

電圧安定性に優れた BGR のためのオペアンプの設計

Design of operational amplifier for BGR with excellent voltage stability

1180012 猪岡 柚香 (回路工学研究室)

(指導教員 橘 昌良 教授)

1. はじめに

BGR (Band Gap Reference) 回路とは、基準電源回路の一つであり、電源電圧と温度に依存しない電圧源である。先行研究[1]では、温度依存性の小さい BGR 回路の設計と評価を行っていたが、製造時の素子ばらつきが影響し、設計通りに動作しないことが報告されている。したがって、本研究では素子ばらつきを軽減し、機能する BGR 回路の提案を目的とする。

2. オペアンプの設計

先行研究では、設計したオペアンプが正しく動作しなかったことが考えられるため、オペアンプを取り除いた BGR 回路とオペアンプをそれぞれ作製した。

図 1 に、2 段オペアンプの回路図を示す。位相補償キャパシタを 0.3pF から 3pF に変更し、帯域幅を狭めることで安定して動作するようにしている。また、p チャネル入力と n チャネル入力の 2 通りを設計した。

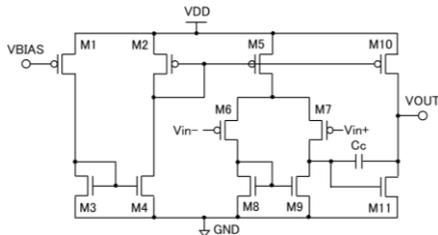


図 1.1 p チャネル入力の 2 段オペアンプの回路構成

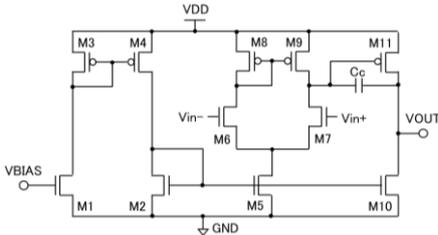


図 1.2 n チャネル入力の 2 段オペアンプの回路構成

3. BGR の構成

BGR の回路構成を図 2 に示す。この回路は、BGR 回路を起動するスタートアップ回路と BGR 回路で構成されている。

BGR 回路は高い出力抵抗を得るため、オペアンプを用いて M1, M2, M3 のカレントミラーをレギュレーテッド・カスコード構成として、出力抵抗を高くすることで、動作する電源電圧 VDD を従来型 BGR に比べ低く、温度依存性も小さくできる。

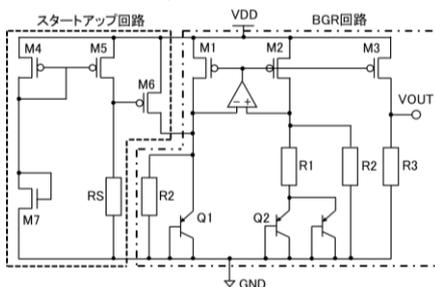
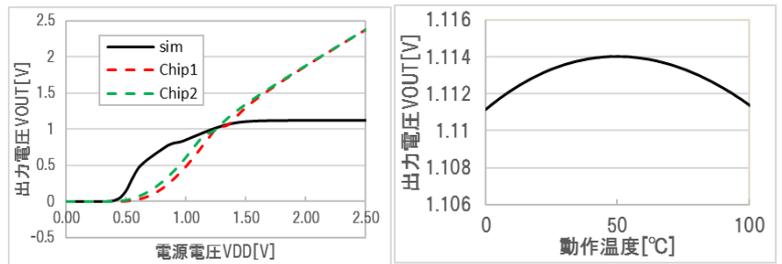


図 2 BGR の回路構成

4. 測定結果

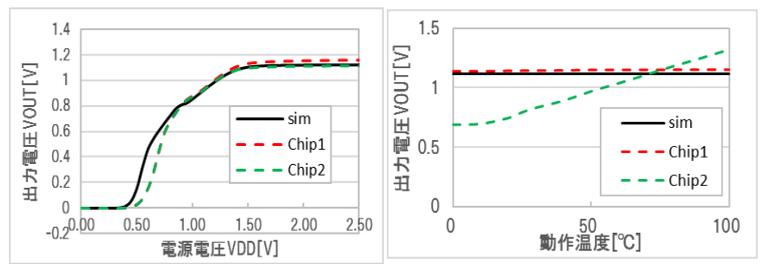
図 3 に p チャネルおよび n チャネル入力のオペアンプを接続した BGR の電源電圧特性と温度特性の測定結果を示す。黒色の実線で示すグラフがシミュレーション値、その他の点線で示すグラフが実測値である。電源電圧特性において p チャネル入力のオペアンプを接続した BGR では、図 3.1(a)に示すように実測値で出力電圧が電源電圧に追従するようなグラフとなった。一方、n チャネル入力のオペアンプを接続した BGR では、電源電圧が約 1.50V を上回ると一定の値が出力される、シミュレーションと同様の図 3.2(a)のようなグラフとなった。よって、電源電圧特性では n チャネル入力の Chip2 の測定結果のみが設計目標を満たした。温度特性においては p チャネル入力の場合に安定した出力が得られなかったため実測値を評価の対象とせず、図 3.1(b)に示すシミュレーション値のグラフのみを評価した。n チャネル入力の場合は図 3.2(b)に示した通りであり、2 個の試作チップはともに目標を満たすことができなかった。



(a)電源電圧特性

(b)温度特性

図 3.1 p チャネル OP を接続した BGR の測定結果



(a)電源電圧特性

(b)温度特性

図 3.2 n チャネル OP を接続した BGR の測定結果

5. まとめ

本研究では p チャネル入力と n チャネル入力の 2 種類の 2 段オペアンプおよび、それぞれのオペアンプを接続した BGR の評価をおこなった。BGR での実測値はシミュレーション値と同様の結果が得られなかったオペアンプの回路およびレイアウト設計の不備が考えられるため、改善の必要がある。

6. 参考文献

[1]山田健太, 橘昌良, “2 段オペアンプを用いたバンドギャブリファレンスの設計と評価,”高知工科大学工学部基盤工学専攻電子・光システム工学コース修士論文,2016