

Vermogenselektronica

Peter van Duijsen

4 februari 2022

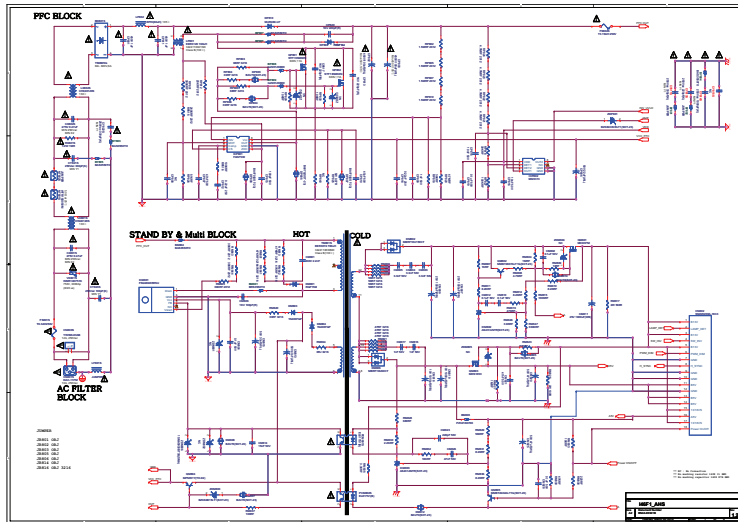
Table of contents

- ① Buck
- ② Boost
- ③ Buck-Boost
- ④ Bidirectioneel
- ⑤ Opgave
- ⑥ Volgende week

Schakelende voedingen?

De 3 basis ongeïsoleerde omvormers.
Buck, Boost en BuckBoost

46" LED Televisie



46" LED Televisie

Geintje, maar je zal nu meer gaan herkennen!

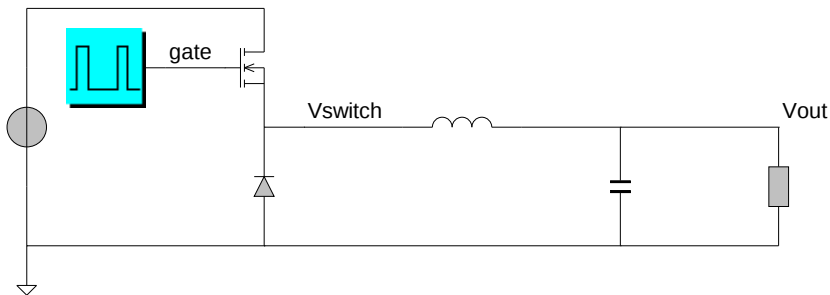
Buck

Buck

Buck

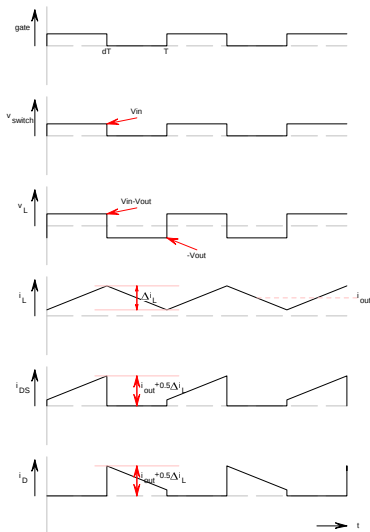
Buck-converter: step-down omvormer

$$V_{uit} = d \cdot V_{in}$$



Figuur: Buck converter

Buck golfvormen



Continue mode

$$V_{out} = \frac{dT}{T} V_{in} \quad (1)$$

Berekening L

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = L \frac{\Delta i_L}{\Delta t} \rightarrow \quad (2)$$

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} \cdot u_L \cdot \Delta t \rightarrow \quad (3)$$

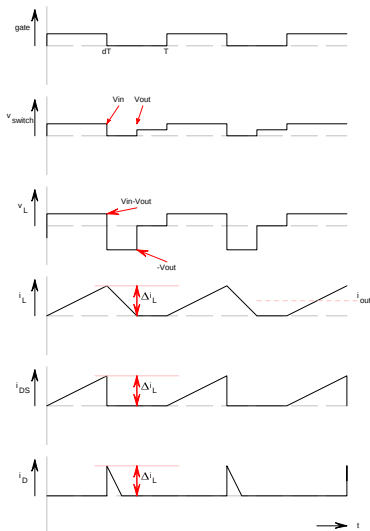
$$\Delta i_L = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) \cdot dT \quad (4)$$

$$\Delta i_L = -\frac{1}{L} V_{out} (T - dT) \quad (5)$$

Continue mode rimpelstroom I_L

$$\Delta i_L = \frac{1}{L}(V_{in} - V_{out}) \cdot \frac{V_{out}}{V_{in}} \cdot \frac{1}{F_s} \quad (6)$$

Discontinue bedrijf



Voor en tegen discontinue mode

- Stabieler en beter te regelen
- Maximum stroom wordt wel groter, dus eerder verzadiging

Keuze rimpelstroom

Kies een rimpelstroom

$\Delta i_L = 0.3 \dots 0.4 \cdot I_{out}$ Daaruit volgt L:

$$L = \frac{1}{\Delta i_L} (V_{in} - V_{out}) \cdot \frac{V_{out}}{V_{in}} \cdot \frac{1}{F_s} \quad (7)$$

I_{max}

De maximale waarde van de inductiviteitsstroom bedraagt:

$$\hat{I} = I_{out} + \frac{1}{2}\Delta i_L \quad (8)$$

Rimpelspanning

ESR van de condensator

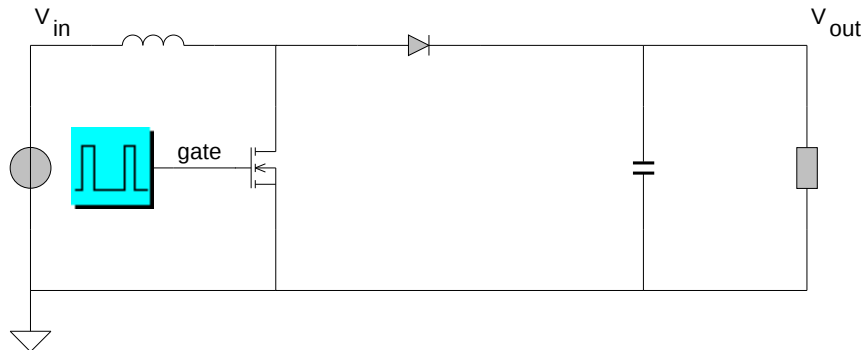
$$\Delta V_{out} \approx \Delta i_L \cdot ESR \quad (9)$$

Boost

Boost

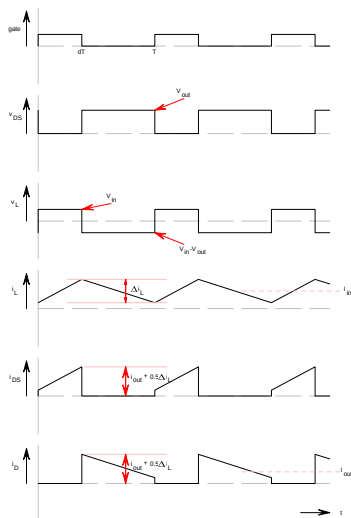
Boost omvormer schema

Step-up-omvormer zet een ingangsspanning om naar een hogere uitgangsspanning.



Figuur: Boost converter

Boost omvormer golfvormen



Berekening spoelstroom

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = L \frac{\Delta i_L}{\Delta t} \quad \rightarrow$$

$$\Delta i_L = \frac{1}{L} \cdot u_L \cdot \Delta t \quad \rightarrow$$

$$\Delta I_L^{aan} = \frac{1}{L} V_{in} \cdot dT \quad (10)$$

$$\Delta I_L^{uit} = \frac{1}{L} (V_{in} - V_{out}) \cdot (T - dT) \quad (11)$$

Overzetverhouding

$$\Delta I_L^{aan} = -\Delta I_L^{uit} \quad \rightarrow$$

$$V_{in} \cdot dT = -(V_{in} - V_{out}) \cdot (T - dT) \quad \rightarrow$$

$$V_{in} \cdot dT + V_{in} \cdot (T - dT) = V_{out} \cdot (T - dT) \quad \rightarrow$$

$$V_{in} \cdot T = V_{out} \cdot (T - dT) \quad \rightarrow$$

$$V_{in} = V_{out} \cdot (1 - d) \quad (12)$$

wat geschreven kan worden als

$$V_{out} = V_{in} \frac{1}{1 - d} \quad (13)$$

Keuze rimpelstroom

$\Delta I_L \approx 0.4 \cdot I_{in}$. De ingangsstroom kan met een vermogensbalans bepaald worden:

$$\begin{aligned} V_{in} \cdot I_{in} &= V_{out} \cdot I_{out} \rightarrow \\ I_{in} &= I_{out} \frac{V_{out}}{V_{in}} \end{aligned} \quad (14)$$

Rimpelstroom

De rimpelstroom ΔI_L wordt hierdoor

$$\Delta I_L = 0.4 \cdot I_{out} \frac{V_{out}}{V_{in}} \quad (15)$$

Berekening L

Daarmee geldt voor L met behulp van ΔI_L :

$$L = \frac{1}{\Delta I_L} V_{in} \cdot dT \quad (16)$$

$$\begin{aligned} V_{out} &= V_{in} \frac{1}{1-d} && \rightarrow \\ V_{out} - d \cdot V_{out} &= V_{in} && \rightarrow \\ d &= \frac{V_{out} - V_{in}}{V_{out}} && (17) \end{aligned}$$

$$L = \frac{1}{\Delta I_L} (V_{out} - V_{in}) \frac{V_{in}}{V_{out}} \cdot \frac{1}{F_s} \quad (18)$$

Maximale spoelstroom

$$\hat{I}_L = I_{in} + \frac{1}{2}\Delta I_L \quad (19)$$

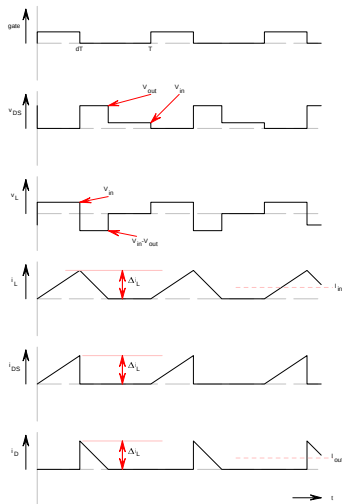
Rimpelspanning

$$\Delta V_{out} \approx I_D \cdot ESR \quad (20)$$

Discontinue stroom

$$\frac{1}{2}\Delta I_L \geq I_{in} \quad (21)$$

Golfvormen discontinue mode

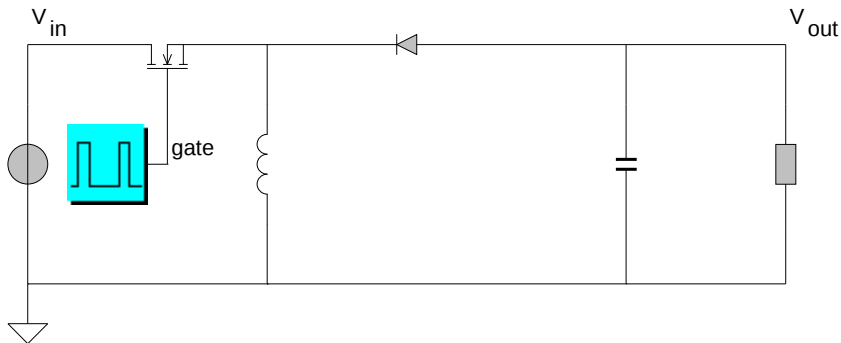


BuckBoost

BuckBoost

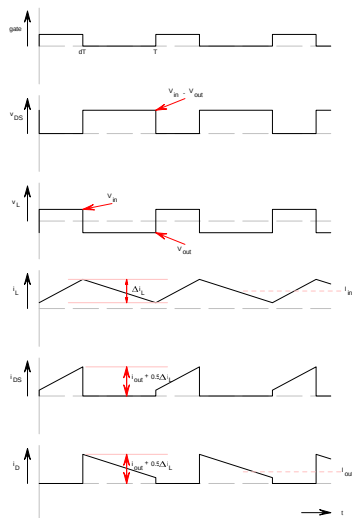
BuckBoost

Inverterende omvormer (Ook wel buck-boost-converter genoemd)



Figuur: Buck-Boost converter

Golfvormen BuckBoost



Overzetverhouding

De uitgangsspanning bedraagt voor de continuous-mode:

$$V_{out} = -V_{in} \frac{dT}{T - dT} \quad (22)$$

En, ja, die is negatief dus lastig!!!!

Gemiddelde spoelstroom

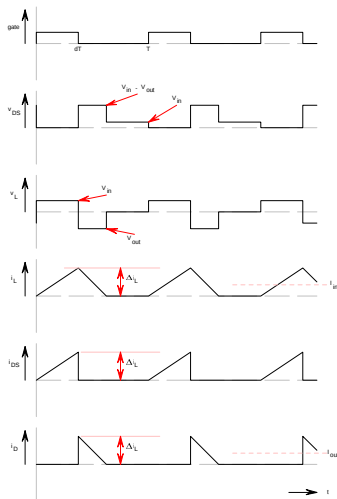
En voor de gemiddelde spoelstroom I_L geldt:

$$\begin{aligned}\bar{I}_L &= I_{out} \frac{T}{T - dT} \rightarrow \\ &= I_{out} \left(\frac{V_{out}}{V_{in}} + 1 \right)\end{aligned}\tag{23}$$

Rimpelstroom

$$\begin{aligned}\Delta I_L &= \frac{1}{L} V_{in} \cdot dT \rightarrow \\ &= \frac{1}{L} \cdot \frac{V_{in} \cdot V_{out}}{V_{in} + V_{out}} \cdot \frac{1}{F_s}\end{aligned}\quad (24)$$

Golfvormen discontinue mode



Energie in twee richtingen

Combinatie van Buck en Boost

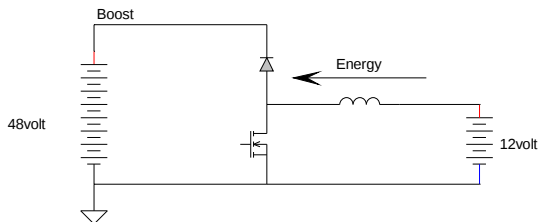
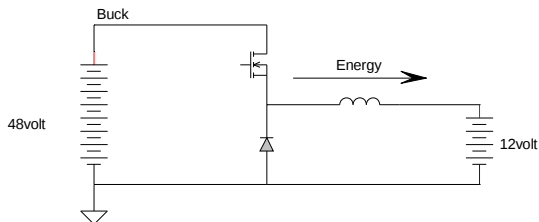
Energie in twee richtingen

Stel je hebt een batterij van 12 volt en je hebt een batterij van 48 volt en je wilt ze met elkaar verbinden. De voorwaarde is wel dat je energie van die 12volt batterij in de 48volt batterij wilt sturen en omgekeerd.

Bidirectionele omvormer

Daarvoor heb je een bidirectionele omvormer nodig. In de meest eenvoudige vorm heb je in één richting een Buck-omvormer en in de andere richting een Boost-omvormer nodig.

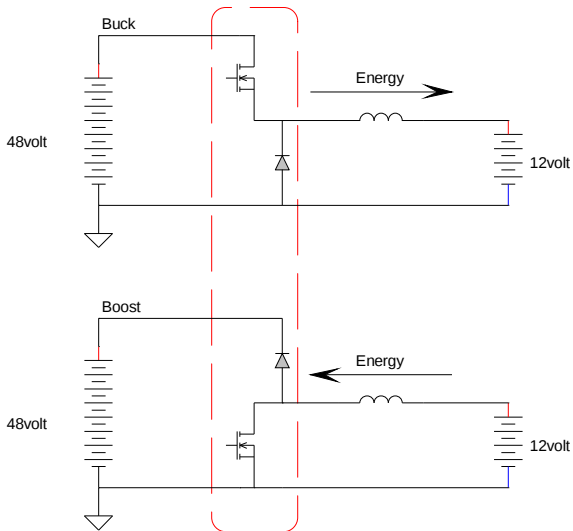
Buck en Boost zijn nodig



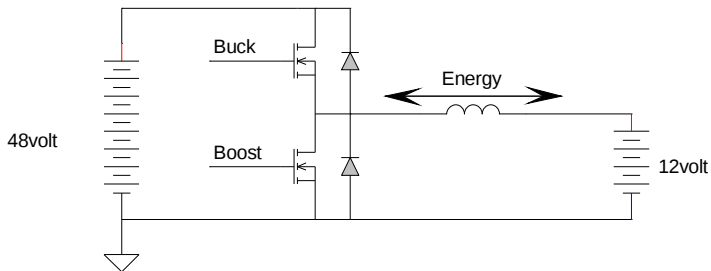
Spoel combineren

De spoel zit altijd aan de lagere spanningskant,
spoel in de Buck-omvormer
spoel in de Boost-omvormer

Combinatie wordt bidirectionele omvormer



Samengevoegde bidirectionele omvormer



Figuur: Combinatie van een Buck en Boost omvormer.

Galvanische scheiding

Toepassen van de gekoppelde spoelen geeft twee extra voordelen:

- Galvanische scheiding tussen ingang en uitgang
- Met behulp van de wikkelverhouding kan je de verhouding tussen in- en uitgangsspanning schalen

Galvanische scheiding

Toepassen van de gekoppelde spoelen geeft twee extra voordelen:

- Galvanische scheiding tussen ingang en uitgang
- Met behulp van de wikkelverhouding kan je de verhouding tussen in- en uitgangsspanning schalen
- Maar meer hierover: volgende week

Galvanische scheiding

Toepassen van de gekoppelde spoelen geeft twee extra voordelen:

- Galvanische scheiding tussen ingang en uitgang
- Met behulp van de wikkelverhouding kan je de verhouding tussen in- en uitgangsspanning schalen
- Maar meer hierover: volgende week

Niets nieuws onder de zon

Verskillende omvormers met gekoppelde spoelen

Maar vergeet niet:

Er is niets nieuws onder de zon. Ze zijn alle afgeleid van de drie basis omvormers, de Buck, Boost en Buck-boost omvormer.

Opgave

Maak een schakelende voeding met de volgende parameters:

- $V_{in} = 12V$ DC
- $V_{out} = 8V$ DC
- $I_{out} = 3A$
- Schakelfrequentie $F_s = 50kHz$
- Teken schema en bereken de waarde voor L in het geval van continue bedrijf.
- Teken de ingangsstroom
- Teken de spoelstroom
- Teken de diodestroom
- Teken de spanning over de Mosfet
- Zoek op internet waar je een geschikte spoel kan kopen en wat die kost

Volgende week

- Flyback
- Forward
- Push-Pull
- Hele en Halve Brug