Stefan Steger, DL7MAJ, 01.06.2004

Untersuchung am Quadratur-Hybridkoppler

Versuchsschaltung und –aufbau

Es wurde ein Quadratur-hybridkoppler mit zwei Ringmischern nach der Schaltung Bild 1/2 untersucht. Die Auslegung für f_0 = 5.645 kHz (1.ZF vom Drake R-4C) erfolgte nach dem Artikel von W2CQH in der QST Januar 1978. Dabei werden die beiden C´s (540pF) und die Induktivität des Trafos (1,41uH) auf ein X von 50 Ohm bei 5,645 MHz ausgelegt: C = 1/ (ω x 50Ω); L = 50Ω / ω mit ω = 2πf; f = 5,645 MHz.
Ergebnisse: C = 564pF; L = 1,41µH. Die Gesamtkapazität von 564pF wird - abzüglich der Eigenkapazität des Übertragers (geschätzt 5...10pF)- auf die beiden C´s aufgeteilt: 270pF.
Aus dem AL-Wert des Kerns (140nH/Wdg) ergibt sich eine Windungszahl von 3,15 = 3Wdg.
Über einen „6dB-Stern“ zur Entkopplung wird das ZF-Signal eingespeist, der LO über den Quadraturkoppler bestehend aus 2 x 270pF, einem bifilar gewickelten Übertrager mit 1,41uH pro Seite und dem 50-Ohm-Widerstand.
Die HF-Signale RF (ca. –20dBm) und das LO-Signal (ca. 10dBm) werden mit zwei Generatoren erzeugt (Bild 3). Über die beiden NF-Ausgänge werden das IN-Phasesignal „I“ und das um 90Grad verschobene Signal „Q“ entnommen.
Ein Oszilloskop mit entsprechenden Einschüben ermöglicht im alternierenden Betrieb die phasenrichtige Darstellung der beiden NF-Signale und der Lissajousfigur.

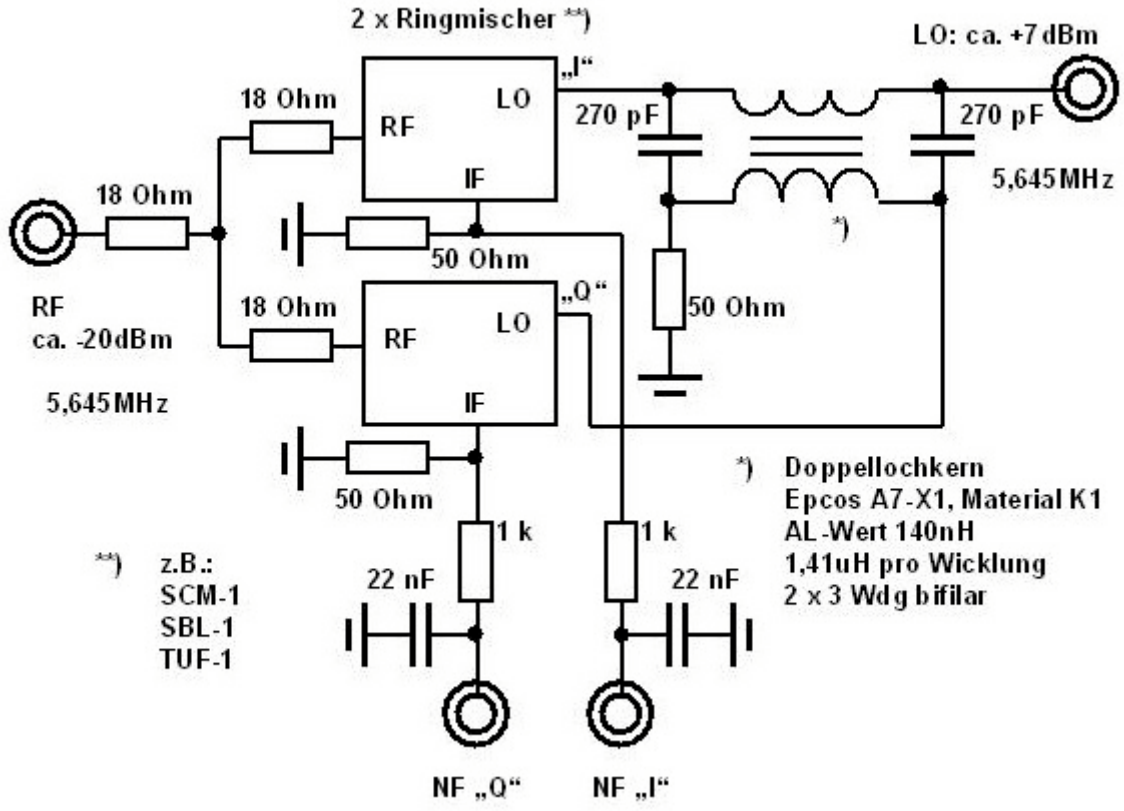


Bild 1 Schaltung des Quadraturkopplers mit Ringmischern

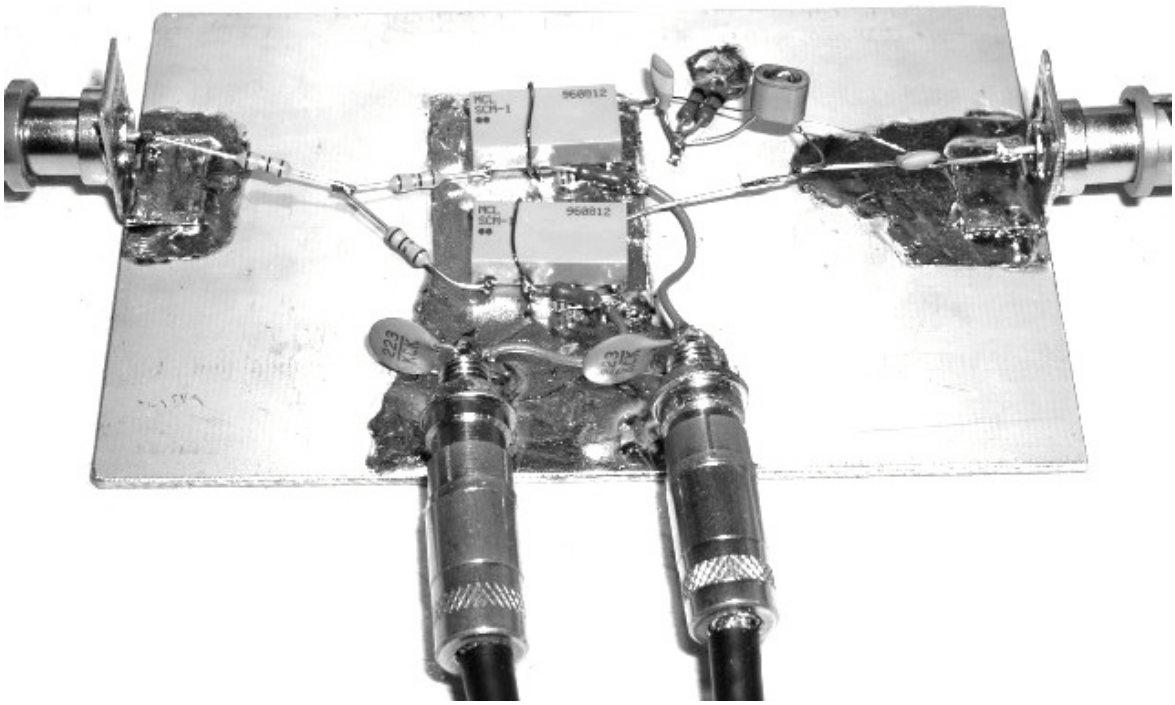


Bild 2 Aufbau des Quadraturkopplers mit Ringmischern

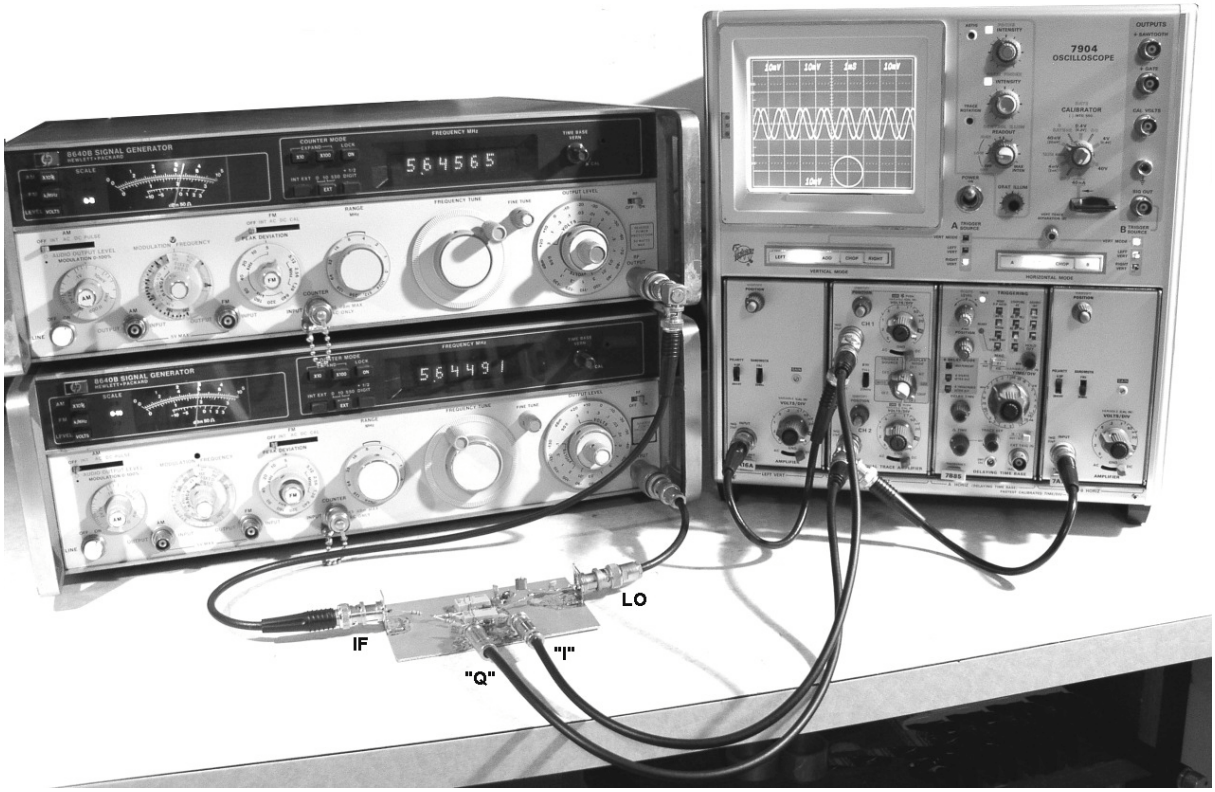


Bild 3 Prüfaufbau

Messergebnisse

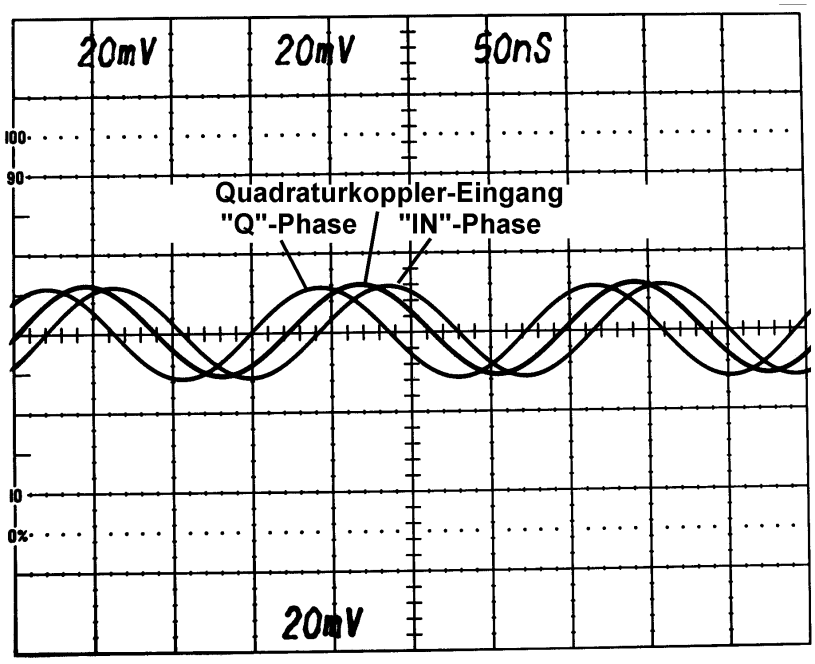


Bild 4a Phasenlagen im Quadraturkoppler

Im Bild 4a/b sind die sich ergebenden Signale im Quadraturkoppler dargestellt:
Das Eingangssignal wird in zwei Signale zerlegt, die gegenüber dem Eingangssignal um $+45^{O}$ („Q“) und -45^{O} („I“) verschoben sind. Somit sind „Q“ und „I“ zueinander um 90^{O} veschoben – was ja beabsichtigt ist! Die Amplituden sind gleich, das gilt allerdings nur für die berechnete Frequenz f_O – hier 5,645MHz.

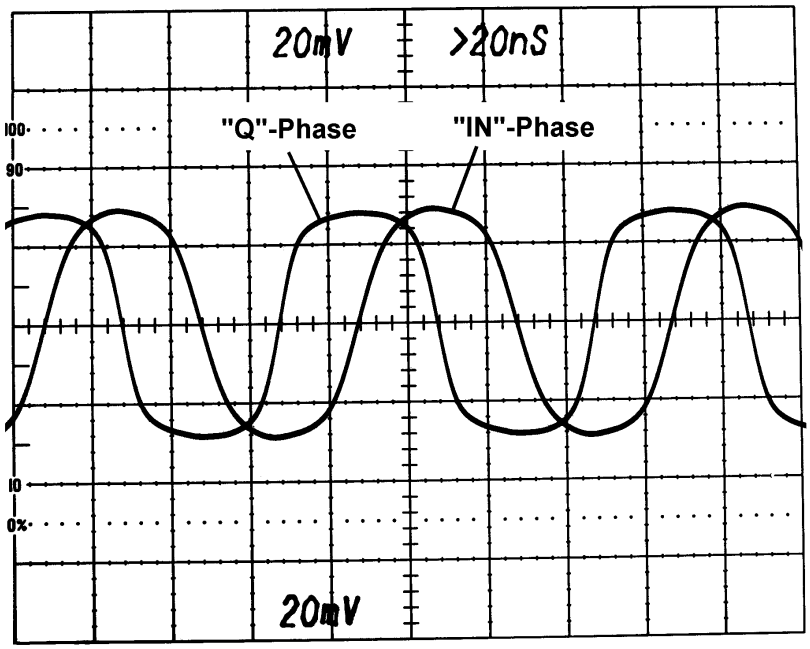
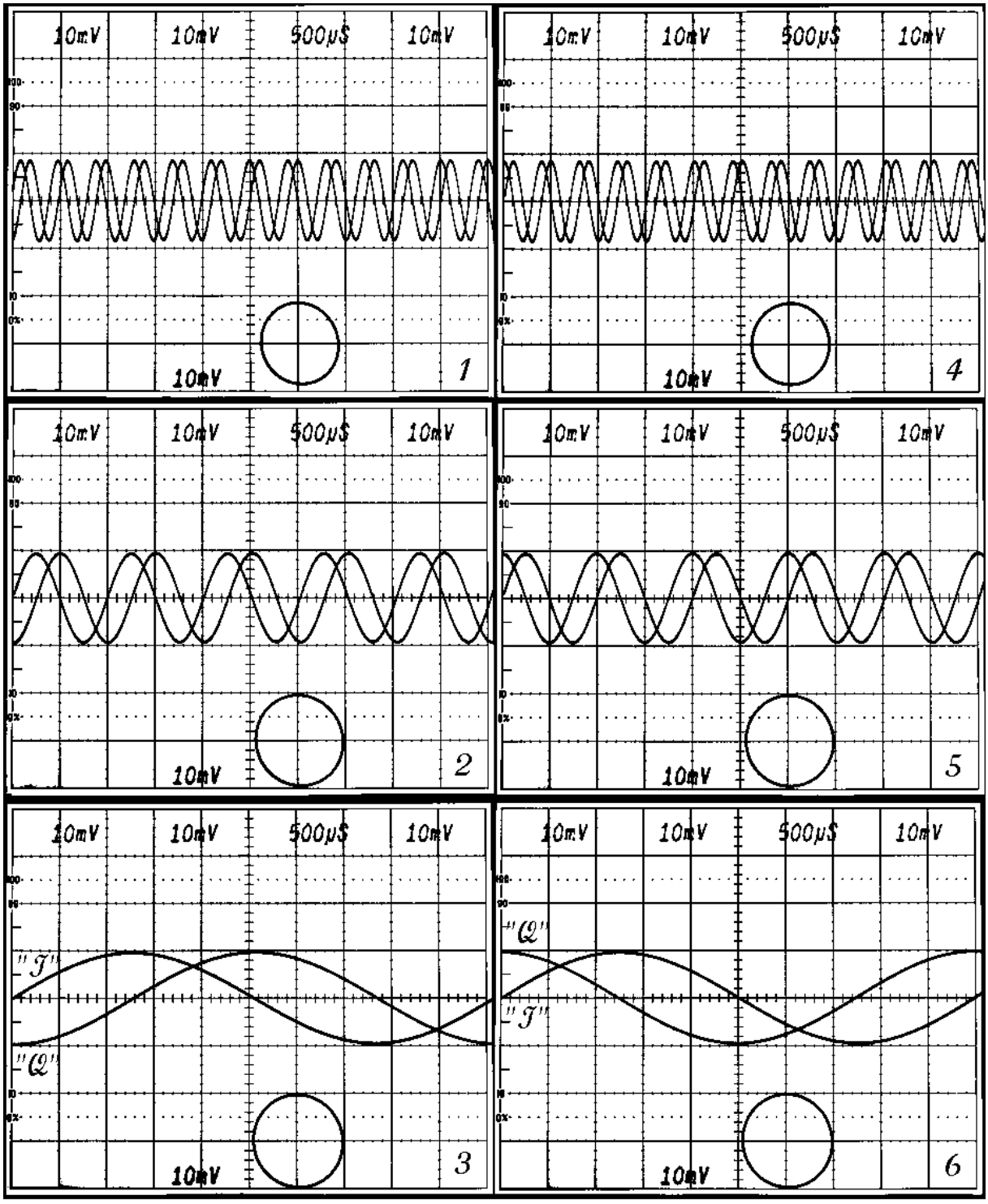


Bild 4b Phasenlagen bei Vollaussteuerung

In Bild 4b ist die Aussteuerung der Ringmischer auf ca. +7dBm erhöht worden; es wurden Tastköpfe 10:1 verwendet.



Für alle Bilder gilt: LO fest auf 5.645,00 kHz eingestellt; Triggerung mit NF-Signal "I" (CH 1)
Lissajous-Figur: Y-Ablenkung: "I"-Signal, X-Ablenkung: "Q"-Signal

Bild 1: IF = 5.647,50 kHz	**Bild 4: IF = 5.642,50 kHz**	**>>**	**NF = 2.50 kHz**
Bild 2: IF = 5.646,00 kHz	**Bild 5: IF = 5.644,00 kHz**	**>>**	**NF = 1.00 kHz**
Bild 3: IF = 5.645,20 kHz	**Bild 6: IF = 5.644,80 kHz**	**>>**	**NF = 0,20 kHz**

Bild 5 Oszillogramme

Zusammenfassung der Ergebnisse (Bild 5):

In der linken Spalte (Photos 1 bis 3) war f_{IF} größer als f_{LO}, mit dem Ergebnis, daß das NF-Signal „I“ gegenüber „Q“ immer um 90 Grad voreilend ist.
In der rechten Spalte mit f_{IF} kleiner als f_{LO} ist es entsprechend umgekehrt.
Die Triggerung erfolgte immer mit dem „I“-Signal auf Channel 1.

An den Lissajousfiguren in den Photos ist zu erkennen, dass die Phasenverschiebung unabhängig von der NF-Frequenz IMMER 90 Grad ist!

Das gilt auch für Schwebungen mit df nahezu Null (Bild 6).
Wenn f_{IF} größer als f_{LO} ist, ist die Lissajousfigur rechtsdrehend, andernfalls linksdrehend.
(Die zerhackte Darstellung in Bild 6 (2) resultiert aus dem alternierenden Scopebetrieb).

Wenn f_{IF} (fast) gleich f_{LO} ist, „wandert“ der Punkt der Lissajousfigur auf einem Kreis (=Schwebung).

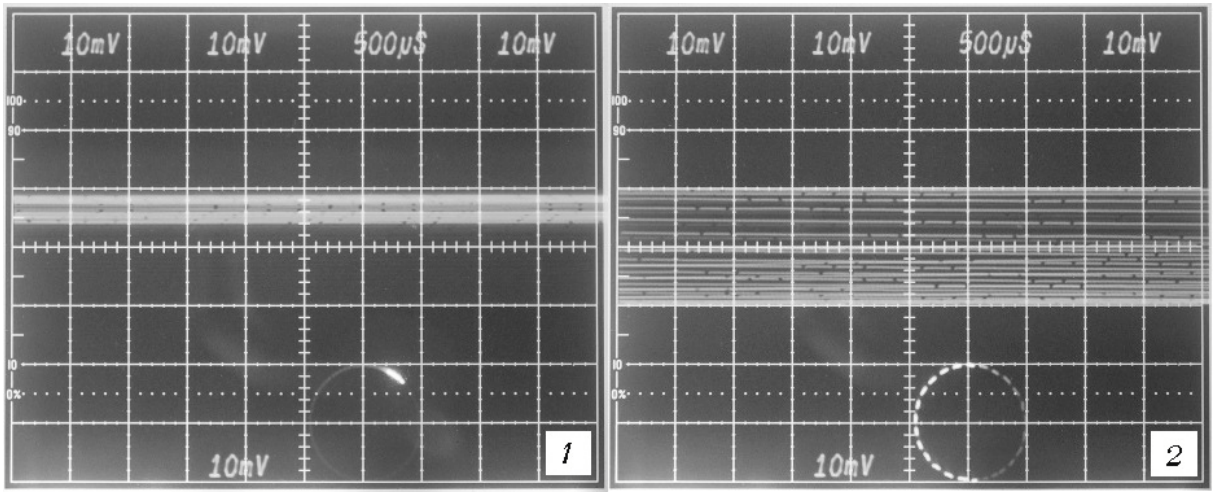


Bild 6 Schwebung

.-.-.