

4. マイクロコンピュータと組み込みシステム

0. メモ

実験室：電気3号棟434号室

担当：原川 良介(教員, harakawa@vos.nagaokaut.ac.jp)、山浦 賢太郎(技術職員)、大友 一馬(TA)

1. 実験目的

- ◆ エレベータを題材として組み込みシステムの動作原理を理解する。
- ◆ Z80 アセンブリ言語によるプログラミングを行い、簡単なソフトウェア開発能力を習得する。
- ◆ 限られた作業時間の中で3人程度の協調作業を行うことで、作業効率をどのようにして向上させられるかについて考える。
- ◆ フローチャートや仕様書を記述することで組み込みシステム設計の重要性や困難性を体得する。

2. 実験環境

本実験では、パソコン、マイクロコンピュータボード、エレベータを使用する（写真1）。パソコンはマイクロコンピュータボードへのプログラムの書き込み、及びプログラムの編集を行う。

2.1 マイクロコンピュータボード

Z80CPU が搭載されており、エレベータの制御を行う（写真2）。



写真 1: 実験システム外観

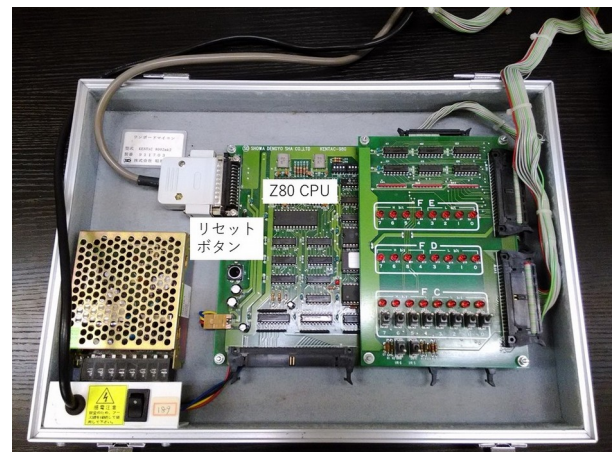


写真 2: マイクロコンピュータボード

2.2 エレベータ模型

- 本エレベータ模型（写真3、写真4）は4階建てであり、昇降機は1階から4階までを上下する。1階より下、4階より上も多少の移動は可能だが、それ以上の移動はエラーが出る。
- ボタンはすべてランプと兼用である。ただし両者は別信号であり、（プログラムしない限り）連動もしない。現在階表示はランプのみ。



写真3: エレベータ模型

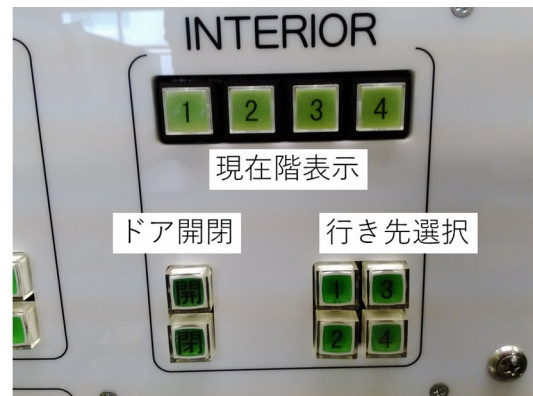


写真4: 昇降機内部のボタン

●プログラムのZ80への書き込み手順

- 1) KCTERMVA.EXEと同じフォルダにプログラムを置く
- 2) KCTERMVA.EXEの実行
- 3) マイクロコンピュータボードのリセットボタンを押す（図2参照）
- 4) ESCを押す
- 5) 1を押す
- 6) ファイル名を入力してEnter
 - 6.1) Eを入力(時々自動的に入力されていることがある)
- 7) Xと入力してEnter
 - プログラムの書き込み。
 - No fatal error(s)と表示されたらNを押す。
 - 表示されない場合はエラーがある。Yを押して表示されるプログラムを見直す。
- 8) No fatal error(s)なら、G8000と入力してEnterで実行
 - G****は、メモリの****から順次実行するという命令

2.3 I/Oポートの対応表

例えば、昇降機内の開ボタン(SWOP)を押すと F9 の 0 ビットが 1 に変化する。また、同じ昇降機内開ボタンのランプ(LMOP)を点灯させるためには FE ポートの 0 ビットを 1 にすればよい。

	入力			出力		
	ID	port	bit	ID	port	bit
昇降機内開ボタン	SWOP	F9	0	LMOP	FE	0
昇降機内閉ボタン	SWCL	F9	1	LMCL	FE	1
昇降機内1階ボタン	SW1	F9	2	LM1	FE	2
昇降機内2階ボタン	SW2	F9	3	LM2	FE	3
昇降機内3階ボタン	SW3	F9	4	LM3	FE	4
昇降機内4階ボタン	SW4	F9	5	LM4	FE	5
乗り場4階下ボタン	SW4DN	F9	6	LM4DN	FE	6
乗り場3階上ボタン	SW3UP	F9	7	LM3UP	FE	7
乗り場3階下ボタン	SW3DN	FC	0	LM3DN	F8	0
乗り場2階上ボタン	SW2UP	FC	1	LM2UP	F8	1
乗り場2階下ボタン	SW2DN	FC	2	LM2DN	F8	2
乗り場1階上ボタン	SW1UP	FC	3	LM1UP	F8	3
乗り場1階				LMP1	FD	0
乗り場2階				LMP2	FD	1
乗り場3階				LMP3	FD	2
乗り場4階				LMP4	FD	3
昇降機内1階				LMC1	FD	4
昇降機内2階				LMC2	FD	5
昇降機内3階				LMC3	FD	6
昇降機内4階				LMC4	FD	7
4階位置検出	PS4	FC	4			
3階位置検出	PS3	FC	5			
2階位置検出	PS2	FC	6			
1階位置検出	PS1	FC	7			
モータ上移動				MUP	F8	6
モータ下移動				MDN	F8	7

2.4 アセンブリ言語

マイクロコンピュータボードの制御はZ80 アセンブリ言語によって行う。次ページにプログラム例を示す。ボードは Windows パソコンと接続されており、Windows の任意のテキストエディタ（メモ帳など）で作成したファイルを専用のソフトウェアで書き込みを行う。

プログラムをエディタで入力する際は、以下の点に注意する必要がある。

- ・ 大文字と小文字、空白(スペース)とタブは同一の文字と認識される。
- ・ 複数の連続した空白は一つの空白とみなす。空行は無視される。
- ・ ラベル名は6文字以下の英数字、ただし先頭文字は英字。
- ・ ラベル名のコロン(:)の直後は空白が必要。
- ・ コンマ(,)の直後に空白を入れてはいけない。
- ・ セミコロン(;)以降はコメントで無視される。
- ・ 行送り(インデント)は自由。インデントを揃えなくてもエラーにはならない。
- ・ プログラム末尾は END 文 (END の行も必ず改行する)。

(主な命令)

データ転送命令

LD A,n ; A ← n

LD A,B ; A ← B

演算命令

ADD A,n ; A ← A+n

SUB n ; A ← A-n

AND s ; A ← (A AND s)

OR s ; A ← (A OR s)

SLA r ; rレジスタを左へ1ビットシフトする（最下位ビットは0に）

SRL r ; rレジスタを右へ1ビットシフトする（最上位ビットは0に）

ビット操作命令

SET n,A ; Aレジスタのnビット目を1にする

BIT n,A ; Aレジスタのnビット目の状態を見る

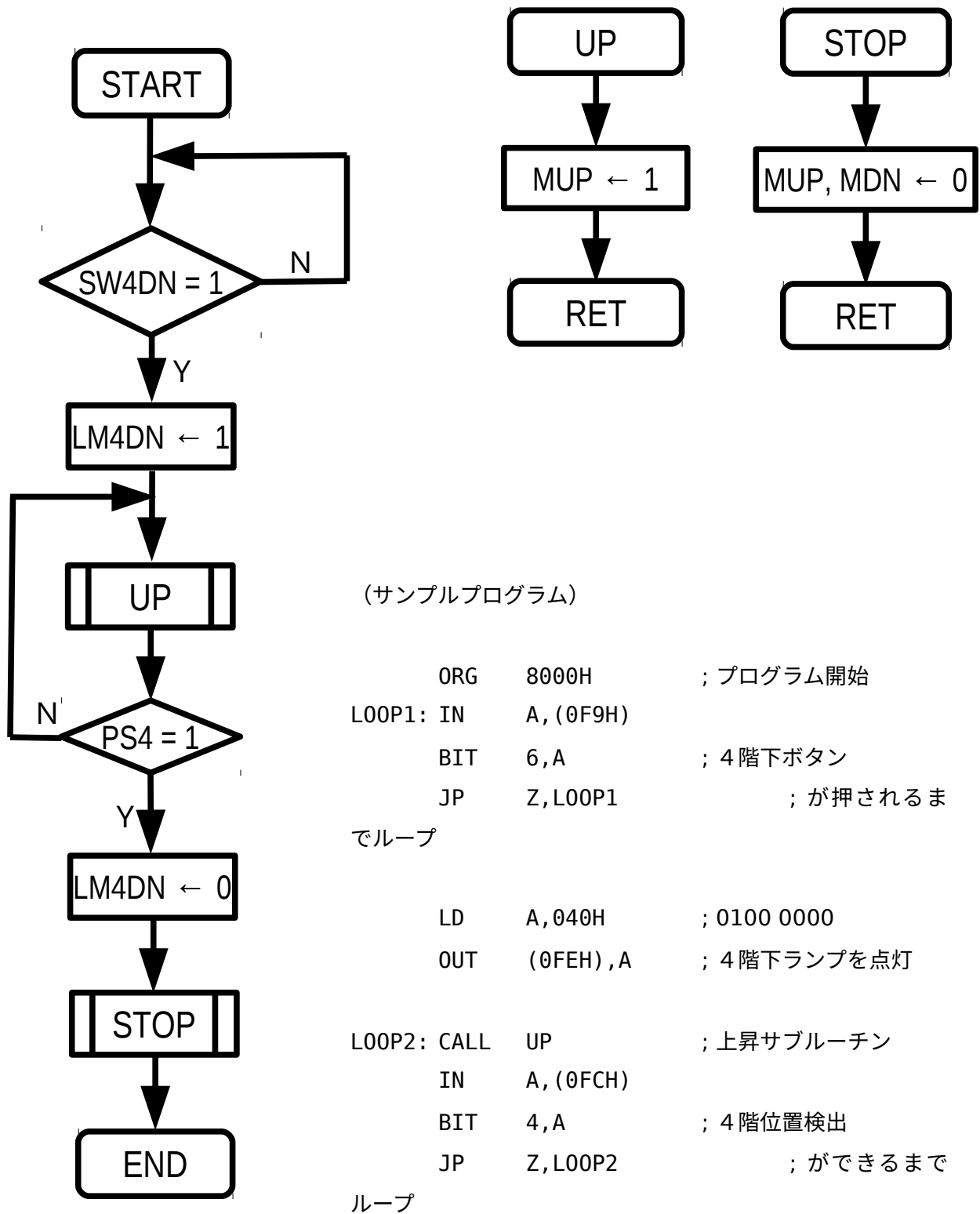
分岐命令

JP nn ; nn にジャンプする
JP Z, nn ; もし 0 ならば nn にジャンプする
JP NZ, nn ; もし 0 でなければ nn にジャンプする
CALL nn ; サブルーチン nn にジャンプする
RET ; メインルーチンに復帰する

入出力命令

IN A,(nn) ; nn ポートの内容を A レジスタに入れる
OUT (nn),A ; A レジスタの内容を nn ポートに出力する

2.5 フローチャート例



```
LD      A,0          ; 0000 0000
OUT     (0FEH),A      ; 4階下ランプを消灯
CALL    STOP         ; モータ停止サブルーチン
HALT    ; プログラム終了

UP:     LD      A,040H ; 0100 0000
OUT     (0F8H),A      ; モータ上昇 (MUP ← 1)
RET

STOP:   LD      A,0    ; 0000 0000
OUT     (0F8H),A      ; モータ停止
RET

END
```

3. 実験内容

1日目（計画日）

- 実験概要に関する教員説明の後、実験計画書として、次のページの課題3と課題4についてフローチャートを作成する。
- 実験計画書はA4用紙片面に鉛筆で作成する。用紙の種類（ノート、印刷用紙、方眼紙等）、縦横の別、ページ数は自由。フローチャート以外に必要な情報を書き込んでも構わない。
- 清書することは（時間的な余裕がないので）求めない。
- 課題3の完成時、及び終了時間に担当技術職員またはTAから確認印をもらう。
- 実験計画書は1日目終了時に返却し、実験日の作業時に適宜参照すると共に、レポートの付録として提出する。

2日目、3日目（実験日）

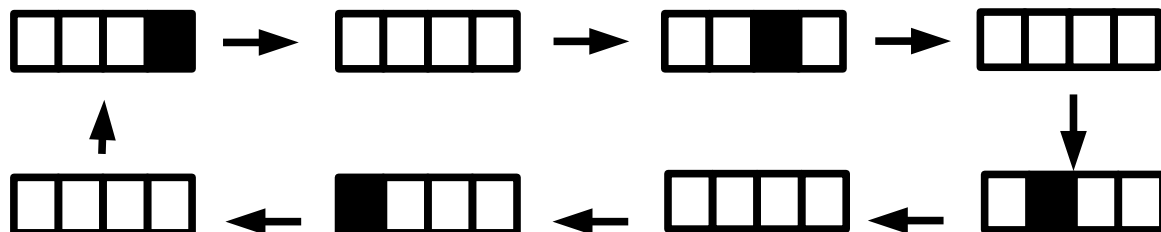
- 次のページに示す4課題についてZ80アセンブリ言語によってプログラミングを行い、動作を確認する。
- 実験は4班に分かれて各班単位で行う（レポートは別個）。班分けは実験開始時（2日目）に指示する。
- 下記課題を終了して時間に余裕がある場合は、任意の機能追加・変更等を行ってその内容をレポートの考察欄に記載すれば、内容によって加点する。
- 作業時間は授業時間のみで時間延長はない。課題未完成の場合であってもその内容でレポートを作成する。

4日目（レポート作成日）

- レポート作成に関する教員説明の後、レポート作成、またはその準備作業を行う。
- ノートPCを持っている場合は持参しても構わない。作業場所は自由。
- 終了時間に全員集合し、教員が作業内容の確認を行う。

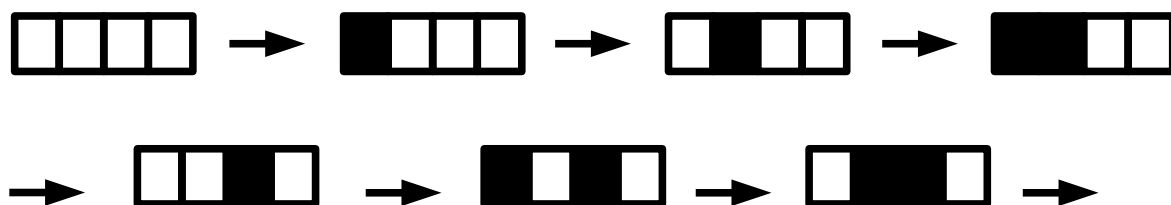
3.1 課題内容

【課題1】 LMC1～LMC4 のランプで下記点灯動作を行う。■ は点灯を示す。



◇ 初期状態はいずれも点灯していない状態とする。

【課題2】 LMP1～LMP4 のランプと SWOP、SWCL のスイッチで手動カウンタを作成する。



◇ 初期状態はいずれも点灯していない状態とする。

◇ SWOP を1回押すごとに下記のように2進数カウンタが上昇していく。

◇ SWCL を1回押すごとに2進数カウンタが減少していく(上記矢印の逆方向の動作)。

【課題3】

1階と2階のみ上下するエレベータの仕様設計を行い、これを実現するプログラムを作成する。

【課題4】

課題3を参考に、実際の4階エレベータにできるだけ動作を近づけるように仕様設計を行い、これを実現するプログラムを作成する。

(作業時の注意)

- 班内でうまく分担して作業を行うこと。
- 必ず休憩を取ること（休憩を取らないほうが作業効率が悪い）。
- 時間配分をよく考えること。実験1日目終了時点で課題3まで終了が目安。
- （課題3、4は）最初から高度なエレベータを目指さないこと。徐々に機能拡充していく。
- 早めに技術職員／TAの助けを求めること（残り時間が少なくなってからでは手遅れ）。

4. レポートの構成

レポートは以下の内容を記述する。本ページに記載のない項目は「実験レポートの書き方」に従う。手書き、PCによる作成、あるいは両者の混在のいずれでも構わない。

なお、同一班で共有していいのはソースコード（及び実験中に付与したコメント）のみである。また、本テキスト中の図表のみ、本テキスト中から転記して構わない。

- **表紙** 共同実験者名は同じ作業班の氏名を記述する。
- **チェックリスト** 本実験に該当する項目のみチェックする。
- **概要** 添削用紙は使用しない。
- **目的** 添削用紙は使用しない。
- **レポートのハイライト**
 - 3～5個のハイライト(レポートの要点や特にアピールしたい点)を箇条書きで示す。
 - 各ハイライトは、50字以内とする。
 - 各ハイライトに対し、レポート中のどの箇所でそれが詳細に説明されているか、対応するページと行数・図などを付記する。さらに、その対応箇所にも印を付け、ハイライトとその対応部分を容易に把握できるようにすること。方法は任意とするため、読者が短時間で要点を正確に理解できるよう、努めること。これは50字の制限に含めない。
- **理論的背景** 本課題実施に有益と考えられる背景知識を記述する。
- **実験方法**
 - 実験機器の説明、及び課題内容について簡潔に記述する。
 - 課題3と4の仕様（動作の説明）も明確に記述する。
- **実験結果**
 - 全課題について、実験日に作成したプログラムを掲載し、どのようなプログラムを作成したのか（アルゴリズム）について説明する。
 - 説明方法は、文章、ソースコードへの注釈、フローチャートなど、任意。
- **考察**
 - 必ず何らかの考察を行う。作成プログラムや実験計画書で考えた内容、アセンブラ言語でのプログラミング、エレベータ制御、など考察対象は自由。
 - 他人のレポート、参考文献やWebページから転記しただけの内容は考察とは呼ばない。
 - 班で作成したプログラムとは別のプログラムを独自に（机上で）思考し、考察することも歓迎する。

- **まとめ**
- **参考文献**
 - 参考文献として本テキストは掲載不要。それ以外で参考にした教科書、Web ページ等を記載。特にない場合は記載不要。
- **付録**
 - 実験1日目に作成した実験計画書をそのまま添付する(内容に問題があっても加筆修正しない)。なお、教員の確認印がないものは認めない。

5. 合格判定後のレポートの再提出

合格判定後のレポートの自主的な再提出を歓迎する。

- 再提出は、加筆・修正部分をメール(PDF 添付)で提出する。
- 再提出可能な期間は担当教員の指示に従うこと。再提出で減点することはない。
- 成績確定までは、提出レポートに対するコメントはしない。