

シーケンス制御

1

1. シーケンス制御の概要

2

シーケンス制御とは

工場の中で使われる自動製造装置や自動販売機、家電製品などの制御の大部分はシーケンス制御である。

シーケンス制御は機械を制御するためにも使われ、機械技術者にとって習得すべき技術である。

世の中で使われている「制御」の大部分はシーケンス制御

例：生産ラインの自動製造装置、自動販売機、
家電製品（全自動洗濯機、炊飯器・・・）

3

シーケンス制御とは

シーケンス制御とは、
「あらかじめ定められた順序または手続きに従って制御の各段階を逐次進めていく制御。」（JISの定義）

言い換えると、
「あらかじめ動作内容を決めておいて、条件が満たされたならば、その動作を順番に実行する制御（**順序動作**）
または、あらかじめ決めておいた条件が満たされたならば動作を実行する制御（**論理動作**）」

順序動作：決められた入力信号が入力されるのを待ち、信号が入力されたら出力信号を出力する

論理動作：順番には関係なく、入力信号の条件だけで出力信号を出力する

4

順序動作の特徴

世の中の多くの機械は順序動作で制御されている。特にものづくりの製造工場で使われる自動製造装置のほとんどは順序動作である。

例：電気洗濯機、まんじゅう製造機、金網製造機
椅子動作試験機・・・

順序動作は、動作の内容をあらかじめ決めておき、その内容（工程）を順番に実行している制御である。

動作内容（工程）の切り替えは、今実行している工程が終了したかどうかをセンサなどで検知し、この検出信号が入ったら次の工程を実行する。

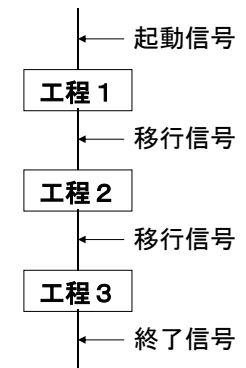
信号が入れば次の工程、・・・・と順番に実行

5

順序動作の特徴

順序動作の内容として、

- 1) あらかじめ工程（動作）を決めておく
- 2) 起動信号が入れば、最初の工程を実行する。
- 3) 移行信号が入れば、実行している工程を終了し、次の工程を実行する。
- 4) 最後の工程が実行しているときに終了信号が入れば、一連の動作を終了する



6

シーケンス制御の例（順序動作）

全自動洗濯機の場合

- 1) 運転ボタンが押されたら、水をためる
給水バルブをONにする → 水位が上昇
水位センサがONになる → 給水バルブをOFFにする
- 2) 水位センサがONになったら、洗濯
モータをONにする → モータ回転
設定時間経過 → モータをOFFにする
- 3) 設定時間経過したら、排水
排水バルブをONにする → 水位が下降
排水センサがONになる → 排水バルブをOFFにする

・
・
・
・

7

論理動作の特徴

身の周りにある一部の機械は論理動作をしている。
論理動作とは、ある条件が満たされたかどうかで動作を実行（終了）する動作

例：自動販売機、エレベータ、自動ドア

実行する順番は関係ない
条件（信号）の順番は関係なく、単に条件が満たされたか否かだけで判断する。

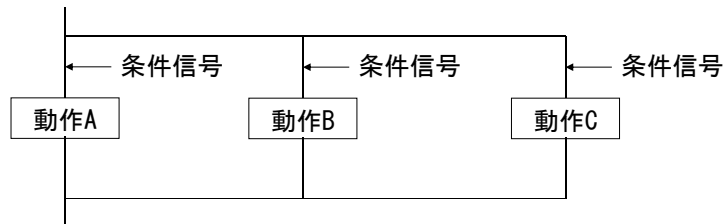
8

論理動作の特徴

動作内容として、

- 1) あらかじめ動作条件を決めておく
- 2) 条件が満たされればその動作を実行する

条件（信号）の順番は関係なく、単に条件が満たされたか否かだけで判断する。



9

シーケンス制御の例（論理動作）

飲み物自動販売機の場合

- 1) 10円センサがONになったら
→ 投入金額に「10」と表示
- 2) 100円センサがONになったら
→ 投入金額に「110」と表示
110円で購入可能な飲み物のランプが点灯
- 3) 50円センサがONになったら
→ 投入金額に「160」と表示
160円で購入可能な飲み物のランプが点灯
- 4) 140円の飲み物ボタンを押したら
→ 選択した飲み物が落ちる
投入金額に「20」と表示

10

シーケンス制御の例（論理動作）

飲み物自動販売機の場合 つづき

- 5) 500円センサがONになったら
→ 投入金額に「520」と表示
- 7) 380円の飲み物ボタンを押したら
→ 選択した飲み物が落ちる
投入金額に「140」と表示
140円で購入可能な飲み物のランプが点灯
- 8) おつりレバーが押されたら
→ 140円が返金
購入可能飲み物ランプが消灯

⋮

動作の順番は関係ない
条件のみで動作が決まる

11

工場内のシーケンス制御

工場内で動いている自動製造装置は、大部分が順序動作で動いている。

・・・移行信号の条件が満たされれば次の工程へ

このときの移行信号の条件として論理動作が使われることがある。

・・・センサ1とセンサ2のどちらかがONになれば次の工程へ

さらに、一定時間だけ動作するような時限動作（5秒間回転）、一定回数だけ動作するような計数動作（3回実行したら停止）が加えられ、自動製造が作られる。

つまり、論理動作、順序動作、時限動作、計数動作がシーケンス制御の基本であり、最重要項目である。

12

シーケンス制御の動作・信号

順序動作、論理動作ともシーケンス制御では、
入力信号のON/OFF信号で、出力機器をON/OFFする

このような制御を二値制御という。

シーケンス制御はON/OFF制御（二値制御）

スイッチ0がONになったら・・・モータをON

センサ0がONになったら・・・ヒータをON

センサ1がONになったら・・・モータをOFF

⋮

13

シーケンス制御の動作・信号

シーケンス制御は二値制御（ON/OFF制御）であり、モータの速度を調節したり、明るさを調節することはあまりない。

調節することがあっても、段階的な調整でいどである。

例：モータの回転速度（低速、中速、高速）
明るさの調節（暗、1段、2段、3段、明）

ただし、各段階を細かくすることによって、連続的な動作とみなすことができる。

14

2. 制御装置

15

シーケンス制御システムの構成

シーケンス制御システムは、入力機器、出力機器、制御機器で構成される

入力機器：制御対象（装置）の状態を検出する、
動作内容を指定する
検出センサ、計測センサ、検出スイッチ、
操作スイッチ など

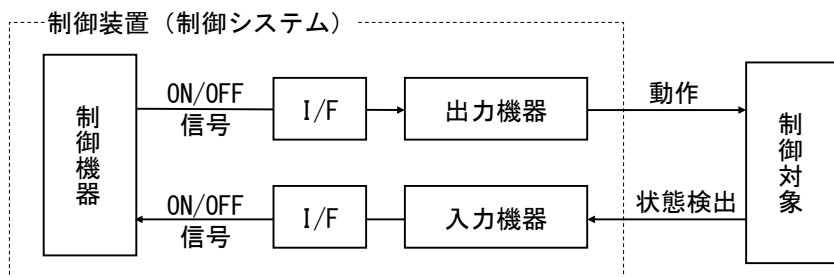
制御機器：入力機器からの信号を受け、それに応じた出力信号を出力する。
リレー、PLC、マイコン、電子回路

出力機器：制御機器の信号により制御対象（装置）に対して働きかける。何らかの動作をする
各種モータ、油空圧機器、ソレノイド、ランプ など

16

シーケンス制御システムの構成

シーケンス制御システムは、基本的にON/OFF制御（二値制御）
通常のON/OFF信号（電流のON/OFF）
もしくは電圧のH/L信号



機器間で信号仕様が異なるときは、
インターフェイス回路が必要

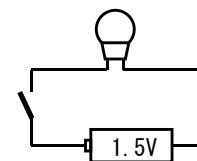
17

（確認） 電気の基本

電気で様々な機器を動かすことが出来る。
このような機器を総称して負荷または出力機器と呼ぶ。
負荷（出力機器）としてランプ、モーター、ソレノイド・・・

負荷に電圧をかけると電流が流れ、
負荷が動作する。

負荷にかける電圧は決められており、
この電圧をかけないと負荷が焼損したり、
動作しなかったりする。



この電圧を「定格電圧」と言い、定格電圧をかけたときに
流れる電流を「定格電流」という。

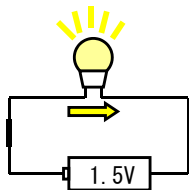
18

（確認） 電気の基本

電気で様々な機器を動かすことが出来る。
このような機器を総称して負荷または出力機器と呼ぶ。
負荷（出力機器）としてランプ、モーター、ソレノイド・・・

負荷に電圧をかけると電流が流れ、
負荷が動作する。

負荷にかける電圧は決められており、
この電圧をかけないと負荷が焼損したり、
動作しなかったりする。



この電圧を「定格電圧」と言い、定格電圧をかけたときに
流れる電流を「定格電流」という。

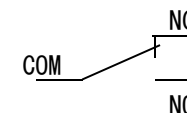
19

（確認） 電流のON/OFF

電気を流したり止めたり（ON/OFF）するものとして、スイッ
チ（機械式接点）が使われる。

これは金属（導体、抵抗≒0）の部品が接触したり離れたり
することにより、電流のON/OFFを行うものである。

一般的なスイッチは
操作するとONになるa接点（COM-NO）
操作するとOFFになるb接点（COM-NC）
「ONになる」＝「導通する」
「OFFになる」＝「遮断する（非導通になる）」



スイッチを動かすこと「操作する」、動くことを「動作する」
スイッチを戻すこと「復帰する」、戻ることを「復帰する」

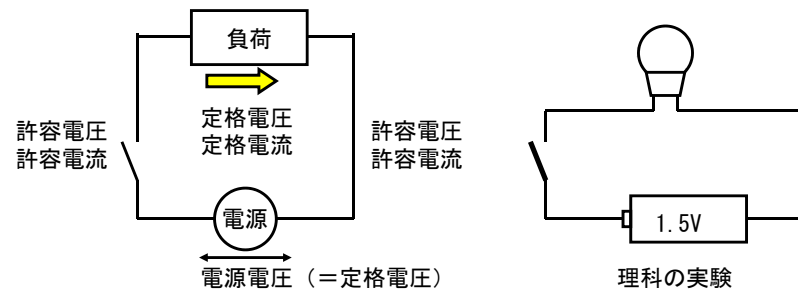
20

(確認) 負荷の駆動

負荷には**定格電圧**、**定格電流**などが定められており、定格電圧をかけると定格電流が流れ、負荷は駆動する。

また、出力機器をON/OFFするスイッチや電気が流れる電線等は、許容電圧、許容電流が定められている。

スイッチの許容電圧、電線の許容電圧 > 負荷の定格電圧
スイッチの許容電流、電線の許容電流 > 負荷の定格電流



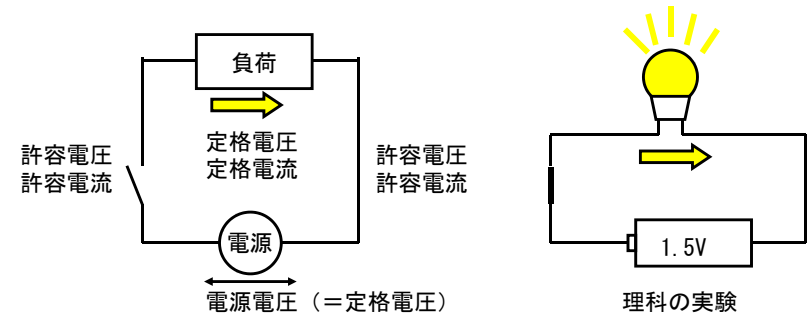
21

(確認) 負荷の駆動

負荷には**定格電圧**、**定格電流**などが定められており、定格電圧をかけると定格電流が流れ、負荷は駆動する。

また、出力機器をON/OFFするスイッチや電気が流れる電線等は、許容電圧、許容電流が定められている。

スイッチの許容電圧、電線の許容電圧 > 負荷の定格電圧
スイッチの許容電流、電線の許容電流 > 負荷の定格電流

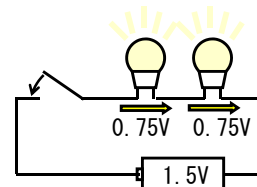


22

(確認) 負荷の接続

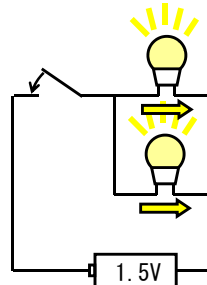
複数の負荷を動作させることが可能な接続として
直列接続と並列接続

直列接続ではそれぞれの負荷に定格電圧がかからず正常に動作しない



並列接続ではそれぞれの負荷に定格電圧がかかり、正常に動作する

* スイッチや電線に流れる電流が
許容範囲内であることを確認



23

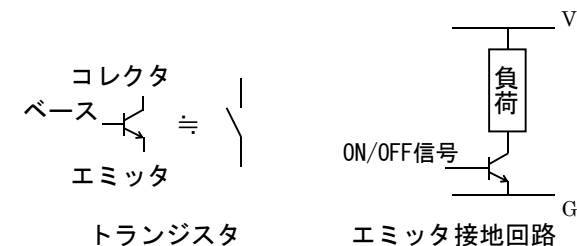
(確認) トランジスタ

トランジスタはP型半導体とN型半導体を組み合わせた電子部品。NPN型とPNP型がある。その働きとして

直流電流の増幅

直流電流のON/OFF (スイッチと同じ働き)

機械制御ではNPN型トランジスタを使ってスイッチとして使うことがほとんど



24

(1) 出力機器

25

出力機器の種類

シーケンス制御で使われる出力機器として以下のものがある

モータ

三相誘導電動機、単相交流モータ、DCモータ、ステッピングモータ、サーボモータ

油空圧機器

ソレノイドバルブ（電磁弁）

ソレノイド

ACソレノイド、DCソレノイド、チューブラソレノイド

表示ランプ

表示灯、LEDランプ、7セグ表示器、積層信号灯、回転灯

*表示灯は色と機能が決められている

ブザー

26

出力機器の種類



ACモータ



ステッピングモータ



直動ソレノイド



積層ランプ



空気圧シリンダ



ソレノイドバルブ

27

出力機器の駆動

出力機器は、定格電圧（機器ごとに決められた電圧）が印可されることにより動作する（駆動する）。

定格電圧として、

三相交流200V・・・工場などで使われる大出力の交流電源

単相交流100V・・・工場、家庭などで使われる交流電源

直流24V工場などで使われる一般的な直流電源

直流5Vマイコンなどで使われる弱い直流電源



28

出力機器の駆動

定格電圧は制御機器の出力、もしくはスイッチや駆動用部品によって印可される。

駆動部品として、

有接点駆動部品(機械式接点を使用)
絶縁抵抗が大きい(OFFのときに電流が流れない)
寿命が短い(数10万回程度)、動作が遅い(0.1~0.01ms程度)

無接点駆動部品(半導体部品を使用)
寿命が長い(半永久)、動作が早い(1~10ns程度)
漏れ電流が流れることがある(OFFのときにわずかな電流が流れる)

駆動部品を動作させるための電力(電圧、電流)は小さく、
駆動部品で動作することのできる電力(電圧、電流)は大きい

29

有接点駆動部品

機械式接点の開閉により電流をON/OFFするもの。電力用のスイッチ。

電磁継電器(リレー MR)

電磁石を使って接点の開閉を行うもので、小型モータやランプなど、比較的小さな電力(300W程度)の機器の駆動に使われる。

電磁接触器(マグネットコンタクター MC)

電磁石を使って接点の開閉を行うもので、大型モータ(電動機)やヒータなど、比較的大きな電力(500W以上)の機器の駆動に使われる。制御用接点を持つものもある。

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、熱の作用によって電流を遮断する。
(三相交流の場合、RとTを遮断。Sは接地されている)

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。

30

無接点駆動部品

半導体の動作により、電流のON/OFFを行う。

トランジスタ、FET(直流機器駆動用)
トライアック(交流機器駆動用)
半導体リレー(直流駆動、交流駆動 種類によって異なる)

* 半導体リレー:

フォトカプラと駆動用半導体部品を組み合わせたもの

フォトMOSリレー フォトカプラ+MOS型FET
数100mA程度の直流・交流負荷の駆動

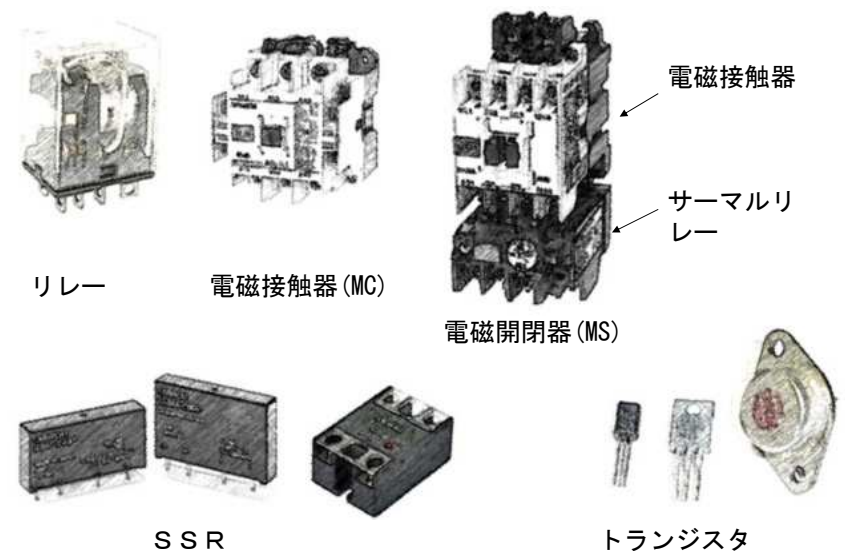
ソリッドステートリレー(SSR) フォトカプラ+トライアック
数A程度の交流負荷の駆動

* フォトカプラ:

LEDと光の信号で動作するフォトトランジスタを組み合わせた部品
電気信号の絶縁(電気ノイズを遮断)するために使われる

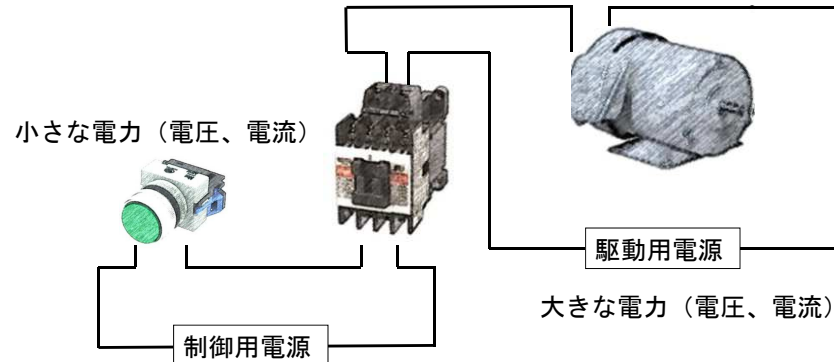
31

開閉器・駆動部品



出力機器の駆動回路

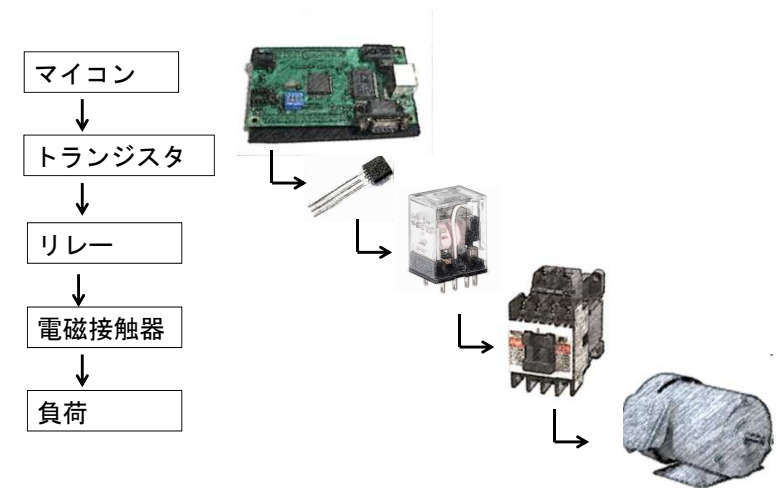
押しボタンスイッチを操作すると電磁接触器（駆動部品）が動作し、駆動部品の a 接点が動作すると出力機器（ACモータ）が動作する



33

出力機器の駆動回路

マイコンなどで制御する場合



34

（２）入力機器

35

入力機器の種類

シーケンス制御で使われる入力機器として、以下のものがある

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、
ロックスイッチ、フットスイッチ、マットスイッチ、
非常停止スイッチ（b接点及び保持機能）

* 押しボタンスイッチは色と機能が決められている。

数値入力

サムロータリースイッチ、ロータリーディップスイッチ

センサ

光電センサ、フォトマイクロスイッチ、近接センサ、エリアセンサ、
温度センサ、流量センサ、

計測器

各種計測器（RS-232Cなどの通信規格を使ってデータの送受信）

これらの機器からON/OFF信号やデジタルデータが出力される。

36

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、

37

制御装置の入力機器



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

入力機器から出力される電気信号

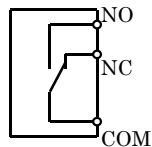
入力機器から出力される信号の仕様として以下のものがある。

デジタル信号（二値信号、ON/OFF信号）

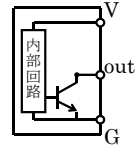
接点出力

オープンコレクタ出力

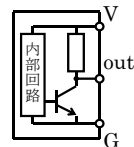
電圧出力（0. C. 出力をプルアップしたものが多い）



接点出力



O. C. 出力



電圧出力

アナログ信号

DC4~20mA、DC1~5V

39

（3）制御機器

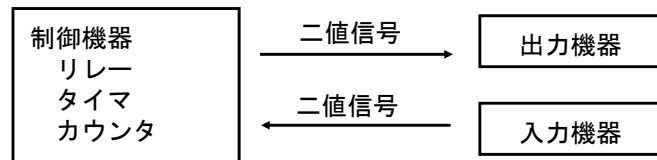
40

制御機器

制御機器とは、入力のON/OFF信号の状態により出力のON/OFF信号を切り替える機器である。

リレー、タイマ、カウンタ、PLC（マイコン）、ICなど

スイッチやセンサなどの入力機器の二値信号（ON/OFF信号、電圧のH/L信号）でこれらの制御機器を動作させ、これらの制御機器により出力機器をON/OFFする。



41

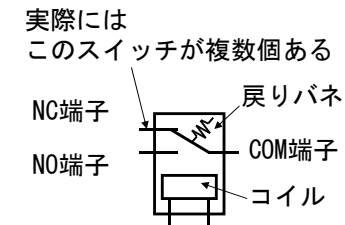
①リレー

リレーはシーケンス制御の中心的制御機器

リレーコイルとリレースイッチを組合せた構造で、コイルが動作すると、スイッチが動作する。

リレーで制御回路を組み、スイッチ等による電流のON/OFFを受けて、出力機器をON/OFFする。

以前は **リレー** を使ってシーケンス制御を行っていた。



42

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（リレースイッチが複数個ある場合）

3) 接点の動作を変える（リレースイッチがc接点の場合）

a接点→b接点、b接点→a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

5) 信号の絶縁を行う

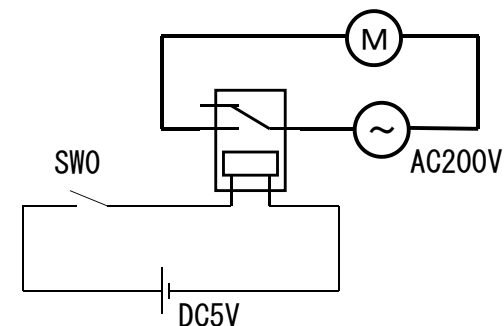
誤動作防止

43

リレーの使用例

リレーを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させることが可能



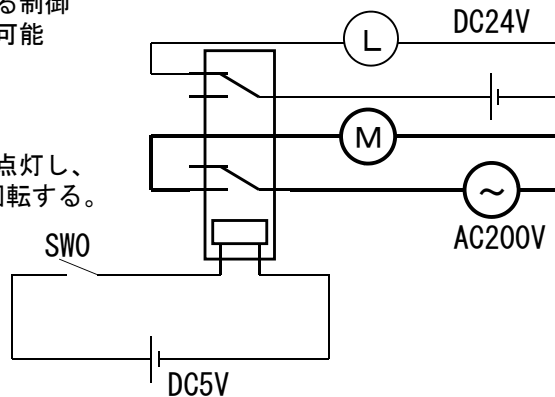
44

リレーの使用例

接点の数を増やす、接点の動作を変える

- 1 極（接点が一つ）のスイッチにリレーを使うと、
- 異なる接点の動作をさせることも可能（a 接点→b 接点）
 - 異なる電圧の出力機器を駆動させることが可能
 - 複数の接点を要する制御回路を組むことが可能

SW0がOFFのときはLが点灯し、
SW0がONのときはMが回転する。



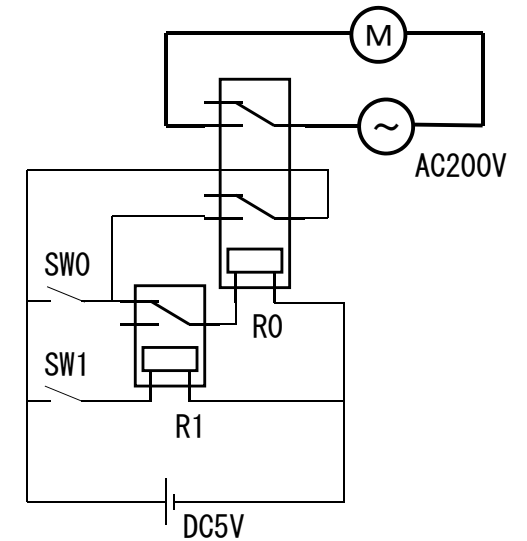
45

リレーの使用例

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）

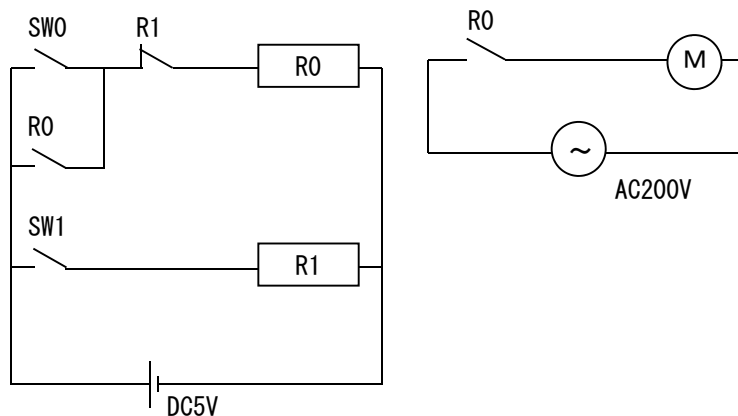
複数の出力を同時に
ONにしない回路
（インターロック回路）



46

リレーの回路図

リレーを使った回路図を以下のように記述する。



制御回路

駆動回路

47

リレーの仕様

リレーは、多くのメーカーから様々な種類が販売されている
小信号用、大電力用、基板半田付用、レール取付用・・・

電氣的仕様

- 1) リレーコイル仕様：定格電圧、定格電流が決められている
- 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

例：DC5V 60mA、DC24V 18mA、AC100V 30mA・・・
コイルに定格電圧をかけると、定格電流が流れる
定格電圧をかけないと、コイルは正常に動作しない

48

リレーの仕様

2) リレースイッチ仕様：最大電圧（許容電圧）、最大電流（許容電流）が決められている

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

例：許容電圧DC30V、許容電流500mAの場合、
定格電圧DC48Vのモータは駆動できない。
定格電圧DC24Vでも、定格電流1Aのヒータは駆動できない。

49

リレーの定格

リレーコイルの定格は、制御回路の電源電圧で決まる。
制御回路の電源がDC24Vのときは、この電圧で統一

リレースイッチの仕様は、駆動する負荷の大きさで決まる。
モータの定格がAC100V、1.3Aの時は
許容電圧AC125V、許容電流3A 程度のリレーを使用

ランプの定格がDC24V、500mAの時は
許容電圧DC30V、許容電流1.5A 程度を使用

一つの目安として
スイッチの許容電流は、負荷の定格電流の2～3倍程度
特に誘導負荷（コイルを使ったもの）は大きめにする。
サージ電流により、スイッチが溶着する恐れあり

50

リレーのトラブル

リレーの故障として以下のものがある

コイル断線：コイルに電流が流れない
（スイッチが動作しない）

コイルレアショート：コイルの一部がショートする
（過電流が流れ続け、やがて断線する）

コイルうなり：コイルに交流電圧をかけるとなる
交流のコイル劣化

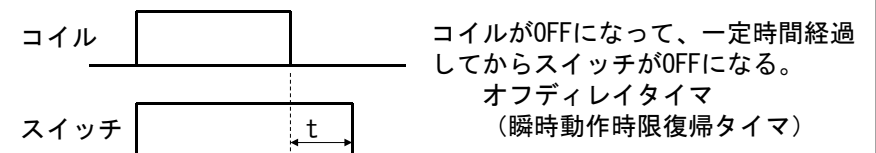
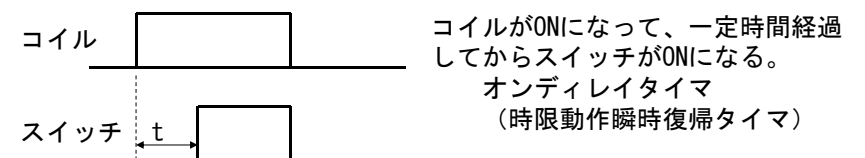
接点溶着：接点が離れない（電流が流れ続ける）

接点接触不良：接点が動作しない（電流が流れない）

51

②タイマー

タイマとは、コイルのON/OFFに対して、時間差をもってスイッチが切り替わる機器。
オンディレイタイマとオフディレイタイマがある。



52

タイマの種類

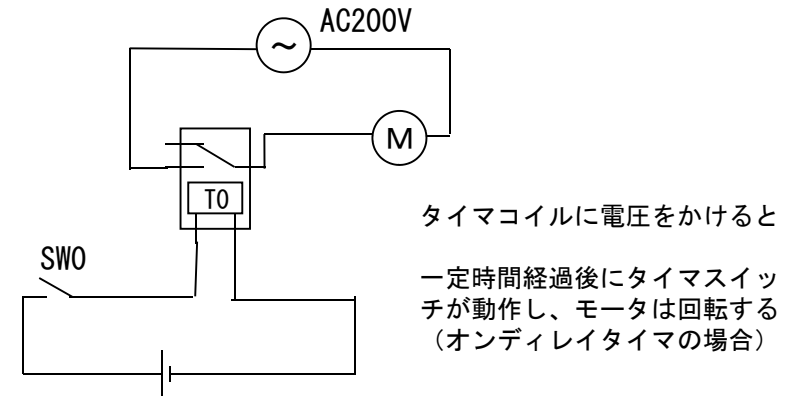
タイマは電子回路で組み立てられており、リレーのようなコイルは使われていない。
が、便宜上、タイマコイル、タイマスイッチと表現する



53

タイマを使った回路

タイマを使うと出力がON/OFFする時間を制御することが可能

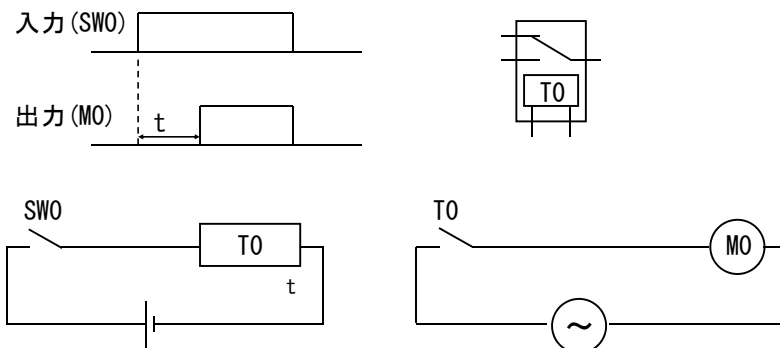


54

タイマの回路図

タイマを使った回路図を以下のように記述する。

オンディレイタイマ回路のタイムチャート

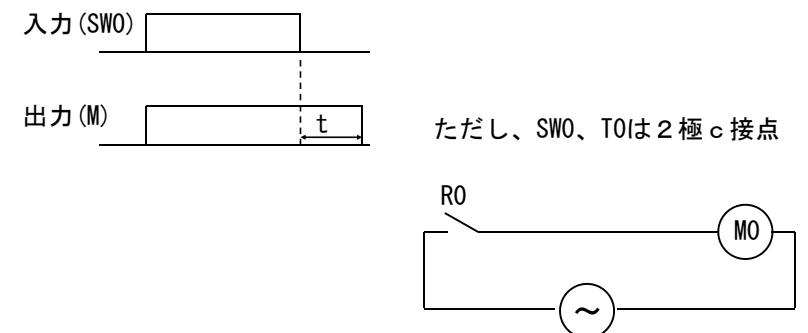


55

タイマの回路図

オフディレイタイマはオンディレイタイマを使って組む

オフディレイタイマ回路のタイムチャート

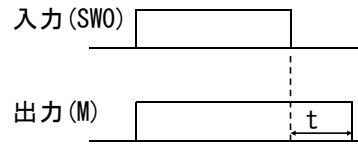


56

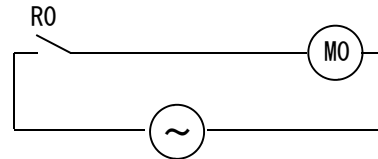
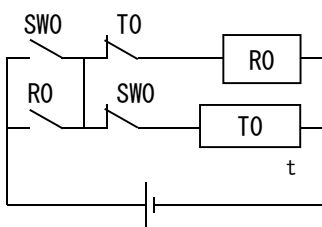
タイマの回路図

オフディレイタイマはオンディレイタイマを使って組む

オフディレイタイマ回路のタイムチャート



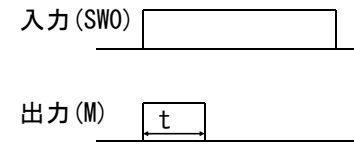
ただし、SW0、T0は2極c接点



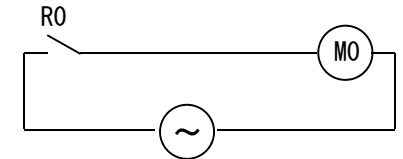
57

タイマの回路図

インターバル回路（一定時間だけ動作する）



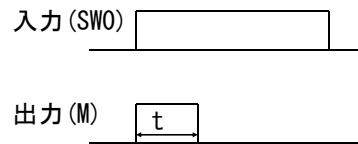
インターバル回路



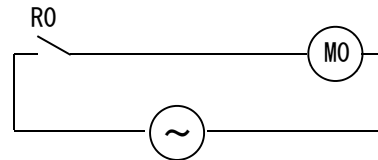
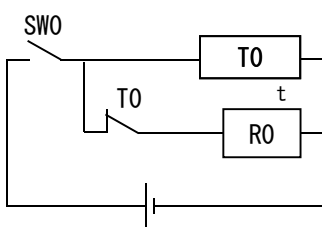
58

タイマの回路図

インターバル回路（一定時間だけ動作する）



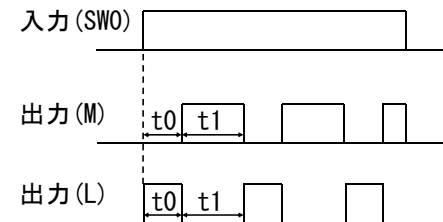
インターバル回路



59

タイマの回路図

フリッカ回路（ON/OFFを繰り返す）

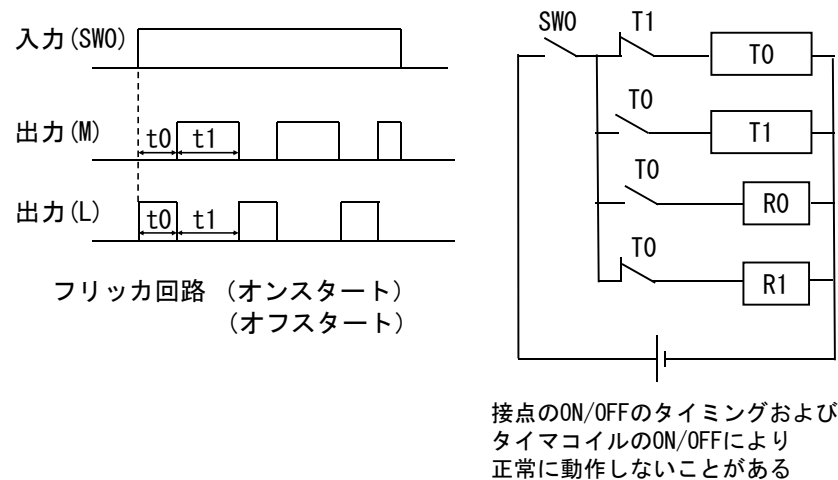


フリッカ回路（オンスタート）
（オフスタート）

60

タイマの回路図

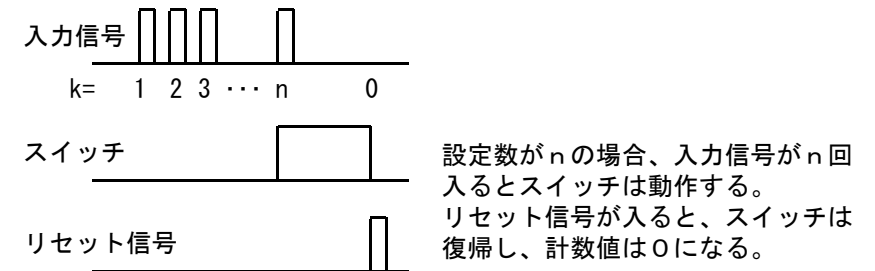
フリッカ回路（ON/OFFを繰り返す）



61

③カウンタ

カウンタとは、入力信号が入力された回数を計数し、計数値が設定値に達するとスイッチが動作する機器。
リセット信号を入力するとスイッチは復帰し、計数値がゼロになる。



62

カウンタの種類

現在のカウンタはほぼ全てが電子回路式で、リレーのようなコイルは使われていない。

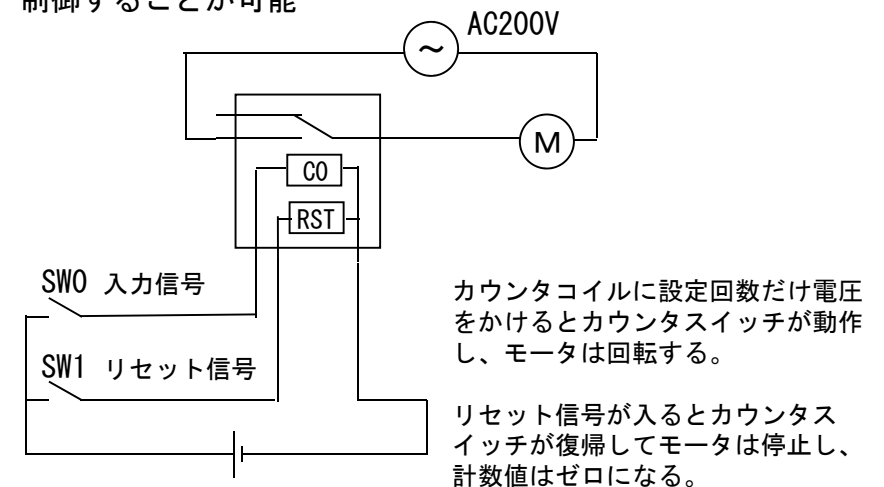
計数信号が入力され、その回数を数える。
また、リセット信号も入力されるようになっている。



63

カウンタを使った回路

カウンタを使うと入力がON/OFFする回数で、出力機器を計数制御することが可能

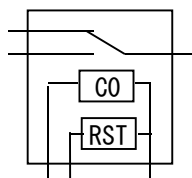


64

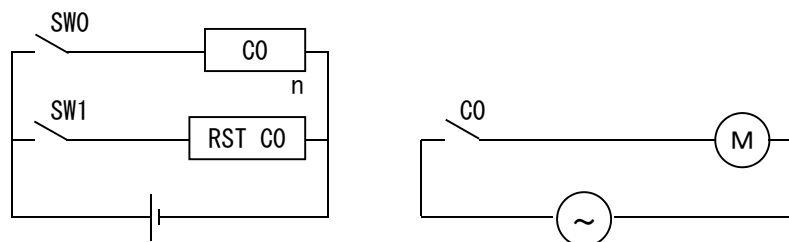
カウンタの回路図

カウンタの内部構造のモデルとして、カウンタコイルとリセットコイルが入っていると考えると良い。

(実際には電子回路が組まれている)



カウンタを使った回路図を以下のように記述する。



65

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。

66

PLCのイメージ

PLCの内部には、シーケンス制御で必要となる多数のリレー、タイマ、カウンタが入っていると考えるとよい。



67

PLCの要素

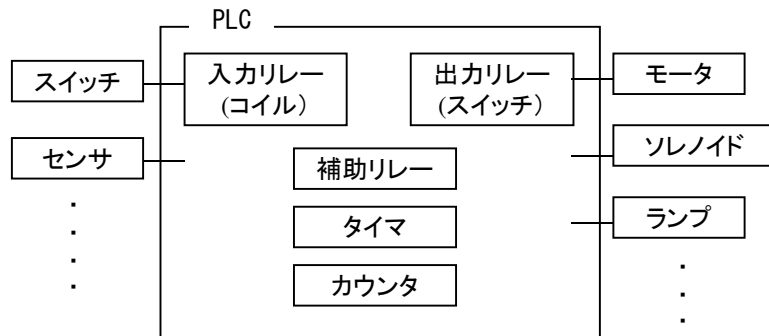
PLC内部に用意されている主な制御要素 (デバイス)

- 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

68

PLCの内部構造

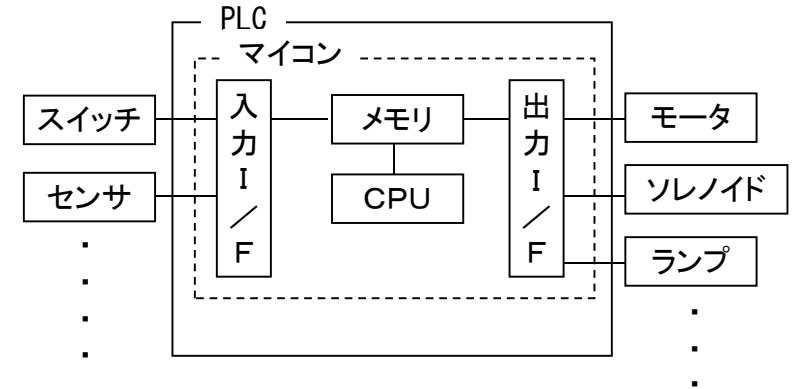
スイッチやセンサなどで入力レールのコイルを動作させる
出力レールのスイッチでモータやランプなどを動作させる
入力レール、出力レール、補助レール、タイマ、カウンタを使い、**プログラム（ラダー図）**によって制御回路を組む



69

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。



70

PLCの制御プログラム

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

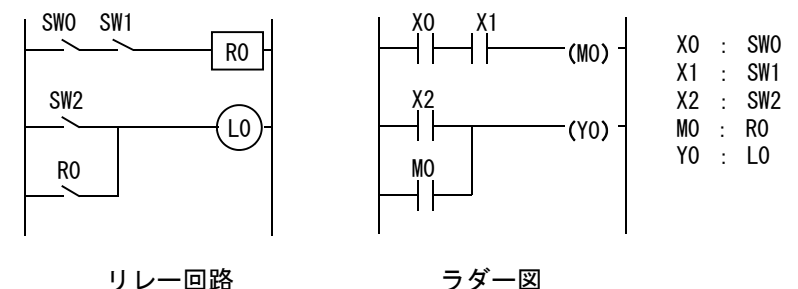
- 1) LD言語（ラダー・ダイアグラム）
リレー回路のような図  現在の主流
- 2) SFC言語（シーケンシャル・ファンクション・チャート）
フローチャートのような図、シーケンス制御に適する
- 3) FBD言語（ファンクション・ブロック・ダイアグラム）
プロセス制御に適する
- 4) ST言語（ストラクチャード・テキスト）
C言語のような、論理式を使った言語
- 5) IL言語（インストラクション・リスト）
ニーモニック言語

71

LD言語（ラダー図）

制御プログラムは**ラダープログラム（ラダー図、LD言語）**に
よって組まれる。

ラダー図はリレー回路を同じ形のままPLC用の回路にしたもの。
このプログラミングがまだ主流。



72

プロセス制御

PLCをプロセス制御での計装コントローラとして使用することができる

プロセス制御とは、化学プラントや電力プラントなどで使われる制御。原材料となる流体(気体、液体、蒸気)などの制御が主で、温度、圧力、流量などが最適になるように流量バルブやヒータなどを制御する。連続したアナログ量を扱うことが多い。

計装とは、化学工場などでの生産工程等を制御するために、測定装置や制御装置などを装備し、測定・制御すること。

化学工場などを対象とするもの……プロセス計装
ビルなどの建物を対象とするもの…ビル計装

昔は計器を見ながら人の手でバルブの開閉などを行っていた。
これらの動作をPLCを中心とした制御システムで制御する。

73

PLC詳細

詳細は、PLCの章で説明

74

⑤ロジックIC

ロジックIC(論理IC、デジタルIC)とは、入力されたデジタル信号(2値信号)に応じたデジタル信号を出力する集積回路のこと。

シーケンス制御はON/OFF制御(2値制御)であることから、2値信号を扱うロジックICを使って論理制御回路(デジタル制御回路)を組むことができる。

・・・無接点シーケンス制御

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

75

⑤ロジックIC

各ICには、様々な論理回路が内蔵されており、そのICを組み合わせることで制御回路を組む。
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、演算回路など

ロジックICの入出力信号は電圧信号。
電圧が高い状態(H)、低い状態(L)で2つの値をとる。

電圧信号としてDC5V/0Vなどがある。

H・・・DC5V
L・・・DC0V



76

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

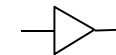
真理値表は、L/Hのほかに、0/1やOFF/ON、False/True、偽/真、などを使って表すこともある。

77

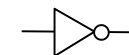
論理回路の図記号

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。

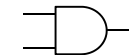
論理回路のMIL記号



ON回路



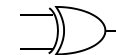
NOT回路



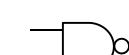
AND回路



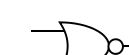
OR回路



Ex-OR回路



NAND回路



NOR回路

78

ロジックICの種類

ロジックICとしてTTL、C-MOS IC などがある。

TTLとC-MOS IC の違い

TTL 電源電圧はDC5Vで、DC5VのH/L信号を扱う。
取り扱いが容易で、壊れにくい

C-MOS IC 電源電圧はDC3～18Vで、電源電圧と同じレベルのH/L信号を扱う。
壊れやすい、未使用の入力端子の処理が必要

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。

79

ロジックICの入出力

ロジックICの入出力信号は電圧信号。ICの電源電圧がDC5Vの場合、DC5V/0Vの電圧信号が入出力する。

出力信号として、オープンコレクタ出力もある。

0. C. 出力の許容値は、電圧は30V、電流は60mA程度

実際に保障されている信号レベル

TTL

入力：L・・・0.8V以下、H・・・2.0V以上

出力：L・・・0.4V以下、H・・・2.4V以上

C-MOS （電源電圧DC5Vの場合）

入力：L・・・1.2V以下、H・・・3.8V以上

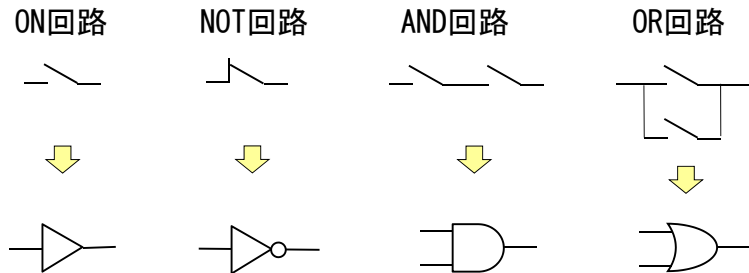
出力：L・・・0.1V以下、H・・・4.9V以上

TTLのH出力が、C-MOSでHと認識されない恐れがある。
この場合、0. C. 出力のTTLを使い、プルアップ回路を組んでH信号を入力する。

80

ロジック制御回路設計

ロジックICで制御回路を組む方法として、優接点の回路をそのままロジック回路に置き換える方法がある

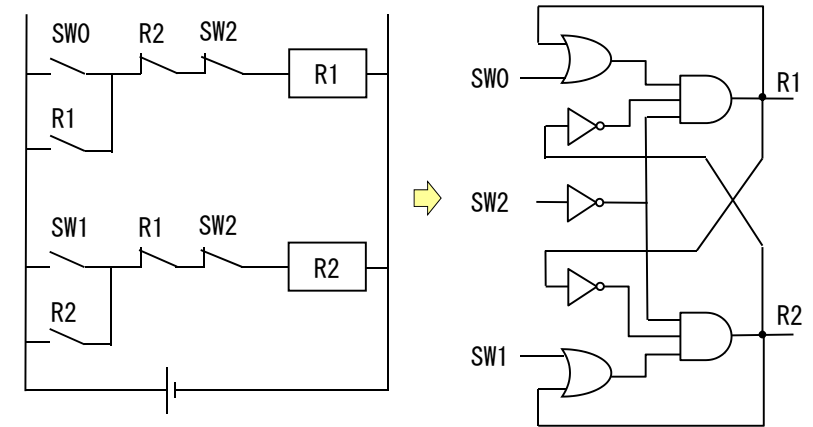


プルアップ回路でスイッチのON/OFF信号を電圧のH/L信号に変換する
駆動回路を使ってICからの電圧のH/L信号で出力機器を駆動する

81

ロジック制御回路設計

ロジックICで制御回路を組む方法として、有接点の回路をそのままロジック回路に置き換える方法がある



82

3. リレーによる制御

83

(1) 制御回路と主回路

84

機械を動かす電気回路

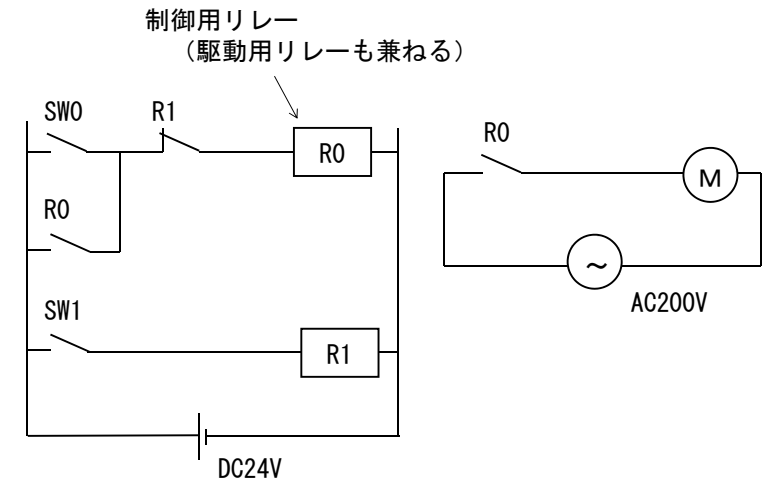
世の中のほとんどの機械は電気で動いている。機械の動きは、出力機器によって動作し、出力機器を動作させる回路を駆動回路もしくは主回路と言う。

また、機械の動きは電気信号でコントロールされている。出力機器の動作をコントロールする電気信号は制御機器によって作られ、この信号を作る回路を制御回路という。

電気信号 電気回路 電気信号 電気回路 電気で駆動
入力機器 → 制御機器 → 駆動回路 → 出力機器
(制御回路)

85

制御回路と主回路

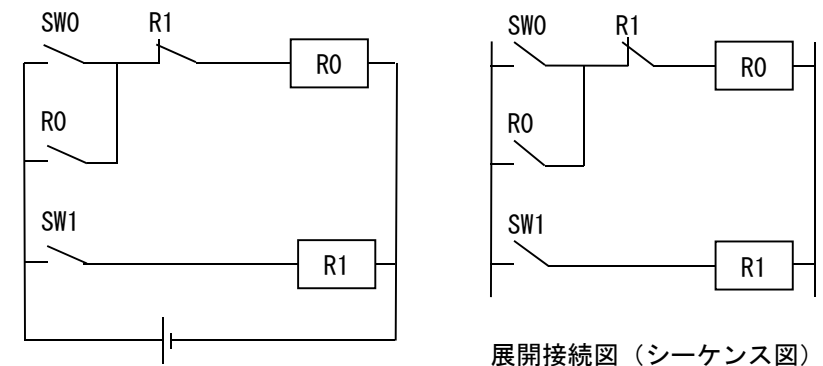


86

(2) 展開接続図

展開接続図

展開接続図は、制御回路を表す図で、リレーによる制御回路の電源を除いたもの。シーケンス図ともいう。



制御回路図

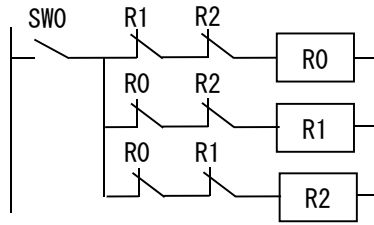
展開接続図 (シーケンス図)

87

88

展開接続図

リレーを使った制御回路では、電流は各機器に同時に流れるが、実際は機器の個々の特性により、必ずしも同時には動作しない。



回路図上は全て同時に動作するが、実際はリレーの動作速度の違いにより、どれが動作するかは分からない。

小型のリレーは動作速度が速く、大型のリレーは動作速度が遅い。

また、同じリレーであっても動作部の摩擦などの違いにより、実際の動作速度は異なる。

89

(3) 基本制御回路

90

シーケンス制御回路の設計

シーケンス制御回路を新たに作る（設計する）場合、以下に示すツールを使って設計する。

真理値表

入力のON/OFFと出力のON/OFFの関係を表した表

タイムチャート

時間経過に対し、入力のON/OFFに対する出力のON/OFFを示した図
タイマやカウンタを使った制御回路設計で使われる

状態遷移図

装置の動作内容を工程ごとに分け、各工程が実行する条件と個別の動作内容を表した図
PLCを使った機械装置の動作プログラムを作成するときに使われる

91

真理値表

入力のON/OFFと出力のON/OFFの関係を表した表

入力のON/OFFの組み合わせをすべて列挙し、それぞれの時の出力のON/OFFを表す

一般的に「OFF/ON」を「0/1」で表す

時には「偽/真」、「F/T」が、
電圧信号の時は「L/H」が使われる

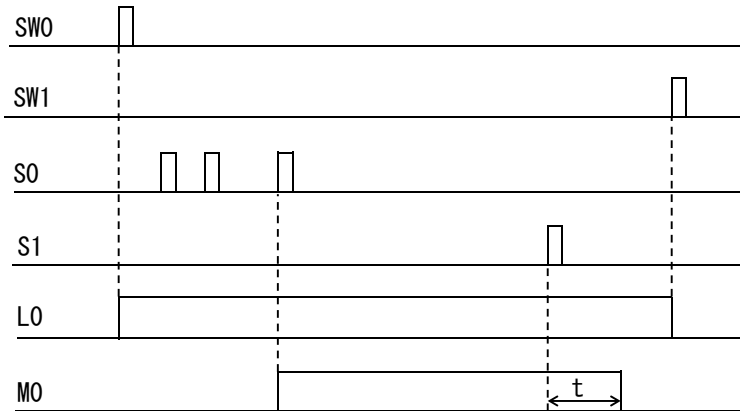
真理値表を作成したのち、論理演算
の式で表し、公式を使って式を簡単
にして、制御回路を組む

SW0	SW1	SW2	L0	L1
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	1
1	0	0	1	0
1	0	1	1	1
1	1	0	0	0
1	1	1	1	1

92

タイムチャート

時間経過（横軸）に対し、入力のON/OFFに対する出力のON/OFFを示した図（OFFが下、ONが上）

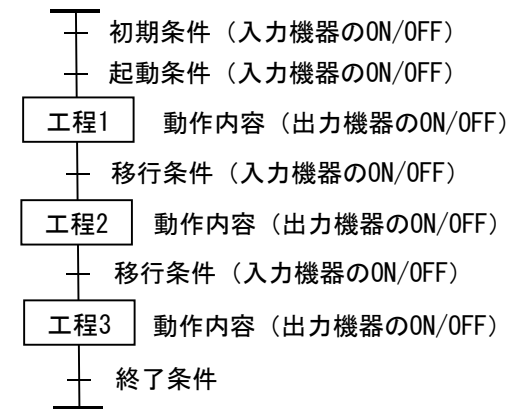


93

状態遷移図

動作内容を工程ごとに分け、各工程が実行する条件と個別の動作内容を表した図

動作プログラムには幾つかのパターンがあり、起動信号と動作内容に機械的にプログラムに組み入れればプログラムは完成する。



94

基本制御回路

シーケンス制御の基本回路として、以下のものがある。

論理回路

ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路

組み合わせ回路

自己保持回路、インターロック回路、順序動作回路、オルタネイト回路、パルス回路（立上りパルス回路、立下りパルス回路）

タイマ回路

オンディレイタイマ、オフディレイタイマ、インターバル回路、フリッカ回路

カウンタ回路

カウンタ（アップカウンタ、ダウンカウンタ、アップダウンカウンタ）

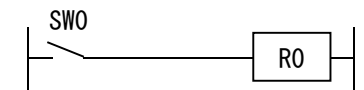
95

論理回路（ON回路）

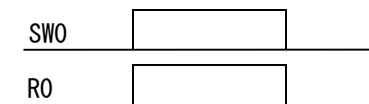
入力が動作したときに出力がON、復帰したときにOFFになる回路（a接点回路）

SW0	R0
0	0
1	1

真理値表



展開接続図



タイムチャート

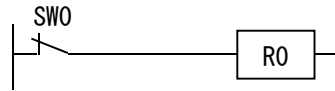
96

論理回路(NOT回路)

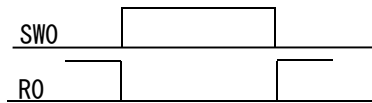
入力が動作したときに出力がOFF、復帰したときにONになる回路
(b接点回路)

SW0	R0
0	1
1	0

真理値表



展開接続図



タイムチャート

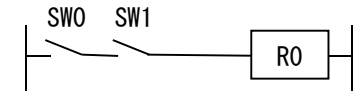
97

論理回路(AND回路)

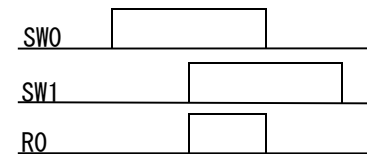
複数の入力のすべてが動作したときに出力がONになる回路

SW0	SW1	R0
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

真理値表



展開接続図



タイムチャート

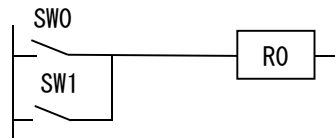
98

論理回路(OR回路)

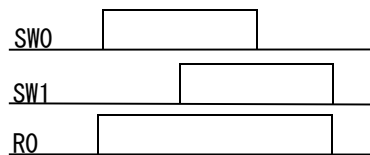
複数の入力の一つ以上が動作したときに出力がONになる回路

SW0	SW1	R0
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

真理値表



展開接続図

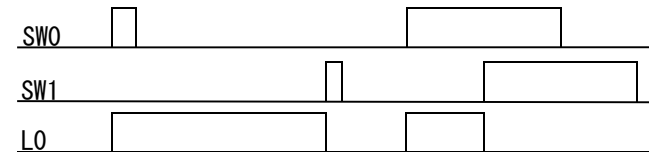


タイムチャート

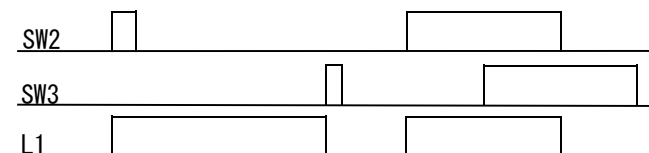
99

組み合わせ回路(自己保持回路)

入力がOFFになって出力がONの状態を続ける回路
出力をOFFにする信号が必要で、自己保持の切り方として
復帰優先と動作優先の2通りがある



復帰優先自己保持回路



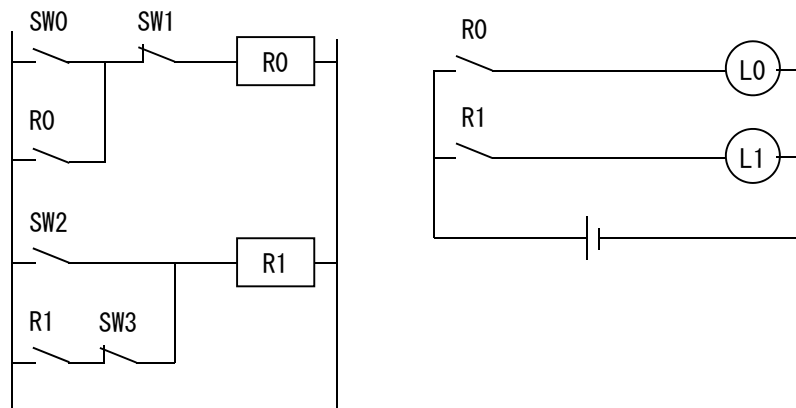
動作優先自己保持回路

自己保持回路 (復帰優先、動作優先)

安全性を考慮し、
通常は復帰優先
を採用する
動作→危険

100

組み合わせ回路(自己保持回路)



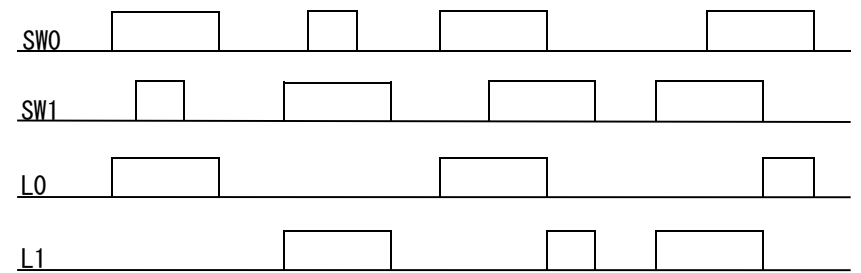
自己保持回路（復帰優先、動作優先）

101

組み合わせ回路(インターロック回路)

一方の動作が他方の動作を妨げる回路
一方の出力のb接点を他方のAND回路に入れる

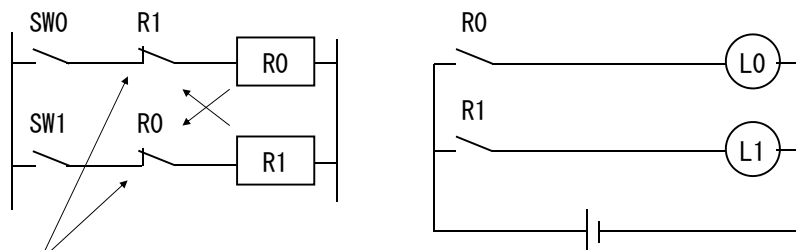
広い意味で、一方の動作が他方の動作に影響を及ぼす回路



インターロック回路

102

組み合わせ回路(インターロック回路)

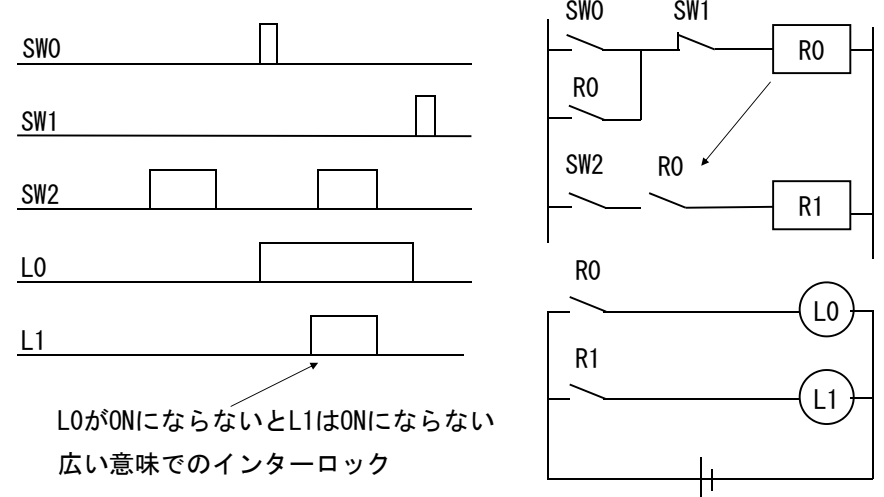


他方の動作を妨げる
インターロック

インターロック回路

103

組み合わせ回路(インターロック回路)



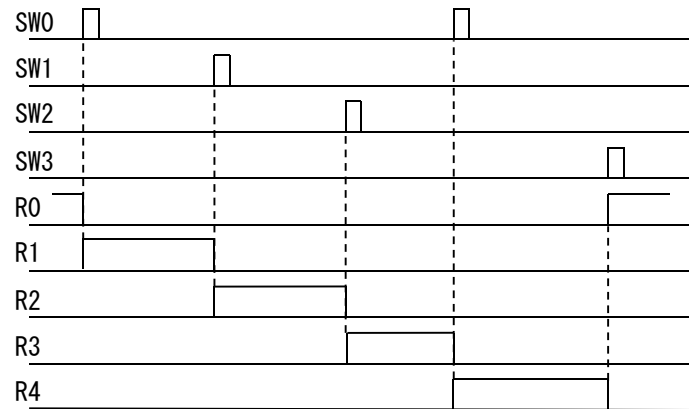
L0がONにならないとL1はONにならない
広い意味でのインターロック

インターロック回路（広義）

104

組み合わせ回路(順序動作回路)

信号が入力されると次の工程が実行される回路
必ず指定された順番で動作する、もっとも重要な回路

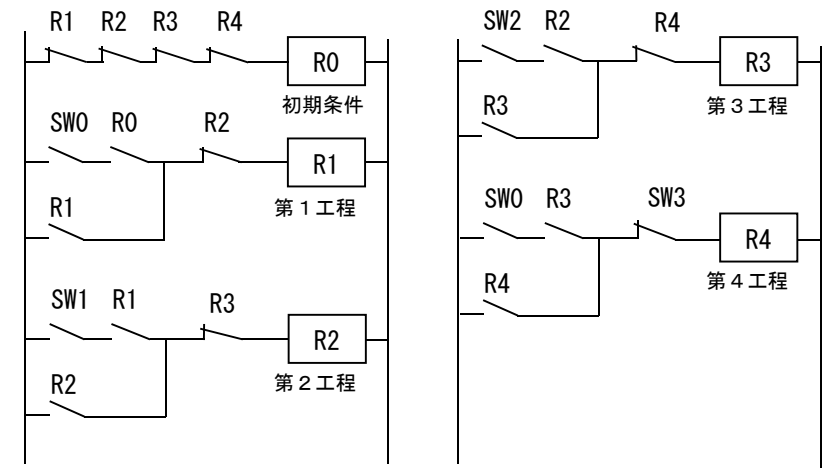


各工程が
順番に
実行する

順序動作回路

105

組み合わせ回路(順序動作回路)



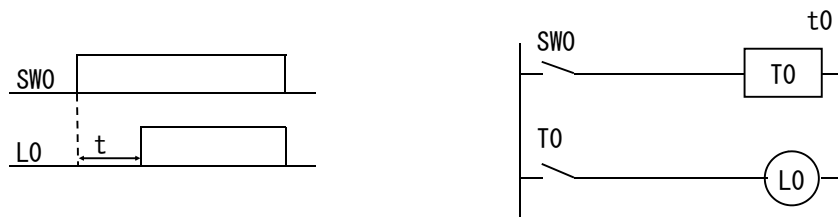
順序動作回路

106

タイマ回路(オンディレイタイマ)

入力がONになって、一定時間経過後に出力がONになり、入力がOFFになると同時に出力がOFFになる回路

時限動作瞬時復帰回路ともいう



オンディレイタイマ回路

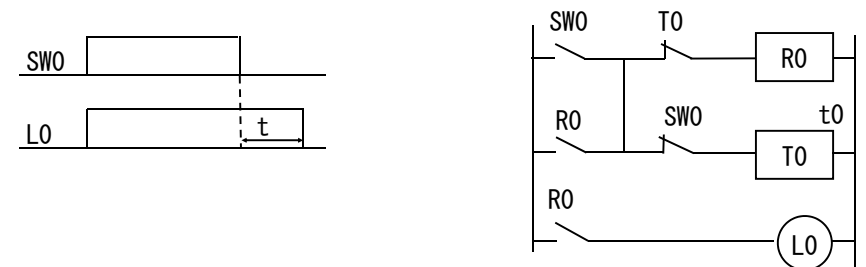
107

タイマ回路(オフディレイタイマ)

入力がONになると同時に出力がONになり、入力がOFFになってから一定時間経過後に出力がOFFになる回路

瞬時動作次元復帰回路ともいう

オンディレイタイマと自己保持回路を使って組むことができる



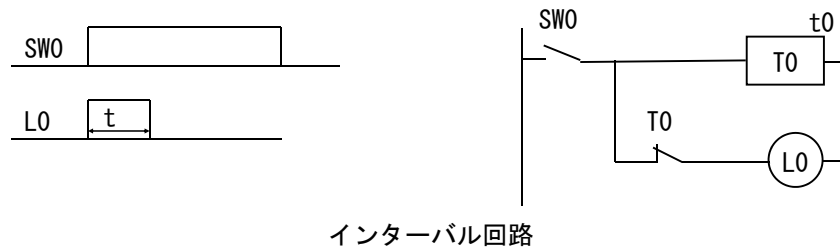
オフディレイタイマ回路

108

タイマ回路(インターバル回路)

入力がONになると同時に出力がONになり、一定時間経過後に出力がOFFになる回路

呼び方として、インターバル回路の他にワンショット回路などがある



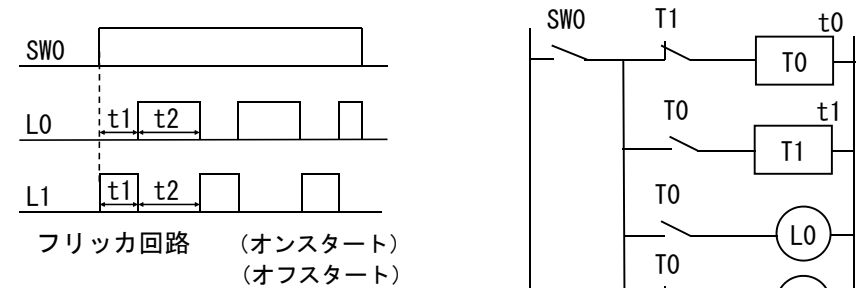
109

タイマ回路(フリッカ回路)

入力がONになると出力がON/OFFを繰り返す回路

ONから始まるオンスタートとOFFから始まるオフスタートがある

確実に動作するフリッカ回路をタイマで作るのは非常に困難



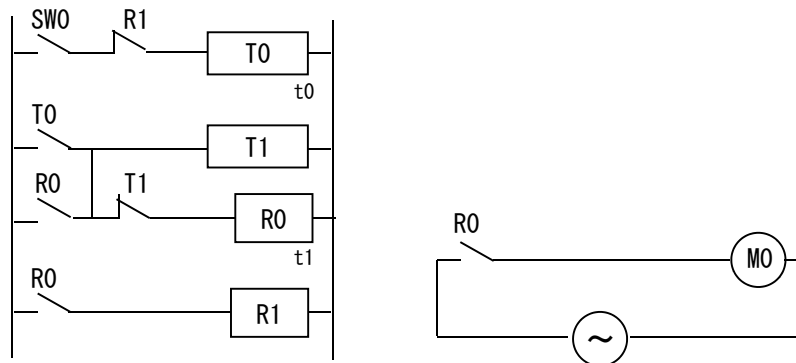
フリッカ回路

誤動作の可能性あり

110

フリッカ回路

リレーとタイマを使った確実に動作するフリッカ回路は以下の回路になる



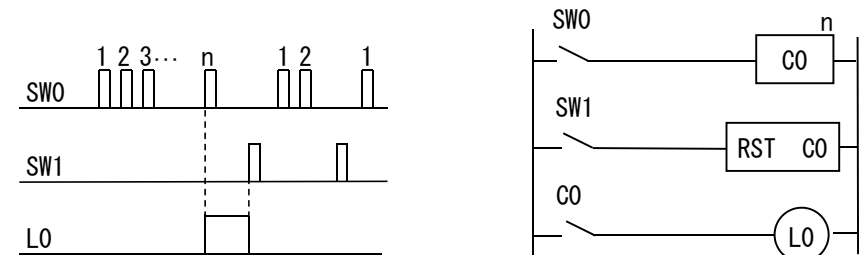
111

カウンタ回路

入力信号が入力された回数が設定値に達すると出力がONになる回路

リセット信号が入力される出力はOFFになり、計数値がゼロになる

計数値が増加するアップカウンタと、減少するダウンカウンタがある



カウンタ回路

112

4. PLCによる制御

113

(1) PLCの基本

114

PLCのイメージ（復習）

PLCの内部には、シーケンス制御で必要となる多数のリレー、タイマ、カウンタが入っていると考えてよい。



115

PLCの要素（復習）

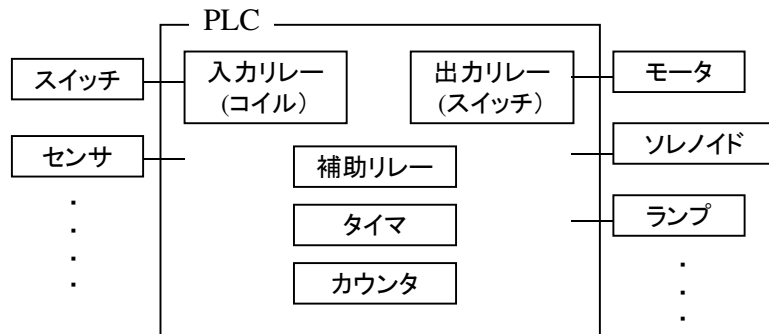
PLC内部に用意されている主な制御要素（デバイス）

- 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

116

PLCの内部構造（復習）

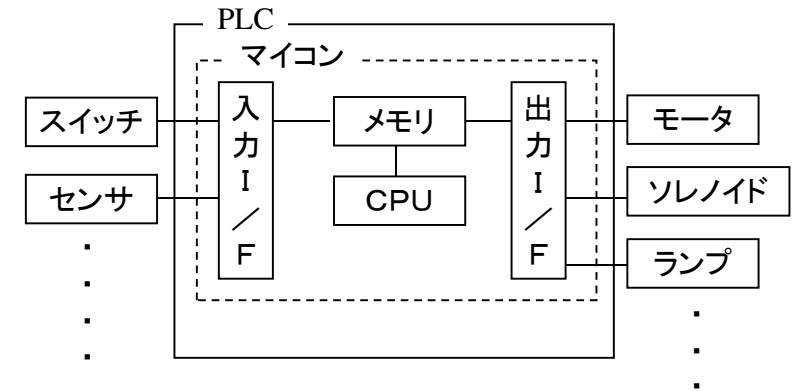
スイッチやセンサなどで入力リレーのコイルを動作させる
出力リレーのスイッチでモータやランプなどを動作させる
入力リレー、出力リレー、補助リレー、タイマ、カウンタを使い、**プログラム（ラダー図）**によって制御回路を組む



117

PLCの内部構造（復習）

PLCの内部は、マイコンと同じように**CPU**、**メモリ**
入出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。



118

PLCの内部構造

メモリーには、様々なデータが格納される

入力リレー、出力リレー、補助リレーのON/OFFデータ
タイマの設定値、経過時間、タイマ出力のON/OFFデータ
カウンタの設定値、経過時間、カウンタ出力のON/OFFデータ
プログラム、

メモリー プログラム領域	1	LD X0	プログラムは、上の行から 順番に実行する。
	2	OUT Y0	
	⋮	⋮	
	⋮	⋮	
データ領域	X0～X7	00…0110101	入力のデータや出力の データが格納されたり、 タイマやカウンタなどの データが格納される。
	Y0～Y7	00…1100001	
	T0	00…0001111	
	⋮	⋮	

119

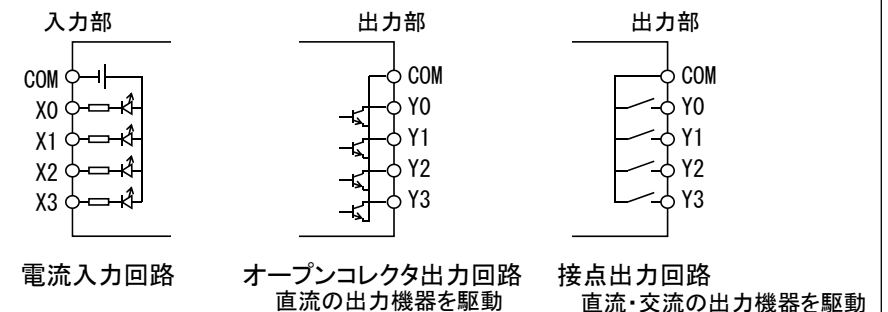
PLCの入出力

PLCは入力機器のON/OFFを入力（検出）する

入カインターフェイスに**フォトカプラ（LED）**が使われる

PLCは出力機器をON/OFFをさせる

出カインターフェイスに**トランジスタ**または**リレー**が使われる



120

PLCの入力回路

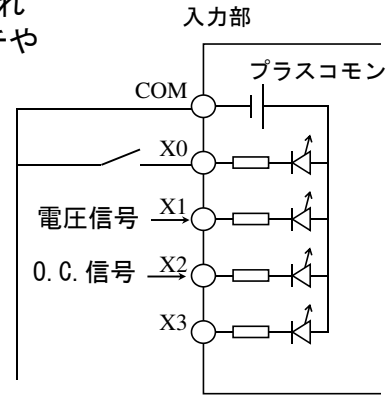
PLCの入力回路は、内部のフォトカプラのLEDを点灯させればよい（5～20mAの電流を流せばよい）。

電源、および電流制限抵抗が内蔵されている機種も多く、この場合、スイッチやセンサを接続するだけで良い

LEDの接続回路として、プラスコモン回路、マイナスコモン回路がある

日本やアメリカではプラスコモン回路が使われる

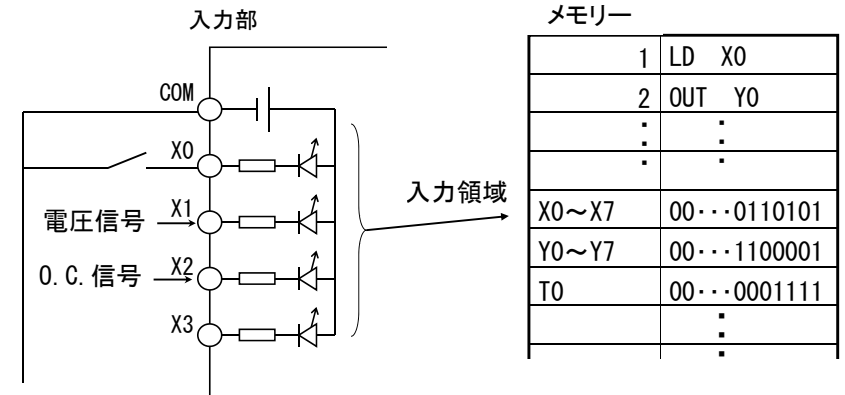
ヨーロッパでは安全性を考慮し、マイナスコモン回路が使われる



121

PLCの入力回路

PLCの入力回路のLED（フォトカプラ）を点灯させると、その信号がメモリーの入力領域に格納され、入力リレーのデータとして0（OFF）、1（ON）が格納される。



122

PLCの出力回路(O.C.出力)

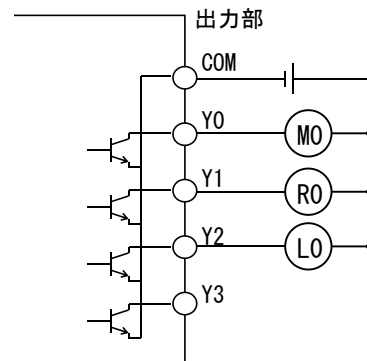
PLCのO.C. 出力回路は、出力用トランジスタがON/OFFするので、エミッタ接地回路を組み、直流出力機器を駆動させる。

出力トランジスタの許容電圧および許容電流が決められており、これを越えない範囲で出力機器を駆動する。

1つのCOMに対して複数のトランジスタがある場合、1COMあたりの最大コレクタ電流が決められており、これを越える出力機器の駆動はできない。

1つのCOMに対して、電圧を統一するのが望ましい。

日本やアメリカではNPNトランジスタを使ったシンク電流方式が、ヨーロッパでは安全性を考慮し、PNPトランジスタを使ったソース電流方式が使われる。



123

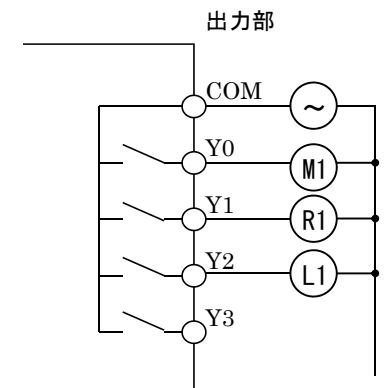
PLCの出力回路(接点出力)

PLCの入力回路は、O.C. 出力によりPLC内部でリレーが駆動し、そのリレーの接点が出来ている。

リレーの接点により、直流機器、交流機器を駆動することができる。

接点の許容電圧および許容電流が決められており、これを越えない範囲で出力機器を駆動する。

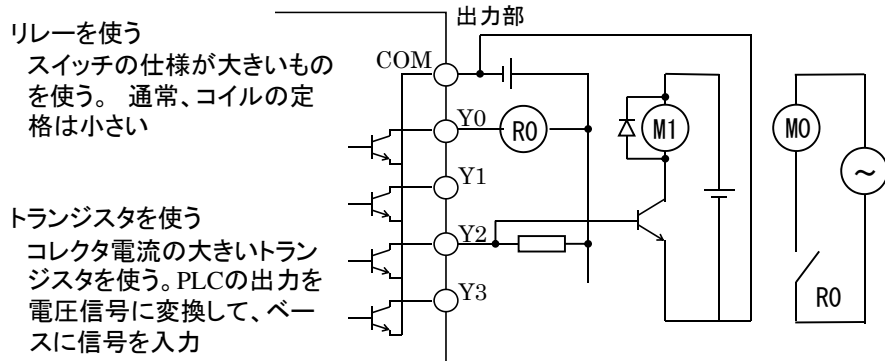
機械式接点のため、高速パルス信号を出力することはできない。



124

PLCの出力回路

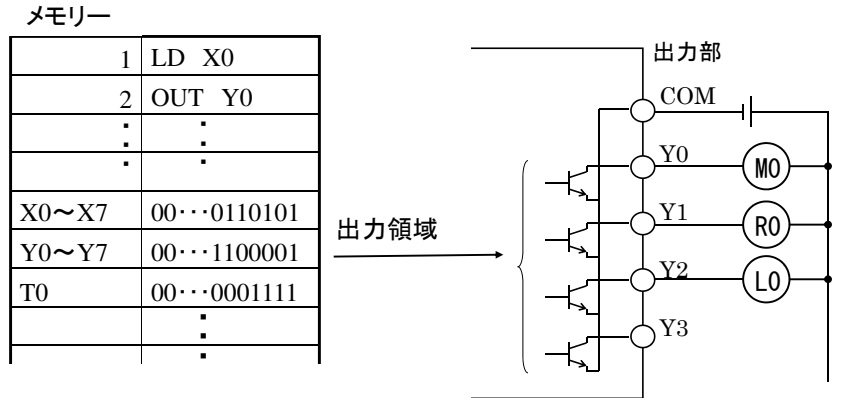
出力の許容電流、許容電圧が出力機器の定格電圧、定格電流に満たないときは、駆動用部品を設けて駆動回路を組む。



125

PLCの出力回路

PLCの出力リレーをON/OFFさせると、そのデータがメモリの出力領域に格納され、その信号により出力リレーのトランジスタ（もしくはスイッチ）が動作する。



126

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) 論理回路機能 (ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路)
- 2) タイマ機能
- 3) カウンタ機能
- 4) 演算機能 (四則演算、論理演算、比較演算、データ変換・・・)
- 5) データ記憶機能 (データ書き込み、データ読み出し)
- 6) 通信機能

これらの回路や機能を組合せて、装置の動作を指示する。

127

PLCの制御プログラム

制御プログラム言語の種類として、以下の言語がある

- 1) LD言語 (ラダー・ロジック)
- 2) SFC言語 (シーケンシャル・ファンクション・チャート)
- 3) FBD言語 (ファンクション・ブロック・ダイアグラム)
- 4) ST言語 (ストラクチャード・テキスト)
- 5) IL言語 (インストラクション・リスト)

LD言語は「ラダー図」と呼ばれる図がプログラムになっているもので、展開接続図をPLCのプログラム用に表したもの。PLCメーカーによって多少の違いがある。

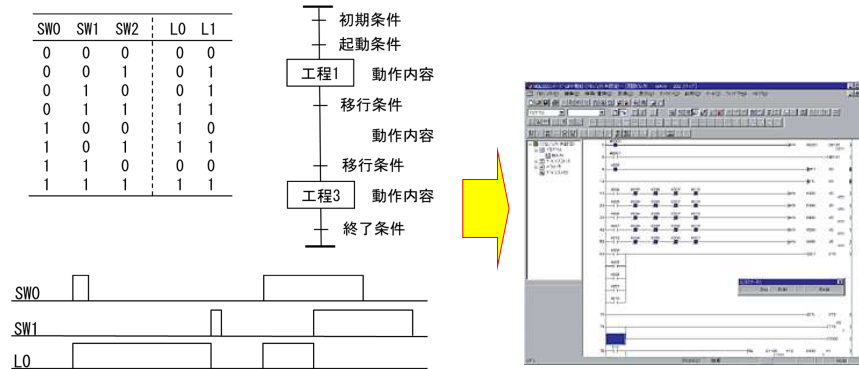
他の言語もあるが、シーケンス制御ではラダー図 (LD言語) によるプログラムが主流

128

PLCの制御プログラム

制御する装置の動作を真理値表やタイムチャート、状態遷移図などに基づき、制御プログラムを設計する

設計された制御プログラムはパソコンによって作成される

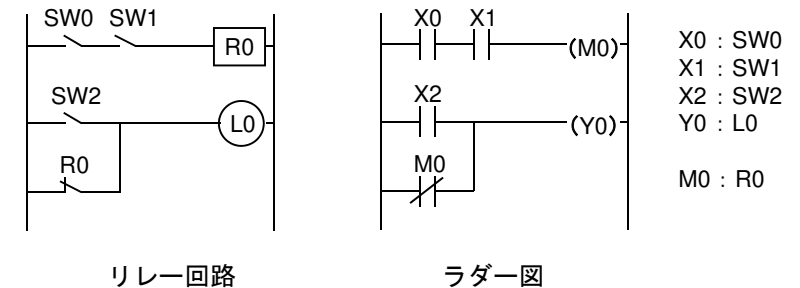


129

LD言語（ラダー図）

制御プログラムはラダープログラム（ラダー図、LD言語）によって組まれることが多い。

ラダー図はリレー回路の展開接続図を同じ形のままPLC用の回路にしたもの。

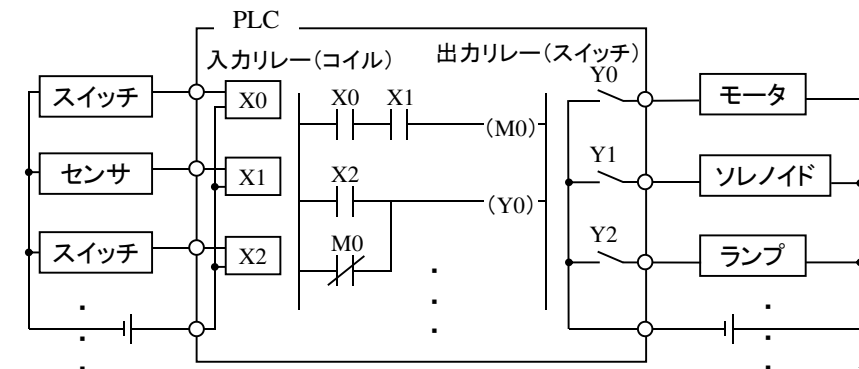


130

ラダープログラムのイメージ

ラダー言語のシンボルを使い、パソコン画面上で入力リレーのスイッチや、内部補助リレー、タイマ、カウンタなどを使って制御回路を組む。

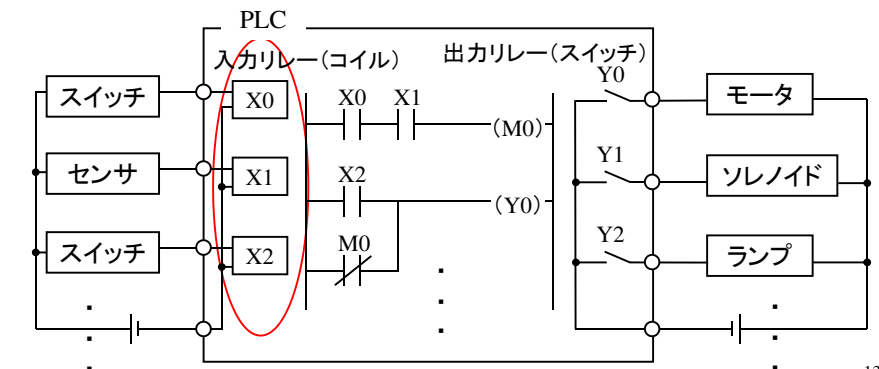
* 入力リレーのコイルは、
実際にはLED&抵抗器



131

ラダープログラムのイメージ

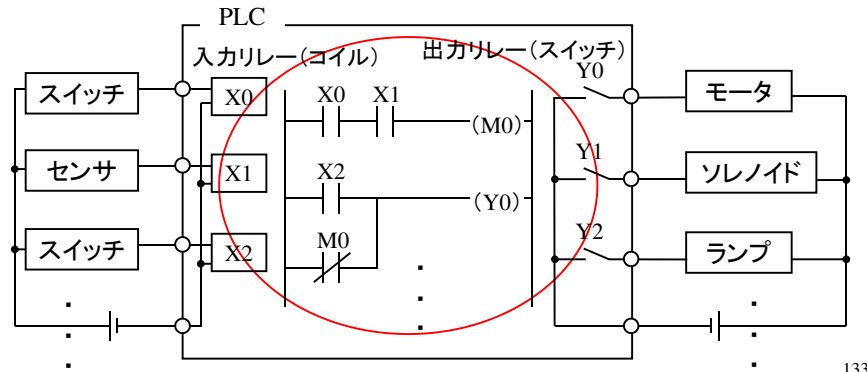
1) スイッチやセンサなどにより入力リレーコイル (X) を操作する。



132

ラダープログラムのイメージ

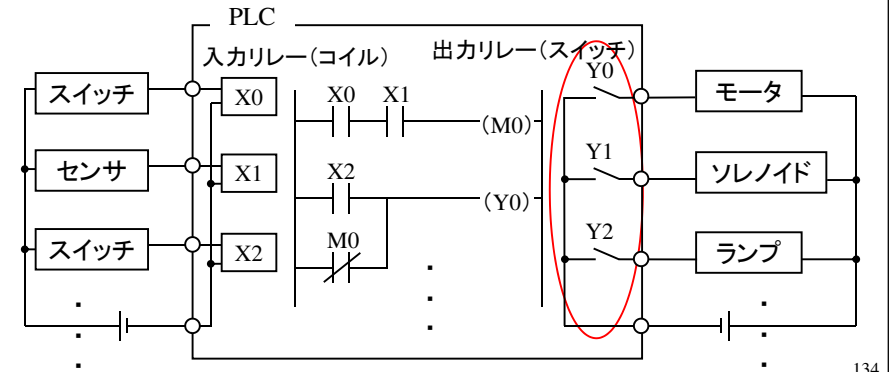
2) 入力リレーのスイッチ、内部補助リレー (M)、タイマ (T)、カウンタ (C)、出力リレー (Y) のスイッチなどを使い、制御回路 (プログラム) を組む。



133

ラダープログラムのイメージ

3) 出力リレーコイルを操作し、出力リレーに接続されている機器を制御する。



134

LD言語の命令 (ラダー図のシンボル)

LD言語の命令 (ラダー図) のシンボル、およびIL言語の命令 (ニーモニック) として、以下のものがある

a 接点		(LD、AND、OR)
b 接点		(LDI、ANDI、ORI)
出力		(OUT)
データセット		(SET)
データリセット		(RST)
立上りパルス		(PLS)
立下りパルス		(PLF)
マスターコントロール		(MC)
マスターコントロールリセット		(MCR)
処理なし		(NOP)
終了		(END)

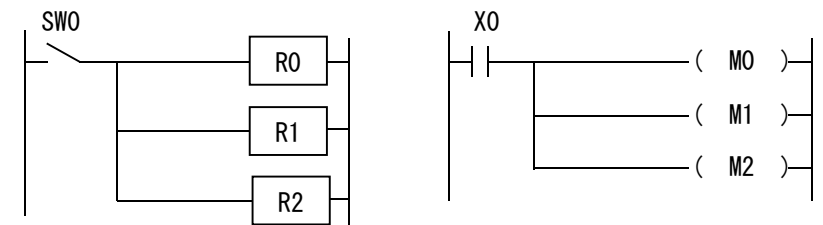
135

展開接続図とラダー図の動作

展開接続図はリレーなどの配線を表したもので、全て同時に動作する。

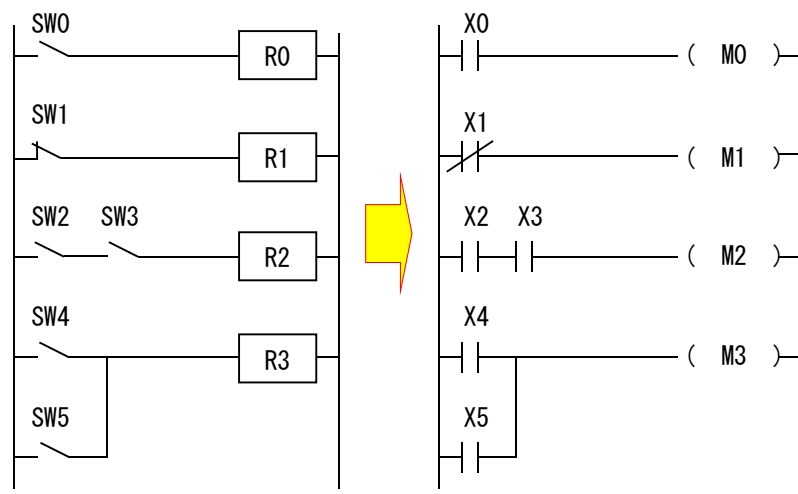
* 実際はリレースイッチやタイマスイッチの動作速度の違いにより、必ずしも同時に動作するとは限らない。

ラダー図はPLCのプログラムを模式的に表したもので、必ず左上の回路から動作する。



136

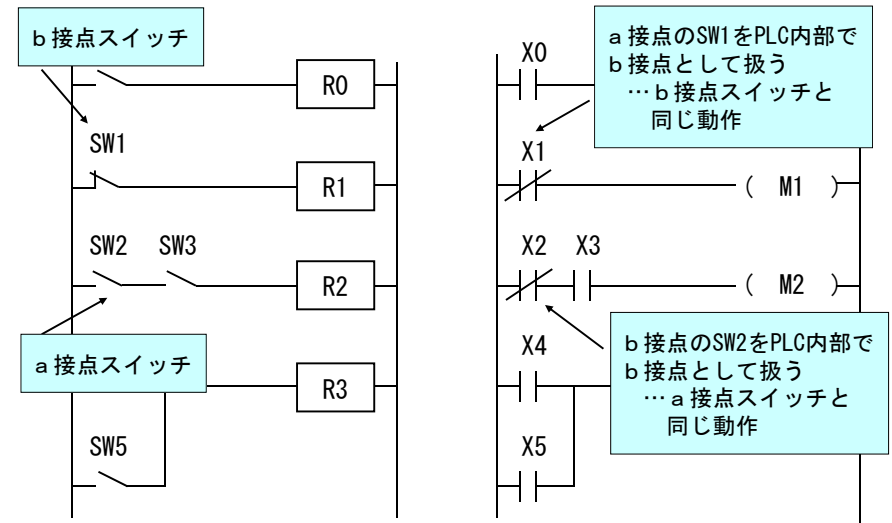
論理回路(ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路)



ON回路・NOT回路・AND回路・OR回路

137

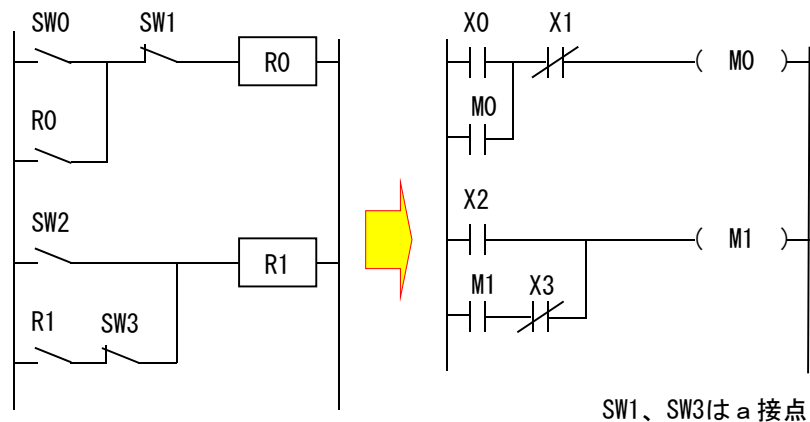
論理回路(ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路)



ON回路・NOT回路・AND回路・OR回路

138

組み合わせ回路(自己保持回路)

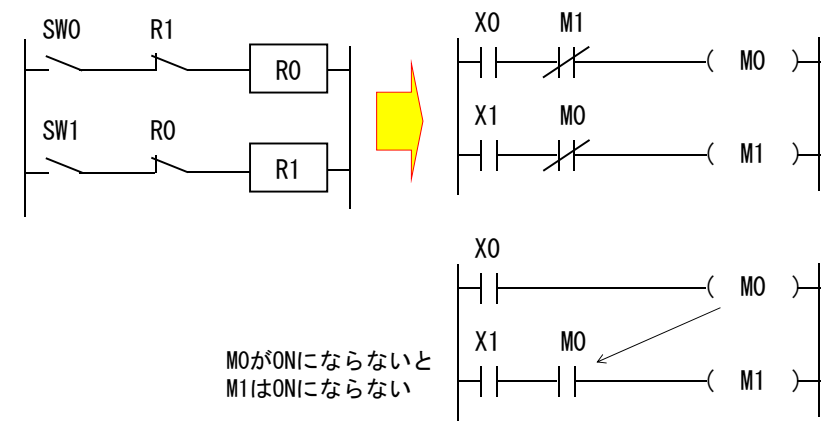


SW1、SW3はa接点

自己保持回路(復帰優先、動作優先)

139

組み合わせ回路(インターロック回路)



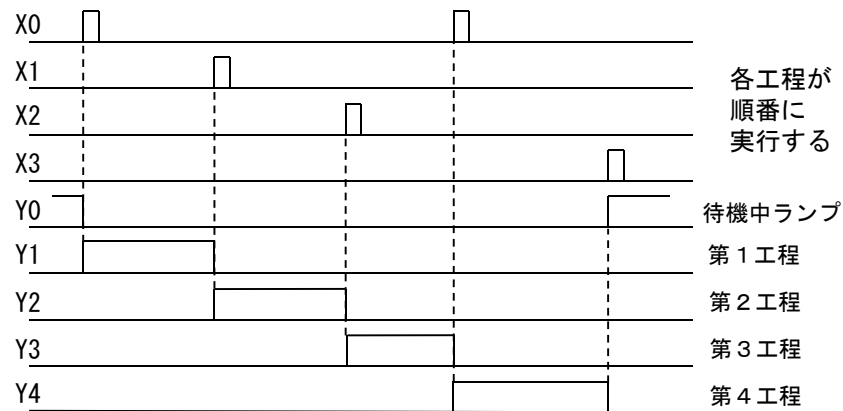
M0がONにならないと
M1はONにならない
広い意味のインター
ロック

インターロック回路

140

組み合わせ回路(順序動作回路)

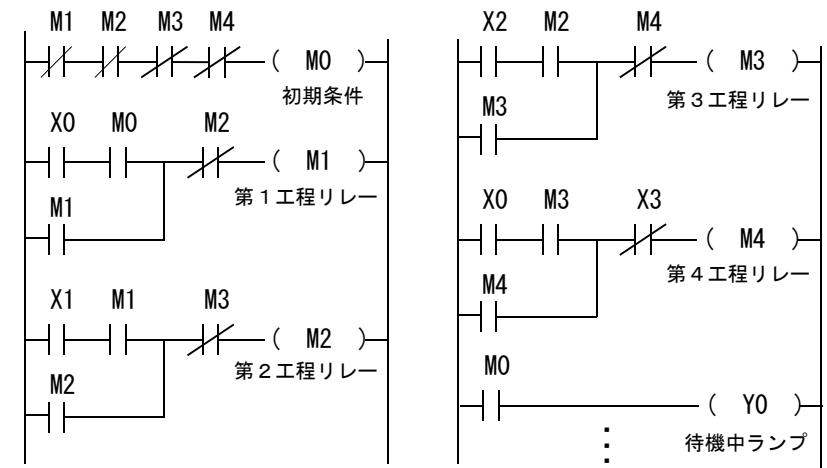
順序動作回路のタイムチャート



順序動作回路

141

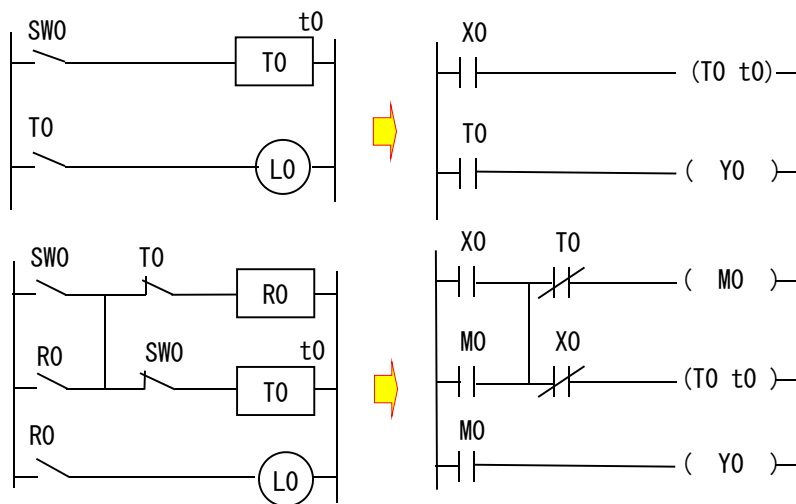
組み合わせ回路(順序動作回路)



順序動作回路

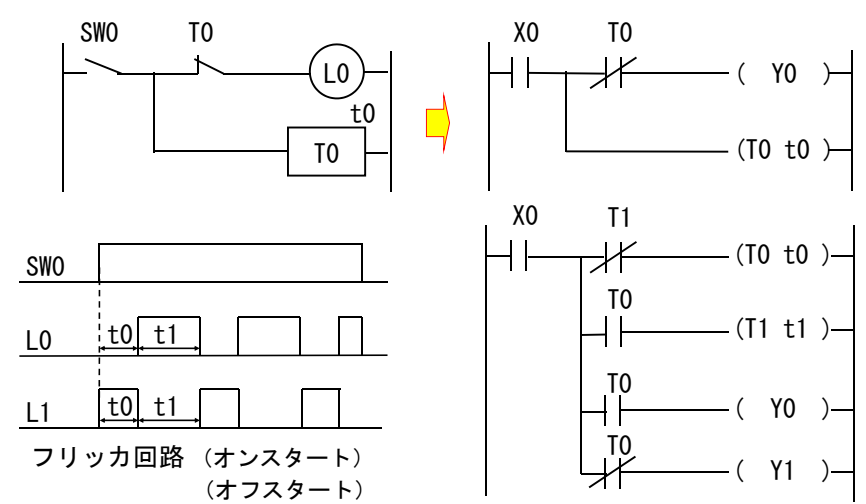
142

タイマ回路(オンディレイタイマ、オフディレイタイマ)



143

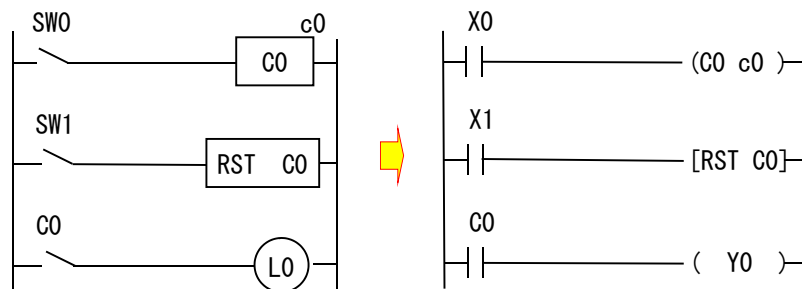
タイマ回路(インターバル回路、フリッカ回路)



インターバル回路、フリッカ回路

144

カウンタ回路

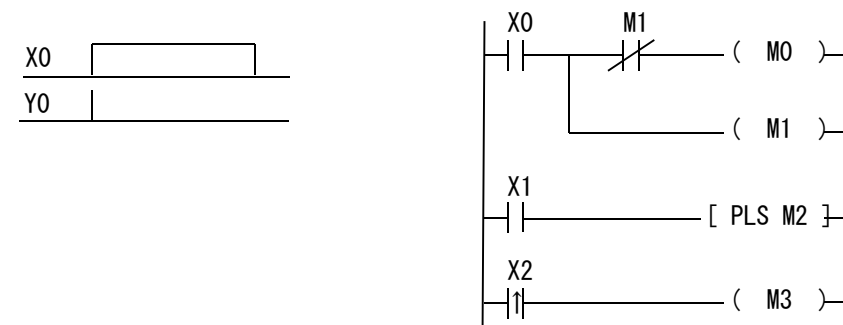


カウンタ回路

145

パルス回路(立ち上がりパルス回路)

入力信号がONになった一瞬だけ、出力がONになる回路



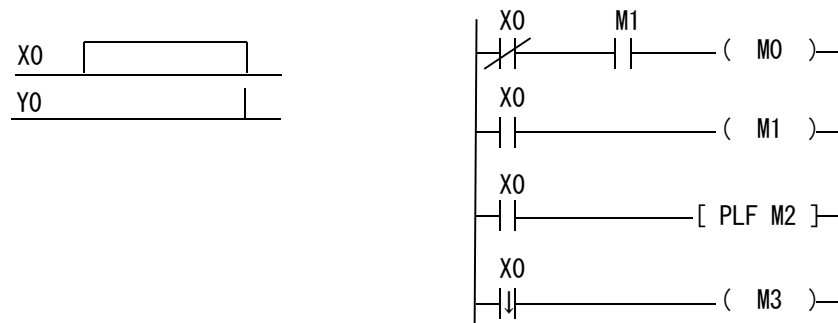
M0またはM2またはM3が立ち上がりパルス
どの方法でもよい

立ち上がりパルス回路

146

パルス回路(立ち下がりパルス回路)

入力信号がOFFになった一瞬だけ、出力がONになる回路



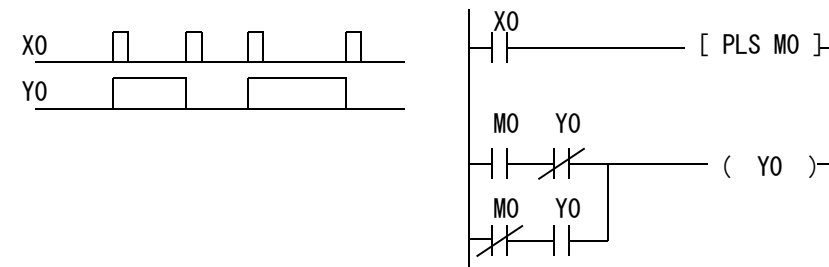
M0またはM2またはM3が立下りパルス
どの方法でもよい

立ち下がりパルス回路

147

組み合わせ回路(オルタネート回路)

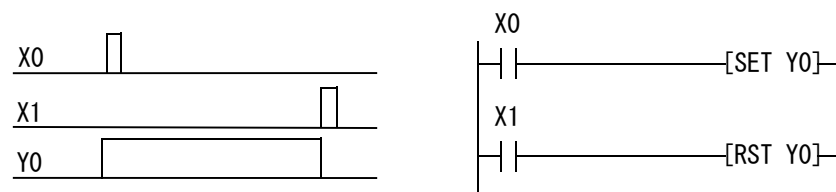
入力信号がONになる毎に出力はON/OFFする



オルタネート回路

148

SET命令、RSET命令

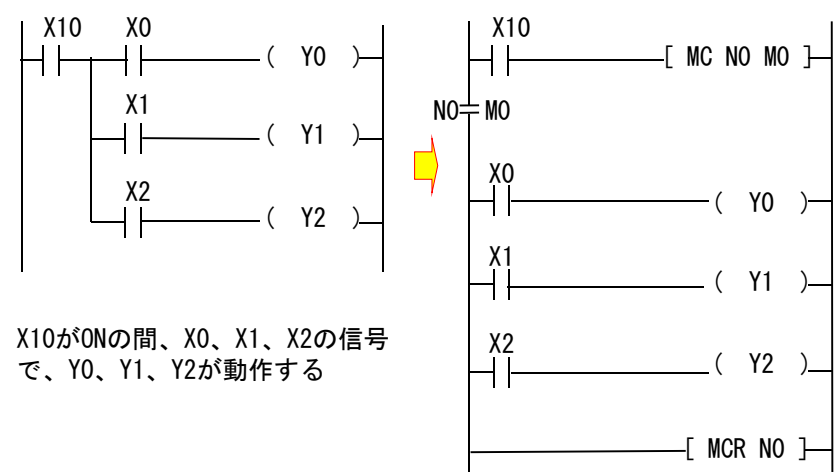


SET命令、RST命令で自己保持回路と同じような動作をさせることができるが、全く同じ回路ではないので、使用する場合はその違いを理解し、十分に注意する

SET命令、RST命令

149

MC命令、MCR命令



X10がONの間、X0、X1、X2の信号で、Y0、Y1、Y2が動作する

MC命令、MCR命令

150

制御プログラムのトラブル

制御プログラムのトラブル（エラー）として

2重コイル

同じリレーコイル、タイマコイルなどを複数個所で使う

SET命令が切れない

マスターコントロールやサブルーチンを使った回路で、使用しているブロックを抜けると、制御できなくなる

SET、RST命令は、自己保持回路と類似した働きがあり、書籍やHPIによってはあたかも自己保持回路と同じであるかのような説明がなされているが、これらは似て非なる命令である。

SET、RST命令、さらにはPLCの内部構成を十分に理解しないで自己保持回路をSET、RST命令で置き換えるのは非常に危険である。

151

（２）PLCの応用

152

PLCの高度な使い方

PLCは、単にリレー、タイマ、カウンタを使った回路をプログラムで組むだけではなく、より高度な機能も持っている。

高度な使い方をするために用意されている機能、

特殊制御要素
特殊補助リレー

また、高度な使い方をするための応用命令も用意されている
応用命令として、

データ処理
四則演算、論理演算
データ変換
プログラムフロー制御
比較、判断

153

特殊制御要素

PLCの制御要素（リレー、タイマ、カウンタ）には、特定の機能を持つ特殊制御要素が用意されている。

主な特殊制御要素（三菱、FX-2NCの場合）

キープ補助リレー	M500～M7679（一部、変更可能）
特殊補助リレー	M8000～M8511
10ms形タイマ	T200～T245
1ms形タイマ	T256～T260
100ms積算形タイマ	T250～T255
1ms積算形タイマ	T246～T249
キープ用アップカウンタ	C100～C199
一般用アップダウンカウンタ	C200～C219
キープ用アップダウンカウンタ	C220～C234
高速カウンタ	C235～C255 （入力の種類により3種類に分けられる）

154

特殊補助リレー

PLCの補助リレーには、特定の機能を持つ特殊補助リレーが用意されている。

主な特殊補助リレー

RUNモニタ	M8000
イニシャルパルス	M8002
1sクロック	M8013
アップダウンカウンタ計数方向設定	M8200～M8234

その他、拡張ユニットや通信アダプタの設定などに使われる特殊補助リレーもある

155

PLCの応用命令

PLCはその内部がマイコンであることから、マイコンとしての機能を行うことができる。

データ転送	: データ格納、データ移動
データ変換	: 10進数(BIN) → 2進10進コード(BCD) 、 BCD → BIN
四則演算・論理演算	: 加減乗除各演算、AND・OR・ExOR各論理演算
データ比較	: $a > b$ 、 $a < b$ 、 $a = b$ など
処理の順番の変更	: ジャンプ命令
処理のブロック化	: マスターコントロール、サブルーチン
パルス信号の出力	: モータコントロール

156

PLCの応用命令

データ転送、データ変換

MOV 転送
SMOV 桁移動
BMOV 一括転送
BCD BCD変換
BIN BIN変換

四則演算・論理演算

ADD BIN加算
SUB BIN減算
MUL BIN乗算
DIV BIN除算
INC BIN増加
DEC BIN減少
WAND 論理積
WOR 論理和
WXOR 排他的論理和

比較

CMP 比較
ZCP 帯域比較

接点比較

パルス入出力

SPD パルス密度
PLSY パルス出力
PWM パルス幅変調
SPD パルス密度
PLSR 加減速付きパルス出力

ローテーション、シフト

ROR 右回転
RO 左回転
SFTR ビット右シフト
SFTL ビット左シフト
WSFR ワード右シフト
WSFL ワード左シフト

その他

FROM BFM読出し
TO BFM書込み

157

データ処理

PLCでは様々なデータを扱うことができる。

各種データはPLC内部のメモリのデータ領域に格納される。
格納されるデータとして、
リレーのON/OFFデータ、
タイマやカウンタの現在値、
ユーザが自由に扱う数値データ、文字データ
(プログラムはプログラム領域に格納される)

メモリの大きさは、通常は16Bit (1ワード) で、これを1つのデータとして管理する。

158

PLCのメモリ領域

メモリーには、様々なデータが格納される

メモリーの内部領域

1	LD X0	プログラム領域
2	OUT Y0	
⋮	⋮	
⋮	⋮	
X0～X17	0100 0011 0110 0111	データ領域
Y0～Y17	0011 0101 0000 0101	
T0	0000 0000 0011 0111	
	⋮	
	⋮	
D0000	0000 0000 0000 1010	

入力のデータや出力のON/OFFデータ
タイマやカウンタなどの現在値データ
ユーザが使用するデータ

159

データレジスタ

ユーザがデータを扱う場合、データ領域内のデータレジスタにデータを読み書きする。
データレジスタにはアドレス (番号) が割り振られ、そのアドレスを使ってデータを指定する。

データレジスタの割り付け

D0000	1365 (実際は2進数)	目標生産数
D0001	500	総生産数
D0002	412	良品数
D0003	953	残生産数(D0-D2)
D0004	82.4	歩留り(D2/D1*100)
D0005		それぞれのレジスタに、数値や計算結果を格納する
D0006		

160

データレジスタの種類

データレジスタには、通常の16Bitデータを扱う一般用と特殊なデータを扱う特殊データレジスタがある。
一般用の中にも、電源を切ってもデータが残るキープ用がある。

一般用	D0～D499
キープ用	D500～D7999
特殊用	D8000～D8511

161

ユーザが扱うデータ(数値)

ユーザが扱うデータとして

数値データ（整数、小数：それぞれ16Bit または 32Bit）
文字データ（アスキーコード：7bit または 8Bit）

PLCに格納されるデータは全て2進数であるが、人間にとって理解しづらいことから、10進数や16進数で表示することが多い。

数値データの入出力では2進化10進コード（BCDコード、10進数の各桁を2進数にしたもの）も使われる。

162

ユーザが扱うデータ(数字)

数字データ（実際は16Bit）

10進数	2進数	16進数	BCD
1	0000 0001	01	0000 0001
2	0000 0010	02	0000 0010
3	0000 0011	03	0000 0011
4	0000 0100	04	0000 0100
⋮	⋮		
10	0000 1010	0a	0001 0000
11	0000 1011	0b	0001 0001
12	0000 1100	0c	0001 0010
⋮	⋮		
170	1010 1010	aa	0001 0111 0000
171	1010 1011	ab	0001 0111 0001
172	1010 1100	ac	0001 0111 0010
⋮	⋮	⋮	⋮

163

ユーザが扱うデータ(文字)

PLCで文字を扱う場合、そのデータはアスキーコードを使って処理される（8Bitの場合、半角カタカナ使用可）

文字データ	アスキーコード
1	00110001
2	00110010
3	00110011
⋮	⋮
A	01000001
B	01000010
C	01000011
⋮	⋮
ア	10110001
イ	10111010
⋮	⋮

164

ユーザが扱うデータ(文字)

アスキーコード表

&H41 (01000001) ...A

	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				ー	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				ィ	ク	ネ	リ
	9	HT	EM	)	9	I	Y	i	y				ゥ	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	ワ
	D	CR	GS	=	=	M	]	m	}				ユ	ス	ヘ	ン
	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~				ヨ	セ	ホ	ッ
	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL				ッ	ソ	マ	°

165

様々なデータの処理

ユーザーがPLC内部でデータを扱う場合、様々な命令（応用命令）を使い、データを処理する。

データの格納、データの移動
MOV命令

データ変換
BIN命令、BCD命令

四則演算
ADD命令、SUB命令、MUL命令、DIV命令

具体的な内容や使い方は後述

166

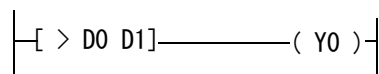
接点比較

二つの数値データを比較し、条件を満たしたら出力をONにする命令がある。この命令を接点比較命令という。

データの比較として

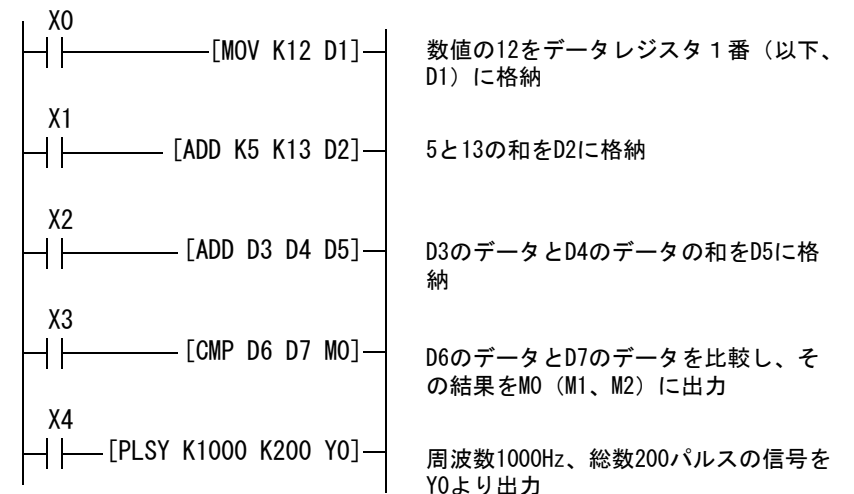
D0 = D1 D0とD1が等しいときに出力ON
D0 <> D1 D0とD1が等しくないときに出力ON
D0 > D1 D0がD1より大きいときに出力ON
D0 < D1 D0がD1より小さい（D0はD1未満）ときに出力ON
D0 >= D1 D0がD1以上のときに出力ON
D0 <= D1 D0がD1以下のときに出力ON

ラダープログラムの記述として


 D0がD1より大きいときにY0はON、それ以外の場合はY0はOFF

167

応用命令の使用例



168

(3) PLCの拡張機能

169

PLCの拡張機能

PLCの拡張機能として、以下の機能を持たせることができる。

入出力の増設

入出力の点数を増設する

アナログ信号の入出力

温度や変位などのアナログ信号の入力 (DC4~20mA)

温度制御、流量制御、速度制御などのアナログ信号の出力

高速カウンタ

ロータリエンコーダの信号の入力、計数

位置決め

サーボモータなどの制御信号

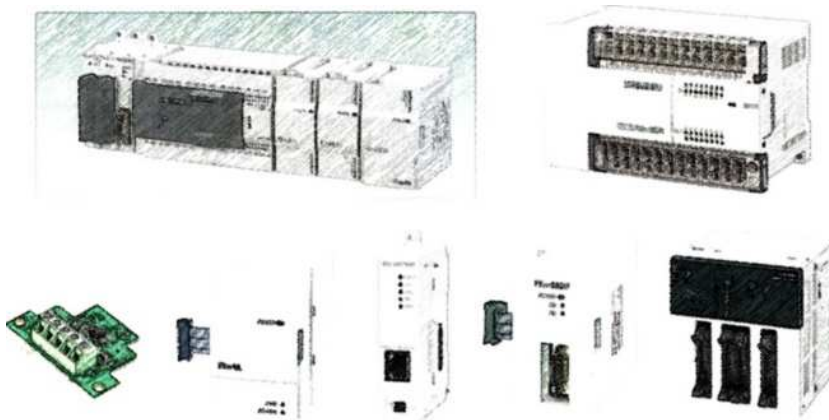
データリンク・通信

他の機器とのデータ送受信、自動計測

170

PLCの拡張ユニット

PLCにこれらの機能を持った拡張ユニットを接続し、様々な制御やデータ通信を行う。



PLCの拡張機能

PLCの拡張機能として、以下の機能を持たせることができる。

入出力の増設

入出力の点数を増設する

アナログ信号の入出力

温度や変位などのアナログ信号の入力 (DC4~20mA)

温度制御、流量制御、速度制御などのアナログ信号の出力

高速カウンタ

ロータリエンコーダの信号の入力、計数

位置決め

サーボモータなどの制御信号

データリンク・通信

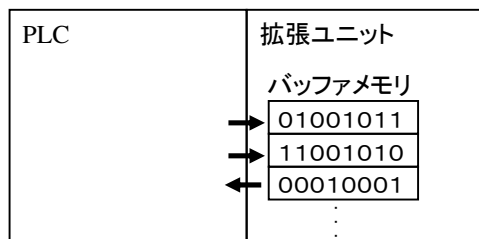
他の機器とのデータ送受信、自動計測

172

PLCの拡張機能

PLCの拡張ユニットとの間のデータ送受信は、入出力の増設を除き、バッファメモリを介して行われる。

バッファメモリは、拡張ユニットに用意されたデータを記憶するメモリで、PLCがバッファメモリにデータを書き込んだり、データを読み出したりすることにより、PLC本体と拡張ユニットの間でデータの送受信を行う。



173

入出力の増設

入出力増設ユニットを接続すると、外部機器と接続する入力リレー、出力リレーを増やすことができる。

増設ユニットによる入力リレー、出力リレーのデータは、特に何もすることなく、X**、Y**が使えるようになる。

174

アナログ信号の入出力

アナログ入出力ユニットを接続すると、センサなどからのアナログ信号を入力することができる。また負荷を制御するためのアナログ信号を出力することができる。

使われるアナログ信号として

電流信号 4～20mA

電圧信号 0～5V、1～5V、-10～10V

などがある。

拡張ユニットから読み込んだデータはデータレジスタに格納され、その後プログラムによってデータ変換命令や比較命令などにより、機器の制御に使われる

例えば、水の温度が30度を超えたらバルブAの開度を10%にする、50度を超えたら開度を30%にする。 など

175

高速カウンタ

主にインクリメンタル式ロータリエンコーダによる回転角の計測が可能となる。

1パルスの信号の高速カウンタ、2パルス信号の高速カウンタがあり、

1パルスの場合は、回転速度と回転角度を知ることができる。
2パルスの場合は、回転速度、回転角度、回転方向を知ることができる。

機種によって異なるが、200kHz程度のパルス信号を計数することができる。

PLCの機種によっては、高速カウンタが内蔵されているものもある（例えば、X0～X3は高速カウンタの機能を持つ、など）

176

パルス出力、位置決め

パルス信号によるモータの位置決め制御が可能となる。

一般的に、ステッピングモータやサーボモータの回転角、回転速度は外部からのパルス信号に比例する。

パルス数によって回転角を制御し、パルス速度によってモータの回転角度を制御することが可能となる。

回転方向を含めた制御では、1パルス方式、2パルス方式がある。

1パルス方式：回転速度および回転角を制御するパルス信号と、回転方向を指定する信号

2パルス方式：正回転パルス信号と逆回転パルス信号

177

データ通信

PLCの拡張機能として、他のPLCとの信号の送受信および他の機器との信号の送受信がある。通信ユニットを用いると、これらの外部機器との信号の授受が可能となる。

PLCと外部機器との主な通信として、以下のものがある

1) 上位コントローラ（パソコンなど）との通信

PLCの管理や制御、生産設備のモニタなど

2) 他のPLCとの通信

PLC間のデータの共有化

3) 下位計測器などとの通信

計測器による自動計測、IDシステムによるワーク判別

これらの通信機能を用いることにより、大規模な生産設備の制御が可能となる

⇒ FA（ファクトリーオートメーション）

178

5. 機器の配線

（1）配線の基本

自動化装置の配線

自動化装置は、実際に動作をする部分と、それを制御する部分で構成される。

制御する部分は、制御盤、配電盤で、この中にPLCなどの各制御機器が格納されている。

制御盤や配電盤の内部では、制御用信号線や電力供給の動力線などが配線されており、これらの配線には専用の機材や部品が使われている。



制御盤、配電盤

制御盤内には、各種制御機器が正しく配置され、それらを電線で接続している。

熱の出る機器は上方。

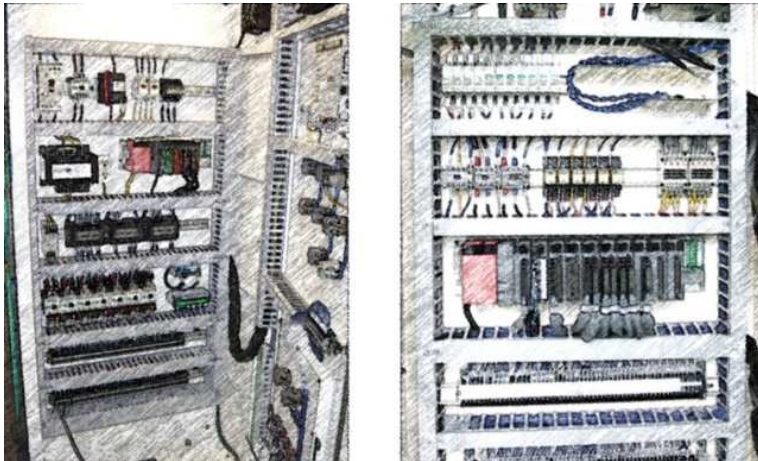
配線は、トラブル防止やメンテナンスのしやすさなどから、綺麗になされている。

電線保護の観点から、

電線はケーブルダクト、もしくはコルゲートチューブやスパイラルチューブに収める。

制御盤の穴あけ部には、ケーブルブッシュやケーブルグラウンドを用いる。

制御盤



各種制御機器を組み合わせた配電盤・制御盤

(2) 配線機器

配電機材

制御盤内の配線には各種配線機器、配線部材が使われる。

制御機器以外の主な配線部品

遮断機	: 電力を供給したり遮断したりする
電線	: 信号を伝える、電力を伝える
圧着端子	: 電線
端子台、	: 電線と機器を接続するための端子
DINレール	: 各種制御機器を固定するレール
コネクタ	: 配線を1つにまとめた
結束バンド	: 電線をまとめる
ケーブルグラウンド	: ケーブルの固定
ケーブルブッシュ	: 制御盤等の穴の保護
ケーブルダクト	: 電線の配線経路の固定
コルゲートチューブ	: 電線を1つにまとめる
スパイラルチューブ	: 電線を1つにまとめる

遮断機(ブレーカ)

過電流、短絡等からの保護用機器

配線用遮断機 (MCCB)

回路の開閉 (ON/OFF)。過電流、短絡電流が流れたときに遮断する。
配電盤、制御盤内で縦にして使用

漏電遮断機 (ELB)

回路の開閉。漏電などによる地絡電流を検出して遮断する。
過電流、短絡電流でも遮断する。ELBが電源に近い

サーキットプロテクタ (MCB)

小電流の配電遮断機。MCCBが縦にして使わなければならないのに対し、
サーキットプロテクタは横でも使用可能。

ヒューズ

過電流、短絡電流が流れたときに遮断。

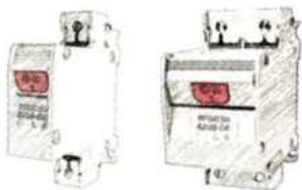
ブレーカ



配線用遮断機



漏電遮断機



サーキットプロテクタ



ヒューズ

電線の種類

機器と機器の接続には、導線に被覆を施した絶縁電線を用いる

電線の分類として

単芯電線・ケーブル、固定用・可動用、信号用・電力用など
一本物を電線、複数まとめたものをケーブル（コードは電気配線用）
単線とより線があり、より線が軟らかい。単線は固定用
移動用ケーブルとしてキャブタイヤケーブル

許容電圧、許容電流があり、それを超えて使用してはいけない
（実際には安全を考慮し許容の1/3程度で使用する）。
定格電圧（許容電圧）としては600V、300V、100V、30Vなど



電線の種類

自動化装置で使用する電線は、規格化されている
規格の種類、JIS（日本）、UL（アメリカ）、DIN（ドイツ）

線の規格として

線の種類、被覆の外径・材質・色、通電部の断面積（直径）

日本の規格では

IV線、KIV線、KV線、VSF線など（定格電圧や用途で決まる）
線の太さは断面積や直径で表す 0.5sq、0.75sq、1.25sq・・・
制御信号用 KIV0.75（直流では青、交流では黄色）
動力用 KIV2

アメリカ規格では

UL1007、UL1015など
線の太さはAWG番号で示す
AWG20(≒0.5sq)、WG18(≒0.75sq)、AWG16(≒1.25sq)

端子の種類

線の端部（接続部）は適正な処理をする。
機器との接続方法として、端子台接続、コネクタ接続など

端子台と接続する場合、線の端部に圧着端子をつけることが多い。

圧着端子の種類

被覆/裸、Y端子/丸端子/タブ端子/棒端子



各種圧着端子

端子台

制御盤内の配線は、線端が正しく処理され（ほとんどは圧着端子）端子台やコネクタにより配線される。

圧着端子が圧着された線や被覆を除去した線は、端子台を介して各機器に接続される。
配線の固定はねじによるものが多いが、最近は被覆を除去した線を直接固定するスクリューレスタイプのももある。



ねじ式端子台

スクリューレス端子台

DINレール

配線機器などを容易に固定する方法をして、レールに固定する方法がある。使われるレールは、ほとんどがDIN規格のDINレールである。

制御機器、配線機器の多くはDINレールに接続可能なものが多く、DINレールを制御盤に固定することで、各種機器をDINレールを介して制御盤に固定することができる。



DINレール および 各種DINレール接続機器

配電機材

その他の配電機材として以下のものがある

MILコネクタ D-Subコネクタ プラスチックコネクタ

丸型コネクタ（MSコネクタ、NCSコネクタ、NJCコネクタ、DINコネクタ）

結束バンド ケーブルグラウンド 自在ブッシュ

ケーブルダクト スパイラルチューブ コルゲートチューブ

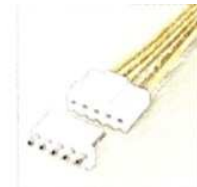
配電機材



MILコネクタ



D-Subコネクタ



プラスチックコネクタ



丸型コネクタ（MSコネクタ、NCSコネクタ、NJCコネクタ、DINコネクタ）

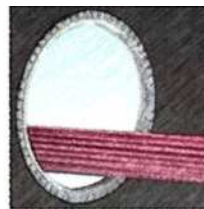
配電機材



結束バンド



ケーブルグラウンド



自在ブッシュ



ケーブルダクト



スパイラルチューブ



コルゲートチューブ

その他の機器

電源

安定化電源：非安定化電源に安定回路、保護回路などを加えたもの。
安定した電圧が得られるが高価。

非安定化電源：トランス、ダイオードブリッジ、コンデンサ、その他の部品で作られる。電源電圧の変化など、得られる電圧が安定しない。ACアダプターなど

ノイズフィルタ

交流電源に含まれるノイズを取り除く

冷却ファン

その他の機器



安定化電源



非安定化電源



ノイズフィルタ



冷却ファン

(3) 配線

制御盤での配線

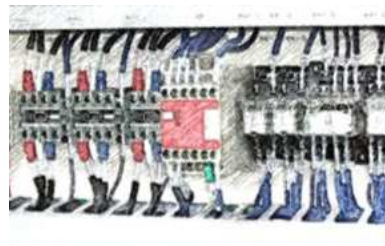
実際の制御盤で使用する配線機器として、以下のものが多く使われる。

制御線：KIV線 0.75～1.25sq
青（直流回路）または黄色（交流回路）

圧着端子：Y型裸圧着端子3-1.25など
絶縁チューブで絶縁

絶縁チューブにはマーカで
線の内容を印字する

「V24」「GND」「X14」
「Y21」「LS03」・・・



裸圧着端子の圧着方法

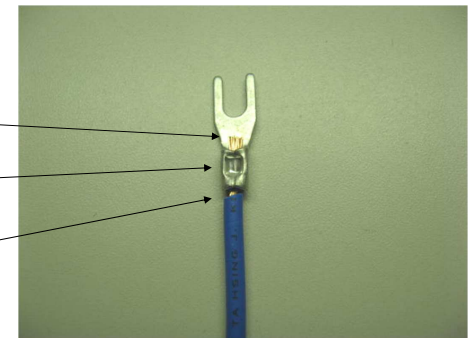
圧着の注意点

- ・被覆除去長さを適切にする
- ・正しい圧着ダイスを使う
- ・表側の中央に圧痕が残るようにする

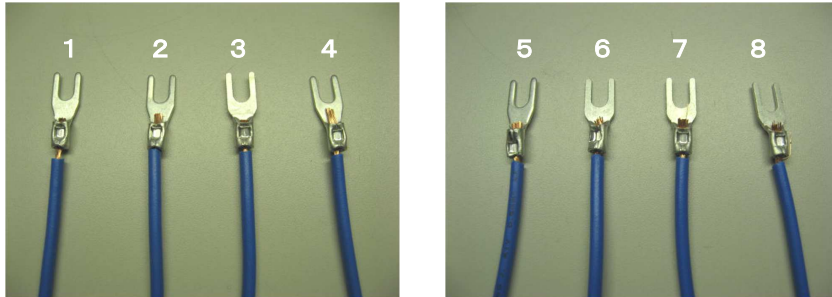
突出量が1～1.5mm

表側中央を圧着

隙間が0.5～1mm



裸圧着端子の圧着不良

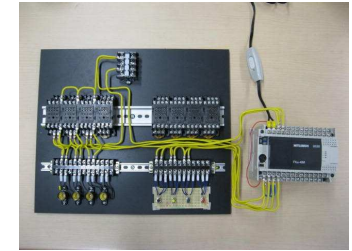


- 1 : すきま大、突出量小（被覆除去長さ良）
- 2 : すきま小、突出量良（被覆除去長さ短）
- 3 : すきま良、突出量小（被覆除去長さ短）
- 4 : すきま良、突出量大（被覆除去長さ長）
- 5 : 圧着位置ずれ（下方ずれ）
- 6 : 圧着位置ずれ（横方ずれ）
- 7 : 素線飛び出し
- 8 : 素線はみだし

配線の取り回し

配線を行う場合の注意点

- ・ 線の長さを適当に行う（長すぎたり短か過ぎたりしない）
- ・ 圧着端子から2cm程度は直線にする
- ・ 曲げる場合は直角に曲げる
- ・ 機器に触れたり、機器をまたいだりしない
- ・ 1か所の端子台ねじからは線は2本までにする
- ・ 2本の線を固定するときは、圧着端子を背面合わせにする
- ・ 圧着端子をねじの奥までしっかり挿入する。



6. 無接点シーケンス制御回路

（1）無接点シーケンス制御

無接点シーケンス制御

シーケンス制御はON/OFF信号を扱う2値制御であることから、同様に2値信号を扱うデジタルIC（ロジックIC）を使ってもシーケンス制御回路を組むことができる。

デジタルICは接点を持っていないことから無接点シーケンス制御と呼ばれる。

デジタルICとして、TTLICやC-MOS ICが使われる。



いずれのICも2値信号として電圧信号（H/L信号）を扱う。

接点ON→電圧H、 接点OFF→電圧L

TTL : L...DC0V / H...DC5V

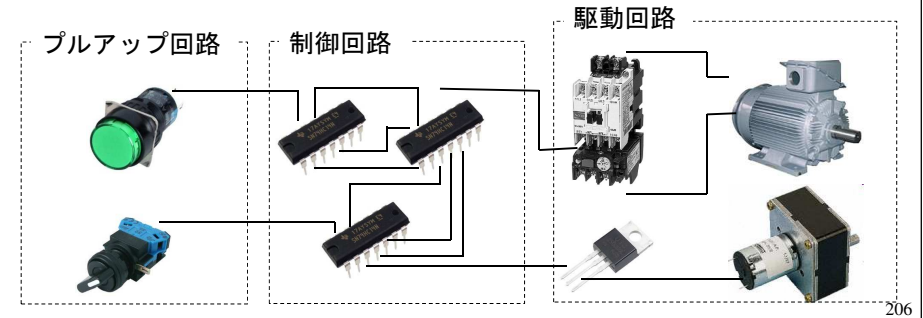
C-MOS IC : L...DC0V / H...DC3~18V（電源電圧によって異なる）

205

無接点シーケンス制御回路

無接点シーケンス制御は、以下の回路が必要になる

- ・ 入力機器の信号を電圧信号に変換する回路
プルアップ回路、電圧変換回路
- ・ 入力信号で出力信号を作る制御回路
NOT回路、OR回路、AND回路、Ex-OR回路
- ・ 出力信号で出力機器を駆動する回路
トランジスタ駆動回路など



206

有接点シーケンス制御との違い

有接点シーケンス制御（リレーシーケンス制御）との違いとして、

メリット

- ・ 寿命が長い
- ・ 信頼性が高い
- ・ 動作が速い
- ・ 安価
- ・ 小型化が可能
- ・ 消費電力が少ない

デメリット

- ・ 電氣的ノイズに弱い
- ・ 耐電圧が小さい
- ・ 温度変化に弱い
- ・ 別途安定化電源が必要

207

（2）制御回路

208

2値制御の動作(回路)

2 値制御の論理動作（論理回路）として、ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路、Ex-OR回路などがある。

2 入力、1 出力の場合、それぞれの動作は以下の真理値表のようになる。

In1	In2	On	Not	And	Or	Ex-Or
0	0	0	1	0	0	0
0	1	0	1	0	1	1
1	0	1	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	0

なお、On回路、Not回路はそれぞれIn1に対応

209

論理回路の図記号および論理式

各論理回路の図記号として、Mil図記号が広く一般的に使われる（2 入力の場合。入力X1、X2 出力Y）。また、入力と出力の関係を式表すこともある（論理式）

ON回路

NOT回路

AND回路

OR回路

Ex-OR回路

210

有接点制御回路との対応

有接点回路と論理回路の対応

ON回路

NOT回路

AND回路

OR回路

Ex-OR回路

211

有接点制御回路と無接点制御回路

有接点制御回路から無接点制御回路への変換

有接点制御回路

無接点制御回路



212

(3) ブール代数

213

ブール代数

論理回路を数式を使い数学的に扱うことができる。
このような演算を論理代数（ブール代数）と言い、この演算式を論理式という。

論理代数では、取り得る値は0と1しかない
論理演算として、論理和（+）、論理積（ $\cdot$ ）、否定（ $\neg$ ）を用いる。

Or回路	・ ・ ・ ・ 論理和	$X1 + X2 = Y$
And回路	・ ・ ・ ・ 論理積	$X1 \cdot X2 = Y$
Not回路	・ ・ ・ ・ 否定	$\overline{X1} = Y$

214

ブール代数

ブール代数の公理

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

ここから

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

交換法則

$$A \cdot B = B \cdot A \quad A + B = B + A$$

分配法則

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

ドモルガンの法則

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

215

ブール代数

論理回路を数式を使って表すと、1は導通を0は絶縁を意味する。

AND回路（論理積）

OR回路（論理和）

NOT回路（否定）

216

おわり

以上　ここまで