

サブスレッショルド CMOS 回路を用いた PTAT クロックパルス発生器

A PTAT Clock Pulse Generator consisting of Subthreshold MOSFETs for Smart Temperature Sensor LSIs

上野 憲一, 浅井 哲也, 雨宮 好仁
Ken Ueno, Tetsuya Asai, Yoshihito Amemiya

北海道大学 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と周波数同期ループ技術を利用することで、周波数が絶対温度に比例する PTAT (Proportional To Absolute Temperature) クロックパルスを生成することが可能である。PTAT クロックパルスは、温度センサに使用することができる。実際にセンサ回路を試作し、その動作を確認した。このセンサは、サブスレッショルド動作の CMOS 回路で構成され、10 μ W の極低消費電力で動作する。

2. 回路構成

図 1 に温度センサのブロックダイアグラムを示す。この回路は、周波数同期ループ技術に基づき温度に比例する PTAT クロックパルスを生成する。PTAT 電流生成回路の出力電流 I_{PTAT} と周波数-電流変換器の出力電流 I_{OUT} の差を電流比較器により検出し、この差に応じた出力電圧 V_{OUT} を生成する。電圧制御発振器は V_{OUT} に依存した周波数パルスを生成する。周波数-電流変換器は、電圧制御発振器の周波数 f_{PTAT} に比例した電流 I_{OUT} を生成し、電流比較器に投入する。回路は、負帰還ループを構成しているため、 $I_{PTAT} = I_{OUT}$ になるまで上記の動作を繰り返す。これより、回路は、出力周波数 f_{PTAT} が絶対温度に比例する PTAT クロックパルスを発生する。図 2 に温度センサの回路構成を示す。すべての MOSFET はサブスレッショルド領域で動作する。

3. 測定結果

図 3 にチップ写真を示す(0.35 μ m-2P4M, CMOS プロセス)。チップ面積は、0.08 mm^2 である。図 4(a)に、出力パルス周波数の温度特性を異なる 3 チップについて示す。出力パルス周波数は温度に対して線形に変化している。温度係数の平均は、1.2 $\text{kHz}/^\circ\text{C}$ である。次に 50 $^\circ\text{C}$ においてチップ間の周波数オフセットが 0 になるようにキャリブレーションを行った。その時の理論値と測定結果による温度誤差の計算結果を図 4(b)に示す。キャリブレーション後の温度誤差は $\pm 1.8^\circ\text{C}$ 以内に改善した。

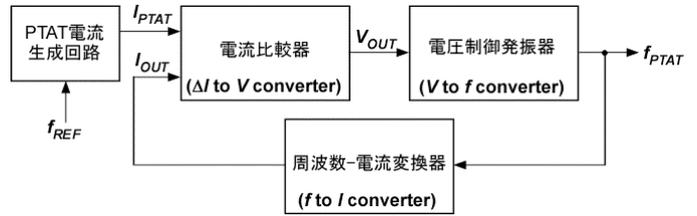


図 1. 温度センサのブロックダイアグラム。

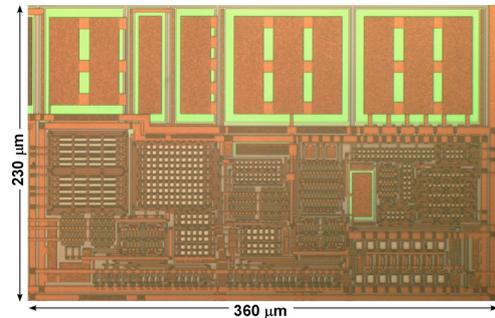


図 3. チップ写真 (面積: 0.08 mm^2).

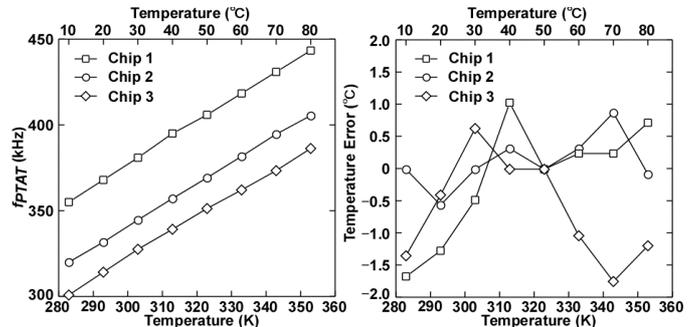


図 4. (a) 温度センサの出力パルス周波数 温度特性, (b) キャリブレーション後の温度誤差の計算結果。

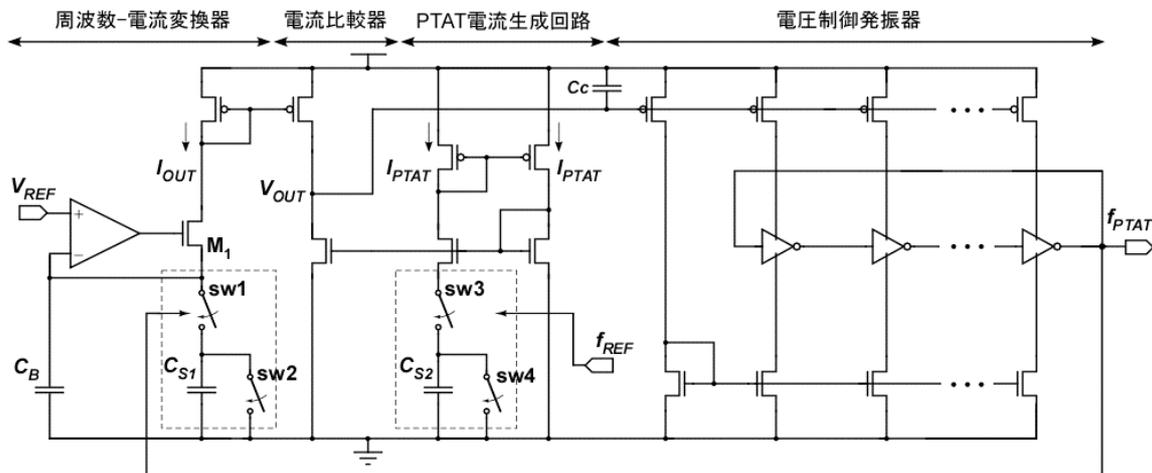


図 2. 温度センサの回路構成。すべての MOSFET はサブスレッショルド領域で動作する。