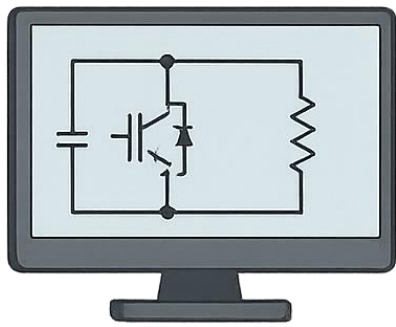
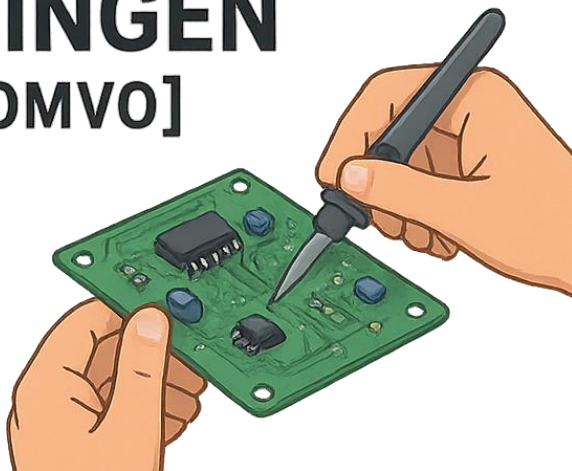
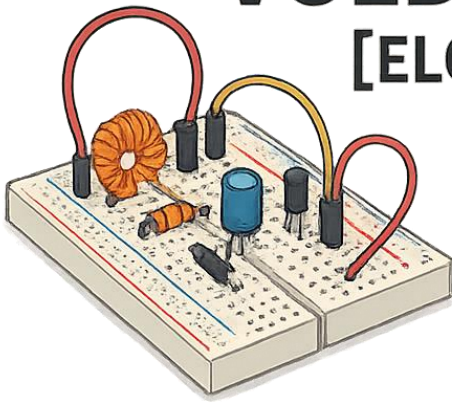


POWER ELECTRONICS



ELEKTRISCHE OMZETTINGEN EN VOEDINGEN [ELOMVO]



2025-2026

CONCEPT

Powerd by:

DC POWER
LABORATORY



Follow us on www.dc-power-lab.com



Copyright © 2024 – DC Power Laboratory All Rights Reserved

Huishoudelijke Mededeling ELOMVO

- **Samenwerken:**
Studenten mogen in **groepjes van maximaal 2 personen** samenwerken. Meer dan 2 studenten per groepje is niet toegestaan.
- **Structuur van het practicum:**
Het practicum bestaat uit **7 lessen**, verdeeld over **7 weken**. Elke les correspondeert met een hoofdstuknummer. Zo kun je eenvoudig zien of je op schema loopt of achterloopt.
- **Rapportage:**
 - Iedere student maakt **zijn/haar eigen rapportage** en levert deze individueel in.
 - In je document geef je duidelijk aan met welke student je hebt samengewerkt.
 - Op het **voorblad** vermeld je: **naam, studentnummer, datum** en zorg je voor een nette opmaak.
 - De opmaak mag naar eigen wens zijn, maar het eindresultaat moet verzorgd en professioneel ogen. Pas hierbij de technieken toe die je hebt geleerd bij *rapportagetechnieken*.
- **Inhoud rapportage:**
 - Tabellen worden netjes digitaal ingevuld.
 - Screenshots en foto's worden correct ingevoegd en duidelijk leesbaar gepresenteerd.
 - Bij elke simulatie plaats je een **screenshot** en daaronder schrijf je je **verklaring en bevindingen**.
 - Scope-plaatjes haal je via een **USB-stick rechtstreeks van de scope**. Handgeschreven notities of wazige foto's worden **niet beoordeeld**.
- **Software:**
Voor de simulaties gebruik je **CASPOC**, te downloaden via de volgende link:
<https://dc-pe.org/hhs/ve/Caspoc2015Praktikum.zip>
- **Inleveren:**
 - De volledige rapportage lever je in via **Brightspace** in de laatste week van het practicum, **uiterlijk zondag 23:59 uur**.
 - De inlevermap wordt tijdig beschikbaar gemaakt.
- **Controle en aanwezigheid:**
 - Tijdens de lessen loopt de docent rond om tussentijdse controles te doen. Zorg er dus voor dat je je volledige rapportage steeds bij je hebt.
 - **Aanwezigheid is verplicht.**
- **Tot slot:**
Er valt ontzettend veel te leren in de wereld van **vermogenselektronica**. In dit vak behandelen we de **basisprincipes**. Heb je meer interesse of nieuwsgierigheid naar verdiepende onderwerpen? Stel dan gerust vragen tijdens de lessen – we nemen graag de tijd om verder te kijken dan alleen de stof van dit practicum.



Inhoudsopgave

1	CASPOC Simulaties Boost Converter	4
1.1	Inleiding CASPOC.	4
1.2	Inleiding en boostconverter	5
1.3	Boost Converter Simulatie.....	7
1.4	Buck Converter Simulatie.....	8
1.5	Continubedrijf en dutycycle	9
1.6	Inductieve belasting	9
1.7	Vermogen	9
1.8	Stroomwet van Kirchhof	9
1.9	Snelheid van de responsie	9
1.10	Conclusie	9
2	CASPOC Online Simulaties	10
2.1	Buck converter	10
2.2	Inductor current ripple	12
2.3	Output voltage ripple	12
2.4	Output capacitor ESR	13
2.5	Output capacitor ESR reduction	13
2.6	Waveforms Buck Converter, continuous inductor current.....	14
2.7	Waveforms Buck Converter, discontinuous inductor current	15
3	Analog IC as Current mode Controller the UC3842	16
3.1	Supply voltage.....	16
3.2	Reference voltage	17
3.3	Internal oscillator.....	18
3.4	Timing Capacitor and Resistor	20
3.5	Variable frequency.....	20
3.6	Variable dutycycle.....	21
4	Voltage Mode Buck Converter.....	25
5	Soldering the Boost Converter.....	26
5.1	ESD	26
6	Boost Converter Measurement Assignments.....	28
6.1	The THT Track.....	28
6.2	The SMD Track.....	28
7	Measurements Inductor.....	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	Feedback	32



1 CASPOC Simulaties Boost Converter

1.1 Inleiding CASPOC.

CASPOC is een gespecialiseerde simulatieomgeving voor **vermogenelektronica en aandrijvingen**.

Met CASPOC kun je:

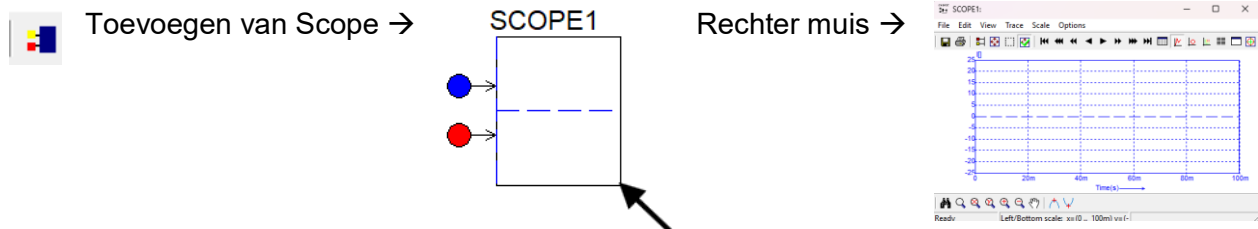
- Schakelingen modelleren met **MOSFET's, diodes, spoelen en condensatoren**.
- **Realtime golfvormen** bekijken van stromen en spanningen.
- Zowel **open-loop** als **closed-loop** regelaars simuleren.
- Zonder convergentieproblemen snel resultaten krijgen (voordeel t.o.v. SPICE-achtige tools).
- Complexe systemen (bijv. converters met motorbelastingen) combineren in één model.

Voor dit practicum gebruiken we CASPOC om stap voor stap te leren hoe een **boost converter** werkt. Download als eerst de laatste versie van CASPOC via de volgende link: <https://dc-pe.org/hhs/ve/> (zoek naar de link onder Caspoc Simulatie)

Uitpakken in een folder op je C schijf en vervolgens de Caspoc2017.exe uitvoeren.

Metten in CASPOC?

Meet altijd de stromen in een scope. 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 en ook effectieve waarde (rms) en gemiddelde waarde. (klik met de rechtermuisbutton op de scope en dan de pijltjestoetsen!)



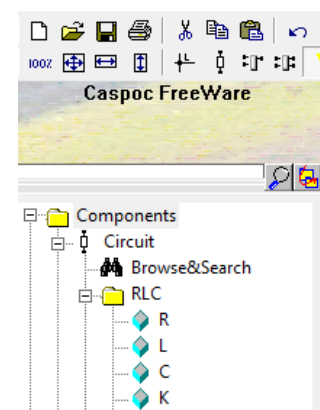
Het blauwe bolletje geeft aan dat je een stroom kunt meten of het bolletje te slepen naar een component. Wil je spanning meten teken dan vanaf een knooppunt een lijn naar dit bolletje toe. Het bolletje verandert dan in een vierkant. Heb je meer meetpunten nodig, sleep rechts onder de scope om hem te vergroten. Hoe groter de scope hoe meer meetbolletjes er verschijnen.

Componenten toevoegen in CASPOC?

Doormiddel van het componenten bibliotheek kun je componenten toevoegen, mocht je iets niet kunnen vinden kun je ook altijd gebruik maken van de zoekbalk boven de tekst Components. Typ hier wat je zoekt en druk op het vergrootglas.

Aanvullende knoppen?

- Door op de te drukken, start je de simulatie.
- Door op de te drukken, pas je de simulatietijd aan.
- Door op de te drukken, worden de animatie/stromen zichtbaar.
- Door op de te drukken, staat de schakeling weer centraal



Follow us on www.dc-power-lab.com



1.2 Inleiding en boostconverter

Wat is een boostconverter?

Een **boostconverter** (stap-up converter) is een veelgebruikte **DC-DC omzetter** die een **hogere uitgangsspanning** levert dan de aangelegde ingangsspanning. De boostconverter wordt veel toegepast in voedingen en elektronische apparaten, bijvoorbeeld om de spanning van een batterij (3,7 V) op te hogen naar een hogere spanning (bijv. 12 V of 24 V). Het fundamentele principe is dat een spoel tijdelijk energie opslaat en deze vervolgens via een diode naar de uitgang levert. Door het schakelen van een MOSFET wordt de energieopslag en -afgifte gecontroleerd.

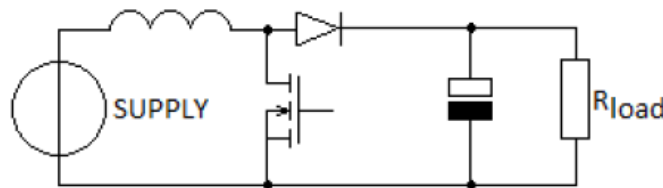
Toepassingen:

- Voedingen voor draagbare apparaten.
- Zonnepaneel-omzetters (MPPT).
- Automotive elektronica (12 V naar 24 V systemen).
- LED-drivers en batterijladers.

Basisopbouw en werking

De drie belangrijkste componenten zijn:

- **Spoel (L):** slaat tijdelijk energie op in een magnetisch veld.
- **MOSFET (Q):** functioneert als schakelaar die de spoel periodiek aan massa schakelt.
- **Diode (D):** laat de opgeslagen energie naar de uitgang vloeien wanneer de MOSFET uit staat.
- **Condensator (C):** stabiliseert de uitgangsspanning en beperkt rimpel.



Figuur 1.2.1: Schematische weergave van een boostconverter.

Werking in twee fasen:

1. **MOSFET geleidt (ON):**
De spoel wordt opgeladen; stroom door de spoel neemt toe.
De diode is geblokkeerd en de belasting wordt gevoed door de condensator.
2. **MOSFET is uit (OFF):**
De spoel ontladst via de diode naar de uitgang.
De uitgangsspanning stijgt en voedt samen met de ingangsspanning de belasting.

Een spoel, een diode en een mosfet vormen het hart van de boostconverter, zie Figuur 1.2.1. 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 schakelen kunnen we doen door de Gate van de MOSFET te voorzien van een bloksignaal. Door het bloksignaal aan te passen, de Duty Cycle, kunnen we de uitgangsspanning veranderen. Dit bloksignaal kan doormiddel van een functiegenerator, analoge regeling of een microcontroller gecreëerd worden.

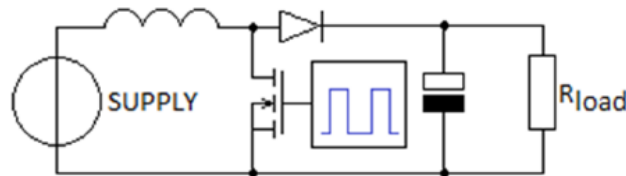


Open-Loop Boost Converter

In een **open-loop** systeem (figuur 1.2.2) wordt de MOSFET aangestuurd door een vaste pulsbreedte (duty-cycle). Er is géén terugkoppeling vanuit de uitgangsspanning of uitgangsstroom. In dit geval wordt er gesproken over een “open loop” converter, dus zonder feedback.

- Voordeel: eenvoudig en goed om de basis te begrijpen.
- Nadeel: uitgangsspanning is niet stabiel; verandert bij wisselende belasting of ingangsspanning.

Praktijkvoorbeeld: een functiegenerator die de MOSFET met een 50% duty-cycle aanstuurt.



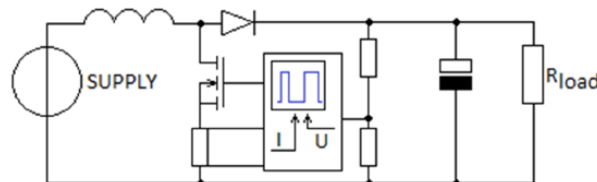
Figuur 1.2.2: Open loop vanuit een functiegenerator

Closed-Loop Boost Converter

In een **closed-loop** systeem (figuur 1.2.3) wordt de uitgangsspanning of uitgangsstroom continu gemeten en vergeleken met een referentiewaarde. Een regelaar (controller) past de duty-cycle automatisch aan om de uitgangsspanning stabiel te houden. In dit geval spreken we van een “closed loop” converter,

- Voordeel: stabiele en betrouwbare uitgangsspanning.
- Toepassing: vrijwel alle commerciële voedingen gebruiken closed-loop.
- Nadeel: complexer, vereist een regelkring en compensatie.

Praktijkvoorbeeld: een laptopvoeding die altijd exact 19 V levert, ongeacht wisselende netspanning of belasting.



Figuur 1.2.3: Closed loop vanuit een gesloten regeling

Modus Boost Converter

Tijdens gebruik van de converter kan afhankelijk van de gekozen componenten de converter in CCM en DCM opereren. In de **continue modus (CCM)** is de gemiddelde uitgangsspanning te berekenen met:

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1 - D}$$

waarbij:

- V_{out} = uitgangsspanning
- V_{in} = ingangsspanning
- D = duty-cycle ($0 < D < 1$)

Bij hogere duty-cycle neemt de uitgangsspanning toe.

In de **discontinue modus (DCM)** is de formule complexer en afhankelijk van de spoel, belasting en schakelfrequentie. Studenten hoeven hier alleen te herkennen dat bij lage belastingen of kleine spoelen de stroom tot nul kan dalen, waardoor het gedrag verandert.



Follow us on www.dc-power-lab.com



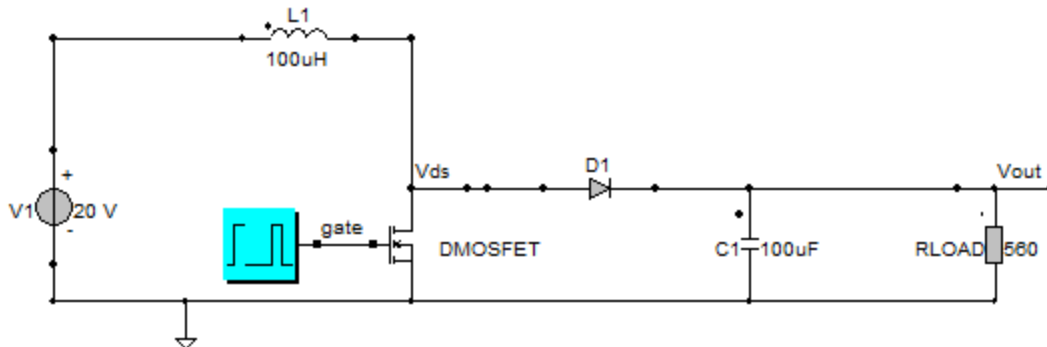
1.3 Boost Converter Simulatie

In deze opdracht ga je een boostconverter simuleren met behulp van CASPOC.

Stap 1 – Open het model

Gebruik het CASPOC-bestand van **Figuur 1.3.1** (les1\boost.csi).

- De ingangsspanning V1 is een DC spanning van 20Vdc.
- Op de gate van de MOSFET staat een functiegenerator ingesteld op 50kHz.
- Je stuurt de MOSFET aan via een pulsgenerator met een variabele duty cycle.



Figuur 1.3.1: Schema voor de simulatie van een boostconverter (boost.csi).

Stap 2 – Variëren van de duty cycle

Stel de duty cycle in op: 10%, 20%, 40%, 50% en 75%.

Meet voor elke duty cycle de steady state uitgangsspanning Vout bij drie belastingen:

Duty cycle %	Vuit (V)		
	Onbelast RLOAD=1MEG	Middelzware belasting RLOAD = 560 Ohm	Zware belasting RLOAD= 56 Ohm
10			
20			
40			
50			
75			

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

Stap 3 – Analyseer golfvormen

Maak een scope-plaatje en analyseer de volgende grootheden:

- Spanningen: Vin, VDS, Vout
- Stromen: door L1, de MOSFET en de diode

De stroomwet van Kirchhoff: som van stromen door spoel, MOSFET en diode moet kloppen.

De spoelwet: $UL = L \cdot di/dt$

Stap 4 – Screenshots maken

- Maak per belasting minstens **1 screenshot**.
- Stel de tijds-as in op 1 ms (Tscreen = 1 ms).
- Zorg dat in de screenshot minimaal één periode zichtbaar is.
- Voeg deze screenshots toe aan je verslag, direct onder je verklaringen.

Stap 5 – Conclusie schrijven

Sluit je verslag voor deze opdracht af met een korte conclusie:

- Hoe verandert de uitgangsspanning met de duty cycle?
- Welke verschillen zie je tussen lichte en zware belastingen?
- Herken je Kirchhoff's wetten en de spoelwet in de golfvormen?
- Zijn de resultaten logisch en in lijn met de theorie?



Follow us on www.dc-power-lab.com



1.4 Buck Converter Simulatie

In deze opdracht ga je de werking van een **Buck Converter** verkennen met behulp van CASPOC.

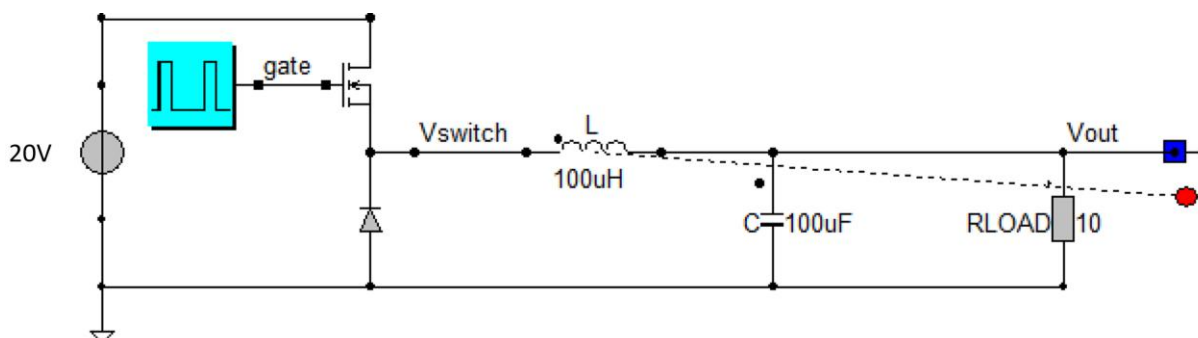
Simulatie met verschillende duty cycles

Open het bestand **les1/buck.csi** en maak een kopie zodat je altijd terug kunt naar het oorspronkelijke model.

- Stel de duty cycle in op **10%, 25%, 50%, 75% en 90%**.
- Simuleer en noteer de meetresultaten.
- Vergelijk deze met de **theoretische waarden** van V_{out} .

Te bepalen parameters:

- $V_{out,th}$: theoretische uitgangsspanning
- V_{peak} : hoogste spanning (piekniveau)
- $t_{V_{peak}}$: tijdstip waarop de piek optreedt
- $V_{stationair}$: stationaire waarde van de spanning
- I_{peak} : hoogste stroomwaarde
- $t_{I_{peak}}$: tijdstip van de stroompiek
- $I_{stationair}$: stationaire stroomwaarde
- $t_{settling,5\%}$: tijd die nodig is om binnen 5% van de stationaire waarde te komen



Figuur 1.3.4: Schema voor de simulatie van een buckconverter (buck.csi).

D	$V_{out,th}^{-1}$	V_{peak}	$t_{V_{peak}}$	$V_{stationair}$	I_{peak}	$t_{I_{peak}}$	$I_{stationair}$	$t_{settling\ 5\%}$
10%								
25%								
50%								
75%								
90%								

Vul de **Fout!** **Verwijzingsbron niet gevonden.** door de theoretische waarde van V_{out} te berekenen en de andere waarden af te lezen uit de grafieken. 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.

Gebruik de scope en de pijltjes toetsen om door de meetresultaten heen te lopen, met rechter muis kun je ook een waarde direct aflezen door op het signaal te drukken. Mocht je meer van het signaal willen zien, dan kun je met ENTER doorgaan met de simulatie vanaf het punt waar de simulatie geëindigd is.



Follow us on www.dc-power-lab.com



1.5 Continubedrijf en dutycycle

Neem opnieuw de simulatie van van Figuur 1.3.4 (buck.csi) en onderzoek bij welke waarden van de R_{LOAD} de schakeling in continu bedrijf werkt. Zet je de bevindingen in de tabel.

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

1.6 Inductieve belasting

Neem opnieuw de schakeling van Figuur 1.3.4 (buck.csi) maar verander de *duty cycle* naar 10% . In de stationaire toestand blijkt de schakeling discontinu te werken. Zoek de waarde van L waarvoor geldt dat de schakeling juist continu is.?

Vergelijk vervolgens de parameters die in de tabel van Figuur 1.3.4 staan, met de nieuwe waardes die je vind in de opgave hier boven. Waarom is het van belang om de L: te veranderen?

1.7 Vermogen

Neem opnieuw de schakeling van Figuur 1.3.4 (buck.csi) en zet de *dutycycle* op 50%.

Meet nu de gemiddelde ingangsstroom?

Meet nu de gemiddelde uitgangsstroom?

Is het ingangsvermogen gelijk aan het uitgangsvermogen?

1.8 Stroomwet van Kirchhof

Neem opnieuw de schakeling van Figuur 1.3.4 (buck.csi) en zet de *dutycycle* op 50%.

Meet nu de gemiddelde stroom door de spoel L

Meet nu de gemiddelde stroom door de MOSFET?

Meet nu de gemiddelde stroom door de diode?

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

1.9 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 100uH?

1.10 Conclusie

Schrijf een kort verhaal met je belangrijkste bevindingen van hoofdstuk 1, graag in eigen woorden. Ook tijdens de les vragen we je dit in eigen woorden te vertellen als validatie.



Follow us on www.dc-power-lab.com



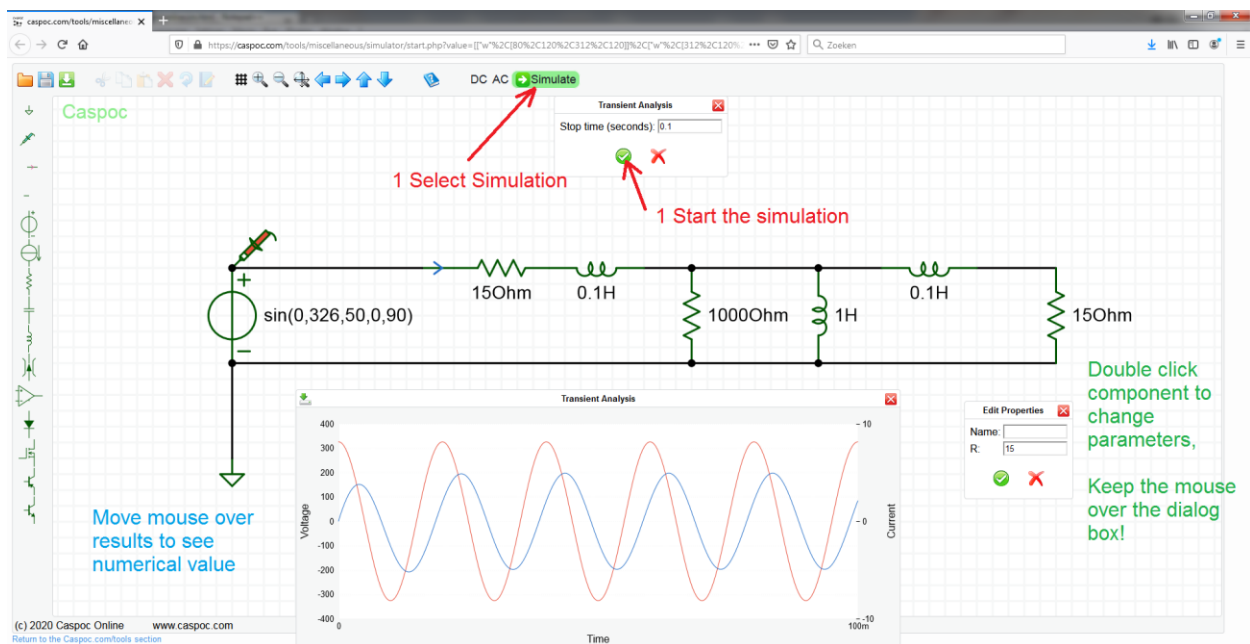
2 CASPOC Online Simulaties

We gaan nu gebruik maken van een andere tool, dit is de CASPOC online omgeving. Hier draai je versimpelde simulaties die niet zo veel rekenkracht vereisen. Voordeel dat je het op elke laptop, mobiel of tablet kunt draaien. En ook geschikt om eenvoudig door te sturen naar je mede student aangezien de volledige schakeling beschreven staat in de URL.

Ga naar de volgende website voor de online tool met bijbehorende vragen:

<https://dc-pe.org/hhs/onlinesim/#smpls>

Note: De onderstaande vragen hebben een verouderde Hyperlink, gebruik daarom de website voor de meest actuele link naar de simulaties. De vragen zelf zijn het zelfde gebleven dus houdt de hoofdstuknummering aan



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](#) (zie website)



Follow us on www.dc-power-lab.com



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	V _{in}	I _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{in}	P _{out}	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:

R _{out}	V _{in}	I _{in}	V _{out}	I _{out}	P _{in}	P _{out}	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](#)(zie website)

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](#)(zie website)

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](#)(zie website)



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%

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

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

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%

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

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

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	100 μ H
C	10 μ F
Rout	10
Fs	50kHz
d	40%

Buck Converter 48volt->20volt, continuous inductor current(zie website)

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](#)(zie website)

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.



Follow us on www.dc-power-lab.com



3 Analog IC as Current mode Controller the UC3842

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. We will use a breadboard to build and test the circuits that are shown in the pictures.

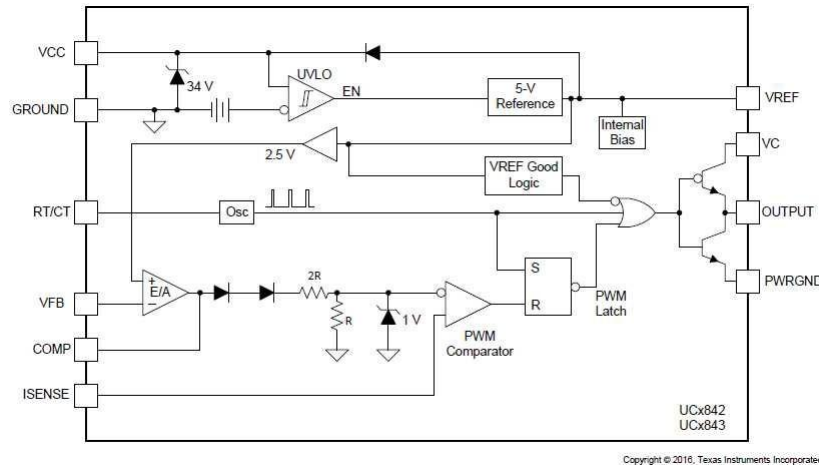


Figure 3.0.1: Functional block diagram of the UC3842

The pin layout of the IC is shown in **Figure 3.0.2**. The pin layout is the same for both the PDIP and SOIC packages.

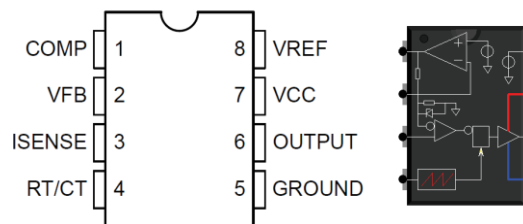


Figure 3.0.2 : SOIC and PDIP package pin layout and CASPOC symbol

3.1 Supply voltage

The supply voltage depends on the type of IC. In **Table 3.1**, the minimum voltages 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 half bridge controllers or for limiting the maximum on time in a Flyback converter.

Table 3.1: Under Voltage Lock Out [UVLO] and maximum duty cycle.

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%



Follow us on www.dc-power-lab.com



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.

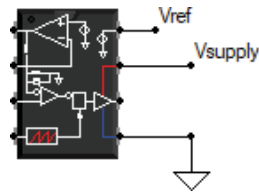


Figure 3.2.1: Supply voltage and reference voltage V_{ref} .

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

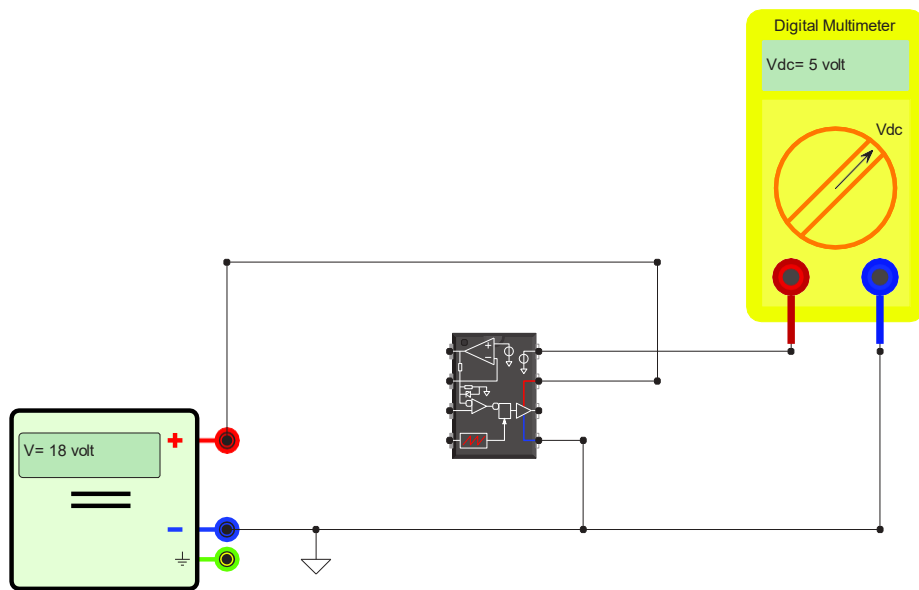


Figure 4.4: Measure V_{ref} on pin[8].

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.

Table 3.2.2: V_{ref} as function of V_{supply} for increasing supply voltage.

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



Follow us on www.dc-power-lab.com



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 Figure 2.2.4, to mark the on and off of the UC3842.

Table 2.2.3: Vref as function of Vsupply for decreasing supply voltage.

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

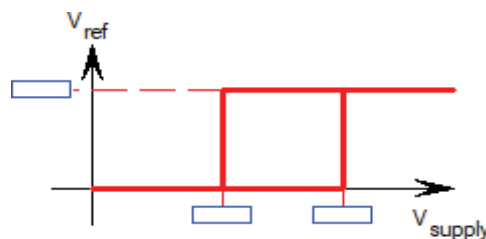


Figure 2.2.4: Measure the hysteresis of Vref depending on the supply voltage Vsupply .

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 3.3.1. 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.

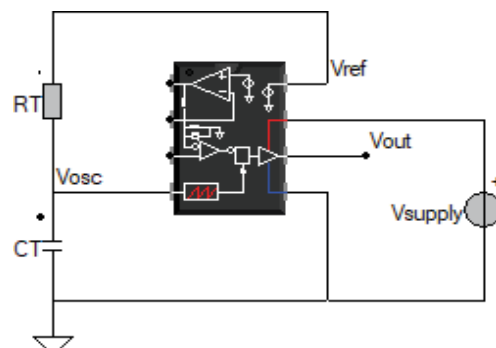


Figure 3.3.1: Basic circuit for the internal oscillator



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

$$T_{charge} = R_T \cdot C_T$$

where R_T and C_T are the external resistor and capacitor, as shown in Figure 3.3.2

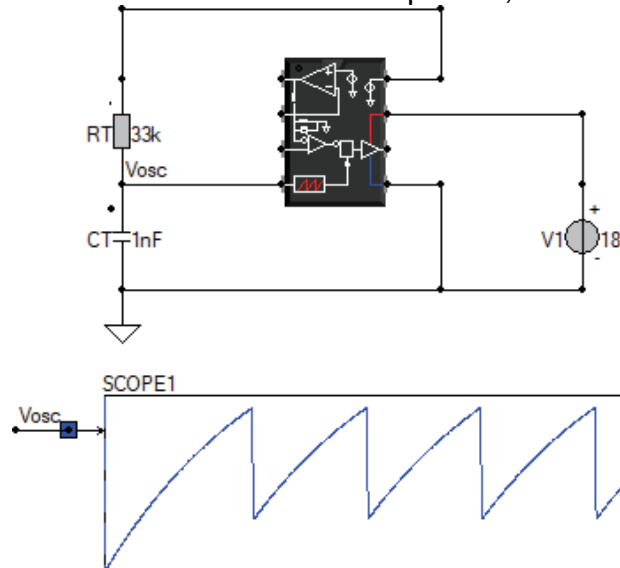


Figure 3.3.2: External resistor R_T and capacitor C_T define the switching frequency

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 3.3.3

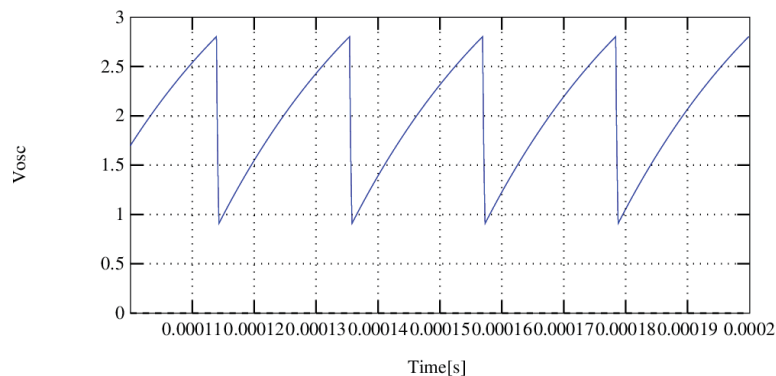


Figure 3.3.3: Oscillator voltage V_{osc}

Question:

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

Answer:

Maximum Voltage=[]
Minimum Voltage= []



Follow us on www.dc-power-lab.com



3.4 Timing Capacitor and Resistor

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

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

The timing capacitor and resistor can also be read from Figure 3.4.1

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 3.5.2. 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 of the oscillator voltage, the period changes depending on the total resistance, see to Figure 3.5.1

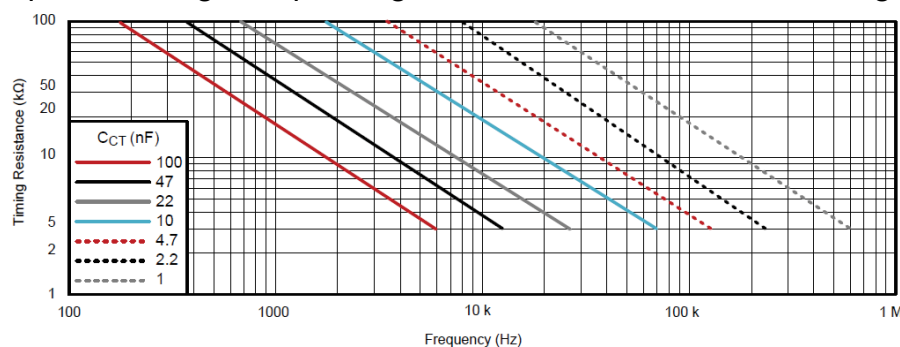


Figure 3.5.1: Datasheet showing resistor R_T and capacitor C_T for defining the switching frequency

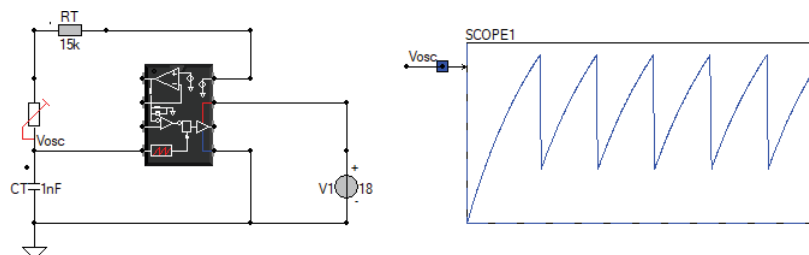
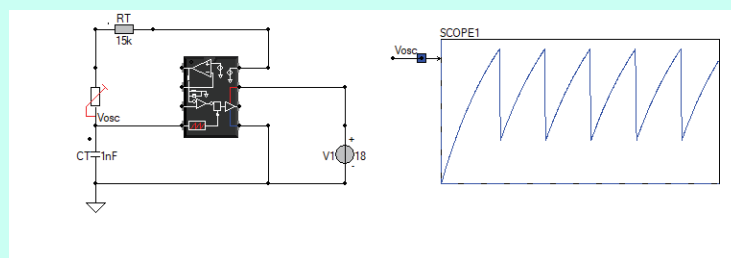


Figure 3.5.2: Variable oscillator frequency, by adjusting R_T

Question:

Build a circuit to create an adjustable frequency. Adjust the resistance and measure the oscillator frequency. Note the frequency in table 3.5.3

Answer:



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

Table 3.5.3: 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} .

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 Figure 3.6.1

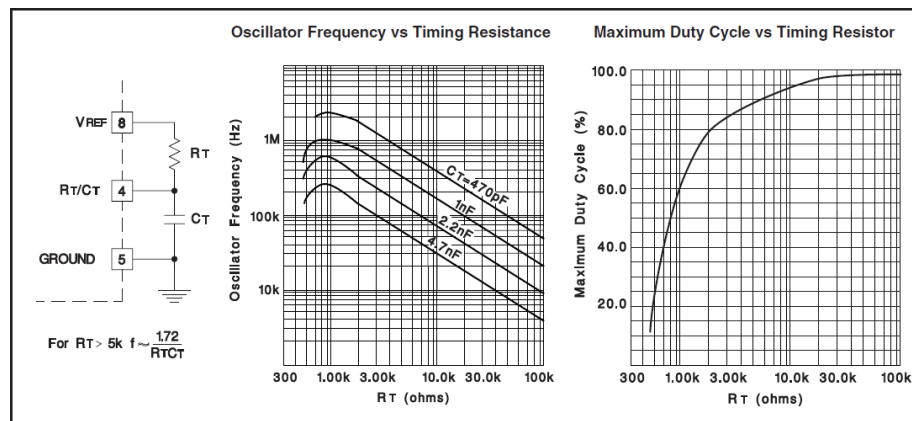


Figure 3.6.1: Oscillator Section, copyright: Datasheet Unitrode

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 3.6.2 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 3.6.3

The maximum dutycycle is defined by the size of the timing capacitor C_T as defined in Figure 3.6.4



Follow us on www.dc-power-lab.com



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 $V_{osc} = 1.7$ 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 3.6.5.

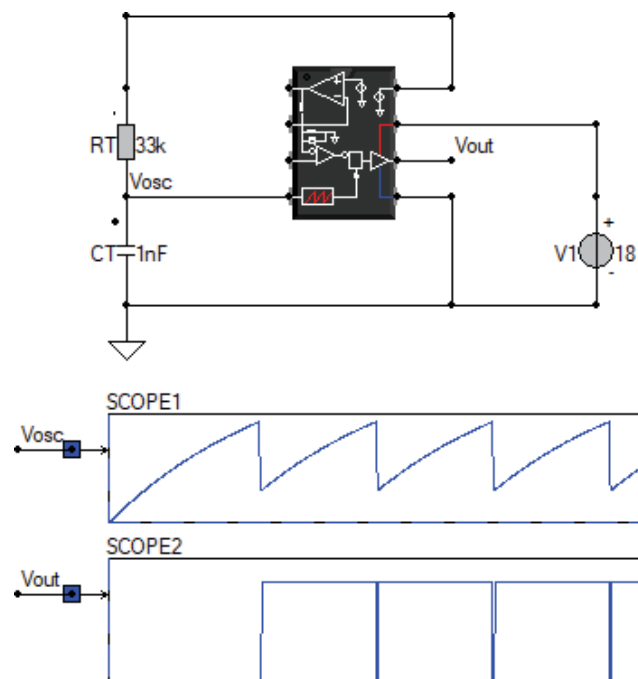


Figure 3.6.2: Maximum duty cycle

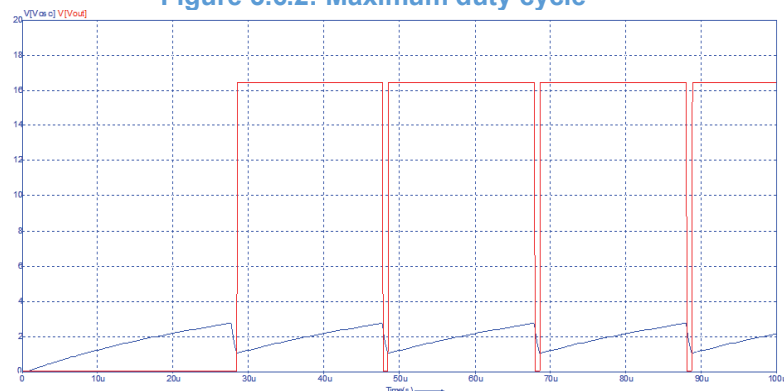


Figure 3.6.3: Maximum duty cycle



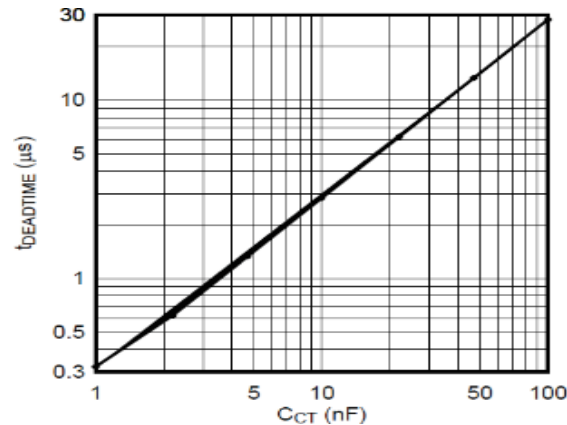


Figure 3.6.4: Maximum duty cycle given in μs as function of the timing capacitor CT

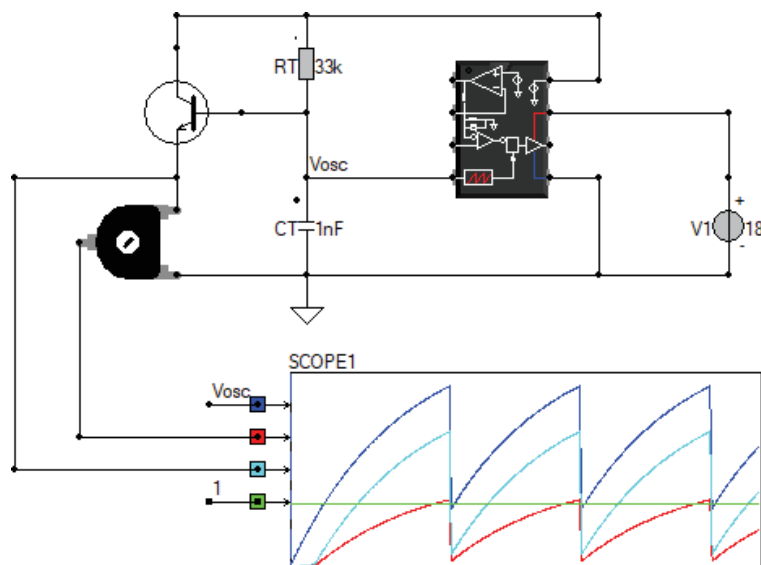


Figure 3.6.5: Buffering the oscillator voltage to derive a control signal for variable duty cycle.

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 3.6.6.



Question:

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

Answer:

$$\begin{aligned} V_{osc}^{max} &= [\quad] \\ V_{osc}^{min} &= [\quad] \end{aligned}$$

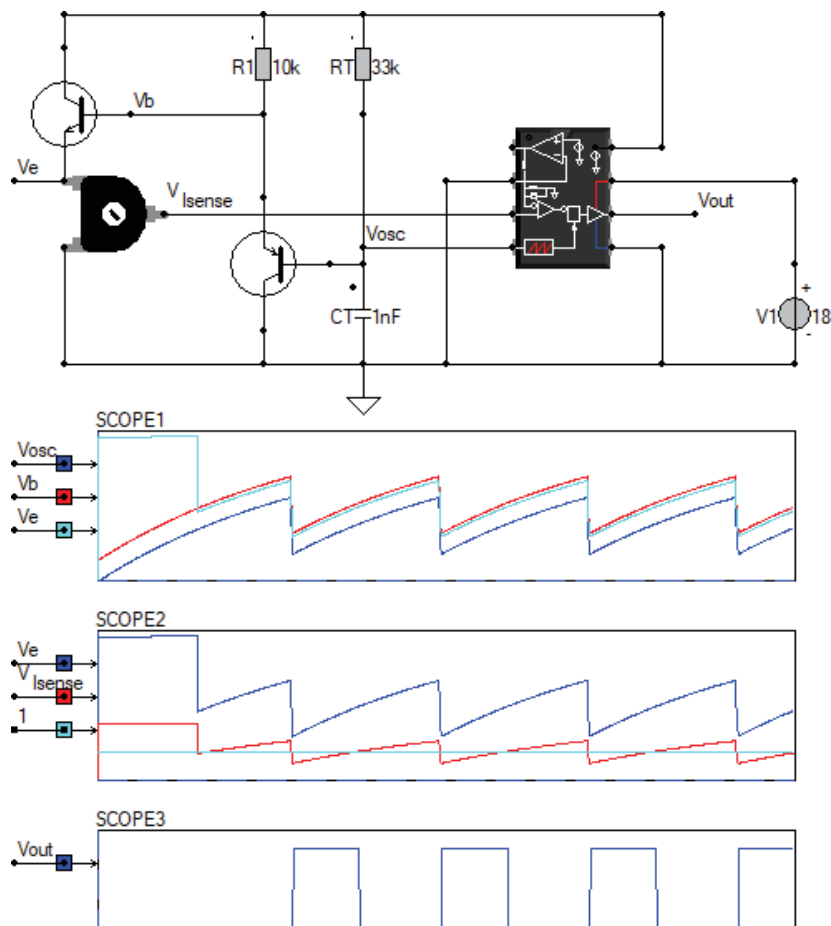
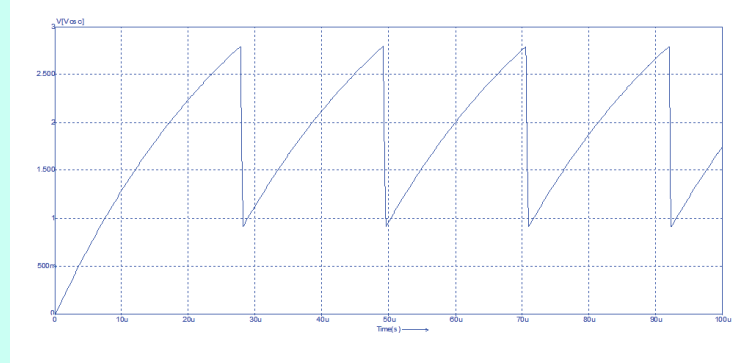


Figure 3.6.6: A PNP transistor is used for buffering V_{osc} and increasing the voltage level by 0.7 volt.



Follow us on www.dc-power-lab.com

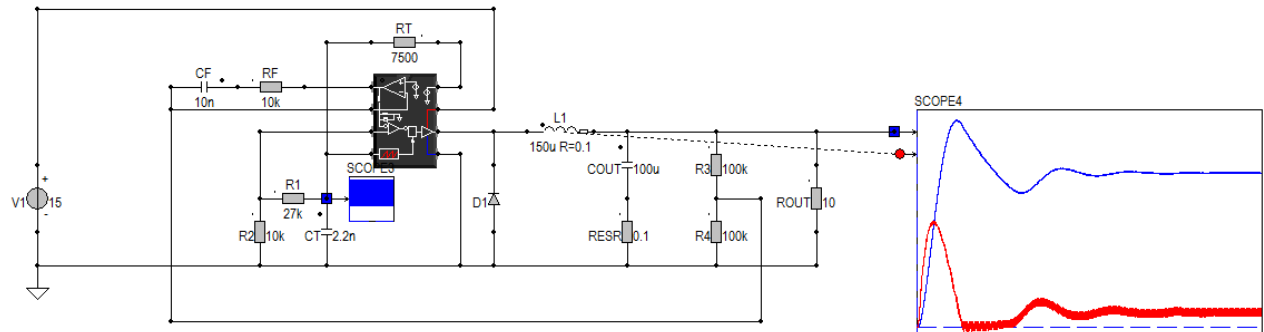


Copyright © 2024 – DC Power Laboratory All Rights Reserved

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 (a real photo) 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.

NOTE: This assignment should be signed in by the lecturer



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

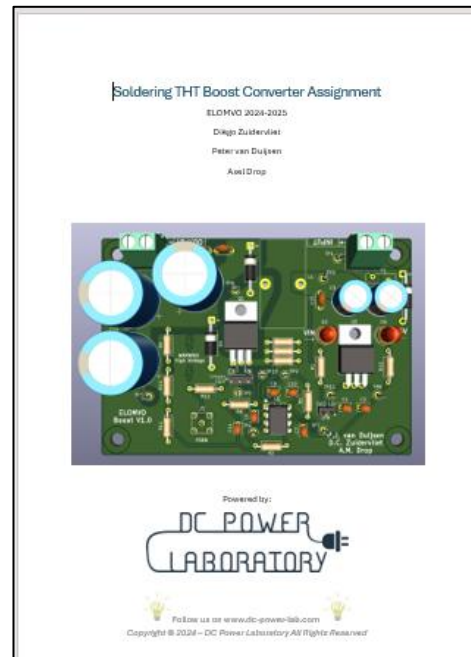


Follow us on www.dc-power-lab.com



5 Soldering the Boost Converter

In this part of the practicum, you will assemble the Boost Converter PCB and carry out real measurements on the hardware. You may choose the SMD or THT track of the converter



Both converters will give the same results and share the same name. These handouts will be given during the practicum, and the PCB and components will also be available.

5.1 ESD

When working with MOSFETs, keep in mind that they are highly sensitive to electrostatic discharge (ESD). Once soldered into the circuit, this risk is reduced, but ESD protection is essential during handling.

Always wear a grounded ESD wrist strap and work on an antistatic mat.



Key soldering guidelines:

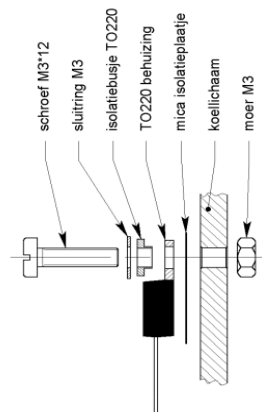
Start with small and low-profile components first.

Pay close attention to electrolytic capacitors (ELCOs) → they are polarized.

Always use IC sockets for U1 and U2 (to avoid heat damage and allow easy replacement).

The 7815 regulator (U3) is mounted directly on the copper area of the PCB for cooling, since its metal tab is connected to GND.

1. Solder all resistors, small diodes, and low-profile components.
2. Insert and solder IC sockets for U1 and U2.
3. Mount capacitors, paying attention to polarity.
4. Prepare the MOSFET (Q1), handle it only on an ESD-safe surface.



Follow us on www.dc-power-lab.com



Copyright © 2024 – DC Power Laboratory All Rights Reserved

5.2 Connecting the Circuit

Warning: Incorrect placement of components or wrong wiring may result in components exploding. Always wear safety glasses from this point forward, this is power electronics.



Step-by-step connection procedure:

Use cables with banana plugs on one side and ferrules or tinned ends on the other to connect power supplies to V_{in} and V_{supply} .



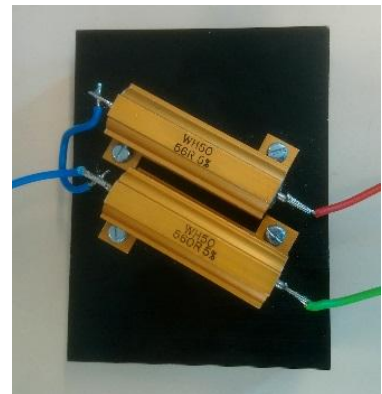
Connect a power resistor as load.

- No resistor → risk of dangerously high output voltage.
- Very low resistor → risk of excessive current.

Use a T-splitter to feed the generator signal both to the PCB pulse input and the oscilloscope.

Connect the generator to the pulse input of the PCB. Use cables of appropriate lengths to avoid shorts.

Connect a multimeter across the load resistor to measure V_{out} (DC value).



Use a second oscilloscope channel to measure and observe the waveform of the output voltage.

At this point, your PCB should look like the frontpage of the handouts (fully assembled and wired). Verify:

- All polarities are correct.
- Scope and multimeter are correctly connected.
- Generator signal is safely distributed.

Have your circuit checked first, and then you are ready to power it up and continue with the measurement assignments.



6 Boost Converter Measurement Assignments

Choose your track and follow the assignments in the handout.

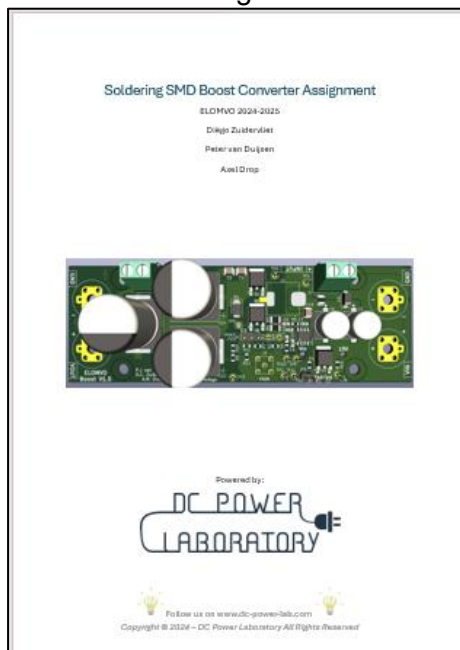
6.1 The THT Track

Follow all the assignments and add them to your report.



6.2 The SMD Track

Follow all the assignments and add them to your report.



7 Measurements Inductor

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 $i(\text{piek-piek}) = [\quad]\text{A}$
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 $i_{\text{lk}} = [\quad]$ volt



10. Verklaar het verschil tussen $i_{\text{No Load}}$ en i_{Ik} ?
11. De secundaire wikkeling 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 Feedback

Please provide a short piece of feedback about the entire course. Your comments will help us to improve the practicum for future students.

Feedback is optional, but highly appreciated.



Follow us on www.dc-power-lab.com





Follow us on www.dc-power-lab.com



Copyright © 2024 – DC Power Laboratory All Rights Reserved