

Schakelende voedingen zijn door hun hoge rendement niet meer weg te denken uit onze elektronica. Op dit moment zien we dat de uitgangsspanning telkens lager wordt en de uitgangsstroom telkens hoger. Spanningen onder de 1 V en stromen tot 60 A zijn al heel normaal aan het worden. Ook zien we dat de schakelfrequentie telkens hoger wordt (nu al 2 MHz) en de afmetingen telkens kleiner worden. Om een dergelijke schakelende regelaar te kunnen maken, moet gebruik gemaakt worden van hoogwaardige componenten en dient er extra aandacht besteed te worden aan het uitgangsfILTER.

# Filters voor schakelende regelaars

## Zeven tips voor het kiezen van de juiste spoelen

Voor het ontwerpen van een schakelende regelaar kan veelal gebruik gemaakt worden van de kennis van de makers van de IC's. Datasheets en andere ondersteunende literatuur zijn er voldoende te vinden. Een aantal fabrikanten heeft zelfs software uitgebracht waarmee vrij gemakkelijk de juiste regelaar is te ontwerpen. Zo heeft Texas Instruments het programma SWIFT/TPS40K Designer, Linear Technology het pakket Switcher CAD III en National Semiconductor het programma Webench. Daarnaast levert menige fabrikant ook diverse demo-boards waarin ook de nodige kennis is verwerkt. Samen met deze hulpmiddelen is snel de schakeling ontworpen.

Voor het bepalen van het uitgangsfILTER, is het handig om naast alle kennis ook te kunnen beschikken over een groot aantal verschillende spoelen om mee te experimenteren. Een goede basis is de spoelen-designkit van Würth Elektronik. Deze kit bevat vele verschillende SMD-spoelen waarmee naar hartenlust geëxperimenteerd kan worden. Echter, bij het gebruik van de spoelen is het verstandig om vooraf over een aantal vuistregels te beschikken. In dit verhaal komen zeven tips aan bod voor het kiezen van de juiste spoel voor het uitgangsfILTER.

### Schakelfrequentie

Bij de schakelende regelaars van de eerste generatie lag de frequentie ergens rond de 30...55 kHz. De schakelfrequentie van de huidige generatie IC's voor schakelende regelaars ligt in het bereik van 100 kHz tot 2 MHz. Voor het kernmateriaal van de spoelen heeft deze hogere frequentie grote consequenties. De spoelen van toen kunnen nu niet meer gebruikt worden omdat er bij de hogere frequentie eerder verzadiging optreedt. Bruikbaar kernmateriaal is:

Schakelfrequentie <100 kHz: kernmateriaal: poederijzer, ferriet, Superflux, WE-PERM  
Schakelfrequentie >100 kHz: kernmateriaal: ferriet, Superflux, WE-PERM

### Ontwerptip 1: Waarde van de spoel

Voor het berekenen van de waarde van de spoel is nog geen software beschikbaar, maar gelukkig kan wel gebruik gemaakt worden van een paar vuistregels.

Voor een step-down regelaar is L bij benadering:

$$L = \frac{(U_{in} - U_{uit}) \cdot U_{uit}}{U_{in} \cdot 0,3 \cdot I_{uit} \cdot f}$$

Voor de Step-up regelaar:

$$L = \frac{(U_{uit} - U_{in}) \cdot U_{in}^2}{2 \cdot 0,2 \cdot I_{uit} \cdot U_{uit}^2 \cdot f}$$

Hierbij wordt uitgegaan van een rimpelstroomfactor van 0,2...0,4 (in de formules zelfs 0,2 en 0,3). In de formules is  $I_{uit}$  de nominale uitgangsstroom van de schakeling,  $U_{uit}$  de uitgangsspanning,  $U_{in}$  de ingangsspanning van de regelaar en  $f$  de frequentie waarmee geschakeld wordt. De formules leveren hoogstwaarschijnlijk geen waarden van standaardspoelen op. Kies daarom liefst een hogere waarde. Voorbeeld: Als de uitkomst een spoel is van 37,36 mH, neem dan een waarde van 33 mH maar nog beter 39 mH. Zelfs het toepassen van 47 mH is de moeite waard om uit te proberen.

### Ontwerptip 2: Stroom door de spoel

Hogere inductie – kleinere rimpel  
Lagere inductie – grotere rimpel

De rimpelstroom is essentieel voor de kernverliezen. Naast de schakelfrequentie is dit namelijk een belangrijke parameter voor het vermogensverlies in de uitgangssmoorspoel.

De stroombelasting (DC-stroom en rimpelstroom) in de spoel kan behoorlijk nauwkeurig berekend worden door gebruik te maken van simulatiesoftware. Voor wat minder nauwkeurige bepalingen kunnen de volgende formules gebruikt worden:

Step-down regelaar:

Nominale stroom door de spoel:  $I_N = I_{uit}$   
Maximale stroom door de spoel:  $I_{max} = 1,5 \times I_N$

Step-up regelaar:

Nominale stroom door de spoel:  $I_N = (U_{uit}/U_{in}) I_{uit}$   
Maximale stroom door de spoel:  $I_{max} = 2 \times I_N$

### Ontwerptip 3: Gelijkstroomweerstand

De nominale stroom door de spoel is rechtstreeks gekoppeld aan de temperatuurontwikkeling in de spoel ten gevolge van de DC-stroom die er loopt. Gebruikelijk is het om uit te gaan van een temperatuur van 40 °C bij de nominale stroom voor de spoel. Voor de verzadigingsstroom wordt, in overeenstemming met de adviezen van de halfgeleiderfabrikanten, uitgegaan van de stroom waarbij de inductie 10% gedaald is. Helaas is dit een parameter die in menige datasheet niet is terug te vinden, hetgeen voor verwarring kan zorgen bij de gebruikers.

Nadat de waarde voor de stroom door de spoel bepaald is, kan de juiste spoel gekozen worden. Hierbij moet uitgegaan worden van een zo laag mogelijke gelijkstroomweerstand. Helaas zijn hierbij een aantal parameters die tegengesteld werken. Er moet immers ook rekening gehouden worden met de grootte van de spoel en de energieopslagdichtheid. Belangrijk is het om goed te kijken wat men in de datasheets gebruikt voor waarde voor de DC-weerstand. Is dit een typical-waarde of een max-waarde. Deze laatste is natuurlijk van belang voor het gedrag in een worst-case-situatie.

De makers van spoelen proberen met vernieuwde windingmethodes en behuizingen de spoelen zo klein mogelijk te maken met een lage DC-weerstand en hoge energieopslagdichtheid. Een voorbeeld hiervan zijn de WE-HC/WE-HCA plattedraads spoelen van Würth Elektronik.

### Ontwerptip 4: Zelfde behuizing

De gelijkstroomweerstand is een belangrijke parameter als het gaat om de opwarming van de spoel en dus het vermogensverlies dat optreedt. Voor de DC-weerstand van spoelen met eenzelfde behuizing geldt dat bij een hogere inductie de weerstand ook hoger is en uiteraard lager als de waarde lager is. Ook geldt dat de DC-weerstand lager is als eenzelfde spoel in een afgeschermd variant gekozen wordt. Belangrijk is het om de DC-weerstand zo laag mogelijk te houden.

### Ontwerptip 5: EMC

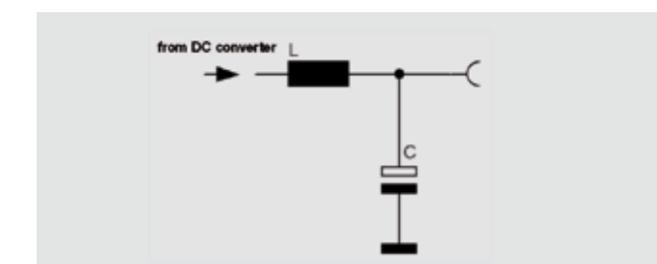
Het spreekt voor zich dat de afgeschermd spoelen van belang zijn voor EMC-kritische applicaties. De afscherming voorkomt immers magnetische koppeling tussen de windingen en printbanen of onderdelen in de buurt. Juist deze eigenschap maakt dat het veelal verstandig is om zo veel mogelijk gebruik te maken van afgeschermd spoelen. Daarnaast is het van belang om geen printbanen onder de spoel door te laten lopen of andere printen direct boven de spoel te monteren. Door de luchtspleet in de behuizing

kan immers nog magnetische velden naar buiten komen die voor problemen kunnen zorgen.

Onafgeschermd spoelen kunnen gebruikt worden voor niet EMC-kritische applicaties of voor regelaars die maar een geringe stroom hoeven leveren. Voor de spoelen van Würth geldt dat de soldeeraansluitingen voor zowel de afgeschermd als de niet afgeschermd spoelen op dezelfde afstand zitten. Uitwisselen tussen beide soorten is daarvoor vrij gemakkelijk.

### Ontwerptip 6: Voordelen afscherming

Het grootste voordeel van een magnetisch afgeschermd spoel in een zelfde behuizing is de hogere AL-waarde en daaraan gekoppelde lagere DC-weerstand (= lagere verliezen in het draad). Dit bij dezelfde inductiewaarde.



Figuur 1. Voor een hogere onderdrukking van stoorsignalen is het aan te raden om een LC-filter te gebruiken.

### Ontwerptip 7: LC-filter

Wanneer de uitgangsspanning nagenoeg geen rimpel in welke vorm dan ook mag vertonen, is het aan te raden om een LC-filter (figuur 1) te gebruiken in plaats van een enkele smoorspoel. Voor het bepalen van de waarde van de spoel en condensator moet uitgegaan worden van het volgende:

- Gebruik voor de kantelfrequentie 1/10 van de schakelfrequentie
- Selecteer de uitgangscapacitor (bijvoorbeeld 22 µF)
- Bereken de waarde voor L met de formule

$$L = \frac{1}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot C}$$

- Gebruik eventueel een simulator (SwitcherCADIII/LTSpice) om het resultaat te bekijken

Uitgaande van deze volgorde kan een goed filter gemaakt worden dat voldoende onderdrukking geeft van alle stoorsignalen die uit de regelaar kunnen komen.

Alexander Gerfer, Director International Product Management, Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

Voor meer informatie [www.we-online.com](http://www.we-online.com)



Power Inductors WE-TPC Serie



Power Inductors WE-PDx Serie



Power Inductors WE-HCx Serie