



第6章 製作したアンプとフィルタを使ってみよう

A-D変換とD-A変換の実験にTRY!

★実験に必要な測定器：オシロスコープ、低周波発振器、デジタル・マルチ・メータ

川田 章弘
Akihiro Kawata

増幅回路、フィルタ回路とアナログ回路の基本的な回路について学んできました。普段、マイコンを使っている人なら、マイコンのA-Dコンバータ(ADC)入力に今まで実験してきた回路をつなげてみるのも良いでしょう。

この章では、「マイコン工作はやっていない…」という人のために、簡単なADC回路を作って動作させてみます。

さらに、D-Aコンバータ(DAC)なども製作し、簡単なデジタル・システムを作ってみます。そして「折り返し」の発生を体感して、ロー・パス・フィルタが必要なことも実感してみましょう。

部品表は章末に掲載します。

● 実験なので高性能は狙わない

現在のADCは、高分解能・高速化が進んでいます。

例えばテキサス・インスツルメンツ社の製品を見ても、24ビット $\Delta\Sigma$ ADCで105 ksp/sという変換スピードを実現しているADS1271や、13ビット/250 MspsのADS5444などがあります。

これらのADCを使いこなすのは、アナログ回路技術者としての腕の見せどころです。しかし、本特集では、もっと簡単なADCを使ってみることにしましょう。簡単なADCということで、8ビット分解能でパラレル出力のTLC0820Aを使うことにします。出力がパラレルですから、LEDを使って点灯状態からデジタル信号をモニターすることも容易です。

● A-D変換には基準となる電圧が必要

製作するA-Dコンバータ・モジュール(ADCモジュール)の回路を図6-1に示します。TLC0820Aは、内部にリファレンス電圧をもっていないので、外部

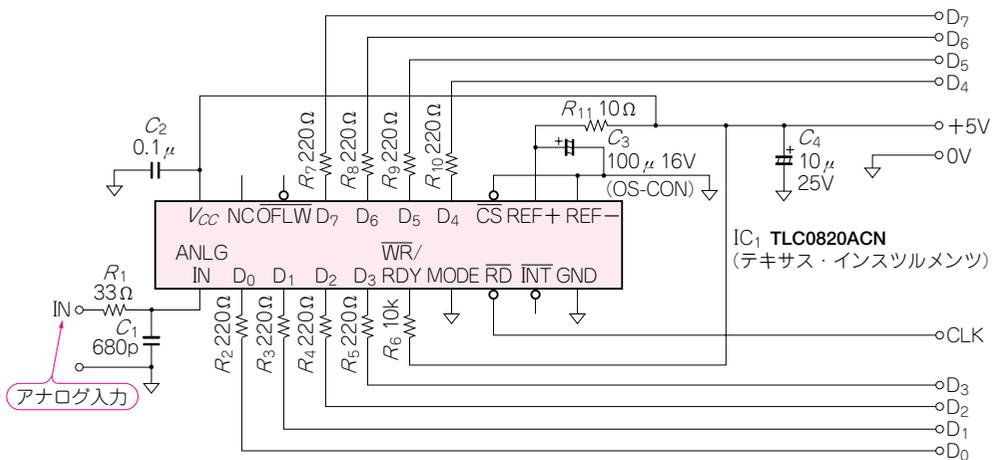


図6-1 製作するA-Dコンバータ・モジュールの回路

出力データが確認しやすい8ビット分解能パラレル出力のA-Dコンバータ(TLC0820ACN)を使用

Keywords

A-Dコンバータ, ADC, TLC0820A, リファレンス電圧, LSB, SFDR, SINAD, ENOB, INL, DNL, キック・バック・ノイズ, チャージ・インジェクション・ノイズ, D-Aコンバータ, DAC, R-2Rラダー, 74LV574A, 折り返し

から供給する必要があります。今回は、+5V電源から簡単なRCフィルタを通して供給することにします。

▶ 変換の最小単位がLSB

ADCは、このリファレンス電圧を分解能のぶんだけ細切れにした1LSBという基準量を使って、入力信号のレベルを測りデジタル・データに変換します。リファレンス電圧の値は、ADCのフルスケール値を決めることとなります。イントロダクションで、1円玉天秤では、50個の1円玉がリファレンス電圧に相当するといったのはこのことです。

▶ リファレンス電圧は正確で低ノイズな電圧が必要

1円玉天秤では、測ることのできる最大値は50個の1円玉の重さまででした。また、この50個の1円玉の総重量が狂っていたら、それは最大値の誤差ということになります。これは、ADCの場合でも同じです。リファレンス電圧が測ることのできる最大入力振幅を決定し、その誤差は最大値の誤差(フルスケール誤差)になります。また、1LSBは、このリファレンス電圧を細切れにしたものですから、リファレンス電圧にノイズが含まれていると、デジタルに変換された後もノイズとして残ります。そのため、ADCのリファレンス入力端子には、ノイズの少ないきれいな直流電圧を供給する必要があります。

ノイズを少なくする技術はアナログ回路技術ですから、こんなところからもアナログ回路技術は大切だということがわかると思います。

▶ 最小単位LSBの電圧の求めかた

ADCの1LSBの電圧値 V_{LSB} [V] は、次式で求めることができます。

$$V_{LSB} = \frac{V_{REF}}{2^n - 1} \dots\dots\dots (6-1)$$

V_{REF} : リファレンス電圧 [V]

なぜ、 2^n ではなく、 $2^n - 1$ になるかと言うと、図

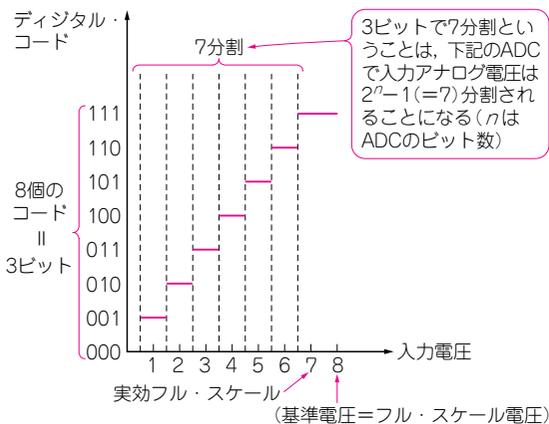


図6-2 A-Dコンバータのアナログ電圧分割数が 2^n-1 になる理由

6-2のように、最初のステップである入力0Vと最後のステップである入力フルスケール(V_{FSR})の幅はほかのステップの幅の1/2しかないからです。

TLC0820Aは8ビットですから、1LSBの電圧値は、

$$V_{LSB} = \frac{5.0}{2^8 - 1} \approx 19.61 \text{ mV}$$

となります。

この19.61 mVは、入力信号を1Vとすると1.96%に相当します。

A-Dコンバータの性能を表す値

● 現実的なダイナミック・レンジ SFDR

ダイナミック・レンジとよく似た概念ですが、ADCなどの評価パラメータとしてよく使われる、より実用的な指標がスプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ(SFDR: Spurious Free Dynamic Range)です。

図6-3を見てください。基本波スペクトラム以外に、高調波ひずみや、スプリアス(不要輻射)成分が存在します。

アンプやADCに信号を入力したときに、ダイナミック・レンジの説明(第2章図2-4, p.132)に示したような、基本波スペクトラムと周波数特性がフラットなホワイト・ノイズだけという状況は、現実的ではありません。図6-3のような高調波成分や、周辺回路の影響によるスプリアス成分が基本波スペクトラムに混ざっていることが一般的です。

ちなみに、スプリアスのことを「ノイズ」と言う場合もありますが、私はスプリアスとノイズは分けて考えるべきだと思っています。なぜなら、スプリアスの原因が回路の寄生発振だったということもあるからです。

図6-3のスペクトラムで、基本波スペクトラムの大きさと、高調波ひずみ、およびスプリアスの最大成分との差をスプリアス・フリー・ダイナミック・レンジ(SFDR)と呼びます。



図6-3 不要成分の最大レベルと基本波レベルとの差がSFDR