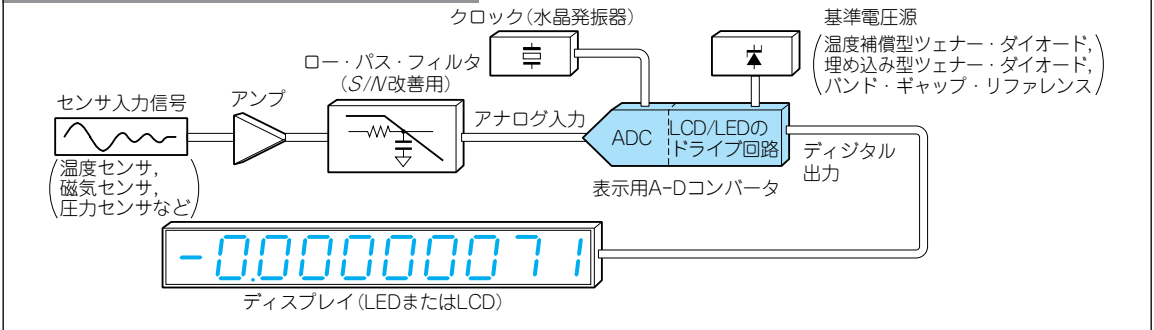


積分用のコンデンサを選ばず小形と高精度を両立できる

$\Delta\Sigma$ 型が積分型にとって代わる理由 松井 邦彦 *Kunihiko Matsui*

今回のターゲット回路ブロック



分かるようになること

・表示用 A-D コンバータに $\Delta\Sigma$ 型が使われるようになってきた理由

・2重積分型の欠点
・チャージ・バランス型の長所

現在、とても広い分野で $\Delta\Sigma$ 型 A-D コンバータが、応用されています。例えばデジタル・オーディオ IC、ワンチップ・マイコン、電力測定用 IC、表示用 A-D コンバータ IC、RMS-DC コンバータ IC ($\Delta\Sigma$ 変調器内蔵) など、数え切れないほどです。

今回と次回は、なぜ $\Delta\Sigma$ 型が増えたのか、その理由を理解するために、取って代わられつつある表示用の $\Delta\Sigma$ 型 A-D コンバータ IC と、 $\Delta\Sigma$ 変調器を使用した RMS-DC コンバータ IC (次回) の長所や短所を見てみ

ましょう。

IC 内部に LCD あるいは LED などのドライブ回路を内蔵している A-D コンバータを、ここでは表示用 A-D コンバータとします。

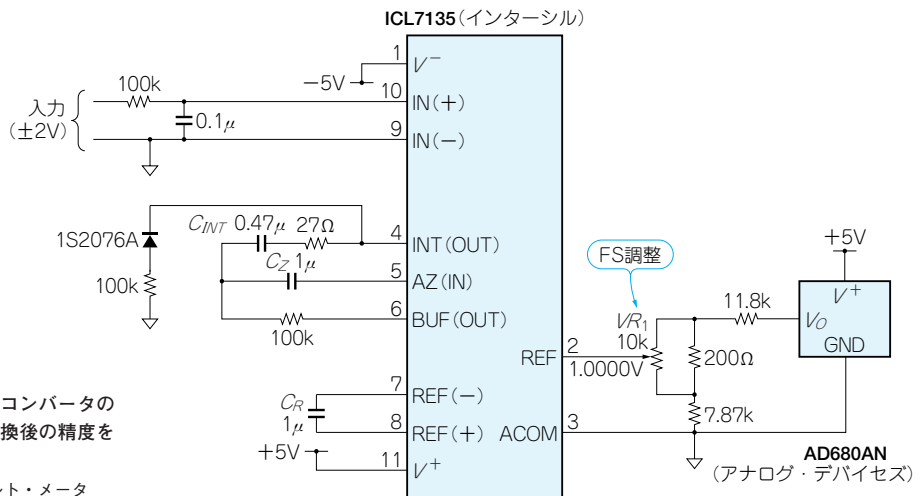
積分型中心だった表示用にも $\Delta\Sigma$ 型

● 表示用の特徴

表示用 A-D コンバータは、外付け部品がほとんど

図 10-2 2重積分型 A-D コンバータの積分コンデンサを換えて変換後の精度を実験で確認する

$4\frac{1}{2}$ 桁表示のデジタル・ボルト・メータ



チャージ・バランス型 ▶ 電荷平衡という名のとおり、入力電圧より注入された電荷と1ビット D-A コンバータから注入される電荷を平衡させ、積分器に入っているコンデンサの総電荷を 0C にするように動作する。 $\Delta\Sigma$ 型。

いません。このため、装置の低価格化・小形化にはピッタリで、 $3^{1/2}$ ~ $4^{1/2}$ 桁のDMM(デジタル・マルチメータ)や、工場などで使用されているパネル・メータなどに多く使われています。さらに、メカ推奨回路どおりに作れば性能が出るようになっているので初心者でも安心して扱えるICです。そういう意味では、表示用A-Dコンバータがアナログ技術者に与えた影響は大きいと思います。

● 積分型の特徴

「表示用A-Dコンバータといったら積分型($\Delta\Sigma$ 型も積分型的一种)」というように、低速度・高精度の応用分野で積分型はとてもポピュラな変換方式です。

ここでは、A-Dコンバータの原点である積分型の中で、表示用の代表格である2重積分型と、今後置き換えが進むであろう $\Delta\Sigma$ 型を比較したいと思います。

▶ 2重積分型と $\Delta\Sigma$ 型の違い

図10-1(p.226)に2重積分型と $\Delta\Sigma$ 型の違いを示します。図では違いがわかりやすいように、図10-1(b)の $\Delta\Sigma$ 型ではデジタル・フィルタは省いています。

▶ 多重積分型の限界

現在一番ポピュラな積分型は図10-1(a)の2重積分型です。さらに3重積分型や4重積分型、5重積分方式なども登場しました。一般に2重積分型以外はマルチスロープ型と呼ぶことが多く、その名のとおりに積分器出力の傾斜(スロープ)が複数あります。

スロープの数を増やすということは「回路がより複雑になる」=「価格が高くなる」という欠点が生じます。それでも多くのタイプのマルチスロープ方式のICが誕生した理由は、積分型A-Dコンバータの以下の欠点を解消しているためです。

①オフセット電圧による誤差

②積分コンデンサによる直線性の悪化

①のオフセット電圧の問題はマルチスロープ方式により軽減(高精度化)できましたが、②の積分コンデンサによる非直線性の問題までは解消できませんでした。

▶ $\Delta\Sigma$ 型は精度が積分コンデンサの種類に依存しにくい
積分コンデンサの問題を解決したのが、チャージ・バランス($\Delta\Sigma$)方式です。

現在ではICL7106/7107などで使われているオフセット電圧除去方式が主流になったため、2重積分方式以外の品種は少なくなりました。

表10-1(p.228)に積分型A-Dコンバータの仕様を示します。 $4^{1/2}$ ~ $5^{1/2}$ 桁くらいの表示までは2重積分型でも市販品がありますが、20ビットを越えてしまうとやはりチャージ・バランス型だけです。2重積分方式で20ビット以上の分解能を出すことの難しさがわかります。

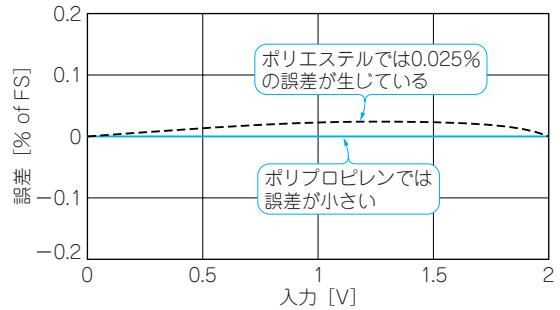


図10-3 積分コンデンサにポリエステル・コンデンサとポリプロピレン・コンデンサを使って誤差を比較

積分コンデンサが変換精度に影響する

積分型A-Dコンバータでは積分コンデンサが精度を決める重要な部品です。ここでは2重積分型A-Dコンバータの精度が積分コンデンサに依存するようすを確認するために実験してみましょう。

● ポリエステル/ポリプロピレンと替えて誤差を調べる

図10-2は $4^{1/2}$ 桁表示のデジタル・ボルト・メータの回路を示します。A-Dコンバータは2重積分型のICL7135を使用しています。

積分コンデンサにはポリエステル・コンデンサ(通称マイラ・コンデンサ)とポリプロピレン・コンデンサの2種類を使って誤差を比較します。それぞれのコンデンサの特性を図10-3に示します。

● ポリプロピレンのほうが誤差が小さい

ポリプロピレン・コンデンサの場合ではほとんど誤差が発生していないのに対して、ポリエステル・コンデンサの場合では0.025% FSもの誤差が発生しています。

$4^{1/2}$ 桁の1LSD(Least Significant Digit)が $1/20000 = 0.005\%$ (50 ppm)であることから、これは $0.0025\%/0.005\% = 5\text{LSD}$ もの誤差に相当します。

このことから、2重積分型の精度は積分コンデンサにより変わることがわかります。逆に言うと、2重積分型A-Dコンバータでは積分コンデンサで精度が決まるということです。

● コンデンサの何が誤差を生むのか

図10-4にコンデンサの等価回路を示します。理想的なコンデンサは容量成分 C_M だけなのに、図にはこのほかに抵抗やインダクタンスといった余計な成分が描かれています。これらの余計な成分が2重積分型A-Dコンバータの精度を劣化させます。