Line Stretcher erleichtern das Testen von VCOs unter Last

Elektronische Line Stretcher (Leitungsverlängerung zur Veränderung der Phasendrehung) bieten einstellbare Phasenverschiebungen in einem breiten Frequenzbereich und vereinfachen so beispielsweise die meist recht langwierigen VCO-Messungen.

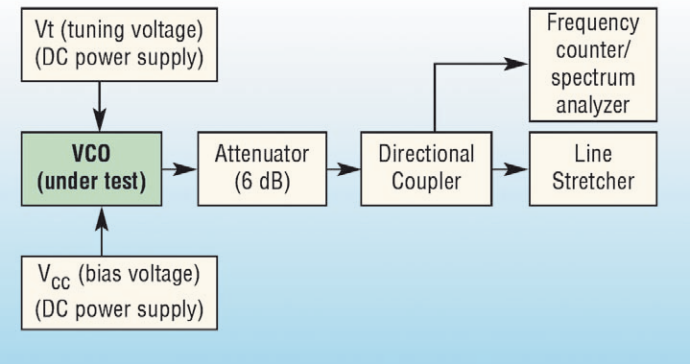

Bild 1: Die traditionelle VCO-Load-pull-Messung basiert auf einem manuell einstellbaren Line Stretcher

VCOs sind normalerweise für den Einsatz in 50-Ohm-Umgebungen vorgesehen. Leicht ist es jedoch in der Praxis möglich, dass von 50 Ohm abweichende Lasten auftreten. Es ist eine standardisierte Industriepraxis, die Frequenzvariation dann zu messen, wenn der VCO-Ausgang eine Last mit 12 dB Return Loss (Leistungsrücklauf in die Last gegenüber Leistungsanpassung) bei allen möglichen Phasenwinkeln sieht. Das wird für gewöhnlich manuell ausgeführt und ist daher sehr zeitintensiv. Ein geübter Techniker kann dadurch einige Minuten bis einige Stunden beansprucht werden. Mit einem Line Stretcher ist es dagegen möglich, diese zeitraubenden Tests schnell und automatisch auszuführen.

Die traditionelle Methode

Um die Bedeutung der elektronischen Line Stretcher richtig einschätzen zu können, sollte man einen Blick auf die traditionelle Methode des Tests unter Belastung werfen. Ein Setup für die manuelle Messung aller Lastverhältnisse an RF- und Mikrowellen-VCOs ist in Bild 1 dargestellt. Der RF Output des VCOs liegt über ein 6-dB-Dämpfungsglied und einen Richtkoppler am mechanischen Line Stretcher mit geringen Verlusten. Der Richtkoppler führt einen kleinen Pegel (reduziert um seinen Koppelfaktor) zwecks Frequenzanzeige zu einem Frequenzzähler oder Spektrumanalysator.

Der Line Stretcher muss in der Lage sein, eine volle 360°-Phasendrehung über den gesamten Frequenz-Abstimmbereich des VCOs zu bewirken. Während des Tests ist der VCO mit der Versorgungsspannung V_{CC} verbunden. Seine Abstimmspannung V_t (Tuning) ist in Schritte eingeteilt, die für feste Frequenzen des VCOs stehen. An dieser Stelle muss der mechanische Line Stretcher manuell abgestimmt werden, um die vollen 360° Phasenshift auf der eingestellten Frequenz auszutesten. Die maximale und die minimale Frequenz, welche aus der Phasenshift resultieren, werden dann gemessen und aufgezeichnet. Der Unterschied dieser Frequenzen bedeutet dann die Frequenzshift des VCOs infolge des Load Pulling (Belastung, Lastabweichung).

Mechanische Line Stretcher, welche die vollen 360° Phasenshift auf Frequenzen über 1.000 MHz erreichen, sind lieferbar. Mechanische Line Stretcher für geringere Frequenzen zu finden, welche dies leisten, ist schwieriger. Um solche Messungen mit geringeren Frequenzen zu ermöglichen, fügt man meist feste Längen von Transmission Lines zu Line Stretchern für höhere Frequenzen hinzu. Dabei setzt man auf präzise Kalibrationsstandards für offene oder kurzgeschlossene Leitungsenden als Abschluss für den Line Stretcher.

Zusätzlich ist eine 180°-Phasenshift erreichbar. Beispielsweise kann ein bestimmter mechanischer Line Stretcher eine 360°-Phasenshift auf 1.000 MHz herbeiführen. Der selbe Line Stretcher wird jedoch lediglich eine Phasenshift von 180° auf der halben Frequenz (500 MHz)

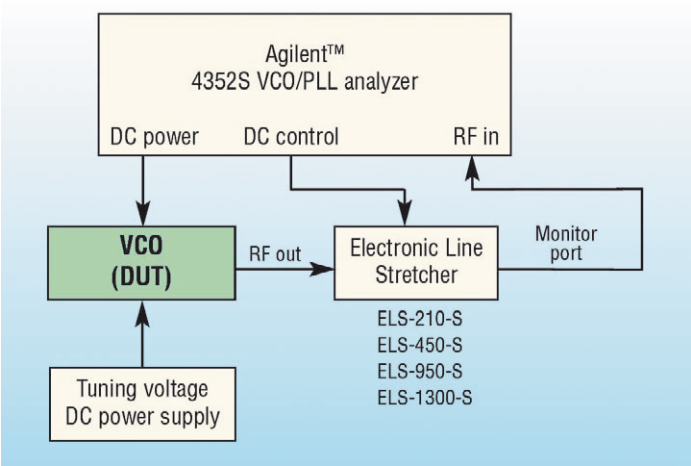

Bild 2: Dieses automatische VCO-Load-pull-Messsystem wird durch einen elektronischen Line Stretcher möglich.

Unter Verwendung der Applikationsschrift "Line Stretchers Ease VCO Load-Pull-Testing" Mini-Circuits www.minicircuits.com übersetzt von FS

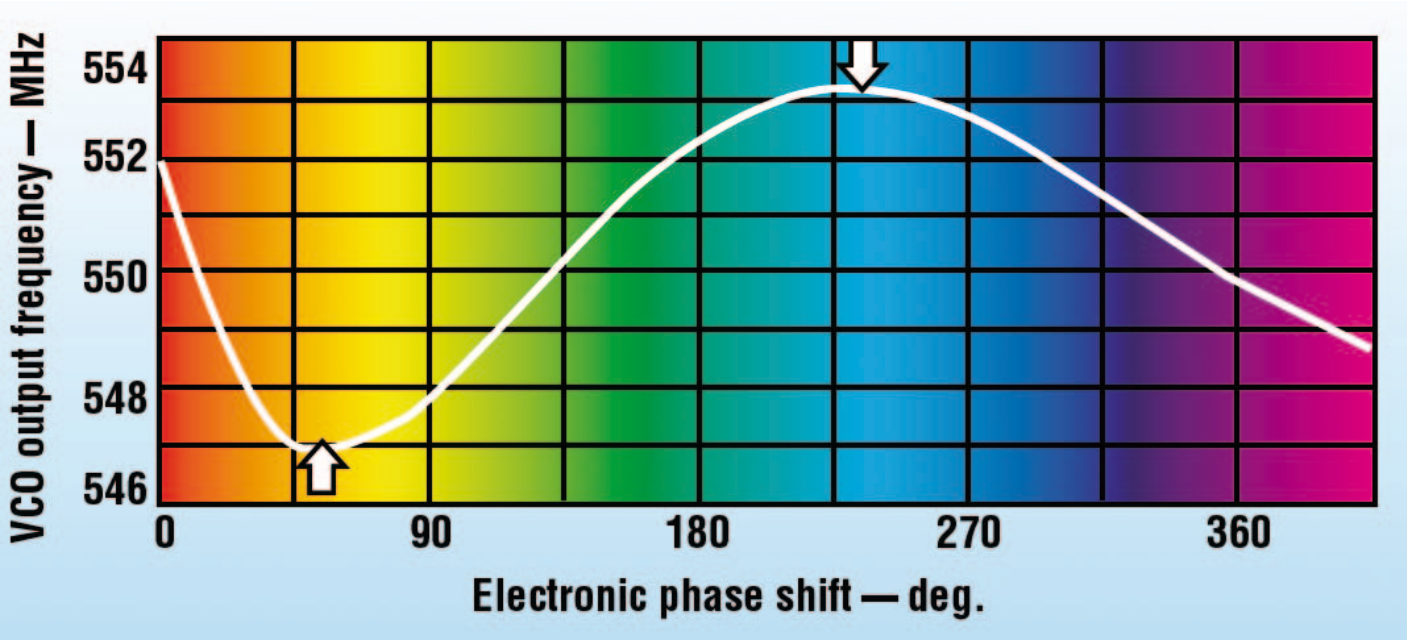

Bild 3: Das Messergebnis (Output Frequency) als eine Funktion der mit dem elektronischen Line Stretcher erzielten Phasendrehung

bewirken. Um den Load-pull-Test an einem VCO mit einer Trägerfrequenz von 500 MHz durchzuführen, muss man zuerst ein Frequenzextrem suchen (für die minimale und die maximale Frequenz), dargestellt über den 180°-Bereich des Line Stretchers auf 500 MHz, und zwar mit einem Abschluss des Line Stretchers gemäß dem Standard für ein offenes Ende. Dieser Standard wird dann durch einen Standard für einen Kurzschluss am Ende ersetzt. Dieses bewirkt einen zusätzlichen Phasensprung von 180°, und das Ergebnis der Suche nach dem Frequenzextrem liegt vor. Minimale als auch maximale Oszillatorfrequenz bei beiden Messungen werden genutzt, um die Load-pull-Ergebnisse zu berechnen.

Die Art und Weise dieser VCO-Load-pull-Messung kann bei geringen Frequenzen anstrengend sein. Bei Messungen an einem VCO mit einer Trägerfrequenz von 250 MHz und einem 1.000-MHz-Line-Stretcher muss das Testen in vier Schritten ausgeführt werden. Bei jedem Schritt muss die Open/Short-Technik eingesetzt werden, und außerdem muss man (auf 250 MHz) Viertelwellen-Transmission-Lines hinzufügen, um einen Phasensprung von 90° zu erhalten. Weiterhin muss der Techniker die durch das Hinzufügen der Leitungen verursachte Dämpfung mit einkalkulieren bzw. herausrechnen sowie natürlich den Eigenverlust des Line Stretchers, den Eigenverlust des Richtkopplers und natürlich den Dämpfungswert des Attenuators.

Eine weitere Einschränkung: Konventionelle elektronische Phasenschieber können zum VCO-Load-pull-Test benutzt werden, jedoch handelt es sich generell um Schmalbandsysteme, aber natürlich mit einer vollen 360°-Phase-Shift über einen typischen VCO-Abstimmbereich. Neben diesem Mangel gibt es noch den, dass die Einfügedämpfung eines solchen elektronischen Phasenschiebers nicht konstant über den „Schiebebereich" ist. Je höher die Phasenverschiebung, umso größer ist in der Regel diese Dämpfung. Hinzu kommt: Phasenschieber verursachen normalerweise eine Verzerrung infolge von Sättigung.

Model number	Frequency range (MHz) f_L to f_U	Input power (dBm) (maximum)	Phase range (deg.) (minimum)	Return loss (dB) (typical)	Control voltage (V) (start-stop)
ELS-210-S	110 to 210	10	360	10 to 12	0.5 to 25
ELS-450-S	180 to 450	10	360	10 to 12	0.5 to 25
ELS-950-S	400 to 950	10	360	10 to 12	0.5 to 25
ELS-1300-S	750-1300	10	360	10 to 12	1 to 25

Die Eckdaten der neuen elektronischen Line Stretchers auf einen Blick

Elektronik bringt Verbesserungen

Mit Blick auf diese Einschränkungen der konventionellen elektronischen Phasenschieber und der mechanischen Line Stretcher haben die Ingenieure von Mini-Circuits eine bessere Methode zur Durchführung von VCO-Load-pull-Messungen gesucht und gefunden. Diese neue Methode stellt eine Weiterentwicklung einer Reihe elektronischer Line Stretcher mit voller 360°-Phasendrehung über breite Frequenzbereiche dar, siehe Tabelle. Die ersten drei Modelle dieser neuen Produktreihe machen es möglich, über eine Oktave bei der Frequenz, beispielsweise über volle 110 bis 1.300 MHz zu messen.

Diese Dreiport-Geräte weisen einen nominellen Return Loss von 10 bis 12 dB auf und bieten elektronisch einstellbare Phasenbereiche von mindestens 360° für den vollen spezifizierten Einsatzfrequenzbereich. Ein Monitor-Port liefert dabei Proben des Ausgangssignals des getesteten VCOs bei reduzierter Amplitude zwecks Anzeige und Test der Eigenschaften. Die neuen elektronischen Line Stretcher sind optimal geeignet für die Nutzung in automatischen VCO-Load-pull-Testsetups (Bild 2). Wenn die DC-Steuerspannung von 0,5 auf 25 V steigt, dann ändert sich der Phasenwinkel an der Last, hervorgerufen durch die Frequenzänderung des VCOs, um 360°. Der VCO/PLL-Analysator wurde eingesetzt, um die Abhängigkeit der Frequenz gegenüber der DC-Steuerspannung (die letzten Endes eine Phasenvariation bei der Last repräsentiert), anzuzeigen. Die Spitze-zu-Spitze-Differenz in der angezeigten Frequenzkurve lässt auf die Load-pull-Eigenschaft schließen (Bild 3).

Die Line Stretcher sind in einem Metallgehäuse mit femalen SMA-Anschlüssen an allen Ports unterbracht, die Abmessungen betragen 1,25x1,25x0,75 Zoll bzw. 31,8x31,8x19,1 mm. ◄