

制 御 工 学 実 験 報 告 書

実験テーマ：(4) PLC によるシーケンス制御

実験日 : 令和 6 年 1 1 月 2 9 日
1 2 月 0 6 日

共同実験者 : 2 0 番 櫻井 蒼真
2 9 番 林 巧巳
3 7 番 森 健太郎

提出日 : 令和 6 年 1 2 月 1 3 日
再提出日 : 令和 年 月 日
再々提出日 : 令和 年 月 日

再々提出日： 令和 年 月 日

5 S 2 8 番
氏名 : 野口 史遠

[illegible]

(4) PLCによるシーケンス制御

1 シーケンス制御の基礎実習

1.1 実験目的

シーケンス制御とは、あらかじめ決められた順序または手続きに沿って制御の各段階を逐次進めていく制御方法のことで、例えば炊飯器の制御が該当する。炊飯器の場合は、予約設定から炊き上がりおよび時間を予約設定を行うまでの流れがあらかじめ決められており、一方向にしか制御は進まない。

ひとつの作業を終了することで、次の作業に移ることから、そのような制御方法を順序制御と呼ぶ。他に、時間によって作業を切り替える時間制御、あらかじめ決められた作業の中から現在の条件に見合う作業を選択する条件制御など、シーケンス制御の内部にして様々な制御方法が存在する。

- 順序制御の例：自動販売機
- 時間制御の例：信号機
- 条件制御の例：洗濯機

本実験では、FA システムを構築する前の準備訓練として、オムロン株式会社寄贈のベーシック FA キットを用いてシーケンス制御の基礎を学習することを目的とする。

1.2 実験装置の概要

本実験では、ベーシック FA キットを使用する。また、このベーシック FA キットには拡張パーツボックスが付いている。これらのパーツ（センサーやタイマー等）についての詳細は次章で述べる。

図 1.4 にベーシック FA キットの内部配線図を示す。FA キットの入力には AC 100 [V] とし、内部のパワーサプライによって DC 24 [V] に変換されている。よって、以降で使用するパーツ（センサーやタイマー等）は DC 24 [V] 駆動の製品である。

キット本体は主に、タイマの調整スイッチ、SW1～SW4 までの 4 つの押しボタンスイッチ、コンペア制御用の切り替えスイッチ、L1～L3 までの表示灯、およびコンペアで構成されている。ただし、SW4 だけスイッチの種類が違うことに注意すること。

次に、このベーシック FA キットの基本的な使用方法について、最も単純な使用例を挙げて説明する。例えば以下の手順に従い、SW1 を押せば L1 が点灯する機能を作ることにする。

1. まず、背面に入っているコネクタを接続し、クレータを上げる。
2. 次に「+24V 端子とスイッチ 1」、「スイッチ 1 と表示灯 1」そして「表示灯 1 と-V」を各ケーブルで接続する。
3. 最後に電源を入れスイッチ 1 を押せば表示灯 1 が点灯する。

なお、赤いリード線が +24V に対応することを推奨するが、配線の見直し時に便利のため、-V には青、それ以外は黄を使うことを推奨する。

1.3 シーケンス制御に必要な電子機器

本章では、シーケンス制御に必要な電子機器について述べる。ただし、これらの知識があるならば、本章を読み飛ばして次章に移っても差し支えない。

1.3.1 スイッチとリレー

本実験の基礎となるのはリレーシーケンス制御である。リレーを用いたシーケンス制御のことをリレーシーケンス制御と呼び、通常シーケンス制御といえばこれを意味する。リレーとは「電流によって制御可能なスイッチ」のことで、これを用いることで回路内の電流の進行方向を制御し、出力先を任意に設定することが可能である。

リレーの種類としては、有接点リレーと無接点リレーが挙げられる。有接点リレーは、主に電磁リレーのことを指し、電流によって磁力を生じさせてスイッチを ON/OFF させる。一方、無接点リレーは、ダイオード、トランジスタなどの半導体を用いて ON/OFF を行うものである。また、無接点リレーを用いた制御では論理演算を行うために論理シーケンス制御と呼ばれる。しかし、扱える電流・電圧の範囲が狭く、直接接続制御には不向きである。また、PLC が主流である現在では、回路の変更が容易でない、などの理由から利用される機会は少なくなっている。本実験でもリレーは基本的な有接点リレーを用いることにする。

a 接点スイッチ a 接点スイッチとはボタンを押しこむことで端子間が導通するスイッチのことであり、通常時は接続（開放）されている NO (Normally Open) 接点ともいわれる。ボタンを押している時だけ導通し、離せば接続されることに注意すること。

b 接点スイッチ b 接点スイッチとはボタンを押しこむことで端子間が絶縁するスイッチのことであり、通常時は導通している NC (Normally Close) 接点ともいわれる。ボタンを押している時だけ端子間は開放され、離せば導通することに注意すること。

c 接点スイッチ c 接点とは a 接点と b 接点の両方の特性を併せ持つスイッチである。通常は b 接点と COM (common), 押しこむことで a 接点と COM が導通することになる。リレーでは、この c 接点の機能を備えているものが多く用いられている。本実験で使用するリレーも c 接点を持っている。また実験で使用するマイクロスイッチも c 接点である。

リレー 電磁コイルに電流を流すことで磁界が発生し、可動鉄片に磁力がかかる。それによって、可動鉄片が b 接点から離れ、a 接点と切り替え接点 (COM) が導通する。また、電磁コイルに電流を流すことを止めると、伸ばされていたバネによる力で a 接点から離れ、元の b 接点と再び導通する。このようにリレーは、電流を流すことで ON/OFF (a 接点と b 接点の切り替え) が可能なスイッチの機能を持つ素子である。

リレーの端子において端子 9~12 が COM となっており、端子 1~4 が NC、端子 5~8 が NO の役割を持つ。端子 14 に +24V、端子 13 に -V を入力するとリレーが ON となり、COM と NO 端子が導通する。なお、リレーは接続端子が付いたソケットに挿入して用いることで配線が容易となる。

1.3.2 タイマ

タイマとは、設定した時間を作り、その設定時間後に内蔵スイッチ（リレー）を切り替える機器のことである。端子の配線についてはリレーと同様である。

また、本実験で使用するタイマ H3YN には側面に 4 つのディップスイッチが付いている。上 2 つのディップスイッ

チでタイマ時間の単位 (1s, 10s, 1min, 10min) を変更することができる。また下 2 つのディップスイッチで 4 つの動作モードが設定可能である。

1.3.3 カウンタ

カウンタとは数を数える機能を持った機器のことであり、設定値に達することで出力する機能を併せ持つ。各端子の役割が設定されており、6 番と 9 番が導通するとカウントアップ、6 番と 7 番が導通するとリセットとなる。また、3 番は COM の役割を持ち、設定値にカウント数が達すると NO の 4 番と導通、NC の 5 番が絶縁する。タイマ同様、側面のディップスイッチによって動作の設定が可能である。ただし、本実験では特に設定変更は必要ない。

1.4 近接センサ

近接センサとは、磁界や電界を利用して近づく金属に反応するセンサのことである。茶色のケーブルに 24 V、青色に 0 V を接続して動作させる。検知信号は、黒ケーブルから取り出せるが、負荷（例えば表示灯）の 0 V 側と接続して用いる。

1.4.1 光電センサ

光電センサとは、可視光線や赤外線などの光を利用するセンサであり、応答速度が速い、検出距離が長いなどの特徴を持つ。本実験で用意している光電センサには透過形、回帰反射形、拡散反射形の三種類がある。

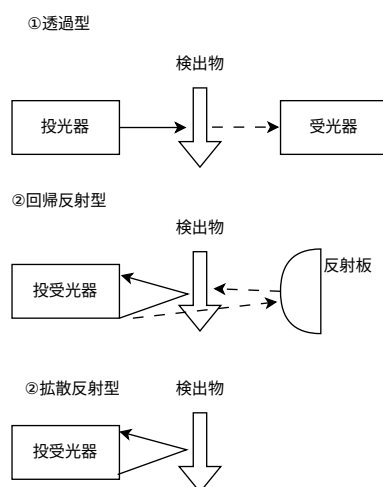


図 1.1 光電センサの種類

1.5 シーケンス制御の基礎理論・シーケンス回路図

本節では、シーケンス制御の基礎理論となるシーケンス回路図について述べる。ただし、シーケンス制御についての知識があるならば、次章の実験内容に移っても差し支えない。

シーケンス回路図は制御における論理回路を表すものであり、電気回路図とは異なっており、シーケンス回路図（あるいはリレー回路図など）と呼ばれる図面に対応する。シーケンス回路図の基本となるシンボルは、これに応じた装置の動作方法が存在することを留意すること。

ここで、コイルの記号について少し詳しく述べておく。リレーのコイルとは、リレーの動作電源となる端子 13, 14 番のことである。

また、タイマの出力はリレーと同様に接点やコイルを持っている。

1.5.1 例題によるシーケンス回路図解説

指導書図 1.22 にシーケンス回路図の例を示す。SW は押しボタンスイッチ、R はリレー、OUT は出力（例えば表示灯）を意味する。

この回路の動作は、SW を押すことでリレーのコイル（電磁リレーの場合）に電流が流れ、磁力に反応して a 接点が入り ON となり OUT に出力される。通常、電流は流れ続けるが、左側が開閉しない限り GND と考えスムーズな動作を行う。なお、図中の記号において接点は上が下、下が上と直線的に作動する。

1.5.2 シーケンス回路図における注意点

シーケンス回路図を作成する上で以下のことに注意が必要である。

- 出力、コイルの後には何も設置しない
- 出力、コイルを直列に設置しない
- 接点なしで直接出力しない
- 短絡させない

1.6 実験内容

本実験では、「シーケンス制御の基礎実習」を行う。以下に記載する実験 1-5 および、課題 1-1 から 1-7 までを実施する。なお、実験報告書ではなく、レポートには各課題のシーケンス回路図を書いて提出すること。ただし、本指導書では簡略化のためシーケンス回路図は JIS 規格に統一している。

1.6.1 実験 1-1 リレー

図 1.2 に示す回路で、リレーの接点の動きを確認せよ。ただし、リレーはソケットに装着し、ソケットは DIN レールに差し込むこと。

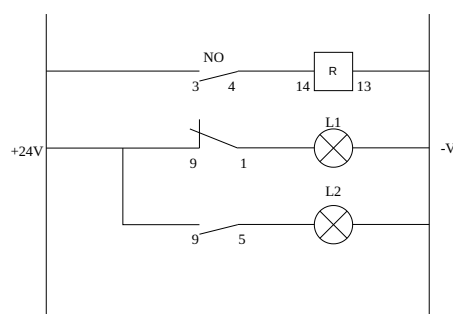


図 1.2 リレー

課題 1-1 自己保持回路 a 接点スイッチだけではスイッチを押したときに出力は OFF になってしまう。SW1 を ON するとランプが点灯し、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

ヒント: SW1 は a 接点、SW2 は b 接点である。リレーを用いる。

1.6.2 実験 1-2 タイマ回路

図 1.3 に示す回路で、電源を入れてからランプが点灯するまでの時間を計測し、タイマ（型番: H3YN）の動作確認を行いなさい。ただし、タイマはソケットに装着し、タイマ側面のモードをオンディレイに設定し、TIME RANGE は 10s とする。ディップスイッチはマイナスイニシャライズで設定すること。また、TIME RANGE を 10s と変更し動作確認を行いなさい。なお、設定時間は任意、自己保持せずにスイッチは押し続けてよいものとする。

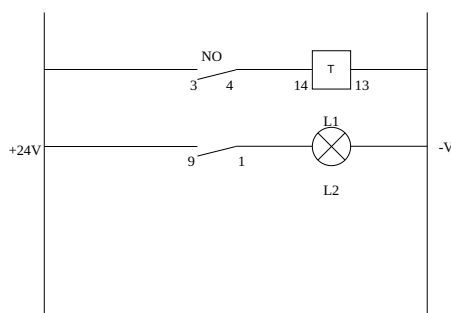


図 1.3 タイマ回路

1.6.3 実験 1-3 タイマのモード

タイマの各モードの動作を確認しなさい。回路は実験 1-3 と同じでも構わない。

課題 1-2 タイマ利用 スwitchを一度押すことでランプを 2 つ自動で交互に点灯するような回路を作成せよ。なお、自己保持回路を用いてタイマの起動を制御し、タイマのモードは適切に選択することで行うこと。

課題 1-3 タイマ利用 スwitchを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成せよ。また自己保持回路を用いてタイマの起動を制御し、タイマのモードはオンディレイで行うこと。

1.6.4 実験 1-4 カウンタ回路

図 1.4 に示す回路で、カウンタの動作確認を行いなさい。例えば、カウンタの設定値を 5 に設定後、設定した値（5 回）スウィッチを押すたびにセンサが点灯するような回路を作成せよ。また、リセットスウィッチの効果を確認すること。（注意）カウンタのピン番号の位置が実機とは異なる場合がある旨、表示に従って結線すること。

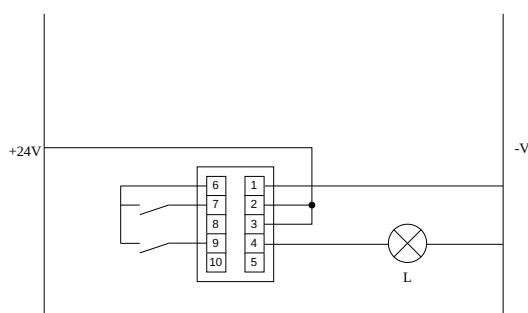


図 1.4 カウンタ回路

課題 1-4 カウンタとタイマ 1 秒につき 1 カウントする回路を作成せよ。ただし、起動には押しボタンスイッチを用いた自己保持回路を用いる。また、カウンタのリセットについては考えなくてもよいものとする。各機器のモードは適切なものを選択すること。

ヒント：タイマを用いる。

1.6.5 実験 1-5 センサを用いた回路

図 1.5 に示す回路で、センサの動作確認を行いなさい。コンベアは「手動」に設定し、角型 9V 乾電池とコンベアで運転ランプの点灯を確認する。センサは光電センサの中から好きなものを選んで、コンベア周辺に取り付けること。

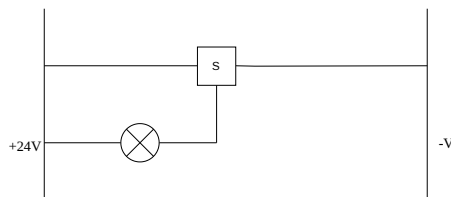


図 1.5 センサを用いた回路

課題 1-5 オートリセット回路 設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成せよ。カウンタの出力モードは N モードを用いること。また、カウンタは補助電極 ON（自己保持回路は不要）とし、カウントアップには押しボタンスイッチを用いること。

課題 1-6 センサとカウンタ センサを用いたアップカウンタ回路を作成せよ。ただし、センサ、カウンタ共に補助電極 ON（自己保持回路は不要）とする。また、センサの選択は任意とする。実験結果は実験 1-8 と同様に数値を記録するものとする。

課題 1-7 複合回路 センサ、リレー、タイマを用いて、コンベアでワークを運搬しセンサにかかるとコンベアを停止させ、5 秒後にコンベアを動き始める回路を作成せよ。

1.7 実験結果および考察

本実験では、「シーケンス制御の基礎実習」を行う。以下に記載する実験 1-5 および、課題 1-1 から 1-7 までを実施した。

1.7.1 実験 1-1 リレー

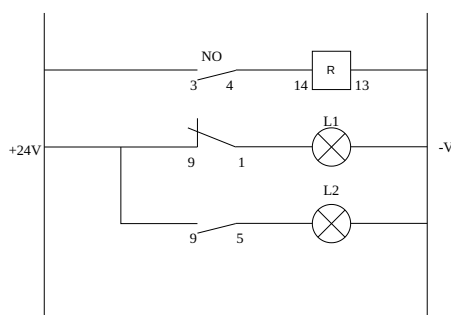


図 1.6 リレー

- 初期状態で NO スイッチが開放されている場合、リレー (R) に電源が供給され、リレーの NC 接点が開放される。このため、L1 は消灯し、リレーの NO 接点が導通することで L2 が点灯する。
- NO スイッチを導通させると、リレー (R) への電源供給が停止する。これにより、リレーの NC 接点が閉じ、L1 が点灯する。一方、リレーの NO 接点が断線し、L2 は消灯する。

課題 1-1 自己保持回路 a 接点スイッチだけではスイッチを押したときに出力は OFF となってしまう。SW1 を ON するとランプが点灯し、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

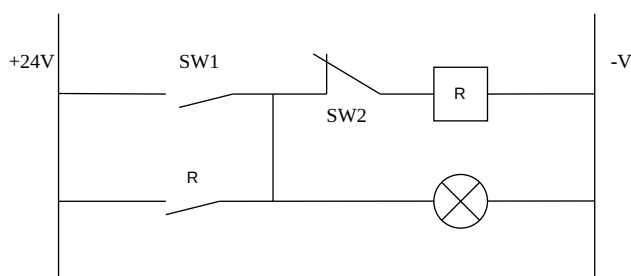


図 1.7 課題 1-1

- 初期状態では SW1 が開いており、リレー (R) は動作していないため、ランプは消灯している。
- SW1 を閉じると、リレー (R) に電流が流れ動作する。リレーの接点が閉じて自己保持回路が形成される。この状態で SW1 を開いても、リレーは動作を維持し、ランプは点灯したままとなる。
- ランプを消灯させるには SW2 を閉じる必要がある。SW2 を閉じると、自己保持回路が断ち切れ、リレー (R) への電流が停止する。リレーが動作を解除し、ランプが消灯する。

1.7.2 実験 1-2 タイマ回路

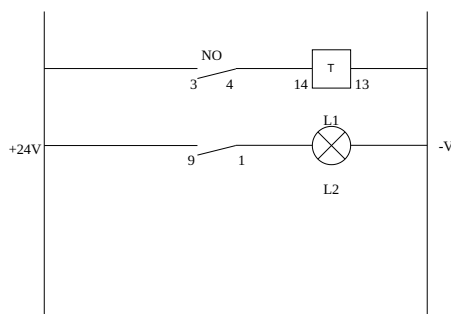


図 1.8 タイマ回路

1. 初期状態で、NO スイッチが開いている場合、タイマ (T) に電源が供給されないため、ランプ L2 は消灯している。
2. NO スイッチを押すと、タイマ (T) に電源が供給され、タイマが動作を開始する。タイマは設定された遅延時間（ここでは 10 秒）が経過すると、出力接点を閉じる。
3. タイマの接点が閉じると、ランプ L2 が点灯する。

1.7.3 実験 1-3 タイマのモード

インターバルモード

1. NO スイッチを押すと、タイマ (T) に電源が供給され、タイマが動作を開始する。
2. タイマの接点が閉じ、ランプ L2 が点灯する。
3. タイマの設定時間（ここでは 10 秒）が経過すると、タイマの接点が開き、ランプ L2 が消灯する。
4. NO スイッチを押し続けても、タイマの設定時間が経過後はランプ L2 が消灯したままとなる。
5. NO スイッチを再び離してから押すと、タイマがリセットされ、再び動作を開始する。

フリッカーオフスタート

1. NO スイッチを押すと、タイマ (T) に電源が供給され、タイマが動作を開始する。
2. タイマは最初に接点を開いた状態からスタートし、設定時間（ここでは 10 秒）が経過すると接点を閉じる。
3. 接点が閉じるとランプ L2 が点灯し、設定時間が経過すると接点が再び開き、ランプ L2 が消灯する。
4. この動作を電源が供給されている間繰り返す。

フリッカーオンスタート

1. NO スイッチを押すと、タイマ (T) に電源が供給され、タイマが動作を開始する。
2. タイマは最初に接点を閉じた状態からスタートし、設定時間（ここでは 10 秒）が経過すると接点を開く。
3. 接点が開くとランプ L2 が消灯し、設定時間が経過すると接点が再び閉じ、ランプ L2 が点灯する。
4. この動作を電源が供給されている間繰り返す。

課題 1-2 タイマ利用 スイッチを一度押すことでランプを 2 つ自動で交互に点灯するような回路を作成した。

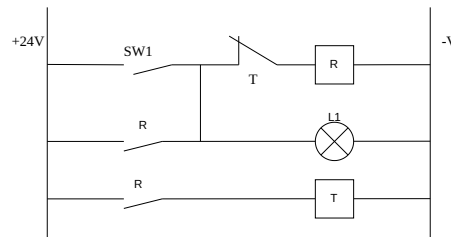


図 1.9 課題 1-2

1. 初期状態では SW1 が開いており、リレー (R) とタイマ (T) には電源が供給されていないため、ランプ L1 は消灯している。
2. SW1 を閉じると、リレー (R) が動作し、自己保持回路が形成される。この状態ではタイマ (T) にも電源が供給され、タイマが動作を開始する。
3. タイマ (T) は設定された遅延時間が経過すると接点を閉じる。これにより、ランプ L1 が点灯する。
4. SW1 を再び開くと、リレー (R) への電源供給が停止し、自己保持が解除される。これにより、タイマ (T) も動作を停止し、ランプ L1 が消灯する。

課題 1-3 タイマ利用 スイッチを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成した。

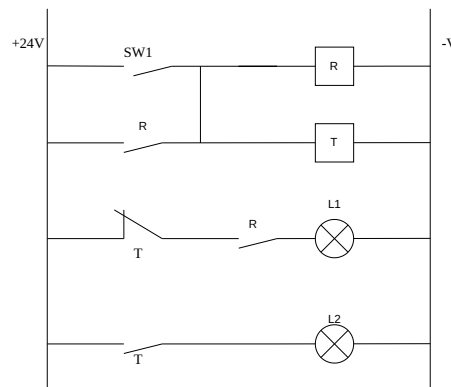


図 1.10 課題 1-3

1. 初期状態では SW1 が開いており、リレー (R) とタイマ (T) には電源が供給されていないため、ランプ L1 および L2 は消灯している。
2. SW1 を閉じると、リレー (R) が動作して自己保持回路が形成される。この状態でタイマ (T) にも電源が供給され、タイマがフリッカーオンスタートモードで動作を開始する。
3. タイマ (T) は設定された時間ごとに接点を交互に開放と導通を繰り返す。これにより：
 - 接点が導通している間はランプ L1 および L2 が点灯する。
 - 接点が開放している間はランプ L1 および L2 が消灯する。
4. SW1 を再び開くと、リレー (R) への電源供給が停止し、自己保持が解除される。これによりタイマ (T) も動作を停止し、ランプ L1 および L2 が消灯する。

1.7.4 実験 1-4 カウンタ回路

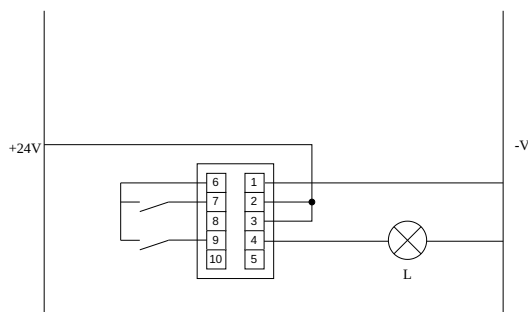


図 1.11 カウンタ回路

1. 初期状態では、カウンタの設定値を 5 に設定する。
2. NO スイッチを 1 回押すごとにカウンタのカウント値が 1 ずつ増加する。
3. カウント値が設定値 (5 回) に達すると、カウンタの接点が導通し、ランプ L が点灯する。
4. ランプ L が点灯している状態で、リセットスイッチを押すとカウンタがリセットされ、カウント値が 0 に戻る。これにより、ランプ L が消灯する。
5. 再び NO スイッチを押すことで、カウンタが再度動作を開始し、上記の動作を繰り返す。

課題 1-4 カウンタとタイマ 1 秒につき 1 カウントする回路を作成した。

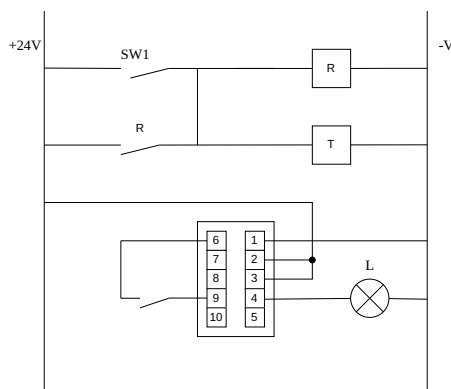


図 1.12 課題 1-4

1. 初期状態では、SW1 が開いているため、リレー (R) とタイマ (T) に電源が供給されず、ランプ L は消灯する。
2. SW1 を閉じると、リレー (R) が動作して自己保持回路が形成される。この状態でタイマ (T) が動作を開始し、1 秒ごとにカウンタに 1 カウントが入力される。
3. カウンタのカウント値が設定値に達すると、カウンタの接点が導通し、ランプ L が点灯する。
4. SW1 を再び開くと、リレー (R) がリセットされ、タイマ (T) とカウンタも動作を停止する。これにより、ランプ L が消灯する。
5. 再度 SW1 を閉じることで、上記の動作を繰り返す。

1.7.5 実験 1-5 センサを用いた回路

図 1.5 に示す回路で、センサの動作確認を行いなさい。コンベアは「手動」に設定し、角型 9V 乾電池とコンベアで運転しランプの点灯を確認する。センサは光電センサの中から好きなものを選んで、コンベア周辺に取り付けること。

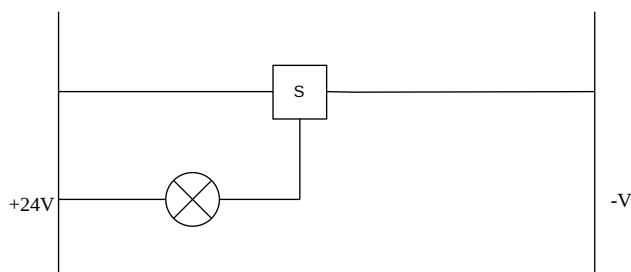


図 1.13 センサを用いた回路

1. センサーが反応すると、ランプのグラウンドが-V に接続され、光る。

課題 1-5 オートリセット回路 設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成した。

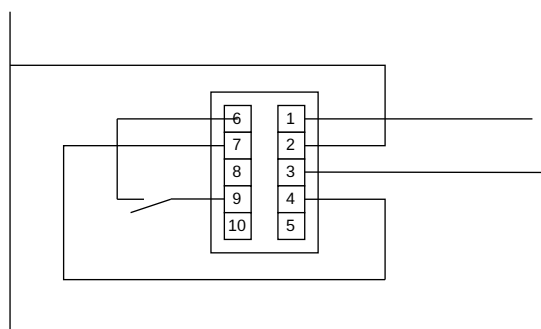


図 1.14 課題 1-5

1. 初期状態では、カウンタのカウンタ値は 0 であり、接点は開いている。
2. スイッチが動作してカウント入力が発生するたびに、カウンタ値が 1 ずつ増加する。
3. カウンタ値が設定値に達すると、カウンタの接点が一時的に導通する。
4. 接点の導通により、リセット回路が動作してカウンタが自動的にリセットされ、カウンタ値が 0 に戻る。
5. 上記の動作を繰り返すことで、設定値に達するたびに自動リセットが行われる。

課題 1-6 センサとカウンタ センサを用いたアップカウンタ回路を作成した。

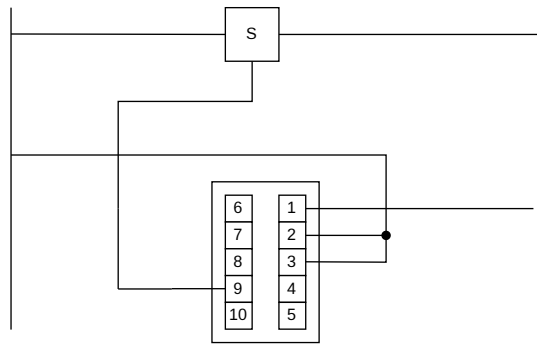


図 1.15 課題 1-6

1. 初期状態では、センサ (S) が検出を行っていないため、カウンタには入力がなく、接点は開いている。
2. センサ (S) が検出を行うたびに、カウンタが 1 カウントを増加する。
3. カウントが設定値に達すると、カウンタの接点が導通する。
4. リセットスイッチが押されると、カウント値がリセットされ、接点が再び開く。
5. センサ (S) の検出とリセットスイッチの操作により、上記の動作を繰り返すことができる。

課題 1-7 複合回路 センサ、リレー、タイマを用いて、コンベアでワークを運搬しセンサにかかるとコンベアを停止させ、5 秒後にコンベアを動き始める回路を作成した。

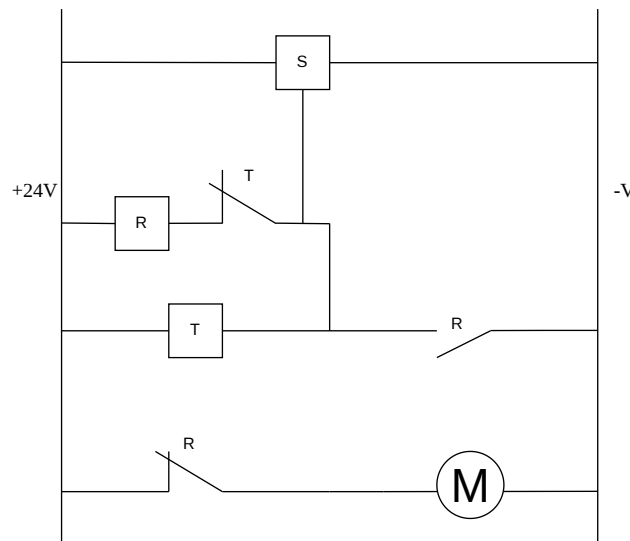


図 1.16 課題 1-7

1. 初期状態では、コンベアのモーター (M) は動作しており、センサ (S) がワークを検出していない。
2. ワークがセンサ (S) を通過すると、センサが検出信号を出力し、リレー (R) が動作する。
3. リレーの動作により、タイマ (T) がオンディレイモードで起動する。
4. タイマ (T) は設定時間 (5 秒) を計測し、時間が経過すると接点が導通する。
5. タイマの接点が導通すると、リレーがモーター (M) への電源供給を停止し、コンベアが停止する。
6. 再びリレーがリセットされると、モーター (M) への電源供給が再開され、コンベアが再び動き始める。
7. 上記の動作をワークがセンサ (S) を通過するたびに繰り返す。

2 PLC ラダープログラムによる回路設計

2.1 実験目的

第 1 節では, 要求する動作に対してハードウェア (必要な部品とリード線) による物理的な結線で命令を実行してきた. この方式はワイヤードロジックと呼ばれている. 一方, 要求する動作をプログラミングで実行する方式をソフトワイヤードロジックと呼び, この働きを持つ機器を PLC (Programmable Logic Controller) とする. PLC を用いることで, 回路の変更・更新が容易であり, また回路を実際には作成しないため安価であるという利点がある. 第 2 節の本実験では, CX-Programmer というソフトウェアを用いて PLC のためのラダープログラムの設計について学ぶ.

2.2 実験装置 (プログラマブルロジックコントローラ) の説明

PLC は入力部, 演算制御部, 出力部の 3 つに大別される.

PLC の主な機能は入出力機能である. 例えば, 入力部でセンサによる信号を受け, 内部 CPU で条件判断をし, 出力部のリレーを開閉することで接続されたモータを ON/OFF するといった入出力機能を持つ. また, CPU 部でカウンタ, タイマ, 内部補助リレー (仮想的なリレー) を有している点も特徴といえる. 表 2.1 に CP1L-L の仕様を示す. 入力リレーの個数は 8 点, 出力リレーは 6 点, 内部補助リレーは 8192 点 (正しくは他にもあるが省略する) となっている. これらのリレーにはアドレスと呼ばれる番号が付いている.

表 2.1 OMRON CP1L-L の仕様

機能	点数	アドレス
入力リレー	8 点	0.00 ~ 0.07
出力リレー	6 点	100.00 ~ 100.05
内部補助リレー	8,192 点	W0.00 ~ W511.15
タイマ	4,096 点	T0 ~ T4095
カウンタ	4,096 点	C0 ~ C4095

アドレスとは, そのリレーの場所を示す番号である. CP1L-L は上段に入力端子, 下段に出力端子がある. 本機では入力端子は 0ch, 出力端子は 100ch とあらかじめ決められている. 図 2.3 に入力端子とアドレスの関係を示す. 入力端子は 0ch であると決まっているので, アドレスは 0.xx となる. xx には接続する端子ごとに数字 (ビット) が割り振っている. 図 2.3 の例ではビット 01 および 06 なのでアドレスは 0.01 および 0.06 となる.

また, 本実験ではそれほど多くの内部補助リレーを必要とはしないが, 1ch ごとのビット数は 0 ~ 15 までであることに注意する. つまり, 16 個の内部補助リレー W0.00 ~ W0.15 を使っていて, もう 1 つ以上使いたい場合は W1.00 以降となり W0.16 は使えないことに注意する.

次に, 入力部と COM の関係について述べる. 入力部とはスイッチやセンサなどの入力機器を接続し, それらの ON/OFF 情報を取り込む部分である. COM に +24V を接続し, a 接点をアドレス 0.05 に接続したとする. 入力部の内部構造はフォトカプラとなっており, 入力部の端子と COM との電位差が生じることで入力が ON と判断されることになる. COM 側が +24V であってもフォトカプラは作動し, 反対に端子側が +24V であってもよい. ただし, 本実験で用いるセンサの検知信号は 0V 側と接続して用いる (第 1 節の 1.4 章を参考) ためセンサを用いるならば COM を +24V にする必要がある. また, センサの種類によって検知信号の電位は異なるという点に注意する.

次に、出力部と COM の関係について述べる。出力部はランプやモーターなどの出力機器を接続し、処理結果を外部出力するところである。PLC は内部リレー 100.05 を ON とすることで COM と端子 05 を導通させる機能を持つ。このため COM 端子に接続する電圧および方向は、PLC に接続するモーターなどの出力機器に依存する。しかし、入力部の COM は 1 つだけであったが、出力部の COM は出力端子ごとに個別となっている。これは出力機器が DC24V 駆動であったり、AC100V 駆動であったりと様々であるため、それらに対応するためである。

2.3 実験内容

本実験では、「PLCitemize ラダープログラムによる回路設計」を行う。以下に記載する実験 2-1 および課題 2-1 から 2-8 までを実施する。なお、課題はラダープログラムを作成して動作確認を行うと共に、レポートにラダープログラム図を添付すること。

実験 2-1 ラダープログラムの動作確認

1. ベーシック FA キットと PLC を配線する。
PLC の IN 端子 00, 01, 02 に NO スイッチ×3 をそれぞれ接続する。
その NO スイッチを 3-V, COM と +24V, および PLC への電源を接続する。
2. 図 2.9 に示すようにプログラムを CX-Programmer で作成する。
ソフトウェア上で NC の役割を行うことを確認する。
3. 画面上で内部リレー（アドレス W1.00）が作動していることを確認する。

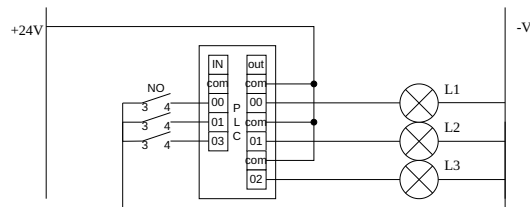


図 2.1 ラダープログラムの動作確認の PLC

課題 2-1 自己保持回路（課題 1-1 のラダープログラム）

SW1 を ON するとランプが点灯し続け、SW2 を ON にすると消灯する回路（自己保持回路）を作成せよ。

課題 2-2 タイマ利用（課題 1-2 のラダープログラム）

スイッチを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成せよ。

ヒント：自己保持回路を用いてタイマの起動を制御。

課題 2-3 タイマ利用（課題 1-3 のラダープログラム）

スイッチを一度押すことでランプ 2 つを自動で交互に点灯させる回路を作成せよ。ヒント：タイマを 2 つ使用するプログラムを以下に示す。これを改良して始動スイッチを設けること。

課題 2-4 カウンタとタイマ（課題 1-4 のラダープログラム）

1 秒につき 1 カウントする回路を作成せよ。ただし、起動には押しボタンスイッチを用いた自己保持回路を用いる。また、通常のカウンタ（CNT）は減算であるため加減算カウンタ（CNTR）を用いること。図 2.11 に示すように CNTR には加算・減算・リセット信号の 3 つの信号を入力する必要がある。

課題 2-5 オートリセット回路（課題 1-5 のラダープログラム）

設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成せよ。ただし、出力先が指定しないので CX-Programmer 上でカウンタがリセットされていることを確認すること。条件：自己保持回路は不要とし、カウントアップには押しボタンスイッチを用いること。カウンタは CNT を用いること。

課題 2-6 センサとカウンタ（課題 1-6 のラダープログラム）

センサを用いたアップカウンタ回路を作成せよ。カウンタには加減算カウンタ CNTR を用いる。また、実験体は実験 1-8 と同様に乾電池の通った数を数えるものとし、センサの種類は任意とする。センサ等の起動に自己保持は用いなくてもよいものとする。

課題 2-7 複合課題

押しボタンスイッチ 1 つのみを用いて、一度押すとランプが点灯、もう一度押すと消灯を繰り返すラダープログラムを作成せよ。カウンタを CNT を用いた場合のラダーフローの流れを以下に示す。ただし、CNT、CNTR どちらを用いてもよい。CNTR を使えば、タイマによりリセットの行程を省ける。

課題 2-8 複合課題

課題 2-7 を基に、押しボタンスイッチ 1 つでランプ 2 つを交互に点灯させる回路を作成せよ。ただし、スイッチングする際（点灯する前）に 1 秒間のタイムラグを与えること。つまり、ランプ 1 点灯（X1 秒） ランプ 1 消灯 1 秒経過 ランプ 2 点灯（X2 秒） ランプ 2 消灯 1 秒経過 ランプ 1 点灯の繰り返しとなる。ここで、X 秒のところは各自が押しボタンスイッチを押す間隔である。また、スイッチを押すまではランプが点灯していないように工夫せよ。

2.4 実験結果および考察

本実験では、「PLC ラダープログラムによる回路設計」を行う。以下に記載する実験 2-1 および課題 2-1 から 2-8 までを実施する。

実験 2-1 ラダープログラムの動作確認

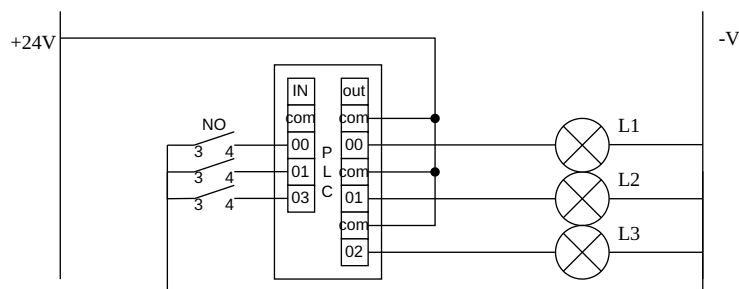


図 2.2 ラダープログラムの動作確認の PLC

- 初期状態では、全てのスイッチ (NO スイッチ) が開いているため、全てのランプ (L1, L2, L3) は消灯している。
- NO スイッチを 1 つ押すと、PLC の対応する入力が ON となり、プログラム内の条件が成立する。
- 条件が成立すると、以下のようにランプが点灯する：
 1. 1 番目のスイッチを押すと、出力 00 が ON となり、L1 が点灯する。
 2. 2 番目のスイッチを押すと、出力 01 が ON となり、L2 が点灯する。
 3. 3 番目のスイッチを押すと、出力 02 が ON となり、L3 が点灯する。
- 全てのスイッチを離すと、全ての出力が OFF になり、ランプ (L1, L2, L3) は消灯する。
- この動作を繰り返すことで、各スイッチの操作に応じて対応するランプが点灯・消灯することを確認できる。

課題 2-1 自己保持回路 (課題 1-1 のラダープログラム)

SW1 を ON するとランプが点灯し続け、SW2 を ON にすると消灯する回路 (自己保持回路) を作成した。

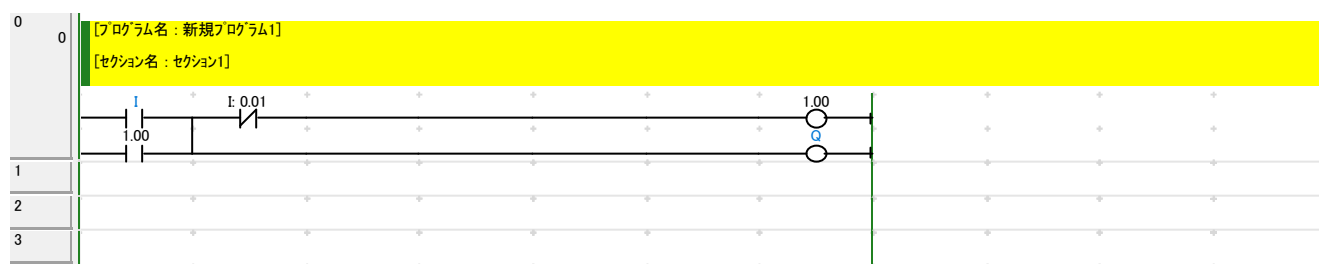


図 2.3 課題 2-1

1. 初期状態では、SW1 および SW2 が OFF であり、ランプは消灯している。
2. SW1 を ON にすると、回路が自己保持され、ランプが点灯する。この状態では、SW1 を OFF にしてもランプは点灯したままとなる。
3. SW2 を ON にすると、自己保持回路が解除され、ランプが消灯する。この状態では、SW1 を ON にしてもランプは点灯しない。
4. SW2 を OFF にすると、再び SW1 を ON にすることでランプが点灯し、上記の動作を繰り返すことができる。

課題 2-2 タイマ利用（課題 1-2 のラダープログラム）

スイッチを一度押すとランプが点灯し、5 秒後に自動消灯するような回路を作成した。

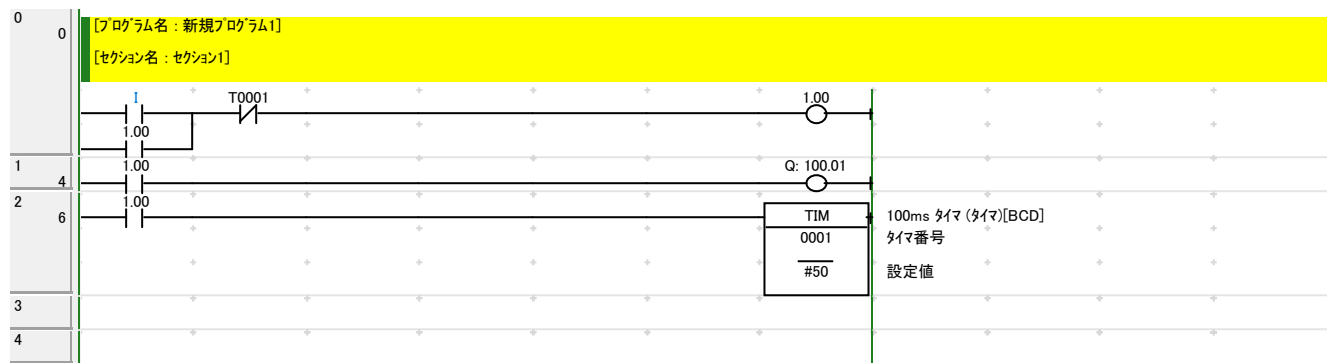


図 2.4 課題 2-2

1. 初期状態では、スイッチが OFF であり、ランプは消灯している。
2. スwitchを一度押すと、ランプが点灯する。この状態でタイマが動作を開始する。
3. タイマは設定時間（5 秒）を計測し、設定時間が経過すると、タイマの接点が導通してランプが自動的に消灯する。
4. スwitchを再び押すことで、上記の動作を繰り返すことができる。

課題 2-3 タイマ利用（課題 1-3 のラダープログラム）

スイッチを一度押すことでランプ 2 つを自動で交互に点灯させる回路を作成した。

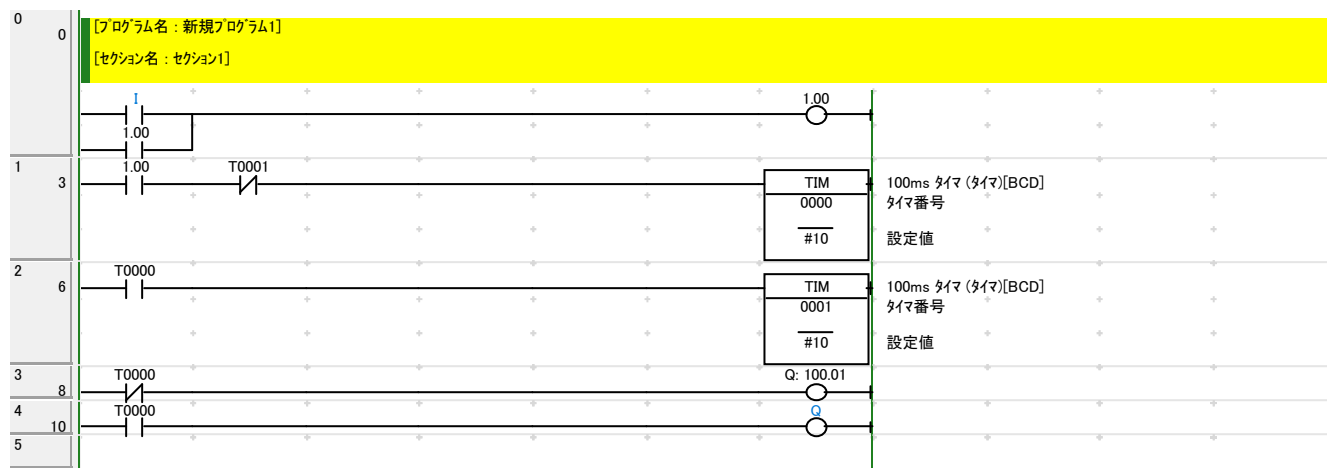


図 2.5 課題 2-3

1. 初期状態では、スイッチが OFF であり、ランプ 2 つ (L1 と L2) は消灯している。
2. スwitchを一度押すと、プログラム内の条件が成立し、タイマ (TIM000) が動作を開始する。
3. タイマ (TIM000) が設定時間（1 秒）を経過すると、接点が導通し、L1 が点灯する。同時に、次のタイマ (TIM001) が動作を開始する。
4. タイマ (TIM001) が設定時間を経過すると、L1 が消灯し、L2 が点灯する。この動作を交互に繰り返す。

5. スイッチを再度押すことで、プログラムが停止し、ランプは消灯する。
6. 上記の動作により、ランプ 2 つ (L1 と L2) が自動的に交互に点灯することを確認できる。

課題 2-4 カウンタとタイマ (課題 1-4 のラダープログラム)

1 秒につき 1 カウントする回路を作成した。起動には押しボタンスイッチを用いた自己保持回路を用いる。また、通常のカウンタ (CNT) は減算であるため加減算カウンタ (CNTR) を用いること。

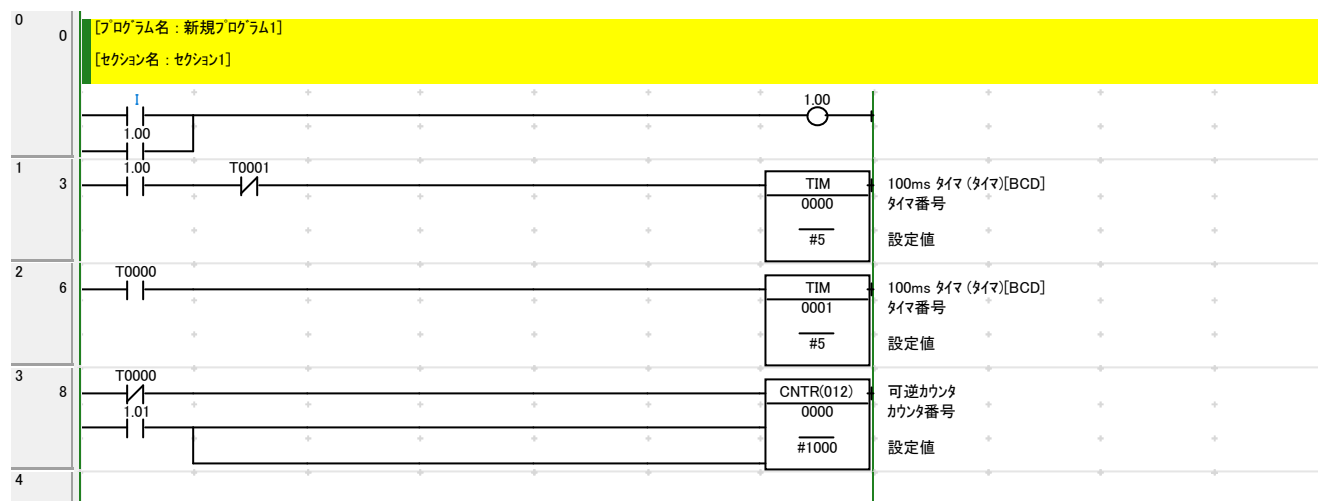


図 2.6 課題 2-4

1. 初期状態では、スイッチが OFF であり、回路は動作を開始していない。
2. スイッチを押すと、自己保持回路が形成され、タイマ (TIM000) が動作を開始する。
3. タイマ (TIM000) は設定時間を計測し、設定時間が経過すると次のタイマ (TIM001) が動作を開始する。
4. タイマ (TIM001) が設定時間を経過するたびに、加減算カウンタ (CNTR012) が 1 カウントされる。
5. カウンタ (CNTR012) は指定された設定値に達すると、接点が導通し、出力動作が完了する。
6. スイッチを OFF にすると、自己保持回路が解除され、全てのタイマおよびカウンタがリセットされる。
7. 上記の動作を繰り返すことで、スイッチ操作に応じた 1 秒ごとのカウント動作を確認できる。

課題 2-5 オートリセット回路 (課題 1-5 のラダープログラム)

設定数に達するとリセット入力を行うオートリセット回路を作成した。出力先が指定しないので CX-Programmer 上でカウンタがリセットされていることを確認すること。条件：自己保持回路は不要とし、カウントアップには押しボタンスイッチを用いること。カウンタは CNT を用いること。

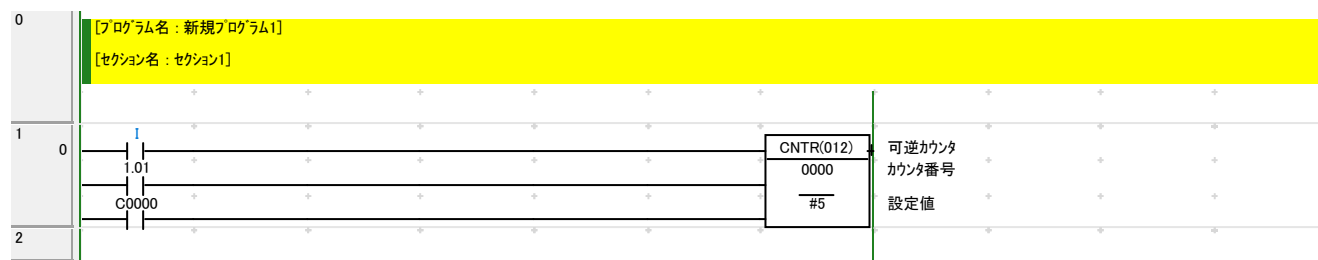


図 2.7 課題 2-5

1. 初期状態では、カウンタ (CNT) のカウント値は 0 であり、リセット信号が入力されていないため動作は停止している。
2. 押しボタンスイッチを操作するたびに、カウントアップが行われ、カウント値が 1 ずつ増加する。
3. カウント値が設定値に達すると、カウンタの出力接点が ON となり、オートリセット入力がトリガーされる。
4. オートリセット入力により、カウンタのカウント値が自動的にリセットされ、再び 0 からカウントを開始する。
5. 上記の動作を繰り返すことで、押しボタンスイッチの操作に応じたカウントとリセット動作を確認することができる。

課題 2-6 センサとカウンタ（課題 1-6 のラダープログラム）

センサを用いたアップカウンタ回路を作成した。カウンタには加減算カウンタ CNTR を用いる。

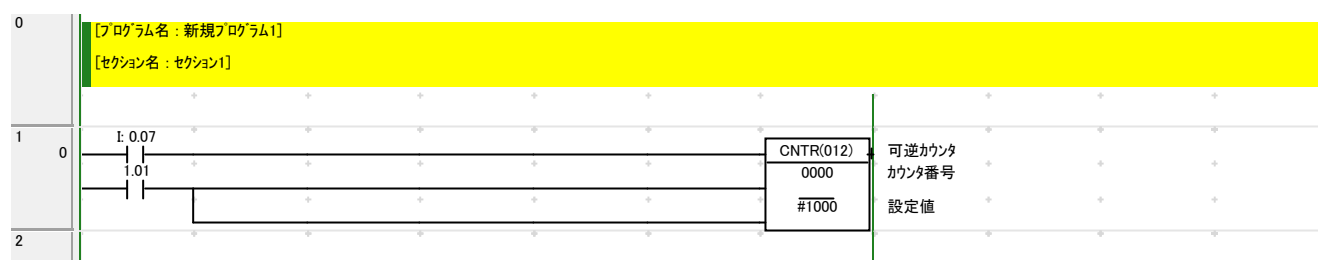


図 2.8 課題 2-6

1. 初期状態では、センサが動作しておらず、カウンタ (CNTR) のカウント値は 0 である。
2. センサがトリガされるたびに、カウンタ (CNTR) が 1 カウント増加する。
3. カウント値が設定値に達すると、カウンタの出力接点が ON となり、出力動作が行われる。
4. センサが動作を継続しない限り、カウント値は保持される。
5. 必要に応じてリセット操作を行うことで、カウント値を初期化し、再びカウントを開始することができる。

課題 2-7 複合課題

押しボタンスイッチ 1 つのみを用いて、一度押すとランプが点灯、もう一度押すと消灯を繰り返すラダープログラムを作成せよ。カウンタを CNT を用いた場合のラダーフローの流れを以下に示す。ただし、CNT, CNTR どちらを用いてもよい。CNTR を使えば、タイマによりリセットの行程を省ける。

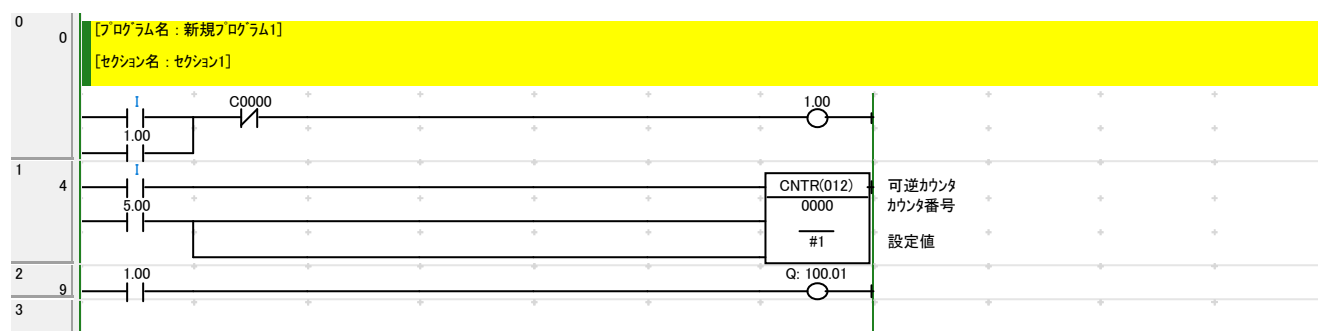


図 2.9 課題 2-7

1. 初期状態では、押しボタンスイッチが OFF であり、ランプは消灯している。

2. 押しボタンスイッチを1回押すと、カウンタ (CNTR または CNT) が1カウント増加し、ランプが点灯する。
3. 再度押しボタンスイッチを押すと、カウンタがさらに1カウント増加し、ランプが消灯する。
4. この動作を繰り返すことで、押しボタンスイッチの操作に応じてランプが交互に点灯および消灯することを確認できる。
5. タイマを使用した場合は、タイマの設定時間経過後にカウンタがリセットされることで同様の動作を行う。

課題 2-8 複合課題

課題 2-7 を基に、押しボタンスイッチ 1 つでランプ 2 つを交互に点灯させる回路を作成した。スイッチングの際（点灯する前）に 1 秒間のタイムラグを与えること。つまり、ランプ 1 点灯 (X1 秒) ランプ 1 消灯 1 秒経過 ランプ 2 点灯 (X2 秒) ランプ 2 消灯 1 秒経過 ランプ 1 点灯の繰り返しとなる。ここで、X 秒のところは各自が押しボタンスイッチを押す間隔である。また、スイッチを押すまではランプが点灯していないように工夫せよ。

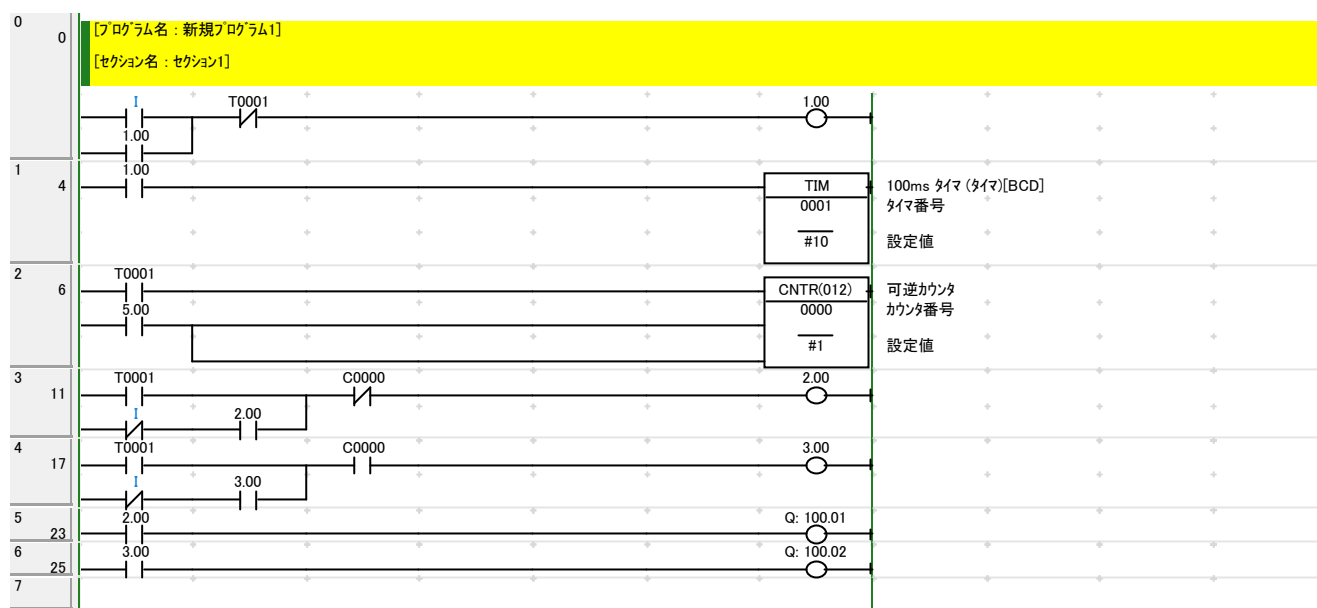


図 2.10 課題 2-8

1. 初期状態では、押しボタンスイッチが OFF であり、ランプ 1 およびランプ 2 は消灯している。スイッチが押されるまでどのランプも点灯しない。
2. 押しボタンスイッチを押すと、自己保持回路が形成され、タイマ (TIM000) が動作を開始する。設定時間 (1 秒) が経過した後にランプ 1 が点灯する。
3. ランプ 1 が点灯し、押しボタンスイッチを押している間はランプ 1 が点灯し続ける。押しボタンスイッチを離すとランプ 1 が消灯する。
4. ランプ 1 が消灯してから 1 秒経過すると、タイマ (TIM001) が動作を開始し、ランプ 2 が点灯する。
5. ランプ 2 が点灯し、押しボタンスイッチを押している間はランプ 2 が点灯し続ける。押しボタンスイッチを離すとランプ 2 が消灯する。
6. ランプ 2 が消灯してから 1 秒経過すると、再びランプ 1 が点灯し、上記の動作を繰り返す。
7. 自己保持回路により、スイッチが 1 回押されるだけで、ランプ 1 およびランプ 2 が交互に点灯する動作が継続される。

3 PLC による FA 制御実験

3.1 実験目的

FA システムの基礎理論であるシーケンス制御は，机上の学問や理論というより生産現場での実務と経験が重きをなすといわれており，現場に近い状況で実際にシステムを構築することがシーケンス制御を学習する上で最も効果的である．前回までに学んだ知識を基に本実験では，現場に近い状況を体験するために工場などでの生産ラインを想定した FA 制御実験を行う．具体的には，磁性金属，非磁性金属，非金属の 3 種のワークを振り分ける制御を目標とする．

3.2 実験装置

本機は，3 つのコンベアから構成されており，そこにセンサを取り付けることで磁性金属，非磁性金属，非金属（それぞれ鉄・アルミ・プラスチック）を分別することを制御目的とした実験学習装置である．上段の 1 段目から 3 段目にかけて少しずつ高低差を設けており，コンベア部には，金属センサ，アルミセンサ，4 種の光電センサを設置してある．また，図 3.1 に全体の配置図を示す．

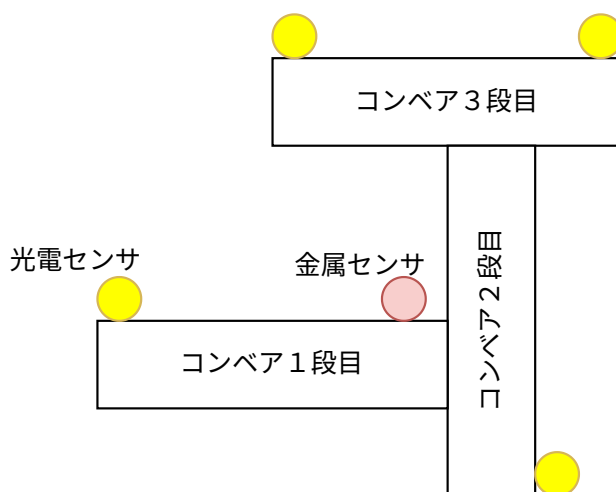


図 3.1 全体の配置図

3.3 モーターの配線

図 3.2 に本装置に用いたインダクションモーターの配線と回転方向を示す．これはコンデンサ接続形モーターであり，2 つのコイルが内蔵されている．その 2 つのコイルの片方にコンデンサを接続することで 90° の位相差を生み，運転の方向を決定している．そのため，正転・逆転の切り替えについては図示されているように，配線を変更せずに交流 100V を使う必要がある．本実験では，PLC で直接スイッチを行う代わりに，耐高電流性を持つ有接点リレーを用いてモーターのスイッチングを行っている．

モーターの配線に関するより詳細な配線は図 3.3～3.5 に示す．3 種類の仕分対象物を，3 方向に振り分ける実験装置構成が 1 段目は 1 方向だけに制御し，2 および 3 段目は 2 方向に回転方向を制御する．そのため，図 3.3 に示すように，コンベア 1 段目ではすでに配線が決定しており，リレー（R1）を ON/OFF すればモーターを ON/OFF するように構成されている．

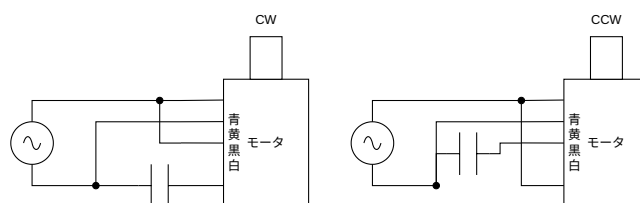


図 3.2 モータの配線図

2 段目のモーター（図 3.4）も基本的には同じ構成であり，リレー（R2）を ON/OFF すればモーターも ON/OFF するように構成されている．ただし，リレー（R5）を ON/OFF することで回転方向を制御できるように設計されている．同様に 3 段目のモーターも同じである．

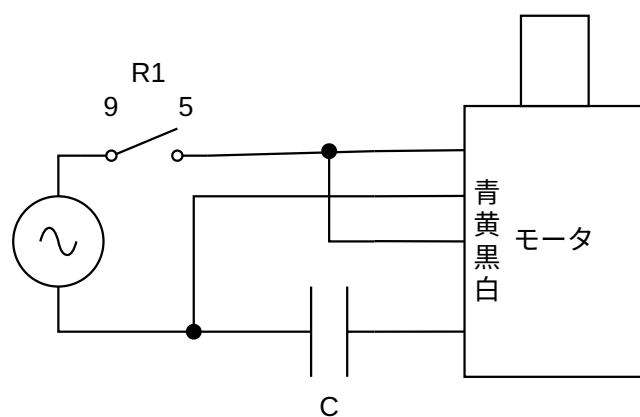


図 3.3 コンベア 1 段目の配線図

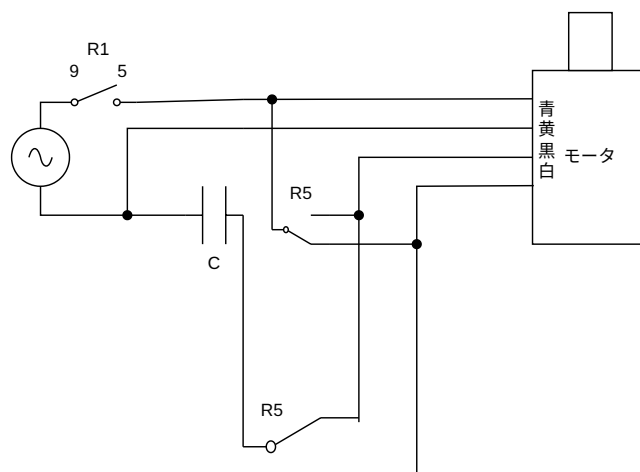


図 3.4 コンベア 2 段目の配線図

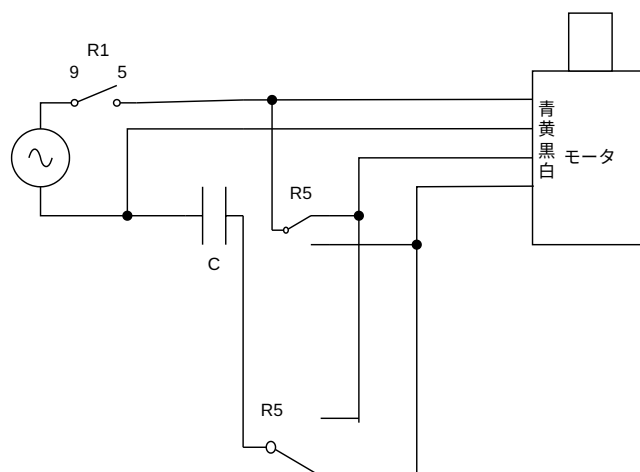


図 3.5 コンベア 3 目の配線図

そして、図 3.6 に PLC との接続図を示す。PLC は電圧 +24V で動作するため、AC/DC コンバータが取り付けられている。各種センサからの出力信号が PLC の IN 側 (00 ch) に入ってくるようになっている。PLC の OUT 側 (100 ch) には図 3.3～3.5 で示したように、モーター起動および回転方向制御用の電磁リレーのコイル部 (13, 14 番端子) とつながっている。

また、CPI1-L では出力点数が少ないため、追加拡張ユニット CPIW-16ER を使用している。CPIW-16ER には 16 点の出力が追加される。追加拡張のアドレスは 101 ch および 102 ch である。これを用いて、センサの信号 (警告信号) を作る。101.01～101.07 は拡張を用いて ON としておくことでセンサが機能するように配線が構成されている。

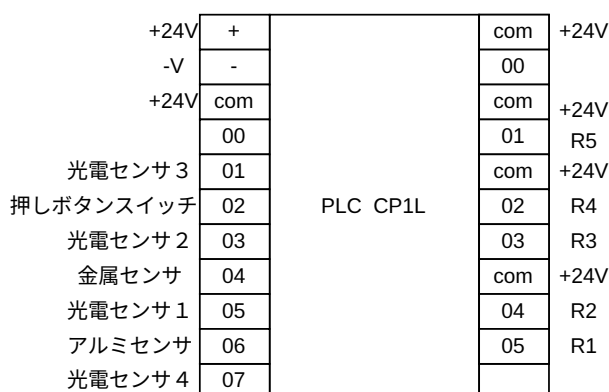


図 3.6 PLC 配線図

4 実験方法

本実験では、「PLC による FA 制御実験」を行う。以下に記載する課題 3-1 から 3-3 までを実施する。なお、課題はラダープログラムを作成して動作確認を行うと共に、レポートにラダープログラム図を添付すること。

課題 3-1 コンベア 1 段

図表 7 のラダー図を基に、コンベア 1 段目の押しボタンスイッチを押すことで動作、停止を繰り返すラダープログラムを作成せよ。

課題 3-2 1 秒のタイムラグ

図表 8 のコンペアにおける前後方向のスイッチを行うラダー図を作成せよ。ただし，課題 3-1 と同様に押しボタンスイッチを用いてタイムラグ 1 秒程度を設けること。なお，タイムラグとして T を利用する。

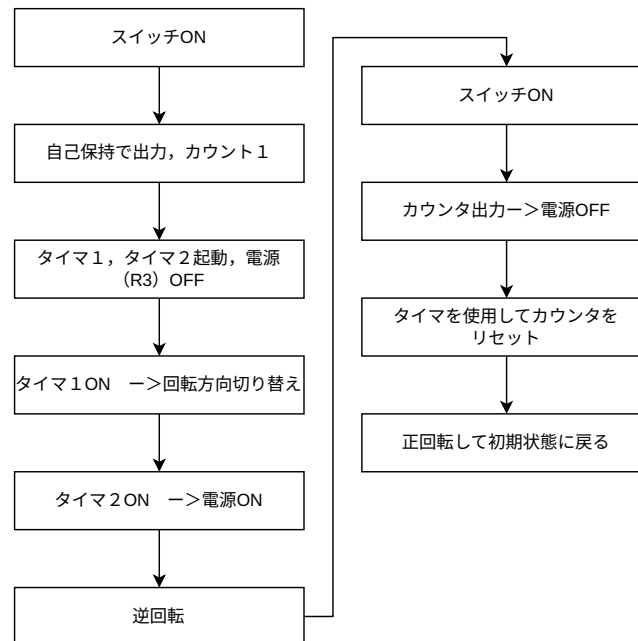


図 4.1 課題 3-2 の流れ

課題 3-3 最終課題

非金属，非アルミ金属，アルミを振り分けるプログラムを作成せよ。なお，コンペアのスイッチングに関して，タイムラグを設けること。また，センサへの電力供給のため，図 3.10 に示すように 101.01～101.07 は b 接点を用いて ON としておくこと。

5 実験結果及び考察

本実験では，「PLC による FA 制御実験」を行う。以下に記載する課題 3-1 から 3-3 までを実施する。

課題 3-1 コンペア 1 段

図表 7 のラダー図を基に，コンペア 1 段目の押しボタンスイッチを押すことで動作，停止を繰り返すラダープログラムを作成した

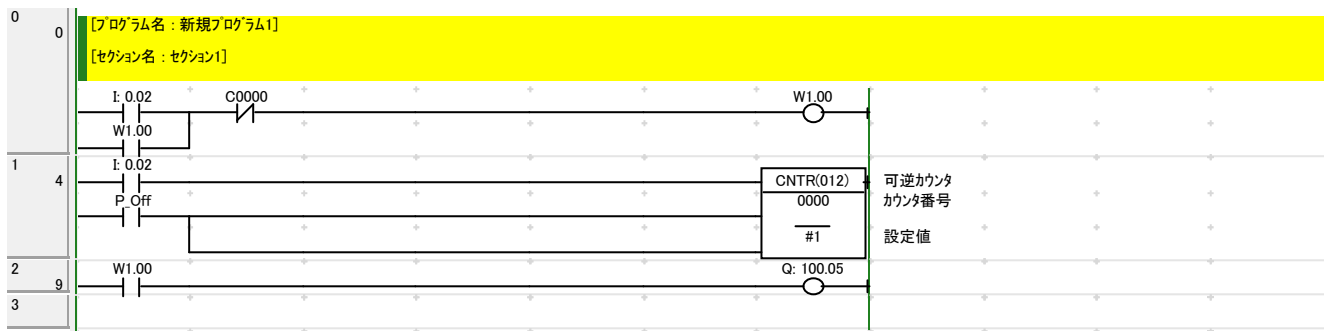


図 5.1 課題 3-1

1. 初期状態では、押しボタンスイッチが OFF であり、コンベア 1 段は停止している。
2. 押しボタンスイッチを押すと、自己保持回路が形成され、コンベア 1 段が動作を開始する。
3. コンベアが動作している間、カウンタ (CNTR) が作動し、1 回の動作サイクルごとにカウントアップされる。
4. 再度押しボタンスイッチを押すと、自己保持回路が解除され、コンベア 1 段が停止する。
5. 上記の動作を繰り返すことで、押しボタンスイッチの操作によってコンベア 1 段を動作および停止させることができる。
6. カウンタの状態を監視することで、動作サイクル数を記録し、必要に応じて出力制御やリセットを行うことが可能である。

課題 3-2 1 秒のタイムラグ

図表 8 のコンベアにおける前後方向のスイッチを行うラダー図を作成した。ただし、課題 3-1 と同様に押しボタンスイッチを用いてタイムラグ 1 秒程度を設けた。なお、タイムラグとして T を利用する。

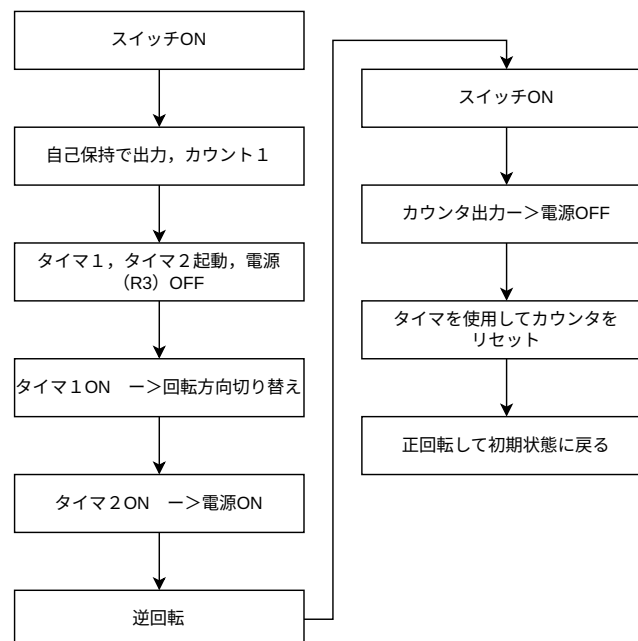


図 5.2 課題 3-2 の流れ

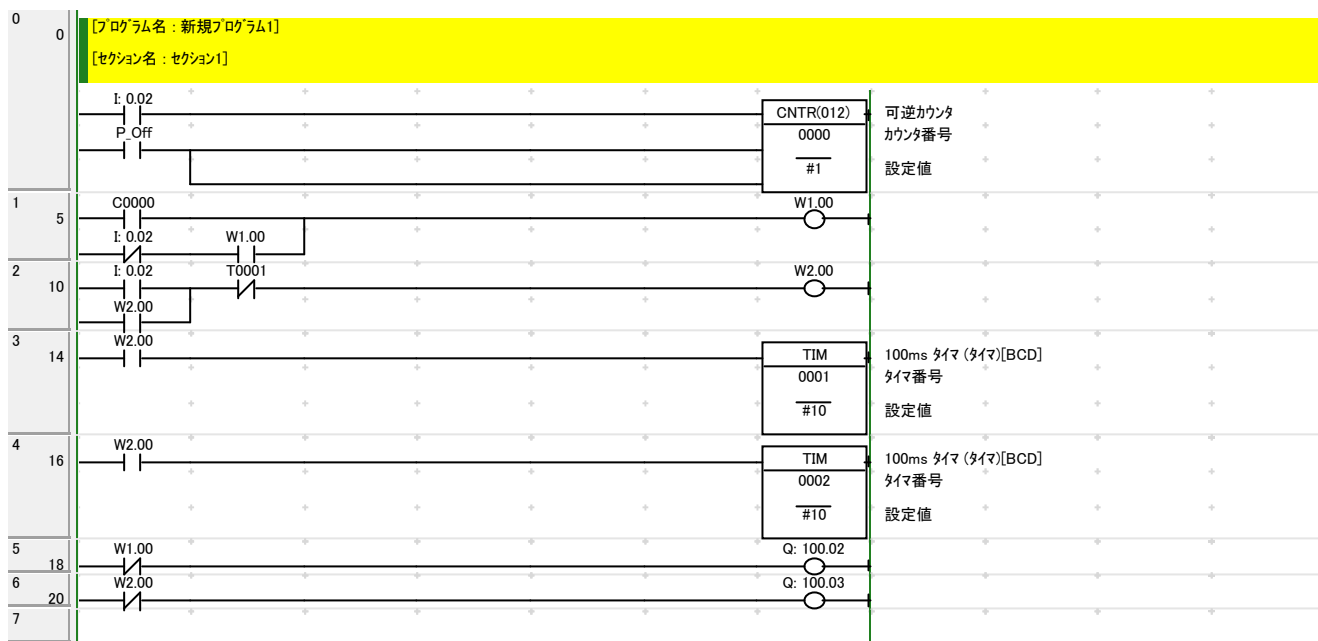


図 5.3 課題 3-2

1. 初期状態では、押しボタンスイッチが OFF であり、コンベアは停止している。
2. 押しボタンスイッチを ON にすると、自己保持回路が形成され、カウンタ (CNTR) が 1 カウントされる。
3. カウンタが動作すると、タイマ (TIM000) およびタイマ (TIM001) が起動し、設定時間のタイムラグが発生する。
4. タイマ (TIM000) の設定時間が経過すると、コンベアが正転を開始する。
5. カウンタの出力が切り替わることで、タイマ (TIM001) が動作し、再びタイムラグを挟んでコンベアが逆転を開始する。
6. スwitchを再び押すと、自己保持回路が解除され、全てのタイマおよびカウンタがリセットされる。
7. この動作を繰り返すことで、押しボタンスイッチの操作に応じてコンベアの前方向切替を行うことが可能となる。
8. タイムラグとしてタイマ (T) を利用し、前後方向切替の際にスムーズな切替を実現している。

課題 3-3 最終課題

非金属、非アルミ金属、アルミを振り分けるプログラムを作成した。なお、コンベアのスイッチングに関して、タイムラグを設けた。また、センサへの電力供給のため、図 3.10 に示すように 101.01 ~ 101.07 は b 接点を用いて ON としておく。

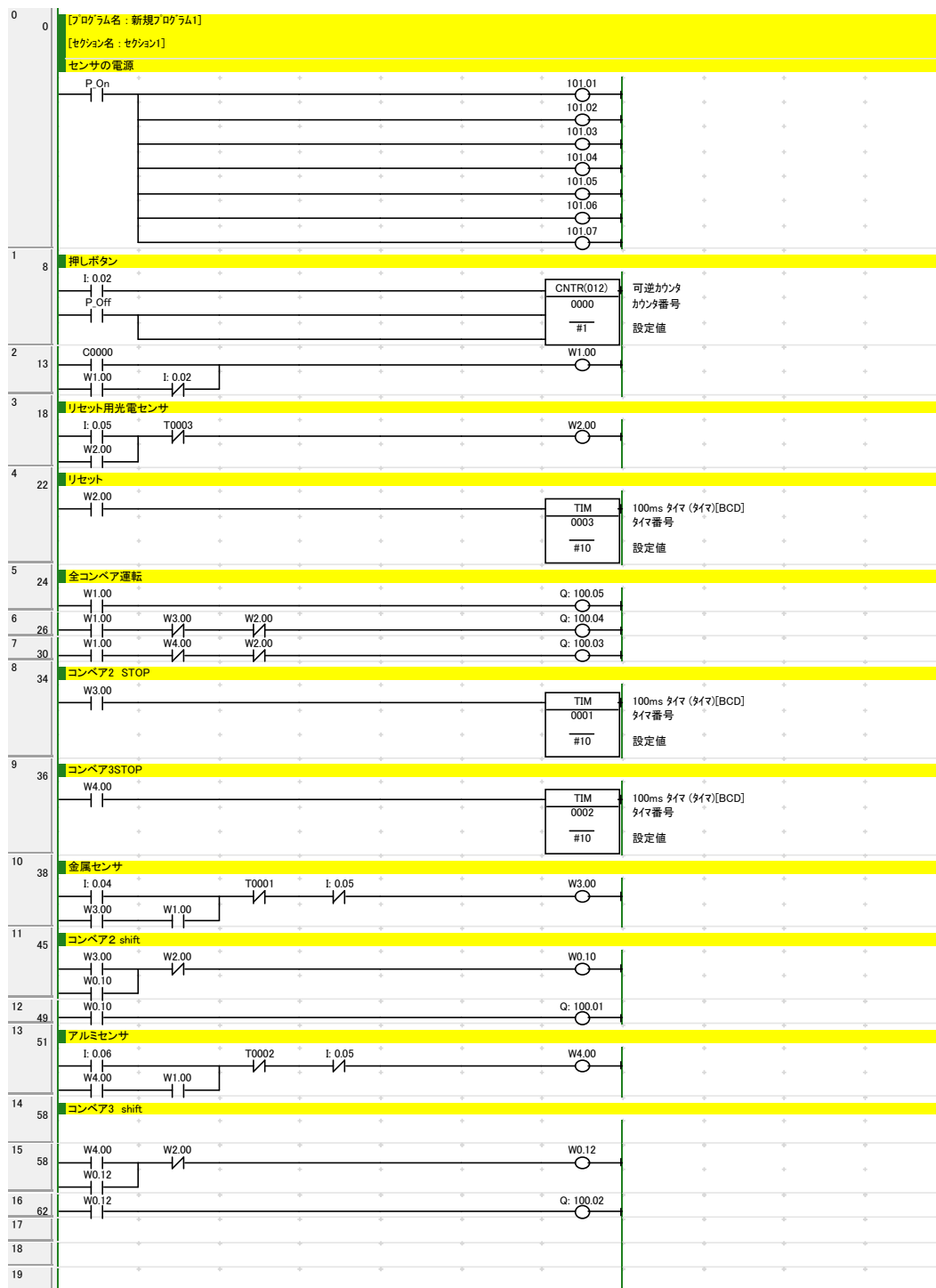


図 5.4 課題 3-3

1. 振り分け動作を開始するために、押しボタンスイッチ (I:0.02) を ON すると、以下の動作が開始される：
 - ・ 自己保持回路が形成されることで、全体の回路が継続的に動作するようになる。
 - ・ 自己保持回路は C0000 と W1.00 の接点を利用し、押しボタンスイッチが OFF になっても回路が動作を継続する仕組み。
2. ワークがコンベアに搬送され、各センサを通過すると、以下の動作が個別に発生する：
 - (a) 非金属検出 (センサ I:0.04):
 - ・ センサが信号を出力し、タイマ (T0001) が動作を開始する。

- タイマ設定時間経過後，リレー W2.00 が動作し，コンベア 1 が作動して非金属ワークを搬送する．
- (b) 非アルミ金属検出 (センサ I:0.05):
- センサが信号を出力し，タイマ (T0002) が動作を開始する．
 - タイマ設定時間経過後，リレー W3.00 が動作し，コンベア 2 が作動して非アルミ金属ワークを搬送する．
- (c) アルミ検出 (センサ I:0.06):
- センサが信号を出力し，タイマ (T0003) が動作を開始する．
 - タイマ設定時間経過後，リレー W4.00 が動作し，コンベア 3 が作動してアルミワークを搬送する．
3. タイムラグを利用した動作:
- タイムラグは，各コンベアの切り替え動作中の衝突や干渉を防ぐために設定されている．
 - 各センサから信号を受け取ると対応するタイマが動作を開始し，設定された遅延時間が経過した後にリレーが動作してコンベアを起動する．
4. コンベア動作後，リセット用の光電センサ (I:0.07) が動作し，以下の処理を行う:
- 対応するタイマおよびリレーをリセットする．
 - カウンタ (CNTR012) の値がインクリメントされ，処理されたワークの数を記録する．
5. 全ての処理が完了すると，押しボタンスイッチを OFF にすることで，自己保持回路が解除される:
- 自己保持が解除されることで，全てのリレー，タイマ，コンベアの動作が停止し，回路は初期状態に戻る．
6. 上記の動作が繰り返されることで，非金属，非アルミ金属，アルミの振り分けが継続的に行われる．

参考文献

- 1) 南，石川：優しくわかるシーケンス制御，オーム社（2020s）