

増幅回路の実用的な性能指標に関する検討

C-12

A practical performance index of amplifiers

小林 慎吾 廣田 直弥 大川 典男
Shingo Kobayashi Naoya Hirota Norio Ohkawa

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

1. まえがき

波長多重技術、デジタルコヒーレントに代表される多値変調技術の進展により光通信用受信回路の所要数はますます増加し、高速化のみならず低消費電力化を図ることが重要な課題となっている。受信回路の構成要素である増幅回路の帯域、利得、消費電力を一元的に評価し、効率を表す性能指数 API[1]を用いて各種増幅回路の性能評価を実施している。

しかし、API を用いて縦続接続した増幅回路を評価すると、段数の増加とともに API が必ず低下し、段数の異なる増幅回路を比較評価するには課題があった。今回、最も基本的な増幅回路である一段ソース接地増幅回路を縦続接続した場合、段数による性能指標値の変動が少なく、かつ、従来の API と同様に、回路の利得/損失が性能指標の正/負に対応し、増幅に至らない回路、極低損失伝送路のようなパッシブな回路を明確に切り分けできる特質を備えた実用的な性能指標について検討を行ったので報告する。

2. 性能指標の概要

増幅回路の性能指数 API は(1)式で定義される^[1]。

$$API = \frac{G \cdot B}{W} \dots (1)$$

ここで G: 利得 (dB 表示)、B: 3dB 低下帯域、W: 消費電力であり、API は効率を表わしている。この API を用いてソース接地増幅回路などの基本回路を縦続接続した増幅回路の特性を評価する場合、利得 G は、飽和が生じず、縦続接続による負荷変動が無視できる条件下では各段の利得 (dB) の和となる。消費電力 W も各段の消費電力の和となるため、 $\frac{G}{W}$ の特性は基本回路と同一となるが、帯域 B については、回路がデジタルフィルタを通したときのような周波数応答特性を持たない限り、縦続接続する段数の増加とともに帯域は減少するため、API は現実的には縦続接続により低下することになる。

縦続接続による現実的な帯域劣化を勘案し、縦続接続段数による変動の少ない実用的な性能指標を検討するため、(2)式で定義した新たな性能指標 APIGⁿ について検討を行った。

$$APIG^n = \frac{(G^n - 1) \cdot B}{W} \dots (2)$$

ここで、G: 利得 (真値表示)、B: 3dB 低下帯域、W: 消費電力、n: 利得乗数である。

利得項を(Gⁿ-1)としたのは、回路の利得/損失を性能指標の正/負に対応させるためである。ソース接地増幅回路を縦続接続したときに最も性能指数の変動が少なくなるような利得乗数 n が存在するか検討を行うが、n による性能指標の段数依存性の傾向を調べるため、n=1、0.6、0.5、0.4、0.3 の場合について検討を行った。

3. 特性評価と考察

ゲート長 0.18[μm]の nMOSFET (T85S) を適用したソース接地増幅回路を縦続接続したときの特性評価にこれらの性能指標 API、APIGⁿを用い、縦続接続段数による性能指標の変化について検討を行った。一段ソース接地増幅回路では、ドレイン電源電圧 V_{DD}、負荷抵抗 R_L、ゲート電源電圧 V_{GG} の三種類の回路パラメータを性能指標が最大となるように最適化した。縦続接続時は、各段のソース接地増幅回路の同一種類の回路パラメータ値は同一とし、一段ソース接地増幅回路の場合と同じ方法で性能指標が最大となるように最適化した。図 1 にソース接地増幅回路の五段までの縦続接続段数に対する性能指数 API、及び今回新たに検討した性能指数 APIGⁿ (n=1、0.6、0.5、0.4、0.3 の場合) について、SIMetrix によりシミュレーションで求めた G、B、W の特性パラメータ値から最大となる性能指標値を計算した結果を示す。API では、段数の増加とともに性能指標値が減少するのに対し、APIG¹ では段数の増加とともに性能指標値が増加した。APIG^{0.4} において段数が増加するとわずかに性能指標値が変動するものの、概ね段数依存性がなくなり、n が 0.4 の時、段数による性能指標値の変動が最も少なくなった。

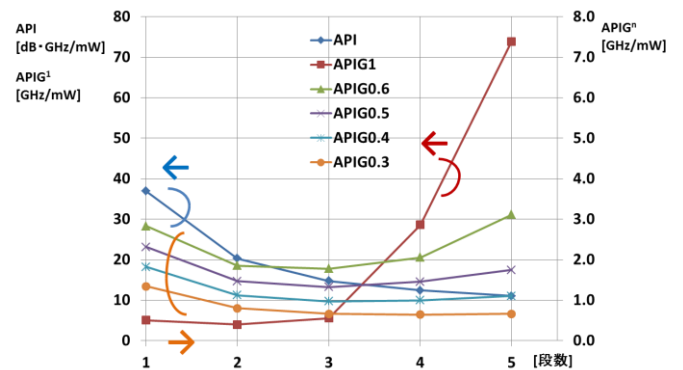


図 1. 縦続接続段数に対するソース接地回路の API、APIGⁿ

4. まとめ

最も基本的な増幅回路であるソース接地増幅回路を縦続接続した場合、段数による性能指標値の変動が少なく、かつ、従来の API と同様に、回路の利得/損失が性能指標の正/負に対応した実用的な性能指標の実現性について検討を行った。従来の API の利得項を G (dB) から、(Gⁿ-1)、ただし G を真値とし、n を 0.4 に設定することにより、段数による変動が少なく、従来の API の特質も兼ね備えた性能指標を定義できた。

参考文献

[1] 大川典男、“小信号電圧増幅回路の帯域利得特性・消費電力に関する性能指標、”電子情報通信学会論文誌 Vol.J92-C No.7 pp.301-303、2009.