

制御機器

ガイド 横11.5 縦6.5

フォント MSゴシック、Arial

1

INDEX

- 1. 制御の基礎
 - 1. 1 電気制御概要
- 2. 入力機器
 - 2. 1 スイッチ
 - a) 操作用スイッチ
 - b) 検出用スイッチ
 - c) 設定用スイッチ
 - 2. 2 センサ
 - a) 検出用センサ
 - リミットスイッチ
 - リードスイッチ
 - 光電センサ
 - 近接センサ
 - b) 計測用センサ
 - c) その他のセンサ
 - 2. 3 計測器
- 3. 出力機器
 - 3. 1 モータ
 - 3. 2 ソレノイド
 - 3. 3 その他の出力機器
- 4. 制御機器
 - 4. 1 マイコン
 - 4. 2 シーケンス制御機器
 - 4. 3 PLC
 - 4. 4 パソコン
 - 4. 5 電子回路
 - 4. 6 PLD
- 5. インターフェイス
 - 5. 1 入力インターフェイス
(信号変換回路)
 - 5. 2 出力インターフェイス
(駆動回路)

2

重要語句

1. 出力機器

三相誘導電動機(始動法、スターデルタ始動法)、単相交流電動機、インダクションモータ、シンクロナスモータ、DCブラシモータ(Hブリッジ回路、PWM制御)、DCブラシレスモータ、ステッピングモータ(励磁方式、速度制御、回転方向制御、台形制御)、サーボモータ(ACサーボモータ、DCサーボモータ)

出力機器の駆動

モータの制御(動力用、制御用、CW/CCW、回転速度、交流モータの回転速度、インバータ、すべり、回転方向の制御)

ソレノイド、電磁弁(油空圧機器)、調整弁、リレーコイル、ランプ、LED、7セグLED

空気圧シリンダ、油圧シリンダ

2. 入力機器

操作スイッチ、検出センサ、リミットスイッチ、リードスイッチ、光電センサ(透過型、反射型)、近接センサ(静電容量型、高周波型)、超音波センサ、検出センサの出力仕様、接点出力、O.C.出力(シンク(NPN)、ソース(PNP))、電圧出力、3線式、2線式、

計測センサ、ロータリエンコーダ(インクリメンタル形、A相、B相、アブソリュート型)、ポテンシオメータ、変位センサ、温度センサ、圧力センサ、流量センサ、計測センサの出力仕様、電圧出力

電流出力(4-20mA)

3. 制御機器

リレー、PLC(入力仕様、出力仕様)、マイコン、パソコン、アナログ回路、アナログIC回路、デジタルIC回路、PLD、FPGA、パネルコンピュータ
DCSコントローラ?

制御方式、オープンループ方式、セミクローズドループ方式、クローズドループ方式

1. 制御の基礎

1.1 電機制御概要

5

自動制御システムの構成

制御装置の構成・・・**検出部**、**調節部**、**操作部**、**比較部**

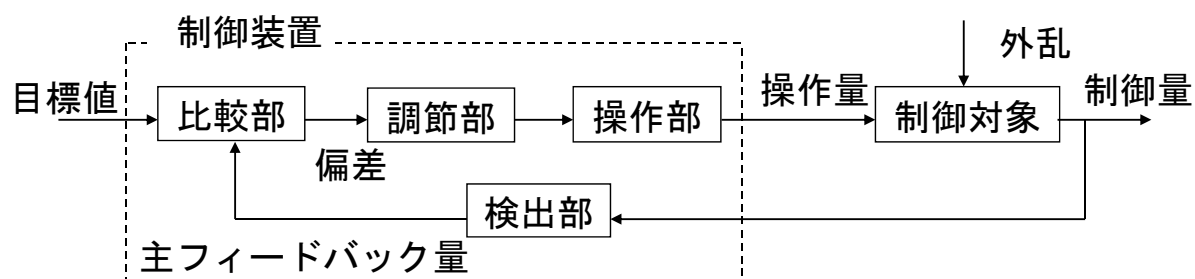
その働きは、

検出部：制御対象の状態（**制御量**）を検出する

調節部：**目標値**と制御量との差をなくすよう調節する

操作部：制御対象に働きかける（**操作量**）

比較部：目標値と主フィードバック量の差をとる

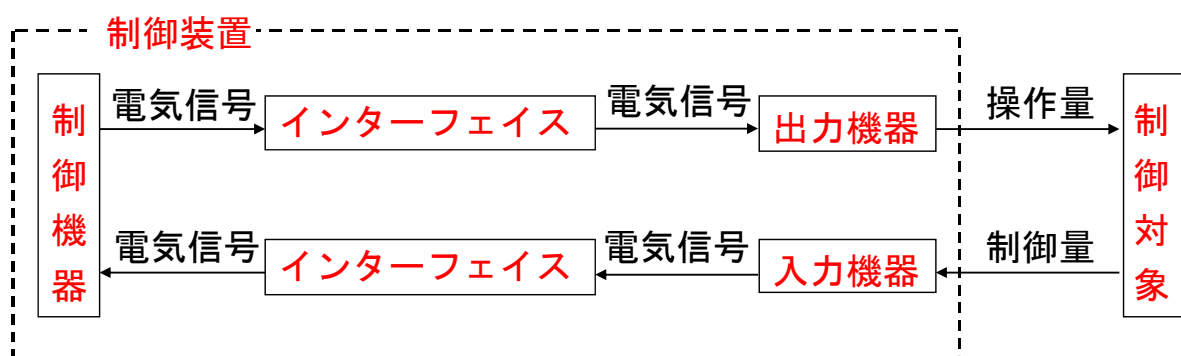


6

制御装置の構成

世の中で使われている制御装置の多くは、電気で動作し、電気信号で情報伝達がなされ、電気で制御されている。

電気を使った実際の制御装置は入力機器（検出部）、制御機器（調整部）、出力機器（操作部）、および電気信号を変換するためのインターフェイスで構成されている。



7

制御装置の各部の機器

入力機器：

制御対象の状態(制御量)を検出する
目標値や動作の内容を指示する

センサ、スイッチ、計測器・・・

制御機器：

目標値と制御量との差をなくすよう調節する

リレー、PLC、マイコン・・・

出力機器：

制御対象に働きかける(操作量)

モータ、油空圧機器、ソレノイド・・・

インターフェイス：

電気信号を変換する

トランジスタ、フォトカプラ、各種IC・・・

8

2. 出力機器

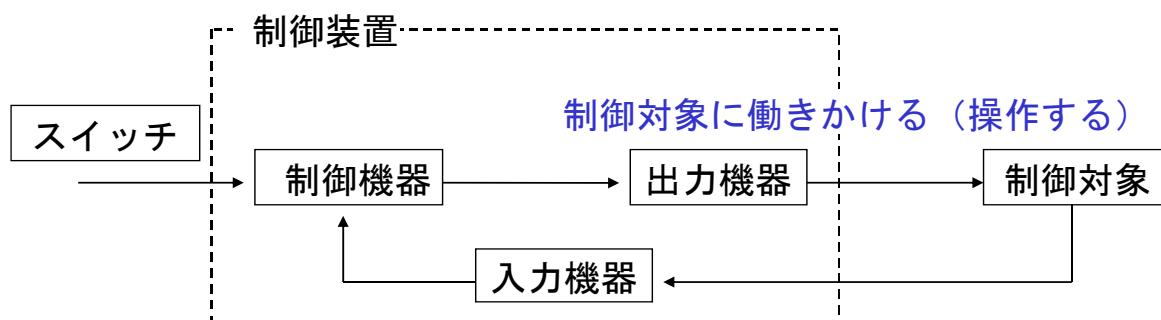
9

制御装置の出力機器

制御装置（制御システム）は制御対象に働きかける
動かす、力をかける、熱を加える、光を出す・・・

この働きかけを行うのが操作部であり、出力機器となる

現在の大部分の制御装置（制御システム）は、電気を使って
組まれている。電気を使った出力機器は**負荷**とも呼ばれる。

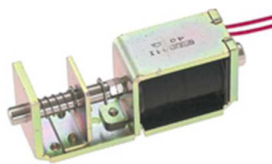
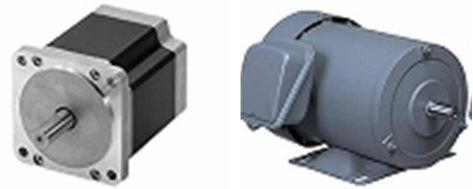


10

制御装置の出力機器(負荷)

制御装置の負荷として、力を出すもの、光を出すもの、熱を出すものなどが使われる。

ランプ(光エネルギー)
モータ(運動エネルギー)
スピーカ(音エネルギー)
ヒータ(熱エネルギー) など



負荷は電気抵抗を持ち、この抵抗で電気エネルギーから別のエネルギーに変換している。

11

制御装置の出力機器(負荷)

制御装置で使われる負荷として

モータ

三相電動機、ACモータ、DCブラシモータ、
DCブラシレスモータ、ステッピングモータ、
サーボモータ…

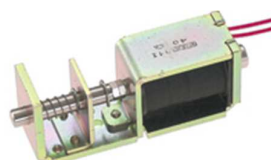
ソレノイド(電磁石)

直動ソレノイド(AC/DC)、リレーコイル、
方向制御弁(油空圧機器)…

ランプ

DCランプ、LEDランプ、積層表示灯、回転灯、…

ブザー



12

定格電圧、定格電流

負荷には定格電圧が定められている。この定格電圧をかけたときに定格電流が流れ正常に動作する。

定格電圧：DC24V、DC5V、AC100V、3φ3WAC200V など

定格電圧以上をかけると

電流が流れすぎ（過電流）、発熱、発火、焼損する

定格電圧以下だと

動作はするが、本来の働きをしない

電圧を調整することにより、負荷をコントロール(制御)することもある

出力機器とメカニズム

出力機器のうち、モータや油空圧シリンダなど、動いて外部に対して仕事をする出力機器をアクチュエータという。

実際の制御装置では、アクチュエータにクランク機構、送りねじ機構、クランク機構など様々なメカニズム(機構)を取り付け、制御対象に対して、押し出す、回転させる、固定するなどの働きをする。

メカニズムには、歯車、ベルト、カム、ベアリング、直動ガイドなど様々な機械要素が使われている。

2.1 負荷の駆動と駆動部品

15

負荷の駆動

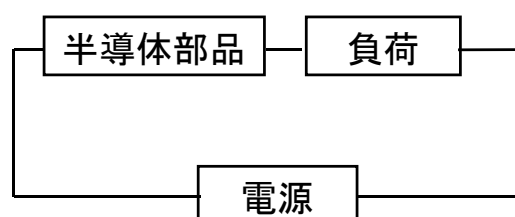
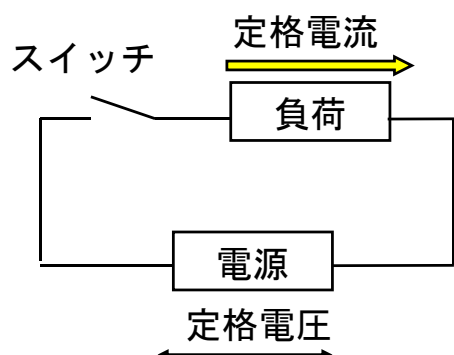
負荷に定格電圧がかかると動作する

負荷の駆動には**スイッチ**（機械式接点）が使われる

接点が閉じる・・・負荷に電圧がかかり動作する

接点が開く・・・負荷に電圧がかからず動作しない

半導体部品（トランジスタ、トライアックなど）を使って負荷を動作させることもある



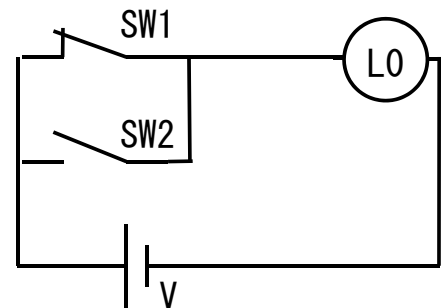
16

1) スイッチによる負荷の駆動

機械を動かすためには、様々な負荷装置（負荷）を動かす必要がある。

負荷の駆動の最も基本的なものとして、スイッチを使った回路がある。a接点スイッチ、b接点スイッチ（c接点スイッチ）を使い、接点が閉じると負荷に電流が流れ、負荷が動作する

電気回路図の書き方には幾つかのルールがあるが、ここでは最低限必要なルールにとどめることにする。
（スイッチの記号、負荷の記号など）



電気回路図

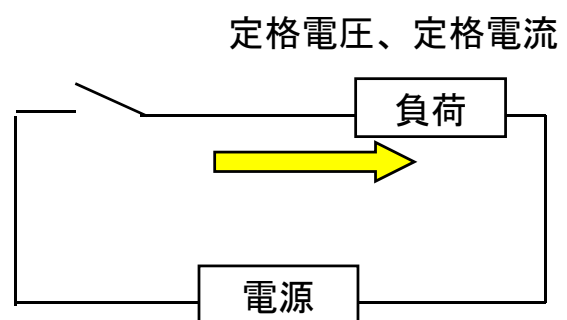
1) スイッチによる負荷の駆動

a接点スイッチが動作すると接点が閉じ、電流が流れて負荷に定格電圧がかかることにより、負荷が動作する

負荷の駆動に使用する電線や接点の許容電圧、許容電流は、負荷の定格以上が必要（約3倍）

接点
許容電圧 > 定格電圧 × 3
許容電流 > 定格電流 × 3

電線
許容電圧 > 定格電圧 × 3
許容電流 > 定格電流 × 3

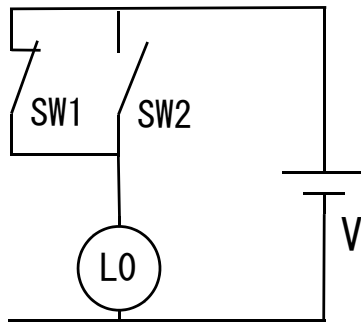


電源電圧 = 定格電圧
最大電流 > 定格電流

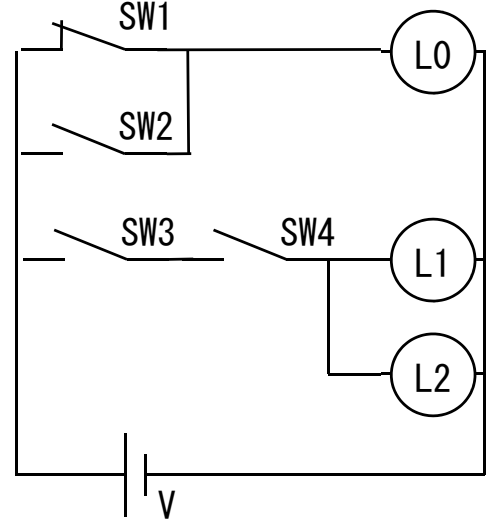
スイッチによる駆動回路

回路図の書き方のルール（この授業での）

- 1) 回路図の端には電源だけを入れる
- 2) 回路の両端の線は電源線（母線）とする
- 3) 負荷の一方は電源と接続する（プラス、マイナスのどちらでも可）
- 4) 複数の負荷を同時に動作させるときは
並列に接続する



縦書き回路図



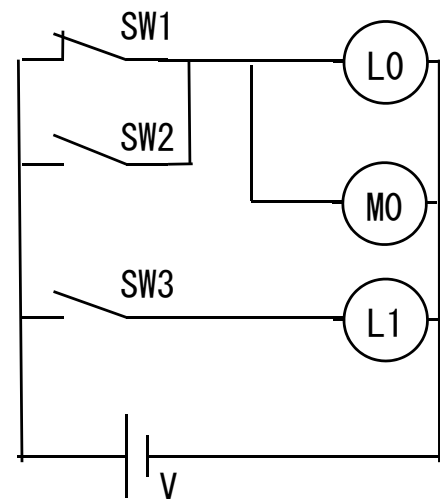
横書き回路図

スイッチによる駆動回路

負荷の一方を電源に接続し（プラス側、マイナス側、どちらでも良い）、もう一方をスイッチを通して電源に接続する。負荷が複数ある場合、接続する線を統一する。なお、負荷には極性（プラス・マイナス）が指定されているものもある。

スイッチの許容電流、許容電圧、電線の許容電流、許容電圧が負荷の定格電圧、定格電流よりも十分大きいもの（3倍程度）を選定する。

複数の負荷を同時に駆動する場合、並列に接続する。



電気回路図

語句の統一

この先、スイッチを組合わせた回路について説明する。
語句の混乱が予想されるので、以下のように統一する

[スイッチ]

「復帰する」・・・スイッチが動作していない状態、戻った状態
通常（ノーマル）な状態、

「操作する」・・・スイッチが動作している状態（押す、倒れる等）
「動作する」 通常（ノーマル）でない状態

「導通する」・・・接点が閉じる状態、電気が流れる状態
「通電する」

「遮断する」・・・接点が開く状態、電気が流れない状態
「通電しない」

[負荷]

「動作する」、「〇〇する」・・・働いている状態
「復帰する」、「〇〇しない」・・・働いていない状態

21

2) 駆動用部品による負荷の駆動

負荷の駆動には**スイッチ**（機械式接点）が使われる。
負荷の駆動にスイッチが使えないときは、専用の駆動用部品を使う

スイッチを使って負荷の駆動を行えない場合として、
接点の電気容量が不足（許容電圧、許容電流）
接点の動作が反対（a接点スイッチでb接点動作）
電気信号で負荷を動かす

スイッチ以外の駆動用部品として、
有接点：機械式リレー、電磁接触器、電磁開閉器
無接点：トランジスタ、FET、トライアック
半導体リレー（フォトMOSリレー、SSR）

22

有接点駆動部品(開閉器)

電磁石を使って電流のON/OFF（接点の開閉）を行う。
電力用のスイッチ。

電磁継電器（リレー MR）

電磁石と機械式接点を組み合わせたもので、電気信号で電流のON/OFF（接点の開閉）を行う。一般的な機器の駆動。最大10A程度。

電磁接触器（マグネットコンタクター MC）

三相電動機やヒータなど大型（数10A程度）の駆動や制御を行うための電磁継電器。制御用の補助接点も持つものもある

過電流継電器（熱動継電器、サーマルリレー THR）

過電流が流れたとき、発生する熱の作用によって電流を遮断する保護用遮断器。（三相交流の場合、RとTを遮断）

電磁開閉器（マグネットスイッチ MS MC+THR）

電磁接触器と熱動継電器をあわせたもの。
モータやヒータなどの大電流のON/OFFに使用する。

23

無接点駆動部品(半導体部品)

トランジスタ、FET

直流負荷用の駆動部品。電気信号（電圧もしくは電流）により直流電流のON/OFFを行う。動作が早く、半永久に使える。最大数10A。

半導体リレー

直流負荷もしくは交流負荷を駆動する半導体を使った駆動部品。電気信号を絶縁するためのフォトカプラと駆動用半導体部品を組み合わせたもので、フォトカプラ内部のLEDを駆動することにより、負荷が動作する。

フォトMOSリレー

半導体部品としてMOS型FETを使用し、数100mA程度の直流・交流負荷の駆動を行う。

ソリッドステートリレー（SSR）

半導体部品としてトライアックを使用し、数A程度の交流負荷の駆動を行う。

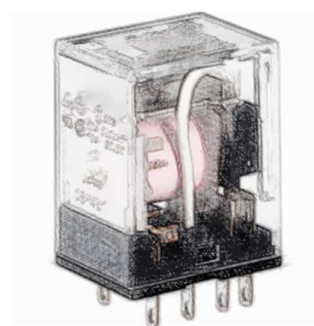
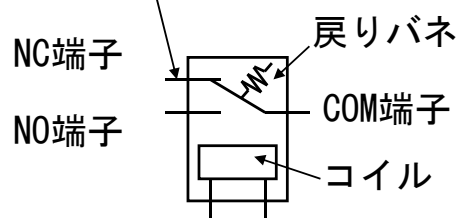
24

a) リレー

機械式リレーはリレーコイル（電磁石）とリレースイッチ（接点）を組合せた構造で、コイルが動作すると、接点が動作する。

様々なコイル定格、スイッチ定格があり、必要に応じたリレーを選ぶことができる。

この接点が複数個ある



25

a) リレー

電磁リレーの仕様（一例）

コイル定格電圧	DC24V
コイル定格電流	40mA
接点許容電圧	AC/DC200V
接点許容電流	5A
接点	2極双投（DPDT）



26

リレーの仕様

1) コイルの定格

定格電圧 コイルを駆動するのに必要な電圧
定格電流 コイルを駆動したときに流れる電流

2) 接点の定格

許容電圧（最大電圧） かけることのできる電圧の最大
許容電流（最大電流） 流すことのできる最大の電流
接点の種類、数 a接点、b接点、c接点 1極、2極、4極など

電磁リレーの仕様（一例）

コイル定格電圧 DC24V
コイル定格電流 40mA
接点許容電圧 AC/DC200V
接点許容電流 5A
接点数、種類 2極双投（DPDT）

リレーの用途

駆動部品として用いる

小さな電力（電圧、電流）で、大きな負荷をON/OFFする
直流の信号で交流をON/OFFする。（逆も可）

例えば、

乾電池2個（DC3V）の信号で、AC200VのモータのON/OFF制御が可能

2) 接点の数を増やす（内部の接点が複数個ある場合）

3) 接点の動作を変える（a接点→b接点）

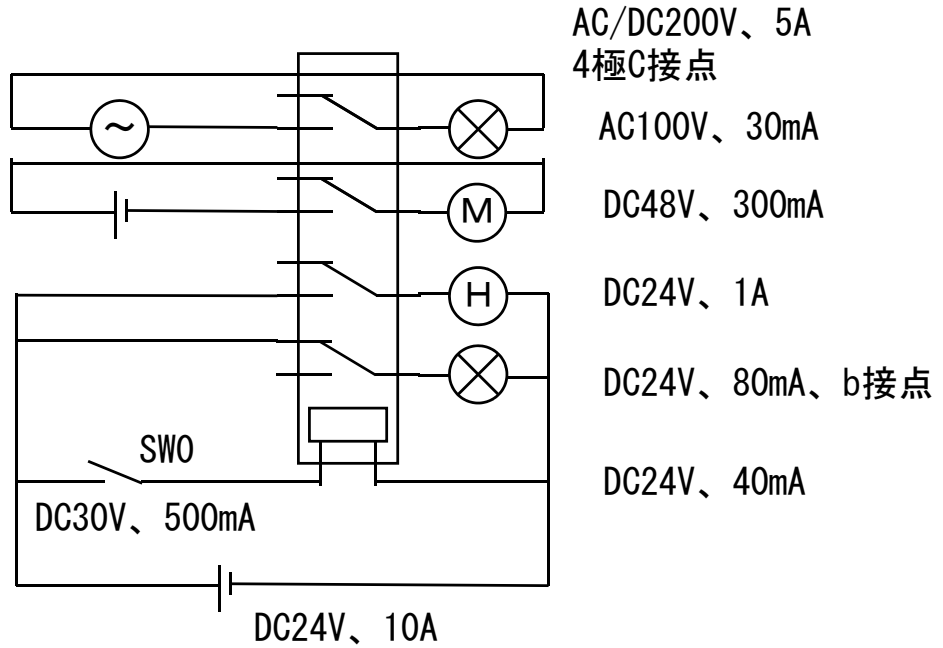
駆動用以外の用途として

4) 簡単な制御回路を組む（リレー10個程度の回路）

・・・リレーシーケンス制御

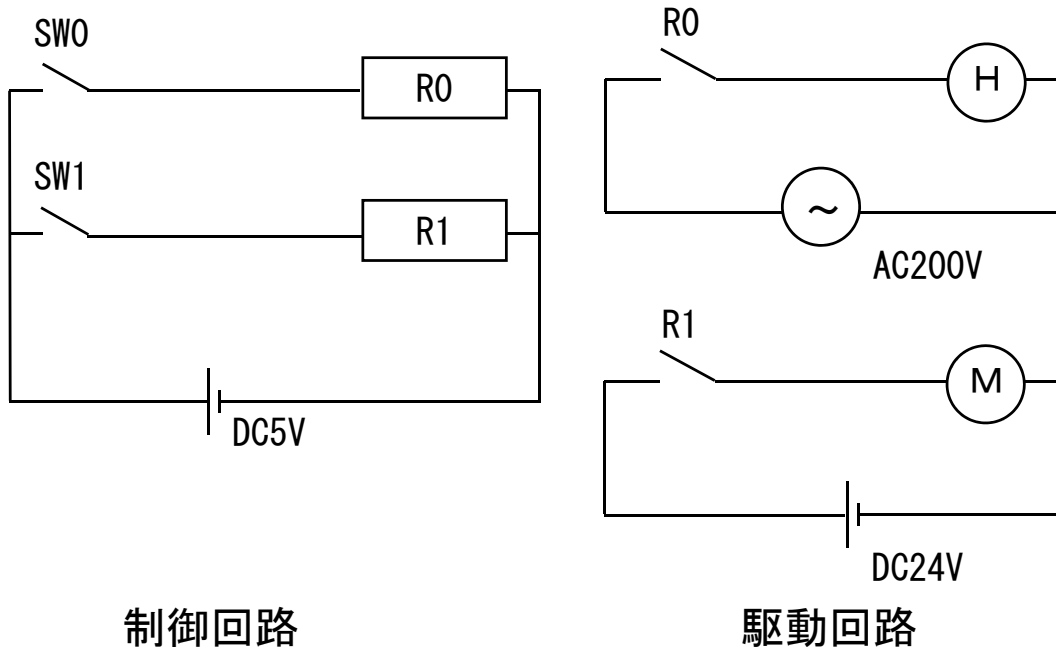
リレーによる駆動回路

複数の接点を有するリレーを使うと、定格電圧が異なる負荷を同時に駆動することができる。



リレーによる駆動回路図

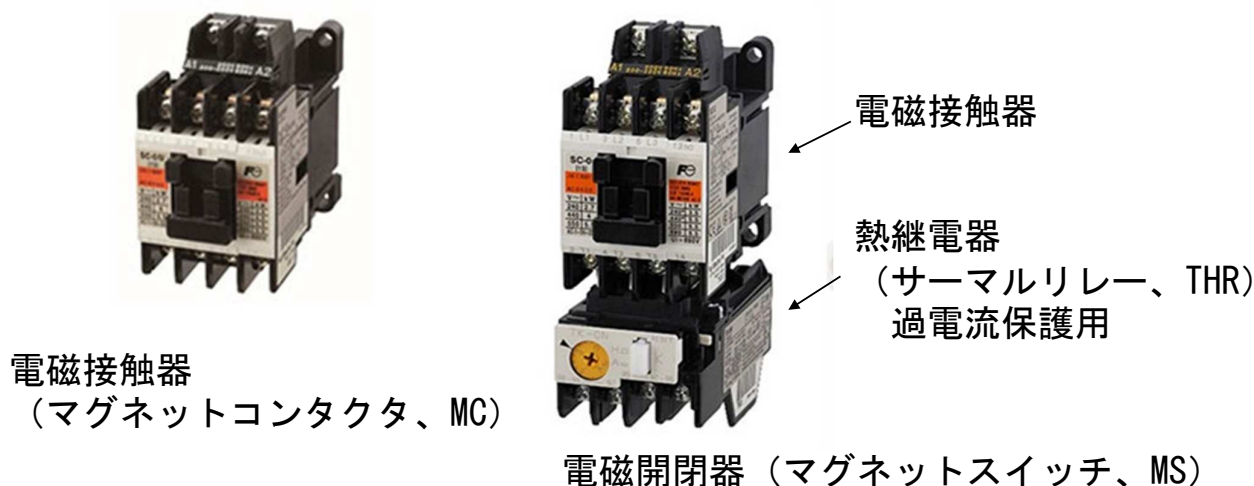
負荷の定格電圧とリレーコイルの定格電圧が異なるときの回路図は以下のように記述される



b) 電磁接触器、電磁開閉器

大型の負荷用の駆動部品。リレーと同様、コイルと接点で構成され、接点は数10Aの電流を流すことができる。

電磁接触器が駆動用部品で、過電流保護の熱継電器と組み合わせた電磁開閉器も使われる。



31

b) 電磁接触器、電磁開閉器

電磁接触器の接点の定格として

許容電流：10～数100A

許容電力：2～100kW

電磁接触器コイルの定格として

電圧：DC24、DC12、AC100、AC200など

電流：数100mA (DC24Vの場合)

* 一般リレーの許容電力：0.5～1kW程度

半導体リレーの許容電力：0.1～2kW程度

電磁接触器のコイルは、操作スイッチやPLCの出力によって駆動される。

コイル定格電流が大きい場合、PLCで駆動するときは（特にトランジスタ出力）リレーを介してコイルを駆動する。

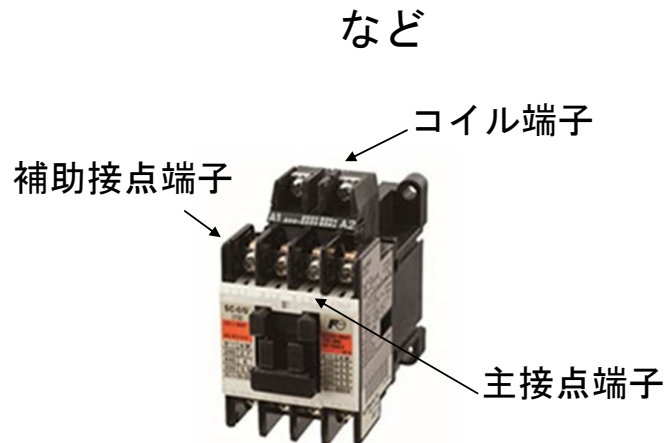
(PLC → リレー → 接触器コイル)

32

b) 電磁接触器、電磁開閉器

接触器には補助接点（例えば、1a-1b）が内蔵されているものもある。

補助接点を使った回路として
モータの正逆転制御
電動機の始動制御（Y-Δ始動）
各種安全回路



33

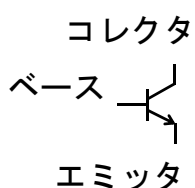
c) トランジスタ

直流負荷の駆動用の半導体部品。トランジスタの他にはFETが使われる。

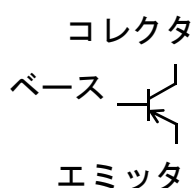
トランジスタの用途として信号増幅もあるが、機械制御ではほとんどが直流用のスイッチとして使われる。

無接点（半導体部品）なので、動作が早い、寿命が長いなどの利点がある

構造によってNPN型とPNP型があり、日本ではNPN型が使われる



NPN型トランジスタ

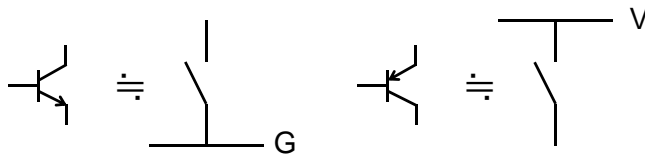


PNP型トランジスタ

34

c) トランジスタ

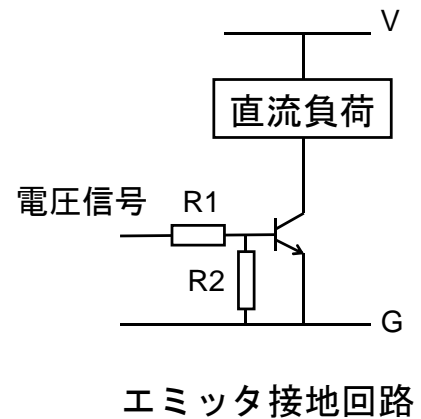
負荷の駆動回路としていくつかあるが、日本ではNPN型トランジスタを使ったエミッタ接地回路で使われる。



トランジスタによるスイッチング

エミッタ接地回路では、R1は必要で、おおむね1000~3300Ω程度、R2はできれば接続した方がよく、おおむね10kΩ程度。

外部からのノイズがコントローラに入るのを防ぐために、フォトカプラを使って信号の絶縁を行うことがある。



エミッタ接地回路

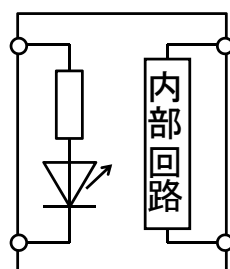
35

d) 半導体リレー

トライアックやFETとフォトカプラを組み合わせた無接点駆動用部品。直流・交流用のフォトMOSリレーや、交流用のソリッドステートリレー（SSR）がある。

フォトMOSリレーは数100mA、SSRは数10Aの負荷の駆動が可能

フォトカプラで電気信号が絶縁されているので、ノイズを伝達しない。



内部回路にはFETや
トライアックが使われる

FET：フォトMOSリレー

トライアック：SSR

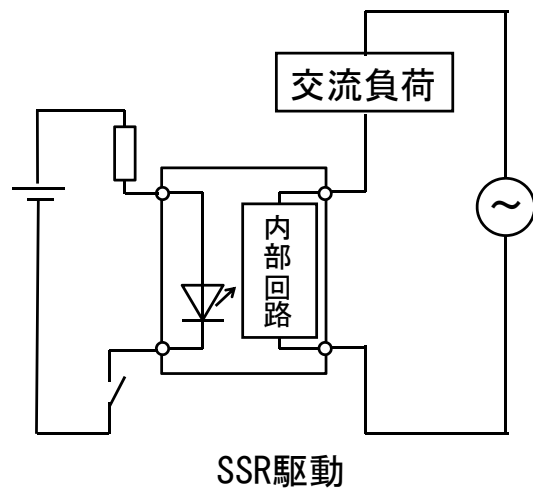
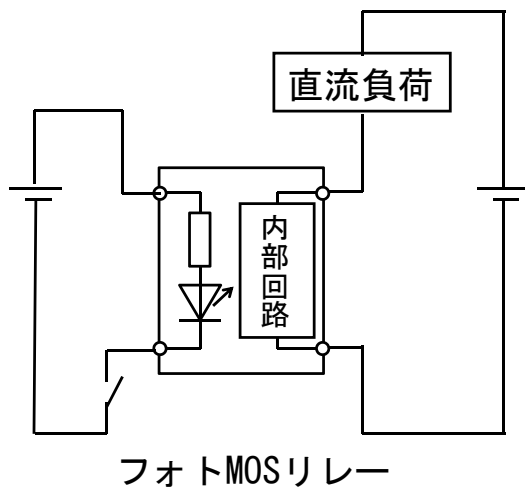
（ソリッドステートリレー）

36

d) 半導体リレー

フォトカプラのLEDが点灯すると内部回路が働き、そこに接続された負荷が動作する。

信号側の電源は、LED点灯回路の抵抗値に合わせる。
内部抵抗がないときは外付けの抵抗器をつける



37

電磁リレー(電磁継電器)

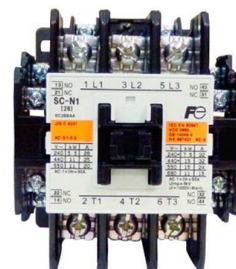
電磁リレーの仕様 (一例)

コイル定格電圧	DC24V
コイル定格電流	40mA
接点許容電圧	AC/DC200V
接点許容電流	5A



電磁接触器の仕様 (一例)

コイル定格電圧	DC24V
コイル定格電流	200mA
接点許容電圧	AC/DC600V
接点許容電流	30A

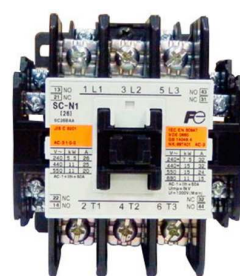


38

電磁接触器(マグネットコンタクト、MC)

電磁リレーの接点容量が大きいものを電磁接触器という。
動作原理は電磁リレーと同じ
用途として、大型のモータ(電動機)やヒーターなどの駆動に用いられる。

両脇に補助用の接点を持っているものもある。



駆動用部品



リレー



電磁接触器(MC)



電磁接触器

サーマルリレー

電磁開閉器(MS)



SSR



トランジスタ

2.2 各種負荷装置

41

スイッチによる負荷の駆動 (確認)

a接点スイッチが動作すると接点が閉じ、電流が流れて負荷に定格電圧がかかることにより、負荷が動作する

負荷の駆動に使用する電線や接点の許容電圧、許容電流は、負荷の定格以上が必要 (約3倍)

接点

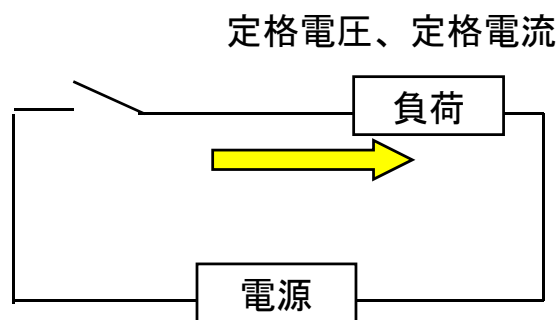
許容電圧 > 定格電圧 × 3

許容電流 > 定格電流 × 3

電線

許容電圧 > 定格電圧 × 3

許容電流 > 定格電流 × 3



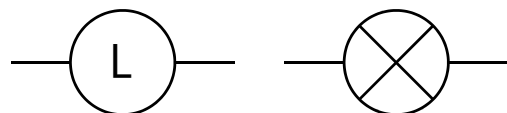
電源電圧 = 定格電圧
最大電流 > 定格電流

42

表示用機器

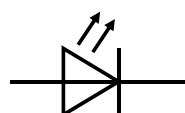
1) ランプ

定格電圧をかけると動作する。かける電圧を調節することにより明るさを変化させることはできるが、機械制御ではこのような制御は行わない。



2) 発光ダイオード(LED)

電流制限抵抗を接続し、+から-に定められた電流を流すと点灯する。電源電圧およびLEDの順方向電圧から抵抗値を決める。



+ (アノード)



- (カソード)



43

発光ダイオードの駆動

発光ダイオード (LED) に順方向電圧 V_f をかけ、順方向電流 I_f が流れると発光する

V_f 、 I_f は LED によって定められており、一般的には

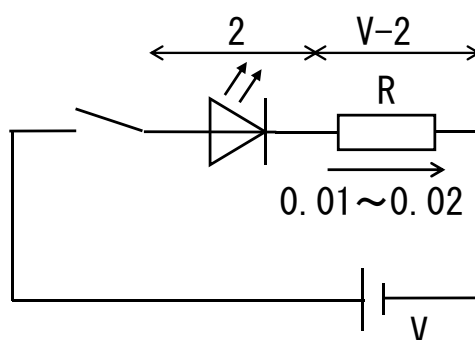
V_f : 2V (赤、橙、緑など)、3.5V (青、白)、

1.4V (赤外線)

I_f : 約 10~20mA

発光ダイオードに V_f がかかり、その時に I_f が流れるようにする。そのために、電流制限抵抗を用いる

$$R = (V - 2) / 0.01 \sim 0.02$$

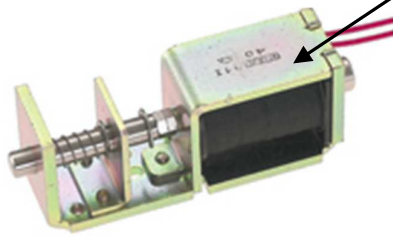


44

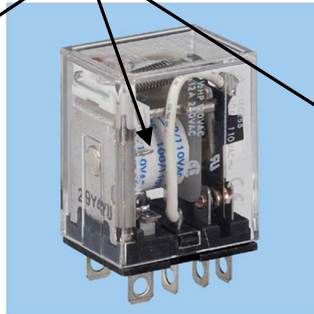
ソレノイド(コイル、電磁石)

鉄心にエナメル線を巻いて電磁石にしたもの。直動アクチュエータ、電磁弁、リレーコイルなどで使われる。

ソレノイド(電磁石)



ソレノイドが動作すると
シャフトが後退



ソレノイドが動作すると
スイッチが切り替わる



ソレノイドが動作すると
空気の流れる方向が
切り替わる

ソレノイドの制御

3)ソレノイド(電磁石、コイル)

鉄心にエナメル線を巻いて電磁石にしたもの。

直動アクチュエータ、電磁弁、リレーコイルなどで使われる。

ソレノイドは、ON/OFF制御がほとんど。

定格電圧をかけると動作する。かける電圧を調節することにより強さや変位などを調節することができる。

直動ソレノイドや電磁弁などでは、電圧を変化させることによって変位やバルブ開閉度を制御することができる。

この制御方法の一つとして、駆動信号としてパルス信号を送り、デューティー比で変位や開閉度を制御する (PWM)



油空圧機器

制御装置（自動化装置）には様々な油空圧機器が使われる。

・・・制御が簡単、容易に扱える

油圧：大きな力を出せる（10t以上も可能）
汚れる、扱いが困難

空気圧：扱いが簡単、きれい、容易に圧縮空気を作れる
大きな力を出せない（おおよそ1000kgf以下）



47

空気圧機器の動作

コンプレッサ：圧縮空気を作る

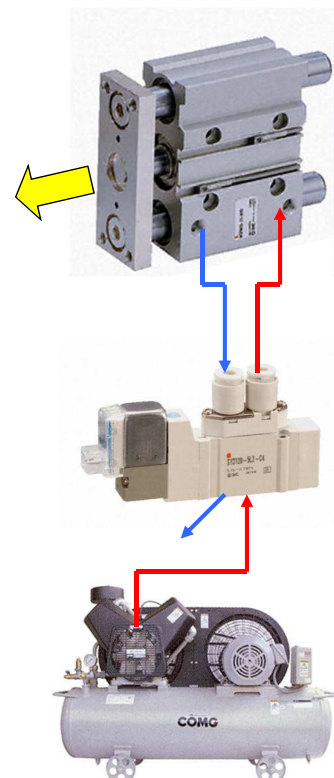
方向制御弁：空気の流れる方向を切り替える

シリンダ：圧縮空気によりロッドが前進後退する

コンプレッサで作られた圧縮空気が方向制御弁によりシリンダの後方から入る



シリンダ前進



48

空気圧機器の動作

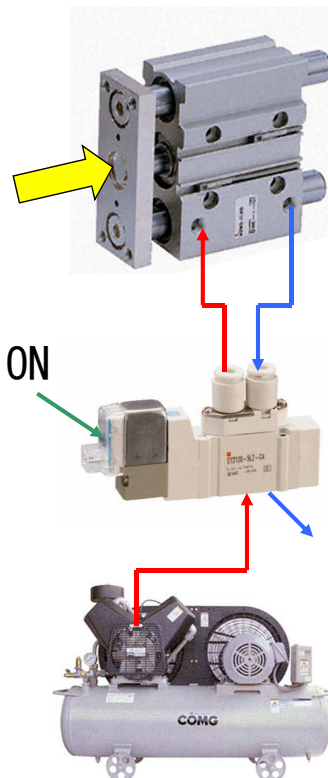
方向制御弁を動作させると
空気の流れる方向が切り替わる

コンプレッサで作られた圧縮空気が
方向制御弁によりシリンダの前方か
入る



シリンダ後退

ソレノイド、ON



49

モータ(電動機)

モータの回転原理として電磁力（フレミング左手の法則）を
使ったものと、磁力（引力、斥力）を使ったものがある。

電磁力を使ったもの：交流誘導モータ

磁力を使ったもの：直流モータ、ステッピングモータ
ブラシレスモータ・・・

回転する部分を回転子（ロータ）

回転しない部分を固定子（ステータ）



50

モータの種類

交流モータ

三相交流電動機

かご型誘導電動機：年間生産台数の4割

巻線型誘導電動機

単相交流モータ

誘導モータ（インダクションモータ）：生産台数の半分

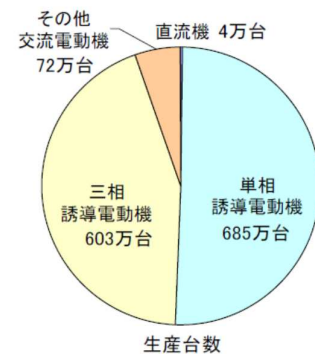
同期モータ（シンクロナスモータ）

直流モータ

ブラシモータ

ブラシレスモータ

整流子モータ



http://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/saving/general/more/pdf/h21_houkokusho.pdf 51

モータの種類

[特に制御用]

ステッピングモータ

2相ステッピングモータ（ユニポーラ式、バイポーラ式）

5相ステッピングモータ

サーボモータ

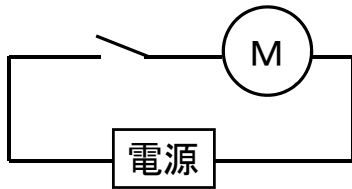
ACサーボモータ

DCサーボモータ

モータの駆動

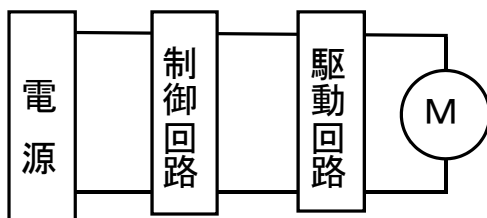
モータの種類（機種）によって駆動方法が異なる

電源に接続するもの：直流モータ、交流誘導モータなど



スイッチの代わりに駆動部品（接触器、リレー、トランジスタ、など）を使うこともある

専用装置を使うもの：ステッピングモータ、ブラシレスモータ、サーボモータなど



53

モータの制御

モータの制御としてON/OFF制御の他に、**回転方向**、**回転速度**、**回転角**がある。

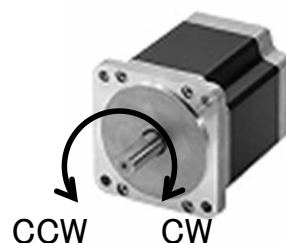
これらの制御は使用するモータによって制御方法が異なる。

回転方向の制御：正転/逆転（CW/CCW）

回転速度の制御：単位時間当たりの回転数（回転角）
単位としてrpm（rev/min）、Hz、 s^{-1} 、rad/sなど

回転角の制御：基準点からの回転角
単位としてrad、deg、rot（rev、cy…）

ほかにもトルク制御などがある



54

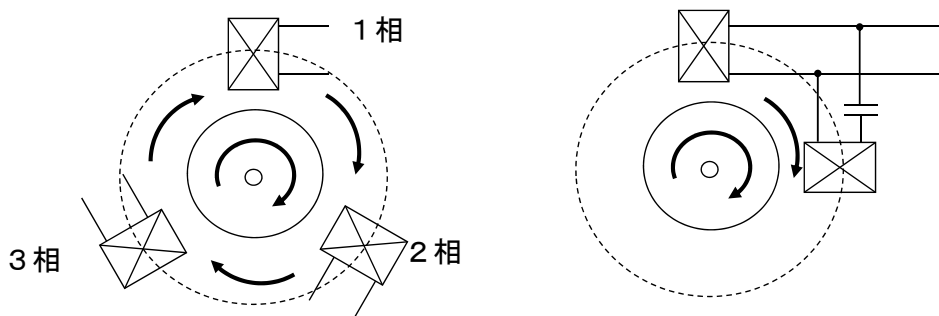
よく使われるモータ

モータ種類	電源	駆動	制御	用途
三相かご型誘導電動機	三相200	電源直結	回転方向	単純回転
単相誘導モータ (インダクションモータ)	単相100 200	電源直結 (簡単な回路)	回転方向	単純回転
単相同期モータ (シンクロナスモータ)	単相100 200	電源直結 (簡単な回路)	回転方向	単純回転
直流ブラシモータ	直流	電源直結 専用IC	回転方向、速度	単純回転 粗い制御
ステッピングモータ ユニポーラ式2相	直流	専用駆動回路 オープンループ	回転方向、速度 回転角	精密な制御 ずれる可能性
サーボモータ ACサーボモータ DCサーボモータ	交流 (交流) (直流)	専用駆動回路 クローズドループ	回転方向、速度 回転角	精密な制御

交流モータ

交流モータは、交流電源でステータに**回転磁界**をつくり、その磁界でロータを回転させる。
動作原理により、**誘導型**と**同期型**がある。

三相交流電源では容易に回転磁界を作れるが単相電源では回転磁界を作れない。そこで、始動用コイルを設け、コンデンサで位相をずらした電圧をかけることにより、ロータを回転させることができる。



交流モータの回転速度

交流モータの回転速度 n_r は、回転磁界の回転速度で定まる。回転磁界の回転速度 n_s は電源周波数とコイル極数（コイルの数）で決まり、次式で表される。

$$n_s = \frac{120f}{p} \quad [\text{rpm}]$$

f: 電源周波数（北海道電力は50Hz）
p: 極数（2、4、6・・・ モータ固有）

同期型モータ（シンクロナスモータ）のロータは回転磁界と完全に同期して回転する

$$n_r = n_s = \frac{120f}{p}$$

誘導型モータ（インダクションモータ）のロータは回転磁界よりわずかに遅れて回転する。
・・・すべりが生じる

$$n_r = (1-s)n_s = (1-s) \frac{120f}{p}$$

s: すべり

57

交流モータの回転速度

交流モータの回転速度を変える方法として、ギヤを使って減速する、印可電圧を下げて減速する、電源周波数を変える速度を変化させるなどの方法などがある。

電源周波数は専用装置（インバータ）を使って変化させることができる

・・・インバータ制御

単相モータでは、専用回路を使って調整できるモータもある（スピードコントロールモータ）。



58

三相交流誘導電動機

大きな動力が必要なところでは、**三相交流かご型誘導電動機**を使う。（大型のモータは「電動機」と呼ぶことが多い）

目安として、 0.2W~55kW 55kW≒73PS
卓上ボール盤は200~400W、旋盤モータは10kW程度

電動機のON/OFFは**電磁開閉器**で行う

電磁開閉器・・・**電磁接触器**（大電流をON/OFF）

+

サーマルリレー（過電流（過負荷）の保護）



59

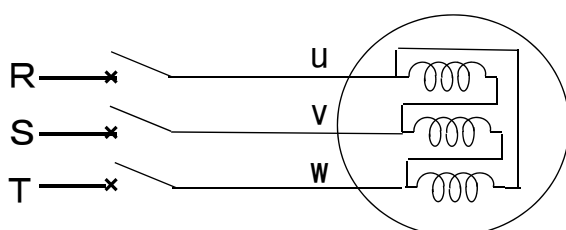
三相交流誘導電動機

「モータ」ではなく「電動機」という言葉が使われる。

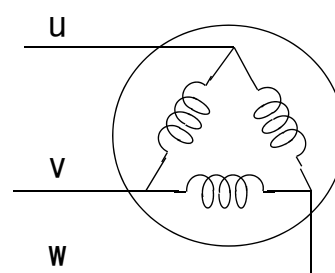
内部に3個のコイルがあり、それぞれに電圧（一般的に、三相AC200V）がかかるようにする。

小型の電動機（目安として5.5kW未満）は内部でコイルの3本の線の配線がなされ、電動機からは3本の線（u、v、w）が出ている。ここに電源（R、S、T）を接続する。

→直入れ始動法（全電圧始動）



小型電動機



一般的なモデル図

60

三相交流誘導電動機

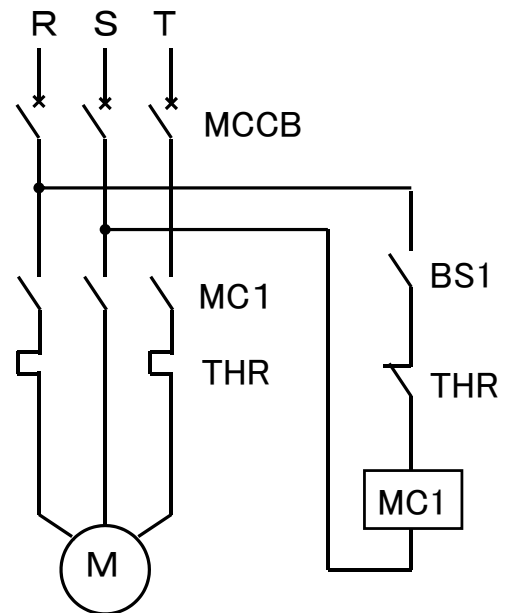
三相交流電動機の駆動には電磁開閉器（マグネットスイッチ、MS）が使われる。

マグネットスイッチはマグネットコンタクタとサーマルリレーを組み合わせたもの。

コンタクタは大型のリレーで、コイルが動作すると、スイッチが動作する。

コイルとして定格電圧としてAC200Vが多く使われる。電動機用の電源からコイルの電源を取る（R-S、またはT-S）

押しボタンスイッチBS1を操作するとMC1のコイルが動作し、MC1のスイッチが動作し、モータに電流が流れ、回転する。



61

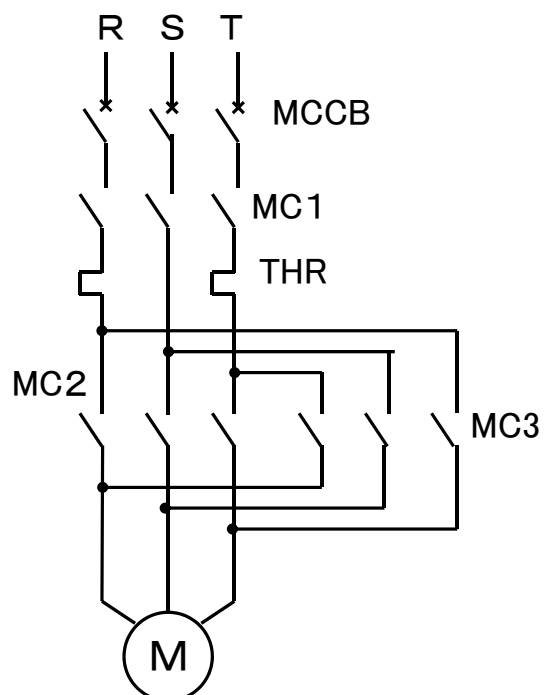
回転方向の制御

電源の任意の二本（通常はRとT）を入れ替えることにより、回転方向を変えることができる。

MC1は電動機のON/OFF用、
MC2はCW回転用、
MC3はCCW回転用

MC2をONにしてMC1をONにすると、
電動機はCW回転する。

MC3をONにしてMC1をONにすると、
電動機はCCW回転する。



62

三相交流誘導電動機

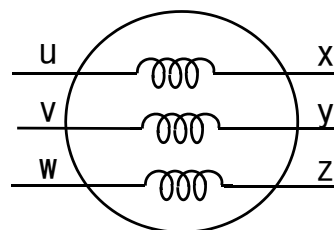
大型の電動機(目安として5.5kW以上、直径約300mm以上)の場合、直入れ始動すると、始動時に過剰な電流が流れ、悪影響をおよぼす(電圧低下、ブレーカー遮断)

これを防ぐために、始動時には大きな電流が流れないような回路を組む。

スターデルタ始動法、コンドルファ始動法など

スターデルタ始動法 (Y-Δ始動法)

各コイルの線がモータから出されており、始動時には2つのコイルを直列に接続して流れる電流を小さくする(コイルが2個のため、抵抗が大きくなる)。ある程度回転し、惰性が付いたら各コイルに電流を流す。



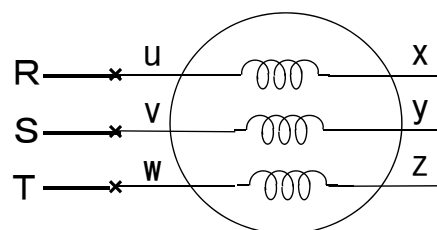
63

スター・デルタ始動法

始動時はスター結線して、大きな電流が流れないようにする

スター結線

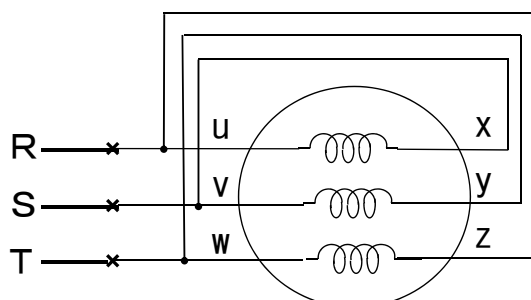
x, y, zを接続し、u, v, wをR, S, Tに接続。
電流は2つのコイルを流れ、内部抵抗が大きくなるため、流れる電流は小さくなる
(電流は1/3、トルクも1/3)



ある程度惰性がついたらデルタ結線に切り替える

デルタ結線

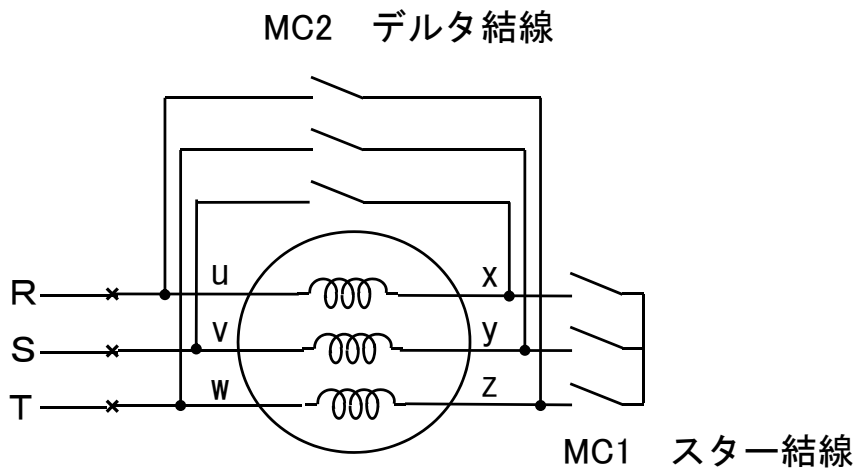
xとv, yとw, zとuを接続し、u, v, wをR, S, Tに接続
電流は1つのコイルを流れ、本来の電流(大きな電流)が流れる



64

スター・デルタ始動法

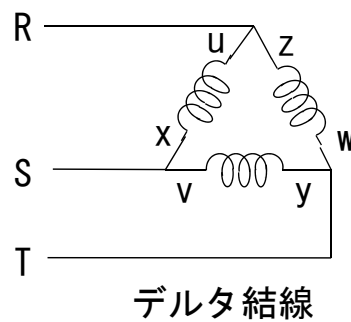
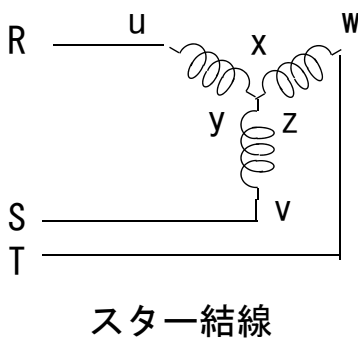
駆動回路図



65

スター・デルタ始動法

配線図の書き方を変えると以下のようになることから、スター結線（Y結線）、デルタ結線（ Δ 結線）と呼ばれる

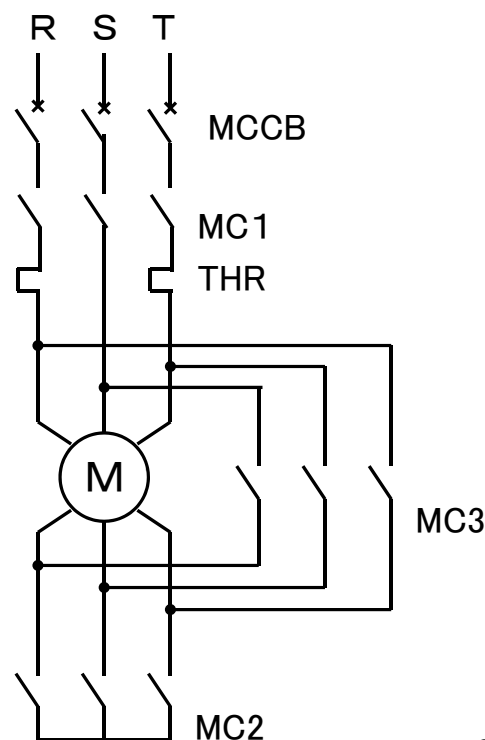


66

スター・デルタ始動法

MC1は電動機の電源ON/OFF用、
MC2はスター結線用、
MC3はデルタ結線用

MC2をONにしてMC1をONにすると、
電動機はスター結線になり、
徐々に回転し始める。
ある程度の時間が経過して一定速度
になったならば、MC2をOFF、
MC3をONにするとデルタ結線にな
り、定格の速度で回転する。



67

単相交流モータ

単相交流電源 (AC100V、AC200V) で駆動

その種類として

- ・誘導電動機 (インダクションモータ)
- ・同期電動機 (シンクロナスモータ)

制御装置用としては150W以下のタイプが多い

(1kgの重りを1sで1m引き上げる動力が10W)

寸法の目安として90×90×200 (150W)

単相交流モータはコンデンサを使って駆動するものが多い。



68

単相交流モータの制御

単相交流モータの制御は機種によって様々である。
基本的にはON/OFF制御と回転方向制御である。

ON/OFF : 電流を投入、遮断する

回転方向 : 配線を切り替える

回転速度は専用のギヤヘッドを使って減速するか、
専用回路を使って調整する程度
(スピードコントロールモータ)

インバータを使って電源周波数を変える方法もある



スピードコントロールモータ

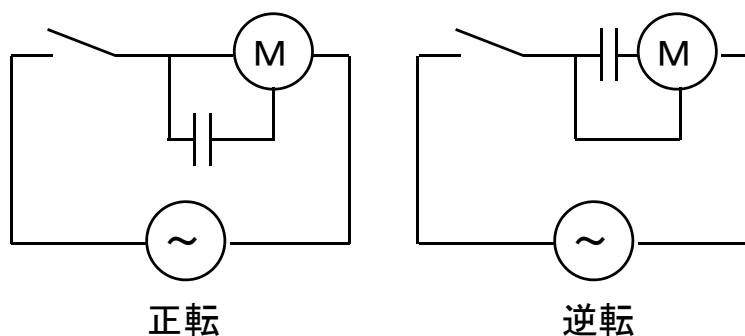
69

単相交流モータの駆動

様々な種類のモータがある。一般的に、モータから3本もしくは4本の線が出ていて、コンデンサを使った回路を組むものが多い。

コンデンサの配線を変えることにより、回転方向を変えることができる。

回転方向制御の配線は機種によって異なるので、取り扱い説明書などを見ながら回路を組む



駆動回路

70

単相交流モータの正逆転回路

2個のリレー（DPDT）で単相ACモータの駆動にはリレーを使用する。

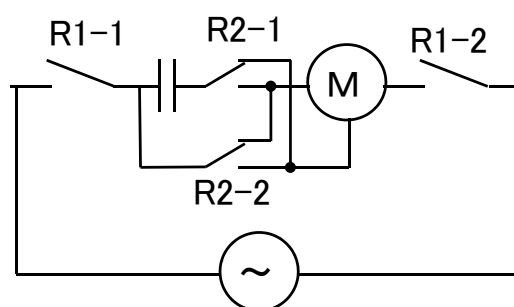
駆動用リレーとしてR1を使う。

リレースイッチは1個でもよいが、この場合、一方は電源に接続されていることになる。電源側（L）が接続されていると感電の恐れがあるので、安全性を考慮し、2個のスイッチを使用して両切りにするのが望ましい。

回転方向切り替え用としてR2を使う。

リレーのON/OFFでコンデンサの配線を切り替えることによって回転方向を制御することができる。

回転中に回転方向を切り替えると過電流が流れるので、一旦電源を切ってから回転方向を切り替える必要がある。



71

直流モータ

直流電源（DC24V、DC12V、DC5Vなど）で駆動。

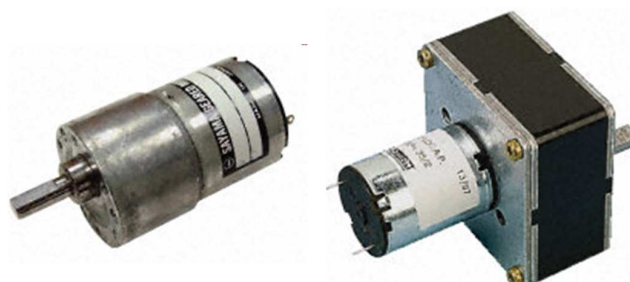
制御装置用としては50W以下のタイプが多い
寸法の目安として60×60×100（26W）

速度制御、回転方向の制御が容易

回転方向：極性（プラス、マイナス）を入れ替える。

回転速度：電圧を変える。ギヤを使う。

回転方向を切り替える回路としてHブリッジ回路が使われる。

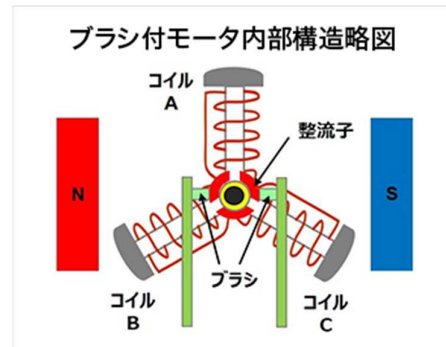


72

直流モータ

動作原理として、ブラシと整流子を使って、コイル（ロータ）に流れる電流の方向を入れ替える。

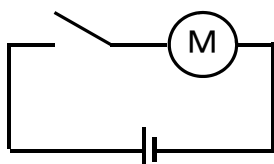
ブラシと整流子は摺動しているなので、定期的なメンテナンスが必要



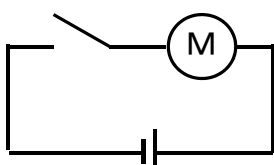
直流モータの駆動と制御

ON/OFF制御、回転方向の制御が可能。リレーやトランジスタを使って駆動する。

回転方向は電源の極性(+、-)を切り替える。その回路としてHブリッジ回路が使われる。

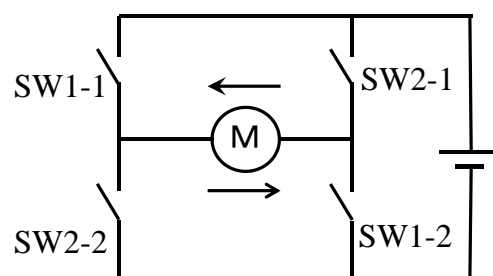


CW回転



CCW回転

SW1-1、SW1-2をONにするとCW回転、
SW2-1、SW2-2をONにするとCW回転、

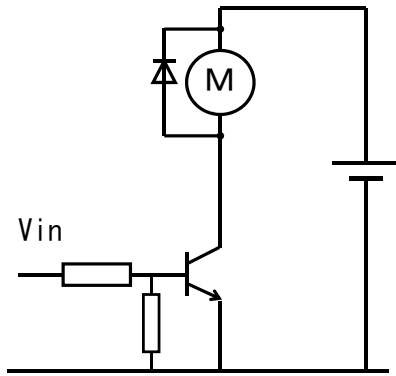


Hブリッジ回路

直流モータの駆動回路

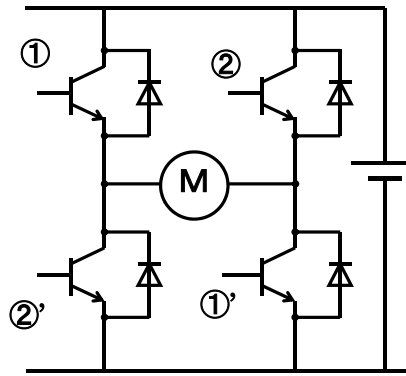
トランジスタを使った駆動回路、回転方向制御回路

サージ電流によってトランジスタが破損するのを防ぐための保護用ダイオードが必要になる



エミッタ接地回路

正転の駆動回路



Hブリッジ回路

正逆転の駆動回路

①、①' をON
... 正転

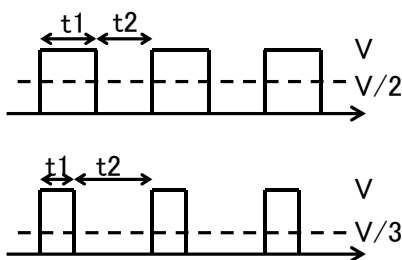
②、②' をON
... 逆転

直流モータの回転速度制御

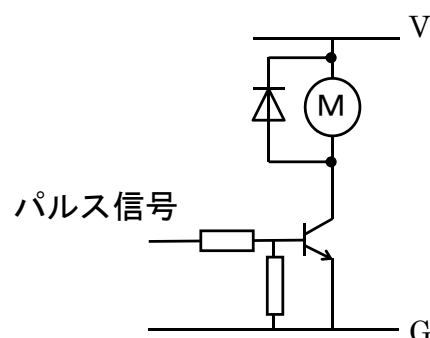
回転速度は、モータにかける電圧を変えて制御する
アナログ式の数値制御

モータにかける電圧を高速でON/OFFさせ、ON時間とOFF時間の比率を変えることによって、平均的な電圧を変える
デジタル式の数値制御 (PWM制御)

周期に対するON時間の比をデューティ比 $\frac{t_1}{t_1+t_2}$



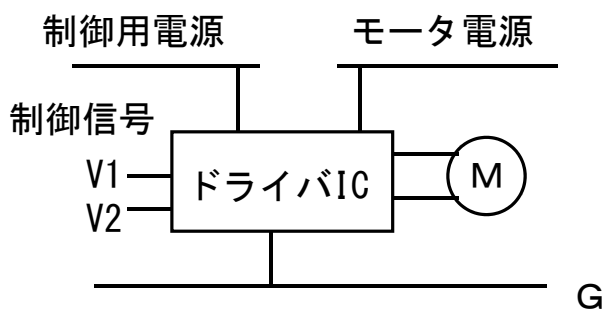
PWM制御



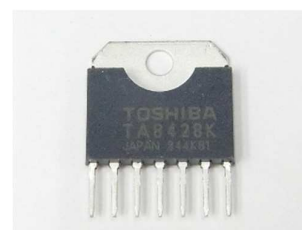
直流モータの駆動用ドライバ

トランジスタを使ってHブリッジ回路を組むのは困難なので、一般的にはHブリッジ回路が組み込まれた**専用IC**を使う。

TA7291、TA8428など



V1、V2のH/Lで
正転、逆転、停止、ブレーキの制御が可能



77

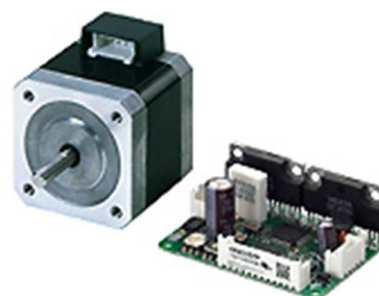
ステッピングモータ

一定角度ずつ回転するモータ。
分解能200pls/rotの場合、1.8ずつ回転する。

モータ内部にいくつかの電磁石があり、それを順番にONにすることによりロータが回転する。

3相モータ、4相(2相)モータ、5相モータなどがある。

回転速度、回転角の制御が簡単。
(オープンループ制御)



78

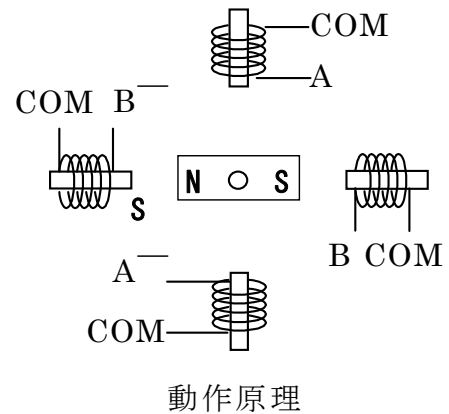
動作原理

一般的な2相ステッピングモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



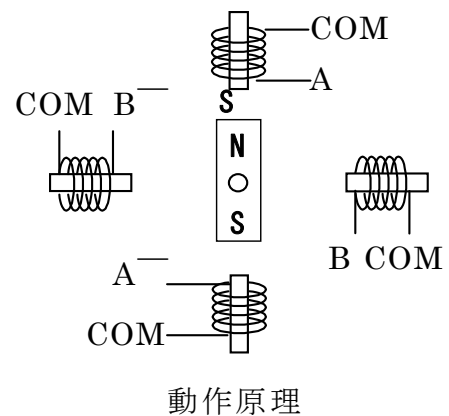
動作原理

一般的な2相ステッピングモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



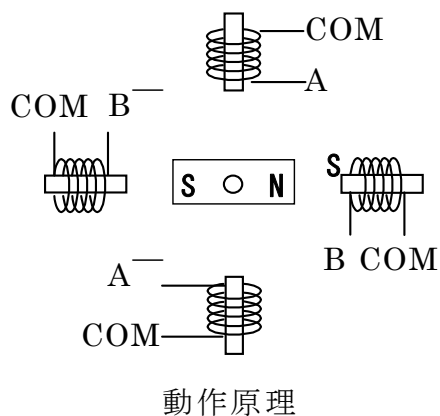
動作原理

一般的な2相ステッピングモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



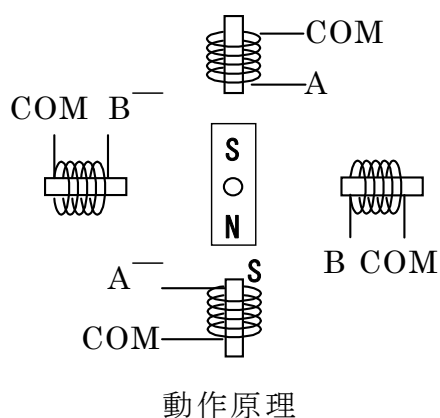
動作原理

一般的な2相ステッピングモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



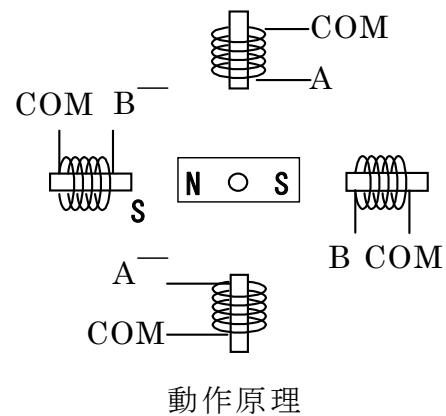
動作原理

一般的な2相ステッピングモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



動作原理

電磁石のON/OFFを切り替える速度を早くしすぎるとロータが追従できなくなる（脱調）。

励磁方法

4つの電磁石を励磁する方法として

1相励磁 : 消費電力が少ない、トルクが小さい

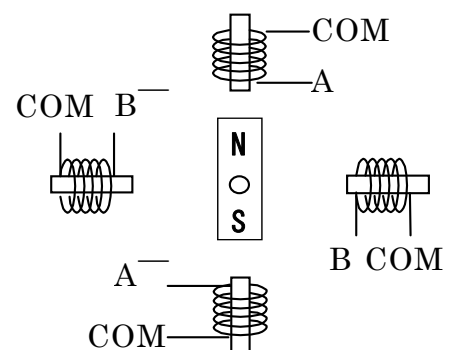
$A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B}$

2相励磁 : トルクが大きい

$AB \rightarrow B\bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B}A$

1-2相励磁 : 位置精度が細かい（ハーフステップ）

$A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow B\bar{A} \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{B}A$



ステッピングモータの制御

ステッピングモータの制御は

回転方向：励磁する順番を逆にする

正転 $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \dots$

逆転 $\bar{B} \rightarrow \bar{A} \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{A} \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \dots$

回転速度：励磁するタイミングを変える

高速 $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \dots$

低速 $A \rightarrow \rightarrow \rightarrow B \rightarrow \rightarrow \rightarrow \bar{A} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \bar{B} \rightarrow \rightarrow \rightarrow A \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots$

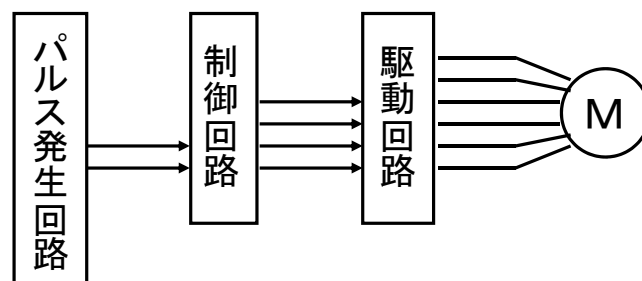
* 1相励磁の場合

85

ステッピングモータの駆動

ステッピングモータを駆動する場合、4個の電磁石を順番に励磁する必要がある。

駆動するための専用の回路が必要



駆動回路：電磁石を励磁する回路

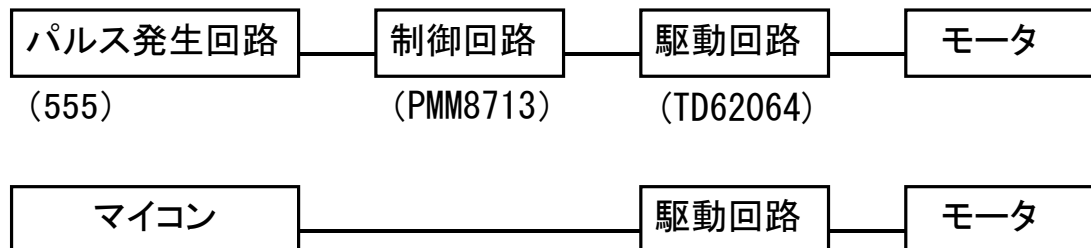
制御回路：どの電磁石を励磁させるかを定める回路

パルス発生回路：電磁石の励磁のタイミングを決める回路

86

実際のステッピングモータの駆動

実際のステッピングモータの駆動には
駆動回路では、トランジスタ（もしくはドライバIC）
制御回路では、専用ICまたはマイコン



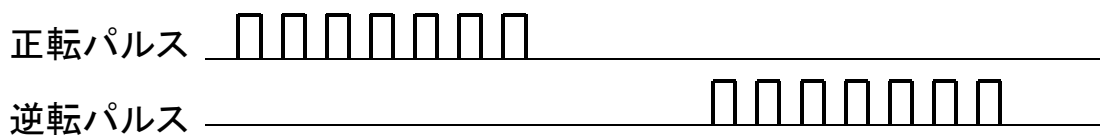
市販のものでは、駆動回路と制御回路を一体化したドライバを使うものが多い。
この場合、外部からパルス信号を入力すると、その信号に同期してモータが回転する。

87

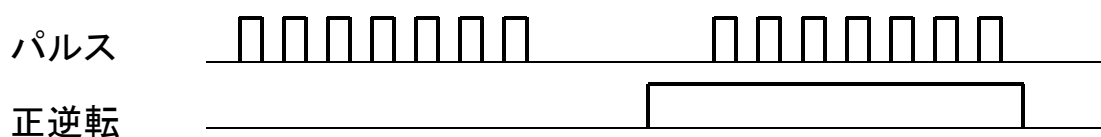
実際のステッピングモータの制御

制御回路に制御信号を入力して、モータを制御する。
回転方向の制御方法として、

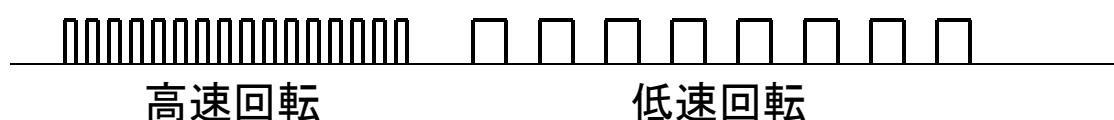
2パルス方式：正転パルス信号と逆転パルス信号



1パルス方式：パルス信号と正逆転信号



回転速度の制御方法として、パルス速度を変える

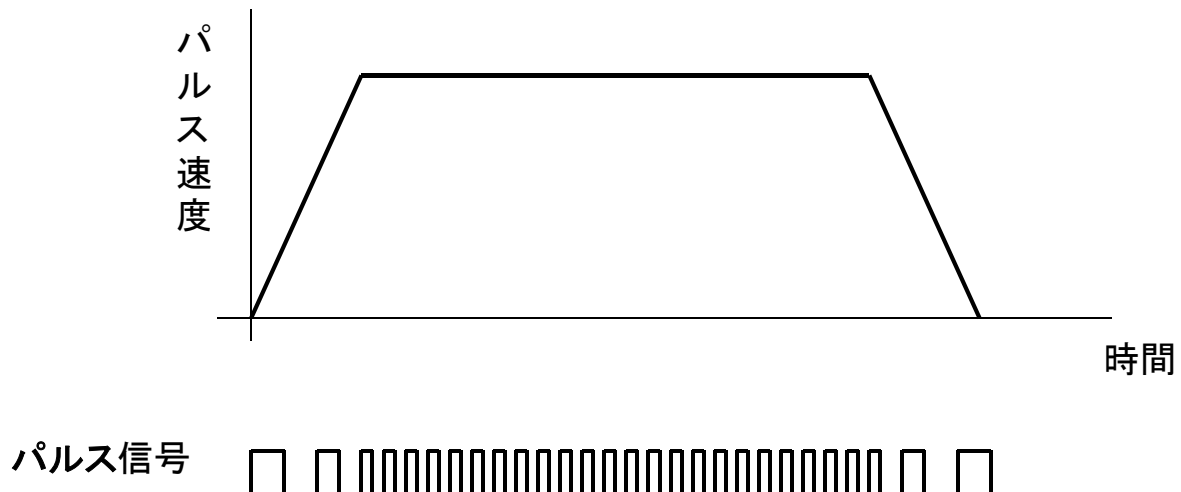


88

ステッピングモータの台形制御

ステッピングモータを駆動する場合、始動時、停止時に大きな大きなトルクが働き、脱調することがある。
これを防ぐために、徐々に加減速を行う。

→台形制御



89

サーボモータ

制御用に作られたモータ。正確かつ細かい速度制御、回転角制御（位置制御）が可能。

モータに回転角を検出するセンサがついており、外部から指示されたとおりに回転するように自動で修正する。

複雑な制御回路が必要なため、高価なものが多い。

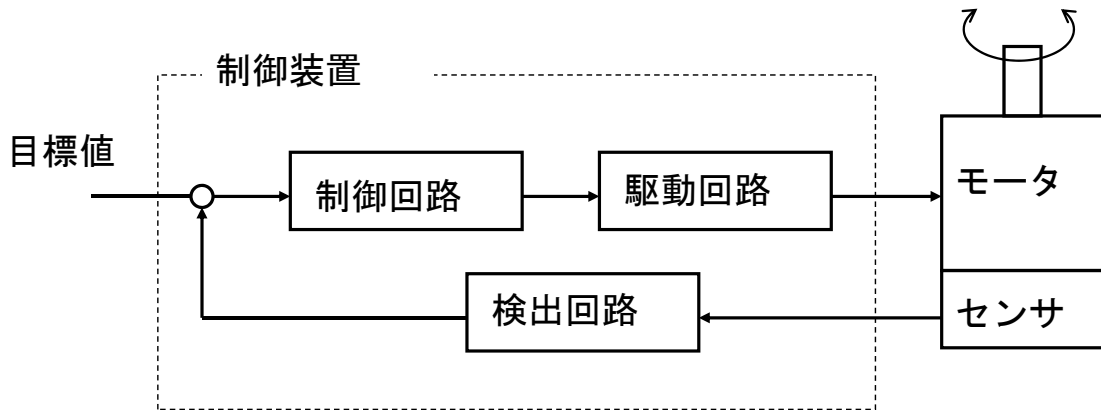
安価な模型用RCサーボも
原理は同じ。



90

サーボモータのブロック図

モータ、センサ、制御装置を組合せたサーボモータシステム（ユニット）として使われる。



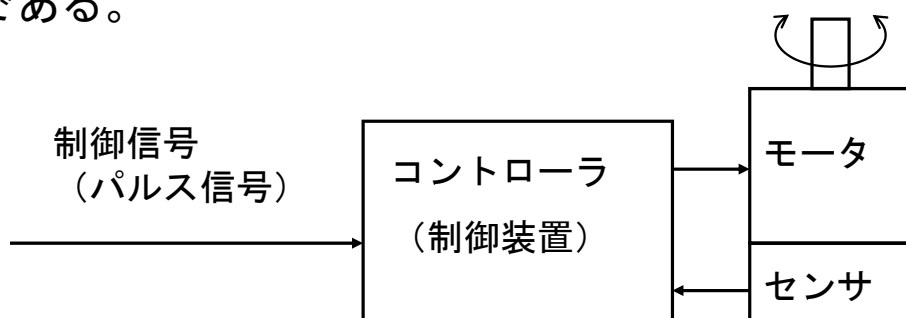
外部から目標値（回転角、回転速度）を入力すると、それと一致するようにモータが回転する。

・・・フィードバック制御（クローズドループ制御）

91

サーボモータシステムの制御

実際のサーボモータは、サーボモータとコントローラ（制御装置）を組み合わせたシステムとして使用することがほとんどである。



サーボモータシステム

制御装置からは制御信号としてパルス信号を入力する。
ステッピングモータと同様、1パルスあたりの回転角（分解能）が決まっ
ていて、モータの回転角はパルス数で、モータの速度はパルス速度で制御
する。

92

モータの種類

モータとして、DCモータを用いたもの・・・DCサーボモータ
ACモータを用いたもの・・・ACサーボモータ

DCサーボモータ

供給電圧を変化させることにより回転速度が変化する
もしくは、PWM制御により回転速度が変化する

ACサーボモータ

駆動回路で作られた3相交流電源の周波数を変化させることにより回転速度が変化する。

今は、ACサーボモータが主流

93

その他の負荷

制御装置（自動化機器）ではその他にも様々な負荷が使われているが、そのほとんどがON/OFF制御である。

ブザー、ポンプ、・・・

駆動するときは、決められた定格電圧をON/OFFし、負荷をON/OFFする。

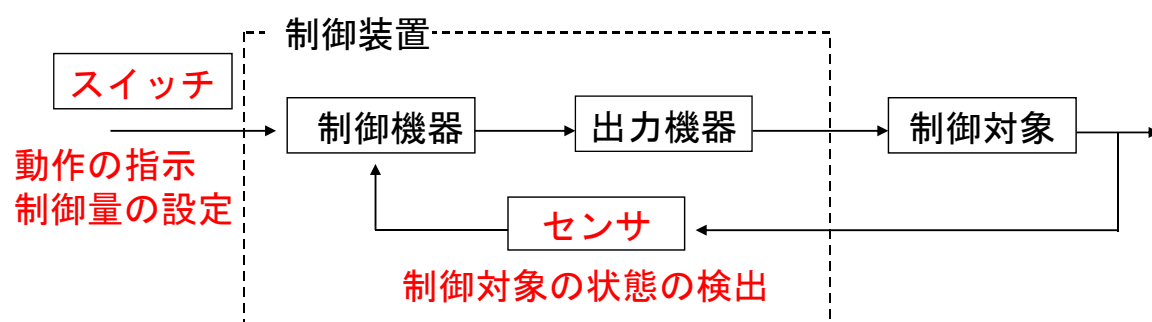


94

3. 入力機器

入力機器の働き

- 1) 制御対象の状態を検出する
各種センサ、計測器
位置の検出、温度の測定、距離の測定 . . .
- 2) 制御装置の動作を指示する
各種操作スイッチ
運転指示、停止指示、動作指示 . . .



2) 入力機器

入力機器として、各種センサ、計測器が使われる

センサ

検出用……二値信号を出力するもので、制御量がある値になったら、ON信号を出力する

光電センサ、近接センサ、フォトマイクロセンサなど

計測用……ある範囲の信号を出力するもので、計測対象の値に対応した信号を出力する

圧力センサ、流量センサ、温度センサなど

計測器

計測対象の値に対応した信号を出力する。

計測用センサよりも高度で精度の良い測定が可能。

オシロスコープ、スペクトラムアナライザ、デジタルテスタなど

97

入力機器の種類

機械制御で使われる入力機器として、以下のものがある

操作用スイッチ

押しボタンスイッチ、セレクトスイッチ、トグルスイッチ、
ロッカスイッチ、非常停止スイッチ（b接点及び保持機能）

設定用スイッチ

ディップスイッチ、サムロータリースイッチ、

検出用スイッチ

リミットスイッチ、マイクロスイッチ、リードスイッチ

検出用センサ

光電センサ、フォトマイクロスイッチ、近接センサ

計測用センサ

温度センサ、流量センサ、圧力センサ、変位センサ

計測器

デジタルテスタ、デジタルオシロスコープ、周波数アナライザ、

98

制御装置の入力機器

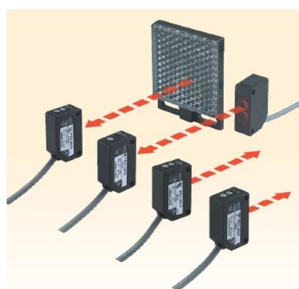
入力機器として使用されるスイッチ、センサなど



押しボタンスイッチ



トグルスイッチ



光電センサ



近接センサ

99

入力機器の種類

これらの機器からON/OFF信号や電圧信号などの2値信号や電圧・電流などの連続信号などが出力される

100

入力機器から出力される電気信号

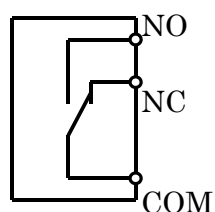
入力機器から出力される信号の仕様として以下のものがある。

二値信号（デジタル信号、ON/OFF信号、電圧信号）

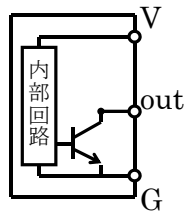
接点出力

オープンコレクタ出力

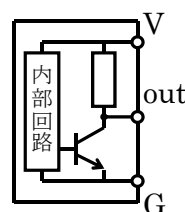
電圧出力（O.C. 出力をプルアップしたものが多い）



接点出力



O.C. 出力



電圧出力

連続信号

電流信号：DC4～20mA

電圧信号：DC1～5V、DC0～5V、DC-10～10V など

3.1 スイッチ

スイッチの概要

スイッチとは、

動作することにより、金属製の接点が接触するか離れるかで、電流の導通 (ON) / 遮断 (OFF) を行う部品。

接触する部分は機械式接点、もしくは単に接点と言われる

接点が閉じる (ON) ……電流は流れる (抵抗がほぼゼロ)

接点が開く (OFF) ……電流は流れない (抵抗がほぼ無限大)

利点：安価、容易、大電流・高電圧に耐えられる、絶縁抵抗が大きい

欠点：寿命が短い(10~100万回程度)、動作が遅い(5~10ms)、**チャタリング**を起こす

*チャタリング：接点が接触する瞬間もしくは離れる瞬間に非常に短い時間でON/OFFを繰り返す現象

スイッチの接点

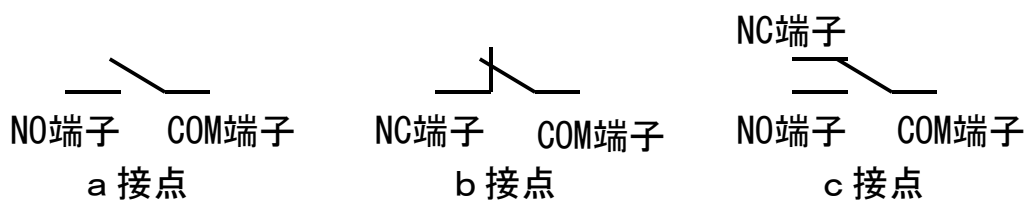
接点の種類として

a接点：動作すると接点が閉じる (電流が流れる)

b接点：動作すると接点が開く (電流が流れない)

c接点：二つの接点があり、動作すると接点の一方は開き、もう一方は閉じる

基本的に、a接点かb接点のどちらかで使う



接点の呼び方	SPST (Single Pole, Single Throw)	1 極単投
	SPDT (Single Pole, Double Throw)	1 極双投
	DPDT (Double Pole, Double Throw)	2 極双投
	4PDT (4 Pole, Double Throw)	4 極双投 など

スイッチの仕様

スイッチの仕様として以下のものがある

接点の種類・・・a接点、b接点、c接点
接点の数・・・・1極、2極、3極・・・・
接点の動作・・・モーメンタリ、オルタネート
許容電圧・・・・かけることの出来る最大電圧
許容電流・・・・流すことの出来る最大電流
動作速度・・・・接点が切り替わるまでの時間

用途や流れる電流に応じて、最適なスイッチを選定する

105

スイッチに関する表現

[スイッチ]

「（スイッチを）操作する」、「（スイッチが）動作する」
・・・・スイッチが動作している状態（押す、倒れる等）
通常（ノーマル）でない状態
「操作しない」、「復帰する」
・・・・スイッチが動作していない状態、戻った状態
通常（ノーマル）な状態

[接点]

「閉じる」・・・・接点が接触している状態
「開く」・・・・接点が接触していない状態

[電流]

「導通する」、「通電する」・・・・電気が流れる状態
「遮断する」、「通電しない」・・・・電気が流れない状態

[負荷]

「動作する」、「〇〇する」・・・・負荷が働いている状態
「復帰する」、「〇〇しない」・・・・負荷が働いていない状態

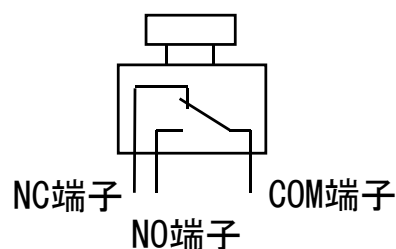
106

a) 操作スイッチ

装置の起動、動作切り替え、停止などを行うために、人間が操作することにより信号を出力する。

動作切り替え：自動/手動/原点復帰

動作指示：運転、停止、実行、終了、原点復帰
非常停止、リセット・・・



107

操作スイッチのアクチュエータ

スイッチの操作部（アクチュエータ）には様々な種類があり、必要に応じて適切な物を選ぶ。



押しボタン
スイッチ



タクト
スイッチ



トグル
スイッチ



セレクト
スイッチ



非常停止用
押しボタン
スイッチ

108

押しボタンスイッチの色

押しボタンスイッチは、色と機能がある程度決められている

赤：停止、非常停止 赤を停止機能以外に使ってはいけない

黄：リセット、一時停止、原点復帰など

緑：始動、運転、寸動、歩進運転、サイクル運転など

黒：始動、運転、寸動、歩進運転、サイクル運転など

白：その他

これらの機能以外でも使用することもある。

操作するとその色が点灯する照光式スイッチもある

109

b) 設定用スイッチ

装置の動作設定や数値の設定などを行うためのスイッチ

レバー式、回転式、数値設定式などがある



スライド
ディップスイッチ



ロータリー
ディップスイッチ



サムロータリー
スイッチ

110

c) 検出用スイッチ

物体の位置や有無を検出するためのスイッチ

リミットスイッチ、マイクロスイッチ、リードスイッチなどがある

ここでは、検出センサとして分類することにする

3.2 センサ

センサ概要

制御対象の状態（制御量）を測定して電気信号に変換し、制御機器にその信号を送る

センサ内部に計測素子（トランスデューサ）があり、ここで制御量をさまざまな電気信号に変換した後、増幅回路、比較回路等を経て制御に適した出力信号に変換する。

電源が供給されると作動して、制御量に応じた電気信号を出力する。

制御量の変化に応じて連続した信号（アナログ信号）を出力する計測センサと、
制御量がある設定値（閾値）に達したときに離散的な信号（ON/OFF信号）を出力する検出センサとに分けられる

113

センサ概要

入力機器として使われる各種センサ

計測用……計測対象（制御量）の値に対応した、ある範囲の連続した信号（アナログ信号）を出力する。

圧力センサ、流量センサ、温度センサ、変位センサなど

検出用……計測用センサの出力と設定値（閾値）とを比較回路を使って比較し、出力が閾値を超えたときに二値信号（ON/OFF信号、電圧H/L信号）を出力する。

光電センサ、近接センサ、リミットスイッチなど

シーケンス制御などのON/OFF制御では検出用センサが使われ、プロセス制御などの連続制御では計測用センサが使われる。

114

入力機器の種類

センサとして、以下のものがある

検出用センサ

二値信号（ON/OFF信号）を出力

リミットスイッチ 接触式

物体がアクチュエータを操作することにより動作

光電センサ

透過型 物体が光を遮ることにより動作

反射型 物体が光を反射させ、反射光を受光することにより動作

近接センサ

高周波式 金属の検出

静電容量式 金属、樹脂などほぼすべての検出

計測用センサ

連続したアナログ信号を出力

温度センサ、圧力センサ、流量センサ、

a) 検出センサ

制御対象の状態を検出し、設定値を境界に二値信号（ON/OFF信号、電圧H/L信号など）を出力する。「スイッチ」と呼ばれることもある。

物体の位置や有無を検出するセンサ、

リミットスイッチ、リードスイッチ、光電センサ、近接センサ、超音波センサなど

制御量が設定値に達したかどうかを検出するスイッチ

圧力スイッチ、温度スイッチなど

検出センサの出力仕様

検出用センサから出力される二値信号として

1) 接点出力

内蔵されているリレーなどの機械式接点を使った電流のON/OFF（流れる/流れない）

2) オープンコレクタ出力（O.C.出力、トランジスタ出力）

内部回路のトランジスタを使った直流電流のON/OFF

3) 電圧出力

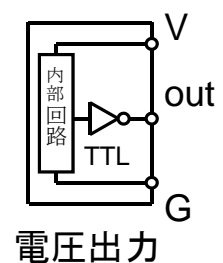
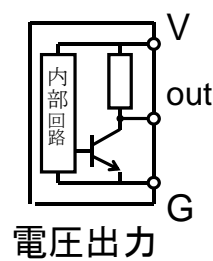
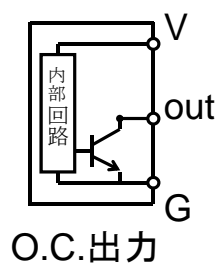
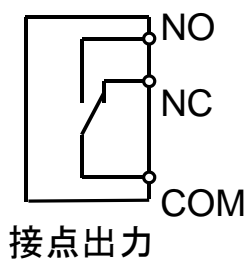
O.C.出力でプルアップ回路を組んだ電圧のH/L

または、内部回路で使われているICによる電圧のH/L

117

検出センサの出力仕様

検出センサから出力される電気信号の仕様



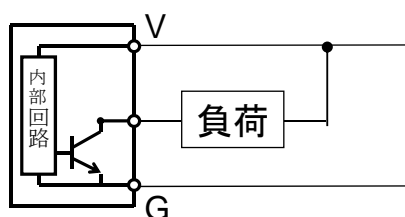
118

検出センサの出力仕様

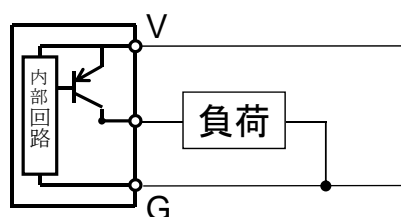
オープンコレクタ出力にはNPN型とPNP型がある。NPN型はシンク電流方式、PNP型はソース電流方式とも呼ばれる。日本やアメリカではNPN型が、ヨーロッパではPNP型が良く使われる。

NPN型：負荷の定格電圧がセンサの電源電圧と異なる場合でも駆動が可能。安全性が低い。

PNP型：負荷の定格電圧がセンサの電源電圧と同じでないと駆動できない。安全性が高い。



NPN型O.C.出力

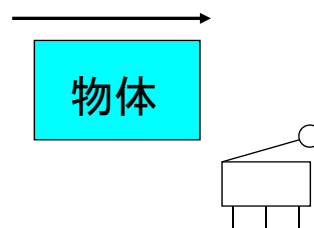
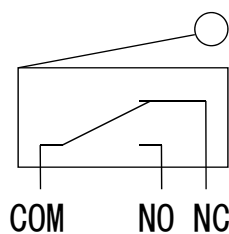


PNP型O.C.出力

119

① マイクロスイッチ

マイクロは物体が移動してアクチュエータを操作することにより、物体の位置や有無を検出する。接触式の検出スイッチ。出力信号として、接点出力。



アクチュエータとして、プランジャ型、レバー型、ローラ型などがある。



120

②リミットスイッチ

リミットスイッチは、強固な封入ケースにマイクロスイッチを内蔵したもの。
基本的にマイクロスイッチと同じように用いる。

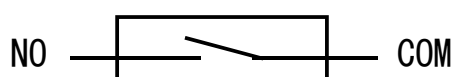


121

③リードスイッチ

リードスイッチは、磁石で接点を動作させることによって位置を検出する。
機械式接点のものが多いが、オープンコレクタ出力のタイプもある。

ドアの開閉や空気圧シリンダの位置の検出に使われる。



122

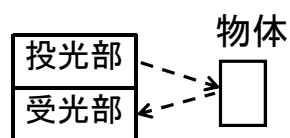
④光電センサ

光電センサは、投光部で投光した光を受光部で受光したか否かで、物体の位置や有無を検出する。非接触式検出センサ

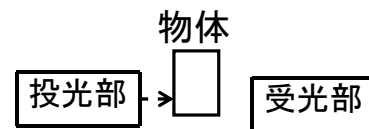
発光部と受光部の位置関係で、
反射型光電センサと透過型光電センサに分けられる。

透過型光電センサ：発光部と受光部が向かい合っていて、
透過光を受光する。

反射型光電センサ：発光部と受光部が横に並んでいて、
反射光を受光する。



反射型光電センサ



透過型光電センサ

123

光電センサの活用

光電センサには光ファイバを使ったものもある。

小さな物体（2mm程度）の検出が可能

色による光の反射率の違いを使うと、色の判別もできる。

白・・・光を反射する

黒・・・光を反射しない

透明の物体の検出には、回帰反射型光電センサを使う

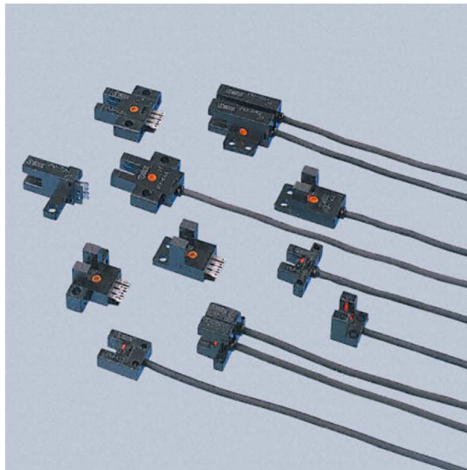


124

フォトマイクロセンサ

物体の位置検出に限定した光電センサ
リミットスイッチの代わりに使われる。

小型で安価。検出できる範囲は狭い（数ミリ）。



125

⑤近接センサ

近接センサは、透磁率や誘電率の変化を利用して物体の有無
や位置を検出する。非接触式。

（物体がないときは空気の透磁率、誘電率を計測）

高周波型近接センサ：

透磁率の変化により動作。金属の検出。

静電容量型近接センサ：

誘電率の変化により動作。検出範囲は高周波型より狭い。
金属、樹脂、木材、紙など、ほぼ全ての物質の検出。

検出範囲



126

b) 計測センサ

変位、圧力、温度、光の強度など、計測対象（制御量）をアナログ信号（電圧や電流など）に変換して測定する。

変位センサ、液面センサ、圧力センサなどがあり、プロセス制御などで使われる。

各メーカーから様々な計測用センサが製品化されている。

圧力センサ	測定範囲：0～1 MPa	精度：±1 %
流量センサ	測定範囲：1～30 l/mim	精度：±0.8 %
温度センサ	測定範囲：-50～200度	
湿度センサ	測定範囲：0～100 %	精度：1.5 %
変位センサ	測定範囲：40～60 mm	分解能：1.5 μm

など

b) 計測センサ

出力信号として、アナログの電圧出力や電流出力がある。

1) 電流出力

計測対象の状態に対応した直流電流を出力

例えば DC4～20mA

2) 電圧出力

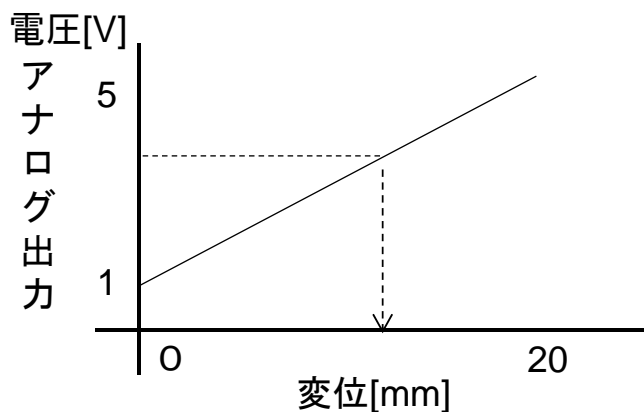
計測対象の状態に対応した直流電圧を出力

例えば DC0～5V、DC1～5V、DC-10～10V など

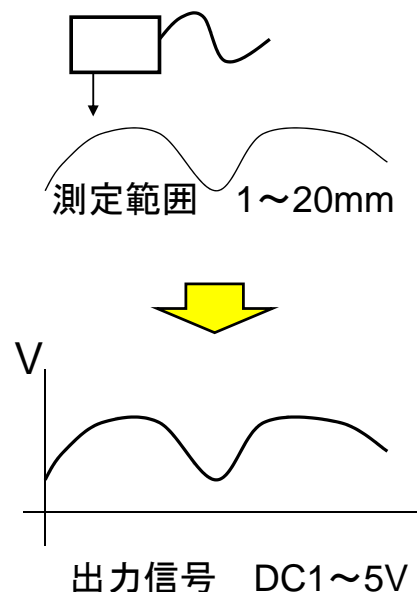
標準的な出力（例えば電圧出力）を持たないものもある。専用の変換器（アンプ）が必要なものもある。

計測センサのアナログ出力信号

測定対象とアナログ出力値との関係を調べておくことにより、アナログ信号を測定すれば測定対象の大きさを知ることができる。



変位センサの例（電圧出力）



129

計測センサのデジタル出力信号

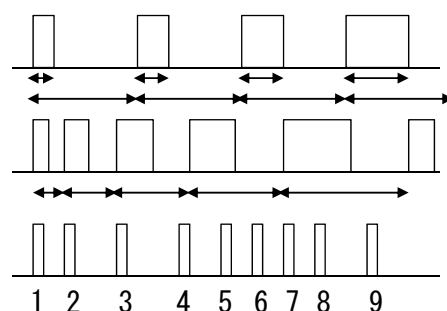
1ビットもしくはnビットのデジタル信号で連続量を表すこともできる。一般的にはnビットの信号。

厳密には 2^n 段階のデジタル量であるが、nを大きくすることにより離散の幅（分解能）が小さくなり、アナログ量とみなすことができる。

・ nビットのデジタル信号 01011011（例：8bit）

・ 1ビットのパルス信号

- ① デューティー比
(ONからOFFまでの時間)
- ② 周波数 (パルス間隔)
(ONから次のONまでの時間)
- ③ パルス数
(ONになった回数)



130

その他の計測センサ

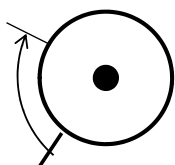
1) ロータリーエンコーダ

角度を計測するためのセンサ。出力されたパルス信号で角度を計測。

電圧出力、O.C. 出力がある。

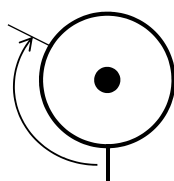
インクリメンタル型：ある基準点からの進み角を計測

アブソリュート型：任意の角度を計測する



基準点からの進み角

インクリメンタル



エンコーダの持つ
原点からの進み角

アブソリュート



その他の計測センサ

a) インクリメンタル型ロータリーエンコーダ

1本、もしくは2本の線から、回転角に応じてON/OFF信号（パルス信号）が出力される。

パルス数を計数することにより、進んだ角度を計測することができる。

例えば、1回転当たり200パルスの信号が出力される場合、1パルス当たり $360/200=1.8 \text{ deg/pls}$ となり、計数値 $\times 1.8$ で進み角を求めることができる。

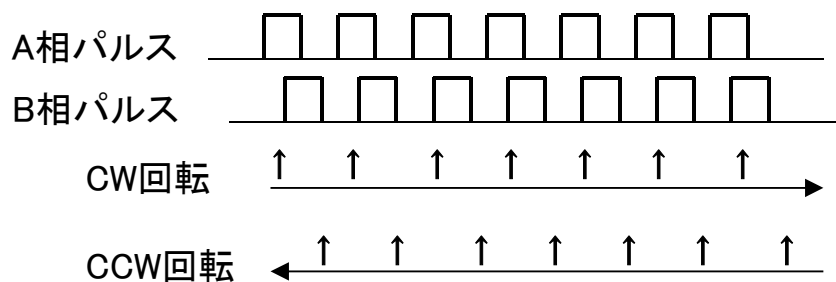
パルス信号 

1パルス信号だと回転方向を検出することはできない

その他の計測センサ

2本の信号線を使い、位相が90degずれたパルス信号を出力し、B相が立ち上がった時のA相の信号を検出することにより、回転方向を知ることができる。

・・・2相インクリメンタル式ロータリエンコーダ



原点復帰をして、その点での計数値を0にリセットすることにより、原点位置からの回転角を知ることができる。

その他の計測センサ

b) アブソリュート型ロータリエンコーダ

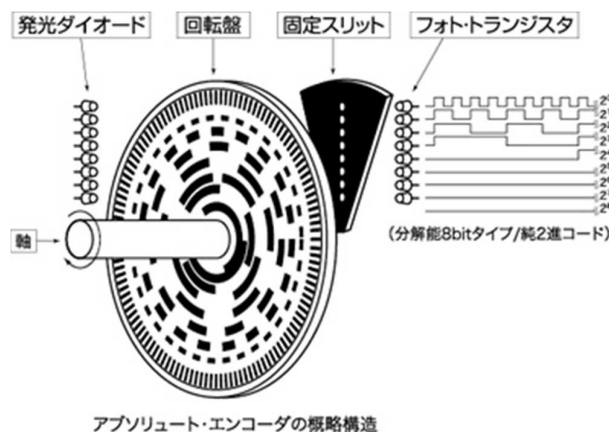
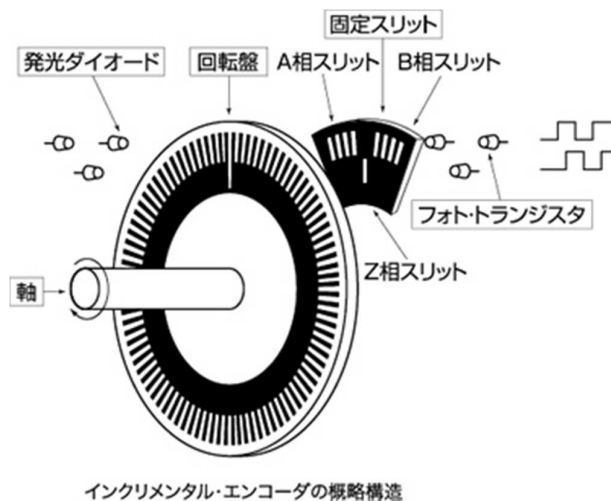
n個のパルス信号が出力され、その信号のH/Lの組み合わせにより、ある範囲内の任意の角度を計測することができる

測定範囲0~360degで8本の信号線（8ビット）の場合、
分解能は $360/255 \div 1.4 \text{ deg}$ となる

0deg	L L L L L L L L
1.4	L L L L L L L H
2.8	L L L L L L H L
	L L L L L L H H
⋮	
358.6	H H H H H H H H

その他の計測センサ

多摩川精機HPより

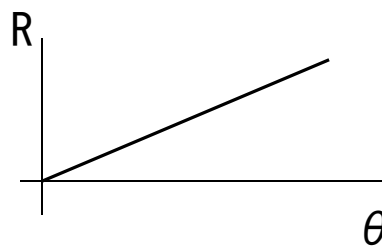
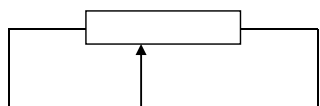
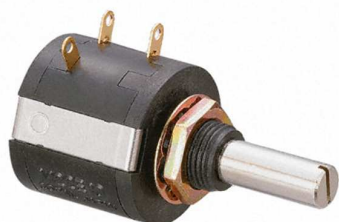


その他の計測センサ

2) ポテンショメータ

角度検出用の可変抵抗器。回転角によって抵抗値が変化する。
シャフトの回転摩擦抵抗が小さい。

変位や速度の測定にも応用される。



3.3 計測器

計測器の概要

対象となる物理量（制御量）を測定し、その結果を電気信号で出力する。

対象となる物理量として

変位、角度、質量、力、温度、電圧、電流、波形・・・

出力する信号として、計測センサと同じように、連続した電圧信号、電流信号、離散的なデジタル信号、ほかには、コンピュータへデータを送信するためのデータ通信規格を使ったものがある。

計測器

2)



139

計測器のデジタル出力信号

1bitもしくはnbitのデジタル信号を出力する
一般的にはnbitの信号でアナログ量を表す。

厳密には 2^n 段階のデジタル量であるが、nを大きくすることにより離散の幅（分解能）が小さくなり、アナログ量とみなすことができる。

1ビットの信号でアナログ量を表す場合、信号の時間的長さ、信号の間隔、信号の数などでアナログ量を表す

計測器などでは文字列でアナログ量を表しこともある。7bitもしくは8ビットの信号で1文字を表し、複数の文字を並べたものを計測データとして制御量を表す。この計測データの送信・受信（デジタル通信）

140

計測器の出力信号

計測器などでは、計測量を文字データ（文字列）に置き換え、その文字列を汎用通信規格（デジタル通信）を使って、制御機器に送信するものもある。

送信する文字データとし、ASCIIコードなどが使われる。

例「LFRG3P0076CR」など

制御機器は送信された文字データを受信し、そこから必要なデータを取り出して数値に変換する

“LFRG3P0076CR”（文字） → “0076”（文字） → 76（数字）

汎用通信規格として、

RS-232C、RS-422、RS-485、USB、GP-IBなどが使われる

USBは厳密には通信規格ではないが、最近では通信規格としてみなされることも多い

計測器の出力信号

ASCIIコード表

		上位4ビット																
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F	
下位4ビット	0	NUL	DLE	SP	0	@	P	`	p				-	タ	ミ			
	1	SOH	DC1	!	1	A	Q	a	q				。	ア	チ	ム		
	2	STX	DC2	“	2	B	R	b	r				「	イ	ツ	メ		
	3	ETX	DC3	#	3	C	S	c	s				」	ウ	テ	モ		
	4	EOT	DC4	\$	4	D	T	d	t				、	エ	ト	ヤ		
	5	ENQ	NAK	%	5	E	U	e	u				・	オ	ナ	ユ		
	6	ACK	SYN	&	6	F	V	f	v				ヲ	カ	ニ	ヨ		
	7	BEL	ETB	'	7	G	W	g	w				ァ	キ	ヌ	ラ		
	8	BS	CAN	(	8	H	X	h	x				イ	ク	ネ	リ		
	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y				ウ	ケ	ノ	ル		
	A	LF	SUB	*	:	J	Z	j	z				エ	コ	ハ	レ		
	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{				オ	サ	ヒ	ロ		
	C	FF	FS	,	<	L	¥	l	|				ヤ	シ	フ	リ		
	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}				ユ	ス	ヘ	ン		
	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~				ヨ	セ	ホ	、		
	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL				ツ	ソ	マ	*		

4. 制御機器

4.1 制御の種類

制御機器(コントローラ)の働き

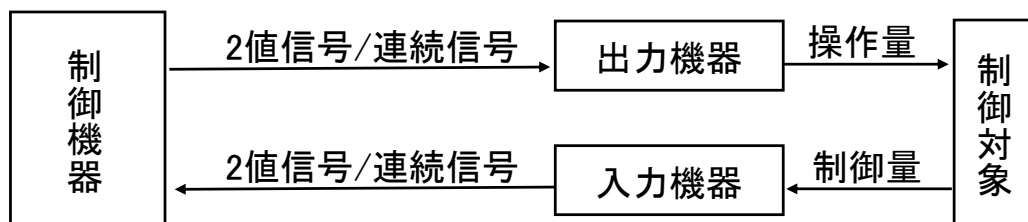
制御装置の動作を決定する制御装置の中心的役割

- 1)入力機器から様々な信号を入力し、
- 2)入力信号に応じた出力信号を作成し(信号を変換し)、
- 3)出力機器に信号を出力する

入出力信号として

2値信号(ON/OFF信号、DC0/5Vなどのデジタル信号)

連続信号(DC0~5V、4~20mAなどのアナログ信号)



制御対象を目標値に向けてコントロール

145

制御機器(コントローラ)の働き

2値信号を扱う制御・・・2値制御、ON/OFF制御

信号として

電流のON/OFF(導通/遮断)

電圧のH/L

制御は容易、しかし細かな制御(微調整)ができない

連続信号を扱う制御・・・比例制御(連続比例制御、アナログ制御)

信号として

連続した電圧信号(DC0~5Vなど)

連続した電流信号(4~20mAなど)

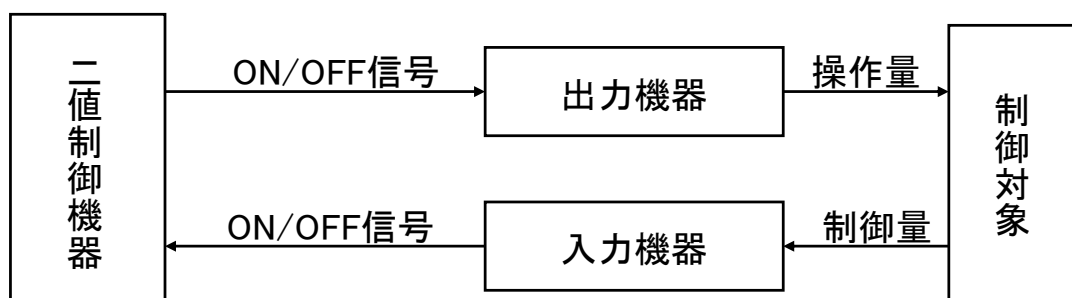
細かな制御(微調整)が可能、しかし制御が困難

146

1) 二値制御

二値制御システムは、システムのすべての信号および処理をON/OFF信号で行う。

その手順として



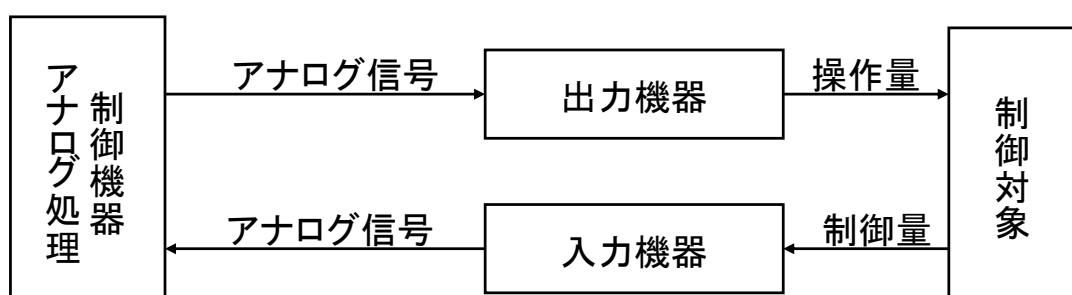
147

2) 連続比例制御(アナログ制御)

連続比例制御システムは、システムのすべての信号および処理をアナログ信号で行う。

その手順として

- 1) 制御量を入力機器でアナログ信号(電気信号)に変換する
- 2) アナログ信号を制御機器に入力し、その信号を処理してアナログ信号を出力する
- 3) 制御機器からのアナログ信号に応じて出力機器が連続的な動作をする



148

連続比例制御

入力機器

センサは、制御量(制御対象の状態)を様々な検出用素子を使ってアナログの電気信号に変換する

力→ひずみ→ひずみゲージ(電気抵抗の変化)

力→圧電素子(電圧の変化)

温度→熱電対(電圧の変化)

回転角→ポテンシオメータ(電気抵抗の変化)

⋮

制御機器

アナログIC(オペアンプ)やアナログ電子部品(抵抗、コンデンサ、コイル、トランジスタなど)を使い、入力されたアナログ信号を別のアナログ信号に変換する。

オペアンプによる増幅回路、微分回路、積分回路、加算回路など

149

連続比例制御

出力機器

トランジスタなどを使った駆動回路により、制御機器から出力されたアナログ信号に応じて、動作する(アクチュエータにかかる電圧を調整する)

DCモータ: 回転数、トルクの調整

バルブ : 開閉度合い(流量)の調整

⋮

150

連続比例制御

機械を最適な状態で制御するためには、連続比例制御(アナログ制御)が理想である(アナログ信号の方が細かな調整ができる)。

連続比例制御(アナログ制御)では

- ・アナログ信号の増幅や加算(オフセット)などの信号変換でアナログ回路が必要
 - ・アナログ回路が複雑かつ安定しない(熱の影響など)
 - ・ノイズの影響を受けやすい
 - ・駆動部でのエネルギーの損失が大きい
- など、様々な問題がある



連続比例制御システムは細かな制御が可能であり理想的であるが、実現が容易ではない

3) デジタル制御

連続したアナログ量をデジタル信号(数個の2値信号)を使って示し、デジタル信号を別のデジタル信号に変換する。

2値信号を0/1で表し、これを数個組み合わせたものを1個の2進数値として扱う。

8個の2値信号を使うと(8ビット)

0000 0000 = 0 ~ 1111 1111 = 255

12個の2値信号を使うと(12ビット)

0000 0000 0000 = 0 ~ 1111 1111 1111 = 4096

電圧信号、DC0~5Vを8ビットで表すと最小単位量は

$5/255=0.0196V$

同じく12ビットで表すと、最小単位量は

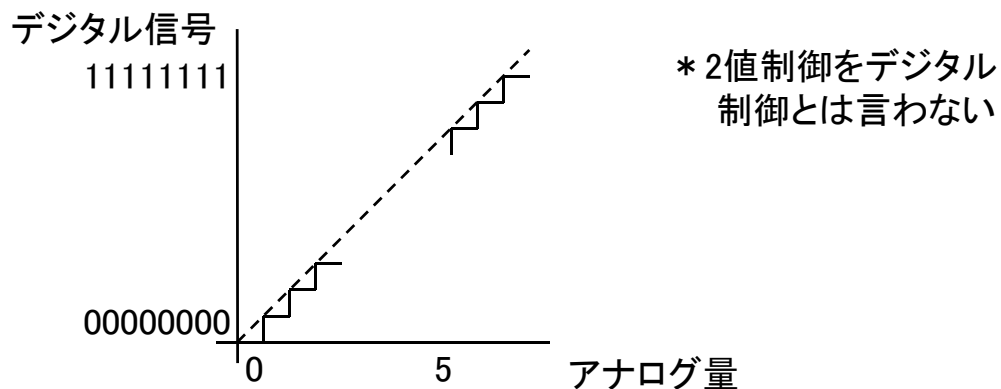
$5/4095=0.0012V$

2) デジタル制御

n個の2値信号を使うと(nビット)、厳密には連続していない(離散的)ではあるが、ビット数を増やすことによって、分解能(最小単位量)を小さくすることができ、連続した信号とみなすことができる。

→ アナログ量をデジタル信号で表すことができる

このデジタル信号を使った制御をデジタル制御という

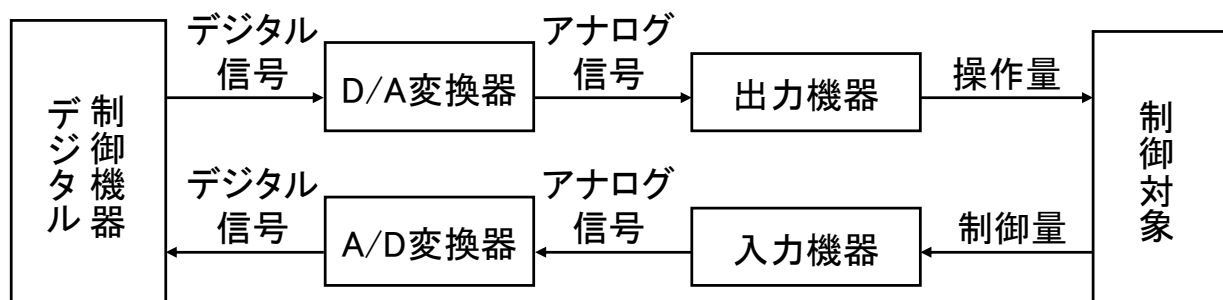


153

デジタル制御

その手順として

- 1) 制御量を入力機器でアナログ信号(電気信号)に変換する
- 2) アナログ信号をA/D変換機でデジタル信号に変換する
- 3) A/D変換機からのデジタル信号を制御機器に入力し、その信号を別のデジタル信号に変換処理して、出力する
- 4) 出力したデジタル信号をD/A変換機でアナログ信号に変換する
- 5) D/A変換機からのアナログ信号に応じて出力機器が連続的な動作をする



154

デジタル制御

入力機器

センサは、制御量(制御対象の状態)を様々な検出用素子を使ってアナログの電気信号に変換する

A/D変換器

センサからのアナログ信号をデジタル信号に変換する
(n個の電圧のH/L信号に変換)

例えば、8個のH/L信号を使う場合

LLLLLLLLL 0

LLLLLLLLH 1

LLLLLLHL 2

~

HHHHHHHH 255

アナログ信号を256段階のデジタル信号に変換

デジタル制御

制御機器

入力されたデジタル信号を別のデジタル信号に変換する。

D/A変換器

制御機器からのデジタル信号をアナログ信号に変換する

出力機器

D/A変換器からのアナログ信号によってトランジスタなどを使ってアナログ動作をする。

もしくは制御機器からのデジタル信号でアナログ的な動作をする

DCモータ: 回転数、トルクの調整

バルブ : 開閉度合い(流量)の調整

⋮

デジタル制御

デジタル制御の利点

デジタル制御機器のほとんどはコンピュータであるため、プログラムで動作を決めることができる → 変更が容易
熱による変動がほとんどない
アナログ回路に比べてノイズの影響を受けにくい
安価である

欠点

わずかな時間遅れが生じる
離散的な処理になる



デジタル制御の利点が大きいため、現在はデジタル制御が主流

デジタル制御

デジタル制御で使われる機器はほとんどコンピュータ
即ち、デジタル制御 ≡ コンピュータ制御

コンピュータはデジタル制御(≡アナログ制御)のみならず、
2値制御も可能

コンピュータを使ったコントローラとして
PLC、マイコン、パソコン…

⇒ コンピュータは非常に優れた制御機器

コンピュータではないがPLDもデジタル制御機器の一種

デジタルICを使った制御は、一般的には2値制御
(デジタル制御とは言わない)

デジタルデータ

コンピュータは、デジタルデータに対して様々な処理を行う(データの変換、二つのデータの比較、データ処理の順番の変更など)。

コンピュータのデジタルデータとは

0/1 → 電圧のL/H → 0/5V、0/3.3V

コンピュータ内部に電圧を格納する部分(メモリー、レジスタ)があり、その電圧をL(0V)にしたり、H(5V)にしたりする。

数値データは、10進数を2進数に変換して、その2進数と電圧のL/Hに変換して(0→L、1→H)、処理を行う

187 → 10110010 → HLHLLHL
10進数 2進数 電圧信号

デジタルデータの単位として

最小単位1個のH/L = 1bit 、 8bit = 1byte 、 16bit = 2byte = 1word

コンピュータではでは2¹⁰倍(1024倍)を「k(キロ)」とする

1kbit = 1024bit

159

制御機器(コントローラ)の種類

自動制御システムで使用される主な制御機器として

リレー

電磁石とスイッチを組み合わせたもの。電気配線で回路を組む

PLC

中身はコンピュータ(マイコン)。プログラムで動作を決める

パソコン

個人使用のコンピュータ

マイコン(ワンチップ、ワンボード)

制御用の小型コンピュータ

PLD(FPGA、CPLD)

デジタルICの回路をプログラムで組む半導体部品

電子部品(デジタルIC、アナログIC)

物理的に各部品を電気配線で接続

デジタル制御が可能な制御機器は、PLC、パソコン、マイコン
(PLDは???)

160

制御装置の制御機器(コントローラ)

制御装置の規模により制御機器を選定する。

規模が小さいもの……	ワンチップマイコン、リレー、デジタルICなど
規模が中程度のもの…	ワンボードマイコンなど
規模が大きいもの……	PLCなど

制御の内容により制御機器を選定する

フィードバック制御(デジタル制御)に適したコントローラ
→ マイコン、アナログ回路…

シーケンス制御(2値制御)に適したコントローラ
→ リレー、PLC、デジタルIC…

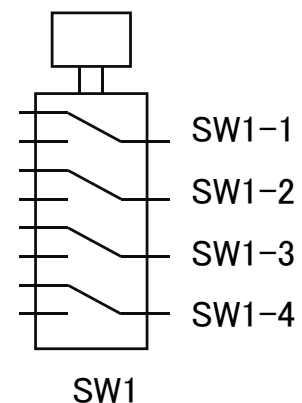
実際はどちらの制御も可能な機器がほとんど

4.2 各種制御機器

1)スイッチ

スイッチを使うと、簡単な負荷のON/OFF制御回路を組むことができる。

この場合、一つのスイッチに複数のc接点が組み込まれたものを使うことにより、その接点の組み合わせでON回路、NOT回路、AND回路、OR回路、もしくはそれらを組合わせた回路を組むことができる。



163

スイッチによる制御回路

1)ON回路

スイッチが動作したときに接点が閉じ、負荷に電流が流れる

2)NOT回路

スイッチが動作したときに接点が開き、負荷に電流が流れない(スイッチが復帰したときに接点が閉じ、負荷に電流が流れる)

3)AND回路

複数の接点の全てが閉じたときに負荷に電流が流れる

4)OR回路

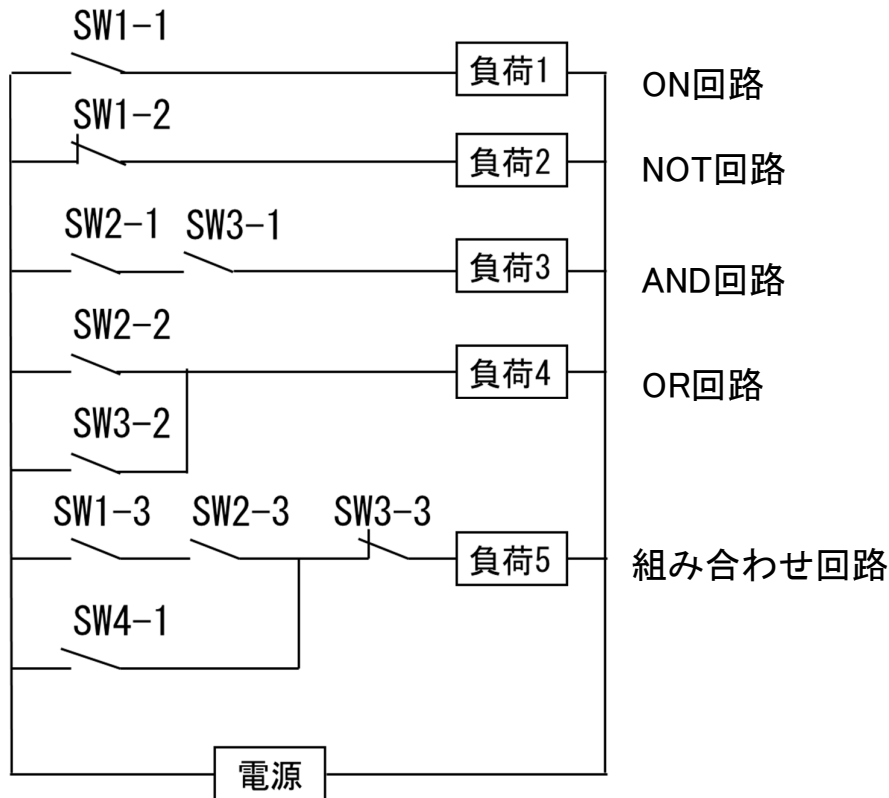
複数の接点の一つ以上が閉じたときに負荷に電流が流れる

5)組合わせ回路

ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路を組合わせた回路

164

スイッチによる制御回路図

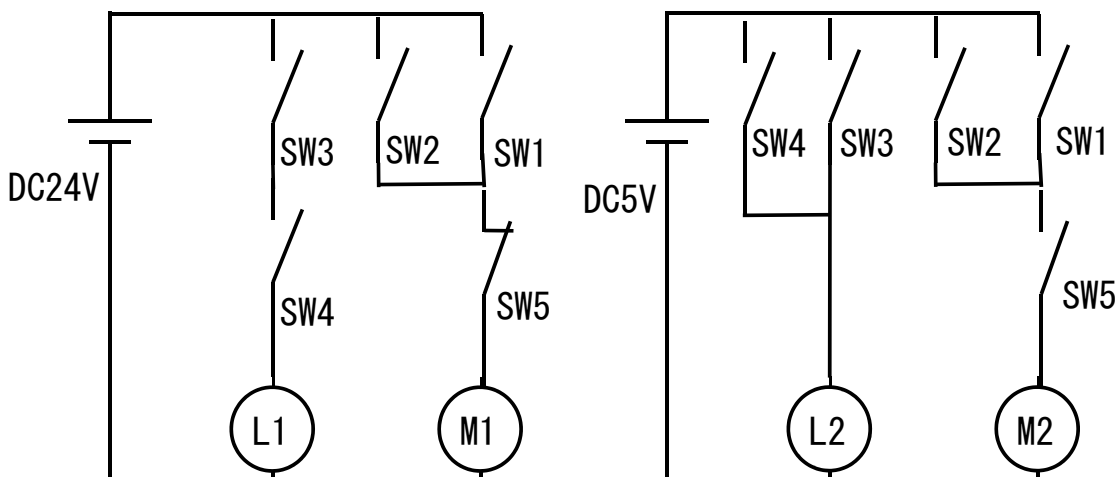


駆動回路

*** 注意**

電源が複数あるときは、分けて回路を組む

ただし、電源が直流で負荷をマイナスに接続するときは、マイナス線を共通にすることができる。



駆動回路例題

以下の回路を書きなさい。ただし、スイッチは4極c接点とし、特に指定がなければ負荷の電源はDC24Vとする。

- 1) SW1を操作しないでSW2とSW3を操作するとL1が点灯する。
SW1を操作しないでSW4またはSW5を操作するとL2が点灯する。
- 2) 上記と同じ動作で、L2の定格電圧をAC100Vとする。
- 3) SW1とSW2の両方を操作するとDCモータM1は正回転し、
SW3またはSW4を操作するとM1は逆回転する
- 4) SW1を操作しないでSW2を操作するとM1が回転し、
SW2を操作しないでSW1を操作するとM2が回転する。

167

2)リレー

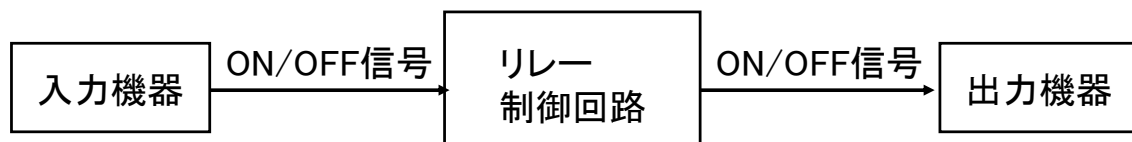
機械式リレーはリレーコイルとリレースイッチ(接点)を組合せた構造で、コイルが動作すると、接点が動作する。

複数のc接点スイッチを持つリレーを使うことによって、1極接点のスイッチの接点の数を増やすことができ、簡単な制御回路を作ることができる。

シーケンス制御で使用する最も基本的な制御機器

1個の入力機器(スイッチ、センサ)に対して1個以上のリレーを動作させ、リレーの接点を使って制御回路を組む。

最後に、リレーの接点で出力機器を駆動させる。



168

リレーの用途

主な用途として

1) 駆動部品として用いる

小さな電力（電圧、電流）で、大きな負荷をON/OFFする
直流の信号で交流をON/OFFする。（逆も可）

例えば、

乾電池 2 個（DC3V）の信号で、AC200VのモータのON/OFF制御が可能

2) 接点の数を増やす（内部の接点が複数個ある場合）

3) 接点の動作を変える（a接点→b接点）

4) 簡単な制御回路を組む（リレー10個程度の回路）

・・・リレーシーケンス制御

7.3 リレーを使った回路

リレー（電磁リレー）を使うことにより、駆動回路や
様々な制御回路を組むことができる。

駆動回路

- ・ 低電圧、小電流で、高電圧、大電流の負荷を駆動する
DC24Vの信号で、三相AC200Vの負荷を駆動
安全性大
- ・ a 接点スイッチで b 接点の動作をさせる

制御回路

- ・ 定格電圧の異なる負荷を同時に動作させる
 - ・ スイッチを操作し復帰しても、負荷が動作し続ける
自己保持回路
 - ・ 二つの負荷が同時に動作しないようにする
インターロック回路
- など

リレーの使用例

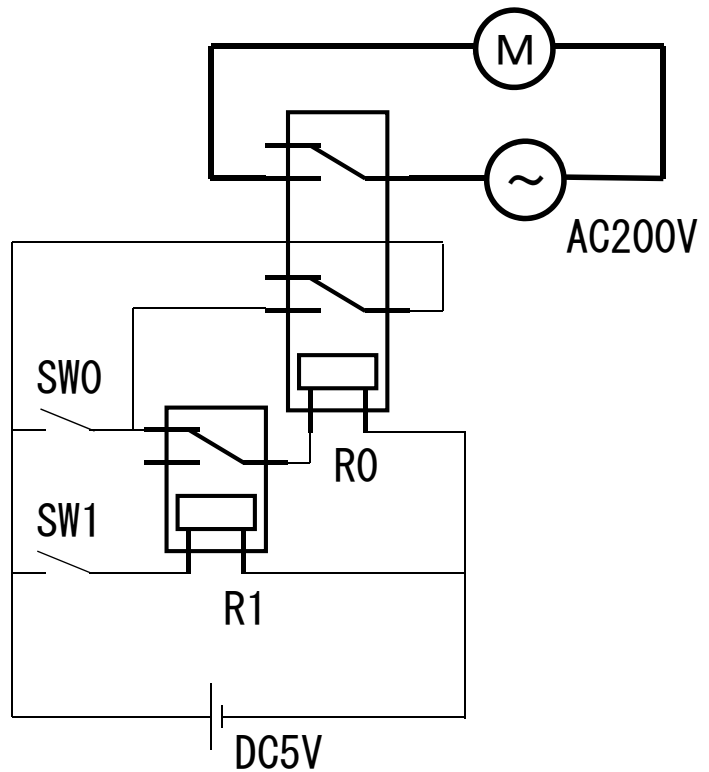
駆動部品として使う

小さな電気信号で、大きな電力の負荷を駆動

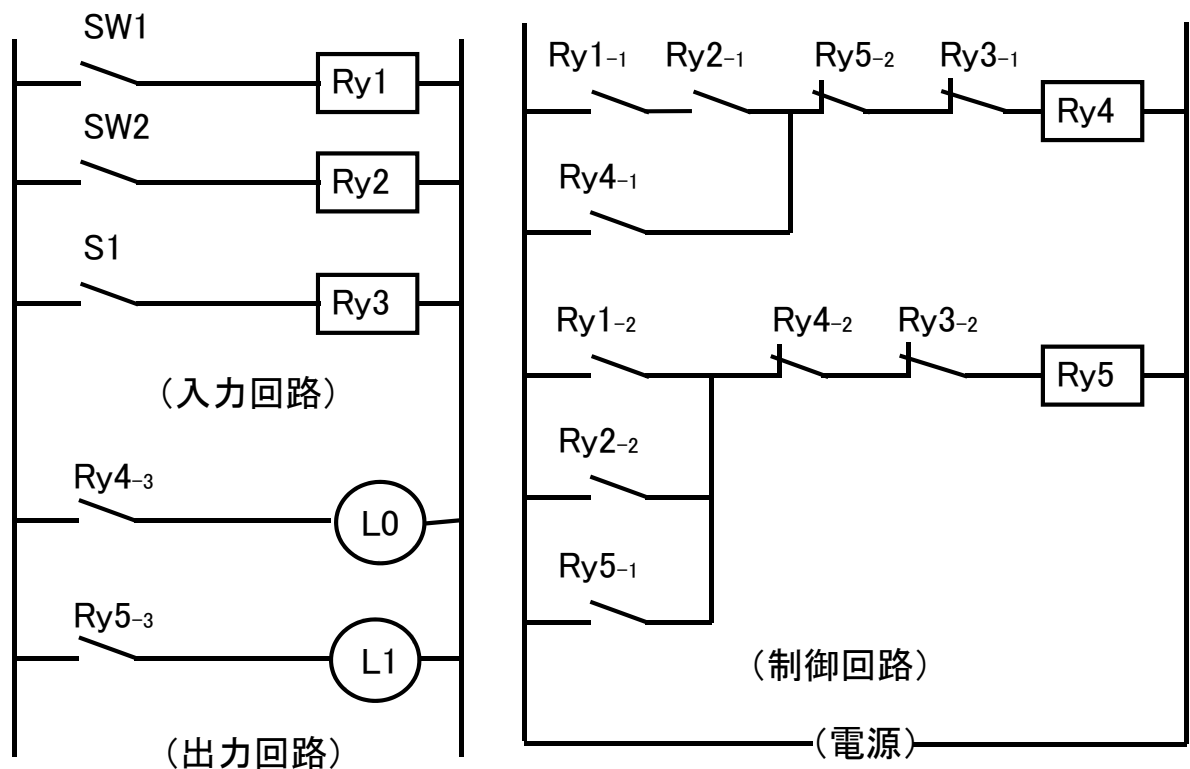
簡単な制御回路を組む

出力がONの状態を続ける回路
(自己保持回路)

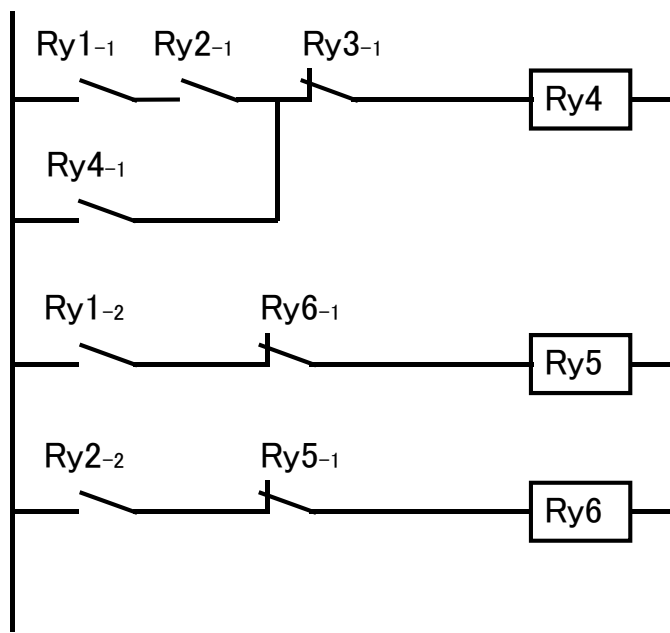
複数の出力を同時にONにしない回路
(インターロック回路)



リレーによる制御回路図



リレーで組むことのできる制御回路例



自己保持回路
出力が一旦動作したら、動作し続ける

インターロック回路
一方が動作したら、他方が動作しないようにする

173

リレーを使った駆動回路例題

以下の回路を書きなさい。ただし、スイッチは1極a接点とし、特に指定がなければ負荷の電源はAC100Vとする。また、動作させるための回路はDC24Vで組み、リレーを使うこととする。なお、リレーコイルの定格電圧はDC24Vとし、リレースイッチの定格は十分大きいものとする。

- 1) SW1を操作しないでSW2とSW3を操作するとL1が点灯する。
SW1を操作しないでSW4またはSW5を操作するとL2が点灯する。
- 2) 上記と同じ動作で、L2の定格電圧をAC100Vとする。
- 3) SW1とSW2の両方を操作するとDCモータM1は正回転し、
SW3またはSW4を操作するとM1は逆回転する
- 4) SW1を操作しないでSW2を操作するとM1が回転し、
SW2を操作しないでSW1を操作するとM2が回転する。

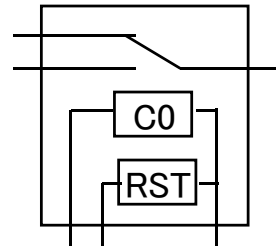
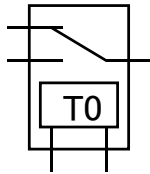
174

タイマ、カウンタ

リレーと同じような機器で、タイマ、カウンタがある

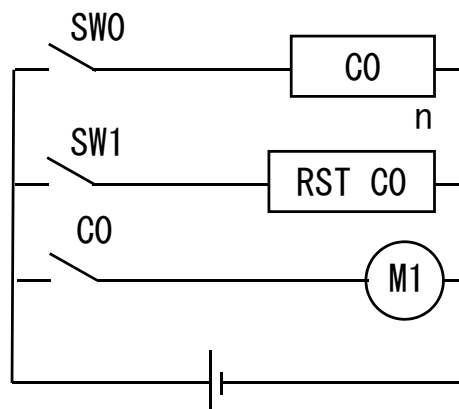
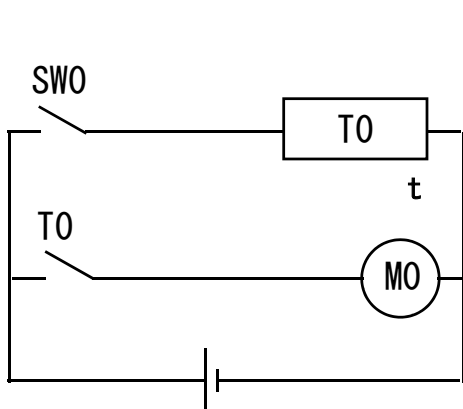
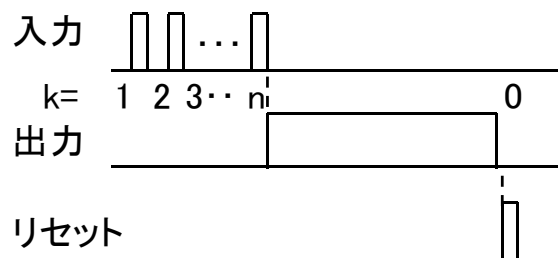
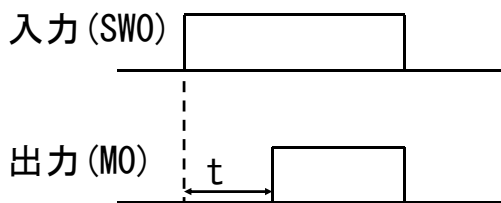
タイマ……タイマコイルとタイマスイッチを組み合わせた構造で、タイマコイルが動作して一定時間後にタイマスイッチが動作する（オンディレイタイマ）

カウンタ…カウンタコイルとカウンタスイッチを組み合わせた構造で、カウンタコイルが設定回数動作するとカウンタスイッチが動作する。リセット信号でカウンタは復帰し、計数值はゼロに戻る。



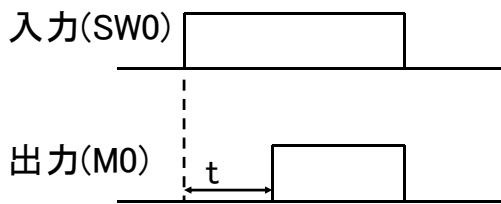
タイマ回路、カウンタ回路

タイマ、カウンタを使った回路図を以下のように記述する。

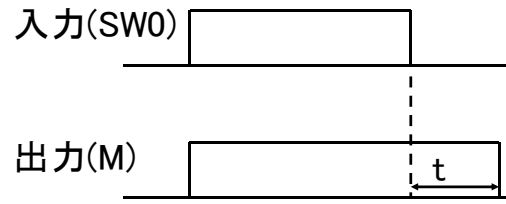


タイマの動作

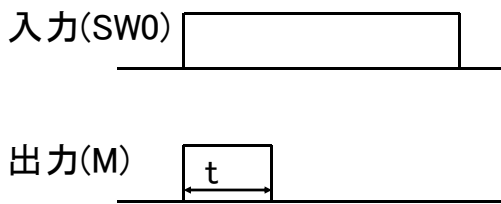
各種タイマ回路をオンディレイタイマで組むことができる。



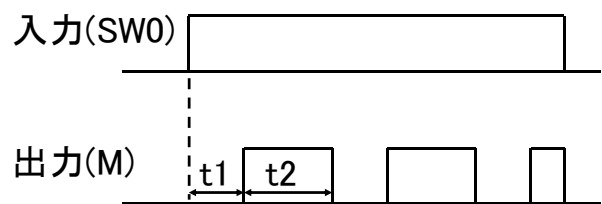
オンディレイタイマ回路



オフディレイタイマ回路



インターバル回路



フリッカ回路

④PLC(Programmable Logic Controller)

リレーで複雑なシーケンス制御回路を組むことは不可能。
規模の大きい制御装置では、シーケンス制御用コントローラ
として**PLC**（通称シーケンサ、三菱電機商品名）が使われる。

PLCはシーケンス制御に適したコントローラ

製造現場用に作られた制御用マイコンで、防塵対策、
ノイズ対策などが施されている。

フィードバック制御でも使用可能。

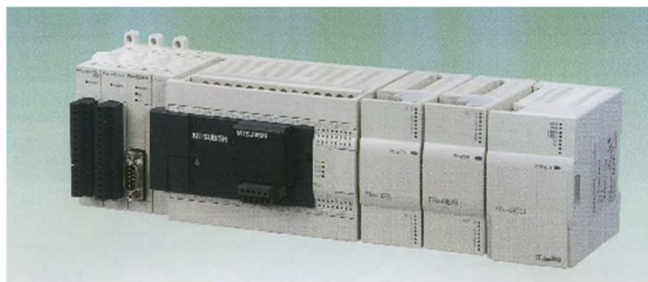
3)PLC(Programmable Logic Controller)

自動化装置で標準的に使用されるコントローラ(中身はマイコン)
(通称シーケンサ、三菱電機商品名)

製造現場用に作られた制御用マイコンで、防塵対策、ノイズ対策
など、対環境性対策などが施されている。

専用のプログラム言語で制御プログラムを組む
ラダープログラム(LD言語)、SFC言語、ST言語など

シーケンス制御、プロセス制御(フィードバック制御)で用いられる



179

PLCによる制御

シーケンス制御(ON/OFF制御(二値制御))

ON/OFF信号を入出力する

自動組立機などで使われる制御。あらかじめ定められた順序や論理に
従って動作する

プロセス制御(デジタル制御(アナログ制御))

PLCにアナログ信号入出力用**拡張ブロック、拡張ボード**などを接
続し、アナログ信号を入出力する。

もしくは汎用通信規格、プロセス制御用通信規格などを使い、文
字データを入出力する。

化学プラントなどで使われる制御。制御量が目標値と一致するように調整
するフィードバック制御。計装コントローラとして使用される

サーボシステム(フィードバック制御)

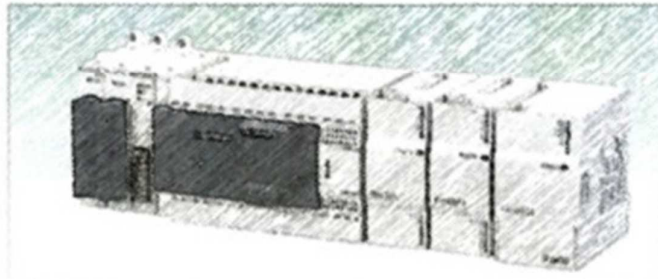
高速のON/OFF信号を入出力し、アナログ的な制御をする

物体の位置や速度などのフィードバック制御。

180

PLCによるシーケンス制御

シーケンス制御のコントローラとして使う場合、シーケンス制御で必要となる多数のリレー、タイマ、カウンタがPLCの内部に入っていると考えるとよい。



181

PLCの要素

PLC内部に用意されている主な制御要素(デバイス)

入力リレー : スイッチなどの信号でON/OFFするリレー

出力リレー : ランプなどの出力機器をON/OFFするリレー

補助リレー : 外部機器とは関係ない、PLC内部で使用する補助的なリレー
自己保持回路やインターロック回路などで使用
特殊な機能を持つ特殊補助リレーもある。

タイマ : PLC内部のオンディレイタイマ
積算タイマなどもある

カウンタ : PLC内部のカウンタ(アップカウンタ)
アップダウンカウンタ、高速カウンタなどもある

182

PLCの機能

制御装置を制御するためのPLCには様々な機能がある。

- 1)論理回路(AND回路、OR回路、NOT回路・・・)
- 2)タイマ回路
- 3)カウンタ回路
- 4)演算機能
- 5)データ記憶機能(データメモリー機能)
- 6)通信機能
- ・
- ・
- ・

これらの回路や機能を組合せて、制御プログラムを組む。

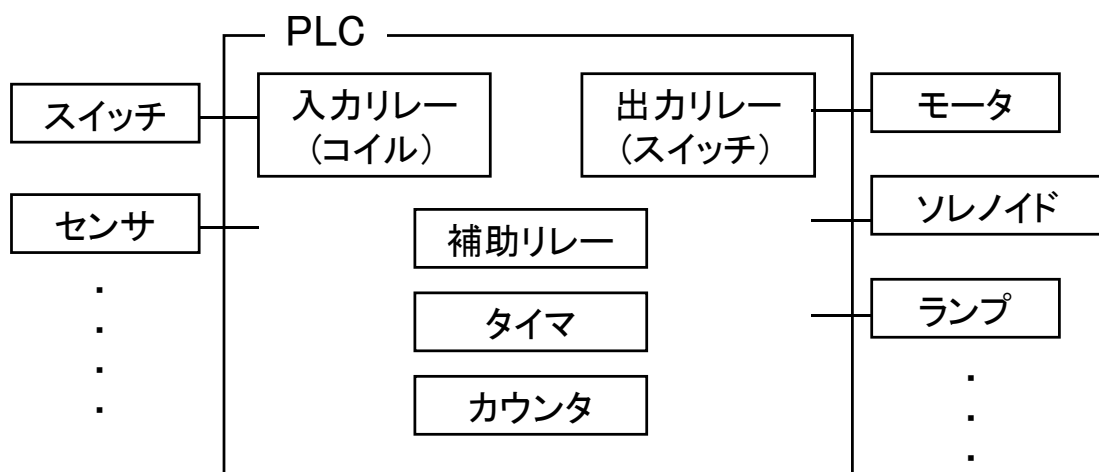
183

PLCの内部構造

スイッチやセンサなどで入力リレーのコイルを動作させる

出力リレーのスイッチでモータやランプなどを動作させる

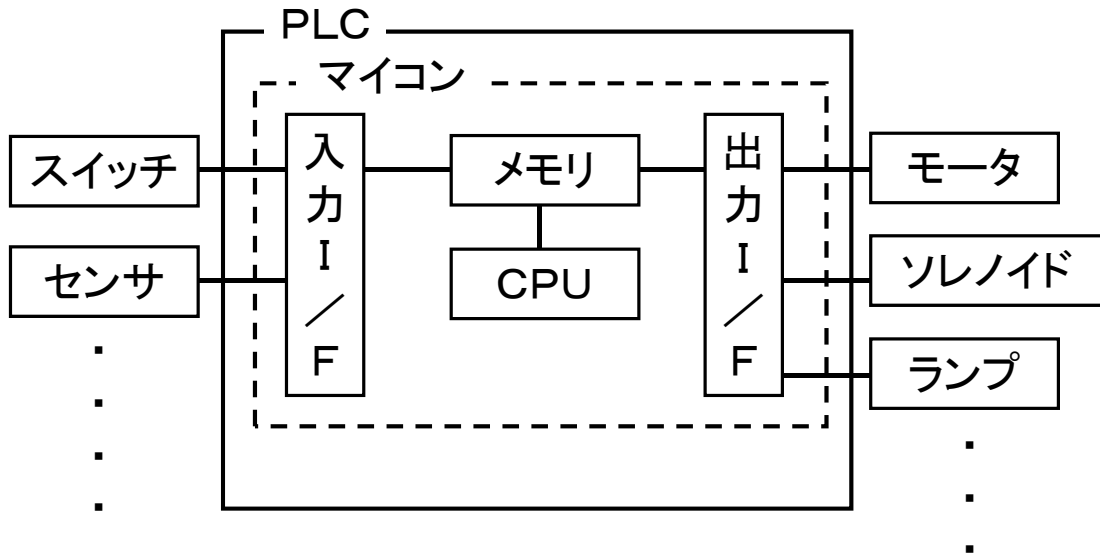
入力リレー、出力リレー、補助リレー、タイマ、カウンタを使い、**プログラム(ラダー図)**によって制御回路を組む



184

PLCの内部構造

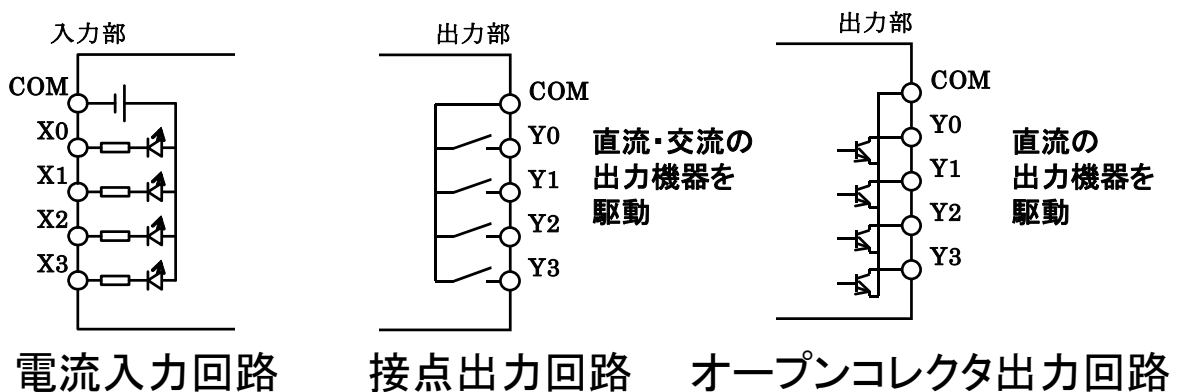
PLCの内部は、マイコンと同じようにCPU、メモリ、入出力インターフェイスで構成される。
メモリに制御プログラムを書込み、入力機器の状態に応じて出力機器を制御する。



PLCの入出力

PLCは入力機器のON/OFFを入力(検出)する
信号入力方法・・・PLC入力インターフェイスの
フォトプラ(LED)をON/OFF

PLCは出力機器をON/OFFをさせる
信号出力方法・・・PLC出力インターフェイスの
リレーまたはトランジスタをON/OFF



PLCの制御プログラム

制御プログラムは専用プログラム言語を使う。
言語の種類として、国際規格（IEC 61131-3）で以下のものが規格化された。

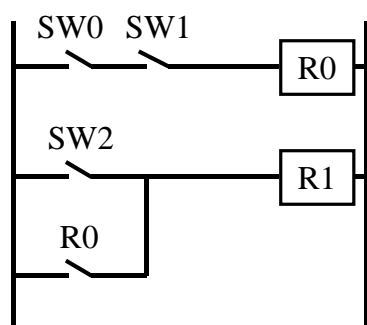
- 1) LD言語（ラダー・ロジック） ← 現在の主流
リレー回路のような図
- 2) SFC言語（シーケンシャル・ファンクション・チャート）
フローチャートのような図、シーケンス制御に適する
- 3) FBD言語（ファンクション・ブロック・ダイアグラム）
プロセス制御に適する
- 4) ST言語（ストラクチャード・テキスト）
C言語のような、論理式を使った言語
- 5) IL言語（インストラクション・リスト）
ニーモニック言語

187

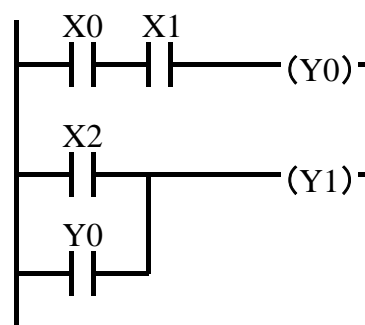
LD言語（ラダー図）

リレーによるシーケンス制御では、リレースイッチとコイルを組合せたリレー回路を組んでいた。

LD言語は、リレー回路と同じ形をラダープログラム（ラダー図）にするもの。このプログラミングがまだ主流。



リレー回路



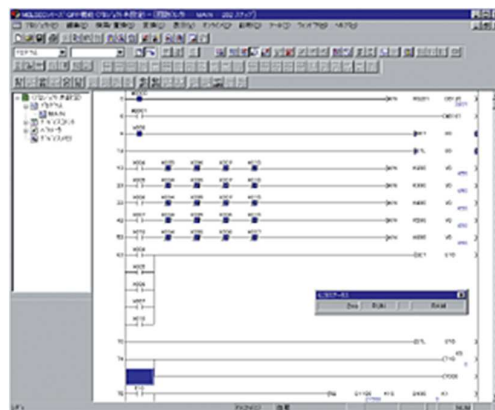
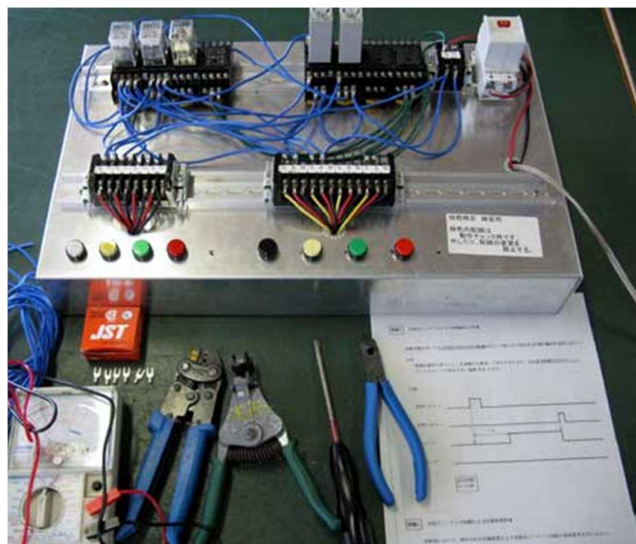
ラダープログラム

X0 : SW0
X1 : SW1
X2 : SW2
Y0 : R0
Y1 : R1

188

PLCの制御回路

リレーでは制御回路を配線で組んでいたが、
PLCでは制御回路をパソコンのプログラムで組む

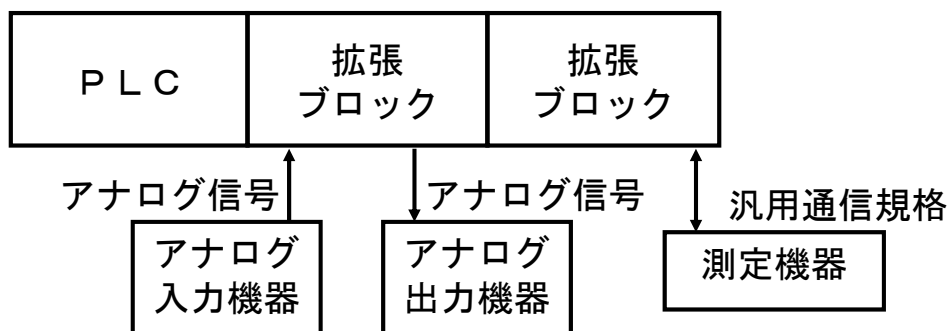


PLCによるプロセス制御

プロセス制御で用いる場合、基本的に連続したアナログ量の計測、制御を行う。

アナログ信号（DC4-20mA、DC1-5Vなど）やプロセス制御用通信規格、汎用通信規格を使う。

PLCに拡張ブロック、拡張ボードなどを接続し、信号の入出力を行う。



4)パソコン

ほとんどのパソコンは民生用であり、民生用パソコンは機械を制御する用途では設計されていない。

民生用パソコンの特徴として、

耐環境(防塵、防水、防油、耐ノイズ、耐熱、耐振動など)に劣る、
連続運転に弱い、信頼性が低い、寿命が短い、モデルチェンジが早い、
入出力端子がない、
安価である、データ管理が容易、ネットワークへの接続が容易、
プログラムの作成・変更が容易、外部機器との接続が容易

民生用パソコンに信号入出力用の拡張インターフェイスを接続することにより、制御用コントローラとして活用することができる。



191

4)パソコン

拡張インターフェイスとして、
パソコン本体に組み込む、USBで接続・・・

扱う信号として

デジタル信号がほとんど(一部アナログ信号)
数ビット(一般的に8ビット)の電圧信号、ON/OFF信号

生産現場で活用することは少ないが、制御プログラムの作成や変更が容易であり、また各種データの管理が容易であるため、開発部門や品質管理部門などで使われる。

開発部門では、試験的な装置の制御など
品質管理部門では、各種データの自動計測など

192

4)パソコン

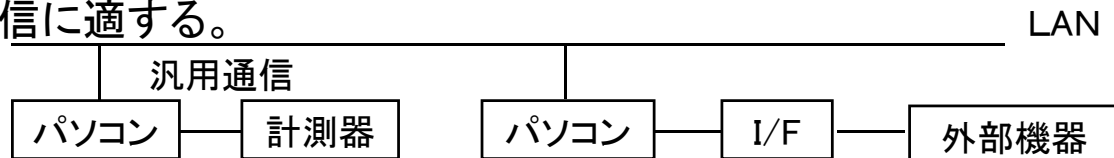
機械制御に適した産業用パソコンが最近普及しつつある。

民生用パソコンの欠点を改善、入出力インターフェイスや通信インターフェイスが充実している。旧式の規格に対応している機種もある。

高価である(一般的なもので本体のみ8~20万円)

産業用パソコンの形状(タイプ)として、デスクトップ型、パネル型、ボックス型、組み込み型、などがある。

民生用・産業用とも、パソコンは簡単な制御が可能で、自動計測が容易(汎用通信規格を使った計測器等とのデータ通信が容易なため)。また、数値計算等のデータ処理やデータ管理、LANを使ったデータ通信に適する。



193

パソコン用インターフェイス

これより、民生用パソコンを使った制御について説明する。

パソコンで計測・制御を行うためには拡張インターフェイスが必要になる。このインターフェイスとして、デジタル入出力、アナログ入出力、汎用通信・・・などがある。

これらの拡張インターフェイスとパソコンを接続する。

パソコンとの接続は、PCIバス、USBなど。

扱う信号はインターフェイスによって異なるが、

デジタル信号: 電圧信号、
ON/OFF信号(トランジスタ出力)

アナログ信号: DC1~5V、DC0~5V、
DC-10~10V (電圧)
4~20mA(電流)



194

汎用通信

汎用通信規格を使うことにより、計測器などの外部機器とパソコンの間でデータの送受信(入出力)を行うことができる。

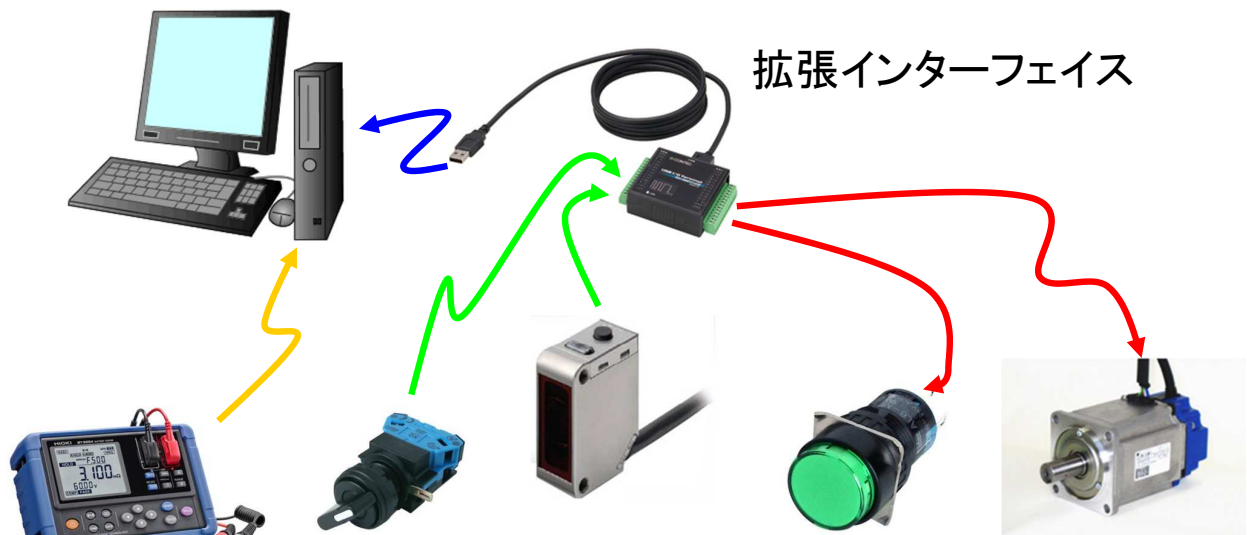
最近のパソコンは汎用通信インターフェイスを持っていない機種もあるので、その場合は拡張汎用通信インターフェイスをパソコンに接続して、外部機器との通信を行う。

汎用通信規格として、RS-232C、RS-422、RS485、USB、GP-IB

パソコン用インターフェイス

拡張インターフェイスにより、パソコンと入出力機器を接続

パソコン



各種入出力機器

制御方法

制御プログラムにより機械装置を制御する
プログラミング言語として C言語、Basic言語など

制御方法

1. インターフェイスから入力機器の信号を取り込む
2. パソコンで入力信号に応じた出力信号を作る
3. インターフェイスへ出力信号を出力する

制御アルゴリズムは、様々ある（用途などによって異なる）

データの入出力

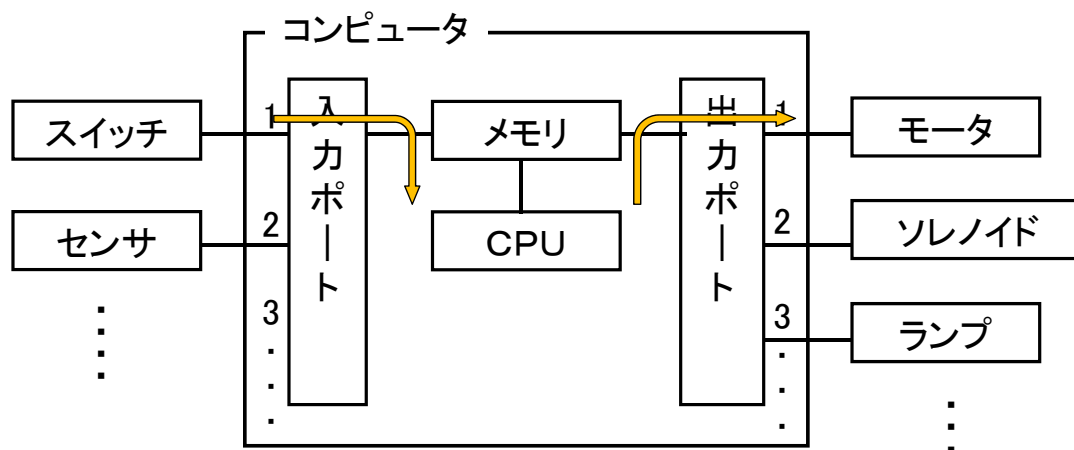
信号の入出力は入出力インターフェイスもしくは汎用通信によって行われる。その方法として、

- ・入出力インターフェイスを使う場合、
入出力するポート番号(場所)を指定し、そこから信号を入力する、もしくは信号を出力する。
具体的な方法は、使用するインターフェイスやプログラム言語によって異なる
- ・汎用通信規格を使う場合、
機器ごとに通信プロトコル(通信手順)が決められており、その手順に従ってデータの送受信を行う。
一般的に、送受信データは文字データが使われる。

データの入出力

入力ポート番号を指定して信号を入力する
信号入力のコマンドは「Inp(ポート番号)」など

出力ポート番号および出力データを指定して信号を出力する
信号出力のコマンドは「Out(ポート番号, 出力データ)」など



199

コンピュータのプログラム

コンピュータの動作はプログラムによってきまる。プログラムは、処理を行うコマンド(命令)を並べたもの

命令の例

四則演算・論理演算

比較演算

条件分岐

繰り返し

信号の入出力

⋮

これらの命令を組み合わせて、特定の処理をするプログラムを作成する。

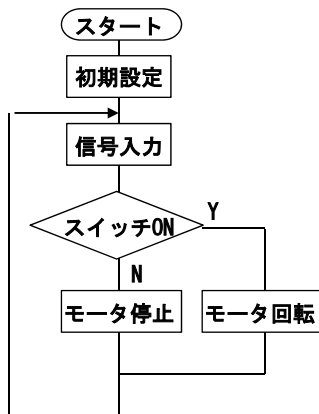
プログラム(命令語)はメモリーに格納され、CPUで個々の命令を上から順番に実行する

200

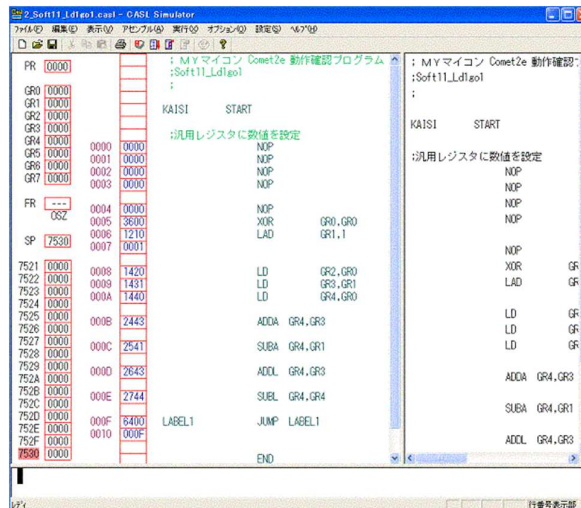
プログラム開発の手順

制御プログラムを作成する手順は、

- 1)まずアルゴリズム(制御の手順)を考え、
- 2)それをフローチャートで表し、
- 3)コマンドで記述する。



フローチャート



ソースプログラム

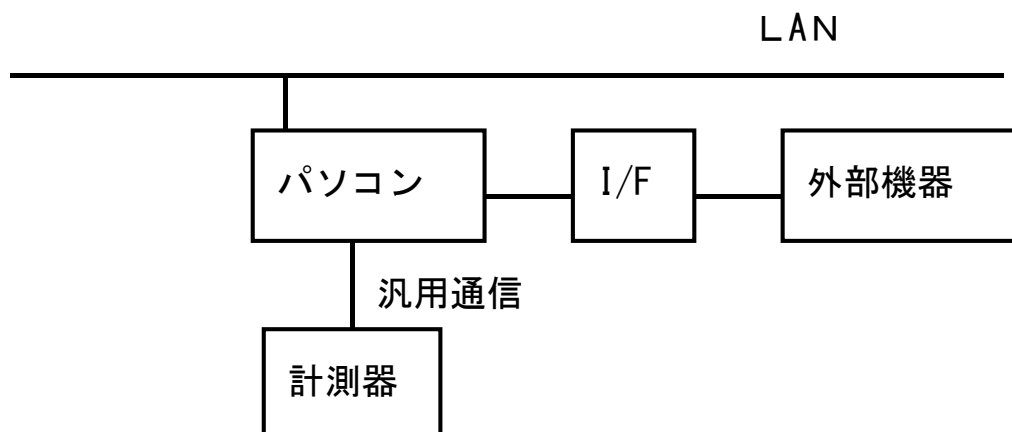
パソコン制御の利点・欠点

環境対策（防塵、ノイズ対策など）が施されていない

- ・・・生産現場には適さないが

自動計測や構内ネットワークとの接続が容易

- ・・・簡単な制御・計測、データ処理に適する



5)マイコン

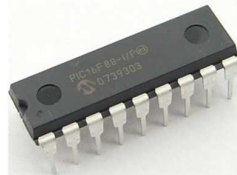
小型で安価な組込式の制御機器で、家電製品から、自動車や工作機械などの制御で使われる。機械制御用の機種が多く、入出力端子が多く用意されている(デジタル、アナログ、通信)。

様々な演算処理(数値演算、論理演算、比較演算など)が可能で、プログラムにより信号処理を行う。

ワンボードマイコンや、ワンチップマイコンがある。

入出力信号は電圧のH/L信号

基本的に2値制御であるが、アナログ信号の入出力が可能なものもある。



チップマイコン



ボードマイコン

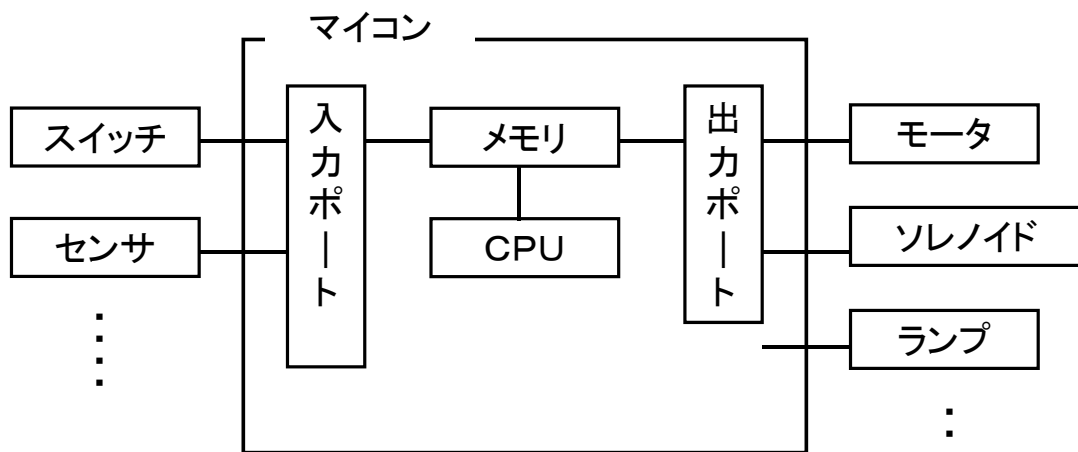
マイコンの内部構造

マイコンの内部はCPU、メモリ、I/Oポートで構成される。

I/Oポート・・・信号を入出力(受け渡し)

メモリ・・・データの格納、プログラムの保存

CPU・・・データの処理



マイコンへの信号入力

マイコンに入力する信号は、ほとんどがデジタル電圧信号（電圧のH/L）信号

スイッチやセンサの信号を電圧のH/Lに変換する。

スイッチやセンサの信号...

電流のON/OFF → プルアップ回路で電圧信号に変換、
電圧のH/L → 電圧変換回路で電圧レベルを変換
（電圧レベルが同じときは不要）

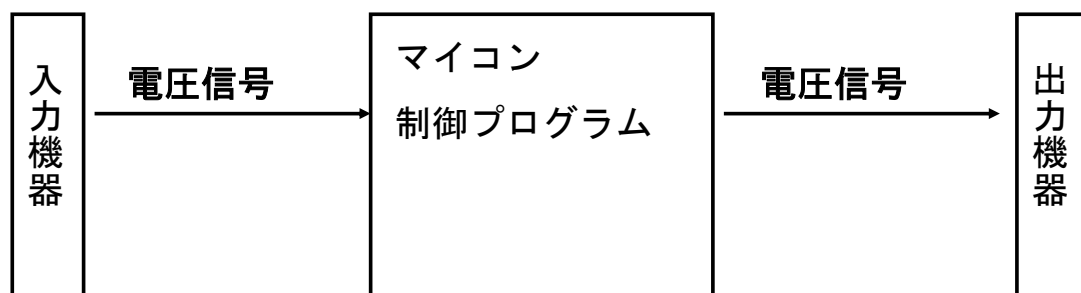


205

マイコンの制御動作

あらかじめ制御プログラムをメモリに書き込んでおき、

- 1) 入力機器からの信号を入力ポートから入力し、
- 2) メモリに書き込まれている制御プログラムに従って、
入力信号をCPUで処理して出力信号を作り、
- 3) 作られた信号を出力ポートから出力機器へ出力する



206

マイコンによる出力機器の駆動

マイコンから出力される信号は、ほとんどがデジタル電圧信号(電圧のH/L)信号で、この信号で出力機器を駆動する

駆動回路(駆動部品)を使って出力機器を駆動する

出力機器の電圧の違いによる駆動部品・・・

直流機器 → トランジスタやFETで駆動

交流機器 → 半導体リレーやリレー(有接点)で駆動



207

6)PLD (Programmable Logic Device)

AND、OR、NOTなどの論理回路を組合せた回路をプログラムで組むことができるLSI(プログラムで組合せ論理回路を組む)

集積規模によって、PAL、CPLD、FPGAなどがある

主流はCPLD、FPGA (FPGAが多機能)

プログラム言語(HDL: Hardware Description Language)として、VHDLやVerilogなどが使われる

(最近はVHDLが主流)

マイコンはプログラムを1行ずつ実行するのにに対し、PLDは並列処理(同時に異なる処理を実行)ができる。

・・・マイコンと比べて、処理速度が速い。
画像処理などに適している



CPLDボード

208

7)電子回路

昔は様々な電子部品を使い、アナログ制御を行っていた。

アナログ電圧信号を使い、信号伝達、信号の変換、信号増幅などを行うアナログ制御回路を組んでいた。

アナログ制御回路ではアナログIC(オペアンプ)を使い、様々な回路を組み合わせ、入力された電圧信号を変化させていく

比較部:目標値と主フィードバック量の比較を行う
差動増幅回路、比較回路

調節部:比較部からの偏差を様々な信号に作り変える
反転増幅回路、非反転増幅回路、
微分回路、積分回路、加算回路

操作部:トランジスタなどを使い、調節部から出力された信号で
操作部(出力機器)を駆動する
駆動回路

209

7)電子回路

アナログ回路設計は、幅広い基礎技術が必要なことや、回路の安定性、ノイズや熱の影響など、容易ではない。

最近では、アナログ電圧信号をデジタル信号に変換し、デジタル信号をデジタル回路によって別のデジタル信号に変換し、デジタル制御をすることが多くなっている。

デジタル回路はデジタルICによって生まれ、入力されたデジタル信号を別のデジタル信号に変換し、出力する。

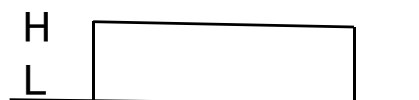
デジタル信号として、電圧のH/Lが使われる。

電圧が高い状態(H)、低い状態(L)で二つの値をとる。

電圧信号としてDC5V/0Vなどがある。

H・・・DC5V

L・・・DC0V



210

7)電子回路

デジタル回路の種類として、論理回路(ロジック回路)、フリップフロップ回路、カウンタ回路、パルス回路などがある。そのほか、モータコントロールIC、ドライブICなど様々な専用ICがある。

各ICには、様々な論理回路が内蔵されており、そのICを組み合わせて制御回路を組む。

回路として、

ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路、Ex-OR回路、NAND回路、

NOR回路、フリップフロップ回路、エンコーダ、デコーダ、カウンタ、などがある。

デジタル回路

論理回路・・・入力信号のH/Lの組み合わせにより出力信号をつくる

ON回路	入力をそのまま出力
NOT回路	入力を反転して出力(インバータ)
AND回路	全ての入力がHのとき、出力がH
OR回路	入力のどれが一つ以上がHのとき、出力がH
Ex-OR回路	二つの信号が異なるときに、出力がH
NAND回路	全ての入力がHのとき、出力がL
NOR回路	入力のどれが一つ以上がHのとき、出力がL

デジタル回路

フリップフロップ回路・・・入力信号のH/Lの状態を記憶する

カウンタ回路・・・・・・入力信号のON/OFFを計数する

エンコーダ・デコーダ回路・・・数値のデータを別のデータに変換する。10進数を7セグ表示用など

タイマ回路・・・信号の時間遅れやパルス信号などをつくる

リレーの代わりにこれらの回路(IC)を使い、シーケンス回路を組むことができる。

接点がない無接点シーケンス制御

213

論理回路の真理値表

論理回路の入力、出力の関係を真理値表を使って表す。

論理回路の真理値表

X1	X2	ON	NOT	AND	OR	Ex-OR	NAND	NOR
L	L	L	H	L	L	L	H	H
L	H	L	H	L	H	H	H	L
H	L	H	L	L	H	H	H	L
H	H	H	L	H	H	L	L	L

* ON回路、NOT回路は、入力X1に対する出力

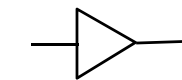
真理値表は、L/Hのほかに、0/1やOFF/ON、False/True、偽/真、などを使って表すこともある。

214

論理回路の図記号

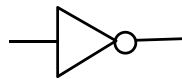
ロジックICで制御回路を組む場合、各回路の記号(MIL記号)を使って表す。

論理回路の論理式とMIL記号



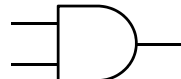
$$Y=X$$

ON回路



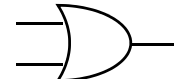
$$Y=\bar{X}$$

NOT回路



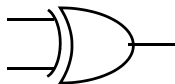
$$Y=X1 \cdot X2$$

AND回路



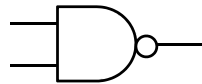
$$Y=X1+X2$$

OR回路



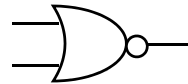
$$Y=X1 + X2$$

Ex-OR回路



$$Y=X1 \cdot X2$$

NAND回路



$$Y=X1+X2$$

NOR回路

215

デジタルIC

ロジックICとして、TTL IC、C-MOS IC が使われる。

(デジタルICとして、ロジックICとメモリICがある。制御で使われるのはロジックIC)

1)TTL IC

トランジスタを組み合わせたIC。

安価で取り扱いが容易で壊れにくいいため、広く使われる。

電源はDC5Vのみ。

(最近は、電源電圧がDC3.3VのLVTTTLも使われている)

実際に保障されている信号レベル(TTLレベル)

入力:L…0.8V以下、H…2.0V以上

出力:L…0.4V以下、H…2.4V以上

種類によってはO.C出力(トランジスタ出力)のタイプもある。

(O.C.出力の許容値は、電圧は30V、電流は60mA程度)

216

デジタルIC

2)C-MOS IC

MOS型FETを組み合わせたIC。消費電力が小さく、電源電圧の範囲が広い(DC3~18V程度)。

一方、TTLよりも壊れやすく、未使用の入力端子にも処理が必要となる。

専用の働きを持つ専用ICの多くはC-MOS ICが使われる。

信号のH/Lのレベルは電源電圧によって決まる。電源がDC5Vの場合

入力:L...1.2V以下、H...3.8V以上

出力:L...0.1V以下、H...4.9V以上

TTLと組み合わせて回路を組む場合、信号レベルを合わせる必要がある。(TTLのH出力がC-MOSで読み取れないことがある)

ロジックICの種類

TTLでは、電圧信号が出力されるが、電流は取り出すことができない(数mA程度)。

LEDを点灯させるときは、Lの時に点灯させるようにする。

TTLとC-MOS IC(電源電圧DC5Vのとき)では電圧レベルが異なり、TTLの出力をC-MOSに入力することができない。(L信号を検出できないことがある)。

⑤電子回路

デジタル回路は、アナログ電圧信号をデジタル信号に変換し、デジタル信号を様々な形に変換し、制御する。

* デジタル制御とは、マイコンやPLCなどのコンピュータを使った制御のことで、単にデジタル信号を扱った制御ではない。

デジタル回路を組むための電子部品として、ロジックICがある。ロジックICは、デジタルの入力信号をさまざまなデジタル信号に変換し、出力するものである。デジタル信号として、電圧のH/L（例えば0V、5V）を扱う。

デジタル回路の種類として、論理回路、フリップフロップ回路、カウンタ回路、パルス回路などがある。そのほか、様々な専用IC（モータコントロールIC、ドライブICなど）がある。

デジタルICを使った論理回路

シーケンス制御はON/OFF制御（2値制御）であることから、2値信号を扱う論理回路を使ってシーケンス制御回路を組むことができる。

このような制御は、リレー（有接点）を使わないシーケンス制御であることから、無接点シーケンス制御と言われる

特徴：

利点：動作が速い、消費電力が少ない、省スペース、安価

欠点：ノイズに弱い、熱に弱い、大電力の制御ができない

無接点シーケンス制御回路（論理制御回路）は、真理値表（積項の和形式、カルノー図）や有接点制御回路から組むことができる。

論理代数(ブール代数)

論理回路の設計を行うのに、論理代数(ブール代数)が用いられる。論理代数は、2つの値(デジタル信号)を0/1で表し、数学的な計算(演算)を行うものである。

論理代数の演算の定義として以下の3つがある。

$$\begin{array}{ll} \text{論理積 } Y=A \cdot B & 0 \cdot 0=0, 0 \cdot 1=0, 1 \cdot 0=0, 1 \cdot 1=1, \\ \text{論理和 } Y=A+B & 0+0=0, 0+1=1, 1+0=1, 1+1=1 \\ \text{否定 } Y=A\overline{\quad} & 0\overline{\quad}=1, 1\overline{\quad}=0 \end{array}$$

また、主な法則として以下のものがある。

基本法則

$$\begin{array}{l} A \cdot 1=A, A \cdot 0=0, A \cdot A=A, A \cdot A\overline{\quad}=0 \\ A+1=1, A+0=A, A+A=A, A+A\overline{\quad}=1 \end{array}$$

交換法則

$$A \cdot B=B \cdot A, A+B=B+A$$

221

論理代数(ブール代数)

結合法則

$$(A \cdot B) \cdot C=A \cdot (B \cdot C) \quad (A+B)+C=A+(B+C)$$

分配法則

$$\begin{array}{l} A \cdot (B+C)=A \cdot B+A \cdot C \\ (A+B) \cdot (A+C)=A \cdot A+A \cdot C+A \cdot B+B \cdot C \end{array}$$

二重否定法則

$$A\overline{\overline{\quad}}=A$$

ド・モルガンの定理

$$\begin{array}{l} (A+B)\overline{\quad}=A\overline{\quad} \cdot B\overline{\quad} \\ (A \cdot B)\overline{\quad}=A\overline{\quad} +B\overline{\quad} \end{array}$$

これらの法則を使って得られた式を簡単にしてから制御回路組む。

222

5. インターフェイス

223

制御装置のインターフェイス

制御装置は制御部（制御機器）に様々な入力機器、出力機器が接続される。

制御機器

リレー、PLC、マイコン、電子回路・・・

入力機器

スイッチ、各種センサ・・・

出力機器

表示ランプ、各種モータ、ソレノイド・・・



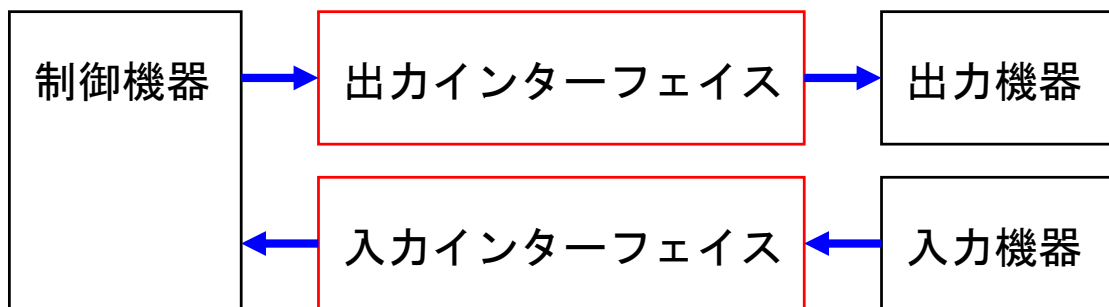
224

制御装置のインターフェイス

これらの機器を組み合わせて制御システムを構築する場合、機器と機器の間で電気信号を合わせるインターフェイスが必要になる。

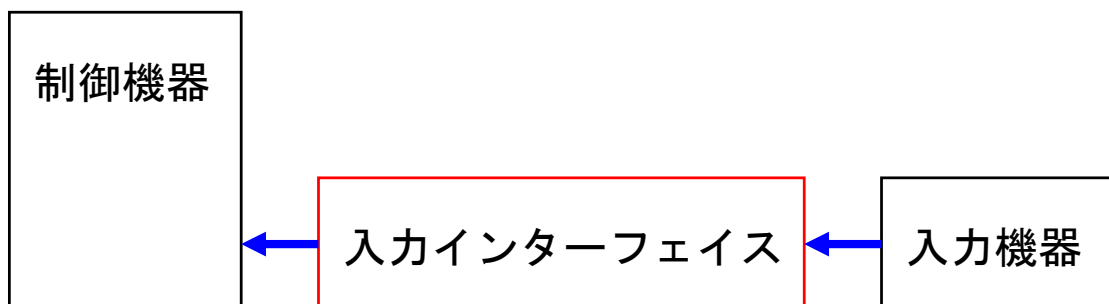
入力インターフェイス：主に信号変換回路

出力インターフェイス：主に駆動回路



225

(a) 入力インターフェイス (信号変換回路)



226

入力機器の出力仕様

スイッチやセンサから出力される電気信号の仕様

デジタル信号出力仕様

1) 接点出力

機械式接点を使った電流のON/OFF

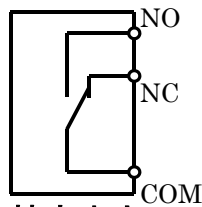
2) オープンコレクタ出力

トランジスタを使った直流電流のON/OFF

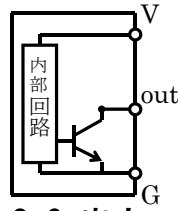
3) 電圧出力

トランジスタを使った直流電圧のH/L

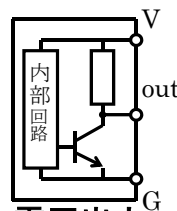
デジタルICを使った直流電圧のH/L



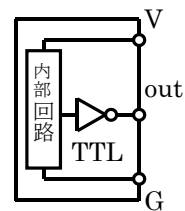
接点出力



O.C. 出力



電圧出力



電圧出力

制御機器の入力仕様

制御機器としてPLC、マイコンなどがあり、これらの入力部（入力端子）で入力機器からの出力信号を入力する。

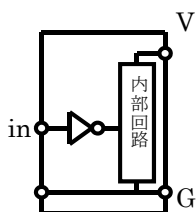
制御機器の入力仕様

1) 電圧入力

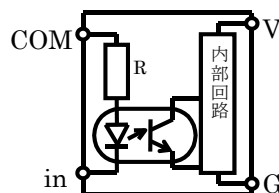
デジタルICに電圧信号を入力する。（マイコンなど）

2) 電流入力（一般的な言い方ではない）

フォトカプラのLEDを点灯させる。（PLCなど）



ICによる電圧入力



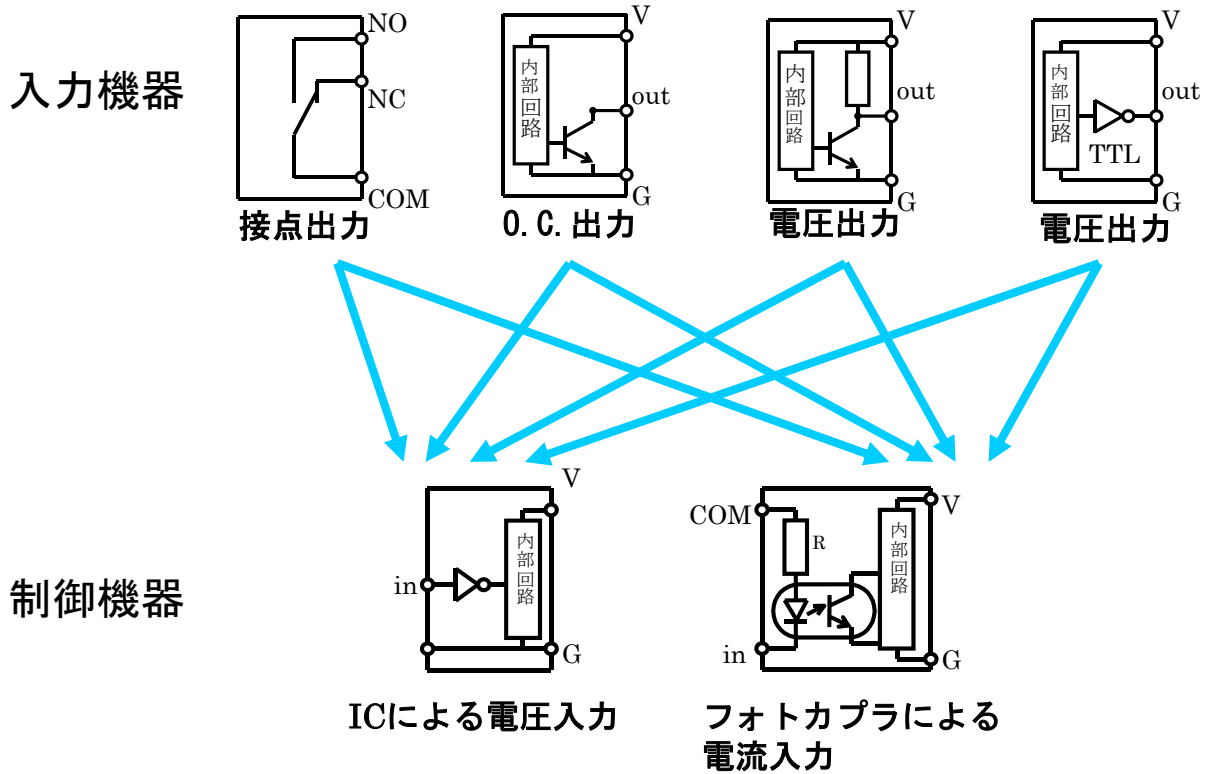
フォトカプラによる電流入力

内部抵抗Rの大きさにより電圧レベルが決まる

$R \doteq 480 \dots \dots \dots$ 電圧5V

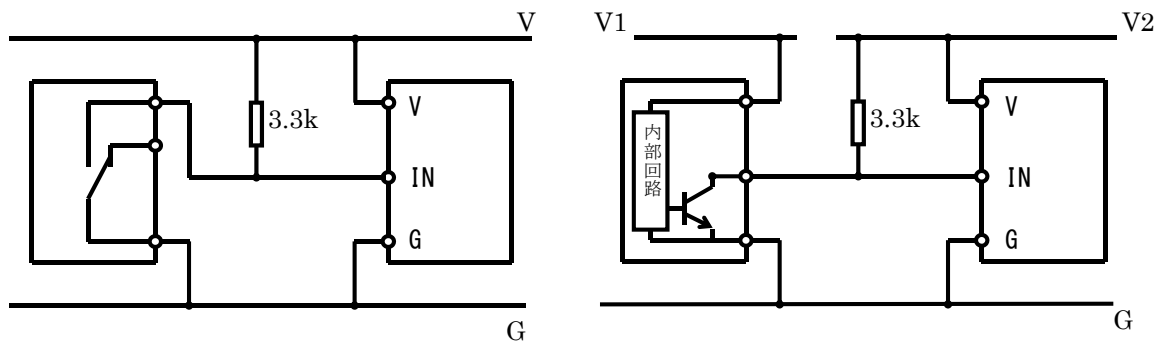
$R \doteq 3.3k \sim 4.8k \dots \dots$ 電圧24V

入力機器と制御機器の接続



電圧入力への信号入力

接点出力、O. C. 出力 → 電圧入力
 電流のON/OFFを **プリアップ回路**で電圧のH/Lに変換



スイッチがON……L
 スwitchがOFF……H

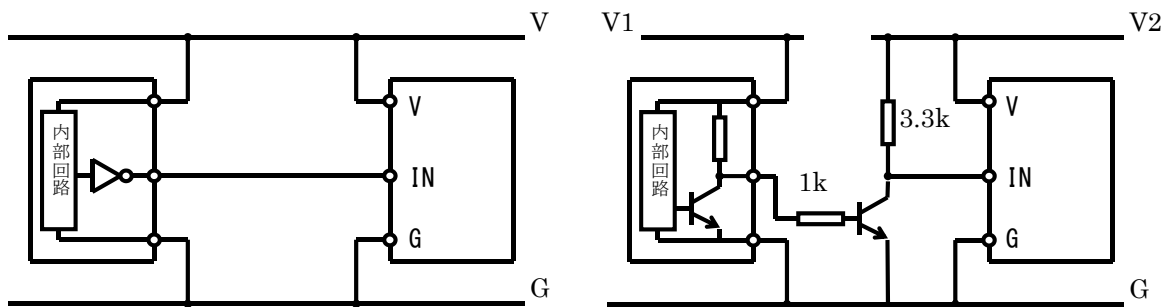
トランジスタがON……L
 トランジスタがOFF……H

電圧入力への信号入力

電圧出力 → 電圧入力

電圧レベルが等しいときは出力信号をそのまま入力

電圧レベルが異なるときは、トランジスタを使って電圧レベルを変換



電圧レベルが等しいとき

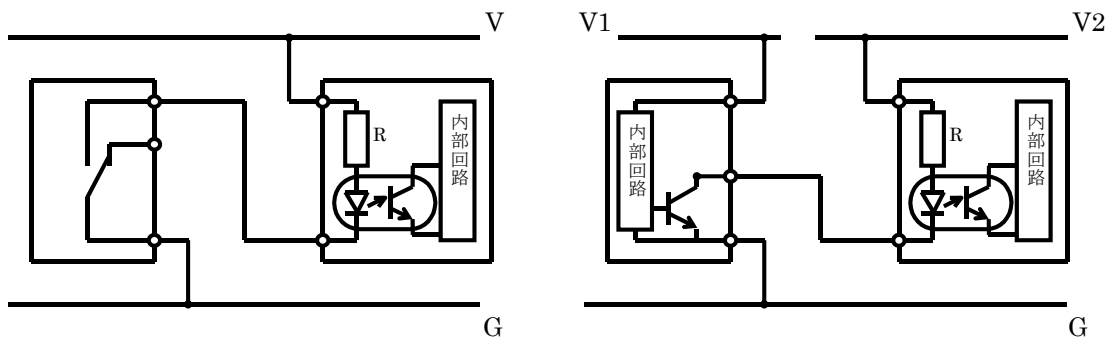
電圧レベルが異なるとき
出力がL……H
出力がH……L

231

電流入力への信号入力

接点出力、O.C. 出力 → 電流入力

電流のON/OFFでフォトカップラのLEDを点灯/消灯



スイッチがON……LED点灯
スイッチがOFF……LED消灯

トランジスタがON……L
トランジスタがOFF……H

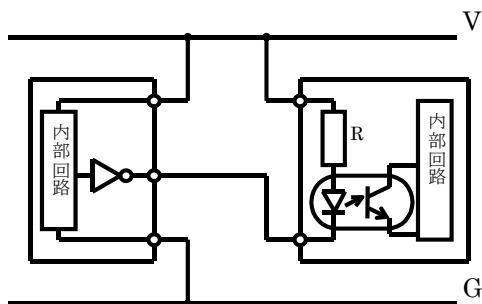
232

入力部のインターフェイス回路

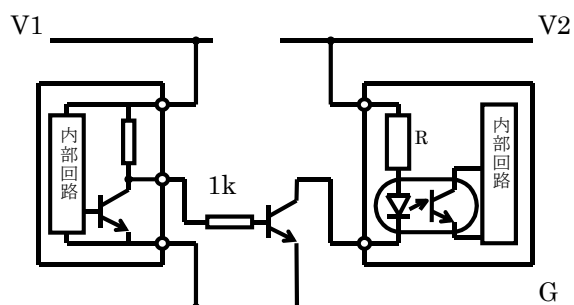
電圧出力 → 電流入力

電圧レベルが等しいとき、出力信号をそのまま入力

電圧レベルが異なるときは、トランジスタを使ってLEDを点灯

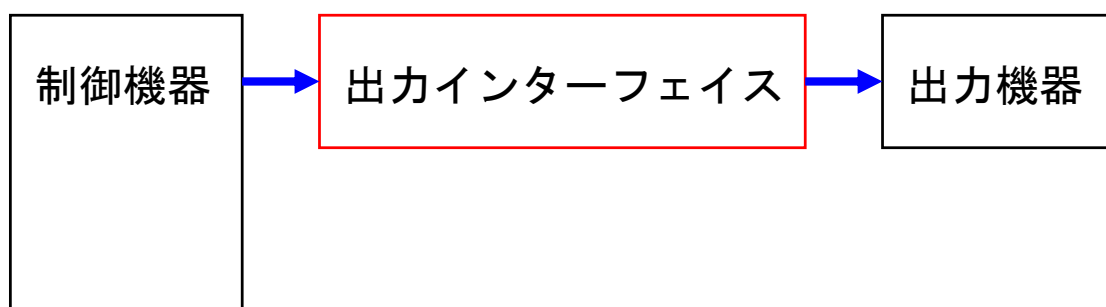


電圧レベルが等しいとき
出力信号がL……LED点灯
出力信号がH……LED消灯



電圧レベルが等しくないとき
出力信号がL……LED消灯
出力信号がH……LED点灯

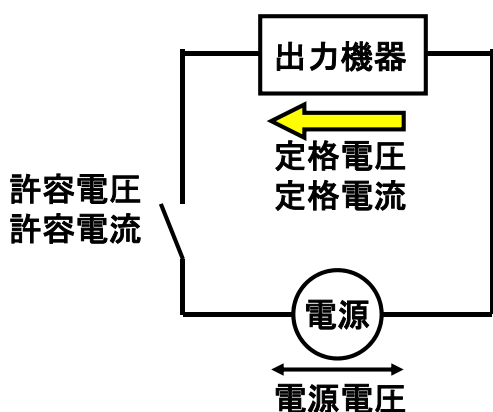
(b) 出力インターフェイス (駆動回路)



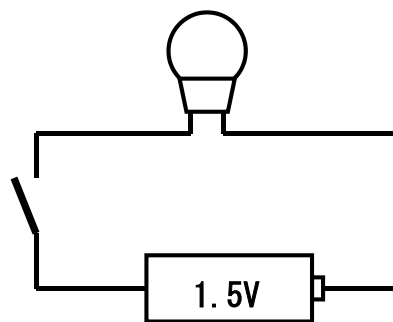
出力機器の駆動

出力機器には**定格電圧**、**定格電流**などが定められており、これらを満たす電流を流す（電圧をかける）と出力機器は駆動する。

また、出力機器をON/OFFするスイッチ等は、定格電圧、定格電流に耐えられなければならない。



スイッチの許容電圧 > 定格電圧
スイッチの許容電流 > 定格電流

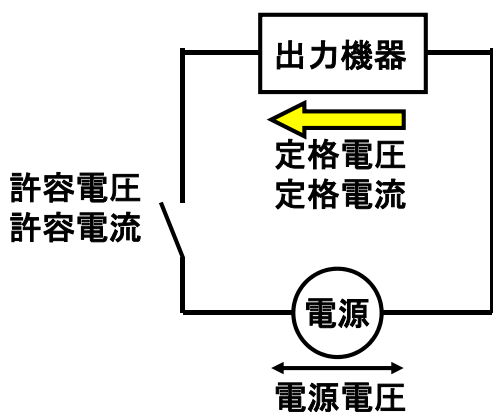


理科の実験

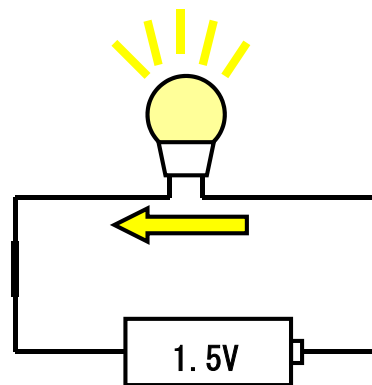
出力機器の駆動

出力機器には**定格電圧**、**定格電流**などが定められており、これらを満たす電流を流す（電圧をかける）と出力機器は駆動する。

また、出力機器をON/OFFするスイッチ等は、定格電圧、定格電流に耐えられなければならない。



スイッチの許容電圧 > 定格電圧
スイッチの許容電流 > 定格電流



理科の実験

出力機器の電氣的仕様

制御装置には様々な出力機器が使われている。
これらをON/OFF制御して、自動制御システムとして動作する。

出力機器のON/OFFには定格電圧をかけて定格電流を流す。

出力機器の定格の一例

ランプ	: DC24V、DC5V、AC100V . . .	数10～数100mA
電磁弁	: DC24V、DC5V、AC100V . . .	数100mA
モータ	: DC24V、DC15V、AC100V、AC200V . . .	数100mA～数A
ヒーター	: DC24V、DC5V、AC100V . . .	数A
リレーコイル	: DC24V、DC5V、AC100V . . .	数10～数100mA

出力機器を駆動するためには、許容電圧、許容電流が定格電圧、定格電流の**3倍程度**のスイッチなどを用いる。

制御機器の出力仕様

制御機器としてPLC、マイコン、パソコンなどがあり、これらの出力部（出力端子）からデジタル信号（ON/OFF信号）を出力する。

制御機器の出力仕様

- 1) **電圧出力**
デジタルICから電圧信号を出力する。
- 2) **接点出力**
リレーの接点を使って電流をON/OFFする。
- 3) **O.C. 出力**
トランジスタを使って直流電流をON/OFFする。

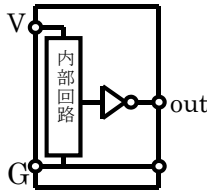
出力仕様によっては、出力機器を駆動できるものもある

制御機器出力の電氣的仕様

出力部の電氣的仕様として

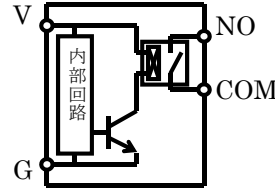
最大電圧（許容電圧）、最大電流（許容電流）

1) 電圧出力（マイコン、パソコンなど）



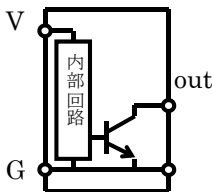
出力機器を駆動することは、ほとんど不可能

2) 接点出力（PLCなど）



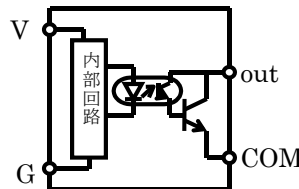
直流・交流の駆動
目安として、
許容電圧300V
許容電流1A

3) O.C. 出力
（非絶縁型）（パソコンなど）



直流負荷の駆動
目安として、
許容電圧DC30V
許容電流数100mA

（絶縁型）（PLC、パソコンなど）



直流負荷の駆動
目安として、
許容電圧DC30V
許容電流数100mA

制御機器による出力機器の駆動

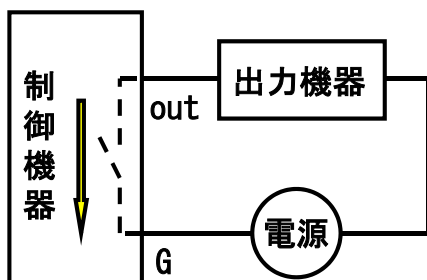
制御機器の出力部の電氣的仕様と出力機器の定格を比較し、

許容電圧、許容電流 > 定格電圧、定格電流

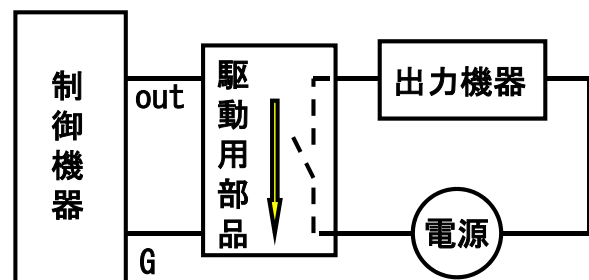
..... **直接駆動**

許容電圧、許容電流 < 定格電圧、定格電流

..... **駆動用部品を使って駆動**

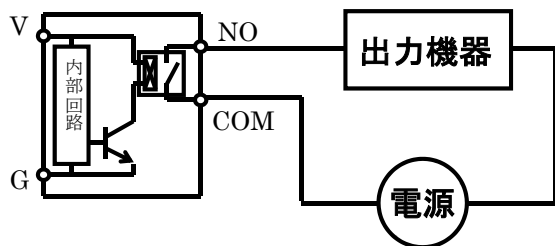


直接駆動

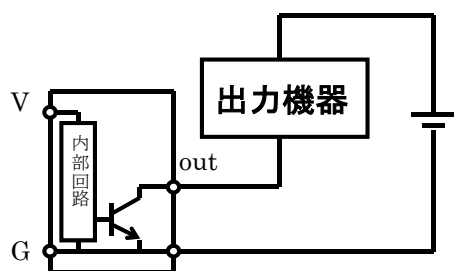


駆動用部品を使用

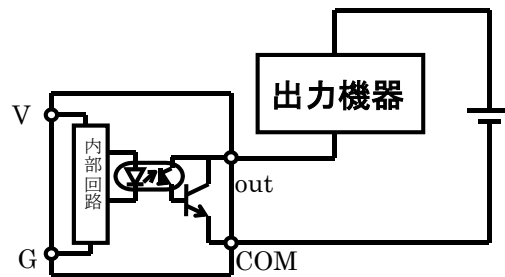
制御機器で直接駆動



接点出力による出力機器の駆動



O. C. 出力による出力機器（直流）の駆動



駆動用部品

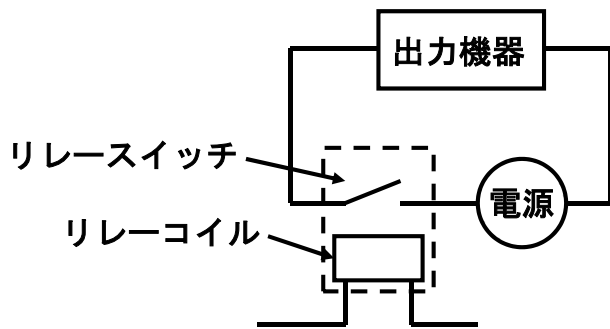
制御機器の出力部の電氣的仕様が出力機器の定格を満たさないとき、駆動用部品を用いる。
 駆動用部品は、出力機器の定格を満たすよう選定する。

代表的なものとして

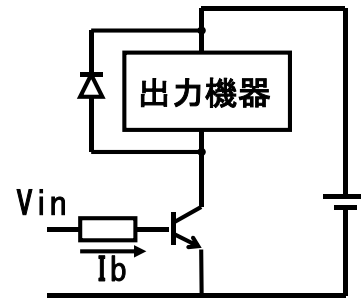
	電圧	許容電流
リレー	直流、交流	種類により様々 扱いが容易、寿命短い
トランジスタ	直流	種類により様々 動作が速い、寿命長い
電磁接触器	直流、交流	大電流（一般的に10A以上）大型モータ
フォトMOSリレー	直流、交流	数100mA 動作が速い、寿命長い
SSR	交流	数A以上 //



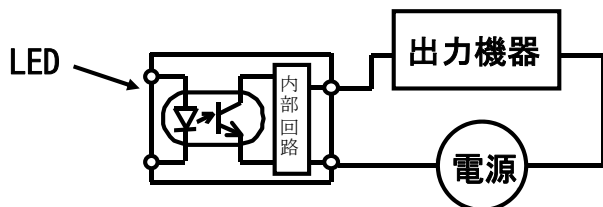
駆動部品による駆動回路



リレーによる駆動



トランジスタによる駆動



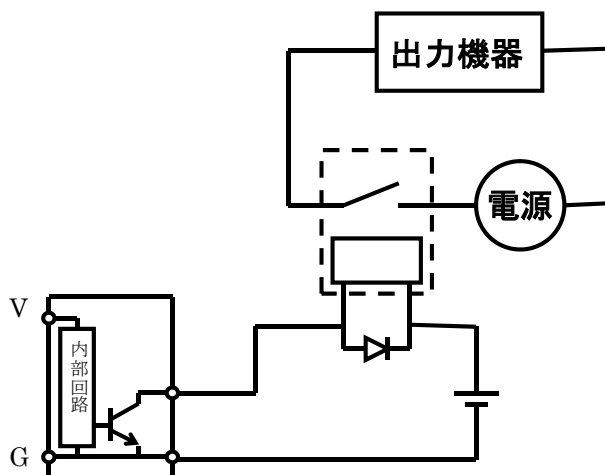
フォトMOSリレー、SSRによる駆動

フォトMOSリレーおよびSSRは、LEDとMOS型FETを組合わせた半導体部品。内部のLEDを点灯させることにより出力機器が駆動する。

0. C. 出力(PLC等)で出力機器を駆動

1) リレーによる駆動

駆動する出力機器に応じて最適な接点の仕様を、また接続する制御機器に応じて最適なりレーコイルの仕様を選定する。



リレーを使った0. C出力による出力機器の駆動

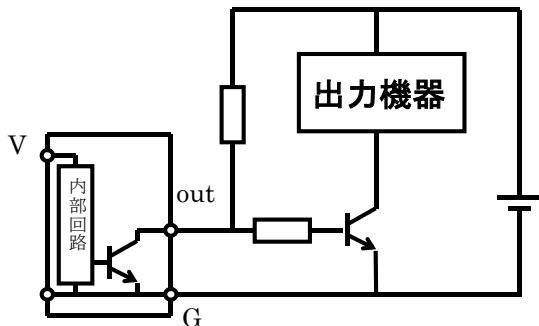
直流のリレーコイルを選定し、制御機器のトランジスタでリレーコイルを駆動。さらにリレースイッチで出力機器を駆動

0. C. 出力(PLC等)で出力機器を駆動

2) トランジスタによる駆動

トランジスタを使ってエミッタ接地回路を組んで、直流の出力機器を駆動。

早いスイッチングが必要なとき



エミッタ接地回路を組み、電圧信号をベースにかけるとトランジスタが駆動し、これにより出力機器が駆動する。
電圧信号を作るためにプルアップ回路を組む。

トランジスタを使った0. C出力による
出力機器（直流）の駆動

245

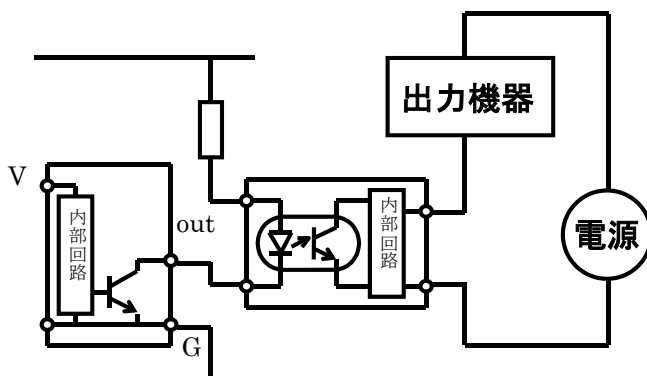
0. C. 出力(PLC等)で出力機器を駆動

3) フォトMOSリレー、SSRによる駆動

内部のLEDを点灯させて出力機器を駆動。

交流の出力機器を駆動するとき。

もしくは、早いスイッチングが必要なとき。



入力のLED（フォトカップラ）が点灯すると内部回路のスイッチング素子により、出力機器が駆動する。

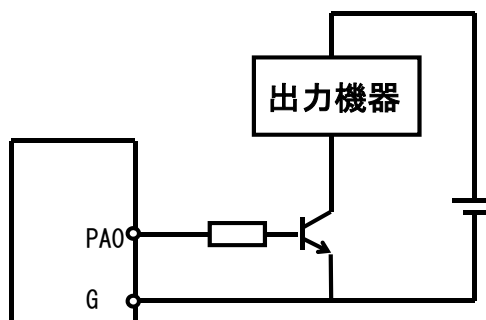
フォトMOSリレー（SSR）を使った
0. C出力による出力機器の駆動

246

電圧出力(マイコン等)で出力機器を駆動

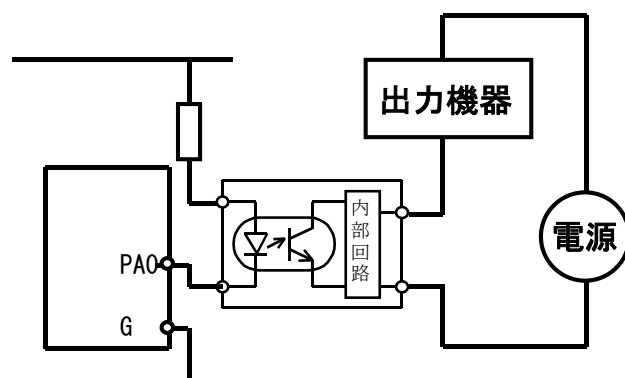
1) トランジスタによる駆動

電圧信号でトランジスタを駆動し、そのトランジスタで直流出力機器を駆動する。



2) フォトMOSリレー、SSRによる駆動

電圧信号でLEDを点灯させ、内部回路の半導体により出力機器を駆動する。



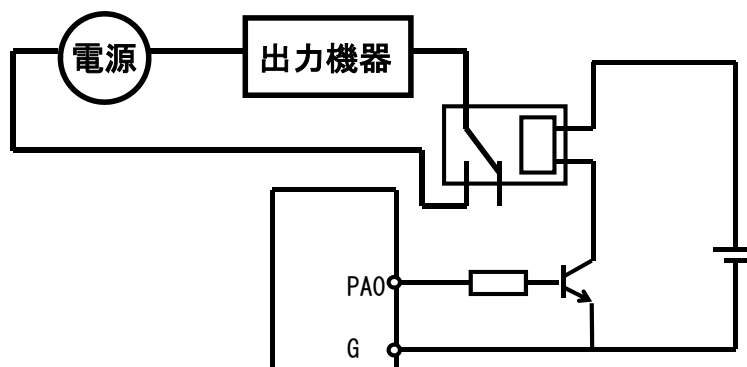
247

マイコン等(電圧出力)で出力機器を駆動

3) リレーによる駆動

電圧信号でトランジスタを使ってリレーコイルを駆動し(直流の場合)、リレースイッチで出力機器を駆動する。

出力機器



248