

BGR 回路のための素子ばらつき測定用 chip の設計

Design of Test Element Group for BGR

1190150 増田 梓月 (回路工学研究室)

(指導教員 橋 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、温度係数 TC については、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実測するためのチップを作成し、その測定結果に基づいた BGR 回路の提案を目的とする。

2. ダイオード、抵抗の検討

先行研究では、プロセスのばらつきによりダイオードのパラメータにずれが生じている可能性があるため、シミュレーション値と実測値が異なってしまうと考えられる。また、温度変化による抵抗値の変化も影響している可能性がある。そこで本研究では特性を直接調べるために、並列接続したダイオードと抵抗をそれぞれ作製した。図 1 は正の温度係数を持つ電圧を生成するためにダイオードを並列接続したものである。K はダイオードの面積比であり、K=8、K=12、K=16 の場合において特性を測れるようにした。

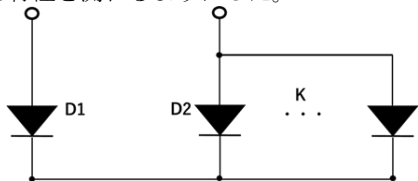


図 1.1 並列接続したダイオードの回路構成

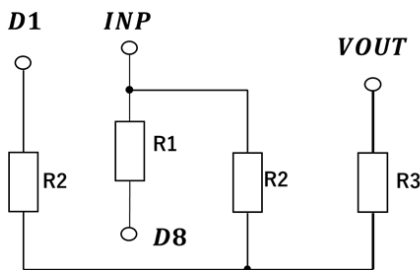


図 1.2 抵抗の回路構成

3. BGR 回路の構成

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・カソード構成として、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。

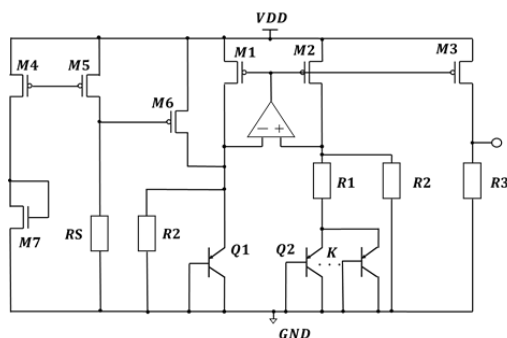


図 2 BGR の回路構成

4. BGR 回路の測定結果

図 3.1 に K=8 のダイオードを接続した BGR 回路での出力電圧のシミュレーション値および実測値を示す。シミュレーション値、実測値ともに入力電圧を 0~2.5[V]まで 0.05[V]刻みで変化させた場合の動作温度 27[°C]における出力電圧の変化を観測した。シミュレーション値は、動作電源範囲は 1.5~2.5[V]までで、出力電圧は最小値が 1.11439[V]、最大値が 1.13513[V]という結果が得られた。波形は 0.45[V]から立ち上がっていき 1.75[V]付近で出力電圧が 1.13[V]でほぼ一定となった。実測値は 0.5[V]から立ち上がり 2.15[V]付近で出力電圧が 1.6[V]でほぼ一定となった。実測値はシミュレーション値と異なる結果となった。電源電圧特性は目標値を満たすことができなかった。

図 3.2 に電源電圧 VDD が 1.8[V]の時の K=8 のダイオードを接続した BGR 回路の出力電圧の温度特性である。シミュレーションでは最小電圧 1.1247[V]、最大電圧 1.1415[V]で、TC は 148.3629[ppm/°C]、実測では最小電圧 1.4843[V]、最大電圧 1.5652[V]で、TC は 593.6420 [ppm/°C]であった。温度係数は目標値を満たすことはできなかった。

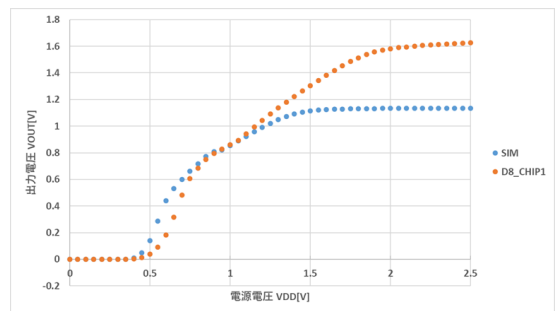


図 3.1 BGR 回路の電源電圧特性

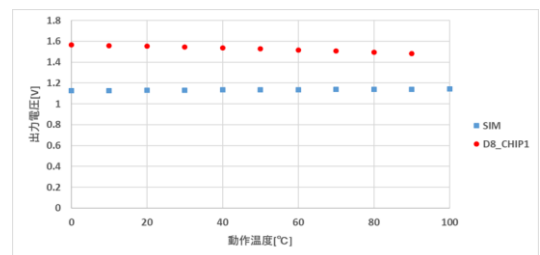


図 3.2 BGR 回路の温度特性

5. まとめ

本研究ではダイオードと抵抗の評価を行い、それにともない BGR 回路の評価も行った。BGR 回路での実測値でシミュレーション値と同様の結果が得られなかったのはダイオードや抵抗の温度特性を設計時に考慮していないからだと考えられる。よって、本研究で得られた実測値を用いた設計を行えば、BGR 回路の精度を改善できると考えられる。

6. 参考文献

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