

1. 目的

- (1) プログラマブルコントローラ（以下 PC と表記）の原理および取り扱い方法を学ぶ。
- (2) ハンディプログラミングパネル（以下 HPP と表記）の取り扱い方法を学ぶ。
- (3) 基礎的なシーケンス制御システムのプログラミング、動作の確認を行うことによりシーケンス設計の基礎を学ぶ。

2. 実験原理

2-1. PC 制御システムの構成

入力機器は、PC へ入力信号を送る機器で人が操作、指令を出す各操作スイッチ及び状態を検出する位置スイッチや近接スイッチなどがある。出力機器は、PC の制御対象の電動機、リレーやバルブならびに、状態を知らせるためのランプ、ブザーやベルがある。PC とは「入力部分を介して各種装置を制御するものであり、プログラマブルな命令を記憶するためのメモリを内蔵した電子装置」と定義されており、入力部、出力部、演算部及びメモリ部で構成されたシーケンス専用のコンピュータである。

その他の機器には、プログラムの作成屋 PC への書き込みを行う HPP、パソコンがある。

2-2. シーケンスプログラム

PC のプログラミング方式にはラダー図方式、フローチャート方式、ステップラダー方式、SFC (Sequential Function Chart) 方式があるが、ここではラダー図方式について説明をする。

ラダー図方式のプログラムは、1 週目に学んだ有接点リレー回路に類似したシーケンス専用のプログラムであるが以下の通り若干の相違がある。

- (1) 有接点リレーの一個の接点数は有限であるが、PC シーケンスのリレー接点は無限に使用可能である。
- (2) 一個のリレーコイル (OUT**) は一回のみ使用可能（二重出力禁止）である。
- (3) リレーコイルの右側には接点を書かない。

3. 使用機器

以下に実験で使用した機器を表 1 としてまとめておく。

表 1 使用機器

名称	製造者	型式	定格
PC制御実験装置	———	———	———
シーケンサ	MITUBISHI	FXLS-14MR	AC85～264V
PC実験装置	———	———	———
HPP	MITSUBISHI	FX-10P	———

4. 結線図

結線図を示す。

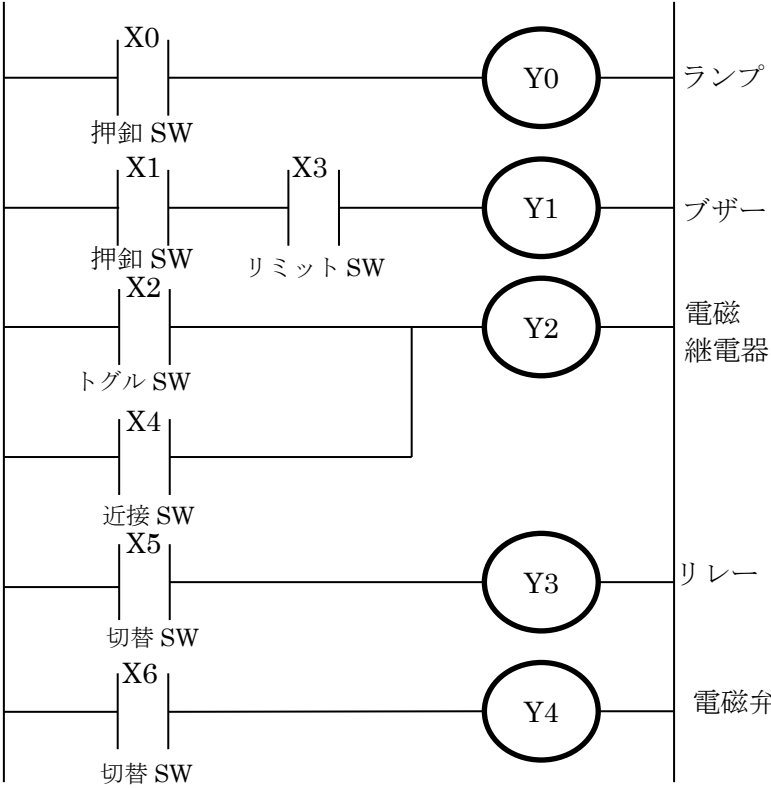


図 1 ラダー図

5. 実験の順序

実験 1

- (1) 入出力機器の「表 2 I/O 割付表」を作成する。

表 2 I/O 割付表

PCリレー	入力機器	PCリレー	出力機器
X0	押釦スイッチ	Y0	ランプ
X1	押釦スイッチ	Y1	ブザー
X2	ドグルスイッチ	Y2	電磁接触子
X3	リミットスイッチ	Y3	リレー(モータ)
X4	近接スイッチ	Y4	電磁弁
X5	切替スイッチ左	Y5	———
X6	切替スイッチ右	———	———
X7	———	———	———

- (2) 図 1 のようにラダー図を作成する。
 (3) ラダー図に基づき表 3 のリストプログラムを作成する。

表 3 リストプログラム

ステップ	命令語	デバイス	ステップ	命令語	デバイス
0	LD	X0	7	OUT	Y2
1	OUT	Y0	8	LD	X5
2	LD	X1	9	OUT	Y3
3	AND	X3	10	LD	X6
4	OUT	Y1	11	OUT	Y4
5	LD	X2	12	END	———
6	OR	X4	13	———	———

- (4) 機器を接続する。
- ① PC 実験装置と PC 制御装置の入力プラグ（赤）および出力プラグ（黄）をそれぞれ接続する。
 - ② PC 上部のコネクタカバーを開け、専用ケーブルで PC と HPP を接続する。
 - ③ PC の「RUN・STOP」スイッチ（以下 SW と表記）を STOP 側にする。
 - ④ 電源（AC100V）を接続し、ブレーカを ON にする。
- (5) プログラムを PC に書き込む。
- ① オンラインを選択：GO
 - ② 書き込みモード選択：書込（W 表示）
 - ③ プログラムのオールクリア：NOP/A/GO/GO
 - ④ 表 3 のプログラム書込み：LO/X/0/GO→OUT/Y/0/GO→以下ステップ 12 の END/GO までキー入力する。
 - ⑤ 入力プログラムの確認：読出/ステップ/0/GO でステップ 0 を読出し、↓で各ステップのプログラムを確認する。
 - ⑥ プログラムの変更、修正：該当する命令またはステップを読み出す。
 読出/AND/X/3/GO または読出/ステップ/3/GO
 (a)削除方法：削除を押し(D が表示)、GO
 (b)挿入方法：挿入を押し(I が表示)、正しい命令を入力
 (c)書換方法：書換を押し(W が表示)、正しい命令を入力
- (6) 動作を確認する。

- ① PC の「**RAN・STOP**」SW を **RUN** にする。
 - ② PC 実験装置の各入力 SW を操作し、出力の状態を確認する。
- (7) 実験結果の記入をする。

実験 2：PC 制御実験装置によるシーケンス制御

(1) 機器の接続

- ① PC 実験装置と PC 制御装置の入力プラグ（赤）および出力プラグ（黄）をそれぞれ接続する。
 - ② PC 上部のコネクタカバーを開け、専用ケーブルで PC と HPP を接続する。
 - ③ PC の「**RUN・STOP**」スイッチ（以下 SW と表記）を **STOP** 側にする。
 - ④ 電源（AC100V）を接続し、ブレーカを **ON** にする。
- (2) 下記の実験課題のシーケンスプログラムを検討し、I/O 割付表、ラダー図、リストプログラムを作成する。
- (3) PC にプログラムを書き込む。
- (4) 割り当てた入力機器を操作して出力状況を確認する。尚、今回の実験では出力機器は接続されていないので代用として、PC の出力ランプの点灯状態で確認する。

実験課題

(1) 基本シーケンス命令回路—1

OUT：コイル駆動命令（処理の結果を出力する命令）

注）同一デバイス番号の **OUT** 命令は一度しか使用できない。

END:プログラムの終了命令(PC は最初のアドレスに戻り再び演算を繰り返す。)

LD :プログラムの終了命令（a 接点：常開接点）

LDI :論理非定演算開始命令

課題システム

- ① トグル SW (SW0-X0) の入 (ON) →切 (OFF) により、PC ランプ (No.0-Y0) は点灯 (ON) →消灯 (OFF) し、逆に PC ランプ (No.1-Y1) は消灯 (OFF) →点灯 (ON) する。
 - ② 同様にトグル SW (SW1-X1) の入 (ON) →切 (OFF) により、PC ランプ (No.2-Y2) と (No.3-Y3) は点灯 (ON) →消灯 (OFF) し、逆に PC ランプ (No.04-Y4) と (No.5-Y5) は消灯 (OFF) →点灯 (ON) する。
- (2) 基本シーケンス命令回路—2

AND：論理積（a 接点直列接続）命令

ANI：論理積否定（b 接点直列接続）命令

課題システム

- ① PC ランプ (No.0-Y0) はトグル SW (SW0-X0) と (SW1-X1) が同時に ON したときのみ点灯する。逆に、PC ランプ (No.1-Y1) はトグル SW (SW0-X0) と (SW1-X1) が同時に OFF したときのみ点灯する。
 - ② PC ランプ (No.2-Y2) はトグル SW (SW2-X2) と (SW3-X3) が同時に ON したときのみ点灯し、PC ランプ (No.3-Y3) はトグル SW (SW2-X2) と (SW3-X3) が同時に OFF したときのみ点灯する。
 - ③ PC ランプ (No.4-Y4) はトグル SW (SW2-X2) と (SW3-X3) と (SW4-X4) が同時に OFF したときのみ点灯し、PC ランプ (No.5-Y5) はトグル SW (SW2-X2) と (SW3-X3) が同時に OFF したときのみ点灯する。
- (3) 基本シーケンス命令回路—3
- OR** :論理和（a 接点並列接続）命令
- ORI** :論理和否定（b 接点並列接続）命令
- 課題システム

- ① PC ランプ(No.0)はトグル SW(SW0)または(SW1)が ON のとき点灯する。
逆に、PC ランプ(No.2)、(No.3)はトグル SW(SW0)または(SW1)が OFF した時に点灯する。
 - ② PC ランプ(No.2)、(No.3)はトグル SW(SW2)、(SW3)、(SW4)のいずれかが ON したとき点灯する。PC ランプ(No.4)、(No.5)はトグル SW(SW2)、(SW3)、(SW4)のいずれかが OFF した時に点灯する。
- (4) 基本シーケンス命令回路－4
- ANB：並列回路ブロックの直列接続命令
ORB：直列回路ブロックの並列接続命令
- 課題システム
- ① PC ランプ(No.0)はトグル SW(SW0)または(SW1)が ON し、且つ(SW2)または(SW3)が ON したとき点灯する。
 - ② PC ランプ(No.1)はトグル SW(SW0)と(SW1)が同時に ON したとき、または(SW2)と(SW3)が同時に ON したとき点灯する。
- (5) カウンタ回路とタイマ
- カウンタ回路の入力方法
RST/C/0：カウンタ 0 番をリセットする命令。
OUT/C/0/SP/K/1/0：カウンタ 0 番を 10 回にする命令（K は 10 進数を示す。）
- タイマ回路の入力方法
OUT/T/0/SP/K/1/0：タイマ 0 番を 1 秒に設定する命令
(T0～T62 は 0.1 秒タイマであるので 1 秒は K10 と入力する。)
- 課題システム
- ① トグル SW (SW0) でカウンタ 0 をリセットする。
 - ② トグル SW (SW1) を (学籍番号末尾数+1) 回 ON すると PC ランプ (No.0) が点灯する。
 - ③ トグル SW (SW2) を ON すると (学籍番号末尾数+1) 秒後に PC ランプ (No.1) が点灯し、PC ランプ (No..2) が消灯する。(タイマは T0 を使う)
- (6) 自己保持回路と SET RST 命令回路
- SET：動作保持出力命令
RST：動作保持解除命令
- 課題システム
- ① 押しボタン SW (PSa0) を押すと PC ランプ (No.0) が点灯し、押しボタン SW (PSa1) を押すと PC ランプ (No.0) が消灯する。——SET 命令を使用
 - ② 押しボタン SW (PSa2) を押すと PC ランプ (No.1) が点灯し、押しボタン SW (PSa3) を押すと PC ランプ (No.1) が消灯する。——SET 命令を使用しない自己保持回路とする。
- (7) インターロック回路
- 課題システム
- ① PC ランプ(No.0)は、押しボタン SW (PSa0) を押すと点灯し、押しボタン SW (PSa2) を押すと消灯する。ただし PC ランプ (No.1) が点灯中では点灯できない。
 - ② PC ランプ(No.1)は、押しボタン SW (PSa1) を押すと点灯し、押しボタン SW (PSa3) を押すと消灯する。ただし PC ランプ (No.0) が点灯中では点灯できない。
- (8) タイマ応用命令
- 課題システム

- ① オフディレイタイマ：PC ランプ（No.0）は、押ボタン SW（PSa0）を押すと点灯し、押ボタン SW（PSa1）を押すと学籍番号末尾数+1 秒後に消灯する。（タイマは（T0）、停止情報として内部リレー（M0）を使用する。）
- ② オン・オフディレイタイマ：PC ランプ（No.1）は、押ボタン SW（PSa2）を押すと学籍番号末尾数+1 秒後に点灯し、押ボタン SW（PSa3）を押すと学籍番号末尾数+3 秒後に消灯する。（タイマは（T1）（T2）を、始動、停止情報として内部リレー（M1）（M2）を使用する。）
- ③ フリッカ（点滅）回路：トグル SW（SW4）を ON すると PC ランプ（No.2）は、2 秒点灯→4 秒消灯を繰り返し、トグル SW（SW4）を OFF すると停止する。（タイマは（T3）（T4）を使用する。）

6. 実験結果

実験 1 の実験結果

PC 実験装置を用いた実験 1 の結果を表 4 に示す。

つかないときが 0、ついたときが 1

表 4 PC 実験装置を使用した際の真理値表

入力	出力	入力			出力	入力			出力
X0	Y0	X3	X1	Y1		X4	X2	Y2	
押釦SW	ランプ	リミットSW	押釦SW	ブザー		近接SW	トグルSW	電磁継電器	
0	0	0	0	0		0	0	0	
1	1	0	1	0		0	1	1	
		1	0	0		1	0	1	
		1	1	1		1	1	1	
		入力		出力			入力		出力
		X6	X5	Y3			Y4		
		切替SW	切替SW	リレー			電磁弁		
		1	0	0			0		
		0	1	1			1		

実験 2 の実験結果

紙に書いたやつ 4 枚をはさむ。

7. 考察・課題

課題

- (1) PC実験装置に使用されている入出力機器(モーメンタリSW、オルタネートSW、近接SW、切替えSW、リミットSW、電磁弁)の動作を説明する

モーメンタリ SW : モーメンタリ SW は自動復帰型の SW であり、押しボタンを押し続けている間だけ動作状態を維持している。

オルタネート SW : 残留動作型(保持型)の SW であり、押しボタンを押すと押したままの状態を維持する。そして、再度ボタンを押すと元の状態に戻る。

近接 SW : SW に触れる直前に SW 側の検出部分に発生している磁界の変化を検出し動作を行うスイッチである。このため、SW に触れることなく動作を行う。

切替え SW : SW を左右どちらかにまわすことにより、その位置を保ち続ける。そのため、片方は開き、片方は閉じた状態を維持する。それを戻す為には、SW を逆の方向へまわさなければならぬ。

リミット SW : 内蔵 SW を外部から保護密閉したものである。そのため、内部 SW を作動させるために、外部からの力を伝達させるアクチュエータ部がついている。動作はモーメンタリ SW の動作を行う。

電磁弁 : 電磁石とバルブを機械的に連動させ、電磁石のコイルに電流を流すと弁が開閉動作をするものである。そのため、実験では SW を入れることにより、弁が開く動作を行った。

- (2) 基本シーケンス命令回路1~4の出力Y0とY1の動作について考察を行う。

① 基本シーケンス命令回路 1

SW0 が不動作の場合、Y0 は動作を行わず、Y1 は動作を行った。その逆に SW0 が動作したとき、Y0 は動作を行い、Y1 は動作を行わなかった。このことから、SW0 が Y0 と接続しているときは a 接点となり、Y1 と接続しているときは、b 接点となっている。このことから、リレー接点が複数でも良いことが分かり、有接点リレーとの違いがあると考えられる。

② 基本シーケンス命令回路 2

この回路では SW0、SW1 とともに Y0 と接続しているときに a 接点、Y1 と接続しているときに b 接点となっている。これより、SW0、SW1 を同時に ON しなければ Y0 は動作せず、また同時に OFF にしなければ、Y1 は動作をしない。このとき命令は AND を使用しており、直列に接続しているため、このように同時に押さなければ動作しないことがわかる。有接点リレーでは配線を直列につなげなければならず、配線の量が多くなってしまう。また、旋盤などの電動機に応用することにより、危険から回避できるのではと考えられる。

③ 基本シーケンス命令回路 3

ここでは命令文 OR を使用しており、並列回路となっている。そのため SW0、SW1 のどちらを作動させても Y0 は動作をし、Y1 も両方の SW を押さない限り動作を行う。このことから、どこのスイッチを押しても反応するので、エレベータなどに応用されるのではないかと考えられる。

④ 基本シーケンス命令回路 4

この回路では X0、X1 のどちらかが動作、尚且つ X2、X3 のどちらか一方が動作すれば Y0 は動作を行う。また、X0、X1 両方動作又は、X2、X3 が

両方動作をしなければ Y1 は動作を行わない。このことから、実際は Y1 を稼働しているときは Y0 は稼働せず、Y0 を稼働させたい時は Y1 が可動していない状況を作ることができる。これは、命令回路 2 よりもより危険から回避できる回路になっていることが考えられる。また、Y0 と Y1 を同時に動かしたり、片方を動かしたりと、より緻密な制御ができると考えられる。

- (3) 家電機器、産業機器などで下記のシーケンス回路が活用されている事例を具体的に説明せよ。(自己保持回路、ON ディレイタイマ、ON・OFF ディレイタイマ・インターロック回路、OFF ディレイタイマ、フリックタイマ)

① 自己保持回路

エレベータ：エレベータ内で押ボタン（1F）を押すとモータが動作をし、自己保持回路が動作する。そして 1F につくとその自己保持が解除される。

② ON ディレイタイマ

ベルトコンベアの自動運転：光電スイッチ ON してから設定時間後に、コンベアが自動停止する。

パソコン：電源 ON から一定時間が過ぎるとスリープモードに変わる。

③ ON・OFF ディレイタイマ

自動ドアの一定時間開閉：マイクロスイッチが ON してから、一定時間ドアを開閉し、マイクロスイッチが OFF してから、設定時間後にドアを閉める。

信号機：昼間青、黄、赤と一定時間によってランプの色を変えている。

エスカレータ：人が使用している状態を ON とし、人が使用していない場合、一定時間がすぎれば OFF となる。

④ インターロック回路

メリーゴーランド：スイッチを押すと設定時間まで動作をし、時間になれば動作を停止する。

レンジ：設定時間を設定しスイッチを押すと設定時間まで動作をし、時間になれば OFF になる。

⑤ OFF ディレイタイマ

自動洗浄装置の省エネ運転：設定時間以上に製品の感覚が開くと洗浄装置が停止する。

携帯：スイッチ ON 状態からある一定時間をすぎることにより OFF 状態とする。

⑥ フリックタイマ

製品の異常判別：製品異常を判別した時に、ランプを点灯させる。

噴水の自動制御：ある時間間隔で噴水の水を出したり止めたりを繰り返す。

スプリンクラー：設定した時間に水を撒き、一定時間が経てば停止する。

考察

基本シーケンス命令回路 1～4 では課題(2)より、有接点リレーと比較して、ラダー図を用いることにより配線がわかりやすく、制御も有接点での配線の接続ミスが無接点では抑えることができる。これは、応用で行われた実験 2(5)～(8)にも言えることである。

(6)の自己保持回路と SET RST 命令回路では PSb3 接点を使用せずに回路を組立て、尚且つ行いたい制御を行ってしまった。本来は PSb3 接点を使わなくてはならない。このことから、行わせたい制御にはいくつかのバリエーションがあることがわかる。これに続き(7)インターロック回路でも同じことを行っている。実験 2 の(6)(7)は課題(3)のように多くの機器に使用され、その中には危険な原動機なども存在する。そのため、命令を間違えることは危険に近づくことを意味すると考えられる。シーケンス制御は制御がしやすい、制御の方法がいくつもある反面、誤作動の確率も増える可能性があると考えられる。

8. 参考文献

図解電気の大百科 オーム社出版