

Vraag 1, (3 punten)

Voor een USB-C lader moet een Buck converter vanuit een DC grid van 48 volt een constante spanning van 20 volt maken. De maximale belasting is 100 Watt.

De ingangsspanning kan op het grid varieert tussen de 45 en 50 volt. We ontwerpen hem voor de hoogste spanning

De Buck converter heeft de volgende gegevens:

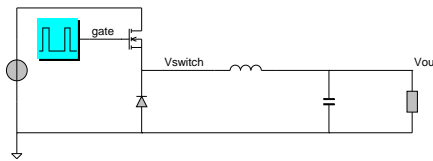
Ingangsspanning: $V_{in} = 50v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 20v$

Uitgangsstroom: $I_{uit} = 5A$

Schakelfrequentie $F_s = 200kHz$

De stroom door de spoel L is continue met een maximale rimpel(top-top) van 40% van de gemiddelde spoelstroom.



1. Bereken de waarde van de spoel L zodat de rimpel(top-top) in de spoelstroom gelijk is aan 40%, bij een ingangsspanning gelijk aan $V_{in}=50$ volt.

$$\text{Bij } V_{in} = 50 \text{ volt} \quad d = 20/50 = 0.4 \quad V_L = L \frac{di}{dt} \quad (1)$$

$$\text{Spoelstroom} = I_{uit} \quad di = 40\% = 0.4 * I_{uit} = 0.4 * 5 = 2[\text{Ampere}] \quad (2)$$

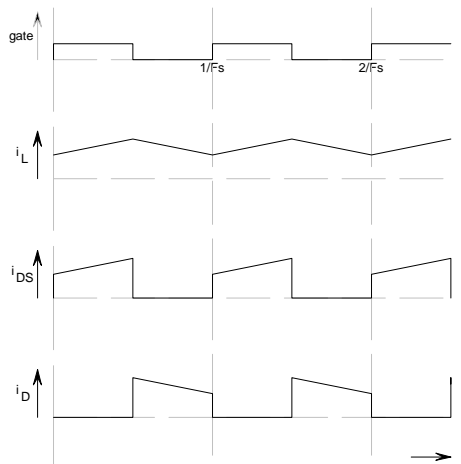
$$dT = 0.4 * (1/F_s) = 0.4 * (1/200k) = 0.4 * 5\mu s = 2\mu s \quad (3)$$

$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{2}{2\mu} \quad L = (50 - 20) \cdot 2\mu/2 = 30\mu H \quad (4)$$

2. Bereken de topwaarde van de ingangsstroom als de ingangsspanning gelijk is aan $V_{in} = 50\text{volt}$. De uitgangsspanning en vermogen blijven hetzelfde.

antwoord: ingangsstroom is gelijk aan spoelstroom als de mosfet gesloten is. De topwaarde is dus gelijk aan de topwaarde van de spoel stroom $= I_{uit} + I_{rimpel}/2 = 5 + 0.4 * 5/2 = 6$ Ampere

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

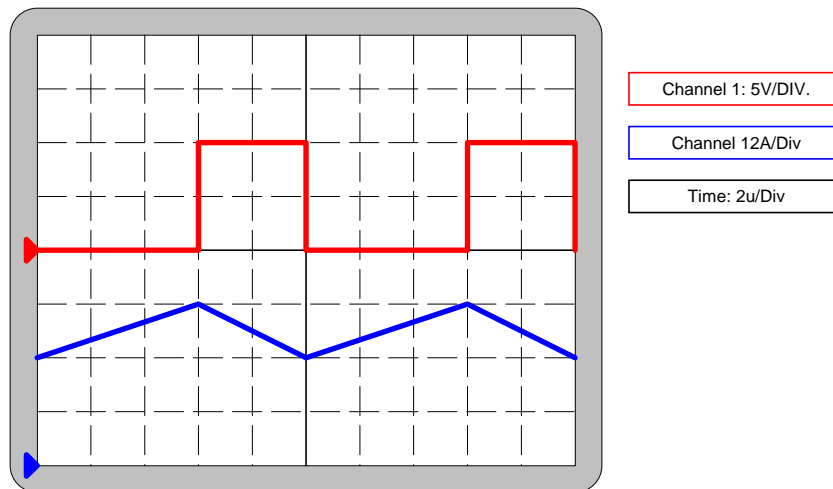


Vraag 2, (3 punten)

Een student in het lab zit met een vraag. Hij heeft een oscilloscoop met één spanningsprobe en een stroomtang.

De aardclip van de probe zit aan de massa van de schakeling en daarmee ook aan de massa van de voeding aan de ingang en de belastingsweerstand aan de uitgang !!!

- 5 Volt / Div
- 12 Ampere / Div
- $2\mu\text{s}$ / Div



1. Welke converter is hij nu aan het meten. Je kan kiezen tussen Buck, Boost, Buckboost, en Flyback.
2. Bereken de piekwaarde van de stroom door de Mosfet.
3. Bereken de gemiddelde uitgangsstroom?

Antwoord 1:

1. geen buckboost, want ingangsmassa en uitgangsmasa zijn gelijk
2. hij meet stroom door de spoel
3. de spanning is nul als de stroom oploopt, dan kan het alleen een boost zijn, omdat daar de mosfet met een pootje aan massa vastzit.
4. het is geen buck, want dan kan hij diespanning niet zo meten
5. het is geen flyback, want dan kan hij niet een continue spoelstroom meten

Antwoord 2: Piekwaarde als de mosfet gesloten is en is gelijk aan piekwaarde gemeten in de spoelstroom = $3 \text{ div} \cdot 12 \text{ ampere} = 36 \text{ Ampere}$

Antwoord 3: van $6\mu\text{s}$ tot $8\mu\text{s}$ is de spoelstroom gelijk aan de uitgangsstroom, dus $I_{uit} = \frac{4\mu\text{s}}{10\mu\text{s}} (24+36)/2 = 0.4 \cdot 30 = 12 \text{ Ampere}$ <https://www.caspoc.com/tools/powerelectronics/smps/boost/index.php?vin=4&vout=10&iout=12&di=40&dv=10&fkhz=100&vf=0&Lset=0&view1=we1>

Vraag 3, (2 punten)

In een datacenter moet uit een batterij van 24 volt een spanning van 48 volt gemaakt worden. Dit doen we met een Boost converter.

De maximale stroom uit de batterij mag maar 12 ampere zijn.

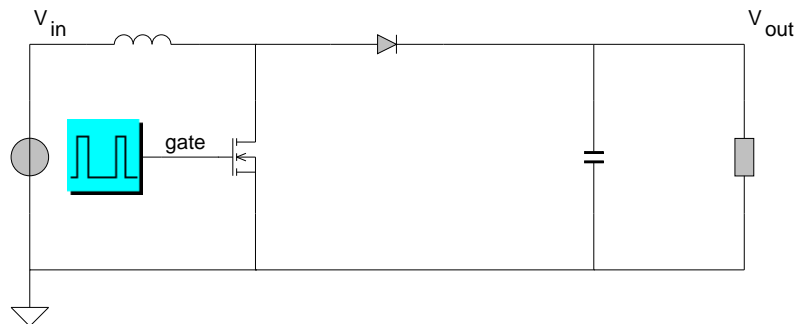
De spoel heeft een waarde van $10\mu H$

De boost converter werkt op de grens tussen continue en discontinue bedrijf. De spoelstroom is altijd groter dan 0

Ingangsspanning: $V_{in} = 24v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 48v$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$



1. Bereken de piekwaarde van de stroom door de Mosfet.

Antwoord 1:

Stroom begint bij 0 ampere omdat hij op de grens continue/discontinue werkt

Berekening dutycycle $24 \frac{1}{1-d} = 48$ geeft $d = 0.5$ dus de mosfet is gedurende $5\mu s$ gesloten

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad di = V_L \cdot dt / L = 24 \cdot 5\mu s / 10\mu H = 12 \text{ Ampere}$$

2. Bereken de gemiddelde uitgangsstroom?

Antwoord 2:

De stroom bereikt een maximale waarde van $di = 12$ ampere gedurende de tijd dat de mosfet gesloten is ($V_L = L \frac{di}{dt}$) en dus ook als de mosfet weer open gaat en de spoelstroom van 12 ampere weer afneemt naar 0 ampere.

De tijd dat de mosfet uit staat en de stroom door de diode naar de uitgang loopt is $(1 - d) \frac{1}{F_s}$ is gelijk aan $(1 - 0.5) \frac{1}{100k} = 0.5 \cdot 10\mu s = 5\mu s$

Gedurende deze $5\mu s$ neemt de stroom af van 12 ampere naar 0 ampere, daarvan het gemiddelde nemen en uitmiddelen over de gehele period van $10\mu s$

gemiddelde uitgangsstroom is dan $\frac{5\mu s}{10\mu s} \cdot \frac{12+0}{2} = 3 \text{ Ampere}$

Antwoord:

<https://caspoc.com/tools/powerelectronics/smps/boost/index.php?vin=24&vout=48&iout=3&di=200&dv=10&fkhz=100&vf=0&Lset=10&view1=wel>

Vraag 4, (2 punten)

Voor de boost converter van de battery voeding gaan we een ferriet kern berekenen.

We kiezen voor twee ETD34 kernen die we tegen elkaar aan drukken.

Als luchtspleet kiezen we $1mm$

Zie de data sheet voor de parameters.

ETD34, $g=1mm$

Hierop gaan we een spoel wikkelen met 8 wikkelingen

1. Bereken voor deze kern de zelfinductantie voor 8 wikkelingen
Bereken L voor ($N = 8$)

2. In verband met verzadiging en verliezen willen we dat $B \leq 300mT$ moet blijven. De maximale stroom door de spoel is gelijk aan 12 Ampere. Is deze stroom te groot voor deze kern?
Bereken B_{max} voor ($I = 12A$)

Antwoord 1:

$$L = AL * N^2 \quad (5)$$

$$Al = 153 \quad (6)$$

$$L = 153nH * 8 * 8 = 0.153u * 64 = 9.79uH \text{ is bijna } 10uH \quad (7)$$

Antwoord 2:

$$LI = NBA \quad (8)$$

$$10U * 12 = 8 * 0.3 * 91.6E - 6 \quad (9)$$

$$\text{De maximale stroom die bij } B = 300mT \text{ toegestaan is:} \quad (10)$$

$$I_{max} = 8 * 0.3 * 91.6/10 = 22Ampere \quad (11)$$

$$\text{Bij een stroom van } I = 12A \text{ is:} \quad (12)$$

$$B_{max} = LI/NA = (10u * 12)/(8 * 91.6) = 120/732.8 = 164mT \quad (13)$$