

計測・制御ボードの仕様が分かる...

読む用語辞典

アドテック システム サイエンス

第1版 (H11.1.20)

お客様各位

いつもアドテック製品をご愛用いただき誠にありがとうございます。
います。

弊社ではこの度、弊社製品へのご理解をより深めていただけるように、計測・制御ボードに関する「読む用語辞典」をお届けする運びとなりました。

この用語辞典は、用語毎の単独の説明だけではなく、前後の関連する用語と併せてお読みいただくことにより、より理解し易いものとなるように「読み物風に」まとめました。

またそれぞれの項目には、基本的な考え方をご理解いただくための記事を盛り込みましたので、計測・制御の入門用としてもお役に立てるものと確信いたしております。

この辞典がみなさまのお手元に置かれ、ご愛用いただけますことを心より願っているものです。

なお、この用語辞典以外のことでも計測・制御に関することならどんなことでも弊社営業部、またはテクニカルサポートまでお問い合わせください。

弊社ではこれからもみなさまに有益な製品をご提供してまいります。

今後とも一層のお引き立てを賜りますようお願い申し上げます。

株式会社アドテック システム サイエンス

営業部

Tel 045-331-7575

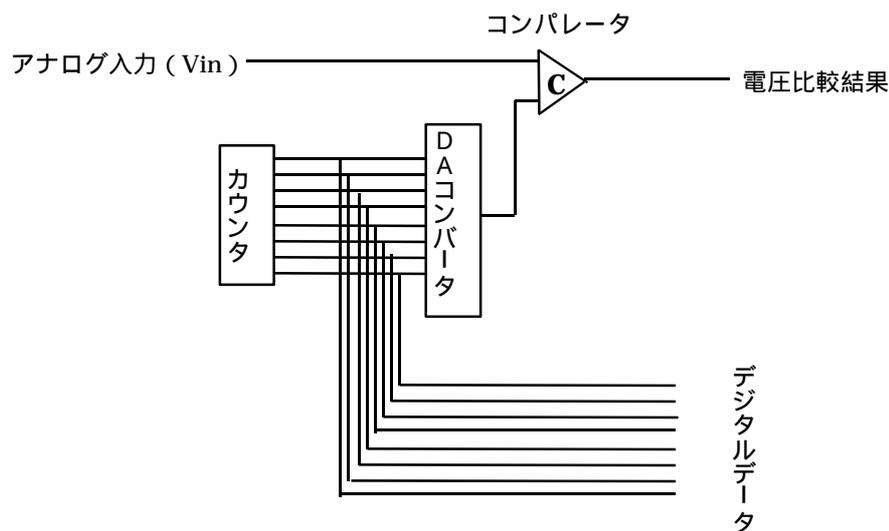
テクニカルサポート

Tel 045-333-0335

1 . A/D コンバータの種類としくみ

- ・ **追従型A/D コンバータ** （現在は使われていませんが、考え方が分かり易いので説明します。）

下図のような回路でカウンタに0から順にカウントさせ、その値（デジタル）をD/Aコンバータに供給すると、D/Aコンバータはそのデジタルデータに相当する電圧を発生します。この電圧と、A/D変換したい電圧（ V_{in} ）を比較器（コンパレータ）で比べ、両者が一致したときのカウンタの値を読めば、それがA/D変換した結果ということになります。しかしこの方法ではカウンタが常に0からカウントしていくため変換に時間がかかる上、アナログ入力電圧の値によって変換時間がまちまちになってしまいます。



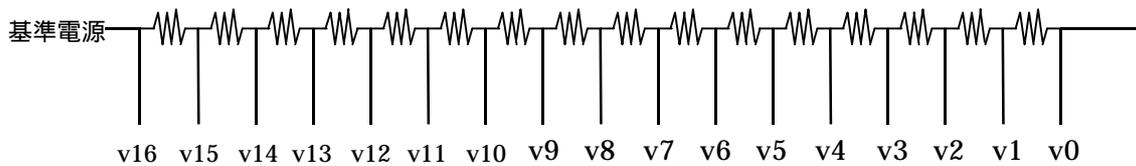
- ・ **逐次比較型A/D コンバータ** （精度・速度・コストのバランスのよい汎用品）

この方式は追従型と同じ原理を使いますが、カウンタのカウント方法を工夫したものです。追従型ではカウンタの最下位 bit に1を加えて行きますが、逐次比較型では逆に最上位 bit を最初に1にします。この時D/Aコンバータの電圧が V_{in} を超えるかどうかをコンパレータで調べ、超えたら最上位 bit を0に戻し、超えなければ1のままにしておきます。次に上から2番目の bit に対して同じ処理をし、以下最下位桁までこれを繰り返していくと、最終的にカウンタには V_{in} をA/D変換した結果が残ります。この方式は追従型に比べ非常に高速の変換ができることと、アナログ入力電圧の値に関係なく一定の変換時間が得られますので、広く利用されています。

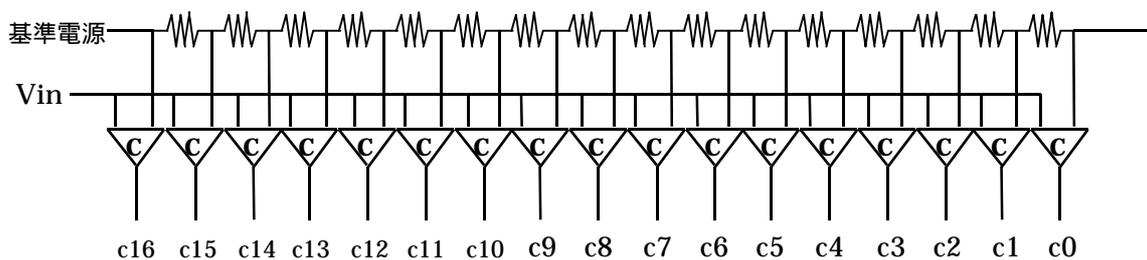
・フラッシュ(並列)型A/D コンバータ (高速でビデオ用として優れる)

逐次比較型変換方式においても、カウンタの値を 1bit ずつ操作するのでそれなりの変換時間がかかります。そこで「一発変換」しようとする方式が考えられました。

この方式の考え方は「たとえば 8bit の A/D 変換をするなら、あらかじめ 256 通りの基準電圧と、256 個のコンパレータ(比較器)を用意しておいて、変換したい電圧をすべての基準電圧と一度に比べてしまおう」というものです。



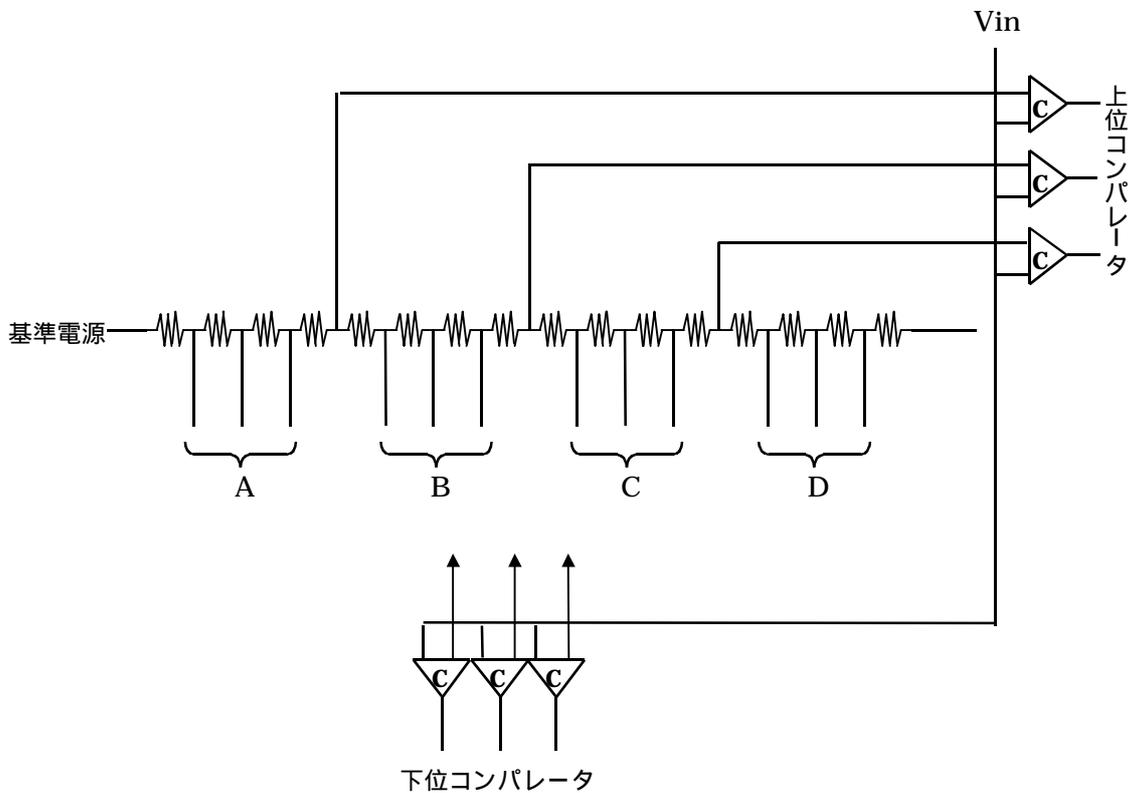
基準電圧は上の図のように基準電源と、同じ値の抵抗を使って簡単に作ることができます。これを使って下図のように回路を組みます。



この回路に A/D 変換する電圧 (V_{in}) を与えると、コンパレータ出力 $c_0 \sim c_{16}$ のどこかを境に「大小」が分かります。そこで $c_0 \sim c_{16}$ をエンコーダに供給し、デジタル値に変換するので。

この方式は非常に高速な A/D 変換ができますが、変換の bit 数を 1bit 上げると回路は 2 倍必要になります。そこで変換速度をあまり落とさずに回路を少なくするための工夫として「2ステップ・フラッシュ型の方式」が考えられました。

・2 ステップ・フラッシュ型A/D コンバータ (高速、ビデオ用)

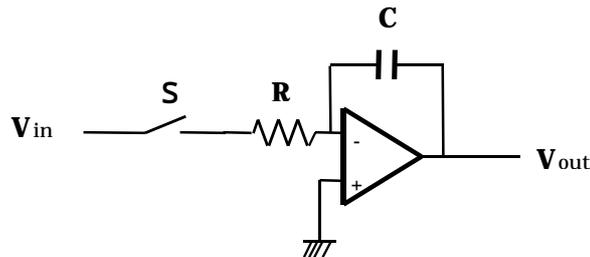


この方式は、A/D 変換する電圧 V_{in} が「大体どの範囲にあるかをまず調べ、次に細かく調べる」という2段階の比較をする方式です。

上図のように、飛び飛びの基準電圧と V_{in} を上位コンパレータで比較し、 V_{in} がどの範囲にあるかを調べます。範囲が分かったら、その範囲の基準電圧(図の A~D のいずれか)を下位コンパレータにスイッチしてやり、「大小の分かれ目」がどこにあるかを調べます。そして上位・下位コンパレータの信号をエンコーダに送りデジタル値を求めるものです。この方式は回路数を少なくして高速の A/D 変換ができますが、2 回の変換作業中は V_{in} の値をキープしなければならず、サンプル&ホールド回路が必要になります。

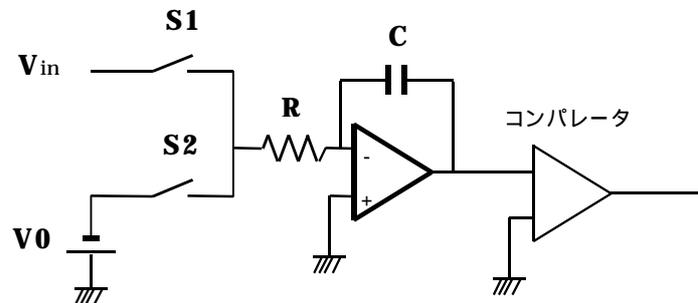
・ 2重積分型A/D コンバータ （速度は非常に遅いが、計測器に広く使用）

下図のように OP アンプの入力と出力をコンデンサ C でつないだ回路を積分回路といいます。この回路で一定時間 (t) スイッチ S を閉じると C は充電され、 V_{out} には充電される電荷の量に比例した電圧が出力されます。



一方、C に充電される電荷は C に流れ込む電流を t の間積分した値 $\frac{V_{in}}{R} \times t$ となります。

2重積分型 A/D コンバータは下図のように、A/D 変換したい電圧 (V_{in}) で C を一定時間 (T_1) 充電し、次に極性が反対の基準電圧 (V_0) を加えてその電荷を全て放電させ、放電に要する時間 (T_2) を測定します。



このとき、充電した電荷の量と放電した電荷の量は同じですから次の式が成り立ち、 V_{in} を求めることができます。

$$\frac{V_{in}}{R} \times T_1 = \frac{V_0}{R} \times T_2 \quad \longrightarrow \quad V_{in} = V_0 \times \frac{T_2}{T_1}$$

この方式は 2 回積分回路を使用するため「2重積分型」と呼ばれます。

なお実際の回路には、コンデンサが放電したことを検出するためのコンパレータや、 $V_{in} \cdot V_0$ の切替、時間測定のためのクロック回路、 $T_1 \cdot T_2$ と V_0 をもとに V_{in} を計算する機能が含まれます。

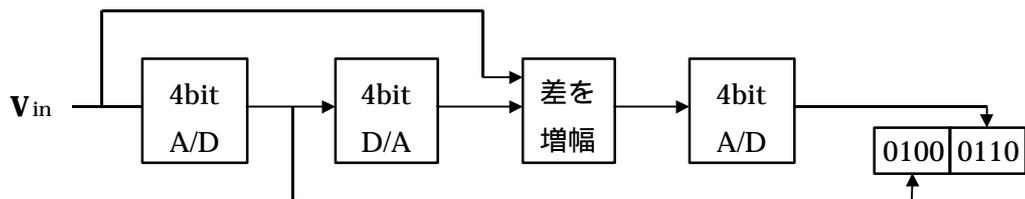
・サブレンジング型A/D コンバータ (直並列型、精度・速度ともに優れた産業用)

多 bit の A/D コンバータを実現する手法の一つで、変換する電圧をいくつかの「レンジ」(たとえば上位 6bit・下位 6bit)に分けて A/D 変換する方式です。

話しを分かり易くするために、8bit で最大 255mV まで変換する A/D コンバータの例で考えてみます。

0V	0 0 0 0 0 0 0 0
}	}
255mV	1 1 1 1 1 1 1 1

この A/D コンバータを作るために、4bit の A/D コンバータと D/A コンバータを使って、次のような処理を行います。



A/D 変換したい電圧 (V_{in}) を、16mV 単位 (つまり上位 4bit 分) の A/D 変換をする。

A/D 変換した値を D/A 変換する。

V_{in} と D/A 変換した電圧の差を検出する。この「電圧の差」は下位 4bit 分に相当する。さらにこの「差分の電圧」を 16 倍に増幅する。(4bit 分上位にシフトする。)

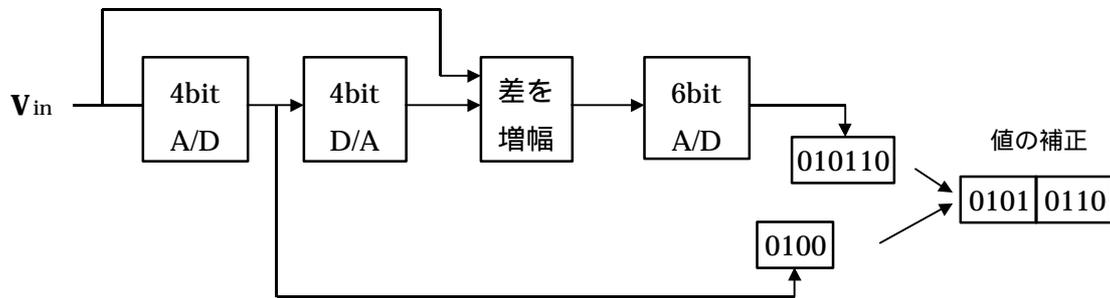
と同じ種類の A/D コンバータを使って下位 4bit 分を A/D 変換する。

と で得られたデジタル値を 1 つにまとめる。

アナログ電圧 V_{in} は以上のような過程を経てデジタル値に変換されるわけですが、ここで一つの問題が起こります。

それは上位 4bit の A/D 変換をした際の最下位桁の誤差の問題で、上の例の で得られたデジタルの値には上位から 4bit 目に誤差が含まれている可能性があります。

この誤差を防ぐために下位の A/D コンバータ (上図の) の bit 数を増やして、次の図のように、下位の変換データを一部分上位の変換データとオーバーラップさせてやり、上位と下位のデータを合成するときに補正を加える方法が考え出されました。



このような方式をサブレンジング型と呼び、上位変換データと下位変換データの重なる部分を「オーバーレンジ領域」といいます。

実際の回路には必要に応じてラッチやサンプル&ホールド等の回路が含まれるほか、マルチプレクサと1つのA/Dコンバータで、各レンジの変換を順に行う方式等があります。

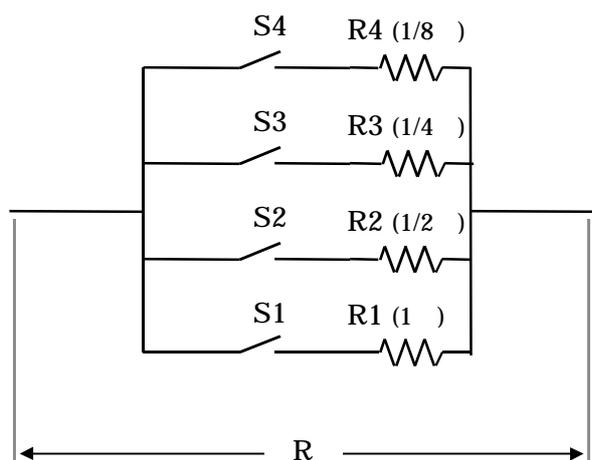
2 . D/A コンバータの種類としくみ

・バイナリ抵抗型D/A コンバータ

(8bit バイポーラ型の汎用品)

この方式は下の図のような抵抗の並列接続の性質を利用します。

右の図で、R2～R4 の抵抗はそれぞれ下の抵抗の 1/2 ずつの値になっている。



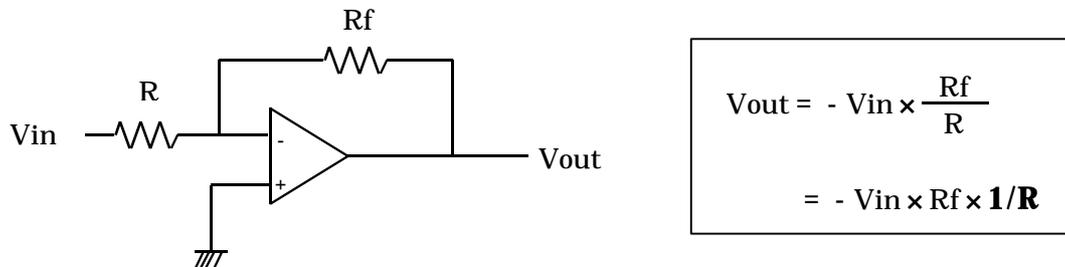
今この回路で各スイッチ (S) を入れたときの全体の抵抗値 (R) の逆数 (1/R) を調べてみると次のようになります。

S1 ON	$1/R = 1/R1$	=	1
S2 ON	$1/R = 1/R2$	=	2
S3 ON	$1/R = 1/R3$	=	4
S4 ON	$1/R = 1/R4$	=	8
S1, S2 ON	$1/R = 1/R1 + 1/R2$	=	3
S1, S3 ON	$1/R = 1/R1 + 1/R3$	=	5
S1, S4 ON	$1/R = 1/R1 + 1/R4$	=	9
S1, S2, S3, S4 ON	$1/R = 1/R1 + 1/R2 + 1/R3 + 1/R4$	=	15

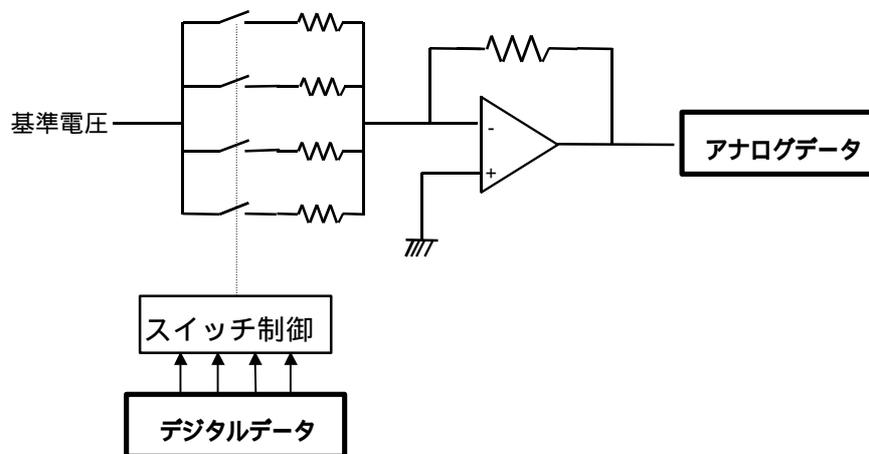
この表から分かるように、S1～S4 の操作によって 1/R は 2 進数の規則で変化し、S1 から順に 1、2、4、8 の意味を持っていることが分かります。

バイナリ抵抗型の D/A コンバータはこの性質を利用します。

下の図は OP アンプを使った「反転増幅器」ですが、この回路の出力電圧は右枠の式で計算されます。



そこで「R」の部分に前述の抵抗とスイッチのしくみを作ってやり、デジタルデータでスイッチの ON/OFF を制御できるようにすれば、Vout は与えられたデジタルデータに沿った電圧出力となるのです。



この方式は分解能を上げようとしたときに 使用する抵抗の抵抗値の範囲が非常に大きくなることと、 抵抗器に高い精度が求められるという難点があります。

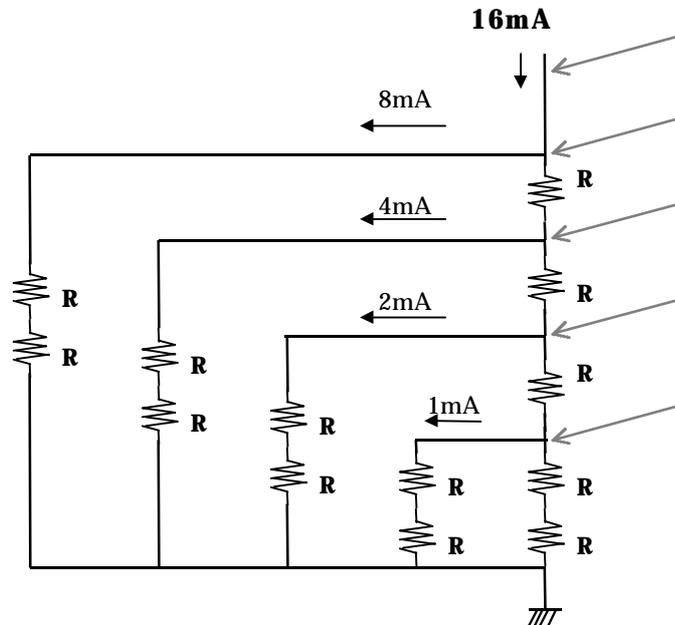
このため、同じ値の抵抗器を使用した「R-2R ラダー抵抗型」の D/A コンバータが考えられました。

・R-2R ラダー抵抗型D/A コンバータ (産業用、汎用品として広く利用されている)

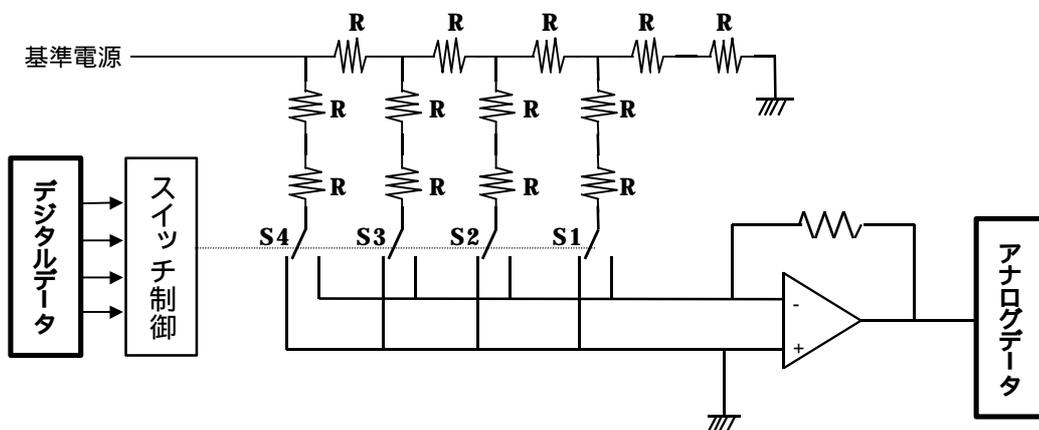
右図のような回路を考えてみます。図中の「R」は全て同じ値の抵抗です。

今 \square の点から下を見ると 2 つの分岐先の抵抗値はそれぞれ $2R$ ($2 \times R$) となり、全体の抵抗値は R となります。
同様に \square の点から見ても、2 つの分岐先の抵抗値はそれぞれ $2R$ となり、これは \square の点においても同じことがいえます。

ここで \square の点に 16mA の電流が流れているとすると、その電流は \square の点で 2 等分さ
も 2 等分されていき、それぞれ 8 、 4 、 2 、 1mA の電流に分かれていきます。



R-2R ラダー抵抗型 D/A 変換方式は、これらの電流を組み合わせることでデジタル値に相当する電流を作り、それを OP アンプで電圧に変換することにより D/A 変換を実現しています。下図にその回路を示しますが、 $S1 \sim S4$ の経路を流れる電流を OP アンプに流すかアースに落とすかを切替え、デジタル値に相当する電流を OP アンプに供給してアナログ電圧を発生させています。なお OP アンプの入力インピーダンスは非常に小さくしてあります。



・セグメント・デコーダ型D/A コンバータ

(産業用)

前項のように、デジタルデータの各 bit の値に応じた電流を加算してアナログデータを作る方式では、上位の bit になるほどそれに対応する電流値の精度を上げなければなりません。そのためには回路部品の精度を上げる必要がありますが、一方でコスト高になってしまうという問題があります。

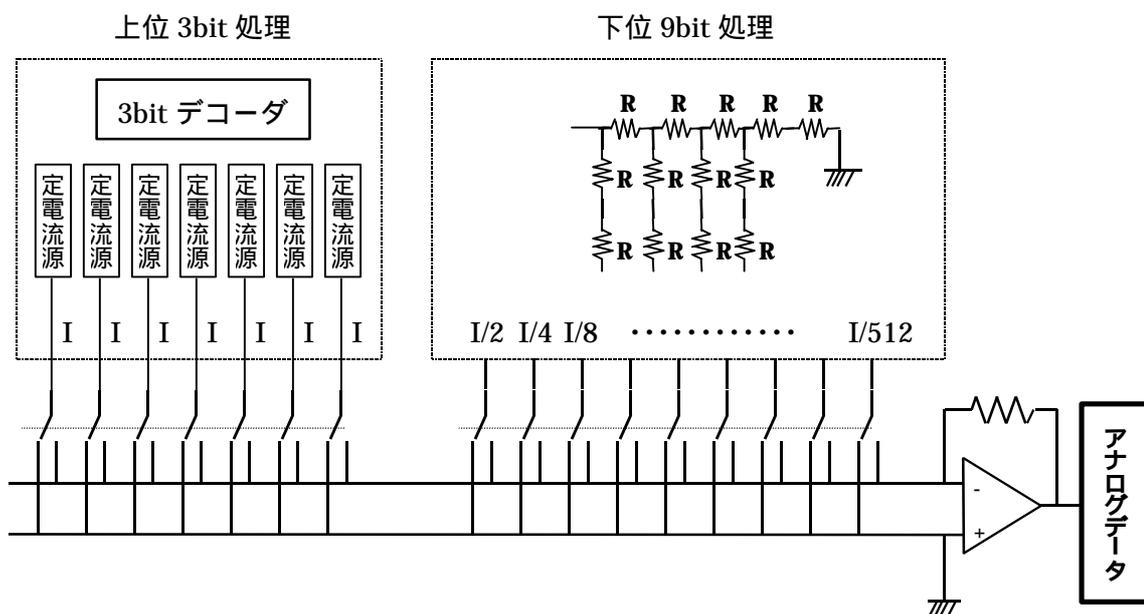
そこで「上位の bit の分は別に定電流源を用意する」方式が考えられました。

たとえば次のような 12bit のデータを D/A 変換するために、下位 9bit (B の部分) は R-2R ラダー型で変換用の電流を発生させ、上位 3bit (A の部分) は定電流源から電流を供給する方法です。



下図にその回路構成例を示します。

上位 3bit の処理部には電流値 I の定電流源が 7 個とデコーダが用意されています。



下位 9bit は R-2R 方式で、 $I/2 \sim I/512$ の組み合わせで変換用の電流を供給します。

一方上位 3bit のデータはまずデコードされ、その値の数だけスイッチを OP アンプ側に切替えることにより、 $I \sim 7I$ ($7 \times I$) までの電流を供給します。(たとえば上位 3bit が「101」のときには、5 個の定電流源が OP アンプ側に切替えられます。)

この方式は、上位 bit を分割してデコードすることから「セグメント・デコーダ型」と呼ばれ、コストをあまり上げずに上位 bit の変換精度を向上させられるのが特長です。

3 . A/D、D/A 変換の精度

A/D、D/A 変換の精度を表わす方法には大きく分けて「絶対精度」と「相対精度」とがあります。

・絶対精度

絶対精度とは、電子部品そのものが持つ特性や雑音に起因する精度のことをいい、次のような要素が含まれます。

・オフセット誤差

オフセット誤差とは、「0 入力に対して0 出力が正しく出るか」を表わす誤差をいう。

ユニポーラ D/A コンバータは、0 のコードを入力したときに変換後のアナログ出力の値が 0 に対してどれ位誤差があるかということ。

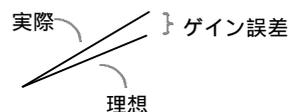
ユニポーラ A/D コンバータは、変換結果として 0 のデジタルコードを出力しているとき、アナログ入力信号の値が 0 に対してどれ位誤差があるかということ。

バイポーラ型も同様に誤差を規定しているが、フルスケールの 1/2 の値においての誤差を採用する。

・ゲイン誤差

A/D、D/A 変換とも入力と出力の関係は直線的に変化するが、「この直線の傾きが、本来の傾きに対して狂っていないか」を表わすものがゲイン誤差と呼ばれるものである。

したがってゲイン誤差とは「0 とフルスケールを結ぶ直線の傾き誤差」である。

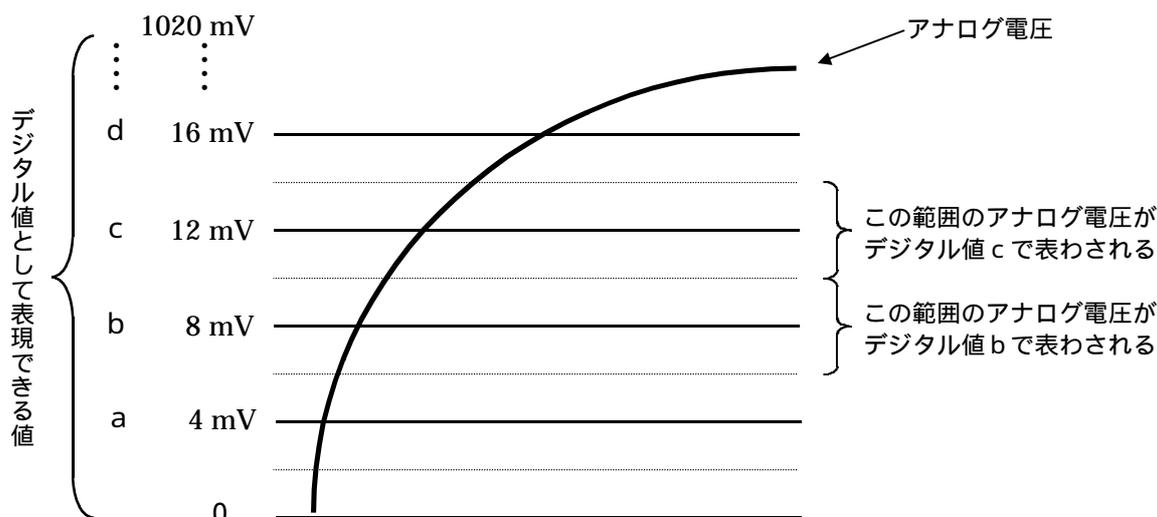


・量子化誤差

アナログ電圧をデジタル値で表現しようとすることを「量子化」という。量子化の際には、フルスケールの電圧を何 bit で表わすかが決められ、この bit 数を「分解能」と呼ぶ。（8bit の分解能のとき、デジタルデータで表わせる電圧は「フルスケールの電圧を 255 分割した飛び飛びの値のどれか」となる。）量子化されたデジタルデータの最下位 bit (LSB) に相当する電圧値を「1LSB」と表わす。（8bit の分解能なら、1LSB はフルスケール電圧の 1/255）

具体的な例として、0 から 1020mV まで変化する電圧を 8bit の分解能で量子化することを考えてみると、このとき $1\text{LSB} = 1020/255 \text{ mV} = 4\text{mV}$ となって、アナログ電圧は 4mV 単位でしか量子化できないことになる。

下図はこの例を図にしたものである。



実際にデジタルで表わせる値は図の a、b、c、d の電圧であり、その間のアナログ電圧たとえば b c 間の電圧は中央を境に b か c の値で示されることになる。

これを言い換えるとデジタル値 b で表わされた電圧は、実際には $b \pm 1/2\text{LSB}$ (図の例では $8\text{mV} \pm 2\text{mV}$) の範囲にあることになる。

この誤差はハードウェアの方式や素子の性能に起因するものではなく、量子化する以上避けられない誤差であり、「量子化誤差」と呼ばれる。

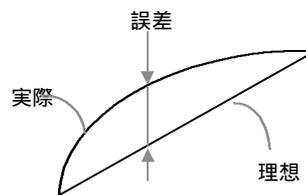
そして量子化誤差の範囲は最大 $\pm 1/2\text{LSB}$ である。

・相対精度

A/D、D/A コンバータとも、0点とフルスケール点の値が較正された後は、0 - フルスケール間は直線的な変化をすべきものですが、実際には完全な直線にはなりません。この直線性を表わすものが相対精度または直線性誤差と呼ばれ、「積分直線性誤差」と「微分直線性誤差」とがあります。

・積分直線性誤差

0とフルスケールを結ぶ理想直線に対し、実際のA/D・D/A変換特性がもつ誤差をいい、単位は「% of FS (Full Scale)」または「LSB」で表わす。積分直線性誤差は下の図のように誤差が最も大きいところで表現する。



・微分直線性誤差

D/A変換を例にとると、デジタル値が1bit増えたとき、本来ならば出力値は1LSB分だけ増えるはずであるが、実際には誤差が発生する。この、出力すべき値からどれくらい誤差があるかを示すのが微分直線性と呼ばれるもので、積分直線性と同様、最大値が採用される。

A/D変換の場合の微分直線性誤差は、A/D変換結果を1bit増加させるために変化させるアナログ信号の誤差を表わしていることになる。

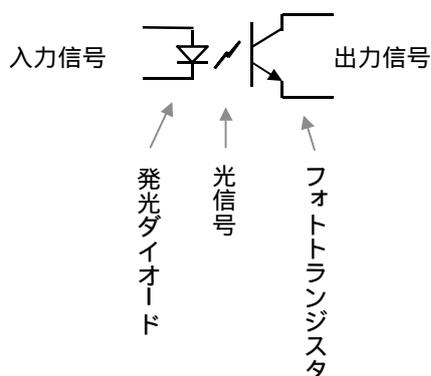
4. 計測・制御ボードにおける絶縁方式

計測・制御の対象となる機器には、パソコンとは異なる電気系統につながっているものや高い電圧を使用するもの、またコイルなど電磁誘導を起こす回路が含まれているものがあり、これらの機器は時として高電圧のノイズや、機器の故障による異常電圧を発生させることがあります。

その影響をパソコンに及ぼさぬようにするために、A/D、D/A 変換ボードや DI (デジタル入力) DO (デジタル出力) ボードには、外部機器とやり取りする信号を電氣的に絶縁 (アイソレーション isolation) するための「絶縁回路」が付加されているものがあります。

・絶縁方法

絶縁の方法には「フォトカプラ」が使用され、次のようなしくみで信号を電氣的に絶縁しています。



入力信号の「ON/OFF」は発光ダイオードで光信号の「ON/OFF」に変えられ、光信号がフォトトランジスタの電気信号を「ON/OFF」する。この方法により入力側と出力側を電氣的に絶縁しながら、かつ信号を伝達することができる。

この発光ダイオードとフォトトランジスタを組み合わせると 1 つの素子としたものを、フォトカプラといい、次のような回路記号で表現しています。



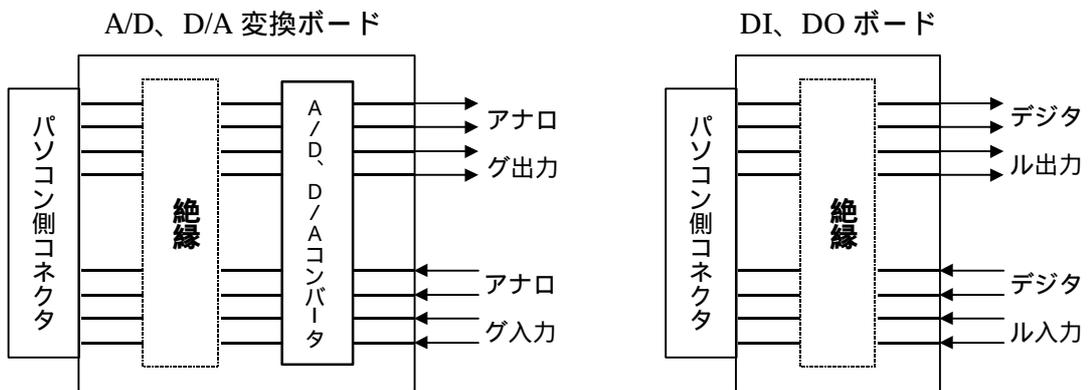
フォトカプラは非常に簡単な回路で絶縁できるため、広く利用されています。

・絶縁の形態

計測・制御ボードにおける絶縁の考え方は大きく分けて「バス絶縁」と「入出力信号間の絶縁」の2通りがあります。

・バス(BUS)絶縁

1つは下図のように、パソコン側の信号と外部機器側の信号の間を完全に絶縁してしまう方法で、これを「バス絶縁」といいます。
A/D、D/A 変換ボードのバス絶縁は、デジタル信号の部分で行われます。



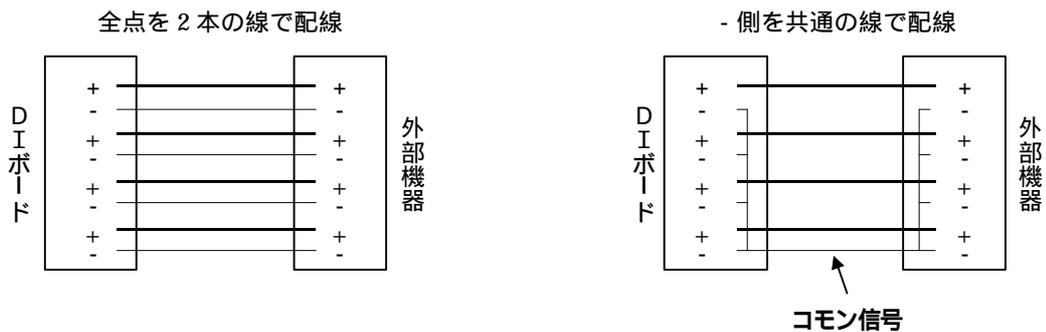
大きな電流を出力するための駆動回路や、A/D 変換のチャネル切替などの回路は絶縁部より外部機器側に置かれます。

・入出力信号間の絶縁

本題に入る前に「4点のDI（デジタル入力）ボード」を例にして、外部機器との接続について考えてみます。

このボードは4点のそれぞれに入力信号の「+側」と「-側」の電線を接続することになります。

したがって本来ならば下図左のように4点に対し8本の電線が接続されることになるわけですが、実際には右の図のように片方の信号を共通信号として1本の線で接続することが一般に行われています。この共通の信号を**コモン(common 共通)信号**といいます。（+側をコモンにする場合もあります。）



1台の外部機器を接続する場合は、双方のコモン信号同士を接続して問題ありませんが、複数の外部機器を接続するような場合はそれぞれの外部機器のコモン信号の電圧レベルに差異があるのが普通で、このようなコモン信号を計測・制御ボードの1つのコモン端子に接続すると外部機器同士の干渉が起きてしまいます。

そこで計測・制御ボードでは、

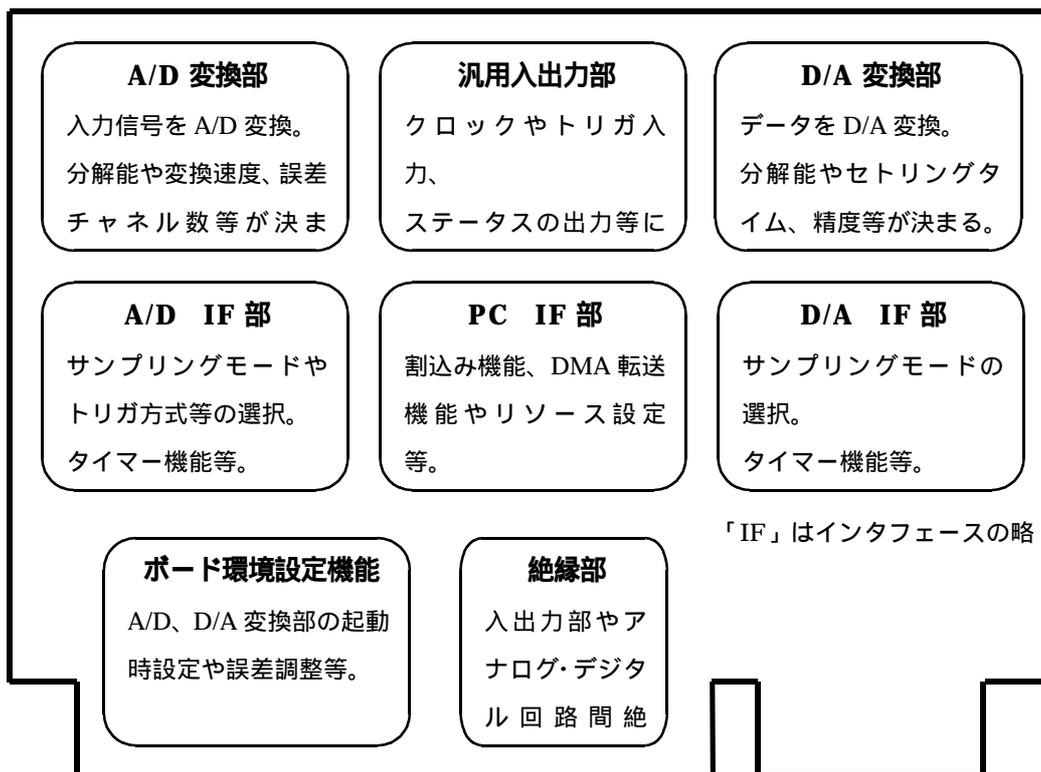
- ・いくつかの入出力端子をグループにまとめて、グループ間のコモン信号を互いに絶縁する。（**コモン絶縁**といい、「8点/1コモン」などと表現する）
- ・入出力端子間を1つ1つ完全に絶縁する。（**独立絶縁**という）

という「入出力信号間の絶縁」機能を持たせたものがあるのです。

1 . A/D、D/A 変換ボードの機能構成

A/D、D/A 変換ボードに搭載される機能は下図のように分類でき、この中からどの機能を 1 枚のボードに組み込むかによって、ボードのバリエーションが生まれます。

A/D・D/A 変換両用ボード



A/D 変換ボード

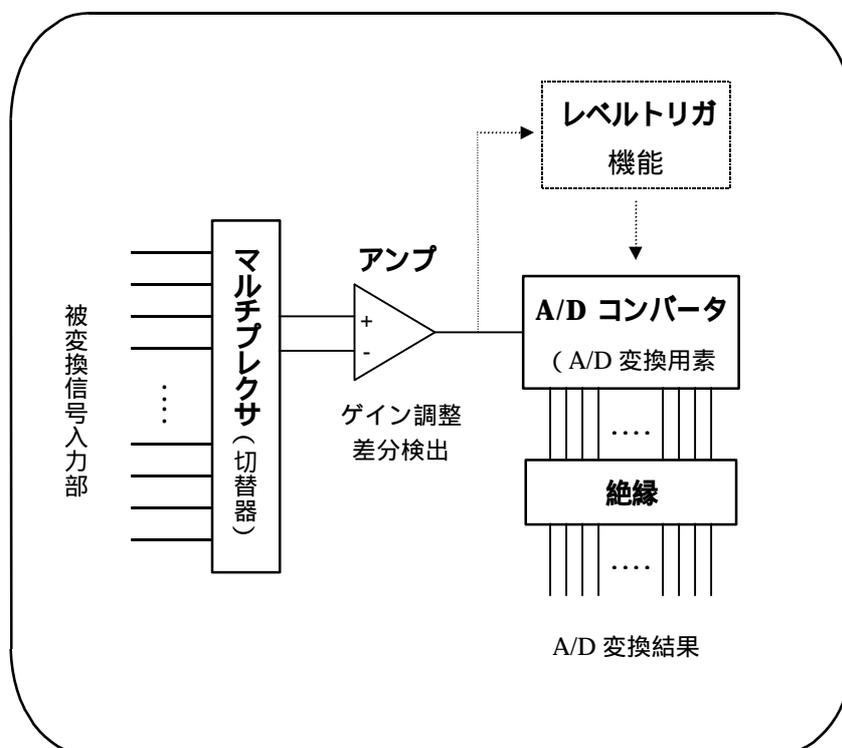


D/A 変換ボード



2 . A/D 変換部 (チャンネル切替方式) のしくみと用語

A/D 変換部概念図 (チャンネル切替方式)



・チャンネル切替方式

チャンネル切替方式とは、複数の被変換信号を 1 個の A/D コンバータに順次切替えながら変換する方式で、切替器をマルチプレクサ (MPX Multiplexer) と呼ぶ。

・チャンネル数

被変換信号を接続する入力部の数をチャンネル数といい、「ch」で表わす。

・チャンネルオートインクリメント

マルチプレクサの切替の方法には、プログラムで 1 つ 1 つのチャンネルを指定しながら切替える方法のほかに、ボードが自動的にチャンネルを切替えていくチャンネルオートインクリメント方式がある。

・シングルエンド入力と差動入力

入力チャンネルの1つ1つとGND(グラウンド、接地)間に被変換信号を加える方式を**シングルエンド入力**といい、入力チャンネル2つを1組としてそれぞれに被変換信号の+側と-側を接続する方式を**差動入力(ディファレンシャル)**という。



シングルエンド入力では対接地ノイズは変換結果に影響を与えるが、差動入力にすると対接地ノイズはch1とch2の間で相殺され変換結果に影響を与えない。ただし、差動入力方式では実質のチャンネル数はシングルエンドの半分になる。

・入力レンジ

A/D変換できる電圧の範囲を**入力レンジ**という。

・ユニポーラ型とバイポーラ型

入力レンジは $0 \sim +5V$ といった**ユニポーラ型**と、 $-5V \sim +5V$ (または $\pm 5V$ と表現) のような**バイポーラ型**とがある。

・PGA (Programmable Gain Amp)

入力レンジの電圧範囲の設定は、アンプの増幅度(ゲイン)の変更によって行われるが、その方法はジャンパSWなどの切替のほか、プログラムによって切替える**PGA**方式がある。

・A/D コンバータ

A/Dコンバータの方式には「**逐次比較型**」「**サブレンジング型**」など各種あるが、産業用として変換速度・精度・コストのバランスがよい「**逐次比較型**」がよく使用される。(各種の変換方式については3ページ参照)

・分解能

A/D コンバータが、フルスケールの電圧をいくつまで分解できるかということをも
分解能といい、それを **bit 数** で表わす。

たとえば分解能が 8bit で入力レンジが 0 ~ +5V であるとすれば、5/255 V 単位
で A/D 変換できるということである。

・変換時間 (変換速度)

A/D コンバータに変換の指示が与えられてからデジタル出力が現れるまでの時間
を変換時間 (変換速度) というが、入力チャンネルを切替えながら変換する際には
マルチプレクサの切替時間も加味する必要がある。

・A/D 変換の精度

A/D 変換の正確さを表わす要素として、A/D コンバータ自体の誤差に起因する**絶
対精度**と、A/D 変換の直線性を表わす**相対精度**がある。

(精度と誤差については 13 ページ参照)

・誤差を表わす単位として、フルスケール出力時の値に対する誤差を % で表わす
場合と、誤差が最下位 bit が表わす量の何倍にあたるかを $\times \times \text{LSB}$ (たとえば
 $\pm 1/2\text{LSB}$) で表わす場合とがある。

(**LSB** とは **Least Significant Bit** の略で、あまり重要ではない bit、つまり最下
位 bit の意味。これに対して最上位 bit は **MSB Most Significant Bit**。)

・レベルトリガ機能

時間的に変化するようなアナログデータを A/D 変換するとき、アナログデータ
がある値になった時点から先のデータを収集したい場合がある。

このようなときに入力信号の値を監視し、指定された値になったことを検出して
データの収集を開始させる機能を**レベルトリガ機能**という。

レベルトリガ機能には次のような仕様が決められている。

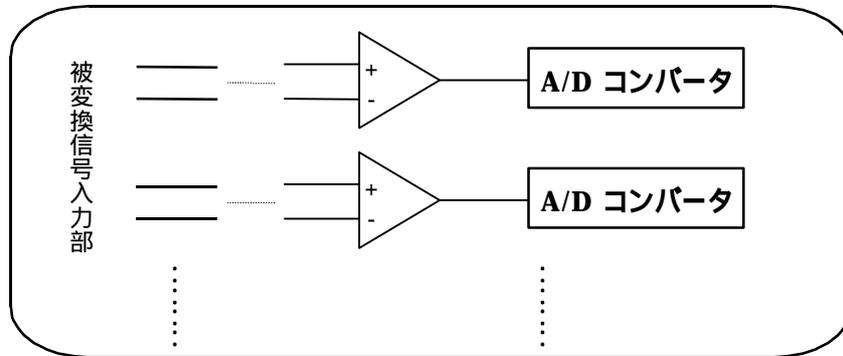
比較レベル数 (検出するべき値をいくつ設定できるか)

レベルの分解能は何 bit か

比較レベルの誤差はどれくらいか

3 . A/D 変換部 (同時変換方式) のしくみと用語

A/D 変換部概念図 (同時変換方式)



・同時変換方式

同時変換方式は同時変換したい数だけ A/D コンバータを用意したもので、1 枚のボードに複数の A/D コンバータを搭載する方法と、複数のボードを使用して同時変換する方法がある。(**EAB 機能** 下の記事参照)

EAB 機能 (Extended Acquisition Bus)

EAB とは、複数枚のボードを BUS 接続して使用するもので、そのうちの 1 枚がマスターボード、他のボードがスレーブボードとなります。

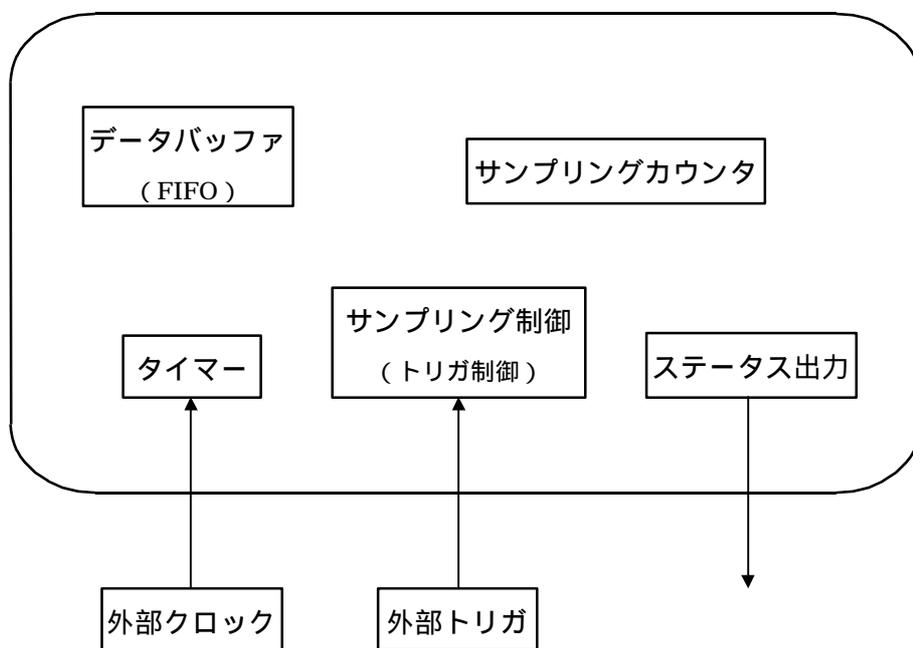
このとき、マスターボードに割り当てられたリソースですべてのスレーブボードをコントロールすることができ、同時サンプリングや多チャンネルサンプリングを可能にします。

各ボードの識別はボードのロータリスイッチの設定値によって行います。さらに各ボードにはサンプリング順序をコントロールするための「スキャンナンバー (SCN)」が割り振られ、このナンバーをユーザが自由に「SCN エントリ RAM」に書き込むことにより、各ボードは書き込まれた順序に従ってサンプリングを実行します。

アドテック・システム・サイエンスでは EAB 対応の製品を用意しております。

4 . A/D IF 部のしくみと用語

A/D IF 部の機能構成



- ・トリガ (Trigger 鉄砲の引き金の意味)

A/D コンバータに A/D 変換開始 (データサンプリング) を指示することをトリガという。

トリガ方式には外部から与えるパルス信号をトリガとして使用する外部トリガと、A/D 変換するアナログ信号が「あらかじめ設定したレベル」に達したときに自動的にトリガ信号を発生させるレベルトリガとがある。

トリガが発生したときのデータサンプリングのモードには、トリガが発生する毎に 1 回だけサンプリングするシングルサンプリングと、トリガ発生後タイマーに設定された時間毎にサンプリングするポストトリガ、およびトリガ発生時点から前にさかのぼってサンプリングするプリトリガとがある。

プリトリガモードでは常にソフトウェアでサンプリングを続けてその結果を記憶しておき、トリガ発生後必要などころまでさかのぼってデータを収集する。

・タイマー

周期的に繰り返しデータをサンプリングできるように**タイマー**が用意されている。

タイマーの仕様として、カウンタの bit 数と 1bit あたりの時間設定 (**タイマーカウント周期**) が決められている。

タイマーは、設定された時間経過後の割込み信号発生のためなどにも利用される。

・外部クロック

外部クロックはタイマーのカウント用に外部から供給する一定周波数の信号で、内部クロックでは対応できない周波数のクロック供給用である。

・サンプリングカウンタ

データサンプリングが行われた回数をカウントするために**サンプリングカウンタ**が用意されており、プログラムによってサンプリング回数を設定することができる。

このカウンタは、ポストトリガ・プリトリガモードにおける収集データの個数の指定や、一定数のサンプリングが終了した時に割込み信号を発生させるための処理などに利用される。

・バッファメモリ、FIFO メモリ

サンプリングしたデータは最終的にパソコンのメモリに読み込まれるが、高速のサンプリングをする場合にはサンプリングの都度パソコンにデータを送っている時間が取れない。

そこで A/D 変換ボード内に**バッファメモリ**を用意して、データを一旦そこに蓄積した後まとめてパソコンに送ることにより高速サンプリングを可能にした。

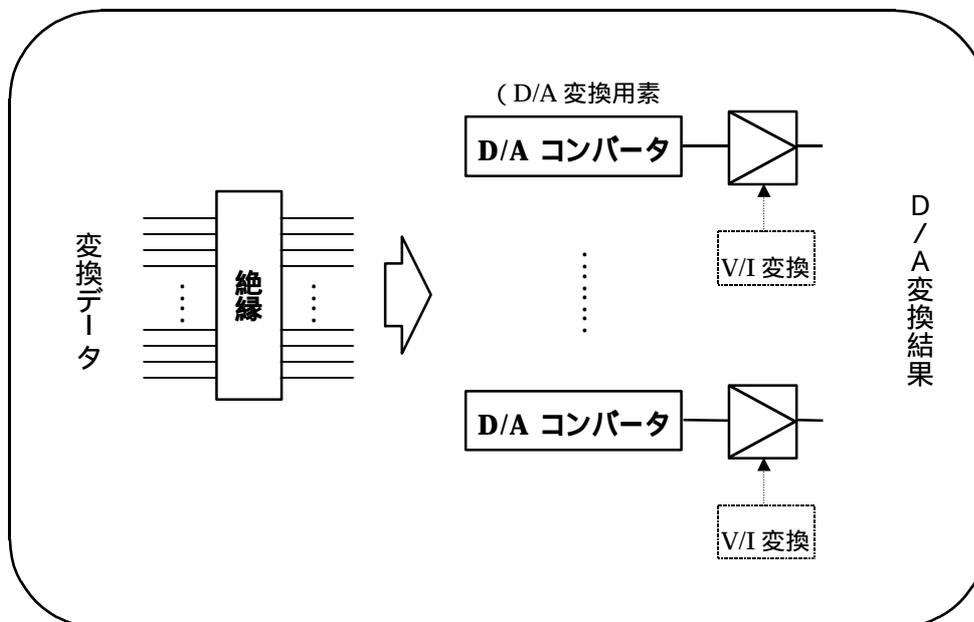
このバッファメモリはパソコンにデータを送るときに、サンプリングした順にデータを送出するので **FIFO** メモリ (**F**irst **I**n **F**irst **O**ut 最初にバッファに読み込んだデータを最初に送る、つまり読み込んだ順にデータを出力するという意味) と呼ばれる。

- ・ステータス出力機能

「A/D 変換動作が終了した」など、変換ボードの状況を知らせるためにステータス出力機能があり、これらの信号はデジタル出力部を通じてパソコンへの割込み信号などに利用される。

5 . D/A 変換部のしくみと用語

D/A 変換部概念図



・ 電圧タイプと電流タイプ

D/A 変換ボードは**アナログ電圧**を出力するタイプのものと、**アナログ電流**を出力するタイプのものがある。

・ 電圧レンジと電流レンジ

アナログ信号を出力できる値の範囲を出力レンジといい、**出力電圧レンジ**と**出力電流レンジ**がある。

出力電流レンジには 0 ~ 20mA と 4 ~ 20mA のレンジが多いが、これはカレントループに対応したものである。

・ ユニポーラ型とバイポーラ型

出力電圧レンジには 0 ~ +5V といった**ユニポーラ型**と、-5V ~ +5V (または ±5V) のような**バイポーラ型**とがある。

・チャンネル数

D/A 変換出力の数を**チャンネル数**といい「**ch**」で表わす。

D/A コンバータはチャンネル数の分だけ搭載されており、パソコンから与えられるデジタルデータはボード内のロジック回路によって該当する D/A コンバータに供給される。

・D/A コンバータ

D/A コンバータの方式には「**バイナリ抵抗型**」「**R-2R ラダー抵抗型**」などがあり、必要な分解能と精度によって使い分けられている。
(各種の変換方式については 9 ページ参照)

・分解能

D/A コンバータが何 bit でフルスケールの電圧や電流を出力できるかということ
を**分解能**といい、それを **bit 数**で表わす。

たとえば分解能が 16bit で出力電圧レンジが $-5V \sim +5V$ ($\pm 5V$) であるとき、
この D/A コンバータは $10/65535 V$ 単位で電圧を出力できるということである。

・セトリングタイム (Settling Time Settling は安定、固定の意味)

D/A コンバータにデジタルデータが与えられてから規定の精度の出力電圧 (または電流) が得られるまでの時間を**セトリングタイム**という。

・D/A 変換の精度

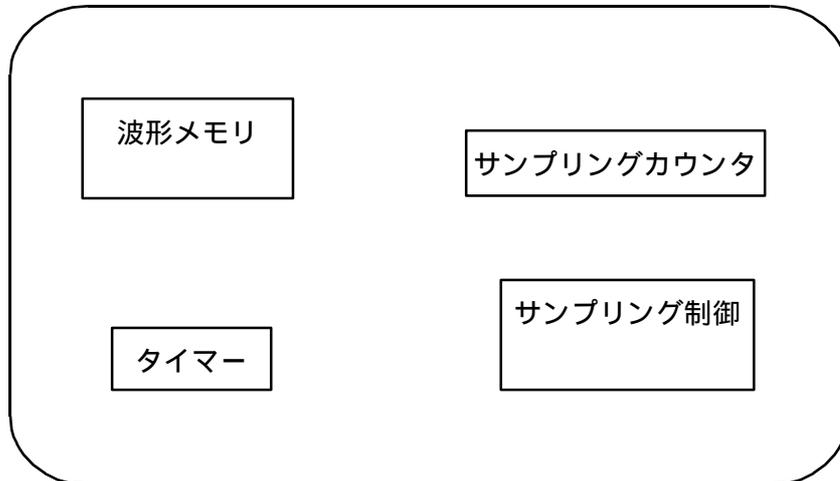
D/A 変換の正確さを表わす要素として、D/A コンバータ自体の誤差に起因する**絶対精度**と、D/A 変換の直線性を表わす**相対精度**がある。
(精度と誤差については 13 ページ参照)

誤差を表わす単位として、フルスケール出力時の値に対する誤差を % で表わす場合と、誤差が最下位 bit が表わす量の何倍にあたるかを $\times \times \text{LSB}$ (たとえば $\pm 1/2\text{LSB}$) で表わす場合とがある。

(**LSB** とは **Least Significant Bit** の略で、あまり重要ではない bit、つまり最下位 bit の意味。これに対して最上位 bit は **MSB Most Significant Bit**。)

6 . D/A IF 部のしくみと用語

D/A IF 部の機能構成



・波形メモリ

一連のデジタルデータを記憶しておき、そのデータを順次 D/A 変換させることができれば、ユーザは自由なアナログ波形の信号を作り出すことが可能になる。この目的で変換ボードに搭載されたメモリを**波形メモリ**という。パソコンから連続的に D/A コンバータにデータを送り続けても同じことができるが、波形メモリを使用することによって高速かつ簡単にアナログ波形を作り出すことができる。

・タイマー

周期的に繰り返しデータを D/A 変換 (サンプリング) できるように**タイマー**が用意されている。タイマーの仕様として、カウンタの bit 数と 1bit あたりの時間設定 (タイマーカウント周期) が決められている。タイマーは波形メモリからの信号取り出しの周期をコントロールしたり、一定時間経過後の割込み信号発生のためにも利用される。

・ サンプルングカウンタ

データサンプルングが行われた回数をカウントするために**サンプルングカウンタ**が用意されており、プログラムによってサンプルング回数を設定することができる。

このカウンタは、カウンタに設定された個数のデータを波形メモリから取り出してD/A変換したり、一定数のサンプルングが終了した時に割込み信号を発生させるための処理などに利用される。

・ サンプルング制御

サンプルング制御部は各種のサンプルングモード（ダイレクトアウトモード、オールメモリモード、バンクメモリモードなど）をコントロールする。

・ダイレクトアウトモード

波形メモリを使用しないモード。

変換データを受け取ると直ちにD/A変換して出力する。

・メモリエントリモード

波形メモリを使用するにあたって、あらかじめ波形メモリに変換データを書き込むためのモード。

メモリの使い方によって次の2通りのモードがある。

・バンクメモリモード

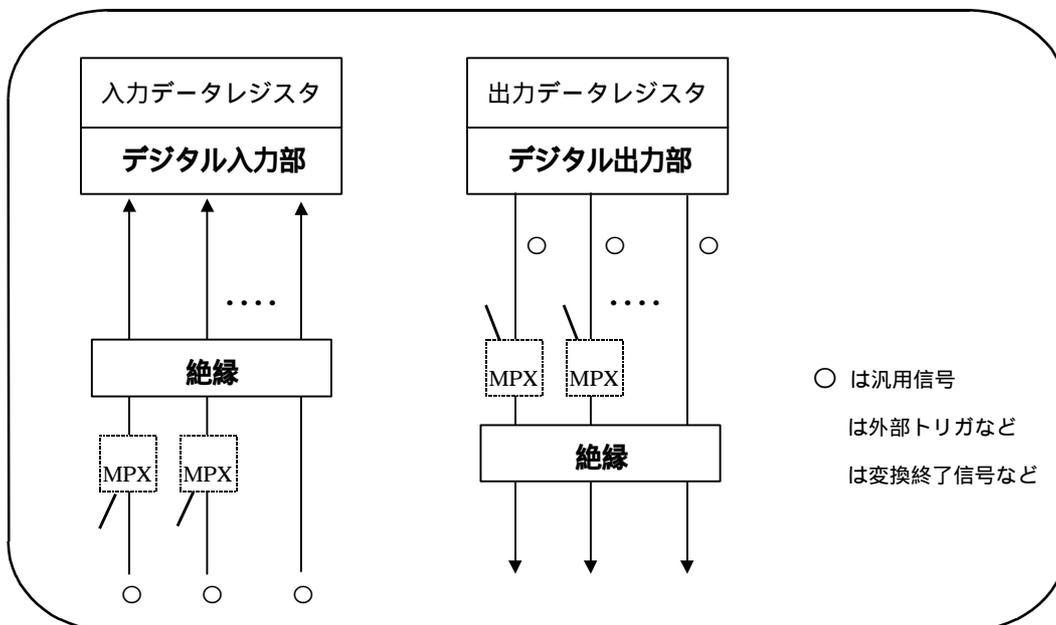
波形メモリを「バンク」と呼ばれるいくつかの領域に分割して、それぞれのバンクを「独立した1つの波形メモリ」として使用するモード。

・オールメモリモード

波形メモリ全体を1つの波形メモリとして使用するモード。

7. 汎用入出力部のしくみと用語

汎用入出力部の機能構成



・入力bit数(入力点数)

デジタル入力用に用意された信号ラインの本数を「入力bit数」または「入力点数」と表現する。

・デジタル入力部

デジタル入力部は入力データレジスタを持っており、それをプログラムでリードすることによって入力信号のそれぞれのbitが「0」か「1」かを知ることができる。

これらの入力信号は汎用信号として使用できるので、ユーザはそれぞれのbitに自由な役割を設定できる。

入力信号のいくつかのbitは、外部トリガや外部クロックなどよく利用される信号とマルチプレクサ(MPX切替器)で切替えられるようになっており、その切替はプログラムで行う。

外部トリガや外部クロックに切替えられたbitはA/D、D/A変換ボードのハードウェアが使用する。

・出力bit数（出力点数）

デジタル出力用に用意された信号ラインの本数を「出力bit数」または「出力点数」と表現する。

・デジタル出力部

デジタル出力部は出力データレジスタを持っており、そこにプログラムでデータを書き込むことによって出力信号の対応する bit を「0」か「1」にセットすることができる。

これらの出力信号は汎用信号として使用できるので、ユーザはそれぞれの bit に自由な役割を設定できる。

出力信号のいくつかの bit は、変換終了信号などよく利用される信号とマルチプレクサ（MPX 切替器）で切替えられるようになっており、その切替はプログラムで行う。

変換終了信号に切替えられた bit は A/D、D/A 変換ボードのハードウェア自身がセットする。

8 . PC IF 部のしくみ

PC IF 部の機能構成



・ 割り込み機能

A/D、D/A 変換ボードには**割り込み機能**が装備されており、プログラムによって「割り込み許可」が設定されている状態で割り込みの条件が発生すると、ボードはパソコンに対して割り込み要求信号を出す。

割り込みの条件には次のようなものがある。

割り込み条件の例	
サンプリング終了	A/D、D/A サンプリングが1つ終了することに割り込み。
サンプリング件数	サンプリング件数がカウンタにセットした値になったとき。
タイマー	タイマーにセットした時間が経過した時点で割り込み。
FIFO	FIFO バッファにデータが一杯(フル)または半分(ハーフ)溜まったときに割り込み。(フルかハーフはユーザが指定)
DMA	DMA 転送したデータ数が、ユーザ指定の数になったとき。
外部割り込み信号	割り込み信号として使用している入力ポートに割り込み信号が

・ DMA 転送機能

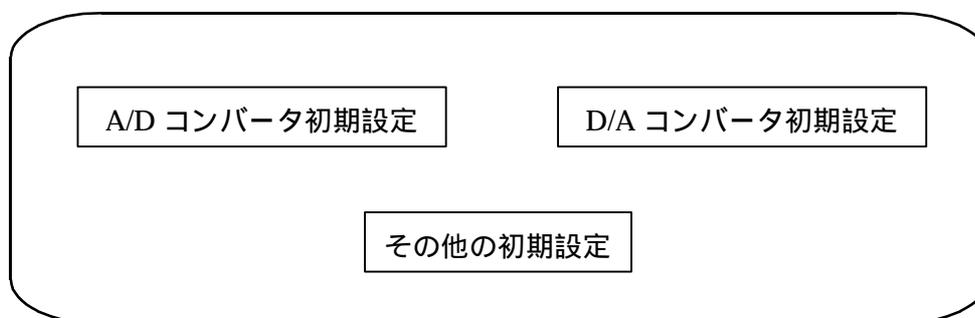
DMA 転送機能はパソコンの DMA 機能を利用する。したがって転送速度などはパソコンに依存する。

・ リソース設定機能

リソース設定機能は Plug & Play 機能の提供、もしくは I/O アドレスや割り込みレベル、DMA チャンネルなど各種リソースの設定を行う。

9. ボード環境設定機能のしくみ

ボード環境設定部の機能構成



ボード環境設定部は、電源投入時やリセット信号を受け取ったときに各機能の初期化を行う。

・A/D コンバータ初期設定部の働き

A/D コンバータのオートキャリブレーション (Auto Calibration 自動校正)
PGA のオフセット/ゲイン誤差調整
レベルトリガ関連の設定

・D/A コンバータ初期設定部の働き

パワーON/システムリセット時の 0V 出力調整
オフセット/ゲイン誤差調整

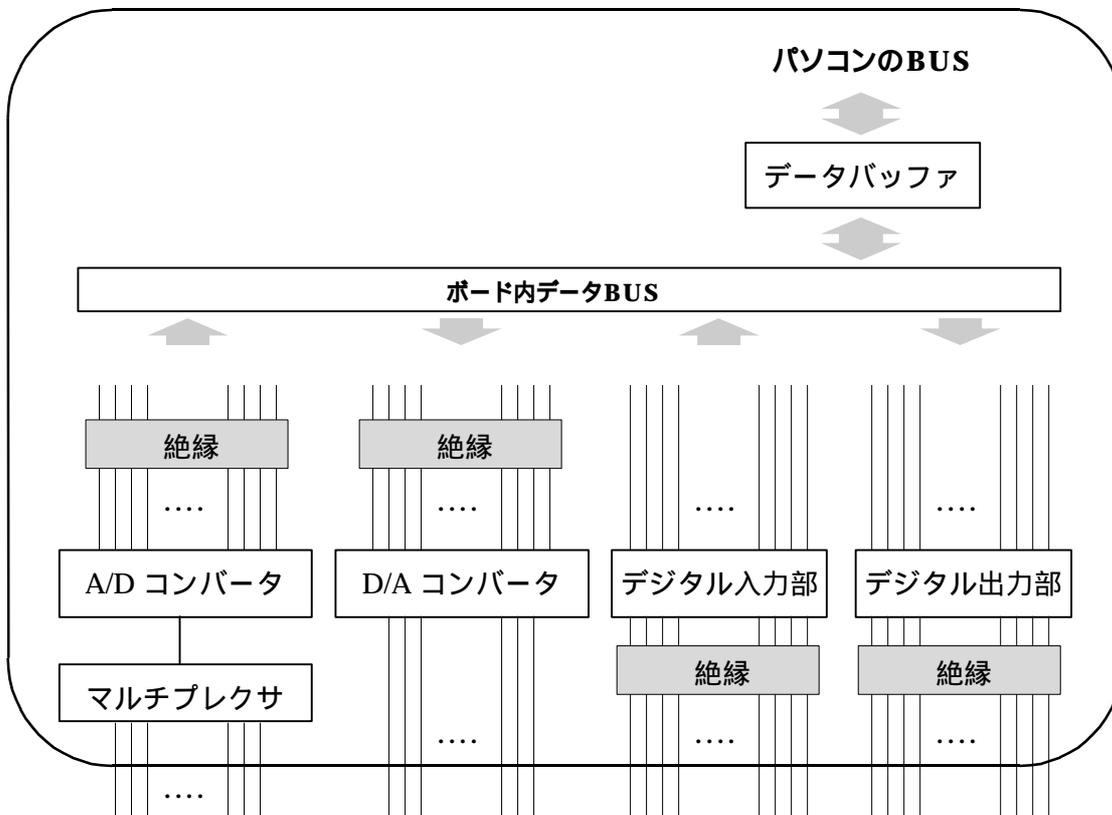
・その他の初期設定

機種特有の機能の初期設定

(PGA については 21 ページ参照)
(オフセット/ゲイン誤差については 13 ページ参照)
(レベルトリガについては 22 ページ参照)

10. 絶縁部のしくみ

絶縁する個所の例



・絶縁の概要

- ・ パソコンに実装された計測・制御ボードと外部機器を接続して使用するときに、外部機器側の異常電圧やノイズによってパソコンの故障や動作異常を引き起こすことがある。

これを防ぐ目的のために、外部信号の系統とパソコン側の信号系統を絶縁する方式が採用され、この方式を**バス絶縁**という。

- ・ 絶縁は主に TTL 信号の部分で**フォトカプラ**によって行われる。
- ・ したがってドライバ出力のための回路などは絶縁部の後（外部機器側）に設けられる。
- ・ このほかに外部信号の入出力部の**各チャンネル間を絶縁**する方式もあり、この方式は「異なる電源系統の外部機器をチャンネルに接続したときのチャンネル間の干渉を防ぐ」目的で採用される。

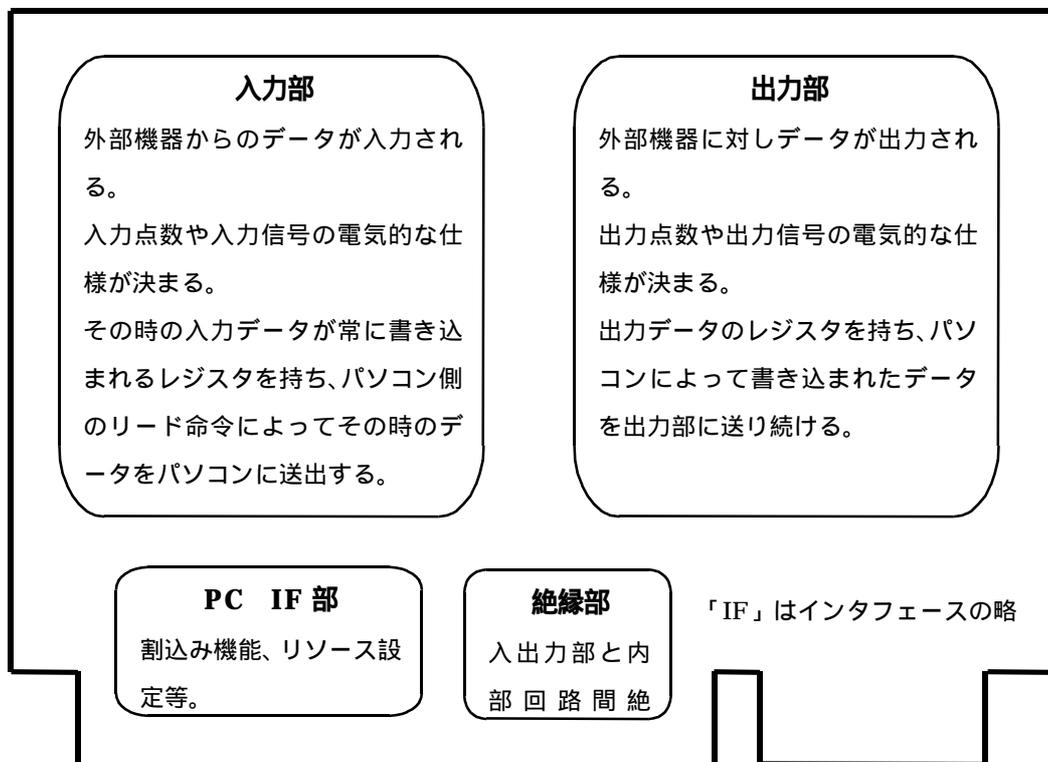
（絶縁の詳細とフォトカプラについては 16 ページ参照）

1. デジタル入出力ボードの機能構成

デジタル入出力ボードの機能は次の図のような機能から構成され、特に入力部・出力部の入出力点数や入出力信号の仕様によってボードの性格が決まります。

また、同じ信号線を入出力共用に利用するタイプのものは、PPI (Programmable Parallel Interface) と呼ばれる IC を使用したタイプのものと、PPI を使用しないタイプのものがあります。(後述)

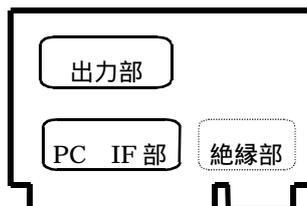
デジタル入出力ボード



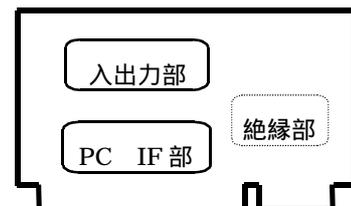
デジタル入力ボード



デジタル出力ボード



デジタル入出力共用ボード



2. 入力部のしくみと用語

・シンクタイプとソースタイプ (sink 吸い込まれる。source 源)

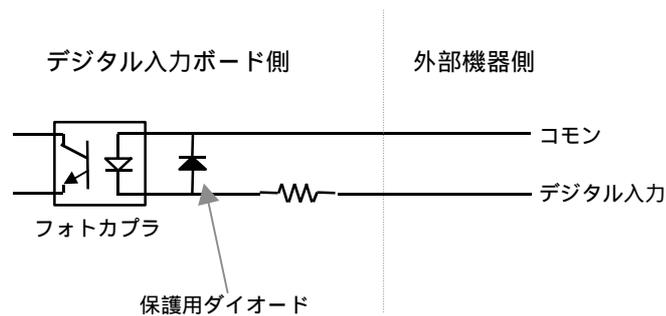
入力部は外部機器からの信号が入るところで、その入力形式には大きく分けて「シンクタイプ」と「ソースタイプ」がある。

シンクタイプとは、「外部機器からデジタル入力ボードに電流が流れ込む」タイプのものを指し、ソースタイプは「デジタル入力ボードから外部機器に電流が流れる」タイプのものを指す。

・入力部の回路方式

入力部の信号取り入れ部分には TTL 方式のほか、次のような方式がある。

a. フォトカブラに直結



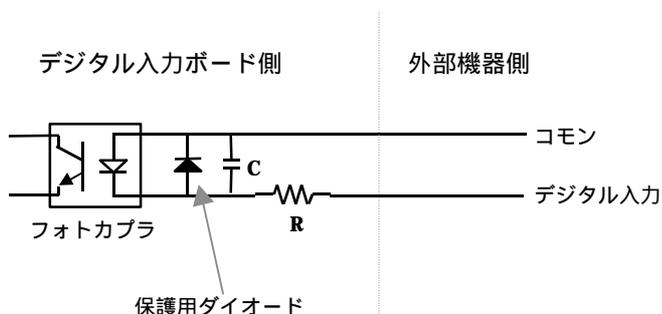
上図はフォトカブラの LED のアノード(陽極)側を共通としているので「アノード共通方式」とも呼ばれる。

そして電流は共通側から入力信号端子に向かって流れるので、これは「ソースタイプ」である。

この方式はもっとも単純な絶縁型の入力方式で、外部からの入力信号にノイズが乗っているとそのまま伝わり、誤った情報としてパソコンに入力される惧れがある。

とくにリレーの接点信号には、立ち上がり時にチャタリングが起きる場合が多く、このような入力信号に対しては信号の安定を待ってからパソコンにデータを取り込むようなソフト上の工夫が必要になる。

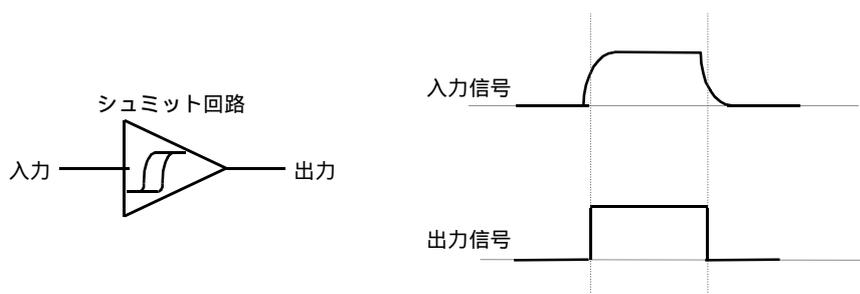
b . CR 積分回路を通す



上図のように適当な値の抵抗とコンデンサによる **CR 積分回路**を入れた入力方式を使うと、入力信号の立ち上がり時にコンデンサを充電するため、チャタリングは吸収されて入力波形は改善される。

c . シュミット回路を通す

シュミット回路は入力信号をそのまま出力するのではなく、下図のように「入力信号がある値以上になった時に出力信号を立ち上げ、入力信号の立ち下がり時にも入力信号がある値以下になった時に出力信号を立ち下げる。」



この回路を通すことにより、信号波形を整形することができる。(ただし信号に若干の遅れは生ずる)

出力信号が“L” “H”または“H” “L”に切り替わるときの入力信号の値をそれぞれ「スレッシホールドレベル」というが、この2つのスレッシホールドレベルの値の差が大きいほどノイズに強いシュミット回路となる。

3. 出力部のしくみと用語

・シンクタイプとソースタイプ (sink 吸い込まれる。source 源)

出力部は外部機器に信号を送り出すところで、入力部と同様に、その出力形式には大きく分けて「シンクタイプ」と「ソースタイプ」がある。

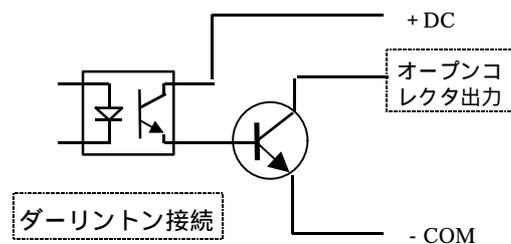
シンクタイプとは、「外部機器からデジタル出力ボードに電流が流れ込む」タイプのものを指し、ソースタイプは「デジタル出力ボードから外部機器に電流が流れる」タイプのものを指す。

・出力部の回路方式

デジタル出力ボードは外部機器の制御に利用されることが多く、出力部の回路には高い電圧や大きな電流に耐えることが要求される傾向がある。

そのため出力部の回路には **TTL 方式** のほか、電流容量 (ドライブ能力) の大きなトランジスタや **MOS FET**、リレーなどが使用される。

また回路方式も、負荷を駆動するための **オープンコレクタ出力** や、大きな電流を流す工夫として **ダーリントン接続** などが利用される。



上の図で、フォトカプラとトランジスタの接続部分を「ダーリントン接続」といい、フォトカプラの出力をドライブ能力の大きいトランジスタのベースに直結することにより、あたかも1つのトランジスタのように振る舞う回路となる。

そしてデジタル出力ボード上では出力トランジスタのコレクタをオープンにしておき、外部機器の接続を通して外部機器側から負荷の駆動に十分な電源を供給する。このような方式を「オープンコレクタ」方式という。

また上図の出力方式を「シンクかソースか」でいうならシンクタイプである。

4. 入出力部(入出力共用タイプ)

- ・入出力共用タイプには大きく次の3つのタイプがある。

PPI (Programmable Parallel Interface 8255) 搭載の TTL 入出力タイプ

PPI を使用しない TTL 入出力タイプ

PPI を使用しない絶縁型のタイプ

- ・PPI はマイコンの周辺機器接続のための双方向パラレルインタフェース用 IC として開発されたものであるが、デジタル入出力ボードにも汎用のコントローラとして利用されている。

1つのPPIには8bitずつ3つのポートがあり、そのうちの1つは1bit毎に入出力の方向を設定できる。(他の2ポートは8bit単位)

このタイプのものはPPIの使用に馴れた人向き。

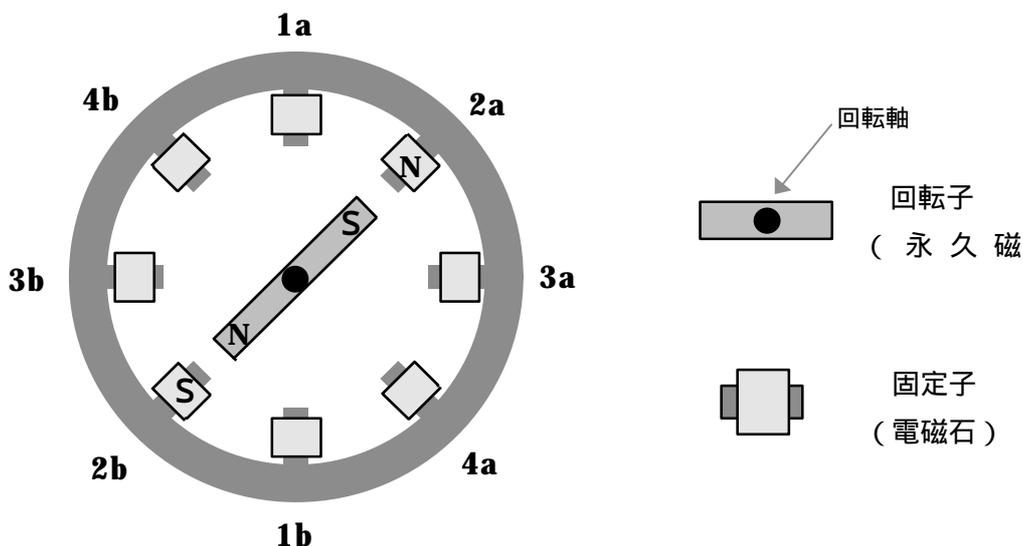
- ・PPI を使用しないボードは8bit単位に入出力方向を設定できるものが多い。その他の機能はPPI搭載のものと同様である。

1. モータ制御の基本

制御に使用されるモータにはAC モータ、DC モータ、ステッピングモータがあり、このうちの AC モータと DC モータはそれぞれ AC 電圧、DC 電圧を供給している間は回転し続け、またステッピングモータはパルス信号を与えることにより、そのパルスの数に応じた角度だけ回転するモータのことをいいます。

・ステッピングモータ

ステッピングモータの最も単純な形態は、次の図のように永久磁石でできた回転子と電磁石の固定子から構成されるモータである。



上の図で、今 2a と 2b の固定子のペアが図のように磁化されているとすると、回転子は 2a と 2b の間で停止する。

次に 3a と 3b のペアが磁化されたとすると回転子は 3a と 3b に挟まれた位置まで（図の例では 45 度）回転する。

ステッピングモータはこのように、固定子の磁化状態を順次切替えることにより回転子をステップ状に回転させるモータである。

実際のステッピングモータは回転子の極数を増やすための工夫がしてあり、固定子の磁化状態もそれぞれの極が連続して変化している。

・励磁回路

パルスモータは「パルスが 1 個与えられる毎に固定子の磁化状態が順次移動していくようなしくみ」が必要になるが、これを実現する回路を励磁回路とよぶ。

・ステッピングモータの回転のコントロール

ステッピングモータでは、与えるパルスの個数でモータの回転角度を、またパルスを与える速度を変えることにより回転速度をコントロールする。

・サーボ機構

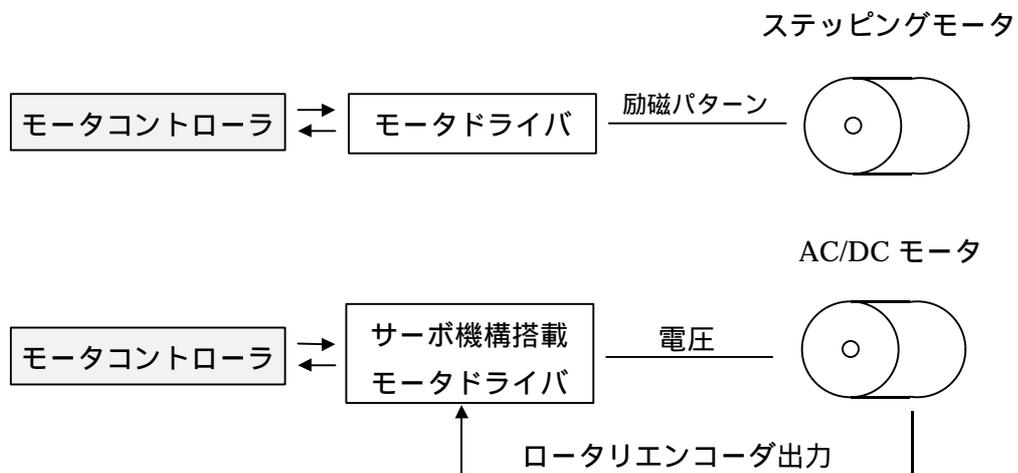
AC / DC モータに「ロータリ・エンコーダ(モータの回転角度や速度を検出する機構)」を取り付け、この出力を監視しながら細かくモータをコントロールすることにより、ステッピングモータと同等の制御を実現しようとする機能。

この機能は、モータのドライブ装置としてモータのメーカーから提供されるのが普通である。

またこのドライバの機能は「パルス列制御機能」と呼ばれる。

・モータコントローラボード

モータコントローラボードはステッピングモータのコントロール用に作られており、AC/DC モータのコントロールにもサーボ機構を装備したドライバとともに利用される。



2. モータコントローラボード

・コントローラボードのバリエーション

モータコントローラボードの特性は大きく次の3つに分類される。

- ・補間ドライブ機能の有無
- ・速度と軸数
- ・コントロールの種類（各種ドライブ機能など）

・補間ドライブ機能

2つのモータを利用して制御の対象物を2次元的に移動させる場合、アプリケーションによってはその移動の軌跡を指定したい場合がある。（たとえば軌跡に従い材料を切断するような加工機の場合）

このような時に「**移動の軌跡をプログラムによって指示できる機能**」を補間ドライブ機能という。

補間には2点間を直線で結ぶ「**直線補間方式**」と円弧で結ぶ「**円弧補間方式**」があり、補間の計算はコントローラボード上のCPUが行い、ユーザはコントローラに対する簡単なコマンドで指示することができるようになっている。

またいくつもの補間ドライブを続けて実行させる「**連続補間ドライブ機能**」を備えたコントローラも用意されている。

・出力周波数

モータコントローラが発生するパルスの速度によってモータの速度が決まるが、コントローラではこの規格を「**最高出力周波数**」で表現し、単位は「**PPS Pulse Per Second**（パルス数/秒）」で表わす。

最高出力周波数は直線ドライブの場合の値と、補間ドライブ対応のコントローラでは補間動作時の値を併せて示するのが普通である。

・ 軸数

コントローラボード 1 枚で制御できるモータの数を**軸数**といい、「2 軸ステップ/サーボモータコントローラボード」、「4 軸ステップモータコントローラボード」などと表現する。

軸毎の制御を 2 軸のコントローラボードの例でいうと、1 軸毎に単独に制御する「**単独ドライブ**」、2 軸を同時に制御しての「**補間ドライブ**」がある。

・ 回転方向の制御

モータの回転方向の指定の方法には 2 種類があり、**モータドライバによって決まる**。

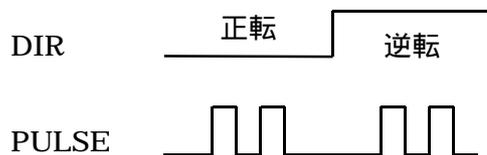
・ **CW/CCW 方式** (2 パルス方式)

この方式では、モータドライバに「時計回り用のパルス信号」を供給する端子と「反時計回り用のパルス信号」を供給する端子とが用意されていて、コントローラは必要な端子にパルス信号を送る方式である。

CW	Clocked Wise	時計回り (正転)
CCW	Counter Clocked Wise	反時計回り (逆転)

・ **DIR/PULSE 方式** (1 パルス方式)

この方式ではモータドライバに対し、DIR 信号で正転/逆転を指定し、PULSE 数で回転角度を指定する。



・各種のドライブ機能

モータのドライブ機能には、モータコントローラによって各種の方式があり、呼び名も異なっているので注意が必要であるが、大体次のような方式がある。

・位置決めドライブ

INDEX DRIVE }
PRESET PULSE DRIVE } 指定されたパルス数だけドライブする機能。

ABSOLUTE DRIVE 指定された絶対座標まで移動する方式。

・動きっぱなし

SCAN DRIVE }
CONTINUOUS DRIVE } 何らかの STOP 信号か限界パルス数が来る
まで動作。

・1パルスドライブ

JOG DRIVE 1パルス分だけ動作。

・原点検出ドライブ

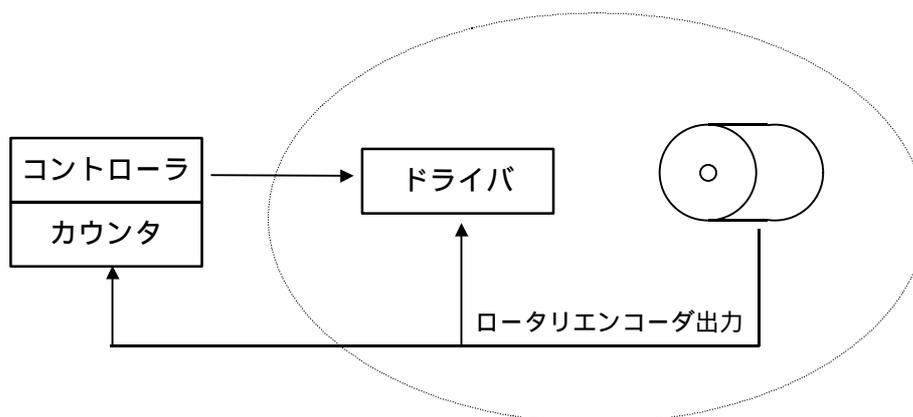
ORG DRIVE }
SIGNAL SEARCH DRIVE } 機械原点まで移動。

・オーバーライドドライブ

動作中に速度や移動量などの新たな値を指定できる機能

3. カウンタ

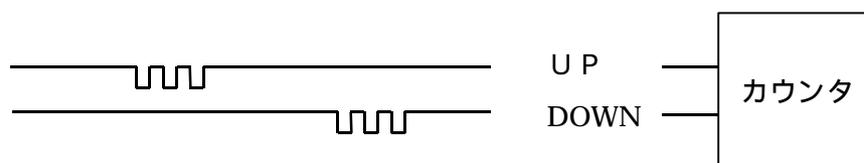
モータコントロールにおいては、移動量を測るためにカウンタがよく使用されます。そのため汎用のカウンタボードが用意されているほか、モータコントローラボードにカウンタ機能が搭載されているものもあります。



通常、モータ制御は上図点線内の閉じたループで制御されるが、アプリケーションによっては、独自にカウンタでロータリエンコーダ出力をカウントして制御することもある。

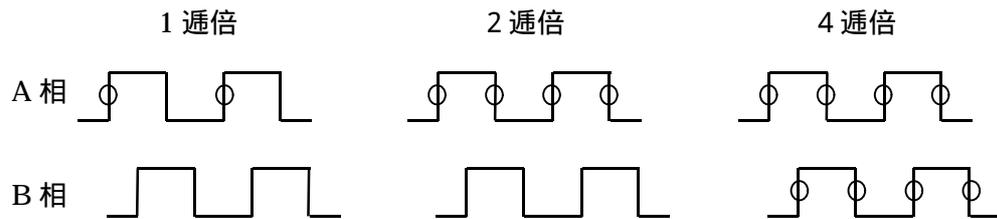
・ UP / DOWN カウンタ

下図のようにカウンタを増加させる信号入力部と、カウンタを減じる信号入力部を持つカウンタ。



・ 逡倍機能

カウンタに供給する「カウント用の信号」を、下図のように A、B 相の 2 系統の信号を使い、「それらの信号のどの部分が来た時にカウンタを進めるか」をコントロールすることによって、カウント精度を 1、2、4 倍に設定できるようにしたもの。



上図にカウントアップ時の「逡倍」の動作例を示すが、「逡倍の設定」に応じて、A 相、B 相の各信号の 印のところでカウンタが進むようになっている。

・ プリスケアラ機能

回転テーブルのように、無限に回転するものの位置を管理する場合、カウンタがオーバーフローするとその後の位置は見失われてしまう。

それを防ぐために予め最大カウント値をセットし、それを超えた場合、自動的に 0 からの再カウントが行われるようにコントロールすることを**プリスケアラ機能**という。

・ アドレス管理

カウンタ内蔵のモータコントローラが自分の出したパルスをカウントして、その値から、現在のモータの回転位置（アドレス）を判断することができる。

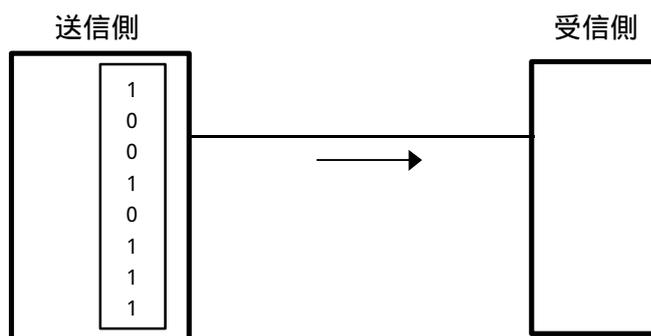
この方法に基づくアドレス管理を**内部アドレス管理**という。

これに対して、実際にエンコーダの出力を監視してその値に基づいて実位置を管理する方式を**外部アドレス管理**という。

この 2 つの方式により得られたアドレスの差異を「**偏差**」という

1. シリアルインタフェース

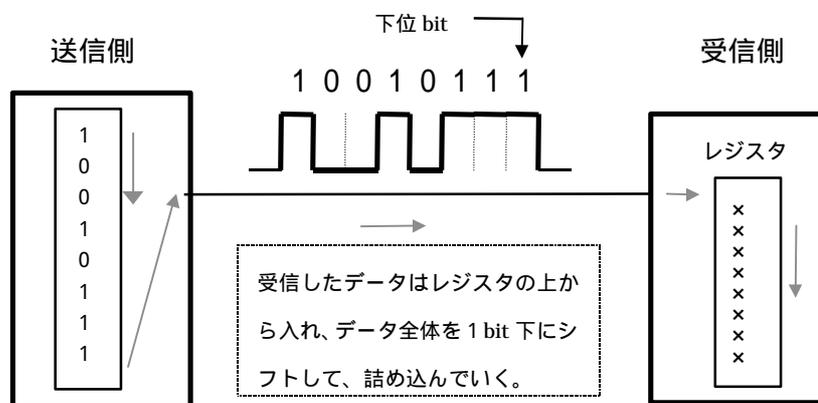
シリアルインタフェースは、1本のラインでデータを通信しようとするもので、これは「送信線と受信線が1本ずつしかない」電話回線を使用してデータをやり取りするために考えられた通信方法です。



したがって複数の bit からなるデータを通信しようとする、1 bit ずつ何回かに分けて通信することになります。

実際には下図のように、送信側はデータを 1 bit ずつシフトしながら送り出し、受信側は受け取ったデータを 1 bit ずつデータ保管場所（これをレジスタという）に詰め込んでいく方法がとられます。

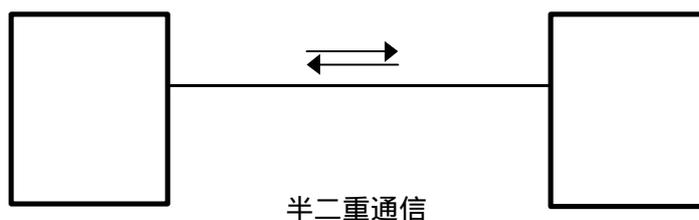
そしてこれを bit の数だけ繰り返すと、受信側レジスタには送信したと同じデータが再現されることになります。



2. 半二重通信と全二重通信

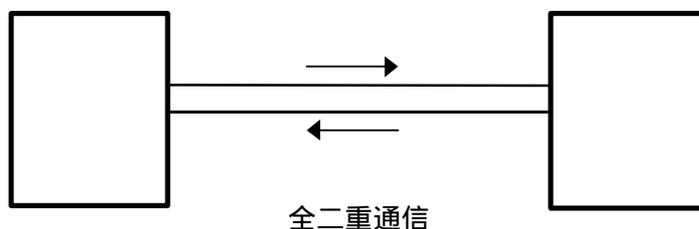
・半二重通信

半二重通信は1本のラインを使用して相互に通信する方式で、従って同時通信はできない。



・全二重通信

全二重通信は送信・受信用にそれぞれ独立したラインを使用して通信する方式で、同時通信が可能である。



3. シリアル通信の規格化

シリアルインタフェースは電話回線を利用して通信するために発案されたものですが、そのためには通信条件を世界的に標準化する必要がありました。

そこで各国の標準化機関がこの規格化を進め、日本ではJISの中で「RS-232C」という番号の規格が作られ、この中に「同期式通信」と「調歩同期式通信」の規格が定められています。（それぞれの通信方式については後述）

パソコン通信では全二重の調歩同期式通信がよく利用されています

4. 同期式通信

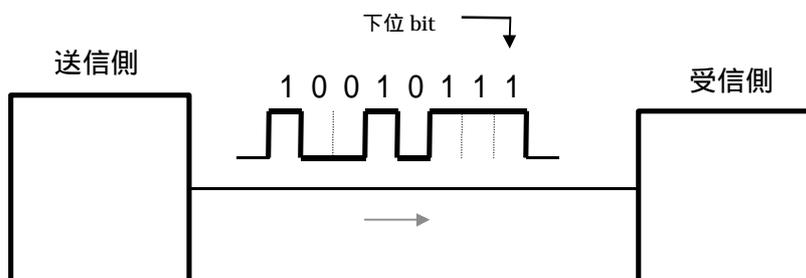
シリアル通信は1本のラインによってデータ転送を行う訳ですが、シリアル通信で受信側が正しくデータを取り込むために必須の条件が1つあります。それは、

送信側がどんな速度で1bit ずつ切り替えて送信しているか

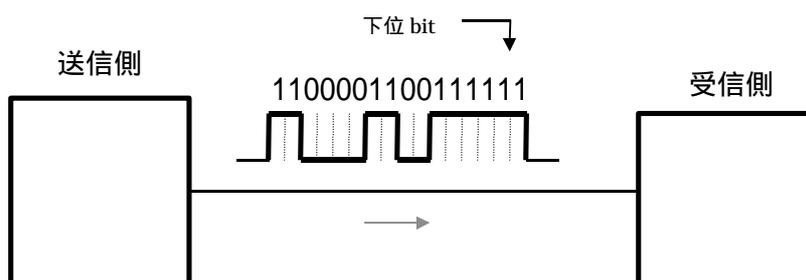
ということです。

例

「10010111」という1Bのデータを、 $2/1000$ 秒毎に1bit ずつ送信した場合と……



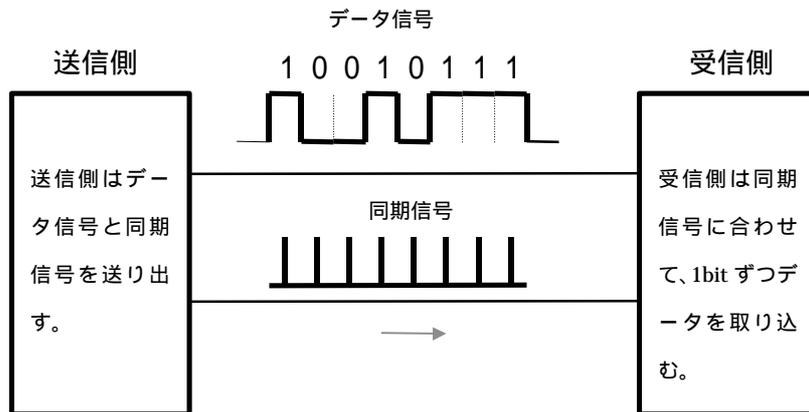
「1100001100111111」という2Bのデータを、 $1/1000$ 秒毎に1bit ずつ送信した場合は、信号波形は同じになるが……



受信側はデータ信号を見ただけでは、相手がどんなタイミングでデータを送信しているか分からない。したがって、1bit ずつデータを取り込むための時間間隔をどれだけにしてもよく分からない。

そこで送信側はデータ信号のほかに、データを 1bit 切り替える毎に同期信号を送り出すことにしました。

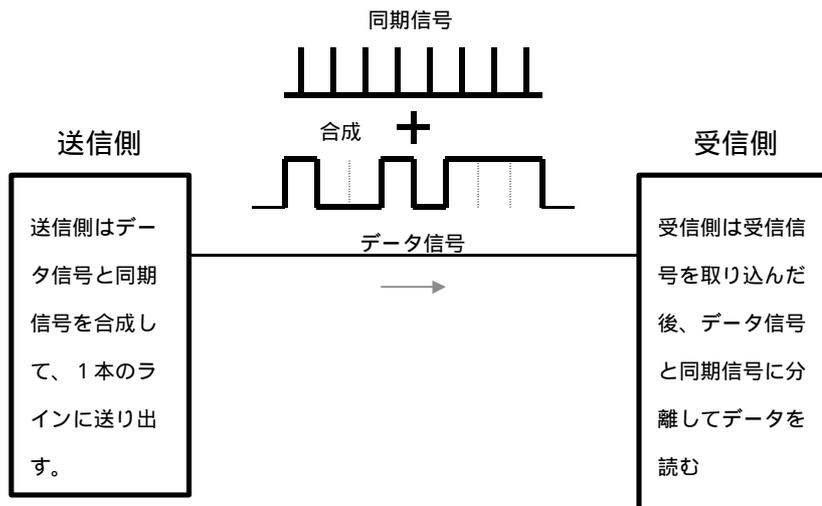
こうすれば受信側は、同期信号が来るたびにデータを 1bit ずつ取り込めばよいことになります。



ところが同期信号も送るためにはラインが 2 本必要になりますが、線は 1 本しかありません。

そのため実際の通信では、送信側はデータと同期信号を合成（混合）して送信し、受信側でそれを 2 つの信号に分離してからデータを読み取っています。

このような通信方式を同期式通信といいます。



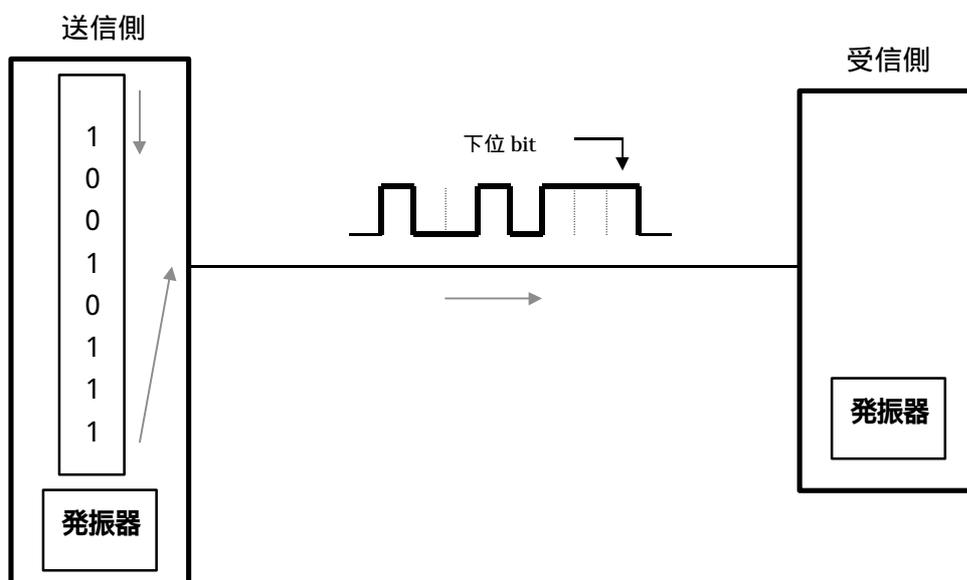
シリアル通信にあたって、データbit 1bit 毎に同期信号も送信する通信方式を同期式通信という。

5 . 調歩同期式通信

同期信号を送る方式は確実な通信ができる一方、その装置がやや複雑になります。そのため、もう一つの方式として同期信号を送らずに済む「調歩同期式通信」が考えだされました。（非同期式通信ともいいます。）

この方式のポイントは次に述べる4つです。

送信側・受信側共に、同期信号を自分で作るための発振器を設け、お互いにどんな速度で通信するか（1秒間に何bit ずつ通信するか）を約束する。



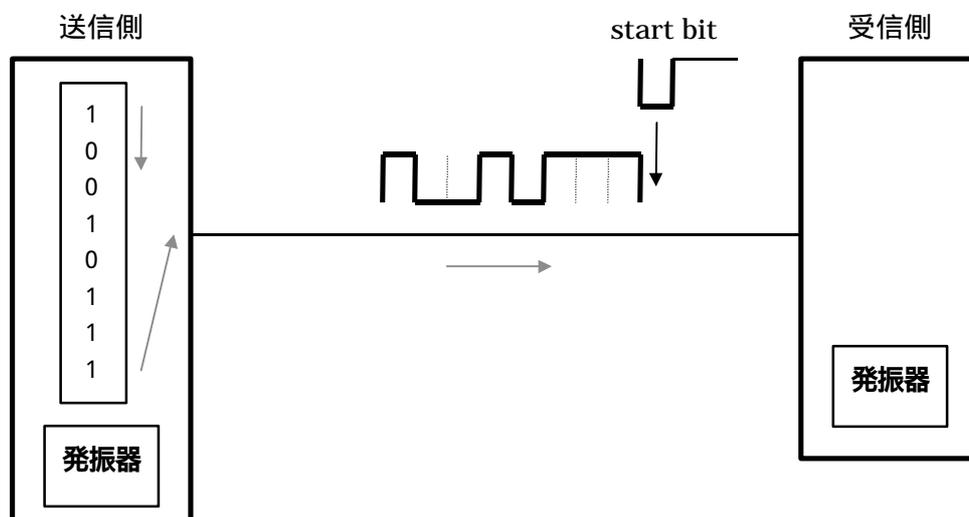
送信側・受信側ともに1秒間に何bit ずつ通信するかを約束し、それぞれの発振器がその通信速度に合った周波数の同期信号を作り出す。こうすれば送信側は同期信号を送らずに済む。
このとき、通信速度をbps（ビー・ピー・エス）で表わす。

bit
per
second] bit/sec (bit/秒)

ところが、送信側と受信側が勝手に同期信号を作っても、同期信号同士が時間的にずれてしまっは意味がありません。双方の同期信号はタイミング的に合っている必要があります。

そこで次の工夫をしました。

通信していないときは、ラインの電圧を「High」のレベルにしておき、通信するときは、送信側は送信データの先頭に1 bit 分「Low」に落ちる信号「スタート bit」をつけ加えて送る。



受信側はラインを監視していて、ラインの電圧がストンと落ちたとき（つまりスタート bit が来たとき）、それに合わせて同期信号を発生させることにする。こうすれば2つの同期信号はタイミングを合わせることが可能になる。

しかしこの方法にしても、2つの発振器の周波数がまったく同じということは考えられないから、いずれはタイミングがずれてしまう恐れがある。

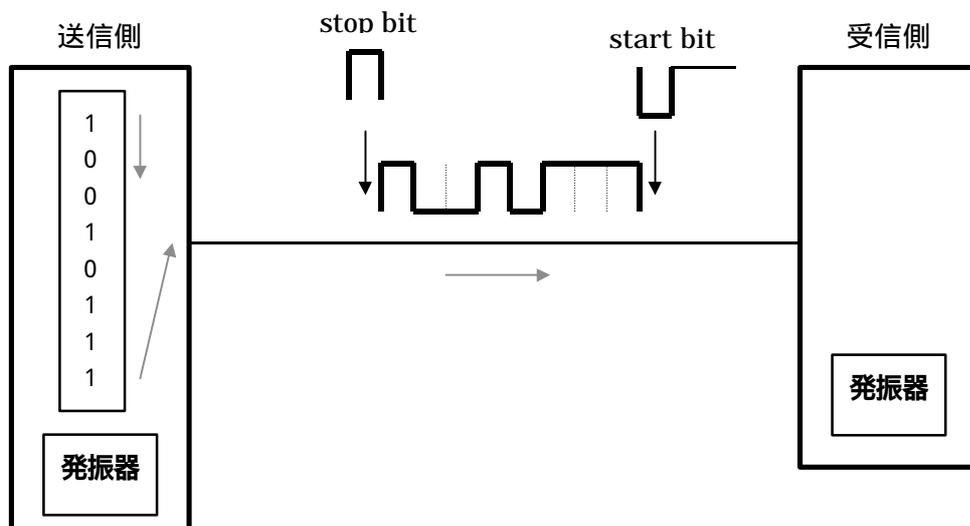
そこでそれを防ぐために、スタート bit はデータ1 B 毎に全部つけることにして、受信側は、スタート bit が来るたびに新たに同期信号を発生しなおすことにした。こうすればデータ1 B の通信の間だけタイミングが合っていればよいので、2つの発振器の間で、そんなに厳密に周波数を一致させなくてもよくなる。

スタート bit をつけることによって、受信側は正しいタイミングでデータを取り込むことができるようになりましたが、さらにもう一つ、データの授受が本当に正しいタイミングで行われたかどうかを受信側が確認できるように、送信側は1つのデータごとに「データの区切り」を表わすための印をつけることにしました。

送信側はデータごとに、データの最後に1bit 分の、必ず「1」になる信号「ストップ bit」を付け加えて送ることにする。

そして受信側は、データの取り込みが終わった後もう1bit「ストップ bit」を読み込んで、それが「1」であることを確認する。

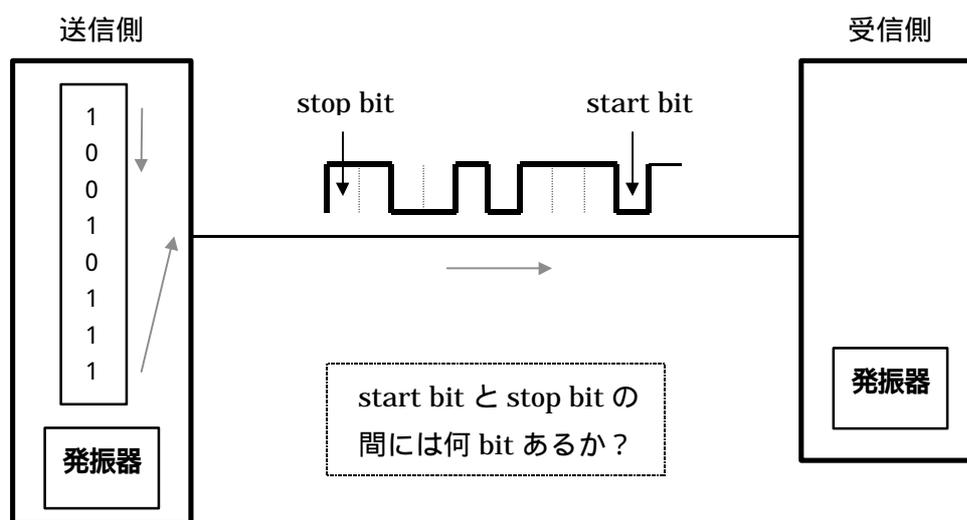
このようにすれば、送信側・受信側のタイミングがもし狂ったとしても発見しやすくなります。



調歩同期式通信では、データの1つ1つに「スタート bit」と「ストップ bit」がつけられている。

スタート bit は通信のタイミングを合わせるためのものであり、ストップ bit はタイミングがあっていることを確認するためのものである。

さて、調歩同期式通信ではデータはスタート bit とストップ bit にはさまれる形になりますが、受信側では「スタート bit とストップ bit の間にデータが何 bit あるか」を知らなければなりません。



今までは 8 bit の例で説明してきましたが、実は 7bit から 9bit までのケースがあります。

そもそもシリアル通信というのは、電話回線を使ってデータの通信をするために考えられたものです。

そして電話回線を使うと、通信距離と時間に応じた料金がかかります。

外国と英文で通信することを考えると、英数字と記号だけなら 7 bit で全部表現することができますからわざわざ 8bit 送る必要はありません。

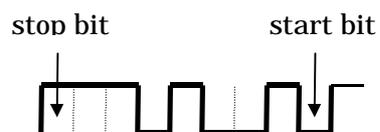
(外国との通信では、1 bit 分といえどもその料金はばかにはなりません。)

それで調歩同期式通信では、「通信に先立って、データは 7bit か 8bit を双方で決めておく」というルールを作り、これを「データ長」と呼ぶことにしました。

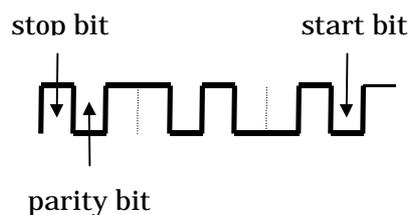
データのほかにもう1つスタート bit とストップ bit の間に入るものがあります。
それはパリティチェックをする場合の**パリティ bit** です。
この bit を含めると、スタート bit とストップ bit の間は7 ~ 9 bit のケースがあると
いえます。

例

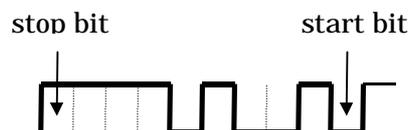
データ長 7 bit
パリティ NONE (無し)



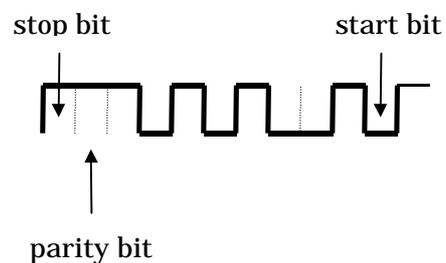
データ長 7 bit
パリティ EVEN (偶数)



データ長 8 bit
パリティ NONE (無し)



データ長 8 bit
パリティ ODD (奇数)



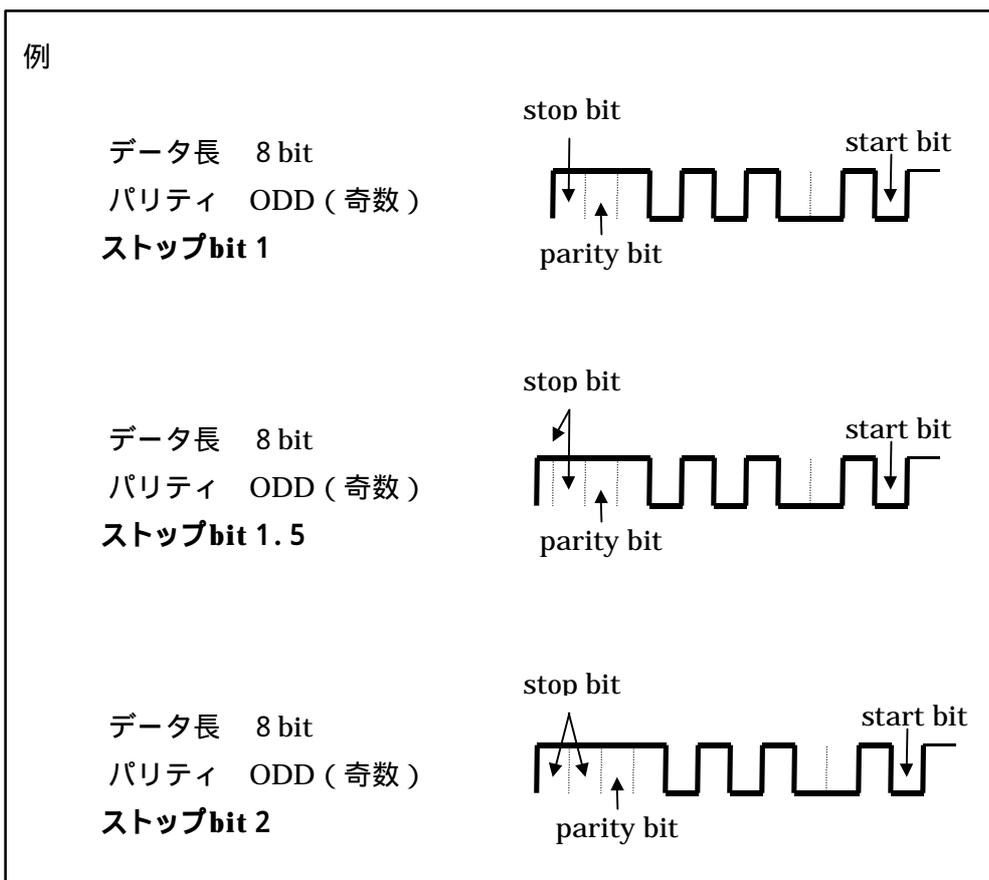
*パリティチェックを ODD にするか EVEN にするかは
送・受信側で自由に取り決めることである。

今度はストップ bit そのものにも設定する部分があるのでそれを説明しましょう。

実はストップ bit は **1 bit** だけではなく、**2 bit** の場合や **1.5 bit** の場合があるのです。本来は 1 bit だけで十分なのですが、初期のシリアル通信に使われたタイプライターなどの端末装置は動作速度が遅くて、ストップ bit の後にすぐスタート bit が来ると追従しきれませんでした。

そこで時間稼ぎのためにストップ bit を 2 bit に追加しましたが、この追加した 1 bit は本来「無駄」な bit であるため、高速に動作する端末装置が開発されるにつれて 2 bit から 1.5 bit、1 bit と短かくされてきました。

そのため調歩同期式通信においては、「**事前にストップ bit の数 (1、1.5、2) を双方で一致させなくてはならない**」というルールができてしまったのです。



以上説明したことから、調歩同期式通信には4つの設定項目があることが分かりましたが、それをもう一度整理すると次のようになります。

調歩同期式通信における4つの設定項目	通信速度の設定
<p>1. 通信速度</p> <p>×××× bps (×××× は右の表から選ぶ)</p> <p>2. データ長</p> <p>7bit or 8bit</p> <p>3. パリティチェック</p> <p>NONE or ODD or EVEN</p> <p>4. ストップbitの数</p> <p>1bit or 1.5bit or 2bit</p>	<p>(bps)</p> <p>110 最初のタイプライタの通信で使用</p> <p>300 600 1200 その後少しずつ高速化されて・・・</p> <p>2400 パソコン通信や、</p> <p>4800 パソコンと周辺機器間のデータ転送</p> <p>9600 に多く使用された</p> <p>19200</p> <p>14400</p> <p>28800 マルチメディア通信の主流になる通信速度</p> <p>33600</p> <p>57600</p>

6 . 計測・制御に利用されるシリアルインタフェース

・RS-232C とRS-422/485

電気信号は2本の銅線を経由して伝わるが、**RS-232C**の電気信号は「**不平衡型の信号**」といって、2本の銅線の内の1本は他の信号のそれと共同で1本の線が使用される。

そして信号を受ける側は、もう1本の信号線と「共通の線」の間の電圧をみて、それが「ある値以上なら“1”、以下なら“0”」と判断する。

この方式は外部からの電氣的な雑音に弱く、あまり配線距離を伸ばすことができない。

そこで長距離の信頼性の高い通信のためにRS-422の規格が生まれた。

RS-422は1つの信号をそれぞれ独立した2本の線を使って伝える。

そしてそれぞれの線に互いに極性(+ -)の反対の電気信号を送り出し、受信側は「2本の線の電圧の差」をみて、それが「“大”なら“1”、“小”なら“0”」というように判断する。(“1”と“0”逆の判断も成り立つ)

この方式では受信側が「2本の線の電圧の差」をみるために、雑音が乗っても2本の線の間で相殺されるために受信側には現れない。

このような信号を「**平衡型の信号**」という。

RS-422は**平衡型の電気信号の仕様を定めた規格**で、信頼性が高いため長距離通信に使用されたり、また工場など雑音の多い環境で機械制御用の通信に使われてきた。

この**RS-422**は**1対1の通信用の規格**であるが、これを改良して複数の相手と通信できるようにしたのが**RS-485**の規格で、この通信方法を「**マルチポイントの通信**」という。

また、RS-485はRS-422との互換性を持たせてあるので、よく**RS-422/485**と表現される。

注意すべきことは「RS-422とRS-485は電氣的な仕様しか定めていない」ということで、機械的な条件、たとえばコネクタの形やピンの配線といったことはこの規格では指定していない。

そのためRS-422、RS-485のコネクタは種々のものが使用され、ネジ付きターミナル(制御用によく使われる)やDB37・DB9コネクタなどが利用される。

・RS-232C ボードの仕様

・コントローラチップ

コントローラチップは、ナショナル・セミコンダクタ社製の「16550」という型番のチップが DOS/V パソコンなどに標準的に採用されており、従って増設用の RS-232C ボードにも「16550 相当品」が使用され、DOS/V パソコンの RS-232C ポート（COM ポート）との互換性を実現している。

・通信速度

通信速度は 50 ~ 115200bps に対応。

・データ長

データ長は通常 7bit か 8bit が使用されているが、計測・制御用のボードでは 5 ~ 8bit に対応しているものがある。

・信号の仕様

入出力信号の仕様としては「RS-232C の規格に準拠した信号」、「RS-232C の信号を TTL レベルで入出力するもの」、「RS-485 の規格に準拠した平衡信号で通信するもの」がある。