

Vermogenselektronica

Peter van Duijsen

31 augustus 2020

Table of contents

- 1 Inleiding
- 2 Condensator
- 3 Spoelen en Transformatoren
- 4 Schakelaars
- 5 Gelijkrichter
- 6 Lineaire voedingen
- 7 Choppers
- 8 Opbouw
- 9 Basis schakelaar
- 10 Energie opslag
- 11 Filter
- 12 Regeling

Wat zijn voedingen nou toch?

Van stopcontact naar apparaat.

Componenten?

Als eerste bekijken we de basis componenten.

Condensatoren welke?

- Gepolariseerde

De gepolariseerde zijn voornamelijk de elektrolytische, maar ook tantaal condensatoren. De capaciteit is hoog en loopt van enkele tientallen nano-farad [nF] tot enkele milli-farad[mF].

- Bestand tegen hoge spanning

Condensatoren van polyester (polyester film condensatoren) worden met name gebruikt in filters waar een hoge spanning is, zoals het filter aan de netspanningszijde.

- Kleintjes.

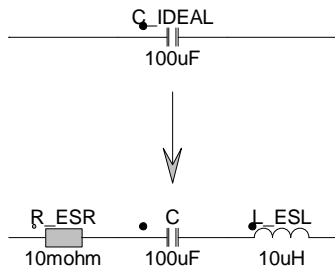
In de analoge regelingselektronica zitten de kleine, meestal ceramische, condensatoren die de tijdconstanten in de regellus bepalen. Tevens worden de kleine ceramische condensatoren gebruikt voor het afleiden van stoorstroompjes, vandaar dat je ze her en der verdeeld ziet in verscheidene schakelingen.

Ideaal?

Ideale condensatoren bestaan niet.

- ESR
Equivalent Series Resistance [Ohm]
- ESL
Equivalent Series Inductance [Henry]

ESR ESL



Figuur: Serie weerstand en inductiviteit van een condensator

Spoel en condensator

Condensatorstroom mag springen

$$I_C = C \cdot \frac{dU_C}{dt} \quad (1)$$

Spoelspanning mag springen

$$U_L = L \cdot \frac{dI_L}{dt} \quad (2)$$

Spoel en condensator

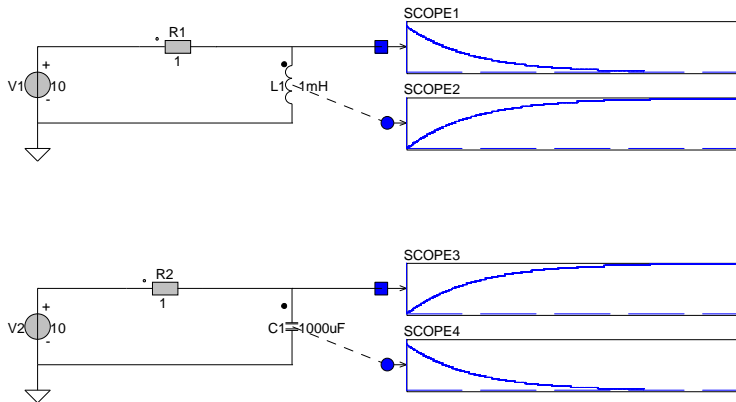
Condensator is een spanningsbron?

$$U_C = \frac{1}{C} \int I_C \cdot dt \quad (3)$$

Spoel is een stroombron?

$$I_L = \frac{1}{L} \int U_L \cdot dt \quad (4)$$

Continue en discontinue

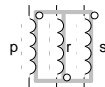
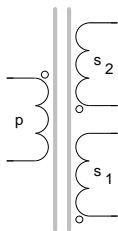
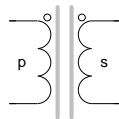
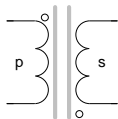


Spoel?

We zullen drie soorten spoelen tegenkomen.

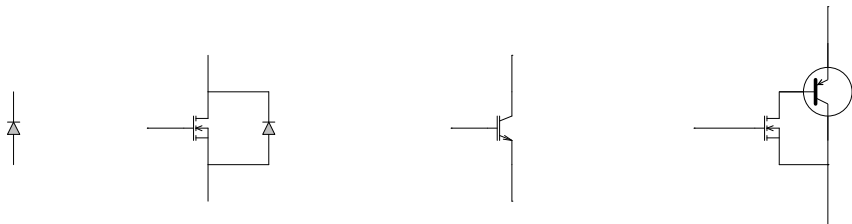
- Spoel
- Gekoppelde Spoelen
- Transformator

Wikkelingen



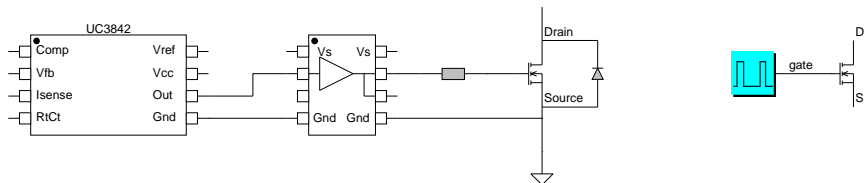
Figuur: Van links naar rechts: Spoel, gekoppelde-spoelen(2 wikkelingen en 3 wikkelingen) en transformatoren(2 wikkelingen en 2 wikkelingen met reset wikkeling)

Halfgeleiders



Figuur: Van links naar rechts: Diode, Mosfet met interne vrijlooptdiode, IGBT en intern vervangschema van de IGBT

Mosfet aansturing



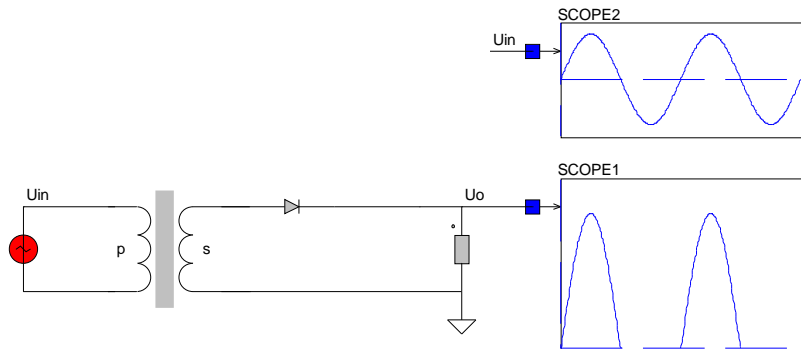
Figuur: Vereenvoudigde weergaven van de aansturing van de Mosfet

Gelijkrichters



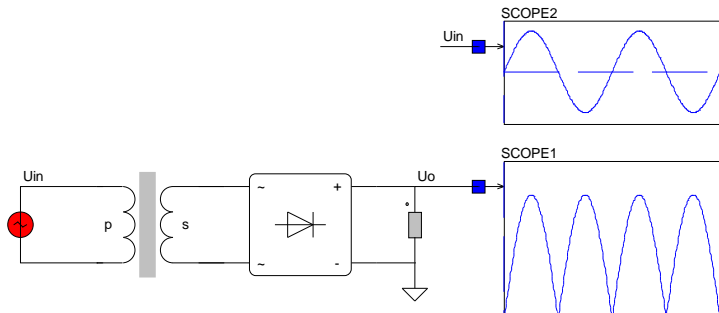
Figuur: Gelijkrichter met transformator en afvlakcondensator, gebruikt voor het voeden van een antwoordapparaat (met cassettebandjes) uit de jaren negentig van de vorige eeuw.

Enkelvoudig



Figuur: Gelijkrichter met transformator en enkelvoudige diode gelijkrichter.

Bruggelijkrichter

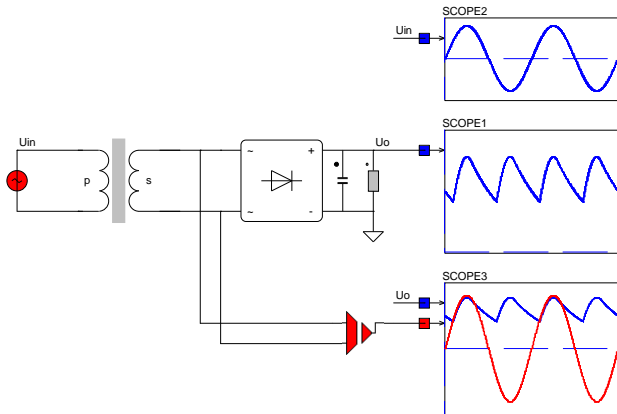


Figuur: Gelijkrichter met transformator en bruggelijkrichter.

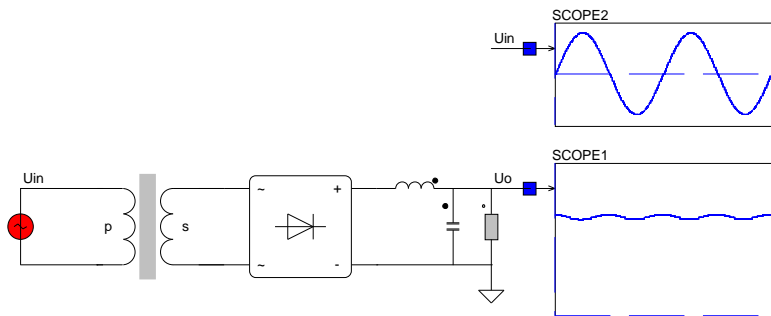
Rimpelspanning uitgang

$$\Delta u = \frac{I}{2 \cdot F \cdot C} \quad (5)$$

Vuistregel $1\mu F$ / Watt bij $V_{in} = 230V, 50Hz$

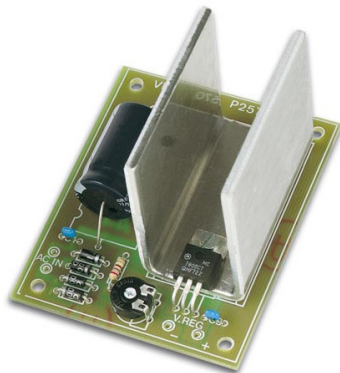


Filter



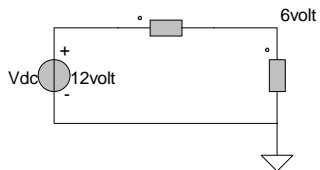
Figuur: Gelijkrichter met transformator, bruggelijkrichter en laag-doorlaat uitgangsfiler.

Lineaire voeding



Figuur: Gestabiliseerde lineaire voeding uit de jaren tachtig met 7805 en koelplaat.

Kachel

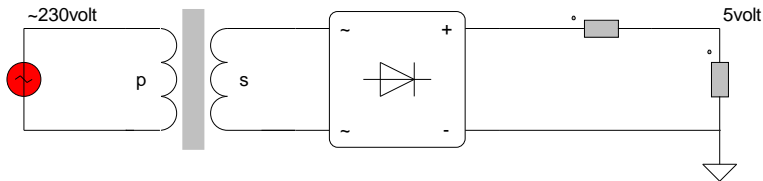


Figuur: Een lineaire voeding is net een kachel!

Verlies

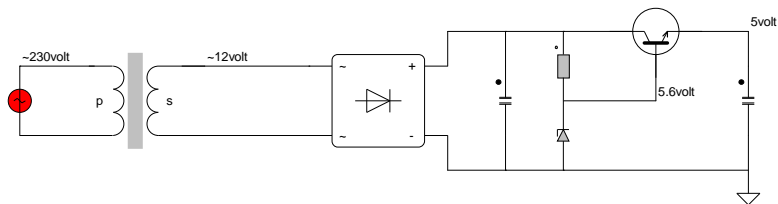
$$U_{out} = U_{in} - R_{serie} \cdot I_{out} \quad (6)$$

Regelbare weerstand



Figuur: Voeding van bijvoorbeeld een modelspoorbaan of speelgoed-racebaan. Door de serie weerstand met de hand te veranderen, kan de uitgangsspanning geregeld worden. De gebruiker stelt zelf de uitgangsspanning afhankelijk van de uitgangsstroom in.

Gestabiliseerde voeding



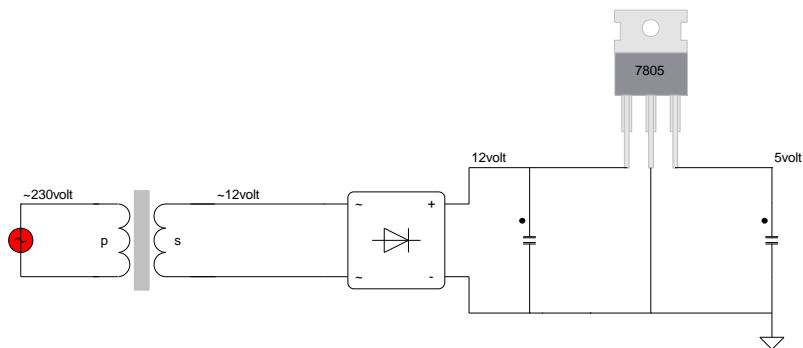
Figuur: Gestabiliseerde lineaire voeding uit de jaren zeventig met transistor en zener diode.

Zenerspanning

$$R = \frac{U_{in} - U_z}{I_{out}/\beta} = \frac{12 - 5.6}{1/100} \approx 640[\text{Ohm}] \quad (7)$$

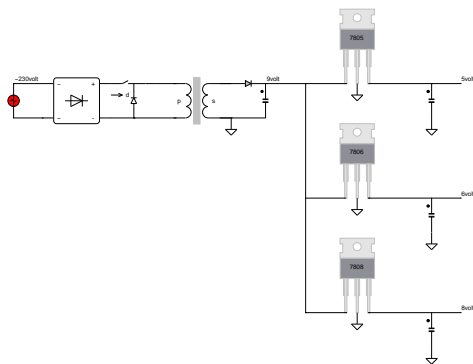
$$P_{verlies} = (U_{in} - U_{uit}) \cdot I_{out} \approx 6.4[\text{Watt}] \quad (8)$$

7805



Figuur: Gestabiliseerde voeding met 7805.

Point of Load

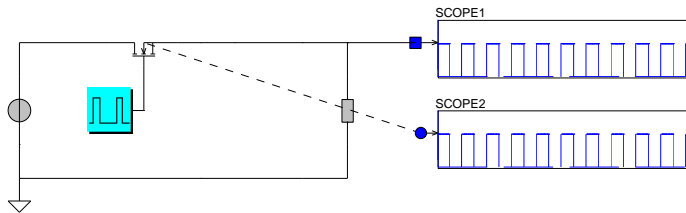


Figuur: De 78XX wordt gebruikt om meerdere lagere spanningen van een constante gelijkspanning te maken. Helaas zal je merken dat de 8v uitgang van 7808 niet goed werkt. Dit komt omdat de spanningsval over de 7808 wat groter dan 1v moet zijn in verband met de spanningsval over de interne bipolaire transistor!

Wat is een chopper

Hoe werkt een chopper?
Eigenlijk heel eenvoudig:
Hakker

Schakelaar



Figuur: Schakelaar hakt de ingangsspanning in een blokvormige uitgangsspanning.

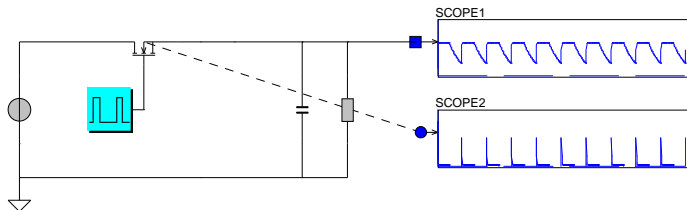
duty cycle

Schakelfrequentie F_s

Duty-cycle d , 0 en 1 of tussen de 0 en 100%

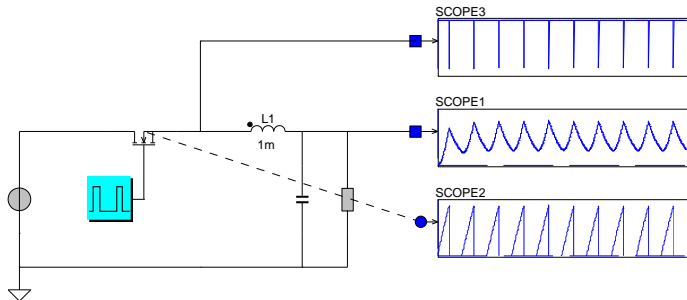
$$V_{uit} = d \cdot V_{in} \quad \text{met } d:[0..1] \quad (9)$$

Condensator



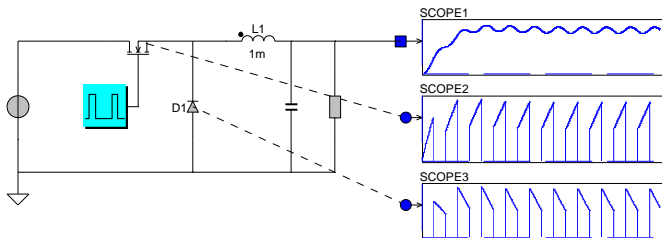
Figuur: De condensator zal de blokvormige uitgangsspanning gaan afvlakken. Dit gaat wel gepaard met behoorlijke stroompieken, zie scope2.

Spoel



Figuur: De spoel begrensd de oplaadstroom, zie scope2, van de condensator. Hierdoor ontstaan er wel flinke spanningspieken over de Mosfet, zie scope3

Diode

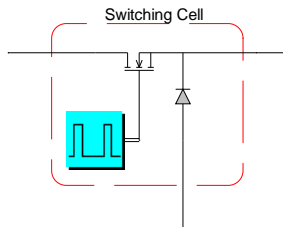


Figuur: De vrijlooptdiode en Mosfet leveren nu om de beurt de spoelstroom.

Chopper

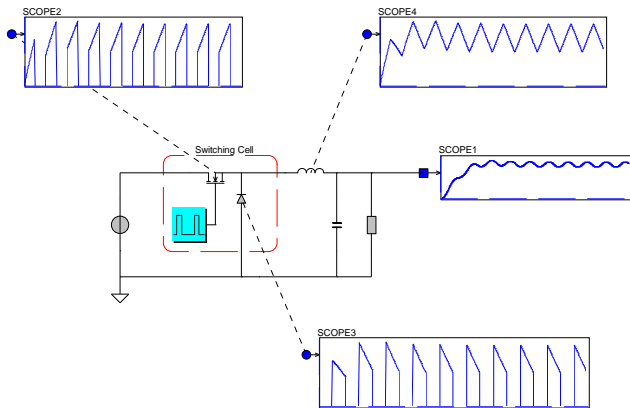
Nu is de chopper compleet en vormt de basis voor iedere geschakelde voeding die we gaan bespreken.

Switching Cell



Figuur: De swiching-cell bestaat altijd uit een schakelaar met vrijloopdiode.

Chopper met switching cell



Figuur: Chopper met switching-cell. De spoel stroom in scope4 is samengesteld uit de stroom door de Mosfet in scope 2 en de stroom door de vrijloopdiode in scope3.

Energie opslag in L en C

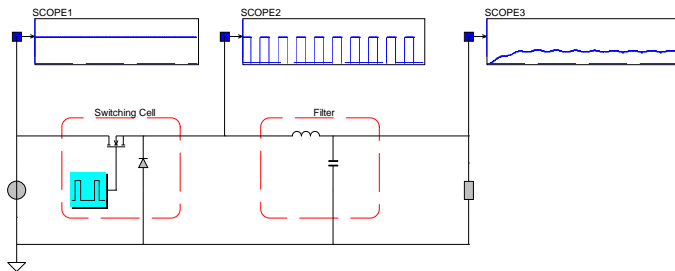
$$E_L = \frac{1}{2}Li^2 \quad (10)$$

$$E_C = \frac{1}{2}Cu^2 \quad (11)$$

Uitgangsfiler L en C

$$F_{filter} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad (12)$$

Chopper onderdelen

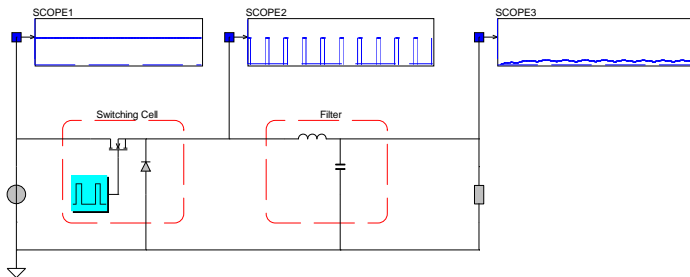


Figuur: Chopper met switching-cell en uitgangsfiler. De duty-cycle d is gelijk aan 0.5

Slager

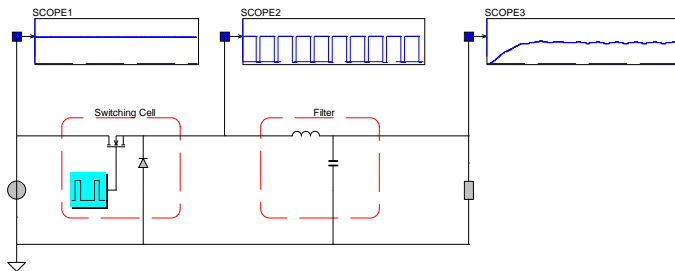
- Pulsbreedte Modulatie PWM
- Pulsfrequentie Modulatie PFM

PWM laag



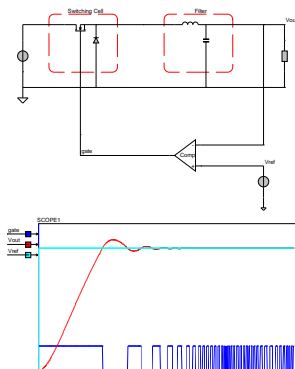
Figuur: Chopper met duty-cycle $d = 0.2$. De uitgangsspanning is nu lager dan die in figuur 23

PWM hoog



Figuur: Chopper met duty-cycle $d = 0.8$. De uitgangsspanning is nu hoger dan die in figuur 23

Hysterese



Figuur: Chopper met variable duty-cycle $d = 0.8$ en variable schakelfrequentie F_s . De schakelfrequentie F_s neemt toe naarmate de uitgangsspanning dichterbij de referentiespanning in de buurt komt.

Ober

- PWM
- Glas wijn

Ober

- PWM
- Glas wijn
- PFM

Ober

- PWM
- Glas wijn
- PFM
- Bier

Ober

- PWM
- Glas wijn
- PFM
- Bier

Opgave

Maak een lineaire voeding met de volgende parameters:

- $V_{in} = 12V$ DC
- $V_{out} = 8V$ DC
- $I_{out} = 3A$
- Transistor heeft een versterkingsfactor $\beta = 100$
- Teken schema en bereken de C(na de gelijkrichter) R, Zener
- Zoek op internet naar componenten
- Bereken het rendement voor $I_{uit} = 1A, 2A, 3A$

Volgende week

- Buck
- Boost
- Buck-Boost