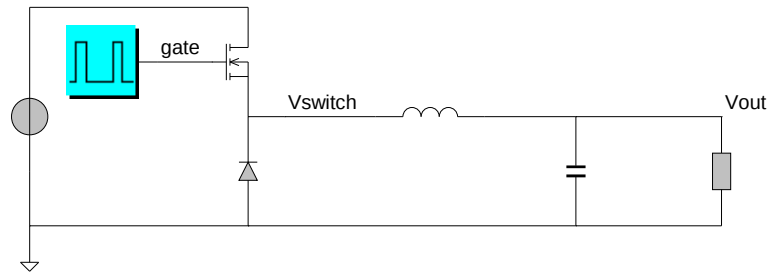


Vraag 1, (3 punten)

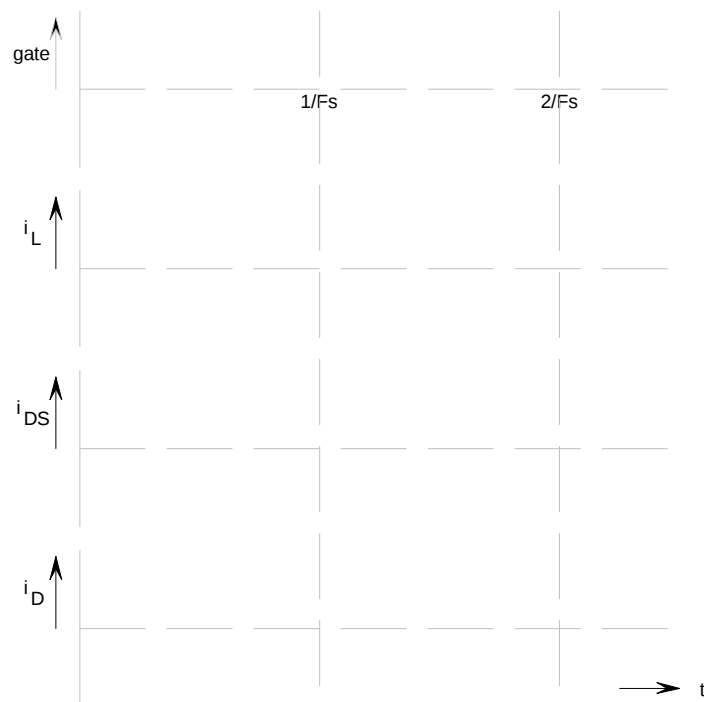
Voor een USB gevoede applicatie moet een lader gemaakt worden.

Een buck omvormer heeft een duty cycle van 0.2 en moet aan de uitgang 5 volt leveren:

$$V_{uit} = 5V, I_{uit} = 1A, F_s = 100kHz, I_{ripple} = 40\% \text{ van de spoelstroom!}$$



1. Bereken de ingangsspanning.
2. Bereken de waarde van de spoel L die hiervoor nodig is. Let op dat de top-top waarde van de rimpelstroom door de spoel ongeveer 40% van de uitgangsstroom is.
3. Teken in de onderstaande grafiek het Gate signaal, stroom door de spoel, stroom door de diode en de stroom door de mosfet

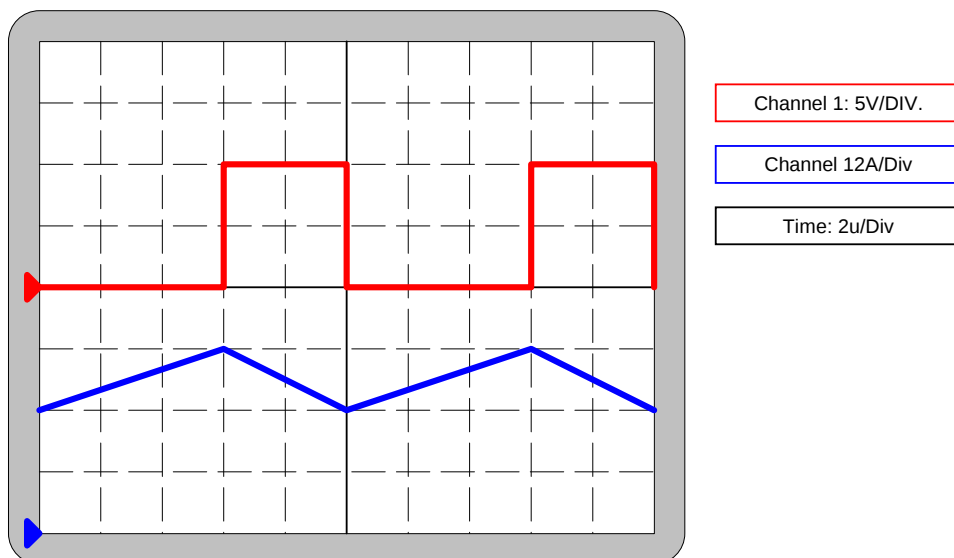
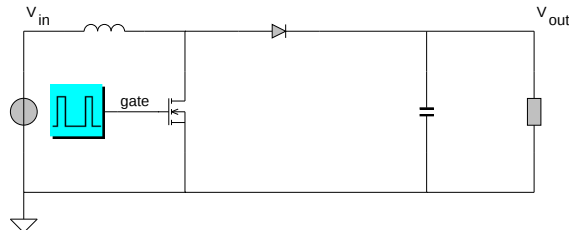


Vraag 2, (3 punten)

Tijdens een practicumproef is aan een converter gemeten.

Van een boost converter is het volgende scope-beeld opgenomen, waarbij de spanning over de mosfet en de stroom door de spoel gemeten is:

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



1. Bereken deingangsspanning V_{in} , zodat dit scope beeld klopt.
2. Bereken de dutycycle van deze converter. Tip: De uitgangsspanning moet je constant veronderstellen.
3. Bereken de gemiddelde waarde van de stroom I_{ds} door de Mosfet(gemiddelde waarde!) De uitgangsspanning MOET je constant veronderstellen.

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 $5\mu s$

2. Bereken de maximale waarde van de ingangsstroom

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 $500\mu H$ wikkelen

1. Bereken voor deze kern en zelfinductantie van $500\mu H$ het aantal wikkelingen (afroonden op gehele wikkelingen)
2. Als $B \leq 300mT$ moet blijven, wat is dan de maximale stroom door de spoel?

Bijlage C

ETD kernen

Er zijn verschillende fabrikanten voor ETD kernen. Deze kernen van de verschillende fabrikanten hebben dezelfde afmeting, maar het materiaal waarvan de kern gemaakt is, verschilt per fabrikant. Daarom is de effectieve lengte l_e en effectieve doorsnede A_e van een kern van verschillende fabrikanten wel gelijk, maar de waarde voor A_L kan per fabrikant verschillen.

De waarde van A_L voor de kernen met een luchtspleet zijn gegeven als je een kern met luchtspleet (gapped) en een kern zonder luchtspleet (ungapped) samen neemt. Bij bestelling hierop letten!

ETD 29/16/10

Core

Magnetic characteristics (per set)

$$\Sigma l/A = 0,93 \text{ mm}^{-1}$$

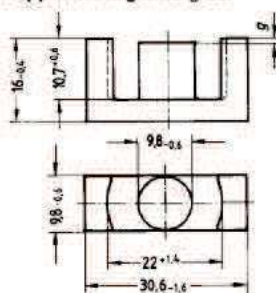
$$l_e = 70,4 \text{ mm}$$

$$A_e = 76 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 71 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 5350 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 28 g/set



Ungapped

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	2000 + 30/- 20 %	1470	1700	1,04 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	2100 + 30/- 20 %	1530	1700	3,50 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	2200 + 30/- 20 %	1610	1700	2,80 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0,10 ± 0,02	621	457
N67,	0,20 ± 0,02	383	281
N87	0,50 ± 0,05	201	148
	1,00 ± 0,05	124	91

ETD 34/17/11**Core****Magnetic characteristics (per set)**

$$\Sigma l/A = 0,81 \text{ mm}^{-1}$$

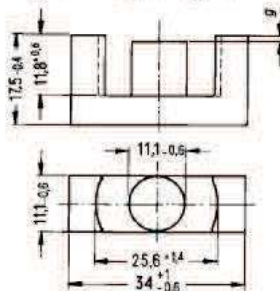
$$l_e = 78,6 \text{ mm}$$

$$A_e = 97,1 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 91,6 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 7630 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 40 g/set

**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	$A_{L1\min}$ nH	P_V W/set
N27	2400 + 30/- 20 %	1540	1940	1,48 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	2450 + 30/- 20 %	1580	1940	5,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	2600 + 30/- 20 %	1670	1940	4,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0,10 ± 0,02	790	508
N67,	0,20 ± 0,02	482	310
N87	0,50 ± 0,05	251	161
	1,00 ± 0,05	153	98

ETD 39/20/13**Core****Magnetic characteristics (per set)**

$$\Sigma l/A = 0,74 \text{ mm}^{-1}$$

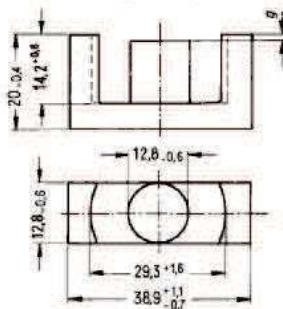
$$l_e = 92,2 \text{ mm}$$

$$A_e = 125 \text{ mm}^2$$

$$A_{\min} = 123 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 11500 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 60 g/set

**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	$A_{L1\min}$ nH	P_V W/set
N27	2550 + 30/- 20 %	1500	2140	2,22 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	2600 + 30/- 20 %	1540	2140	7,50 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	2700 + 30/- 20 %	1600	2140	6,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0,10 ± 0,02	1062	622
N67,	0,20 ± 0,02	639	374
N87	0,50 ± 0,05	326	191
	1,00 ± 0,05	196	115

ETD 44/22/15**Core****Magnetic characteristics (per set)**

$$\Sigma l/A = 0,6 \text{ mm}^{-1}$$

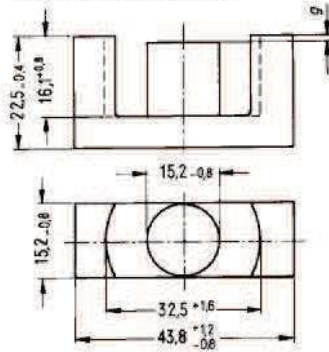
$$l_e = 103 \text{ mm}$$

$$A_e = 173 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 172 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 17800 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 94 g/set

**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	3300 + 30/- 20 %	1560	2640	3,48 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	3350 + 30/- 20 %	1600	2640	11,80 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	3500 + 30/- 20 %	1650	2640	9,40 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0,20 ± 0,02	862	407
N67,	0,50 ± 0,05	438	207
N87	1,00 ± 0,05	262	124
	1,50 ± 0,05	194	92

ETD 49/25/16**Core****Magnetic characteristics (per set)**

$$\Sigma l/A = 0,54 \text{ mm}^{-1}$$

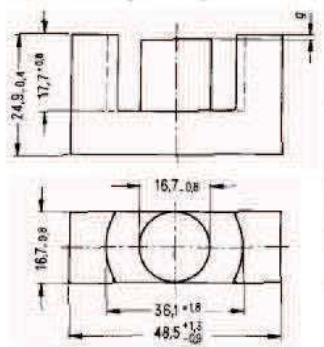
$$l_e = 114 \text{ mm}$$

$$A_e = 211 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 209 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 24100 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 124 g/set

**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	3700 + 30/- 20 %	1590	2910	4,59 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	3700 + 30/- 20 %	1590	2910	15,50 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	3800 + 30/- 20 %	1630	2910	12,40 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27,	0,20 ± 0,02	1035	444
N67,	0,50 ± 0,05	525	225
N87	1,00 ± 0,05	314	135
	2,00 ± 0,05	188	81

ETD 54/28/19**Core****Magnetic characteristics (per set)**

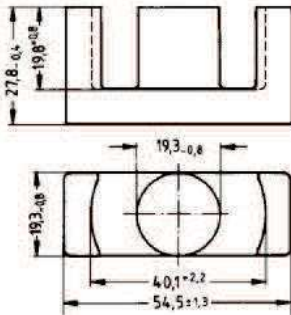
$$\Sigma l/A = 0,45 \text{ mm}^{-1}$$

$$l_e = 127 \text{ mm}$$

$$A_e = 280 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 280 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 35\,600 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 180 g/set**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	$4200 \pm 30/-20 \%$	1510	3470	6,66 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	$4400 \pm 30/-20 \%$	1570	3470	26,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	$4450 \pm 30/-20 \%$	1600	3470	21,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)

Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27	$0,20 \pm 0,02$	1377	496
N67	$1,00 \pm 0,05$	393	141
N87	$1,50 \pm 0,05$	287	103
	$2,00 \pm 0,05$	229	82

ETD 59/31/22**Core****Magnetic characteristics (per set)**

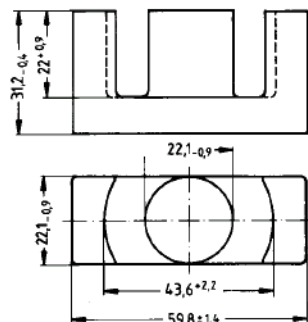
$$\Sigma l/A = 0,38 \text{ mm}^{-1}$$

$$l_e = 139 \text{ mm}$$

$$A_e = 368 \text{ mm}^2$$

$$A_{min} = 368 \text{ mm}^2$$

$$V_e = 51\,200 \text{ mm}^3$$

Approx. weight 260 g/set**Ungapped**

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	$5000 \pm 30/-20 \%$	1500	4170	9,62 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	$5200 \pm 30/-20 \%$	1570	4170	6,50 (100 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	$5300 \pm 30/-20 \%$	1590	4170	5,20 (100 mT, 100 kHz, 100 °C)

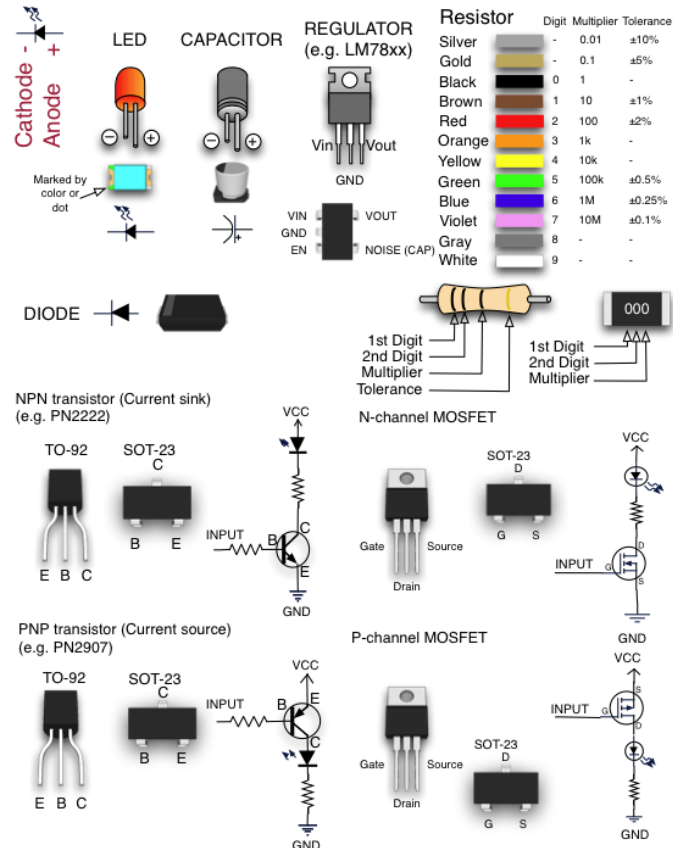
Gapped

Material	g mm	A_L value approx. nH	μ_e
N27	$0,20 \pm 0,02$	1588	476
N67	$1,00 \pm 0,05$	508	152
N87	$1,50 \pm 0,05$	381	114
	$2,00 \pm 0,05$	311	93

Formuleblad Vermogenselectronica

$$\frac{1000}{50} = 20 \quad \frac{1000}{40} = 25 \quad v = L \frac{di}{dt} \quad Li = NBA \quad L = N^2 A_L \quad \Delta I = 0.4 \cdot I_{average}$$

Buck	Boost	BuckBoost	Flyback
$V_{out} = dV_{in}$	$V_{out} = V_{in} \frac{1}{1-d}$	$V_{out} = -V_{in} \frac{d}{1-d}$	$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{N_p}{N_s} \cdot \frac{d}{1-d}$

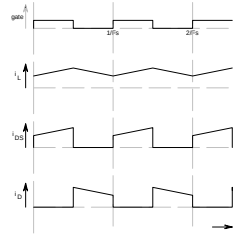


* Please note that some components may have a different pinout than the one showed above, you should always check the data sheet before using a new component.

Max. Operating Voltage		Code	Percentage
Code	Max. Voltage		
1H	50V	B	± 0.1 pF
2A	100V	C	±0.25 pF
2T	150V	D	±0.5 pF
2D	200V	F	±1%
2E	250V	G	±2%
2G	400V	H	±3%
2J	630V	J	±5%
Tolerance		K	±10%
		M	±20%
		Z	+80%, -20%

=====

Antwoord vraag 1: Rimpelstroom = 40%, omvormer is continue, dus die stromen raken nooit de nullijn



$$d = 5/25 = 0.2 \quad (1)$$

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

Spoelstroom = I_{uit}

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

$$dT = 0.2 * (1/Fs) = 0.2 * (1/100k) = 0.2 * 10\mu s = 2\mu s \quad (4)$$

$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{0.4}{2\mu} \quad (5)$$

$$L = (25 - 5) \cdot 2\mu / 0.4 = 100\mu H \quad (6)$$

=====

Antwoord vraag 2:

Vout als de schakelaar openstaat

Vout = 2div * 5V/div = 10 volt

Ton=3 * 2us/div = 6 us

d=6u / 10u = 0.6

Fs=100kHz =j Ts=10 us

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

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

Iin = 24+ 12/2 = 30 ampere

Iout = Vin*Iin/Vout = 4*30/10 = 12 Ampere

Alleen de diode stroom:

0..6us Idiode=0

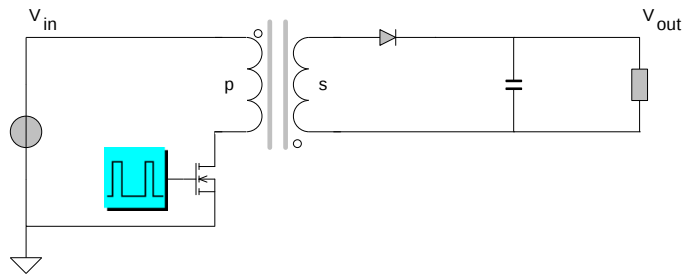
6us .. 10us Idiode = (36+24)/2=30Ampere

Iuit=(6us*0+4us*30)/10us=12Ampere

Blue trace for the inductor current shows the mosfet Ids current during the first on time period of 6us when the mosfet is closed. The measured signal shows the current raising from 24 to 36 amperes. Average is 30 amps during 6us, which gives a surface of 30*6u=180u. Averaging this over 10us gives 180u/10u= 18 ampere.

=====

Antwoord vraag 3:



$I_{in-average} = 20 \cdot 30 / 300 = 2$ Ampere
Dutycycle $= 5\mu / 10\mu = 0.5$, discontinuous mode
Maximum value of the input current is the top of a triangle of the current $I_{max} = 4 \cdot I_{in-average} = 8$ Ampere

=====

Antwoord vraag 4: selecteer de kern met $g = 0.5mm$

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}} = \sqrt{\frac{500\mu}{201n}} = \sqrt{\frac{500\mu}{0.201\mu}} = \sqrt{\frac{500}{0.201}} = 50 \text{ Wikkelingen}$$

$$Li = NBA$$

$$500\mu H \cdot i = 50 \cdot 0.3 \cdot 71 \cdot 10^{-6}$$

$$i = \frac{50 \cdot 0.3 \cdot 71}{500} = 2.13 \text{ Ampere}$$