

ファイル名は「班番号 氏名 高周波」とする。

班番号

学籍番号

氏名

A8 22B10291 磯部奏太

4.高周波回路 締切日時5月15日9時

電気電子工学実験第二ABレポート （2023～2024）

- ☐レポート規格
- ☐検討考察
- ☐図表
- ☐数式・文章
- ☐論旨・独創性
- ☐課題

レポート指導を受けたあと以下記入し、本レポートファイルをT2SCHOLAに本提出して下さい。

A1.自分で考え、作成したオリジナルレポートであることに間違いありません。

A2.テキストや説明でわかりにくい部分を記入してください。

特になし

A3.レポート指導は、役にたった

理由：

A4.本実験テーマは、興味を持てた

理由：

A5.レポート指導で、主な改善部分と改善内容を記入してください。

改善部分1：

内容：

改善部分2：

内容：

改善部分3：

内容：

A6.その他伝達事項、感想等あれば記入してください。

注意

- ・レポート指導日に印刷レポートを持参、助言を受け3日後までに改善したレポートファイルをT2SCHOLA本提出する。
- ・最終レポート提出日にCD-Rにて全実験の処理データ、完成レポートの全てを題目別のフォルダーに保存提出のこと。
- ・実験レポートの計測方法、実験手順、測定原理を除いた自ら考えるべき「☐検討考察、設問解答」の部分において、
- ・悪質なコピー流用等の不正行為が発覚した場合は、全題目調査し、定期試験の不正行為と同様に取り扱う。
- ・提出レポートは保存蓄積され、コピー等チェックを行うことがある。レポートの記述内容、データについて質問することがあります。
- ・書き直しの機会を設けているので、レポート本提出締切以降の書き直しはできません。

1. 目的

インピーダンスマッチングについての理解を深める. また, 高周波増幅器についての理解を深める.

2. 実験概要

Evaluation Only. Created with Aspose.HTML. Copyright 2013-2024 Aspose Pty Ltd.の解析を回路シミュレータにより行う. 次に低雑音増幅器のSパラメータをVector Network Analyzer (VNA)を用いて測定する. シミュレーション結果と実測結果を比較し, 特性の差について 原因を考察する. その上で, 回路シミュレータを用いて回路設計を行う場合の注意点や考慮すべき事を考え, レポート にまとめる.

本実験で使用するシミュレータと測定器を以下図1に示す。

- ・回路シミュレータ: ADS(Advanced Design System)

高周波回路や高速デジタル回路の設計・検証が可能。

・測定器：VNA (Vector Network Analyzer)

高周波回路における通過・反射電力の周波数特性を測定可能。電力の振幅と位相を同時に測定できる。

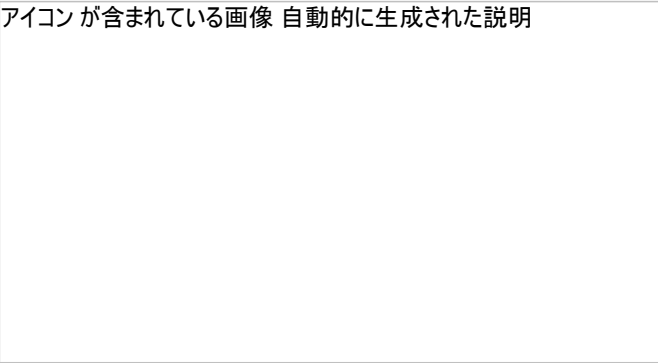


図 1 シミュレータの回路図

3. 実験方法

4-1 ADSを用いたRC負荷、LR負荷のインピーダンスマッチング

ADSを使って、RC負荷、LR負荷についてのインピーダンスマッチングを行い、マッチング後の周波数特性を示すグラフを示す。ただし、RC負荷では3 GHz、LR負荷では4GHzでマッチングを行う。

4-2 ADSを用いた低雑音増幅器のSパラメータ解析

ADSのシミュレーションにより、図の回路を用いてSパラメータ解析を行い、その結果を示す。

4-3 VNAによる低雑音増幅器のSパラメータ計測

S11、S21パラメータの結果をまとめ、結果を説明する。

4. 実験結果と実験課題

5-1 ADSを用いたRC負荷、LR負荷のインピーダンスマッチング

RC回路の回路図とその結果、LC回路の回路図とその結果を順に図2, 図3, 図4, 図5に示す。

図 2 RC回路図

図 3 RC回路結果

図 4 LR回路図

図 5 LR回路結果

RC回路、LR回路とともに、点m1がスミスチャートの中心にあるため、インピーダンスの整合が成功したとみなせる。また、図より、RC負荷では3GHz、LR負荷では4GHzにおいて極小値をとっており、整合に設定した周波数で極小値を取っていることが分かる。

5-2 ADSを用いた低雑音増幅器のSパラメータ解析

回路図を図6に結果を図7に示す。

図 6 ideal回路図

図 7 ideal 結果

図7より、852.5[Hz]でS21パラメータは極大値14.535[dB]、S11パラメータは極小値およそ-60.6[dB]を取っていた。

またこの周波数において、雑音指数NFが極小値0.843[dB]を取っていた。

SIM_SP_idealのシミュレーションファイルでは、図より回路の素子としてコンデンサーを使用しているが、SIM_SPのようにidealがついていないシミュレーションファイルでは、Sパラメータを用いており実際の低雑音増幅器に近い回路であるというモデルの違いがある。

定性を特徴LNAは信号を増幅するためのものだが、同時にノイズも増幅してしま。LNAのノイズに対する性能を客観的に評価する指標があると便利である。そこで、信号電力を雑音電力で割った信号対雑音比 (SNR)を定義する。SNRにより、ノイズに対する性能は、信号がLNAを通過する際に、SNRがどれだけ劣化するかが問題であると言い換えることができる。ここで、 SNR_{in} を回路の入力におけるSNR、 SNR_{out} を回路の出力におけるSNRとすると、雑音指数は下記で定義される。

$$NF\left[dB \right] = 10\log \frac{{SNR}_{in}}{{SNR}_{out}}$$

LNAは外部の回路と接続して初めて機能するが、どのような特性を持つ回路が接続されるかは分からない。更に、接続している回路(アンテナ)の信号源インピーダンスが変化することもある(例えば、スマートホンのユーザーが手でアンテナを覆った場合など)。このことから、LNAは全ての信号源インピーダ

ンスに対してどの周波数においても安定でなければならない。そこで、回路の安づけるパラメータとして、スターンの安定係数が用いられる。スターンの安定係数は下記で定義される。

$$K = \frac{1 + |\Delta|^2 - |S_{11}|^2 - |S_{22}|^2}{2|S_{21}| |S_{12}|}$$

ただし, $\Delta = S_{11}S_{22} - S_{12}S_{21}$

もし $K > 1$ かつ $A < 1$ であれば、その回路は条件なしに安定。

シミュレーション結果より、S21パラメータが極大値、S11パラメータが極小値となる周波数が一致した。この結果およびS21を見ると回路の利得がわかることから、入力側の整合が取れた時に利得が最大になると考えられる。

S21パラメータが極大値、S11パラメータが極小値となる周波数において雑音指数も最小になっていることから、入力側の整合をとることで雑音指数を最小にすることができると考えられる。

5-3 VNAによる低雑音増幅器のSパラメータ計測

周波数とS11のグラフを図8に、周波数とS21のグラフを図9に示す。

図 8 周波数とS11

図 9 周波数とS21

図8と図9より、S11パラメータは797[MHz]で極小値-16.2[dB]、S21パラメータは761[MHz]で極大値9.85[dB]をとることがわかった。S11とS21は近い値で極値を取っていることが分かった。

シミュレーション結果と測定結果には差が確認できた。

5. 考察

RC負荷では3GHz、LR負荷では4GHzでインピーダンスマッチングを実施し、これによりS11パラメータはそれぞれの周波数で最小値を示した。 $S_{11} = \frac{b_1}{a_1}$ ($a_2 = 0$) という式より、マッチングが成立すると反射成分b1がゼロに近づき、それに伴ってS11もゼロに近づくことが分かる。したがって、この係数を用いることで入力側の整合性を確認できる。

さらに、整合性が取れると、b1が0になり透過成分b2が増加することから、 $S_{21} = \frac{b_2}{a_1}$ ($a_2 = 0$) より、S21パラメータはマッチングが成立した際に最大値を示すことが分かる。

6. 参考文献

1. 高周波回路__実験スライド__2023