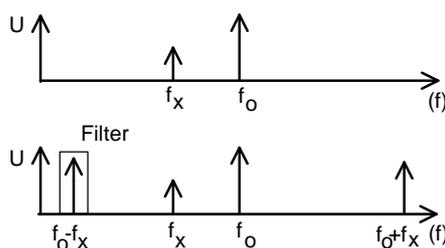


20. Mischung

Bei der elektrischen Mischung zweier Frequenzen werden neue Frequenzen (Mischfrequenzen) gebildet, die zu den beiden ursprünglichen Grundfrequenzen in einem festen mathematischen Verhältnis zueinander stehen. Es können Frequenzen in ein höheres Frequenzband herauf oder in ein niedrigeres heruntergemischt werden. Zum Beispiel $AM=Nf$ auf HF oder $ZF=HF_{gr}$ in Hf_{kl} . Es gibt die additive und multiplikative Mischung.

20.1 Additive Mischung

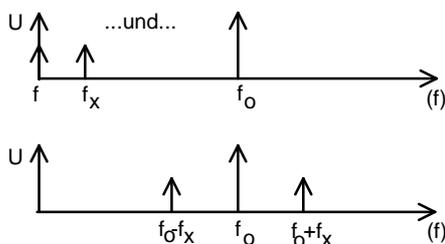
Bei der additiven Mischung werden die beiden Frequenzen addiert, die Summenspannung an eine Diodenkennlinie gelegt und das gewünschte Spektrum herausgefiltert.



Bei dieser Mischungsart entstehen die Frequenzen: $f_x, f_o, \pm f_z = |f_o \pm f_x|$. Im folgenden wird nur noch die multiplikative Mischung behandelt.

20.2 Multiplikative Mischung

Die multiplikative Mischung wird in der HF-Mischer-Technik verwendet. Sie ist allgemein heute gebräuchlich. Die beiden Frequenzen werden direkt elektronisch multipliziert; zum Beispiel in zwei hintereinander geschalteten Transistoren, in einem Doppelgate-Mos-Fet-Transistor oder in IC's. Eine andere Möglichkeit, besonders im hochfrequenten Bereich bietet der Ringmodulator (double-balanced-mixer). Im folgenden Beispiel wird die Funktionsweise sichtbar.



$$1\text{Hz} \otimes 3\text{Hz} \Leftrightarrow 4\text{Hz} \oplus 2\text{Hz} \Rightarrow f_{\text{neu}} = 3\text{Hz} + 1\text{Hz} = 4\text{Hz}$$

$$3\text{Hz} - 1\text{Hz} = 2\text{Hz} \quad \pm f_z \text{ mit Gleichanteil (0Hz):}$$

$$3\text{Hz} + 0\text{Hz} = 3\text{Hz}$$

$$3\text{Hz} - 0\text{Hz} = 3\text{Hz} \quad f_o$$

20.3 AM-Modulation

Die Amplitudenmodulation wird zwar mit dem Verfahren der additiven Modulation erzeugt, kann aber sehr gut mit der Definition der multiplikativen Mischung mit Gleichanteil im Spektrum beschrieben werden.

$$m(t) = f_x(t) * \cos(2\pi f_o t) \quad (20.1)$$

Gleichung 20.1 gilt für das modulierte Signal (f_x) mit unterdrücktem Träger (f_o) [Produkt]. Zur Verringerung von Verzerrungen wird mit dem Träger moduliert, das entspricht einer Addition vom dem Gleichanteil A.

$$m(t) = (f_x(t) + A) * \cos(2\pi f_o t) \quad (20.2)$$

mit: $f_X(t) \stackrel{!}{=} a * \cos(2\pi f_X t) \Rightarrow$

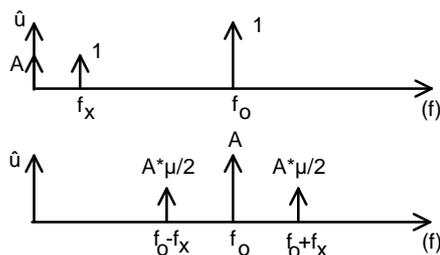
$$m(t) = (A + a * \cos(2\pi f_X t)) * \cos(2\pi f_0 t) \quad (20.3)$$

mit: $\mu = \frac{a}{A} \Rightarrow$

$$m(t) = A * (1 + \mu \cos(2\pi f_X t)) * \cos(2\pi f_0 t) \quad (20.4)$$

Dabei gilt: μ =Modulationsgrad; a =Signalamplitude (\hat{V}_S) [Trägerschwankung]; A =Trägeramplitude (\hat{V}_S). Aus Gleichung 20.4 folgt mit mathematischen Umformungen.

$$m(t) = A * (\cos(2\pi f_X t) + \frac{\mu}{2} * \cos(2\pi f_0 t + 2\pi f_X t) + \frac{\mu}{2} * \cos(2\pi f_0 t - 2\pi f_X t)) \quad (20.5)$$



Das ergibt die Frequenzen:

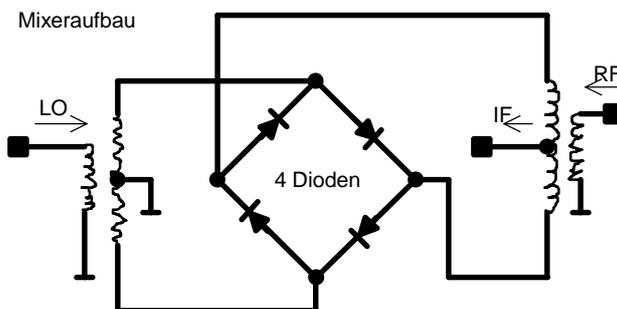
$$f_0, |f_0 + f_X|, |f_0 - f_X|$$

Im Gegensatz zum Heraufmischen hier bei der AM gibt es das Herabmischen bei HF-Empfängern auf deren ZF-Frequenz.

Beispiel: $f_X=1000\text{kHz}$; $f_0=1460\text{kHz}$; \Rightarrow
 $f_Z=f_0+f_X=2460\text{kHz}$ und $f_Z=f_0-f_X=460\text{kHz}$! Die 460kHz werden dann in einer Filterschaltung herausgesiebt.

20.4 Mischer (Mixer)

Es wird hier nur der Ringmodulator /Double-Balanced-Mixer betrachtet. Er ist in der HF-Technik weit verbreitet und als Einzelbaustein erhältlich. Die Mischer gibt es mit großer Bandbreite zum Beispiel von 2 GHz bis 26 GHz, sie haben eine gute Tor zu Tor Isolation und unterdrücken die Oberwellen in hohem Maße. Allerdings ist die Herstellung aufwendig und teuer.



LO=Local Oszillator Eingang;

RF=HF-Eingangssignal

(RadioFrequency);

IF=Mixerausgang der ZF

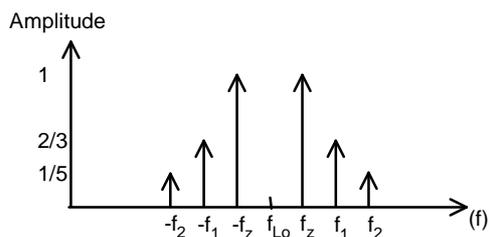
(InterferenzFrequency??)

Wenn entweder an LO oder RF ein Signal anliegt, befindet sich an IF kein Signal, wenn der Mischer und die Dioden absolut symmetrisch sind; was eine wichtige Voraussetzung darstellt. Liegen an LO eine große Signalamplitude und an RF ein kleineres Signal

($LO \gg RF$) mit unterschiedlichen Frequenzen, so entsteht ein ZF-Signal am Ausgang IF. LO schaltet die Dioden und damit den Stromfluß von Rf zu IF. Ein- und Ausgänge von RF/IF könnten theoretisch auch vertauscht werden.

$f_{LO}=f_{RF}=0$ (Amplitude) $\pm f_Z=|f_{LO} \pm f_{RF}|$ an IF

Die Frequenzen $\pm f_1=|3f_{LO} \pm f_{RF}|$ und $\pm f_2=|5f_{LO} \pm f_{RF}|$ sind zu vernachlässigen da gering und durch C und L unschädlich gemacht.

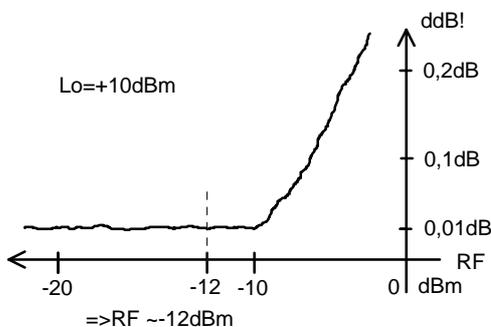


Beispiel: $f_z = |f_{LO} \pm f_{RF}|$; $f_{LO} = 10 \text{ GHz}$; $f_{RF} = 10,5 \text{ GHz}$ => $f_z = 20,5 \text{ GHz}$ und $0,5 \text{ GHz}$.

Je nach eigener oder auch mit Zusatzschaltung kann so ein Mischer eingesetzt werden als: Phasendetektor (0° - 180° unlinear; Balanced Modulator mit unterdrücktem Träger; AM; stromgesteuertes Dämpfungsglied; Pulsmodulator (an/aus) und Double-Balanced-Mixer. Beim praktischen Arbeiten im Mischerbetrieb sind die folgenden Eigenschaften zu beachten: $f_z = 0 \text{ Hz}$ bis GHz!; Die geforderte Frequenz

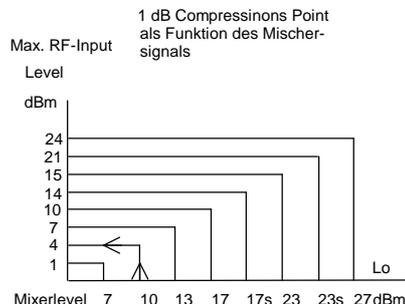
soll mit der des Mixers übereinstimmen; Das VSWR ist Tor-, Frequenz- und LO-Pegel-abhängig und nicht besonders gut; ca. 2:1 VSWR.

20.4.1 LO-Pegel

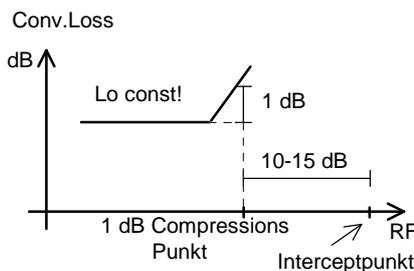
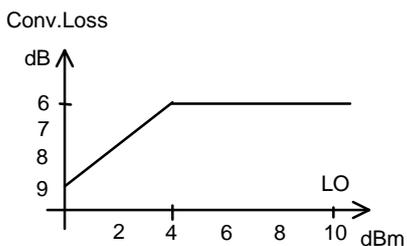


Mit dem LO-Signal werden die Dioden geschaltet bzw. moduliert. Der IF-Ausgang folgt dem Signal RF am Eingang nur bis zu einer bestimmten RF-Amplitude linear, was abhängig von der Amplitude am LO ist. Da ein linearer Zusammenhang zwischen IF und RF üblicherweise gewünscht wird muß daher ein Mindestpegel am LO anliegen.

Der Punkt an dem der Linearitätsfehler 1dB beträgt heißt 1dB Compression Point. An diesem Punkt steigen auch die Conversionsverluste um 1dB. Allgemein sollte LO etwa 10 dB größer als RF sein. Auch steigt bei zu kleinem LO der Klirrfaktor stark an, was sich aus der Diodenkennlinie ergibt. Für die verschiedenen Standard-LO-Pegel gibt es entsprechende Mischertypen zu kaufen. Das zu hohe Eingangsleistungen die Dioden zerstören können ist auch zu beachten. Auch bei konstantem RF Signal erhöht sich IF mit steigendem LO.



20.4.2 Conversion Loss



Die Umwandlungsverluste (Conversion Loss) vom RF- zum IF-Signal sind unter 18 GHz üblich 6dB und vom Pegel, der Temperatur und der Frequenz abhängig.

Sie setzen sich aus den folgenden Anteilen zusammen: unerwünschtes Seitenband (3dB); harmonische Mischerprodukte (0.9dB); Diodenverluste (1-1.5dB); Fehlanpassung (0.5dB).

Beispiel: RF=-11dBm => IF=-17dBm

$$CL = |P_{RF} - P_{IF}| \quad (20.6)$$

Beim Zweiseitenbetrieb sind die Umwandlungsverluste 3dB geringer als beim Einseitenbetrieb.

20.4.3 Isolation

Die Isolation (LO>10dB über IF) gibt in dB an, um wieviel die Pegeldifferenz zwischen Eingang und Ausgang nach Tabelle beträgt.

<u>Eingang</u>	<u>Ausgang</u>	<u>dB</u>
LO	RF	30 - 50
LO	IF	20 - 50
RF	IF	20 - 40

20.4.4 Dynamik

Der unterste Pegel liegt beim Rauschen und ist etwa 0,5 dB höher als die Umwandlungsverluste. Der höchste Pegel ist der Compressions Punkt. In der Praxis ist dieser Dynamikbereich besonders nach oben hin, wegen ansteigender Nebenfrequenzen nicht einzuhalten. Die Rauschgrenze beträgt: NT [dBm] = - 114 +Bandbreite[MHz]+Conv.Loss[dB]; also 8 bis 12 dB.

20.4.5 Intercept Punkt

Der Intercept Punkt (siehe Bild vorher) ist etwa 10 bis 15 dB über dem 1dB Compressions Punkt. Der Mischer erzeugt mit seinen Dioden am Ausgang ein Signal dritter Ordnung (k_3). Der Punkt an dem der je Eingangspegel (gleich bei beiden Eingängen) gleich dem k_3 -Signal ist, heißt Intercept Punkt. 1(0)dB Eingangsänderung \Leftrightarrow 3(0)dB k_3 Ausgangspegeländerung (x3).

Beispiel: In: 0dBm (je beide)	Out k_3 : -60dBm (k_3 -Suppress?)	
- 10 dBm	- 90 dBm	k_3 = -54dB kleiner als IF
+ 10 dBm	- 30 dBm	Ausgang mit 6 dB Conv.Loss
+ 20 dBm	+ 0 dBm	
+ 30 dBm	+ 30 dBm	
Intercept Punkt liegt bei + 30 dBm.		

$$\text{Intermodulationslevel} = \{[(\text{Interceptpunkt dBm} - (\pm\text{RF})) * 3] * -1\} + (\text{Intercept dBm}) \quad (20.7)$$

Beispiel: $IL = \{[(+1+15 \text{ dBm} - (-10\text{dBm})) * -3] + (1+15\text{dBm})\} = - 62 \text{ dBm}$