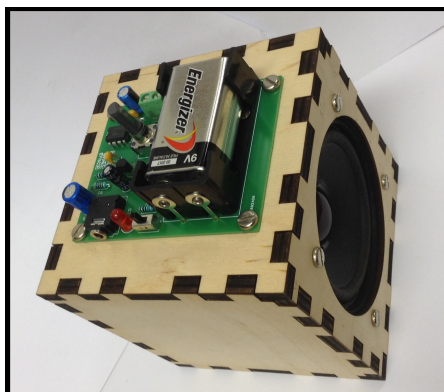


Labo: Ontwerp van een audio versterker



Figuur 1: E-VUBOX 2k15

Inhoudsopgave

1	Doelstelling	1
2	Elektronica: componenten en schakelingen	2
2.1	De weerstand	2
2.2	De spanningsbron	3
2.3	Mini-netwerk	3
2.4	Netwerken	4
3	Het nut van een versterker	4
4	Ontwerp	5
4.1	Jogging: LED	6
4.2	Eerste Marathon: De Transistor	6
4.3	Tweede Marathon: De Opamp	6

1 Doelstelling

In dit labo gaan we een eerste stap in de elektronica zetten door zelf een audio versterker te maken, stap voor stap van de basiselektronica tot het finaal product. Tijdens deze opdracht gaan we ook een kijkje nemen in het brein van een ingenieursstudent elektronica wanneer die

zo'n taak vervuld. beginnen met basis elektronica, kennismaking met basisregels, componenten en schakelingen, naar complexere onderdelen, tot de versterker!

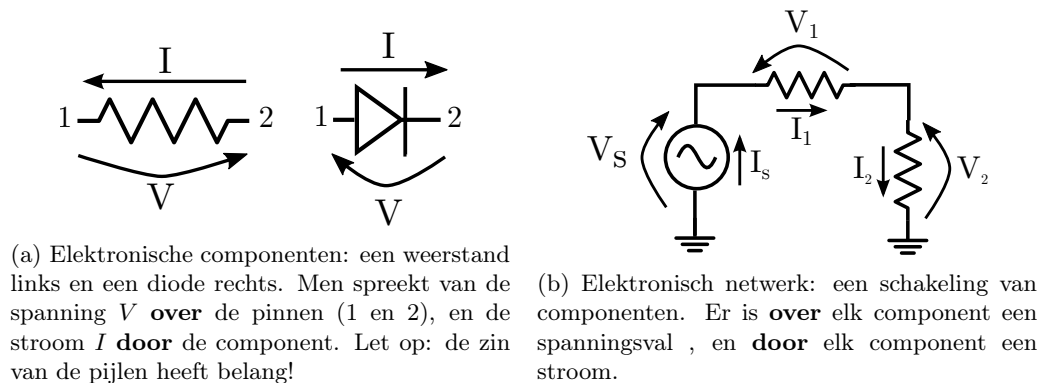
2 Elektronica: componenten en schakelingen

Elektronica is het gebruik van de beweging van elektronen om informatie te verwerken, te versturen of op te slaan. Dit doen we door netwerken van elektronische componenten te bouwen. Elektronische componenten zijn eenvoudige bouwstenen waarmee we complexe schakelingen kunnen bouwen op zo een manier dat die specifieke taken uitvoeren: het ontvangen en versturen van berichtjes met een gsm, het afbeelden van een foto op een scherm en vele andere toepassingen die je elke dag tegenkomt. Je hebt waarschijnlijk een stuk elektronica in jouw broekzak op dit ogenblik!

De schematische voorstelling van elektronische componenten en een netwerk zijn te vinden in Figuur 2. Met pijltjes zijn de twee grootheden aangeduid die in de elektronica opperbelangrijk zijn :

1. de **spanning** (of voltage) gemeten in volt [V], vaak aangeduid met de letter V of U . Dit stelt het verschil in potentiële elektrische energie **tussen twee punten**.
2. de **stroom** gemeten in ampère [A], vaak aangeduid met de letter I . Dit stelt de verplaatsing voor van een hoeveelheid ladingen (hier elektronen) door de component per tijdseenheid.

Stroom en spanning veranderen meestal in functie van de tijd, anders zou er natuurlijk niet veel interessants gebeuren.



Figuur 2: Componenten en een schakeling.

Elke component voldoet aan fysische wetten die zijn stroom en de spanning bepalen. Laten we kennismaken met die fysische wetten, en daarna we gaan onmiddellijk ons eerste netwerk oplossen. We bekijken twee basiselementen van de elektronica: de weerstand en de spanningsbron.

2.1 De weerstand

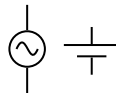
In figuur 2a zie je een weerstand (de zaagtand). De weerstand voldoet aan de **wet van Ohm**:

$$V = RI \quad (1)$$

R is een eigenschap van de weerstand die men ook elektrische weerstand noemt, het is gemeten in Ohm¹ [Ω]. V is de spanning over de weerstand en I de stroom door de weerstand. Zo dadelijk volgt een voorbeeld, maar we daarvoor moeten we eerst de spanningsbron kennen.

2.2 De spanningsbron

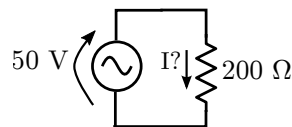
Een spanningsbron is een simpel elektronisch component die gehoorzaamt aan een eenvoudige wet: de spanningsbron legt de spanning over zijn pinnen vast, onafhankelijk van de rest van het netwerk. Een 9V-batterij is een voorbeeld van een spanningsbron, die de spanning over zijn pinnen vastlegt op constant 9 V. Een spanningsbron kan een constante spanning opleggen, maar niets verbiedt dat de spanning met de tijd verandert. Beide type bronnen hebben hun eigen schematische voorstelling die je kan vinden in figuur 3.



Figuur 3: Spanningsbronnen. Links: de spanning verandert met de tijd. Rechts: de spanning is constant.

2.3 Mini-netwerk

We gaan binnenkort weten ontdekken van nog meer componenten, maar met onze voorlopige kennis kunnen we al volgend netwerk oplossen!



Figuur 4: Voorbeeldnetwerkje.

Voorbeeld: Een spanningbron legt een spanning op van 50 V over een weerstand van 200 Ω . Men kan de stroom door de weerstand berekenen op de volgende manier:

$$(\text{Wet van Ohm}) \quad V = RI \Leftrightarrow I = \frac{V}{R} \Leftrightarrow I = \frac{50 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,25 \text{ A} \quad (2)$$

Doe-het-zelf: Wat is de waarde R van een weerstand waarover een spanning van $V = 25 \text{ V}$ is en waardoor een stroom van $I = 0.1 \text{ A}$ loopt?

.....

Nu we een simpel netwerk kunnen oplossen, gaan we zien hoe we grotere netwerken moeten oplossen.

¹Georg Simon Ohm (1787 – 1854) was een Duits wiskundige en natuurkundige, ontdekker van de wet van Ohm in 1827.

2.4 Netwerken

Een netwerk is een aaneenschakeling van componenten, die schematisch wordt voorgesteld zoals in figuur 2b. Er zijn maar twee regels die gelden voor elektrische netwerken: de wetten van Kirchhoff². Samen met de fysische wetten van de componenten kan je dan alle netwerken van de wereld oplossen. Een netwerk oplossen wilt zeggen dat je alle stromen en spanningen bepaalt in dat netwerk.

De stroomwet van Kirchhoff: in elk knooppunt in een elektrische kring is de som van de stromen die in dat punt samenkomen gelijk aan de som van de stromen die vanuit dat punt vertrekken. Dit is voor elk knooppunt geldig, onafhankelijk van de componenten die op de takken zijn.

De spanningswet van Kirchhoff: de som van de elektrische potentiaalverschillen (rekening houdend met de richting) in elke gesloten lus in een kring is gelijk aan nul.

Voorbeeld De stroomwet (figuur 5a) wordt toegepast als volgt: kies een knooppunt in een netwerk. Beschouw alle takken die dat knooppunt raken, en de bijhorende stromen. Pas op, de richting van de pijlen is zeer belangrijk. Als je alle stromen optelt die **naar** het knooppunt wijzen, dan is dat gelijk aan alle stromen die **weg** van het knooppunt wijzen.

Voor dat we spanningswet toepassen, hebben we de betekenis van het symbool \perp nodig. Dit symbool wordt de **grond** genoemd. Het is geen component, maar een manier aan te duiden dat alle punten met dat symbool eigenlijk verbonden zijn. Je mag dus eigenlijk een connectie tekenen tussen alle pinnen die aan de grond verbonden zijn. Er werd al gezegd dat een spanning altijd gedefinieerd is tussen twee punten. Meestal wordt de grond gebruikt als een van die twee punten, en we zeggen dat de grond op 0 V is.

Voorbeeld De spanningswet (figuur 5b) vind een gesloten lus in het netwerk (vergeet niet dat alle pinnen aan grond met elkaar verbonden zijn). Teken een lus met een zekere richting in het netwerk. Schrijf de som van de spanningen rekening houdend met de volgende regels:

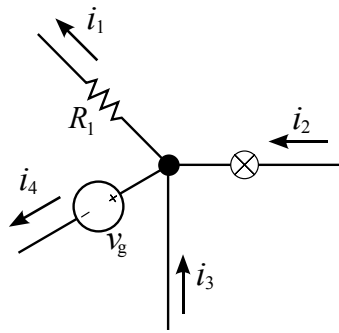
1. Als de spanning in dezelfde richting gaat als de lus, dan krijgt die een positief teken.
2. Als de spanning tegen de lus ingaat, dan krijgt die een negatief teken.

- parallel en serie
- weestandsdeler

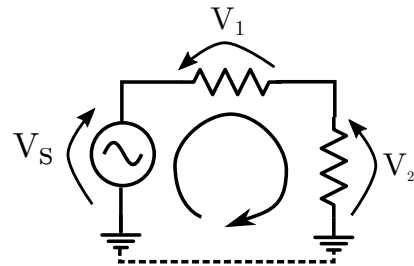
3 Het nut van een versterker

Het doel van ons project is om een versterker te bouwen, maar waarom een versterker nodig is wordt hier kort uiteengezet. We willen muziek dat uit onze muzikspeler komt beluisteren. Meestal doen we dat met oortjes of een koptelefoon als we alleen zijn. Maar als we de muziek willen laten beluisteren door vrienden, dan moet het geluid een beetje luider.

²Gustav Robert Kirchhoff (1824–1887) was een Duits natuurkundige. Kirchhoff formuleerde zijn spanningswet en zijn stroomwet in 1845, toen hij nog een student was. Slimme kerel!



(a) In dit knooppunt is de stroomwet van Kirchhoff : $i_1 + i_4 = i_2 + i_3$



(b) In deze lus is de spanningswet van Kirchhoff : $+V_S - V_1 - V_2 = 0$

Figuur 5: De wetten van Kirchhoff

Een luidspreker onmiddellijk aansluiten aan onze muzikspeler gaat geen luid lawaai maken. Dit is omdat een luidspreker een hogere spanning en stroom nodig heeft dan wat de muzikspeler kan geven. Dit is waarom een versterker nuttig is, het gaat de spanning aan de uitgang van de muzikspeler versterken en meer stroom kunnen leveren aan de uitgang.

Uitleg hoe een luidspreker werkt + muziek is een sinus?

We weten alles wat nodig is, aan de slag!

4 Ontwerp

We gaan nu beginnen met het ontwerp, dat bestaat uit het ingenieus kiezen van de elektronische componenten waaruit de versterker is opgebouwd. Die keuze wordt bepaald door de eisen die we hebben voor de versterker:

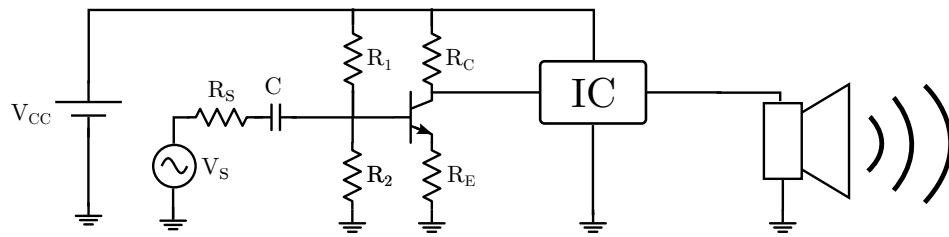
1. Het ontwerp moet eenvoudig zijn.
2. De versterker moet draagbaar zijn, om het overal te kunnen gebruiken. (\rightarrow dwz: batterij)
3. Amplitude van het voltage aan de uitgang van de versterker moet vijf keer groter zijn dan aan de ingang.
4. De uitgang van de versterker moet genoeg stroom leveren om de luidspreker aan te sturen.

Enkele elektronische ingenieurs zijn ons voorgeweest en hebben al een elektronisch netwerk gemaakt die aan de eisen kan voldoen. Dat netwerk kunnen we vinden in figuur 6. Dit is een typisch schema dat elektronische ingenieurs gebruiken.

- serie
- parallel

Ons eerst netwerk: de weerstandsdeler

- stroom door $R_1 + R_2$
- spanning over R_2
- $V_{R2} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V$



Figuur 6: Het gebruikt netwerk voor ons ontwerp.

4.1 Jogging: LED

4.2 Eerste Marathon: De Transistor

4.3 Tweede Marathon: De Opamp