

Vraag 1, (3 punten)

In een Automotive toepassing is een DC spanning van 48 volt. Enkele applicaties hebben 24 volt nodig. De maximale belasting is 24 Watt.

Een Buck converter heeft de volgende gegevens:

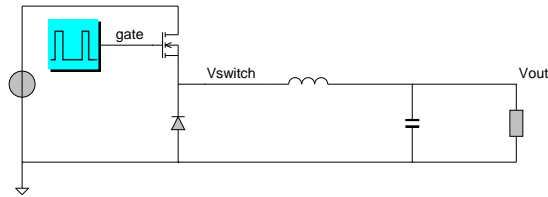
Ingangsspanning: $V_{in} = 48v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 24v$

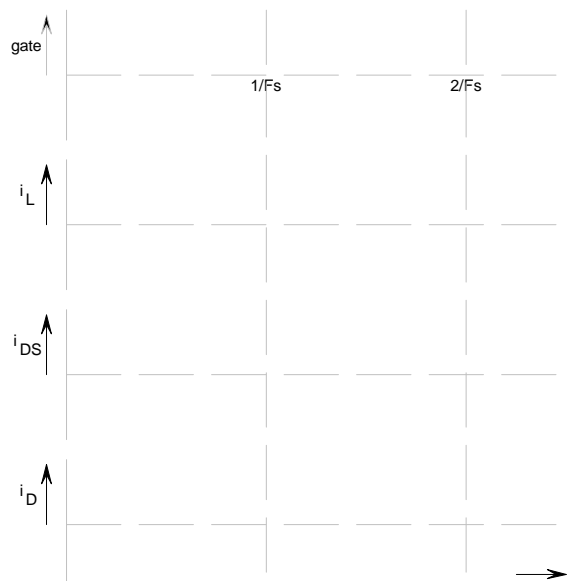
Uitgangsstroom: $I_{uit} = 1A$

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

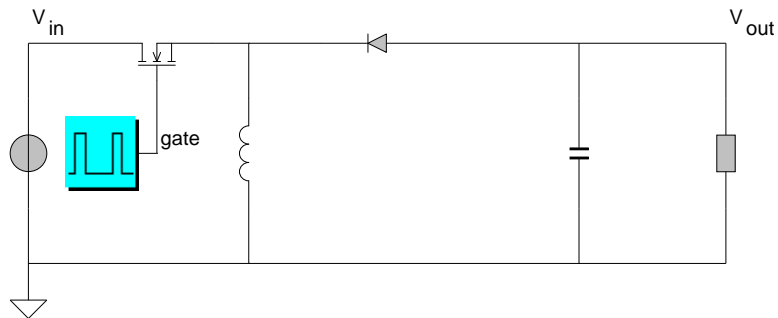


Vraag 2, (2 punten)

Op een microprocessorboard moet een opamp met $-12v$ gevoed worden. Voor de negatieve spanning wordt een Buck-Boost gekozen.

Als deingangsspanning maar $3v$ is, moet de schakeling ook nog werken

Ingangsspanning: $V_{in} = 3v$
Uitgangsspanning: $V_{uit} = -12v$
Uitgangsstroom: $I_{uit} = 0.5A$
Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$



1. Bereken de duty-cycle d

2. Bereken de maximale spanning die over de Mosfet staat

Vraag 3, (3 punten)

We willen een USB-C voeding van 20 volt uit een DC gelijkspanningsnet van 350 Volt halen.

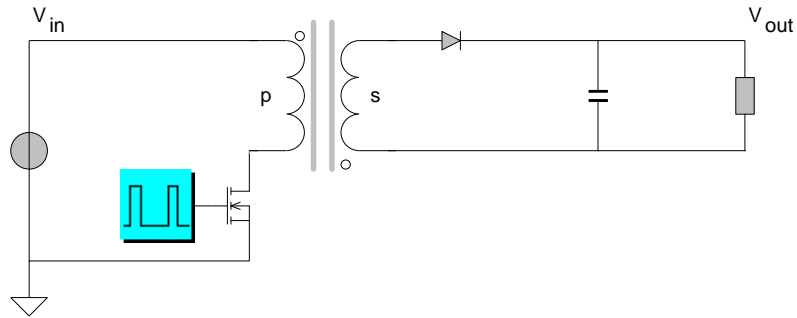
Een Flyback converter werkt op de grens tussen continue en discontinue bedrijf en heeft daarom een dutycycle van 50%, $d = 0.5$

Ingangsspanning: $V_{in} = 350v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 20v$

Uitgangsstroom: $I_{uit} = 2A$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$



1. Bereken de waarde van de wikkerverhouding $\frac{N_P}{N_S}$ (Let Op! maar 1 getal uitrekenen)

2. Bereken de piekwaarde van de ingangsstroom

3. Bereken de waarde van de primaire spoel L_P

Vraag 4, (2 punten)

Voor de USB-C voeding van 20 volt uit een DC gelijkspanningsnet van 350 Volt gaan we kijken of de kernen die op voorraad zijn, te gebruiken zijn.

We moeten kiezen tussen twee ETD29 kernen die we tegen elkaar aan drukken.

Als luchtspleet kunnen we kiezen tussen $1mm$ of $0.5mm$.

Zie de data sheet voor de parameters.

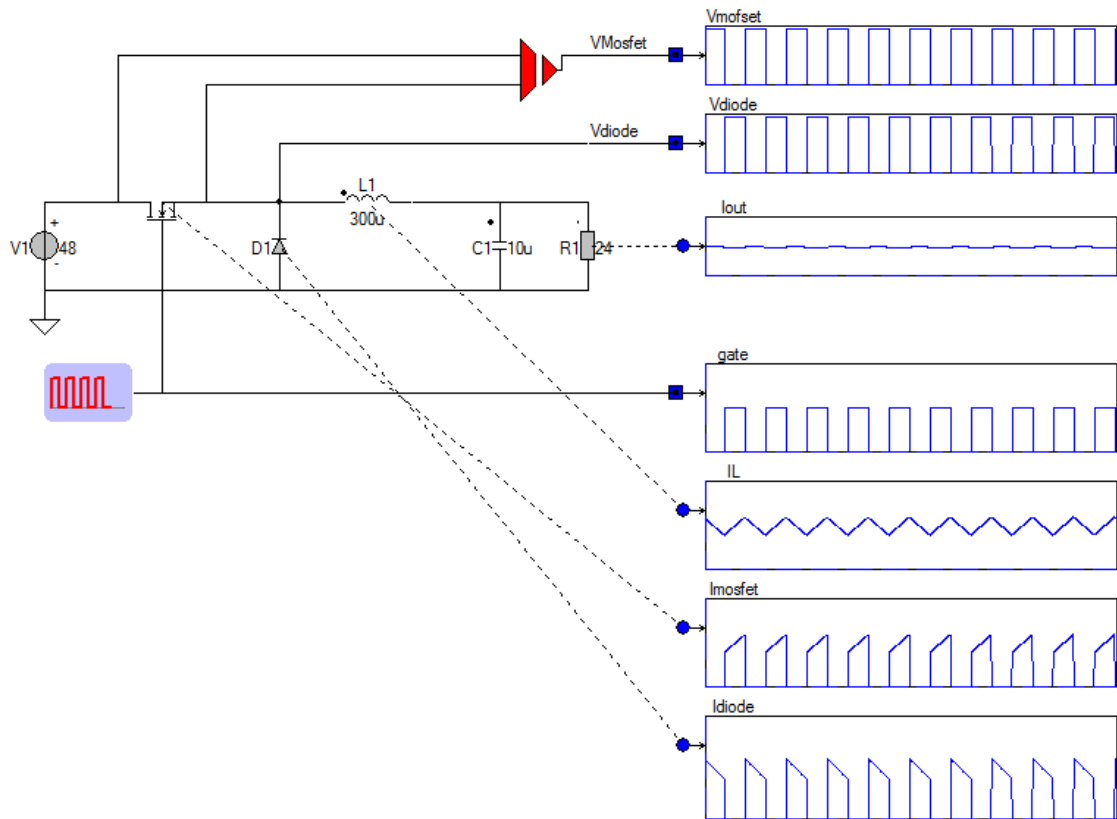
ETD29, $g=1mm$ of $g=0.5mm$

Hierop gaan we een spoel van $3829\mu H$ wikkelen

1. Bereken voor deze beide kernen en zelfinductantie van $3829\mu H$ het aantal wikkelingen voor beide keuzes (afroonden op gehele wikkelingen)
Bereken N voor ($g = 1mm$) en bereken N voor ($g = 0.5mm$)

2. Als $B \leq 300mT$ moet blijven, wat is dan de maximale stroom door de spoel voor beide kernen?
Bereken I voor ($g = 1mm$) en bereken I voor ($g = 0.5mm$)

Antwoord vraag 1



$$d = 24/48 = 0.5 \tag{1}$$

$$V_L = L \frac{di}{dt} \tag{2}$$

Spoelstroom = I_{uit}

$$di = 40\% = 0.4 * I_{uit} = 0.4 * 1 = 0.4[Ampere] \tag{3}$$

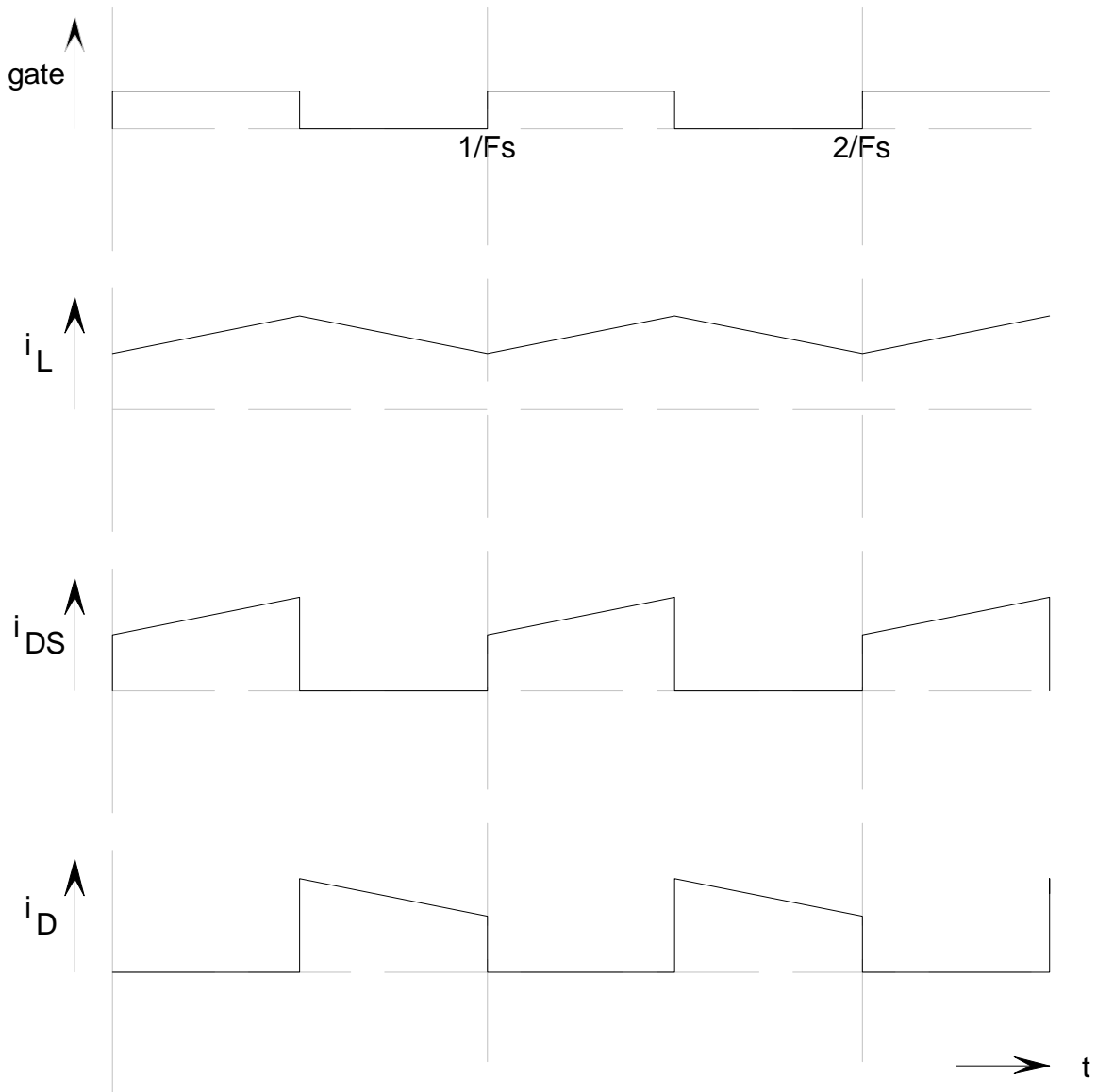
$$dT = 0.5 * (1/Fs) = 0.5 * (1/100k) = 0.5 * 10\mu s = 5\mu s \tag{4}$$

$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{0.4}{5\mu} \tag{5}$$

$$L = (48 - 24) \cdot 5\mu / 0.4 = 300\mu H \tag{6}$$

Maximale spanning over de Diode is als de Mosfet aan staat en de vrijloop diode in sper is. Dan staat de ingangsspanning van 48volt over de diode

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

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

$$-12 = -\frac{d}{(1-d)}3 \quad (8)$$

$$12 = \frac{d}{(1-d)}3 \quad (9)$$

$$(1-d)12 = 3d \quad (10)$$

$$12 - 12d = 3d \quad (11)$$

$$12 = 3d + 12d \quad (12)$$

$$12 = 15d \quad (13)$$

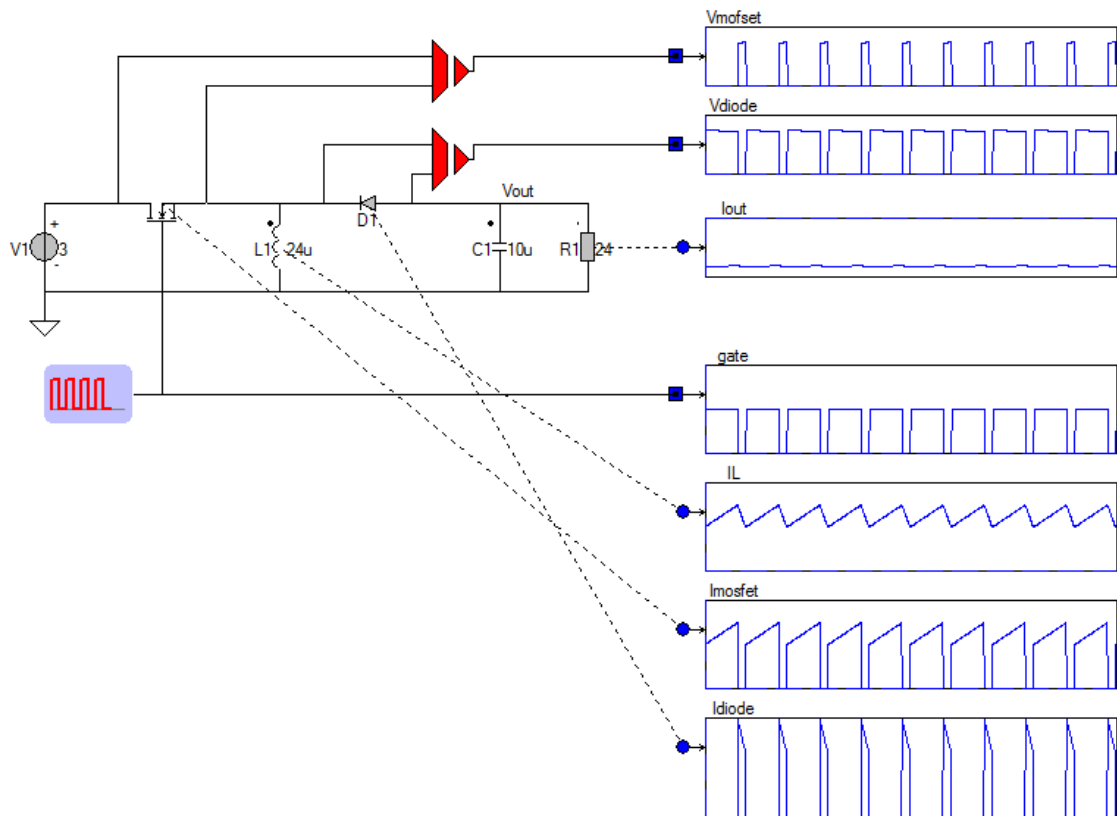
$$d = 12/15 = 4/5 = 0.8 \quad (14)$$

De maximale spanning staat over de Mosfet als deze spert en is dan gelijk aan de ingangsspanning minus de uitgangsspanning. Let op dat de uitgangsspanning ten opzichte van de ingangsspanning negatief is!

$$V_{ds} = V_{in} - V_{out} \quad (15)$$

$$V_{ds} = 3 - (-12) = 15\text{volt} \quad (16)$$

$$(17)$$



Antwoord vraag 3

Onderstaande formule mag je alleen gebruiken als $d = 0.5$ of als de stroom continue is.

$$V_{secundair} = V_{primair} \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{d}{1-d} \quad (18)$$

$$20 = 350 \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{0.5}{1-0.5} \quad (19)$$

$$20 = 350 \frac{N_s}{N_p} \quad (20)$$

$$\frac{N_s}{N_p} = \frac{20}{350} \quad (21)$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{350}{20} \quad (22)$$

$$\frac{N_p}{N_s} = 17.5 \quad (23)$$

Door nu 4 secundaire wikkelingen te nemen, moet je $4 * 17.5 = 70$ primaire wikkelingen nemen, of je neemt 350 primaire wikkelingen en $350/17.5 = 20$ secundaire wikkelingen.

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

$$V_{in} = L \frac{di}{dt} \quad (24)$$

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

$$dt = 0.5 \cdot (1/F_s) \quad (25)$$

$$dt = 0.5 \cdot 10\mu \quad (26)$$

$$dt = 5\mu \quad (27)$$

Gemiddelde ingangsspanning is uit de vermogensbalans te halen:

$$V_{in} \cdot I_{in} = V_{out} \cdot I_{out} \quad (28)$$

$$350 \cdot I_{in} = 20 \cdot 2 \quad (29)$$

$$I_{in} = 20 * 2/350 = 0.1142857 \text{ Ampere} \quad (30)$$

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

$$di = 4 \cdot I_{in} \quad (31)$$

$$di = 4 \cdot 0.1142857 = 0.457 \text{ Ampere} \quad (32)$$

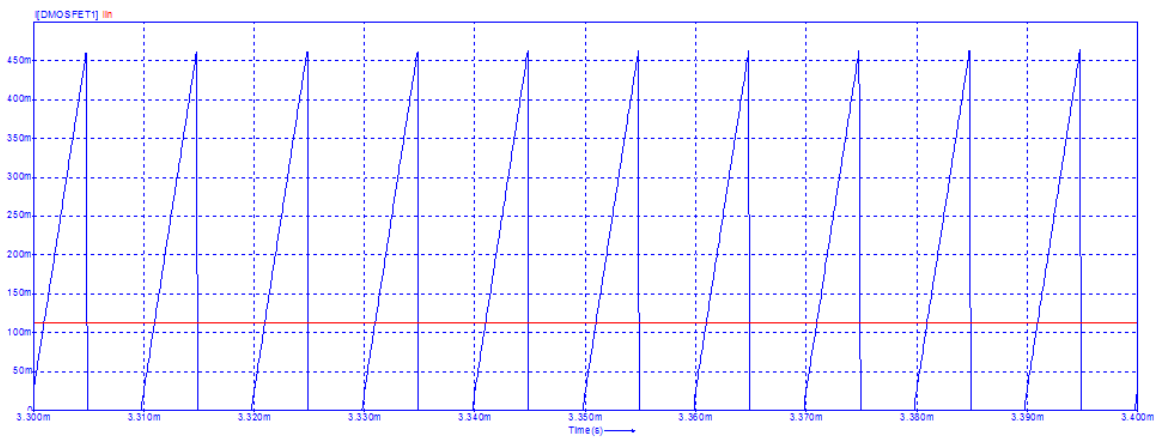
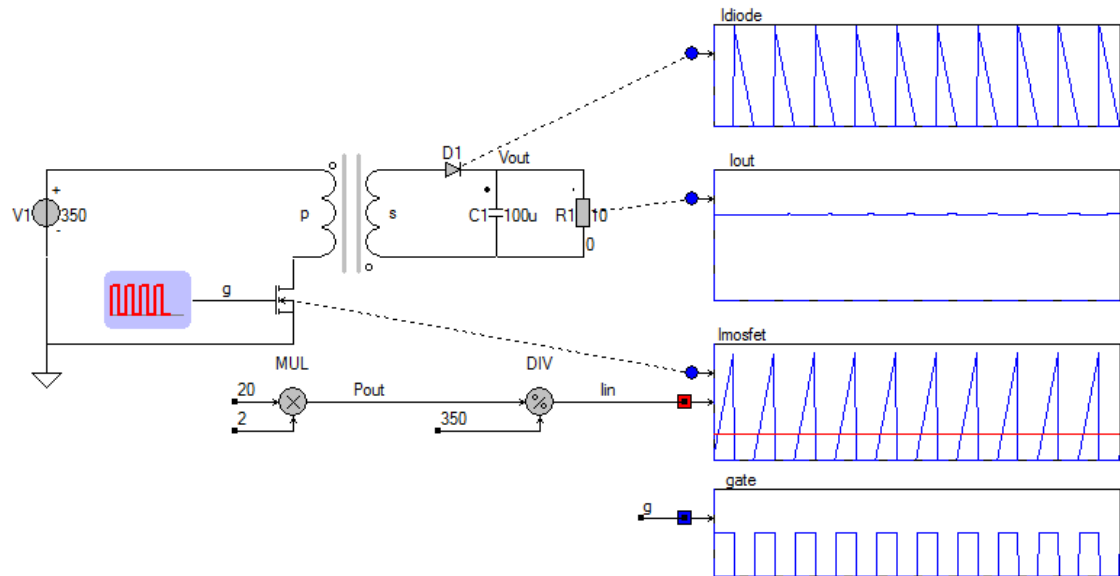
De spanning over de primaire spoel is constant en is de ingangsspanning $V_{in} = 350$
Invullen en L berekenen

$$V_{in} = L \frac{di}{dt} \quad (33)$$

$$350 = L \frac{0.457}{5\mu} \quad (34)$$

$$L = 350 \frac{5\mu}{0.457} \quad (35)$$

$$L = 3.829 \text{ mH} \quad (36)$$



Antwoord vraag 4

Selecteer de kern met $g = 0.5mm$. Uit de datasheet lees je nu $AL = 201nH$

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} N = \sqrt{\frac{3829\mu}{201n}} N = \sqrt{\frac{3829\mu}{0.201\mu}} N = \sqrt{\frac{3829}{0.201}} N = 138 \text{Wikkelingen}$$

Selecteer de kern met $g = 1mm$. Uit de datasheet lees je nu $AL = 124nH$

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} N = \sqrt{\frac{3829\mu}{124n}} N = \sqrt{\frac{3829\mu}{0.124\mu}} N = \sqrt{\frac{3829}{0.124}} N = 175.7 = 176 \text{Wikkelingen}$$

$$Li = NBA$$

Uit de datasheet lees je nu $A_{min} = 71mm^2 = 71mm \cdot mm = 71 \cdot 10^{-3}m \cdot 10^{-3} = 71 \cdot 10^{-6}m^2$

Bmax moet onder de 300mT blijven dus die kies je als $B = 0.3$

Selecteer de kern met $g = 0.5mm$, dus 138 wikkelingen

$$3829\mu H \cdot i = 138 \cdot 0.3 \cdot 71 \cdot 10^{-6} \quad 3829\mu H \cdot i = 138 \cdot 0.3 \cdot 71 \cdot 10^{-6}$$

$$i = \frac{138 \cdot 0.3 \cdot 71}{3829} = 0.767 \text{Ampere}$$

Selecteer de kern met $g = 1mm$, dus 176 wikkelingen

$$3829\mu H \cdot i = 176 \cdot 0.3 \cdot 71 \cdot 10^{-6}$$

$$i = \frac{176 \cdot 0.3 \cdot 71}{3829} = 0.98 \text{Ampere}$$