

4. PLCによる制御

96

(1) PLCの基本

97

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るよい。



98

PLCの要素（復習）

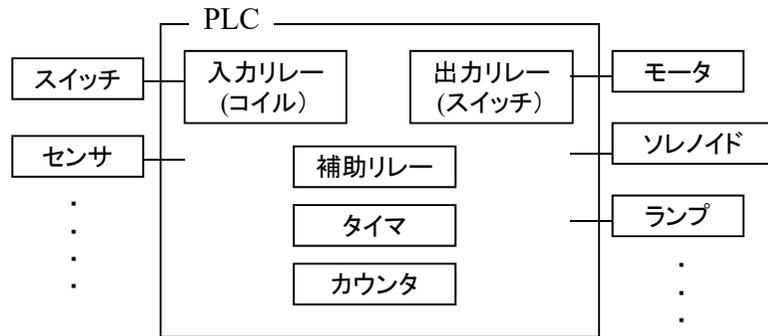
PLC内部に用意されている主な制御要素（デバイス）

- 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

99

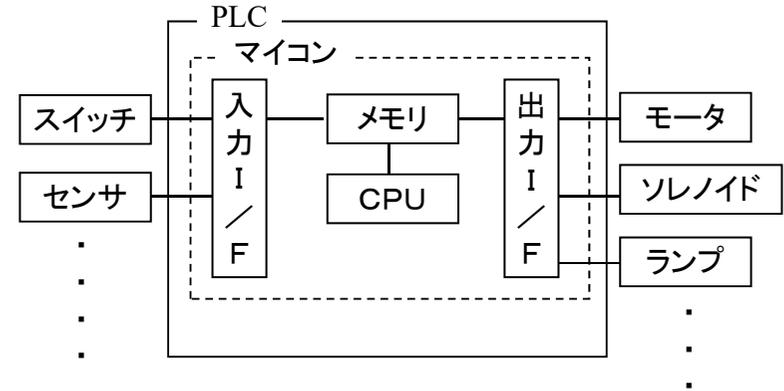
PLCの内部構造（復習）

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



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。



PLCの内部構造

メモリーには、様々なデータが格納される

- 入力レール、出力レール、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
		2	OUT Y0
		⋮	⋮
		⋮	⋮
データ領域	データ領域	X0~X7	00...0110101
		Y0~Y7	00...1100001
		T0	00...0001111
		⋮	⋮

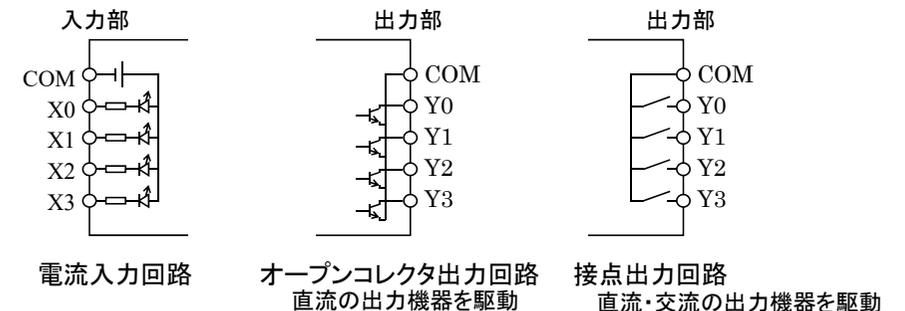
プログラムは、上の行から順番に実行する。

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。

PLCの入出力

PLCは入力機器のON/OFFを入力（検出）する
 入出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
 出出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



PLCの入力回路

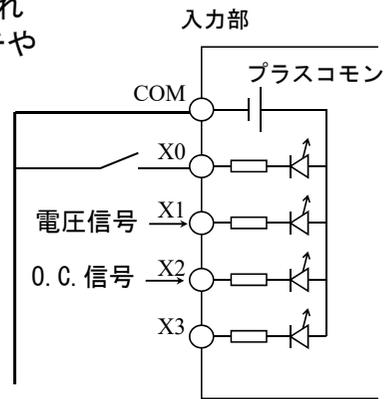
PLCの入力回路は、内部のフォトカプラのLEDを点灯させればよい（5～20mAの電流を流せばよい）。

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

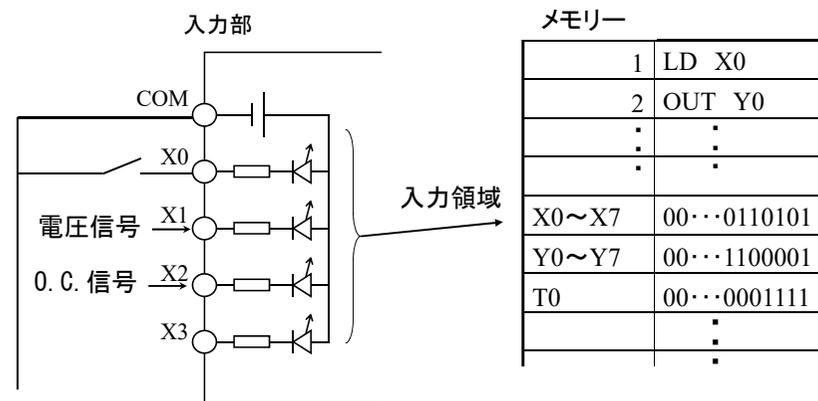
ヨーロッパでは安全性を考慮し、マイナスコモン回路が使われる



104

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。



105

PLCの出力回路(O.C.出力)

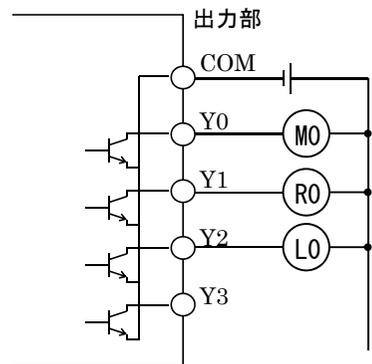
PLCのO.C.出力回路は、出力用トランジスタがON/OFFするので、エミッタ接地回路を組み、直流出力機器を駆動させる。

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。



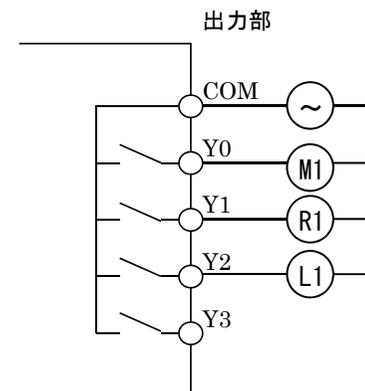
106

PLCの出力回路(接点出力)

PLCの出力回路は、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力している。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

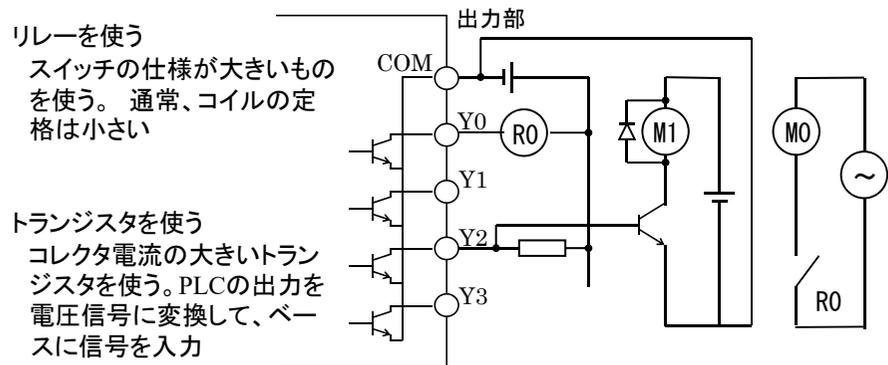
機械式接点のため、高速パルス信号を出力することはできない。



107

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。



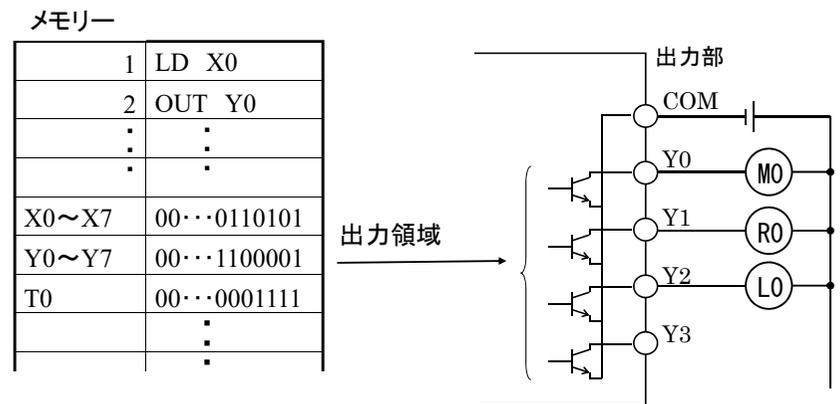
リレーを使う
スイッチの仕様が大きいものを使う。通常、コイルの定格は小さい

トランジスタを使う
コレクタ電流の大きいトランジスタを使う。PLCの出力を電圧信号に変換して、ベースに信号を入力

108

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ー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。



109

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。

110

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

111

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

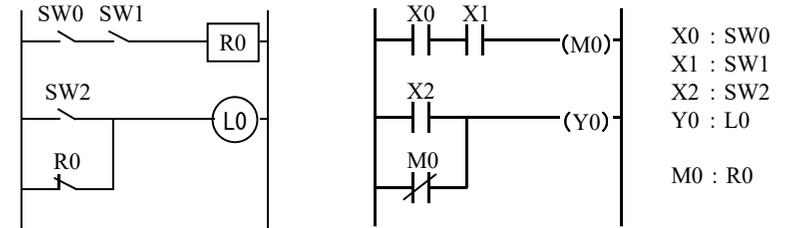
設計された制御プログラムはパソコンによって作成される



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。



リレー回路

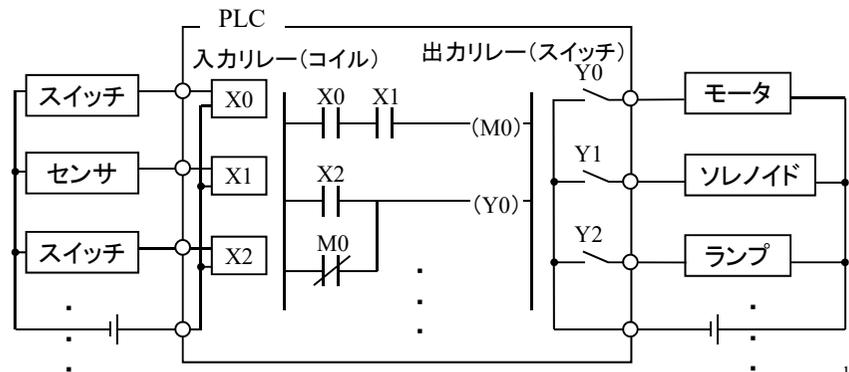
ラダー図

X0 : SW0
X1 : SW1
X2 : SW2
Y0 : L0
M0 : R0

ラダープログラムのイメージ

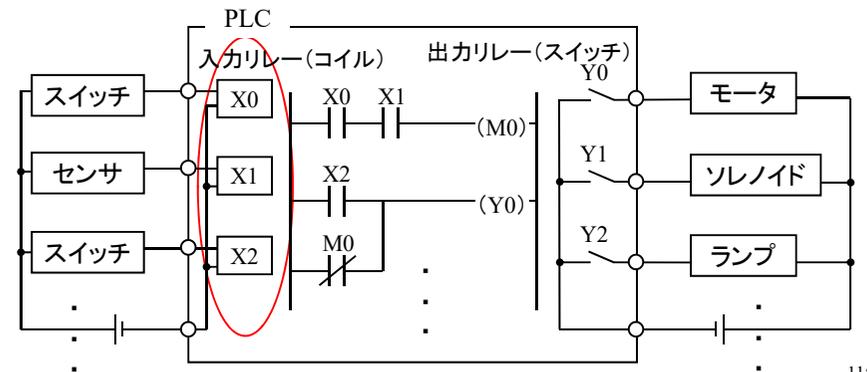
ラダー言語のシンボルを使い、パソコン画面上で入力リレーのスイッチや、内部補助リレー、タイマ、カウンタなどを使って制御回路を組む。

* 入力リレーのコイルは、実際にはLED&抵抗器



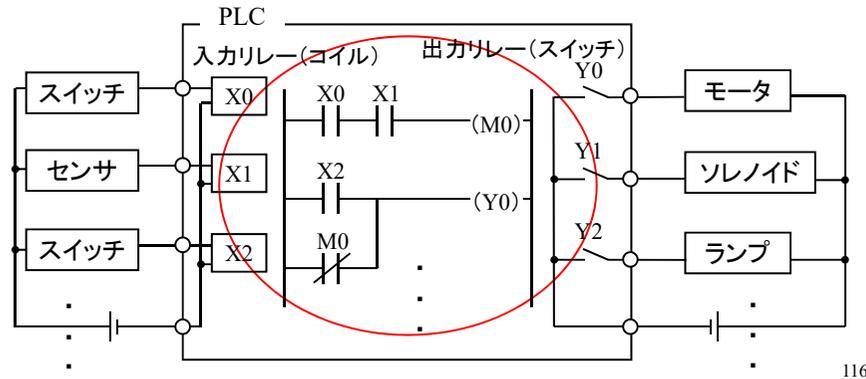
ラダープログラムのイメージ

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。



ラダープログラムのイメージ

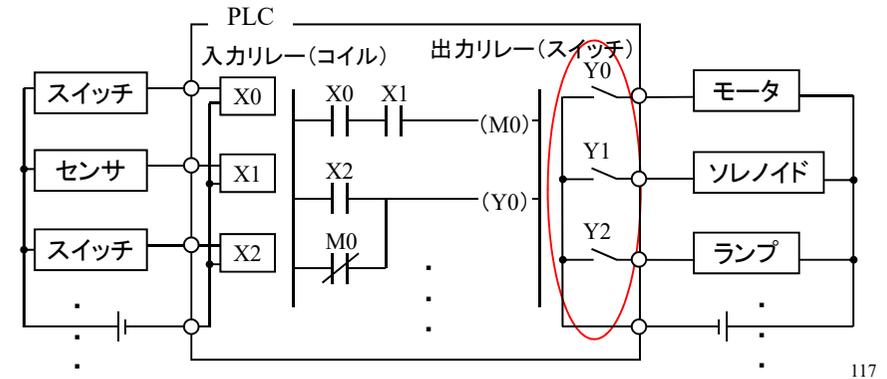
- 2) 入力リレーのスイッチ、内部補助リレー (M)、タイマ (T)、カウンタ (C)、出力リレー (Y) のスイッチなどを使い、制御回路 (プログラム) を組む。



116

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。



117

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。
- 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。
- 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。

118

L D 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)

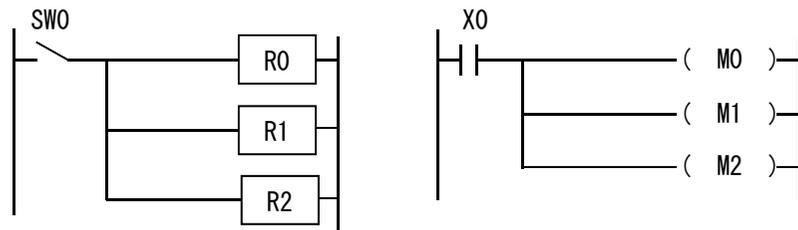
119

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。

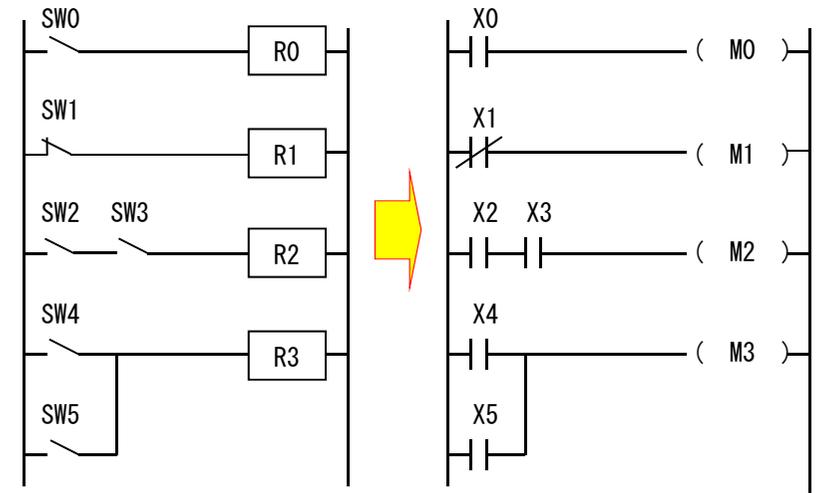
* 実際はリレースイッチやタイマスイッチの動作速度の違いにより、必ずしも同時に動作するとは限らない。

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。



120

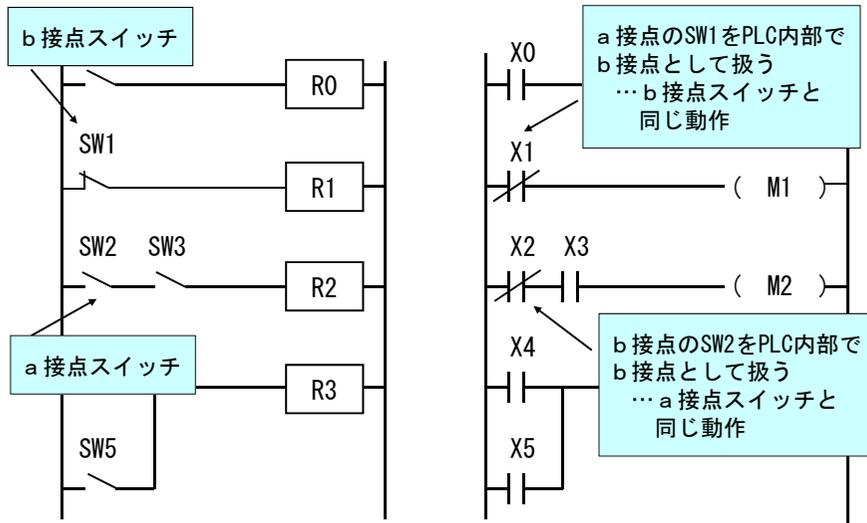
論理回路(ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路)



ON回路・NOT回路・AND回路・OR回路

121

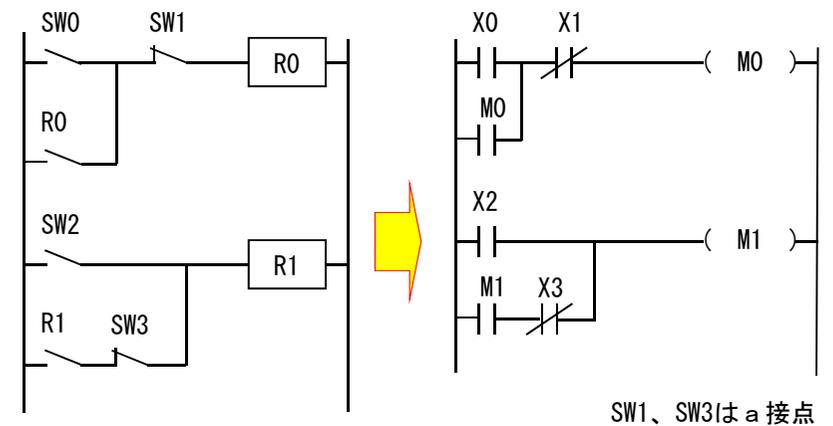
論理回路(ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路)



ON回路・NOT回路・AND回路・OR回路

122

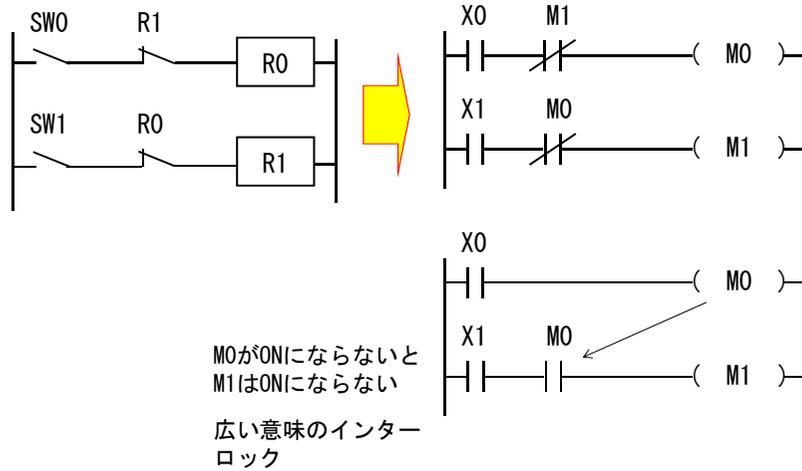
組み合わせ回路(自己保持回路)



自己保持回路(復帰優先、動作優先)

123

組み合わせ回路(インターロック回路)

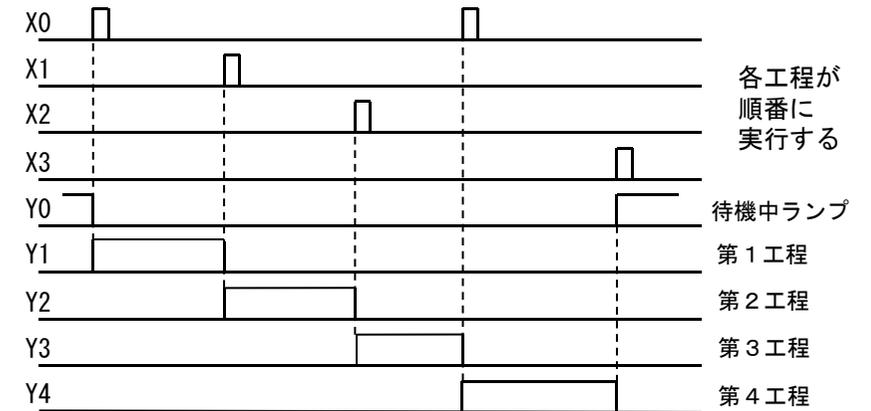


インターロック回路

124

組み合わせ回路(順序動作回路)

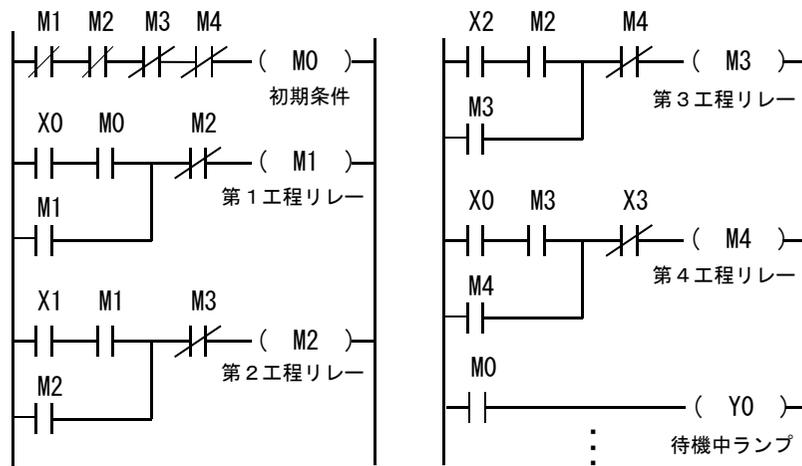
順序動作回路のタイムチャート



順序動作回路

125

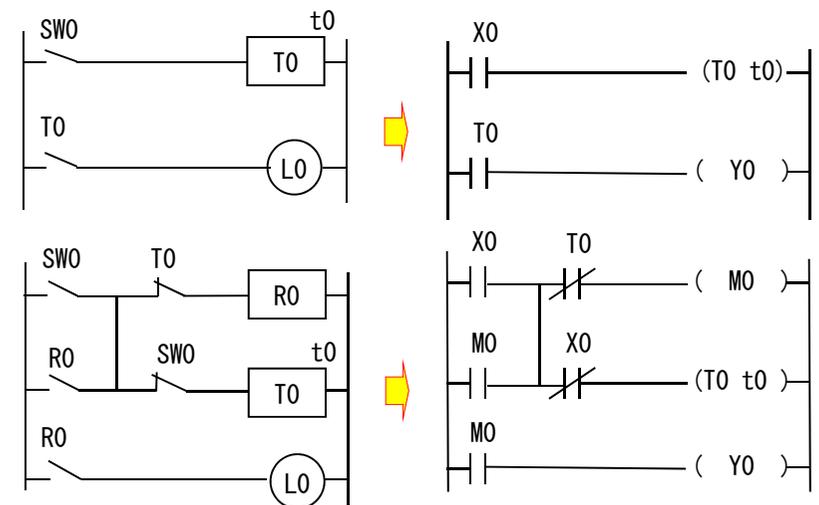
組み合わせ回路(順序動作回路)



順序動作回路

126

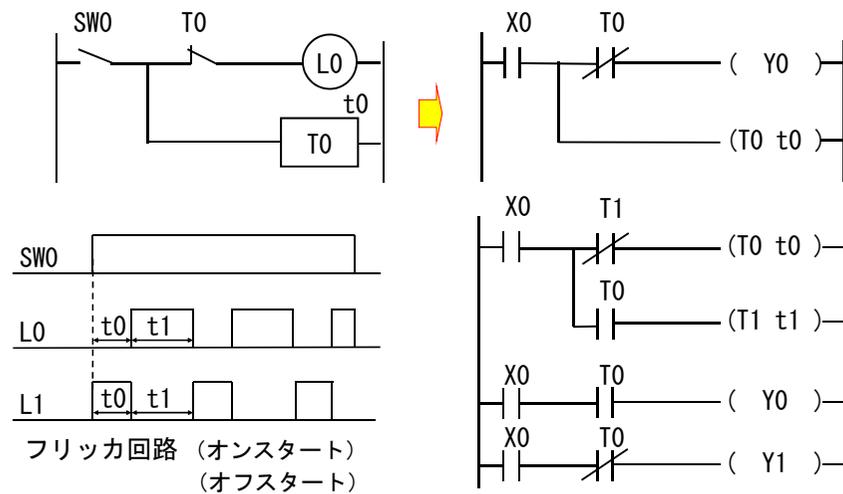
タイマ回路(オンディレイタイマ、オフディレイタイマ)



オンディレイタイマ回路、オフディレイタイマ回路

127

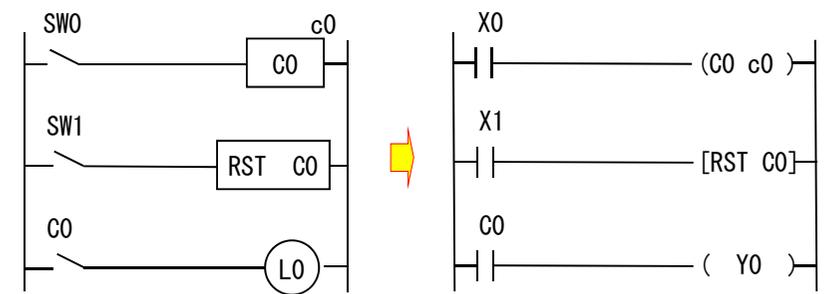
タイマ回路(インターバル回路、フリッカ回路)



インターバル回路、フリッカ回路

128

カウンタ回路

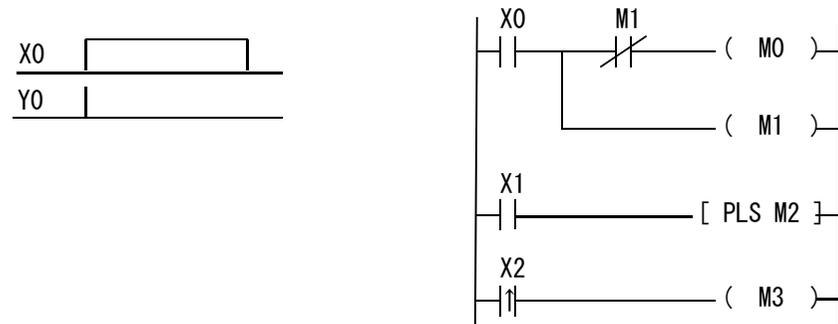


カウンタ回路

129

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



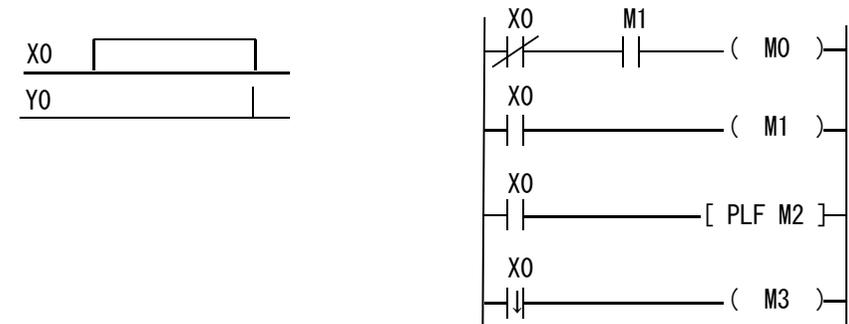
M0またはM2またはM3が立ち上がりパルス
どの方法でもよい

立ち上がりパルス回路

130

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



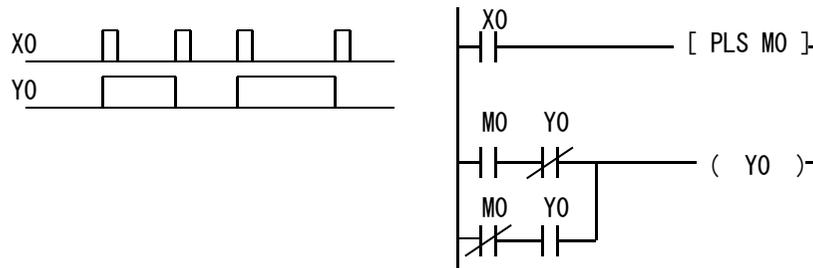
M0またはM2またはM3が立下りパルス
どの方法でもよい

立ち下がりパルス回路

131

組み合わせ回路(オルタネート回路)

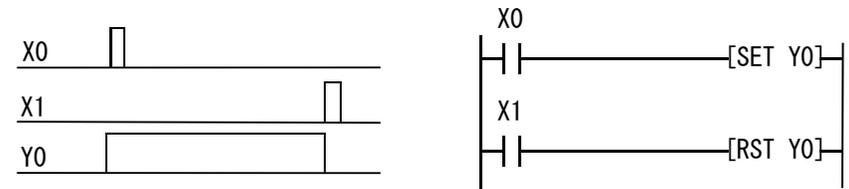
入力信号がONになる毎に出力はON/OFFする



オルタネート回路

132

SET命令、RSET命令

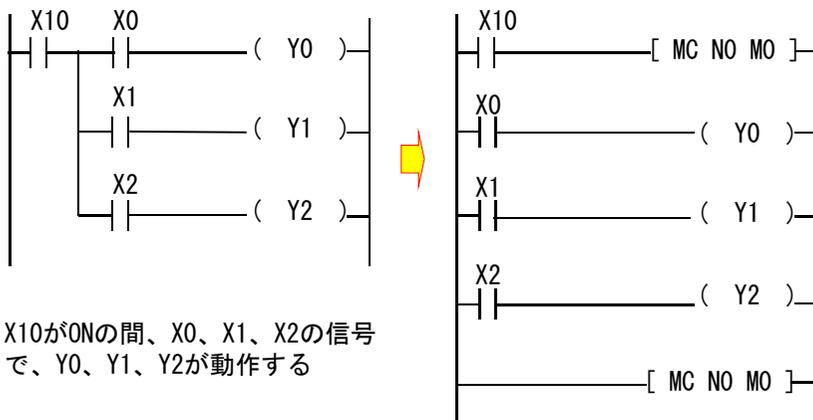


SET命令、RST命令で自己保持回路と同じような動作をさせることができるが、全く同じ回路ではないので、使用する場合はその違いを理解し、十分に注意する

SET命令、RST命令

133

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

134

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。

135

(2) PLCの応用

136

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

137

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）

138

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

139

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進化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

140

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

141

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。

142

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	ユーザが使用するデータ

143

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		

144

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

145

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。

146

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
⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮

147

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
⋮	⋮

148

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					-	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					ェ	コ	ハ	レ
	B	VT	ESC	+	;	K	[	k	{					ォ	サ	ヒ	ロ
	C	FF	FS	<	L	¥	l	|						ャ	シ	フ	リ
	D	CR	GS	-	=	M	]	m	}					ュ	ス	ヘ	ン
	E	SO	RS	.	>	N	^	n	~					ョ	セ	ホ	ッ
	F	SI	US	/	?	O	_	o	DEL					ッ	ソ	マ	・

149

様々なデータの処理

ユーザが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

150

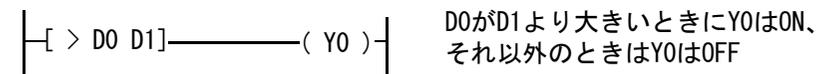
接点比較

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

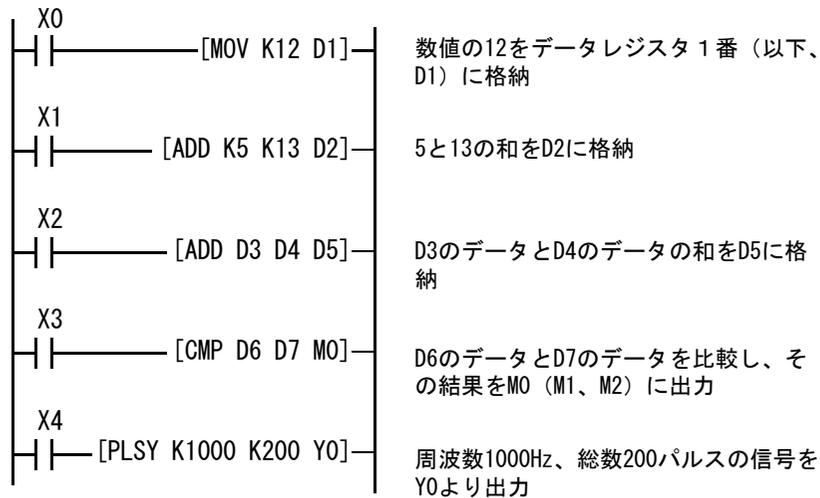
- D0 = D1 D0とD1が等しいときに出力ON
- D0 <> D1 D0とD1が等しくないときに出力ON
- D0 > D1 D0がD1より大きいときに出力ON
- D0 < D1 D0がD1より小さい(D0はD1未満)ときに出力ON
- D0 >= D1 D0がD1以上のときに出力ON
- D0 <= D1 D0がD1以下のときに出力ON

ラダープログラムの記述として



151

応用命令の使用例



152

(3) PLCの拡張機能

153

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

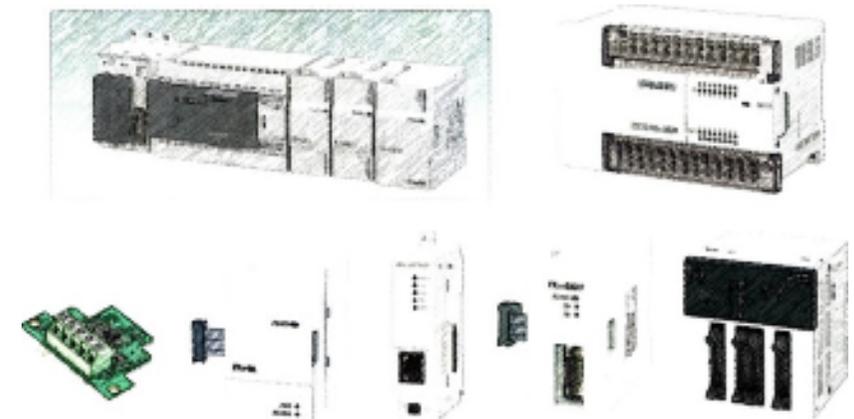
データリンク・通信

他の機器とのデータ送受信、自動計測

154

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

156

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ーで、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。



157

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。

158

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

159

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）

160

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

161

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）

162