

A-Dコンバータの用語がわかる

データシートの読み方ガイド

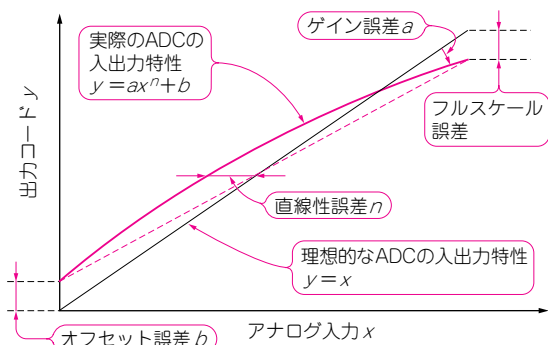
中村 黄三
Kozo Nakamura

データシートの記述は簡素化されている

ここでは、A-Dコンバータ(ADC)のスペックに関連する用語とその意味を、実際に市販されているADCのデータシートを見本に解説します。データシートは読み手側の知識を当てにして簡素化されており、対象となるスペックと欄外にある付加条件が明示的にリンクされていない場合が大半です。

高性能ADCのメーカーは外資系がほとんどなので、データシートは英文のまま記載します。この理由は、どの外資系メーカーもオリジナルのデータシートによってスペック保証をしているためです。私の推奨は、「ICの動作原理は(もしあれば)日本語版で理解し、スペックはオリジナルで確認する」です。

ADCのスペック(以下、仕様)は「DC的な仕様」と「AC的な仕様」とに大別され、ロジック部分のタイミング仕様などはAC仕様に包含されます。



図A A-DコンバータICの直流的な仕様
理想直線 $y=x$ に、ゲイン誤差、直線性誤差、オフセット誤差が加わっている

静特性を読み解く

OPアンプを使用した固定ゲイン・アンプ(以下、リニア・アンプ)と同様に、ADCも入力に対する出力の関係を持ち、理想は図Aで示す1次のグラフ $y=x$ (x がアナログ入力、 y がデジタル出力)で示せることです。

実際のADCは、理想のグラフに対し、ゲイン誤差 a 、直線性誤差 n 、およびオフセット誤差 b が追加され $y = ax^n + b$ のようになります。これらの誤差を定量的に示したものが、ADCに関する直流(DC)的な仕様です。誤差の表記はグラフの x 軸を基準にする入力換算(単位は電圧)と y 軸を基準にする出力換算(単位はLSB)の2種類があります。なお、ビット・ステップごとのアナログ入力の変換値における誤差に微分直線性誤差とミッシング・コードがあります。

● 欄外に各仕様項目の共通仕様が記載されている

DC的な仕様に関するデータシートの見本を表Aに示します。このように、表の上部と下部(フットノートと呼ぶ)に追記があります。

上部欄外の条件は表中の各仕様項目で、試験条件が特記されていない場合に適用される条件です。左から順に、仕様を保証する温度範囲 T_A 、アナログ電源電圧 $+V_A$ 、デジタル電源電圧 $+V_{BD}$ 、使用する基準電圧 V_{ref} 、そしてサンプリング・レート f_{sample} です。フットノートは、各仕様項目の試験条件を詳しく説明するための追記です。これらの意味は、以下の該当する項目の解説時にいっしょに説明します。

用語解説—1

DC的な仕様とAC的な仕様

データシートのDC仕様欄には、ICが作られる過程で入り込む誤差、例えば、入力オフセット電圧やゲイン誤差、温度による緩やかな変動誤差の大きさが示されています。スタティック(静的)特性ともいいます。温度、流量、重量など、センサから発生する μV オーダの微小な直流信号を扱う際の性能指標になります。

データシートのAC仕様欄には、雑音やひずみなどの変動が速く、周波数に関連するものが示されています。ダイナミック(動的)特性ともいいます。雑音のうち、白色雑音は、A-D変換値の移動平均を取ることで軽減できますが、

ひずみの除去は困難です。こうしたことから、リニアICメーカーは多様な尺度からひずみ特性を定義し、データを提供しています。特に、全高調波ひずみ (THD : Total Harmonic Distortion)、 $SFDR$ (Spurious Free Dynamic Range)、相互変調ひずみ (IMD : Inter Modulation Distortion) は、AC解析を主目的とするFFTアナライザ、ディストーション・メータ、通信機器に採用するうえでの重要な指標になっています。

表A
A-DコンバータICの直
流的な仕様例
ADS8410のデータシートか
ら抜粋

各仕様で共通な規定条件.
表中の「TEST CONDITION」に条件がない場合はこれらが適用される

SPECIFICATIONS

PARAMETER	TEST CONDITION	UNITS	TYP	MIN	MAX
Full-Scale Input Voltage Span		V	4.096		
Resolution		bits	12		
Gain Error		% of FSR	±0.0005		
Offset Error		ppm of FSR	±0.0005		
Linearity		ppm of FSR	±0.0005		
Integral Non-Linearity		ppm of FSR	±0.0005		
Differential Non-Linearity		ppm of FSR	±0.0005		
Conversion Time (Typical)		μs	10		
Conversion Time (Maximum)		μs	15		
Power Consumption (Typical)		mW	100		
Power Consumption (Maximum)		mW	150		
Operating Temperature Range		°C	-40 to 125		
Storage Temperature Range		°C	-55 to 150		

① Full-scale input voltage span

② Gain error, ③ Offset error

④ Linearity

⑤ Integral Non-Linearity

⑥ Differential Non-Linearity

⑦ Conversion Time

⑧ Power Consumption

⑨ Operating Temperature Range

⑩ Storage Temperature Range

⑪ Test Condition

⑫ Units

⑬ TYP

⑭ MIN

⑮ MAX

⑯ 二つのグレードが存在することを意味する

⑰ フットノートの注釈も規定条件であり重要

⑱ 標準値「TYP」は保証されない。参考データとして見る

● ① Full-scale input voltage span

「フルスケール入力電圧の幅」のことで、入力レンジを意味しています。「フルスケール入力範囲」は Full-scale input range が一般的な書き方です。

入力レンジは出力コードと厳密な対比が取られた入力の範囲です。したがって、リニア・アンプの入力範囲（直線性などの精度が保たれる範囲）より厳格な規定になります。入力レンジと出力コードとの対比例を表Bに示します。このADCでは0Vから V_{ref} となっているので、上部欄外の値を採用すれば0Vから4.096Vになります。

表にはありませんが、 V_{ref} の許容範囲は3.9~4.2Vで、この範囲でなら入力レンジを変えられますが、他の仕様保証されなくなります。このADCの場合は、リファレンスIC（データシートによる推奨はREF3040）のばらつきを許容する範囲と見るべきです。

表Aのフットノート①にも関連しますが、表BはADCのゲイン誤差とオフセット誤差はないものとし

たときの仕様です。この表は、前段アンプのゲイン設定とCPUによる値の扱いに必要ですが、'0000h'や'FFFFh'の飽和コードを当て込んだぎりぎりの設計は禁物です。飽和コードは、CPUがアナログ回路の異常を判断しアラームを出すときに使うべきです。

アンプなどの温度ドリフトを考慮に入れて、入力レンジの50%くらいで使えば安心できます。

● ② Gain error, ③ Offset error

ゲイン誤差とオフセット誤差に関する項目です。

ゲイン誤差は理想直線の傾きに対する誤差です。通常、ずれをフルスケール・レンジ(FSR)に対して傾きの「% of FSR」や「ppm of FSR」で表します。試験方法は図Bで示すように、出力コードが'FFFEh'から'FFFFh'に遷移するときの入力電圧 V_2 と'0000h'から'0001h'へ遷移するときの入力電圧 V_1 との差(傾き)を求め、理想の傾きと比較します。簡単に言うと、オフセット誤差の要素を追い出すわけです。

Table 3. Ideal Input Voltages and Output Codes

DESCRIPTION	ANALOG VALUE (VIN)	HEX CODE
Reference Voltage	V_{ref}	
Maximum Input Voltage	V_{ref}	
1LSB	$V_{ref}/2^{16}$	
Full Scale	V_{ref}	FFFF
Mid-scale	$V_{ref}/2$	8000
Mid-scale 1LSB	$V_{ref}/2^{15}$	
Zero	0	0000

リファレンス電圧(仕様の規定条件より4.096Vとする)

1LSBの重み: $4.096V/2^{16}=62.5\mu V$

フルスケール: $4.096V-62.5\mu V$

ミッドスケール: $4.096V/2=2.048V$

$V_{ref}/2^{15}$ =電圧値は2.0479375V

コード形式: ストレート・バイナリ

入力レンジ: リファレンス電圧 V_{ref} が4.096Vなら、0~4.0959375Vは'0000h' ~ 'FFFFh'に対応する

表B

入力レンジと出力コードとの対比仕様
ゲイン誤差とオフセット誤差はないものとしたときの仕様