

So realisieren Sie komplexe Stromversorgungssysteme intelligent

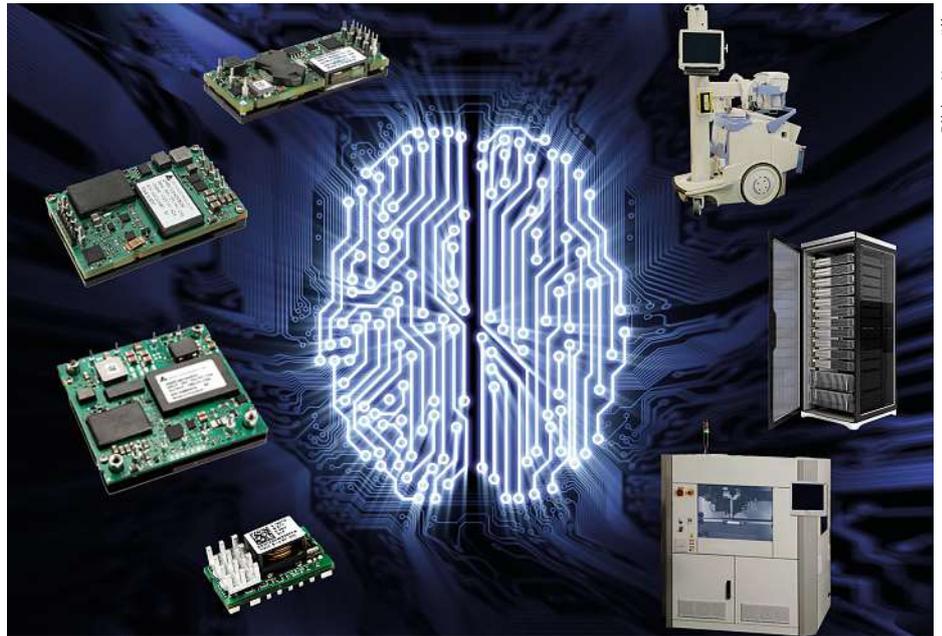
Digitale Regelung ermöglicht das einfache und flexible Design von Stromversorgungssystemen – und dank zahlreicher Funktionen lassen sich Wirkungsgrad, Leistungsdichte und Zuverlässigkeit verbessern.

FREDERIKE KAHL *

Das Internet der Dinge, das die Verknüpfung physischer Gegenstände mit miniaturisierten Embedded-Computern beschreibt, sowie das rasante Wachstum in der Konsumelektronik, vermehrte Video-Kommunikation und Cloud-basierte Dienste verursachen einen fortwährend steigenden Netzwerk-IP-Datenverkehr und Leistungsbedarf. Da die Kosten für das IT-Equipment stetig sinken, steigt der Anteil der Energiekosten an den Gesamtkosten für die Systeme. Zudem setzen gesetzliche Richtlinien immer strengere Rahmenbedingungen, um Geräte umweltfreundlicher zu gestalten. Durch diese Entwicklung rücken Energieeffizienz und Leistungsdichte der Stromversorgungen immer mehr in den Fokus beim Schaltungsdesign.

Bisher war die Weiterentwicklung von Stromversorgungssystemen stark von den Fortschritten auf Halbleiter-Bauelementebene getrieben. So wurde die Effizienz von DC/DC-Wandlern beispielsweise optimiert, indem Schaltverluste und Durchlasswiderstände minimiert und die Wärmeableitung verbessert wurden. Allerdings stößt die Entwicklung auf dieser Ebene an seine Grenzen.

Eine weitere signifikante Verbesserung wird nun über einen Systemansatz erreicht. Entwickler suchen zunehmend nach einem flexibleren, zuverlässigeren und effizienteren Weg, die fortschrittlichen Halbleiterbauelemente zu verknüpfen und allen äußeren Systembedingungen anzupassen. Es besteht also die Herausforderung, Systeme zu entwickeln, die den Wirkungsgrad über den gesamten Lastbereich und unter allen Betriebsbedingungen optimieren. Entsprechend diesem Systemansatz trägt zukünftig adaptives und lastabhängiges Power Management



Bilder: Neumüller

Digital Control: besonders nützlich in komplexen Systemen wie in der Medizin- und Lasertechnik, der Automation und in der IT.

in Systemarchitekturen zur Erhöhung der Effizienz und der Leistungsdichte bei.

Verteilte Stromversorgungsarchitekturen sind effizienter

Die Stromversorgung in komplexen, modernen Schaltungen versorgt Komponenten wie leistungsfähige ICs, Mikrocontroller, DSPs und FPGAs, die unterschiedliche Versorgungsspannungen benötigen. Daher begann man vor etwa 15 Jahren damit, verteilte Stromversorgungsarchitekturen (DPA, Distributed Power Architecture) zu verwenden. Eine klassische DPA besteht aus einem AC/DC-Netzteil, das die Netzspannung in eine relativ hohe DC-Versorgungsspannung (typischerweise 48-V-Bus) wandelt, die dann wiederum eine Reihe isolierter DC/DC-Wandler im Brick-Format versorgt, von denen jeder eine Niederspannungslast (0,7 bis 3,3 V) versorgt. Je größer dabei die Differenz zwischen

den Ein- und Ausgangsspannungen eines DC/DC-Wandlers ist, desto schlechter ist der Wirkungsgrad der Energiewandlung.

Die Ausgangsspannung eines Frontend-Netzteils mit 48 V galvanisch getrennt auf 3,3 V oder darunter abwärts zu wandeln, ist bezüglich Effizienz und Genauigkeit nur schwer umzusetzen. Daher entwickelte sich aus dieser Struktur die heute gängige Intermediate-Bus-Architektur (IBA), (Bild 1). Die IBA ist eine verteilte Stromversorgungsarchitektur, die eine weitere DC/DC-Spannungswandlungsebene aufweist. Dabei speist ein AC/DC-Netzteil einen isolierten DC/DC-Buswandler (IBC) mit 24 oder 48 V und dieser gibt wiederum 5 bis 14 V an die direkt an der Last platzierten, nicht isolierten PoL-Wandler (Point of Load) ab, welche die erforderliche Spannung für die Lastschaltkreise bereitstellen. Auf diese Weise können die Kosten für eine Isolation eines jeden DC/DC-



* Frederike Kahl
... ist Produkt Marketing Managerin bei Neumüller Elektronik in Ahrensburg.

Wandler auf der letzten Ebene eingespart werden. Ein weiterer Vorteil der IBA liegt in der verbrauchernahen Leistungswandlung begründet. Mit der Abnahme der Betriebsspannung der Lasten bei immer kleineren Prozessknoten, kann die Verarbeitungsleistung der ICs erhöht werden. Durch die Steigerung der Leistungsfähigkeit der ICs und niedrigeren Betriebsspannungen steigt der Strombedarf. Bei langen Leiterplattenbahnen oder Systemverkabelung würde eine Stromversorgung, die weit von der Last entfernt sitzt, zu extrem hohen I²R-Verlusten und Instabilität führen. Für die maximale Systemeffizienz sollte die letzte Wandlung also möglichst nah an der Last stattfinden.

Funktionen digital geregelter verteilter Stromversorgung

In der Daten- und Telekommunikation schwankt das Datenverkehrsaufkommen und somit die Arbeitslast je nach Tageszeit, Applikation und aufgrund externer Ereignisse stark. Um Strom zu sparen, werden heutige Systeme so entwickelt, dass sie immer so viele Funktionen wie möglich abschalten. Die meisten Mikrocontroller erlauben beispielsweise eine Reduzierung der Versorgungsspannung im Standby-Modus. Außerdem muss es die Möglichkeit geben, fehlerhafte Kreise im Fehlerfall abzuschalten, während andere Schaltungsteile allerdings weiterhin mit Spannung versorgt werden. Zudem müssen meist unterschiedliche Spannungen in einer gewissen Reihenfolge ein- und ausgeschaltet werden. Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es einiger spezieller Funktionen, die nur durch eine digitale Regelung der verteilten Stromversorgungsarchitekturen umsetzbar sind. Die di-

gitale Regelung der Stromversorgung – auch als Digital Power bezeichnet – kann im Gegensatz zur analogen Variante Echtzeitinformationen liefern, mit denen sich Stromversorgungssysteme automatisch an ihre Umgebung anpassen. Dies ermöglicht einen flachen Wirkungsgradverlauf über den gesamten Lastbereich, eine geringe Abhängigkeit des Wirkungsgrades von der Eingangsspannung, sowie eine vereinfachte Entwicklung anspruchsvoller und intelligenter Stromversorgungen.

Die einzelnen Komponenten kommunizieren über einen PMBus, ein einfaches und flexibles Open-Standard-Power-Management-Protokoll, das mittlerweile Standard ist. Es ermöglicht eine Kommunikation vom AC/DC-Frontend bis hin zu drehzahlregulierten Lüftern.

Die wichtigsten Funktionen der digitalen Regelung eines Stromversorgungssystems sind:

■ **Monitoring – Alarmfunktion:** Mit Hilfe einer Software lassen sich Parameter wie Spannung, Strom und Chiptemperatur in Echtzeit erfassen und während des Betriebs (on the fly) programmieren. So kann die Ausgangsspannung geändert oder die Filterkonstanten modifiziert werden. Beide Größen bestimmen die dynamische Leistungsfähigkeit, einschließlich Regelungsgenauigkeit, Transientenverhalten und Ausgangsrauschen. Digitale Leistungswandler bieten auch zahlreiche programmierbare Alarmfunktionen, die Abweichungen von der kalibrierten Konfiguration berichten und die Temperatur überwachen. Dies ermöglicht eine Fehlerdiagnose, bevor die anormalen Abweichungen einen Alarmwert erreichen und kann durch eine

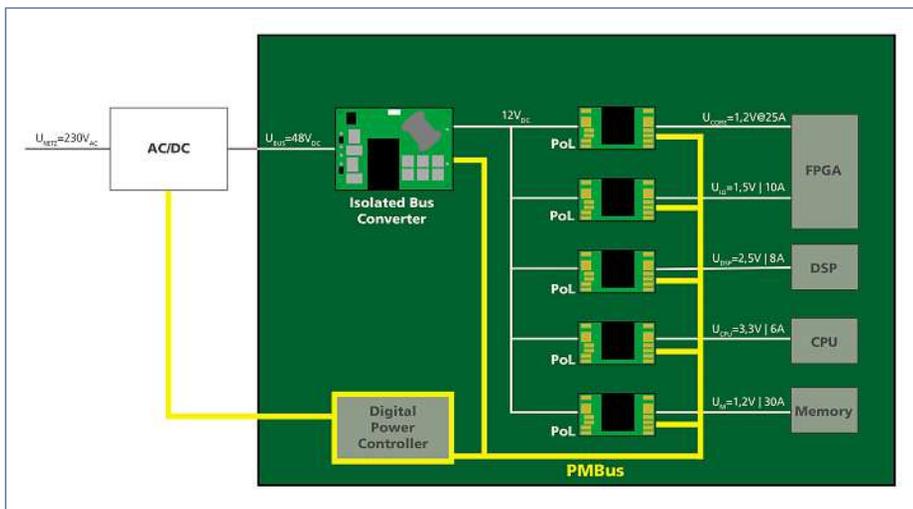
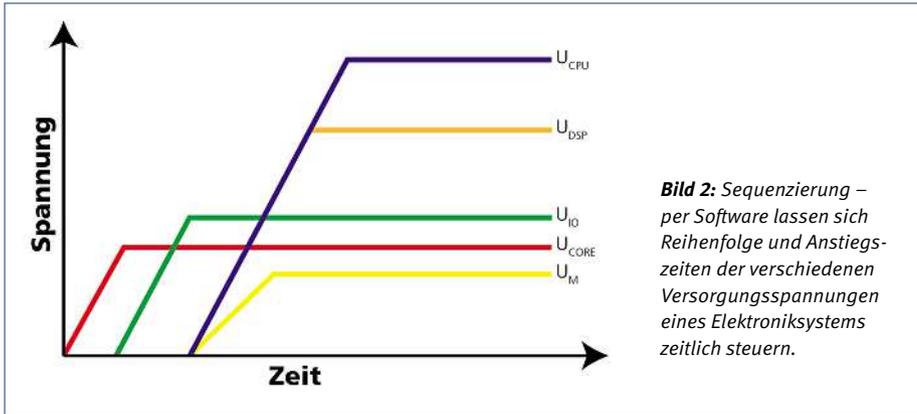


Bild 1: Intermediate-Bus-Architektur (IBA) – verteilte Stromversorgungsstruktur mit der letzten Leistungswandlung direkt an der Last für eine höhere Effizienz.



frühzeitige Wartung oder Anpassung der Einstellungen Ausfälle und Umsatzverlust vermeiden.

■ **Bus-Spannungsskalierung:** Bei der Bus-Spannungsskalierung wird die Intermediate-Bus-Spannung gesenkt, sobald die Lastströme relativ gering sind. Dadurch werden die Verluste bei der Abwärtswandlung in den zahlreichen PoL, welche die Lastspannungen regulieren, verringert. Wenn der Laststrom steigt, befiehlt die Supervisory Software dem Intermediate-Bus-Wandler, seine Ausgangsspannung zu erhöhen, um eine ausreichende Leistung für die PoL bereitzustellen. Somit verändert die digitale Regelung die Intermediate-Bus-Spannung je nach Lastanforderung.

■ **Sequenzierung:** Ein weiterer Vorteil digital geregelter Stromversorgungen ist die Ablaufsteuerung von Stromversorgungen, eine Power-Management-Funktion, die ein geregeltes Hochfahren ermöglicht, was insbesondere bei großen FPGAs erforderlich ist. Unterschiedliche Arten von Prozessoren und andere Bauteile wie Speicher erfordern unterschiedliche Sequenzierungen auf der gleichen Leiterplatte. Daher müssen unterschiedliche Sequenzierungsschemata erstellt werden, die zum Beispiel zeitbasiert, ereignisbasiert oder gruppenkommunikations-busbasiert sein können. Dies kann ganz einfach über eine Software auch während des Betriebs erfolgen. Bei der zeitbasierten Sequenzierung beispielsweise

basieren die Verzögerungen, Anstiegs- und Abfallzeiten auf den Prozessorspezifikationen. Zudem ändern sich die Sequenzierungswerte während der Lebensdauer eines Netzwerkprozessors häufiger. Bei Firmware-Upgrades beispielsweise kann es sein, dass die Sequenzierungswerte neu festgelegt werden, um den Betrieb und den Stromverbrauch weiter zu optimieren. Bei Verwendung analoger PoL-Wandler wäre eine Änderung der Sequenzierungswerte nicht so einfach möglich, da die Einstellung über Widerstände erfolgt und somit extra eine aufwändige Hardwareänderung gemacht werden müsste.

■ **Miniaturisierung durch Bauteileinsparung:** Eine weitere Herausforderung stellt der Trend zu immer mehr Datenverarbeitungsleistung auf immer kleineren Leiterplatten dar. Durch digitale Regelung können viele Funktionen digital umgesetzt werden, die somit nicht mehr als getrennte Aufgabe auf der Leiterplatte realisiert werden. Dadurch kann viel Platz eingespart werden. Ein Beispiel hierfür ist die integrierte Temperaturerfassung der PoLs. Für ein Wärmebild der Leiterplatte wäre in analogen Schaltungen ein komplexes Netzwerk von Thermokopplern, zusätzliche Schaltkreise und Kalibrierungen nötig.

Digital Power bietet ein enormes Potenzial. Die Entwicklung eines Schaltungsdesigns ist so einfach wie nie zuvor und bietet gleichzeitig durch zahlreiche Funktionen große Fle-

xibilität, einen verbesserten Wirkungsgrad und höchste Leistungsdichte. Die Programmierung des Modulhaltens erfolgt durch intuitive Software und über eine grafische Benutzeroberfläche. Es gibt auch die Möglichkeit, mittels Drag-&Drop-Grafiken eine gesamte Power-Management-Umgebung zu entwickeln, ohne jemals eine Zeile Code schreiben zu müssen.

Digital Power verkürzt Entwicklungszeiten und senkt Kosten

Durch Digital Power können die Entwicklungszeiten sowie die Zeit für eine Markteinführung signifikant verkürzt und die Kosten immens gesenkt werden. Durch die geringere Wärmebelastung aller beteiligten Bauelemente wird zusätzlich die Zuverlässigkeit des Gesamtsystems erhöht.

Delta Electronics treibt die Entwicklung der Digital Power voran und bringt vermehrt Modelle mit PMBus-kompatiblen digitalen Schnittstellen auf den Markt. Aktuell bietet Delta im Bereich der Intermediate Bus Converter die Wandler E48SC, E54SD im Eight-Brick-Format mit bis zu 360 W und Q48SC, Q54SG im Quarter-Brick-Format mit bis zu 600 W, sowie H48SC im Half-Brick-Format mit 450 W. Delta erreicht erstaunlich hohe Wirkungsgrade von bis zu 96,5%. Der DGQ-12SOAOS25, ein digitaler Point-of-Load-Wandler, wandelt Eingangsspannungen zwischen 8 und 12 V in eine einstellbare Ausgangsspannung zwischen 0,7 und 3,3 V und liefert dabei einen Strom von 25 A bei einem Wirkungsgrad von 93,7% (bei 3,3 V/25 A). Auch im Bereich der AC/DC-Wandlung verfügt Delta über eine PMBus-kompatible Netzteilserie – der BACSR-Serie mit bis zu 360 W. Wechselspannungen aus einem Weiteingangsspannungsbereich von 85 bis 265 V können in wahlweise 12, 24, 48 oder 57 V umgewandelt werden – und zwar mit einem Wirkungsgrad von 93,5%. Ein weiteres Feature der Stromversorgungen von Delta ist die Möglichkeit der Lastverteilung bei Parallelschaltung der Geräte. // TK