

Project Ingenieurswetenschappen:
Elektronisch ontwerp van de e-VUBOX speaker
Labonota's

Vrije Universiteit Brussel

Versie 08.2015

Inhoudsopgave

1	Basis Elektronica	2
2	Bouwstenen van de e-VUBOX	3
2.1	De volumeknop: de spanningsdeler	3
2.2	Het statusledje: de diode	4
2.3	De versterker: de transistor	5
2.3.1	De bipolaire npn transistor	5
2.3.2	Het versterkingsnetwerk	6
3	Conclusie	9

1 Basis Elektronica

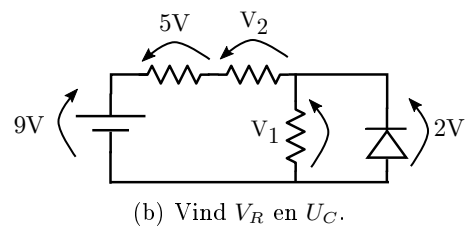
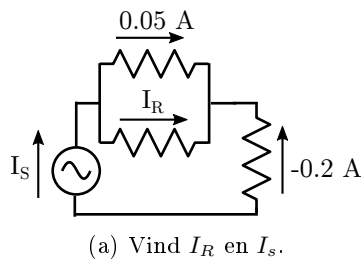
Doe-het-zelf 1 Wat is de waarde R van een weerstand waarover een spanning van $V = 25\text{ V}$ is en waardoor een stroom van $I = 0.1\text{ A}$ loopt?

$$R = \dots \quad (1)$$

Doe-het-zelf 2 Pas de stroomwet van Kirchhoff toe in figuur 1a, en vind de missende stromen. Doe hetzelfde voor de spanningen in figuur 1b.

$$I_1 = \dots$$

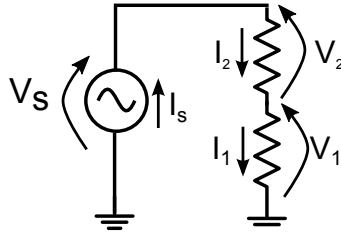
$$V_1 = \dots$$



Figuur 1: De wetten van Kirchhoff

2 Bouwstenen van de e-VUBOX

2.1 De volumeknop: de spanningsdeler



Figuur 2: Volumeregeling: de spanningsdeler

Wetten van Kirchhoff:

$$I_S = I_1 = I_2 \quad (2)$$

$$V_S - V_1 - V_2 = 0 \quad (3)$$

Wet van Ohm:

$$V_1 = R_1 \cdot I_1 \quad (4)$$

$$V_2 = R_2 \cdot I_2 \quad (5)$$

Doe-het-zelf 3 Vind nu, dankzij de vier vorige vergelijkingen, de uitdrukking voor de spanning V_2 in functie van V_S , R_1 en R_2 . Omdat we alleen de spanningsverhouding willen weten, mogen er geen stromen voorkomen in de formule.

$$V_2 = \dots\dots$$

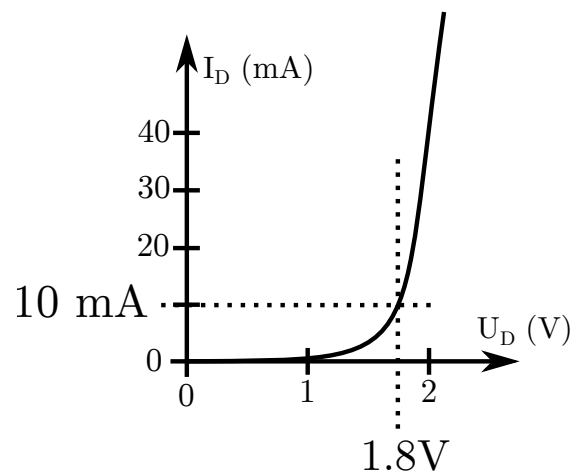
Doe-het-zelf 4 Je heb een voltage van 9 V als ingangsspanning V_S , en je wilt een voltage van 1.5 V als uitgangsspanning V_2 . R_1 is al gekozen en heeft een weerstand van 1 k Ω (1000 Ω). Welke waarde moet je kiezen voor R_2 ?

$$R_2 = \dots\dots$$

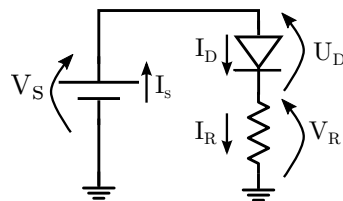
Doe-het-zelf 5 Welke weerstand R_{pot} moet de potentiometer hebben, wetend dat deingangsspanning V maximaal 200 mV ($= 200 \cdot 10^{-3}\text{ V}$) is en we het vermogen P willen beperken tot $4\text{ }\mu\text{W}$ ($= 4 \cdot 10^{-6}\text{ W}$)? **Tip:** De formule voor elektrisch vermogen kan je vinden op pagina ??, je hebt de wet van Ohm ook nodig.

$$R_{pot} = \dots\dots$$

2.2 Het statusledje: de diode



Figuur 3: Grafiek van de stroom in functie van de spanning van een diode.



Figuur 4: Diode netwerk.

$$+V_s - U_D - V_R = 0 \quad (6)$$

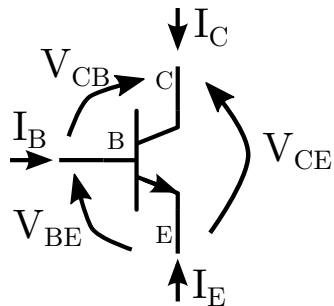
$$I_s = I_D = I_R \quad (7)$$

Doe-het-zelf 6 Kan je de waarde vinden van de weerstand die nodig is? **Tip:** bepaal I_R en V_R uit de wetten van Kirchhoff.

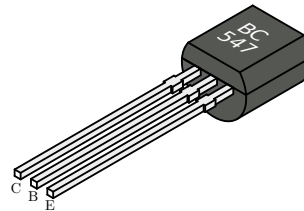
$$R_{led} = \dots\dots$$

2.3 De versterker: de transistor

2.3.1 De bipolaire npn transistor



(a) Schematische voorstelling van de bipolaire transistor met stromen en spanningen. Alle stromen worden conventioneel **naar** de transistor toe getekend.



(b) De BC547 bipolaire transistor met Basis, Collector en Emitter aangeduid.

Figuur 5: De bipolaire npn transistor.

De regels waaraan een bipolaire transistor zich moet houden zijn:

1.

$$V_{CB} > 0 \text{ V.} \quad (8)$$

2.

$$V_{BE} \approx 0.7 \text{ V} \quad (9)$$

3. I_C , I_B en V_{CE} moeten binnen bepaalde maximale waarden liggen.
4. Als aan de drie vorige regels is voldaan, dan is de collectorsstroom een versterkte versie van de basisstroom:

$$I_C = \beta I_B \quad (10)$$

β (ook als h_{FE} genoteerd) wordt de stroomversterkingsfactor genoemd.

De wetten van Kirchhoff gelden ook voor de transistor:

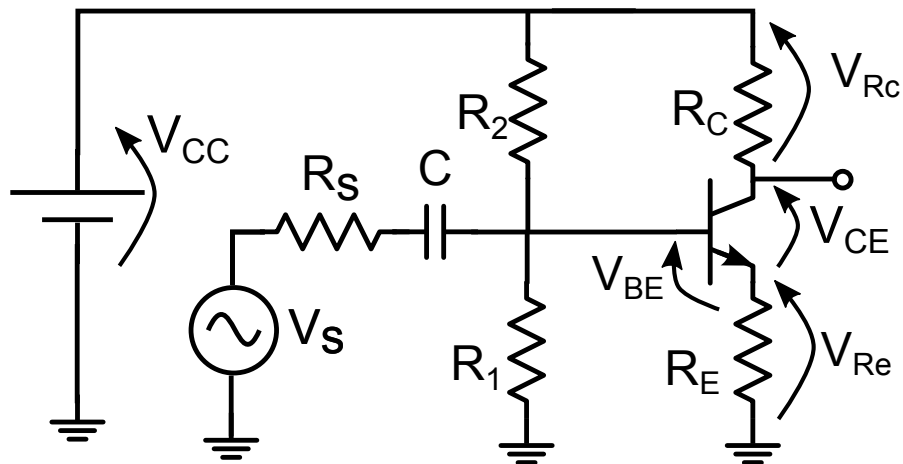
$$I_C + I_B = -I_E \quad (11)$$

$$V_{BE} + V_{CB} - V_{CE} = 0 \quad (12)$$

Doe-het-zelf 7 *Elimineer I_B van de stroomwet van Kirchhoff met behulp van vergelijking (10). Vind dan een uitdrukking voor I_C . Stel dan dat $\beta = 250$, en rond af. Welke relatie vind je tussen I_C en I_E ?*

$$I_C \approx \dots\dots$$

2.3.2 Het versterkingsnetwerk



Figuur 6: Versterkerschakeling met de transistor.

R_s is de serieweerstand van de spanningsbron, en C is een ontkoppelcapaciteit. Om de versterker te ontwerpen moeten we de weerstanden R_1 , R_2 , R_E en R_C kiezen.

Doe-het-zelf 8 Vind een uitdrukking voor de spanning aan de collector V_C in functie van de basisspanning V_B , en vind dat je de spanning V_B versterkt. We hebben volgende vergelijkingen die we kunnen gebruiken:

- de spanningswet van Kirchhoff

$$V_{Re} + V_{CE} + V_{Rc} - V_{CC} = 0 \quad (13)$$

- de transistorvergelijkingen¹

$$V_{BE} = V_B - V_E = 0.7 \text{ V} \quad (14)$$

$$I_C \approx -I_E \quad (15)$$

$$V_{CE} = V_C - V_E > 0 \quad (16)$$

- de weerstandsvergelijkingen

$$V_{Rc} = R_C \cdot I_C \quad (17)$$

$$V_{Re} = -R_E \cdot I_E \quad (18)$$

De wet van Ohm geldt als de spanning- en stroomrichting tegengesteld zijn. Indien ze in dezelfde richting zijn, komt er een minteken in de wet.

Tip: één manier om het te vinden: druk de stroom uit door R_C met de wet van Ohm. Die is nodig om de spanning V_E te vinden die je dan gebruikt om V_B te vinden. Vorm de vergelijking dan om om V_C te isoleren.

$$V_C = \dots\dots\dots \quad (19)$$

De methode gaat als volgt:

1. Kies de gemiddelde stroom I_C .

$$I_C = \dots \quad (20)$$

2. Kies een gemiddelde voltage V_C , waar de muziekgolf rond gaat variëren.

$$V_C = \dots \quad (21)$$

¹ V_{BE} is de spanning tussen B en E, V_B is de spanning tussen B en de grond (hetzelfde voor V_C en V_E). We kunnen dan schrijven dat $V_{BE} = V_B - V_E$

3. Laatste keuze: kies een versterkingsfactor $-\frac{R_C}{R_E}$.

$$-\frac{R_C}{R_E} = \dots \quad (22)$$

Doe-het-zelf 9 *Je kent nu alles wat nodig is om de weerstanden R_E en R_C te bepalen. **Tip:** Uit I_C en V_C kan je de waarde R_C vinden.*

$$R_C = \dots \quad (23)$$

$$R_E = \dots \quad (24)$$

Doe-het-zelf 10 *Bereken het biasvoltage V_B . Kies dan de weerstand R_2 zodat V_B de gewenste waarde heeft. Het staat al vast dat $R_1 = 1k\Omega$. **Tip:** Herinner U dat $V_{CC} = 9V$ en de formule van de weerstandsdeler.*

$$R_1 = 1k\Omega \quad (25)$$

$$R_2 = \dots \quad (26)$$

Samenvatting van de gekozen weerstanden:

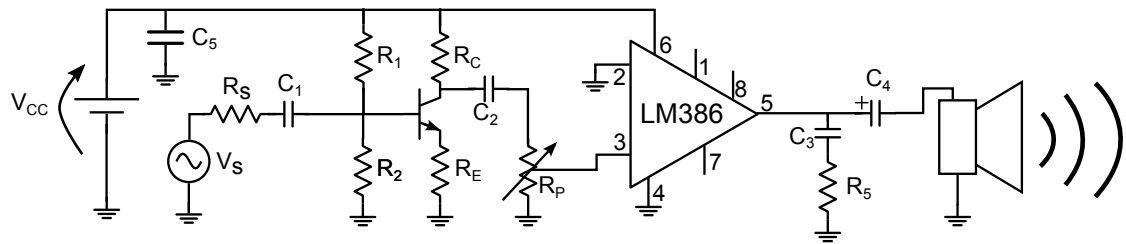
$$R_1 = \dots$$

$$R_2 = \dots$$

$$R_E = \dots$$

$$R_C = \dots$$

3 Conclusie



Figuur 7: Volledig Schema

C_1 en C_2 zijn ontkoppelcapaciteiten dienen om DC signalen te blokkeren, C_5 werkt als een hulpbatterij.

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 4.7 \text{ k}\Omega$
$R_E = 100 \text{ }\Omega$	$R_C = 560 \text{ }\Omega$
$R_P = 10 \text{ k}\Omega$	$R_5 = 10 \text{ }\Omega$
$R_{LED} = 680 \text{ }\Omega$	

De waardes van de capaciteiten zijn:

$C_1 = 1 \text{ }\mu F$	$C_2 = 42 \text{ }\mu F$
$C_3 = 100 \text{ nF}$	$C_4 = 220 \text{ }\mu F$
$C_5 = 330 \text{ }\mu F$	