

Vraag 1, (3 punten)

In een school wordt een laagspannings DC-Grid gemaakt en moeten er 12volt voedingen komen. Er is een Buck converter met de volgende gegevens nodig:

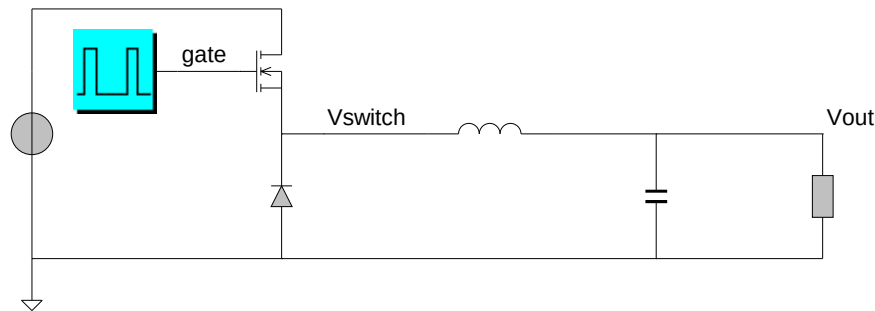
Ingangsspanning: $V_{in} = 48v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 12v$

Uitgangsstroom: $I_{uit} = 10A$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$

Let Op!: De stroom door de spoel L is continue met een maximale rimpel van 40%



1. Bereken de waarde van de spoel L

$$\text{Bij } V_{in} = 48 \text{ volt} \quad d = 12/50 = 0.25 \quad V_L = L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$$\text{Spoelstroom} = I_{uit} \quad di = 40\% = 0.4 * I_{uit} = 0.4 * 10 = 4 [\text{Ampere}] \quad (2)$$

$$dT = 0.25 * (1/F_s) = 0.25 * (1/100k) = 0.25 * 10\mu s = 2.5\mu s \quad (3)$$

$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{4}{2.5\mu} \quad L = (48 - 12) \cdot 2.5\mu / 4 = 22.5\mu H \quad (4)$$

2. Bereken de gemiddelde stroom door de diode

De hoogste waarde is dus gelijk aan de topwaarde van de spoel stroom $= I_{uit} + I_{rimpel}/2 = 10 + 0.4 * 10/2 = 12 \text{ Ampere}$

De laagste waarde is dus gelijk aan de laagste waarde van de spoel stroom $= I_{uit} - I_{rimpel}/2 = 10 - 0.4 * 10/2 = 8 \text{ Ampere}$

Gemiddelde gedurende de aantijd is dan $(12 + 8)/2 = 10 \text{ Amperer}$ Deze gemiddelde dan uitsmeren van $(1 - d)Ts$ over de gehele periode Ts

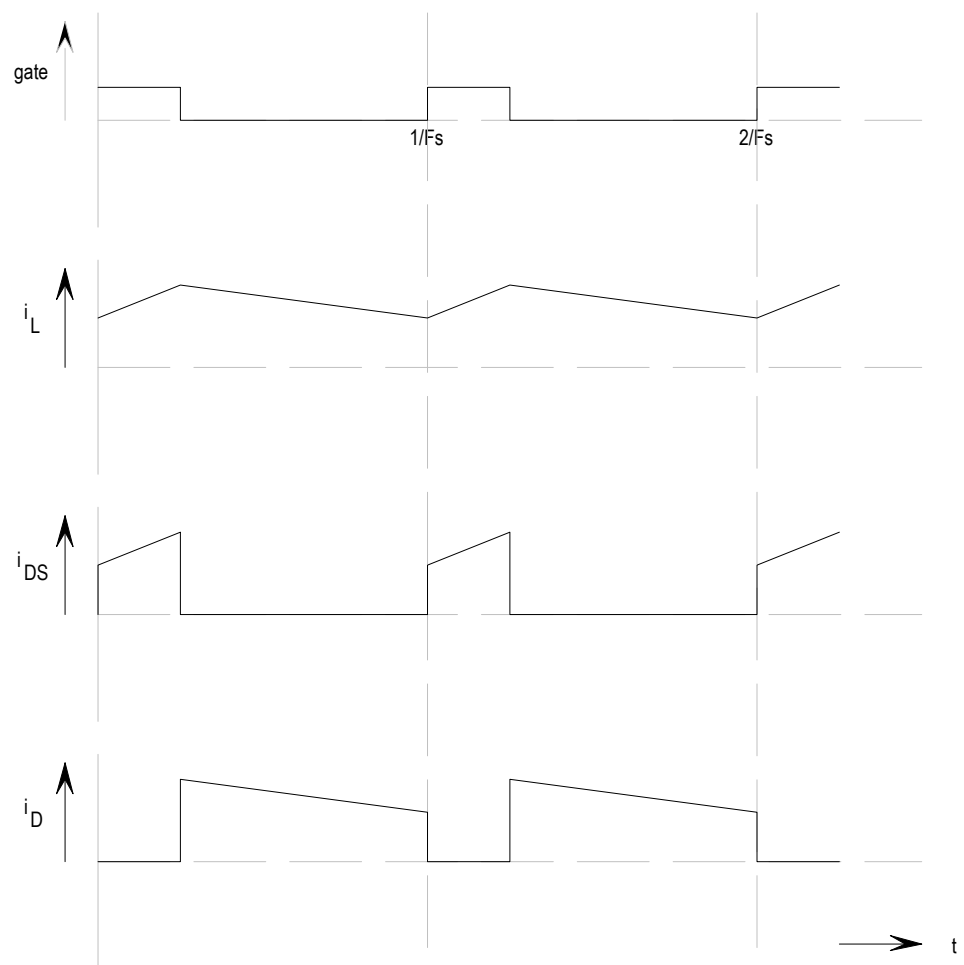
Gemiddelde diodestroom $= 10 * (1 - 0.25) \cdot 10\mu s / 10\mu s = 7.5 \cdot 10\mu s / 10\mu s = 7.5 \text{ Ampere}$

Alternatieve berekening:

Gemiddelde ingangsstroom $= 12 * 10 / 48 = 2.5 \text{ Ampere}$. Gemiddelde spoelstroom is gemiddelde uitgangsstroom $= 10 \text{ Ampere}$. Gemiddelde spoelstroom is gemiddelde Mosfet(ingangsstroom) plus gemiddelde diode stroom. Dus gemiddelde diode stroom $= 10 - 2.5 = 7.5 \text{ Ampere}$.

3. Teken in onderstaande grafiek: Gate signaal $gate$, Spoelstroom I_L , Stroom door de Mosfet I_{DS} , Stroom door de diode I_D

<https://www.caspoc.com/tools/powerelectronics/smps/buck/index.php?Vin=48&Vout=12&Iout=10&Fs=100&di=40&L=0&dv=100&Cout=0&Rc=100&vf=0&view1=we1>



Vraag 2, (3 punten)

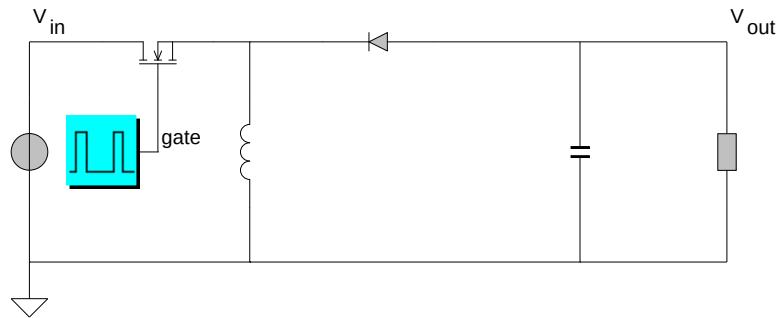
Via USB moet een schakeling met $-20v$ gevoed worden.
 Voor de negatieve spanning wordt een Buck-Boost gekozen.
 De ingangsspanning is $5v$

Ingangsspanning: $V_{in} = 5v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = -20v$

Uitgangsstroom: $I_{uit} = 1A$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$ Rimpel in de spoelstroom = 40%



1. Bereken de maximale spanning over de mosfet V_{DS}

Als de Mosfet uit staat en de spoelstroom door de diode vrijloopt, dan staat de uitgangsspanning ($= -5volt$) aan de source, terwijl op de drain de ingangsspanning staat. Hiermee is de maximale spanning over de Drain-Source gelijk aan $V_{DS} = V_D - V_S = 5 - (-20) = 25$ volt.

2. Bereken de piekwaarde van de stroom door de spoel I_L^{peak} .

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{d}{1-d} = \frac{20}{5} \quad (5)$$

$$5d = 20 - 20d \quad 20 = 25d \quad d = \frac{20}{25} = \frac{80}{100} = 0.8 \quad (6)$$

$$(7)$$

De gemiddelde ingangsstroom is:

$$I_{in} = V_{out} \cdot I_{out} / V_{in} = 20 \cdot 1 / 5 = 4 \text{ ampere average over } 10\mu s$$

Nu gaan we de omgekeerde weg die we doen als we van een driehoeks golfvorm het gemiddelde willen berekenen. We weten nu het uiteindelijke gemiddelde en hiervan willen we de max en min van de driehoeksgolf berekenen, waarvan we weten dat deze een dutycycle gelijk aan 0.8 heeft. Dus eerst smeren we het gemiddelde van $8\mu s$ uit over $10\mu s$ en daarna brengen we de rimpel van 40% in rekening.

De mosfet is gedurende $8\mu s$ aan, dus moet je het gemiddelde tijdens die $8\mu s$ hoger zijn dan het gemiddelde tijdens $10\mu s$:

$$I_{average} \text{ gedurende de aantijd van } 8\mu s \text{ is dan } (4/8\mu s) \cdot 10\mu s = 5 \text{ ampere}$$

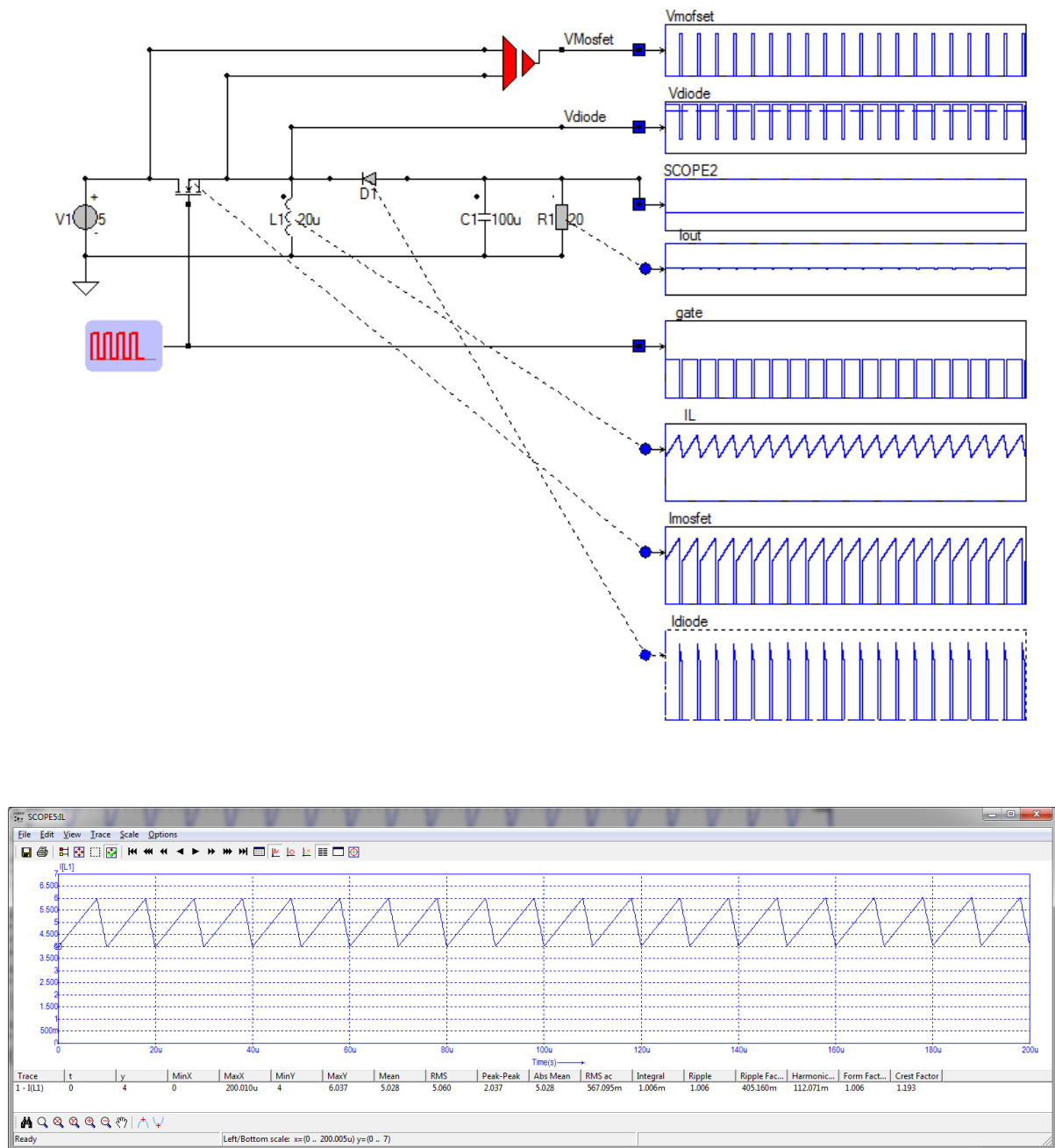
Nu weet je het gemiddelde van de stroom en kan je met de 40% rimpel gaan rekenen.

De rimpel is 40% van $I_{gemiddeld}$, dus de rimpel is $0.4 \cdot 5 = 2$ ampere. Daarmee is de piekstroom $5 + 1 = 6$ ampere

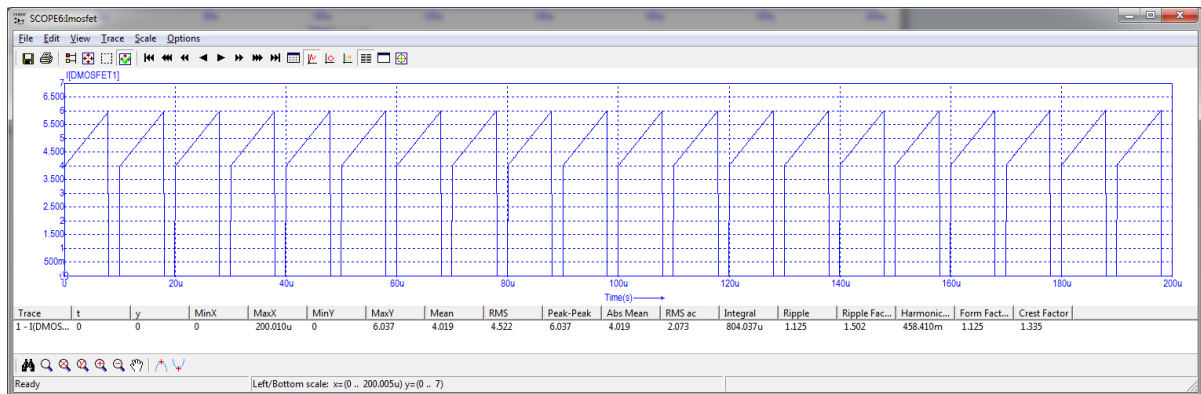
3. Bereken de piekwaarde van de stroom door de diode I_d^{peak} .

Piekwaarde van zowel de diode als van de mosfet is gelijk aan de piekwaarde van de spoelstroom, dus ook 6 Ampere

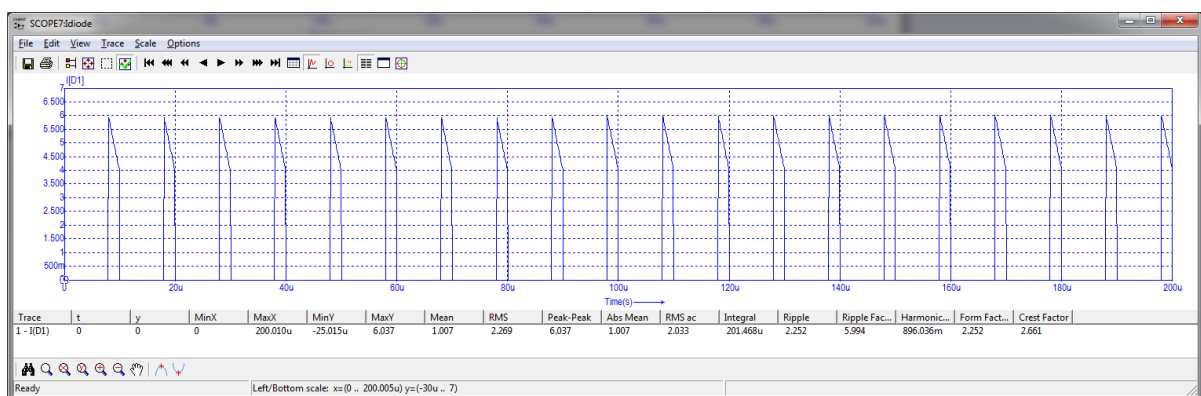
<https://www.caspoc.com/tools/powerelectronics/smps/buckboost/index.php?vin=5&vout=20&iout=1&di=40&dv=10&fkhz=100&vf=0&Lset=0&view1=we1>



Figuur 1: Spoelstroom I_L



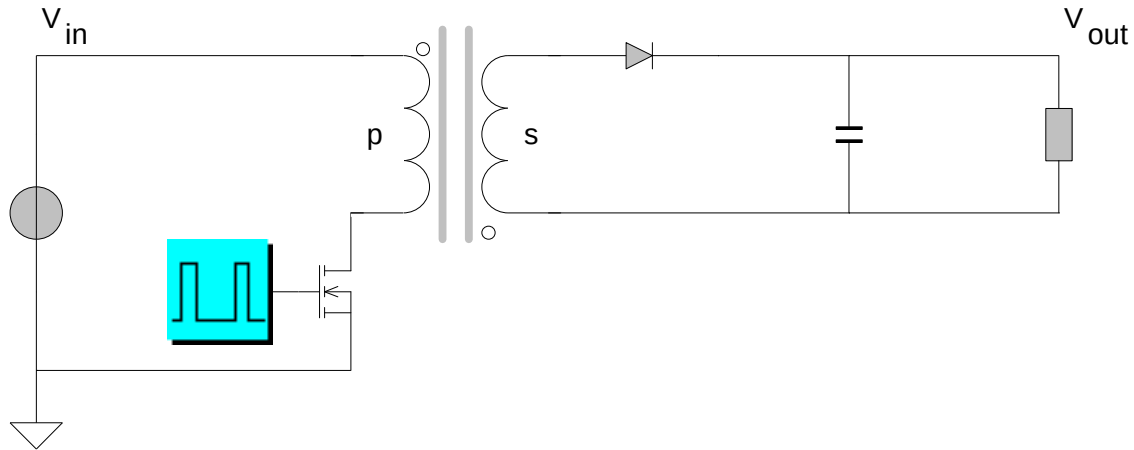
Figuur 2: Mosfet stroom I_{DS}



Figuur 3: Diode stroom I_{DS}

Vraag 3, (2 punten)

1. Teken het schema van een Flyback omvormer met 1 uitgangsspanning, geef met 2 duidelijke zwarte cirkels de wikkelrichting in het schema aan.

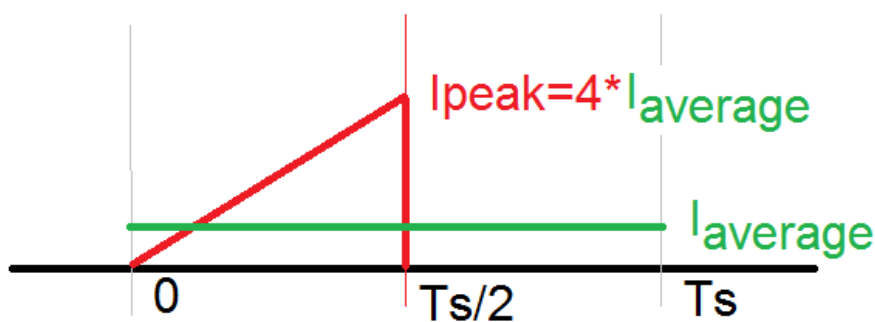


De Flyback heeft de volgende parameters: $V_{in} = 300V$, $V_{uit} = 20V$, $I_{uit} = 30$, $Fs = 100kHz$

De aan-tijd van de Mosfet is $5\mu s$

De Flyback heeft een dutycycle van precies 50%

2. Bereken de maximale waarde van de ingangsstroom De aantijd van de Mosfet is precies 50%, dus de stroom is discontinue. Daarom begint deze dus altijd vanaf 0 Ampere.
 Het uitgangsvermogen is $V_{uit} \cdot I_{uit} = 20 \cdot 30 = 600Watt$
 De ingangsstroom $I_{in}^{average}$ is $P_{uit}/V_{in} = 600/300 = 2Ampere$
 Het gemiddelde van de golfvorm, welke een driehoek is, is nu $2A$ gedurende de gehele periode.
 Bij een dutycycle van 50% wordt de piekwaarde dus 4 keer groter ($I_{piek} = 4 \cdot I_{in}^{average} = 4 \cdot 2 = 8Ampere$), zie de figuur:



Let op, in onderstaande online berekening wordt automatisch een dutycycle van 50% genomen, dus de maximale stroom is iets groter

<https://www.caspoc.com/tools/powerelectronics/smps/flyback/index.php?vin=300&vout=20&iout=30&dv=10&fkhz=100&vf=0&Lset=0&Npset=0&Nsset=0&view1=we1>

Vraag 4, (2 punten)

Voor een boost converter gaan we een spoel wikkelen.

We maken gebruik van twee ETD29 kernen die we tegen elkaar aan drukken.

Als luchtspleet kiezen we $0.5mm$.

Zie de data sheet voor de parameters.

Hierop gaan we een spoel van $400\mu H$ wikkelen

1. Bereken voor deze kern en zelfinductantie van $400\mu H$ het aantal wikkelingen (afroonden op gehele wikkelingen) selecteer de kern met $g = 0.5mm$

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{400\mu}{201n}} = \sqrt{\frac{400\mu}{0.201\mu}} = \sqrt{\frac{400}{0.201}} = 45 Wikkelingen$$

2. Als $B \leq 300mT$ moet blijven, wat is dan de maximale stroom door de spoel?

$$Li = NBA$$

$$400\mu H \cdot i = 45 \cdot 0.3 \cdot 71 \cdot 10^{-6}$$

$$i = \frac{45 \cdot 0.3 \cdot 71}{400} = 2.4 Ampere$$