. Visualiseer de bronspanning op kanaal I en de stroom op kanaal II. Maak beide signalen tegelijk zichtbaar maken met de weergavemodus DUAL. Beide scoopkanalen hebben een gemeenschappelijke massa (zwart, GD of GND) die samen **moet** vallen met de massa van de generator.

Teken hieronder het schema en geef aan hoe je de scoop aansluit (duid aan: meetpunt CH I, meetpunt CH II en meetpunt GND).

Meetschema:

[!] Laat dit schema controleren door de docent alvorens uit te voeren.

A) Weerstand



berekening faseverschil in ms

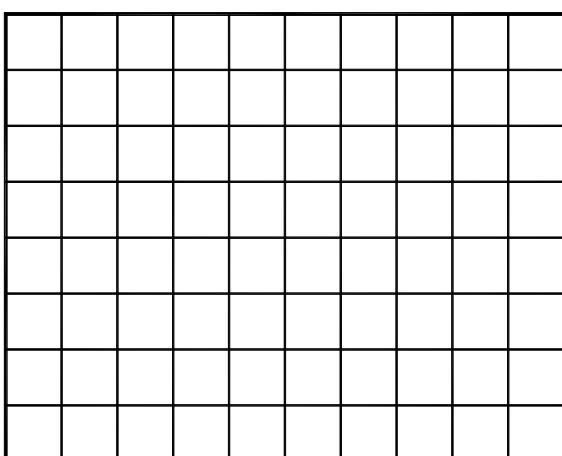
berekening faseverschil in graden

Kanaal1:V/div Tijdsbasis:s/div

Kanaal2:V/div

vergelijking stroomgrootte met waarde uit tabel

B) Condensator



berekening faseverschil in ms

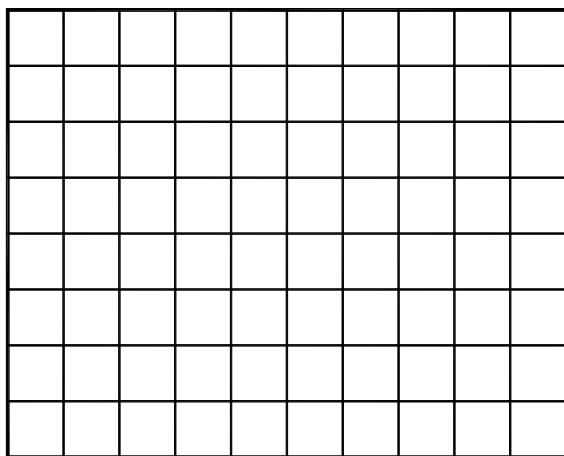
berekening faseverschil in graden

Kanaal1:V/div Tijdsbasis:s/div

Kanaal2:V/div

vergelijking stroomgrootte met waarde uit tabel

C) Spoel



berekening faseverschil in ms

berekening faseverschil in graden

Kanaal1:V/div Tijdsbasis:s/div

Kanaal2:V/div

vergelijking stroomgrootte met waarde uit tabel

7.4 Verwerkingen metingen, besluiten

- a) Teken op één blad mm-papier $I=f(U)$ voor R, L en C. Indien nodig gebruik je per component een verschillende schaal voor de stroom-as.
- b) Teken op één blad mm-papier $Z=f(f)$ voor R, L en C. Indien nodig gebruik je per component een verschillende schaal voor de impedantie-as.

- c) Bereken de grootte van impedantie $Z (=U/I)$ op basis van je metingen, en op basis van de theoretische formules in functie van de frequentie. Dit is reeds gebeurd in meettabel. Vergelijk nu in hoeverre deze waarden overeenstemmen, verklaar eventuele verschillen.
- d) Trek je besluiten in verband met invloed van U en f bij elke component. (Is het verband tussen U en I steeds lineair, heeft de frequentie een invloed, ...)
- e) Welk verschil neem je waar bij meting van de grootte van de spanning met scoop en multimeter. Verklaar.

[TIP] Mogelijk bruikbare info bij besluiten en / of berekeningen : de gebruikte zekering heeft een zekere weerstand (meetbaar) en ook de generator heeft een inwendige weerstand (aangeduid).

7.5 RC-seriekring

Na analyse van het gedrag van de componenten op AC kunnen we overgaan tot een serieschakeling van 2 componenten. We beschouwen een weerstand en een condensator die in serie geschakeld staan. We gebruiken een weerstand van $1\text{ k}\Omega$ en een condensator van $0,47\text{ }\mu\text{F}$. Als bron gebruiken we een sinus van 5 Veff en een frequentie van 400 Hz .

Controleer eerst de vorm, amplitude en frequentie van je voedingsspanning op de scoop. Meet de grootte van de spanning zowel met de scoop als met een multimeter. Tijdens het verloop van de proef kan je een eventueel dalende klemspanning bij de belaste generator gewoon controleren met de digitale multimeter en bijregelen.

[!] Controleer voor je start eerst en vooral of de zekering en de spoelen op je proefbord niet doorgebrand zijn.

Indien je bij een van deze componenten een oneindige weerstand meet, verwittig dan **ONMIDDELIJK** de docent bij het begin van het labo.

Meet volgende zaken van de RC-seriekring:

- de stroom door elke component,
- de spanning over elke component,
- de bronspanning,
- de faseverschuiving tussen bronspanning en bronstroom.

Noteer je resultaten op het de scooprasters en geef tot slot de resultaten weer in tabelvorm.

Maak eerst een principeschema hoe je de schakeling zou opbouwen. Vermeld duidelijk de positie van de scoopmeetpunten (bronspanning op kanaal I, stroom op kanaal II, massa's) en zekering.

Schema:

[!] Laat dit schema door de docent controleren alvorens uit te voeren.

Berekening faseverschil in ms:

Berekening faseverschil in graden:

U_{bron} (gemeten)	U_R (1 kΩ) (gemeten)	U_C (gemeten)	I (gemeten)	Impedantie berekend op basis van meetwaarden U en I	fase- verschuiving tussen U en I

- A) Controleer of de scalaire som of vectoriële som van de deelspanningen gelijk is aan de bronspanning. Verklaar en staaf door berekening.

- B) Teken het vectordiagram (voldoende groot, duidelijk en op schaal) van de schakeling, en controleer voor elke schakeling de som van de spanningen grafisch.

Vectordiagramma:

- E) Vergelijk de totale impedantie bekomen door je meetresultaten te gebruiken ($Z=U/I$ uit tabel) en bereken daarna Z theoretisch (op basis van de combinatie van \bar{R} , \bar{X}_C). Vergelijk en verklaar eventuele afwijkingen.

8. Labopakket 8: Gelijkrichterschakelingen

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

8.1 Inleiding

Heel wat elektronische toestellen worden gevoed vanuit het lichtnet. Meestal wordt de netspanning (wisselspanning van 230 V) eerst omlaag getransformeerd met een transformator. Vervolgens wordt de secundaire wisselspanning gelijkgericht. Op deze manier komt men een pulserende gelijkspanning. Voor de meeste toepassingen voldoet deze vorm van gelijkspanning echter nog niet, en moet deze nog afgevlakt worden. Na het plaatsen van een afvlakcondensator komt men een gelijkspanning met daarop een rimpelspanning gesuperponeerd. Voor sommige toepassingen volstaat dit, maar dikwijls moet er nog een stabilisatieschakeling voorzien worden. In dit practicum onderzoeken we eerst de werking van de eenfasige enkelzijdige gelijkrichter. We meten de geleverde uitgangsspanning, de spanning over de diode en de transferkarakteristiek. Vervolgens is de eenfasige enkelzijdige gelijkrichter met afvlakcondensator aan de beurt. Hierbij wordt de invloed van de grootte van de afvlakcondensator en de belasting op de uitgangsspanning bekeken. Dan testen we de bekende bruggelijkrichter zonder en met afvlakkings. Bij deze laatste gaan we naast de basistesten ook een belastingskarakteristiek opnemen. Als laatste onderdeel van dit practicum worden er enkele randfenomenen onderzocht.

Maak als voorbereiding alle onderdelen waar een "boekje" naast staat!

8.2 Eenfasige enkelzijdige gelijkrichter

8.2.1 Diodegegevens

- Zoek de volgende diodegegevens V_{RRM} , V_R , I_F en I_{F5M} op in de datasheets en vul tabel 8.1 aan.
- Geef tevens de betekenis van deze karakteristieken.

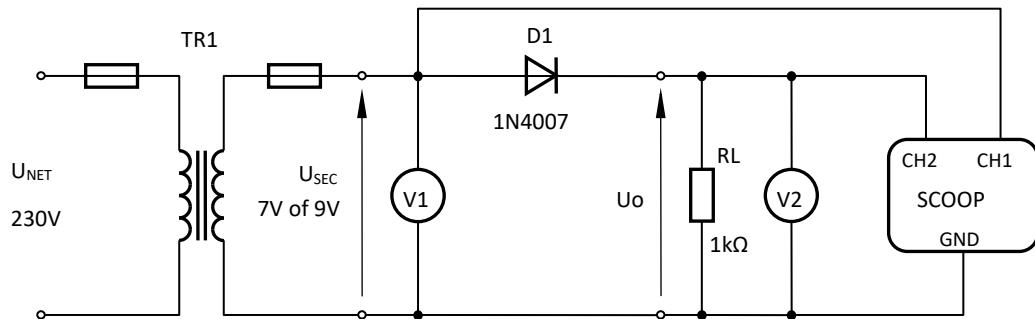


Gegeven	1N4007	1N4148	Betekenis
V_{RRM}			
V_R			
I_F			
I_{F5M}			

Tabel 8-1: diodegegevens

8.2.2 Uitgangsspanning

- Bouw de volgende schakeling (figuur 8.1). Zorg er voor dat je een overzichtelijke opstelling bekomt.



Figuur 8.1: opstelling eenfasige enkelzijdige gelijkrichter

Op de volgende foto zie je een voorbeeld van de meetopstelling.

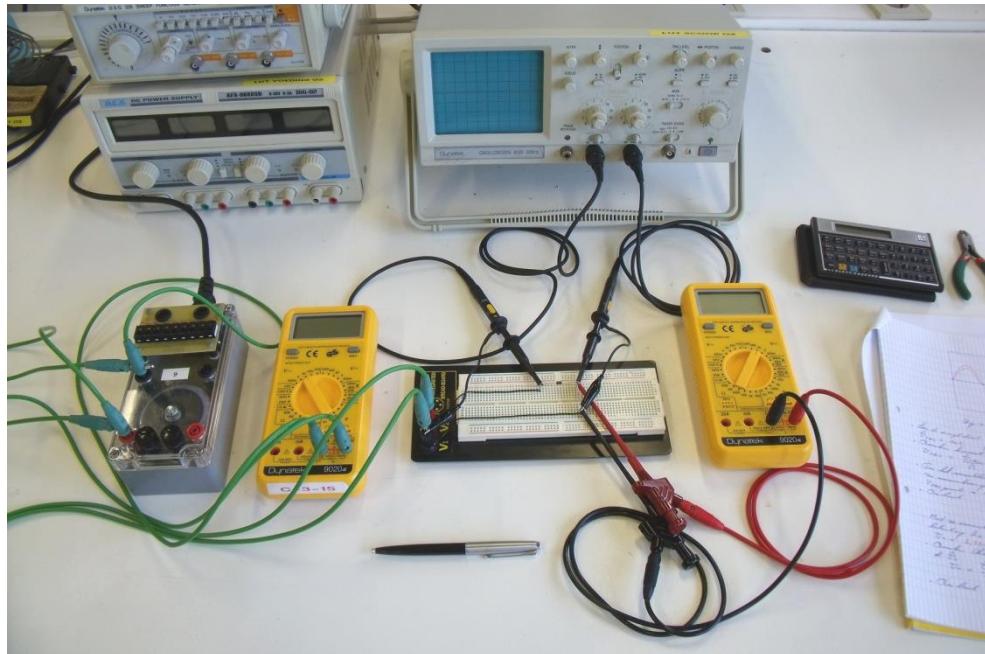
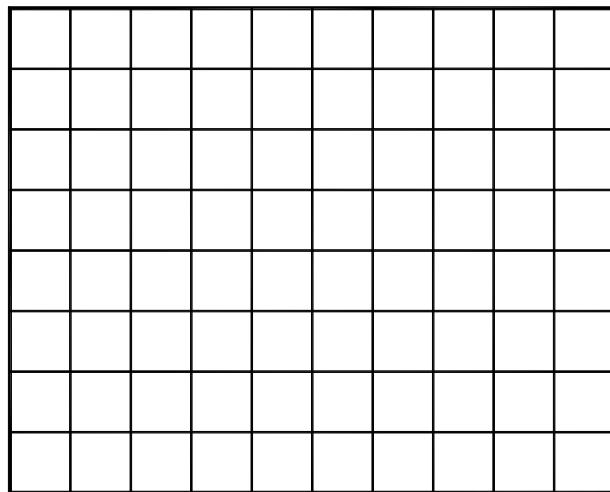


Foto 8.1: meetopstelling eenfasige enkelzijdige gelijkrichter

Attentie!

Laat de schakeling eerst controleren door de begeleidende docent!

- Stel V_1 in op AC-VOLT en V_2 op DC-VOLT, beiden op het hoogste meetbereik!
- Zet de ingangsselector van beide kanalen van de oscilloscoop op DC-INPUT en leg het nulpunt in het midden van het scherm.
- Start de schakeling voorzichtig op en stel de oscilloscoop zo in dat je een zo groot mogelijk beeld van 2 à 3 perioden bekomt. Maak dat het ingestelde aantal V/DIV voor beide kanalen hetzelfde is!
- Teken het scoopbeeld van U_{SEC} en U_o op figuur 8.2. Vermeld duidelijk de gekozen tijdbasis (TIME/DIV) en gevoeligheid (V/DIV).



Figuur 8.2: eenfasige enkelzijdige gelijkrichting

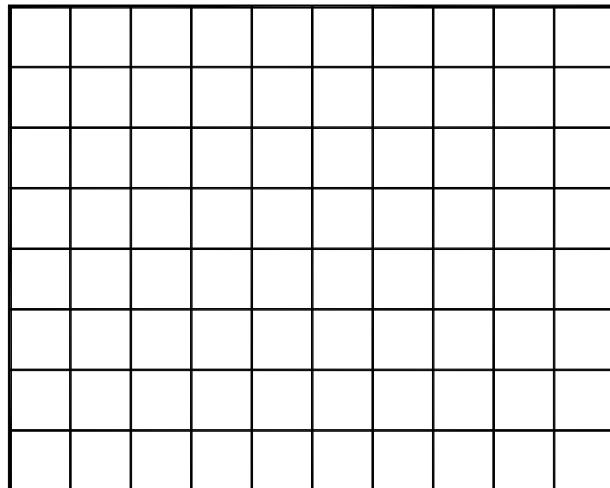
- Lees de amplitude af van de spanning op de secundaire wikkeling van de transformator.
- Bereken hieruit de effectieve waarde van de secundaire spanning U_{SEC} . Formule?
- Pas het meetbereik van voltmeter V_1 aan en meet de secundaire spanning zo nauwkeurig mogelijk.
- Vergelijk de gemeten met de berekende waarde en formuleer uw besluiten.
- Bereken theoretisch de waarde van de gemiddelde gelijkspanning U_o over R_L . Vertrek hierbij van de amplitude van de secundaire spanning.

- Meet met V_2 nauwkeurig de gelijkspanning over de belasting R_L .
- Besluit.

8.2.3 Spanning over de diode

- Behoud de opstelling volgens figuur 8.1 maar stel de oscilloscoop zo in dat je de spanning over de diode U_D op het scherm van de oscilloscoop krijgt. Je moet hiervoor een zogenaamde “differentiële meting” uitvoeren (CH1-CH2).
- Hoe doe je dit? 

- Let hierbij op dat je het ingestelde aantal V/DIV voor beide kanalen van de scoop hetzelfde kiest en dat de AC-DC schakelaars op de stand DC staan!
- Schets het bekomen resultaat op figuur 8.3. Maak dat je de nullijn in het midden van het beeld legt en vermeld de gekozen scoopinstellingen (TIME/DIV en V/DIV).



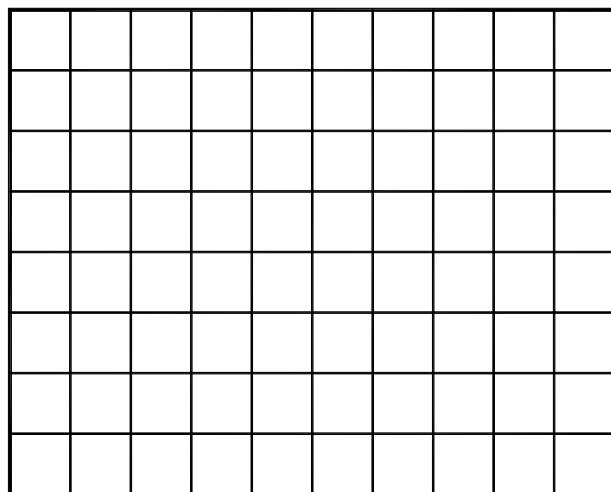
Figuur 8.3: spanning over de diode

- Wat is de maximale inverse spanning die er over de diode komt te staan?
- Besluiten

8.2.4 Transferkarakteristiek

De transferkarakteristiek geeft het verband weer tussen de uitgangsspanning U_o (Y-as) i.f.v. de ingangsspanning U_{sec} (X-as).

- Gebruik terug dezelfde opstelling van figuur 8.1.
- Schakel de oscilloscoop in X/Y-mode en maak dat je een zo groot mogelijk beeld bekomt. Let er op dat het ingestelde aantal V/DIV voor beide kanalen gelijk is en dat de scoopingangen op DC staan!
- Vergeet niet eerst het nulpunt van de grafiek in het midden van het scherm te leggen door om beurten CH1 en CH2 op GND (ground) te schakelen!
- Schets de bekomen transferkarakteristiek op figuur 8.4.
- Denk er ook aan om de scoopinstellingen te vermelden.



Figuur 8.4: transferkarakteristiek enkelzijdige gelijkrichter

- Verklaar het bekomen resultaat.

8.3 Eenfasige enkelzijdige gelijkrichter met afvlakcondensator

8.3.1 Uitgangsspanning

- Vraag een condensator van $47 \mu\text{F}$, 63 V aan de docent.
- Welk type condensator is dit?



- Maak hieronder een schets van het schemasymbool en de behuizing van deze condensator en duid op beiden de polariteit aan.



Figuur 8.5: schemasymbool

Figuur 8.6: praktische uitvoering

- Wat zijn de belangrijkste voor- en nadelen van dit condensatortype?



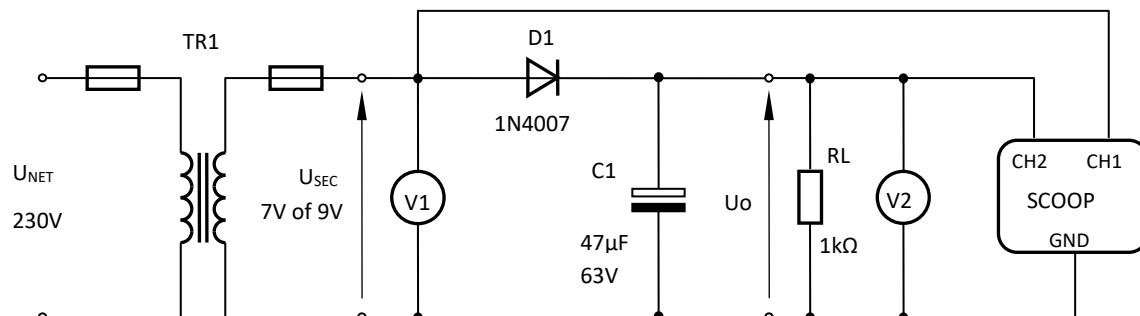
- Vul de schakeling van figuur 8.1 aan met de afvlakcondensator C_1 (zie figuur 8.7).

OPGELET EXPLOSIEGEVAAR!!!

Wanneer je een elektrolytische condensator (ELCO) verkeerd polariseert of op een te hoge spanning plaatst, dan kan deze exploderen!

Controleer of de ELCO juist gepolariseerd is!

Richt de ELCO weg van uzelf en van uw medestudenten!



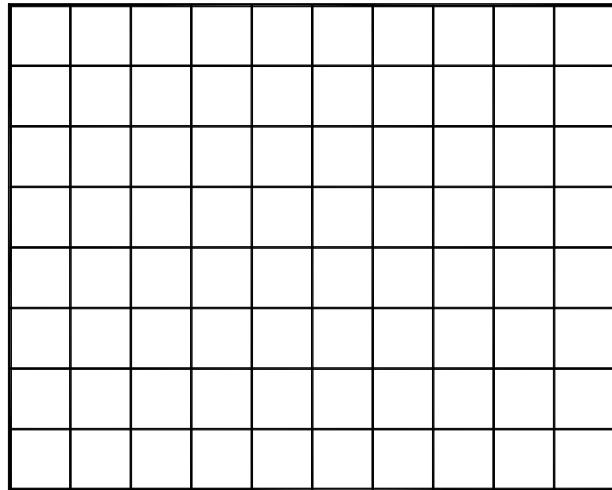
Figuur 8.7: eenfasige enkelzijdige gelijkrichter met afvlakcondensator

Opgelet!

Laat de schakeling eerst controleren door de begeleidende docent!

- Stel V₁ in op AC-VOLT en V₂ op DC-VOLT, beiden op het hoogste meetbereik!
 - Zet de ingangsselector van beide kanalen van de oscilloscoop op DC-INPUT en leg het nulpunt in het midden van het scherm.
 - Start de schakeling voorzichtig op en stel de oscilloscoop zo in dat je een zo groot mogelijk beeld van 2 à 3 perioden bekomt. Maak dat het ingestelde aantal V/DIV voor beide kanalen hetzelfde is!
 - Teken het scoopbeeld van U_{SEC} en U_o op figuur 8.8. Vermeld duidelijk de gekozen tijdbasis (TIME/DIV) en gevoeligheid (V/DIV).
 - Duid de gemiddelde waarde van de uitgangsspanning aan op figuur 8.8 en lees de waarde af.
-
- Lees tevens de gelijkspanning U_o af op de voltmeter V₂.

- Besluit.



Figuur 8.8: eenfasige enkelzijdige gelijkrichting met afvlakcondensator van $47 \mu F$

- Vergelijk de bekomen gelijkspanning met de waarde bekomen zonder afvlakcondensator en formuleer uw besluit.

- Bereken via de aangelezen spanning op V_2 , de gelijkstroom I_L door de belasting R_L .

- Bereken theoretisch de waarde van de te verwachten rimpelspanning u_{rtt} over R_L . Gebruik hiervoor de vereenvoudigde formule.

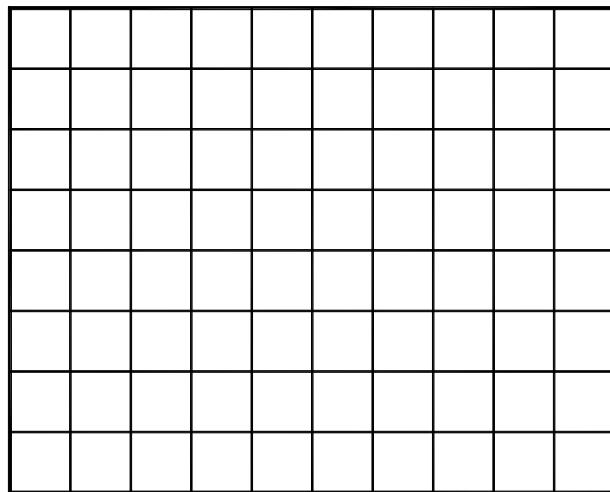
- Meet nauwkeurig met de oscilloscoop de rimpelspanning u_{rtt} .



- Besluiten.
- Welke frequentie heeft de rimpelspanning?

8.3.2 Invloed van de afvlakcondensator op de rimpelspanning

- Zelfde opstelling als bij meting 8.3.1 maar met een afvlakcondensator C_1 van $10 \mu\text{F}$, 63 V .
LET OP met de polariteit van C_1 !
- Meet terug met de scoop U_{SEC} en U_0 en teken deze op figuur 8.9.
- Hoe groot is u_{rtt} ?

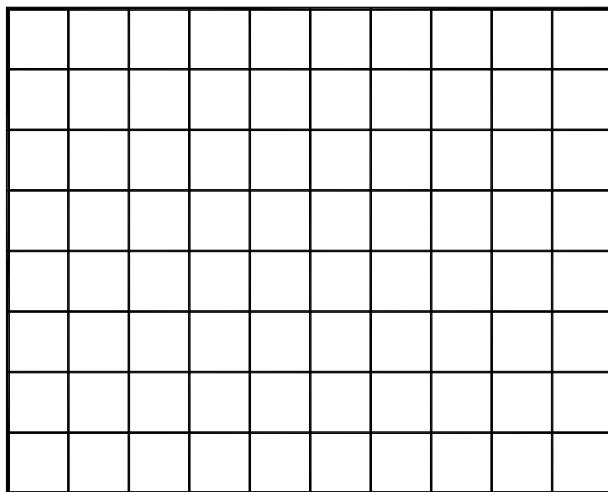


Figuur 8.9: rimpelspanning bij $C_1 10 \mu\text{F}$ en $R_L 1 \text{ k}\Omega$

- Meet de uitgangsspanning U_0 met V_2 .
- Vergelijk de resultaten met meting 8.3.1 en formuleer uw besluiten.

8.3.3 Invloed van de belasting op de uitgangsspanning

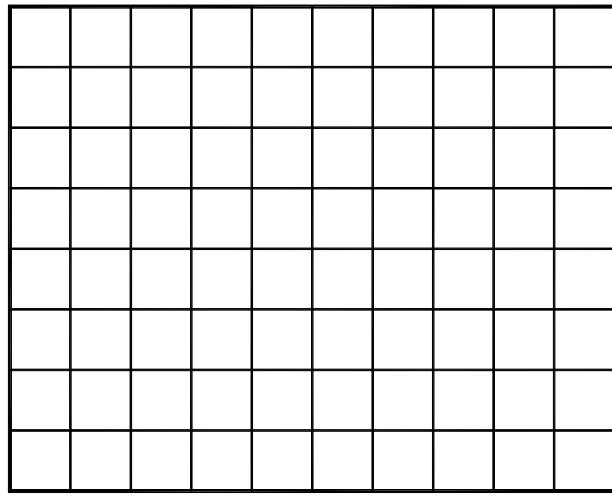
- Zelfde opstelling als hiervoor maar vervang de afvlakcondensator C_1 door $47 \mu F$, $63 V$ en de belastingsweerstand R_L door $2,2 k\Omega$, $0,25 W$.
 - Meet terug met de scoop U_{SEC} en U_o en teken deze op figuur 8.10.
 - Hoe groot is u_{rtt} nu?
-
- Meet de uitgangsspanning met de DC-voltmeter V_2 .
 - Vergelijk de resultaten met 8.3.1 en 8.3.2 en formuleer uw besluiten.



Figuur 8.10: rimpelspanning bij $C_1 47 \mu F$ en $R_L 2,2 k\Omega$

8.3.4 Spanning over de diode

- Behoud de opstelling volgens 8.3.3 maar stel de oscilloscoop zo in dat je de spanning over de diode U_D op het scherm van de oscilloscoop krijgt. Je moet hier terug een “differentiële meting” uitvoeren (CH1-CH2).
- Let hierbij op dat je het ingestelde aantal V/DIV voor beide kanalen van de scoop hetzelfde kiest en dat de AC-DC schakelaars op de stand DC staan!
- Schets het bekomen resultaat op figuur 8.11. Maak dat je de nullijn in het midden van het beeld legt en vermeld de gekozen scoopinstellingen (TIME/DIV en V/DIV).

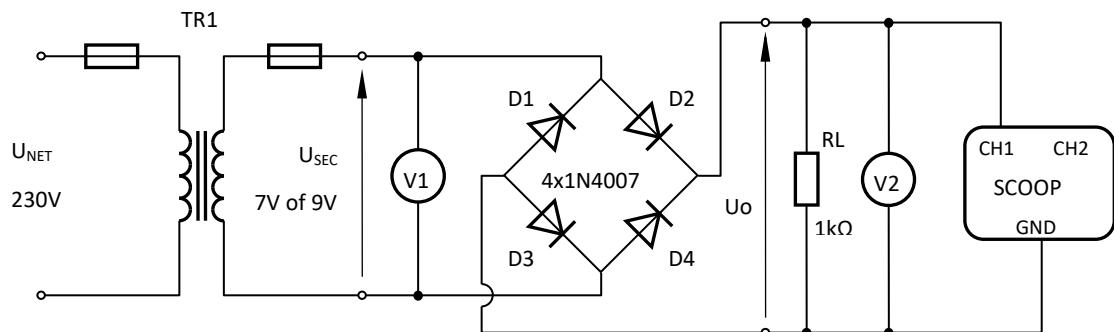


Figuur 8.11: spanning over de diode bij C_1 47 μF en R_L 2,2 k Ω

- Welke maximale inverse piekspanning komt er over de diode te staan?
- Besluit.

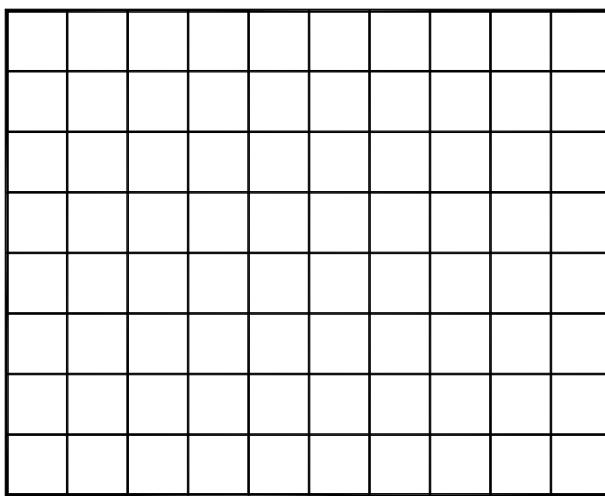
8.4 Bruggelijkrichter

- Bouw de onderstaande opstelling van een bruggelijkrichter (figuur 8.12).
Let goed op dat je de diodes in de juiste zin plaatst.
- Wat zou er gebeuren als je één diode verkeerd gepolariseerd hebt? Leg uit.



Figuur 8.12: schema bruggelijkrichter

- Meet de secundaire spanning U_{SEC} met V_1 .
- Bereken de amplitude van de secundaire spanning a.d.h.v. U_{SEC} . 
- Schets het verloop van de secundaire spanning U_{SEC} op figuur 8.13.



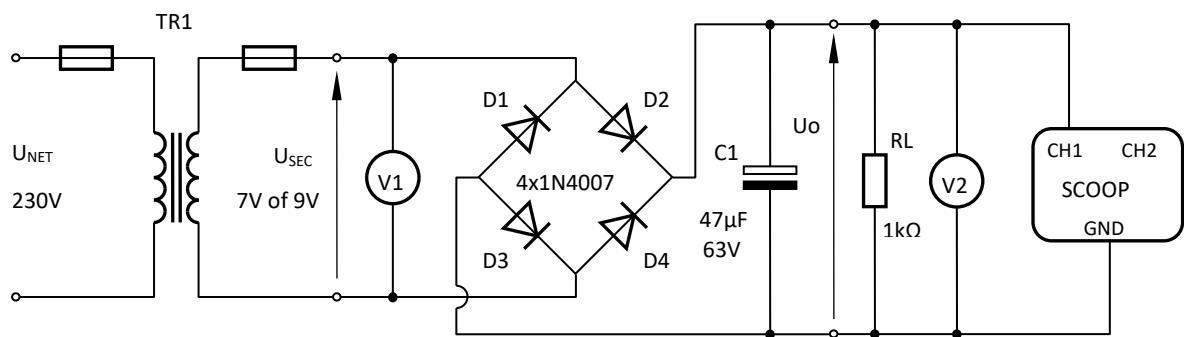
Figuur 8.13: signalen bij een bruggelijkrichter

- Meet de uitgangsspanning U_o met de oscilloscoop. Kies DC met de ingangsselector en leg de nullijn in het midden van het scherm. **Let op met de massa-aansluiting!**
- Teken het bekomen scoopbeeld van U_o ook nauwkeurig op figuur 8.13.
- Meet de uitgangsspanning U_o ook met voltmeter V_2 .
- Besluit:

8.5 Bruggelijkrichter met afvlakcondensator

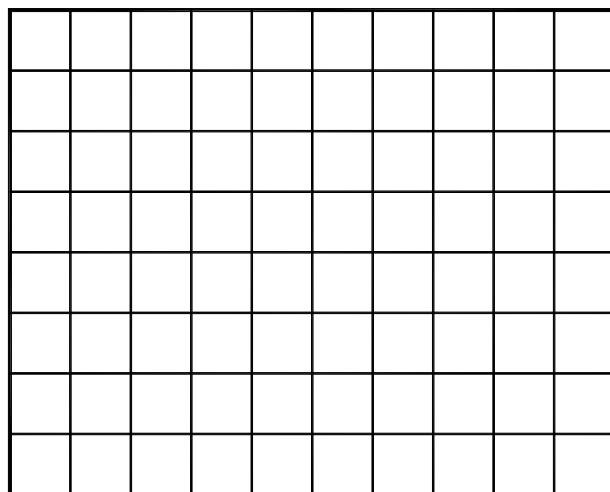
8.5.1 Uitgangsspanning

- Behoud de opstelling van figuur 8.12 en vul deze aan met de afvlakcondensator C_1 van $47 \mu F$, $63 V$ (zie figuur 8.14). **Let op dat je de condensator juist polariseert!**
- Schets U_{SEC} van de vorige meting op figuur 8.15.
- Meet U_o met de oscilloscoop (één meetprobe). Zet de scoop op DC en maak dat de nullijn in het midden ligt. Teken het signaal op figuur 8.15.



Figuur 8.14: bruggelijkrichter met afvlakcondensator

- Meet de uitgangsspanning U_o met V_2 .
- Meet de rimpelspanning u_{rtt} zo precies mogelijk (**scoop op AC**).

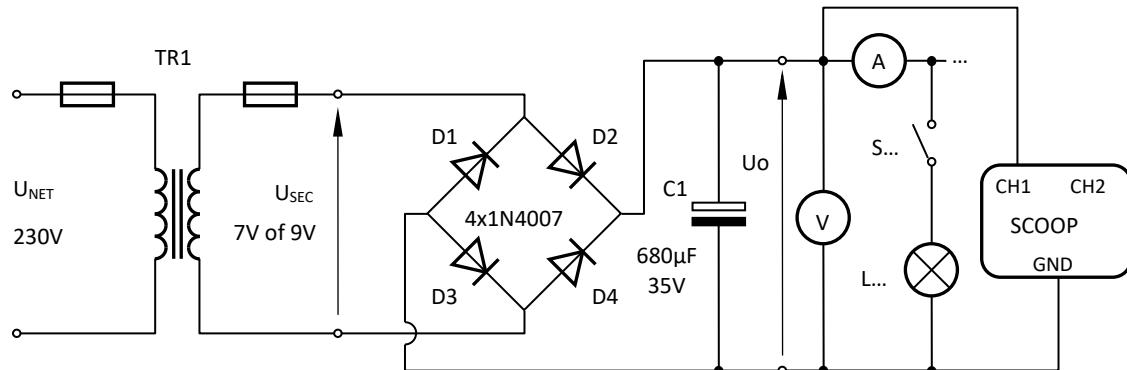


Figuur 8.15: uitgangsspanning bruggelijkrichter met afvlakking

- Vergelijk de resultaten met de vorige meting.
- Besluiten.

8.5.2 Belastingskarakteristiek

- Bouw de schakeling om naar figuur 8.16. Vergeet niet om de condensator C1 te vervangen door $680 \mu\text{F}$, 35 V. **Let goed op voor de polariteit van de afvlakcondensator C1!** We gaan de gelijkspanningsvoeding in gelijkmatige stapjes beladen met de gloeilampjes die aanwezig zijn op de transformatorprint.

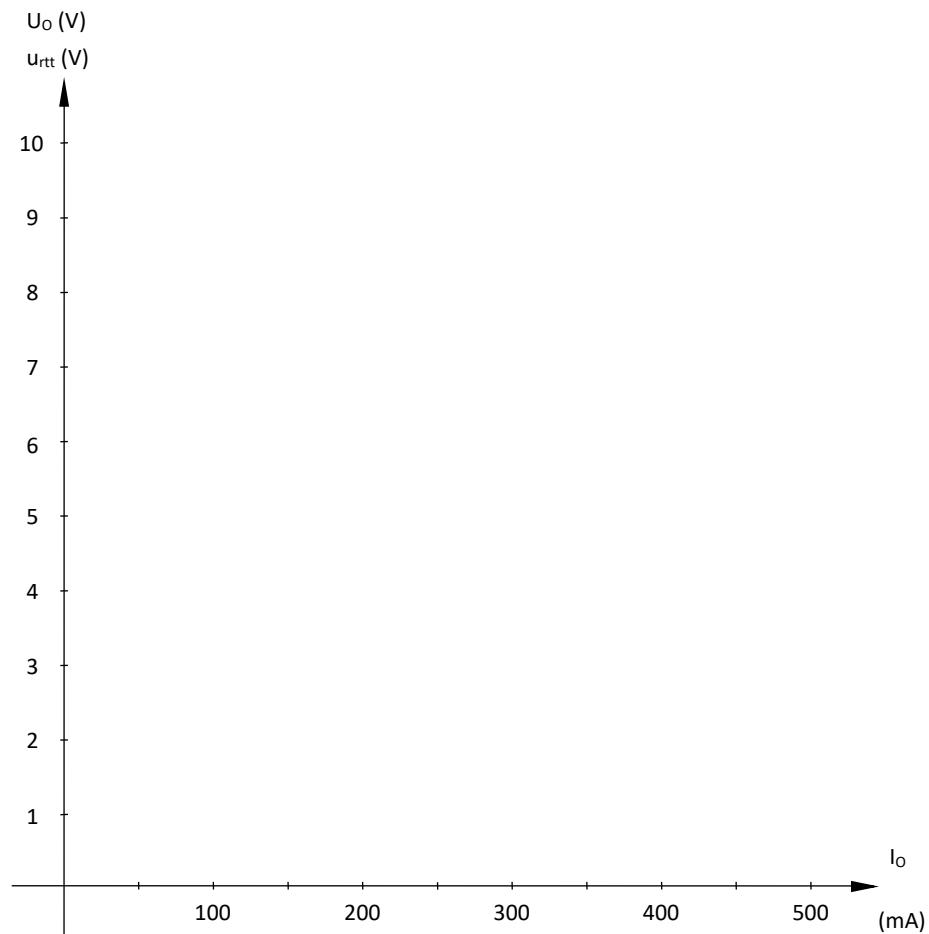


Figuur 8.16: opstelling belastingskarakteriek

- Meet voor elke belasting, de uitgangsspanning U_o en de belastingsstroom I_o met de multimeter en met de scoop de rimpelspanning u_{rtt} .
- Noteer de gemeten waarden in tabel 8.2.
- Schets het verloop van U_o en u_{rtt} i.f.v. I_o op de grafiek van figuur 8.17.

Aantal lampjes ingeschakeld	U_o (V)	I_o (mA)	u_{rtt} (V)
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Tabel 8-2: belastingsmetingen



Figuur 8.17: belastingskarakteristiek

- Bepaal de inwendige weerstand van deze voeding bij een belastingsstroom van rond de 250 mA.
- Is dit een gestabiliseerde voeding? Leg uit.
- Besluit.

9. Labopakket 9: Spanningsstabilisatie

Datum : Klasgroep..... Labogroep.....
Naam :

9.1 Inleiding

De meeste elektronische schakelingen werken met een gelijkspanning als voedingsspanning. Sommige apparaten werken op gewone batterijen of zijn uitgerust met oplaadbare batterijen. Heel wat toestellen worden echter gevoed met netspanning (230 V wisselspanning). Meestal wordt de netspanning eerst omlaag getransformeerd en vervolgens gelijkgericht. Op deze manier komt men een veilige, netgescheiden, pulserende gelijkspanning. De volgende stap is het toepassen van een afvlakcondensator. Hierdoor komt men een gelijkspanning die echter nog een rimpelspanning vertoont. Voor sommige toepassingen volstaat de bekomen spanningsvorm als voedingsspanning maar in de meeste gevallen moet er nog een stabilisatieschakeling worden voorzien. In dit practicum onderzoeken we eerst de eenvoudige spanningsstabilisatie d.m.v. een zenerdiode. We starten met het opnemen van de karakteristieken van de gebruikte zenerdiodes. Daarna bepalen we het instelpunt bij het maximale dissipatievermogen van de zenerdiode. Vervolgens wordt de belastingskarakteristiek opgenomen. Hierbij wordt nagegaan in hoeverre de gelevereerde gelijkspanning afhankelijk is van de belastingsstroom. De volgende test is het bepalen van de uitgangsspanning i.f.v. de ingangsspanning. Aan de hand van de resultaten kunnen we o.a. de kwaliteit van de stabilisatie bepalen. Dit gebeurt door het berekenen van de stabilisatiefactor. De proeven op zener-stabilisatie worden afgerond door een eenvoudige, volledige, gelijkspanningsvoeding te bouwen. Als laatste onderdeel van dit practicum wordt er een geïntegreerde spanningsregelaar uitgetest. Hierbij wordt een volledige gestabiliseerde voeding gebouwd en onderzocht.

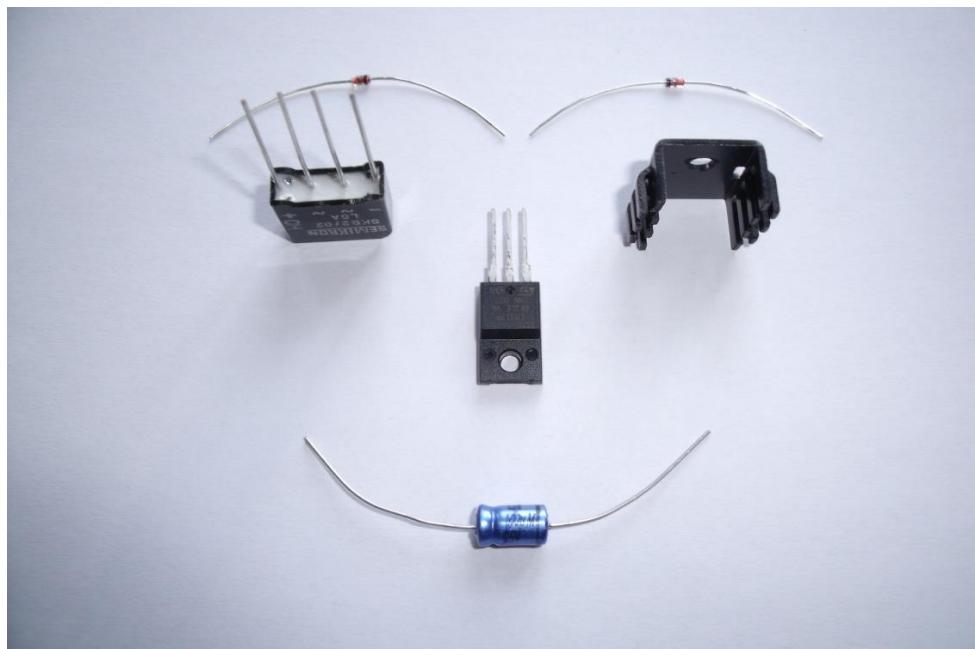


Foto 9.1: enkele componenten voor dit practicum

9.2 Spanningsstabilisatie met zenerdiode

9.2.1 Gegevens zenerdiodes

- Zoek de gegevens U_Z en P_{MAX} op in de datasheets en vul tabel 9.1 aan.
- Geef tevens de betekenis van deze karakteristieken.



Gegeven	BZX79C10	Betekenis
U_Z		
P_{MAX}		

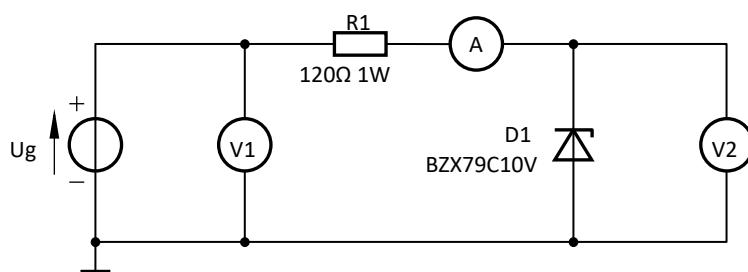
Tabel 9-1: gegevens zenerdiode

- Bepaal de minimale en maximale toegelaten zenerstroom om de zenerdiode correct als zener te laten werken:



9.2.2 Karakteriek zenerdiode

- Bouw de volgende schakeling (figuur 9.1).



Figuur 9.1: opstelling voor karakteristieken zenerdiodes

- Kies het juiste meetbereik voor de meettoestellen en schakel deze in.
- Start de voeding en stel de voedingsspanning in op een waarde te beginnen van 0 V. Deze waarde lees je af op voltmeter V1 op de voeding zelf.
- Stel de stroombegrenzing van de voeding in zodat de maximale stroom begrensd wordt op ongeveer 100 mA.
- Meet de spanning over de zenerdiode U_Z voor een stroom I_Z van 0 mA t.e.m. 50 mA.

- Kies de meetpunten zorgvuldig zodat je het buigpunt in de grafiek precies kunt opmeten en noteer de gemeten waarden van U_Z en I_Z in de volgende tabel 9.2.
- Schets de gemeten zenerkarakteristiek op figuur 9.2. Duid duidelijk de meetpunten aan met een bolletje en teken er de best passende kromme door.

BZX79C10	
U_Z (V)	I_Z (mA)
0	0
	50,00

Tabel 9-2: zenerkarakteristieken

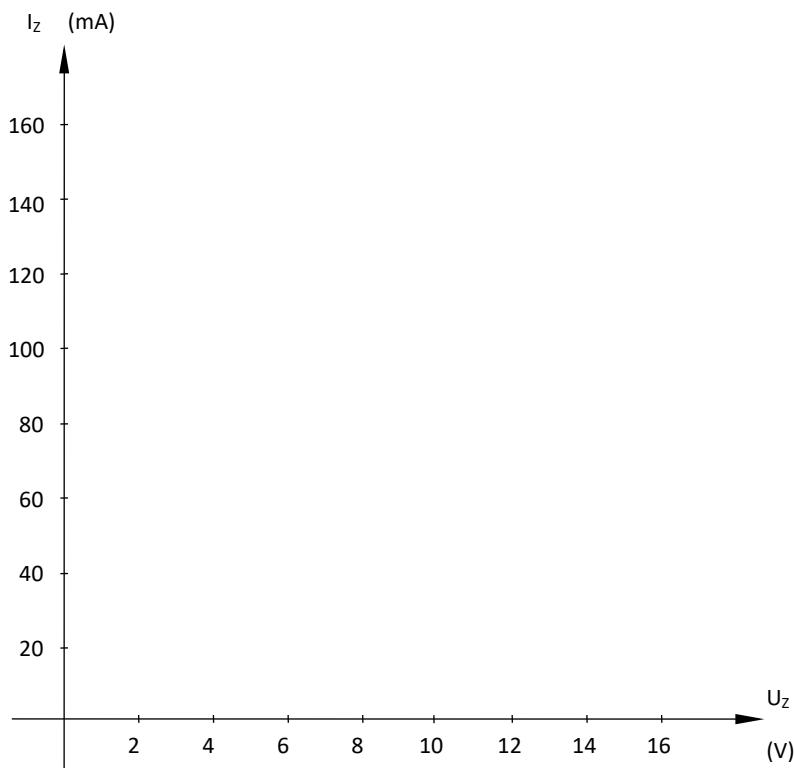
- Verklaar de codering van de gebruikte zenerdiode.



- Bepaal de dynamische weerstand van de zenerdiode bij een stroom I_z van 30 mA.



- Teken de maximaal toegelaten dissipatie-hyperbool op de opgenomen karakteristiek van de zenerdiode (figuur 9.2). Leg uit hoe je dit doet en wat dit betekent. Tip, bereken de maximale I_z bij alle U_z en zet deze uit op de grafiek.



Figuur 9.2: karakteristiek zenerdiode

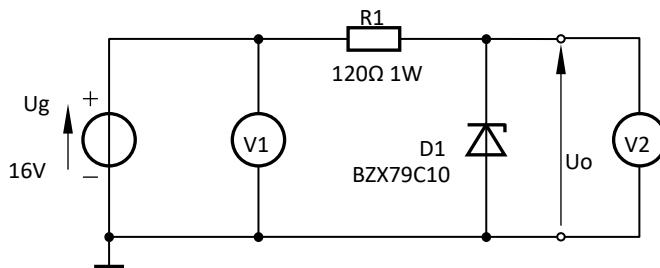
- Besluiten.

9.2.3 Instelpunt bij maximaal dissipatievermogen

- Teken de belastingslijn van onderstaande schakeling (figuur 9.3) op de grafiek van Figuur 9.2.
- Bepaal het instelpunt met de grafische methode.



- Bouw de volgende schakeling (figuur 9.3). Zorg er voor dat je een overzichtelijke opstelling bekomt.



Figuur 9.3: bepalen instelpunt bij maximaal dissipatievermogen

- Meet de bronspanning U_g en de uitgangsspanning U_o met respectievelijk voltmeter V_1 en V_2 .

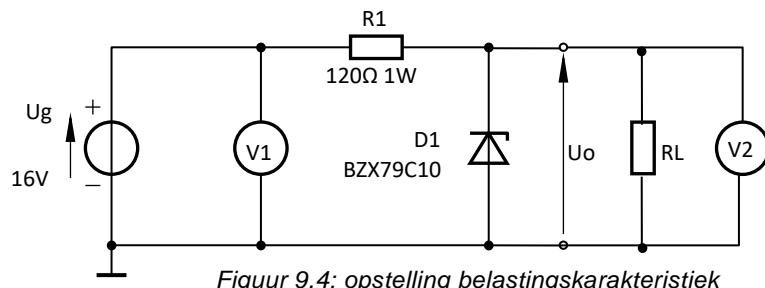
- Bepaal de stroom I_z door de zenerdiode D_1 uit U_g en U_o .

- Vergelijk de bepaalde waarde van I_z met deze die bekomen werd uit de grafische methode bovenaan deze pagina.

- Hoeveel vermogen dissipeert de zenerdiode?
- Besluit.

9.2.4 Belastingskarakteristiek

- Bouw de schakeling volgens figuur 9.4.

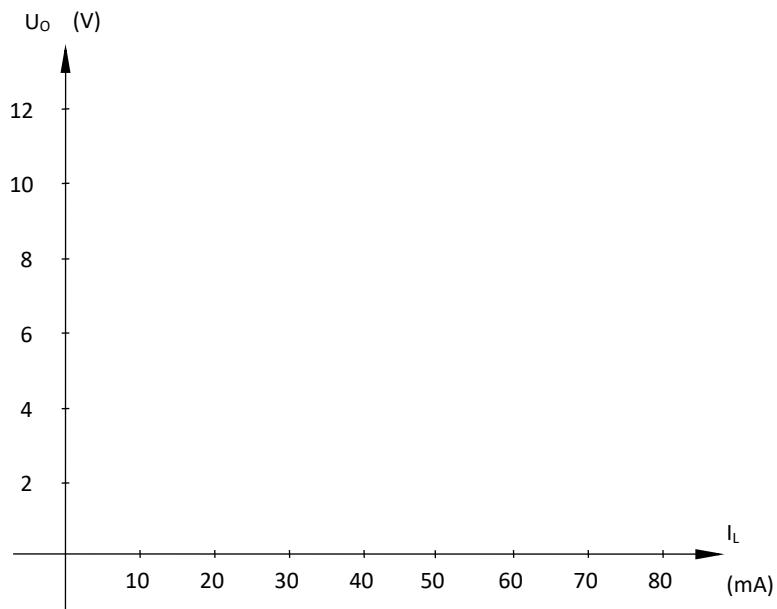


- Hou de ingangsspanning U_g constant op 16 V en meet de uitgangsspanning U_o volgens tabel 9.3.
- Als belastingsweerstand R_L plaatsen we een aantal weerstanden van 1 k Ω in parallel.

Aantal 1K//	$R_L (\Omega)$	$U_o (V)$	$I_L (mA)$	$I_g (mA)$	$I_Z (mA)$	$P_Z (mW)$
0	∞		0			
1	1000					
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

Tabel 9-3: belastingskarakteristiek

- Bereken alle ontbrekende gegevens in tabel 9.3. Noteer hieronder de gebruikte formules voor I_L , I_g , I_Z en P_Z . 
- Teken de uitgangsspanning U_o i.f.v. de belastingsstroom I_L op figuur 9.5.

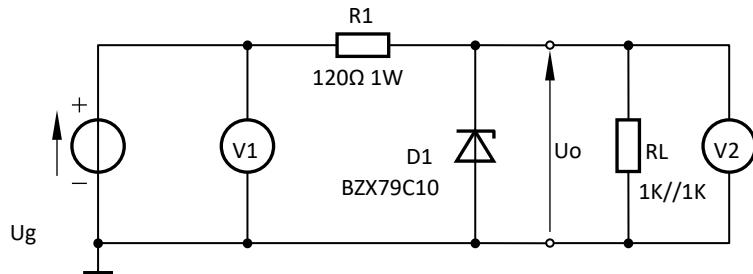


Figuur 9.5: belastingskarakteristiek

- Verklaar het verloop van de belastingskarakteristiek U_o i.f.v. I_L (figuur 9.5).
- Wat kan je hieruit besluiten i.v.m. de stabilisatie?
- Hoe verloopt het gedissipeerd vermogen P_z i.f.v. de belastingsstroom I_L ?

9.2.5 Stabilisatie bij variabele ingangsspanning

- Gebruik de volgende opstelling. Als belastingsweerstand R_L wordt een parallelschakeling van twee $1\text{ k}\Omega$ -weerstanden voorzien.



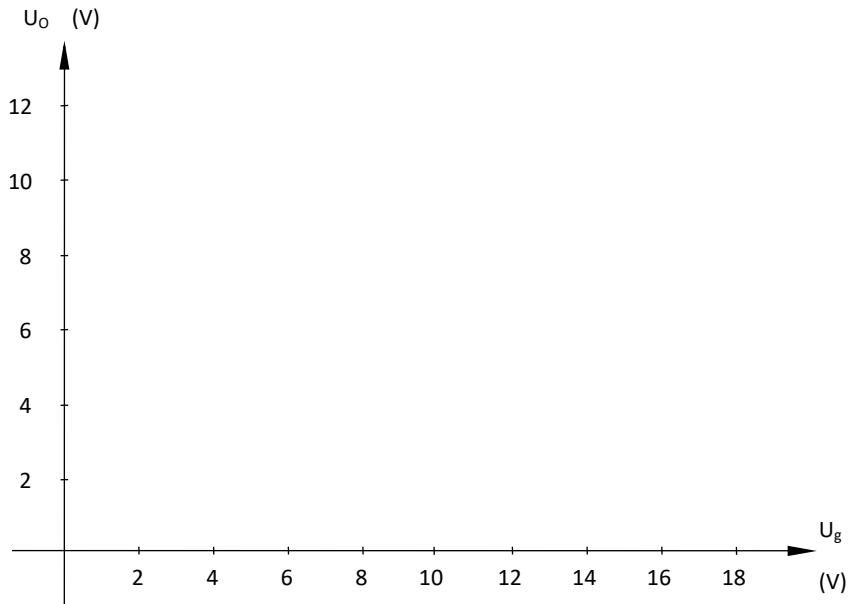
Figuur 9.6: stabilisatie van een variabele ingangsspanning

- Laat U_g variëren van 0 V tot 18 V en meet telkens de uitgangsspanning U_o .
- Noteer uw meetgegevens in tabel 9.4.

U_g (V)	U_o (V)
0	0
5	
10	
11	
12	
12,5	
13	
14	
16	
18	

Tabel 9-4: U_o i.f.v. U_g

- Schets de grafiek van de uitgangsspanning U_o i.f.v. de ingangsspanning U_g op figuur 9.7



Figuur 9.7: U_o i.f.v. U_g

- Verklaar het verloop van U_o i.f.v. U_g .

9.2.6 Stabilisatiefactor

- Bepaal de stabilisatiefactor F uit de gegevens van tabel 9.4 bij een ingangsspanning U_g van 16 V. Op welke manier wordt dit bepaald?

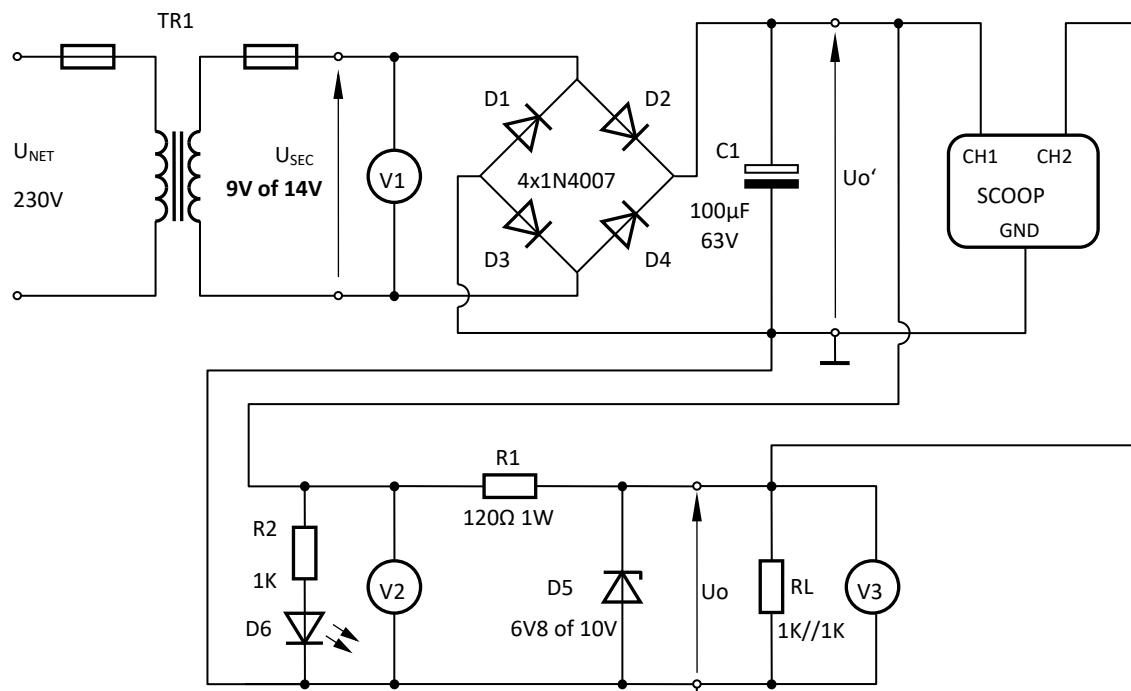


- Bereken theoretisch de stabilisatiefactor F aan de hand van de dynamische weerstand r_d bepaald bij 9.2.2.



- Besluit.

9.2.7 Eenvoudige voeding



Figuur 9.8: eenvoudige gestabiliseerde voeding

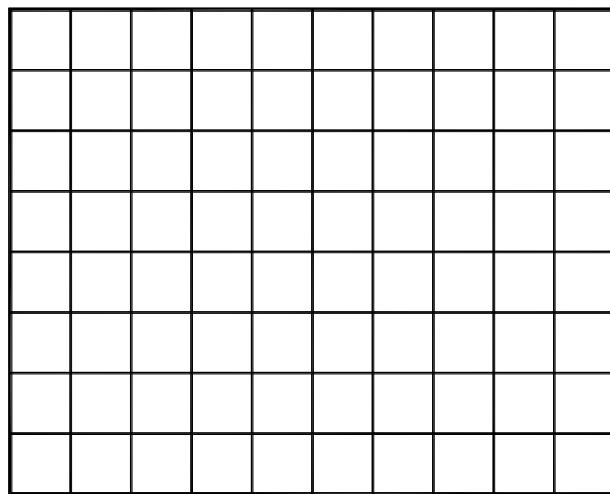
OPGELET EXPLOSIEGEVAAR!!!

Wanneer je een elektrolytische condensator (ELCO) verkeerd polariseert of op een te hoge spanning plaatst, dan kan deze exploderen!

Controleer of de ELCO juist gepolariseerd is!

Richt de ELCO weg van uzelf en van uw medestudenten!

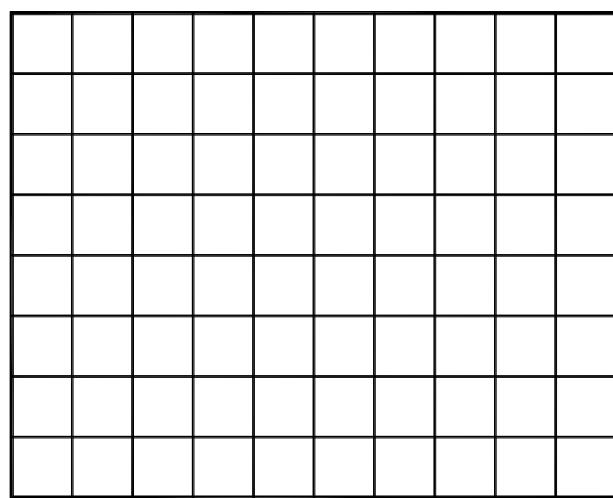
- Maak de meetopstelling volgens figuur 9.8.
- Meet de secundaire spanning (multimeter V1 op AC!) die de transformator levert
- Meet de gelijkspanning U_o' die de afgevlakte gelijkrichter levert (multimeter V2 op DC) en de uitgangsspanning U_o (multimeter V3 op DC).
- Meet U_o' en U_o met de oscilloscoop. Let er op dat je op de stand DC meet, dat het aantal V/DIV voor beide kanalen hetzelfde is en dat de nullijnen beiden onderaan het scherm liggen.
- Schets het bekomen resultaat op figuur 9.9. Vermeld de gekozen scoopinstellingen (TIME/DIV, V/DIV en de nullijn).



Figuur 9.9: U_o' en U_o bij een voeding met zenerstabilisator

- Verklaar de gemeten signalen.

- Schakel de ingansselector van de scoop om naar AC (nullijn in het midden) en meet nauwkeurig de rimpelspanningen $u_{o'rtt}$ en u_{ortt} .
- Schets de resultaten op figuur 9.10.



Figuur 9.10: rimpelspanningen $u_{o'rtt}$ en u_{ortt}

- Bereken de stabilisatiefactor F uit de gedane metingen van $u_{o'rtt}$ en u_{ortt} . 
- Besluiten

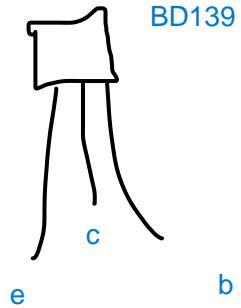
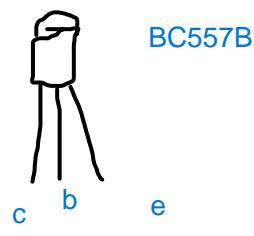
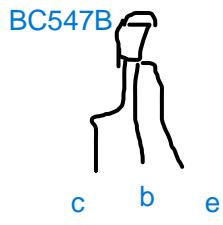
10. Labopakket 10: Transistor als schakelaar

10.1 Voorbereiding

Zoek de volgende gegevens op:

	NPN of PNP	Max. I_C	Max. V_{CC}	V_{CE} (in sat.)	h_{FE} (av.)
BC547B	NPN	200mA	45V	<0.60V	200
BC557B	PNP	200mA	45V	0,25V	180
BD139	NPN	3A	80V	0,5V	100

Teken de pinlayout van de bovenstaande transistors.



Zoek in de datasheet de pinlayout op van het driver IC L293D (16 pins). Teken dit hieronder.

Wat is het verschil tussen een L293D en L293?

de D heeft nog diodes tussen de uitgang en de vcc en ground

Zoek een schema op om met behulp van een L293D een DC motor aan te sturen via een L293D. Wat zijn de 2 verschillende voedingsspanningen van de L293D?

24V en 5V

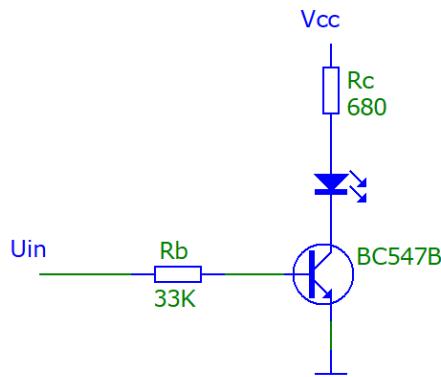
10.2 Uittesten transistors

Neem een BC547 en BC557.

Test ze uit met een multimeter met h_{FE}-meting en vergelijk met de opgegeven datasheet waarden.

10.3 LED schakeling

Bouw de volgende schakeling met een rode LED ($U_F = 2V$). Gebruik als voedingsspanning (V_{CC}) 9V en $U_{in} = 5V$.



Als $R_B = 33\text{k}\Omega$ en $R_C = 680\Omega$, bereken dan of dat de transistor in saturatie is. De verhouding tussen I_b en I_c moet daarvoor kleiner of gelijk zijn aan de helft van de gemiddelde h_{FE} .

- $I_b = \dots$
- $I_c = \dots$
- $\frac{I_c}{I_b} = \dots$

Varieer U_{in} tussen 0 en 8V en meet telkens U_{RC} . Bereken vervolgens I_c .

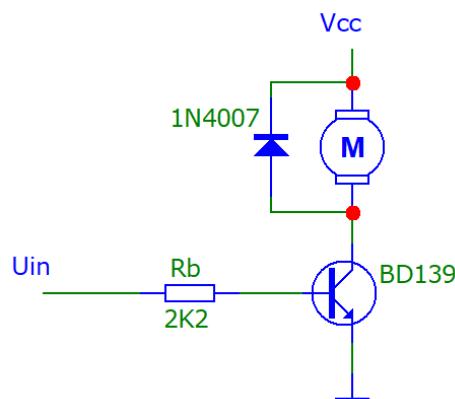
$U_{in}(\text{V})$	$U_{RC}(\text{V})$	$I_c(\text{mA})$
0		
1		
1,5		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		

Bepaal de (theoretische) stroom $I_{F,LED}$ ($\approx I_C$) bij deze weerstandswaarden.

Vanaf welke ingangsspanning ongeveer treedt er saturatie op ?

10.4 Motorschakeling

Bouw de volgende schakeling. De gewenste motorspanning is 9V. De motorstroom bedraagt ongeveer 120mA indien onbelast. De diode dient als beveiliging om de EMK van de motor bij het uitschakelen op te vangen. **Verdraai de pootjes van de BD139 niet**, gebruik een extra draadje op je breadboard.



Als $R_B = 2,2\text{k}\Omega$ en $U_{in} = 5\text{V}$, bereken dan of dat de transistor in saturatie is als de motor onbelast is. De verhouding tussen I_b en I_c moet kleiner of gelijk zijn aan de helft van de gemiddelde h_{FE} .

Zal de transistor ook in saturatie zijn bij vollast en een motorstroom van 500mA?

Genereer met een functiegenerator een blokgolf van 1kHz. Stel de amplitude in op 5V en de offset op 2,5V zodat we een zuiver DC-singaal verkrijgen. Laat de motor op verschillende snelheden draaien door de duty-cycle aan te passen.

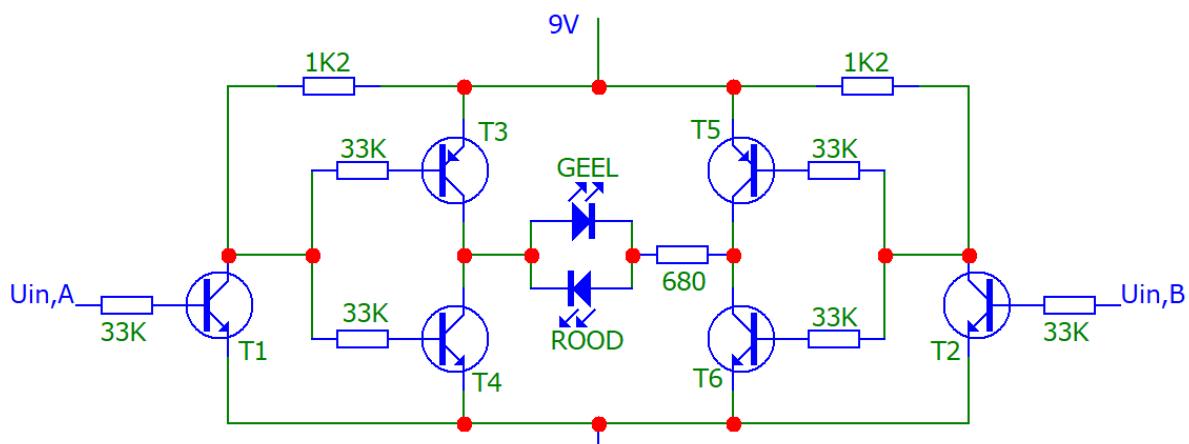
Meet bij een duty-cycle van ongeveer 25% met de oscilloscoop de spanning over de motor en bepaal de gemiddelde waarde.

- $U_{av} = \dots$

Gebruik de PWM-functie van een Arduino UNO om de motor aan te sturen, als voorbeeld kan je het programma *Fading* gebruiken te vinden onder *Examples/Analog* in het menu van de Arduino IDE.

10.5 H-brug met transistors

Bouw de volgende schakeling. We gebruiken 2 LED's anti-parallel om de stroomzin aan te duiden. Gebruik als NPN-transistors BC547B en als PNP-transistors BC557B.



Maak afwisselend $U_{in,A}$ en $U_{in,B}$ hoog en vul de tabel aan.

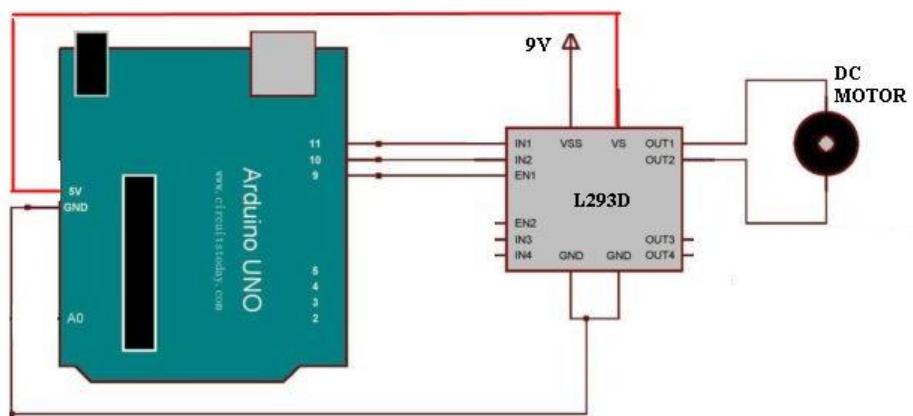
$U_{in,A}(\text{V})$	$U_{in,B}(\text{V})$	Kleur	Welke transistors in geleiding?
0	0		
5	0		
0	5		
5	5		

Merk op dat T3 en T4 of T5 en T6 niet samen mogen geleiden om een kortsluiting te voorkomen. Is dit zo in de tabel?

Leg een spanning aan van 0V aan $U_{in,A}$ en 5V aan $U_{in,B}$. Meet op elk punt de spanning en duidt dit aan op het schema. Controleer telkens aan de hand van deze spanningen of dat een transistor aan het geleiden is ($U_{BE} \approx 0,7V$) en vergelijk met de tabel.

10.6 L293D

Bouw de onderstaande schakeling en laat de motor afwisselend links en rechts draaien. Let op de voedingsspanningen.



Gebruik de PWM functie van de Arduino om de snelheid van de motor te variëren via de enable-pin van de L293D. Je kan terug het programma *Fading* gebruiken als basis.

Demonstreer dit aan je lesgever.

11. Labopakket 11: Montage- en soldeeroefening

11.1 Montage en solderen PCB's

11.1.1 Materiaal



Foto 11.1: benodigde materiaal

BELANGRIJK VOOR UW VEILIGHEID!

Het dragen van een veiligheidsbril is voor iedereen verplicht gedurende dit practicum!

- Om oogletsels te vermijden is het dragen van een veiligheidsbril verplicht gedurende deze oefening. Voor studenten die reeds een bril dragen zijn er speciale overzetbrillen voorzien.
- Fijne bektang en zijkniptang.
- Soldeerbout met elektronisch instelbare temperatuur.
- Printhouder.
- Soldeertin. Men kan kiezen met welk soort soldeertin de onderdelen gesoldeerd worden. Vroeger werkte men quasi uitsluitend met loodhoudend soldeertin met vloeimiddel in de kern. Het grote voordeel van dit soldeersel is de goede uitvloeiing en de relatief lage soldeertemperatuur. Het nadeel is de schadelijkheid voor het milieu (zware metalen). Het is momenteel verboden om dergelijk soldeertin voor productiedoeloeinden te gebruiken. Solderen met loodhoudend soldeertin mag wel nog voor het bouwen van prototypes en het uitvoeren van reparaties. Voor personen met

weinig soldeerervaring is het aan te raden om dit eerst met loodhoudend soldeertin aan te leren. Dergelijk soldeertin is in het labo herkenbaar aan de gele of groene houders waarop het gewikkeld is. Heeft men al enige ervaring met solderen, moet men een reparatie uitvoeren van een toestel dat loodvrij gesoldeerd werd of wordt er werkelijk geproduceerd, dan gebruikt men loodvrij soldeertin. Dit soldeertin is veel milieuvriendelijker maar moet verwerkt worden bij een hogere soldeertemperatuur.

Het vergt ook enige ervaring om met loodvrij soldeertin degelijke soldeerverbindingen te maken. Dit type soldeertin is herkenbaar aan de groene houder waarop het gewikkeld is.

- Vraag aan de begeleidende docent welk soldeersel je best zal gebruiken en vraag tevens de temperatuur die je moet instellen op je soldeerbout.

11.1.2 Controle onderdelen

- Leg alle onderdelen ordelijk open en controleer of alle onderdelen aanwezig zijn. Gebruik hiervoor het bijgeleverde infoblad van het soldeerkitje. Zie niet alleen de typenummers van de componenten na, maar controleer ook de PCB's en de kleurcodes van de weerstanden.
- Gebruik nadien het plastic bakje van de verpakking om de onderdelen te verzamelen. Op deze manier geraken ze minder snel zoek.

11.1.3 Soldeerstation klaarmaken voor gebruik

- Schakel het soldeerstation aan en stel de gewenste temperatuur in. De soldeerpunt is op temperatuur als de verklikker-LED begint te knipperen.

BELANGRIJK VOOR UW VEILIGHEID!

Let op voor brandwonden! Wanneer je je vingers toch verbrand hebt, hou deze dan onmiddellijk en voldoende lang onder koud stromend water. Vraag de docent om je te verzorgen.

- Maak het sponsje onder de soldeerbout goed nat met zuiver water (foto 11.2).



Foto 11.2: nat maken sponsje

- Knip een lengte soldeertin af en rol dit op, dit werkt straks gemakkelijker bij het solderen (foto 11.3).



Foto 11.3: afknippen soldeertin

- De soldeerpunt wordt grondig gereinigd door deze af te strijken aan het natte sponsje (foto 11.4). Dit is absoluut noodzakelijk om goede soldeerverbindingen te bekomen.



Foto 11.4: reinigen soldeerpunkt

- De laatste stap in het prepareren van de soldeerbout is het vertinnen (foto 11.5). Voeg een weinig soldeertin toe en zorg er voor dat gans de soldeertip mooi blinkt.



Foto 11.5: vertinnen soldeerpunkt

- Zorg er voor dat de soldeerpunkt altijd proper blijft tijdens het werk. Je zal deze regelmatig terug moeten reinigen en vertinnen. Let er ook op om het sponsje goed nat te houden.

12.Bronnen

Deze cursus is gebaseerd op volgende bronnen:

- Practicum elektronica (P.Debbaut)
- Labo elektriciteit (J.Van Goethem en S.Van den Bulcke)
- Medeauteur: Mercy Davy