

Elektrische omzettingen en voedingen [ELOMVO] 2023-2024



(<http://dc-lab.org/hhs/>)



(<http://dc-lab.org/hhs/ve/>)

Inhoudsopgave

1	CASPOC Simulaties Boost.....	3
1.1	Inleiding en doel boostconverter.....	3
1.2	Simulatie	4
1.3	CASPOC Simulaties Buck-converter	5
	Verschillende duty cycles.....	5
1.4	Continubedrijf en dutycycle	5
1.5	Inductieve belasting.....	5
1.6	Vermogen	6
1.7	Stroomwet van Kirchhof	6
1.8	Snelheid van de responsie	6
1.9	Conclusie	6
2	Online Simulatie Buck	7
2.1	Buck converter	7
2.2	Inductor current ripple	9
2.3	Output voltage ripple	9
2.4	Output capacitor ESR.....	10
2.5	Output capacitor ESR reduction	10
2.6	Waveforms Buck Converter, continuous inductor current	11
2.7	Waveforms Buck Converter, discontinuous inductor current.....	12
3	UC3842 IC as current mode controller	13
3.1	Supply voltage	13
3.2	Reference voltage	14
3.3	Internal oscillator.....	16
3.4	Timing Capacitor and Resistor	17
3.5	Variable frequency.....	18
3.6	Variable dutycycle.....	19
4	Voltage Mode Buck Converter.....	23
5	Bouwen en praktijkmetingen	24
5.1	Inleiding bouw van de PCB	24
5.2	Solderen PCB	24
6	Metingen Boost Converter.....	27
6.1	Open loop verkenning	27
6.2	Rendement bij 560 Ohm	27
6.3	Spanning- en stroomvormen bij 560 Ohm	27
6.4	Rendement bij 56 Ohm	27
6.5	Spanning en stroomvormen bij 56 Ohm	27
6.6	Closed loop bij 560 Ohm	28
6.7	Closed loop bij 56 Ohm	28
7	Meting aan een zelf gewikkelde spoel	29
7.1	Primaire wikkeling	29
7.2	Secundaire wikkeling.....	29
7.3	Primaire impedantie	29
7.4	Secundaire impedantie.....	30
7.5	Secundaire spanning.....	30
7.6	Nullast/Kortsluitproef	30
7.7	Lek inductiviteit.....	31
7.8	Vervangschema transformator	31
8	Inleveren metingen:.....	32

1 CASPOC Simulaties Boost

Rapportage van alle practicum opdrachten lever je de laatste week van het practicum in, zorg er voor dat je al je resultaten beargumenteerd en screenshots plaatst waar de gesimuleerde antwoorden in te zien zijn.

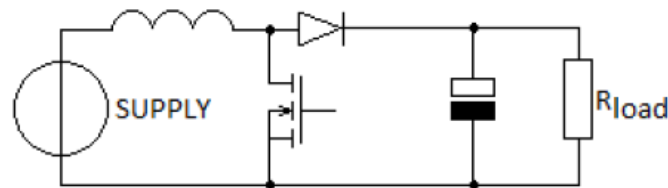
We beginnen met het verkennen van de Boost converter mbv de CASPOC Software (is te downloaden van de website).

Meet altijd de stromen in een scope, er bestaat geen DC waarde voor de stroom. Als je de muis over de spoel schuift zie je ook de stroom, maar dat is de momentele waarde! Onderaan in de scope staan de numerieke waarden en maxima en minima alsmede effectieve waarde (rms) en gemiddelde waarde.

(klik met de rechtermuisbutton op de scope en dan de pijltjestoetsen!)

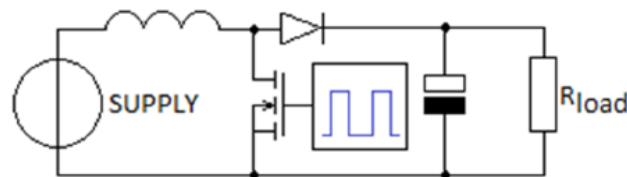
1.1 Inleiding en doel boostconverter

Een boostconverter is een schakeling die een hogere uitgangsspanning maakt van zijn ingangsspanning. Het doel van dit practicum is om het principe van een boostconverter te leren doorgronden, te leren meten aan schakelende voedingen te begrijpen wat het verschil is tussen continu en discontinu bedrijf van een schakelende voeding, en dit te leren herkennen. Ook het leren maken van een meetrapport behoort tot de leerdoelen. Dit practicum hoort bij de lessen van het vak Vermogenselektronica Voor meer informatie zie de lessen, reader en sheets.



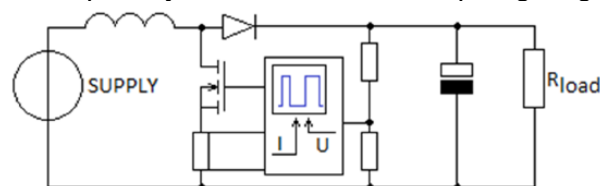
Figuur 1: Schematische weergave van een boostconverter

Een spoel, een diode en een mosfet vormen het hart van de boostconverter, zie figuur 1. Uiteraard is om een zelfstandig functionerende schakelende voeding te maken, meer nodig dan alleen deze drie componenten. Om te beginnen een component dat pulsen aanbiedt aan de mosfet, die daardoor open en dicht schakelt. Dit doen we in het eerste gedeelte van het practicum met een functiegenerator, omdat we daarmee eenvoudig de pulsbreedte kunnen instellen. Er wordt niet geregeld op een bepaalde uitgangsspanning, of stroom in het circuit. In dit geval wordt gesproken over 'open loop', dus sturen zonder 'feedback' (figuur2).



Figuur 2: Open loop

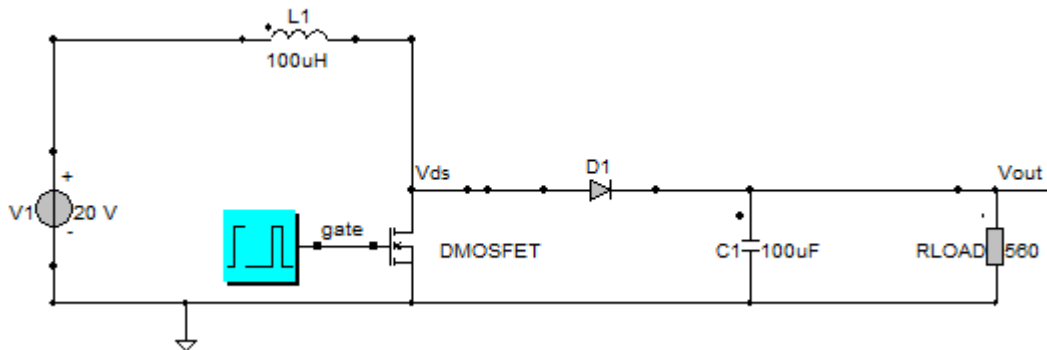
Als de gegevens van de stroom en spanning gebruikt worden om een geregelde uitgangsspanning te maken, spreek je van een 'closed loop' regeling. Zie figuur 3.



Figuur 3: Closed loop

1.2 Simulatie

Simuleer de schakeling van figuur 4 met CASPOC. (In de map les1 is al wat voorwerk gedaan).



Figuur 4: Schema voor de simulatie van een boostconverter

De spanning V1 is een blokspanning met een frequentie van 50kHz.

Stel de *duty cycle* van de pulsgenerator in op 10, 20, 40, 50 en op 75% en meet de uitgangsspanning V_{uit} onbelast, met 560 Ohm belasting en met 56 Ohm belasting.

Noteer de uitgangsspanningen in de stationaire toestand in een tabel zoals hier aangegeven.

Duty cycle %	V_{uit} (V)		
	RI=1MEG (Onbelast)	RI = 560 Ohm	RI= 56 Ohm
10			
20			
40			
50			
75			

[uitschrijven in deelopdrachten]

Bekijk de vormen van spanningen V_1 , V_{DS} en V_{out} , doe dit ook voor stromen door L1, de MOSFET en D1. Herken de stroomwet van Kirchhoff en $U_L = L di/dt$ in deze figuren. Maak screenshots met een x-as van 1 msec. ($T_{screen} = 1ms$) Doe dit van de simulaties die in de tabel met geel zijn aangegeven. Gebruik deze screenshots om een conclusie te trekken en je bevindingen te onderbouwen.

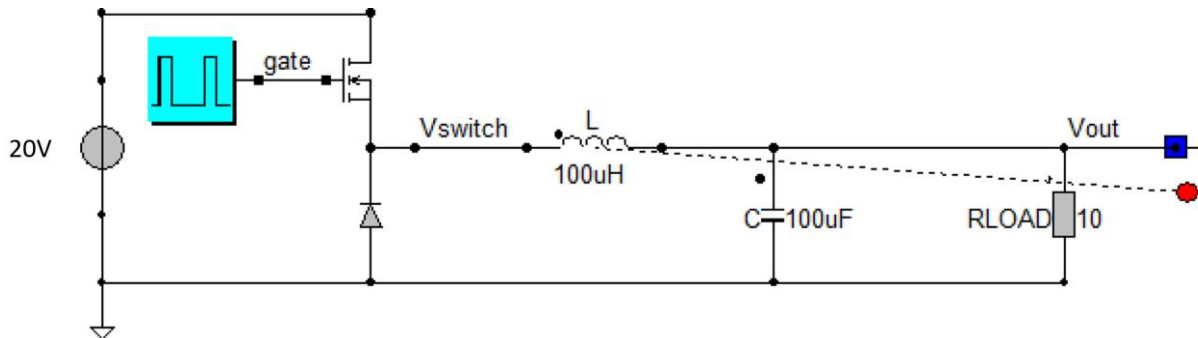
Schrijf een conclusie naar aanleiding van je simulaties.

1.3 CASPOC Simulaties Buck-converter

Verkenningen van de Buck converter mbv CASPOC

Verschillende duty cycles

Simuleer de schakeling uit figuur 1. Als startpunt kan je de file `les1/buck.csi` gebruiken. Maak een kopie van deze file zodat je altijd weer terug kunt gaan naar de oorspronkelijke schakeling.



Figuur 2.1 Buck converter buck.csi

Vul Tabel 1 door de theoretische waarde van V_{out} te berekenen en de andere waarden af te lezen uit de grafieken. De *peak* waarden zijn de allerhoogste waarden die voorkomen. Ook worden de tijdstippen gevraagd waarop de *peak* plaats vindt. De *5% settling tijd* van een signaal die als stationaire waarde 100 heeft is de tijd die nodig is om het signaal tussen de 95 en 105 te laten komen. Het signaal moet ook tussen deze waarden blijven.

Tabel 1 Numerieke analyse buck converter

d	V_{out}^{th} ¹	V_{peak}	t_{Vpeak}	$V_{stationair}$	I_{peak}	t_{Ipeak}	$I_{stationair}$	$t_{settling 5\%}$
10%								
25%								
50%								
75%								
90%								

1.4 Continubedrijf en dutycycle

Neem opnieuw de schakeling van Figuur 2.1 met *duty cycle* 50% en onderzoek bij welke waarden van de R_{LOAD} de schakeling in continu bedrijf werkt. Zet de bevindingen in Tabel 2

Tabel 2 Onderzoek continu bedrijf

d	R_{LOAD}
10%	$< R_{LOAD} <$
25%	$< R_{LOAD} <$
50%	$< R_{LOAD} <$
75%	$< R_{LOAD} <$
90%	$< R_{LOAD} <$

1.5 Inductieve belasting

Neem opnieuw de schakeling van Figuur 2.1 maar verander de *duty cycle* naar 10%. In de stationaire mode blijkt de schakeling discontinu te werken. Zoek de waarde van L waarvoor geldt dat de schakeling juist continu is.

¹ Theoretische stationaire waarde

Vergelijk vervolgens de parameters die in Tabel 1 staan bij een *duty cycle* van 10% en vergelijk deze met de waarden die je vindt bij deze nieuwe waarde van L.

1.6 Vermogen

Zet de dutycycle op 50%

Meet de gemiddelde ingangsstroom

Meet de gemiddelde uitgangsstroom

Is het ingangsvermogen gelijk aan het uitgangsvermogen?

1.7 Stroomwet van Kirchhof

Meet de gemiddelde stroom door de spoel L

Meet de gemiddelde stroom door de Mosfet

Meet de gemiddelde stroom door de diode

Had je deze waarden ook uit de gemeten in- en uitgangsstroom kunnen bepalen?

1.8 Snelheid van de responsie

Laat de buck converter net zo lang simuleren [Enter] tot de spoel stroom periodiek is en het maximum en minimum niet meer varieert.

Meet de maximale peak van de spoelstroom en de minimale peak

Meet de tijd die nodig is voor de spoelstroom om van de minimale waarde naar de maximale waarde te gaan.

Kan je uit deze drie meetgegevens di/dt afleiden?

Kan je de waarde van de spoel berekenen met behulp van de gemeten di/dt en de in- en uitgangsspanningen van de buck converter? Is dit dan de waarde van $100\mu\text{H}$?

1.9 Conclusie

Schrijf een kort verhaal met de belangrijkste bevindingen.

2 Online Simulatie Buck

Voor de volgende opgave gaan we gebruik maken van de Online Caspoc Tool, de benodigde simulatie kun je openen door op de [blauw](#) gekleurde hyperlink te drukken onder de parameters.

The screenshot shows the Caspoc online simulator interface. At the top, there is a 'Simulate' button. Below it, a 'Transient Analysis' dialog box is open, showing 'Stop time (seconds)' set to 0.1. A red arrow points to the 'Simulate' button with the text '1 Select Simulation'. Another red arrow points to the green checkmark in the dialog box with the text '1 Start the simulation'. The circuit diagram shows an AC source with the equation $\sin(0,326,50,0,90)$, followed by a 15 Ohm resistor, a 0.1 H inductor, a 1000 Ohm resistor, a 1 H inductor, another 0.1 H inductor, and finally a 15 Ohm resistor. A 'Transient Analysis' plot is shown at the bottom, displaying Voltage and Current over Time. A blue text box says 'Move mouse over results to see numerical value'. A green text box says 'Double click component to change parameters, Keep the mouse over the dialog box!'. An 'Edit Properties' dialog box is also visible, showing 'Name' and 'R: 15'.

2.1 Buck converter

First simulate the buck converter and observe the waveforms. In the default simulation the conversion is from 48volt down to 12 volt.

Parameters of the simulation:

Component	Value
Vin	48volt
L	220uH
C	10uF
Rout	10
Fs	50kHz
d	25%

[Buck Converter 48volt->12volt](#)

Change the duty cycle while the input voltage remains 48 volt. Measure input current, output voltage and current, calculate input and output power as well as the efficiency of the converter and fill the table below:

d	Vin	lin	Vout	Iout	Pin	Pout	η
10	48						
20	48						
30	48						
40	48						
50	48						
60	48						
70	48						
80	48						
90	48						

Use the default duty cycle of 25% and the input voltage remains 48 volt. Change the load resistance R_{out} from 2Ω in steps of 2Ω until 20Ω . Measure input current, output voltage and current, calculate input and output power as well as the efficiency of the converter and fill the table below:

Rout	Vin	lin	Vout	Iout	Pin	Pout	η
2	48						
4	48						
6	48						
8	48						
10	48						
12	48						
14	48						
16	48						
18	48						
20	48						

2.2 Inductor current ripple

Dependency of inductor current ripple on the inductor value. Measure the inductor current ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value	Inductor	Inductor current ripple (top-top) [A]
Vin	48volt	47 μ	
L	100uH	100 μ	
C	10uF	150 μ	
Rout	10	220 μ	
Fs	50kHz	470 μ	
d	40%		

[Buck Converter 48volt->20volt, 50kHz](#)

Change the switching frequency from 50kHz to 100kHz. Measure the inductor current ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value	Inductor	Inductor current ripple (top-top) [A]
Vin	48volt	47 μ	
L	100uH	100 μ	
C	10uF	150 μ	
Rout	10	220 μ	
Fs	100kHz	470 μ	
d	40%		

[Buck Converter 48volt->20volt, 100kHz](#)

2.3 Output voltage ripple

Dependency of output voltage ripple on the capacitor value. Measure the peak-peak output voltage ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value	Capacitor	Output voltage ripple (top-top) [V]
Vin	48volt	10 μ	
L	100uH	22 μ	
C	10uF	47 μ	
Rout	10	100 μ	
Fs	50kHz	220 μ	
d	40%	470 μ	

[Buck Converter 48volt->20volt, 50kHz](#)

Change the switching frequency from 50kHz to 100kHz. Measure the peak-peak output voltage ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value
Vin	48volt
L	100uH
C	10uF
Rout	10
Fs	100kHz
d	40%

[Buck Converter 48volt->20volt, 100kHz](#)

Capacitor	Output voltage ripple (peak-peak) [V]
10μ	
22μ	
47μ	
100μ	
220μ	
470μ	

2.4 Output capacitor ESR

Dependency of output voltage ripple on the capacitor equivalent series resistance Resr value. Measure the peak-peak output voltage ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value
Vin	48volt
L	100uH
C	10uF
Resr	100m
Rout	10
Fs	50kHz
d	40%

[Buck Converter 48volt->20volt, Resr=100m](#)

Resr[Ohm]	Output voltage ripple (top-top) [V]
1m	
10m	
100m	
200m	
500m	
1	

The esr of the output capacitor varies per type of capacitor. It is modelled by a an external resistor Resr, in series with the output capacitor. Measure the influence of the value of Resr on the output voltage ripple.

2.5 Output capacitor ESR reduction

The output voltage ripple is reduced by placing two output capacitors in parallel. Measure the peak-peak output voltage ripple. Parameters of the simulation:

Component	Value
Vin	48volt
L	100uH
C(2*)	10uF
Resr	1
Rout	10
Fs	50kHz
d	40%

Buck Converter 48volt->20volt, parallel output capacitor

Measure the influence of the paralleling of the output capacitors on the output voltage ripple.

Capacitor	Output voltage ripple (top-top) [V]
2 * 10 μ	
1 * 22 μ	

For the single capacitor simulation, change the value of Resr2 into 1000 Ω ;

Explain the reduction of the output voltage ripple in case of the parallel output capacitor, compared to the single output capacitor.

2.6 Waveforms Buck Converter, continuous inductor current

In the first simulation we will operate the buck converter with continuous inductor current. Parameters of the simulation:

Component Value

Vin	48volt
L	100uH
C	10uF
Rout	10
Fs	50kHz
d	40%

Buck Converter 48volt->20volt, continuous inductor current

For each simulation, measure either the output voltage or the voltage at the node between the Mosfet and the Diode. (between the Mosfet and Diode)

Waveform1	Waveform2
IL	Vout
IL	Vleg

Create the graphs for the above mentioned waveforms.

For each simulation, add a single current measurement sensor to measure the current through the Mosfet, Diode, Cout, Rout, Vin.

Waveform1	Waveform2
IL	IDS
IL	ID
IL	IC
IL	IR
IL	lin

Create the graphs for the above mentioned waveforms.

2.7 Waveforms Buck Converter, discontinuous inductor current

In the second simulation we will operate the buck converter with discontinuous inductor current. Parameters of the simulation:

Component	Value
Vin	48volt
L	22uH
C	10uF
Rout	10
Fs	50kHz
d	40%

[Buck Converter 48volt->20volt, discontinuous inductor current](#)

For each simulation, measure either the output voltage or the voltage at the node between the Mosfet and the Diode. (between the Mosfet and Diode)

Waveform1	Waveform2
IL	Vout
IL	Vleg

Create the graphs for the above mentioned waveforms.

For each simulation, add a single current measurement sensor to measure the current through the Mosfet, Diode, Cout, Rout, Vin.

Waveform1	Waveform2
IL	IDS
IL	ID
IL	IC
IL	IR
IL	lin

Create the graphs for the above mentioned waveforms.

3 UC3842 IC as current mode controller

In this chapter we will explore the functions of the control IC, the UC3842. This is a very versatile IC and contains a functionality to build a basic current mode control switched mode power supply.

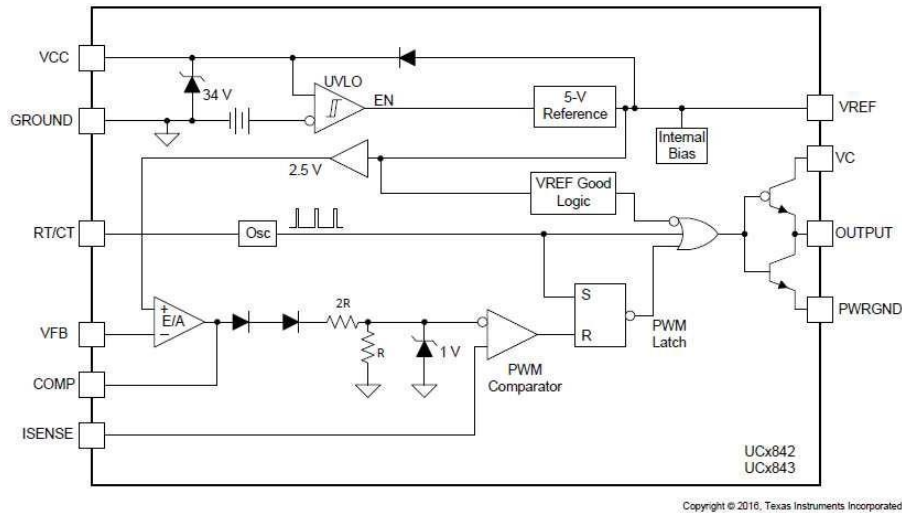


Figure 4.1: Functional block diagram of the UC3842

The pin layout of the IC is shown in figure 4.2. The pin layout is the same for both the PDIP and SOIC packages.

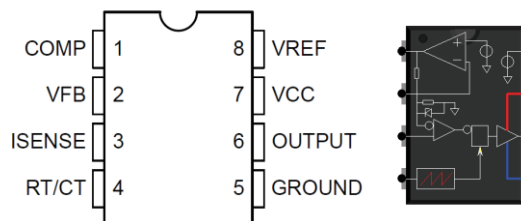


Figure 4.2: SOIC and PDIP package pin layout and Caspoc symbol

3.1 Supply voltage

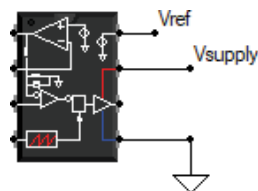
The supply voltage depends on the type of IC. In table 4.1, the minimum volt- ages are given, when the IC is turned on and the minimum voltage level that should be maintained, to keep the device on. Also the maximum duty cycle depends on the type. The *UC3844* and *UC3845* have maximum duty cycle, which is limited to a maximum of 50%. These types can be used for halve bridge controllers or for limiting the maximum on time in a Flyback converter.

Type	UVLO On	UVLO Off	Max dutycycle
UC3842A	16.0V	10.0V	< 100%
UC3843A	8.5V	7.9V	< 100%
UC3844A	16.0V	10.0V	< 50%
UC3845A	8.5V	7.9V	< 50%

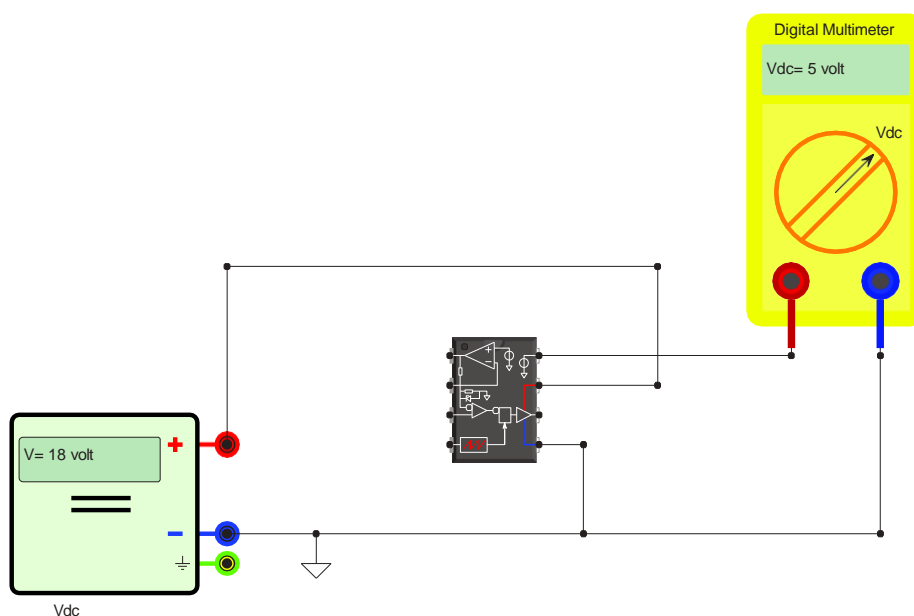
Table 4.1: Under Voltage Lock Out [UVLO] and maximum duty cycle.

3.2 Reference voltage

The UC3842 comes with an internal reference voltage to feed the oscillator charging. The first test is to measure if pin[8] V_{ref} gives 5 volt. The reference voltage is used to charge the timing capacitor C_T via R_T , as we will see in the next section.

Figure 4.3: Supply voltage and reference voltage V_{ref} .

Our first goal is to see if the UC3842 is active and this is done by measuring the reference voltage on pin[8].

Figure 4.4: Measure V_{ref} on pin[8].

Build the circuit and connect the power supply. Increase the supply voltage from 0 volt to 20 volt, and observe at which supply voltage level, pin[8] V_{ref} gives 5 volt.

Supply voltage V_{supply}	Reference voltage V_{ref}
0	0
5	.
10	.
15	.
16	.
17	.
18	.
19	.
20	.

Table 4.2: V_{ref} as function of V_{supply} for increasing supply voltage.

Decrease the supply voltage from 20 volt to 0 volt, and observe at which supply voltage level, pin[8] V_{ref} gives 5 volt. Fill in the three boxes in 4.5, to mark the on and off of the UC3842.

Supply voltage V_{supply}	Reference voltage V_{ref}
20	.
19	.
18	.
17	.
16	.
15	.
14	.
13	.
12	.
10	.
5	.
0	.

Table 4.3: V_{ref} as function of V_{supply} for decreasing supply voltage.

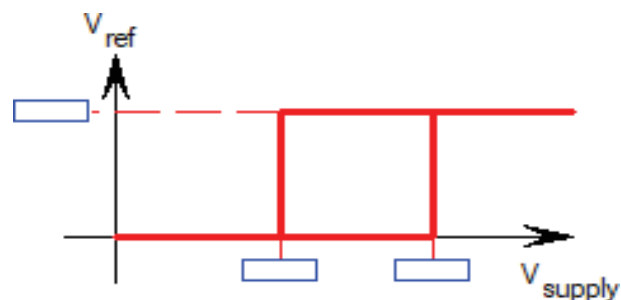


Figure 4.5: Measure the hysteresis of V_{ref} depending on the supply voltage V_{supply} .

3.3 Internal oscillator

The switching frequency of the IC is determined by a simple R-C network, which is charged and discharged by the UC3842. It is the heart of the UC3842 and is used not only for controlling the switching frequency, but can also be used as timer for Constant-On Time or Constant-Off Time controllers. Even the signal of the oscillator can be used to create a constant duty cycle control. The basic schematic for the internal oscillator is given in figure 4.6. The resistor R_T charges the capacitor C_T . If the maximum voltage on capacitor C_T is reached, the capacitor is internally short circuited and its voltage drops to the minimum voltage level, from which the period starts all over gain. As soon as the capacitor voltage start rising, the output pin[7] becomes high.

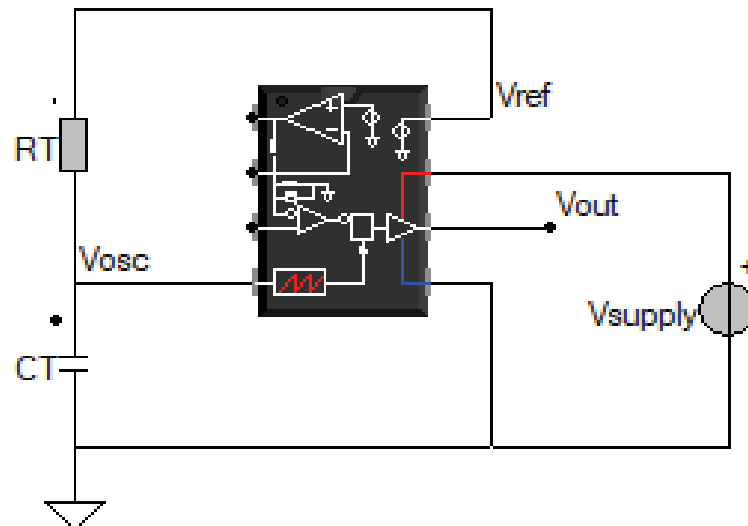


Figure 4.6: Basic circuit for the internal oscillator

3.3.1 Oscillator frequency

The oscillator is based on an external capacitor that is charged by via an external resistor and discharged whenever the maximum capacitor voltage is reached. The charging time of the capacitor is given as

$$T_{charge} = R_T \cdot C_T \quad (4.1)$$

where R_T and C_T are the external resistor and capacitor, as shown in figure 4.7

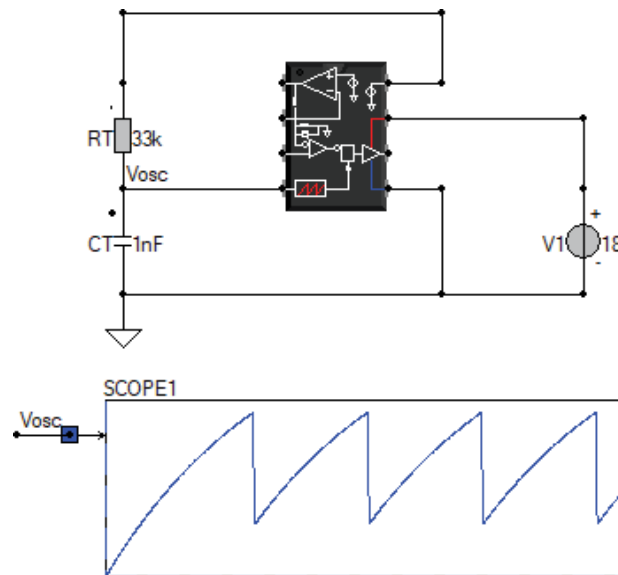


Figure 4.7: External resistor R_T and capacitor C_T define the switching frequency

The capacitor is discharged whenever the maximum voltage reaches approximately 2.7v. However this varies among different manufacturers. The oscillator voltage is shown in figure 4.8

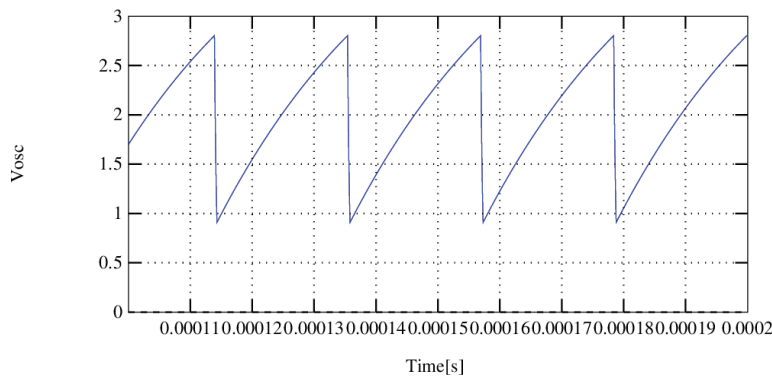


Figure 4.8: Oscillator voltage V_{osc}

Question:

What is the minimum and maximum value of the voltage V_{osc} .

Answer:

Maximum Voltage=[]
 Minimum Voltage= []

3.4 Timing Capacitor and Resistor

The oscillator frequency is given by the timing resistor and capacitor and is related by:

$$F_{osc} = \frac{1.72}{R_T \cdot C_T} \tag{4.2}$$

The timing capacitor and resistor can also be read from figure 4.9

(4.2)

3.5 Variable frequency

A variable frequency can be created by adding a variable resistor in series with the timing resistor R_T , see figure 4.10. Use a variable resistance of $100k\Omega$ in series with a fixed resistance of $15k\Omega$, to ensure a minimum frequency defined by the fixed resistor. The fixed resistor R_T is used to limit the charging current of the timing capacitor C_T . If you adjust the variable resistor and measure the frequency

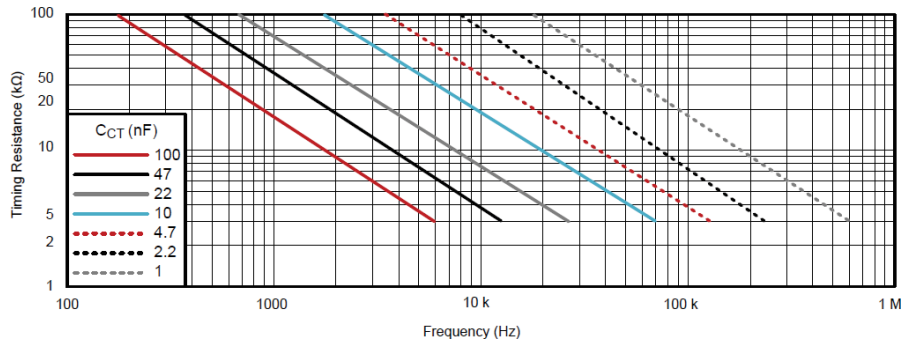


Figure 4.9: Datasheet showing resistor R_T and capacitor C_T for defining the switching frequency

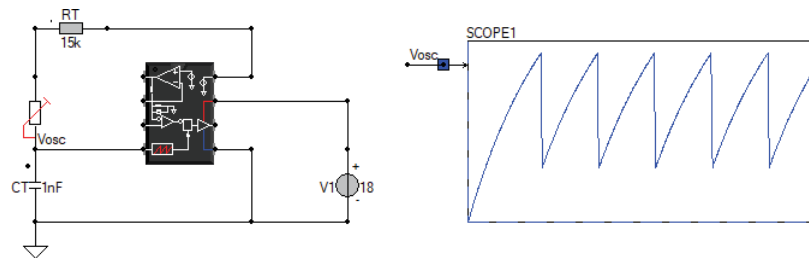


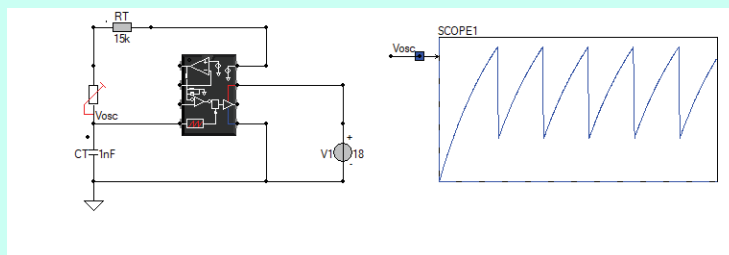
Figure 4.10: Variable oscillator frequency, by adjusting R_T

of the oscillator voltage, the period changes depending on the total resistance, according to figure 4.9.

Question:

Build a circuit to create an adjustable frequency. Adjust the resistance and measure the oscillator frequency. Note the frequency in table 4.4.

Answer:



Variable resistance[Ω]	Oscillator frequency[kHz]
0	.
5k	.
20k	.
50k	.
75k	.
100k	.

Table 4.4: Frequency of V_{osc} as function of the series resistance.

3.6 Variable dutycycle

Pin [3] I_{sense} is used for implementing peak current mode control. However we can also use it to create a variable duty cycle. As soon as the voltage on this pin crosses the reference value of $V_{ref} = 1$ volt, the output voltage V_{out} is set to zero volt. For a variable dutycycle control, this signal is created from the oscillator voltage V_{osc} .

3.6.1 I_{sense}

The I_{sense} pin is used to turn off the output as soon as the voltage on that pin exceeds 1 volt. Using I_{sense} we can control the duty cycle. If we both measure V_{osc} and V_{out} while pin I_{sense} is not connected, we have the maximum dutycycle

Question:

Measure V_{osc} and V_{out} . What is the maximum dutycycle?

Answer:

The maximum dutycycle is given by the value of C_T , as shown in fig. 4.11

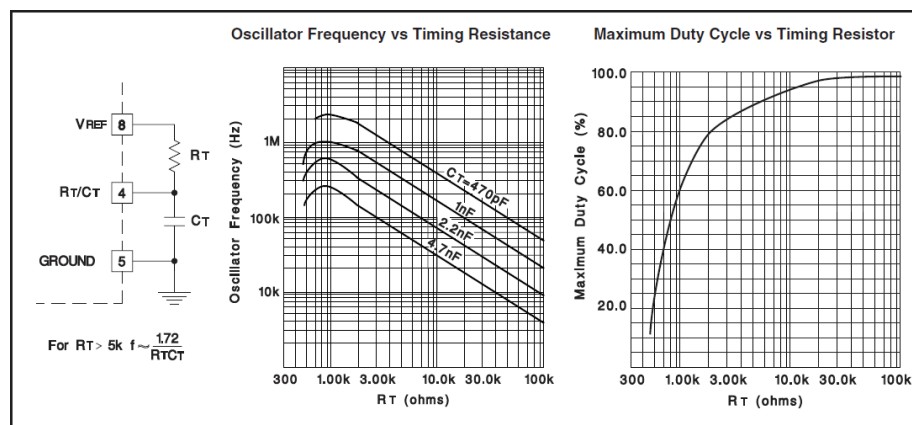


Figure 4.11: Oscillator Section, copyright: Datasheet Unitrode

Choose a low capacitor value C_T , in order to have a larger value for R_T , as this will result in a lower current drawn from the V_{ref} reference voltage pin[8]. Figure 4.12 shows the oscillator voltage and the output voltage.

Since I_{sense} remains below 1 volt, the output V_{out} remains high with the maximum duty cycle, see figure 4.13.

The maximum dutycycle is defined by the size of the timing capacitor C_T as defined in figure 4.14.

If we would have a controllable signal that crosses the reference voltage of $V_{ref} = 1$ volt, during the on-time, we would be able to control the duty cycle. We can create this signal from the oscillator voltage V_{osc} , but this signal should not be disturbed, in

order not to influence the timing of the oscillator. Therefore we need to buffer the oscillator voltage V_{osc} .

Depending on the manufacturer of the UC3842, the minimum and maximum value of V_{osc} vary. The original UC3842 from Unitrode, varies between $1.8 < V_{osc} < 3.5$. In the datasheet, only the voltage amplitude of $\hat{V}_{osc} = 1.7$ volt is defined. Some manufacturers have a lower minimum oscillator voltage, less than 1.7 volt. To use the oscillator voltage V_{osc} for controlling the duty cycle, we need a transistor to buffer the oscillator voltage. Unitrode recommended the circuit as given in figure 4.15.

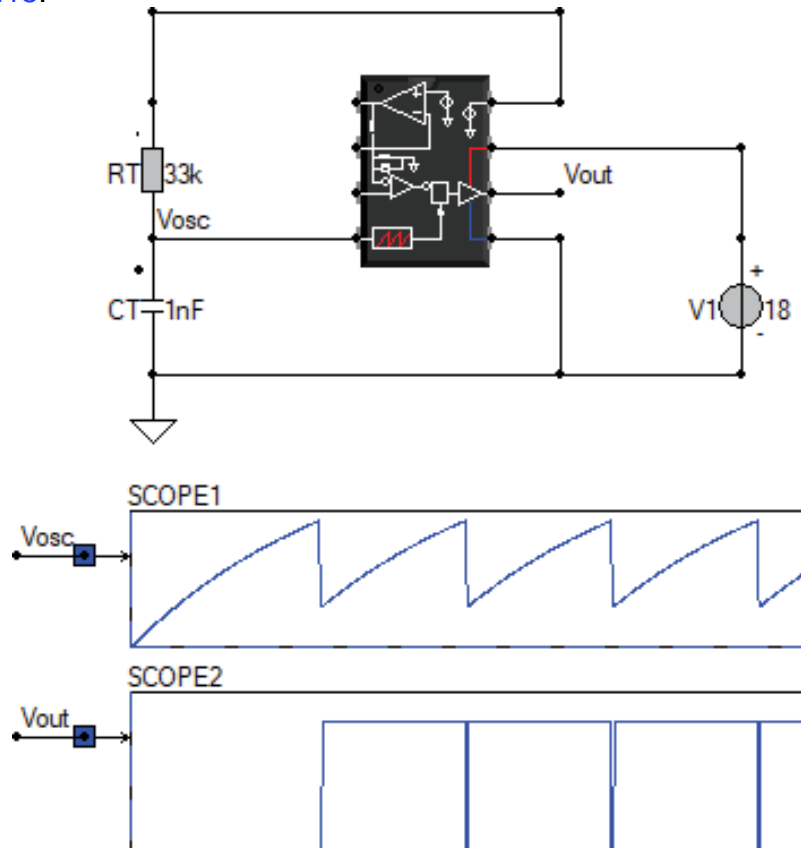


Figure 4.12: Maximum duty cycle

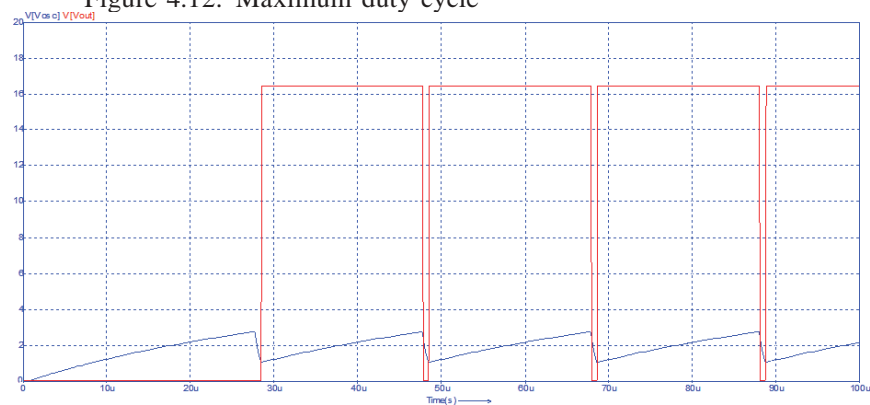


Figure 4.13: Maximum duty cycle

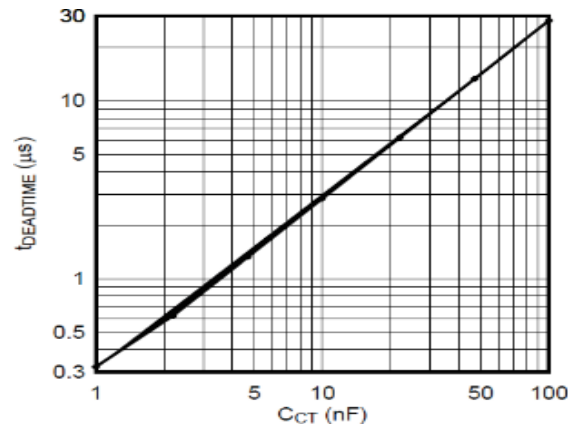


Figure 4.14: Maximum duty cycle given in μs as function of the timing capacitor C_T

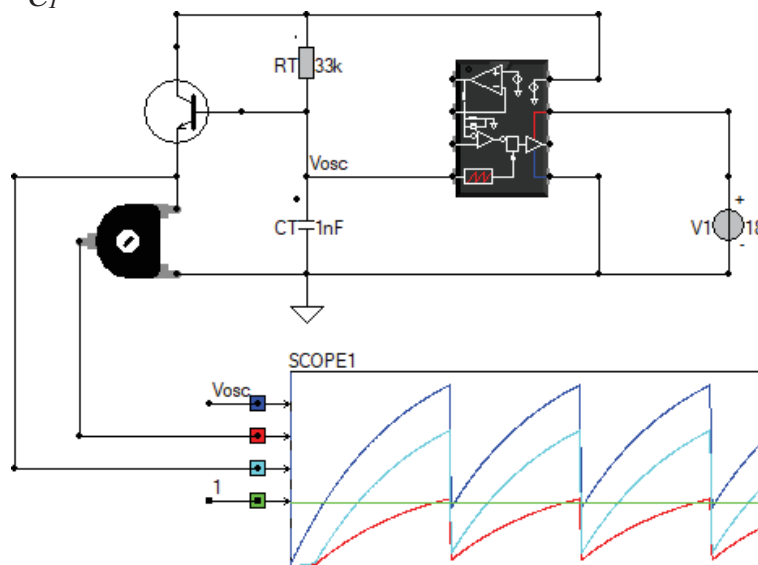


Figure 4.15: Buffering the oscillator voltage to derive a control signal for variable duty cycle.

The voltage at the I_{sense} pin[3] is approximately 0.7 volt less the oscillator voltage V_{osc} . If the minimum voltage of V_{osc} is less than 1.7 volt, the maximum possible voltage at I_{sense} at the beginning of the period is also less than 1 volt, due to the voltage drop $V_{be} = 0.7$ volt of the NPN transistor. Therefore it will not be possible to have a duty cycle of 0%

A second PNP transistor is required to shift the level of the oscillator voltage above the reference voltage of 1 volt. Therefore we are using a second PNP transistor to increase the voltage level. A PNP transistor is first buffering the oscillator voltage and because of the $V_{be} = 0.7$ voltage drop, the oscillator voltage is now increased by 0.7 volt, see figure 4.16.

Question:

Measure V_{osc} and write down the maximum and minimum voltage.

Answer:

$$V_{osc}^{max} = [\quad]$$

$$V_{osc}^{min} = [\quad]$$

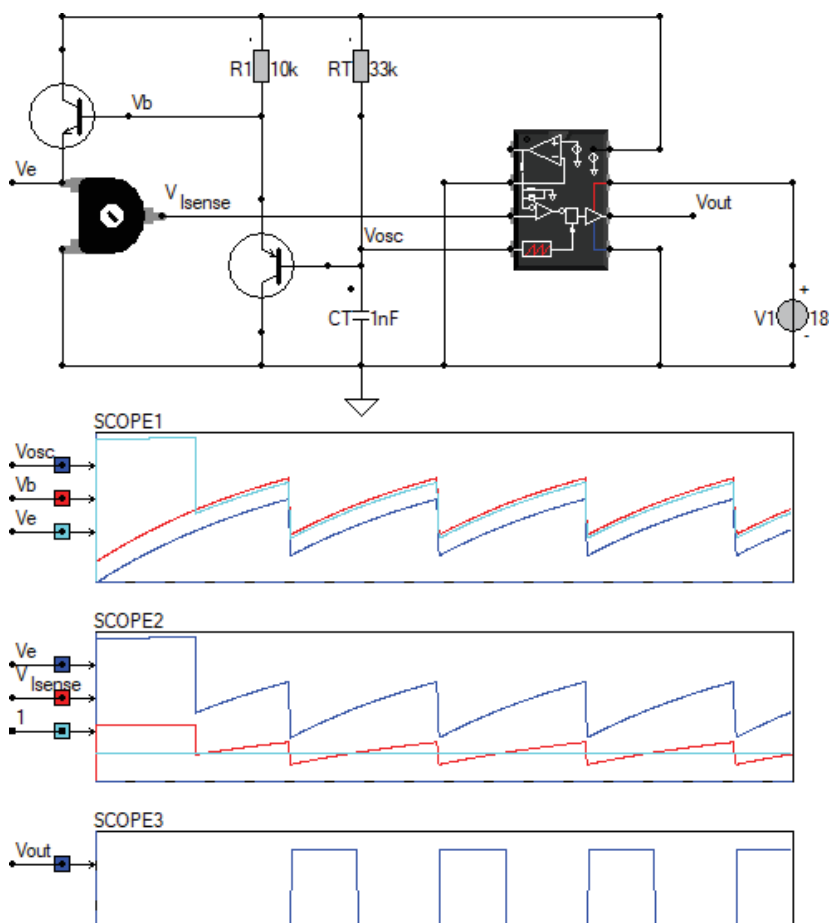
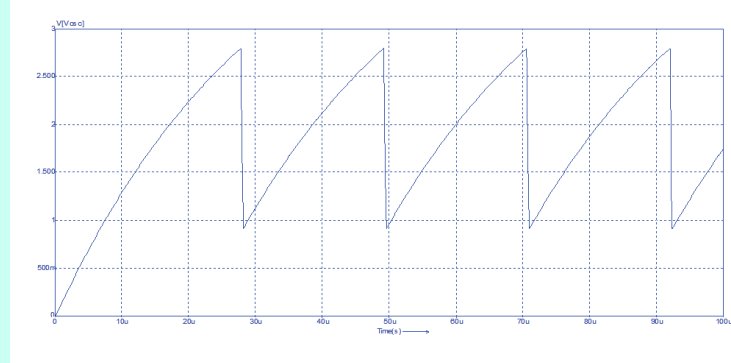
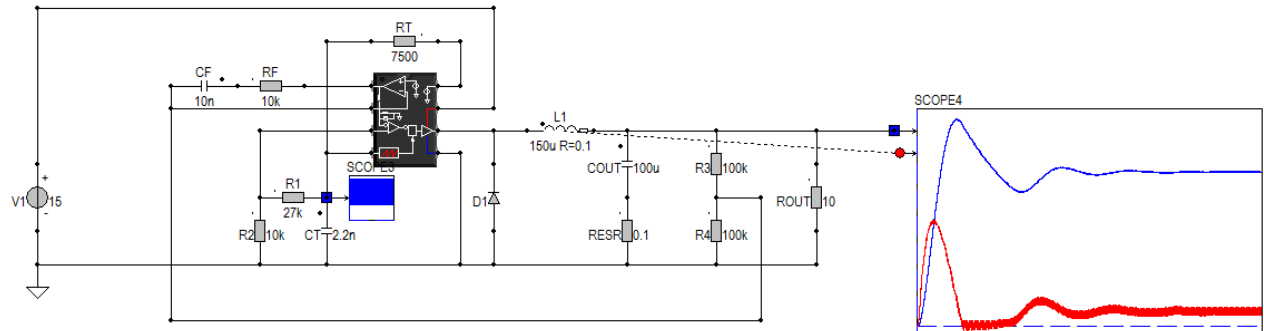


Figure 4.16: A PNP transistor is used for buffering V_{osc} and increasing the voltage level by 0.7 volt.

4 Voltage Mode Buck Converter

The following circuit should be built on a breadboard and show the following blue output wave form on the scope. A picture of your setup with your breadboard and a screenshot of your scope should be placed in your document. The link below gives you access to a simulation model of this circuit in CASPOC.

This assignment should be signed in by the lecturer



<http://dc-lab.org/hhs/ve/uc3842/fig/VoltageModeUC3843.csi>

5 Bouwen en praktijkmetingen

Bouw een print op en verricht metingen aan de gebouwde schakeling. Maak tenslotte een kort en krachtig meetrapport met een titelpagina, één pagina voor elke meting en een laatste pagina voor de je conclusie (jouw bevindingen naar aanleiding van je metingen).

5.1 Inleiding bouw van de PCB

In de bijlage van deze handleiding is het complete schema van de boostconverter H/Boost v1.1 opgenomen, geschikt voor Open Loop en voor Closed Loop (zonder of met U2 ingeprikt, zie bijlage).

L1, Q1 en D3 vormen de basis van de boostconverter.

U1 is een gatedriver. Een IC wat gemaakt is om een hoge pulsstroom te kunnen leveren aan de uitgang, waardoor een klein signaal uit bijvoorbeeld een microcontroller gebruikt kan worden om een grote mosfet aan te sturen. Of om bijvoorbeeld een functiegenerator een mosfet aan te laten sturen.

U2 zorgt voor de regeling (closed loop)

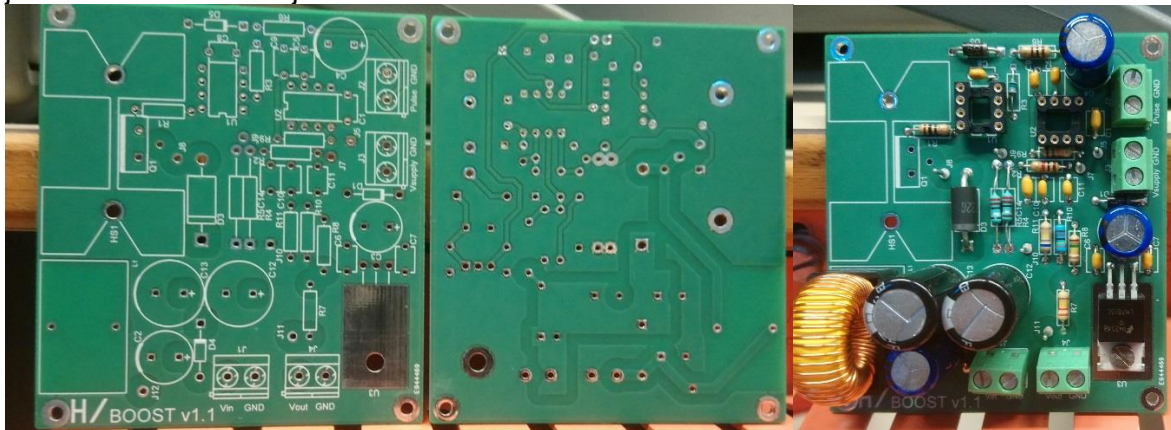
U3 verzorgt de werkspanning voor U1 en U2.

5.2 Solderen PCB

In deze schakeling worden MOSFETS gebruikt die defect kunnen gaan door statische elektriciteit. Eenmaal in de schakeling gesoldeerd is dat gevaar geweken.

Gebruik een geaard polsbandje bij het monteren en solderen van deze schakeling.

Het is de bedoeling dat je de schakeling eerst zelf netjes opbouwt. Goede solderingen zijn in de elektronica cruciaal, neem de tijd om de print goed in elkaar te zetten. Vraag om hulp als je niet zeker bent van je zaak.

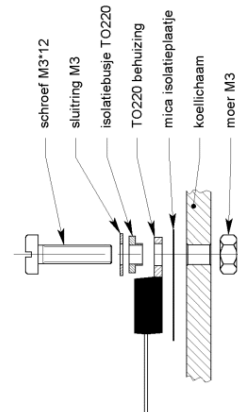


Figuur 1 Voorzijde, achterzijde en half gemonteerde print en H/BOOST v1.1.

5.2.1 Aanbevolen werkwijze:

- Werk eerst toe naar de halfgemonteerde print zie figuur 1. Hierbij zijn het koellichaam en de mosfet Q1 nog niet gemonteerd.
- Begin bij de lage / kleine componenten
- Let op bij het plaatsen van elco's, deze hebben een polariteit.
- Soldeer voor U1 en U2 een ic-voetje (socket)
- De 7815 (u3) is rechtstreeks op het metalen vlak van de PCB gemonteerd voor de koeling. (Dat kan want het metaal van de 7815 is gnd).
- **De mosfet is gevoelig voor statische elektrische lading, dus:**

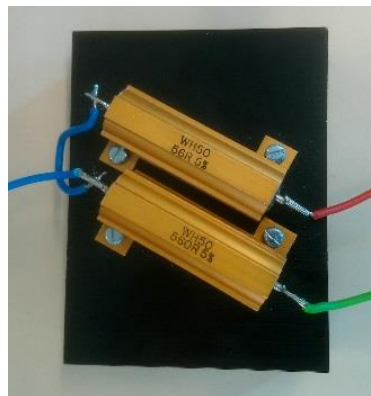
- Gebruik een antistatische mat of antistatische tafel en verbind jezelf hiermee met een polsband.
- Schud nu de mosfet op de antistatische mat/tafel.
- Het metaal van de mosfet is spanningsoverend. De mosfet moet elektrisch geïsoleerd worden van het koellichaam. Monteer de MOSFET met een M3 schroef, één isolatieplaatje en één isolatiebusje aan het koelblok. Controleer met de multimeter of er geen elektrische verbinding is tussen MOSFET en koelblok!
- Plaats nu het geheel van koelblok en mosfet op de print en soldeer de Mosfet. Nu is er geen gevaar meer voor statische elektriciteit en hoef je geen bandje meer te gebruiken.



5.2.2 Aansluiten

Bij foutief geplaatste componenten is het mogelijk dat componenten ontploffen. Hier is sprake van vermogenslektronica!

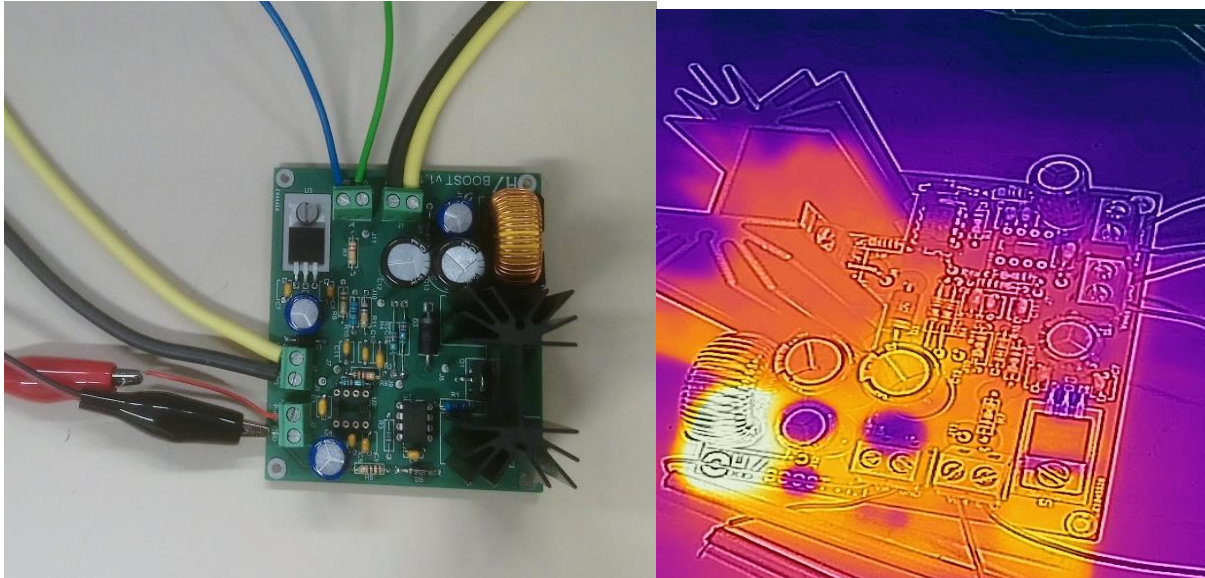
Vanaf nu werk je dus met een veiligheidsbril!



Figuur 2 aansluitsnoeren en belastingsweerstand

1. Zie figuur 2. Gebruik snoeren met aan de ene zijde een banaansteker en aan de andere zijde een aderhuls (of vertint uiteinde) om de voedingen aan te sluiten op Vin en Vsupply.
2. Sluit een vermogensweerstand aan als belasting. (Geen weerstand kan een gevaarlijk hoge uitgangsspanning geven, een lage weerstand kan te veel stroom trekken. 560 Ohm is een goede waarde. In figuur 2 zijn de vermogensweerstand te zien.
3. Gebruik een T-stuk om het generatorsignaal op de scoop te zetten.
4. Sluit de generator ook aan op de pulse-ingang. Zorg dat de generator niet kortgesloten kan worden door handig gebruik te maken van een kort en een wat langer draadje in de connector van je print.
5. Sluit de multimeter aan op je belastingweerstand om de uitgangsspanning te meten.
6. Neem een tweede kanaal van je oscilloscoop om ook de vorm van de uitgangsspanning zien.

In figuur 3 zie je hoe de volledig aangesloten print er uit ziet.



Figuur 3 Volledig aangesloten print. Door het korte en lange snoertje kunnen de krokodilbekjes geen sluiting veroorzaken.

Een werkende print wordt warm. Zie figuur 4.

Figuur 4 Warmtebeeld van een boostcontroller²

² Het warmtebeeld en de contouren zijn hier enigszins verschoven. Dank aan Artur Baranowski voor dit plaatje.

6 Metingen Boost Converter

6.1 Open loop verkenning

We beginnen dit practicum met een aantal 'open loop' metingen.

- Plaats 4427 (U1) mosfet driver in zijn voetje
- Plaats de 3843 controller (U2) **NOG NIET** in het IC-voetje bij deze meting.
- Stel de generator in op de pulse vorm, van 50 kHz. En zorg dat de spanning varieert van 0 naar 5 Volt (offset en amplitude). De dutycycle moet ingesteld worden op 10%. Zo wordt een digitaal signaal nagedaan.
- Sluit de Vsupply aan op een voeding stel deze in op 18-20V. U1 heeft nu voedingsspanning.
- Sluit op Vin een voeding aan van 20V, en zet de stroombegrenzing op 1,5 Ampère

1. Meet en noteer de uitgangsspanning en stroom van de boostconverter bij de volgende dutycycles: 10, 20, 40, 50 en op 75%, met 560 Ohm belasting. Herhaal dit en met 56 Ohm belasting.

2. En meet onbelast met de kleinste dutycycle Zorg er voor dat de uitgangsspanning (inclusief piekjes!) onder de 220V blijft.

6.2 Rendement bij 560 Ohm

1. Zet de dutycycle op 30%, sluit de 560Ohm belasting aan. Meet en noteer de ingangsspanning en stroom, en uitgangsspanning en stroom. Gebruik hiervoor een multimeter en noteer minimaal 4 significante cijfers

2. Bereken het rendement van de converter. Mét en zonder eigen verbruik. (Vsupply zorgt voor de voeding van het interne circuit)

6.3 Spanning- en stroomvormen bij 560 Ohm

1. Meet met de scoop de stroom door de MOSFET. Teken de golfvorm en noteer de waarden. Leg uit wat er gebeurt.

2. Meet met de scoop de spanning over de mosfet (van drain naar ground). Welke verschillen zie je, met golfvorm uit de theorie? Teken de golfvorm van de oscilloscoop en leg uit wat er gebeurt, benoem ook de spanningsniveaus.

3. Meet met de scoop de spanning over de spoel (gebruik twee probes). Welke verschillen zie je met golfvorm uit de theorie? Teken de golfvorm van de oscilloscoop en leg uit wat er gebeurt, benoem ook de spanningsniveaus.

4. Is de converter nu in discontinu of continu bedrijf?

5. Gebruik deze metingen van spanning en stroom om de inductie van de spoel te berekenen.

6.4 Rendement bij 56 Ohm

1. Sluit de 56 Ohm belasting aan, dutycycle op 30%. Meet met een multimeter en noteer de ingangsspanning en stroom, en uitgangsspanning en stroom op minimaal 3 significante cijfers.

2. Bereken het rendement van de converter. Mét en zonder eigenverbruik.

6.5 Spanning en stroomvormen bij 56 Ohm

1. Meet met de scoop de stroom door de MOSFET. Wat is er anders aan de golfvorm dan de golfvorm uit de theorie? Teken de golfvorm van de oscilloscoop en leg uit wat er gebeurt, benoem ook de spanningsniveaus.

2. Meet met de scoop de spanning over de mosfet. Welke verschillen zie je, met golfvorm uit de theorie? Teken de golfvorm van de oscilloscoop en leg uit wat er gebeurt, benoem ook de spanningsniveaus.

3. Meet met de scoop de spanning over de spoel. Welke verschillen zie je, met golfvorm uit de theorie? Teken de golfvorm van de oscilloscoop en leg uit wat er gebeurt, benoem ook de spanningsniveaus.
4. Is de converter nu discontinu of continu?
5. Gebruik deze metingen van spanning en stroom en bereken met die gegevens de inductie van de spoel.

6.6 Closed loop bij 560 Ohm

- haal de functiegenerator los
- zet de 3843 controller (U2) in het ic voetje
- sluit de 560 Ohm belasting aan

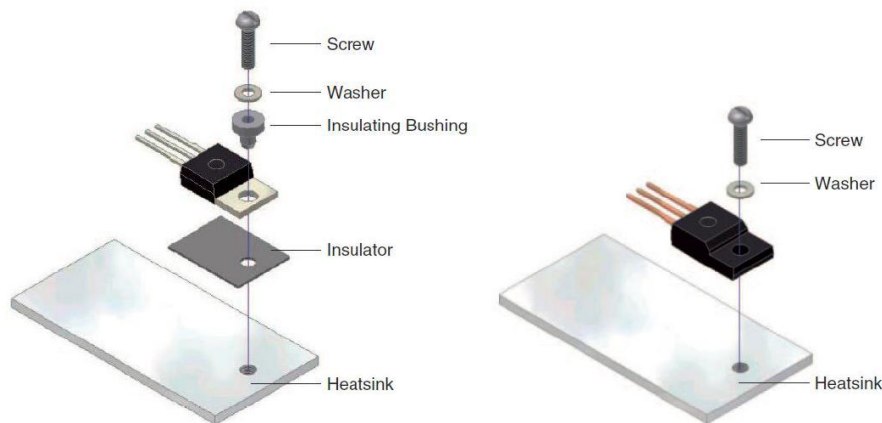
De TL3843 (u2) is een PWM controller die er voor zorgt dat de uitgangsspanning geregeld wordt en de stroom door de MOSFET/spoel begrensd wordt. Omdat de TL3843 de pulsen geeft moet de functiegenerator verwijderd zijn.

Zet ingangsspanning 20V (en de stroombegrenzing op 1,5A)

1. Meet en noteer de in- en uitgangsstroom en spanning, en bereken het rendement van de converter.
2. Meet met de scoop de stroom door de shuntweerstand (R4//R5). Is de converter continu of discontinu? Verklaar.

6.7 Closed loop bij 56 Ohm

3. Sluit de 56 Ohm belasting aan. Meet de uitgangsspanning en de stroom door MOSFET. Draai nu de Vin vanaf 27V langzaam naar 10V en kijk wat er gebeurt. Maak een tabel met je waarnemingen en verklaar het gedrag.



Figuur 5 Mounting methods for a TO-220 and a TO-220FP

7 Meting aan een zelf gewikkelde spoel

Je krijgt een ringkern van 13 mm van het materiaal 3C90

[TX13/7.5/5-3C90](#)

7.1 Primaire wikkeling

1. Maak met montage draad 10 wikkelingen
2. Zoek in de datasheet naar de waarde van AL
3. $AL = [\quad] \text{nH}$
4. Bereken de waarde van de inductiviteit L_p
5. Bereken $L_p = [\quad] \mu\text{H}$
6. Meet met de LCR meter de inductiviteit L_p van de 10 wikkelingen
7. $L_{\text{gemeten}} = [\quad] \mu\text{H}$
8. Klopt de gemeten inductiviteit L_{gemeten} met de berekende waarde L_p ?

7.2 Secundaire wikkeling

1. Maak met montage draad 5 wikkelingen om dezelfde kern
2. Zoek in de datasheet naar de waarde van AL
3. $AL = [\quad] \text{nH}$
4. Bereken de waarde van de inductiviteit L_s
5. Bereken $L_s = [\quad] \mu\text{H}$
6. Meet met de LCR meter de inductiviteit L_s van de 5 wikkelingen
7. $L_{\text{gemeten}} = [\quad] \mu\text{H}$
8. Klopt de gemeten inductiviteit L_{gemeten} met de berekende waarde L_s ?

7.3 Primaire impedantie

1. Bereken de reactantie voor de inductiviteit met 10 wikkelingen
2. Reactantie $X_L = [\quad]$
3. Soldeer een weerstand van 10Ω in serie met deze wikkeling
4. Stel de functiegenerator in op een sinusspanning van 5 volt piek-piek, $F=100\text{kHz}$
5. Sluit de functiegenerator aan op de serieschakeling van de spoel en weerstand
6. **Let op dat je de aarde van de functiegenerator en scope aan dezelfde klem doet!!!!**
7. Meet met de scope de spanning over de weerstand van 10Ω
8. Wat is de piek-piek amplitude van de stroom door de serieschakeling van de wikkeling en R
9. Bereken de impedantie voor de serieschakeling van de inductiviteit met 10 wikkelingen en de weerstand van 10Ω
10. Impedantie $Z = [\quad]$

11. Bereken de stroom als over deze impedantie Z een sinusvormige spanning van 5 volt piek-piek, 100kHz staat
12. Stroom i (piek-piek) = [] A
13. Klopt de gemeten stroom met de berekende stroom?

7.4 Secundaire impedantie

1. Bereken de reactantie voor de inductiviteit met 5 windingen
2. Reactantie $X_L = [\quad]$

7.5 Secundaire spanning

1. Stel de functiegenerator in op een sinusspanning van 5 volt piek-piek, $F=100\text{kHz}$
2. Sluit de functiegenerator aan op de serieschakeling van de spoel en weerstand
3. Bereken de wikkelverhouding en bereken welke secundaire spanning je kan verwachten
4. Secundaire spanning $U_s = [\quad]$ volt
5. **Let op dat je de aarde van de functiegenerator en scope aan dezelfde klem doet!!!!**
6. Meet met de scope de spanning over de secundaire windingen
7. Secundaire gemeten spanning $U_{\text{gemeten}} = [\quad]$ volt
8. Verklaar het verschil?

7.6 Nullast/Kortsluitproef

De lek-inductiviteit is de niet gekoppeld inductiviteit van de windingen.

1. Stel de functiegenerator in op een sinusspanning van 5 volt piek-piek, $F=100\text{kHz}$
2. Sluit de functiegenerator aan op de serieschakeling van de spoel en weerstand
3. **Let op dat je de aarde van de functiegenerator en scope aan dezelfde klem doet!!!!**
4. De secundaire winding laten we nu open
5. Meet met de scope de spanning over de weerstand van 10Ω en bereken hieruit de stroom (piek-piek)
6. Gemeten stroom $i_{\text{No Load}} = [\quad]$ volt
7. Op de secundaire winding sluiten we nu een weerstand van 1000ω
8. Meet met de scope de spanning over de weerstand van 10Ω en bereken hieruit de stroom (piek-piek)
9. Gemeten stroom $i_{1k} = [\quad]$ volt
10. Verklaar het verschil tussen $i_{\text{No Load}}$ en i_{1k} ?
11. De secundaire winding sluiten we nu kort, dus beide draadjes doorverbinden

12. Meet met de scope de spanning over de weerstand van 10Ω en bereken hieruit de stroom (piek-piek)
13. Gemeten stroom $i_{\text{Short-Circuit}} = [\quad]$ volt
14. Verklaar het verschil tussen $i_{\text{No Load}}$ en $i_{\text{Short-Circuit}}$?

7.7 Lek inductiviteit

1. Laat de secundaire draadeinden vrij, zodat ze niet verbonden zijn
2. Meet met de LCR meter de inductiviteit L_p van de 10 wikkelingen
3. $L_{\text{open}} = [\quad]\mu\text{H}$
4. Sluit de secundaire draadeinden kort, zodat ze wel verbonden zijn
5. Meet met de LCR meter de inductiviteit L_p van de 10 wikkelingen
6. $L_{\text{open}} = [\quad]\mu\text{H}$
7. Verklaar het verschil?
8. Verklaar nu het verschil in de gemeten stromen in de vorige proef?

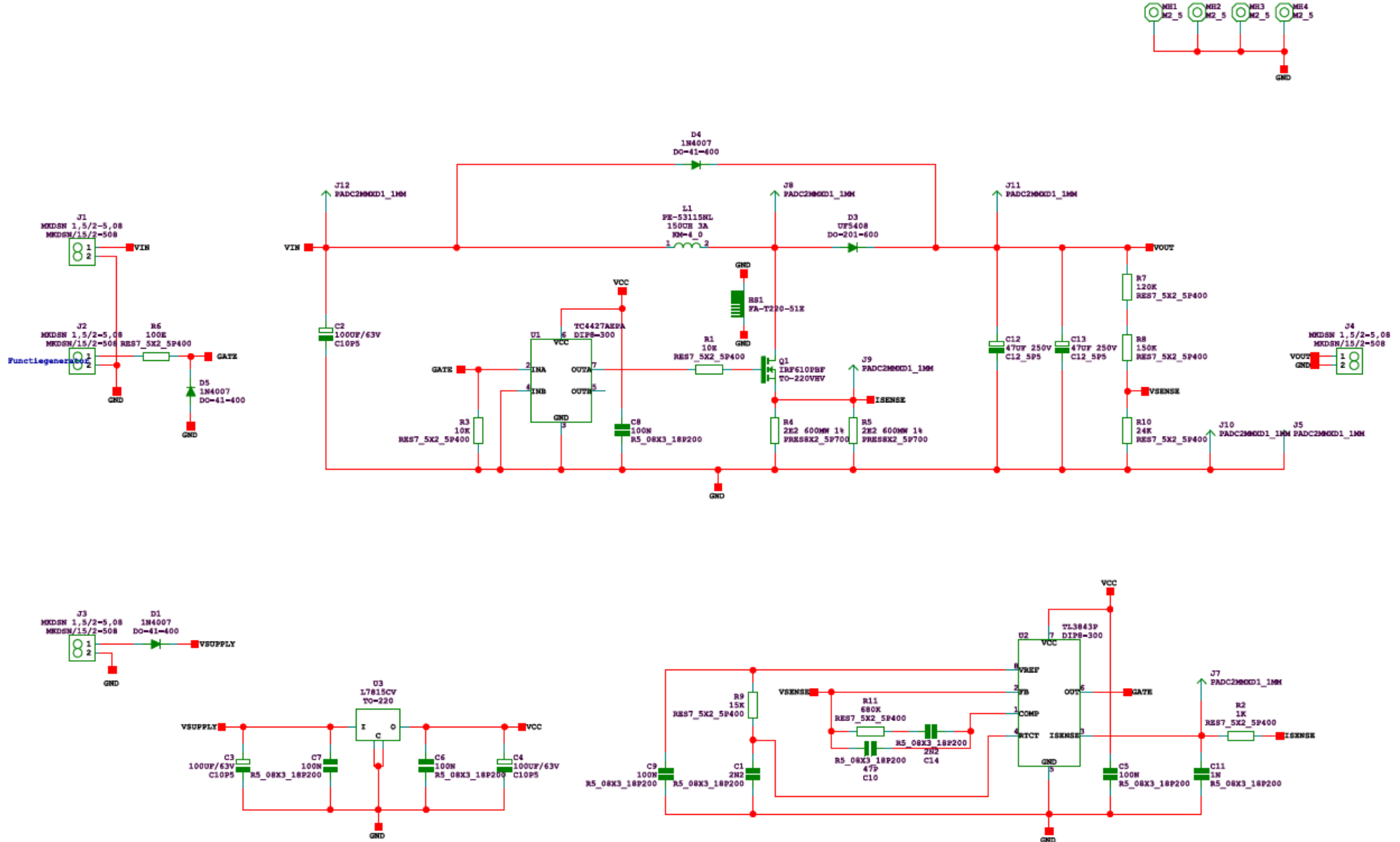
7.8 Vervangschema transformator

Zie [Vervang Schema Transformator](#) welke inductiviteiten je hebt gemeten.

8 Inleveren metingen:

Maak tenslotte een kort en krachtig meetrapport met een titelpagina, één pagina voor elke meting en een laatste pagina voor de je conclusie (jouw bevindingen naar aanleiding van je metingen).

Inleveren gaat via Brightspace.



BOM Product: HHS BOOST v1.1.0**Practicum VRMEL1**

Bestellijst augustus 2017

# per pcb	Refdes	ty pe	PDN	Value	Description
2	C1, C14	TH	C0G/NP0-5.08mm-	2n2	Keramisch 5.08mm, C0G/NP0.
1	C10	TH	C0G/NP0-5.08mm-	47p	Keramisch 5.08mm, C0G/NP0.
1	C11	TH	C0G/NP0-5.08mm-	1n	Keramisch 5.08mm, C0G/NP0.
2	C12, C13	TH	EEUED2E470	47uF 250V	Elco 105°C
3	C2, C3, C4	TH	MAL213668101E3	100uF/63V	Elco 136
5	C5, C6, C7, C8, C9	TH	K104K15X7RF5TH5	100n	Keramisch X7R
3	D1, D4, D5	TH	1N4007	1000V 1A	Diode 1000V / 1A
1	D3	TH	UF5408	1000V 3A	Diode 1000V / 3A
1	HS1	TH	FA-T220-51E	heatsink TO-220	heatsink TO-220
1	ISO1	TH	MK3306/S	Isolatie set	Isolation TO-220
1	ISO2	TH	312 0836 599 35	6x1,3x3,5 M3	Isolatiemanchet M3
4	J1, J2, J3, J4	TH	MKDSN 1,5/2-5,08	2p	MKDSN
7	J5, J7, J8, J9, J10, J11, J12	TH	RT-01T-1.0B(LF)	1mm	Testpen
1	L1	TH	PE-53115NL	150uH 3A	Inductor Toroid
1	PCB1	TH	HHS-BOOST v1.1	HHS SIA RAAK	Boost converter practicum print
1	Q1	TH	IRF810PBF	200V 3,3A 1,5E	TO220
1	R1	TH	5%	10E	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R10	TH	5%	24K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R11	TH	400mW-5%	680K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R2	TH	1%	1K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R3	TH	5%	10K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
2	R4, R5	TH	LR1F2R2	2E2 600mW 1%	0.6W
1	R6	TH	400mW-1%	100E	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R7	TH	400mW-5%	120K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R8	TH	400mW-5%	150K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
1	R9	TH	1%	15K	Metaalfilm univer. 400mW discr.
2	SOCKE1, SOCKE2	TH	808-AG11D-ESL-LF	8p	IC Voet IC Socket 8p
1	U1	TH	TC4427AEPA	1,5A	Gatedriver
1	U2	TH	TL3843P	1.0A	Current Controller
1	U3	TH	MC7815BTG	15V 1A	Regulator Lineair