

ZF-Bandpassfilter mit konstanter Impedanz verbessern die Empfänger-Leistung

Dieser Applikationsbeitrag befasst sich mit dem Einfluss von Bandpassfiltern mit konstanter Impedanz auf die Mischdämpfung und das Intermodulationsverhalten von Mischern.

Doppelbalance-Mischer sind normalerweise sehr breitbandig. Wenn sie als Down-Converter verwendet werden, haben die Summen- und die Differenzfrequenzen die gleiche Amplitude. Filter sind nur erforderlich, um die Summenfrequenz zu unterdrücken.

Die Mischdämpfung wird normalerweise mit einem 10-dB-Abschwächer am I-Port gemessen, gefolgt von einem Tief- oder Bandpassfilter, um die Summenfrequenz zu unterdrücken (Bild 1). In dieser Anordnung wird die Summenfrequenz durch das Tiefpassfilter gedämpft und zurück in den Mischer reflektiert.

Wegen des 10-dB-Dämpfungsgliedes liegt der Pegel der Summenfrequenz, die zurück in den Mischer reflektiert wird, mindestens 20 dB unterhalb des Ausgangspegels des I-Ports. Der Zweck des 10-dB-Pads am I-Port besteht darin, einen breitbandigen 50-Ohm-Abschluss am I-Port zu realisieren und die reflektierte Summenfrequenz daran zu hindern, sekundäre ZF-Signale zu generieren.

In der Praxis ist eine Dämpfung am ZF-Port nicht tolerierbar, da sie den Signalabstand verringert und die Rauschzahl erhöht. Stattdessen wird ein Filter direkt am I-Port angeschlossen, um zu verhindern, dass die Summen- und

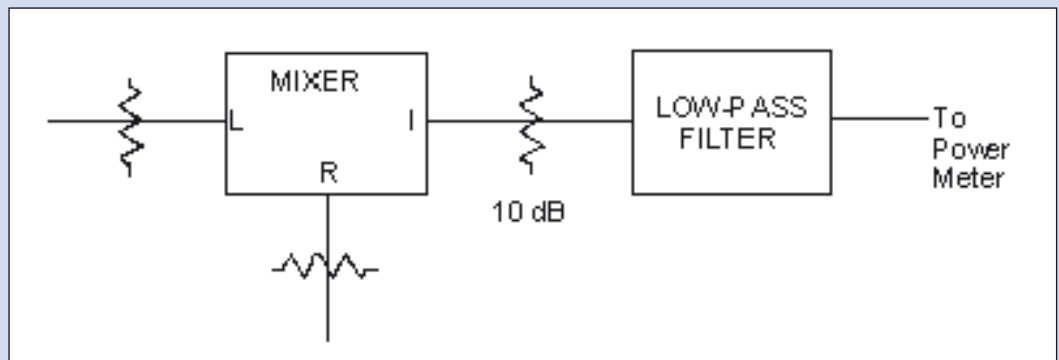


Bild 1: Messanordnung zur Untersuchung der Mischdämpfung

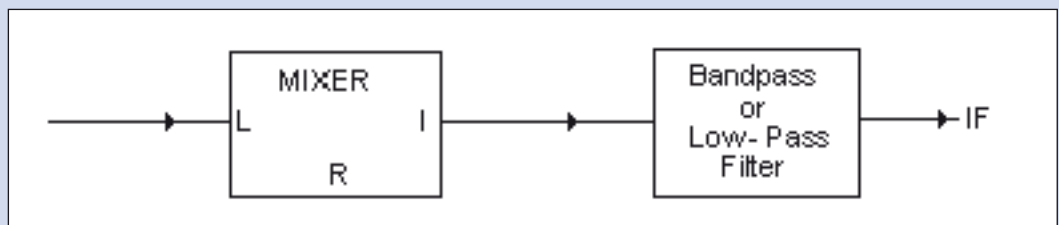


Bild 2: Mischer-Abschluss mit Tief- oder Bandpassfilter

Intermodulationsprodukte in den ZF Verstärker gelangen (Bild 2).

Das Ausgangssignal am I-Port besteht aus:

Differenzfrequenz: $f_I = \pm(f_L - f_R)$

Summenfrequenz: $f_S = f_L + f_R$

Die Summenfrequenz wird zurück in den Mischer reflektiert, wird dort mit der zweiten Harmonischen des LO-Signals kombiniert und erzeugt ein sekundäres ZF-Signal, das auf der gleichen Frequenz wie die ZF liegt:

$$f_I' = \pm[2f_L - (f_L + f_R)]$$

Wenn $V_{IF'}$ und $V_{IF''}$ die Spannungspegel sind, die von der ZF und zweiten ZF-Frequenz erzeugt werden und Φ der Phasenwinkel zwischen ihnen, dann ist V_{IF} die resultierende ZF-Ausgangsspannung. Sie ergibt sich als Vektorsumme der beiden ZF Spannungen.

Wenn die ZF konstantgehalten wird und die HF- und LO-Frequenzen gesweept werden, dann variieren $V_{IF'}$, $V_{IF''}$ und Φ mit der Frequenz. Die resultierende ZF Spannung ändert sich nicht

nur wegen der Änderung der Mischdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz, sondern auch wegen der Änderung von Φ .

Dies könnte zu einer unerwünschten Welligkeit des Mischdämpfungsverlaufs führen. Bild 4 zeigt den Effekt, wenn ein handelsüblicher Mischer wie der ZFM-1H von Mini-Circuits einem Tiefpassfilter MCL BLP-50 folgt. Die Welligkeit der Umwandlungsverluste kann bis zu 3 dB betragen.

Wenn die Impedanz am I-Port über einem breiten Frequenzbereich konstant gehalten wird und die Summenfrequenz daran gehindert wird, wieder in den Mischer zu gelangen, kann ein flacher Verlauf der Mischdämpfung erreicht werden.

Filter mit konstanter Impedanz

Mini-Circuits hat eine Reihe von Konstant-Impedanz-Filtern für unterschiedliche ZF-Bereiche

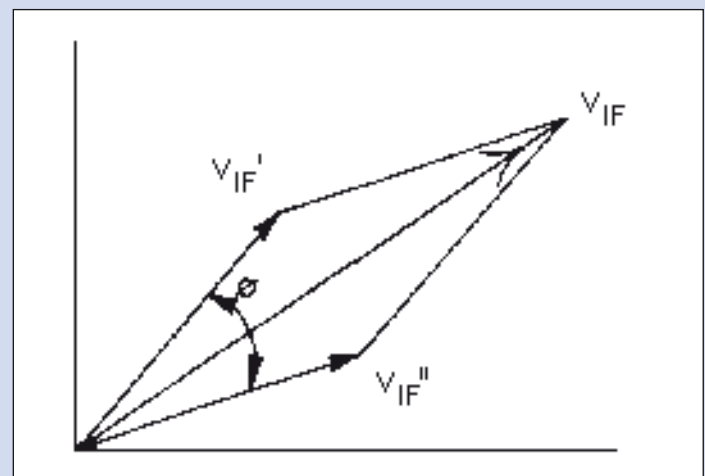


Bild 3: Vektordiagramm der resultierenden ZF Spannung.

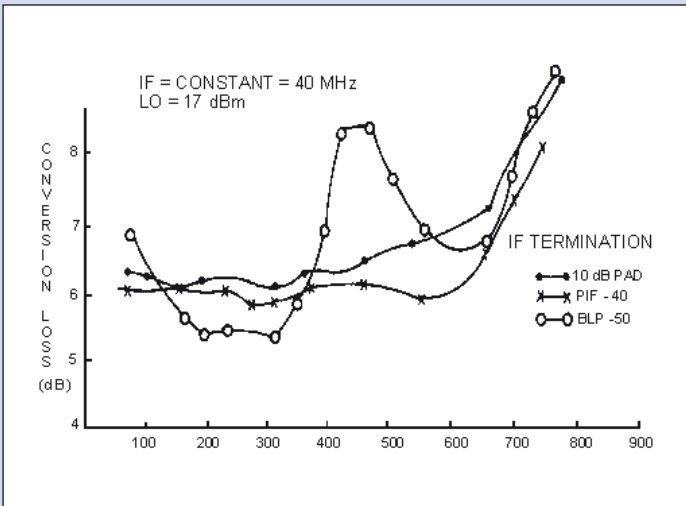


Bild 4: Umwandlungsverlust als Funktion des ZF Filters

vorgestellt. Diese Filter sind Bandpässe mit einer typischen 1-dB-Bandbreite von 30 Prozent der Mittenfrequenz. Die Rückflussdämpfung im Sperrbereich beträgt typisch 18 dB, bis zum Zehnfachen der ZF-Mittenfrequenz. Die Einfügungsverluste und die Rückflussdämpfung eines Filters vom Typ PIF-40 mit 40 MHz Mittenfrequenz zeigt Bild 5.

Wenn der I-Port eines Mixers mit einem Konstantimpedanz-Filter wie dem PIF-40 abgeschlossen wird (Bild 6), dämpft das Filter die Summenfrequenz durch Absorption. In Bild 4 sind die Frequenzen:

HF = 80 bis 500 MHz

LO = 120 bis 540 MHz

ZF = 40 MHz

Summe = 200 bis 1040 MHz

Wenn das PIF-40-Filter am ZF-Ausgang eingefügt wird, verringert sich der Summenfrequenzpegel um wenigstens 14 dB. Desgleichen wird auch die

Rückflussdämpfung bis 1040 MHz um 13 dB reduziert.

Die Höhe des Summensignals, das in den Mischer reflektiert wird, wird durch die Rückflussdämpfung des Filters bestimmt. Bild 4 zeigt, wie flach der Verlauf der Mischdämpfung über der Frequenz ist. Er liegt bei 0,3 dBpp. bis 500 MHz ist, eine deutliche Verbesserung gegenüber den 3 dBpp. Konstant-Impedanz-Filter sind im Prinzip Bandpassfilter; folglich werden Signale außerhalb des Durchlassbereichs vermindert. Die LO- und HF-Signale (die außerhalb des Durchlassbereichs fallen), werden gedämpft und die Entkopplung wird verbessert.

Einfluss des ZF-Abschlusses auf die Intermodulation

Wenn der ZF-Ausgang mit konventionellen Tief- oder Bandpassfiltern abgeschlossen wird, wird die Summenfrequenz reflektiert und gelangt wieder in den Mischer. Dies beeinflusst

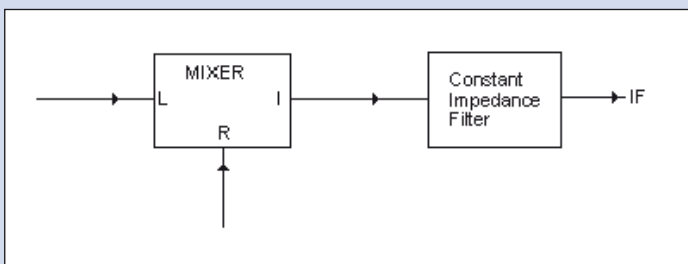


Bild 6: Mischer mit nachfolgendem Konstantimpedanz-ZF-Filter.

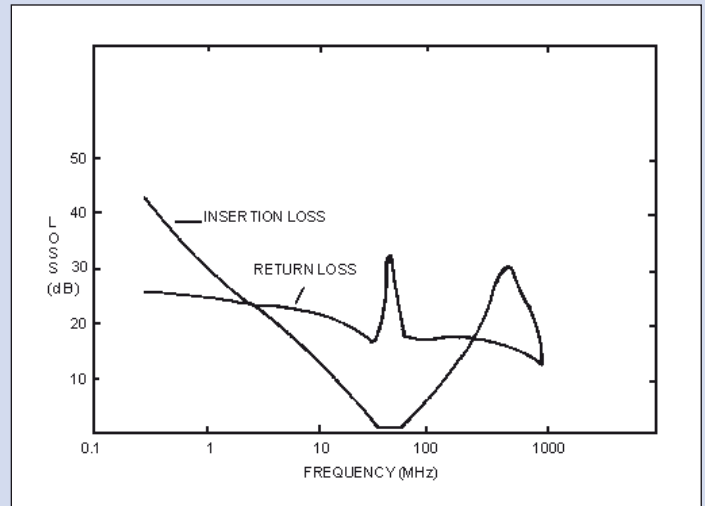


Bild 5: Einfügungsverlust und Rückflussdämpfung eines ZF-Filters PIF-40

die Mischdämpfung. Wenn mehr als ein Träger am Eingang liegt, ist die Zweit-Intermodulation dritter Ordnung von entscheidender Bedeutung. Der Grund dafür ist, dass die Intermodulationsfrequenzen von der ZF den gleichen Abstand haben wie die beiden Träger untereinander. Mathematisch ergeben sich die Intermodulationsfrequenzen wie folgt:

$$f_{LO} \pm (2f_{RF1} - f_{RF2})$$

$$f_{LO} \pm (2f_{RF2} - f_{RF1})$$

Bild 7 zeigt das Frequenzspektrum am ZF-Ausgang mit zwei ZF-Signalen. Wenn die Summenfrequenz-Komponenten in den Mischer reflektiert werden, kombinieren sie sich mit der zweiten Harmonischen des LO

und produzieren die gewünschten ZF Frequenzen aber auch die damit verbundenen Intermodulationsprodukte. Die primären und sekundären ZF-Produkte addieren sich vektorieLL und beeinflussen den Intermodulationspegel bezogen auf den ZF-Ausgang. Mit einem Konstant-Impedanz-Filter am ZF-Ausgang werden die Summenfrequenzen absorbiert, die Intermodulationsprodukte werden nicht beeinflusst.

Neben den Zweitordnungsproblemen dritter Ordnung mischen sich die reflektierten Signale auch mit den LO-Signalen und erzeugen sogenannte sekundäre Intermodulationsprodukte. Filter mit konstanter Impedanz minimieren diese Effekte und bilden einen idealen Abschluss. ◀

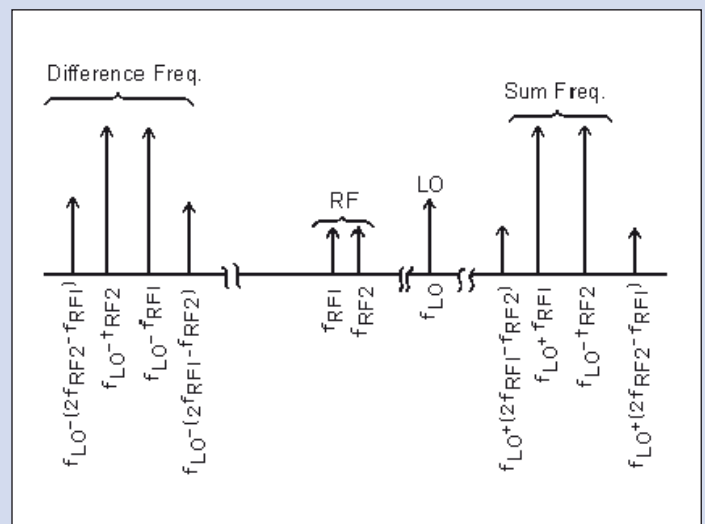


Bild 7: Das Ausgangsspektrum des Mixers