

alle Bilder: Systemtechnik Leber



Rauschen kann die Messeigenschaften von Computertomographen negativ beeinflussen, wie Untersuchungen des Fraunhofer IIS in Fürth belegen. Die Ripple & Noise-Werte der Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteile liegen in der Größenordnung lineargeregelter Netzteile, d. h. unterhalb von 10 mVss.

Rauscharm zum Scharfblick

Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteile ermöglichen höhere Bildqualität in der Medizintechnik.

Denny Vogel und Jörg Klenke

Der Einsatz von Flachbilddetektoren – unter anderem bei bildgebenden Systemen in der Röntgentechnik – stellt Entwickler und Konstrukteure der Endgeräte vor die Herausforderung, eine möglichst störungsfreie DC-Spannungsquelle zu integrieren. Nur das ermöglicht rauschfreie Aufnahmen. Denn Rauschen bedeutet immer eine Kontrastminderung – und damit eine suboptimale Diagnose.

Egal, ob bei Voruntersuchung, geplante Eingriff oder einer Not-OP: Mit bildgebenden Verfahren, etwa durch einen Computertomographen (CT) erstellte 3D-Bilder, lässt sich in der Medizin ein realistisches Bild vom Inneren des

Patienten machen, um verletzte oder befallene Körperteile zu untersuchen und eine möglichst genaue Diagnose zu stellen. Sogar während eines Eingriffs kommen solche Röntgensysteme zum Einsatz, um die behandelten Körperteile in Echtzeit darzustellen.

Digitale Bildverarbeitung ist dabei heute Standard, da sich die digitalen Röntgenbilder leichter interpretieren lassen als analoge. Dennoch gibt es Schwachpunkte: Das durch die Sensoren oder Spannungsquellen bedingte Rauschen kann zu einer Unschärfe beziehungsweise Kontrastminderung in der gesamten Aufnahme führen – und damit zu einem unerwünschten Spielraum für Interpretationen in der Diagnose. So kann es vor-

kommen, dass die Materialdicke fehlerhaft angezeigt wird. Ziel ist es daher, dieses Bildrauschen im digitalen System so weit wie möglich zu reduzieren.

Störungen im digitalen System

Die wesentlichen Bauteile von Röntengeräten sind der Generator und die Röntgenröhre. Die Mehrzahl der Geräte besteht auch aus einem Streustrahlenraster und einem Detektor. Diese liefern die Bilder, indem sie die Röntgenstrahlen, die den Patienten durchdringen, räumlich filtern, aufnehmen und in ein Bildsignal verwandeln. Der Detektor enthält unter anderem eine Photodiode, die das Lumineszenzlicht einer großflächig

auf der Glasplatte aufgedampften Szintillatorschicht in elektrische Ladung verwandelt und zwischenspeichert.

Das Signal der einzelnen Dioden wird mit einer Bildwechselrate von 30 Hz zeilenweise ausgelesen, in ladungsempfindlichen Verstärkern am Detektorrand aufgenommen und digitalisiert. Die Bilddaten werden direkt einem digitalen Bildverarbeitungssystem zugeführt und in Echtzeit dargestellt. Probleme können bei der Bildqualität auftreten, da bei den digitalen Detektoren – im Gegensatz zu den Vorgängersystemen – keine Bildverstärkungstechnik integriert ist. Daher ist das Aufnahmesignal im Vergleich zum auftretenden Rauschen zu schwach.

Herkömmliche Rauschreduktion

Das Signal-zu-Rausch-Verhältnis (signal-to-noise ratio, SNR) beschreibt das Verhältnis der bildgebenden Anteile zu Störsignalen. Ein hohes Signal-zu-Rausch-Verhältnis wird nur dann erreicht, wenn sich das elektronische Rauschen der Ausleseschaltungen verringern lässt. Ziel ist es daher schon seit einigen Jahren, das elektronische Rauschen durch entsprechende Konzepte zu reduzieren. Dazu stehen den Herstellern bildgebender Systeme verschiedene technische Optionen zur Verfügung, wie beispielsweise die Menge der den Detektor erreichenden Streustrahlung zu verringern, mathematische Modelle zu implementieren sowie die Signalübertragung oder Filterleistung zu optimieren.

Eine weitere Möglichkeit ist es, den Faktor Röhrenstrom und -spannung zu beeinflussen. Erhöht sich der Milliampere-sekunden-Wert (mAs), nimmt die Strahlungsmenge zu. Dadurch kommt eine größere Anzahl von Röntgenstrahlen auf dem Detektor an – die optische Dichte ist höher, das Signal-zu-Rausch-Verhältnis und

die Kontrastauflösung steigen. Die Crux dabei ist: Ein höherer Röhrenstrom bedeutet auch eine höhere Strahlungsdosis für den Patienten.

Aus diesem Grund sollten Konstrukteure im Idealfall versuchen, auf andere Weise das Rauschen in medizinischen Geräten zu senken, etwa durch den Einsatz rauschärmerer Elektronikkomponenten.

Rauschen aus Schaltnetzteilen

Untersuchungen des Fraunhofer IIS in Fürth belegen, dass Rauschen die Messeigenschaften von Computertomographen negativ beeinflussen kann, beziehungsweise dass beim dimensionellen Messen mit Computertomographen die Bildqualität maßgeblich die Messgenauigkeit bedingt.

In der Messtechnik wird zwischen statischen (zufälligen) und systematischen Messfehlern unterschieden. Statische Messfehler treten in der Bildgebung aufgrund von Rauschprozessen auf – entweder Photonenrauschen oder Rauschen der verwendeten Elektronikkomponenten. Letzteres lässt sich durch den Einsatz hochwertiger Komponenten stark reduzieren.

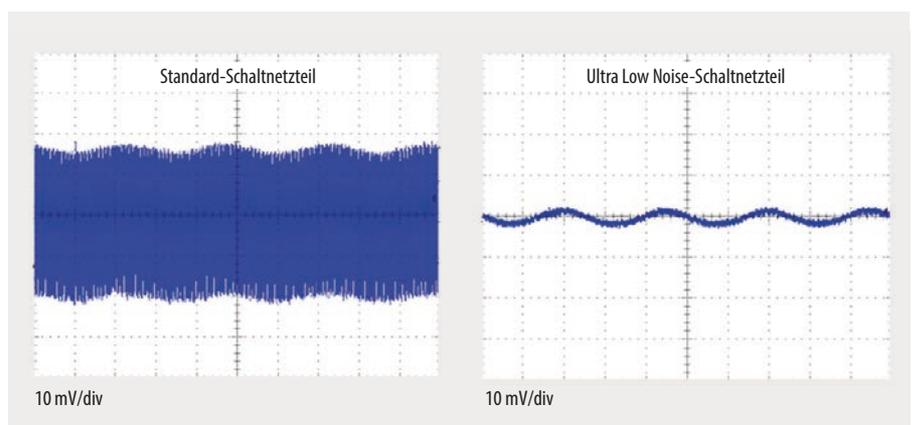
Ein guter Ansatzpunkt sind hierbei die heute in medizinischen

Geräten eingesetzten Schaltnetzteil beziehungsweise Netzteile, bei denen der Leistungsüberträger meist mit mehr als 100 kHz geschaltet wird. Die wesentlichen Vorteile gegenüber den zuvor verwendeten 50-Hz-Netzteilen sind der Weitbereichseingang, die hohe Packungsdichte, das geringe Gewicht und eine große Laststabilität. Ihr großer Nachteil aber sind hochfrequente Störungen der Ausgangsspannung – bedingt durch die hohe Schaltfrequenz. Diese werden als Ripple & Noise (R&N) bezeichnet und in mVss (Milli-Volt Spitze-Spitze) angegeben.

In vielen Anwendungen lassen sich die Störungen auf der DC-Spannung, die meist größer als 100 bis 200 mVss sind, in Kauf nehmen; entweder, weil sie für die Applikation nicht relevant sind, oder weil sie mit nachgeschalteten Filterstufen stark verringert werden können. Dies jedoch ist häufig mit einem nicht unerheblichen Zeit- und Kostenaufwand verbunden.

Netzteile für weniger Rauschen

Eine kostengünstige Alternative dazu ist eine neue Netzteilgeneration: Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteile – primär getaktete Netzteile mit einer



Während bei industriellen Primärschaltreglern Effizienz und Baugröße im Vordergrund stehen, liegt der Fokus der Netzteile von Daitron auf möglichst geringen Störungen – bei der Netzzrückwirkung und der DC-Ausgangsseite sowie den abgestrahlten Emissionen. Dabei kommt der Hersteller mit deutlich weniger Entstörkomponenten aus als industrielle Schaltnetzteile.



In der Messtechnik wird zwischen statischen (zufälligen) und systematischen Messfehlern unterschieden. Die statischen treten in der Bildgebung durch Rauschprozesse auf – alternativ Photonenrauschen oder Rauschen der verwendeten Elektronikkomponenten. Letzteres lässt sich durch den Einsatz hochwertiger Komponenten stark reduzieren.

DC-Ausgangsspannung, die von sehr geringen Störungen überlagert ist. Die R&N-Werte liegen in der Größenordnung lineargeregelter Netzteile – unterhalb von 10 mVss, und bei einer neuen Gerätegeneration des Schaltnetzteilherstellers Daitron sogar unter 1 mVss. Dieser Vorteil soll hier anhand eines Fallbeispiels demonstriert werden: In einem fiktiven Anwendungsfall werden die Sensoren einer Messeinrichtung – zum Beispiel eines Flachbilddetektors in der Röntgentechnik – mit DC-Spannung versorgt. Die Systemkomponenten sind weit entfernt von Netzteilen und Messeinrichtungen eingebaut, sodass sich DC-Leitungen und Datenkabel gemeinsam über ein- und dieselbe Strecke führen lassen. Hierbei kann es jedoch zum „Übersprechen“ kommen, d. h. Störungen der Versorgungsleitung werden in die Messleitung eingekoppelt. Für eine optimale Auswertung und Diagnose gilt es daher, das Messsignal zu verstärken. Dabei erweist es sich aber als Problem, dass die Störungen der Spannungsversorgung ebenfalls verstärkt werden

und zum Teil aufwändig herausgefiltert werden müssen. Das ist selbst dann der Fall, wenn der Standard-Primärschaltregler über eine medizinische Zulassung verfügt.

Der Fall liegt anders, wenn von vornherein ein Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteil in das Gerät integriert ist. Einziger Anbieter ist derzeit Daitron, zum Beispiel mit dem RFS50, dessen Ripple nur noch bei 1 mVss liegt und das eine Leistung von 50 W liefert (**Infokasten**). So geringe Ripple-Werte haben bisher nur Linearnetzteile erreicht. Dadurch entfällt der Platzbedarf für die zusätzliche Filterstufe. Das bringt Platz für andere Komponenten oder ermöglicht eine kompaktere Bauform.

Fokus auf geringes Rauschen

Während bei industriellen Primärschaltreglern Effizienz und Baugröße im Vordergrund stehen, liegt der Fokus der Netzteile von Daitron auf möglichst geringen Störungen – bei der Netzzrückwirkung und der DC-Ausgangsseite sowie den abgestrahlten Emissionen. Dabei kommt

der Hersteller mit deutlich weniger Entstörkomponenten, wie Kondensatoren und Induktivitäten, aus als industrielle Schaltnetzteile. Grund dafür ist der Leistungs- beziehungsweise Hochfrequenz-Übertrager. Dieser funktioniert nach dem Prinzip der Resonanz-Mode-Technologie im Soft-Switching-Verfahren.

Dieses weiche Schalten mit flacheren Schaltflanken verursacht wesentlich weniger Störungen als das üblicherweise harte Schalten mit steilen Flanken. Das Schalten geschieht synchron zu den Nulldurchgängen mit einer nur geringen Überlappung von Spannung und Strom. Auch das verringert Störungen. Dafür nimmt man Wirkungsgrade zwischen 82 und 90 Prozent in Kauf, je nach Ausgangsspannung. Bei industriellen Netzteilen liegt dieser Wert zwar teilweise wesentlich höher, aber bei Linearreglern bei gerade einmal 50 bis 60 Prozent deutlich darunter. Die leitungsgebundenen und die abgestrahlten Störungen lie-

Technik im Detail

Daitron Low-Ripple-Schaltnetzteil RFS50

- Ripple: 1 mVss
- Weitbereichseingang für weltweiten Einsatz von 110 bis 240 VAC
- Leistung: 50 Watt
- Ableitstrom: 264 VAC, 0,2 mA
- Remote on/off
- Ausgangsspannungen: 5, 12, 15, 24, 30, 48 V
- Maße: B82 x H42 x T184 mm
- Zulassung nach EN 60950-1 und EN60601-1-2
- Remote-Sense- und Remote-Control-Ein- und Ausgänge
- Konvektionsgekühlt bei Betriebstemperaturen von -10 bis 60 °C
- Weitere Modelle verfügbar mit 150 und 300 Watt Leistung

gen weit unterhalb der zulässigen Grenzwerte, wie die der EN 55022 Klasse B. Gleiches gilt für den Ableitstrom von unter 0,15 mA, was speziell für medizinische Anwendungen essenziell ist, da für sie die Vorgaben der medizinischen Norm EN 60601-1 gelten.

Den wichtigsten Unterschied aber machen die sehr geringen Störungen der DC-Ausgangsspannung aus, die kleiner als 10 mVss ausfallen. Im Gegensatz dazu liegt dieser Wert bei industriellen Netzteilen in der Größenordnung von 100 bis 200 mVss.

Rauscharm und kleiner

Hinzu kommt, dass bei Verwendung eines Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteils die Temperaturentwicklung im Messgerät so gering ausfällt, dass der Hersteller auf einen Lüfter verzichten kann. Denn während Linearnetzteile eine Effizienz von 50 bis 60 Prozent erreichen, liegt das 1 mV-Schaltnetzteil von Daitron bei bis zu 85 Prozent. Lüfter beeinträchtigen zwar nicht die Bildqualität, werden im OP-Saal aber ungern gesehen – zum einen wegen der zusätzlichen Geräuschentwicklung, zum anderen aber auch, weil diese sich schlecht desinfizieren lassen.

Ein weiterer Vorteil des Netzteils ergibt sich für die Gerätehersteller: Der Weitbereichseingang, der reduzierte Entstöraufwand und eine kompakte Bauweise ermöglichen in der Geräteentwicklung gerade von Messgeräten völlig neue Konzepte. Denn die Linearnetzteile, die lange Zeit als einzige das benötigte geringe Rauschverhalten aufwiesen, haben den Nachteil, deutlich schwerer und größer als Schaltnetzteile zu sein. Letztere ermöglichen daher den Bau deutlich kompakterer und kleinerer Geräte.



Das Schaltnetzteil RF550 von Daitron hat einen Ripple von 1 mVss. Dies verringert den Platzbedarf für eine zusätzliche Filterstufe. Der freie Bauraum lässt sich entweder für andere Komponenten nutzen oder ermöglicht kompaktere Geräte.

Ursprung Fernsehtechnik

Generell werden Entwickler in den Bereichen Sensorik und Analytik von der Low-Ripple-Netzteilgeneration profitieren, zum Beispiel bei der Umsetzung von Spektrometriesystemen, Hightech-Mikroskopen oder Röntgendetektoren. Nicht von ungefähr, denn der Wunsch nach der perfekten Bildqualität war der eigentliche Grund für die Entwicklung der rauscharmen Schaltnetzteile. Der Elektronikhersteller Sony war es, der 1996 für eine neue Generation von Fernsehgeräten eine rauscharme DC-Stromversorgung benötigte. Im Projektverlauf stellte sich jedoch heraus, dass diese Technologie gegenüber Plasma- und LCD-Fernsehgeräten chancenlos war, weil die Kosten zu hoch waren. Dennoch war die Ultra-Low-Noise-Technologie geboren. Im Jahr 2001 wurde sie inklusive dem Entwicklerteam von Daitron übernommen.

Während Ultra-Low-Noise-Schaltnetzteile im asiatisch-pazifischen Raum und in den USA bereits große Verbreitung gefun-

den haben, sind sie in Europa noch weitgehend unbekannt. Die Ingenieure von Systemtechnik Leber aus Schwaig wollen das ändern. Als langjähriger Daitron-Partner für Deutschland und Österreich sind sie mit den Netzteilen bestens vertraut und stehen im direkten Kontakt mit der Daitron-Entwicklungsabteilung. So lassen sich die Schaltnetzteile im Bedarfsfall an die individuellen Anforderungen der Anwender anpassen. Und sollte kein Standardnetzteil den technischen Vorgaben entsprechen, werden auch kundenspezifische Netzteile und DC/DC-Wandler entwickelt.

Die Autoren

Denny Vogel, Experte Schaltnetzteile, Systemtechnik und **Jörg Klenke**, Mitglied der Geschäftsführung, Systemtechnik Leber GmbH & Co. KG, Schwaig, Tel.: +49 911 215372 0, Fax: +49 911 215372 99, E-Mail: info@leber-ingenieure.de, <https://leber-ingenieure.de>