

CMOS 回路による温度検出スイッチ

Critical temperature switch consisting of CMOS circuits

萩原 淳史
Hagiwara Atsushi

廣瀬 哲也
Hirose Tetsuya

山田 寛之
Yamada Hiroyuki

浅井 哲也
Asai Tetsuya

雨宮 好仁
Amemiya Yoshihito

北海道大学大学院 情報科学研究科
Department of Electrical Engineering, Hokkaido University

1. はじめに

CTR (Critical Temperature Resistor) [1] は、特定の温度を越えると抵抗値が急峻に現象する特性を持つサーミスタである。材料の転移現象による抵抗変化を利用しており、感度が高く応用範囲が広い。しかし、この素子は金属酸化物を主体とする材料からなるので、安定性や信頼性に改善すべき点がある。また、抵抗変化の臨界温度を広範囲に設定できない。さらに、IC チップにモノリシック搭載することが難しい。ここでは、CTR に類似した特性を持つ CMOS 温度検出スイッチ (Critical Temperature Switch; CTS) 回路を提案する。この回路は、設計パラメータを変えることで、臨界温度を広範囲に変化させることができる。各種のセンシングシステムやセキュリティシステムに応用できる。

2. 回路動作

提案する CMOS-CTS 回路の構成を図 1 に示す。β乗算型自己バイアス回路 [2] を基本とし、抵抗に替えて線形動作の MOS 抵抗 M7 を用いた構成である。トランジスタ M1~M6 をサブスレッショルド領域の飽和領域で動作させる。トランジスタ M3 と M5 がカスコード構成なので、電圧 V_b は MOS 抵抗 M7 のしきい値電圧より大きい値となる。したがって M7 は強反転領域にあり、回路には次式で表される電流 I が流れる。

$$I = \beta(V_{th} + 2\eta V_T \ln(I/I_0))\eta V_T \ln(K) \quad \dots (1)$$

ここで β は電流利得係数、 η はサブスレッショルドスロープ係数、 $V_T (=k_B T/q)$ は熱電圧、 I_0 はサブスレッショルド電流の前置係数、 K は M5 と M6 のアスペクト比の比率 (K_{M6}/K_{M5}) を表す。

回路パラメータを適切に設定すると、回路電流は負の温度係数をもって温度とともに減少する。電流値の減少とともに電圧 V_b も低下する。温度が回路パラメータで決まる閾値を越えると、 V_b が急激に低下してトランジスタ M7 のしきい値電圧以下に遷移し M7 は弱反転領域に遷移する。このとき回路電流 I は、式(1)ではなく、次式のようになる。

$$I = I_0 \exp(-V_{th}/\eta V_T) \quad \dots (2)$$

式(2)の値は微小なので、遷移にともなって回路電流はほとんどゼロとなる。温度上昇による V_b の急峻な低下、あるいは回路電流の急減を利用することで目標の温度を正確に検出できる。検出すべき目標温度 (遷移温度) は回路パラメータによって自由に設定できる。

3. 動作シミュレーション

回路動作を確認するために、SPICE シミュレーションによる検証を行った。0.35 μm -CMOS プロセスパラメータを使用し、電源電圧は 1.5 V に設定した。図 2 に動作温度 T に対する M7 のゲート電圧 V_b の変化を示す。動作温度の上昇と共に V_b の電圧が減少し、設定検出温度で急峻に V_b の電圧が減少している。さらに、設計パラメータである M5 と M6 のアスペクト比の比率 K を変化させることで、検出温度 T_C を変化させることができる。

参考文献

- [1] 例えば 南任靖雄, "センサと基礎技術", 工学図書, 1994.
- [2] R. J. Baker et.al. "CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation", IEEE Press., 1997.

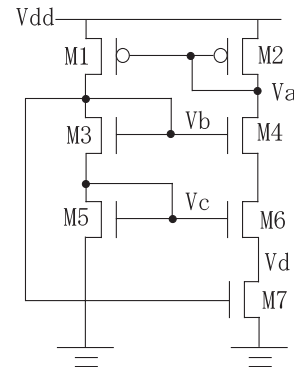


図 1 提案する CMOS-CTS 回路の構成。

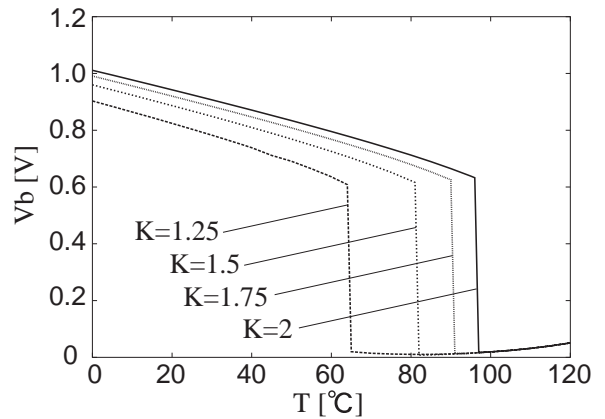


図 2 回路の動作例。M5 と M6 のアスペクト比の比率によって検出温度を設定できる。