

# MOSFETのサブスレッショルド特性を利用したPTAT電流生成用フローティング電圧源

Floating voltage reference for PTAT current generation using subthreshold currents

上野憲一  
Ken Ueno

廣瀬哲也  
Tetsuya Hirose

浅井哲也  
Tetsuya Asai

雨宮好仁  
Yoshihito Amemiya

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

## 1 まえがき

MOSFETのサブスレッショルド電流を利用することで、絶対温度に比例したPTAT (Proportional To Absolute Temperature) 電流を生成できる。PTAT電流は温度センサに使用することができ、このための回路を先に提案した [1]。しかし、このセンサ回路は温度係数の小さなオフチップ抵抗体を用いることで微小差電圧のフローティング電圧を生成し、これをPTAT電流生成に用いた。したがって、実装サイズが大きくなる問題点があった。そこで本稿では、オフチップ抵抗を使用しないPTAT電流生成のためのフローティング電圧源を提案する。

## 2 回路構成

図1に、提案するフローティング電圧源を示す。この回路は、トランジスタサイズが異なるダイオード接続MOSFET ( $M_{D1}$ ,  $M_{D2}$ ) と2つの差動対 ( $M1$ - $M2$ ,  $M3$ - $M4$ ) から構成される。ダイオード接続MOSFETのサイズを変えることで、しきい値電圧が変化することを利用する。しきい値電圧の差電圧を含んだ2つのダイオード接続MOSFETのゲート・ソース間電圧の差電圧 ( $\Delta V_d$ ) を差動対でモニタし、差動電流に変換する。これを電流ミラーにより次段の差動対に入力することで、差動対 ( $M3$ - $M4$ ) のゲートからゲートの電圧は  $\Delta V_d$  に依存した正温度係数のPTAT電圧となる。このPTAT電圧をダイオード接続MOSFET ( $M_{D2}$ ) に足し合わせることで、2つの出力電圧 ( $V_{out1}$ ,  $V_{out2}$ ) は同じ温度依存性を持つように設定できる。したがって、2つの出力電圧の差分は、温度依存項がキャンセルされ、トランジスタサイズのみ依存した電圧が残り、温度に対して一定のフローティング電圧を生成できる。

ダイオード接続MOSFETのゲート・ソース間電圧は、温度に対して非線形成分を持つ。その影響で出力差電圧には非線形成分が残る。この非線形電圧を排除するための補正回路を図2に示す。低温時のみ動作するサブサーキットと高温時のみ動作するサブサーキットから構成される。低温時には  $I_{curv1}$  を、高温時には  $I_{curv2}$  をダイオード接続MOSFET ( $M_{D2}$ ) に入力することで、出力電圧の温度に対する非線形成分を抑制することができる。

## 3 シミュレーション結果

以上の回路構成で、0.35  $\mu\text{m}$ , CMOSプロセスを用いてシミュレーションを行った。電源電圧は、ボタン電

池の使用を想定して1.5Vとした。図3に出力差電圧 ( $V_{out2} - V_{out1}$ ) の温度特性を示す。温度を  $-20^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$  まで変化させている。温度に対しての変動は、補正回路を使用しない場合  $\pm 2.3\%$  であり、補正回路を使用した場合、 $\pm 0.3\%$  まで抑えることができる。

(文献: [1] Ueno K. *et al.*, Proc. of the 2006 ISPACS.)

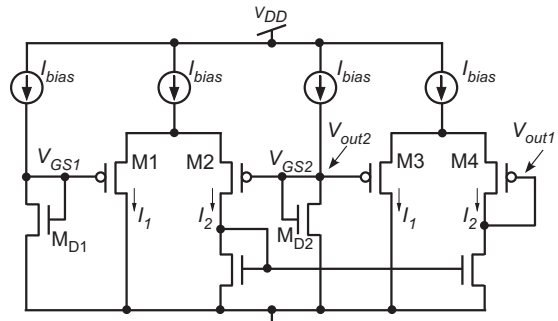


図1 フローティング電圧源回路.

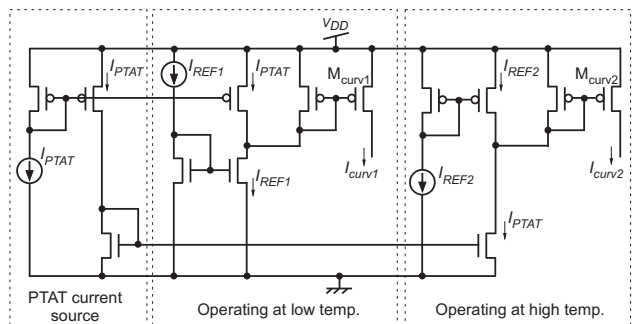


図2 補正回路.

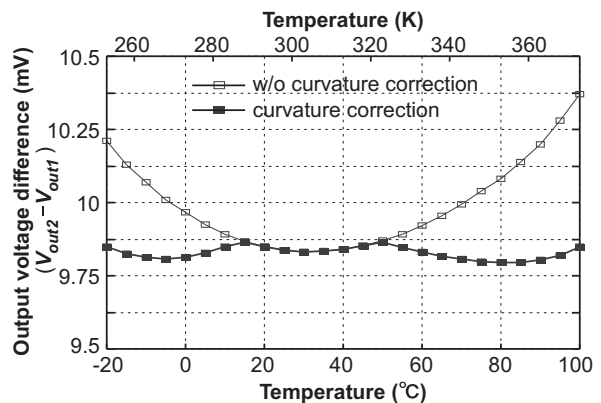


図3 出力電圧 ( $V_{out2} - V_{out1}$ ) のシミュレーション結果.