

Vraag 1, (3 punten)

In een DC grid is een constante spanning van 48 volt aanwezig. Om hier een laptop op aan te sluiten via USB, is een uitgangsspanning van 20 volt nodig. De maximale belasting is 100 Watt.

Een Buck converter heeft de volgende gegevens:

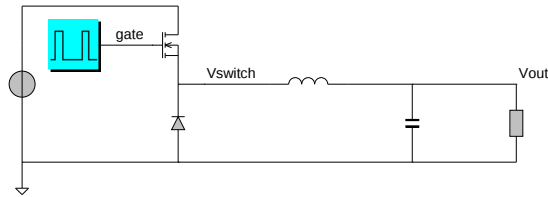
Ingangsspanning: $V_{in} = 48v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 20v$

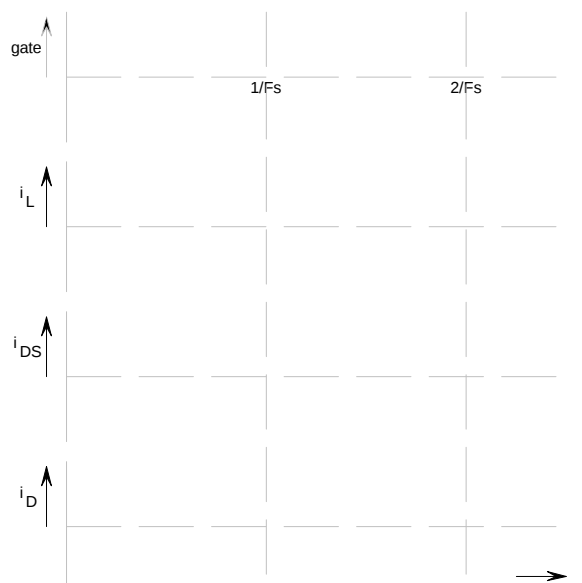
Uitgangsstroom: $I_{uit} = 5A$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$

De stroom door de spoel L is continue met een maximale rimpel van 40%



1. Bereken de waarde van de spoel L
2. Bereken de maximale spanning over de Mosfet
3. Teken in onderstaande grafiek: Gate signaal $gate$, Spoelstroom I_L , Stroom door de Mosfet I_{DS} , Stroom door de diode I_D

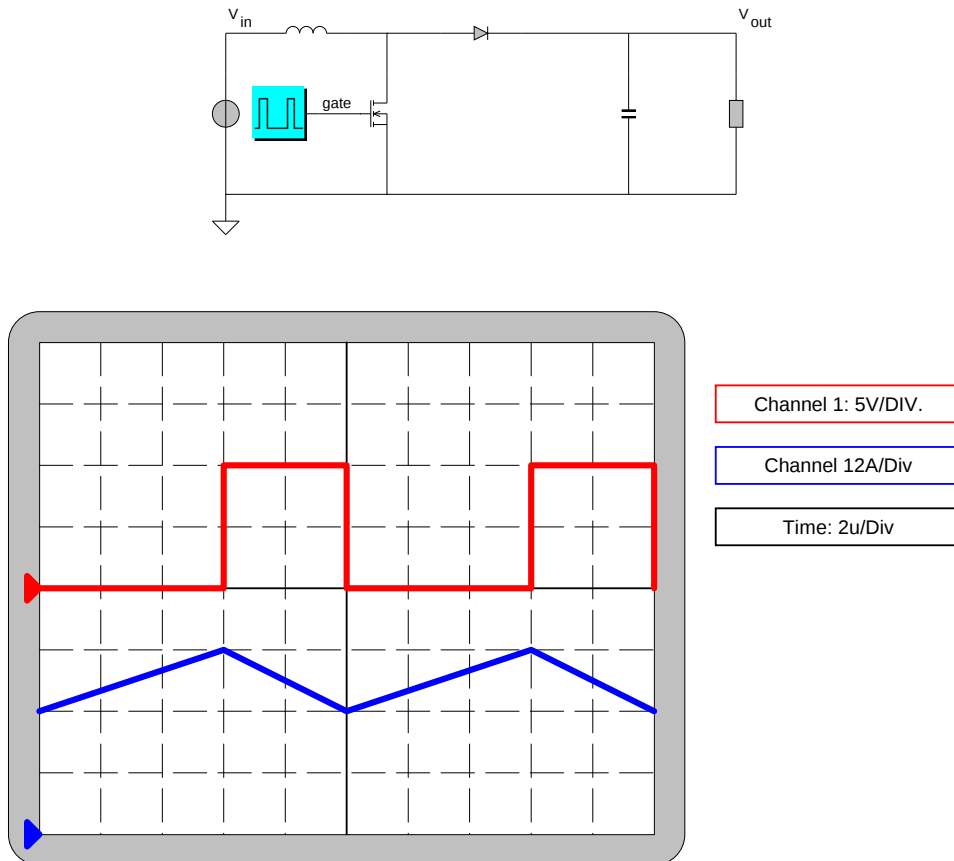


Vraag 2, (3 punten)

Een student heeft een practicum gedaan en een verslag geschreven. Helaas is hij vergeten wat hij gemeten heeft!

Hij heeft het volgende scope-beeld opgenomen, waarbij een spanning en een stroom gemeten is:

$5V/div, 12A/div, 2\mu/div$



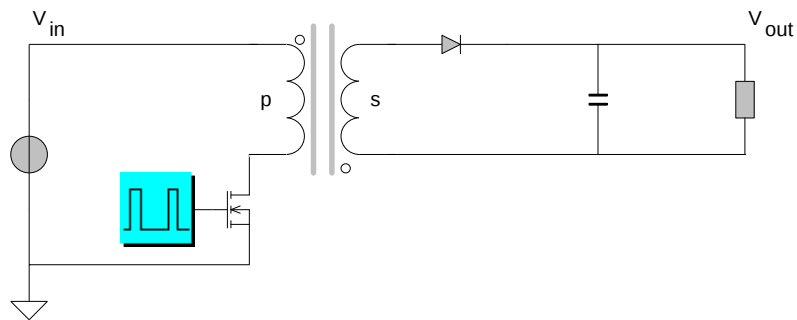
1. Bereken de spanning V_{in} die aan de ingang moet staan, zodat dit scope beeld klopt.
2. Bereken of beredeneer de gemiddelde stroom i_C van de uitgangscapacitor.
De uitgangsspanning MOET je constant veronderstellen.
3. Bereken de gemiddelde waarde van de stroom I_{diode} door de diode(gemiddelde waarde!)
De uitgangsspanning MOET je constant veronderstellen.

Vraag 3, (2 punten)

Uit een gelijkspanningsnet van 350 volt gaan we een usb-c spanning van 20 volt maken. Dit doen we met een Flyback.

De Flyback converter werkt op de grens tussen continue en discontinue bedrijf en heeft daarom een dutycycle van 50%, $d = 0.5$

Ingangsspanning: $V_{in} = 350v$
Uitgangsspanning: $V_{uit} = 20v$
Uitgangsstroom: $I_{uit} = 2A$
Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$



1. Bereken de maximale waarde van de stroom door de Mosfet
2. Bereken de hoeveelheid energie in Joules die je per schakelcyclus verwerkt?

Vraag 4, (2 punten)

Voor Flyback schakeling uit het vorige vraagstuk gaan we een 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.

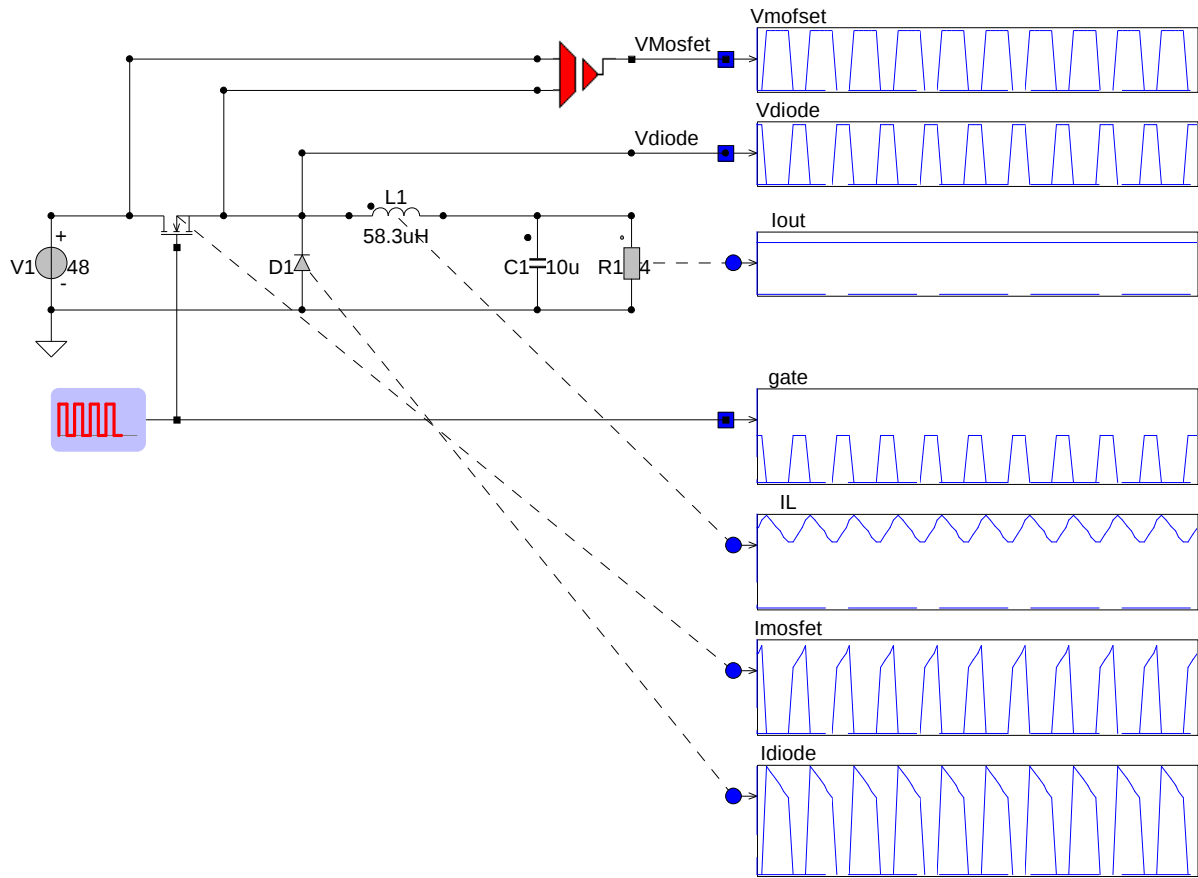
ETD34, $g=1mm$

Hierop gaan we een spoel van wikkelen met 158 wikkelingen

1. Bereken voor deze kern de zelfinductantie voor 158 wikkelingen
Bereken L voor ($N = 158$)

2. In verband met verzadiging en verliezen willen we dat $B \leq 300mT$ moet blijven. Wat is dan de maximale stroom door de spoel voor de kern?
Bereken I_{max} voor ($g = 1mm$)

Antwoord vraag 1



$$d = 20/48 = 0.417 \quad (1)$$

$$V_L = L \frac{di}{dt} \quad (2)$$

Spoelstroom = I_{uit}

$$di = 40\% = 0.4 * I_{uit} = 0.4 * 5 = 2[Ampere] \quad (3)$$

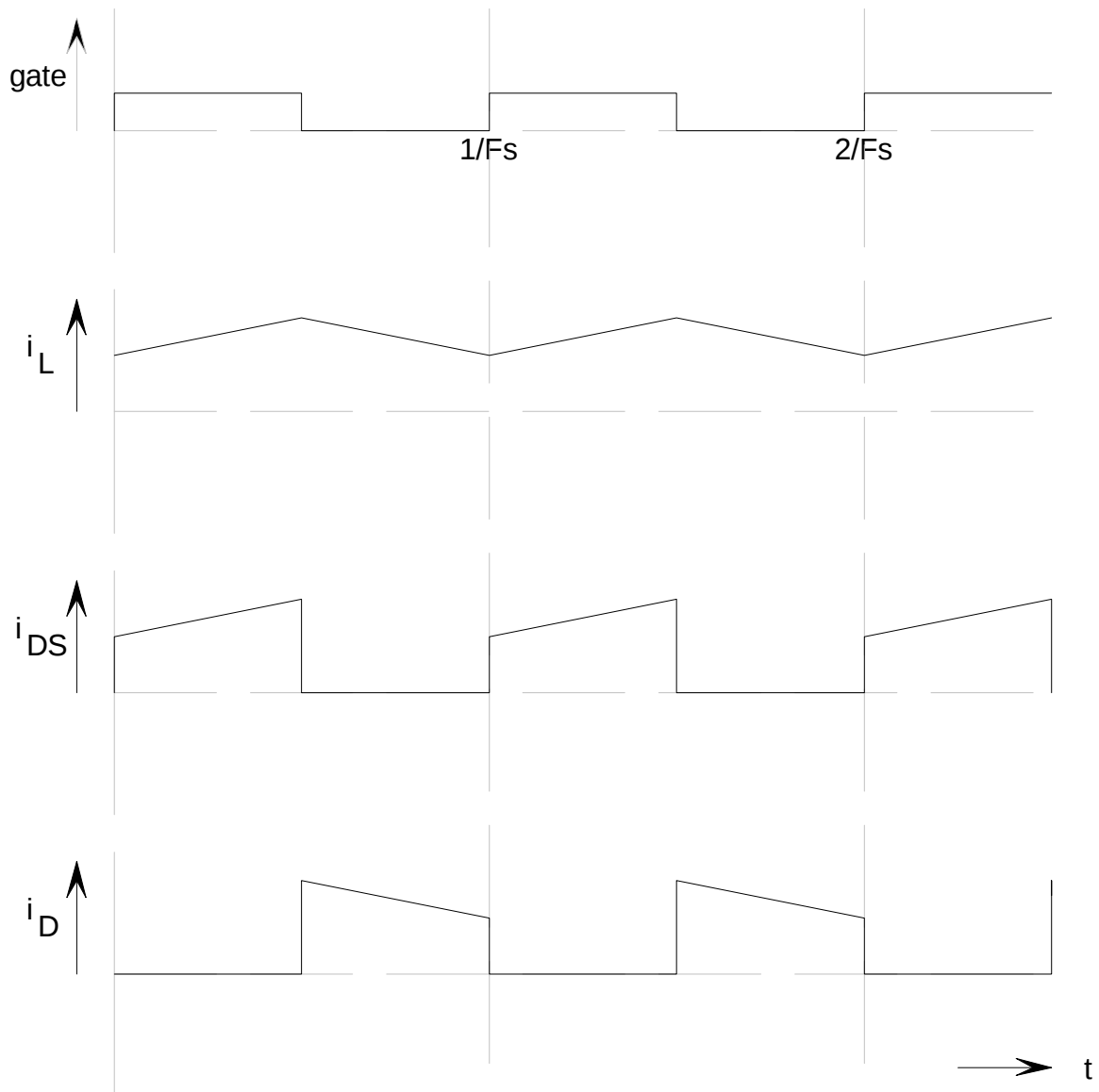
$$dT = 0.417 * (1/Fs) = 0.417 * (1/100k) = 0.417 * 10\mu s = 4.17\mu s \quad (4)$$

$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{2}{4.17\mu} \quad (5)$$

$$L = (48 - 20) \cdot 4.17\mu / 2 = 58.3\mu H \quad (6)$$

Maximale spanning over de Mosfet is als deze uit staat en de vrijloop diode in doorlaat is. Dan staat er bijna geen spanning over de vrijlooptiode en is de spanning over de mosfet gelijk aan de de ingangsspanning van 48volt minus de spanning over de diode. De maximale spanning is dan dus 48 volt.

Rimpelstroom = 40%, omvormer is continue, Maximum en minimum stroom is dus 1 Ampere met een top-top waarde van 40%. Dit is van 0.8 tot 1.2 ampere, dus die stromen raken nooit de nullijn



Antwoord vraag 2

Vout als de schakelaar openstaat

$$V_{out} = 2 \text{div} * 5 \text{V/div} = 10 \text{ volt}$$

$$d = 3 * 2 \mu\text{s/div} = 6 \mu\text{s}$$

$$F_s = 100 \text{kHz} \Rightarrow T_s = 10 \mu\text{s}$$

$$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{1}{1-d} \Rightarrow 10 = V_{in} \frac{1}{1-0.6} \quad (7)$$

$$V_{in} = V_{out} \cdot \frac{1-0.6}{1} = 10 * 0.4 = 4 \text{volt} \quad (8)$$

Gemiddelde stroom door de condensator is altijd nul!

$$I_{in} = 24 + 12/2 = 30 \text{ ampere}$$

$$I_{out} = V_{in} * I_{in} / V_{out} = 4 * 30 / 10 = 12 \text{ Ampere}$$

Alleen de diode stroom:

$$0..6 \mu\text{s} \quad I_{diode} = 0$$

$$6 \mu\text{s} .. 10 \mu\text{s} \quad I_{diode} = (36 + 24) / 2 = 30 \text{ Ampere}$$

$$\text{Gemiddelde diode stroom} = (6 \mu\text{s} * 0 + 4 \mu\text{s} * 30) / 10 \mu\text{s} = 12 \text{ Ampere}$$

Antwoord vraag 3

De converter is op de grens tussen continue en discontinue bedrijf, dus de spoelstroom begint altijd bij nul.

$$V_{in} = L \frac{di}{dt} \quad (9)$$

De stijgtijd van de spoelstroom is dus alleen tijdens de eerst helft van de periode $d=0.5$

$$dt = 0.5 \cdot (1/F_s) \quad (10)$$

$$dt = 0.5 \cdot 10\mu \quad (11)$$

$$dt = 5\mu \quad (12)$$

Gemiddelde ingangsspanning is uit de vermogensbalans te halen:

$$V_{in} \cdot I_{in} = V_{out} \cdot I_{out} \quad (13)$$

$$350 \cdot I_{in} = 20 \cdot 2 \quad (14)$$

$$I_{in} = 20 \cdot 2 / 350 = 0.1142857 \text{ Ampere} \quad (15)$$

De piekwaarde is nu 4 keer de gemiddelde waarde, omrekening oppervlak driehoek naar rechthoek

$$di = 4 \cdot I_{in} \quad (16)$$

$$di = 4 \cdot 0.1142857 = 0.457 \text{ Ampere} \quad (17)$$

De piekwaarde door de mosfet is natuurlijk gelijk aan de piekwaarde van de stroom in de primaire wikkeling en is dus ook 0.457 Ampere.

De energie is gelijk aan $\frac{1}{2}LI^2$, dus we gaan eerst L berekenen.

De spanning over de primaire spoel is constant en is de ingangsspanning $V_{in} = 350$
Invullen en L berekenen

$$V_{in} = L \frac{di}{dt} \quad (18)$$

$$350 = L \frac{0.457}{5\mu} \quad (19)$$

$$L = 350 \frac{5\mu}{0.457} \quad (20)$$

$$L = 3.829 \text{ mH} \quad (21)$$

De energie is gelijk aan

$$E = \frac{1}{2}LI^2 \quad (22)$$

$$E = \frac{1}{2}3.829 \text{ m} \cdot 0.457^2 \quad (23)$$

$$E = 0.4 \text{ mJ} \quad (24)$$

Kan natuurlijk ook veel eenvoudiger :

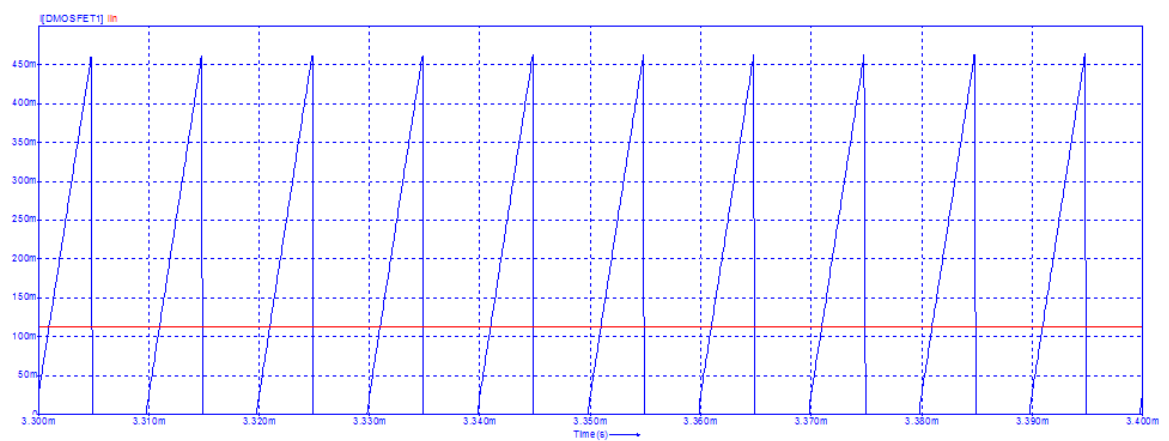
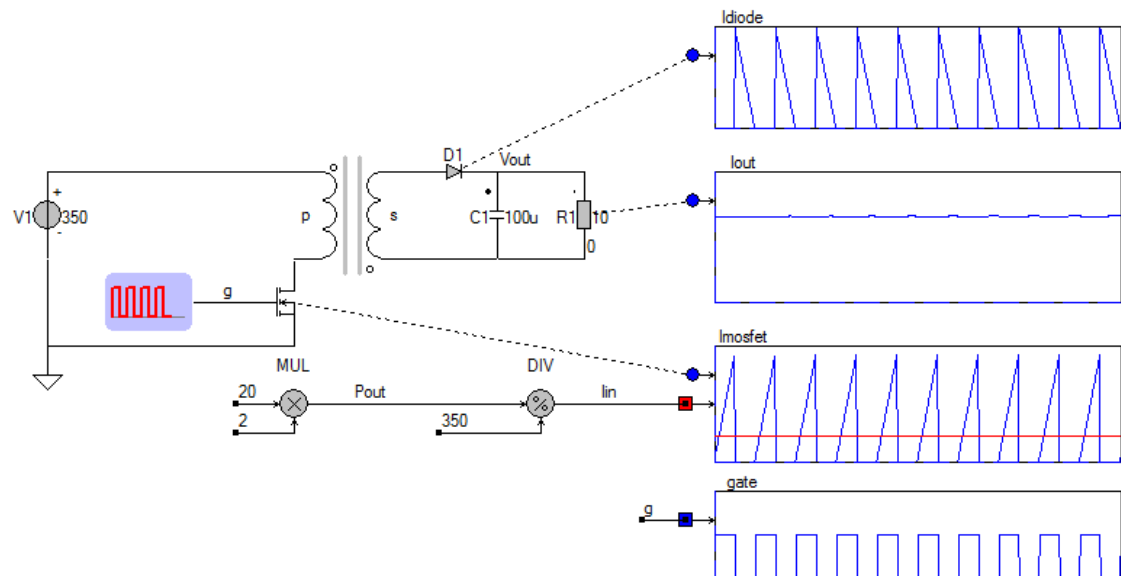
$$E = P \cdot t \quad (25)$$

$$E = P \cdot \frac{1}{F_s} \quad (26)$$

$$E = V_{uit} \cdot I_{uit} \cdot T_s \quad (27)$$

$$E = 20 \cdot 2 \cdot 10\mu \quad (28)$$

$$E = 400\mu \text{ Joule} \quad (29)$$



Antwoord vraag 4

Selecteer de kern ETD34/17/11 met $g = 1mm$. Uit de datasheet lees je nu $AL = 153nH$

$$L = A_L \cdot N^2 \quad (30)$$

$$L = 153nH \cdot 158^2 \quad (31)$$

$$L = 0.153\mu H \cdot 158^2 \quad (32)$$

$$L = 3819\mu H \quad (33)$$

$$(34)$$

Dit is ongeveer de waarde van het vorige vraagstuk!

$$Li = NBA$$

Uit de datasheet lees je nu $A_{min} = 91.6mm^2 = 91.6mm \cdot mm = 91.6 \cdot 10^{-3}m \cdot 10^{-3} = 91.6 \cdot 10^{-6}m^2$
Bmax moet onder de $300mT$ blijven dus die kies je als $B = 0.3$

De kern met $g = 1mm$ heeft $N = 158$ wikkelingen

$$3819\mu H \cdot i = 158 \cdot 0.3 \cdot 91.6 \cdot 10^{-6} \quad (35)$$

$$3819H \cdot i = 158 \cdot 0.3 \cdot 91.6 \quad (36)$$

$$(37)$$

$$i = \frac{158 \cdot 0.3 \cdot 91.6}{3819} = 1.14Ampere \quad (38)$$

$$i = \frac{158 \cdot 0.3 \cdot 91.6 \cdot 10^{-6}}{3819\mu} = 1.14Ampere \quad (39)$$

$$(40)$$