

# Nauta OTA の位相補償方式の検討

## Phase compensation and evaluation of Nauta OTA

1200030 大川 孔輝 (回路工学研究室)  
(指導教員 橋 昌良 教授)

### 1. はじめに

橋研究室では $\Delta\Sigma$ 変調器における積分器に OP アンプや電圧電流変換回路(OTA)を用いた設計と評価を行ってきた。しかし、回路設計の際、仕様を決定し設計を行うのが一般的ではあるが、トランジスタレベルから設計した場合、様々な要素回路を用いるため、複雑な設計工程となってしまう。先行研究では2段構成の Nauta OTA を設計し、高利得化することを目的に取り組んでいたが、実測データを得ることができなかった。

表 1.1 目標値

項目	値
電源電圧	1.8V
電圧利得	48dB
ユニティゲイン周波数	100MHz
位相補償	45 度以上

### 2. Nauta OTA

OTA とは Operational Trans - conductance Amplifier の略で、2つの入力電圧の差に比例した電流を出力する回路のことで、内部では増幅する回路になっている。Nauta OTA の特徴として、ユニティゲイン周波数が高いため、高速動作が期待できる。また6つのインバータで構成されており、非常に単純な構造である。[1]

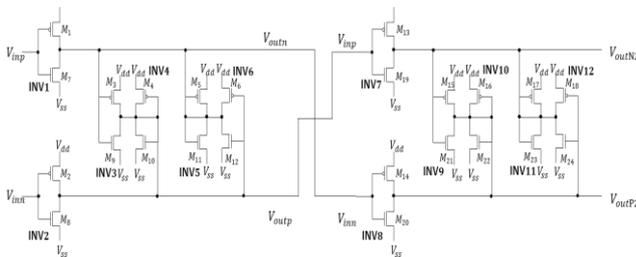


図 1.1 2段構成の Nauta OTA

### 3. ビヘイビアモデル

2段構成の Nauta OTA を設計し高いゲインを得られたが、ユニティゲイン周波数は 16.8[MHz]、位相余裕は 8 度であったため、そのままフィードバックしてしまうと発振してしまう恐れがある。そこで、周波数特性に特化しているビヘイビアモデルを用いて位相補償の検討を行った。図3は2つのポールを持つモデルを示しており、A1, A3 は利得段、A2, A4 はバッファ、R1, C1 は第1ポール、R2, C2 は第2ポール、D1, D2, D3, D4 は振幅リミッタとしてのダイオードである。C3, R3 は位相補償を行うための抵抗とキャパシタである。第1ポールは 1[MHz]、第2ポールは 1.2[MHz]に配置している。

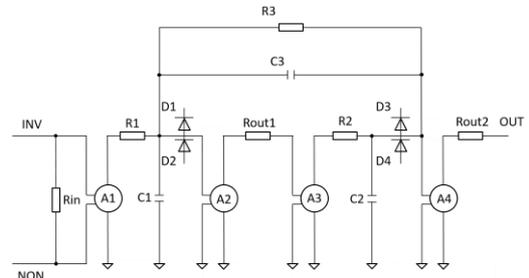


図 3.1 2つのポールを持つビヘイビアモデル

### 4. シミュレーションと実測結果

表 4.1 実測の値

No	カットオフ周波数	ユニティゲイン周波数	位相余裕 (°)
1	1.6MHz	30MHz	6.1
2	707kHz	16MHz	11.8
3	716kHz	15MHz	17.28
4	877kHz	20MHz	20.16
5	476kHz	12MHz	15.55

位相補償なしでユニティゲイン周波数は 30MHz、位相補償は 6.1 度となった。位相補償ありの時は No.4 の位相余裕 20.16 度が一番良い結果となった。

測定値のグラフを図 4.1 に示す。

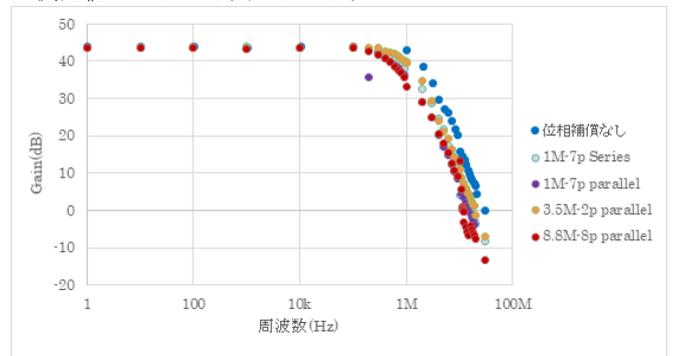


図 4.1 測定した周波数特性

### 5. まとめ

本研究では先行研究で測定できなかった NAUTA OTA のユニティゲイン周波数と位相余裕について測定した。位相補償なしの時は位相余裕が 6.1 度となり、位相補償が必要ことが分かった。位相補償をつけた際に最も結果が良かったのは抵抗が 3.5M $\Omega$ 、キャパシタが 2pF のときでユニティゲイン周波数が 20MHz、位相余裕は 20.16 度となった。

本研究の測定の結果、位相余裕は 45 度ないため位相補償の改良は必要である。

### 6. 参考文献

- [1] 岡崎 泰士, Nauta OTA を用いた 1 次  $\Delta\Sigma$  変調器の設計と評価, 高知工科大学 卒業研究報告書, 2016 年
- [2] 山本 直輝, ビヘイビアモデルを用いた Nauta OTA の位相補償と評価, 高知工科大学 卒業研究報告書, 2019 年

本稿は、図書館に提出する卒業研究報告書（学士論文）要旨および修士論文要旨ならびに、発表会（卒業研究発表会、大学院修士課程公開論文審査会）資料（レジュメ）の共通フォーマットについて記述したものである。本ファイルをテンプレートとして用いても良い。以下の指示に従いヘッダ部分を適切に修正して用いること。

- 卒業研究報告書の場合：「高知工科大学システム工学群○○○○専攻 学士論文要旨」
- 修士論文の場合：「高知工科大学大学院基盤工学専攻○○○○コース 修士論文要旨」
- 日付は資料が最初に公開される日（基本的には発表会の開催日）とすること。

報告書・論文の本文については、別途配布する“卒業研究報告書・修士論文の執筆要項[1]”を熟読し、一生残る公開資料として恥ずかしくない原稿を作成すること。

レイアウトは「A4 縦」とし、余白は「上が 20mm」、「下が 15mm」、「左右が 15mm」とする。本文は 2 段組とし、中央に 8mm の空白を設ける。文字数・行数は標準的な設定にする。

本文の各段落の先頭は 1 文字分「字下げ」すること。本文および図表の文字サイズは 9 ポイントとし、本文中の文字フォントは明朝体・Serif 系（Century, Times New Roman など）を使用し、章節項についてはゴシック体を使用すること。句読点については、読点としての全角カンマ「、」と、区点として全角ピリオド「。」を用いても良いが、資料全体で統一する。

発表会資料の長さは、卒業論文、修士論文ともに 1 頁とし、原稿にページ数は記入しない。ファイルサイズはなるべく 2MB 以下にする。

発表会資料はフォントを埋め込んだ PDF とし、ファイル名は「180000 高知一郎.pdf」のように“学籍番号(半角)氏名.pdf”とすること。PDF に埋め込まれたフォントは、PDF をアプリケーションで開き、「ファイル→プロパティ→フォント」で確認できる。

表題は「MS 明朝フォント相当・14 ポイント・中央寄せ」で記入する。修士課程公開論文発表会資料の場合、2 行目に英文表題を「Times New Roman フォント相当・12 ポイント・中央寄せ」で記入する。卒業論文では英語タイトルは不要なので、この行を削除すること。

表題の下に、学籍番号、氏名、研究室名（括弧書き）を「MS 明朝フォント相当・11 ポイント・中央寄せ」で記入する。またその下に指導教員の氏名を括弧書きで記入する。

研究の性格によっては必ずしもこの構成が適切とは限らないが、聴講者にわかりやすくなるように柔軟に考えること。適切な章タイトルを付け、必要に応じて節を設けること。

#### 1. 目的

- 何のために、この研究を行うのか（動機、意義）。
- 取り扱う問題は何で、この研究では何をするのか（アルゴリズムを提案、システム構築、etc.）。

#### 2. 研究内容・方法

- この研究で採用したアプローチ
- 具体的な内容の概要。紙面の制限上、あまり細部に入り過ぎず、特色となる点が良くわかるように。できるだけ図表を用いること。

#### 3. 結果・成果

- どのような結果あるいは成果が得られたかをまとめる。できるだけ図表を用いること。
- 最後に得られた結果あるいは成果がどのような意味を持つのかをまとめる。

#### 4.2 執筆のポイント

あまり文章を多く書かないこと。スペースが限られている

ので、多くを詰め込もうとすると苦勞する。それよりも、限られたスペースで何が書けるかを考えること。

#### 5.1 図の書き方

図のキャプションは図の下部に日本語で書き、本文中では“図 1”のように日本語で書くこと。図はカラーでも構わない。原則として図はカラム内に収まるように作成すること。複数の図をカラム内で横に並べても構わない。図中の文字サイズは本文の文字サイズと同等以下になるようにし、また極端に小さくなりすぎないように、全体のバランスを考えて図を作成すること。

#### 5.2 表の書き方

表のキャプションは表の上部に日本語で書き、本文中では“表 1”のように日本語で書くこと。表は、MS Word の作表機能や、LaTeX の Table 環境を使って作成すること。原則として、表はカラム内に収まるように作成すること。列数が多くやむを得ない場合は表のみ 1 段組で作成しても構わないが、大きすぎる表は一般的に読みにくいものであるため、表の構成を工夫することを勧める。表を画像ファイルとして貼り付けても構わないが、表内の文字サイズが大きく/小さくなりすぎないように注意すること。

参考文献は“卒業研究報告書・修士論文の執筆要項”に記載されているスタイルに従ってリストを作成し、適切に引用すること。本文中の適当な箇所に半角で[1]等の番号を付けて引用する。

#### 参考文献

[1] 電子・光システム工学教室, “卒業研究報告書・修士論文の執筆要項,” 2018 年 2 月.

#### 付録

##### (A) 正式名称 (学部)

通称	正式名称
卒論	卒業研究報告書
要旨	学士論文要旨
発表会	卒業研究発表会

##### (B) 正式名称 (修士)

通称	正式名称
修論	修士論文
要旨	修士論文要旨
発表会	大学院修士課程公開論文審査会