

パイプラインA-Dコンバータを高精度化/
低消費電力化するスイッチト・キャパシタ

柴田 肇 Hajime Shibata

● パイプライン型ADCのOPアンプ回路の抵抗はスイッチト・キャパシタでできている

第7回(2010年1月号)では、原始的なパイプライン型A-Dコンバータ(ADC)を、OPアンプと抵抗による演算回路を使って実現しました。

実際に集積回路上でパイプライン型ADCを実現する際に、OPアンプと抵抗を使って実現することはあまりなく、OPアンプと容量を使ったスイッチト・キャパシタ回路を使って実現するのが一般的です。

そこで今回は、抵抗とOPアンプを使った構成をスイッチト・キャパシタに置き換えて、より現実的なパイプライン型ADCを構成します。

● なぜスイッチト・キャパシタ構成が良いのか

パイプライン型ADCは、基本的には同一の構成のパイプライン・ステージを縦続接続した構造を持つADCです。それぞれのパイプライン・ステージはサンプリング動作と $V_{out} = 2 \times (V_{in} \pm 0.5V)$ という入出力関係を実現する回路からなります。これをOPアンプと抵抗を使った一般的な演算回路を使って実現した例を前回紹介しました。このパイプライン・ステージ回路を図8-1に示します。

この回路ではOPアンプと抵抗を使って演算動作を実現しています。しかしCMOS製造プロセスでは、

- 抵抗のマッチングより容量のマッチングの方がよい
- スwitchト・キャパシタ回路の方が配線抵抗による電圧降下の影響を受けにくい

ことなどによって、スイッチト・キャパシタ構成の方がより高精度な演算を行うことができます。

パイプライン型ADCの精度は、素子のマッチング精度に強く依存することから、スイッチト・キャパシタ回路を使ってパイプライン・ステージを構成するのが一般的です。

● スイッチとキャパシタで抵抗を置き換えた

スイッチト・キャパシタ回路は、簡単にいえばスイッチと容量を使って、抵抗の代わりにさせるようなものです。抵抗を使った回路の基本法則はオームの法則 $V = R \times I$ ですが、スイッチト・キャパシタ回路では電荷 Q と電圧 V の関係式 $V = (1/C) \times Q$ を使います。

二つの式を見比べると分かるように、オームの法則の電流 I を電荷 Q 、抵抗 R を容量の逆数 $1/C$ で置き換えると電荷の式になります。これは容量に適当にスイッチをつけてクロック信号で動かせば、抵抗とOPアンプを使った演算回路と同じような入出力関係を持った回路を、スイッチと容量、OPアンプを使って作ることができることを示しています。

抵抗とOPアンプを使った反転2倍増幅回路を図8-

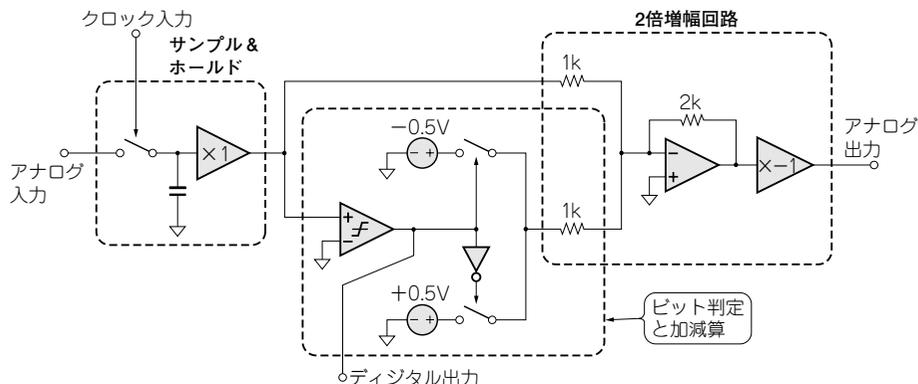


図8-1 パイプライン動作を実現する各ステージをOPアンプと抵抗で構成した例