

# Vermogenselektronica

Peter van Duijsen

31 augustus 2020

# Table of contents

- ① Geïsoleerde omvormers
- ② Gekoppelde spoelen
- ③ Flyback
- ④ Opgave
- ⑤ Volgende week

# Schakelende voedingen?

De 4 basis geïsoleerde omvormers.

Flyback, Forward, Push-Pull, Halve- en volle-brug



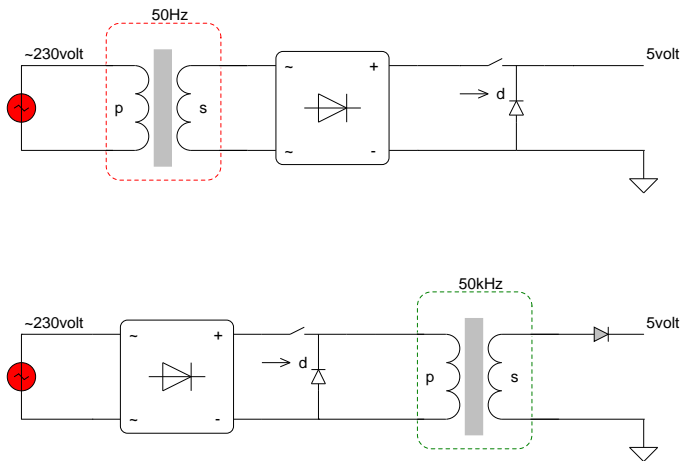
# 46" LED Televisie

Geintje, maar je zal nu meer gaan herkennen!  
Aan het eind van de les zoek je de Boost en de Flyback

# Primair en secundair

Geïsoleerde omvormers

# Primair en secundair



**Figuur:** Secundaire(bovenste figuur) en Primaire(onderste figuur) geschakelde voeding

# Transformator

De omvormers uit het vorige deel, Buck, Boost en Buck-Boost, hebben een gelijkgerichte spanning aan de ingang nodig. Deze moet in verhouding tot de netspanning van 110 tot 240 volt, laag zijn, bijvoorbeeld 12 volt, om een Buck converter met 9 volt uitgang te voeden. Dit betekent dus dat er een dure, zware transformator in de voeding nodig is.



# High-freq. Transformator

Niet in verzadiging bij  $50\text{Hz}$

$50\text{Hz}$  verhogen naar  $50\text{kHz}$ ,

verkleint de periodeduur van  $20\text{ms}$  naar  $20\mu\text{s}$

Factor 1000 kleiner!

Galvanische scheiding

Wikkelverhouding

# Spoel of Transformator

Deze galvanisch gescheiden magnetische omzetter kan op twee wijzen uitgevoerd worden:

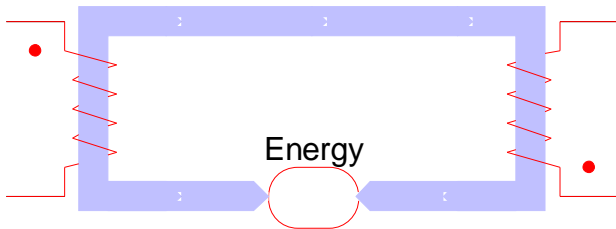
- Transformator
- Gekoppelde spoelen

## Offline



Figuur: Transformator.

# Gekoppelde spoel

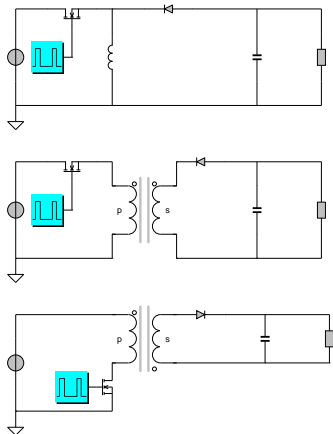


**Figuur:** Gekoppelde spoelen. Energie opslag in de luchtspleet, omdat  $B$  overal gelijk is en  $H$  in de luchtspleet het grootst is en de hoeveelheid energie gelijk is aan het product  $B \cdot H$ .

# Typen Offline

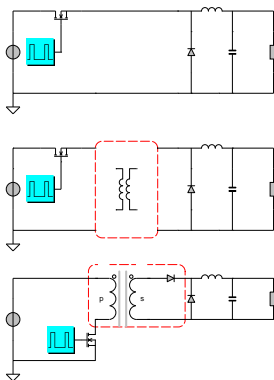
- **Flyback**  
afgeleid van de Buck-Boost omvormer
- **Forward**  
afgeleid van de Buck omvormer
- **Push-Pull**  
afgeleid van de Buck omvormer

# Flyback



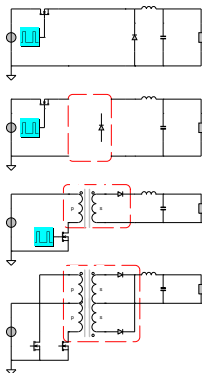
**Figuur:** Buck-Boost, Buck-Boost met gekoppelde spoelen, Flyback waarbij de schakelaar aan de massa zit.

# Forward



**Figuur:** Buck omvormer, Buck met scheiding, Forward waarbij de schakelaar aan de massa zit en 1 diode zorgt voor gelijkrichting van de getransformeerde puls.

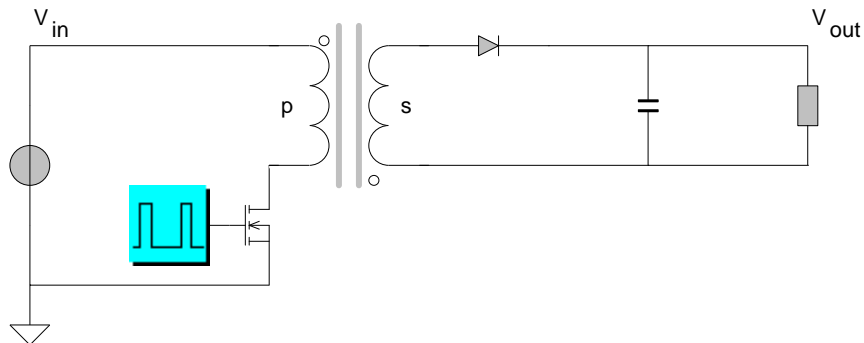
# Push-Pull



**Figuur:** Buck omvormer, Buck met scheiding, Push-Pull waarbij de schakelaar aan de massa zit en de vrijloopdiode in serie met de secundaire wikkeling, dubbele uitvoering, zodat de kern volledig benut wordt.

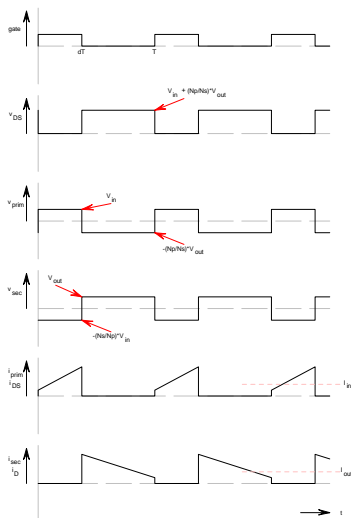


# Flyback in detail

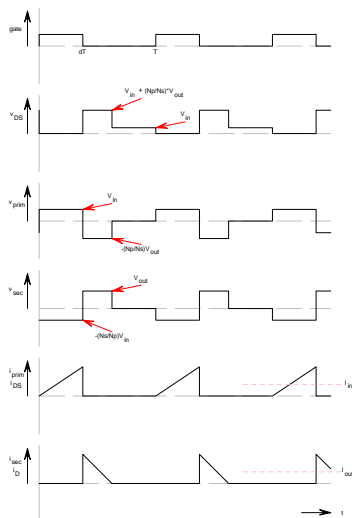


Figuur: Flyback converter

# Flyback golfvormen



# Discontinue mode



# Overzetverhouding

Voor de primaire spanning van de gekoppelde spoel  $V_{in}$  moet gelden dat in stationair bedrijf het gemiddelde  $\bar{V}_{in}$  gelijk is aan nul. (Anders zou de stroom tot onmetelijk hoge waarden stijgen).

Hieruit volgt:

$$V_{in} \cdot dT = V_{out} \cdot \frac{N_p}{N_s} \cdot (T - dT) \quad (1)$$

en

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{dT}{T - dT} \quad (2)$$

# Wikkelverhouding

Men kiest de overbrengingsverhouding zodanig, dat bij de nominale werking de tijd om de spoelkern te magnetiseren  $dT$  bijna gelijk is aan de tijd  $(T - dT)$  om de magnetisering van de spoelkern weer af te bouwen. Daaruit volgt voor de overbrengingsverhouding:

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (3)$$

# Maximale blokkeerspanning

Voor de benodigde blokkeerspanning voor de Mosfet en de diode volgt dan:

Mosfet:

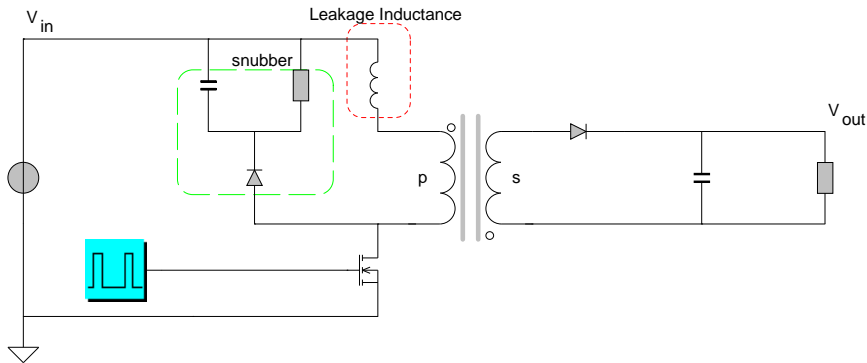
$$V_{DS} = V_{in} + V_{out} \cdot \frac{N_p}{N_s} \approx 2 \cdot V_{in} \quad (4)$$

Diode:

$$U_R = V_{out} + V_{in} \cdot \frac{N_s}{N_p} \approx 2 \cdot V_{out} \quad (5)$$

# Snubber

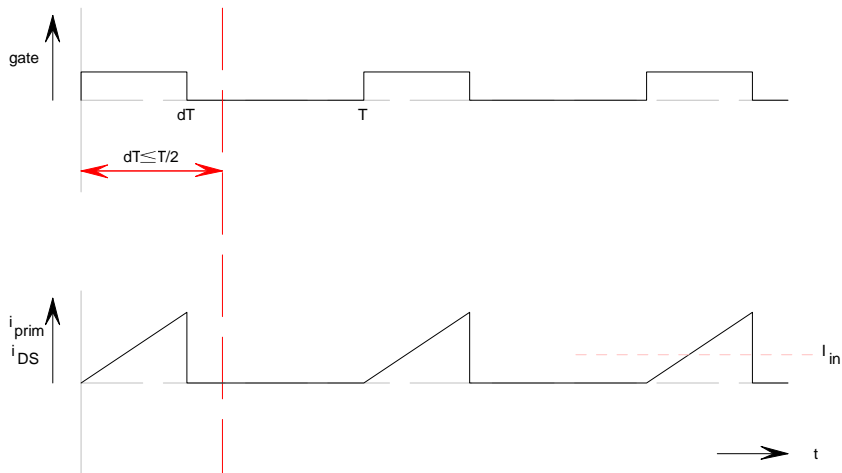
Primaire parasitaire strooi-inductantie  $L_{\sigma}$



Figuur: Flyback converter met snubber-circuit

# Grensgeval

Nominaal bedrijf: de primaire spoelstroom net op de grens tussen continue- en discontinue-mode





# Energieopslag

De energie in de spoelkern bedraagt aan het einde van de magnetiseringstijd  $dT = T/2$  dan:

$$W = V_{in} \frac{\hat{I}_p}{2} \frac{T}{2} \quad (6)$$

De in de primaire spoel  $L_p$  opgeslagen energie wordt dan:

$$W = \frac{1}{2} L_p \hat{I}_1^2 \quad (7)$$

# Waarde spoel

Uit deze berekeningen kan de waarde van de primaire spoel afgeleid worden:

$$L_p \approx \frac{V_{in}^2}{8 \cdot P_{out} \cdot f} \cdot \eta \quad (8)$$

# Piekwaarde

De piekwaarde van de stroom  $I_p$  bedraagt:

$$\hat{I}_p = \frac{4 \cdot P_{out}}{V_{in} \cdot \eta} \quad (9)$$

De effectieve waarde van de stroom  $I_p$  is:

$$I_p^{eff} = \frac{\hat{I}_p}{\sqrt{6}} \quad (10)$$

# Bepaling kern

De transformator kern en de gegevens van de wikkeling kunnen nu bepaald worden.

## OPMERKING:

De kern van de gekoppelde spoel moet een voldoende grote luchtspleet hebben, zodat hierin het grootste deel van de energie in het magnetisch veld kan worden opgeslagen.

# Uitgangs rimpelspanning

De rimpel veroorzaakt door de condensator zelf is ongeveer

$$\Delta V_{out}^C \approx \Delta I_s \cdot 2\pi \cdot F_s \cdot C \quad (11)$$

en de rimpel veroorzaakt door de serieweerstand ESR is ongeveer

$$\Delta V_{out}^{ESR} \approx \Delta I_s \cdot ESR \quad (12)$$

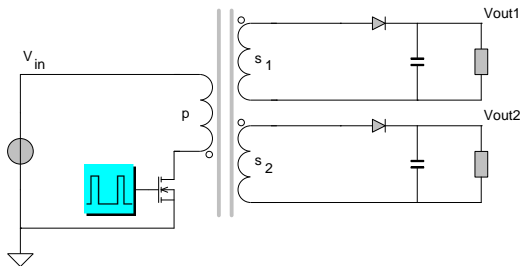
Grootste van deze twee rimpelspanningen is praktisch gezien een maat voor de rimpelspanning. bijna  $90^\circ$  uit fase verschoven, dus vectoriele optelling is beter

# Ingangscondensator

Voor een eventuele ingangscondensator  $C_{ingang}$  die tussen de netspannings-gelijkrichter en de ingang van de flyback geplaatst wordt, geldt voor het  $230V/50Hz$ -net:

$$C_{ingang} \approx \frac{1\mu F}{W} \cdot P_{in} \quad (13)$$

# Typen Offline



Figuur: Flyback converter met twee uitgangen

$$\frac{V_{s1}}{V_{s2}} = \frac{N_{s1}}{N_{s2}} \quad (14)$$

# 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

## Componenten Toepassingen

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