

# Phasenrauschmessungen von gepulsten CW-Signalen

## Phasenrauschmessung mit der Quadratur-PLL-Methode

**I**n der Kommunikationsmesstechnik ist die Ermittlung des Phasenrauschens zu einem wichtigen Bestandteil geworden. Vor allem gepulste CW-Signale erfordern besondere Modifikationen im Messaufbau gegenüber der Messung reiner CW-Signale. Die durchschnittliche Leistung ist im Verhältnis des Duty-cycles reduziert. Der asymmetrische Duty-cycle verursacht einen Gleichspannungsanteil, der als DC-offset am Phasendetektor ansteht. Weiterhin erscheinen Transienten auf den Anstiegs- und Abfallflanken des Pulses.

Phasenrauschmessungen von gepulsten CW-Signalen bedingen einen anderen Messansatz im Vergleich zu reinen CW-Signalen. Erstens, ist die durchschnittliche Leistung eines gepulsten CW-Signals in Abhängigkeit vom Tastverhältnis reduziert. Zweitens, ein asymmetrisches Tastverhältnis erzeugt eine DC-offset-Spannung am Phasendetektor Ausgang während des Phasenlocks durch Quadratur. Weiterhin werden in den Anstiegs- und Abfallflanken des Pulses Transienten erzeugt. Diese Eigenschaften von gepulsten CW-Signalen machen Phasenrauschmessungen problematisch, es sei denn, das Messsystem ist diesen Anforderungen entsprechend ausgelegt.

Da exakte Phasenrauschmessungen durch eine Quadratur-PLL-Methode erzielt werden, und gepulste CW-Signale oft die höchsten Anforderungen an die Phasenrausch-Spezifikationen haben, beschränkt sich dieser Beitrag auf diese Messmethode.

Die Leistungsreduzierung bedingt durch das Tastverhältnis wird im Allgemeinen in der Software berücksichtigt und korrigiert. DC-offset und Transienten werden durch einen, dem Phasendetektor nachgeschalteten, rauscharmen Operationsverstärker (LNA) berück-



Abb. 1:  
PN9000 Phasenrauschmessplatz

sichtigt. Dieser Verstärker liefert einen großen Ausgangsbereich, um eine Sättigung des Verstärkers, leider eine Unart von LNAs, zu verhindern. Ebenso wird durch geeignete Filtermaßnahmen zwischen dem Phasendetektor und dem LNA der Effekt der Transientenerzeugung reduziert.

Diese Eigenschaften von gepulsten CW-Signalen und der damit verbundenen reduzierten Signalleistung bedingen, dass die Parameter für die Quadraturschleife diesen Anforderungen entsprechend eingestellt werden können. Insbesondere die Schleifenbandbreite, Phasendetektor Kalibrierung und die Phasenstabilisierung müssen im richtigen Verhältnis zu den Eigenschaften des gepulsten CW-Signals stehen. Diese Überlegungen werden im Folgenden erläutert.

### Kompensation der Leistungsreduzierung

Die durchschnittliche Leistungsreduzierung, die direkt proportional dem Tastverhältnis eines gepulsten CW-Signals ist, stellt sich als Produkt des Phasendetektors dar. Das aufgenommene Phasenrauschen nimmt proportional dem Tastverhältnis ab. Dies kann in dB ausgedrückt werden als  $20 \log D$  ( $D$  = Tastverhältnis als Dezimalwert ausgedrückt).

$$D = 0,1 ; 20 \log (0,1) = -20 \text{ dB}$$

Das Messsystem berücksichtigt dies durch die Einstellung eines entsprechenden im Kalibriermenu enthaltenen Pulses. Wenn diese Funktion gewählt wird, ist die Pulswiederholfrequenz des Prüflings eingestellt und die Software errechnet automatisch die erforderliche Kompensation und korrigiert die Werte. Auch der Gewinn des PLL wird automatisch angepasst, um die korrekten Schleifenbandbreiten, wie in reinen CW-Messungen, zu erhalten. Diese Prozesse erleichtern die Messung.

### DC-Offset und Transienten

Die meisten rauscharmen Verstärker haben Probleme mit Offset-Spannungen und Transienten. Sie gehen dann schnell in Sättigung. Es ist somit unbedingt erforderlich, spezielle, extrem rauscharme Operationsverstärker einzusetzen. Für die meisten praktischen Anwendungen reicht ein Ausgangsbereich von  $\pm 5 \text{ V}$  aus.

Zusätzlich sollte das Phasenrauschmesssystem ausreichend Filterstufen zum Filtern des Signals haben. Eventuell müssen zusätzlich externe Filter eingesetzt werden.

### PLL-Bandbreite

Die PLL-Bandbreite sollte so eingestellt werden, dass sie  $1/20$  der Pulswiederholrate des

#### ► Autor

DIEGO WASER ist Vertriebsleiter bei Emco Elektronik;  
Bunsenstr. 5, D-82152 Planegg  
Fon: +49/89/895565-0  
Fax: +49/89/8959-0376  
E-Mail: dwaser@emco-elektronik.de

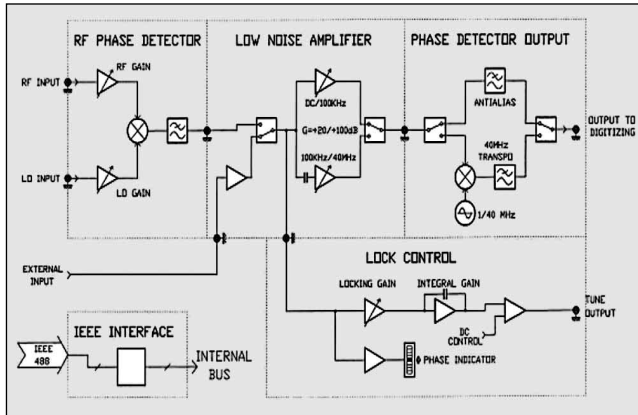


Abb.2: Blockschaltbild

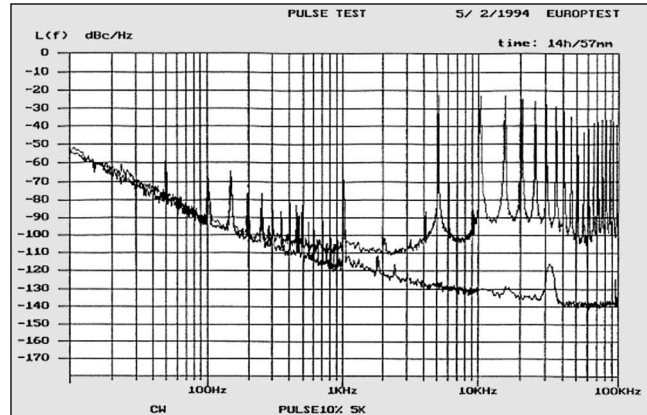


Abb.3: Unterschied bei der Messung von CW- und gepulsten Signalen

Prüflings nicht überschreitet. Zum Beispiel: Beträgt die Puls wiederholrate 10 kHz sollte die PLL-Bandbreite 500 Hz betragen.

### Kalibrierung des Phasendetektors und Phasenstabilisierung

In der Regel erfolgt der Kalibrierlauf im CW-Modus. Unter Zuschaltung eines speziellen Videofilters können jedoch auch Kalibrierungen von gepulsten CW-Signalen durchgeführt werden.

Um eine Phasenstabilisierung zu erreichen, sollten die Prüflings- und Referenzfrequenzen nahe genug beieinander liegen, damit die PLL-Regelung greift. Die Differenz zwischen den beiden Frequenzen muss auf jeden Fall kleiner als die gewählte PLL-Bandbreite sein. Im CW-Modus kann die Taktfrequenz zwischen den beiden Signalen einfach gemessen werden. Im gepulsten CW-Modus ist dies nicht so leicht möglich. Deshalb sollten Frequenzkorrekturen im CW-Modus durchgeführt werden.

### Eigenrauschen des Systems

Im Allgemeinen erhöht sich das Eigenrauschen eines Phasenrauschmessplatzes im gleichen Verhältnis wie das Taktverhältnis des Signals ansteigt. Zum Beispiel: Bei einem Standardphasendetektor beträgt das Eigenrauschen -170 dBc/Hz. Ein Taktverhältnis von 1 : 10 ergibt einen Korrekturfaktor von 20 dB und somit steigt das Grundrauschen des Systems auf -150 dBc/Hz. Für die meisten Messungen in der Praxis stellt dies kein Problem dar. Bei besonders empfindlichen Messungen muss dies jedoch berücksichtigt werden.

Eine mathematische Spektrumanalyse von gepulsten CW-Signalen ergibt, dass bei Messungen die Offset-Frequenz vom Träger auf maximal die Hälfte der Puls wiederholrate eingestellt werden soll. Ist die Puls wiederholrate zum Beispiel 10 kHz sollte nicht weiter vom Träger als 5 kHz gemessen werden. In der Praxis sind jedoch auch Messungen möglich, bei denen der Abstand vom Träger fast den Wert der Puls wiederholrate entspricht (Abb. 3). Bei diesem und größeren Abständen vom Träger erscheinen jedoch sehr hohe Spurioswerte, basierend auf die Puls-

wiederholrate, wodurch sinnvolle Messungen nicht möglich sind.

### Zusammenfassung

In der heutigen Kommunikationstechnik sind speziell bei gepulsten Signalen die Anforderungen an das Phasenrauschen sehr hoch. Messwerte kleiner -150 dBc müssen erreicht werden. Der Artikel gibt an Hand dieser Applikation Einblicke in die Messung des Phasenrauschens bei CW- und gepulsten Signalen und richtet sich an Entwickler von Verstärkermodule, Oszillatoren und Schaltungen in der Kommunikationstechnik.

### Literatur

- [1] AEROFLEX-Europtest, Phase Noise Measurements of Pulsed CW-Signals; Application Note #3; 12/12/96
- [2] AEROFLEX-Europtest, Renaud Simper, General Application Training Dokumentation; 2002

Beitrag als PDF im Internet:

www.duv24.net  
more @ click TK4B0504

## LESETIPP

Sie haben Anregungen oder Verbesserungsvorschläge für die Nächstjahresausgabe des TEST KOMPENDIUMs?

Wir freuen uns auf Ihre Ideen. Rufen Sie uns an: +49/89/500 383-0

publish industry  
TECHNIK KOMMUNIZIEREN

Gollierstraße 23 · 80339 München, Germany · Fon +49/89/500383-0 · Fax +49/89/500383-10 · info@publish-industry.net · www.publish-industry.net