

Stromversorgung - Korrekter Vergleich des Wirkungsgrads zwischen einer Brick-Lösung und einem einsatzfertigen DC/DC-Wandler

Autronic ist seit 2007 Teil der Fortec Elektronik AG und plant derzeit weitreichende Veränderungen, die bis 2025 umgesetzt werden:

Durch den Zusammenschluss der verschiedenen Powersparten des Konzerns werden wir ein umfassendes Stromversorgungsproduktportfolio aus einer Hand anbieten. Neben dem Vertrieb von Produkten namhafter Hersteller liegt unsere Stärke in der Bereitstellung wertschöpfender und kundenspezifischer Lösungen, die alle Anforderungen unserer Kunden kompromisslos erfüllen.

Bei Systemlieferanten ist ein häufig auftretendes und wichtiges Thema beim Design-In einer Stromversorgungskomponente die Kühlung des Gesamtsystems. In einer Kundenanwendung kann eine beträchtliche Wärme durch CPU, Halbleiter, Funkmodulen und weiteren aktiven Bauteilen entstehen. Wird das Netzteil auch noch in die Anwendung eingebaut, muss der Wärmeableitung noch mehr Beachtung geschenkt werden. Bei vielen Komponenten kann der Entwickler keinen Einfluss nehmen, Prozessor ist Prozessor, Mosfet ist Mosfet, also sind hier die Möglichkeiten der thermischen Optimierung stark eingeschränkt.

Bei Netzteilen sieht das ganz anders aus. Hier ist ein maximaler Wirkungsgrad gefragt, da bei einem niedrigen Wirkungsgrad zusätzliche Wärme „gehandhabt“ werden muss. Informationen zum Wirkungsgrad finden Sie im Datenblatt des Netzteils, so dass die Grundlagen schnell verstanden werden können.

Nun stellen sich die Fragen:

Welche Stromversorgung setze ich ein?

Wie lässt sich die Effizienz zwischen einer Leiterplattenmontagelösung und einer Plug-and-Play-Lösung direkt vergleichen?

Wie kann ein Vergleich vorgenommen werden, damit eine bewertbare Aussage zum Wirkungsgrad getroffen werden kann?

Bei der Auswahl der PSU gibt es natürlich viele Herausforderungen, die von den zuständigen Personen betrachtet werden müssen, hier einige Beispiele:

- ✓ welche Produktnorm muss ich erfüllen
- ✓ welche EMV-Vorgabe habe ich
- ✓ welcher Einbauplatz steht mir zur Verfügung
- ✓ wie kann ich das Gerät montieren
- ✓ welches Budget steht mir zur Verfügung
- ✓ habe ich eigene Entwickler-Ressourcen frei
- ✓ welche Effizienz erwarte ich (sprich: Welche Wärme muss ich abführen)
- ✓ Verfügbarkeit/Zeitplan
- ✓ und es gibt viele weitere Themen, auf die es einzugehen geht

Wie vergleicht man was richtig miteinander?

Bei den Stromversorgungen unterscheidet sich zwischen einer fertigen Plug-and-Play-Lösung und einer Teillösung, wie z. B. Bausteine/DC/DC-Wandler, die auf PCBs montiert werden. Wir unterscheiden auch zwischen Stromversorgungen, die es fertig zu kaufen gibt (COTS – commercial off-the-shelf) und sogenannten kundenspezifische Lösungen.

Konzentrieren wir uns auf die sogenannte COTS-Produkte.

Es wird die Effizienz dreier Produkte in der fertigen Anwendung verglichen, um einen fairen Vergleich zu erhalten:

- ✓ voll gefilterte Plug-and-Play Lösung für Defense (60 W)
- ✓ und zwei Brick-Lösungen (einmal ein Industriewandler und einen Wandler für Defense-Anwendungen).



Ein PCB-montierbares Modul (umgangssprachlich oftmals Brick genannt) kann immer nur eine Teillösung einer Stromversorgung sein. Bereits bestehende Filtermodule können zusätzlich genutzt werden, die dann einen Teil der Befilterung übernehmen.

Welche Anforderungen bestehen, neben einer hohen Effizienz (=hoher Wirkungsgrad)?

- ✓ Filterung:
 - MIL-STD-461G (Navy Mobile and Army)
 - MIL-STD-1275E, inklusive
 - Load-Dump nach DEF STAN 61-5 Part 6.
- ✓ Verpolschutz
- ✓ Einschaltstrombegrenzung

Der Brick wandelt in diesem Fall von allein nur die Spannung von 24 V auf 12 V um. Aber hier werden Beschaltungselemente benötigt, ansonsten fängt der Wandler nicht an zu arbeiten. Die Beschaltungselemente werden gegen Surge und Burststörungen benötigt. Das heißt im Schaltkreis müssen entsprechende Kondensatoren vorgesehen werden. Weiterhin benötigt die zu entwickelnde Schaltung Filtermaßnahmen, um die Störaussendungen über die Leitungen und das Gehäuse zu reduzieren, ebenso muss die Störfestigkeit beachtet werden.

Folgende Bauteile werden für eine Filterung benötigt:

Der erweiterter Eingangsbereich (Brick: 4:1 zu ACM60: 6,7:1) verursacht einen Verlust von ca. 1 Watt, da Mosfet-Typen mit höherer Spannung ausgewählt werden müssen ($R_{DS(On)}$ erzeugt höhere Verlustleistung durch höheren Widerstand).

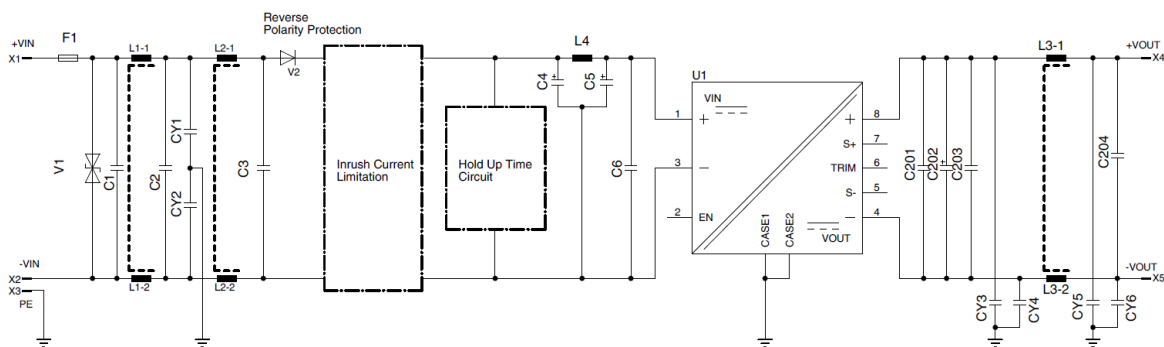
3 Stokos werden benötigt, um die hoch- und niederfrequenten Störungen über die Leitungen und das Gehäuse zu unterbinden. Zum Einsatz kommt ein Snubber und Mosfets mit hohen Widerstandswerten, für eine flache Schaltflanke, um eine gute EMV-Optimierung zu garantieren. Eine Längsdrossel hilft der weiteren Reduzierung der EMV-Pegel.

Eine effiziente Filterung für Surgepuls nach MIL benötigt weitere Bauteile, die ca. 1-1,5 Watt Leistung benötigt. Nicht zu unterschätzen ist der aktive Verpolschutz mit effizienter Transistorlösung, die einer Diode vorgezogen wird.

Zusammenfassung:

Filtermaßnahme	Verlustleistung	Grund
Zusatzbefilterung Eingangsbereich	2 W	Mosfet mit hohem $R_{DS(On)}$, inkl. Load Dump
Stokos	3,6 W	3 Stokos mit je 1,2 W Verlust
Zwei Mosfet	2,5 W	Mosfet mit hohem Widerstandswerten
Längsdrossel	0,8 W	Filterung
Sonstige Bauteile	0,4 W	Kleinmaterial
Summe	ca. 9,3 W	Gesamtverlust durch Filterung

Musterbeschaltung einer vereinfachten Filterung:



Der Wirkungsgrad eines modernen, nach Industriestandard ausgelegten Bricks liegt bei 100 % Last und 25 °C bei 92,5 %. Neuere PCB-montierbare Mil-Wandler zeigen einen Wirkungsgrad zwischen 86 % bis 87 % auf. Kleine fertige Filtermodule, als Teilfilterung eingesetzt, weisen einen Wirkungsgrad von ca. 98 % auf.

Das Ergebnis des Wirkungsgrads eines Bricks inkl. Teilfilterung liegt bei 90 % ($0,925 \times 0,98$) beim Industriewandler und 85 % ($0,87 \times 0,98$) auf.

Der Wirkungsgrad des ACM60 liegt bei 84 %.

Im Vergleich sieht die komplette Befilterung wie folgt aus:

Wandler	Wirkungsgrad DC/DC	Wirkungsgrad fertiges Filtermodul	Verluste durch Zusatzbefilterung	Gesamtwirkungsgrad
Industrie-Brick	92,5 %	98 %	ca. 5,5 W	84 %
Mil-Brick	87 %	98 %	ca. 5,5 W	80,5 %
ACM60	84 %	nicht benötigt	nicht benötigt	84 %

Fazit:

Rein nur die Betrachtung des Datenblatts, also ohne keine weiteren Gedanken über den Aufwand, der betrieben werden muss, stellen sich die ursprünglichen 84 % Wirkungsgrad einer fertigen Lösung nun ganz anders dar! Die 84 % sind unter wirtschaftlichem und physikalischem Gesichtspunkt das, was man optimiert an Wirkungsgrad erzielen kann.

Wenn man nun vor der Entscheidung steht, die richtige Stromversorgung auszuwählen, also einen Plug-and-Play DC/DC-Wandler oder doch lieber an einer eigenen Stromversorgungslösung arbeiten will, mit Bricks, Filtermodule und eigener Beschaltung, bedeutet das im Einzelnen:

- ✓ Es können eigene Entwicklerkapazitäten lange an eine Stromversorgungslösung gebunden werden
- ✓ Eine fertige Lösung bietet einen identischen oder sogar besseren Wirkungsgrad, mit bewährter Technologie
- ✓ Die Verantwortung für die Produkte bei einer fertigen Lösung wird dem Lieferanten übertragen
- ✓ Bei einer eigenen Lösung ist man freier bei der Entscheidung der Platzierung der Bauteile und hat ggfls. auch Produktions- und Preisvorteile

Sachsenheim, 29.02.2024-Giovanni Rodio-