

MOSFET 増幅回路パラメータの自動抽出プログラムの応用

Automatic Extracting Program for Optimum Circuit Parameters of MOSFET Amplifiers

C-12

廣田 直弥
Naoya HIROTA

大川 典男
Norio OHKAWA

東京都立産業技術高等専門学校
Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology

1 はじめに

増幅回路の利得、帯域幅、消費電力の各特性パラメータを一元的に評価する性能指標 API を回路シミュレーションより求めるには、通常、一回の解析毎に各特性パラメータをグラフから読み取り、計算する必要がある。前年度までの研究において、特に時間と手間を要する帯域幅を自動求値するアルゴリズムを考案し、様々な周波数応答特性を持った増幅回路への適用を可能にした[1]。

しかし、複数の動作点を一括して比較した後に回路パラメータをどのように変更して回路シミュレーションを実行したらよいかについては指針がなく効率的ではなかった。今回この課題を解決し、より詳細で効率的な最適回路パラメータの設定を試みた。

2 性能指標 API の概要

本研究室で提案している増幅回路の性能評価指標 API は、次式で表される。

$$API = \frac{G \times B}{W} [dB \cdot Hz/W] \dots (1)$$

(G:利得[dB], B:3dB 帯域幅[Hz], W:消費電力[W])

3 提案手法

増幅回路の一つの回路パラメータをあるステップで変化させ、一括して回路シミュレーションを行うパラメトリック解析を用いて、静特性上の各動作点における回路パラメータを設定し、解析する。そして、AC 解析より帯域と利得、DC 解析より消費電力を求める。同様に、他の各回路パラメータを変化させて繰り返し、その動作点で API が最大になる回路パラメータを自動的に求める。最終的に、各動作点で得られた API の中で最大の値を基に、最適な回路パラメータを決定する。

回路シミュレーションソフトは、SIMetrix を使用した。任意の測定範囲における AC/DC のパラメトリック解析の結果を CSV ファイルで出力し、ExcelVBA プログラムを用いて帯域と利得、消費電力を抽出し、API の計算まで行う。

そして、API を計算する一連の流れをさらに回路パラメータ値を変えて繰り返すことで最適な回路パラメータが求められる。回路パラメータ V_{DD} 、 R_d 、 V_{gs} を持つ 1 段ソース接地増幅回路の API 計算の流れを図 1 に示す。

さらに、単純に計算を行うだけでなく、複数の動作点に対してシミュレーションを行うための補助機能を考案した。次に設定すべきパラメータの値を、各動作点で得られた複数の API を比較した結果からユーザに提示する機能である。具体的には、API の結果を比較し、値の変化幅に応じた定数を設定、その定数とパラメータ同士の四則演算から次に設定すべき回路パラメータを求めている。n 回目のシミュレーションを想定したとき、変化させている回路パラメータを R_n 、n-1 回目を R_{n-1} とすると、

R_{n-1} より R_n の方が大きかった場合、次に設定する回路パラメータ R_{n+1} を、以下の式で決定した。なお、式中の α は回路パラメータ変更のステップ幅を表し、API の変化幅により変化させる定数である。また、 R_{n-1} より R_n の方が小さかった場合は、(2)式と(3)式を入れ替えて使用した。

$API@R_n > API@R_{n-1}$ の時

$$R_{n+1} = \{(R_n - R_{n-1}) \times \alpha\} + R_n \dots (2)$$

$API@R_n < API@R_{n-1}$ の時

$$R_{n+1} = (R_n + R_{n-1}) / \alpha \dots (3)$$

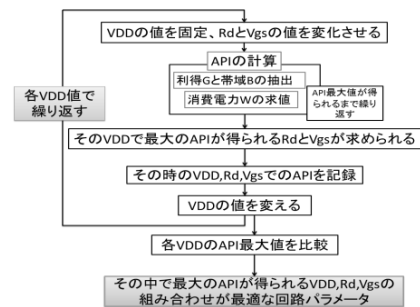


図 1 複数の動作点での API 計算の流れ

4 効率化の検証

検証として、1 段ソース接地増幅回路の特性に対してこの手法を用いたプログラムを実行した。その結果、より効率よく API 最大値を求めることができた。今回設定した α の値の一覧を以下の表 1 に示す。

しかし、あくまで「指針を持たずに操作者の経験と感覚だけで回路パラメータを設定する」場合よりも効率的、というレベルでとどまっており、操作者が修正する必要がある値を推奨値として出すこともあった。回路パラメータ R_n と R_{n-1} の差分が大きい場合にこの現象が起りやすい傾向があり、完全にプログラムの判断のみでシミュレーションを完結するには至っていない。

表 1 API の変化幅と α の設定

APIの変化幅(X)	α の値		
	(3.1)式	(3.2)式	(3.3)式
$ X > 10$	2	2	2
$10 \geq X > 5$	1.75	2.5	1.75
$5 \geq X > 2$	1.5	2.75	1.5
$2 \geq X $	1.25	2.9	1.25

5 まとめ

より効率よく API 最大値が得られる回路パラメータ設定補助機能を実装し、複数の動作点を一括して比較し、回路シミュレーションの補助を行う自動計算プログラムを実現した。今後は、API の変化幅や回路パラメータ変更のステップ幅 α の設定を見直し、補助機能に改良していく予定である。

6 参考文献

[1] 廣田直弥, "MOSFET 増幅回路パラメータの自動抽出プログラムの検討", 平成 26 年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会予稿集, 201 頁