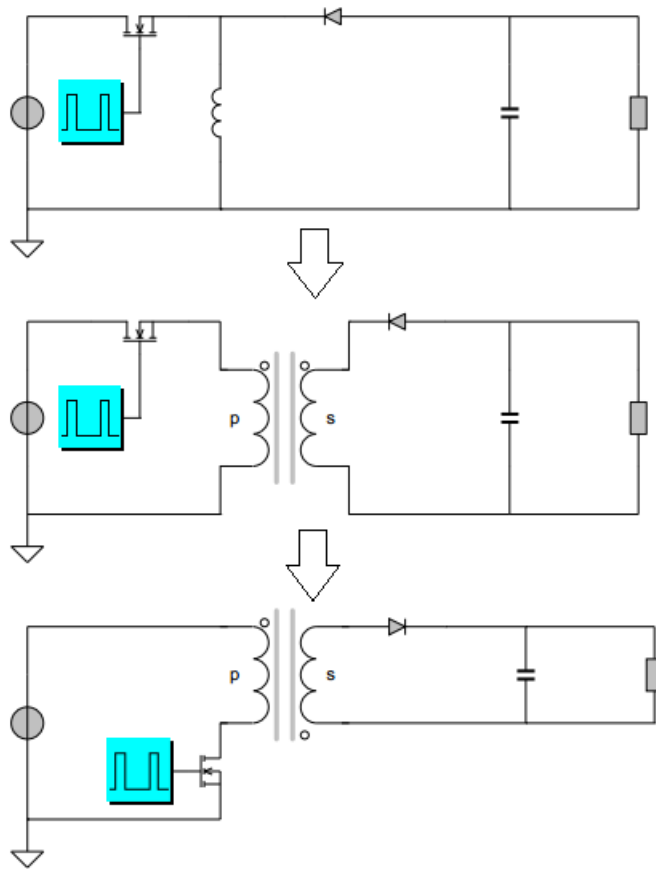


1 Ontwerpen

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

1.1 Ontwerp 19V

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:

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

Als de wikkilverhouding bepaald is aan de hand van een ingangsspanning van 360V ($N_P : : N_S \Leftrightarrow 360 : : 19$), dan wordt de duty cycle groter dan 50% bij een ingangsspanning lager dan 360V. Dus de wikkilverhouding moet bepaald worden met 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 en een rendement van 0,75 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 ETD44/22/15 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 bijvoorbeeld 58,46 en wikkelingen kunnen alleen hele getallen zijn.

$$A_L = 438nH$$

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

Eerst wordt de werkelijke primaire wikkelingen berekend:

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

De werkelijke secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{Swerkelijk} = \frac{N_S}{N_P} * N_{Pwerkelijk} = \frac{19}{300} * 80 = 5,06 \text{ } 5$$

De secundaire spoel kan nu berekend worden:

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

Ter controle wordt de B berekend en de B 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 10,95H voldoet.

Secundaire Piekstroom

In een ideaal geval (geen verliezen van het overdracht van energie van primaire naar 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 100F uitgangscondensator gebruikt.

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

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

Er wordt vanuit gegaan 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 berekent worden:

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

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

Mosfet

De formule voor de spanning door de Mosfet is:

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

Voor de maximale spanning door de Mosfet wordt vanuit gegaan dat V_{IN} gelijk is aan 360V. De maximale spanning door 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 dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

De formule voor de spanning door de diode is:

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

Voor de maximale spanning door de Diode wordt van uit gegaan dat V_{IN} gelijk is aan 360V. De maximale spanning door 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.

1.2 Ontwerp 15V

Wikkilverhouding

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

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

Primaire Piekstroom

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

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

Primaire Spoel

Voor het berekenen van de primaire spoel, wordt een ingangsspanning van 300V en een rendement van 0,85 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 opgeslagen is in de luchtspleet met een uitgangsspanning van 15V 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.

ETD29/16/10 is het meest gunstige voor de Flyback converter met een uitgangsspanning van 15V.

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

Eerst wordt de werkelijke primaire wikkelingen berekent:

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

De werkelijke secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{Swerkelijk} = \frac{15}{300} * 72 = 3,6$$

De secundaire spoel kan nu berekent worden:

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

Ter controle wordt de B berekend en de B 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 9,9H voldoet.

Secundaire Piekstroom

In een ideaal 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:

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

ESR

Er wordt een 100F 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. $V_{out} = I_S * ESR$

Een rimpelspanning van 0,5V is acceptabel.

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

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

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

Mosfet

Voor de maximale spanning door de Mosfet wordt van uit gegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning door 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 dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

Voor de maximale spanning door de Diode wordt van uit gegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning door 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.

1.3 Ontwerp 12V

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:

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

Primaire Piekstroom

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

$$I_{P_{piek}} = \frac{4 \cdot 30}{300 \cdot 0,85} = 0,47A$$

Primaire Spoel

Voor het berekenen van de primaire spoel, wordt een ingangsspanning van 300V en een rendement van 0,85 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 opgeslagen is 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.

ETD29/16/10 is het meest gunstige voor de Flyback converter met een uitgangsspanning van 12V.

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

Eerst wordt de werkelijke primaire wikkelingen berekent:

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

De werkelijke secundaire wikkelingen is nu te berekenen:

$$N_{Swerkelijk} = \frac{12}{300} * 72 = 2,88 \quad 3$$

De secundaire spoel kan nu berekent worden:

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

Ter controle wordt de B berekend en de B 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 5,589H voldoet.

Secundaire Piekstroom

In een ideaal 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 volg 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 100F 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 vanuit gegaan 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 door de Mosfet is:

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

Voor de maximale spanning door de Mosfet wordt van uit gegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning door de Mosfet is gelijk aan:

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

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 dit vermogen te kunnen schakelen.

Diode

De formule voor de spanning door de diode is:

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

Voor de maximale spanning door de Diode wordt van uit gegaan dat de ingangspanning (V_{IN}) gelijk is aan 360V. De maximale spanning door 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.