

Vraag 1, (10 punten per vraagonderdeel)

Vanuit een USB-C lader willen we ouderwetse USB-B 5 volt powerbanks opladen. De maximale laadstroom mag 2 ampere worden. De USB-C lader heeft een constante uitgangsspanning van 20 volt en kan maximaal 5 ampere leveren. De Buck converter heeft de volgende gegevens:

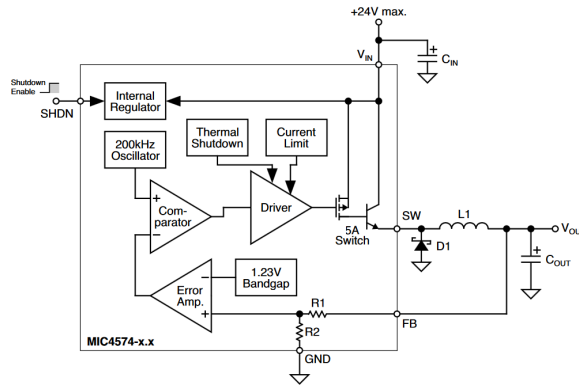
Ingangsspanning: $V_{in} = 20v$

Uitgangsspanning: $V_{uit} = 5v$

Uitgangsstroom: $I_{uit} = 2A$

Schakelfrequentie $F_s = 100kHz$

De stroom door de spoel L_1 is continue met een maximale rimpel(top-top) van 40% van de gemiddelde spoelstroom.



Block Diagram with External Components
Fixed Step-Down Regulator

- Bereken de waarde van de spoel L_1 zodat de rimpel(top-top) in de spoelstroom gelijk is aan 40%, bij een ingangsspanning gelijk aan $V_{in}=20$ volt.
- Bereken de maximale piek van de ingangsstroom. De uitgangsspanning en vermogen blijven hetzelfde.
- Bereken de maximale spanning over de diode.

Vraag 2, (10 punten per vraagonderdeel)

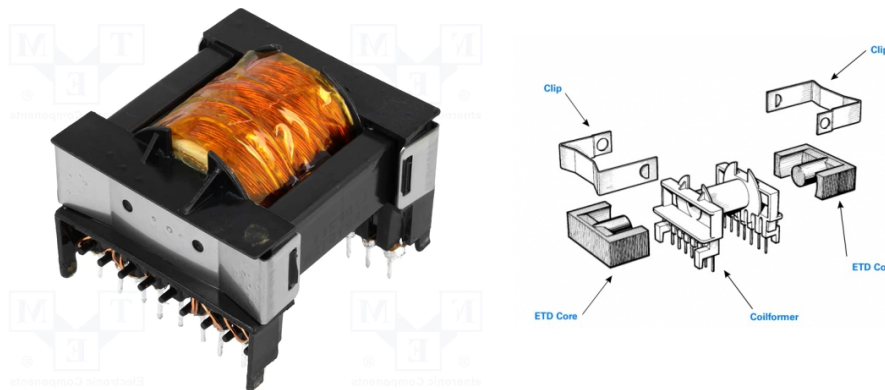
- a Teken het schema van een Flyback omvormer met 1 uitgangsspanning, geef met 2 duidelijke zwarte cirkels de wikkelrichting in het schema aan.

De Flyback heeft de volgende parameters: $V_{in} = 400V$, $V_{uit} = 20V$, $I_{uit} = 2A$, $F_s = 100kHz$

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

- b Bereken de maximale piek waarde van de ingangsstroom.

Vraag 3, (10 punten per vraagonderdeel)



Voor een boost converter gaan we een spoel wikkelen.
We maken gebruik van twee ETD44 kernen die we tegen elkaar aan drukken.
Als luchtspleet kiezen we 0.5mm .
Zie de data sheet voor de parameters.

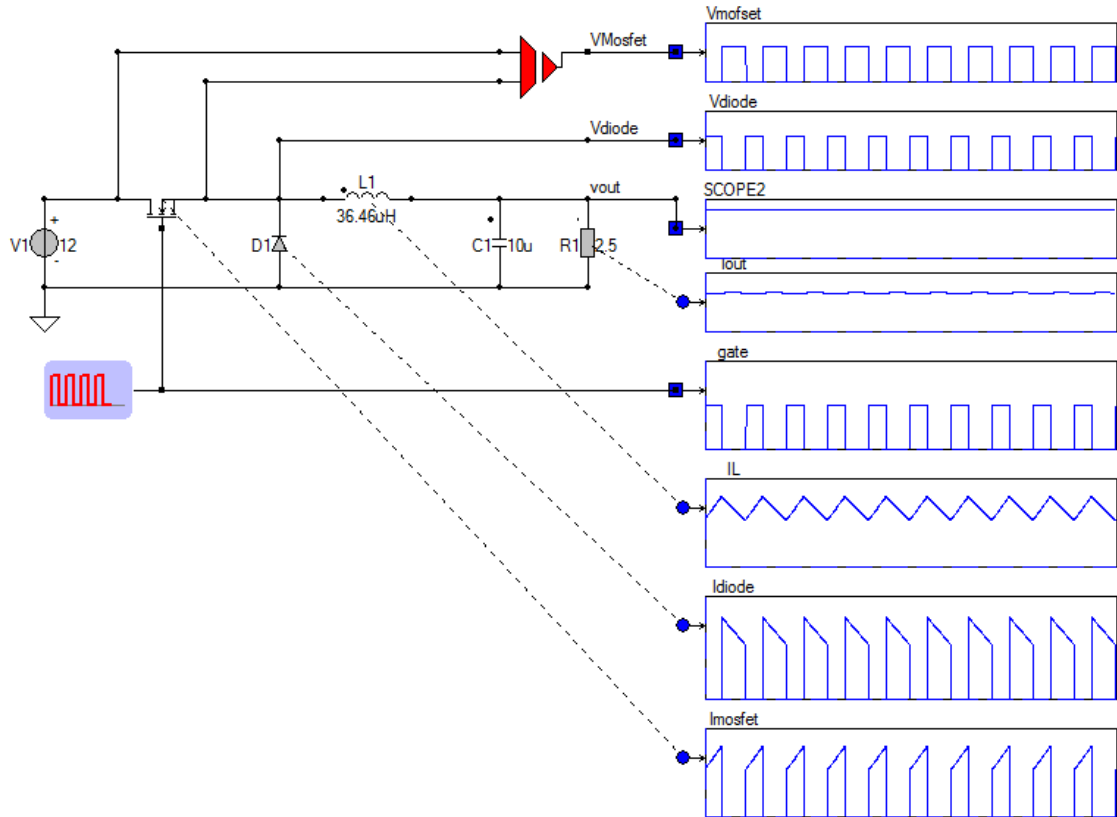
Hierop gaan we een spoel van $2500\mu\text{H}$ wikkelen

a Bereken voor deze kern en zelfinductantie van $2500\mu\text{H}$ het aantal wikkelingen (afroonden op gehele wikkelingen)

b Als $B \leq 300\text{mT}$ moet blijven, wat is dan de maximale stroom door de spoel?

Antwoord vraag 1:

Rimpelstroom = 40%, omvormer is continue, dus die stromen raken nooit de nullijn



a

$$d = 5/20 = 0.25 \tag{1}$$

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

Spoelstroom = I_{uit}

$$di = 40\% = 0.4 * I_{uit} = 0.4 * 2 = 0.8 [Ampere] \tag{3}$$

$$dT = 0.25 * (1/Fs) = 0.25 * (1/100k) = 0.25 * 10\mu s = 2.5\mu s \tag{4}$$

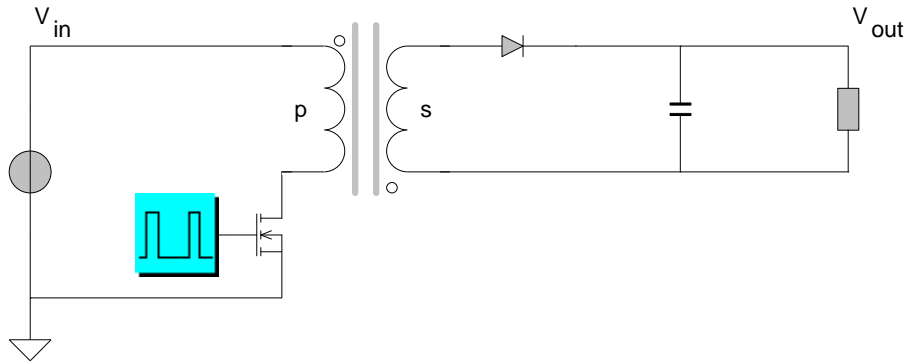
$$V_L = V_{in} - V_{uit} = L \frac{0.8}{2.5\mu} \tag{5}$$

$$L = (20 - 5) \cdot 2.5\mu / 0.8 = 46.875\mu H = 47\mu H \tag{6}$$

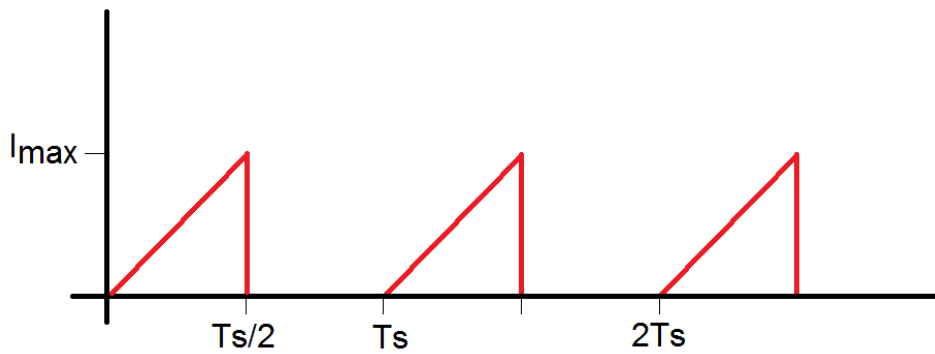
b De maximale piek ingangsstroom is de maximale stroom oor de spoel L1. De uitgangsstroom is de spoelstroom en is gemiddeld 2 Ampere met een piek-piek rimpelstroom van 40%, dus de maximale stroom wordt $2 + \frac{40\%}{2} \cdot 2 = 2 + 0.4 = 2.4 Ampere$

c De maximale spanning over de diode is als de mosfet dicht is en is dan gelijk aan de ingangsspanning: $V_D^{max} = 20 volt$

Antwoord vraag 2:



$I_{in-average} = 20 \cdot 2 / 400 = 0.1$ Ampere
 Duty cycle = $5\mu / 10\mu = 0.5$, discontinuous mode
 Maximum value of the input current is the top of a triangle of the current $I_{max} = 4 \cdot I_{in-average} = 0.4$ Ampere



Antwoord vraag 3:

selecteer de ETD44 kern met $g = 0.5\text{mm}$
 $AL = 438\text{nH}$

$$N = \sqrt{\frac{L}{AL}} = \sqrt{\frac{2500\mu}{438\text{n}}} = \sqrt{\frac{2500\mu}{0.438\mu}} = \sqrt{\frac{2500}{0.438}} = 75.5 \text{Wikkelingen}$$

afroonden naar 75 of 76 is ook goed.

$$Li = NBA \qquad 2500\mu\text{H} \cdot i = 75 \cdot 0.3 \cdot 172 \cdot 10^{-6} \qquad i = \frac{75 \cdot 0.3 \cdot 172}{2500} = 1.548 \text{Ampere}$$

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)

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

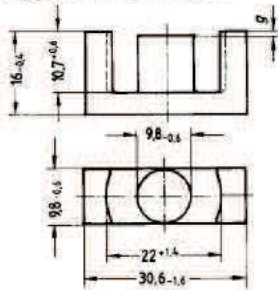
$$l_e = 70,4 \text{ mm}$$

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

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

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

Approx. weight 28 g/set



Ungapped

Material	A_L value nH	μ_e	$A_{L1\min}$ 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)

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

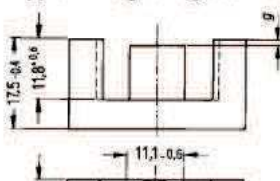
$$l_e = 78,6 \text{ mm}$$

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

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

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

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

ETD 44/22/15

Core

Magnetic characteristics (per set)

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

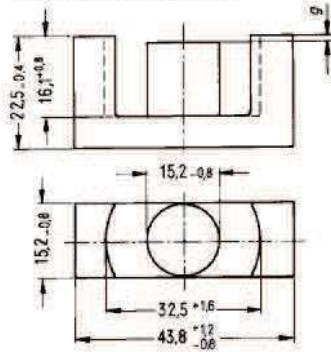
$$l_e = 103 \text{ mm}$$

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

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

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

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)

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

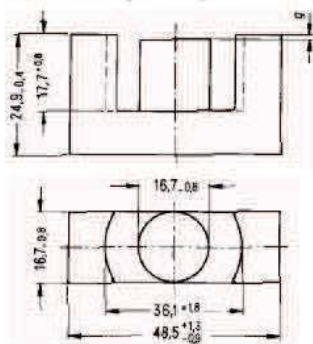
$$l_e = 114 \text{ mm}$$

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

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

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

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)**

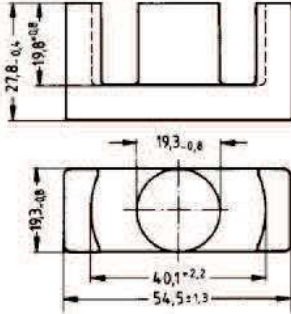
$\Sigma l/A = 0,45 \text{ mm}^{-1}$

$l_e = 127 \text{ mm}$

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

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

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

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

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	4200 + 30/- 20 %	1510	3470	6,66 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	4400 + 30/- 20 %	1570	3470	26,00 (200 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	4450 + 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 ± 0,02	1377	496
N67	1,00 ± 0,05	393	141
N87	1,50 ± 0,05	287	103
	2,00 ± 0,05	229	82

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

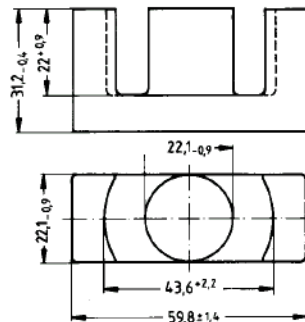
$\Sigma l/A = 0,38 \text{ mm}^{-1}$

$l_e = 139 \text{ mm}$

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

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

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

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

Material	A_L value nH	μ_e	A_{L1min} nH	P_V W/set
N27	5000 + 30/- 20 %	1500	4170	9,62 (200 mT, 25 kHz, 100 °C)
N67	5200 + 30/- 20 %	1570	4170	6,50 (100 mT, 100 kHz, 100 °C)
N87	5300 + 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 ± 0,02	1588	476
N67	1,00 ± 0,05	508	152
N87	1,50 ± 0,05	381	114
	2,00 ± 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
$V_{out} = dV_{in}$	$V_{out} = V_{in} \frac{1}{1-d}$	$V_{out} = -V_{in} \frac{d}{1-d}$	$V_{out} = V_{in} \cdot \frac{N_s}{N_p} \cdot \frac{d}{1-d}$

LED

Cathode -
Anode +

Marked by color or dot

CAPACITOR

REGULATOR (e.g. LM78xx)

Resistor

Digit	Multiplier	Tolerance
Silver	-	±10%
Gold	-	±5%
Black	0	1
Brown	1	10
Red	2	100
Orange	3	1k
Yellow	4	10k
Green	5	100k
Blue	6	1M
Violet	7	10M
Gray	8	-
White	9	-

DIODE

NPN transistor (Current sink)
(e.g. PN2222)

TO-92

E B C

SOT-23

B E C

N-channel MOSFET

TO-92

Gate Source Drain

SOT-23

G D S

PNP transistor (Current source)
(e.g. PN2907)

TO-92

E B C

SOT-23

B E C

P-channel MOSFET

TO-92

Gate Source Drain

SOT-23

G D S

* 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.

Ceramic Capacitor

104
K

10x10⁴
= 100,000 pF
= 0.1 uF

Symbol (Non-Polarized)

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%
		K	±10%
		M	±20%
		Z	+80%, -20%

Tolerance