

Project Ingenieurswetenschappen: Elektronisch ontwerp van de e-VUBOX Doe-het-zelf bundel

Vrije Universiteit Brussel

Versie 08.2015

1 Elektronica: componenten en netwerken

1. Waarom moeten we een versterker plaatsen tussen het muzieksignaal en de luidspreker?

Solution: Om het vermogen (energie) te versterken van het muzieksignaal, zodat de luidspreker genoeg energie heeft om luid te klinken.

2. Er is tussen twee punten van een netwerk een spanning V :

$$V(t) = 3 \text{ V} + 1 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 10 \text{ Hz} \cdot t)$$

Welke gedeelte van de spanning is DC, welk gedeelte is AC?

Solution:

$$V_{DC} = 3 \text{ V}$$

$$V_{AC} = 1 \text{ V} \cdot \sin(2\pi \cdot 10 \text{ Hz} \cdot t)$$

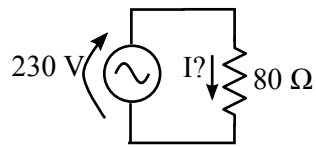
3. We hebben een vaste spanning over een weerstand en we willen een grote stroom laten vloeien. Welke weerstand kiezen we dan?

A. een grote weerstand (hoge R)

B. een kleine weerstand (kleine R)

2 Netwerken

4. Een spanningsbron legt een wisselspanning (AC) op met een amplitude van 230 V over een weerstand van 80Ω . (Dit is wat er gebeurt in een broodrooster, de weerstand is de gloeidraad die opwarmt en het brood bakt!) Wat is de amplitude van de stroom I door de weerstand? Wat is het elektrisch vermogen P van de weerstand, die dan in warmte wordt omgevormd?



Figuur 1: Voorbeeldnetwerkje.

Solution:

$$\begin{aligned}
 I &= V/R \\
 &= 230 \text{ V} / 80 \text{ } \Omega = 2.875 \text{ A} \\
 P &= V \cdot I = V^2 / R \\
 &= (230 \text{ V})^2 / 80 \text{ } \Omega = 661.25 \text{ W} \\
 I &= 2.875 \text{ A} & P &= 661.25 \text{ W}
 \end{aligned}$$

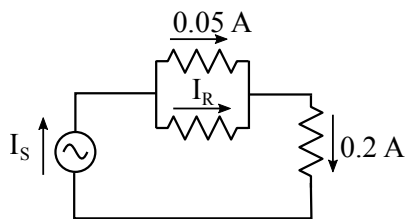
5. Pas de stroomwet van Kirchhoff toe in figuur 2a, en vind de missende stromen. Doe hetzelfde voor de spanningen in figuur 2b.

$$I_S = \dots$$

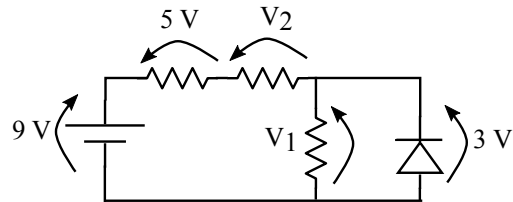
$$I_R = \dots$$

$$V_1 = \dots$$

$$V_2 = \dots$$



(a) Vind I_R en I_s .



(b) Vind V_R en U_C .

Figuur 2: De wetten van Kirchhoff

Solution:

Stroomwetten:

$$\begin{aligned}
 I_S &= 0.05 \text{ A} + I_R \\
 I_R + 0.05 \text{ A} &= 0.2 \text{ A} \\
 I_S &= 0.2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Oplossing:

$$I_R = 0.2A - 0.05A = 0.15A$$

$$I_S = 0.2A$$

Spanningswetten:

$$V_1 - 3V = 0$$

$$9V - 5V - V_2 - V_1 = 0$$

Oplossing:

$$V_1 = 3V$$

$$V_2 = 9V - 5V - 3V = 1V$$

$$I_S = 0.20 \text{ A}$$

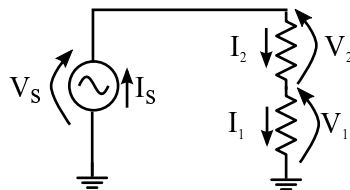
$$I_R = 0.05 \text{ A}$$

$$V_1 = 3 \text{ V}$$

$$V_2 = 1 \text{ V}$$

3 Bouwstenen van de e-VUBOX

3.1 De volumeknop: de weerstandsdeler



Figuur 3: Volumeregeling: de spanningsdeler

6. Je hebt 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 ?

$$R_2 = \dots\dots$$

Let op! Bestaat die weerstandswaarde wel? Kies een bestaande waarde uit de E12-reeks.

Solution:

$$\frac{R_1}{R_1 + R_2} = \frac{1.5V}{9V} \quad (1)$$

$$\frac{1k\Omega}{1k\Omega + R_2} = \frac{1}{6} \quad (2)$$

$$\frac{1k\Omega + R_2}{1k\Omega} = 6 \quad (3)$$

$$1k\Omega + R_2 = 6 \cdot 1k\Omega \quad (4)$$

$$R_2 = 6 \cdot 1k\Omega - 1k\Omega = 5k\Omega \quad (5)$$

maar deze waarde is geen E12-waarde, we kiezen dus:

$$R_2 = 4.7k\Omega \quad (6)$$

7. Welke weerstand R_{pot} moet de potentiometer hebben, wetend dat de ingangsspanning V maximaal 200 mV ($= 200 \cdot 10^{-3}$ V) is en we het vermogen P door de potentiometer willen beperken tot 4 μ W ($= 4 \cdot 10^{-6}$ W)?

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

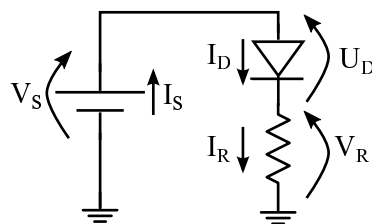
Solution:

$$P = V \cdot I = V^2 / R_{pot}$$

$$R_{pot} = (200mW) / 4\mu W$$

$$R_{pot} = 10k\Omega$$

3.2 Het statusledje: de diode



Figuur 4: Diode netwerk.

8. De spanningsbron die we gaan gebruiken voor onze versterker is een 9V batterij, dus $V_s = 9$ V. We zijn op zoek naar de weerstand die nodig is zodat $U_D = 1.8$ V en $I_D = 10$ mA.

Gebruik de wetten van Kirchhoff in het netwerk 4:

$$+V_s - U_D - V_R = 0 \quad (7)$$

$$I_s = I_D = I_R \quad (8)$$

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

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

Solution:

Kirchhoff:

$$V_S - U_D - V_R = 0$$

$$I_S = I_D = I_R$$

De weerstand die nodig is:

$$\begin{aligned} R_{led} &= \frac{V_R}{I_R} \\ &= \frac{V_S - U_D}{I_D} \\ &= \frac{9V - 1.8V}{10mA} \\ &= \frac{7.2V}{10mA} = 720\Omega \end{aligned}$$

We kiezen een weerstand in de E12 reeks:

$$R_{led} = 680\Omega$$

3.3 De versterker: de transistor

9.

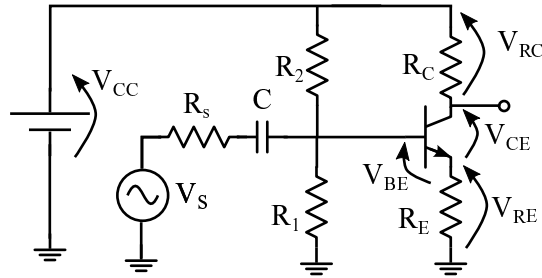
$$I_C = -\frac{\beta}{\beta + 1} I_E \quad (9)$$

Elimineer β van de vorige vergelijking door de volgende limiet op te lossen.

$$I_C \approx \lim_{\beta \rightarrow \infty} -\frac{\beta}{\beta + 1} I_E = \dots$$

Solution:

$$I_C \approx \lim_{\beta \rightarrow \infty} -\frac{\beta}{\beta + 1} I_E = \lim_{\beta \rightarrow \infty} -\frac{\beta}{\beta} I_E = -I_E$$



Figuur 5: Versterkerschakeling met de transistor.

10.

$$V_C = V_{CC} - V_{R_C} = V_{CC} - \frac{R_C}{R_E} \cdot (V_B - 0.7 \text{ V}) \quad (10)$$

Door de ontkoppelcapaciteit C en de weerstandsdeler $R_1 R_2$ is

$$V_B = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} + V_S$$

V_{CC} is een DC spanning, de muziek V_S is een AC spanning. Vul dit in vergelijking 10, en splits de spanning V_C op in een AC en DC gedeelte:

$$(AC) \ v_C = \dots$$

$$(DC) \ V_C = \dots$$

Solution:

$$V_C = V_{CC} - V_{R_C} = V_{CC} - \frac{R_C}{R_E} \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} + V_S - 0.7 \text{ V} \right)$$

$$V_{DC} = V_{CC} - \frac{R_C}{R_E} \cdot \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} - 0.7 \text{ V} \right)$$

$$V_{AC} = -\frac{R_C}{R_E} \cdot V_S$$

11. We hebben gekozen:

$$I_C = 10 \text{ mA} \quad (11)$$

$$V_C = 3.5 \text{ V} \quad (12)$$

$$-\frac{R_C}{R_E} = -5 \quad (13)$$

Je kent nu alles wat nodig is om de weerstanden R_E en R_C te bepalen. **Tip:** $V_{R_C} = V_{CC} - V_C$

$$R_C = \dots \quad (14)$$

$$R_E = \dots \quad (15)$$

Solution:

$$R_C = \frac{V_{R_C}}{I_{R_C}} = \frac{V_{CC} - V_C}{I_C} = \frac{9\text{V} - 3.5\text{V}}{10\text{mA}} = 550\Omega \quad (16)$$

$$R_E = \frac{R_C}{5} = 110\Omega \quad (17)$$

Weerstanden in E12 series:

$$R_C = 560\Omega \quad (18)$$

$$R_E = 100\Omega \quad (19)$$

12. Bereken het biasvoltage V_B uit V_E . Kies dan de weerstand R_2 zodat de uitgangspanning V_B de gewenste waarde heeft. Het staat al vast dat $R_1 = 1k\Omega$. **Tip:** Vergeet niet de ingangsspanning V_{CC} is $9V$.

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

$$R_1 = 1k\Omega \quad (21)$$

$$R_2 = \dots \quad (22)$$

Solution:

Biasvoltage:

$$V_B = V_E + 0.7V = R_E \cdot (-I_E) = 100\Omega \cdot 10\text{mA} + 0.7V = 1.7V$$

Weerstandsdeler:

$$\begin{aligned}V_B &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{CC} \\ \frac{V_B}{V_{CC}} &= \frac{R_1}{R_1 + R_2} \\ \frac{V_{CC}}{V_B} &= \frac{R_1 + R_2}{R_1} \\ \frac{V_{CC}}{V_B} \cdot R_1 - R_1 &= R_2 \\ \frac{9V}{1.7V} \cdot 1k\Omega - 1k\Omega &= R_2 \\ R_2 &= 5.29 \cdot 1k\Omega - 1k\Omega \\ R_2 &= 4.29k\Omega\end{aligned}$$

Weerstand in de E12-serie, een beetje groter genomen om stroom te beperken

$$R_2 = 4.8k\Omega$$

3.4 De luidspreker: de (slechte) weerstand

13. Bereken het gemiddeld vermogen via de integraal:

$$P_{gemm} = \frac{1}{1/440\text{Hz}} \int_0^{1/440\text{Hz}} 1.125 \text{ W} \cdot \sin^2(2\pi \cdot 440 \text{ Hz} \cdot t) dt$$

Met behulp van de goniometrische formule:

$$\sin^2(\theta) = \frac{1 - \cos(2\theta)}{2}$$

$$P_{gemm} = \dots$$

Solution:

$$\begin{aligned}P_{gemm} &= \frac{1}{1/440\text{Hz}} \int_0^{1/440\text{Hz}} 1.125 \text{ W} \cdot \sin^2(2\pi \cdot 440 \text{ Hz} \cdot t) dt \\&= \frac{1.125 \text{ W}}{2 \cdot 1/440\text{Hz}} \int_0^{1/440\text{Hz}} (1 - \cos(4\pi \cdot 440 \text{ Hz} \cdot t)) dt \\&= \frac{1.125 \text{ W}}{2 \cdot 1/440\text{Hz}} \int_0^{1/440\text{Hz}} 1 \cdot dt - \int_0^{1/440\text{Hz}} \cos(4\pi \cdot 440 \text{ Hz} \cdot t) dt \\&= \frac{1.125 \text{ W}}{2 \cdot 1/440\text{Hz}} t \Big|_0^{1/440\text{Hz}} - 0 \\&= \frac{1.125 \text{ W}}{2 \cdot 1/440\text{Hz}} (1/440\text{Hz} - 0) \\&= \frac{1.125 \text{ W}}{2} \\&\approx 560 \text{ mW}\end{aligned}$$