



## Rauscharme Netzteile für optimierte Bildqualität in der Medizintechnik

Denny Vogel, Jörg Klenke

Systemtechnik LEBER GmbH

Der Einsatz von Flachbilddetektoren, die unter anderem bei bildgebenden Systemen in der Röntgentechnik Verwendung finden, stellt Entwickler und Konstrukteure der Endgeräte vor die Herausforderung, eine möglichst störungsfreie DC Spannungsquelle zu integrieren. Nur so wird sichergestellt, dass die Aufnahme nicht durch Störungen „verrauscht“ wird. Denn: Rauschen impliziert in der Bildgebung immer eine Kontrastminderung – und damit eine suboptimale Diagnose.

Egal ob Voruntersuchung, geplanter Eingriff oder Not-Operation: mit Hilfe von bildgebenden Verfahren, wie beispielsweise durch einen Computertomografen (CT) erstellte 3D-Bilder, können sich Mediziner ein möglichst realistisches Bild vom Inneren des Patienten machen, um verletzte oder befallene Körperteile zu untersuchen und eine möglichst genaue Diagnose zu stellen. Sogar während des Eingriffs werden solche Röntgensysteme eingesetzt, um die behandelten Körperteile in Echtzeit darzustellen.

Digitale Bildverarbeitung ist dabei heute Standard, da auf diese Weise erstellte Röntgenbilder leichter interpretiert werden können als analog erstellte. Dennoch gibt es Schwachpunkte: so kann es durch Sensor- oder Spannungsquellen bedingtes Rauschen zu einer Unschärfe bzw. Kontrastminderung in der gesamten Aufnahme kommen – und damit zu Spielraum für Interpretationen in der Diagnose. So kann es beispielsweise vorkommen, dass die Materialdicke fehlerhaft angezeigt wird. Ziel ist es daher, dieses Bildrauschen im digitalen System auf ein Minimum zu reduzieren.

### Signalstörungen und ihre Ursache

Die Mehrzahl der Röntengeräte bestehen neben dem Generator und der Röntgenröhre auch aus einem Streustrahlengerät und einem Detektor. Deren Funktionsweise wurde im Physik Journal [1] wie folgt beschrieben: Streustrahlengerät und Detektor liefern die Bilder, indem sie die Röntgenstrahlen, durchdringen, räumlich filtern, aufnehmen und in ein Bildsignal verwandeln. Der Detektor enthält unter anderem eine Fotodiode, 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 Detektor-Rand aufgenommen und digitalisiert. Die Bild-daten 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 und daher das Aufnahmesignal im Vergleich zu auftretendem Rauschen zu schwach ist.

Dieses Signal-Rauschverhältnis (signal to noise ratio) beschreibt das Verhältnis der bildgebenden Anteile zu Störsignalen wie Rauschen. Ein hohes Signal-Rauschverhältnis wird nur dann erreicht, wenn das elektronische Rauschen der Ausleseschaltungen minimiert wird. Ziel ist daher schon seit einigen Jahren, das elektronische Rauschen durch entsprechende Rauschunterdrückungskonzepte zu reduzieren. Dazu stehen dem Hersteller von bildgebenden Systemen verschiedene technische Optionen offen, wie zum Beispiel die Verringerung der

Menge der den Detektor erreichenden Streustrahlung, die Implementierung mathematischer Modelle sowie die Optimierung der Signalübertragung oder Filterleistung.

Eine weitere Möglichkeit ist eine Beeinflussung der Faktoren Röhrenstrom und -spannung. Wird der Milliamperesekunden-Wert [mAs] erhöht, nimmt die Strahlungsmenge zu. Die Folge: eine größere Anzahl von Röntgenstrahlen kommt auf dem Detektor an – die optische Dichte ist höher, das Signal-Rauschverhältnis erhöht und die Kontrastauflösung verbessert. Die Crux: Eine Erhöhung des Röhrenstroms bedeutet auch eine höhere Strahlendosis für den Patienten.

Aus diesem Grund sollten Konstrukteure im Idealfall auf andere Weise das Rauschen in medizinischen Geräten zu minimieren suchen. Zum Beispiel durch den Einsatz rauschärmerer Elektronikkomponenten.

### Schaltnetzteile als Rauschverursacher

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

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 kann durch den Einsatz hochwertiger Komponenten stark reduziert werden.

Ein guter Ansatzpunkt sind hierbei die heute in medizinischen Geräten eingesetzten Schaltnetzteile bzw. 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 und Noise (R&N) in mVss bezeichnet (siehe Infokasten).

#### Ripple und Noise (R&N)

- Noise: Störung des Nutzsignals wie beispielsweise einer DC Spannung beim Fluss des elektrischen Stroms
- Ripple: der einer DC Spannung überlagerte Wechselstrom mit beliebiger Frequenz und Kurvenform

Die **JEITA** – eine japanische Organisation zur Standardisierung von elektronischen Bauelementen, Geräten und Messmethoden – hat eine international anerkannte Messmethode entwickelt, die seit vielen Jahren von der Mehrzahl der Netzteilherstellern zur Messung von DC Störungen eingesetzt wird. Somit ist die Vergleichbarkeit der Angaben zu R&N gegeben.

In vielen Anwendungen werden die Störungen auf der DC Spannung, die meist größer als 100-200 mVss sind, in Kauf genommen. Entweder, weil sie für die Applikation nicht relevant sind, oder weil sie mit nachgeschalteten Filterstufen auf ein Minimum reduziert werden. Dies jedoch ist häufig mit einem nicht unerheblichen Zeit- und Kostenaufwand verbunden.

#### Ultra Low Noise Schaltnetzteile minimieren Rauschen im digitalen System

Eine kostengünstige Alternative dazu ist eine neue Netzteilgeneration: Ultra Low Noise Schaltnetzteile – primär getaktete Netzteile mit einer DC Ausgangsspannung, die von extrem geringen Störungen überlagert ist. Die R&N Werte liegen in der Größenordnung lineargeregelter Netzteile: unterhalb von 10 mVss, und bei einer neuen Gerätegeneration des Schaltteilherstellers DAITRON sogar unter 1 mVss. Ein Vorteil, der hier anhand eines Fallbeispiels demonstriert werden soll:

Im fiktiven Anwendungsfall werden die Sensoren einer Messeinrichtung – zum Beispiel eines Flachbilddetektors in der Röntgentechnik – mit DC Spannung versorgt. Die Systemkomponenten wurden weit entfernt von Netzteilen und Messeinrichtungen eingebaut, sodass DC Leitungen und Datenkabel gemeinsam über ein- und dieselbe Strecke geführt werden. Hierbei kann es jedoch zum Phänomen des „Übersprechen“ kommen – es werden Störungen der Versorgungsleitung in die Messleitung eingekoppelt.

Die Folge: für eine optimale Auswertung und Diagnose muss das Messsignal verstärkt werden. Das Problem: dabei werden die Störungen der Spannungsversorgung ebenfalls verstärkt und müssen, zum Teil aufwändig, herausgefiltert werden. Das ist selbst dann der Fall, wenn der Standard-Primärschaltregler über eine medizinische Zulassung verfügt.

Anders, wenn vornherein ein Ultra Low Noise Schaltnetzteil in das Gerät integriert wird. Einziger Anbieter ist derzeit DAITRON z.B. mit dem RFS50, dessen Ripple nur noch bei 1 mVss liegt und das eine Leistung von 50 W liefert. So geringe Ripple-Werte wurden bisher nur durch Linearnetzteile ermöglicht.

Der Platzbedarf für die zusätzliche Filterstufe entfällt und kann für andere Komponenten genutzt werden bzw. erlaubt eine kompaktere Bauform



Daitron Low-Ripple-Schaltnetzteil RFS50

Während bei industriellen Primärschaltreglern Effizienz und Baugröße im Vordergrund stehen liegt der Fokus der DAITRON Netzteile auf möglichst geringen Störungen – sowohl bei der Netzurückwirkung als auch auf der DC Ausgangsseite und den abgestrahlten Emissionen. Dabei kommen diese Netzteile mit weniger Entstör-Komponenten wie Kondensatoren und Induktivitäten aus als industrielle Schaltnetzteile. Grund dafür ist der Leistungs- bzw. HF-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 erfolgt synchron zu den Nulldurchgängen mit einer minimalen Überlappung von Spannung und Strom. So werden Störungen auf ein Minimum reduziert. Dafür werden Wirkungsgrade zwischen 82 und 90 Prozent in Kauf genommen, je nach Ausgangsspannung.

Bei industriellen Netzteilen liegt dieser Wert zwar teilweise wesentlich höher, aber bei Linearreglern deutlich darunter, bei gerade mal 50 bis 60 Prozent. Sowohl die leitungsgebundenen- als auch die abgestrahlten Störungen liegen weit unterhalb der zulässigen Grenzwerte wie beispielsweise die der EN 55022 Klasse B.

Gleiches gilt für den Ableitstrom der unter 0,15 mA liegt, was speziell für medizinische Anwendungen essentiell wichtig ist, da für sie die Vorgaben der medizinischen Norm EN 60601-1 gelten.

Den wichtigsten Unterschied aber machen die extrem geringen Störungen der

DC Ausgangsspannung aus, die bei kleiner 10 mV Spitze/Spitze liegen. Im Gegensatz liegt dieser Wert bei industriellen Netzteilen in der Größenordnung von 100-200 mVss.

Hinzu kommt: bei Verwendung eines Ultra Low Noise Schaltnetzteils fällt die Temperaturentwicklung im Messgerät so gering aus, dass auf die Verwendung eines Lüfters verzichtet werden kann. Denn während Linear-Netzteile eine Effizienz von 50 bis 60 Prozent aufweisen, liegt das DAITRON 1 mV Schaltnetzteil 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 er sich schlecht desinfizieren lässt.

Weiterer Vorteil des DAITRON Netzteils für Gerätehersteller: der Weitbereichseingang, der reduzierte Entstöraufwand und eine kompakte Bauweise ermöglichen in der Geräteentwicklung gerade von Messgeräten neue Konzepte. Denn die Linear-Netzteile, 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.

Generell können Entwickler in den Bereichen Sensorik und Analytik von der neuen Low-Ripple-Netzteilgeneration profitieren, zum Beispiel bei der Umsetzung von Spektrometrie-Systemen, Hightech-Mikroskopen oder Röntgen-Detektoren. Nicht von ungefähr, denn der Wunsch nach der perfekten Bildqualität war der eigentliche Grund für die Entwicklung der neuen rauscharmen Schaltnetzteile.

Es war der Elektronikhersteller SONY, der 1996 für eine neue Generation von Fernsehgeräten eine extrem rauscharme DC Stromversorgung benötigte. Im Projektverlauf stellte sich jedoch heraus, dass diese Technologie gegenüber Plasma- und LCD Fernsehgeräten chancenlos war. Die Kosten waren zu hoch. Allerdings wurden die Ultra Low Noise Technologie und das Entwicklerteam 2001 von DAITRON übernommen.

Während Ultra Low Noise Schaltnetzteile im asiatisch-pazifischen Raum und den USA bereits sehr verbreitet ist, sind sie in Europa noch weitgehend unbekannt. Ziel ist es, die Schaltnetzteile im Bedarfsfall an anwenderindividuelle Anforderungen anzupassen und auch kundenspezifische Netzteile und DC/DC Wandler zu entwickeln, um diese Geräte auch auf dem europäischen Markt weiter zu etablieren.

## Literatur

[1] *Detektoren in der bildgebenden Diagnostik*, Physik Journal, © 2003