電気系技術資料

レベル★　　：初歩、入門
レベル★★　：応用、調整、修理
レベル★★★：理論、設計

基礎		
直流と交流	★	EL01010
商用電源	★	EL01020
オームの法則	★	EL01030
電力	★	EL01040
電気量の測定	★	EL01050
部品		
抵抗	★	EL02010
コンデンサ	★	EL02020
半導体	★★	EL02030
ダイオード	★	EL02040
トランジスタ	★	EL02050
FET	★	EL02060
集積回路	★	EL02070
オペアンプ	★★	EL02080
アナログ出力		
概要	★	EL03010
ノイズ対策	★★	EL03020
アラーム出力	★	EL04010
通信		
通信分類	★	EL05010
通信ライン方式	★	EL05020
通信プロトコル	★★★	EL05030
同期方式	★★★	EL05040
信号内容	★★★	EL05050
RS232C		
概要	★	EL05110
コネクタ	★★	EL05120
接続	★★	EL05130
ケーブル長と通信速度	★★★	EL05140
RS422	★★	EL05210
RS485	★★	EL05310
USB	★★	EL05410
信号処理		
スムージング	★	EL06010
ピークホールド	★★	EL06020
サンプルホールド	★★	EL06030

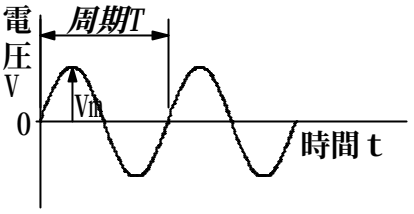
ジャパンセンサー株式会社

交流と直流

[交流(AC)] (Alternating Current)

プラスとマイナスが、交互に繰り返す波形です。

電気には、直流と交流がありますが、家庭で日常使っている電気は、交流 100V です。いつも使っている電気が交流だということは、交流が、使いやすい便利な性質を持っているからです。たとえば、交流は、トランスによって、電圧を容易に変えることができます。



右図の交流は、波形が正弦波形 、

$V = Vm \sin(\omega t)$

で表される、最も普通の交流です。ただし、交流は、正弦波形には限定されません。交流波形の条件は、

(a) 繰り返し波形であること。

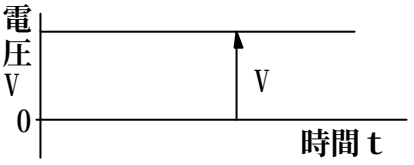
(b) プラス/マイナスに変化し、平均値がゼロであること。

の 2 つです。平均値がゼロで無い波形は、平均値がゼロである交流波形と、直流との和で表すことができます。

新幹線や一部の電気鉄道では AC25,000V または AC20,000V が架線電圧として使用されています。

[直流(DC)] (Direct Current)

一定の電流値が続く波形です。身近な直流の代表例が、電池(バッテリ)です。また、パソコンなど、多くの電子機器は、直流で動作しています。これらの機器を、交流の 100V 電源に接続して、使用するときは、機器の内部で、交流を直流に変換しています。



一般の電気鉄道では DC1,500V が架線電圧として使用されています。

商用電源

電力会社から供給され、一般家庭や工場等の電力消費者に届けられる電力のことを商用電源といいます。

[日本の商用電源電気方式]

三相 4 線式 415/240V 中性点接地方式	1990 年代より、電線路の地中化などとともに需要密度の高い都市部を中心に使用され始めた。
三相 3 線式 200V（三相動力専用）	小規模店舗などの三相 200V 負荷を利用する需要家向け引込み線として利用される。
電灯・動力共用三相 4 線式 200V/100V	電灯動力共用変圧器または異容量 V 結線を使用
単相 3 線式 200/100V	電灯負荷を利用する小規模需要家に使用される。1980 年代以降の一般家庭用の主流。
単相 2 線式 100V	ごく小容量の引込み線のみに使用される。かつては家庭用にはこの方式が主流であった。

標準電圧 101V±6%(95～107V)が許容範囲

[日本の商用電源周波数]

日本国内での交流電源の周波数は東日本の 50Hz（ヘルツ)と西日本の 60Hz で、境界線は一般に静岡県の富士川と新潟県の糸魚川を結ぶ線とされます。機器によっては周波数切換が必要になります。

[国別の商用電源]

電源コンセント、プラグの形状も国によって異なります。

国名	電圧(V)	周波数(Hz)	国名	電圧(V)	周波数(Hz)
日本	100/200	50/60	ドイツ	127/230	50
中国	110/220	50	イギリス	230/240	50
香港	200/220	50	チェコ	220	50
台湾	110/220	60	ポーランド	220	50
韓国	110/220	60	ロシア	127/220	50
フィリピン	115/220/240	60	フランス	127/220/230	50
イラク	220	50	トルコ	220	50
パキスタン	220/230	50	ポルトガル	220/230	50
シンガポール	115/230	50	スイス	220/230	50
マレーシア	220/240	50	オーストリア	220/230	50
タイ	220	50	ギリシャ	220/230	50
インド	115/230/240	50	スウェーデン	220/230	50
インドネシア	127/220/230	50	ハンガリー	220	50
UAE	220/230/240	50	スペイン	127/220	50
サウジアラビア	127/220	50/60	アメリカ合衆国	120	60
イラン	220	50	カナダ	120 / 240	60
オーストラリア	240/250	50	メキシコ	120/127/230	60
ニュージーランド	240	50	ブラジル	127/220	60
南アフリカ	220/230	50	アルゼンチン	220	50

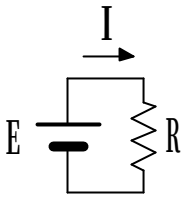
オームの法則

抵抗に流れる電流と発生する電圧に関する、電気工学で最も有名で有用な法則で 1826 年にドイツの物理学者ゲオルク・オーム(Georg Simon Ohm)によって発表されましたが、イギリスの化学者ヘンリー・キャヴェンディッシュ(Henry Cavendish)が既に発見していました。

$E=RI$　　R；抵抗(Ω)

$I=E/R$　　E；電圧(V)

$R=E/I$　　I；電流(A)



[抵抗の直列接続]

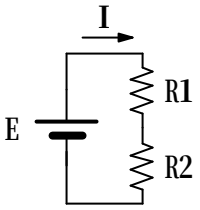
抵抗の直列回路では、各抵抗に流れる電流は一定です。一方、電圧は各抵抗にて分担され、これを分圧といいます。

抵抗をふたつ直列接続した回路において、電圧を E 、電流を I 、合成抵抗を R 、抵抗をそれぞれ R_1 、 R_2 とすると、

$R=R_1+R_2$

$E=(R_1+R_2)I$

と表されます。



[抵抗の並列接続]

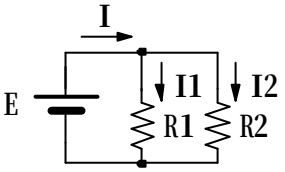
抵抗の並列回路では、各抵抗に加わる電圧は一定です。一方、電流は各抵抗にて分担され、これを分流といいます。

電圧を E 、電流を I 、それぞれの抵抗に流れる電流を I_1 、I_2 、抵抗をそれぞれ R_1 、R_2、合成抵抗を R とすると、

$E=R_1I_1$

$E=R_2I_2$

$I=I_1+I_2$



よって、

$I=E/R_1+E/R_2$

$E=I\cdot R_1\cdot R_2/(R_1+R_2)$

$R=R_1\cdot R_2/(R_1+R_2)$

となります。

電力(Electric power)

単位時間に電流がする仕事の量のことで単位はワット（W）です。ある時間における電力の積算総和を電力量（electric energy）と呼びます。

1. 直流の電力

任意の負荷に供給されている電圧を V、電流を I とすると、電力 P は電圧と電流との積で表されます。

$$P = VI \ (W)$$

2. 交流の電力

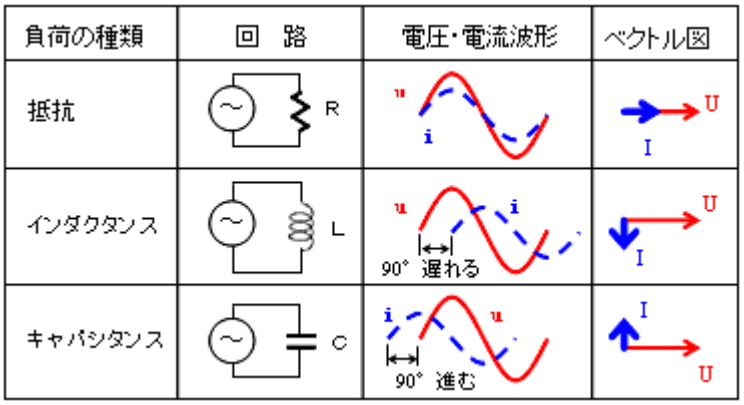
交流の場合、負荷によっては電圧と電流間で位相差が発生する場合があるので、直流電力のように電圧と電流の単純積で求めることができません。

[皮相電力]

電圧の実効値と電流の実効値との積で、その意味は名のごとく表向き(見かけ)の電力。単位はボルトアンペア(VA)です。

[有効電力]

交流の電力は、負荷が容量性(コンデンサ)の場合や誘導性(モータ、インダクタンス)の場合は電圧と電流の間に位相差が生じます。この場合、負荷で実際に消費される電力は電圧と電流の瞬時値の積の平均であり、皮相電力より小さな値になります。この電力を有効電力といい、単位はワット(W)で、電力料金請求の対象量です。



有効電力は皮相電力と位相差のコサイン(cos θ)の積で求められ、特に cos θ を力率と呼んでいます。 位相差がゼロの状態、すなわち cos θ が 1 の場合が理想的な状態であり、負荷の力率が 1 に近いほど「力率が良い」といい、逆にゼロに近いほど「力率が悪い」といいます。

電気量の測定

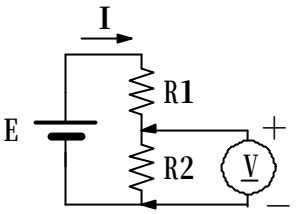
電圧、電流、抵抗などの電気量は、電圧計、電流計、マルチメータ、テスタなどで測定されます。

[AC-DC]

測定するものが直流(DC)か交流(AC)かによって、測定器も合わせる必要があります。マルチメータ、テスタなどでは、切換スイッチが付いていますので DC または AC に設定します。また、DC 測定の場合は電圧、電流の極性を合わせる必要があるため接続の時に注意します。

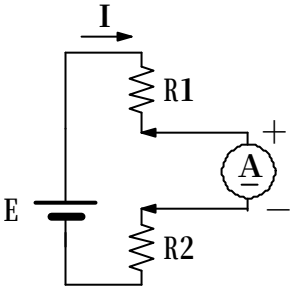
[電圧]

電圧を測定する場合は、測定したい部分に並列に電圧計を接続します。電圧計は入力抵抗値が 1MΩ以上と大きな値となっていますので、電圧計には微弱な電流しか流れません。ただし、測定しようとする回路の抵抗値が大きい場合は、電圧計に流れる電流によって測定値が低めになりますので注意が必要です。



[電流]

電流を測定する場合は、測定したい部分に直列に電流計を接続します。このため回路の接続を変更する必要があります。電流計は入力抵抗値が 10Ω以下と小さいため、電圧計と間違って回路に並列に接続すると大きな電流が流れてしまい電流計や回路を故障させてしまいますので注意が必要です。マルチメータ、テスタなどでは誤接続を防止するため、電流と電圧では測定入力端子を別々に設けています。

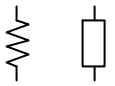


また、電力ラインのメンテナンス等においては回路接続のために電源を OFF にしないために、電流磁界を測定する方式のクランプメータなどが使用されます。

[抵抗]

マルチメータ、テスタなどから回路に電流を流して、両端の電圧を測定することによって抵抗値を間接的に測定します。このため、抵抗を測定する場合は回路の電源を OFF にする必要があります。またアナログメータ式のテスタの場合は、事前に測定リードの先端をショートさせてメータの指示値を 0Ωに合わせる必要があります。

抵抗



電気抵抗（resistance）は、電流の流れにくさを表し、単位としてはオーム(Ω)が用いられます。一般に、金属は温度が高くなるほどに電気抵抗率が高くなり、半導体は温度が高くなるほどに電気抵抗率が低くなります。電流は抵抗が大きいと流れにくくなり、小さいと流れやすくなります。抵抗器は、回路に流れる電流を一定に保ったり、必要に応じて変化させたりするための部品です。また抵抗器は、電圧を下げたり、電圧を分けたりすることにも使用されます。

[抵抗器の種類]

炭素皮膜抵抗器、金属皮膜抵抗器、固体抵抗器、巻線抵抗器、チップ抵抗器

[抵抗値の系列]

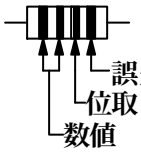
抵抗値は E 系列と呼ばれる規格で標準化されています。

E3～E192 までありますが、E6、E12、E24 系列を右に示します。

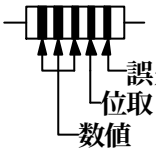
E6 許容差 20%	E12 許容差 10%	E24 許容差 5%
10	10	10
		11
	12	12
		13
15	15	15
		16
	18	18
		20
22	22	22
		24
	27	27
		30
33	33	33
		36
	39	39
		43
47	47	47
		51
	56	56
		62
68	68	68
		75
	82	82
		91
E6	E12	E24

[抵抗のカラーコード表示]

固定抵抗器の定格表示方法のひとつにカラーコード表示法があり炭素皮膜抵抗器、金属皮膜抵抗器等で使用されます。



4本線式(誤差2%以上の抵抗)



5本線式(誤差1%以下の抵抗)

例)4本表示で緑・青・黒・金の場合は

56×10^{0} = 56Ω 誤差5%となります。

色	数値	乗数	誤差	色の覚え方
茶	1	10^1	±1%	お茶を一杯（一服）
赤	2	10^2	±2%	赤いニンジン
橙	3	10^3		ダイダイ色のみかん
黄	4	10^4		黄シケイコ(岸 恵子)
緑	5	10^5	±0.5%	みどりご（嬰児）
青	6	10^6		青二才のろくでなし
紫	7	10^7		紫七部（紫式部）
灰	8	10^8		ハイヤー
白	9	10^9		クシロ（釧路）
黒	0	10^0		黒い零服（礼服）
金	―	―	±5%	
銀	―	―	±10%	

[電力容量]

1/16W、1/8W、1/4W、1/2W、1W、2W、4W、5W などがよく使われますが一般的な固定抵抗器の電力容量(W)は抵抗器の消費電力 $W=I^2R=V^2/R$ ですから　表示電力容量＞抵抗器の消費電力とすればよいのですが、安全係数を考えて 2 倍以上のものを選定します。

コンデンサ(Capacitor)

静電容量により電荷（電気エネルギー）を蓄えたり、放出したりする受動素子です。静電容量の単位は F（ファラド）が使われます。通常使われるコンデンサは数 pF～数万μF 程度であり、両端の端子に印加できる電圧（耐圧）は、6.3V～10kV 程度です。コンデンサは誘電体によって分離された 2 枚の電極若しくは電極板によって構成されます。

[コンデンサの種類]

アルミ電解コンデンサ　；静電容量が大きく体積が小さい。通常、印加電圧の極性がある。
セラミックコンデンサ　；容量値の温度特性が悪いが、安価で高周波特性が良い。
積層セラミックコンデンサ；小型で安価。チップコンデンサとして使用され近年の主流。
フィルムコンデンサ　；静電容量値の精度が良い。

[コンデンサの用途]

1) アナログ電子回路
直流の電流を通さないことからカップリングコンデンサやデカップリング用のコンデンサに利用されます。その他、平滑回路や、共振回路などにも利用されます。実際の電子回路では、受動素子の一つである抵抗器やコイルとともに用いられることが多く、前者は R、後者は L と表現されます。かつては、用途によって様々なコンデンサを使い分けていましたが、現在はチップセラミックコンデンサが主流になっています。
2) デジタル電子回路
バイパスコンデンサ（パスコン）としての用途が圧倒的に多いです。他に僅かながら水晶発振器やタイミング回路に使われ、主にチップセラミックコンデンサが使用されます。
3) 電源回路
アルミ電解コンデンサを中心として、セラミックコンデンサやタンタルコンデンサが使われます。
4) 電力系統
電力系統では力率改善のための進みリアクタンスとして使用されます。位相を進める働きがあるため、一般に「進相コンデンサ」といいます。
5) 電源そのものとしての用途
近年、電気二重層コンデンサをはじめとした 1F 以上の大容量のものが開発され、蓄電装置として利用されることが多くなりつつあります。たとえばノートパソコンの電源としての利用や、ハイブリッドカーや電気自動車の始動用電源など。最近では電気自動車の走行用電源そのものとしても使用可能となってきています。

[直並列接続]

合成静電容量 C は並列接続で静電容量が加算され、直列接続では静電容量が減少します。

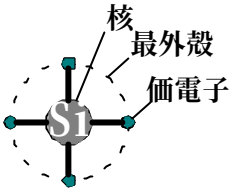
並列接続　$C=C_1+C_2$
直列接続　$C= C_1 \cdot C_2 / (C_1+C_2)$

半導体

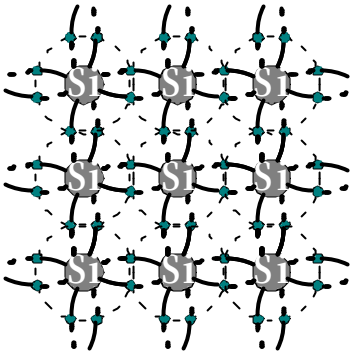
半導体（semiconductor）とは、電気を通す導体や電気を通さない絶縁体に対して、それらの中間的な電気伝導を持つ物質でトランジスタ、集積回路(IC)などに使用されています。

[真性半導体]

不純物の入っていない純粋の半導体を真性半導体といいます。ゲルマニウムやシリコンは周期律表のⅣ族に属する元素で、原子核を回っている電子の最も外側の軌道(最外殻)の電子(価電子)の数は４個です。この元素が結晶を構成するとき、隣り合った原子が互いの電子を共有しあって、それぞれの原子が８個の電子を持っているような状態で結合しています。



Siの原子構造モデル

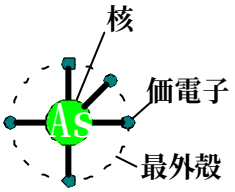


共有結合

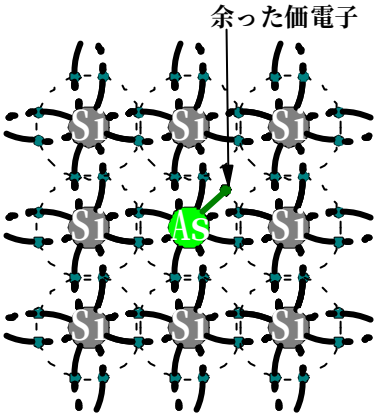
この状態の電子は、強く原子に束縛され、殆ど電気伝導に寄与することができなくなります。 従って、純粋なシリコン結晶の結晶には電流が流れにくく、抵抗率は約 $10^3\Omega$cm です。

[n 型半導体]

周期律表のＶ族の元素（燐 P、ひ素 As、アンチモン Sb 等)をⅣ族のシリコンに微小量加えて結晶を作ります。Ｖ族の元素の原子は右図のように５個の価電子を持っているため共有結合の際、価電子が１個余ることになります。この価電子は外部からのわずかのエネルギーにより、容易に原子核からの束縛を離れ自由電子となります。



Asの原子構造モデル

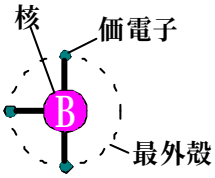


Asの元素が混入された結晶

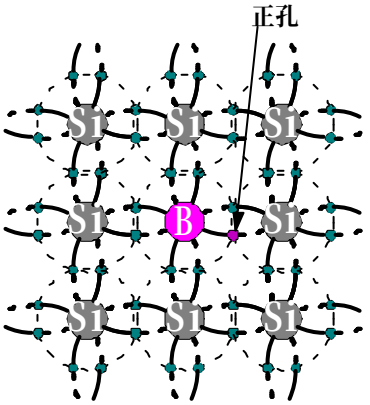
電子はマイナスの電荷を持っていますから、電圧が加えられるとこの電子は プラスの電極に向かって動きだします。半導体にＶ族の元素を不純物として加えることにより、電流が流れやすくなります。 添加量に応じて抵抗率も 1/1,000 ～ 1/10,000 に下がって、導体に近くなります。半導体の中で電流を運ぶものをキャリア (carrier) といい、n 型半導体のキャリアは電子です。電子はマイナス (negative) の電気を持っているので 「n 型半導体」 といいます。

[p 型半導体]

周期律表のⅢ族の元素（ほう素 B、アルミニウム Al、ガリウム Ga、インジウム In 等)をⅣ族のシリコンに微小量加えて結晶を作ります。Ⅲ族の元素の原子は右図のように３個の価電子しか持っていないため共有結合の際、Ⅳ族の持っている価電子が １ 個不足するため他の原子より価電子を取り込みます。この価電子の抜けた跡が正孔(ホール)となります。電圧がかかると、正孔の近くの電子がプラス極に引かれて正孔に移り、もと電子のいたところが新たに正孔になります。正孔はあたかもプラスの電気を持った電子のようにふるまいます。半導体にⅢ族の元素を不純物として加えることにより、電流が流れやすくなります。 添加量に応じて抵抗率も 1/1,000 ～ 1/10,000 に下がって、導体に近くなります。p 型半導体のキャリアは正孔で、プラス (positive) の電気を持っているようにふるまうので、「p 型半導体」 といいます。



Bの原子構造モデル

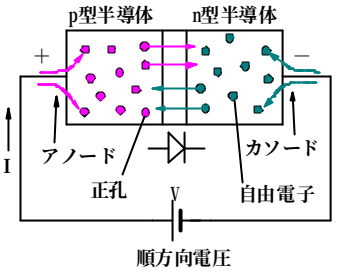


Bの元素が混入された結晶

ダイオード

ダイオード（Diode）は整流作用（電流を一定方向にしか流さない作用）を持つ電子素子です。ダイオードは、アノード（陽極）およびカソード（陰極）の二つの端子を持ち、電流を一方向にしか流しません。すなわち、アノードからカソードへは電流を流すが、カソードからアノードへはほとんど流さない。このような作用を整流作用といいます。

半導体ダイオードでは、p 型と n 型の半導体が接合された PN 接合や、半導体と金属が接合されたショットキー接合などが示す整流作用が用いられます。

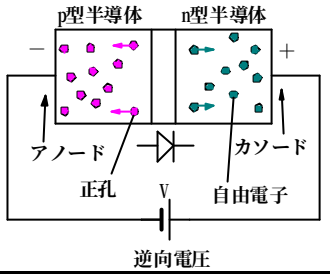


[PN 接合]

右上図のように pn 接合に順方向に直流電圧 V をかけると、自由電子はマイナスの電荷を持っているので n 型→p 型→＋極(アノード)へ動きます。

正孔はプラスの電荷を持っているようにふるまうため、p 型→n 型→－極(カソード)へ向かって動き続け、電流が流れます。

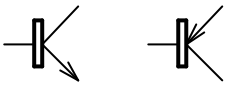
右下図のように逆方向に直流電圧 V をかけると、自由電子は＋極(カソード)へ、正孔が－極(アノード)へ移動した後、動かなくなり電流が流れません。



各種ダイオード

PN ダイオード (PN Diode)	半導体の PN 接合の整流性を利用する基本的な半導体ダイオードで、交流を直流に変換する電源整流用や、汎用スイッチング回路、デジタル回路の入力保護などに使用されます。順方向電圧 V_F は約 0.6V です。
ショットキーバリアダイオード (Schottky Barrier Diode)	金属と半導体との接合面のショットキー効果の整流作用を利用しており、順方向の電圧降下が低く、逆回復時間が短いため、高周波の整流に適します。一般的に逆方向電流が大きいため注意が必要です。
定電圧ダイオード (Reference Diode) （ツェナーダイオード (Zener Diode)）	PN 接合に逆方向電圧をかけた場合、ある電圧でツェナー降伏またはなだれ降伏が起き、電流にかかわらず一定の電圧が得られる性質を利用するものです。電圧の基準として用いられ、添加する不純物の種類・濃度により降伏電圧が決まります。なお、順方向特性は通常のダイオードとほぼ同等です。
レーザダイオード (laser diode)	レーザ光線を発生させるもので、半導体レーザとも呼ばれます。
発光ダイオード LED(Light Emitting Diode)	エレクトロルミネセンス（EL）効果を利用して発光するダイオードです。発光色は用いる材料によって異なり、赤外線領域から可視光域、紫外線領域で発光するものまであります。順方向電圧は発光色によって異なり、1.4～6V です。
フォトダイオード (photo diode)	PN 接合に光が入射すると、P 領域に正孔・N 領域に電子が集まり電圧が生じます（光起電力効果）。その電圧または電流を測定し光センサとして利用するものです。

トランジスタ



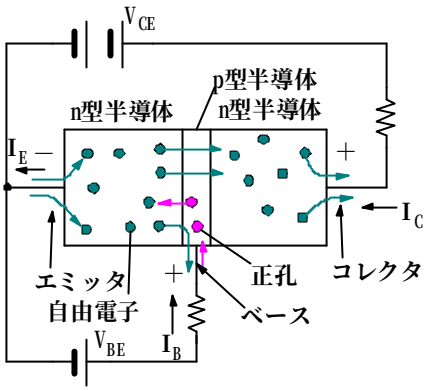
トランジスタ (transistor) は増幅、またはスイッチ動作をする半導体素子です。

デジタル回路ではトランジスタが電子的なスイッチとして使われます。アナログ回路中では、トランジスタは基本的に増幅器として使われています。

[バイポーラトランジスタ](Bipolar transistor)

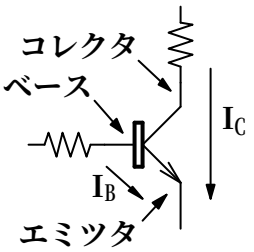
P 型と N 型の半導体を接合したもので、エミッタ・ベース・コレクタと呼ばれる端子を持ちます。

P 型の両端を N 型で挟んだ NPN 型、N 型の両端を P 型で挟んだ PNP 型があります。



右図は NPN 型の動作を示します。ベース、エミッタ間の pn 接合に順方向に直流電圧 V_{BE} をかけると、自由電子はマイナスの電荷を持っているので n 型→p 型→＋極(ベース)へ動きます。また、正孔はプラスの電荷を持っているようにふるまうため、p 型→n 型→－極(エミッタ)へ向かって動き続け、ベース電流 I_B が流れます。

コレクタには V_{BE} よりも強い電圧 V_{CE} がかかっているため、エミッタからベースに入ってきた自由電子はコレクタの強い電圧に引かれて大部分がベース領域を通り抜けてしまい、コレクタ、エミッタ間に電流が流れるようになります。ベース電流の量を変えると、それに応じてコレクタ電流が変化します。



バイポーラトランジスタは基本的に電流増幅素子で、エミッタ - ベース間にわずかな電流を流すことにより、エミッタ - コレクタ間にその数十から数百倍の電流を流すことができます

[フォトトランジスタ]

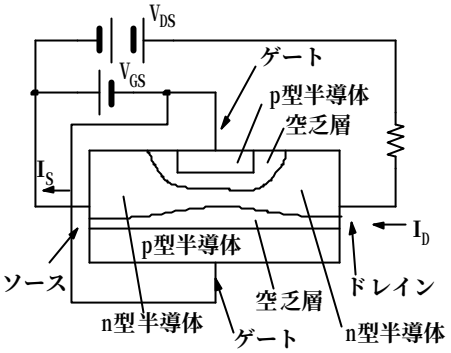
光信号によって電流を制御するトランジスタです。パッケージには、光を透過する樹脂またはガラスが用いられ、一般的にはベース端子の無い二端子素子の形状となっています。主に光センサとして用いられます。同一パッケージ中に発光素子と組み合わせて封止したフォトカプラは、電源系統の違う回路間で絶縁を保ったまま信号伝達するのに用いられます。

FET

FET(Field effect transistor、FET）は日本語で電界効果型トランジスタと呼ばれ、ゲート電極に電圧をかけ、チャネルの電界により電子または正孔の流れに関門（ゲート）を設ける原理で、ソース・ドレイン端子間の電流を制御するトランジスタです。一種類のキャリアしか用いないことから、ユニポーラトランジスタとも呼ぶ。構造により、接合型(ジャンクション型)とMOS型に別れ、さらに、トランジスタのPNPとNPNに相当するPチャンネルとNチャンネルに分かれます。

[接合型 FET]

ゲート(G)とソース(S)間の pn 接合に逆方向電圧をかけると、n 型領域内に空乏層が広がります。空乏層にはキャリアが存在しないため、n 型領域で電流の流れる通路(チャネル)の幅が狭くなり、ドレイン(D)よりソース(S)に流れる電流が減少します。このようにして、V_{GS} の値により I_D を制御できます。この時、ゲート(G)にはほとんど電流が流れません。

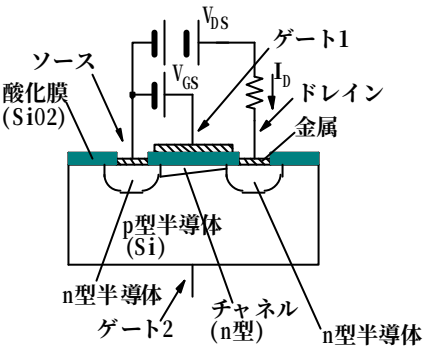


接合型FET

[MOS 型 FET]

MOS とは Metal-Oxide-Semiconductor(金属-酸化膜-半導体)の略で名前の通り原理的には 3 層構造をしています。MOS FET にはエンハンスト形とディプレション形の 2 種類があります。

ゲート(G2)に電圧をかける前はドレイン(D)、ソース(S)間は n-p-n になっているため電流は流れません。ゲートに正の電圧を印加すると、絶縁膜(酸化膜)を通して、ゲートの下側に負電荷が集まり薄い n 形層が形成され、ドレイン、ソース間が n-n-n になり電流が流れます。ゲートの下に形成された n 形層をチャネルといいます。チャネルの厚さはゲートに印加される電圧 V_{GS} によって変化し、I_D が制御されます。



エンハンストメント形MOSFET

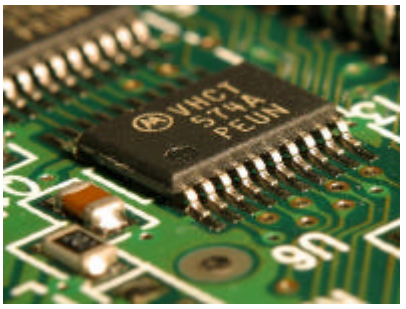
エンハンスト形は、V_{GS}=0 ではドレインに電流は流れませんが、ディプレション形では V_{GS}=0 の状態でドレインに電流が流れるように、あらかじめドレイン、ソース間にチャネルを形成しておきます。

[用途]

FET はその特徴から、スイッチング素子や増幅素子として利用されます。ゲート電流が低いことに加え、構造が平面的であるため、バイポーラトランジスタと比較して作製や集積化が容易です。そのため、現在の電子機器で使用される集積回路では必要不可欠な素子となっています。デジタル回路では、論理回路の素子として使用され、アナログ回路では、WLAN 等に代表されるトランシーバにおいて、送受信に使用される各種回路(LNA、フィルタ、ミキサ等)においても使用され、アナログスイッチ/電子ボリュームなどにも応用されます。

参照　電気系（基礎／オームの法則｜電力－部品／抵抗｜半導体｜ダイオード｜トランジスタ｜集積回路）

集積回路



集積回路（Integrated Circuit、IC）は、特定の複雑な機能を果たすために、多数の素子を一つにまとめた電子部品です。主に半導体で構成された電子回路が複数の端子を持つ小型パッケージに封入されており、マイコン、メモリー、オペアンプ、AD コンバータ等、現在の電子回路はほとんどが集積回路で構成されています。

[モノリシック集積回路]

モノリシック集積回路（monolithic IC）は 1 枚の半導体基板上に、トランジスタ、ダイオード、抵抗器などの回路素子を形成し、素子間をアルミニウムなどの蒸着によって配線した後、数 mm～10 数 mm 角の小片に切り出したものです。組み立て工数が少ないため安価です。

シリコン（Si、珪素）単結晶基板上に平面状に構成するトランジスタ（プレーナ型トランジスタ）を発展させたもので、製造プロセスの進歩により 1990 年代からアナログ・デジタル混在回路にも用いられるようになりました。

[ハイブリッド集積回路]

マルチチップモジュールともいい、複数の半導体基板を内蔵したものです。組み立て工数が多いため価格が上昇します。違った製造プロセスを使用した素子を搭載することや、半導体基板を立体的に配置し実装面積を小さくすることが可能です。

プリント基板製造技術を用い、セラミック基板やエポキシ樹脂基板上に配線パターンを形成し、個別部品のトランジスタ、抵抗、コンデンサなどを半田付けして作るもの（ハイブリッド集積回路）や、複数の半導体基板を金属線で直接配線したもの（マルチチップモジュール）があります。

参照　電気系（基礎／オームの法則｜電力－部品／抵抗｜半導体｜ダイオード｜トランジスタ｜FET｜オペアンプ）

オペアンプ

オペアンプ（operational amplifier、演算増幅器）は、非反転入力（＋）と反転入力（－）と、一つの出力を備えた増幅器の電子回路モジュールで、OP アンプなどと書かれることもあります。増幅回路、コンパレータ、積分回路、発振回路など様々な用途に応用可能です。

オペアンプは二つの入力間の電位差によって動作する差動増幅回路で、裸電圧利得は十万倍～千万倍と非常に高く、負帰還回路(ネガティブフィードバック)と組み合わせて適切な利得と動作を設定して用います。

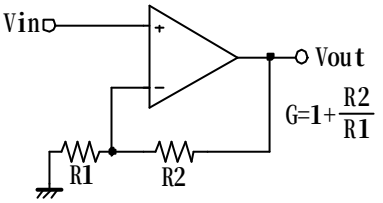
[理想的な増幅器の特徴]

1. 入力インピーダンスが高い(無限大)
   入力インピーダンスが高いほど電流の流れ込みが少ないため、前段の回路に影響を与えない。
2. 出力インピーダンスが低い(ゼロ)
   出力インピーダンスが低いほど、電流を吸い出されても電圧降下を生じないために、計算どおりの電圧を出力できる。
3. オープンループゲインが高い(無限大)
   オープンループゲイン(帰還をかけない場合の利得)が高いほど、計算どおりの電圧を出力できる。
4. 広帯域での増幅が行える(直流から高周波交流まで)
   広い周波数帯域の信号を安定して増幅できる。

実際には上記のような理想増幅器はないのですが、回路動作の概念を考える際は、理想増幅器として単純化できます。理想でない性能は各種誤差となりますので、設計の実務上では誤差を考慮します。

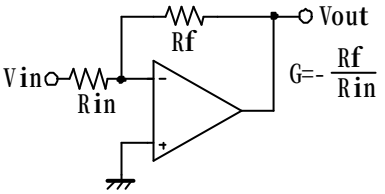
[非反転増幅回路]

入力信号と出力信号の位相が同一である増幅回路です。R2=0 として電圧増幅率を 1 とした回路をボルテージ・フォロワと呼びます。



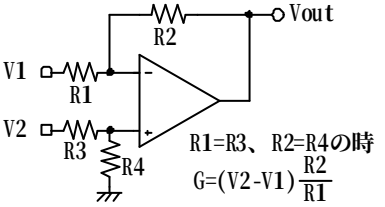
[反転増幅回路]

入力信号に対して出力信号の位相が 180°変化する増幅回路です。非反転増幅回路よりも特性が安定するので、位相が問題にならない場合は反転増幅回路を用いる事が多いです。



[差動増幅回路]

2 つの入力信号の差分を一定係数（差動利得）で増幅する増幅回路です。各入力にさらに非反転増幅回路（バッファアンプ）を設けた回路をインスツルメンテーション・アンプと呼び、計装用（工業用計測回路）に用いられます。

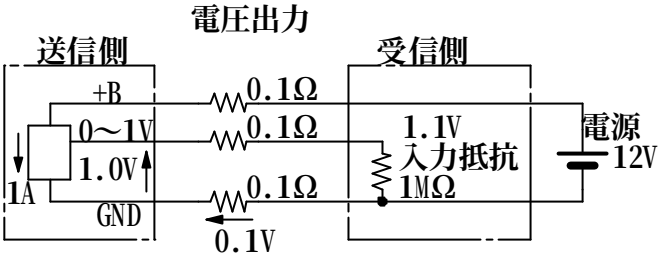


アナログ出力概要

アナログ出力は 2 本のケーブルで測定結果を高速かつ簡易に他の機器に伝送できる、便利な方法です。シーケンサ、温度調節器、デジタルパネルメータ、レコーダ、パソコン等アナログ入力端子を備えた機器がたくさんありますので、信号レベルと方式を合わせることにより接続可能です。信号レベルはスケーリング機能によって設定します。例えば、0～1V の 0V を 500℃、1V を 1000℃に対応させるように、送信側と受信側の機器を設定します。

しかしデジタル処理を行っている測定器においては、デジタルとして得られた測定データを DA コンバータによりアナログに変換する必要があります。このため DA コンバータの性能によって決まる変換誤差が発生します。また、2 本のケーブルにおいてノイズが乗ってしまうことがあります。

アナログ出力には下記の種類があります。



1. 電圧出力
   1) 0～1V
   2) 0～5V
   3) 0～10V
   4) mV／℃
2. 電流出力
   1) 4～20mA
   2) 0～20mA

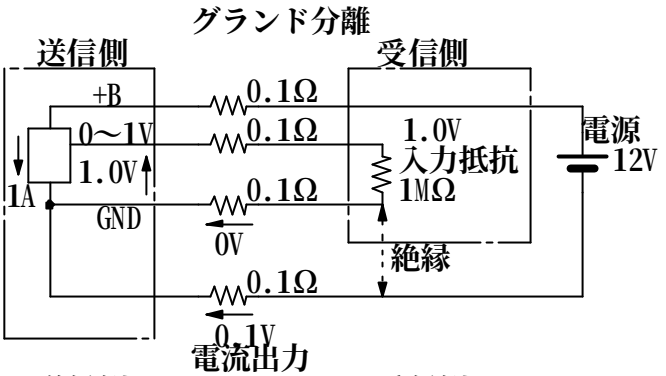
電圧出力の場合、ケーブルの共通インピーダンスに注意する必要があります。アナログ出力のグランドラインに電源電流が流れるような場合、電源電流によってケーブルの送信側と受信側に電圧降下が発生します(上図の例では 0.1V)。この電圧降下と電圧出力の差が受信側で観測されるため、誤差を生じます。

ノイズ対策

アナログ出力のケーブル共通インピーダンスによるノイズ対策として下記の方法があります。

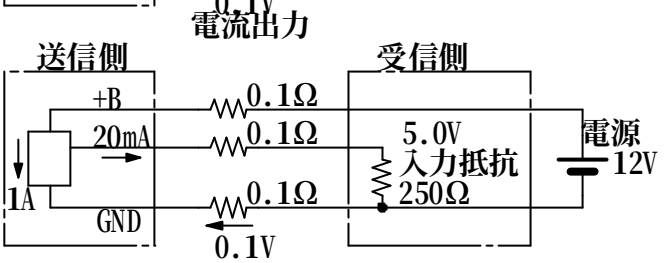
1) 電源と受信側の機器のグランドを分離する。

アナログ出力のグランドラインに電源電流を流さないようにします。しかし、機器の構成上不可能な場合もあります。



2) 電流で出力する。

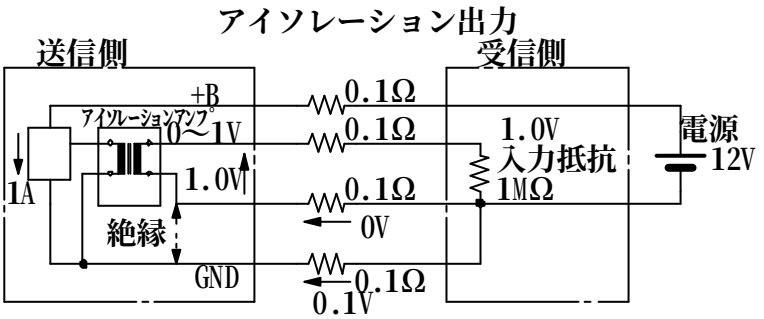
送信側を電流にし、受信側に抵抗を接続して電圧に変換します。電流はアナログ出力のグランドラインの電圧降下に影響されないため、誤差が生じません。



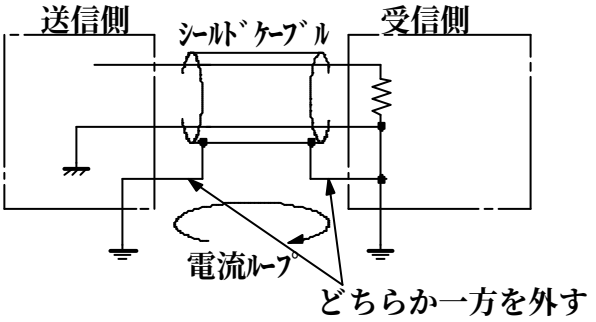
送信側の電源電圧より大きい電圧は送信できないため、受信側の抵抗値は大きい方に制限があります。通常、最大負荷抵抗で規定されます。また 4～20mA の場合、4mA 以下の電流を受信側が検知した場合、送信側の機器の異常または線路の断線と判断可能です(断線検出機能)。負荷抵抗に 250Ωを使用すると 1～5V に変換されます。0～20mA の場合は 0～5V に変換されます。

3) 出力回路をアイソレーション(絶縁)する。

アイソレーションアンプを使用してアナログ出力と電源ラインを分離します。しかし、価格が高くなります。



ケーブルにノイズが乗るという問題には、通常シールドケーブルを使用することによって対策します。シールドケーブルのシールドの接地は片側のみで実施します。両端を設置するとループが形成されてノイズが乗ってしまいます。



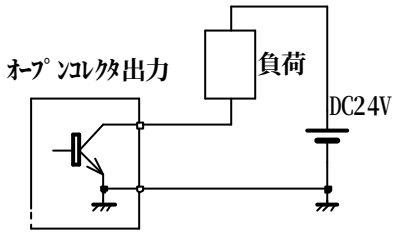
アラーム出力

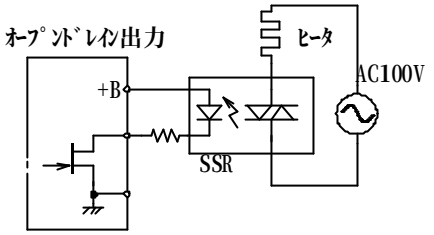
あらかじめ設定された値に対し、測定値が上または下にあるかを判定して 2 値化(ON-OFF)信号として出力します。動作モード、設定値は通常パラメータとして設定可能です。

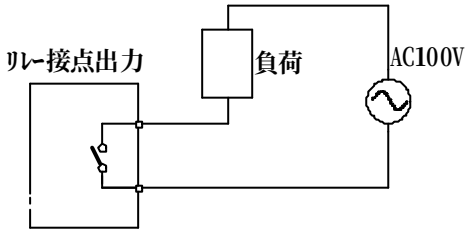
アラーム出力の回路にはつぎのものがあります。

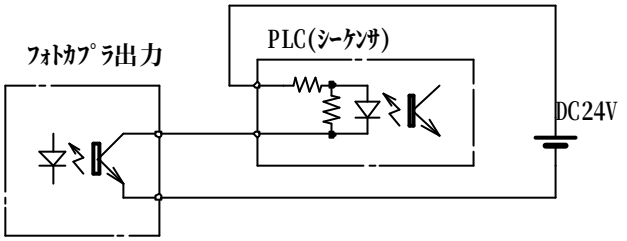
出力回路	駆動電圧	ON 電圧	ON 抵抗	応答時間	絶縁	
オープンコレクタ	DC	0.2～0.8V	10Ω	1mS	×	
オープンドレイン		0V	200Ω	1mS		
フォトカプラ		0.2～0.8V	10Ω	1mS	○	
リレー接点	DC/AC	0V	0Ω	10mS		

下図に接続例を示します。









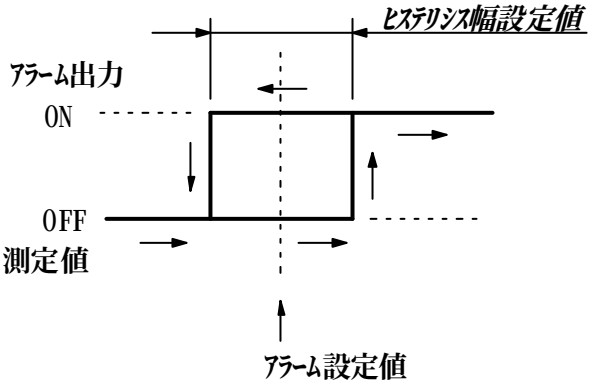
オープンコレクタ、オープンドレイン、フォトカプラは DC 電圧のみを駆動可能ですが、高速応答です。AC 電圧を駆動する場合は、リレー、SSR 等を駆動することにより間接的に行います。

リレー接点は DC/AC の駆動が可能ですが、応答時間が遅く接点の寿命があります。また接点にあまり大きな電流を流せませんので、ヒータなどを制御する場合は電力制御用リレーを駆動して行います。

[ヒステリシス]

測定値に変動がある場合、アラーム動作設定値付近においては、アラーム出力が頻繁に ON/OFF となるバタツキが発生します。

このような時、ヒステリシス幅を測定値の変動幅より少し広く設定するとアラーム出力のバタツキがなくなります。ただし、測定値が上昇する時と下降する時とでアラーム動作する値にずれが生じますので、通常ヒステリシス幅は０に設定します。



通信分類

通信として使用されている方式にはさまざまなものがありますが、ここではパソコンやその周辺機器、FA機器で使用されているものに限定して分類します。

[シリアル通信]

１本の信号線で１ビットずつデータの受け渡しを行なう方式です。

方式名称	概要	規格等
RS232C	従来パソコン等に標準で装備されていたシリアルインターフェースで最も古くから良く使われています。1 対 1 の機器接続に対応します。	EIA-232-E
RS422	RS232C よりも高速、長距離のデータ伝送ができるように改善、さらに送受信が１対 N と複数の受信が同時に出来るようになっています。	EIA-422-B
RS485	RS422 をさらに改善したもので、より多くの送受信を同時に行うことができます。N 対 N と複数の送受信が可能です。	EIA-485
USB	現在パソコン等に標準で装備されているシリアルインターフェースです。	USB1.1 USB2.0
イーサネット	同軸ケーブルを使って高速な通信を複数の送受信端末が同時に通信できるようにしたもので、最近のLANはすべてこの方式を採用しています。	IEEE802.3
IEEE1394	イーサネットをさらに高速にする通信方式で、複合ケーブルでマルティメディアデータを通信します。	IEEE1394

[パラレル通信]

複数の信号線で同時に複数ビットのデータの受け渡しを行なう方式です。

昔のシリアル通信は低速でしたので、複数の信号線を使って、より高速に通信しようという発想でパラレル通信が生まれましたが、技術の発達でシリアル通信が高速になったことと、パラレル通信では高速になればなるほど同期をとることが難しくなり、長距離間の通信も難しいことから、これらがネックとなって現在のパソコンでは出番が少なくなって来ています。

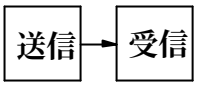
方式名称	概要	規格等
セントロニクス	プリンタの一般的なインターフェースで８ビットのデータ線と１ビットのストローブ線、３ビットのステータス線を持ちます。	IEEE1284
SCSI(スカジー) (Small Computer System Interface)	コンピュータのハード・ディスク関連周辺機器の信号伝送インターフェース規格で、各機器をバス型配線で芋づる式につなぎます。	
GP-IB	測定器の一般的な通信方法で、マスター・トーカー・リスナーの分担で送受信を行います。	IEEE-488

通信ライン方式

ネットワークにて端末同士がデータのやり取りを行う場合には、必ずどちらかの端末が送信者となりもう一方の端末が受信者となります。ただ、この送信者と受信者は常に一定とは限りません。ある時点で送信者であった端末が、次の時点では受信者になっているかもしれませんし、両端末が同時にデータを送信する場合もあります。データの流れが一方通行なのかどうか、同時に双方向で通信をすることができるかどうかは通信方式に依存することとなります。

[片方向通信(simplex)]

テレビやラジオの電波のように、データの流れが一方通行で受信者が送信者にデータを送信することができず、常に送信者と受信者が固定されている通信方式です。



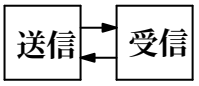
[半二重通信(half duplex)]

トランシーバを使っての通話のように、一方が送信しているときは、もう一方が送信できない通信方式です。Ethernet の 10Base2 や 10Base5 では１本の同軸ケーブルを共有するため、バス上のどれか１台のホストがデータを送信している際は、他のマシンがデータを送受信することは不可能で、データを送信したいホストはケーブルが空くのを待つ必要があります。このように、一つの通信回線を共有したネットワークは半二重通信方式となります。片方向の通信ではなく双方向に通信することはできますが、同時にデータの送受信を行うことができないため、全二重通信方式よりも通信速度が落ちることとなります。

RS485。

[全二重通信(full duplex)]

電話を使っての通話のように、一方が送信している途中でも、もう一方が送信できる通信方式です。



Ethernet の10Base-T や 100Base-TX ではツイストペアケーブルを使用し送受信のために別々の配線を用意しているため、データの送受信を同時に行うことができます。通常、2 本の通信ラインを使用して上りと下りの通信に別々の回線を使用します。

RS232C、RS422。

通信プロトコル

プロトコル(protocol)とは、異なるデバイスやコンピュータシステム、ソフトウェアなどが互いに通信するために制定された手順（規約）です。

たとえば LAN やインターネットなどで、異なるコンピュータシステムやソフトウェアがデータ交換を行うためには、データ送受信のタイミングや送受信されるデータフォーマットなど、データを送り出す側、データを受け取る側の双方が解釈できる共通の手順が必要です。このための手順やデータフォーマットなどを規定したものをプロトコルと呼びます。

[有手順]

一般化された規格であらかじめ決定した手順を用いて通信制御を行う方式です。

1) ベーシック手順（BSC）
   初期におけるコンピュータと端末間で用いられたデータ伝送の基本的な制御手順です。
2) HDLC(High-level Data Link Control)手順
   メインフレームのオンラインシステムなどで使われており、信頼性が高く、効率良くデータ伝送できることが特徴です。
3) TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)
   インターネットやイントラネットで標準的に使用されています。

[無手順(non-procedural)]

エラーの検出や誤り訂正を行わずにデータをやり取りし、受信する側の状態を確認することがないので無手順と呼ばれます。

ASCII コードなどを用いた単純な制御がなされ、通常は調歩式と呼ぶスタート/ストップ伝送による無確認伝送が用いられます。改行などの書式制御はオペレータが行います。

無手順を用いて通信を行う場合、メッセージの区切りを表すためにメッセージの後にデリミタ符号を付けます。デリミタ符号には一般的に CR(Caride Return 復帰改行符号)や ETX 符号が使用されます。受信側では CR 等を受信した段階で、一つのデータを送信側が入力し終えたことを知り、このデータの解析を行います。

1) TTY 手順(テレタイプ手順 teletype procedure)
   元々はテレックス通信などに用いられてきました。
2) X. 28 手順
   公衆データ網におけるパケット組み立て/分解機能(PAD)にアクセスする時の調歩式のデータ端末装置(DTE)と回線終端装置(DCE)間のインターフェースです。
3) その他
   一般化されたプロトコルの規定を持たない方式で、独自のプロトコルで通信されます。
   RS232C、RS422、RS485 等で使用されます。

同期方式

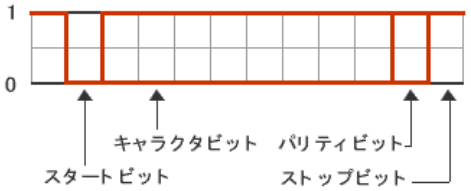
シリアル通信の無手順プロトコルにおいては、送受信間で同期をとる必要があります。

通常、データは、0 もしくは 1 のビット列がデジタル信号として送信されます。相手から送信された符号を、受信側では正しく受信して元の情報へ復元する必要があります。これには、送信側と受信側が同じタイミングでデータをやり取りしなければなりません。

送信側が一方的にビット列を送信するだけでは、受信側では正しいビット位置での受信や、データの先頭位置を誤ってしまうことにもなりかねません。このために、互いに音頭を取り合う必要があるわけです。これを同期といいます。

[調歩同期方式(start-stop synchronous communication)]

シリアル通信において、一文字分の文字情報を送るたびに、データの先頭にデータ送信開始の情報（スタートビット）と、データ末尾にデータ送信終了の信号（ストップビット）を付け加えて送受信を行う方式です。



通常の同期方式では、専用の信号線で常に同期信号が送られることによって送受信された情報の同期タイミングが測れるようになっています。これに対して調歩同期式では、データそのものに同期用信号を追加して同期を取っています。調歩同期式は、同期用信号の分だけ通信効率が劣りますが、同期用の信号線が不要であり、自由なタイミングで情報を送信することが可能であるという利点を持っています。

調歩同期方式では、受信側がスタートビットによって送信側に関係なく一方的に同期をとることから、非同期方式(asynchronous communication)とも呼ばれています。

パソコンのシリアルポート（RS-232C）はこの方式で通信します。

[独立同期方式(SYNC synchronous communication)]

独立同期方式は、文字単位にではなくメッセージ単位に同期をとる方式です。

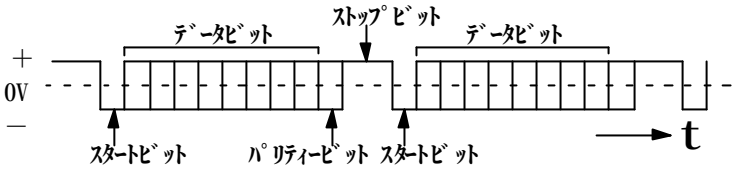
最初に SYN(SYNchronous idle 同期信号)符号を２個以上送り、そのあとに、連続してキャラクタを伝送します。メッセージの最後にはトレイリングパッドを付けます。非同期方式に比べデータ量が少なくすむため、伝送効率は上がりますが、SYN 符号を検出できなかった場合は、より大きな単位でデータを失う危険性を持っています。基本形データ伝送制御手順(ベーシック手順)で採用されています。

[フレーム同期方式(frame synchronization)]

特定のビット列で同期をとることから、ビット同期方式とも呼ばれます。データの最初と最後に特定のフラグパターン(HDLC では 01111110 のビット列)を付加して同期をとります。

データは、キャラクタ単位でなく任意長に送れるので、テキストデータ以外の伝送、および高速通信に適しています。フラグパターンとデータを区別するために５つ連続した１の後に０を挿入します。HDLC 手順で採用されています。

信号内容



シリアル通信の調歩同期方式においては、下記通信条件を送信側と受信側で一致させる必要があります。

1) 通信速度

１秒間何ビット送信するかを設定します。150～115200 bps (ビットパーセック略)。数値が大きいほど速く伝送出来るとこになります。

2) パリティビット

通信の信頼性を確保するためパリティビットを設定することができます。

[奇数]・[偶数]・[なし]を使用することができ、ハードウェアで自動的に処理されます。

パリティビットの設定	パリティビットのデータ	
	データビット 1 の合計数が偶数の時	データビット 1 の合計数が奇数の時
偶数	1	0
奇数	0	1
なし	なし	

ハードウェアがパリティの誤りに気付くと、パリティエラーを発生させます。

3) ストップビット

ストップビットは 1 バイトの通信が終了すると言った意味を持っており、スタートとストップビットの１文字の区切りになる重要なビットです。

スタートビット１ビットで固定ですが、ストップビットは[１ビット]・[１．５ビット]・[２ビット]から選択して設定できます。ストップビットは常にＨＩの状態でスタートビットがＬＯの状態です。ですからＨＩからＬＯになった瞬間が読みとるタイミングです。

4) データ長

データビットはビット数を５～８ビットに設定できます。データには通常 ASCII コードが使用されます。

通常７ビットか８ビットに設定することが多いです。７ビットにすると数値やアルファベットなど送れますが、カタカナや漢字は送れません。８ビットにすればカタカナ漢字も送れます。

数値の「４」を送ったときはアスキー文字をＨＥＸ換算すると「３４」になります。

これを２進数７ビットに変換すると「０１１０１００」なりこれがデータビットになります。

英文字の「B」を送ったときはアスキー文字をＨＥＸ換算すると「４２」になります。これを２進数８ビットに変換すると「０１０００００１０」なりこれがデータビットになります

RS232C概要

測定値をデジタルで他の機器に送信する場合に使用します。デジタル処理を行っている測定器においては、デジタルとして得られた測定データを直接送信するため、アナログ出力のように DA コンバータの変換誤差が発生しません。線路におけるノイズについてはアナログ出力に比べほとんど受けません。ただし、ノイズレベルが高い場合は誤動作を起こします。

RS232C は米国の EIA(アメリカ電子工業会)が 1969 年に定めたシリアルインターフェースの規格で、1 対 1 の機器接続に対応しモデム、パソコン周辺装置の入出力インターフェースとして広く使われてきました。近年、パソコンでは USB に取って代わられていますが、各部仕様が修正され性能が向上し、ハードウェアおよびソフトウェア両面で簡単かつ安価に実現できるため、いろいろな機器で使用され続けています。ただし、近年は機器の電源電圧が低くなってきているため、信号の出力スイング幅が低くなり、従来の規格にあった機器との間で誤動作が発生するため注意が必要です。

1) 不平衡伝送
   ドライバの出力信号線は 1 本であり、共通のグランド線を使用しているため耐ノイズ性が高くありません。
2) 伝送路のターミネート
   信号の反射を防ぐ終端抵抗(ターミネート)はありません。
3) ポイントツーポイント
   基本的に 1 対 1 の 伝送用の規格です。
4) 最大ケーブル長　15m、最大データ速度　20K ビット/秒
   実際の通信速度、最大ケーブル長などは使用されるドライバ／レシーバ、ケーブルの性能によって決まります。
5) コネクタ　　D-sub 25 ピンおよび 9 ピンが一般的ですが端子でも使用可能です。

[主な電気的仕様]

項目	EIA232 規格	近年の例 (MAX3381/V_B=2.7V)
ドライバ出力ロジックレベル(負荷 3K～7KΩ時)	+15V＞0h＞+5V －5V＞0l＞－15V	±4V
ドライバ出力電圧(開放時)	｜Vo｜＜25V	
ドライバ出力インピーダンス(電源断時)	Ro＞300Ω	
出力回路電流(短絡時)	｜Io｜＜0.5A	±60mA
ドライバスルーレート(立ち上がり特性)	dV/dt＜30V/μS	(250kbps/3k/1000p)
レシーバ入力インピーダンス	7KΩ＞Rin＞3 KΩ	5 KΩ
レシーバ入力電圧	±15V(ドライバに同じ)	
入力開放時のレシーバ出力	マーク(“1”)	
+3V 入力時のレシーバ出力	スペース(“0”)	
－3V 入力時のレシーバ出力	マーク(“1”)	
ロジック(“0”)= スペース=制御 ON	+15V～+5V	1.5V 以上
ノイズマージン(雑音余裕度)	+5V～+3V	+4V～+1.2V
過渡領域	+3V～－3V	+1.2V～－1.2V
ノイズマージン	－3V～－5V	－1.2V～－4V
ロジック(“1”)= マーク=制御 OFF	－5V～－15V	－1.5V 以下

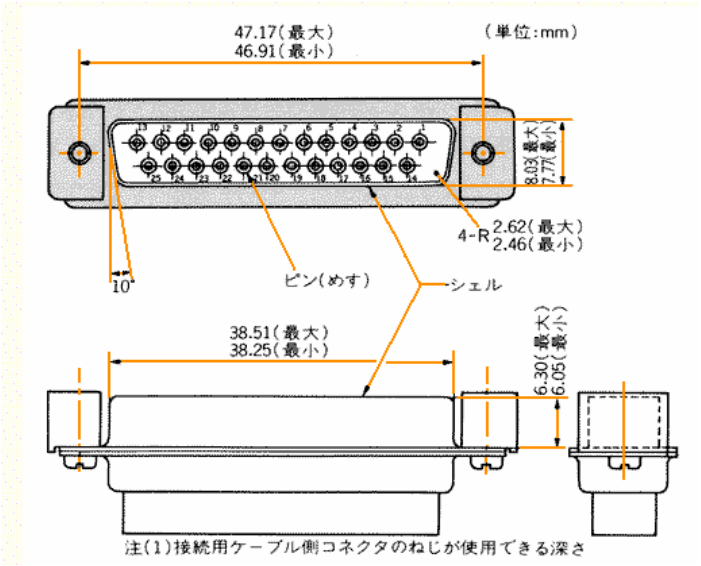
参照　電気系（通信／通信分類｜通信ライン方式｜同期方式｜信号内容－RS232C／コネクタ｜接続｜ケーブル長と通信速度）

RS232Cコネクタ

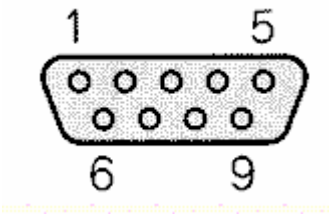
コネクタは D-sub 25 ピンが規格です。非同期専用として、D-sub 9 ピンも使用されます。
また規格外ですが端子でも使用可能です。

コネクタピン番号		信号内容		
25 ﾋﾟﾝ	9 ﾋﾟﾝ	記号	信号名	備考
8	1	CD	受信キャリア検出	制御信号
3	2	RD	データ受信	データを相手装置から受信します。
2	3	SD	データ送信	相手装置へデータを送信します。
20	4	DTR	データ端末レディ	制御信号
7	5	SG	シグナルグランド	グランドでここを基準に信号のＨＩ／ＬＯを決めます。
6	6	DSR	データセットレディ	制御信号
4	7	RTS	送信要求	制御信号
5	8	CTS	送信許可	制御信号
22	9	RI(CI)	ベル検出(被呼表示)	同期式用クロック
1	―	FG	フレームグランド	

D-sub 25 ピン

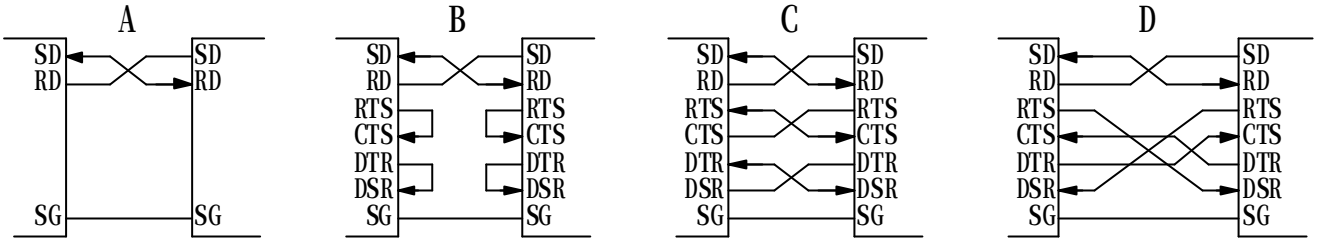


D-sub 9 ピン



RS232C接続

デバイス相互間のやり取り



A) 3 線式(その 1)

やり取りを可能にするためには、先ず、自分の出力を相手が受け取ることが必要です。コネクタを細工することは実用性がありませんから、データ線をクロスさせます。

最も単純には、データ線を介してデータの授受ができれば、それで十分です。制御信号線のやり取りは行いません。制御のためのやり取りが必要なときは、データ線を利用して、制御情報をやり取りします。

B) 3 線式(その 2)

データ線はクロスさせます。制御線は、自分が出したものを自分が受けます。擬似的に、相手とやり取りしているのと、同じやり取りを行うことができます。

本当に相手とやり取りしているのではありませんから、実用上の意味はありません。しかし、相手と制御信号のやり取りをするソフトウェアを、そのまま利用することができます。

C) 7 線式(その 1)

データ線はクロスさせます。制御線も、対応する信号線をクロスさせて接続します。RS232C と同じ意味でのやり取りは不可能ですが、やり取りする信号の種類を最大に活用することができます。各システム毎に、制御の意味を定義して使用します。

D) 7 線式(その 2)

データ線はクロスさせます。RS232C の制御信号の中で、最も汎用性と必要性が高いのは、送信要求(RTS)に対する送信許可(CTS)のやり取りです。この方式では、RTS/CTS のやり取りを行います。送信要求を発行する側が決まっているシステムでは、発行側が、送信要求を出します。両者が対等の場合にも、送信要求が発生した側から、送信要求を出します。

要求側は、RTS を発行します。相手側は、その RTS 信号を、DTR によって受け取ります。そして、DTR から要求側の CTS に対して送信許可を出します

ケーブル長と通信速度

RS232C の電気的規格によると，電源電圧は±15V，伝送速度は 20kbit/sec 以下，距離は 15m 以下とされています。ケーブル長が長くなるとケーブルの静電容量・抵抗が大きくなり、信号波形の立ち上がり、立下りに遅れが生じてデータが正確に伝送できなくなります。この場合でも伝送速度を遅くすれば、伝送は可能になります。

実際の伝送速度/伝送距離の能力は、使用するドライバ/レシーバ IC およびケーブルの静電容量・抵抗によって決まります。RS232C の規格上の伝送速度(20k ビット/秒)と伝送距離(15m)は、ハードウェアが持っている能力ではなく、当時のモデムの性能と、そのインターフェースとして必要な性能から決められたものです。最近ではドライバの性能が向上しているため長い距離の伝送が可能になっています。また、使用するケーブルとして静電容量の小さいもの、抵抗の小さいものを選定すればケーブル長を延ばすことが可能です。

下記に弊社の放射温度計 FTK9/TMH9 シリーズでの性能を示します。

ケーブル長	推奨通信最高速度	1文字あたりの伝送時間
１０m以下	１１５２００ＢＰＳ	０．１０mＳ
２０m	５７６００ＢＰＳ	０．２１mＳ
３０m		
５０m	３８４００ＢＰＳ	０．３１mＳ
	９６００ＢＰＳ	１．２５mＳ

TMH9、FTK9 用ケーブル　0.14㎜^{2} 145Ω/㎞

RS422

シリアル通信の規格で RS232C よりも高速、長距離のデータ伝送ができるように改善、さらに送受信が１対 N と複数の受信が同時に出来るようになっている電気的特性のみを決めている技術標準です。

コネクタの規格はなく、通信プロトコルは RS232C と同様、無手順、調歩同期方式が一般に使用されています。

1) 平衡伝送(差動信号)

ドライバの出力信号線は 2 本あり(極性が逆)、グランドに対し平衡になっているため耐ノイズ性が RS232C に比べて高くなっています。

2) 伝送路のターミネート

受信側に終端抵抗を付加すること(ターミネート)により、信号の反射を防ぐことができます。

3) ポイントツーポイント

基本的に 1 対 1 の 伝送用の規格です。ただし送信側 1 つに対し、受信側は最大 10 個まで置くことができます。

RS485 のような真のマルチポイント接続型通信ネットワークを構築することはできません。

4) 最大ケーブル長　1200m

5) 最大データ速度　1.2m で 10M ビット/秒、1.2km で 100k ビット/秒

6) 電気的特性

	項目	規格
ドライバ	無負荷出力	出力間で 6V 以下
	負荷出力	出力間で 2V 以上
	出力電流	40mA
レシーバ	入力抵抗	4KΩ以上
	スレッショルド	－0.2～+0.2V　シュミットトリガ
	入力最大電圧	±12V

RS485

シリアル通信の規格で RS232C よりも高速、長距離のデータ伝送ができるように改善、さらに送受信が N 対 N と複数で同時に出来るようになっている電気的特性のみを決めている技術標準です。

コネクタの規格はなく、通信プロトコルは RS232C と同様、無手順、調歩同期方式が一般に使用されています。

1) 平衡伝送(差動信号)

ドライバの出力信号線は 2 本あり(極性が逆)、グランドに対し平衡になっているため耐ノイズ性が RS232C に比べて高くなっています。

2) 伝送路のターミネート

送受信側に終端抵抗(110Ω)を付加し(ターミネート)、信号の反射を防いでいます。

3) マルチポイント

N 対 N の 伝送用の規格で、真のマルチポイント接続型通信ネットワークを構築することができます。送受信数は最大 32 対 32 です。

4) 信号ケーブル

RS422/485 用のツイストペアケーブルを用います。高品質なマイクケーブルでも代用可能。

5) 最大ケーブル長　1200m

6) 最大データ速度　1.2m で 10M ビット/秒、1.2km で 100k ビット/秒

7) 電気的特性

	項目	規格
ドライバ	無負荷出力	出力間で 6V 以下
	負荷出力	出力間で 2V 以上
	出力電流	60mA
レシーバ	入力抵抗	4KΩ以上
	スレッショルド	－0.2～+0.2V　シュミットトリガ
	入力最大電圧	±12V

USB

Universal Serial Bus の略。

キーボードやマウス、モデム、プリンタなどの周辺機器とパソコンを接続するシリアル通信の.共通規格で、パソコン動作中に周辺機器の脱着ができ、機器の自動認識も可能です。

従来から多く使用されてきた、汎用シリアルインターフェース(RS232C、RS422/485)や、汎用パラレルインターフェース(セントロニクスインターフェース)に代わって、パソコンインターフェースの主流になっています。

1) 接続

パソコンを中心とする、親子式、トリー ネットワークで最大 6 層まで可能です。デバイス数は、最大 127(ハブ を含む)。パソコンには複数の USB ポートがあり、同じ周辺機器でも接続するポート毎にドライバ等の設定をする必要があります。

2) 信号ケーブル

電源線、信号線が各 1 対の 4 本線です。

ピン番号	信号名	ケーブルの色
1	Vcc	赤
2	－D	白
3	＋D	緑
4	グランド	黒

3) 電源

周辺機器用の電源はパソコンが供給し、電源電圧は 5V ±5%、供給電流はデバイス 1 台あたり最大 500mA で、システム全体で最大 5A。

4) 最大ケーブル長

各ケーブル毎に 5m(シールド付ツイストペアケーブル)または 3m(シールド無しのケーブル) 。

5) 最大データ速度

USB1.1　1.5Mbps（低速）と 12Mbps（高速）

USB2.0　480Mbps

6) 電気的特性

	項目	記号	条件	Min	Max	単位
出力	“L”レベル	V_{OL}	R_L=1.5KΩ		0.3	V
	“H”レベル	V_{OH}	R_L=15KΩ	2.8	3.6	V
入力	差動入力感度	V_{IN}	I(D+)-(D-)I	0.2		V
	差動コモンモードレンジ	V_{CM}	V_{Df}を含む	0.8	2.5	V
	シングルエンドレシーバ・スレッショルド	V_{SK}		0.8	2.0	V

7) 通信プロトコル

全てパソコンの制御の下にデータのやり取りを行い、複数のデバイスとタイムシェアリングで実行します。1ms 毎に繰り返されるフレームを単位として伝送を行います。伝送にはパケットを使用し、フレームは、複数のパケットで構成されます。

スムージング

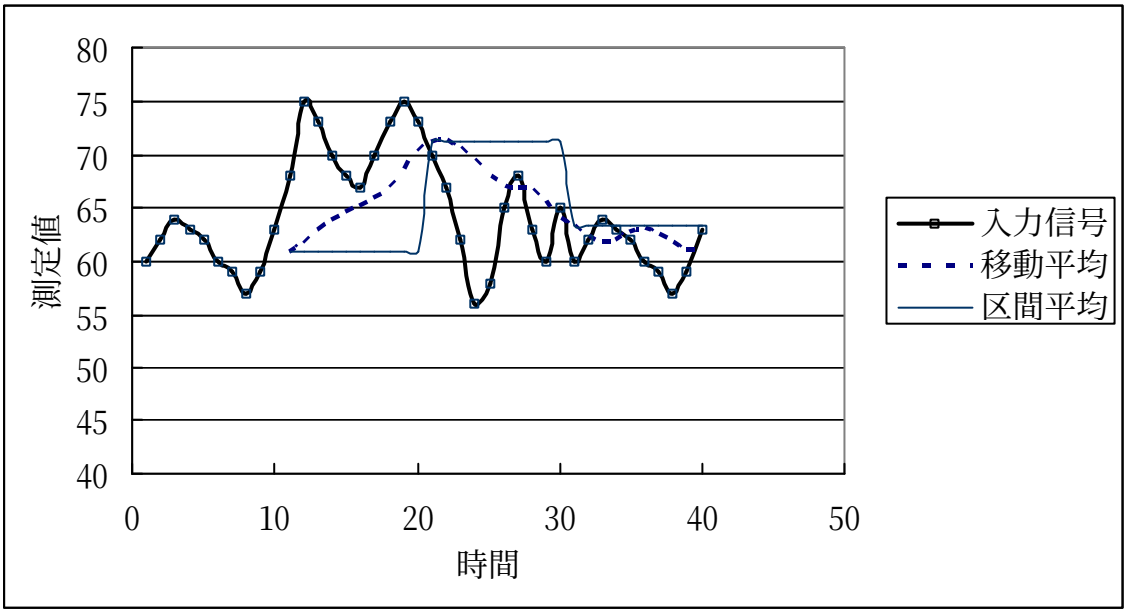
測定値の変動が大きく読みとりにくい場合、スムージングをかけ変動分をなだらかにします。

スムージングは移動平均または区間平均により測定値を平均化することにより実行します。

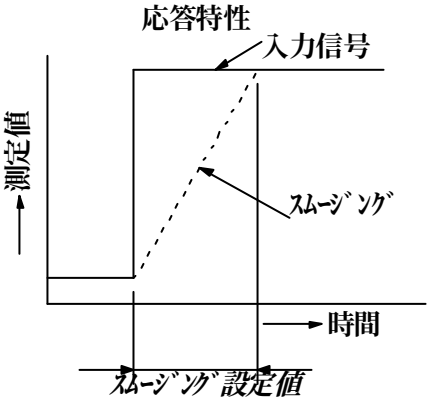
平均回数をNとした場合、移動平均は測定値の直近のN個分の平均を行い、次の測定値の場合は次の測定値を追加し一番古い測定値を破棄します。区間平均は単純に測定数N個の平均を行い、次のN個は前回の測定値をすべて破棄して新規に平均化します。

右図は平均回数を3とした場合の、平均化される測定値の推移を示します。

下図は平均回数を10とした場合の、平均化後の測定値を示します。下図からわかるように移動平均のほうが区間平均より変化が滑らかになります。



またスムージングをかけることにより、応答時間は遅くなります。右図に移動平均によるスムージングをかけた場合の応答特性を示します。

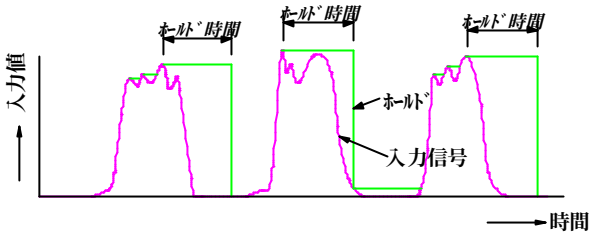


ピークホールド

ワークが間欠的に移動するような場合、ワークのピーク測定値をホールドします。
ホールドをそのままにしておくと、次のワークの測定値が前回の測定値より低い場合に、測定値が更新されないためピーク値を検出し、測定値を読み込んだ後にホールドされた測定値をリセットする必要があります。ホールドのリセット方式には次のようなものがあります。

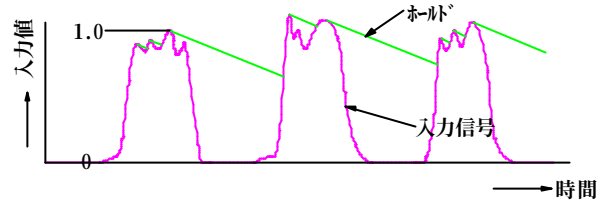
[時間リセット]

ピーク値を検知してから一定時間ピーク値をホールドします。リセット時に大きな測定値の低下が起こります。



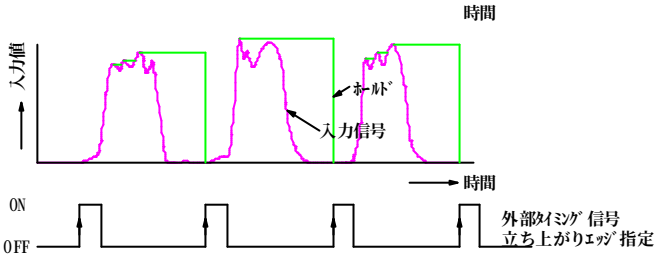
[放電リセット]

ピーク値を検知してから一定の傾斜でレベルを低下させます。リセット時の大きな温度低下が起きないので比較的安定な信号となります。



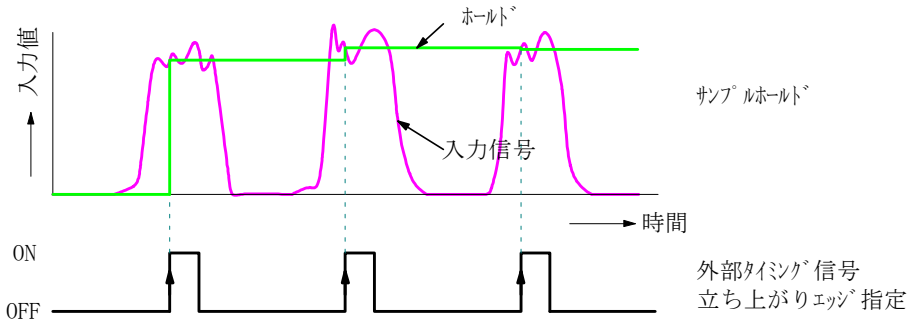
[外部リセット]

外部タイミング信号のタイミングでリセットします。外部コンピュータ等によるピーク値の取り込みに適します。



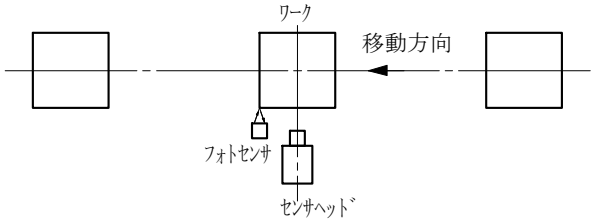
サンプルホールド

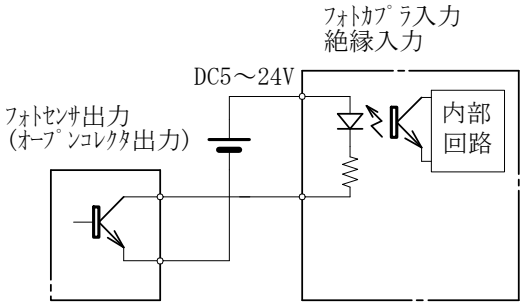
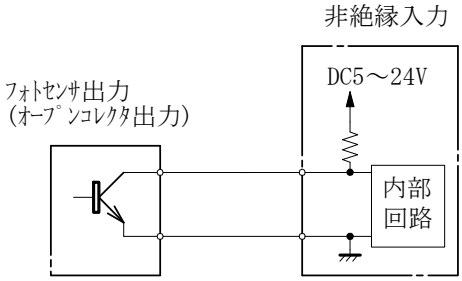
ワークが間欠的に移動するような場合、ワークの任意の部分の測定値を外部タイミング信号入力によってホールドします。外部コンピュータ等による温度データの取り込みに適しています。



[外部タイミング信号の設置]

外部タイミング信号はフォトセンサ等によりワークの有無を検知することによって得ることができます。またサンプリングタイミングはセンサヘッドとフォトセンサのワーク流れ方向に対する位置関係を調整することによって合わせます。



[外部タイミング信号の接続]

フォトセンサ等はオープンコレクタ出力タイプのものを選定し、右図のようにタイミング入力回路に接続します。