

EWSを用いた計算機実験教育

家永慎太郎、長嶋祐二、芹澤照生、溜淵一博、篠原克幸、三好和憲

工学院大学工学部電子工学科情報工学コース

情報系専門学科における計算機教育、とりわけマイクロプロセッサの実験・演習ではソフトウェアとハードウェアとの有機的な関連をもたせ理解させる必要がある。今回、8086プロセッサ及びEWS上のエミュレータを併用し、計算機の命令実行過程を視覚的により理解可能な課題を設定した。

Course of computer exercise using an Engineering Workstation

Shintaro Ienaga, Yuji Nagashima, Teruo Serizawa, Kazuhiro Tamaribuchi,
Katsuyuki Shinohara, Kazunori Miyoshi

Department of Electronic Engineering, Kogakuin University
1-24-2, Nishishinjuku, Shinjuku-ku, 160 Tokyo, JAPAN

Education of the computer system, especially exercise on an MPU, in a course of the computer science department should be based on both hardware and software approach in an organic combination. Exercise theme on the execution process of an 8086 microprocessor using an emulator on an EWS are proposed and discussed.

1 はじめに

一般的に情報系学科の授業内容というものは、様々な LSI によって構成されたコンピュータと呼ばれる物がある問題の解答を算出させる為に如何に動かすか要するにアルゴリズムを教えるという、大部分がソフトウェアよりになりがちである。しかし、アルゴリズムを考察する上でもコンピュータがどのように作動しているかを知るといことは、必要不可欠なことである。

その為、工学院大学電子工学科情報コースのカリキュラムには、従来から共振回路・フリップフロップ回路・コンピュータの基本動作等のハードウェア面の教育も様々な形で行っている。

しかし、コンピュータは日進月歩であり、LSI の性能向上に他ならない。この事は、専門学科の授業内容にも影響を及ぼすこととなるが、そう簡単に授業に取り入れていくと言う訳にはいかないのが現状ではないだろうか。それでも、できる限り授業内容・設備を対応させて行かなければならない。

そこで、工学院大学電子工学科情報コースのハードウェア教育の 1 つである情報工学実験に ICE (In Circuit Emulator) を導入した。これにより今で以上に内容が有り、より学生が意欲的に取り組めることとなるだろう。

今回は、試験的に情報工学実験の実験内容の 1 つである「コンピュータシステムの動作」に ICE を従来の実験装置に代って使用した。以下に従来の実験内容と ICE を用いた実験内容及び ICE 使用における長所・短所を述べる。

2 従来の実験内容

使用器具

1. 実験資料マクロコンピュータ (PZ-80 マイクロコンピュータモジュール及び割り込みスイッチ、以下単にターゲットと呼ぶ)
2. マイクロプロセッサ・マルチアナライザ横河北辰電気 Model 3501(以下単にアナライザと呼ぶ)
3. ポラロイドカメラ

実験方法

ターゲットの CPU 部分にアナライザのソケットを接続し、ターゲットのエミュレーションが可能な状態にする。

次に、指定のプログラムを機械語で 16 進キーから入力し実行する。入力されたプログラムを確認後実行し、アナライザでプログラムのトレース・実行時間計測・クロック計測・指定された状態のタイミング観測を行うというものである。指定された状態とは、CPU への割り込み・I/O ポートに対する入出力等である。

以上の実験を通して学生は、CPU の基本動作・割り込み動作及びプログラムの流れを把握する。

3 新しい実験内容

使用器具

1. 実験資料マイクロコンピュータ (NEC PC-9801E 以下単にターゲットと呼ぶ)
2. ICE: ヒューレット・パッカード HP64000 (i8086 エミュレータボード搭載)
3. ICE 制御用ワークステーション (ヒューレット・パッカード HP9000s705)

実験方法

ワークステーションに指定されたログイン名でログインする。

ただし、この指定されたログインは ICE コントロール以外の機能は一切使用不可能という制限がされているものである。

以下ワークステーションから ICE をコントロールし指定プログラムのターゲットへのロード・実行・解読・トレース実行・ステップ実行・実行中のターゲットメモリの書換えを行いそれぞれの観測データの記録又はプリントアウトをする。

4 工学院大学電子工学科情報コースの ICE 環境

ICE 動作システム

ワークステーション (HP9000s705)2 台と LAN によって ICE が接続されておりワークステーション双方からアクセス可能となっている。ICE からは、ターゲットシステムの CPU ソケットへの差し込み用にエミュレーション・プローブ及びロジックアナライザ・プローブが出ている。ICE には i8086 エミュレーションボードが装備されておりボードを変更するだけで他の CPU への対応も可能である。ICE はネットワーク上では 1 台のホストマシンとみなされる為 TELNET 接続も可能である。

実験用 ICE 環境設定

実験に使用したターゲットは PC-9801E で、ICE の初期設定ではエミュレーション不可能な為 ICE の持っているメモリーをターゲットである PC-9801E のメモリーマップと一致させた。又、エミュレーションボード・ターゲット双方クロックは 8Mz であるが微妙に異なる為 ICE 側のクロックはターゲットからの供給とした。

実際の実験状況

```
(SEGMENT AT 18000H)

MOV AX,#2000H
MOV DS,AX
LOOP1: MOV AX,WORD PTR SRC1
MOV DX,WORD PTR SRC2
ADD AX,DX
MOV 0004H,AX
JMP LOOP1

(SEGMENT AT 2000H)

SRC1 DW ?
SRC2 DW ?
DEST DW ?
```

今回使用したプログラム

プログラムの動作内容

プログラムをターゲットメモリーの 18000H 番地から収納し、参照メモリーである SRC1,SRC2,DEST を同じくターゲットメモリーの 20000H 番地以降に割り当てる。

実行内容は極めて単純で、SRC1,SRC2 の内容をそれぞれレジスタ AX,DX に取入れ双方の和をレジスタ AX に格納しそれを格納メモリー DEST に入れる。

以下、本プログラムの実行の ICE による解析状況を一部示す。

```
File  Display  Modify  Execution  Breakpoints  Trace  Settings
Action keys:  < Demo >  Disp Src ( )  Trace ( )  Run  Step Sourc
< Your Key >  Make  Disp Src Prev  Run Xfer to ( )  Break  Step Asm

( ) : 18000h
      HPE1439-11000 D.09.01 17Sep92
      300, 219, GRAPHICAL USER INTERFACE
      A Hewlett-Packard Software Product
      Copyright Hewlett-Packard Co., 1992-93
      All Rights Reserved. Reproduction, adaptation, or translation without pri-
      vately permission is prohibited, except as allowed under copyright law.
      RESTRICTED RIGHTS LEGEND
      Use, duplication, or disclosure by the Government is subject to
      restrictions as set forth in subparagraph (c) (1) (ii) of the Rights
      in Technical Data and Computer Software clause at DFARS 25.207-7013.
      HP, HPE1439-11000, Copyright, 1992 Hewlett-Packard Co., Palo Alto, CA 94304-1100
      STATUS: 8086--Running in monitor
```

```
File  Display  Modify  Execution  Breakpoints  Trace  Settings
Action keys:  < Demo >  Disp Src ( )  Trace ( )  Run  Step Sourc
< Your Key >  Make  Disp Src Prev  Run Xfer to ( )  Break  Step Asm

( ) : 18000h
      Program title = /usr/hp64000/demo/languages/as86/test:
      Data
      00000000: 00000000  MOV AX, #18000h
      00000001: 200010000  MOV DI, AX ; MOV AX, 20000h
      00000002: 00  NOP
      00000003: 00  NOP
      00000004: 00  NOP
      00000005: 00  NOP
      00000006: 20150100  MOV DX, WORD PTR 00014
      00000007: 00  NOP
      00000008: 00  NOP
      00000009: 00  NOP
      0000000A: 00  NOP
      0000000B: 00  NOP
      0000000C: 00  NOP
      0000000D: 00  NOP
      0000000E: 00  NOP
      0000000F: 00  NOP
      00000010: 00  NOP
      00000011: 00  NOP
      00000012: 00  NOP
      00000013: 00  NOP
      00000014: 00  NOP
      00000015: 00  NOP
      00000016: 00  NOP
      00000017: 00  NOP
      00000018: 00  NOP
      00000019: 00  NOP
      0000001A: 00  NOP
      0000001B: 00  NOP
      0000001C: 00  NOP
      0000001D: 00  NOP
      0000001E: 00  NOP
      0000001F: 00  NOP
      00000020: 00  NOP
      00000021: 00  NOP
      00000022: 00  NOP
      00000023: 00  NOP
      00000024: 00  NOP
      00000025: 00  NOP
      00000026: 00  NOP
      00000027: 00  NOP
      00000028: 00  NOP
      00000029: 00  NOP
      0000002A: 00  NOP
      0000002B: 00  NOP
      0000002C: 00  NOP
      0000002D: 00  NOP
      0000002E: 00  NOP
      0000002F: 00  NOP
      00000030: 00  NOP
      00000031: 00  NOP
      00000032: 00  NOP
      00000033: 00  NOP
      00000034: 00  NOP
      00000035: 00  NOP
      00000036: 00  NOP
      00000037: 00  NOP
      00000038: 00  NOP
      00000039: 00  NOP
      0000003A: 00  NOP
      0000003B: 00  NOP
      0000003C: 00  NOP
      0000003D: 00  NOP
      0000003E: 00  NOP
      0000003F: 00  NOP
      00000040: 00  NOP
      00000041: 00  NOP
      00000042: 00  NOP
      00000043: 00  NOP
      00000044: 00  NOP
      00000045: 00  NOP
      00000046: 00  NOP
      00000047: 00  NOP
      00000048: 00  NOP
      00000049: 00  NOP
      0000004A: 00  NOP
      0000004B: 00  NOP
      0000004C: 00  NOP
      0000004D: 00  NOP
      0000004E: 00  NOP
      0000004F: 00  NOP
      00000050: 00  NOP
      00000051: 00  NOP
      00000052: 00  NOP
      00000053: 00  NOP
      00000054: 00  NOP
      00000055: 00  NOP
      00000056: 00  NOP
      00000057: 00  NOP
      00000058: 00  NOP
      00000059: 00  NOP
      0000005A: 00  NOP
      0000005B: 00  NOP
      0000005C: 00  NOP
      0000005D: 00  NOP
      0000005E: 00  NOP
      0000005F: 00  NOP
      00000060: 00  NOP
      00000061: 00  NOP
      00000062: 00  NOP
      00000063: 00  NOP
      00000064: 00  NOP
      00000065: 00  NOP
      00000066: 00  NOP
      00000067: 00  NOP
      00000068: 00  NOP
      00000069: 00  NOP
      0000006A: 00  NOP
      0000006B: 00  NOP
      0000006C: 00  NOP
      0000006D: 00  NOP
      0000006E: 00  NOP
      0000006F: 00  NOP
      00000070: 00  NOP
      00000071: 00  NOP
      00000072: 00  NOP
      00000073: 00  NOP
      00000074: 00  NOP
      00000075: 00  NOP
      00000076: 00  NOP
      00000077: 00  NOP
      00000078: 00  NOP
      00000079: 00  NOP
      0000007A: 00  NOP
      0000007B: 00  NOP
      0000007C: 00  NOP
      0000007D: 00  NOP
      0000007E: 00  NOP
      0000007F: 00  NOP
      00000080: 00  NOP
      00000081: 00  NOP
      00000082: 00  NOP
      00000083: 00  NOP
      00000084: 00  NOP
      00000085: 00  NOP
      00000086: 00  NOP
      00000087: 00  NOP
      00000088: 00  NOP
      00000089: 00  NOP
      0000008A: 00  NOP
      0000008B: 00  NOP
      0000008C: 00  NOP
      0000008D: 00  NOP
      0000008E: 00  NOP
      0000008F: 00  NOP
      00000090: 00  NOP
      00000091: 00  NOP
      00000092: 00  NOP
      00000093: 00  NOP
      00000094: 00  NOP
      00000095: 00  NOP
      00000096: 00  NOP
      00000097: 00  NOP
      00000098: 00  NOP
      00000099: 00  NOP
      0000009A: 00  NOP
      0000009B: 00  NOP
      0000009C: 00  NOP
      0000009D: 00  NOP
      0000009E: 00  NOP
      0000009F: 00  NOP
      000000A0: 00  NOP
      000000A1: 00  NOP
      000000A2: 00  NOP
      000000A3: 00  NOP
      000000A4: 00  NOP
      000000A5: 00  NOP
      000000A6: 00  NOP
      000000A7: 00  NOP
      000000A8: 00  NOP
      000000A9: 00  NOP
      000000AA: 00  NOP
      000000AB: 00  NOP
      000000AC: 00  NOP
      000000AD: 00  NOP
      000000AE: 00  NOP
      000000AF: 00  NOP
      000000B0: 00  NOP
      000000B1: 00  NOP
      000000B2: 00  NOP
      000000B3: 00  NOP
      000000B4: 00  NOP
      000000B5: 00  NOP
      000000B6: 00  NOP
      000000B7: 00  NOP
      000000B8: 00  NOP
      000000B9: 00  NOP
      000000BA: 00  NOP
      000000BB: 00  NOP
      000000BC: 00  NOP
      000000BD: 00  NOP
      000000BE: 00  NOP
      000000BF: 00  NOP
      000000C0: 00  NOP
      000000C1: 00  NOP
      000000C2: 00  NOP
      000000C3: 00  NOP
      000000C4: 00  NOP
      000000C5: 00  NOP
      000000C6: 00  NOP
      000000C7: 00  NOP
      000000C8: 00  NOP
      000000C9: 00  NOP
      000000CA: 00  NOP
      000000CB: 00  NOP
      000000CC: 00  NOP
      000000CD: 00  NOP
      000000CE: 00  NOP
      000000CF: 00  NOP
      000000D0: 00  NOP
      000000D1: 00  NOP
      000000D2: 00  NOP
      000000D3: 00  NOP
      000000D4: 00  NOP
      000000D5: 00  NOP
      000000D6: 00  NOP
      000000D7: 00  NOP
      000000D8: 00  NOP
      000000D9: 00  NOP
      000000DA: 00  NOP
      000000DB: 00  NOP
      000000DC: 00  NOP
      000000DD: 00  NOP
      000000DE: 00  NOP
      000000DF: 00  NOP
      000000E0: 00  NOP
      000000E1: 00  NOP
      000000E2: 00  NOP
      000000E3: 00  NOP
      000000E4: 00  NOP
      000000E5: 00  NOP
      000000E6: 00  NOP
      000000E7: 00  NOP
      000000E8: 00  NOP
      000000E9: 00  NOP
      000000EA: 00  NOP
      000000EB: 00  NOP
      000000EC: 00  NOP
      000000ED: 00  NOP
      000000EE: 00  NOP
      000000EF: 00  NOP
      000000F0: 00  NOP
      000000F1: 00  NOP
      000000F2: 00  NOP
      000000F3: 00  NOP
      000000F4: 00  NOP
      000000F5: 00  NOP
      000000F6: 00  NOP
      000000F7: 00  NOP
      000000F8: 00  NOP
      000000F9: 00  NOP
      000000FA: 00  NOP
      000000FB: 00  NOP
      000000FC: 00  NOP
      000000FD: 00  NOP
      000000FE: 00  NOP
      000000FF: 00  NOP
      STATUS: cws: /usr/hp64000/demo/languages/as86/test:
```


5 新教育システム導入の評価

長所 ICE が本来開発研究用に開発された物である為様々なターゲットシステムに ICE の設定を変更するだけで対応する。よって、様々な回路を ICE の設定変更だけで観測・計測・コントロールが可能である。また、操作環境が非常にシンプルになっている事から操作に悩まされる事無く本来の使用目的を見失わない。

特に学生は、操作の誤りからシステムを破壊してしまう事がよくあるが、ICE はワークステーション等のホストマシンからの ICE コントロールソフトウェアによる間接的な操作のため誤操作によるターゲットシステムの破壊を未然に防ぐ事が可能。

ワークステーションに接続されている為 1 度に多くの情報が観測できる。

短所

学生等の教育に使用する場合 ICE が大抵の情報を 1 度に出力してしまう為、実験内容そのものが基本的な事柄から遠ざかってしまう可能性があり実験教育の重要性がなくなってしまう恐れがある。