

Simulator, Wetten van Kirchhoff

Fredrik Creemer, Haagse Hogeschool, Mechatronica

Versiegeschiedenis

Datum	Wijziging
6 juli 2020	Versie 1, door Fredrik Creemer. Basis: de practica van Jan Stroeken, 2016. Veranderd: volgorde van de lesstof, Kirchhoff erbij, nieuwste versie van Qucs.
27/08/2021	Lichte update door Fredrik Creemer
24/08/2022	Switch naar Möbius, door Fredrik Creemer
14/06/2024	Omzetting naar nieuwe module Elektrische Netwerken, Fredrik Creemer

Leerdoelen en inhoud

Deze opdrachten zijn bedoeld om te oefenen met de theorie van Elektrische Netwerken. Het doel is het kunnen **doorrekenen** van een netwerk met de hand. Net als op de toets.

Daarnaast willen we de netwerken ook **simuleren**. Hiermee check je of je de handmatige berekeningen goed hebt gedaan. Dat is handig tijdens het leren. Maar het is bijna verplicht in de beroepspraktijk. De reden is dat een fout ontdekken bij een simulatie een stuk goedkoper is dan na het bouwen van de hardware.

In een aantal opdrachten zul je elektrisch leren **meten**.

Deze week

De opdrachten van deze week bestaat uit de volgende onderdelen. Ieder onderdeel komt overeen met een leerdoel:

1 Getting started met de simulator	2
2 Spanningsbronnen, spanningsmeters en KVL.....	10
3 Stroombronnen, stroommeters en KCL.....	11
4 KVL en KCL gecombineerd	12

Nakijken

Nakijken van deze opdrachten doe je zelf. Op twee manieren:

- De handmatige berekeningen vergelijk je met de waarden uit de simulator.
- De waarden in die je berekend hebt bij 'KVL en KCL gecombineerd' voer je in in Möbius.

Het is een formatieve toets. De score geeft dus feedback op je beheersing maar telt niet mee voor het cijfer dat je krijgt voor de module.

1 Getting started met de simulator

De simulator die we hier gebruiken, is Qucs. Qucs heeft als grote voordeel dat het freeware is. En je kunt er veel mee. Het lijkt echter niet meer te worden onderhouden. We zullen op termijn daarom overgaan op een andere simulator.

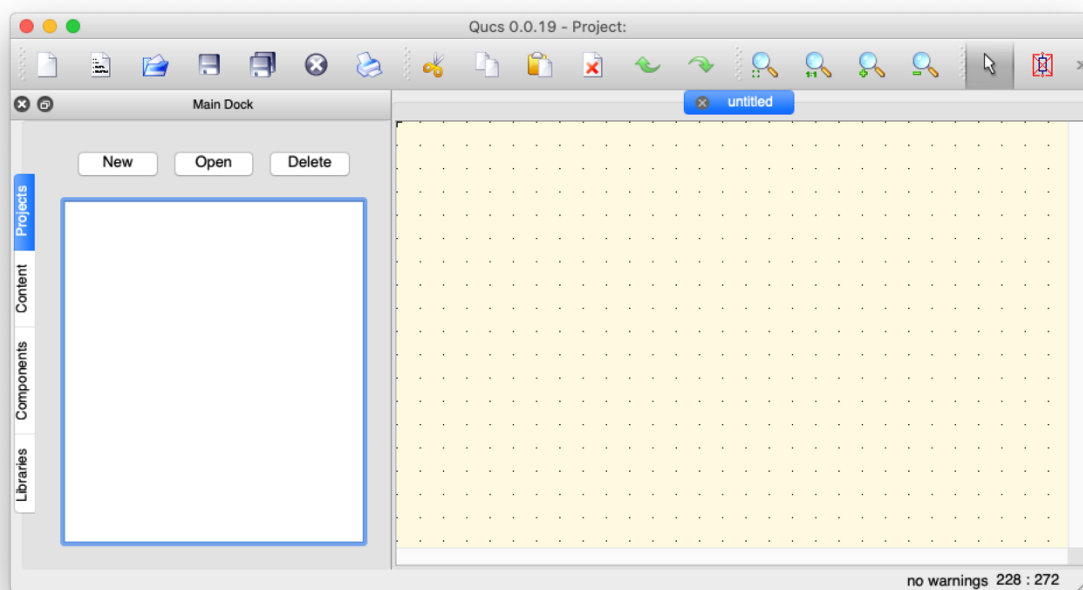
Net als de meeste andere netwerksimulatoren is Qucs gebaseerd op SPICE. Dat programma is al in de jaren '70 ontwikkeld in de VS aan de University of California at Berkeley.

Qucs heeft een grafische user interface (GUI) waarmee je een circuit kunt invoeren. De resultaten van de simulatie kan het weergeven in tabellen en grafieken. Qucs heeft zo zijn eigenaardigheden, maar daar kun je mee leren leven.

Loop je desondanks ergens vast, **vraag** het dan. Aan een medestudent. Of aan de docent tijdens de ingeroosterde werkcolleges. Verder is er op internet veel te vinden. Voor bronnen, zie de modulebeschrijving.

Installeer Qucs op je systeem vanaf <http://qucs.sourceforge.net>. Mogelijk gaat het downloaden traag. Maar de pagina geeft ook mirror sites waarvandaan je het ook kunt doen. Er zijn versies voor verschillende operating systems. De Linux-versie installeren kost wat extra moeite, o.a. zelf compileren.

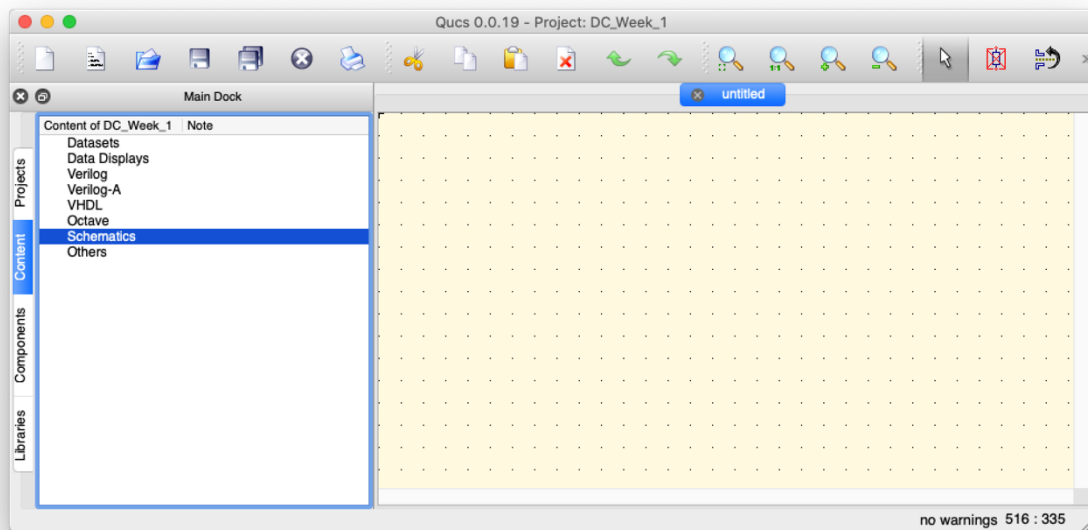
Na het opstarten krijg je het volgende scherm:



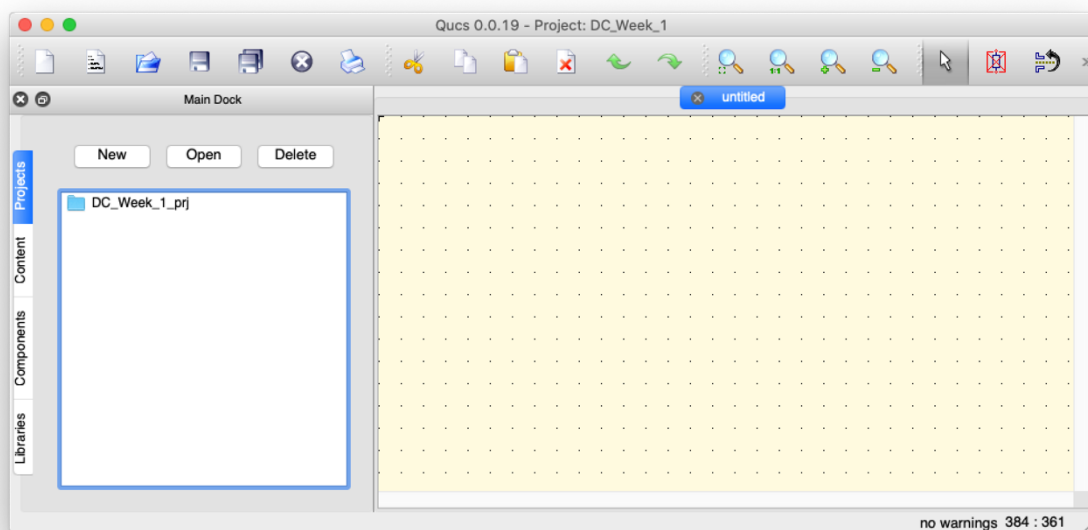
Verzin een **map** op je schijf waar je je simulatiebestanden wilt gaan zetten. Voer die in onder [pulldown menu] File -> Application Settings -> [tab] Locations -> [veld] Qucs Home.

Maak een **project** aan genaamd 'ELNET_Week_2'. Let erop dat je spaties vermijdt; daar houdt het programma niet van.

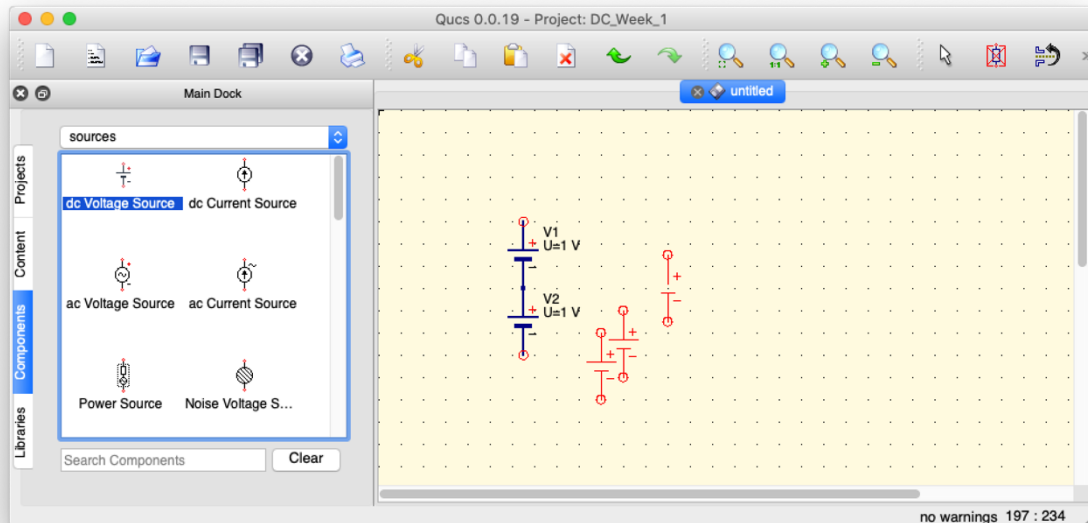
Het programma springt nu meteen naar de tab 'Content' in het Main Dock links. Daarin staat een lijst met mogelijkheden om het circuit te beschrijven dat je wilt gaan simuleren. Selecteer Schematics:



Het project dat je net hebt gecreëerd, is terug te vinden in het Main Dock, links onder de bovenste tab:



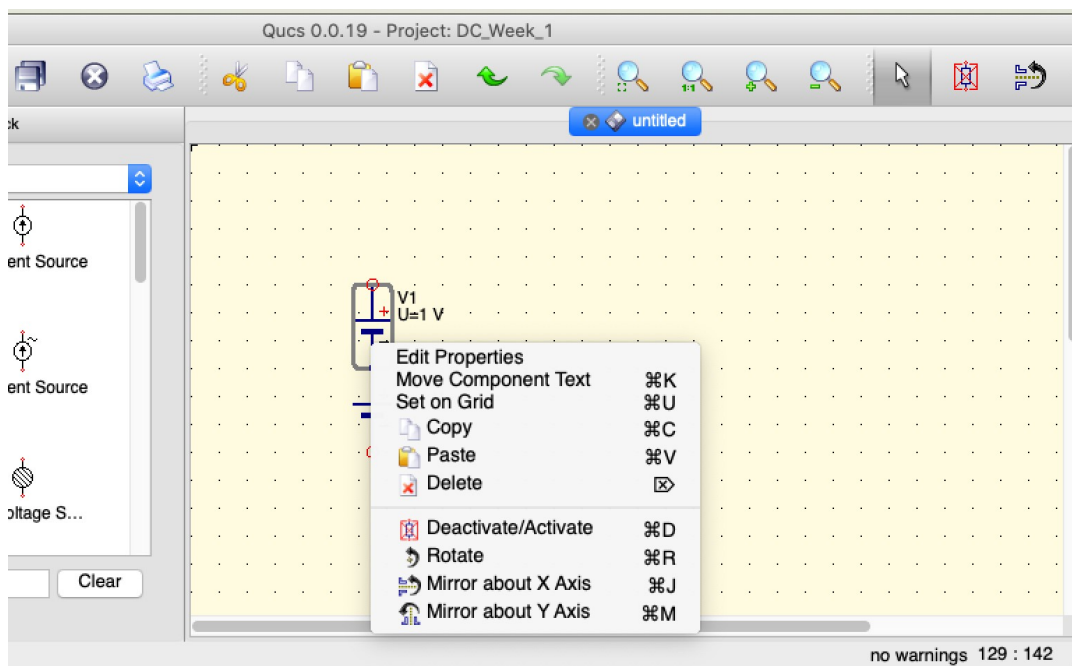
Binnen het project gaan we nu het eerste schema tekenen. Hiervoor gaan we naar de tab 'Components' (links, derde van boven). Uit het keuzemenu links bovenaan (zie pijl) kiezen we 'sources'. We selecteren de **component** 'dc Voltage Source' en bewegen de muis naar het gele veld rechts. Daar verschijnt de component in een rode voorafbeelding. Hij wordt geplaatst door te klikken. We plaatsen er twee:



Tip: je kunt de component een kwartslag draaien door in de voorafbeelding te klikken met de rechtermuisknop.

Opmerking: Qucs gebruikt helaas niet dezelfde component-symbolen als wij in de theorieles.

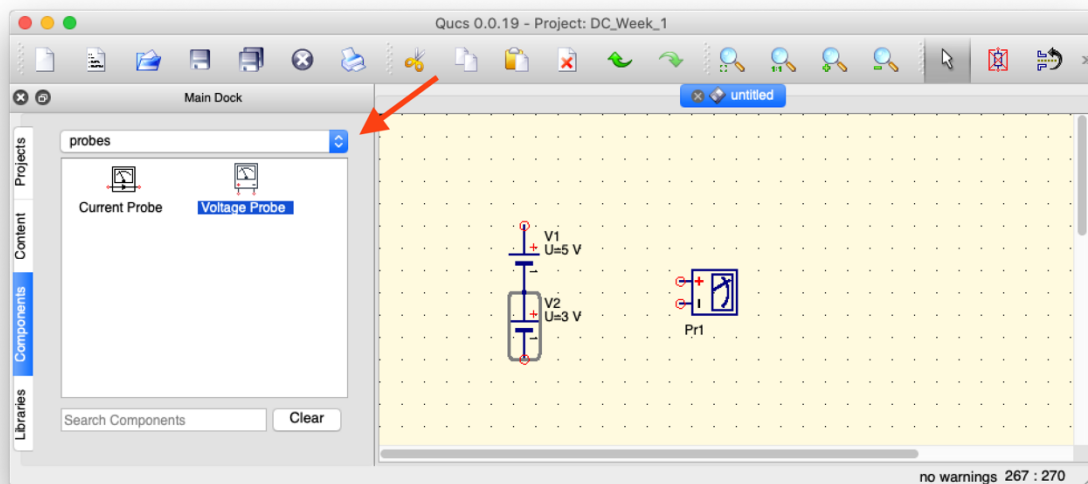
De componenten krijgen automatisch een unieke naam, in dit geval V1 en V2. Ze krijgen ook een default waarde, in dit geval 1 V. Die laatste **eigenschap** willen we graag wijzigen. Hiervoor drukken we eerst op 'Escape'. Daarna selecteren we de component. Via de rechter muisknop verschijnt er een nuttig menuutje. Selecteer daarin 'Edit Properties'. Een alternatief voor de linkermuisknop is op de component dubbeklikken.



Zet de spanning hierin op 5 V. Bevestig dit met een 'Enter' of druk op 'Apply', anders verandert er nog niets. Verander zo ook de spanning van V2 naar 3 V.

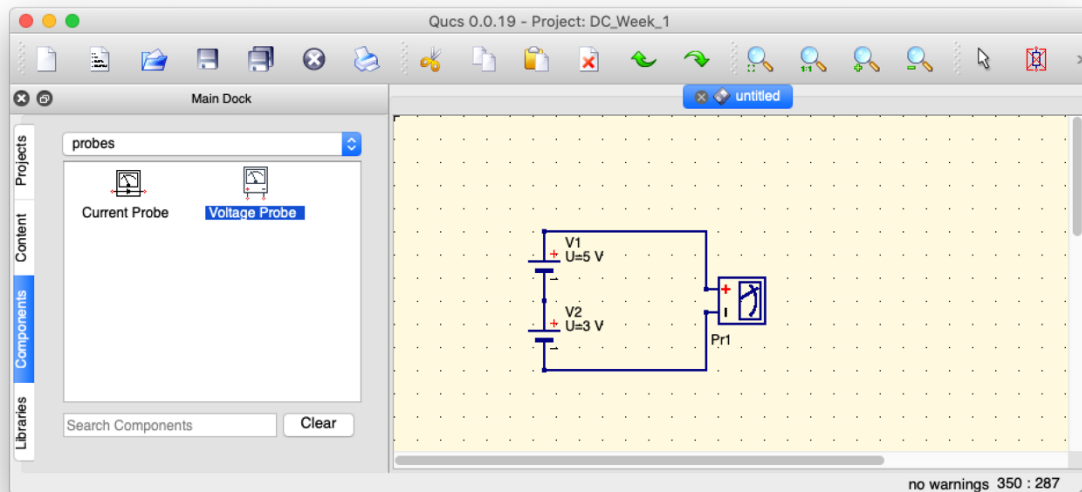
Waarschuwing: Qucs is gevoelig voor hoofd- en kleine letters. Het aangeven van een spanning van 3 kilovolt gaat via '3 kV'. Als je typt '3 KV', loopt je simulatie vast.

In het netwerk willen we straks een spanning kunnen meten. Hiervoor gaan we weer even naar het Main Dock, naar het horizontale keuzemenu en kiezen daarin 'probes' (zie onder). Er verschijnen nu twee componenten in beeld. We plaatsen een 'Voltage Probe'. Gedraaid, want dat is straks handig. Let op de polariteit.



De componenten die we nu hebben geplaatst, kunnen we gaan **bedraden**. De muis switchen naar het tekenen van draden kan op drie manieren: via het pulldown menu van het programma: Insert -> Wire. Of via Ctrl+E. (voor Mac-gebruikers command+E). Of via een tegeltje dat zit verstopt onder pijltjes rechtsboven op het venster.

Als je bij een component klikt op een aansluitpunt, wordt een draad aangesloten. Een klik in het open veld levert een hoekpunt op. Een klik op een ander aansluitpunt maakt de draad af. Je kunt de bedradingstool verlaten met 'Escape.' Dit geeft:



Opmerking: de twee spanningsbronnen waren al aan elkaar gekoppeld door bij het plaatsen de aansluitklemmen op elkaar te plaatsen.

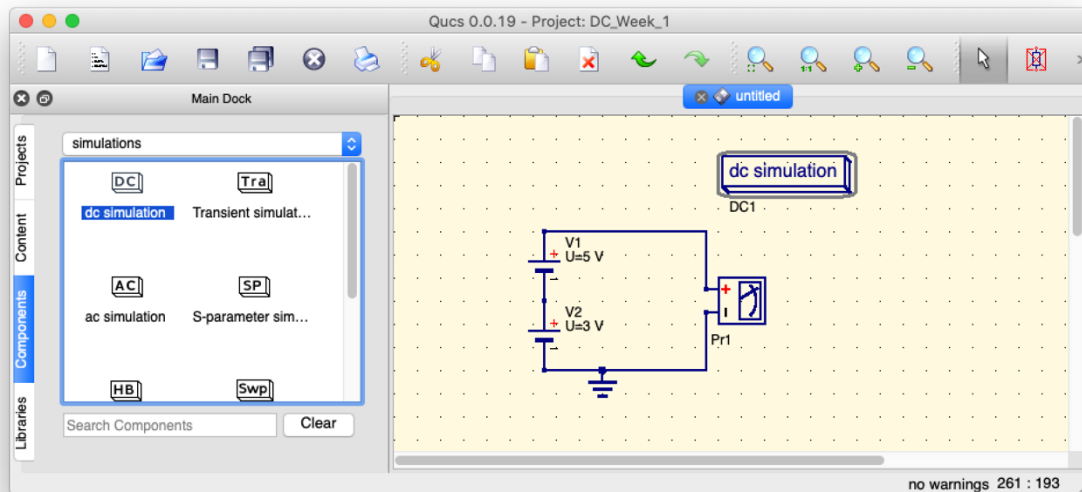
Waarschuwing: Het kan gebeuren dat een draad **los** blijft hangen naast een aansluitpunt. Om onduidelijke reden is de component dan iets verschoven ten opzichte van het grid van het tekenveld. De oplossing is: selecteer de component, klik de rechter muisknop, 'Set on grid'.

Het schema kun je **veranderen** door:

- Onderdelen te verslepen. Componenten of draadsegmenten. Je muis moet dan wel op het pijltje staan. Meestal spring je daarheen via 'Escape'. Zo niet, selecteer het pijltjes-tegeltje rechtsboven in het venster.
- Draden of componenten te verwijderen. Zie 'Edit' -> 'Delete'. Als je nu ergens met de muis op klikt, verdwijnt het. Je kunt hier weer uit met 'Escape.'

In het schema moet je nu een knooppunt verbinden met **aarde**. Dit heeft de simulator namelijk nodig als referentie. De spanning op dit punt maakt hij 0 V. De spanningen van alle andere knooppunten worden hieraan gerefereerd. Het aardsymbool 'Ground' is te vinden in een tegel/knop in de balk bovenaan. Of in het Main Dock, via het horizontale keuzemenu en daarin 'lumped components'. Je kunt het ook vinden met het type van een zoekterm in het veld onderaan.

Waarschuwing: Veel schema's zijn ook te simuleren zonder aarde. Echter, dit kan leiden tot onverwachte moeilijkheden. Deze zijn bovendien lastig om op te sporen.



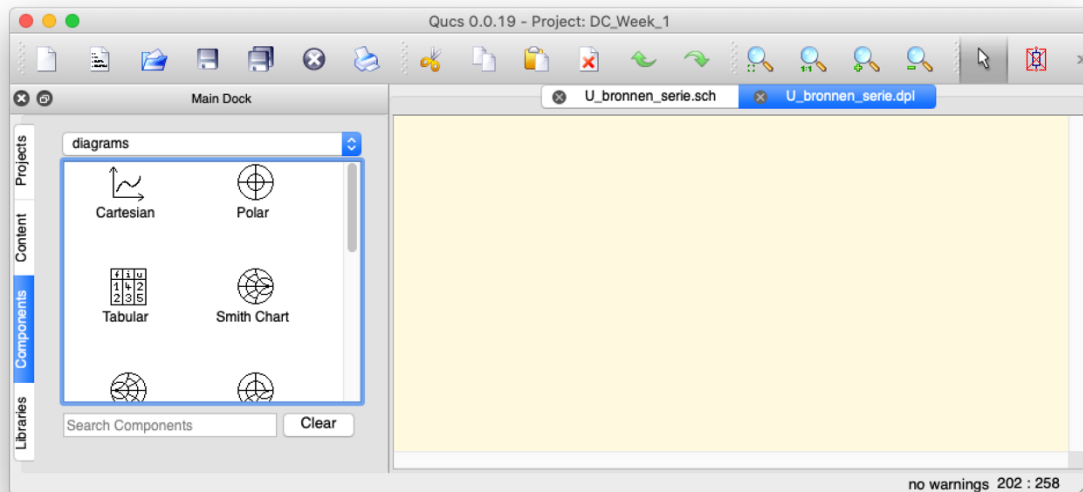
Tenslotte moeten we de computer nog vertellen welk **type simulatie** hij moet doen. Dit gebeurt door een simulatie-blokje te plaatsen op het schema. Hiervoor gaan we weer even naar het Main Dock, naar het horizontale keuzemenu en kiezen daarin 'simulations'. Hier kiezen we 'dc simulation.' Dat levert het schema op van hierboven.

Voordat we gaan simuleren, is het handig om het schema **op te slaan**. Doe dat via het pulldown-menu, 'File' -> 'Save'. Of via de shortcut Ctrl-S. Of via een tegel. Geef het schema een **naam** die de lading dekt, bijvoorbeeld 'U_bronnen_serie'. Je ziet dat het schema terecht komt *onder* de projectnaam. Want een project bevat meestal nog meer schema's.

Waarschuwing: Zorg dat ieder schema in een **apart bestand** staat. Bij het maken van meerdere schema's bestaat de neiging om alles in één bestand te zetten. Dat gaat een keer mis. En de bron van de narigheid is dan erg moeilijk op te sporen. Het kan bijvoorbeeld dat je per ongeluk dezelfde naam geeft aan verschillende variabelen. Twee netwerken worden dan onzichtbaar aan elkaar linkt.

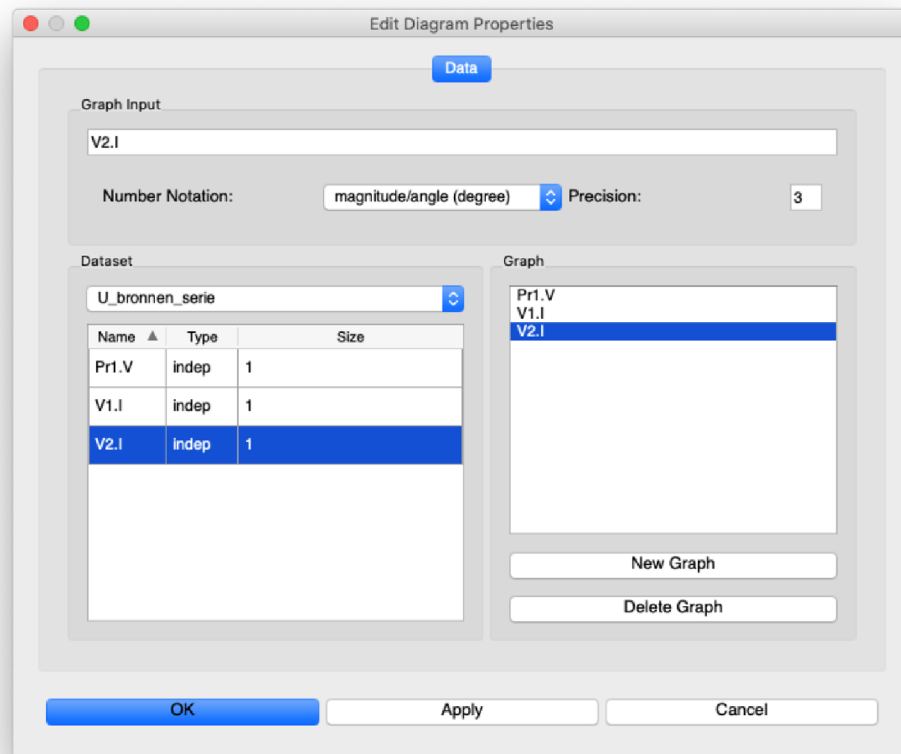
Simuleren gaat via het pulldownmenu 'Simulation' -> 'Simulate'. Of via de shortcut F2. Meestal is de computer klaar binnen een seconde. Als de simulatie mislukt, krijg je een foutboodschap. Helaas zijn de foutboodschappen meestal erg onduidelijk. Ook kan de simulatie blijven hangen in een oneindige lus. Het zoeken van de fout kost tijd en moeite.

Als de simulatie succesvol is, verschijnt er een nieuw geel tabblad naast dat van je schema. Dat heeft de naam van je schema, maar dan met als extensie '.dpl'. In dit tekenblad kun je aangeven hoe je de gesimuleerde waarden gepresenteerd wilt hebben:



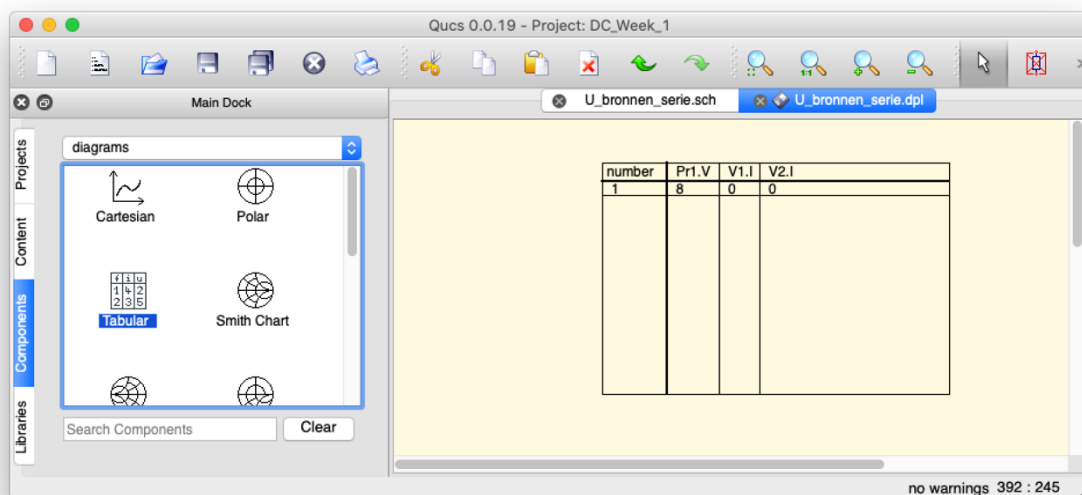
In dit voorbeeld willen we de resultaten zien in **tabel**vorm. In het Main Dock links zie je het symbool voor een tabel al staan. Zo niet, ga in het Main Dock naar de tab links genaamd 'Components'. Kies uit het menu bovenaan 'diagrams'. Klik vervolgens op 'Tabular'. Als je naar het gele veld gaat, zie je de omtrek van een tabel verschijnen en kun je hem met een muisklik plaatsen.

Er verschijnt direct een dialoogscherf 'Edit Diagram Properties'. Onder 'Dataset' rechts verschijnt een lijst van grootheden uit je schema die je *kunt* weergeven. **Dubbelklik** op de grootheden waarin je geïnteresseerd bent. Doe ze hier alle drie maar. De grootheden verschijnen nu in de rechterlijst, 'Graph'. Dit is de lijst die terecht gaat komen in de tabel.



De **betekenis** van de grootheden is als volgt: 'Pr1.V' is de spanning die staat over component Pr1. Dat was de spanningsmeter. 'V1.I' is de stroom die loopt door component V1. Dat was de spanningsbron van 5 V.

Sluit het dialoogscherm af door te klikken op OK. De tabel verschijnt nu ingevuld in beeld:



We kunnen de tabel nu **uitlezen**:

- 'number' is het nummer van de rij van de tabel. Hier is maar één rij, omdat in deze simulatie het circuit maar één keer wordt doorberekend. Meer rijen ontstaan als je bijvoorbeeld simuleert met een spanning die verandert in de tijd.

- 'Pr1.V' is 8. Dat betekent dat de spanning over de meter Pr1 gelijk is aan 8 V. Dat resultaat kun je ook met de hand uitrekenen. V1 en V2 zijn respectievelijk 5 V en 3 V. Ze staan in serie. Dus de totale spanning is de som van die twee: $5 + 3 = 8$ V.
- 'V1.I' en 'V2.I' zijn 0. Dat betekent dat de stroom door die spanningsbronnen gelijk is aan 0 A. Dat klopt ook, want je hebt ze aangesloten op een ideale spanningsmeter. Zo'n meter is voor de rest van het circuit een open tak. Daar loopt geen stroom door. En de meter is de enige component waar de bronnen op zijn aangesloten.

Als je de simulator werkend hebt gekregen, kun je hem gebruiken bij de volgende opgaven.

2 Spanningsbronnen, spanningsmeters en KVL

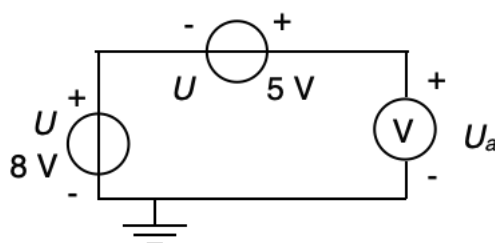
Opdrachten:

- Bereken van de volgende netwerken de onbekende spanningen **met de hand**. Zet ze in de tabel.
- Reken de onbekende spanningen na **met de simulator**. Voeg ze toe aan de tabel.
- Vergelijk** de resultaten. Is er tussen handmatige berekeningen en simulaties een match? Zo niet, probeer de fout te achterhalen.

Opmerking: in het eerste schema is de **meter** geplaatst die je nodig hebt in de simulaties. En de aarde. In de schema's erna moet je die zelf toevoegen. Meters aansluiten is namelijk een kunst die je even moet leren. Doe je het fout, dan veroorzaakt je bijvoorbeeld een kortsluiting.

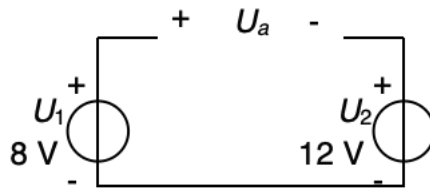
Opmerking: In het laatste schema is een weerstand gebruikt, oftewel een 'Resistor' in 'Lumped Components'. Ga er maar vanuit dat er over de weerstand een spanning kan staan, en dat er een stroom doorheen kan. Meer daarover volgt in Week 2.

Schema	Grootheid	Handberekening	Simulatie	Match?
KVL_1	U_a			
KVL_2	U_a			
KVL_3	U_a			
KVL_4	U_a			

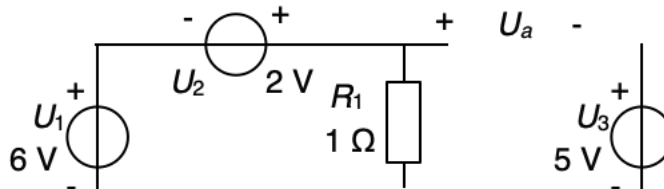


KVL_1

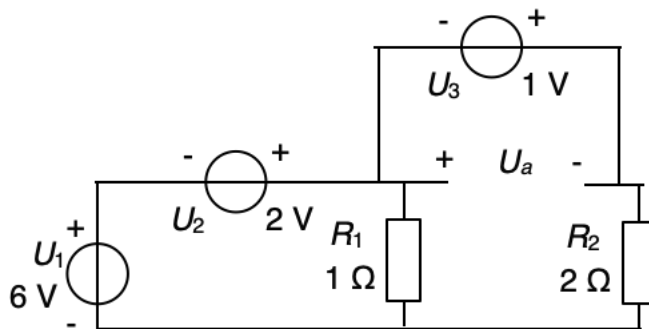
KVL_2



KVL_3



KVL_4



3 Stroombronnen, stroommeters en KCL

Opdrachten:

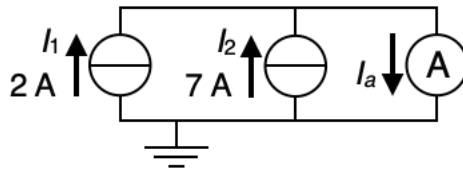
- Bereken van de volgende netwerken de onbekende stromen **met de hand**. Zet ze in de tabel.
- Reken de onbekende spanningen na **met de simulator**. Voeg ze toe aan de tabel.
- Vergelijk** de resultaten. Is er tussen handmatige berekeningen en simulaties een match? Zo niet, probeer de fout te achterhalen.

Opmerking: In het eerste schema is de **meter** geplaatst die je nodig hebt in de simulaties. En de aarde. In de schema's erna moet je die weer zelf toevoegen.

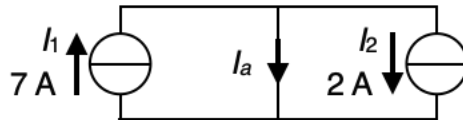
Waarschuwing: Met stroommeters bestaat de neiging om de meter te plaatsen **op** een draad. De meter sluit je hiermee kort. En de kortsluiting is onzichtbaar. Niet handig dus. Eerst je componenten plaatsen, dan bedraden.

Schema	Grootheid	Handberekening	Simulatie	Match?
KCL_1	I_a			
KCL_2	I_a			
KCL_3	I_a			
KCL_4	I_a			

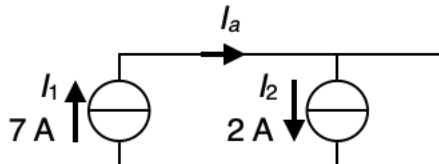
KCL_1



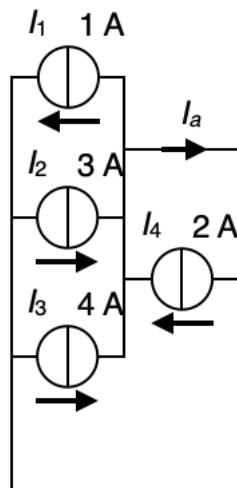
KCL_2



KCL_3



KCL_4

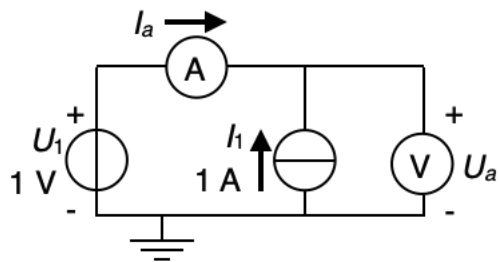


4 KVL en KCL gecombineerd

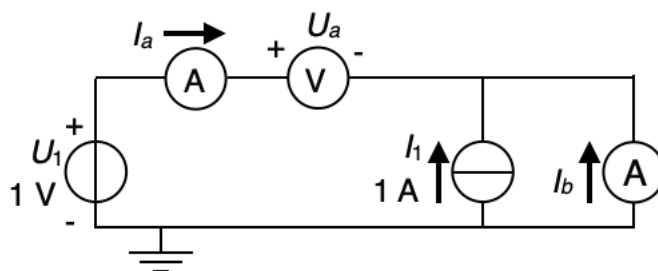
Opdrachten:

- Bereken van de volgende netwerken de onbekende stromen **met de hand**. Zet ze in de tabel.
- Reken de onbekende spanningen na **met de simulator**. Voeg ze toe aan de tabel.
- Vergelijk** de resultaten. Is er tussen handmatige berekeningen en simulaties een match? Zo niet, probeer de fout te achterhalen.
- Vul de antwoorden in op Möbius.**

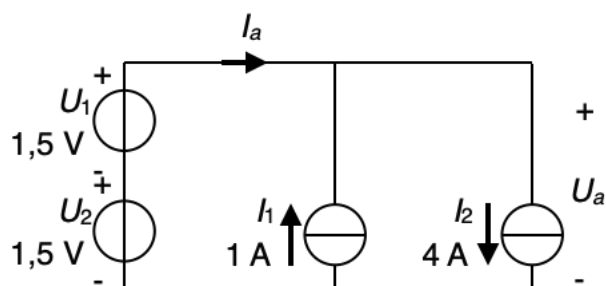
Schema	U_a Handb.	U_a Simul.	I_a Handb.	I_a Simul.	Match?
Combi_1					
Combi_2					
Combi_3					
Combi_4					



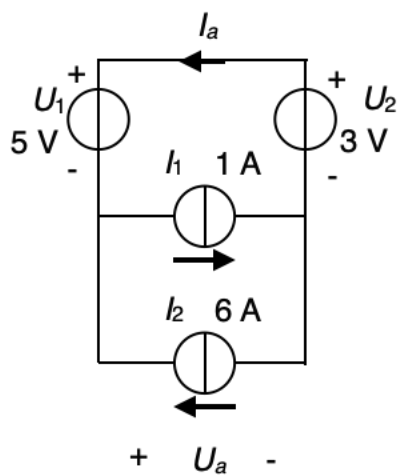
Combi_1



Combi_2



Combi_3



Combi_4