

教育用 CPU ボードの仕様

Rev 2.2 (2010 年 10 月)

1 はじめに

教育用 CPU ボード（以下、単に「ボード」と呼ぶ）は図 1 に示すように、観測や実験のためのスイッチ、表示用 LED、コネクタを備えている。

教育用 CPU のメモリアドレスは 9 ビットであるが、ボード上では 12 ビットのアドレスバスが使われている。これは、512 バイト × 8 バンク分の外部メモリをボード上に搭載できるようになっているためである（これに関しては、第 3 節の「MEM スイッチ」の項目など、(*) の付いた関連項目を参照のこと）。

2 表示機能

教育用 CPU ボードは、CPU の内部状態や外部回路の状態を観測するために、以下のような表示用 LED（ランプ）を備えている。各 LED のボード上での配置は図 2(a) を参照のこと。

- OP (LED)

点灯	プログラム、命令を実行中
----	--------------

- P0~P4 (LED×5)

点灯	実行中のフェーズ
----	----------

- ADDRESS 8~0 (7-seg.LED×3 と LED×9) (*)
アドレスバス：AB(8:0) の値を 16 進 (7-seg.LED) と 2 進 (LED) で表示する。

- DATA 7~0 (7-seg.LED×2 と LED×8)
SEL スイッチ (3 節参照) で指定されたハードウェアファシリティの値を 16 進 (7-seg.LED) と 2 進 (LED) で表示する。

- IBUF (LED×9)

f	IBUF のフラグ
7~0	IBUF のデータの第 7~0 ビット

- OBUF (LED×9)

f	OBUF のフラグ
7~0	OBUF のデータの第 7~0 ビット

3 スイッチの機能

以下では、教育用 CPU ボード上のスイッチの機能について、必要なものについてのみ説明する。各スイッチのボード上での配置は図 2(b) を参照のこと。

- POWER (トグル SW)

ON	電源投入	OFF	電源切断
----	------	-----	------

- CLKFRQ (16 接点ロータリ SW) : CLoCK FRE-
Quency

教育用 CPU の動作クロック周波数を設定する。

0	1 MHz	1	333 kHz	2	100 kHz
3	33 kHz	4	10 kHz	5	3 kHz
6	1 kHz	7	333 Hz	8	100 Hz
9	33 Hz	10	10 Hz	11	3.3 Hz
12	1 Hz	13	0.33 Hz	14	0.10 Hz
15	0.033 Hz				

- CLK (トグル SW) : CLoCK

EXT	コネクタ (JP3) だけにクロックを供給
中立	ボード上の教育用 CPU とコネクタの両方にクロックを供給
BOARD	ボード上の教育用 CPU だけにクロックを供給

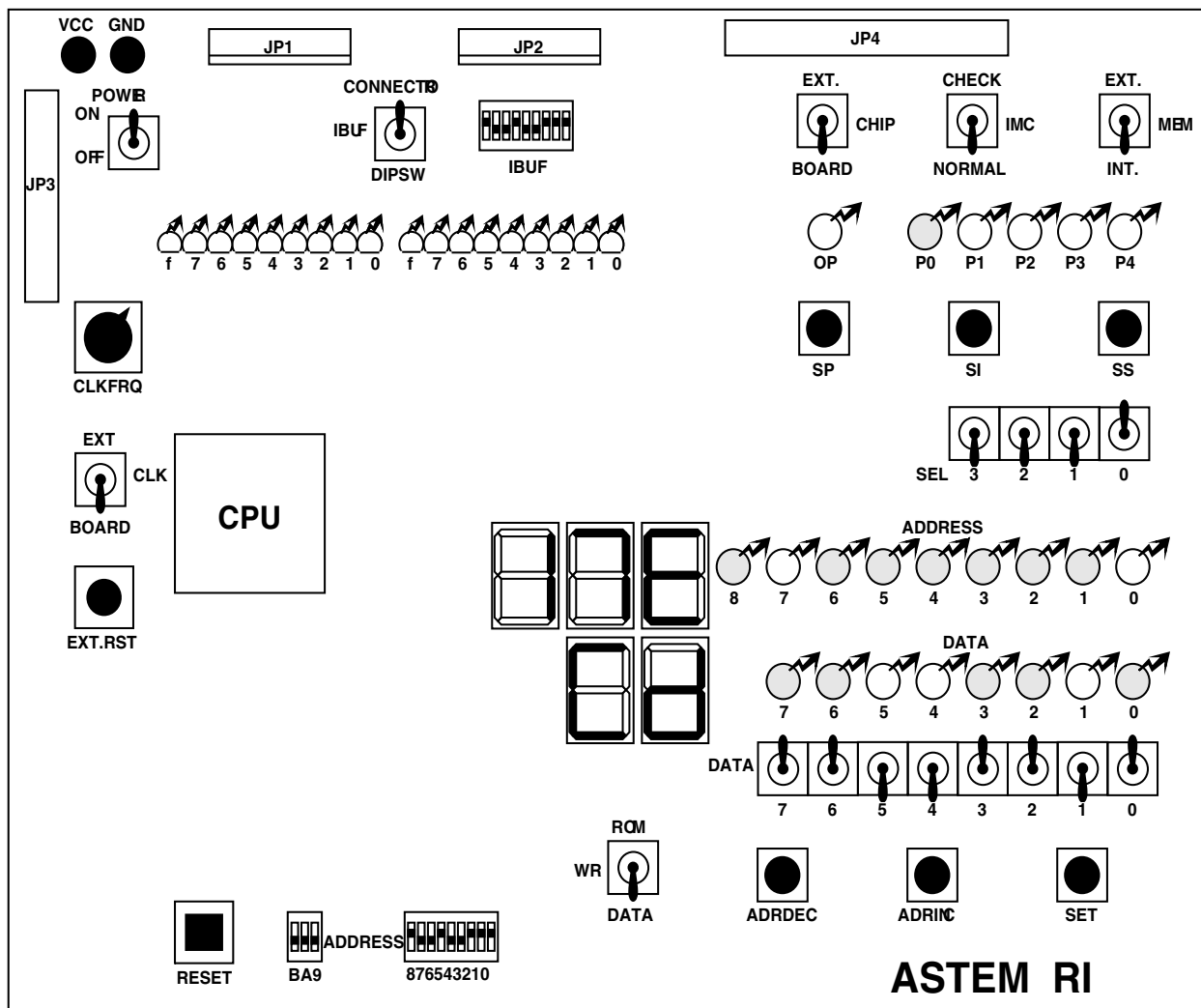
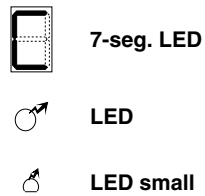
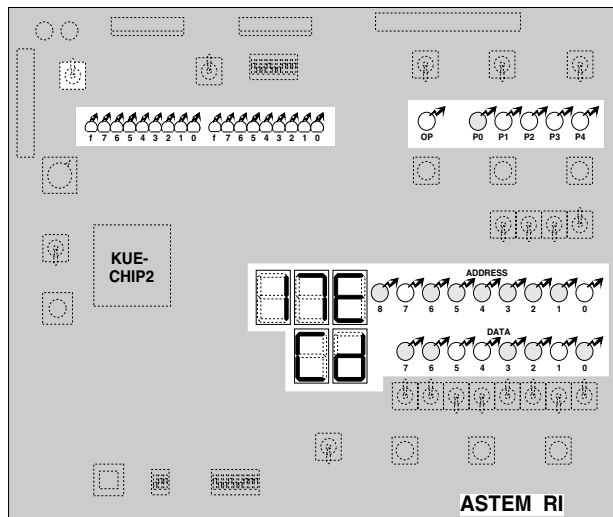
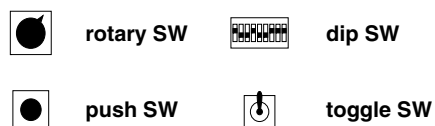
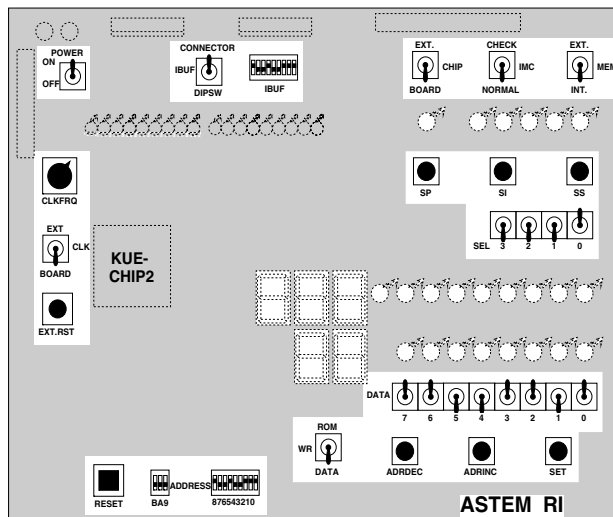


図 1: 教育用 CPU ボード



(a) LED の配置



(b) スイッチの配置

図 2: 教育用 CPU ボードの LED とスイッチの配置

- RESET (プッシュSW)

ON	教育用 CPU 内部のすべてのレジスタ、カウンタ、フラグ、その他のフリップフロップの値を 0 にリセット。IBUF、OBUF のデータとフラグも 0 にリセット。
----	---

- ADDRESS B~9 (3 ビット・ディップ SW) (*)
IMC = Check の時のアドレスバスの上位 3 ビットを指定する。

B~9	アドレスバスの上位 3 ビット：第 B,A,9 ビット
-----	-----------------------------

- ADDRESS 8~0 (9 ビット・ディップ SW)
IMC = Check の時のアドレスバスの下位 9 ビットを指定する。

8~0	アドレスバスの第 8~0 ビット
-----	------------------

- WR (トグル SW) : WRite

SET スイッチにより書き込むデータを指定する。

ROM	外部メモリの (アドレスバスで指定された番地の) 値
DATA	8 ビット・トグル SW : DATA 7~0 の値

- ADDRDEC (プッシュSW) : ADdRess DECrement

ON	メモリアドレスレジスタ : MAR の値を 1 だけ減じる
----	-------------------------------

- ADDRINC (プッシュSW) : ADdRess INCrement

ON	メモリアドレスレジスタ : MAR の値を 1 だけ増やす
----	-------------------------------

- SET (プッシュSW)

SEL スイッチで指定したメモリ、カウンタ、レジスタに、トグルスイッチ WR に従って値をセットする。

ON	WR = ROM	外部メモリの (アドレスバスで指定された番地の) 値を書き込む
	WR = DATA	トグル SW : DATA 7~0 の値を書き込む

- DATA 7~0 (8 ビット・トグル SW)

メモリ、カウンタ、レジスタに書き込むデータの値を設定する。

7~0	書き込むデータの第 7~0 ビット
-----	-------------------

- SEL 3~0 (4 ビット・トグル SW) : SElect

観測や書き込みを行うハードウェアファシリティ (メモリ、カウンタ、レジスタ、フラグ) の指定を行う。

0000 [0H]	メモリのプログラム領域 (アドレス 000H~0FFH)
0001 [1H]	メモリのデータ領域 (アドレス 100H~1FFH)
0010 [2H]	PC
0011 [3H]	FLAG (下位 4 ビット : CF, VF, NF, ZF)
0100 [4H]	ACC
0101 [5H]	IX
1000 [8H]	MAR
1001 [9H]	IR

† 後ろに 'H' を付けて 16 進数であることを示す。

- SP (プッシュSW) : Single Phase

ON	1 クロックフェーズだけ命令を実行して停止する
----	-------------------------

- SI (プッシュSW) : Single Instruction

ON	1 命令だけプログラムを実行して停止する
----	----------------------

- SS (プッシュSW) : Start/Stop

ON	停止中	プログラムを実行し、HALT 命令で停止する
	実行中	現在実行中の命令を実行し終えた後、停止する

- IBUF (トグル SW) : Input BUffer

CONNECTOR	IBUF は、コネクタ JP2 からのデータにより設定
DIPSW	IBUF は、ディップ SW : IBUF により設定

- IBUF (9 ビット・ディップ SW) : Input BUffer
IBUF = DIPSW の時、IBUF のデータをセットする。

f	IBUF のフラグ
7~0	IBUF のデータの第 7~0 ビット

- CHIP (トグル SW)

EXT	ボード外の (コネクタ JP4 に繋いだ) 教育用 CPU を使用
BOARD	ボード上の教育用 CPU を使用

- IMC (トグル SW) : Internal Memory Check
アドレスバス (12 ビット幅) の下位 9 ビットの指定方法を選択する。

CHECK	ディップ SW : ADDRESS 8~0 で与えられる
NORMAL	教育用 CPU の MAR で与えられる

- MEM (トグル SW) (*)

EXT.	ボード上の外部メモリ (512bytes × 8 banks) を使用
INT.	教育用 CPU の内部メモリ (512bytes RAM) を使用

教育用 CPU ボードの操作例

2008 年 4 月

1 取り扱い上の注意

教育用 CPU ボードの取り扱いに関しては特に以下の点に注意し、慎重かつ丁寧に実験すること。

- 使用する DC5V 電源にはそれ自体の Power スイッチがついていないので、必ず以下の手順どおりに接続すること。特に、以下の **2.** と **3.** は絶対に逆順に行ってはならない。

1. ボード上の POWER スイッチが OFF であることを確認する。
2. DC5V 電源の赤・黒線をボード上の同色の端子に接続する。
3. DC5V 電源の灰色線を AC100V（電灯線）コンセントに接続する。
4. ボード上の POWER スイッチを ON にする。

実験終了後は、上記の手順の逆を行うこと。

- ボードの上に物を置いたり、指や手を強く押しついたりしないこと。
- 金属物などで回路をショートさせないこと。（ボード上には多数の被覆されていない部分がある。）
- 実験開始前に、各 LED・スイッチの場所と名称を確認しておくこと。

2 サンプルプログラム

本節以降では、教育用 CPU ボードを円滑に操作できるよう、非常に小さなプログラムを例にとり、その入力から実行に至るまでの操作手順を具体的に示す。

図 3 に示すプログラムは、ACC の値を IX の値の回数だけ加えることにより、 $(ACC) \times (IX) \rightarrow ACC$ の計算

Address	Obj. Code	Source Code
00	75 03	START: ST ACC, (03H)
02	C0	EOR ACC, ACC
03	B5 03	LOOP: ADD ACC, (03H)
05	AA 01	SUB IX, 1
07	31 03	BNZ LOOP
09	0F	HLT
		END

図 3: サンプルプログラム

を行う非常に簡単なプログラムである。最左列から順番に、オブジェクトコードのアドレス（16 進数）、オブジェクトコード（16 進数）、および、アセンブリ言語によるソースコードである。

3 サンプルプログラムの入力

図 3 に示したサンプルプログラムを教育用 CPU のメモリに入力するためには、以下の操作を順に行えばよい。なお、以降では、**16 進数の値は “xxH” のように末尾に ‘H’ をつけて表すことにする。**

1. それぞれのスイッチを下表のように設定する。

スイッチ = 位置	スイッチ = 位置
CLKFRQ = 0	CHIP = BOARD
CLK = BOARD	IMC = NORMAL
WR = DATA	MEM = INT.

2. SEL スイッチ 3~0 を 0010（下下上下：PC を選択）にし、RESET スイッチを押す。
→ DATA LED が全部消え、DATA 7-seg. が 00H を表示する（PC の値 = 00H）。

3. SEL スイッチ 3~0 を 1000 (上下下下: MAR を選択) にする。
→ DATA 7-seg. が 00H を表示する (MAR の値 = 00H)。
4. SEL スイッチ 3~0 を 0000 (メモリのプログラム領域を選択) にする。
→ ADDRESS 7-seg. は変化しない。DATA 7-seg. はメモリの 000H 番地の値を表示する (この値は一般には不定だが、FFH である場合が多い)。
5. DATA スイッチを 75H (0111 0101) にし、SET スイッチを押す。
→ ADDRESS 7-seg. は変化せず、DATA 7-seg. は 75H を表示する (メモリの 000H 番地に 75H が書き込まれた)。
6. ADRINC スイッチを押す。 (メモリアドレスのインクリメント)
→ ADDRESS 7-seg. が 001H となる (MAR の値が +1 された)。
7. 5. および 6. の操作を繰り返すことで、プログラムを最後まで入力する。ただし、5. での DATA スイッチの設定は、前頁のオブジェクトコードどおりに、03H、C0H、B5H、... というように順に変化させること。
8. すべての入力を終え、最後の ADRINC スイッチを押した後、ADDRESS 7-seg. は 00AH (LED は 0 0000 1010) を表示しているはずである。
4. DATA スイッチ 7~0 を 04H (0000 0100) にし、SET スイッチを押す。
→ DATA 7-seg. は 04H を表示する (IX に 04H を書き込んだ)。
5. SEL スイッチ 3~0 を 0010 (2H: PC を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 00H を表示する (PC の値 = 00H)。
6. SP スイッチを押す。
→ P0 の LED が消え P1 が点灯する (命令が 1 フェーズだけ実行された)。
7. SP スイッチを再度押す。
→ P1 の LED が消え P2 が点灯する (さらに 1 フェーズ進んだ)。
8. SP スイッチをさらに 3 回押す。
→ LED の点灯が P3, P4, P0 と順に移動する (ST 命令は 5 フェーズで実行される¹)。また、DATA 7-seg. は 02H を表示する (PC が 2 回インクリメントされた)。
9. SEL スイッチ 3~0 を 0001 (1H: メモリのデータ領域を選択) にする。
→ ADDRESS 7-seg. の最上位桁の表示が 1H (奇数) になる。この時に必ず ADDRESS 7-seg. が表示している値を記録しておくこと。DATA 7-seg. の表示は一般に不定である (実際には FFH であることが多い)。

4 サンプルプログラムの実行

サンプルプログラムで $5 \times 4 = 20$ を計算する場合は、以下のように操作する。

1. SEL スイッチ 3~0 を 0100 (4H: ACC を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 00H を表示する (ACC の値 = 00H)。
2. DATA スイッチ 7~0 を 05H (0000 0101) にし、SET スイッチを押す。
→ DATA 7-seg. は 05H を表示する (ACC に 05H を書き込んだ)。
3. SEL スイッチ 3~0 を 0101 (5H: IX を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 00H を表示する (IX の値 = 00H)。
10. ADRINC スイッチを何回か押して、ADDRESS 7-seg. の値を 103H にする。
→ DATA 7-seg. は 05H を表示する (メモリのデータ領域: 103H 番地に ACC のデータ 05H が書き込まれている)。
11. ADRDEC スイッチを何回か押して、ADDRESS 7-seg. の表示が 9. で記録しておいた値になるようにする。
12. SEL スイッチ 3~0 を 0010 (PC を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 02H を表示する。
13. SI スイッチを押す (1 命令実行する)。
→ DATA 7-seg. は 03H を表示する (EOR 命令は 1 語長なので、PC の値は 1 だけインクリメントされた)。

¹実験テキストの実行フェーズの表を参照のこと。

14. SEL スイッチ 3~0 を 0100 (ACC を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 00H を表示する (ACC がクリアされた)。
15. SI スイッチを押す。
→ DATA 7-seg. は 05H を表示する (ACC の値が $00H + 05H = 05H$ になった)。
16. SS スイッチを押す。
→ DATA 7-seg. は 14H を表示する (ACC の値が $5 \times 4 = 20 = 14H$ になった)。
17. SEL スイッチ 3~0 を 0010 (PC を選択) にする。
→ DATA 7-seg. は 0AH を表示する (CPU は 09H 番地の HLT 命令で停止したが、PC の値は 1 つ先の 0AH に進んでいる)。
- ♣ 今度はクロック周波数を遅くして、フェーズの進行を目で追いながら実行させてみよう (18. から 22.)。
18. DATA スイッチ 7~0 を 00H (0000 0000) にし、SET スイッチを押す。
→ PC が 00H になる。
19. 再び 1. から 4. の操作を行い、ACC に 05H、IX に 04H を書き込む。
20. CLKFRQ を 12 にする。
21. SS スイッチを OP が点灯するまで押し続ける。
→ P0~P4 の LED が順に点灯する (CPU がゆっくり動いている)。
22. 適当なタイミングで SS スイッチを OP が消えるまで押し続ける。
→ P0 から P4 の方向への LED の点灯の流れが止まり、最終的に P0 が点灯する (CPU の動作が停止した)。実行を再開するには、21. に戻る。以下、21. と 22. を繰り返す。
23. サンプルプログラムの実行を終えて次の操作に移る時は、CLKFRQ を 0 に戻しておくこと。