

Eindverslag Flyback Converter PROENT

Andrew Lau, 13058339
Kevin Oei, 13090062
Daniël Martoredjo, 13024833
Koen van Vliet, 13093053
Daan Conijn, 13023217
Wouter Boogert, 13023462
Projectgroep 2

16 januari 2015

Voorwoord

Na dit blok hard gewerkt te hebben aan het project PROENT kwamen we tot de conclusie dat we tevreden zijn over het resultaat, ondanks enkele tegenslagen. We zouden graag de volgende personen willen bedanken: Matthijs Ensing voor de uitstekende begeleiding bij het practicum van VRMELA, het ondersteunen van het wikkelen van de spoel voor de flyback converter en de begeleiding bij het testen van de flyback schakeling. Eveneens dank aan Peter van Duijsen voor het geven van de theorielessen die nodig zijn om het project PROENT goed uit te kunnen voeren. Ook de heer Ferchani wordt bedankt voor het adviseren bij en begeleiden van de presentatie's en het helpen bij de vergaderingen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	7
2	Competentie: Beheren	8
2.1	Beheer van communicatie	8
2.2	Beheer van informatie	9
2.3	Beheer van kwaliteit	9
2.4	Beheer van het project	10
2.5	Resultaten beheer	10
3	Eisen	11
3.1	19V uitgang	11
3.2	15V uitgang	11
3.3	12V uitgang	11
4	Ontwerpen	12
4.1	Ontwerp voor 19V uitgangsspanning	13
4.2	Ontwerp voor 15V uitgangsspanning	17
4.3	Ontwerp voor 12V uitgangsspanning	20
5	Testprocedure	23
5.1	Hardwaretest	23
5.1.1	Test of het driver IC werkt	23
5.1.2	Test de flyback zonder opstartcircuit	24
5.1.3	Test de flyback met opstartcircuit	24
5.2	Discussie	24

6	Simulatie	25
7	Voldaan aan eisen?	26
8	Conclusies en aanbevelingen	27
9	Literatuur	28
10	Bijlagen	29

Samenvatting

Dit rapport behandelt de voortgang van de ontwerpen en het ontwerpen en testen van drie flyback converters. Aan ons, studenten van projectgroep 2 van de opleiding Elektrotechniek aan de Haagse Hogeschool vestiging Delft, is de opdracht gegeven om deze flyback converters te ontwerpen die van een ingangsspanning van 300-360 V een uitgangsspanning zal maken van 12, 15 en 19V. Deze flyback converters zullen als voeding dienen voor de M2Desk, een in de tafel geïntegreerde PC die gebruikt zal worden voor digitale toetsingen.

Hoofdstuk 2 omschrijft de competentie beheren en hoe we hebben gewerkt aan het in praktijk brengen van deze competentie. In tabel 1 is een overzicht van de competentie beheer binnen ons project te zien, en wat er gedaan is.

Tabel 1: Competentie: Beheer

Beheer van communicatie	Hier is gekozen voor het gebruik van Telegram en e-mail. Hiernaast zijn ook de telefoonnummers van de projectleden uitgewisseld.
Beheer van informatie	Voor de uitwisseling van bestanden, is het zogenaamde versiebeheersysteem "Git" gebruikt. Voor de documentatie is er gebruik gemaakt van LyX, een grafische L ^A T _E X-gebaseerde tekstverwerker.
Beheer van kwaliteit	Alle ontwerpen van de converters worden gedaan vanuit hetzelfde basismodel, zodat er onderling vergeleken kan worden en mogelijke fouten makkelijker op te sporen zijn. Alle verslagen zijn gemaakt volgens de richtlijnen van het boek Rapport over Rapporteren.
Beheer van het project	Om het project in goede banen te leiden is een plan van aanpak opgesteld, waarin het project wordt beschreven. Omdat onze projectgroep niet zoveel kennis had op het gebied van flyback converters, zijn er lessen van het vak Vermogenslektronica bijgewoond om de kennis op te doen die nodig is voor het goede verloop van het project.
Resultaten	Het beheer is voor het grootste deel goed verlopen, met uitzondering van het planningsbeheer. Het niet tijdig halen van de deadline voor het eindverslag is hier het grootste voorbeeld van.

Hoofdstuk 3 beschrijft de eisen voor het ontwerp van de converters met 19V, 15V en 12V uitgang. In tabel 2 zijn de eisen en berekeningen van de ontwerpen van de flyback converters te zien.

Tabel 2: Overzicht gegeven eisen en keuzen voor de flyback converters

f_s [kHz]	U_1 [V]	P [W]	U_2 [V]
100	300-360	30	19
100	300-360	30	15
100	300-360	30	12

Vervolgens wordt in hoofdstuk 4 het ontwerp van de drie converters beschreven. Hieronder een overzicht van alle berekende waarden die van belang zijn bij het ontwerp.

Tabel 3: Overzicht berekende keuzen voor de flyback converters

U_2 [V]	$N_p : N_s$	L_p [mH]	L_s [mH]	ESR [m Ω]	U_{DS} [V]	I_{DS} [A]	U_D [V]	I_D [A]
19	300 : 19	2,812	$10,90 * 10^{-3}$	58,5	720	0,533	41,8	8,55
15	20 : 1	3,18	$9,9 * 10^{-3}$	59,5	720	0,47	33	8,4
12	25 : 1	3,18	$5,589 * 10^{-3}$	44,6	720	0,47	26,4	11,2

Er zijn twee testprocedures beschreven: een procedure voor een simulatiemodel en één voor een hardwaretest. Deze worden in hoofdstuk 5 en het daarop volgende hoofdstuk toegelicht. Bij simulatie wordt gebruikt gemaakt van het programma Caspoc om te zien of de simulaties ongeveer kloppen met de berekeningen. Bij de hardwaretest wordt er eerst getest of de driver IC werkt. Vervolgens of de schakeling in flyback mode werkt. Ten slotte wordt de flyback converter getest inclusief opstartcircuit.

Ten slotte wordt het rapport afgesloten met de conclusies en aanbevelingen met daarna de bijlagen met daarin de agenda's en notulen ter ondersteuning voor het hoofdstuk beheer.

1 Inleiding

Het is indrukwekkend hoe apparaten zoals mobiele telefoons gevoed/opgeladen kunnen worden met een netspanning van 220V. Sommige mensen vragen zich af of dit mogelijk is. Hebben apparaten geen spanningen (veel) lager dan 220V nodig? Dit is bij de meeste apparaten inderdaad het geval. Om deze spanning van 220V om te zetten naar een lagere spanning is een schakelende voeding nodig, in de meeste gevallen een zogenaamde flyback converter.

De Haagse Hogeschool wilt het lokaal 0.126 geschikt maken voor digitaaltoetsen. Dit lokaal moet in de toetsperiode voorzien worden van 100-400 computers. In tegenstelling tot het gebruik van een normale PC die een vermogen vraagt van ongeveer 360W, wordt de M2Desk gebruikt die een vermogen vraagt van maar liefst 11-24W. Stel dat het lokaal 100 computers nodig heeft, dan wordt het gevraagde vermogen van de normale PC's rond de 36 kW, terwijl het gevraagde vermogen met M2Desk's 1,1-2,4 kW is. Het is dan duidelijk dat het lokaal het beste met de M2Desk ingericht kan worden. Helaas is nog niet bekend wat de optimale voedingspanning is voor de M2Desk computers.

Aan ons, studenten van projectgroep 2 van de opleiding Elektrotechniek aan de Haagse Hogeschool, is de opdracht gegeven om converters te ontwikkelen met verschillende uitgangsspanningen: 12, 15 en 19V. Voor de voeding van deze computers wordt een gelijkspanningsvoeding van 300-360V gebruikt. Dit houdt in dat er DC-DC converters, oftewel flyback converters, ontwikkeld moeten worden die de 300-360V omzetten naar een spanning van 12, 15 en 19V.

In hoofdstuk 1 van dit rapport wordt aandacht besteed aan het verwerken van de competentie beheer in het project. Er wordt gekeken naar het beheren van communicatie, informatie, kwaliteit, en het project. In hoofdstuk 3 komen de ontwerp-eisen van de drie flyback converters aan bod. Deze eisen zijn door de opdrachtgever gegeven. In hoofdstuk 4 wordt er aandacht besteed aan de ontwerpkeuzes en het ontwerpproces van de drie flyback converters. Ook wordt er naar de zelf opgestelde eisen van de gewenste componenten gekeken. In hoofdstuk 5 komt het stappenplan voor het testen van de flyback converters aan bod. Hierna wordt in hoofdstuk 6 het simulatieproces beschreven (wat in dit geval helaas niet gelukt is). Ter afsluiting volgt in hoofdstuk 7 en 8 een blik op de resultaten en de conclusies van de eindproducten en het project.

Inbegrepen zijn de bijlagen waarin de agenda's en notulen van de vergaderingen zijn terug te vinden als toevoeging op hoofdstuk 2.

2 Competentie: Beheren

Als Bachelor of Engineering moeten studenten aan kunnen tonen dat zij de volgende competenties beheersen:

- Analyseren;
- Ontwerpen;
- Realiseren;
- Beheren;
- Managen;
- Adviseren;
- Onderzoeken

Hoewel bij alle projecten meerdere competenties worden ontwikkeld, wordt er altijd nadruk gelegd op één of enkele van deze competenties. Bij dit project staat de competentie beheren centraal. In de praktijk vertaalt het beheren zich bijvoorbeeld in het verzorgen of een bijdrage leveren aan beheersystemen / onderhoudsplannen, het testen van de werking van een product aan de hand van kwaliteitseisen, het verzorgen van een goede werking / goed gebruik van het product na de realisatie, enzovoorts. In dit hoofdstuk zal toegelicht worden welke van onze activiteiten en keuzes bij hebben gedragen aan deze competentie.

2.1 Beheer van communicatie

Eén van de eerste fundamenteën die werden gelegd voor het project waren de communicatiemogelijkheden. Voor een goed verloop van het project is communicatie essentieel, en dan wel met de mogelijkheid om zowel binnen de schoolomgeving als in de privé-omgeving bereikbaar te zijn als projectlid. Er was behoefte aan een service dat zowel stationair (desktop PC, laptop) als mobiel (smartphone, tablet) te gebruiken is, en hiermee was de keuze gevallen op Telegram, een instant-messaging applicatie. Telegram is te gebruiken op een breed scala aan platformen, waardoor iedereen de mogelijkheid had dit programma te gebruiken zonder daarvoor extra stappen te moeten ondernemen. Daarnaast wordt de gehele gespreksgeschiedenis op de servers van Telegram opgeslagen, waardoor leden altijd terug kunnen kijken naar gemiste berichten. Zo gaan belangrijke berichtjes nooit aan iemand voorbij.

Naast directe communicatie is er ook gebruik gemaakt van e-mail voor de communicatie tussen projectgroep en (begeleidende) docenten. Van alle mailtjes

naar docenten werd altijd een CC naar de andere projectleden gestuurd zodat iedereen direct op de hoogte was van eventueel belangrijke informatie. Uiteraard zijn ook telefoonnummers uitgewisseld zodat men elkaar kan bereiken wanneer Telegram niet beschikbaar is of wanneer er met spoed contact opgenomen moet worden.

2.2 Beheer van informatie

Net als communicatie is ook de uitwisseling van informatie (in de vorm van bestanden) een zeer belangrijk aspect. De voorkeur lag op een systeem dat ons de mogelijkheid biedt om gezamenlijk aan documenten te werken in een robuuste en overzichtelijke manier. Dit resulteerde in de beslissing om Git te gebruiken voor het uitwisselen van bestanden onderling. Git is een zogenaamd versiebeheersysteem, waarbij (in combinatie met de web-gebaseerde GitHub service) overzichtelijk kan worden gewerkt aan bijvoorbeeld verslagen. Er is een goed overzicht voor de veranderingen die elk lid maakt aan de bestanden, en er kan altijd gemakkelijk een wijziging ongedaan worden gemaakt als dit wenselijk is.

Omdat de voordelen van Git alleen van toepassing zijn op plain-text bestanden, is tevens besloten om LyX te gebruiken voor het maken van alle documentatie. LyX is een grafische, L^AT_EX-gebaseerde tekstverwerker die zeer geschikt blijkt bij het creëren van documenten met meerdere personen. Omdat de opmaak al nagenoeg geheel vooraf is gedefinieerd kan men zich volledig richten op de inhoud. Kopzorgen en extra verlies van tijd vanwege inconsistente opmaak zijn hiermee verholpen. Daarnaast biedt LyX de mogelijkheid om documenten samen te stellen uit losse aparte documenten, zodat er bijvoorbeeld aparte bestanden kunnen worden gebruikt voor de hoofdstukken in een verslag. Men kan dan in aparte documenten werken waardoor de kans op conflicten in bestanden nog kleiner wordt.

2.3 Beheer van kwaliteit

Er zijn ook initiatieven genomen om de kwaliteit van de op te leveren producten te waarborgen. Alle ontwerpen van de converters worden gedaan vanuit hetzelfde basismodel zodat er onderling vergeleken kan worden en mogelijke fouten makkelijker op te sporen zijn. Voor de gerealiseerde flyback converter is een testprocedure opgesteld om na te gaan of de converter naar behoren werkt en voldoet aan alle eisen en gewenste specificaties.

Ook de verslagen worden op kwaliteit gecontroleerd. Met behulp van het boek Rapport over Rapporteren² wordt er voor gezorgd dat de documentatie voldoet aan de standaarden die worden verwacht van de rapporten. Dankzij het gebruik

van Git en GitHub heeft iedereen altijd toegang tot de nieuwste versie van de gemaakte documenten. Er is afgesproken dat iedereen altijd elkaars werk doorneemt om feedback te leveren en eventueel correcties te maken.

2.4 Beheer van het project

Om het project in goede banen te leiden is er een plan van aanpak opgesteld waarin het project wordt beschreven. Zo wordt duidelijk wat er gedaan gaat worden maar ook wat niet de bedoeling is om te doen. Ook de planning is hierin opgenomen zodat de activiteiten op een gestructureerde manier uitgevoerd kunnen worden. Naast deze voorbereidende acties is ook gedurende het verloop van het project actief gewerkt aan het beheren van het project.

Vanzelfsprekend zijn alle lessen Vermogenslektronica bijgewoond om zoveel mogelijk kennis op te doen die kan helpen bij het project. Als er toch nog onduidelijkheden waren is er altijd naar de docenten gestapt voor extra ondersteuning. Enkele keren waren er onduidelijkheden betreffende het project, en ook hierbij is het initiatief genomen om verheldering te vragen bij de organiserende docent.

2.5 Resultaten beheer

Het beheer van het project is uiteindelijk niet optimaal verlopen, gezien het feit dat het eindverslag nog op de dag van de deadline is afgemaakt. Dit in tegenstelling tot het streven om het verslag eerder af te hebben. Het beheren van de communicatie en informatie daarentegen is gedurende het hele project uitstekend gegaan. Zeker met het gebruik van GitHub en LyX zijn meerdere malen de voordelen gebleken met betrekking tot de samenwerking aan de bestanden.

3 Eisen

Het is duidelijk dat voor een digitaal klaslokaal het beste met de M2Desk computers gewerkt kan worden. Daarom moeten er flyback converters ontworpen worden waar enkele eisen aan zijn gesteld. Er worden flyback converters ontworpen met een uitgangsspanningen van 19V, 15V en 12V.

De flyback converter is speciaal omdat de ingang en de uitgang galvanisch zijn gescheiden. Hierdoor is er geen kans dat de voedingsspanning van 360V direct op de computer komt. Er volgt een beschrijving van de vereiste specificaties voor de drie te ontwerpen converters. Hierbij is f_s de schakelfrequentie van de mosfet, U_1 is de ingangsspanning, P is het uitgangsvermogen en U_2 is de uitgangsspanning.

3.1 19V uitgang

In tabel 4 zijn de specificaties van de 19V flyback converter te zien.

Tabel 4: Specificaties 19V converter

f_s [kHz]	U_1 [V]	P [W]	U_2 [V]
100	300-360	30	19

3.2 15V uitgang

In tabel 5 zijn de specificaties van de 15V flyback converter te zien.

Tabel 5: Specificaties 15V converter

f_s [kHz]	U_1 [V]	P [W]	U_2 [V]
100	300-360	30	15

3.3 12V uitgang

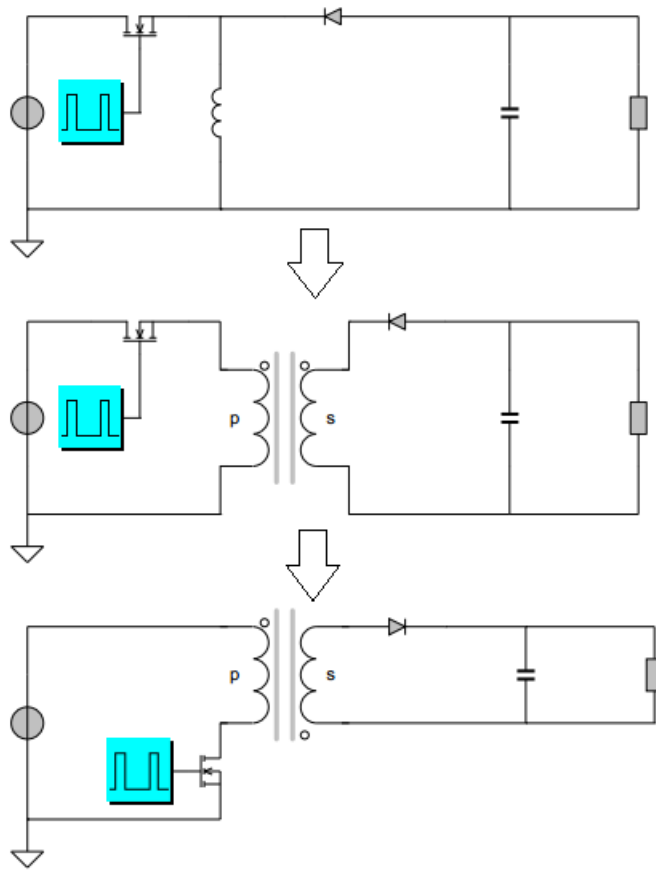
In tabel 6 zijn de specificaties van de 12V flyback converter te zien.

Tabel 6: Specificaties 12V converter

f_s [kHz]	U_1 [V]	P [W]	U_2 [V]
100	300-360	30	12

4 Ontwerpen

De flyback converter is afgeleid van de buck-boost converter. In figuur 1 is een overzicht gegeven van de afleiding van buck-boost converter naar flyback converter.



Figuur 1: Afleiding van buck-boost naar flyback. De bovenste schakeling is de buck-boost converter en de onderste schakeling is de flyback converter

4.1 Ontwerp voor 19V uitgangsspanning

Wikkilverhouding

Voor het ontwerpen van de flyback converter mag de duty-cycle maximaal 50% zijn. Als de duty-cycle groter dan 50% is, zijn er meer verliezen. De formule voor de wikkilverhouding is:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

Voor het bepalen van de wikkilverhouding met een duty-cycle van maximaal 50%, moet V_{IN} gelijk zijn aan de minimale spanning van de gegeven specificaties. De wikkilverhouding is gelijk aan:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{300}{19}$$

Als de wikkilverhouding bepaald is aan de hand van een ingangsspanning van 360V ($\frac{N_P}{N_S} = \frac{360}{19}$), dan wordt de duty-cycle groter dan 50% bij een ingangsspanning lager dan 360V. Dus de wikkilverhouding moet bepaald worden uitgaande van een minimale ingangsspanning van 300V.

Primaire piekstroom

De formule voor de primaire piekstroom is:

$$\hat{I}_P = \frac{4 * P_{OUT}}{V_{IN} * \eta}$$

Het rendement (η) van de flyback converter ligt ongeveer tussen 0,75 en 0,85.

Voor het berekenen van de primaire piekstroom wordt een ingangsspanning van 300V en een rendement van 0,75 gebruikt.

$$\hat{I}_P = \frac{4 * 30}{300 * 0,75} = 0,533A$$

Primaire spoel

De formule voor de primaire spoel is:

$$L_P = \frac{V_{IN}^2}{8 * P_{OUT} * f} * \eta$$

Voor het berekenen van de primaire spoel, wordt een ingangsspanning van 300V, een rendement van 0,75 en een frequentie van 100kHz gebruikt.

$$L_P = \frac{300^2}{8 * 30 * 100000} * 0,75 = 2,8125mH$$

Opgeslagen energie

De formule voor de energie die opgeslagen is in de luchtspleet is:

$$W = \frac{1}{2} * L_P * \hat{I}_P^2$$

De energie die opgeslagen is in de luchtspleet met een uitgangsspanning van 19V is:

$$W = \frac{1}{2} * 2,8125 * 10^{-3} * 0,533^2 = 0,4mJ$$

Secundaire spoel

Voor het bepalen van de secundaire spoel, moet eerst een ETD kern gekozen worden.

Voor de ETD kern is voor ETD 44/22/15 met een luchtspleet en materiaal N67 gekozen, omdat met deze kern de wikkelingen het meest nauwkeurig zijn vergeleken met de andere kernen. Voor andere kernen worden wikkelingen berekend met een aantal van bijvoorbeeld 58,46 of 63,69, terwijl er alleen hele getallen gebruikt kunnen worden.

$$A_L = 438nH$$

$$A_{MIN} = 172mm^2$$

Eerst wordt het werkelijke aantal primaire wikkelingen berekend:

$$N_{P,werkelijk} = \sqrt{\frac{L_P}{A_L}} = \sqrt{\frac{0,0028125}{438*10^{-9}}} = 80,13 \approx 80$$

Het werkelijke aantal secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{S,werkelijk} = \frac{N_S}{N_P} * N_{P,werkelijk} = \frac{19}{300} * 80 = 5,06 \approx 5$$

De secundaire spoel kan nu berekend worden:

$$L_S = N_{S,werkelijk}^2 * A_L = 5^2 * 438 * 10^{-9} = 10,95 * 10^{-6}H = 10,95\mu H$$

Ter controle wordt B berekend en deze mag maximaal 0,3T zijn.

$$B = \frac{L_P * \hat{I}_P}{N_P * A_{MIN}} = \frac{0,0028125 * 0,533}{80 * 172 * 10^{-6}} = 0,11T$$

0,11T is kleiner dan 0,3T dus een secundaire spoel van 10,95μH voldoet.

Secundaire piekstroom

In het ideale geval (geen verliezen bij de overdracht van energie van de primaire naar de secundaire kant) is de energie opgeslagen in de luchtspleet gelijk aan:

$$W = \frac{1}{2} * L_P * \hat{I}_P^2 = \frac{1}{2} * L_S * \hat{I}_S^2 = 0,4mJ$$

De secundaire piekstroom is als volgt te berekenen:

$$\hat{I}_S = \sqrt{\frac{2*W}{L_S}} = \sqrt{\frac{2*0,4*10^{-3}}{10,95*10^{-6}}} = 8,55A$$

ESR

Er wordt een 100 μ F uitgangscapacitor gebruikt.

Voor de rimpelspanning wordt gekozen voor 0,5V. Met de rimpelspanning bekend kan de ESR (equivalent series resistance) berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$\Delta V_{OUT}^{ESR} \approx \Delta I_S * ESR$$

Er wordt ervan uitgegaan dat de flyback converter met een uitgang van 19V in discontinue bedrijf zit. Dus er geldt:

$$\hat{I}_S = \Delta I_S = 8,55A$$

ESR kan berekend worden:

$$ESR = \frac{0,5}{8,55} = 0,0585\Omega$$

De capacitor die gebruikt wordt, heeft een veel lagere ESR, dus de rimpelspanning valt binnen de specificatie.

Mosfet

De formule voor de spanning over de mosfet is:

$$V_{DS} = V_{IN} + V_{OUT} * \frac{N_P}{N_S} \approx 2 * V_{IN}$$

Voor de maximale spanning over de mosfet wordt ervan uitgegaan dat V_{IN} gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de mosfet is gelijk aan:

$$V_{DS} = 2 * 360V = 720V$$

De maximale stroom door de mosfet is:

$$I_{DS} = \hat{I}_P = 0,533A$$

Om de voeding te schakelen is er een mosfet nodig die een V_{DS} van 720V en een I_{DS} van 0.533A aan kan. De mosfet moet van een heatsink worden voorzien om bij dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

De formule voor de spanning over de diode is:

$$U_D = V_{OUT} + V_{IN} * \frac{N_S}{N_P} \approx 2 * V_{OUT}$$

Voor de maximale spanning over de diode wordt ervan uitgegaan dat V_{IN} gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de diode is gelijk aan:

$$U_D = 19V + 22,8V = 41,8V$$

De maximale stroom door de diode is:

$$I_D = \hat{I}_S = 8,55A$$

Om de spoelstroom gelijk te richten is er een diode nodig die een spanning van 41,8V kan sperren en een stroom van 8,55A kan doorlaten.

4.2 Ontwerp voor 15V uitgangsspanning

Wikkilverhouding

Voor het bepalen van de wikkilverhouding met een duty-cycle van maximaal 50%, moet V_{IN} gelijk zijn aan de minimale spanning van de gegeven specificaties. De wikkilverhouding is gelijk aan:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{300}{15} = \frac{20}{1}$$

Primaire piekstroom

Voor het berekenen van de primaire piekstroom, wordt een ingangsspanning van 300V en een rendement van 0,85 gebruikt.

$$\hat{I}_P = \frac{4*30}{300*0,85} = 0,47A$$

Primaire spoel

Voor het berekenen van de primaire spoel, wordt een ingangsspanning van 300V, een rendement van 0,85 en een frequentie van 100kHz gebruikt.

$$L_P = \frac{300^2}{8*30*100000} * 0,85 = 3,18mH$$

Opgeslagen energie

De formule voor de energie die opgeslagen is in de luchtspleet is:

$$W = \frac{1}{2} * L_P * \hat{I}_P^2$$

De energie die opgeslagen is in de luchtspleet met een uitgangsspanning van 15V is:

$$W = \frac{1}{2} * 3,18 * 10^{-3} * 0,47^2 = 0,35mJ$$

Secundaire spoel

Voor het bepalen van een secundaire spoel moet eerst een ETD kern gekozen worden.

ETD 29/16/10 is het meest gunstig voor de flyback converter met een uitgangsspanning van 15V.

$$A_L = 621nH$$
$$A_{MIN} = 71mm^2$$

Eerst wordt het werkelijke aantal primaire wikkelingen berekend:

$$N_{P,werkelijk} = \sqrt{\frac{L_P}{A_L}} = \sqrt{\frac{0,00318}{621*10^{-9}}} = 72$$

Het werkelijke aantal secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{S,werkelijk} = \frac{15}{300} * 72 = 3,6 \approx 4$$

De secundaire spoel kan nu berekend worden:

$$L_S = 4^2 * 621 * 10^{-9} = 9,9\mu H$$

Ter controle wordt B berekend en deze mag maximaal 0,3T zijn.

$$B = \frac{L_P * \hat{I}_P}{N_P * A_{MIN}} = \frac{0,00318 * 0,47}{72 * 71 * 10^{-6}} = 0,2945T$$

0,2945T is kleiner dan 0,3T dus een secundaire spoel van 9,9μH voldoet.

Secundaire piekstroom

In het ideale geval is de energie opgeslagen in de luchtspleet gelijk aan:

$$W = \frac{1}{2} * L_P * \hat{I}_P^2 = \frac{1}{2} * L_S * \hat{I}_S^2 = 0,35mJ$$

De secundaire piekstroom is als volgt te berekenen:

$$\hat{I}_S = \sqrt{\frac{2*W}{L_S}} = \sqrt{\frac{2*0,35*10^{-3}}{9,9*10^{-6}}} = 8,4A$$

ESR

Er wordt een 100μF uitgangscondensator gebruikt. Het is een speciale low-ESR condensator. Bij deze condensator is de rimpelspanning van de ESR hoger dan die van de C, dus er wordt gekeken naar de rimpel van de ESR. $\Delta V_{OUT}^{ESR} = \Delta I_S * ESR$

Een rimpelspanning van 0,5V is acceptabel.

$$\Delta I_S = \hat{I}_S = 8,4A$$

$$ESR = \frac{0,5V}{8,4A} = 0,0595\Omega$$

De condensator die gebruikt wordt, heeft een veel lagere ESR, dus de rimpelspanning valt binnen de specificatie.

Mosfet

Voor de maximale spanning over de mosfet wordt ervan uitgegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de mosfet is gelijk aan:

$$V_{DS} = 2 * 360V = 720V$$

De maximale stroom door de mosfet is:

$$I_{DS} = \hat{I}_P = 0,47A$$

Om de voeding te schakelen is er een mosfet nodig die een V_{DS} van 720V en een I_{DS} van 0.47A aan kan. De mosfet moet van een heatsink worden voorzien om bij dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

Voor de maximale spanning over de diode wordt ervan uitgegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de diode is gelijk aan:

$$U_D = 15V + 18V = 33V$$

De maximale stroom door de diode is:

$$I_D = \hat{I}_S = 8,4A$$

Om de spoelstroom gelijk te richten is er een diode nodig die een spanning van 33V kan sperren en een stroom van 8,4A kan doorlaten.

4.3 Ontwerp voor 12V uitgangsspanning

Wikkilverhouding

Voor het bepalen van de wikkilverhouding met een duty-cycle van maximaal 50%, moet V_{IN} gelijk zijn aan de minimale spanning van de gegeven specificaties. De wikkilverhouding is gelijk aan:

$$\frac{N_P}{N_S} = \frac{300}{12} = \frac{25}{1}$$

Primaire piekstroom

Voor het berekenen van de primaire piekstroom, wordt een ingangsspanning van 300V en een rendement van 0,85 gebruikt.

$$\hat{I}_P = \frac{4 \cdot 30}{300 \cdot 0,85} = 0,47A$$

Primaire spoel

Voor het berekenen van de primaire spoel, wordt een ingangsspanning van 300V, een rendement van 0,85 en een frequentie van 100kHz gebruikt.

$$L_P = \frac{300^2}{8 \cdot 30 \cdot 100000} \cdot 0,85 = 3,18mH$$

Opgeslagen energie

De formule voor de energie die opgeslagen is in de luchtspleet is:

$$W = \frac{1}{2} \cdot L_P \cdot \hat{I}_P^2$$

De energie die is opgeslagen in de luchtspleet is:

$$W = \frac{1}{2} \cdot 3,18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,47^2 = 0,35mJ$$

Secundaire spoel

Voor het bepalen van een secundaire spoel moet eerst een ETD kern gekozen worden.

ETD 29/16/10 is het meest gunstige voor de flyback converter met een uitgangsspanning van 12V.

$$A_L = 621nH$$

$$A_{MIN} = 71mm^2$$

Eerst wordt het werkelijke aantal primaire wikkelingen berekend:

$$N_{P,werkelijk} = \sqrt{\frac{L_P}{A_L}} = \sqrt{\frac{0,00318}{621*10^{-9}}} = 72$$

Het werkelijke aantal secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{S,werkelijk} = \frac{12}{300} * 72 = 2,88 \approx 3$$

De secundaire spoel kan nu berekend worden:

$$L_S = 3^2 * 621 * 10^{-9} = 5,589\mu H$$

Ter controle wordt B berekend en deze mag maximaal 0,3T zijn.

$$B = \frac{L_P * \hat{I}_P}{N_P * A_{MIN}} = \frac{0,00318 * 0,47}{72 * 71 * 10^{-6}} = 0,2923T$$

0,2923T is kleiner dan 0,3T dus een secundaire spoel van 5,589μH voldoet.

Secundaire Piekstroom

In het ideale geval is de energie opgeslagen in de luchtspleet is gelijk aan:

$$W = \frac{1}{2} * L_P * \hat{I}_P^2 = \frac{1}{2} * L_S * \hat{I}_S^2 = 0,35mJ$$

De secundaire piekstroom is als volgt te berekenen:

$$\hat{I}_S = \sqrt{\frac{2 * W}{L_S}} = \sqrt{\frac{2 * 0,35 * 10^{-3}}{5,589 * 10^{-6}}} = 11,2A$$

ESR

Er wordt een 100μF uitgangscapacitor gebruikt.

Voor de rimpelspanning word gekozen voor 0,5V. Met de rimpelspanning bekend kan de ESR (equivalent series resistance) berekend worden met behulp van de volgende formule:

$$\Delta V_{OUT}^{ESR} \approx \Delta I_S * ESR$$

Er wordt ervan uitgegaan dat de flyback converter met een uitgang van 12V in discontinue bedrijf zit. Dus er geldt:

$$\hat{I}_S = \Delta I_S$$

ESR kan berekend worden:

$$ESR = \frac{0,5}{11,2} = 0,0446\Omega$$

De condensator die gebruikt wordt, heeft een veel lagere ESR, dus de rimpelspanning valt binnen de specificatie.

Mosfet

De formule voor de spanning over de mosfet is:

$$V_{DS} = V_{IN} + V_{OUT} * \frac{N_P}{N_S} \approx 2 * V_{IN}$$

Voor de maximale spanning over de mosfet wordt ervan uitgegaan dat de ingangsspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de mosfet is gelijk aan:

$$V_{DS} = 2 * 360V = 720V$$

De maximale stroom door de mosfet is:

$$I_{DS} = \hat{I}_P = 0,47A$$

Om de voeding te schakelen is er een mosfet nodig die een V_{DS} van 720V en een I_{DS} van 0,47A aan kan. De mosfet moet van een heatsink worden voorzien om bij dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

De formule voor de spanning over de diode is:

$$U_D = V_{OUT} + V_{IN} * \frac{N_S}{N_P} \approx 2 * V_{OUT}$$

Voor de maximale spanning over de diode wordt ervan uitgegaan dat de ingangsspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning over de diode is gelijk aan:

$$U_D = 12V + 14,4V = 26,4V$$

De maximale stroom door de diode is:

$$I_D = \hat{I}_S = 11,2A$$

Om de spoelstroom gelijk te richten is er een diode nodig die een spanning van 26,4V kan sperren en een stroom van 11,2A kan doorlaten.

5 Testprocedure

De ontwerpen zijn onderworpen aan twee tests: Een test in de simulator en een hardwaretest.

De simulatie dient ervoor om de berekeningen voor ieder ontwerp te controleren. Meer hierover is in het hoofdstuk Simulatie te vinden.

De hardwaretest geeft inzicht over de onvoorziene effecten van niet-ideale componenten op de schakeling. Als deze effecten de werking te veel beïnvloeden zodat de schakeling niet naar behoren werkt, moeten er aanpassingen in het ontwerp worden gemaakt.

5.1 Hardwaretest

De flyback converter kan volgens het volgende stappenplan getest worden.

Voor de test moeten de volgende componenten nog niet worden bestukt:

- R1, R2, R14, R15, R19, R21, R24
- C8, C13
- D5, D2, D7
- T1
- J3, J10 en J4, J9 nog niet verbinden

5.1.1 Test of het driver IC werkt

- Voed het driver IC met 8,5 - 15V. Als de driver aan staat trekt deze ongeveer 10mA.
- Schakel nu de ingangsspanning aan. Begin laag en schroef de spanning geleidelijk op tot 360V. Meet de stroom door en de spanning over de primaire spoel¹. Doe hetzelfde voor de mosfet. Ga aan de hand van deze metingen na of de schakeling in flyback mode werkt.
- Meet de spanning over de secundaire spoel.

¹De stroom door de primaire spoel is te bepalen door de spanning over de shunt R6//R7//R8//R9 te meten.

5.1.2 Test de flyback zonder opstartcircuit

- Sluit de secundaire spoel aan zodat deze in tegenfase is met de primaire spoel. Zet een stroommeter tussen de spoel en de achterliggende schakeling voordat de jumper wordt kortgesloten.
- Meet de spanning en stroom van de secundaire spoel onbelast bij een ingangspanning van 360V. De duty-cycle van de gate zou nu minder dan 50% moeten zijn.
- Herhaal deze meting met een belasting van 2A. De duty-cycle van de gate zou nu 50% moeten zijn.
- Laat de ingangspanning zakken tot de uitgangspanning onder de gewenste spanning valt.

5.1.3 Test de flyback met opstartcircuit

- Meet de spanning over de tertiaire spoel.
- Sluit de tertiaire spoel aan zodat deze in tegenfase is met de primaire spoel.
- Het opstartcircuit kan nu worden bestukt als de flyback goed werkt bij een ingangspanning van 360V.
- Controleer of het opstartcircuit werkt en de flyback converter autonoom werkt.

5.2 Discussie

Door tijdgebrek heeft de opdrachtgever ervoor gekozen om de ontwerpen van de projectgroepen niet te onderwerpen aan een hardwaretest. Het troubleshooten van deze soort schakelingen neemt veel tijd in beslag en het is mogelijk dat de schakeling beschadigd raakt in het proces. In plaats hiervan wordt er een ontwerp aangeleverd door de opdrachtgever dat wel getest zal worden.

6 Simulatie

We hebben de berekende ontwerpen helaas niet kunnen testen. Een betrouwbare simulatie was niet mogelijk wegens een ontbrekende parameter van de spoel. Het simulatiepakket heeft wederzijdse inductie nodig. De kennis ontbrak ons om deze te berekenen.

In de praktijk hebben we ze niet kunnen testen door tijdsgebrek, en het beperkte budget.

7 Voldaan aan eisen?

Waarschijnlijk wel. Onze berekeningen zijn gebaseert op de eisen. Onze ontwerpen werken met een schakelfrequentie van 100kHz, zijn berekend op een uitgangsvermogen van 30W, en kunnen de gespecificeerde spanning van 19V, 15V of 12V leveren. We hebben de uitkomsten niet kunnen valideren, dus er bestaat een kans dat er een fout in de berekeningen zit. We verwachten dat de uitgangsspanning iets lager zal zijn dan berekend omdat we geen rekening hebben gehouden met de spanningsval over de diode, en een ongunstige spoel. De uitkomsten zijn in dezelfde orde van grootte als de componenten in het ontwerp van de opdrachtgever. We verwachten daarom dat onze ontwerpen goed werken.

8 Conclusies en aanbevelingen

We hebben drie ontwerpen voor drie verschillende uitgangsspanningen gemaakt. De berekende ontwerpen voldoen waarschijnlijk aan de eisen. Omdat een goede simulatie of praktijktest voor ons niet mogelijk was hebben we dit niet kunnen valideren. Voordat een ontwerp daadwerkelijk geproduceerd gaat worden moet er eerst een goede simulatie worden uitgevoerd, en testen worden gedaan in de praktijk.

Het beheer van het project is uiteindelijk niet optimaal verlopen, gezien het feit dat het eindverslag nog op de dag van de deadline is afgemaakt. Dit in tegenstelling tot het streven om het verslag eerder af te hebben. Het beheren van de communicatie en informatie daarentegen is gedurende het hele project uitstekend gegaan. Zeker met het gebruik van GitHub en LyX zijn meerdere malen de voordelen gebleken met betrekking tot de samenwerking aan de bestanden

9 Literatuur

1. van Duijsen, P.J. (2014). *Vermogenselektronica: Schakelende Voedingen* (1e druk). De Haagse Hogeschool.
2. Hoogland, W., Brand, I., Dik, R. (2010). *Rapport over Rapporteren* (6e druk). Groningen/Houten: Noordhoff Uitgevers.

10 Bijlagen

De notulen en agenda's van projectgroep 2 is hieronder te zien.

Notulen

Week 1

Dinsdag Notulen week1 Datum: 18-nov-2014

Aanwezigen: wouter, daan, kevin, koen, andrew, daniel

Informatie: De software en andere tools die worden gebruikt tijdens het project:
- Git met GitHub (bestanden delen & versiebeheer) - Lyx (tekstverwerking met L^AT_EX) - Blackboard (bestanden inleveren) - Telegram (communicatie intern) - Email (communicatie extern)

Taakverdeling: - Groepsleider & contactpersoon extern: Andrew - Notulen: Koen

Actiepunten: - Projectcontract opstellen - PVA schrijven (kort en leesbaar) - Boek rapport over rapporteren aanschaffen

Volgende meetings: - Vrijdag 12:00 (Vergadering) - Maandag 15:00 (Vergadering met dhr. H. Ferchani)

Vrijdag Notulen week1 Datum: 21-nov-2014

Aanwezigen: wouter, daan, kevin, koen, andrew, daniel

Informatie: Op 28 november moet er een tussenverslag worden ingeleverd

Actiepunten: Projectboek doorlezen (dit weekend - allen) Git programma installeren en min. 1 commit pp. (dit weekend - allen) Checklist op repo (dit weekend - Koen) PVA verdeling (dit weekend - allen)

Week 2

Notulen week 2 Maandag Datum: 24 nov 2014

Aanwezigen: wouter, daan, kevin, koen, andrew, daniel, dhr. H. Ferchani

Informatie: Het PVA moet worden ingeleverd bij woudstra en ferchani via de email. Er worden kritische vragen gesteld tijdens de presentatie. We moeten verschillende opties presenteren en onderbouwen welke optie volgens ons het meest voordelig is. Vraag: Wat moet het eindproduct zijn? Nu logischerwijs terugwerken om te zien wat er nodig is om dit te bereiken. Beperk tot: Stroom en Datavoorziening. Voor-en nadelen overwegen voor keuze.

De wiskunde die erachter zit in bijlagen zetten.

Bij schrijven van rapport een logische structuur aanhouden en niet domweg het raamwerk invullen.

Actiepunten: Wouter & Koen schrijven ontwerpverslag (deadline Donderdag)
De rest schrijft PvA (deadline ???) kevin voegt tevens het PvA bij elkaar.

Volgende vergadering: di 2dec 13:15

Week 3

Notulen dinsdag week 3 Datum: 2 dec 2014

==Aanwezigen== wouter, daan, kevin, koen, andrew, daniel, dhr. H. Ferchani

==Flyback converter== 12v -> Daan & Wouter 15v -> Daniel & Koen 19v -> Andrew & Kevin

==Eindrapport== Er moeten 3 ontwerprapporten in het eindrapport verwerkt worden. De ontwerpen moeten ook vergeleken worden: Welke van ONZE 3 ontwerpen is het beste? Om te bepalen welk ontwerp het beste is moeten we zelf criteria stellen, maar ook criteria van de opdrachtgever meenemen.

DEADLINE: Vrijdag Lesweek 7

Inhoud: * Feedback op deelrapport moet worden meegenomen in het eindrapport. * Klantgericht (M2Desk directeur) * Overwegingen: Kosten, snelheid, veiligheid. (Tastbare dingen die de opdrachtgever begrijpt) * Neem de lezer mee in gedachtengang. * Er moet een samenvatting in het rapport. Dit is de

samenvatting van alle hoofdstukken inclusief de inleiding en conclusie. * Kop-teksten zijn vragen: Hoe kan ik ...? Waarom is ...? * Elk hoofdstuk heeft zijn eigen inleiding en conclusie. In de inleiding wordt kort verteld waar het hoofdstuk over gaat. Gebruikt signaalwoorden (om te beginnen, ten tweede, daarna, vervolgens)

==Eindpresentatie==

==Actiepunten== Woensdagmiddag PvA samengevoegd (Kevin) Woensdagavond PvA inleveren (Andrew)

Week 4

Notulen dinsdag week 4 Datum: 9 dec 2014

==Aanwezigen== wouter, daan, kevin, koen, andrew, daniel, dhr. H. Ferchani

==Informatie== Het assesment is in week 9 Er kan een afspraak gemaakt worden met dhr. Ferchani om te oefenen met presenteren. (Sessie van 1 uur)

/!\ Het is nog steeds onduidelijk aan wie het verslag gericht moet zijn. Dhr. Woudstra zegt dat het naar hem gericht moet zijn, maar Dhr. Ferchani zegt dat het naar de opdrachtgever: M2Desk gericht moet zijn. Er moet nog uitsluitel over worden gegeven.

Het is ook nog niet duidelijk hoe de beheer-competentie getoetst zal worden.

==Actiepunten== Testprocedure schrijven - Week 6 (Koen) Simulatie - Maandag (Wouter) PCB & schema's krijgen - Vrijdag (Iedereen) Berekenen van waarden voor standaard flyback - Donderdag (Iedereen)

Volgende meeting: Dinsdag 16 dec. 11:20

Week 5

Notulen dinsdag week 5 Datum: 2014/12/16

Actiepunten: Testprocedure: Koen week6 Simulatietool: Wouter Maandag af PCB's & Schema voor vrijdag week 5 Standaard flyback doorrekenen - Iedereen voor donderdag

Volgende meeting: Presenteren oefenen met H. Ferchani - Dinsdag 6 jan 11:00

Week 6

Aanwezigen: iedereen aanwezig

Testprocedure: - Eisen stellen - resultaten - conclusie - voorwaardes

Dit moet minimaal in het verslag komen. Moet begrijpelijk zijn voor de mens.

Volgende afspraak: dinsdag 13 januari 2015 11:30 uur.

Week 7

Dinsdag Notulen week 7 (dinsdag 13 januari 2015)

Aanwezigen: Iedereen aanwezig behalve Koen van Vliet

Competentie 'beheren' in het verslag zetten. - zoals dat ding van github - telegram

beheren -> kunnen aantonen hoe op niveau 2 aangetoond is. Ook wat niet goed gegaan is in het verslag bijvoorbeeld geen logboek bijgehouden. In de bijlage van het verslag de notulen, agenda's en andere dingen gerelateerd aan PROENT. Een eindverslag met drie ontwerpverslagen erin.

De competentie 'beheren' bewerken in je digitale portfolio (optioneel)

Tip: Presentatie proberen spannend te maken.

Donderdag Notulen week 7 donderdag Datum: 15 Jan 2015

Aanwezigen: - Andrew - Daan - Daniel - Kevin - Koen - Wouter

Indeling eindverslag: Voorwoord - Daan Samenvatting - } Daniel Inleiding - }
Beheer - Kevin Eisen - Daan Ontwerp - Andrew Testprocedure - Koen Simulatie
- } Wouter Voldaan aan eisen? - } Conclusie - }

Indeling overig: Soldeerduo: Daan en Daniel Samenvoegen eindverslag: Kevin
Assesment presenteren: Daan en Koen Meten aan flyback: Wouter en Daniel

Inhoud eindverslag: ————— Het is de bedoeling dat ieder hoofdstuk van een korte inleiding en conclusie wordt voorzien. Dit bevordert de structuur.
————— Voorwoord: - Dankwoord - Dingen die niets met het verslag zelf te maken hebben, maar wel relevant zijn.

Samenvatting: - Samenvatting van alle hoofdstukken die volgen

Inleiding: - Achtergronden - Wie is de groep? - Voor wie is de opdracht uitgevoerd? - Probleemstelling

Beheer: - Kennis, informatie, communicatie, inventaris, tijd & planning, grenzen

Ontwerpeisen: - Eisen voor de 3 flyback converters

Ontwerp: - Ontwerpkeuzes - Ontwerpproces met enkele berekeningen - Eisen voor componenten

Testprocedure: - Stappenplan voor het testen van een flyback converter.

Simulatie: - Overzicht simulatie + resultaten

Voldaan aan de eisen? - Vergelijken van simulatie-resultaten met ontwerpeisen.

Agenda's

Week 1

Niet beschikbaar.

Week 2

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	24 november '14	Tijd:	15:00
Plaats:	-		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	<u>Koen van Vliet</u>
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - Andrew Lau - <u>Koen</u> van Vliet - Daan Conijn - Wouter Boogert - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezigen			
1. Opening			
2. De <u>PvA</u>			
3. Ontwerpverslag	<ul style="list-style-type: none"> - Deadline: 28 november - Wat moet in het verslag komen? - Taken verdeling 		
4. Presentatie	<ul style="list-style-type: none"> - Presenteren op 2 december - Iedereen presenteren of alleen een bepaald aantal leden? - Bij elkaar komen voor oefening? 		
5. Volgende vergadering			
6. Vragen en opmerkingen			
7. Sluiting			

Week 3

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	2 december '14	Tijd:	13:15
Plaats:	Studielandchap		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	<u>Koen van Vliet</u>
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - Andrew Lau - <u>Koen</u> van Vliet - Daan Conijn - Wouter Boogert - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezigen			
1. Opening			
2. De <u>PvA</u>	- Eindelijk klaar?		
3. <u>Not</u> wat van deel 1?			
4. Deel twee van het project	<ul style="list-style-type: none"> - Drie groepen van twee studenten - Groepen indeling - Welk groep doet wat 		
5. Volgende vergadering			
6. Vragen en opmerkingen			
7. Sluiting			

Week 4

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	8 december '14	Tijd:	14:35
Plaats:	Studielandchap		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	<u>Koen van Vliet</u>
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - Andrew Lau - <u>Koen van Vliet</u> - Daan Conijn - Wouter Boogert - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezigen			
1. Opening			
2. De <u>PvA</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Al ingeleverd. - Nu bespreken of volgende keer? 		
3. De tweede opdracht	<ul style="list-style-type: none"> - Update 		
4. De competentie opdracht			
5. Volgende vergadering			
6. Vragen en opmerkingen			
7. Sluiting			

Week 5

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	16 december '14	Tijd:	11:20
Plaats:	Studielandschap		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	<u>Koen van Vliet</u>
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - Andrew Lau - <u>Koen van Vliet</u> - Daan Conijn - Wouter <u>Boogert</u> - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezig			
1. Opening			
2. Deel twee	<ul style="list-style-type: none"> - Hoeveel zijn we? - Simulatie - PCB en Schema - Berekeningen 		
3. <u>PvA</u>	<ul style="list-style-type: none"> - Extern 		
4. De competentie opdracht			
5. Afspraken tijdens de vakantie.			
6. Volgende vergadering			
7. Vragen en opmerkingen			
8. Sluiting	<ul style="list-style-type: none"> - Zalige Kerst en een fijne jaarwisseling 		

Week 6

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	6 januari '15	Tijd:	11:00
Plaats:	Lokaal 1.032		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	<u>Koen van Vliet</u>
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - Andrew Lau - <u>Koen</u> van Vliet - Daan Conijn - Wouter <u>Boogert</u> - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezig			
1. Opening			
2. Presenteren	<ul style="list-style-type: none"> - Oefenen - Wie gaat eerste? 		
3. Deel twee van het project	<ul style="list-style-type: none"> - Hoever zijn we? 		
4. De competentie opdracht			
5. <u>PvA</u> extern			
6. Volgende vergadering			
7. Vragen en opmerkingen			
8. Sluiting			

Week 7

onderwerp:	Agenda projectgroep 2		
Datum:	13 januari '15	Tijd:	11:30
Plaats:	Bij dhr. <u>Ferchani</u>		
Voorzitter:	Andrew Lau	Notulist:	Andrew Lau
Uitgenodigden	<ul style="list-style-type: none"> - Kevin Oei - Daniël <u>Martoredjo</u> - <u>Koen</u> van Vliet (afgemeld) - Andrew Lau - Daan Conijn - Wouter <u>Boogert</u> - <u>Hoesain Ferchani</u> 		
Afwezig			
1. Opening	<ul style="list-style-type: none"> - <u>Koen</u> heeft zich afgemeld 		
2. Laatste opmerkingen			
6. Volgende vergadering	<ul style="list-style-type: none"> - Nog een vergadering voor vrijdag 16 januari? 		
7. Vragen en opmerkingen			
8. Sluiting			