



Vortrag über die Bachelorarbeit

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

angefertigt von
Mohamed Ahmed
bei
Prof. Dr.-Ing. K. Solbach
Fachgebiet
Hochfrequenztechnik
an der
Universität Duisburg-Essen



UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Thema:
Begrenzverstärker mit Polyphasen-
Phasenschieber für ein 7-Tesla MRI
Leistungsverstärker

- Problemstellung
- Bauteile und Grundlagen
- Layout und Simulationsergebnisse
- Messergebnisse
- Signalloptimierung
- Fazit



Der Leistungsverstärker beinhaltet eine Treiberverstärker-Kette und eine kartesische Rückführungs- und Regelschleife, die die Phase und Amplitude des erzeugten Leistungssignals regeln.

Regelverstärker benötigt

- Signal mit gleichbleibender Amplitude
- zwei Signale mit 90° Phasenverschiebung
- Bandfilterung bei der Frequenz 300MHz



Problemstellung

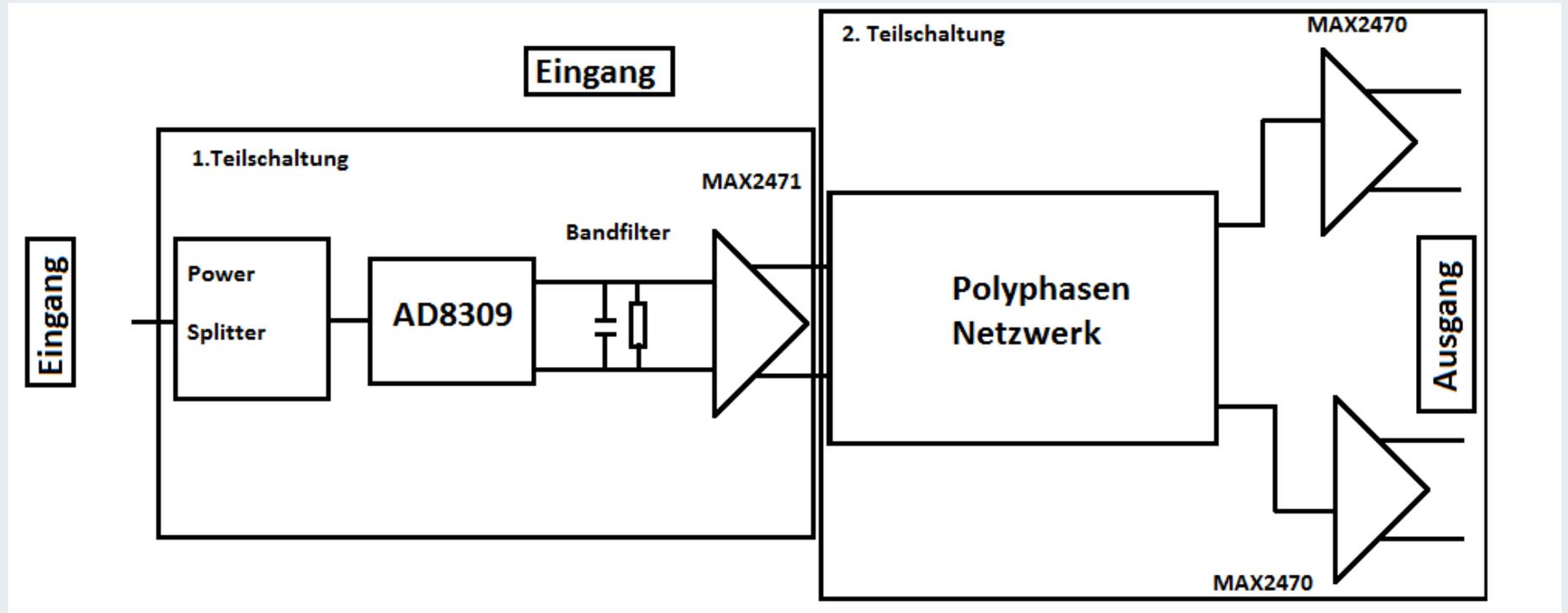


Abb.1 Gesamtschaltung

- ADP-2-10
→ Power Splitter
- AD8309
→ Limitierender Verstärker
- MAX2471
→ Pufferverstärker



ADP-2-10

- Mini-Circuits
- Dämpfungsmaß von $3dB$
- Frequenzbereich $5-1000MHz$

Abb.2: ADP-2-10



Bei $300MHz$

Dämpfung zwischen $3.36dB$ und $3.41dB$



AD8309

- Logarithmisch limitierender Verstärker
- Frequenzbereich 5-500MHz
- Betriebsspannung liegt bei 2,7V - 6,5V



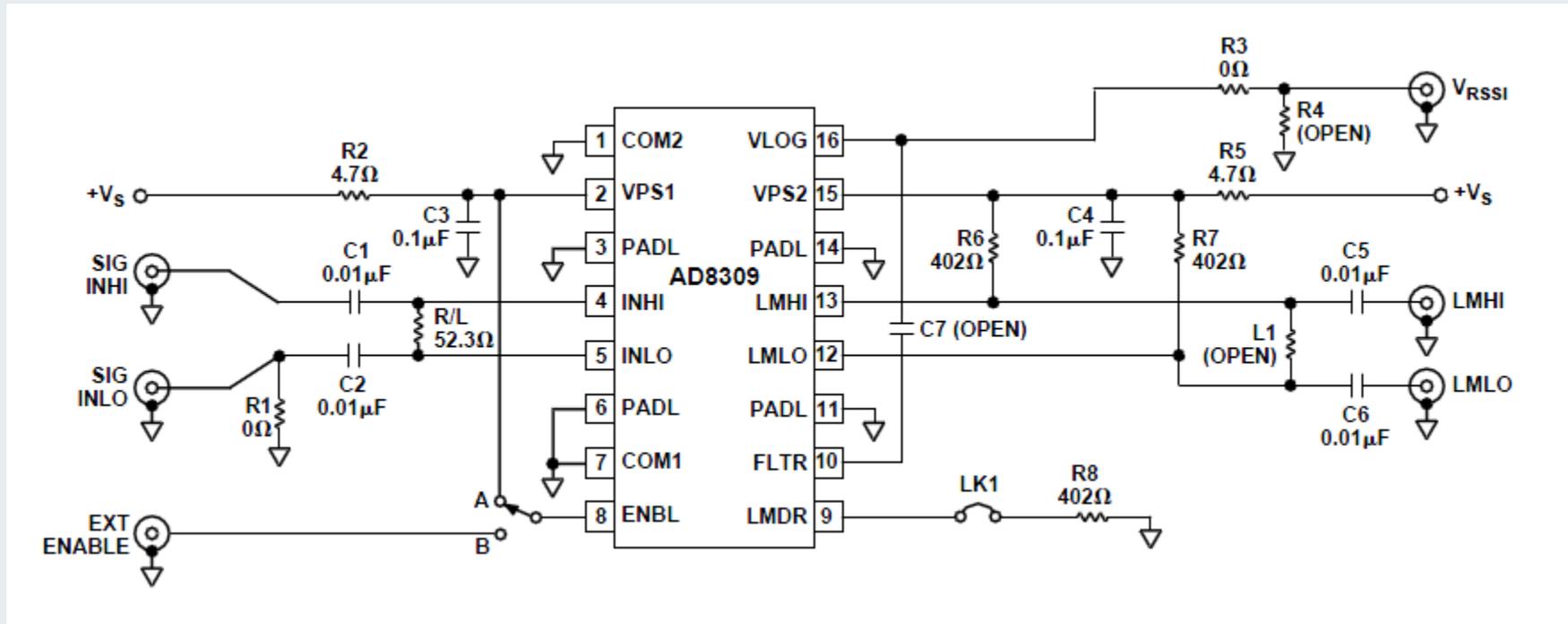


Abb.4:Basisschaltung des AD8309



MAX2471/70

- Frequenzbereich
5 - 500 MHz
- Betriebsspannung
2,5V-5,5V

Hier:

- MAX2471 wird benutzt
mit einem Eingang oder zwei Eingängen

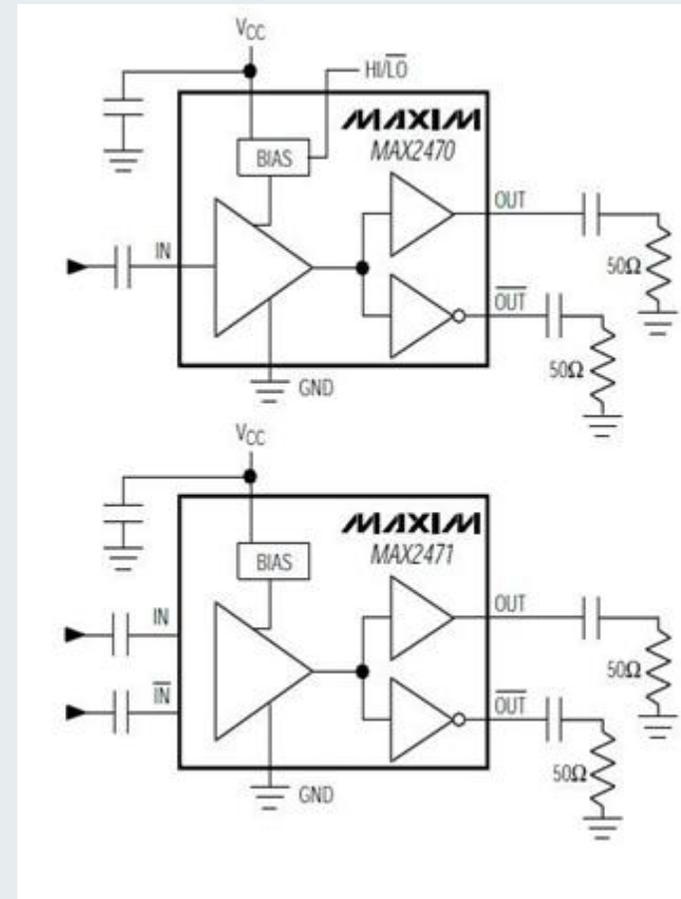


Abb.5:Basisschaltung



Polyphasen Netzwerk

Zusammenschaltung aus Kondensatoren und Widerständen

- zwei Eingangssignale

→ Phasenverschiebung von 180°

- 4 Ausgangssignale

→ Mit je 90° Phasenverschiebung

Berechnung von R oder C bei der

Frequenz von $f=300\text{MHz}$ mit:

$$f = \frac{1}{2\pi \cdot RC}$$

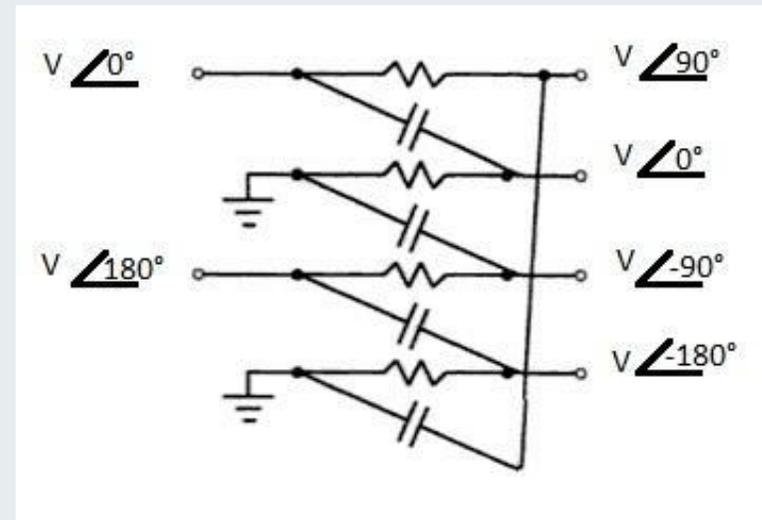


Abb.6: Polyphasen Netzwerk



Resistiver Powersplitter

T-Schaltbild mit zwei unterschiedlich gedämpften Ausgängen

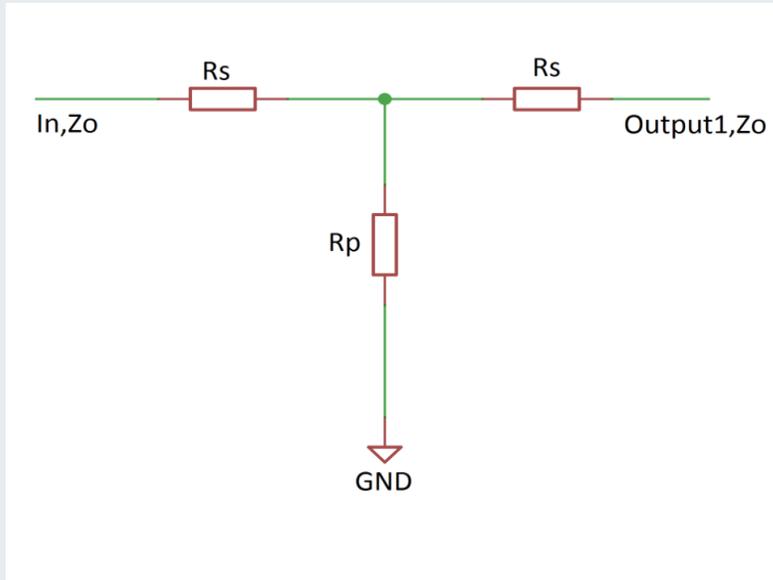


Abb.7: T-Schaltung

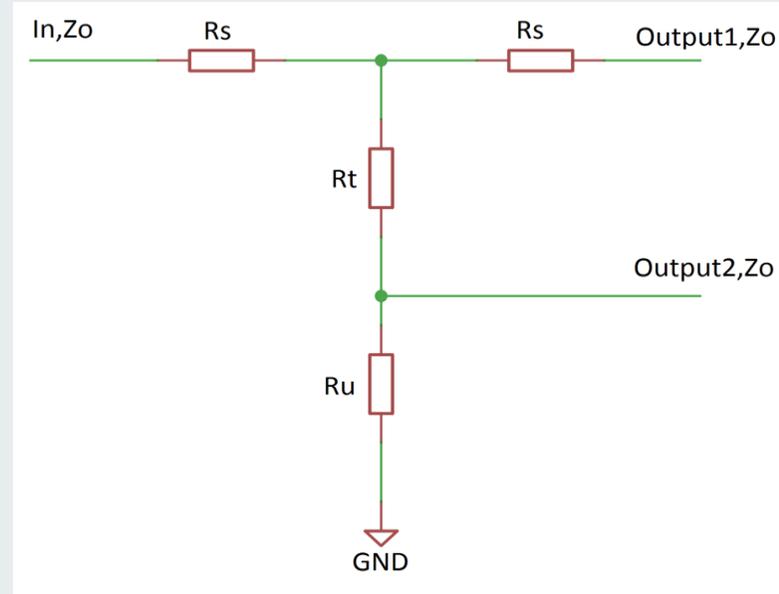


Abb.8: Leistungsteiler mit unterschiedlichen Ausgängen

- maximal -6dB Dämpfung an Ausgang 1
- minimal-6dB Dämpfung an Ausgang 2

Je kleiner die Dämpfung am Ausgang 1,
desto größer Dämpfung am Ausgang 2



Resistiver Powersplitter

Durch geeignete Auswahl einer Dämpfung
am Ausgang 1,

$$v_1 = -20 \log(a_1) dB_1$$

und mit

$$R_s = \frac{1 - a_1}{1 + a_1} \quad \text{und} \quad R_p = \frac{1 - R_s^2}{2R_s}$$

können die Widerstände R_u und R_t
berechnet werden

$$R_t = R_p - \left(\frac{R_u}{1 + R_u} \right) \quad R_u = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4}{1 + 2R_p + R_s}}}$$

a_1 : Verhältnis zwischen Ein und Ausgang

v_1 : Dämpfung

$Z_0=1$

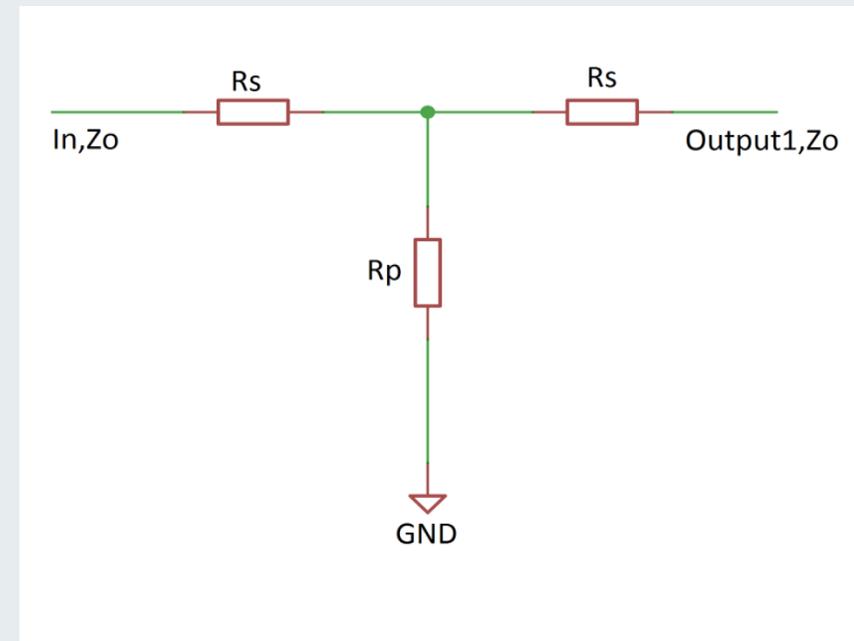
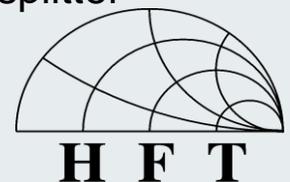


Abb.10: resistiver Powersplitter



H F T

Layout

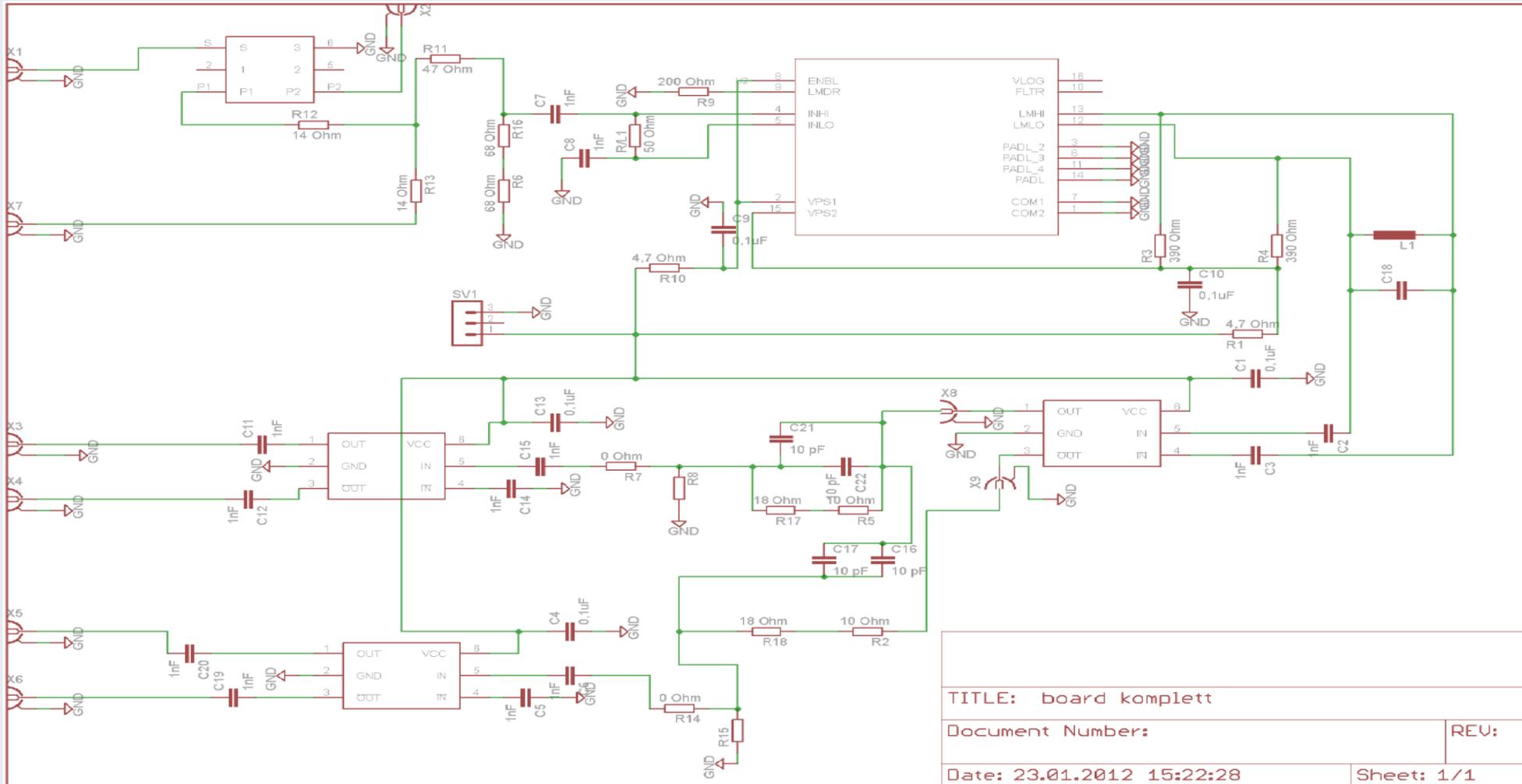


Abb.5: Schaltplan der Platine



Simulationsergebnisse

Für Platine werden verschiedene Widerstandswerte mit dem Programm ADS simuliert.
Für den resistiven Leistungsteiler ergeben sich folgende Werte:

$$R_s = 15\Omega$$

$$R_u = 440\Omega$$

$$R_t = 22\Omega$$

Für das Polyphasen Netzwerk ergeben sich folgende Werte:

$$R = 28\Omega$$

$$C = 20pF$$



Erste Messung

- Test ADP-2-10
- res. Leistungsteiler
- AD8309

Zweite Messung

- Anschluss erster Teilschaltung mit dem Polyphasen Netzwerk

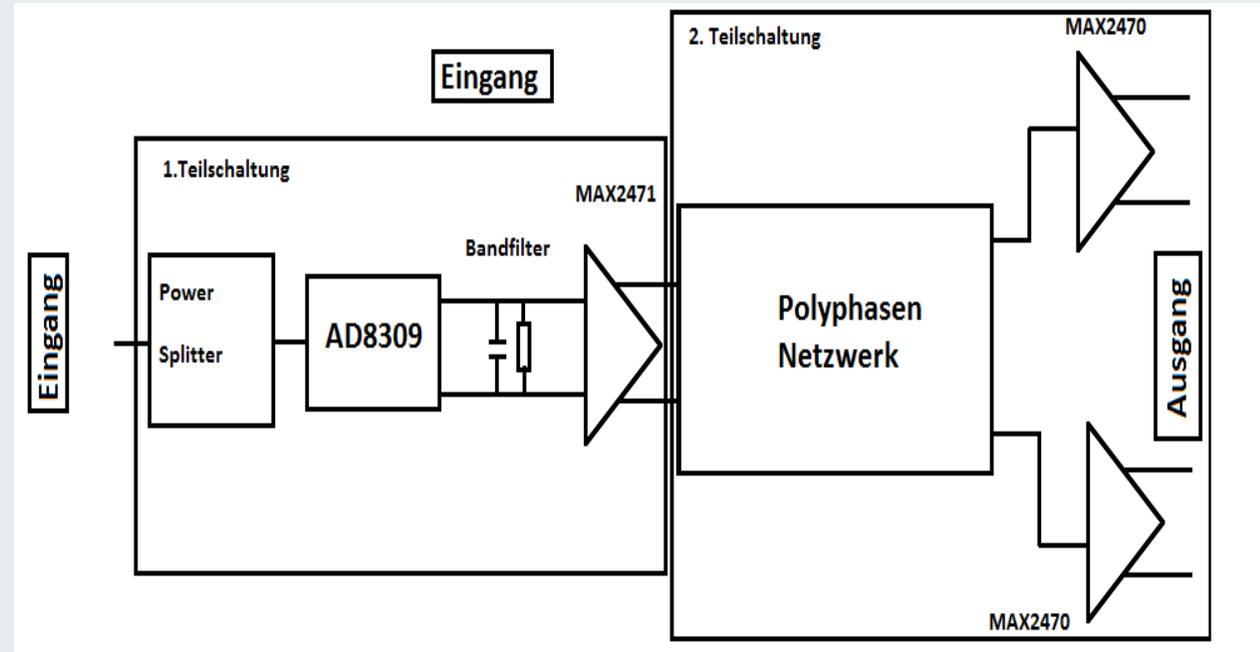
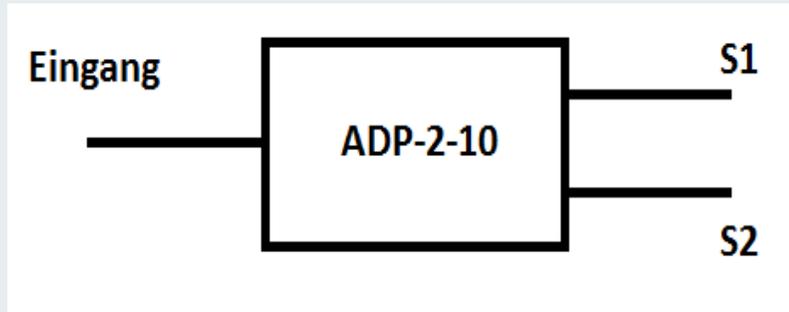


Abb.7: Gesamtschaltung

ADP-2-10



- Dämpfung liegt zwischen 3,8 und 4,2 dB

Aus dem Datenblatt

- bei Frequenz 300MHz 3,2-3,4dB

- S1 liegt an SMA Stecker

Eingang/dB	S1 /dB
-30	- 34.23
- 20	- 24
- 10	- 13.8
0	- 3.8
10	6.17

Messung mit Tastkopf

Berechnung mit

$$d = 20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1}$$

bei 300MHz eine Dämpfung von 3,1dB

<i>f/MHz</i>	<i>Eingang/mV</i>	<i>S1/mV</i>	<i>S2/mV</i>	<i>d/dB</i>
35MHz	720	504	524	-3.1
200MHz	640	412	412	-3.8
300MHz	300	210	210	-3.1
400MHz	290	191	173	-3.6



Resistiver Leistungsteiler

Messung mit Tastkopf

→ ohne ADP-2-10 Dämpfung

Gesamtdämpfung von:

$$(-6,44dB) + (-3,1dB) = -9,54dB$$

Vergleich des Ausgangs Out1

Tastkopf: -8,18 dB

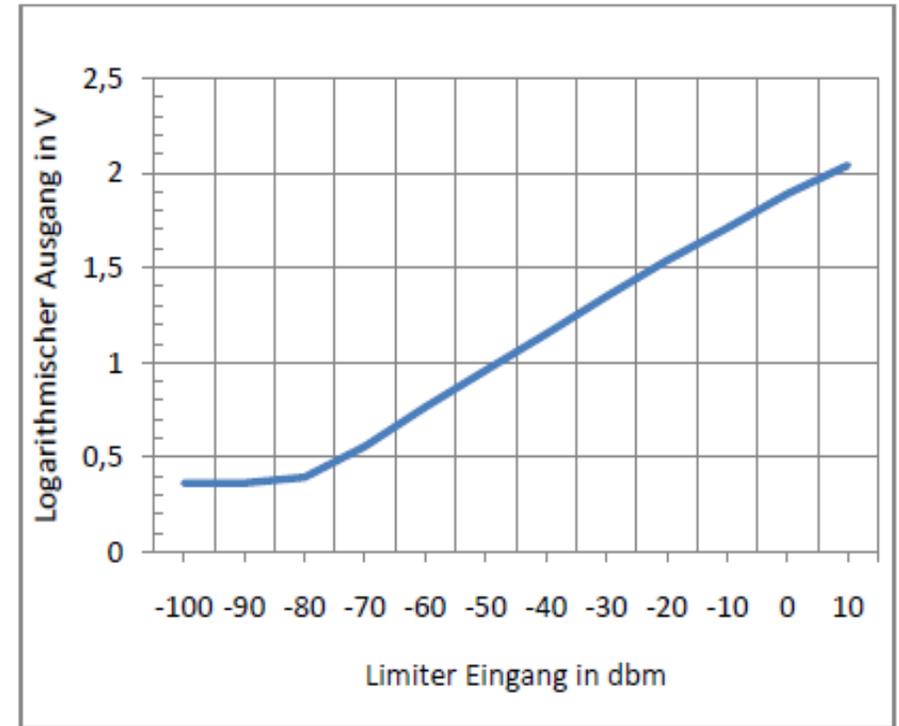
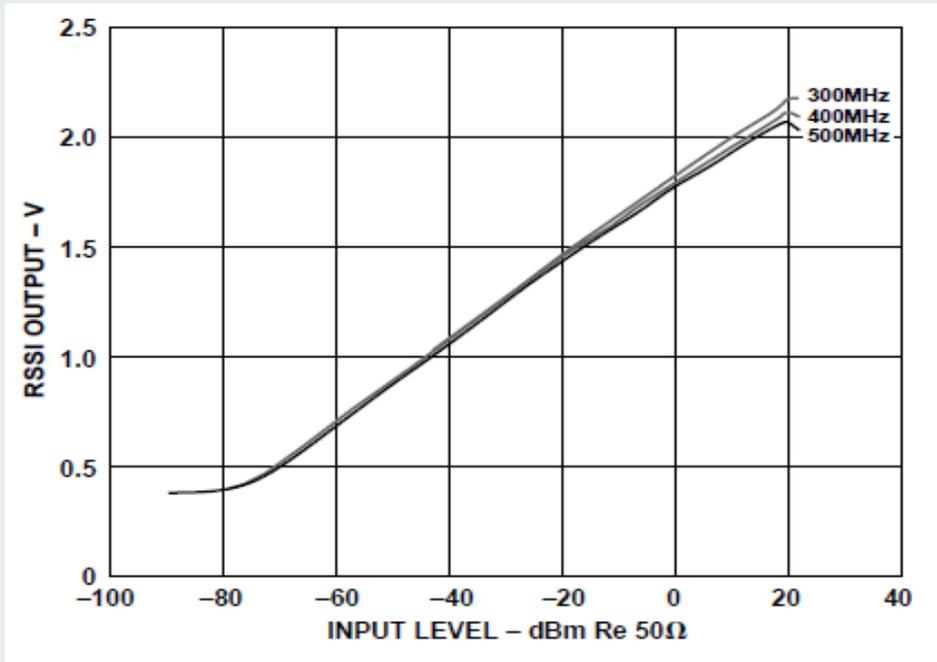
SMA: -9,8 dB

f/MHz	Port 1/mV	Out 1/mV	Out 2/mV	d ₁ /dB	d ₂ /dB
35MHz	504	270	240	-5.42	-6.44
200MHz	412	230	210	-5.06	-5.85
300MHz	210	117	100	-5.08	-6.44
400MHz	191	94	85	-6.15	-7.03



AD8309

Verlauf vom Datenblatt am RSSI Ausgang



Gemessener Verlauf am RSSI Ausgang



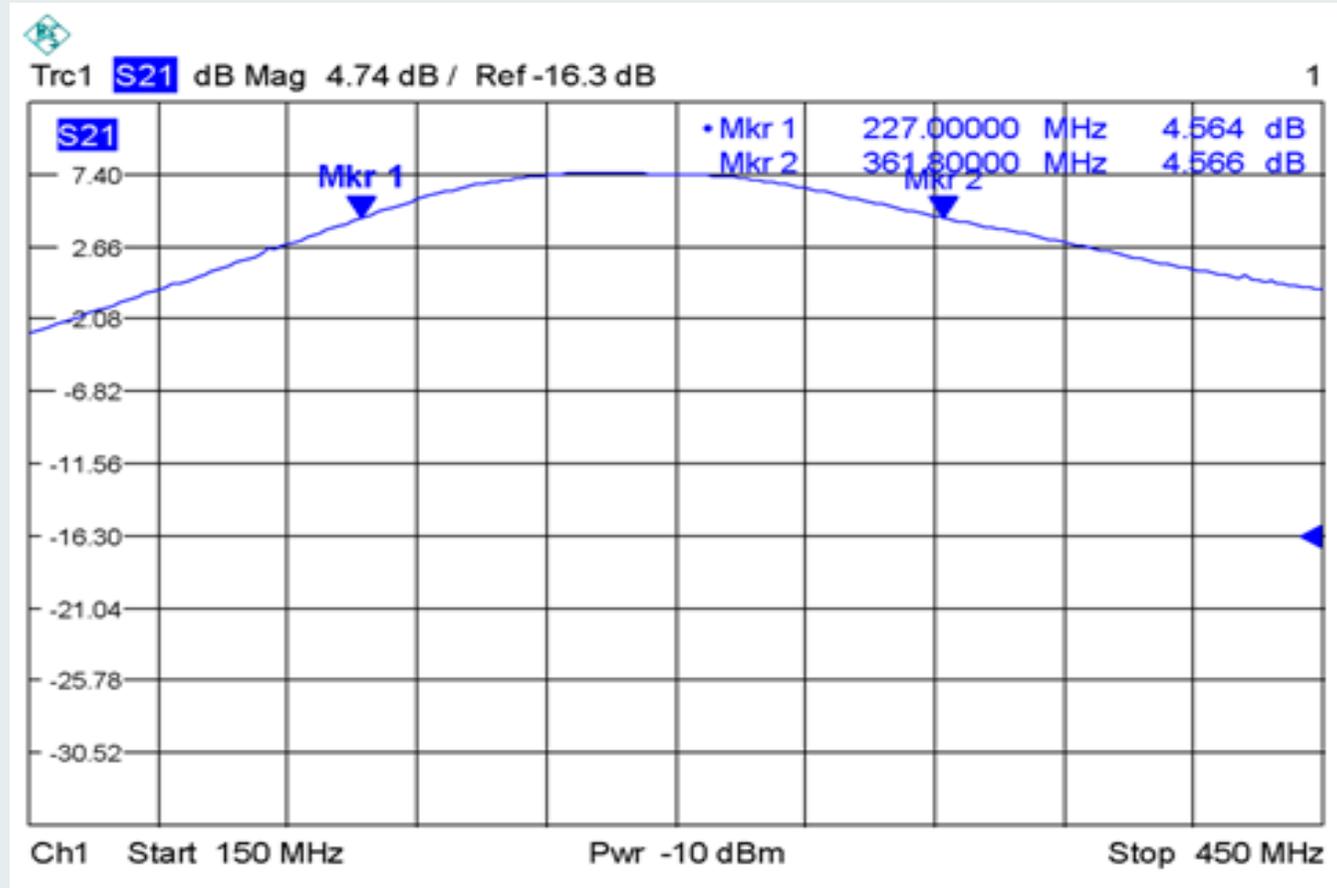
Messergebnisse

Bandfilterung

mit den Werten:

$$C = 10 \text{ pF}$$

$$L = 27 \text{ nH}$$

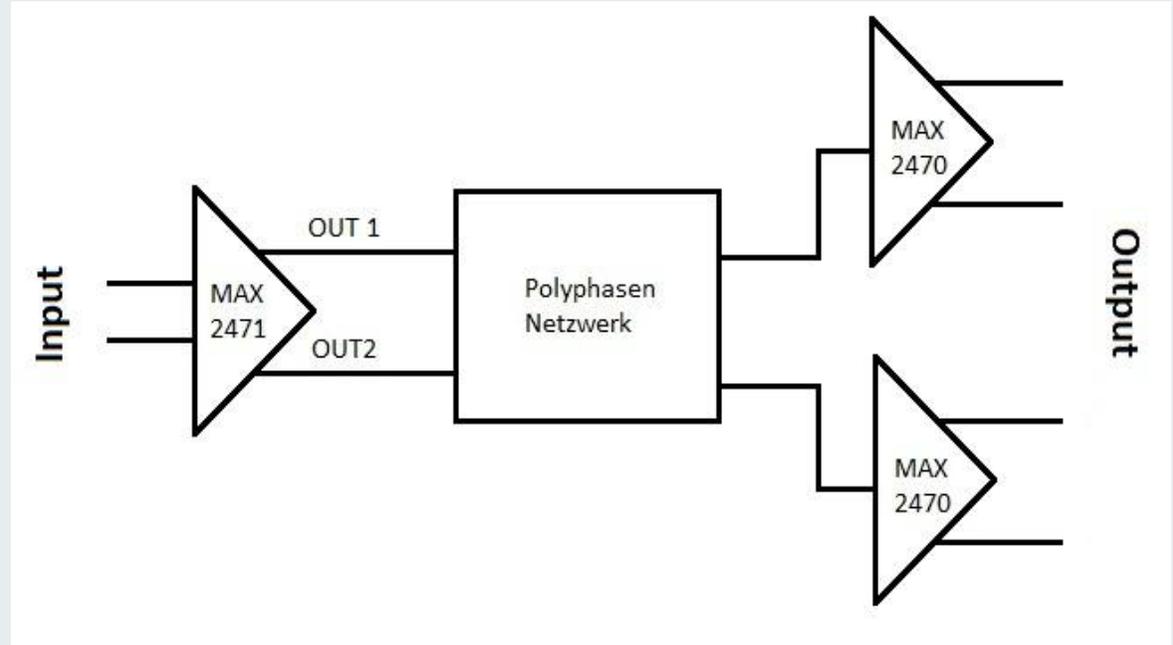


Gesamtschaltung

Messung beider Teilschaltungen

→ Fehlfunktion Max2471

- An Ausgängen keine Spannung vorhanden
- weiterhin Probleme nach mehrmalige Austauschens



Übergangslösung → Überbrückung des Bauteils



- keine Bandfilterung
mehr vorhanden

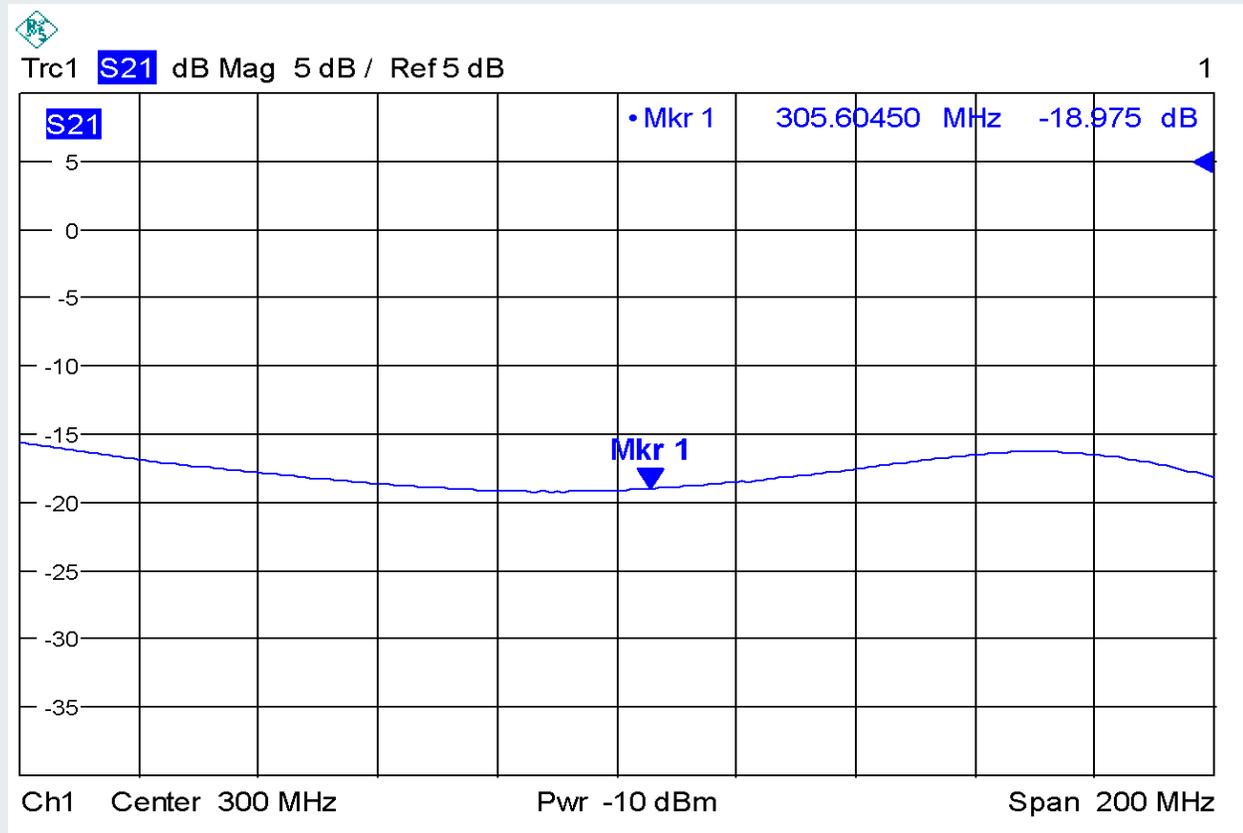
Neuanpassung des Filters
über die Güte Q

$$Q = R \sqrt{\frac{C}{L}}$$

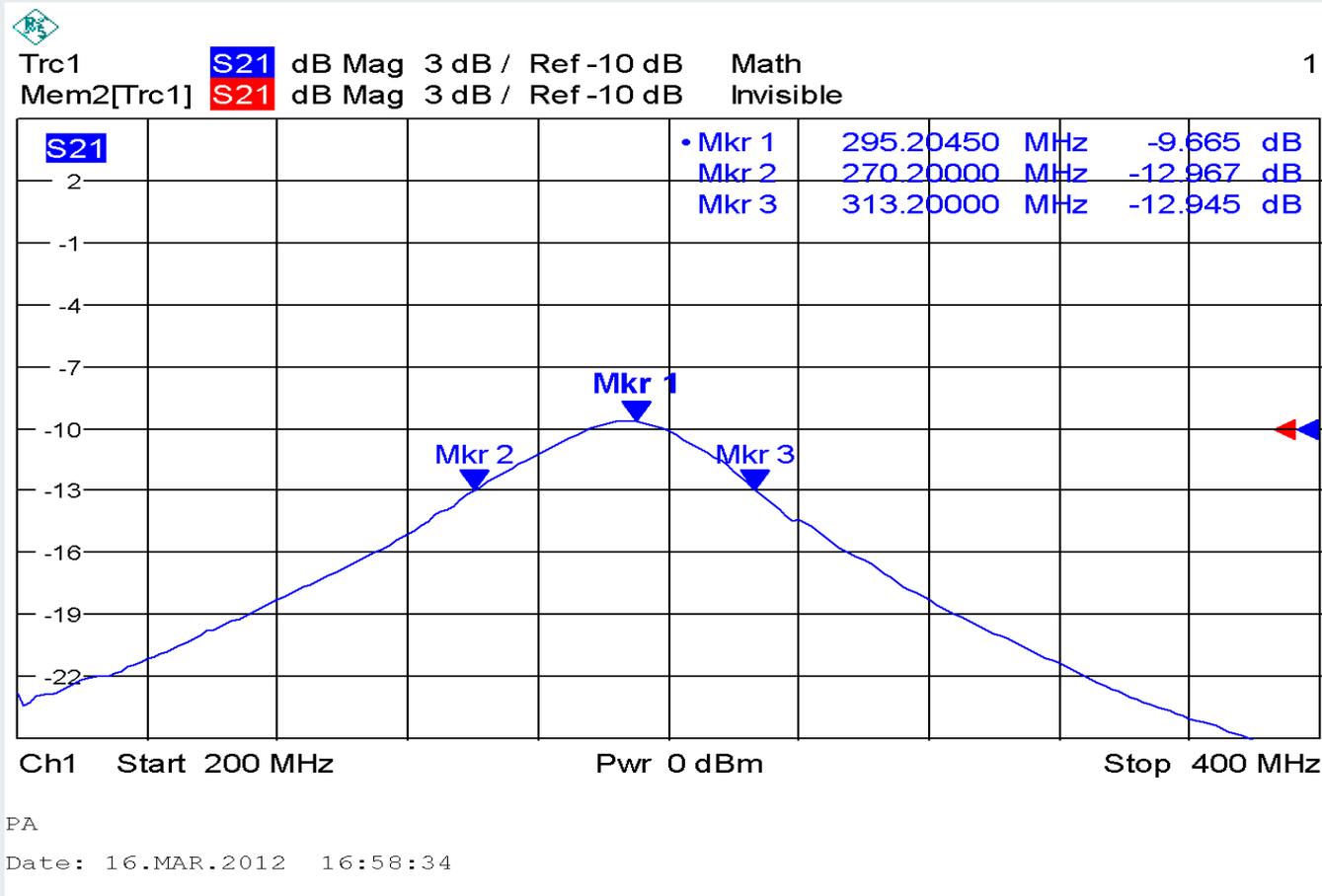
ergibt sich für C und L

$$C = 29 \text{ pF}$$

$$L = 6,9 \text{ nH}$$



Signaloptimierung



Bessere Bandfilterung
wird erreicht.

$$\Delta f = 43 \text{ MHz}$$



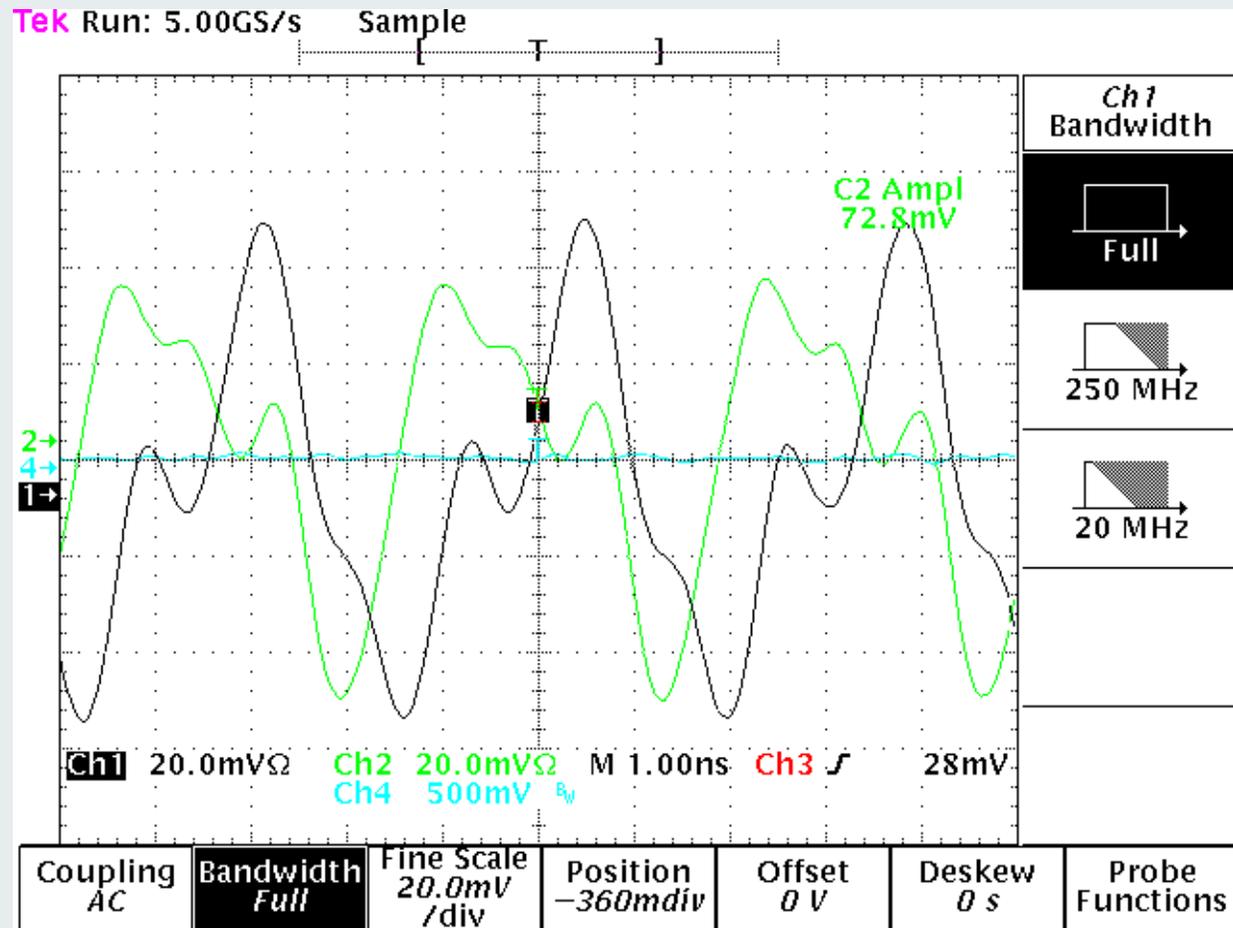
Signaloptimierung

Betriebsspannung nun auf
4,5V gesetzt

→MAX2471 funktioniert

Nach Anschluss mit
Polyphasen Netzwerk

- verzerrtes Signal am
Ausgang
- unterschiedlich stark
verzerrt



Signaloptimierung

Impedanzniveau des Polyphasen Netzwerks erhöhen.

Neue Impedanz liegt bei:

$$Z=130\Omega$$

Eingangsimpedanz des MAX2471

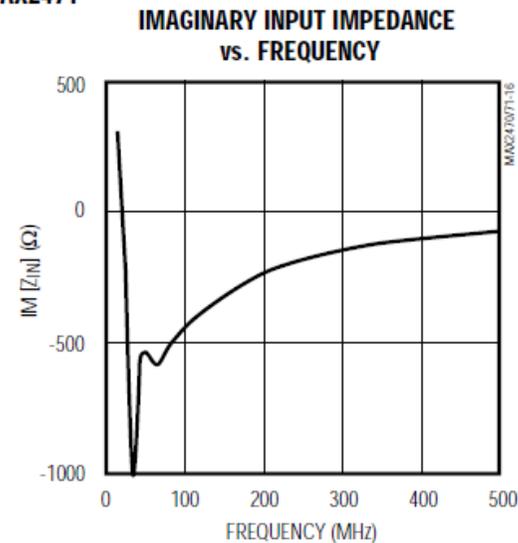
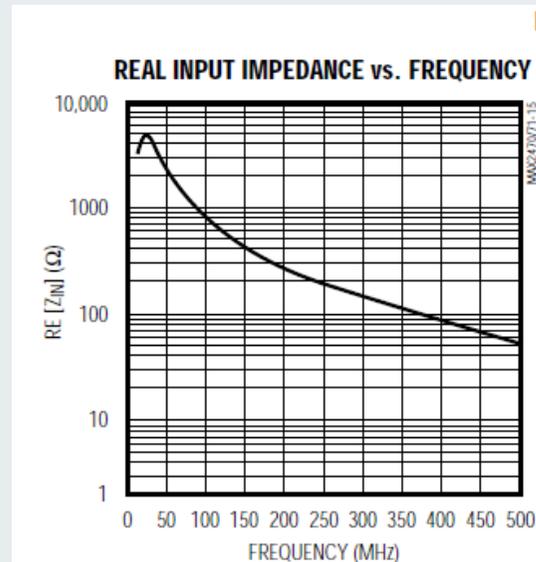
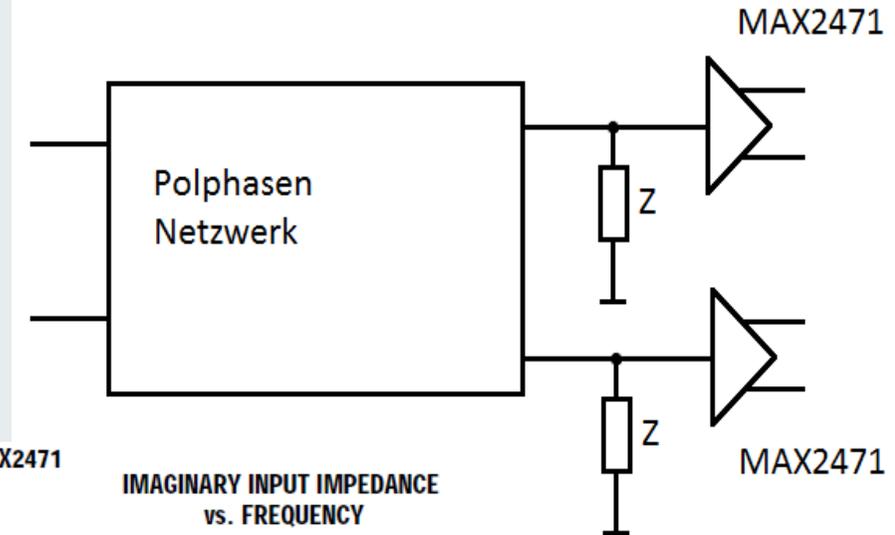
mit 130Ω anpassen

Datenblatt zeigt

Eingangsimpedanz

bei:

$$Z_{\text{ein}}=150\Omega -j200\Omega$$



Mit der Eingangsimpedanz des Verstärkers wird bei $Z_{ein}=150\Omega -j200\Omega$ die dazugehörige

Parallelschaltung ermittelt

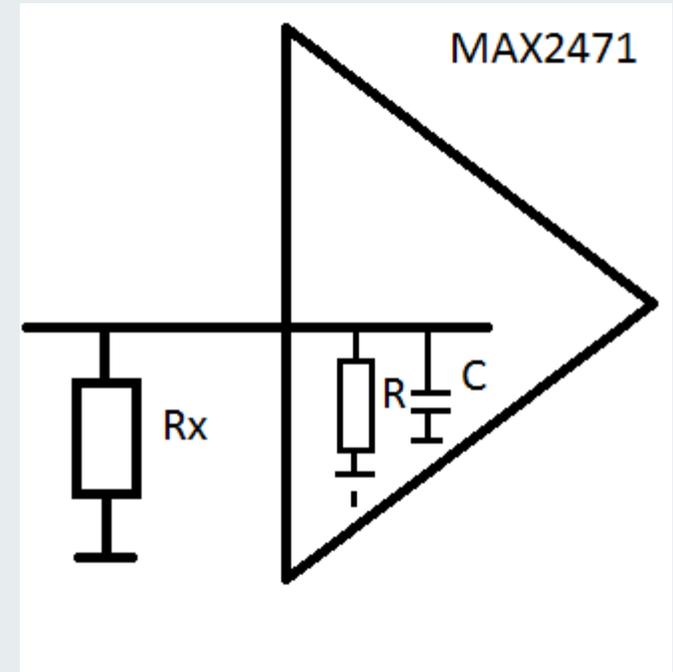
Die Werte für C und R sind:

$$C=1,7\text{pF}$$

$$R=416\Omega$$

R_x ist der Widerstand mit dem die Schaltung an $Z=130\Omega$ angepasst werden kann.

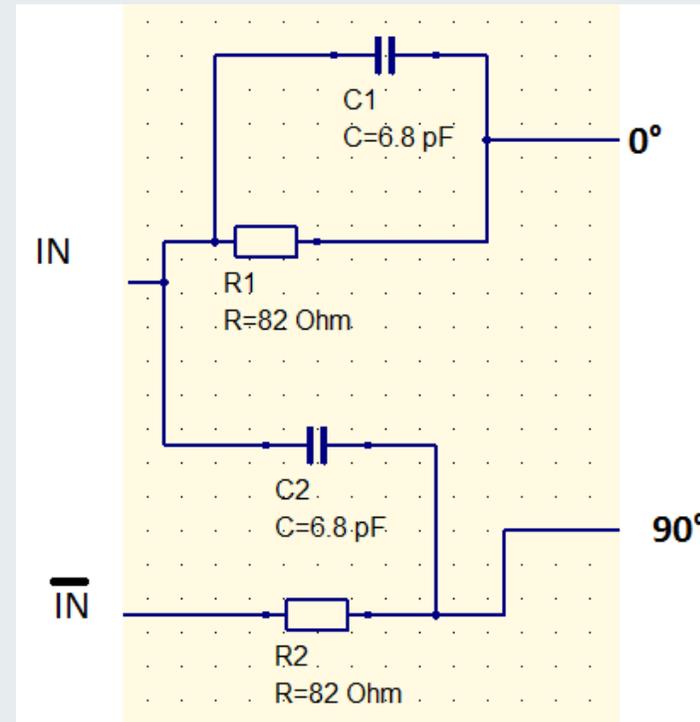
$$R_x=189\Omega$$



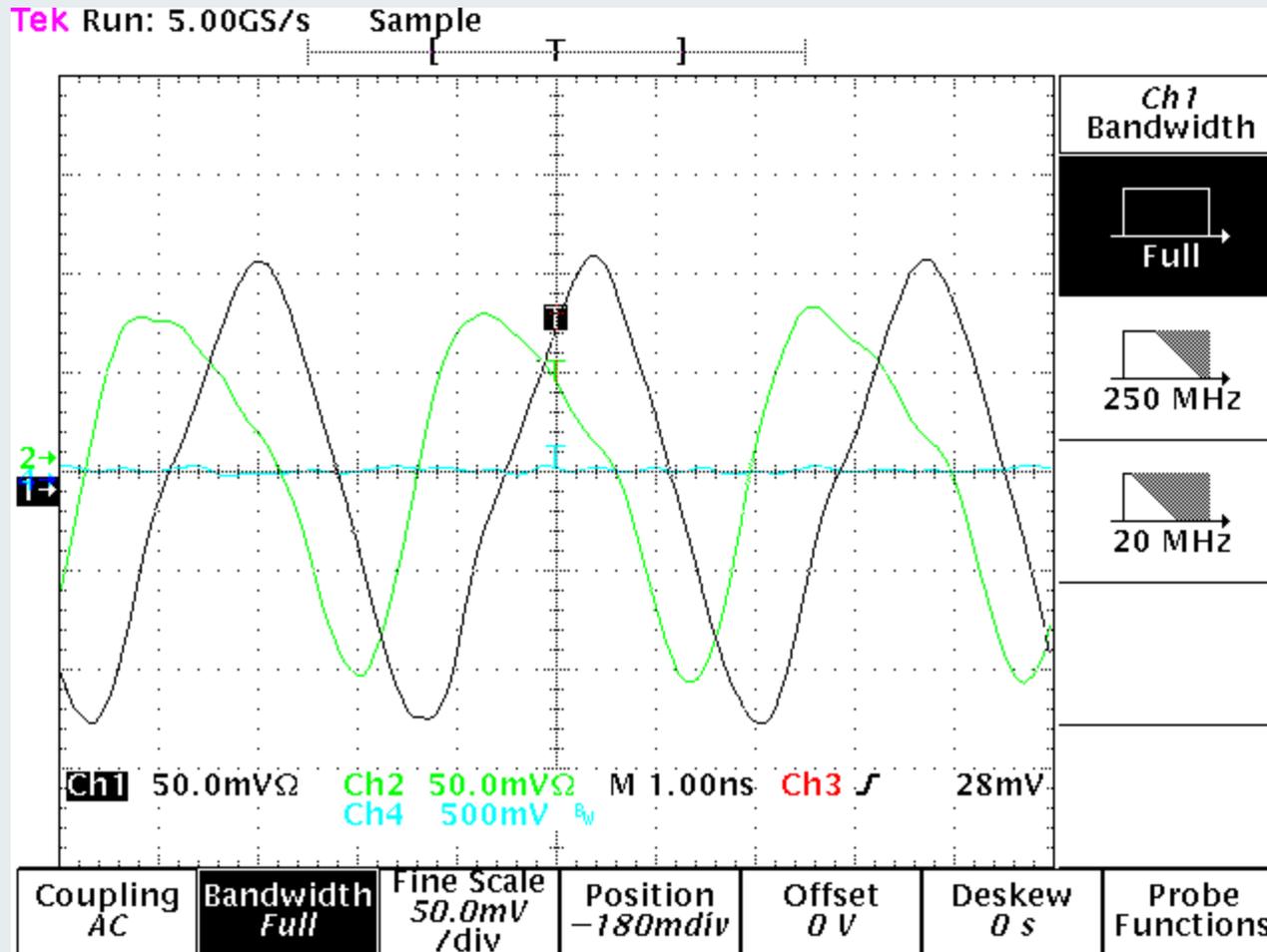
Neue Werte für die Widerstände und Kapazitäten des Polyphasen Netzwerks

$R=82\Omega$ und $C=6,8\text{pF}$

Ein Trimmkondensator ersetzt
den Kondensator C_2 ,
→eine Verfeinerung der gewünschten
 90° Phasenverschiebung

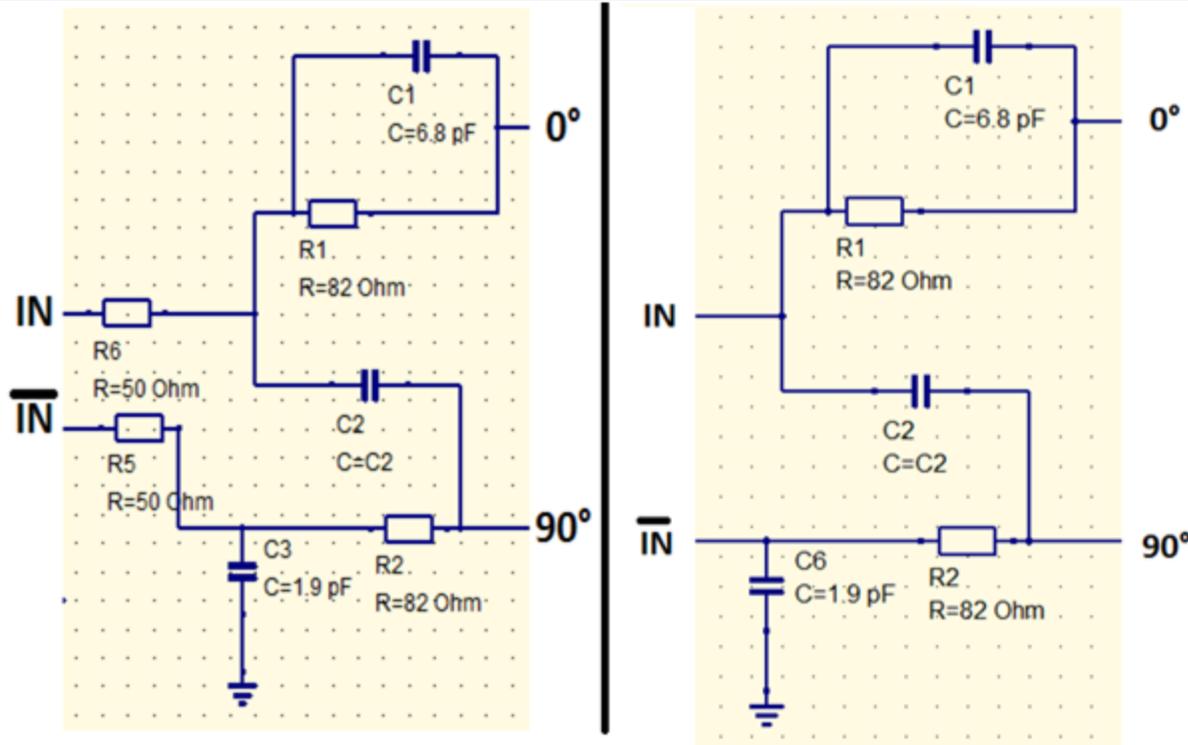


Signaloptimierung



Änderungen zeigen
Wirkung am Ausgang
→ weitere Verzerrungen an
einem Ausgang



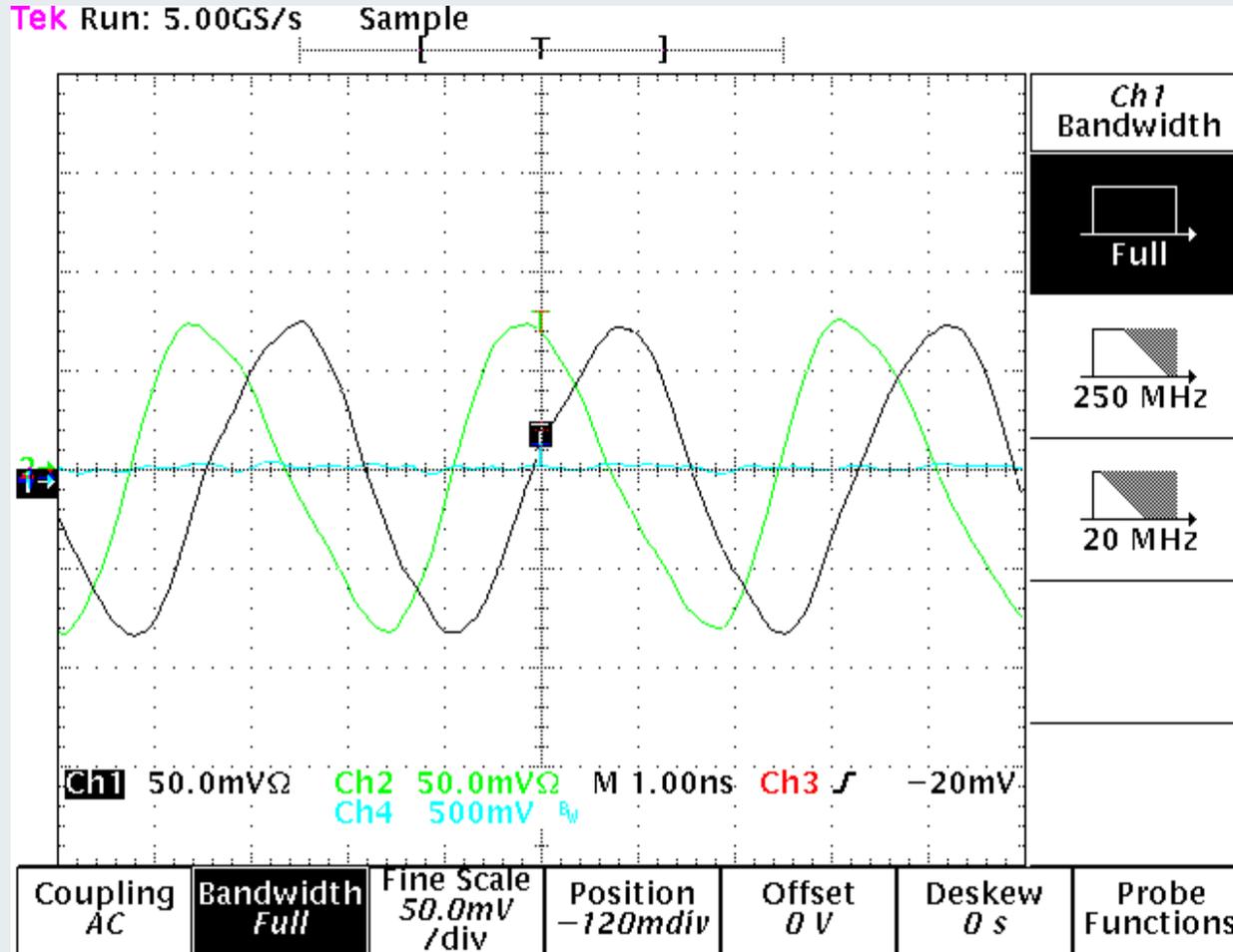


Weitere Verbesserungen durch:

- Kompensation Kondensator
→ Amplitudenunterschied
verkleinert
- Widerstände in Reihe
→ Verringerung der Verzerrungen



Fehlerbehebung



- Kaum noch Verzerrungen
- kein Amplitudenunterschied mehr



Das Ausgangssignal zeigt den limitierenden Verlauf des AD8309.

Limitiert bei $-13,2\text{dBm}$



Erste Teilschaltung

gute Ergebnisse

- wenig Schwierigkeiten

Zweite Teilschaltung

- viele Änderungen
- Zusammenspiel zwischen MAX2471 und Polyphasen Netzwerk verbessert

Nach den Änderungen gute Ergebnisse erhalten.



- Redesign mit allen Änderungen
- Platine kompakter
- ohne Testpunkte



Redesign

