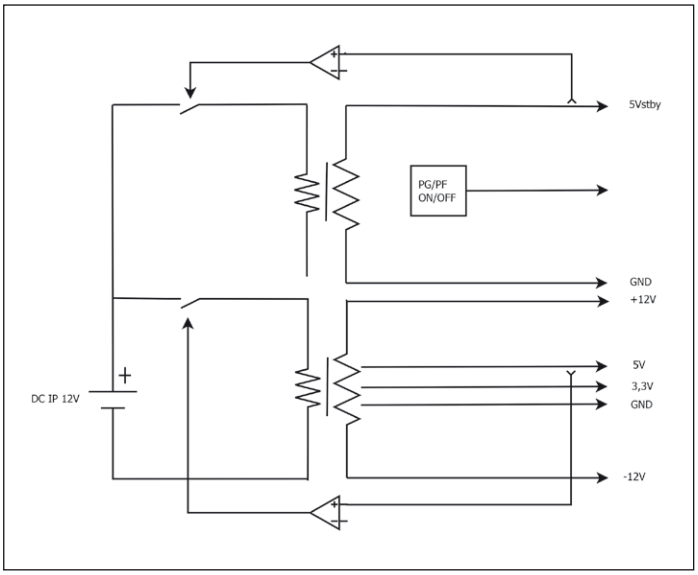
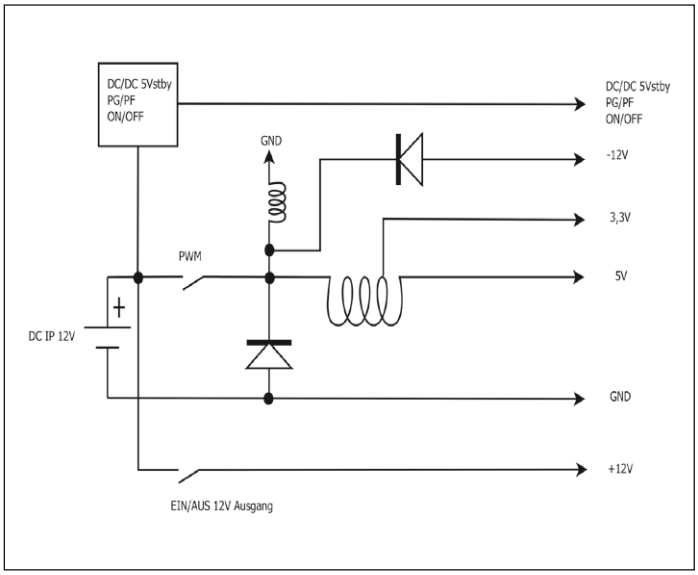
Galvanisch getrennt oder galvanisch nicht getrennt?





In Sachen DC/DC-Wandler mit ATX-Ausgängen teilt sich die technische Welt in zwei Lager. Die Kernfrage lautet: galvanisch getrennt oder galvanisch nicht getrennt? Der nachfolgende Bericht erörtert die Vor- und Nachteile beider Topologien.

Bild 1 (Links): Aufbau eines galvanisch getrennten DC/DC ATX Wandlers
Bild 2 (Rechts): Aufbau eines galvanisch nicht isolierten DC/DC ATX Wandlers

Der grundlegende Unterschied zwischen einem galvanisch getrennten DC/DC ATX-Wandler und einem galvanisch nicht getrennten Wandler besteht, vereinfacht ausgedrückt darin, dass der galvanisch getrennte Wandler in seinem Aufbau einem Schaltnetzteil entspricht und somit entsprechende Isolation bietet. Dies wird mit einem Übertrager realisiert, welcher auf der Eingangsseite mittels Pulsweitenmodulation angesteuert wird und einem Optokoppler, der die Ausgänge abfragt und die Ausgangsspannungen konstant hält. Abgesehen von der fehlenden PFC-Stufe (Power Faktor Korrektur), dem fehlenden Gleichrichter sowie der i.d.R, geringeren Eingangsspannung ist der Wandler damit größtenteils identisch zu einem AC/DC ATX-Netzteil bekannter Bauart (Bild 1).

Nicht isolierter DC/DC ATX-Wandler

Der Aufbau eines typischen nicht isolierten DC/DC ATX-Wandlers ist deutlich einfacher. Die Eingangsspannung wird mittels eines Abwärtswandlers auf 3,3 V und 5 V umgesetzt. Je nach Aufbau wird die -12 V durch einen Buck-Boost Wandler erzeugt. Die +12 V wird der Eingangsspannung direkt entnommen und mittels FET ohne weiteren Schutz auf den Ausgang geschaltet. Dies ist der Grund, warum die Eingangsspannungstoleranz eines nicht isolierten Wandlers mit 11,5…13 V_{DC} im Vergleich zu einem isolierten Wandler mit 9…32 V_{DC} sehr eng begrenzt ist. Dieses Design erlaubt aber eine kleinere Bauform sowie bedingt durch die Topologie und fehlende Wandlung der +12 V einen höheren Wirkungsgrad, als dies bei einem galvanisch getrennten Wandler der Fall ist. Bild 2 zeigt das Blockschaltbild eines galvanisch nicht getrennten Wandlers.

Wo liegen für den Anwender die relevanten Unterschiede?

Baugröße und Anschlüsse

Durch die unterschiedliche Topologie sind bei nicht isolierten Versionen, zumindest für die Standardfunktionen, deutlich weniger und kleinere Bauteile notwendig als bei galvanisch getrennten Versi-

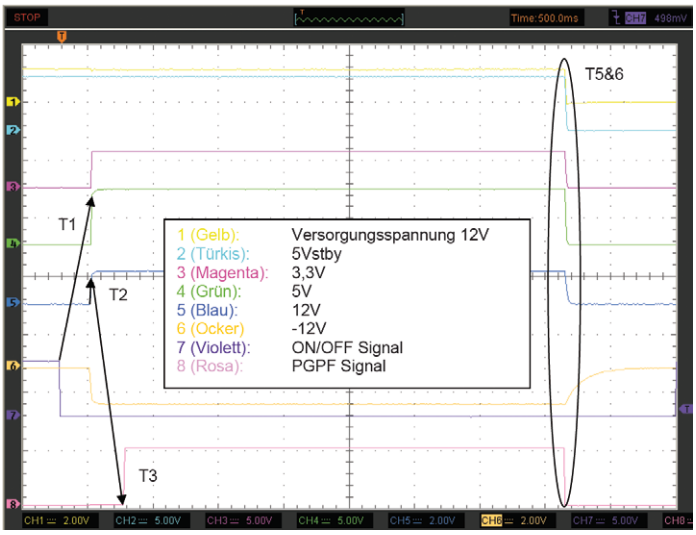


Bild 3: Timing ATX Spannungen isolierter DC/DC ATX Wandler

AutorInnen:

Dipl. Ing. Heidrun Seelen Vertriebsleitung, MBA Frank Cubasch Geschäftsführer, Magic Power Technology GmbH

Zeit	Soll	Isolierter Wandler	Nicht isolierter Wandler Typ 1	Nicht isolierter Wandler Typ 2	Definition
T1	<500ms	278,00 ms	60,00 ms	41,00 ms	ON/OFF Zeit
T2	<20ms	3,50 ms	3,50 ms	3,90 ms	Anstiegszeit der Ausgänge
T3	100-500ms	247,00 ms	390,00 ms	281,00 ms	Verzögerung des PG-Signals
T5	>16ms	2,34 ms	0,23 ms	0,30 ms	Hold-Up Zeit*
T6	>1ms	1,13 ms	-0,21 ms	-0,10 ms	Power Fail Warnung (DATEN-SICHERUNG)
* Diese ist für DC/DC Wandler nicht definiert					

Tabelle 1: Timing ATX-Spannungen

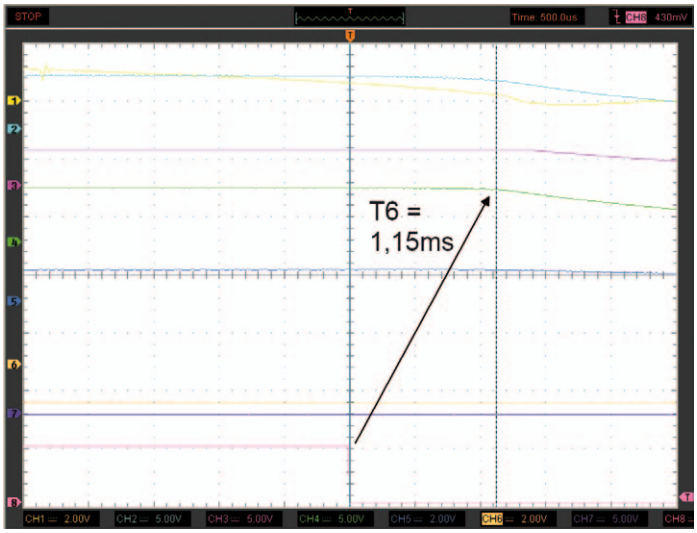


Bild 4: Timing Power Fail Zeit (T6) galvanisch isolierter Wandler

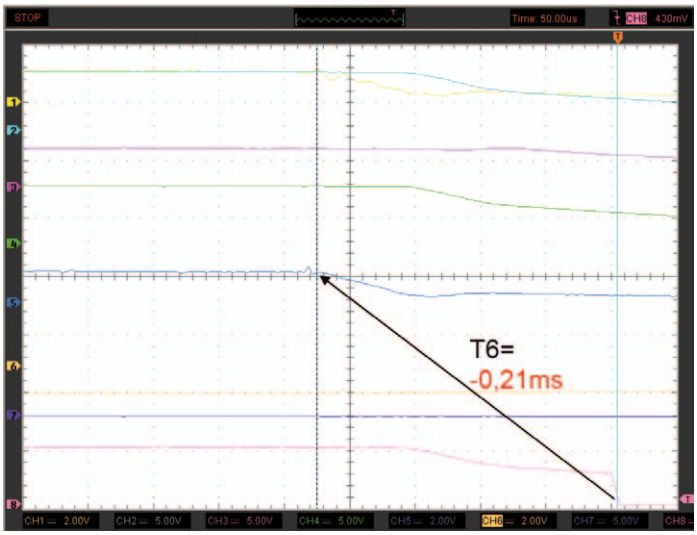


Bild 5: Timing Power Fail Zeit (T6) galvanisch nicht isolierter Wandler

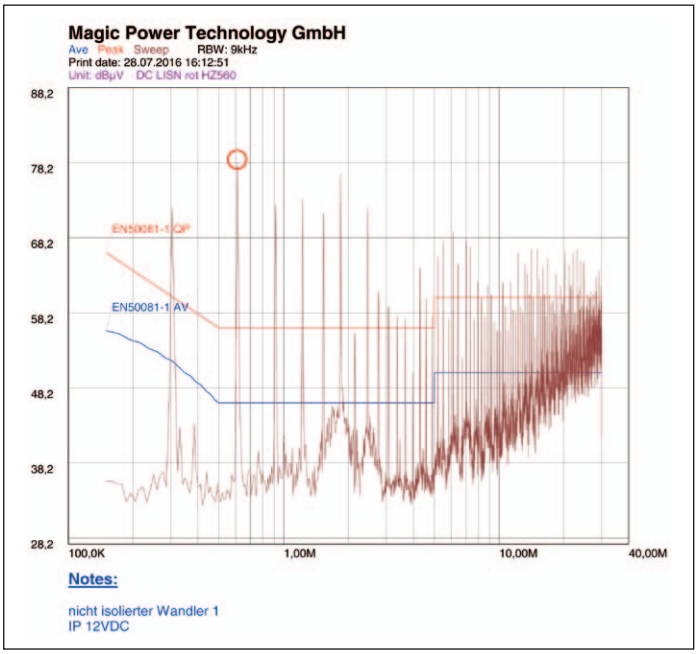


Bild 6: Störspannung eines galvanisch nicht isolierten DC/DC ATX-Wandlers

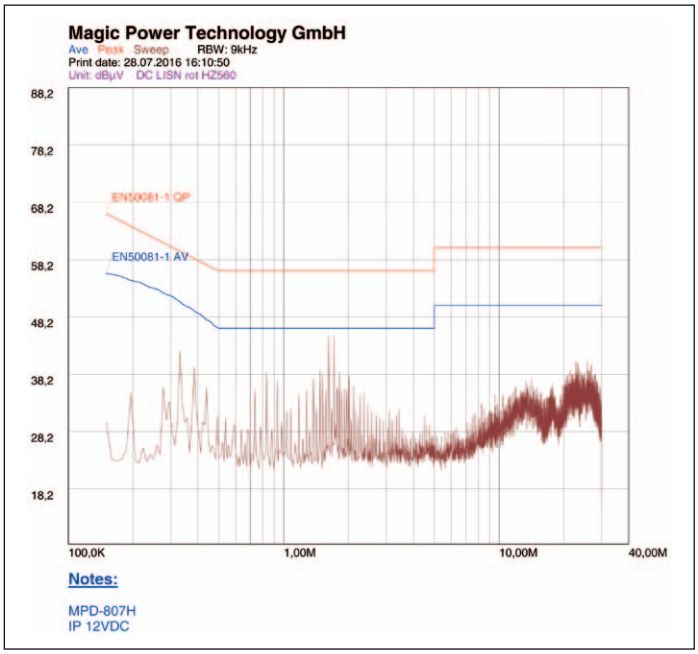


Bild 7: Störspannung eines galvanisch isolierten DC/DC ATX-Wandlers

onen. So ist z. B. allein der Übertrager der galvanisch getrennten Version ca. 10x größer als eine Drossel eines galvanisch nicht getrennten Wandlers und entspricht damit fast der gesamten Baugröße des galvanisch nicht getrennten Wandlers. Somit ist die galvanisch getrennte Version mit 128 x 81 x 40 mm deutlich größer als ein galvanisch nicht getrennter Wandler mit etwa 35 x 45 x 25 mm.

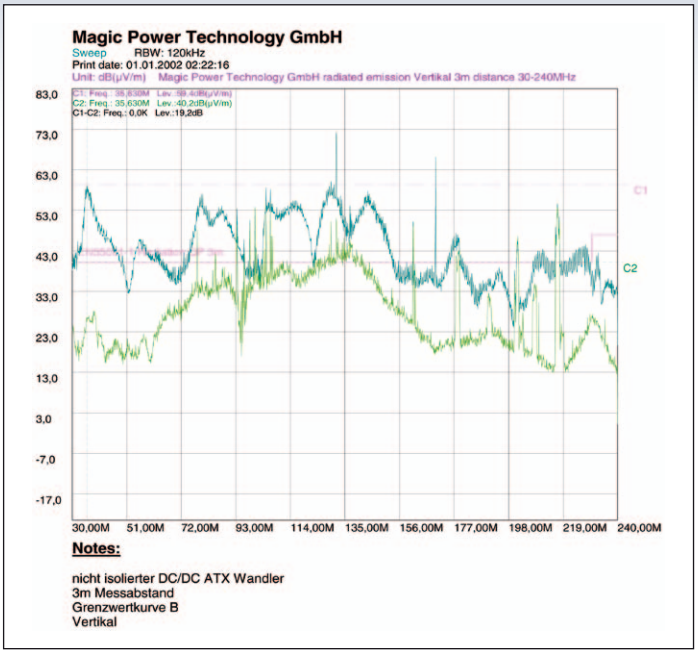


Bild 8: Vertikale Feldstärke eines galvanisch nicht isolierten DC/DC ATX Wandlers (blau) . Die grüne Kurve stellt die Messung der Umgebung bei abgeschaltetem Prüfling dar (sichtbar z. B. UKW Sender im Bereich 87 - 110 MHz)

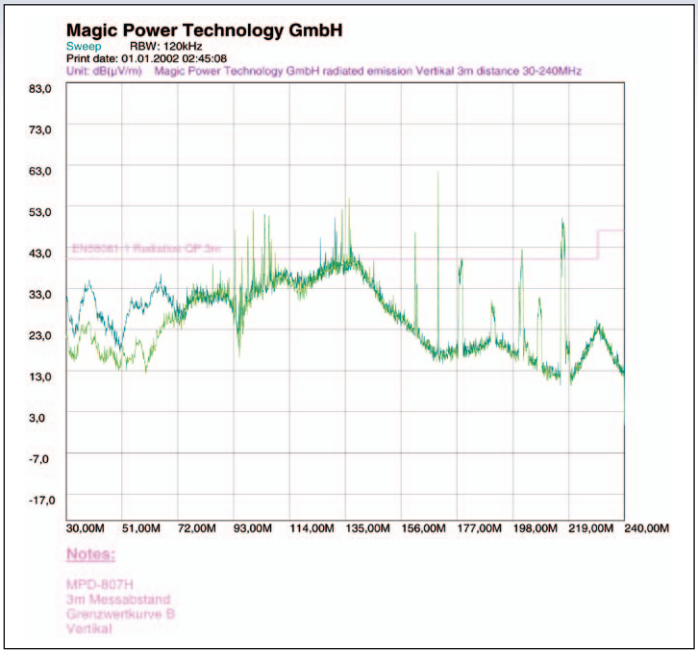


Bild 9: Vertikale Feldstärke eines galvanisch isolierten DC/DC ATX-Wandlers (blau) mit Umgebung (grün)

Jedoch sind die Anschlüsse bei der galvanisch getrennten Version deutlich flexibler, weil der Eingangs- und Ausgangskabelsatz nach Kundenwunsch gestaltet werden kann. Der galvanisch nicht getrennte Wandler lässt sich dagegen nicht modifizieren.

Leistung, Wirkungsgrad und MTBF

Beide Wandlerkonzepte erlauben Ausgangsleistungen von etwa 70…100 W. Die verschiedenen Topologien (die isolierte Version trennt auch die 12 V und hält sie konstant; die nicht isolierten Varianten schalten die 12 V direkt zum Ausgang durch) sind auch bei der Berechnung des Wirkungsgrades zu berücksichtigen. So ergeben sich zwei unterschiedliche Vergleiche des Wirkungsgrades, jeweils mit und ohne Einbeziehung der 12 V. In beiden Messungen zeigen die nicht getrennten Wandler den höheren Wirkungsgrad. Ursachen hierfür sind u.a. die fehlende Wandlung der +12 V und die vereinfachte Schaltungsstruktur. Ein ganz anderes Bild ergibt sich, wenn die Anwendung an einem 24-V-Industrienetz betrieben werden soll. Die galvanisch getrennte Version kann direkt an 24 V angeschlossen werden.

Im Gegensatz dazu ist es bei der galvanisch nicht getrennten Version notwendig, entweder einen DC/DC-Wandler von 24 V auf 12 V vorzuschalten oder auf einen nicht isolierten Wandler mit 24-V-Eingang zurück zu greifen, welcher die 12 V auch mitwandelt. Diese Art von nicht getrennten Wandlern ist jedoch im Aufbau deutlich größer und teurer. Durch den hohen Unterschied zwischen Ein- und Ausgangsspannung sinkt dabei auch der Wirkungsgrad eines nicht getrennten Wandlers. Die Vorteile gegenüber der galvanisch getrennten Version werden somit bei dieser Betriebsweise wieder aufgewogen.

In Sachen MTBF erreicht der isolierte Wandler mit 130.000 h bei 50 °C eine deutlich höhere Zuverlässigkeit als der nicht isolierte Wandler mit 50.000 h.

Timing Ausgangsspannungen und Signale

Die Anforderungen an die ATX Spannungen sind u.a. in dem sogenannten „ATX power supply design guide“ festgelegt. Ein besonderes Augenmerk ist hierbei auf das Timing während des Startvorgangs, aber auch im Fehlerfalle zu legen.Die in diesem Zusammenhang wichtigsten Zeiten sind in Tabelle 1 aufgeführt:

Im Oszilloskopbild stellt sich der zeitliche Ablauf vom Hochlaufen der Spannungen über den normalen Betrieb bis hin zum Fehlerfall (Wegfall der Versorgungsspannung inkl. der entsprechenden Signale) wie folgt dar (Bild 3):

Die Zeiten 1-3 sind für den Start des Rechners wichtig, während T5 und T6 zur potentiellen Sicherung der Daten bei Verlust der Spannungsversorgung dienen. Die Hold-Up Zeit T5, also die Zeitdifferenz zwischen dem Einbruch der Versorgungsspannung und dem Einbruch der Ausgangsspannungen, ist ein Maß für die weitere Betriebsfähigkeit bei Ausfall einer Sinusschwingung (60 Hz). Hierbei ist zu beachten, dass ein DC/DC-Wandler konstruktionsbedingt nicht die für AC/DC ATX-Netzteile geforderte hohe Hold-Up Zeit T5 aufweisen muss. Dies kann typischerweise entweder durch das vorgeschaltete AC/DC-Netzteil oder durch eine DC Pufferung z. B. mittels Elektrolytkondensator ausgeglichen werden.

Deutlich wichtiger als die Hold-Up-Zeit ist jedoch die Vorwarnzeit T6 bei Ausfall der Eingangsspannung durch das PF-Signal. Diese Information erlaubt dem System, noch relevante Daten über den Betriebszustand etc zu sichern. Das sog. PG/PF-Signal liefert somit zwei wichtige Informationen: Im Zeitbereich T3 und später, also während des Startens und im Betrieb, signalisiert das Netzteil dem Rechner die regelgerechte Verfügbarkeit der Ausgangsspannungen. Der Rechner fährt mit der Bearbeitung des Start-Up fort. Im Falle eines Fehlers dagegen springt das Signal auf Low und signalisiert den in Kürze anstehenden Wegfall der Versorgungsspannungen.

Hier der zeitliche Ablauf des PF Signals (T6) bei Unterbrechung der Eingangsspannung eines galvanisch isolierten Wandlers (Bild 4).

Bei der nicht isolierten Version fällt die Ausgangsspannung ab, bevor das PF-Signal dies signalisiert und ermöglicht somit kein Sichern der Daten (Bild 5).

Hierfür sind zwei Gründe maßgeblich. Der galvanisch getrennte Wandler hat einen überlappenden Arbeitsbereich von Eingangs- zu Ausgangsspannung (hier 9 - 32 V_{DC}). Galvanisch nicht getrennte Wandler dieses Typs dagegen verlangen eine stabilisierte 12-V-Versorgung

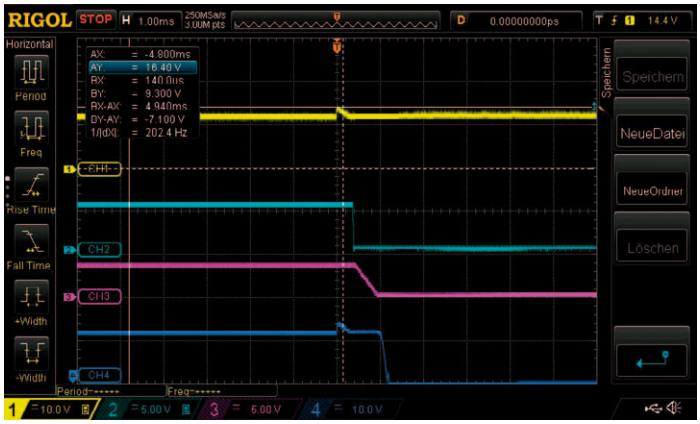


Bild 10: 16 V Spannungsspitze auf nicht isoliertem Wandler mit Auswirkungen auf die Applikation

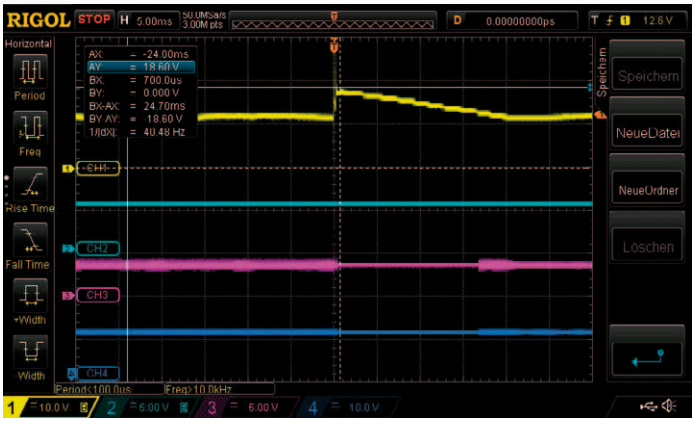


Bild 11: 18 V Spannungsspitze auf isoliertem Wandler ohne Auswirkungen auf die Applikation

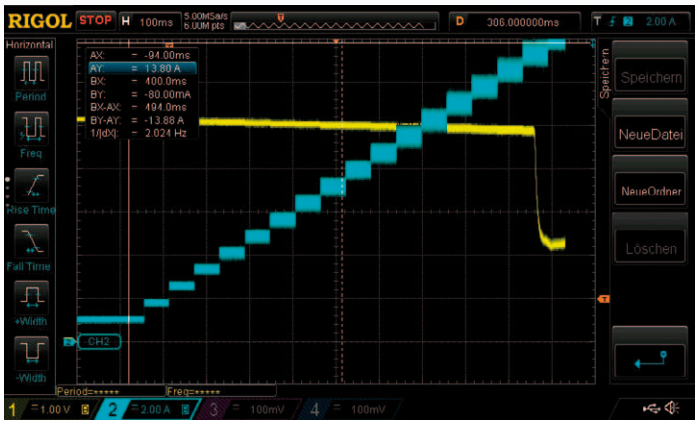


Bild 12: Test der Überstrombegrenzung mit Zerstörung des nicht isolierten Wandlers

(11,5 - 13 V), da diese direkt auf den 12-V-Ausgang geleitet wird. Des Weiteren wird im isolierten Wandler deutlich mehr Energie im Zwischen- und Ausgangskreis kapazitiv und induktiv gespeichert. So ist genügend Zeit vorhanden, um das PF-Signal frühzeitig zu setzen.

Elektromagnetische Verträglichkeit

Rechner, typischerweise mit Boards im Mini-ITX-Format (20 - 70 W), werden in den unterschiedlichsten Anwendungen eingesetzt. Das Spektrum reicht vom Rechner für Heim oder Bürogebrauch über professionelle Industrierechner bis hin zum Einsatz in Maschinen und medizinischem Equipment. Dementsprechend gibt es auch für den Einbau der Wandler und Boards in Gehäusen aus Kunststoff oder Metall mit und ohne Schutzerde unterschiedlichste Randbedingungen.

Wird die DC-Eingangsspannung von einem Tischnetzteil eingespeist, ist z. B. davon auszugehen, dass keine Schutzerde zur Entstörung am Rechner zur Verfügung steht. Umso wichtiger ist es hier, dass der Wandler nur geringe Emissionen aussendet. Obgleich es NICHT immer vorgeschrieben ist, die leitungsgeführte Störspannung auf der DC-Zuleitung zu messen, sollte man darauf achten, dass diese so gering wie möglich ausfällt. Die Oberwellen dieser Frequenzen werden später bei der verpflichtenden Messung der Abstrahlung wieder auftreten.

Die hier gezeigten Vergleichsmessungen wurden beim Betrieb der Wandler mit Lastwiderständen und ohne schirmendes Gehäuse erstellt. Sie sind somit als worst case Ergebnisse zu betrachten. Messung der Störspannung eines nicht isolierten Wandlers an einer DC-Netznachbildung bei einer Betriebsspannung 12 V, mit deutlicher Überschreitung des Limits im Vergleich zur Messung eines isolierten Wandlers (Bild 6). Bild 7 zeigt die Störspannung eines galvanisch isolierten DC/DC ATX-Wandlers.

Wie bereits erwähnt, ist die Messung der leitungsgeführten Störspannung (f <30 MHz) auf DC-Zuleitungen in den meisten Fällen nicht verpflichtend. Die zum Teil aufgrund der Emissionen auf der Zuleitung auftretenden Oberwellen im abgestrahlten Spektrum (f >30 MHz) sind jedoch beim galvanisch nicht getrennten Wandler deutlich höher. Während galvanisch getrennte Wandler in Bezug auf die EMV bereits optimiert sind, muss das Verhalten bei galvanisch nicht getrennten Wandlern also im Einzelfall betrachtet und gegebenenfalls mit zusätzlichen Maßnahmen, z. B. Filter, Y-Kondensatoren (bei PE) etc, korrigiert werden (Bild 8 und 9).

Überspannungs- und Überstromschutz

Im Betrieb mit einem Tischnetzteil kann man davon ausgehen, dass die Betriebsspannung stabil eingehalten wird und keine Spikes, Surges oder Bursts zu erwarten sind. Anders sieht es aus, wenn die Versorgungsspannung zusätzlich Motoren, Relais etc treibt. Hier sind unsaubere Spannungsverläufe mit Einbrüchen oder Spitzen zu berücksichtigen.

Im Test wurden Wandler mit beiden unterschiedlichen Topologien (galvanisch getrennt und galvanisch nicht getrennt) mit einem eingangsseitigen Peak von nur 16…18V_{DC} belegt. Die Ergebnisse waren gänzlich verschieden. Während der galvanisch isolierte Wandler die Spitze blockt und normal weiter arbeitet, leitet der nicht isolierte Wandler die Spannungsspitze direkt auf die 12 V durch und schaltet zusätzlich danach ab. Bei einer Spitze von 24 V kam es sogar zur Zerstörung des nicht isolierten Wandlers. Der isolierte Wandler ist konstruktionsbedingt hier deutlich überlegen und ist mit Surge und Burst bis zu 2000 V_{DC} getestet. Dadurch ist ein deutlich erhöhter Schutz der Applikation bei widrigen Versorgungssituationen gegeben (Bild 10 und 11).

Um im Überlastfall / Kurzschluss Schäden an der Applikation oder am Wandler zu vermeiden, werden in den Designs Überstrombegrenzungen eingebaut (OCP). Diese sollen im Fehlerfall den Wandler und die Applikation vor Beschädigung oder gar Zerstörung schützen. Je nach Hersteller bzw. Typ des nicht isolierten Wandlers hat dies im Test zur Zerstörung des Wandlers geführt. Zulässig lt. Datenblatt war ein Peak-Strom von max 7 A mit Abschaltung bei 150% = ca. 10 A. Das reale Verhalten zeigt die entsprechende Messkurve, die mit der Zerstörung des Wandlers ohne vorheriges Abschalten endet (Bild 12).

Kriterium	Galvanisch nicht getrennt	Galvanisch getrennt
Baugröße	+	-
Wirkungsgrad	+	-
Preis	+	-
ATX timing, PG/PF	-	+
Flexibilität Einbau	-	+
Eingangsspannungs-bereich	-	+
EMV Emissionen	-	+
EMV Immisionen	-	+
Überlastschutz	-	+
MTBF	-	+

Tabelle 1: Bewertung der Fakten

Fazit

Beide Topologien – galvanisch getrennt oder galvanisch nicht getrennt - bieten jeweils spezifische Vor- und Nachteile. Die Auswahl wird oftmals durch die Art der Applikation bestimmt und ist im Einzelfall abzuwägen. Ist z. B. die Größe der bestimmende Faktor, liegt der Vorteil auf Seiten der nicht isolierten Version. Sind andere Faktoren wie Betriebssicherheit, EMV etc vorrangig, ist der Einsatz eines isolierten Wandlers vorteilhaft.

■ *Magic Power Technology GmbH*
www.mgpower.de