

Das richtige Netzteil finden

Stromversorgungen für unterschiedliche Anforderungen

In der vernetzten Welt nimmt die Konnektivität in einer beispiellosen Geschwindigkeit zu. Dies führt häufig zu Störungen durch Verkettungen und Masseschleifen. Insbesondere Netzteile sind davon betroffen. Wiederum haben die steigenden Anforderungen an den Wirkungsgrad höhere elektromagnetische Emissionen zur Folge. Damit beanspruchen die Filterkomponenten mehr Platz. Es gilt somit, für jede Anwendung den besten Kompromiss zu finden.

Autoren: René Koch, Tobias Herrmann



Bilder: Firepower

Durch die zunehmende Konnektivität kommt es zu zahllosen Verbindungen zwischen Systemen, deren Entwicklung in diesem Ausmaß nicht vorhersehbar war. Netzteile betrifft dies im besonderen Maße, da die Stromversorgung oft bis zur letzten Phase der Produktentwicklung vernachlässigt wird. In dieser Phase sind jedoch grundlegende Änderungen an der Applikation oft unerwünscht oder unmöglich, was wiederum zur Folge hat, dass ein Netzteil Filterfunktionen jenseits der ursprünglich intendierten Spezifikationen bereitstellen muss.

Im Gegensatz dazu sind steigende Anforderungen an die Energieeffizienz dafür verantwortlich, dass zunehmend Schalttechnologien in Stromversorgungskonzepten berücksichtigt werden, die zwar die Effizienz optimieren, aber gleichzeitig die elektromagnetischen Emissionen erhöhen. Bei vielen Netzteilen

nehmen deshalb die Filterkomponenten mehr als 30 Prozent der gesamten Konstruktionsfläche ein. Dadurch wird das Netzteil größer und teurer als beim Einsatz von sanft schaltenden Technologien.

Sanft schaltende Technologien gibt es bereits seit Jahrzehnten, wobei der LLC-Konverter die am häufigsten eingesetzte Topologie ist. LLC-Konverter haben jedoch einen sehr engen Grundregelungsbereich, weshalb sie oft als zweite Stufe nach einem Leistungsfaktorkorrekturfilter (Active Power Factor



Eck-DATEN

Einstufiges Netzteil versus universelles Netzteil, Vorteile von LLC-Konverter, Flyback-Konverter versus Chibi LLC-Konverter. Die Autoren geben einen Überblick, erläutern die Vor- und Nachteile der unterschiedlichen Netzteile und die optimalen Einsatzbereiche.

Correction / PFC) eingesetzt werden. Dieser regelt die Eingangsspannung des LLC-Konverters auf einen vorgegebenen Wert, sodass eine gute Regelung der Ausgangsspannung erzielt werden kann.

Die Chibi LLC-Konverter von LEI (eigene Schreibweise: ChiBi) wurden unter Verwendung eines resonanten LLC-Schaltkreises mit hohem Q-Faktor als einstufige AC-DC-Konverter konzipiert. Diese Konverter haben eine relativ hohe Leistungsdichte und ermöglichen eine hocheffiziente Leistungsumwandlung mit geringen elektromagnetischen Emissionen.

Universeller Eingangsspannungsbereich

Seit Aufkommen des Schaltmodus lässt sich bei Netzteilen die Ausgangsspannung optional mit einem größeren Eingangsspannungsbereich regeln, wodurch ein universeller Eingangsspannungsbereich (90 ~ 264 V) möglich wird. Dies vereinfacht zwar zum einen die Spezifikationen und bewirkt eine geringere Differenzierung von Teilenummern. Allerdings entstehen versteckte Kosten für die Entwicklung von Produkten für ein breites oder universelles Sortiment, die nicht unbedingt notwendig sind. Es liegt auf der Hand, dass tragbare Geräte wie Mobiltelefone, Tablets und Laptops eine größere Spannungsweite erfordern, da die Nutzer ihre Geräte auf Reisen mit sich führen. Stationäre Anwendungen wie Netzwerkinfrastruktur, Drucker, TV-Geräte, Set-Top- oder OTT-Boxen werden jedoch nicht an verschiedenen Orten eingesetzt und eignen sich daher für einstufige Netzteile.

Jedes Entwurfswindow (der Bereich zwischen Minimal- und Maximalwerten) erzielt bei richtiger Balance seine optimale Leistung im mittleren Bereich, wobei beide Extreme eine reduzierte Leistung aufweisen. Bei der Entwicklung eines Universalnetzteils liegt der mittlere Arbeitsbereich bei zirka $180 V_{AC}$, also einer Spannung, die weltweit nicht verwendet wird, sodass das Netzteil immer an einem suboptimalen Betriebspunkt arbeitet. Bei der Entwicklung eines einstufigen Netzteils hingegen weichen die Minimal- und Maximalwerte um zirka 10 bis 15 Prozent von der Mitte des Entwurfswindows ab, und zwar bei der Spannung, bei der das Netzteil tatsächlich verwendet wird. Dies führt zu einer wesentlichen Leistungssteigerung im Vergleich zu Universalprodukten.

Bei der Performance der Komponenten, sowohl im Hinblick auf den Preis als auch auf die elektrische Leistung, lassen sich ebenfalls Unterschiede feststellen, insbesondere bei den Komponenten auf der AC-Seite des Netzteils. Als Pufferkondensatoren werden zum Beispiel 400-V-Typen für den Hochspannungsbetrieb (230 V) benötigt, für den Niederspannungsbetrieb (120 V) hingegen eine größere Kapazität, um Anforderungen wie Überbrückungszeiten gerecht zu werden. Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der Anforderungsprofile für die Eingangspuffer-

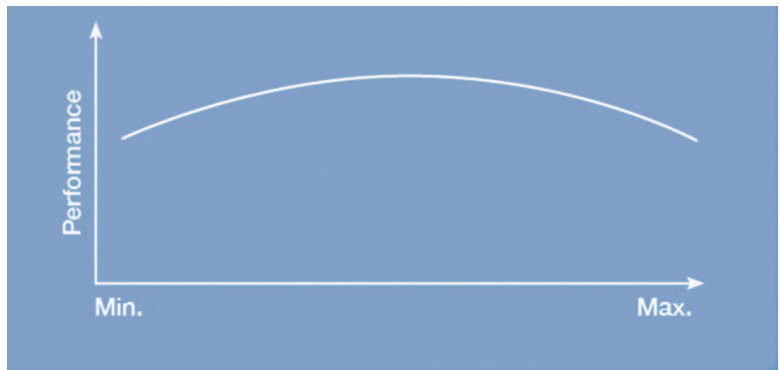


Bild 1: Prinzipielle Darstellung der Effizienz eines Netzteils über den Eingangsspannungsbereich.

Parameter	Low-Line	High-Line	Universal
Capacitance	2X	X	2X
Voltage	Y	2Y	2Y
Size	Z	Z	Z+

Tabelle 1: Ergebnis der Anforderungsprofile für die Eingangspufferkondensatoren.

kondensatoren. Deutlich wird hier, dass für ein universelles Netzteil-Design ein größerer Kondensator erforderlich ist, der normalerweise teurer ist. Ersatzserienwiderstand (ESR), Verlustfaktor ($\tan\delta$) sowie Preis sind hier nicht aufgeführt, verhalten sich aber äquivalent. Daraus ergibt sich eine potenzielle Leistungssteigerung für einstufige Produkte in Hinblick auf Effizienz, elektromagnetische Emissionen, Größe und Kosten.

Weiter Regelbereich

Heutzutage wird die überwiegende Mehrheit der energieeffizienten Produkte (< 75 W) mit Sperrwandlern, auch Flyback-Konverter genannt, gebaut. Ein Sperrwandler ist ein einfacher Wandler, der den Transformator als Speichermedium nutzt, bevor die Energie dem Ausgang zugeführt wird. Dieser zweistufige Konvertertyp ermöglicht einen sehr weiten Regelbereich mit einer relativ einfachen Steuerung. Während der Einschaltzeit des Konverters wird die Eingangsenergie im Transformator gespeichert und während der Ausschaltzeit an den Ausgang abgegeben. Die Isolierung des Energiestroms bildet den Schlüssel für den großen Betriebsbereich (Regelbereich) von Sperrwandlern. Jedoch besteht der Nachteil dieser Technologie darin, dass der Transformator in der Lage sein muss, all diese Energie zu speichern und deshalb relativ groß wird.

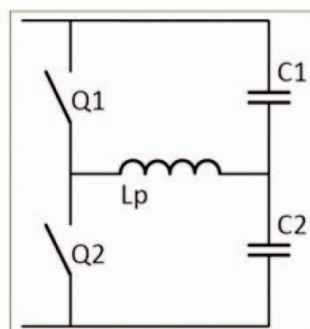


Bild 2: Eine Halbrücke: L_p stellt die Primärwicklung des Transformators dar. Wenn der Schalter Q1 geschlossen ist, fließt Strom von links nach rechts durch L_p , Ladekondensator C2 und Entladekondensator C1. Beim Öffnen von Q1 und Schließen von Q2 schwingt der Strom von den Kondensatoren zurück durch Schalter 2.

Bild 3: Ein 60-W-Chibi-LLC-Konverter für die Wandmontage und ein normaler 60-W-Flyback-Konverter für den Desktop-Bereich (Flyback oben, Chibi-LCC unten).



Um die Größe eines Stromwandlers zu reduzieren, kann der Transformator in zwei Quadranten statt in einem, wie beim Sperrwandler, verwendet werden. Auf diese Weise lässt sich die Leistungsfähigkeit einer bestimmten Transformatorgröße verdoppeln. Die Leistung kann noch weiter gesteigert werden, wenn der Transformator als direkter Wandler und nicht als Speicherkomponente verwendet wird, das heißt als direkte Energieversorgung des Ausgangs. Durch die Erhöhung der Frequenz lässt sich dann die Anzahl der Windungen reduzieren, ohne dass die Gefahr einer Trafosättigung besteht. Um die Schaltfrequenz zu erhöhen, müssen die Schaltverluste reduziert werden, was die Verwendung einer resonanten oder weichschaltenden Topologie nahe legt.

Eine Halbbrücke, wie in Bild 2 dargestellt, ermöglicht es, sowohl den Betrieb auf zwei Quadranten zu erhöhen (der Strom kann in beide Richtungen fließen) als auch den Transformator als direkte Umwandlungskomponente zu verwenden, das heißt, die Last wird direkt von der Primärseite versorgt, ohne dass eine Energiespeicherung erforderlich ist. Lp in Bild 2 stellt die Primärwicklung des Transformators dar. Wenn der Schalter Q1 geschlossen ist, fließt Strom von links nach rechts durch Lp, Ladekondensator C2 und Entladekondensator C1. Nach dem Öffnen des Schalters Q1 wird die Restenergie im Transformator eine natürliche Wandlung bewirken. Danach kann der Schalter Q2 mit geringen Verlusten geschlossen werden, und der Strom fließt in die entgegengesetzte Richtung. Es ist nicht erforderlich, zwei Kondensatoren (C1 und C2) zu verwenden. Ein Kondensator genügt, was zu einer asymmetrischen Halbbrücke führt mit einer geringfügigen Auswirkung auf das symmetrische Gleichgewicht und die elektromagnetischen Emissionen.

Wenn die Frequenz des Halbbrücken-Konverters in der Nähe der Resonanzfrequenz des primären LC-Kreises (Lp + C1/C2) justiert wird, lassen sich die Schaltverluste reduzieren. Das Öffnen und Schließen der Primärschalter (Q1 und Q2) kann dann in der Nähe von Nullspannung oder Nullstrom (ZVS beziehungsweise ZCS) erfolgen, was zu minimalen Schaltverlusten führt. Zwar sieht der Transformator immer noch eine Rechteckspannung, aber der Strom, der durch den Transformator fließt und den Ausgang

	Standard flyback	Chibi LLC
Maximum efficiency	90 %	95 %
Margin to electromagnetic emissions	-10 dB	-20 dB

Tabelle 2: Effizienz und elektromagnetische Emissionen von Standard-Flyback- und Chibi-Konvertern im Vergleich.

speist, verläuft sinusförmig. Dieser sinusförmige Strom stellt die wesentliche Triebfeder für die Effizienzsteigerung und Reduzierung der elektromagnetischen Emissionen dar, da in den Oberwellen der Schaltfrequenz weniger Energie steckt als bei hart schaltenden Technologien.

Reduziertes Gewicht

Bild 3 zeigt einen 60-W-Chibi-LLC-Konverter für die Wandmontage und einen normalen 60-W-Flyback-Konverter für den Desktop-Bereich. Neben der Tatsache, dass der Chibi-Konverter um zirka 30 % kleiner ist, ermöglicht sein reduziertes Gewicht auch eine Wandmontage, was die Gesamtkosten weiter reduziert, da kein Wechselstromkabel benötigt wird.

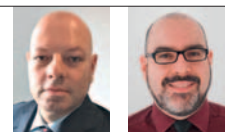
Standard-Chibi-Konverter sind kostenoptimiert und weisen daher nur geringe Optimierungen in Bezug auf Effizienz und elektromagnetische Emissionen auf, sind aber mit einer Größenreduzierung von 30 Prozent und einer Preisreduzierung von mehr als 10 Prozent sehr wettbewerbsfähig.

Das Grundkonzept hingegen sorgt für mehr Effizienz und geringere elektromagnetische Emissionen. Ein Konstruktionsdesign zu vergleichbaren Kosten wie bei Standard-Flyback-Konvertern könnte beispielsweise zu einer Verbesserung der elektromagnetischen Emissionen um 10 dB beziehungsweise zu einer Verbesserung des Effizienzgrades um fünf Prozent führen, was dieses Konzept für höherwertige Anwendungen prädestiniert.

Einer der Vorteile der reduzierten elektromagnetischen Emissionen besteht darin, dass die Chibi-Konverter ohne Y-Kondensator konstruiert werden können. Y-Kondensatoren werden in der Regel zur Reduzierung der Gleichtakt-Emissionen eingesetzt, indem ein solcher Kondensator zwischen Primär- und Sekundärseite platziert wird. Dies führt in der Regel zu einem Kriechstrom, der kapazitive Touch-Panels stören oder Netzfrequenzgeräusche (Brummen) in Audioanwendungen erzeugen kann. (ah) ■

Autoren

René Koch
CTO von Leader Electronics



Tobias Herrmann
Field Application Engineer, Finepower

all-electronics.de

infoDIREKT

610ejl0118